

K S I C A U T U M N C O N F E R E N C E 2 0 1 7

2017 한국산업융합학회 추계학술대회 논문집

장 소 | 창원컨벤션센터(CECO)

일 시 | 2017년 11월 29일(수) ~ 30일(목)

11월 29일(수) : 학술발표[구두발표 / 포스터발표]

11월 30일(목) : 포럼 및 학술발표[구두발표 / 포스터발표]

• 주요행사

◇ 11월 29일(수)

- 논문발표(구두발표/포스터발표)
- 산학연 전문가 워크숍
- 이사회 및 총회

◇ 11월 30일(목)

- 논문발표(구두발표/포스터발표)
- 융합기술산업포럼
- 시상 및 폐회

• 발표부문

- 차량설계 및 부품
- 정밀기계 및 부품
- 바이오 및 산업융합
- 건설 및 도시환경
- 그린에너지 산업융합
- 자원플랜트

- 인공지능로봇융합
- IT융합 및 전자기기
- CAD/CAM/CAE
- 조선해양플랜트
- 우주항공 및 부품

- 제어계측 및 센서
- 컴퓨터 정보통신
- 전력전자 및 산업융합
- 나노 및 신소재
- 지능생산기계 및 가공

- 메카트로닉스
- 비전 및 레이저융합기술
- 로봇틱스 및 산업융합
- 의생명/플기세포
- 광융합기술



경상남도
GYEONGNAM



창원시



경남컨벤션뷰로
GYEONGNAM CVB

K S I C

[사]한국산업융합학회

<http://www.kosia.or.kr>

경남대학교 기계공학부 / 경남로봇융합기술교류회 / 경남지방중소기업청 / 지능기계시스템연구소 경상남도 / 창원시 / 경남이노비즈협회 / 경남TP
경남벤처산업협회/주소기업융합 경남연합회/ 경남테크노파크 / 경남로봇산업진흥원 / 로봇지능기술연구센터 / 한국산업기술평가관리원 / 경남과총

“이 발표논문집은 2016년도 정부재원으로 한국과학기술단체총연합회의 지원을 받아 발간되었음”

“This work was supported by the Korean Federation of Science and
Technology Societies Grant funded by the Korea Government.”

<대회장>

한성현 [한국산업융합학회/경남대학교]

[ORGANIZING CHAIR : 박성준 교수 (전남대학교), ORGANIZING CO-CHAIR : 최원식 교수 (부산대학교)]

<조직위원>

김경수 [한국과학기술원]	최만성 [한국기술교육대]	박강박 [고려대학교]
최원식 [부산대학교]	이원구 [경희대학교]	조현덕 [경일대학교]
김영실 [(사)한국줄기세포산업협회장]	김재훈 [(주)삼성중공업]	계중읍 [산업통산자원부]
김임수 [(주)KAI]	고석조 [동의과학대]	박한웅 [해군사관학교]
조상용 [한국공작기계협회부회장]	김태규 [부산대학교]	윤찬한 [조선대학교]
구정서 [한국철도대학원장]	이 호 [경북대학교]	진태석 [동서대학교]
박용운 [ADD고등기술원장]	장성철 [한국폴리텍대학교]	김한성 [경남대학교]
조해용 [충북대학교]	노태정 [동명대학교]	조창제 [(주)디엠테크놀러지]
이문희 [동의과학대학교]	이득우 [부산대학교]	최주원 [경남중소기업연합회장]

[PROGRAM CHAIR : 조강현 교수(울산대학교), PROGRAM CO-CHAIR : 고석조 교수 (동의과학대학교)]

<프로그램위원>

고태조 [영남대학교]	김소희 [대구과학기술원]	윤재홍 [대구대학교]
김형재 [생산기술연구원]	한응규 [부산과학기술기획평가원]	김동헌 [경남대학교]
이우송 [(주)선진기술]	심형보 [서울대학교]	조두산 [순천대학교]
김종원 [서울대학교]	김동식 [한국광기술원]	김재실 [창원대학교]
최만성 [한국기술교육대]	김동엽 [영남이공대학교]	황선환 [경남대학교]
조용현 [대구카톨릭대학]	박철재 [대구대학교]	곽재섭 [부경대학교]
이세한 [경남대학교]	최주용 [경성대학교]	황갑식 [르노삼성자동차]
박대영 [부산대학교]	백운보 [동의대학교]	김병일 [영남대학교]
이장훈 [한국산업단지공단]	김경동 [한국공작기계협회]	원종섭 [전주대학교]
서희식 [(주)엘엠에이티대표]	조흥현 [조선대학교]	김만호 [동의과학대학교]

<재무위원회>

동근한 [(주)세광산업]	심현석 [(주)동산테크]
정양근 [신라정보기술(주)]	정종교 [(주)카바스]
노춘수 [(주)우레아텍]	박인만 [(주)인템]
정현철 [엔이에스]	정영화 [(주)대호테크]

<심사위원회>

김종원 [서울대학교]	이장명 [부산대학교]	윤강섭 [대구대학교]
이주장 [한국과학기술원]	박원규 [부산대학교]	조해룡 [충북대학교]
한창수 [한양대학교]	반갑수 [경북대학교]	김홍건 [전주대학교]
황상문 [부산대학교]	정 슬 [충남대학교]	심재홍 [산업기술대학교]
이경창 [부경대학교]	이종년 [동서대학교]	김창훈 [산업기술평가관리원]
부광석 [인제대학교]		원종범 [(주)SMEC]

<출판위원회>

이순동 [한국학술정보]	양승윤 [국방과학연구소]
이현철 [(주)SG서보]	

<홍보위원회>

진태석 [동서대학교]	이도경 [(주)네이버]
박영우 [(주)현대위아]	최준홍 [경남벤처산업협회]
백승학 [두산중공업(주)]	이종판 [경남이노비즈협회]

<총무위원>

진철규 [경남대학교]	김현희 [부경대학교]
-------------	-------------

초대의 글

국내 최대의 제조·IT융합산업 집적지로서, 첨단제조산업, 자동화기계, 산업용로봇, 자동차, 항공부품, 나노및신소재 등 첨단 제조 IT융합 산업의 요람에 위치하고 있는 창원에서 2017년 한국산업융합학회 추계학술대회를 개최하게 된 것을 매우 기쁘게 생각합니다. 그리고 2017 한국산업융합학회 추계학술대회에 참석하신 융합산업기술 분야의 국내외 전문가 및 연구자 여러분들을 진심으로 환영합니다.

이번 2017 한국산업융합학회의 추계학술대회는 최근 4차산업혁명 시대를 맞이하여 기술 경쟁이 갈수록 심화되고 있는 국제 기술경쟁력 시대를 맞이하여 기존의 국내 산업의 현황분석과 문제점의 진단을 통하여 첨단융합기술 산업의 육성 및 향후 발전 방향을 모색하고, 그리고 신산업 창출을 위한 새로운 신기술의 소개 및 진단을 통하여 국가 미래 신성장동력산업발전에 이바지 하고자 하는 것이 궁극적 목적이라 할 수 있습니다.

또한 본 학술대회를 통하여 많은 기업인들과 학계전문가들이 효율적인 산학협력을 통하여 본 학술대회에서 소개되는 다양한 산업분야의 실용화 기술에 대한 신수요 창출과 창의적 아이디어 및 신기술개발을 위한 토론의 장이 되기를 기대합니다.

이번 2017년 한국산업융합학회 추계학술대회에는 차세대 성장동력원으로 각광받는 첨단기계 및 메카트로닉스 분야를 비롯하여, 핵심분야인 지능기계, 제조용 로봇자동화기술 계측센서, 전력전자 그리고 부품소재 등 신수요 창출을 위한 신기술에 대한 논문이 많이 발표됨으로써 향후 우리나라 미래 먹거리산업의 육성에 크게 기여할 것으로 사료됩니다.

특히 중소기업융합연합회, 벤처기업협회, 로봇산업협회, 이노비즈협회를 비롯하여 두산업중공, S&T중공업, 한화테크 등에서 많은 전문가들이 참석하였으며, 특히 특별 Session에서 소개되는 신기술은 향후 한국의 첨단 미래창조 산업의 육성을 이끌어 나갈 초석이 될 것으로 사료됩니다.

또한, 이번 2017 추계학술대회에 참석하신 모든 분들이 첨단산업단지의 요람 이곳 창원에서 학술 및 기술정보 교류를 통해 보다 더 유익하고 보람 있는 시간이 될 수 있기를 희망하면서 이번 학술대회에 참석하신 여러분들이 하시는 모든 연구 및 사업에 좋은 성과가 있으시기를 본 학회 모든 임원 및 회원들과 함께 진심으로 기원합니다.

끝으로 이번 한국산업융합학회 추계학술대회 준비를 위해 많은 도움을 주신 조직위원 및 프로그램위원님들을 비롯한 학회 준비위원 여러분들께 깊이 감사드립니다.

2017년 11월 29일

(사)한국산업융합학회

회 장 한성현 교수 드림



2017 한국산업융합학회 추계학술대회 행사프로그램

□ 2017년 11월 29일(수)

장소 : 창원컨벤션센터

시 간 \ 내 용	프로그램 내용			
13:00 ~ 14:00	등록 및 준비			
14:20 ~ 16:00	<구두 발표 (I)>			
	Session A (제1발표장)	Session B (제2발표장)	Session C (제3발표장)	Session D (제4발표장)
16:00 ~ 16:30	< Coffee Break Time >			
16:30 ~ 17:30	<포스터 발표(I)>			
	Session A	Session B	Session C	Session D
17:30 ~ 18:00	정기총회 및 이사회			
18:00 ~ 20:00	Welcome Reception			

▣ 발표 장소 안내

구 분	장 소	비고
개회식, 초청강연	Room 600A	6층(신관)
제 1 발표장	Room 605	6층
제 2 발표장	Room 606	6층
제 3 발표장	Room 607	6층
제 4 발표장	Room 600A	6층(신관)
포스터 발표	Room 600 앞 로비	6층(신관)
임원휴게실	Room 600B	6층(신관)
회원휴게실	Room 600B	6층(신관)

□ 2017년 11월 30일(목)

시 간 \ 내 용	프로그램 내용				
09:00 ~ 09:20	등록 및 준비				
09:20 ~ 11:00	<구두 발표 (Ⅱ)>				
	Session A (제1발표장)	Session B (제2발표장)	Session C (제3발표장)	Session D (제4발표장)	
11:00 ~ 12:00	<포스터 발표(Ⅱ)>				
	Session A	Session B	Session C	Session D	
12:00 ~ 13:10	< 점심시간 >				
13:10 ~ 14:10	< 융합산업기술포럼 >				
	< 초청특강 I > 산업연구원 정만태 박사 (주제 : 산업융합과 기계산업 발전) < 초청특강 II > 두산중공업 김기현 부장 (주제 : Difficult-To-Cut-Material Machining Technology) < 초청특강 III > 부산대학교 최원식 교수 (주제 : 4차 산업혁명과 미래 바이오산업)				
14:10 ~ 15:50	<구두 발표 (Ⅲ)>				
	Session A (제1발표장)	Session B (제2발표장)	Session C (제3발표장)	Session D (제4발표장)	
15:50 ~ 17:30	<구두 발표 (Ⅲ)>				
	Session E (제1발표장)	Session F (제2발표장)	Session G (제3발표장)	Session H (제4발표장)	
16:50 ~ 17:30	<포스터 발표(Ⅲ)>				
	Session A	Session B	Session C	Session D	Session E
17:00 ~ 17:30	< 초청특강 IV > 한국줄기세포협회 김영실 회장 (주제 : Golf Injury Therapy Using Stem Cell)				
17:30 ~ 19:30	시상식 및 Banquit				

11월 29일 [수]

[구두 발표]

Track I [14:20 ~ 16:00] : 제1발표장

□ (O-I-A) 사파이어 특별세션

좌장 : 김형재 박사[생산기술연구원]

(O-I-A-1) 14:20~14:45	연삭숫돌에 따른 사파이어 기판의 ELID 연삭 연구 서준영1, 김태경1, 황현덕1, 金允智2, 上原 嘉宏2, 大森 整2, 이현섭1 [동명대학교1, 理化学研究所 大森素形材工学研究室2]
(O-I-A-2) 14:45~15:10	래핑 정반의 그루브가 사파이어 기판의 표면거칠기에 미치는 영향 이태경1, 김형재1, 조한철1, 김도연1, 정해도2[한국생산기술연구원1, 부산대학교2]
(O-I-A-3) 15:10~15:35	CMP 공정 시간에 따른 사파이어 웨이퍼 연마특성 연구 박상현1, 이종찬1, 박인승1[금오공과대학교 기계설계공학과1]
(O-I-A-4) 15:35~16:00	다이아몬드 전착 와이어 성능 평가를 위한 절단 성능 모델 연구 김도연1, 김형재1, 이상직1, 이태경1, 정해도2 [한국생산기술연구원 정밀가공제어그룹1, 부산대학교 기계공학부2]
(O-I-A-5) 15:40~16:00	멀티 와이어 소 메인롤러의 회전 관성 모멘트 최소화를 위한 위상 최적 설계 이승은1, 이준영1, 임홍재2, 정재일3 [국민대학교 자동차공학전문대학원1, 국민대학교 자동차공학과2, 국민대학교 기계공학부3]

Track I [14:20 ~ 16:00] : 제2발표장

□ (O-I-B)첨단융복합기술 및 응용 I

좌장 : 진태석 교수[동서대]

(O-I-B-1) 14:20~14:40	하천 및 호수의 수질 모니터링을 위한 캐터마란형 USV 개발 류영선1, 정준영1, 이재홍1, 성낙윤1[(주)라스테크1]
(O-I-B-2) 14:40~15:00	소형 태양광 무인 항공기 연구 장정욱1, 진태석2[동서대학교 학사 과정1, 동서대학교 메카트로닉스공학과 교수2]
(O-I-B-3) 15:00~15:20	지능형 하이브리드(hybrid)구조의 로봇설계 및 모션제어에 관한 연구 김민성, 황원준, 신행봉[경남대학교 대학원]
(O-I-B-4) 15:20~15:40	휴머노이드 로봇의 보행 궤적 알고리즘개발에 관한 연구 오세봉1, 이성원2, 임오득3[S&T중공업1, 한화테크2, 해군정비창3]
(O-I-B-5) 15:40~16:00	퍼지추론을 이용한 이동로봇의 지능제어 알고리즘 개발 김성일1, 조문근2, 김민성3[주]S&T중공업1, 희수테크2, 경남대학교 첨단공학과3]

11월 29일 [수]

[구두 발표]

Track I [14:20 ~ 16:00] : 제3발표장

□ (O-I-C) 지능제어 및 응용

좌장 : 김만호 교수(동의과학대)

(O-I-C-1) 14:20~14:40	거리로 인한 UGV의 통신불가상황에 따른 UAV를 이용한 제어체계구현 김재형1, 한성현2[경남대학교 첨단공학과1, 기계공학과2]
(O-I-C-2) 14:40~15:00	신경회로망을 이용한 무인수상선의 자율운항 김현민1, 한성현2[경남대학교 첨단공학과1, 경남대학교 기계공학부2]
(O-I-C-3) 15:00~15:20	LIDAR 데이터 및 방향각을 이용한 모바일 로봇의 장애물 인식 시스템 송현우1, 한성현2[경남대학교 전기공학과1, 기계공학부2]
(O-I-C-4) 15:20~15:40	지능형 로봇의 인터넷 기반 원격제어 임오득1, 김민성2, 배호영3, 신행봉4 [해군정비창1, 경남대학교 첨단공학과2, 브이맥3, (주)SG서보4]
(O-I-C-5) 15:40~16:00	자율구동 모바일 로봇의 정밀 위치 및 속도제어에 관한 연구 동근한1, 김두범2, 황원준3, 심현석4 [세광산업1, 경남대학교 대학원2, 경남TP3, (주)동산테크4]

Track I [14:20 ~ 16:00] : 제4발표장

□ (O-I-D) 첨단융복합기술 및 응용 II

좌장 : 김기현 부장(두산중공업)

(O-I-D-1) 14:20~14:40	통신불가상황에 의한 UAV기반 제어시스템 실현에 관한 연구 김민성1, 김기현2, 김희진2, 배호영2 [경남대학교 첨단공학과1, 경남대학교 산업경영대학원2]
(O-I-D-2) 14:40~15:00	뉴럴네트워크기반 수중로봇의 지능제어에 관한 연구 김민성[경남대학교 첨단공학과]
(O-I-D-3) 15:00~15:20	2휠 구동 이동 로봇의 장애물 회피 및 인식 기술 정동연정영호[(주)대호테크]
(O-I-D-4) 15:20~15:40	IOT 기반 지능형 로봇의 실시간 제어 정양근, 김두범, 신행봉[(주)SG서보]
(O-I-D-5) 15:40~16:00	모바일 로봇의 자세 및 경로궤적 제어에 관한 연구 정규현, 동근한, 심현석[(주)동산테크]

11월 29일 [수]

[포스터 발표]

Track I [16:30 ~ 17:30]

□ (P-I-A) 로봇틱스 및 응용 I

좌장 : 이현철 대표[SG서보]

(P-I-A-1)	센서피드백을 이용한 지능형 로봇의 자율주행 제어 이우송1, 박인만2[㈜선진기술1,(주)인템2]
(P-I-A-2)	뉴럴 네트워크를 이용한 모바일로봇의 지능제어 설계에 관한 연구 정양근1, 정성원2[신라정보기술(주)1, DY(주)2]
(P-I-A-3)	공장 내 자율이송작업을 위한 모바일로봇의 안전한 모션제어기 설계 이성진1, 이현철2[한화테크윈(주)1, (주)SG서보2]
(P-I-A-4)	무인 생산 자동화를 위한 무선 통신을 이용한 이동로봇의 무선원격제어 신행봉1, 이희섭2[㈜SG서보1, 두산공작기계2]
(P-I-A-5)	HMM기반 소리인식에 의한 로봇의 지능작업구현에 관한 연구 차보남1, 남택종2[두산인프라코어1 S&T중공업2]

Track I [16:30 ~ 17:30]

□ (P-I-B) 로봇틱스 및 응용 II

좌장 : 정동연 박사[대호테크]

(P-I-B-1)	뉴럴 네트워크 기반 이동로봇 시스템의 고정도 작업경로 최적제어에 관한 연구 김선일1, 황원준2[S&T중공업1, 경남TP2]
(P-I-B-2)	6축 수직다관절 로봇의 작업경로 최적제어에 관한 연구 정동연1, 김민성2[㈜대호테크1, 경남대학교 첨단공학과2]
(P-I-B-3)	첨단제조용 로봇의 반복학습제어에 관한 연구 배호영1, 최민혁2[브이맥1, 경남대학교 기계공학부2]
(P-I-B-4)	3휠구동 모바일 로봇의 이동작업 경로정밀 제어에 관한 연구 김기현1, 김희진2[두산중공업(주)1, 부산인력개발원2]
(P-I-B-5)	고정도 가공정밀도 검사용 로봇 비전기술 개발 조문근1, 백승학2[희수테크1, 두산중공업(주)2]

11월 29일 (수)

[포스터 발표]

Track I [16:30 ~ 17:30]

□ (P-I-C) 제어 자동화 I

좌장 : 박인만 박사[(주)인템]

(P-I-C-1)	작업 공간 맵핑을 통한 로봇의 최적작업경로 제어에 관한 연구 임오득1, 임창식2[해군정비창1, 퍼스텍(주)2]
(P-I-C-2)	반복학습에 의한 모바일로봇의 관절공간작업 경로제어에 관한 연구 이희섭1 김성일2[두산공작기계1, S&T 중공업(주)2]
(P-I-C-3)	공장자동화를 위한 이동로봇의 정밀 위치/속도 궤적의 강인제어 실현에 관한 연구 임창식1, 차보남2[퍼스텍(주)1, 두산인프라코어(주)2]
(P-I-C-4)	4축 스카라형 로봇 매니퓰레이터의 반복학습제어에 관한 연구 임오득1, 박인만2, 정성원3[1, (주)인템2, DY(주)3]
(P-I-C-5)	센서 피드백을 이용한 불확실 파라미터를 갖는 로봇의 최적제어 이현철1, 김민성2[(주)SG서보1, 경남대학교 첨단공학과2]

Track I [16:30 ~ 17:30]

□ (P-I-D) 제어 자동화 I

좌장 : 이우송 박사 [(주)선진기술]

(P-I-D-1)	비선형 복합 제어기를 이용한 로봇 매니퓰레이터의 견실제어 남택중1, 신행봉2[S&T중공업1, (주)SG서보2]
(P-I-D-2)	스마트 팩터리를 위한 다관절로봇의 비주얼피드백 제어에 관한 연구 황원준1, 조문근2[경남TP1, (주)희수테크2]
(P-I-D-3)	다관절 로봇의 위치경로 추적 제어에 관한 연구 정동연1, 이우송2[(주)대호테크1, (주)선진기술2]
(P-I-D-4)	산업용 로봇의 오프라인 제어에 관한 연구 백승학1, 이성진2[두산중공업(주)1, 한화테크윈(주)2]
(P-I-D-5)	무인FA를 위한 다관절 로봇의 고정밀도 동작제어에 관한 연구 김희진1, 정양근2[부산인력개발원1, (주)신라정보기술2]

11월 30일 (목)

[구두 발표]

Track II [09:20 ~ 11:00] : 제1발표장

□ (O-II-A) 전력전자

좌장 : 박성준 교수(전남대학교)

(O-II-A-1) 09:20~09:40	동기각기준 회전좌표 변환에 의한 발전기 연계 시점 검출법 박성준1, 이정환2, 임상길2, 양지훈2, 레동부2, 박성미3 [전남대학교1, (주)지엔이피에스2, 한국승강기대3]
(O-II-A-2) 09:40~10:00	영전력 절환용 CTTS 시스템 구성에 관한연구 선호연1, 김종철1, 이정환2, 임상길2, 박성준1[전남대학교1, 지엔이피에스2]
(O-II-A-3) 10:00~10:20	역기전력 적분을 이용한 BLDC 전동기의 대칭 센서리스 제어 기법 연구 박진욱1, 황명환2, 김동현2, 양승진2, 박성미3, 박성준1 [전남대학교1, 한국생산기술연구원2, 한국승강기대3]
(O-II-A-4) 10:20~10:40	저가형 전압 제어 칩을 이용한 태양광 가로등 전류 제어기에 관한 연구 정다움1, 안영태2, 박성미3, 박성준1[전남대학교1, 나우웍스2, 한국승강기대3]

Track II [09:20 ~ 11:00] : 제2발표장

□ (O-II-B) 지능로봇 I

좌장 : 하연태 소장(주)미래기술연구소

(O-II-B-1) 09:20~09:40	보행로봇의 작업동작 반복학습제어 구현에 관한 연구 하연태[(주)미래기술연구소]
(O-II-B-2) 09:40~10:00	이동로봇의 제조공정라인의 작업 궤적추적제어에 관한연구 엄재홍[(주)성동조선]
(O-II-B-3) 10:00~10:20	이동 로봇의 추종 제어를 위한 이중 슬라이딩 표면에 기반한 슬라이딩 모드 제어 윤창한[해군정비창]
(O-II-B-4) 10:20~10:40	신경회로망에 의한 이동로봇 시스템의 정밀 작업경로 제어 알고리즘 개발에 관한 연구 서희식[(주)엘엠에이티]

Track II [09:20 ~ 11:00] : 제3발표장

□ (O-II-C) 첨단융복합기술 및 응용 III

좌장 : 박장식 교수(경성대학교)

(O-II-C-1) 09:20~09:45	Spectrum Analysis for Detecting Exhaust Gas of Ships 마르셀1, 손금영2, 최용우1, 이강욱1, 박장식2[재영소프트1, 경성대학교 전자전기공학과2]
(O-II-C-2) 09:45~10:10	항만 시설 안전 관리를 위한 균열 감지 시스템 개발 이상협1, 김보성1, 양승민1, 장승연1, 박장식1, 송종관1[경성대학교 전자전기공학부1]
(O-II-C-3) 10:10~10:35	Development of Video Surveillance Robot Using Brain Wave 오지석1, 장수지1, 조재영1, 배한수1, 장세진1, 박장식1[경성대학교 전자전기공학부1]
(O-II-C-4) 10:35~11:00	임베디드 GPU 시스템을 이용한 CNN 기반 차량 번호판 인식. 이상협1, 김현태1, 손금영2, 박장식2 [동의대학교 멀티미디어공학과1, 경성대학교 전자공학과2]

Track II [09:20 ~ 11:00] : 제4발표장

□ (O-II-D) 로봇 및 메카트로닉스 응용

좌장 : 김한성 교수(경남대학교)

(O-II-D-1) 09:20~09:40	평행 및 파워 그리핑이 가능한 적응형 그리퍼 메커니즘 설계 김기성, 김한성 [경남대학교 기계공학부]
(O-II-D-2) 09:40~10:00	6축 힘/모멘트 측정 기능을 갖는 로봇 베이스 플랫폼 설계 정성훈, 김한성 [경남대학교 기계공학부]
(O-II-D-3) 10:00~10:20	힘/토크 측정 기능을 갖는 5축 순응장치 설계 전동화1, 김한성2 [경남대학교 대학원 기계융합공학과1, 경남대학교 기계공학부2]
(O-II-D-4) 10:20~10:40	측정 플랫폼 휠의 탄성 변형에 따른 전동소음 영향 평가 정다해1,2, 정우태1 [한국철도기술연구원 교통환경연구팀1, 과학기술연합대학원대학교 로보틱스 및 가상공학2]
(O-II-D-5) 10:40~11:00	레일음향조도 탐지장치 설계를 위한 변위센서 데이터 분석 정다해1,3, 최한신2, 정우태1 [한국철도기술연구원 교통환경연구팀1, 연세대학교 기계공학과2, 과학기술연합대학원대학교 로보틱스 및 가상공학3]

11월 30일 (목)

[포스터 발표]

Track II [11:00 ~ 12:00]

□ (P-II-A) 전력전자 및 응용		좌장 : 박성준 교수(전남대학교)
(P-II-A-1)	유효전력검출을 이용한 발전기 전압 주파수 안정화 기법 김국현1, 양지훈2, 레동부2, 홍성문2, 박성미3, 박성준1 [전남대학교1, 지엔이피에스2, 한국승강기대3]	
(P-II-A-2)	드론용 전동기를 이용한 고밀도 배터리 충전시스템 박진욱1, 황명환2, 김동현2, 양승진2, 박성미3, 박성준1 [전남대학교1, 한국생산기술연구원2, 한국승강기대3]	
(P-II-A-3)	2단방식을 이용한 높은 입력 전압을 갖는 SMPS에 관한 연구 김종철1, 김국현1, 선호연1, 박성미2, 박성준1[전남대학교1, 한국승강기대2]	
(P-II-A-4)	스마트 전력감시 및 원격 전력 계측을 위한 Semi-Wheel System 제안 연구 여서현1, 레티동뽀1, 선호연1, 박성미2, 박성준1[전남대학교1, 한국승강기대학교2]	
(P-II-A-5)	DC 고전압 센싱을 위한 전압계측 회로 설계에 관한연구 정미애1, 김춘성1, 임상길2 박성미3, 박성준4 [녹색에너지연구원1, G&EPS2, 한국승강기대3, 전남대학교4]	

Track II [11:00 ~ 12:00]

□ (P-II-B) 첨단융복합기술		좌장 : 고석조 교수 [동의과학대]
(P-II-B-1)	선체의 효율적인 생산을 위한 조립공정에 관한 연구 류재혁1, 조용선1, 임성해1, 이재빈1, 이초원1, 변태영1, 박정일2 [동의과학대학교 기계계열1, 경원엔지니어링2]	
(P-II-B-2)	진동현 센서모듈의 구조설계 이동윤1, 성민규1, 이언기1, 이준호1, 황정석1, 이문희1, 노희종2 [동의과학대학교 기계계열1, (주)대동계측2]	
(P-II-B-3)	핫 프레스 포밍 금형 변형 예측 및 강성 구조 설계 박민우1, 최성민1, 이인혁1, 안광훈1, 이우진1, 송승근2, 김국용1 [동의과학대학교 기계계열1, 우신정공(주)2]	
(P-II-B-4)	내장형 제어 시스템 기반 소형 전기 자동차 구현 황성준1, 이승호1, 최선우1, 김창희1, 황현민1, 김만호1, 현진우2, 안병창2, 여동률2, 정다운2, 하장원2, 문민혁2, 장문석2 [동의과학대학교 자동차계열1, 동의과학대학교 전자과2]	
(P-II-B-5)	전방향 주행이 가능한 볼 밸런싱 로봇 설계 및 제작 장정욱1, 김지태1, 신동석1, 진태석2 [동서대학교 학사 과정1, 동서대학교 메카트로닉스공학과 교수2]	
(P-II-B-6)	스마트 팩토리 네트워크 시스템에서 자연요소의 영향 감소방법에 대한 연구 정기민1, 송영훈2, 김현희3, 이경창1 [부경대학교 제어계측공학과1, 한국전기연구원2, 부경대학교 산업과학기술연구소3]	

11월 30일 (목)

[구두 발표]

Track III [14:10 ~ 15:50] : 제1발표장

□ (O-III-A) 지능로봇 II

좌장 : 정양근 대표[신라정보기술(주)]

(O-III-A-1) 14:10~14:30	인간-로봇 협력작업을 위한 인공지능형 로봇제어시스템의 설계 및 구현에 관한 연구 정양근[신라정보기술(주)]
(O-III-A-2) 14:30~14:50	4차산업과 지능로봇 제어기술에 관한 연구 정양근1, 김민성2, 노연국3, 정규현4 (신라정보기술(주))1, 경남대학교 첨단공학과2, (주)에스에프앤티3, (주)세영산업4
(O-III-A-3) 14:50~15:10	이족보행 로봇의 워킹 궤적제어에 관한 연구 신기수1, 이우송2, 최거승3, 김세일4 [(주)애니토이, 해군정비창4]
(O-III-A-4) 15:00~15:20	보행로봇의 기구학적 모델링 및 경로 최적화에 관한연구 윤병석1, 문병갑2, 박인만3, 박명환4

Track III [14:00 ~ 15:40] : 제2발표장

□ (O-III-B) Bio Systems I

좌장 : 최원식 교수[부산대학교]

(O-III-B-1) 14:00~14:25	A Study on the tool for collecting insect pests from fruits trees 우지희1, 데스티아니 수페노1, 키프디마스 하리스 신1, 이은숙1, 남미경1, 차찬열2, 문영조2, 최원식1* [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 한솔영농2]
(O-III-B-2) 14:25~14:50	Charactrtistics of Separation with Tofu and Tofu Container according to Water Temperature 이은숙1,변재영1 ,남미경1 , 우지희1 김나경2 , 이강삼3 ,최원식1 [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 바이오헬스케어 연구소2 , 슬로푸드3]
(O-III-B-3) 14:50~15:15	Fermentation system and characteristics of natural fermented vinegar using lotus and stems 남미경1, 이은숙1,,우지희1, 변재영1, 최원식1* [부산대학교 바이오산업 기계공학과1]
(O-III-B-4) 15:15~15:40	The change of plant and fluorescent lamp temperature in closed system cultivation 키프 디마스 하리스 신1, 변재영1, 프라타마 판두 산디2, 조정열3, 최원식1,# [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 부산대학교 생명산업융합연구원2, (주)룩서스3]

Track III [14:10 ~ 15:50] : 제3발표장

□ (O-III-C) Bio Systems II		좌장 : 최원식 교수(부산대학교)
(O-III-C-1) 14:00~14:20	Surface type broaching machine forced vibration analysis under normal cutting operation condition based on finite element method 프라타마 판두 산디1, 수페노 데스티아니2, 변재영2, 이중순3, 정정환3, 최원식2,# [부산대학교 생명산업융합연구원1, 부산대학교 바이오산업기계공학과2]	
(O-III-C-2) 14:20~14:40	The Characteristics of 4Mhz NDT Ultrasonic Transducer for Weld Quality Inspection of Spot Welding Robot 강언욱1, 프라타마 판두 산디2, 변재영1, 이은숙1, 정성원1, 최원식1,# [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 부산대학교 생명산업융합연구원2]	
(O-III-C-3) 14:40~15:00	The red ginseng vinegar fermentation manufacturing using "Uinkin" 황세란, 데스티아니 수페노, 권순홍, 정성원, 권순구, 박종민, 김종순, 최원식 [부산대학교 바이오산업기계공학과]	
(O-III-C-4) 15:00~15:20	Improvement of the Life of the Electric Vehicle Carrier Reducer by the Finite Element Method 변재영1, 프라타마 판두 산디2, 이은숙1, 박춘숙3, 정성원1, 최원식1 [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 부산대학교 생명산업융합연구원2, 근우테크(주)3]	
(O-III-C-5) 15:20~15:40	Characteristics of Jujube Cherry Tomato Fermentation 데스티아니 수페노, 권순홍, 정성원, 권순구, 박종민, 김종순, 최원식 [부산대학교 바이오산업기계공학과]	

Track III [14:10 ~ 15:50] : 제4발표장

□ (O-Ⅲ-D) 수송기계 융합기술		좌장 : 김기복 박사(르노삼성자동차)
(O-Ⅲ-D-1) 14:00~14:20	CRDI 디젤엔진의 성능특성에 관한 해석 김두범1, 김기복2, [경남대학교 대학원1, 르노삼성자동차2]	
(O-Ⅲ-D-2) 14:20~14:40	이륜구동 자율주행 로봇의 안전한 경로 추적 이우송1, 박인만2, 정동연3(주)선진기술1, (주)인템2, (주)대호테크3]	
(O-Ⅲ-D-3) 14:40~15:00	수중작업용 지능로봇의 장애물회피 및 회피기술 신기수1, 최거승2(주)애니토이1, (주)삼현2]	
(O-Ⅲ-D-4) 15:00~15:20	모바일로봇의 안정적인 자세 제어 방법 남택중1, 신행봉2(주)S&T중공업1, (주)SG서보2]	
(O-Ⅲ-D-5) 15:20~15:40	무선 통신을 이용한 이동로봇의 원격제어 윤병석1, 박인만2, 박명환3(주)동명정기1, (주)인템2, (주)로봇밸리3]	

Track III [16:10 ~ 17:30] : 제1발표장

□ (O-III-E) 로봇 제어 및 엔지니어링 재료

좌장 : 이문희 교수(동의과학대)

(O-III-E-1) 16:10~16:30	핵 구조용 텅스텐재료의 제조특성 박광모 ¹ , 이상필 ² , 이진경 ² , 이문희 ³ , 이종호 ⁴ [동의대학교 기계공학과 ^{1,2} , 동의과학대학교 기계공학과 ³ , 동의과학대학교 자동차공학과 ⁴]
(O-III-E-2) 16:30~16:50	오토 트레이닝 시스템용 제어 모듈에 대한 모터 구동 평가 고석조 ¹ , 백준영 ² , 윤성민 ² , 노치범 ² , 김태훈 ³ , 차병수 ⁴ , 이민철 ⁵ [동의과학대학교 기계계열 ¹ , (주)론펙 ² , 동의과학대학교 전자과 ³ , 동의과학대학교 산업디자인과 ⁴ , 부산대학교 기계공학부 ⁵]
(O-III-E-3) 16:50~17:10	고온 가스터빈을 위한 탄화규소 재료의 열적 특성 이문희 ¹ , 김성원 ¹ , 이종호 ² , 이진경 ³ , 이상필 ³ [동의과학대학교 기계계열 ¹ , 동의과학대학교 자동차계열 ² , 동의대학교 기계공학과 ³]
(O-III-E-4) 17:10~17:30	고온 가스터빈용 탄화규소 세라믹스 재료의 제조특성 이준엽 ¹ , 이상필 ² , 이진경 ² , 이문희 ³ , 김성원 ³ [동의대학교 기계공학과 ^{1,2} , 동의과학대학교 기계공학과 ³]

Track III [16:10 ~ 17:30] : 제2발표장

□ (O-III-F) 자원플랜트

좌장 : 장성철 교수(한국폴리텍대학)

(O-III-F-1) 16:10~16:30	건축물 마감재료의 유해가스 평가방법 개발 동향 분석 이인구 ¹ , 김정식 ¹ , 전준표 ¹ , 문도진 ¹ [한국조선해양기자재연구원 ¹]
(O-III-F-2) 16:30~16:50	건축물 외장 단열재의 화재성능평가 제도 동향 분석 전준표 ¹ , 김정식 ¹ , 이인구 ¹ , 문도진 ¹ [한국조선해양기자재연구원 안전환경시험연구센터 ¹]
(O-III-F-3) 16:50~17:10	탄화수소화재조건에 따른 실물크기 방화댐퍼의 코밍돌출길이 설정에 관한 실험적 연구 최태진 ¹ , 김정식 ¹ , 박성호 ² , 장성철 ³ [한국조선해양기자재연구원 ¹ , (주)동아풍력 ² , 한국폴리텍대학 충주캠퍼스 ²]
(O-III-F-4) 17:10~17:30	KF-80 황사마스크의 성능 인증에 관한 연구 정원택 ¹ , 장성철 ¹ , 김한주 ² , 김한진 ³ , 박성배 ⁴ [한국폴리텍IV대학 충주캠퍼스 ¹ , SDL테크 ² , 신대림정밀공업 ³ , Win초음파 ⁴]

11월 30일 (목)

[구두 발표]

Track III [16:10 ~ 17:30] : 제3발표장

□ (O-III-G) 융합 시스템

좌장 : 조수범 교수[동의과학대]

(O-III-G-1) 16:10~16:26	다기능 오일 건 시스템의 구동 알고리즘 개발 이상협1, 김만호2[부산대학교 기계공학부1, 동의과학대학교 자동차계열2]
(O-III-G-2) 16:26~16:42	무인선의 법적 쟁점 이병규1, 송기홍2, 조수범2 [동의과학대학교 경찰경호행정계열1, 동의과학대학교 정보통신과2]
(O-III-G-3) 16:42 ~ 16:58	표고버섯분말을 첨가한 우육의 연육효과에 관한 연구 김호경1, 고승혜2 [동의과학대학교 식품영양조리계열1, 청강문화산업대학교 푸드스쿨 조리전공2]
(O-III-G-4) 16:58~17:14	신체활동 증진을 위한 동기강화상담의 타당성 검증 유지형[동의과학대학교 간호학과]
(O-III-G-5) 17:14~17:30	산업융합시대 SIT의 활용에 관한 연구 송해근[동의과학대학교 경영계열]

Track III [16:10 ~ 17:30] : Room 302

□ (O-III-H) 첨단융복합기술 및 응용 IV

좌장 : 조강현 교수[울산대]

(O-III-H-1) 16:10~16:30	Analysis of Traffic Sign Classification using Multiple Image Preprocessing Methods 당청1, 조강현2 [울산대학교 일반대학원 전기전자컴퓨터공학과1, 울산대학교 전기공학부2]
(O-III-H-2) 16:30~16:50	Exploiting Different Shape Features for Fall Action Classification 소미야 카스투리1, 조강현2 [울산대학교 일반대학원 전기전자컴퓨터공학과1, 울산대학교 전기공학부2]
(O-III-H-3) 16:50~17:10	Vehicle Contour Segmentation Using 3D Point Cloud 위양1, 쿠리니안고로 락소노1, 조강현2 [울산대학교 일반대학원 전기전자컴퓨터공학과1, 울산대학교 전기공학부2]
(O-III-H-4) 17:10~17:30	Human Pose Estimation from Images Using Convolution Neural Networks 황반탄1, 조강현2 [울산대학교 일반대학원 전기전자컴퓨터공학과1, 울산대학교 전기공학부2]

11월 30일 (목)

[포스터 발표]

Track III [16:50 ~ 17:30]

☐ (P-III-A) 로봇자동화 I

좌장 : 고기영[두산중공업]

(P-III-A-1)	3월 구동의 모바일 로봇의 정밀위치제어에 관한 연구 고기영[두산중공업(주)]
(P-III-A-2)	모바일 매니퓰레이터 로봇시스템의 반복학습제어에 관한 연구 김기현[두산중공업(주)]
(P-III-A-3)	스마트 FA를 위한 대화형 지능로봇제어에 관한 연구 김재상[한화테크윈(주)]
(P-III-A-4)	휴머노이드 로봇의 실시간 정밀보행제어에 관한 연구 김재종[해군군수사정비창]
(P-III-A-5)	고온내열환경 주단조물 이동작업을 위한 로봇 그리퍼 파지제어에 관한 연구 김희진[부산인력개발원]

Track III [16:50 ~ 17:30]

☐ (P-III-B) 로봇자동화 II

좌장 : 남택중[S&T중공업]

(P-III-B-1)	고온단조물 핸들링 작업용 6축 다관절로봇의 작업경로제어에 관한 연구 남택중[S&T중공업]
(P-III-B-2)	내열환경 6축 수직다관절 로봇의 작업경로 및 궤적제어에 관한 연구 문정철[해군정비창]
(P-III-B-3)	주단조공정 자동화를 위한 수직다관절 로봇의 토크 제어에 관한 연구 박성규[(주)지엠비코리아]
(P-III-B-4)	주단조물의 이송 및 정렬작업을 위한 수직다관절 로봇의 작업경로제어에 관한 연구 박세빈[해군]
(P-III-B-5)	생산자동화를 위한 수직다관절 로봇의 모방동작제어에 관한 연구 배호영[브이맥]

11월 30일 (목)

[포스터 발표]

Track III [16:50 ~ 17:30]

□ (P-III-C) 로봇자동화 III

좌장 : 김기현[두산중공업(주)]

(P-III-C-1)	학습기반 휴머노이드 로봇 실시간 워킹제어 구현에 관한 연구 백영태[S&T 중공업(주)]
(P-III-C-2)	휴머노이드 로봇의 보행계획 알고리즘 개발에 관한 연구 오창근[경원산업]
(P-III-C-3)	퍼지추론을 이용한 이동로봇의 지능제어 알고리즘 개발 윤인균[르노삼성자동차]
(P-III-C-4)	자율주행로봇의 위치 및 속도제어에 관한 연구 이민환[(주)승진정밀]
(P-III-C-5)	이동 로봇의 제조공정라인의 작업 궤적추적 제어에 관한 연구 이창영[해군정비창]

Track III [16:50 ~ 17:30]

□ (P-III-D) 로봇자동화 IV

좌장 : 이형태[동양직업전문학교]

(P-III-D-1)	이미지입력을 갖고 음성으로 제어되는 로봇 아암의 제어 이형태[동양직업전문학교]
(P-III-D-2)	제한 동작 로봇의 강성도 적응성을 갖는 하이브리드 동적 제어에 관한 연구 조문근[희수테크]
(P-III-D-3)	인공 포텐셜 장을 이용한 군집 로봇의 대형 제어 주은택[(주)TESS]
(P-III-D-4)	모바일로봇의 작업경로 보정을 위한 영상인식 기술 최성주[피에스티 캠토스]

11월 30일 (목)

[포스터 발표]

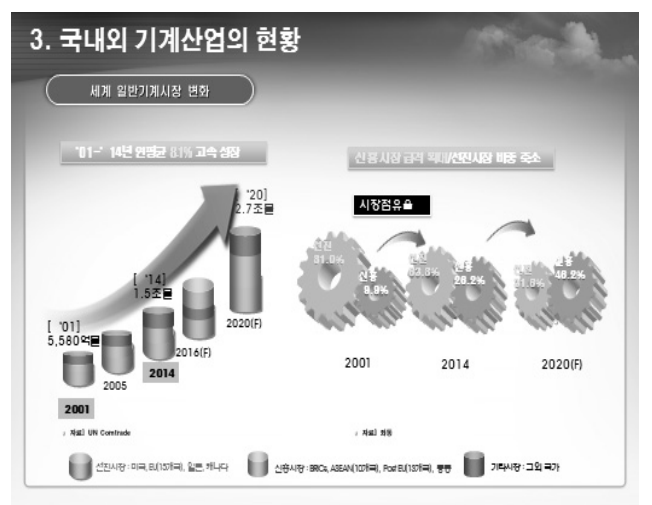
Track III [16:50 ~ 17:30]

□ (P-III-E) 자원플랜트 및 응용

좌장 : 김진광 박사[타이코에이엠피]

(P-III-E-1)	자동차용 실리콘 와이어 쉘의 최적설계 김진광1[타이코에이엠피1]
(P-III-E-2)	LNG 벙커링용 Ship to Ship QC/DC 커넥팅 벨로즈 기술개발에 관한 기초 연구 정현철1, 김정식2[엔이에스(주) 기술연구소1, 한국조선해양기자재연구원2]
(P-III-E-3)	나선형 스크류 추진장치의 형상요소 변화에 따른 추진력 전산수치해석 신귀남1[충남대학교 기계공학과1]
(P-III-E-4)	굴뚝효과를 응용한 자연대류 열전달 향상 김종대1[충남대학교 기계공학과1]
(P-III-E-5)	자동 사출 성형기의 금형 코어에 대한 피로 수명 예측 김진광1[타이코에이엠피1]
(P-III-E-6)	LNG 벙커링용 TCS의 국산화 기술개발에 관한 기초 연구 정현철1, 김정식2[엔이에스(주) 기술연구소1, 한국조선해양기자재연구원2]

연 사	정 만 태
소 속	산업연구원 / 선임연구위원
주 제	산업융합과 기계산업발전



3. 국내외 기계산업의 현황

세계 일반기계시장에서 한국 위상

세계 일반기계 수출 순위 변화

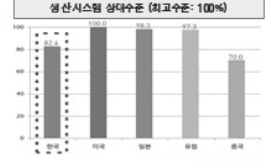
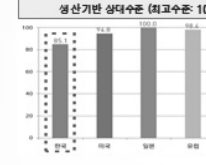
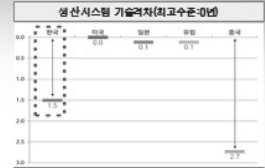
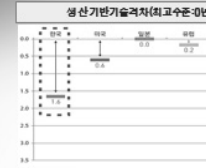
순위	2000	2006	2009	2014
국가	일본	미국	중국	미국
1	미국	미국	미국	미국
2	일본	일본	일본	일본
3	일본	일본	일본	일본
4	미국	미국	미국	미국
5	중국	중국	중국	중국
6	일본	일본	일본	일본
7	일본	일본	일본	일본
8	일본	일본	일본	일본
9	일본	일본	일본	일본
10	일본	일본	일본	일본

세계 일반기계 수입 순위 변화

순위	2000	2006	2009	2014
국가	미국	미국	미국	미국
1	미국	미국	미국	미국
2	일본	일본	일본	일본
3	일본	일본	일본	일본
4	일본	일본	일본	일본
5	일본	일본	일본	일본
6	일본	일본	일본	일본
7	일본	일본	일본	일본
8	일본	일본	일본	일본
9	일본	일본	일본	일본
10	일본	일본	일본	일본

4. 기술수준 격차 현황

기술 수준



5. 기계산업의 융복합화 및 고부가가치화

성전국은 원천기술 및 융·복합화 기술을 바탕으로 신성장 잠재산업 주도

- 미, 일, 일, 일 등이 선진 장비산업(반도체, 해양전지, LCC방비, 통신 장비) 선점
- 주요 반도체 장비: (미)ASML, (일)Applied Materials, (일)Tokyo Electron 등
- 주요 LCC방비 장비: (미)Lockheed, (일)Boeing, (일)Edwards 등
- 통신 장비: (미)Cisco, (일)Huawei, (일)ZTE 등
- 공작기계의 IT 융합 핵심 부품인 CNC는 일본, 독일이 독점
- CNC 제작업 집중: Fanuc 약 50%, Siemens 약 10% 등
- 독일, 미국, 중국 등의 ICT를 융합한 기계산업 고도화 추진 중
- (美) Industry 4.0: 4차 산업혁명, 융합, 제조업의 혁신, 제조업의 혁신, 제조업의 혁신
- (日) 4차 산업혁명: 4차 산업혁명, 융합, 제조업의 혁신, 제조업의 혁신, 제조업의 혁신
- (中) 12-5 과학 기술 발전 전략: 12-5 과학 기술 발전 전략, 융합, 제조업의 혁신, 제조업의 혁신, 제조업의 혁신

원재료, 부품소재는 글로벌 경쟁력을 확보했으나 장비는 기술력 및 국산화 미흡

- 핵심장비의 선진국 의존도: 반도체 장비(일본) 90%, LCC방비(미국) 80%, 통신 장비(미국) 70%
- 원재료: 조선(1위), 반도체(2위), 부품소재(3위) 등
- 신성장동력 장비기술력: 56%(미국:100), 국산화율(35%)(8)
- * 1년: 1년, 2년, 3년, 4년, 5년, 6년, 7년, 8년, 9년, 10년, 11년, 12년, 13년, 14년, 15년, 16년, 17년, 18년, 19년, 20년, 21년, 22년, 23년, 24년, 25년, 26년, 27년, 28년, 29년, 30년, 31년, 32년, 33년, 34년, 35년, 36년, 37년, 38년, 39년, 40년, 41년, 42년, 43년, 44년, 45년, 46년, 47년, 48년, 49년, 50년, 51년, 52년, 53년, 54년, 55년, 56년, 57년, 58년, 59년, 60년, 61년, 62년, 63년, 64년, 65년, 66년, 67년, 68년, 69년, 70년, 71년, 72년, 73년, 74년, 75년, 76년, 77년, 78년, 79년, 80년, 81년, 82년, 83년, 84년, 85년, 86년, 87년, 88년, 89년, 90년, 91년, 92년, 93년, 94년, 95년, 96년, 97년, 98년, 99년, 100년

수준이 높아도 고용없는 성장 심화 → 국산화율 제고 필요

- 수출의 고용유발계수(10억원)
- * 2000년(9.3) → 2005년(7.4) → 2010년(5.4) → 2013년(5.4)

6. 기계산업의 서비스화

서비스 경쟁력이 기계산업의 핵심 가치로 부각

- Value Chain의 핵심이 조립, 가공 생산에서 연구, 설계, 유지보수 등 서비스분야로 전환
- 독일 등 기계산업 선진국들은 유지·보수, 부품교체, 유통설비 개발을 통한 고수익 창출

제조업의 부가가치 사슬 구조 변화

- 제조 자체의 가치는 낮아지고, 가치사슬 전반에 융합되는 지식집약적인 단계에서 부가가치 증가
- 전반: 설계, 경영관리, 영업, 마케팅, 제조, 생산, 공정, 기술 등
- 후반: 부품, 조립, 수리, 유지보수 등

국내 기계산업 서비스 업체들의 영세성 및 중소기업 유통구조 취약

- 서비스 업체들의 고용과 매출은 제조기업 대비 각각 1/6, 1/10 수준
- 브로커, 대형, 무차별 거래, 저가낙찰 등 중소기업 유통구조 취약

기계설비 유통발전과 및 수출 촉진을 위한 인프라 구축

- 중고설비 거래발전화를 위한 유통발전단지, 정보망, 지원체계 등 기본 인프라 구축
- 중고설비 수출 부진은 국내 신제품 시장침투 및 설비투자 활성화를 꾀함
- 일본: 오사카, 기계유통단지 - 88년도에 설립된 일본 최대의 유통단지 - 유통단지

7. 기계산업의 대·중소기업 동반성장

기술 고도화로 단일기업간 경쟁에서 생태계(기업 네트워크)간 경쟁으로 전환

- 글로벌 경쟁력 확보를 위해서는 협력기업의 생산성 향상이 필수 조건
- 기업간 협력 강화, 조립 산업으로 부흥의 경쟁력이 설계력, 경쟁력을 크게 좌우

중소기업은 연구개발 및 자본투자의 한계로 생산성 정체 지속

- 핵심장비 대비 중소기업 1인당 노동생산성: ('07)30.7% → ('11)28.0%
- 2. 3차 협력사는 열세성과 혁신의 지름길로 산업 전체 경쟁력제고에는 역부족

대기업 및 중소기업간 양극화 현상 심화

- 제조업 1인당 부가가치 (2014): 대기업 389백만원, 중소기업 115백만원(대기업의 31.1%)
- 제조업 1인당 총생산액 (2014): 대기업 60백만원, 중소기업 33백만원(대기업의 54.0%)

8. 기계산업의 인력양성 체계

청년 인력의 유입이 가장 낮고, 인력 수급의 양적·질적 부족현상 발생

- 29세 이하의 종사자 비중이 12년 25.9% → 12년 12.1%로 전체 제조업 중 청년인력의 유입이 가장 낮음
- 30-49세 종사자 비중(%) : 기계 72.4, 반도체 60.8, 자동차 60.6, 전자 70.3, 조선 59.3
- * 10년 후, 기계산업은 50% 이상 종사자 비중이 급증 될 것으로 전망

우리나라는 고령화가 세계에서 가장 빠른 속도로 진행

- 합계출산율은 2013년 1.18명으로 OECD 국가 중 최저치(12년 OECD 평균 1.74명)
- 기대수명 증가율은 18.4%로 세계 주요국 중 최고 수준

직무분야별 인력 수급 미스매칭

- 숙련도가 요구되는 설계 및 생산직무 분야의 부족이 심각 (직무 전체 평균 부족률 25.9%)

고령화 리스크 부각

- * 노동력 부족, 생산성 저하, 세대 간 일자리 경쟁 등을 초래할 수 있음
- 종사자의 기술이론도가 높은 기계산업은 기술인력 부족 우려

1. 융합 트렌드의 대두와 융합 필요성

융합은 새로운 성장 DNA로서의 융합

- 융합기술·제품은 산업경쟁력, 성장잠재력 강화를 위한 필수DNA라는 인식이 확산
- 제품의 가치에 대한 인식 변화: 기술기술의 혁신성 → 상품(고객) 가치 창조, 네트워크 모델
- 산업고도화, 차별화: 기존 전통산업의 성장 정체를 타개하는 돌파구로서의 융합
- 기존 산업에서의 기술 혁신 강화
- 선진국 시장의 성장세 둔화 기존 산업의 수확성 약화로 기존 산업에서는 과거와 같은 고도성장 새 유망분야가 없음
- 글로벌 경쟁의 심화를 유발하면서 제품의 차별성이 경쟁우위 확보를 위해 중요
- 산업 패러다임 전환기에 산업의 장기발전을 위한 '새로운 모멘텀' 이 필요

1. 융합 트렌드의 대두와 융합 필요성

시장확장: 기존 산업의 외연확장 전략으로서의 융합

- 주요분야 중심의 경영에서 벗어나 성장동력 강화를 위해 관련 다각화 강화 추세
- 융합은 신산업만이 아니라 전통산업에서도 새로운 사업기회를 제공하므로 전통산업의 지속발전 가능성을 고려한 융합추진이 필요
- 자동차-IT, 조선-IT, 섬유-나노, 건설+서비스 등에서 새로운 비즈니스 모델 발굴 가능

1. 융합 트렌드의 대두와 융합 필요성

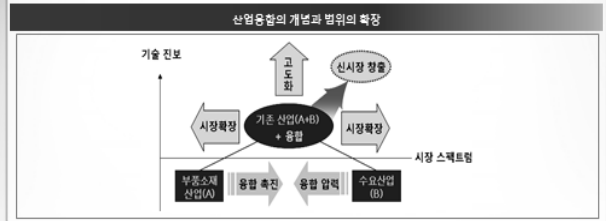
신시장 창출: 새로운 융합 신시장 도래에 대한 선제적 대응

- ① 신시장 창출의 동기 및 배경
 - [동기] 가치사슬 내에서 수평적 통합이 일어나는 동시에 다른 산업의 가치사슬로의 수직적 확장 및 영역이 재구성되면서 융합시장이 창출
 - [배경] 새로운 제품, 서비스의 상용화와 연계되는 기술혁신, 상대적 경쟁우위 요인의 변화, 소비자 욕구변화, 경제, 사회적 변화 등
- ② 새로운 비즈니스 모델 및 신사업 기회를 선제적으로 포착할 수 있는 '제도적 프레임'을 마련
 - IT융합에 머물렀던 기존의 융합정책을 전통산업은 물론이고 바이오, 나노, 의료, 로봇 등 신산업까지를 포괄하는 융합으로 확대하여 '다양한 융합 신산업에 창출'될 수 있도록 정책적 역량을 집중할 필요
 - 혁신성, 유연성이 강한 중소기업에 대한 '성장 기회' 제공

1. 융합 트렌드의 대두와 융합 필요성

수요산업의 융합수요 증대: 융합제품 수요에 대한 대응

- ① 수요(전방)산업에서의 제품수요는 점점 융합기술, 제품으로 변화
 - 글로벌 경쟁 심화, 녹색화, 첨단화, 다기능화, 디지털화 등이 수요산업의 융합수요 요구를 증대
 - 자동차산업의 경량화·전장화·수요 확대 → 소재부품의 초경량화, 첨단소재·첨단IT화를 유도
 - 기계, 자동차, 의료기기, 가전제품에서는 임베디드SW, 시스템반도체, 플랫폼을 디스플레이의 개발압력을 유발



1. 융합 트렌드의 대두와 융합 필요성

부품소재 기술혁신: 융합형 기술혁신이 수요산업의 융합화를 촉진

- ① 기반기술(IT, NT, BT 등)의 확산으로 기술혁신이 융합수요를 창출
 - IT기술은 점진적으로 다른 산업과 결합하면서 새로운 비즈니스 모델, 시장을 창출하기 시작
 - NT, BT, CT, GT 등도 기반기술로 확산되면서 산업 전반에서 수용하기 시작
- ② 혁신적 기반기술의 진보는 수요산업의 융합을 촉진하면서 산업의 선순환구조를 유발

2. 국내외 기계부문의 산업융합 현황

(1) 국내 기계부문의 산업융합 사례

두산인프라코어(주) 「수직형 머시닝센터 DNM 시리즈」

- ① 공작기계 분야에서 두산인프라코어가 빠르게 성장하고 기술적 진보를 이룬 바탕에는 첨단IT를 융합한 장비 스마트화 전략이 주요
 - 두산인프라코어는 기능화 작업을 범용수직형 머시닝센터에 우선적으로 적용
- ② 대대 시리즈 개발에서 중점을 둔 부분은 이용자의 편의성, 정지시간 최소화, 유지보수 용이성 등
 - 정지시간 최소화를 위해 자동 공구교환장치의 제어기능 데이터를 이중장치 및 공구 파손검출 등 준비 시간 단축과 가공 중에 오류 발생으로 인한 정지시간을 최소화할 수 있도록 프로그램화

DNM 시리즈에 탑재된 주요 기능별 기능

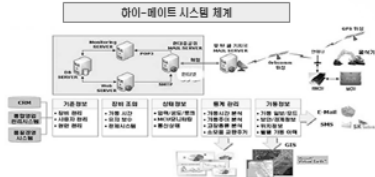
기능	내용
TOOL DATA REGISTRY TABLE	공구 저장장치 내 공구정보 자동 Update 기능(2D Graphic 공구 표시)
TOOL LOAD MONITOR	공구 부하 감지 기능
TABLE MOVING FOR SETUP	반면 조작으로 테이블을 가공물 Setup 위치로 자동이동 가능
BACKUP CUSTOM DATA	공구 부하 데이터 백업 및 복원 가능
RENDOWN GUN	공구 길이, 경 지름 측정 자동 측정 공구 파손 검출 가능
ALARM GUIDANCE	경보 발생시 상세 조치 방법 가이드 가능
SENSOR STATUS MONITOR	알림 표시 및 출제노이드의 상태 및 위치 정보 제공
ATC RECOVERY HELP	자동공구교환장치(ATC)가 원상 복구상태를 경우 복구 방법 가이드 가능
EASY NC PARAMETER HELP	NC 파라미터 상세 내용 표시 가능
USER LOG IN-OPERATION RATE	작업자별 작업 현황에 대한 기록을 축적 가능

2. 국내외 기계부문의 산업융합 현황

(1) 국내 기계부문의 산업융합 사례

현대중공업(주) 굴삭기 원격관리시스템 '하이-메이트'

- ① 현대중공업이 국내에서 처음 개발·적용한 굴삭기원격관리시스템 '하이-메이트(Hi-Mate)'는 건설기계들을 원격으로 관리할 수 있는 솔루션
 - 이 시스템을 활용하면 개별 굴삭기들의 가동시간, 고장원인, 소모품 사용현황 및 교환 주기, 위치 정보 등을 실시간으로 파악
- ② '하이-메이트' 시스템이 적용된 굴삭기원격위상과 통신할 수 있는 안테나와 통신단말기(MOD) 장비 제어 유닛(MCU)이 탑재



2. 국내외 기계부문의 산업융합 현황

(2) 해외 기계부문의 산업융합 사례

돌스모이스의 항공기 엔진 예방 유지보수 서비스, 'Total Care'

- ① 항공기에 부착된 자기 진단 기능 빅데이터를 수집, 예방 유지 보수 서비스를 제공함으로써 시장 점유율 향상과 수익성 제고 동시 달성
 - 약 500개 항공사의 1400개 엔진에 다양한 센서를 부착하여 매일 6500시간 분량의 가스터빈 엔진 가동 데이터를 수집
 - 영국 대비 중앙 제어 센터의 데이터 분석과 공방 서비스팀 간 논의를 통해 최적의 부품 교체 및 정비를 제공하는 'Total Care' 서비스 운영
 - (영국) 'Total Care' 서비스 가입을 통해 기계 결함으로 인한 연착과 취소 손실액 4500만 달러/Day를 최소화
 - (돌스모이스) 2013년 6월 현재 항공기 엔진 시장은 과점54% 수준 주가 상승하고 있으며, 'Total Care' 서비스가 매출의 50% 이상 창출

3. 기계부문 융합화 촉진 요인

Technology Push요인

- ① 글로벌 기계기술 트렌드는 초고속, 고정밀화, 다기능/복합화, 조정밀화, 고유연, 지능화, 녹색화 등 다양한 유형의 Technology Push 진행
- ② 선진국들은 이중 공정간의 복합화 및 유연 자동화 대응형 첨단 가공장비를 출시 중
 - 제어장치 및 로봇시스템은 선진국들이 Mid-tech 이하 제품까지 패키지로 공급
 - 아마존·마이크로소프트의 경우, 제조공장내 네트워크 및 기계, 가공, 치공구, 생산스케줄 등의 모든 정보를 공유함으로써 Cyber Production Center 개념의 통합 공장 운영시스템을 상용화
- ③ 복합화 대응형 기계류는 복합 터닝센터, 고속 머시닝센터, 고속레이저 가공기 중심에서 향후 융합형 하이브리드 공작기계, 융복합 기기 제어장치 및 무인자동형 건설기계 등으로 확산 전망
- ④ 친환경화가 확산되면서 친환경 냉동공조기기, TFR4 대응형 건설기계 및 Gearless 풍력설비 등의 개발도 가속화

4. 기계부문 융합화 제약요인

일반기계산업의 융합화과정의 제약요인 (중요도 순)

분야	시기 (2000~2010년)	시기(2015~2020)
초기시장 창출지원	규모의 경제 실현 속도	신뢰성평가 기반 미비
핵심 기술 및 특허 확보	복합기술 다계통 동시제어기술	초미세 기술 시스템통합 기술
산업융합인프라	융복합 대응형 기계인력부족 타 업종과의 공동연구 미비	초소형, 초정밀, 다중정 대응형 인력 부족

1. 기계부문 융합화 전개방향

기계산업의 융합화 추이와 향후 전개방향

Machinery	Mechatronics	MT 융합기기	Intelligent Robotics
주요 특징 • 기존 산업기계 중심 시대 • 공작기계 중심의 IT화 시대	주요 특징 • CNC 공작기계 • CAD/CAM • FA • PLC	주요 특징 • 인공지능 기계 • Robot Factory • MRO • Nopeople Line 등	주요 특징 • 로봇공학 및 인공지능 융합의 시대 • 지능형 로봇의 일반화 • 인공지능 및 머신러닝 등 • 사물인터넷(IoT) 등
주요 제품 • 산업기계 • 공작기계 • CNC 공작기계 • CAD/CAM • FA • PLC	주요 제품 • CNC 공작기계 • CAD/CAM • FA • PLC	주요 제품 • 인공지능 기계 • Robot Factory • MRO • Nopeople Line 등	주요 제품 • 지능형 로봇의 일반화 • 인공지능 및 머신러닝 등 • 사물인터넷(IoT) 등
핵심기술 • 기계공학 • 기계설계 • 기계제작 • 기계재료 • 기계유체 • 기계전자	핵심기술 • 기계공학 • 기계설계 • 기계제작 • 기계재료 • 기계유체 • 기계전자	핵심기술 • 인공지능 • 머신러닝 • 딥러닝 • 강화학습 • 자연어처리 • 컴퓨터비전	핵심기술 • 인공지능 • 머신러닝 • 딥러닝 • 강화학습 • 자연어처리 • 컴퓨터비전
핵심기술 • 기계공학 • 기계설계 • 기계제작 • 기계재료 • 기계유체 • 기계전자	핵심기술 • 기계공학 • 기계설계 • 기계제작 • 기계재료 • 기계유체 • 기계전자	핵심기술 • 인공지능 • 머신러닝 • 딥러닝 • 강화학습 • 자연어처리 • 컴퓨터비전	핵심기술 • 인공지능 • 머신러닝 • 딥러닝 • 강화학습 • 자연어처리 • 컴퓨터비전

1. 기계부문 융합화 전개 방향

향후 전망

- 복합화 대응형 기계류는 복합 터닝센터, 고속 머시닝센터, 고속레이저 가공기 중심에서 향후 융합형 하이브리드 공작기계, 융합형 기기 제어장치 및 무인자동화 건설기계 등으로 확산 전망
 - 정량적 기술융합비율은 오는 2015년 25%수준에 이어 2020년에는 40%수준에 이를 것으로 전망
 - 선진국 대비 상대자수도 31(2015년) 37(2020년)정도로 추정
- 친환경화가 확산되면서 친환경 냉동공조기기, TIER 4 대응형 건설기계 및 Gearless 풍력설비 등의 개발도 가속화 될 것으로 예상
- 또한 인구 고령화, 기기 관리의 효율화 요구 및 필요성이 커지면서 수요자 친화형 농업기기 및 시스템, 원격 관리 가능 굴삭기 등 제조업과 서비스업 융합형 기계류의 시장도 확대 예상
 - 중소형 굴삭기, 초고속고효율 송강기에 대한 제품화 요구도 증대기작으로 커질 것으로 전망

2. 산업융합 활성화 전략

산업융합 혁신시스템 구축

- 융합을 촉진하는 개방형 기업문화, 상생협력 조성, 네트워크화, 공동 사업, 공동 기술 개발 등 기업의 개방성 촉진
- 위키노믹스형 기술개발 도입으로 기업의 개방성을 확대
- 공공 연구기관의 개방형 연구시스템 도입
 - 융합형 기술이전 및 기술사업화 강화
- 친융합형 학제간 융합연구 여건조성
 - 대학간 공동연구소 설립을 통한 대학의 융합기술 협력모델 구축
- 융합 분야의 R&D 프로세스의 재정립
- 원천기술 확보의 선순환 R&D 시스템 구축

32

2. 산업융합 활성화 전략

융합분야의 창의적 전문인력 양성

- 다학제적 지식을 습득·활용할 수 있는 인력 양성 시스템의 정비
- 융합산업 연구개발 사업 추진과정에서 필수인력의 적기 공급체제 구축
 - 융합 R&D와 연계한 현장형 인재 및 전문인력 재교육 양성 강화
- 업계와 대학 간의 직접적인 산·학 협력을 통한 맞춤형 융합전문인력 양성
 - 기술경쟁력을 강화하는 MOI 프로그램 지원
- 다학제적 지식, 기술 인력의 양성
 - 대학간 다학제간 학위과정 개발
- 융합기술, 산업 평가요원의 양성
- 융합 S/W인력 양성 등

33

2. 산업융합 활성화 전략

융합제품과 서비스 시장 중심의 융합신산업 육성

- 융합제품 및 서비스의 초기 시장 수요 창출
 - 융합 신제품에 대한 공공기관 우선 구매
- 융합제품 및 서비스 반응 모니터링 시스템 구축
- 국제적 수준의 융합관련 테스트베드의 기반 확충
- 융합시장을 성장·주도할 수 있는 획기적인 '킬러 애플리케이션'의 개발을 지원
- 융합제품과 서비스의 초기 창출과 활성화 시범사업 추진

34

2. 산업융합 활성화 전략

융합선도 중견중소기업의 성장기반 강화

- 기존 중소기업에 대한 활력 제고 및 기술력 및 아이디어를 보유한 융합선도형 인재와 벤처 및 중소기업의 성장기회 제공
- 조직간 협업 활성화, 수평적 협업 확대 등을 통한 이업종간 협업 시스템 구축 강화
 - 자동차와 전자, 로봇과 전자, 생물과 전자 등 이업종간 R&D 제휴의 강화

'뉴 노멀'에 부응하는 법체계 및 제도적 환경 개선

- 융합제품·서비스의 시장 창출과 확대를 저해하는 경쟁정책 및 관련법·제도의 재정비
 - 융합현장의 불합리한 규제에 대한 상시 해소체계 구축
- 부처간 및 정부·민간 역할분담과 조정
- 협력방법의 전략적 유형화를 통한 융합분야 선진국과의 국제협력 강화

35

2. Difficult-To-Cut-Material Machining Technology이란?

나. 공구인전의 손상과 트러블

5. 코팅(Coating: CVD & PVD)

Wear De Coating On ?

- prolong tool life
- improve machining productivity
- improvement of the workpiece surface finish
- 10% of total cutting inserts are coated

나. 공구인전의 손상과 트러블

6. Wear of the Cutting Tool

나. 공구인전의 손상과 트러블

7. Wear of the Cutting Tool

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-1. 어원면 마모 (Flank 마모, V_{max} 마모, 측면 마모)

2. Difficult-To-Cut-Material Machining Technology이란?

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-2. 경사면 마모 (크로이스트 마모, 상면 마모)

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-3. 구성인전 (Built up edge)

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-4. 치형 (Chipping, 인선부 치형, 인선외 치형)

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-5. 열균열 (Thermal Cracks)

2. Difficult-To-Cut-Material Machining Technology이란?

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-6. 경사면 마모

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-7. 어원면 마모

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-8. 구성인전

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-9. 치형

2. Difficult-To-Cut-Material Machining Technology이란?

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-10. 경사면 마모

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-11. 어원면 마모

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-12. 구성인전

나. 공구인전의 손상과 트러블

7-13. 치형

2. Difficult-To-Cut-Material Machining Technology이란?

나. 특수재질(탄소계) 가공에 대한

4-2. Cryogenic machining

Flank Wear in Finishing of A2 Steel

나. 특수재질(탄소계) 가공에 대한

4-3. Cryogenic machining

Cryogenic Machining of Carbide Dies

나. 특수재질(탄소계) 가공에 대한

4-4. Cryogenic machining

Machining of CP60-10V Bolts

나. 특수재질(탄소계) 가공에 대한

4-5. 난삭재 가공 기술 : 산소제(열기)가 없는 것

COMPOSITE MATERIAL (FRP)

3. 결론

- Difficult-To-Cut-Material Machining Technology은 산업의 고도화로 소재의 강도, 경도, 내마모성 및 높은 온도에서도 견디는 재질로 지속적 개발되고 있어 특수 가공방법을 제안 하였다
- 절삭공구의 개발을 통해 난삭재료를 가공방법에 적용하고 표준화 방법을 적용 하였다.
- 난삭재를 가공함에 따른 열발생에 대한 냉각방법의 변화로 절삭성과 칩배출에 대하여 새로운 방향을 제시 하였다.
- 높은 경도의 재질을 가공하는 방법을 제시하고 절삭조건을 표준화 하여 적용 하였다.
- 이 특징을 입증하기 위하여 냉각방법과 특수 재질의 종류별로 절삭조건과 적용 하는 조건을 달리하고 공구의 마모 상태를 기준으로 공구의 Material 을 변화 적용하는 방안을 강구하여 난삭재에 적용 하였다.

◎ 초청특강[III]

연 사	최 원 식
소 속	부산대학교 / 교 수
주 제	4차 산업혁명과 미래 바이오산업

4차 산업혁명과 미래 바이오산업

최원식

부산대학교 생명자원과학대학 바이오산업기계공학과 교수

(1). 창의력과 4차산업혁명

산업혁명이란 새로운 기술이 개발되면서 전 산업 분야뿐만 아니라 생산, 소비의 모든 측면에서 짧은 기간 동안 급격한 발전을 이루어 내는 것을 말한다. 새로운 기술은 지속적으로 개발되어 왔고 생산과 소비는 생활의 패턴 및 주위환경에 의하여 변화를 하면서 산업혁명은 약 300년이란 짧은 기간 동안 총 세 번의 혁명의 흐름을 겪으면서 최근 4차 산업혁명으로 도약했다. 이에 대처하기 위한 각 분야에서의 노력이 많이 이루어지고 있는 상태이다. 4차 산업혁명은 초연결적인 지능정보 사회로의 전환이라 볼 수 있다. 4차 산업혁명의 핵심 기술은 인공지능(AI), 로봇 공학(RT), 양자암호, 사물인터넷(IOT), 무인 운송 수단, 3D 프린팅, 나노 기술(NT), 빅데이터, 클라우드 등의 기술이다. 제4차 산업혁명은 초연결성, 초지능화의 특성을 가지고 있고 이를 통해 모든 것이 상호 연결되고 보다 지능화된 사회로 변화될 것이다. 이미 발달된 IT기술을 바탕으로 초연결 사회로의 진입이 시작되었고 사물과 사물 간의 연결성을 기하급수적으로 확대 적용시키고 있다. 인터넷 사용자와 스마트 디바이스 사용자로 인하여 전 세계 간 네트워킹이 강화되면서 초연결 사회로의 진입을 더욱 더 앞당기고 있다.

그리고 4차 산업혁명을 통하여 지식의 가치가 급격히 하락하고 보편화될 것이다. 인공지능이 보다 발전하여 단순 암기나 판단에서는 인간을 뛰어 넘어 숙련된 노동력을 필요로 하는 곳이 인공지능이 탑재된 기계로 대체될 것이다. 여기서 인간에게 있어서 기계가 학습하지 못하는 고도의 창의적인 생각이 중요해진다. 창의력을 기반으로 인간 고유의 직관, 통찰, 감성 등을 종합적으로 갖춘 인간만이 할 수 있는 사고의 중요성이 증대되면서 어떠한 문제에 대한 단순한 해결 방식보다 다차원적인 사고를 통한 경쟁력을 키워야 한다. 4차 산업혁명 시대에 이제는 인간이 밀려나는 것이 아닌가 하는 의문들을 많이 가지는 가운데, 기계와 협업하는 존재로서의 인간을 생하게 될 것이다.

(2). 4차산업혁명과 바이오산업

바이오산업은 세계경제를 선도할 핵심 산업분야로 고령화, 환경 및 에너지 등 인류의 난제를 극복할 수 있는 핵심기술로 그 중요성이 크게 부각되고 있다.

바이오산업이란 생물체의 기능과 정보를 활용하여 인간에게 유용한 물질 또는 생물 자체를 상업적으로 생산해 내는 산업으로 생물 산업과 같은 의미로 사용되고 있다. 바이오기술의 발전, 기술간 융합 등으로 인하여 산업적인 응용이 급속히 확산되어 바이오산업의 범위는 날로 확대되어 가고 있다.

바이오산업에는 생명공학기술을 중심으로 여타 신기술과의 융합을 통해 생성되는 신산업과 함께 의약, 화학, 전자, 에너지, 농업, 식품 등 다양한 산업부문에서 생명공학기술의 접목을 통해 창출되는 새로운 개념의 산업들이 포함된다. 최근에는 생물체의 기능과 정보를 활용하여 다양한 유용물질을 상업화할 수 있는 산업 군도 확대되고 있어 생명공학 기술혁신이 의약뿐 아니라 에너지, 자원에 이르는 다양한 산업 분야에 영향을 미치고 있다.

바이오산업을 창출해내는 핵심요소인 생명공학기술은 생물체의 기능을 이용하여 제품을 만들거나 유전적인 구조를 변형하여 어떠한 특성을 나타나게 하는 복합적인 기술을 포함한다. OECD에서는 생명공학기술을 '지식, 재화 및 서비스의 생산을 목적으로 생물 또는 무생물을 변형시키는 과정에서 생물체, 혹은 생물체의 일부, 제품 및 제품관련 모델에 과학적인 논리와 기술을 적용하는 활동'으로 정의하고 있다.

바이오산업은 21세기 이후 기술적, 산업적 파급효과를 가장 크게 나타낼 것으로 주목받고 있는 고부가가치 산업으로서, 경제적 효과와 함께 사회, 문화에 대한 비경제적 효과 역시 매우 클 것으로 전망되고 있다. 건강, 식량, 환경 등 인류난제의 해결과 직결되어 있으며 연구개발 비중이 크고 원천기술 확보가 중요한 기술 집약적 고부가가치 지식산업이다. 바이오신약장기산업은 여러 바이오산업에서도 가장 첨단 생명공학기술을 활용하는 산업으로서 세계적인 경쟁이 매우 치열하다. 인간 유전체 연구 프로젝트 (HGP) 이후의 R&D 패러다임 변화 등 다양한 환경 변화가 나타나는 바이오신약장기시장 선점을 목표로 R&D에 각국이 경쟁적으로 투자하고 있다. 건강과 삶의 질, 식량, 환경, 에너지 등 가장 중요한 당면과제들을 해결하고 경제적, 비경제적 효과를 긍정적인 방향으로 극대화할 수 있도록 첨단 바이오산업 발전을 촉진할 필요성이 있다.

◎ 초청특강(Ⅳ)

연 사	김 영 실
소 속	한국줄기세포협회 / 회 장
주 제	Golf Injury Therapy Using Stem Cell

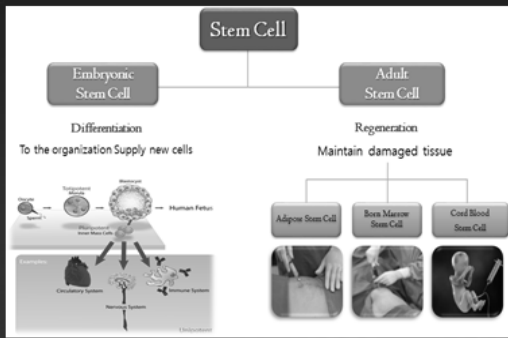


Contents

1. Stem Cell Concept
2. Object
3. Targets
4. Method
5. Result
6. Discussion
7. Conclusion

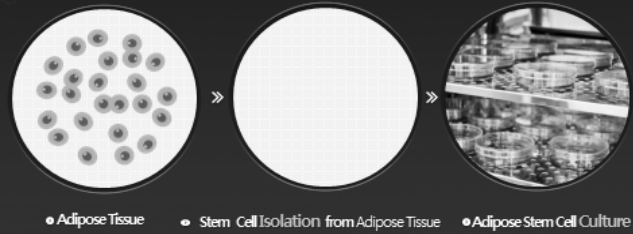


Stem Cell Classification



줄기세포 분류

Stem Cell Isolation & Culture



줄기세포 분리 & 배양

Stem Cell Constituent Extract



줄기세포성분추출물

Stem Cell Extract constituent

Removed individual immunogenicity at cell membrane → Anybody can use the stem cells



세포만의 면역원성을 제거 → 누구나 사용 가능한 줄기세포

Stem Cell Originated Growth Factors

TGF : Transforming growth factor
FGF : Fibroblast growth factor
IGF : Insuline-like growth factor
KGF : Keratinocyte growth Factor
HGF : Hepatocyte growth factor
EGF : Epithelial growth factor
VEGF : Vascular endothelial growth factor
PDGF : Platelet-derived growth factor
M-CSF : Macrophage colony-stimulating factor

줄기세포 기원 성장인자

Principle of Stem Cell Therapy

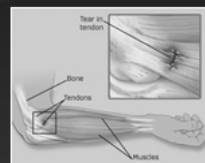
1. Anti-inflammation : Acute
- Fast relief of inflammation
2. Regeneration : Chronic
- Repair of injured tissue

줄기세포 치료의 원리

Golf Injury → Using Stem cell → Golf Injury Therapy

골프손상 - 줄기세포 이용 - 골프손상 치료

Targets of golf injury



Golf Elbow



Trigger Finger



Knee Pain

골프 손상 부위별 연구대상

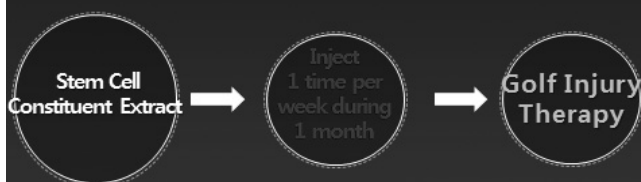
Screening of Targets

Injury Area	The Number of Participant	Gender		Age			
	(N)	M	F	<39	40-49	50-59	60+
Golf Elbow	16	12	4	2	5	6	3
Trigger Finger	10	8	2	1	4	3	2
Knee Pain	14	9	5	-	3	5	6
Total	40	29	11	3	12	14	11

<Table 1>. Screening Targets for Each Injury Area

손상 부위별 연구대상자 선별

Therapy Method



돌기세포성분주출물 - 1주 1번 주 1달간 주입 - 골다공증 치료

Assessment Method

1. All participants were evaluated improvement rates by using Ultrasound and x-ray image

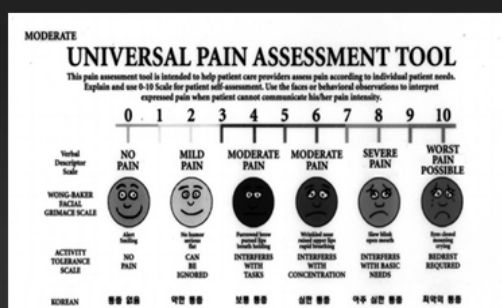
^a Evaluated improvement rates by using ultrasound and x-ray image = (Improved participants / Total target) x 100

초음파 및 엑스레이 사진 영상의 판독 평가

2. All participants were evaluated improvement rates by using VAS score.

^a VAS score pain improvement rates = (score before study - score after study) / score before study x 100

바스스크어를 통한 개선을



<Figure 4>. VAS Score : Visual Analog Scale Score

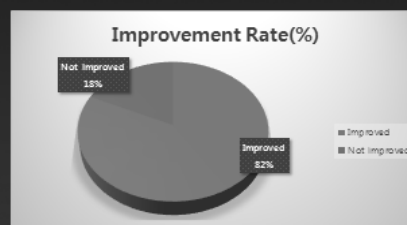
- ### 1. Improvement rate Of Golf Injury Area By Ultrasound or X-ray Image

Injury Area (N)	Improvement Number Of Reading Result		Improvement Rate(%)
	Existence	Non-existent	
Golf Elbow(16)	14	2	87.5
Trigger Finger(10)	8	2	80.0
Knee Pain(14)	11	3	78.6
Average	11.0	2.3	82.0

<Figure 4>. Improvement Rate by Specialist Reading Result

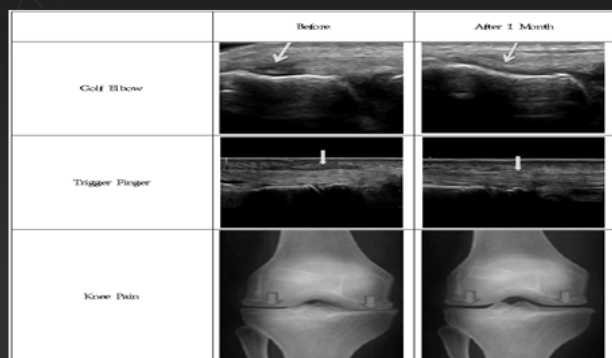
영상의학적 판독 개선을 결과

Improvement Rate of Golf Injury Area By Ultrasound or X-ray Image



영상의학적 판독 개선을 돕고

Representative Case of Golf Injury Area By Ultrasound or X-ray Image



초음파 및 엑스레이 사진 영상의학적 판독 대표케이스

2. All participants were evaluated improvement rates by using VAS score.

Injury Area	Before (Score)	After (Score)	Improvement Rate(%)	p value
Golf Elbow	7.1±1.0	24±0.8	87.1	p<0.05
Trigger Finger	7.2 ±1.0	21±0.7	70.8	p<0.05
Knee Pain	7.4±1.0	21±0.8	71.6	p<0.05
Average	7.2±0.1	20±0.2	85.9±3.9	

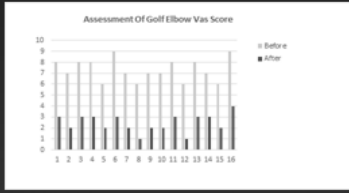
<Table 3>. VAS Score Improvement Rate

VAS스코어 분포계선을 결과

Assessment of Golf Elbow Improvement Rates by using VAS score.



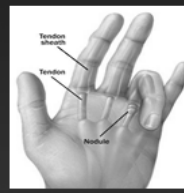
Golf Elbow



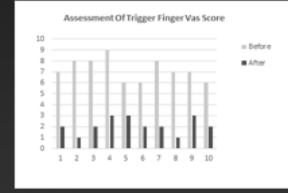
<Figure 6>. Assessment Of Golf Elbow VAS Score

골프 엘보우 VAS 스코어 결과

Assessment of Trigger Finger Improvement Rates by using VAS score.



Trigger Finger



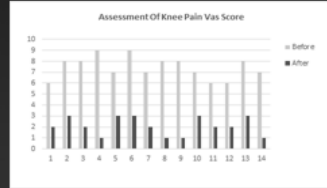
<Figure 7>. Assessment Of Trigger Finger VAS Score

방아쇠 손가락 VAS 스코어 결과

Assessment of Knee Pain Improvement Rates by using VAS score.



Knee Pain



<Figure 8>. Assessment Of Knee Pain VAS Score

무릎 통증 VAS 스코어 결과

Stem Cell Constituent Extract



줄기세포성분추출물

Stem Cell Extract constituent

Removed individual immunogenicity at cell membrane → Anybody can use the stem cells

Mass Culture

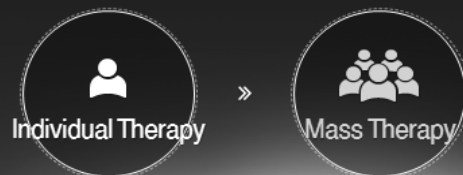
Popular Therapy

Pharmaceutical Industrialization



세포만의 면역원성을 제거 → 누구나 사용 가능한 줄기세포

Popularization · industrialization



Think different!

Stem Cell



연삭숫돌에 따른 사파이어 기판의 ELID 연삭 연구

*서준영(동명대학교), 김태경(동명대학교), 황현덕(동명대학교), 金允智(理化学研究所 大森素形材工学研究室), 上原 嘉宏(理化学研究所 大森素形材工学研究室), 大森 整(理化学研究所 大森素形材工学研究室), #이현섭(동명대학교)

A Study on ELID Grinding of Sapphire Substrate according to Grinding Wheel

*J. Y. Seo, T. K. Kim, H. D. Hwang, Y. J. Kim, Y. Uehara, H. Ohmori and #H.S.Lee

Abstract

ELID (Electrolytic In-Process Dressing) grinding technology is a grinding method in which a grinding wheel having super hard particles such as CBN or diamond is dressed by electrolysis during grinding. Since ELID grinding is performed in parallel with grinding and dressing, it is possible to continuously grind by preventing the phenomenon of loading of grinding stone and it is advantageous to use ultrafine grinding stone. Sapphire is attracting attention as an optical material for LED, digital camera, solar cell, B-LED, LD (Laser Diode) and SOS (Silicon on Sapphire). It has excellent characteristics on heat transfer and safety at low and high temperatures, and is classified as a material which is difficult to process due to its high hardness and strength. In this study, ELID grinding experiments were carried out according to the mesh size of the grind wheel and the changes of surface roughness were measured and compared.

1. 서 론

ELID(Electrolytic In-Process Dressing) 연삭 기술은 CBN 또는 다이아몬드와 같은 초경질 입자를 갖는 숫돌을 연삭 가공 중에 전해 방식으로 드레싱하는 연삭 가공 방식이다. ELID 연삭은 연삭과 드레싱이 병행되므로 연삭 숫돌의 눈매움>Loading) 현상을 방지하므로 지속적으로 연삭이 가능하며 초미세 지립 연삭 숫돌을 사용할 수 있는 장점 뿐 아니라, 연삭 저항이 낮아 사파이어와 같은 경취성 재료의 연삭가공에 적용하기가 용이하다. 본 연구에서 사파이어 웨이퍼를 대상으로 ELID 연삭 실험을 수행하고, 연삭숫돌입자 크기에 따른 표면거칠기의 변화를 측정, 비교하였다.

2. 시스템 구성 및 실험 방법

ELID 연삭가공에 사용된 휠은 다이아몬드 입자를 가진 브론즈 휠이며, 각 숫돌의 집중도는 100M이며, #400, #10000 의 직경은 140D이고, #1200, #6000 의 직경은 143D 사이즈의 연삭 숫돌이다.

Turing 작업의 소요시간은 5분, Dressing 작업의 소요시간은 15분으로 모두 동일하게 진행하였으며, 가공 조건은 아래 표와 같다.

Table 1 Experimental conditions

Rrocess	Wheel RPM	Work piece RPM	Current (A)	Voltage (V)
Truing	500	100	-	-
Dressing	500	100	5	60
Machining	1500	250	5	60

본 연구에 사용되는 피삭재는 4 인치 직경의 사파이어 웨이퍼(기판)로 멀티와이어쏘 공정에 의해 잉곳에서 절단되었다. ELID 그라인딩 실험을 위하여 ELID연삭 장비와 전원공급장치(ELIDER 910)를 연결하였고, 그라인딩 실험 시작 전 트루잉(Turing) 작업을 하기 위해 ELID Grinding machine에 트루어를 부착하여 휠의 표면을 고르게 한다. 그리고 휠의 표면에 산화막을 형성하는 Dressing 작업을 하고 난 뒤 피삭재인 사파이어 웨이퍼를 장비에 부착하여 연삭가공 실험을 진행 하였다. 가공 후 시편의 두께 변화는 하이트게이지로 측정하였고, 표면조도(Surface Roughness)는 비접촉식 3차원 프로파일러(Zygo New View 7100)를 사용하였다.

3. 실험결과

사파이어 웨이퍼를 대상으로 ELID연삭장치를 이용하여 다이아몬드 휠 지립도에 따른 연삭량, 가공시간, 표면거칠기 결과를 비교분석하였다. Fig. 1은 휠 지립도에 따른 연삭량과 가공시간에 대한 그래프이다. 연삭량은 평균적으로 #400에서 $40.6\mu\text{m}$, #1200에서 $21.3\mu\text{m}$, #6000에서 $0.6\mu\text{m}$, #10000에서 $1.3\mu\text{m}$ 의 값을 나타내고 있다. #400과 #1200에서 평균 $61.9\mu\text{m}$ 의 재료가 제거되었지만, #6000과 #10000에서는 평균 $1.9\mu\text{m}$ 로 재료가 거의 제거되지 않았다. 가공시간은 #6000가공에 가까워질수록 증가하였지만 #10000가공에서는 Case별로 각각 143min, 40min, 97min으로 일정하지 않았다.

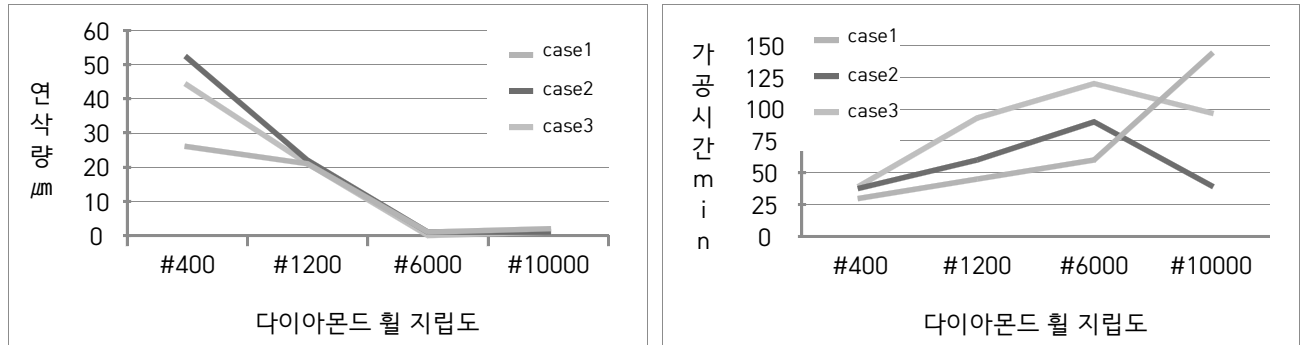


Fig. 1 Material removal rate and processing time as a function of grit size of grinding wheel.

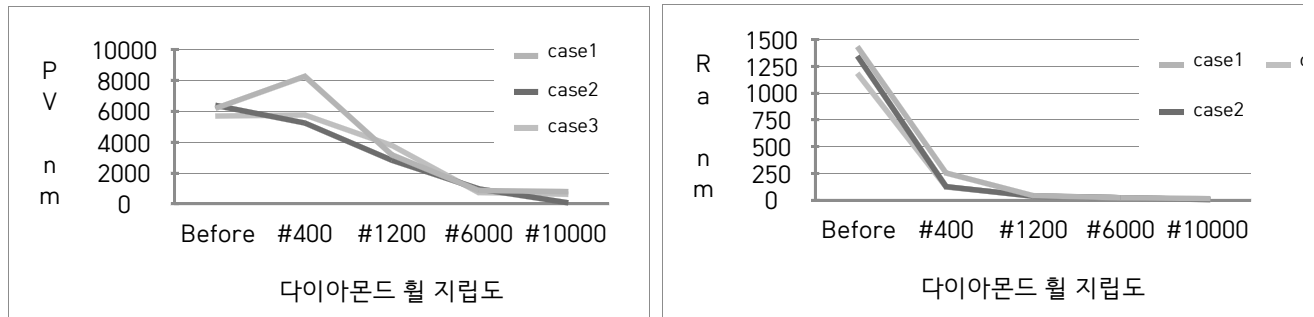


Fig. 2 Surface roughness values as a function of grit size of grinding wheel.

Fig. 2는 휠 지립도에 따른 PV값과 Ra값에 대한 그래프이다. PV값은 #10000가공에 가까워질수록 점차 감소하여 #10000에서 Case별로 각각 803.7nm, 104.8nm, 630.7nm로 일정하지 않은 값이 나왔다. 하지만 Ra 표면거칠기 값은 #10000가공에 가까워질수록 점차 감소하여 #6000에서는 Case별로 각각 21.5nm, 21.7nm, 21.6nm의 일정한 값이 나왔으며 #10000에서는 Case별로 각각 14.5nm, 5.7nm, 6.7nm로 일정한 값이 나왔다.

4. 결 론

사파이어 웨이퍼를 대상으로 ELID 연삭장치를 이용하여 다이아몬드 휠 지립도에 따른 연삭량, 가공시간, 표면거칠기 결과를 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 1) #400, #1200, #6000, #10000의 순서로 실험을 진행함에 따라 연삭량, Ra, PV 값은 감소하였다. 하지만 가공시간은 #6000 가공까지 증가하였으나, #10000 가공에서는 일정하지 않았다. 이유는 정삭가공 일수록 전력의 증폭이 심하여 측정시간이 많이 소요된다는 것으로 사료된다. 2) 취성과 강도가 높은 사파이어 재료를 ELID 가공방법을 이용하여 연마공정 없이 연삭공정만으로 nm 단위의 경면을 나타냈다.

사 사

본 연구는 2015년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구임(No. 10052882).

[참 고 문 헌]

- 1) Kim, G., Qian, J., and Ohmori, H., "ELID Grinding of Hard-To-Machine Materials on Surface Grinder.", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 18, No.5, May 2001.
- 2) Kwak, T., Kim, G., and Kwak, I., "Development of ELID Monitoring System and its Application to ELID Grinding of Structural Ceramics.", J.Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 30, No.12, pp. 1245-1251.

래핑 정반의 그루브가 사파이어 기판의 표면거칠기에 미치는 영향

이태경¹, 김형재¹, 조한철¹, 김도연¹, 정해도²
한국생산기술연구원¹, 부산대학교²

Effect of lapping plate groove on the roughness of sapphire wafer

Tae Kyung Lee¹, Hyoung Jae Kim¹, Han Chul Cho¹, Do Yeon Kim¹, Hae Do Jeong²
Korea Institute of Industrial Technology¹, Pusan National University²

Abstract

This paper presents an experimental investigation on the effect of the plate groove on the roughness of the wafer. We select the spiral pattern and rectangular type as the groove shapes. When the groove pitch is decreased, the roughness of wafer decreases. Because thick film makes partial participations of large abrasives which make deep scratches. From these results, we could conclude that the groove affects the contact condition between the wafer and plate. By decreasing the groove the pitch, we could achieve a high material removal rate and low roughness. These results would be helpful in understanding the groove effects and determining the appropriate groove design.

1. 서 론

래핑 공정에서 가공물의 연마에 사용되는 래핑 정반은 표면에 일정한 패턴을 가지는 요철 형태의 그루브(groove)를 가지고 있다. 그루브 패턴은 주로 나선형이나 동심원이 사용되고 있으며, 그루브의 간격을 나타내는 피치(pitch), 그루브의 깊이, 그루브의 폭과 같은 변수들을 가지고 있다. 그루브는 가공물과 연마액, 정반 사이의 상호작용과 관련되어 가공물과 정반의 접촉상태와 연마액의 유동에 영향을 미치기 때문에 연마 특성에 큰 영향을 미친다. 래핑 공정 후 기판의 표면거칠기는 후속 공정의 연마시간과 관련되어 있는 인자로 래핑 공정에서 기판의 표면거칠기를 낮추는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 그루브의 피치를 변화시켜 그루브가 사파이어 기판의 표면거칠기에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 그루브 형상 조건

사파이어 기판의 래핑공정에서 그루브의 형상이 사파이어 기판의 표면거칠기에 미치는 영향을 알아보기 위하여 나선형타입의 패턴과 직각형상의 그루브를 선정 하였다. 그루브 폭은 2 mm, 피치는 20 mm, 4 mm로 제어하였으며 연마장비를 이용하여 사파이어 기판을 각 그루브 피치 조건별로 연마 후 기판의 표면거칠기를 측정하였다.

2.2 사파이어 기판의 표면거칠기 측정

그루브 피치에 따른 사파이어 기판의 표면거칠기 변화를 측정하기 위하여 피치를 변화시키면서 사파이어 기판을 가공하였다. 사파이어 기판의 크기는 직경 4 in, 정반은 구리 분말과 수지를 혼합하여 열경화시킨 300 mm 수지동 정반을 사용하였다. 드레서를 사용하여 정반위에 연마액을 균일하게 분포시켰으며, 4 ml/min으로 3.5 μ m 크기의 다이아몬드 입자가 혼합된 연마액을 공급하였다. 연마 후 기판의 표면거칠기는 Zygo사의 New view 7300 장비를 사용하여 측정하였다. 측정 후 차등간섭대비(DIC : differential interference contrast) 사진을 이용하여 기판의 표면 상태를 분석하였다.

3. 결과 및 토의

정반의 피치가 사파이어 기판의 표면거칠기에 미치는 영향을 규명하기 위해 그루브 피치를 20, 4 mm로 변화시키면서 사파이어 기판의 표면거칠기를 측정하였다. 피치가 20 mm 일 때 표면거칠기(Ra)는 약 7.5 nm 였으며 피치가 4 mm 일 때는 5.0 nm로 큰 차이를 보였다. 기판의 차등간섭대비(DIC : differential interference contrast) 사진을 통하여 원인을 분석하였으며 피치가 20 mm 일 때의 DIC 사진을 Fig. 1.에, 피치가 4 mm 일 때의 DIC는 Fig. 2.에 나타내었다. 스크래치의 깊이는 음영으로 표시되고 깊이가 깊을수록 어둡게 표시된다. 그루브 피치가 20 mm의 경우 기판 표면에 깊고 넓은 스크래치들이 다수 존재하지만 피치가 4 mm일 때는 기판 표면에는 얇고 좁은 미세한 스크래치들이 조밀하게 분포하는 것을 확인 할 수 있다. 본 연구에서 기판 연마에 사용된 연마입자는 평균 입자 크기가 $3.5 \mu\text{m}$ 이지만 실제 입자 크기는 $1\sim 5 \mu\text{m}$ 로 정균분포의 형태를 가진다. 그루브 피치가 큰 구간에서는 연마액의 수막현상에 의해서 기판과 정반 사이의 유막 두께가 증가하고, 실제 연마에 참여하는 입자는 크기가 큰 입자로 제한되어 큰 입자들이 깊고 넓은 스크래치를 생성하여 표면거칠기가 높게 나타나는 것으로 판단된다.

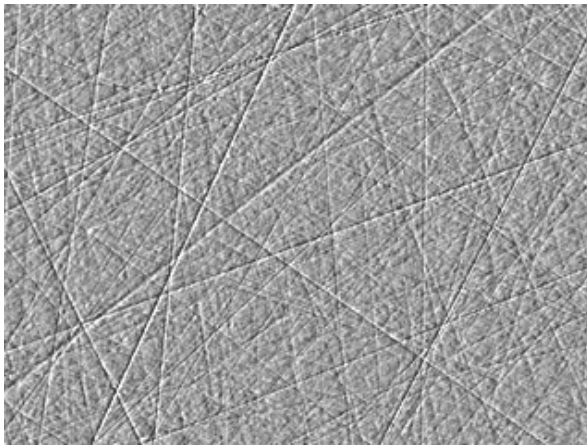


Fig. 1. DIC image of sapphire wafer, pitch=20 mm

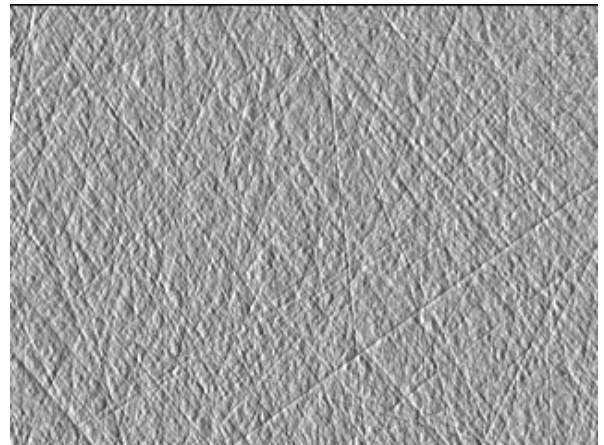


Fig. 2. DIC image of sapphire wafer, pitch=4 mm

4. 결 론

본 연구에서는 래핑 정반의 그루브 피치를 변화시켜 사파이어 기판의 표면거칠기에 미치는 영향을 분석하였다. 그루브의 피치가 커질수록 사파이어 기판의 표면거칠기가 증가하는 것을 확인하였으며 DIC 사진 분석을 통하여 정반과 기판의 수막현상으로 인하여 기판의 표면거칠기가 악화되는 것을 확인하였다. 따라서 그루브 피치를 감소시켜 그루브 밀도를 높임으로써 정반과 기판의 수막현상을 방지하여 기판을 표면거칠기를 증가시킬 수 있으며, 정반 그루브 설계 시 이를 고려하여 설계해야 함을 알 수 있다.

사 사

본 논문은 한국윤활학회 논문집 (제3권 제 4호)에서 발췌된 내용으로 작성되었음.

[참 고 문 헌]

- 1) Park, K., Kim, H., Choi, J., Seo, H., Jeong, H. "The effects of groove dimensions of pad on CMP characteristics", Korean Soc. Mech. Eng., Vol. 29, No. 3, pp. 432-438, 2005.
- 2) Guo, Y., Lee, H., Lee, Y., Jeong, H. "Effect of pad groove geometry on material removal characteristics in chemical mechanical polishing", Int. J. Prec. Eng. and Manuf., Vol. 13, No. 2, pp. 303-306, 2012

CMP 공정 시간에 따른 사파이어 웨이퍼 연마특성 연구

박상현¹, 이종찬¹, 박인승¹
금오공과대학교 기계설계공학과¹

Study on polishing characteristics of sapphire wafer by CMP process time

Sang Hyun Park¹, Jong Chan Lee¹, In Seung Park¹
Kumoh National Institute of Technology¹

Abstract

In this study, correlation between CMP process time and material removal rate was analyzed. This Paper conducted CMP experiments at 30 minute intervals from 30 minutes to 120 minutes. Using the digital indicator, the removal amount of the material was measured, the temperature was measured using an infrared camera, and compared with the initial state. As a result of the experiment, as the process time increased, the amount of material removed per unit time decreased. However, it converged to a certain level from the condition of 120 minutes.

1. 서 론

사파이어 웨이퍼는 LED용 기판, 스마트 기기용 Window, 광학 렌즈 등 그 활용성 또한 점차 확대되고 있다. 다양한 분야에서 적용 가능한 사파이어 웨이퍼지만 현재는 LED용 기판을 제외하면 주된 소재로 사용되고 있지 않으며, 특수 목적, 고부가가치 제품 등에만 적용되어 실제 시장의 증가폭은 예상보다 크지 못한 실정이다. 보편적으로 적용되지 못하는 가장 큰 원인 중 하나는 사파이어 웨이퍼 제조 상의 문제이다. 고경도의 특성을 지닌 사파이어 웨이퍼는 그 제조가 까다로워 산업 초기 상당한 불량 문제에 직면하였다. 최근에는 가공 기술 축적으로 인해 품질 개선 및 불량을 감소를 이루었지만 아직까지 제조 시간 및 제조 단가는 해결해야 할 숙제로 남아있다. 그중 CMP 공정의 경우 웨이퍼의 표면 스크래치와 잔류응력을 제거하기 위해서 3시간 이상 소요되는 공정으로 제조 단가 감소와 웨이퍼 품위 균일화를 위해서는 공정간 연마 특성 분석이 매우 중요하다. 본 논문에서는 CMP 공정 시간에 따라 사파이어 웨이퍼의 재료제거량을 분석하고 공정 시간에 따른 특성 분석을 통해 CMP 공정의 효율적인 공정시간을 검토하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험 장치

실험에는 두께 편차로 인한 4인치 사파이어 웨이퍼의 불균일 가공을 막기 위해 가공 전 두께 및 무게 측정을 통한 웨이퍼 분류를 실시하였다. SUS Type Carrier를 사용하여 Carrier 당 사파이어 웨이퍼 7매를 배치하였으며, 한 조건에 총 21매의 웨이퍼를 사용하였다. 연마는 양면 CMP 장비를 사용하여 Polishing을 실시하였다. 슬러리는 Colloidal Silica 소재의 슬러리를 사용하였다. 측정 장치에는 웨이퍼의 재료제거량 측정을 위해 디지털 인디게이터를 이용한 두께 측정을 실시하였으며, CMP 가공 간 온도 측정을 위하여 적외선 카메라가 사용되었다.

2.2 실험 방법

Polishing 시간은 30분부터 120분까지 30분 간격으로 4조건을 실시하였고 이후 경향을 추가로 확인하기 위해 180분을 추가로 가공하여 총 5개 조건으로 실험하였다. 각 조건 별 압력과 정반 회전속도는 동일하여 적용하였으며, Pad는 1조건 완료 후 브러쉬를 이용한 드레싱을 실시하였다. Polishing 가공 간 적외선카메라를 이용하여 30분 간격으로 온도 측정을 실시하였다. 두께 측정에는 웨이퍼의 중앙부 1Point와 외곽에 4Point의 두께를 측정하여 초기 값과 비교하였다.

3. 결과 및 토의

CMP 연속 가공 시 시간에 따라 나타나는 연마특성을 확인하기 위해 CMP 연마 Test를 실시하였다. 공정 시간이 증가할수록 재료제거량은 증가하였으나, 단위시간당 재료제거량은 감소하는 것을 확인하였다. 180분 공정 조건에서 $8.17\mu\text{m}$ 로 가장 많은 재료제거량을 보였으며, 단위시간당 재료제거량 또한 180분 공정 조건에서 $2.72\mu\text{m/h}$ 로 가장 작은 값을 나타내었다. 공정 시간이 증가됨에 따라 온도는 증가하였으나, 그 편차가 급격히 감소되고 있음을 확인하였다.

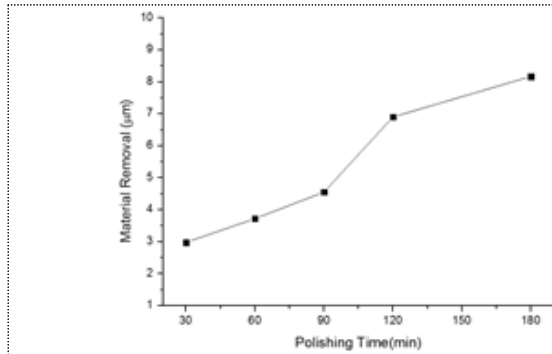


Fig. 1. Amount of material removal by CMP process time

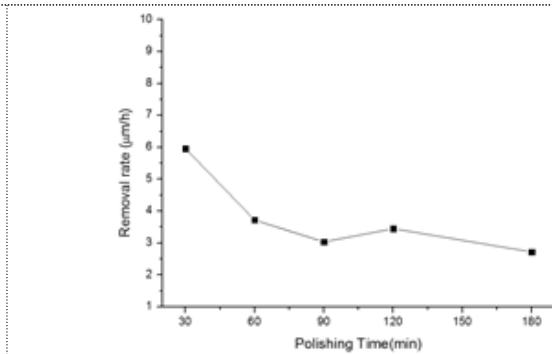


Fig. 2. Material removal per unit time

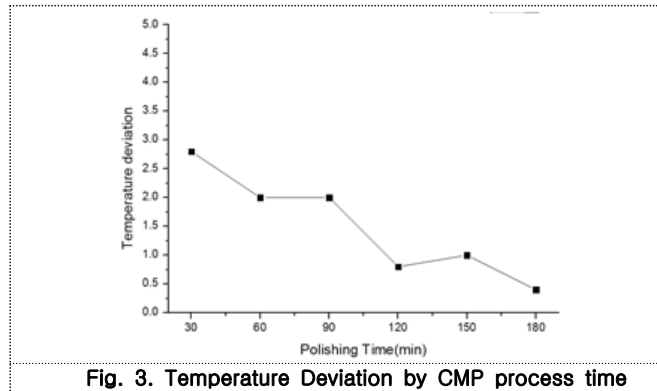


Fig. 3. Temperature Deviation by CMP process time

4. 결 론

CMP 공정 시간이 길어짐에 따라 단위시간당 재료제거량은 감소하는 경향을 보였다. 30분 조건에서 60분 조건의 편차는 시간당 약 $2\mu\text{m}$ 이상으로 상당히 큰 차이를 보였으나 90분 이후 일정 재료제거량으로 수렴하는 경향이 나타났다. 이는 초기 드레싱 된 Pad상태가 시간이 지남에 따라 일정량이 가압되고 그에 따라 초기 재료제거량의 편차가 급증하나, 90분 이후 가압된 Pad의 상태가 일정하게 유지되면서 시간당 $3\mu\text{m}$ 수준으로 수렴되는 것으로 판단된다. 온도의 경우 초기 상태에서 30분 가공 후 약 2.8도로 큰 편차를 보였으나, 90분 이후 1도 이하의 편차값을 보이고 있어 온도의 증가폭이 점차 감소됨을 확인하였다. 큰 폭의 가공 편차를 보이는 초기 조건의 경우 사파이어 웨이퍼의 품위 및 공정 조건을 균일화 할 수 없을 것으로 판단되며 안정적으로 수렴되는 120분의 공정 시간이 효율적일 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

[참 고 문 헌]

- 1) Lee, H. S, Jeong, H. D., "Chemical and mechanical balance in polishing of electronic materials for defect-free surface", CIRP Annals - Manufct. Technol., Vol. 58, pp.485-490, 2009.
- 2) Chan Hong Chung, "Mixed Nano Silica Colloidal Slurry for Reliability Improvement of Sapphire Wafer CMP Process," Journal of Applied Reliability 14(1), pp. 11-19, 2014.

다이아몬드 전착 와이어 성능 평가를 위한 절단 성능 모델 연구

김도연¹, 김형재¹, 이상직¹, 이태경¹, 정해도²
한국생산기술연구원 정밀가공제어그룹¹, 부산대학교 기계공학부²

Study on Cutting Ability Model for Evaluating Cutting Ability of Electroplated Diamond Wire

Do Yeon Kim¹, Hyounghae Kim¹, Sang Jik Lee¹, Tae Kyung Lee¹, Hae Do Jeong²
Precision Manufacturing & Control R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology¹
Graduate School of Mechanical Engineering, Pusan National University²

Abstract

Multi-wire sawing is the most widely used method for mass production of wafers. Electroplated diamond wire has been used to cut hard materials, such as sapphire, silicon. Electroplated diamond wire is the most important component in a multi-wire sawing process and it crucially affects the accuracy of the wafer shape. The cutting ability of the electroplated diamond wire strongly influences the process precision and cutting speed. However, the cutting ability has not been directly evaluated due to variation in the manufacturing methods and irregular distribution of the abrasives. A characterization method for the cutting ability of an electroplated diamond wire is proposed based on mathematical modeling and experimental results using the single wire sawing system. The results showed that the cutting ability of the electroplated diamond wire could be characterized by the cutting ability curve proposed in this study.

1. 서 론

멀티와이어쏘 공정은 고경도 난삭재 재료를 다이아몬드 전착 와이어를 이용하여 얇은 박판으로 절단하는 공정이다. 사파이어 잉곳 절단용 다이아몬드 전착 와이어는 직경 180 μ m 피아노 강선에 평균 30~40 μ m 다이아몬드 입자를 전착시켜 제작한다. 다이아몬드 전착 와이어의 성능 평가는 와이어쏘 장비를 이용하여 잉곳을 절단 후 절단 기판을 분석하는 간접방식 통해 진행되어지고 있다. 다이아몬드 전착 와이어의 성능 개선 단계에서는 반복적인 간접방식 사용으로 시간과 비용의 문제가 발생하며, 다이아몬드 전착 와이어의 직접적인 평가는 수행하지 못하고 있다. 이와 같은 이유로 다이아몬드 전착 와이어에 대한 연구들이 수행되어지고 있다. Zhang 등은 다이아몬드 전착 와이어 제조 공정 효율을 높일 수 있는 드럼 방식을 적용한 제조 공정을 연구하였으며, Gao 등은 다이아몬드 전착 와이어를 이용한 단결정 실리콘 잉곳에서 공정 인자에 따른 절단 기판의 형상 정밀도 변화에 대한 연구를 수행한 바가 있다. 이렇듯 제조 공정 및 절단 기판에 미치는 영향에 관한 연구는 진행되고 있으나 현재까지 다이아몬드 전착 와이어 성능에 대한 직접적인 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 논문에서 다이아몬드 전착 와이어의 절단 성능을 성능 모델과 평가 장치를 구성하여 연구하였다.

2. 본 론

2.1 절단 성능 모델

와이어쏘 공정에서 잉곳 절단 깊이는 잉곳이 와이어에 작용하는 힘과 와이어 접촉 길이에 선형 비례한다. 다이아몬드 전착 와이어를 이용하여 일정 속도로 절입하는 잉곳의 단위 절단에 의해 절단 깊이와 와이어 처짐이 발생한다. 와이어 처짐과 절단 깊이는 와이어 주행 횟수에 비례하여 누적 증가한다. 상기 절단 현상 관계식을 절단 성능 k_n 함수로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$k_n = \frac{1}{F_n \cdot l} \cdot \left(n \cdot f - \frac{F_n \cdot L}{4T} - \sum k_{n-1} \cdot F_{n-1} \cdot l \right) \quad (1)$$

2.2 다이아몬드 전착 와이어 절단 성능 평가 시스템

다이아몬드 전착 와이어의 절단 성능을 평가하기 위해 싱글 와이어쏘 시스템을 구성하였다. 와이어 속도, 잉곳 절입 속도, 쿨런트 유량 등 와이어쏘 공정 인자 조절이 가능하며, 로드셀을 잉곳부에 장착하여 가공력 변화를 실시간 모니터링하고 저장 할 수 있도록 구성하였다.

