

2018 한국산업융합학회 추계학술대회 논문집

장 소 | 창원 인터내셔널 호텔

일 시 | 2018년 12월 13일(목) ~ 14일(금)

• 주요행사

○ 12월 13일(목)

- 공장견학
- 산학연 전문가 워크샵
- 이사회 및 총회

○ 12월 14일(금)

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

• 발표부문

- | | | | |
|--------------|---------------|---------------|----------------|
| • 차량설계 및 부품 | • 인공지능로봇융합 | • 제어계측 및 센서 | • 메카트로닉스 |
| • 정밀기계 및 부품 | • IT융합 및 전자기기 | • 컴퓨터 정보통신 | • 비전 및 레이저융합기술 |
| • 바이오 및 산업융합 | • CAD/CAM/CAE | • 전력전자 및 산업융합 | • 로봇틱스 및 산업융합 |
| • 건설 및 도시환경 | • 조성해양플랜트 | • 나노 및 신소재 | • 의생명/줄기세포 |
| • 그린에너지 산업융합 | • 우주항공 및 부품 | • 지능생산기계 및 가공 | • 자원 플랜트 |



[사]한국산업융합학회

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

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

□ 추계학술대회 조직위원회

<대회장>

한성현 [한국산업융합학회/경남대학교]

■조직위원장 : 이경창 교수[부경대학교] / 박성준교수[전남대학교]

<조직위원>

계중읍 [산업통산자원부]

박용운 [ADD고등기술원장]

김경수 [한국과학기술원]

김영실 [(사)한국줄기세포산업협회장]

김임수 [(주)KAI]

조상용 [한국공작기계협회부회장]

조해용 [충북대학교]

심재원 [한국산업기술대학교]

김재훈 [KAIST]

김창훈 [한국산업기술평가원]

장성철 [한국폴리텍대학교]

최만성 [한국기술교육대]

이원구 [경희대학교]

윤경화 [(주)건화]

김태규 [부산대학교]

노태정 [동명대학교]

조창제 [(주)디엠테크놀러지]

박성준 [전남대학교]

김한성 [경남대학교]

박강박 [고려대학교]

조현덕 [경일대학교]

진철규 [경남대학교]

박한웅 [해군사관학교]

윤찬한 [조선대학교]

■프로그램위원장 고석조 교수[동의과학대학교]

<프로그램위원>

윤경화 [(주)건화]

조강현 [울산대학교]

이우송 [(주)선진기술]

김형재 [생산기술연구원]

최만성 [한국기술교육대]

조용현 [대구카톨릭대학]

이세한 [경남대학교]

이득우 [부산대학교]

이장훈 [한국산업단지공단]

조흥현 [조선대학교]

김소희 [대구과학기술원]

한용규 [부산과학기술기획평가원]

심형보 [서울대학교]

윤경화 [(주)건화]

김동엽 [영남이공대학교]

박철재 [대구대학교]

최주용 [경성대학교]

이문희 [동의과학대학교]

김경동 [한국공작기계협회]

진태석 [동서대학교]

김동현 [경남대학교]

조두산 [순천대학교]

김재실 [창원대학교]

황선환 [경남대학교]

곽재섭 [부경대학교]

김병일 [영남대학교]

원종섭 [전주대학교]

김만호 [동의과학대학교]

<재무위원회>

심현석 [(주)동산테크]

정양근 [신라정보기술(주)]

문병갑 [(주)광진정밀]

동근한 [(주)세광산업]

정종교 [(주)카바스]

박인만 [(주)인템]

정규현 [(주)세영산업]

원종범 [(주)SMEC]

<심사위원회>

이주장 [한국과학기술원]

한창수 [한양대학교]

이경창 [부경대학교]

황상문 [부산대학교]

정 슬 [충남대학교]

김종원 [서울대학교]

이종년 [동서대학교]

부광석 [인제대학교]

조해룡 [충북대학교]

김홍건 [전주대학교]

김형재 [생산기술연구원]

이장명 [부산대학교]

박원규 [부산대학교]

반갑수 [경북대학교]

윤강섭 [대구대학교]

김창훈 [산업기술평가관리원]

심재홍 [산업기술대학교]

<출판위원회>

이순동 [한국학술정보]

양승윤 [국방과학연구소]

이현철 [(주)SG서보]

<홍보위원회>

진태석 [동서대학교]

최준홍 [경남벤처산업협회]

이현철 [(주)SG서보]

박영우 [(주)현대위아]

<총무이사>

진철규 [경남대학교]

장성철 [한국폴리텍대학]

초대의 글

4차 산업혁명시대를 맞이하여 국내 최고의 첨단산업 도시인 창원에서 2018년 한국산업융합학회 추계학술대회를 개최하게 된 것을 매우 기쁘고 자랑스럽게 생각합니다. 그리고 이번 한국산업융합학회 추계학술대회에 참석하신 융합산업기술 분야의 국내외 전문가 및 연구자 여러분들을 진심으로 환영합니다.

이번 2018 한국산업융합학회의 추계학술대회는 최근 미래 신성장동력산업의 주요핵심 기술분야라 할 수 있는 융복합기술 시대를 맞이하여 기존의 국내 제조산업의 현황분석과 문제점의 진단을 통하여 첨단 융합기술 산업의 육성 및 향후 발전 방향을 제시하고, 그리고 신산업 창출을 위한 새로운 신기술의 소개와 토론을 통하여 국가 미래 신성장동력산업발전에 이바지 하고자 하는 것이 본 학술대회의 궁극적 목적이라 할 수 있습니다.

이번 한국산업융합학회 추계학술대회에는 주요 성장동력원으로 각광받는 첨단기계, IT, NT, BT 등의 융합기술 분야를 비롯하여, 제조IT기술의 핵심분야인 지능로봇, 제어계측, 해양자원플랜트, 비전 및 센서, 전력전자 그리고 바이오산업 및 줄기세포산업 등 미래 신수요 창출을 위한 신기술에 대한 논문이 많이 발표됨으로써 향후 우리나라 미래 창조산업의 육성에 크게 이바지 할 것으로 기대 됩니다.

그리고 2018한국산업융합학회 추계학술대회에는 한국로봇산업협회, 한국지질자원연구원, 한국조선해양기자재연구원, 생산기술연구원, 기계연구원, 중소기업융합연합회, 벤처기업협회를 비롯하여 (주)두산중공업, (주)르노삼성자동차 많은 전문가들이 참석하였으며, 특히 특별 Session에서 소개되는 다양한 분야의 신기술 내용은 향후 한국의 미래성장동력산업의 육성 및 발전을 주도해나갈 초석이 될 것으로 사료됩니다.

또한 본 학술대회를 통하여 많은 기업인들과 학계전문가들이 효율적인 산학협력을 통하여 본 학술대회에서 소개되는 다양한 산업분야의 실용화 기술에 대한 신수요 창출과 창의적 아이디어를 제공하고, 신기술 개발을 위한 정보를 공유하는 토론의 장이 되기를 바랍니다.

끝으로, 이번 2018 추계학술대회를 찾아주신 모든 분들이 이곳 창원에서 학술 및 기술정보 교류를 통해 보다 더 유익하고 보람 있는 시간이 될 수 있기를 희망하면서 이번 학술대회에 참석하신 전문가 여러분들이 수행하시는 모든 사업과 연구에 더 좋은 결과가 있으시기를 기원합니다. 이번 2018 한국산업융합학회 추계학술대회 준비를 위해 많은 도움을 주신 조직위원 및 학회 준비위원 여러분들께 깊이 감사드립니다.

2018년 12월 13일

(사)한국산업융합학회

회 장 한 성 현 드림



2018 한국산업융합학회 추계학술대회 행사프로그램

장소 : 창원 인터내셔널 호텔

□ 2018년 12월 13일(목)

시 간 \ 내 용	프로그램 내용
09:00 ~ 14:00	리더스 미팅(김해 가야cc)
13:00 ~ 16:30	공장 견학 [(주)현대위아]
16:30 ~ 17:00	편집위원회(창원 인터내셔널 호텔 3층)
17:00 ~ 18:00	이사회(3층 세미나실)
18:00 ~ 20:00	Welcome reception (창원 인터내셔널 호텔)

■ 발표 장소 안내

구 분	장 소
개회식, 초청강연	3층 대회의실
제 1 발표장	세미나실 A(창원 인터내셔널 호텔 3층)
제 2 발표장	세미나실 B(창원 인터내셔널 호텔 3층)
제 3 발표장	세미나실 C(창원 인터내셔널 호텔 3층)
제 4 발표장	포스터발표장(창원 인터내셔널 호텔 3층)
접 수 처	창원 인터내셔널 호텔 3층
임원휴게실	창원 인터내셔널 호텔 3층
회원휴게실	창원 인터내셔널 호텔 3층

□ 2018년 12월 14일(금)

09:00 ~ 17:00	논문발표(구두발표)
	Lunch Time (12:00 ~ 13:00)
	논문발표(poster 발표)
11:30 ~ 12:00	총회(3층 회의실)
16:10 ~ 17:50	< 지능로봇융합기술포럼 > [주제 : 4차 산업혁명과 지능로봇 융합산업]
	<초청강연> < 사 회 : 장성철 교수 /폴리텍대학 >
	<초 청 강 연 I> Prof. J. W. Choi (Univ. AKRON USA) < 주 제 : 로봇촉각센서 융합 기술 >
	<초 청 강 연 II> J. J .Lee (KAIST) < 주 제 : 지능로봇기술의 비전 >
	<초 청 강 연 III> 김영실 박사 (한국줄기세포협회장)
17:50 ~ 18:00	Coffee Break
18:00 ~ 19:00	< work shop > < 주 제 : 지능로봇융합원천기술과 실용화 방안 > [주관 : 경남대 로봇연구센터 및 창원지능로봇기술연구회(신라정보기술 외 15개 업체)]
19:00 ~ 21:00	시상식 및 만찬

논문발표 목차

12월 14일 (금)

[구두 발표]

Track I [09:20 ~ 10:35] : 제1발표장 [세미나 A실]

□ (O-I-A) 차량설계 및 부품		좌장 : 김기복 박사[르노삼성자동차 기술연수원]
(O-I-A-1) 09:20~09:35	CRDI 디젤엔진의 운전조건 변화에 따른 연소특성 김기복1 [르노삼성자동차 기술연수원1]	
(O-I-A-2) 09:35~09:50	연료분사시기 변화에 따른 배기생성물 특성에 관한 연구 김두범1, 정현호1, 김기복2, [경남대학교 대학원1, 르노삼성자동차2]	
(O-I-A-3) 09:50~10:05	KD-147 자동차검사 모드에서 배기가스 생성 특성에 관한 연구 김두범1, 정현호1, 김기복2, [경남대학교 대학원1, 르노삼성자동차2]	
(O-I-A-4) 10:05~10:20	디젤기관에서 배기배출물 및 동력성능에 관한 연구 정현호1, 김두범1, 김기복2, [경남대학교 대학원1, 르노삼성자동차2]	
(O-I-A-5) 10:20~10:35	다중 나사산을 가진 치과 임플란트 픽스처의 응력분포에 관한 연구 추원철1, 김두범2, 김기복3 [경남대학교1, 경남대학교 대학원2, 르노삼성자동차3]	

Track II [10:40 ~ 11:40] : 제1발표장 [세미나 A실]

□ (O-II-A) LNG 벙커링 기자재 국산화 개발		좌장 : 장성철 교수[한국폴리텍IV대학]
(O-II-A-1) 10:40~10:55	LNG 벙커링 Dry Disconnect Coupling 설계 및 제작 정지현1, 정현철1, 장성철2, 엄정필3 [엔이에스(주) 기술연구소1, 한국폴리텍IV대학 충주캠퍼스2, 경남테크노파크 조선해양에너지센터3]	
(O-II-A-2) 10:55~11:10	LNG 벙커링 Quick Coupling 설계 및 제작 정지현1, 정현철1, 장성철2, 엄정필3 [엔이에스(주) 기술연구소1, 한국폴리텍IV대학 충주캠퍼스2, 경남테크노파크 조선해양에너지센터3]	
(O-II-A-3) 11:10~11:25	QC/DC밸로우즈의 유동해석 장성철1, 서창명1, 권민수1, 정현철2, 엄정필3 [한국폴리텍IV대학 충주캠퍼스1, 엔이에스(주) 기술연구소2, 경남테크노파크 조선해양에너지센터3]	
(O-II-A-4) 11:25~11:40	경상남도 LNG벙커링 클러스터 구축 엄정필1, 박수한1, 심규진1, 박성진1, 조성준1 [(재)경남테크노파크1]	

12월 14일 (금)

[구두 발표]

Track III [13:00 ~ 14:00] : 제1발표장 [세미나 A실]

□ (O-Ⅲ-A) 융합기계시스템		좌장 : 조수범 교수(동의과학대학교)
(O-Ⅲ-A-1) 13:00~13:15	공정자동화를 위한 신발 소재 구분 비전 시스템 연구 정기민1, 류혜연1, 김현희1, 이경창1 [부경대학교 제어계측공학과1]	
(O-Ⅲ-A-2) 13:15~13:30	생산 자동화용 소형 미니 펌프 설계 사양 검증에 관한 연구 김형준1, 이상협1, 김만호2 [부산대학교 기계공학부1, 동의과학대학교 자동차계열2]	
(O-Ⅲ-A-3) 13:30~13:45	중앙 집중형 네트워크 설정 기법을 통한 이더넷 프레임의 스케줄링 방법 김형준1, 최민희1, 이상협1, 이석1 [부산대학교 기계공학부1]	
(O-Ⅲ-A-4) 13:45~14:00	지능형 타이어를 통한 차량의 주행면 상태 판단 알고리즘 설계 권지훈1, 한준영1, 김만호2, 이상협1, 이석1 [부산대학교 기계공학부1, 동의과학대학교 자동차계열2]	

12월 14일 (금)

[구두 발표]

Track I [09:20 ~ 10:35] : 제2발표장 [세미나 B실]

□ (O-I-B) 자원플랜트(I)		좌장 : 하지호 박사[한국지질자원연구원]
(O-I-B-1) 09:20~09:35	물과 경유를 혼합한 나노 쉐어링 시스템 응용에 관한 연구 이준석1, 하호선1, 권성오1 [(주)한특이피1]	
(O-I-B-2) 09:35~09:50	초음파 분석 기반의 왁스 집적 및 경화 과정 모니터링 연구 이동건1, 김영주1, 우남섭1, 한상목1, 하지호1 [한국지질자원연구원1]	
(O-I-B-3) 09:50~10:05	관 일체형 액-액 세퍼레이터의 분리특성에 관한 수치해석 연구 김영주1, 우남섭1, 한상목1, 하지호1, 김현지1 [한국지질자원연구원 탐사시스템연구실1]	
(O-I-B-4) 10:05~10:20	응답스펙트럼해석을 고려한 Lattice Boom Crane의 구조해석 성헌진1, 김현지2, 김영주2, 허선철1 [경상대학교 에너지기계공학과1, 한국지질자원연구원2]	
(O-I-B-5) 10:20~10:35	방향성 시추를 위한 이수 유동내 압편 이송 특성에 관한 연구 한상목1, 우남섭1, 하지호1, 김영주1 [한국지질자원연구원 탐사시스템연구실1]	

Track II [10:40 ~ 11:55] : 제2발표장 [세미나 B실]

□ (O-II-B) 자원플랜트(II) 및 전력전자		좌장 : 박성미 교수[한국승강기대학]
(O-II-B-1) 10:40~10:55	해양시추장비 운용제어 시스템 및 HILS System 개발 김종민1, 문건혁1, 김성태1 [㈜유아이티1]	
(O-II-B-2) 10:55~11:10	트리핑 공정용 인터페이스 모듈 개발 박재항1, 배재일1, 양기태1 [㈜유연이앤이1]	
(O-II-B-3) 11:10~11:25	고정도 전력계측을 위한 전압기반 전류 DFT에 관한 연구 원동진1, 양지훈1, 박성미2, 박성준1 [전남대학교1, 한국승강기대학교2]	
(O-II-B-4) 11:25~11:40	RF주파수 대역의 다중 밴드패스 필터를 이용한 주파수 분석기에 관한 연구 박진욱1, 우동영1, 김동희1, 박성미2, 박성준1 [전남대학교1, 한국승강기대학교2]	
(O-II-B-5) 11:40~11:55	가상 좌표계에 의한 500 [kVA] 연계형 CTTS의 절환 시점에 관한 연구 정다움1, 김국현1, 홍성문1, 이창호1, 박성준1 [전남대학교1]	

Track III [13:00 ~ 14:15] : 제2발표장 [세미나 B실]

□ (O-Ⅲ-B) 지능생산기계 및 가공		좌장 : 최원식 교수[부산대학교]
(O-Ⅲ-B-1) 13:00~13:15	베어링강의 속도와 하중에 따른 트라이볼로지적 마찰특성 최원식1, 조희정1, 우지희1, 변재영1, 이은숙1, 이강삼2 [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 슬로푸드2]	
(O-Ⅲ-B-2) 13:15~13:30	감속기 재료의 Micro-Scale Dimple 밀도에 따른 마찰특성 최원식1, 임동우1, 한도현1, 우지희1, 변재영1, 박춘숙2 [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 근우테크2]	
(O-Ⅲ-B-3) 13:30~13:45	콩분말 기계의 커터 재료에 대한 마찰 특성 최원식1, 손성준1, 권용진1, 정철민1, 우지희1, 이강삼2 [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 슬로푸드2]	
(O-Ⅲ-B-4) 13:45~14:00	SM45C의 선삭시 가공속도에 따른 열발생 특성 최원식1, 하주성1, 박준형1, 우지희1, 이강삼2 [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 슬로푸드2]	
(O-Ⅲ-B-5) 14:00~14:15	PVC에 대한 드릴링 머신의 회전속도에 따른 표면 거칠기 연구 최원식1, 조희정1, 변재영1, 정정환2 [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 한국브로치2]	

Track IV [14:20 ~ 15:35] : 제2발표장 [세미나 B실]

□ (O-IV-B) DIT 융합시스템		좌장 : 김만호 교수[동의과학대학교]	
(O-IV-B-1) 14:20~14:35	전기자동차 실주행 데이터 기반 에너지 예측 모델 개발 김형준1, 김만호2 [부산대학교 기계공학부1, 동의과학대학교 자동차계열2]		
(O-IV-B-2) 14:35~14:50	고온용 탄화규소 세라믹스의 산화 거동 이문희1, 김성원1, 이종호2, 이진경3, 이상필3 [동의과학대학교 기계계열1, 동의과학대학교 자동차계열2, 동의대학교 기계공학과3]		
(O-IV-B-3) 14:50~15:05	해동을 위한 고주파 발생장치에 관한 연구 김태훈1, 강동권1, 정석봉2 [동의과학대학교1, (주)참코청하2]		
(O-IV-B-4) 15:05~15:20	고온용 몰리브덴 실리사이드 재료의 산화거동 이종호1, 이상필 ² , 이진경 ² , 이문희 ³ [동의과학대학교 자동차계열1, 동의대학교 기계공학과2, 동의과학대학교 기계공학과3]		
(O-IV-B-5) 15:20~15:35	키위분말을 첨가한 우육의 연육 효과에 관한 연구 김호경1, 김경환1 [동의과학대학교 식품영양조리계열1]		

12월 14일 (금)

[구두 발표]

Track I [09:20 ~ 10:35] : 제3발표장 [세미나 C실]

□ (O-I-C) 메카트로닉스 및 응용		좌장 : 정우태 [한국철도기술연구원]
(O-I-C-1) 09:20~09:35	머신러닝 기법을 사용한 철도 레일표면 음향조도레벨 예측 정다해1, 정우태1,2 [과학기술연합대학원대학교, 로보틱스 및 가상공학1, 한국철도기술연구원 교통환경연구팀2]	
(O-I-C-2) 09:35~09:50	레일 표면 자동 미세연마장치의 설계 및 제어 신지선1, 정다해1, 정우태2 [과학기술연합대학원대학교 로보틱스및가상공학과1, 한국철도기술연구원 교통환경연구팀2]	
(O-I-C-3) 09:50~10:05	EtherCAT기반 6자유도 로봇 제어시스템 개발 정성훈1, 곽경민2, 장기원2, 김한성2 [경남대학교 대학원 기계융합공학과1, 경남대학교 기계공학부2]	
(O-I-C-4) 10:05~10:20	6축 힘/모멘트 측정기능을 갖는 병렬형 로봇베이스플랫폼 설계 정성훈1, 김한성2 [경남대학교 대학원 기계융합공학과1, 경남대학교 기계공학부2]	
(O-I-C-5) 10:20~10:35	부족구동을 갖는 적응형 그리퍼의 기구학 해석 김기성1, 김한성2 [경남대학교 기계공학부1, 경남대학교 기계공학부2]	

Track II [10:40 ~ 11:55] : 제3발표장 [세미나 C실]

□ (O-II-C) 바이오 및 산업융합		좌장 : 최원식 교수[부산대학교]
(O-II-C-1) 10:40~10:55	쌀뜨물 발효액을 이용한 배추의 생장과 살충효과 연구 우지희1, 데스티아니 수페노1, 크리스타 마이난다 브리기타1, 이은숙1, 최원식1 [부산대학교 바이오산업기계공학과1]	
(O-II-C-2) 10:55~11:10	연꽃 줄기 발효시 생리활성 특성에 관한 연구 남미경1, 데스티아니 수페노1, 크리스타 마이난다 브리기타1, 이은숙1, 최원식1 [부산대학교 바이오산업기계공학과1]	
(O-II-C-3) 11:10~11:25	과일종류에 따른 발효특성에 관한 연구 권용진1, 손성준1, 정철민1, 이은숙1, 최원식1 [부산대학교 바이오산업기계공학과1]	
(O-II-C-4) 11:25~11:40	국산 비트의 재료형태에 따른 발효 특성연구 이은숙1,조희정1,최원식1 [부산대학교 바이오산업기계공학과1]	
(O-II-C-5) 11:40~11:55	국산 검은콩의 전처리에 따른 발효 연구 황현지1, 김태은1, 이은숙1, 최원식1 [부산대학교 바이오산업기계공학과1]	

12월 14일 (금)

[구두 발표]

Track III [13:00 ~ 14:15] : 제3발표장 [세미나 C실]

□ (O-Ⅲ-C) 인공지능 및 산업융합		좌장 : 조강현 교수[울산대학교]
(O-Ⅲ-C-1) 13:00~13:15	태양광과 무전극형광등에 의한 상추 생육 특성 최원식1, 양지웅1, 박진규2, 윤상진1, 우지희1, 이은숙1 [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 정일글로벌캠2]	
(O-Ⅲ-C-2) 13:15~13:30	알루미늄 스크린을 적용한 축사의 온도 특성 최원식1, 변재영1, 고준영1, 프라타마 판두 산디2, 박진규3 [부산대학교 바이오산업기계공학과1, 부산대학교 생명산업융합연구원2, (주)정일글로벌캠3]	
(O-Ⅲ-C-3) 13:30~13:45	트리즈의 STC연산자를 이용한 아이디어 도출과 응용 전상신1, 이윤곤1, 진태석2 [동서대학교 학사 과정1, 동서대학교 메카트로닉스공학과 교수2]	
(O-Ⅲ-C-4) 13:45~14:00	장소 인식을 위한 CNN과 의사결정트리 통합 방법 이울경1, 조강현1 [울산대학교 전기전자컴퓨터공학]	
(O-Ⅲ-C-5) 14:00~14:15	얼굴 인식 기반 스마트 책상 제어 안진수1, 조강현1 [울산대학교 전기공학부1]	

Track III [14:20 ~ 15:35] : 제3발표장 [세미나 C실]

□ (O-IV-C) 경량화 자동차 부품 개발		좌장 : 김국용 교수[동의과학대학교]
(O-IV-C-1) 14:20~14:35	승용차용 알루미늄 디프렌셜 케이스의 임펠러 형상에 따른 오일의 유량특성분석 박건영1, 이광오2 [부산대학교 기계공학부1, 부산대학교 기계기술연구원2]	
(O-IV-C-2) 14:35~14:50	탄소성 금형응력 해석을 이용한 냉간단조 금형설계 허영민1, 홍의창1, 김태형1, 이광오2 [(주)호창메탈1, 부산대학교 기계기술연구원2]	
(O-IV-C-3) 14:50~15:05	변속기 핵심부품 다축 진동내구 평가 사례 연구 박광민1, 김효성1, 이재원1, 추용주1, 김규식1, 이봉현1 [자동차부품연구원1]	
(O-IV-C-4) 15:05~15:20	알루미늄합금 AA5754 온간 드로잉 스탬핑 공정파라메타연구 한규암1, 김강우1, 박용순1, 정정호1, 이상우1, 이광석1, 이광오2 [덕성금속공업(주)1, 부산대학교 기계기술연구원2]	
(O-IV-C-5) 15:20~15:35	솔리드요소망을 적용한 판재성형공정 해석 이광오1, 김민철2, 이진형3, 김국용4 [부산대학교 기계기술연구원1, (주)엠에프알씨2, 전남테크노파크3, 동의과학대학교4]	

12월 14일 (금)

[포스터 발표]

Track I [10:00 ~ 10:40]

□ (P-I-A) 산업용 로봇 및 응용(I)		좌장 : 정양근 박사(주)신라정보기술
(P-I-A-1)	스마트FA를 위한 로봇의 무인원격제어 네트워크	정양근1 [㈜신라정보기술1]
(P-I-A-2)	모바일로봇의 주단조 환경 생산공정 작업경로 추적제어	정규현1, 김활수1 [㈜세영산업1]
(P-I-A-3)	부품 자율 핸들링작업을 위한 다관절 로봇의 정밀 모션제어	윤경화, 김희진2, 한성현2 [㈜건화1, 경남대학교2]
(P-I-A-4)	스마트 팩토리를 위한 공장내의 이동로봇의 위치제어	배호영1 [㈜브이맥1]
(P-I-A-5)	고온내열 특수환경 7축 다관절로봇의 오프라인제어	배호영1, 윤경화2, [㈜브이맥1, (주)건화2]

Track I [10:00 ~ 10:40]

□ (P-I-B) 산업용 로봇 및 응용(II)		좌장 : 하언태 박사(주)미래기술연구소
(P-I-B-1)	다관절로봇의 작업 수행을 위한 정밀 자세 제어	김기성1, 팽재익1, 정성훈1 [경남대학교 대학원1]
(P-I-B-2)	단조 공정자동화를 위한 7축 수직다관절로봇시스템의 실시간 제어에 관한 연구	성기원1, 노승훈2, 강정석3 [(주)한화테크윈1, 영창로봇테크2, (주)SMEC3]
(P-I-B-3)	물류 자동화를 위한 자율주행 로봇의 위치 및 속도 제어	임오득1 [해군정비창1]
(P-I-B-4)	부품 장렬 작업을 위한 로봇메니플레이터의 실시간 제어에 관한 연구	동근한1 [㈜세광산업1]
(P-I-B-5)	고열 단조공정내에서 트리밍작업 및 단조부품양불검사를 위한 공정지능화기술	팽재익1, 강정석2, 한성현3 [경남대학교 대학원1, (주)SMEC2, 경남대학교 기계공학부3]

12월 14일 (금)

[포스터 발표]

Track I [10:00 ~ 10:40]

□ (P-II-A) CAD/CAM/CAE		좌장 : 이충호 교수[전주대학교]
(P-II-A-1)	리커다인을 이용한 마늘파종부와 토양의 거동해석 박승원1, 정용준1, 박현승1, 이충호1, 하종우2 [전주대학교 산업공학과1, (주)하다2]	
(P-II-A-2)	마늘파종기 동력분석과 파종컴 구조해석 박현승1, 박승원1, 정용준1, 이충호1, 하종우2 [전주대학교 산업공학과1, (주)하다2]	
(P-II-A-3)	자세교정 의자의 기구부 해석 신윤수1, 김경수1, 이충호1, 이재현2 [전주대학교 산업공학과1, 미동체어2]	
(P-II-A-4)	승용관리기 연결 로타베이터 프레임과 링크부 강도해석 김윤수1, 이충호1, 강대식2, 김현경2 [전주대학교 산업공학과1, (주)그린맥스2]	
(P-II-A-5)	하중을 고려한 제초 작업용 로타리 연결부 구조해석 박현승1, 이충호1, 정용석2 [전주대학교 산업공학과1, 그린하이팜2]	

Track II [11:00 ~ 11:40]

□ (P-I-C) 시스템제어 및 응용(I)		좌장 : 이우송 대표[[주]선진기술]
(P-I-C-1)	퍼지로직을 이용한 로봇 매니플레이터의 지능제어	박세빈1 [창원시 진해구 해군1]
(P-I-C-2)	로봇의 협력작업을 위한 상호작용 힘제어 기술에 관한 연구	이창영1 [경남대 산업경영대학원 기계공학과1]
(P-I-C-3)	로봇 핸드의 힘 제어알고리즘 개발에 관한 연구	백영태1 [S&T중공공(주)1]
(P-I-C-4)	로봇기반 디버링 작업공정 자동화를 위한 힘제어에 관한 연구	윤인균1 [[주]르노삼성자동차1]
(P-I-C-5)	다관절 로봇의 핸드 파지제어 알고리즘 개발에 관한 연구	이상배1 [㈜글로컨비스1]

12월 14일 (금)

[포스터 발표]

Track II [11:00 ~ 11:50]

□ (P-II-B) 시스템제어 및 응용(II)		좌장 : 진태석 교수[동서대학교]
(P-II-B-1)	로봇기반 그라인딩 작업 공정제어 에 관한 연구 배호영1 [(주)브이맥1]	
(P-II-B-2)	로봇 아암과 작업대상 공작물의 상대운동에 대한 위치 및 힘 제어 조문근, 주은택1 [(주)희수테크, 경남대학교 기계공학1]	
(P-II-B-3)	3D환경 공정내에서의 모바일 로봇의 장애물회피 및 지능제어 이우송1 [(주)선진기술1]	
(P-II-B-4)	모바일-매니플레이터구조의 로봇의 관절 제어에 관한 연구 윤경화, 최태극 [(주)건화, (주)삼현]	
(P-II-B-5)	6축 다관절 로봇 및 보행 로봇의 지능제어에 관한 연구 김희진1, 윤인균2 [경남대학교1, (주)르노삼성자동차2]	

Track II [11:00 ~ 11:50]

□ (P-II-C) 시스템제어 및 응용(III)		좌장 : 이경창 교수[부경대학교]
(P-II-C-1)	비정규화된 작업환경내에서의 로봇의 최적 작업 공정제어기술 팽재익1, 김두범2, 한성현3 [경남대학교 대학원 기계융합공학과1, 경남대학교 대학원 첨단공학과2, 경남대학교 기계공학부3]	
(P-II-C-2)	센서융합기반 모바일 로봇의 지능제어에 관한 연구 김두범1 [경남대학교 대학원 첨단공학과1]	
(P-II-C-3)	어체상자 제작과정 분석을 위한 동역학적 모델링 정성현1, 전철웅2, 손정현3, 이현창4 [부경대학교 대학원 기계설계공학과1, 산업과학기술연구소2, 부경대학교 기계설계공학과3, 두성인터내셔널4]	
(P-II-C-4)	로봇과 힘토크 센서간의 인터페이스 기술 강경한1 [해군정비창1]	
(P-II-C-5)	자율주행 로봇의 위치 제어에 대한 연구 하언태, 문정철1 [미래기술연구소, 경남대 산업경영대학원 기계공학과1]	

Track III [13:20 ~ 14:00]

□ (P-III-A) 융복합기술		좌장 : 이문희 교수[동의과학대학교]
(P-III-A-1)	일체형 국자	윤혁진1, 강민준1, 정영화1, 김국용1, 김태승2 [동의과학대학교 기계계열1, 금광하이텍㈜2]
(P-III-A-2)	탈부착 등받이 의자	김민욱1, 박준호1, 손유종1, 박기범1, 조종영1, 고석조1, 정상진2 [동의과학대학교 기계계열1, 국립피엔텍㈜2]
(P-III-A-3)	도난 방지 우산	박민혁1, 최혁준1, 도홍열1, 심현빈1, 김민수, 신종호1, 김성원1, 이광오2 [동의과학대학교 기계계열1, (주)호창메탈2]
(P-III-A-4)	깔끔이	지창렬1, 강지환1, 김상경1, 노환균1, 송병문1, 변태영1, 노규빈2 [동의과학대학교 기계계열1, 국도피엔텍㈜2]
(P-III-A-5)	하이브리드 자동차의 고전압 배터리 모니터링 시스템 개발	정은수, 이승준, 우정빈, 정주석, 정영진, 정남일, 김만호1 [동의과학대학교 자동차계열1]

Track III [13:20 ~ 14:00]

□ (P-III-B) 시스템제어 및 응용(IV)		좌장 : 박성준 교수[전남대학교]
(P-III-B-1)	지능로봇의 보행패턴생성 및 보행자세에 관한 연구	아오방첸1, 팽재익1, 김희진1, 김명성1, 한성현1 [경남대학교1]
(P-III-B-2)	24관절의 로봇의 동역학적 해석 및 모션제어	아오방첸1, 김상현1, 장기원1 [경남대학교 대학원, 경남대학교 기계공학부]
(P-III-B-3)	종류, 소재, 크기가 다양한 제품의 자동 이송용 로봇 픽 앤 플레이스 시스템에 관한 연구	류혜연1, 정기민1, 홍우철2, 김민우3, 김현희1, 이경창1 [부경대학교 제어계측공학과1, (주)오토닉스2, 한국신발피혁연구원, 생산자동화연구실3]
(P-III-B-4)	비접촉식 센서를 적용한 협동 로봇의 충돌 회피 시스템 설계	류혜연1, 정기민1, 김현희1, 이경창1 [부경대학교 제어계측공학과1]

12월 14일 (금)

[포스터 발표]

Track III [13:20 ~ 14:00]

□ (P-III-C) 로봇틱스(I)		좌장 : 장성철 교수[한국폴리텍IV대학]
(P-III-C-1)	재활 로봇 기구부 설계 및 제어알고리즘 개발에 관한 연구	박성규1 [경남대학교 산업경영대원 기계공학과1]
(P-III-C-2)	4축 힘센서를 가진 로봇의 핸드핑거 설계	최성주1 [경남대학교 산업경영대원기계공학과1]
(P-III-C-3)	스마트 팩토리를 위한 지능로봇 설계 및 위치속도 제어	정양근1, 김기복2 [㈜신라정보기술1, (주)르노삼성자동차2]
(P-III-C-4)	스마트FA를 위한 모바일 로봇의 위치 및 속도제어	이우송1, 임오득2 [㈜선진기술1, 해군정비창2]
(P-III-C-5)	인간-로봇의 음성명령기반 협력작업 제어기술	이우송1, 김희진2, 김두범2, 한성현3 [㈜선진기술1, 경남대학교 대학원 기계융합학과2, 경남대학교 기계공학부3]

Track IV [14:20 ~ 15:00]

□ (P-IV-A) 로봇틱스(II)		좌장 : 이원구 교수[경희대학교]
(P-IV-A-1)	로봇과 힘토크 센서간의 인터페이스 기술	강경한 해군정비창
(P-IV-A-2)	자율주행 이동로봇의 임피던스 제어에 대한 연구	문 정 철 경남대 산업경영대학원 기계공학과
(P-IV-A-3)	재활 로봇 기구부 설계 및 제어알고리즘 개발에 관한 연구	박 성 규 경남대학교 산업경영대원 기계공학
(P-IV-A-4)	퍼지로직을 이용한 로봇 매니퓰레이터의 지능제어	박세빈 창원시 진해구 해군
(P-IV-A-5)	로봇기반 그라인딩 작업 공정제어 에 관한 연구	배호영 (주)브이맥
(P-IV-A-6)	로봇 핸드의 힘 제어알고리즘 개발에 관한 연구	백영태 S&T중공공(주)

Track IV [14:20 ~ 15:00]

□ (P-IV-B) 로봇틱스(Ⅲ)

좌장 : 박성준 교수[전남대학교]

(P-IV-B-1)	로봇기반 디버링 작업공정 자동화를 위한 힘제어에 관한 연구 윤인균 (주)르노삼성자동차
(P-IV-B-2)	다관절 로봇의 핸드 파지제어 알고리즘 개발에 관한 연구 이상배 (주)글로벌비스
(P-IV-B-3)	로봇의 협력작업을 위한 상호작용 힘제어 기술에 관한 연구 이창영 경남대 산업경영대학원 기계공학과
(P-IV-B-4)	로봇 아암과 작업대상 공작물의 상대운동에 대한 위치 및 힘 제어 주 은 택 경남대학교 기계공학
(P-IV-B-5)	4축 힘센서를 가진 로봇의 핸드핑거 설계 최성주 경남대학교 산업경영대원기계공학과

CRDI 디젤엔진의 운전조건 변화에 따른 연소특성

김기복¹

르노삼성자동차 기술연수원¹

Combustion Characteristics with Variation of Operating Condition in CRDI Diesel Engine

Gi Bok Kim¹

Renault Samsung Motors Co., Ltd.

Abstract

Compression Ignition Diesel Engine is operated by injecting fuel directly to combustion chamber with high pressure. Diesel Engine has greater thermal efficiency and durability than Gasoline Engine. Also, Diesel Engine emitted low harmful exhaust witch caused by Gasoline Engine. In addition to equipped using CRDI by controlling injection timing with controller, it has been tested and analyzed the engine combustion characteristics operating parameters. In this paper we analyze characteristics of combustion by changing a various of operating conditions.

1. 서 론

최근 심해지는 미세먼지 이슈로 대기환경에 대한 관심이 커지고 있다. 지구온난화로 인해 배출가스 규제가 더욱 엄격해 지면서 기존의 내연기관을 완전 연소 시키고 효율을 높이기 위해 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔다. 디젤엔진은 고압으로 압축이 된 연소실 내부에 디젤유를 직접 분사하여 동력을 발생시키는 엔진이므로 가솔린엔진에 비해 디젤엔진은 열효율 및 내구성 우수하며, 지구온난화의 주범인 이산화탄소의 배출량을 크게 줄일 수 있다^[1-3]. 그러나 입자상물질(PM), 질소산화물(NOx) 등과 같은 유해 배기배출물의 배출정도는 가솔린엔진에 비해 많이 배출되므로 배출가스 저감을 위해 자동차 제조사에서는 많은 투자가 진행되고 있다.

디젤엔진의 배기배출물 저감과 동시에 디젤엔진의 성능 향상을 위한 연구방법으로는 주로 최적의 연료 분사시기의 변화, 연료분사량의 변화, 압축비 변화, 기관회전수의 변화, 흡기시스템 변화, 배기시스템 변화 등 여러 운전 인자들의 변수가 있다^[4-6]. CRDI디젤엔진의 시스템 적용으로 엔진의 운전조건 변화에 따라 다양한 운전조건들을 제어가 가능함으로 디젤엔진의 연소 효율을 높일 수 있다. 본 논문은 실험을 통하여 운전조건 변화로 인한 디젤엔진의 연소특성에 대하여 고찰 하고자 한다.

2. 실험장치의 구성 및 실험방법

직접분사식 디젤엔진의 연소특성을 연구하기 위해 사용된 실험장치의 설계 및 구성은 다음과 같다. CRDI 디젤엔진의 연료 분사시스템 구성은 연료고압펌프, 연료압력조정밸브, 커먼레일(CR), 연료고압라인 및 고압분사용 연료분사기(Injector)로 구성되어 있다. Common rail(CR) 시스템의 핵심요소는 고압의 연료를 분사하는 연료분사기를 전기적으로 제어 할 수 있다는 것이다. 실험엔진의 동력계는 와전류식 동력계에 유니버설 조인트로 연결하여 엔진 동력을 측정하였다.

본 연구에 사용된 실험 장치는 4행정 4기통 수냉식 CRDI(Common rail direct injection) 디젤엔진, 엔진 동력계, 연소해석장치 및 여러 운전조건을 변화 시킬 수 있는 ECU(Electronic control unit) 컨트롤 장치로 구성되었다. 실험방법으로는 4기통 수냉식 디젤엔진의 연소특성에 관한 실험을 수행하기 위하여 연료의 분사 시기, 연료분사압력, 연료분사량, 엔진부하, 기관회전수를 운전조건에 따라 수동으로 제어할 수 있는 컨트롤러와 각 센서의 출력값을 모니터링 하거나 원하는 연료분사시기 데이터를 실시간으로 ECU에 전달할 수 있는 컴퓨터와 연결하여 실험을 수행 하였다.

3. 결과 및 고찰

실린더 내에서 연소 반응이 일어나는 화염면에서는 여러 활성종과 중간생성물이 생성되기도 하고, 소멸되기도 하는 상당히 복잡한 과정을 통하여 연소반응이 일어난다. 연소반응은 실제로 다양한 요소반응이 동시에 또는 차례로 일어나는 연쇄반응(Chain reaction)으로 본 연구에서는 다양한 운전조건의 변화에 따른 디젤엔진의 연소특성에 대한 해석을 하였다. Fig. 1 ~ Fig. 2는 구성된 실험장치의 운전조건 변화에 따른 실험결과 이며, Fig. 1은 실린더 압력의 변화를 크랭크 각도에 따라 나타낸 것이다. 연료분사시기 BTDC 1° , 엔진부하 30 %일 때 기관회전수 변화에 따른 연소실 내 압력값의 변화를 나타내었다. 기관회전수는 1,000 rpm에서 2,000 rpm까지 500 rpm 단위로 변화를 시키면서 측정된 압력값이다. 실린더 압력은 상사점을 지나 ATDC 15° 부근에서 가장 높게 측정이 되었으며, 기관회전수가 높을수록 실린더 내부의 압력이 높아지는 것으로 나타났다. Fig. 2는 질량연소율에 관한 그래프이다. 질량연소율이 10 %가 되는 지점까지를 착화지연 기간으로 설정하였으며, 10 %에서 90 %가 되는 지점까지를 주 연소 기간으로 하였다. 90 %를 넘어서는 지점부터는 동력발생에 미치는 영향이 미소하므로 연료의 연소가 대부분 종료되는 것으로 해석하였다. 질량연소율은 기관회전수 1,500 rpm에서 연소가 가장 급격히 진행이 되는 것을 확인 할 수 있었다.

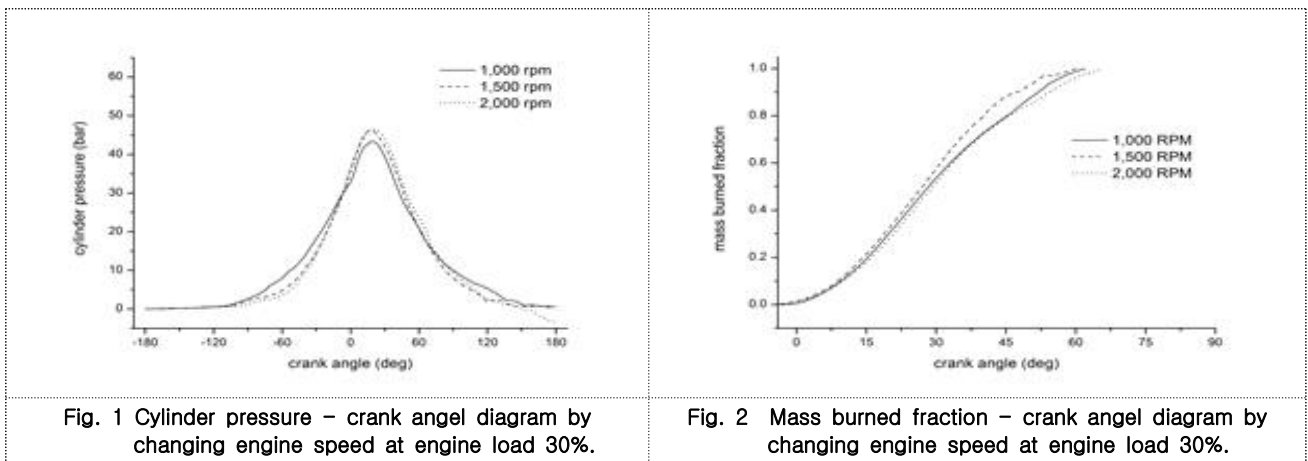


Fig. 1 Cylinder pressure – crank angel diagram by changing engine speed at engine load 30%.

Fig. 2 Mass burned fraction – crank angel diagram by changing engine speed at engine load 30%.

4. 결 론

본 연구에서는 디젤엔진의 운전조건의 변화에 따른 연소특성에 대하여 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 연료분사시기가 동일한 운전조건에서 기관회전수를 1,000 rpm에서 2,000 rpm까지 변화하였으며, 엔진의 부하는 30%로 고정된 상태에서 기관회전수를 500 rpm 단위로 변화시켰을 때 기관회전수가 상승될수록 연소실 내부 압력 및 압력상승률이 전반적으로 상승하는 것을 알 수 있었다. 실린더 내부 압력은 상사점을 지나 ATDC 15° 부근에서 가장 높게 측정이 되었으며, 기관회전수가 높을수록 연소실 내부 압력은 더욱 더 높은 것을 알 수 있었다. 실린더 내의 압력상승률 또한 상사점 부근이 가장 높은 것을 알 수 있었으며 운전조건 변화에 따라 최적의 운전조건을 파악 하였다.

[참 고 문 헌]

- 1) G. Borman, "Combustion Engineering", McGrawHill, 2005.
- 2) H.S. Kim, C.G. Kim, C.W. Kim, S.Y. Hon "Internal-Combustion Engine", CHEONG MOON GAK, 2009.
- 3) Chiwon Kim, "Internal Combustion Engineering", Bookshill , 2014.
- 4) G. B. Kim, I. D. Choi, J. H. Ha, C. W. Kim, C. S. Yoon, "A Study on Combustion and Emission Characteristics in Compression Ignition CRDI Diesel Engine", KSIA, Vol 17, No. 4, pp.234 - 244, 2014.
- 5) G. B. Kim, C. W. Kim, C. S. Yoon, "A Study on the Combustion and Performance Characteristics in Compression Ignition CRDI Diesel Engine", KSIC, Vol. 19, No. 1, pp. 31 - 38, 2016.
- 6) G. B. Kim, "The Effect of Scavenging pressure on Performance Characteristics in Two Stroke Diesel Engine", KSIC, Vol. 21, No. 2, pp. 45 - 51, 2018.
- 7) G. B. Kim, C. W. Kim, C. S. Yoon, "A Study on Combustion characteristics by Scavenging Pressure in Two Stroke CI Diesel Engine", KSMTE Annual Spring Conference, pp. 150, 2016.

연료분사시기 변화에 따른 배기생성물 특성에 관한 연구

김두범¹, 정현호¹, 김기복²,
 경남대학교 대학원¹, 르노삼성자동차²

A Study on the Characteristics of Exhaust Gas with Variable Fuel Injection Timing

Du Beom Kim¹, Hyeonho Jung¹, Gi Bok Kim²,
 Graduate school, Kyungnam University¹, Renault Samsung Motors Co., Ltd.²

Abstract

Diesel engine have advantages such as low fuel consumption, high output, and good thermal efficiency. Recently the direct injection diesel engine is the most efficient one available for road vehicles, so this fundamental advantage suggests the compression injection diesel engine are a wise choice for future development efforts. But its use should be largely promoted, however, diesel engine emits more Nitric oxides and particulate matter than other competing one.

1. 서 론

최근 디젤 엔진은 사용 연료비가 저렴한 경유인 점, 큰 출력을 얻을 수 있다는 점, 열효율이 좋다는 점 등의 장점을 가지고 있으나 자동차의 증가는 생활의 편리성과 업무의 효율성을 갖는 반면 대도시의 교통 혼잡과 더불어 자동차에서 배출되는 대기오염물질로 대기오염과 지구온난화를 야기하는 등 부정적인 측면도 있다. 따라서 본 실험적 연구에서는 엔진성능을 향상시키기 위한 방법으로, 직접 분사식 압축점화기관의 엔진회전수 및 연료분사시기를 변화하였을 때 엔진의 연소 및 배기생성물 특성을 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

Fig.1은 CRDI 디젤기관에 터보과급기, 중간냉각기 및 연료분사시기 조절을 위한 ECU 컨트롤 장치를 부착하여 엔진성능과 배기생성물 특성을 연구하기 위한 실험장치의 구성도이다. 본 연구에 사용된 실험 장치는 4행정 수냉식 디젤엔진, 엔진동력계, 연소해석장치, 가스분석기, 매연테스터(CSM 2500) 및 ECU컨트롤 장치인 Unichip으로 구성되었다. 본 실험에 사용된 디젤기관의 제원은 Table 1과 같다. 실험방법으로 실험엔진 운전 변수를 엔진의 회전수, 연료분사시기 및 엔진부하를 변화시켰다. 엔진 회전수는 각 조건에서의 운전 가능한 범위 내에서 변화시키며 실험하였으며, 분사시기 변화는 주 분사시기(main injection timing)로 부터 after 5° ~ before 15° 까지 5°간격으로 실험하였다.

Table 1 Specification of tested engine

Item	Specification
Model	D4EA(CRDI type)
Engine type	four-stroke cycle SOHC water cooling CRDI engine
Number of cylinder	4
Displacement	1991cc
Compression ratio	18.4
Bore . stroke	83 × 92 mm
Max. output	Power: 115/4000 (ps / rpm) Torque: 26/2000 (kg.m/rpm)
Injection nozzle	Pintle type
Fuel injection pump	Bosch CRDI type

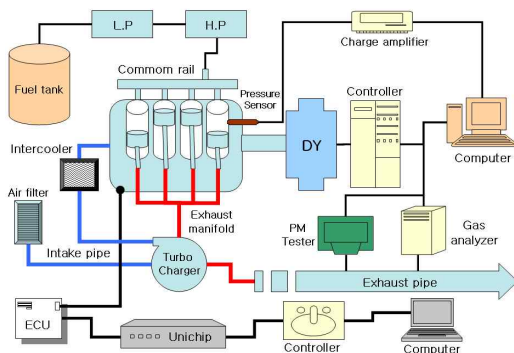


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus.

3. 실험결과 및 고찰

Table 1은 엔진회전수 변화에 대하여 배기가스 생성의 조성변화를 나타낸 것이다. Table 2~Table 3은 연료분사시기 변화에 대하여 배기가스 생성의 변화를 나타낸 것이다. 연료분사시기에 변화 따른 배기배출물 생성의 경향은 엔진회전수가 증가함에 따라 질소산화물(NOx)의 배출량은 증가하였다. 엔진회전수 1,500 rpm에서 연료분사시기를 bTDC 10°에서 bTDC 5°로 지각 시키면 질소산화물(NOx)의 배출량은 약 17 % 감소하였으며, bTDC 15°, bTDC 20°, bTDC 25°로 진각(advance) 시키면 약 13 %, 39 %, 52 %로 증가 하였다. 엔진회전수가 증가함에 따라 PM의 농도는 감소하였으며, 엔진회전수 1,500 rpm에서 연료분사시기를 bTDC 10°에서 bTDC 5°로 지각 시키면 입자상물질(PM)의 배출량은 약 12 % 증가하였고, bTDC 15°, bTDC 20°, bTDC 25°로 진각 시키면 약 15 %, 29 %, 52 %로 감소하였다.

Table 1 Formation concentrations of emission at fuel injection timing bTDC 8°

Engine speed (rpm)	1,000	1,500	2,000	2,500
CO (%)	0.03	0.04	0.096	0.26
UHC (ppm)	25.65	26.75	39.58	65.07
NOx (ppm)	56.5	67.84	75.62	108.54
PM (%)	63.27	39.42	26.75	25.02

Table 2 Formation concentrations of NOx emission (ppm) with IT

	bTDC 5°	bTDC 10°	bTDC 15°	bTDC 20°	bTDC 25°
1,000 rpm	310	334	402	415	501
1,500 rpm	312	376	424	522	571
2,000 rpm	380	407	475	535	692

Table 3 Formation concentrations of PM emission (%) with IT

	bTDC 5°	bTDC 10°	bTDC 15°	bTDC 20°	bTDC 25°
1,000 rpm	59	54	50	39	29
1,500 rpm	58	52	44	37	25
2,000 rpm	54	49	43	33	20

4. 결 론

디젤엔진의 연료분사시기 변화에 따른 연소특성을 연구하기 위하여 전자제어 맵핑 장비를 디젤 엔진에 장착하였으며, 운전인자는 엔진회전수, 연료분사시기 변화로 배기배출물 생성특성을 해석한 결과 다음과 같다.

연료분사시기를 앞당길수록 실린더 내 압력 상승으로 인한 연소실 온도의 증가로 질소산화물(NOx) 생성은 bTDC 25°인 경우 52 %로 증가하였고, 매연입자가 산화될 수 있는 기간이 증가하기 때문에 입자상물질(PM)은 bTDC 25°인 경우 52 %로 감소하였다. 반면 분사시기를 bTDC 5°로 지각(retrad) 시키면, NOx의 배출량은 약 17 % 감소하였고, PM의 배출량은 약 12 % 증가하였는데 bTDC 10° 지점이 엔진 배기가스 배출에 있어서 최적의 연료분사시기임을 알 수 있다.

[참 고 문 헌]

- 1) Needham, J.R., et. al., "Injection Timing and Rate Control a Solution for Low Emissions", SAE 900854, 1990.
- 2) B. P. Ramesh, H. B. John and P.C. Christopher, "The effects of oxygen-enriched intake air on FFV exhaust emissions using M85.", SAE 961171, 1996.
- 3) N Ladammatos, S Abdelhalim and H Zhao, "The Effects of Exhaust Gas Recirculation on Diesel Combustion and Emissions", International Journal of Engine Research, Vol. 1, no.1, pp107-126, (2000).
- 4) G. B. Kim, C. W. Kim, C. S. Yoon, "A Study on the Combustion and Performance Characteristics in Compression Ignition CRDI Diesel Engine", KSIC, Vol. 19, No. 1, pp. 31 - 38, 2016.

KD-147 자동차검사 모드에서 배기가스 생성 특성에 관한 연구

김두범¹, 정현호¹, 김기복²,
경남대학교 대학원¹, 르노삼성자동차²

A Study on the Characteristics of Exhaust Gas Generation in KD-147 Vehicle Inspection Mode

Du Beom Kim¹, Hyeonho Jung¹, Gi Bok Kim²,
Graduate school, Kyungnam University¹, Renault Samsung Motors Co., Ltd.²

Abstract

The gasoline direction injector in gasoline engine and exhaust gas recirculation in diesel engine is focusing on the heart of advanced engines. described is the energy generation processes, it is one of the major causes of air pollution. Recently there was a strong upward tendency for the use of the high viscosity and poorer quality of diesel fuels. Through analysis of the engine performance and soot particles of the actual car KD-147 mode in Circle fin exhaust pipes were designed to study the effect of cooling the recirculated exhaust gases of diesel engines on the chemical composition of the exhaust gases and the reduction in the formation of pollutant emissions.

1. 서 론

최근 자동차 산업은 그 나라의 경제력과 기술수준을 가늠하는 척도로 선진국은 물론 개발 도상국들 까지도 자동차 공업육성에 많은 관심과 노력을 기울이고 있는 실정에 있다. 급속적인 자동차의 증가는 생활의 편리성과 업무의 효율성을 갖는 반면 대도시의 교통혼잡과 더불어 자동차에서 배출되는 대기오염물질로 대기오염과 지구온난화를 야기하는 등 부정적인 측면도 있으며, 인간이나 식물, 동물의 생활에 해를 주어 이에 대한 저감대책이 시급한 실정이다. 우리나라에서는 대기오염의 심각성을 개선하기 위해 환경오염물질 배출을 규제하기 위한 법규를 강화하고 있으며 자동차 배출가스 검사방법도 효율적으로 관리하고 감독하기 위하여 새로운 방법을 도입하고 있다. 최근의 자동차 정책의 가장 큰 문제인 입자상물질(PM)의 저감에 초점을 맞추어 입자상물질(PM)을 다량 배출하고 있는 경유자동차에 대한 배출가스저감 및 출력향상을 위한 대안을 모색해 보고자 한다. 디젤 엔진은 사용 연료비가 가솔린 엔진보다 저렴하면서 큰 출력을 얻을 수 있으며, 열효율이 좋다는 등의 장점을 가지고 있어 당초에는 선박용 혹은 정치식 엔진용으로 사용되다가 고속 회전시에도 안정적으로 공기와 연료를 공급할 수 있게 됨으로써 레저용 및 소형 승용차까지 폭넓은 동력원으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 KD-147 자동차 검사모드에서 실차의 연식에 따라 엔진의 배출가스 생성 특성을 분석하였다.

2. KD-147 모드 검사방법

KD(Korea diesel)-147 모드란 경유자동차를 차대동력계에서 차량의 기준 중량에 따라 도로 부하마력을 설정한 다음 주행 주기에 따라 147초 동안 최고 83.5 km/h까지 가속, 정속, 감속을 하면서 매연 농도를 측정하는 것이다. Lug-down 3(엔진회전수 제어방식) 측정방법을 나타낸 것으로 경유자동차의 엔진정격회전수, 엔진정격출력, 매연 농도를 측정한다. 엔진출력과 매연배출농도(%)를 동시에 검사하여 부적합 원인에 대한 근본적이고 실질적인 정비방법과 기술을 유도하여 매연 배출량 저감에 크게 기여하고 있다. 자동차검사 방법으로는 새시 동력계에서 주행하는 상태로 측정대상 자동차의 엔진정격 회전수에서 1모드, 엔진정격 회전수의 90 %에서 2모드, 엔진정격 회전수의 80 %에서 3모드로 구성되며 1모드에서 엔진정격 출력, 엔진정격 회전수 및 매연농도를 2모드와 3모드에서 각각 엔진회전수 및 매연 농도를 측정하며 매연농도는 부분유량채취방식의 광투과식 분석방법을 채택한 측정기를 사용하여 측정한다. 부하설정조건은 주행상태에서 중·소형 경유차의 매연농도를 측정하는 것으로 새시동력계상에서 차량 기준중량에 따라 도로 부하마력을 설정한 다음 정해진 주행 그래프에 따라 매연농도(%)를 측정한다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 실험 시 운전조건에서 엔진회전수가 변화하는 경우, 일산화탄소(CO) 생성의 경향을 나타내었다. CO는 산소 부족에 의한 불완전 연소와, 고온에서 이산화탄소의 열해리에 의해 생성된다. 그러나 이 중에서 CO₂가 해리되는 반응은 생성물의 체적을 감소시키기 때문에 고압이 될수록 해리되는 양은 감소하게 된다. 일산화탄소(CO)의 생성은 연소기간 중의 산소부족과 고온에서의 열해리에 의해 생성된다. 그러나 압축점화기관과 같이 밀폐된 연소실에서의 연소반응시에는 연소온도가 높아짐에 따라 열해리는 촉진되나, 압력의 상승에 의해서는 열해리 반응이 억제된다. 이것은 엔진회전수의 증가에 따른 연소실내의 흡입공기의 유동으로 공기와 연료가 균질혼합되고 화염전파가 가속되어 연소속도의 증가에 따른 것으로 판단된다. 일산화탄소 가스의 발생은 이산화탄소 가스의 발생과 반비례하며 배기가스 생성량이 규정치 이하로 낮아짐을 실험을 통하여 확인할 수 있었다. Fig. 2는 엔진회전수의 변화에 따른 미연탄화수소(UHC) 생성경향을 나타낸 것으로 엔진회전수 증가에 따라 HC는 감소하였으며 CO와 정성적으로 같은 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. NO_x가스 생성은 고온에서의 체류시간과 산소의 농도가 주요한 변수이고, Zeldovich 기구에 의해 생성된다. 따라서 산소 체적비가 증가함에 따라 연소속도가 상승되어, 연소가스 온도가 증가되므로, 질소산화물의 발생도 증대하게 되며, 화학반응론으로 해석하여 보면 산소추가에 의해 O와 OH 등의 활성기 생성이 촉진되어 질소산화물 반응이 용이해지기 때문이라고 판단할 수 있다. Fig. 3에서는 엔진회전수에 따른 배출가스 중의 입자상물질(PM)농도를 나타낸 것이다. PM은 일반적으로 연료의 연소시 열분해 과정에서 산소가 부족하면 저급 탄화수소 및 활성기가 중합하여 미연소인 상태로 배출되면 재와 함께 입자상 물질(particle matters)을 형성한게 된다. 엔진의 회전수가 증가함에 따라 PM은 감소하였고, 대체적으로 미연탄화수소, 일산화탄소와 정성적으로 같은 경향은 보이고 있다. 종합하여 보면, 산소 체적비가 증가할수록 CO와 PM 및 UHC는 감소하지만, 연소가스 온도상승에 의한 NO_x생성은 크게 증가하고 있음을 알 수 있었다.

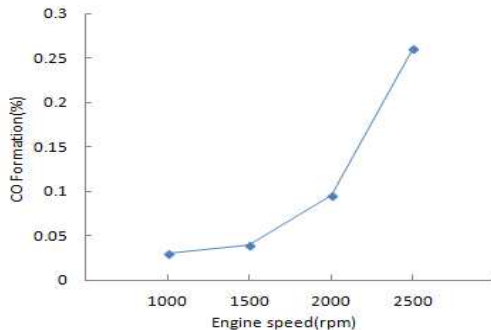


Fig. 1 CO formation according to engine speed at fuel injection timing bTDC 8°.

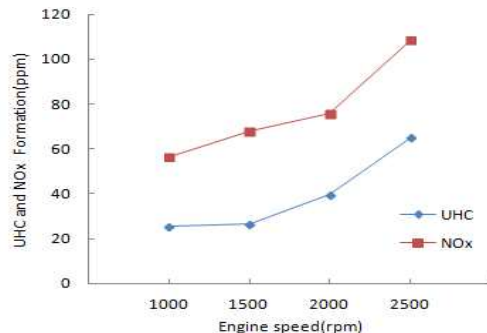


Fig. 2 UHC and NOx formation according to engine speed at fuel injection timing bTDC 8°.

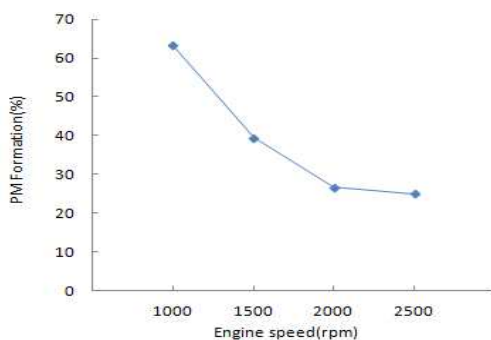


Fig. 3 PM formation according to engine speed at fuel injection timing bTDC 8°.

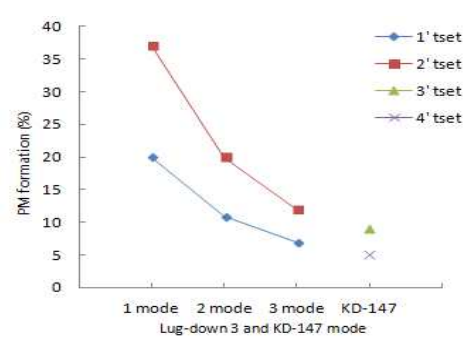


Fig. 4 PM formation for Lug-down 3 and KD-147 mode at D4AL test.

[참 고 문 헌]

- 1) Needham, J.R., et. al., "Injection Timing and Rate Control a Solution for Low Emissions", SAE 900854, 1990.
- 2) Takemi Chikahisa and Takashi Arai, "In-Cylinder Control of Smoke and NO_x by High Turbulent Tow-Stage Combustion in Diesel Engines", SAE paper 962113, 1996.
- 3) H.S. Kim, C.G. Kim, C.W. Kim, S.Y. Hon "Internal-Combustion Engine", CHEONG MOON GAK, 2009.
- 4) G. B. Kim, I. D. Choi, J. H. Ha, C. W. Kim, C. S. Yoon, "A Study on Combustion and Emission Characteristics in Compression Ignition CRDI Diesel Engine", KSIA, Vol 17, No. 4, pp.234 - 244, 2014.

디젤기관에서 배기배출물 및 동력성능에 관한 연구

정현호¹, 김두범¹, 김기복²,
경남대학교 대학원¹, 르노삼성자동차²

A Study on the Exhaust Emission and Power Performance in Diesel Engine.

Hyeonho Jung¹, Du Beom Kim¹, Gi Bok Kim²,
Graduate school, Kyungnam University¹, Renault Samsung Motors Co., Ltd.²

Abstract

Recently there was a strong upward tendency for the use of the high viscosity and poorer quality of diesel fuels. In this study it is designed and used the engine test which is installed with turbocharger and intercooler. In addition to equipped using CRDI by controlling injection timing and engine load, it has been tested and analyzed the engine performance and exhaust gas formation.

1. 서 론

최근의 자동차 정책의 가장 큰 문제인 매연의 저감에 초점을 맞추어 입자상물질을 다량 배출하고 있는 경유자동차에 대한 배출가스저감 및 출력향상을 위한 대안을 모색해 보고자 한다. 디젤 엔진의 연소특성에 미치는 인자는 연료의 분사시기, 분사율, 연료분무의 무화성, 관통성, 공기과잉율, 실린더내 온도와 압력, 연료의 세탄가 등이 있으며, 이러한 인자들은 매우 유기적인 관계를 가지고 있고 배기가스 재순환장치를 통하여 엔진출력과 배기배출물 등에서 보다 유기적인 성능특성을 연구를 하고 실제 엔진의 연식에 따른 매연 발생률 및 엔진 성능에 대하여 해석하는데 목적을 두었다.

2. 실험장치 및 방법

Fig.1은 실험장치의 구성도이다. Fig. 2의 새시동력계는 PAU, 관성중량부여장치, 구동장치, 롤러장치, 차량속도 측정장치, 엔진회전속도 측정 장치, 자동차 구동출력 측정장치, 운전모드, 보조장치, 안전장치 등으로 구성되었다. 엔진정격 회전수 및 매연농도를 2모드와 3모드에서 각각 엔진회전수 및 매연 농도를 측정하며 매연농도는 부분유량채취방식의 광투과식 분석방법을 채택한 측정기를 사용하여 측정하였다. 실험방법으로 기관 운전변수를 엔진의 회전수, 연료분사시기 및 엔진부하를 변화시키면서 매연 및 동력성능을 측정하였다.

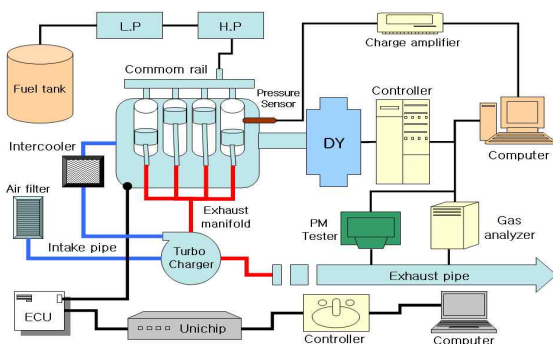


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus.



Fig. 2 System schematics of chassis dynamometer.

3. 결과 및 고찰

Lug-down 3모드는 경유자동차의 엔진정격회전수, 엔진정격출력, 매연 농도를 측정한다. 엔진출력과 매연 배출농도(%)를 동시에 검사하여 부적합 원인에 대한 근본적이고 실질적인 정비방법과 기술을 유도하여 매연 배출량 저감에 크게 기여하고 있는 Lug-down 3 측정방법은 새시 동력계에서 주행하는 상태로 측정대상 자동차의 엔진정격 회전수에서 1모드, 엔진정격 회전수의 90 %에서 2모드, 엔진정격 회전수의 80 %에서 3모드로 구성되며 1모드에서 엔진정격 출력, 엔진정격 회전수 및 매연농도를 2모드와 3모드에서 각각 엔진회전수 및 매연농도를 측정하며 매연농도는 부분유량채취방식의 광투과식 분석방법을 채택한 측정기를 사용하여 측정한다. 엔진별 Lug-down 3모드에서 PM의 생성을 나타낸 것이다. 대부분의 적합 판정이 나는 차량의 경우는 Fig. 1의 엔진모델 662920과 같이 1모드에서 3모드까지 매연농도가 선형을 그리며 내려감을 알 수 있었다. 연료분사 펌프나 엔진의 성능이 정상적으로 작동하는 경우에 Fig. 1과 같은 형태의 선도를 만들어 낸다. 또한 Fig. 1~Fig. 3을 참고로 하여 보면 연식이 증가하고 많은 거리를 운행한다고 하여 엔진의 출력에 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 엔진모델 JT와 같이 1년에 10,000 km 이하의 단거리 주행이나 가혹조건운행(시내주행)을 할 경우 배기관에 PM이 누적되어 첫 측정의 경우에 많은 매연농도를 배출하게 되나 재측정 시에는 매연농도가 많이 떨어짐을 알 수 있다. Fig. 4의 1차-1, 2차-1, 3차-1에서 나타나듯 매연농도가 높지만 실제 엔진의 성능에는 문제가 없음을 알 수 있다.

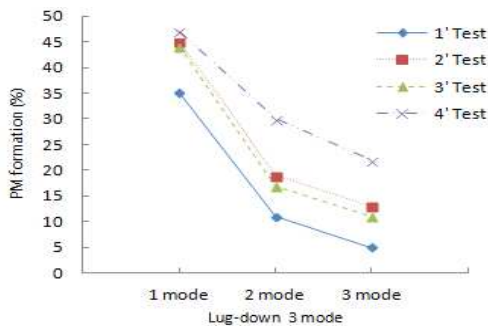


Fig. 1 PM formation for Lug-down 3 mode at 662920 test.

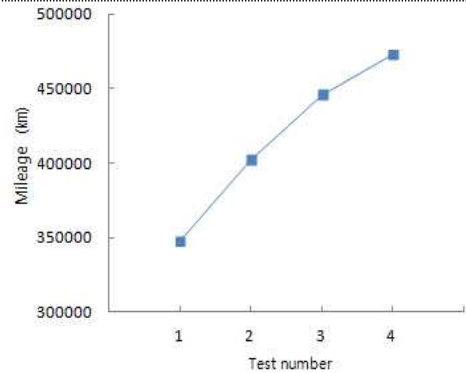


Fig. 2 Mileage for Lug-down 3 mode at 662920 test.