3. 결과 및 토의

와이어쏘 공정 인자인 와이어 속도, 잉곳 절입 속도에 따른 다이아몬드 전착 와이어의 절단 성능 변화를 측정하였다. 절단 성능 평가 시스템을 이용하여 잉곳 절단 중 발생하는 가공부하와 절단 성능 모델을 이용하여 잉곳과 와이어 접촉 횟수에 따른 절단 성능 변화를 계산하였다. Fig. 1은 와이어 속도에 따른 절단 성능 변화를 나타내고 있다. 와이어 속도 400m/min에서 가장 높은 절단 성능을 보였으며, 접촉 횟수가 증가할수록 절단 성능은 감소하였다. 이러한 절단 성능 감소 경향은 전체 속도 구간에서 동일하게 확인되었다. Fig. 2는 잉곳 절입 속도에 따른 절단 성능 변화를 나타내고 있다. 잉곳 절입 속도가 높을수록 초기 절단 성능 감소 기울기가 높게 나타났다. 접촉 횟수 50회 이내 구간에서 와이어 절단 성능이 급격하게 감소하였으며, 이후 0으로 점차 감소하는 경향을 보였다. 다이아몬드 전착 와이어 절단 성능 변화는 다이아몬드 입자에 작용하는 단위 하중 크기에 따른 마멸 속도 차이에 의해 발생하는 것으로 판단된다.

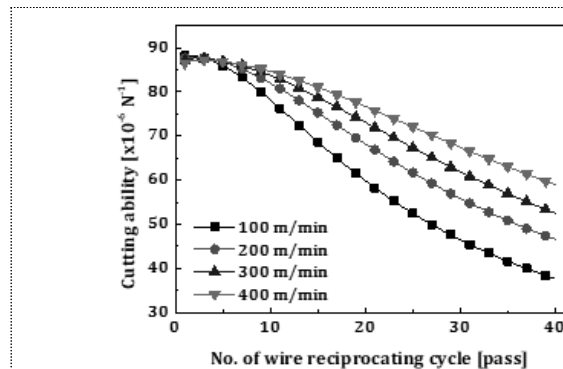


Fig. 1. Cutting ability as a function of the number of reciprocating cycle with respect to wire speed

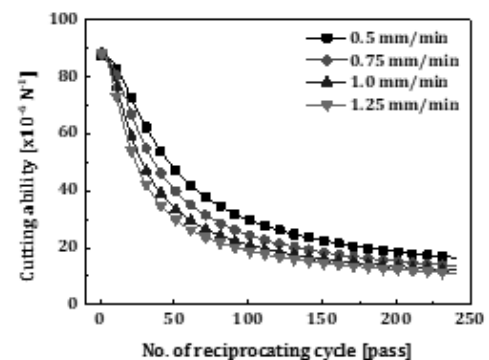


Fig. 2. Cutting ability as a function of the number of reciprocating cycle with respect to feed speed

4. 결 론

본 연구에서는 다이아몬드 전착 와이어의 절단 성능 변화를 정량화하는 연구를 진행하였다. 불규칙한 입자 배열과 크기 분포를 갖는 다이아몬드 전착 와이어의 절단 성능을 측정하기 위해 싱글 와이어쏘 시스템을 구성하여 절단 성능 모델을 이용하여 성능 변화를 계산하였다. 싱글 와이어쏘 시스템에 의해 절단 중 발생하는 가공부하를 측정하여 절단 성능 모델에 적용한 결과 다이아몬드 전착 와이어의 절단 성능은 와이어 속도에 비례하고 잉곳 절입 속도에 반비례 하는 경향을 보였다. 다이아몬드 전착 와이어의 절단 성능 변화는 다이아몬드 입자 마멸 속도에 직접적인 영향을 받으며, 잉곳 절입 속도 향상에 따른 절단 성능 저하를 보완하기 위해서는 와이어 속도 향상 및 새 와이어 공급을 통한 절단 성능 보완 기술이 필요하다. 본 연구에서 개발한 절단 성능 모델은 다이아몬드 전착 와이어의 양산 공정에 적용 가능할 것으로 판단된다.

사 사

본 논문은 김도연 공학박사 학위논문에서 발췌된 내용으로 작성되었음

[참 고 문 헌]

- 1) Yu Zhang, Yasuhiro Tani, Okiharu Kirino and Yuji Kawahata, "Development of drum-type manufacturing method for electroplated diamond wire tools", Transaction of the JSME, Vol. 82, No. 842, pp. 1-12, 2006
- 2) Yufei Gao, Peiqi Ge, and Tengyun Liu, "Experiment study on electroplated diamond wire saw slicing single-crystal silicon", Material science in semiconductor process, Vol. 56, pp. 106-114, 2016

멀티 와이어 쏘 메인롤러의 회전 관성 모멘트 최소화를 위한 위상 최적 설계

이승은¹, 이준영¹, 임홍재², 정재일³

국민대학교 자동차공학전문대학원¹, 국민대학교 자동차공학과², 국민대학교 기계공학부³

Topology Optimization for Minimizing Moment of Inertia of Multi-wire Saw Main Roller

Seung-eun Lee¹, Jun Young Lee¹, Hong Jae Yim², Jay-il Jeong³

Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University¹, Department of Automotive Engineering, Kookmin University², School of Mechanical Engineering, Kookmin University³

Abstract

본 연구에서는 멀티 와이어쏘 장비 메인롤러의 회전관성 모멘트를 최소화시키기 위해 위상최적설계를 수행하였다. 멀티 와이어쏘 장비는 사파이어 글라스가 장착되는 잉곳과 와이어가 장착되어 절삭을 진행하는 부분으로 나뉘며 두 개의 원통 형상의 메인 롤러에 와이어가 감겨있는 형상이며 롤러의 회전과 함께 움직이는 와이어를 이용하여 사파이어 글라스를 절삭한다. 이 때 메인 롤러의 관성모멘트가 크게 되면 모터에 부하가 많이 걸려 회전 방향의 신속한 전환이 어려워지게 된다. 그렇게 될 경우 원하는 절단 두께의 생산품을 생산하는 것에 차질이 생기고 생산 시간 또한 증가한다. 따라서 본 연구에서는 멀티 와이어쏘 장비 메인롤러의 회전관성 모멘트를 최소화시키기 위해 위상최적설계를 수행하였다. 메인롤러 모델을 유한요소 모델로 구성하고 평벨트 공식을 응용하여 하중을 부과한 후 정해석을 수행하였다. 경계 조건은 앞선 정해석 수행 결과보다 작은 변위발생으로 하였으며 설계 변수는 유한요소의 밀도, 목적함수는 관성모멘트 최소화로 설정하여 위상최적화를 진행하였다. 위상 최적화 결과로 도출된 최적화 모델을 생산 가능하도록 재구성하여 최종 모델을 도출하였으며 최종 모델은 기존 모델 대비 회전 관성 모멘트가 감소함을 확인하였다. 이 때 기 진행된 방식과 동일하게 정해석을 수행하여 최대 변위가 유지되었음을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

메인 롤러의 관성모멘트가 크게 되면 모터에 부하가 많이 걸려 회전 방향의 신속한 전환이 어려워지게 된다. 그렇게 될 경우 원하는 절단 두께의 생산품을 생산하는 것에 차질이 생기고 생산 시간 또한 증가한다. 따라서 본 연구에서는 멀티 와이어쏘 장비 메인롤러의 회전관성 모멘트를 최소화시키기 위해 위상최적설계를 수행하였다.

2. 본 론

본 연구에서는 메인 롤러의 유한 요소 모델을 구성하고 고유진동수 및 유한요소 해석을 진행하였다. 해당 메인 롤러의 위상 최적화를 위해 Hyper Works의 Optistruct를 이용하였다. 이 때 설계 변수는 유한 요소의 밀도, 제약조건은 기존 메인 롤러의 변위 6.29(μm), 목적 함수는 회전 관성 모멘트 최소화로 설정하였다. 이를 통해 도출된 모델을 가공 및 생산이 가능하도록 메인롤러의 두께와 돌기 형상을 수정하여 최종 모델을 도출하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 멀티 와이어 쏘 메인 롤러의 회전 관성 모멘트를 줄이기 위해 위상최적화를 진행하였다. 본 연구로부터 메인 롤러의 회전 관성 모멘트 변화에 메인 롤러의 두께와 돌기 형상이 주요 영향을 끼침을 확인하였다.

사 사

This work was supported by the Technology Innovation Program (10052882), funded by the Ministry of Trade, Industry & Energy (MI, Korea).

[참 고 문 헌]

- 1) Kim, C. M., Kim, S. R., Kim, D. Y. and Kim, H. J., “The Surface Characteristics of Wafer according to Variation of Force in Processing of Multi-wire Saw Machine,” Proc. of the KSME., Vol. 2012, No. 10, pp. 621-622, 2012.
- 2) Kim, K. J., Hong, S. H., Ahn, S. H., Mun, J. H., Choi, G. N., et al., “Study on the Influence of Ingot Cutting Speed on Roller in Multi Wire Saw Process,” Proc. of Korean Society of Mechanical Engineers Spring Conference, pp. 245-246, 2014.
- 3) Kim, C. M., Kim, S. R., Suh, J. M., and Kim, H. J., “Processing Characteristics according to Slicing Conditions in Multi Wire Saw Machine,” Proc. of KSPE Spring Conference, pp. 13-14, 2012.
- 4) Jung, M. S., Kim, S. R. and Kim, C. M., “Simulation of Solar Cell Ingot Cutting using Wire-saw,” Proc. of KSPE Spring Conference, pp. 11-12, 2013.

하천 및 호수의 수질 모니터링을 위한 캐터마란형 USV 개발

류영선¹, 정준영¹, 이재홍¹, 성낙윤¹
(주)라스테크¹

Development of Catamaran Type of USV for Water Quality Surveillance of Lakes and Rivers

Youngsun Ryuh¹, Junyoung Jeong¹, Jaehong Lee¹, Nakyoung Sung¹
Rastech Co., Ltd.¹

Abstract

The purpose of this study is to measure water quality of rivers and lakes and to measure the water quality of remotely located water quality by using USV(Unmanned Surface Vehicle). In particular, the USV is designed as a catamaran type so that stable navigation can be performed with overcoming the waves and flow changes, and a precision positioning system is adapted by the fusion of DGPS and IMU to improve the accuracy of the measurement position. Especially, optimization of traveling algorithm such as obstacle avoidance and path planning ensures stable unmanned autonomous navigation performance. In addition, water quality is measured at the desired depth on the measuring points through the automatic depth control device of the water quality sensor, and real-time data collection and tele-operation of USV are possible by adding LTE-based remote information transmitting and receiving device.

1. 서 론

본 연구는 하천 및 호수의 수질을 측정함에 있어, 정해진 측정 위치를 매번 사람이 직접 측정하며 원거리를 다니던 것을 무인수상선을 이용하여 원격지의 수질을 측정할 수 있도록 구성된 무인 수질측정용 무인수상선(USV, Unmanned Surface Vehicle)에 관한 것이다. 특히 무인수상선은 카터마란(Catamaran)형으로 구성하여 파도나 물살에 쉽게 전복되지 않고 안정된 항해를 할 수 있도록 하였으며, DGPS와 IMU의 융합을 통한 정밀 측위 시스템을 구축하여 측정 위치의 정밀도를 향상시켰다. 특히 LSG Model기반 경로계획 등 주행알고리즘의 최적화로 안정된 무인 자율이동 성능을 확보하였다. 또한 수심별로 수질을 측정할 수 있도록 수질 측정센서의 수심제어장치를 통해 원하는 위치의 수심에서 수질을 측정하고 LTE기반의 원격 정보 송수신 장치를 부가하여 실시간 데이터 수집과 원격제어가 가능하도록 구성하였다.

2. 본 론

2.1 무인수상선과 센서수심제어장치 설계 및 제작

무인수상선 플랫폼이 수상에서 안정적으로 주행하기 위한 핵심 기술로는 선체구조 및 선형 설계기술, 추진 시스템 제어기술, 자율운행 알고리즘이 적용되며, 경로계획에 따라 장애물 인식 및 회피가 가능하고 임무 위치 유지가 가능한 자율주행 무인수상선을 제작하였다. 카터마란형의 선체는 부력선(Hull)이 양쪽에 두개가 달린 구조로 선체가 하나 있는 선박보다 복원성이 좋아 해상에서의 주행에서 파도가 높을 때에도 더 안정적으로 운행할 수 있고 또한 급선회에도 전복 위험이 없어 무인수상선에 더욱 효과적이다. Fig.1에서 보는 바와 같이 무인 수상선의 추진 시스템은 양쪽 Hull의 후미에 추진체가 달려있는 형식으로 회전은 추진체의 조향 없이 양쪽 추진체의 속도 차로 회전을 하게 되며 이를 이용한 조향 및 추진을 하게 된다. 특히, 본 연구에서는 기존 무인수상선을 기술적 기반으로 하여 시료채취 및 수질측정을 하고자 하는 것으로 기존 무인수상선의 기술적 안정성확보와 시료채취 장치가 핵심기술이라 볼 수 있다. 기존 기술은 운행 중 작업이 이루어지는 특성을 감안하여 드리프트나 임무 위치 유지를 위한 기술은 필요가 없고 경유점(임무위치) 경유 경

로계획이 자율주행의 핵심이었으나 본 과제에서는 임무 위치를 일정 시간 유지하는데 그 기술이 필요하며, 수질측정 위치가 다수 개 분포 시 산재한 임무위치에서 일정시간 시료를 채취하거나 측정을 해야 한다. 또한 충분한 작업시간 확보를 위해 배터리와 발전기를 병행 사용하는 하이브리드형으로 개발하여 배터리 소진시 발전기를 통해 충분한 작업시간이 확보될 수 있도록 구성하였다.

센서의 수심제어장치는 수심별 수질측정을 위해 1~5미터까지 윈치를 조절할 수 있도록 길이 조절이 가능한 Tether Management System을 개발하여 끝단에 센서를 장착하고 길이 변동에 관계없이 센서를 원하는 깊이까지 늘릴 수 있도록 Fig.2에서 보는 바와 같이 스프링형태로 선을 감아 사용할 수 있도록 하였다.

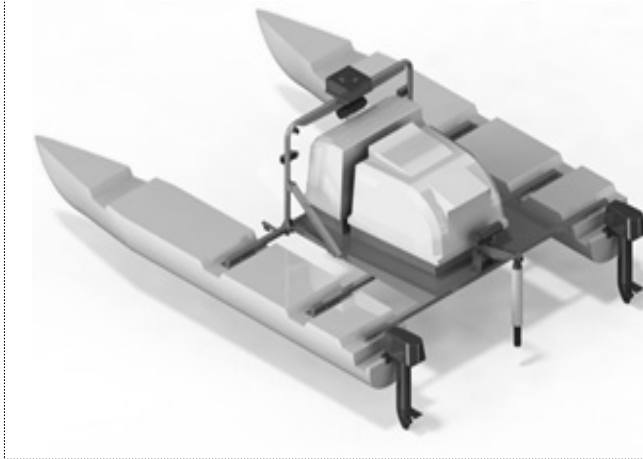


Fig. 1. Concept Design of Caramaran USV



Fig. 2. Depth Control System of Water Quality Sensor

2.2 센서수심제어장치

Fig. 3는 센서수심제어장치의 제어를 위한 블록다이어그램으로 모터와 엔코더를 이용한 Position Control이 가능한 구조로 최대 5미터까지 수심별 측정이 가능하도록 Tether의 길이를 조절할 수 있다.

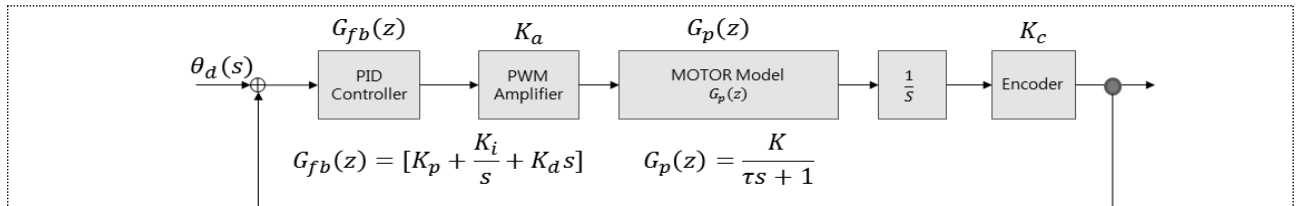


Fig. 3. Block Diagram of Sensor Depth Control System



Fig. 4. Caramaran USV for Water Quality Surveillance

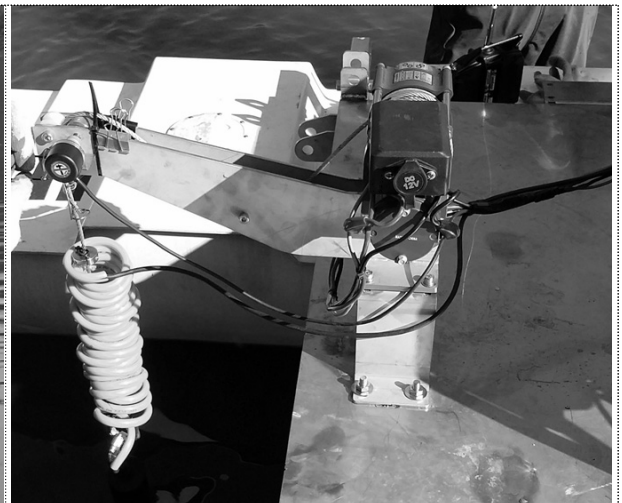


Fig. 5. Depth control system for Water Quality sensor

Fig. 4와 Fig. 5는 실제 구성한 장치의 사진으로 2개의 Hull과 상판구조로 제작되어 안정된 부력을 확보하였고, 추력은 각 3마력의 전동아웃보드모터를 이용하여 가변속도를 이용한 방향제어 방식으로 구성하였다. 수심제어장치는 엔코더의 신호를 읽어들이며 Tether의 길이를 계산하고 이를 수심으로 산정하도록 구성하였으며 센서 상승시 스톱퍼를 장착하여 최종 위치에서 자동 정지하도록 구성하였으며, 안정된 수심제어 가 가능함을 확인하였다

2.3 무인선 자율이동 제어시스템 구성

무인선의 제어시스템은 후미 1쌍의 추력모터의 속도차를 이용한 방향 제어와 속도제어를 위해 Line-of-sight Guidance 모델링을 통하여 무인선의 위치와 목표지점을 고려하여 직선이동임으로 가정하고 직관적인 경로제어 알고리즘을 구성하였다. Fig.6는 Line-of-Sight-Guidance-Model을 나타내며 경로점 (Way-point) $P(x_i, y_i)$ 로 이동하기 위한 방향제어 방법을 도식화 한 것이다. 다수의 수질측정위치 $P(x_i, y_i)$ 는 사용자가 설정할 수 있으며 Fig.7은 이를 모니터링 화면에서 실제 구현한 화면을 나타낸 것이다.

여기서 무인선의 자율이동을 위한 위치인식은 GPS와 IMU의 융합센서를 이용하여 생성된 항로를 추종하여 주행하기 위해 가시선 유도(Line-of-Sight guidance) 알고리즘과 PID제어를 사용하여 항로와 수상선 사이의 오차가 최소가 되도록 추종하며, 배의 위치가 $P = [x, y]$ 일 때 heading의 연장선과 path의 점점 P_{los} 의 위치로 가기 위한 yaw의 각 Ψ_{los} 는 다음과 같다.

$$\Psi_{los} = \text{atan2}(y_{los} - y, x_{los} - x) \{ \text{단 } -\Pi < \Psi_{los} < \Pi$$

여기서GPS를 이용한 현재 위치값과 IMU를 이용한 heading방향과 P_{los} 좌표와의 각도를 지속적으로 확인하며 수치해석적으로 갱신하며 추종한다.

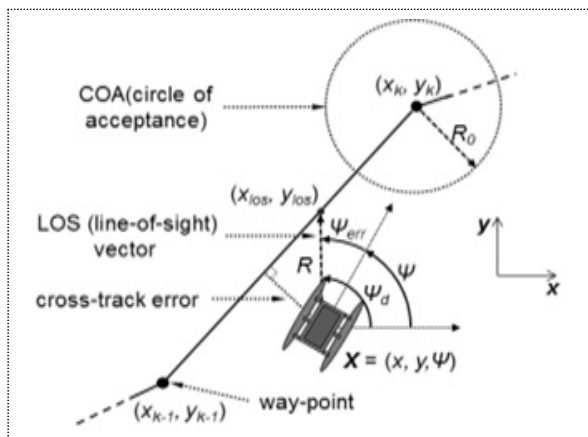


Fig. 6. Caramaran USV for Water Quality Surveillance



Fig. 7. GUI for Water Quality Surveillance according to user defined n Way point. (n=1, 2, ... l)

3. 결과 및 토의

본 연구에서 무인선을 이용한 수질측정장치를 개발하였다. 무인선은 카터마란형으로 2개의 Hull로 구성하였으며 무인자율이동시 수반되는 위험에 더욱 강인한 모델로 선정하였다. 자율운행은 Line Of Sight Guidance Model을 사용하여 직관적으로 직진방향에 대한 상대적 위치와 전방향 목표위치를 향한 직선을 기반으로 경로계획을 하였고, 각 경유점은 수질을 측정하기 위한 포인트로 GUI기반의 모니터링 화면에서 설정할 수 있도록 구성하였다. Fig.8은 실제 대청호에서 수행한 자율운행 시험 사진이고 Fig.9는 원격수신한 센서의 값과 구글맵을 이용하여 표시한 경로점 및 수질 측정위치다. 그러나 실제 현장에서는 각종 위험이 산재되어 있어 수질을 자동으로 측정하기 위한 기술적 문제만을 해결한다고 바로 활용할 수 있는 것은 아니다. 따라서 본 연구에서 개발하는 소형 무인 수상선이 자율적으로 이동하며 환경 감시의 임무를 수행하기 위한 기술로는 다음의 추가적인 기술들이 요구된다.

- 무인수상선이 자율적으로 주행 할 수 있도록 기 확보된 자율주행 기술과 경유점 주행 시 수질 탐사 위치 유지를 위한 **임무지점 유지 운행 기술**
- 통신 장애나 문제 발생시 **원점 복귀** 기능을 포함 자동 복귀 기능 적용
- 무인수상선이 장애물을 감지할 수 있는 장애물 인지 및 인식 기술과 더불어 본 과제의 작업환경에 따른 **장애물의 크기를 인지**할 수 있는 기술.
- 장애물을 회피하기 위한 **장애물 선택적 회피 기술**은 인지 장애물의 크기에 따라서 회피 여부를 결정할

수 있어야 함.



Fig. 8. Autonomous driving to Way point



Fig. 9. Result of Measuring Water Quality at Defined Point (Green Rectangular)

4. 결 론

수상에서의 자율주행을 위해 GPS기반 IMU 융합센서시스템을 구축하여 Way-point 이동 및 경로 이동을 실시하였다. 수질 측정 포인트인 경유점(Way-point) 별 수심을 설정하고 수심제어가 제대로 되는지 확인하였다. 특히, GUI기반 모니터링 화면에서 측정 위치와 깊이, 경로를 생성하여 원하는 위치에서의 수질 데이터를 원격으로 수신하여 화면에 나타낼 수 있도록 구성하였다. 무인선은 원격 조정과 자율이동이 가능하며, 자율이동 성능은 충분히 검증되었고, 경유점에서의 센서 수심제어는 성공적으로 잘 구동함을 확인하였다. 수심제어장치는 원하는 위치에서 자율 또는 원격조정으로 상승 및 하강과 수심별로 잘 구동하였으며, 경유점 자율이동 및 원격데이터 송수신도 잘 작동됨을 확인하였다. 따라서 이를 이용한 무인 수질측정은 가능할 것으로 보이나 실제 환경에 산재된 위험을 회피하고 원하는 임무수행을 위해선 장애물인식 및 회피 기능이 추가로 개발되어야 한다.

사 사

본 논문은 2017년도 지역주력산업육성(R&D) 기술개발 사업 “무인 수질측정 및 시료채취를 위한 카터마란형 무인수상선(USV)개발” 사업의 1차년도 수행 결과에서 발췌한 것입니다.

[참 고 문 헌]

- 1) 김한근, 명현, 손남선, 무인선 자율운항을 위한 경로계획 알고리즘 개발, 2012.5.31. 한국해양과학기술협의회 공동학술대회
- 2) M Kang, T Kim, J Kim, Dynamic Positioning Control of a Twin-hull Unmanned Surface Ship, J of Korea Robotics Society, (2016) 11(4):217-225
- 3) H Myung, D Kim, J Shin, H Kim, H Kim, D Lee, S Lee, Design and Implementation of Unmanned Surface Vehicle JEROS for Jellyfish Removal, J of Korea Robotics Society Vol. 8(1) pp51-57
- 4) J.W. Han, J.H. Park, S.K. Hong, Y.S. Ryuh, PC Controlled Autonomous Navigation System for Remote Guided Field Robot, J of Biosystem Eng. Vol 34(4) pp278-285
- 5) J.W. Han, J.H. Whang, S.K. Hong, Y.S. Ryuh, Complementary Filtering for the Self-Localization of Indoor Autonomous Mobile Robots, J of Institute of Control Robotics and Systems, 2010, Vol16(11) pp 1110~1116

소형 태양광 무인 항공기 연구

장정욱¹, 진태석²

동서대학교 학사 과정¹, 동서대학교 메카트로닉스공학과 교수²

A Study on Small Solar UAV

Jeong Wook Jang¹, Tae Seok Jin²

Dongseo University Student¹, Dongseo University Mechatronics Professor²

Abstract

In this paper, we will discuss the design of an unmanned aerial vehicle (UAV) that uses solar energy instead of fossil fuel, which is the main cause of environmental destruction. As global warming becomes more severe, research on alternative energy is being actively pursued. We have studied semi-permanent unmanned aerial vehicles using solar energy, one of the alternative energy sources. Because solar-powered flights are very sensitive to solar radiation, stable power systems and aircraft also require aerodynamically efficient gasses.

1. 서 론

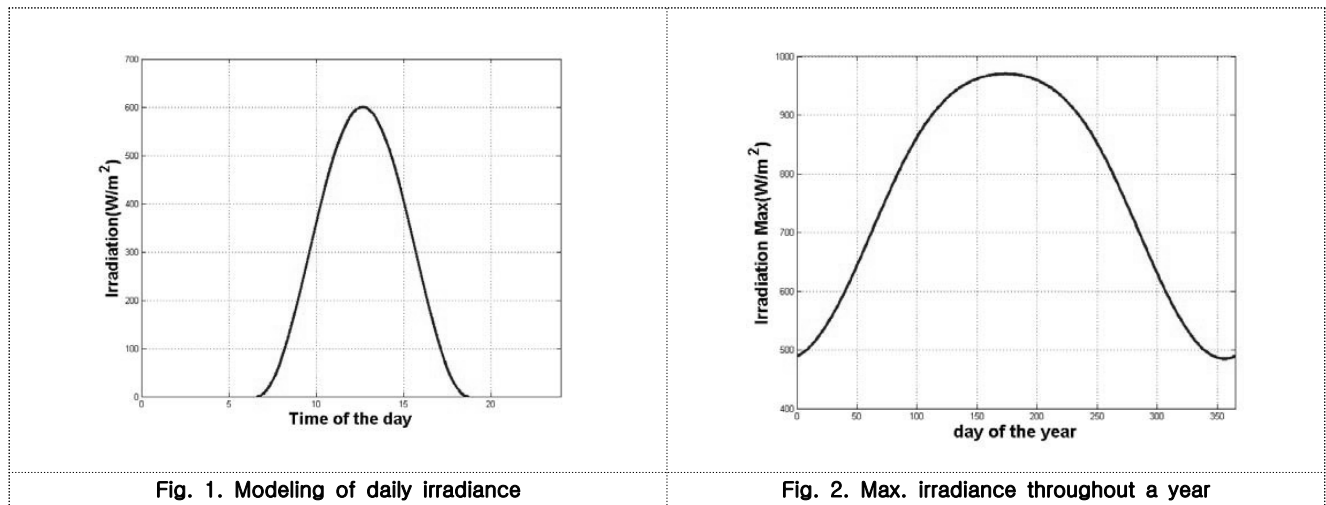
현재 시대에 인간이 사용하는 대부분의 에너지는 화석연료로부터 생산된다. 화석연료를 사용함에 따라 탄소 배출이 계속되는데 이는 세계 각지에서 문제가 되고있는 지구온난화의 주된 원인이다. 지구온난화의 문제가 심해짐에 따라 세계각지에서 화석연료 사용을 줄일 수 있는 대체에너지 즉, 환경에너지를 이용하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 항공분야에서도 태양광을 이용해 전기모터를 구동하는 등의 연구가 진행되어지고 있으며 이미 여러 가지 모델의 태양광 무인항공기가 개발, 시험비행에 성공한 사례가 있다.

태양광 에너지를 사용한 비행에는 태양광 입사에너지가 많은 비중을 차지한다. 따라서 본 논문에서는 태양광 에너지를 활용하여 낮 시간에는 최대한의 에너지를 축적하여 야간에도 이상없이 비행 할 수 있는 효율적인 전력시스템 구축과 공기역학적으로도 매우 효율적인 기체 제작을 연구하였다.

2. 본 론

2.1 태양 일사량

태양광 입사에너지가 어느 정도인지에 패널에 충전되는 양이 달라진다. 태양 일사량은 날씨에 의해 많은 영향을 받는다. fig.1와 같이 하루 중 태양광의 세기가 가장 강한때는 오전 11시부터 오후 1시까지가 가장 강하며 fig.2와 같이 연중에는 6~7월에 태양 일사량이 최대치를 보이고 12월에서 최소값을 보인다.



2.2 태양광 무인항공기 제작

본 연구의 태양광 무인항공기는 직접 제작하였으며 태양광에너지를 많이 받아들이기 위하여 충분한 날개 면적을 가져야하고, 비행을 위한 양력을 발생시킬 수 있는 큰 날개면적을 가져야하기 때문에 글라이더형 항공기를 제작하였다. 기체가 비행하기 위해서는 충분히 가벼워야하기 때문에 기체재료는 기존 우드락에 비해 무게차이가 없고 좀 더 견고한 폼보드로 선정하여 제작하였다. 양력을 얻기 위해서는 충분한 속도가 필요하고 속도를 얻기 위해 프로펠러와 BLDC모터 등의 추진시스템이 사용된다. 비행중 방향과 고도제어를 위해 서보모터가 사용되었으며 미익의 엘리베이터와 러더부분을 제어한다. 태양광 패널은 무인항공기의 동력원으로써 아주 중요하다. 적합한 태양광 패널의 기준을 정의하자면 첫째, 무인기의 경량화를 위해 패널 무게가 가벼워야 하며, 둘째로는 제한된 날개 면적에서 최대의 출력을 생산하기 위해 효율이 좋아야하며, 날개 표면의 곡선에서 깨지지 않도록 유연해야한다.

	
크기	60mm*150mm
최대출력	1W
최대전압	1.5V
최대전류	660mA

Table.1 Specification of solar cell

	
크기(size)	71mm*34mm*20mm
중량	113g
출력전압	11.1V
배터리용량	1300mAh

Table.2 Specification of BLDC motor

3. 결과 및 토의

배터리전압에 따라 태양광패널 8개를 직렬연결한 뒤 나오는 전압값을 측정해보고 배터리와 연결하여 모터와 서보모터가 컨트롤러의 제어에 따라 이상없이 구동하는지 확인하였다. 태양광패널은 태양의 입사각도에 따라 전압값이 차이가 보이는 걸 알 수있었다. 모터는 이상없이 작동하였지만 서보모터와 컨트롤러의 설정차이가 있어 미익의 러더와 엘리베이터를 제어하는데 문제가 생겨 시험비행이 성공적이지는 못하였다.



fig3. Glider wing



fig4. Test flight

4. 결 론

본 연구에서는 소형 태양광패널을 이용하여 기존 배터리 용량으로 비행할 수 있는 시간을 증가시켜 추후 수정, 보완한다면 반영구적 비행이 가능할 것으로 보인다. 태양광 무인 항공기를 통해 반영구적인 체공을 가능하게 하여 인공위성을 대신해 관측감시 및 통신중계에 활용 될 것이다. 인공위성을 개발하고 쏘아 올리는 데는 많은 시간과 비용이 들어가지만 상대적으로 태양광 무인항공기는 시간과 비용을 적게 소모하므로 향후 많은 수요가 기대되며 에너지 소비를 절감 할 수 있을 것이다.

사 사

본 논문은 2016년 지방대학 특성화사업(CK사업단)의 지원에 의해 수행된 수행결과입니다.

[참 고 문 헌]

- 1) Jae-Sung Bae, Sang Hyuk Park, Kim Hak-bong, Lee Soo-yong, Hong Yeon-sun, An Il-young, Jung Min Jeong, Choi Su-min and Kim Seung-jong (2011). Compact RC airplaneA Study on the Development of Photovoltaic Unmanned Aerial Vehicle Using Long - Body Space. Proceedings of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences Conference,1052-1056.
- 2) Jae-Sung Bae, Park Sang-Hyuk, Kim Hak-bong, Lee Soo-yong, Hong Yeon Seon, An Il-Young An, Young Seung Kim (2011). Unmanned aerial vehiclePreliminary Study for Foot. Proceedings of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences Conference, 748-753.
- 3) Anilyeong, Yang Yongman, Bae Jae Sung, Park Sang Hyuk, and Lee Soo Yong (2012). Fabrication and Flight Experiments of Low - altitude Solar Unmanned Aerial Vehicles.Proceedings of the Korean Society for Aeronautical &Space Sciences Conference, 1977-1982.
- 4) Gyoung Choi, Jongsoo Kim, Byungguk Lee, Won Yeon Won, Itaewon (2010). Solar power converter integrated one-way battery chargingSystem. Power Electronics Conference, 192-193.

지능형 하이브리드(hybrid)구조의 로봇설계 및 모션제어에 관한 연구

김민성¹, 황원준¹, 신행봉¹경남대학교 대학원¹

1. 서 론

로봇산업은 기계 및 전자 산업의 첨단기술이 결합된 산업으로 20세기 후반부터 제조업 현장에 투입되기 시작한 이후 현재까지 산업용 로봇이 주류를 이루고 있다. 그러나 산업용 로봇 시장이 성숙기에 들어서면서 로봇 산업은 새로운 분야로 의 발전을 모색하게 되었다. 현재 로봇산업의 선진기술을 보유한 미국, 일본 등을 중심으로 인간생활과 밀접한 지능형 서비스 로봇의 개발이 활발하게 진행되고 있다. 제한된 공간 내에서 주어진 작업을 반복하는 산업용 로봇과 달리, 인간과 인터페이스를 통하여 주어진 작업을 수행해야 하는 지능형 서비스 로봇은 보다 높은 지능과 환경의 인식기술이 요구된다. 또 인간과 로봇이 상호 협동하여 작업을 하거나 인간에게 서비스하기 위한 로봇의 작업 중에서 원하는 물체를 쥐고 옮기는 작업은 가장 기본적이며 중요한 작업으로 많은 세부적인 연구가 활발하게 진행 되고 있다.

2. 본 론

본 논문에서는 물체를 들어 옮기는 작업을 사람이 가르쳐 주고, 옮겨지는 물체의 궤적을 학습하여 모방한다. 모방 학습에서는 기준이 되는 궤적이 주어지기 때문에 올바른 학습 결과를 내기 위한 탐색의 횟수가 감소한다는 장점이 있다. 시범의 궤적이 정답에 가까운 궤적이라면 정답에 수렴하는 시간을 단축시켜 주고, 오답이 확실한 시범이라면 오답을 피해 갈수 있게 도와줘서 역시 정답에 수렴하는 시간을 단축시켜 줄 수 있기 때문이다. 한편, 본 논문의 관심 영역은 학습에 의한 기술 향상이 아니라 시범에 의해 생성된 물체의 이동 경로를 학습하는 것이기 때문에 정답을 가르쳐 주고 정답에 의해 학습이 되면 학습이 완료된 것으로 보고 결과를 활용하는 방향으로 모방 학습을 활용한다.

이동 물체의 경로와 물체에 가하는 힘을 학습하기 위해 “Learning Attractor Landscapes for Learning Motor Primitives” [10]에서 제시된 알고리즘을 사용하였다. 이 알고리즘에서는 Point attractor 역할을 하는 목적 위치로 수렴하는 동역학 시스템을 사용한다.

$$\tau \dot{z} = \alpha_z (\beta_z (g - y) - z) \quad (3.1)$$

$$\tau \dot{y} = z + f \quad (3.2)$$

식 (1)에서 g 는 목적 위치, α_z, β_z 는 time constant이다. τ 는 scaling factor이며 $y, \dot{y}$ 은 시범에 의해 저장된 위치, 속도 이다. f 가 0일 때 위의 시스템이 임계감쇠(Critical damping) 되도록 설정하면, f 가 0일 때 식(1) ~ (2)은 선형 시스템이다. 그러나 실제 로봇 손의 움직임은 선형이 아니기 때문에 f 를 다음과 같이 정의함으로써 비선형 시스템인 로봇 손의 움직임을 모델링 할 수 있다.

$$\tau \dot{v} = \alpha_v (\beta_v (g - x) - v) \quad (3)$$

$$\tau \dot{x} = v \quad (4)$$

$$f(x, v, g) = \frac{\sum_{i=1}^N \psi_i w_i v}{\sum_{i=1}^N \psi_i} \quad (5)$$

$$\psi_i = \exp \left\{ -h_i \left(\frac{x}{g} - c_i \right)^2 \right\} \quad (6)$$

2차 선형 동역학 시스템인 식(3), (4)가 Canonical System으로서 비선형 함수 f 와 함께 식(1), (2)를 비선형 시스템으로 동작하도록 만들어 준다. x, v, y, z 의 초기 값을 0으로 설정하면 $x/g \in [0, 1]$ 는 가우시안을 생성하기 위한 phase variable 역할을 하고, v 는 motion이 끝나는 시점에 f 텀을 없애는 Gating term 역할을

한다. 결국 식(1)~(6)에 의해 모션은 Unique point attractor g 로 수렴하게 된다.

3. 결과 및 토의

물체를 들어 회전을 시키면 물체의 회전에 의해 양손이 물체를 떨어뜨리지 않기 위해 물체에 가해야 하는 힘이 달라진다. 따라서 힘의 학습 결과를 검증하기 위해 물체를 들어 옮기면서 회전까지 시키는 작업을 학습시키고 재생해 보았다. 결과를 보면 회전이 변하면 그에 따라 양손이 물체에 가해야 하는 힘을 적절히 조절함을 알 수 있다.

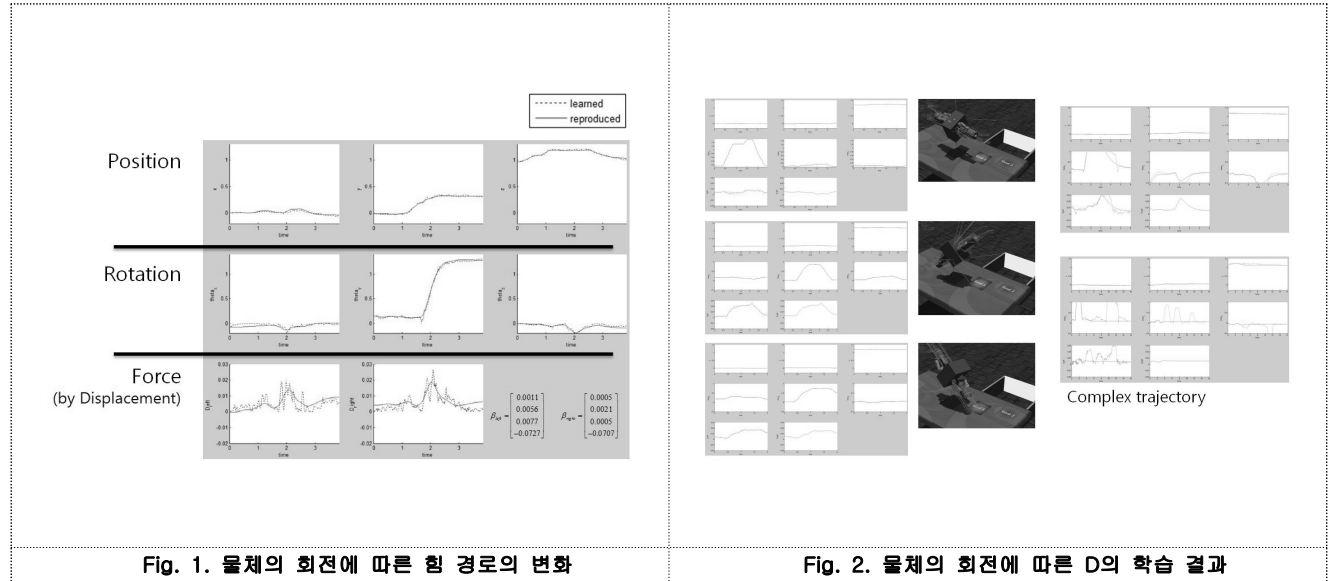


Fig. 1. 물체의 회전에 따른 힘 경로의 변화

Fig. 2. 물체의 회전에 따른 D의 학습 결과

4. 결 론

전 세계적으로 점점 HRI (Human Robot Interaction)의 중요성이 증대됨에 따라, 인간형 서비스 로봇의 안정성 및 최적 자세에 대한 연구가 다방면으로 이루어지고 있다[4]. 그에 대한 일환으로 본 논문에서는 양 팔 로봇의 안정성을 수치적으로 평가하기 위해 3가지 파라미터 1. 물체에 가해지는 힘의 크기의 변화 2. 양 팔 조작성 지수의 크기 3. 양팔 로봇에 소모되는 전력량)을 이용하여 각 자세에 대한 가격 함수를 만들고 그에 따른 최적의 자세를 제안하였다. 그리고 양팔 로봇이 인간과 상호작용을 할 때, 물체의 형태에 따라 취할 수 있는 대표적인 자세를 정하고 각 자세에 따른 최적자세 평가 함수를 사용하여 각 상황에 적합한 최적자세를 제안함으로써 양팔 로봇이 물체 파지 시 더욱 많은 작업공간을 확보할 수 있도록 하였다.

[참 고 문 헌]

- 1) Y. C. Lee, S. J. Lim, S. W. Hwang and C. S. Han, "Object grasp method of the service robot using the robot vision," Conference on Korean Society for Precision Engineering, vol. 3, pp. 7-8, 2008.
- 2) N. Vahrenkamp, A. Barski, T. Asfour, and R. Dillmann, "Planning and execution of grasping motions on a humanoid robot," IEEE/RAS International Conference on Humanoid Robots, 2009.
- 3) C. Eitner, Y. Mori, K. Okada, and M. Inaba, "Task and vision based online manipulator trajectory generation for a humanoid robot," Humanoid Robots, 2008. Humanoids 2008. 8th IEEE-RAS International Conference, pp. 293-298, Dec. 2008.

휴머노이드 로봇의 보행궤적 알고리즘 개발에 관한 연구

오세봉¹, 이성원², 임오득³
S&T중공업¹, 한화테크², 해군정비창³

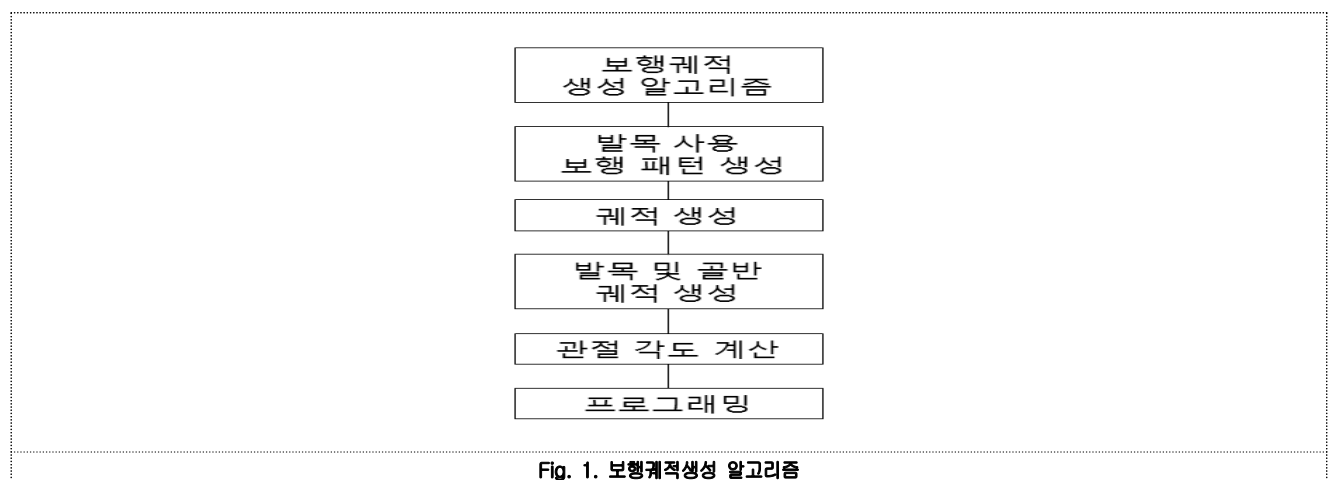
1. 서 론

휴머노이드(humanoid)의 안정적이고 자연스러운 보행궤적을 안정하게 추종하는 제어문제, 기구적 설계 등에 초점을 두고 연구가 활발히 진행 되고 있으며 많은 연구 결과들이 발표되고 있다. 이와 같은 기존 연구들은 빠른 계산과 보행 동작의 정확성을 위해 보행 중 발바닥이 항상 지면과 평행하도록 하며, 발목과 골반의 부드러운 궤적 생성에 중점을 두었다. 그러나 이와 같이 발목과 골반 궤적 중심의 보행 패턴 생성은 발목을 사용하더라도 측면 궤적만을 고려하기 때문에 실제 구현 시 발목과 골반을 좌우로 움직이지 않고 상체에 질량체를 두고 좌우로 이동시키면서 무게 중심을 잡게 되므로, 발목과 골반을 좌우로 흔들면서 무게 중심을 이동하는 인간의 보행 모습과는 차이가 있다. 특히 골반 궤적이 이러한 곡선을 따르기 위해서는 무릎을 항상 구부리고 있어야 하기 때문에 보행에 불필요한 전력을 소비하게 되며 또한 모터에 부담을 가중시키게 된다.

따라서 본 논문에서는 안정적인 로봇의 보행을 위해 보행 중 발목의 효과적인 적용 방법을 제시하고, 발목과 골반의 궤적에 중점을 둔 기존의 보행 방법과 달리, 보행 중 형성되는 지면에 투영된 무게 중심이 발바닥의 가장 안정한 점에 위치하도록 궤적을 우선 생성하고, 생성된 궤적에 위치하기 위한 발목과 골반 궤적을 생성하는 방법을 제시한다. 또한 이를 구현하기 위하여 발에 기능적인 구조를 갖는 28자유도의 소형 휴머노이드 로봇 보행 알고리즘에 의한 보행이 기존 보행 방법의 안정을 확인하고자 한다.

2. 본 론

본 논문에서 제안한 보행 궤적생성 알고리즘은 Fig. 1과 같은 과정들에 의해 수행된다. 우선 휴머노이드 로봇이 효과적으로 발목을 사용하는 보행 패턴을 생성하고, 보행 중 발바닥의 안정 영역에서 가장 안정한 궤적을 생성한다. 그리고 휴머노이드 로봇의 무게 중심이 이미 생성된 궤적을 추종하도록 발목과 골반 궤적을 형성하여 정적 보행 시 가장 안정한 보행을 가능하게 한다. 즉, 발목을 사용함으로써 보행 중 무릎이 가장 많이 굽혀지는 구간에서 무릎을 적게 굽히도록 하여 보행 시 전력 소비를 줄이고, 구간별로 발목과 골반 궤적을 생성하여 보행 중 무릎이 항상 굽혀있지 않도록 하여 보행 중 전체 전력 소비를 줄인다. 이와 같은 방법에 의해 구한 발목과 골반 궤적의 좌표들은 기존의 역삼각 함수나 3차 스플라인 보간법 등을 사용하여 각도로 변환하거나 직접 구간별로 테이블에 입력할 수 있다.



3. 결 론

본 논문에서는 휴머노이드 로봇의 보행 안정 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 궤적을 먼저 생성하고 생성된 궤적에 따른 발목보행 궤적을 구간별로 생성함으로써 휴머노이드 로봇이 보행 중 항상 안정적인 자세가 되는 알고리즘을 제안하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) S. M. Song and K. J. Waldron, "An Analytical Approach for Gait Study and Its Application on Wave Gait," Int. Jour. of Robotics Res. Vol. 6. No.2 pp. 60-71, 1987.
- (2) I. W. Park, J. Y. Kim, J. H. Lee, J. H. Oh, "Mechanical Design of Humanoid Robot Platform KHR-3," Proc. of IEEE-RAS Int. Conf. on Humanoid Robots, Vol. 5, pp. 3210326, 2005.
- (3) H. Choi, "Dynamixs Modeling and Analysis of a Biped Walking Robot Actuated by a Closed-Chain Mechanism," Journal of Robotic System, Vol. 21, No. 12, pp. 635-649, 2004.
- (4) Y. Ogura, H. O. Lim, A. Takanishi, "Development of a Human-like Walking Robot Having Two 7-DOF Legs and a 2-DOF Waist," Proc. of Int. Conf. on Robotics & Automation, pp. 134-139, 2004.
- (5) Q. Huang, K. Yokoi, S. Kajita, K. Kaneko, H. Arai, "Planning Walking Patterns of a Biped Robot," IEEE TRANS. on Robotics and Automation, Vol. 17, No. 3, pp. 280-289, 2001.

퍼지추론을 이용한 이동로봇의 지능제어 알고리즘 개발

김성일¹, 조문근², 김민성³(주)S&T중공업¹, 희수테크², 경남대학교 첨단공학과³

1. 서 론

이동로봇의 제어에서는 로봇 구동축의 중심점과 로봇의 무게중심점이 일치하는 이상적인 경우를 가정으로 제어를 설계한다. 그러나, 본 로봇은 차체의 폭과 길이가 크기 때문에 양 중심점의 거리차를 무시하는 일반적 가정에 대하여 설계된 제어 이론을 적용할 수 없다. 따라서, 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 양 중심점 사이의 거리차(d)를 포함하여 운동학적 모델링을 수행하고, 이를 고려함으로써 로봇 자세 및 속도의 응답에 발생하는 과도상태 오차를 분석한다. 이를 위하여, 비선형 시스템에 적용이 용이하며, 외란에 대하여 견실한 제어 특성을 갖는 지능 제어를 유도하여 기존의 PI 이득을 조정하는데 응용한다.

2. 본 론

이동로봇은 변형되지 않는 바퀴를 장착하여 로봇의 위치/속도 변위 문제에 대해 현재 자세를 판단하여 기준 궤적에 따라 조향하며 주행하는 것을 목적으로 한다. 따라서, 이와 같은 로봇의 주행/조향제어를 위해 로봇의 중심점에 대해 기구학적 모델링을 한다. Fig. 1은 로봇의 중심에 대한 기구학적 모델링을 위해 위치 좌표계를 나타낸 그림이다.

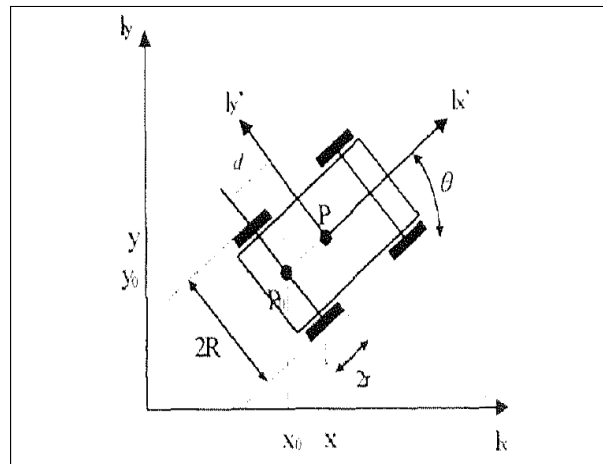


Fig. 1. 이동로봇 좌표계

이동로봇의 기구학적 모델링에서는 구동축의 중심점을 로봇의 중심점과 일치한다고 가정하고 두점 사이의 거리차를 0으로하는 이상적인 경우를 통하여 제어 입력을 설계한다. 그러나, 본 모바일 로봇은 차체 폭과 길이가 크기 때문에 거리차를 무시하는 일반적 가정에 대한 적용이 불가능하다. 따라서, 본 논문에서는 제작된 모바일 로봇의 주행/조향제어의 영향을 미치는 거리차 d 를 포함하여 기구학적 위치상태식을 주행 선속도와 조향 각속도의 제어입력 $v = [v, w]^T$ 에 의한 중심점 P 의 상태 행렬로 식(1)와 같이 나타낸다.

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -d\sin\theta \\ \sin\theta & d\cos\theta \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ w \end{pmatrix} \quad (1)$$

그리고, 식2의 중심점 $P = [x \ y \ \theta]^T$ 가 기준점 $P_r = [x_{ref} \ y_{ref} \ \theta_{ref}]^T$ 을 추종하는 식의 고정 좌표계의 오차벡터 e_p 를 천이 행렬 T_c 에 의해 식(2)와 같이 운동좌표에 대한 오차 벡터로 정의한다.

$$\begin{pmatrix} e_x \\ e_y \\ e_\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_x \cos \theta + e_y \sin \theta \\ -e_x \sin \theta + e_y \cos \theta \\ e_\theta \end{pmatrix} \quad (2)$$

여기서, e_p^c 는 운동좌표 I_x, I_y 상의 오차로 e_x 는 구동방향 오차, e_y 는 e_x 에 수직하는 측면방향 오차 그리고, e_θ 는 회전각 오차를 나타낸다. 그리고, 식(2)의 운동좌표상의 오차를 시간 t 에 대해 미분하면 식 (3)와 같다.

$$\begin{pmatrix} \dot{e}_x \\ \dot{e}_y \\ \dot{e}_\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_y - v + v_{ref} \cos e_\theta - dw_{ref} \sin e_\theta \\ -e_x - dw + v_{ref} \sin e_\theta + dw_{ref} \cos e_\theta \\ w_{ref} - w \end{pmatrix} \quad (3)$$

Table1. 비례이득에 대한 퍼지규칙

	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	B	B	B	B	B	B	B
NM	S	B	B	B	B	B	S
NS	S	S	B	B	B	S	S
ZO	S	S	S	B	S	S	S
PS	S	S	B	B	B	S	S
PM	S	B	B	B	B	B	S
PB	B	B	B	B	B	B	B

Table2. 미분이득에 대한 퍼지규칙

	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	S	S	S	S	S	S	S
NM	B	B	S	S	S	B	B
NS	B	B	B	S	B	B	B
ZO	B	B	B	B	B	B	B
PS	B	B	B	S	B	B	B
PM	B	B	S	S	S	B	B
PB	S	S	S	S	S	S	S

3. 결 론

본 연구에서는 이동 로봇의 위치제어를 위하여 위치추정 센서를 이용 측정된 로봇 중심점에서 구성된 정적위치상태가 기준위치를 추종하는데 있어 본 연구에서는 두 중심점과 측정된 로봇 중심점 사이의 거리차를 고려함으로서 로봇의 주행과 조향을 제어하는 제어입력을 퍼지 PI알고리즘을 이용 설계하였다. 그리고 제안된 퍼지 PI제어의 성능을 각각 기준 직선운동과 원운동에 대해 모의실험으로 검증해보았다. 이를 통해 본 연구에서 제안된 퍼지 PI알고리즘이 모바일 로봇의 위치제어에 있어 초기 추종 특성이 우수함을 예증하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) Kevin M. Passino, and Stephen Yurkovich, Fuzzy Control, Addison Wesley Longman. 1998.

거리로 인한 UGV의 통신불가상황에 따른 UAV를 이용한 제어체계구현

김재형¹, 한성현²

경남대학교 첨단공학과¹, 기계공학과²

Implement a control system using a UAV in impossible communicative situations of a UGV due to distance

Jae-Hyeong Kim¹, Sung-Hyun Han²

Department of Advanced Eng.¹, School of Mechanical Eng.², Kyungnam University

Abstract

In this paper, we propose a drone-based cooperative system at situations of inability to communicate remotely due to the long distance between a operator and a UGV(Unmanned Ground Vehicle), where the drone as a link enables to communicate between a central server and a UGV. The drone is controlled directly from a central server on the ground. In the UAV(Unmanned Aerial Vehicle)-based cooperative system, a UAV transmits the command sent from the operator to UGV and transmits image data obtained from its camera to the operator. The UGV is controlled by commands received from a UAV.

Keyword : UGV, UAV, communicate

1. 서 론

UAV와 UGV의 협업형식[1][2]의 플랫폼에서 통신은 성공적으로 임무를 수행하는데 있어서 중요한 과제가 된다. 해상 및 전쟁체계에서 운용되는 감시정찰용 무인이동로봇 등이 수신거리를 이유로 통신이 원활하지 않을 때 중간에서 UAV가 연결매개체가 될 수 있다.

본 논문은 운영자가 UAV로 명령을 전달하고 UAV에서 UGV로 명령을 전달하는 제어체계를 제안한다. 운영자는 UAV가 보내주는 UGV와 UGV주변의 영상을 보고 UAV에 이동명령을 전송한다. UAV는 전송받은 명령을 UAV에 해당하는 명령은 그에 따라 제어되고 UGV에 해당하는 명령은 UGV로 전송한다. 이는 앞으로 도래할 복잡한 무인로봇체계에서 안정적으로 로봇을 제어할 수 있는 효과적인 방안이 될 것이다.

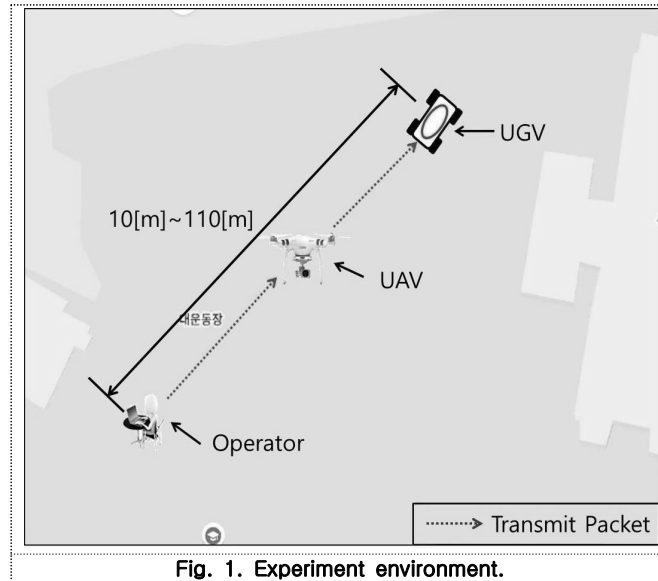
2. 본 론

2.1 UAV/UGV 시스템 구성

UAV는 dji사의 PHANTOM-II 플랫폼으로써 자체 MCU(Micro Controller Unit)를 포함하여 GPS센서, 지자기센서(Compass Sensor), 그리고 자이로센서(Gyro Sensor)를 가지고 있다. UAV에 장착되어 있는 IP카메라는 OpenCV라이브러리를 이용, 운영자가 사용하는 제어프로그램에서 카메라로부터 실시간 영상을 확인할 수 있다. UGV는 UAV로부터 운영자의 명령을 전달받아 제어된다,

2.2 수신거리로 인한 통신 불가 상황

실제 실험환경은 넓은 공간에서 이루어진다. UGV에 사용된 블루투스 모듈(ESD110V2)은 통신거리가 100m이지만, 실제로는 약 60m까지가 원활한 통신이 가능한 거리임을 자체적인 검증을 통하여 확인하였다. 실험에서는 본 연구에서 제안한 제어체계로 통신불능인 거리까지 UGV에 명령을 전달하고 통신이 불가능해졌을 때, 공중의 UAV가 중간에서 통신의 연결매개체 역할을 맡음으로써 UGV를 제어한다.



위 실험을 통하여 단일 UGV만을 제어할 경우 제어 가능한 거리는 60 m가 한계였지만 드론을 통하여 그 이상의 거리까지 제어가 가능하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 UAV와 UGV를 통해 수신거리로 인한 통신이 불가능한 상황에서 효과적인 제어 체계를 구현하였다. 운영자가 UAV에 명령을 내리면 UAV 다시 UGV에게 명령을 내리는 형태로 UGV를 수동제어하는 방식이다. 본 연구에서 제안한 무인체계는 원거리에서 감시 및 정찰 기능을 가지는 로봇 등 여러 대의 무인로봇 협조체계에서 효과적으로 사용될 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Jae-Keun Lee, Hahmin Jung, Dong Hun Kim "Cooperative UAV/UGV Platform for a Wide Range of Visual Information" Journal of Korean Institute of intelligent Systems vol.22, No.
- [2] Jae-Young Choi, Sung-Gaun Kim "Study on the Improved Target Tracking for the Collaborative Control of the UAV-UGV" Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, vol.19, no.5 pp450-456, May, 2013.

신경회로망을 이용한 무인수상선의 자율운항

김현민¹, 한성현²

경남대학교 첨단공학과¹, 경남대학교 기계공학과²

Neural Networks Based Autonomous Navigation of a USV

Hyeon-Min Kim¹, Sunghyun Han²

Department of Advanced Engineering¹, School of Mechanical Eng.² Kyungnam University

Abstract

In this paper, autonomous navigation based on neural network for USV(Unmanned Surface Vehicle) on water is proposed. Unlike ground surfaces, the water surface is not fixed, so the autonomous navigation must consider the effect of sea currents. In this study, we propose a neural network method that does not use separate sensors to measure the direction and intensity of sea currents to consider their effects. In the proposed method, the error values between the present and previous positions and their ideal paths are used as the input values of the neural network. The controller in this paper has the structure of Kawato's neural network parallel controller. Simulation results were obtained to compare the general PD controller and the proposed neural network parallel controller, and they show that the proposed method is efficient in terms of arrival time and trajectory accuracy.

1. 서 론

USV는 무인시스템이기 때문에 지치지 않고 인간이 수행하기 어려운 일을 대신할 수 있다. 따라서 USV를 활용하기 위한 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다. USV를 다양한 용도로 활용하기 위해서는 자율운항 기능은 필수적이라고 할 수 있다. 그러나 수상에서의 자율운항을 지상에서의 자율주행과는 달리 조향에 있어서 환경적인 영향을 많이 받는다. 따라서 본 논문에서는 USV가 받는 조류의 영향을 최소화하여 궤적을 정확하게 따라가며 목적지까지 도착 할 수 있도록 신경회로망을 이용한 자율운항 방법을 시뮬레이션 하였다. 일반적으로 자율운항 기법에 적용되는 PD제어는 USV가 조류의 영향을 직접적으로 받게 되어 원하는 궤적을 정확하게 따라갈 수 없다. 하지만 제안된 방법에서는 신경회로망을 통해 얻은 결과 값들을 이용하여 각각의 모터의 회전속도를 조절함으로써 수상에서 조류의 영향을 최소화하여 자율운항을 한다.

2. 문제설정

2.1 USV 모델

본 논문에서의 USV는 두 개의 추진기를 가진다. 각각의 모터가 회전하는 속도에 따라 USV의 방향과 속도가 정해진다. 일반적으로 GPS데이터를 이용하여 USV의 현재위치좌표와 목표위치좌표를 비교하여 목적지까지 도달하게 된다. 시뮬레이션 상에서는 위도, 경도를 좌표평면을 이용하여 나타내었으며, 매 스텝마다 일정한 조류 값이 들어와 USV가 조류의 벡터량만큼 밀려나게 된다.

2.2 제안된 알고리즘

본 논문에서 사용된 제어기는 그림 1과 같은 Kawato의 신경망병렬제어기의 구조이며[1], 신경회로망은 On-line 학습방법을 사용한다. Off-line 학습은 플랜트의 특성을 실험을 통해서 입력과 출력데이터를 구하고, 이 데이터를 이용하여 신경회로망을 감독학습 시키는 것이다. On-line 학습은 플랜트를 구동함과 동시에 신경회로망을 학습시키는 것이다. Kawato 신경망병렬제어기는 신경망제어기와 안정제어기가 병렬구조로 사용되고 있다. 신경회로망을 학습하는 초기에 신경회로망이 불안정하게 되는데, 이 경우에는 신경망의 출력이 불안정하더라도 PD제어기의 출력 값이 불안정성을 어느 정도 극복하기 때문에 On-line 학습을 할 수 있다. 본 연구의 Kawato 신경망병렬제어기의 안정제어기는 PD제어기로 구성한다. 안정제어기의 출력 값이 0에 가까운 값이 될 때 까지 신경회로망의 가중치를 학습한다. 본 논

문에서 사용한 신경회로망은 입력 층과 하나의 히든 층 그리고 출력 층으로 구성된다. 입력 값은 3개, 출력 값은 2개로 설정하였다. 입력 값으로는 원점과 목표지점을 직선으로 이은 이상적인 경로와 USV의 현재위치의 오차 값을 현재스텝, 첫 번째 이전스텝, 두 번째 이전스텝을 사용하였다. 목표 값으로는 입력 값에 따라 각각 0.6, 0.25, 0.15의 가중치를 두고 설정하였고 각각의 출력 값은 PD제어를 통한 우측 모터 값과 좌측 모터 값에 더해짐으로써 조류의 영향을 최소화하여 자율운항하게 된다. 신경회로망의 학습방법으로는 역전파를 이용하였으며 역전파 알고리즘은 Levenberg-Marquard backpropagation을 이용한다[2,3].

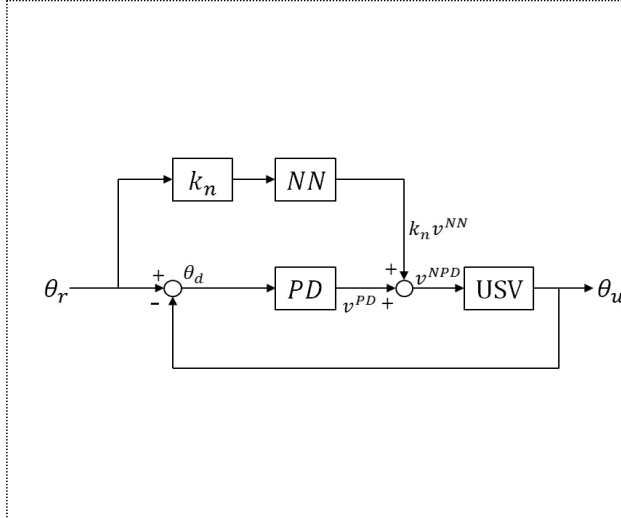


Fig. 1. The proposed neural network parallel controller

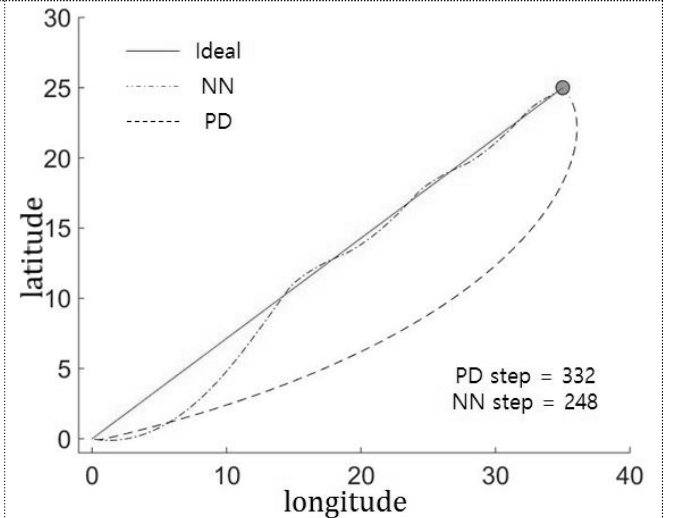


Fig. 2. In case of constant sea current

3. 시뮬레이션 및 결과

USV는 출발지인 (0, 0)에서 0도 방향을 바라보는 상태로 목적지인 (35, 25)까지 자율운항한다. 그림 2는 조류가 x 축으로 0.05만큼, y 축으로 -0.05만큼 스텝마다 일정하게 흐를 때의 결과이다. PD제어를 통해 자율운항을 한 경우에는 목적지까지 도달하기 위해 332스텝이 소요되었고 본 논문에서 제안된 방법으로 자율운항 한 경우에는 248스텝이 소요되었다. PD제어를 통한 자율운항 방법보다 본 논문에서 제안된 자율운항 방법이 더 빠르게 목적지까지 도달하였고, 이상적인 경로로 더 정확히 이동하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 수상에서 USV가 조류의 영향을 최소화하여 효율적으로 자율운항 하도록 신경회로망을 이용한 자율운항 방법이 제안되었다. 시뮬레이션에서는 PD제어만을 사용하였을 때와 신경회로망을 이용하였을 때의 경로를 비교하였고 제안된 연구는 다음과 같은 장점을 얻었다. 첫째, 신경회로망이 학습해가면서 이상적인 경로를 따라가기 때문에 PD제어보다도 더 빠르게 목적지에 도착하였다. 둘째, 제안된 방법은 실시간으로 변동되는 조류조건을 학습하기 때문에 조류의 방향이 변화되어도 새롭게 재학습을 하지 않아도 된다.

사 사

본 논문은 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업의 연구결과임

[참 고 문 헌]

- 1) B. Lee, "Fuzzy neural network control," Ulsan University Publishing, 2012.
- 2) Marquardt, D., "An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters," *SIAM Journal on Applied Mathematics*, vol. 11, no. 2, pp. 431-441, 1963.
- 3) Hagan, M.T. and M. Menhaj, "Training feed-forward networks with the Marquardt algorithm," *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 5, no. 6, pp. 989-993, 1994.

LIDAR 데이터 및 방향각을 이용한 모바일 로봇의 장애물 인식 시스템

송현우¹, 한성현²

경남대학교 전기공학과¹, 기계공학부²

Obstacle Recognition System of Mobile Robot Using LIDAR Data and Orientation Angle

Hyunwoo Song¹, Sunghyun Han²

Department of Electrical Engineering¹, Division of Mechanical Engineering and Automation.²
Kyungnam University

Abstract

In this study, we implemented LIDAR - based system for unmanned system. The proposed module consists of LIDAR, Servo motor and microprocessor. As a result, the implemented system is a system that obtains the distance and direction of surrounding obstacles and grasps its position.

1. 서 론

현대 사회에 모든 시스템이 무인화를 이루고 있는 상황이다. 이런 무인화 시스템은 사람이 직접 활동할 수 없는 환경이나 장시간 같은 장소에 머물러야 하는 특정 어려운 임무를 수행하는데 있어서 많은 편리성이 있다. 이러한 무인 시스템(unmanned system)을 위해서 가장 큰 요인이 되는 것이 바로 시각적인 정보이다. 특정 시각정보를 얻기 위한 센서를 이용하여 주변의 환경과 장애물을 파악하여 자유자재로 회피하여 나아갈 수 있어야 한다. 이러한 시각적인 정보를 라이다(LIDAR)와 서보모터를 통해 장애물의 정확한 위치를 얻고자 한다.

2. 본 론

기존의 무인화 시스템에서는 레이더나 카메라를 이용하여 주변의 환경, 장애물을 인식하는 시스템이었다. 그러나 레이더는 거리가 길어지면 사물의 인식도나 해상도가 좋지 않으며 카메라만을 통해서도 사물을 인식하기에는 낮빛의 측정에 문제를 겪을 수 있다. 반면 본 논문에서 사용한 라이다(LIDAR)는 높은 에너지 밀도와 짧은 주기를 가지는 펄스 신호를 생성할 수 있는 레이저의 장점을 활용하여 보다 정밀한 관측을 가능하게 한다. 레이더의 전자기파보다 라이다(LIDAR)의 파장이 짧아 보다 높은 정밀도와 해상도를 얻을 수 있다.

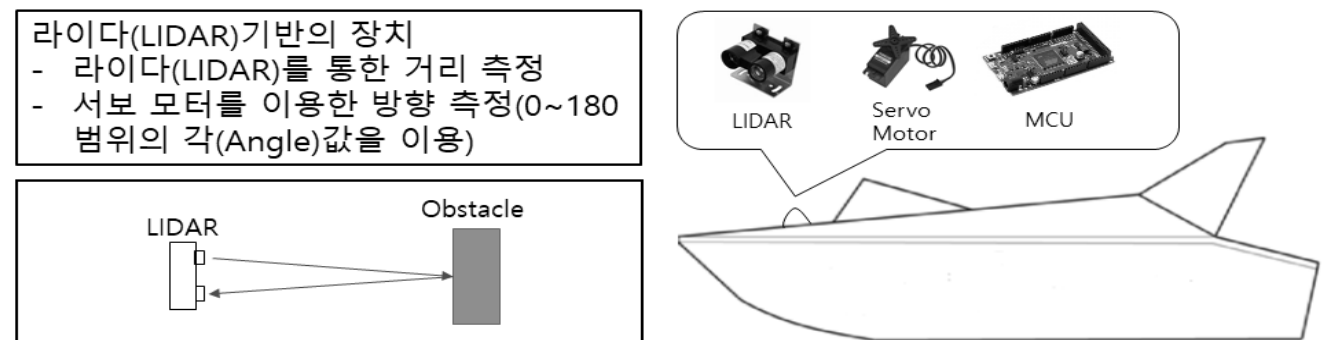


Fig. 1. Configuration of the proposed LIDAR system.

3. 결과 및 토의

Fig. 2는 라이다(LIDAR)와 서보모터로 구성된 LIDAR기반의 시각화 장치의 구성을 보여준다.

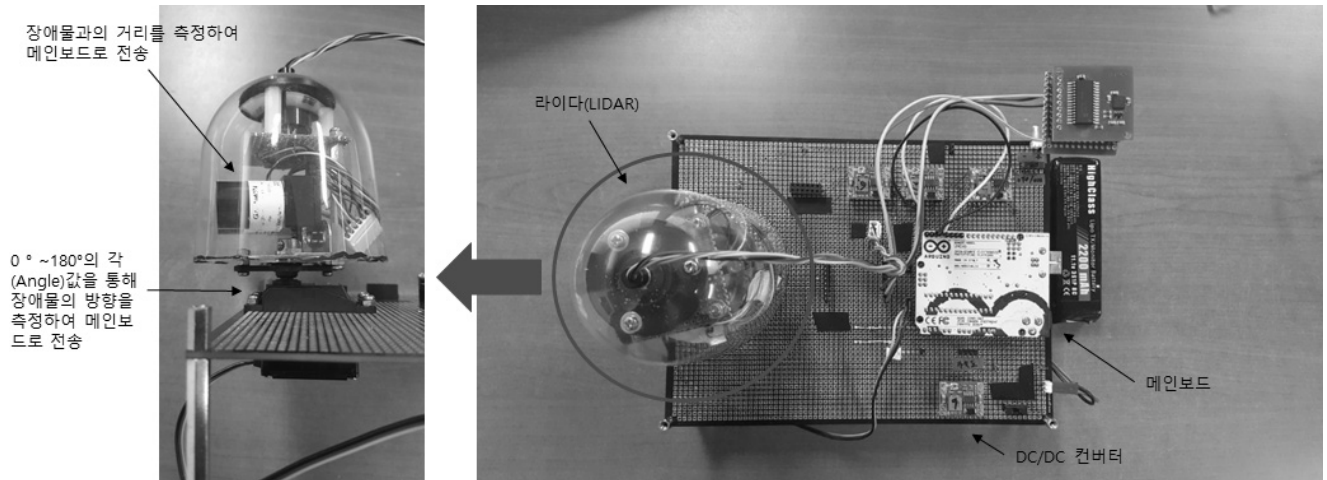


Fig. 2. Configuration of LIDAR sensor and Servo motor.

라이다에서 받은 거리값과 서보모터에서 얻은 방향값을 통하여 장애물의 정확한 위치를 파악할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 라이다(LIDAR)로 얻은 거리값과 서보모터를 통해 얻은 방향값을 토대로 장애물의 정확한 위치를 파악할 수 있었다. 이를 바탕으로 무인자동차나 무인선박 같은 무인시스템에 적용하여 보다 정밀한 자율주행, 운항을 가능하게 할 것으로 예측된다.

사 사

본 결과물은 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성 사업의 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- 1) Yong Hu and C. Vincent Tao, Hierarchical Recovery of Digital Terrain Models from Single and Multiple Return Lidar Data. ASPRS Photogrammetry Engineering & Remote Sensing, Vol. 71, No 4, April, pp. 425-434, 2005.

지능형 로봇의 인터넷 기반 원격제어

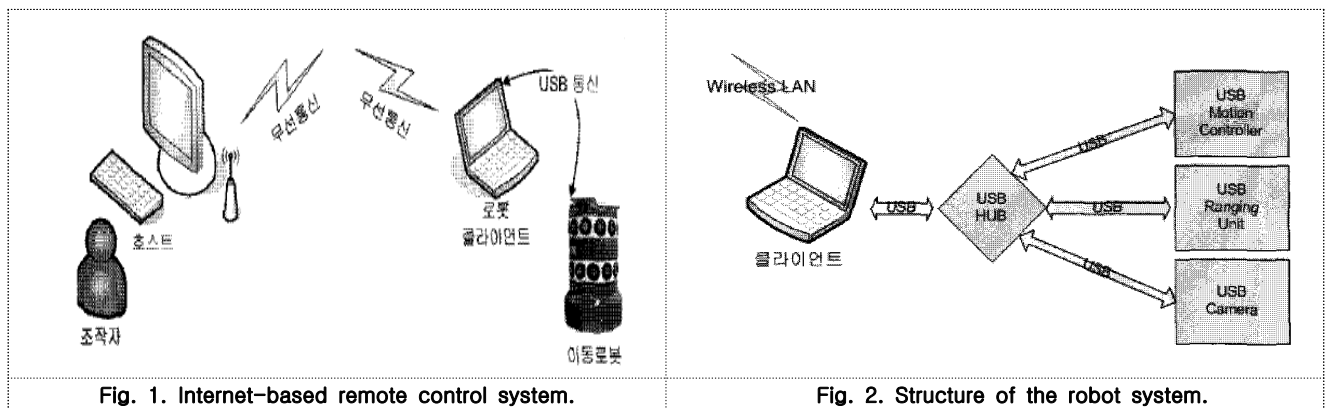
임오득¹, 김민성², 배호영³, 신행봉⁴
 해군정비창¹, 경남대학교 첨단공학과², 브이맥³, (주)SG서보⁴

1. 서 론

자율이동 로봇은 주위환경을 인식하여 로봇 자신의 판단에 따라 자율적으로 이동하는 로봇이다. 이를 위해 각종센서를 이용하여 환경정보를 입수하고, 분석하여 이동경로를 결정하고 이동 가능하제어기가 필요하다. 하지만, 이동로봇은 이동 중 바퀴의 미끄러짐이나 외부센서의 오차로 인하여 만족스러운 수학적 모델을 얻지 못하는 복잡한 시스템이다. 즉 전통적인 제어이론으로는 유용성이 떨어진다. 대안으로 퍼지제어, 신경망, 퍼지-신경망 등 여러 가지 지능 제어 기법이 제안되었다. 그중 퍼지제어기는 전문가의 경험을 바탕으로 퍼지논리를 이용하여 제어기를 설계하기 때문에 정확한 수학적 모델을 알지 못해도 좋은 성능을 얻을 수 있다고 알려져 있다. 그러나 전문가의 경험을 바탕으로 하므로 시스템의 구성 요소가 최적의 값이란 보장이 없다. 이를 위해 최적화시키기 위한 동정 이론이 등장하였는데 여기에는 신경회로망 이론의 융합, 비선형프로그래밍 기법 등을 이용한 자기 동조방식 전역 최적화 탐색 기법인 유전 알고리즘을 이용한 방식이 많이 사용되고 있다.

2. 인터넷 기반 원격제어

제안된 지능형 로봇의 인터넷 기반 원격제어 시스템은 로봇의 원격제어를 위한 사용자 인터페이스, 로봇의 제어 명령을 받아들이고 로봇의 주위 환경 및 센서 데이터를 전송하는 로봇제어 인터페이스, 두 개의 인터페이스를 연결해주는 네트워크로 구성이 된다. 원격제어 시스템을 위하여 두 대의 컴퓨터를 필요로 한다. 하나는 로봇의 주위환경을 인식하고 로봇을 제어하기 위해 사용되고 다른 하나는 조작자가 원격제어를 하기 위해서 사용된다. 이 두 대의 컴퓨터들은 인터넷 연결을 필요로 한다. 이에 무선공유기를 추가로 사용하고 있다. 시스템의 전체적인 구조는 Fig. 1에 나타나있다. 로봇은 모터 구동부, 센서 처리부, 웹 카메라를 독립적으로 장착하고 있으며, usb허브를 통하여 연결된다. 로봇시스템의 구조는 Fig. 2와 같다.



3. 실험 및 결과 고찰

수동 조작으로 데이터를 획득하는 방법을 선택하였고, 초기 조건으로 기준선을 100[cm]로 설정하였다. 기준선에서 왼쪽에서 3회, 오른쪽에서 3회, 총 224개의 실험 데이터 쌍을 획득하였다. Table. 1은 실험데이터를 획득하기 위한 초기 조건을 보여준다. Table. 2은 동정을 위해 사용한 VEGA의 초기 값을 나타낸다.

Fig. 3은 제안한 VEGA로 동정해서 얻은 소속 함수의 모양이다. 값들은 0과 1사이로 정규화된 값들이다. 원격지에서 제어명령을 내려 로봇제어 인터페이스에 접속하고, 로봇 제어 인터페이스는 자율주행을 VEGA에 의해 동정된 제어기를 이용하게 된다. 이때 로봇 제어 인터페이스는 사용자 인터페이스에 주위의 환경

에 대한 영상과 로봇 주위의 거리정보 등의 센서 데이터 값들을 사용자 인터페이스에 전송하고, 이를 받은 사용자 인터페이스는 수신된 거리 정보를 기반으로 로봇의 이동궤적을 사용자 인터페이스에 표시하여준다.

Table1. Initial condition of experimental data

초기조건 횟수	거리차(cm)	진행각(degree)
1	-80	0
2	-50	-30
3	-30	30
4	80	0
5	50	30
6	30	-30

Table2. Initial parameters of VEGA

Parameter's name	Parameter value
Maximum generation	1,000
Population number	100
Crossover rate	0.7
Mutation rate	0.2
max_c	6
α	0.9
$\epsilon, C_e, C_r, \rho, \Pi$	0.1, 0.4, 3, 0.0001
Reduction rate, Life coefficient	0.1, 0.9

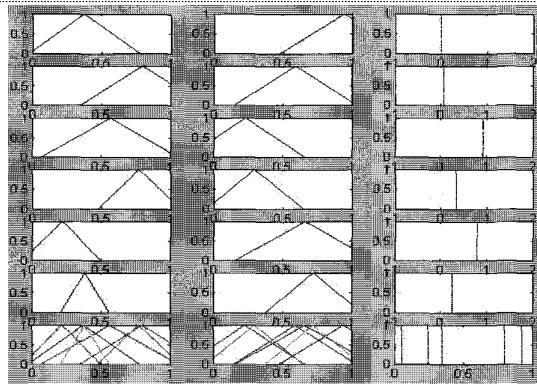


Fig. 3. Membership functions identified by VEGA

4. 결 론

지능형 로봇의 인터넷 기반 원격 제어를 위한 시스템을 제안했다. 제안된 지능형 로봇의 원격 제어를 위해 TCP/IP의 소켓 통신을 이용한다. 제안된 원격 제어 시스템은 크게 사용자 인터페이스와 로봇 제어 인터페이스로 구성된다. 로봇 제어 인터페이스에서는 주행중인 지능형 로봇 주위의 환경에 대한 영상 정보나 각종 주행 데이터들을 실시간으로 사용자 인터페이스에 전송하고, 이를 받은 사용자 인터페이스는 각종 정보를 보기 쉽게 화면에 표시한다. 또한, 사용자 인터페이스는 각종 주행 명령들을 로봇제어 인터페이스에 전송해 원활한 주행을 돕는다. 큰 용량의 영상 정보를 전송하기 위하여 JPEG 압축 알고리즘을 이용한다. 또한, 자율 주행을 위한 제어기는 전문가의 경험에 의해 획득한 주행 데이터를 이용하여 퍼지 제어기를 설계하는 방법을 제시했다. 본 논문에서는 지능형로봇의 자율 주행을 위한 퍼지 제어기의 설계시 퍼지 규칙의 수와 멤버십 함수의 매개변수들을 바이러스-진화 유전 알고리즘을 이용하여 동정하는 방법을 제안했다. 마지막으로, 본 논문에서 제안한 원격 제어 시스템은 실험을 통해 그 응용 가능성을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- 1) J. Renders and H. Bersini, "Hybridizing genetic algorithms with hill-climbing methods for global optimization: Two possible ways," Proc. of The First IEEE Conf. on Evolutionary Computing, vol.1, pp. 312-317, 1994.

자율구동 모바일 로봇의 정밀 위치 및 속도제어에 관한 연구

동근한¹, 김두범², 황원준³, 심현석⁴

세광산업¹, 경남대학교 대학원², 경남TP³, (주)동산테크⁴

1. 서 론

모바일 로봇에 대한 연구가 진행됨에 따라 사람과 로봇의 상호작용을 위한 많은 방법들이 제안되고 있는데 그중 음성명령에 의한 제어 기술의 필요성이 더욱 커지고 있다. 따라서 현재의 음성인식 기술에서 원격 마이크 환경의 전처리 음질 향상을 위해서는 어레이 신호처리 기술이 필수적이다. 또한 대화 모델링을 위한 현재의 접근방식은 강건성 유지와 영역 확장이 어려운 문제점이 있고 대화모델의 개념적 부분과 언어의 특성에 대한 고려도 필요하다.

2. 본 론

2.1 플라즈마 표면처리

본 연구에서는 음성명령과 무선 네트워크 통신을 통하여 모바일 로봇 시스템을 실시간 제어하며 음성 전달 방법은 PC상의 송신 마이크로폰을 이용하여 음원을 분석 후 로봇을 제어가 가능하도록 하였다. 또한 모바일 로봇의 위치 및 속도 제어를 무선통신 원격제어에 의해 수행되어 로봇 제어기의 성능이 검증된다.

Endpoint detection에서 음성의 시작점을 검출하면, 검출된 음성에 대해서 front end feature extraction에서 MFCC로 변환하고, MFCC를 이용하여 acoustic matcher에서 speech model과 acoustic score를 구한다. 그리고 score를 이용하여 인식 network를 parsing해서 인식된 결과가 나오면 rejection에서 음성의 신뢰도를 평가하게 된다.

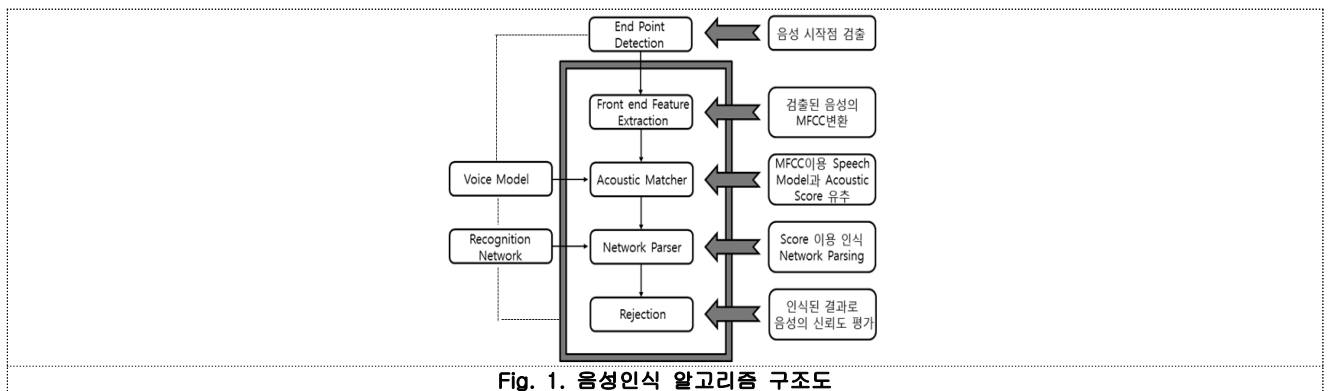


Fig. 1. 음성인식 알고리즘 구조도

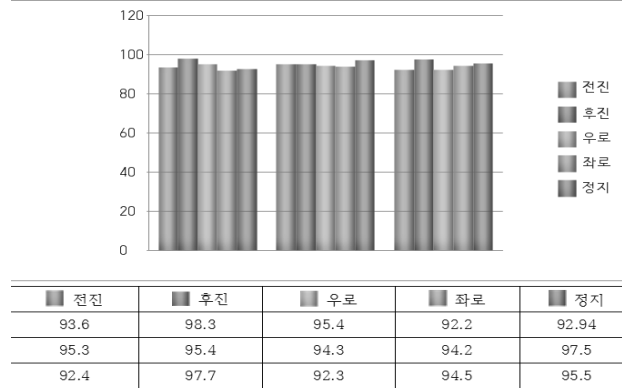
3. 실험 결과 및 고찰

Table 1은 로봇 시스템에 저장해 놓은 음성단어이고 Table 2는 Table 1의 단어의 일부를 인식률을 나타내고 있다.

Table 1 실험 내용 및 조건

ID	단어이름	ID	단어이름
1	전진	6	좌회전
2	후진	7	우회전
3	정지	8	전진
4	우로	9	후진
5	좌로	10	멈춤

Table 2 음성인식 실험에 의한 인식율



4. 결 론

본 연구에서는 소리명령에 의한 실시간 무인원격 모바일 로봇의 주행제어에 관한 연구를 수행하였다. 제안된 로봇의 성능을 확인하기 위하여 여러번의 반복 성능 실험을 통하여 예증하였다. 또한 본 연구에서 오프라인 실시간 무선원격 제어기술의 개발로 보다 다양한 방법의 모바일 로봇 시스템을 음성명령에 의한 실시간 무인원격 제어기법을 이용한 모바일 로봇의 주행제어를 통하여 무인 공장자동화실험 및 원거리 실시간 무인 원격제어 성능을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- 1) D. Psaltis, A. Sideris, and A. Yamamura, 1988, "A Multilayered Neural Network Controller" , IEEE Control Systems Magazine, April, pp.17-21
- 2) E. H. Mamdani, 1974, "Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant" , Proc. IEEE, Vol. 121, No.12, pp.1585-1588.

센서피드백을 이용한 지능형 로봇의 자율주행 제어

이우송¹, 박인만²
(주)선진기술¹, (주)인템²

1. 서 론

지능형 로봇은 스스로 주위 환경을 인식하여 로봇의 판단에 의해 자율적으로 이동한다. 이를 위해서는 각종 센서들을 이용하여 환경 정보를 수집하고, 이 정보를 기반으로 이동 경로를 결정할 수 있는 제어기가 필요하다. 전통적인 제어 이론은 지능형 로봇의 구성 요소인 바퀴와 센서들의 오차로 인해 시스템이 복잡하여 만족스러운 수학적 모델을 얻지 못하여 그 대안으로서 퍼지 제어, 인공 신경망을 이용한 제어, 퍼지-신경망 제어, 유전자 알고리즘을 이용한 제어 등 여러 가지 지능 제어 기법이 제안되었다^[4,5]. 그 중 퍼지 제어기는 전문가의 지식을 살려 제어 시스템을 언어적인 규칙을 기반으로 제어기를 구성하므로 정확한 수학적 모델을 알지 못할지라도 좋은 결과를 얻을 수 있고 구현이 간단하다고 알려져 있다. 그러나 퍼지 제어기는 전문가의 주관적인 지식에 의해 구성되므로 시스템이 복잡해지거나 돌발 상황에 처했을 때 제어 성능이 떨어지기 쉽고 퍼지 제어기가 최적 설계 보장이 없기 때문에 정확도 면에서 신뢰가 부족하다고 알려져 있다. 이러한 이유로 퍼지 제어기의 구성 요소를 최적화하기 위해 인공 신경망, 유전자 알고리즘 등의 방식을 사용한다.

2. PSO 학습과정

PSO는 각 개체들이 현재까지 탐색한 최적의 목적함수 $F(p_{best})$ 의 값을 기억한다. 각 개체들은 집단이 탐색 과정에서 발견한 최적의 목적 함수 값 $F(p_{best})$ 값과 p_{best} 의 위치 벡터의 정보를 공유하고 있다. 각 개체들은 현재의 위치 벡터와 속도 벡터와 개체가 지금까지 탐색한 최적의 위치 벡터 p_{best} 와 무리 전체가 지금까지 탐색한 최적의 위치벡터 p_{best} 를 이용하여 식 (1)를 통해 이동을 하고 각 개체들의 위치는 현재의 위치 벡터와 수정된 속도 벡터를 이용하여 식 (2)과 같이 나타내고 각 개체들의 학습을 증가시키기 위해 속도 벡터의 제한 조건을 식 (3)로 나타낸다.

$$v_i^{next} = w_{now} \times v_i^{now} + c_1 \times R_1 \times (p_{best_i} - p_i^{now}) + c_2 \times R_2 \times (g_{best_i} - p_i^{now}) \quad (1)$$

$$(i = 1, 2, \dots, N)$$

$$p_i^{next} = p_i^{now} + v_i^{next} \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

$$v_i^{max} = \frac{p_i^{max} - p_i^{min}}{iter} \quad (3)$$

본 논문에서는 식 (1), 식 (2), 식 (3)에서 i 는 개체의 번호 v_i^{now} 는 현재 개체 i 의 속도 벡터, p_i^{now} 는 현재 개체 i 의 위치 벡터, v_i^{next} 는 수정된 개체 i 의 속도 벡터, p_i^{next} 는 수정된 개체 i 의 위치 벡터, p_{best_i} 는 개체 i 가 지금까지 탐색한 최적의 위치 벡터, g_{best_i} 는 전체의 개체들이 지금까지 탐색한 최적의 위치 벡터, N 은 개체의 총 수를 나타낸다.

3. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 PSO를 이용한 지능형 로봇의 자율주행 제어에 필요한 퍼지 제어기의 멤버십 함수를 PSO를 이용하여 동정하였다. 동정을 하기 위해서는 실험 데이터들을 필요로 한다. 실험 데이터는 전문가의 지식을 기반으로 한 주행 시 얻은 데이터로 하였다. 초기 조건은 기준선을 100[cm], 진행 방향을 10[degree]로 설정하여 원격 벽면 주행을 수행하였다.

Table. 1은 주행 실험을 위해 사용된 PSO의 초기 값을 나타낸다. 표 2는 본 논문에서 사용한 퍼지 추론

규칙을 보여 준다.

Fig. 1은 전문가의 지식을 기반으로 하여 얻은 데이터들을 기반으로 퍼지 제어기의 멤버쉽 함수를 PSO로 동정한 퍼지 제어기의 멤버쉽 함수이다. 퍼지 제어기의 멤버쉽 함수들은 0과 1사이의 값으로 정규화 하였다.

사용자는 원격지에서 TCP/IP 소켓 통신으로 로봇 제어 인터페이스에 접속을 하고, 로봇 제어 인터페이스는 PSO에 의해 동정된 퍼지 제어기로 지능형 로봇을 제어한다. 로봇 제어 인터페이스는 지능형 로봇의 센서들로부터 들어오는 데이터들을 사용자 인터페이스에 송신해 준다. 사용자 인터페이스는 수신된 데이터들을 기반으로 로봇의 이동궤적을 사용자 인터페이스에 표시하여 준다.

Table. 1 PSO의 파라미터 초기 값

Parameter's name	Parameter's Value
Generation	1000
Swarm size	100
v_{max}	탐색공간의 20%
w_{now}	식 (8)
$[w_{min}, w_{max}]$	[0.4 0.9]
c_1, c_2	2.0

Table. 2 제어 규칙 테이블

		진행방향(θ)				
		NB	NS	Z	PS	PB
거리차 (dif)	NB	PB	PB	PS	Z	BS
	NS	PB	PB	PS	Z	NS
	Z	PB	PS	Z	NS	NS
	PS	PB	Z	NS	NS	NS
	PB	PS	Z	NS	NB	NS

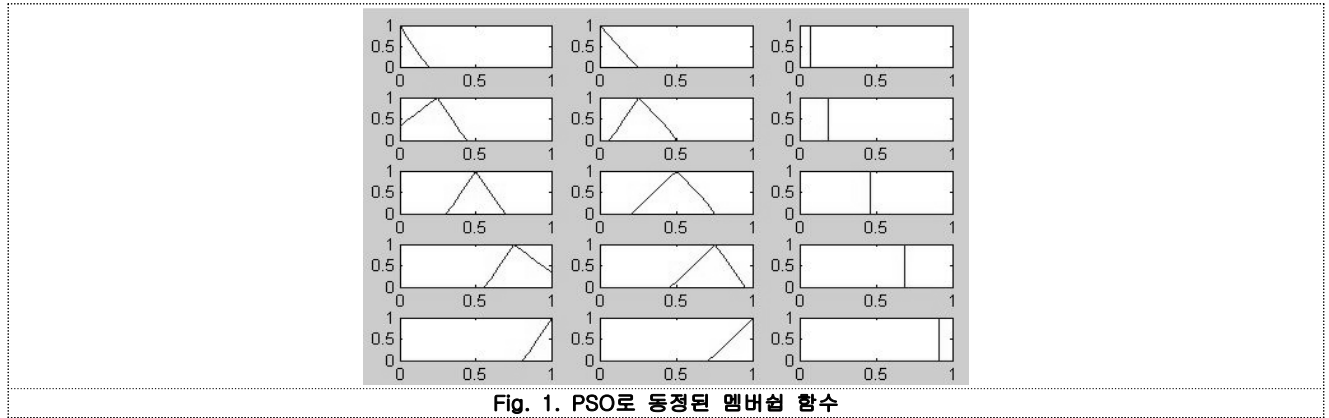


Fig. 1. PSO로 동정된 멤버쉽 함수

4. 결 론

지능형 로봇의 자율주행을 위해 전문가의 지식을 기반으로 한 퍼지 제어기를 설계하고 수동 조작을 통해 데이터를 획득 하였다. 획득한 데이터들을 통해 퍼지 제어기를 구성하고 있는 멤버쉽 함수의 매개 변수들을 최적화하기 위해 PSO로 동정하는 방법을 제시하였고, 사용자 인터페이스의 원격 제어를 통해 로봇 제어 인터페이스는 PSO로 동정된 퍼지 제어기로 지능형 로봇의 주행하도록 하였다. 마지막으로, 본 논문에서 제안한 원격 제어 시스템은 실험을 통해 그 응용 가능성을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- 1) Y. H. Joo, H. S. Hwang, K. B. Woo and K. B. Kim, "Fuzzy System Modeling and Its Application to Mobile Robot Control", Fuzzy Logic and Its Applications, Information Sciences, and Intelligent Systems, Kluwer Academic Publishers, pp.147-156, Dec..1995.

뉴럴 네트워크를 이용한 모바일로봇의 지능제어 설계에 관한 연구

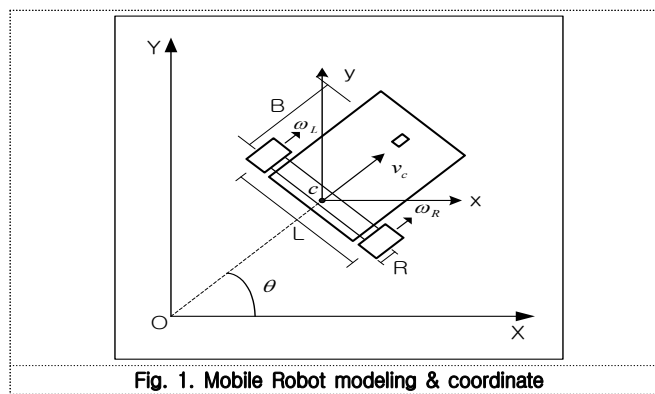
정양근¹, 정성원²
신라정보기술(주)¹, DY(주)²

1. 서론

최근 들어 공장 자동화 및 유연 생산 체계의 도입이 증가됨에 따라, 작업반경이 넓으며, 작업환경의 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 이동로봇에 대한 필요성이 높아지고 있다. 본 연구에서는 다층신경회로망의 단점인 학습시간이 긴 것과 국부 최소값에 빠질 위험을 보완하기 위해 실수코딩유전알고리즘으로 최적화 시켜서 학습시간을 줄이고 역전파 알고리즘을 사용하여 모바일로봇의 실시간 궤적추적 신경제어기를 설계하여 그 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 입증하였다.

2. 모바일 로봇의 모델링

직교 좌표에서 정의된 2차원 평면에 놓여진 모바일 로봇은 아래의 그림 Fig. 1.에 보여지고 있다.



모바일 로봇의 동역학 모델제어를 위해서는 라그랑지법을 이용하여 모바일 로봇의 동역학적 운동방정식을 유도한다. 기준좌표계에 대한 모바일로봇의 위치에너지는 2차원 평면상에서만 운동하고, 탄성체가 없으며 시간이나 $\theta, \dot{\theta}$ 에 대한 변화량이 없으므로 $U=0$ 이다. 그러면 Fig. 1의 모바일로봇에 대한 라그랑지 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} = Q_i \quad (1)$$

3. 유전알고리즘을 이용한 신경회로망의 가중치 최적화

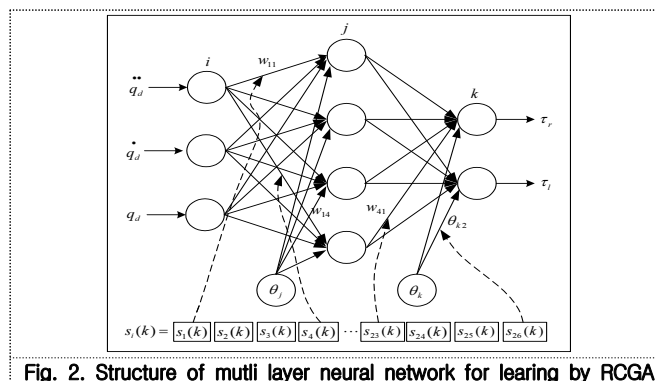


Fig. 2.는 본 연구에서 제안한 실수 코딩 유전 알고리즘 학습을 위한 다층 신경회로망의 구조를 보여주고 있다. q_d , $\dot{q}_d$, $\ddot{q}_d$ 는 입력 벡터, i 는 입력층, j 는 은닉층, k 는 출력층, w_{ij} 는 가중치 벡터 그리고 $[\tau_r, \tau_l]^T$ 는 출력벡터이다. 여기서 $s_i(k)$ 는 실수코딩 유전알고리즘에서의 염색체 벡터로서 다층 신경회로망의 가중치벡터를 나타낸다.

4. 모의 실험

모의실험은 최대속도 1.3 m/sec, 최대가속도 5m/sec², 샘플링 타임 0.01sec 로 하여서 로봇의 최대선속도 및 가속도 제한을 고려한 초기에 자세오차만을 가지며 정지 상태에서 실행하였다.

제안된 제어기와 PD제어기에 대한 비교 모의실험을 통해 비교하였다. 모의실험결과에서 기준 속도 20 cm/sec, 초기 오차 = (0, 20 cm, 45°)인 직선 경로에서 초기 방향 오차로 인해 진동이 나타나는데 PD 제어기에 비해 제안된 제어기의 진동이 적게 나타남을 알 수 있다.

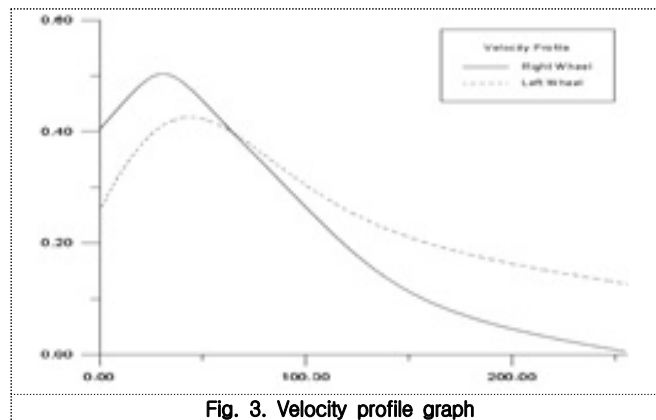


Fig. 3. Velocity profile graph

5. 결론

본 연구에서는 Feedforward 제어기인 다층 신경회로망 제어기를 실수 코딩유전 알고리즘-BP법으로 연결 강도 학습의 초기를 실수코딩 유전알고리즘을 사용하여 수행하면서 최적의 해를 찾아내었다. 역전파 알고리즘을 통해 제어기성능을 최적화하고자 하였다. 모의실험결과 기존의 PD제어기보다 본 연구에서 제안한 유전 알고리즘을 이용한 신경회로망제어기가 모바일 로봇의 궤적추적에 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다.

[참 고 문 헌]

- (1) Pomet, J.-B., Thuilot, B., Bastin, G. and Campion, G., "A hybrid strategy for the feedback stabilization of nonholonomic mobile robots," IEEE International Conference on Robotics and Automation, Vol. 1, pp. 129-134,

공장 내 자율이송작업을 위한 모바일로봇의 안전한 모션제어기 설계

이성진¹, 이현철²
한화테크윈(주)¹, ㈜SG서보²

1. 서 론

Autonomous Robot Vehicle 은 다양한 용도에서 그 필요성이 증가 되고 있고 각 분야별로 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도 중요한 분야는 경로 계획과 그것을 충실하게 따라가게 제어하는 하위 레벨 제어기이며 이것은 자동 운행의 가장 기본적이고 필수적인 분야라고 볼 수 있다. 그리고 계획된 경로를 어떤 구조로 하위 제어 시스템으로 넘기는가 하는 문제, 어떤 계층으로 분리하는가 하는 문제, 그리고 어느 계층이 어떤 일을 분담하는가 하는 것은 중요한 관건이다. 이전의 연구들을 살펴보면, Tsumura[6]는 dense sequense로써 경로를 표시하고 매 제어 사이클마다 그 기준점과 미래의 위치를 비교하여 조향하는 방법을 제시했고, Kanayama[1]는 그런 dense sequense의 중복성(redundency) 문제를 피하기 위해 이동로봇이 경로를 모두 직선으로 표시하고 각 직선경로사이의 보간은 하위 제어기가 부드러운 곡선으로 대처하는 방법을 이용했다. 본 논문은 실내용 이동 로봇 ALiVE의 개발과정에서 선행된, 하위제어 시스템의 실험 결과와 상위 제어 시스템과의 연결구조를 설명하고 있다

2. 본 론

2.1 시스템 구성

Local Path Planner(LPP)는 Global Path Planner(GPP)로부터 받은 각 경로 데이터와 실시간 센서정보에 기초하여 Local Path를 만들어 낸다. 만약 GPP로부터 경로들이 센서정보에 비추어보아 이동 로봇이 갈 수 있는 경로일 때는 그 LPP는 단순히 GPP가 만든 경로를 그대로 Reference Trajectory Generator(RTG)에 넘겨주는 일만 하지만 그렇지 않은 경우, 즉 장애물 등으로 갈 수 없는 경로일 때는 센서 정보에 기초한 실시간 장애물 회피 기능을 실행하게 되고 그때는 새롭게 만든 경로를 RTG에 보낸다. 하지만 본 논문에서 다루고 있는 하위 제어 시스템을 실험하기 위해서는 그런 장애물 회피 기능은 부가하지 않고 단순히 GPP의 결과를 RTG 즉, 하위 제어 시스템에 전달하는 기능으로써 LPP를 이용했다. 여기서 한 가지 지적할 것은 GPP는 구체적으로 어떤 식으로 경로를 표현해서 LPP에 넘기는가 하는 것이다.

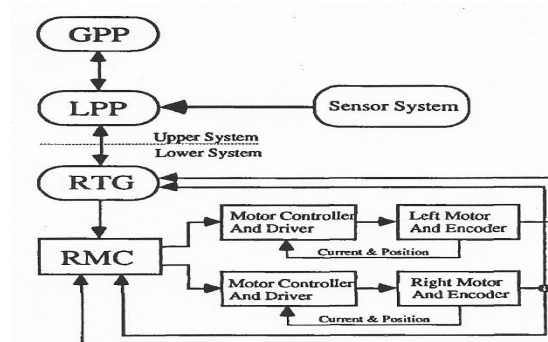


Fig. 1. The configuration of system

2.2 Reference Trajectory Generator

이론

Reference Trajectory Generator(RTG)는 RMC를 위한 적당한 기준 궤적을 만드는 기능을 한다. 뿐만 아니라 로봇의 위치 상태를 실시간으로 점검하고 그 상태가 명령과 큰 오차를 보였을 때는 긴급 상황임을 LPP에 알리기도 한다. RTG는 각 제어 사이클 마다 경로의 기준 위치, 기준 조향각과 구동 속도, 현재 경로 구간의 끝까지의 거리 등을 계산한다. 구간의 끝점까지의 거리가 직전의 두 기준 위치 사이의 거리보다 작아졌을 때 LPP에 새로운 구간을 요구하게 된다. RTG에서 RMC로 넘기는 데이터는 가야할 위치, 자세, 선속도, 각속도로서, $(X_r, Y_r, \theta_r, V_r, \omega_r)$ 로 표시할 수 있다.

기준선속도 Vr

차량의 부드러운 운행을 위해서는 적당한 가속과 감속으로 속도 값을 정해야 한다. 정지에서 출발, 또는 각 경로 구간에서의 속도 변화를 위해서 적당한 가속으로 선형적인 변화(ramp change)에 의한 기준 선속도를 만든다.

기준 위치와 방향

현재 update 시간 t에서 나아가야 할 방향으로의 기준 위치와 방향은 t-T에서의(T:제어사이클) 위치와 방향, 현재 경로 구간의 형태, 그리고 기준 선속도 Vr(t) 에 의해 계산된다. 새로운 기준 위치와 방향을 결정하기 위해서는 약간이 기하학적 계산이 요구된다. 먼저 몇 가지 사전 정의를 하자. 현재 구간의 끝점의 위치-방향 벡터를 $Z_d = [X_d, Y_d, \theta_d]$ 라고 하고, 현재 구간이 시작점의 위치-방향 벡터를 $Z_b = [X_b, Y_b, \theta_b]$ 라고 한다. 그리고, 결과로서 얻어져야 할 t시간에서의 기준 위치-방향 벡터를 $Z_r(t) = [X_r(t), Y_r(t), \theta_r(t)]$ 라고 한다. 이때 (X_b, Y_b) 를 중심으로 하고 θ_b 만큼 회전한 새로운 좌표계를 잡을 수 있고, t-T 시간에서의 위치-방향 벡터를 변환된 좌표계 (X', Y') 에서 바라본 것을 $Z_f = [X_f, Y_f, \theta_f]$ 라고 한다. 따라서 Zf는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned} Z_f &= [X_f, Y_f, \theta_f] \\ &= B(Z_r(t-T) - Z_b) + T \end{aligned} \quad (1)$$

여기서,

$$B = \begin{bmatrix} \cos \theta_b & \sin \theta_b & 0 \\ -\sin \theta_b & \cos \theta_b & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

이며, 이것은 θ_b 만큼의 시계방향으로의 회전 이동이었던 기준 위치-방향의 구간 시작점에 대한 변환은 빠르고 쉬운 위치-방향 벡터의 update-rule을 찾기 위한 것이다.

기준 각속도

기준 각 각속도는 식(6)으로부터,

$$\omega_r(t) = V_r(t) / R_c$$

로 나타내진다. 만약 경로가 직선구간이면 $R_c = \infty$ 으므로 결과적으로 $\omega_r(t)$ 는 0이고 이것은 우리가 원하는 결과이다. 식 의 결과는 RTG가 최종적으로 만들어 RMC에 넘기는 기준 기준-속도 정보이다.

3. 실험 및 구현

앞에서 논의된 RTG, RMC 는 현재 실내용 이동 로봇으로 개발되고 있는 ALiVE 에 구현되어 그 성능을 실험중에 있다. ALiVE 의 하드웨어 시스템은 VME 버스 환경의 개방 구조(open architecture)를 가지고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 이동 로봇의 효율적인 자세-속도 제어를 위한 새로운 제어 구조를 제시했다. 그것은 실내용 이동로봇 “ALiVE” 시스템에 구현되어 그 성능을 실험중에 있다. RTG 는 정확히 그리고 부드럽고 유연한 보간 궤적을 만들어내는 역할을 하는데 그것의 장점으로서는 1)경로계획기로부터의 데이터 양을 크게 줄이고 2)경로 계획기와 자세 제어를 분리시켜 주며 3)이동로봇의 주행 상태를 실시간으로 점검하여 상위 시스템에 알리는 것이다. RMC는 RTG 로부터의 자세-속도 명령과 현재 자세-속도를 비교 하여 오차를 보상시켜주는 제어신호를 모터 제어기에 넘긴다. RMC 는 자세-속도 오차를 정확히 계산하여 그 오차를 보상할 수 있는 최적 선속도와 각속도를 계산하여 양 모터가 내양할 속도 값을 모터제어기에 알려주므로, 모터 제어기가 그 속도 명령을 정확하게 수행한다는 보장(거의 보장됨)이 있다면 전체적으로 경로 계획기가 만들어 낸 경로대로 이동로봇을 정확하게 주행하게 된다. 이런 구조의 자세 제어 시스템에서는 이동로봇의 효율적 이고 정확한 자세-속도 제어를 얻을 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Y. Kanayama et al "Vehicle Path Specification by a Sequence of Straight Lines", IEEE Journal of Robotics & Automation, Vol.4, No.3, 265-276, 1988
- [2] W. L .Nelson, "Continuous-Curvature Path for Autonomous Vehicles", IEEE Int.Conf.on Robotics & Automation, 1989
- [3] W. L .Nelson, "Continuous Steering-Function Control of Robot Carts", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol.36, No.3, 330-337 1989

무인 생산 자동화를 위한 무선 통신을 이용한 이동로봇의 무선원격제어

신행봉¹, 이희섭²
 (주)SG서보¹, 두산공작기계²

1. 서 론

무인FA를 위한 원격제어(teleoperation)란 인간의 감각과 작업능력을 확장 하는 것으로 정의된다. 이러한 원격제어를 구현하기 위해 설치된 시스템을 원격제어시스템(teleoperating system)이라한다. 원격제어의 주요 적용분야는 심해작업, 우주탐사, 의료기술, 원전설비 유지 보수, 공장 자동화 등이 있다. 근래에 컴퓨터와 인터넷기술의 발전과 더불어 원격제어에 관한 연구가 더욱 활발히 이루어지고 있다. 인터넷 기반의 원격제어는 자원의 공유, 원거리 학습, 원격실험 등과 같은 이점이 있다. 또한 인터넷을 통하여 전 세계가 하나의 네트워크로 구성되어 있으므로 별도의 통신수단을 강구하지 않아도 되는 이점도 있다.

원격제어에 관한 연구는 대부분 통신지연이 일정하고 원 격지 환경이 정적이라고 가정하였다. 그러나 실제로 이동로봇의 원격제어에서 통신지연은 가변적이고 주위환경은 동적이다. 근래에는 통신지연이 가변적이고 원격지 환경이 동적인 상태에서 원격제어 시스템의 안정도와 성능을 개선하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. Liu는 동적 작업 할당 방법을 사용한 적응 비례 제어 알고리즘(adaptive scaling control algorithm)을 제안하고 간단한 예제를 통하여 응용 가능성을 보였다. Grange는 통신채널을 동적으로 사용함으로써 통신대역의 사용 효율을 개선하고자 하였다. SchUlz은 통신 지연 문제와 통신대역의 효율을 높이기 위하여 예측표시법을 사용하였다. 이들 연구의 공통점은 이동로봇이 고수준의 지능과 자율성을 갖추어야 한다는 점이다. 즉, 이동로봇은 장애물회피, 경로계획 등의 기능을 가지고 있어야 한다. 이들 연구는 이동로봇의 지능을 향상시킴으로써 통신지연 문제를 극복하고 통신대역의 효율을 개선하였다.

2. 원격제어 시스템의 구조

원격제어시스템의 구조는 크게 이동로봇, 원격제어기, 그리고 통신 채널로 나눌 수 있다. 이때 서버는 이동로봇에 장착된 컴퓨터로 정의하고, 클라이언트는 조작자와 인터페이스 되는 원격제어용 컴퓨터로 정의한다. 통신 채널은 무선랜으로 구현하였다.

원격제어 시스템에서 이동로봇과 원격제어기는 무선랜을 통해 데이터를 송수신하며 영상 데이터는 손실이 있어도 실시간을 보장하기 위해서 UDP/IP를 사용하모 그 이외의 데이터는 신뢰성을 보장하기 위하여 TCP를 사용하였다. 인터넷과 같이 공용망에 접속되어 있는 경우 통신지연이 불규칙하게 발생되고, 특히 무선랜의 경우 주위환경에 영향을 받으므로 이를 실시간으로 측정할 필요가 있다. 그림 3은 서버(이동로봇)에서 통신지연시간을 측정하는 흐름도이고 RTT(Round Trip Time)는 시험 데이터를 전송하고 다시 수신받을 때까지 걸리는 시간으로 정의 된다. 시험 데이터를 연속적으로 전송하는 경우에 통신대역의 오버헤드를 과다하게 발생 시킬 수 있으므로 RTT가 임의의 정해진 경계 값 r_{min} 보다 작으면 일정 시간 후에 다시 전송하고 r_{min} 보다 큰 경우에는 즉시 전송하여 오버헤드를 감소 시켰다.

3. VFH를 이용한 원격제어

3.1 VFH(Vector Field Histogram)

VFH는 이동로봇 주위 장애물의 밀도를 각도에 따라 나타낸 것으로 그림 2는 VFH의 한 예를 보여주고 있다. 이동 로봇의 위치를 중심으로 레이저 센서의 인식범위를 고려한 일정 크기의 정사각형 구역을 AW(Active Window)라고 하고 레이저 센서에 의해 얻어지는 장애물 정보를 격자지도로 저장한다. 이때, 이 격자 하나를 AC(Active Cell)이라고 하고 AC에는 격자 내에 장애물이 놓여 있을 가능성을 표현한 확실

성 값이 부여된다. AW 내의 셀들은 이동로봇을 중심으로 시계 반대방향을 따라 일정한 각도로 나누어지는데 이를 섹터라고 하며 k 번째 섹터내의 셀들은 확실성 값 과 이동로봇과의 거리 정보를 이용하여 다음과 같이 장애 물 밀도 h_k 를 구한다.

$$h_k = \sum_{i,j} c_{ij}^2 (\alpha - \beta d_{ij})$$

여기서,

α, β : 양의 정수

c_{ij} : AC (i j)의 확실성 값

d_{ij} : AC (i j)와 이동로봇의 거리

3.2 장애물 회피 모드

통신지연이 큰 경우에는 이동로봇 주위환경에 대한 실시간 모니터링이 불가능하게 되고 따라서 이동로봇을 직접 제어하기 어렵게 된다. 이와 같은 경우 주위환경이 매우 복잡하지 않다면 이동로봇의 장애물회피 기능을 이용하여 원격제어 하는 것이 효과적이다. 즉 장애물회피모드에서는 조작자가 이동로봇이 진행해야 될 대략적인 방향을 조이스틱을 통해서 전달하고, 이동로봇은 지시된 방향으로 진행을 하되, 진행 중 장애물이 발견되면 이동로봇 스스로 장애물을 회피한다. 그림 4은 VFH를 이용하여 장애물 회피를 위한 이동로봇의 조향 방향을 결정하는 예를 보여준다. 일반적으로 VFH에서 두 개 혹은 여러 개의 free sector가 존재 할 수 있으며 이중 조작자에 의해 지시된 방향과 가 장 가까운 한 개의 free sector를 선택하고 이때 이동로봇의 조향 방향은 free sector의 중심각 θ 가 된다.

4. 결 론

본 논문은 무선 랜을 이용하여 이동로봇을 원격으로 제어하는 원격제어 시스템을 구성하고 제어 알고리즘을 개발 하였다. 이동로봇은 PC카메라와 레이저 센서로서 원격지 환경에 대한 정보를 사용자가 쉽게 모니터링 할 수 있도록 하였으며, 이동로봇을 키보드와 조이스틱으로 간편하게 제어할 수 있도록 인터페이스를 구성하였다. 원격제어 시스템의 통신네트워크 지연시간을 실시간으로 측정하기 위한 알고리즘을 개발하여 네트워크 상태에 따라 제어모드를 선택할 수 있도록 하였다. 원격제어 방식으로 VFH를 이용한 힘 반영 직접제어모드를 제안하고 실험을 통하여 유용성을 확인하였다. 이는 제한된 정보만을 제공하는 영상정보에 의한 원격제어방식을 보완해 줄 수 있는 방법으로 이동로봇 주위의 장애물에 따라 조이스틱의 스프링력을 조절하여 조작자가 장애물을 인식할 수 있도록 해준다. 또한 복도 등 환경이 복잡하지 않을 때 통신지연이 심한 경우에도 효과적으로 사용할 수 있는 VFH를 이용한 장애물회피모드를 제안하였다. 이는 조작자가 가고자하는 대략적인 방향만 지시해주고 장애물회피동작은 이동로봇 스스로 하여 보다 빠르고 안정된 원격조작이 가능하다. 향후 통신지연시간을 감축하는 문제와 이를 고려하여 원격제어 시스템의 안정성을 확보하는 문제에 대한 연구를 계속적으로 진행할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] P. X. Lui, M. Q-H. Meng, and J. J. Gu, "adaptive scaling control for the internet-base teleoperation" Proc. of 2001 IEEE Int. Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation July 2001.

HMM기반 소리인식에 의한 로봇의 지능작업구현에 관한 연구

차보남¹, 남택중²
 두산인프라코어¹ S&T중공업²

1. 서론

화자독립방식에 의한 음성명령에 기반을 둔 지능형 이동로봇의 지능제어 기술인 음성신호의 인식기술은 크게 음성인식과 화자인식으로 분류되며 음성인식 시스템은 특별한 화자에 대해서만 인식하는 화자종속 시스템과 화자에 상관없이 인식하는 화자독립 시스템으로 나뉜다. 본 연구에서는 사람의 소리명령에 의해 자율주행로봇의 모션제어에 관한 연구를 수행하고 실험을 통하여 그 신뢰성을 증명한다. 음성명령에 의한 모션제어 성능 검증은 여러 번의 반복 테스트를 통하여 음성인식 실험을 자율주행 이동로봇의 지능제어에 대한 실험을 수행하였다.

2. 로봇 최적제어기법

Fig. 1.은 자율이동 로봇의 경로 추적, 장애물회피, 힘제어를 위해 본 연구에서 적용한 제어기의 개요도를 나타낸다. 그림에서 보이는 바와 같이 이 제어기는 두 개의 피드백 루프로 구성되어 있는데, 하나는 바퀴의 속도가 퍼지 제어기에 의해 생성된 목표 속도를 추종하도록 하는 내부 루프로서 이는 PI 제어기로서 구현하였다. 반면에 외부 루프는 목표 지점의 위치, 장애물의 위치 및 힘 센서의 입력에 따라 로봇의 속도 및 조향각을 산출하는 제어기로서 이는 규칙 기반의 퍼지 제어를 이용하여 구현하였다.

퍼지 제어에 의해 얻어진 자율이동 로봇의 속도 및 조향각은 기구학적 관계에 의해서 양 바퀴의 속도로 변환되고 이 값은 PI 제어기의 목표값으로 사용된다.

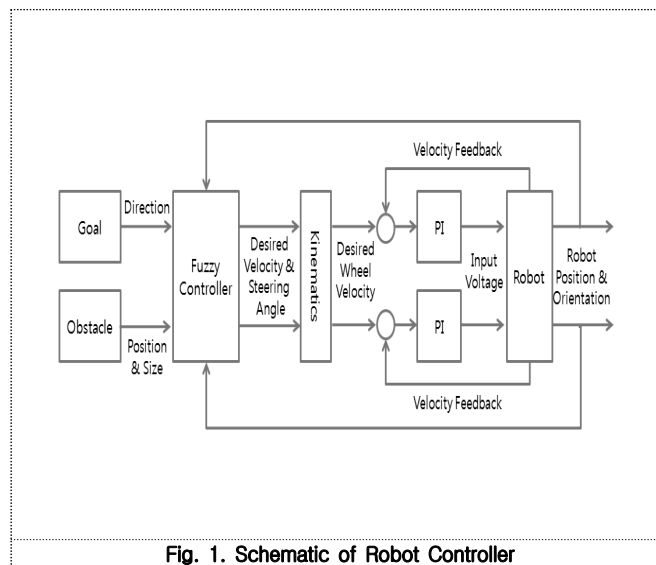


Fig. 1. Schematic of Robot Controller

3. 자율주행 장애물 인식 및 회피기술

3.1 장애물 인식기술

먼저 입력된 컬러영상을 HIS 색상 평면으로 나누고 원 영상과 가장 유사한 명도성분을 나타내는 영상을 구한 후 영상에 발생하는 random noise를 제거하기 위해 메디안 필터를 사용하였으며 영상 안에서 영역의 경계를 나타내기 위하여 공간필터의 하나인 소벨 연산자를 사용하였다. 그리고 적은 메모리양과 빠른 영상

을 위해 이진 영상으로 변환 시켰고, 임계값에 의한 이진영상은 불필요한 조명에 의한 반사 부분이 노이즈로 나타나게 되어 이를 제거하기 위해서 모폴로지 기법 중 closing 연산을 사용하였다.

3.2 초음파센서 기반 장애물과의 거리 계산

임시 목표가 정해지면 로봇간의 거리를 계산해야하는데 이를 위해 구해진 영상의 정보와 적외선 센서를 이용하였다. 두 개의 카메라에서 각각 얻어진 두 영상을 비교해 보다 정확한 거리를 산출할 수 있는 스테레오 비전 방법도 있지만 본 연구에서는 하나의 카메라로 거리를 측정하였다. 바닥에서 카메라까지의 높이인 h_y , 카메라 앞부분에 존재하는 사각의 거리인 b_y , 카메라로 포착 가능한 최장거리인 $l_y + b_y$, 카메라의 좌우 폭인 l_x 는 실제 측정하고, 이 4개의 측정값을 이용하여 세 가지 각도를 구할 수 있다.

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{h_y}{b_y} \right) \quad (1)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h_y}{b_y + l} \right) \quad (2)$$

$$\beta = 90^\circ - \tan^{-1} \left(\frac{b_y + l_y}{l_x} \right) \quad (3)$$

4. 결론

본 연구에서는 자율주행로봇의 실시간 제어 실현을 위하여 음성인식 제어 기법을 적용한 모션제어 기법을 제안하였다. 자율주행 로봇 무인원격제어용 음성인식프로그램을 개발에 관한 주요 연구내용으로는 음성인식시스템 개발, 음성인식 실행프로그램을 개발하였으며, 이에 대한 세부 연구내용으로 음성인식 구동부 실행프로그램 및 주행제어를 위한 명령프로그램을 개발하였다. 음성인식에 의한 주행 및 무인 작업통합실행을 위하여 음성인식에 의한 무인 주행 및 무인원격 명령제어를 수행하였고, 실시간 위치추적기술 및 위치정밀유도에 대한 반복 작업실행의 성능실험을 통해 자율주행 및 무인 작업실행에 관한 가능성을 확인하였다.

하지만 음성인식의 경우 외부로부터의 노이즈가 없는 상태에서 실험을 하였기 때문에 주변 노이즈 발생시 음성인식율에 대하여 향후 연구가 계속 필요할 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

- (1) Siverman H. F., and Morgan D.P, "The application of dynamic programming to connected .speech' recognition," IEEE Transactions on Acoustics,Speech, and Signal Processing Magazine, Vol. 7, pp. 6-25, July 1990.
- (2) Roe D. B. and Wilpon. J. G., "WhitherSpeech Recognition : The Next 25 Years," IEEE Communications Magazine, Vol. 31, No. 11, pp. 54-62, November, 1993.
- (3) L. R. Rabinar and B. H. Juang," An Introduction to Hidden MarkovModels, " IEEE ASSP Magazine, Vol. 3, No. 1, pp 4-16, January1986

뉴럴 네트워크 기반 이동로봇 시스템의 고정도 작업경로 최적제어에 관한 연구

김성일¹, 황원준²
S&T중공업¹, 경남TP²

1. 서론

지금까지 모바일로봇의 주행 제어는 제어하려는 대상의 운동방정식을 알고 있을 때만 가능하였다. 그러나 이동로봇의 구조는 이동로봇의 운동방정식이 비선형성을 나타냄으로써 복잡하고 대부분의 경우 운동방정식을 정확히 구하지 못하는 경우가 많다. 본 연구에서는 이동용 로봇의 속도제어를 위하여 역전파알고리즘에 의한 및 가우스 멤버쉽함수의 혼합 퍼지추론법을 적용한 새로운 구조의 퍼지 신경망 제어기법이 제안되고, 제안된 퍼지 신경망 제어기법에 의해 제안된 모바일 로봇 제어기의 성능을 모의실험을 통하여 검증한다.

2. 퍼지 추론

본 연구에서 채택된 퍼지제어에서 퍼지추론은 수지노의 퍼지추론의 특별한 경우로써 설명될 수 있는 단순화된 혼합 추론법이다. 사실, 퍼지신경회로 제어법은 수지노의 퍼지추론의 끝단의 함수가 상수가 되거나 또는 최소-최대 도식법의 끝단에서의 퍼지집합의 범위가 미소값, 즉 싱글톤(singleton) 이 될 때의 경우와 일치한다. 따라서, 임의의 i번째 제어칙은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$H_i : \text{If } x_1 = M_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } x_n = M_{in} \text{ then} \\ \Gamma_1 = N_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } \Gamma_n = N_{in} \quad (1)$$

여기서, H_i 는 i번째 제어칙을 나타내고, M_{ij} 는 i번째 제어칙에서 j번째 입력변수와 결합되는 선행단에서의 퍼지집합이고 N_{ij} 는 i번째 제어칙의 끝단에서의 j번째 변수와 결합되는 상수를 나타낸다. 신뢰도 $\sigma M_{i1}(x_1), \dots, \sigma M_{in}(x_n)$ 을 적용하면, 선행단에서의 신뢰도 Q_i 는 다음과 같이 정의된다.

$$Q_i = \sigma M_{i1}(x_1) \cdot \sigma M_{i2}(x_2) \cdots \sigma M_{in}(x_n) \quad (2)$$

j번째 출력 결과는 가중치 Q_i 에 관하여 N_{ij} 의 가중 평균치로써 다음과 같이 계산된다.

$$\Gamma_j^* = \frac{\sum_{i=1}^r Q_i N_{ij}}{\sum_{i=1}^r Q_i}, \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

3. 결과 및 토의

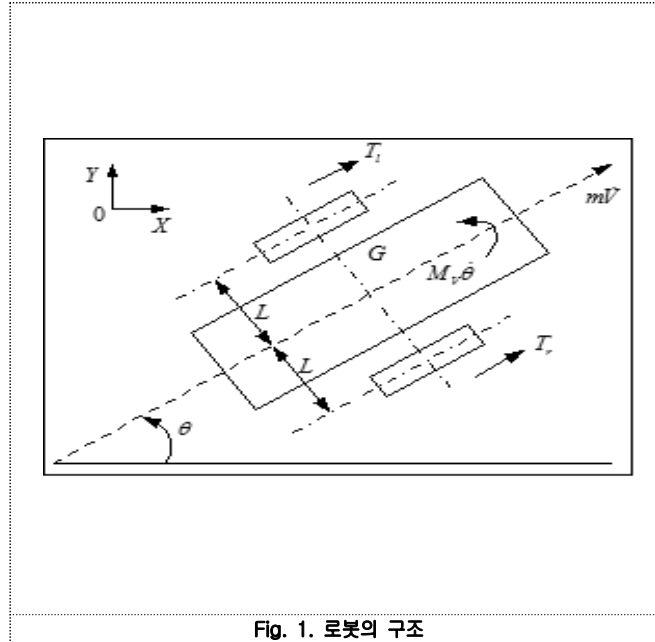
두개의 독립 구동바퀴를 가지는 이동 로봇이 평면상에서 정확히 움직이며, 절대 좌표계 O-XY는 평면상에 고정되었다고 가정한 상태에서 이동 로봇의 운동방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$M_v \ddot{\theta} + (-T_r + T_l) L = 0 \\ m \ddot{V} - (T_l + T_r) = 0 \quad (4)$$

오른쪽과 왼쪽 구동바퀴에 대한 구동 시스템의 동특성은 다음의 식으로 표현된다.

$$+ f_c \ddot{\psi}_i + RT_i - f_k \Gamma_i = 0, \quad i = r, l \quad (5)$$

여기서, m 은 로봇의 질량, T_l, T_r 는 좌측과 우측의 구동력, L 은 좌측 또는 우측 구동바퀴와 로봇의 무게 중심 사이의 거리, θ 는 로봇의 방향각, V 는 로봇의 속도, M_w 는 바퀴의 회전 관성 모멘트, f_c 는 점성 마찰 계수, f_k 는 구름 이득 계수, R 은 바퀴의 반경, ψ_i 는 바퀴의 회전각, Γ_i 는 구동 입력, M_v 는 로봇의 무게 중심에 대한 관성 모멘트 또한, 변수 θ, V, ψ_i 사이의 기하학적인 관계는 다음과 같이 주어진다.



4. 결 론

본 연구에서는 퍼지로직과 신경회로망을 이용한 모바일 로봇의 주행제어에 관한 연구를 수행하였다. 제안된 퍼지 신경망 제어기의 성능을 확인하기 위하여 시스템의 정확한 동적 모델링이 어려운 불확실성 시스템인 이동용 로봇의 속도 및 방향각 제어에 대한 제어 성능 시험을 모의실험을 통하여 검증하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) S. Horikawa, T. Furuhashi, S. Okuma, And Y. Uchikawa, 1991, "A Learning Fuzzy Controller Using a Neural Network", Trans. SICE, Vol.27, No.2, pp.208-215.

6축 수직다관절 로봇의 작업경로 최적제어에 관한 연구

정동연¹, 김민성²

(주)대호테크¹, 경남대학교 첨단공학과²

1. 서 론

산업용 로봇은 빠른 작업속도와 높은 재적정도 등 고도화된 동작성능으로 자동차 제조나 전자제품 제조 현장에 널리 사용되고 있다. 최근에는 생산성을 향상시키기 위해 좁은 면적에 많은 로봇을 배치할 수 있는 슬림화된 로봇이나, 무거운 부품을 한 번에 들어 작업할 수 있는 초고하중 산업용 로봇 등이 개발되어 적용되고 있다.

고성능화를 추구하고자하면서도 기구적으로 경량화 및 고가반하중화 되면서 로봇을 구동하기 위한 동작제어기는 점점더 가혹한 조건에 놓이게 되었다. 경량화에 의해 기구는 유연해졌지만 무거운 부하를 고속으로 움직이면서도 고정도를 유지해야하는 종작제어기는 고전적인 제어방법만으로는 더 이상 원활한 제어가 어렵다. 이에 따라 최근 산업용 로봇의 동작제어에는 정확한 동역학 모델을 기반으로 고성능 제어를 실현하는 모델 기반 제어기법(model based control)이 적용되고 있다.

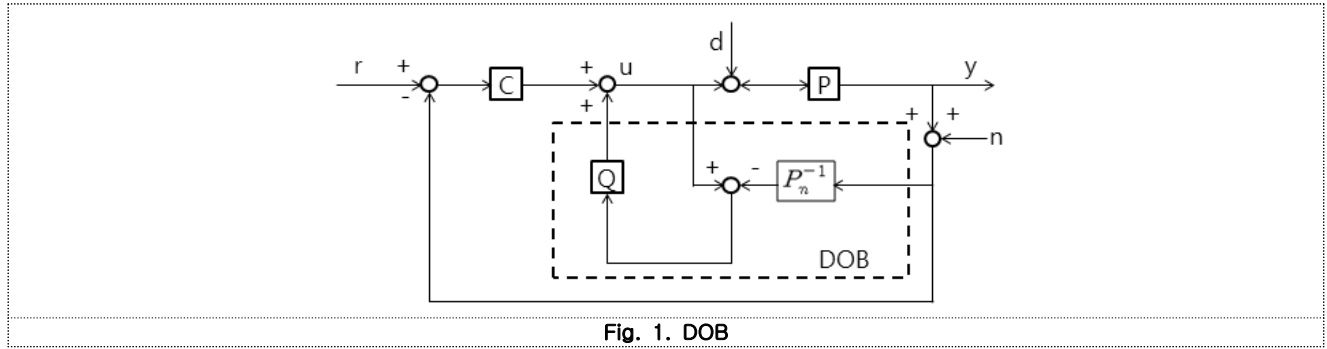
2. 최적제어기법

모델 기반 제어를 근간으로 하는 산업용 로봇 동작의 고속 및 고정도화를 위해 가장 중요한 요소는 로봇의 시스템에 대한 정확한 모델링과 모델계수의 규명이다. 구동기와 부하 간의 동력전달 구조를 유연성이 없는 강체로 간주했던 과거와 달리 최근에는 감속기와 같은 동력전달부를 유연체로 고려하는 2관성계 모델을 기반으로 제어기를 설계하는 것이 일반적이다. 그러나 동력전달계의 유연성 외에도 동력전달계의 비선형 강성(nonlinear stiffness), 동역학적 간섭력, 기구적 오차, 토크 리플(torque ripple) 등 제어성능에 영향을 주는 다양한 문제 요인이 존재한다

3. 로봇의 외란관측기 설계

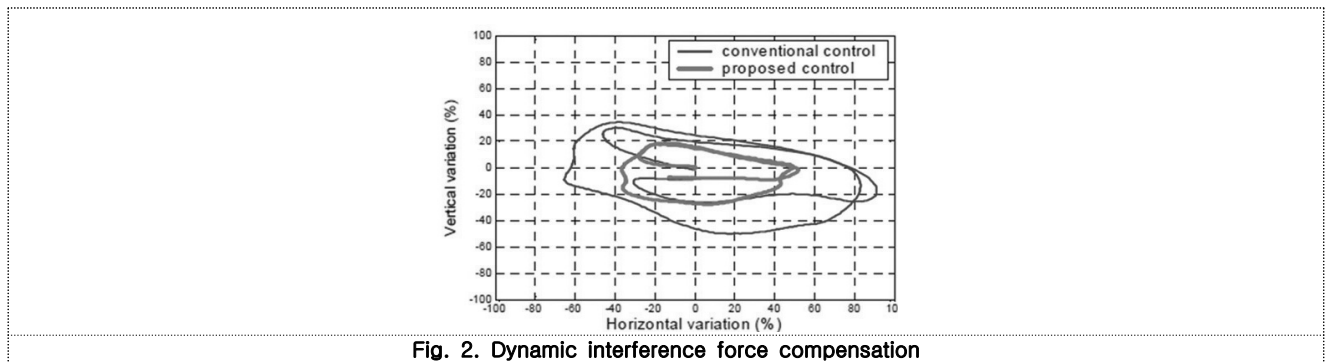
외란관측기는 시스템의 수학적 모델에 의한 출력과 실제 시스템의 출력간의 차이를 외란으로 가정하고, 관측된 외란을 이용해 입력을 보상하는 알고리즘이다. 시스템의 모델링 오차가 크지 않다면, 이러한 외란 보상을 통해 외란에 대해 강인한 제어기의 설계가 가능해 진다.

Fig.1 은 일반적인 외란관측기의 기본 구조이다. 제어입력 u 와 출력 y 에 공칭 모델(nominal model)의 역함수 P_n^{-1} 를 곱한 것의 차이를 외란으로서 관측하고 이 신호를 필터 Q에 통과시켜 제어입력에 가함으로써 모델링되지 않은 외란을 보상한다. 이 때 Q 필터는 측정신호 잡음(noise)과 고주파 입력의 증폭을 방지하기 위해 저역통과필터(low pass filter)로 설계한다. 경험에 따르면, Q 필터에 사용되는 저역통과필터의 차수나 계수의 조절에 따라 외란보상 효과가 크게 좌우되므로 Q 필터의 섬세한 조정이 필요하다.



4. 외란관측기 적용 사례

부하 측에 가해지는 동역학적 간섭력에 대해 유연한 동력전달계를 거쳐 모터측에서 보상하기 위해서는, 2관성계 모델을 고려한 외란의 추정과 보상 신호의 생성이 필요하다. Fig. 2는 외란관측기를 사용해 동역학적 간섭력을 보상한 제어기의 성능 시험 결과이다. 165kg의 부하를 장착한 로봇의 팔을 전방으로 뻗은 상태에서 손목 축을 최대 가속도로 회전시켰을 때 주축에 가해지는 동역학적 간섭력에 의한 선단의 흔들림을 평가한 것으로서, 외란관측기를 통해 외력이 보상되어 선단의 흔들림이 50%이상 감소됨을 알 수 있다.



5. 결 론

최근 산업용 로봇은 높은 수준의 고속 고정도의 동작 성능이 요구되고 있으며, 이러한 동작성능을 달성하기 위해서 다관절 로봇의 동역학과 관절의 유연성 등을 묘사하는 정밀한 모델기반 제어기가 필수적으로 요구되고 있다. 모델기반 제어는 정확한 모델링과 계수의 파악이 관건이며, 이를 위해 로봇의 정밀한 모델링과 모델의 정확한 계수를 규명하는 기술이 개발되어 적용되고 있다.

그러나 비선형 강성, 토크 리플 등 모델링 되지 않는 고차 비선형 요소나 복잡한 부하의 계수추정 한계 등은 모델의 불확실성을 초래하고 원하는 동작성능의 달성을 어렵게 하고 있다. 외란관측기는 간단한 구조로서 모델링 되지 않은 외란을 보상하여 제어기의 강인성을 높이는 효과적인 수단으로 활용될 수 있다. 본 논문에서는 산업용 로봇에 있어서 모델기반 제어기를 보완하여 동작성능을 확보할 수 있게 하는 외란관측기의 적용 가능성을 보였다.

[참 고 문 헌]

- (1) S. Moberg, J. Ohr and S. Gunnarsson, "A benchmark problem for robust control of a multivariable nonlinear flexible manipulator," In Proc.17th IFAC World Congress, Seoul, Korea, July 2008.

첨단제조용 로봇의 반복학습제어에 관한 연구

배호영¹, 최민혁²브이맥¹, 경남대학교 기계공학부²

1. 서 론

제조용 로봇에 대한 연구는 로봇 공학의 역사만큼이나 오래되었으며 또한 오랜 역사만큼이나 다양한 연구가 진행되었다. 하지만 실제 산업현장에서 사용되고 있는 제어방법 으로는 PID제어가 대부분이며 진동을 해결하기 위한 제진제어기 그리고 일부 힘 제어 등이 적용되고 있다. 그 이유는 복잡한 제어기는 많은 계산 시간 및 경제적인 이유로 현장에서 사용할 수 없기 때문이다. 본 논문에서는 실제 로봇에의 적용성을 높이기 위해 제어기 변경 없이 반복학습제어 알고리즘을 이용하여 로봇의 추종 궤적을 변경하고 로봇 끝단의 궤적 추종 오차를 향상시킨다. 로봇 끝단의 위치정보를 얻기 위해서는 외계센서를 이용하였으며 이를 로봇 하단 3자유도의 궤적을 변경 시키는데 이용하였다. 그리고 6자유도 산업용 로봇을 이용하여 제어 알고리즘의 성능을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 반복 학습 제어

파라미터의 불확실성 및 조인트 강성에 의한 로봇 끝단의 궤적 추종 오차를 줄이기 위해 본 논문에서는 반복 학습 제어를 이용한 궤적 정보를 수정하게 된다. 다음 그림은 반복학습 제어의 원리를 설명하고 있다. 제어 횟수가 반복될수록 제어 궤적은 오차가 감소하는 쪽으로 업데이트 된다. 결과적으로 제어기 변환 없이 만족하는 궤적오차 범위를 만족하는 제어궤적을 얻게 된다.

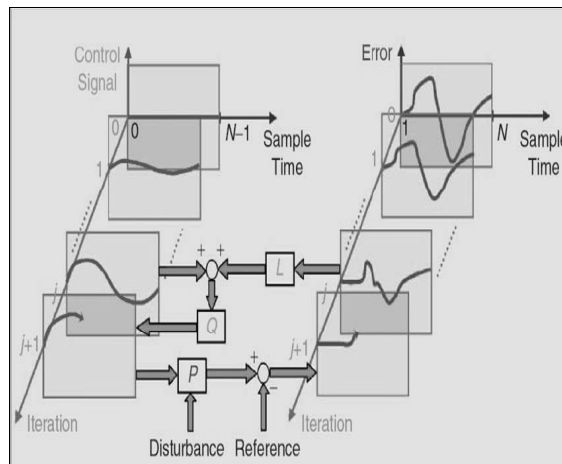


Fig. 1 Iterative Learning Control

본 논문에서는 제어기 자체의 변화 없이 제어 성능을 향상시키기 위해 후자의 제어 방식을 이용하게 된다. 본 논문에서는 Heuristic ILC를 이용한 6축 로봇의 제어로 로봇 추종 궤적이 매회 제어가 거듭 될수록 다음과 같이 변환된다.

$$\mu_{k+1}^{REF} = Q(\mu_k^{REF} + Le_k)$$

여기서 L은 학습 계인으로 0과 1사이의 값이며 또한 시간 지연을 하게 되며, butterworth filter로 외란을 제거하게 된다. 그리고 e_k 는 궤적오차로 로봇 끝단의 궤적과 외계센서에 의해 지정된 실제 로봇의 위치의 차이다. 식 1에서 μ_k^{REF} 는 k번째 학습을 통해 얻어진 추가되는 궤적 변환 값이다. 결과적으로 k+1번째 궤적 정보 (y_{k+1}^{REF})는 다음과 같다.

$$y_{k+1}^{REF} = y_d + \mu_k^{REF}$$

결국 실 제어기(PID)에 사용하는 에러는 변경된 궤적과 실제 엔코더에 의해 얻어진 조인트 위치 값이 된다. 외계센서에 의해 얻어진 정보를 이용한 학습제어 알고리즘을 블록다이어그램으로 표현하면 다음과 같다.

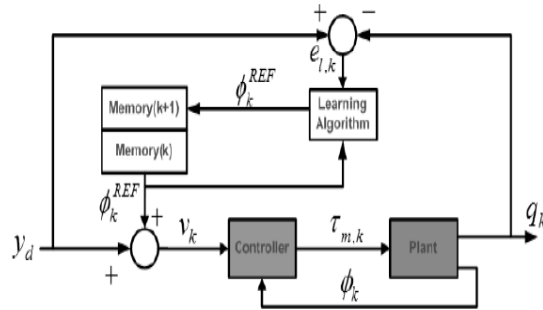


Fig. 2 Block Diagram of ILC

파라미터의 불확실성 및 조인트 강성에 의해 로봇을 정밀하게 주어진 궤적에 대해 제어 하였을 때도 로봇 끝단의 위치는 원하는 위치로 가지 못하는 경우가 대부분이다. 그러한 이유로 외계센서로부터 얻은 로봇 끝단의 위치 정보를 이용하여 역기구학을 통해 기존의 조인트별 궤적을 변경하게 된다. 본 논문에서 사용한 외계 센서는 다음 Fig.3과 같은 Dynalog사의 *CompuGauge™* 를 사용하였다.



Fig. 3 HA006 and External Sensor



Fig. 4 HA006 and External Sensor

외계 센서로부터 샘플링 주기 1000Hz 미만의 로봇 끝단의 위치 정보를 얻게 된다. 하지만 위치 정보만으로 일반적인 기구학적 해석 방식으로는 역기구학을 해석할 수 없다. 그러한 이유로 본 논문에서는 로봇 끝단의 오차를 마지막 피치방향의 회전 중심점의 오차로 변환하여 문제를 해결하였다. 비록 변형된 로봇의 하단 3개의 조인트로 인해 로봇 끝단의 방향벡터가 원하는 방향과 다를 수 있지만 로봇 끝단의 위치 오차가 작다면 그 변화도 작기 때문에 그로인한 방향벡터의 변화는 적을 것으로 예상된다.

3. 결 론

제조용 로봇의 정밀한 제어를 하기 위해서는 좋은 제어기가 필요하다. 하지만 제어기의 교체없이 로봇의 파라미터 및 강성에 의한 로봇의 추종오차를 본 논문에서는 외계센서로부터 얻은 로봇 끝단의 정보를 이용하여 반복 학습 제어 알고리즘으로 궤적을 변경함으로써 얻을 수 있었다. 학습 횟수가 증가할수록 로봇이 끝단 정밀도는 크게 증가하였다. 본 논문에서는 외계센서를 통해 얻어진 정보를 조인트 궤적의 변환 값으로 변경하는데 있어 위치 오차로의 환산만을 하였다. 앞으로는 적은 외계센서 데이터 개수로부터 로봇 끝단의 회전 오차까지 줄일 것인가에 대한 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- (1) T.-J. Ha, J. Lee and J. H. Park, 2007, "Robust Control by Inverse Optimal PID Approach for Flexible Joint Robot Manipulator," Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics, pp. 336-341.
- (2) M. krstic, I. Kanellakopoulos, and P. Kokotovic, 1995, "nonlinear and Adaptive Control Design," Wiley-Interscience Publication.
- (3) J.-J. E. Slotine, and W. Li, 1987, "n the Adaptive Control of Robot Manipulators ." The International Journal of Robotics and Research. Vol. 6, No. 3, pp. 49-59.

3월구동 모바일 로봇의 이동작업 경로정밀 제어에 관한 연구

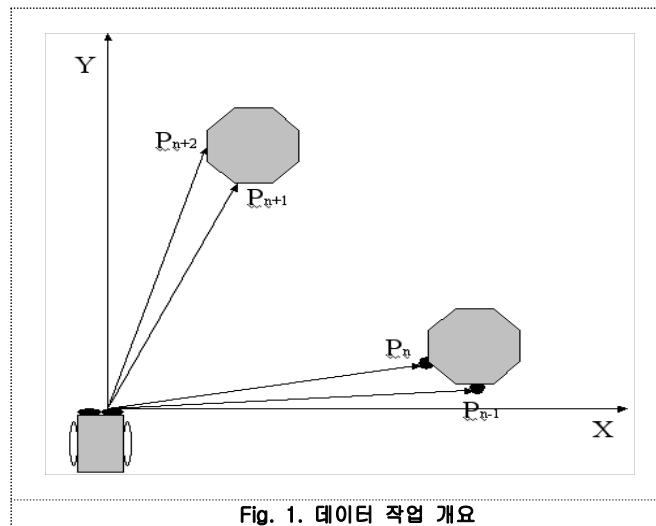
김기현¹, 김희진²
두산중공업(주)¹, 부산인력개발원²

1. 서 론

미래는 로봇 사용이 보편화 되는 시대로 발전하면서 로봇과 인간이 공존하는 사회가 될 것이다. 로봇이 주어진 임무를 수행하기 위해서 로봇 자신의 위치를 알기위해 위치 인식 시스템이 필요하며, 이를 위한 많은 연구가 이루어 졌다. 본 연구에서는 안전한 주행을 위해 갑자기 나타나는 장애물과의 충돌 위험을 줄일 수 있는 기술을 개발하였다. 충돌에 대한 위험요인을 도출하고, 그 결과가 경로계획에 반영되어 시야를 확보하는 경로를 생성하고, 시야가 제한된 지역에서 안전을 보장하기 위한 속도제어에 활용된다.

2. 본 론

데이터 처리 과정은 장애물 운동 상태 추정을 위한 선행 단계이다. 센서는 각 장애물 표면으로부터 반사된 센서의 이동 시간을 고려하여 거리 정보를 자신 센서 데이터들을 수집한다. 장애물의 운동 상태를 추정하기 위하여 우선 의미 없는 센서 데이터 군을 각 장애물에게 할당하는 작업이 필요하다. Fig 1은 데이터 분류 작업개요도를 나타내며 레이저 센서 데이터는 반 시계 방향으로 순차적인 거리 정보를 받아들인다.



3. 실험 결과 및 고찰

시야가 제한되는 환경에서의 위치정보와 안전한 최대 주행속도 정보를 계산하였다. 경로는 주행 위험성을 반영하지 않은 기존의 경로계획 기법으로 생성하고 운동제어에서도 가려짐을 고려한 최대 안전속도 조건을 고려하지 않았다.

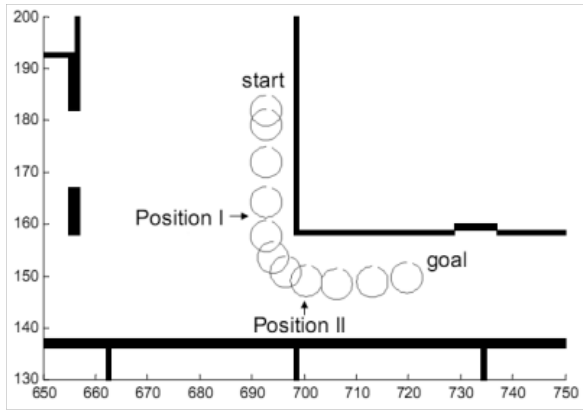


Fig. 2. 실험경로

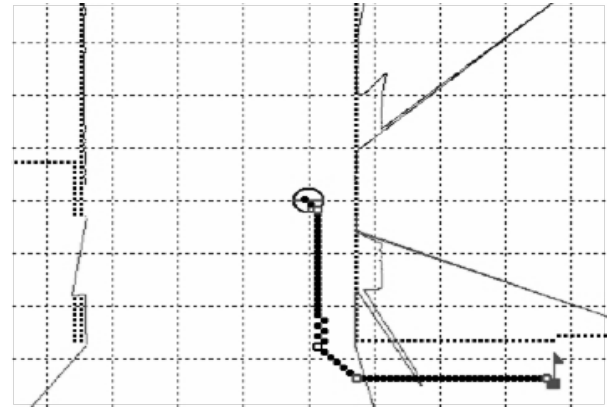


Fig. 3. 경로에 따른 로봇움직임

Fig. 2 은 로봇의 초기 위치에서 목표지점까지의 경로를, Fig. 3는 실제 로봇의 이동경로를 보여주고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 시야정보를 바탕으로 가려진 장애물과의 충돌을 고려한 주행기술을 제안하였다. 돌발 장애물의 출현에 경로를 정량적으로 도출하여 충돌회피와 제어에 활용하였다. 제안한 경로계획법은 시야를 확보하면서 빠르게 움직일 수 있는 경로를 생성하게 해주고, 속도 제어기법은 위험지역에서의 최대 속도를 제한하여 안전한 주행을 가능하게 하였다. 시야의 가려짐에 의한 주행위험도를 활용한 주행기법이 안전하고 효율적임을 주행실험으로 검증하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) D. Hahnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, and M. Philipose, "Mapping and localization with RFID technology," " Proc. of the 2004 IEEE International Conference on Robotics & Automation, vol. 1, pp. 1015-1020, 2004.

고정도 가공정밀도 검사용 로봇 비전기술 개발

조문근¹, 백승학²
희수테크¹, 두산중공업(주)²

1. 서 론

시대의 흐름에 부응하여 모든 시스템의 지능화·첨단화가 추구되면서 화상처리기술, 영상인식, 그리고 시스템의 시각화 기능이 요구되면서부터 매우 중요한 산업분야로 부각된 정밀부품 중 핵심인 초정밀부품의 품질향상 및 생산성증대를 위해 생산 공정 자동화를 위한 검사용 로봇 비전 시스템 개발이 시급한 실정이다. 본 연구에서는 Vision System을 설계 개발하여 비접촉 검사용 Vision System을 개발하였다.

2. 고정도 비전시스템 설계

2.1 LUT(Look Up Table)

- A/D 변환기로부터 출력되는 디지털 영상 데이터를 FM에 저장 시킬 때, 또는 FM에 저장된 디지털 영상 데이터를 모니터로 출력 시킬 때 사용되는 변환 테이블로서, 원래의 디지털 영상 데이터에 실시간으로 효과를 가할 수 있는 메모리를 설계한다.
- 상 데이터에 가하는 효과 : 영상의 실시간 명암조절, 실시간 필터링, gray-scale 영상의 실시간 이진화, 영상 속 물체의 실시간 윤곽 추출 등 다양한 영상조작에 이용 가능한 LUT 입력과 출력의 함수 관계에 의한 데이터의 변환기법 적용
- 다음그림에서 LUT 입력영상(또는 영상 데이터)을 X라 하고 LUT 출력 영상을 Y라 한다면 LUT에 의하여 $Y=F(X)$ 의 관계를 갖게 된다.

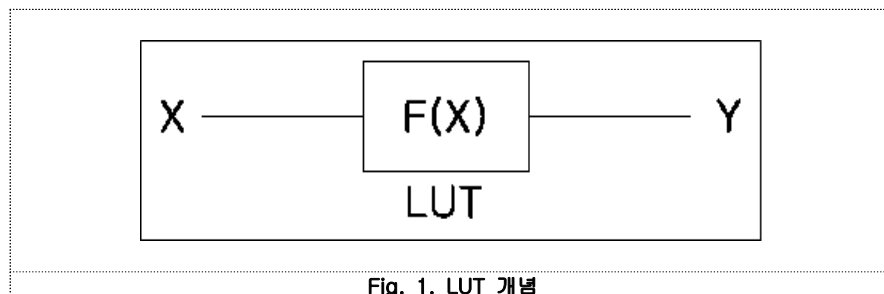


Fig. 1. LUT 개념

2.2 VGA 오버레이 기법

가. PC-Video

•PC-Video 칩은 비디오 쪽에서 들어오는 NTSC 영상 및 동기신호와 함께 VGA 데이터와 VGA 동기신호를 동시에 받아들여서 VGA 타이밍에 맞추어 비디오 신호와 VGA 영상신호를 서로 오버레이하여 디스플레이하기 위해 사용.

•PC-Video 칩으로 MCT사의 MVM121B를 사용

나. PC 인터페이스

•듀얼-포트 램을 인터페이스 함.

- MCT 사의 PC-Video 칩을 제어 함.

3. 비접촉 검사용 영상제어 비전 프로그램

3.1 Inspection System Management Window

검사 프로그램의 실행을 전체적으로 관리·제어한다. 주요 기능으로는 프로그램 등록, 등록된 검사 프로그램 램프 표시, 배치된 화면 등록, 검사할 기준모델 데이터파일 등록/자동변환, 시스템사항 설정 기능이 있다.

3.2 Image View Window

Image와 검사 결과 내용을 디스플레이하는 곳으로 주요 기능으로는 이미지 조작, 윈도우 크기 조절, Gray 값 출력, Image 확대/축소 기능이 있다.



Fig.2 프로그램의 구조

4. 결 론

가공된 정밀부품이 로봇에 의해 정밀부품 검사공정으로 이송되면 정밀검사를 수행하는데, 이를 위해 정밀부품 자동검사 계측을 위한 비전의 개발을 통해 부품의 가공 정밀도 및 외형 상태 판정을 수행할 수 있도록 하였다. 정밀검사를 위해 표면 Scratch 검사용비전 기술과 가공 정밀도 측정 검사용 비전기술로 나누어 설계하였다. 실제 측정 영상 데이터와 기준 영상 데이터를 상호 비교하여 그 오차를 계산한 후 일정 범위 이내의 오차는 정상제품으로 일정 오차 이상의 제품을 불량제품으로 판별하도록 하였다. 설계된 시스템은 최소 1 Pixel 단위까지 측정이 가능한데 그 정밀도는 $10^{-4}mm$ 까지 정밀하게 측정이 가능함을 실험에 의한 성능 검증을 통하여 신뢰성을 입증하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) B. Espiau, "Sensor and Sensory Systems for Advanced Robots; An Overview of Local Environment Sensing in Robotics Application". Spiager Verlog, pp. 125-151, 1988.
- (2) Markhlin, "Robot Control and Inspection by Multiple Camera Vision", 11th ISIR, pp.121-128, 1981.

작업 공간 맵핑을 통한 로봇의 최적작업경로 제어에 관한 연구

임오득¹, 임창식²
해군정비창¹, 퍼스텍(주)²

1. 서 론

본 논문에서는 선형방정식의 최소제곱법을 적용한 linear position estimation 기법을 도입하여, CCD 카메라를 통해 입력된 비전 영상과 가상의 VRML(Virtual Reality Modeling Language) 3차원 영상의 매칭 방법을 적용하여, 이동로봇의 위치를 보정하고 로봇이 정확한 이동 경로를 찾아 임무를 수행하기 위한 효율적인 경로 계획법을 제안한다. 이를 위하여, 먼저 이동 로봇은 주위환경 내의 Landmark를 추출하고, 신경망 패턴인식 기법을 이용하여 위치정보를 갖는 Landmark를 정확하게 인식함으로써 로봇의 정확한 위치를 계산하게 된다. 또한, 실제 비전영상과 가상현실 공간 내의 이미지 정보를 비교 분석하여 이동로봇의 위치 인식 오차를 최소한으로 하기 위하여 가상현실 구현언어인 VRML(Virtual Reality Modeling Language)을 사용하여 가상공간을 구축하고, 입력 영상과 가상공간과의 오버레이를 통한 이동 로봇의 효율적인 위치보정 알고리즘을 제안함으로써, 이동로봇이 중행 중 장애물을 회피할 수 있는 능력을 갖도록 함으로 제안한 알고리즘의 유용성을 보인다.

2. 본 론

이동 로봇의 정확한 위치를 계산하기 위해서 적용된 localization 방법은 linear position estimation 알고리즘[1]을 사용함으로써, 비선형 방정식들의 최소제곱해를 이용하는 Triangulation법[2,3]보다 우수한 연산 속도를 갖도록 함으로 이동 로봇의 정확한 위치를 빠른 시간 내에 계산할 수 있도록 하였다. 이 방법은 로봇이 인식하는 Landmark들을 복소평면 상의 점으로 간주하여 선형 벡터 방정식의 집합으로부터 해를 유도할 수 있다.

또한 로봇 측위를 수행하기 위해서는 카메라 영상을 통해 입력된 Landmark를 정확하게 인식을 위한 영상처리 및 신경회로망을 이용한 패턴 인식 방법을 제안한다.

2.1 SIMULATION 및 결과 고찰

2.1.1 실험 환경 구축

시뮬레이션을 통한 제안된 알고리즘의 유용성을 보이기 위해 구성된 실험 장비 사양은 다음과 같다. 실험에 사용된 로봇 작업 환경의 크기는 $600 \times 800mm^2$ 의 모형을 사용하였다.

2.1.2 설정된 좌표계

실제 모델에서의 좌표계는 그림 1과 같이 설정한다.

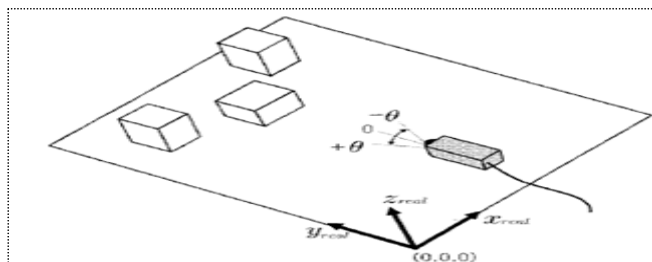


Fig. 1. Definition coordinate of real model

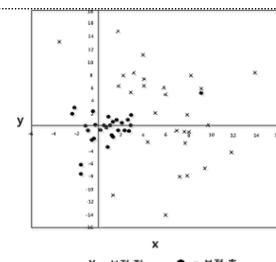


Fig. 2. The result of error compensation by using VRML(position)

3. 실험 결과 및 고찰

위치 보정 실험을 위해 Landmark에 노이즈를 더하여 일부러 측위 결과에 에러를 갖도록 하였다. 그리고 VRML 3D영상을 이용한 위치 에러 보정을 실시하였다.

VRML을 이용한 위치 에러 보정 결과는 그림 2와 같다. 보정전의 위치 에러는 x, y 좌표 각각 $-14mm$ 에서 $+15mm$ 까지 넓은 분포를 보이지만 보정 후의 x, y 좌표는 거의 대부분의 에러 값이 $-4mm$ 에서 $+4mm$ 사이에 분포한다. 보정 전의 위치 에러가 x 방향으로 편향 되어 있는 이유는 Landmark가 보다 (-) 방향에 있는 것처럼 인식 하도록 노이즈 추가했기 때문에 나타난 결과이다.

4. 결 론

제안된 방법에 의해 노이즈를 포함한 위치와 방향각 데이터의 에러를 약 30 ~ 60% 감소시켰으며, 노이즈를 포함하지 않은 Landmark-localization과의 비교에서도 거의 동등한 성능을 나타내는 결과를 얻었다.

비전 영상에 3차원 영상을 오버레이 함으로 얻어진 장점은 두 영상의 오버레이를 통해 두 영상의 정확한 매칭을 통한 측위 결과의 정확성을 검증할 수 있었다. 또한 VRML에 의한 3차원 영상은 작업 환경의 정보를 담고 있기 때문에, 레퍼런스로서 활용됨으로 장애물의 뒷면이나 사물의 내부까지 파악이 가능함을 알 수 있었다.

본 연구의 향후 과제는 이동 로봇의 안전한 임무 수행을 위해 보다 안전한 곡률 경로 설계에 관한 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- 1) M. Betke and Leonid Gurvirs, "Mobile robot localization using landmarks," IEEE Transaction on Robotics and Automation, vol. 13, no. 2, pp. 251-263 Apr. 1997.
- 2) K. Briechle and U. D. Hanebeck, Member, "Localization of a mobile robot using relative bearing measurements," IEEE Transaction on Robotics and Automation, vol. 20, no. 1, pp. 36-44 Feb 2004
- 3) E. Krotkov, "Mobile robot localization using a single image," IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol. 2, pp. 978-983, May 1989.

반복학습에 의한 모바일로봇의 관절공간작업 경로제어에 관한 연구

이희섭¹ 김성일²
 두산공작기계¹, S&T 중공업(주)²

1. 서 론

작업공간 상에서 경로계획은 이동로봇이 출발지점에서 목표지점에 도착하기 위하여 그 사이의 경로를 여러 개의 기본 운동 형태로 나누는 것이다. 공장 자동화 및 의료 분야 등에 사용되고 있는 무인 반송차(AGV)가 대표적이 예라할 수 있으며, 이동로봇은 가정용, 사무용, 산업용, 의료용 등 많은 분야에서 응용되어지고 있다. 특히 장애물이 많은 실내에서는 로봇이 스스로 실내구조나 장애물을 파악해 충돌을 회피하고 최적경로를 생성하여 안전하게 임무를 수행할 수 있는 능력을 갖추고 있어야 한다. 초기의 실시간 장애물 회피 알고리즘은 장애물로부터의 척력과 목표점에서의 인력을 이용한 포텐셜 필드 방식을 기반으로 로봇이 안전할 수 있는 거리를 유지하도록 하여 장애물과의 충돌을 방지하였다. 포텐셜 필드 방식은 공간상의 각 점에 대하여 포텐셜 함수 또는 주행 함수 값을 구하고, 이 값을 최대화 또는 최소화시키는 방향으로 장애물 회피 경로를 생성시키는 방법이다. 셀 분할 방식은 전체 영역을 여러 개의 셀로 분할시키고 로봇이 이동할 셀의 조합을 선택하여 경로를 생성하는 방법이다. 로드맵 방식은 주어진 환경으로부터 정점과 간선으로 구성되는 그래프 지도를 구성하고 그래프 탐색을 통하여 경로를 생성하는 방법이다.

2. 본 론

이차원평면에 존재하는 로봇의 현재위치를 시작점 $s \in R^2$ 라 정의하고, 도달하고자 하는 목표위치를 목표점 $g \in R^2$ 라 정의한다.

$$Q_i = (x, y) | l_i \leq x \leq r_i, b_i \leq y \leq t_i, i = 1, \dots, N \quad (1)$$

단, l_i 및 r_i 는 장애물의 좌한 및 우한 값이며, b_i 및 t_i 는 장애물의 하한 및 상한 값이다.

로봇의 이동경로 p 는 다음과 같이 시작점과 목표점 사이에 존재하는 경유점 $v_k \in R^2$ ($k = 1, \dots, M$)들의 순열 집합으로 표현될 수 있다.

$$p = \langle v_1, v_2, \dots, v_M \rangle \quad (2)$$

단, $v_1 = s$, $v_M = g$ 이다. 간선 (v_k, v_{k+1}) 을 경유점 v_k 와 v_{k+1} 을 연결하는 직선이라 정의하면, 다음의 장애물 회피 조건이 만족되어야 한다.

$$(v_k, v_{k+1}) \not\subset Q_i, \forall i \in \{1, \dots, N\}, k = 1, \dots, M-1 \quad (3)$$

간선 (v_k, v_{k+1}) 의 길이를 $d(v_k, v_{k+1})$ 라 하면, 이동경로의 총 길이는 다음과 같다.

$$\sum_{k=1}^{M-1} d(v_k, v_{k+1}) \quad (4)$$

3. 실험 및 결과 고찰

Table 1은 각 방법으로 생성된 경로의 총 이동거리를 비교하여 보여준다.

Table 1 총 이동거리 비교

장애물 개수	총 이동거리[mm]			개선율[%]	
	가시도 방법	골격선 방법	제안 방법	가시도 방법대비	골격선 방법대비
5	609	771	640	-5.09	17.01
10	911	979	889	2.41	9.19
20	1028	1239	1038	-0.97	16.22
30	1132	1401	1184	-4.59	15.49
50	1347	1645	1328	1.41	19.27
평균				-1.37	15.44

Table 2는 각 방법으로 경로를 생성하는 데 소요되는 계산 시간을 비교해 보여준다. 골격선 방법에 비하여 가시도 방법의 계산시간이 장애물의 수에 의거 매우 급격하게 증가함을 볼 수 있다. 이는 장애물 각 꼭지점을 연결하는 간선의 수가 장애물의 수에 따라 기하급수적으로 증가하기 때문이다.

Table 2 계산 시간 비교

장애물 개수	계산 시간[sec]		
	가시도 방법	골격선 방법	제안 방법
5	0.57	0.52	0.56
10	1.11	0.79	0.81
20	8.84	1.06	1.10
30	23.54	1.47	1.52
50	47.36	2.15	2.19

4. 결 론

로봇의 적은 계산시간으로 최단거리의 경로 계획을 위하여, 기존의 로드 맵 방식에 셀 분할 방식을 추가한 새로운 방법을 제안하였다. 한 번의 그래프 구성과 경로 탐색으로 최종경로를 생성하는 기존의 정적 경로계획 방법에서 효율을 높이기 위해 그래프 구성과 경로탐색을 반복하여 그래프와 경로를 계속 변화시키는 동적 경로계획 방법이다. 이를 위하여 동적 프로그래밍 기법을 적용하였다. 기존 방법에 비해 상대적으로 적은 계산시간으로 상대적으로 짧은 이동거리의 경로를 생성함을 실험 결과를 통해 확인하였다.

본 연구에서 제안한 방법의 결과는 가정용, 사무용, 산업용, 의료용 등 많은 분야에 응용될 수 있다. 특히 실내 및 복잡한 산업현장에서 실시간으로 최단 경로를 생성하여야 하는 이동로봇에 효과적으로 적용될 수 있으리라 기대한다.

[참 고 문 헌]

- (1) H. Choset, K. M. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor, W. Burgard, L. E. Kavraki, S. Thrun, Principles of robot Motion, MIT Press, 2005.

공장자동화를 위한 이동로봇의 정밀 위치/속도 궤적의 강인제어 실험에 관한 연구

임창식¹, 차보남²
퍼스텍(주)¹, 두산인프라코어(주)²

1. 서 론

무인FA의 실험을 위해서 자율주행제어 기능을 갖는 이동로봇의 궁극적 목적은 외부의 지원 없이 자율적으로 목적지점으로 이동하는 것이다. 구륜 이동로봇에서 고전적으로 사용되는 제어기는 환경에 대한 적응력이 떨어져 초기 위치의 변화나 다른 여러 가지 환경적인 요인으로 인하여 많은 영향을 받는다. 그래서 이동로봇을 대상으로 기준 궤적에 대하여 초기 위치와 방향에 상관없이 유효하게 경로를 추적하기 위해 퍼지-신경망 알고리즘 제어기를 설계하고 이에 대해 모의실험을 통하여 제어기의 실용화 가능성을 제시한다.

2. 최적제어알고리즘

퍼지시스템은 지식의 논리적, 구조적 표현을 명확히 할 수 있고 퍼지추론 등의 퍼지 연산을 통해 퍼지 정보처리를 할 수 있으며, 복잡한 시스템에 대한 개략적 시술을 가능하게 하여 자연적인 표현을 사용한 고위의 정보처리가 가능한 시스템이다. 그러나 소속함수와 규칙에 대한 조종 능력이 없어 변화하는 환경에 대해 적응성이 떨어지고 계산 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 자기구성 제어기를 제안한다.

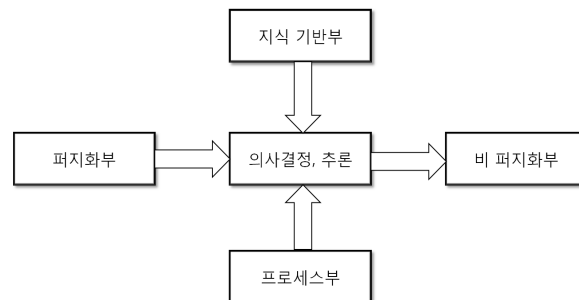


Fig. 1 The Basic Structure of Fuzzy controller

3. 퍼지-뉴럴제어기 구성

퍼지제어기의 성능을 개선할 때 규칙의 수정 방법은 크게 3가지로 나뉘어진다. 1. 제어규칙의 수정, 2. 조정인자(scaling factors), 3. 제어규칙과 이득항을 동시에 수정 여기서 두 번째 방법은 시스템의 제어성능을 향상시킬 수 있으나 적절한 퍼지 제어 규칙이 미리 설정되어 있다는 전제가 뒤따른다. 세 번째와 같은 환경 방법도 시스템의 성능을 향상시킬 수 있으나 제어 규칙과 조정인자의 두 성분을 동시에 어떻게 적절히 바꿀 수 있으나 하는 문제가 아직 연구과제로 남아있지만, 일반적인 자기구성 퍼지제어기는 첫 번째 방법, 제어 규칙의 수정에 의존한다. 본 연구에서는 규칙을 바꾸는 것 뿐 아니라 조정인자도 동시에 수정하였다.

4. 신경회로망 알고리즘

신경회로망 알고리즘은 인공지능의 한 분야로서, 인간의 뇌의 기능을 가진 로봇이나 컴퓨터에 대한 연구가

진행되어 왔으며, 이와 같은 연구 분야 중에서 인간의 뇌를 단순화 하여 신경 모델로 모델링한 신경 회로 망 연구 분야가 대두 되었다. 신경 회로망은 상호 연결된 신경에 의해 임의의 입력 N차원 공간을 M차원 출력 공간으로 사상하는 것으로 생각할 수 있으며, 입력 및 출력 공간과 사상 특성에 따라 연상기억, 필터, 변환, 분류, 인식, 최적화 등의 기능을 수행할 수 있다.

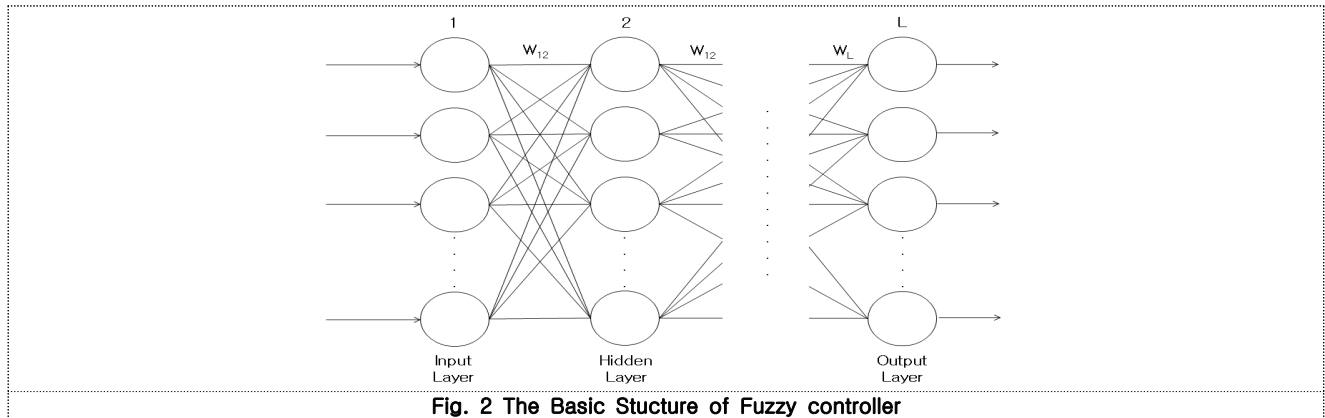


Fig. 2 The Basic Structure of Fuzzy controller

5. 실험

퍼지 조직과 신경회로망을 이용한 자율주행로봇의 주행제어 관한 연구를 수행하였다. 제안된 퍼지 신경망 제어기는 학습능력에 의해 스스로 적응할 수 있는 신경제어 구조와 퍼지 추론을 통해 제어압력을 생성하는 퍼지제어 구조를 결합한 새로운 구조의 실시간 제어 가능한 퍼지 신경망 제어기법에 의한 지능형 제어기를 제안하였다.

또한 제안된 퍼지 신경망 제어기의 성능을 확인하기 위하여 시스템의 정확한 동적 모델링이 어려운 불확실성 시스템인 이동용 로봇의 속도 및 방향각 제어에 대한 제어 성능 시험을 통하여 확인하였다.

6. 결 론

모바일 로봇의 구조는 이동로봇의 운동방정식이 비선형성을 나타냄으로써 복잡하고 대부분의 경우 운동방정식을 정확히 구하지 못하는 경우가 많다. 또한, 널리 사용되는 고전적 제어의 경우 이득 값이 고정되어 있다. 이러한 고전적 제어방법은 외부환경의 변화에 대응할 수 없으므로 제어성능에 한계점을 드러내고 있다. 최근에 퍼지 신경망이론을 제어시스템에 적용함으로써 고전적 제어이론의 한계성 극복에 커다란 가능성을 보이고 있다. 퍼지이론과 신경망학설을 융합시키는 기술은 상당한 관심사로 부각되고 있다. 퍼지 신경망 제어기의 기본원리는 신경단위 세포의 학습 함수를 이용한 퍼지제어칙과 멤버쉽 함수를 자동적으로 조정하는 제어 방법이라 할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- 1) Sarkar, N. and Xiaoping Yun, 1998, "Tracriion control of wheeled vehicles using dynamic feedback approach," IEEE/RSI International Conference on Intelligent Robots and System, Vol, 1, pp, 413-418

4축 스카라형 로봇 머니플레이터의 반복학습제어에 관한 연구

박인만¹, 정성원²
 (주인템¹, DY(주)²)

1. 서 론

최근 로봇 머니플레이터의 완전한 비선형 동역학에 적용하기 위한 적응제어 방법들이 개발되어 오고 있다. 로봇 머니플레이터의 적응제어기에 대한 최근의 연구결과 중에, 소위 계산 토크(computed torque)에 기초한 제어기법은 로봇 시스템의 불완전한 모델링으로 인한 파라미터 불확실성(uncertainty)뿐만 아니라 로봇 동력학의 비선형까지도 고려하고 있다. 머니플레이터 동역학의 구조에 관하여 이들 제어기의 전역 안정도(global stability) 증명을 가능하게 하는 세 가지 핵심적인 특징은 관성행렬의 양의 한정성(positive definiteness), 선형 파라미터화(parameterization) 성질 로봇 시스템의 수동성(passivity)이다.

이와는 달리

2. 본 론

2.1 시스템 모델링

$q \in R^n$ 는 일반화 관절 좌표 벡터, $D(q) \in R^{n \times n}$ 는 양의 값을 가지는 관성행렬, $B(q, \dot{q})\dot{q}$ 는 구심력과 전향력 벡터, $g(q, \dot{q})$, d , τ 는 각각 중력과 마찰력, 확장 외란, 입력 벡터를 나타낸다. 미지의 확장 외란 벡터는 $d(t) = d_1(t) + d_2(t)$ 이며, 여기서 d_1 은 주기 δ 를 가지는 주기성 외란이고, d_2 는 양수 d_0 에 대해 $\|d_2\| \leq d_0$ 으로 유계된다. 그러면 제어기 설계 목적은 로봇 시스템의 궤적 q 를 원하는 궤적 $q_d \in C^2$ 로 주어진 수렴 속도로 이끄는 최적 학습제어기를 구하는 것이며, 이때 C^2 는 연속적으로 두 번 미분 가능한 함수의 집합이고, M 은 양수이다. 원하는 궤적과 최적 제어 입력 함수의 집합은 주기 δ 를 가지는 것으로 가전한다.

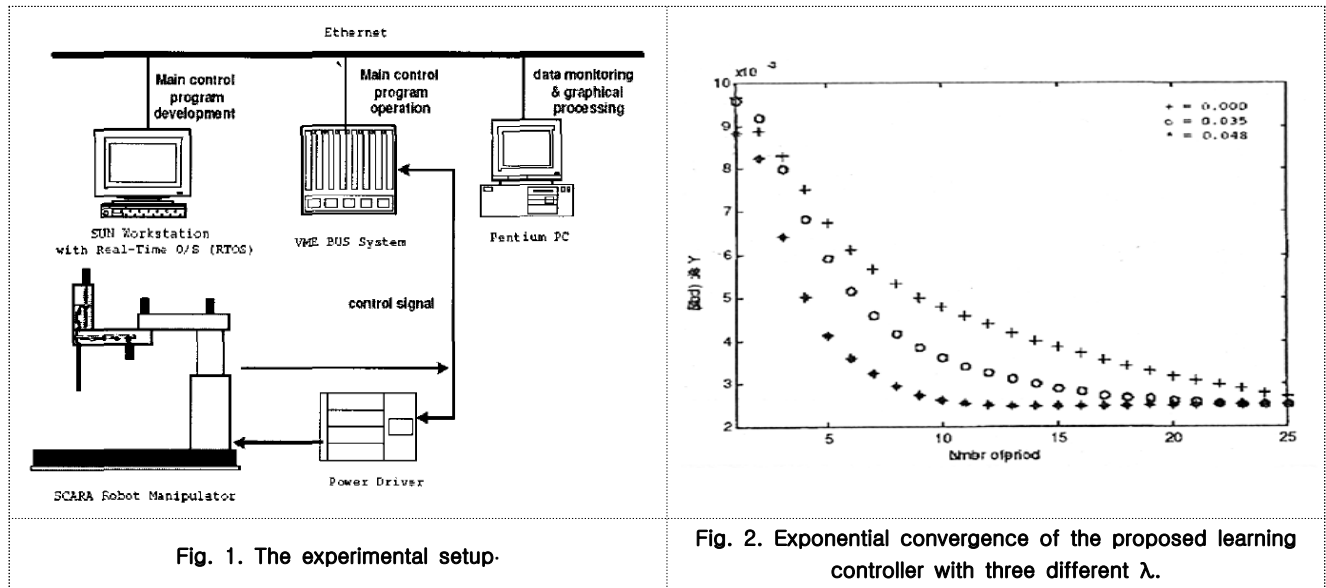
2.2 최적제어기법

부등식은 $V_0(t)$ 가 유계이고 $w(t) \in L_2 \cap L_\infty$ 이라는 것을 의미한다. $\lambda=0$ 일 때 학습 신호 τ_o^f 와 $\hat{d}_{0+}$ 가 유계되었기 때문에 (4)에서 $z \in L_\infty$ 이 되고, 이것은 균일 유계성과 Barbalat의 lemma [16]로부터 전역적으로 점근적인 $\lim_{t \rightarrow \infty} z(t) = 0$ 을 뜻한다. 더욱이, $\lambda > 0$ 이면, $w(t) \in L_\infty$ 이므로 ii)가 구해진다. 이로써 정리 1의 증명을 완결하고, 정리 2는 $W(t)$ 를 아래와 같이 대치하면 유사하게 증명할 수 있다. $\tilde{\theta}_w = \theta - e^{\lambda t} \hat{\theta}$. 행렬 $Y_e S^{-1} Y_e^T$ 로 표현되는 정리 2의 피드백 이득 L 은 파라미터 불확실성으로 인하여 정리 1보다 더 크게 되리라 예상되나, $z(t-\delta)$ 대신에 $z(t)$ 를 사용하면, 정리 1과 같은 동일한 피드백 이득 L 을 사용할 수 있다.

로봇 운동 궤적의 반복적인 성질을 바탕으로한 학습 기법들이 최근 로봇공학의 여러 문헌에 제시되고 있다. 다양한 학습제어 기법들 중에서 계산 토크에 기초한 학습제어 기법들은 학습 초기 단계에 로봇 동역학의 안정화를 위해 몇몇 부가적인 계산 토크에 기초한 적응제어 기법들과는 달리 정상 상태 뿐만 아니라 과도 상태에서도 로봇 운동의 성능을 향상시킨다. 학습제어는 로봇 운동을 시행하는 횟수에 따라 원하는 궤적(desired trajectory)에 대한 최적제어입력을 학습한다는 측면에서 볼 때 점근적인(asymptotic) 최적제어 방법으로 생각할 수도 있다.

적응제어와 학습제어 방법, 이 두 가지제어 방법은 각각 적응성 최적성, 강인성 등 나름대로 유용하고 장점들을 가지고 있기 때문에 두 제어 방법을 하나의 통일된 제어기로 합친다면 로봇 지능이라는 측면에서 더욱 실용적이고도 효과적인 제어를 기대할 수 있다.

3. 실험 및 결과 고찰



4. 맺음말

제안한 학습 제어 기법의 시연을 위한 SCARA형 로봇 매니퓰레이터를 사용하여 몇 가지 실험을 한다. 사용된 로봇 매니퓰레이터는 4자유도를 가지고 있으나 앞 쪽 두 개의 링크(link)에 대해서만 실험에 이용한다. 이것은 세 번째와 네 번째 링크(link)는 각각 말단장치(end_effector)의 이동과 방향만을 담당하므로 전체 동역학 식에서 분리할 수 있기 때문이다. 따라서 실험에서는 앞의 두 관절에 대한 동적 모델을 사용한다.

[참 고 문 헌]

- 1) S. Arimoto, S. Kawamura, and F. Miyazaki, "Bettering operation of robots by learning, "Journal of Robotic Systems, vol. 1, no. 2, pp. 123-140, 1984.
- 2) Z. Bien and J. X. Xu, Iterative learning control-Analysis, Design, Intergration and Applications, Boston: Kluwer Academic Pub., 1998
- 3) S. Sastry and M. Bodson, Adaptive Control: Stability, Convergence and Robustness, Prentice-Hall, New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1989

센서 피드백을 이용한 불확실 파라미터를 갖는 로봇의 최적제어

이현철¹, 김민성²(주)SG서보¹, 경남대학교 첨단공학과²

1. 서 론

현재 대부분의 로봇 제어기는 로봇 모델의 모든 상태 즉, 위치와 속도 정보를 알고 있다는 가정 하에 설계된다. 따라서 이를 위해서는 위치 센서와 속도 센서가 필수적이다. 그러나 속도 센서는 노이즈에 매우 민감해서 오동작을 일으키는 원인이 되어 속도 센서 없이 위치 정보만을 이용하여 제어를 구성하기 위해 많은 연구가 이루어져 왔다. 가장 간단한 방법으로 정확한 위치 정보로부터 수치적 근사법을 이용하여 속도 정보를 구하는 방법이 이용되었으나 저속과 고속의 경우 이러한 단순 근사법은 부정확하다는 단점이 있다.

2. 로봇 시스템 모델

n -자유도를 갖는 강체 로봇(rigid robot) 모델의 운동 방정식은 Euler-Lagrange 방법을 사용하여 다음과 같이 유도 될 수 있다.

$$D(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + g(q) = u \quad (1)$$

여기서 $q \in R^n$ 은 모터의 각 위치이고, $D(q) \in R^{n \times n}$ 은 로봇의 관성행렬이며, $C(q, \dot{q})\dot{q} \in R^n$ 은 코리올리스(Coriolis)력과 원심력이다. 그리고 $g(q) \in R^n$ 는 중력 항을 나타내며 $u \in R^n$ 은 외부에서 입력되는 토크를 나타낸다. 제어기 설계의 편리성을 위해, 상태 변수를 $x_1 = q, x_2 = \dot{q}$ 로 정하고 (1)을 상태 방정식으로 표현하면,

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= D(x_1)^{-1}(-C(x_1, x_2)x_2 - g(x_1) + u) \end{aligned} \quad (2)$$

이 된다.

3. 결과 및 고찰

실험 장치의 전체적인 구성(그림 1)는 다음과 같다.

- (1) 호스트 컴퓨터(Host PC)
- (2) 1.8kW AC 서보 모터, 8192p/r 인크리멘탈 엔코더, 그리고 모터 구동용 증폭기(Power amp)
- (3) 50MHz의 TMS320C40으로 구성된 DSP 시스템 보드
- (4) 12bit DAC로 구성된 인터페이스 보드
- (5) 24bit 인크리멘탈 엔코더 인터페이스 보드
- (6) 1.8kg의 부하와 0.2m의 링크로 구성된 단일 링크 로봇

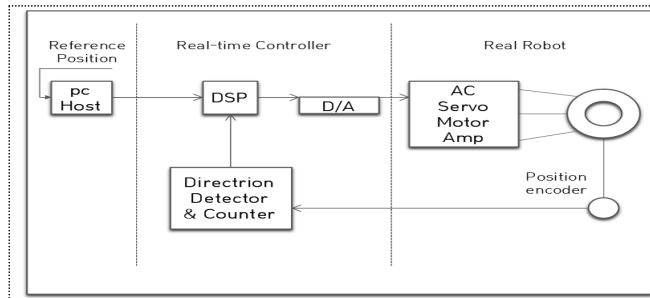


Fig. 1. 실험장치의 전체적인 구성도

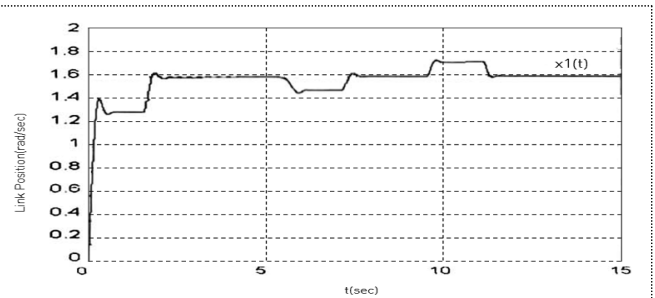


Fig. 2. 실험 결과로부터 얻은 단일 링크 로봇의 위치

그림 1은 실험 장치의 전체적인 동작을 나타낸다. 즉, 호스트 컴퓨터로부터 원하는 위치를 입력 받아 DSP 시스템 보드에서 연산을 수행 한 후 D/A 변환기를 거쳐 아날로그 전압으로 변경된다. 그 신호는 모터 구동용 증폭기의 입력이 되어 로봇을 구동 시킨다. 엔코더로부터 출력되는 로봇의 위치 신호는 카운터를 통하여 호스트 컴퓨터에 저장된다. 본 실험의 제어 수행 주기는 0.005s이고, 그 외의 제어기 상수는 시뮬레이션 할 때의 상수를 그대로 이용하였다.

그림 2은 초기 위치 $x_{1i} = 0$ 이고 원하는 위치 $x_{1d} = \pi/2$ 일 때, 로봇의 위치를 나타낸다. 시뮬레이션에 서와 마찬가지로 로봇의 출력이 원하는 위치에 도달했을 때 새로운 부하(1kg)를 추가하고 다시 제거할 때의 출력의 변화를 관찰하였다. 위의 시뮬레이션 결과와 같이 정확한 부하의 변화 시간을 맞출 수는 없었지만 실험 결과에서도 역시 부하의 변화에도 불구하고 제어기 파라미터의 변화 없이 원하는 위치 $x_{1d} = \pi/2$ 로 잘 수렴함을 알 수 있다. 제작한 단일 링크 로봇이 원하는 위치 $x_{1d} = \pi/2$ 로 수렴 했을 때의 사진이다. 실험에 사용된 AC 서보 모터의 사양은 표 1과 같다.

Table 1 AC servo motor specification

정격출력[kW]	1.8	정격회전속도[r/min]	1500
정격토크[Nm]	11.5	기계적시정수[ms]	1.7
정격전류[A(rms)]	16.7	전기적시정수[ms]	13.3
토크오정수[Nm/A(rms)]	0.73	회전자관성[$kgm^2 \times 10^{-4}$]	31.7

4. 결 론

본 연구에서는 Ailon이 제안한 간단한 선형 제어기로 비선형시스템인 로봇을 시뮬레이션과 실험을 통하여 위치 제어함으로써 제안된 제어기의 우수성을 보였다. 그리고 실시간으로 실제 로봇 시스템을 위치 제어함으로써 제안된 제어기의 실용성을 입증하였다. 특히, 로봇의 부하를 변화시켰을 때 제어기 파라미터의 어떠한 변화 없이 원하는 출력을 얻을 수 있음을 보임으로써, 제안된 제어기는 산업 현장에서도 이용 가능한, 모델 파라미터의 불확실성에 강인한 제어기임을 검증하였다.

그러나, 본 논문에서 제안된 제어기는 고정밀도를 요구하는 시스템에서는 원하는 위치로 수렴하는데 오랜 시간이 걸린다는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 현재 연구가 진행 중이다.

[참 고 문 헌]

- 1) C. Canudas de Wit and N. Fixot, "Robot control via robust estimated state feedback," IEEE Trans. Automat. Cont. vol. 36, pp. 1497-1501, 1991

비선형 복합 제어기를 이용한 로봇 매니퓰레이터의 건실제어

남택중¹, 신행봉²
S&T중공업1, (주)SG서보²

1. 서 론

비선형 제어 기법인 슬라이딩모드 제어기법은 시스템의 동특성과 관계없이 설계자가 제어 목적에 적합하게 슬라이딩 평면에 대한 동특성을 지정할 수 있고, 플랜트의 상태를 이 슬라이딩평면에 머물게 할 수 있다. 이런 특성으로 인해서 플랜트 자체의 안정성과 관계없이 플랜트를 안정하고 바람직한 상태로 만들 수 있다.

또한 파라미터의 변동이나 모델링 되지 않은 빠른 동특성이 나 입력 측으로 반영 할 수 있는 불확실한 외란 등이 정합 불확실성(matched uncertainty) 조건을 만족하면 제어기의 성능은 이들에 대하여 완전히 영향을 받지 않는 불변성 (invariance property)을 가진다[1]~[4]. 그리고 슬라이딩 평면에서 시스템의 동특성은 슬라이딩평면의 차수만큼 시스템의 차수가 감소되는 특징도 가진다. 이런 특성 때문에 가장 널리 연구되고 있는 비선형 제어기법 중의 하나이다.

2. 본 론

1. 비선형 슬라이딩 모드 제어기 설계

이 절에서는 도달 법칙을 이용하여 슬라이딩모드 제어법칙을 유도하기로 한다. 우선, 제어입력에 대해선형인 비선형 시스템 (affine system)을 고려한다.

이 제어법칙은 도달법칙을 만족하고 불연속항을 포함하고 있지 않으므로 채터링을 발생하지 않는다. 그렇지만 이 제어법칙에는 미지의 모든 모델 불확실성 d 를 포함하고 있다. 따라서 도달법칙을 만족하기 위해서는 d 를 정확하게 구해야 적용이 가능하므로 현 상태로는 적용할 수 없다

2.. 연속 슬라이딩 모드 제어기 설계

이 절에서는 도달법칙을 이용한 슬라이딩모드 제어법칙을 Lyapunov 안정 조건에 적용하여 새로운 연속 슬라이딩모드 제어법칙을 유도하기로 한다. 미지의 모델 불확실성을 포함하고 있으므로 정확한 모델 불확실성을 구해야만 이용 가능 하지만, 여기서는 정확히 모델 불확실성을 모르는 상태에서 연속 슬라이딩 모드 제어 법칙을 유도하고자 한다. 도달조건을 만족하는 연속 슬라이딩 모드 제어 법칙이 된다.

본 제어 기법의 장점은 현재까지 채터링을 방지하기 위하여 제안된 어떤 방식 보다 간결하며, 제어 입력식에서 설계 파라미터는 모델 불확실성의 크기를 고려하는 δ 와 슬라이딩 면의 선정뿐이다. 또한 플랜트의 운동방정식에서 그대로 유도했기 때문에 슬라이딩 모드의 장점인 불변성(invariance)과 시스템의 차수감소(reduced order)가 조금도 손상되지 않는다. 고전 슬라이딩모드 제어에서 경계층 개념을 도입할 때 발생하는 경계에서의 불연속도 일어나지 않으며, 저주파 필터를 설계하기 위하여 자세한 외란에 대한 정보도 필요하지 않으며, 또한 2차 슬라이딩모드처럼 제어법칙이 복잡하지 않는 장점을 갖는다.

3. 실험

본 절에서는 본 논문에서 제안한 PD-슬라이딩 모드 복합 제어기(PD-SMC)와 반-연속 슬라이딩 모드 제어기(SC-SMC), PD 제어기(PDC)를 2관절 스카라형 로봇 매니퓰레이터에 적용하여 실험을 수행하고 제어 특성을 비교 분석하였다. 다음 식은 로봇 매니퓰레이터 제어시스템에 대한 실험 장치와 개략도이다.

실험에 사용된, 매니퓰레이터의 파라미터들은 신호 압축 법(signal compression method)[13]을 이용하여 구했으며, 실험조건은 다음과 같다.

1) 초기조건

$$\theta_0 = [00]^T$$
$$\dot{\theta} = [00]^T$$

2) 공칭모델 : 탑재하중 0kg 기준

3) 강인성 실험 : 탑재하중을 0~10kg 까지 1kg씩 증가

인터페이스 카드에는 12비트 분해능의 2채널 D/A 변환기와 24비트의 엔코더 카운터 2채널이 탑재되어 있으며, 모터는 Parker사 제품으로, 다이렉트 드라이브 형태이고, 사양은 표1과 같다.

수치적으로 미분하여 구한 속도신호에서 잡음에 대한 민감성을 줄이기 위하여 2차 버터워스(Butterworth) 저역통과필터를 사용하였으며, 필터의 전달함수 $H(z)$ 는 다음과 같다.

$$H(z) = \frac{0.0675 + 0.1349z^{-1} + 0.0675z^{-2}}{1 - 1.1430z^{-1} + 0.4128z^{-2}}$$

4. 결 론

본 논문에서는 도달 법칙과 Lyapimov 안정도 조건을 이용하여 유도한 채터링 없는 반-연속 슬라이딩 모드 제어기와 PD 제어기를 조합한 PD-슬라이딩 복합 제어기를 제안하였다. 본 복합 제어기에서 PD제 어기는 SMC의 도달 단계인 과도기에 사용하고 슬라이딩 모드 제어기는 슬라이딩 영역에서 사용한다. 본 제어기의 특징은 각 제어기의 장점이 그대로 유지되므로 전 영역에서 모델 불확실성에 대한 우수한 성능 강인성을 갖는다. 또한 시스템의 복잡성에 비해서 간단한 설계방법과 단순 스윗칭 기법을 이용하므로 적용이 아주 용이하다. 이 특징을 입증하기 위하여 본 제어기를 2축 스카라 로봇 매니퓰레이터에 적용시켜 실험을 한 결과, 그 효용성을 입증하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] V. I. Utkin, Sliding Modes in Control and Optimization, Springer-Verlag, 1992.
- [2] K. D. Young, V. I. Utkin, and U., Ozguner, "A control engineer's guide to sliding mode control," IEEE Trans, on Con. Sys. Tech., vol. 1, no. 3, pp. 328-342, 1999.
- [3] C. Edwards and S. K. Spurgeon, Sliding Mode Control : Theory and Applications, Taylor & Francis, 1999.
- [4] R. A. Decarlo, S. H. Zak, and G. P. Matthews, "Variable structure control of nonlinear multivariable systems : a tutorial," Proc. IEEE, vol. 76, no. 3, pp. 212-232, 1988.
- [5] J. Y. Hung and W. Gao, "Variable structure control : a survey," IEEE Trans, on Indus. Elect., vol. 40, no. 3, pp. 2- 22, 1993.
- [6] J. Slotine and S. Sastry, "Tracking control of nonlinear systems using sliding surfaces, with application to robot manipulators/" Int. J. Control, vol. 38, no. 2, pp. 465-492, 1983.

스마트 팩터리를 위한 다관절로봇의 비주얼피드백 제어에 관한 연구

황원준¹, 조문근²
경남TP¹, (주)희수테크²

1. 서 론

무인 FA의 실현을 위한 오프라인 프로그래밍 시스템을 이용하게 되면 변경에 따른 시간과 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 각종 위험소나 문제점을 사전에 제거할 수도 있다. 공장 자동화의 실현을 위한 효율적인 로봇의 사용과, 생산라인에서 작업 중단 방지 및 복잡한 작업에의 용이한 적용을 위해서는 오프라인 프로그래밍 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있다. 오프라인 프로그래밍 시스템에는 시뮬레이션 기능 외에도 오프라인과 온라인의 상태를 일치시킬 수 있는 보정기능이 필수적이다.

2. 본 론

2.1 3차원 그래픽

그래픽 처리는 3차원 그래픽 알고리즘의 적용으로 시뮬레이션 결과를 3차원 영상으로 볼 수 있게 하였으며, 이를 위해 월드 좌표계에서 시야좌표계로의 변환 및 원근 투영기술이 포함되었다. 음영처리에 의하여 현실감을 높일 수 있는데 솔리드모델을 생성한 후 배면을 소거하고 스캔라인 Z-버퍼법으로 은선, 은면을 제거한다. 그리고 이 방식은 메모리 사용을 극단적으로 줄여 개인용 컴퓨터에서 실현이 가능하지만 실행속도의 저하를 감수해야하는 단점이 있다. 음영처리 알고리즘으로는 Goraud 음영처리 방식을 사용하였다.

2.2 영상 피드백제어

영상제어 기술에 있어서 시각정보를 이용하여 로봇의 위치 오차를 계산 할 수 있다. 스카라 로봇의 엔드-이펙터에 설치된 카메라가 수직 아래 방향을 향한다는 특성을 이용하면 두 개의 대응점만으로 로봇의 오차를 계산할 수 있다. 오차는 수직축에 대한 회전, 수직방향으로의 병진, 수평방향의 병진으로 구분된다. 또한 예측 이미지와 카메라 이미지의 비교에서 얻어지는 2차원 오차로 3차원 좌표 상에서의 오차를 계산해 낼 수 있다. 로봇 단말효과기의 예측된 위치에서 생성된 예측 이미지와 실제 로봇의 단말효과기가 위치한 곳에서 얻어진 카메라 이미지의 비교로 실제 로봇의 위치를 구한다. 본 연구에서는 원근 투영법을 사용하여 연관되어 있는 높이오차와 병진오차를 독립시킴으로써 간단히 오차를 계산하였다. 스카라 로봇이 수직 아랫방향을 향한다는 특성을 이용하여 오차를 네 가지로 구분함으로써 두 개의 대응점만을 가지고 오차를 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

스테레오 비전을 갖는 핸드-아이(hand-eye) 시스템의 프레임은 스테레오 카메라의 표준 모델을 정의하고 사용한다. 스테레오 카메라의 시각 축은 서로 평행이고 베이스라인에 수직이다. 두 카메라의 초점은 베이스 라인 상에서 거리 d 만큼 떨어져 있고, 카메라 프레임의 원점은 두 카메라의 중앙에 위치한다. 비주얼 서보잉에서, 카메라의 이동속도와 이미지의 특징점의 속도간의 정확한 관계를 알아야 한다. 왜냐하면, 이미지 특징점의 속도에 기초한 매니퓰레이터의 피드백 명령을 발생하기 때문이다. 이미지 자코비안 형태로 표현할 수 있다.

시뮬레이션 조건은 Table 1에 나타나 있고, 대상물의 특징점은 한 변이 200(mm)인 정사각형의 각 꼭지점들이다.

Table. 1 실험조건

조 건	내 용
초점거리	$f = 16 \text{ (mm)}$
베이스 라인	$b = 140 \text{ (mm)}$
샘플링 타임	45 (msec)
계인	$\lambda = 1.5$
요구하는 위치	${}^cP_d = (150 \ 150 \ 600)^T(mm)$
오일러 각에서 요구하는 방위	$(\phi, \theta, \psi) = (0, 0, 0)(degree)$
초기오차	$(-45 \ -45 \ -45)^T(mm)$: 병진 $(\phi, \theta, \psi) = (15, 15, 15)(degree)$: 회전

시물레이션 결과인 Monocular 비전과 스테레오 비전의 이미지 상의 특징의 궤적을 비교하자면, 모노 비전의 경우에 수렴속도가 느리고, 오버슈트가 큼을 알 수 있었다. 반대로, 스테레오 비전의 경우는 모노 비전의 경우보다 수렴속도가 빠르고, 오버슈트도 작음을 알 수 있다.

이것은 이미지 자코비안이 모노비전을 갖는 경우에 원하는 위치에서 이미지 자코비안이 고정되어 있기 때문이다. 이에 반해 스테레오 비전을 갖는 경우의 이미지 자코비안은 매 샘플링 시간마다 갱신할 수 있으므로 안정한 비주얼 피드백을 보장하는 정확한 피드백 신호를 발생시키는 것이 가능하다.

[참 고 문 헌]

- (1) B.G. Donald, 1992, "Visual Tracking of Known Three- Dimensional Objects". Int, J, of Computer Vision, Vol, 3, pp, 243-270
- (2) P, I, Corke, 1993, "Visual Control of Robot Manipulators - A Review", K, Hasimoto, Visual Servoing, pp, 1-31, World Scientific.
- (3) D. B. Westmore and W. J. Wilson, 1991, "Direct Dynamic Control of a Robot Using and End-Point Mounted Camera and Kalman Filter Position Estimation", Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pp. 2376-2384.

다관절 로봇의 위치경로 추적 제어에 관한 연구

정동연¹, 이우송²
(주)대호테크¹, (주)선진기술²

1. 서 론

로봇은 다양한 종류의 작업에 대한 높은 적응성과 경제성으로 그 역할이 점차 확대되고 있으며, 오늘날 이미 높은 기술의 복합 기계가 되었다. 필드 로봇의 다기능성은 기계 자체가 갖는 기구학적 유연성과, 유압 액추에이터를 이용한 고출력에 기인 한다. 향후에는 기존의 건설 현장은 물론 제조업, 농업, 임업 나아가 해저영역까지 인간을 대신하여 일을 할 수 있는 지능적인 메카트로닉스 기계로 발전될 것으로 예상 되며, 일본, 독일 등 일부 국가에서는 이미 오래 전부터 자동화 및 제어를 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 따라서 앞으로는 필드로봇의 많은 적용 분야에서 보다 높은 작업 정밀도가 요구될 것이다. 본 논문의 구성은 2장에서 굴삭기의 기구부인 링크 시스템과 구동부인 유압시스템에 대한 동특성을 모델링 하 고, 이들을 조합하여 전체 시스템에 대한 입출력 방정식 으로 유도한다. 그리고, 3장에서는 시스템 규명을 이용한 적응제어를 설계하고, 4장에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통 해 제어기법의 유용성을 검토한다. 마지막으로 결론 및 추후 연구계획에 대해 기술한다.

2. 본 론

2.1 로봇 시스템

굴삭기(excavator)의 일반적인 구조를 그림 1에 나타낸다. 작업 장치는 붐(boom), 암(arm), 버킷(bucket)의 3개 의 링크 연쇄를 이루고 있으며, 각 링크는 유압 실린더로 구동된다. 버킷 기구부는 버킷이 보다 넓은 회전영역을 가질수 있도록 4절 링크로 구성되어 있다. 본 논문에서는 작업 장치를 모델링 하는데 있어서 각 링크는 강체로 가 정하며, 붐의 선회(swing)를 배제한 2차원 평면 운동을 고려한다. 이 때, 링크 연결부의 마찰과 변형은 무시한다.

2.2 시스템의 모델링

굴삭기 작업장치의 모델식은 Denavit-Hatenberg 좌표 계를 사용하고, Euler-Lagrange 운동방정식으로부터 도 출한다. .

2.3 시스템의 모델링

굴삭기의 유압 시스템은 유압 펌프와 실린더로의 유량 을 조절하는 유량제어밸브, 그리고 작업 장치에 힘을 전달 하는 유압 실린더로 구성되어 있다. 굴삭기 유 압 회로의 도식적인 구성을 나타내며, 붐, 암, 버킷 모두 동일한 구조를 갖는 것으로 한다.

유량 제어밸브의 스푼(spool)은 파일럿(pilot)압력에 의 해 동작한다. 여기서, 제어전압에 대한 밸브의 스푼 변위 (a) 응답은 충분히 빨라서, 시간 지연은 무시할 수 있는 것으로 한다. 그러므로 스푼의 변위가 굴삭기 전체 모델 의 제어입력이 된다. 그리고 펌프에 의해 밸브로 공급되 는 기름은 릴리프(relief) 밸브에 의해 일정한 압력으로 유지되고, 밸브에서 오일 탱크로 복귀하는 기름의 압력은 대기압으로 한다.

2.4 제어기 설계

적응제어 시스템은 미지의 파라미터를 포함하고 있는 플랜트, 제어 시스템의 원하는 출력을 간결하게 기술

하는 기준모델, 조정가능한 파라미터를 포함하는 피드백 제어 법칙 그리고 파라미터를 갱신하기 위한 적응 메카니즘으로 구성된다. 본 논문에서 사용된 6개의 제어 파라미터를 가지는 모델 기준 적응제어기(MRAC)의 구조를 나타낸다.

본 연구에서는 적응제어기를 설계하기 위해서 시스템 규명(system identification)을 통하여 얻은 5차의 선형모델을 이용하였다.

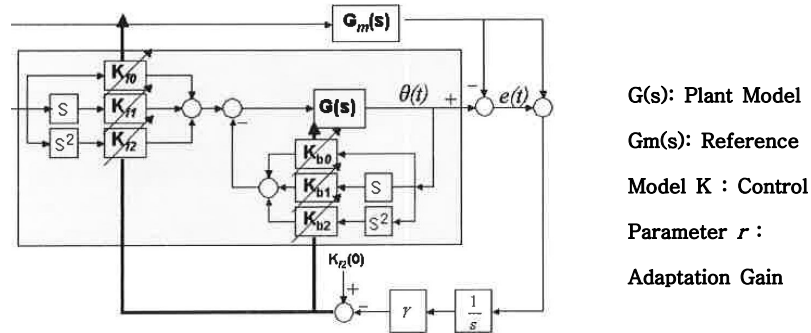


Fig. 3. Structure of Model Reference Adaptive Controller (MRAC)

3. 시뮬레이션 및 고찰

제안한 적응제어기의 성능을 평가하기 위해 굴삭기 작업 장치를 대상으로 일정 각 굴삭작업을 모델로 하여, 평면 직선 궤적을 추종하는 능력을 PID 제어기와 비교 하였다. 시뮬레이션은 15초간 수행되었으며, 5차 다항식을 통해 궤적계획을 수립 하였고, 버킷과 지면의 절대 각도는 일정하게 유지하는 3축 제어 방식을 사용하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 유압 굴삭기로 대표되는 필드 로봇의 궤적 추종 제어를 위해, 굴삭기 작업장치의 동역학 및 유 압 특성을 분석하고 적응제어기를 설계하였다. 제안된 적응제어기는 시뮬레이션을 통해 PID 제어기와 비교하여 궤적제어에 대한 유효성을 검증하였다. 향후 연구과제는 제안된 적응제어기의 실제 시스템에 대한 적용과 그 타 당성을 검증하는데 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] N.Kimura, H.Araya, M.Kakuzer, "Automatic control system for hydraulic excavator" KOBE Steel Engineering Report, vol.37, No.2, 1987
- [2] J.E.Slotine, Applied Nonlinear Control, New Jersey, Prentice-Hall, 1991
- [3] M.W.Spong, Robot Dynamics and Control, United State, John Wiley & Sons, 1989

산업용 로봇의 오프라인 제어에 관한 연구

백승학¹, 이성진²
두산중공업(주)¹, 한화테크²

1. 서 론

본 연구에서 제안된 오프라인 프로그래밍은 컴퓨터 그래픽의 방법에 의하여 충분히 확장된 로봇 프로그래밍 언어로서 로봇에 직접 접근하여 온라인 제어를 하지 않고도 로봇 프로그램을 제어할 수 있는 시스템을 연구한다. 본 연구에서 제안되는 오프라인 제어 프로그래밍 시스템을 적용하면 로봇의 작동 중에도 동적 시뮬레이션이 가능하며, 작업교시, 궤적계획, 제어 알고리즘 등의 분석 및 성능평가를 소프트웨어로 수행할 수 있는 것이 큰 특징이라 할 수 있다.

2. 본 론

2.1 다관절 로봇의 운동학적 해석

다관절 로봇시스템 매니플레이터의 링크사이의 상호관계는 Denavit - Hartenberg의 표현방식에 의하여 표현될 수 있다

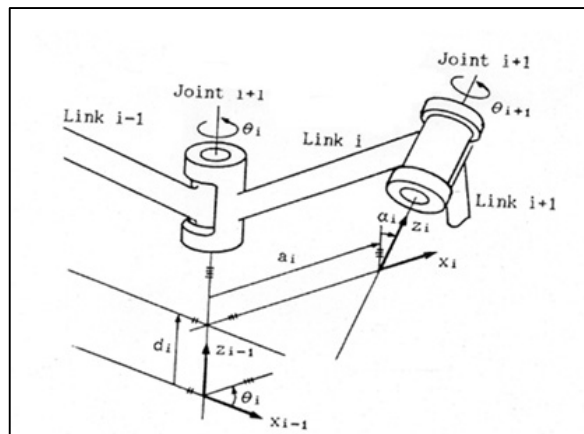


Fig. 1. 로봇 매니플레이터의 좌표계

2.2 성능실험

제어알고리즘은 계산토크법에 의한 비선형 보상 비례 미분제어기를 사용하였다. 시뮬레이션 과정에서 MFC의 멀티 스레드 중 작업자 스레드를 이용하여 교시에 따라 두 로봇이 각각 독립적으로 주어진 궤적 계획을 수행한다. 한 로봇이 다른 로봇의 작업이 끝나기를 기다리는 것이 아니고 두 대의 로봇이 주어진 교시 조건에 의해 작업을 시작하고 끝낸다. 시뮬레이션 수행 과정 중 두 로봇간의 충돌 검색이나 작업장과의 충돌 검색을 프로그램 내에서 확인 할 수 있고 잘못된 교시를 한 경우 재 교시를 수행하여 원하는 결과를 얻을 수 있다. 생성된 가상의 경유 점을 통해 주어진 작업을 수행하는 것을 확인할 수 있다. 시뮬레이션이 끝난 후 각 관절의 위치, 속도, 위치 오차, 속도 오차를 결과 그래프로 확인한다.

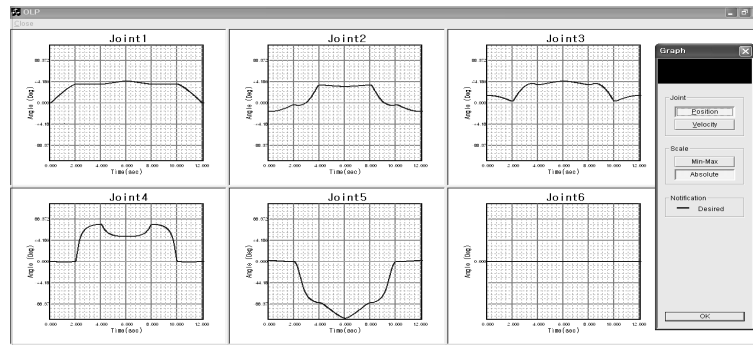


Fig. 2. 오프라인 제어 실험 결과(위치)

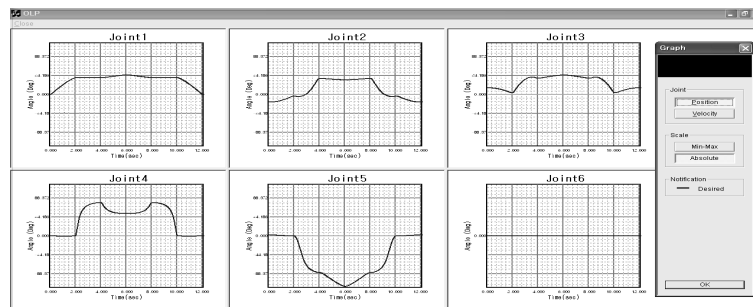


Fig. 3. 오프라인 제어 실험 결과(속도)

3. 결 론

본 연구에서는 제조공정 자동화를 위해서는 필수적인 요소인 산업용 다관절 로봇의 운동학적 해석과 동적 모델링을 수행하였다. 그리고 개인용 컴퓨터 환경 하에서 운용되는 오프라인 제어를 위한 오프라인 프로그래밍 및 동적 그래픽 시뮬레이터 개발에 관한 연구를 수행하였으며 이에 대한 구체적인 세부 진행 연구 내용은 다음과 같이 요약된다. 첫째, 제조공정의 자동화에 필수적 요소인 다양한 구조의 다관절 로봇에 대한 운동학적 해석 및 모델링을 수행하였다. 언급된 로봇 모델은 수직다관절 로봇 3종류(5축, 6축, 7축)의 로봇 모델과 수평다관절의 SCARA형 4축 로봇 모델에 대한 운동학적 해석 및 동적 특성의 분석에 대한 내용이 수행되었다. 둘째, 무인 FA의 실험을 위해서는 온라인 제어방법에는 한계점이 있으므로 이의 해결을 위해서 오프라인 제어 동적시뮬레이터에 대한 연구가 수행 되었다. 그리고 제안된 오프라인 제어 시뮬레이터의 성능시험은 로봇에 대한 정기구학, 역기구학 해석 데이터를 프로그램에 연결하여 로봇의 동역학적 특성을 프로그램에서 모의실험을 통하여 그 성능을 예증 하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) Kang, S. G., Son, K., Choi, H. J., "Path Optimization Using an Genetic Algorithm for Robots in Off-Line Programming," Journal of the KSPE, Vol. 19, No. 10, pp. 66-76, 2002.
- (2) Wittenberg, G., "Developments in Offline Programming : An Overview," Industrial Robot, Vol. 22, No. 3, pp. 21-23, 1995.

무인FA를 위한 다관절 로봇의 고정밀도 동작제어에 관한 연구

김희진¹, 정양근²

부산인력개발원¹, ㈜신라정보기술²

1. 서 론

갠트리 로봇을 사용하는 기계들의 가장 큰 목적은 제조된 제품의 생산성과 품질을 높이는 것이다. 이를 위해 정착시간(settling time)을 최소화 하면서 로봇 헤드(head)의 위치를 고속으로 원하는 위치까지 정밀하게 이동시키는 작업이 필수적이다. 하지만 갠트리 로봇의 고속화에 가장 큰 문제점은 이송 프레임을 고속으로 운동할 경우 큰 관성으로 인해 헤드에 원치 않는 진동(vibration)이 발생하는 것이다.

고속 이송 시 잔류 진동 문제는 위치 제어기에서 기준 입력으로 사용하는 위치 프로파일(profile)과 밀접한 관련이 있다. 보통 제어기에서 기준 위치 입력으로써 사다리꼴 속도 프로파일[4]을 쓰게 되는데 이 프로파일의 불연속점들로 인해 큰 저크(jerk)를 가지게 되어 잔류 진동을 증가 시킨다. 여기서 저크란 가속도라고도 하며, 가속도의 시간에 대한 미분값으로 정의된다. 따라서 잔류 진동을 줄이기 위해 불연속점이 없는 부드러운 속도 프로파일을 사용하는 것이 바람직하다.

2. 로봇의 고차 모션 프로파일 분석

그림 1은 고차 모션 프로파일을 적용한 실험 장치의 3D모델링과 실험사진을 나타낸다. 한 개의 모터로 y축을 구동하는 단일 서보 방식의 경우 x축 방향으로의 외팔보 구조로 인한 진동이 발생한다는 것은 제어기가 포함된 이송프레임의 강성이 작음을 의미한다. 이와 반대로 두 개의 모터로 구동하는 듀얼 서보의 경우 외팔보 구조로 인한 진동 변형을 외팔보의 양 끝을 제어함으로서 진동이 감소한다는 말은 제어기가 포함된 이송프레임의 강성이 증가 하였다고 볼 수 있다. 따라서 회전형 dual-servo gantry 구조는 y축 구동기 1개를 사용하는 것보다 x축 방향의 이송프레임 강성을 증가시킴으로써 고속으로 이송할 경우 발생하는 잔류진동을 감소시킬 수 있는 구조이다. 긴 x축 방향의 이송프레임을 이송시키기 위해 y축에 2개의 구동기를 사용하였다. 이는 y축 구동기 1개를 사용하는 것보다 x축 방향의 이송프레임 강성을 증가시킴으로서 고속으로 이송할 경우 발생하는 잔류 진동을 감소시킬 수 있는 장점이 있다. X축 이송 프레임이 Y축으로 이송 시 두 Y축 구동기의 위치 동기가 정확하게 맞지 않는다면 X축 이송프레임의 비틀림 토크가 Y축 구동기에 서로 외란으로 작용하는 커플링 효과가 발생하게 된다. 이러한 커플링 효과를 제거하기 위해 본 연구에서는 Z축을 중심으로 X축 방향의 이송 프레임이 회전 하도록 설계하였다.

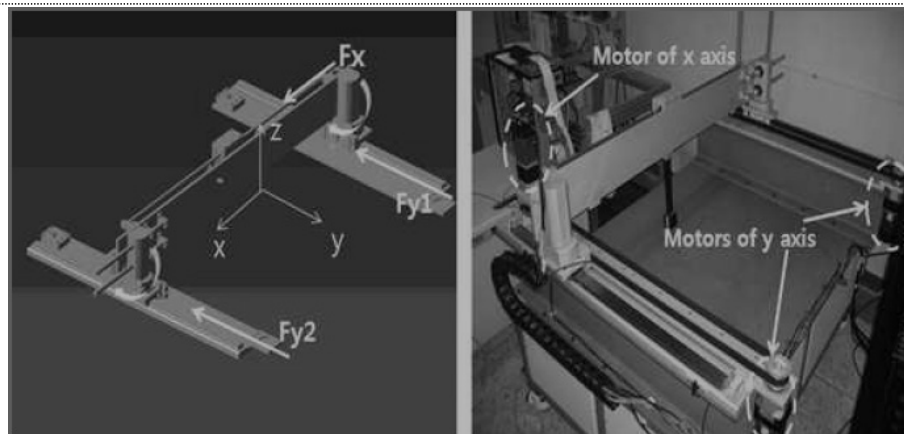


Fig. 1. 3D model and experimental setup.

3. 실험

그림 11(a)는 이송시간이 0.03sec인 경우 그리고 그림 11(b)는 이송시간이 0.1sec인 경우에 대해, 앞섬 필터를 사용하지 않은 경우와 영-차수 급수 근사화 기법을 사용한 경우 위치 응답을 각각 나타낸다. 그림 11에서 이송시간이 0.03sec와 0.1sec인 경우 모두 앞섬 필터를 사용한 경우 추종 오차가 감소한 것을 알 수 있다. 하지만 이송시간이 0.03sec인 경우 앞섬 필터를 사용한 응답은 사용하지 않은 경우 보다 오버슈트(over shoot)가 크다는 것을 알 수 있다. 이는 이송시간이 짧을수록 위치 프로파일에 고주파 성분이 증가하게 된다. 이 고주파 성분들이 앞섬 필터의 고주파수 영역을 가진 시켜 오버슈트를 증가시키기 때문이다. 짧은 이송시간에서 오버슈트를 줄이기 위해서는 샘플링 주파수를 증가시키고, 규명된 플랜트의 차수를 높게 근사화 시켜 전체 폐-루프 시스템의 이득이 1인 주파수 영역을 넓게 함으로써 가능할 수 있다.

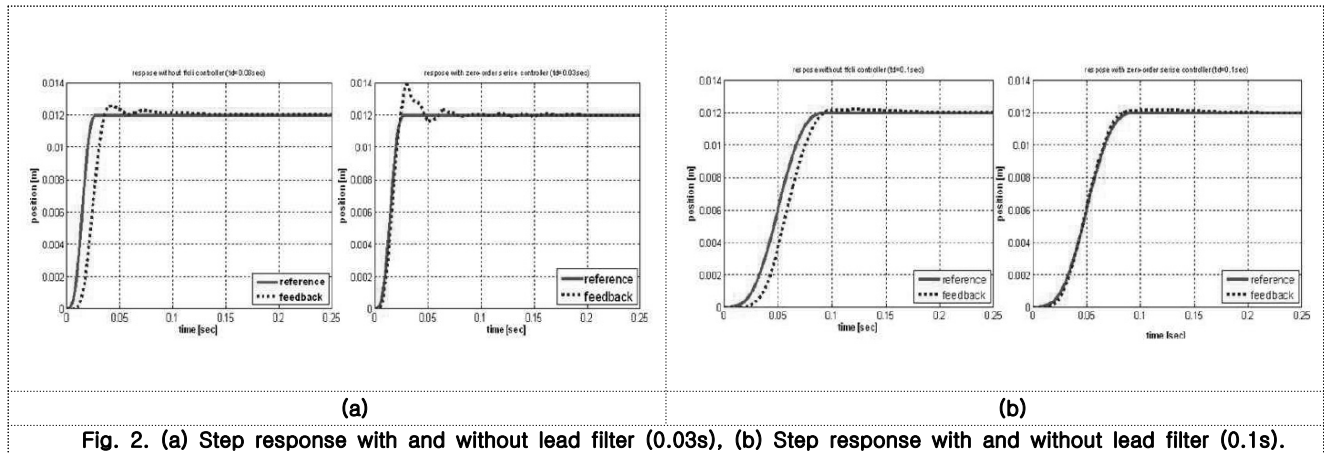


Fig. 2. (a) Step response with and without lead filter (0.03s), (b) Step response with and without lead filter (0.1s).

4. 결 론

본 논문에서는 갠트리 이송 로봇의 이송거리 적용 대상에 따른 구동기 선정 기준을 제시하였다. 그리고 고차 위치프로일과 사다리꼴의 가진 대역을 비교 분석하였고 잔류 진동 저감을 위한 이송 프레임의 강성 설계 기준을 제시하였다. 마지막으로 시스템 규명을 통하여 앞섬 필터를 사용하여 출력의 시간지연을 감소시킬 수 있었다. 이러한 시간지연 감소는 추종오차와 정착시간을 감소시켰고, 시스템 규명을 통해 전체 시스템(모터, 모터 드라이브 포함)을 최적으로 모델링하여 제어를 설계하면 원하는 성능과 안정성을 보장받을 수 있음을 확인하였다. 3가지 앞섬 필터를 추종오차, 정착시간 필터 치수에 대해 종합적으로 고려하였을 때 영 차수 급수 필터가 최적인 것을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- 1) J. H. Kim, Control of Linear Motor by using the DSP, Dongil, 2003.

동기각 기준회전좌표변환을 이용한 연계형 발전시스템의 연계시점 검출법

박성준¹, 이정환², 임상길², 양지훈², 레동부², 박성미³
전남대학교¹, (주)지엔이피에스², 한국승강기대³

Connected Point Detection Method of Connected Mode Generation System using Synchronous Angle Rotation Coordinate Transformation

Sung-Jun Park¹, Jung-hwan Lee², Sang-kil Lim², Ji-Hoon Yang², Le Tuan-Vu², Seong-Mi Park³
Chonnam National University¹, G&EPS², Korea Lift College³

Abstract

At present, the UPS system using generator is developed and marketed by some companies, such as ATS(Automatic Transfer Switch), CTTS(Closed Transition Transfer Switch), Parallel connection, etc. However, the reliability is not verified, so most of them are equipped with foreign products. In such ATS, CTTS, and Parallel connection, it is very important to detect the connected point where the voltage frequency of the generator matches the voltage frequency of the system. In this paper, we propose a new generator connected point detection algorithm based on synchronous angle reference rotation transformation. We also performed a Psim simulation to verify the validity of the proposed method.

1. 서 론

현재, 국내에는 발전기를 사용한 무정전 시스템으로 ATS(Automatic Transfer Switch), CTTS(Closed Transition Transfer Switch), Parallel 연계 등 제어보드는 일부 회사에서 개발 시판되고 있으나, 신뢰성이 검증되지 않아 국외 제품을 장착하여 사용하는 경우가 대부분이다. 이러한 ATS, CTTS, Parallel 연계에서 발전기의 전압 주파수를 계통의 전압주파수와 일치하는 연계시점 검출이 상당히 중요하다. 본 논문에서는 동기각 기준회전좌표변환에 의한 새로운 발전기 연계시점 검출알고리즘을 제안한다. 또한 제안된 방식의 타당성 검증을 위해 Psim 시뮬레이션을 행하였다.

2. 본 론

2.1 비상발전기를 이용한 무정전 시스템

대표적인 비상발전기를 이용한 무정전 시스템의 주 동작은 CTTS를 이용하여 계통전원과 발전기 전원을 절제 한다. 이러한 경우 절제 시 돌입전류로 인하여 연계시간을 최소화 하여야 한다.

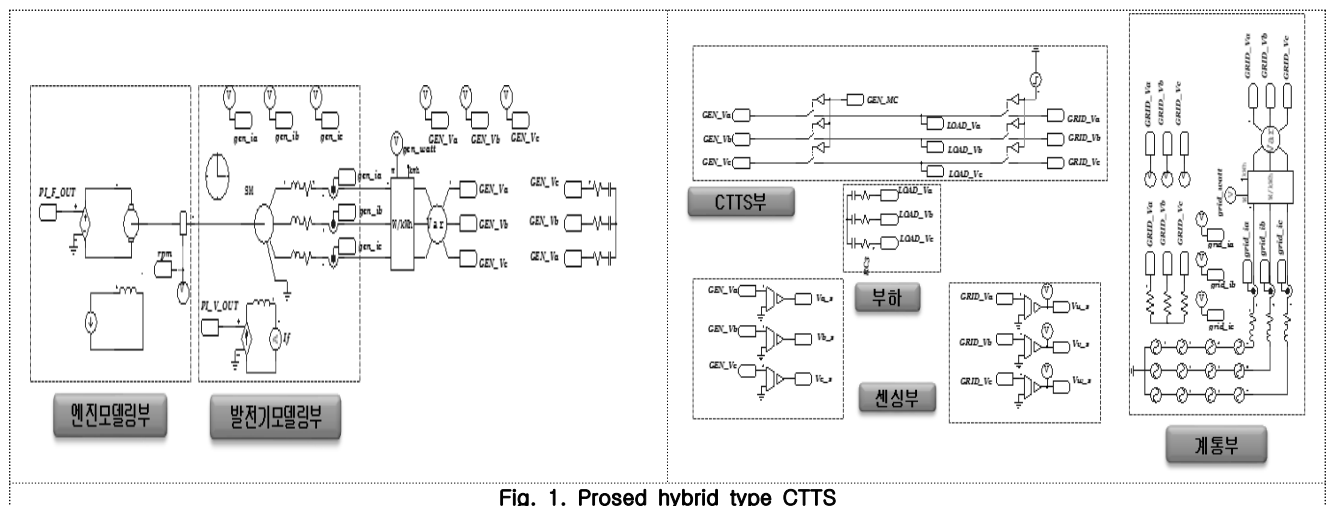


Fig. 1. Proposed hybrid type CTTS

본 논문에서는 그림1과 같이 동기각 기준 회전좌표변환에 발전기전압의 가상 dq축 전압에 의한 연계시점 검출하는 시스템을 제안한다. 제안된 CTTS 기능은 절체기를 사용하지 않고 기존 MC에 의해 절환하는 하이브리드 타입의 새로운 개념의 HCTTS를 제안하였다. 제안된 방식은 계통 각을 기준으로 가상의 발전기 전압의 회전좌표계 d축 전압을 영(zero)이고 q축 전압이 계통전압과 동인한 순간을 검출한다. 이 순간이 검출되면 계통전압과 발전기 전압의 위상 및 크기를 같은 지점인 연계시점으로 사용하는 새로운 절체 시점 검출 기법이다.