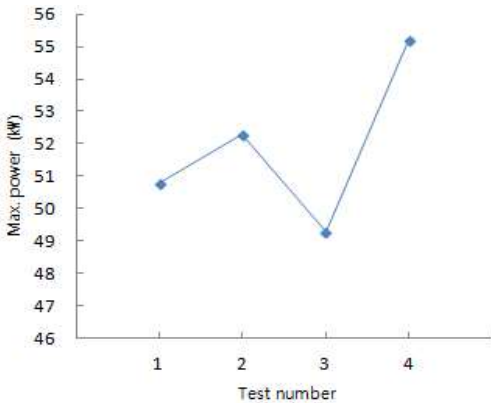


Fig. 3 Maximum power for Lug-down 3 mode at 662920 test.

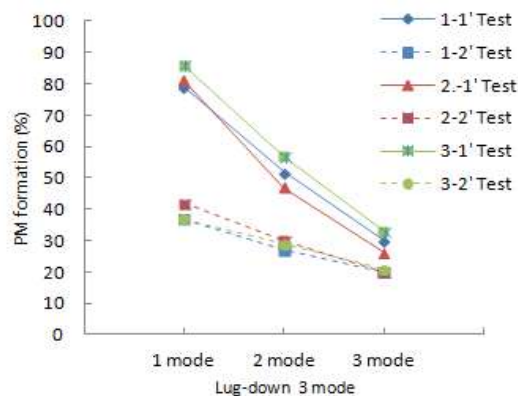


Fig. 4 PM formation for Lug-down 3 mode at JT test.

[참 고 문 헌]

- 1) Needham, J.R., et. al., "Injection Timing and Rate Control a Solution for Low Emissions", SAE 900854, 1990.
- 2) Takemi Chikahisa and Takashi Arai, "In-Cylinder Control of Smoke and NO_x by High Turbulent Tow-Stage Combustion in Diesel Engines", SAE paper 962113, 1996.
- 3) JSME Combustion Handbook, 日本機械學會 pp. 282~285, 1995.
- 4) 국립환경과학원, 2010. (www.nier.go.kr).

다중 나사산을 가진 치과 임플란트 픽스처의 응력분포에 관한 연구

추원철¹, 김두범², 김기복³

경남대학교¹, 경남대학교 대학원², 르노삼성자동차³

A Study on stress distribution for multi-thread dental implant fixture

Won Chul Choo¹, Du Bum Kim², Gi Bok Kim³

Kyungnam University¹, Graduate School, Kyungnam University², Renaultsamsung Motors³

Abstract

In the courses of designing the dental implant fixture, it is very important to consider that the fixture should be designed well enough to secure the good effect of stress distribution and initial stability in order to avoid the possible jaw-bone loss or necrosis after implantation. All these are essential conditions for the better osseointegration of implanted Fixture and jaw bone.

It is proved that combined micro-thread fixture(8+4+2 thread type) is more effective one showing better stress-distribution value with less stress-condition value with less stress-concentration value in the first thread line of fixture, than simple micro-thread fixture(4+2 thread type).

1. 서 론

최근 치과용 임플란트는 이전에 비해 낮은 가격과 여러 제조회사들이 만드는 다양한 제품에 의해 대중화되었으며 건강보험의 적용범위도 계속 확대되고 있어 그 수요 또한 증가하고 있다. 임플란트는 사람의 인체에서 인체의 뼈를 대신하는 대체물이라고 할 수 있으며, 인체와 생체친화성이 우수한 것으로 알려진 타이타늄을 사용하여 제조되고 있다. 타이타늄이 생체의료용 재료로 사용되어진 것은 1950년대 말 부터이며, 타이타늄의 우수한 강도내식성, 피로저항성, 인체의 골조직과 비교적 잘 결합하는 성질 등으로 오늘날까지도 정형외과 및 치과용 보철물, 악안면 보철물, 심장 혈관계통 의료기기용 핵심 소재로서 꾸준히 사용되고 있다.¹⁾ 본 연구에서는 기존의 임플란트 픽스처 보다 응력의 분산이 뛰어난 치과 임플란트 픽스처를 설계하여 응력집중을 분산시키고자 한다.

2. 모델링 및 해석

유한요소해석(FEA)을 수행한 형상을 Fig. 1.과 Fig. 2.와 같이 CATIA를 사용하여 3D 모델링하였다.²⁾ Fig. 1.은 종래의 마이크로 나사산 픽스처로 타사의 일반적인 형상으로 잔나사 부분이 4줄 나사이고 큰나사 부분이 2줄 나사로 되어있다. Fig. 2.는 복합 마이크로 나사산 픽스처로 마이크로 나사 부분이 8줄 나사와 4줄 나사로 되어있다. 하중조건은 수직하중 100 N으로 하고 2D 해석을 Abaqus 6.7을 사용하여 해석하였다. 우선 픽스처와 치조골의 접합되기 전의 상태를 접촉(contact)조건으로 하여 2차원 축대칭 조건을 사용하여 유한요소 탄성해석으로 하였고 그 결과를 Fig. 3에서 볼 수 있다. Fig. 3 (a)는 종래의 마이크로 나사산 픽스처의 응력해석 결과이고, Fig. 3 (b)는 복합 마이크로 나사산 픽스처의 결과이다. Fig. 3에서 보면 마이크로 나사산의 픽스처의 최대응력이 167 MPa 정도 나오고 복합 마이크로 나사산 픽스처의 경우에는 32 MPa 정도여서 복합 마이크로 나사산 픽스처의 최대응력이 훨씬 낮게 발생하고 픽스처와 치조골 사이의 물림이 더 안정적임을 알 수 있다. 그리고 픽스처와 치조골이 결합된 후의 문제를 완전결합조건으로 2차원 축대칭 해석을 하였고 그 결과를 Fig. 4.에서 볼 수 있다. Fig. 4.에서 보면 마이크로 나사산의 픽스처의 최대응력이 31 MPa 정도이고, 복합 마이크로 나사산 픽스처의 경우에는 28 MPa 정도로 복합 마이크로 나사산 픽스처가 최대응력이 훨씬 낮게 발생하고 픽스처와 치조골 사이의 물림이 더 안정적임을 알 수 있다.



Fig. 1. a 3D a 3D model of typical micro-thread fixture



Fig. 2. model of combined micro-thread fixture

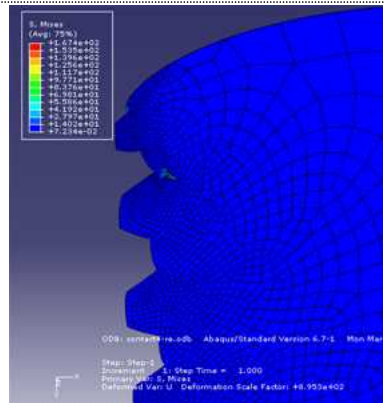


Fig. 3(a). axi-symmetry stress analysis of typical micro-thread fixture(contact condition)

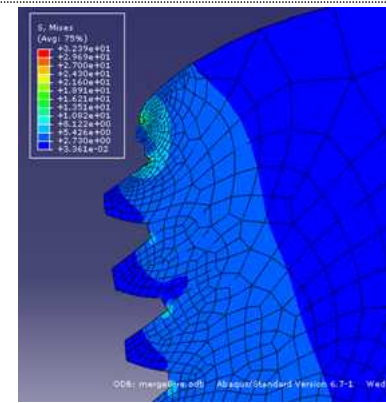


Fig. 3(b). axi-symmetry stress analysis of combined micro-thread fixture(contact condition)

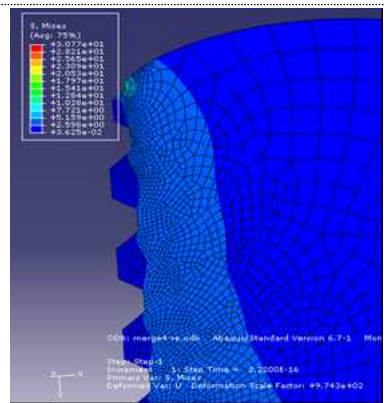


Fig. 4(a). axi-symmetry stress analysis of typical micro-thread fixture(complete combine condition)

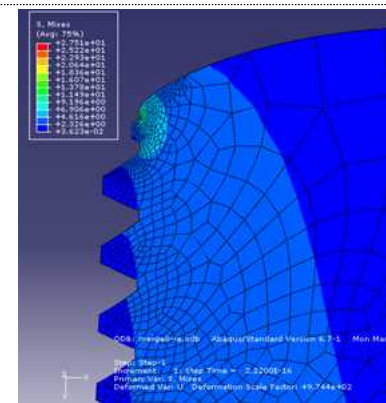


Fig. 4(b). axi-symmetry stress analysis of combined micro-thread fixture(complete combine condition)

3. 결 론

본 연구에서는 치과 임플란트용 픽스쳐와 치조골이 접합되기 전과 후로 나누어 기존의 일반적인 픽스쳐와 복합 마이크로 나사산 픽스쳐를 2차원 축대칭 유한요소해석을 수행하고 응력분포를 비교해 본 결과 복합 마이크로 나사산 픽스쳐의 최대응력이 낮아 응력분산이 잘 되었으며 특히 치조골과의 접합전의 응력분산이 탁월하여 종래의 픽스쳐보다 시술의 성공성이 높다고 판단된다.

[참 고 문 헌]

- 1) 현용택 등, “생체의료용 타이타늄”, 대한금속재료학회, 재료마당, 제21권 제1호, 2008, 48p (이하생략)

LNG 벙커링 Dry Disconnect Coupling 설계 및 제작

정지현¹, 정현철¹, 장성철², 엄정필³

Design and making of LNG Bunkering Dry Disconnect Coupling

Ji-Hyun Jeong¹, Hyoen-Chul Jeong¹, Sung-Cheol Jang², Jeong-Pil Eom,³

1. 서 론

LNG 연료 선박은 증가 추세에 있으며, 침체화 된 국내의 조선업과 경쟁 관계에 있는 중국도 배출통제해역 확대에 따른 LNG 추진선 건조/운영이 증가되고 있고, EU는 2025년까지 139개 항만에 LNG 벙커링 인프라 확충 발표를 진행하고 있으며, 이에 따라 국내에서도 LNG 벙커링 기반 산업의 활성화 및 항만 LNG 벙커링 도입을 위한 정부 지원 결과 선박용 벙커링의 주요 기자재는 국산화 개발이 활발히 진행되고 있다.

조선/해양 기자재 국산화를 2020년에 최대 70% 목표를 하고 있으나 현재 조선/해양설비의 기자재 국산율은 10~30% 수준으로 낮은 상황이다. 전세계 대형 조선해양공사의 70%를 건조하는 한국 조선 Big 3에게 조선 해양설비 기자재 국산화는 필수적인 요소이다. 특히 납기준수와 A/S 측면에서도 기자재 국산화의 필요성은 고조되고 있다. 향후 LNG 선박의 급격한 시장 확대가 예상되며, 이런 LNG 선박 기자재에 대한 국산화 개발이 필요하다.

본 연구에서는 이런 급격하는 LNG 선박 기자재에 대한 설계 및 제작에 관한 연구를 수행하였다.

2. 설계 및 제작

LNG 벙커링 시 극저온 매체를 주입하기 위하여 호스 간 커플링에 있어서 Quick Coupling와 연결되는 Dry Disconnect Coupling에 관한 설계를 하였다. LNG 벙커링 주유 시 연료를 주입하기 위하여 커플링 플러그를 신속하게 결합하여 시간적인 소모를 최소화 시켜야 한다. Dry Disconnect Coupling은 LNG를 운송하는 선박에 장착하여 주유할 선박과 커플링 역할을 하며, 체결과 동시에 회전하여 DC의 Disc가 QC의 Disc를 밀어 개폐와 동시에 LNG를 주유하는 구조를 가진다. Dry Disconnect Coupling의 구조는 다음 Fig. 1과 같다.

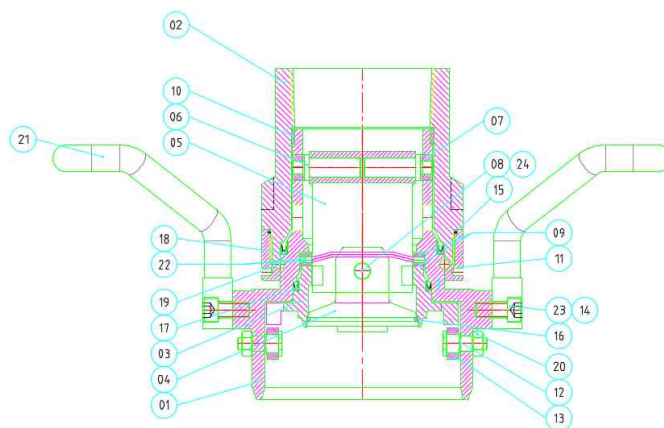


Fig. 1 Dry Disconnect Coupling 설계

Dry Disconnect Coupling은 01번 Body, 02번 Connector, 03번 Disc로 구분 할 수 있다. Body와 Connector 연결부, Disc Holder 연결부에 U-Seal을 하여 기밀과 마찰을 고려한 설계를 하였다. Body 상단 안쪽에 QC와 체결 할 수 있는 3개의 홈 구성하였으며 체결과 동시에 손잡이를 돌려 Disc Plate와 Body가 회전을 하면서 Disc가 개폐 된다. Disc Plate가 나선형으로 회전을 하면서 Disc를 개폐하기 위하여 Body에 Guide Pin이 나선형으로 움직이는 공간이 필요하다. Fig. 2에 나타내었다.

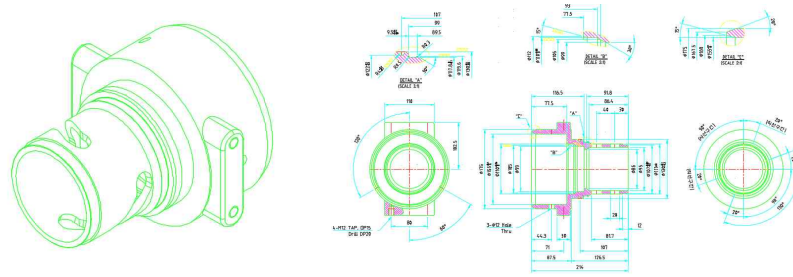


Fig. 2 Dry Disconnect Coupling Body 설계

Body 후면에 위치하며 연결을 위한 연결부로 Disc Holder와 같은 고정 역할을 한다. Body와 기밀, 마찰 등을 고려한 설계를 하여 움직이지 못하도록 밀착시켜야 한다. 안쪽에는 마찰계수가 적고 압력범위가 넓은 U-Seal을 적용하였다. 바깥부분에는 기밀을 위한 O-Ring을 적용한 설계를 하였다. Disc와 Disc Holder는 DC와 QC를 개폐하는 역할을 하며, Holder가 QC와 결합되면서 3개의 홈에 고정된다. 체결 후 Body를 회전시켜 Disc가 개폐 되면서 QC의 Disc를 밀어 양쪽을 동시에 개폐시켜 유체가 지나갈 수 있도록 한다. Holder의 3개의 홈이 QC와 동일 하여야 하며, 체결 시 유동이 없어야 한다. Holder가 Disc Plate가 고정되어야 하며, Body가 회전하면서 Disc가 수직으로 움직일 수 있도록 한다. Disc에는 O-Ring을 하여 기밀을 확보 하였으며, Holder 바깥 부분에는 마찰계수를 줄이고 압력 범위를 높이기 위한 U-Seal을 적용하였다. Fig. 3과 같다.

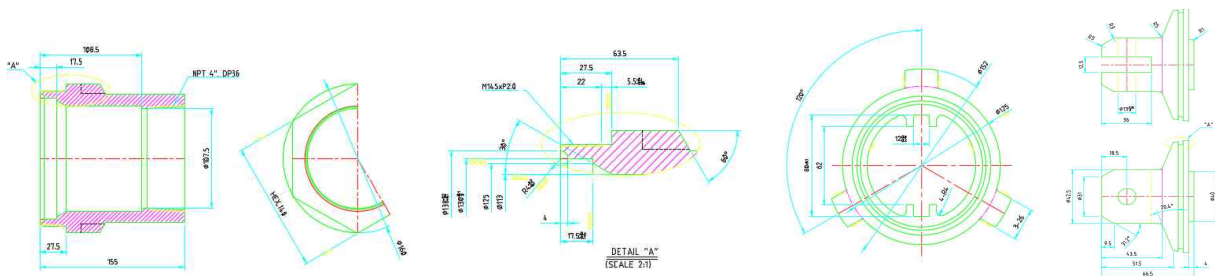


Fig. 3 Dry Disconnect Coupling Connector와 Disc, Disc Holder 설계

Dry Disconnect Coupling Process는 설계-가공-가공수정-조립-가공수정-제품-성능검사로 진행하였다. 1단계에는 설계도면을 바탕으로 Body, Connector, Disc, Disc Holder, Disc Plate, 등 각각에 부품을 가공 후 부품에 발생하는 문제점 치수 및 표면, 접합 등 추가 가공을 한다. Plate 두께 및 위치 및 Holder에서 핀이동 라인에서 가공 불량에 다소 발생하여 추가적인 가공을 하였다. 지속적인 문제점에 대한 개선이 필요해 보인다.

Dry Disconnect Coupling Process 1단계				
가 공				
가 공 수 정				

Dry Disconnect Coupling Process 2단계				
조립				
가공수정				
Dry Disconnect Coupling Process 3단계				
제품				
성능검사				

Fig. 4 Dry Disconnect Coupling Process

2단계에서는 Disc Holder에 Disc 결합 후 Plate를 연결해 준다. Body에 조립 된 Disc Holder를 장착 후 Breaking부에 볼과 U-Seal을 체결해준다. 그 후 Connector를 조립해준다. 이 과정에서 Plate의 수직 운동 및 회전에서 발행하는 구동 문제점, Disc의 리크 등 발생하는 문제점에 대해 추가 가공을 진행한다. Holder의 체결부와 QC의 연결부 등을 고려한다. 3단계에는 조립 완성된 제품에 대한 자체적인 성능평가 및 테스트를 진행하였다. 제품의 구동성, 결합 여부, 기밀성, 내압 등 테스트 하였다.

3. 결론

본 연구에서는 Dry Disconnect Coupling에 대한 설계 및 제작에 대한 연구를 수행하였다. 아직 기본적인 설계에 불과하다. 극저온 환경을 고려한 설계 및 제품개발이 필요해 보인다. 본 연구를 기반으로 극저온 환경에서의 Dry Disconnect Coupling에 대한 설계 및 제품 연구를 진행하려고 한다.

후기

본 연구는 한국산업기술진흥원 경제협력권 산업육성사업(P0002316)에 의해 진행된 연구이며, 관계자에게 감사함을 전합니다.

[참 고 문 헌]

- 1) 정현철, 장성철, “밸로우즈가 설치된 LNG 병커링 장치”, 특허출원, 10-2015-0022189, 2018

LNG 벙커링 Quick Coupling 설계 및 제작

정지현¹, 정현철¹, 장성철², 엄정필³

Design and making of LNG Bunkering Quick Coupling

Ji-Hyun Jeong¹, Hyoen-Chul Jeong¹, Sung-Cheol Jang², Jeong-Pil Eom,³

1. 서 론

LNG 연료 선박은 증가 추세에 있으며, 침체화 된 국내의 조선업과 경쟁 관계에 있는 중국도 배출통제해역 확대에 따른 LNG 추진선 건조/운영이 증가되고 있고, EU는 2025년까지 139개 항만에 LNG 벙커링 인프라 확충 발표를 진행하고 있으며, 이에 따라 국내에서도 LNG 벙커링 기반 산업의 활성화 및 항만 LNG 벙커링 도입을 위한 정부 지원 결과 선박용 벙커링의 주요 기자재는 국산화 개발이 활발히 진행되고 있다.

조선/해양 기자재 국산화를 2020년에 최대 70% 목표를 하고 있으나 현재 조선/해양설비의 기자재 국산화율은 10~30% 수준으로 낮은 상황이다. 전세계 대형 조선해양공사의 70%를 건조하는 한국 조선 Big 3에게 조선해양설비 기자재 국산화는 필수적인 요소이다. 특히 납기준수와 A/S 측면에서도 기자재 국산화의 필요성은 고조되고 있다. 향후 LNG 선박의 급격한 시장 확대가 예상되며, 이런 LNG 선박 기자재에 대한 국산화 개발이 필요하다.

본 연구에서는 이런 급격하는 LNG 선박 기자재에 대한 설계 및 제작에 관한 연구를 수행하였다.

2. 설계 및 제작

LNG 벙커링 시 극저온 매체를 주입하기 위하여 호스 간 커플링에 있어서 Quick Coupling은 LNG를 운송하는 선박의 ERC 다음으로 장착하여 LNG를 주유할 선박과 커플링 역할을 한다. LNG연료를 주입하기 위하여 커플링 플러그를 신속하게 결합하여 시간적인 소모를 최소화 시켜야 한다. 이러한 신속한 결합을 위한 커플링에 관한 연구가 지속적으로 연구되고 있다. LNG 선박의 커플링은 결합시간, 극저온 환경의 내구성, 기밀성, 안전성 등을 고려하여야 한다. Quick Coupling의 구조는 다음 Fig. 1과 같다.

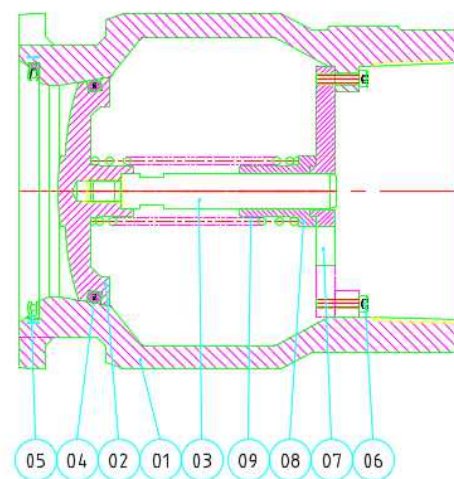


Fig. 1 Quick Coupling 설계

Quick Coupling은 크게 3부분으로 나타내었으며, 01번 Body, 02번 Disc, 03번 Bush로 구성되어 있다. 극저온 환경을 고려한 최종설계는 아니며, 리크, 내압, 내구성 등을 우선적으로 고려한 설계를 하였다. ERC와 연결되는 연결부에 오링하여 압력이 가해지면 변형되어 간극을 막아주는 역할을 하도록 하였다. 디스크와 바디 간 실링하여 유체의 리크를 최소화하고 유동성 연결부의 마찰을 최소화 시켰다.

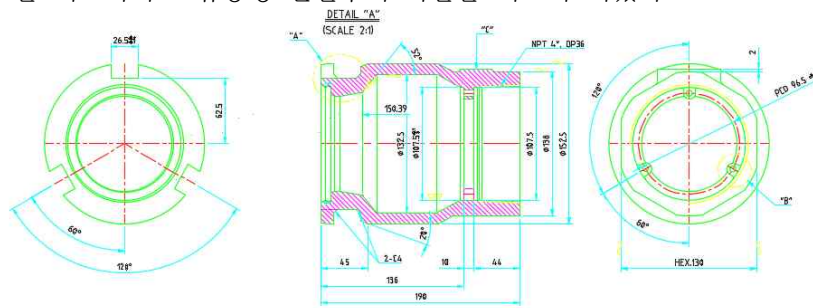


Fig. 2 Quick Coupling Body 설계

Body 상단은 3개의 홈으로 체결하는 방법으로 구성하였으며 이는 DC와 체결 시 디스크의 회전반경을 고려한 설계이다. Body형태는 디스크의 리크와 유체의 유동, 가공 조립성을 고려한 설계를 하였다. Body설계는 Fig. 2에 나타내었다.

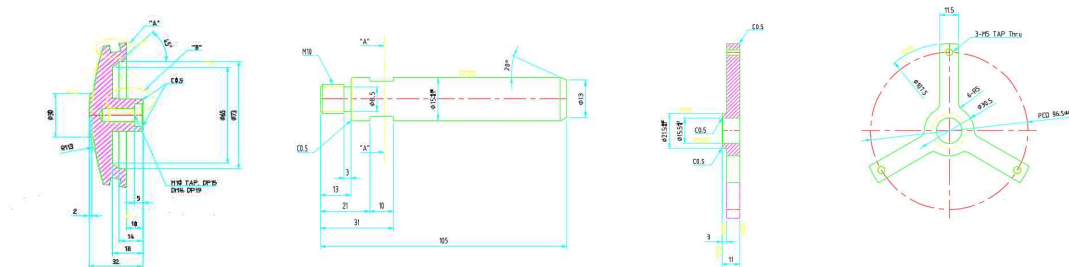
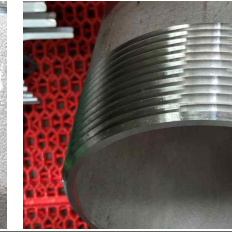


Fig. 3 Quick Coupling Disc와 Stem, Bush 설계

유체의 움직임을 컨트롤 역할을 하는 Disc는 Stem과 스프링으로 구성되어 있으며, 스프링의 힘에 의해 Disc가 개폐하여 유체가 움직이도록 한다. Quick Coupling은 스프링 힘에 의해 Disc가 항상 닫혀 있으며, Disconnect Coupling과 체결 시 Disconnect Coupling의 Disc가 밀어 체결 시 개폐되는 형태이다. Fig. 3에 나타내었다. Bush는 Disc의 고정을 지지하는 역할을 하며, 내구성 및 유체의 유동을 최대한 반영한 설계를 하였다. Fig. 3에 나타내었다.

Quick coupling Process는 설계-가공-가공수정-조립-가공수정-제품-성능검사로 진행하였다. 1단계에서는 가공 및 가공 수정 2단계에서는 조립과 조립과정에서 발행하는 가공수정 3단계에서는 제품 및 제품에 대한 자체적인 테스트를 진행하였다.

Quick Coupling Process 1단계				
가공				
가공수정				

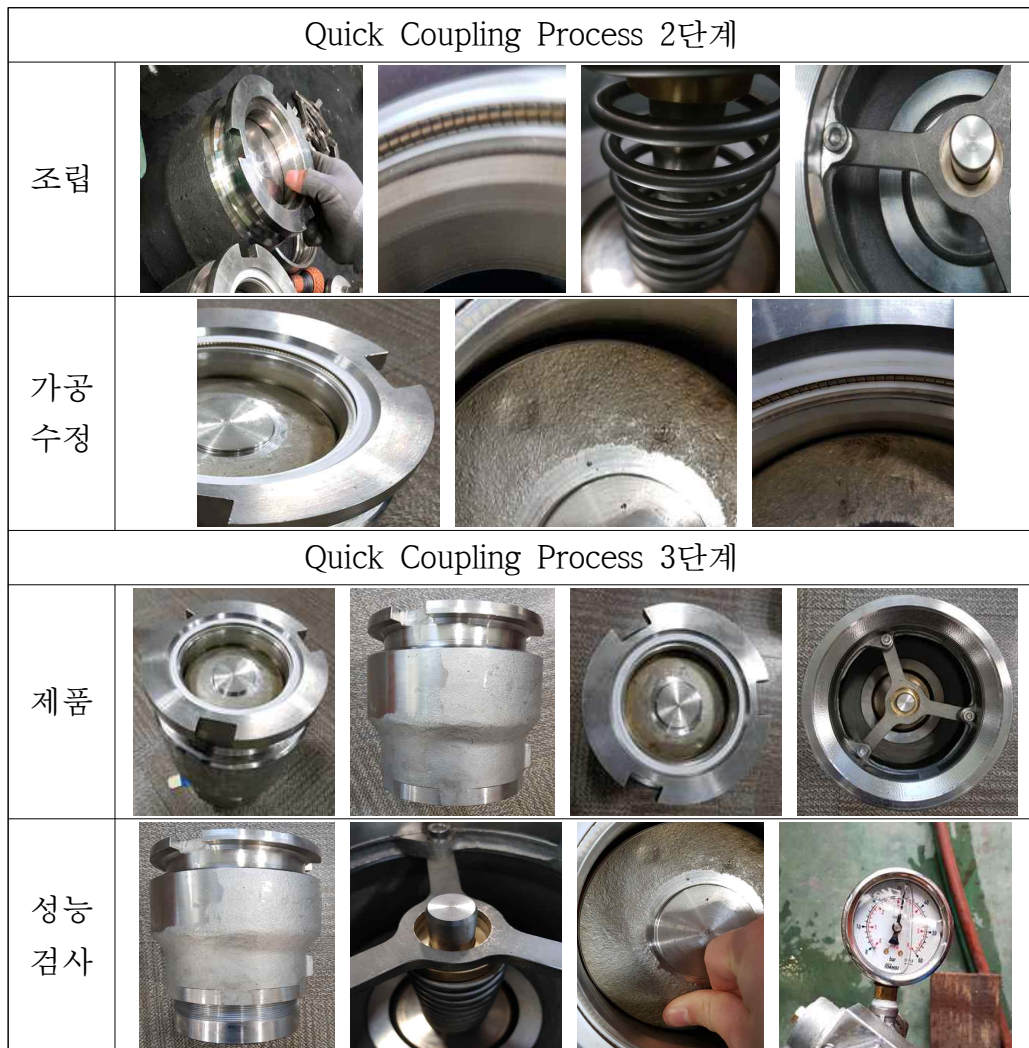


Fig. 4 Quick Coupling Process

1단계에는 설계도면을 바탕으로 Body, Disc, Stem, Bush 등 각각에 부품을 가공 후 부품에 발생하는 문제점 치수 및 표면, 접합 등 추가 가공을 한다. 2단계에서는 Body 후면부에 Disc를 체결 후 Stem 및 스프링을 조립한다. 이후 Stem과 스프링을 고정하기 위한 Bush를 체결 후 고정한다. 이 과정에 발생하는 Body의 Disc 위치, 리크 등 고려하여 문제 발생하면 추가 가공을 진행한다. 3단계에는 조립 완성된 제품에 대한 자체적인 성능평가 및 테스트를 진행하였다. 제품의 구동성, 결합 여부, 기밀성, 내압 등 테스트 하였다.

3. 결론

본 연구에서는 Quick Coupling에 대한 설계 및 제작에 대한 연구를 수행하였다. 아직 기본적인 설계에 불과하다. 극저온 환경을 고려한 설계 및 제품개발이 필요해 보인다. 본 연구를 기반으로 극저온 환경에서의 Quick Coupling에 대한 설계 및 제품 연구를 진행하려고 한다.

후기

본 연구는 한국산업기술진흥원 경제협력권 산업육성사업(P0002316)에 의해 진행된 연구이며, 관계자에게 감사함을 전합니다.

[참 고 문 헌]

- 1) 정현철, 장성철, “밸로우즈가 설치된 LNG 병커링 장치”, 특허출원, 10-2015-0022189, 2018

QC/DC벨로우즈의 유동해석

장성철¹, 서창명¹, 권민수¹, 정현철², 엄정필³

한국폴리텍IV대학 충주캠퍼스¹, 엔이에스(주) 기술연구소², 경남테크노파크 조선해양에너지센터³

Flow Analysis of QC/DC and Ballows

Sung-Cheol Jang¹ Chang-Myung Seo¹, Min-Soo Kwon¹, , Hyoen-Chul Jeong², Jeong-Pil Eom³

Chungju Campus of Korea Polytechnic IV¹, NES Co., LTD.², Gyeongnam Techopark³

Abstract

In this study, in which fluids were at extremely low temperature with an inlet pressure of 15 bar, conjugate heat transfer(CHT) analysis of a phenomenon wherein fluid flows within a connected bellows, external release coupler (ERC), and QC/DC assembly, and of the thermal transfer interaction, was conducted. Moreover, based on the CHT analysis results, by extracting body temperatures from the solid bellows, ERC, and QC/DC materials, temperature distribution values of the composition materials were used for thermal stress analysis. Additionally, after extracting the pressure distribution state occurring in the surface of the wall, at the border between the fluid and the solid parts, the distribution was used as inputs for internal pressures, to conduct structural analysis.

1. 서 론

LNG 병커링 선박 및 LNG 연료 추진선박은 강화되는 온실가스배출 규제에 대응하기 위한 대안 기술이며, 조선기자재 산업의 신성장 동력으로서 기여할 수 있는 차세대 제품이다. LNG 연료공급 시스템 기술은 친환경/고부가가치선박 시장의 주도권을 확보하기 위하여 필수적인 기술이며, 유럽, 미국, 일본, 중국 등 기술개발 투자가 집중되어 있다. 특히 LNG 병커링의 핵심기자인 QC/DC의 경우 국내에서 연구가 어느 정도 이루어지고 있으나 기술적 결함 및 시장 선점이 되지 않아 사업화가 이루어지지 않은 상태로 파악된다. 수입 제품의 경우 QC/DC 단품으로 이루어져 있어 Flexible Hose의 전후단에 대한 특성 파악이 제대로 되지 않아 -162°C의 극저온 상황에서의 작동시 균열 및 파열 등의 문제가 발생한다고 보고되어 있다. Ship to Ship이나 Pipe to Ship 등 LNG선박으로의 연료공급이 이루어지면 파도에 의한 Flexible Hose의 변위가 발생하게 된다. 특히 -162°C의 상황에서는 송유관의 동결현상으로 인해 유연성을 잃게 되어 균열 및 파열이 가속화되는 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 이를 해결하기 위해 QC/DC, ERC, 벨로우즈를 탑재하여 유동해석에 의한 최적화 설계에 대한 기초 연구를 수행하고자 한다.

2. 유동해석

2.1 유체-열 해석모델

본 연구에서의 QC/DC 벨로우즈 조립체 내부를 흐르는 극저온 유체의 정상상태에 대한 난류유동을 해석하기 위한 연속방정식, 운동량방정식, 및 에너지방정식은 다음과 같다.

$$\nabla \cdot (\rho U) = 0 \quad (1)$$

$$\nabla \cdot (\rho U U) = -\nabla p + \nabla \cdot \tau \quad (2)$$

$$\nabla \cdot (\rho U h_{tot}) = \nabla \cdot (k_{eff} \nabla T) + \nabla \cdot (U \cdot \tau)$$

(3)

여기서 $\tau = \mu(\nabla U + (\nabla U)^T) - \frac{2}{3}\delta \nabla \cdot U$, $h_{tot} = h + \frac{1}{2}U^2$ 이고 ρ , U , p 은 각각 유체의 질량, 속도, 압력을 나타내며 μ , k_{eff} , h 은 각각 점성, 유효 열전도도 및 엔탈피를 의미한다. 그리고 열의 흐름이 시간에 따라

변하지 않는 정상상태에 대한 QC/DC 벨로우즈의 고체 구조부재에서 열전달 상태를 묘사할 수 있는 지배방정식은 다음 식과 같이 표현된다.

$$\nabla \cdot (K \nabla T) = 0 \quad (4)$$

여기서 K 은 열전도계수(thermal conductivity coefficient)를 의미한다. 또한 주변온도 분위기 25 °C의 외부 공기와 QC/DC 벨로우즈 외각 표면 간은 자연 대류에 의해 열전달이 이루어진다. 뉴턴의 냉각법칙에 대한 대류 열전달식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q = hA(T_s - T_\infty) \quad (5)$$

여기서 h 는 대류 열전달계수(convection coefficient)이고, T_s 는 QC/DC 벨로우즈의 외부 공기층과 접촉하는 표면온도(surface temperature)이며, T_∞ 는 외부 공기층의 온도(bulk temperature of surrounding fluid)를 의미한다.

Fig. 1은 CHT 해석을 수행하기 위한 유한체적 격자망을 나타낸 것으로 CFX에서 제공하는 사면체 요소를 사용하였다. 그림 2는 CHT 해석을 위한 경계조건을 나타낸 것이다. 벨로우즈의 입구에 압력조건과 극저온 -162 °C 온도롤, 출구에 개방 압력 1atm을 설정하였다. 열전달과 난류유동 모델은 CFX에서 제공하는 모델을 사용하였으며 전자는 아음속 조건에서 사용하는 Thermal energy 모델을, 후자는 k-ε 난류 모델을 각각 사용하여 수치해석 하였다.

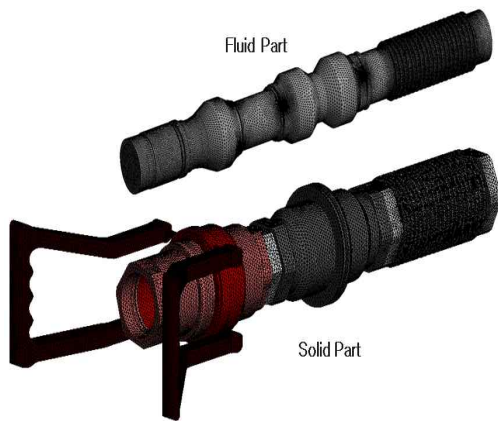


Fig. 1 Finite volume model

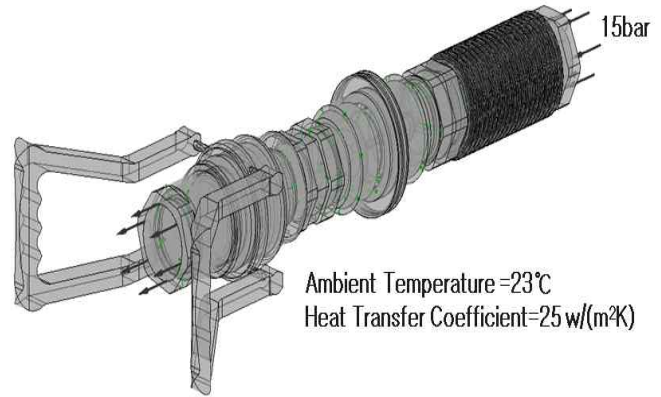


Fig. 2 Thermal fluid boundary conditions for CHT analysis

2.2 유동해석 모델

구조물은 열을 받으면 온도가 상승하고 팽창한다. 열에 의해 자유롭게 팽창 및 수축할 수 있는 경우에는 변형만 발생하고 팽창 및 수축에 의한 내부 열응력은 발생하지 않는다. 그러나 온도 변화가 물체 내에서 일정하지 않고 연속체인 경우에는 물체의 팽창과 수축이 자유롭게 이루어지지 않는다. 따라서 이러한 온도 구배에 따라 열응력(thermal stress)이 발생하게 된다.

본 연구의 QC/DC 벨로우즈 내부에도 극저온 유체가 흐르기 때문에 구조물 내에 일정하지 않은 온도 분포가 형성되어 서로 다른 열변형 량을 일으키게 되고, 결국 QC/DC 벨로우즈 내에 열응력이 발생하게 된다. 이와 같이 주어진 온도 분포에 의한 QC/DC 벨로우즈 내의 열응력을 결정하는 문제는 QC/DC 벨로우즈의 강건 설계에 있어서 중요한 설계 인자라 할 수 있다. 본 연구에서는 CFX를 활용하여 유체-열 CHT 해석으로부터 계산된 QC/DC 벨로우즈의 온도 분포결과 값을 열변형 해석을 위한 입력 열하중 값으로 활용하고 또한 구조부재 내부 벽면에 작용하는 극저온 유체의 내압을 작용하중 값으로 사용하여 유체-열-구조 연성해석을 수행하였다.

CHT 해석으로부터 결정된 온도 분포는 아래 식의 선팽창 계수(coefficient of linear expansion) α 와의 곱의 형태로 구조해석에서 열하중 값으로 입력된다.

$$\sigma_i = \lambda e + \frac{E}{1+\nu} \epsilon_i - \frac{E}{1-2\nu} (\alpha T) \quad (6)$$

여기서 $\lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)}$ 이고, $e = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z$ 이다.

식 (6)의 우변의 첫 번째와 두 번째 항은 내압에 의한 응력 값들이고, 세 번째 항이 온도분포도에 따른 열하중 항으로부터 생성되는 열응력 값을 나타낸다. 그리고 등방성 재료에서는 온도변화에 의한 물체의 변형은 수직변형만 발생하고 전단변형은 생기지 않는다. 따라서 전단응력과 전단변형률의 관계는 열변형률이 없는 경

우와 동일하다.

Fig. 3은 구조해석을 위한 유한요소모델을 나타낸 것이다. 그리고 Fig. 4는 구조해석에 사용된 경계조건과 CHT 해석으로부터 입력되는 하중조건들을 도시한 것이다.

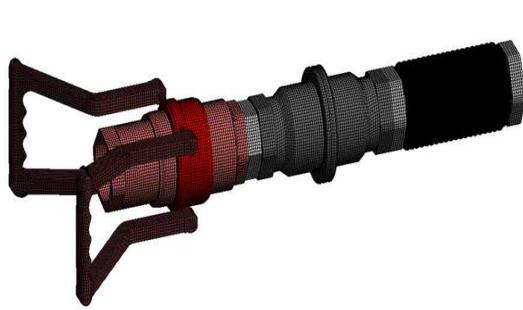


Fig. 3 Finite element model analysis

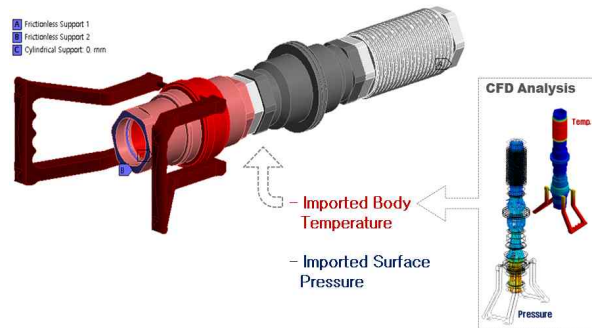


Fig. 4 Boundary and loading conditions for structural analysis

2.3 유동해석 결과

Fig. 5는 상온 23°C 주변 온도 상태에서의 QC/DC 벨로우즈에 대한 CHT 해석의 결과로 극저온 유체의 속도분포도를 나타낸 것이다. Bellows를 통과한 후 ERC를 거쳐 Connector 지점에서 유속이 증가하며, QC와 DC의 체결과정에서 형성되는 Disk와 벽면 사이의 좁은 유로를 통과하면서 유속이 급격히 빨라지는 것을 확인할 수 있었다.

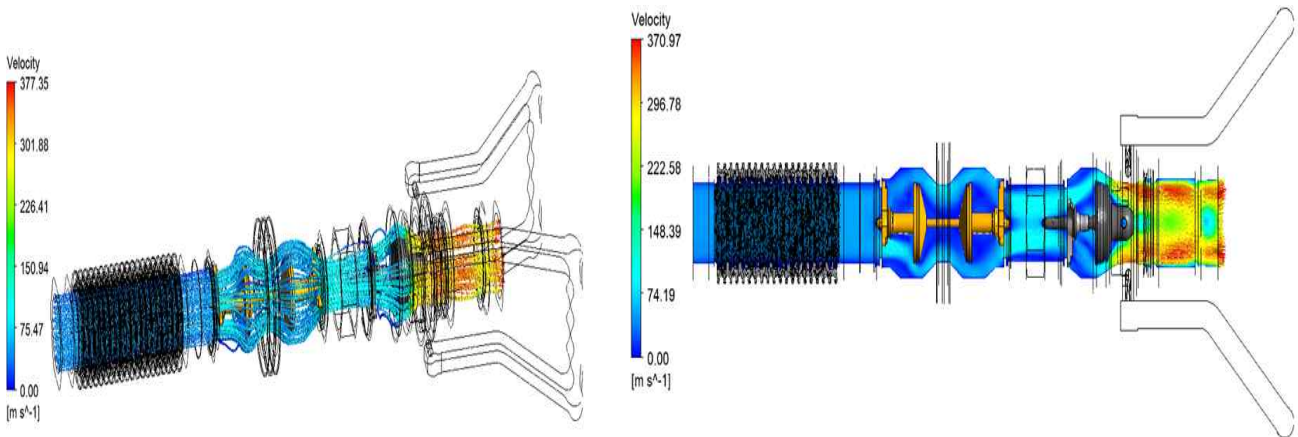


Fig. 5 Fluid velocity distribution for QC/DC bellows

3. 결론

본 연구에서는 이를 해결하기 위해 QC/DC, ERC, 벨로우즈를 탑재하여 유동해석에 의한 최적화 설계에 대한 기초 연구를 수행한 결과 Bellows를 통과한 후 ERC를 거쳐 Connector 지점에서 유속이 증가하며, QC와 DC의 체결과정에서 형성되는 Disk와 벽면 사이의 좁은 유로를 통과하면서 유속이 급격히 빨라지는 것을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 한국산업기술진흥원 경제협력권 산업육성사업(P0002316)에 의해 진행된 연구이며, 관계자에게 감사함을 전합니다.

참고문헌

- [1] Rohit George Sebastian, Satheesh Kumar S., "DESIGN OF QUICK CONNECT-DISCONNECT HYDRAULIC COUPLING", International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering (IJMECH) Vol.3, No.3, August 2014.
- [2] 정현철, 장성철, "벨로우즈가 설치된 LNG 병커링 장치", 특허출원, 10-2015-0022189
- [3] ANSYS User's Guide. Release 17.0.

경상남도 LNG병커링 클러스터 구축

엄정필, 박수한, 심규진, 박성진, 조성준
(재)경남테크노파크

Established LNG bunkering cluster in Gyeongsangnam-do

Eom-Jeong Pil, Soo-Han Park, Kyu-Jin Shim, Sung-Jin Park, Seong-Jun Cho
Gyeongnam Technopark

Abstract

LNG fuelled ship and bunkering has become an important issue due to the IMO(International Maritime Organization) regulations to SOx emissions from ships. For this reason, the south Korea government decided to the development of LNG bunkering infrastructure. In this paper, we will introduce a project of LNG bunkering cluster in Gyeongsangnam-do.

1. 서 론

18세기 영국의 산업혁명 이래로 화석연료 사용량은 급격하게 증가하였다. 화석연료의 무분별한 사용은 대기 중 온실가스(CO₂) 농도를 증가시켜, 지구온난화, 기후 변화 등의 부작용을 유발하였고, 인류의 지속가능한 삶을 위협하고 있다. 기후변화의 심각성이 대두됨에 따라 온실가스 및 유해가스 배출에 대한 환경규제를 강화하고 있으며, 전 산업분야에 규제 범위가 확대되고 있는 추세이다. 선박의 경우 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)를 중심으로 선박운항 중 발생하는 NOx, SOx, 온실가스 등의 감축을 위한 각 종 규제를 강화하고 있다. 전 세계적으로 강화되는 환경규제에 대응하기 위해 해운 및 조선업계에서는 친환경선박 도입을 빠르게 진행하고 있으며, 저유황유 사용, 탈황설비 장착(Scrubber), LNG연료추진선, 전기 추진선 등이 대표적인 사례라고 할 수 있다. 본 논문에서는 친환경선박 중 LNG 연료추진선의 운항에 필요한 LNG 병커링산업 육성을 위해 경상남도에서 추진 중인 'LNG병커링 클러스터 구축'에 대해서 소개하고자 한다.

2. 경상남도 LNG병커링 클러스터 구축

경상남도는 선박/해양플랜트 기자재 산업의 집중도가 매우 높은 지역이다. 따라서 조선산업을 지속가능한 산업으로 육성하고, 친환경선박 시장 선점을 위한 'LNG 병커링 클러스터 구축'을 추진하고 있다. 경상남도는 부산신항, 마산항 등 국내 주요 항만에 LNG병커링을 지원할 수 있는 LNG인수기지가 통영에 위치하고 있으며, 거제, 창원, 고성 등에 중대형 조선소가 밀집되어 있기 때문에 LNG병커링 클러스터 구축의 최적지라고 할 수 있다. 그러나 LNG연료추진선박 및 LNG병커링 기자재 국산화율 20%, 기자재 설계역량 자립화율 40% 수준으로 해외 의존도가 높은 상황이기 때문에 중·중기적으로 LNG 국산화율을 높이기 위한 인프라 구축 및 기업지원을 수행하고자 한다. 따라서 Fig. 1과 같이 'LNG병커링 기자재 설계·엔지니어링 센터', 'LNG병커링 실증센터', 'LNG병커링 핵심기자재 시험·인증 센터'를 활용하여 제품 설계·제작·시험/인증·실증까지 일괄 지원이 가능한 인프라를 클러스터화 하여 기업지원의 효율성을 높이고, 각 종 정부사업 발굴 및 연계를 통해 LNG병커링 기자재 국산화 개발을 위한 지원을 수행하고자 한다.

경상남도 LNG병커링 클러스터 구축을 위해, 2018년 시스템산업거점기관지원사업으로 'LNG병커링 핵심기자재 시험·인증센터' 구축 추진이 확정되었고, 2022년까지 LNG병커링 단품 및 패키지 시험 장비 5종, 기업지원 설계해석 S/W 5종 등을 구축할 예정이다. 또한 2019년까지 'LNG병커링 실증센터', 'LNG병커링 기자재 설계·엔지니어링센터' 구축을 위한 기획 완료 및 사업 추진 확정을 통해 2023년까지 LNG병커링 클러스터 구축을 완료할 계획이다.



Fig. 1 경상남도 LNG벙커링 클러스터 개요

3. 결론

본 논문에서는 경상남도 LNG벙커링 클러스터 구축에 대해 소개하였으며, 다음과 같이 요약할 수 있다.

구분	세부 구축내역	주요내용
인프라	LNG벙커링 기자재 설계엔지니어링센터	· LNG벙커링 기자재 원천기술 확보를 위한 설계기술지원 · 인력양성, 소프트웨어/하드웨어 구축
	LNG벙커링 실증센터	· 신뢰성 확보를 위한 실증 테스트베드 구축 ⇒ LNG벙커링용 중압(30bar), 중용량(1,000cbm) 기자재 실증 테스트
	LNG벙커링 기자재 시험인증센터	· LNG벙커링 이송기자재 극저온 시험장비 구축 · 선급/규격 형식승인 획득을 위한 국제공인성적서 발행 ※ 2018년 지역산업거점기관지원사업으로 추진 확정
R&D	설계엔지니어링 기술개발	· LNG유량 제어 및 계측, 이송, 저장, 모니터링, 운용기술 등 설계 및 엔지니어링 기술개발
	기자재 국산화 개발	· 극저온 LNG벙커링 펌프, 플렉서블 호스, 다관절 이송시스템등 LNG 벙커링 핵심기자재 국산화 개발
기업 지원	기업지원	· LNG벙커링 이송시스템 개발 중소기업 기업지원 ⇒ [기술지원] 기술지도, 특허정보, 시제품제작, 공정개선, 성능평가, 벤더등록 등 ⇒ [사업화지원] 마케팅전략, 수출상담, 전시회, 바이어 매칭 지원 등

후기

본 연구는 한국산업기술진흥원 경제협력권 산업육성사업(P0002316)에 의해 진행된 연구이며, 관계자에게 감사함을 전합니다.

공정 자동화를 위한 신발 소재 구분 비전 시스템 연구

정기민¹, 류혜연¹, 김현희¹, 이경창¹
부경대학교 제어계측공학과¹

A study on vision system for shoes material classification for process automation

Ki Min Jeong¹, Hye Yeon Ryu¹, Hyun Hee Kim¹, Kyung Chang Lee¹
Pukyong University¹

Abstract

In this paper, we propose a material recognition and classifiable vision system for shoe material classification. The system consists of a vision sensor system, a test stand, a measuring PC, and a shoe material. The proposed system compares the size of the registered product with the information such as feature point, color, light transmittance, and so on to distinguish the product with the product with the reference of the defective product. The information required for each shoe type among the shoe materials passing through these steps is matched to constitute a step of sorting by shoe. The results of the experiment were made visible through the monitoring screen of the measuring PC. Failure is indicated if Pass is not matched if the comparison target matches the shoe material registered. The proposed technology will be used in future shoe material classification system for shoe process automation.

1. 서 론

최근 신발 산업이 과거의 방식과는 다른 형태로 점차 변화하고 있다. 과거의 신발 생산 형태는 소품종 대량생산 방식이었지만 현재에는 소비자들의 성향 변화를 빠르게 파악하여 신발 제조 라인에 바로 적용할 수 있는 공정으로 변모하고 있다. 이러한 변화를 신발 공정에 적용하기 위한 다양한 공정 자동화 연구가 진행되고 있다. 신발 공정은 갑피 재봉 및 접착제 도포, 창 제작, 갑피와 창의 접착조립, 포장의 단계 등으로 이루어진다. 이러한 신발 공정 중 갑피 재봉 이전 단계에서 재단된 신발 소재의 불량 판단과 신발 형태에 따른 분류가 중요하다. 기존의 작업의 형태는 작업자가 직접 분류하는 형태로 작업자의 숙련도에 따라 신발 소재 구분 오차율이 크게 나타난다. 이러한 점을 개선하여 신발 자동화 공정에 적용하고자 한다. 본 논문에서는 신발 소재 구분이 가능한 비전 시스템을 연구하여, 실제 자동화 공정에 적용하고자 한다.

2. 신발 소재 구분 비전 시스템 설계

본 논문에서 제안하는 신발 소재 구분을 위한 비전 시스템에 적용되는 알고리즘은 두 단계로 이루어져 있다. 첫 번째 단계는 재단된 갑피상태의 유사도, 특징점 일치, 크기, 빛의 밝기로 상품성이 있는 제품인지 확인한다. 이 단계에서 빛 밝기와 소재 조직 패턴을 이용한 소재를 구분한다. 모양은 같지만 사용된 소재의 유사도를 판단한다. 두 번째 단계는 상품성이 있다고 판단된 제품 중 분류해야 하는 신발 원단 소재를 신발 디자인 타입별로 인식하여 계측 PC에 모니터링 화면에 몇 번 타입인지 결과를 보여주게 된다. 제안한 알고리즘의 개요는 Fig.1과 같다.

제안된 알고리즘을 적용하여 실제 공정에서 사용할 수 있도록 신발 소재, 악세서리를 구분할 수 있는 시스템을 설계하였다. 신발 소재 구분 알고리즘을 적용하여 확인하고자 하는 신발 소재를 비전 센서에 인식한다. 화면에 소재 전체 부분이 인식되었을 때 소재의 색상, 크기, 특징점을 등록된 데이터와 비교하여 상품의 불량 여부를 확인한다. 상품이 양품 범위를 통과한 후 등록된 신발 타입과 매칭하여 나타낸다. Fig. 2.는 확인하고자 하는 소재를 인식하였을 때 색상, 크기, 특징점은 일치하였으나 소재는 다른 것으로 인식된 화면을 나타낸다. 그 결과 모양 크기, 특징이 같다고 판단되어도 소재의 다름을 구분하는 것이 가능하다는 결과를 얻을 수 있었다.

3. 결론

본 논문에서는 신발 공정 자동화를 위한 소재 구분 비전 시스템을 제안하였다. 제안 시스템은 인식 알고리즘을 통해 실시간으로 들어오는 데이터 정보들을 매칭시켜 불량품 여부를 확인하고, 어떤 신발에 들어가는 소재인지 구분하였다. 향후 실제 공정에 적용하기 위해서는 신발 소재 구분 비전 시스템을 통해서 실시간 처리 속도를 증가할 수 있는 점을 보완할 예정이다.

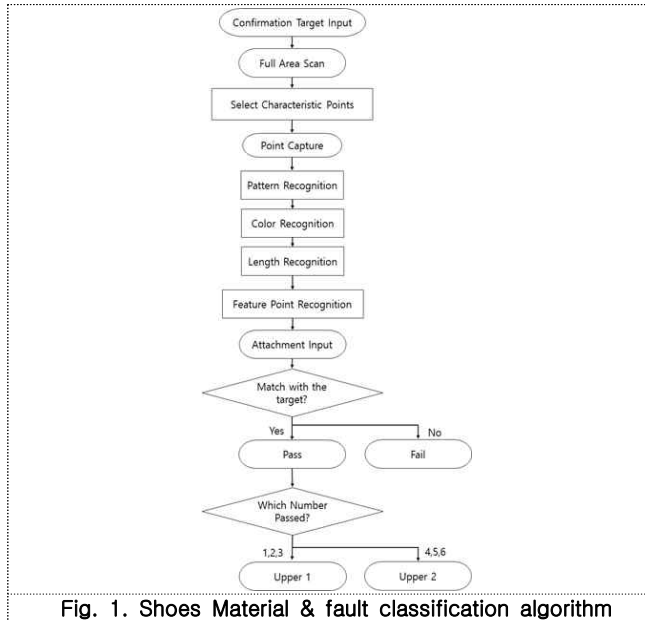


Fig. 1. Shoes Material & fault classification algorithm

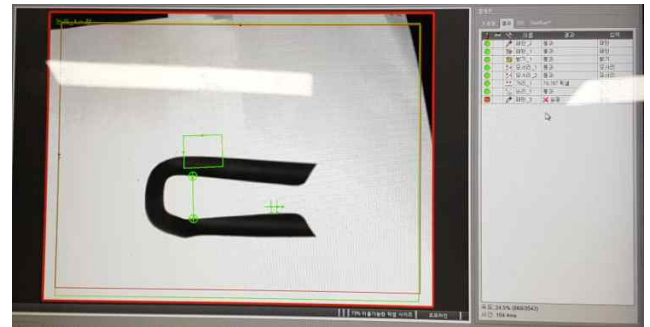


Fig. 2. Shoe Material recognition result

사 사

본 연구는 산업통상자원부 산업기술혁신사업 ‘지능형 신발공장을 위한 갑피 제조 시스템 개발(No.20001569)’의 지원을 받아 수행된 연구임

[참 고 문 헌]

- 1) J.Y., Jeong, J. H., Shin, H. S., Kim “A Study on Dimension Measuring Algorithm Using Vision Sensor for Automation Parts Inspection”, J. of electronics engineers, Vol.35, pp.1234-1237, 2012.
- 2) J.H., Choi, H. N., Lee, Y. H., Seo, T.G., Yang, “Algorithm of treatment part recognition based on vision for ultrasound therapy medical robot”, J of ICROS, pp.439-442, 2010.
- 3) S.C., Oh, S.H., Park, W.T., Jeong, “Study on Vision based Object Detection Algorithm for Passenger’s Safety in Railway Station”, J or Railway Engineering and Transportation, pp.548-553, 2008.
- 4) H.R., Shim, K.E., Ko, K.H., Cho, I.H., Jang, K.B., Sim, “Real-time Choe Upper Pattern Analysis System Using Deep Neural Networks”, J of Korea institute of intelligent system, Vol. 28(1), pp.20-26, 2018

생산 자동화용 소형 미니 펌프 설계 사양 검증에 관한 연구

김형준¹, 이상협¹, 김만호²

부산대학교 기계공학부¹, 동의과학대학교 자동차계열²

A study on the Design Verification of the mini pump for production automation

Hyung Joon Kim¹, Sang Hyup Lee¹, Man Ho Kim²

School of Mechanical Engineering, Pusan National University¹, Division of Automotive Engineering, Dong-Eui Institute of Technology²

Abstract

As the application of automation systems of industrial factory is expanded, the importance of facility maintenance is increasing. Particularly, the importance of lubrication apparatuses for reducing the failure due to friction of mechanical devices is increasing. Recently, directly automatic lubrication system is applied on a large mechanical device to reduce friction instead of lubrication by an operator. However, the existing production automation system to compared to the large lubrication system has a spatial difficulty in installing a large automatic lubrication system. Particularly, although lubrication is essential, such as small home appliances or semiconductor equipment, a small-sized automatic lubrication system is required. Therefore, this paper vitrificate a design specification for a small automatic lubrication system. It also explains the vitrification process of promoting national R & D projects based on the proposed specifications.

1. 서 론

최근에, 급격하게 4차 산업 혁명의 변화가 생산 및 제조 산업도 많은 변화를 보이고 있다. 보다 많은 제품을 빠른 시간에 최소의 비용으로 생산하기 위한 노력으로 제조 혁신이 일어나고 있다. 특히, 생산을 위한 자동화 장비의 적용 비율이 점차적으로 증가하여 노동력 중심의 생산에서 자동화 설비 중심의 생산이 이루어지고 있다. 생산 자동화 장비의 지속적인 도입과 함께 도입된 생산 자동화 장비에 대한 설비 보전에 관한 중요성이 증대되고 있다. 설비 보전은 대상 시스템이 가동이 가능한 상태로 유지하는 것을 의미하며 대상 시스템이 최적의 상태로 주어진 기능을 수행할 수 있도록 관리하는 모든 과정을 포함한다. 특히, 기계 장치 시스템은 기구적인 장치의 마찰로 인하여 마멸 혹은 마모가 빈번하게 발생하며 이로 인하여 기계 장치의 상태에 이상이 발생하여 고장이 발생할 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 작업자가 주기적으로 모든 기계 장치가 포함된 부분이 수작업으로 윤활유를 칠하거나 윤활유가 포함되어 있는 곳에 윤활유를 보충하는 방법을 사용하였다. 하지만, 작업자가 주기적으로 윤활을 하는 방법은 제한된 범위에서 가능하지만 대규모의 생산 자동화 시설에서는 한계를 가질 수밖에 없다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 자동 윤활 시스템이 다양한 산업 현장에 적용되고 있다. 또한, 자동차와 같이 윤활이 필수적인 장치에도 자동 윤활 시스템이 적용되어 사용되고 있다.

자동 윤활 시스템은 대형 생산 설비나 신규로 설치되는 생산 자동화 시스템을 중심으로 적용이 되고 있다. 반면에, 기존의 생산 자동화 시스템이나 소형 제품을 생산하는 생산 자동화 시스템은 대형 중심으로 개발되어 있는 자동 윤활 시스템을 설치할 수 없는 경우가 많다. 특히, 가전제품을 생산하는 생산 자동화 공정이나 반도체 장비와 같이 작은 크기의 제품은 대형 자동 윤활 시스템을 설치할 수 없어 작업자가 직접 윤활을 하거나 고가의 해외 제품을 구매하여 설치하고 있다. 특히, 해외 제품의 경우 제품의 경우 높은 가격에 비하여 개선되어야 할 사항이 많아 고객의 불만이 지속적으로 증가되고 있다.

본 논문에서 앞서 자동 윤활 시스템의 상황을 고려하여 생산 자동화용 소형 미니 펌프에 필요한 성능 사양을 도출하였다. 앞서 도출한 소형 자동 윤활 시스템의 성능 사양의 적정성과 함께 검증 방법에 대한 연구가 필요할 수 있다. 본 논문에서는 도출된 성능 사양에 대한 검증 방법을 KS 규격과 함께 정의하여 개발 과정에 활용하도록 한다. 본 논문은 서론을 포함하여 3장으로 구성되며 2장에서는 개발하고자 하는 미니 펌프 시스템의 성능 사양 검증 방법을 제안한다. 마지막으로, 결론에서는 향후 개발 일정에 대해서 제안한다.

2. 본 문

2.1 소형 미니 펌프 성능 지표

이와 같은 개선 사항을 바탕으로 소형 미니 펌프의 성능을 표 1과 같이 도출하였다. 성능 평가 지표는 7개 항목으로 선정하였으며 펌프의 기구적인 부분에 관련된 항목 네 가지, 전기에 관련된 항목 두 가지와 카트리지에 대한 항목 하나로 구성하였다. 성능 평가 항목은 기존의 제품에 대한 벤치마킹 결과를 중심으로 고객의 불만 사항을 중심으로 본 연구팀과 개발을 함께하는 회사가 협력하여 선정하였다. 또한, KS 규격을 중심으로 성능 평가 지표에 대한 측정 방법도 제안하였다.

Table. Performance index of mini pump system

	주요 성능 지표	단위	최종 목표	측정 방법
1	최대 작동 유압	bar	25	- KS B 6308 : 왕복 펌프 시험 및 검사 방법과 유사한 시험 규격 방식 채택 - 평가 신뢰도 향상을 위해 검·교정된 측정 장비를 활용할 예정임
2	토출량	cc/min	15	
3	토출 거리	m	1.5	
4	크기	mm	260×260×150	- KS B ISO 9248 : 토공기계 - 치수, 성능과 용량 단위 및 측정 정밀도
5	동작 전압	V	24	- KS R ISO 3559 : 도로차량-자동차와 피견인 트레일러용 광원의 동작전압
6	제어기 EMC	-	만족	- CISPR 25
7	카트리지 용량	cc	250, 500	- KS L 2317 부피계를 통한 용량 측정 (수요처의 요구에 따라 용량은 변경 가능)

2.2 소형 미니 펌프 성능 지표 검증

최대 동작 유압은 압력을 가하기 위해 에어펌프와 소형 미니 펌프를 연결한 후 에어펌프를 이용하여 25~30bar의 압력을 가하고 이때 연결부위의 누유 여부를 확인한다. 소형 미니 펌프에 가해지는 압력이 25~30bar 일 때 시료의 정상작동 유무를 확인하기 위해 정상적으로 15cc/min이 토출되는지 평가하여 검증한다. 토출량과 토출거리는 최대 동작 유압과 동일한 조건에서 15cc/min 이상과 1.5m 이상의 거리가 토출되는지를 검증하여 평가한다. 소형 미니 펌프의 크기는 가로, 세로, 높이는 기준점(제품의 정면의 왼쪽 최대점)을 기준으로 제품의 최대거리를 검·교정 받은 줄자를 사용하여 측정하여 검증한다. 제어기에서 방출되는 전자파가 차량에 탑재되는 수신기 또는 전자부품 등에 미치는 영향을 평가하기 위해 CISPR 25 class1에 준하여 EMC 평가 기준에 따라 검증한다. 제어기 동작 전압은 제어기 내 목표 전압 24V를 인가한 후 증폭기, 안테나 등의 계측장비를 통하여 전자파를 계측하고 주파수 대역별 class1에서 요구하는 최대치와 평균치를 측정 후 이에 대한 만족도를 확인하여 검증한다. 마지막으로, 카트리지 용량은 제작된 카트리지 제품에 물을 최대한 채운 후 채워진 물을 검·교정 받은 비커에 부어 용량을 확인하여 검증한다. 소형 미니 펌프 시스템의 성능 지표의 검증은 공인 받은 외부 기관을 통하여 진행하며 본 논문에서 제안한 방법에 따라 5회 실험을 수행하여 평균을 내거나 통과 횟수로 검증한다.

3. 결 문

본 논문은 벤치마킹 제품을 바탕으로 고객의 불만 사항을 고려하여 차별화된 소형 미니 펌프의 성능 지표를 검증하는 방법을 제안하였다. 제안된 검증 방법을 통하여 국가 R&D 과제를 통하여 성능 개선 목표를 바탕으로 양산형 제품을 개발할 예정이다.

사 사

본 연구는 중소벤처기업부의 2018년 창업성장기술개발사업 디딤돌창업과제의 일환으로 수행하였음.[S2584189, 생산 자동화용 최대 토출 압력 25bar급 미니 자동 윤활 장치 개발]

[참 고 문 헌]

- 1) Kim, M.S., Lee, S.H., Lee, S. and Lee, K.C. "Implementation of a small size electric automatic lubrication system for heavy commercial vehicle", J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 30, No. 10, pp. 1041-1049, 2013

중앙 집중형 네트워크 설정 기법을 통한 이더넷 프레임의 스케줄링 방법

김형준¹, 최민희¹, 이상협¹, 이석¹
부산대학교 기계공학부¹

A Method for Scheduling of Ethernet Frame with Centralized Network Configuration

Hyeong Jun Kim¹, Min Hee Choi¹, Sang Hyeop Lee¹, Suk Lee¹
Pusan National University¹

Abstract

A summary of the article's content The development of wireless communications and big data collection and analysis technologies enable automotive companies to offer solutions for safe driving through a variety of applications. As a result of these developments, automobile manufacturers are increasingly interested in smart cars that can be operated without human assistance. However, as a network for smart cars, current CAN communication is limited. In order to operate a smart car, a network system is required to secure a large amount of multimedia transmission and rapid transmission of control traffic, and time sensitive networking has been introduced as a network satisfying this. TSN, an Ethernet-based technology, uses a time-triggered schedule to guarantee transmission time of control traffic and transmission of a large amount of multimedia. TSN technology is used to guarantee the transmission of control traffic to IEEE 802.1Qbv, which causes transmission delays due to unsynchronized traffic transmission. We propose an algorithm to reduce the transmission delay. The proposed algorithm reduces the end-to-end delay time of the ST by forming a synchronized schedule table. We use the OMNeT ++ simulator to evaluate the performance of our algorithm. Experimental results We confirmed that the ST transmission time was reduced when the algorithm was applied than when the algorithm was not applied.

1. 서 론

IEEE working group에서 표준화 진행 중인 TSN은 기존 자동생산화 시설 또는 자율주행 자동차 분야에서 Ethernet 프로토콜을 적용할 수 있도록 고안된 표준들의 집합이다.^{1), 2)} TSN은 토폴로지를 구성하는 노드 사이 1us 이내의 동기화를 위한 부분과 프레임의 전송지연을 최소화하기 위한 스케줄링 및 그 외 네트워크 안정성과 정시성을 보장하기 위한 다양한 표준들로 구성되어 있다. 하지만 TSN의 스케줄링은 개별 스위치에서 독립적으로 설정되어야 하기 때문에 토폴로지가 복잡해질수록 스케줄링 테이블에 따라 트래픽의 전송 시간이 더욱 더 길어지는 일이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 스케줄링 트래픽의 전송 지연을 최소화하기 위해 동기화된 스케줄링 테이블을 형성하는 알고리즘을 제안한다.