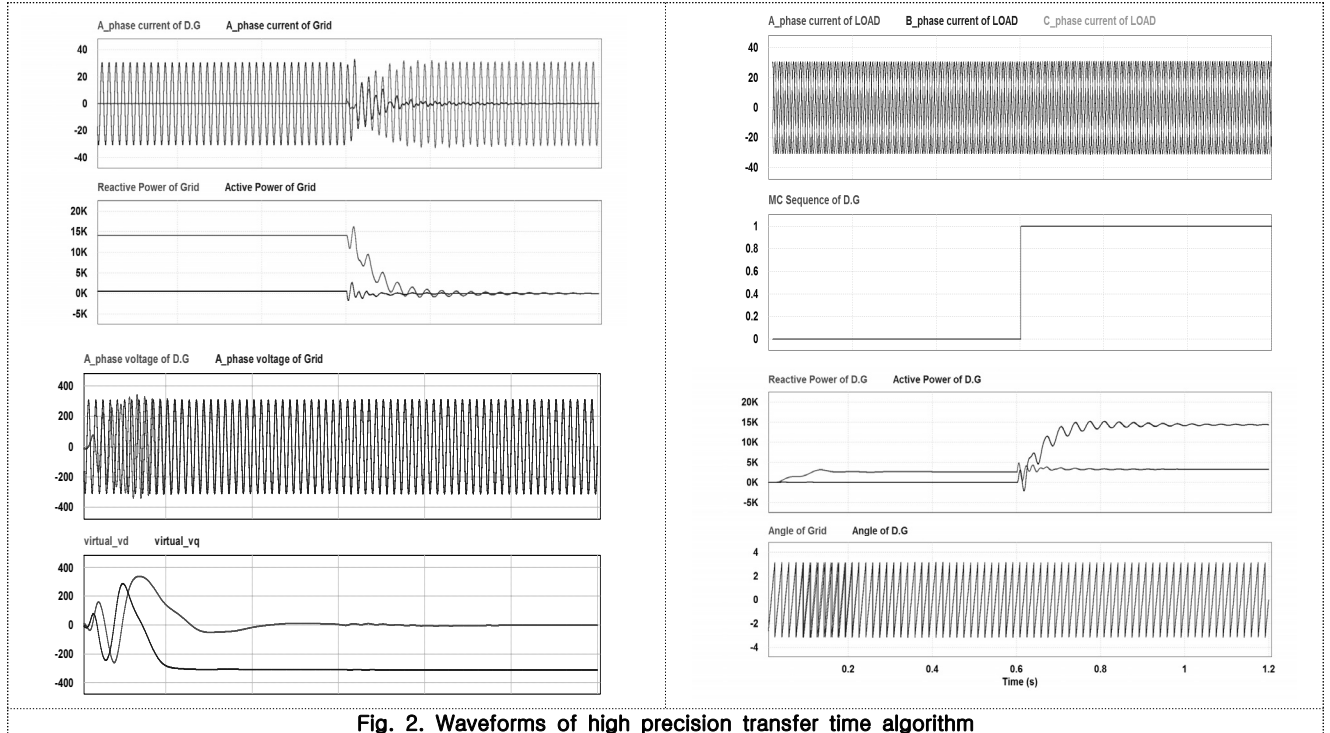


Fig. 2. Waveforms of high precision transfer time algorithm

그림 2는 발전기 전압 가상 회전좌표에 의한 고정도 절환 시점 검출 특성을 분석하기 위한 시뮬레이션 결과이다. 본 시뮬레이션에서는 실제발전기 발전기시스템의 시정수를 10배 빠르게하여 시뮬레이션을 행하는 시간을 단축시켰다. 그림에서 보는데와 같이 디젤발전기 기동과 동시에 가상 회전좌표로 변환된 가상 d-축 전압은 영으로 제어되고, q-축 전압은 계통전압 피크치인 310[V]로 제어함으로 발전기 축 전압과 주파수를 계통 축 전압과 주파수를 일치시킨다. 안정된 연계조건을 만족시킨 약 0.6초에서 디젤발전기 축 CTTS MC가 온하여 계통과 연계된다. 연계되는 순간 CTTS의 디젤발전기 축 전류는 영에서 시작하여 점차적으로 증대됨을 알 수 있다. 이때 디젤발전기 축 유효전력 및 무효전력은 계통 축 유효전력 및 무효전력이 영이 되도록 제어를 행하여 부하전력 전체량을 발전기 축에서 공급한다. 이때 전력제어기는 전향제어를 구성하지 않은 상태로 오실레이션을 하면서 제어됨을 알 수 있다.

3. 결 론

본 연구는 발전기를 사용한 무정전 시스템에서 연계시점 검출을 위해 동기각 기준회전좌표변환에 의한 새로운 발전기 연계시점 검출알고리즘을 제안하였다. 그 결과 계통연계 시 돌입전류가 거의 나타나지 않는 안정된 절환을 확인 할 수 있었다.

사 사

본 연구는 중소기업청의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (중소기업기술개발지원사업, No.S2455166)

[참 고 문 헌]

- 1) G.Hua,X.Yang,Y.Jiang,and F.C.Lee,"Novelzero-current-transition PWM converters",IEEE Trans.on Powerelectronics.Vol.09,No.06,pp. 601-606,1994,Nov.

영전력 절환용 CTTS 시스템 구성에 관한연구

선호연¹, 김종철¹, 이정환², 임상길², 박성준¹
전남대학교¹, 지엔이피에스²

A Study on the Configuration of CTTS System for Zero Power Switching

Ho-Yun Seon¹, Jong-Cheul Kim¹, Jung-Hwan Lee², Sang-Kil Lim², Sung-Jun Park¹
Chonnam National University¹, G&EPS²

Abstract

When the CTTS(Closed Transition Transfer Switch) system for uninterruptible switching using an emergency generator is constructed, the breaker arc increases in proportion to the load during switching. In order to overcome the shortening of the CCTS lifetime due to such arc generation, a condenser parallel type circuit breaker system is constituted, but this causes arc generation at the time of input. Therefore, in this paper, we propose a new method to control the ineffective power of the system by zero control. We also performed a Psim simulation to verify the validity of the proposed method.

1. 서 론

비상용발전기를 이용한 무정전 절환용 CTTS(Closed Transition Transfer Switch) 시스템을 구성할 경우 절환시 차단기 아크가 부하에 비례하여 증가한다. 이러한 아크발생으로 인한 CTTS 수명단축을 극복하기 위해 콘덴서 병렬형 차단기 방식을 구성하나 이는 투입 시 아크발생의 원인이 되고 있다. 따라서 본 논문에서는 계통의 유무효 전력을 영으로 제어하여 차단하는 새로운 방식을 제안한다. 또한 제안된 방식의 타당성 검증을 위해 Psim 시뮬레이션을 행하였다.

2. 본 론

2.1 영전력 전환이 가능한 새로운 CTTS 시스템

CTTS는 기본적으로 부하를 기준으로 하여 발전기 측과 계통 측에 고속 차단시간을 구비한 MC가 장착되는 구조를 갖고 있다. 이러한 시스템에서 평상시에는 계통측 MC에 의해 전력을 공급받으나, 예비정전시간 이전에 발전기를 가동하여 가바너와 AVR 제어에 의해 발전기 전압을 계통전압과 위상과 크기를 일치시켜 절환을 행하게 된다. 이때 무정전을 위해 계통측 MC와 발전기 측 MC가 동시에 온(On)되는 짧은 시

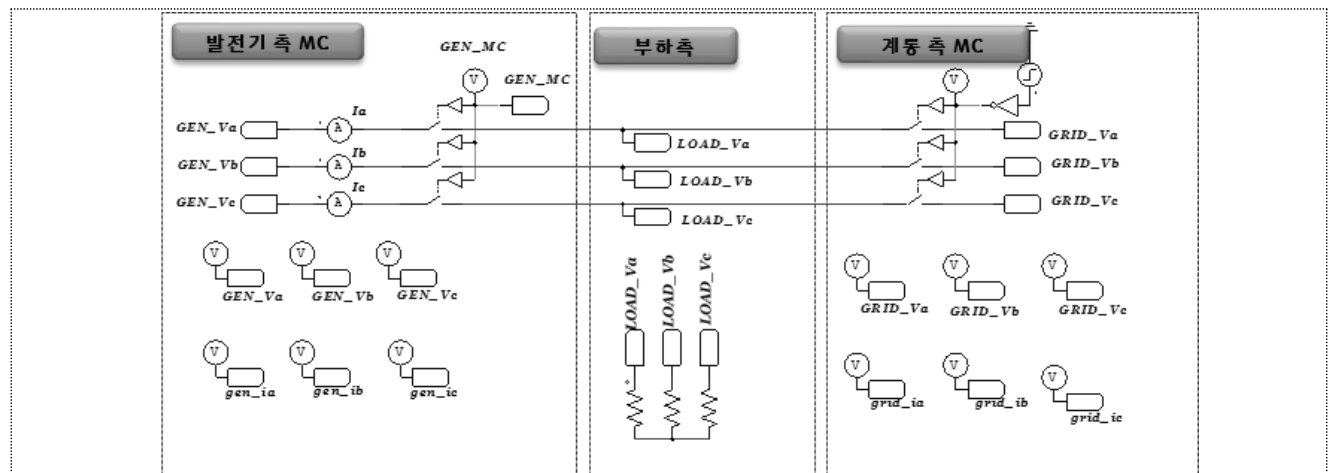


Fig. 1. The basic structure of CTTS

간 동안 계통 측과 발전기 측 양쪽에서 부하 전력을 공급하게 된다. 이후 계통 측 MC를 차단하게 된다. 이때 계통 측에서 공급되는 전력이 순시적으로 차단됨으로 차단 시 아크가 발생하게 되고 발전기 측 전원 공급에도 악영향을 초래하게 된다. 또한 차단기의 아크발생은 차단기의 수명을 현저히 감소시켜 CTTS의 유지보수비에 대한 부담이 증가하고 있다. 본 논문에서는 연계 시 고정도의 연계시점을 검출하여 발전기 측이나 계통 측의 연계 시 연계전류가 영 전력이 되도록 하고 분리 시 분리 측 전력을 영(zero)로 제어한 후 분리함으로 분리 시 차단기 아크를 제거할 수 있는 절환 방식을 제안한다.

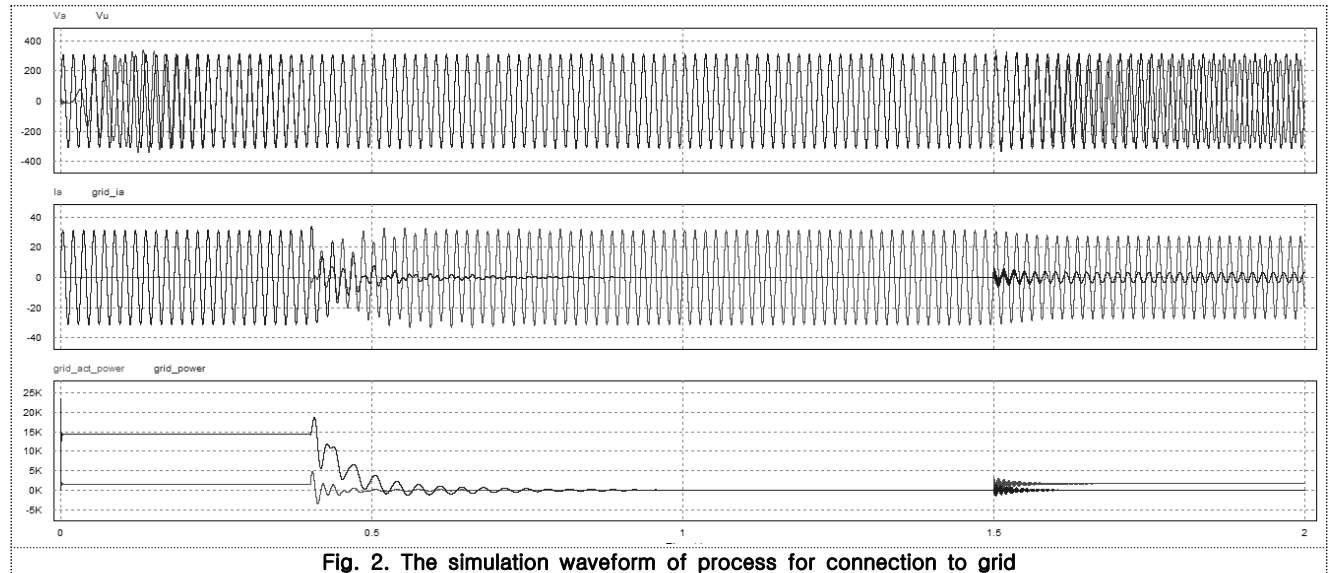


Fig. 2. The simulation waveform of process for connection to grid

발전기 연계 이전(약 0.4초)에 발전기의 전압이 그리드 전압의 위상·크기·주파수를 추적하여 동일한 파형을 띄게 되면, 발전기 측 MC가 온(On)되어 발전기가 계통 측으로 연계된다. 발전기 연계 이후, 발전기 측의 전압은 계통 측의 전압과 동일하게 유지되며, 발전기 전류의 증가와 계통 전류의 감소가 동시에 점진적으로 발생하여, 발전기에서 발생한 전력이 계통 측 전력을 완전히 대체하게 된다. 그 이후 계통 측의 MC가 오프(Off)가 되어(약 1.5초) 안정적인 전력절환이 되는 것을 위 시뮬레이션 파형으로 확인 할 수 있다.

3. 결 론

본 연구는 CTTS시스템 안에서 그리드로 부터 전력공급 받는 중에 이 전력공급을 발전기로 절환 할 때 에, 계통의 유무효 전력을 영으로 제어하여 차단하는 방식을 제안하였다. 제안된 방식에 의해 절환 중의 아크가 줄어, CTTS시스템 혹은 발전기가 받는 손상을 현저하게 줄여 개선된 안정성을 확보 할 것이라 사료되며, 이를 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

사 사

본 연구는 중소기업청의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (중소기업기술개발지원사업, No.S2455166)

[참 고 문 헌]

- 1) A. R. Cooper, D. J. Morrow, and K. D. R. Chambers "Development of a Diesel Generating Set model for Large Voltage and Frequency Transients", Power and Energy Society General Meeting, 1944-9925 ,2010 IEEE
- 2) 레동부 외, “발전기 계통연계를 위한 싱크로나이즈 시스템개발”, 전력전자학회 하계학술대회, pp. 467-468, 2017.07

역기전력 적분을 이용한 BLDC 전동기의 대칭 센서리스 제어 기법 연구

박진욱¹, 황명환², 김동현², 양승진², 박성미³, 박성준¹
전남대학교¹, 한국생산기술연구원², 한국승강기대³

Study on Symmetrical Sensorless Control of BLDC Motor Using Back-emf Integration

Jin-Wook Park¹, Myeong-hwan Hwang², Dong-hyeon Kim², Seung-Jin Yang², Seong-Mi Park³,
Sung-Jun Park¹

Chonnam National University¹, Korea Institute of Industrial Technology², Korea Lift College³

Abstract

This paper proposes a new sensorless control method for counter electromotive force in the non-conducting periods on both sides of the conducting periods of BLDC motors driven in the 120° conduction mode. The proposed sensorless control method integrates back-emf in the non-conducting periods and adjusts the switching angle to control the values. The proposed method was able to realize sensorless strongly resistant to noise by realizing sensorless based on integrating back-emf.

1. 서 론

현대 사회에서 전동기는 드론 산업, 자동차 산업, 우주산업 의료기기 공장자동화 실험 실습 설비뿐만 아니라 일반 사무용품 가정용기기 등에 폭 넓게 적용되고 있다. 특히 BLDC 전동기의 경우 브러쉬가 없어 브러쉬의 마모로 인한 보수가 필요 없고 부피 대 토크 특성이 좋고 고효율과 긴 동작 수명, 저소음, 고속화에 유리하기 때문에 소형전동기나 드라이버가 필요한 로봇 및 드론 산업에서 사용이 증가되는 추세에 있다[1]. BLDC 모터는 일반적으로 회전자의 위치를 검출하려 회전을 한다. 따라서 이러한 회전자의 위치를 알기 위한 센서가 필요하다. 하지만 센서의 비용, 신뢰성, 기계적인 장착등의 문제로 인하여 위치 센서가 없이 전동기를 구동하여 한다[2]. 본 논문에서는 120° 도통형으로 구동되는 BLDC에서 도통구간 양쪽에 존재하는 비 도통 구간의 역기전력 적분값을 제어하는 새로운 센서리스 기법을 제안한다. 제안된 센서리스 제어기법은 비 도통 구간에 나타나는 역기전력을 적분하고, 그 값들을 제어 할 수 있도록 절환 각을 조절하는 방식이다. 제안하는 방식은 역기전력 적분을 기초로 하여 센서리스를 구현함으로 노이즈에 강인한 센서리스를 구현할 수 있다.

2. 본 론

2.1 제안된 센서리스 기법

일반적인 회전자 위치검출방법으로는 첫 번째, 역기력이 Zero가 되는 지점에서 회전자 위치를 검출한다. 하지만 상 전압에서 회전자의 위치를 취하는 방식은 30° 위상차가 존재하며, 이를 보상할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 두 번째 가중성점 설정 방법은 전동기가 Y결선 구조로 중성점 선이 외부에 노출되어 있는 경우에 쉽게 계측이 가능하다. 그러나 전동기의 대부분이 중성점을 외부로 인출하지 않으므로 가상의 중성점 또는 기준전원을 설정하여야 한다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 2상 여자방식 시 스위칭 하지 않는 한상의 역기전력을 적분하여 제어하는 새로운 센서리스 알고리즘 방법을 제시한다. 또한 이 방식은 역기전력 적분을 기초로 하기 때문에 노이즈에 강하다.

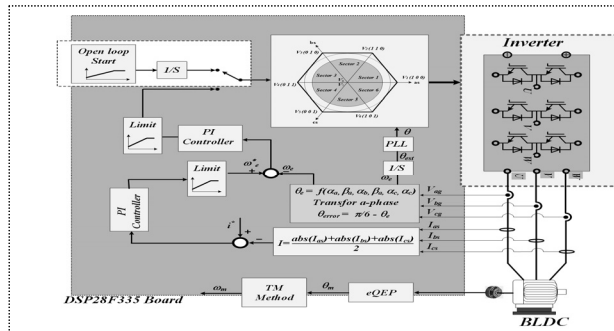


Fig. 1. Control Block Diagram

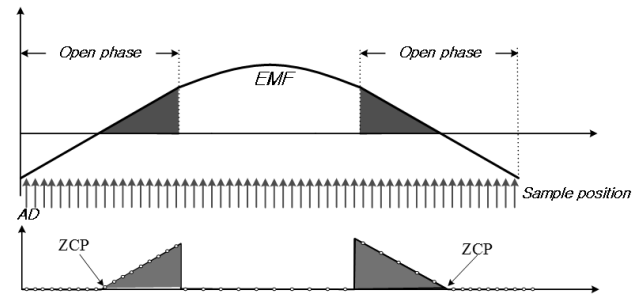


Fig. 2. Back EMF Measurement and ZCP

그림 1은 시스템의 전체 블록도 이다. 그림 2는 보는 봐와 같이 앞단과 뒷단에 플로팅(Floating)되는 구간이 발생하면 구간의 시작과 끝 지점이 역기전력의 ZCP가 된다. 비 도통구간의 극전압은 다른 상의 PWM에 의해 역기전력이 중첩된다. 따라서 이러한 영향을 제거하기 위해서는 PWM의 중간 부분에서 샘플링 하여야 한다. 그림 2(b)에서 보는 봐와 같이 역기전력의 최대치를 기준으로 대칭적으로 나타남을 알 수 있다. 만약 BLDC의 위상이 변위가 발생한다면, 계측된 역기전력도 대칭을 이룰 수 없다. 따라서 역기전력의 대칭성만 유지할 수 있도록 제어 한다면 안정적인 센서리스가 가능할 것이다.

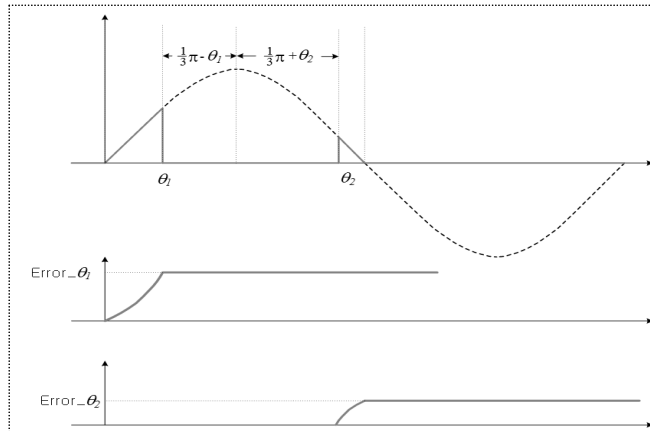


Fig. 4. Back-EMF integrated value waveforms due to phase shift

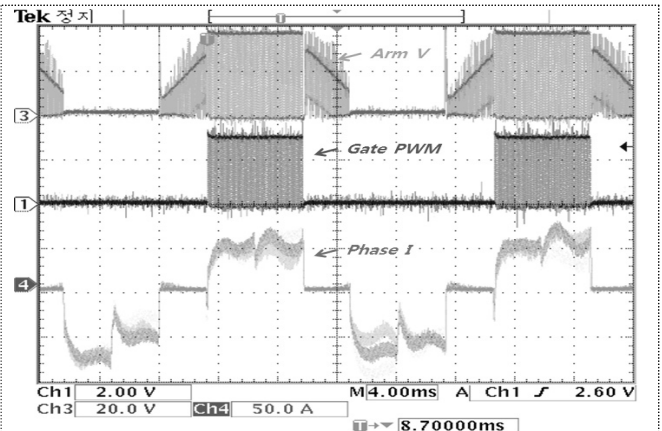


Fig. 5. Arm voltage and phase current waveforms

따라서 역기전력의 절환 오차를 계산하여 위치오차를 보상하고 위상천위에 대한 벡터 발생 정보로 사용된다. 절환 벡터의 절환 시점을 카운팅 한 값에 의해 전동기의 속도정보를 구하고 안정화되면 지령속도와 추정속도 정보에 의해 전류제어기를 통하여 벡터의 전압을 제어한다. 그림 3은 센서리스 제어 시 위상천위가 발생했을 경우, 검출된 암 전압 및 비 여자구간의 적분 값을 나타내고 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 2상 여자 제어시 스위칭 하지 않는 구간의 역기전력을 적분하여, 회전자의 위치를 검출하는 새로운 센서리스 방법을 제시하였다. 제안된 방법은 역기전력 적분을 기초로 하여 센서리스를 구현하였다. 또한 위상천위에 대해 조절이 가능하므로 다양한 제어가 가능하며, 노이즈에도 강한 것을 실험을 통해 확인하였다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업육성(R&D) 기술개발사업으로 수행된 연구 결과입니다.

[참 고 문 헌]

- 1) 허남익, BLDC 전동기의 전류리플 감소를 위한 PWM기법, 2013.
- 2) 김진용, ADC를 이용한 고성능 센서리스 BLDC 모터 구동 IC설계에 관한 연구, 2013
- 3) J.R. Hendershot Jr. and THE Miller, Design of Brushless Permanent-Magnet Motors , Oxford, 1994

저가형 전압 제어 칩을 이용한 태양광 가로등 전류 제어기에 관한 연구

정다움¹, 안영태², 박성미³, 박성준¹
 전남대학교¹, 나우웍스², 한국승강기대³

A Study on Current Controller of Solar Street Lights using Low Cost Voltage Control Chip

Da Woom Jeong¹, Young Tae Ahn², Seong Mi Park³, Sung Jun Park¹
 Chonnam National University¹, Now Works², Korea Lift College³

Abstract

Recently, as the use of new and renewable energy has increased, the use of solar cells and LEDs has been rapidly increasing in street lights. In order to vitalize the solar street lights industry, it is essential to develop low-cost solar charger and LED controller. Therefore, in this paper, we propose a topology for solar street light current controller using low voltage control chip for solar charge and LED control. We also verify the validity of the proposed solar streetlight system.

1. 서 론

최근 신재생 에너지 사용이 부각되면서, 가로등 분야에서도 태양광 LED 소비가 급격히 증가하고 있는 추세이다. 태양광 가로등 산업의 활성화를 위해서는, 저가형의 태양광 충전기 설계 및 LED 제어기 개발이 필수적으로 요구된다. 따라서 본 논문에서는 태양광 충전 및 LED 제어를 위하여, 저가형 전압 제어 소자를 이용한 태양광 가로등의 전류 제어기 설계에 대한 토폴로지를 제안한다. 또한 제안하는 방식을 토대로 태양광 가로등 시스템을 구성하여 그 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 저가형 소자를 이용한 태양광 가로등 시스템

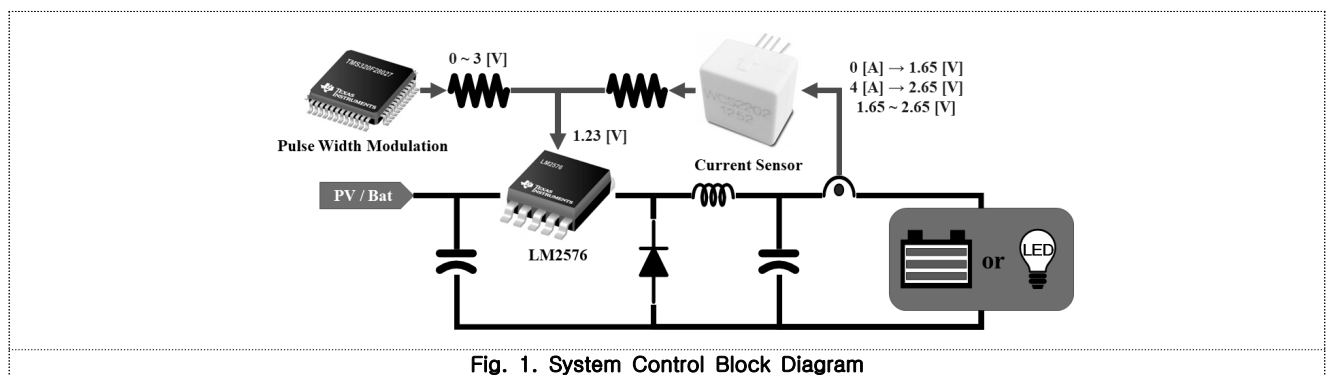


Fig. 1. System Control Block Diagram

통상적으로 Battery 및 LED 부하의 경우, 정 전류 제어 방식을 통하여 부하의 특성을 가변 시킨다. 이를 위해서는 전류 제어 회로가 추가적으로 구성되어야 하는데, 본 논문에서는 저가형 소자인 LM2576을 사용하여 제어 회로를 구성하였다. 하지만 LM2576의 경우 전압 제어를 위한 소자로써, 이를 Modify하여 전류 제어를 위한 시스템으로 구성 할 필요가 있다. Fig. 1.은 전체적인 시스템 제어 블록도 및 LM2576을 이용하여 부하 전류를 제어하는 회로이다. 전체적인 제어 흐름을 살펴보면, Solar Panel로부터 공급된 전원을 두 개의 Buck Converter로 병렬 제어하여 Battery를 충전시키고, 충전된 전원을 LED 정격에 맞게 단일 Buck Converter로부터 가변한 후 LED를 구동하는 시스템이다.

다음으로 Battery 및 LED 전류 제어 회로의 경우, Buck Converter의 출력 전류를 Sensing하여, 0 [A]일 때 1.65 [V], 4 [A]일 때 2.65 [V]의 범위를 가지는 Current Sensor에 인가한다. 그 후 Current Sensor의 출력이 LM2576의 Feed Back(FB) 단자에 인가되는 형태이다. 이때 LM2576의 FB 단자는 최대 허용 전압인 1.23 [V] 이내를 유지하여야 하므로, 상황에 따라 Buck Converter의 출력 전류가 가변되더라도, PWM(Pulse Width Modulation)을 이용한 Duty 비 조절을 통하여 1.23 [V]를 유지 할 수 있다. 이를 통해 본 논문에서는 Battery 및 LED 부하로부터 정 전류 제어가 가능한 저가형 시스템을 구성하였다.



Fig. 2. The Front of Solar Street Light Module



Fig. 3. The Rear of Solar Street Light Module

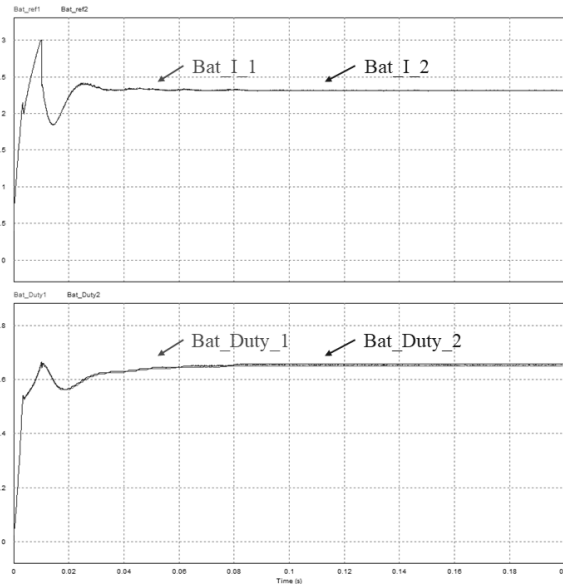


Fig. 4. Constant Current Control by Duty Variable (Battery)

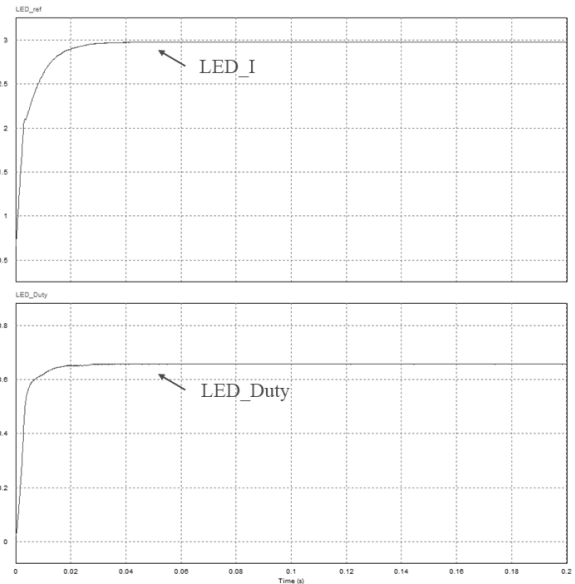


Fig. 5. Constant Current Control by Duty Variable (LED)

3. 결 론

본 논문에서는 Battery 및 LED 제어를 위한 구동 전류 드라이버를 따로 구성하지 않고, 저가형 소자인 LM2576을 사용하여 제어 회로를 구성하였다. 또한 제안하는 방식으로 태양광 가로등 시스템을 구성하여 그 타당성을 검증하였다.

사 사

본 연구는 중소기업청의 기술혁신개발사업의 일환으로 수행하였음.

[S2515720 , 근거리 점검 및 보행자 감지 제어 기술을 융합한 제어박스 일체형 태양광LED보안등 개발]

[참 고 문 헌]

- 1) 김광현, 임상길, 이정환, 박성미, 박성준, 주홍주, “모듈과 LED 전압 공유를 이용한 태양광 가로등 시스템”, 조명·전기설비학회논문지, 31(4), pp. 1-8, 2017.4.

보행로봇의 작업동작 반복학습제어 구현에 관한 연구

하연태¹
(주)미래기술연구소¹

A Study on Working motion Implementation Bipped Robot Based on Iterative Learning Control

Eun-Tae Ha¹
Future Technology Institute Co., Ltd¹

Abstract

In this paper, we propose a new learning control scheme for various walk motion control of biped robot with same learning-base by neural network. We show that learning control algorithm based on the neural network is significantly more attractive intelligent controller design than previous traditional forms of control systems. A multi layer back propagation neural network identification is simulated to obtain a dynamic model of biped robot. Once the neural network has learned, the other neural network control is designed for various trajectory tracking control with same learning-base.

The biped robots have been received increased attention due to several properties such as its human like mobility and the high-order dynamic equation. These properties enable the biped robots to perform the dangerous works instead of human beings. Thus, the stable walking control of the biped robots is a fundamentally hot issue and has been studied by many researchers. However, legged locomotion, it is difficult to control the biped robots. Besides, unlike the robot manipulator, the biped robot has an uncontrollable degree of freedom playing a dominant role for the stability of their locomotion in the biped robot dynamics. From the simulation and experiments the reliability of iterative learning control was illustrated.

1. 서 론

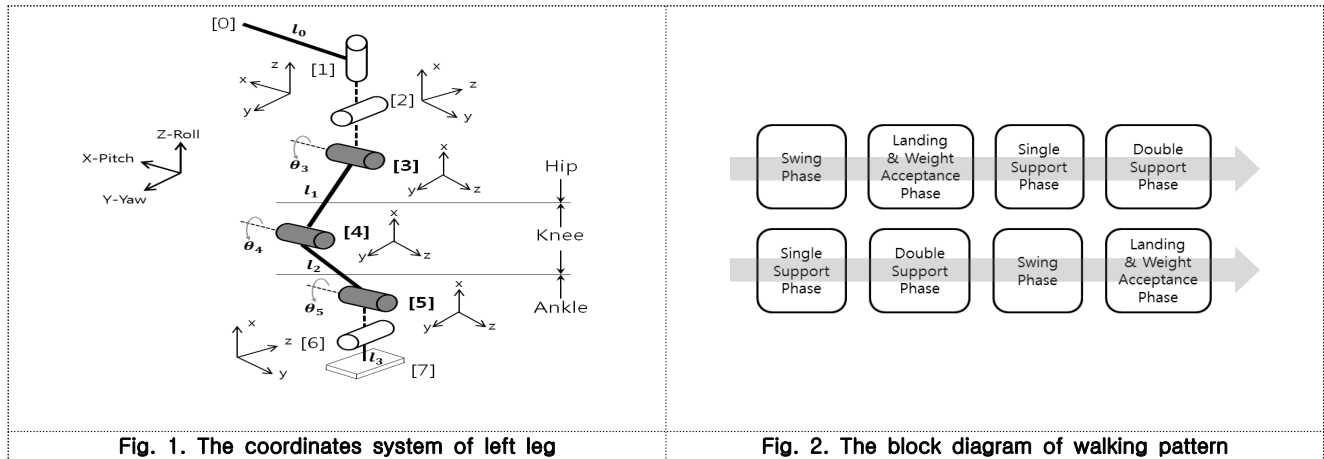
현대 산업 사회에서 날로 증대되는 이동로봇에 대한 필요성으로 인해, 다양한 형태의 이동로봇에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는데 그 중에서도 휴머노이드가 각광받고 있는 이유는 인간의 생활 환경에서 인간과 유사한 행동을 할 수 있는 기계를 만들어 단순반복작업과 위험스러운 작업 환경에서 인간의 역할을 대신하도록 함으로써, 인간의 생활을 보다 편리하게 하는데 있다. 휴머노이드는 계단이나 문턱과 같이 바퀴형 로봇이 이동하기 어려운 환경에서도 이동이 가능하며 인간과 유사한 보행이 가능하기 때문에 인간 생활 환경에 적용이 용이한 장점이 있다.

2. 본 론

로봇이 보행하는 보행 패턴을 구현하기 위해서는 로봇이 동작을 할 때 각 조인트의 각도 값을 구할 필요성이 있다. 각 조인트의 각도 값은 일반적인 6축 매니퓰레이터에 주로 적용되는 기구학(kinematics)을 그대로 적용할 수 있다. 로봇의 발바닥을 End-Effector로 놓고 골반의 중심을 기준 좌표의 원점으로 설정한 후 기구학을 이용하여 해석한다.

2.1 보행 주기 및 보행 패턴

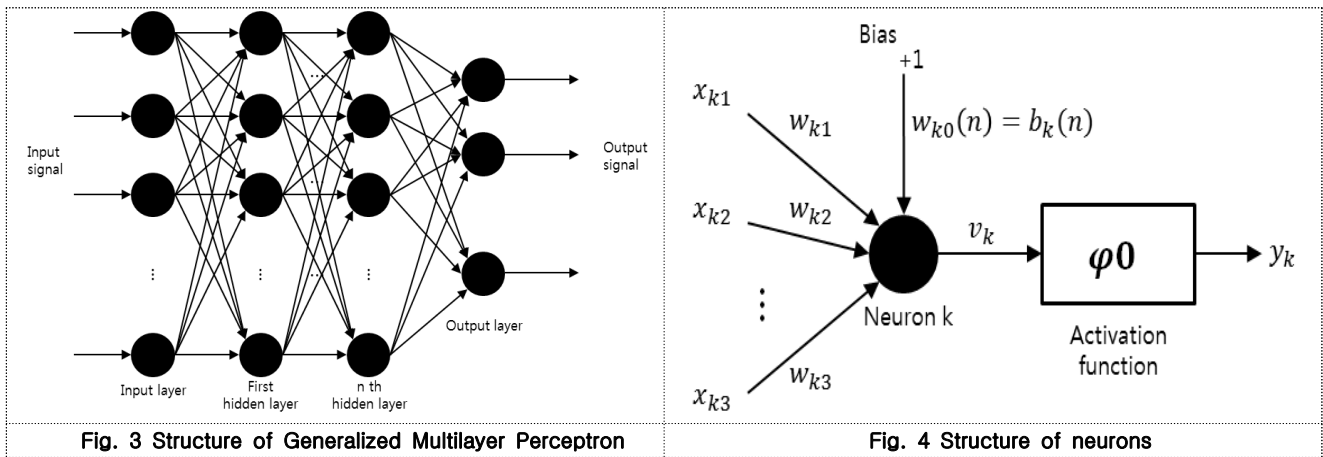
인간의 보행 패턴은 크게 3가지의 상태로 나눌 수 있는데 발꿈치 접촉 상태(heel contact phase), 발 디딤 상태(stance phase), 스윙 상태(swing phase)로 나누어진다. 그 중 발 디딤 상태는 하중 이동 상태(weight acceptance phase)와 단일 지지 상태(single support phase)로 다시 나누어지며, 하중 이동 상태는 다리가 지면과 닿기 시작하는 순간인 랜딩상태(Landing Phase)와 반대편 다리가 스윙 상태로 들어갈 때까지의 구간을 의미한다. 이 구간에서 접촉 힘을 흡수해야 할 뿐만 아니라, 로봇 전체의 하중을 점차적으로 받아들이야 한다. 단일 지지 상태에 해당되는 다리는 이중보행로봇의 전체 하중을 지탱하여야 하며 추종궤적에 따라 움직일 토크를 생성해야 한다. Fig. 2는 보행시 두 다리에서 나타나는 보행패턴을 시간의 흐름에 따라 표시한 것이다.



보행패턴은 기본적으로 세 가지 패턴으로 나뉘지는데, 처음 서있는 자세에서 걷기 시작하는 동작과 연속적으로 계속 걷는 동작, 그리고 마지막으로 다시 멈추는 동작이다. 각 패턴은 발을 옮기는 부분과 몸의 중심을 이동하는 부분으로 나뉘지고 이 두 부분은 완전히 분리되는 것이 아니라 어느 정도 겹쳐지는 시간이 많을수록 좀 더 빠른 걸음을 할 수 있게 된다. 하지만 중심이동이 발의 이동과 동시에 이루어질 경우, 로봇의 안정성이 떨어지게 되므로 두 가지 모두의 절충이 필요하다.

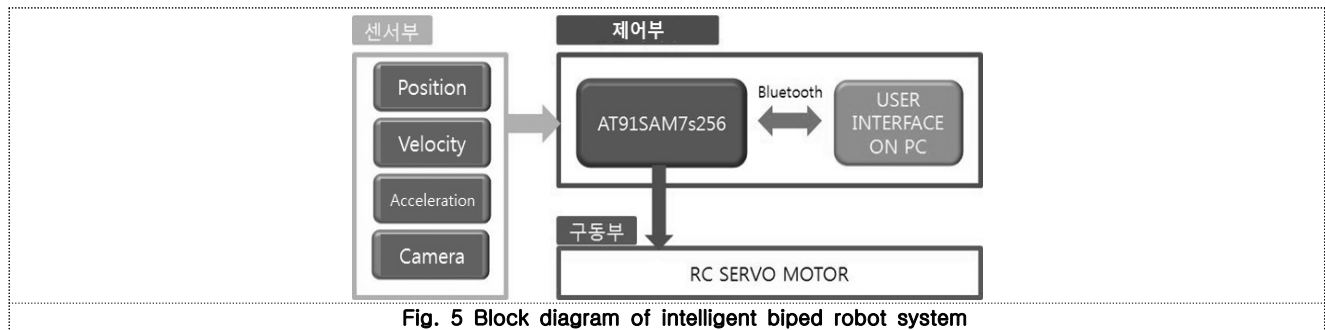
2.2 학습제어알고리즘 개발

Neural Network는 생물 신경계의 기본 단위인 Neuron을 모델화한 인공적인 신경망으로 복잡한 유형을 찾아주는 컴퓨터프로그램이며 대용량의 데이터로부터 예측 모델을 만들어주는 기계적 학습알고리즘이다. 신경회로망은 경험을 통해 학습하고 이러한 과정을 통해 얻어진 지식을 새로운 상황에 일반화시킬 수 있는 특성을 가지고 있다. 이족보행로봇은 그 동적인 특성이 복잡하며 안정도의 판별이 어렵다. 또한 기구적인 오차가 있을 경우 로봇의 특성이 매우 불확실해진다. 즉, 로봇의 안정도를 개선하기 위해 각 액츄에이터로 어떠한 입력을 넣어야 하는지를 결정하기 어렵다. 본 논문에서는 이러한 복잡하고 불확실한 특성을 갖는 이족 보행로봇을 제어하기 위해 신경회로망을 이용한다. 신경회로망을 이용할 경우 신경회로망 스스로 로봇의 특성을 학습하고 이를 바탕으로 액츄에이터로의 입력을 조정하여 안정도를 개선한다.



3. 로봇의 시스템 구조 설계

본 연구에 사용된 로봇의 시스템은 크게 3부분으로 나뉜다. 영상처리와 센싱을 담당하는 센서부와 모터를 동작시키는 구동부, 위치 추적을 위한 카메라 그리고 이 모든 것들을 처리하는 제어부가 있다. Fig. 5은 이족 보행 로봇의 전체 시스템 블록도이다.



4. 결 론

본 논문에서는 신경회로망 알고리즘을 사용하여 12자유도를 가지는 이족 보행 로봇의 보행 안정성을 높이고 보행 성능을 향상시키는 연구를 하였다. 제어 시스템들의 성능을 비교하여 비례-미분-적분 제어 시스템에 비해 신경회로망기반 학습제어 시스템의 우수성을 증명하였고, 학습제어알고리즘을 적용함으로써 같은 동작을 반복하는 횟수가 늘어남에 따라 오차가 적어짐을 실험을 통하여 그 신뢰성을 검증하였다. 제안된 신경회로망 제어 시스템의 성능은 PID 제어 시스템과 비교하여 결과를 고찰하였다.

본 연구를 통하여 학습의 범위를 보행 이외의 인간을 모방한 행위들로 확장할 수 있으며, 더 많은 연구와 시행착오를 통하여 산업현장에서 다양한 활동들을 학습하면서 성능을 키워나갈 수 있는 휴머노이드 로봇으로 발전될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Sylvain Miossec, Yannick Aoustin, "A Simplified Stability Study for a Biped Walk with Underactuated and Overactuated Phases," the International Journal of Robotics Reserch, vol 24, no. 7, pp. 537-551, 2005.
- [2] Tang, Z., Zhou, C. and Sun, Z., "Trajectory Planning for Smooth Transition of a Biped Robot," Proc Int. conf. on Robotics & Automation, pp. 2455-2460, 2003.
- [3] Bebek, O, Erbatur, K, "A Gait Adaptation Scheme for Biped Walking Robots," AMC '04. The 8th IEEE International Workshop on 25-28, pp.409-414, March 2004.
- [4] J. Park and Y. Youm, "General ZMP Preview Control for Bipedal Walking," in Proc. of IEEE Int. conf. on Robotics and Automation, pp. 2682-2687, 2007
- [5] T. Sato and K. Ohnishi, "ZMP Disturbance Observer for Walking Stabilization of Biped Robot," in Proc. of IEEE Int. Workshop on Advanced Motion Control, pp.290-295, 2008

이동 로봇의 제조공정라인의 작업 궤적추적 제어에 관한 연구

엄재홍¹, 김성현², 김승준², 김영목²
 (주)성동조선¹, 경남대학교 기계공학부²

1. 서론

본 연구에서는 최단 거리 경로계획을 목표로 하여 로드맵 방식 기반의 경로계획방법을 제안한다. 경로의 생성방법은 적은 계산 시간이 소요되는 골격선 그래프 기반의 방법으로 접근하고, 기존의 정적 경로계획 방법이 아닌 그래프 구성과 경로탐색을 반복하여 그래프와 경로를 계속 변화시키는 동적 경로계획 방법을 제안한다. 제안된 방법은 경로 생성 단계와 경로 개선 단계로 구성되며, 각 단계는 그래프 구성과 경로 탐색 과정을 포함한다. 경로 생성 단계에서는 기존의 방법과 같이 세션화 알고리즘으로 골격선 그래프를 구성하고, 디스트라 알고리즘을 적용하여 경로를 탐색하여 이동로봇의 초기 경로를 생성한다. 경로 개선 단계에서는 동적 프로그래밍 알고리즘을 적용하여, 그래프 및 경로를 동시에 개선시킨다.

2. 본론

복잡한 최적화 문제의 해법으로서 널리 사용 되는 방법 중 하나가 국지적 최적화(local optimization) 기법이다. 본 연구는 자율이동로봇의 경로 계획 문제에 국지적 최적화 기법을 적용한다.

구성된 그래프에 대하여 시작점에서 목표점에 이르는 최단 경로를 찾는 경로 탐색 단계는 간선 길이의 총합이 최소화 정점들의 순서 조합을 찾는 문제로서 전형적인 최단경로문제이다.

장애물을 포함한 전체 평면의 골격선으로 그래프를 구성하고, 이 그래프 상에서의 최단 경로가 초기 경로이다. 즉, 초기 경로를 구성하는 경유점들은 반드시 골격선에 포함되어 있어야 한다. 그러나 경유점들이 골격선에서 벗어난 위치에 존재하는 것이, 경로 단축에 유리할 수 있다. 경로 개선 단계는 초기 경로를 구성하는 경유점들의 위치를 변경하여, 이동거리의 총합을 단축시키는 단계이다.

로봇의 이동경로 p 는 다음과 같이 시작점과 목표점 사이에 존재하는 경유점 $v_k \in R^2$ ($k = 1, \dots, M$)들의 순열 집합으로 표현될 수 있다.

$$p = \langle v_1, v_2, \dots, v_M \rangle \quad (1)$$

단, $v_1 = s$, $v_M = g$ 이다. 간선 (v_k, v_{k+1}) 을 경유점 v_k 와 v_{k+1} 을 연결하는 직선이라 정의하면, 다음의 장애물 회피 조건이 만족되어야 한다.

$$(v_k, v_{k+1}) \not\subset O_i, \forall i \in \{1, \dots, N\}, k = 1, \dots, M-1 \quad (2)$$

간선 (v_k, v_{k+1}) 의 길이를 $d(v_k, v_{k+1})$ 라 하면, 이동경로의 총 길이는 다음과 같다.

$$\sum_{k=1}^{M-1} d(v_k, v_{k+1}) \quad (3)$$

즉, 이동로봇의 경로계획 문제는 (3)를 최소화시키며, (2)의 조건을 만족시키는 (1)의 경로를 찾는 최적화 문제이다.

본 연구는 골격선 그래프 상에 생성된 경로를 개선시키기 위하여 격자지도(grid map)를 도입한다. 초기 경로 $p = \langle v_1, v_2, \dots, v_M \rangle$ 를 구성하는 경유점 중 시작점 v_1 및 목표점 v_M 을 제외한 나머지 경유점 $v_2, \dots, v_{M-1}$ 에 대하여, 각 경유점을 중심으로 한 평면에 $W \times W$ 개의 정방형 격자를 구성한다. 이 때 경유점 v_k ($k = 2, \dots, M-1$)를 중심으로 한 격자점들을 $v_{k,1}, \dots, v_{k,W^2}$ 이라 표시한다. 경유점이 격자지도 상의 다른

격자점으로 변경되는 경우, 전체 이동거리가 감소될 수 있다.

3. 실험 결과 및 고찰

제안된 방법의 성능을 비교 평가하기 위해 다른 경로 계획 방법을 구현하였다. 세션화 알고리즘으로 골격선 그래프를 구성하고, 디스트라 알고리즘으로 최단 경로를 탐색하였다. 모든 장애물의 네 꼭지점을 정점으로 하고, 가시거리에 있는 정점과 정점 사이를 간선으로 하는 그래프를 구성하였다. 구성된 그래프에 디스트라 알고리즘을 적용하여 최단 경로를 탐색하였다.

제안 방법은 골격선 방법의 결과를 개선시키는 방법으로서, 평균 15.12%의 경로단축 효과가 있었다. 가시도 방법은 경로 단축 효과가 매우 뛰어난 방법으로 알려져 있다. 제안 방법을 적용한 경우, 가시도 방법을 적용한 경우 평균 1.5%의 이동거리만 증가였음을 알 수 있다. 제안한 방법은 가시화 방법과 근사한 수준의 경로 감소 효과를 갖고 있다.

4. 결 론

최소의 계산시간으로 최소거리의 경로 계획을 위하여, 기존의 로드 맵 방식에 셀 분할 방식을 추가한 새로운 방법을 연구하였다. 한 번의 그래프 구성과 경로 탐색으로 최종경로를 생성하는 기존의 정적 경로계획 방법에서 효율을 높이기 위해 그래프 구성과 경로탐색을 반복하여 그래프와 경로를 계속 변화시키는 동적 경로계획 방법이다. 이를 위하여 동적 프로그래밍 기법을 적용하였다. 기존 방법에 비해 상대적으로 적은 계산시간으로 상대적으로 짧은 이동거리의 경로를 생성함을 실험 결과를 통해 검증하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) O. Khatib, "Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots," *International Journal of Robotics Research*, vol. 5, pp. 90-98, 1986.
- (2) K. P. Valavanis, T. Hebert, R. Kolluru, N. Tsourveloudis, "Mobile robot navigation in 2-d dynamic environments using an electrostatic potential field," *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 30, no. 2, pp. 187-196, 2000.

이동 로봇의 추종 제어를 위한 이중 슬라이딩 표면에 기반한 슬라이딩 모드 제어

윤창한¹, 김수기², 정가희², 최성원²
해군정비창¹, 경남대학교 기계공학부²

1. 서 론

이동 로봇의 추종 제어의 경우 이동 로봇의 비홀로노믹 제약 조건(nonholonomic constraint)들 때문에 제어에 많은 어려움이 존재한다[1]. 특히 일부 제어 이론은 비홀로노믹 제약 조건 때문에 이동 로봇에 적용하기 어렵다. 연속 미분 가능하고 시불변 상태 피드백(state feedback)을 이용한 제어 이론의 경우, [2]에 의하면 리아프노프(Lyapunov) 안정도 해석 관점에서 이동 로봇의 안전성을 보장할 수 없다. 따라서 비홀로노믹 제약 조건을 가지는 이동 로봇의 추종 제어를 위해 적응 제어 기법, 강인 제어 기법, 퍼지 이론 등을 이용한 많은 제어 기법들이 연구되었다. 본 논문에서는 이중 슬라이딩 표면에 기반한 SMC 기법을 이용하여 이동 로봇의 새로운 추종 제어기의 설계 방법을 제안한다. 상기의 슬라이딩 표면 제한 조건을 해결하기 위해 진행 각도(heading angle, θ)에 대한 추가적인 슬라이딩 표면과 이에 기반한 SMC 설계 방법을 제안한다. 또한 자세 오차에 대한 스위칭 법칙을 설정하여 기존의 SMC에 연결함으로써 이동 로봇의 새로운 추종 제어기를 설계하며, 이를 통해 주어진 기준 경로에 대한 이동 로봇의 경로 추종이 가능한 제어 입력을 구한다. 또한 리아프노프(Lyapunov) 함수를 이용하여 본 논문에서 제안한 이중 슬라이딩 표면에 기반한 SMC가 점근적으로 안정함을 증명한다. 마지막으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제안한 제어기의 성능을 검증하고자 한다.

2. 이동 로봇의 기구학 모델

논문에서 고려하는 이동 로봇은 2개의 구동 바퀴로 구성되며, 구동축과 중심축이 같은 이동로봇을 고려한다. 직교 좌표계상에서 이동 로봇의 현재 위치를 (x_c, y_c) , 현재 위치에서 진행 방향과 x 축과의 각도를 θ_c 라 정의하면 이동 로봇의 비홀로노믹 제약 조건을 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\dot{x}_c \sin \theta_c - \dot{y}_c \cos \theta_c = 0 \quad (1)$$

이동 로봇의 선속도와 각속도를 각각 v, w 라 정의하고 현재 위치 자세 (current posture)을 $q_c = (x_c, y_c, \theta_c)^T$, 현재 위치에서 대한 제어 입력을 $z_c = (v_c, w_c)^T$ 라 정의한 후 식 (1)을 이용하면 식 (2)을 유도할 수 있다.

$$\dot{q}_c = \begin{bmatrix} \dot{x}_c \\ \dot{y}_c \\ \dot{\theta}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_c \cos \theta_c \\ v_c \sin \theta_c \\ w_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_c & 0 \\ \sin \theta_c & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} z_c \quad (2)$$

기준 위치 자세 (reference posture)와 제어 입력을 같은 방법에 의해 각각 $q_r = (x_r, y_r, \theta_r)^T$, $z_r = (v_r, w_r)^T$ 으로 정의하고, 정의된 현재 위치 자세와 기준 위치 자세를 이용하면 두 자세 사이의 차이인 자세 오차 (posture error)를 식 (3)과 같이 유도 할 수 있다.

$$q_e = \begin{bmatrix} x_e \\ y_e \\ \theta_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_c & \sin \theta_c & 0 \\ -\sin \theta_c & \cos \theta_c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r - x_c \\ y_r - y_c \\ \theta_r - \theta_c \end{bmatrix} \quad (3)$$

식 (3)에서 미분을 취하면 이동 로봇의 각속도, 선속도 오차를 식 (4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\dot{q}_e = \begin{bmatrix} \dot{x}_e \\ \dot{y}_e \\ \dot{\theta}_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_e w_c - v_c + v_r \cos \theta_e \\ -x_e w_c + v_r \sin \theta_e \\ w_r - w_c \end{bmatrix} \quad (4)$$

3. 모의실험

본 논문의 모의실험에서는 기존의 슬라이딩 표면에 기반한 제어기와 본 논문에서 제안한 슬라이딩 모드 제어기의 결과를 비교 및 분석하여 제안한 제어기의 성능을 검증하였다. 모의실험에 상○한 이동 로봇의 설계 파라미터 값은 $K_w = 0.1$, $k_1 = k_2 = 10$ 으로 설정한다. 한편 기준 경로에 대한 조건은 다음과 같다.

조건 1 : 기준 경로의 초기 위치 $[x_r, y_r, \theta_r] = [3, 3, \frac{\pi}{4}]$, 선속도 v_r 는 0m/s, 각속도 w_r 는 0m/s로 설정하였고, 이동로봇의 초기위치 $[x_c, y_c, \theta_c] = [0, 0, 0]$ 로 설정하였다.

조건 2 : 기준 경로의 초기 위치 $[x_r, y_r, \theta_r] = [3, 3, \frac{\pi}{4}]$, 선속도 v_r 는 0.1m/s, 각속도 w_r 는 0.1m/s로 설정하였고, 이동로봇의 초기위치 $[x_c, y_c, \theta_c] = [0, 0, 0]$ 로 설정하였다.

조건 3 : 기준 경로의 초기 위치 $[x_r, y_r, \theta_r] = [3, 3, \frac{\pi}{4}]$, 선속도 v_r 는 5m/s, 각속도 w_r 는 $3\sin(t)$ m/s로 설정하였고, 이동로봇의 초기위치 $[x_c, y_c, \theta_c] = [0, 0, 0]$ 로 설정하였다.

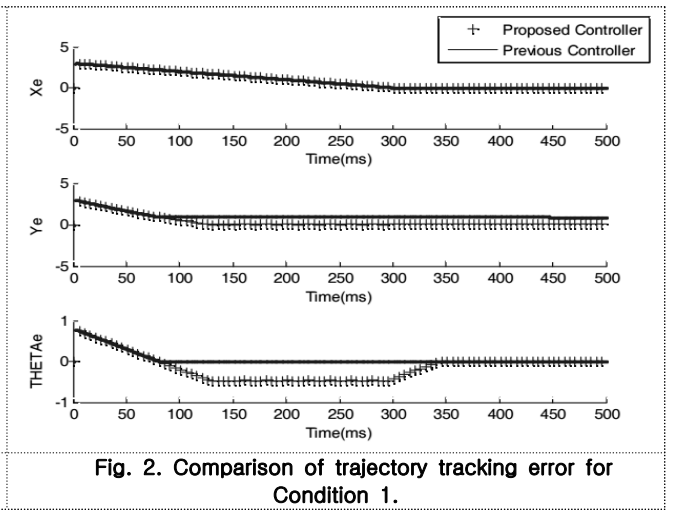
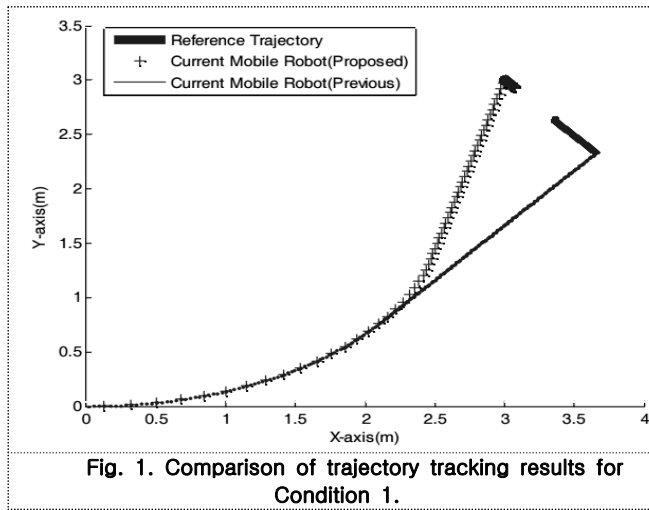


그림 1과 2는 기준 경로가 정지한 점인 조건 1에 대한 각 제어기의 성능을 보여준다. 그림3의 결과로부터 기존의 슬라이딩 표면을 이용한 제어기의 경우 주어진 기준 경로에 제대로 수렴하지 않으나, 본 논문에서 제안한 제어기의 경우 제대로 기준 경로인 정지한 점 (3,3)에 수렴함을 확인 할 수 있다. 또한 그림 5로부터 이동 로봇이 기준 경로에 수렴할 때 두 번째 슬라이딩 표면 s_2 에서 스위칭은 한번만 발생함을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 비홀로노믹 이동 로봇의 추종 제어를 위한 슬라이딩 표면의 제한 조건을 해결하기 위해, 진행 각도 에 대한 추가적인 슬라이딩 표면을 설계하고 이에 기반한 SMC 설계 방법을 제안하였다. 또한 자세 오차에 대한 스위칭 법칙을 설정하여 기존 슬라이딩 표면과 연결함으로써 문제 해결 과정을 단순화하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 이중 슬라이딩 표면에 기반한 SMC를 이용하면 이동 로봇을 주어진 경로에 정확하게 수렴시키는 제어 입력을 구할 수 있다. 본 논문에서는 리아프노프 함수를 이용한 안정도 해석 이론을 이용하여 제안한 제어기의 안정도를 증명하였고, 각 오차가 0으로 수렴함을 증명하였다. 또한 모의 실험 결과를 통해 본 논문에서 제안한 제어기의 성능을 검증하였다. 향후에는 본 논문에서 제안한 스위칭 기법과 접근 각도를 접목한 슬라이딩 모드 제어기를 실제 로봇에 적용하여 실제 환경에서의 유용성을 확인하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] I. Kolmanovsky and N. H. McClamroch, "Developments in non-holonomic control problems," IEEE Control Systems, vol. 15, no. 6, pp. 20-36, 1995.
- [2] R. W. Brockett, "Asymptotic stability and feedback stabilization," in Differential Geometric Control Theory, Eds. Boston, MA:Birkhauser, pp. 181-191, 1983.

신경회로망에 의한 이동로봇 시스템의 정밀 작업경로 제어 알고리즘 개발에 관한 연구

서희식¹, 배성진², 배정훈², 서명진²(주)LMAT¹, 기계공학부²

1. 서론

지금까지 모바일로봇의 주행 제어는 제어하려는 대상의 운동방정식을 알고 있을 때만 가능하였다. 그러나 이동로봇의 구조는 이동로봇의 운동방정식이 비선형성을 나타냄으로써 복잡하고 대부분의 경우 운동방정식을 정확히 구하지 못하는 경우가 많다. 본 연구에서는 이동용 로봇의 속도제어를 위하여 역전파알고리즘에 의한 및 가우스 멤버쉽함수의 혼합 퍼지추론법을 적용한 새로운 구조의 퍼지 신경망 제어기법이 제안되고, 제안된 퍼지 신경망 제어기법에 의해 제안된 모바일 로봇 제어기의 성능을 모의실험을 통하여 검증한다.

2. 퍼지 추론

본 연구에서 채택된 퍼지제어에서 퍼지추론은 수지노의 퍼지추론의 특별한 경우로써 설명될 수 있는 단순화된 혼합 추론법이다. 사실, 퍼지신경회로 제어법은 수지노의 퍼지추론의 끝단의 함수가 상수가 되거나 또는 최소-최대 도식법의 끝단에서의 퍼지집합의 범위가 미소값, 즉 싱글톤(singleton) 이 될 때의 경우와 일치한다. 따라서, 임의의 i 번째 제어칙은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$H_i : \text{If } x_1 = M_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } x_n = M_{in} \text{ then} \\ \Gamma_1 = N_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } \Gamma_n = N_{in} \quad (1)$$

여기서, H_i 는 i 번째 제어칙을 나타내고, M_{ij} 는 i 번째 제어칙에서 j 번째 입력변수와 결합되는 선행단에서의 퍼지집합이고 N_{ij} 는 i 번째 제어칙의 끝단에서의 j 번째 변수와 결합되는 상수를 나타낸다. 신뢰도 $\sigma M_{i1}(x_1), \dots, \sigma M_{in}(x_n)$ 을 적용하면, 선행단에서의 신뢰도 Q_i 는 다음과 같이 정의된다.

$$Q_i = \sigma M_{i1}(x_1) \cdot \sigma M_{i2}(x_2) \cdots \sigma M_{in}(x_n) \quad (2)$$

j 번째 출력 결과는 가중치 Q_i 에 관하여 N_{ij} 의 가중 평균치로써 다음과 같이 계산된다.

$$\Gamma_j^* = \frac{\sum_{i=1}^r Q_i N_{ij}}{\sum_{i=1}^r Q_i}, \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

3. 결과 및 토의

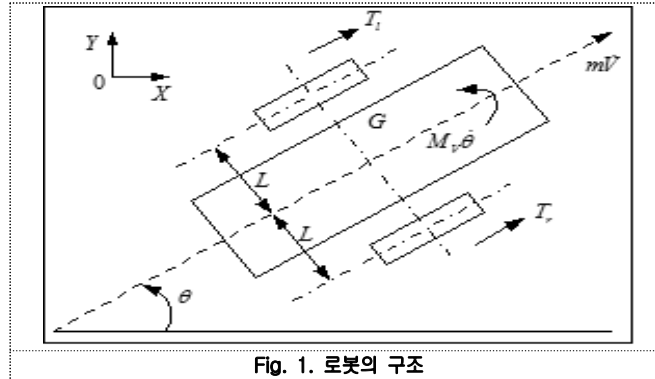
두개의 독립 구동바퀴를 가지는 이동 로봇이 평면상에서 정확히 움직이며, 절대 좌표계 O-XY는 평면상에 고정되었다고 가정한 상태에서 이동 로봇의 운동방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$M_V \ddot{\theta} + (-T_r + T_l) L = 0 \\ m \ddot{V} - (T_l + T_r) = 0 \quad (4)$$

오른쪽과 왼쪽 구동바퀴에 대한 구동 시스템의 동특성은 다음의 식으로 표현된다.

$$f_c \ddot{\psi}_i + RT_i - f_k \Gamma_i = 0, \quad i = r, l \quad (5)$$

여기서, m 은 로봇의 질량, T_l, T_r 는 좌측과 우측의 구동력, L 은 좌측 또는 우측 구동바퀴와 로봇의 무게 중심 사이의 거리, θ 는 로봇의 방향각, V 는 로봇의 속도, M_w 는 바퀴의 회전 관성 모멘트, f_c 는 점성 마찰 계수, f_k 는 구름 이득 계수, R 은 바퀴의 반경, ψ_i 는 바퀴의 회전각, Γ_i 는 구동 입력, M_v 는 로봇의 무게 중심에 대한 관성 모멘트 또한, 변수 θ, V, ψ_i 사이의 기하학적인 관계는 다음과 같이 주어진다.



4. 결 론

본 연구에서는 퍼지로직과 신경회로망을 이용한 모바일 로봇의 주행제어에 관한 연구를 수행하였다. 제안된 퍼지 신경망 제어기의 성능을 확인하기 위하여 시스템의 정확한 동적 모델링이 어려운 불확실성 시스템인 이동용 로봇의 속도 및 방향각 제어에 대한 제어 성능 시험을 모의실험을 통하여 검증하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) S. Horikawa, T. Furuhashi, S. Okuma, And Y. Uchikawa, 1991, "A Learning Fuzzy Controller Using a Neural Network" , Trans. SICE, Vol.27, No.2, pp.208-215.

Spectrum Analysis for Detecting Exhaust Gas of Ships

Marshall¹, Gaem Young Son², Choi Yong-woo¹, Kang Wook Lee¹, Jangsik Park²
Jaeyoung Soft Co.¹, Dept. Electronic Eng., Kyung Sung University²

Abstract

Study on ultra violet (UV) light based spectroscopy to obtain more accurate reading of ship's exhaust pollution gas by attaching a gas measurement equipment directly at the exhaust pipe. This paper focuses on the readings of nitric oxide (NO) and sulfur dioxide (SO₂). This study becomes the basis for follow up research to develop a wireless exhaust gas measurement system.

1. Introduction

With the rising concerns on air pollution due to exhaust gases, the need to monitor, analyse, and control the exhaust gas increases as well. Some methods that are used or being developed to monitor air pollution around the sea includes: an integrated satellite monitoring system¹; using an unmanned aerial vehicle(UAV) to measure a large area²; or installing measurement equipment on the boat or at a specific location.^{3,4} These indirect measurement methods might compromise measurement accuracy and speed in favor of area coverage hence the need for direct gas measurement method. This paper suggest a method to measure the exhaust gas and the concentration of NO_x and SO_x using ultra violet (UV) light.

2. Detecting Exhaust Gas of Ships

The first stage of this study is done laboratorially to obtain the spectrum shape of the pollutant gases (NO and SO₂) at differing concentrations. According to the WHO air quality guideline, the accepted concentration of SO₂ is at 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for a 10-minute mean and for NO₂ at 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1-hour mean.⁵ While this value can be used as a guide line to measure air pollution, our study might yield a much higher value as pollutant contained inside the exhaust pipe is concentrated. The laboratory testing makes use of a deuterium/halogen light source DH-2000-Bal (wavelength range of 215 - 2500 nm) and Maya2000 Pro as the spectrometer (detection range of ~165 - 1100 nanometer). Using an optical fiber cable, the light source is connected to the cuvette holder, allowing the light to pass through the sample gas inside the cylindrical quartz cuvette (usable range of 170 - 2700 nm), and then continued to the spectrometer, Maya2000 Pro, which is connected to the computer to preview the readings inside the spectroscopy application. For each sample of the gasses, NO and SO₂, multiple reading at different concentration levels are obtained to serve as benchmarks to gauge the pollution level of ship's the exhaust gas.

3. Results and Considerations

Figure 2 shows the difference in spectrum reading of normal air (blue line) compared to cuvette filled with NO (green line). The spectrum obtained during NO observation, contains a lot of small mountains and valleys, this might be due to the movement of gas inside the cuvette; further observation is needed. Since the test is carried out using the pure sample gas to obtain differing level of concentration, hence a clean graph with little to no noise at the other part of the spectrum is obtained.

4. Conclusions

In this study, direct exhaust gas measurement method using UV light spectroscopy of NO and SO₂

yields results of 00000 intensity/absorbance at the 0000 nm wavelength for NO and 0000 intensity/absorbance at 0000 nm wavelength for SO₂. With the focus of obtaining measurement method for pollutant gas inside the exhaust pipe, this study has shown that it is possible to obtain the reading of pure sample gases. These spectrums of pure gasses at different conditions can then be applied as a reference for pollution level during the application step. Ship's exhaust might have high temperature, however for safety reasons, this study could not emulate high temperature of the sample gas as part of the measurement. Some other method to overcome this handicap will be needed in the next study.

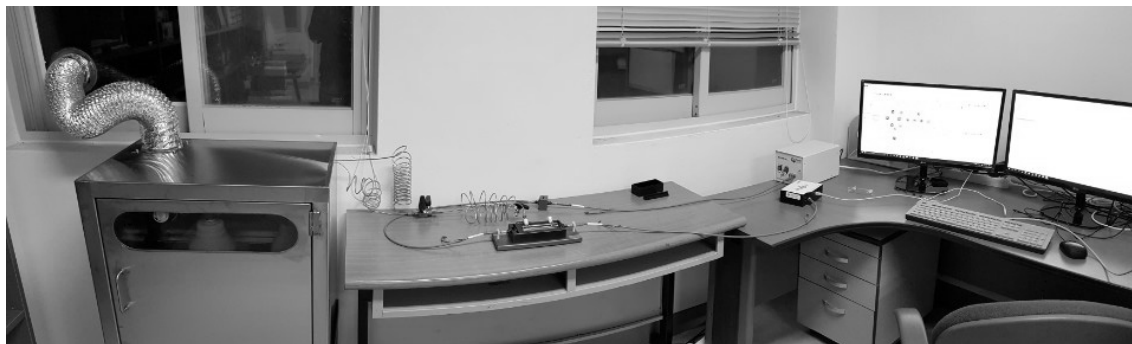


Figure 1. Set up used for the experiment.

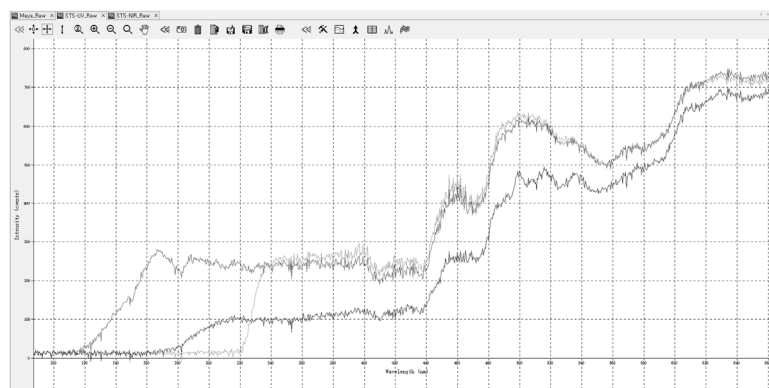


Figure 2. Different spectrometer reading of room air (red), NO (blue) and SO₂(green)

Acknowledgements

This research was supported by the Research Village Program funded by the Ministry of SMEs and Startups and this work was supported by the Brain Busan 21 Project in 2017.

References

- 1) ESA(European Space Agency), <https://business.esa.int/projects/samba>
- 2) Miguel Alvarado, Felipe Gonzalez, Andrew Fletcher and Ashray Doshi, "Towards the Development of a Low Cost Airborne Sensing System to Monitor Dust Particles after Blasting at Open-Pit Mine Sites", 2015, doi:10.3390/s150819667.
- 3) L. Kattner, B. Mathieu-Üffing, J. P. Burrows, A. Richter, S. Schmolke, A. Seyler, and F. Wittrock, "Monitoring compliance with sulfur content regulations of shipping fuel by in situ measurements of ship emissions", 2015, doi:10.5194/acp-15-10087-2015.
- 4) J. Beecken, J. Mellqvist, K. Salo, J. Ekholm, J.-P. Jalkanen, L. Johansson, V. Litvinenko, K. Volodin, and D. A. Frank-Kamenetsky, "Emission factors of SO₂, NO_x and particles from ships in Neva Bay from ground-based and helicopter-borne measurements and AIS-based modeling", 2015, doi:10.5194/acp-15-5229-2015.
- 5) WHO, Ambient (outdoor) air quality and health fact sheet, September 2016, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>
- 6) Ben Faust, "Modern Chemical Techniques: An Essential Reference for Students and Teachers", ch 3, pp. 67-69, 1997.

항만 시설 안전 관리를 위한 균열 감지 시스템 개발

이상협¹, 김보성¹, 양승민¹, 장승연¹, 박장식¹, 송종관¹
경성대학교 전자전기공학부¹

Development of Crack Detection System for Safety Managements of Port Facilities

Sang Hyup Leel¹, Bo Sung Kim¹, Seong Min Yang¹, Seong Yeon Jang¹,
Jangsik Park¹, Jong Kwan Song¹
Dept. Electronc Eng., Kyung Sung University¹

Abstract

In this paper, it is developed a port facility management system to check the status of port facilities remotely. The developed port facility management system detects cracks and slopes from the vibration sensor and tilt sensor. It is designed and implemented a driving circuit of a vibration sensor and a tilt sensor, and a controller including an MCU with serial communication and CAN communication as wired communication.

1. 서론

일본 지진으로 인하여 해양 플랜트와 해안지역 항만 구조물, 교량 구조물, 원자력발전소 등의 구조물 안전관리가 중요하다. 해양플랜트 및 구조물의 안전진단에는 균열(crack), 구조물의 기울기(incline), 비파괴검사 등이 있으며, 이 중에서 균열에 대한 측정은 구조물의 안전과 직결되는 아주 중요한 요소이다[1]. 여러 산업 인프라가 밀집되어 있는 해양 시설물 및 해양 구조물에 대한 안전사고가 빈번히 발생하고 있는 등 “해양 시설물 모니터링 시스템”의 중요성 강조되고 있는 시점이다. 미국, 일본 등 선진국에서는 해양 항만 모니터링을 위한 USN 응용으로 산사태 사전경보시스템 및 지질 구조에 대한 실시간 모니터링 시스템을 실용화하였다.

균열측정기의 문제점을 보완하는 진동현방식(Vibrating wire type)[2-4]의 3축 구조변형 측정 및 모니터링 시스템을 개발하였다. 개발한 항만 안전 관리 시스템을 해양 플랜트, 해양 구조물, 항만 시설에 설치할 경우 균열의 움직임을 초기단계에서 감지할 수 있으며, 상황에 따른 대피 정보 등의 알람기능을 전파하여 피해를 최소화할 수 있다.

2. 균열 감시 시스템

진동현방식 센서는 진동현(vibrating wire, 경강선)을 센서 구조에 맞게 플랜지 등의 고정단에 일정한 장력을 가하여 고정시키고 전자력을 형성시킬 수 있는 마그네틱 코일(flucking coil)을 진동현에 위치시켜 출력장치에서 마그네틱 코일에 신호를 입력하면 강한 전자력이 형성되어 진동현을 진동시킨다. 진동현은 진동이 발생하고 마그네틱 코일을 통한 공진 주파수로 측정되어 출력장치에 초당 진동수(frequency)로 표시된다. 진동수는 현의 길이, 장력, 밀도, 중력가속도, 탄성계수, 변형률로 식 (1)에 의하여 계산할 수 있다.

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{\sigma g}{\rho}} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{E \epsilon g}{\rho}} \quad (1)$$

여기서, f 는 진동수, L 은 현의 길이(cm), σ 는 현의 장력(tensil force, kg/cm^2), g 는 중력가속도(gravitation acceleration, m/sec^2), ρ 는 현의 밀도(density, kg/m^3), E 는 현의 탄성계수(elastic modulus, kg/cm^2), ϵ 은 현의 변형률(strain)이다. 현의 변형률은 식 (2)와 같이 현의 자유 진동수의 제곱에 비례한다.

$$\epsilon = \frac{4L^2 F^2 \rho}{Eg} = Kf^2 \quad (2)$$

현의 진동수를 측정하여 현의 변형을 또는 현이 고정된 두 지점 사이의 길이를 측정한다.

3. 실험 및 검토

균열 검출을 위한 기울기 센서 구동 회로는 그림 1과 같다. 진동현방식 센서와 기울기 센서를 연결하여 검출된 균열과 기울기 데이터를 시리얼통신으로 전송됨을 그림 2와 같이 실험을 통하여 확인하였다.

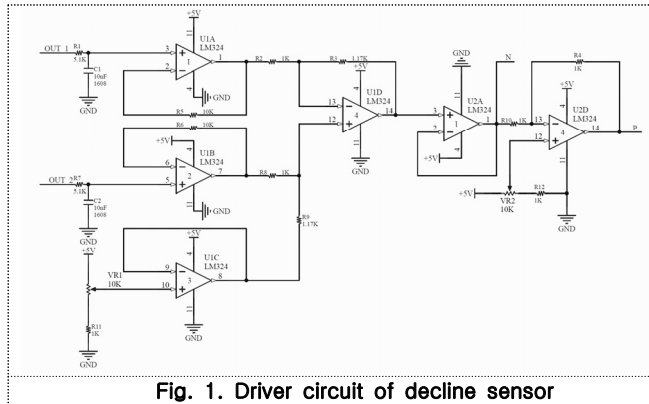


Fig. 1. Driver circuit of decline sensor

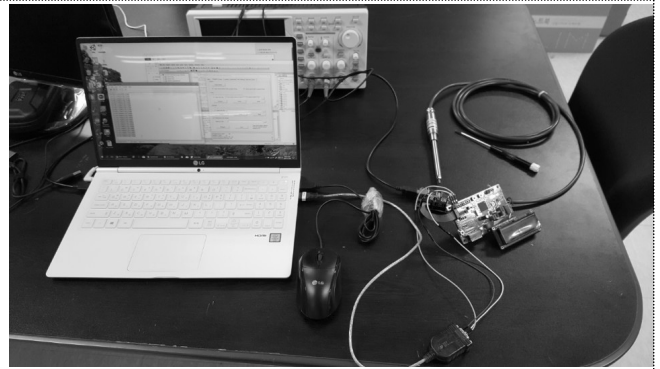


Fig. 2. Serial data communication

4. 결론

본 논문에서는 항만 시설의 상태를 원격으로 점검하기 위한 항만 시설 관리 시스템을 개발하였다. 본 논문에서는 진동현방식 센서와 기울기 센서를 구동하기 위한 구동회로를 설계 및 구현하고 유선통신으로 시리얼통신과 CAN통신 기능을 가진 MCU를 포함한 제어기를 개발 구현하였다. 향후 균열과 기울기 정보를 IoT 센서 네트워크로 전송함으로써 원격 관제가 가능하도록 구현하고자 한다.

사사

이 연구 결과는 중기벤처부의 2017년도 연구마을지원사업과 2017년도 Brain Busan 21 사업의 지원으로 수행되었음(교육부의 여성공학인재양성사업에 참여하는 학생 연구개발에 참여하였음)

[참 고 문 헌]

- [1] 이흥민, 오병관, 박효선, “변형률 센서 기반 구조부재의 안정성 평가에 관한 기초 연구”, 한국전산구조공학회 정기학술대회 논문집, pp. 700-703, 2010.
- [2] Sivaram M. S. L. Cheekiralla, "Development of a Wireless Sensor Unit for Tunnel Monitoring", Thesis of Bachelor, Massachusetts Institute of Technology, Feb., 2004.
- [3] Jung Yeol Kim, Soon Wook Kwon, Moon Young Cho, "Development of Wireless Module for Tunnel Vibratin Wire Type Sensor", 24th International Symposium on Automation & Robotics in Construction 2007, pp. 27-33, 2007.
- [4] P. Bielen, M. Lossie and D. Vandepitte, "A Low Cost Wireless Multi-channel Measurement System for Strain Guages", Proceedings of ISMA2002, Vol. 2, pp. 663-670, 2002.

뇌파를 이용한 영상보안 로봇 개발

오지석¹, 장수지¹, 조재영¹, 배한수¹, 장세진¹, 박장식¹

경성대학교 전자전기공학부¹

Development of Video Surveillance Robot Using Brain Wave

Ji Seok Oh¹, Su Ji Jang¹, Jae Yeong Jo¹, Han Su Bae¹, Se Jin Jang¹, Jangsik Park¹
Dept. Electronc Eng., Kyung Sung University¹

Abstract

In this paper, we implemented a BCI based remote control patrol robot system using MindWave, CC3200 and myRIO controller. The host uses the MindWave and CC3200 and myRIO controllers to recognize the manager's brain waves and board tilt. The host uses MindWave and CC3200 to generate motor control signals. The patrol robot uses MindWave and CC3200 to drive the motor according to the control signals transmitted from the host and to transmit the USB camera video to the host over the WI-FI network. Experimental results show that the patrol robot system can effectively monitor the blind spot of fixed CCTV camera.

Key Words : Brain Computer Interface, Robot, Remote control

1. 서론

최근 컴퓨터 인터페이스 방식인 키보드, 마우스를 대신하는 다양한 인터페이스 방법들이 개발되고 있다. 최근 활발히 연구되고 있는 사용자 인터페이스 방법 중에서는 사람의 뇌파를 활용하여 컴퓨터를 조작하는 BCI(brain communication interface) 기술에 대한 연구가 진행되고 있다. BCI 기술을 통해 두뇌의 정보 처리 결과인 의사결정을 언어나 신체 동작을 거치지 않고, 사용자가 생각하고 결정한 특정 뇌파를 시스템의 센서로 전달하여 시스템을 제어한다. 본 논문에서는 BCI 기술을 기반으로 모터를 제어하여 주행하는 로봇을 개발 구현하였다. 컴퓨터 키보드 또는 조이스틱과 같은 제어장치를 대신하여 손이나 신체를 이용하지 않고도 자연스럽게 명령을 내릴 수 있는 뇌파와 텍사스인스트루먼트사(Texas Instruments)의 CC3200를 이용하여 주행 로봇을 원격 제어하는 방법을 제안한다. 사용자의 뇌파를 측정하기 위해 본 논문에서는 뉴로스카이(Neurosky)사의 마인드웨이브 (MindWave)를 이용한다. 마인드웨이브는 게임, 교육, 의료, 연구과 개발 외에 다양한 분야에 사용되고 있으며, 인간의 두뇌와 컴퓨터를 직접 연결해 뇌파를 통해 컴퓨터를 제어하는 인터페이스 기술인 BCI시스템을 선도하고 있다. 구현한 BCI기반 원격제어 주행 로봇 시스템은 호스트와 주행 로봇으로 구성되며, 호스트와 주행 로봇은 LabVIEW 프로그램으로 구현한다. 실험을 통하여 개발 구현한 BCI기반 원격 제어 주행 로봇 시스템이 다른 제어장치보다 쉽게 사용할 수 있음을 보인다.

2. 뇌파기반 로봇 제어

개발 구현한 BCI 기반 주행 로봇 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 호스트는 랩탑 노트북 컴퓨터이며 사용자의 뇌파 인식과 가속도 센서 동작을 인식하기 위해 마인드웨이브와 CC3200이 연결한다. 마인드웨이브는 블루투스(bluetooth)를 통해 뇌파를 호스트로 송신하고 CC3200은 MQTT 프로토콜을 통해 좌우 기울기 값을 호스트로 송신한다. 영상보안을 위한 경찰 로봇에 연결된 myRIO에 WiFi 통신으로 호스트에서 모터 제어신호 값들을 수신 받고, USB 카메라영상을 호스트로 송신한다. 경찰로봇은 내셔널인스트루먼트사의 myRIO제어기와 주행을 위한 DC모터, 조향을 위한 서보모터(servo motor) 그리고 각각의 모터를 제어할 수 있는 모터 구동부로 구성된다. 실시간으로 영상을 확보하기 위해 USB 카메라를 myRIO에 연결한다. SimpleLink Wi-Fi CC3200 론치패드(LaunchPad) 개발 키트는 텍사스인스트루먼트사의 WiFi 연결 기능이 내장 된 단일 칩 프로그래밍 가능 MCU 개발 플랫폼이다. 그림 2는 CC3200의 구성도이다. 주요 구성으로 FTDI를 이용한 온보드 에뮬레이션 기능을 탑재하고 있고, 즉시 사용가능한 가속도센서와 온도센서가 포함되어 있다. 마인드웨이브는 뉴로스카이사에서 뇌파를 컴퓨터 인터페이스 수단으로 사용하기 위해 개발한 헤드셋 형 뇌파측정 장치이다. 주요구성 요소는 이마와 귀에 접촉하여 뇌파를 측정하기 위하여 EEG 단자

센서와 귀집게(ear clip)센서로 구성된다.

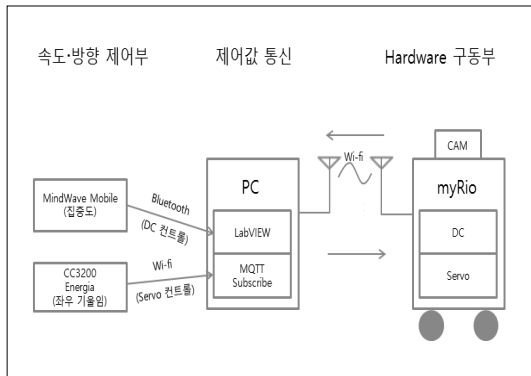


Figure 1. BCI based mobile robot configuration

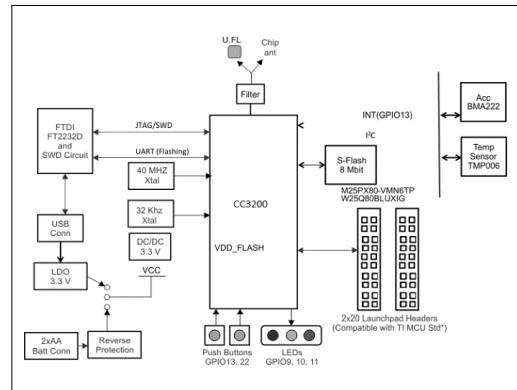


Figure 2. CC3200 controller configuration

로봇 시스템의 호스트는 LabVIEW 프로그램으로 구현된다. 그림 3은 구현된 호스트의 프런트패널이고 호스트에서 MindWave의 블루투스 설정과 CC3200의 Mqtt Subscribe Setup이 가능하다. MindWave의 뇌파 신호와 CC3200의 가속도계 센서의 신호가 그래프로 출력되며, 그래프를 보고 값의 변화량을 직관적으로 확인할 수 있다. 주행 로봇 구성은 그림 4와 같다. myRIO 제어기를 중심으로 모터 드라이브, USB카메라로 구성된다. myRIO 및 DC와 Servo 모터 제어를 위하여 7.2V 배터리를 이용한다.

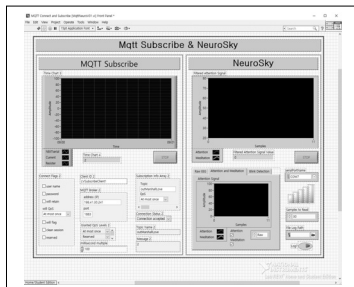


Figure 3. Front Panel of Host

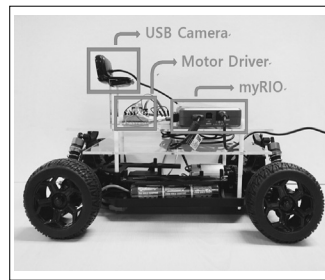


Figure 4. Mobile robot

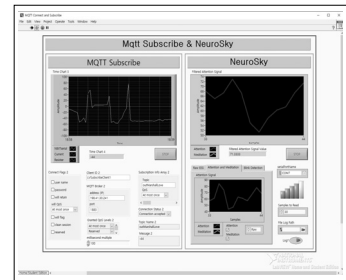


Figure 5. Experimental results

3. 실험 및 검토

개발한 주행 로봇 시스템의 동작을 확인하기 위하여 호스트 즉, 랩탑 컴퓨터에 그림10과 같이 호스트 LabVIEW를 실행하고, 관리자의 뇌파와 CC3200보드의 기울기에 따라 주행 로봇을 원하는 방향으로 이동시킬 수 있는지 확인한다. 그림 5와 같이 호스트의 뇌파 측정값과 CC3200보드의 기울기에 따라서 정상적으로 주행 로봇이 제어되는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 마인드웨이브, CC3200, MyRIO 제어기를 이용하여 BCI기반 원격제어 주행 로봇 시스템을 구현하였다. 실험을 통하여 구현한 주행 로봇시스템이 측정한 뇌파에 따라 모터가 구동함을 확인하였고, 이에 따라 BCI 기술이 다른 인터페이스보다 편리하고 유용함을 확인하였다.

사사

이 연구 결과는 중기벤처부의 2017년도 연구마을지원사업과 2017년도 Brain Busan 21 사업의 지원으로 수행되었음(교육부의 여성공학인재사업 참여 학생이 연구개발에 참여하였음)

[참 고 문 헌]

- [1] 서울경제뉴스, “뇌파로 제어하는 시대 막 오른다” Available:<http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=105&oid=011&aid=0002246557>
- [2] 안병무, 송기상, “EEG Analysis for Design of Brain-Computer Interface(BCI)”, (2010) 한국컴퓨터교육학회 동계 학술발표논문지 제14권 제1호
- [3] Anandani, Vijay. California State University, Long Beach, “Autonomous vehicle control using electroencephalography signals extracted from NeuroSky MindWave device”, ProQuest Dissertations Publishing, 2016. 10182137

임베디드 GPU 시스템을 이용한 CNN 기반 차량 번호판 인식

이상협¹, 김현태¹, 손금영², 박장식²
동의대학교 멀티미디어공학과¹, 경성대학교 전자공학과²

Car Plate Recognition Based on CNN Using Embedded System With GPU

Sang Hyeop Lee¹, Hyun Tae Kim¹, Keom Young Son, Jangsik Park²
Dept. of Multimedia Engineering, Dongeui University¹,
Dept. of Electronic Eng., Kyungsung University²

Abstract

A built-in system is implemented with a GPU in order to recognize the license plate number without detection line. The deep-learning network to recognize the license plate number of the vehicle uses relatively simple AlexNet. Tests confirm that the vehicle license plate can be effectively recognized on the Jetson TX1 board system.

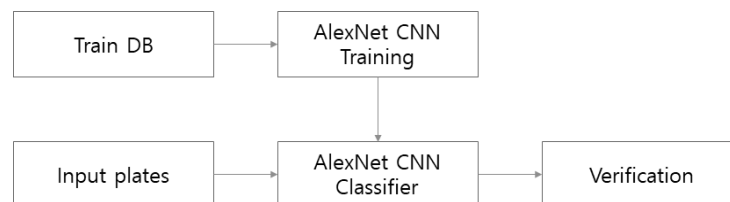
1. 서 론

최근 심층학습(Deep learning)기술 기반으로 다양한 응용분야에 적용되고 있다. 특히, CNN(Convolutional Neural Network) 학습은 구조적으로 영상분야에 적합하여 다양한 영상분석 시스템에 적용되고 있다. 또한 객체 검출 및 구분에 탁월한 성능을 나타내고 있다. CNN의 층을 더욱 깊게 하거나, 고속 처리에 적합한 네트워크가 제안되고 있다. 심층학습이 다양한 분야에 적용할 수 있는 것은 병렬처리가 가능한 GPU(graphic process unit)를 활용하여 학습과 시험 또는 추론을 하기 때문이다[1-3]. 일반적으로 영상분석 내용에 따라서 다르지만 CPU를 이용한 영상분석에 비하여 GPU를 활용한 처리가 5배 정도 빠르게 처리할 수 있다. 본 논문에서는 CPU와 GPU가 일체형으로 되어 있는 임베디드 보드인 NVIDIA Jetson TX1[4-6]을 이용하여 차량 번호판 인식을 실험을 수행하고 처리 속도를 비교 분석하였다. GPU를 탑재한 임베디드 시스템은 차량의 안전 운행을 지원할 뿐만 아니라 자율 주행 또는 차량용 블랙박스에도 적용을 할 수 있다.

2. 차량 번호판 인식

임베디드 시스템을 활용하여 차량 번호판을 인식하기 위하여 네트워크가 간결한 AlexNet 사용한다. 학습을 위한 도구는 NVIDIA사의 DIGITS를 활용한다. 그림 1에는 학습과 실험 과정을 나타내고 있으며, 차량 번호판 인식을 위한 AlexNet을 나타낸 것이다. AlexNet으로 5 개의 컨벌루션 계층(convolution layer)과 3 개의 완전 연결 계층(fully connected layer)으로 구성된다. 2 개 이상의 연속된 번호가 인식되면 그것을 차량 번호판이라고 인식하는 후처리를 한다. AlexNet를 활용하여 숫자와 문자를 검출하고, 검출된 영역의 40 %를 증가시켜 주변의 다른 숫자나 문자가 있다면 주변 숫자 문자를 확인 및 검출하여, 연속된 숫자가 4 개나 2 개가 검출되면, 차량 번호판으로 판단한다.

입력 이미지의 사이즈는 1,392×1,040이며, 상하좌우 20 %를 관심영역에서 제외시켜 계산량을 조정하였다. 메모리와 CPU 성능에 한계를 있는 임베디드 시스템에서는 처리를 위한 것이다.



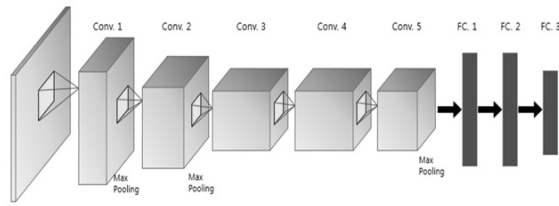


Fig. 1. Architecture for convolutional neural network of AlexNet

3. 실험결과 및 검토

실험을 위하여 촬영된 영상에 대하여 Jetson TX1을 활용하여 번호판 인식 실험을 수행하였다. DIGITS를 이용하여 AlexNet 학습을 수행하고, 학습을 위한 데이터는 500 건의 촬영된 번호판을 사용하였다. 성능 평가를 위한 시험 차량 번호판 이미지는 63 건을 사용하였다. 실험 결과는 표 1, 번호판 인식률은 95.24 %이며, 오검출률은 4.76 % 이다. 실험에서 오류가 발생하는 차량 번호판 이미지는 번호판의 반사와 손상된 번호판에서 발생하였다. 그림 2는 학습을 위하여 촬영된 영상과 학습 결과를 활용하여 차량 번호판 인식 실험을 한 결과이다. 대부분 인식된 영상의 문제로서 빛의 반사나 번호판의 손상으로 일어난 현상이다. 향후 빛의 반사 또는 손상된 번호판에 대한 학습을 수행하고, 번호판을 검출할 수 있도록 연구를 수행을 수행할 계획이다.

number of input plates	recognition rate(%)	error rate(%)
63	95.24	4.76

Table 1. Experimental results of recognition of car plates



Fig. 2. Training car plates and experimental results

사 사

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. B0717-16-0107, 국민참여형 사회안전서비스를 위한 영상 클라우드 소싱 핵심기술 개발). 2017년도 Brain Busan 21 사업의 지원으로 수행되었음, 한국전자통신연구원의 2017년도 위탁사업으로 수행된 연구임.

[참 고 문 헌]

- 1) Ala Mhalla, Thierry chateau, Sami Gazzah, Najoua Essoukri Ben Amara, "A Faster R-CNN Multi-Object Detector on a Nvidia Jetson TX1 Embedded System," Proceedings of the 10th International Conference on Distributed Smart Camera, pp. 208-209, 2016.
- 2) Krizhevsky Alex, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks." Advances in neural information processing systems, pp. 1097-1105, 2012.
- 3) <http://kr.nvidia.com/object/embedded-systems-dev-kits-modules-kr.html>
- 4) R. Chen and Y. Luo, "An improved license plate location method based on edge detection," International Conference on Applied Physics and Industrial Engineering, pp. 1350-1356, 2012.
- 5) M. A. Lalimia, S. Ghofrani, and D. McLernonb, "A vehicle license plate detection method using region and edge based methods," Computers & Electrical Engineering, vol. 39, pp. 834-845, 2013.
- 6) J. Tan, S. Abu-Bakar, and M. Mokji, "License plate localization based on edge-geometrical features using morphological approach," IEEE International Conference on Image Processing, pp. 4549-4553, 2013.

평행 및 파워 그리핑이 가능한 적응형 그리퍼 메커니즘 설계

김기성¹, 김한성²

경남대학교 기계공학부¹, 경남대학교 기계공학부²

Design of an Adaptive Gripper Mechanism with Parallel and Power Grasp

Gi Sung Kim¹, Han Sung Kim²

Department of Mechanical Engineering, Kyungnam University^{1,2}

Abstract

In this study, a novel 2-DOF adaptive gripper mechanism with under actuation is presented. The proposed gripper mechanism can provide both parallel and power grips similar to the commercial one from RobotiQ. However, the proposed gripper is more rigid due to real parallelograms in parallel grasp mode, more adaptive due to having more than two joints in power grasp mode, and the location of actuator and connection link length between actuation and gripper links can be freely chosen. The gripper prototype has the specifications of 75mm gripper opening and 50N grip force. Simple operating tests have been done with ADAMS simulation and 3D printing prototype.

1. 서 론

본 연구에서는 부족구동(under actuation)을 갖는 적응형 그리퍼 메커니즘^[1-4]을 제시한다. 제안하는 그리퍼 메커니즘은 상용 RobotiQ^[1,2] 그리퍼와 유사하게 평행 및 파워그립이 가능하다. 그러나 상용 RobotiQ 그리퍼는 평행그립시 외부하중을 가상의 평행사변형 기구로 지지하나 제안하는 그리퍼는 Fig. 1과 같이 실제 평행사변형 기구로 하중을 지지하므로 보다 큰 강성을 갖고 파워그립시 평행사변형의 개수를 증가함으로써 Fig. 3과 같이 2개 이상의 다관절로 작업물을 감쌀 수 있으므로 보다 물체의 형상에 적응하여 파워그립이 가능하다. 마지막으로 5절 기구내부에 실제 평행사변형 기구가 있으므로 가상의 평행사변형 기구를 구성할 필요가 없어 구동링크(ED링크) 위치 및 연결링크 길이(DC링크) 설계가 자유롭다. 그리퍼 시작품의 사양은 75mm 그립 사이즈와 50N의 파지력을 가진다. ADAMS 시뮬레이션으로 메커니즘의 유효성을 확인하였고 3D 프린터로 제작된 시작품에 대한 작동테스트를 수행하였다.

2. 본 론

2.1 그리퍼 자유도

Fig. 1과 같이 그리퍼의 자유도는 다음과 같이 자유도 공식으로 계산된다.

$$F = 3(n - j - 1) + \sum f_i \quad (1)$$

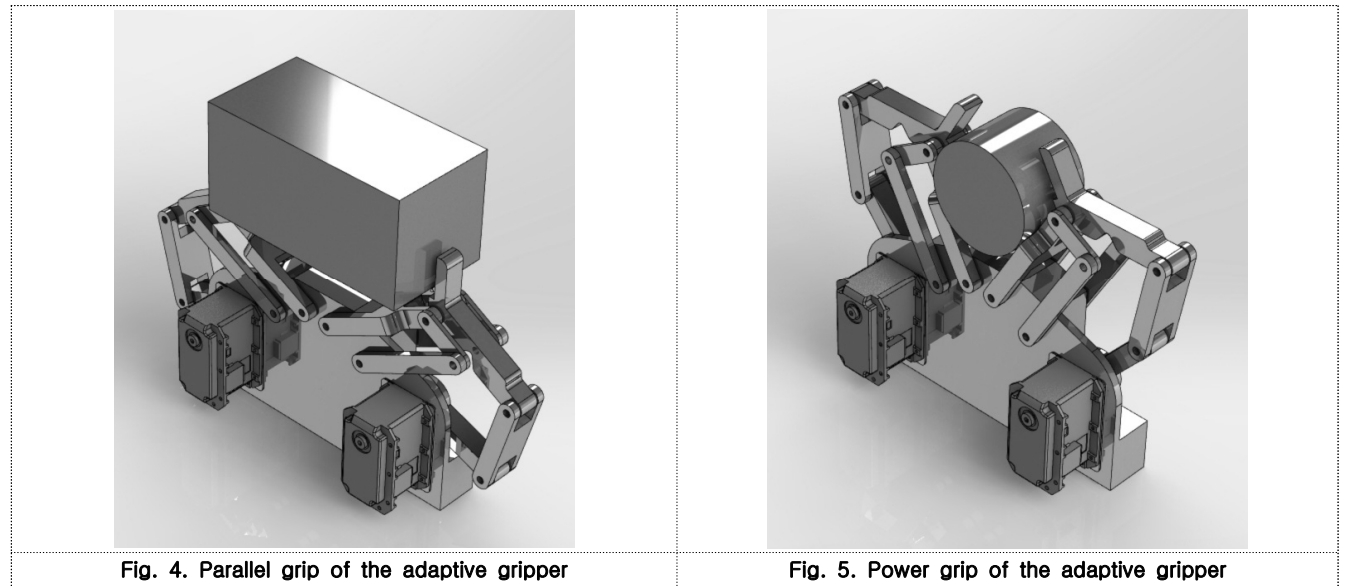
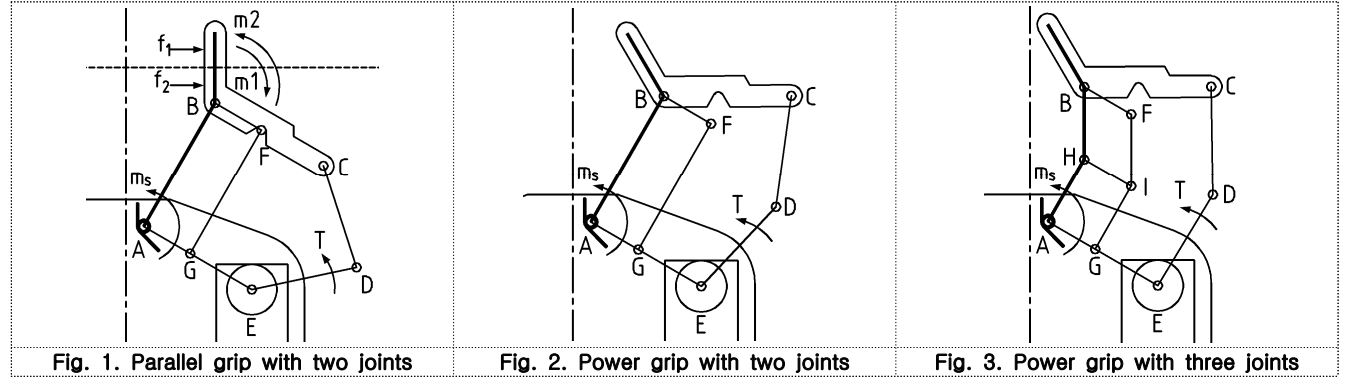
[평행그립 모드] 힘(f_1)이 작용하는 경우, 모멘트(m_1)가 작용하여 BC링크와 BF링크가 부착되어 함께 이동한다. 그러므로 $n = 5$, $j = 7$, $\sum f_i = 7$ 이다. 따라서, $F = -2$ 가 되고 내부의 평행사변형 기구가 그리퍼 링크의 각도를 일정하게 유지하므로 평행그립이 가능하다. 또한, 작업물 없이 이동시 BC링크와 BF링크가 분리되는 현상을 토션 스프링(A) 부착함으로써 평상시에도 약간의 모멘트를 생성하게 하여 방지할 수 있다.

[파워그립 모드] 힘(f_2)이 작용하는 경우, 모멘트(m_2)가 작용하여 BC링크와 BF링크가 분리되어 작동된다.

그러므로 $n=6$, $j=7$, $\sum f_i=7$ 이다. 따라서, $F=1$ 이 되고 구동링크가 BC링크를 반시계 방향으로 모멘트를 가하게 되므로 파워그립이 가능하다.

2.2 다관절 그리퍼

구동 링크의 위치가 가상의 평행사변형 링크를 만족할 필요가 없으므로 보다 다양한 설계가 가능하다. 실제 평행사변형 기구(ABFG)가 반력을 지지하므로 보다 견고한 그림이 가능해진다. 이를 다중 평행사변형 기구로 구성할 경우 다관절 파워 그리퍼가 가능하다. (Fig. 3 참고) Fig. 4와 Fig. 5는 각각 평행 및 파워그립 형상을 시뮬레이션하고 있다.



사 사

본 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업 성과임(NRF-2016H1D5A1911017).

[참 고 문 헌]

- 1) US20140265401 A1
- 2) <https://robotiq.com/products/2-finger-adaptive-robot-gripper>
- 3) Montambault, S., and Gosselin, C. M., 2001, "Analysis of Underactuated Mechanical Grippers," Journal of Mechanical Design, Vol., pp. 367-374.
- 4) Meijneke, C., Kragten, G. A., and Wisse, M., "Design and performance assessment of an underactuated hand for industrial applications," Mechanical Sciences, 2(1), pp. 9-15, 2011.

6축 힘/모멘트 측정기능을 갖는 로봇 베이스 플랫폼 설계

정성훈¹, 김한성²경남대학교 기계공학부¹, 경남대학교 기계공학부²

Design of a Robotic Base Platform with 6-axis Force/Moment Sensing

Sung Hun Jung¹, Han Sung Kim²Department of Mechanical Engineering, Kyungnam Univ.^{1,2}

Abstract

In this study, the design of a novel robotic base platform with 6-axis Force/Moment sensing capability is presented. The advantages of the F/T measurement at a robot base are introduced, comparing the methods of torque sensing at the joints and F/T measurement at the end-effector. The 6-axis robotic base prototype is fabricated with inexpensive S-beam load cells. The measurement method of external force/moment by operator and/or environment is derived for cooperative work applications between operator and robot such as cooperative robot and direct teaching.

1. 서 론

최근 작업자가 로봇 작업반경안에서 협조작업을 할 수 있는 협동로봇(cooperative robot)의 관심이 증가되고 있다. 협동로봇을 구성하기 위해서는 작업자 또는 주변환경이 로봇 엔드이펙터 또는 암에 작용하는 힘/모멘트 측정이 필요하다. 로봇 기구부에 작용하는 힘/모멘트 측정방법으로는 조인트의 토크를 측정하는 방법(모터의 전류 측정, 토크 센서 장착, SEA(Series Elastic Actuator)사용)와 엔드이펙터에 작용하는 힘/토크를 측정하는 방법(엔드이펙터에 F/T센서, 순응장치 장착) 등이 있다. 본 연구에서는 로봇 기구부 베이스에 6축 힘/모멘트를 측정할 수 있는 장치를 제안한다. 제안하는 방법은 엔드이펙터뿐만 아니라 로봇 암 전체에 작용하는 힘/모멘트를 측정할 수 있는 장점을 갖는다. 또한, 조인트 토크를 측정하는 방법은 조인트 축 내부에 센서를 장착하여야 하나 이 방법은 상용 산업용 로봇에 별도의 조인트 센서 추가 없이 힘/모멘트 측정이 가능하다.

로봇 베이스 플랫폼 장치는 Fig. 1과 같이, 6-SPS(Spherical-Prismatic-Spherical) 구조의 병렬 기구^[1]를 사용한다. 직선조인트(P)의 역할은 인장/압축력 모두를 측정할 수 있는 S-beam 로드셀을 사용하였다. 로드셀 양단에 구형조인트(S)가 연결되어 Fig. 1에서의 (b)와 같이, 이동플랫폼의 P점에 작용하는 힘/모멘트가 로드셀의 순인장/압축력으로만 전달되므로 힘측정의 민감도(sensitivity)를 최대화 할 수 있다. Fig. 3과 같이, 6축 베이스 플랫폼의 시작품을 개발하였고 이의 기구학적 변수를 Table 1에 나타내었다. 여기서 사용된 로드셀은 (CAS사의 SBA-25L, 3mV/V, 25kgf)이고 최대 측정 가능한 힘/모멘트를 Table 2에 나타내었다.

Table 1. Kinematic parameters of the 6-axis base platform prototype

kinematic Parameters	value
Radius of the fixed platform(r_a)	109.6mm
Radius of the moving platform(r_b)	71.5mm
Half angle at the fixed platform(ϕ_a)	10°
Half angle at the moving platform(ϕ_b)	10°
Initial height(h_0)	75.3mm
Initial leg length(l_0)	103.9mm

Table 2. Max. force/moment measurements

force/moment	value
$f_{x, \max}$	353.0N
$f_{y, \max}$	336.9N
$f_{z, \max}$	1,087.8N
$n_{x, \max}$	44.2Nm
$n_{y, \max}$	38.3Nm
$n_{z, \max}$	72.7Nm

S빔 로드셀에서 인장/압축력(f_i)를 측정하면 베이스 플랫폼에 작용하는 힘($\mathbf{f}_B$)과 모멘트($\mathbf{n}_B$)는 다음과 같이 6자유도 병렬기구의 정역학 관계식으로부터 계산할 수 있다.

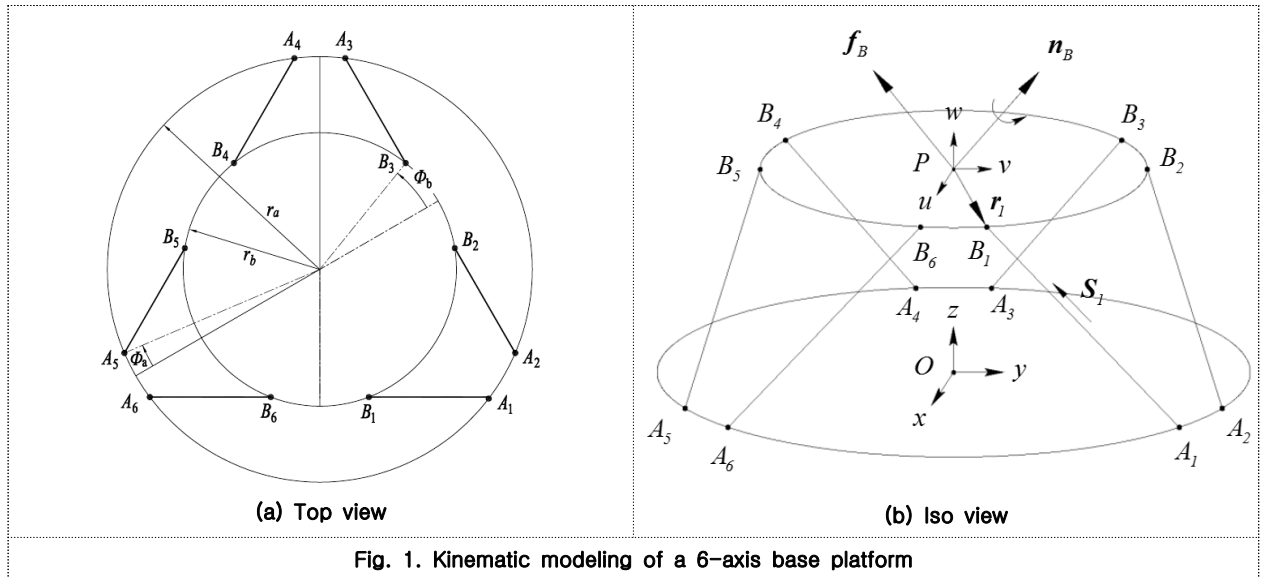
$$\begin{bmatrix} \mathbf{f}_B \\ \mathbf{n}_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{s}_1 & \mathbf{s}_2 & \dots & \mathbf{s}_6 \\ \mathbf{r}_1 \times \mathbf{s}_1 & \mathbf{r}_2 \times \mathbf{s}_2 & \dots & \mathbf{r}_6 \times \mathbf{s}_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_6 \end{bmatrix} \quad (1)$$

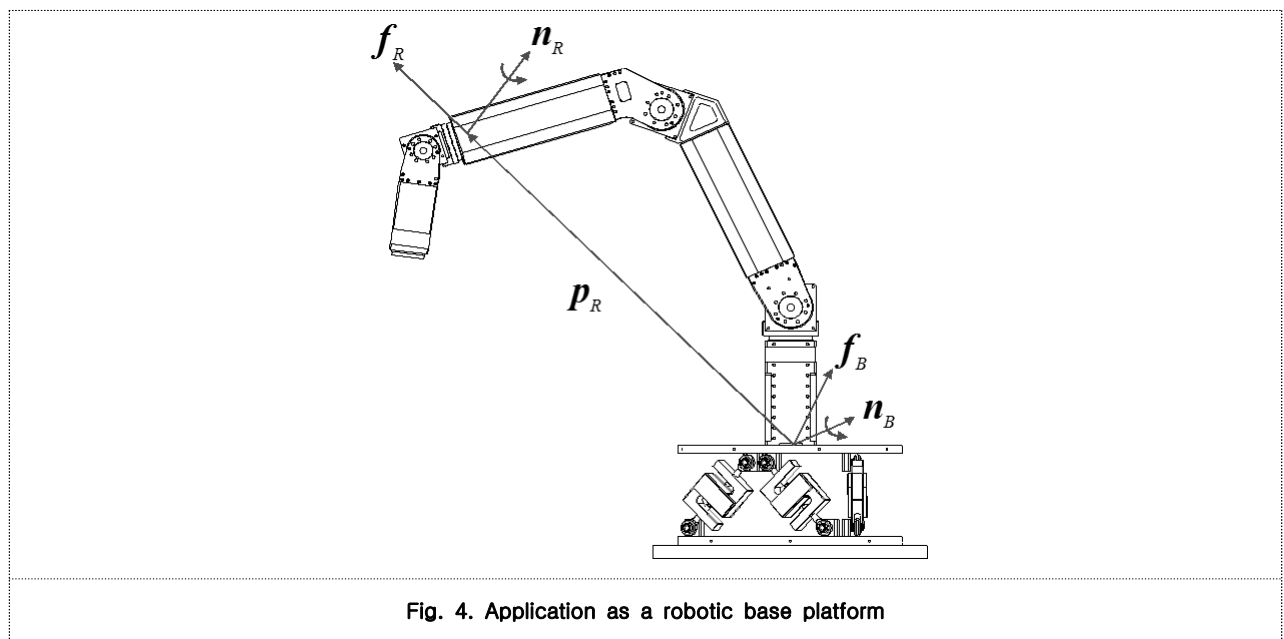
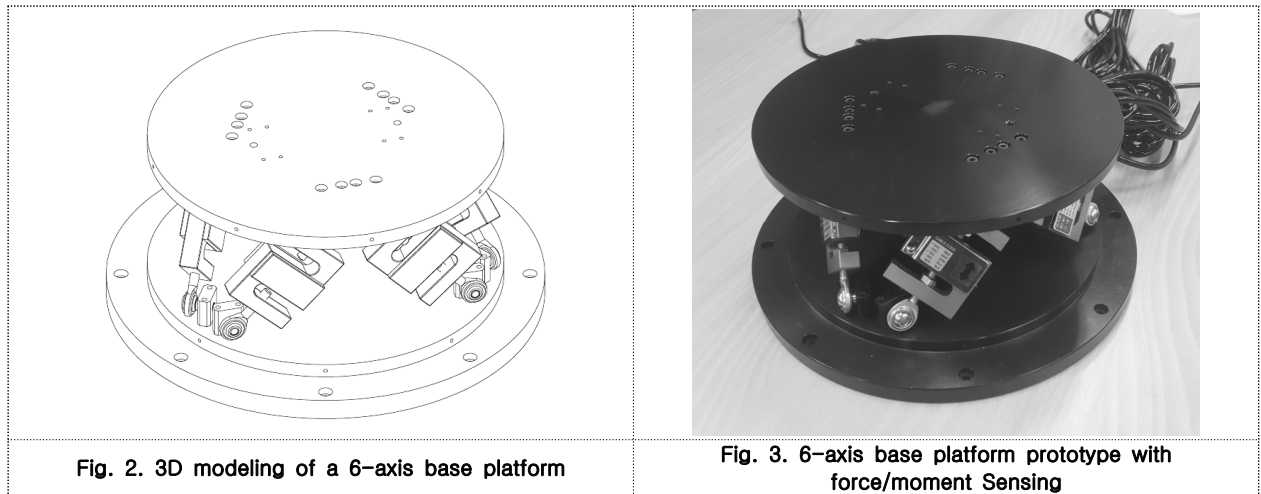
여기서, $\mathbf{s}_i$ 는 i 번째 다리의 단위방향벡터와 $\mathbf{r}_i$ 는 힘/모멘트 작용점에서 i 번째 다리까지의 거리벡터를 나타낸다. Fig. 4와 같이 작업자 또는 주변환경이 로봇에 작용하는 힘과 모멘트를 $\mathbf{f}_R$ 및 $\mathbf{n}_R$ 라 하고 접촉점의 위치를 압력센서 또는 터치센서로 감지하여 접촉점의 위치벡터 $\mathbf{p}_R = [p_x, p_y, p_z]^T$ 를 구한다. 로봇에 작용하는 힘과 모멘트를 다음과 같이 베이스 플랫폼의 좌표계로 변환할 수 있다.^[2]

$$\begin{bmatrix} \mathbf{f}_B \\ \mathbf{n}_B \end{bmatrix} = {}^B T_R \begin{bmatrix} \mathbf{f}_R \\ \mathbf{n}_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^B R_R & 0_{3 \times 3} \\ \hat{\mathbf{p}}_R {}^B R_R & {}^B R_R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{f}_R \\ \mathbf{n}_R \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서, $\hat{\mathbf{p}}_R$ 은 위치벡터 $\mathbf{p}_R$ 의 반대칭 행렬을 나타내고 ${}^B R_R$ 와 ${}^B T_R$ 는 각각 R좌표계에서 B좌표계로의 회전 변환행렬 및 6×6 강제변환행렬을 나타낸다. 로봇에 작용하는 힘/모멘트는 S빔 로드셀의 힘을 측정한 후, 식(1)로부터 베이스 플랫폼에 작용하는 힘/모멘트를 계산한다. 6×6 강제변환행렬을 계산 후 다음 식으로부터 계산할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \mathbf{f}_R \\ \mathbf{n}_R \end{bmatrix} = {}^B T_R^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{f}_B \\ \mathbf{n}_B \end{bmatrix} \quad (3)$$





사 사

본 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업 성과임(NRF-2016H1D5A1911017).

[참 고 문 헌]

- 1) Kim, H. S., 2014, "Position/Force Control using a 6-axis Compliance Device with Force/Torque Sensing Capability," Journal of Automation and Control Engineering, 3(1), pp. 35-39.
- 2) Tsai, L. W., 1999, Robot Analysis: The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators, Wiley.

힘/토크 측정 기능을 갖는 5축 순응장치 설계

전동화¹, 김한성²

경남대학교 대학원 기계융합공학과¹, 경남대학교 기계공학부²

Design of a Novel 5-axis Compliance Device with F/T Sensing Capability

Dong Wha Jeon¹, Han Sung Kim²

Department of Mechanical Convergence Engineering¹ and Mechanical Engineering², Kyungnam Univ.

Abstract

In this study, the design of a novel 5-axis compliance device with F/T sensing capability is presented. Torque variation about a rotating tool may cause vibrations and sensing errors of a 6-axis compliance device. The proposed mechanism prevents rotation about a rotating tool axis by using one U-P-U leg, which has one rotational constraint about the prismatic joint axis. The conceptual design and stiffness analysis of the 5-axis compliance device have been performed.

1. 서 론

최근 산업용 로봇을 CNC 공작기계에 적용하여 자동화 작업에 사용되고 있고 대표적으로 공작물의 장탈작 작업, 디버링과 같은 후처리 가공 등이 있다. 디버링 작업은 연삭숫돌이 공작물과 일정한 힘으로 접촉하면서 연삭하는 작업으로 연삭 수직면으로 일정한 힘제어가 필요하다. 일반적으로 로봇 끝단에 순응성을 갖는 디버링 툴을 장착하여 디버링 툴의 변형을 이용하여 일정한 힘을 제어한다. 본 연구에서는 디버링 작업과 같이 동시 위치 및 힘제어가 요구되는 후처리 가공을 위하여 병렬 메커니즘을 응용한 순응장치 설계방법을 제시한다.^[1,2]

2. 본 론

2.1 5축 순응장치 설계

디버링 작업과 같이 연삭숫돌이 강도가 높은 작업물에 일정한 힘으로 접촉하는 경우, 작업로봇의 위치정밀도보다 큰 순응성이 로봇 끝단과 연삭숫돌사이에 반드시 필요하다. 기존 힘/토크 측정 및 제어에서 대표적으로 사용되는 F/T(Force/Torque) 센서는 측정 정밀도가 우수하나 강도가 높은 주변환경과 힘제어 작업시 추가의 순응부재가 필요하다.^[3] 기존 연구에서는 Fig. 1과 같이 6개의 P-S-S (Prismatic-Spherical-Spherical) 다리로 구성된 병렬 메커니즘을 이용한 6축 순응장치를 개발하였다.^[4] 여기서 측정부는 6개의 외팔보에 변형률게이지를 장착하여 구성하고 각 다리에 작용되는 힘을 측정하고 이를 이용하여 6축 힘/토크를 계산한다. 그러나 회전틀을 사용하는 경우 공구 축방향의 토크 변화가 외팔보에 진동을 발생하여 힘/토크 측정의 오차를 발생하였다. 이러한 진동 및 측정오차는 작업로봇의 힘제어시 오작동 및 안전사고를 일으킬 수 있는 위험요소가 된다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 기구적으로 해결하기 위하여 Fig 2.에서와 같이, 이동 블록을 4개의 P-S-S(Prismatic-Spherical-Spherical) 구조의 다리로 지지하고 하부 중앙에 U-P-U (Universal-Prismatic-Universal) 구조의 다리로 구성된 5축 병렬기구형 순응장치를 제안한다. 중앙에 U-P-U 다리는 직선조인트 축방향의 회전을 기구적으로 구속하므로 공구 축방향의 토크를 구조적으로 지지한다. 따라서 이 5축 순응장치는 4개의 외팔보와 중앙의 직선조인트의 변형을 측정하는 경우 X, Y, Z 방향으로 3개의 힘과 X축 및 Y축에 대한 2개의 토크를 측정할 수 있다.

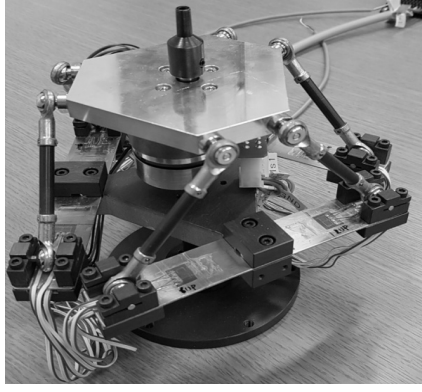


Fig 1. 6-axis compliance device

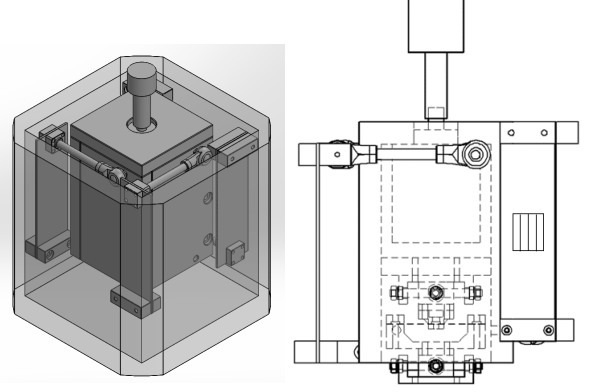


Fig 2. 5-axis compliance device modeling

2.2 강성행렬 해석

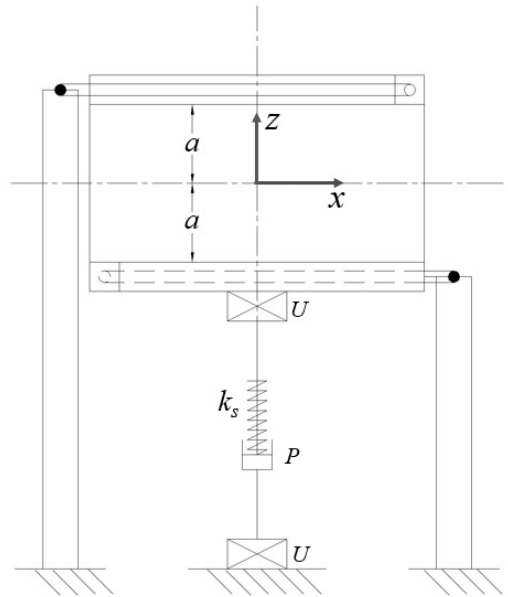
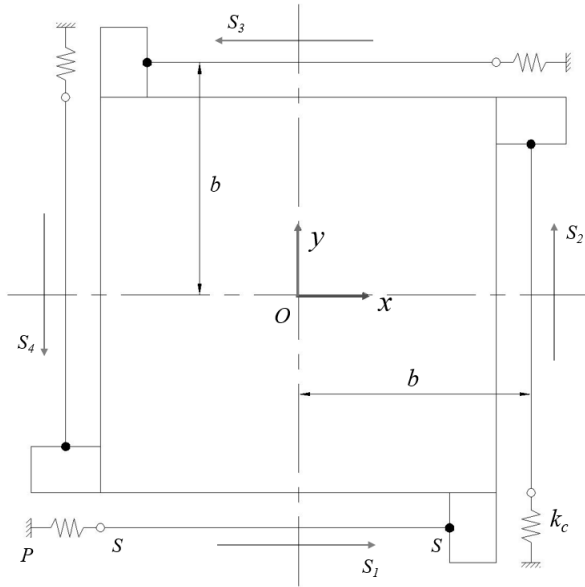


Fig. 3. Stiffness modeling of the 5-axis compliance device

제안하는 5축 F/T 측정 기능을 갖는 순응장치를 Fig. 3과 같이 모델링하였다. 강성해석의 기준위치를 이동블록의 중심위치로 설정하고 좌표계 설정은 Fig. 3과 같다. 양면에 배치된 4개의 외팔보의 변형을 S-S링크 방향으로의 직선스프링으로 모델링하면 4개의 직선 스프링(k_c)은 f_x, f_y, n_x, n_y 를 지지한다. 하부중앙의 U-P-U 다리는 직선조인트 축방향에 대한 회전을 구속하므로 n_z 를 구조적으로 지지하고, 직선조인트에 장착된 직선스프링(k_s)은 f_z 를 지지한다. 직선스프링의 단위방향벡터(s_i)와 기준위치에서 각 직선스프링까지의 거리벡터(r_i)는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} s_1 &= \hat{i}, \quad s_2 = \hat{j}, \quad s_3 = -\hat{i}, \quad s_4 = -\hat{j}, \quad s_5 = \hat{k}, \quad s_6 = \hat{k}, \\ r_1 &= -b\hat{j} + a\hat{k}, \quad r_2 = b\hat{i} + a\hat{k}, \quad r_3 = b\hat{j} + a\hat{k}, \quad r_4 = -b\hat{i} - a\hat{k}, \quad r_5 = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

5축 순응장치의 자코비안 행렬과 식 (1)을 대입하여 구한 결과는 다음과 같다. 여기서, 6번째 열벡터는 n_z 를 구속방향을 의미한다.

$$J = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 & s_5 & 0 \\ r_1 \times s_1 & r_2 \times s_2 & r_3 \times s_3 & r_4 \times s_4 & 0 & s_6 \end{bmatrix}, \quad J = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -a & 0 & -a & 0 & 0 \\ a & 0 & a & 0 & 0 & 0 \\ b & b & b & b & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

조인트 강성행렬을 $[k] = \text{diag}(k_c, k_c, k_c, k_c, k_s, k_t)$ 정의한다. 여기서 $k_c = \frac{3EI}{l^3}$ 는 외팔보의 강성을 나타내고 k_s 는 중앙 다리의 스프링 상수를 나타내고 k_t 는 중앙 다리의 축방향에 대한 회전강성으로 이론적으로 무한대 값을 가진다. 따라서 이동블록 기준좌표계에 대한 직교강성행렬(Cartesian stiffness matrix)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$K = J[k]J^T = \begin{bmatrix} 2k_c & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2k_c & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2a^2k_c & 0 & -2abk_c \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2a^2k_c & 2abk_c \\ 0 & 0 & 0 & -2abk_c & 2abk_c & 4b^2k_c + k_t \end{bmatrix} \quad (3)$$

이론적으로 k_t 가 무한대 값을 가지거나 다른 강성에 비하여 매우 크다면 작업툴 축방향에 대한 회전변형을 최소화($\delta\theta_z \rightarrow 0$)할 수 있다. 이의 순응행렬을 구한 후 $k_t \rightarrow \infty$ 로 하면 단순화된 순응행렬은 다음과 같다.

$$C = K^{-1} = \text{diag}((2k_c)^{-1}, (2k_c)^{-1}, (k_s)^{-1}, (2a^2k_c)^{-1}, (2a^2k_c)^{-1}, 0) \quad (4)$$

Fig 3.에서 조인트 강성(k_c, k_s, k_t) 및 기하학적 치수(a, b)를 선정하여 5자유도 직교 강성행렬을 설계할 수 있다. 본 연구에서는 공구의 축방향의 토크를 구조적을 제한할 수 있는 5축 순응장치의 설계방법을 제시하였다. 향후 연구는 설계된 5축 순응장치의 위치/힘 동시제어 및 디버링 가공 실험을 수행하고자 한다.

사 사

본 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업 성과임(NRF-2016H1D5A1911017).

[참 고 문 헌]

- 1) Duffy, J., 1996, "Statics and Kinematics with applications to Robotics", Cambridge University Press.
- 2) Griffis, M. W., 1991, "Kinestatic Control: A Novel Theory for Simultaneously Regulating Force and Displacement," Ph.D Thesis, University of Florida.
- 3) J. H. Lee, C. G. Kang, 2001, "Signal Processing and Performance of a Six-Axis Force-Torque Sensor Using Strain Gauges" Institute of Control, Robotics and Systems, 7(2), pp. 146-151.
- 4) 김한성, 2014, "6축 병렬형 순응기구를 이용한 힘/위치 동시제어," 한국생산제조시스템학회지, 23(5), pp. 421-427.

측정 플랫폼 휠의 탄성 변형에 따른 전동소음 영향 평가

정다해^{1,2}, 정우태¹

한국철도기술연구원 교통환경연구팀¹,
과학기술연합대학원대학교 로봇틱스 및 가상공학²

Rolling noise assessment according to the elastic deformation of measuring platform wheels

Da Hae Jeong^{1,2}, Wootae Jeong¹

Transportation Environmental Research Team, Korea Railroad Research Institute¹,
Robotics & Virtual Engineering, University of Science and Technology(UST)²

Abstract

Rolling noise is occurred by friction between the wheel-tread roughness of a running train and the irregular rail. In order to reduce the railway noise and vibration, it is essential to maintain the surface of wheel and rail. Precise measuring and analyzing the rolling noise and rail acoustic roughness contribute to this. Especially this research develop the automatic rail surface roughness measuring device which can measure the surface roughness of irregular rail in constant velocity environment and address the influence of design factors on data through analysis of measured data.

1. 서 론

전동 소음(rolling noise)은 주행하는 열차의 차륜 답면 거칠기와 불균일한 레일 사이 마찰에 의해 발생한다. 이와 같은 철도 소음 진동을 감소시키기 위하여 전동 소음과 레일 음향조도(acoustic roughness)를 정확히 측정·분석하고 차륜 답면과 레일 표면을 유지보수 하는 것은 필수적이다. 본 연구에서는 특히 불균일한 레일의 표면조도(surface roughness)를 등속도 환경에서 측정할 수 있는 레일 조도 자동측정 장치를 개발하였으며 측정 데이터 분석을 통하여 설계인자가 데이터에 미치는 영향을 다루었다.

2. 본 론

2.1 측정장치의 설계 및 해석방법

통상적으로 접촉식 변위센서는 이동식 측정 방법을 이용하여 측정할 경우 측정 속도 변화에 민감하여 결과값을 왜곡시킬 수 있다. 레일 조도 자동측정 장치의 경우 장치 중앙에 접촉식 변위센서가 있으며, 장치 앞뒤에 각각 위치한 구동륜이 레일과 접촉하고 모터를 이용해 레일 위를 주행하며 레일 표면 조도를 측정한다.(Fig.1 좌측) 따라서 가감속 구간을 단축시키고 등속도 주행 구간을 최대화시키기 위하여 레일과 마찰, 접촉력이 좋은 우레탄 재질의 구동휠을 사용하였다. 하지만 이러한 구동륜은 탄성 변형으로 인해 레일면과 점접촉에서 선접촉으로 변할 수 있다.(Fig.2 우측) 본 논문에서 해당 부분을 시뮬레이션하고 해석하였다^[1].

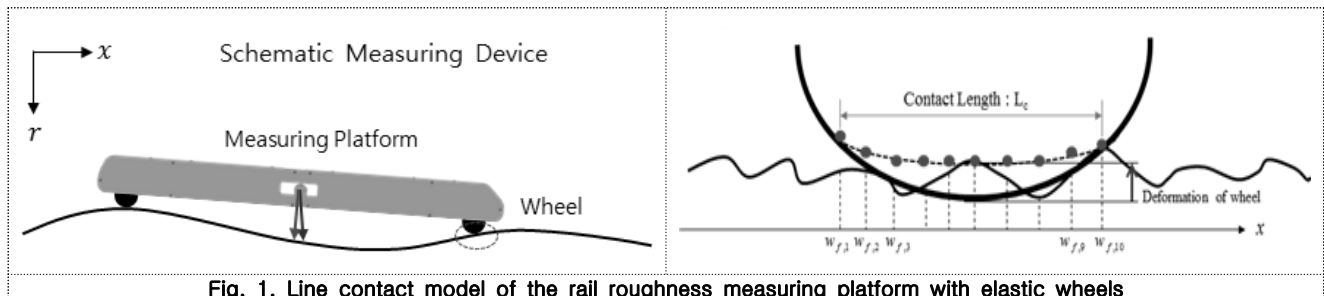


Fig. 1. Line contact model of the rail roughness measuring platform with elastic wheels

2.2 해석 및 결과

계측장치의 플랫폼 길이를 $L = 800\text{mm}$ 로 가정하고 탄성 변형으로 인한 선접촉 길이를 증감시켜본 결과, 표면 조도값의 경우 아래 그림과 같이 큰 차이를 보이지 않는다.(Fig.2~3) 반면에 1/3 옥타브밴드 스펙트럼 결과는 $0.008 \sim 0.5\text{m}$ 파장범위에서 구동휠의 탄성 변형에 의한 영향을 받는 것을 확인할 수 있다.(Fig.4.)^{[2],[3]}

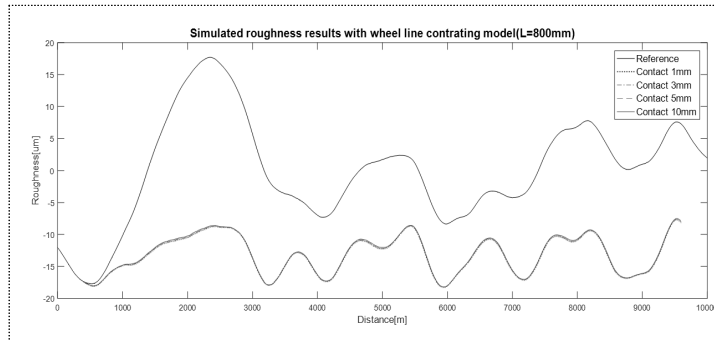


Fig. 2. Simulated roughness results with wheel contracting model

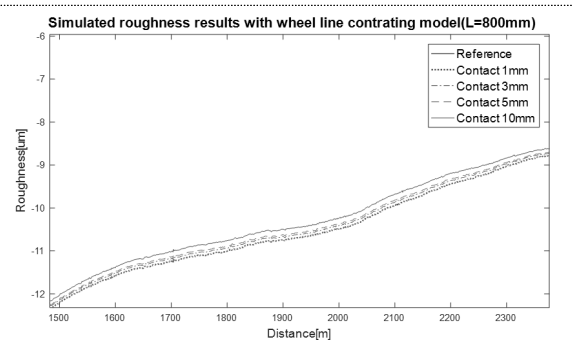


Fig. 3. Enlarged section in Fig. 2.

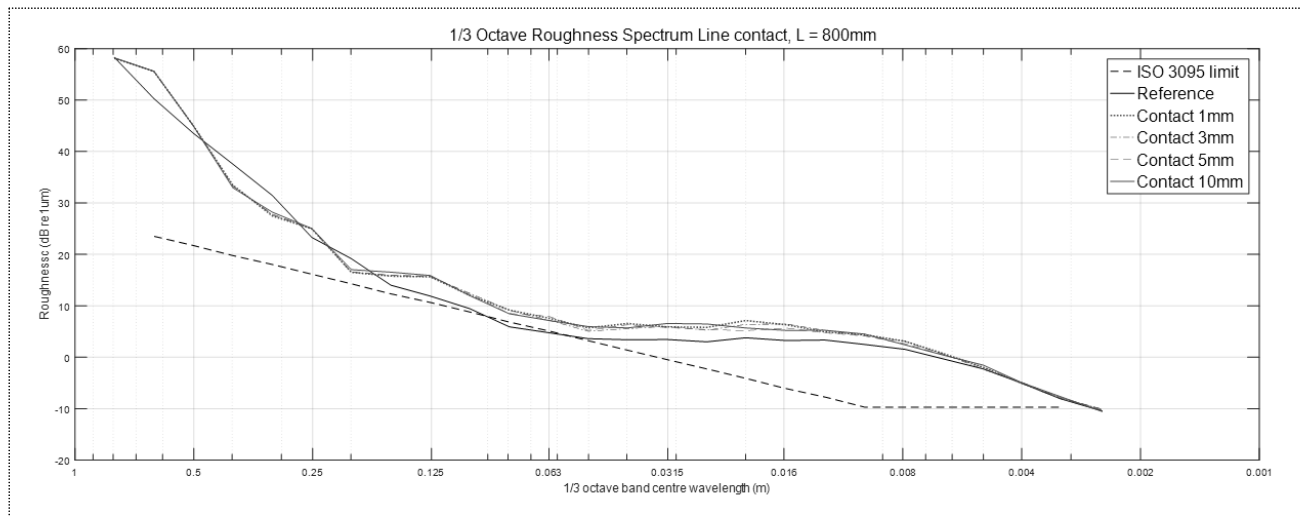


Fig. 4. 1/3 Octave Roughness Spectrum Line contact

이를 통하여 이동식 계측장치에 탄성 변형이 발생하는 재질의 구동휠을 사용하면 바퀴가 선접촉을 하게 되고, 이러한 현상은 구동축에 대하여 편심을 발생시켜 측정 데이터에 오차를 유발시킨다는 결론을 내릴 수 있다. 또한 시뮬레이션을 통하여 선접촉하는 길이가 짧아질수록 스펙트럼의 참값을 추종하는 결과를 얻을 수 있다. 따라서 이와 같은 파장범위의 진동소음을 측정할 경우 탄성이 낮은 재질을 사용하고 구동축에 최대한 얇게 코팅하는 것이 데이터 신뢰도를 올려 정확한 측정에 기여한다는 결론을 내릴 수 있다.

사 사

본 연구는 국토교통부 철도기술연구개발사업의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- 1) W.Jeong, S.Jeong, D.Jeong, H.Choi, "Effect of Design variables of Rail Surface Measuring Device on Acoustic Roughness and Spectral Analysis", Journal of the Korean Society for Railway Vol.20, N0.4, pp. 440-447 (August 2017)
- 2) Jeong, W. T., Jeon, S. W., Jang, S. H., Ko, H. I., "Accuracy improvement in measuring rail surface roughness with multiple displacement sensors," ICROS. 2015.
- 3) Jeong, W. T., Jeon, S. W., Jang, S. H., Ko, H. I., "Measuring Technique For Acoustic Roughness of Rail Surface With Homogeneous Displacement Sensors," Journal of the Korea Academia - Industrial cooperation Society. pp.7941-7948, 2015.

레일음향조도 탐지장치 설계를 위한 변위센서 데이터 분석

정다해^{1,3}, 최한신², 정우태¹

한국철도기술연구원 교통환경연구팀¹, 연세대학교 기계공학과²,
과학기술연합대학원대학교 로보틱스 및 가상공학³

Analysis of displacement sensor data for designing rail roughness measurement device

Da Hae Jeong^{1,3}, Han Shin Choi², Wootae Jeong¹

Transportation Environmental Research Team, Korea Railroad Research Institute¹,
Mechanical Engineering, Yonsei Univ.²,
Robotics&Virtual Engineering, University of Science and Technology(UST)³

Abstract

For reduce rolling noise, we first need to measure and analyze the rail surface. Measuring devices include laser sensor, acceleration sensor or displacement sensor. In this study, we introduce the analysis of displacement sensor data by various parameters, spring stiffness, damping coefficient, and device's velocity. These parameters affect impact force and its response displacement. And we can confirm the analysis results through the octave band level graph.

1. 서 론

철도소음 발생의 여러 원인 중 하나는 전동음으로, 열차가 이동할 때 차륜과 레일의 표면 상태에 따라 서로 진동하여 발생한다. 이러한 원인을 줄이기 위하여 정기적으로 레일 표면을 측정해 연마해야 할 필요성이 있다. 레일 표면의 상태를 확인하기 위해서 여러 장치 및 연구가 진행되고 있으며, 측정방법 또한 레이저 센서, 가속도 센서, 변위센서 등 다양한 방법이 있다. 본 연구는 변위센서를 이용하여 각 변수에 의한 레일 표면 측정결과를 분석하였다.

2. 변위센서의 변수에 따른 측정실험

전동음을 유발시키는 레일표면의 파장은 약 7 - 70mm 정도이며 그 진폭, 즉 음향조도는 0.1 - 100um 정도이다^[1]. 가속도 센서와 변위센서 모두 측정구 자체의 강성이 매우 높아 강체로 본다면 1차의 스프링-댐퍼 시스템이며, 측정에 영향을 미치는 요소는 스프링의 강성과 댐퍼의 감쇠계수, 장치의 속도 및 측정구의 지름, 센서부의 질량이다. 레일의 파장과 음향조도, 측정구의 지름관계에 의해 센서에 사인파형과 충격력의 형태로 입력되며, 사인파형의 입력은 측정장치의 길이, 충격력은 강성과 감쇠계수, 측정속도와 측정구의 지름에 영향을 많이 받는다.

충격력 응답의 식은 다음과 같다.^[2]

$$x(t) = \frac{\hat{F} e^{-\zeta \omega_n t}}{m \omega_d} \sin(\omega_d t) = \frac{v_0 e^{-\left(\frac{c}{2m}\right)t}}{\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{c}{2m\sqrt{\frac{k}{m}}}\right)^2}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{c}{2m\sqrt{\frac{k}{m}}}\right)^2} \cdot t\right)$$

초기속도 v_0 은 장치의 측정속도, 요철과 측정구의 지름에 의한 충돌각에 의해 결정된다.

측정에 사용된 장치는 등속으로 자동측정이 가능한 레일음향조도 탐지장치^[3]이며, 실험에 사용된 변위측정센서는 TESA사의 GT-62를 사용하였다. GT-62의 측정구 지름은 3mm이며, 각 변수에 따른 결과를 확인하기 위하여 개선 설계된 센서의 지름은 10mm, 추가된 스프링의 강성은 0.49N/mm, 댐퍼는 우레탄 재질의 시트를 장착하였으며, 측정 속도는 각각 0.5m/s, 1.5m/s로 실험하였다.

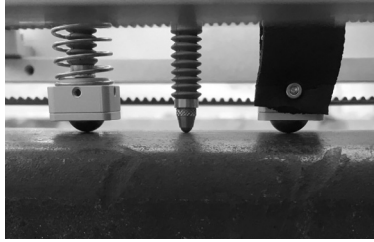


Fig. 1. Displacement sensor

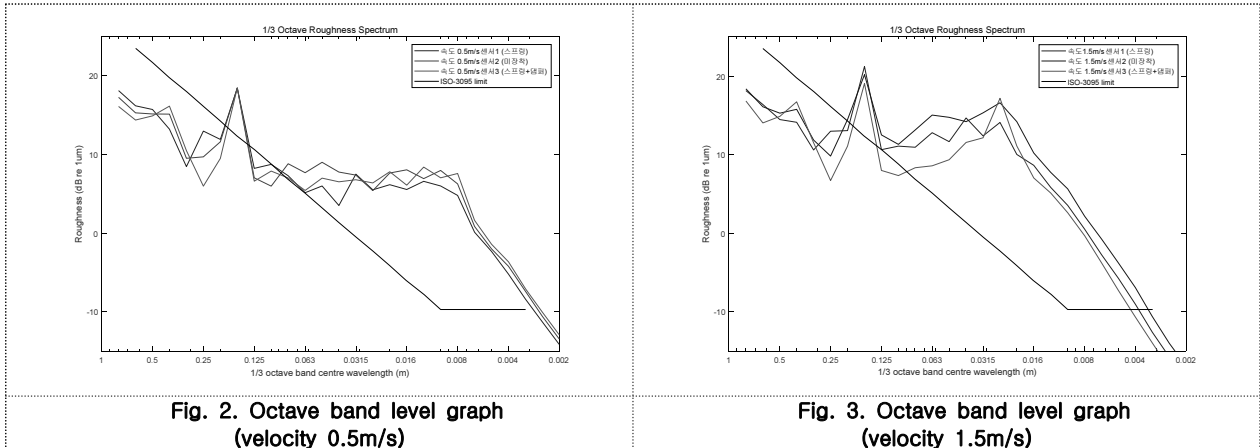


Fig. 2. Octave band level graph (velocity 0.5m/s)

Fig. 3. Octave band level graph (velocity 1.5m/s)

3. 결과 및 토의

레일표면을 측정된 조도데이터를 파장별로 확인하면 Fig. 2~3과 같다. 검은선은 국제규격 ISO 3095의 기준한계선이며, 붉은선은 스프링, 파란선은 기존의 장치, 녹색선은 스프링과 댐퍼를 장착하여 측정된 데이터이다. 측정 속도가 느리면 충격력에 의한 응답이 작아 변위에 의한 데시벨(dB)의 차이가 크지 않다. 하지만 속도에 비례하여 충격력이 커지기 때문에 측정 속도가 빠를수록 전체적으로 dB가 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 스프링과 댐퍼를 장착하지 않았을 때 더 큰 응답 변위가 발생함을 확인할 수 있다. 약 0.16m의 파장은 측정장치 차륜의 편심에 의해 발생한 외란이며, 약 0.025m의 파장은 댐퍼의 유무와 연관시켜 추가적인 실험과 분석이 필요할 것으로 보인다.

4. 결 론

정밀한 측정을 위해서 충격력을 완화하여 충격에 의한 응답변위를 낮출 필요성이 있다. 그 방법으로 측정 속도를 낮추거나, 스프링의 강성과 댐퍼의 감쇠계수를 크게 설정하면 기존보다 더 정확한 측정 데이터를 얻을 수 있다. 하지만 강성을 과도하게 크게 할 경우 측정구와 레일의 마모가 크게 발생할 수 있어, 실험에 의해 적절한 강성 조절이 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국토교통부 철도기술연구개발사업의 연구비지원에 의해 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- 1) Leheck M., Drnovsk , H., Lapč kov , B., Barros-Timmons, A. M., Trindade, T., Zembala, M., and Lapč k, L. "Plasma surface modification of polyethylene", Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, Vol. 222, pp. 125-131, 2003.
- 2) Daniel J. Inman, "Engineering Vibration", Prentice-Hall.
- 3) H. S. Choi, W. T. Jeong, S. W. Jeon, Y. J. Choi, "Design and control fo the Rail Roughness Measurement Device for standard and Tram rail" Preceeding of the Korean Society of Mechanical Engineers Annual Spring Conference, pp. 220-221, 2016.

유효전력검출을 이용한 발전기 전압 주파수 안정화 기법

김국현¹, 양지훈², 레동부², 홍성문², 박성미³, 박성준¹
 전남대학교¹, 지엔이피에스², 한국승강기대³

Frequency Stabilization Method of Generator Voltage using Active Power Detection

Kuk-Hyeon Kim¹, Ji-Hoon Yang², Tuan-Vu Le², Sung-Mun Hong², Seong-Mi Park³, Sung-Jun Park¹
 Chonnam National University¹, G&EPS², Korea Lift College³

Abstract

In order to compensate the variations of the generator frequency when the load of the generator changes suddenly, the control system by the mechanical time constant is operated through the governor control. Therefore, it is very important to control the governor according to the load to minimize the frequency variations when the load variations. In this paper, we propose an algorithm to detect the active power of the generator instantaneously and to control the feed- forward control by using it to reduce the frequency variations during the sudden change of the load. We also performed a Psim simulation to verify the validity of the proposed method.

1. 서 론

발전기의 부하 급변 시 발전주파수의 변동이 일어나며, 이를 보상하기 위해 가버너 제어를 통해 기계적 시정수에 의한 제어시스템이 동작하게 된다. 따라서 부하변동 시 주파수변동을 최소화하려면 부하에 따른 가버너의 제어가 매우 중요하다. 본 논문에서는 부하급변 시 주파수변동을 저감하기 위해 발전기의 유효전력을 순시적으로 검출하고 이를 이용한 피드포워드 제어를 행하는 알고리즘을 제안한다. 또한 제안된 방식의 타당성 검증을 위해 Psim 시뮬레이션을 행하였다.

2. 본 론

2.1 Feed-forward를 적용한 고속 위상 추종 알고리즘

발전기 병렬운전을 위한 신뢰성 있는 PLL(phase-locked loop)을 행하기 위해서는 계통전압의 기본파성분에 대한 정확한 정보가 필수적이다. 일반적인 PLL의 구조는 d축 전압성분을 Zero로 할 수 있도록 PI제어기가 위상을 출력하도록 하는 형태를 취하고 있다. 이 경우 d축 전압성분에 리플분이 존재하는 경우 제어기의 Gain 설정에 문제가 있으며, 이로 인해 한정된 예러 범위 내에서 위상각 추종에 어려움이 있고, 특히 위상추정 속응성 개선에는 그 한계가 있다. 본 논문에서는 기존의 계통 위상 추종 방식에 Feed-forward를 적용시킨 PLL 알고리즘을 제안한다.

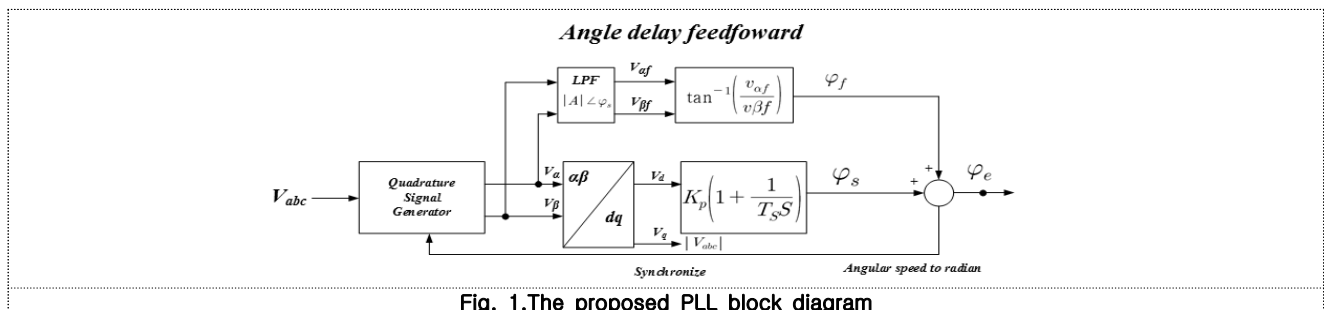


Fig. 1. The proposed PLL block diagram

Fig.1.은 제안된 PLL블록도를 나타내고 있다. 2상 정지좌표계상의 계통전압은 계통의 위상정보를 가지고 있으며 이를 이용하여 위상각을 atan 함수를 이용하여 계산할 경우 계통에 고조파성분이 존재할 경우 그 영향이 바로 나타나며, atan 함수에서 분모가 Zero부근에서는 외부 Noise에 매우 예민한 단점이 있다.

본 논문에서는 고조파성분에 의한 영향을 제거하기 위해 2상 정지좌표계상의 계통 전압을 저주파 필터를 통과한 후에 위상각 계산을 행하였으며, 저주파 필터에 의한 위상각 지연보상을 회전좌표계상의 q축 전압을 사용하여 보상하는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 또한 분모가 Zero부근에서 atan함수의 단점을 보상하기 위해 두 변수 중 큰 변수를 분모로 하는 atan함수를 사용하여 보상함으로서 외부 Noise에 매우 예민한 단점을 보상하였다.

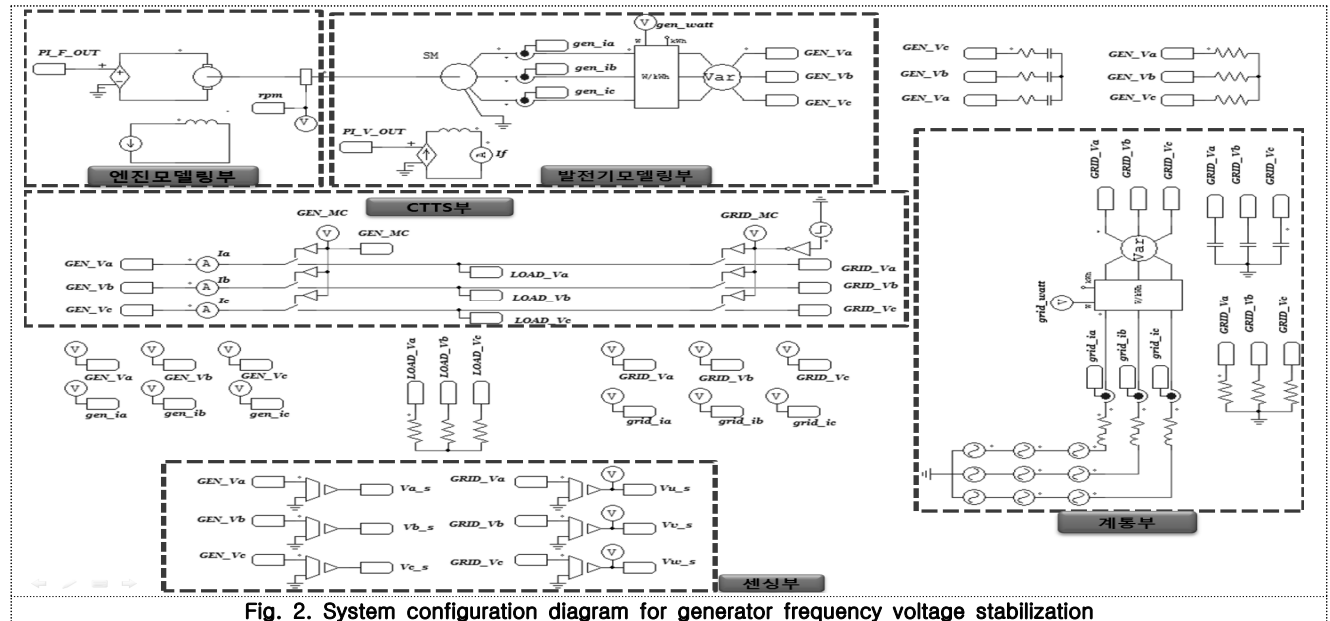


Fig. 2. System configuration diagram for generator frequency voltage stabilization

3상 출력전압을 통해 $\alpha-\beta$ 변환, d-q 변환을 한다. 이 때, 위상각의 정보가 필요하며, d축 전압을 PI의 입력 값으로 하여 회전자 각속도를 계산하고 이를 적분함으로서 위상을 구할 수 있다. 또한 각속도를 통해서 주파수 또한 계산된다. 이러한 d-q 폐루프 시스템을 통해서 정확한 위상각을 찾을 수 있으며, 이를 통해 주파수 및 위상을 제어할 수 있다. 따라서 Fig.2와 같이 회로를 구성하여 발전기의 병렬운전하기 위한 동기 상태를 확인하고, 동기순간에 위상의 조건에 따라 내부순환 전류의 크기 및 전력의 크기를 시뮬레이션 한다.

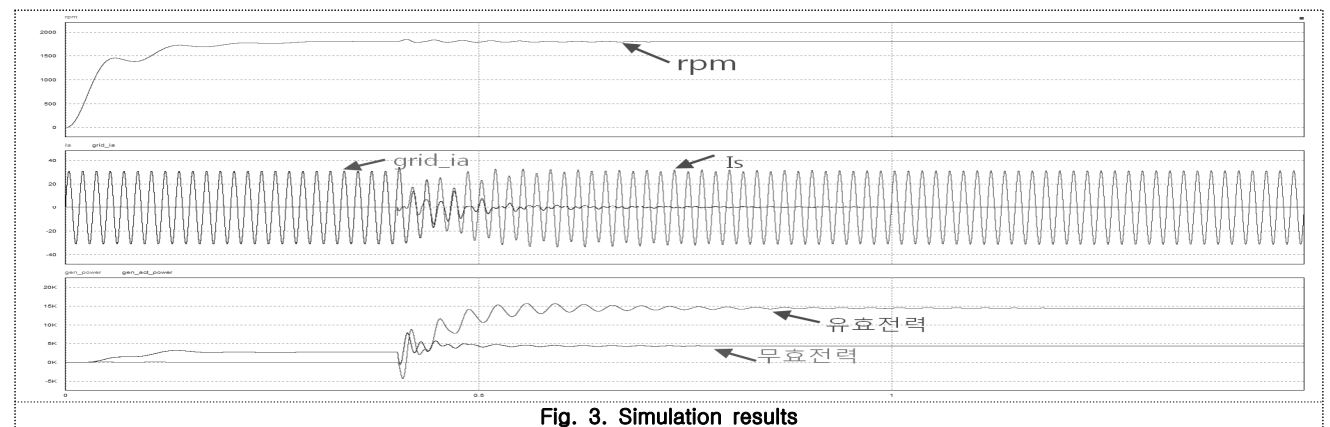


Fig. 3. Simulation results

3. 결 론

본 연구는 부하변동 시 주파수 변동을 최소화하기 위한 가버너 제어 방식으로 유효/무효전력을 제어함으로써 이를 이용한 피드포워드 제어를 행하는 알고리즘을 제안하였으며, Psim 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

사 사

본 연구는 중소기업청의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (중소기업기술개발지원사업, No .S2455166)

[참 고 문 헌]

- 1) H J Lee, S J Park, Y S Kim and Y A Kwon, "Active/Reactive Power Control of Doubly Fed Induction Generator", The Korean Institute of Electrical Engineers, 224-226, 2003

이후는 회전자와 동기 된 전동모드로 동작한다. 엔진기동 여부는 배터리 전류발향으로 판단한 하였다.

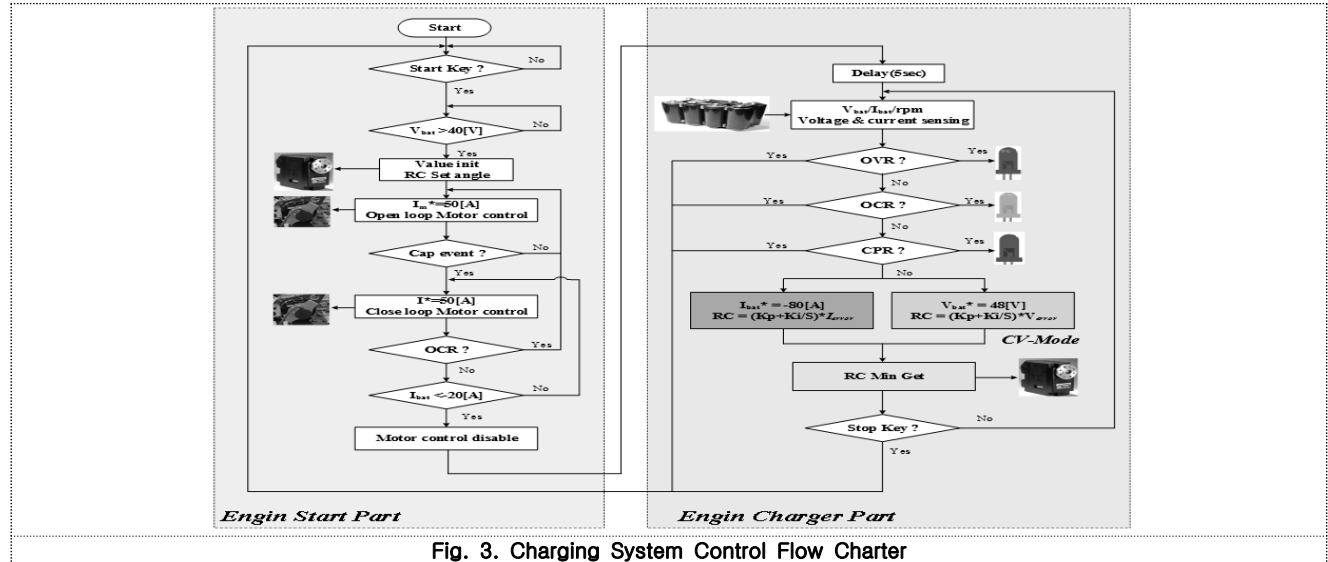


Fig. 3. Charging System Control Flow Charter

그림 3은 엔진 시동 및 충전을 위한 플로우차트를 나타내고 있다.

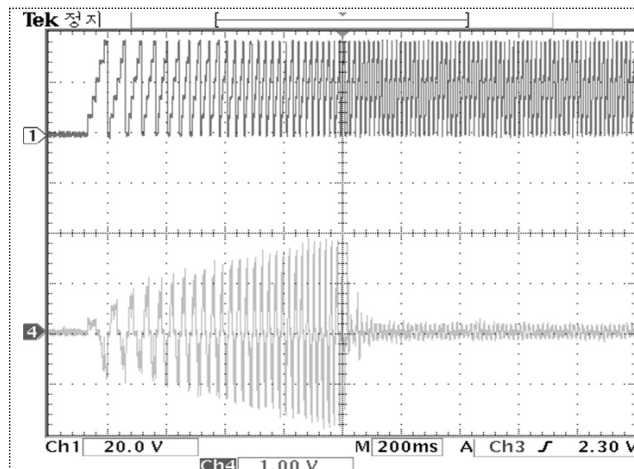


Fig. 4. Characteristic waveforms at engine start

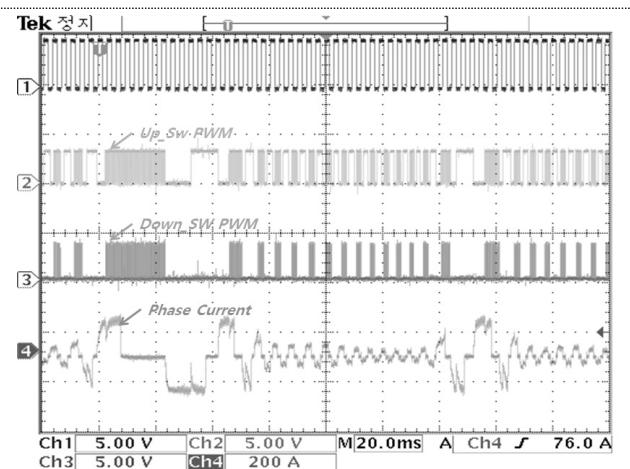


Fig. 5. Characteristic waveforms when steady state

그림 4는 엔진 시동 시 특성과형을 나타내며, 그림 5는 배터리 충전 시 특성과형을 나타내고 있다. 파형에서 알 수 있듯이 시동이 양호하며 충전 또한 양호하게 이루어짐을 알 수 있다.

3. 결 론

본 연구는 드론용 고밀도 엔진발전기 시스템에서 가버너를 이용하여 충전함으로 새로운 개념의 1단 전력 변환시스템을 구축하였으며, 발전기를 전동기 모드로 사용하여 엔진을 기동함으로 편리성을 도모하였다. 또한 제안된 새로운 토폴로지의 타당성을 시험을 통하여 검증하였다.

사 사

본 논문은 산업통상자원부에서 시행한 ‘2016년 R&D 재발견 프로젝트’의 기술개발 결과입니다.

[참 고 문 헌]

- 1) SUNPLUS, "A Variable-Speed Sensorless System for BLDC Motor", Third edition", Sunplus Technology Co., Ltd., 2006.
- 2) 김상훈, "DC 및 AC 모터 제어" 북두출판사, 2007
- 3) Microchip, "dsPIC30F Programmer's Reference Manual", Microchip Technology Inc., 2003

2단 방식을 이용한 높은 입력전압을 갖는 SMPS에 관한 연구

김종철¹, 김국현¹, 선호연¹, 박성미², 박성준¹
전남대학교¹, 한국승강기대²

A Study on Two Stage SMPS for High Input Voltage

Jong-Cheul Kim¹, Kuk-Hyeon Kim¹, Ho-Yun Seon¹, Seong-Mi Park², Sung-Jun Park¹
Chonnam National University¹, Korea Lift College²

Abstract

A typical topology for low-capacity SMPS is flyback converters. The flyback converter is simple to configuration, but it is difficult to increase the voltage due to high switching voltage stress. In this paper, we propose a two-stage high voltage SMPS topology using a non-isolated buck converter that is easily pressurized and a LLC converter for insulation and secondary pressure reduction. The proposed method combines the advantage of operating over a wide input voltage range. The validity of the proposed method is verified through experiments.

1. 서 론

소용량 SMPS의 대표적인 토폴로지는 플라이백 컨버터이다. 플라이백 컨버터는 구성이 간단하나 높은 스위칭 전압 스트레스로 인하여 고압화가 어렵다. 본 논문에서는 고압화가 용이한 비절연 벅 컨버터와 절연과 2차 감압을 위한 LLC 컨버터를 이용한 2단 방식의 고압용 SMPS 토폴로지를 제안한다. 제안된 방식은 그 특성상 넓은 입력전압 범위에도 동작하는 장점을 겸비하고 있다. 또한 시뮬레이션을 통하여 제안된 방식의 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 비절연형 컨버터와 절연형 컨버터가 결합된 2단 SMPS 시스템

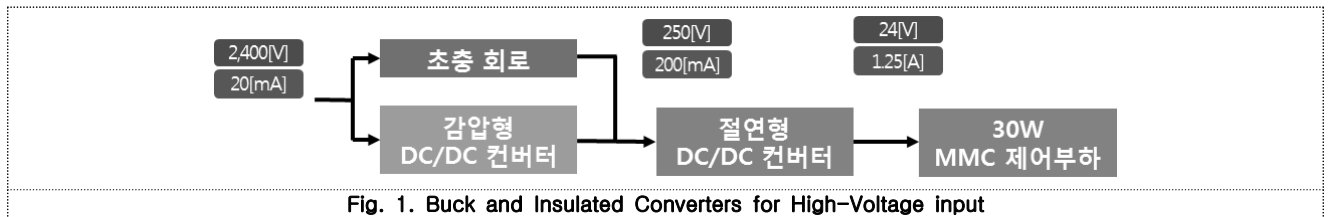


그림 1은 본 논문에서 제안된 광범위한 입력전압 구동을 위한 Buck 컨버터와 절연형 컨버터 결합형 고압용 SMPS 토폴로지의 구성이다. 본 토폴로지의 특징은 낮은 전압비 출력에 유리한 Buck 컨버터에서 절연형 컨버터의 입력전압을 250[V]로 제어하고, 절연형 컨버터는 250[V]입력을 받아 24[V]출력을 발생하는 구조이다. 본 컨버터의 특징은 아래 표와 같다.

Table 1. Characteristic of Proposed Converter

◆ 본 컨버터의 특징

- 1) 고압입력 전압으로 구동되는 SMPS(높은 절연내력, 낮은 스위칭 주파수)
- 2) 넓은 입력전압 변동(정격 전압시 낮은 시비율로 동작, 스위치 정격전류증대, 높은 센서티비티)
- 3) 절연 DC/DC 컨버터의 절연내력 저감 및 낮은 제어센서티비티를 위한 앞단에 비절연형 컨버터 추가한 2단컨버터 시스템 구성

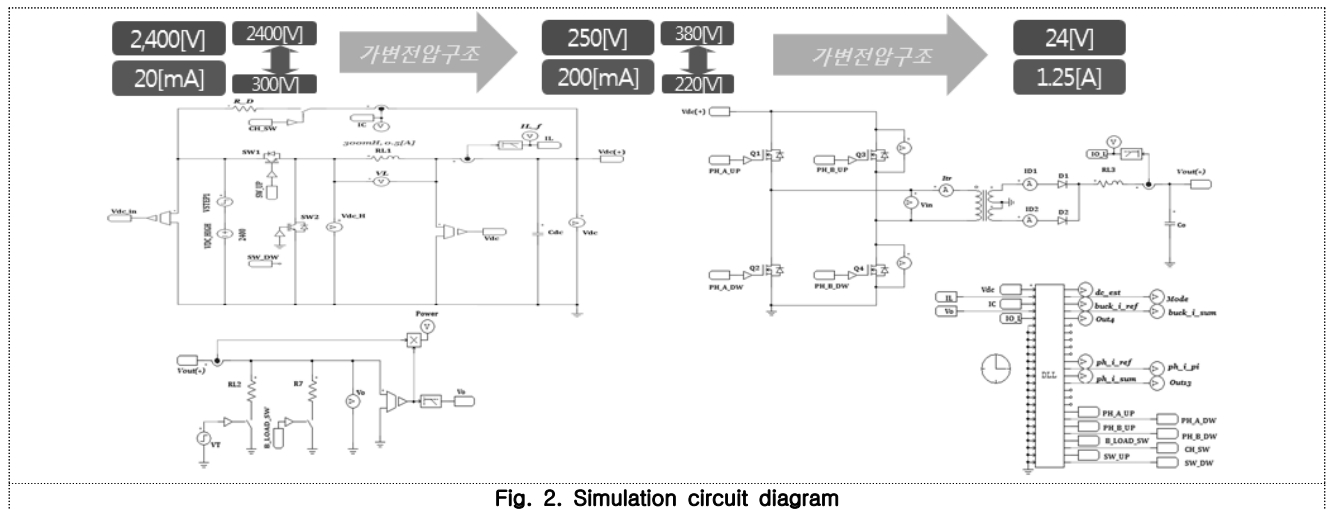


Fig. 2. Simulation circuit diagram

그림 2는 제안된 토폴로지의 타당성을 검증하기 위해 Psim을 이용한 시뮬레이션 회로도이다. 부하가 10[W]에서 30[W]변동 시, 그림 3에서와 같이 시뮬레이션 결과 Buck 컨버터의 출력은 250[V]로 LLC 컨버터의 출력은 24[V]로 안정되게 제어됨을 알 수 있었다. 또한 스위치 전압 전류 확대파형에서 알 수 있듯이 스위칭 소자는 소프트 스위칭이 이루어짐을 알 수 있었다.

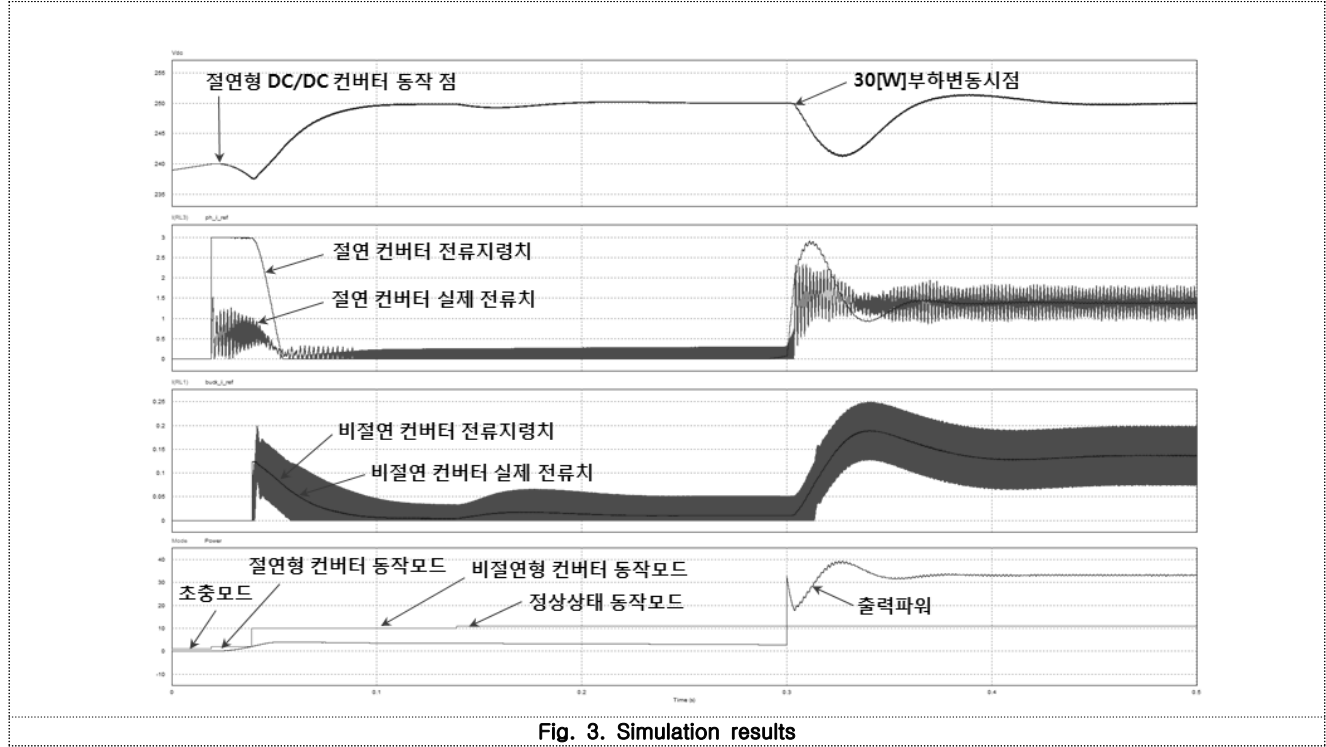


Fig. 3. Simulation results

3. 결 론

본 연구는 높은 전압 입력범위와 넓은 전압 입력범위를 만족시키는 Buck Converter와 LLC Converter의 2단 구조로 구성된 시스템을 제안하였고, 제안된 새로운 토폴로지의 타당성을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20161210200470)

[참 고 문 헌]

1) H. de Groot, Design of a 1 MHz LLC Resonant Converter based on a DSP-driven SOI Half-Bridge Power MOS Module, Power Electronics Specialists Conference, 2006. PESC '06. 37th IEEE.

스마트 전력감시 및 원격 전력 계측을 위한 Semi-Wheel System 제안 연구

여서현¹, 레티동뵈¹, 선호연¹, 박성미², 박성준¹
전남대학교¹, 한국승강기대학교²

A Study on Semi-Wheel System for Smart power monitoring and Remote Power Measurement

Seo-Hyun Yeo¹, Le thi tuan vi¹, Ho-Yun Seon¹, Seong-Mi Park², Sung-Jun Park¹
Chonnam National University¹, Korea Lift College²

Abstract

Recently, as the smart power operation and smart factory industry has been activated, demands for remote measurement and control are rapidly increasing. In addition, there is a growing demand for a semi-wheel system that can perform virtual experiments based on reality. Therefore, this paper proposes a remote semi-wheel system that can function as a simulated power converter such as solar and ESS based on remote measurement and control. The validity of the proposed system is verified

1. 서 론

전 세계적으로 지구 온난화 문제, 인구 증가로 인한 전력 수요 상승 문제 등을 해소하여 안정적인 전력 계통 운영을 추구하려는 대안이 모색되고 있다. 이에 따라 신재생에너지원, ESS, 비상발전기 등을 비롯한 분산전원 중심의 마이크로그리드가 각광받고 있다. 그러나 마이크로그리드를 실제 구현하기 위해서는 매우 큰 비용이 소요되며, 신재생에너지원의 특성 및 ESS 배터리 특성 등을 고려하여 경제적이고 안정적인 계통 시스템을 구축하기 위해서는 정교한 모델링이 필요하다. 특히 스마트 전력 운용 및 스마트 팩토리 산업이 활성화되면서 원격 계측 · 제어에 대한 요구가 급증하고 있는 바, 실제 구현하기 전에 현실을 기반으로 가상 실험을 할 수 있는 Semi-Wheel System에 대한 필요성이 고조되고 있다. 본 논문에서는 원격 계측 및 제어를 기반으로 태양광, ESS, 발전기 등이 구성된 모의 전력변환기 기능을 할 수 있는 가상 실험용 원격 Semi-Wheel System을 제안한다. 또한 제안된 시스템을 구성하여 그 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 Semi-Wheel System의 필요성

마이크로그리드는 기존 상용 AC 계통과 연계된 계통 연계형과 자체적 분산전원으로만 전력을 공급하는 독립 운전형으로 구분된다. 독립운전형의 경우 신재생에너지원, ESS, 디젤발전기 등으로 구성이 되는데, 신재생에너지원의 출력이 불안정하기 때문에 사실상 디젤발전기를 상용 운전할 수밖에 없는 상황이다. 또한 지역별 부하 특성, 발전원 및 ESS 특성 등이 고려된 정교한 운용 알고리즘이 필수적이다. 계통연계형의 경우 한전에 연계되어 구조가 매우 복잡하며 모델링 구성이 힘들고 단가도 비싸다. 이러한 이유로 마이크로그리드는 실제 구현하기 전에 설계한 시스템의 타당성을 가상으로 검증할 수 있는 Wheel System이 필요하며, 특히 실제 하드웨어가 혼합되어 현실성을 반영할 수 있는 Semi-Wheel System은 마이크로그리드 구축 타당성 입증의 주 근거가 될 수 있다.

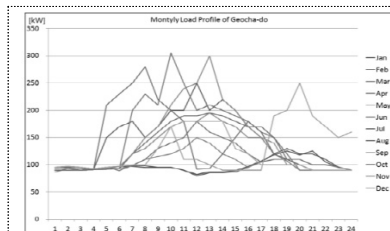


Fig. 1. (Variable 1) Load Pattern

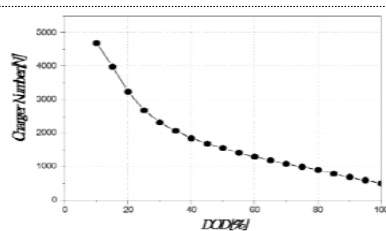


Fig. 2. (Variable 2) Charge/Discharge Cycle according to Battery DOD

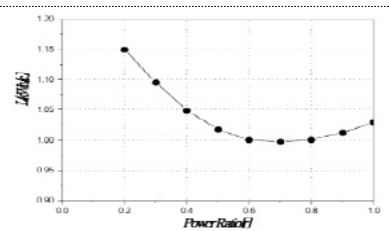


Fig. 3. (Variable 3) Fuel Consumption ratio per Diesel Generator Output

2.2 Semi-Wheel System의 구성 및 제한

전라남도 진도군에 위치한 거차도는 국가 지원 하에 기존 150[kW]급 디젤발전기 3대로만 운전되던 전력망을 디젤발전기 추가 설치 및 100[kW]급 풍력발전기, 120[kW]급 태양광 발전, 500[kWh]의 BESS, 250[kVA] 인버터 시스템을 구축하여 에너지 자립을 위한 독립형 마이크로그리드를 구축하였다. 또한 계통 현황을 Fig.5와 같이 실시간으로 모니터링하여 관리 및 제어 중이다. 그러나 이러한 마이크로그리드 시스템을 구현하기에는 매우 큰 비용이 소요되며, 구현 후 문제가 발생 시, 계통 불안정 증가 · 추가 비용 소요 등으로 더욱 큰 문제가 파급될 수 있다. 거차도 역시 가정용 전력과 달리 어업용 및 산업용 전력을 감당하기에 전력저장능력이 부족하여 추가적 ESS 설치가 필요한 상황이 나타나고 있다. Semi-Wheel System은 바로 이러한 전반적 문제를 사전 예측하여, 실제 구현 전 가상으로 타당성을 검증할 수 있는 시스템이다.

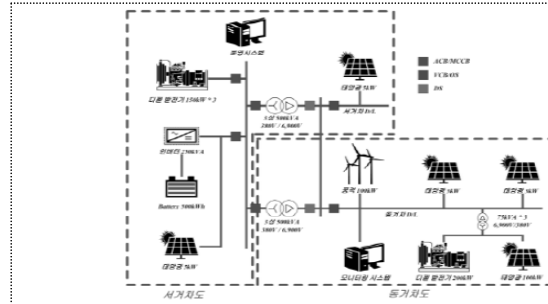


Fig. 4. Microgrid Configuration of Geochoa island

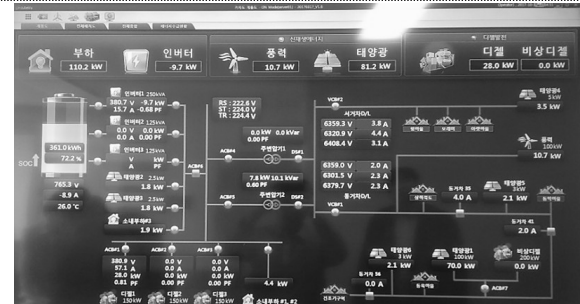


Fig. 5. Live Monitoring System of Geochoa island Microgrid

제안하는 Semi-Wheel System을 위해 모의 마이크로그리드 시스템을 Fig. 6과 같이 구성하였다. 먼저 배터리 충·방전용 컨버터의 수명을 연장할 수 있는 스위치 인터리브드 타입 컨버터를 구성하였고, 태양광 발전 시스템은 승압형 컨버터의 동작과 동시에 스위치를 Off 시켰을 때 역전류 방지용 다이오드로 동작하여 DC 가변전압을 통한 MPPT가 이루어질 수 있도록 하였다. 태양광 모듈의 경우 태양광 시뮬레이터를 이용하여 실험을 진행하였다. 배터리는 5개의 셀이 직렬로 되어 있는 배터리 팩을 75조 직렬로 구성하여 공칭 전압 상태에서 450V, 최대 충전 전압 502V, 최대 방전 전압 300V 상태가 되도록 구성하였다. 배터리 입력측의 초기 기동 시 돌입 전류 방지를 위한 초기 충전 저항과 각 입력 단에 보호를 위한 퓨즈를 구성하여 전체 시스템의 안정성을 확보하였다. Fig. 7은 구성된 전력변환기들의 전압 및 전류 상태를 나타낼 수 있도록 설계한 모니터링 시스템이다. 실시간 전력 흐름을 확인하여 효과적으로 통합 제어할 수 있다.

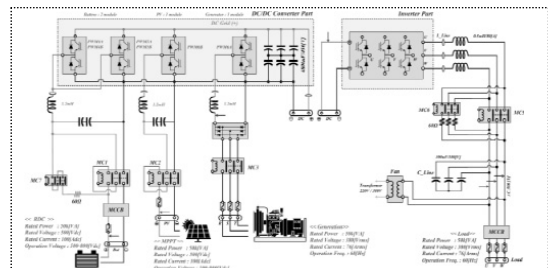


Fig. 6. Simulated Microgrid System Configuration Diagram

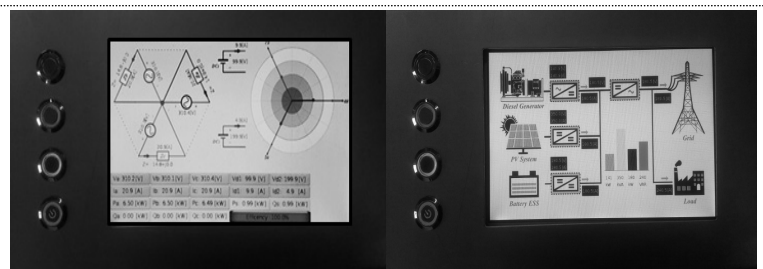


Fig. 7. Monitoring Panel of Simulated Microgrid System

3. 결 론

본 논문에서는 Semi-Wheel System 구성을 위하여 비상발전기, 태양광 발전, BESS의 모델링이 포함된 가상 마이크로그리드 시스템을 구성하였으며, 스마트 전력 감시 및 전력 계측이 가능한 형태의 모니터링 패넌을 설계하여 실시간 통합 제어가 가능하도록 구축하였다. 본 Semi-Wheel System으로는 모델링의 복잡성, 경제성 및 계통 안정성의 문제로 단기간 구현하기 어려운 마이크로그리드를 가상으로 실현할 수 있는 이점이 있으며, 확인한 결과를 토대로 실제 구현 시 더욱 정교한 모델링을 가능하게 한다. 향후에는 현재까지 개발된 시스템 및 알고리즘을 기반으로 Fig 5에서 모니터링 되는 요소 각각이 Fig 7의 패넌 1개로 가상 시뮬레이션 되도록 모델링을 구현하고, 한전 전력은 하드웨어적으로 실 공급하는 방식의 사용자 요구형 전력감시 · 계측 · 제어가 가능한 Semi-Wheel System을 개발할 예정이다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20161210200470)

[참 고 문 헌]

- 1) 선호연 외, Iot 기반 신재생에너지 설치 타당성 검증을 위한 Semi-Wheel System, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 950-951, 2017

DC 고전압 센싱을 위한 전압계측 회로 설계에 관한연구

정미애¹, 김춘성¹, 임상길², 박성미³, 박성준⁴
 녹색에너지연구원¹, G&EPS², 한국승강기대³, 전남대학교⁴

A Study on The Design of Voltage Sensing Circuit for High DC Voltage

Mi-Ae Jeong¹, Chun-seong Kim¹, Sang-gill Lim², Seong-Mi Park³, Sung-Jun Park⁴
 Green Energy Institute¹, G&EPS², Korea Lift College³, Chonnam National University⁴

Abstract

Recently, due to the disadvantages of AC power transfer, researches on HVDC power transfer are actively proceeding. For stable voltage levels in HVDC systems, voltage balancing of each MMC (Modular Multilevel Converter) is essential. For this, stable voltage measurement of MMC is required. In this paper, a high voltage sensing circuit for MMC module for stable control of HVDC multilevel converter is designed. Simulation and algorithm of real - time signal restoration by a new serial inverse matrix transfer function are proposed by DC voltage measurement and real - time signal restoration. In order to verify the feasibility of the proposed method, we performed the simulation and experiment of Psim.

1. 서 론

AC 전력전송의 단점으로 인하여 최근 HVDC 전력전송에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. HVDC 시스템에서 안정적인 전압레벨 발생을 위해서는 각 MMC(Modular Multilevel Converter)의 전압 밸런싱이 필수적이며 이를 위해서는 MMC의 안정적인 전압계측이 필요하다. 본 연구는 HVDC용 멀티레벨 컨버터의 안정적 제어를 위한 MMC 모듈의 고전압 센싱 회로를 설계하였으며, DC 전압 계측 및 실시간 신호 복원으로써 새로운 직렬 역행렬 전달함수에 의한 실시간 신호 복원 시뮬레이션 및 알고리즘을 제안하였다. 또한 제안된 방식의 타당성 검증을 위해 Psim 시뮬레이션 및 실험을 행하였다.

2. 본 론

2.1 고전압 센싱회로 및 시뮬레이션

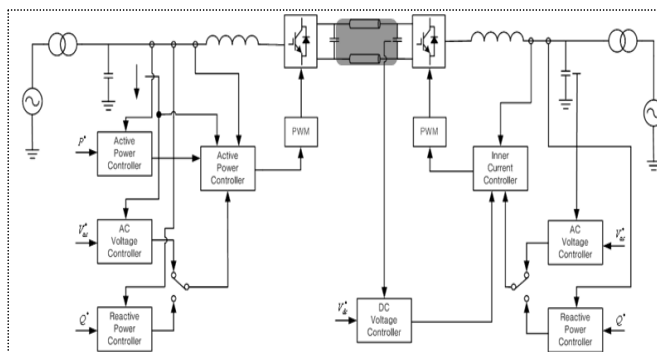


Fig. 1. Overall system diagram and application part

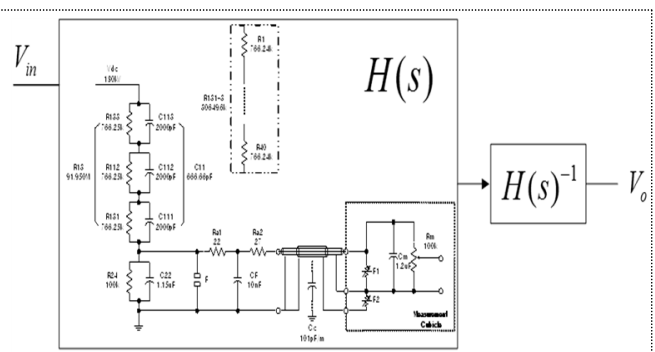


Fig. 2. High-voltage, high-current signal restoration by $H(s)^{-1}$

전압 및 전류 계측을 위한 하드웨어의 전달함수를 $H(s)$ 라고 할 때, 디지털 신호처리를 통해 $H(s)^{-1}$ 와의 컨볼루션을 통해 입력신호에 대해 이득이 1인 출력 신호를 산출할 수 있고, 이는 신호의 크기변화 및 위상지연이 없다는 것을 의미한다. 이것은 입력신호를 정확하게 복원할 수 있으며, 제어에 있어서 정확한 정보를 전달할 수 있다.

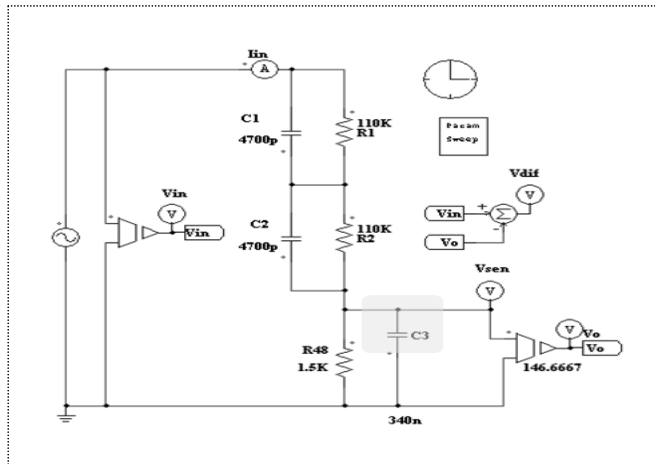


Fig. 3. The proposed system simulation circuit

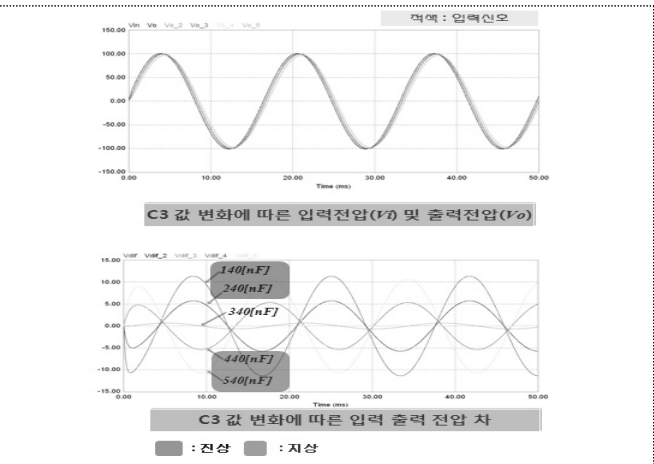


Fig. 4. Proposed system simulation result

제안된 회로의 타당성을 검증하기 위해 Psim에 의해 시뮬레이션을 행하였으며 그 회로는 그림 3과 같다. 이 회로에서 아래 부분에 노란색으로 강조한 부분의 C3값을 변화시켜 갈 때 입출력 전압 값의 위상차가 나지 않는 값을 정하여야 한다. 그림 4는 시뮬레이션 결과로서 C3값의 변화에 따라 전상의 영역에서 지상의 영역까지 변화함을 알 수 있다.

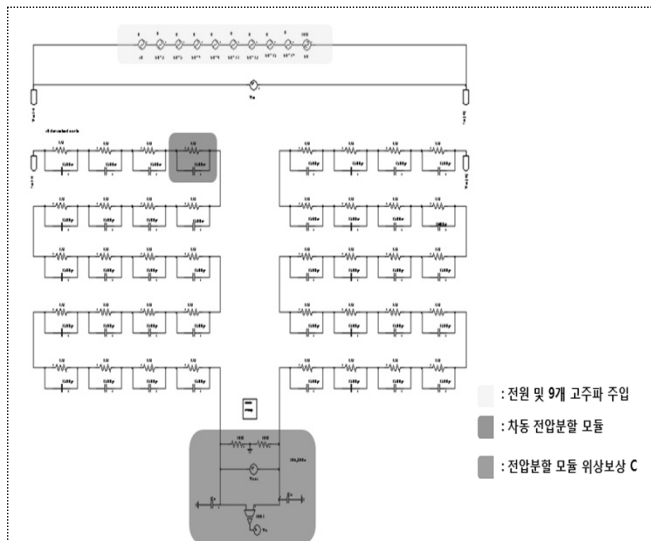


Fig. 5. 20[kV] Voltage Measurement Simulation Circuit

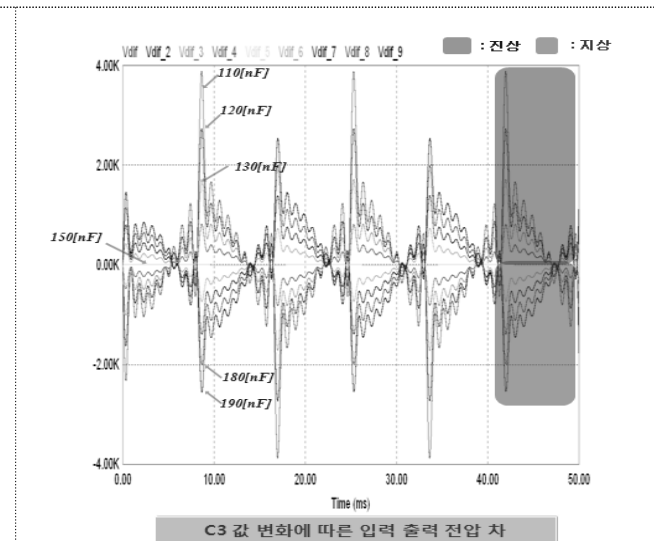


Fig. 6. 20[kV] voltage measurement simulation result

그림 5는 전압 계측 시뮬레이션 회로를 보여준다. 그림 6은 그림 5의 회로에 주파수 60[Hz] 조건에서 10[kV] 최대값을 가지는 기본파 외에 고조파를 3-17까지 총 8개의 고조파를 최대값이 1[kV]가 되도록 입력했을 때의 특성을 나타내며 150[nF]값이 최적값으로 도출되었다.

3. 결 론

본 연구는 고전압 센싱 회로를 설계하여 DC 전압을 계측 및 실시간 신호 복원을 할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 회로는 시뮬레이션 결과 입출력 전압차가 가장 적은 값으로 150[nF]의 최적값을 도출할 수 있었으며, 이로 인해 제안된 새로운 토폴로지의 타당성을 검증하였다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20171210201100)

[참 고 문 헌]

- 1) Yu Zhang, Xia Xiao, Xu yan, Review of research on measurement technologies of DC high voltage ,IEEE Conference Publications, p.p 179-183, 2015.
- 2) Jae-Jung Jung, Hak-Jun Lee, Jung-Ik Ha, Seung-Ki Sul, Reduced sampling rate for cell voltage sensing in high-level Modular Multilevel Converter, IEEE Conference Publications, p.p 336-341, 2014.

선체의 효율적인 생산을 위한 조립공정에 관한 연구

류재혁¹, 조용선¹, 임성해¹, 이재빈¹, 이초원¹, 변태영¹, 박정일²
동의과학대학교 기계계열¹, 경원엔지니어링²

A study on the assembly process for efficient production of hull

Jae Hyeok Ryu¹, Yong Sun Cho¹, Sung Hae Lim¹, Jae Bin Lee¹, Cho Won Lee¹,
Tae Young Byun¹, Jung Il Park²
Dong-eui institute of technology¹, Kyung-won Engineering

Abstract

To secure the production competitiveness of ships, construction method of ships and production efficiency is important. In order to understand the assembling process of the ship during the construction process, we carried out a production drawing and fabricate a model block. In this process, the efficient assembly drawing of vessels could be drawn out.

1. 서 론

선박의 생산 경쟁력을 확보하기 위해서는 선박건조 공법 및 생산 효율화가 중요하다. 그래서 우선적으로 선박 건조과정 중 선체조립 과정을 이해하기 위해 선체 이중저 구조에 대한 생산도면을 작성하고, 블록 모형을 제작·조립하였다. 이 과정에서 선박의 효율적인 조립공정을 위한 조립도를 작성하고자 한다.

2. 본 론

효율적인 조립공정을 위한 조립도 작성을 위해 선체 중앙부 이중저 구조를 선택하였으며, 선박전용 프로그램인 Aveva Marine을 이용하여 선체 블록을 모델링 하였다. 모델링 후 실제 건조공정의 NC 절단에 해당하는 공정을 모형 조립단계에서는 레이저 커팅기를 이용하여 모형 선체 부재들을 제작하였다. 이 부재들은 조립시 용접의 편의성, 자동용접의 활용도, 중량물의 이동 등을 고려하여 효율적으로 조립하기 위한 조립 순서를 결정하였고, 그 결과물로 모형블록 제작 및 조립도를 작성하였다.

3. 결 론

선체블록을 설계하고 모형으로 제작함으로써 중량물의 조립 공정 시 고려사항에 대해 이해하고 효과적인 조립 공정을 제시하였다.

사 사

본 과제(결과물)는 중소벤처기업부의 정부지원금으로 수행한 산학맞춤기술인력양성사업 1팀-1프로젝트 연구결과입니다.

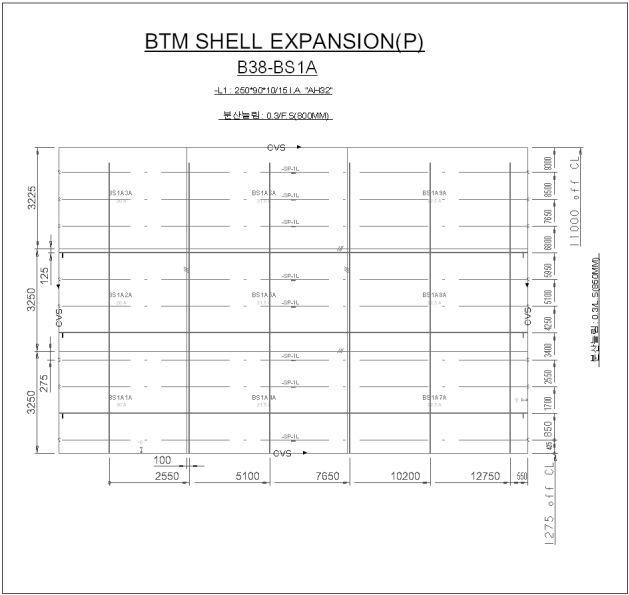


Fig. 1. Construction Drawing

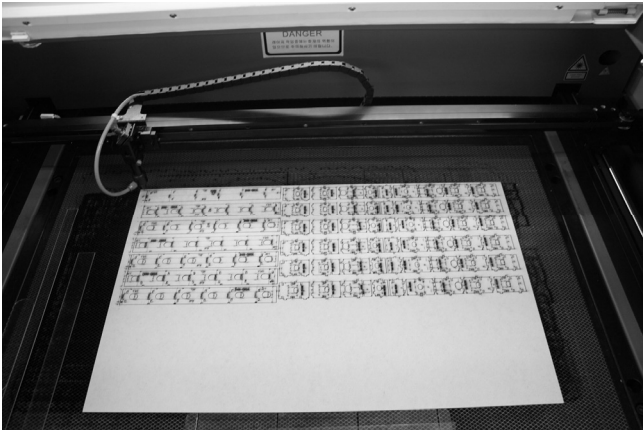


Fig. 2. Laser Cutting

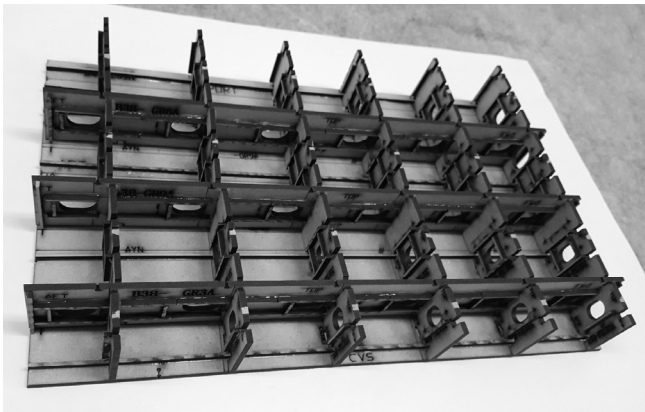


Fig. 3. Double Bottom Model Assembling

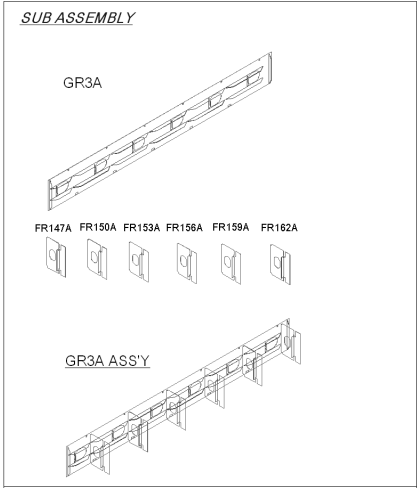


Fig. 4. Assembly Drawing

진동현 센서모듈의 구조설계

이동윤¹, 성민규¹, 이언기¹, 이준호¹, 황정석¹, 이문희¹, 노희종²
동의과학대학교 기계계열¹, ㈜대동계측²

Structural Design of vibrating wire read out sensor module

Dongyun Lee¹, Minkyu Sung¹, Eonki Lee¹, Junho Lee¹, Moonhee Lee¹,
Heejong Noh²
Dong-eui institute of technology¹, Daedong Instruments Co.,Ltd

Abstract

V.W. Read Out is designed to measure all the sensors which made with vibrating wire type. Under strain of steel wire built in sensor, tensile force of steel wire will be changed. If installed electric coil besides the steel wire vibrate the steel wire and then make a change in magnetic field, alternating voltage will be generated This frequency of output voltage is the same as that of steel wire, can measure the frequency with the cable in vibrating wire measuring machine. In this work, we tried and accomplished 2D/3D design of vibrating wire read out sensor module parts.

1. 서 론

진동현 측정기(V.W. type gage)는 진동현식 방식으로, 센서에 내장된 강선의 변화에 따라 달라지는 인장력은, 주위의 전기코일에 의한 강선의 진동으로 자기장에 변화를 주면 교류전압이 발생한다. 이러한 강선의 진동에 따른 출력전압의 진동수는 강선의 진동수와 같으므로, 이러한 신호를 케이블을 통해 진동현측정기에서 진동수를 측정하는 장비이다[1]. 본 연구에서는 효율적 구조의 진동현 센서모듈을 2D/3D-CAD tool (Auto CAD, NX7.5)을 이용하여 설계하였다.

2. 본론 및 결론

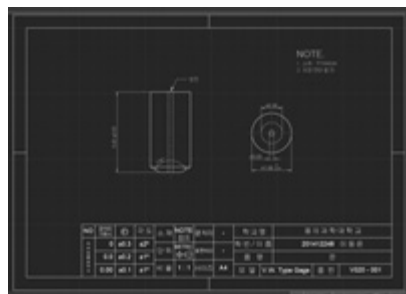
본 연구에서는 진동현 측정기의 센서 모듈 구성품을 2D/3D-CAD를 통하여 설계하였다. 센서의 진동현 및 전기코일에 의한 센싱작동에 효율적인 구조를 위한 부품으로 센서케이블, 센서 캡, 핀에 대해서 설계하였다. 구체적인 치수, 공차, 재질 결정 등 제조조건을 2D 도면에 작도하였으며, 시제품 생산을 위한 3D 설계 또한 NX7.5를 이용하여 완수하였다.

3. 결 론

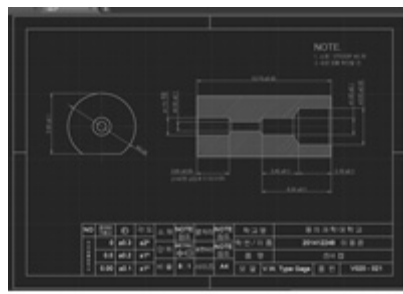
(주)대동계측의 지도로 주력제품인 진동현 센서모듈에 대한 설계조건을 파악하고, 2D 도면해독 및 작도뿐만 아니라 시제품을 위한 3D 도면 제작을 완수하였다. 앞으로 제품에 대한 시제품 제작 및 조립공정을 통하여 효율적인 구조설계로의 피드백을 할 수 있으리라 생각된다.

사 사

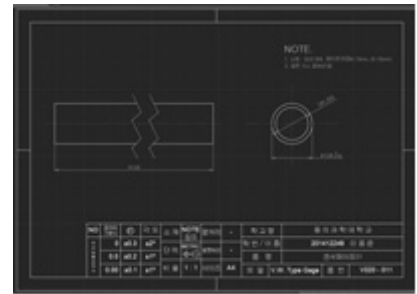
본 과제(결과물)는 중소벤처기업부의 정부지원금으로 수행한 산학맞춤기술인력양성사업 1팀-1프로젝트 연구결과입니다.



(a) Pin

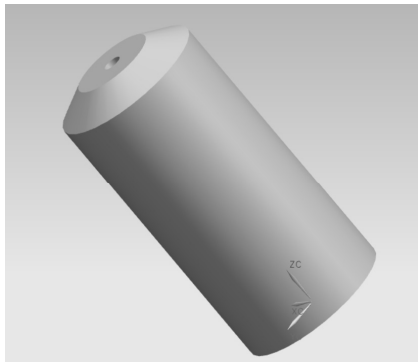


(b) sensor cap

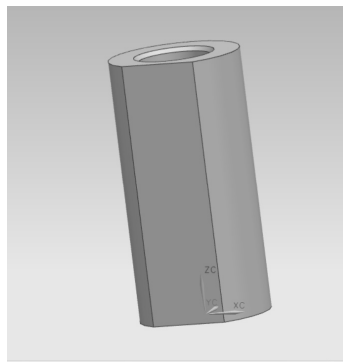


(c) sensor pipe

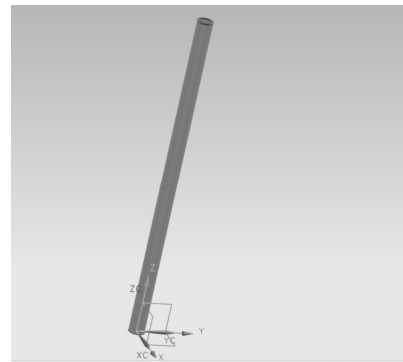
Fig. 1 2D-CAD design of sensor module parts



(a) Pin



(b) sensor cap



(c) sensor pipe

Fig. 2 3D-CAD design of sensor module parts

참고문헌

1. (주)대동계측, <http://geogage.com/kr/>

핫프레스 포밍 금형 변형 예측 및 구조 설계

박민우¹, 최성민¹, 이인혁¹, 안광훈¹, 이우진¹, 송승근², 김국용¹
동의과학대학교 기계계열¹, 우신정공(주)²

Prediction of die deformation and structure design of hot press forming

Minu Park¹, Seongmin Choe¹, Lee Inhyeok¹, Gwanghun Ahn¹, Ujin Lee¹, Seunggeun Song² and
Gugyong Kim¹

Division of Mechanical Eng., Dongeui Institute of Technology¹, Wooshin Precision Co., Ltd.²

Abstract

Finite element method was used to improve the die defects of hot press forming die. To simplify the analysis, model simplification was performed. The tetrahedral elements was used and the uniform stress was applied to the area where it contacted with the high temperature sheet. As a result of the analysis of the die structure, it was confirmed that the stress distribution is not uniform due to the support structure of the die holding plate.

1. 서 론

핫프레스 포밍(Hot Press Forming, HPF)은 강판을 900℃ 이상의 고온으로 가열한 후 저온인 금형으로 성형으로 성형함과 동시에 급랭하여 강도를 증가시켜 초고강도 부품을 제조하는 성형 방법이다. 성형된 부품은 1GPa 이상의 인장강도를 갖게 되어 차량 경량화와 충돌안전성을 만족할 수 있는 기술이다. 핫프레스 포밍 공법에 관한 연구는 성형성과 금형 냉각을 개선하기 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있다(1). 본 연구에서는 핫프레스 포밍 성형 시에 금형의 변형을 예측하고 불균일 또는 과도 변형이 발생하는 것을 개선할 수 있는 방안을 도출하고자 한다.

2. 본 론

핫프레스 포밍 금형 제작 업체와의 미팅을 통해서 성형 불량이 발생하는 금형을 선정하였고 금형 구조는 Fig. 1과 같다. 금형은 총 604개 부품으로 구성되어 있으며, 유한요소해석 시간과 자원을 줄이기 위해서 성형 시에 하중을 받지 않을 것으로 예상되는 부품들을 정리하여 총 52개 부품으로 단순화 작업을 수행하였다. 유한요소해석 소프트웨어는 ABAQUS 2017을 사용하였으며, 4면체 요소망을 적용하였다(Fig. 2).

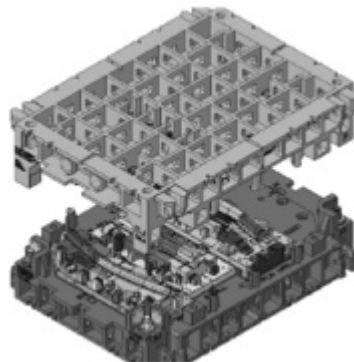


Fig. 1 Hot press forming die

유한요소해석 소프트웨어는 ABAQUS 2017을 사용하였으며, 4면체 요소망을 적용하였다(Fig. 2). 고온의 시트와 접촉하는 위치에 균일 응력을 작용 시켰다.

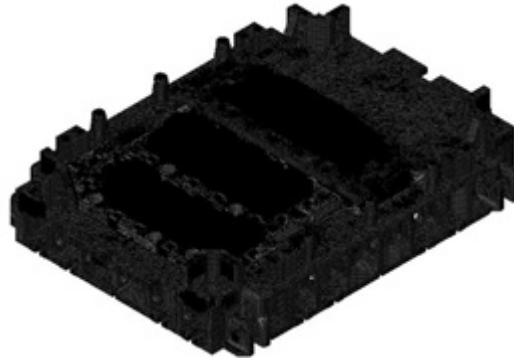


Fig. 2 Generated elements that type is tetrahedral

3. 결 론

핫 프레스 포밍 금형 구조 해석 결과 성형 시 금형의 처짐(변위 변화)은 Fig. 3과 같다. 바닥 서포터 구조의 영향으로 불균일한 처짐이 발생하는 것을 확인하였고, 금형 업체와 협의하여 금형의 밸런스를 개선할 수 있는 구조를 검토하고 있다.

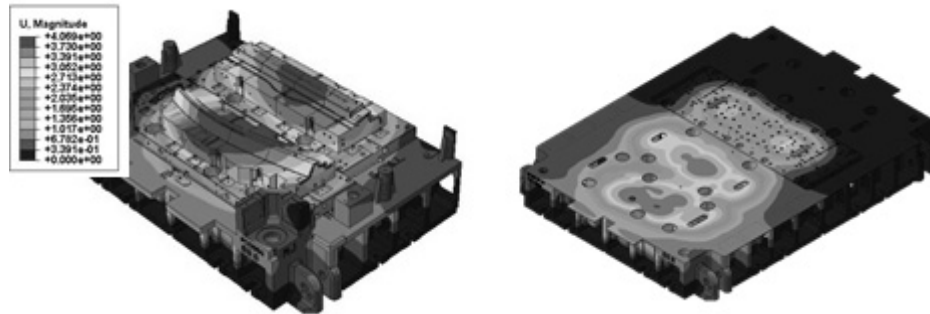


Fig. 3 Displacement of hot press forming die after pressure applied

사 사

본 과제(결과물)는 중소벤처기업부의 정부지원금으로 수행한 산학맞춤기술인력양성사업 1팀-1프로젝트 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- 1) S. Y. Lee, K. Lee, Y. H. Lim and W. C. Jeong, 2013, "Study on Heat Transfer Characteristic in Hot Press Forming Process," Transactions of Materials Processing, Vol. 22, No. 2, pp. 101~107.

전방향 주행이 가능한 볼 밸런싱 로봇 설계 및 제작

장정욱¹, 김지태¹, 신동석¹, 진태석²
동서대학교 학사 과정¹, 동서대학교 메카트로닉스공학과 교수²

**Design and Development of Ball-Balancing Robot
for Omnidirectional Navigation**

Jeong Wook Jang¹, Ji Tae Kim¹, Dong Suk Shin¹, Tae Seok Jin²
Dongseo University Student¹, Dongseo University Mechatronics Professor²

Abstract

In this paper, we describe omnidirectional spherical wheel drive control for forward movement, it can be used in the driving part of the mobile robot to improve the performance of the robot more technically, and through the forward-direction robot platform with the drive module Conventional wheeled robots can overcome the disadvantage that the continuous straightening performance is lowered due to resistance to various environments.

In this research, we present some preliminary results of the balancing control of Ball-Driving robot platform and implemented a simple following flight strategy, based on the gyro and accelerator sensor. This paper also presents a reference line following algorithm that plans for body lean motions, which when tracked result in the desired tracking of the robot. Finally, the paper shows some interesting human-robot physical interaction behaviors that can be achieved as a result of the ballbot's balancing stability.

1. 서 론

최근 세그웨이(Segway)와 같은 역진자 제어를 이용한 소형 로봇[2-5]이 생활 지원분야에 많은 관심을 받고 있다. 일인용 이동수단인 세그웨이는 개발된지 10년이 되었으며 전기를 사용하여 친환경적이고 에너지 절약적인 면에서 관심을 받았고 현재에도 개인용 이동수단으로 응용되고 있는 실정이다. 다양한 용도로 개발을 거듭하여 실외레저용과 도시 직장인의 간편한 출퇴근용으로까지 개발되고 있으며, 공항 같은 공공 건물에서 보안을 담당하는 보안요원이나 경찰들에 의해서도 사용범위가 넓어지고 있다.

이런 세그웨이와 구동 원리와 구조가 닮은 소형 로봇인 밸런싱 로봇이 또한 제어를 전공하는 연구자들에게 많은 관심을 받았다[2-5]. 기존의 역진자 시스템[6]처럼 불안정한 시스템으로 제어기 설계 기법을 연구하는데 좋은 대상이 된다. 그러나 역진자 시스템과는 달리 밸런싱 로봇은 안정화 제어기 구성에서 한 가지 어려움을 더 가지고 있다.

로봇의 기울어지는 각도를 측정하는데 있어서, 자신이 고정된 점을 기준으로 각도를 측정하는 방식인 엔코더와 같은 센서를 사용할 수가 없기 때문에, 밸런싱 로봇은 관성센서를 이용한 상태측정이 필수적이다. 관성 센서를 이용한 각도 측정은 아주 오래 전부터 관심을 받아왔고 지금까지 성능향상을 위하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 그 중 일반적으로 각도 추정에서 많이 사용하는 것은 각속도를 검출하는 자이로 센서와 가속도 성분을 검출하는 가속도 센서를 이용하는 방법이 많이 사용되고 있다[7-11].

2. 이동 메카니즘

볼 밸런싱 로봇을 구동하기 위한 전-방향 구형휠 구동모듈은 3개의 로터캐스터를 이용한 로봇의 전-방향으로 구동하기 위한 동력전달 메커니즘과 주행을 위한 알고리즘 개발이 요구되며, 3축 전-방향 이동 알고리즘이 내장된 드라이버가 모듈에 내장되고, 주행 방향 및 속도를 위한 3축 구동 모터 모듈이 장착된다. 각 구동바퀴의 회전 벡터 합에 따른 이동 메커니즘을 제시한다.

로봇의 이동시스템은 3개의 액추에이터로 구성되며 각 액추에이터는 인접한 두 개의 구체를 동시에 구동시킨다. 그림 13과 같이 액추에이터의 직접 전달 방식으로 로터에 전달되어 스프링을 가진 Idler(치차)에 의해 로터에 구체를 상호밀착 시켜주는 압전 구동방식으로 설계 및 제작하였다.

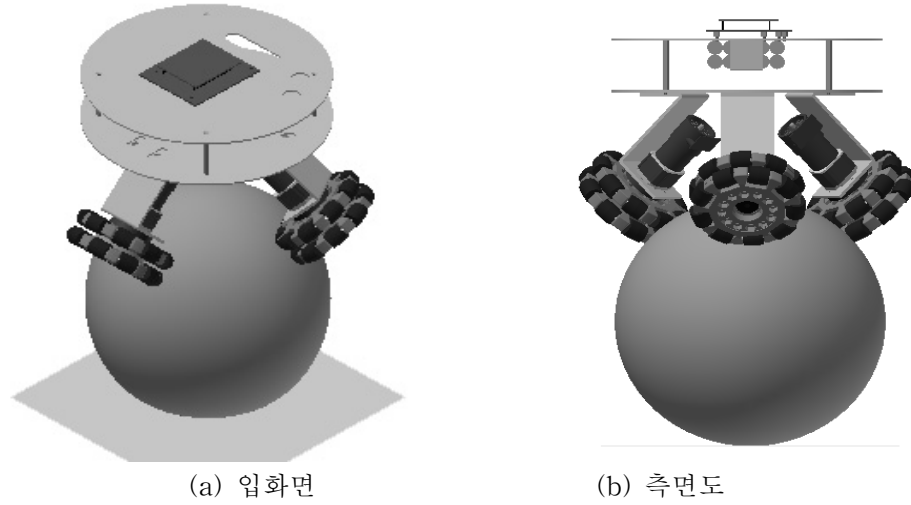


Figure 1. 3D design of ball-balancing robot

3. 전방향 로봇 모델링

3개의 구동바퀴를 사용하여 원활한 전-방향 이동을 위해 운동학 모델을 다음과 같이 제시하고자 한다.

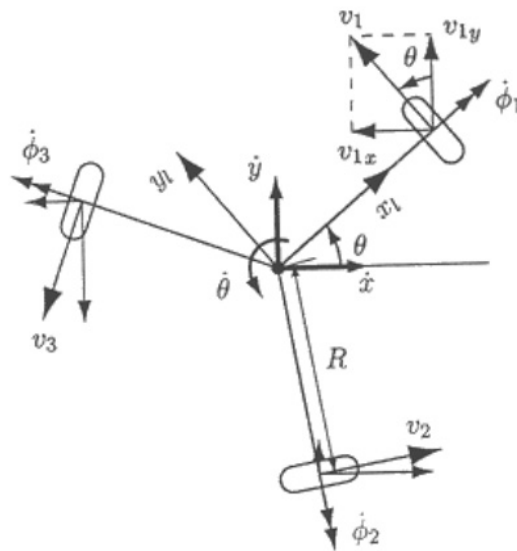


Figure 2. Kinematics model

그림 6의 시스템에서 속도 관계를 나타내면 식 (5)과 같다.

$$v_i = -x \sin \theta + y \cos \theta + R \dot{\theta} \quad (5)$$

여기서 θ 는 헤딩 각이고 R은 무게중심점과 바퀴 사이의 거리이다. 각 바퀴에 대한 선속도를 행렬식으로 표현하면 식(6)와 같다.

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\theta & \cos\theta & R \\ -\sin(\theta+120^\circ) & \cos(\theta+120^\circ) & R \\ -\sin(\theta+240^\circ) & \cos(\theta+240^\circ) & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} \quad (6)$$

각 바퀴의 선속도와 좌표계에서의 속도와 관계는 식(7)과 같다.

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin(\theta) & \cos(\theta) & R \\ -(\frac{\sqrt{2}}{2}\cos(\theta) - \frac{2}{2}\sin(\theta)) & -(\frac{\sqrt{2}}{2}\sin(\theta) + \frac{2}{2}\cos(\theta)) & R \\ (\frac{\sqrt{2}}{2}\cos(\theta) + \frac{2}{2}\sin(\theta)) & \frac{\sqrt{2}}{2}\sin(\theta) - \frac{2}{2}\cos(\theta) & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} \quad (7)$$

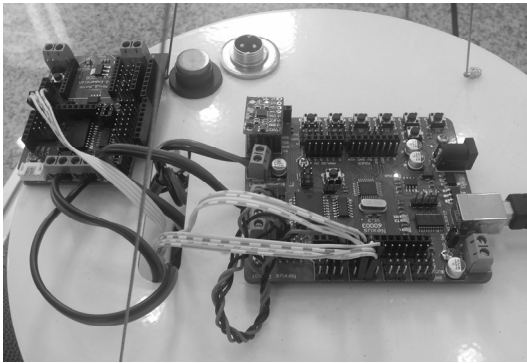
바퀴의 각속도로 표현하면 식(8)과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{\phi}_1 &= (-\sin(\theta)\cos(\theta)\dot{x}_L + \cos^2(\theta)\dot{y}_L + R\dot{\theta})/r \\ \dot{\phi}_2 &= (-\sin(\theta+\alpha_2)\cos(\theta)\dot{x}_L + \cos(\theta+\alpha_2)\cos(\theta)\dot{y}_L + R\dot{\theta})/r \\ \dot{\phi}_3 &= (-\sin(\theta+\alpha_3)\cos(\theta)\dot{x}_L + \cos(\theta+\alpha_3)\cos(\theta)\dot{y}_L + R\dot{\theta})/r \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 $\dot{\phi}_i$ 는 i바퀴의 회전각속도이다. 이러한 것을 바탕으로 작품을 제작하여 실험하였는데, 로봇이 진행할 때 각종 방해물과 장애물을 회피하는데 기존의 차륜형 휠 이동로봇보다 볼 벨런싱 로봇이 이동 극복 시간이 더 적게 걸리고 방해물 극복 속도도 기존의 것보다 좀 더 증가한 것을 확인 할 수 있었다.

4. 제작 및 테스트

제작된 플랫폼은 상부에는 제어기 및 배터리를 장착하여 전체 균형을 유지하는 동작을 수행하도록 하였고, 아래 부분은 구동 볼에 접촉하는 3개의 구동드라이브를 장착하여 점진 제어 및 균형제어가 가능하도록 제작하였다.



(b) 구형휠 모듈 제어부



(a) 구형휠 제어 테스트 환경

Figure 3. Manufactured robot

전방향 이동로봇의 기구부 제작에 따른 구동모듈과 지면 구동볼의 접촉을 유지할 위한 정확한 설계 및 제작에 많은 노우하우가 필요함. 전방향 이동플랫폼에 대한 메카니즘 동작원리 및 3개의 구동 모듈 제어에 따른 로봇의 이동방향이 결정되므로 인동 메카니즘에 대한 동작원리를 이해할 수 있었다.

또한, 모터 구동제어를 위한 PWM 제어방법과 균형유지를 위한 자이로 및 가속도 센서의 제어를 위한 마이크로 인터페이스를 이용한 제어기 및 드라이브 구동을 테스트하기 위한 기본 동작을 구현하고자 한다.

현재까지 기구부의 플랫폼을 제작하였고, 센서 인터페이스를 위한 전자회로 및 모듈, 하우징 등을 설계를 마쳤으며 PCB제작이 완성되어 자세 제어를 위한 알고리즘을 구체화 하고자 한다.

5. 결 론

본 논문에서는 다양한 센서 기술들을 이용하여 실내 또는 실외에서 활용하기 적합한 다목적 이동 로봇을 설계 및 제작하였다. 볼 밸런싱 로봇은 지면과 점접촉을 가지게 되어 이동에 필요한 에너지가 적으며, 또한 전-방향 이동성을 갖는다는 장점이 있다. 체계적인 방법을 통해 작품을 제작하였고, 실험을 통해 검증 하였다. 볼 밸런싱 로봇의 안정적인 제어를 하기 위해서는 향후에 여러 가지 센서를 보다 효율적으로 처리하여 최적의 데이터를 얻는 알고리즘을 개발하고 세심한 제어가 필요하다. 그리하여 전-방향 이동을 위한 보다 혁신적인 전-방향 구형휠 구동모듈이 개발되면, 이동로봇의 구동부에 사용되어 로봇의 성능을 기술적으로 좀 더 향상시킬 수 있으며, 구동모듈이 적용된 전-방향로봇 플랫폼을 통하여 기존 차륜식 로봇의 경우 각종 환경에 대한 저항성으로 인해 연속 직진 성능이 저하되는 단점을 극복할 수 있어서 미주, 유럽과 같은 환경에서 적용될 수 있는 청소로봇, 이동로봇뿐만 아니라 전-방향 주행 기능이 요구되는 안내로봇, 탑승형 로봇, 이동수단 등에 필수적인 기술이 될 것이고 지능형서비스로봇 시장과 미래형 자동차시장의 확대에 기여할 수 있을 것이다.

사 사

본 논문은 2017년 학부생 연구프로그램(URP)사업의 수행결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] M. Abdolhosseini, Y.M. Zhang, and C.A. Rabbath, "An efficient model predictive control scheme for an unmanned quadrotor helicopter," *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 70, pp.27-38, 2013.
- [2]H. G Ha and J. M Lee, "A Control of mobile inverted pendulum using single accelerometer," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 16, no. 5, pp. 440-445, 2010.
- [3]J. H. Kim, G. H. Ha, and E. Y. Cho, "Controller design of balancing using IMU sensors," *ICROS Annual Conference 2010*, Chuncheon, Korea, pp.453-548, May 2010.
- [4]J.M. Yun, J.K. Lee, and J.M. Lee, "An efficient horizontal maintenance technique for the mobile inverted pendulum," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 13, no. 7, pp. 656-663, 2007.
- [5] Wikipedia's pendulum page, http://en.wikipedia.org/wiki/Inverted_pendulum.
- [6] V. Krishnan, "Measurement of angular velocity and linear acceleration using linear accelerometers," *Journal of the Franklin Institute*, vol. 280, no. 4, pp. 307-315, 1965.
- [7] C. W. Kang, Y. M. Yoo, and C. G. Park, "Performance improvement of attitude estimation using modified euler angle based Kalman Filter," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 14, no. 9, pp.881-885, 2008.
- [8]D. Gaylor and E. Lightsey, "GPS/INS Kalman filter design for spacecraft operating in the proximity of International Space Station," *Proc. of AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit*, 2003.
- [9] H. J. Luinge and P. H. Veltink, "Measuring orientation of human body segments using miniature gyroscope and accelerometers," *Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 43, pp. 273-282, 2005.
- [10] S. H. Hong, "Fuzzy logic based closed-loop strapdown attitude system for unmanned aerial vehicle (UAV),"
- [11] Segway korea, <http://www.segway-korea.com>.
- [12] Technical report of LEGO Mindstorm, <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19147>

스마트 팩토리 네트워크 시스템에서 지연요소의 영향 감소방법에 대한 연구

정기민¹, 송영훈², 김현희³, 이경창¹

부경대학교 제어계측공학과¹, 한국전기연구원², 부경대학교 산업과학기술연구소³

A study on Reduction Method of Delay Elements in Smart Factory Network System

Ki Min Jeong¹, Young Hun Song², Hyun Hee Kim³, Kyung Chang Lee¹

Pukyong national university¹, Korea electrotechnology research institute², Pukyong Institute of Industrial science and Technology³

Abstract

Recently, interest in industrial network systems used for Smart Factory is increasing. In general, smart factory controls the system via an industrial network. As the functions of the system diversify and the structure becomes complicated, the number of sensors, actuators, and controllers used in the system is increasing. Complex processing with high speed and high precision control is required, and I would like to use a high performance industrial network. In order to satisfy the requirements of these networks, we use high performance industrial network EtherCAT protocol. Although the EtherCAT protocol has high bandwidth and low transmission delay, the sensor-controller delay and the controller-actuator delay may be neglected to be very small, whereas the structure of the system is complicated and functions vary widely. As the time elapsed, the computation delay of the controller increased relatively. In this research, we proposed a RT - preempt kernel patch method and a method to optimize the task schedule that can reduce the computation delay of the controller with a network - based control system. As a result, we improved real-time response performance on industrial networks.

1. 서 론

최근 스마트 팩토리에 사용되는 산업용 네트워크 시스템에 대한 관심이 증대되고 있다. 일반적으로 스마트팩토리에서는 산업용 네트워크를 통해 시스템을 제어한다. 시스템의 기능이 다양해지고 구조가 복잡해짐에 따라 시스템에 사용되는 센서, 액추에이터, 제어기의 개수가 증가되고 있다. 고속, 고 정밀 제어를 수행하기 위해서는 높은 대역폭과 낮은 전송지연을 가지는 고성능 산업용 네트워크가 필요하다. 이러한 네트워크 요구사항을 만족시키기 위해 고성능 산업용 네트워크인 EtherCAT 프로토콜을 사용한다. EtherCAT을 사용 시에 센서-제어기 지연과 제어기-액추에이터 지연은 매우 줄어들지만 제어기의 비 확정적인 연산 전송 지연은 상대적으로 증가하게 된다. 본 논문에서는 네트워크 기반 제어시스템에서 제어기의 연산지연을 감소할 수 있는 RT-preempt 커널 패치 방법과 태스크 스케줄 최적화 방법을 제안한다.

2. 본 론

2.1 RT-preempt 커널 패치 방법

RT-preempt 커널패치 방법은 작업순서를 정할 때, 우선순위가 높은 작업의 요청이 있으면 실행 중인 작업을 중단하고 공유자원을 사용할 수 있게 하는 방법이다. RT-preempt patch를 적용하여 커널 수준에서 태스크를 선점할 수 있도록 하였다. 실시간 태스크를 처리하기 위한 블록을 추가하고, 스케줄러를 수정하여 직접 프로세스에 전달되도록 하였다. 하나의 커널로 실시간 태스크와 비 실시간 태스크를 동시에 처리할 수 있도록 하여 제어기의 연산 지연을 감소하고, 처리 속도를 높여주었다.

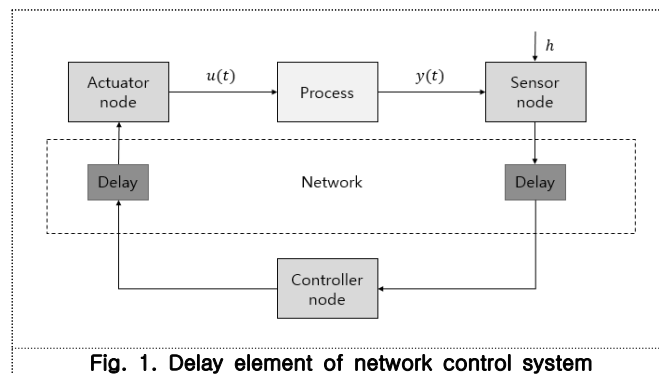
2.2 태스크 스케줄 최적화 방법

주기적으로 제어신호를 생성하는 EtherCAT 네트워크에서 메시지 생성 주기의 일정한 정도가 제어 성능

에 큰 영향을 미친다. 메시지 생성 주기의 편차를 jitter라고 하며, 이를 줄이기 위해 EtherCAT 마스터에서 비 확정적인 전송지연이 발생한 경우 태스크 최적화 방법을 사용한다. EtherCAT과 관련된 태스크의 우선순위를 임의로 변경하여 다른 태스크에 비해 상대적으로 높은 우선순위를 가지도록 조정한다. 태스크의 우선순위에 따라 선점을 허용하기 때문에 동일한 부하에서 일반커널에 비해 실시간 커널의 jitter에 대한 영향이 적게 된다. 또한 제어기의 연산 지연이 감소하게 된다.

3. 결 론

본 연구에서는 스마트 팩토리 네트워크 시스템에서 지연요소의 영향 감소 방법에 대해 연구하였다. 고성능 산업용 네트워크인 EtherCAT을 사용하여 연산 전송 지연을 줄이는 것을 제안하였다. 제안한 시스템은 RT-preempt patch 태스크 스케줄 최적화 방법이다. RT-preempt patch를 적용하여 커널 수준에서 태스크를 선점할 수 있도록 하였으며, 우선순위가 높은 태스크에 대한 스케줄러의 수정이 즉각적으로 발생할 수 있도록 하였다. 또한 태스크 스케줄 최적화 방법을 통해 EtherCAT 연산과 관련된 태스크의 우선순위를 임의로 변경하여 다른 태스크에 비해 상대적으로 높은 우선순위를 가지도록 하였다. 그리고 EtherCAT 사용시 발생하는 jitter에 대한 영향을 줄여주었다. 이를 통해 스마트 팩토리 시스템에서 지연요소의 영향이 감소되면서 시스템의 처리 속도가 높아지는 방법에 대해 제안하였다.