2. 본 론

IEEE 802.1Qbv는 TSN에서 트래픽의 스케줄링을 위한 표준으로 TAS(Time Aware Shaper)를 통해 ST(Scheduled Traffic)의 즉각적인 전송을 지원한다.³⁾ ST(Scheduled Traffic)의 전송을 보장하기 위해 IEEE 802.1 Qbv의 Time Aware Shaper를 사용하여 전송 포트의 gate를 open/close하여 전송을 제어하게 된다. 여기서 Time Aware Shaper는 스케줄 테이블을 의미하며 사용자의 설정에 따라 변경이 가능하다. 하지만 스위치 간의 정보 공유를 고려하지 않고 전송하게 되면 ST의 전송 지연을 발생한다. 이는 제어 시스템에서 control traffic의 전송을 보장하기 위한 802.1Qbv 표준의 사용이 무의미해지는 것이다. 따라서 개별적으로 스위치 설정을 함으로써 발생하는 전송 지연을 줄이기 위해 전체 ST에 대한 정보를 사전에 획득하고 전체 크기만큼 할당한 window에 우선순위를 기준으로 재배열한 top down 알고리즘을 설계하였으며, 이를 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

3. 결과 및 토의

본 논문에서 제시하는 top down 알고리즘의 성능평가를 위해 OMNet++ 시뮬레이터를 이용하여 성능평가를 진행하였다. 성능평가를 위한 토폴로지는 Fig.1과 같으며, talker 4개, listener 3개, switch 5개로 구성하였고 100Mbps의 Ethernet full-duplex로 스위치와 노드를 연결하였다. 시나리오 구성은 총 3개의 CASE로 구성하였다. 통적으로 ST의 전송 경로와 우선순위는 동일하게 하고 ST의 크기와 주기를 변경하여 시뮬레이션을 진행하였다. CASE1은 ST의 크기와 주기를 모두 같게 하여 스케줄링 알고리즘의 실험을 진행하였고 CASE2는 주기는 모두 동일하게 하고 크기를 달리하고 마지막 CASE3에서는 크기와 주기를 달리하여 실험을 진행하였다. Talker1에서는 ST1, ST2를 talker2에서는 ST3을 보내고 talker3에서는 ST4, ST5 그리고 talker4에서는 ST6을 전송하게 된다. 전송된 ST5, ST6은 listener1로 ST2와 ST4는 listener2로 ST1과 ST3는 listener3으로 전송된다. 마지막으로 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능평가를 위해 CASE별로 각각 top down 방식을 적용하였고 비교를 위해 알고리즘을 적용하지 않고 기본으로 우선순위에 따른 스케줄링 방식을 사용하였다. ST의 전송시간은 CASE1 경우 자체적으로 생성한 평가함수를 통해 13%의 성능이 개선되었고 CASE2는 4%, CASE3는 11.21% 개선되어 성능향상을 확인할 수 있었다.

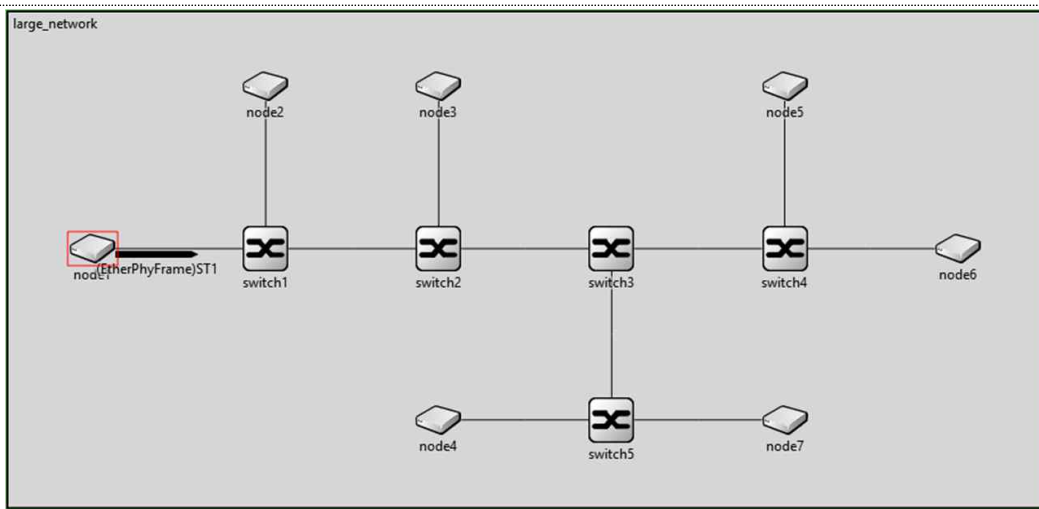


Fig. 1. Network topology for simulation

4. 결 론

본 논문에서는 전체 네트워크 토폴로지에서 스위치 간의 동기화된 스케줄 테이블을 형성하기 위해 top down 알고리즘을 설명하였다. 논문에서 제시한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 OMNet++ 시뮬레이터를 사용하여 성능평가를 진행하였다. 실험 환경은 CASE1, CASE2, CASE3로 나누어 진행하였으며 실험결과 모든 CASE에서 알고리즘을 적용하였을 때의 성능 지표가 향상되었다는 것을 확인할 수 있었다. 향후 실제 구현을 통하여 top down 알고리즘의 효율성을 분석할 필요가 있다.

[참 고 문 헌]

- 1) IEEE 802.1 Qbv "Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks Amendment: Enhancements for Scheduled Traffic", 2012.
- 2) IEEE 802.1 Qcc "Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks Amendment: Stream Reservation Protocol (SRP) Enhancements and Performance Improvements", 2013.
- 3) Zhao, L., Pop, P., & Craciunas, S. S. (2018). Worst-Case Latency Analysis for IEEE 802.1 Qbv Time Sensitive Networks Using Network Calculus. Ieee Access, 6, 41803-41815.

지능형 타이어를 통한 차량의 주행면 상태 판단 알고리즘 설계

권지훈¹, 한준영¹, 김만호², 이상협¹, 이석¹
부산대학교 기계공학부¹, 동의과학대학교 자동차계열²

Development of Algorithm for Judging Driving Condition of Vehicle using Intelligent Tires

Ji Hoon Kwon¹, Jun Young Han¹, Man Ho Kim², Sang Hyeop Lee¹, Suk Lee¹
Pusan National University¹, Dong-eui Institute of Technology¹

Abstract

Recently, research on autonomous driving has been actively carried out, and tire related research is also developing. Intelligent tires have developed sensors that attach sensors inside the tires to inform the user about the slipperiness of the road and the degree of wear of the tires as well as the existing information such as the tire pressure and the internal temperature of the tire. In this paper, the intelligent tires are used to collect information on the road surface, and then the recognition algorithm and the machine learning are applied. In addition, it is possible to classify the road surface by using the learned model. If it is used, it is expected that the driver can more securely operate the vehicle by grasping the degree of slip of the running surface.

1. 서 론

과거 타이어의 개발은 형태의 변화, 내구성 향상, 연비 절감, 드라이빙 성능 향상, 친환경 등에 집중을 하여 개발되어 왔다. 그러나 최근 연구 방향은 타이어 내부에 센서를 부착하여 주행 중 발생하는 다양한 정보를 활용하는 지능형 타이어로 변화하고 있다. 기존의 타이어 내부 공기압, 온도 등의 정보 수집은 물론 노면의 상태, 마모도 등의 정보를 타이어 스스로 인지하는 단계로 발전 중이다. 따라서 본 논문에서는 지능형 타이어의 기능을 구현하는 연구로써 타이어 스스로 차량의 주행면 상태를 판단하는 알고리즘을 설계하였고 실차량을 활용한 실험을 통해 개발된 알고리즘을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 지능형 타이어

지능형 타이어가 주행면을 판단하기 위해선 휠과 접촉되는 타이어 내부에 가속도 센서를 부착한다. 그 후, 차량이 주행함에 따라 타이어 회전으로 인해 발생하는 정보를 수집 후 학습 모델에 주행면 판단이 가능하도록 학습시킨다.

2.2 인공 신경망

인공 신경망이란 입력층(Input layer), 출력층(Output layer) 그리고 두 개의 층 사이에 은닉층(Hidden layer)으로 구성된 구조를 뜻하는 말로, 입력층으로 들어오는 정보를 활용하여 은닉층을 거쳐 출력층으로 값이 전달되는 방식인 순전파(Feedforward)를 활용하여 모델을 학습시킨다. 게다가 가중치(Weight), 경사 하강법(Gradient descent) 등을 설정하여 학습의 효과를 극대화시킨다.

본 논문에서는 지능형 타이어 내부에 부착한 가속도 센서로부터 수집된 정보를 2개(학습용, 검증용)로 분류 후, 학습용 데이터를 활용하여 학습 모델을 학습시킨다. 그 후 검증용 데이터를 활용하여 학습된 모델을 검증하였다.

3. 결과 및 토의

지능형 타이어를 부착한 실 차량이 주행할 속도는 총 5종류(40, 50, 60, 70, 80 kph)이며, 이때 판단할 노면은 3 종류(일반도로, 거친도로, 젖은도로)이다. 주행면을 판단하기 위해 구성된 모델의 입력층은 9 개, 은닉층은 5 개, 출력층은 3 개로 구성하였고, 모델의 학습율(Learning rate)은 0.1, 오차율(Target error)은 0.01로 정의하고, 학습용 데이터는 일반도로 80 개, 거친도로 27 개, 젖은도로 14 개를 활용하여 학습하였다.

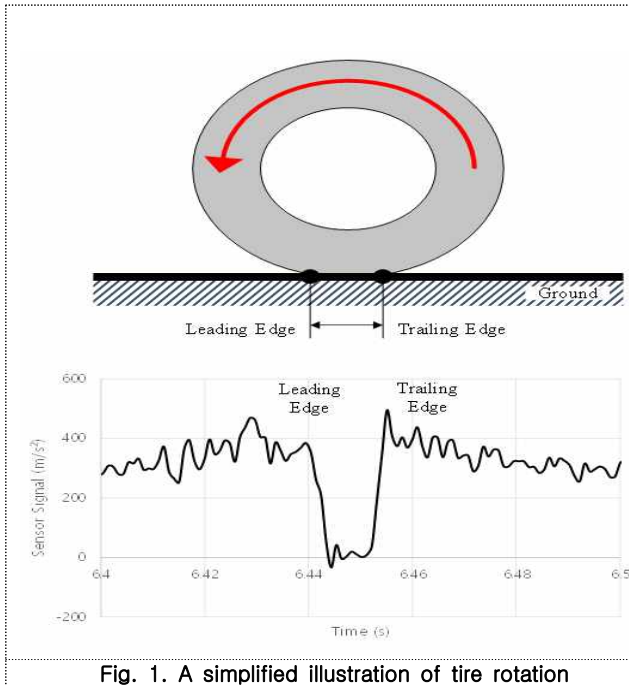


Fig. 1. A simplified illustration of tire rotation

		Road Condition		
		Dry Road	Rough Road	Wet Road
Vehicle Speed (kph)	40	32	8	4
	50	32	8	4
	60	16	5	3
	70	16	3	2
	80	16	3	1
total		112	27	14

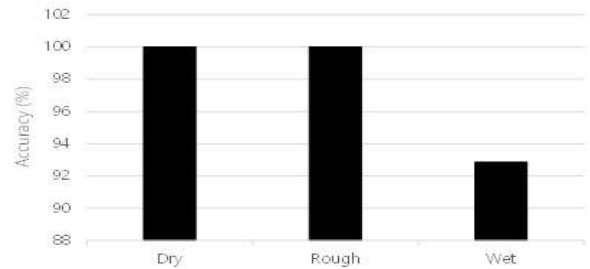


Fig. 2. Result of experiment

학습된 모델을 검증하기 위해 검증용 데이터(일반도로 112 개, 거친도로 27 개, 젖은도로 14 개)를 활용하여 검증하였다. 검증 결과 젖은도로 1 개의 데이터를 제외한 152 개의 주행면을 판단하는 것을 확인할 수 있었다. 찾지 못한 데이터는 젖은도로를 70 kph로 주행한 데이터이며, 젖은도로의 데이터가 일반도로에 비해 상대적으로 부족한 점을 원인으로 볼 수 있으며, 충분한 학습 데이터를 모델에 제공 시 개선이 가능할 것으로 예상된다.

4. 결 론

본 연구에서는 지능형 타이어를 활용하여 차량의 주행면 판단 알고리즘을 설계하였다. 타이어 내부에 가속도 센서를 부착하여 다양한 노면의 차량의 주행 정보를 수집 후, 인공 신경망을 활용하여 모델을 학습하였다. 그 후 학습된 모델의 성능을 확인하기 위해 검증용 데이터를 활용하여 주행면 판단 알고리즘을 검증하였다. 본 연구로부터 지능형 타이어 스스로 주행면을 판단할 수 있음을 확인할 수 있으며, 이를 활용한다면 운전자가 판단하지 못하는 주행 도로의 미끄러움의 정도를 사전에 알려줌으로써 사고 예방에 도움이 될 것으로 예상된다.

[참 고 문 헌]

- 1) A.Niskanen, AJ Tuononen "Three three-axis IEPE accelerometers on the inner liner of a tire for finding the tire-road friction potential indicators", Sensors, Vol. 15, No. 8, pp. 19251-19263, 2015.
- 2) KB Singh, MA Arat, S Taheri "Enhancement of collision mitigation braking system performance through real-time estimation of tire-road friction coefficient by means of smart tires", SAE Int. J. Passeng. Cars - Electron. Electr. Syst. Vol. 5, No. 2, pp. 607-624, 2012.
- 3) B.Yegnanarayana "Artificial neural network", 2009.

물과 경유를 혼합한 나노 셰어링 시스템 응용에 관한 연구

이준석¹, 하호선¹, 권성오¹
(주)한특이피¹

A study on the Nano Sharing Fuel System of Mixing Water and Diesel

Jun Seok Lee¹, Ho Sun Ha¹, Sung Ho Kwon¹
KSEP CO., LTD.¹

Abstract

Emulsion is the statement of dispersing some fluid, which is in another kind of fluid, into small grains to make some fluid that has the lactescent shape. Once fossil fuel is mixed with water, it is called Emulsified fuel. The study of emulsified fuel was begun as the gas price has increased globally, and it has been an issue that the air pollution from using fossil fuel became the problem. The emulsified fuel was adopted to be researched in an internal-engine combustion such as generator, engine, burner, or the heat. As a result, we could find the reduction of exhaust gas such as Nox and PM as well as the reduction of fuel usage whose amount is the same amount of water used instead. However, the research has been focused on manufacturing of emulsified fuels and storing them for a long period of time so that there were many restrictive conditions for using them. Therefore, on this research, we would like to introduce better solution systems to solve the current problems to real-time manufacture and supply the emulsified fuels at the same time, and we have processed a test this system with an agricultural boiler which would also be introduced.

1. 서 론

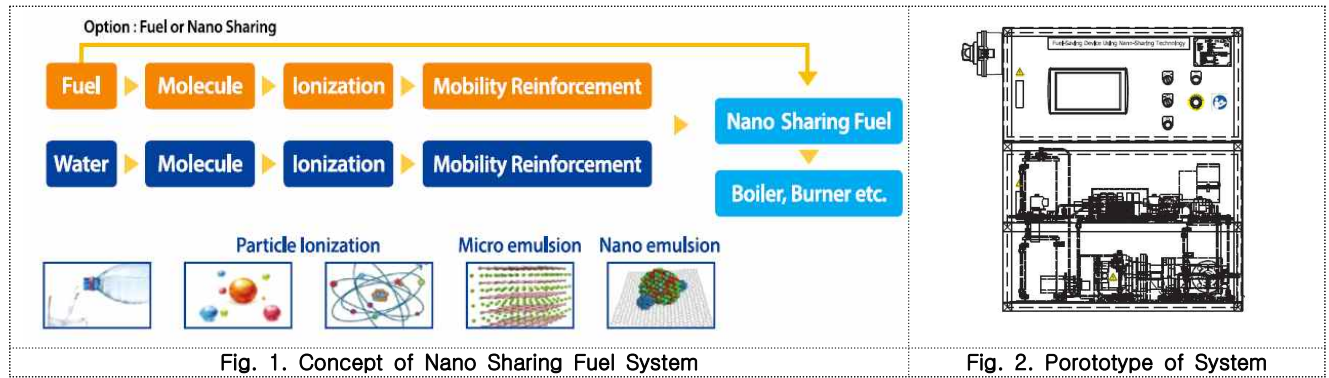
유화란 어떤 액체 속에서 그것과 잘 섞이지 않는 다른 액체를 작은 낱알로 분산시켜 젖 모양의 액체로 만드는 일, 또는 분산된 그 상태를 유화(Emulsion)라 하며, 물과 화석연료를 혼합한 연료를 유화연료라고 한다. 이러한 유화연료는 국제 유가가 지속적으로 상승하고, 화석연료에서 배출되는 배기가스로 인한 대기오염이 이슈화가 되면서부터 활발히 연구가 되기 시작했다. 유화연료는 발전기, 엔진, 버너, 열풍기 등 다양한 내연기관에 적용하여 시험을 진행하였으며, 그 결과 사용되는 물의 양 만큼의 연료절감과 함께 완전연소율의 증가로 인한 Nox, PM 등의 배기가스 저감 효과를 확인 할 수 있다. 하지만 기존의 연구는 유화연료를 제조하고 장기간 보관하는데 초점이 맞춰져있어 실제 사용을 위한 제약 조건들이 많이 존재하였다. 따라서 본 연구에서는 이러한 기존의 문제점을 개선하여 유화연료를 실시간으로 제작하여 공급하는 시스템을 개발하고 이를 농업용 보일러와 연동하여 테스트를 진행한 내용에 대해 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 나노 셰어링 시스템 소개

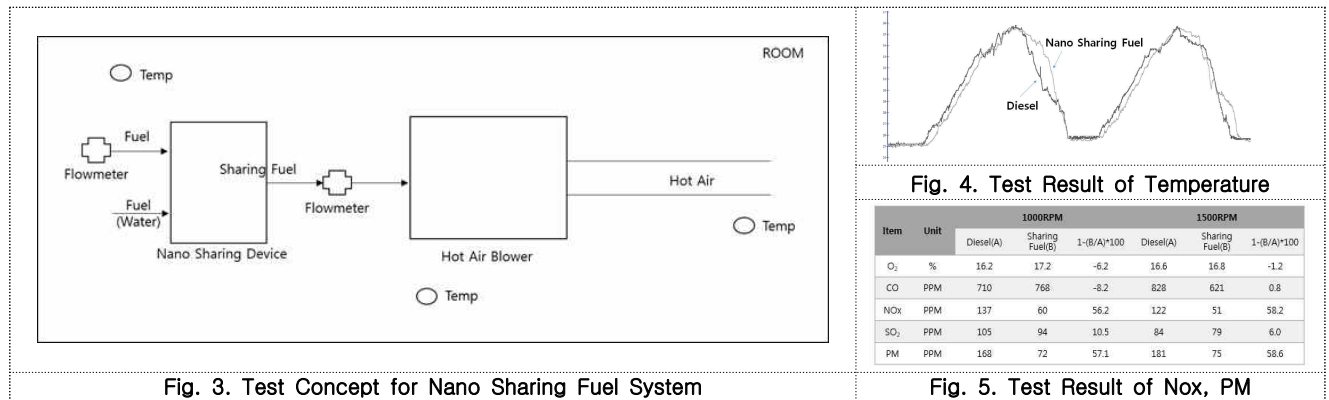
기존에는 유화연료를 만들기 위하여 물과 기름 이외에 유화제라는 화학물질을 첨가하거나 고주파수의 초음파와 같은 많은 에너지를 투입하여 제조하여 상대적으로 유화연료의 에너지 효율이나 비용절감 측면에서 그 효과를 크게 느끼지 못한다는 단점이 있다. 또한 새로운 화학물질 사용으로 인한 부가적인 공해물질과 만들어진 유화연료를 안정적으로 보관하기 위한 별도의 저장용기나 보관 장소를 위한 추가적인 비용은 유화연료 사용의 가장 큰 단점으로 지적되어 지고 있다. 본 연구에서는 이러한 단점들을 해결하고자 적은 에너지로 수분 이내에 물과 기름을 혼합하여 이를 열풍기나 버너 등에 공급하여 유화연료의 장점을 극대화 할 수 있는 시스템을 개발하는 것을 목표로 하였다. 이를 위하여 Fig. 1.과 같이 물과 경유를 자기장, 고압분사, 초음파 등의 단계를 거치면서 입자를 활성화시켜 나노 단위로 쪼갬 후 순간적으로 결합(Nano Sharing)하여 버너나 열풍기 등으로 공급 할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 각 단계별 구성품은 상용제품들을 선정하였으며 개별 구

성품에 대한 테스트를 진행 한 후 Fig. 2.과 같이 최종적으로 시스템을 만들었다.



2.2 나노 쉐어링 시스템 성능시험

개발된 나노 쉐어링 시스템의 성능을 테스트하기 위하여 Fig. 3.과 같이 밀폐된 공간에 열풍기와 연동하여 온도 변화 시험을 수행하였다. 시험방법은 경유만 사용했을 때와 나노 쉐어링유를 사용했을 때 각각 목표 온도까지 도달하는 시간 및 유지시간, 연료 소모량 등의 차이를 비교 하였고, 그 결과는 Fig. 4.에 나타난 바과 같이 경유와 나노 쉐어링유를 사용했을 때 온도차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 Fig. 5.는 발전기를 이용하여 NOx와 PM의 차이를 측정한 결과 값으로 약 50% 이상 개선되는 것을 확인 할 수 있었다.



3. 결 론

본 연구에서는 물과 경유를 혼합한 쉐어링유를 실시간으로 농업용 보일러에 공급하여 보일러가 문제없이 작동됨을 확인 할 수 있었다. 또한 쉐어링유를 사용하더라도 기존 경유를 사용했을 때 와 같은 온도 상승 및 유지 효과가 있음을 확인하였고, 쉐어링유 사용으로 인한 연료절감 및 배기가스 저감이 되는 것을 확인 할 수 있었다. 좀 더 다양한 환경에서 다양한 방법으로 효과를 검증한다면 화석연료의 공해물질 저감에 효과가 클 것으로 사료된다.

사 사

본 논문은 밀양시에서 시행한 나노융합산업육성지원사업으로 수행된 연구결과임.

[참 고 문 헌]

- 1) Annisa Bhikuning, M.Hafnan, "The Effect of diesel Fuel Mixed Water in Engine Performance and Emission", International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering, Vol.11, No. 4, pp.18-23, 2011.
- 2) M.R. Noor El-Din, Sabrual H. El-Hamouly, H.M. Mohamed, Marwa R. Mishrif, Ahmad M. Ragab, "Water-in-diesel fuel nanoemulsions: Preparation, stability and physical properties", Egyptian Journal of Petroleum, Vol. 22, No. 4, pp-517-530, 2013.

초음파 분석 기반의 왁스 집적 및 경화 과정 모니터링 연구

이동건¹, 김영주¹, 우남섭¹, 한상목¹, 하지호^{1*}
한국지질자원연구원¹

Monitoring of wax deposition and aging process based on ultrasonic analysis

Dong-Gun Lee¹, Young-Ju Kim¹, Nam-sub Woo¹, Sang-Mok Han¹, Jiho Ha^{1*}
Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

Abstract

In this study, an experimental system was constructed for monitoring and detection of wax deposition / aging process. The experimental system consists of a transparent test cell in which the test fluid is contained, a bath circulator to circulate the isothermal fluid for control of temperature gradient, an ultrasonic sensor to measure the change in the acoustic velocity of test fluid, a temperature sensor to measure the change in temperature gradient of test fluid and real-time DAQ for monitoring and acquiring acoustic velocity data and temperature data in real time. Based on the acoustic velocity measurement results, this study proposes a new technique for estimating the following three items, which have not yet been proposed. 1) the temperature considered to be WAT of paraffin wax, 2) the temperature at which paraffin wax growth is considered to be active, 3) the temperature at which aging of paraffin wax is considered to begin. Therefore, WAT estimation and wax accumulation life cycle diagnosis by ultrasonic measurement system and signal processing method developed in this study is considered to be reliable.

1. 서 론

석유생산시스템을 구성하는 유동관 내 왁스집적을 예방/완화시키는 대표적인 방법에는 유동관 내 억제제 주입, 유동관 외벽 보온재 단열, 전열 또는 열수로 유동관 가열, 및 유동관 내 Pig삽입 등의 방법이 있다. 전술한 방법을 적용 시, 억제제의 과다주입을 방지하고 적절한 단열재 시공위치를 선정하며 적용된 왁스집적 예방/완화기술이 효과하게 작용하였는지에 대하여 검증하고자 유동관 내 왁스집적을 모니터링/탐지하기 위한 노력이 많이 이루어졌다. Chen등(2014)은 WPC(wax precipitated curve)와 WAT(wax appearance temperature)를 추정하기 위한 초음파 탐지/분석을 수행하여 왁스집적에 의한 유체시료 탄성성질 증가로 음파속도가 증가하는 것을 확인하였고, 추정된 WAT는 시차주사열량계와 점도계를 이용한 추정값과 유사한 것을 확인하였으며, WPC는 시차주사열량계로 추정한 곡선과 유사한 것을 확인한 바 있다.¹ Jiang등(2014)도 초음파 탐지 기반의 WAT 추정을 수행하여 왁스집적에 의한 공저부근손상을 복구하고자 적정 열수주입온도를 제안한 바 있다.² 그러나 전술한 방법들은 음파속도에 대한 변수에만 국한되어 데이터 분석이 이루어져서 매질 내 신호감쇠 현상을 고려한 분석 결과를 제시하지 못하였다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 선행연구에 내재된 단점을 개선한 초음파 측정시스템 및 신호처리 방법으로 WAT를 추정하고 연속적인 초음파 모니터링 및 탐지를 통해서 시간 경과에 따른 왁스성장과 왁스경화 시점 추정이 가능한 왁스 집적 생애주기 진단 방법을 제안하고자 한다.

2. 본 론

2.1 분석대상 시료

이소파라핀 및 씨클로파라핀은 낮은 유연성을 갖는데 이들 성분으로 구성된 왁스는 미정질 왁스로 분류되며 낮은 구조 안정성을 갖는다. 한편, 노말파라핀은 높은 유연성이 있어서 이로 이루어진 왁스는 거정질 왁스로 분류되고 높은 구조 안정성을 갖는다. 따라서 유동관 내 왁스집적문제와 직접적으로 관련이 있는 왁스성분은 노말파라핀으로 구성된 왁스집적물이다. 본 연구에서는 왁스집적물의 주성분인 노말파라핀의 영향을 고려하고자 케로신, 고체파라핀 및 미네랄오일로 합성오일을 제조하여 분석대상 시료로 사용하였다.

2.2 왁스집적/경화과정 모니터링 실험시스템 구성

저류층에서 생산된 오일이 저온환경에 위치한 유동관으로 이송되는 과정에서 발생하는 온도구배의 감소를 모사하기 위하여 투명 시험셀을 구축하였다. 투명 시험셀은 서로 다른 직경의 아크릴 파이프가 이중관 형태로 구성된 것으로 항온유체가 이중관의 환체공간 내에서 연속적으로 순환될 수 있도록 하였다. 합성오일은 투명 시험셀의 상부로 투입되어 내부공간에 수용되며 투명 시험셀의 외부면에 표시된 수위눈금을 통해 수용된 합성오일의 높이정보를 파악할 수 있다. 항온순환수조에서 이송되는 항온유체는 투명 시험셀의 하부포트로 유입되어 환체공간을 완전히 채운 후 상부포트로 배출되고 이는 다시 항온순환수조로 유입되도록 하였다. 초음파 센서는 1MHz-수침형(immersion type)을 싱글채널로 운용하여 왁스집적 모니터링/탐지가 이루어지도록 하였고, 온도센서는 초음파센서의 측면에 부착하여 초음파 신호가 송수신되는 계면에서 분석대상 시료인 합성오일 온도를 측정하도록 하였다. 또한 초음파센서는 눈금이 표시된 레일형 포지셔닝 모듈과 연결되어 수평/수직 위치를 정밀하게 조정할 수 있도록 하였다. 그리고 실시간 DAQ시스템을 구축하여 초음파센서와 온도센서로 측정된 데이터를 실시간으로 모니터링하고 취득할 수 있도록 하였다.

3. 결과 및 토의

본 연구에서 개발된 왁스집적/경화과정 모니터링 실험시스템(Fig. 1)을 이용하여 합성오일의 음파속도를 측정하고 데이터를 분석하였다. 온도구배 감소에 따라 합성오일 매질을 통과하여 반사되는 초음파 신호가 감쇠되는 특성을 고려하여 음파속도를 분석한 결과, Fig. 2와 같이 오일 WAT로 추정되는 온도(P3), 왁스성장이 활성화되는 시점으로 추정되는 온도(P2) 및 왁스경화가 시작되는 것으로 추정되는 온도(P1)를 구분하는 것이 가능하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 개발된 초음파 측정시스템과 취득된 음파속도 데이터를 분석하기 위한 신호처리 방법이 오일의 WAT추정과 왁스집적의 생애주기를 진단하는데 활용할 수 있음을 시사한다.

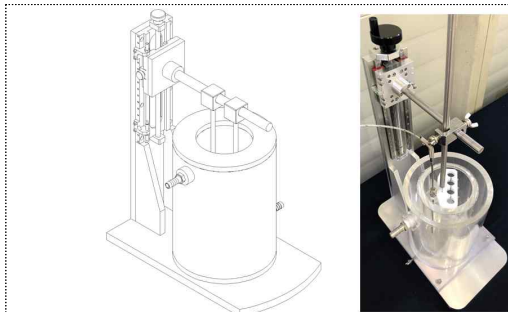


Fig. 1. Schematic diagram of wax deposition/aging monitoring system developed in this study.

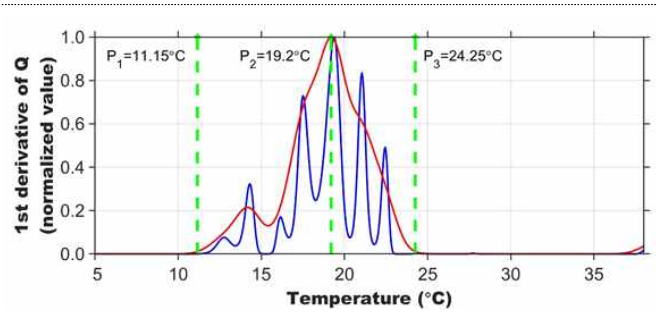


Fig. 2. Results of wax deposition life cycle diagnosis.

4. 결 론

본 연구에서는 종래의 유동관 내 왁스집적 모니터링/탐지에 대한 선행연구가 음파속도에 대한 변수에만 국한되어 데이터 분석이 이루어져 매질 내 신호감쇠 현상을 고려하지 못한 단점을 개선하고자 하였다. 이를 위해 수침형 싱글채널 초음파센서와 온도센서가 장착되고 항온유체의 연속순환유동이 가능한 투명 시험셀이 구축되었다. 또한 초음파센서와 온도센서로 측정된 신호를 실시간으로 모니터링하고 취득할 수 있는 왁스집적/경화과정 모니터링 실험시스템을 구축하였다. 측정된 음파속도 변화자료를 분석한 결과, 오일 WAT로 추정되는 온도, 왁스성장이 활성화되는 시점으로 추정되는 온도 및 왁스경화가 시작되는 것으로 추정되는 온도에 대하여 각각 파악이 가능하였다. 이를 통해 본 연구에서 개발된 초음파 측정시스템 및 신호처리 방법에 의한 WAT추정과 왁스집적 생애주기 진단방법이 신뢰성 있는 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 2018년도 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (18IFIP-B133618-02, 이수 순환 시스템 통합 구축 및 파일럿 현장 검증). 또한, 한국지질자원연구원 자체사업인 '초음파 기반 유동관내 고형물 집적 가시화 시스템 개발 연구(18-7606)'과제의 일환으로 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- 1) Chen, H., Yang S., Nie, X., Zhang, X., Huang, W., Wang Z., and Hu, W., 2014, "Ultrasonic Detection and Analysis of Wax Appearance Temperature of Kingfisher Live Oil," *Energy Fuels*, 28, pp. 2422-2428.
- 2) JIANG, B., QIU, L., LI, X., YANG, S., LI, K., and CHEN, H., 2014, "Measurement of the wax appearance temperature of waxy oil under the reservoir condition with ultrasonic method," *PETROL. EXPLOR. DEVELOP.*, 41(4), pp. 509-512.

관 일체형 액-액 세퍼레이터의 분리특성에 관한 수치해석 연구

김영주, 우남섭, 한상목, 하지호, 김현지
한국지질자원연구원 탐사시스템연구실

A Numerical Study on the Separation Characteristic of In-line type Liquid-liquid Separator

Young Ju Kim, Nam Sub Woo, Sang Mok Han, Jiho Ha, Hyun Ji Kim
KIGAM Pohang branch

Abstract

The implementation of subsea separation and liquid boosting is becoming a common development scheme for the exploration of deep water fields. Subsea separation is an attractive and economic solution to develop deep offshore fields producing fluid without hydrate or wax. A subsea separator can avoid or simplifying costly surface platforms of floating vessels, as well as being an efficient tool to enhance hydrocarbon production. Subsea separation system should be reliable to ensure successful operation in a wide range of 3-phase flow regime. In this study, multiphase flow characteristics inside in-line type subsea separation system are investigated for the design of subsea separation system.

1. 서 론

최근 자원플랜트 산업에서는 해상에서 운용되던 여러 생산 설비 및 기자재들을 해저로 이동 시키고자 하는 연구가 진행되고 있다. 자원 생산 프로세스를 해저로 이동시키면 투자비용의 절감 및 작업자의 위험 감소 등 여러 장점이 있다. 해저로 이동 설치되는 기자재 중에는 세퍼레이터를 예로 들 수 있다. 세퍼레이터는 여러 유체 또는 물질이 섞여있을 때 이를 물리적 화학적 방법으로 분리하는 장치이다.¹ Sagatun 등²은 다상유체 분리실험을 진행하고 그 결과로 관 일체형 세퍼레이터의 설계를 제시하였다. 그러나 관 일체형 세퍼레이터를 시뮬레이션을 통해 해석적 방법으로 설계를 진행한 연구는 시작단계이다. 따라서 본 연구에서는 유한요소해석을 이용하여 해저 유정분리 시스템에 사용되는 관 일체형 해저 세퍼레이터의 선회유동장치(ISE; Internal Swirl Element) 형상을 최적화 하고, FLUENT를 이용한 유한요소해석을 통해 다상유체의 흐름 및 분리특성에 관해 연구하였다.

2. 수치 해석

2.1 모델링

Figure 1은 세퍼레이터의 최적화된 ISE 모델링 형상이다. ISE는 ASCOM사³의 형상을 토대로 재설계하여 Nose, Tail, 9개의 Vane으로 구성하고, 배관 고정형으로 설계하였다. 수치해석에 사용된 세퍼레이터 배관의 직경은 10cm이며 입구부터 출구까지의 총 길이는 2m이다. 입구에서 유입된 혼합유체는 Vane을 통과하면서 선회유동을 일으키며 원심력에 의해 유체별로 분리된다. 유동해석을 위해 Fig. 2와 같이 세퍼레이터 3D 모델을 격자로 구성하였다. 격자 개수는 약 410만 개로 모델 형상의 특성을 고려하여 곡선이 많은 ISE 파트는 Tetra mesh로, 분리된 유체가 지나가는 관 부분은 Hexa mesh로 설정하였다.

2.2 경계조건 설정

수치해석을 위해 다상해석에 적합한 Eulerian 모델을 적용하였으며 원유(Oil)를 연속상(continuous phase), 물(water)을 분산상(dispersed phase)으로 설정하였다. 해석에 사용된 Solver는 상용 CFD 코드인 FLUENT 19.0을 사용하였다. 입구에서 유입된 오일과 물의 혼합비는 9:1과 5:5 두 Case로 설정하였다. 입구 유속은 7 m/s, 출구 조건은 대기압으로 설정하였으며, 수치해석에 적용한 작동유체 중 오일의 물성치는 밀도 830kg/m³ 점도 0.00332 kg/ms, 물은 일반 물의 물성치를 적용하였다.

3. 해석 결과

Figures 3, 4는 Case 1, 2의 유동해석 결과이며, 축 방향 단면에서의 물의 부피비(water volume fraction)를 나타낸다. 푸른색을 띠는 구간이 오일로서 현재 혼합유체가 ISE를 통과 후 밀도 차에 의해 가운데로 분리 밀집됨을 확인하였다.

3.1 Case 1 해석 결과

Figure 3은 Case 1의 해석 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 혼합유체가 ISE를 통과 후 대부분 물과 오일로 분리되지만, 물의 양이 너무 작기 때문에 육안으로는 구분이 어렵다. 축 방향 단면의 Contour 상으로 분리된 물이 기포 형태로 관 벽과 유체 흐름을 따라 이동함을 확인할 수 있다.

3.2 Case 2 해석 결과

Figure 4는 Case 2의 해석 결과이다. ISE 통과 후 다량의 오일과 물이 비교적 선명하게 분리되고 있으며, 물과 오일층 사이에 미세한 혼합층이 존재한다. 분리된 물은 관 벽 쪽으로 밀집되어 유체이동방향으로 선형 이동한다. 또한 혼합유체에서 물의 비율이 증가함에 따라 분리된 물의 양도 증가한다.

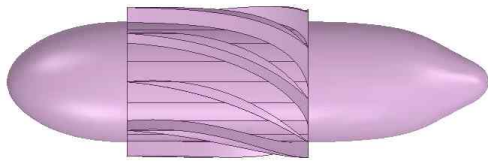


Fig. 1. 3D modeling of ISE

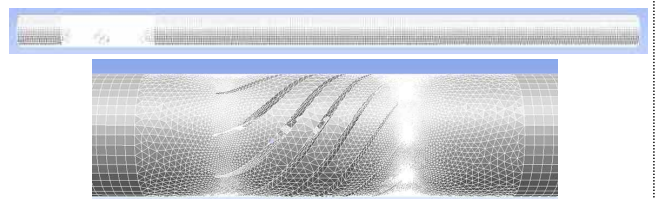


Fig. 2. Mesh component of subsea separator

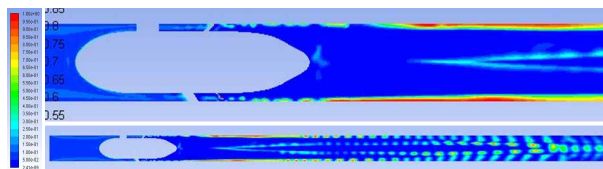


Fig. 3. Water volume fraction of Case 1 (Oil 9 : Water 1)

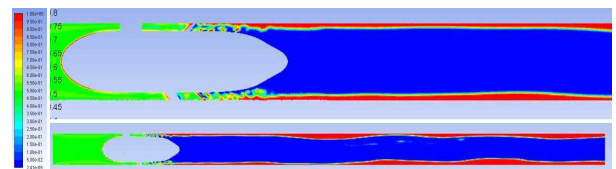


Fig. 4. Water volume fraction of Case 2 (Oil 5 : Water 5)

4. 결 론

본 연구에서는 In-line type subsea separator의 최적화 된 ISE 형상의 다상유동 분리 특성에 관한 수치 해석 연구를 진행하였다. 해석결과, 혼합된 유체가 ISE를 통과하여 밀도 차에 의해 오일과 물로 분리됨을 확인하였으며, 분리 효율은 약 90%로 나타났다. 단, 분리된 유체의 경계면에 혼합층도 소량 존재하므로 이를 완전히 분리하기 위한 액-액 세퍼레이터 형상 최적화 연구가 지속적으로 진행될 필요가 있다.

사 사

본 논문은 한국지질자원연구원이 수행하고 있는 산업통상자원부 미래선도기술개발사업의 ‘심해유전 개발을 위한 500 MPa 급 URF 및 SIL 3 Manifold 개발과 Subsea 시스템 엔지니어링 기술개발(10042430)’ 과제에서 지원되었으며, 과제비 지원에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- 1) Kim, Y.J., Woo, N.S., Han, S.M., Kim, H.J., Lee, W.D. and Huh, S.C., “A Study on the Liquid-Liquid Separation Characteristics of In-line type Subsea Separator,” KSME conference in Jeju, 2017.
- 2) Bymaster, A.S., Olson, M.D., Grave, E.J., Svedeman, S.J., Viana, F., Mikkelsen, R. and Akdim, R., “High-Pressure Gas-Liquid Separation: An Experimental Study on Separator Performance of Natural Gas Streams at Elevated Pressures”, Offshore Technology Conference, OTC21781, 2011.
- 3) Slot, J.J., Campen, L.J.A.M., Hoeijmakers, H.W.M. and Mudde, R.F., “IN-LINE OIL-WATER SEPARATION IN SWIRLING FLOW”, 8th International Conference on CFD in Oil & Gas at Trondheim, CFD11-121, 2011.

응답스펙트럼해석을 고려한 Lattice Boom Crane의 구조해석

성현진¹, 김현지², 김영주², 허선철¹
경상대학교 에너지기계공학과¹, 한국지질자원연구원²

Structural Analysis of Lattice Boom Crane Considering Response Spectrum Analysis

Heon Jin Seong¹, Hyun Ji Kim², Young Ju Kim², Sun Chul Huh¹
GyeongSang National University¹, KIGAM Pohang Branch³

Abstract

In 2016, the strongest earthquake (5.8) occurred on the Gyeongju in Korean peninsula, As the second strongest earthquake (5.4) occurred in Pohang in 2017, the trend of domestic earthquakes is also increasing every year. Recently, as the intensity and frequency of earthquakes increase, research on seismic design of buildings, structures, etc. has attracted much attention. In this study, stress distribution and safety factor were confirmed through structural analysis of 60 - ton class fixed type Lattice Boom Crane, The stability of seismic load was also verified through response spectrum analysis.

1. 서 론

최근 지진의 강도 및 횡수가 증가함에 따라 건축물, 구조물 등의 내진설계에 대한 연구가 많은 관심을 받고 있으며, 그 기준 또한 엄격해지고 있는 추세이다. 또한 육상에 사용되는 하부 Pedestal 고정식 Lattice Boom Crane의 경우 지진해석에 관한 연구가 보고되어 있지 않기 때문에, 본 연구에서는 국내 D사에서 제작한 해양플랜트용 60톤급 Lattice Boom Crane을 육상용으로 사용하기 위하여, 구조해석을 통하여 응력분포 및 안전계수를 확인하고 응답스펙트럼 해석을 이용하여 지진에 대한 안정성을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 Structural Analysis of Lattice Boom Crane

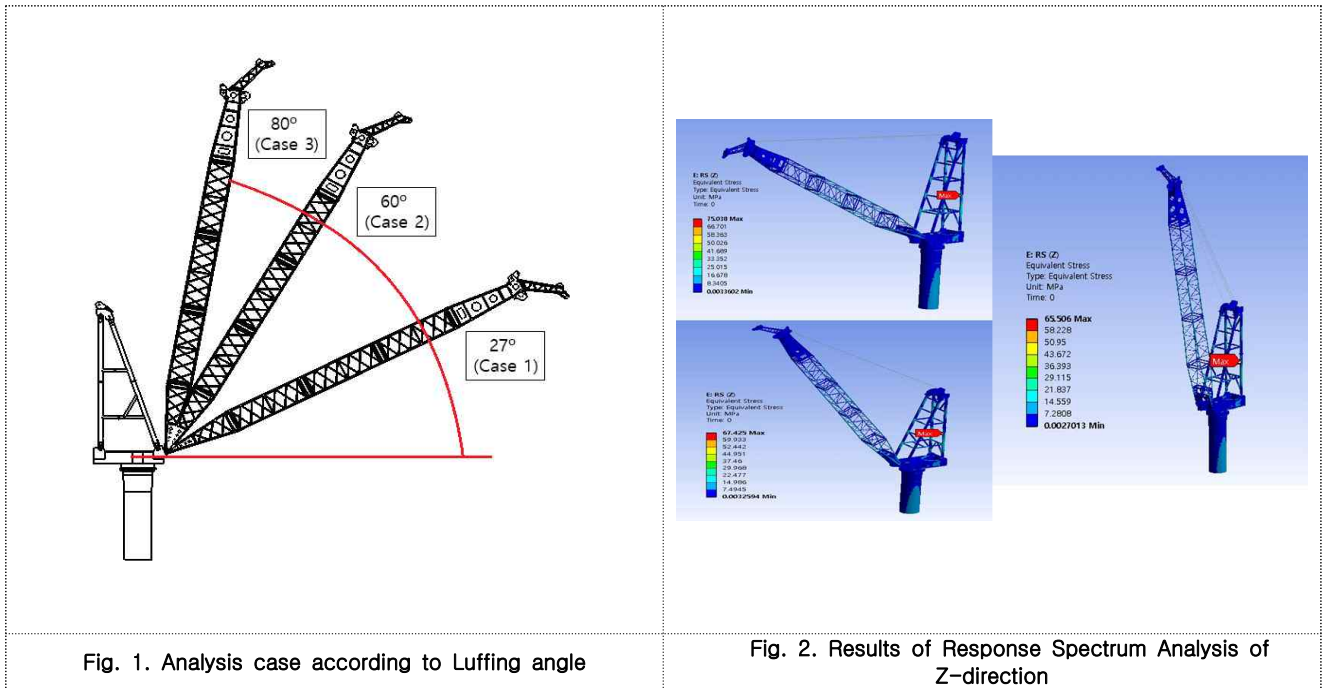
본 연구에서 사용된 Lattice Boom Crane은 국내 D사에서 제작된 해양플랜트용 크레인으로서 CATIA 프로그램을 이용하여 모델링을 하였다. 유한요소해석 시 구조물의 모든 부품을 고려하기 힘들기 때문에, 각 파트간 연결부분, 볼트, 핀 등은 생략하였으며 Boom파트의 트러스 브레이스와 보강재는 응력을 분산시키는 중요한 역할을 하기 때문에 생략하지 않았다. 크레인 사용 시 작업 각도에 따라 Fig. 1과 같이 총 3가지의 Case로 해석을 진행하였다.

2.2 Response Spectrum Analysis of Lattice Boom Crane

본 연구에서는 건축구조설계기준에 따른 설계용 스펙트럼을 사용하지 않고, 실제 우리나라에 일어난 지진하중에 대한 응답을 보고자, 기상청(KMA) 포항관측소에서 측정한 2017년 11월 15일 포항지진의 가속도 응답스펙트럼을 사용하였다. ANSYS 17.0을 이용하여 E-W(X)방향, N-S(Z)방향, U-D(Y)방향 응답스펙트럼 해석을 진행하였으며 응답스펙트럼해석을 수행하기 위하여 선행된 고유치해석에서 Y(연직)방향의 모드 질량참여도가 70%로 낮아 해석 결과의 정확성이 떨어질 수 있기 때문에, 이를 고려해 주기 위하여 Missing Mass Effect 기능을 사용하여 해석을 수행하였다.

3. 결과 및 토의

구조해석 결과, 작업 가능한 최저 각도인 Case 1(27°)에서는 최대응력이 197.79MPa로 Gantry 상단 내부에서 발생하였으며, 가장 많이 쓰이는 Case 2(60°)에서는 최대응력이 159.41MPa로 Machinery Deck가 Pedestal이 연결되어 있는 부분에서 발생하였다. 최고 각도 Case 3(80°)에서는 다른 Case 보다 더 높은 232.35MPa 이 Deck와 Boom이 연결되는 부분에서 나타났다. 모든 Case에서 규정이 요구하는 1.5 이상의 안전율을 만족했기 때문에 구조적으로 안전하다고 판단할 수 있다. Fig. 2에 응답스펙트럼 해석 결과 가장 높은 응력을 나타냈던 Z방향의 결과를 나타내었다. 응답스펙트럼해석에서 얻어진 각 방향별 최대응력을 SRSS 방법으로 조합한 결과 Case 1에서 87.48MPa, Case 2에서 79.07MPa, Case 3에서 74.24MPa의 총합응력이 발생하였다. 모든 해석 Case에서 사용된 소재의 항복강도보다 낮은 응력을 나타냈기 때문에 지진하중에 대하여 안전하다고 판단할 수 있다.



4. 결 론 (건고덕 11pt)

본 연구에서는 해양플랜트용 Lattice Boom Crane을 육상에서 사용하기 위하여, 육상 조건에 맞게 구조해석 및 지진해석을 수행하였다. 구조적 안정성을 확인하기 위하여 구조해석을 수행한 결과, 모든 Case에서 규정이 요구하는 1.5 이상의 안전율을 나타냈기 때문에 구조적으로 안전하다고 판단된다. 또한 지진하중에 대한 안정성을 확인하기 위하여 수행된 응답스펙트럼 해석 결과, 모든 Case에서 각 방향별 최대응력을 SRSS방법으로 조합한 총합응력이 소재의 항복강도보다 낮은 값을 나타냈기 때문에 지진에 대하여도 안전하다고 판단된다.

[참 고 문 헌]

- (1) J, B, Won., 2007, "A Study on Vibration Characteristics of 750kW Wind Turbine under Earthquake", Inha University.
- (2) Türk, Ahmet Murat., 2013, "Seismic response analysis of masonry minaret and possible strengthening by fiber reinforced cementitious matrix (FRCM) materials.", Advances in Materials Science and Engineering, Vol. 2013, pp. 14

방향성 시추를 위한 이수 유동내 압편 이송 특성에 관한 연구

한상목¹, 우남섭¹, 하지호¹, 김영주¹
한국지질자원연구원 탐사시스템연구실¹

A Study on the Characteristics of Cuttings Transfer in Mud Flow for Directional Drilling

Sang Mok Han¹, Nam Sub Woo¹, Ji Ho Ha¹, Young Ju Kim¹
Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources¹

Abstract

As the development of petroleum technology, the slim hold drilling and the directional drilling are developed. Currently this technology has been applied in the technology industry, but these studies are still insufficient. In this study, solid-liquid two-phase flow experiments have been carried out in non-Newtonian fluids for hole inclinations from vertical to 75 degrees, flow velocities from 0.33 m/s to 0.66 m/s, particle concentration from 4 to 16 %, and pipe rotations from 0 to 400 rpm. Pressure drop within the test section, and particle volume fraction are measured for the above test conditions. These quantities were influenced by particle concentration within the flow, pipe rotation, flow volume, and inclination of the annulus. Moreover, empirical correlations were developed for estimating friction coefficient and particle volume fraction inside annulus.

1. 서 론

굴착유체는 일반적으로 비뉴턴유체의 특성을 가지며 굴착 잔재물의 이송과 시추공 내 압력을 조절하는 역할을 수행한다. 굴착잔재물의 이송을 고려할 때 굴착유체의 속도는 약 0.5 m/s 정도가 적당한 것으로 알려져 있는데 이는 비뉴턴 유체의 경우 층류 유동영역에 해당된다^{1,2}.

굴착 잔재물 이송에 대한 연구는 1940년대부터 진행되어 왔다. 초기 연구는 잔재물의 침전속도를 계산하는 문제에 초점이 맞추어졌으며 이후 방향전환 및 수직 굴착작업에 대한 관심이 증가하면서 유정 굴착 관련 연구는 실험적인 방법으로 전환되어 모든 경사각에서의 잔재물 이송을 설명하기 위한 많은 모델 개발 연구가 진행되었다.

하지만 기존 연구자들의 연구에서는 비현실적 으로 큰 유속을 사용하거나 test section의 길이가 짧아 정상상태에 도달하지 못하는 등의 문제점들이 있다. 따라서 본 연구에서는 석유시추의 효율성과 경제성을 높일 수 있는 방향성 굴착의 효과적인 운전을 위한 기반 연구로서 시추공의 굴진방향에 영향을 미치는 각종 변수들에 대하여 환형관내 유동특성을 파악하였으며 굴착 잔재물의 이송 성능을 정립하기 위해 실험결과와 이론값을 비교 분석하였다.

2. 본 론

본 연구의 실험장치로 드릴 파이프 회전과 굴착유체를 이용한 입자 이송 실험을 수행하였다. 이는 굴착 조건에서 잔재물이 섞인 다양한 드릴링 유체의 흐름을 모사할 수 있는 유동 시스템이다. 주 테스트 섹션은 높이가 1.7 m이고 안쪽축(30mm), 바깥축(44mm)의 반경비 0.7인 환형관 테스트 섹션이다.

이 시스템의 안쪽축은 스테인레스 강재 연마봉을 사용하였고 바깥축은 투명한 아크릴로 제작하여 가시화가 가능하도록 하였으며, 축 방향으로 유동을 완전히 발달시키기 위해 시험부까지의 길이를 수력직경의 116배 이상이 되도록 하여 1.7 m로 제작 하였다. 드릴 파이프는 600 rpm까지 회전할 수 있으며 테스트 환형관 파이프는 현재 수평에서 수직까지 변화시킬 수 있다.

시스템내 유동의 안정적인 발달을 위하여 환형관의 입구 부분에서도 유동이 2 방향으로 유입되도록 하였으며 또한 실험장치 윗부분에서 부압이 발생하는 것을 방지하기 위해서 출구를 3 방향으로 하여 유체가 방해를 받지 않고 빠져나갈 수 있도록 제작하였다. 바깥쪽 실린더는 교체가 가능하도록 설계하였으며, 10여 가지의 작동 변수들의 데이터 획득과 조절 시스템에 의해 관찰되고 조절되었다.

3. 결과 및 토의

본 연구에서는 다양한 비뉴튼유체의 마찰계수 관계식을 일반화하기 위하여 0.2~0.8% CMC에 동일한 수식을 적용하고자 각각의 Data 분석을 통해 비뉴튼유체에 대한 마찰계수와 입자체적을 관계식을 각각 식 (1)과 식 (2)로 나타내었다.

$$C_f = [0.0933(\tan^{-0.5}\theta F_r)^{-1.6842} - 0.0038(1 - e^{-0.001T_a}) + 0.0506(\phi) - 0.0021] \quad (1)$$

$$C_v = [0.11(\tan^{-0.5}\theta F_r)^{-0.54} - 0.0254(1 - e^{-0.0011T_a}) + 1.137(\phi) - 0.045] \quad (2)$$

Figure 1와 2는 비뉴튼유체의 마찰손실과 입자체적의 상관식과 실험결과와 비교해본 결과 모든 비뉴튼유에 작동유체에서 오차범위 이내에서 일치하고 있음을 확인할 수 있으므로 마찰손실과 입자체적에 대한 일반화된 수식 또한 충분히 본 연구의 결과에 적용가능한 상관식이라고 할 수 있다.

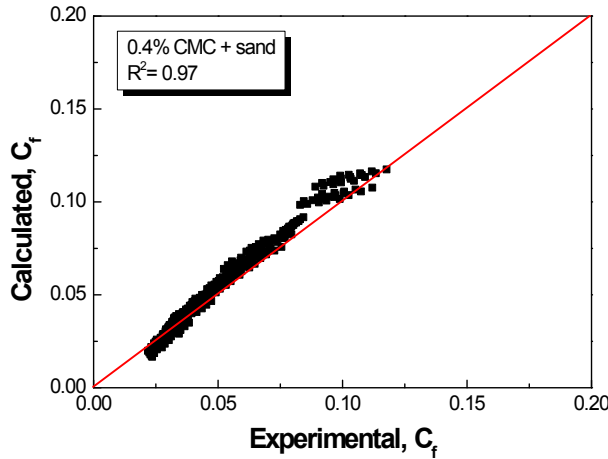


Fig. 1. Calculated friction coefficient versus experimental data in the CMC solution

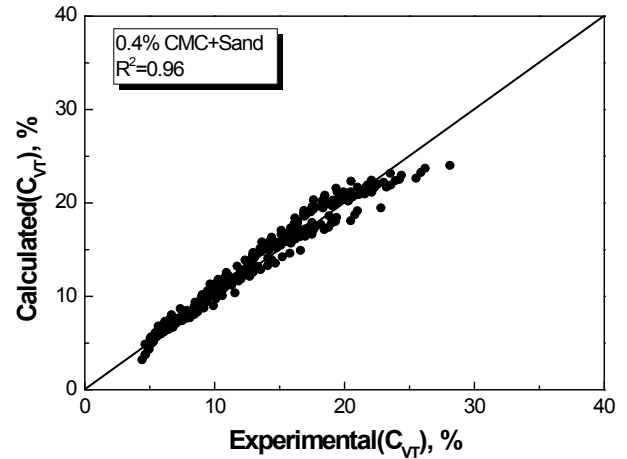


Fig. 2. Calculated particle volume fraction versus experimental data in the CMC solution

따라서 비뉴튼 유체에 일반화된 수식 적용이 타당하다고 할 수 있으며 상관식의 특징은 점도가 낮은 유체일 때 수식값이 다소 크게 형성되면서 점도가 증가할수록 오히려 실험값쪽이 증가하는 경향으로 수식 결과가 나타나고 있다.

4. 결 론

실험결과를 이용하여 환형관 내부의 마찰계수와 입자체적을 예측할 수 있는 상관식을 도출하였다. 도출된 상관식들은 모든 조건에 대해서 $\pm 5\%$ 이내의 오차범위에서 결과를 예측하였다.

유체별 특징으로는 점도나 밀도가 큰 유체일수록 좁은 편차로 데이터가 분포되지만 계산값이 실험값보다 다소 높은 결과의 경향을 나타내고 있다.

시추유체인 비뉴튼 유체의 입자이송 특성과 시스템의 효율을 예측할 수 있는 마찰손실에 대한 상관식을 정립하였다. 따라서 실제 머드시스템의 최적설계나 운전 및 효율을 예측하기 위한 기초자료로 이용될 수 있을 것이라 생각된다.

사 사

이 논문은 2018년도 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (18IFIP-B133618-02, 이수 순환특성 예측 및 연속순환시스템 기술 개발).

[참 고 문 헌]

- 1) McEachern, D. W., "Axial Laminar Flow of a non-Newtonian Fluid in an Annulus," AICHE Journal, Vol. 12, pp. 328-332, 1966.
- 2) Nouri, J. M. and Whitelaw, J. H., "Flow of New-tonian and non-Newtonian Fluid in a Concentric Annu-lus with Rotation of the Inner Cylinder," Journal of Fluid Engineering, Vol. 116, No. 4, pp. 821-827, 1994.

해양시추장비 운용제어 시스템 및 HILS System 개발

김종민¹, 문건혁¹, 김성태¹
(주) 유아이티¹

Development of Subsea Drilling Control System and HILS System

Jongmin Kim¹, Geonhyeok Moon¹, Sungtae Kim¹
UIT Inc¹

Abstract

Offshore Drilling System is devices of offshore and control systems for work of drilling on subsea. Drilling Control System(DCS) can drilling devices control and moritoring. Hardware In the loop Simulator(HILS) is a system that control system of offshore drilling equipments implements using software. In this paper, we introduce Drilling Control System and Hardware In the Loop Simulator are introduced.

1. 서 론 (견고딕 11pt)

해양 시추시스템은 해양시추작업을 위해 해양플랜트에 탑재되는 각종 장비 및 제어 시스템을 의미하며, 해양시추장비 운용제어시스템(Drilling Control System, DCS) 일반적으로 시추기자재 핸들링 장비 및 보상장비를 직접 제어 및 모니터링 하며, 유체 순환시스템 및 유정제어시스템에 대한 모니터링을 하는 것이다. HILS 시스템은 해양시추장비 운용제어시스템의 운용 및 제어 대상이 되는 장비 또는 시스템을 소프트웨어로 구현한 시스템을 말한다. 해양시추장비는 일부 기업이 독과점하고 있어, 국내에서는 아직 시추시스템의 일부만 개발한 상태이며, 특히 다양한 시추장비를 운용할 수 있는 시스템 및 장비에 대한 기술은 매우 부족한 실정이다. 본 논문에서는 국내 기술 확보를 위해 개발을 진행하고 있는 해양시추장비 통합운용제어 시스템 및 HILS 시스템 개발 연구에 대한 내용을 소개하고자 한다.

2. 해양시추장비 운용제어시스템

해양시추장비 운용제어시스템은 크게 아래와 같이 구성되어 있으며, 각각의 시스템은 다음과 같다.

2.1 해양시추 운용제어시스템 (Drilling Control System)

Fig. 1.은 해양시추 운용제어시스템을 나타낸 것이다. Fig. 1.에서 보는바와 같이 장비를 제어할 수 있는 의사(Chair, Joystick, Keypad 및 Touch Screen)와 장비의 상태 정보 및 각종 수치 등을 확인할 수 있는 모니터(HMI)로 구성되어 있다.(1)

2.2 시추 Display Framework

Fig. 2.는 HILS에서 구현한 장비들을 현실감 있는 가상환경으로 제공하기 위한 Display Framework이다. 이는 Drill floor, Derrick 상부 및 각종 시추 장비등을 모니터링 할 수 있도록 되어 있으며, 그림에서와 같이 4개의 모니터로 구성되어 있다.(2)

2.3 Drilling Control Network

Fig. 3.은 Drilling Control Network를 나타낸 것이다. Drilling Control Network는 해양시추 통합운용제어시스템과 해양시추장비간의 통신신호를 주고받을 수 있게 하여, 장비제어가 원활하게 할 수 있도록 도와주는 기능을 한다.(3)

2.4 충돌방지시스템 (Anti-Collision System)

Fig. 4.는 충돌방지시스템을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 충돌방지 시스템은 드릴 플로어 내에 다양한 이동식 장비들의 위치를 파악하여 서로 간의 충돌을 방지하기 위해 설치되는 시스템이다.(4)

2.5 HILS (Hardware in the loop Simulation)

HILS는 설계초기단계에서 시스템의 설계 오류나 오작동 등을 미리 진단하고 검증할 수 있도록 실제 작동환경을 가상으로 시뮬레이션 하여 검증 및 수행평가를 하는 방법으로, 본 연구에서도 적용되었다.(5)



Fig. 1. Drilling Control System

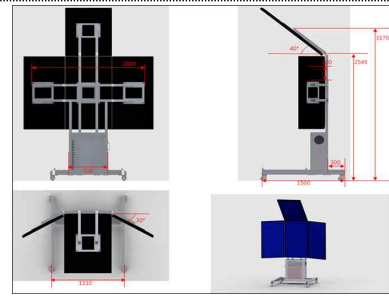


Fig. 2. Display Framework

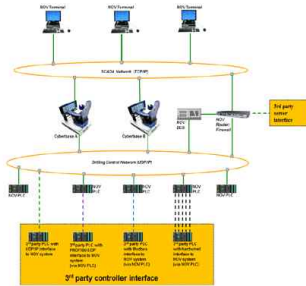


Fig. 3. Drilling Control Network Topology

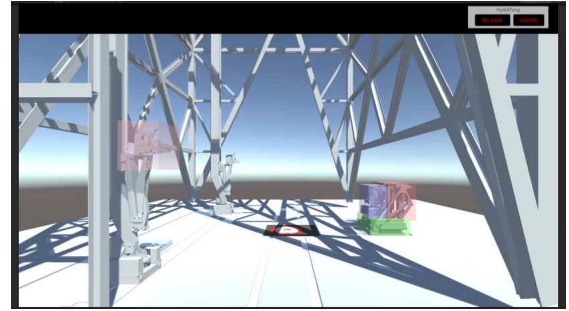


Fig. 4. Anti-Collision System

3. 결 론

본 연구에서는 위의 5가지 방법을 활용하여 Fig. 5와 같이 스탠드빌딩 공정을 운용할 수 있는 운용제어시스템 및 HILS 시스템을 구현하였다. 향후 트리핑공정, 시추공정 등을 추가적으로 개발할 예정이며, 이를 활용하여 해양시추장비의 다양성에 도움이 되고자 한다.

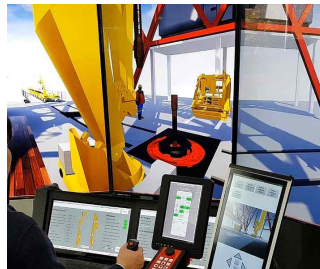


Fig. 1. Drilling Control System for Stand building Process

사 사

본 연구는 산업통상자원부 산업기술혁신사업(과제번호 : 10070163) “해양시추장비 통합 운용제어 시스템 및 HILS 기반 검증시스템 개발” 과제의 지원으로 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- 1) Sooman Ji, Sungtae Kim and Jongmin Kim, “Development of Standbuilding Control System”, 2018년도 대한기계학회 플랜트부문 춘계학술강연회 논문집, pp. 52
- 2) Jinwook Seok, Seong Ho Cho and Bum Hyun Im, “ Development of a Framework for Drilling System”, 2018년도 대한기계학회 플랜트부문 춘계학술강연회 논문집, pp. 53-54
- 3) Kang Kuk Kim, Jae Il Bae and Jae Hang Park, “Development of Interface module for Stand Building Process”, 2018년도 대한기계학회 플랜트부문 춘계학술강연회 논문집, pp. 57-58
- 4) Geon Hyeok Moon and Jaeyoun Lee, “Analysis of the Design Requirements for Anti-Collision Systems in Offshore Drilling Units”, 2018년도 대한기계학회 플랜트부문 춘계학술강연회 논문집, pp. 59-60
- 5) Nam Sub Woo, Young Ju Kim, Sang Mok Han and Ji Ho Ha, “HILS Design of Stand building Process for Offshore Drilling”, 2018년도 대한기계학회 플랜트부문 춘계학술강연회 논문집, pp. 63-64

트리핑 공정용 인터페이스 모듈 개발

박재항¹, 배재일¹, 양기태¹
주식회사 유연이앤이¹

Development of Interface module for Tripping Process

Jae Hang Park¹, Jae Il Bae¹, Ki Tae Yang¹
YooYoun ENE Co Co.,Ltd¹

Abstract

The purpose of this study is to realize a DCN(Drilling Control Network) which directly supervises and controls several pieces of offshore drilling equipment by establishing a communication network among them. This direct-controlling DCN monitors and alerts the status of the equipment. OPC/UA protocol, which is industrial standard, is applied to the DCN(Drilling Control Network) for the integrated operation control. HMI and PLC are connected to the OPC server. The OPC client is programmed so that the equipment control signal data of the tripping process can be accessed based on OPC/UA protocol. Separate data is to be stored and security features are implemented. The application of OPC/UA client under development is to make the drilling equipment compatible with any type of drivers. Redundancy function is applied so the equipment can run in case that some parts of the network are disconnected.

1. 서 론

해양플랜트산업은 석유, 가스 등 해양자원을 발굴, 시추 생산하는 자원개발 활동에 필요한 장비를 건조, 설치 공급하는 산업을 말한다.

해양 시추 운용제어 시스템은 스탠딩빌딩 공정 장비(Hydra Tong, Hydra Racker, Catwalk), 트리핑 공정 장비(Hydra Tong, Hydra Racker, Top Drive, Draw Work), 시추공정 장비(Top Drive, Draw Work), Subsea공정 장비(BOP, Riser) 등으로 이루어져 있으며 시추기자재 핸들링 장비 및 보상장비를 직접 제어 및 모니터링하며, 유정제어시스템에 대한 모니터링을 수행한다.

2. 본 론

본 연구는 해양플랜트산업의 장비운영제어시스템 DCS(Drilling Control System)와 해양 시추 장비 간의 네트워크 통신망을 이어주면서 통합운용제어 기능을 갖는 DCN(Drilling Control Network) 인터페이스 모듈을 개발하고자 한다.

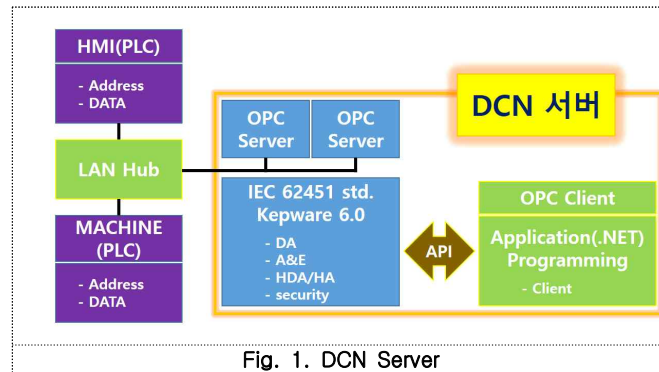
OPC서버는 IEC62451 standard에 따르며, OPC Data Access, OPC Alarms and Events, OPC Historical Data Access, Security Policies 등 DCN서버가 구동할 수 있는 최적화된 구조로 개발하였다.

OPC/UA는 클라이언트와 서버가 통신하도록 설계되었고, 클라이언트와 서버 응용은 데이터 교환을 위해 OPC/UA 클라이언트와 서버 API를 사용한다. OPC/UA통신 스택은 OPC/UA클라이언트와 서버 API명령을 메시지로 변환시키고 메시지를 전달하는 역할을 한다.

운영제어시스템에 포함되어 있는 HMI와 시추 장비의 PLC를 OPC서버와 연결하고, OPC클라이언트를 프로그래밍하여 산업규격인 OPC/UA프로토콜 기반으로 한 데이터 전달 인터페이스의 집합으로 구성하였다.

3. 결과 및 토의 (견고덕 11pt)

네트워크 통신망을 이어주면서 통합운용제어 기능을 갖는 DCN(Drilling Control Network) 인터페이스 모듈을 트리핑 공정의 장비 제어 신호데이터 액세스, Data를 저장, 보안기능 구현을 통해 확인할 수 있었고, OPC/UA 클라이언트의 어플리케이션은 시추 장비가 서로 다른 타입의 시추 장비 드라이브와 호환성을 가질 수 있음을 확인하였다.



4. 결 론 (견고덕 11pt)

본 연구에서는 트리핑 공정용 DCN인터페이스 개발 과정을 소개하였다. 추후에는 OPC/UA 클라이언트 프로그래밍을 추가하여 Redundancy기능을 추가하여 프로그래밍을 수행할 예정이다.

DCN개발이 완성되면 자체적으로 기술력 확보가 가능할 것으로 기대된다.

사 사 (견고덕 11pt)

본 연구는 산업통상자원부 산업기술혁신사업(과제번호: 10070163) "해양시추장비 통합 운용제어시스템 및 HILS기반 검증시스템 개발"과제의 지원으로 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- 1) S. Cavalieri and F. Chiacchio, "Analysis of OPC UA performances," Computer Standards & Interfaces, vol. 36, no. 1, pp. 165-177, 2013.
- 2) D. Hästbacka, L. Barna, M. Karaila, Y. Liang, P. Tuominen, and S. Kuikka, "Device status information service architecture for condition monitoring using OPC UA," in Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA), Sept 2014, pp. 1-7.
- 3) A. Girbea, S. Nechifor, F. Sisak, and L. Perniu, "Design and implementation of an OLE for process control unified architecture aggregating server for a group of flexible manufacturing systems," IET Software, vol. 5, no. 4, pp. 406-414, August 2011.
- 4) M. J. A. G. Izaguirre, A. Lobov, and J. L. M. Lastra, "OPC-UA and DPWS interoperability for factory floor monitoring using complex event processing," in 2011 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics, July 2011, pp. 205, 211.