사 사

이 성과는 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.NRF-2017R1A2B4010448)

[참 고 문 헌]

- 1) J.L., Yim, Y.W., Kim, “Functional Model for Smart Factory” , Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communication and Information Sciences, Vol. 6, pp. 208-209, 2015.
- 2) J.W., Lim, D.H., Jo, S.Y., Lee, H.J., Park, J.W., Park, “A Case Study for the Smart Factory Application in the Manufacturing Industry” , Korean Journal of Business Adminstration, Vol.30, pp. 1609-1630, 2017.
- 3) S.M., Bae, “Intelligent Plant-Smart Factory” , The Korea Contents Association Review, Vol. 15, pp. 21-24, 2017.

인간-로봇 협력작업을 위한 인공지능형 로봇제어시스템의 설계 및 구현에 관한 연구

정양근¹,
신라정보기술(주)¹

A Study on the Design and Application of Artificial Intelligence Robot

Yang Keun Jeong¹
shilla Information Technology Co., Ltd¹

Abstract

Recently, Robots have been carrying out many automation processes in the industrial field, and they are rapidly developing as they are deeply involved in human daily life as well as in the industrial field. In particular, as the robot industry emerges as a new growth industry, the application fields of robots are expanded as an alternative to a serious population decrease due to low fertility and aging. In the robot industry, Design is a very meaningful study. Therefore, this study is a study of artificial intelligent controller, fuzzy and neural network control algorithm and high performance speech recognition system.

1. 서 론

최근 산업 현장에서의 많은 자동화 공정을 로봇이 수행하고 있으며, 산업 현장뿐만 아니라 인간의 일상 생활에도 깊이 관여하면서 급속하게 발전하고 있다. 특히 로봇 산업이 신 성장산업으로 부상하면서 저출산·고령화로 인한 심각한 인구 감소의 대안으로 로봇의 활용 분야가 넓어지게 되고, 로봇산업은 더욱 복잡하고 다양한 작업 수행이 요구되는 현시점에서 인공지능로봇 제어시스템의 설계는 매우 의미 있는 연구이다. 따라서 본 연구는 인공지능형 제어기법인 퍼지 및 신경회로망 제어 알고리즘과 고성능 음성인식시스템의 연구이다[1].

2. 본 론

인공지능로봇을 설계하기 위해 인공지능형 제어기법인 퍼지 및 신경회로망 제어 알고리즘과 고성능 음성인식시스템을 제안한다[2]. 퍼지이론은 시스템 파라미터들 사이의 상관관계를 정량적으로 명확하게 규명하기가 힘들고 전문가의 경험에 의존하여 어느 정도 밝혀져 있는 경우 매우 유용한 제어 알고리즘이다[3-5]. 인간의 두뇌는 수많은 뉴런(neuron)들이 서로 거미줄처럼 연결되어 있는 신경회로망 구조를 이루고 있다고 알려져 있다. 이와 같이 인간 두뇌의 신경회로망 조직을 모델링 한 것이 신경회로망 모델이며, 뇌(brain)에 존재하는 생물학적 신경세포와 그것들의 연결관계를 단순화시키고 수학적으로 모델링함으로써 뇌가 나타내는 지능적 형태를 연구하기 위해 주 퍼지 제어기는 두 개의 입력과 두 개의 출력을 갖는 다변수 시스템으로 왼쪽 모터와 오른쪽 모터 각각 24개의 퍼지 규칙을 작성하였다[6][7]. 또한 인간의 언어를 해석하여 적절한 행동을 수행할 수 있도록 하는 고성능 음성인식알고리즘 및 제어기법을 개발하여 적용하는 연구가 시도되고 있으나 아직까지는 음성인식의 특성상 오인식에 의한 안전성의 저하 등 많은 문제점이 대두되고 있는 실정이며, 본 연구는 통계적 패턴인식을 이용한 HMM(Hidden Markov Model) 음성인식 기법에 인식률 향상을 위한 방법으로 신경회로망[3][8]을 사용하여 화자 독립형 음성인식 모듈을 임베디드 시스템(embedded system)으로 설계하였다. HMM의 오인식을 보상하기 위해 지능형 알고리즘인 신경회로망 중에서 처리속도가 빠르고 구조가 간단한 방사 기저함수 신경회로망을 사용하여 후처리하는 방법을 적용한 결

과 인식률이 더욱 향상됨을 보였다.

3. 결 론

인공지능로봇 시스템은 음성모듈로부터 입력받은 사용자 정보에 의해서 로봇시스템의 동작을 최적으로 제어할 수 있는 방법을 제안하였으며, 실시간으로 로봇의 음성명령을 인식하기 위하여 DSP(digital signal process)를 사용하여 임베디드 시스템을 구성하였고, 주 제어부는 80C169KC를 사용하였다. 이를 이용하여 화자독립 형태의 고립단어 음성인식 시스템 구현을 위해 HMM을 사용하였고, HMM의 오인식을 보상하기 위한 방법으로 지능형 알고리즘인 신경회로망 중에서 처리속도가 빠르고 구조가 간단한 방사 기저함수 신경회로망을 사용하여 후처리하는 방법을 적용한 결과 약 1.7%의 인식률 향상을 보였다. 또한 로봇의 제어부에서는 퍼지 추론을 사용한 퍼지 제어기를 제안하여, 모바일 로봇을 최적으로 제어 할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 구성된 시스템의 성능 평가를 위해 각각의 모터 응답 특성을 테스트 한 결과 일반 제어기에 비해 수렴시간의 단축 및 정밀성에서 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Lawrence Rabiner, "A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Application in Speech Recognition", Proc. IEEE, Vol 77, No.2, february 1989.
- [2] V. Bundhoo, E. Haslam, B. B. Birch, and E. J. Park, "A shape memory alloy-based tendon-driven actuation system for biomimetic artificial fingers, part I : design and evaluation," . Robotica, vol.27, pp.131-146, 2009.
- [3] HMM을 이용한 음성인식 시스템의 처리시간 단축에 관한 연구 = (A) Study on Reduction of the Processing Time using HMM Algorithm in the Speech Recognition System/ 이순규, 숭실대학교 산업대학원 [1999]
- [4] S. Horikawa, et al., "A Fuzzy Controller Using a Neural Network and Its Capability to Learn Expert's Control Rules" , IIZUKA'90 :103-106, (1990)
- [5] 신경망 예측 HMM을 이용한 음성인식에 관한 연구 = (A) Study on the Speech Recognition using Neural Predictive HMM/ 김수훈, 동아대학교 대학원 [1998]
- [6] 박종진, 최규석, "퍼지제어시스템 ", 교우사, 2001
- [7] 인공지능형 전동휠체어의 제어기 설계 및 구현에 관한 연구 = A Study on the Implementation of the Controller for Artificial Intelligent Motorized Wheelchair/ 강재명, 한국해양대학교 대학원 [2003]
- [8] L. Kraft and P. Campagna, A Comparision Between CMAC Neural Network Control and Two Traditional Adaptive Control Systems, IEEE Control System Magazine, pp. 36-43, USA 1990.

이족보행 로봇의 워킹 궤적제어에 관한 연구

김세일¹, 최민혁², 팽재익², 김종민²
해군정비창¹, 경남대학교 기계공학부²

1. INTRODUCTION

This paper discusses the implementation of a binaural sensory pod using an ultrasonic emitter and two receivers on a mobile robot that employs legged-style locomotion. A series of obstacle avoidance behavior programmed onto a micro-controller allows the robot is to successfully navigate a cluttered environment both Semi-Autonomous and Automatically. Inspired by insects and other animals, robots have been designed with physical antennae and tactile sensors to navigate their environment.

2. WALKING ROBOT FEATURES

A microcontroller was mounted behind the sensor pod and was used to trigger the ultrasonic emitter and read echo signals from each of the receivers. The robot was programmed by two separate behaviors are as follows.

- Semi-Autonomous mode
- Autonomous operation mode

Semi-Autonomous mode: The microcontroller interpreted radio control commands from the receiver as initiated by the operator. The binaural sensor pod detected obstacles and corrected the robot' s course and/or speed, overriding the operator' s commands (an operator drove the robot).

Autonomous operation mode: The robot determined its own steering angle and drive speed based on the location and distance of detected obstacles without any input from an operator.

A sensory threshold of 1.5m was set. Objects beyond 1.5m were ignored. Obstacles within 1.5m were still considered to be in one of the three detection zones: left, center, and right.

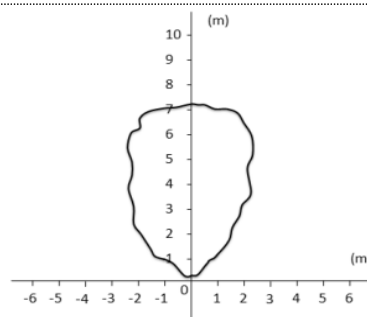


Fig. 1. Machined surface texture according to cutting condition

The new experiments were conducted in a similar manner with a tube (1.6m long, 0.3m diameter) at various positions in front of the sensor pod. The purposes of these additional experiments were then performed to determine the new xy-plane sensor envelope for the binaural ultrasonic sensor pod.

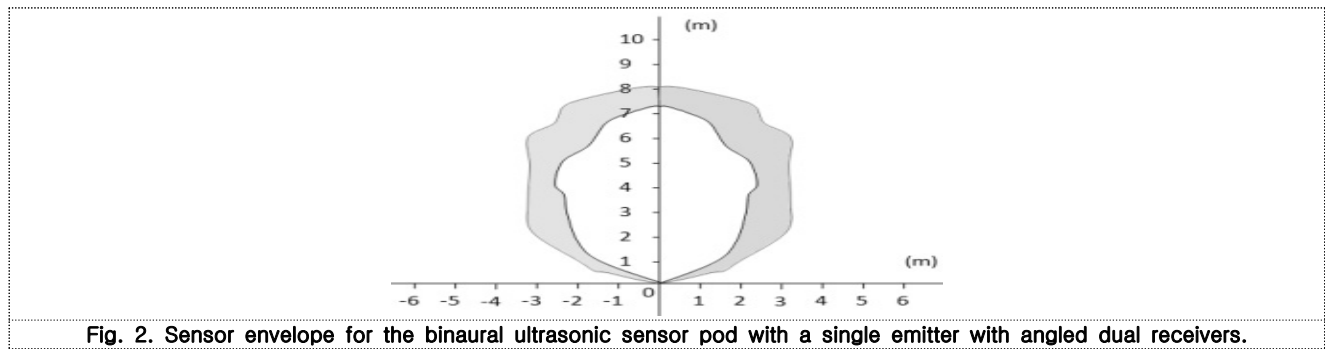


Fig. 2. Sensor envelope for the binaural ultrasonic sensor pod with a single emitter with angled dual receivers.

3. CONCLUSIONS

We have discussed the implementation of a binaural sensory pod using an ultrasonic emitter and two receivers on a mobile robot that employs legged-style locomotion.

By using the modular design implemented for these experiments, the sensor pods could be integrated with other mobile robots to provide non-contact sensing and navigation for them as well.

[References]

- (1) Tusty, J., Smith, S. and Zamudia. C., 1990, *Operation Planning Based on Cutting Process Model*, Annals of the CIRP, 39, pp. 517~521.
- (2) Shin,B. S, Choi, D. S, Je, T. J, Whang, K. H, Yang, D. Y, 2002, *Development of rapid manufacturing process by high-speed machining with automatic fixturing*, JMPT, pp. 363~371.
- (3) Lee, E.S, Je, T.j, Ohmori H, 2006, *Development of cylindrical grinding technology with electrolotic in-process dressing method*, International Journal of the Korean Society of Precision Engineering. Vol.1, No.1, pp. 127~132.

보행로봇의 기구학적 모델링 및 경로최적화에 대한 연구

김봉수¹, 김현우², 노동욱², 문규탁²
해군정비창¹, 경남대학교 기계공학부²

1. 서 론

오늘날 산업 현장에는 많은 로봇들이 인간을 대신하여 사용되고 있다. 로봇의 종류는 크게 고정식과 이동식으로 분류되며, 그 중 이동식 로봇은 다시 바퀴로봇과 직립보행로봇으로 구분된다. 바퀴로봇은 동작이 안정적이고 설계나 제어가 간단하며 평지에서 만족스러운 효과를 나타내고 있으나, 경사가 완만하지 않는 곳에서는 만족스럽지 못한 결과가 나타나고 있다. 그래서 이동지형의 제한을 적게 받는 직립 보행로봇에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 보행로봇의 견실하고 균형 있는 보행패턴 생성을 위해 회전력 변화에 로봇의 보행 중 회전력이 수렴하도록 실시간 보행 패턴을 생성하고, 전방면적 패턴은 이족로봇의 보행 중 안정성을 보장하기 위해 궤적을 고려하여 이족로봇의 보행 패턴을 결합시키고 다중 측면 최적화 문제를 해결하기 위해 보행 패턴의 모델링과 궤적을 최적화하고 실험을 통해 성능이 검증된다.

2. 구동기 메커니즘과 보행제어 시스템

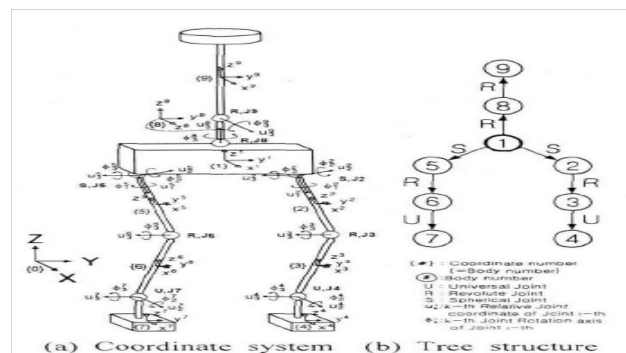


Fig. 1. 이족보행 모델 구성도

Fig. 1은 본 연구에서 사용된 이족보행의 모델을 나타내며 인간과 가장 유사한 6자유도로 구성되어 있다. 균형추 부분을 2자유도로 모델링 하여 아홉 개의 물체로 이루어진 14자유도의 다물체 동역학 모델로 나타냈다. Fig. 2는 관절 구동 직류전동기 위치 서보시스템과 블록도를 나타낸다. 위치 서보시스템은 각도 입력에 대해 모터의 출력 샤프트각도를 추종시키는 위치 서보기구이다.

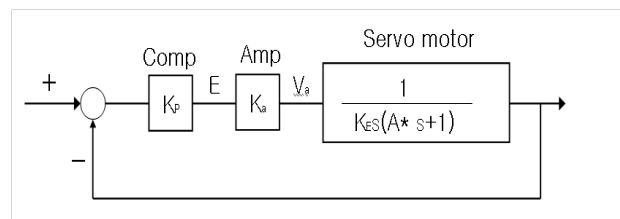


Fig. 2. 직류전동기 위치 서보시스템과 블록도

3. 결과 및 토의

우선 인간의 보행을 보행인자 추출프로그램을 사용하여 시간에 따른 관절의 변화와 시간에 따른 각도의 변화를 측정하였다.

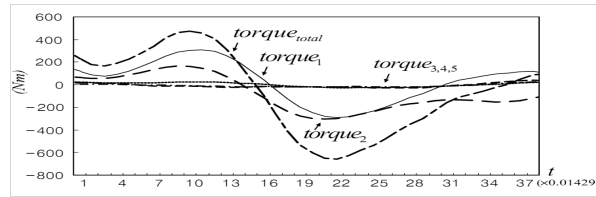


Fig. 3. 인간의 관절 회전력

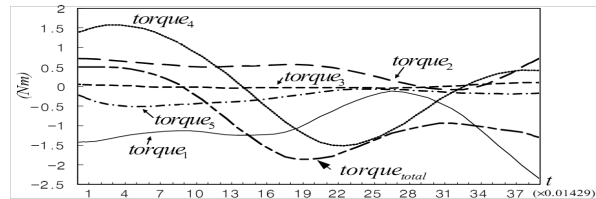


Fig. 4. ZMP계적과 역기구학에 의한 관절 회전력

그리고 인간의 왜도와 척도를 사용하여 실제 이족로봇의 적응적으로 접근하는 보행패턴을 생성한다. 패턴을 위한 초기 세대는 인간의 보행으로부터 얻어진 관절의 값을 이용하여 이족로봇의 궤적 보행을 생성한다. 또한 본 연구에서 제안한 이족로봇 보행의 성능평가를 위해 ZMP계적과 역기구학을 이용하여 얻어진 로봇의 보행 궤적을 이용한 관절의 보행 중 회전력의 변화는 Fig. 4와 같다.

4. 결 론

본 연구에서는 보행로봇의 운동학적 모델링 및 궤적 최적화를 위해 인간의 보행 패턴을 획득하고 보행 중 회전력이 수렴하도록 실시간 보행 패턴을 생성하고, 전방면적 패턴은 이족로봇의 보행 중 안정성을 보장하기 위해 궤적을 고려하여 이족로봇의 보행 패턴을 결합시키고 다중 측면 최적화 문제를 해결하기 위해 보행 패턴을 생성함으로써 기존의 이족로봇의 보행 연구 결과에 비해 인간의 보행에 더 가까운 이족로봇의 자연스러운 보행 패턴을 생성할 수 있음을 실험을 통해 검증할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- (1) Kyung-Hak Sung, Jin-Oh Kim, Sung-Kwon Kim. "The intelligent robot system for a factory automation," Control automobile system engineering bulletin, The2th,3th pp.16~24, 1997

유실수에서 해충포집을 위한 걸속기구 개발 연구

우지희¹, 데스티아니 수페노¹, 키프디마스 하리스 신¹, 이은숙¹, 남미경¹,
차찬열², 문영조², 최원식^{1*}
부산대학교 바이오산업기계공학과¹, 한솔영농²

A Study on the tool for collecting insect pests from fruits trees

Ji-Hee Woo¹, Destiani supeno¹, Keefe Dimas haris sean¹, En-Suk Lee¹, Mi-kyung Nam¹,
Can-yeol Cha², Yeong-jo Moon², Won-Sik Choi^{1*}
Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹,
Hansol Farming Co. Ltd.²

Abstract

Tree branches control and insect prevention are the critical thing when growing fruit. If the branches and pests are not controlled, they affect the growth and quality of the fruit. The string is used to manage the tree branches and controlling the insect, but the usage of the string is weak. The string could not reduce the growth of insect and branch. Due to the weakness of the string, pesticides were sprayed by drone. This method causes dangerous environmental pollution. Thus, this research was conducted to analyze a structure of the tool that could control the tree branches and insect. The tool was analyzed by Ansys R15.0. The sample of this tool is nylon. The frame safety factor of the sample is 13.062, and the hook safety factor is 20.912. Base on the data, the nylon safety factor values are higher than 1. this value showed that the product is safe if the material is nylon.

1. Introduction

Tree branches control and Pest prevention are most important for fruit growing. Fruit trees branches, when flowering period, were managed well to maintain the flower in the branches. the amount of flowers have correlation with the number of fruit and the quality of fruit. In addition, Pest insect trapping equipment is installed for pest prevention, but this tool has several disadvantage, for example the price is high, the usage and effectiveness are low. moreover, drones are used on farms that is caused environmental problems by spraying too much insecticide. Therefore, this study was consucted to develop a fixed tools that can kill the pests of fruit trees and holding the tree branches. the tool, pesticides, insecticides, and adhesives can be processed and used for 365 days regardless of the season. There is a hole in the top and bottom of the tool to catch pests in all directions. At the same time it is a good product with the ability to hold the tree by connecting the line to the outside of the tool. Therefore, in this study, structural analysis was performed using pest trap raw materials before production.

2. Material and Method

2.1 Selection of materials

Composite Polypropylene, nylon, and ABS are the material that produce by some company. in this experiment, the nylon was used as a sample to analyse the product. The hook part was analyzed using stainless steel material. All boundary conditions were simulated at 100N.

2.2 Comparison of safety factors through structural analysis

An important part of the pest harvesting tool was produced in 3D model, The entire pest collection tool model specification was made with a width of Ø126mm and a height of 50mm. This modeling is

based on Inventor 2017. As an analysis program, structural analysis was performed using Ansys R15.0.

3. Result and Discussion

The results of the analysis of the tool for insect trapping are shown in Fig.1 and Fig.2. The maximum stress applied to the entire frame is 82,737 MPa, The maximum stress applied to the hook portion was 6.3501e7 Pa. The stress of the frame was 6.3339e6 Max, and the stress of the hook was 9.8983e6 Max. 1The safety factor was calculated by Yield Strength / Equivalent stress. The safety factor values are higher than 1. this value showed that the product is safe if the material is nylon.

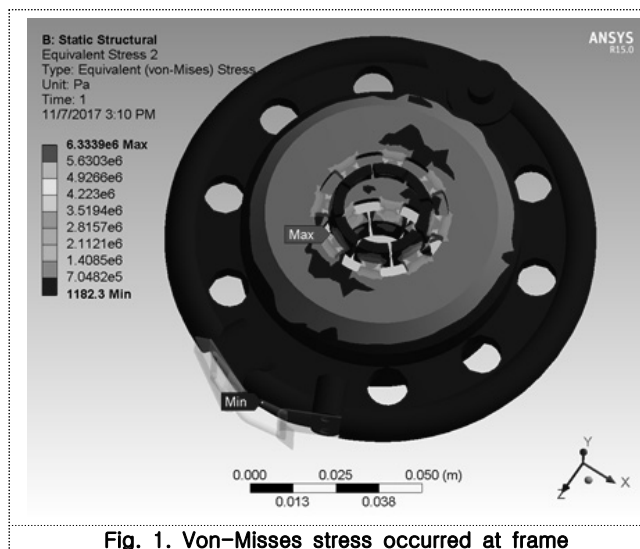


Fig. 1. Von-Mises stress occurred at frame

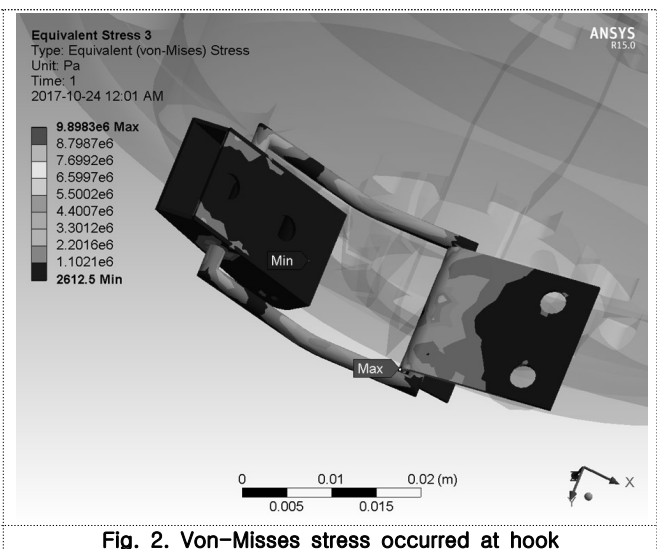


Fig. 2. Von-Mises stress occurred at hook

4. Conclusion

In this study, the structural analysis of the tool for insect trapping was used to investigate the safety factor of nylon sample. As a result, the safety factor of the frame using nylon is 20.912. The safety factor of the hook was 20.912. Therefore, this value showed that the product is safe if the material is nylon because the safety factor values are higher than 1.

Acknowledgment

This paper is funded from the projects of Growth Technology Development by small&medium business Technology development management system center.

[Reference]

- 1) Y.H Kwon, H.S Park. "Distributed Structural Analysis Algorithms for Large-Scale Structures based on PCG Algorithms", Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea, Vol.12, No.3, 1999.

물의 온도에 따른 두부와 두부용기의 분리특성

이은숙¹, 변재영¹, 남미경¹, 우지희¹, 김나경², 이강삼³, 최원식¹
부산대학교 바이오산업기계공학과¹, 바이오헬스케어 연구소², 슬로푸드³

Charactrtistics of Separation with Tofu and Tofu Container according to Water Temperature

Eun Suk Lee¹, Jae Young Byeon, Mi Kyung Nam, Ji Hee Woo¹, Na Kyung Kim²,
Kang Sam Lee³, Won Sik Choi¹,
Dept. of Bio Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹,
Bio Health Institute², Dept. of Slow Food Inc³.

Abstract

In this study, tofu is characterized by the fact that the beans are completely boiled. It is rich in nutrients because the nutrients of the beans are kept alive as they are stored without removing the beans. Especially ash, carbohydrate, vitamin k1, and niacin. It is rich in dietary fiber and has a fine-grained network structure. Compared to regular tofu, the texture is soft and sour and resilient. The nutritional components of soybeans were reformed into tofu.

The nutritional value of soybeans is not transformed, so it not only savors fresh taste, but also preserves its melting texture. It is a tofu that can absorb the nutrients of the whole body because the ingredients of soybeans are not destroyed. In this study, we investigated the optimum temperature for the best frozen tofu by checking the constant temperature of 600 μ m soybean powder in boiling water, diluted with water, and cooling the soymilk in the cooler. Then, the amount of natural mineral coagulants removed with arsenic was administered in different amounts.

The next step in the process, hot water, is to measure the temperature of the best volume of the tofu clot to find the peak of the best tofu taste. And the separation phenomenon of tofu with the temperature during sterilization was investigated.

1. Introduction

Tofu is one of the processed foods that have been cooked using soybeans in Korea, China and Japan since ancient times. Tofu is high in moisture content, high digestibility, and other grains contain a small amount of amino acids containing arsenic sulfur. Therefore, tofu is a nutritional food with a lot of protein. It is known that it contains saponin, isoflavone, phytate, phytosterol, protease and inhibitor which have a lot of unsaturated fatty acid and have physiological activity such as anticancer, antioxidant and effect. Tofu products made from soybeans include general tofu, soya bean curd, soybean curd, soybean curd, soybean curd, and so on. In general tofu, proteins are extracted from soybean and removed from beans. Then, coagulant is added to produce a product by coagulation of protein. In the case of soybean, soybean, soybean and soybean, protein extraction process is the same as that of general tofu. And the production steps thereafter are somewhat different. Since general tofu is produced by extracting only the water-soluble protein of soybean, it is a food having a high loss of other water-soluble components and insoluble proteins contained in soybean. However, the soybean micropowder is used in the frontal part, and the process of removing the beans and the immersion process for a long time are omitted, so that the tofu can be produced in a short time. In this study, tofu is characterized by its ability to produce soluble protein, insoluble protein, fiber and other nutrients without loss.

2. Material and Method

2.1 Manufacturing process of tofu

In this study, we used Soybean Soybean Powder from Kangwon Province. The coagulant was used to

make arsenic-free natural minerals. The tofu container was made of polypropylene (PP) and the machine was made for the frontal part, and the tofu was made during the frontal part manufacturing process. The process of manufacturing the tofu is as shown in Fig. 1 and takes more than an hour. In the manufacturing process, the soybean powder is mixed with the soybean powder, stirred at a certain temperature, and then steamed. Then, the soybean curd coagulant is added, and the coagulant and the boiled soybean are put through the automatic machine. do. The storage temperature of the sterilization process was closely observed and compared with that of the well container in the tofu container after refrigerated storage.

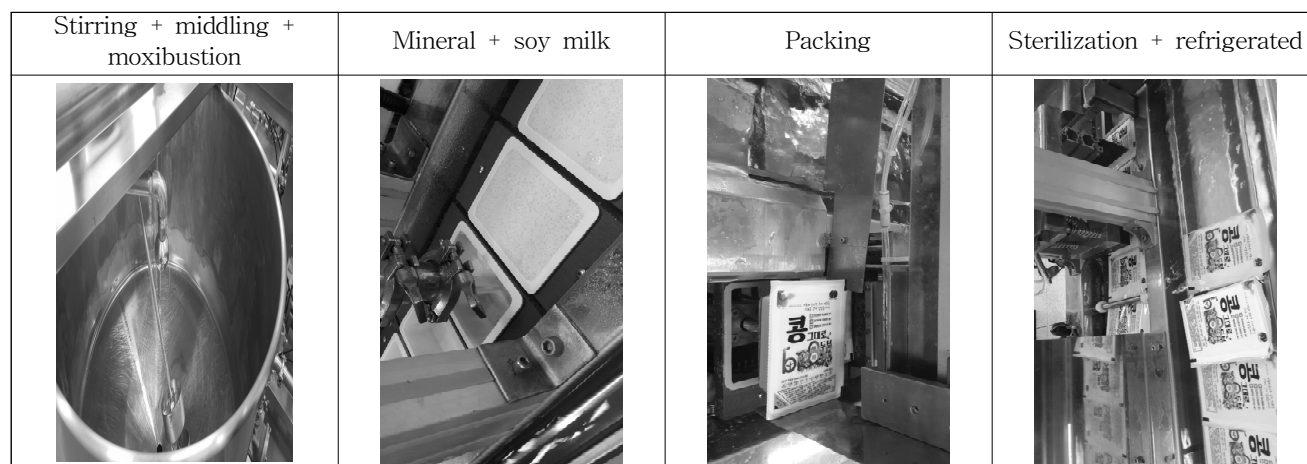


Fig 1.Manufacturing of tofu

2.2 The principle of protein coagulation

Originally, water and protein are not mixed. The surfactant protects the protein particles, which causes water and protein to mix. Surfactants consist of hydrophilic and non-hydrophilic groups.

In the case of protein, it is a non-water-related off-peak season, so that the surfactant around the protein is adhered to a low-water period and becomes a colloidal state. At the outermost surface, a hydrophilic group is formed on the surface, which is well mixed with water. At this time, when a strong electrolyte such as a mineral is attached, the electrolyte ions attack the hydrophilic group of the colloid, thereby destroying the structure of the colloid. At this time, the protein which was protected by the surfactant was coagulated by using the principle that it was exposed to the aqueous solution and could not be dissolved and fell into the precipitate.

3. Result and Discussion

Through the clotting principle of protein, it was found that the tofu was not falling well in the tofu container when the tofu was manufactured through the tofu manufacturing process. As a result, The temperature of the hot water was set at 40 ° -75 ° and the temperature of the cold water was set at 10 ° -12 ° , The duration of the separation of the tofu box and tofu was measured between 3 and 15 minutes. As a result, we could see that the warm water was well separated.

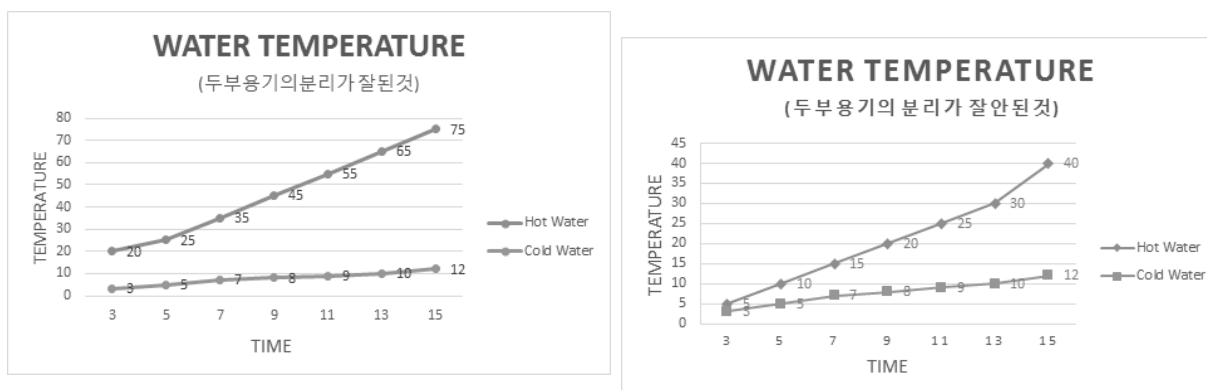


Fig 2. Separation of tofu container according to temperature change

4. Conclusion

A study on the separation characteristics of tofu and tofu containers according to water temperature,

When the tofu did not come off the container well, it was found that the tofu was not separated from the container when the temperature of the hot water was 40 ° or less and the time was less than 10 minutes. When the temperature of the hot water was 75 ° , it was found that the tofu was separated from the container when the temperature was maintained at 12 ° for 15 minutes.

Acknowledgment

This paper is funded from the projects of Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.

Reference

1. Coagulation and Characterization of Soybean Powder Particles
2. Characterization of Soy Protein by Coagulant Mixing
3. Development of domestic soybean curd using arsenic-free water
4. Coagulation Characteristics of Soy Protein by Coagulant Mixture

연꽃과 연대를 활용한 천연발효 식초의 발효 시스템과 특성

남미경¹, 이은숙¹, 우지희¹, 변재영¹, 최원식^{1*}
부산대학교 바이오산업 기계공학과¹

Fermentation system and characteristics of natural fermented vinegar using lotus and stems

Mi Kyung Nam¹, Eun-Suk Lee¹, Ji Hee Woo¹, Jae-Young Byeon¹, Won-Sik Choi^{1*}
Dept. of Bio Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹

Abstract

The lotus is a perennial plant that is native to southern Asia and northern Australia. The lotus is a clean and noble plant that grows in the mud, and at the end of autumn, the end of the lotus grows. The leaf is a circular shield, and bloom is at the end of a long peduncle that emerges from the water around July to August. There are 4 to 5 calyx pieces, the fruit is called rice, It is used for edible or medicinal purposes along with the rootstock of the ground. The roots, petiole and fruit of the lotus are used as flowers for food, and the leaves are used as astringents and hemostats. The root is used as a tonic, the fruit is used as a treatment for gynecological diseases or as a tonic, and the water with the roots is good for mouth inflammation and tonsillitis, and the root of the root is good for the treatment of pulmonary tuberculosis. And seeds are used to reinforce the tusks, rootstocks contain asparagine, arginine, lecithin and many starches. The part used for medicine is roots, leaves, stamens, young sprouts, and contains excellent ingredients that help to strengthen the energy and to restore fatigue. In this study, we observed the process of making natural fermented vinegar using the lotus collected from the northwestern part of Milyang city. In the fermentation room at 35 °C, 3 different control groups with different sugar contents were made, Fermentation was carried out for 90 days and sugar content, pH and alcohol content were measured.

1. Introduction

The scientific name of lotus is *nelumbo nucifera* gaertnfh, whose origin is Egypt, India and is the most produced in China. Lotus is a perennial aquatic herb that grows in a pond and grows in paddy fields and fields. The rhizome is thick and stretched sideways with many nodes and white, with a cavity in the middle. Leaves come out of the roots, petioles are 1 ~ 2m long, come out on the water, and are round shields with a diameter of about 40cm. Flowers bloom in July and August, white and red, with yellow and blue lotus flowers. A flower stalk emerges from the roots and a 15-20 cm flower blooms at the end of the stem. Calyx is 4-5 pieces and yellowish and small. Petals are elliptical in several, fruit (ovary) is elliptical with nuts, and it is black. In this study, we tried to make natural fermented vinegar using lotus and date. Nowadays, western foods and instant food, high protein, high fat, and foods containing food additives are widespread, and modern fermented vinegar is considered to be a necessary health food for modern people. The organic acids such as citric acid and acetic acid which are abundant in vinegar smooth the energy metabolism in the body and help the decomposition of lactic acid and waste products which are the fatigue substances of our body not only to accelerate the recovery of fatigue but also to cause the diseases such as arteriosclerosis and thrombosis It prevents the formation of lipids and prevents arteriosclerosis.

In addition, as blood circulation improves, it removes stain and dullness, and elasticity and gloss are

also made. In this way, the process of making lotus flower natural fermented vinegar and solid natural fermented vinegar was observed by combining a combination of the good efficacy and the pure action of vinegar.

2. Materials and Experiments

2.1 Lotus, fermentation materials

The experimental materials used in this study were flowers and ages of Paeoniae, which are produced in the northwestern part of Milyang city, Gyeongsangnam - do. The strains used for fermentation were Uinkin-Weissella koreensis BSS10, Lactobacillus salivarius SW709, Lactobacillus brevis BSS04, Lactobacillus casei BSS05, Lactobacillus strains purchased from Busan.Korea, which were developed by Daejeon Research Institute, Korea. plantarum HS729, Lactobacillus sakei MG521 Leuconostoc citreum BSS07, Leuconostoc mesenteroides SY1118, Streptococcus thermophilus BSS08, Saccharomyces cerevisiae BSS01, Bacillus subtilis BSS09, and Bacillus subtilis BSS11. White sugar was used for the sugar, tap water was purified from the jar for one day, Shinan - silver salt was used, and a glass bottle was used for the fermentation vessel.

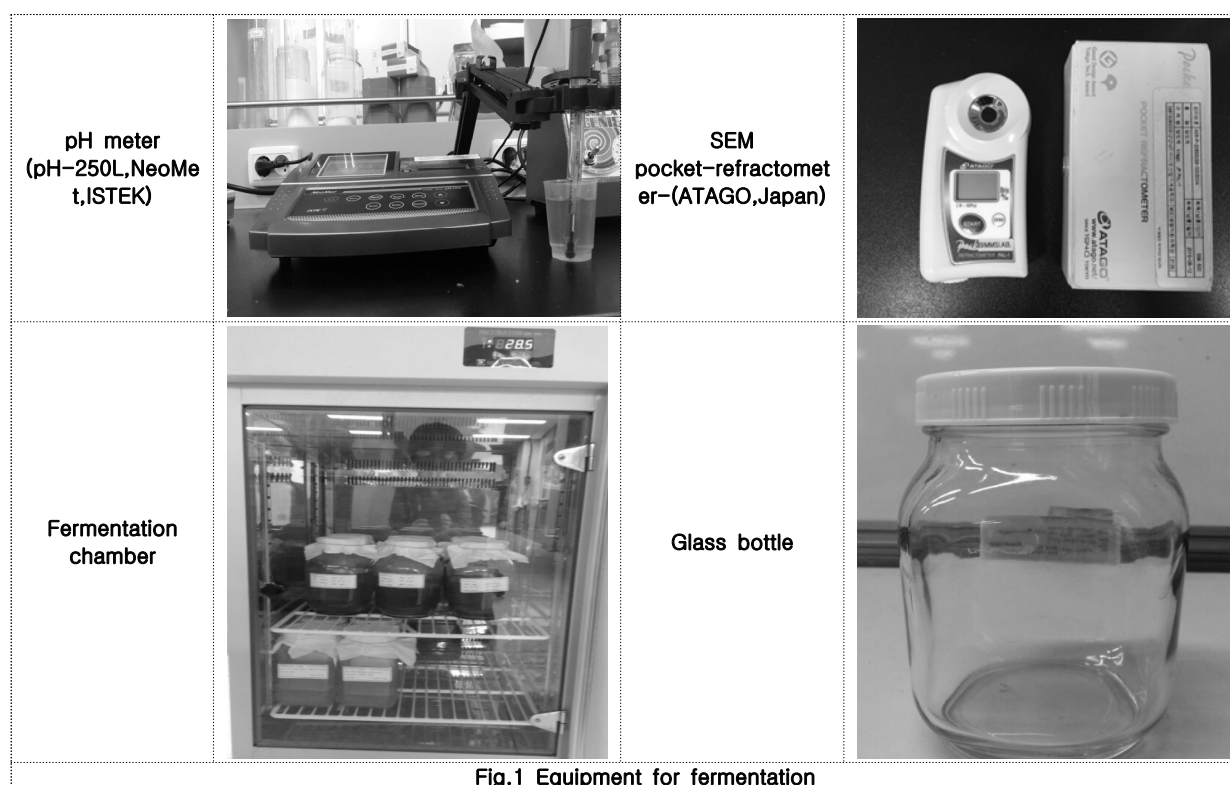


Fig.1 Equipment for fermentation

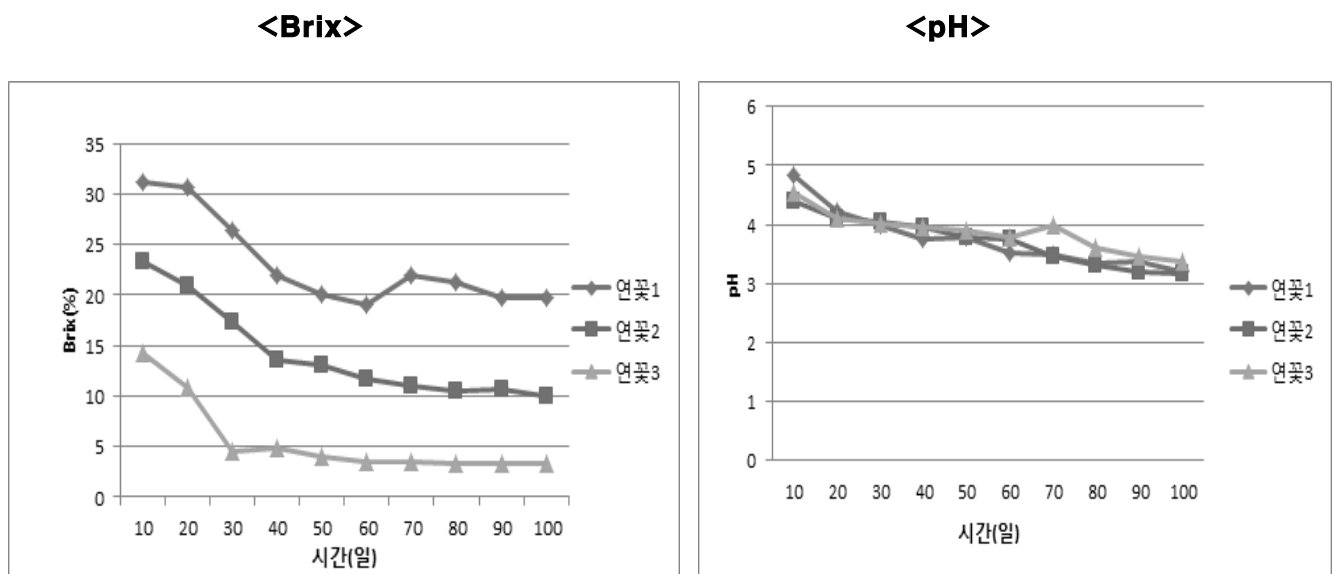
2.2 Fermentation system of lotus

In this study, we experimented with three kinds of control group with different lotus sugar content. The first lotus (100g) was soaked with a brush to remove the aphid by immersing it in the activated yeast activity solution, washing it with tap water three times, and finely ground it in a blender so that the lotus component could be well leached. In the fermentation process, 630 g of white sugar, 2 ts, and 2 ts were added to the disinfected glass bottle, and the sugar content was 31.2 brix. The second lotus (100g) was put in the same manner as the first one with 410g of white sugar. At that time, sugar content was 24brix. The third lotus was put in the same manner as the first one with 240g of sugar. At this time, brix was 14.6brix. We also made three control groups with varying degrees of sugar.

The first age is the same as the lotus. After finely chopping 3cm, the mixture was finely ground in a blender, and 545g of white sugar, 2ts, and 1ts of salting were put in a sterilized glass bottle. Its sugar content was 31.5brix. In the second generation, 545 g of white sugar was put in a glass bottle in the same manner as the first one. At that time, sugar content was 24brix. In the third generation, 180g of white sugar, white sugar, was put in a glass bottle in the same manner as the first one. The sugar content of this was 14.6brix. The lotus and the age were well stirred, and the lid was covered. The sugar content, Ph and alcohol content were measured in the chamber of 35 ° C until alcohol fermentation. After 30 days of fermentation, when alcohol fermentation was sufficiently performed, the mallow and liquid were separated using a cotton swab, and 300 ml of bottled water was added to the undiluted lotion solution and the aged root solution, and acetic acid fermentation was carried out in a chamber. However, the third lotus with low sugar content and the third age did the second fermentation without singer. As time went on, thin film began to form. Stir with the well-disinfected wooden sticks, and if you wake up the cottage, the bacteria of the air in the air will enter the vinegar.

3.Results and discussion

The fermentation process until the vinegar was observed by making three kinds of control lotions for 100 days of lotus and age. In order to proceed with alcohol fermentation, samples were taken at 10 °C intervals in a fermentation room at 28 °C, and after 30 days of alcohol fermentation, alcohols were separated from the lotus and fermented fermented mushrooms and the alcohol was transferred to a new glass bottle which was sterilized. Samples were taken at intervals of 10 days and measured. The results are shown in the following figure.



4. Conclusion

In this study, we tried to maximize the efficiency of the fermented vinegar by combining the excellent characteristics of lotus flower and date and obtained the following conclusions.

- 1) The sugar content gradually decreased as the date of fermentation elapsed.
- 2) The change of pH was 3 ~ 4 and it was found that the fluctuation of the change was not severe.
- 3) As the fermentation progressed, the color of the lotus changed from transparent yellow to brown, and the color of the ages changed from green to brown.

Reference

- 1) Park Won-seok "Microbiology and fermentation change the world" (2013)
- 2) Jung, Dong-Hyo "Functionality of Fermented Foods" (2012)
- 3) Now "Natural Vinegar Making Notes" (2014)
- 4) Park Kook Moon "Enzymes and Health" (2013)

식물온실에서 작물 및 형광램프의 열변화 분석

키피 디마스 하리스 신¹, 변재영¹, 프라타마 판두 산디², 조정열³, 최원식^{1, #}
부산대학교 바이오산업기계공학과¹, 부산대학교 생명산업융합연구원², (주)룩서스³

The change of plant and fluorescent lamp temperature in closed system cultivation

Dimas Harris Sean Keefe¹, Jaeyoung Byun¹, Pandu Sandi Pratama²,
Jeongyeol Cho³, Wonsik Choi^{1, #}

Dept. of Bio-industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹
Live and Industry Convergence Research Institute, Pusan National University²
Luxus. Co. Ltd³

Abstract

Growing plant in the factory with closed system cultivation, lamp light is used to change sunlight. The plant performs better growth under blue, red or blue-red lamplight. This research was conducted to determine the thermal change of plant and different lamp in the closed system cultivation. This system was applied to grow lettuce under blue, red, white and blue and red light. The plant and the lamp, every 30 minutes, were measured by Giltron Gt3000 temperature gun and FLIR thermal camera. The result showed that the white lamp had the higher temperature among the color of the lamp. The blue, red, and red-blue lamp temperature had the same temperature with room temperature. The plant temperature did not affect significantly by the lamp temperature. Due to the temperature of the blue, red, and red-blue light fluorescent lamp, this result could be used then to determine the effect of fluorescent lamp spectrum on the morphology of plant.

1. Introduction

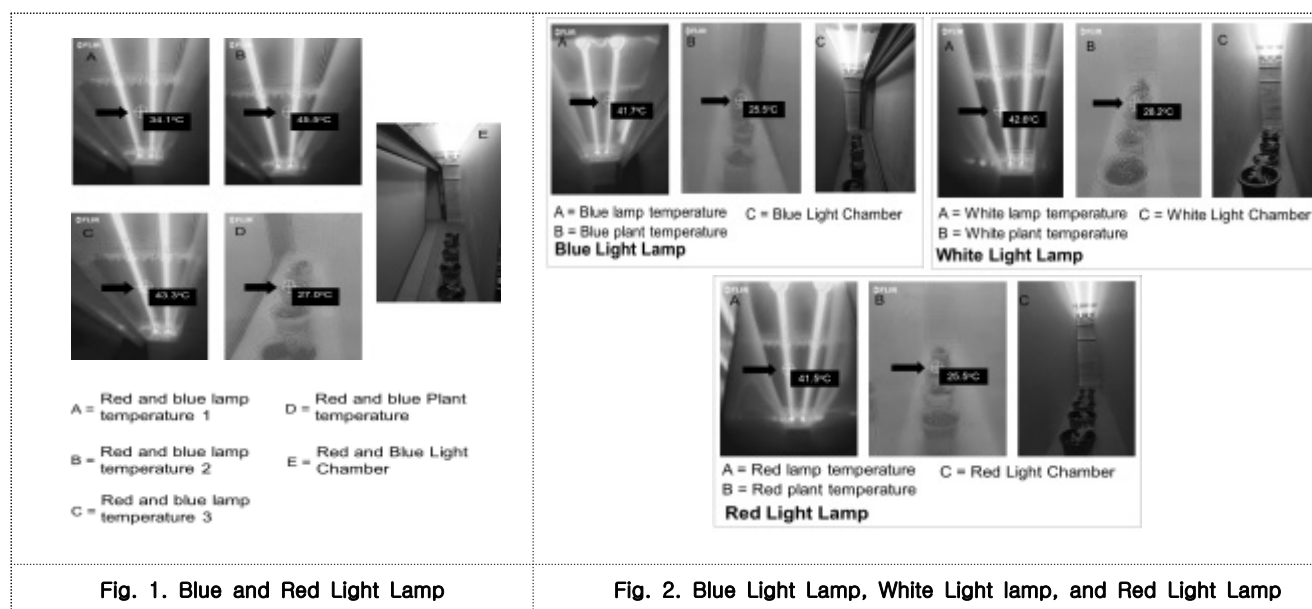
Light is the most important factor in the plant growth. Supplemental lights, nowadays, is used in the greenhouse. Okamoto (1996), Drozdova et al. (2001), and Chung et al. (2010) reported that growing plant by various lights provided better growth performances. The quality of spectrums on the light was adjusted to ensure optimal spectrum during planting time. However, Lamp involves the greenhouse environment like temperature. many types of lamps could be use for substituting sun light but, the most lamp that is used for growing plant is High Pressure Sodium (HPS) and Light Emitting Diode (LED). In this paper, fluorescent lamp was considered to cultivate lettuce on closed system greenhouse. the different color of lamp was prepared to determine the heat change of lamp and plant.

2. Material and Method

This research was conducted in the bio industry machinery laboratory at Pusan National University. The different color of fluorescent lamp used in the research were white, blue, red and blue-red. The lamp was provided by Lexus Co. Ltd, South Korea which substituted the sun for growing plant. Lettuce was used in this research as testing plant. Four lamp color treatments were set in the greenhouse. Under each light, five lettuce was planted in the growing pot. The lamp and the plant were measured by Temperature Gun and FLIR thermal camera every 30 minutes.

3. Result and Discussion

Plant, in many previous research, growth better under white light than mix light (blue and red light). Lettuce is the tested plant that observed with all variable measurement such as photosynthesis rate, shoot weight, leaf area, and leaf number being the same with and without green. However, the thermal variable of the plant is conducted in small number. The different lamp color and plant temperature were tested in this research. Blue light lamp, red light lamp, white lamp, and mix Blue and red) light lamp temperature raised 41.7°C, 41.5°C, 42.6°C, 34.1°C, 45.5°C, and 43.3°C. Moreover, the plant temperature increased with the lamp temperature.



4. Conclusion

The fluorescent lamp that used in this research showed that the temperature of the lamp and the plant have an excellent control of temperature. The highest temperature of the lamp is 31.1 Celsius degrees, and the highest temperature of the plant is 24.8 Celsius degrees. These findings could be used then to design the spectrum of the fluorescent lamp to support plant growth, especially in the soilless cultivation, closed system method, and horticulture system.

Acknowledgment

This work was supported by the business development of entrepreneurial growth technology, funded by the Small and Medium Business Administration.

[Reference]

- 1) J.P. Chung, C.Y. Huang, T.E. Dai. "Spectral effects on embryogenesis and plantlet growth of *Oncidium 'Gower Ramsey'* ", *Sci. Hortic.*, 124, pp. 511-516, 2010.
- 2) I.S. Drozdova, V.V. Bondar, N.G. Bukhov, A.A. Kotov, L.M. Kotova, S.N. Maevskaya, A.T. Mokronosov "Effects of light spectral quality on morphogenesis and source-sink relations in radish plant" *Russ. J. Plant Physiol.*, 48, pp. 415-420, 2001.
- 3) K. Okamoto, T. Yanagi, S. Takita, M. Tananka, T. Higuchi, Y. Ushida, H. Watamabe. "Development of plant growth apparatus using blue and red as artificial light source", *Acta Hortic.*, 440, pp. 111-116, 1996.

수평형 브로칭 머신의 치형가공 시 유한요소법을 이용한 진동해석연구

프라타마 판두 산디¹, 수페노 데스티아니², 변재영², 이중순³, 정정환³, 최원식^{2, #}
부산대학교 생명산업융합연구원¹, 부산대학교 바이오산업기계공학과²

Surface type broaching machine forced vibration analysis under normal cutting operation condition based on finite element method

Pandu Sandi Pratama¹, Destiani Supeno², Jae-Young Byun², Joong Soon Lee³,
Jeong Hwan Jeong³, Won-Sik Choi^{2, #}

Live and Industry Convergence Research Institute, Pusan National University¹
Dept of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University²
Korea Broach Manufacture Co., LTD.³

Abstract

A machine such as broaching machine are subjected to different loads and vibration. Due to this vibration there will be certain deformations which affect the performance of the machine in adverse manner. This paper proposed a vibration analysis of surface type broaching machine using ANSYS. In this research modal analysis was done to determine the natural frequency and vibration mode of structure and random vibration analysis was done to determine the structure response under random loading. With advancement in computation power, finite element analysis simulation is possible and become complement of experiment based analyses. The Finite Element Method (FEM) analysis is carried out to study the effect of vibration on the structure in order to ensure the safety. This work helps the machine developer make a better product at the early design stage with lower cost and faster development time. To do this, firstly, using CATIA, a CAD model is prepared. Secondly, the analysis is to be carried out using ANSYS 15. The modal analysis and random vibration analysis of the structure was conducted. The analysis shows that the proposed design was successfully shows the minimum deformation when the vibration was applied in normal condition.

1. Introduction

Broaching is a machining process that uses a toothed tool called a broach to remove material. In the broaching process, the work pieces was put on the material holder pushed by a hydraulic cylinder, and the broach tools were clamped stationary on the broach tool holder. The structural analysis is one of important step in the development process such as in [1~2]. In broaching machine, uneven force will lead the vehicles to the forced vibration. If the excitation vibration frequency and the resonance natural frequency of the frame structure is closed, the mechanical structure will produce local resonance and deformation. Therefore, the simulation related to the vibration analysis is needed in vehicle development process. In this research the modal analysis was performed to find out the natural frequency of the machine. Furthermore, the free vibration analysis was performed to understand the effect of vibration due to daily activities to the frame structure of the machine.

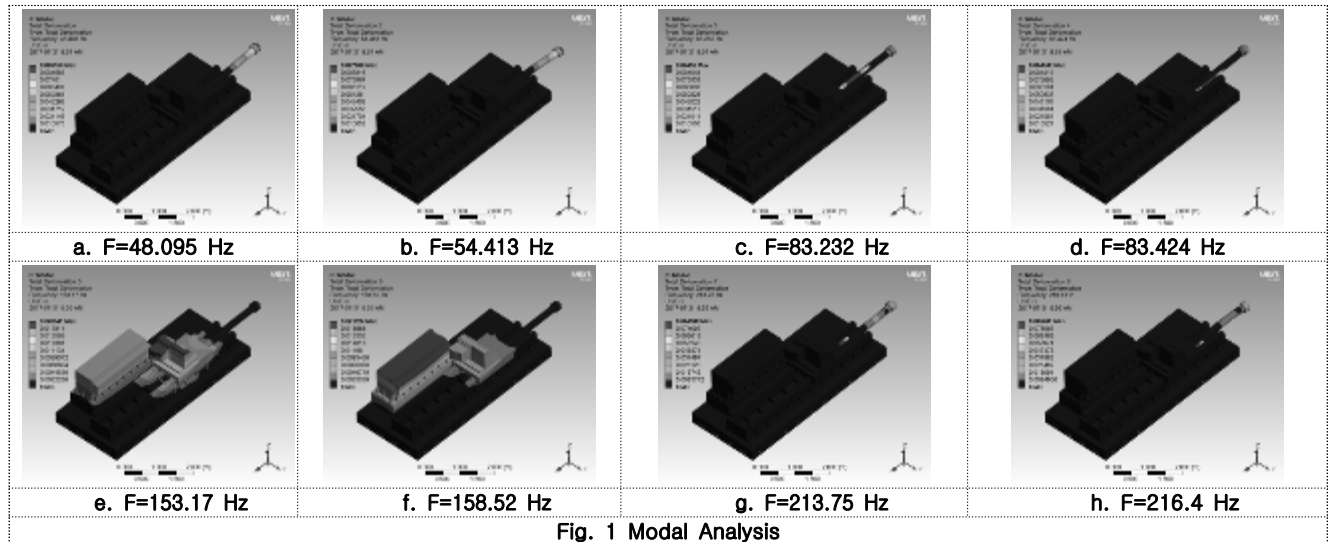
2. Material and Method

To analyzed the broaching machine structure, in this paper ANSYS program was used. The procedure of vibration analysis is as follows. Firstly, the 3D model of important component of the machine was created. Secondly, the model was simplified to obtained geometry model. Thirdly, the mesh of the model was generated. Fourthly, the materials properties were defined. The material for broaching machine is structural steel. Fifthly, the boundary condition was defined. Finally, solve the problem, visualized and read the results.

3. Result and Discussion

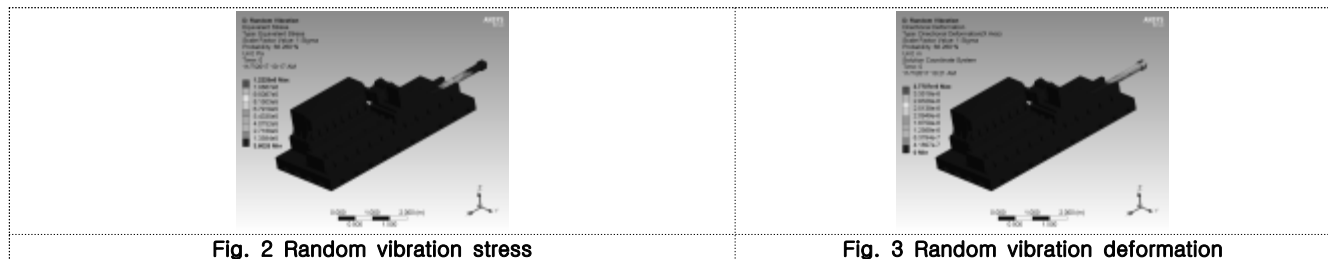
3.1 Modal Analysis

Modal analysis is a kind of linear analysis technology, used to determine the structure of the natural frequency and vibration mode. This paper uses Block Lanczos method to extract six order modal of chassis frame that have prestressed firstly. In modal analysis, the only effective load is zero displacement constraints, if in a certain degree of freedom (DOF) specifies a non-zero displacement constraints, the program will replace the degree of freedom by zero displacement constraints.



3.2 Random Vibration Analysis

Random vibration analysis is used to determine the structure response under random loading. ANSYS uses the power spectral density (PSD) spectrum as random vibration analysis of the load input.



4. Conclusion

In this research, natural frequency analysis and random vibration analysis was done to the surface type broaching machine. The simulation result show that the natural frequency value of the first order are among sensitive frequency value ranges which can be obtained from modal analysis. Modal analysis results show that the frame of 1 ~ 8 orders modal natural frequencies range are 48 ~ 216 Hz.

Acknowledgement

This work was supported by the Small and Medium Business Administration's, 2016 Technology Innovation and Development Project.

[Reference]

- 1) Wang G.S., Si J.P., Chen Y.Y., Guo L.N., and Zhao Y.N., "Structural Stability Analysis of Dump Truck Body Based on ANSYS", Advanced Materials Research, Vol. 588, pp. 217-221, 2012.
- 2) Si F.J.P., Wang G.S., and Ding X.L., "Analysis of Dump Truck Unloading Condition Based on ANSYS", Advanced Materials Research, Vol. 548, pp. 724-729, 2012.

2017년도 한국산업융합학회 추계학술대회 논문집
**스폿용접로봇에서 용접품질 탐상 검사를 위한 4Mhz NDT 초음파
Transducer의 SCAN 주파수와 두께에 따른 특성연구**

강언욱¹, 프라타마 판두 산디², 변재영¹, 이은숙¹, 정성원¹, 최원식^{1, #}
부산대학교 바이오산업기계공학과¹, 부산대학교 생명산업융합연구원²

**The Characteristics of 4Mhz NDT Ultrasonic Transducer for
Weld Quality Inspection of Spot Welding Robot**

Eon Uck Kang¹, Pandu Sandi Pratama², Jae Young Byun¹, Eun Suk Lee¹,
Sung Won Chung¹, Won Sik Choi^{1, #}

Dept. of Bio-industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹
Life and Industry Convergence Research Institute Pusan National University²

Abstract

Recently, automobile makers in Korea and abroad have tried to reduce the defect rate through weight reduction and precise welding inspection. In this study, a method to reduce the defect rate was proposed by using NDT (Non Destruction Testing) probes. The vertical scanning technique of A-SCAN was used for the purpose of efficient welding quality inspection. In addition, for efficient inspection, the ultrasonic signals generated by the single probe transducer, was reflected and received by pulse receiver and measured using oscilloscope. Before applying it to the arm of a robot, the relationship between the material thickness and the thickness of the probe according to the thickness of the probe was checked for the measurement. It was confirmed that measurement was possible at the probe-specific frequency suitable for the thickness of the material. We intend to improve the accuracy of the vertical scanning technique as A-SCAN in order to acquire data about the frequency range of the probe and to correlate the material and the thickness of the material with the appropriate frequency.

1. Introduction

Light weight has recently become a hot topic for global auto' s makers to improve fuel efficiency in automobiles. The main customers of the market are reducing fuel costs, preferring environmentally friendly hybrid cars, and approaching ways to reduce the weight of cars in the future, The purpose of this study is to investigate the effect of welding defect on steel - to - steel and steel - to - aluminum welded joints in order to lighten the existing steel The relationship between the material thickness and the natural frequency of the probe was investigated by analyzing the welding condition of the welded specimen according to the frequency characteristics of the NDT probe to efficiently detect the presence of weld defect.

2. Material and Method

For this experiment, two kinds of samples were used for the test. The welded joints were welded to the welded joints of 3 mm × 2 specimens of SS440 and 1 mm × 2, respectively. An ultrasonic wave was generated while slowly moving the probe from the right side in the scanning direction to a welding nugget formed around the welding point. The size of the probe is 10mm x 10mm and the single-channel 4Mhz probe is constructed so that it can be inspected within 8mm of the welded area. The LeCroy oscilloscope confirms the amplitude intensity of the signal over time along the weld of the specimen. The scanning method was a linear scanning method of vertical type, and the ultrasonic signal was generated using the OLYMPUS 5077PR Pulser-Receiver. The output power of the pulse was set as manual input (pulse transmission signal), the set voltage was 100V and the frequency of the transducer was set to 5Mhz, and the amplification of the receiving input proceeded to + 10dB gain.

3. Results and Discussion

Fig. 1. A-SCAN was carried out with a 6T (mm) thick specimen welded. SS440 A-SCAN graph obtained by vertical scanning signal on $3\text{mm} \times 2$ pieces of 6mm specimen is shown in Fig 1. The time division unit is $10\mu\text{Sec}$ and the cycle T is $15 \sim 20\mu\text{Sec}$. C, B, and A detection signals are confirmed. The first IP signals are the end of pulse transmission signals and are not reflected signals. The intensity of the amplitude is measured as a maximum of 72 mV, and the reflection signal of the second succeeding B and the A signal are gradually reduced and the amplitude converges. The defect flaw echo signal, can be expressed as crack in Fig. 2. After the fusion bonding of the welded specimen is completed, the point where the cracks or pores in the inside of the weld occur is echo. It was able to detect the position and detect the presence or absence of defects.

Experiments were carried out by varying the thickness of the material in 2mm specimens of SS440 $1\text{mm} \times 2$. In Fig. 3. firstly, overlapping of the detected signals occurred. Secondly, the period of the amplitude of the reflected signal is too short and precise measurements are not made. We could trace the cause of this phenomenon as the cause of the frequency dependence of the signal returning to the material thickness and material according to the frequency.

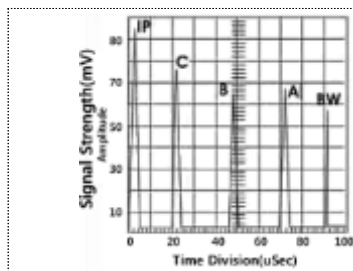


Fig. 1. A-SCAN Plotting

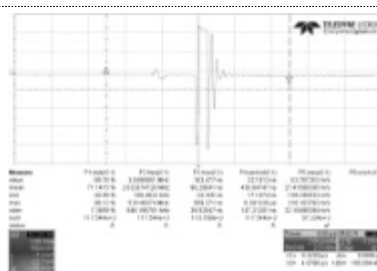


Fig. 2. A graph plotting on before pulsing

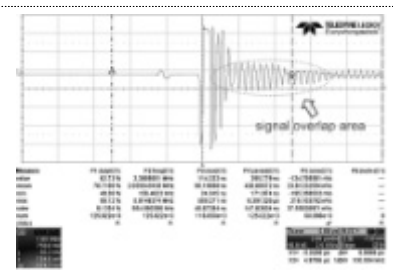


Fig. 3. A graph plotting on after pulsing

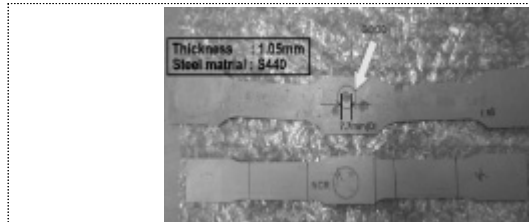


Fig. 4. Samples of SS440 for test



Fig. 7. Reducer after design change

4. Conclusion

From this research, it can be obtained that there is a correlation between the frequency and the material thickness according to the results of the experiment with two specimens at the frequency of 4Mhz in the form of 100V bipolar square wave. It is also possible to estimate that the ultrasonic test signal is closely related to the material of the material as well as the relationship between the specimen thickness and frequency.

Acknowledgment

The results of this study were supported by the Ministry of Commerce, Industry and Energy in Korea to develop a “64-channel C-SCAN wireless inspection system for the development and quality evaluation of lightweight body parts using R-FSSW technology” Project number R0005640)

[References]

- 1) Young Y. S., “Ultrasonic testing” sang hakdang ISBN 978-89-6587-004-3 93560 PP 223-263, 2010.
- 2) Kim J. K., “항공산업실부 경험으로 쓴 비파괴 검사” 좋은땅, ISBN 979-11-5982-208-7 PP , 2016.

유인균을 이용한 인삼발효식초와 홍삼발효식초 제조 연구

황세란, 데스티아니 수페노, 권순홍, 정성원, 권순구, 박종민, 김종순, 최원식
부산대학교 바이오산업기계공학과

The red ginseng vinegar fermentation manufacturing using “Uinkin”

Se Ran Hwang, Destiani Supeno, Kwo Soon Hong, Chung Sung Won, Kwon Soon Goo,
Park Jong Min, Kim Jong Soon, Won Sik Choi
Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University

Abstract

Saponin is the most pharmaceutical active ingredients of the ginseng plant, it was called “Ginsenoside” which means the Glycoside of ginseng that composed glycosides and aglycones. The human body will absorb the saponin easily if these substrate was decomposed by active microorganism before consumption. Fermentation is the most convenient technique for this experiment, the fermentation product have some benefits for human body such as clearing the blood vessel, boost the human digestion system, fatigue recovery, prevention of diabetes, obesity, aging, and tumor. The experimental sampling was prepared by fresh Korean ginseng and red ginseng extract for the base ingredient. The concentrated of pure ginseng extract was addition to increase the saponin extract and the mix microbial powder was addition as starter to increase the fermentation efficiency. The purposed of this research was to study the vinegar fermentation process such as sugar content, pH and acidity development.

1. Introduction

Korean ginseng and red ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) has been know as medicinal plant with mysterious powers in the Orient, this plant have been known as the most valuable medicine of all medicinal herbs [1]. Red ginseng not only reinstates the body’s liveliness, decreases stress and fatigue, and elevates blood circulation, but also improves brain function. In addition, it enhances the activity of the immune system, maintains homeostasis, combats aging, and has proven beneficial against diabetes and cancers. It has been described that fermentation is an ideal process of biochemical alteration using microbial enzymes and microorganisms. Fermentation is conducted to improve the storage period, nutrition, and sensory characteristics related to foods [2].

2. Material and methods

2.1 Sampling

Fresh Korean ginseng vinegar fermentation was prepared by 300g of fresh Korean ginseng, washed with tap water, added 400ml of water and blending into the liquid. Moreover, red ginseng vinegar fermentation was prepared using 46.15g red ginseng extract manufactured by Chongkundang Pharm’s company, South Korea and mix well in 900ml of water. The fermentation process were obtained for 70 days in 37°C. The initial sugar content or brix (%) was set in to 24% by manipulated sugar addition. The utilities and equipment that will be use for preparation such as fermentation jar, knife etc. were sterilize using hot water for 15 minute before used. Table 1. shows the ingredient and initial condition of fermentation process. Figure 1. shows the sample preparation for fresh Korean ginseng and red ginseng extract fermentation.

Table 1. The experimental ingredient and initial pH level and sugar content (%)

	Sample (g)	Salt (g)	Sugar (g)	Water (ml)	Microbial Powder (g)	Initial Brix (%)	Initial pH
Fresh Korean Ginseng (FKG)	300	3	234.36	900	6	24.3	6.39
Red Ginseng Extract (RGE)	46.15	3	197.9	900	6	24.1	6.5

2.2 Instrument analysis

The pH level measurement was done using pH-meter (SATO, Japan). The device used is pH meter type sk-620PH, this device can measuring the pH with a value of 0-14. Sugar content in this research was measured using a refractometer type: Master-53M, capacity: 0.0-53%, ATAGO, Japan. Refractometer was designed to measure the refractive index of a solution. The Brix scale based on sucrose (sugar) and water solution. Total acidity of ginseng fermentation was measured using titration method, 1ml sample addition 0.1ml of phenolphthalein solution with sodium hydroxide until the sample solution change into purple color solution. The total acidity was expressed as percenty (%) of acetic acid contain in the sample per ml.

3. Result and discussion

The experimental preparation was done by using two different kind of ginseng, there are blending fresh Korean ginseng and pure red ginseng extract. Total acidity, and pH level were also slightly different at final fermentation process, 1.2%; 3.41pH for fresh Korea ginseng and 1.2%; 3.39pH for red ginseng extract (Figure 3.). The decrease in sugar content was caused by the degradation of sugar to alcohol during alcoholic fermentation by acid bacteria. The alcohol content in the sample was evaporate as a result of stirring process during fermentation process, the decrease in alcohol caused the acidity increase that proved by the decrease in pH value.

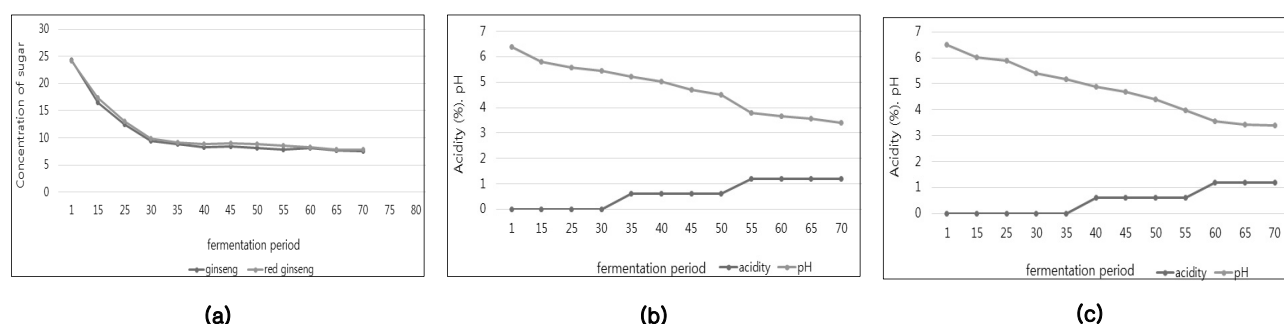


Figure 3. Sugar content (%) development during fermentation period (a), total acidity (%) and pH development during fermentation period in Fresh Korean Ginseng (b) and Extract Red Ginseng

4. Conclusion

Due to the experiment, the manufacturing of fresh Korean ginseng and red ginseng vinegar fermentation addition microbial powder as starter was possible. Sugar content was decreasing from $\pm 24\%$ to $\pm 7.65\%$ at 70 days of fermentation process, and total acidity, and pH level were also slightly different at final fermentation process, 1.2%; 3.41pH for fresh Korea ginseng and 1.2%; 3.39pH for red ginseng extract.

Reference

- 1) Kim, J. H., Kim, M. K., Wang, Hongtao, Lee, H. N., Jin, C. G., Kwon, W. S., Yang, D. C.. "Discrimination of Korean ginseng (*Panax ginseng* Meyer) cultivar Chunpoong and American ginseng (*Panax quinquefolius*) using *auxin* repressed protein gene" , J. Ginseng Res., Vol. 40, pp. 395-399, 2016.
- 2) Christensen LP. "Ginsenosides chemistry, biosynthesis, analysis, and potential health effects" , Adv Food Nutr Res., Vol. 55, pp. 1-99, 2009.

유한요소법을 이용한 농업용 전동운반차 감속기의 수명개선 연구

변재영¹, 프라타마 판두 산디², 이은숙¹, 박춘숙³, 정성원¹, 최원식¹
부산대학교 바이오산업기계공학과¹, 부산대학교 생명산업융합연구원², 근우테크(주)³

Improvement of the Life of the Electric Vehicle Carrier Reducer by the Finite Element Method

Jae Young Byun¹, Pandu Sandi Pratama², Eun Suk Lee¹, Chun Suk Park³,
Sung Won Chung¹, Won Sik Choi^{1, #}

Dept. of Bio-industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹
Life and Industry Convergence Research Institute Pusan National University²
KEUNWOO TECH Co.,Ltd.³

Abstract

Electric vehicles have been increasingly used in agriculture to solve the problems of conventional powertrains. There are many favorable aspects to women or aged farmers and it is easy to change according to the requirements of farmers. However, there is a problem with the reducer breakage. In order to solve this problem, we study the gear reducer which is better than the existing one by improving the dimensions of each shaft. The reducer was disassembled to analyze the cause of the damage. In order to improve this, the material, structure of the reducer were changed. Structural analysis was carried out to confirm the stress occurs on the reducer. As a result of comparing the stresses before and after the design, it was found that the existing safety factor increased from 1.33 to 1.61. From this study, it can be seen that how to effectively improvement of the reducer strength is directly related to the improvement of the life of the gearbox.

1. Introduction

Electric vehicles carrier are increasingly used in many field such as industry, factories, marts, and leisure areas. It replaces the powertrain that have problems of noise and soot for transporting compost, fertilizer, seedlings and harvests required for field work. Also, unlike a power train, an electric vehicle is structurally simple and easy to use because it uses a battery. There are many benefits for women or aged farmers, and it is easy to add structures and functions according to the requirements of farmers. However, structure deformation caused by the friction and overload occurs in the speed reducer, affects shortening of the life of the gear. In this study, the gear dimension of the shaft are improved to develop the gear reducer suitable for the agriculture work.

2. Analysis Method

2.1 Reducer shaft failure cause analysis

The broken gearbox was disassembled to guess the cause of the motor speed reducer defect. There was a case of abrasion due to abrasion of the contact part of the shaft and the gear box. Deterioration of the shaft occurs due to external influence. As a result, 6 kinds of indications were found out due to discoloration, grease scattering, grease deterioration, discoloration of the assembly due to internal deterioration, and wear of the first gear. Therefore, it is presumed that the overload of the first stage gear causes noise and abrasion and malfunction due to the second reduction gear.

2.2 Improvement of reducer

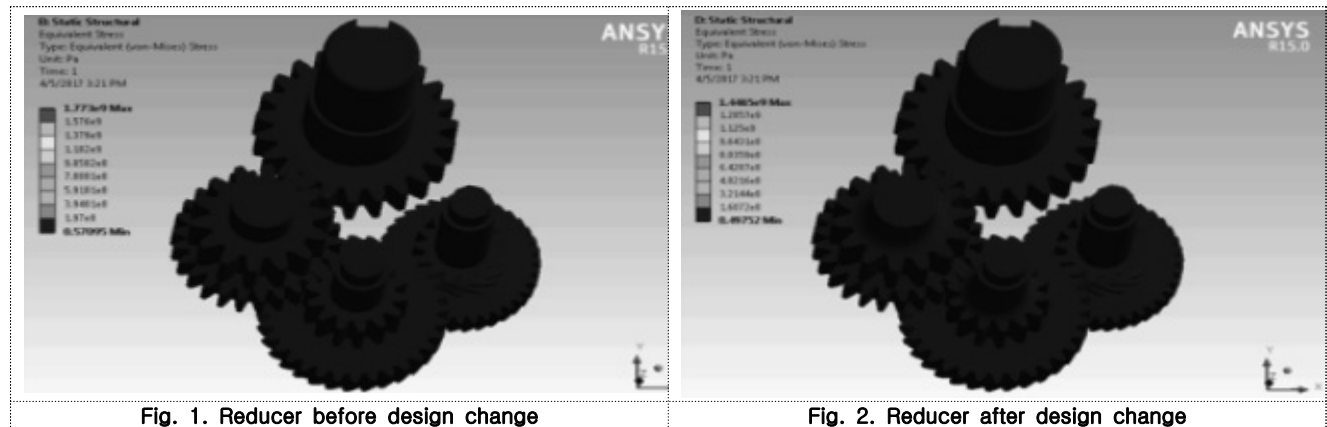
Based on the estimates in Section 2.1 above, some improvements are considered when the reducer is required to be improved. First, the tooth width of existing shafts 3 and 4 was increased to improve gear wear. Secondly, the material was changed from SCM440 to SCM415 for the purpose of preventing failure. Finally, for the purpose of removing the notch where stress concentration occurs, the right angle cutting is changed to round cutting when the pinion is machined.

2.3 Comparison of safety factors through structural analysis

In order to compare the data before and after improvement of the reducer, the reducer was disassembled and reversed. The design was changed by applying the proposed reduction gear reducer according to the estimation of the damage of the reducer. Then, each drawing was assembled through CATIA V5R21 and structural analysis was performed with ANSYS R15.0.

3. Result and Discussion

As a result of comparing the stresses before and after the modification, the maximum stress applied to the gearbox before the change is 1.773e9Pa and the maximum stress applied after the change is 1.4465e9Pa. A stress reduction of 0.327e9Pa was observed. The calculation of the safety factor can be done by dividing the material stress at the maximum stress. Comparing the safety factors, the safety factor is increased from 1.33 to 1.61.



4. Conclusion

In this study, the effective improvement of the gearbox was researched to solve the damage of the electric car reducer of field farming. We reverse engineered the existing product and dismantled the broken gear box to estimate the cause. The contents of the study are as follows.

1. It is estimated that the cause of the reduction gear failure is the deterioration and damage caused by the transition to another shaft due to the abrasion of the primary gear due to the bad influence of the field.
2. The safety factor of 1.61, which is higher than the safety factor of 1.33, has appeared due to improvement of design of reducer.

It was found that how effectively the modification of the contact part of the reducer is directly related to the improvement of the life of the gearbox, and it is found that it is effective to extend the life by improving the safety factor through design modification.

Acknowledgement

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry(IPET) through Agriculture, Food and Rural Affairs Research Center Support Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA)(716001-7)

[Reference]

- 1) Yoshihiro Fujisawa, Masaharu Komori, "Surface finishing method for tooth flank of heat-treated surface-hardened small gears using a gear-shaped tool composed of alumina-fiber-reinforced plastic", Precision Engineering, Vol.39, pp 234-242, 2015.

대추 체리 토마토 발효의 특성

데스티아니 수페노, 권순홍, 정성원, 권순구, 박종민, 김중순, 최원식
부산대학교 바이오산업기계공학과

Characteristics of Jujube Cherry Tomato Fermentation

Destiani Supeno, Kwo Soon Hong, Chung Sung Won, Kwon Soon Goo,
Park Jong Min, Kim Jong Soon, Won-Sik Choi
Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University

Abstract

This study was done to investigate the behavior of jujube cherry tomato during fermentation and to investigate the effect of sugar content and effective microbial addition during fermentation. In this research, semi-mature tomato that contain low initial sugar content ($\pm 6.2^\circ$ Bx) and average pH ± 4.97 were used as fermentation material. Six fermentation condition such as TFA1 (Sugar content: 25%); TFB1 (Sugar content: 25%, EM: 2g); TFC1 (Sugar content: 30%); TFD1 (Sugar content: 30%, EM: 2g); TFE1 (Sugar content: 35%); TFF1 (Sugar content: 35%, EM: 2g) were prepared. The fermentation period was done at 192 hours in 25° C room temperature. The pH, acidity, sugar content and microbial growth were observed during fermentation process. The experimental result shows that in the end of fermentation the lowest pH obtained from TFB1, the sugar content is reduced during fermentation, the highest acidity percentage obtained from TFE1, and the highest colony form unit obtained from TFD1.

1. Introduction

Tomato is the world's largest vegetable crop, because it is wide spread production and special nutritive value. This fruit are the most widely consumed fresh fruit in the world. It is containing significant amount of carotenoids (Lycopene and Beta-carotene), several polyphenols (Caffeic and Chlorogenic acid), rutin, naringenin and rich source of vitamin A and C. In addition, tomatoes also contains a trace elements such as selenium, copper, manganese, iron, phosphorus and zinc that act as cofactors for antioxidant enzymes [1]. Fermentation technologies have a potential for stimulating development in the food industry especially in tomato processing considering their low cost, scalability, minimal energy and infrastructural requirements and the wide consumer acceptance of fermented products [2]. The purpose of this research was to study the characteristic of tomato fermentation and to investigate the effect of sugar content and effective microbial addition during fermentation.

2. Material and Method

2.1 Sampling preparation

In this study, jujube cherry tomato was obtained from Sacheon city, South Gyeongsang Province, South Korea. The initial sugar content is $\pm 6.2^\circ$ Bx and pH ± 4.97 . The granulated sugar were used in this research was produced by Beksul, CJ co., ltd, South Korea. Effective microbial (EM) powder (Hwang Se Ran EM, South Korea) contains various microbial spore. The samples were prepared for six condition; TFA1 (Sugar content: 25%); TFB1 (Sugar content: 25%, EM: 2g); TFC1 (Sugar content: 30%); TFD1 (Sugar content: 30%, EM: 2g); TFE1 (Sugar content: 35%); TFF1 (Sugar content: 35%, EM: 2g). 300g of tomato and ingredient in each treatment were blending with 300ml of drinking water. The fermentation period was done after 192 hours. The pH level and sugar contents were monitored in every 12 hours during fermentation period.

2.2 Instrumental analysis

Measured pH level was done by pH meter (SATO, Japan). The device used is pH meter type SK620PH, this device can measuring the pH with a value of 0-14. Sugar content in this research was measured using a refractometer type: Master-53M, capacity: 0.0-53%, ATAGO, Japan. The number of microbial in the colony were determining using plate counting analysis using MRS medium. The samples was prepared with 1-3 dilution (x1, x10, 100, 1000).

3. Result and Discussion

Fermentation proceeds satisfactorily when the pH of the mash has been adjusted to a pH of 3.0 to 4.5, which is a favorable pH for the yeast growth. As the concentration of the total solids decreases, the pH increases (Fig. 1). The experimental result in Fig. 2 shows that the titratable acidity is increased during fermentation process. The maximum result obtained from TFE1. The changes in pH and acidity must be due to changes in concentration of the sugars (Fig. 3) and organic acids. In this research as shown in Fig. 4 the highest colony form unit obtained from the 30% and 2g EM addition

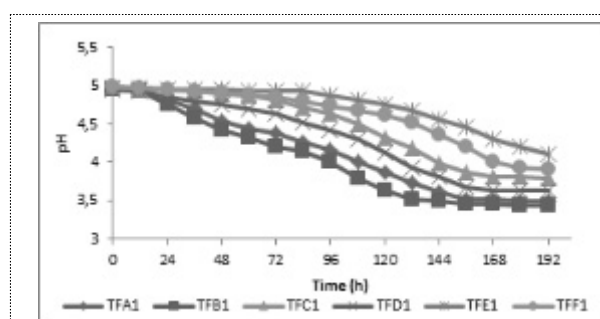


Fig. 1. The pH development obtained from tomato fermentation in 25°C room temperature

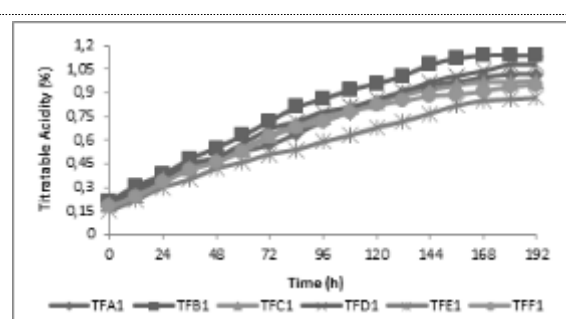


Fig. 2. The titratable acidity development obtained from tomato fermentation in 25°C room temperature

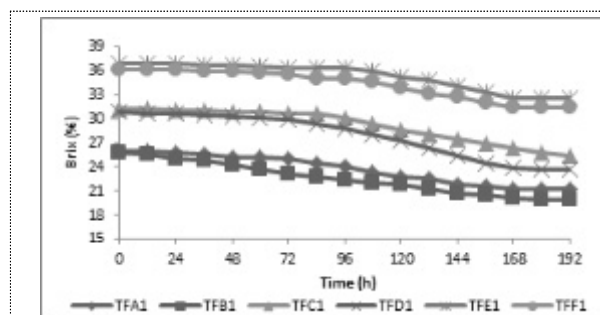


Fig. 3. The sugar content development obtained from tomato fermentation in 25°C room temperature

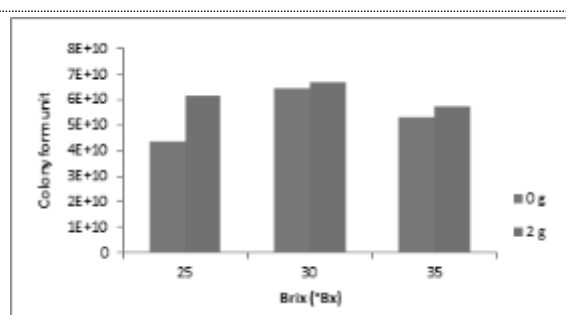


Fig. 4. CFU final amount depends on concentration of sugar content

4. Conclusion

In this research, the behavior of jujube cherry tomato during fermentation and the effect of sugar content and effective microbial addition during fermentation were investigated. The experimental result shows that in the end of fermentation the lowest pH obtained from TFB1, the sugar content is reduced during fermentation, the highest acidity percentage obtained from TFE1, and the highest colony form unit obtained from TFD1.

Reference

- 1) B. R. and T. G. Josephine Nirmala Many, "Study on Tomato Wine Production and Optimization," IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol., vol. 8, no. 1, pp. 97-100, 2014.
- 2) R. Rolle and M. Satin, "Basic requirements for the transfer of fermentation technologies to developing countries," Int. J. Food Microbiol., vol. 75, no. 3, pp. 181-187, 2002.

CRDI 디젤엔진의 성능특성에 관한 해석

김두범¹, 김기복²,
경남대학교 대학원¹, 르노삼성자동차²

An Analysis on Performance Characteristics in CRDI Diesel Engine

Du Beom Kim¹, Gi Bok Kim²,
Graduate school, Kyungnam University ¹, Renault Samsung Motors Co., Ltd.²

Abstract

An study about a patent trend analysis of car constituent in the internal patent, sphere of the patent's analysis a chassis a body a electric the comparative priority of its technology in major companies of the world. In this study, it is designed and used the test bed which is installed with turbocharger and intercooler. In addition to equipped using CRDI by controlling injection timing with mapping modulator, it has been tested and analyzed the engine performance, combustion characteristics operating parameters.

1. 서 론

최근 자동차엔진 효율의 증가와 더불어 배기가스의 유해성분 저감에 의한 저공해, 저연비의 동시 만족을 요구 하고 있으나 이는 매우 어려운 기술과제이며, 공학적으로 문제의 해결을 위하여 제시된 것이 희박연소이다. 급속히 발전해 가는 공업화와 더불어 인류는 환경의 오염에 노출되고 있으며, 환경 오염방지에 대한 각별한 관심을 기울이고 있는 실정이다. 따라서 본 실험적 연구에서는 연소속도를 향상시키기 위한 방법으로, 직접 분사식 압축점화디젤엔진에 흡입되는 공기 중의 산소 체적비를 변화시켰을 때와 오존량을 변화 시켰을 때의 엔진의 연소 및 성능 특성을 해석하였다.

2. 실험장치의 구성 및 설계

실험 엔진으로부터 크랭크 축 회전각도의 검출을 위하여 적외선 발광 다이오드(LED), 메탈 슬릿 디스크(Metal slit disk)와 포토 트랜지스터(Photo transistor)로 결합되어 있으며 LED의 광원이 메탈 슬릿을 통과하여 포토TR이 동작한다. 엔진 다이나모메타부는 제어 출력인 전기적 신호를 기계적 동작으로 변환시키는 액츄에이터와 엔진 동력계로 이루어진다. 엔진 및 동력계에는 센서를 장착하여 신호를 관측하였다. 다이나모메타 시험용 엔진의 크랭크축으로부터 유니버설 조인트를 통하여 다이나모메타의 로터 축으로 동력이 전달된다. 부하의 측정은 부하 측정용 암에 로드셀을 설치하여 부하를 측정할 수 있게 하였다. 엔진의 부하조절과 출력측정을 위해, 기관동력계를 사용하였다. 연소분석에 대한 엔진다이나모메타 제원은 Table 1에 나타내었다. 연소특성의 변화를 분석하기위하여 압력센서와 연소성능 해석 장치를 사용하였다.

Table 1 Specification of engine dynamometer

Item	Specification
Model	DYTEC-130
Type	Water cooling, eddy current type
Revolution	9000 rpm
Max. absorption	180 ps
Max. absorption torque	35 kg.m
Cooling Water Volume	65 ℓ /mim
Excitating power	600W

3. 결과 및 고찰

CRDI 압축점화 디젤엔진의 성능특성을 해석하는 인자들은, 실린더 내의 압력변화, 흡입공기의 질량연소율로 대표되는 연소율, 실린더 내의 화염전파 과정과 연소의 변동성 등을 들 수 있다. 실린더 내에서 연소 반응이 일어나는 화염면에서는 여러 활성종과 중간생성물이 생성되기도 하고, 소멸되기도 하는 상당히 복잡한 과정을 통하여 반응이 일어난다. 즉 연소반응은 실제로 다양한 요소반응(Elementary reaction)이 동시에, 또는 차례로 일어나는 연쇄반응(Chain reaction)으로 이루어진다. 실린더로 유입된 흡입공기의 연소기간을 질량연소율로서 해석하였는데, 질량연소율은 열발생율로부터 유출된다. 압축행정 말에 인젝터로부터 흡입공기에 점화한 후 연소에 의한 열발생율이 최종적인 음의 값에서 양의 값으로 되는 크랭크각도를 연소시작점으로 하였다. 그리고 팽창행정에서 최초로 양의 값에서 음의 값으로 되는 점을 연소종료점으로 하였다. 연소시작점과 연소종료점의 두 기간으로 질량연소율을 계산하여 연소기간으로 Fig. 1 ~ Fig. 2와 같이 해석하였다. 특히, 연소시작점은 점화시기로부터 약간의 지연기간이 있는데 이 기간을 점화지연기간으로 정의하고 이 기간은 질량연소율이 10 %가 되는 지점까지로 설정하였고, 질량연소율이 10 %~90 %까지의 범위를 주연소기간으로 한다. 질량연소율이 90 % 이상에서는 동력발생에 미치는 영향이 미소한 연소가 이루어지기 때문에 연소가 종료되는 것으로 고려하였으며 Table 2와 같다.

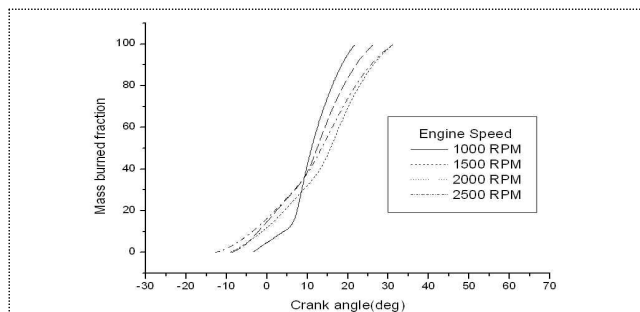


Fig. 1 Mass burned fraction(x_b)-crank angle(θ) diagram for engine speed under normal state.

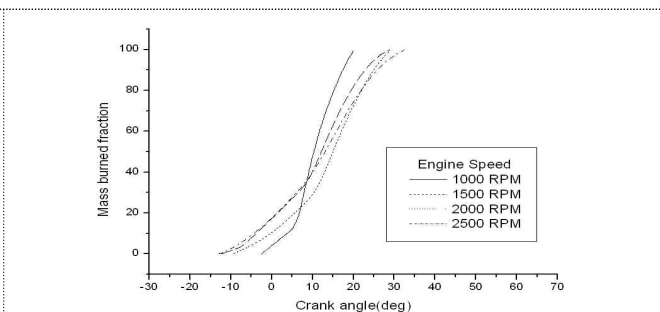


Fig. 2 Mass burned fraction(x_b)-crank angle(θ) diagram for engine speed with adding oxygen(23 Vol%).

Table 2 The value of ignition delay(ID) and combustion duration(CD) with a variety of charge

			normal state	Adding Oxygen	Adding Ozone
1000 rpm	I D	deg.	7.6	6.7	6.4
	C D	deg.	14.4	13.6	12.8
1500 rpm	I D	deg.	8.5	7.2	6.7
	C D	deg.	26.7	25.5	24.3
2000 rpm	I D	deg.	9.6	9.1	7.9
	C D	deg.	27.6	26.6	25.3
2500 rpm	I D	deg.	9.1	8.5	9.3
	C D	deg.	30.9	30.3	29.3

4. 결 론

CRDI 디젤엔진의 엔진 성능특성을 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 산소체적이 증가 할수록 실린더 내의 최고압력이 증가하였고, 질량연소율도 증가하여 연소율이 향상됨을 알 수 있었다. 또한 산화제가 첨가될수록 착화 및 연소기간이 짧아짐을 확인하였고, 연료의 질량 또한 급격한 연소가 진행되는 결과를 나타내었다. 산소와 오존이 첨가 될수록 연소속도가 향상됨을 알 수 있었고, 디젤엔진의 성능특성에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- 1) A. J. Gomez and P. E. Reinke, Lean Burn, "A Review of incentives, Methods and Tradeoffs", SAE 880291, 1988.
- 2) G. Borman, "Combustion Engineering", McGrawHill, 2005.
- 3) H.S. Kim, C.G. Kim, C.W. Kim, S.Y. Hon "Internal-Combustion Engine", CHEONG MOON GAK, 2009.

이륜구동 자율주행 로봇의 안정한 경로 추적

이우송¹, 박인만², 정동연³
 (주)선진기술¹, (주)인템², (주)대호테크³

1. 서 론

현재 산업현장에서 사용되고 있는 매니플레이터는 작업반경의 제약으로 인해 작업수행에 한계를 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 주행기능을 갖춘 구륜이동로봇에 대한 연구방향은 수학적 모델링, 동작 및 경로설계, 위치추정에 대해 이루어지고 있다. 본 논문에서는 구륜이동로봇의 안정한 경로 추정을 위한 제어법칙이 제시된다. Lyapunov 함수를 이용하여 안정하게 경로추적을 위한 제어법칙(control rule)을 구성하고, 선형화된 모델을 이용하여 제어기 매개변수(controller parameter)의 조건을 결정함으로써 제어입력을 구성한다. 또한 모의실험을 통하여 본 논문에서 제안된 제어법칙의 유용성을 입증한다.

2. 본 론

2.1 구륜이동로봇의 구조

본 논문에서 연구되어진 4륜 구륜이동로봇의 좌표할당은 그림 1과 같다. 2개의 전륜은 구동구륜이고, 2개의 후륜은 구륜이동로봇의 안정을 위한 보조구륜이다. 구륜이동로봇의 방향전환은 두 개의 독립적인 구동구륜의 속도차에 의해 이루어진다.

구륜이동로봇의 위치는 $X=(x,y, Q)$ 로 표현된다. 여기서 (x,y) 는 제어점(controlled-point)의 직각좌표이며, Q 는 기준좌표계의 x축에 대한 구륜이동로봇의 x축의 방향각을 나타낸다.

2.2기구학 모델링

기구학 모델링의 단순화를 위해 구륜이동로봇은 평지에서 이동하며, 구륜의 변형과 미끄러짐이 발생하지 않는 것으로 가정한다.

2.2.1전향기구학

전향기구학에서는 엔코더에서 측정된 구륜의 속도로부터 구륜이동로봇 본체의 속도를 구한다. 구륜이동로봇의 전향기구학의해는 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} A_1 \omega & W_{1x} \\ A_2 \omega & W_{2x} \end{bmatrix} = \frac{1}{R(l_a^2 + 1)} \begin{bmatrix} -l_a l_b & -l_b^2 - 1 & -l_a \\ l_a l_b & -l_b^2 - 1 & l_a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v B_x \\ v B_y \\ w B_z \end{bmatrix}$$

2.2.2역기구학

역기구학에서는 구륜이동로봇이 주어진 기준궤적을 추적하기 위한 구륜의 속도를 구한다. 구륜이동로봇의 역기구학은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} v B_x \\ v B_y \\ w B_z \end{bmatrix} = \frac{R}{2l_a} \begin{bmatrix} -l_b & l_b \\ -l_a & -l_a \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \omega & w_{1x} \\ A_2 \omega & w_{2x} \end{bmatrix}$$

여기서 w 는 구륜의 속도이며, R 은 구동구륜의 반지름이다.

3.제어기구성

3.1오차에 대한 정의(error posture)

본 논문에서의 제어시스템에서는 기준궤적에서의 위치 오차

$$P_a = (x_e, y_e, \theta_e)^T$$

에 대해 다음과 같이 정의하며 그림 2와 같이 나타낼수 있다.

$$P_e = \begin{bmatrix} x_e \\ y_e \\ \theta_e \end{bmatrix} = T_e(P_r - P_c) = \begin{bmatrix} \cos\theta_c & \sin\theta_c & 0 \\ -\sin\theta_c & \cos\theta_c & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r - x_c \\ y_r - y_c \\ \theta_r - \theta_c \end{bmatrix}$$

여기서 T_e 는 기준좌표계에 대한 위치오차의 변환 행렬이다. 경로추적 제어기의 목적은 위에서 정의한 오차

가 0으로 수렴하게 하기 위한 것이다.

3. 모의 실험 및 고찰

모델링의 유효성과 제어 알고리즘의 효율성을 증명하기 위하여 모의 실험을 수행한다. 구륜이동로봇의 초기 위치는 (0,0,0도)에 있다고 가정하고 구륜이동로봇이 추적해야할 기준궤적은 벽면에 평행하며 종점은 (1.5,7,90도)이다.

4. 결 론

본 논문에서는 4륜 2자유도 구륜이동로봇의 모델링과 경로추적에 대해 다뤘었다. 안전한 경로추적을 위한 제어법칙을 구성하기 위해 Lyapunov 함수를 제시하였고, 시스템이 안정하기 위한 Lyapunov 함수에 대한 조건으로부터 제어법칙을 구성할 수 있었다. 또한 구성된 제어법칙을 이용한 모의실험을 통해 제어기의 유용성을 입증하였다.

[참 고 문 헌]

- [1]K.S.Fu, R.C. Gonzalez, C.S.G.Lee, ROBOTICS control, sensing, vision and intelligent, McGraw-Hill Book Company, 1987.
- [2]Patrick F. Muir, Modeling and control of Wheeled Mobile Robots, 1988
- [3]William L. Brogan, Modern Control Theory, Prentice-hall, 1991
- [4]M. Vidyasagar, Nonlinear Systems Analysis Prentice-hall, 1993
- [5]Frank L. Lewis, Applied Optimal control and Estimation. Prentice-hall, 1992
- [6]Yatoka Kanayama, A stable Tracking Control Method for an Autonomous Mobile Robot, Proc IEEE conference Robotics and Automation, pp384-389, 1990
- [7]Yuan F. Zheng, Recent Trends in Mobile Robots, World Scientific, 1993.
- [8]Jean Jacques E. Slotine, Weiping Li, Applied Nonlinear Control, Prentice-Hall. 1991.
- [9]정대경, Nonholonomic 제약을 가지는 구륜이동 로봇의 위치추정과 경로추적, Proceedings of the 11th, KACC, 932-935, 1996.

수중작업용 지능로봇의 장애물회피 및 회피기술에 관한 연구

신기수¹, 최거승²
(주)애니토이¹, (주)삼현²

1. 서 론

경로계획과 위치추적은 지도로 표현되는 환경정보를 필요로 한다. 따라서 미지의 환경에 대해 이러한 지도를 로봇 스스로가 작성할 필요가 있는데, 이 중에서 주행 중 절대좌표계에 대한 현재위치를 올바르게 측정할 수 있는 위치추적 방법의 개발이 이동로봇의 실용화 여부를 좌우하는 가장 중요한 기술 중의 하나이다. 이동로봇의 절대위치에 대한 평가가 부정확하면 정상적인 주행과 신뢰성 있는 지도 작성이 불가능하게 된다. 따라서 이동로봇의 위치추적에 관한 연구가 많이 진행되고 있다.

위치추적을 구현하기 위한 방법에는 주행 중 바퀴에 장착된 엔코더를 사용하여 각 바퀴의 주행거리를 측정 후, 이로부터 각 소구 간마다의 위치변화량을 계산하여 초기 원위치로부터 현재의 위치를 계산하는 추측방법이 있다. 그러나 이동로봇의 휠과 바닥간의슬립, 휠 지름이 변화 평탄하지 않은 바닥에서의 주행, 휠 간의 거리 변경 등에 의해서 오차가 발생하게 되며, 이는 시간이 경과함에 따라 누적된다. 이러한 오차는 이동영역내의 표적등과 같은 외부센서의 정보 또는 비전센서와 초음파센서 등으로부터의 정보를 이용하여 보정하여야 한다. 그래서 이동 로봇의 충돌회피기술에 대한 연구를 수행하였다.

2. 충돌회피 무궤도 자율주행

2.1 충돌회피

충돌 회피의 가장 필수적인 요소는 자율주행로봇 주위에 배치되어 있는 10개의 초음파 센서의 값을 받아 들인 뒤 장애물의 유무를 판단하는 것이다. 자율주행로봇의 진행도중 뒤쪽에 장애물이 출현했을 경우에는 방해없이 진행을 할 수 있다. 그러나 자율주행로봇의 앞쪽이나 왼쪽, 오른쪽 방향에 장애물이 나타날 경우 자율주행로봇의 진행방향과 장애물이 평형을 이루지 않는 한 장애물과의 충돌이 일어나게 된다. 따라서 충돌 방지를 위해 자율주행로봇을 안전한 방향으로 회전시켜 주어야 하며 이때 로봇의 목적지와 깊은 관계가 있다. 본 연구에서는 어느 정도 크기를 가진 장애물을 설정하였고 외부 환경은 임의의 환경이 아닌 주어진 복도나 실험실의 벽면을 따라서 가는 어느 정도의 규격화된 방법을 정하였다.

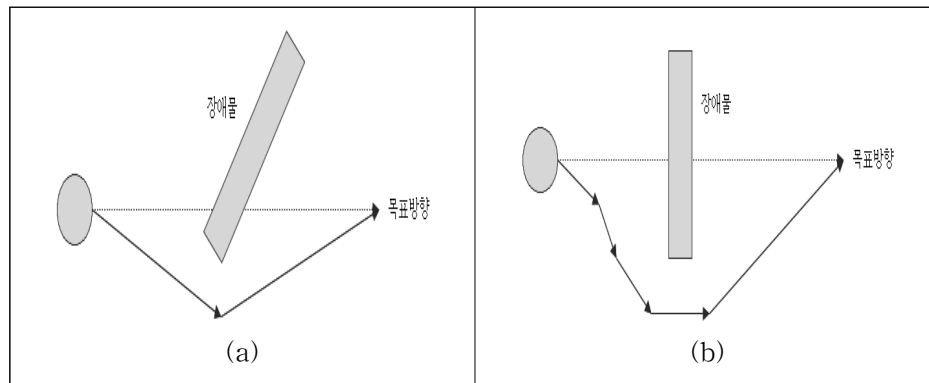


Fig1. Collision Avoidance Method

Fig1.(a)의 경우 장애물은 왼쪽 지역에 존재하고 자율주행로봇은 오른쪽 지역으로 회전한 후 이동하여야 한다. Fig 1.(b)의 경우는 장애물이 전방에 길게 놓여 있으므로 장애물과 평행한 방향으로 진행한 후 회피하여야 한다.

2.2 성능실험

실험에 사용된 초음파 센서는 전방에 물체를 회피하기 위해 사용하고자 하는 초음파 센서 지정하고 감지

하고자 하는 초음파를 선택하고 물체를 감지하고자 하는 거리를 설정한 후 전방에 초음파 데이터 중 최소를 측정된 센서에 대해 이동에 대한 Define을 감지, Define된 센서 번호별 이동 각도를 지정 그리고 지정된 이동 각도로 이동 후 선택된 초음파 센서 중 사용자가 설정한 최소 거리에서 초음파 데이터가 검출이 되지 않는 경우 회피이동을 한다.

Sampling Time은 초음파 센서 모듈에서는 데이터를 취득하기 위해서 내부 버퍼에 현재 거리 데이터를 저장하고 있다. 이 저장된 데이터는 RS-232 통신 방식으로 데이터를 받아들 수 있으며, 1개의 초음파 데이터를 가져오기 위해서는 55ms의 데이터 Timing이 필요하며, 이 초음파 센서가 여러 개의 경우 각각 디바이스별 50ms씩 추가된다.

그리고 초음파 센서를 사용하여 장애물의 위치를 감지하기 위한 방법으로 자율주행로봇몸체에 링형상으로 배열하는 경우와 몇 개의 초음파센서를 DC모터나 스텝모터를 사용하여 Scanning 하는 경우로 나누어진다.

문제는 정확도 및 오차보정등에서 생기게 되는데 여기서는 프로세서의 부담을 줄이는 문제 등을 고려하여 10개만 사용하고 나머지 오차가 생기는 문제는 간단히 평균을 취한다든지 기타 기법을 사용하여 해결하고자 한다. 그리고 오차 및 계산량을 최대한 줄이기 위해서 장애물의 크기를 규격화 했으며 주로 규격화된 환경에서의 실험을 행하였다.

3. 결 론

본 연구에서 자율주행 시뮬레이터의 개발로 보다 다양한 방법의 초음파 센서에 의한 무인원격제어기법을 이용한 자율주행로봇의 주행제어를 통하여 무인 공장자동화실현 무인 원격제어 성능을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) Raj, T., "Mobile robot Self-Location Using model Image Feature Correspondence," IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.11, No.1, Feb.1996
- (2) C.H.Choi, J. B. Song, M. S. Kim, "Localization of an Autonomous Mobile Robot Using Ultrasonic Sensor Data" KSPE, pp666-669

모바일로봇의 안정적인 자세 제어 방법

남택중1, 신행봉2
(주)S&T중공업1, (주)SG서보2

1. 서 론

Autonomous Robot Vehicle 은 다양한 용도에서 그 필요성이 증가 되고 있고 각 분야별로 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도 중요한 분야는 경로 계획과 그것을 충실하게 따라가게 제어하는 하위 레벨 제어이며 이것은 자동 운행의 가장 기본적이고 필수적인 분야라고 볼 수 있다. 그리고 계획된 경로를 어떤 구조로 하위 제어 시스템으로 넘기는가 하는 문제, 어떤 계층으로 분리하는가 하는 문제, 그리고 어느 계층이 어떤 일을 분담하는가 하는 것은 중요한 관건이다. 이전의 연구들을 살펴보면, Tsumura[6]는 dense sequense로써 경로를 표시하고 매 제어 사이클마다 그 기준점과 미래의 위치를 비교하여 조향하는 방법을 제시했고, Kanayama[1]는 그런 dense sequense의 중복성(redundency) 문제를 피하기 위해 이동로봇이 경로를 모두 직선으로 표시하고 각 직선경로사이의 보간은 하위 제어가 부드러운 곡선으로 대처하는 방법을 이용했다. 본 논문은 실내용 이동 로봇 ALiVE의 개발과정에서 선행된, 하위제어 시스템의 실험 결과와 상위 제어 시스템과의 연결구조를 설명하고 있다

2. 본 론

2.1 시스템 구성

Local Path Planner(LPP)는 Global Path Planner(GPP)로부터 받은 각 경로 데이터와 실시간 센서정보에 기초하여 Local Path를 만들어 낸다. 만약 GPP로부터 경로들이 센서정보에 비추어보아 이동 로봇이 갈 수 있는 경로일 때는 그 LPP는 단순히 GPP가 만든 경로를 그대로 Reference Trajectory Generator(RTG)에 넘겨주는 일만 하지만 그렇지 않은 경우, 즉 장애물 등으로 갈 수 없는 경로일 때는 센서 정보에 기초한 실시간 장애물 회피 기능을 실행하게 되고 그때는 새롭게 만든 경로를 RTG에 보낸다. 하지만 본 논문에서 다루고 있는 하위 제어 시스템을 실험하기 위해서는 그런 장애물 회피 기능은 부가하지 않고 단순히 GPP의 결과를 RTG 즉, 하위 제어 시스템에 전달하는 기능으로써 LPP를 이용했다. 여기서 한 가지 지적할 것은 GPP는 구체적으로 어떤 식으로 경로를 표현해서 LPP에 넘기는가 하는 것이다.

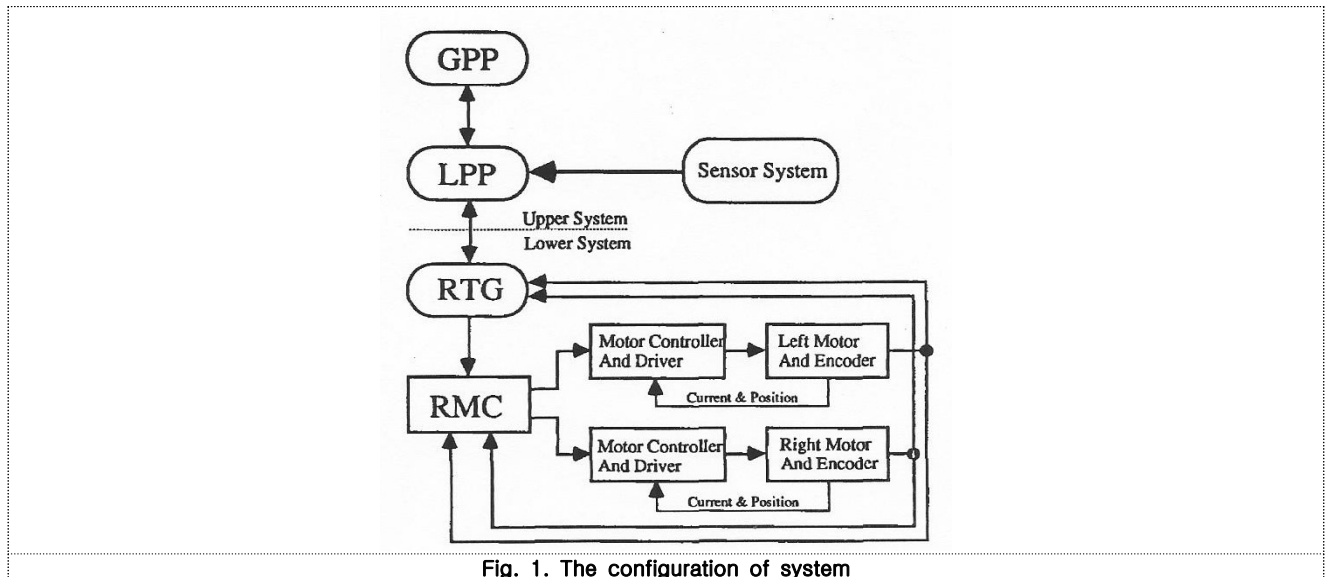


Fig. 1. The configuration of system

2.2 Reference Trajectory Generator

이론

Reference Trajectory Generator(RTG)는 RMC를 위한 적당한 기준 궤적을 만드는 기능을 한다. 뿐만 아니라 로봇의 위치 상태를 실시간으로 점검하고 그 상태가 명령과 큰 오차를 보였을 때는 긴급 상황임을 LPP에 알리기도 한다. RTG는 각 제어 사이클마다 경로의 기준 위치, 기준 조향각과 구동 속도, 현재 경로 구간의 끝까지의 거리 등을 계산한다. 구간의 끝점까지의 거리가 직전의 두 기준 위치 사이의 거리보다 작아졌을 때 LPP에 새로운 구간을 요구하게 된다. RTG에서 RMC로 넘기는 데이터는 가야할 위치, 자세, 선속도, 각속도로서, $(X_r, Y_r, \theta_r, V_r, \omega_r)$ 로 표시할 수 있다.

기준선속도 V_r

차량의 부드러운 운행을 위해서는 적당한 가속과 감속으로 속도 값을 정해야 한다. 정지에서 출발, 또는 각 경로 구간에서의 속도 변화를 위해서 적당한 가속으로 선형적인 변화(ramp change)에 의한 기준 선속도를 만든다.

기준 위치와 방향

현재 update 시간 t 에서 나아가야할 방향으로의 기준 위치와 방향은 $t-T$ 에서의(T :제어사이클) 위치와 방향, 현재 경로 구간의 형태, 그리고 기준 선속도 $V_r(t)$ 에 의해 계산된다. 새로운 기준 위치와 방향을 결정하기 위해서는 약간이 기하학적 계산이 요구된다. 먼저 몇가지 사전 정의를 하자. 현재 구간의 끝점의 위치-방향 벡터를 $Z_d \equiv [X_d, Y_d, \theta_d]$ 라고 하고, 현재 구간이 시작점의 위치-방향 벡터를 $Z_b \equiv [X_b, Y_b, \theta_b]$ 라고 한다. 그리고, 결과로서 얻어져야할 t 시간에서의 기준 위치-방향 벡터를 $Z_r(t) \equiv [X_r(t), Y_r(t), \theta_r(t)]$ 라고 한다. 이때 (X_b, Y_b) 를 중심으로 하고 θ_b 만큼 회전한 새로운 좌표계를 잡을 수 있고, $t-T$ 시간에서의 위치-방향 벡터를 변환된 좌표계 (X', Y') 에서 바라본 것을 $Z_f \equiv [X_f, Y_f, \theta_f]$ 라고 한다. 따라서 Z_f 는 다음과 같이 표시할 수 있다.(그림 2,3 참조)

$$\begin{aligned} Z_f &= [X_f, Y_f, \theta_f] \\ &= B(Z_r(t-T) - Z_b) T \end{aligned} \quad (1)$$

여기서,

$$B = \begin{bmatrix} \cos \theta_b & \sin \theta_b & 0 \\ -\sin \theta_b & \cos \theta_b & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

이며, 이것은 θ_b 만큼의 시계방향으로의 회전 이동이이런 기준 위치-방향의 구간 시작점에 대한 변환은 빠르고 쉬운 위치-방향 벡터의 update-rule을 찾기 위한 것이다.

기준 각속도

기준 각 가속도는 식(6)으로부터,

$$\omega_r(t) = V_r(t) / R_c$$

로 나타내진다. 만약 경로가 직선구간이면 $R_c = \infty$ 으므로 결과적으로 $\omega_r(t)$ 는 0이고 이것은 우리가 원하는 결과이다. 식 (6)의 결과는 RTG가 최종적으로 만들어 RMC에 넘기는 기준 기준-속도 정보이다.