고정도 전력계측을 위한 전압기반 전류 DFT에 관한 연구

원동진¹, 양지훈², 박성미³, 박성준⁴
전남대학교^{1,2,4}, 한국승강기대학교³

A Study on Voltage-based Current DFT for High Precision Power Measurement

Dong-Jin Won¹, Ji-Hoon Yang², Seong-Mi Park³, Sung-Jun Park⁴
Chonnam National University^{1,2,4}, Korea Lift College³

Abstract

In this paper, when the voltage is set to the sine term and the current is DFT, it is possible to separate the sine term component, which is the in-phase active current component, with the voltage, and the ineffective current component, which has the phase difference of 90 degrees. When using this principle, there is an advantage that power can be calculated without information on the cosine term and the sign term, which are generally necessary for power calculation. The validity of the proposed method is verified through the Psim simulation.

1. 서 론

일반적인 디지털 전력계는 전압과 전류의 크기 및 위상을 검출하여 유효전력 및 무효전력을 계산한다. 이 경우 위상차 각에 의한 유무효전력을 계산하기 위해서는 코사인 및 사인을 계산하여야하며, 이는 디지털 전력계의 큰 부담으로 작용한다. 따라서 본 연구에서는 전압 기준각 전류 DFT방식에 의해 전압과 전류 위상차 각이 필요없는 새로운 전력계측에 대한 알고리즘을 제안한다. 제안된 방식의 타당성을 검증하기 위해 전력전자 분야에 많이 이용되는 Psim 툴을 이용하여 시뮬레이션을 행하였다.

2. 본 론

2.1 가상좌표계에 의한 연계시점 검출법

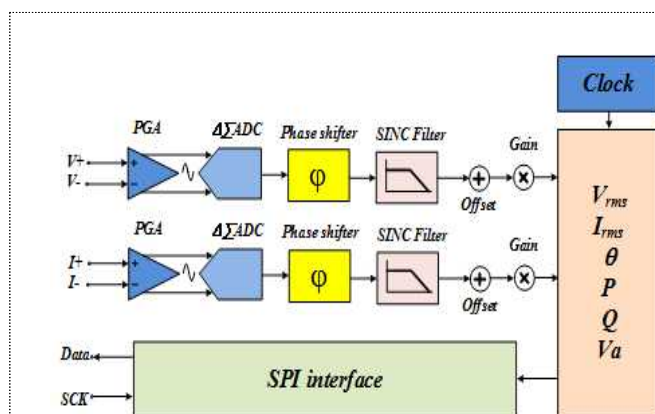


Fig. 1. 기존 전력계측기의 구조

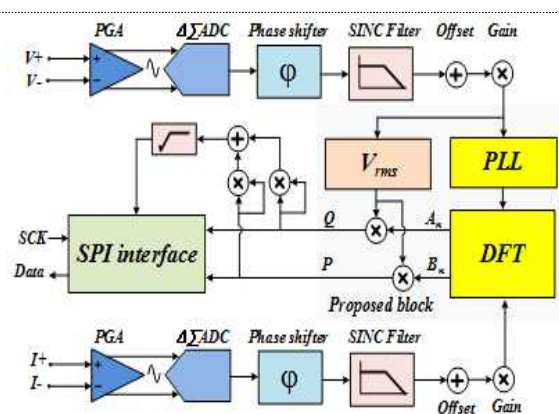


Fig. 2. 제안된 전력계측기의 구조

그림 1은 기존 전력계측기의 구조를 나타내고 있다. 일반적인 디지털 전력계측기는 크게 센싱부, AD변환부, Sin 필터부, 보정부와 계산부로 5개 군으로 이루어져 있다. 이러한 교류 전력계측은 전압 및 전류 한주기에 대하여 여러 번 샘플링 하여 실효치를 구하고 위상은 전압영점에서 카운터를 시작하여 전류 영점까지 카운터의 값에 의해 전력을 구하는 것이

일반적이다. 이러한 구조의 디지털 전력계측은 계측대상 주파수가 증가함에 따라 한 주기 내에서 측정하는 횟수가 감소하여 계측 정도가 떨어지게 된다. 특히 계측대상 주파수가 샘플링 주파수와 유사한 경우 사실상 전력 계측이 불가능하게 되는 취약점을 갖고 있다. 따라서 본 논문에서는 그림 2와 같이 전압 위상각 기준 전류 DFT방식을 제안한다. 제안된 방식의 특징은 전압은 사인항으로 두고 전류를 DFT한 경우 전압과 동상인 유효전류 성분인 사인항 성분과 전압과 90도 위상차를 갖는 무효전류 성분으로 분리가 가능하다. 이러한 원리를 이용하는 경우 일반적으로 전력을 계산하는 경우 필수적 연산자인 코사인 항과 사인항에 대한 정보 없이 전력을 계산할 수 있는 장점이 있다. 그림 3은 사인항이나 코사인 항을 사용하지 않고 고정도 전력을 계측하기 위해 본 논문에서 제안된 전압 각 기반 전류 DFT를 행한 결과 푸리에 급수 A1항은 전압과 동상인 유효전력에 해당하는 전류항으로 나타나고, B1항은 전압과 90도 위상차를 갖는 무효전류분에 해당하는 전류항으로 분리가 된다. 이러한 특성으로 인하여 유효전력은 전압의 실효와 유효전류에 해당하는 전류의 실효치 곱으로 계산되며, 무효전력은 전압의 실효치 항과 무효전류의 실효치 곱으로 간단히 계산할 수 있다.

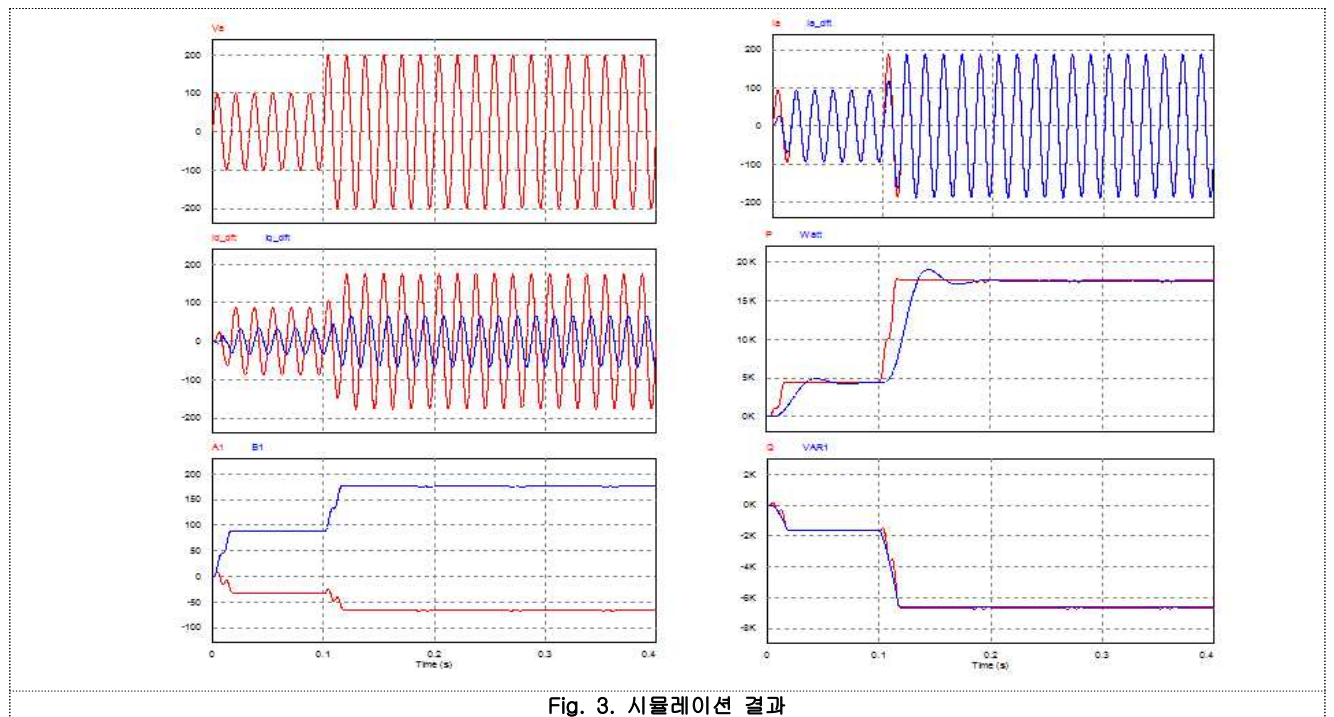


Fig. 3. 시뮬레이션 결과

그림 3은 연계형 CTTS 시스템 구성 사진이며, 이 때 대상발전기는 발전기는 540[kVA]이며 연계형 CTTS는 500[kVA]로 제작되었다. 그림 4는 가상 동기좌표계에 의한 계통연계 시 실험과형이다. 그림에서 알 수 있듯이 연계시점에서 돌입전류가 없이 양호하게 연계됨을 알 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서 제안된 전압 위상각 기반 전류 DFT와 전류 위상각 기반 전류 DFT방법에 대하여 시뮬레이션 한 결과 양호한 결과를 도출할 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 전력계측기법은 기존의 전력계측기법 보다 계산량이 적으며 간단히 구성할 수 있는 장점으로 인하여 향후 전력계측기법으로 그 활용이 기대된다.

[참 고 문 헌]

- 1) Singerl, P., and Koepl, H.: "Volterra Kernel Interpolation for System Modeling and Predistortion Purposes", in Proc. ISSCS 2005, 251-254, 2005.
- 2) J. Tsimbinos, and K. V. Lever, "Sampling frequency requirements for identification and compensation of nonlinear systems," in Proc. ICASSP, 513-516, 1994.

RF주파수 대역의 다중 밴드패스 필터를 이용한 주파수 분석기에 관한 연구

박진욱¹, 우동영², 김동희³, 박성미⁴, 박성준⁵
전남대학교^{1,2,3,5}, 한국승강기대학교⁴

A Study on Frequency Analyzer using Multi-bandpass Filter of RF Frequency Band

Jin-Wookn Park¹, Dong-Young Woo², Dong-Hee Kim³, Seong-Mi Park⁴, Sung-Jun Park⁵
Chonnam National University^{1,2,3,5}, Korea Lift College³

Abstract

In this paper, we propose a new algorithm that consists of a multiband - pass filter for frequency analysis of RF frequency band, separates the voltage signal for each order, and measures the frequency component of each order by the peak detection circuit. In order to verify the validity of the proposed method, the simulation was performed using the Psim tool, which is widely used in the power electronics field

1. 서 론

일반적인 디지털 주파수 분석기는 한주기에 대하여 여러 번 샘플링 한 데이터를 기반으로 FFT를 통한 각 차수의 전압 실효치를 구한다. 따라서 샘플링 주파수에 의해 피측측 신호의 주파수 대역이 결정된다. 이러한 디지털 주파수 분석기는 계측 주파수가 증가함에 따라 계측 정도가 떨어지는 단점이 있다. 특히 RF 주파수와 같이 계측대상 주파수가 샘플링 주파수와 유사한 경우 사실상 FFT가 불가능하게 된다. 본 논문에서는 RF 주파수대역의 전압의 주파수 분석을 위해 다중 밴드패스 필터를 구성하여 각 차수에 대한 전압신호를 분리 검출하고 피크 검출회로에 의한 각 차수의 주파수 성분을 계측하는 새로운 알고리즘을 제안한다. 제안된 방식의 타당성을 검증하기 위해 전력전자 분야에 많이 이용되는 Psim 툴을 이용하여 시뮬레이션을 행하였다.

2. 본 론

그림 1은 본 논문에서 제안된 다중 밴드패스 필터에 의한 주파수 분석기의 구성을 나타내고 있다. 제안된 방식의 타당성을 검증하기 위해 기본파 전압과 주파수는 10[V]와 1[MHz]로 설정하였으며, 2차 3차 4차 5차 6차 고조파 전압의 크기는 각각 5[V], 4[V], 3[V], 2[V], 1[V]로 설정하다. 또한 밴드패스 필터의 밴드 폭은

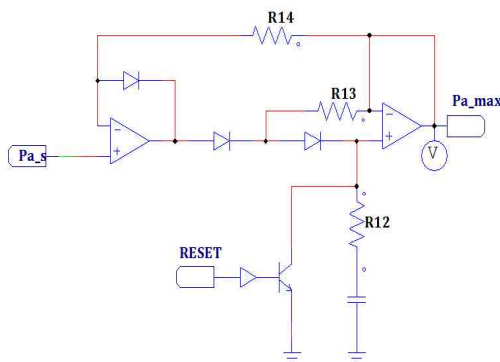
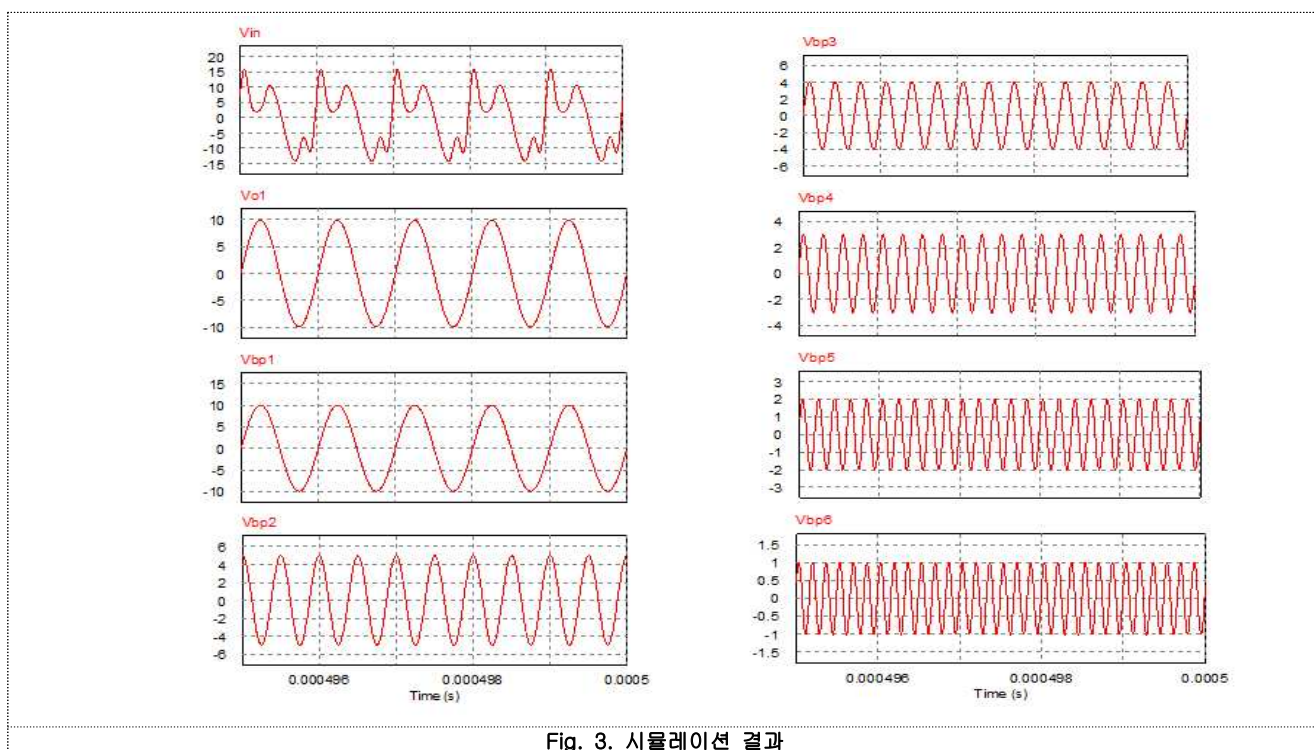
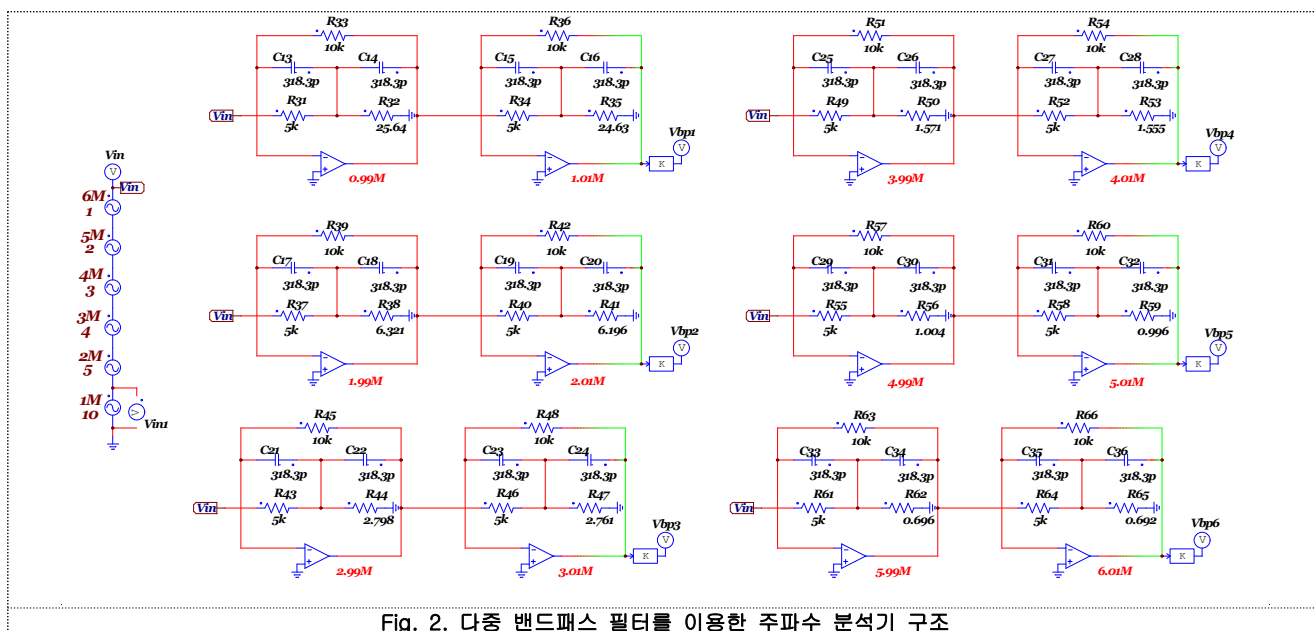


Fig. 1. 피크 치 검출회로

20[kHz]로 설계하였다. 필터 설계 시 운용의 설계의 간략화를 위해 밴드패스 필터를 고주파 통과 필터와 저주파 통과 필터로 구성하였다.

그림 2는 시뮬레이션 결과로 2차 밴드패스 필터와 고주파 통과 필터와 저주파 통과 필터로 구성된 밴드패스 필터의 기본파 출력이 동일한 특성이 보임을 확인하였고, 각 차수의 고주파 성분도 시뮬레이션에서 설정한 전압의 크기와 동일함을 알 수 있었다. 또한 출력된 신호는 정현파 형태를 취하고 있음을 확인할 수 있고, 그림 3과 같은 피크 치 검출회로에 의해 각 주파수에 해당하는 전압을 검출할 수 있다.



- 62 -

가상 좌표계에 의한 500 [kVA] 연계형 CTTS의 절환 시점에 관한 연구

정다움¹, 김국현², 홍성문³, 이창호⁴, 박성준⁵
전남대학교^{1,2,3,4,5}

A Study on the Transition Time of 500 [kVA] Connected CTTS by Virtual Coordinate System

Da-Woom Jeong¹, Kuk-Hyeon Kim², Sung-Mun Hong³, Chang-Ho Lee⁴, Sung-Jun Park⁵
Chonnam National University^{1,2,3,4,5}

Abstract

The voltage magnitude, frequency, and phase must be controlled to synchronize the voltage during diesel generator parallel operation. If the parallel operation condition is satisfied, the generator is put into the system, and in this case, most of the inrush current is generated, which greatly affects the system stability. In order to prevent this, a CTTS control algorithm that can link the emergency generator with high precision is needed. Therefore, we propose a new synchronization technique by using the heterogeneous power virtual rotation method to detect the heterogeneous power source size and phase difference. The validity of the proposed method is verified through the PSIM simulation.

1. 서 론

디젤 발전기 병렬 운전 시 전압 동기화를 위하여 전압의 크기, 주파수 및 위상을 제어 하여야 한다. 이때 발전기의 출력이 계통에 투입되게 되면, 대부분은 돌입 전류로 발생하여 계통 안정도에 큰 악영향을 준다. 이를 방지하기 위해서는 비상 발전기의 고정도 연계가 가능한 CTTS 제어 알고리즘이 필요하다. 따라서 이종 전원의 크기 및 위상차를 고정도로 검출하기 위하여, 이종 전원에 가상 회전 좌표 기법을 적용한 새로운 동기화 기법을 제안한다. 또한 제안된 방식의 타당성을 검증하기 위해 PSIM 시뮬레이션을 행하였다.

2. 본 론

2.1 가상 좌표계에 의한 연계 시점 검출법

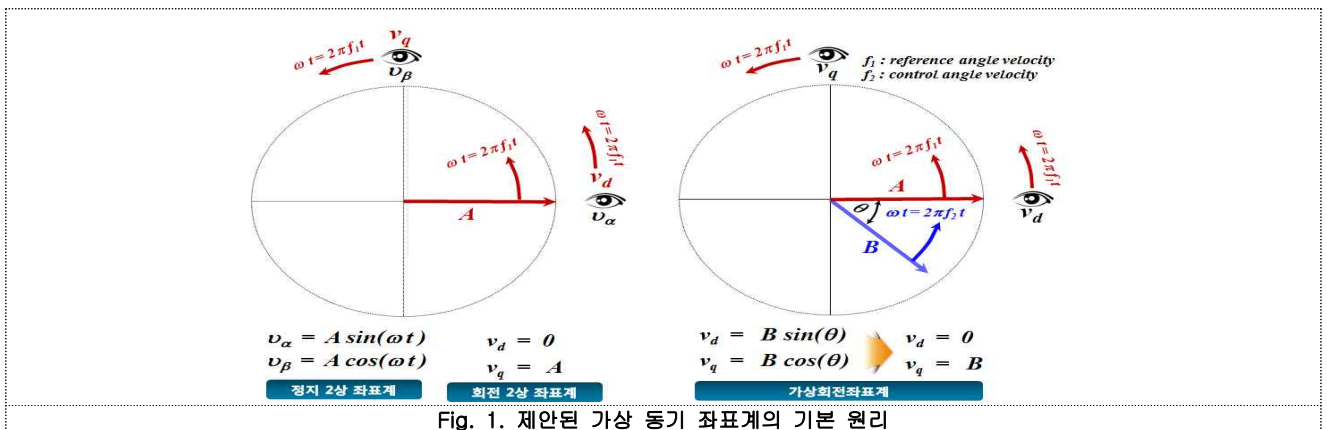


그림 1은 본 연구에서 제안된 가상 동기 좌표계의 기본 원리를 나타내고 있다. 두 교류 전원을 동기화하기 위해서는 두 전원의 크기, 주파수 및 위상이 동일하여야 한다. 본 연구에서는 비상 발전기의 고정도 연계를 위하여 발전기 전압(V3ΦG)을 계통 전압(V3ΦP) 기준으로 하여 검출한 위상각 정보를 회전 좌표계로 변환하여

가상 좌표 변환 값을 구한다. 또한 계통 전압($V_{3\Phi P}$)을 기준으로 검출한 위상각 정보를 통하여 회전 좌표계상의 d-q전압을 추정할 수 있도록 그림 2와 같이 발전기의 거버너와 AVR을 제어한다. 즉 제안된 가상 회전 좌표계에서 d-축 성분은 주파수 성분이 되고, q-축 성분은 전압 성분이 된다. 따라서 가상 회전 좌표계의 d-축 성분을 0으로 제어한다면, 발전기 전압의 주파수와 계통 전압의 주파수가 동일하게 된다. 그리고 가상 회전 좌표계의 q-축 성분을 계통 회전 좌표계의 q-축 전압으로 제어하면, 발전기 전압과 계통 전압은 동일하게 된다.

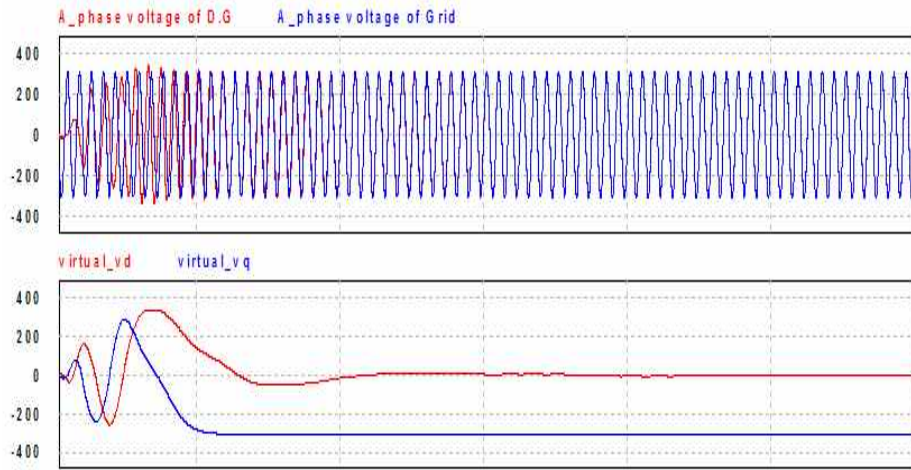


Fig. 2. 제안된 가상 동기 좌표계에 의한 연계 시점 특성



Fig. 3. 연계형 CTTS 시스템 구성 사진



Fig. 4. 연계형 CTTS 실험 파형

그림 3은 연계형 CTTS 시스템 구성 사진이며, 이때 대상 발전기는 540 [kVA]이며, 연계형 CTTS는 500 [kVA]로 제작되었다. 그림 4는 가상 동기 좌표계에 의한 계통 연계 시 실험 파형이다. 그림에서 알 수 있듯이 연계 시점에서 돌입 전류 없이 양호하게 연계됨을 알 수 있었다.

3. 결 론

본 연구는 연계형 CTTS에서 절환 시 발생하는 돌입 전류를 최소화하기 위해, 가상 회전 2상 좌표계에 의한 동기화 시점을 검출하여 500 [kVA] 발전기를 대상으로 실험한 결과 양호한 특성을 얻을 수 있었다.

사 사

본 연구는 한국전력공사의 2018년 착수 에너지 거점대학 클러스터 사업에 의해 지원되었음 (과제번호 : R18XA04)

[참 고 문 헌]

- 1) W. J. O. Halloran and K. W. Ramsay, Power Management, Woodward Governor Company, 1992.
- 2) Goh-Kyung Ho, Hyun-Min Kim, "A Design on the Parallel Operation Control System of Diesel Generator Using DSP Processor", The Korea Society of Marine Engineering, 297-301, 2003.

베어링강의 속도와 하중에 따른 트라이볼로지적 마찰특성

최원식^{1*}, 조희정¹, 우지희¹, 변재영¹, 이은숙¹, 이강삼²

부산대학교 바이오산업기계공학과¹

Friction Characteristics of Tribology by speed and weight for Bearing Steel

Won-Sik Choi^{1*}, Hee Jeong Jo¹, Ji-Hee Woo¹, Jae -Young Byun¹, Eunsuk Lee¹, Kang-Sam Lee²
Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹

Abstract

The ultimate goal of Tribology Application technology is to eliminate or minimize energy losses from the friction surfaces and to increase the operating ratio of production facilities for the durability and longevity of industrial facilities. And to increase the productivity of the product and the higher quality of the product. Therefore, this study compared how friction attributes vary depending on the speed and the load on which it is mounted. We divided the density of the pin into 10 % by 12.5 %, 15 % and 20 % of the total rpm, divided into five segments and five categories. As the load increases, the higher the speed, the greater the friction coefficient. On the other hand, the smaller the load, the smaller the friction factor was. It was noticed that the loading and velocity affected the friction. Depending on the density of the dimple, the density of the result varies considerably.

1. 서 론

트라이볼로지(tribology)는 상대접촉 마찰운동을 하는 두 개 이상의 물체표면 사이에서 발생하는 물리, 화학적 상호작용을 연구하는 과학기술이다. 트라이볼로지에 관련된 기술적 문제는 기계장치의 고장과 수명에 직결되므로 그 피해는 대단히 크다. 이러한 피해를 줄이기 위한 트라이볼로지 분야의 기술개발은 산업설비 플랜트에 보다 큰 효율을 제공할 수 있고, 향상된 성능의 확보, 아주 낮은 고장률과 관리비용 절감에 큰 비중을 두고 있어 굉장히 중요하다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 속도와 그 위에 올려지는 하중에 따라 마찰특성이 어떻게 변화하는지 비교하고 평가하여 하중이 정해져있을 때 최적의 속도는 언제인지, 어느 때가 마찰계수가 가장 적을 때인지, 어느 때를 제일 피해야 하는지 알아보아 제품의 수명을 늘리고 기계의 고장을 효과적으로 줄일 수 있게 하였다.

2. 본 론

2.1 실험재료

본 실험에 사용된 재료로는 크게 베어링강으로 구성된 지름 60mm와 두께 5mm로 이루어져있는 디스크, 디스크와 같이 베어링강으로 구성되었고 지름 4mm와 두께 2mm이며 표면에 Hexagonal Array Micro-scale Dimple Pattern이 형성되어있는 핀 시험편 (Table 1)을 사용하였다.

Table 1. Dimple Pattern Density

Material	Bearing steel			
Density(%)	10	12.5	15	20

2.2 실험방법

본 실험에서는 핀 Dimple의 밀도를 10% 12.5% 15% 20%로 나누고 rpm을 8개로 분류, 하중을 5가지로 분류하여 실험하였다. 먼저 데이터 수집을 위해 세척한 핀 시험편을 고정시킨 후 데이터수집 프로그램과 연결하여 converter의 전원을 켜 순서에 맞게 run-in을 수행하여 본 실험데이터를 추출하였다. 그 후 데이터를 수집하여 OriginPro 2016 32-bit 을 사용하여 그래프를 나타내었다.

3. 결과 및 토의

Fig 1에서는 Dimple의 밀도가 10%일 때 하중에 따른 마찰계수를 속도에 따라 나타내었다. 속도가 증가하면서 마찰계수도 증가하였으며 꾸준히 증가하는 것을 볼 수 있었다. 하중이 증가함에 따라 마찰계수도 증가하는 것을 알 수 있었다. Dimple의 밀도가 12.5%에서 하중이 제일 큰 10N에서 마찰계수가 계속 증가함을 Fig 2.에서 볼 수 있다. Fig 3.에서 하중이 높다고 마찰계수가 높은 모습이 보이지 않았으며, 그 중 2N의 마찰계수가 상대적으로 매우 작은 모습을 보였다. Fig 4.에서 하중이 10N일 때는 매우 큰 마찰계수와 그것의 상승을 보였지만 6N이하의 하중에서는 큰 차이가 없었고 6N 하중에서는 속도가 높아지면서 마찰계수가 오히려 줄기도 하였다.

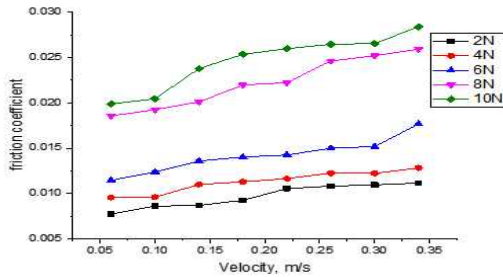


Fig 1. Dimple density 10%

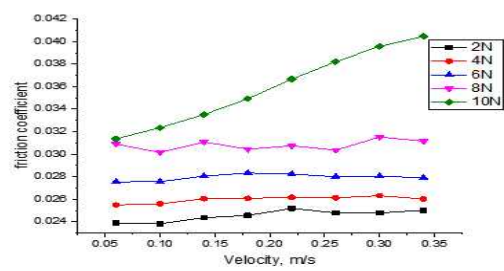


Fig 2. Dimple density 12.5%

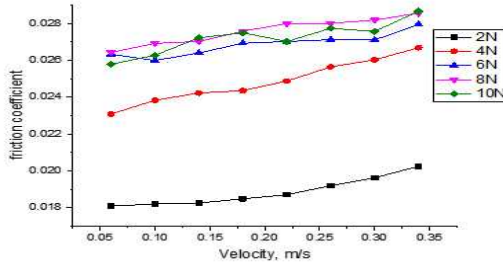


Fig 3. Dimple density 15%

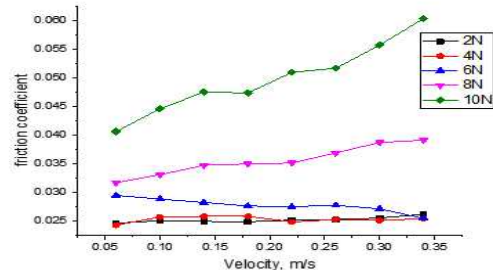


Fig 137. Dimple density 20%

4. 결 론

1. 대체적으로 하중이 커질수록, 속도가 높아질수록 마찰계수가 증가했다. 반면에 하중이 작아질수록, 속도가 낮을수록 마찰계수가 작았다.
2. 위의 결과로 속도가 증가할수록 Dimple의 효과가 줄어들음을 알 수 있다.
3. 하중과 속도가 마찰에 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다.
4. Dimple의 밀도에 따라 결과 값이 다르게 나오는 것으로 보아 밀도의 영향도 큰 것으로 볼 수 있었다.

사 사 (견고덕 11pt)

본 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농림축산식품연구센터의 지원을 받아 연구되었음. (117056-2)

[참 고 문 헌]

- 1) 김종훈(2013), 치과용 금속합금과 지르코니아의 트라이볼로지적 특성, 부산대학교 대학원 공학석사학위논문
- 2) 권주리(2012), 인공 Hip-Joint 재료인 Co-Cr합금과 초고분자량 폴리에틸렌(UHMWPE)에 대한 트라이볼로지적 특성

감속기 재료의 Micro-Scale Dimple 밀도에 따른 마찰특성

최원식^{1*}, 임동우¹, 한도현¹, 우지희¹, 변재영¹, 박춘숙²

부산대학교 바이오산업기계공학과¹, 근우테크²

Tribological Characteristic depending on the density of Micro-Scale Dimple in Reduction Gear Material

Won-Sik Choi^{1*}, Dong U IM¹, Do Hyeon Han¹, Ji-Hee Woo¹, Jaeyoung Byun¹, Chun-Suk Park²,
Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹,
KEUNWOO TECH Co., Ltd.²

Abstract

In machine industries, the tribological characteristic of machines is a crucial subject to study, so that the efficiency of the machines can be improved, and the lifetime of the machines can be prolonged. To improve tribological performance, a lot of methods have been developed, such as lubrication, texturing and bearings. In this study, the friction test of Micro-Scale Dimple which is one of the texturing methods was conducted by differing the density of the dimples, load and velocity to verify the effect of the dimple to reduce the friction loss in the running machine. Pin-on-disk wear test was adopted for the experiment and four different dimples was tested: 10%, 12.5%, 15% and 20%.

1. 서 론

감속기는 감속 장치의 일종으로써, 일련의 기어 장치와 기계요소인 축, BEARING을 조합하여, CASING 내에 조립된 하나의 감속 장치의 기능을 가지고 있으며, 감속기 마찰연구의 중요성은 이루 다 말할 수 없다. 감속기의 손실에서 마찰이 차지하는 부분은 전부가 할 정도로 많은 부분을 차지하며, 감속기 재료의 마찰특성에 따라 기계의 수명이 좌우된다. 특히 최근 들어 에너지 문제가 대두됨에 따라 에너지의 효율화와 기계의 효율화가 많은 공학자들의 주요 관심사가 되었다. 그에 따라 마찰을 줄이기 위한 많은 방법들이 개발되었으며, 특히 Surface texture 방법이 마찰 감소방법으로 제시되고 있다. Surface texture은 마찰표면에 다양한 모양의 Dimple를 만들어 미끄럼 운동 시 달라붙음 효과를 최소화하여 마찰효율을 높여주는 방법이다. Dimple의 특성으로는 밀도, 크기, 깊이 등이 있으나 아직 특성에 따른 마찰감소효과가 정량화 되지 않아 본 연구에서는 Dimple의 특성 중 밀도에 따른 마찰감소 효과를 알아본다. Dimple의 다양한 변수에 따른 마찰특성 정량화를 통해 향후 기계마찰손실 감소와 기계수명 향상에 기여할 수 있다.

2. 본 론

2.1 시험편

본 실험에서 사용된 시험편으로 지름 4mm 두께 2mm의 원기둥모양 베어링 강을 사용하였다. 10%, 12.5%, 15%, 20% 네 가지 다른 밀도의 Hexagonal array Micro-Scale dimple pattern을 사용하였다. 표면 Dimple은 포토리소그래피(Photolithography)를이용 한 습식 에칭으로 만들어진것이다. 디스크는 지름 60mm 두께 5mm의 베어링강을 사용하였다.

2.2 마찰계수 측정

본 연구에서 감속기 재료의 마찰특성을 측정하기 위하여 상온, 상압, 무윤활 상태를 유지한 상태로 Pin-on-disk방법을 적용하였으며, Runtime은 1분으로 하였다. 속도는 0.05m/s부터 8단계로 0.35m/s까지 실시하였으며, 하중은 2N부터 5단계로 10N까지 실시하였다. 또한 모든 데이터는 A/D 컨버터를 이용하여 PC에 자동으로 저장되도록 하였다. 마찰시험 후 각Dimple시편의 마모도를 측정하기 위하여 저울을 이용하여 시편의 무게변화를 측정한다. 무게측정을 할 때에 정확한 정밀도를 위하여 초음파 세척기를 이용하여 5분

간 세척 후 물기를 완전히 제거한 다음 무게를 측정한다.

3. 결과 및 토의

3.1 Dimple 마모도

마찰계수 실험을 각각의 하중에서 실시한 후 Dimple의 마모도 측정을 위해 초미세 저울을 사용하여 무게를 측정하였다. 마찰실험을 실시하지 않은 초기 Dimple과의 무게 비교를 통해 마모도를 확인할 수 있다. 그 결과 모든 무게에서 마찰계수 측정 시험 후 질량에 변화가 없음을 확인할 수 있었다. 이로써 10N이하의 무게에서는 Disk회전 속도에 상관없이 마모가 일어나지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

3.2 하중변화에 따른 Dimple마찰계수

2N에서의 실험 결과 10%Dimple이 가장 낮은 마찰계수를 보여주었고 그 뒤로 15%, 12.5%, 20% 순으로 마찰계수가 상승한다. 4N이후의 실험에서는 10%, 12.5%, 15%, 20%순으로 Pattern 밀도가 높아짐에 따라 마찰계수 또한 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 Dimple pattern밀도를 필요이상으로 높게 할 경우 오히려 마찰손실에 악영향을 미치는 것을 보여준다. 또한 무게가 증가함에 따라 밀도에 따른 마찰계수가 미소한 것으로 관찰되었다. 특히 6N이후에는 최저 마찰계수와 최고 마찰계수의 차이가 0.1미만으로 관찰된다.

3.3 속도변화에 따른 Dimple 마찰계수

전체 실험 결과에서 속도가 높아짐에 따라 마찰계수의 감소가 확인되었으나 미소한 변화이다. Dimple 적용의 결과로 속도에 상관없이 일정한 수준의 마찰계수를 보여준다. 일반적인 기계거동에서 속도가 높아지면서 마찰계수의 변화는 큰 폭으로 감소하게 되지만 Dimple의 적용으로 개선이 예상된다.

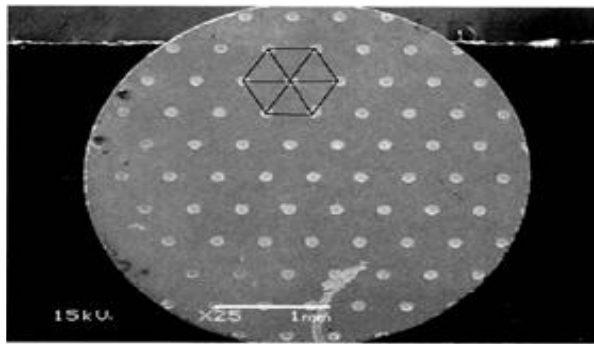


Fig. 1. Surface texture of hexagonal array micro-scale dimple pattern.

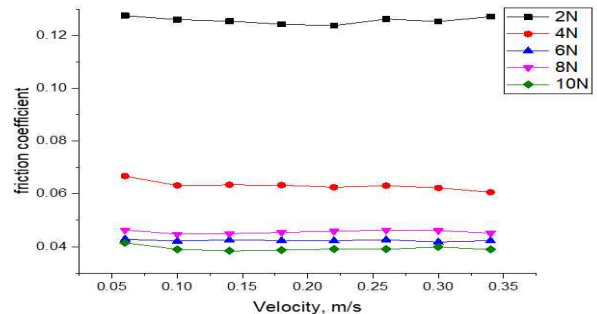


Fig. 2. Friction coefficient of 10% STB

4. 결 론

본 연구를 통하여 감속기 재료의 필요이상 고밀도 Dimple은 오히려 마찰손실을 증가시킴을 확인할 수 있었으며, Dimple의 적용으로 속도변화에 따른 마찰특성 변화가 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 Dimple에 의한 효과는 무게가 증가함에 따라 감소함을 알 수 있었다.

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 발농업기계개발연구센터의 지원을 받아 연구되었음. (716001-7)

[참 고 문 헌]

- 1) 채영훈, 장충선, 최원식. (2008). Hexagonal Array Micro-Scale Dimple Pattern의 밀도에 따른 마찰특성. 윤활학회지, 24(6), 368-373.
- 2) 남재현, 신희혁, 강재영. (2018). 코팅, 윤활, 부식 및 표면 패턴에 따른 마찰소음 시험연구. 한국소음진동공학회 학술대회논문집, , 362-362.
- 3) 채영훈, 김석삼. (2005). Micro-scale surface texture 마찰특성. 대한기계학회 춘계학술대회, 39-44.

콩분말 기계의 커터 재료에 대한 마찰 특성

최원식^{1*}, 손성준¹, 권용진¹, 정철민¹, 우지희¹, 이강삼²

부산대학교 바이오산업기계공학과¹, 슬로푸드²

The friction characteristic of cutter material for soybeans crusher machine.

Won-Sik Choi^{1*}, Sung Joon Sohn¹, Yong Jin Kwon¹, Ji-Hee Woo¹, Kang-Sam Lee²,
Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹, Slow food²

Abstract

In this study, we investigated the effect of dimple pattern density on frictional characteristics using bearing steel discs and dimple pattern specimens. Research on reducing friction reveals its importance in that it is inevitable for friction to occur due to the nature of the machine that is operated by the power. The frictional force is determined by two factors, the working load and the friction coefficient. This exercise will focus on the changing aspect of the friction coefficient. The dimple pattern density was compared by dividing it into four parts. The experiment was carried out by changing the load and speed using reciprocation wear testing system. The density of the dimple pattern was characterized by the variation of the friction coefficient with respect to load and speed in four cases. This implies the importance of analyzing the usage environment when applying the dimple pattern.

1. 서 론

곡물이나 채소의 분말 기술은 고부가가치 기술로 각광받고 있는데, 현재까지 우리나라의 경우 수입품에 의존하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 국산 Soybean crusher를 개발하는 목적으로 커터 재료의 마찰의 특성을 알고자 하였다. 모든 동력원을 가지는 기계에서 발생하는 마찰은 곧 에너지의 손실을 의미하는데, 마찰이 발생함에 따라 발생하는 마찰열이라는 목표하지 않은 형태의 일을 하게 되기 때문이다. 따라서 마찰을 없애거나 줄이는 것은 에너지 절감이나 부품 수명 연장 측면에서 필수적으로 고려되어야 할 요소라고 할 수 있다. 이에 따라 본문에서는 표면에 딴 패턴을 새긴 STB 소재를 통해 그 밀도에 따른 효과와 마찰계수의 변화양상을 알아보려고 하였다.

2. 본 론

2.1 시험편

실습에 사용된 딴 패턴 시험편의 마찰면에 존재하는 딴의 크기는 100 μ m이다. 시험편이 가지는 딴의 밀도는 백분율로 나타내어지는데, 본 실습에서는 10%, 12.5%, 15%, 20% 4가지를 비교해 보았다. 시험편의 재료는 베어링강이다. 디스크는 설정한 rpm에 맞추어 딴 시험편과 마찰을 일으키는 회전판이다. 직경은 40mm이며 재료는 베어링강이다.

2.2 실험방법

시험 전 먼저 디스크와 딴시험편을 초음파세척기를 통해 세척하였다. 다음으로 크리스탈본드를 이용하여 딴 시험편을 베어링에 접착시켜 장치에 넣은 후, 무게 추를 달아 하중을 설정한다. 동일 하중조건 하에서 8가지 rpm을 적용시켜 각각의 데이터를 수집한 후, 다시 초음파 세척기를 이용하여 딴시험편만을 분리한 뒤 마모량을 측정하기 위해 무게를 잰다. 1회 테스트 시 수집되는 데이터는 자동으로 저장이 되도록 설정하였으며,

같은 방식으로 5개의 하중 값에 대하여 시험을 행하였다.

3. 결과 및 토의

Fig.1은 10% 패턴밀도의 딴플시편에서 하중과 속도에 따른 마찰계수 변화를 보여준다. 0.25m/s의 속도까지는 4N, 6N, 10N의 하중의 경우 마찰계수의 변화양상이 거의 동일하다. 이는 마찰계수 변화가 속도와 하중의 영향을 받지 않는다고 해석할 수 있고, 10%의 딴플패턴이 영향을 미치는 조건으로 볼 수 있다.

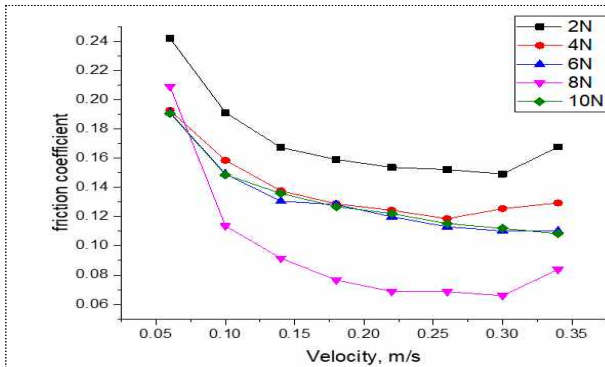


Fig. 1. Change of friction coefficient according to rotation speed of specimen with dimple pattern density of 10%

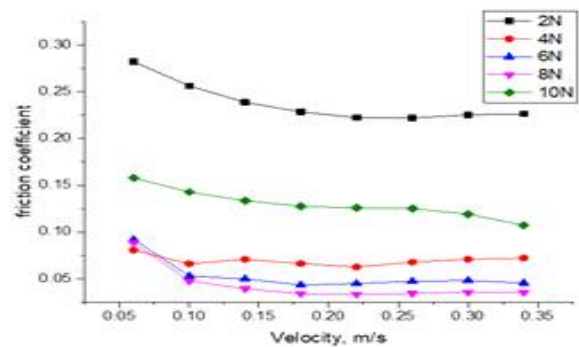


Fig. 2. Change of friction coefficient according to rotation speed of specimen with dimple pattern density of 12.5%

Fig.2은 비교적 하중의 변화에 따른 마찰계수의 변화를 잘 보여준다. 전반적으로 속도증가에 따른 마찰계수의 감소 변화율이 줄었고, 4N의 하중의 경우, 속도변화가 마찰계수를 거의 변화시키지 않았음을 볼 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서 얻어진 데이터의 해석에 따르면 어떤 딴플패턴밀도를 선택하느냐에 따라 하중이나 속도에 따른 마찰계수의 변화양상이 특징적으로 나타남을 알 수 있다. 따라서 딴플패턴을 실제적용 하고자 한다면, 딴플이 사용될 환경을 철저하게 분석하여 패턴밀도를 선택하는 게 중요한 문제가 될 것이다. 예를 들어, 기계요소 통상적으로 받을 수 있는 하중 값의 범위를 책정하고, 기계요소의 운동에 따른 마찰속도를 예측하여 사용할 패턴밀도를 선정하여야 할 것이다.

사 사

본 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농림축산식품연구센터의 지원을 받아 연구되었음. (117056-2)

[참 고 문 헌]

- 1) 채영훈, 장충선, 최원식, Hexagonal Array Micro-scale Dimple Pattern의 밀도에 따른 마찰특성 (n.p.: 경북대학교 기계공학과, 부산대학교 바이오산업기계공학과, 2008), 1.
- 2) 김봉근, 이경용, 박운진, 표면 딴플 유무에 따른 골프공 주위 유동장의 해석 (n.p.: 한국기술교육대학교, n.d.), 1.
- 3) 백부근 외, 딴플이 처리된 평판에 대한 항력 감소 연구 (n.p.: 한국해양과학기술협의회, n.d.), 1.

SM45C의 선삭시 가공속도에 따른 열발생 특성

최원식^{1*}, 하주성¹, 박준형¹, 우지희¹, 이강삼²

부산대학교 바이오산업기계공학과¹슬로푸드²

Heat Generation for cutting speed of SM45C steel in turning process

Won-Sik Choi^{1*}, Joo Sung Ha¹, Jun Hyeong Park¹, Ji-Hee Woo¹Kang-Sam Lee²,
Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹, Slow food²

Abstract

In many industries, the demand for high-performance and lightweight products has increased, and the use of hard-to-break materials has been rapidly increased, thereby increasing the problem of tool life due to heat. In this paper, we propose a method of cutting a single workpiece using a circular lathe at various speeds, cutting the workpiece at a fixed speed. In addition, through the data obtained from the experiment, it is investigated how the tool life and durability can be preserved by executing the machining under certain conditions.

1. 서 론

자동차, 항공 등 다양한 산업군에서 제품의 고기능화, 경량화가 요구되면서 난삭성 소재의 사용이 급격히 증가하고 있다. 그에 따라 여러 가지 공작작업 도중 발생하는 열 에너지 등 여러 가지 문제들이 대두되고 있다. 공작기계의 가공 정밀도는 가공된 생산물의 치수 정밀도에 직접적인 영향을 미치며, 증대되고 있는 기계 가공품의 고품질화를 위해 열에 기인한 오차와 기하학적인 오차는 지난 수십 년 동안 많은 과학기술자에 의해 연구되어 왔다. 열에 기인한 오차는 전체 기계가공 오차의 40-70% 정도를 차지하고 있다. 또한, 공작기계 작업 중 발생하는 열은 공급된 에너지의 많은 양의 부분이 열에너지로 변환되기 때문이다. 그 중에서도 대부분의 발열량은 공작기계 가운데 주축부분에서 발생하고 있다. 따라서 본 논문에서는 공작재료, 도편 모양, 속도 변화에 따른 온도변화를 나누어 측정하여 분석하였다.

2. 본 론

2.1 rpm 변화에 따른 온도 측정

본 실험은 주축의 본래의 온도 자료를 얻기 위해 윤활제 없이 온도 상승을 최대화하여 측정하였고, 윤활제 없이 측정을 하였기에 5분 동안만 실험을 진행 하였다. rpm 속도는 450, 1500, 2800 으로 나누어 실험을 진행하였으며, 그에 따른 열 변화를 열화상 카메라로 촬영하였다. 열화상 카메라를 통한 촬영은 1분 마다 5번에 나누어 촬영하였다.

2.2 마찰계수 측정

실험에 사용된 시편은 알루미늄 (지름 60mm, 길이 300mm)과 철 (지름 12mm, 길이 56mm)로 나누어 진행하였으며, rpm은 1500으로 고정하였다. 시편을 바꾸어 진행한 실험 또한, 윤활제 없이 진행되었기 때문에 5분 동안 실험을 진행하였고, 이 과정동안 1분마다 5번 씩 온도를 측정하였다.

3. 결과 및 토의

알루미늄 시편에 대한 속도 변화에 따른 온도변화와, rpm을 고정하고 시편을 교체하여 온도변화를 측정하

였다. Fig. 1은 속도변화에 따른 온도변화의 모습이다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 온도 변화는 rpm의 크기와는 상관없이 최초온도에서부터 마지막 측정까지 오른쪽으로 상향하는 그래프를 보이고 있다. 또한, 가장 큰 온도변화는 1600rpm으로 보인다.

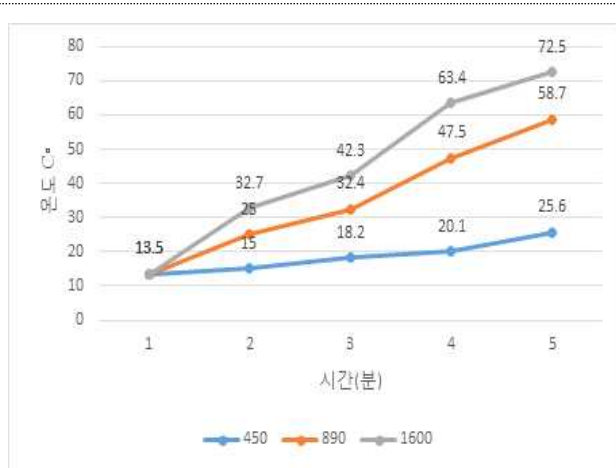


Fig. 1. Temperature change with speed change

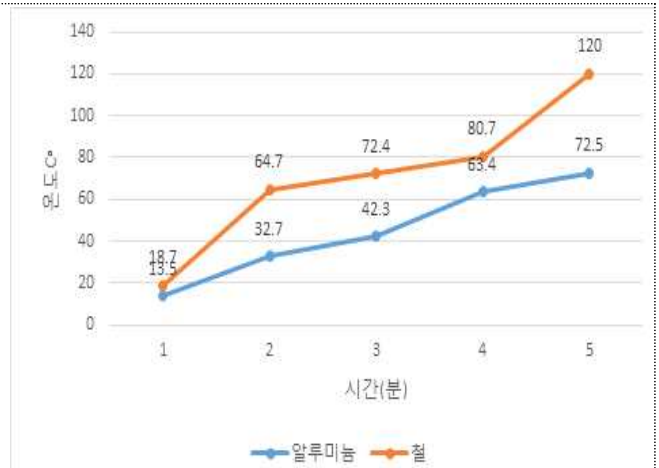


Fig. 2. Temperature change according to work material

Fig. 2는 시편재료에 따른 온도변화 보여주고 있다. 두 그래프를 비교 해봤을 때 온도는 철이 더 높게 나왔으며, 온도 변화 또한 철이 상대적으로 더 컸다. 이러한 결과로부터 속도와 시편의 변화가 공작기계의 온도변화에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 실험에서는 공작 재료와 rpm에 따른 공구의 온도변화를 알 수 있었다. 절삭 공구로 공작물을 절삭할시 많은 부분이 열로 변하고, 이 절삭 열에 따라 절삭온도에 영향을 주게 된다. 절삭온도를 상승시키는 요인은 많지만 주된 요인은 절삭 속도, 공작물의 물리적 성질임을 알 수 있었다. 즉, 경도가 높은 것, 항장력이 높은 재질은 절삭온도가 높게 되므로 내열성이 뛰어난 재질 택해야 한다. 또한, 시편의 재질과 상관없이 고 rpm으로 향상될수록 온도가 올라감을 알 수 있었으며, 절삭가공 시 공작기계의 수명과 정밀도에 영향을 적게 미치는 rpm의 수치를 찾아 낼 수 있었고, 공구의 수명과 절삭속도의 상관관계 또한 알 수 있었다. 그에 따른 식은 다음과 같다.

$$VT^n = C$$

V = 절삭속도(m/min), T = 공구수명(min), n, C = 상수

사 사

본 논문은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농림축산식품연구센터의 지원을 받아 연구되었음. (117056-2)

[참 고 문 헌]

- 1) 외선 열화상 기법을 적용한 고속선반가공 중 재료에 따른 진동 및 열변화에 대한 연구. 양용하 저자, 최승현 저자, 심재기 저자, 김재열 저자, 한국생산제조학회, 한국생산제조학회 학술발표대회 논문집, 2009.10, 329-333 (5 pages)
- 2) 초정밀 선반의 열오차 보상에 관한 연구, 김병섭 저자, 송영찬, 박천홍 저자, 한국생산제조학회, 한국생산제조학회 학술발표대회 논문집, 2010.4, 23-23 (1 page)
- 3) 초정밀 가공기의 실시간 운동오차 및 열변형오차 보상, 박이구 저자, 김재열 저자, 김홍건 저자 한국생산제조학회, 한국생산제조학회지 15(4), 2006.8, 44-48 (5 pages)
- 4) 소형 정밀 선반용 주축의 열 변형 해석, 김건식 저자, 고태조 저자, 김희술 저자, 한국기계가공학회, 한국기계가공학회지 6(1), 2007.3, 43-49 (7 pages)

PVC에 대한 드릴링 머신의 회전속도에 따른 표면 거칠기 연구

최원식^{1*}, 조희정¹, 변재영¹, 정정환²
부산대학교 바이오산업기계공학과¹, 한국브로치²

Surface roughness of drilling machine process using PVC

Won-Sik Choi^{1*}, Hee Jeong Jo¹, Jae -Young Byun¹, Jeong-hwan Jeong²
Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹, Korea Broach
Manufacture Co., Ltd.²

Abstract

Poly is a chemical reaction which combines two or more monomers and makes the compound bigger, resulting in a wide variation in the properties of objects with varying degrees of fusion. Therefore, the various characteristics of PVC are exist. In the 21st century , One of the commonly used materials, PVC, is completed by polymerizing Vinyl Chloride. The most frequently used PVC, which is made by these polymeric reactions, has a high ductility and elasticity and low strain. In particular, more than 60 percent of the buildings are equipped with PVC due to the relatively low cost of building materials. According to the roughness of the drilled segment, there is a possibility that there may be gaps in the drilling and there will be a joint phenomenon. Furthermore, the fluid may continue to corrode, causing the pipes to burst and rupture later. Therefore, it should be focused on rough formation conditions, as it may prevent such phenomena. Of course, there are many different factors of roughness, but the most influential one is the rpm of the drilling. In this experiment, we measured the surface roughness of using the three typical drill bits when the rpm is different from each other. The measured results showed that all roughness was different. Through their comparison, we were able to determine the lowest speed of surface roughness. we thoughted that the results obtained from this study will be helpful when drilling into the PVC in the future.

1. 서 론

중합 반응에 의해 만들어진 물질 중 가장 많이 쓰이고 있는 PVC는 높은 유연성과 탄력성을 가지고 또한 낮은 변형률을 가지는 것으로서, 수도관이나 창문 틀, 바닥재 심지어는 장난감까지 광범위 하게 이용되고 있다. 특히 건축재가 가져야 되는 특성에 꼭 맞고 비용도 비교적 저렴해서 건축재 분야에서는 60% 이상이 PVC로 이루어져있다. 하지만 PVC가 건축재로 쓰일 경우 드릴링 된 부분의 거칠기에 따라 틈이 생길 수 있고 그에 따라 압력차이가 생겨 공동현상이 일어날 가능성이 존재한다. 뿐만 아니라 유체가 지나가면서 자꾸 그 부분을 부식시켜 나중에는 그 파이프나 배관이 터질 수 도 있다. 따라서 거칠기를 최저로 맞춰야 이와 같은 현상들을 예방할 수 있으므로, 거칠기 형성 조건에 초점을 맞춰야 한다. 물론 거칠기 형성 조건에는 여러 가지가 존재하지만 가장 영향이 큰 것은 드릴링을 뚫을 때의 RPM이다. 이번 실험에서는 대표적인 3가지 구경의 RPM 속도를 5단계에 걸쳐 바뀌가면서 표면 거칠기가 각각 어느 수준인지를 측정하였다.

2. 본 론

2.1 실험재료

본 실험에 사용된 재료로는 크게 PVC plate, Drilling tools로 나눌 수 있으며, PVC plate는 가로 100mm, 세로 200mm, 두께 20mm로 제작하였다. Drilling tools에서 Drill bits를 직경8.1mm, 8.9mm, 12.9mm 총 세 가지로 준비하였다. 측정기구로는 Drilling machine, 표면 조도 측정기를 활용하였다.

2.2 실험방법

본 실험에서는 직경이 다른 3개의 드릴로 드릴링 머신을 이용하여 PVC재료에 회전속도 당 4개의 구멍을 뚫는다. 회전속도를 14rpm, 28rpm, 42rpm, 56rpm, 70rpm 총 5수준으로 하여 직경 하나 당 20개의 구멍을 뚫는다. (총 60개의 구멍). 표면 조도 측정기를 이용하여 한 구멍 당 3번씩 R_a (산술 평균 거칠기), R_z (10점 평균 거칠기)를 측정한다. 측정값의 R_a 와 R_z 의 평균값을 구해 회전속도와 직경에 따른 거칠기를 비교한다.

3. 결과 및 토의

R_a 의 값은 1과 3사이에서 머무는 것을 볼 수 있었고 R_z 의 값은 9에서 22까지 다양하게 분포하는 모습을 볼 수 있었다. 회전수가 가장 높을 때에는 표면 거칠기 차이가 굉장히 큰 것을 알 수 있었다. 속도가 낮을 때에는 드릴링을 하는 과정에서 나오는 칩(Chip)들이 구멍 밖으로 나오지 못하고 같이 회전하는 모습을 보였다. 그 결과 칩도 표면 거칠기 측정에 영향을 준다는 것을 알 수 있었다. 속도가 높아지면서 거칠기의 측정값이 낮아지는 것이 아니라 직경에 따라 거칠기가 가장 낮은 회전수의 각각 다름을 보였다. 속도가 높아지면서 칩이 구멍 밖으로 잘 빠져나와 칩의 관여가 적어짐을 보이기도 했다.

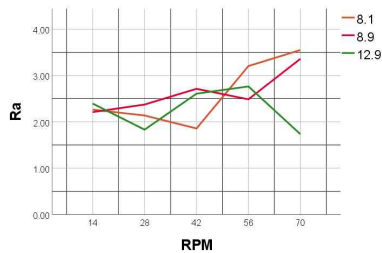


Fig 1. R_a value about the RPM

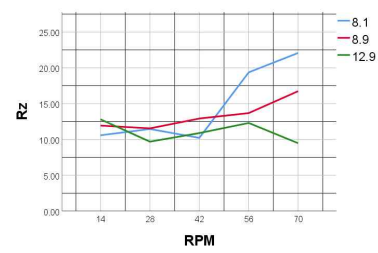


Fig 2. R_z value about the RPM

4. 결 론

1. RPM 값에 따라 표면 거칠기가 모두 다름을 알 수 있었고, 이들의 비교를 통하여 표면 거칠기가 가장 낮은 속도를 알 수 있었다.
2. RPM이 가장 낮을 때에는 직경마다의 표면 거칠기 차이가 크기 않았지만 RPM이 가장 높을 때에는 표면 거칠기 차이가 굉장히 큰 것을 볼 수 있다.
3. 속도가 낮을 때에는 드릴링을 하는 과정에서 나오는 칩(Chip)들이 구멍 밖으로 나오지 못하고 같이 회전하는 것으로 보아 칩도 표면거칠기 측정에 영향을 준다는 것을 볼 수 있다.
4. RPM이 가장 빠를 때에도 표면 거칠기가 굉장히 크게 나타날 수 있는 것으로 보아 속도가 빠르다고 해서 표면을 매끄럽게 할 수 있는 것은 아니라고 입증하였다.

이 결과들로 보아 회전수에 따라 각각의 직경에 맞는 회전속도를 찾을 수 있었으며, 거칠기에 관여하는 부분에 대해 알 수 있었다. 본 연구로 PVC의 거칠기를 최소화하는 직경과 회전속도로 부식이나 배관의 손상을 줄일 수 있는 최적의 조건을 찾을 수 있을 것이라 사료된다.

Acknowledgements

This work was supported by the SMinistry of SMEs and Startups, 2018 Technology Innovation and development project.

[참 고 문 헌]

- 1) J.Y Byun, Na-Ram Park, S.W Chung, S.H Kwon, S.G Kwon, J.M Park, J.S Kim and Won-Sik Choi, "Drilling Characteristics of PVC Materials", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol.14 No.1, pp.70~77, 2015
- 2) In-Sik Seoung, "A study on the cutting characteristics of the fiber reinforced plastics by high speed drilling process", pp. 50-54, 2005
- 3) Behera, R. R. , Ghadai, R. K. , Kalita, K. , Banerjee, S. , "Simultaneous prediction of delamination and surface roughness in drilling GFRP composite using ANN", International Journal of Plastics Technology, Vol. 20 (2), pp. 424-450, 2016.
- 4) Eul-Seop Jeong, "A Study on the Drilling Characteristics of Carbon Fiber Reinforced Plastics", pp. 34-38

전기자동차 실주행 데이터 기반 에너지 예측 모델 개발

김형준¹, 김만호²

부산대학교 기계공학부¹, 동의과학대학교 자동차계열²

Development of Energy Prediction Model Based on Driving Data of Electric Vehicle

Hyung Joon Kim¹, Man Ho Kim²

School of Mechanical Engineering, Pusan National University¹, Division of Automotive Engineering, Dong-Eui Institute of Technology²

Abstract

In spite of many advantages of electric vehicles, the long charging time and insufficient charging infrastructure are major obstacles against widening markets for electric vehicles. Especially, drivers can become very anxious over whether he/she can reach the destination without charging. That is why accurate range prediction is important for electric cars. Traditionally, range is predicted by a simple multiplication of fuel efficiency and amount of fuel. In this research, we use periodically updated vehicle information such as vehicle speed for range prediction.

1. 서 론

최근에, 스모그, 미세먼지 등 환경오염 문제가 대두되면서 대표적인 환경오염 원인인 자동차에 대한 규제가 강화되고 있다. 대표적으로 유럽에서는 자동차 배출가스 규제(Euro 6)를 시행하고 있으며, 배출가스 규제를 만족하지 못하는 자동차는 유럽에서 판매할 수 없게 되었다. 또한, 기존의 화석연료를 사용하던 자동차를 대신해 하이브리드 자동차(hybrid electric vehicle, HEV), 전기 자동차(electric vehicle, EV), 연료전지 전기 자동차(fuel cell electric vehicle, FCEV) 등 친환경 자동차에 대한 보급 및 개발도 활발히 이루어지고 있다 [1]. 특히, 전기 자동차는 외부에서 공급받은 전기를 배터리에 저장해서 주행하는 순수 전기자동차(EV)를 비롯하여 엔진을 이용해 전기를 생산하고 전기모터로 주행하는 주행거리 연장형 전기자동차(range extended electric vehicle, RE-EV) 등 다양한 방식으로 개발되고 있다[2-3].

전기 자동차 보급의 주된 장애물은 기존의 엔진을 이용한 자동차에 비해 1회 충전으로 주행 가능한 거리가 짧다는 것이다. 또한, 널리 보급된 주유소에 비해 매우 적은 전기충전소 및 긴 충전 시간 등 배터리 관련 기술에 아직 한계가 있다. 따라서 전기 자동차의 효율적인 운행을 위해서는 배터리 충전 상태에 따른 주행가능거리 예측이 매우 중요하다. 특히, 순수 전기자동차는 배터리의 충전 상태에 따라 도착지점까지의 주행 가능여부를 결정하게 되며, 배터리 부족으로 인해 목적지 도착 전에 추가적인 충전이 필요할 경우 도착 시간에 매우 큰 변수가 될 수 있다. 주행거리 연장형 전기자동차의 경우 배터리로 운행 가능한 거리는 주행 가능여부에 직접적인 문제가 되지는 않지만, 주행가능거리 예측은 효율적인 주행 계획을 위해 필수적인 기능이다. 따라서 전기 자동차에서는 배터리의 잔량에 따른 주행가능거리를 확인하기 위해 In-Vehicle Network의 정보를 수집하고, 연산하는 내장형 제어 시스템이 적용되고 있다.

기존의 주행가능거리를 예측하는 방법은 기름의 잔량과 실험을 통해 측정된 공인 연비를 이용하여 계산하는 방법이다. 전기 자동차는 차량 트립 컴퓨터에서 최근 주행 연비를 이용하여 계산하는 방법을 사용하고 있다. 하지만 이러한 주행가능거리 계산방법은 공인 연비나 현재 연비를 이용하여 계산하므로 주행 계획 경로의 도로 상황을 반영하지 못하는 한계가 있다. 자동차의 주행에 소모되는 에너지는 주행거리에 비례하지만 세부적으로 주행속도, 교통상황, 노면 상태, 타이어 공기압, 기온 등 다양한 요인에 의해 영향을 받는다. 따라서 전기 자동차의 주행가능거리의 정확한 예측을 위해서는 에너지 예측 모델을 이용한 새로운 접근 방법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 전기 자동차의 주행가능거리 예측을 위하여 자동차 에너지 모델을 제안한다.

2. 전기자동차 에너지 예측 모델

2.1 전기자동차 배터리 에너지($\Delta E(t)$)

일반적으로, 엔진을 이용한 차량은 엔진의 출력과 주행에 필요한 동력인 주행저항을 이용하여 주행성능을 평가한다. 전기자동차의 경우 모터를 이용하여 배터리에 충전된 전기에너지를 운동에너지로 변환시키기 때문에 주행에 소모된 에너지를 배터리 소모량으로 가정할 수 있다. 이 때 회생제동으로 차량의 운동에너지를 다시 전기에너지로 충전할 경우 배터리의 에너지 변화($\Delta E(t)$)는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$1. \Delta E(t) = - \int_0^t R_{total}(t)v(t) dt + \int_0^t \tau_{regen}(t)\omega(t) dt - W_{idle}(t) \quad (1)$$

여기서, $R_{total}(t)$ 는 총 주행저항, $v(t)$ 는 차량의 속도, $\tau_{regen}(t)$ 는 회생제동력, $\omega(t)$ 는 모터의 회전 속도, $W_{idle}(t)$ 는 공회전 상태의 소모에너지이다. 따라서 배터리의 에너지 잔량(E)은 배터리의 초기 상태에서 시간 T 까지의 소모량의 합으로 계산할 수 있으며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E = E_{initial} + \int_0^T \Delta E(t) dt \quad (2)$$

여기서 $E_{initial}$ 는 배터리의 초기 잔량이다.

2.2 주행 저항($R_{total}(t)$)

총 주행저항은 차량이 주행할 때, 주행을 방해하는 방향으로 작용하는 힘의 총 합을 말하며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{total}(t) = R_r(t) + R_a(t) + R_i(t) + R_g(t) \quad (3)$$

여기서 $R_r(t)$, $R_a(t)$, $R_i(t)$, $R_g(t)$ 는 각각 구름저항, 공기저항, 가속저항, 등판저항이다.

2.3 회생제동력($\tau_{regen}(t)$)

2. 회생제동(regenerative braking)은 차량이 제동할 때 차량의 운동에너지를 전기 에너지로 변화시키는 기술이다. 이때 발생한 에너지를 배터리 등 에너지 저장장치에 저장하여 다시 구동에 사용할 수 있는데 이는 전기자동차의 연비개선에 핵심적인 기술로 주목받고 있으며, 회생제동력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tau_{regen}(t) = \tau_{regen_motor}(t) \cdot \eta_{motor} \cdot N_{gear_ratio} \quad (4)$$

3. 여기서 $\tau_{regen_motor}(t)$, η_{motor} , N_{gear_ratio} 는 각각 회생제동 모터의 토크, 모터의 효율, 변속기의 기어 비를 의미한다.

4.

2.4.공회전 상태의 소모에너지($W_{idle}(t)$)

5. 공회전 상태의 소모에너지(energy consumption at idle running)는 주행시간 중 차량의 물리적 움직임에 직접적으로 관계되지 않은 모든 에너지 소모의 합을 의미하며, 여기에는 HVAC(heating, ventilation, air conditioning) 시스템, 조향 제어, 전조등, 방향지시등, 계기판 등 기타 전기/전자장비에 의한 에너지 소모량을 포함한다.

3. 결 론 (건고덕 11pt)

6. 본 논문은 전기 자동차의 효율적인 충전계획 수립 및 주행을 위하여 주행거리예측에 적용 가능한 에너지 예측 모델을 제안하였다. 또한, 실차 주행 데이터를 이용하여 개발된 에너지 예측 모델의 성능을 평가하였다. 특히, 차량 주행 속도에 따라 에너지에 영향을 미치는 다양한 저항을 바탕으로 차량의 주행 속도 및 실시간 배터리 잔량을 측정하여 평가하였다. 이러한 과정을 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

사 사 (건고덕 11pt)

본 논문은 중소벤처기업부의 2018년 창업성장기술개발사업 디딤돌창업과제의 일환으로 수행하였음.[S2584189, 생산 자동화용 최대 토출 압력 25bar급 미니 자동 윤활 장치 개발]

[참 고 문 헌]

- 1) J. Van Mierlo, G. Maggetto, and Ph. Lataire, "Which energy source for road transport in the future? A comparison of battery, hybrid and fuel cell vehicles," Energy Conversion and Management, Vol. 47, No. 17, pp. 2748-2760, 2006.
- 2) K. Han, J. Moon, "Market status and domestic development strategies for RE-EV," Auto Journal of KSAE, Vol. 34, No. 11, pp. 22-26, 2012.
- 3) C. Chan, K. Chau, "Modern electric vehicle technology," Oxford University Press on Demand, pp. 1-15. 2001.

고온용 탄화규소 세라믹스의 산화 거동

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 institute of technology^{1,2}, Dong-Eui University³

Abstract

In this study, the fabrication and oxidation behavior of liquid-phase-sintered silicon carbide (LPS-SiC) ceramics were investigated. In order to obtain monolithic LPS-SiC material, SiC powder, and sintering additives such as Al_2O_3 and Y_2O_3 powders were ball-milled and sintered by hot-press. The obtained LPS-SiC were evaluated with sintered density, microstructure and flexural strength. The oxidation test of LPS-SiC were carried out at 1200 °C for 10 h.

1. 서 론

가스터빈의 고온용 Ni 초합금 재료를 대체할 수 있는 재료로 세라믹 복합재료(Ceramic Matrix Composites, CMC)의 개발이 이슈화되고 있다. 특히, 탄화규소(SiC) 재료는 고온에서 우수한 기계적, 열적 특성과 화학적 안정성으로 고온용 핵심 부품소재로 광범위한 사용이 기대된다[1]. 특히, 가스터빈의 효율 극대화를 위해서 구조적 개선을 넘어, SiC의 응용으로 기존의 ~200 °C 높은 온도에서의 사용을 가능하게 하여 높은 압력비를 구현하는 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 많은 제조법 및 가공법이 있는 만큼, 우수한 재료 개발 및 그 제조공정의 확보가 절실하다. 본 연구에서는 소결첨가제를 이용한 액상소결 SiC 세라믹스의 제조 및 고온 산화 특성을 조사하였다.

2. 실험방법

액상소결을 이용한 SiC 세라믹스의 제조는 SiC 분말에 소결첨가제 Al_2O_3 와 Y_2O_3 를 $Al_2O_3/Y_2O_3 = 1.5$ 조성으로 10 wt%를 첨가하여 유성볼밀(Planetary Ball-mill)에 의해 혼합한 후, 핫프레스(Hot-press)로 소결하였다. SiC 분말은 평균입도 0.3 μm 를 사용하였다. 핫프레스의 조건은 소결온도 1820°C, 유지시간 1시간, 소결압력 15 MPa, 아르곤 분위기로 하였다. 제조된 SiC 재료는 가공하여, 미세조직, 밀도, 굽힘강도 조사를 실시하였다. 산화실험은 전기로에서 1400 °C, 10시간동안 공기중에서 실시하였다.

3. 결과 및 토의

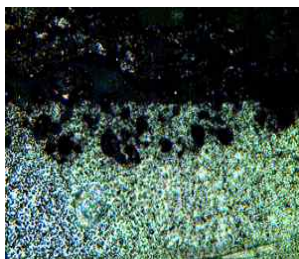


Fig. 141 Surface of LPS-SiC after oxidation test at 1400 °C

Fig. 1은 SiC재료의 표면부의 단면이미지를 나타나고 있다. SiC 재료는 표면에 산화막을 생성시키는데, SiC와 O_2 의 반응에 의한 SiO_x 의 생성이 주된 원인으로 작용하고 있다. 이 중 산화막에 고형으로 형성된 것은 SiO_2 로 판단되며, 이러한 산화막 내부에 형성된 기공은 SiO 와 같이 일부가 가스화하여 1400 °C 환경에서 산화막 내부에 포획된 것으로 생각된다. 1400 °C까지의 산화실험에서 산화현상을 거의 나타내지 않은 1200 °C와는 달리 1400 °C에서는 심각한 산화를 보였다.

해동을 위한 고주파 발생장치에 관한 연구

김태훈¹, 강동권¹, 정석봉²
동의과학대학교¹, (주)참코청하²

A Study on High Frequency Generator for Thawing

Tae Hoon Kim¹, Dong Kwon Kang¹, Seog Bong Jung²
Donguei Institute of Technology¹, Chamco chung Co. Ltd.²

Abstract

This paper deals with a high frequency generator for defrosting. Aquatic products caught around the world are kept frozen to maintain freshness. These seafood products need to be thawed before being sold to customers as food. However, current defrosting processes can cause freshness reduction, droplet leakage, quality degradation, contaminated water release, and much space and time. This problem can be improved by high-frequency thawing. The high voltage generating circuit for high frequency generation and the device for generating a desired high frequency can be used in the development of a high frequency thawing machine with improved performance.

1. 서 론

냉동수산물은 신선도 유지를 위하여 냉동 유통되는 경우가 대부분이다. 이러한 냉동식품은 소비자에게 식품으로 판매되기 전 가공공정을 거치게 되는데, 가공 전 반드시 해동을 하여야 한다. 현재 많이 사용되고 있는 해동 방법으로는 외기 온도로 해동하는 자연해동, 가습 해동고에 투입하여 해동하는 고온습식해동, 지속적인 물 공급을 통한 침지유수해동, 외기로 물을 가열하는 침지폭기해동 등이 있으며 이러한 방식은 해동과정에서 선도저하, 드립발생, 품질저하 등 다양한 문제점이 발생되고 있다[1,2]. 또한 해동으로 얼음이 물로 변하면서 드립으로 되어 체외로 배출되는 과정에서 공간을 오염되게 한다. 이로 인하여 해동된 수산물의 식감이 떨어지고, 그 공간에 해동수 등이 들어가 2차오염의 원인이 되고 있으며 가공현장에서는 많은 노동력, 공간 및 시간을 필요로 하는 문제점을 안고 있다[3,4]. 이에 비하여 해동을 위하여 고주파 발생시켜서 열을 가하면 급속(5~30분) 및 균일한 해동이 가능하며 드립을 최소화시킬 수 있다. 해동을 위한 고주파 발생장치는 27.12MHz의 고주파를 발생시킬 수 있으며 고주파 장치를 이용한 해동기는 작업공간 최소화, 작업인원 최소화 및 폐수발생을 감소시킬 수 있다. 본 논문에서는 해동을 위하여 고주파를 발생시키는 장치 개발에 관한 내용을 담고 있다.

2. 본 론

2.1 고주파 발생장치 개발

고주파는 마이크로파에 비해 파장이 길기 때문에 해동 제품 내부까지 도달 가능하며, 균일한 해동이 가능한 장점을 가지고 있다. 이러한 고주파를 발생시키기 위한 고주파발생 장치는 고전압 공급 및 고주파출력 회로로 구성된다. 고주파는 제어를 통하여 냉동식품의 종류와 양에 따라 적절한 세기로 조절이 가능하다. 고주파 공급회로에서 전원을 공급하고 저항(R), 코일(L), 콘덴서(C)로 구성된 공진회로를 이용하여 원하는 고주파를 생성하고 고주파가 발생되는 전극판 사이에 해동물을 두면 해동이 가능하다. Fig. 1과 같이 개발된 고주파 발생장치를 위한 회로도에서는 고주파 발생부를 위한 고전압을 발생시키며 Fig. 2에서는 고주파 발전부 회로도를 나타내고 있으며 이러한 회로를 이용하여 원하는 고주파를 발생시킬 수 있다.

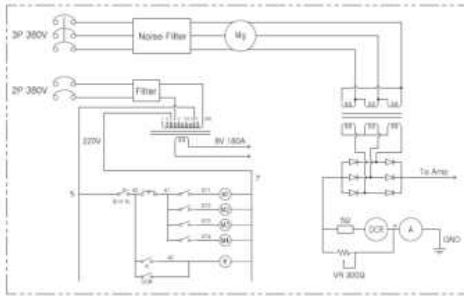


Fig. 1. High-frequency thawing circuit for the high voltage

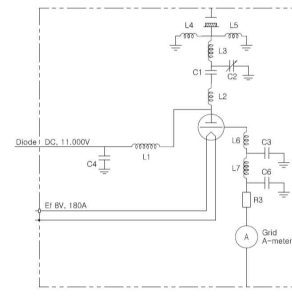


Fig. 2. High-frequency generator circuit

3. 결과

고주파 발생장치를 위하여 개발된 고전압부를 그림 3에 나타내었다. 여기서 발생된 고전압을 이용하여 원하는 고주파를 발생시키는 고주파 발생부를 그림 4에 나타내었다.

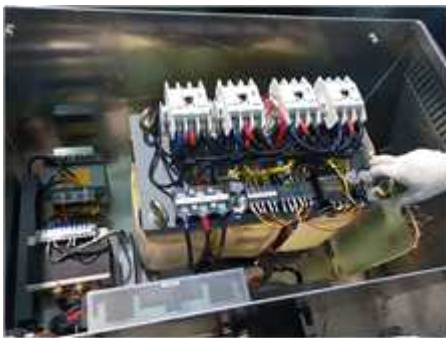


Fig. 3. High voltage generator



Fig. 4. High frequency generator

4. 결 론

고주파를 이용하면 기존의 해동 방식에 비하여 짧은 해동 시간, 많은 수분함량, 적은 드립 발생량 및 고신선도 유지가 되는 효율적인 해동이 가능하다. 이러한 고주파 생성을 위한 고주파 발생장치는 크게 고전압부, 고주파 발생부로 구성되어 있으며 27.12MHz의 고주파를 발생시킬 수 있다. 이러한 고주파 생성장치는 고주파 해동기 제작에 필수적인 역할을 하여 기존 해동방식에서 개선된 효율적인 해동기 제작을 가능하게 해준다.

사 사

본 연구는 한국해양과학기술진흥원에서 지원하는 2017년도 미래해양산업기술개발사업의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

[참 고 문 헌]

- 1) Bailey, C. · James, S. J. · Kitchell, A. G. & Hudson, W. R. "Air, water, and vacuum-thawing of frozen pork legs." Journal of the Science of Food Agriculture 25(1), pp. 81 ~ 97, 1974.
- 2) Kang, Sun-Moon · Kang, Chand-Gie & Lee Sung-Ki, "Comparison of quality characteristics of Korean native black pork and modern genotype pork during refrigerated storage after thawing," Korean Journal Food Science Animal Resource 27, pp. 1 ~ 7, 2007.
- 3) Cho, Kook-Hee & Park, Seung-Ho. "The development of high efficiency tempering system using microwave," Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 23(10), pp. 69 ~ 74, 2009.
- 4) Sehar Akhtar · Muhammad Issa Kha & Farrukh Faiz, "Effect of thawing on frozen meat quality: A comprehensive review," Parkistan Journal of Food Science 23(4), pp.198 ~ 211, 2013.

고온용 몰리브덴실리사이드 재료의 산화거동

이종호¹, 이상필², 이진경², 이문희³

동의과학대학교 자동차공학과¹, 동의대학교 기계공학과², 동의과학대학교 기계공학과³

Oxidation behavior of high-temperature MoSi₂ materials

Jongho Lee¹, Sangpill Lee², Jinkyong Lee², Moonhee Lee³)
Dong-Eui institute of technology^{1,3}, Dong-Eui University²

Abstract

In this study, oxidation behavior and mechanical properties of sintered MoSi₂ materials was investigated, based on detailed analysis of microstructure. The MoSi₂ materials was fabricated by a hot pressing process in addition of ZrO₂ powder. Sintered MoSi₂ shows high density with filling micropores by ZrO₂ particles. The surface of MoSi₂ was oxidized at 1200 °C for 10 h under air. The surface of MoSi₂ shows like oxidation film or drop-like shapes, which is expected by complex chemical reaction among MoSi₂, ZrO₂ and O₂.

1. 서 론

몰리브덴 실리사이드(MoSi₂) 재료는 고융점, 내화특성으로 주로 고온로용 발열체 부품으로 많이 응용되고 있다. 이러한 MoSi₂는 상용 1900 °C의 전기로용 발열체 부품으로 사용되는 등 우수한 고온특성을 보이고 있다. 발열체 이외에 고온 가스터빈용 재료의 적용도 검토되고 있으나, 800 °C 이하에서 past 산화 및 고유의 취성파괴 거동은 기계적 특성을 발휘해야하는 응용분야로는 단점으로 작용한다. 이를 극복하기 위해서 섬유, 분말 등을 강화한 'MoSi₂ 복합재료'의 형태로의 개발이 하나의 중요한 해법이 될 수 있다. 본 연구에서는 MoSi₂ 분말에 ZrO₂ 분말을 첨가하여 핫프레스에 의해 소결하여 MoSi₂ 재료를 제작하고, 1000 °C 이상의 온도에서 산화거동을 조사하였다.

2. 실험방법

평균입경 2.8 µm 텅스텐 분말과 약 0.1 µm의 ZrO₂ 소결첨가제를 30 vol%까지 첨가하여 불밀링 및 핫프레스 공정에 의해 소결하였다. 핫프레스의 소결온도는 1350 °C, 가압력은 30 MPa로 하였다. 소결재의 특성은 아르키메데스 법에 의한 밀도 측정, 3점 굽힘시험에 의한 굽힘강도로 평가하였다. 산화실험은 전기로에서 1200 °C, 공기중 10시간까지 실시하였다.

3. 결과 및 토의

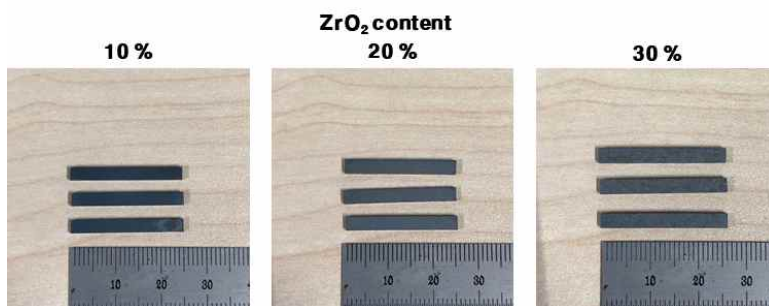


Fig. 146 MoSi₂ samples after oxidation test at 1200 °C.

Fig. 1은 ZrO₂를 첨가하여 소결한 MoSi₂ 재료의 시험편을 나타내고 있다. 시험편은 대부분 표면산화를 보였으며, 특히 30 vol%를 첨가한 재료에서 산화막이 두드러지게 나타났다. 산화 전후 중량변화를 관찰한 결과, 모두의 재료에서 중량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 산화 환경에서 산소가 기존의 재료와의 화학반응으로 부착되어 oxidation scale의 형태로 표면에 생성되었기 때문으로 판단된다. 즉, MoSi₂, ZrO₂, O₂의 화학적 반응에 의해 표면산화가 진행되었다.

키위분말을 첨가한 우육의 연육 효과에 관한 연구

김호경, 김경환
동의과학대학교 식품영양조리계열

A study on the Effect of Kiwi fruit powder after Freeze drying on Tenderization of Beef

Ho- Kyoung Kim, Kyoung- Hwan Kim
Dong-Eui Institute of Technology¹

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of protease in kiwi fruit powder after freeze drying which has the ratio of 0%, 1%, 2%, and 3% on the tenderization of the bovine *longissimus dorsi* muscle. Beef loin chunks were marinated in distilled water (Control), 1% kiwi powder (K1), 2% kiwi powder (K2), and 3% kiwi powder (K3). As a result, there are significant difference in pH ($p<0.01$), color of the beef were slightly different between the C (control) group and the sample groups. The cooking loss showed the highest value of K3 ($p<0.001$), and the sample groups exhibited lower shear force values compared with the control ($p<0.001$).

1. 서 론

키위는 참다래 또는 양다래(Kiwifruit, *Actinidia deliciosa* Planch)라고도 불리는 다래나무과(Actinidiaceae) 다래나무속(Actinidia)에 속하는 온대지역에서 자라는 자웅이주의 덩굴성 낙엽과수이다. 키위에 함유된 다양한 생리활성 물질들은 우리 몸의 콜레스테롤 감소시켜 고혈압, 동맥경화 등의 성인병 예방에 효과가 있으며 질병예방의 면역학적 활성화에 기인할 뿐만 아니라 최근에는 항암효과, 항혈전 효능, 변비 개선에 대한 연구 등 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 키위 과육에 함유한 단백질 가수분해 효소인 actinidin은 육류의 연육 효과가 우수한 것으로 알려져 있어 이를 효과적으로 사용하기위해 현재에도 다양한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구는 다양한 생리활성 성분 및 단백질분해효소를 함유한 키위를 사용이 용이하도록 동결건조 후 분말화 하여 첨가량에 따른 소고기의 육질에 관한 연육효과를 비교, 분석하여 식품산업에 활용할 수 있는 연육제 개발 가능성을 평가하고자 하였다.

2. 본 론

2. 1 재료 및 방법

2.1.1 실험재료

키위(국내산-제주)는 신선식품, 쇠고기(호주산-등심근)는 냉장육으로 국내 대형마트에서 구입하여 실험에 사용하였다.

2.1.2 시료제조

키위 시료는 껍질을 제거하고 과육만을 사용하여 0.3mm로 얇게 slice 해서 동결건조(Model FD-5518,

Ilshin Lab Co., Korea) 시켜 수분을 제거하였다. 건조된 시료는 분쇄(Food mixer, Hanil Co., Korea) 하여 30 mesh 체에 3회 내려 분말로 제조하여 -21°C에서 냉동 보관하여 시료로 사용하였다.

2.1.3 처리 조건

동결건조하여 분말화 한 키위 시료 1%, 2%, 3%를 냉장우육(3 x 3 x 3cm)에 각각 증류수와 함께 공기가 통하지 않는 polyethylene bag에 수침하였다. 시료는 4°C에서 48시간 수침 한 후 키위에 함유된 식물성 단백질 분해효소에 따른 우육의 육질변화를 분석하였다.

3. 결과 및 토의 (건고딕 11pt)

본 연구에서는 생리활성 성분 및 단백질분해효소를 함유한 키위를 사용 및 보관이 용이하도록 동결건조 후 분말화하였다. 분말화 한 키위분말 1%, 2%, 3% 첨가량에 따른 우육의 육질 변이와 연육효과를 비교 분석했다. 키위분말 처리군 우육의 pH는 대조군(Control)에 비하여 첨가량이 증가할수록 유의적으로 차이가 나타났다($p<0.01$). 육색의 경우, 황색도(b)는 키위분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 높은 값을 나타냈다($p<0.001$). 또한 적색도(a)는 대조군에 비하여 키위분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮은 값을 보였다($p<0.001$). 가열감량(Cooking loss)은 대조군에 비하여 3%키위 분말 첨가군이 가장 높은 값을 나타냈다. 키위분말의 단백질분해효소 활성에 따른 우육의 연육효과와 상관관계가 높은 전단력(Shear force) 측정결과, 키위분말 첨가량이 증가할수록 우육의 전단력 수치가 낮게 나타나($p<0.001$) 키위분말의 첨가량이 증가할수록 연육효과가 크게 나타났다.

Table 1. Meat quality traits of the bovine *longissimus dorsi* muscle treated with 1% kiwi powder(K1), 2% kiwi powder(K2) and 3% kiwi powder(K3)

	Control	K1	K2	K3	Level of significance
Meat pH	6.09±0.2 ^{a2)}	5.72±0.12 ^b	5.48±0.12 ^c	5.24±0.16 ^d	**
Lightness (L*)	60.24±0.6NS ¹⁾	59.01±0.72NS	57.90±1.55NS	57.41±1.49NS	NS
Redness (a*)	13.07±0.65 ^a	11.74±1.08 ^{ab}	10.71±1.06 ^b	8.82±0.42 ^c	***
Yellowness (b*)	8.42±1.22 ^a	8.65±1.34 ^{ab}	9.12±0.33 ^b	9.22±1.61 ^c	**
Cooking loss (%)	28.28±1.11 ^a	31.58±1.08 ^b	33.34±2.31 ^b	36.52±1.52 ^b	***
Shear force	48.62±1.80 ^a	43.62±1.00 ^b	37.41±1.02 ^c	32.83±2.23 ^d	***

1) NS Not significant.

2) Mean±S.D. ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

a~d Means with the same letter in row are not significantly different by Duncan's multiple range test.

4. 결 론 (건고딕 11pt)

본 연구에서는 키위에 함유된 단백질분해효소는 키위분말의 첨가량이 증가할수록 우육의 연육효과에 효과적이며, 이는 낮은 전단력(Shear force) 수치를 통해서도 확인할 수 있었다. 하지만 향후 다양한 생리활성 성분과 단백질 분해효소를 함유한 키위를 연육제로 활용하기 위해서는 소비자들의 기호에 충족시킬 수 있는 육질 및 관능평가 등에 관한 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- 1) Lee, S. E., Kim, D. M., and Rhee, C. "Several physico-chemical characteristics of kiwifruit(*Actinidia chinensis* Planch) depend on cultivars and ripening stages", Korean J Food Sci Technol, Vol, 21, pp. 863-868, 1989.
- 2) Motohashi, N., Shirataki, Y., Kawase, M., Tani, S., Sakagami, H., Satoh, K., Kurihara, T., Nakashima, H., Music, I., Vaega, A., and Molnar, J. "Cancer prevention and therapy with kiwifruit Chinese folklore medicine: a study of kiwifruit extracts". J Ethnopharmacol, Vol, 81, pp. 357-364, 2002.
- 3) Kim, H. K. "Effect of mixed tenderizer using sarcodon aspratus and kiwi on beef", (Doctoral dissertation). Sejong university, Seoul, 2013.
- 4) Kim, H. K., and Han, H. Y. "Effect of Letinus edodes Powder on Tenderness and Sensory Characteristics of Beef", Culinary Science & Hospitality Research, Vol, 23, pp. 63-70, 2017.

머신러닝 기법을 사용한 철도 레일표면 음향조도레벨 예측

정다해¹, 정우태^{1,2}

과학기술연합대학원대학교, 로보틱스 및 가상공학¹, 한국철도기술연구원 교통환경연구팀²

Prediction of Acoustic roughness level of railhead surface using machine learning technique

Dahae Jeong¹, Wootae Jeong^{1,2}

Robotics & Virtual Engineering, University of Science and Technology(UST)¹,
Transportation Environmental Research Team, Korea Railroad Research Institute²

Abstract

As the railway-based road transport network continues to increase, it is very important to accurately measure the noise level generated on site for the management of railway noise and vibrations. Machine learning, which is one of the core technologies of the 4th industry revolution, is estimated that it is possible to learn and predict in consideration of the measuring environment. Therefore, in this study, the data collected through the previous studies and the additional data collected from various sites were analyzed and set as the parameters of the machine learning, and other measuring environments and rail related variables were added to improve the accuracy of noise prediction. We divided the proportion of supervised learning into two cases and used various learning models. Using multiple packages by machine learning algorithm, the results were derived that arise from the best accuracy among the optimal models.

1. 서 론

철도 소음진동을 측정하기 위하여 방사되는 소음의 크기를 측정하거나 선로변 주변의 진동을 측정하는 것이 일반적인 방법이다. 철도소음 중 열차의 차륜 답면과 레일의 표면이 접촉하여 구름마찰에 의해 발생하는 소음을 전동소음(rolling noise)라고 하며, 해당 소음을 측정하기 위해서는 두 표면의 비균일성(irregularity)을 센서를 이용하여 측정하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 현장의 소음도를 임의의 장치를 통해 측정된 값에 편중하지 않고 기계학습을 통해 측정 장소의 환경 변수를 추가 고려한 소음도를 예측하고자 한다. 전동소음을 유발하는 레일의 표면 거칠기 값을 음향조도(acoustic roughness)라고 하며, 본 연구에서는 선행연구를 통해 개발된 자동 측정장치를 이용하여 조도값의 측정데이터를 수집하고 측정 장소의 변수를 추가하여 학습한 머신러닝 모델의 신뢰도를 확인해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 레일 표면조도 측정 및 분석

레일 음향조도 자동 측정장치는 실시간 운영체제(RTOS) 기반으로 등속도 주행 제어가 가능한 자동화 측정 장치이다.¹⁾ 레일의 표면조도(surface roughness) 측정은 현장 선로에서 일정 구간을 반복하여 레일의 수직 변위를 계측하는 방식으로 진행된다. 일반적으로 측정 정밀도 검증 등의 이유로 최소 10m 이상의 레일을 3회 이상 측정하도록 권장된다. 표면조도 데이터는 주파수 분석을 통해 파장의 함수로 표현되는 음향조도(acoustic roughness) 스펙트럼으로 분석되고 파장별 음향조도 레벨을 통해 소음도를 해석할 수 있다. 본 연구에서는 EN ISO 3095, EN 15610 규격을 참고로 전동소음영역에서 주파수별 소음도의 양호/불량을 판단하고 데이터를 구분했다.

2.2 레일 데이터의 기계학습법

기계학습의 예측 정확도를 상승시키기 위하여 측정 데이터와 연관가능성이 있다고 알려져 있는 변수

(feature)를 조사하고 측정 장소의 레일 부설 연도, 열차 운행 횟수 및 운행 속도 등 레일 표면조도 등의 상태에 영향을 미치는 변수들을 추가 수집했다. 해당 데이터를 바탕으로 Feature Exploratory Data Analysis를 통해 가장 편중성이 적은 case를 지도학습의 판단 기준으로 선택했다. 현장 측정을 통해 얻은 레일 음향조도 데이터와 측정 환경의 변수들 사이의 데이터 상관관계(coherence)를 파악하고 적합한 모델로 고려되는 기계학습 모델을 선택하여 학습 비중이 70%, 검증 비중이 30%인 경우와 학습 비중이 60%, 검증 비중이 40%인 경우로 나누어 지도학습을 진행하고 가장 안정적인 성능을 보장하는 모델의 최적화 과정을 진행하여 예측 정확도를 상승시켰다.



Fig. 1. Automatic surface roughness explorer

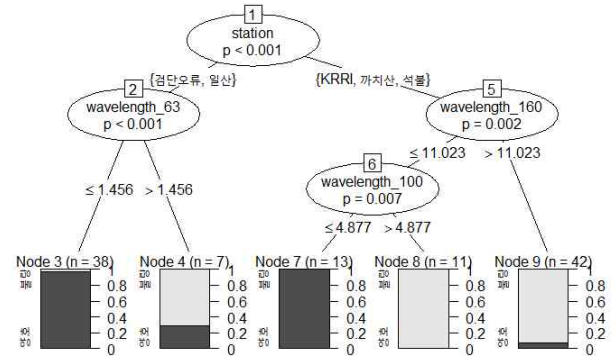


Fig. 2. Party plot of part package

3. 결 론

범주형 데이터와 수치형 데이터를 활용하여 예측이 가능한 의사결정 트리(Decision Tree) 모델이 가장 좋은 성능을 보였다. 본 연구를 통해 개발한 최적 모델은 약 98%의 정확도(Accuracy)로 소음도를 예측 가능했으며 가장 낮은 정확도를 보이는 모델은 Naive bayes로 약 70%의 정확도를 보였다.

사 사

본 논문은 과학기술정보통신부, 한국여성과학기술인지원센터(WISET) 여대학(원)생 공학연구팀제 지원사업 및 국토교통부 철도기술사업의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- 1) W. Jeong, S. Jeon, D. Jeong, H. Choi. "Effect of Design variables of Rail Surface Measuring Device on Acoustic Roughness and Spectrum Analysis", Journal of the Korean Society for Railway Vol.20, NO.4, pp.440-447(August 2017)
- 2) EN ISO 3095:2013, EN 15610:2009

레일 표면 자동 미세연마장치의 설계 및 제어

신지선¹, 정다해¹, 정우태²

과학기술연합대학원대학교 로봇틱스및가상공학과¹, 한국철도기술연구원 교통환경연구팀²

Design and control of automatic rail surface grinding machine

Jiseon Shin¹, Dahae Jeong¹, Wootae Jeong^{1,2}

University of Science and Technology, Robotics & Virtual Engineering¹,
Korea Railroad Research Institute, Environmental Research Team²

Abstract

The Rolling noise is caused by the non-uniformity between the wheel and the rail surface. The value of the wavelength range associated with this is called acoustic roughness, which should be maintained below the levels defined in the International Standard. This requires periodic surface management of the wheels and rails. Therefore, in this study, we designed the automatic rail surface grinding machine and the control system that can drive this, and the performance of the device was verified by actually grinding the rails. The new grinding machine designed in this way is excellent in mobility and economy, and it can cope with unexpected situation because it can control in real time.

1. 서 론

철도 차량 주행시 발생하는 여러 가지 소음 중 차륜과 레일 표면에 불균일성으로 인한 진동에 의해 발생하는 소음을 전동소음(rolling noise)라고 한다. 이와 관련된 파장범위의 값을 음향조도(acoustic roughness)라고 하며, 철도 선로변의 소음에 대비하기 위해서는 이 음향조도를 측정·분석하여 레일 표면 거칠기를 국제규격(ISO 3095, EN15610, EN13231-3)에서 정의된 레벨 이하로 관리해야한다. 현재 레일 표면 관리를 위해 전용 철도차량 또는 수동연마장치가 주로 사용되는데, 전자의 경우 짧은 구간 연마에 있어 경제성 및 접근성이 떨어지고 후자의 경우 숙련된 작업자에 의해서만 이루어질 수 있다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 인적자원을 줄이고 이동효율을 향상시킨 레일 표면 자동 연마장치와 제어시스템을 설계하여 제어기의 성능을 검증하고자 한다.

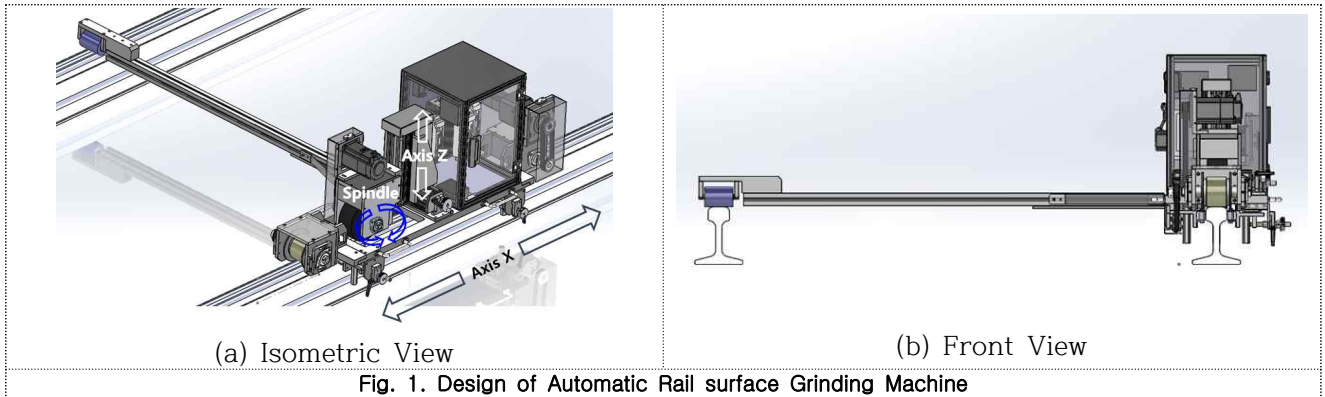
2. 본 론

2.1 레일 표면 자동 미세연마장치 설계

레일 표면 자동 미세연마장치는 레일 위에 장착되어 길이 방향으로 전·후진과 동시에 레일 헤드를 연삭하도록 3축 구동모터를 적용하여 설계하였다. 따라서 직선 주행을 위한 감속기를 장착한 주행모터(X축), 연마석의 수직방향 위치제어를 위한 모터(Y축), 연마석의 회전제어를 위한 스피들 모터(Spindle motor)의 총 3개의 모터로 구성하였다. 또한 주행과 연마석의 회전시 흔들림과 기울어짐을 보완하기 위하여 측면 지지대를 사용하고, 반대쪽 레일에 가이드 휠을 장착하여 안정적인 구조 설계를 구현하였다. 이와 같은 설계는 Fig.1에 표시된 것과 같다.

2.2 레일 표면 자동 미세연마장치 제어시스템 설계

장치의 제어시스템은 EtherNET기술의 일종인 EtherCAT기반의 통신을 통한 실시간 제어를 사용하였다. 제어장치는 크게 Host PC, Target PC, AC Servo Drive, Teach Pendant로 구성된다. Host PC에는 Matlab Simulink Real time 제어를 바탕으로 프로그램이 작성되었으며 실시간 모니터링 데이터를 Target PC에



저장하고 Ethernet을 통해 Target PC와 통신한다. Target PC는 Real-time OS로 구동되며 EtherCAT master의 역할을 하며 EtherCAT Slave(AC servo motor driver)들과 실시간 통신을 수행한다. AC Servo Drive는 EtherCAT이 지원되는 드라이버로 3축으로 구성된다. Teach Pendant는 터치스크린을 갖고 있어 작업자는 이를 통하여 연마장치의 실시간 제어가 가능하다. 제작된 제어기와 연마장치는 표본레일을 사용한 검증하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 차량 주행시 레일과 휠 사이에서 발생하는 전동소음을 줄이기 위한 레일 표면 자동 미세연마장치와 제어시스템을 설계하였다. 이 장치는 기존 장치들에 비하여 경제성과 이동성이 우수하며, 자동 연마가 가능하여 인적 자원을 줄일 수 있다. 또한 제어 시스템에 EtherCAT통신을 통한 실시간 제어 방식을 채택하여 작업 도중 생길 수 있는 돌발 상황에 대처할 수 있다. 장치의 성능 검증을 위하여 시험레일에서 실제 연마시험을 진행한 후 음향 조도값을 분석하였으며, 본 장치를 통한 레일 연마가 음향조도를 감소시키는 데에 효과가 있음을 확인 할 수 있었다.

사 사 (견고딕 11pt)

본 연구는 국토교통부 철도기술연구개발사업의 연구비지원(17RTRP-B072484-05)에 의해 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- 1) 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.
- 2) Shi-baek Park, Woo Tae Jeong, Yong Je Choi. "Design and Control System of Automatic Rail Grinding Device for Acoustic Roughness Reduction", Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 410-410, 2017.
- 3) Kitagawa, T. "The Influence of Wheel and Track Parameters on Rolling Noise", QR of RTRI, Vol. 50, pp. 32-38, 2009

EtherCAT기반 6자유도 로봇 제어시스템 개발

정성훈¹, 곽경민², 장기원³, 김한성⁴

경남대학교 대학원 기계융합공학과¹, 경남대학교 기계공학부^{2,3,4}

Development of a 6-DOF Robot Control System based using EtherCAT

Sung Hun Jung¹, Gyeong Min Gwak², Gi won Jang³, Han Sung Kim⁴

Department of Mechanical Convergence Engineering¹, and Mechanical Engineering^{2,3,4}, Kyungnam Univ.

Abstract

In this research, a 6-DOF robot controller based on EtherCAT is developed by using Simulink Real-Time. Differently from commercial EtherCAT robot controllers, the developed robot controller could provide an environment of easier control algorithm development and data logging. In future works, computed torque control, vibration suppression control, and position/force control methods will be developed.

1. 서 론

EtherCAT(Ethernet for Control Automation Technology)는 Beckhoff-Automation에서 개발된 이더넷 기반의 필드버스의 하나로 고속 통신 및 DC(Distributed Clock)을 이용하여 고속 동기제어가 가능하다. 최근 다양한 로봇플랫폼을 지원하는 EtherCAT기반 로봇제어기 등이 국내외에서 개발되고 있다.^[1] 그러나 새로운 제어 알고리즘 개발 및 손쉬운 데이터 로깅 등을 위하여 본 연구에서는 MathWorks^[2]의 Simulink Real-Time을 이용하여 EtherCAT통신기반 6자유도 로봇 제어기 및 프로그램을 개발하였다.

2. 본 론

2.1 EtherCAT기반 로봇제어기 구성

Fig. 1과 같이 로봇제어시스템은 Host PC, Target PC, DC motor 및 Teach Pendant 또는 MPG(Manual Pulse Generation)으로 구성된다. Host PC는 Windows OS 환경에서 Simulink를 이용한 개발환경을 제공하고, Ethernet으로 Target PC와 통신을 통하여 상위제어기 역할 또는 데이터 로깅을 담당한다. Target PC는 Real-time OS로 구동되고 EtherCAT Slave와 실시간 통신을 수행한다. 여기서 DC motor drive 및 EtherCAT coupler를 EtherCAT Slave로 설정한다. EtherCAT coupler는 MPG의 스위치 및 펄스발생기를 인터페이스 할 수 있는 EL1088(8-ch DI)와 EL5101(Encoder Counter)로 구성하였다.

2.2 Simulink를 이용한 제어프로그램 개발

Fig. 2와 같이 Simulink 제어프로그램은 1msec주기를 가지며 다음과 같은 Subsystem으로 구성된다.

- Mode Setting: EtherCAT ENI.xml 파일 설정. Mode of operation 및 Controlword 설정. Statusword 수신.
- Trajectory: 제어모드(Disable Mode=-1, Home Position Move Mode=0, Joint-Space Move Mode=1, Cartesian-Space Move Mode=2, Trajectory Move Mode=3) 설정. 역기구학 해석 및 Trajectory 결정^[3].
- Target Position: DC motor에 Target position 데이터 설정.
- Actual Position: Position actual value를 실시간으로 읽기.
- MPG Read, MPG Control: MPG의 버튼 및 펄스발생기 값을 읽어 로봇의 Teach Pendant기능을 갖도록 함.
- Data Save: actual position, error 데이터를 실시간으로 읽어 파일로 저장함.
- EtherCAT통신: 1msec, Trajectory & Inverse Kinematics: 5msec, MPG Function: 10msec 주기를 가짐.

2.3 로봇 제어 및 제어기성능 실험

Fig. 3은 위 연구에서 제시한 로봇 제어기 및 프로그램을 사용하여 6자유도 로봇의 반복정밀도를 측정한 값이다. 각 축의 평균오차가 $\pm 0.03\text{mm}$ 이내이므로 로봇제어기는 충분한 정밀도를 갖는다고 할 수 있다. Fig. 4는 개발한 로봇제어기로 로봇을 실시간 위치제어하면서 기본 Servo loop rate 마다 디지털 출력을 생성하고 이를 오실로스코프로 파형 및 주파수를 측정한 결과이다. Servo loop rate 마다 0V 또는 5V 디지털 출력을 전환하여 출력시키므로 Servo loop rate가 1,000Hz 일 때, 출력되는 디지털 출력을 주파수는 1/2로 반감하므로 500Hz가 되는데, 오실로스코프로 측정한 주파수에 2배를 곱하여 Servo loop rate를 환산하였을 때, 1.0kHz 으로 측정되었다.

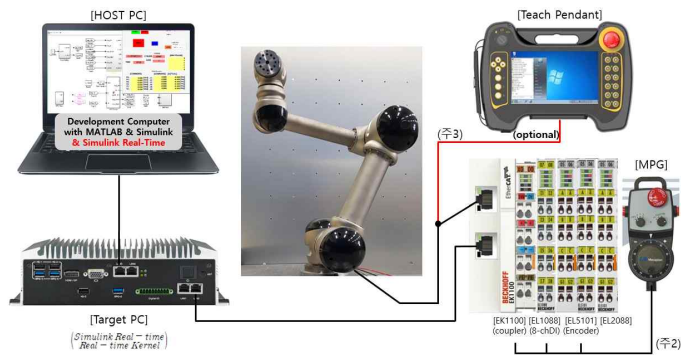


Fig. 1. Configuration of EtherCAT-based robot controller

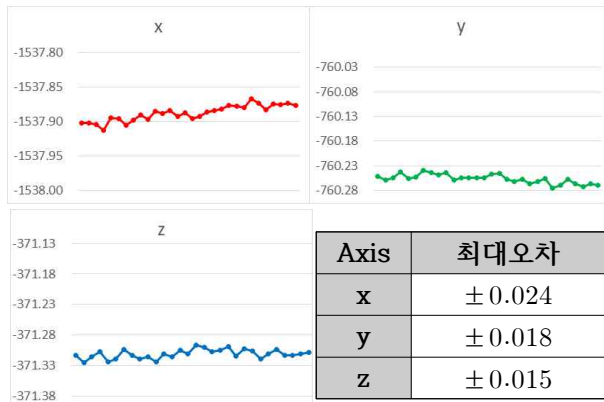


Fig. 3. Repeatability test of the 6-DOF robot

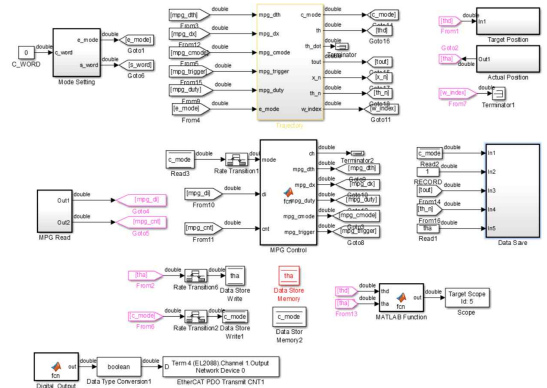


Fig. 2. Robot program using Simulink

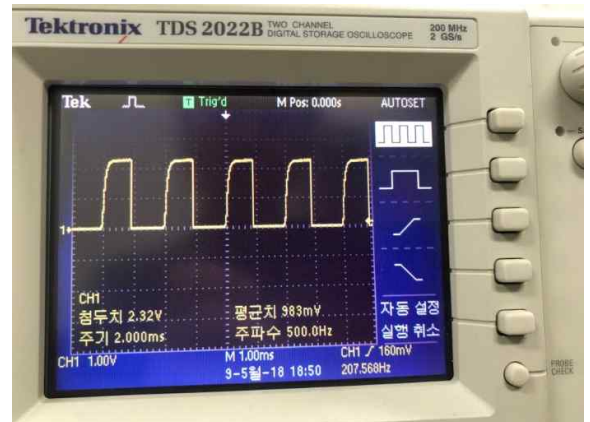


Fig. 4. Performance test of the robot controller

3. 결과 및 토의

본 연구에서는 EtherCAT통신기반 6자유도 로봇 제어기 및 Simulink Real-Time을 이용하여 로봇 제어프로그램을 개발하였다. 개발된 Simulink기반 로봇제어기는 새로운 제어 알고리즘 개발 및 실험적 검증에 매우 유용할 것이다. 향후 로봇의 링크에 터치센서를 부착하고, 6축 힘모멘트 측정기능을 갖는 병렬구조형 로봇베이스를 이용하여 위치기반 6자유도 로봇의 힘제어 방법을 개발하고자 한다.

사 사

본 논문은 2018년도 정부(중소벤처기업부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 WC300 R&D 사업 성과임(S2641371).

[참 고 문 헌]

- 1) <http://www.daincube.com>
- 2) <http://www.mathworks.com>
- 3) Tsai, L.W., *Robot Analysis: The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators*, Wiley, 1999.
- 4) <http://www.coppeliarobotics.com>

6축 힘/모멘트 측정기능을 갖는 병렬형 로봇베이스플랫폼 설계

정성훈¹, 김한성²

경남대학교 대학원 기계융합공학과¹, 경남대학교 기계공학부²

Design of a Parallel-type Robot Base Platform with 6-axis Force/Moment Sensing

Sung Hun Jung¹, Han Sung Kim²

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

Abstract

In this study, the design of the parallel-structured robot base platform with 6-axis force/moment sensing capability is presented. The robot base platform is supported by 6-SPS (Spherical- Prismatic-Spherical) legs in parallel and the six loadcells as prismatic joints are under pure forces. The prototype of the 6-axis robotic base platform with loadcells and the 6-axis force/moment measurement with 24-bit ADC and micro-controller are developed.

1. 서 론

본 연구에서는 6축 힘/모멘트를 측정할 수 있는 병렬구조형 로봇 베이스 플랫폼을 제안한다. 제안하는 로봇 베이스 플랫폼 기구는 Fig. 1과 같이 6-SPS 병렬형 구조로 구성되고, 로드셀 양단에 구형 조인트가 부착되어 플랫폼에 결합이 되므로 인장/압축력만을 받는다는 장점을 갖는다. 제안하는 로봇 베이스 플랫폼은 일반적인 힘/모멘트 측정으로 응용이 가능하나 Fig. 2과 같이 위치제어기반의 로봇 기구부를 장착하였을 경우 로봇 베이스 플랫폼의 힘/모멘트 측정을 통하여 로봇의 위치제어기능 외에 힘제어, 충돌 감지를 통한 협업기능, 직접교시 등의 고급제어 기능을 구현할 수 있다. 제안하는 방법의 장점으로는 엔드이펙터뿐만 아니라 로봇 암 전체에 작용하는 힘/모멘트를 측정할 수 있게 된다. 또한, 조인트 토크를 측정하는 방법은 조인트 축 내부에 센서를 장착하여야 하나 이 방법은 산업용 로봇에 별도의 조인트 센서 추가 없이 힘/모멘트 측정 및 힘제어 기능을 추가할 수 있다.

2. 본 론

2.1 6축 힘모멘트 측정기능을 갖는 병렬구조형 로봇베이스 플랫폼 및 측정 회로부 구성

본 연구에서 설계한 6축 힘/모멘트 측정기능을 갖는 로봇베이스 플랫폼은 Fig. 1과 같이, Gough-Stewart platform으로 이루어진 6축 플랫폼과 플랫폼을 지지하는 다리로서 6-SPS 구조를 사용하였다. 측정 회로부는 Fig. 3과 같이, Target PC, 마이크로컨트롤러, ADC, 로드셀로 구성되고 신호처리를 위한 마이크로컨트롤러는 Arduino, ADC는 Digilent사의 PmodAD5 모듈, 로드셀은 CAS사의 Loadcell(SBA-25L, 3mV/V, 25kgf)을 사용하였다. PmodAD5 모듈은 24bit ADC이며 Gain은 128배, Input range는 $\pm 20[mV]$ 를 가진다. 마이크로컨트롤러와 Target PC간은 RS-485 통신을 사용한다. Fig. 4는 PmodAD5 모듈 2개로 개발된 6축 힘/모멘트 측정 PCB를 나타낸다.

2.2 6축 힘모멘트 측정기능을 갖는 병렬구조형 로봇베이스 플랫폼 시스템 측정프로그램 및 측정실험

mV단위로 측정된 로드셀 전압의 Gain과 Offset값을 보정하여 각 로드셀의 작용하는 인장/압축력을 측정하고 6자유도 병렬기구의 정역학 관계를 이용하여 로봇베이스플랫폼에 작용하는 6축 힘/모멘트를 계산하였다. 로드셀 전압[mV]을 로드셀 힘[N]으로 환산하는 수식은 식(1)과 같다.

$$Value = Gain[i] \times (mV[i] - Offset[i]) \quad for \ i = 1 \cdots 6 \quad (1)$$



Fig. 1. Parallel-type robot base platform with 6-axis force/moment sensing



Fig. 2. Installation of a 6-DOF robot on the robot base platform

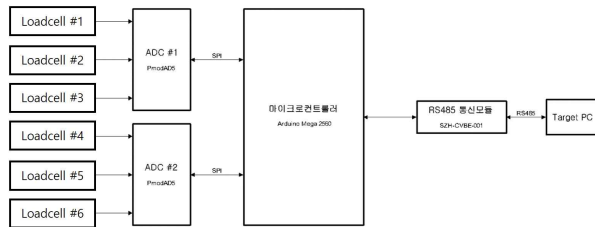


Fig. 3. Block Diagram of a 6-axis force/moment measurement system

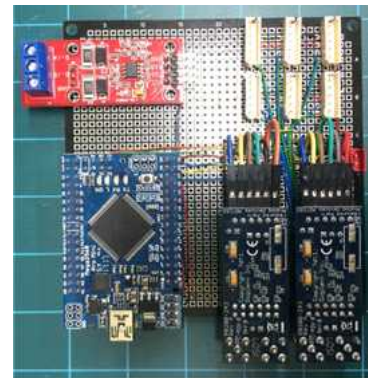


Fig. 4. 6-axis force/moment measurement circuit board

3. 결과 및 토의

본 연구에서는 상용 인장/압축 로드셀을 이용하여 6축 힘/모멘트 측정이 가능한 병렬구조형 로봇 베이스 플랫폼 및 측정 회로부를 개발하였다. 향후 연구는 위치제어 기반의 로봇 기구부를 베이스 플랫폼에 장착하고 로봇 기구부의 힘측정 및 힘제어 실험을 수행하고자 한다.

사 사

본 논문은 2018년도 정부(중소벤처기업부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 WC300 R&D 사업 성과임(S2641371).

[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.

부족구동을 갖는 적응형 그리퍼의 기구학 해석

김기성¹, 김한성²

경남대학교 기계공학부¹, 경남대학교 기계공학부²

Kinematics Analyses of a Novel Adaptive Gripper with Under Actuation

Gi Sung Kim¹, Han Sung Kim²

Department of Mechanical Convergence Engineering¹ and Mechanical Engineering, Kyungnam Univ.²

Abstract

In this study, a novel 2-DOF multi-joint adaptive gripper kinematics with under actuation is presented. The proposed gripper kinematics are divided into parallel grip and power grip modes. In the case of the parallel grip, it can be calculated by a parallelogram mechanism even with under actuation. However, the power grip mode requires additional sensors for kinematics analysis. For multi-joint gripper, the analysis of parallel grip is the same, and for power grip, the D coordinate are calculated according to the number of joints.

1. 서 론

본 연구에서는 종래의 부족구동을 갖는 다관절 적응형 그리퍼의 메커니즘에 대하여 기구학^[1-3] 해석을 수행한다. 그리퍼는 Fig. 1과 같이 6개의 회전 조인트로 구성된다 평상 시 평행그립 모드이며 토션 스프링(O)를 부착함으로써 모멘트(m_s)를 생성하여 DC링크와 DF링크가 분리되는 현상을 제어한다. 그립 시 힘(f_1)이 작용하는 경우, 모멘트(m_1)가 작용하여 DC링크와 DF링크가 부착되어 평행그립이 가능하다.

그립 시 물체의 형상에 따라 작용점이 달라지고 힘(f_2)이 발생하는 경우 평행그립 모드에 유지되는 힘보다 모터(A)에 의한 토크(T)가 더 크기 때문에 파워그립 모드가 된다. 이는 물체가 전체 구속이 될 때까지 진행된다.

2. 본 론

정기구학은 구동조인트 θ 가 주어졌을 때, 그리퍼가 되는 위치 P 를 구하는 문제이다. 여기서 A , B , D 점에 대한 좌표는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} Ax &= l_0 \cos \theta_0, Ay = l_0 \sin \theta_0 \\ Bx &= l_0 \cos \theta_0 + l_1 \cos \theta_1, By = l_0 \sin \theta_0 + l_1 \sin \theta_1 \\ Dx &= l_4 \cos \theta_4, Dy = l_4 \sin \theta_4 \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 C 좌표를 구하기 위해 Fig. 5와 같이 정리되며 다음과 같다.

$$Cx = Bx + x_{IP}, Cy = By + y_{IP} \quad (2)$$

평행그립 모드의 경우, $\alpha = \theta_5 - \theta_P \left(\theta_5 = \frac{\pi}{2} \right)$ 로 고정된 값이므로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Cx = Dx + l_3 \cos \alpha, \quad Cy = Dy + l_3 \sin \alpha \quad (3)$$

여기서 θ_1 이 주어졌을 때, 식(2)와 식(3)을 연립하면 θ_4 를 구하고 P 점은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Px = l_4 \cos \theta_4 + l_p \cos \theta_5, \quad Py = l_4 \sin \theta_4 + l_p \sin \theta_5 \quad (4)$$

파워그립 모드의 경우, 터치패널, 위치센서, 각도센서 등 센서를 이용하여 θ_4 를 구하면 α 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{Cy - Dy}{Cx - Dx}\right) \quad (5)$$

여기서, P 점은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P = D + R_p \left(R_p = R \begin{bmatrix} l_p \\ 0 \end{bmatrix}, R = \begin{bmatrix} \cos \theta_5 & -\sin \theta_5 \\ \sin \theta_5 & \cos \theta_5 \end{bmatrix} \right) \quad (6)$$

다관절의 경우, 평행그립 모드는 동일하게 계산되고 파워그립 모드는 다관절의 링크길이 및 조인트각을 l_{4i} , θ_{4i} ($i = 1, 2, 3, \dots$)라고 할 때 D 점은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n l_{4i} \cos \theta_{4i} \\ \sum_{i=1}^n l_{4i} \sin \theta_{4i} \end{bmatrix} \quad (7)$$

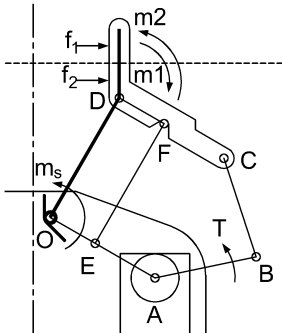


Fig. 1. Parallel grip with two joints

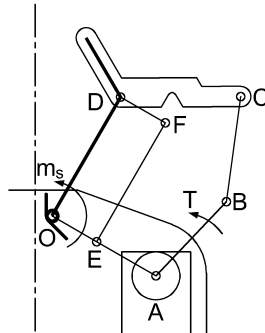


Fig. 2. Power grip with two joints

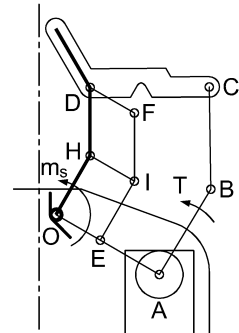


Fig. 3. Power grip with three joints

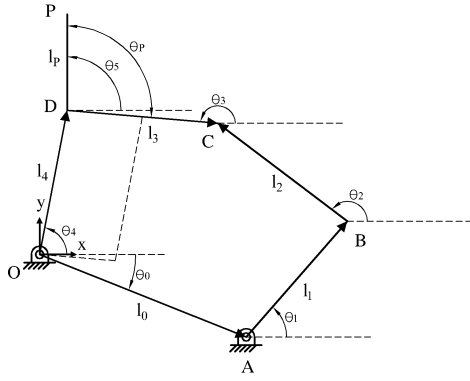


Fig. 4. Vector-loop diagram of the gripper

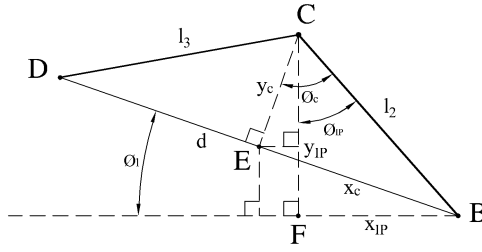


Fig. 5. Intersection point for C coordinate

$$\phi_1 = \text{atan}\left(\frac{Dy - By}{Dx - Bx}\right)$$

$$x_c = \frac{d^2 + l_2^2 - l_3^2}{2d}$$

$$y_c = \sqrt{l_2^2 - x_c^2}$$

$$\phi_c = \text{atan}\left(\frac{x_c}{y_c}\right)$$

$$\phi_{IP} = \phi_c - \phi_1$$

여기서,

$$x_{IP} = -l_2 \sin \phi_{IP}$$

$$y_{IP} = l_2 \cos \phi_{IP}$$

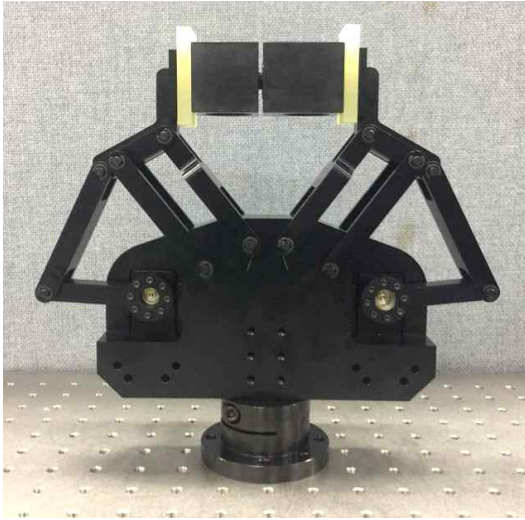


Fig. 6. Gripper prototype with parallel grip

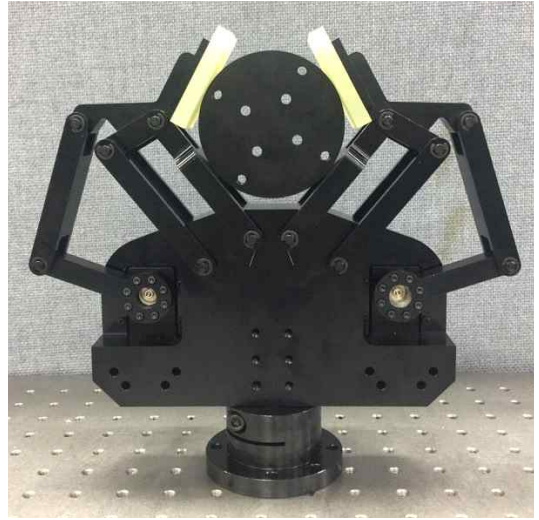


Fig. 7. Gripper prototype with power grip

사 사

본 논문은 2018년도 정부(중소벤처기업부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 WC300 R&D 사업 성과임(S2641371).

[참 고 문 헌]

- 1) Montambault, S., and Gosselin, C. M., 2001, "Analysis of Underactuated Mechanical Grippers," Journal of Mechanical Design, Vol., pp. 367-374.
- 2) John J. Craig, 1986, "Introduction to Robotics Mechanics and Control", Pearson International Edition, Vol., pp. 62-100.
- 3) <http://mathworld.wolfram.com/Circle-CircleIntersection.html>

쌀뜨물 발효액을 이용한 배추의 생장과 살충효과 연구

우지희¹, 데스티아니 수페노¹, 크리스타 마이난다 브리기타¹, 이은숙¹, 최원식^{1*}부산대학교 바이오산업기계공학과¹

The Effect of Growth and Insecticidal for Chinese Cabbage using Rice-washed Water Fermentation

Ji-Hee Woo¹, Destiani supeno¹, Maynanda Brigita Chrysta¹, En-Suk Lee¹, Won-Sik Choi^{1*}
Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹

Abstract

The production of Chinese cabbage is very high in South Korea. However, there are some problem to cultivate Chinese cabbage. For example, it is weak against pests. Pesticide is used to prevent the damage, but it is harmful to human and environment. In this study, rice water was used as material for fermentation process. Then, fermented rice washed water was used as insecticide. This research conducted seven days, and the pH and brix value analysis was done every 24 hours during fermentation process. This experiment showed that the ratio between rice water and sugar quantity have no correlation and the rice washed water affected to pretend the damage from insect and increase the quality of Chinese cabbage.

1. 서 론

배추(Brassica pekinensis RUPR.)는 순무의 재배종으로 중국이 원산지로서 밭에서 재배하는 두해살이 잎줄기 채소이다. 최근에는 배추의 시설재배가 시도되고 있으나 주로 노지에서 95%가 생산되기에 환경조건의 영향을 많이 받는 전형적인 밭작물이다. 호냉성 채소인 배추는 생육적온 보다 높은 온도에서는 생육저하 및 세포가 손상되어 품질저하와 생산량이 감소된다. 여름철 배추는 높은 온도와 습도로 인한 생리장해 및 병해충 발생으로 평지에서 생산이 어려워져 주로 고랭지 지역에서 집중적으로 생산되기 때문에 그 지역의 가뭄이나 집중 호우 시 피해에 따라 가을배추의 생산량에 미치는 영향이 크다. 발효는 오래 전부터 과실주, 맥주, 빵, 치즈 등의 제조에 전통적으로 널리 이용되어 왔으며, 미생물이 자신의 효소로 유기물을 분해 또는 변화시켜 각기의 특유한 최종 산물을 만들어 내는 현상이다. 일반적으로 발효를 함으로써 인간에 유익한 미생물들을 얻을 수 있는 데, 본 실험에서는 식물재배 시 사용하고 있는 살충제 대신 천연 쌀뜨물 발효물을 제조하여 배추에 살포 하였을 때 배추의 생장과 생산량에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

2. 본 론

2.1 쌀뜨물 발효

쌀뜨물 발효 시 당도가 발효조건에 미치는 영향을 알기위하여 발효조건을 1 Brix (A), 5 Brix (B), 10 Brix (C), 15 Brix (D), 20 Brix (E), 25 Brix (F), 총 6가지 조건으로 설정하여 당도만 달리하여 제조하였으며, 쌀뜨물을 발효실험의 주 재료로 사용하였다. 실험군의 비율은 다음 Table. 1과 같다. 10L와 5L 물통에 담았다. 발효기간은 대형 인큐베이터 안에서 35°C에서 총 7일 동안 행하였다.

Table 1. Ratio of Rice washed water fermentation.

Parameter	Sample					
	A	B	C	D	E	F
Water(L)	10	10	10	5	5	5
Brix	1	5	10	15	20	25
Sugar(gr)	100	500	1000	700	1000	1250
Salt(gr)	10	10	10	5	5	5
Yuyinkin(gr)	10	10	10	5	5	5

2.2 싼뜨물 발효액 배추 살포

본 연구에서는 단동형 비닐하우스 40평 규모에 배추 120포기를 각구간 당 20포기씩 A, B, C, D, E, F 총 6구간으로 나누어 미리 만들어 놓은 6가지 싼뜨물 발효액을 각 구간에 맞게 매 구간 마다 2L씩 10L 물 조리개를 이용하여 살포하였다. 배추의 1차 발효액 살포 후 사진은 다음 Fig 5, 6, 7, 8, 9, 10과 같다. 또한 발효액의 살포의 유무의 생장을 비교하고자 하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 Brix와 pH

싼뜨물을 1 Brix (A), 5 Brix (B), 10 Brix (C), 15 Brix (D), 20 Brix (E), 25 Brix (F), 총 6가지 조건으로 당도만 달리하여 Brix와 pH를 각각 24시간 마다 7일동안 측정하였으며, 같은 샘플을 총 3차 까지 진행하였으며, 실험을 각 실험군의 Brix와 pH측정 3차 측정의 평균 결과는 Fig. 1, 2와 같다. pH는 1차, 2차, 3차 모두 발효 시작 후 48 h까지 급격히 감소 경향을 보이고 168h일 때는 4.0 ± 0.5 로 유지하였으며, 시간의 흐름에 따라 점차적으로 더 감소 될 것으로 보인다. Brix의 경우 전체적으로 대부분 상승하였는데, 그 이유는 당분이 물과의 희석 과정에서 시간이 소요되어 상승 추세를 보인 것으로 사료되며, 추후 타 실험과 마찬가지로 서서히 감소할 것으로 보인다.

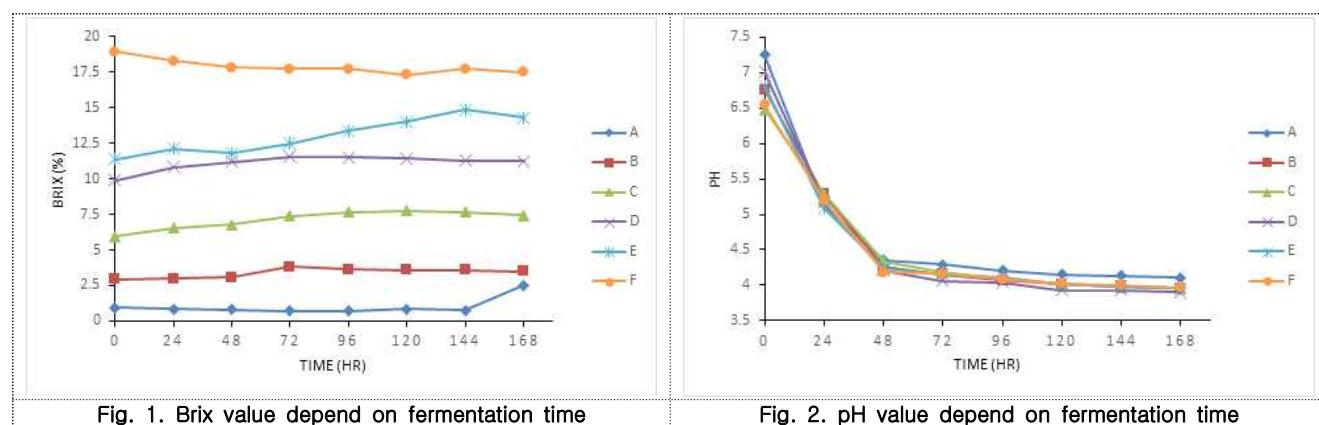


Fig. 1. Brix value depend on fermentation time

Fig. 2. pH value depend on fermentation time

3.2. 배추의 생육관찰

천연 싼뜨물 발효액을 배추에 살포 후 배추의 살충제 살포 유무의 실험 군과 당도에 따른 싼뜨물 살충제의 살충 효과를 비교해 보았다. 육안으로 보았을 때에 싼뜨물 발효액을 살포한 배추는 당도와 무관하게 잘 성장하였으며, 그중에서 B,C의 배추가 크고 엽수가 가장 많았다. 일반 배추의 경우 해충의 영향을 받아 싼뜨물 발효액을 뿌린 배추와 비교하였을 때, 확연하게 느린 성장과 저품질 배추로 생장을 한 것을 볼 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 천연 싼뜨물 발효액의 살충효과와 배추의 생장을 연구하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다. 싼뜨물의 당도를 달리하여 발효한 결과 pH곡선은 3차 실험 모두 48시간 까지 급하강 하다가 그 이후로는 큰 변화가 없었다. Brix의 경우 대부분 상승하는 것을 보였는데 물에 당이 희석하는데 까지 시간이 소요되어 상승한 것으로 보이며, 추후 서서히 감소하는 것을 확인하였다. 또한 천연 싼뜨물 발효액을 당도만 다르게 하여 살포한 결과 모두 배추 살충의 효과가 있었으며, B와 C의 배추에서 확연한 크기 차이를 나타냈다. 따라서 당도와 무관하게 소량의 당으로 만으로도 살충의 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- 1) Kyoung Soo Jang, Jin-Cheol Kim, He-Kyoung Lim, Kwang Yun Cho, Gyung Ja Choi, "In Vivo Antifungal Activities of Various Fungicides against Plasmodiophora brassicae", The Korean Society Of Pesticide Science, pp. 422-428, 12. 2005.
- 2) Sang Gyu Lee, Hee Ju Lee, Sung Kyeom Kim, Chang Sun Choi, Sung Tae Park, Yoon Ah Jang, Kyung Ran Do, "Effects of Vernalization, Temperature, and Soil Drying Periods on the Growth and Yield of Chinese Cabbage", Korean Society For Horticultural Science. pp. 820-828, 12. 2015.

연꽃 줄기 발효시 생리활성 특성에 관한 연구

남미경¹, 데스티아니 수페노¹, 크리스타 마이난다 브리기타¹, 이은숙¹, 최원식^{1*}

부산대학교 바이오산업기계공학과¹

Studies on the Physiological Activity Characteristics of lotus Stem Fermentation

Mi-Kyeng Nam¹, Destiani supeno¹, Maynanda Brigita Chrysta¹, En-Suk Lee¹, Won-Sik Choi^{1*}
Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹

Abstract

The production of Chinese cabbage is very high in South Korea. However, there are some problem to cultivate Chinese cabbage. For example, it is weak against pests. Pesticide is used to prevent the damage, but it is harmful to human and environment. In this study, rice water was used as material for fermentation process. Then, fermented rice washed water was used as insecticide. This research conducted seven days, and the pH and brix value analysis was done every 24 hours during fermentation process. This experiment showed that the ratio between rice water and sugar quantity have no correlation and the rice washed water affected to pretend the damage from insect and increase the quality of Chinese cabbage.

1. 서 론

연꽃은 관상용과 차의 재료로, 연근, 연잎, 연자육은 식용으로, 연심, 연밥은 한의학에서 유용한 한약재로 사용하는 등 연의 부위별 활용은 다양하며, 연은 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있으며 그중 항산화 물질로 알려진 flavonoids, tannic acid 등 다양한 polyphenol 화합물 oligomeric procyanidine 등이 연잎, 연꽃, 연자육 및 연근에 다량 함유되어 있는 것으로 보고되었다. 연은 이처럼 다양한 효능이 있음에도 불구하고 요리법과 활용도가 다른 식재료에 비해 미미하다. 아직 연대에 대한 효능이나 활용은 알려진 것이 많지 않다. 따라서 본 연구는 아직 알려지지 않은 연꽃 줄기를 활용하여 식초로 제조하여 생리활성 특성을 연구 하는데 목적이 있다.