3. 실험 및 구현

앞에서 논의된 RTG, RMC 는 현재 실내용 이동 로봇으로 개발되고 있는 ALiVE 에 구현되어 그 성능을 실험중에 있다. ALiVE 의 하드웨어 시스템은 VME 버스 환경의 개방 구조(open architecture)를 가지고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 이동 로봇의 효율적인 자세-속도 제어를 위한 새로운 제어 구조를 제시했다. 그것은 실내용 이동로봇 “ALiVE” 시스템에 구현되어 그 성능을 실험중에 있다. RTG 는 정확히 그리고 부드럽고 유연한 보간 궤적을 만들어내는 역할을 하는데 그것의 장점으로 1)경로계획기로부터의 데이터 양을 크게 줄이고 2)경로 계획기와 자세 제어를 분리시켜 주며 3)이동로봇의 주행 상태를 실시간으로 점검하여 상위 시스템에 알리는 것이다. RMC는 RTG 로부터의 자세-속도 명령과 현재 자세-속도를 비교 하여 오차를

보상시켜주는 제어신호를 모터 제어기에 넘긴다. RMC 는 자세-속도 오차를 정확히 계산하여 그 오차를 보상할 수 있는 최적 선속도와 각속도를 계산하여 양 모터가 내양할 속도 값을 모터제어기에 알려주므로, 모터 제어기가 그 속도 명령을 정확하게 수행한다는 보장(거의 보장됨)이 있다면 전체적으로 경로 계획기가 만들어 낸 경로대로 이동로봇을 정확하게 주행하게 된다. 이런 구조의 자세 제어 시스템에서는 이동로봇의 효율적 이고 정확한 자세-속도 제어를 얻을 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Y. Kanayama et al "Vehicle Path Specification by a Sequence of Straight Lines", IEEE Journal of Robotics & Automation, Vol.4, No.3, 265-276, 1988
- [2] W. L .Nelson, "Continuous-Curvature Path for Autonomous Vehicles", IEEE Int.Conf.on Robotics & Automation, 1989
- [3] W. L .Nelson, "Continuous Steering-Function Control of Robot Carts", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol.36, No.3, 330-337 1989
- [4] Y. Kanayama et al., "Smooth Local Path Planning for Autonomous Vehicles", IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation, 1989
- [5] Y. Kanayama et al., "A Locomotion Control Method for Autonomous Vehicles", IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation, 1989
- [6] T. Tsumura et al., "An Experiment System for AGV, Following the Route Stored in Memory', Proc. 11th I.S.S.R., 1981
- [7] 이 덕만, 오 종한, 이 진수, "실시간 운영체제를 이용한 범용 로봇 제어 언어의 개발 ", KACC Conf. on Robotics, 1991
- [8] 배 본호, 이 진수, "ALV의 구현", 포항공과대학 석사학위논문, 1991
- [9] 고 경철, 조 형석, "휠 구동 방식의 자유이동로봇을 위한 조향 제어방법 ", KACC Conf. on Robotics, 1991

무선 통신을 이용한 이동로봇의 원격제어

윤병석¹, 박인만², 박명환³
(주)동명정기¹, (주)인템², (주)로봇밸리³

1. 서 론

원격제어(teleoperation)란 인간의 감각과 작업능력을 확장 하는 것으로 정의된다. 이러한 원격제어를 구현하기 위해 설치된 시스템을 원격제어시스템(teleoperating system)이라한다. 원격제어의 주요 적용분야는 심해작업, 우주탐사, 의료기술, 원전설비 유지 보수, 공장 자동화 등이 있다. 근래에 컴퓨터와 인터넷기술의 발전과 더불어 원격제어에 관한 연구가 더욱 활발히 이루어지고 있다. 인터넷 기반의 원격제어는 자원의 공유, 원격지 학습, 원격실험등과 같은 이점이 있다. 또한 인터넷을 통하여 전 세계가 하나의 네트워크로 구성되어 있으므로 별도의 통신수단을 강구하지 않아도 되는 이점도 있다.

원격제어에 관한 연구는 대부분 통신지연이 일정하고 원격지 환경이 정적이라고 가정하였다. 그러나 실제로 이동로봇의 원격제어에서 통신지연은 가변적이고 주위환경은 동적이다. 근래에는 통신지연이 가변적이고 원격지 환경이 동적인 상태에서 원격제어 시스템의 안정도와 성능을 개선하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. Liu는 동적 작업 할당 방법을 사용한 적응 비례 제어 알고리즘(adaptive scaling control algorithm)을 제안하고 간단한 예제를 통하여 응용 가능성을 보였다. Grange는 통신채널을 동적으로 사용함으로써 통신대역의 사용 효율을 개선하고자 하였다. SchUlz은 통신 지연 문제와 통신대역의 효율을 높이기 위하여 예측표시법을 사용하였다. 이들 연구의 공통점은 이동로봇이 고수준의 지능과 자율성을 갖추어야 한다는 점이다. 즉, 이동로봇은 장애물회피, 경로계획 등의 기능을 가지고 있어야 한다. 이들 연구는 이동로봇의 지능을 향상시킴으로써 통신지연 문제를 극복하고 통신대역의 효율을 개선하였다.

2. 원격제어 시스템의 구조

원격제어시스템의 구조는 크게 이동로봇, 원격제어기, 그리고 통신 채널로 나눌 수 있다. 이때 서버는 이동로봇에 장착된 컴퓨터로 정의하고, 클라이언트는 조작자와 인터페이스되는 원격제어용 컴퓨터로 정의한다. 통신 채널은 무선랜으로 구현하였다.

원격제어 시스템에서 이동로봇과 원격제어기는 무선랜을 통해 데이터를 송수신하며 영상 데이터는 손실이 있어도 실시간을 보장하기 위해서 UDP/IP를 사용하며 그 이외의 데이터는 신뢰성을 보장하기 위하여 TCP를 사용하였다. 인터넷과 같이 공용망에 접속되어 있는 경우 통신지연이 불규칙하게 발생되고, 특히 무선랜의 경우 주위환경에 영향을 받으므로 이를 실시간으로 측정할 필요가 있다. 그림 3은 서버(이동로봇)에서 통신지연시간을 측정하는 흐름도이고 RTT(Round Trip Time)는 시험 데이터를 전송하고 다시 수신받을 때까지 걸리는 시간으로 정의 된다. 시험 데이터를 연속적으로 전송하는 경우에 통신대역의 오버헤드를 과다하게 발생 시킬 수 있으므로 RTT가 임의의 정해진 경계 값 r_{min} 보다 작으면 일정 시간 후에 다시 전송하고 r_{min} 보다 큰 경우에는 즉시 전송하여 오버헤드를 감소 시켰다.

3. VFH를 이용한 원격제어

3.1 VFH(Vector Field Histogram)

VFH는 이동로봇 주위 장애물의 밀도를 각도에 따라 나타낸 것으로 그림 2는 VFH의 한 예를 보여주고 있다. 이동로봇의 위치를 중심으로 레이저 센서의 인식범위를 고려한 일정 크기의 정사각형 구역을 AW(Active Window)라고 하고 레이저 센서에 의해 얻어지는 장애물 정보를 격자지도로 저장한다. 이때, 이 격자 하나를 AC(Active Cell)이라고 하고 AC에는 격자 내에 장애물이 놓여 있을 가능성을 표현한 확실성 값이 부여된다. AW 내의 셀들은 이동로봇을 중심으로 시계 반대방향을 따라 일정한 각도로 나누어지는데 이를 섹터라고 하며 k 번째 섹터내의 셀들은 확실성 값과 이동로봇과의 거리 정보를 이용하여 다음과 같이 장애물 밀도 h_k 를 구한다.

$$h_k = \sum_{i,j} c_{ij}^2 (\alpha - \beta d_{ij})$$

여기서,

α, β : 양의 정수

c_{ij} : AC (i j)의 확실성 값
 d_{ij} : AC (i j)와 이동로봇의 거리

3.2 장애물 회피 모드

통신지연이 큰 경우에는 이동로봇 주위환경에 대한 실시간 모니터링이 불가능하게 되고 따라서 이동로봇을 직접 제어하기 어렵게 된다. 이와 같은 경우 주위환경이 매우 복잡하지 않다면 이동로봇의 장애물회피 기능을 이용하여 원격제어 하는 것이 효과적이다. 즉 장애물회피모드에서는 조작자가 이동로봇이 진행해야 될 대략적인 방향을 조이스틱을 통해서 전달하고, 이동로봇은 지시된 방향으로 진행을 하되, 진행 중 장애물이 발견되면 이동로봇 스스로 장애물을 회피한다. 그림 4은 VFH를 이용하여 장애물 회피를 위한 이동로봇의 조향 방향을 결정하는 예를 보여준다. 일반적으로 VFH에서 두 개 혹은 여러 개의 free sector가 존재 할 수 있으며 이중 조작자에 의해 지시된 방향과 가 장 가까운 한 개의 free sector를 선택하고 이때 이동로봇의 조향 방향은 free sector의 중심각 θ 가 된다.

4. 결 론

본 논문은 무선 랜을 이용하여 이동로봇을 원격으로 제어하는 원격제어 시스템을 구성하고 제어 알고리즘을 개발 하였다. 이동로봇은 PC카메라와 레이저 센서로서 원격지 환경에 대한 정보를 사용자가 쉽게 모니터링 할 수 있도록 하였으며, 이동로봇을 키보드와 조이스틱으로 간편하게 제어할 수 있도록 인터페이스를 구성하였다. 원격제어 시스템의 통신네트워크 지연시간을 실시간으로 측정하기 위한 알고리즘을 개발하여 네트워크 상태에 따라 제어모드를 선택할 수 있도록 하였다. 원격제어 방식으로 VFH를 이용한 힘 반영 직접제어모드를 제안하고 실험을 통하여 유용성을 확인하였다. 이는 제한된 정보만을 제공하는 영상정보에 의한 원격제어방식을 보완해 줄 수 있는 방법으로 이동로봇 주위의 장애물에 따라 조이스틱의 스프링력을 조절하여 조작자가 장애물을 인식할 수 있도록 해준다. 또한 복도 등 환경이 복잡하지 않을 때 통신지연이 심한 경우에도 효과적으로 사용할 수 있는 VFH를 이용한 장애물회피모드를 제안하였다. 이는 조작자가 가고자하는 대략적인 방향만 지시해주고 장애물회피동작은 이동로봇 스스로 하여 보다 빠르고 안정된 원격조작이 가능하다. 향후 통신지연시간을 감축하는 문제와 이를 고려하여 원격제어 시스템의 안정성을 확보하는 문제에 대한 연구를 계속적으로 진행할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] P. X. Lui, M. Q-H. Meng, and J. J. Gu, "adaptive scaling control for the internet-base teleoperation" Proc. of 2001 IEEE Int. Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation July 2001.

핵 구조용 텅스텐재료의 제조특성

박광모¹, 이상필², 이진경², 이문희³, 이종호⁴

동의대학교 기계공학과^{1,2}, 동의과학대학교 기계공학과³, 동의과학대학교 자동차공학과⁴

Fabrication properties of tungsten materials for nuclear structure

Kwang mo Park¹, Sang pill Lee², Jin kyong Lee², Moon he Lee³, Jong ho Lee⁴)

Dong Eui University^{1,2}, Dong Eui instute of technology^{3,4}

Abstract

In this study, mechanical properties of sintered tungsten materials was investigated, based on detailed analysis of microstructure. The tungsten materials was fabricated by a hot pressing process using a $5\mu\text{m}$ tungsten powder. The titanium powder was utilized as an additive for the consolidation of tungsten materials. The properties of materials were evaluated by a three point bending test and Optical microscope.

1. 서 론

텅스텐은 고용점, 고밀도, 내화특성으로 많은 응용 분야에서 우수한 재료이며, ITER(국제핵융합로)에서는 플라즈마 조건에 장기간 반복적으로 노출되는 다이버티의 대면재로 쓰이기에 가장 적합한 재료로 텅스텐 재료를 선정하였다. 고온 구조용 재료로서 텅스텐 재결정 온도 이상의 환경에서 나타나는 취성을 극복하기 위해서는 강화재의 복합화 및 첨가제에 의한 인성 향상이 요구된다. 아울러 이러한 첨가제의 이용으로 제조온도를 낮추어 제조비용의 절감하는 기술 또한 중요하다. 그러나 텅스텐은 융점이 높아, 대형 부품의 제작을 위한 분말소결 기법을 적용하기에는 어려움이 있다. 이러한 제조특성을 극복하기 위하여 소결첨가제의 도입으로 소결성 향상이 하나의 해법이 될 수 있다. 그러나 핵융합로 특성상 중성자 조사에 대한 저방사화 금속재료로 거론되고 있는 재료는 제한적으로, 그 중 융점이 낮은 타이타늄(Ti)이 소결첨가제로 이용될 수 있다. 이러한 텅스텐 재료를 개발하기 위하여 복합재료의 제조 이전에 기지재의 제조공정을 확보가 중요하다. 본 연구에서는 소결첨가제를 이용한 텅스텐 기지재의 제조특성을 연구하였으며, Ti의 첨가에 따른 텅스텐 재료의 기계적 특성을 조사하였다.

2. 실험방법

평균입경 $5\mu\text{m}$ 텅스텐 분말과 첨가제 약 $150\mu\text{m}$ 의 소결첨가제 dls Ti분말을 볼밀링에 의해 분산된 혼합분말을 핫프레스 공정에 의해 소결하였다. 핫프레스의 소결온도는 1700°C , 가압력은 20 MPa 로 하였다. 첨가제의 함량은 $3\text{ wt}\%$ 로 하였다. 소결재의 특성은 아르키메데스 법에 의한 밀도 측정, 3점 굽힘시험에 의한 굽힘강도로 평가하였다.

3. 결과 및 토의

Fig. 1과 2는 소결첨가제를 이용하여 소결한 순 텅스텐 소결체와 소결첨가제 Ti를 함유한 텅스텐 소결체의 굽힘강도 및 소결밀도를 나타내고 있다. 순 텅스텐 소결체의 굽힘강도는 약 850 MPa 로, 타이타늄(Ti) $3\text{ wt}\%$ 를 첨가한 텅스텐 소결체 보다 약 100 MPa 의 높은 강도를 보였다. 소결온도가 1700°C 에서 순 텅스텐 소결체는 약 94% 의 상대밀도를 나타낸 반면, Ti를 소결첨가제로 사용한 텅스텐 소결체는 90% 이하의 소결밀도를 나타내었다. 즉, 밀도 또한 순 텅스텐 소결체가 Ti $3\text{ wt}\%$ 첨가한 텅스텐 소결체 보다 높았다. 즉, 소결밀도가 소결강도에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 소결첨가제는 가 증가하는 경향을 보였다. Ti 소결첨가제를 첨가한 텅스텐 소결체는 다소 강도 및 밀도측면에서 순 텅스텐 소결체와 비교해 우수한

특성을 보이지는 않았지만, 치밀한 고강도 재료가 성형된 것이 확인되고 있다. 앞으로 인성강화의 측면 및 복합재료 제조 공정상 치밀화, 제조온도의 저감을 위한 Ti 소결첨가제의 효과에 대한 연구 진행이 필요할 것으로 판단된다.

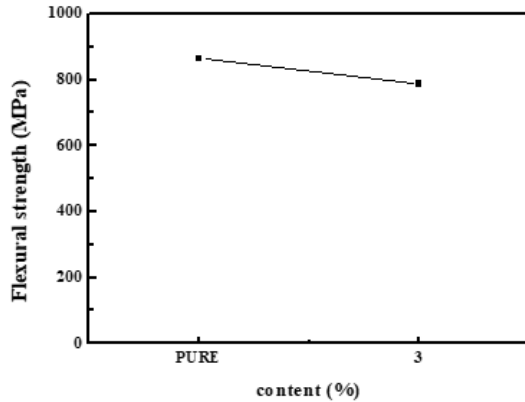


Fig. 1. Effect of additive content on the flexural strength of pure W and W-Ti materials.

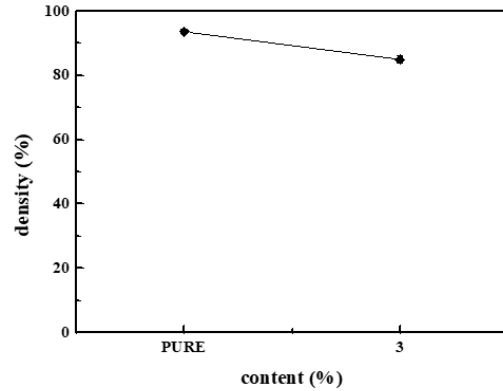


Fig. 2. Effect of additive content on the relative density of pure W and W-Ti materials.

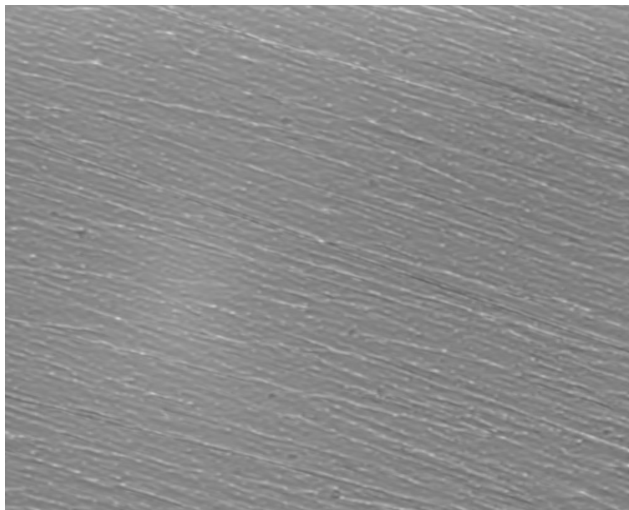


Fig. 5. Optical microscope of sintered tungsten material.

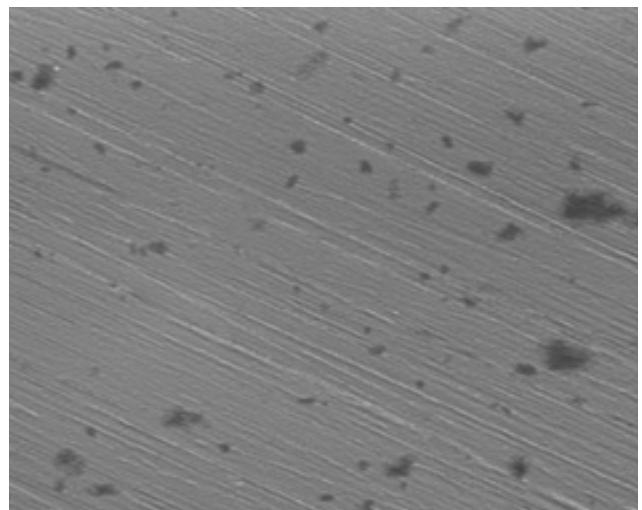


Fig. 6. Optical microscope of sintered tungsten material titanium 3 wt%.

[참 고 문 헌]

- 1) Hongtao Wang, Z. Zak Fang, Kyu Sup Hwang, Haibo Zhang, Dave Siddle, "Sinter-ability of nanocrystalline tungsten powder", International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Volume 28, Issue 2, March 2010, Pages 312-316
- 2) Chai Ren, Z. Zak Fang, Huan Zhang, Mark Koopman, "The study on low temperature sintering of nano-tungsten powders", International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Volume 61, December 2016, Pages 273-278
- 3) Xu Wang, Z. Zak Fang, Mark Koopman, "The relationship between the green density and as-sintered density of nano-tungsten compacts", International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Volume 53, Part B, November 2015, Pages 134-138

오토 트레이닝 시스템용 제어 모듈에 대한 모터 구동 평가

고석조¹, 백준영², 윤성민², 노치범², 김태훈³, 차병수⁴, 이민철⁵
동의과학대학교 기계계열¹, (주)론틱², 동의과학대학교 전자과³, 동의과학대학교 산업디자인과⁴,
부산대학교 기계공학부⁵

Motor Driving Test of Control Module for Auto Training System

Seok Jo Go¹, Jun Young Baek², Sung Min Yoon², Chi Beom No², Tae Hun Kim³, Byung Su Cha⁴,
Min Cheol Lee⁵
Donggeui Institute of Technology^{1,3,4}, Ronfic Co. Ltd², Pusan National University⁵

Abstract

In the previous study, we designed an auto training system that can effectively manage the exerciser while supporting the strength movement. The auto training system consists of a cable mount module, a system control module, and a training information monitoring module. This study evaluates the motor driving for the control module. In order to verify the performance of the control module, trajectory tracking experiments were performed on nonlinear input trajectories and repeated input trajectories.

1. 서 론

본 연구의 선행연구에서는 근력 운동을 보조하면서 운동자를 효과적으로 관리할 수 있는 오토 트레이닝 시스템(auto training system)을 개발하기 위해 케이블 운동기구 장착 모듈(cable mountable module), 시스템 제어 모듈(system control module), 운동 정보 모니터링 모듈(training information monitoring module) 등을 제작하였다[1-3]. 본 연구에서는 선행 연구에서 제작된 제어 모듈에 대한 모터 구동 평가를 하고자 한다.

2. 제어 모듈 성능 평가

본 연구의 선행연구에서 제작된 제어기의 형상은 Fig. 1과 같다[1]. DSP 기반 고속제어기를 채택하여 구성하였으며 피드백된 위치, 속도 등의 정보를 기반으로 제어가 되도록 하였다. Fig. 2는 모터 구동 평가를 위한 제어 모듈과 모터 시스템을 나타낸다.

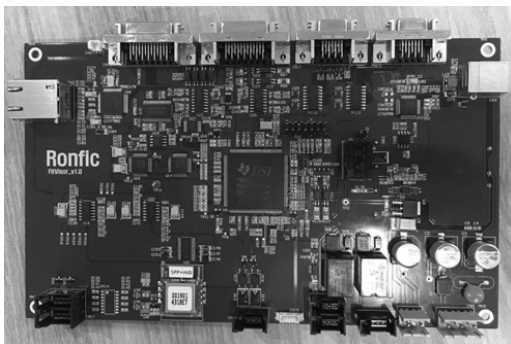


Fig. 1. System control module

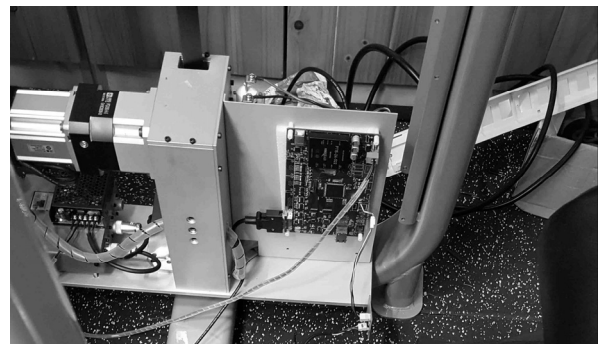


Fig. 2. Test of the system control module

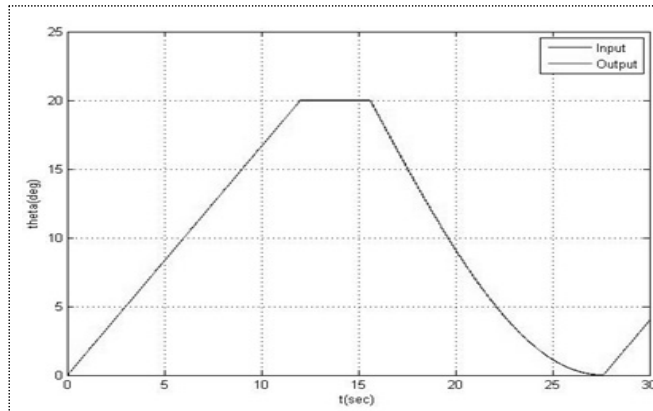


Fig. 3. Nonlinear trajectory tracking test

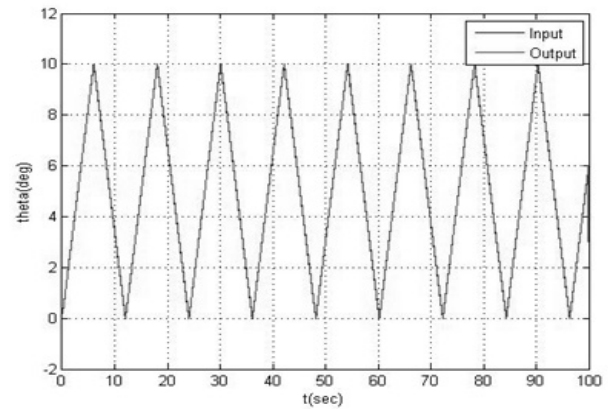


Fig. 4. Repeatability test

제어기의 구동성능 확인을 위해 먼저 비선형 형태의 입력궤적을 사용하여 Fig. 3과 같이 궤적추정 성능을 확인하였다. 그리고 Fig. 4와 같은 반복 형태의 입력신호를 사용하여 반복정밀도 성능을 확인하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 오토 트레이닝 시스템의 제어 모듈에 대한 모터 구동 평가를 하고자 하였다. 비선형 형태의 입력궤적에 대한 궤적 추종과 반복적인 형태의 입력신호에 대한 반복정밀도 성능 실험 결과 개발된 제어 모듈이 입력 궤적을 잘 추종함을 확인할 수 있었다.

사 사

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학연협력 기술개발사업(No. C0395988)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

[참 고 문 헌]

- 1) Yoon, S. M., Baek, J. Y., No, C. B., Kim, T. H., Go, S. J., Cha, B. S. and Lee, M. C., "Design of a Control Module for Auto Training system," Proceedings of KSMTE Annual Autumn Conference 2016, Jeju KAL Hotel, pp. 16, 2016.
- 2) Go, S. J., Baek, J. Y., Yoon, S. M., No, C. B., Kim, T. H., Cha, B. S., Lee and M. C., "A Study on Design and Manufacture of Auto Training System," Proceedings of KSPE 2017 Spring Conference, pp. 50, Ramada Plaza Jeju Hotel, 2017.
- 3) Go, S. J., Baek, J. Y., Yoon, S. M., No, C. B., Kim, T. H., Cha, B. S., Lee and M. C., "Development of Training Information Monitoring Module for Auto Training System," Proceedings of KSIC SPRING CONFERENCE 2017, pp. 15-16, Westin Chosun Busan Hotel, 2017.

고온 가스터빈용 탄화규소 세라믹스의 제조 특성

이문희¹, 김성원¹, 이종호², 이진경³, 이상필³

동의과학대학교 기계계열¹, 동의과학대학교 자동차계열², 동의대학교 기계공학과³

Fabrication of Silicon Carbide Materials for High Temperature Gas Turbines

Moonhee Lee¹, SungWon Kim¹, Jongho Lee², Jinkyung Lee³, Sangpill Lee³)
Dong Eui instute of technology^{1,2}, Dong Eui University³

Abstract

In this study, the fabrication of liquid-phase-sintered silicon carbide (LPS-SiC) ceramics were investigated. In order to obtain bulk LPS-SiC material, SiC powder, and sintering additive powders Al₂O₃ and Y₂O₃ powders were mixed and sintered by hot-press. The obtained LPS-SiC were evaluated with sintered density, microstructure and flexural strength. The LPS-SiC showed high density and flexural strength by eutectic formation of sintering additives at sintering temperature of 1820 °C. The flexure surface showed the fracture mostly at particle interfaces where the secondary phase of sintering additives exist.

1. 서 론

기존의 고온 금속재료를 대체할 수 있는 세라믹 복합재료(Ceramic Matrix Composites, CMC)는 고온에서 우수한 기계적, 열적 특성과 화학적 안정성으로 핵심 부품소재로 적용이 광범위하게 시도되고 있다[1]. 특히, 고온 가스터빈 분야에서는 터빈 블레이드, 베인, 슈라우드 등 고온 영역에 사용되는 기존의 금속재료가 1000 °C 이상에서의 열화로 인한 사용제한으로, 열효율 향상을 위해서는 보다 내열특성이 향상된 CMC의 적용에 많은 연구가 진행되고 있다. CMC 중 탄화규소(SiC)를 이용한 복합재료는 1000 °C 이상에서 내열성, 내후성, 내산화성, 화학적 안정성으로 각광을 받고 있어, 우수한 재료 개발 및 그 제조공정의 확보가 절실하다. 본 연구에서는 소결첨가제를 이용한 액상소결 SiC 세라믹스의 제조 및 그에 따른 밀도, 미세조직, 강도 특성을 조사하였다.

2. 본 론

2.1 시편 제작 및 실험방법

본 연구에서의 액상소결(Liquid phase sintering, LPS) 탄화규소(Silicon carbide, SiC) 세라믹스는 제조는 SiC 분말에 소결첨가제로 Al₂O₃와 Y₂O₃를 Al₂O₃/ Y₂O₃ =1.5 조성에 10 wt%의 총 함유량(Al₂O₃ + Y₂O₃)으로 유성볼밀(Planetary Ball-mill)에 의해 혼합한 후, 핫프레스(Hot-press) 공정에 의해 소결제조 하였다. SiC 분말은 평균입도 0.3 μm의 Ibiden Ltd. Japan사의 분말을 사용하였다. 핫프레스의 조건은 소결온도 1820°C, 유지시간 1시간, 소결압력 15 MPa, 아르곤 분위기로 하였다. 40 x 40 x ~4 mm로 제조된 LPS-SiC 재료는 너비 2mm, 두께 1.5mm, 길이 25mm로 가공하여, 미세조직, 밀도, 굽힘강도 특성조사를 실시하였다. 미세조직은 주사형전자현미경(SEM)에 의한 파단면 관찰, 밀도는 아르키메데스(Archimedes' principle)법에 의한 밀도측정, 굽힘강도는 3점 굽힘시험을 통하여 실험결과를 도출하였다.

3. 결과 및 토의

본 연구에서 소결첨가제의 도입에 의한 LPS-SiC 세라믹스의 이론밀도는 3.45 g/cm^3 이며, 제작된 소결 밀도는 아르키메데스법에 의해 3.18 g/cm^3 로 측정되어, 이론 밀도의 약 92 %에 해당하는 높은 밀도를 보였다. 이는 고용점 SiC (용융점 2730°C)의 분말 사이에 존재하는 소결첨가제 Al_2O_3 와 Y_2O_3 가 1760°C 에서 공융점을 가지므로 소결온도 1820°C 에서 충분한 액상화에 의해 주위의 SiC 입자의 물질이동 및 성장에 크게 영향을 미친 것으로 판단된다. LPS-SiC 재료의 굽힘강도는 평균 400 MPa의 높은 강도를 지니는 것 또한 재료의 치밀화에 기인한 것으로 판단된다. Fig. 1 은 LPS-SiC 재료의 파단면을 나타내고 있다. SiC 입자는 액상소결에 의해 서로 치밀하게 소결되어 있는 것이 확인된다. 특히, 파단면에서 드러나 입자계면에서는 부분적으로 소결첨가제의 응집이 확연히 드러내며, 파단이 SiC 입내파괴 보다 주로 소결첨가제의 입계파괴에 기인하는 것을 알 수 있다. 이는 앞으로의 연구에서 소결첨가제의 분산, 입자사이즈 영향, 첨가량 조절 등 강도에 미치는 소결첨가제의 영향을 최소화 하는 방향을 제시해야 할 것으로 생각된다.

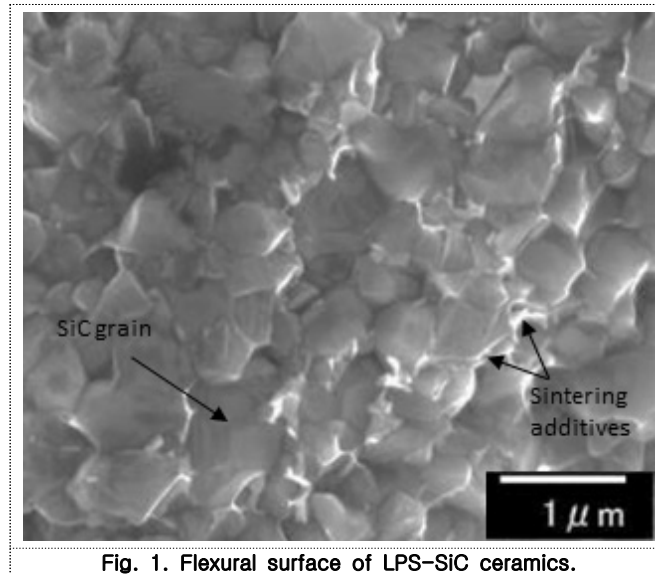


Fig. 1. Flexural surface of LPS-SiC ceramics.

4. 결 론

본 연구에서는 액상소결 SiC 세라믹스의 제조를 위하여 SiC 분말에 소결첨가제로 산화물 조합(Al_2O_3 , Y_2O_3)분말을 혼합, 가압소결법을 이용한 제조특성을 조사하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. LPS-SiC 세라믹스는 1820°C 의 소결온도에서 소결첨가제의 충분한 액상형성으로 약 92%의 높은 상대밀도와 약 400 MPa의 강도를 나타내었다.
2. LPS-SiC 세라믹스의 파단은 주로 입계파괴 형태를 보이며, 일부 입계에서는 소결첨가제의 응집이 관찰되어 소결첨가제의 첨가조건의 고찰이 앞으로의 연구에서 필요할 것으로 보인다.

[참 고 문 헌]

- 1) Li Longbiao, "Comparison of cyclic fatigue behavior between C/SiC and SiC/SiC ceramic-matrix composites at elevated temperatures using hysteresis dissipated energy", Composite Structures, Vol. 150 (2016) pp. 41-52.

고온 가스터빈을 위한 탄화규소 재료의 열적 특성

이준엽¹, 이상필², 이진경², 이문희³, 김성원³
동의대학교 기계공학과^{1,2}, 동의과학대학교 기계공학과³

Thermal Properties of Silicon Carbide Materials for High Temperature Gas Turbines

Jun Yeab Lee¹, Sang pill Lee², Jin kyung Lee², Moon hee Lee³, Sung Won Kim³)
Dong Eui University^{1,2}, Dong Eui instute of technology³

Abstract

In this study, thermal shock characteristics of LPS-SiC materials were investigated. In the LPS-SiC material, SiC powder of initial $0.3\mu\text{m}$ and Al_2O_3 and Y_2O_3 powder of $1\mu\text{m}$ were used as sintering additive. During the liquid phase sintering, the sintering was carried out at a temperature of 1820°C for 1 hour under a load of 32kN (argon atmosphere). The density of the LPS-SiC material was $3.11\text{Mg}/\text{m}^3$ and the porosity was 5.48%. The bending strength of the base material was 600 MPa Respectively. The thermal shock test was repeated 5, 10, and 15 times at 300°C , 500°C , 600°C . Respectively, and then subjected to 3 point bending test. Cracks occurred at 300°C and 500°C repetition times, but the strength distribution was similar to that of the base material, and the strength was slightly increased at 600°C .

1. 서 론

세라믹 복합재료(Ceramic Matrix Composites)는 고온에서 우수한 기계적, 열적 특성과 화학적 안정성을 요구하는 고온용 구조 세라믹스 분야에 핵심 부품소재로 사용되고 있다. 모든 세라믹 재료 중 SiC 세라믹은 고강도, 고경도, 낮은 열팽창 계수 및 높은 열 전도성과 같은 우수한 기계적 성능으로 인하여 더 많은 주목을 받고 있다. 세라믹 복합재료는 크게 생산기술과 기반 기술로 구분되며, 생산 기술에서는 원료 켓 관련 공정기술, 성형 공정 기술, 기지상 치밀화 기술, 코팅 공정 기술 개발이 주요 연구 내용이다. 기반 기술에서는 접합기술(확산 접합, 전이공융상접합, 반응 접합 등)과 가공 기술(절단, 연삭, 연마, 방전가공 등) 및 특성 평가 기술이 있다. 세라믹 복합재료의 연구는 국가전략소재로 분류되어 기술도입 및 수입이 용이하지 않고, 초고온용 고성능 세라믹 복합소재는 MTCR(Missile Technology Control Regulation) 및 ITAR(International Traffic in Arms Regulation)에 따른 무역규제 대상 품목으로 수출이 철저히 통제되고 있으며, 관련 연구 개발도 비밀리에 수행 되고 있다. SiC 세라믹의 고온, 고압 등 극한의 산업 환경에서의 사용이 증가함에 따라, 고온에서의 재료 특성에 대한 연구가 필요하다. 사용 환경에 따라 재료에 열충격이 발생하는데 급격한 온도 변화로 인해 재료에 열응력이 발생되고 이로인한 부품의 손상이나 파괴가 일어날 수 있으므로, 고온 구조용 부재 사용을 위한 열충격에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 세라믹 복합재료 개발을 위한 SiC 기지재를 제작하여 소결 특성을 평가하고, 반복 열충격 시험을 통하여 강도 특성을 조사하였다.

2. 본 론

2.1 시편 제작

초기 성형체는 액상소결(Liquid-phase sintering) 공정으로 제작하였으며, 혼합분말은 초기 서브 마이크론 SiC 분말(Ibiden Ltd. Japan. $0.3\mu\text{m}$)과 소결 첨가제로 Al_2O_3 , Y_2O_3 (高純度化學. $1\mu\text{m}$)를 사용하였다. Al_2O_3 , Y_2O_3 의 2원계 상태도를 참고하여, 소결첨가제의 조성비($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Y}_2\text{O}_3 = 1.5$)를 결정하였고, 초기 분

말들을 유성형 볼밀(Planetary Ball-mill)으로 혼합하여 균일한 혼합물을 생성하였다. 혼합물을 건조시킨 후 분말화하여 너비 40mm, 두께 5mm, 길이 40mm의 탄소 몰드에 넣어 고온소결기(Hot-press)에서 1820℃의 온도로 1시간 동안 아르곤 분위기에서 소결하였다. 제조된 액상소결체를 반복 열 충격 시험과 3점 굽힘시험을 위해 너비 2mm, 두께 1.5mm, 길이 25mm로 가공하였다.

2.2 반복 열 충격 시험

LPS-SiC 재료의 열충격 특성을 평가하기 위하여 반복 열충격 시험을 실시하였다. 열충격 온도 및 사이클에 따른 액상소결 SiC 재료의 균열 발생 및 성장 거동을 조사하기 위하여 연마된 시험편을 전기로 속에 넣고 시험온도까지 가열하여 30분간 유지한 후 상온의 물 속에 투하시켜 5분간 냉각하였다. 그 후, 광학현미경으로 시험편 표면을 관찰하고 3점 굽힘시험을 상온에서 실시하였다. SiC 분말과 소결조제인 Al₂O₃, Y₂O₃를 10wt%로 사용하고 소결조제의 혼합비(Al₂O₃/ Y₂O₃)를 1.5로 하여 1820℃에서 소결한 LPS-SiC의 경우 약 800℃의 온도가 열충격 임계온도임을 감안하여 실험은 300℃, 500℃, 600℃에서 5, 10, 15회 반복하였다.

3. 결과 및 토의

액상소결한 탄화규소의 소결 밀도는 3.112Mg/m³로, 이론 밀도의 94%에 해당하는 높은 밀도를 보였다. 이러한 상대 밀도는 제작한 소결체가 평가 및 실험을 위한 검증된 시험편으로 간주된다. 재료의 굽힘강도는 평균 612MPa의 높은 강도 분포를 보이고, △300℃에서 반복 열충격 시험 시 Fig. 1.과 같이 표면에서의 균열이 진전하는 것을 광학현미경을 이용하여 관찰하였다. △300℃, △500℃에서 표면에서의 균열이 발생하였지만 재료의 강도에는 영향을 미치지 않고 Fig. 2.의 그래프처럼 모재와 유사한 강도 분포를 보였다. 하지만, △600℃에서 재료의 강도가 약 150MPa 정도 상승한 750~ 800MPa의 강도 분포를 보이고 있고, 가장 높게 측정된 재료의 굽힘강도는 약 950MPa에 달하였다.

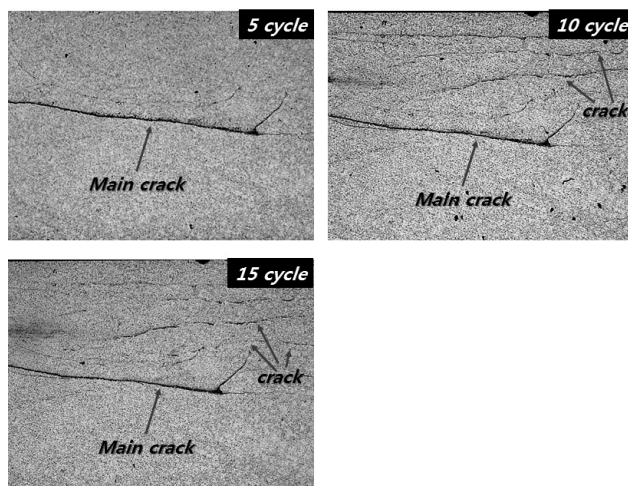


Fig. 1. Optical microscope image of surface crack of SiC ceramics

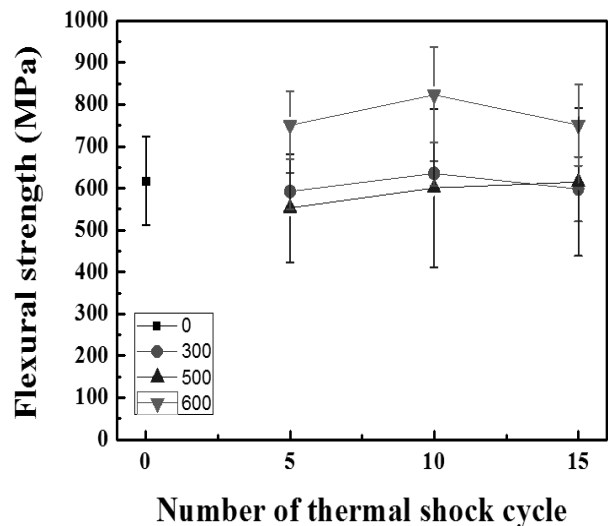


Fig. 2. Flexural strength for number of thermal shock cycle

4. 결 론

본 연구에서는 서브미크론 SiC 분말을 이용하여 가압소결기(hot press)를 사용하여 LPS-SiC를 제조하고 열충격 특성을 온도와 반복횟수에 따라 평가하였다. 시험 후 3점 굽힘시험으로 강도 특성을 조사하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 열충격 300℃와 500℃에서는 시험편에 균열이 발생하였지만 강도가 모재의 강도와 유사한 분포를 보였다.
2. 열충격 600℃에서는 시험편의 균열이 발생하였지만 강도가 모재보다 200MPa 정도 증가하였다. 이는 균열치유에 대한 효과로 생각된다.

사 사

교수님 대한기계학회에 데이터 변경해서 좀 썰는데 그래서 이 칸 수정안하고 드립니다.
본 논문은 한국정밀공학회 논문집 (제24권 제 12호)에서 발췌된 내용으로 작성되었음.

[참 고 문 헌]

- 1) I.G. Crouch, M. Kesharaju, R. Nagarajah, “Characterisation, significance and detection of manufacturing defects in reaction sintered silicon carbide armour materials” , Ceramic. International, vol. 41 No.9, Part B, pp. 11581-11591, 2015.
- 2) Lee, S. P., Cho, K. S., Lee, H. U., Son, I. S., Lee, J. K, “Microstructure and Thermal Shock Properties of SiC Materials” , The Korean Society of Ocean Engineers., Vol. 25, No. 3, pp. 28~33, 2011.

건축물 마감재료의 유해가스 평가방법 개발 동향 분석

이인구¹, 김정식¹, 전준표¹, 문도진¹
한국조선해양기자재연구원¹

Trend analysis on development method of toxic gas evaluation method Of building finishing materials

In Ku Lee¹, Jung Sik Kim¹, Jun Pyo Jeon¹, Do Jin Moon¹
Safety & Environment Test & Research Center, Korea Marine Equipment Research Institute¹

Abstract

Until now, combustion toxicity evaluation of finishing materials was assessed as average time of activity stop of laboratory mice through gas toxicity test (KS F 2271) using rodents (mouse). But, animal test is regulated to be conducted within the restricted limit according to recent revision of animal protection law (Ministry for food, agriculture, forestry and fisheries) and laws associated with laboratory animals (Ministry of health and welfare) and relevant experiments are reviewed through animal testing ethics committee. Because of, It was conducted as a fundamental experiment to address 3 principles of animal experiment and to provide an alternative test to animal testing that is regulated by national building codes

1. 서 론

건축물은 용도와 규모에 따라 화재시 재실자의 대피시간을 확보하기 위하여 화재의 확산속도를 늦출 수 있는 난연 건축 마감재가 시공된다. 이 건축 마감재의 난연 성능을 평가하기 위하여 국가·기준별로 다양한 시험이 시행되는데, 한국의 건축물 마감 재료의 난연 성능평가는 KS F 2271에 따른 가스유해성 시험이 실시되고 있다. 하지만 동물보호법(농림수산검역검사본부) 및 실험동물에 관한 법률(식약청)에 따라 동물실험을 제한하고 있어 제도운영에 문제점이 발생하여, 대체시험개발을 진행되고 있다.

2. 본 론

2.1 현행 제도

현재 우리나라에서 건축물 내장재의 화재안전성능은 국토해양부 고시 제2011-39호에 의한 평가방법에 의해 불연성시험(KS F ISO 1182), 콘 칼로리미터 시험(KS F ISO 5660-1) 및 가스유해성시험(KS F 2271)을 실시하여 그 결과로서 분류하도록 되어 있다. 이 중 가스유해성시험은 시험용 흰쥐 8마리가 연소가스에 노출되었을 때 나타나는 평균행동정지시간(min)을 측정하여 일정 시간 이상이 되는 재료만을 허용하고 있으며, 이 시험방법은 국외의 경우 동물보호의 차원에서 꼭 필요한 경우를 제외하고는 지양되고 있고 일본과 한국에서만 실시되고 있다.

2.2 대체 시험방법개발

실험동물을 사용하지 않고 연소가스를 직접 분석하여 유해성을 평가하도록 개선하고자 하고 있다. 다양한 건축물 마감재료의 연소를 통한 실험동물의 평균행동정지시간 확인이 필요하다. 또한 연소 시 발생하는 유해가스에 노출된 실험용 쥐의 혈액분석 및 연소 시 발생하는 가스상 물질 및 입자상 물질의 독성 분석을 통하여 대체 시험방법 개발을 진행하고 있다.

3. 결과 및 토의

화재 시에는 가스상 물질과 입자상 물질이 발생하고 있다. 두 물질은 각각 시험용 마우스에 영향을 주고 있는데 이에 각각의 영향에 관하여 연구가 진행 되었다.

각 마감재료의 평균행동정지시간(무능화시간)을 측정하였다. 이때 발생한 가스상 물질 및 입자상 물질의 독성을 FT-IR, 입도분석기, 질량손실등을 통하여 수치화 하였으며, 이를 통해 구축된 독성지수와 평균행동정지시간간의 상관성을 비교분석 하였다. 또한 연소시 발생하는 유해가스에 노출된 실험용 마우스의 혈액 분석을 통하여 생물학적 분석 역시 진행되었다.

독성지수의 경우 화재모델에서의 정량분석(FT-IR)을 진행하여 독성가스별 노출 시간에 따른 LC50 값 추정 FED 값을 산출하였다. 또한 입자상 물질의 경우 질량손실율과 평균행동정지시간의 상관관계를 분석하여 기준을 측정하였다.



Fig. 1. Gas Toxicity Test

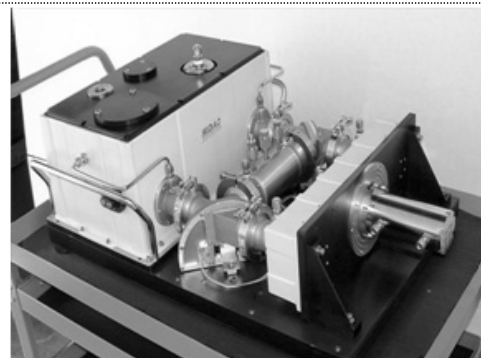


Fig. 2. FT-IR

4. 결 론

대체 시험개발을 통하여 2가지 평가방법이 도출되었음을 확인하였다. 또한 추후 연구의 방향 역시 확인할 수 있었다.

1. 한국산업규격 KS F 2271(건축물의 내장 재료 및 구조의 난연성 시험방법)를 화재모델로하여 ISO규격 ISO 19702(Toxicity testing of fire effluents - Guidance for analysis of gases and vapours in fire effluents using FTIR gas analysis)로 분석하여 FED 값을 계산을 통하여 위험성을 측정될 수 있음을 확인하였다.
2. 입자상물질의 독성평가의 경우 질량손실율과의 연관성을 분석한 결과 약 30% 질량손실이 기준이 됨을 확인하였다.
3. 가스상 물질과 입자상 물질, 혹은 추가적인 요소의 복합 영향에 의한 생체독성결과(무능화 시간 차이) 확인 및 동종 시료 간 평균행동정지시간 결정하는데 있어서 주요 인자임을 확인하였다. 추후 연구를 통하여 평균행동정지시간 및 혈액분석 결과의 추가 확보를 통하여 계속 연구가 진행되고 있음을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- 1) Minister of Land, Infrastructure and Transport NOTIFICATION NO.2015-744[Flame retardant performance and fire protecting structure standards of Building finishing materials].
- 2) Korea Industrial Standard KS F 2271:2016 Method for Testing method for gas toxicity of finish materials of buildings
- 3) ISO 19702:2006 Toxicity testing of fire effluents-Guidance for analysis of gases and vapours in fire effluents using FTIR gas analysis.
- 4) Development of evaluation methods and standards for combustion toxicity gas of building finishing materials through combustion gas quantitative analysis, 2014.

건축물 외장 단열재의 화재성능평가 제도 동향 분석

전준표¹, 김정식¹, 이인구¹, 문도진¹

한국조선해양기자재연구원 안전환경시험연구센터¹

Trend analysis of fire performance evaluation of building exterior insulation materials

Jun Pyo Jeon¹, Jung Sik Kim¹, In Ku Lee¹, Do Jin Moon¹

Safety & Environment Test & Research Center, Korea Marine Equipment Research Institute¹

Abstract

Fire from outer wall insulation is becoming a social issue in both domestic and foreign countries. Currently, insulation is assessed according to the test methods prescribed in the construction method, but is exposed to fire risk due to differences in construction methods and methods of performance evaluation methods. Thus, this thesis discusses the flow of system improvement through a mock fire test.

1. 서 론

현대 사회가 발전함에 따라 인구 및 건축 구조물에 관한 기술역시 함께 발달하게 되었다. 인구의 증가는 주거공간과 직접적인 연관이 있다. 적은 공간에 보다 많은 주거공간을 확보해야 함으로 건축물이 고층화 되었으며 건축물의 고층화는 화재가 발생 할 경우 인명피해와 직접적인 연관이 있으며 그에 따른 예방이 최우선시 되어야 한다. 최근 영국 런던에서 발생한 그렌펠타워 화재를 비롯하여 서울 상암동 오피스텔 신축 건물등 건축물 외벽 단열재로 인한 사고가 이슈화 되고 있다. 현행 단열재의 평가 기준으로는 국토교통부에서 규정한 건축물 마감재료의 난연성능 기준에 따라 평가를 하고 있지만 현장의 적용과 평가방법이 일치하지 않는 문제로 실대형화재의 평가방법 도입을 검토 중에 있다. 따라서 본 논문에서는 현재 단열재료 평가방법의 문제점과 새롭게 개편 예정 중인 실대형화재 실험방법에 대하여 논하였다.

2. 본 론

2.1 국내 내장재료의 시험방법

현재 건축물의 내장재료 및 마감재료등의 성능평가는 국토교통부고시 제2015-744호[건축물 마감재료의 난연성능기준 및 화재 확산 방지구조 기준]에 따라 평가하고 있으며 평가 기준은 준불연재료 및 난연재료의 경우 KS F ISO 5660-1(콘칼로리미터법)에 따라 총방출열량 8MJ/m²이하 및 10분간 최대열방출률 200kW/m² 이하로 규정하고 있다. Figure 1과 Figure 2는 현재 사용되고 있는 단열재와 시험의 형태를 보여주고 있다. 문제는 콘칼로리미터 시험의 특성상 수평으로 화재의 성능을 평가해야하고 실제 화재의 경우 수직으로 화염이 확산되어 준불연성능이 확보된 단열재임에도 화재가 확산되어 인명과 재산피해가 발생하고 있다.

2.2 실대형화재 시험

외벽 단열재의 화재성능 평가방법으로 이슈화 되고 있는 BS 8414는 외부 구조물에 단열처리된 합성 패널과 같은 내화처리 시스템 등을 평가하는 방법이다. 실제 내부 및 외부로부터 발생하는 화재 관련하여 화염에 노출되는 창문 및 틈 등을 통하여 화재가 확산되는 정도를 평가할 수 있으며 수직으로 구성된 단열재 및 외벽 마감 재료들의 평가에 적절한 실대형 규모의 화재시험 방법이다.

BS 8414 평가 방법은 Figure 3에서 보는 바와 같이 연소실 입구 상부로부터 2500 mm 지점에서의 온도가 200 °C 초과한 상태로 30초 유지 후 5000 mm 지점까지 15분 동안 600 °C미만이어야 단열재 및 외부 마감 재료로서 화재성능이 안전하다고 판단하고 있다. 이 시험 방법은 현재 정부출연 연구기관에서 KS표준화를 통하여 제도화를 예정으로 하고 있으며 제도화 될 경우 현실적이고 보편타당한 시험방법이 될 것으로 예상된다.



Fig. 1. Cone calorimeter test

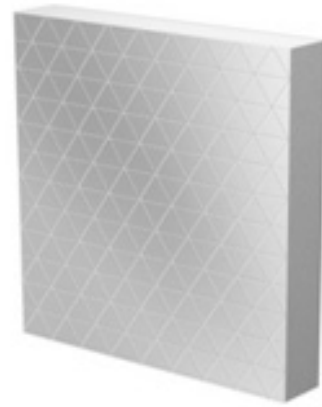


Fig. 2. Insulation

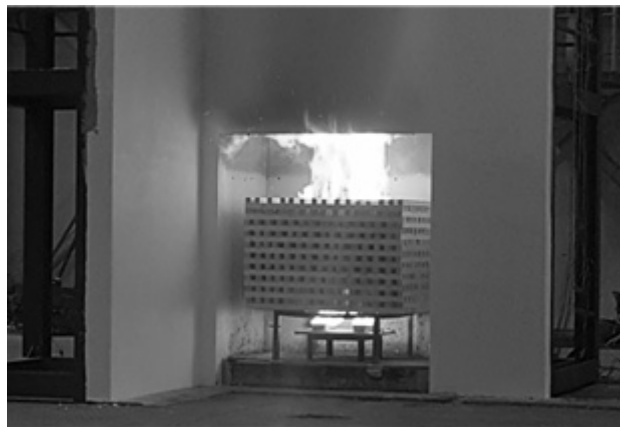


Fig. 3. BS 8414 Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding system fixed to and supported by a structural steel frame

3. 결과 및 토의

현재 국내에서는 건축법에서 규정한 난연성능 기준에 따라 단열재료를 평가하고 있으나 다양한 소재들이 개발되어 가연성 물질이 준불연재료 성능을 확보하여 건축물에 시공되어 지고 있다. 이러한 소재들로 국내 크고 작은 화재들이 발생함에 따라 피해가 커지고 있는 실정이다. 실대형화재 시험 방법은 수직화재 확산을 고려하여 실제 구조물에 시공함에 따라 소재 및 구조의 화재성능을 평가한다. 화재 안전적인 측면에서 현실을 고려한 대규모 화재실험은 실험 평가기관 측면에서 면밀한 검토가 필요한 부분이며 막대한 실험 비용에 따른 기업에 부담이 되는 것 역시 현실이다. 따라서 제도화 되더라도 다양한 소재들의 평가를 통한 적절한 기준으로 제도화 되는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- 1) Minister of Land, Infrastructure and Transport NOTIFICATION NO.2015-744[Flame retardant performance and fire protecting structure standards of Building finishing materials], 2015.
- 2) Korea Industrial Standard KS F ISO 5660-1:2013 Reaction to fire test - Heat release, smoke production and mass loss rate - Part 1 : Heat release rate(Cone calorimeter method), 2013.
- 3) BS 8414-2:2017 Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding system fixed to and supported by a structural steel frame, 2017.

탄화수소화재조건에 따른 실물크기 방화댐퍼의 코밍돌출길이 설정에 관한 실험적 연구

최태진¹, 김정식¹, 박성호², 장성철³

한국조선해양기자재연구원¹, ㈜동아풍력², 한국폴리텍대학 충주캠퍼스²

An experimental study on the coaming projection length of a large-size fire damper according to hydrocarbon fire conditions

Tai Jin Choi¹, Joung Sik Kim¹, Sung Ho Park², Sung Cheol Jang

Korea Marine Equipment Research Institute¹, Dong-a Fan & Blower Co., LTD.², Korea Avotion Polytechnic College³

Abstract

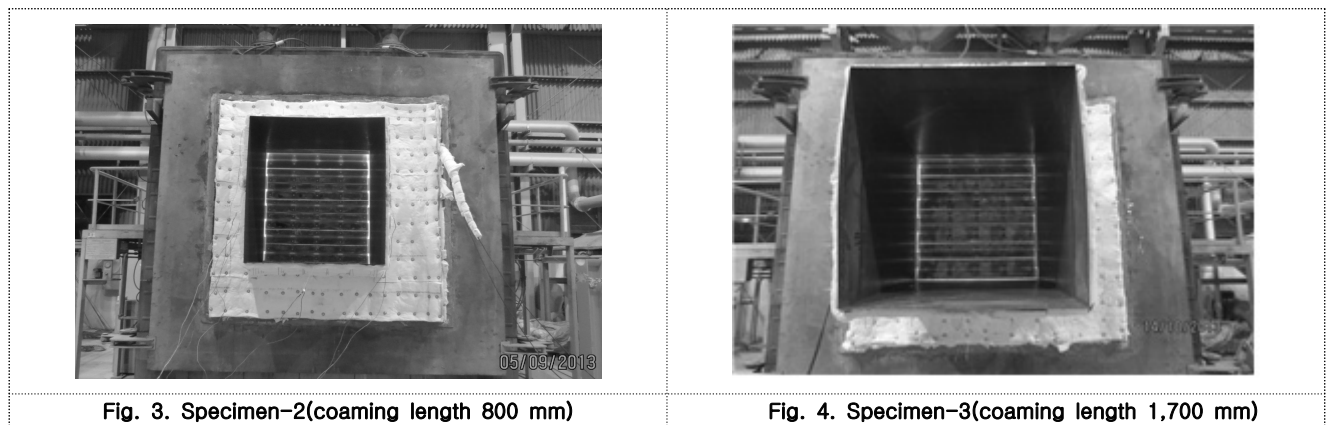
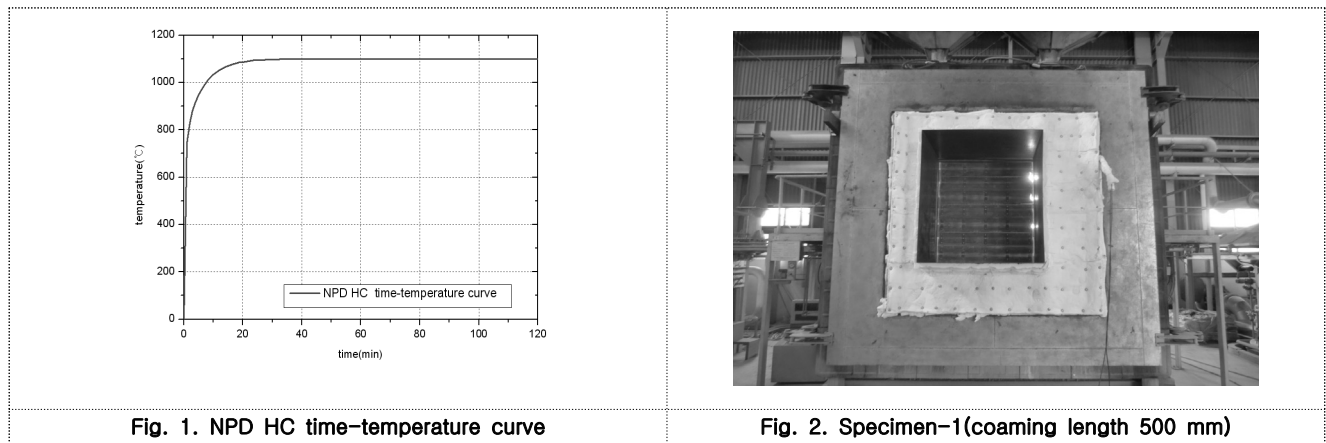
In this study, Fire resistance test was carried out to obtain class H-120 thermal insulation & integrity of large-size fire dampers according to a hydrocarbon fire conditions. Specimens were fabricated three different types according to the change of the coaming length which were measured surface temperature by performing the fire resistance test. As a test result, specimen-1(500 mm coaming length), specimen-2(800 mm coaming length) were exceeded thermal insulation acceptance criteria at 34 minutes, 73 minutes respectively, but specimen-3(1,700 mm coaming length) was satisfied thermal insulation acceptance criteria during 120 minutes. The test results showed that the unexposed face coaming length should be 1,700 mm in order to obtain the H-120 class fire resistance performance of the large-size fire damper(1,200 × 1,400).

1. 서 론

조선해양기자재분야에서는 화재안전을 위하여 수직 및 수평 구획에 방화구획화를 화재안전 기능요건으로 규정하고 있으며, 방화구획에는 급배기를 위한 통풍용 닥트가 관통하며 화재확산 방지를 위하여 방화 댐퍼를 설치하고 있다. 이러한 방화 댐퍼는 닥트가 관통하게 되는 방화구획과 동등한 내화성능의 제품을 설치하여야 하며, 해양플랜트의 경우 탄화수소계 물질(Gas, Oil)이 동반된 급 가열 조건에서의 저항성을 가지는 H 등급 기자재를 설치하고 있다. 이와 관련하여 본 연구에서는 탄화수소화재 내화시험 기준에 따라 방화 댐퍼 블레이드 방열재 종류와 코밍돌출 길이를 변수로 하여 120분 탄화수소화재 조건의 내화실험을 수행하였으며, 변수에 따른 실험체의 보존성(Integrity)과 방열성(Insulation)을 분석하였다. (신명조 10pt, 줄 간격 130%)

2. 본 론

내화실험에 적용된 시간온도곡선은 Fig. 1과 같으며, 탄화수소화재조건 내화시험 기준에 규정되어 있는 120분 가열실험을 수행하였다. 실험 장치는 실험체의 일면 가열이 가능하도록 제작된 수직가열로에서 실시되었으며, 가열온도 측정을 위한 로 내부 열전대는 ISO 834에서 규정한 관형 열전대를 사용하여 댐퍼와 코밍으로부터 100 mm 이격된 지점에서 측정하였다. 제작된 3가지 타입의 실험체는 블레이드 방열재 2종 및 비 노출면 코밍 돌출길이(500 mm, 800 mm, 1,700 mm)를 달리하였으며, 방화 댐퍼의 방열성능 평가를 위하여 비 노출면 격벽의 방열재 표면으로부터 25 mm 떨어진 코밍 방열재(3 layer) 위에 4개 지점과 돌출된 코밍 끝부분으로부터 25 mm 들어온 4개 지점 총 8개 지점 총 20개의 K 타입 표면 열전대를 설치하여 온도 측정을 하였다.



3. 결 론

본 연구에서는 탄화수소화재 내화실험 수행을 통하여 실물 크기 방화댐퍼의 블레이드 방열재 2종과 비노출면 코밍 돌출길이를 달리하여 H-120 등급 내화성을 비교분석 하였으며 본 논문의 연구내용을 정리하면 다음과 같다.

1. 댐퍼 블레이드 내부에 적용되는 방열재로 세라믹울과 세라믹페이퍼 2종에 대하여 보존성(integrity)을 확인한 결과 유기물 함유량이 0.2 % 이하인 세라믹울은 화염발생이 없는 반면 세라믹페이퍼의 경우 다량의 유기물 함유로 인해 화염발생이 되어 방열재 사용에 적합하지 않은 것으로 확인되었다.
2. 비 노출면 코밍 돌출길이 변화에 따른 방열성(insulation)을 확인한 결과 돌출길이 1,700 mm에서 방열성을 확보할 수 있음을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- 1) IMO Res. 307(88) : Adoption of the International Code for Application Fire Test Procedures, 2010.
- 2) Standard for Certification-No. 2.9 /Appendix A-Type Approval Programme No. 470, June 2003.
- 3) Choi, T.-J. Kim, J.-S. Lim, Y.-S. Lee, K.-H. Kang, H.-G. Park, S.-H. Kim, Y.-T. “An Experimental Study on the Fireproof Performance of Fire Damper According to Change of the Insulation Conditions on the Exposed Side and Unexposed Side of the Coaming” , Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 38, No. 1, pp. 99-104, 2013
- 4) International Convention for the Safety of Life at Sea,(SOLAS) 2012.

다중 전처리 방법을 이용한 교통표지판 분류 분석

당청¹, 조강현²

울산대학교 일반대학원 전기전자컴퓨터공학과¹

울산대학교 전기공학부²

Analysis of Traffic Sign Classification using Multiple Image Preprocessing Methods

Qing Tang¹ and Kang-Hyun Jo²

The Graduate School of Electrical Engineering, University of Ulsan¹

The School of Electrical Engineering, University of Ulsan, Ulsan 44610, Korea²

Abstract

This paper presents a method for traffic sign classification using a 2-stage ConvNet. In this method, we compare different input which are RGB, grayscale, YUV images. Also we use histogram equalization to enhance contrast of input images. We also normalize every input image in the range (-1,1) as the preprocessing step. To increase robustness of classification model, we apply a dataset augmentation algorithm. Experimental results show that the method is effective in classifying traffic signs. Also the appropriate input images can improve classification model's performance well.

1. Introduction

Traffic sign plays a significant role in the regulating traffic behavior, ensuring the safety of the traffic and guiding the vehicles and pedestrians.

Generally, the traffic-sign recognition system includes two steps, which are detection and classification [7]. A number of research solve the detection and classification simultaneously [1]-[3]. Traffic sign recognition technology is regarded as a challenging task due to diversified backgrounds and various complexities, such as view point variations, lighting conditions, various types of sign and different resolution of the traffic sign input images [2, 3].

The model can classify 43 categories of traffic signs. The model can classify 43 categories of traffic signs. To train and evaluate the proposed system, the GTSRB dataset [4] is utilized.

2. Image Preprocessing and Model Architecture

2.1 Color Space

The size of each image of GTSRB dataset is not the same, we resize all the image into 32x32x3, represented as [0, 255] integer values in RGB space. For choosing the better color space, we also transfer image from RGB to YUV color space. Classes of dataset are 43, such as, Speed limit, No entry and Keep left, etc.

2.2 Histogram Equalization and Normalization

In the real world, in order to be easily recognized and distinguished by the drivers, traffic sign are always designed in specific shapes and high saturated colors. We try to adapt histogram equalization to input image to

improve saturation, so the model can capture the high saturation region of traffic sign well.

And the second step is normalize image from (0, 255) to (-1, 1). Normalization can reduce the effect of illumination on image.

2.3 Dataset Augmentation

Dataset augmentation helps us generate additional training examples, also reduce the effect of dataset imbalance, which will lead bias toward the classes which have more samples and lead to misclassification. We use dataset augmentation algorithm [5] and we just change the brightness of input image.

2.4 Model Architecture

The architecture of neural network in this paper is a 2-stage ConvNet [5] which been proposed by Pierre Sermanet and Y. LeCun [6], and we change a little in S4 layer [5]. Also we add a Dropout module before the last layer of fully connection. The dropout probability is 0.5. Using the dropout unit can avoid over-fitting to improve validation accuracy.

3. Experiments

We focus on the German Traffic Sign Benchmarks (GTSRB) data set to evaluate the method in the paper, the GTSRB dataset consists of 43 classes of traffic sign. To evaluate the effectiveness of the different preprocessing method, we report the result of the experiment.

In Fig.1, 'Gray400_0.9367' means that the input are grayscale image, also if there are less than 400 samples in one class of GTSRB dataset, we will generate samples using dataset augmentation algorithm for that class until the number of sample reach 400, and the test accuracy of the Gary400 model is 0.9367. 'HE' means that the input are RGB image with histogram equalization step. 'RGB' means that the input are RGB image without histogram equalization step. 'YUV' means that the input are YUV image.

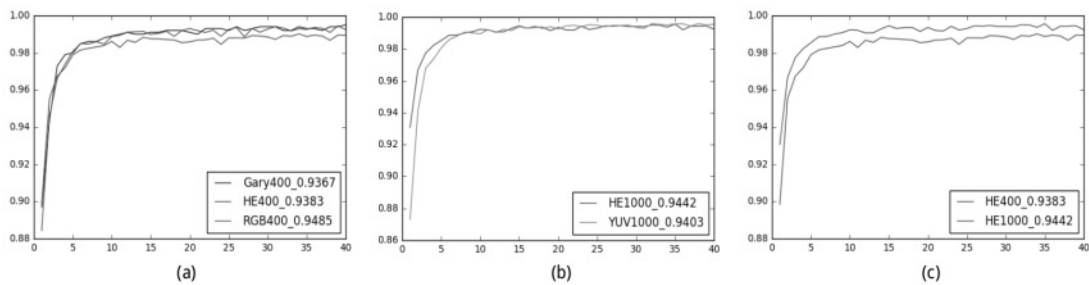


Fig.1 Accuracy of training and test step. The abscissa is epoch, the ordinate is validation accuracy. The number which behind the model name are the test accuracy of the model.

From Fig.1(a) we can see that using grayscale image to train the model can achieve better accuracy rather than test accuracy, also histogram equalization could not improve model performance in both validation and test step. In Fig.1(b), we compare these two methods which are using RGB image with histogram equalization and using YUV image as input. The experimental result shows that using RGB color channel can achieve better accuracy of the validation and test step. Compare with the model 'HE400', 'HE1000' generate more image for training using dataset augmentation algorithm. And the result show that dataset augmentation has a great help to performance.

4. Conclusion

We presented a traffic sign classification method based on Convolutional Neural Network architecture. We compare different preprocessing method for traffic sign classification model. In the future work, we will use RGB image to train the model. Also, we will try to use other neural networks to classify and compare with 2-stage ConvNet which we use in this paper.

[References]

- 1) C. Fang, C. Fuh, S. Chen, and P. Yen, "A road sign recognition system based on dynamic visual model," in The 2003 IEEE Computer Society Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, Madison, Wisconsin, pp. 750-755 (2003).
- 2) Miura, T. Kanda, and Y. Shirai, "An active vision system for real-time traffic sign recognition," in 2000 IEEE Intelligent Transportation Systems, Dearborn, MI, USA, pp. 52-57 (2000).
- 3) S. Vitabile, G. Pollaccia, G. Pilato, and F. Sorbello, "Road sign Recognition using a dynamic pixel aggregation technique in the HSV color space," in 11th Inter. Conf. Image Analysis and Processing, Palermo, Italy, pp. 572-577 (2011).
- 4) Stallkamp, J, Schlipsing, M, Salmen, J, and Igel, C. "The German Traffic Sign Recognition Benchmark: A multi-class classification competition." In International Joint Conference on Neural Networks, (2011)
- 5) Q. Tang, L. Kurniaggoro, K.H. Jo. "Traffic Sign Classification with Dataset Augmentation and Convolutional Neural Network." In 9th International Conference on Graphic and Image Processing, (2017).
- 6) Pierre Sermanet and Yann LeCun. "Traffic Sign Recognition with Multi-Scale Convolutional Networks." In 2011 International Joint Conference on Neural Networks, IJCNN 2011 - Final Program, pp. 2809-2813 (2011)
- 7) A. de la Escalera, J.M Armingol, M. Mata. "Traffic sign recognition and analysis for intelligent vehicles." Image and Vision Computing, vol. 11, n. 3, p. 247-258 (2003)

넘어짐 행동 분별을 위한 다중 특징 활용법

소미야 카스투리¹, 조강현²
울산대학교 일반대학원 전기전자컴퓨터공학과¹
울산대학교 전기공학부²

Exploiting Different Shape Features for Fall Action Classification

Sowmya Kasturi¹ and Kang-Hyun Jo²

The Graduate School of Electrical Engineering, University of Ulsan¹

The School of Electrical Engineering, University of Ulsan, Ulsan 44610, Korea²

Abstract

The number of older people living alone has been increased over the past years. It is observed that fall and resulting injuries have become a major health problem among those older people. A vision based system for fall action classification from other actions would be of a great help in this case. But the inherent problem is the choice of features, which can distinguish a fall from non-fall action accurately. So, the proposed method exploits the bounding box and elliptical features over the human silhouette, separated from background. All the experiments are performed on top viewed Kinect depth images of UR fall detection dataset. Results showed that ellipse based features are superior to classic bounding box based features.

1. Introduction

Falls are one of the major cause for injuries and hospitalization of many older people. According to a study [1], 13% of 828 older Korean adults living in a community experienced falls during a period of one year. As the older people living alone are rapidly increasing in the society, in the absence of care taker, a fall event unattended could lead to a serious injury and hospitalization. Many automatic sensor based fall detection systems were developed to detect and alarm the caretaker in the occurrence of fall event. However, these systems often cause discomfort to wear all day around and easily prone to vibrations from surrounding environment causing false alarms. So the concentration has been shifted to develop RGB vision based systems to exploit the rich information offered by surveillance systems, but these are privacy intrusive and easily subjected to occlusion. In the proposed method, top viewed depth images has been considered to deal with the problems in the former one.

2. Theory

2.1. Shape features

Vision based systems uses a variety of features namely shape based, posture based, spatio- temporal, 3D head change and motion inactivity features [2]. The shape of the human varies drastically during a fall when compared to other non-fall actions like walking or standing. In [3], height, width, depth of a 3D bounding box features are used for fall classification. In the current method different bounding box and ellipse based shape features are exploited to choose features which are more helpful to classify a fall from a non-fall action. Seven bounding box features namely bounding box height and width, area, centroid, orientation, extent and eccentricity are extracted. The ellipse fitting based features considered are major and minor axis of the ellipse, area, centroid, orientation, extent and eccentricity. The area represents the number of pixels and eccentricity is the measure of aspect ratio

and the extent is given by the ratio of number of pixels in the silhouette to the bounding box or ellipse.

$$Extent = \frac{N_s}{N_{be}}$$

The centroid, orientation of the ellipse changes greatly for fall and non-fall action and is calculated from the moments [4]

3. Results and Discussion

The experiments are conducted over 760 image frames from 5 videos of UR fall detection dataset [5]. Two classes are defined, fall and all the other negative samples as non-fall. The non-fall events considered are walking, standing and no human in the frame. A fixed background Fig. 1. (a) is manually selected and foreground is extracted from it by performing frame differencing with any current input frame (b). After the foreground extraction (c), the largest connected component is extracted which is the human silhouette (d). The bounding box and ellipse features are extracted from the silhouette and given as input to a binary SVM classifier. Two classes namely fall and no-fall are manually labelled for the training purpose and the classifier, classifies the action as one of these classes. One half of the dataset is used for training and the other for testing. Sample bounding box and ellipse fit results are shown in Fig.2 and Fig.3. The experimental results shows the supremacy of ellipse fit features over traditional bounding box features with an improved accuracy of almost 5% as shown in the Table 1. It is observed that the accuracy of the system is affected in the case where human body touches the nearby chair as shown in Fig.4

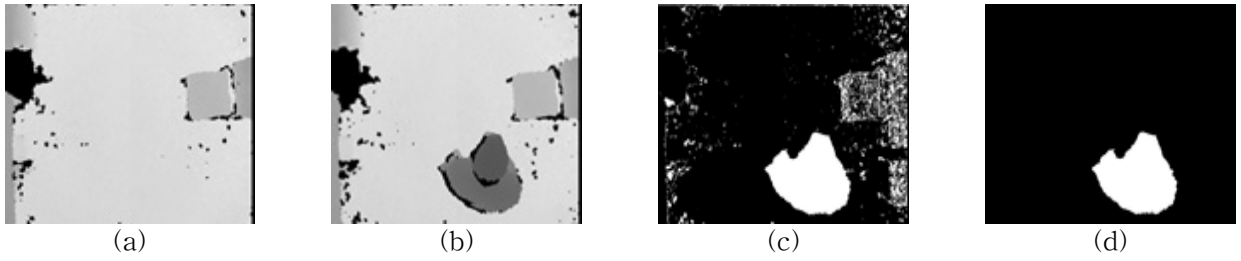


Fig. 1. Human silhouette extraction

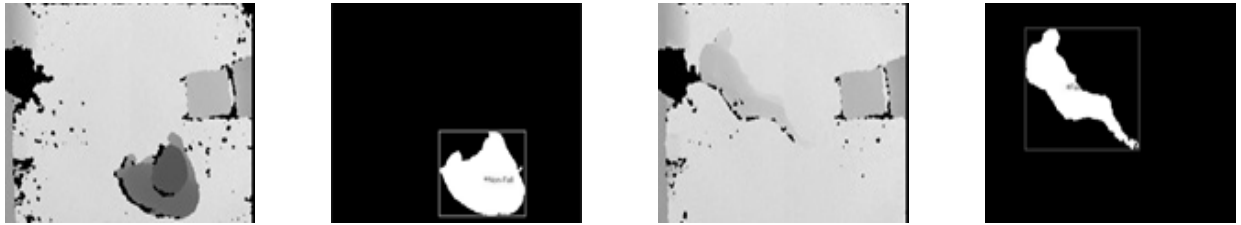


Fig. 2. Examples of bounding box results for a non-fall and fall action

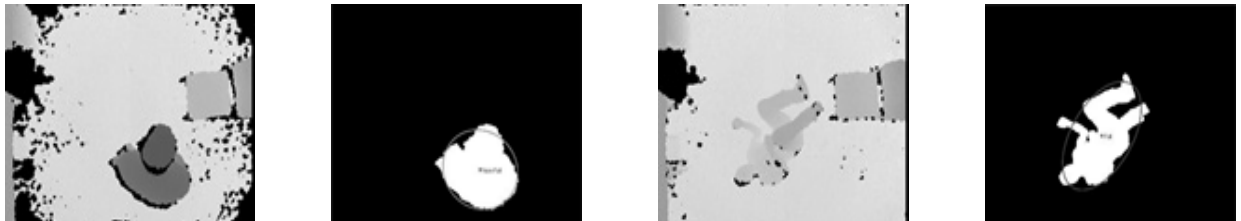


Fig.3. Examples of ellipse fit results for a non-fall and fall action

Features	Classification accuracy (%)	Sensitivity(%)
Bounding box	85.64	79.81
Ellipse fit	90.93	91.11

Table 1. Performance evaluation of different shape based features

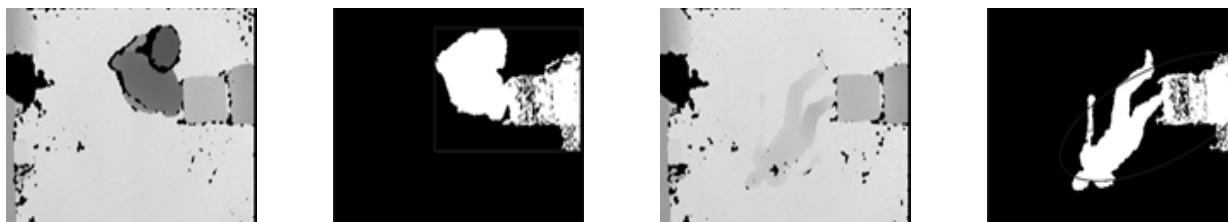


Fig.3. Examples of ellipse fit results for a non-fall and fall action

4. Conclusion

The paper exploits different bounding box and ellipse based shape features for the human fall action classification. The shaped based features are extracted from the separated human silhouette. A binary SVM classifier is fed with these features and classifies the event as fall or non-fall. The experimental results shows the robustness of ellipse fit features over traditional bounding box methods. In addition, both the features are observed to be insufficient for the action classification when the human silhouette is in touch with other objects in the environment.

[References]

- [1] Kim, Kwang-Il, "Evidence-based guideline for fall prevention in Korea," Journal of the Korean Geriatrics Society, Vol. 20, No. 1, pp. 1-28, 2016.
- [2] Chung, Man Cheung, "A survey on fall detection: Principles and approaches," Neurocomputing , Vol.100, No. 100, pp. 144-152, 2013.
- [3] Bevilacqua, Vitoantonio, "Fall detection in indoor environment with kinect sensor," Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA) Proceedings2014 IEEE International Symposium on, pp. 319-324, 2014.
- [4] J. Dongyao, V. Groza, L. XiaoHui, L. Xu, Z. Huaihua, and Q. Zeng, "A method of detecting human body falling action in a complex background," in Intelligent Engineering Systems (INES), 2016 IEEE 20th Jubilee International Conference on. IEEE, 2016, pp. 51-56.
- [5] B. Kwolek and M. Kepski, "Human fall detection on embedded platform using depth maps and wireless accelerometer," Computer methods and programs in biomedicine, vol. 117, no. 3, pp. 489-501, 2014.

3차원 포인트 클라우드를 쓴 차량 윤곽선 세분화

위양¹, 쿠리니안고로 락소노¹, 조강현²
울산대학교 일반대학원 전기전자컴퓨터공학과¹
울산대학교 전기공학부²

Vehicle Contour Segmentation Using 3D Point Cloud

Yang Yu¹, Laksono Kurnianggoro¹, Kang-Hyun Jo²
The Graduate School of Electrical Engineering, University of Ulsan¹
The School of Electrical Engineering, University of Ulsan, Ulsan 44610, Korea²

Abstract

This paper proposes an 3D contour segmentation method based on active contours model. After the background and ground are removed, the 3D point cloud maps to the 2D image. Then the 3D density gradient and the signed pressure force are used for energy minimizing. The extracted contour of the vehicle has higher resolution and lower noise, this method has a high practical value.

1. INTRODUCTION

Contour detection is an important part of the research in computer vision and has a wide range of applications in visual processing such as target recognition [1], surface reconstruction [2], etc. The one-dimensional contour structures from a natural scene can be used to characterize the appearance and shape of an object and determine the boundaries between the regions, thus extracting the object contour clearly and accurately has great significance for the subsequent processing. It is also helpful for the study of image understanding. The geometric contour detection method [3,4] uses the geometric techniques such as linking, clustering, and simplification to find the contours. It has higher compression ratio and smoother representation compared to the pixel based method. The active contour model is used for target contour extraction in point cloud [5,6]. It is an energy minimizing. The deformable spline is changed by image forces that pull it towards object contours and internal forces that resist deformation.

2. PROPOSED METHOD

2.1. Shape features

The vehicle locates in front of the rotating 2D laser scanner and water cannon. The 3D point cloud data acquired by the rotating 2D laser scanner is used to get the vehicle contour to control cleaning the vehicle. The vehicle contour segmentation method proposed in this paper is shown in Fig.1.

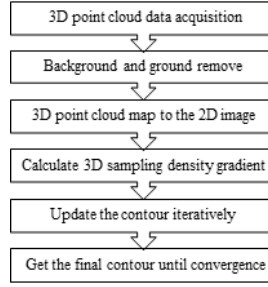


Fig.1 The block diagram of vehicle contour segmentation

The ground data in 3D point cloud are removed by random sample consensus (RANSAC) [7] which finds the maximum plane by repeatedly selecting some random data in 3D point cloud. The location of the vehicle is in the approximate front of the laser scanner, so the scan center area must be the vehicle surface area. The points in the scan center area are used to calculate the approximate average depth value of the visible vehicle surface. The point cloud data of visible vehicle surface are acquired in the area defined below, then the background data are removed.

$$\begin{aligned} -10000 < x < 10000 \\ Z_e - 1500 < Z < Z_e + 1500 \\ 50 < y < 7000 \end{aligned} \quad (1)$$

The voxel is used to represent each local area and map the 3D point cloud to a sparse 3D matrix. The intensity of the voxel is the number of the point inside the voxel. The 3D density gradient is calculated by the difference of the intensity between adjacent voxels.

$$D(x, y, z) = \sum_{\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z} [J_{\Delta_x + x, \Delta_y + y, \Delta_z + z} - J_{x, y, z}]^2 \quad (2)$$

After the 3D point cloud mapped to the 2D point cloud on the vertical plane, the x-axis and y-axis of the vertical plane are rasterized by the interval ΔL . Each grid on the plane corresponds to a pixel on 2D image. If at least a point is in the grid, the pixel value corresponding to the grid is set to 1, otherwise to 0. Then the dilation is used on this binary image to get the 2D vehicle image. The kernel matrices of dilation are H. It depends on the resolution of point clouds which decreases with the distance away from the laser scanner. The resolution of y axis is sparse comparing with the resolution of x axis. Then Gaussian filter is used to smooth the 2D vehicle image and connect the holes.

$$Dilate(I, H) = I \oplus H, H = \begin{bmatrix} 0 & 5a & 0 \\ a & a & a \\ 0 & 5a & 0 \end{bmatrix}, a = \frac{Z_e}{5000} \quad (3)$$

The region-based active contours model uses level set to calculate the evolution of the contour. The level set includes the area inside the contour and outside the contour. Gaussian filter is used to regularize the selective binary level set function after each iteration. The signed pressure force and 3D gradient values are used to control the direction and stopping of the evolution. The change value of level set in each iteration is calculated by (4). $|\nabla \phi(x, y)|$ is set as the 3D density gradient of corresponding 3D point. The signed pressure force $spf(I(x, y))$ is a normalized signed intensity value.

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} = spf(I(x, y)) \cdot a |\nabla \Phi(x, y)| \quad (4)$$

After some iterations until convergence, the final vehicle contour is obtained.

3. EXPERIMENT AND RESULT

The 3D point cloud data of the vehicle are acquired by the rotating 2D laser scanner. The 2D vehicle contour is used to control the water cannon to clean the vehicle. The vehicle image and the 3D point cloud acquired by laser scanner are shown in Fig.2. The 2D binary image after dilating and the image after contour segmentation are shown in Fig.3.



Fig.2 The vehicle image and the 3D point cloud acquired by laser scanner



Fig.3 The 2D binary image after dilating and the image after contour segmentation

4. CONCLUSION

This paper proposes an 3D contour segmentation method based on active contours model. The 3D density gradient and the signed pressure force are used for energy minimizing. The extracted contour of the vehicle has higher resolution and lower noise, so this method has a high practical value. In the future, the resolution of the vehicle contour needs to be improved.

[REFERENCES]

- [1] S. H. Kim, J. Y. Kim, and G. J. So, "Object extraction with excessive disparities in 3D stereoscopic images", *International Journal of Computer Theory and Engineering*, vol. 6, no. 4, pp. 313-318, 2014.
- [2] S. Xu, R. S. Wang, and H. Zheng, "Road curb extraction from mobile LiDAR point clouds", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 55, no. 2, pp. 996-1009, 2017.
- [3] A. D. Parakkat, J. Peethambaran, P. Joseph, and R. Muthuganapathy, "A graph based geometric approach to contour extraction from noisy binary images", *Computer-Aided Design & Applications*, vol. 11, pp. 1-12, 2014.
- [4] M. Jiang, X. Qi, P. J. Tejada, "A Computational- Geometry Approach to Digital Image Contour Extraction," *Transactions on Computational Science XIII Lecture Notes in Computer Science*, vol. 6750, pp. 13-43, 2011.
- [5] W. Pei, Z. Xin, P. Rongkun, and F. Peng, "Active contour model based on edge and region attributes for target contour extraction in SAR image," *Journal of Image and Graphics*, vol. 19, no. 7, pp. 1095-1103, 2014.
- [6] K. H. Zhang, L. Zhang, H. H. Song, and W. G. Zhou, "Active contours with selective local or global segmentation: a new formulation and level set method", *Image and Vision Computing*, vol. 28, no. 4, pp. 668-676, 2010.
- [7] M. A. Fischler, and R. C. Bolles, "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography", *Communications of the ACM*, vol. 24, no. 6, pp. 381-395, 1981.

컨볼루션 신경망을 이용한 사람의 자세 추정

황반탄¹, 조강현²

울산대학교 일반대학원 전기전자컴퓨터공학과¹

울산대학교 전기공학부²

Human Pose Estimation from Images

Using Convolution Neural Networks

Hoang Van Thanh¹ and Kang-Hyun Jo²

The Graduate School of Electrical Engineering, University of Ulsan¹

The School of Electrical Engineering, University of Ulsan, Ulsan 44610, Korea²

Abstract

Estimating human pose in images plays very critical role in many applications. There are many works with many approaches that have done to deal with this task. In this paper, we briefly present some recent solutions that use Convolution Neural Networks. We also introduce our new architecture for single human pose in an image.

1. Introduction

Estimating human pose in Images is a key step to understand people in images and video. Given a single RGB image, we try to define the location of important joints of the human body that can be called (2D) skeleton. It is not only an important computer vision problem but also plays very critical role in many real-world applications such as video surveillance, human-computer interaction, animation, digital entertainment, medical imaging, and sports scene.

In recent years, deep learning becomes a hot topic research. Convolution Neural Networks (CNN) is used to solve many problems, especially in computer vision. In this paper, we briefly present some recent CNN architectures that proposed to solve human pose estimation task and introduce our new architecture for single human pose in an image.

2. Recent works

Nowadays, there are many works that use CNN have been done for human pose estimation task. Among them, there are 2 types of architecture that have state-of-the-art results. They are Convolution Pose Machine [1] and Stacked Hourglass Networks [6].

2.1. Convolution Pose Machine (CPM) [1]

The CPM is a bottom-up network to estimate multi-person in a single RGB image. Its architecture consists of two branches with many stages (as shown in Fig. 1). Each stage in the first branch estimates confidence maps. Based on this map, the network will detect the position of joints of human in an image. Each stage in the second branch estimates Part Affinity Fields. Based on these fields, the network finds the associations score between joints detected from the first branch. From these result, the network constructs the pose for every people in the image.

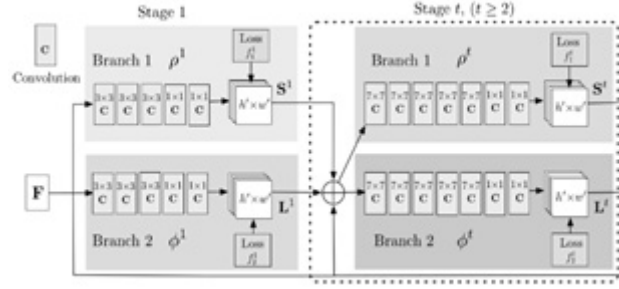


Figure 1: Architecture of the CPM [1] with multiple stages. Each stage in the first branch predicts confidence maps S^t , and each stage in the second branch predicts part affinity fields L^t . After each stage, the predictions from the two branches, along with the image features, are concatenated for next stage.

2.2 Dataset Augmentation

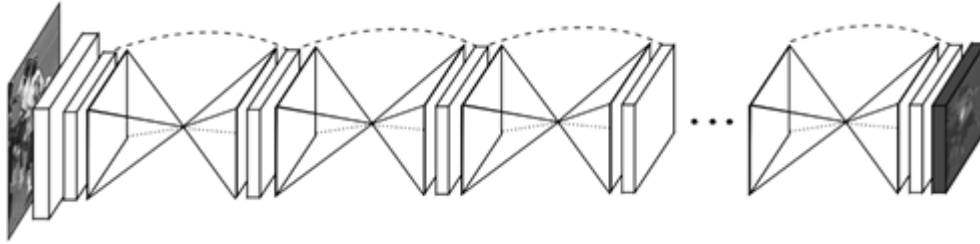


Figure 2: Architecture of Stacked Hourglass Networks [6]. This network consists of multiple stacked hourglass modules

The Stacked Hourglass Networks is for estimating pose of a person in an image. This network consists of many stacked hourglass modules. The hourglass module is set up as follow: convolution and max-pooling layers process features down to a very low resolution. After reaching the lowest resolution, the network begins the top-down sequence of up-sampling and combination of features across scales.

3. Proposed architecture

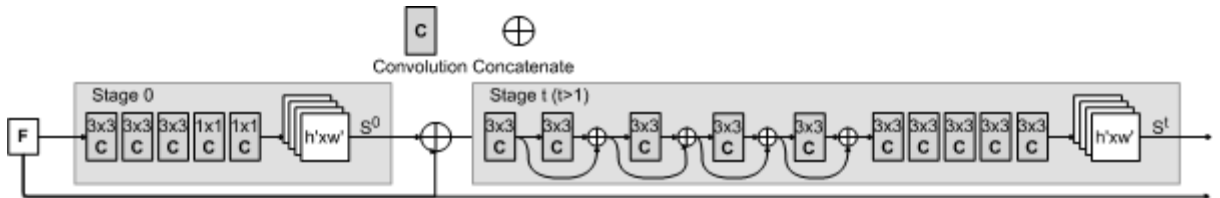


Figure 3: Architecture of proposed method. This network consists of multiple stages. Each stage contains 5 dense connected convolution layers and following by 5 convolution layers. After each stage, the prediction concatenates with the image features as input for next stage.

Incentivized by the idea of CPM. We proposed a new architecture that consists of multiple stages. But we want the new one be a smaller model. So, the computation time will reduce. That's why we just use convolution layers with kernel size 3x3. In the new architecture, each stage contains 5 densely connected convolution layers (similar with a dense block in the paper [4]). Following them are 5 convolution layers. And after each stage, the prediction concatenates with the image features as input for next stage.

Currently, we are working on implementing the new model. After that, we will evaluate our architecture on COCO dataset [2] and MPII Human Pose Dataset [5].

4. Conclusion

In this paper, we introduce our new architecture for convolution neural network to estimate human pose in an image. In future, we will evaluate our model. Additionally, we want to modify this model based on the idea from [3] and [6] to achieve better result.

[References]

- [1] Cao, Z., Simon, T., Wei, S. E., & Sheikh, Y. (2017). Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
- [2] COCO dataset. <http://cocodataset.org/#home>
- [3] He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 770-778).
- [4] Huang, G., Liu, Z., Weinberger, K. Q., & van der Maaten, L. (2017). Densely connected convolutional networks. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition
- [5] MPII Human Pose Dataset. <http://human-pose.mpi-inf.mpg.de/>
- [6] Newell, A., Yang, K., & Deng, J. (2016, October). Stacked hourglass networks for human pose estimation. In European Conference on Computer Vision (pp. 483-499).

3휠 구동의 모바일 로봇의 정밀위치제어에 관한 연구

고기영¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

본 연구에서는 모바일-매니퓰레이터 구조 로봇시스템의 안정한 모션제어에 관한 연구를 수행하고자 한다. 3휠 구동 모바일로봇 및 양팔구조 매니퓰레이터에 대한 기구학적 해석 및 동적모델링을 하고, 3휠 모바일로봇의 자율주행 및 양팔구조 매니퓰레이터의 모션제어시스템을 설계하며, 또한 음성명령에 의한 로봇통합제어를 수행하고자 한다. 성능실험방법은 제안된 방식의 유용성을 확인하기 위하여 주행제어 및 양팔구조 매니퓰레이터의 시뮬레이션 모의실험을 통해 그 신뢰성을 확인한다. 음성명령기반 로봇모션 통합제어 실험은 주행제어 및 양팔구조 매니퓰레이터의 모션제어와 음성명령기반 통합제어를 통하여 음성명령기반 모바일 매니퓰레이터 구조 로봇시스템의 안정한 모션제어에 대한 실험을 검증한다.

2. 동적 모델링

본 연구에서 언급한 모바일로봇은 전방향 주행형 로봇의 구조이다.

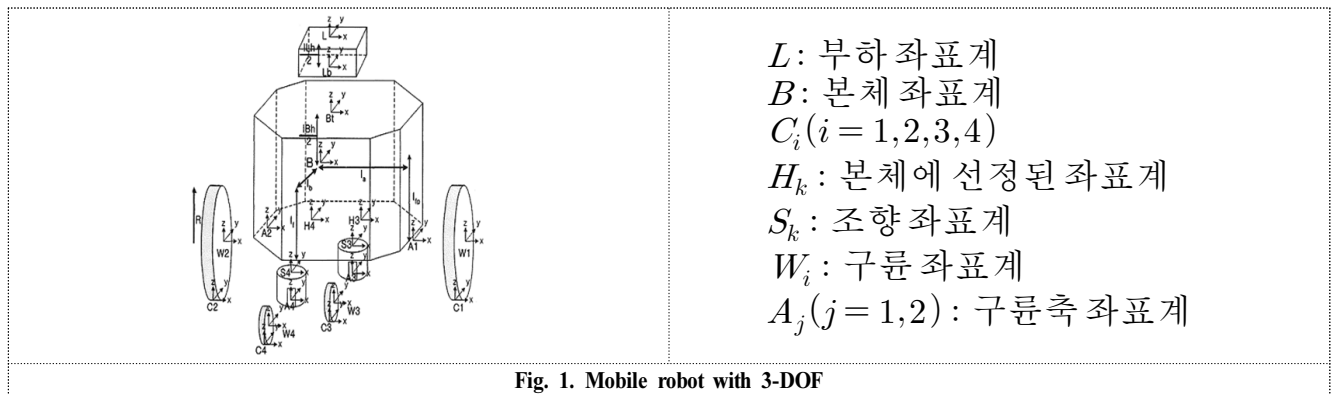


Fig. 1. Mobile robot with 3-DOF

모델링을 위해서는 네가지의 가정을 하여야 하는데 첫 번째로, 구동 휠은 회전하거나 미끄러지지 않고, 두 번째는 외부에서 일어나는 외란은 없으며, 세 번째는 본 연구에 적용되는 로봇의 몸체는 강체여야 하며, 마지막으로 로봇은 2차원 평면에서만 이동한다는 것이다.

$$v_x = v \cos \theta \quad v_y = v \sin \theta \quad \dot{\theta} = w \quad (1)$$

식(4)으로부터,

$$v_x \sin \theta = v_y \cos \theta \quad \dot{\theta} = w \quad (2)$$

$${}^F \dot{P}_B = \begin{bmatrix} {}^F v_{B_x} \\ {}^F v_{B_y} \\ {}^F w_{B_z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos^F \theta_B & -\sin^F \theta_B & 0 \\ \sin^F \theta_B & \cos^F \theta_B & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\text{구륜속도 } {}^B \dot{P} = J_{is} \dot{q}_{is} + J_{\in} \dot{q}_{\in} \quad \text{for } i=1,2 \quad (4)$$

$$\text{본체속도 } \begin{bmatrix} {}^B v_{B_x} \\ {}^B v_{B_y} \\ {}^B v_{B_z} \end{bmatrix} = \frac{R}{2l_a} \begin{bmatrix} -l_b & l_b \\ -l_a & -l_a \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 w_{W_{1x}} \\ A_2 w_{W_{2x}} \end{bmatrix} \quad (5)$$

기준좌표계로 변환한 본체 속도

$$\begin{bmatrix} Fv_{B_x} \\ Fv_{B_y} \\ Fw_{B_z} \end{bmatrix} = \frac{R}{2l_a} \begin{bmatrix} \cos^F \theta_B & -\sin^F \theta_B & 0 \\ \sin^F \theta_B & \cos^F \theta_B & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -l_b & l_b \\ -l_a & -l_a \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 w_{W_{1x}} \\ A_2 w_{W_{1y}} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$= \frac{R}{2l_a} \begin{bmatrix} -l_b \cos^F \theta_B + l_a \sin^F \theta_B & l_b \cos^F \theta_B + l_a \sin^F \theta_B \\ -l_b \sin^F \theta_B - l_a \cos^F \theta_B & l_b \sin^F \theta_B - l_a \cos^F \theta_B \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 w_{W_{1x}} \\ A_2 w_{W_{1y}} \end{bmatrix}$$

3. 성능실험 및 고찰

본 연구에서는 모바일로봇의 모션제어의 모의실험 시뮬레이션을 리커다인 프로그램을 이용하여 실험하였으며, 개요 및 특징은 다음과 같다. 운동하는 기계의 구조 해석을 위해서는 동하중이 필요하다. 이것은 계측 또는 동역학 해석을 통해 구할 수 있으며, 이 과정에서 근간이 되는 동역학은 모든 동적 구조 해석의 시작으로 볼 수 있다. 리커다인은 다물체 동역학을 시작으로 구조해석, 최적설계, 자동제어를 포함하는 전문 설계 및 제어 프로그램이며 특히, 기계제품에서 메카트로닉스의 중요성이 날로 증가하고 있으며, 이를 반영한 해석은 필수적이다.

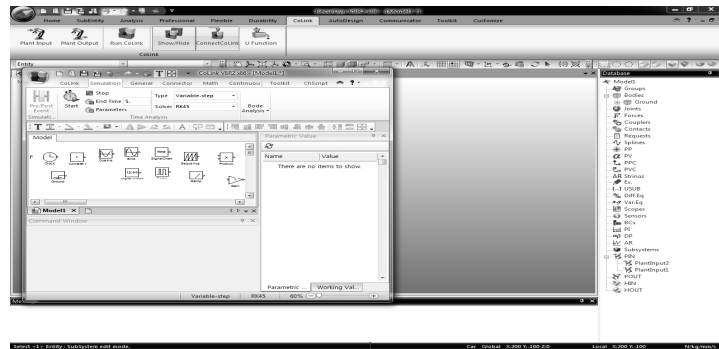


Fig. 2. The simulation program

4. 결 론

음성명령기반 로봇모션 통합제어 성능실험의 실험결과는 평균 약 90%의 비교적 높은 음성인식 결과를 나타내고 있다. 음성인식 기술 중에 제일 중요한 것은 잡음에 의한 인식을 저하인데, 본 연구에서는 외부의 잡음이 없는 상태에서 실험을 하였고, 또한 지평 등 좋은 환경에서 실험을 하였기 때문에 좋은 데이터를 얻을 수 있었다. 추후에서는 비평탄 지역에서의 주행, 주변 잡음이 발생하는 장소에서의 음성인식, 물품이 송시 경로상에 장애물 발생으로 인해 목적 위치로 물건을 옮기는 도중 물체가 외부 충격에 의해 흔들렸을 경우 등 복잡한 외부 상황에도 작업을 처리할 수 있도록 연구를 검토하여야겠다.

[참 고 문 헌]

- [1] Humberto Bustince, Francisco Herrera, JAvier Montero, Fuzzy sets and their extensions : Representation, Aggregation and Models, Springer, 2007.
- [2] 박유미, 3륜 전방향 주행형 로봇의 곡선경로 추적제어에 관한 연구, 부경대학교 공학석사학위논문, 2013.
- [3] D.Psalitis, A. sideris, and A. Yamamura, "AMultilayered Netral Network Controller", IEEE Control Systems Magazine, pp17-21 1988.
- [4] Y. F. Li, "Development of Fuzzy Algorithms for Servo System", IEEE control Systems Magazine, April 1898.
- [5] J. T. Spooner and K. M. Passino, "Stable adaptive control using fuzzy systems and neural networks," IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 4, pp. 339-359, Aug. 1996.
- [6] 김성규, "음성명령에 의한 로봇의 구동," 충남대학교 석사학위논문, 2011
- [7] L.-X. Wang, A Course in Fuzzy Systems and Control. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1997.

모바일 매니플레이터 로봇시스템의 반복학습제어에 관한 연구

김기현¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

본 연구에서는 스마트 FA를 위해 이동 로봇의 작업공간상의 장애물 회피를 위한 새로운 방법을 제안한다. 제안하고자 하는 방법은 로봇이 충돌을 회피하면서 안전 방향으로 적절한 주행영역과 공간을 탐색하여, 이로부터 최적의 주향 방향과 속도를 구하고, 여기에 로봇의 운동 특성을 반영하여 작업 공간에서 로봇의 주행명령을 실시간으로 실현하는 것이다.

이의 실현을 위해서는 정확한 신속한 센서의 정보를 획득하는 것이 필수적이므로 초음파 센서의 구조적 문제점을 보상하면서, 초음파 센서 보다 빠른 속도 정보를 얻기 위하여 레이저 센서유닛을 결합하는 것이 가장 중요한 특징이라 할 수 있다.

2. 본 론

이동로봇의 동적 모델을 구하기 전에 좌표계의 설정이 필요하다. 본 연구에서 사용된 주행로봇의 X-Y평면상에서 좌표계를 설정하였다.

주행로봇의 모델링 및 제어를 수행하는 경우에 일반적으로 다음의 두 가지 조건이 만족된다는 가정을 한다. 이 조건들은 순수구름조건과 미끄럼없음 조건이다. 순수구름조건은 주행로봇의 바퀴와 접촉면 사이의 순간적 이동 방향으로는 상대속도가 0이라는 조건이고 미끄럼없음 조건은 주행로봇의 바퀴와 지면과 접촉면 사이에서 이동방향의 수직방향 순간적 상대속도가 0이라는 조건이다. 순수구름조건을 각 바퀴에 대한 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} -\cos\theta\dot{x}-\sin\theta\dot{y}+L\dot{\theta}+R\dot{q}_l &= 0 \\ -\cos\theta\dot{x}-\sin\theta\dot{y}-L\dot{\theta}+R\dot{q}_r &= 0 \end{aligned}$$

위 식에서 R은 같은 크기의 왼쪽 및 오른쪽 바퀴의 반지름을 나타내고, $\dot{q}_r$ 은 오른쪽바퀴의 운동, $\dot{q}_l$ 은 왼쪽바퀴의 운동을 나타내고, L은 바퀴와 몸체 좌표계의 원점 M사이의 거리를 나타낸다. 또한, 미끄럼없음 조건을 수식으로 나타내면 아래 식과 같이 된다.

$$-\sin\theta\dot{x}+\cos\theta\dot{y}=0$$

앞의 식으로부터 바퀴운도와 직교 좌표계상의 운동관계는 자코비안 행렬에 의해 다음과 같은 관계식으로 표시된다.

$$\dot{x} = J \dot{q}$$

초음파 센서가 15° 단위로 배치되어 원형의 초음파 센서 어레이를 구성하는 경우 로봇의 전방에 대한 거리 데이터는 13개가 얻어진다. 센서 데이터 조합과정에서 매 1°에 대하여 초음파 센서 데이터와 레이저 센서 데이터가 각각 대응되므로 13개의 초음파 센서 데이터를 확장하여야 한다. 본 연구에서는 13개의 초음파 센서 데이터를 자연 스플라인(natural spline) 방법으로 데이터를 만들었다.

보간된 91개의 초음파 센서 데이터는 레이저 레인지 파인더의 91개의 데이터와 아래 식의 과정을 통해 조합된다.

$$d_{\theta}(t) = \begin{cases} d_{l,\theta}(t) + k(t), & 0^{\circ} \leq \theta \leq 180^{\circ} \\ d_{s,\theta}(t), & 180^{\circ} < \theta < 360^{\circ} \end{cases}$$

여기서, U_r^p 는 제안된 척력 퍼텐셜을 의미한다.

3. 결 론

본 연구에서 제안된 로봇의 지능제어방법은 단위 명령 주기 동안의 방향 변화량 등은 로봇의 최적 조향 방향을 결정하기 위하여 성능 함수에 반영되며, 이 네 가지 요소에 대한 반영 정도는 각각의 가중치로 조정된다. 제안된 방법은 속도 및 가속도 제한 조건과 장애물에 대한 여유 있는 회피 동작이 구현도리 수 있도록 로봇의 속도 공간에서 직진 속도와 회전 속도의 명령을 구하여 로봇의 구동 명령을 사용하는 방법으로서 스마트 팩터리(Smart Factory)의 실현에 매우 효율적인 방법이다.

[참 고 문 헌]

- (1) Larcommbe, M. H. E., "Tracking Stability of Wire Guided Vehicled," Proceeding of International Conference on Automatic Guided Vehicle System: 137-144, 1981.
- (2) Mckey, E. S., Drake, K. C., K. C., and Inigo, R. M., "Range Measurements by a Mobile Robot Using a navigation Line," IEEE Transaction on PAMI 8: 105-109, 1986.
- (3) Nilson, N. J., "A Mobile Automation: An Applocation of Artificial Intelligence Technique," Proceeding of 1st IJCAI, 1969.
- (4) Vorwerg, C. et. al., "PLATBOT: A Visually-Guided Robot for Physically Disabled Children," Proceeding of Projective relations for 3D space: Computational model, application, and psychological evaluation, 1997.
- (5) Neveryd, H. and Blomsjo, G., "WALKY an ultrasonic navigating mobile robot for the disabled," The European Context for Assistive Technology. IOS press, 1995.
- (6) Kortenkamp, D. et. al., "Mobile robot exploration and navigation of indoor spaces using sonar and vision," Proceedings of the ALAA/NASA Conference on Intelligent Robots in Field, Factory, Service, and Space (CIRFFSS 94): 509-519, 1994.
- (7) Belding, W., Lee, J., Wu, A., Bidlack, C., and Rogers, S., "Mobile robot exploration and navigation of indoor spaces using sonar and vision," In Conference on Intelligent Robots in Field, Factory, Service and Space, 1994.

스마트 FA를 위한 대화형 지능로봇제어에 관한 연구

김재상¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

음성인식 및 화자인식기술(입력받은 음성 데이터를 미리 저장된 데이터베이스와 비교하여 화자가 누구인지 식별하는 기술)은 로봇 응용을 위한 원격 마이크 환경의 음질향상을 위해서 신호를 변환하고 기록 장치에 저장하는 기술이 필수적이다. 현재 기술은 고주파 부분의 잡음제거 효과는 많은 발전이 있었지만, 저주파 부분의 잡음제거 효과가 상대적으로 저조하고 방향 감지 성능에의 의존도가 큰 문제점이 있다. 최근 로봇 시스템의 제어기 부분은 시스템의 운동방정식을 아는 경우에만 가능하다. 그러나 이동로봇의 구조는 운동방정식이 일정하지 않은 패턴을 나타냄으로 대부분의 경우 부정확한 운동방정식을 나타낸다. 음성인식 기반 대화형 지능제어 알고리즘은 무선 네트워크를 통한 실시간 원격제어와 무인원격제어기능을 하며 Home Security 실험/실습 및 음성인식을 사용한 로봇 원격제어가 가능하고 음성전달 방법은 음원분석, 데이터베이스 저장, 음성인식으로 구성되고 리모컨을 사용하여 로봇제어가 가능하도록 하였다.

2. 음성인식 방향

2.1 은닉 마르코프 모델 HMM

HMM (Hidden Markov Models)는 음성데이터를 통계적으로 modeling한 것으로 word나 sub-word를 구성하는데 사용된다. 각 model은 통계적으로 음성데이터를 최적화 하여 계산된 것으로, 이 과정을 'training'이라고 한다. Training은 음성데이터의 대표로 구성되어야 하지만, 일반적으로 그렇지 못하기 때문에 model을 음성데이터와 유사하게 수정하는 'adaptation' 과정이 필요하게 된다. Training에 사용되는 음성데이터를 모은 것을 'speaker dependent system'이라고 하며, 여러 사람들로부터 많은 음성데이터를 받아서 training하는 경우 'speaker-independent system'을 적용하였다.

2.2 끝점 탐색 (End Point Detection)

인식 대상 단어는 단어로 사용 될 수 있고, 또한 문장이 될 수 있다. 그렇기 때문에 사용자는 정해지지 않은 임의의 기간 동안 발성하게 되므로, 인식 시스템의 음성이 첫 시작되는 부분과 끝나는 부분을 추정하여 음성 구간 동안 인식을 하고, 음성이 끝나게 되면 인식결과를 사용자에게 알려 주어야 한다. 이러한 음성이 시작되는 구간과 단어사이의 pause는 생략하고, 사용자의 전체 발성이 끝나는 구간을 검출하는 module을 끝점 탐색 기법으로서, 화자 독립 방식의 실현에 적용하였다.

2.3 처음과 끝 Front End

인식률과 효율성을 높이기 위해서 HMM (Hidden Markov Models)은 음성 데이터를 바로 modeling하지 않고 음성 데이터를 MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients)같은 음성 특징 벡터로 변환하여 modeling한다. 이 변환과정을 'Front End' 부분에서 수행되는 'feature extraction' 기법을 적용하여 실행하였다.

3. 음성인식기반 주행제어

음성인식 자율주행 로봇에서 음성 원격 제어가 다른 인터페이스보다 뛰어난 점은 첫 번째로 편의성이고 두 번째, 병렬성 세 번째는 자료입력의 고속화와 원거리 입력이 가능하다는 점이다. 이에 따라, 음성으로 대화하며 키보드 치는 등의 동시적 처리가 가능하며, 정보를 처리하거나 입력하는데 자유로이 움직이면서 정보의 입출력이 가능하다.

3.1 음성인식 프로세서 프로그램

음성 인식 Process Program은 음성 인식 Library를 이용하여 사용자가 쉽게 음성 인식 결과를 확인 할 수 있도록 개발된 Program으로서, 사용자 Application에 포함이 되어 있지 않고, 윈도우 Tray Program으로 동작 된다.

이 Program이 동작하고 있는 동안 Micro를 통하여 입력되는 정보는 사용자가 입력한 음성 단어와 분석 작업을 통하여 대칭되는 단어를 사용자 Application에 매칭단어 및 인식률을 메시지로 전달하는 방법으로 구성되어 있다.

3.2 음성인식 프로그램 연결

음성인식 소프트웨어인 경우에는 음성인식 프로세서를 통하여 현재 음원에 대한 분석결과를 Message 형태로 사용자의 Application에 전달하는 방식을 적용하였다.

프로그램은 사용자 PC에 RS-232 포트로 Serial Sensor Network (초음파) 연결하고 음성인식 지능형 로봇 시스템에서 프로그램 동작한 다음 프로그램 GUI로 구성되었다.

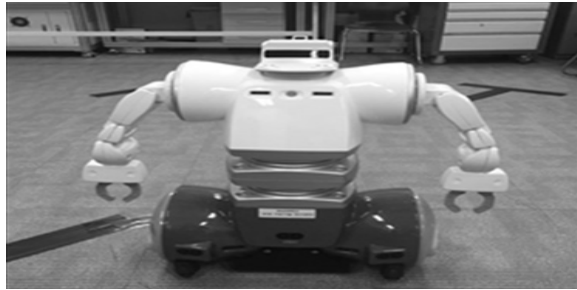


Fig. 1. Voice recognition module

4. 성능실험

Fig. 2는 로봇의 시스템에 저장해놓은 음성단어이고 음성 명령에 대한 파형을 나타내고 있다.

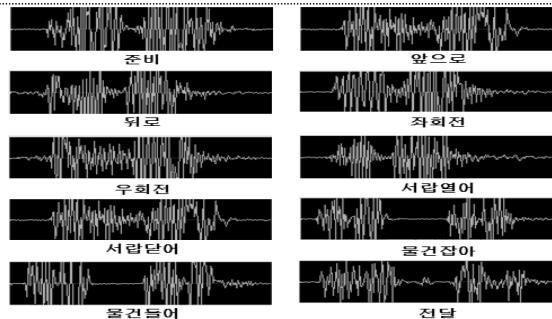


Fig. 2. Wave of Registered word

음성인식 실험은 음성인식실험의 신뢰성을 위하여 3명의 서로 다른 목소리를 대상으로 위의 조건에서 제시한 조건에서 명령어를 각각 30번씩 발성하고, 실험 결과를 분석 평가하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 음성 인식기반 대화형 지능제어 알고리즘 개발에 관한 연구를 수행하였다. 제안된 모바일 로봇의 음성인식 성능을 확인하기 위해서 3명의 서로 다른 목소리를 대상으로 각각 30번씩 명령어를 발성함으로써 성능 시험을 예증하였다. 또한 본 연구에서 지능제어 알고리즘의 개발로 자율주행로봇의 무인 공장자동화실험 및 원거리 실시간 음성인식에 대한 성능을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] P. J. McKerrow, Introduction to Robotics, Addison Wesley, 1993.
- [2] B. Roe and J. G. Wilpon, "Whither speech recognition: the next 25 years," IEEE Communications Magazine, vol 31, no. 11, pp. 54-62, November 1993.

휴머노이드 로봇의 실시간 정밀보행제어에 관한 연구

김재종¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

인식하고자하는 음성 파형에 대한 학습과정이 필요한 패턴정합 방법에는 DTW(Dynamic Time Warping), HMM(Hidden Markov Model), 신경회로망(Neural Network) 등이 있다. DTW방식은 동적 프로그래밍에 의한 음성 패턴을 비선형 시간 정렬을 통하여 기준패턴과 인식하고자 하는 패턴을 비교하는 방식으로 소 규모 단위의 음성 인식에는 좋은 성능을 보이지만, 어휘의 수가 증가하는 대용량 연속 음성인 경우에는 증가하는 어휘 수만큼 기준 패턴을 구성해야 하는 단점으로 인해 부적합하다. HMM은 확률함수를 이용하여 음성신호의 시간에 따른 특징 변화를 통계적으로 모델링하는 것으로서 학습 시에 많은 정보와 계산량을 요구하지만 다수 화자의 음성특성을 모델링하는데 유리하고 높은 인식 성능을 나타낸다. 신경회로망은 인간 두뇌의 생물학적 신경 계통을 모방한 인공 신경망을 이용하여 여러 연결 마디들에 음성특징들을 분산 분포시켜 음성인식을 실현하고자 하는 방식으로 현재 소규모의 고립단어 인식에서는 우수한 성능을 나타내고 있으나 대용량 또는 연속음성인식에 있어서는 아직 많은 연구를 필요로 한다.