2. 본 론

2.1 연대 발효물 시료

연대 50g, 설탕 30g, 소금 1g, 유인균 1g, 물 500 mL 비율의 연대 발효물을 시료로 사용하였으며, 활성비교를 위한 대조군으로 유인균을 제외한 열수추출물(대조군1: 연대 50g, 물 500 mL 및 대조군2: 연대 50g, 설탕 30g, 소금 1g, 물 500 mL)을 사용하였음. 대조군은 121°C에서 15분간 열수추출한 후, 여과지로 감압여과 하였다.

2.2 항산화활성 분석

1) 총 폴리페놀(polyphenol) 함량 측정

Folin-Denis법에 따라 비색 정량함. 시료 1 mL, 증류수 1 mL를 가하여 희석하고 1 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent 2 mL를 가하여 실온에서 3분간 방치, 10% Na₂CO₃용액 2 mL를 가하여, 1시간 동안 상온에서 방치, 1시간 후 13,400 g에서 5분간 원심분리, 상층액 200 µL를 취하여 ELISA reader를 사용하여 690 nm에서 흡광도를 측정함. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성하고, 총 페놀 함량은 mg gallic acid equivalents(GAE)/100 g 단위로 나타냈다.

2) 총 플라보노이드(flavonoid) 함량 측정

Davis법에 따라 비색 정량함. 시료 0.1 mL에 diethyl glycol 1 mL를 가하여 실온에서 5분간 방치한 후, 1 N NaOH 용액 0.1 mL를 가하여 이 혼합액을 30분 동안 상온에서 방치하여. 반응이 끝난 혼합액은 UV/VIS spectrometer를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정함. 표준물질로 quercetin을 사용하여 검량선

을 작성하고, 총 플라보노이드 함량은 mg quercetin equivalents(QE)/100 g 단위로 나타냈다.

3) DPPH 라디칼 소거능 측정

Mensor방법으로 변형하여 측정, 시료 20 μ L에 0.4 mM DPPH 에탄올 용액 80 μ L을 가하여 10초 동안 잘 혼합한 후 상온에서 10분간 반응시켜, 끝난 혼합액은 커 ELISA reader를 이용하여 492 nm에서 흡광도를 측정함. DPPH radical을 50% 저해하는 농도인 IC50을 구하였다.

4) Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) value 측정

Peroxyl radical 소거능을 통한 항산화 활성 측정은 peroxyl radical scavenging capacity(ORACROO $\cdot$) 분석법을 이용함. 시료 50 μ L에 buffer 100 μ L, peroxyl radical 생성을 위한 80 nM AAPH 50 μ L 및 80 nM fluorescein 50 μ L를 가한 후 GENios fluorescence plate reader를 이용하여 excitation wavelength 485 nm, emission wavelength 535 nm에서 매 2 분마다 2시간 동안 측정하였다. 최종 반응 농도 1 μ M의 trolox를 control standard로 사용하고, ORAC value는 각 시료의 형광이 감소하는 곡선 아래 부분의 총 면적을 산출하여 1 μ M trolox equivalents(TE)로 나타냈다.

2.3 통계처리

모든 데이터의 통계처리는 SPSS Windows 14.0 이용하여 분석하고, 결과는 평균 $\pm$ 표준편차(SD)로 나타내며, 신뢰수준 95%($P < 0.05$)에서 평균값들에 대해 유의성을 검증함. 각 항목은 일원배치분산분석을 시행하여 F값을 구하고, Duncan's multiple range test를 이용하여 각 구간의 유의성 차이를 검증하였다..

3. 결과 및 토의

3.1 연대 발효물의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석

연대 발효물의 총 폴리페놀 함량은 283.7 ± 97.6 mg/100 g QAE 였으며, 대조군보다 12.9~27.8% 증가하였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았음. 또한 연대 발효물의 총 플라보노이드 함량은 3.3 ± 0.0 mg/100 g QAE 였으며, 대조군보다 유의적으로 낮은 것으로 나타났다.

3.2 연대 발효물의 DPPH 라디칼 소거능 분석

연대 발효물의 DPPH 라디칼 소거능은 농도 의존적으로 증가하였으며, 최고농도에서 32.6 ± 0.7 %의 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었다. 그러나 연대 발효물의 DPPH 라디칼 소거능은 대조군보다 유의적으로 낮았다.

3.2. 배추의 생육관찰

천연 찹쌀물 발효액을 배추에 살포 후 배추의 살충제 살포 유무의 실험 군과 당도에 따른 찹쌀물 살충제의 살충 효과를 비교해 보았다. 육안으로 보았을 때에 찹쌀물 발효액을 살포한 배추는 당도와 무관하게 잘 생장하였으며, 그중에서 B,C의 배추가 크고 엽수가 가장 많았다. 일반 배추의 경우 해충의 영향을 받아 찹쌀물 발효액을 뿌린 배추와 비교하였을 때, 확연하게 느린 성장과 저품질 배추로 생장을 한 것을 볼 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 천연 찹쌀물 발효액의 살충효과와 배추의 생장을 연구하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다. 찹쌀물의 당도를 달리하여 발효한 결과 pH곡선은 3차 실험 모두 48시간 까지 급하강 하다가 그 이후로는 큰 변화가 없었다. Brix의 경우 대부분 상승하는 것을 보였는데 물에 당이 희석하는데 까지 시간이 소요되어 상승한 것으로 보이며, 추후 서서히 감소하는 것을 확인하였다. 또한 천연 찹쌀물 발효액을 당도만 다르게 하여 살포한 결과 모두 배추 살충의 효과가 있었으며, B와 C의 배추에서 확연한 크기 차이를 나타냈다. 따라서 당도와 무관하게 소량의 당으로 만으로도 살충의 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- 1) Kyoung Soo Jang, Jin-Cheol Kim, He-Kyoung Lim, Kwang Yun Cho, Gyung Ja Choi, "In Vivo Antifungal Activities of Various Fungicides against Plasmodiophora brassicae", The Korean Society Of Pesticide Science, pp. 422-428, 12. 2005.
- 2) Sang Gyu Lee, Hee Ju Lee, Sung Kyeom Kim, Chang Sun Choi, Sung Tae Park, Yoon Ah Jang, Kyung Ran Do, "Effects of Vernalization, Temperature, and Soil Drying Periods on the Growth and Yield of Chinese Cabbage", Korean Society For Horticultural Science. pp. 820-828, 12. 2015.

과일종류에 따른 발효특성에 관한 연구

권용진¹, 손성준¹, 정철민¹, 이은숙¹, 최원식^{1*}
부산대학교 바이오산업기계공학과¹

The Charecteristic of Food Fermentation for Various Fruits

Yong Jin Kwon¹, Sung Joon Son¹, Chul MinN Jung¹, Eun Suk Lee¹, Won Sik Choi^{1*}
Bio Industrial Mechanical Engineering, Pusan National Univiersity¹

Abstract

In this study, we investigate the process from alcohol fermentation to acetic acid fermentation to make fruit vinegar. Add a ferment germ, salt and sugar to each fruit to see how the sugar becomes vinegar. Each fruit is also examined in three different experimental groups (blender, sliced, whole fruit) with changes in surface area. Measure the pH, Brix, and alcohol levels of each fruit once a day during the course of the experiment. Generally, it takes 3 months for sugar to become vinegar, but in this experiment, the experiment was conducted focusing on the change of initial concentration value. As the time passed, the sugar was fermented through the yeast strain and the Brix concentration decreased, but the pH and alcohol concentration did not change much. Generally, the variation of the concentration depending on the surface area was smaller as the thickness was decreased.

1. 서 론

식초는 초산, 구연산, 아미노산 등 60여 종 이상의 유기산을 포함하며, 비타민과 무기질 등 각종 영양소의 체내 흡수를 도와준다. 비만을 방지하는데 탁월할 뿐만 아니라 콜레스테롤 저하에 큰 도움이 된다. 또한, 항암작용 또한 있으며, 신 맛은 음식의 풍미를 살리는데 도움을 주어 식생활 전반에 걸쳐 널리 사용되어지고 있다. 일반적으로 시중에 파는 식초는 짧은 기간동안 만들어지기에 식초의 특성을 제대로 살리지 못 했다. 이와 같은 이유로 식초의 발효에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 따라서, 본 실습에서는 다양한 과일을 이용하여, 알코올 발효와 아세트산 발효를 통해서 과일이 어떻게 식초가 되는지를 시간의 경과에 따라 살펴본다. 또한 각 과일 당 표면적을 다르게 하여 표면적이 발효 속도에 어떠한 영향을 미치는지 비교, 분석하였다.

2. 본 론

2.1 과일에 유인균, 소금, 설탕 첨가

단호박, 키위, 멜론에 유인균, 설탕, 소금을 첨가하여 24Brix를 맞춘다. 용기에 담기 전 용기를 뜨거운 물로 살균하여 다른 균의 첨가를 방지한다. 35℃를 유지시켜 주는 온도를 유지함에 각 과일을 담은 용기를 넣고 48시간 이상 보관한다. 그 후, 각 용기 당 과일을 거름망을 이용하여 액체만 분리시킨다.

2.2 pH, 알코올농도, Brix농도 측정

시간 경과에 따른 당 성분의 식초 변화를 살펴보기 위해 매일 같은 시간에 Brix측정기, pH 측정기, 알코올 농도 측정기를 이용하여 각 용기 당 성분의 농도 변화를 살펴본다. 추가적으로 페놀프탈레인 0.1mL와 수산화 나트륨을 이용하여 지시약을 제조하여 pH 변화도 살펴본다.

3. 결과 및 토의

각각 과일의 Brix농도는 시간이 경과함에 따라 유인균에 의해 알코올 발효와 아세트산 발효를 통해 농도가 감소하며 식초가 되어간다. pH와 알코올 농도는 큰 편차가 없어 발효가 잘 진행되고 있다는 것을 알 수 있다.

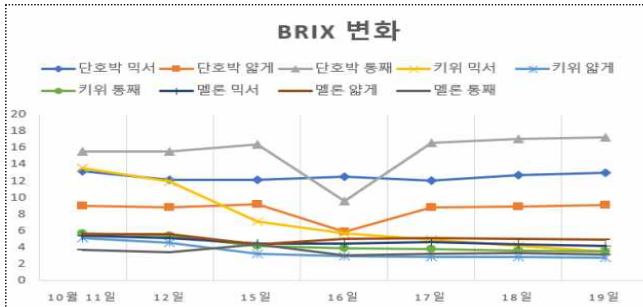


Fig. 1. Brix of each fruit

	10월 11일	12일	15일	16일	17일	18일	19일
단호박 믹서	13.1	12.1	12.1	12.5	12	12.7	13.1
단호박 알개	9	8.8	9.2	5.8	8.8	8.9	9.1
단호박 통째	15.5	15.5	16.4	9.5	16.6	17	17.2
키위 믹서	13.5	11.9	7.1	5.7	4.9	4.1	3.5
키위 알개	5.1	4.5	3.2	2.9	2.8	2.8	2.7
키위 통째	5.7	5.4	4.1	3.9	3.8	3.6	3.5
멜론 믹서	5.4	5.1	4.4	4.4	4.6	4.3	4.1
멜론 알개	5.6	5.6	4.3	5	5.1	5	4.9
멜론 통째	3.7	3.4	4.3	3	3.2	3.3	3.1

Fig. 2. each value of Brix

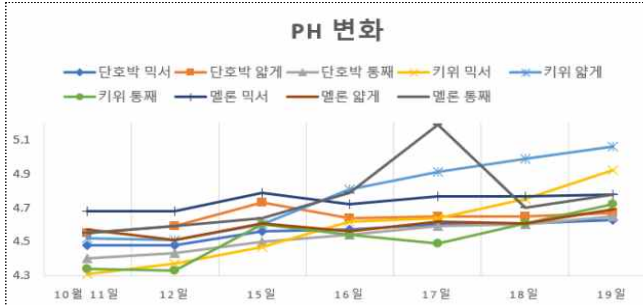


Fig. 3. pH of each fruit

	10월 11일	12일	15일	16일	17일	18일	19일
단호박 믹서	4.48	4.48	4.56	4.57	4.6	4.61	4.63
단호박 알개	4.55	4.59	4.73	4.64	4.65	4.65	4.67
단호박 통째	4.4	4.43	4.5	4.54	4.59	4.6	4.65
키위 믹서	4.31	4.37	4.47	4.62	4.64	4.75	4.92
키위 알개	4.52	4.51	4.6	4.81	4.91	4.99	5.06
키위 통째	4.34	4.33	4.6	4.54	4.49	4.61	4.72
멜론 믹서	4.68	4.68	4.79	4.72	4.77	4.77	4.78
멜론 알개	4.57	4.51	4.61	4.56	4.62	4.61	4.69
멜론 통째	4.55	4.59	4.64	4.79	5.19	4.7	4.78

Fig. 4. each value of pH

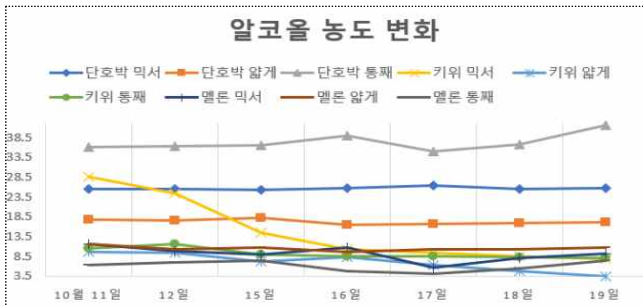


Fig. 5. alcohol concentration of each fruit

	10월 11일	12일	15일	16일	17일	18일	19일
단호박 믹서	25.6	25.5	25.2	25.8	26.4	25.6	25.7
단호박 알개	17.7	17.5	18.3	16.5	16.6	16.8	17.1
단호박 통째	36.1	36.4	36.6	39	34.9	36.7	41.6
키위 믹서	28.5	24.3	14.5	10.3	9.4	8.6	7.9
키위 알개	9.5	9.4	7.1	8.3	6.3	4.8	3.5
키위 통째	10.4	11.6	8.9	8.6	8.5	8.3	8
멜론 믹서	11.5	9.8	9	10.6	5.7	8.1	9.1
멜론 알개	11.6	10.2	10.6	9.5	10.2	10.3	10.6
멜론 통째	6.3	6.9	7.3	4.7	4.1	5.5	7.3

Fig. 6. each value of alcohol concentration

4. 결 론

본 실습에서는 각 재료의 일정한 Brix에서의 Brix, pH, 알코올 농도 변화를 측정했다. 단호박, 키위, 멜론 이 가지는 각 재료의 특성 및 효능이 다르고, 실험 중간에 즙을 짜내는 과정, 눈으로 직접 pH를 측정하는 과정, 공기 중의 균의 유입 등 환경적인 요인도 있기 때문에 그래프의 모양이 일정한 규칙을 띄지는 않았다. 하지만, 키위의 경우를 보면 키위 표면적이 작을수록, 즉 키위를 더 잘게 자를수록 발효속도가 더 빨랐는데 이 점 역시 유기물의 양과 관련된 것이라고 생각할 수 있다. 즉, 유기물의 양이 발효와 관련이 있다는 점을 알 수 있다. 실습 기간이 3주로 길지 않았던 만큼, 장기간 길게 주어지고 재질이 무르며 당도가 높은 재료 위주로 선택했다면 좀 더 효과적인 발효가 진행되었을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- 1) 시판 과일식초의 발효방법에 따른 이화학적 특성 비교
Physicochemical Properties of Commercial Fruit Vinegars with Different Fermentation Methods/ 김 경오
- 2) 연구논문 : 딸기의 알콜 발효 특성 모니터링
Originals : Monitoring on Alcohol Fermentation Characteristics of Strawberry / 이진만, 김숙경
- 3) 우영식초 발효조건 최적화 및 발효식초의 항비만 효능 평가 = Optimization of Fermentation Conditions of Burdock Vinegar and Effect on Anti-obesity of Fermented Vinegar/ 김이슬
- 4) 알코올발효에 의한 양파 식초의 제조와 품질특성 = Semi-continuous Fermentation of Onion Vinegar and Its Quality Evaluation/ 이진아

국산 비트의 재료형태에 따른 발효 특성연구

이은숙¹, 조희정¹, 최원식^{1*}
부산대학교 바이오산업기계공학과¹

A study of the Beet fermentation by Material shape

Eun Suk Lee¹, Hee Jeong Jo¹, Won Sik Choi¹
Dept. of Bio Industrial Machinery Engineering, Pusan National University¹,

Abstract

In this study, the roots of the bits were used as experimental material. Beet is relatively easy to grow and can eat whole grass, making it a popular home-grown product. Since the bits are unfamiliar to Korea and we don't know how to use them well, we selected the method of fermentation to help people get to know them better and use them in various places. Brix, pH, alcohol, acidity, and taste were measured on a date basis by mixing sugar and water into three main types of bits, finely chopped bits, and bit shells.

1. 서 론

식초는 오랜 옛날부터 이용되어온 발효식품으로 기초 조미료 뿐만 아니라 식품방부제, 의약품으로 다양하게 쓰이고 있다. 식초는 초산, 구연산, 아미노산 등 많은 유기산들을 포함하고 있으며 비타민과 무기질 등 각종 영양소의 체내 흡수를 도와주는 촉진제 역할을 한다. 식초를 이용한 방법은 살균, 방부, 저장 등 여러 가지 형태로 쓰여진다. 우리나라에서는 비트가 생소하지만 외국의 음식문화가 들어오면서 비트를 이용한 피클이 지금의 주된 활용방법이 되었다. 하지만 아직까지는 비트가 많이 어색하고 비트의 진한 색깔 때문에 음식에 다양하게 활용되지 않고 지금에 머물러있다. 본 실험에서는 비트를 활용한 발효의 경과를 한 눈에 볼 수 있고 다양한 조건의 Brix, pH, 알코올을 알 수 있게 함으로써 비트를 활용한 술, 비트주스, 비트식혜 등 다양한 곳에 활용할 수 있게 하여 이와 같은 문제점을 해결하고자 하였다. 특히 발효식초는 다른 분야들에 비해 피로 회복, 성인병 예방, 식욕 증진, 소화 촉진 등 건강에 이로운 부분이 많으며 저장기간이 길어 활용범위가 넓어 발효식초를 연구하였다.

2. 본 론

2.1 재료 및 방법

비트 뿌리를 1)간 비트 2)잘게 썬 비트 3)비트 껍질로 나누어 따로 발효통에 보관한다. 각각의 실험군의 Brix를 먼저 재고 총 Brix의 합이 24가 되도록 설탕의 용량을 정한다. 비트를 넣은 만큼 물의 양을 맞추고 소금 1g, EM 1g을 넣어 제조하였다.

제조한 3개의 실험군을 실험 시작일로부터 매일 13시경에 Brix와 pH를 측정하였다. 실험에 Brix 측정은 pocket refractometer (ATAGO, Japan)을 이용하여 측정하였으며, pH 측정 시 pH meter(pH-250L, NeoMet, ISTEK)를 사용하였다. 발효가 진행되는 것이 보이면 발효통 안의 내용물들의 건더기를 망에 걸러내고 깨끗하게 걸러진 발효액만 발효통에 담아 보관한다. 실험경과 3일째 되는 날 발효통의 뚜껑을 열고 한지 재질의 종이를 씌워 보관하였다. 이는 발효통 안으로 호흡이 가능하도록 한 것이다. 총 9일간의 실험 기간을 두고 경과를 지켜보았으며 이는 발효과정 중 술(알코올)이 되고 그 이후에 발효식초가 되는 시간에 비하여 다소 부족한 기간이다.

3. 결과 및 토의

비트를 여러 조건으로 발효하여 Brix값과 알코올, pH를 측정해 보았다. Brix의 값은 점점 줄어드는 모습이 정확하게 보였다. 알코올도 Brix와 마찬가지로 점점 줄어드는 모습이 보였다. pH값은 오르는 듯하더니 내려가기를 반복했다. 이상적으로는 pH값도 점점 줄어들어 발효가 되면서 산성인 식초로 변해가야 하지만 비트의 당도가 다른 채소나 과일보다 높기 때문에 pH가 좀처럼 줄지 않고 오르락내리락하였다. 그리고 pH값을 측정할 때 pH meter에 보이는 측정값이 정확하지 않고 자주 바뀌기 때문에 소수점 한자리 수부터는 정확성이 떨어진다고 볼 수 있다. Brix는 비트 발효액이 점점 식초가 되어가기 때문에 내려가는 것이 맞고 알코올도 종이 구멍을 통해 날아가기 때문에 감소한다. 맛에서도 차이가 있었다. 발효 초반의 간 비트 발효액은 옥수수맛이 상대적으로 많이 나고 아주 약간의 신맛이 있었다. 잘게 썬 비트 발효액은 실험군 중 제일 시고 맛이 진했다. 비트 껍질 발효액은 맛이 제일 진했고 단맛의 농도도 가장 짙었다. 발효 후반으로 갈수록 전체적으로 단맛이 줄어들고 신맛이 점점 올라오면서 발효가 되어감을 맛으로 확인할 수 있었다.

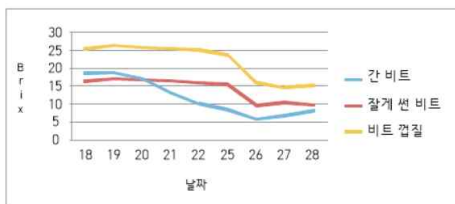


Fig 1. Brix by date

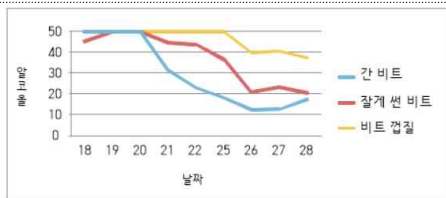


Fig 2. Alcohol by date

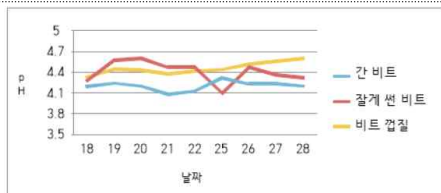


Fig 3. Brix, Alcohol, pH by date



Fig. 4. Experimental view of pH, Brix and alcohol measurement

4. 결 론

본 연구에서는 비트를 활용해 pH와 Brix, 알코올이 발효에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 본 논문의 연구내용을 정리해보면 다음과 같다. 믹서로 간 비트에서 Brix, pH, 알코올 변화가 가장 많이 일어나는 것으로 보아 다른 실험군들 중 가장 발효의 조건이 맞다 볼 수 있다. pH는 4의 범위에서 크게 벗어나지 않고 맛이 시다고 해서 pH가 많이 차이 나는 않는다. 비트 껍질에서도 발효가 일어나는 것으로 보아 비트 발효를 활용할 때 껍질도 함께 쓸 수 있다는 것을 입증하였다. 이 결과들로 보아 발효 시 물질의 상태에 따라 발효에 큰 영향을 주며, 본 연구를 통하여 비트를 믹서에 갈았을 때 비트 발효 시 매우 효과적임을 알 수 있으며, 비트 껍질 또한 활용할 수 있음을 보였다. 본 연구를 활용하여 비트 발효에 다양한 시도를 해본다면 막걸리 만큼 사람들에게 친근하게 다가갈 수 있는 발효식품을 만들 수 있을 것이라 사료된다.

[참 고 문 헌]

- 1) 우지희, 데스티아니 수페노, 최선미, 김미자, 정성원, 최원식, “문경 꼬마사과를 활용한 발효 연구”
- 2) 김경오, 김성미, 김수미, 김동영, 조덕조, 여수환, 정용진, 권중호. (2013). 시판 과일식초의 발효방법에 따른 이화학적 특성 비교. 한국식품영양과학회지, 42(5), 736-742.

국산 검은콩의 전처리에 따른 발효 연구

황현지¹, 김태은¹, 이은숙¹, 최원식^{1*}
부산대학교 바이오산업기계공학과¹

A Study on the fermentation for Pre-treatment Black Soybean

Hyun Ji Hwang¹, Tae Eun Kim¹, Eun suk Lee¹, Won Sik Choi^{1*}
Bio Industry Mechanical Engineering, Pusan National University¹

Abstract

In this study, black beans, which can be easily obtained in Korea, were used as materials for fermentation. Black bean is a representative of black food called health food. It contains a lot of good anthocyanin pigment in our body, and it is good for health by restoring eyesight and anticancer action. In this experiment, black beans were divided into general, boiled, and liver black beans, and the degree of fermentation was measured by measuring the Brix and pH, and it was performed for 3 weeks. These results demonstrate that boiled black beans and liver black beans are more suitable for fermentation than ordinary black beans.

1. 서 론

콩은 다량의 단백질뿐만 아니라 이소플라본, 식이섬유소, 사포닌, 트립신 저해제 등과 같은 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있어 노화방지, 심혈관계 질환, 암 등과 같은 질병 예방 및 치료에 도움을 준다고 알려져 있다. 특히 검은콩에는 모발 성장에 필수성분인 아르기닌과 시스테인, 피토에스트로겐인 이소플라본, 불포화지방산과 비타민 E, 안토시아닌 등이 다량 함유되어 있어 모발의 성장 및 윤기, 탄력을 증진시키며, 오래전부터 모발 성장을 촉진하고 모발의 윤기와 탄력을 증진시킨다고 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 검은콩을 이용한 발효를 통하여 검은콩 식초의 가능성을 살펴보고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험 재료

검은콩을 일반, 삶은, 간 검은콩으로 나누어 따로 발효통에 보관한다. 각각의 실험군의 Brix를 먼저 재고 총 Brix의 합이 26%이 되도록 설탕의 용량을 정한다. 검은콩과 물을 1:1 비율로 넣고, 천일염과 유인균은 500g 당 1g 비율로 검은콩 300g당 0.6g 첨가하였다.

2.2 실험 방법

실험에 Brix 측정은 Pocket refractometer(ATAGO, Japan)을 이용하여 측정하였고 pH 측정 시에는 pH meter(pH-250L, NeoMet, ISTEK)를 이용하였다.

1차 발효로 알코올발효를 72시간 진행한 후, 내용물들의 건더기를 망에 걸러내고 깨끗하게 걸러진 발효액만 따로 담아 2차 발효인 초산발효를 진행하였다. 해당 발효통의 호흡을 위해 뚜껑 대신 화선지 재질의 종이를 씌워 11일간 보관하였다. 초산발효는 10℃이하 또는 45℃이상에서는 번식력이 매우 약해지므로 34℃ 인큐베이터에서 발효가 이루어 졌다.

3. 결과 및 토의

검은콩을 여러 조건으로 발효하여 Brix값과 pH를 측정해 보았다. 이상적인 실험 결과로는 pH값과 Brix값은 점점 감소하여야 했다. 초반에는 검은콩에서 나온 당으로 인해 Brix값이 조금 올라갔지만 시간이 지날수록 Brix의 값과 pH값은 점점 줄어들었다. 그러던 중 마지막 측정에서는 Brix값이 약간 상승하였는데, 콩 내부에 남아있던 당 혹은 녹지 않은 설탕 때문으로 보인다.

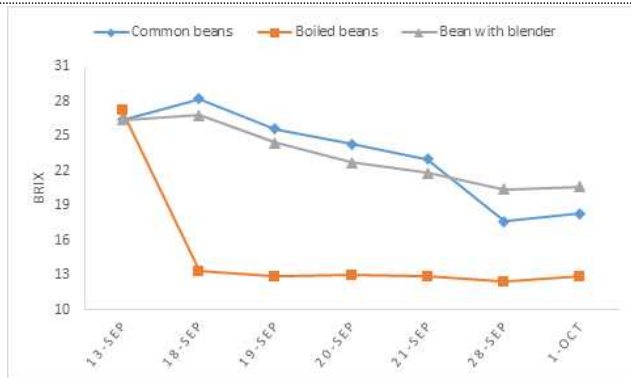


Table. 1. Brix measure

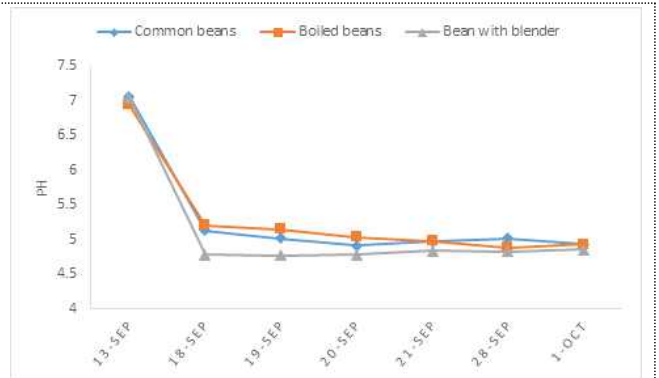


Table. 2. pH measure

4. 결 론

본 연구에서는 검은콩을 활용해 pH와 Brix를 측정하여 시간에 따른 발효 정도를 연구하였다. 본 논문의 연구내용을 정리해보면 다음과 같다.

1. 삶은 검은콩에서 Brix가 가장 낮아졌고, 간 검은콩에서 pH가 가장 낮아진 것으로 보아 일방 검은콩 보다는 삶거나 간 검은콩이 발효조건에 가장 알맞은 실험군이라고 볼 수 있다.
2. pH는 발효가 시작 된 이후에는 큰 변화를 보이지 않았다. 발효가 진행되고 있는 과정임에도 불구하고 미세한 변화만을 보였다.
3. 일반, 삶은, 간 검은콩 모두에서 발효가 일어났으며 발효 시 물질의 상태에 따라 발효에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 본 연구를 통해 삶은 검은콩이 발효에 가장 효과적임을 알 수 있으며, 다른 방법 역시 발효가 가능했다. 본 연구를 활용하여 기대하지 않았던 검은콩 발효에 다른 시각으로 접근할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- 1) 최지혜, 이명숙, 김현정, 권정일, 이윤경 “Effects of Black Soybean and Fermented Black Soybean Extracts on Proliferation of Human Follicle Dermal Papilla Cells” 2017.6, 671-680
- 2) 조현국, 이주영, 서원택, 김명규, 조계만 “Quality Characteristics and Antioxidant Effects during Makgeolli Fermentation by Purple Sweet Potato-rice Nuruk” 2012.12, 728-735
- 3) Yong-Ho Kim, Hong-Tae Yun, Keum-Yong Park “Biological Effects of Black Colored Soybean” Vol.7 No.3, 2004.12, 195-199

태양광과 무전극형광등에 의한 상추 생육 특성

최원식^{1*}, 양지웅¹, 박진규², 윤상진¹, 우지희¹, 이은숙¹
부산대학교 바이오산업기계공학과¹ 정일글로벌²

Characteristics of Lettuce Growth under Solar and Electrodeless Fluorescent Lamps

Wonsik Choi^{1*}, Ji Ung Yang¹, Jinkyu Park², Sangjin Yoon¹, Ji-Hee Woo¹, Eunsuk Lee¹
Departement of Bio Industry Machinery engineering, Pusan National University¹ JEONG-IL GLOCHEM Co., Ltd.²

Abstract

In the food industry, lettuce is a leafy vegetable crop and considered to be one of the most consumed domestic vegetables in Korea. it is greatly affected by the presence of light. In this experiment, we investigated the growth response of lettuce using solar and fluorescent lamps light. The height of lettuce was highest in the red fluorescent lamp. Solar light is the lowest growth performance. The root length of lettuce was highest in green light compared to sunlight. Using red and green fluorescent lamps in an efficient timing for growing lettuce instead of sunlight improves the growth and quality of lettuce.

1. Introduction

상추는 고대 이집트 벽화에 기록 될 정도로 재배 역사가 오래 되었으며, 국내에서 많이 소비되는 대표적인 쌈 채소로 꼽힌다. 상추는 엽채류 작물로 혈액을 맑게 하는 철분과 아미노산이 풍부하고 돼지고기와 함께 먹을 경우 콜레스테롤을 억제한다. 상추를 생육 하는 조건에는 온도, 습도, 광 등이 있으며 상추는 그 중 광의 유무에 큰 영향을 받는다. 광을 이용해 양분을 만드는 광합성은 상추를 생육 하는데 중요한 에너지원으로 적색광과 청색광에서 광합성량이 가장 많은 것으로 알려져 있다. 또한 적색광은 줄기생장 및 광합성에 영향을 주고(1) 청색광은 잎의 두께 촉진과 줄기 생장 억제 등에 영향을 준다.(2) 광의 종류에는 태양광과 인공광으로 나눌 수 있는데 인공광에는 발광다이오드(light-emitting diode; LED), 무전극 형광등(Electrodeless fluorescent light) 등이 있다. 본 실험에서는 상추의 생육 반응을 태양광과 무전극 형광등을 사용하여 알아보고자 하였다.

2. Materials and methods

2.1 Material

실험 주재료는 적치마 상추 씨앗(경신씨앗), 자화 육각수, 상토(perlite & magnetic water)가 사용 되었고 실험 도구로 백색형광등, 적색형광등, 녹색형광등, 청색형광등, 히터, 자, Satorius 미세저울CPA225D, 디지털 카메라, 분무기, 플라스틱 화분, 플라스틱 Tray이가 사용 되었다.

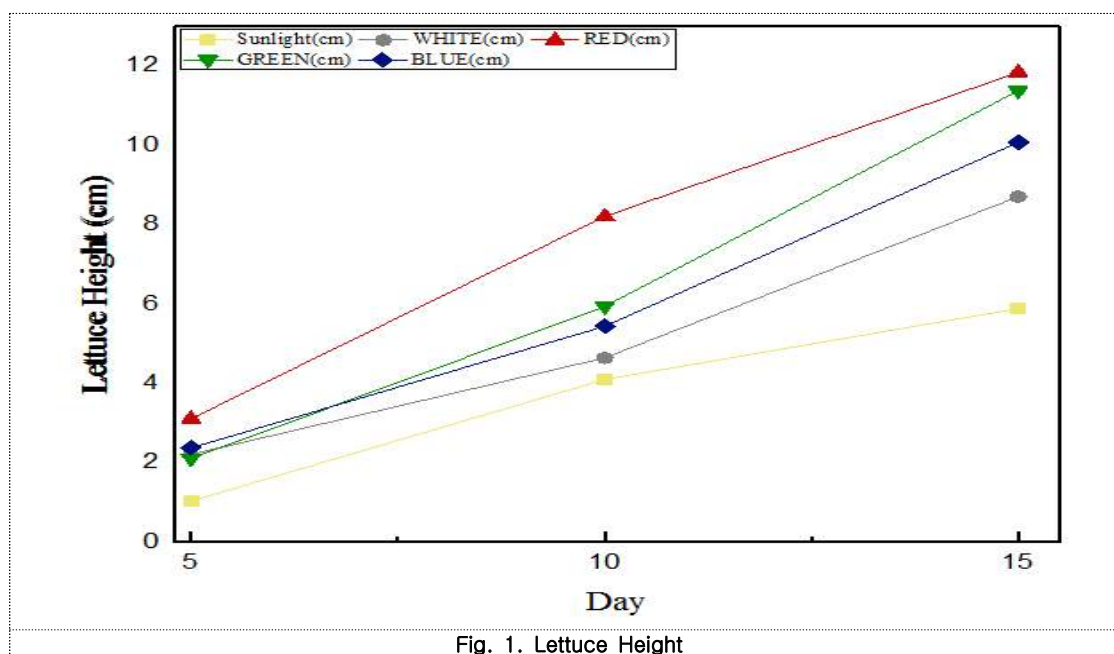
2.2 Experiment Methods

15일간 상추의 생육 반응을 알아보기 위해 상추 씨앗을 찬물에 1시간 침지 한 후 상토가 들어 있는 플라스틱 화분과 플라스틱 Tray에 심었다. 플라스틱 화분은 무전극형광등 백색, 적색, 녹색, 청색 조명아래 7개씩 배치하였고 플라스틱 Tray는 히터기가 설치되어 있는 챔버에 배치하였다. 외부 챔버의 온도는 20~22도를 유지 하였고 내부 온도 또한 20~22도로 유지 하였다. 태양광과 무전극형광등은 매일 14시간 광에 노출 시켰으며 무전극형광등은 불필요한 외부 빛을 차단하기 위해 차단막을 설치하였다. 태양광과 형광등 색상에 따른 상추의 높이는 5일에 한번 측정 하였다. 실험 마지막 날인 15일째에는 상추의 높이와 뿌리 길이 그리고 잎의 길이를 자를 사용하여 측정하였고 상추 무게와 뿌리 무게는 미세저울을 사용하여 측정 하였다.

3. Results and Discussion

Table 1. Growth of lettuce treated with sunlight and lamp

Treatment	Root length (cm)	Root weight (mg)	Leaf of length (cm)	Lettuce weight (mg)	Lettuce height (cm)
Sunlight	3.93	4.08	4	89.06	5.88
White	6.33	56.18	8.23	775.82	8.7
Red	7.57	60.6	10.67	903.85	11.83
Green	9.1	70.15	10.5	816.81	11.37
Blue	5.83	34.73	9.5	667.34	10.07



태양광과 무전극형광등의 상추 높이의 길이는 Fig.1을 통해 확인 할 수 있다. 지상부 상추의 높이는 무전극 형광등 적색광에서 가장 높게 측정 되었는데 이는 태양광에 비해 약 2배 정도 크게 측정 되었다. 상추의 뿌리 특성은 Table 1.에 나타난 바와 같이 상추의 뿌리 길이는 태양광과 비교하여 녹색광에서 약 3배정도 높게 측정되었다.

4. Conclusion

본 실험에서는 태양광 보다 무전극 형광등에서 상추 생육 반응이 좋은 것을 알 수 있다. 태양광과 비교하여 무전극 형광등 적색광을 사용하면 상추 성장 효율이 가장 높게 나타난다는 것을 확인 할 수 있었고 녹색광을 사용하면 상추 뿌리의 성장 효율이 가장 크게 나타난다는 것을 확인 할 수 있었다. 태양광을 대체하여 무전극 형광등 적색광과 녹색광을 상추 성장에 따른 효율적인 시기에 사용 한다면 상추 성장 생육 및 품질을 향상 시켜 줄 것으로 판단된다.

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농축산자재산업화기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(118074-03)

[참고문헌]

- 1) Shin, K.S., H.N. Murthy, J.W. Heo, E.J. Hahn, and K.Y. Paek.2008. The effect of light quality on the growth and developmentof in vitro cultured Doritaenopsis plants. Acta Physiol.Plant 30:339-343.
- 2) Yorio, N.C., G.D. Goins, H.R. Kagie, R.M. Wheeler, and J.C.Sager. 2001. Improving spinach, radish, and lettuce growthunder red light-emitting diodes (LEDs) wit
- 3) Cha MK, Cho JH, Cho YY(2013) Growth of Leaf Lettuce as Affected by Light Quality of LED in Closed-Type Plant Factory System. Protected Horticulture and Plant Factory, Vol 22, No. 4:291-297, December (2013)

알루미늄 스크린을 적용한 축사의 온도 특성

최원식^{1*}, 변재영¹, 고준영¹, 프라타마 판두 산디², 박진규³

부산대학교 바이오산업기계공학과¹, 부산대학교 생명산업융합연구원², (주)정일글로벌³

The characteristics of temperature for cow-house with aluminum screen

Wonsik Choi^{1*}, Jaeyoung Byun¹, Joonyoung Ko¹, Pandu Sandi Pratama², Jinkyu Park³
Department of Bio-industrial Machinery Engineering Pusan National University¹, Life and Industry
Convergence Research Institute Pusan National University², JEONG-IL GLOCHEM Co., Ltd.³

Abstract

Due to the high temperature and heat of summer in Korea, the stress and mortality of livestock are increasing. To prevent this, we have added cooling and ventilation facilities. In this study, the temperature characteristics of cow-houses were compared using an aluminum screen. It was conducted at a house located in Jeongeup, Jeonbuk. Experimental results show the temperature effect from 1 degree to 4 degree. This is thought to be effective in producing livestock when installing aluminum screens on cow-houses.

1. 서 론

지구의 화산분출, 태양활동 등의 자연적 원인과 화석연료의 과다사용에 따른 대기 중 이산화탄소 증가와 같은 인위적 원인에 의해 우리나라의 여름철 평균 온도가 상승했으며, 과거에 비하여 여름 기간이 길어지고 있는 추세이다. 이러한 온도상승 및 폭염으로 인해 축산농가에서는 가축의 스트레스와 폐사를 막기 위해 기존의 시설에 냉각시설, 환기팬의 추가설치, 축사 내 차광시설을 변경하고 있는 실정에 있다. 알루미늄 스크린의 효과는 원단의 표면에 코팅처리를 하였기에 투습성이 있으며 알루미늄의 특성상 고 반사율로 차광기능이 우수한 것으로 알려져 있다. 이에 본 연구에서는 전북 정읍에 소재한 축사에 알루미늄 스크린을 설치하여 축사의 온도 특성을 연구해보고자 한다.

2. 본 론

2.1 축사 현황

전북 정읍에 위한 축사에서 실험을 실시하였다. 축사는 5연동으로 되어 있으며 폭은 1개 동당 5m로 총 25m, 길이는 52m, 높이는 5.5m로 되어 있으며, 환기팬은 축사의 상단에 2동과 5동에 각각 수평방향으로 5개씩 설치되어 있다. 알루미늄스크린은 축사 전체에 설치 된 것이 아닌 축사의 뒷부분부터 35m로 설치되어 축사 내 소가 사육되어 있는 부분의 상부에만 설치를 실시하였다. 축사는 4방향 전부 오픈형이며, 기존 축사의 외곽에 설치된 피복재는 농축산업에 주로 사용되고 있는 PE 일반 비닐이다.

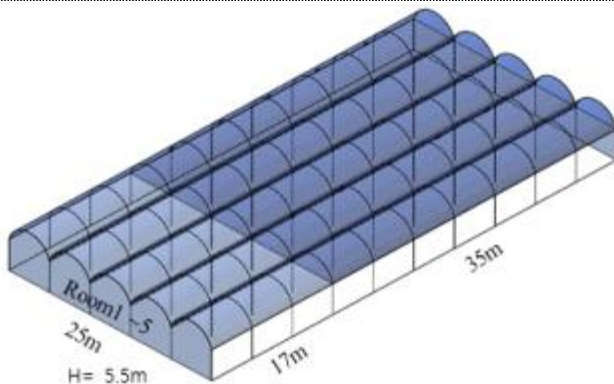


Fig. 1. Schematic of cow-house



Fig. 2. Inside of the cow-hosue

2.2 실험 재료 및 방법

알루미늄 스크린은 원소재인 마트에 직접적으로 코팅 작업을 한 것으로 코팅 두께는 $\pm 2\sim 4\mu\text{m}$ 이다. 축사 설치면적은 35m×25m로 Fig.1 과 같이 각 동마다 권취의 형태로 설치를 하였다. 축사의 온도실험은 여름철 8월 13일부터 16일까지 4일 동안 실시하였으며, 측정 시간은 일일 5회로 7시, 11시, 15시, 19시, 23시이다. 온도의 측정은 5연동 축사의 3동에서 입구, 가운데, 출구, 바닥, 위, 외부로 6군데로 측정을 실시하였다.

3. 결과 및 토의

알루미늄을 설치한 축사의 온도결과는 아래의 Table 1과 같다. Table 1은 2018년 8월 13일부터 16일까지 4일간 측정한 데이터를 시간대 별로 평균을 내어 측정하였다. 내외부의 온도는 일정하게 측정이 되었으며, 알루미늄스크린을 설치한 곳의 온도가 일사량이 많은 낮의 경우에는 평균 4℃ 정도로 낮게 나왔으며, 일사량이 적은 아침 혹은 저녁의 경우 1℃ 정도의 차이가 나타난 것을 알 수 있었다.

Table 1 the result of temperature in cow-house

Time Date	07:00		11:00		15:00		19:00		23:00	
	Inner	Out	Inner	Out	Inner	Out	Inner	Out	Inner	Out
Day 13	27	28	34	38	36	40	31	34	28	29
Day 14	28	30	34	38	36	40	32	35	28	30
Day 15	30	31	36	40	36	40	32	34	28	29
Day 16	28	29	31	35	32	35	32	34	28	29
Average	28.25	29.50	33.75	37.75	35.00	38.75	31.75	34.25	28.00	29.25
Effect	1.25		4		3.75		2.5		1.25	

4. 결 론

여름철 온도 상승과 폭염으로 인한 소의 스트레스 및 폐사에 대한 예방을 위해 알루미늄 스크린을 적용한 축사의 온도특성 결과 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 알루미늄을 설치한 곳의 온도는 외부 온도에 비해 아침과 밤의 경우 1도, 낮의 경우 크게는 4도 까지의 온도 감소 효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다.
- 2) 알루미늄 스크린의 투습성 및 차광성의 효과가 실험을 통해 확인 할 수 있었으며 이는 축사에 설치 시 즉각적인 효과를 볼 수 있을 것으로 생각된다.

위의 연구를 통해 알루미늄 스크린의 효과를 확인 할 수 있었으며 여름철 고온 및 폭염으로 인한 축사의 개선 시 냉각장치 및 환기 시설의 추가 보다 설치비용이 적은 알루미늄 스크린을 설치하여 온도효과를 보는 것이 효율적일 것이라고 판단된다.

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농축산자재산업화기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(118074-03)

[참 고 문 헌]

- 1) S. N. Jayasekara et al., "Comparison of Environmental Conditions and Insulation Effect between Air Inflated and Conventional Double Layer Greenhouse," Protected Horticulture and Plant Factory, vol. 27, no. 1, pp. 46-53, 2018.
- 2) Y. K. Jeong, J. G. Lee, S. W. Yun, H. T. Kim, and Y. C. Yoon, "Field Survey of Greenhouse for Strawberry Culture," Protected Horticulture and Plant Factory, vol. 27, no. 3, pp. 253-259, 2018.

트리즈의 STC연산자를 이용한 아이디어 도출과 응용

전상신¹, 이윤곤¹, 진태석²

동서대학교 학사 과정¹, 동서대학교 메카트로닉스공학과 교수²

Idea Derivation and Application by STC Operator Method in TRIZ Innovation Theory

Sang Sin Jeon¹, Yun Gon Lee¹, Tae Seok Jin²

Dongseo University Student¹, Dongseo University Mechatronics Professor²

Abstract

In this research, Fault diagnosis of Refrgerator's cooling coil in the design level of innovative space is getting smaller and analysis, and TRIZ innovation theory can quickly solve the problem of invention and technical innovation. This paper using the STC operator method, from the three dimensions of the cooling coil size, detect time and cost, do the divergent thinking of the six dimensions, the use of extreme thinking to diagnose fault of Refrgerator's cooling coil.

1. 서 론

트리즈의 혁신 이론은 창의성 문제를 해결하는 이론이면서 방법론이다. 그것은 보편적인 도구의 시리즈, 혁신의 문제를 해결하기 위한 모델과 문제를 분석하는 방법을 제시하고 있다. 그것은 혁신의 문제를 해결하기 위한 탐구방향을 제시해준다. 특히 문제 연구의 분석을 통해 TRIZ 혁신 이론은 발명의 문제를 해결하는 데 사용된 방법론을 형성한다. 이 방법은 공학 및 기술 분야에서 위대한 업적을 쌓았을뿐만 아니라 자연과학, 사회과학, 생물과학 및 기타 분야로까지 확대되었다 [1]. 그것은 사람들이 혁신적인 문제를 해결할 수 있는 과학적 방법, 원리 및 도구를 제공한다. TRIZ 혁신 이론은 보잉, SONY, ZTE, 삼성 전자 및 기타 세계적으로 유명한 하이테크 기업에 성공적으로 적용되었다 [2]. TRIZ 혁신 이론은 다른 혁신적인 방법보다 더 많은 장점과 진보가 있음을 증명되었다. 트리즈 이론은 혁신의 고유한 규칙과 원칙을 완전히 제시하는 동시에 혁신을 보다 간단하게 만들어준다. TRIZ 이론에 기반한 혁신적인 사고 방식은 주로 멀티 스크린 방식, 시스템적 사고 방식, STC 운영 방식, RTC 운영 방식, 난장이 이론 등이 있다. 이러한 방법들은 객관적인 법칙에 기반을 두고 사람들에게 발산적 사고를 유도한다[3][4].

2. 이론적 개요

2.1 트리즈의 STC 연산자 방법 개요

STC 연산자 방법은 TRIZ 이론에서 가장 혁신적인 사고 방법 중 하나이다.

이 방법은 각각 객체의 크기, 시간 및 비용을 서로 다른 3 가지 측면에서의 사고 (그림 1 참조)를 통해 객체의 고유한 크기, 시간 및 비용에 대한 파격적인 이해를 도출하는 방법이다.

이것은 일정하고 다차원적인 발산적 사고 방식으로 신제품 개발에 보다 도움이 된다.

STC는 공간 / 크기 (s), 시간 (t) 및 비용(c)의 요소를 고려한 혁신적인 접근 방식을 의미하며 본질은 품질 및 수량 변화 과정을 파악하게 된다. 품질 및 양 변화의 법칙은 개발의 기본 형태와 유형, 즉 양적 변화와 질적 변화를 도출하게 된다. STC 운영자는 물질적 물체의 시간, 공간 및 비용의 가장 기본적인 속성에 따라 양적 변화와 질적 변화 사이의 변증법적 관계를 통해 해결책을 찾는다. 이를 기반으로 시스템의 매개 변수 또는 요소의 변경이 특정 제약을 초과하는 경우 품질 변경이 수반되어 모순을 변형시키고 솔루션을 구할 수 있는 사고방법이다.

2.2 TC 연산자 사용 프로세서

- 개체의 크기, 시간 및 비용을 정의한다.
- 오브젝트의 크기가 0이 될 때, 오브젝트 변경을 관찰하고, 오브젝트의 가능한 변경 트렌드를 디자인 하도록 상상해본다. 그리고 나서 객체 크기가 무한대로 변할 때를 상상해보고 객체 변화를 관찰하고 객체의 가능한 변화 트렌드를 설계해본다.
- 시간 변화요소를 고려한 객체의 특성관찰은 객체의 운동성이나 상태의 변화를 아주 짧은 시간내에서 일어

나는 변화와 아주 긴 시간이 주어졌을 때 주어지는 운동성과 상태를 관찰하는 것이다. 시간 객체가 0 일 때 객체 변화를 관찰하고 객체의 가능한 변화 트렌드의 디자인을 상상해본다. 그리고 나서 객체가 객체 변화를 관찰 할 때 무한대로 변할 때를 상상해본다. 객체의 가능한 변화 특징(장단점)들을 상상해본다.

- 객체의 비용 변화요소는 관찰 대상의 제작 및 구매비용이 0(제로)이 되는 상태에서의 상태변화를 관찰하게 되고, 반대로 제작 및 구매비용이 무한대가 되거나 엄청난 비용으로 구현하고자 했을 때 어떤방식으로 실현할 것인지에 대한 방법이 되겠다. 객체 비용이 0이 될 때, 객체 변경을 관찰하고, 객체의 가능한 변경 추세를 디자인 할 때를 상상해본다. 그리고 나서 객체 비용이 무한대가 될 때를 상상해보십시오. 객체 변경을 관찰하고, 객체의 가능한 변경 추세를 디자인해본다.

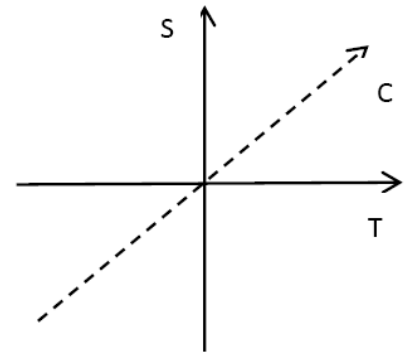


그림 181. Size - time - cost coordinates.

3. STC의 사례연구

다음 사례는 생활속에서 사용하는 냉장고의 연결 부분의 새는곳을 찾기 위한 방법으로써 STC를 이용한 방법들을 제시하고 발산적 사고의 6 가지 차원을 크기, 시간 및 비용의 3 가지 차원에서 탐구하게 된다.

절차	객체 또는 과정의 변화	변화된 문제가 해결되는 방법	해결책에 사용된 원리
S->0	코일의 길이가 1 mm 미만	누수 액체의 양이 적다. 이 액체는 더 탐지하기 쉽게 만들어져야 한다. 액체에 첨가물을 넣는 방법을 관찰한다.	탐지하기 쉬운 극소량의 첨가제
S->∞	코일의 길이가 100km 이상	거리 탐지: 위치 탐지기, 전파 탐지기, 열 탐지기, 전통적 관찰방법 적용	전통적인 적외선을 이용한 위치 탐지; 전파에 의한 위치 탐지
T->0	탐지 시간이 0.001초 이내	전자기적 방법을 응용한 코일의 자기영역으로 누수를 확인하는 방법 적용	전자기 및 광학 복사 작용
T->∞	탐지 시간이 10년 이상	연결부위를 통해 스며나오다가 코일 소재와 반응할 것이다. 코일의 외관을 바꾸면 누수를 탐지하기 쉽다.	코일의 소재가 스며 나오는 액체의 표시기 역할
C->0	탐지 비용 0	새는 액체가 신속한 탐지 수단을 제공한다.	자가 탐지, 자가 표시기
C->∞	탐지 비용의 무한대(고가)	비싸지만 쉽게 탐지할 수 있는 기계적 장치 개발하거나 물질을 액체에 첨가 한다.	표시기 첨가제

사 사

본 논문은 2018년도 특허청의 지식재산(IP)인재양성사업에 의한 지원 및 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구결과임(NRF-2016R1D1A1B04932124)

[참 고 문 헌]

- [1] Huang Huiling. Research on Industry Technology Roadmap Based on TRIZ Innovation Theory [J]. Science and Technology Management Research, 2013,13:133-136.
- [2] Wang Xueyuan, Wang Hongqi, Lin Yan. TRIZ Theory's Influence on Enterprise Independent Innovation Performance: Paths and Effectiveness [J]. Journal of information technology, 2013,07:204-207+190
- [3] Wu Qingyan, Chen Ruisan, Luo Lingling. The advantages and limitations of TRIZ theory [J]. Journal of Liaoning Institute of educational administration, 2013,04:17-21.
- [4] Li Ding, Li Wenjuan. The realization condition and development trend of design concept innovation: a case study of mobile phone design [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (SOCIAL SCIENCE EDITION), 2012,01:144-149.

장소 인식을 위한 CNN과 의사결정트리 통합 방법

이율경, 조강현
울산대학교 전기전자컴퓨터공학

Integrated Method of CNN and Decision Tree for Place Recognition

Youl-Kyeong Lee, Kang-Hyun Jo
Department of Electrical Engineering, University of Ulsan

Abstract

In this study, the place recognition uses combined model with CNN(Convolutional Neural Network) and decision forests as classifier. To improve the original several CNN models(ResNet18, 50, DenseNet161), decision tree is in charge of classifier instead of fully connected layer. Decision tree contains the prediction and decision nodes. These use the input from the fc layer of models for each node and compute the probability. This process changes the better result in the combination of value in fc layer. As the place datasets, Places365 has 5,000 images for 365 kinds of places. Among them, three classes, amusement park, art gallery and barkery, are working in combined CNN model. With decision tree as classifier, the result improves 2.17~5.67% prediction accuracy. In the future work, the number of class is increase and many challenge parts of similar places try to overcome the place recognition.

1. 서 론

CNN은 물체 감지, 구별 그리고 영상을 이용한 다양한 분야에서 뛰어난 성능을 보여주고 있다. 이미지 설명(Image Description)을 위해 물체 감지, 분류, 위치 등 복합적인 특징들을 이용하여 영상 속의 모습을 설명이 가능하다. 본 논문은 이미지 설명을 위해 이미지 다양한 특징 중 첫 번째로 장소 분류를 위해 CNN 모델과 분류기로서 의사결정나무(Decision Tree)를 사용하여 기존 CNN의 분류 방법의 차이를 확인하려고 한다. 기존의 CNN(ResNet18, 50, DenseNet161)의 FC layer의 값을 의사결정나무의 입력으로 사용하여 의사결정나무의 확률 계산을 통해 장소 인지를 하고 있다. 데이터 셋은 MIT에서 제공하는 Places365 중 3가지 장소의 데이터를 이용한다. 각 장소당 5000장의 이미지를 훈련, 유효, 테스트 3가지의 데이터로 나누어 실험을 진행하였다.

2. 본 론

2.1 특징 추출(Feature Extraction)

기존 CNN 모델로는 ResNet18, ResNet50 그리고 DenseNet161을 사용하였다. 각 모델은 이전의 정보를 다음 연산에 추가를 하여 모델의 컨볼루션 레이어가 많아질수록 발생하는 Vanishing Gradient 문제를 해결하는데 유용한 모델을 이용하였다. ResNet의 경우 이전 정보와 현재 컨볼루션 레이어의 값을 더하는 연산을 하지만 DenseNet의 경우 각 Block의 정보를 연결(Concatenate)하는 방식으로 마지막 레이어의 layer를 통해 이미지를 분류한다. 각 모델의 Fully connected layer에서 특징의 수는 512개(ResNet18), 2048개(ResNet50), 그리고 2208개(DeneNet161)이 된다.

2.2 의사결정나무(Decision Tree)

의사결정나무는 결정 노드(Decision Node)와 예측 노드(Prediction Node)로 이루어져있다. 결정 노드에는 각 모델에서 추출된 특징(FC layer)을 입력 값으로 할당된다. 입력 값으로 할당된 결정 노드들은 결정 함수(Decision Function)을 통해 방향이 결정되며 최종으로 예측 노드에 데이터 종류(class)에 따른 확률분포가 계산된다. 의사결정나무는 하나가 아닌 여러개의 종속 나무들이 존재하며 이들의 예측 노드 값들의 평균에 따

라 최종 데이터의 예측값(Prediction Label)이 결정된다.

3. 결과 및 토의

다음 실험은 3가지의 모델(ResNet18, 50, DenseNet161)을 이용하여 특징을 추출하고 추출된 특징을 의사결정나무의 입력 값으로 사용한 혼합 CNN 모델이다. 데이터 셋은 Places365 중 3가지 장소(놀이공원, 미술관, 빵집)를 이용하고 각 데이터 셋은 5000장이며, 훈련(3500장), 유효(500장), 테스트(1000장)를 진행하였다.

Table.1 Result of integrated model with CNN and Decision tree						
Method	Feature Extractor	Optimizer	Learning Rate	Train	Val	Test
DenseNet161	-	Adam	0.0001	85.34	89.20	88.03
DF	DenseNet161	Adam	0.0001	93.52	91.33	90.20
		Adagrad	0.0001	84.26	87.27	84.37
		SGD	0.001	93.64	89.07	88.80
ResNet18	-	Adam	0.0001	83.44	86.67	85.40
DF	ResNet18	Adam	0.0001	94.51	91.60	91.07
		Adagrad	0.0001	80.81	86.33	83.47
		SGD	0.001	86.45	89.00	88.10
ResNet50	-	Adam	0.0001	80.12	85.73	85.03
DF	ResNet50	Adam	0.0001	76.05	83.07	79.87
		Adagrad	0.0001	88.98	87.13	87.13
		SGD	0.001	90.40	89.20	87.57

혼합 모델과 기존 모델과 비교하였을 때 2.17~5.67%가 대부분 향상된 결과를 확인할 수 있다. 그리고 혼합모델에서도 Optimizer의 종류에 따라 차이가 있음을 볼 수 있다. ResNet50은 ResNet18과 같은 형태의 모델이지만 layer의 수가 보다 많아 더 많은 훈련이 필요하며 좀 더 성능 향상을 할 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 혼합 모델인 CNN과 의사결정나무를 이용하여 장소 인식을 진행하였다. 3가지의 장소를 이용했을 때 의사결정나무를 이용하면 기존 CNN 모델에서 FC layer에서 결정되던 장소 인식을 의사결정나무(Classifier)를 사용하여 2.17~5.67% 향상시킬 수 있었다. 향후 장소의 종류를 증가하고 유사한 장소를 분류할 때의 어려움을 물체 검출과 함께 이용하여 모델 개선을 할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- 1) Peter Kotschieder, Madalina Fiter, Antonio Crimini, Samuel Rota Bulò, "Deep Neural Decision Forests", International Conference on Computer Vision, pp. 1467-1475, 2015.
- 2) Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun, "Deep Residual Learning for Image Recognition", Computer Vision Pattern Recognition, pp. 770-778, 2016.
- 3) Gao Huang, Zhuang Liu, Laurens van der Maaten, Kilian Q. Weinberger, "Densely Connected Convolutional Networks", Computer Vision Pattern Recognition, pp. 4700-4708, 2016.

얼굴 인식 기반 스마트 책상 제어

안진수, 조강현
울산대학교 전기공학부

Smart Desk Control based on Face Recognition

Jin Su An, Kang-Hyun Jo
Electrical & Electronics Engineering, University of Ulsan

Abstract

In this study, we develop a business smart desk based on face recognition. Smart desk can improve the health problems of modern people caused by sitting for a long time and work / learning efficiency. Our system consists of three components. First, we design that a biometric security system recognizes user's face & body information. Second, a physical security device is built for smart desk works securing documents. Finally, smart desk saves each user's information(height and sitting height) and automatically fits to the appropriate desk height. Smart desk is combined with physical and biometric technologies. These are strong and not easily unbreakable office multiple security systems. It helps the user manage important documents and equipments in their business. In addition, by fitting user's body information, it gives the best work performance providing the flexible and comfortable work environment to the user.

1. 서 론

스마트 책상은 장시간 앉아 있음으로 생기는 현대인들의 건강문제를 개선하고 업무/학습 생산성까지 향상시킬 수 있다. 앉아서 너무 오래 있으면 심장 마비의 위험이 커지고, 뇌졸중과 2형 당뇨병에 걸릴 확률도 높아진다. 몸에 잘 맞게 조절된 책상과 의자에 올바른 자세로 앉아서 일하면 집중력을 높일 수 있고, 피로도를 줄이는데 큰 도움이 된다. 문제는 책상 높이를 자신에게 맞추는 것이 쉽지 않다는 것이다. 스마트 책상은 얼굴 인식을 통해 스마트 책상에 등록된 얼굴에 따라서 책상 높낮이를 다르게 조절 할 수 있다. 얼굴 인식은 자신의 얼굴로 본인 확인을 하는 보안 기술이다. 등록된 얼굴에 맞춰서 책상의 높낮이를 각각 설정할 수 있다.

2. 본 론

2.1 얼굴 등록 및 인식

스마트 책상의 생체 보안 및 높낮이 조절 시스템을 제어하기 위해서 얼굴 인식을 이용하였다. 책상에 설치된 카메라를 통해서 사람 얼굴을 촬영한다. 사진 내에서 얼굴 영역을 검출하고 68개의 얼굴 특징의 위치를 분석하여 데이터로 저장한다. 실시간 영상에서 얼굴 영역과 특징을 추출하여 저장된 사진의 얼굴 특징과 비교하고, 거리 척도로 환산한다. 거리 척도가 작다는 것은 비슷한 얼굴이라는 의미이다. 최솟값을 가진 사람의 이름을 찾아서 얼굴 영역과 이름을 비디오 화면에 그린다. 거리가 0.6 이상이면 다른 사람의 얼굴이다.

2.2 모터제어

스마트 책상에 장착된 모터는 SBD-LS4075 드라이버일체형 리니어 스텝 모터 액추에이터이다. 각 스트로크의 길이는 400mm이고 총 4개의 모터가 장착되어 있다. 모터는 아두이노를 통해서 제어한다. 라떼판다에서 인식한 사람의 정보를 받아와, 설정된 스트로크의 길이만큼 아두이노가 모터를 제어한다. 앉은 자세와 일어난 자세 두 가지 설정이 가능하다.

3. 결과 및 토의

웹캠을 이용하여 라떼판다에 얼굴을 등록하고 인식한다. 4개의 모터를 정확하게 제어하기 위해 릴레이모듈 (KEYES 4-CH)을 사용하고, 아두이노를 통해 SBD-LS4075 모터를 동시에 제어하는 피드백 알고리즘을 적용하고 있다. 노트북 보관함에는 서브모터가 장착되어 있으며 얼굴인식을 통해 서보모터 동작여부를 결정한다.



Fig. 1. Face Recognition by Webcam

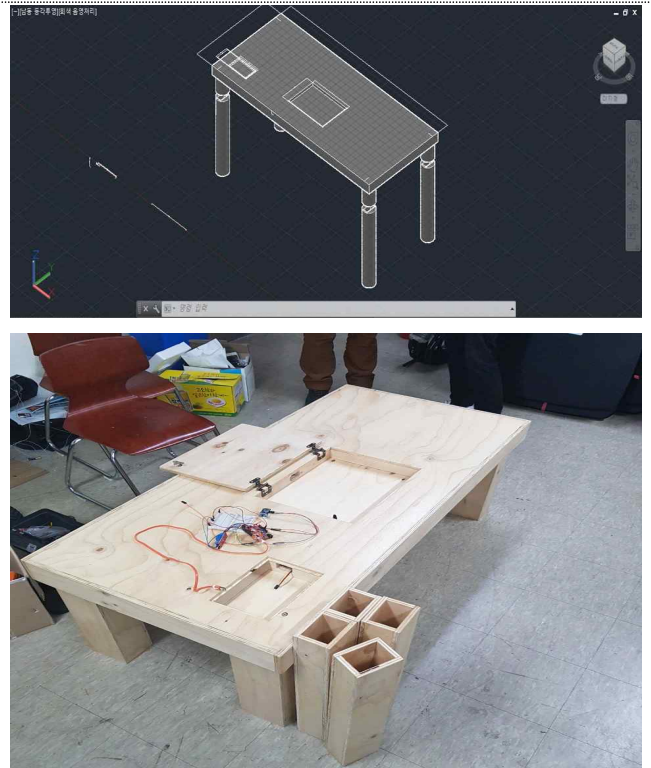


Fig. 2. Hardware of Smart Desk

4. 결 론

본 연구에서는 얼굴 인식을 통한 스마트 책상 제어를 제안한다. 68개의 얼굴 특징을 통해 저장되어 있는 이미지와 실시간 영상을 비교하여 거리 척도로 환산하였다. 거리 척도가 작을수록 비슷한 사람이다. 릴레이모듈을 통해 SBD-LS4075 모터를 동시에 제어하였다. 향후 계획은 실시간 얼굴 인식에서 딜레이가 생기는 현상을 해결하기 위해 소프트웨어를 통한 계산량을 줄일 예정이다.

[참 고 문 헌]

- 1) Florian Schroff, Dmitry Kalenichenko, James Philbin "FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering", 2015.
- 2) Omkar M. Parkhi, Andrea Vedaldi, Andrew Zisserman, "Deep Face Recognition", 2015.
- 3) Yaniv Taigman, Ming Yang, Marc' Aurelio Ranzato, Lior Wolf "DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification", 2014.

승용차용 알루미늄 디프렌셜 케이스의 임펠러 형상에 따른 오일의 유량특성분석

박건영¹, 이광오²

부산대학교 기계공학부¹, 부산대학교 기계기술연구원²

Analysis of oil flow characteristics according to the impeller shape of aluminum differential case for passenger cars

Gun Young Park¹, Kwang O Lee²

Department of Mechanical Engineering, Pusan National University¹,
Research Institute of Mechanical Technology, Pusan National University²

Abstract

The differential case for passenger cars can be made lightweight by replacing the material with aluminum alloy from cast iron. Oil flow rate of the differential cases reducing size of oil inlet is decreased, due to the strength reduction according to change of material. In this study, inlet of impeller shape in differential case designed to improve oil flow rate, and the influence of the inflow radius(R) on the oil flow rate analyzed using flow analysis.

1. 서 론

최근 자동차의 이산화탄소 배출량 저감이나 연비향상에 대한 여러 대책이 강구되고 있으며, 그 중 차체 경량화는 가장 유효한 수단 중 하나로 평가되어 지고 있다. 이에 따라, 기존의 디프렌셜 케이스의 재질을 구상 흑연주철에서 알루미늄 합금으로 대체하여 차체 경량화를 추진하고 있는 실정이다. 그러나, 경량재료로의 변경에 따른 강도저하로 인하여 디프렌셜 케이스의 형상 재설계가 필요하고, 기존의 주철품에 비해 오일 유입구의 크기가 감소함에 따라 오일유입 효율성의 감소로 이어질 있다. 이에, 본 연구에서는 오일 유입구에 임펠러 형상을 도입하여 적용하였으며, 회전하는 디프렌셜 케이스에 대한 유동해석을 통해 임펠러 형상과 유입반경(R)이 오일의 유량에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 유량분석을 위한 유동해석

2.1 임펠러 형상에 대한 설계 변수 설정

유동해석을 통한 유입구의 유량특성을 파악하기 위하여 Fig. 1과 같이 디프렌셜 케이스의 모델링을 수행하였다. 유입구는 디프렌셜 케이스의 앞쪽에 위치하고 있으며, 임펠러 형상의 유입반경(R)에 의해 오일의 유입을 증가시킬 수 있다. 이에 유입반경(R)을 설계변수로 설정하여, Fig. 2에서 보는 바와 같이 최소반경 R22부터 R31 까지 3씩 증가시키며 총 4가지 케이스에 대하여 모델링을 수행하였다.

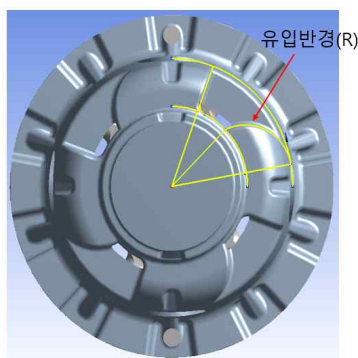


Fig. 1. 3D modeling of differential case

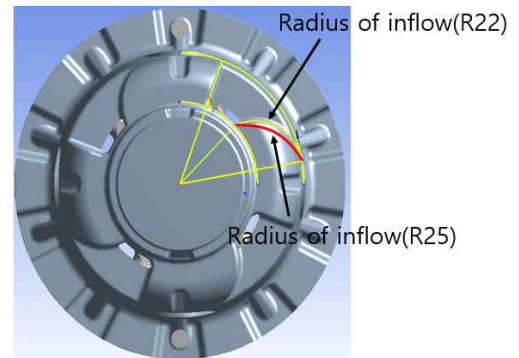


Fig. 2. Change of curvature according to radius of inflow

2.2 경계조건 및 해석조건

유동해석을 수행하기 위해 Fig. 3에서 보는 바와 같이 앞서 모델링에 의해 생성된 디프렌셜 케이스에 대한 유동장을 생성하였으며, 유동장에 대한 메쉬(Mesh)는 대략 670만개를 생성하였고, 벽면에서의 점성 경계층은 점성효과를 고려하기 위하여 인플레이션 메쉬(Inflation mesh)를 생성하였다. 또한, Fig. 4에서와 같이 오일과 공기 두가지 물성을 적용하였으며, 디프렌셜 케이스의 회전속도는 2,000rpm을 부여하였다. 유입구에서 오일의 유량을 파악하기 위하여 유입구의 경계층에서 인터페이스(Interface) 조건을 부여하였다.

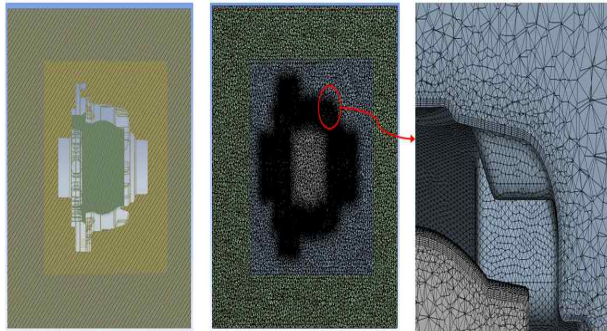


Fig. 3. Flow field and mesh for flow analysis

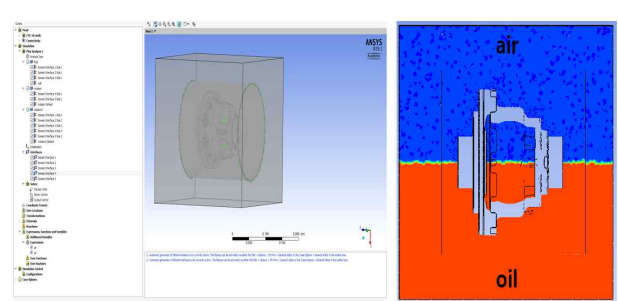


Fig. 4. Boundary conditions for fluid analysis

2.3 임펠러 형상반경(R)에 대한 유동해석 결과 분석

Fig. 5는 유동해석 결과에 대한 오일의 유량을 나타내었으며, 각각의 케이스별 유량은 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 보는 바와 같이 유입반경(R)이 증가할수록 오일의 유입량이 점점 증가하는 경향을 보임을 확인할 수 있다.

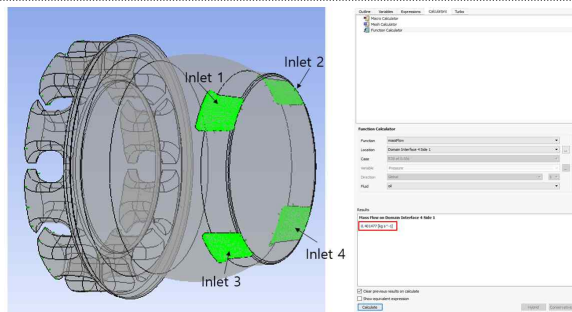


Fig. 5. Result of flow analysis

Table 1 Mass flow according to radius of inflow

	R22	R25	R28	R31
Massflow (kg/s)	0.295	0.365	0.401	0.448

3. 결 론

본 연구에서는 유동해석을 통해 임펠러 유입반경(R)과 오일의 유량과의 관계에 대해 분석하였으며, 유입반경(R)이 커질수록 오일의 유입량이 증가함을 알 수 있다. 본 연구결과를 토대로 최적화 설계기법을 이용하여 임펠러형상의 최적설계에 적용 할 수 있을 것이라 사료된다.

사 사

본 논문은 광역협력권산업육성사업(지역주도형 R&D, 과제번호 P0000961)의 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- 1) Suh, Y.K., Choi, Y.H., Kim, S.K., Lee, D.Y. "Study on Fluid Flow in a Rectangular Container Subjected to a Background Rotation with a Rotational Oscillation Using PIV System", Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B, Vol. 24, No. 6, pp. 845~851, 2000
- 2) Nam, K.W., Jo, S.H., Park., J.I. "Numerical Simulation in the IC Engine Lubricating Gerotor Oil Pump", Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B, vol. 30, No. 10, pp. 1019~1025, 2006
- 3) Hwang, G.U., Kwak, H.S., Kim, J.Y., Eom, T.J., Kim, C. "Shape Design of the 3-Way Valve used in Marine Diesel Engines(LDCL JWCS) by CFD Analysis", Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A, Vol. 41, No. 11, pp. 1077~1084, 2017

허영민¹, 홍의창¹, 김태형¹, 이광오²
(주)호창메탈¹, 부산대학교 기계기술연구원²

Die design of cold forging by using elastic-plastic stress analysis

Young Min Huh¹, Eui Chang Hong¹, Tae Hyung Kim¹, Kwang O Lee¹
Hochang Metal Co., Ltd.¹, Research Institute of Mechanical Technology, Pusan National
University²

Abstract

This study is a design for cold forging dies by using elastic-plastic stress analyses. structure of die, forming processes and die material are design variables that affect damage and service life of dies. Thus, analyses for the several materials and structures of dies were conducted, and the optimal design for die structure and materials design was accomplished based on the elastic-plastic stress analysis.

1. 서 론 (견고딕 11pt)

냉간단조 제품에서 금형 수명은 제품 원가에 영향을 주는 변수 중 하나이다[1]. 냉간단조 금형의 제작 비용을 제외하고도 예상하지 못한 금형의 파손, 공정중 금형 교환, 금형 수정 등의 비용은 제품의 원가 경쟁력을 낮추는 요인이 되기도 한다. 냉간단조 제품을 성형하기 위한 공정 설계가 완료 되면 금형의 구조 및 각 재질 검토 등의 금형설계를 하게 된다. 금형 수명은 제품 소재와 금형 소재간의 마모, 소착 등에 의한 파손 및 금형 오조립 등에 의한 파손 그리고 금형 재질 혹은 구조 등의 문제로 파손이 발생하는 경우가 있으며, 특히 금형 구조 설계, 금형 재료 선정이 잘못되면 금형의 파손 등으로 수명을 단축시는 큰 요인이 되기도 한다. 본 연구에서는 헤드부 내측에 톱스 형상을 가진 샤프트 제품의 냉간단조 성형시 몇 번의 시타로 금형의 파손이 발생되어 이를 해결하고자 금형구조, 금형 재질, 단조공정 설계에 대한 탄소성 금형응력해석을 실시함으로써 금형의 타성변형량을 예측하여 금형수명을 향상시키기 위한 금형 설계 방안을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 해석조건 및 방법

탄소성 금형응력 해석은 1차적으로 설계완료된 금형구조에서 최종제품에 대한 소재의 변형해석을 실시하였다. 이때 소재가 받은 절점의 해석 데이터 결과값은 금형에 작용하는 압력값이 되며, 변환된 압력정보를 이용하여 금형을 탄소성 해석하게 되면 금형 내부의 응력상태, 변형을 상태, 변위 등을 고려하여 금형 파손부 판단 및 개선안을 도출 하기 위하여 탄소성 금형응력 해석은 상용프로그램인 AFDDEX를 사용하였으며, Fig. 1은 실제 파손된 펀치 금형 사진이며, Fig. 2와 Table 1에는 해석을 위한 금형 부품별 재질 및 해석 조건을 각각 나타내었다.



Fig. 1 Photograph of fractured punch

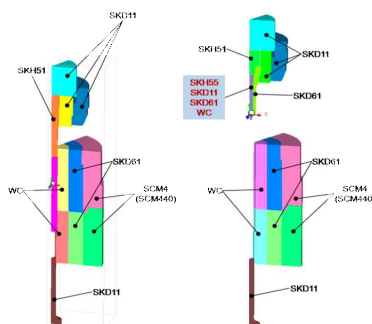


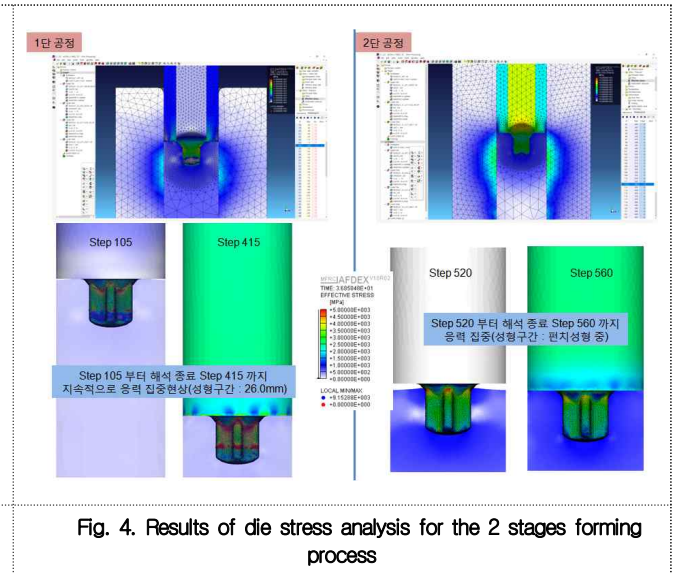
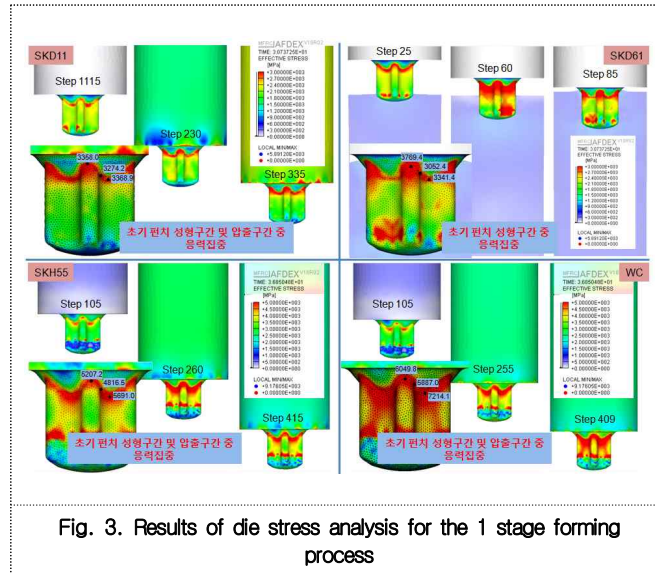
Fig. 2 Material of Die parts

Analysis S/W	AFDEX 3D
Initial temp.	25°C
Material	S45C
Punch velocity	1mm/s
Analyzed region	1/6(60°)
Friction(Hybrid)	$\mu=0.05$, $m=0.25$

Table 1 Conditions of analysis

2.2 해석결과 고찰

본 연구 개발 제품인 샤프트의 실제 금형 파단은 1단(1공정)에서 1~2번의 시타에서 발생하였고, 2단(1, 2공정)의 경우에서도 금형의 파손은 100타 이하에서 발생되어 금형의 탄소성 해석은 공정해석을 2가지 경우로 나누어 해석을 실시하였다. 첫 번째 경우(Fig. 3)는, 1공정에서 제품을 성형하는 1단 성형, 두 번째 경우(Fig. 4)는 1, 2공정으로 형상을 나누어 제품을 성형하는 2단 제품을 성형해석 하였다. 그리고 금형의 펀치 재료별, 금형 구조별로 나누어 진행하였다.



해석결과로 볼 때, SKD11, SKH55, WC은 초기 펀치 성형 및 전방압출 구간 중 특정 부분에 응력 집중이 지속되는 현상이 나타나고 있다. SKD11, SKD61 펀치는 금형 변형을 볼 때, Sleeve 보다는 펀치에 집중되며, SKD61 펀치의 경우, 2단 공정과 유사하게 초기 펀치 성형구간 중에만 응력집중 현상이 나타나고 있다. 이젝팅 공정에서는 1단, 2단 공정을 비교 했을 때, 각각 17.73, 5.86ton이 작용하며, 펀치 취출력은 XX, ZZ 방향의 하중(소재가 펀치에 힘이 가해지는 방향)을 보면, 2단공정으로 변경 후, 펀치파손이 발생하지 않는 상황과 반대로 2단 공정이 1단 공정보다 크게 나오는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 금형의 탄소성 응력해석을 통하여 냉간단조 금형(펀치)의 파손은 펀치 취출 중 파손은 연관성이 없는 것으로 판단된다. 펀치파손의 결정적인 원인은 펀치성형과 압출공정이 동시에 이루어짐에 따라 펀치 특정 부분에 지속적인 응력집중이 발생하는 것이 펀치 파손의 직접적인 원인이라 판단된다.

사 사

본 논문은 광역협력관산업육성사업(지역주도형 R&D, 과제번호 P0000961)의 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- 1) K. Lange, L. Cser, M. Geiger, J. A. G. Kals, "Tool Life and Tool Quality in Bulk Metal Forming", Annals of the CIRP, Vol. 41, No. 2, pp. 667~676, 1992.
- 2) S. Matsubara, H. Kudo, "An analysis of stress and strain induced in some die and punch assemblies for cold forging by the finite element method", 7th Int. Congress on Cold Forging, University of Birmingham, pp. 63~69, 1995.
- 3) J. L. Frater, R. Zinolabedini, "Stress analysis of dies having multiple shrink rings", J. Mater. Shaping Technol., Vol. 7, No. 2, pp. 67~80, 1989.

변속기 핵심부품 다축 진동내구 평가 사례 연구

박광민, 김효성, 이재원, 추용주, 김규식, 이봉현
자동차부품연구원

A Case Study on Multi-axis Vibration Fatigue Test of Transmission Parts

Gwang-min Park, Hyo-Sung Kim, Jae-Won Lee, Yong-Ju Chu, Kyu-Sik Kim, Bong-Hyun Lee
KATECH(Korea Automotive Technology Institute)

Abstract

As vehicle transmission parts are normally exposed to the severe vibration, in order to verify vibration fatigue of real driving, multi-axial vibration tests are required based on MAST (Multi-axial simulation table), which provides the vibration condition as close as the vehicle test. In this study, a case study of the multi-axis vibration fatigue test process for the transmission with differential parts is presented by analysing the test results of RLD(Road load data) and PG(Proving ground). It is determined the optimal combination of vibration drive profile using energy principle of equivalent damage, to compare the severity of vibration condition between target damage and candidate one. In addition, vibration durability tests based on the derived input drive profile are performed on the MAST.

1. 서 론

최근 자동차기술의 발전과 더불어 차량 NVH, 내구신뢰성에 대한 중요도가 높아지면서, 자동차 구동계 핵심부품을 대상으로 진동내구 평가에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 과거 단축가진기 기반의 진동내구 평가를 시작으로, 근래에는 6축 가진기(MAST)를 이용하여 실제 주행조건에 부합하는 가진 입력 데이터를 통하여 진동내구 평가를 수행하는 단계에까지 왔다. 하지만 일부 완성차 업체를 제외한 대부분의 국내 자동차업체의 경우 이러한 6축 가진기를 이용한 내구평가는 시도단계에 있는 실정이며, 평가방법에 대한 기술의 축적 및 표준화가 어려운 실정이다.

본 논문에서는 가속도 기반의 6축 진동내구 평가모드를 도출하기 위하여, 실차주행 시험을 통해 대상 시편의 목표 피로손상도를 도출하고, 주행시험장의 특수로 시험을 통해 획득한 진동데이터를 기반으로 각 노면에 대한 민감도 분석을 수행하였다. 에너지 행렬 분석을 통해 각각의 후보 프로파일 선정 및 가진시간에 대한 최적의 조합을 도출하였고, 선정된 평가 프로파일을 활용하여 대상 시험부품에 대해 진동시험을 실시하였다.

2. 실차시험 및 가진데이터 도출

2.1 실차 시험 및 진동데이터 수집

본 연구에서 선정된 차동장치가 장착된 대상차량을 기반으로 실차 목표 피로손상도를 도출하기 위해 고속도로, 시내도로, 국도, 지방도, 비포장로를 조합한 일반도로 주행시험을 통해 대상 시편의 가속도를 측정하였다. 또한 일반도로 데이터와의 피로손상도 분석을 통한 가진 프로파일 도출 및 진동내구 가속화를 위하여 주행시험장(PG, Proving Ground) 내의 8개 특수로를 선정하여 실차 시험 및 가속도 계측을 실시하였다.

2.2 가진 프로파일 생성

일반도로 및 주행시험장 특수로 가속도 데이터는 스칼라 값이기 때문에 선형성이 보장되며, 다수의 채널로 구성되어 행렬간의 수식으로 표현이 가능하다. 따라서, 먼저 목표 피로손상도를 정의하기 위해 일반도로 주행데이터에 대하여 PSD(Power Spectral Density) 분석을 통해 에너지 목적행렬을 도출하였다. 그리고 주행시험장 특수로 데이터와의 상관관계를 비교분석 후 각각의 에너지 후보행렬들을 조합하여 목표피로손상도와 차이가 최소화되도록 최적화 알고리즘을 적용하여 가진시간 및 가진프로파일을 도출하였다.

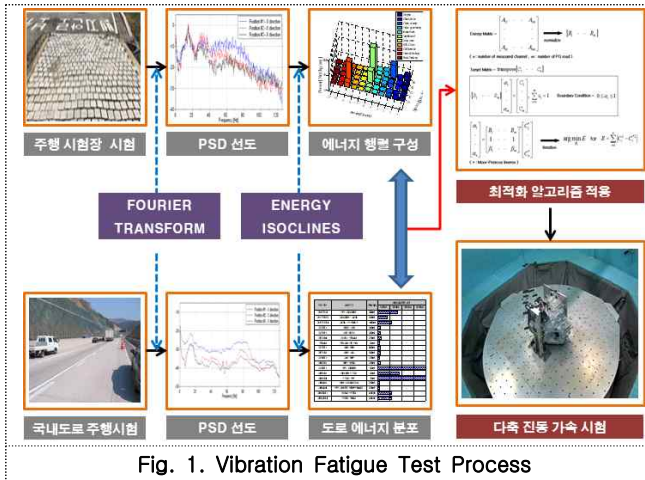


Fig. 1. Vibration Fatigue Test Process

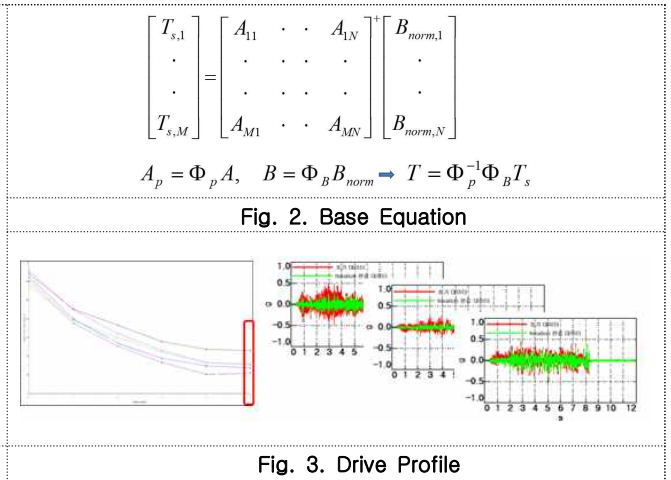


Fig. 3. Drive Profile

대상 시험에 장착된 가속도계는 총 5개이며, 8개의 특수로에 대해서 모드별 상관관계 분석을 통하여 우선순위를 선정하였으며, 목적행렬(B)과 후보행렬(A)을 정규화(Normalize)한 후, 역행렬을 계산하고, 오차가 최소화 되도록 노면신호의 선정조합과 가진시간 행렬(T)을 도출하였다. 최종 가진 프로파일 도출결과 목표 피로손상도와의 오차율이 평균 5% 미만으로 나타났다.

3. 다축 진동내구 시험

최적화 알고리즘을 바탕으로 도출된 주행시험장의 특수로에 대한 가진 입력정보를 기반으로 MAST 장비를 이용하여 다축 진동내구 시험을 수행하였다. 대상 변속기 시험의 비선형성과 잡음(Noise) 성분들로 인해 오차가 발생할 수 있기 때문에 실차 진동응답과 동등한 입력 가진신호를 만들기 위해 총 6회의 반복시험(Iteration) 과정을 수행하였으며, 정규제곱근 평균에러율은 20-30% 수준으로 다소 높게 나타났다. 선정된 재현 프로파일을 기반으로 대상부품의 실차기반 최종 목표 피로손상도에 도달할 때까지 반복적으로 다축 진동내구 시험을 실시하였다.

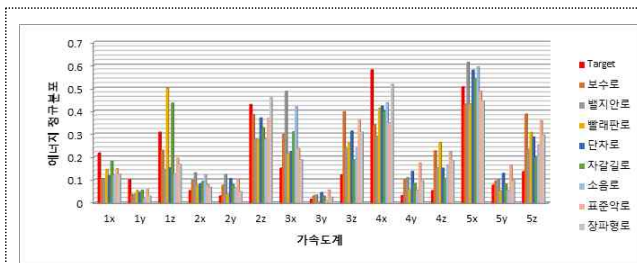


Fig. 4. Correlation Analysis of Normalized Energy

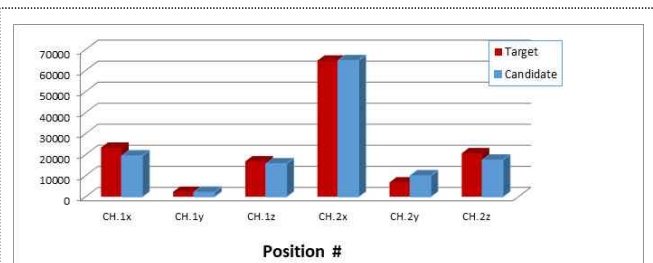


Fig. 5. Test Results (Damage)

4. 결 론

본 논문에서는 자동차 변속기 핵심부품에 대한 다축 진동내구 평가를 수행하기 위한 가진데이터 도출 프로세스를 소개하고 실제 시험사례를 기술하였다. 대상 차량에 장착된 변속기 시스템에 대하여 일반도로 및 특수로 주행에 대한 가속도 데이터를 미리 예측하고 에너지 행렬 기반의 가진데이터 최적값 도출을 통해 다축 진동내구 평가를 위한 가진 프로파일을 선정하였다. 또한, 도출된 특수로의 가진 입력정보를 기반으로 MAST 장비에서 가속 진동내구시험을 실시함으로써, 실차 목표주행 거리에 해당하는 피로손상도와 동등수준으로 내구시험을 수행할 수 있었다. 향후 다축 진동장비를 이용한 자동차 부품에 대한 진동내구 신뢰성 평가 및 가진 프로파일 선정을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 한국산업기술진흥원 경제협력관산업육성사업(냉간단조 공법을 이용한 중대형 전륜 승용차용 임펠러형 알루미늄 디프렌셜 케이스 개발, P0000961)으로 수행된 연구로 관계자분들에게 감사드립니다.

알루미늄합금 AA5754 온간 드로잉 스탬핑 공정파라메타연구

한규암¹, 김강우¹, 박용순¹, 정정호¹, 이상우¹, 이광석¹, 이광오²
덕성금속공업(주)¹, 부산대학교 기계기술연구원²

**A Study on the process parameters for aluminium alloy AA5754
warm drawing stamping**

Gyu Am Han¹, Kang Woo Kim¹, Young Soon Park¹, Jung Ho Jung¹, Sang Woo Lee¹,

Kawng Suk Lee¹, Kwang Oh Lee²

Duksungmetal Industry.CO.,LTD¹,

Research Institute of Mechanical Technology, Pusan National University²

Abstract

Draw stamping is a suitable process for mass production with a production cycle time of less than 10 seconds. Experiments on process parameters of worm draw-stamping parameter of aluminum alloy which is lightweight material. draw temperature, R of punch, draft angle, draw bead, draw speed and blank holder force control. It was possible to realize an optimum manufacturing warm drawing process

1. 서 론

드로우 스탬핑은 생산 사이클타임이 10초 이내로 대량생산을 위한 적합공정으로 경량화소재인 알루미늄 합금의 온간드로우 스탬핑성형의 공정변수인 성형편지R, 빼기구배각도, 성형비드, 성형속도, 블랭크홀더력에 대한 실험을 통하여 최적의 온간 드로우성형공정을 구현할 수 있었다.

2. 본 론

2.1 드로우스탬핑 성형온도

AA5754 알루미늄합금의 드로우성형을 위하여 우선 low carbon steel 1/3수준의난성형을 제어하기 위하여 Simulation(AFDEX 2D/EP)과 실험결과에서 성형온도별 성형성은 300°C에서 가장우수하게 나타났지만, 오일팬의 미세 스크래치 발생에 의한 리크(leakage)방지를 위한 성형금형 표면처리 Cr도금의 내열온도를 감안 성형온도는 250°C로 고정하고 다른 인자들에 대해 실험하였다.

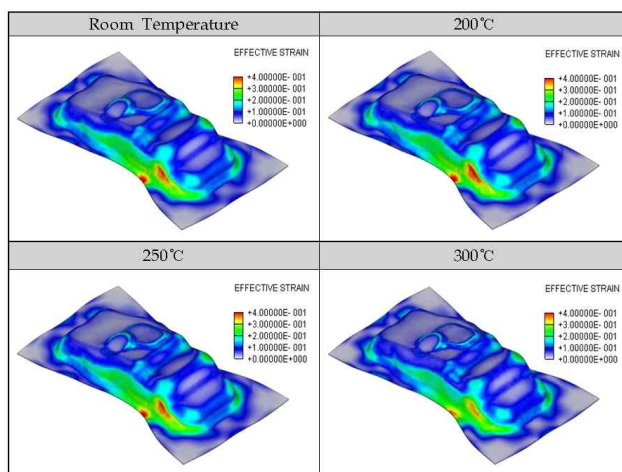


Fig. 1. Draw simulation. (AFDEX 2D/EP)

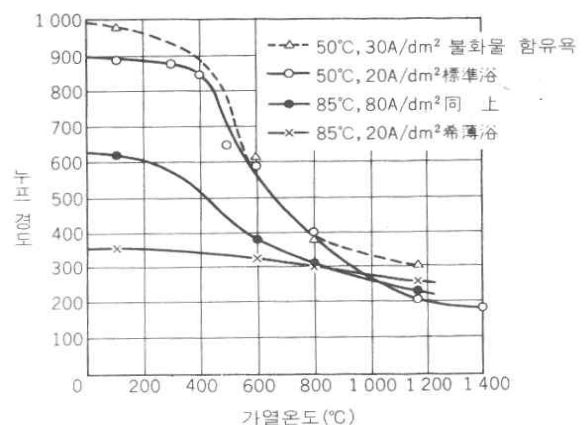


Fig. 2. Cr plating heat resistance¹⁾

2.2 AA5754 알루미늄합금제 오일팬의 온간드로우스탬핑 시험품성형

실험을 수행하기 위하여 Novels제 AA5754-O 2.0t소재를 사전simulation으로 선정된 블랭크 크기 120mm×20mm×2 mm사각재를 면취100mm×70mm로 절단가공하였으며, 성형전 250℃로 가열하였으며, 예열된 드로우 금형을 이용하여 KANTO 유압프레스300T에서 온간성형 주요 파라메타인 성형편치R20, 빼기구배각도 3°, 성형비드는 No bead. 성형속도 40mm/sec, 블랭크홀더력²⁾ 플랜지 성형 시 20ton으로 성형실험을 수행하였다.

3. 결과 및 토의

온간드로우 스탬핑성형에서 Cr도금표면처리된 성형 금형을³⁾ 이용한 AA5754 알루미늄합금재의 성형성을 확인하기 위하여 Fig. 3.은 AFDEX 2D/EP의 시뮬레이션 요약결과이며, Fig. 4.는 비접촉식 3차원형상스캐너인 ZEISS COMET 6(8M)과 Geomagic Control X & spGauge를 사용하여 성형품을 측정한 결과를 나타내고 있다. Fig. 3.에서 나타난 바와 같이 측면 최대 변형을 개소를 draft angle을 3°로 변경 적용하여 성형 시험시에 Fig. 4. 에서와 같이 형상(Profile)정밀도 최대 1.202, 최종두께 1.70mm(초기두께 2.0mm)로 건전한 AA5754재의 온간 드로잉 스탬핑 제품이 성형됨을 확인할 수 있었다.

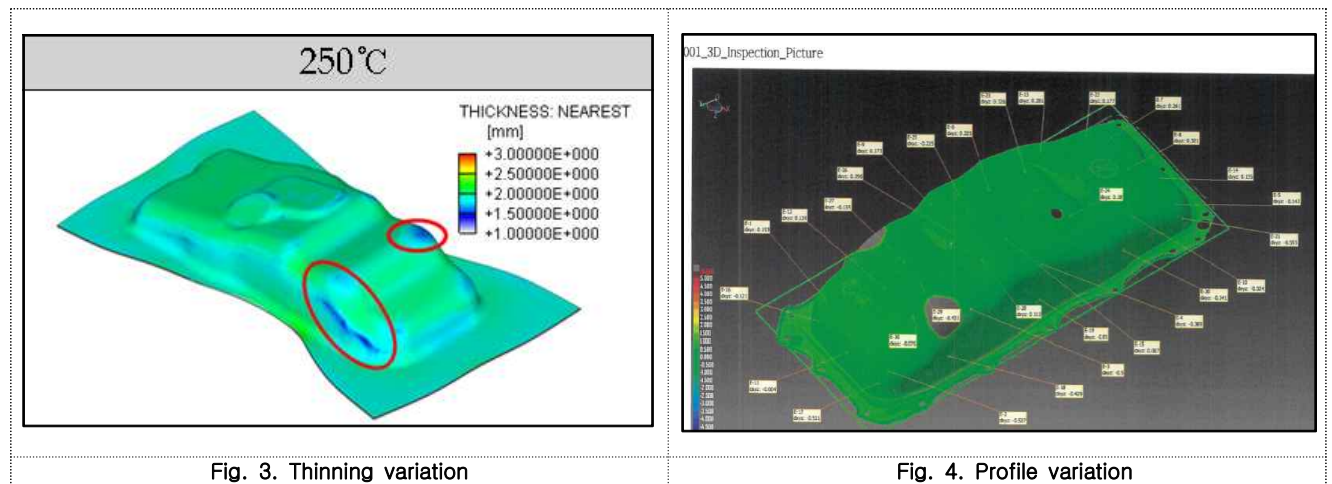


Fig. 3. Thinning variation

Fig. 4. Profile variation

따라서 두께감소와 형상(Profile) 정밀도를 만족하는 온간 스탬핑 성형을 위해서는 성형 주요 파라메타인 성형편치R과 draft angle의 변경적용이 반드시 적용되어야하는 필수요건임을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 AA5754알루미늄 합금제의 온간 드로우성형의 두께감소와 형상정밀도 만족을 위한 효과적인 제어 파라메타로 성형온도, draft angle임을 확인하였다. 본 연구로부터 성형온도와 draft angle 변화에 따른 재료의 성형성 확보는 온간드로잉 스탬핑공정에서 매우 효과적임을 알 수 있으며, 이는 온간성형시에 국부적인 변형을 집중의 완화에 따라 두께감소 저감과 형상정밀도의 향상에 크게 영향을 미치기 때문인 것으로 사료된다.

사 사

본 논문은 광역협력권산업육성사업(과제번호 P0002212)의 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- 1) 神戸徳藏 “塗金技術 Manual” 번역 기전연구사, Page287. 1991.
- 2) Bressan, J.D. Bruschi, S. Ghiotti, A.“Prediction of limit strains in hot forming of aluminium alloy sheets”, International journal of mechanical sciences v.115/116, 2016, pp.702 - 710
- 3) Zheng, Kailun , Dong, Yangchun , and Dong, Hanshan “Investigation of the lubrication performance using WC: C coated tool surfaces for hot stamping AA6082”, Procedia engineering v.207, 2017, pp.711-716

솔리드요소망을 적용한 판재성형공정 해석

이광오¹, 김민철², 이진형³, 김국용⁴

부산대학교 기계기술연구원¹, (주)엠에프알씨², 전남테크노파크³, 동의과학대학교⁴

Analysis of sheet metal forming process by using sold mesh

Kwang O Lee¹, Min Cheol Kim², Jin Hyung Lee³, Guk Yong Kim⁴

Research Institute of Mechanical Technology, Pusan National University¹,

MFRC Co., Ltd.², Jeonnam Techno Park³,

Division of mechanical engineering, Dong Eui Institute of Technology⁴

Abstract

Tensile tests with respect to various temperature and strain rate for Al 5754 material were conducted and formulation of flow stress was also accomplished. The rigid plastic analysis of stamping(drawing) process for different temperatures and blank holder forces were carried out. In this study, the reasonable process parameters in order to manufacture the sound products was proposed.

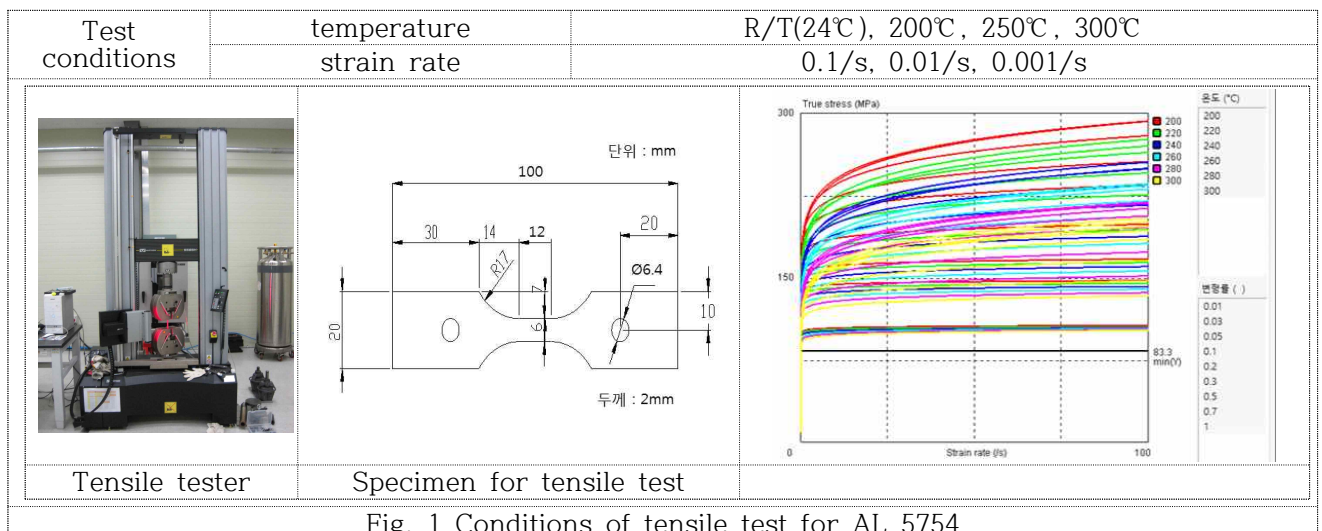
1. 서 론

최근 환경문제가 큰 사회적 이슈가 됨에 따라 자동차산업에서도 이산화탄소 배출량 저감이나 연비향상에 관심과 연구들이 다양하게 이루어지고 있다. 그 중 차량 경량화는 가장 유효한 수단 중 하나로 인식되고 있으며 그에 따라 기존 강재(steel)를 알루미늄 등 경량화 재질로 변경하려는 많은 시도들이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 자동차용 오일팬 저장용기인 오일팬을 기존 스틸재질에서 알루미늄재질로의 변경을 시도하고자 하였다. 알루미늄 재질은 스틸재질 대비 비중이 낮아 경량화는 가능하지만, 상대적으로 성형성이 나빠 판재성형공정 시 파단이 발생할 가능성이 높다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 성형온도를 높이거나 혹은 여러 가지 공정변수들을 최적화하려는 노력들이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 솔리드 메쉬(Mesh)를 적용한 탄소성 유한요소법을 활용하여 성형온도의 영향, 블랭크홀더력 변화 및 비드 유무에 따른 성형성을 분석하고자 하였다.

2. 판재성형공정에 대한 유한요소해석

2.1 알루미늄 5754재료에 대한 물성획득

판재성형공정을 해석을 위해 적용하고자 하는 재료(Al 5754) 판재재질에 대해 온도별, 변형을 속도별 인장시험을 수행하였으며, 유동응력곡선을 추출¹⁾하였다(그림 1).



2.2 해석조건

스탬핑 공정 중 드로잉 공정에 대한 성형해석을 수행하기 위해 실제 공정을 단순화한 모델(Fig. 2)을 적용하였으며, Table 1의 해석조건에 대해 해석을 수행하였다. 1차적으로 공정변수 및 설계변수에 대한 재료의 성형성을 평가하기 위해 해석의 속도 및 수렴성등을 고려하여 강소성 및 등온해석을 우선적으로 실시하였다. 성형온도, 블랭크 홀더력, 비드(Bead) 유무에 따른 변화를 분석할 수 있도록 해석조건을 설정하였다.

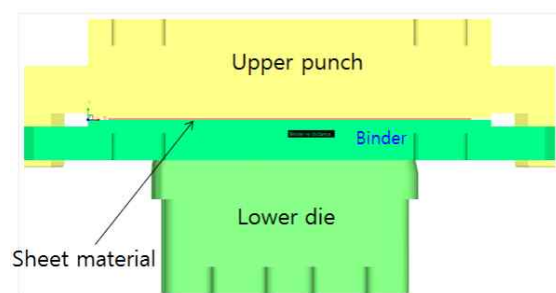
	Table 1 Conditions of analysis	
	Analysis type	Rigid plastic & Isothermal
	Material	Al5574 sheet (600mm×300mm×2mm)
	Punch velocity	40mm/s
	Friction(Hybrid)	$\mu = 0.125, m' = 0.375$
	Blank holder force	50kN, 100kN, 150kN
	Temperature	R/T, 200℃, 250℃, 300℃

Fig. 2 3D model for analysis

2.3 성형해석 결과 및 분석

Fig. 5는 유동해석 결과에 대한 오일의 유량을 나타내었으며, 각각의 케이스별 유량은 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 보는 바와 같이 유입반경(R)이 증가할수록 오일의 유입량이 점점 증가하는 경향을 보임을 확인할 수 있다.

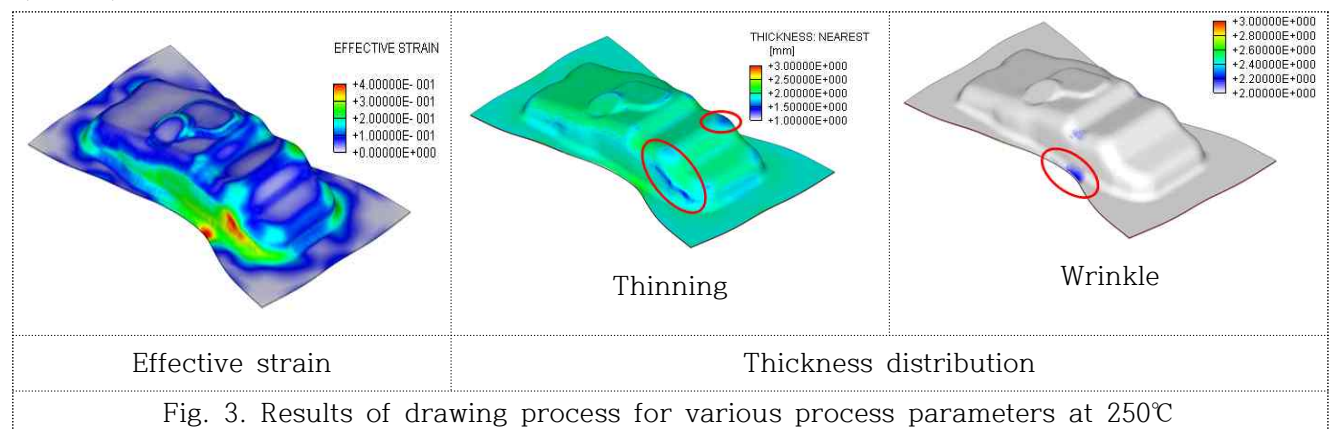


Fig. 3. Results of drawing process for various process parameters at 250℃

3. 결 론

본 연구에서는 알루미늄 5754재질에 대한 드로잉 공정에 대해 성형온도, 블랭크홀더력 및 비드형상에 따른 성형공정해석을 수행하였으며, 성형온도가 증가함에 따라 변형의 집중현상이 완화되어 특정부위에서의 두께감소(Thinning)에 의한 파단현상을 제거할 수 있음을 확인하였다. 또한 블랭크 홀더력 및 비드 유무 및 형상에 따라 소재의 유동특성에 있어서 큰 변화가 있기 때문에 이에 대한 최적화가 이루어진다면 성형성이 나쁜 알루미늄 재질에서도 건전한 제품이 제작될 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 논문은 광역협력관산업육성사업(과제번호 P0002212)의 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- 1) M. S. Joun, J. G. Eom, M. C. Lee, J. H. Park, D. J. Yoon, "Tensile test based material identification program AFDEX /MAT and its application to two new pre-heat treated steels and a conventional Cr-Mo steel", Int. J. Mod. Phys. B, Vol. 22, No. 31-32, pp. 5774~5779, 2008

스마트FA를 위한 로봇의 무인원격제어 네트워크

정양근¹
(주)신라정보기술¹

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, 의료시술, 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.

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 사용하며 그 이외의 데이터는 신뢰성을 보장하기 위하여 TCMP를 사용하였다. 인터넷과 같이 공용망에 접속되어 있는 경우 통신지연이 불규칙하게 발생되고, 특히 무선랜의 경우 주위환경에 영향을 받으므로 이를 실시간으로 측정할 필요가 있다. 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. 결 론

본 논문은 이동로봇을 원격으로 제어하는 원격제어 시스템을 구성하고 제어알고리즘을 개발 하고 센서로 환경에 대한 정보를 사용자가 원격 모니터링 할 수 있도록 하였으며, 이동로봇을 키보드와 조이스틱으로 간편하게 제어할 수 있도록 인터페이스를 구성하였다. 원격제어 시스템의 통신네트워크 지연시간을 측정하기 위한 알고리즘을 개발하여 네트워크 상태에 따라 제어를 선택할 수 있도록 하였다.

[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.

모바일로봇의 주단조 환경 생산공정 작업경로 추적제어

정규현, 김활수
(주)세영산업

1. 서 론

최근 금형 및 주단조공정같은 뿌리산업현장에서 사용되고 있는 매니플레이터는 작업반경의 제약으로 인해 작업수행에 한계를 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 주행기능을 갖춘 구륵이동로봇에 대한 연구방향은 수학적 모델링, 동작 및 경로설계, 위치추정에 대해 이루어지고 있다.

2. 본 론

본 논문에서 연구되어진 3륵 모바일 로봇은 2개의 전륵은 구동구륵이고, 1개의 후륵은 구륵이동로봇의 안정을 위한 보조구륵으로 구성된다. 모바일 로봇의 방향전환은 두 개의 독립적인 구동구륵에 의해 이루어진다.

구륵이동로봇의 위치는 $X=(x,y, Q)$ 로 표현된다. 여기서 (x,y) 는 제어점(controlled-point)의 직각좌표이며, Q 는 기준좌표계의 x축에 대한 모바일 로봇의 x축의 방향각을 나타낸다.

기구학 모델링의 단순화를 위해 모바일 로봇은 평지에서 이동하며, 구륵의 변형과 미끄러짐이 발생하지 않는 것으로 가정한다. 전향기구학에서는 엔코더에서 측정된 구륵의 속도로부터 모바일 로봇 본체의 속도를 구한다. 모바일 로봇의 전향기구학의 해는 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} V_1 \omega & W_{1x} \\ V_2 \omega & W_{2x} \end{bmatrix} = \frac{1}{R(l_b^2 + 1)} \begin{bmatrix} -l_a l_b & -l_b^2 - 1 & -l_a \\ l_a l_b & -l_b^2 - 1 & l_a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v A_x \\ v A_y \\ w A_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

3. 모의실험 및 고찰

본 논문에서는 모바일 로봇의 안전한 경로 추정을 위한 제어법칙이 제시된다. 비선형 제어기법을 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.

모델링의 유효성과 제어 알고리즘의 효율성을 증명하기 위하여 모의실험을 수행한다. 모바일 로봇의 초기 위치는 (0,0,0도)에 있다고 가정하고 모바일 로봇이 추적해야할 기준궤적은 벽면에 평행하며 종점은 (1.5,7,90도)이다.

4. 결 론

본 논문에서는 3륵 모바일 로봇의 모델링과 경로추적에 대해 다뤘었다. 안전한 경로추적을 위한 제어법칙을 구성하기 위해 비선형 제어기법을 제시하였고, 시스템이 안정하기 위한 조건으로부터 제어동작을 제안하고 신뢰성을 검증하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] Yuan F. Zheng, Recent Trends in Mobile Robots, World Scientific, 1993.
- [2] Jean Jacques E. Slotine, Weiping Li, Applied Nonlinear Control, Prentice-Hall. 1991.
- [3] 정대경, Nonholonomic 제약을 가지는 구륵이동 로봇의 위치추정과 경로추적, Proceedings of the 11th, KACC, 932-935, 1996.

부품 자율 핸들링작업을 위한 다관절 로봇의 정밀 모션제어

윤경화, 김희진, 한성현
(주건화1, 경남대학교2)

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 실수코딩유전알고리즘으로 최적화 시켜 학습시간을 줄이고 역전파 알고리즘을 사용하여 모바일로봇의 실시간 궤적추적 신경제어기를 설계하여 그 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 입증하였다.

2. 본론

직교 좌표에서 정의된 2차원 평면에 놓여진 모바일 로봇은 Fig. 1에 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 없다.

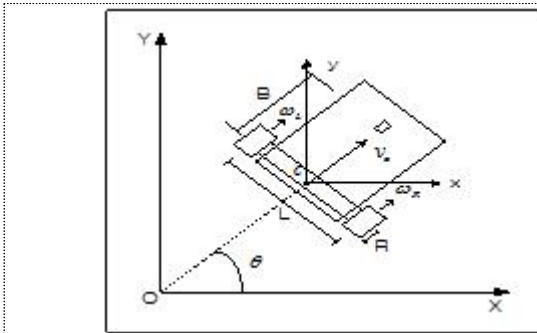


Fig. 1. 로봇의 구조 및 좌표계

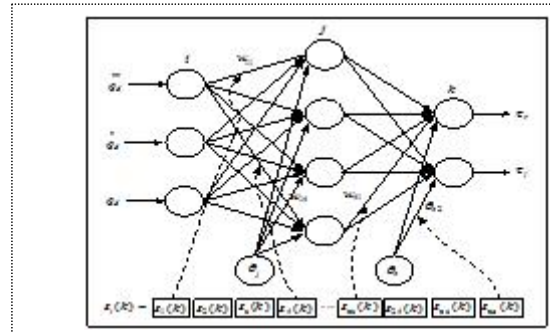


Fig. 2. 신경회로망기반 학습구조

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_{ji} 는 가중치 벡터 그리고 $[\tau_r \ \tau_l]^T$ 는 출력벡터이다. 여기서 $s_i(k)$ 는 실수코딩 유전알고리즘에서의 염색체 벡터로서 다층 신경회로망의 가중치벡터를 나타낸다.

3. 모의 실험 및 고찰

모의실험은 최대속도 1.5 m/sec, 최대가속도 6m/sec², 샘플링 타임 0.02sec 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 50 cm/sec, 초기 오차=(0, 50 cm, 65°)인 직선 경로에서 초기 방향 오차로 인해 진동이 나타나는데 PD 제어기에 비해 제안된 제어기의 진동이 적게 나타남을 알 수 있다.

4. 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.

[참고 문헌]

- (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,

스마트 팩토리를 위한 공장내의 이동로봇의 위치제어

배호영

(주)브이맥

1. 서 론

자율주행 로봇은 생산제조공장 및 공공기구나 업무현장등의 다양한 용도에서 그 필요성이 증가 되고 있고 각 분야별로 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도 중요한 분야는 경로 계획과 그것을 충실하게 따라가게 제어하는 매크로(macro) 및 마이크로(micro)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. 중복성 (redundency) 문제를 피하기 위해 이동로봇이 경로를 모두 직선으로 표시하고 각 직선경로사이의 보간은 하위 제어기가 부드러운 곡선으로 대처하는 방법을 이용했다. 본 논문은 실내외용 이동 로봇 개발과 정에서 선행된, macro제어시스템의 실험 결과와 micro제어 시스템과의 네트워크제어에 대하여 언급하였다.

2. 본 론

기준궤적은 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 제어사이클 마다 경로의 기준 위치, 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, 각속도로 표시할 수 있다. 차량의 부드러운 운행을 위해서는 적당한 가속과 감속으로 속도 값을 정해야 한다. 정지에서 출발, 또는 각 경로 구간에서의 속도 변화를 위해서 적당한 가속으로 선형적인 변화에 의한 기준 선속도를 만든다.

RMC 는 자세-속도 오차를 정확히 계산하여 그 오차를 보상할 수 있는 최적 선속도와 각속도를 계산하여 양 모터가 내양할 속도 값을 모터제어기에 알려주므로, 모터 제어가 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.

3. 실험 및 고찰

앞에서 논의된 RTG, RMC는 현재 실내용 이동로봇으로 개발되고 있는 ALiVE에 구현되어 그 성능을 실험중에 있다. ALiVE의 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 이동로봇시스템에 구현되어 그 성능을 실험중에 있다. RTG 는 정확히 그리고 부드럽고 유연한 보간 궤적을 만들어내는 역할을 하는데 그것의 특징으로는 경로계획기로부터의 데이터 양을 크게 줄이고 경로 계획기와 자세 제어를 분리시켜 주며, 이동로봇의 주행 상태를 실시간으로 점검하여 상위 시스템에 알리는 것이다. RMC는 RTG 로부터의 자세-속도 명령과 현재 자세-속도를 비교 하여 오차를 보상시켜주는 제어 신호를 모터 제어기에 넘긴다.

[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

고온내열 특수환경 7축 다관절로봇의 오프라인제어

배호영, 윤경화,
(주)브이맥,(주)건화

1. 서 론

로봇의 설계에서 기구적으로 경량화 및 고가반하중화 되면서 로봇을 구동하기 위한 동작제어기는 점점 가혹한 조건에 놓이게 되었다. 경량화에 의해 기구는 유연해졌지만 무거운 부하를 고속으로 움직이면서도 고정도를 유지하는 것은 고전적인 제어방법만으로는 더 이상 원활한 제어가 어렵다. 이에 따라 최근 산업용 로봇의 동작제어에는 고성능제어를 실현하는 모델기반 제어기법(model based control)이 적용되고 있다.

2. 본 론

로봇시스템의 관측기는 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.

제어입력과 출력에 공칭 모델(nominal model)의 역함수를 곱한 것의 차이를 외란으로서 관측하고 이 신호를 필터에 통과시켜 제어입력에 가함으로써 모델링되지 않은 외란을 보상한다. 이 때 필터는 측정신호 잡음(noise)과 고주파 입력의 증폭을 방지하기 위해 저역통과필터(low pass filter)로 설계한다. 경험에 따르면, 필터에 사용되는 저역통과필터의 차수나 계수의 조절에 따라 외란보상 효과가 크게 좌우되므로 필터의 섬세한 조정이 필요하다.

3. 성능실험

부하 측에 가해지는 동역학적 간섭력에 대해 유연한 동력전달계를 거쳐 모터측에서 보상하기 위해서는, 2관성계 모델을 고려한 외란의 추정과 보상 신호의 생성이 필요하다. 180kg의 부하를 장착한 로봇의 팔을 전방으로 뻗은 상태에서 손목 축을 최대 가감속으로 회전시켰을 때 주축에 가해지는 동역학적 간섭력에 의한 선단의 흔들림을 평가한 것으로서, 외란관측기를 통해 외력이 보상되어 선단의 흔들림이 60%이상 감소됨을 알 수 있다.

4. 맺음말

모델링 되지 않는 고차 비선형 요소나 복잡한 부하의 계수추정 한계등은 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.

다관절로봇의 작업 수행을 위한 정밀 자세 제어

김기성, 팽재익, 정성훈
경남대학교 대학원

1. 서 론

최근 4차산업혁명시대를 맞이하여 제조용 로봇에 대한 연구는 로봇 공학의 역사만큼이나 오래되었으며 또한 오랜 역사만큼이나 다양한 연구가 진행되었다. 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. 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. 학습제어

파라미터의 불확실성 및 조인트 강성에 의한 로봇 끝단의 궤적 추종 오차를 줄이기 위해 본 논문에서는 반복 학습 제어를 이용한 궤적 정보를 수정하게 된다. 제어가 반복될수록 제어 궤적은 오차가 감소하는 쪽으로 업데이트 된다. 결과적으로 제어기 변환 없이 만족하는 궤적오차를 만족하는 제어궤적을 얻게 된다.

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.

여기서 학습 개인은 0과 1사이의 값이며 또한 시간 지연을 하게 되며, butterworth filter로 외란을 제거하게 된다. 그리고 궤적오차는 로봇 끝단의 궤적과 외계센서에 의해 지정된 실제 로봇의 위치의 차이이다.

결국 실 제어기(PID)에 사용하는 에러는 변경된 궤적과 엔코더에 의해 얻어진 조인트 위치 값이 된다.

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.

3. 성능시험 및 고찰

모의실험을 통해 외계 센서로부터 샘플링 주기 1200Hz 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

제조공정지능화를 위한 제조용 로봇의 위치·속도제어를 하기 위해서는 좋은 제어기가 필요하다. 하지만 제어기의 교체없이 로봇의 파라미터 및 강성에 의한 로봇의 추종오차를 본 연구에서는 외계센서로부터 얻은 로봇 끝단의 정보를 이용하여 반복 학습 제어 알고리즘으로 궤적을 변경함으로써 얻을 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- (1) 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.
- (2) M. krstic, I. Kanelleakopoulos, and P. Kokotovic, 1995, "onlinear and Adaptive Control Design,"Wiley-Interscience Publication.

단조 공정자동화를 위한 7축 수직다관절로봇시스템의 실시간 제어에 관한 연구

성기원, 노승훈, 강정석

(주)한화테크윈, , 영창로봇테크. (주)SMEC

1. 서 론

본 연구에서는 다양한 기능의 센서를 통해 다양한 형상의 윤곽선 및 특징점을 이용하여 특정 물체를 인식하고, 매니퓰레이터를 이용하여 물체를 잡고자 한다. 특히 형상인식 알고리즘은 물체의 3D 정보를 획득하기 위해서 단조품의 물건을 대표하는 여러개의 특징점을 사용하게 되는데, 물체를 한 점으로 인식할 수도 있고, 여러 개의 점으로 이루어진 선 또는 면으로 인식하여 원하는 정보를 획득할 수 있다.

2. 본 론

지금까지 산업용 로봇이 수행했던 단순 반복 작업뿐만 아니라, 복잡한 환경에서 다양한 작업을 능동적으로 수행하기 위해, 여러 가지 센서와 다양한 알고리즘에 대한 연구가 이루어지고 있다.

로봇시스템은 크게 두 가지로 나누어져 있다. 로봇의 제어 및 모니터링을 담당하는 서버 시스템과 비전과 7자유도 매니퓰레이터가 부착된 로봇으로 구성되어 있다. 이동 로봇은 구동부, 센서부, 제어부로 나누어져 있다. 구동부는 2개의 서보모터로 구성된다.(1)

이동로봇 상판에는 높이와 정면 거리 조절이 가능한 7자유도의 매니퓰레이터와 로봇의 눈에 해당하는 카메라가 상판으로부터 70cm 높이에 장착되어 있고 영상을 메인 서버에 전달하기 위한 무선 송신기가 장착되어 있다. 영상 및 초음파 센서 데이터, 엔코더 값 등을 서버시스템으로 송신하고, 로봇의 이동과 제어에 대한 명령을 수신 받는다. 로봇에서 서버로 전달된 영상은 비전 보드를 통해 영상 처리를 수행한다.(2)

랜드마크는 특정 색의 사각형 모양을 하고 있으며, 물체의 측면 상단에 부착되어 있다. 이동 로봇의 시각 제어시스템은 랜드마크의 정보를 이용하여, 매니퓰레이터 및 물체를 인식한다. 카메라의 영상으로부터, 배경과 물체를 나타내는 랜드마크를 분리하기 위해 영상의 픽셀정보를 분석한다. 입력받은 영상은 노이즈로 영상의 질이 저하될 수 있는데, 이를 향상시키기 위한 전처리 과정으로 히스토그램 평활화 기법을 적용하였다.(3)

3. 모의실험 및 결과고찰

물체를 어떤 모양으로 인식하는가에 따라 대상 물체의 정확한 위치 및 자세 정보를 알 수가 있다. 사각형을 인식함에 있어서 점, 또는 선 또는 면으로 인식할 수가 있다. 다양한 자세를 한 점으로 인식하게 되면 물체의 위치는 알 수 있으나 자세 정보를 소실하게 된다. 따라서 좀더 정확한 정보를 알아내기 위해서는 좀더 많은 특징점을 이용하여, 선이나 면으로 물체를 인식하는 것이 바람직하다. 실시간으로 로봇을 제어하기 위해서는 연산량이 작아야하는데, 이를 위해 형상인식기반 정합법을 사용하였다.

4. 결 론

매니퓰레이터의 경로 계획은 특징점으로 매니퓰레이터를 이동시킨 후, 물체의 기울어진 각도 만큼 손목관절을 꺾어서 물체를 잡고자 한다. 로봇 매니퓰레이터와 물체 사이의 기하학적 정보를 이용하면 특징점을 구할 수 있다. 본 실험에서는 특징점을 이용하여 물체의 위치 뿐 아니라 자세까지 예측하고, 매니퓰레이터를 통해 물체를 효과적으로 잡기 위한 방법을 제안하였다.

[참 고 문 헌]

- 1) H.J. Leem M. C. Lee "Visual Servoing of a Mobile Manipulator Based on Stereo Vision", ICASE2003, 2003.
- 2) Radu Horaud, Fadi Dornaika "Visually Guider Object Grasping", IEEE Transactions on Robotics and Automation, 1996.
- 3) Forstner, W "Quality assessment of object location and point transfer using digital image comection techniques", Proc. 15th ISPRS Congress, Rio De Janeiro, Brazil pp. 169-191, 1987.

물류 자동화를 위한 자율주행 로봇의 위치 및 속도 제어

임오득
해군정비창

1. 서 론

금형생산공장자동화의 실현을 위해서 자율주행제어 기능을 갖는 이동로봇은 정확한 방향과 거리를 자율적으로 조절할 수 있어야 한다. 이동로봇에서 고전적으로 사용되는 제어기는 환경에 대한 적응력이 떨어져 초기 위치의 변화나 다른 여러 가지 환경적인 요인에 영향을 받는다. 그래서 이동로봇을 대상으로 기준 궤적에 대하여 초기 위치와 방향에 상관없이 유효하게 경로를 추적하기 위해 퍼지-신경망 알고리즘 제어기를 설계하고 이에 대한 제어기의 실용화 가능성을 제시한다.

2. 본 론

로봇의 지능제어기법은 퍼지추론 등의 퍼지 연산을 통해 퍼지 정보처리를 할 수 있으며, 시스템에 대한 개략적 시술을 가능하게 하여 자연적인 표현을 사용한 고위의 정보처리가 가능한 지능제어기법을 적용한다. 그러나 소속 함수와 규칙에 대한 조종 능력이 없어 변화하는 환경에 대해 적응성이 떨어지고 계산 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 자기구성 제어기를 제안한다.(1)

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

3. 모의실험 및 결과고찰

작업의 실현을 위하여 퍼지제어기의 성능을 개선할 때 규칙의 수정 방법은 크게 3가지로 나뉘어진다. 제어 규칙의 수정, 조정인자, 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 반경 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.

지능제어알고리즘을 이용한 자율주행로봇의 주행제어 관한 연구를 수행하였다. 제안된 제어기는 학습능력에 의해 스스로 적응할 수 있는 신경제어 구조와 퍼지 추론을 통해 제어압력을 생성하는 퍼지제어 구조를 결합한 새로운 구조의 실시간 제어 가능한 퍼지 뉴럴제어알고리즘에 의한 로봇제어방법을 제안하였다.

4. 결 론

로봇의 운동방정식은 비선형성을 나타냄으로써 복잡하고 대부분의 경우 운동방정식을 정확히 구하지 못하는 경우가 많다. 또한 고전적 제어방법은 환경의 변화에 대응이 불가하여 제어성능에 한계를 드러내고 있다.

최근 퍼지 신경망이론을 제어시스템에 적용함으로써 고전적 제어이론의 한계성 극복에 커다란 가능성을 보이고 있다. 퍼지이론과 신경망이론을 융합시키는 기술은 상당한 관심사로 부각되고 있다. 퍼지 신경망 제어기의 기본원리는 신경단위 세포의 학습 함수를 이용한 퍼지제어칙과 멤버십 함수를 자동적으로 조정하는 제어 방법이라 할 수 있다.

[참 고 문 헌]

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

부품 장렬 작업을 위한 로봇매니퓰레이터의 실시간 제어에 관한 연구

동근한
(주)세광산업

1. 서 론

본 연구에서 제안된 로봇제어 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 실시간 제어 프로그래밍 시스템을 적용하면 로봇의 작동 중에도 동적 시뮬레이션이 가능하며, 작업교시, 궤적계획, 평가·진단 등의 분석 및 성능평가를 소프트웨어로 수행할 수 있는 것이 큰 특징이라 할 수 있다.

2. 본 론

다관절 로봇시스템 매니퓰레이터의 링크사이의 상호관계는 Denavit - Hartenberg의 표현방식에 의하여 표현될 수 있다. Denavit - Hartenberg 표현방법은 각 링크에 좌표계를 설정하여 전체계를 해석하는 행렬 해석방법으로서, 앞의 링크 좌표계에 대한 다음 링크 좌표계의 관계를 링크의 기하학적 파라미터 α_i , θ_i , a_i , d_i 에 대한 (4×4) 동차변환행렬(homogeneous transform matrix)로서 표현된다.

링크 파라미터들을 이용하여 (i-1)번째 좌표계에 대한 i 번째 링크 좌표계의 상대적 위치를 나타내는 동차변환행렬 ${}^{i-1}A_i$ 를 구하면 다음과 같이 표현된다.(1)

$$\begin{aligned}
 {}^{i-1}A_i &= Rot(Z_i, \theta_i) Trans(0, 0, d_i) Trans(a_i, 0, 0) Rot(X_i, \alpha_i) \\
 &= \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i & 0 & 0 \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha_i & -\sin\alpha_i & 0 \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i \cos\alpha_i & \sin\theta_i \sin\alpha_i & a_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i \cos\alpha_i & -\cos\theta_i \sin\alpha_i & a_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)
 \end{aligned}$$

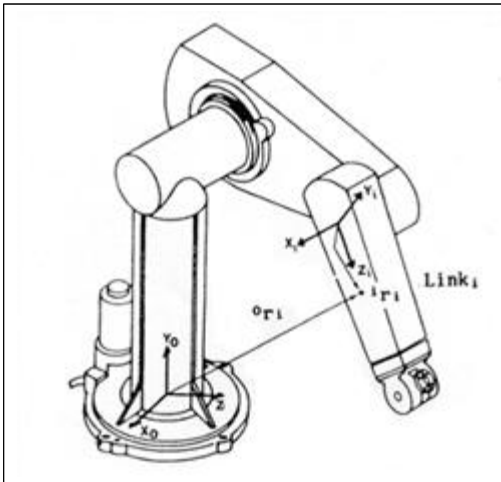


Fig. 1. Point ${}^i r_i$ in link i.

일반적으로 관절 i의 관절 변수는 회전관절의 경우에는 θ_i 가 변수이고 미끄럼관절의 경우에는 d_i 가 변수이므로 회전관절 및 미끄럼관절에 대하여 동시에 적용 가능한 동적방정식을 유도하기 위하여 관절 i에 대한 일반화된 좌표(generalized coordinate)를 나타내는 변수를 q_i 로 정의하면, 기준 좌표계에 대하여 표시된 링크 i의 점 ${}^i r_i$ 의 속도는 아래식과 같이 표현될 수 있다.(2)

$$\begin{aligned}
 V_i &= \frac{d}{dt}({}^o r_i) = \frac{d}{dt}({}^o A_i {}^i r_i) \\
 &= {}^o \dot{A}_1 {}^1 A_2 \dots {}^{i-1} A_i {}^i r_i + {}^o A_1 {}^1 \dot{A}_2 \dots {}^{i-1} A_i {}^i r_i + \dots \\
 &= + {}^o A_1 \dots {}^{i-1} \dot{A}_i {}^i r_i + {}^o A_i \dot{{}^i r_i} \\
 &= \left[\sum_{j=1}^i \frac{\partial {}^o A_i}{\partial q_j} \dot{q}_j \right] \quad (2)
 \end{aligned}$$

위의 식 (2)에서의 oA_i 의 q_i 에 대한 편미분 ($\partial {}^oA_i / \partial q_i$) 은 회전관절의 경우 ($q_i = \theta_i$)를 고려하면, 식 (1)의 θ_i 에 대한 미분으로부터 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

3. 성능실험 및 고찰

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 결과를 확인한다.

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 SCARA 형 4축 로봇 모델에 대한 운동학적 해석 및 동적 특성의 분석에 대한 내용이 수행되었다. 둘째, 무인 FA의 실현을 위해서는 온라인 제어방법에는 한계점이 있으므로 이의 해결을 위해서 오프라인 제어 동적시뮬레이터에 대한 연구가 수행 되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 제조공정 자동화를 위해서는 필수적인 요소인 산업용 다관절 로봇의 운동학적 해석과 동적 제어를 수행하였다. 그리고 제안된 작업공정 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.

고열 단조공정내에서 트리밍작업 및 단조부품양불검사를 위한 공정지능화기술

팽재익, 강정석, 한성현
경남대학교 대학원, (주)SMEC, 경남대학교 기계공학부

1. 개 요

4차산업혁명시대를 맞이하여 모든 기계시스템의 첨단화가 요구되면서 영상처리기술, 영상인식, 그리고 시스템의 시각화 기능이 요구되면서부터 매우 중요한 산업분야로 부각된 정밀부품 중 핵심인 초정밀부품의 품질 향상 및 생산성향상을 위해 생산 공정 지능화를 위한 검사용 로봇 비전 시스템 개발이 매우 필요하다.

2. 본 문

형상인식 기술을 통한 부품양불검사 방법은 A/D 변환기로부터 출력되는 디지털 영상 데이터를 FM에 저장시킬 때, 또는 FM에 저장된 디지털 영상데이터를 모니터로 출력시킬 때 사용되는 변환 테이블로서, 원래의 디지털 영상 데이터에 실시간으로 효과를 가할 수 있는 메모리를 설계한다.(1)

영상 데이터에 가하는 효과는 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 적용한다.

룩업테이블(Look-up-table) 입력영상(또는 영상 데이터)을 X라 하고 룩업테이블(Look-up-table) 출력영상을 Y라 한다면 $Y=F(X)$ 의 관계를 갖게 된다.(2)

3. 성능 실험 및 고찰

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

4. 결 론

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.

[참 고 문 헌]

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

리커다인을 이용한 마늘파종부와 토양의 거동해석

박승원¹, 정용준¹, 박현승¹, 이충호(leech@jj.ac.kr)¹, 하종우²
전주대학교 산업공학과¹, ㈜하다²

Analysis of Dynamic Behavior for Soil and Seeding Cup of Garlic Seeder Using RecurDyn

Seung Won Park¹, Young Jun Jeong¹, Hyeon Seung Park¹, Choong Ho Lee(leech@jj.ac.kr)¹,
Jong U Ha²
Jeonju University, Dept. of Industrial Engineering¹, HaDa²

Abstract

In this study, we used RecurDyn to analyze the interaction between the dynamic analysis of soil and its contacting parts. Simplification was carried out for the smooth dynamic analysis of garlic seedling parts of the machine. In addition, the constraint condition of the seedling part was executed to confirm driving of the garlic seeder. The relationship between soil and seedling part was analyzed for particles area. Particles were selected as coarse sand with a modulus of elasticity of 350 KN/mm^2 and a poisson ratio of 0.25. As a result, displacement and velocity were calculated as constant. However, when the sand has a high viscosity, the displacement and velocity will be change. From this results, the calculation of optimum ranges about displacement is important to make a optimum design parameter of garlic seeding mechanisms.

1. 서 론

마늘파종기의 파종부는 토양이나 작은 입자들의 형상과 회전하면서 파종되는 파종부에 외부적인 충격이 가해져서 전체적으로 파종단계에서 매우 중요한 부품이다. 마늘파종기의 파종컵은 토양과 계속적으로 접촉되는 부분으로 토양과 파종컵에 대한 거동해석은 단순한 강도설계와는 다른 방법이 필요하다. 상용소프트웨어인 리커다인(RecurDyn)을 통해서 파종부가 질점으로 정의된 토양과의 동역학적인 거동이 어떻게 이루어지는지에 대해서 모델링을 통해 시뮬레이션을 수행하였다. 리커다인의 Particle기능을 설정하여 파종컵과 토양의 관계에 대해 분석을 수행하였으며, 토양의 물성을 측정하여 수정설계에 반영하였다. 리커다인을 이용하여 토양-기계의 동역학적 해석을 통해 파종부와 토양사이의 상호관계에 대한 분석과 수정설계를 통해 최적의 파종컵 개선연구를 수행하였다.

2. 본 론

2.1 3D 모델링의 단순화

동역학적 해석 툴 리커다인을 이용한 파종컵과 토양의 관계는 마늘파종기 전체의 모델링에서 파종 부분만을 단순화하여 시뮬레이션을 수행하였다. 파종부 부품이 너무 많아 시뮬레이션에 걸리는 시간을 단축하고, 시뮬레이션에 직접적인 영향을 주는 부분을 자세히 해석하기 위해, 파종판과 동력전달축을 병합하여 한 개의 부품으로 설정하였으며, 시뮬레이션을 수행하는데 관계가 없는 볼트와 너트 등은 제외하였다.