2. 본 론

2.1 벡터 양자화

벡터 양자화는 선형예측법 및 켈스트럼계수나 MFCC 계수 등을 이용하여 만들어진 양자화 테이블과 입력되는 음성신호로부터 추출한 계수와와의 거리가 가장 가까운 양자화 테이블의 심볼을 얻는 것을 말한다. 양자화 테이블의 생성에는 K-means 알고리즘이나 이진트리 알고리즘이 주로 사용되며, 본 논문에서는 양자화 테이블을 생성하기 위해서 이진트리 알고리즘을 사용하였다. 그리고 벡터 양자화 크기인 M을 512로 설정하였으며, 오차비율은 0.000001, e(splitting parameter)값은 0.001로 각각 설정했다.

2.2 HMM 음성인식 알고리즘

HMM은 크게 이산 HMM(DHMM : Discrete HMM), 반연속 HMM(SCHMM : Semi-Continuous HMM), 연속 HMM(CHMM : Continuous HMM)으로 나눌 수 있다. 이 중 본 논문에서는 화자 독립형 고립단어를 구현하기 적합한 DHMM을 사용하였다. DHMM은 특징 벡터인 코드북을 만든 후 벡터 양자화를 통하여 코드북 인덱스로 관찰열을 만든다. 생성된 관찰열은 HMM 학습 알고리즘을 통해서 학습 뒤, 인식 알고리즘에서 새로운 단어가 입력이 되면 학습된 단어들과 각각 확률을 구해서 가장 큰 확률을 가지는 것을 인식하게 된다.

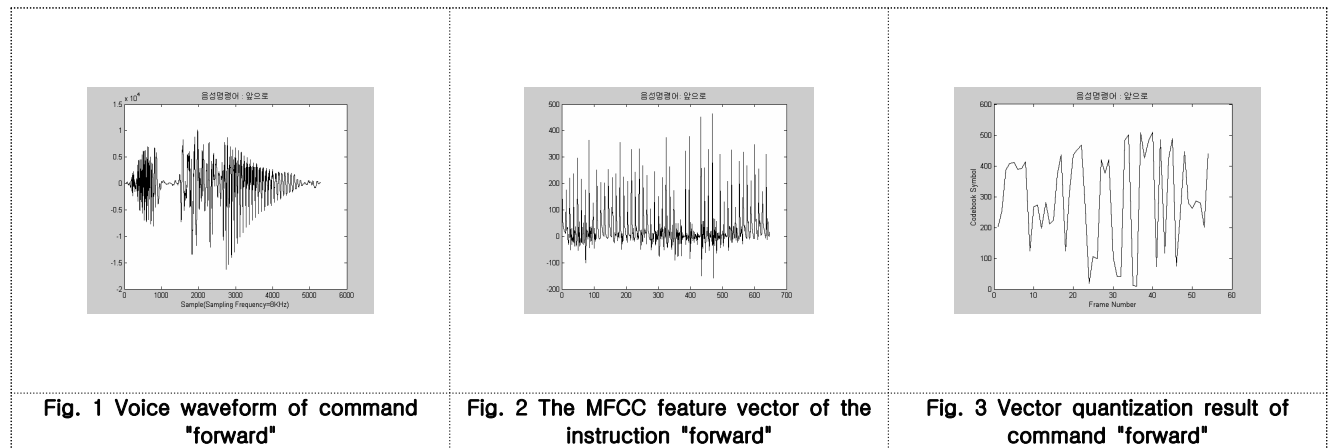
3. 음성인식시스템의 하드웨어 구성

HMM-NN 음성인식시스템을 실시간으로 처리하고 또한 모듈형으로 구성할 수 있는 임베디드 시스템으로 구성하는 것이 매우 중요한 특징이라 할 수 있다. 음성신호처리의 특성상 많은 양의 데이터를 고속으로 처리해야 하고 실시간 동작되는 시스템을 구성하기 위해서 충분히 속도가 빠른 고성능 32비트 부동소수점 연산방식의 범용 DSP인 TMS320C32를 사용하였다. TMS320C32의 내부를 살펴보면 실수 연산에 적합하도록 설계된 내부 산술연산 장치(ALU : Arithmetic Logic Unit)뿐만 아니라, 32비트 데이터 버스와 24비트 어드레스 버스, 2개의 타이머, 2채널 DMA, 그리고 직렬통신 포트 등이 갖추어져 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 실험에서는 화자 독립형 시스템을 구성하기 위해 DHMM 인식 알고리즘을 이용하여 10개의 단어에 대해 인식률을 테스트하였다. 또한 후처리 과정으로 방사 기저함수 신경회로망의 학습 후 음성인식기를 구성

하여 인식률을 HMM 인식기와 비교하여 성능평가를 하였다. 본 실험은 먼저 PC상에서 학습 및 테스트과정을 거친 후, 실제 완성된 시스템은 DSP TMS320C32를 사용하여 구현한 음성인식 보드에서 마지막 테스트를 하였다. Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3은 한 사용자의 명령어 “앞으로”의 음성파형, MFCC 특징벡터, 벡터양자화 결과를 보여준다.



외계 센서로부터 샘플링 주기 1000Hz 미만의 로봇 끝단의 위치 정보를 얻게 된다. 하지만 위치 정보만으로 일반적인 기구학적 해석 방식으로는 역기구학을 해석할 수 없다. 그러한 이유로 본 논문에서는 로봇 끝단의 오차를 마지막 피치방향의 회전 중심점의 오차로 변환하여 문제를 해결하였다. 비록 변형된 로봇의 하단 3개의 조인트로 인해 로봇 끝단의 방향벡터가 원하는 방향과 다를 수 있지만 로봇 끝단의 위치 오차가 작다면 그 변화도 작기 때문에 그로인한 방향벡터의 변화는 적을 것으로 예상된다.

5. 맺음말

본 연구에서는 음성인식 기법을 이용한 휴머노이드 로봇의 실시간 작업 동작제어에 관한 연구를 수행하였다. 구현된 음성인식시스템은 HMM을 이용하여 인식을 수행 할 경우의 오인식을 최소화하기 위한 후처리 과정으로 신경회로망의 일종인 방사 기저함수 신경회로망을 결합하여 보다 높은 인식률을 얻을 수 있는 HMM과 방사 기저함수 신경회로망의 시스템으로 구현하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] H. J. M. Steeneken and D. A. van Leenwen, "MultiLingual Assessment of speaker independent large vocabulary speech-recognition systems: SQUALE Project," Proc. EUROSPEECH-95, pp. 1271-1274
- [2] T. Matsuoka "Large-vocabulary continuous-speech recognition using Japanese business newspaper (Nikkei)" DARPA Speech Recognition Workshop, pp. 137 - 142, 1997
- [3] 김현민, "지능형 발이 부착된 인간형 로봇의 하체 개발," 경상대학교 공학석사 학위논문, 2010.
- [4] J. T. Spooner and K. M. Passino, "Stable adaptive control using fuzzy systems and neural networks," IEEE Trans. Fuzzy Syst., vol. 4, pp. 339-359, Aug. 1996.

고온내열환경 주단조물 이동작업을 위한 로봇 그리퍼 파지제어에 관한 연구

김희진¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

단순한 작업의 반복만을 요구하던 기존의 산업용 로봇에 사람의 기능과 같은 고기능을 부가하려는 노력이 커지고 있다. 첫 번째로 구동기를 핸드 밖, 팔뚝에 설치하는 방법이 있다. 이것은 핸드의 구조가 간단하고 큰 출력을 낼 수 있으며 가볍다는 장점이 있는 반면 다른 로봇의 팔에 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 다른 방법으로 모터나 공압 실린더를 대신 할 수 있는 출력이 크고 작고 가벼운 구동기를 개발하려는 시도가 있다. 그리고 최근에 초음파모터와 형상기억합금이 구동기로 사용된 예가 있다.

2. 본 론

Fig. 1에 나타나는 유연핸드의 운동범위는 손의 해부학적 결과에 의해 제한된다. 모델링 되는 인간 손가락의 해부학적 특징을 로봇 손가락의 동작에 반영하기 위해 관절 회전 각도를 인간 손가락 동작 범위에 맞추어서 설계할 수 있다.

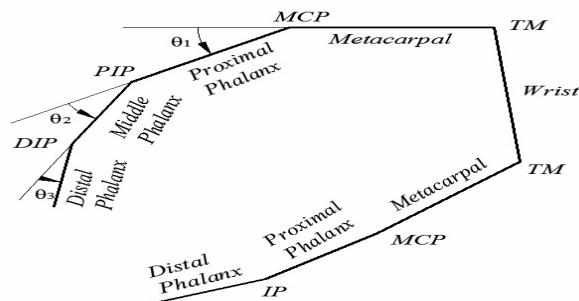


Fig. 1 Flexible handle range of motion

3. 실험 및 고찰

핑거 하나가 1자유도를 갖도록 설계하기 위해서 손가락의 회 운동은 무시되었고 중간과 끝 마디는 첫째 마디와 구속되었다. 다양한 기계요소들이 검토된 후에 핑거 마디 사이의 구속조건을 생성하기 위해 4절 링크를 사용하기로 결정하였다. 하지만 동작의 비선형성이나 토크의 변화는 기구학적 해석을 통해 예측될 수 있다. 마지막으로 각 손가락의 MCP 관절은 그리퍼에 고정된다고 가정하였다.

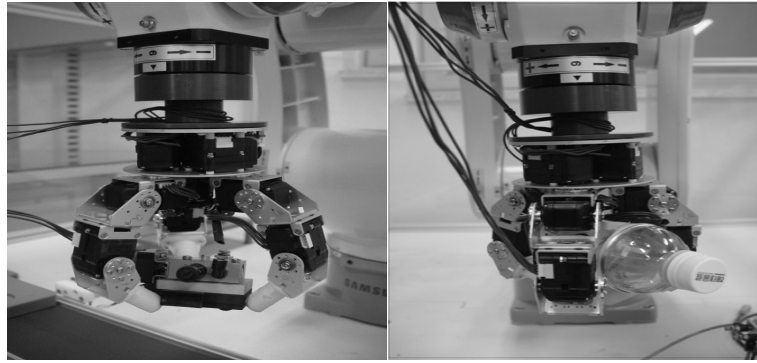


Fig. 2. The scheme of objects handling test

Fig. 2는 설계개념에서 의도되었던 다양한 파지 동작들을 보여준다. 그림에서 나타난 대로 자연스럽게 안정적인 쥘 동작들이 구현되었으며, 이것은 인간 손가락의 움직임에 대한 해부학적 데이터와 기구학적 분석에 근거한 설계가 로봇의 핸드를 제작하는데 있어서 효과적이라는 사실을 입증한다. 그리고 전체를 이용한 움켜잡는 동작을 취할 때 접촉점들이 그리퍼의 중앙에 있는 것이 더 안정적이기 때문에 핑거의 끝을 이용한 정밀한 파지를 위해 엄지의 위치가 가운데 핑거와 만나도록 부착되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 플라즈마 표면처리를 통한 고분자의 표면개질로 이종재간의 접착강도 향상을 위한 효과적인 방법임을 입증하였다. 또한 플라즈마처리 유·무에 따른 전단시험을 실시하여 접착강도에 대한 비교분석을 실시하였으며 본 논문의 연구내용을 정리하면 다음과 같다.

1. 플라즈마처리를 통한 HDPE표면에서의 최적의 친수성 경향을 나타내는 처리시간은 5 min이었으며 이때의 접촉각은 약 46 %가량 감소함을 알 수 있다.
2. HDPE/steel joint의 shear strength는 플라즈마표면처리 전에 비하여 처리한 경우 약 3000 %정도 향상되었음을 확인하였다.

본 연구로부터 플라즈마처리에 따른 재료의 표면개질은 HDPE의 표면에서 매우 효과적임을 알 수 있으며, 이는 플라즈마처리로 인하여 HDPE의 소수성표면에 친수성 산소기능기를 부여함으로써 접착강도를 크게 향상시키기 때문인 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 로봇비즈니스벨트조성사업의 일환으로 연구되었음.

[참 고 문 헌]

- (1) Tusty, J., Smith, S. and Zamudia. C., Operation Planning Based on Cutting Process Model, Annals of the CIRP, 39, pp. 517~521, 1990
- (2) Lee, E.S, Je, T.j, Ohmori H, Development of cylindrical grinding technology with electrolytic in-process dressing method, International Journal of the Korean Society of Precision Engineering. Vol.1, No.1, pp. 127~132, 2006

고온단조물 핸들링 작업용 6축 다관절로봇의 작업경로제어에 관한 연구

남택중¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

고온내열환경의 작업공정에서는 생산공정에 많이 적용되는 로봇의 형태는 크게 고 부하, 단순 반복 작업에 적합한 로봇과 제품의 형상이 복잡하고 작업반경이 커질 경우 사용되는 다관절 로봇 매니플레이터가 적합한 구조이다. 다관절 로봇은 구조상 고 부하가 요구되는 작업을 하기 위해서는 모터와 감속기의 용량과 부피가 커지고 이는 로봇 자체의 과열 등의 누적 부하로 작용한다. 기존의 제조용 로봇 매니플레이터는 이러한 연쇄적인 구조로 상기와 같은 문제점에서 벗어날 수가 없다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 강성을 매뉴 높이는 고온내열환경에서 적합한 6축 수직다관절로봇의 단조공정 작업경로제어방법에 대한 연구를 수행하였다.

2. 본 론

본 연구에서는 고온내열환경작업을 위한 고강성을 갖는 볼나사 구동 방식의 육절링크를 이용한 단조공정물의 핸들링을 위한 다관절 로봇 매니플레이터 경로제어에 관한 연구를 수행하였다. 이의 구조는 그림. 1 같이 구성된다. 본 논문의 6절 링크기구로 구성된 고강성을 갖는 새로운 형태의 구동기를 제안하고 이를 다관절형 로봇 매니플레이터에 적용하였다.

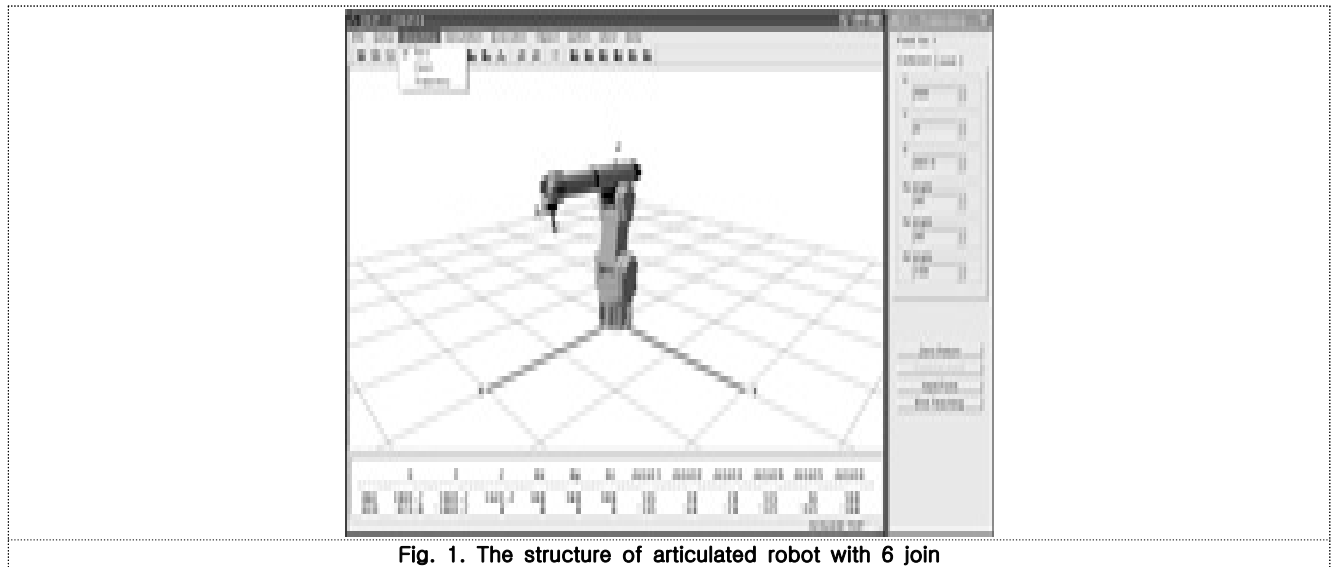


Fig. 1. The structure of articulated robot with 6 join

링크의 스프링력으로부터 발생하는 토크 T_u 를 구하면 다음과 같다.

$$T_u = \sum_{i=1}^2 \frac{k_i (\sqrt{L^2 + M^2 - 2LM\cos\theta} - L + M) + f_i LM\sin\theta}{\sqrt{L^2 + M^2 - 2LM\cos\theta}}$$

• 고온환경 내구성 구조

$$\tau_{2,i} = \frac{8K_i D_i F_{2,i}}{\pi d_i^3} \leq 71 \text{Kgf/mm}^2 \quad '$$

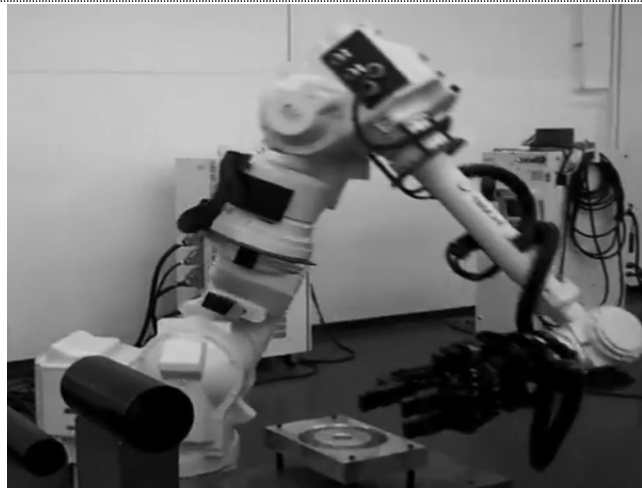


Fig. 2. The experiment set-up

동력 시뮬레이션 가 작동 시 최대로 압축되었을 때 의 전단 응력과 스프링 자체가 완전 압축되었을 때의 전단 응력을 각각 제한하여 응력 관점에서 안전성을 확보하도록 하였다.

로봇의 반복적인 작업으로 인하여 동력 시뮬레이션 의 스프링이 받는 피로하중에 대한 안전성 확보를 위하여, 동력 시뮬레이션 의 스프링 각각에 대한 수명을 20,000시간 이상이 되도록 제약 조건을 부과하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 고온내열환경작업공정용 수직다관절 로봇의 다관절로봇 단조품 핸들링 작업을 위한 작업 경로제어 설계에 관한 연구를 수행하였다.

사 사

본 연구는 로봇비즈니스벨트조성사업의 일환으로 연구되었음.

[참 고 문 헌]

- (1) Segla, S, Kalker-Kalkman, C. M. and Schwab, A. L., "Static Balancing of a Robot Mechanism with the aid of a Genetic Algorithm," Mechanism and Machine Theory, Vol. 33, pp. 163~174, 1988

내열환경 6축 수직다관절 로봇의 작업경로 및 궤적제어에 관한 연구

문정철¹
경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

산업의 대형화, 정밀화, 자동화가 급격히 이루어지면서 현재 산업현장에서 로봇의 존재는 필수적인 것이 되고 있다. 간단한 링크를 가진 로봇으로부터 고온환경의 주조 및 단조 그리고 정밀 부품의 핸들링 작업에 쓰이는 고정밀/다관절 로봇에 이르기까지 산업현장에서 로봇의 종류와 그 적용범위는 다양하게 되었다.

본 논문에서는 수직다관절 로봇의 동적 특성 분석에 대한 기본적인 사항에 대해서 분석하였다.

2. 로봇 아암의 동적 특성 분석

머니플레이터의 정적 평형상태를 유지하기 위해서는 머니플레이터 말단에는 큰 힘과 모멘트가 작용하여야 하고 정적 평형상태 유지 조건으로 각 링크에 작용하는 모든 외력, 모멘트의 합이 0이 되어야 한다.

머니플레이터 관절에서 외부 작업에 의해 발생하는 힘과 모멘트를 상쇄시킬 수 있는 일정한 크기의 힘과 토크를 가하여야 한다.

운동방정식에는 머니플레이터의 구체적인 운동을 구현하기 위해 필요한 관절토크를 계산하는데 방정식에는 Newton-Euler와 Lagrang방법이 있다.

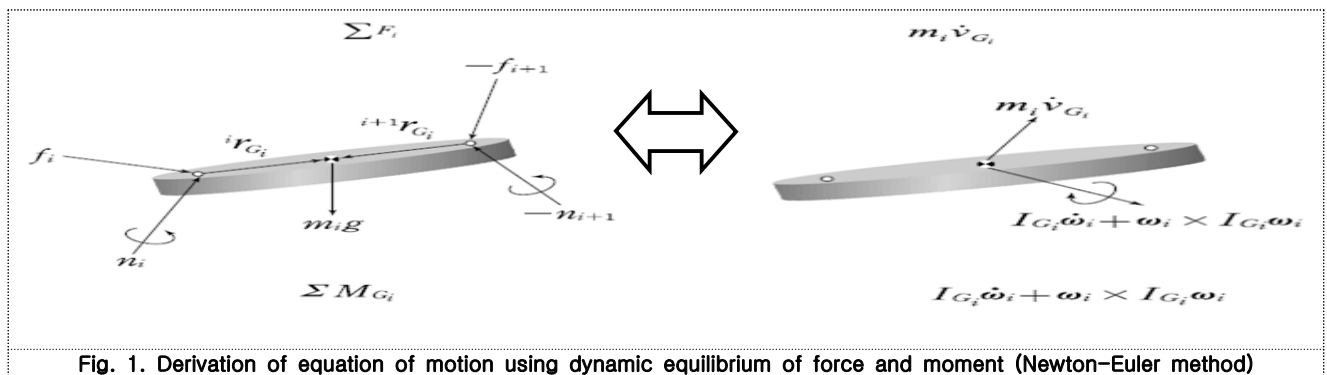


Fig. 1. Derivation of equation of motion using dynamic equilibrium of force and moment (Newton-Euler method)

힘 I모멘트의 동적 평형상태를 이용한 운동방정식을 유도한 머니플레이터 운동방정식의 일반적인 형태는

$$\tau = M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q}) + G(q)$$

여기서 M은 머니플레이터의 질량행렬을 뜻하고, 원심력과 코리올리 힘은 $C(q, \dot{q})$ 로 나타내고, $G(q)$ 는 중력에 의한 항을 말한다. 작업자가 원하는 로봇의 특정한 운동 경로를 직교좌표 공간에서 설계를 하여 역기구학을 통해 그 운동경로를 구현할 수 있는 각 관절 좌표(θ, d)값 및 그 미분 값($\dot{\theta}_1, \ddot{\theta}_1, \dot{d}_1, \ddot{d}_1$)계산을 하여

$\tau = M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q}) + G(q)$ 에 대입하면 설계된 운동경로를 구현할 수 있는 관절 토크의 값을 얻을 수 있다. 보관된 91개의 초음파 센서 데이터는 레이저 레인지 파인더의 91개의 데이터와 아래 식의 과정을 통해 조합된다.

$$d_\theta(t) = \begin{cases} d_{l,\theta}(t) + k(t), & 0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ \\ d_{s,\theta}(t), & 180^\circ < \theta < 360^\circ \end{cases}$$

여기서, U_r^p 는 제안된 척력 퍼텐셜을 의미한다.

3. 결 론

본 연구에서 제안된 로봇의 지능제어방법은 단위 명령 주기 동안의 방향 변화량 등은 로봇의 최적 조향 방향을 결정하기 위하여 성능 함수에 반영되며, 이 네 가지 요소에 대한 반영 정도는 각각의 가중치로 조정된다. 제안된 방법은 속도 및 가속도 제한 조건과 장애물에 대한 여유 있는 회피 동작이 구현도리 수 있도록 로봇의 속도 공간에서 직진 속도와 회전 속도의 명령을 구하여 로봇의 구동 명령을 사용하는 방법으로서 스마트 팩터리(Smart Factory)의 실현에 매우 효율적인 방법이다.

후 기

본 연구는 로봇비즈니스벨트조성사업의 일환으로 연구되었음.

[참 고 문 헌]

- (1) D. B. Westmore and W. J. Wilson, "Direct Dynamic Control of a Robot Using and End-Point Mounted Camera and Kalman Filter Position Estimation", Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pp. 2376-2384, 1991

주단조공정 자동화를 위한 수직다관절 로봇의 토크 제어에 관한 연구

박성규¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

본 논문에서는 알고리즘의 효율성이 잘 입증된 계산 토크 제어기의 구조를 유지하고 시스템의 강인성 증가를 설계전략의 목적으로 한다. 외란 입력 시 강인성을 가지고 비선형성을 다루는 능력이 있는 PID 타입 퍼지 제어기를 이용한 계산 토크 제어기를 제안하여 로봇 매니퓰레이터의 정확하지 못한 모델링과 변수의 변화에 민감한 문제점을 보상하여 추적오차를 감쇄시키고 외란에 의한 시스템의 성능감소를 최소화시켰다. 퍼지 제어기를 구성함에 있어 비례, 미분, 적분 오차를 이용한 3차원 규칙기반을 가진 퍼지제어기는 제어규칙을 얻기가 어렵고 또한 제어규칙의 수도 많으므로 PD와 PI 타입 퍼지 제어기를 병렬로 연결한 제어기를 구성하였다. 퍼지 제어기를 구성함에 있어서 퍼지 추론으로부터 얻어진 최종값은 입력에 대한 알맞은 결과값이 아니므로 이를 적당히 최적화시킬 필요가 있다. 최적화하기 위한 알고리즘은 간단하면서도 전역적 탐색능력이 우수한 것으로 알려진 진화알고리즘의 하나인 Evolution Strategy(ES)를 사용한다. 진화알고리즘은 자연의 적자생존의 원리와 생물학적 진화과정을 모방한 알고리즘이며, 단일한 해를 가지지 않고 여러 개의 해백터들로 구성된 해집단(population)을 형성해 탐색해 나간다. 이 ES에 의한 반복학습을 통하여 설계 파라메타를 최적화시킴으로써 로봇 매니퓰레이터가 궤적을 정확하게 추적 할 수 있도록 하는 퍼지 제어기 출력을 생성한다.

2. 본 론

2.1 퍼지 이론의 개요

퍼지 이론은 1965년 미국 버클리 대학의 L. A. Zadeh 교수에 의해 ‘퍼지 집합 이론(fuzzy set theory)’으로 처음으로 소개되어진 뒤 많은 분야에서 다용도로 그리고 빠르게 응용되어지고 있다. 퍼지 이론에서 컴퓨터가 인공적인 지능을 가지고 인간의 의사대로 수행하기 위해서는 인간이 사용하는 수치는 물론 언어적으로 애매한 표현들을 처리할 수 있도록 한다. 기존의 디지털 논리 체계는 0과 1의 개념이 확실한 반면 퍼지 논리(fuzzy logic)는 어떤 집합에 완전히 속하면 1, 완전히 속하지 않으면 0, 그 이외에도 0과 1사이의 값을 가지게 되며, 인간의 애매 모한 상황도 표현할 수 있는 것이 퍼지 논리 이론이다.

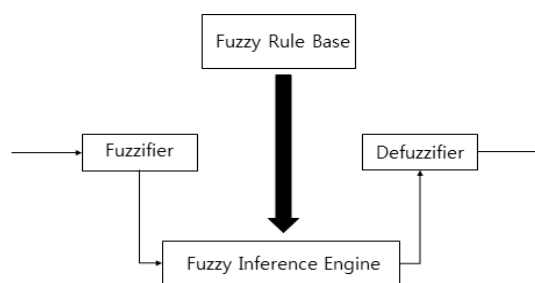


Fig. 1. Basic architecture of fuzzy controller

2.2 퍼지집합

퍼지 집합은 언어의 의미나 개념에서 알 수 있듯이 인간의 애매성을 정량적으로 나타내기 위한 집합의 개념이다. 퍼지 집합은 각 집합의 인자(element)가 어느 정도로 각 집합에 속하는 가를 소속함수를 이용해

나타내게 되는 것으로 정의 할 수 있는데 마치 한 사람이 자기 직장에 대한 만족도를 함수로 나타낸 것과 유사하다고 볼 수 있다.

퍼지 집합론에서 가장 기본적인 용어의 정의부터 알아본다.

- (1) 크리스프 집합(crisp set) : 집합의 각 원소가 집합에 속하거나 속하지 않는 두 가지 중의 하나로 결정되는 집합을 말한다.
- (2) 퍼지집합(fuzzy set) : 집합의 각 원소가 집합에 속하거나 속하지 않는 두 가지 중의 하나로 결정되지 않고 각각에 대한 소속 정도를 취하는 원소들로 구성되는 집합을 말한다. 즉 소속함수의 값이 0과 1 뿐만아니라, 0과 1 사이의 임의의 값을 가질 수 있도록 하는 집합이다.
- (3) 소속 함수(membership function) : 퍼지 집합의 각 원소들의 소속정도를 계산해 주고 숫자로서 나타내며 문자 ' μ ' 로 표시한다. 일반적으로 소속함수는 삼각형(triangle), 평행사변형(trapezoidal), 가우시안(Gaussian), 종(bell) 모양으로 결정한다.

2.3 퍼지 관계

퍼지 집합에서 확실히 이해해야 하는 문제는 집합과 집합간의 관계 즉 사건과 사건의 관계를 정의해 주는 퍼지 관계이다. 제어의 경우는 입력과 입력, 출력과 출력 또는 입력과 출력 관계 등이 어느 정도 상관관계가 있는지 정의 할 수 있는 것으로 볼 수 있다.

앞서 설명한 일반적인 크리스프 관계는 이들의 관계가 정확히 구분되는 것이 특징이다. 그러나 사람들의 관계가 어느 정도 '관계가 있다.', '관계가 전혀 없다.' 등과 같은 애매한 관계는 나타낼 수 없다. 이에 비해 퍼지 관계는 이들 관계의 정도를 0에서 1의 숫자를 이용해 수치로 나타낼 수 있다. 이것이 퍼지 관계이다. 따라서 퍼지 관계는 $X \times Y$ 의 직접 집합 위에 퍼지 집합을 형성하는 것이 되므로 이 때의 소속함수를 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mu_R : X \times Y \rightarrow [0, 1] \quad (1)$$

3. 결 론

본 연구에서는 로봇 매니퓰레이터의 궤적 제어시에 사용되는 PID 계산 토크 제어기의 단점을 보완하기 위하여 퍼지 제어를 사용한 계산 토크 제어기를 제안하였다. 제안된 제어기는 병렬 구조를 가지는 PI와 PD 퍼지 제어기가 계산 토크 제어기에 사용되어진다. 병렬 퍼지 제어를 구성함으로 인해서 제어규칙의 수를 줄이고 간편화할 수 있었다. 퍼지 제어를 구성함에 있어 퍼지 멤버쉽 함수와 PI, PD 퍼지 출력 scaling factor를 ES알고리즘에 의해 최적화 하였다.

제안된 제어기의 효율성을 입증하기 위해서 로봇 매니퓰레이터가 불확실성과 외란이 존재하는 경우에 대해 실험하였다. 실제 실험을 통하여 단순히 계산 토크 제어기만을 사용했을 경우와 제안된 제어기의 비교를 통해서 제안된 제어기가 우수한 성능을 가짐을 확인하였다. 그리고 명령입력이 변화된 다른 환경에서도 고정이득 계산 토크 제어기보다 제안된 제어기가 더 나은 성능을 나타냄을 보였다.

후 기

본 연구는 로봇비즈니스벨트 사업의 일환으로 연구되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] 류창렬, cockdgus, 김상희, 임재춘, "간편 간접추론 퍼지 PID 제어를 이용한 2×2 상호 결합 공정 제어," 제 14회 자동제어학술회의 논문집, 1999.
- [2] F. L. Lewis, C. T. Abdallah, and D. M. Dawson, Control of Robot Manipulators, Macmillan Publishing Company, 1993.

주단조물의 이송 및 정렬작업을 위한 수직다관절 로봇의 작업경로제어에 관한 연구

박세빈¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. Introduction

This paper describes a new approach to path control and planning system and real-time implementation using digital signal processors for robotic manipulators to achieve the improvement of speediness, repeating precision, and tracking performance at the joint and cartesian space (forging process automation). This paper is organized as follows : In Section II, the dynamic model of the robotic manipulator is derived. Section III derives control algorithm Section IV presents simulation and experimental results obtained for a dual-arm robot. Finally, Section V discusses the findings and draws some conclusions.

2. Dynamic Modeling

Let us now consider payload in the manipulator dynamics. Suppose that the manipulator end-effector is firmly grasping a payload represented by the point mass ΔM_p . For the payload to move with acceleration $\ddot{X}(t)$ in the gravity field, the end-effector must apply the $n \times 1$ force vector $T(t)$ given by

$$T(t) = \Delta M_p [\ddot{X}(t) + g] \quad (1)$$

where g is the $n \times 1$ gravitational acceleration vector.
The end-effector requires the additional joint torque

$$\tau_f(t) = J(q)^T T(t) \quad (2)$$

where superscript T denotes transposition. Hence, the total joint torque vector can be obtained by combining equations (1) and (2) as

$$J(q)^T T(t) + D(q) \ddot{q} + N(q, \dot{q}) + G(q) = \tau(t) \quad (3)$$

In order to cope with changes in operating point, the controller gains are varied with the change of external working condition.

This yields the adaptive control law

$$\begin{aligned} \tau(t) = & [P_A(t) \ddot{q}_r(t) + P_B(t) \dot{q}_r(t) + P_C(t) q_r(t)] \\ & + [P_V(t) \dot{E}(t) + P_P(t) E(t) + P_I(t)] \end{aligned} \quad (4)$$

where $P_A(t)$, $P_B(t)$, $P_C(t)$ are feedforward time-varying adaptive gains, and $P_P(t)$ and $P_V(t)$ are the feedback adaptive gains, and $P_I(t)$ is a time-varying control signal corresponding to the nominal operating point term, generated by a feedback controller driven by position tracking error $E(t)$ defined as $q_r(t) - q(t)$.

3. Experiment and results

The model chosen for simulation is a two-link planar robot manipulator. In computer simulations, we select all parameters, desired trajectory, sliding surface, control constant, friction, disturbance, and the payload variation.

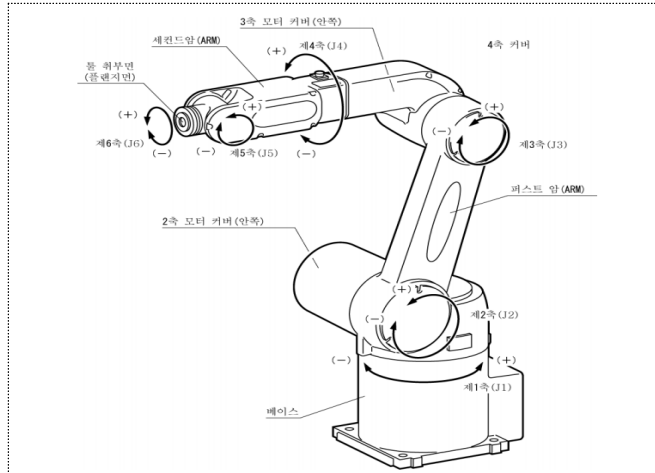


Fig .1 The coordinate frame of articulated robot manipulator

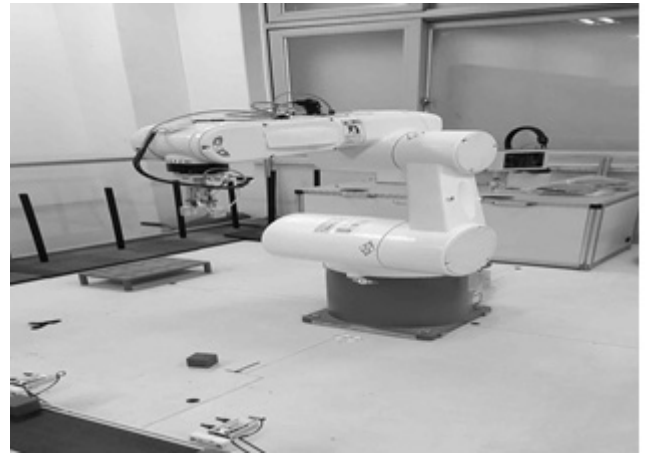


Fig .2 The experimental scene of articulated robot for handling task of forging objects.

4. Conclusions

This adaptive controller has been found to be suitable to the real-time control of robot system. A novel feature of the proposed scheme is the utilization of an adaptive feedforward controller, an adaptive feedback controller, and a PI type time-varying control signal to the nominal operating point which result in improved tracking performance. Another attractive feature of this control scheme is that, to generate the control action, it neither requires a complex mathematical model of the manipulator dynamics nor any knowledge of the manipulator parameters and payload. The control scheme uses only the information contained in the actual and reference trajectories which are directly available.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was performed by project of the robot business belt construction enterprise.

[Reference]

- [1] S. H. Han, J. Lee, D. Ahn, M. Lee, and K. Son, July, "Implementation of Robust Adaptive Controller of Robotic Manipulator using DSPs, "In Proceedings of Eleventh International Conference on System engineering, Lasvegas, pp. 668-673, 1996.
- [2] J.-G. Yim, J. S. Yeon, and J. H. Park, "Robust Control using Recursive Design Method for Flexible Joint Robot Manipulator," Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 3805-3810, 2007.
- [3] B.Band., T.C.M, M.U. "Modeling, control and implementaion of smart structures", Springer verlag, 2007.
- [4] Siavikko, L. and Siciliano, B., "Modelling and Control of Robot Manipulators," Springer, 1999.
- [5] Lee, E.S, Je, T.j, Ohmori H, Development of cylindrical grinding technology with electrolotic in-process dressing method, International Journal of the Korean Society of Precision Engineering. Vol.1, No.1, pp. 127~132, 2006.

생산자동화를 위한 수직다관절 로봇의 모방동작제어에 관한 연구

배호영¹
경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

산업용 로봇에 대한 연구는 로봇 공학의 역사만큼이나 오래되었으며 또한 오랜 역사만큼이나 다양한 연구가 진행되었다. 제어분야만 보더라도 PID 제어, 강인제어, 적응제어뿐만 아니라 지능제어까지 산업용 로봇을 대상으로 연구되었다. 하지만 실제 산업현장에서 사용되고 있는 제어방법으로는 PID제어가 대부분이며 진동을 해결하기 위한 제진제어기 그리고 일부 힘 제어 등이 적용되고 있다. 그 이유는 복잡한 제어기는 많은 계산 시간 및 경제적인 이유로 현장에서 사용할 수 없기 때문이다. 또한 일정한 조건을 만족하는 실험실에서만 가능한 연구도 많이 있다. 본 논문에서는 실제 로봇에의 적용성을 높이기 위해 제어기 변경 없이 반복학습제어 알고리즘을 이용하여 로봇의 추종 궤적을 변경하고 로봇 끝단의 궤적 추종 오차를 향상시킨다. 로봇 끝단의 위치정보를 얻기 위해서는 외계센서를 이용하였으며 이를 로봇 하단 3자유도의 궤적을 변경시키는데 이용하였다.

2. 학습제어 기법

그 파라미터의 불확실성 및 조인트 강성에 의한 로봇 끝단의 궤적 추종 오차를 줄이기 위해 본 논문에서는 반복 학습 제어를 이용한 궤적 정보를 수정하게 된다. 반복학습제어란 반복된 일련의 작업에서 전번실행에서 발생한 오차를 다음번의 제어를 위해 이용하는 방식으로 여러 번의 반복된 학습제어에 의해 원하는 오차를 매우 작은 범위까지 줄일 수 있는 제어방식이다.

반복학습제어를 구조적으로 분류하면 크게 제어입력을 학습하는 방식과 추종궤적을 학습하는 방식이 있다. 본 논문에서는 제어기 자체의 변화 없이 제어 성능을 향상시키기 위해 후자의 제어 방식을 이용하게 된다. 본 논문에서는 Heuristic ILC를 이용한 7축 로봇의 제어로 로봇 추종 궤적이 매회 제어가 거듭 될수록 다음과 같이 변환된다.

$$\mu_{k+1}^{REF} = Q(\mu_k^{REF} + L e_k) \quad (1)$$

여기서 L은 학습 계인으로 0과 1사이의 값이며 또한 시간 지연을 하게 되며, Q는 butterworth filter로 외란을 제거하게 된다. 그리고 e_k 는 궤적오차로 로봇 끝단의 궤적과 외계 센서에 의해 지정된 실제 로봇의 위치의 차이이다. 식 1에서 μ_{k+1}^{REF} 는 k번째 학습을 통해 얻어진 추가되는 궤적 변환 값이다. 결과적으로 k+1번째 궤적 정보 y_{k+1}^{REF} 는 다음과 같다.

$$y_{k+1}^{REF} = y_d + \mu_k^{REF} \quad (2)$$

결국 실 제어기(PID)에 사용하는 에러는 변경된 궤적과 실제 엔코더에 의해 얻어진 조인트 위치 값이 된다. 외계센서에 의해 얻어진 정보를 이용한 학습제어 알고리즘을 블록다이아그램으로 표현하면 다음과 같다.

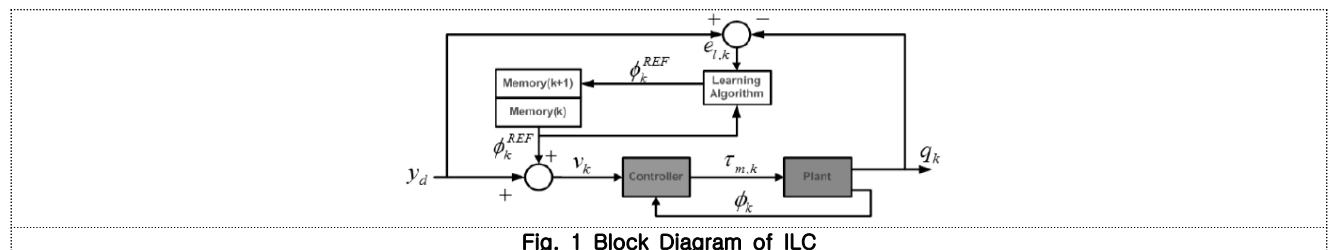


Fig. 1 Block Diagram of ILC

3. 모의실험 및 고찰

파라미터의 불확실성 및 조인트 강성에 의해 로봇을 정밀하게 주어진 궤적에 대해 제어 하였을 때도 로봇 끝단의 위치는 원하는 위치로 가지 못하는 경우가 대부분이다. 그러한 이유로 외계 센서로부터 얻은 로봇 끝단의 위치 정보를 이용하여 역기구학을 통해 기존의 조인트별 궤적을 변경하게 된다.

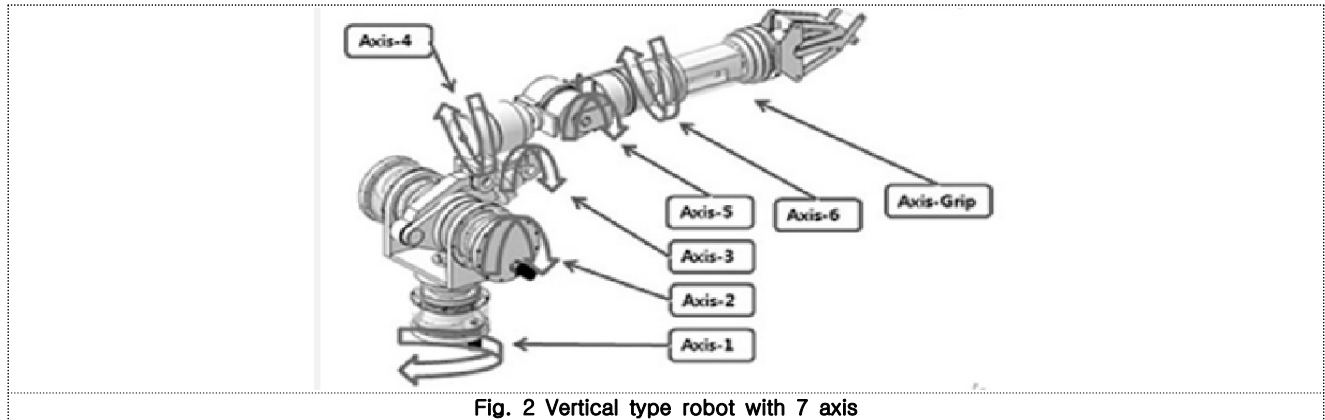


Fig. 2 Vertical type robot with 7 axis

외계 센서로부터 샘플링 주기 1000Hz 미만의 로봇 끝단의 위치 정보를 얻게 된다. 하지만 위치 정보만으로 일반적인 기구학적 해석 방식으로는 역기구학을 해석할 수 없다. 그러한 이유로 본 논문에서는 로봇 끝단의 오차를 마지막 피치방향의 회전 중심점의 오차로 변환하여 문제를 해결하였다. 비록 변형된 로봇의 하단 3개의 조인트로 인해 로봇 끝단의 방향벡터가 원하는 방향과 다를 수 있지만 로봇 끝단의 위치 오차가 작다면 그 변화도 작기 때문에 그로인한 방향벡터의 변화는 적을 것으로 예상된다.

4. 결 론

단조공정무인자동화를 위한 로봇의 정밀한 제어를 하기 위해서는 좋은 제어기가 필요하다. 하지만 제어기의 교체없이 로봇의 파라미터 및 강성에 의한 로봇의 추종오차를 본 논문에서는 외계센서로부터 얻은 로봇 끝단의 정보를 이용하여 반복 학습 제어 알고리즘으로 궤적을 변경함으로써 얻을 수 있었다. 학습 횟수가 증가할수록 로봇이 끝단 정밀도는 크게 증가하였다. 본 논문에서는 외계센서를 통해 얻어진 정보를 조인트 궤적의 변환 값으로 변경하는데 있어 위치 오차로의 환산만을 하였다. 앞으로는 적은 외계센서 데이터 개수로부터 로봇끝단의 회전 오차까지 줄일 것인가에 대한 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- (1) T.-J. Ha, J. Lee and J. H. Park, "Robust Control by Inverse Optimal PID Approach for Flexible Joint Robot Manipulator," Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics, pp. 336-341, 2007
- (2) M. kritic, I. Kanelleakopoulos, and P. Kokotovic, "online and Adaptive Control Design," Wiley-Interscience Publication, 1995
- (3) J.-J. E. Slotine, and W. Li, "n the Adaptive Control of Robot Manipulators ." The International Journal of Robotics and Research. Vol. 6, No. 3, pp. 49-59, 1987
- (4) J.-G. Yim, J. S. Yeon, and J. H. Park, "Robust Control using Recursive Design Method for Flexible Joint Robot Manipulator," Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 3805-3810, 2007

학습기반 휴머노이드 로봇 실시간 워킹제어 구현에 관한 연구

백영태¹
경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

본 논문에서는 2족 보행로봇을 제작하고 신경회로망을 이용하여 로봇의 자세 제어를 구현한다. 신경회로망은 학습 및 일반화가 가능한 특성이 있기 때문에 2족 보행로봇처럼 복잡하고 불확실한 시스템을 모델링하거나 제어하는데 적합한 특성을 갖는다. 제어 시스템의 응답특성곡선을 활성화 함수로 사용하는 학습기반 신경회로망 제어 시스템을 구현하여, 시스템의 고유한 특성에 관한 사전의 정보가 없이도 신경회로망의 특성을 이용하여 제어 환경의 변화에 스스로 로봇을 제어할 수 있도록 한다. 또한 기구적인 요인에 의해 생기는 오차 역시 로봇 스스로 학습할 수 있도록 하여 제작자가 이를 고려하지 않도록 한다.

2. 작업동작 학습제어

2족 보행로봇이 3차원 공간상에서 모든 동작 및 보행이 가능하기 위해 필요한 자유도는 각 다리별로 6자유도이다. 그림 2.1은 일반적인 2족 보행로봇의 하체 구조를 나타내고 있다.

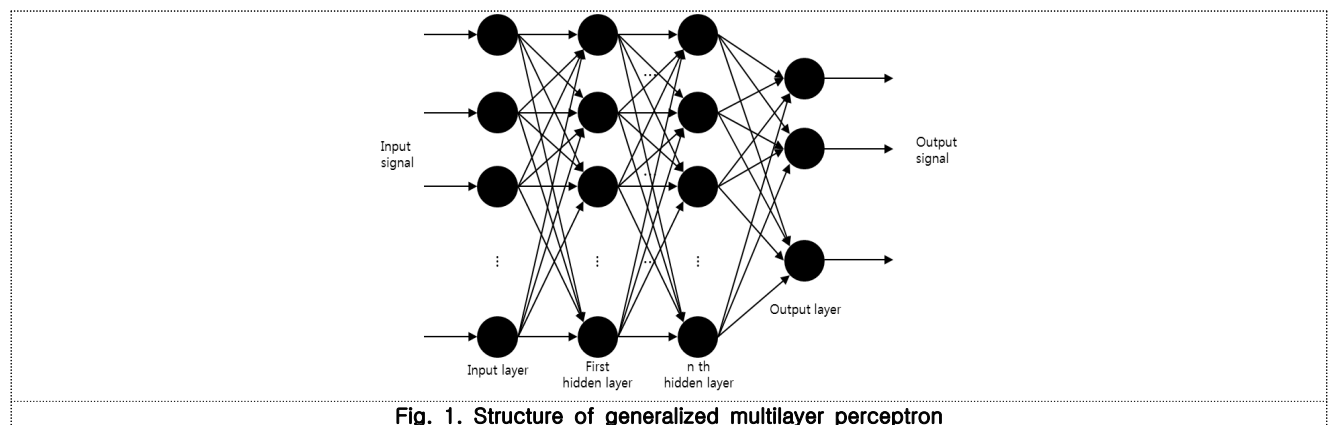
일반적인 2족 보행로봇은 골반에 3자유도, 무릎에 1자유도, 발목에 2자유도를 갖도록 제작된다. 각 조인트의 회전축은 기구 해석을 쉽게 하기 위해 서로 평행하거나 수직 관계에 있도록 한다. 기준 좌표계의 원점의 위치나 축의 방향은 제작자가 해석이 편하도록 임의로 정한다.

각 조인트의 각도는 오른발일 경우 $\theta_{r1} \sim \theta_{r6}$ 으로 나타내었으며 왼발일 경우 $\theta_{l1} \sim \theta_{l6}$ 으로 나타내었다. 각도의 번호는 골반에 가까운 쪽으로부터 1씩 증가한다.

본 논문에서 사용한 신경망은 다층 퍼셉트론으로서 입력층, 은닉층, 출력층으로 이루어진다. Fig. 1은 일반화된 다층 퍼셉트론의 구조이다. 여기서 회색의 원은 뉴런을 뜻하며 같은 열에 있는 뉴런들은 하나의 층을 이룬다. 각 뉴런에서는 아래 식과 같은 연산이 수행된다.

$$v_k = b + \sum_{i=1}^n w_{ki} x_{ki}$$

$$y_k = \phi(v_k)$$



각 뉴런에서는 입력과 가중치를 곱한 값을 합산한 결과에 바이어스 b 를 더한다. 이 값을 활성화 함수인 $\phi()$ 를 거친 결과가 그 뉴런의 출력이 된다. 이러한 과정은 같은 층 내에서는 모든 뉴런에 동시에 일어나게

되며 입력층에 가까운 층에서부터 순서대로 출력층 쪽으로 진행된다. 이러한 과정을 통해 입력으로부터 출력을 구하게 된다.

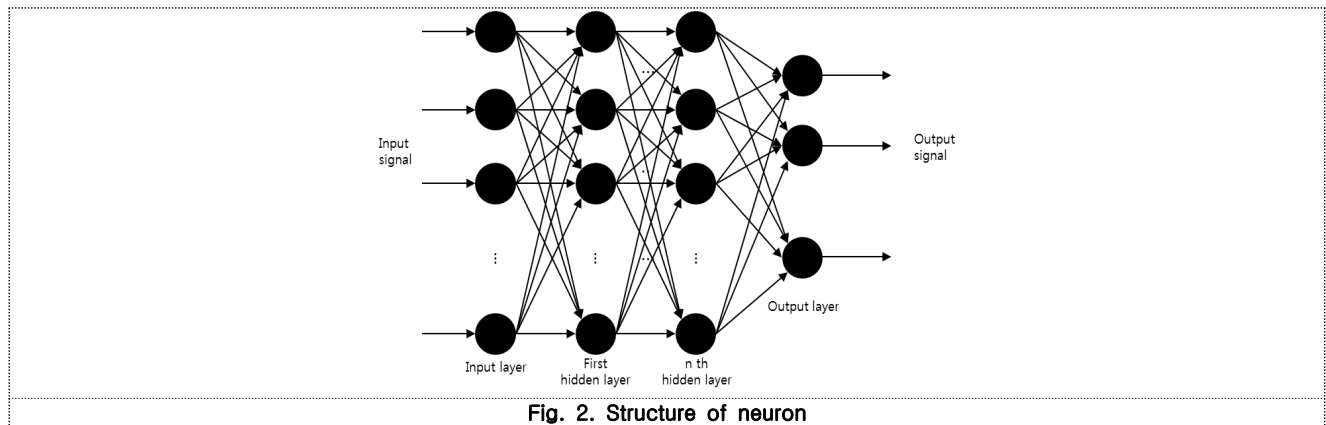


Fig. 2. Structure of neuron

3. 결 론

본 논문에서는 학습제어 알고리즘을 사용하여 18자유도를 가지는 이족 보행 로봇의 음성명령제어에 관한 연구를 수행하였다. 제안된 학습제어 시스템의 성능은 PID 제어 시스템과 비교하여 결과를 고찰하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) Sylvain Miossec, Yannick Aoustin, "A Simplified Stability Study for a Biped Walk with Underactuated and Overactuated Phases," the International Journal of Robotics Reserch, vol 24, no. 7, pp. 537-551, 2005
- (2) Tang, Z., Zhou, C. and Sun, Z., "Trajectory Planning for Smooth Transition of a Biped Robot," Proc Int. conf. on Robotics & Automation, pp. 2455-2460, 2003
- (3) Bebek, O, Erbatur, K, "A Gait Adaptation Scheme for Biped Walking Robots," AMC '04. The 8th IEEE International Workshop on 25-28, pp.409-414, 2004
- (4) J. Park and Y. Youm, "General ZMP Preview Control for Bipedal Walking," in Proc. of IEEE Int. conf. on Robotics and Automation, pp. 2682-2687, 2007

휴머노이드 로봇의 보행궤적 알고리즘 개발에 관한 연구

오창근¹
경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

휴머노이드(humanoid)의 안정적이고 자연스러운 보행궤적을 안정하게 추종하는 제어문제, 기구적 설계 등에 초점을 두고 연구가 활발히 진행 되고 있으며 많은 연구 결과들이 발표되고 있다. 이와 같은 기존 연구들은 빠른 계산과 보행 동작의 정확성을 위해 보행 중 발바닥이 항상 지면과 평행하도록 하며, 발목과 골반의 부드러운 궤적 생성에 중점을 두었다. 그러나 이와 같이 발목과 골반 궤적 중심의 보행 패턴 생성은 발목을 사용하더라도 측면 궤적만을 고려하기 때문에 실제 구현 시 발목과 골반을 좌우로 움직이지 않고 상체에 질량체를 두고 좌우로 이동시키면서 무게 중심을 잡게 되므로, 발목과 골반을 좌우로 흔들면서 무게 중심을 이동하는 인간의 보행 모습과는 차이가 있다. 특히 골반 궤적이 이러한 곡선을 따르기 위해서는 무릎을 항상 구부리고 있어야 하기 때문에 보행에 불필요한 전력을 소비하게 되며 또한 모터에 부담을 가중시키게 된다.

따라서 본 논문에서는 안정적인 로봇의 보행을 위해 보행 중 발목의 효과적인 적용 방법을 제시하고, 발목과 골반의 궤적에 중점을 둔 기존의 보행 방법과 달리, 보행 중 형성되는 지면에 투영된 무게 중심이 발바닥의 가장 안정한 점에 위치하도록 궤적을 우선 생성하고, 생성된 궤적에 위치하기 위한 발목과 골반 궤적을 생성하는 방법을 제시한다. 또한 이를 구현하기 위하여 발에 기능적인 구조를 갖는 28자유도의 소형 휴머노이드 로봇 보행 알고리즘에 의한 보행이 기존 보행 방법의 안정을 확인하고자 한다.

2. 본 론

본 논문에서 제안한 보행 궤적생성 알고리즘은 Fig. 1과 같은 과정들에 의해 수행된다. 우선 휴머노이드 로봇이 효과적으로 발목을 사용하는 보행 패턴을 생성하고, 보행 중 발바닥의 안정 영역에서 가장 안정한 궤적을 생성한다. 그리고 휴머노이드 로봇의 무게 중심이 이미 생성된 궤적을 추종하도록 발목과 골반 궤적을 형성하여 정적 보행 시 가장 안정한 보행을 가능하게 한다. 즉, 발목을 사용함으로써 보행 중 무릎이 가장 많이 굽혀지는 구간에서 무릎을 적게 굽히도록 하여 보행 시 전력 소비를 줄이고, 구간별로 발목과 골반 궤적을 생성하여 보행 중 무릎이 항상 굽혀있지 않도록 하여 보행 중 전체 전력 소비를 줄인다. 이와 같은 방법에 의해 구한 발목과 골반 궤적의 좌표들은 기존의 역삼각 함수나 3차 스플라인 보간법 등을 사용하여 각도로 변환하거나 직접 구간별로 테이블에 입력할 수 있다.

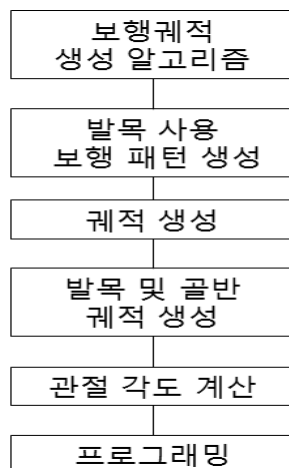


Fig. 1. 보행궤적생성 알고리즘

3. 결 론

본 논문에서는 휴머노이드 로봇의 보행 안정 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 궤적을 먼저 생성하고 생성된 궤적에 따른 발목보행 궤적을 구간별로 생성함으로써 휴머노이드 로봇이 보행 중 항상 안정적인 자세가 되는 알고리즘을 제안하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) S. M. Song and K. J. Waldron, "An Analytical Approach for Gait Study and Its Application on Wave Gait," Int. Jour. of Robotics Res. Vol. 6. No.2 pp. 60-71, 1987.
- (2) I. W. Park, J. Y. Kim, J. H. Lee, J. H. Oh, "Mechanical Design of Humanoid Robot Platform KHR-3," Proc. of IEEE-RAS Int. Conf. on Humanoid Robots, Vol. 5, pp. 3210326, 2005.
- (3) H. Choi, "Dynamixs Modeling and Analysis of a Biped Walking Robot Actuated by a Closed-Chain Mechanism," Journal of Robotic System, Vol. 21, No. 12, pp. 635-649, 2004.
- (4) Y. Ogura, H. O. Lim, A. Takanishi, "Development of a Human-like Walking Robot Having Two 7-DOF Legs and a 2-DOF Waist," Proc. of Int. Conf. on Robotics & Automation, pp. 134-139, 2004.
- (5) Q. Huang, K. Yokoi, S. Kajita, K. Kaneko, H. Arai, "Planning Walking Patterns of a Biped Robot," IEEE TRANS. on Robotics and Automation, Vol. 17, No. 3, pp. 280-289, 2001.

퍼지추론을 이용한 이동로봇의 지능제어 알고리즘 개발

윤인균¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

이동로봇의 제어에서는 로봇 구동축의 중심점과 로봇의 무게중심점이 일치하는 이상적인 경우를 가정으로 제어기를 설계한다. 그러나, 본 로봇은 차체의 폭과 길이가 크기 때문에 양 중심점의 거리차를 무시하는 일반적 가정에 대하여 설계된 제어 이론을 적용할 수 없다. 따라서, 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 양 중심점 사이의 거리차(d)를 포함하여 운동학적 모델링을 수행하고, 이를 고려함으로써 로봇 자세 및 속도의 응답에 발생하는 과도상태 오차를 분석한다. 이를 위하여, 비선형 시스템에 적용이 용이하며, 외란에 대하여 견실한 제어 특성을 갖는 지능 제어기를 유도하여 기존의 PI 이득을 조정하는데 응용한다.

2. 본 론

이동로봇은 변형되지 않는 바퀴를 장착하여 로봇의 위치/속도 변위 문제에 대해 현재 자세를 판단하여 기준 궤적에 따라 조향하며 주행하는 것을 목적으로 한다. 따라서, 이와 같은 로봇의 주행/조향제어를 위해 로봇의 중심점에 대해 기구학적 모델링을 한다. Fig. 1은 로봇의 중심에 대한 기구학적 모델링을 위해 위치 좌표계를 나타낸 그림이다.

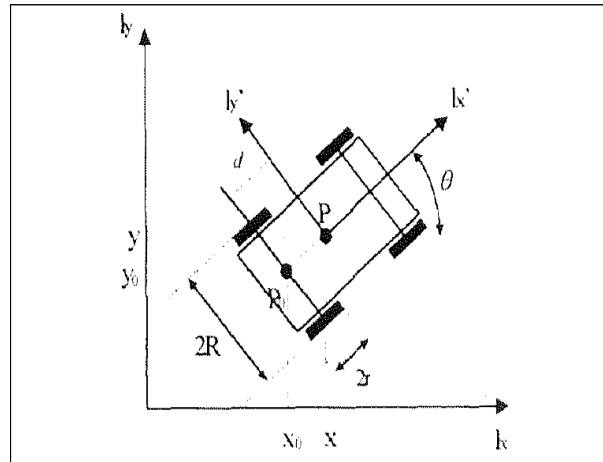


Fig. 1. 이동로봇 좌표계

이동로봇의 기구학적 모델링에서는 구동축의 중심점을 로봇의 중심점과 일치한다고 가정하고 두점 사이의 거리차를 0으로하는 이상적인 경우를 통하여 제어 입력을 설계한다. 그러나, 본 모바일 로봇은 차체 폭과 길이가 크기 때문에 거리차를 무시하는 일반적 가정에 대한 적용이 불가능하다. 따라서, 본 논문에서는 제작된 모바일 로봇의 주행/조향제어의 영향을 미치는 거리차 d를 포함하여 기구학적 위치상태식을 주행 선속도와 조향 각속도의 제어입력 $v = [v, w]^T$ 에 의한 중심점 P의 상태 행렬로 식(1)와 같이 나타낸다.

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta - d\sin\theta \\ \sin\theta + d\cos\theta \\ 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ w \end{pmatrix} \quad (1)$$

그리고, 식2의 중심점 $P = [xy\theta]^T$ 가 기준점 $P_r = [x_{ref}, y_{ref}, \theta_{ref}]^T$ 을 추종하는 식의 고정 좌표계의 오차벡터 e_p 를 천이 행렬 T_c 에 의해 식(2)와 같이 운동좌표에 대한 오차 벡터로 정의한다.

$$\begin{pmatrix} e_x \\ e_y \\ e_\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_x \cos\theta + e_y \sin\theta \\ -e_x \sin\theta + e_y \cos\theta \\ e_\theta \end{pmatrix} \quad (2)$$

여기서, e_p^c 는 운동좌표 I_x, I_y 상의 오차로 e_x 는 구동방향 오차, e_y 는 e_x 에 수직하는 측면방향 오차 그리고, e_θ 는 회전각 오차를 나타낸다. 그리고, 식(2)의 운동좌표상의 오차를 시간 t에 대해 미분하면 식 (3)와 같다.

$$\begin{pmatrix} \dot{e}_x \\ \dot{e}_y \\ \dot{e}_\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e_y - v + v_{ref} \cos e_\theta - dw_{ref} \sin e_\theta \\ -e_x - dw + v_{ref} \sin e_\theta + dw_{ref} \cos e_\theta \\ w_{ref} - w \end{pmatrix} \quad (3)$$

Table1. 비례이득에 대한 퍼지규칙

	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	B	B	B	B	B	B	B
NM	S	B	B	B	B	B	S
NS	S	S	B	B	B	S	S
ZO	S	S	S	B	S	S	S
PS	S	S	B	B	B	S	S
PM	S	B	B	B	B	B	S
PB	B	B	B	B	B	B	B

Table2. 미분이득에 대한 퍼지규칙

	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	S	S	S	S	S	S	S
NM	B	B	S	S	S	B	B
NS	B	B	B	S	B	B	B
ZO	B	B	B	B	B	B	B
PS	B	B	B	S	B	B	B
PM	B	B	S	S	S	B	B
PB	S	S	S	S	S	S	S

4. 결 론

본 연구에서는 이동 로봇의 위치제어를 위하여 위치추정 센서를 이용 측정된 로봇 중심점에서 구성된 정적위치상태가 기준위치를 추종하는데 있어 본 연구에서는 두 중심점과 측정된 로봇 중심점 사이의 거리차를 고려함으로써 로봇의 주행과 조향을 제어하는 제어입력을 퍼지 PI알고리즘을 이용 설계하였다. 그리고 제안된 퍼지 PI제어의 성능을 각각 기준 직선운동과 원운동에 대해 모의실험으로 검증해보았다. 이를 통해 본 연구에서 제안된 퍼지 PI알고리즘이 모바일 로봇의 위치제어에 있어 초기 추종 특성이 우수함을 예증하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) Kevin M. Passino, and Stephen Yurkovich, Fuzzy Control, Addison Wesley Longman. 1998.

자율주행로봇의 위치 및 속도제어에 관한 연구

이민환¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

최근 산업현장에서는 외부의 환경을 인식하면서 사람을 대신하여 여러 가지 작업물을 운반하고 이동할 수 있는 자율주행로봇을 절실히 필요로 하고 있다. 생산현장의 공장 자동화의 추세에 부응하여 무인 운반차 시스템 및 건설현장의 미장용 로봇, 3D환경의 위험물질 처리로봇등 많은 분야에서 적용이 가능하게 할 것이다. 본 연구에서는 FA용 자율주행로봇의 지능제어에 관한 연구를 수행하기 위해 자율주행 로봇의 모델링, 제어알고리즘 및 장애물 회피와 음성명령에 의한 자율주행 로봇의 지능제어에 대하여 연구하고 실험 결과를 통해 분석고찰 한다.

2. 자율주행 로봇의 모델링 및 장애물 회피

제시한 자율주행로봇은 두 개의 독립 구동바퀴를 가지며 평면상에서 정확히 움직이며 좌표계는 평면에 고정되었다고 가정한다.

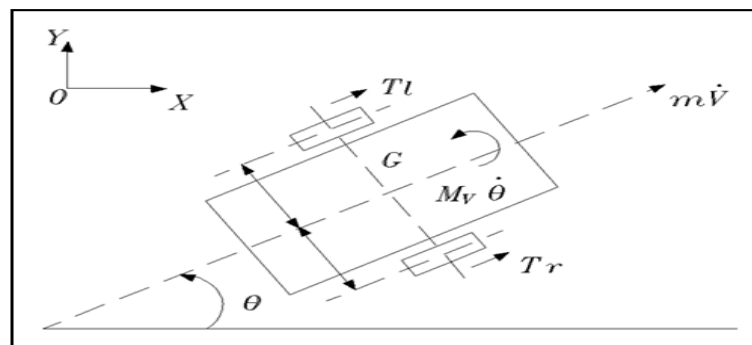


Fig 1. Structure of mobile robot

초음파 센서의 최대 측정거리까지 측정을 가능하도록 하기 위해서는 타이머 인터럽트 시간을 35ms 이상으로 만들어 줘야한다. 그래서 Fig. 2의 순도서와 같이 count상수를 두고 몇 번 카운트 했는지를 확인하여 시간을 만들어주었고, 또한 거리의 편리성을 위해 45cm 간격으로 거리측정이 가능토록 하였다.

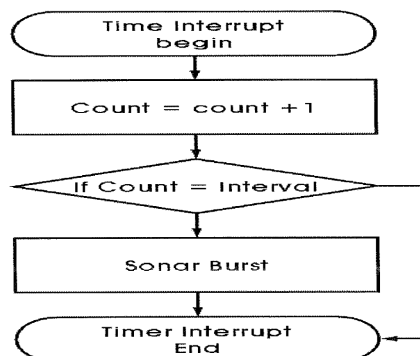
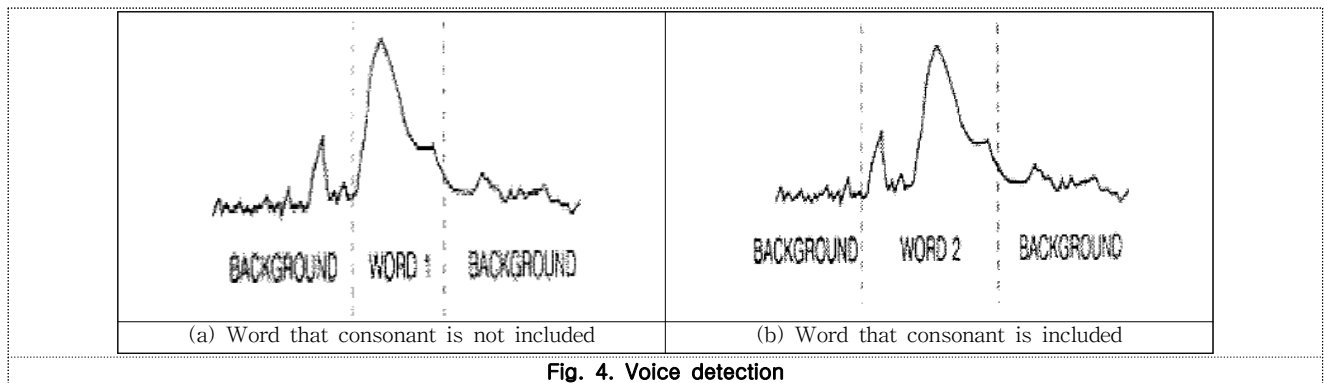
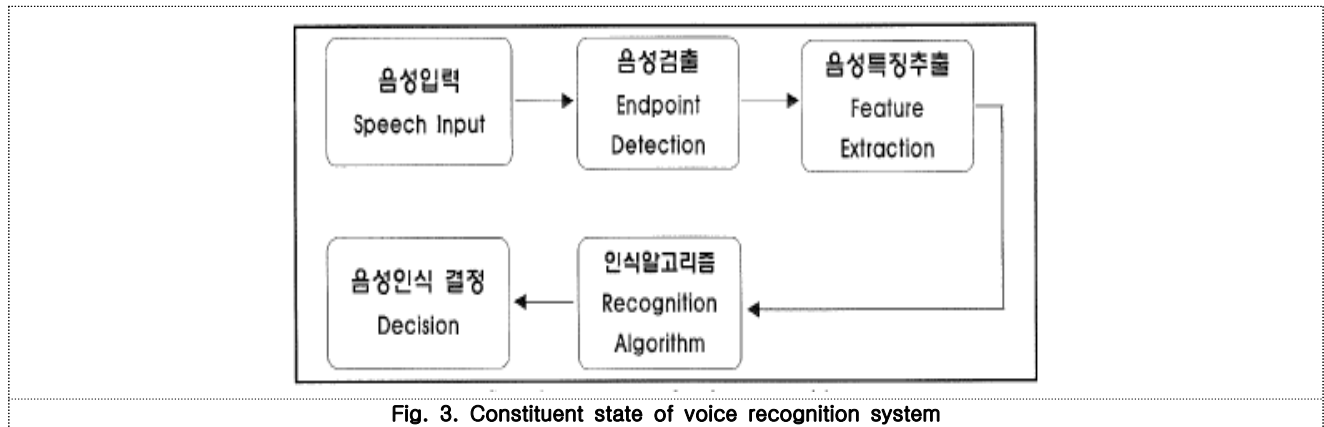


Fig 2. Interval drive flowchart of Timer interval

3. 음성명령 기반 자율주행로봇 제어

음성인식은 아래의 그림 Fig. 3과 같은 과정을 거쳐서 이루어진다. 우선 사람의 목소리를 마이크나 헤드

셋을 통하여 입력하면, 주어진 소스로부터 음성부분만을 검출한다.



4. 실험 결과

성능실험은 여러 가지 장애 요소를 고려하여 실행하였고, 반복 주행 실험을 음성명령을 통해 두 번의 실험 방식으로 통합 성능 실험을 실시하였다.

Table. 1. Performance experiment result of Integration

명령어	실험방법 A		실험방법 B	
	성공횟수	확률(%)	성공횟수	확률(%)
전진(출발시)	94/100	94%	96/100	96%
후진(정지시)				

5. 결 론

자율주행 로봇의 시제품을 제작하여 음성인식 명령에 의한 실험 및 장애물회피에 의한 공장내 자율주행에 대한 성능실험을 통하여 그 신뢰성을 확인하였고 초음파 센서의 실험은 두가지 경로를 이용하여 150번의 반복 실험을 하여 장애물 회피 주행 결과는 98%이상의 높은 결과가 나왔다. 하지만 초음파 센서와 음성인식의 실험시 최적의 조건으로 실험을 진행하였기 때문에 초음파센서의 경우 센서간의 간섭 및 다른 조건을 주었을 경우에 대비하여야 하고 음성인식의 경우 노이즈발생시 음성인식율에 대하여 향후 연구가 계속 필요한 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

(1) Craig, J.J, "Introduction to Robotics", Dorling Kindersley, 2006

이동 로봇의 제조공정라인의 작업 궤적추적 제어에 관한 연구

이창영¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

본 연구에서는 최단 거리 경로계획을 목표로 하여 로드맵 방식 기반의 경로계획방법을 제안한다. 경로의 생성방법은 적은 계산 시간이 소요되는 골격선 그래프 기반의 방법으로 접근하고, 기존의 정적 경로계획 방법이 아닌 그래프 구성과 경로탐색을 반복하여 그래프와 경로를 계속 변화시키는 동적 경로계획 방법을 제안한다. 제안된 방법은 경로 생성 단계와 경로 개선 단계로 구성되며, 각 단계는 그래프 구성과 경로 탐색 과정을 포함한다. 경로 생성 단계에서는 기존의 방법과 같이 세션화 알고리즘으로 골격선 그래프를 구성하고, 디스트라 알고리즘을 적용하여 경로를 탐색하여 이동로봇의 초기 경로를 생성한다. 경로 개선 단계에서는 동적 프로그래밍 알고리즘을 적용하여, 그래프 및 경로를 동시에 개선시킨다.

2. 본 론

복잡한 최적화 문제의 해법으로서 널리 사용 되는 방법 중 하나가 국지적 최적화(local optimization) 기법이다. 본 연구는 자율이동로봇의 경로 계획 문제에 국지적 최적화 기법을 적용한다.

구성된 그래프에 대하여 시작점에서 목표점에 이르는 최단 경로를 찾는 경로 탐색 단계는 간선 길이의 총합이 최소화 정점들의 순서 조합을 찾는 문제로서 전형적인 최단경로문제이다.

장애물을 포함한 전체 평면의 골격선으로 그래프를 구성하고, 이 그래프 상에서의 최단 경로가 초기 경로이다. 즉, 초기 경로를 구성하는 경유점들은 반드시 골격선에 포함되어 있어야 한다. 그러나 경유점들이 골격선에서 벗어난 위치에 존재하는 것이, 경로 단축에 유리할 수 있다. 경로 개선 단계는 초기 경로를 구성하는 경유점들의 위치를 변경하여, 이동거리의 총합을 단축시키는 단계이다.

로봇의 이동경로 p 는 다음과 같이 시작점과 목표점 사이에 존재하는 경유점 $v_k \in R^2$ ($k = 1, \dots, M$)들의 순열 집합으로 표현될 수 있다.

$$p = \langle v_1, v_2, \dots, v_M \rangle \quad (1)$$

단, $v_1 = s$, $v_M = g$ 이다. 간선 (v_k, v_{k+1}) 을 경유점 v_k 와 v_{k+1} 을 연결하는 직선이라 정의하면, 다음의 장애물 회피 조건이 만족되어야 한다.

$$(v_k, v_{k+1}) \not\subseteq O_i, \forall i \in \{1, \dots, N\}, k = 1, \dots, M-1 \quad (2)$$

간선 (v_k, v_{k+1}) 의 길이를 $d(v_k, v_{k+1})$ 라 하면, 이동경로의 총 길이는 다음과 같다.

$$\sum_{k=1}^{M-1} d(v_k, v_{k+1}) \quad (3)$$

즉, 이동로봇의 경로계획 문제는 (3)를 최소화시키며, (2)의 조건을 만족시키는 (1)의 경로를 찾는 최적화 문제이다.

본 연구는 골격선 그래프 상에 생성된 경로를 개선시키기 위하여 격자지도(grid map)를 도입한다. 초기 경로 $p = \langle v_1, v_2, \dots, v_M \rangle$ 를 구성하는 경유점 중 시작점 v_1 및 목표점 v_M 을 제외한 나머지 경유점 $v_2, \dots, v_{M-1}$ 에 대하여, 각 경유점을 중심으로 한 평면에 $W \times W$ 개의 정방형 격자를 구성한다. 이 때 경유점 v_k ($k = 2, \dots, M-1$)를 중심으로 한 격자점들을 $v_{k,1}, \dots, v_{k,W^2}$ 이라 표시한다. 경유점이 격자지도 상의 다른 격자점으로 변경되는 경우, 전체 이동거리가 감소될 수 있다.

3. 실험 결과 및 고찰

제안된 방법의 성능을 비교 평가하기 위해 다른 경로 계획 방법을 구현하였다. 세션화 알고리즘으로 골격선 그래프를 구성하고, 디스트라 알고리즘으로 최단 경로를 탐색하였다. 모든 장애물의 네 꼭지점을 정점으로 하고, 가시거리에 있는 정점과 정점 사이를 간선으로 하는 그래프를 구성하였다. 구성된 그래프에 디스트라 알고리즘을 적용하여 최단 경로를 탐색하였다.

제안 방법은 골격선 방법의 결과를 개선시키는 방법으로서, 평균 15.12%의 경로단축 효과가 있었다. 가시도 방법은 경로 단축 효과가 매우 뛰어난 방법으로 알려져 있다. 제안 방법을 적용한 경우, 가시도 방법을 적용한 경우 평균 1.5%의 이동거리만 증가하였음을 알 수 있다. 제안한 방법은 가시화 방법과 근사한 수준의 경로 감소 효과를 갖고 있다.

4. 결 론

최소의 계산시간으로 최소거리의 경로 계획을 위하여, 기존의 로드 맵 방식에 셀 분할 방식을 추가한 새로운 방법을 연구하였다. 한 번의 그래프 구성과 경로 탐색으로 최종경로를 생성하는 기존의 정적 경로계획 방법에서 효율을 높이기 위해 그래프 구성과 경로탐색을 반복하여 그래프와 경로를 계속 변화시키는 동적 경로계획 방법이다. 이를 위하여 동적 프로그래밍 기법을 적용하였다. 기존 방법에 비해 상대적으로 적은 계산시간으로 상대적으로 짧은 이동거리의 경로를 생성함을 실험 결과를 통해 검증하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) O. Khatib, "Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots," *International Journal of Robotics Research*, vol. 5, pp. 90-98, 1986.
- (2) K. P. Valavanis, T. Hebert, R. Kolluru, N. Tsourveloudis, "Mobile robot navigation in 2-d dynamic environments using an electrostatic potential field," *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 30, no. 2, pp. 187-196, 2000.

이미지입력을 갖고 음성으로 제어되는 로봇 아암의 제어

이형태¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

신체장식I자를 위한 재활공학 (Rehabilitation Engineering) 의 시도는 부러진 다리 대신 지팡이로 혹은 없어진 손대신 집게로 대체하면서 부터 시작되었다. 그러나 이러한 시도는 몇 세기동안 큰 발전을 가져오지는 못하였고 2차 대 전후 이런 장애자들을 위한 의수, 의족등 많은 보조기구들이 생산되기 시작하였다. 최근 로봇과 manipulator 의 발달과 이들의 응용이 전기로 구동되는 wheel chair 및 전자의수 등의 출현까지 가능하게 해 주었다. 또 디지털 계산기의 발달로 이들 보조기구에 상당히 많은 지능적인 기능 (Intelligent Function)을 부여할 수 있게 되었고 이제 거의 실용화단계에 이르고 있다.

이러한 연구들이 세계 각 곳에서 활발히 진행되고 있고 그중 대표적인 예로 팔이 없는 사람을 위한 TV 카메라가 부착되고 음성으로 제어되는 로봇 팔에 관한 연구를 소개하고자 한다. 이를 위해 독립적인 로봇의 제어를 위해 제시된 계층적 지능제어시스템을 소개하고 이 방법을 로봇 팔의 제어에 적용하고자 한다.

2. 계층적 지능 제어

인식시스템 (Cognitive System) 은 전통적으로 인간행동에서 나타나는 것과 비슷한 기능을 전자계산기로 실현시키기 위한 인공지능(Artificial Intelligence) 의 한 분야로 개발되어 왔다. 음성인식 및 해석, 영상해석, learning 그리고 의사결정 (Decision Making) 등의 이러한 기능은 단순한 논리적인 연산으로부터 발달된 이론이 만들어진 예들이다. 주어진 명령 (Command) 을 해석하기 위한 의사결정, Learning 등의 지적기능을 갖는 시스템을 제어하기 위하여 요구되는 현대의 기술적인 문제들을 풀기 위해서 지능제어 (Intelligent Control) 가 개발되어 왔다. 그것은 여러 가지 수학적인 프로그래밍 제어기법과 함께 인식시스템의 연구결과들을 이용한다. Manipulator 와 Robotics 의 분야에도 이러한 방법들이 도입되어 생산공장의 조립라인, 작업환경이 나쁜 곳을 위한 원격 조정 장치, 화성 등에 서의 무인 자동차로의 탐사, 불구자를 위한 병원용 보조기구, 기타 자동 로봇의 제어 등의 목적으로 사용되고 있다. 대부분의 경우 제어프로세스는 조작자로부터 원격 조정되며 그 기능은 반 독립적이다. 제어 시스템은 행하여야 할 일을 이해하고 주위환경을 파악하고 그 일을 가장 잘 수행하기 위하여 인식 시스템들이 사용되어야 한다. 또 여러 가지 패턴인식 방법이 인식 시스템의 각 부분인 각종 센서로부터 나타나는 음성신호, 영상신호 혹은 각종정보를 분류하고 해석하는데 사용된다. 의사결정(Decision Making) 및 동작제어 (Motion Control) 는 Dynamic Programming 혹은 Optimal Control 등에 기초를 둔 Kinematic Method, 궤적추적 (Trajectory Tracking) 혹은 동역학적인 방법을 전자계산기로 실현시켜 행해진다. 계층적 지능제어 (Hierarchically Intelligent Control) 는 인식 및 제어시스템의 이론적인 접근방법의 하나로 G.N. Saridis에 의해 제시되었다. 제어지능(Control Intelligence) 은 "지능의 증가와 함께 정밀도는 감소한다(Decreasing Precision with Increasing Intelligence)" 는 원리에 의해 계층적으로 분포되어 있다는 것이다. 그 계층적 분포는 다음과 같이 세 개의 계층으로 되어 있다.

- 1) 조직계층(Organization Level)
- 2) 조정계층 (Coordination Level)
- 3) 제어계층 (Hardware Control Level)

조직계층은 이 시스템의 최고 지휘 계층이다. 여기서는 입력과 시스템으로부터의 Feedback를 받고 분석하여 행하여야 할 과제를 정의하고 그 과제를 할 순서에 따라 부과제로 분해한다. 적당한 부과제 목록 (Subtask Library) 과 Learning Scheme 이 조직자(Organizer) 에게 지적기능을 더해주기 위해 준비될 수 있다. 조정계층은 조직자로부터의 명령과 실행할 부과제를 위한 프로세스로부터의 Feedback신호를 받아 아래 계층으로의 작업을 조정한다. 조정자 (Coordinator) 는 평가함수와 종단조건 (End Condition) 혹은 가능한 Penalty Function 등을 지정하기도 한다.

최하위 계층은 움직이는 동작을 수행하기 위한 Process를 제어한다. 조정자로부터 받은 평가함수 혹은 중단 조건을 해결하기 위해 최적 혹은 준최적 제어이론이 적용되기도 한다. 이런 방법을 시각과 음성입력을 갖는 일반적인 로봇의 제어에 적용하려는 연구가 진행되고 있다.

3. 시각입력을 갖고 음성으로 제어되는 로봇 팔

계층적인 지능을 갖는 로봇 시스템은 7개의 자유도를 갖는 로봇 팔(3개는 팔의 위치 선정, 다른 세 개는 손의 방향선정, 그리고 하나는 손가락의 잡는 동작을 나타낸다), TV 카메라, 팔의 센서, 그리고 전자 계산기 및 이들 로봇과의 interface 등으로 구성되어 있다. 사람이 원하는 일을 하기 위해서 계산기로 제어되는 이 시스템은 다음의 특성을 갖는다.

- 1) 사람과 로봇과의 통신—사람의 명령을 알아듣고 그에 맞게 행동해야 한다,
- 2) 조정된 동작제어—사람의 도움없이 각종 제어가 행해져야 한다.
- 3) 주위 환경에의 적응—TV 카메라 및 다른 외부 센서로부터의 Feedback 신호를 읽고 거기에 알맞은 일을 수행해야 한다.

4. 결 론

이 글을 쓰는 목적은 두가지이다. 하나는 익숙하지 않은 환경에서 사람과의 관계를 최소화하면서 거의 독립적으로 일을 수행하는 로봇의 제어를 위한 계층적 지능제어 방법을 소개하는 것이고 다른 하나는 그 방법을 불구자를 위한 보조기구의 개발에 적용할 수 있는 예를 보이는 것이다. 시각입력을 갖고 음성으로 제어되는 로봇 시스템이 Purdue University의 AARL에서 개발되었고 그 시스템에 계층적 지능제어방법을 효율적으로 적용하고 있다. 그 외에도 이 방법은 독립적인 로봇의 지능을 요구하는 시스템 즉, 교통제어시스템, 원자로제어로봇, 우주개발로봇 혹은 자동 생산 라인에 투입된 로봇의 제어에 까지 적용될 수 있을 것이다.

그러나 이와 같은 로봇들은 비교적 간단한 Computer구조 혹은 간단한 Hardware에도 불구하고 고실제로 생산되기 위해서는 인공지능(Artificial Intelligence)때문에 상당히 많은 비용이 SL구된다. 그러나 병원 등에서 음성으로 제어되는 로봇을 시분할(Time Sharing)등의 방법을 사용하여 응급실 등에서 여러 환자가 공동으로 이용할 수 있을 것이다. 그리고 이 분야의 계속적인 인구가 병원 혹은 재활센터(Rehabilitation Center)등과의 긴밀한 협조하에 이루어져야 될 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

- 1) Graham. J. H., Saridis. G. N. ; "Linguistic Methods for Hierarchically Intelligent Control", TR-EE 80-34. Report. Purdue University, Dec. 1980.
- 2) Graupe. D. et al; "A Microprocessor System for Multifunctional Control of Upper Limb Prostheses via EMG Identification", IEEE Trans, on Aut. Control, Vol. AC-23, pp.538-544, Aug. 1978.

제한 동작 로봇의 강성도 적응성을 갖는 하이브리드 동적 제어에 관한 연구

조문근¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

로봇과 자동화 시스템에서의 중요한 문제점 중의 하나는 간단한 시스템을 위한 단순한 제어 기술들이 실제로 구현되어 있는 반면에 요구되어지는 작업들은 점차적으로 복잡해지고 다양한 작업으로 확대되고 있다는 것이다. 또한, 주어진 로봇 작업에서 의사 결정(decision making)과 지능적 제어 성능을 위한 제어 방법들은 아직도 부족한 편이며 제어 기술들은 다양한 제어 요구에 대하여 한계가 있다. 뿐만 아니라 다양한 센서들과 장치들의 신호들을 처리하는 복잡한 작업의 관리(supervision)는 로봇의 동작 제어를 더욱 어렵게 하고 있다. 따라서 로봇의 동작 제어와 복잡한 작업 수행을 위한 제어 구조의 필요성이 요구되지만 아직 복잡한 로봇 작업을 표현 및 제어할 수 있는 제어 구조에 관한 연구결과는 많지 않다.

제한(constrained)된 작업공간에서 로봇의 동작 제어, 모니터링, 신호 인터페이스, 그리고 해석은 기존의 로봇 제어기술로는 한계가 있다. 예를 들어, 로봇 매니퓰레이터의 작업공간상의 위치 오차는 작업공정의 실패의 주된 원인이 될 수 있으며, 조립, 용접, 그라인딩과 같은 공정에서는 힘 제어는 위치제어와 함께 기본적인 제어 기술부분이며, 각각의 제어 방법의 독립적인 적용으로는 주어진 제어 성능의 요구 조건들을 만족할 수가 없다. 힘 제어와 관련된 분야의 연구에서는 주로 작업공정의 하위수준(low level)의 제어인 액추에이터(actuator)의 동작제어에 관련하여 초점을 맞추어 왔었으며, 집중된 연구에도 불구하고 제한적인 성능만을 보였다. 본 논문에서는 하이브리드 제어 시스템(hybrid control system)을 이용하여 작업 환경에 의하여 로봇의 동작이 제한되며 힘 제어 또는 속도제어를 부분적, 또는 동시에 필요로 하는 복잡한 작업을 수행 할 수 있는 로봇의 제한 동작 제어를 위한 새로운 제어 방법을 제시한다. 이를 위하여 3계층의 계층적 구조를 갖는 하이브리드(hybrid) 제어시스템을 제안한다. 3계층의 하이브리드 제어 시스템은, 상위 수준에서는 동작 특성 단순화 모델 기반의 이산상태제어기, 하위수준에서는 로봇의 작업 공간에서의 위치 및 힘 제어를 위한 연속상태제어기, 그리고 상/하위의 서로 다른 상태공간을 연결하고 지능적 동작을 위한 인터페이스(interface) 제어기로 구성되어 있다 이를 위하여, 작업공간에서의 로봇의 동작과 작업환경간의 상호작용을 간략화 수준에서의 이산상태 시스템 모델을 구하였으며 이를 하이브리드 오토마타(hybrid automata)를 이용하여 이산상태제어기를 설계하였다.

2. 본 론

2.1. 연구 배경 및 관련 연구

로봇을 이용한 작업 중에 조립작업, 그라인딩(grin-ding) 작업, 로봇 손을 이용한 물체 조작 등이 모두 제한 동작 작업이다. 이러한 작업들은 대부분 위치 및 속도제어를 하게 되지만 작업 환경과 특성에 따라서 힘 제어를 필요로 하는 경우도 있다. 로봇을 이용한 제한동작 제어를 위한 연구로는 Hogan[1]이 작업환경에 의해 제한되는 물체의 조작을 위하여 임피던스(impedance) 제어 방법을 제안하였으며 mason[2]과 Raibert와 Craig[3]은 위치제어와 힘 제어를 동시에 이용하는 방법을 개발하였다. 또한 [3]의 방법을 기초로 한 연구가 진행되어 개선 된 제어 성능을 보였다. Tarn[4]은 접촉순간 상태전이(contact transition)에 의해 발생하는 문제점들을 연구하였다. 그러나 이러한 연구에도 불구하고, 제한동작(constraned motion) 시스템의 응용은 비교적 제한적인 작업에 부분적인 제어성능 만을 만족하는 결과를 보이고 있다. 그 문제점 중의 하나는 하위수준의 액추에이터의 동작 제어에 집중되어 있기 때문에 복잡한 작업 특성과 환경에서 위치 및 속도제어 뿐만 아니라 힘 제어를 동시에 필요로 하는 복잡한 작업에서는 전체적으로 요구되어지는 제어성능을 보이기에는 부족한 것이라고 할 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 작업의 특성과 환경의 제한 조건들을 간략하게 모델링한 간략화 수준의 모델이 필요하며 로봇의 제한동작과 작업환경과의 상호관계를 이해하여야 한다.

2.2. 연구 동기 및 문제 구성

일반적으로 로봇의 링크(link)는 유연성이 없는 강체(rigid body)로 되어있다. 이는 로봇이 물체를 옮기거나 용접, 페인팅 등과 같은 작업에서 주어진 궤적의 정밀한 추종과, 간단한 제어기로 위치 및 속도 제어 성

능을 구현하기 위하여 강제로 설계되어 있다. 그러나 로봇 매니퓰레이터가 작업 환경과 접촉이 발생하게 되고 상호작용에 의해 물체로부터 end-effector로 반발하는 힘이 발생하게 된다. 이때 힘 제어가 되지 않으면 로봇의 관절이나 링크 혹은 작업 물체에 손상을 가져 올 수 있다. 로봇의 동특성은 액추에이터의 특성, 마찰, 접촉상태 등에 의해 결정된다. 힘 제어만을 할 때는 작업 환경과 물체에 대해서는 로봇이 손상을 입게 된다. 임피던스 제어방법은 위치제어 방법과 유사하지만 로봇의 임피던스를 제어하는 방법이다. 그러나 로봇의 동특성과 환경의 정보가 정확하지 않을 때는 성능을 보장할 수 없는 단점이 있다. 병렬 힘/위치 제어 방법 또는 기준 속도(reference velocity)와 원하는 힘의 크기를 결정하기 위해서는 주어진 작업환경 또는 물체에 대한 정확한 정보를 필요로 하는 단점이 있다. 한편, 로봇은 일반적으로 대표적인 비선형 시스템으로 정확한 피라미터를 얻기는 매우 힘들며 작업 중에도 부하의 변화와 동특성의 변화등으로 정확한 강성도(stiffness) 피라미터를 구하기란 거의 불가능하다. 자유공간에서의 로봇 제어와 물체와 접촉된 상태에서의 로봇 제어의 차이는 로봇의 동작이 작업환경에 의하여 제한을 받게 된다는 것이다. 즉, 제한조건들에 의하여 로봇의 동특성 모델이 바뀌게 된다. 제한 조건(constraints condition)은 시간 미분형태와 힘과 같은 구성변수(configuration variables)들 간의 관계이다. 제한 동작 로봇을 위한 연구들은 대부분 Lagrange형태를 이용하여 모델링과 제어 그리고 해석을 하여왔으며, 물체와의 접촉 상태에서의 동작제어 문제는 액추에이터 제어와 같은 하위수준에 집중되어 있었으며 그 결과들은 제한된 제어 성능만을 보였다. 위에서 설명한 제한 동작 제어기들은 대부분 주어진 시스템의 강성도 피라미터와 공간정보(geometry)들과 같은 모델링 정보들을 필요로 한다. 그러나 로봇과 작업환경 그리고 상호작용에 대한 정확한 동적 모델을 구하기는 매우 힘든 일이다. 따라서 제한동작제어에 필요한 가장 중요한 점은 접촉 강성도(contactstiffness)의 불확실성이라고 할 수 있다.

2.3. 제한동작 시스템의 하이브리드 동특성 모델

본 논문에서는 그라인딩(grinding)작업과 같이 자유공간에서의 위치제어와 접촉상태에서의 힘 제어를 필요로 하는 작업을 대상으로 하여 작업 물체의 위치정보는 불확실하다고 가정한다.(그림 1 참조). 이때 제한동작 시스템 제어의 두 가지 중요한 요구사항은 다음과 같다. 첫째, 자유공간에서는 주어진 궤적을 가능한 정확히 추종해야 하며 둘째, 접촉상태에서는 제한방향(constained direction)으로는 원하는 접촉력(contact force)을 유지하면서 비제한방향(unconstrained direction)으로는 로봇의 end-effector의 속도를 제어해야 한다. 일반적으로 불확실한 모델 오차와 시-변 제한 조건 함수(time-varying constraint function)들로 인하여 정확한 강성도 피라미터를 구하기는 어렵다. 특히, 강성도 피라미터의 불확실성은 힘 제어 시스템의 성능을 악화시키는 주된 요인이다.

2.4. 이산상태 시스템

제한 공간에서의 로봇의 동작은 자유 공간에서의 동작과 물체와의 접촉된 동작으로 구분될 수 있다. 이러한 작업에 대한 로봇의 이산 동특성을 모델링 한다. 이산 상태변수 $q(t) \in Q$ 는 로봇의 end-effector가 작업 환경 또는 작업 물체와의 접촉 또는 비접촉에 의하여 결정된다. 이산상태 q 는

$$q = \left\{ \begin{array}{l} 2, \text{ Constrained Motion } (f \neq 0) \\ 1, \text{ Unconstrained Motion } (f = 0) \end{array} \right\}$$

와 같이 정의한다. 여기서 f 는 로봇의 end-effector의 힘 센서로부터 측정도니 힘 벡터로 $f \in R^6$ 이다. 작업 환경과의 접촉 및 비접촉은 힘 센서에 의해서 감지 및 측정 할 수 있다고 가정한다. (8)의 이산상태 q 를 하이브리드 오토마타로 나타내면 그림 3과 같이 나타낼 수 있다. 그림 3에서 f_d 는 end-effector에서의 원하는 접촉력이며 x_d 는 작업공간에서의 원하는 궤적이다.

3. 결 론

본 논문에서는 작업 환경에 의하여 로봇의 동작이 제한되며 힘 제어 또는 속도제어를 부분적, 또는 동시에 필요로 하는 복잡한 작업을 수행 할 수 있는 로봇의 제한 동작 제어를 위한 3계층의 구조를 갖는 하이브리드 제어시스템을 제안하였다. 복잡하고 제한작업 공간에서의 다양한 작업을 수행하기 위한 3계층의 하이브리드 제어기는 각각, 상위수준에서는 간략화 수준으로서 이산상태제어기, 하위수준에서는 로봇의 작업공간에서의 위치 및 힘 제어를 위한 연속상태제어기, 그리고 서로 다른 상태공간을 연결하고 지능적 동작을 위한 인터페이스 시스템으로 구성되어 있다. 작업공간에서의 로봇의 동작과 작업 환경간의 상호작용을 간략화 수준의 이산상태시스템 모델은 하이브리드 오토마타를 이용하여 이산상태 제어기를 설계하였다. 또한, 하위수준의 연속상태제어기는 로봇과 힘-토오크 센서로 구성된 로봇 시스템에 대하여 매니퓰레이터의 연속상태제어 시스템으로 구성되어 있다. 한편 인터페이스 시스템은 서로 다른 상태공간의 상/하위 제어 시스템들을 연결하고 서로의 상호작용을 모델링하여 이산과 연속상태 변수들로 구성된 하이브리드 동

적 시스템 모델을 구하였다. 제안한 제어기의 성능을 평가하기 위하여 복잡한 작업과 제한조건에서의 2축 직접 구동형 로봇 매니플레이터의 실시간 제어기의 구현을 통하여 성능을 보였다. 본 연구 결과는 로봇에게 요구되어지는 작업으로의 응용 가능성을 충분히 보여 주었으며 앞으로의 연구 과제는 자율적이며 지능을 갖고 있는 제어기에 관한 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] N. Hogan, "Impedance control : an approach to manipulation, parts I, II, III," *Journal of Dynamic Systems Measurement and Control*, pp. 1-24, 1985
- [2] M. Masom, "Compliance and force control for computer controlled manipulators," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, pp. 418-432, 1981.
- [3] M. H. Raibert and J. J. Craig, "Hybrid position/force control of manipulators," *ASME Journal of Dynamic System Measurement Control*, no. 10 pp.126-133, 1981
- [4] T. J. Tarn, Y. Wu, N. Xi, and A. Isidori. "Force regulation and contact transition control." *IEEE Control Systems Magazine*, pp. 32-39, 1996
- [5] M. Branicky, "Universal computation and other capabilities of hybrid and continuous dynamical systems," *Theoretical Computer Science* vol. 138, no 1, pp. 67-100, 1995.
- [6] R. Brockett, "Hybrid models for motion control systems," in *Essay on Control : Perspectives in the Theory and Its Applications*, H. I. Prentzelman and J.C. Willems, Eds. Boston, Ma: Birhauser, pp. 29-53, 1993.
- [7] A. Pnueli and R. Rosner, "On the synthesis of a reactive module." *Symposium, on Principles of Programming Languages*. pp. 179-190. 1989.
- [8] J. Stiver and P. Antsaklis, "Modeling and analysis of hybrid control systems," *Conference on Decision and Control*, pp. 3748-3751, 1992.
- [9] A. Gollu and P. Varaiya.. "Hybrid dynamical systems," *Conference on Decision and Control*, December, 1989.
- [10] M. Lemmon and C. Bett, "Hybrid control system design using robust linear control agents," *Conference on Decision and Control*, pp 2688-2693, 1995

인공 포텐셜 장을 이용한 군집 로봇의 대형 제어

주은택¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

행동 기반 접근법은 다수의 임무가 주어졌을 때 제어 전략을 구상하는 것은 쉽지만, 전체 군집 시스템의 안정성을 수학적으로 증명하기 어렵다는 단점이 있다. 또한 가상 수조 접근법은 Lyapunov 안정도 이론으로 전체 군집 시스템의 안정도를 증명할 수 있다는 장점이 있지만, 실시간 제어를 위해서는 넓은 통신 대역폭이 필요하다는 단점이 있다. 마지막으로 선도 로봇-추종 로봇 접근법은 선도 로봇의 속도나 이동 방향에 대한 제약을 갖지만 비교적 쉽게 구현 가능하다는 장점이 있어 널리 연구되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 선도 로봇-추종 로봇에 기반하여 군집 이동 로봇의 대형 제어 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 선도 로봇의 경로를 계획한 후에 추종 로봇들은 선도 로봇이 만드는 추종 좌표를 따라가는 식으로 구성된다. 선도 로봇의 경로 계획과 추종 로봇의 선도 로봇 추종을 위해서 본 논문에서는 인공 포텐셜 장(artificial potential field)기법을 사용한다[4-6].

인공 포텐셜 장 기법은 실세계의 포텐셜 장에 대한 물리 법칙을 가상으로 모델링 하여 이동 로봇의 경로를 계획하는 기법이다. 기존의 인공 포텐셜 장 기법을 이용한 군집 시스템의 대형 제어 관련 연구는 실제 포텐셜 장을 모델링 하지 않고 임의로 인력 척력을 설계하였다[7-11]. 이와 같은 방법은 장애물의 물리적인 구조에 대한 영향을 정확히 반영할 수 없다는 단점이 있다.

따라서, 본 논문에서는 선도 로봇을 추종하는 군집 로봇의 대형 제어를 인공 포텐셜 장을 사용하여 제안한다. 또한, 인공 포텐셜 장은 물리적으로 해석하기 쉬운 전기장을 모델링하여 구성하고, 장애물을 더욱 효과적으로 모델링하기 위해서, 장애물의 모양에 따라 전기장의 식을 달리하는 방법을 제안한다. 그리고, 목표 지점은 점전하로 모델링한다. 마지막으로 추종 로봇이 선도 로봇을 따라가기 위해 선도 로봇은 진행 방향과 정반대 위치의 사용자가 사전에 설계한 거리만큼 떨어진 위치에 양의 점전하를 가상으로 만들어 추종 로봇은 그 지점을 추종해 선도 로봇과 충돌하지 않고 대형을 이뤄 목표 지점을 향하게 된다. 마지막으로 시뮬레이션 예제를 통해 제안하는 기법의 타당성을 검증한다.

2. 인공 포텐셜 장을 이용한 선도 로봇의 경로 계획

본 논문에서는 인공 포텐셜 장을 전기장을 이용하여 모델링한다. 목표점은 양으로 대전된 점전하로 모델링하며, 장애물과 선도 로봇은 음전하로 대전되어 있다고 가정하여 선도 로봇이 장애물과 충돌하지 않고 목표 지점을 향해 경로를 계획할 수 있도록 한다. 만약, 목표점의 전하량이 장애물의 전하량보다 크다면, 음으로 대전된 선도 로봇은 전기장내에서 척력을 받아 목표점으로 끌려가게 되고, 장애물과 가까운 지점에서는 척력을 받아 충돌하지 않게 된다. 따라서, 목표점으로 끌려가는 경로는 자연스럽게 장애물과 충돌을 방지하는 경로대로 설정 대며, 만약 장애물의 위치를 실시간으로 측정할 수 있는 센서가 있다면, 실시간으로 선도 로봇의 경로를 계획할 수 있다.

또한, 본 논문에서는 장애물을 의해 발생하는 척력을 장애물의 형상에 따라 달리하여, 장애물을 보다 효과적으로 회피할 수 있는 경로를 설정하도록 한다. 이를 위해 본 논문에서는 점전하와 선전하에 의해 형성되는 전기장의 식을 사용한다. 마지막으로 각 장애물의 크기나 위험도에 따라 전하의 양을 달리 하여 선도 로봇이 장애물을 피해 돌아가는 정도를 장애물마다 달리할 수 있다.

먼저 점전하에 의해 형성되는 전기장은 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다.

$$\vec{E_D} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q_{obs}}{\|\vec{r_{ol}}\|^2} \vec{r_{ol}}$$

3. 대형 제어

본 논문에서 제안하는 기법을 명료하게 보이기 위하여, 직선 형태의 대형으로 추종 로봇은 선도 로봇이

지나간 궤적을 따라 가기 때문에, 추종 로봇들 개개는 장애물과 충돌을 회피하기 위한 별도의 센서가 필요하지 않고, 단순히 선도 로봇이 만들어내는 점전하에 끌려가는 방식으로 포메이션 제어가 이루어진다. 선도 로봇은 자신의 진행 방향과 정 반대 방향으로 미리 설정된 거리만큼 떨어진 곳에 가상의 양전하를 만들어 추종 로봇1은 해당 양전하에 끌려가며, 추종 로봇1은 마찬가지로 방법으로 가상의 양전하를 만들어 추종 로봇 2가 끌려가게 된다. 다시 말해, 추종 로봇들은 선도 로봇이 지나간 궤적으로 지나가게 되므로, 별도의 장애물 회피 동작이 필요하지 않다.

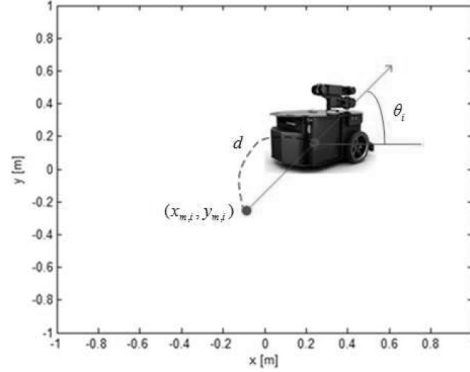


Fig. 1. Robot coordinate

제안하는 기법을 그림으로 표현하면 그림 1와 같다. I번째 추종 로봇이 I+1번째 추종 로봇을 위해 만드는 양전하의 좌표는 다음의 식으로 표현할 수 있다.

$$x_{m,i} : x_i - d \times \cos(\theta_i)$$

$$y_{m,i} : y_i - d \times \sin(\theta_i)$$

여기서, $x_{m,i}$, $y_{m,i}$ 는 각각 가상의 양전하의 x와 y좌표이며, d는 미리 설정된 추종 로봇간의 거리, θ_i 는 I번째 로봇의 진행 방향이다.

4. 시뮬레이션 예제

제안하는 결과의 타당성을 검증하기 위하여 시뮬레이션 예제를 제공한다. 시뮬레이션 예제는 두 부분으로 이루어진다. 첫 번째는 선도 로봇의 경로 계획에 관한 것이고, 나머지 부분은 선도 로봇이 경로를 따라 갈 때, 추종 로봇들이 선도 로봇을 추종하여 편대를 이뤄 목표지점에 도착하는 것을 보인다.

그림 3은 선도 로봇의 경로 계획에 대한 결과를 나타낸다. 초기에 선도 로봇은 (0.2m, 0.3m)에 위치하고 있고, 목표 지점은 (0.5m, 0.5m)이다. 그림에서 사각형은 장애물이다. 여기서 장애물은 점전하로 모델링 되었으며, 장애물의 크기에 따라서 전하량의 크기를 결정했다. 그림에서 큰 장애물은 -0.08C, 작은 장애물은 -0.005C로 가정한다.

장애물의 전하량을 크게 모델링 할수록, 선도 로봇이 보다 안전하게 장애물을 회피하며 목표 지점에 도달할 수 있지만, 장애물 사이의 간격이 좁으면 실제로는 통과할 수 있는 넓이에도 돌아가는 문제점이 생기므로, 적절한 양으로 설정하는 것이 중요하다.

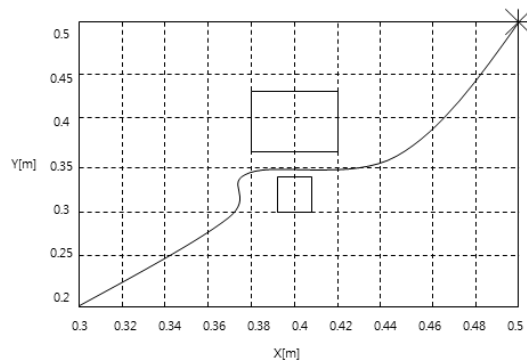


Fig. 2. The result of leader robot's path planning
(Green *: start point, red *: finish point)

선도 로봇의 경로가 결정되면, 선도 로봇은 목표지점을 향해 출발하며, 선도 로봇은 추종 로봇을 위해 가상의 양전하를 생성하고, 이 정보를 추종 로봇을 위해 가상의 양전하를 생성하고, 이 정보를 추종 로봇에게 전송한다. 추종 로봇은 이 정보를 가지고 선도 로봇을 추종하게 된다. 시뮬레이션의 간결함을 위해 추종 로봇은 한 대로 가정했지만, 같은 이론을 적용해 N대의 추종 로봇의 편대 주행도 가능하다. 추종 로봇의 초기 위치는 (0.28m, 0.22m)이다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 전기장 모델에 기반한 인공 포텐셜 장을 이용하여 군집 로봇의 대형 제어 방법을 제안했다. 제안하는 방법에서 군집 로봇의 대형 제어는 선도 로봇-추종 로봇 방법을 이용하였다. 또한 제안하는 이론에서 장애물의 모양에 따라 전기장의 식을 달리하여 보다 효과적으로 경로를 계획할 수 있었다. 마지막으로 제안하는 기법의 타당성을 시뮬레이션 예제를 이용해 증명했다.

본 연구는 두 가지의 제약을 가지고 있다. 첫 째는 장애물의 모양을 점 모양과 선 모양의 두 가지 형태로 제한했다는 점이다. 이를 극복하기 위해서, 추후 연구에서는 실제 모양을 측정하여 전기장을 실시간으로 계산해 내어 보다 효과적인 경로 계획이 가능하도록 한다. 두 번째 제약은 군집 로봇의 대형을 직선 형태로 가정한 것이다. 향후에는 다른 대형을 이루는 군집 시스템에 대한 연구를 하여, 제안하는 이론의 타당성을 더욱 확고히 할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] T. Balch and R. C. Arkin, "Behavior-based formation control for multirobot teams," IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol. 14, no. 6, pp. 926-939, 1998.
- [2] A. K. Das, R. Fierro, V. Kumar, B. Southall, J. Spletzer, and C. J. Taylor, "Real-time vision-based control of a nonholonomic mobile robot," ICRA 2001, col. 2, pp. 1714-1719, 2001..
- [3] T. H. Kar and M. A. Lewis, "Virtual structures for high-precision cooperative mobile robot control," IROS 96, vol. 1, pp. 132-139, 1996.
- [4] M. C. Lee and M. G. Park, "Artificial potential field based path planning for mobile robots using a virtual obstacle concept," AIM 2003, vol. 2, pp. 735-740, 2003.
- [5] R. Daily and D. M. Bevly, "Harmonic potential field path planning for high speed vehicles," American Control Conference, pp. 4609-4614, 2008.
- [6] J. Ren and K. A. McIsaac, "A hybrid-systems approach to potential field navigation for a multi-robot team," Proc. of the IEEE Int. conf. Robot, Autom., pp. 3875-3880, 2003.

모바일로봇의 작업경로 보정을 위한 영상인식 기술

최성주¹

경남대학교 산업경영대학원¹

1. 서 론

본 논문에서는 위치가 고정된 로봇이 아닌 움직이는 물체를 이용하여 이동로봇의 위치를 보정하는 방법을 제시하였다. 이는 이동로봇이 협소 공간 혹은 밀폐된 곳에서 이동할 때 이동로봇의 위치를 인식할 수 있는 방법이 없을 경우 이동로봇 주변에서 움직이는 물체의 정보를 활용하여 이동로봇의 위치를 보정하는 방법으로 매우 유용하다. 연구를 위해서 이동물체의 이동궤적을 알고 있는 것으로 가정하나 실제적인 상황 속에서는 통신을 통하여 그 정보를 수신하는 것으로 해석한다.

이동로봇이 자율적인 행동을 하기 위해서는 환경인식, 경로 계획 및 주행제어, 그리고 위치 인식 및 보정 등의 기본적인 능력을 갖추어야 한다. 특히, 원활한 작업 수행을 위하여 임의의 경로로 자율적으로 이동하는 이동로봇의 경우에는 로봇 자신의 현재 위치를 추정하는 기능이 필수적으로 요구된다.

2. 본 론

이동로봇이 움직이는 경로는 사전에 이동로봇에게 주어지고, 이동로봇은 자기 위치를 보정하고자 할 때, 위치 추정의 정도를 높이기 위하여 정지해서 운동물체를 관측하게 된다. 주어진 물체의 경로는 영상 좌표계에서 선형의 식으로 표시되며 현재 이동로봇의 추정 위치를 이용하여 좌표계 변환을 통해 기하학적 구속식을 유도한다. 아래 그림1에서 보는 바와 같이 이동로봇은 카메라를 장착하고 있고, 카메라는 로봇 상단에 광축이 로봇의 축과 일직선에 놓이도록 설치되어 있다. 카메라의 기하학적인 모델은 흔히 사용하는 핀-홀(pin-hole)모델을 사용하였다. 여기서, (x_w, y_w, z_w) 는 기준좌표계, (x_r, y_r, z_r) 는 로봇좌표계, (u, v) 는 영상좌표계를 각각 나타낸다.

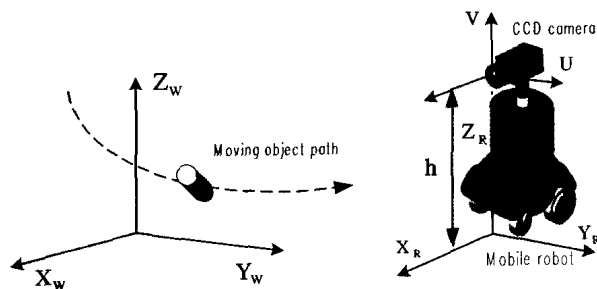


Fig1. 운동물체, 로봇좌표계, 영상좌표계

현재 이동로봇의 위치 추정치를 기준으로 계산한 운동물체의 예측 영상좌표들은 실제 관측되는 것과는 차이를 보인다. 이 오차를 이용하면 이동로봇의 실제 위치를 역으로 구할 수 있다. 입력 정보, 즉 물체의 영상좌표는 처리과정 가운데 잡음을 포함하고 있으며, 로봇의 위치 추정 자체에도 불확실한 성분이 존재하므로 이에 대해 강인하게 상태를 추정하는 관측기로 칼만 필터를 사용하였다. 물체의 영상좌표와 로봇의 위치사이에 생기는 구속식을 선형화하고 칼만 필터링 기법을 적용하여 로봇의 위치를 추정한다.

3. 결 론

본 논문에서는 이동로봇이 주행하면서 영상기반 위치 보상을 위한 방법으로 이동물체를 이용한 위치를 예측해 내는 방법을 제시하였다. 모의실험결과 로봇의 위치 추정의 정확성은 운동물체의 이동 경로에 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- (1) J. David, Kreigman et al., “ Stereo vision and navigation in buildings for monile robots,” IEEE Trans. Robotics and Automation, vol. 5, no. 6, pp. 792~803, 1989.
- (2) K. Komoriya, E. Oyama and K. Tani, “Planning of Landmark Measurement for the Navigation of a Mobile Robot,” Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp. 1476-1481, 1992.
- (3) Y. Nakamura, Advanced Robotics: Redundancy and Optimization, ADDIson-Wesley, 1991.
- (4) Robert M. Haralick and Linda G. Shapiro, Computer and Robot Vision, Addison-Wesley, 1993.
- (5) N. Ayache and O. D. Faugeras, “ Maintaining Representations of the Environment of a Mobile Robot” , IEEE Trans. Robotics and Automation, vol. 5, no. 6, Dec, 1989.
- (6) R. E. Kalman, “ A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems,” Trans, ASME, J. Basic Eng, Series 82D, pp. 35-45, Mar. 1960.
- (7) H. W. Sorenson, “Kalman Filtering Techniques,” Advances in Control Systems Theory and Applications, vol. 3, pp. 219-292, 1966.