2.2 구속조건 설정

파종컵은 파종축에 고정되어 움직이지 않는 부분이기 때문에 Fixed의 기능을 이용하여, Ground와 고정시켰다. 파종부의 중심축에 고정되어 있는 상태에서 파종부 중심을 Revolution Joint로 구속조건을 실행하였으며 이때 파종판은 파종축에 의해 구속되어 구동된다.

2.3 토양과 파종컵의 동역학적 거동해석

토양과 파종컵의 관계를 알아보기 위해 파종컵 밑에 투명상자를 생성한 후 상자 안에 토양의 물성을 가진 Particle을 생성하였다. 이 부분에서 Particle은 사용자가 원하는 재질에 따라 바꿀 수 있으며 다양한 토양의 재질에 따라 변경할 수 있다. 재질을 설정하기에 앞서, 입자의 크기, 탄성계수, 푸아송 비를 입력해야 한다. 한국공업규격(KS)에 따르면 0.25mm~4.76mm까지는 굵은 모래, 0.005mm~0.25mm까지는 잔모래로 정해져 있다. 토양의 재질은 굵은 모래로 설정하였으며 굵은 모래의 푸아송 비는 0.25이고 탄성계수는 350KN/mm^2 으로 설정하였다. 그 후, 리커다인의 Wall이라는 기능을 사용하여 그림1과 같이 토양으로 정의된 Particle을 고체와 같이 해석되도록 상자에 구속시켰다. Wall이라는 기능을 사용하지 않을 경우 Particle이 원하는 공간 즉, 상자안에 있지 않고 모든 공간으로 돌아다니기 때문에 이렇게 구속 조건을 설정해야 시뮬레이션을 수행하여 파종컵이 설정된 토양조건에 대해 반응하는 변위 등을 통해 상호간의 동역학적인 거동을 산출하였다.

3. 결과 및 토의

마늘파종기의 파종컵을 구동시켜 토양으로 정의된 Wall로 설정된 Particle과 접촉하여 리커다인에서 기계(파종컵)-토양 사이의 거동에 대해 확인할 수 있었다. Fig. 2는 리커다인의 초기좌표(0,0,0)에서의 시간에 따른 병진 변위와 속도의 크기이며, 파종부를 구동하였을 때, 속도는 245mm/s로 일정하였으며 변위는 5초 간격으로 일정하게 산출되었다

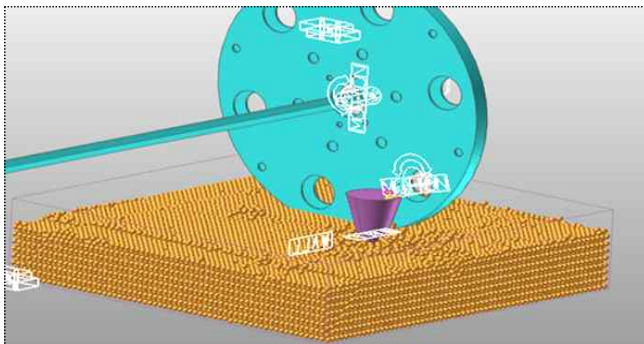


Fig. 1. Seed cup and particle contact

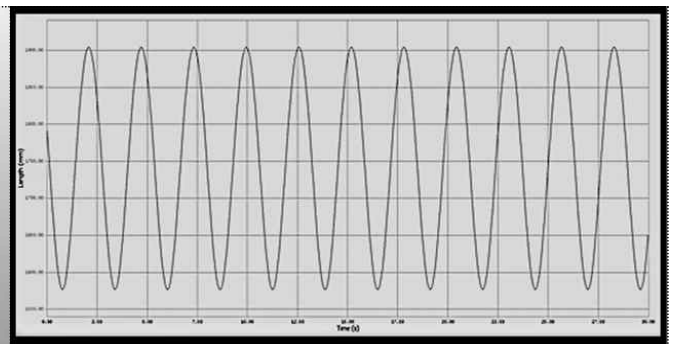


Fig. 2. Translational displacement from initial coordinates

따라서, 변위와 속력이 일정하게 산출되었지만, 파종깊이에 따라 저항력이 차이가 발생하여 속도의 변화가 발생하여 이를 이용한 작용력의 크기를 예측하여 최적의 작업속도와 소요 동력 등을 산출하는 연구를 진행하였다. 또한 토양조건을 변경하여 점성이 높은 토양의 입자로 파티클을 변경하여 점성, 경심에 따른 작업속도 등을 산출하였다.

4. 결 론

리커다인을 이용한 토양과 파종컵의 거동해석은 대상을 강체가 아닌 Particle로 적용하여 동역학적인 거동을 분석하고 이를 최적설계에 반영하였다. 앞선 연구를 통해 강체로 가정하여 파종컵의 구조해석을 통해 컵의 강도계산을 수행하였으며, 본 연구에서는 파종컵과 토양사이의 질점수준의 해석을 통해 변위 등을 산출하여 작용력을 예측하여 최적설계에 반영하는 연구를 수행하였다. 파종컵은 토양의 물성을 입력한 Particle과 접촉하여 시뮬레이션을 통해 원활하게 구동되었으며, 이와 같은 연구는 동역학적 거동해석을 통해 고체와 다양한 질점운동을 가진 고체와 유체 사이의 해석에 적용하면 특히, 건설기계와 농업기계와 같이 토양 작업기 개발 등에 있어서 중요할 것으로 사료된다. 추후 리커다인 프로그램을 이용하여 마늘파종기의 전체 시스템에 대한 동적 기구해석과 다양한 점도를 가진 토양에서의 파종시뮬레이션을 통해 한지형과 난지형 마늘 등 다양한 조건에서의 마늘파종기 개발에 활용이 필요할 것으로 사료된다.

사 사

본 결과물은 농림식품축산부의 재원으로 농림수산식품기획평가원의 첨단기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (114044-3)

[참 고 문 헌]

- 1) W. J. Chung, J. S. Oh, Y. N. Park, D. C. Kim and Y. J. Park, 2017, Optimization of the Suspension Design to Reduce the Ride Vibration of 90kW-Class Tractor Cabin, KSMPE Autumn Conference 2017. 10, 91-88 (8 pages)

마늘파종기 동력분석과 파종컵 구조해석

박현승¹, 박승원¹, 정용준¹, 이충호(leech@jj.ac.kr)¹, 하종우²
전주대학교 산업공학과¹, ㈜하다²

Analysis of Power Transmission and Structural Analysis of Seedig Cup of Garlic

Hyeon Seung Park¹, Seung Won Park¹, Yong Jun Jeong¹, Chung ho Lee(leech@jj.ac.kr)¹,
and Jong U Ha²
Jeonju University, Dept. of Industrial Engineering¹, HaDa²

Abstract

In this study, power transmission analysis was performed on the garlic seeder, according to the part of the garlic seeding process. And structural analysis was performed using Inventor2016 to reflect cost-saving material properties with similar stiffness by supplementing the light weight reduction parts of the existing material. The material is applied with PC+ABS plastic and combines polycarbonate-acrylate-butadienne-steren with high mechanical properties of PC and high resistance ABS. The results were obtained by using the expression as the shear force for the area of contact with the soil at the time of incubation by the shearing force. As a result of structural analysis, PC+ABS, which is a modified material and PC+ABS plastic has a maximum pressure of 11.21MPa and 15.02MPa respectively. The comparative analysis shows that although there is a difference in rigidity, the optimum safety factor value of three or more, based on static load, is calculated to be safe. Thus, it was estimated that the material change would achieve the advantages of PC plastic and ABS plastic while reducing costs by about 30% and making it almost 8% lighter.

1. 서 론

마늘파종기의 호퍼에서 마늘을 가져오는 역할을 하는 배종부, 직립파종을 위한 자세유지 중간컵과 이의 하단에 파종컵을 회전시켜 마늘을 심는 파종부로 구성된다. 마늘파종기는 호퍼로부터 마늘을 가져온 후 중간컵에 이송되어 그 후 마지막으로 파종컵에 이송되어 마늘을 심는 과정이 체인전동장치로 구성된 동력전달장치에 의해 수행되며, 파종컵은 파종작업에서 직접적인 영향을 주는 부분이다. 파종컵에 직접적인 영향을 미치는 토양의 반작용에 의한 전단력을 구하기 위해서 체인전동장치로 구성된 마늘파종기의 동력분석을 수행하였다. 또한 파종의 최종단계에서 토양에 직접 접촉하는 파종컵의 내구성과 원가개선을 위해서 기존 재질인 PC플라스틱의 약한 내열성과 중량을 보완하여 비슷한 강성을 갖는 원가절감 소재 특성을 반영한 재질을 선정하기 위한 인벤터 2016을 이용하여 구조해석을 수행하였다.

2. 본 론

파종컵의 기존 재질인 PC플라스틱과 비슷한 강성을 갖는 원가절감 소재 특성을 반영한 재질에 대한 정보 및 자료 수집을 수행 하였다. 구조해석은 기존모델링 모델에서 시물레이션 제외를 통한 모델링의 단순화작업, 재질의 선정, 구속조건반영, 전단력의 계산과 적용, 접촉부위의 시물레이션 선정 순으로 해석을 수행하였다. 주요부품이 아닌 볼트, 너트, 스프링은 해석에 큰 영향이 없어 시물레이션에서 제외 하였다. 재질은 PC+ABS플라스틱으로 적용을 하였으며

이 재질은 폴리카보네이트-아크릴로니트릴-부타디엔-스티렌을 혼합한 것으로 PC의 뛰어난 기계적 특성, 내충격성 ABS의 높은 가공성과 접합성 등 각각의 장점인 특성들을 결합한 재질이다. 구속조건으로 결합부분인 볼트의 면적부분에 해당하는 영역에 핀 구속을 적용하였다. 전단력으로 파종컵이 파종시에 토양에 닿는 면적에 대한 전단력으로 $F(\text{전단력}) = F_B(\text{파단강도})/S(\text{안전계수})$ 식을 사용하여 추출한 값인 185.51N을 적용하였다. 파종컵이 파종시에 최대 7cm의 깊이로 파종되므로, 이때 토양에 닿는 면적을 6개의 면으로 설정하여 185.51N을 적용하여 구조해석을 수행하였다.

마늘파종기 동력전달장치는 그림 1과 같이 간편하게 변속과 주간 조절이 가능하도록 체인전동으로 구성된다. 체인 전동은 체인을 스프로킷휠 (Sprocket wheel)에 걸어 감아서 체인과 휠의 이가 서로 물리는 힘으로 동력을 전달시킨다. 주로, 축간 거리가 짧고 기어 전동이 불가능한 경우에 전동용으로 사용된다. 주간 대응 거리는 13cm~18cm이므로 그림.1 과 같이 6단계 조절 (1,4), (2,4), (3,4), (1,5), (2,5), (3,5) 으로 체인 전동하면서 원판위에 60° 간격으로 6개의 배열로 회전 컵을 채택하여 연속적인 파종 작업이 가능하다.

3. 결과 및 토의

구조 해석 결과 그림2와 같이 기존의 재질인 PC플라스틱과 변경된 재질인 PC+ABS플라스틱의 최대 폰 미세스 응력은 각각 11.21Mpa, 15.02Mpa이 나왔으며 두 재질의 인장강도는 85Mpa, 54.1Mpa로 안전계수는 PC플라스틱이 7.5 PC+ABS플라스틱은 3.6으로 도출되었다. 강성에 차이가 있지만 원가절감과 경량화에 큰 변화가 있으며 재질 특성상 더욱 적합하다고 나타났다. 총 12개의 스프라켓 휠로 구성된 마늘파종기 한 개의 체인전동 전달동력은 3.31kW(=4.41ps)로 분석되었다. 본 연구를 통해 파종 간격 조절에 따른 11조식, 7조식 마늘파종기의 소요 마력은 각각 최소 $3.31 \times 11 = 36.41\text{kW}$ (=48.55ps), $3.31 \times 7 = 23.17\text{kW}$ (=30.89ps) 이상으로 계산되었다..

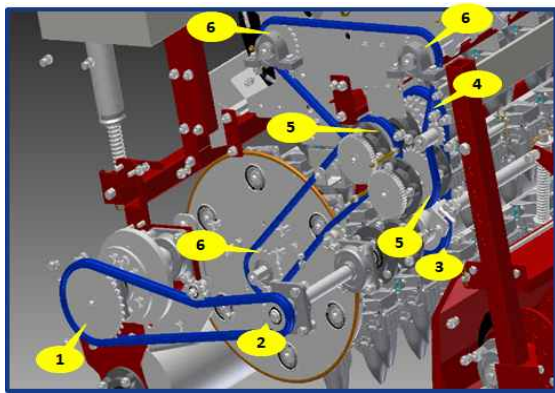
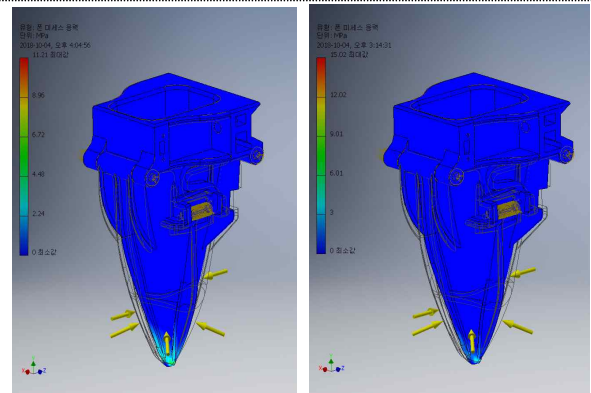


Fig. 1 Transfer Power Process of Garlic Seeder



(a)PC plastic

(b)PC+ABS plastic

Fig. 2 Von Mises Stress.

4. 결 론

본 연구를 통해 기존의 재질과 변경된 재질에 대한 비교 분석을 하였다. 강성에 차이가 있지만 정하중을 기준으로 최적의 안전계수 수치인 3이상이 도출되어 안전하다고 산출하였다. 따라서 재질변경을 통해 PC플라스틱과 ABS플라스틱의 장점을 확보함과 동시에 원가 약 30% 절감과 약 8% 경량화가 가능하여 큰 성과가 있을 것으로 사료되며, 파종컵의 재질변경에 대한 내구성 시험과 해석은 향후 수행할 계획이다. 마늘파종기의 체인전동 동력전달 메커니즘을 분석한 결과 한개 유지 동력 소요 마력을 산출하여 다조식 마늘파종기에 필요한 트랙터, 이앙기의 소요동력을 대략적으로 예측하는 방법을 제시하였다.

사 사

본 결과물은 농림식품축산부의 재원으로 농림수산식품기획평가원의 첨단기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (114044-3)

[참 고 문 헌]

- 1) B. Y, Lee, T. J. Jeon, and S. H, Sim. "Structural analysis and stress evaluation of 1500ton mechanical press" KSMPE Autumn Conference 2017. 4, 126-127 (2 pages)

자세교정 의자의 기구부 해석

신윤수¹, 김경수¹, 이충호(leech@jj.ac.kr)¹, 이재현²
전주대학교 산업공학과¹, 미동체어²

Analysis of the Mechanism of the Posture Correction Chair

Y. S. Sin¹, K. S. Kyung¹, C. H. Lee(leech@jj.ac.kr)¹, J. H. Lee²
Jeonju University Dept. of Industrial Engineering¹, Midong chair²

Abstract

It is necessary to perform a structural analysis of the main parts of the posture correction chair to review safety because of momentary loads occurring when a person is seated. Dynamic analysis of the actuation force of the posture correction chair which is simulated its original state by spring-resilient force when the load is removed. Mechanism analysis and equilibrium equation was conducted and simulated by Inventor SW for structural analysis, and Recurdyn SW was used for the safety review and dynamic analysis of overall drive of the seat back and sliding conditions. The structural analysis was determined material change and material thickness to secure durability and economy, and the quantity of change in dynamic displacement was derived to determine the suitability of the resulting values for quantitative values.

1. 서 론

일반적으로 의자를 장시간 사용하면 척추 및 골반, 주위의 근육에 스트레스를 점진적으로 가해 피로감과 통증이 수반된다. 본 연구에서 개발한 자세교정용 의자는, 사람이 착석 시 별도의 조작 없이 사람의 무게로 의자의 상판이 하판과의 작용면을 따라 경사각 아래로 슬라이딩 되고, 착석자의 등이 자동으로 등받침에 기대게 되어 척추의 자세를 바로 잡아주는 원리를 이용하여 연구를 수행하였다. 이때 하중이 제거되었을 때 인장 코일스프링과 공압실린더를 통해 원상태로 돌아가게 되는 메커니즘으로 복원되는데, 사람이 착석할 때는 순간적인 하중이 발생하여 의자의 주요부에 내구성 등에 영향을 미치기 때문에 본 연구에서는 주요부 구조해석을 수행하여 수치상의 확인 가능한 안전성에 대한 근거를 도출하였으며, 리커다인(Recurdyn) 소프트웨어를 통해 의자의 슬라이딩시스템과 스프링복원력의 작동력에 대한 동역학적 분석을 수행하였다.

2. 해석 방법 및 설정

2.1 의자의 주요부 구조해석

2.1.1 등받이부

의자 등받이부의 재질은 강철을 설정하였고 등받이 프레임과 렉킹(의자의 슬라이드부와 등받이부를 연결시켜주는 보조장치)부를 체결해주는 볼트는 집중하중이 발생하는 것을 고려하여 스테인레스 스틸인 SS440C로 설정하였으며, 작용하중은 2017년 교육부 통계자료에 근거하여 8~13세의 어린이의 최대 몸무게인 50Kg(약 500N)으로 설정하여 등받이부에 약 50Kg정도 무게가 가해진다는 것으로 설정하였다. 고정 구속조건은 렉킹의 밑판이 의자의 상판과 결합되는 부분인 아랫면으로 구속하였다.

2.1.2 슬라이딩부

슬라이딩부는 상·하판 프레임, 슬라이드판, 인장코일스프링 2개, 공압실린더로 구성되어 있으며 슬라이드판재질은 Aluminum 6061, 상·하판 프레임은 강철(steel), 전체적인 볼트·너트 또한 강철(steel)로 설정하였다. 하중은 등받이부와 같은 50Kg(약 500N)이 사람이 착석시 하중이 작용하는 아랫 방향으로 되도록 적용하였다. 슬라이딩부에는 공압실린더가 설치되어 있어서, 사용한 공압실린더(45N)와 인장코일스프링(69.56N)의 복원력을 반력(총 114.56N)으로 설정하여 진행하였다. 고정 구속조건으로는 상판이 슬라이드와 결합되어, 슬라이드의 반대방향에 하판이 결합된 구조임으로 하판 전체로 설정하였다.

2.2 의자의 작동력 해석

인벤터2016 에서 진행한 3D모델링 파일로부터 리커다인을 활용하여 해석을 진행하였다. 모델링 단순화를 위해 노드 및 요소수를 결과에 영향을 미치지 않는 한도에서 제거하였고, 작용하는 위치의 기준을 설정하기 위해 각 결합부분에 벡터를 설정하고 상판과 하판에 직접적으로 연결되어 있는 공압실린더에 하중이 작용하도록 구조조건을 적용하였다. Fixed 조건으로 하중이 있을 경우 상판이 경사면을 따라 아래로 슬라이딩되는 구조임으로 하판을 Fixed로 구속 하였고, 공압실린더의 전, 후면을 Revolute Joint로 구속하였다. 구동은 슬라이딩되는 바퀴를 Geosur(슬라이드 표면을 인식하여 바퀴가 회전하게 하는 기능)으로 설정하였다. 하중은 전과 같은 50Kg(약500N)을 중력방향으로 설정하였으며, 시뮬레이션 상태에서도 구동되도록 인장코일스프링과 공압실린더에 각각 69.56N과 45N을 설정하여 해석을 수행하였다. .

3. 결과 및 토의

인벤터를 통한 구조해석 결과, 등받이 하단부에 최대 폰 미세스 응력이 119.8MPa이 도출되었고 등받이부 재질(강철)의 항복강도(207MPa)보다 약 1.73배 낮은 최대 폰 미세스 응력이 발생하였다. 안전성 확보를 위한 최적화 설계를 위해 등받이 하단부의 재질의 두께를 조절한 결과로, 등받이부의 두께가 11mm일 때 안전계수 3.21의 결과를 얻을 수 있었다. 슬라이드부의 해석결과 공압실린더와 상판과 슬라이드부를 연결하는 볼트부분에 최대 폰 미세스 응력이 125.3MPa으로 도출되었고 안전계수는 1.65로 내구성에 문제가 있다고 사료되어 안전성 확보를 위해 볼트의 재질을 등받이부에 사용된 강도가 높은 스테인리스 스틸440C(689MPa)로 변경하여 안전계수를 높여 안전값을 얻었다. 그러나 볼트의 재질변경은 원가의 영향을 주므로 볼트직경을 변경하도록 하는 것이 바람직하다. 리커다인을 이용한 동적 해석 결과, 시간에 따른 변위 그래프를 산출하였으며, 의자에 하중이 가해졌을 때 평균속도 50mm/s, 가속도25mm/s, 하중이 제거되면서 평균속도는 100mm/s, 가속도가 200mm/s로 속도를 산출했을 때 0.5초로 목표치에 부합하는 결과가 도출되었다.

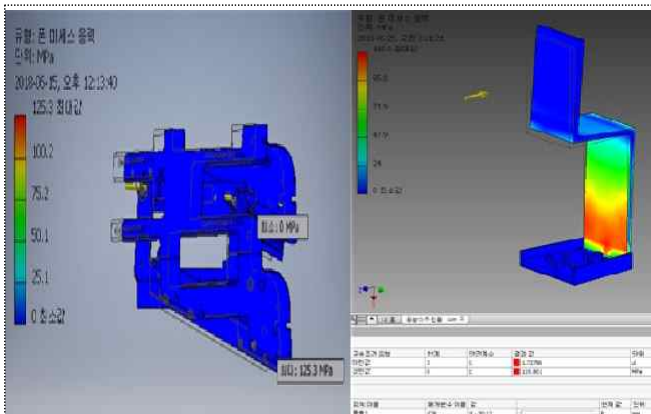


Fig. 1. Analysis result using Inventor (R. Sliding system, L. Back of a chair)

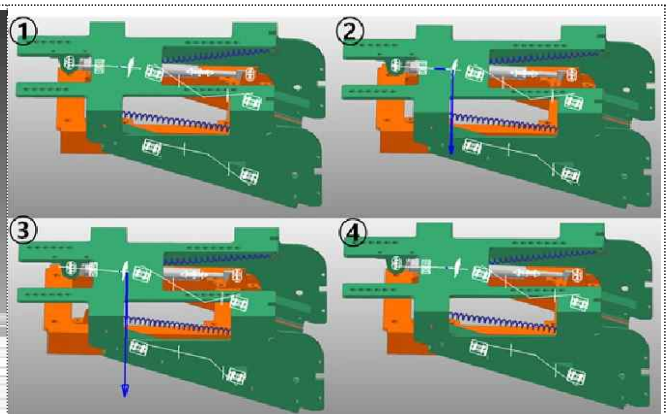


Fig. 2. Simulation of chair using Recurdyn.

4. 결 론

본 연구에서는 최적화 설계를 통해 적절한 등받이부 재질의 두께와 슬라이드부의 재질 파악할 수 있었고 이를 바탕으로 설계한다면 시제품 제작비용을 감면함으로써 경제성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다. 동역학적 변위의 변화량을 통해 속도, 가속도, 작용하중에 대한 결과를 도출하여 해석에 사용하여 최적 설계가 가능하였고, 이를 통해 자세교정 의자시스템에 장착된 스프링 복원에 필요한 의자 주요부의 정량수치에 대한 결과값을 구하였고, 이의 적합 유무성을 판단 할 수 있었다.

사 사

본 논문은 2017년도 중소기업청 창업성장 기술개발사업의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

[참 고 문 헌]

- 1) Y. S. Sin, K. S. Kyung, C. H. Lee, J. H. Lee .“Design of Posture Correction Chair using Slider System and Spring Restoring Force“ KSMPE Autumn Conference 2018.10, 220-221 (2 pages)

승용관리기 연결 로타베이터 프레임과 링크부 강도해석

김윤수¹, 이충호(leech@jj.ac.kr)¹, 강대식², 김현경²
전주대학교 산업공학과¹, (주)그린맥스²

Strength analysis of the frame and link part of rotavator connected to rided cultivator.

Yoon Soo Kim¹, Choong Ho Lee(leech@jj.ac.kr)¹, Dae Sik Kang², Hyun Kyung Kim²
Jeonju University, Dept. of Industrial Engineering¹, Greenmax co. Ltd²

Abstract

In this study, the strength of a rotavator was analyzed using numerical method about rided cultivator. The load of rotavator on the main frame is grater than its weight, the rigidity of the main frame and the link part of rotavator was calculated using software. Structural analysis was performed using the Autodesk Inventor S/W. The load was given to the main frame about 5700N, which is about twice the weight of the rotavator and the load on the link part was given by calculating pulling force of 12188.16N. From the analysis result, the safety factor of the main frame for the self weight is 2.3(vertical force only, not for drawbar pull) and the safety factor of the link part about pulling force is 4.7. Therefore, the main frame and the link parts are considered safe.

1. 서 론

본 연구는 지상고가 일반 트랙터에 비해 상당히 높아 밭작물기계로 적합해서 최근 보급이 이루어지고 있는 기계로 이에 부착되는 작업기도 기존 트랙터에 비해 개발이 되지 않아 승용관리기에 연결하여 작업하는 새롭 게 개발된 로타베이터의 프레임과 연결부의 해석에 관한 연구이다. 본기의 지상고가 높아졌으나 작업기의 로 타베이터는 관리기의 후면에서 토양면에 부착되어 작업되므로 기존제품대비 동력을 전달받는 높이와 각도가 달라져, 본체 프레임과 작업기 각 부에 전달되는 부하의 방향이 변경되어 이에 대한 해석연구가 필요하다. 승용관리기는 트랙터보다 소형이고 다용도로 활용가능하며 구입비용도 저렴하다. 또한 승용관리기는 고령 및 여성농업인 친화형 농기계로 선정되어 농림식품부 지원정책으로 확대보급 될 것이다. 로타베이터를 승용관리 기에 연결하여 작업을 시작하기 위해 로타베이터를 내려놓을 때 자중 이상의 하중이 부여 될 수 있으며 작업 을 시작하면서 승용관리기의 견인력이 로타베이터에 부하된다. 따라서 승용관리기용 로타베이터는 기존 대비 새로운 개발을 통하여 안전성과 효율성의 확보가 요구되어짐으로 자중에 대한 프레임과 견인력에 대한 링크 접촉부의 강도를 검토하였다.

2. 본 론

2.1 프레임 강도해석

승용관리기용 로타베이터를 이용하여 작업을 시작하기위해 로타베이터를 내려놓을 때 중량 이상의 하중이 부하되므로 프레임에 대한 강도해석을 Autodesk Inventor 2016의 응력해석 기능을 이용하여 수행하였다. 해석에 큰 영향을 미치지 않는 블레이드 부분을 제거하여 단순화 모델링을 수행하였고, 재질은 일반 구조용압 연강재(SS400)으로 항복강도 230MPa로 재질을 선정하였다. 하중은 로타베이터의 중량 265kg을 고려하여 약 두 배인 5700N을 중력방향(견인방향인 수평방향은 제외)으로 메인프레임의 상단 면과 양 측면에 부여하였 으며 구속조건은 링크부에 승용관리기가 연결된 상황을 가정하여 링크부에 PIN구속을 부여하였다. 메쉬구성 을 위해 노드수 491023개, 요소수 256144개가 사용되었으며, 해석결과 폰 미세스 응력이 97.17MPa로 계산 되었다.

2.2 링크부 강도해석

승용관리기용 로타베이터는 승용관리기에 연결을 하여 작업을 수행하는 구조로 승용관리기의 견인력이 로타

베이터에 부가되므로 링크부 또한 구조해석이 요구된다. 견인력은 23마력 승용관리기가 5km/h의 작업속도(V)로 소요동력의 효율이 100%로 가정을 하여 산출하였다. 소요동력(P)은 23마력에 0.763을 곱하여 16.928Kw로 환산하였으며 $P=F \cdot V$ 이므로 견인력(F)은 $F=P/V$ 로 12188.16N이 산출되었다. 모델링은 링크부에 대한 해석을 위하여 링크부를 제외한 부분을 제거하여 수행하였으며 하중은 12188.16N(견인력)을 작업방향으로 12개의 링크 연결부에 부여하였고 구속조건은 링크부가 프레임과 기어박스부에 부착되는 것을 고려하여 링크부와 연결되는 프레임과 기어박스에 접촉되는 링크부의 면에 고정구속조건을 부여하였다. 매쉬 생성을 위해 노드 수는 48207개, 요소 수 25914개가 사용되었다. 시뮬레이션 결과 등가하중인 폰 미세스 응력이 약 48.8MPa가 도출되었다.

3. 결과 및 토의

로터베이터의 자중에 의한 프레임의 시뮬레이션 결과 그림. 1과 같이 폰미세스 응력의 최대값이 프레임의 상단 양 측면에 97.17MPa로 도출되었으며 안전계수가 2.3로 도출되었다. 이 결과 폰미세스 응력이 재료의 항복강도 230MPa보다 낮은 값이며 이러한 자중과 같은 연직하중은 작업을 진행 하는 견인력에 비해 영향이 작아 프레임은 안전하다고 사료된다. 견인방향에 대한 하중분석은 동역학 거동분석 연구를 통해 향후 수행될 계획이다.

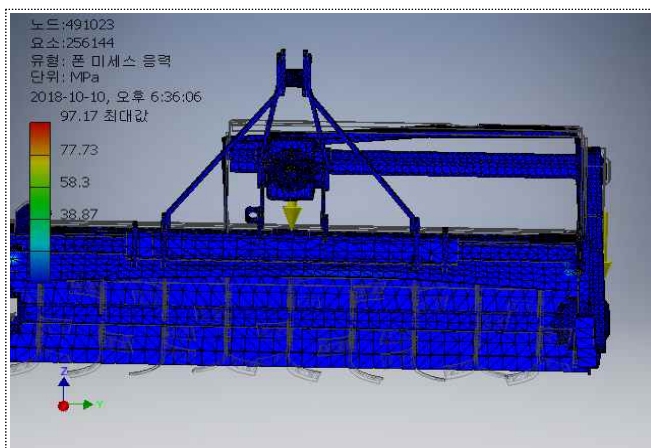


Fig. 1. Result of structural analysis on main frame.

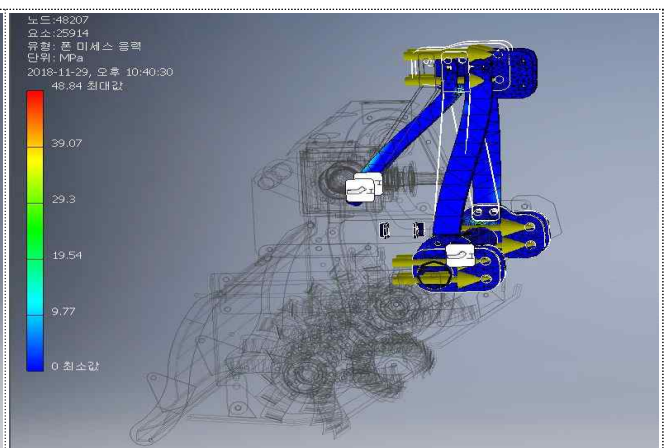


Fig. 2. Result of structural analysis on link part.

견인력에 대한 링크부의 시뮬레이션 결과 그림. 2와 같이 폰 미세스 응력이 약 48.8MPa로 도출되며 링크부 프레임의 하단부에 최대로 나타났다. 재료 SS400의 항복강도(230MPa)기준 안전계수는 4.7되어 승용관리기의 견인력에 대한 링크부는 안전하다고 사료된다.

4. 결 론

승용관리기용 로타베이터의 자중에 대한 메인프레임 강도해석과 승용관리기 견인력에 대한 링크부의 강도 해석결과 각각 2.3(수직방향만 고려, 견인력은 제외)과 4.7의 안전계수가 도출되어 자중과 견인력에 대한 프레임과 연결부는 안전하다고 사료된다. 또한 로타베이터는 승용관리기가 이동과 동시에 토양과 접촉하고 있는 경운날이 회전을 하면서 작업을 하게 된다. 따라서 견인력에 따른 반력과 토양의 반력이 경운날과 경운날축에 부하가 될 것이 예상되므로 경운날과 경운날축에 대한 안전성이 향후 검토될 필요성이 있다.

사 사

본 논문은 2018년도 전라북도 중소기업 기술융합활성화사업(의 지원을 받아 연구되었음.

[참 고 문 헌]

- 1) W. J. Kim, E. H. Hwang. "Study on the Structural Analysis of Chip Bonding Machine Base". J.Korean Society of Industrial Application, Vol.15, No.2, 55-58, 2012
- 2) K. T. Chung, S. C. Hwang, Y. J. Ko, D. B. Kim. "Analysis of Pulley of Elevator Governor of Disc Shoe Type." KSMPE Spring Conference, 91-91, 2017.

하중을 고려한 제초 작업용 로타리 연결부 구조해석

박현승¹, 이충호(hieizan@naver.com)¹, 정용석²
전주대학교 산업공학과¹, 그린하이팜²

Structural Analysis of Rotary Connections for Weeding Work Considering Load

Hyeon Seung Park¹, Chung Ho Lee¹, Yong Seok Jeong²
Jeonju University Dept. of Industrial Engineering¹, Greenhifarm²

Abstract

In areas of tree and obstacles areas where weeding is not possible with machines, and efficient sensor-sensitive horizontal moving mowers are needed in the square areas of weeds. In this study, we analyzed the strength of parts to develop a machine which can weed remove self operated mechanisms. Using the Inventor software, the strength analysis according to the external load was performed on connecting part of hydraulic cylinder which is an important part in automatic horizontal leveling system. As a result of the structural analysis, the yield strength of SS400, a rotary material for weeding work, was 31.11Mpa for von mises stress, and was not lower than 230Mpa for yield stress. The safety coefficient was about 7.4, and the optimal safety factor of 3 or more was derived from the static load respectively.

1. 서 론

제초작업은 친환경농사를 위한 과수원과 모든 농업환경에서 필수적인 작업이다. 기계로 제초 작업이 불가능한 지역에서 제초제를 사용하여 토양의 황폐화가 가속되고 있으므로, 제초 사각지역에서도 제초작업이 가능하도록 센서가 나무를 감지하고 잡초로 인지하며 제초부가 이동되어 전진하고 다시 제초장치를 펴서 주행하도록 하는 효율적인 센서감지형 자동 수평이동 제초장치가 필요하다. 기존의 트랙터 부착형 제초기 개념을 탈피하여 일반 노지면 및 입목 주변의 입지에 관계없이 제초가 가능한 기계 개발이 필요하다. 따라서 제품개발에 앞서 주요부 부품의 강도 및 해석을 통해 선행연구가 필요하다. 자동수평이동과 센서감지에 의한 움직임에 가장 큰 영향을 갖는 연결부에 대한 강성을 확인하고자 구조해석을 수행하였다.

2. 본 론

제초 작업용 로타리 구조해석과 강도해석에 앞서 작업시간과 효율성을 위하여 해석에 큰 영향을 미치지 않으며 불필요한 요소인 텅김 방지판을 부품에서 제외 시키는 등 모델링 단순화를 진행하였다. 제초 작업용 로타리는 일반 구조용 압연 강재 SS400 재질로 이루어져 있으며 항복강도 230MPa, 인장강도 400MPa의 강성을 가지고 있다. 인벤터에는 해당 재질이 등록되지 않아 물성치를 입력하여 해석을 수행하였다. 제초 작업용 로타리에서 지면과 닿지 않는 부분의 하중 20.4461kg을 고려하여 약 3배인 600N을 유압실린더의 연결부에 작용하는 하중으로 부여하였다. 지면과 닿는 연결부는 아랫방향으로, 지면과 닿지않는 부분은 윗방향으로 하중을 부여하였다. 중력이 하중에 작용하는 힘과 유압실린더의 연결부가 버티는 힘을 고려하여 힘의 방향을 설정하였으며 힘이 받는 부분을 8개의 면으로 지정하여 각 75N씩 하중을 적용하여 구조해석을 수행하였다.

3. 결과 및 토의

구조해석 결과 폰 미세스 응력이 31.11MPa로 도출되었으며, 최초 선정된 재질인 SS400의 항복강도 230MPa보다 낮은 수치로 그림 1과 같이 변형이 없으며, 제초 작업용 로타리의 프레임으로 사용이 가능한 것으로 사료된다. 안전계수 약 7.4로 정하중을 기준으로 최적의 안전계수 수치인 3 이상이 도출되어 안전하게 설계되었다고 사료된다. 본 제초기는 센서가 작동되며 그림1에서처럼 제초부가 좌로 이송하도록 되는 구조로 되어 프레임의 설계 강도가 중요하다. 폰 미세스 응력을 통해 얻은 결과를 바탕으로 세부적으로 주요부에 대한 전반적인 해석이 필요할 것으로 사료되며, 주행작업에 따른 다양한 하중조건에 대한 분석연구가 필요할 것으로 사료된다.

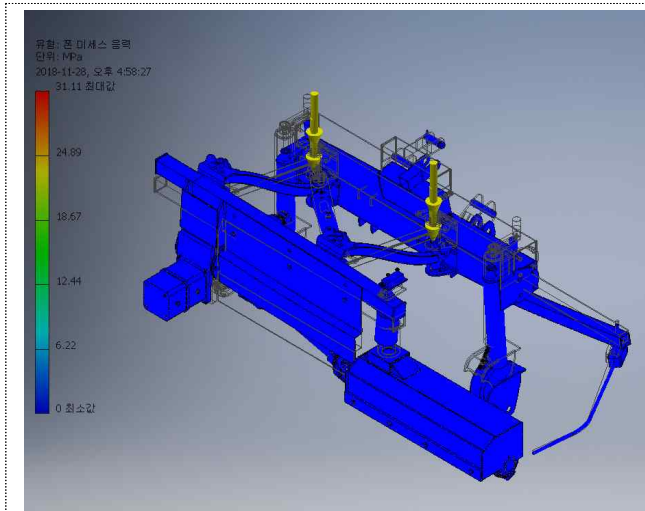


Fig. 1. Von mises stress.

이름	최소값	최대값
체적	35194500 mm ³	
질량	276.277 kg	
폰 미세스 응력	0 MPa	31.1109 MPa
첫 번째 주 응력	-3.34893 MPa	27.2759 MPa
세 번째 주 응력	-34.0279 MPa	2.44573 MPa
변위	0 mm	0.0218803 mm
안전계수	7.39291 ul	15 ul
응력 XX	-14.0418 MPa	6.27604 MPa
응력 XY	-9.47852 MPa	6.46854 MPa
응력 XZ	-8.81055 MPa	11.632 MPa
응력 YY	-16.7516 MPa	26.6714 MPa
응력 YZ	-7.85392 MPa	9.82558 MPa
응력 ZZ	-12.3068 MPa	8.49316 MPa
X 변위	-0.00476595 mm	0.00669971 mm
Y 변위	-0.0145648 mm	0.0218586 mm
Z 변위	-0.00538587 mm	0.00503089 mm
등가 변형	0 ul	0.000133357 ul
첫 번째 주 변형	-0.00000051641 ul	0.000115446 ul
세 번째 주 변형	-0.000153306 ul	0.000000331975 ul
변형 XX	-0.0000409921 ul	0.0000274996 ul
변형 XY	-0.0000586766 ul	0.0000400433 ul
변형 XZ	-0.0000545415 ul	0.0000720074 ul
변형 YY	-0.0000456944 ul	0.000111704 ul
변형 YZ	-0.0000486195 ul	0.000060825 ul
변형 ZZ	-0.0000473309 ul	0.0000456612 ul
집속 압력	0 MPa	18.965 MPa
집속 압력 X	-8.93482 MPa	7.75258 MPa
집속 압력 Y	-17.2405 MPa	17.717 MPa
집속 압력 Z	-7.40146 MPa	5.84438 MPa

Fig. 2. Summary of results.

4. 결 론

본 연구를 통해 제초 작업용 로타리의 유압실린더 연결부의 강성에 대한 해석을 실시하였다. 정하중을 기준으로 최적의 안전계수 수치가 3 이상으로 대체적으로 안전한 것으로 보인다. 본 연구에서 도출한 안전계수는 7.4로 안전한 설계가 되었음을 알 수 있다. 반복하중의 최적의 안전계수 수치는 5로 작업중 제초 작업용 로타리의 유압실린더 연결부의 움직임에 대한 반복작업에도 문제가 없을 것으로 사료된다. 향후 작업중 작업 방향으로 작용하는 힘과 반대 방향으로 작용하는 반력에 대한 해석을 통해 시제품을 제작할 계획으로 본 연구를 통해 기초적인 설계수치와 물성에 대한 선정이 수행되었다.

사 사

본 결과물은 농림식품축산부의 재원으로 농림수산식품기획평가원의 2018년도 첨단기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음.

[참 고 문 헌]

- 1) B. Y, Lee, T. J. Jeon, and S. H, Sim. "Structural analysis and stress evaluation of 1500ton mechanical press" KSMPE Autumn Conference 2017. 4, 126-127 (2 pages)

퍼지로직을 이용한 로봇 매니퓰레이터의 지능제어

박세빈
창원시 진해구 해군

1. 서론

최근 산업 현장에서는 많은 로봇 매니퓰레이터가 사용되고 있다. 초기의 로봇은 용접 등에 많이 적용되었는데, 이 경우에 로봇은 작업물과의 접촉이 발생하지 않는다. 따라서 위치 제어만으로도 원하는 성능을 얻을 수가 있다. 그러나 작업물의 표면 가공이나 조립과 같은 작업은 로봇 매니퓰레이터가 작업물과 직접 접촉하기 때문에, 기존의 위치 제어만으로는 원하는 성능을 얻을 수 없게 된다. 이는 작업 환경과의 접촉이 발생할 경우에 위치 제어만을 수행하게 되면, 약간의 위치 오차만으로도 커다란 힘을 발생시킬 수 있으므로 작업물이나 로봇의 손상을 가져올 수 있기 때문이다.

지금까지 하이브리드 제어를 수행하기 위하여 퍼지, 신경회로망, 뉴로-퍼지 등과 같은 여러 형태의 제어 알고리즘이 제안되었다. 본 논문에서는 위치 오차의 증가에 따른 힘 오차 증가를 감소시키기 위한 퍼지 알고리즘을 제안하고, 실험을 통해 이를 검증하고자 한다.

2. 퍼지 제어기

2.1 하이브리드 제어

작업물과 매니퓰레이터가 접촉할 경우에는 힘/위치를 동시에 제어할 필요가 발생한다. 힘/ 위치를 동시에 제어하는 방법은 서론에서 언급한 것과 같이 여러 가지가 있으나, 본 논문에서는 하이브리드 제어 방법을 사용하였다. 하이브리드 제어는 한 방향으로 위치 제어를 수행하고, 또 다른 방향으로 힘 제어를 수행할 때 사용할 수 있다.

2.2 퍼지 제어

퍼지 제어는 인간의 판단 등과 같이 애매성을 포함한 제어 알고리즘을 if-then 형식으로 표현하고, 퍼지 추론을 이용하여 컴퓨터로 실행시킨 것이다. 퍼지 제어기는 일반적으로 시스템의 특성이 복잡하여 기존의 정량적인 방법으로는 해석할 수 없거나, 획득한 정보가 정성적이고 불확실한 경우에 기존 제어기보다 우수한 제어 결과를 보여 주고 있다. 규칙 기반(rule base)의 규모가 커지게 되면 규칙 기반을 추론하는 데 많은 시간이 소요되며, 반대로 규모가 작게 되면 제어기의 신뢰성이 낮다는 문제점을 가지게 되므로, 퍼지 제어기의 설계시에는 전문가의 지식을 규칙 기반화하는 것이 중요하다.

3. 실험

로봇 매니퓰레이터가 벽과 접촉할 경우 F/T센서로 부터 힘을 계산하여, PC를 통하여 DSP보드로 전송된다. DSP 보드는 힘 데이터와 로봇의 각 축의 엔코더를 통하여 입력된 위치 데이터를 기반으로 모터 드라이브로 제어 신호를 출력하게 된다.

제어기로는 TMS320C31을 주 CUP로 하는 DSP 보드를 사용하였다. DSP 보드와 F/T 센서 간의 데이터 통신을 위하여 팬티엄 PC를 사용하였으며, PC에서는 결과 출력을 위한 데이터 저장을 수행한다.

로봇은 삼성 FARAMAN AS1-i 수직 다관절 로봇을 사용하였다. 이 로봇은 6축으로 어깨부 3축과 손목부 3축으로 구성되어 있다. 어깨부는 로봇의 위치를 나타내며, 손목부는 엔드 이펙터의 방향을 나타낸다. 본 실험에서 수행되는 힘 제어는 어깨 3축으로 한정하였는데, 이는 방향을 표시하는 손목부는 힘을 발생시키지 않는다고 가정하였기 때문이다. 따라서, 손목부는 위치 제어만을 수행함으로써 방향을 일정하게 유지시

킨 상태에서 실험을 수행하였다.

3.1 실험 결과

특히, 위치 오차가 크게 발생할 경우, 힘 오차도 이에 거의 비례하게 크게 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 이는 위치 오차가 커짐에 따라 그 오차의 보상을 위하여, τ_P 값이 증가하여 τ_F 가 시스템에 미치는 영향이 상대적으로 줄어 오차 값이 증가하기 때문이다. 위와 같은 현상을 줄이기 위하여, τ_F 을 결정하는 이득 K_{F_p} 값의 결정을 퍼지제어를 사용하였다. 퍼지 추론을 위한 퍼지 테이블은 Table 1과 같다. 이와 같은 방법에 의한 퍼지 추론의 결과를 제어 입력으로 사용하기 위한 비퍼지화 방법으로는 가장 일반적으로 사용되는 무게 중심법을 사용하였다. 무게 중심법에 의한 비퍼지화 방법은 식 (11)과 같다.

$$u_0 = \frac{\sum_{j=1}^n \mu(u_j) \cdot u_j}{\mu(u_j)} \quad (11)$$

여기서, $\mu(u_j)$ 는 j번째 퍼지값이고, u_0 는 비퍼지화 값이다. 또, n은 제어 변수 전체 집합의 이산화 레벨(quantization level)이다.

Table 1.Fuzzy table

$y_e \backslash \tau_e$	PB	PM	ZO	NM	NB
PB	NB	NB	NM	NS	ZO
PM	NB	NM	NS	ZO	PS
ZO	NM	NS	ZO	PS	PM
NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	ZO	PS	PM	PB	PB

퍼지 제어에 의하여 구한 위치 오차는 PD제어와 비교하였을 때 차이가 거의 없지만, 힘 오차는 현저하게 감소함을 알 수 있다. 이는 위치 오차가 증가할 때, τ_F 를 증가시킴으로써 힘 오차를 감소시켰기 때문이다.

4. 결 론

하이브리드 힘/위치 제어에서는 힘/위치 제어기가 독립적으로 수행되지만, 동시에 하나의 매니퓰레이터를 구동하므로 대부분의 경우 각 오차값이 서로의 제어 입력에 영향을 미치게 된다. 즉, 위치 오차가 커지게 되면 힘 오차 역시 영향을 받아 커지게 된다. 따라서 서로의 제어값을 계산할 때, 다른 제어기의 입력을 참고로 하여 계산할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 퍼지 제어 기법을 이용하여 힘 제어기의 이득값을 계산할 때, 힘 오차뿐만 아니라 위치 오차도 동시에 고려함으로써, 위치 오차의 증가에 따른 힘 오차의 증가를 줄일 수 있음을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

참고 문헌

1. J. Karner and H. anocha, "Hybrid Controller for Adaptive Link Control of Industrial Robots," Journal of Intelligent and Robotics Systems, pp.93-104, 1997

로봇의 협력작업을 위한 상호작용 힘제어 기술에 관한 연구

이창영

경남대 산업경영대학원 기계공학과

1. 서론

로봇이 대상과 관계를 이루며 작업을 해야 하는 난이한 점이 많으며, 특히 로봇이 어떤 대상에 접촉하여 작업을 할 때에는 접촉을 유지하기 위하여 그 대상에 일정한 힘을 가한 상태에서 작업해야 하므로 적당한 힘을 제어하는 기술, 즉 힘제어 기술이 필요하다.

두 대의 로봇이 한 물건을 잡고 서로 협조하며 작업한다는 것은 위치제어 만으로는 어려우며 반드시 힘제어를 수반하여야 한다. 이처럼 힘제어는 고난이도의 로봇 제어 방식으로 산업 공정에서 뿐만 아니라 최근 많은 인기를 얻고 있는 햅틱제어에도 매우 중요한 제어기술이다.

2. 본 문

x-y테이블을 제어하기 위해 PC의 제어보드와 모터 드라이버 그리고 x-y 테이블의 관계를 나타낸다. PC 화면상의 GUI 프로그램을 통해 변수를 입력하면 제어프로세서를 통해 신경망과 제어알고리즘이 계산되어 출력되어지며 인터페이스 카드를 통해 모터 드라이버를 구동한다.

각각의 모터 드라이버는 x-y 테이블의 각 축을 구동하게 되며 타이밍 벨트에 의해 구동축에 전달된다. 따라서 벨트의 장력이나 샤프트의 불균형에 의한 진동은 시스템의 동적 불확실성으로 간주된다.(1)

각 DC 모터에 달려있는 엔코더를 통해 회전수를 알아내어 귀환하여 DSP의 제어 알고리즘에서 오차를 계산하여 사용하게 되므로 폐루프를 이루게 된다. DPS를 제어하기 위한 상용 소프트웨어를 사용하여 전체적인 샘플링 시간은 대략 180Hz 정도가 된다.

PC에 탑재되어 있는 DSP 보드와의 인터페이스를 나타내며 인터페이스를 통해 모터 드라이버를 구동시키는 실제 시스템을 보여준다. DSP로부터의 PWM 신호는 open collector 방식이므로 pull-up 저항을 통해 처리하였으며 신호의 전류를 증폭하기 위해 인터페이스 회로를 구성하였다.(2)

3. 실험 및 결과고찰

먼저 로봇이 나무판에 5N의 힘을 가하는 경우를 보자. 나무판을 누르되 움직이지 않는 경우이다. 그림 5에서 로봇이 자유공간으로부터 움직여 나무와 접촉이 발생할 때 오버슈트가 나타나는 것을 볼 수 있다. 그림 5는 5N의 힘이 잘 조절되는 것을 나타내고 있다. 30초 정도에 힘이 다소 바뀌는 것은 나무판이 유연하므로 위치의 변형에서 오는 영향이라 할 수 있다. 두껍게 나타나는 것은 힘센서로부터 잡음을 나타낸다.

이번에는 로봇이 철판에 힘을 가하는 경우를 살펴보았다. 그림6은 철판에 40N의 힘을 가했을 때의 결과이다. 접촉이 발생한 뒤에 오버슈트가 생기고 정착하는데 10초 정도 걸렸다. 이는 로봇의 end-effector 자체도 아주 rigid하지 않아 반발되는 힘에 의해 변형이 생기기 때문이다. 이 또한 신경회로망이 보상하여 정확한 힘을 조절하는 것을 그림 6에서 볼 수 있다. 다양한 실험으로 철판에 5N, 10N 등의 작은 힘을 적용하였지만 로봇이

대상과 계속적으로 접촉 비접촉을 반복하면서 불안정한 현상을 보였다. 이는 강성도가 큰 대상일수록 작은 힘을 제어하는 것이 어렵다는 것을 나타낸다.

두 번째 실험으로 로봇이 나무판에 5N의 힘을 적용하면서 움직이도록 하였다. 이때 로봇은 나무판의 위치를 전혀 모른다고 가정하였다. 또한 나무판에 대한 강성도의 정보도 주어지지 않았다. 그림 7에 로봇이 힘을 추종하는 결과가 나타나 있다. 그림에서 보듯이 중간부분은 블록한 나무판의 최고점을 통과하고 있는 것을 나타낸다. 이 점에서는 미끄러짐에 의한 비접촉이 발생하는 것을 볼 수 있다.

또한 나무판의 양끝에서도 나무판의 변형에 의해 힘오차가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 8에서 보면 최고점의 높이는 대략 13cm 정도이다. 그림 8은 로봇이 추종한 나무판의 모양을 나타내고 그림 9는 신경회로망의 보상 출력을 나타낸다.

4. 결론

본 논문에서는 신경회로망을 이용하여 힘제어시 발생하는 불확실성을 모두 보상하도록 하는 알고리즘을 제안하고 실험으로 검증하였다. 하나의 신경회로망으로 로봇의 동적 불확실성은 물론, 모르는 대상에서 오는 불확실성, 대상의 부정확한 위치 및 강성도까지 실시간으로 보상하였다. 나무 합판의 경우 매우 유연하여 작은 힘도 제어가 가능하였으나 합판이 쉽게 움직이므로 최고점에서의 힘제어가 어려웠다. 철판의 경우에는 단단하여 작은 힘을 제어하기 어려웠으나, 최고점에서도 훌륭한 힘추종 결과를 보여주었다.

참고문헌

- [1] H. M. Kim , Y. G. Kim, G. O. Nam, J. W. Yoon, H. S. Shin, J. M. Park, and G. S. Kim, "Design of rectangular-type thumb rehabilitation robot", Proceeding of KSPE 2011, pp. 199-200, Nov. 2011. 외
- [2] L. R. L. Wang, I. K. Mills, and D. Sun, "Vision-Based 2-D Automatic Micrograsping Using Coarse-to-Fine Grasping Strategy," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS*, vol. 55, no. 9, pp. 3324-3331, 2008

로봇 핸드의 힘 제어알고리즘 개발에 관한 연구

백영태

S&T중공공(주)

1. 서론

최근 다양한 작업을 수행하는 서비스 로봇의 개발 및 보급이 확대되면서 다양한 물체를 안정적으로 파지할 수 있는 로봇 핸드의 필요성이 증대되고 있다. 이와 같은 서비스 로봇용 로봇 핸드는 다양한 형상 및 재질의 물체를 안정적으로 파지할 수 있어야 하므로 로봇 핸드와 파지 대상 물체 사이에 발생하는 접촉력을 감지하고 이에 적절히 대응할 수 있는 힘 제어 기능이 필수적이다. 따라서 파지 작업 시 로봇 핸드와 물체 사이의 접촉 안정성을 향상하기 위한 유연관절 손가락의 개발도 활발히 진행 중이다. 본 연구에서는 스프링을 사용하여 직접적으로 강성효과를 구현할 수 있는 SEA(Series Elastic Actuator) 기반의 3자유도 로봇 핸드를 개발함으로써 고비용의 소형 6축 힘/토크 센서 없이도 물체 파지 시에 안정적인 접촉작업이 가능하도록 하였다. 개발된 로봇 핸드는 SEA 메커니즘에 사용되는 스프링 변위를 측정함으로써 로봇 손가락에 인가되는 외력을 추정할 수 있으므로, 기존의 로봇 핸드에 비해 저렴한 비용과 간단한 구조로 힘 제어 시스템을 구현할 수 있다. 스프링을 통한 유연관절 손가락을 구현함으로써 로봇 핸드의 물체 파지 시 접촉 안정성을 향상시킬 수 있다.

2. 로봇 핸드 설계

본 연구에서는 스프링 및 와이어 기반의 SEA 메커니즘을 구현함으로써 로봇 핸드에 인가되는 외력을 추정하고 안정된 접촉작업이 가능하도록 하였다. SEA 메커니즘은 구동부(actuator)와 출력부(output link)를 직결하는 대신에 스프링과 같은 탄성체로 연결하고, 그 변위를 측정함으로써 외력을 측정할 수 있다. 구동부가 이동할 때 출력부에 외력이 작용하지 않으면 스프링에 변형이 발생하지 않는다. 그러나 만약 외력 F 가 출력부에 작용한다면 스프링이 Δx 만큼 압축되므로, 스프링 강성 k 와의 관계 $F = k\Delta x$ 에 의하여 외력을 계산할 수 있다. 그러므로 구동부와 출력부 사이의 상대 위치를 능동적으로 제어하여 외력의 크기를 조절할 수 있다. 또한, 장착된 스프링에 의해서 유연성이 부여됨으로써 접촉 힘 제어 시에 안정성을 향상시킬 수 있다. 손가락 말단부의 최대 힘을 $F_f = 10N$ 으로 설정하였으므로 각 위치에서 손가락이 최대 F_f 의 힘을 내기 위해 필요한 와이어 1의 인장력 F_w 를 나타낼 수 있다. 또한, F_w 의 최대값(153N)과 구동부 폴리의 반경 (6 mm)을 이용하여 구동부에 요구되는 최대 토크가 0.92Nm임을 확인하였다. 모터의 개수를 최소화하기 위하여 3개의 손가락 중에서 2개의 손가락을 연동하여 하나의 모터로 구동하였으므로, 이때 요구되는 최대 토크는 1.84Nm가 됨을 알 수 있다. 손가락이 완전히 펴진 상태($q_1 = q_2 = 0^\circ$)에서 허용 범위($q_1 = q_2 = 72^\circ$)까지 굽히는 데 소요되는 시간은 4초를 목표로 하였다. 이에 따라 각 구동부에 요구되는 토크와 회전속도, 기어효율 등을 고려하여 같은 감속비의 기어 및 감속기를 선정하였다.

3. 로봇 핸드의 개발

로봇 핸드의 무게는 1 kg이며, 손가락의 길이는 100mm, 손바닥의 크기는 117 x 85 x 75mm이다. 핸드는 총 3개의 손가락으로 구성되어 있다. 손가락 B는 하나의 SEA 모듈과 구동 모터를 통해서 동작하며, 손가락 A와 A'은 2개의 손가락이 하나의 SEA 모듈과 구동 모터를 통해서 동시에 동작한다. 또한, 모터 및 소형 기

어를 사용하여 손가락 A와 A'의 사이 각 γ 를 0°부터 70°까지 조절할 수 있게 함으로써, 로봇 핸드는 다양한 형상의 물체를 안정적으로 파지할 수 있다. 로봇 핸드에 사용되는 SEA 모듈을 설계하였다. 스프링의 좌굴을 막기 위해 스프링 하우징이 설계되었으며, 스프링 변위를 측정하기 위하여 스프링 블록과 하우징 사이에 스트레치 센서를 설치하였다. 스프링 블록 양단에 고정된 와이어는 하우징 양쪽 슬릿(slit)을 통과하여 손가락 구동부에 연결된다. 따라서 손가락에 외력이 인가될 때, 구동부의 와이어를 통해 당겨진 스프링 블록이 스프링을 압축하게 된다. 본 연구에서는 로봇 핸드의 협소한 공간에 삽입이 용이하도록 29 x 14 x 14 mm 크기의 소형 SEA 모듈을 설계하였다. 로봇 손가락에 외력이 작용하지 않을 경우, SEA 내부 스프링의 변위가 발생하지 않으므로 구동 모듈의 회전 및 와이어의 감기는 길이에 따라 손가락이 회전하게 된다. 그러므로 계획된 경로를 따라 손가락이 구동된다. 반면에, 파지하는 물체와의 접촉력 등에 따라 손가락에 외력이 인가되면 손가락의 회전을 위하여 구동부가 와이어를 당길 때 스프링에 변위가 발생하게 되고, 이 변위를 측정하여 외력의 크기를 계산할 수 있다. 또한 손가락 구동 중에 예기치 않은 충돌이 발생할 경우, SEA 내 스프링이 충격력을 흡수하므로, 감속기, 링크 등 기구부의 파손을 방지할 수 있다.

로봇 핸드의 구동 및 스트레치 센서를 통한 변위 감지를 위하여 제어기를 개발하였다. 개발된 제어기는 3개의 DC 모터를 동시에 구동할 수 있으며, 2개의 스트레치 센서로부터 전압 변화를 감지할 수 있다. 또한 RS-485 통신을 사용하여 PC와 통신하며 1ms의 제어 주기를 갖는다. 로봇 제어기는 손가락 말단부의 목표 힘 F_{fd} 를 목표 스프링 변위 Δx_d 로 변환한다. 현재 손가락 위치에서 F_{fd} 를 생성하기 위한 목표 와이어 인장력 F_{wd} 를 계산하고, 스프링 강성 k 를 이용하여 F_{wd} 를 생성하기 위해 필요한 $\Delta x_d (= F_{wd}/k)$ 를 계산한다. SM(SEA module)과 RF(Robot Finger)는 각각 SEA 모듈의 기구부와 로봇 손가락을 나타내며, 스프링의 실제 변위 Δx 는 SM을 거쳐 실제 와이어 인장력 F_w 로 변환되고, F_w 는 RF를 거쳐 손가락 말단부의 실제 힘 F_f 로 변환된다. 로봇 제어기는 스트레치 센서를 통해 측정된 스프링의 실제 변위 Δx 를 피드백 받아 목표 값과 실제 값 사이의 오차 $e = \Delta x_d - \Delta x$ 를 계산한다. 계산된 e 에 대해 PID 제어를 수행함으로써, Δx 가 Δx_d 를 추종하도록 하여 실제 힘과 목표 힘 사이의 오차를 최소화한다.

4. 실험 및 결과

개발된 SEA 기반 로봇 핸드의 성능 평가를 위한 다양한 실험을 수행하였다. 로봇 핸드의 힘 제어 성능을 검증하기 위해 SEA를 통하여 계산된 손가락 말단부의 힘과 상용 힘센서를 사용하여 측정된 값을 비교하였다. 또한, 다양한 대상물체에 대한 파지 실험을 통하여 개발된 로봇 핸드의 파지 성능을 검증하였다.

특히, 손가락 말단부의 목표 힘 F_{fd} 를 0 N부터 단계적으로 변화시켰을 때 손가락 A-A'의 경우 5% 이하, B의 경우 7.5% 이하의 오차율이 발생하였다. 오차율은 스트레치 센서의 응답시간을 고려하여 F_{fd} 인가 후, 2초가 경과했을 때의 F_f 값을 이용하여 계산하였다. 계산된 오차율로부터, 힘센서를 통하여 실제 측정된 외력과 목표 힘 사이에 큰 오차가 없음을 알 수 있으며, 개발된 SEA를 사용한 핸드의 힘 제어 및 안정적 파지가 가능하다.

개발된 로봇 손가락의 각 관절은 서로 연동되어 회전하므로 위치에 따라 모멘트 암 길이가 변하게 되고 ($L_{mi} \sim L_{mf}$), 이에 따라 동일한 말단부 힘 F_f 를 위한 관절 토크가 변하게 된다. 그러므로 식 F_f 를 위해 필요한 인장력 F_w 를 산출하고, 이에 따라 각 손가락을 제어함으로써 원하는 말단부 힘을 얻을 수 있다. 물체의 형상은 육면체, 구, 원기둥(원뿔)과 같은 도형의 조합으로 단순화될 수 있으므로, 이들 각 도형을 안정적으로 파지할 수 있으면 다양한 형상의 물체를 안정적으로 파지하는 것이 가능하다[8]. 이를 검증하기 위하여 종이박스(육면체), 야구공(구), 컵(원기둥), 무게 추(원기둥)를 대상으로 파지 실험을 수행하였으며, 복잡한 형상을 갖는 조이스틱과 마우스에 대해서도 동일한 실험을 반복하였다. 로봇 핸드가 물체를 파지했을 때, 손가락과 물체 사이에 미끄러짐이 발생하지 않는 상태를 안정적인 파지라고 가정하였으며[9,10], 물체의 재질과 무게에 맞추어 최대 10 N의 범위 안에서 파지력을 조절함으로써 다양한 물체에 대한 안정적인 파지가 가능하였다. 이를 통하여, 개발한 로봇 핸드의 파지 성능을 검증할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 힘 제어와 유연운동이 가능한 SEA 기반의 3자유도 로봇 핸드를 개발함으로써 다양한 물체에 대한 안정적인 파지가 가능하도록 다양한 실험을 바탕으로 결론을 도출하였다.

[참고문헌]

- [1] M. Grebenstein, H. Liu, and G. Hirzinger, "DLR-Hand II: next generation of a dexterous robot hand," *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 109~114, 2001.
- [2] H. Iwata, H. Liu, and S. Sugano, "Design of human symbiotic robot TWENDY-ONE," *IEEE IntConf on Robotics and Automation*, pp.580-586, 2009.
- [3] J. B. Song and B. S. Kim, "Variable stiffness actuator for compliant motion," *Korea Robotics Society Review(in Korean)*, vol. 8, no. 1, pp.3-11, 2011.
- [4] www.mekabot.com, "Meka Robotics."
- [5] G. A. Pratt and M. M. Williamson, "Series elastic actuators," *IEEE Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, vol. 1, pp. 399-406, 1995.
- [6] S. Y. Lee, J. B. Song, and B. S. Kim, "3-DOF compliant robot hand capable of grasping various objects," *Conf on Korean Society for Precision Engineering (in Korean)*, vol. 11, pp. 247-248, 2011.

로봇기반 디버링 작업공정 자동화를 위한 힘제어에 관한 연구

윤인균
(주)르노삼성자동차

1. 서론

최근에는 생산 공정이 점차 자동화됨에 따라 생산공정에서 로봇의 역할이나 기여도가 점점 중요해지고 있는 실정이다. 로봇을 제어하는 기술도 물건을 옮기는 단순한 위치제어에서 벗어나 힘과 위치를 동시에 제어하는 복잡하고도 세련된 방향으로 요구되어 진다. 대표적인 힘제어를 적용한 예를 보면, 로봇을 사용하는 부품조립, 디버링, 광택작업, 그라인딩, 부품 삽입, 핸들 돌리기, 로봇끼리의 상호작용 등이 있다. 최근 미국 NASA에서는 인공 위성과 같은 속도로 지구 주위를 돌며 고장난 위성을 수리하는 로봇을 연구 중으로, 이 경우 로봇과 인공위성의 접촉시에 정확한 위치제어 및 힘제어를 필요로한다.

2. 본론

로봇을 응용한 디버링 작업은 힘제어의 한 대표적인 예로서 일반 산업 공정, 특히 주물 생산 공정이나 절삭 가공 후의 뒤처리 공정으로 많이 쓰인다. 로봇을 사용해서 대상(주물)의 거친 표면을 부드럽게 하려면 적당한 힘을 대상 표면에 가한 상태로 대상의 표면을 따라 움직이면서 로봇팔 끝이 대상과의 접촉을 계속 유지시키면서 대상이 일정한 힘을 받도록 조절한다. 이때에 로봇은 주어진 경로를 추종하게 되는데 로봇과 대상사이의 접촉으로 생기는 힘을 제어하는 것이 필요하다.

힘제어에서 로봇이 대상을 누르는 힘의 크기는 로봇이 주어진 경로(reference trajectory)에 얼마만큼 도달했는가에 정해지므로, 제어하려는 힘의 크기는 로봇 팔 끝의 위치를 적당하게 제어함으로써 조절된다. 힘제어에는 다양한 기술이 있지만 대표적인 힘제어 방법으로는 임피던스 제어 방식과 하이브리드 힘제어 방식들이 주류를 이룬다. 임피던스 제어방식은 힘과 위치를 직접 제어하는 것이 아니라 로봇 팔 끝의 위치와 대상으로 부터의 반영된 힘과의 동적 관계를 조절함으로써 힘을 간접적으로 제어한다. 그러나 이방법은 원하는 힘을 직접 기준 입력으로 설정하지 못하는 단점이 있다. 반면에, 하이브리드 힘제어 방식에서는 힘을 제어할 수 있는 방향과 위치를 제어할 수 있는 방향을 선택 행렬을 사용하여 미리 정하므로 원하는 힘과 위치를 직접 설정하여 추종하도록 제어할 수 있으나, 로봇과 대상 사이의 동적인 상관 관계를 무시함으로써 나타나는 힘의 과도응답을 제어 하지 못하는 단점이 있다. 임피던스 제어 방식과 하이브리드 제어 방식의 이점을 고려한 제어 방식으로 하이브리드 임피던스 제어 방식이 제안된 바 있다.

기존의 임피던스 힘제어를 사용해서 디버링 작업을 하려면 로봇 팔 끝에 부착된 디버링 도구가 전체 로봇 동적 모형에 미치는 영향과 대상(주물)의 강성도(stiffness)와 위치(location) 등에 관한 정확한 사전 정보가 있어야만 원하는 힘을 제어하는 디버링 작업을 효과적으로 수행할 수 있다. 그렇지만, 이러한 정보들을 미리 알기도 어렵고 정확하게 측정하기가 어렵기 때문에 어느 정도의 측정오차를 허용하는 한도 내에서 디버링 작업을 잘 할 수 있는 강인한 힘제어 기술이 필요하다.

3. 결론

본 논문에서는 로봇을 사용하여 디버링이나 표면광택 작업을 할 경우 필요한 새로운 힘제어 알고리즘을 제

안하였다. 임피던스 힘제어 방식의 문제점과 해결 방안을 적응제어 방식으로 해결하였다. 먼저, 로봇의 동적 확실성에 의한 위치오차는 이전의 로봇 모델의 정보를 저장하였다가 현재 정보와 비교하여 불확실성을 서로 상쇄시키는 강인한 시간지연 제어방식을 사용하였다. 또한 로봇이 원하는 힘을 추종할 수 있는 힘추종 임피던스 힘제어 방식을 분석적으로 알아보았다.

대상의 강성도와 위치에 무관하게 원하는 힘을 추종하는 새로운 강인한 적응 힘제어 방식을 제안하여 작업하는 대상의 강성도와 위치를 정확하게 모를 경우에 나타나는 힘의 오차를 줄였다.

적응제어 방식은 원하는 힘과 실제 힘과의 오차를 계속적으로 줄이도록 설계하여 동력학의 불확실성과 대상의 불확실성 하에서 아주 우수한 힘추종 결과를 보여 주었다.

또한 안정성과 성능에 영향을 미치는 적응 변수의 범위를 구하여 그 영역 내외에서의 다양한 값의 적응변수를 모의실험을 통해 분석적으로 구한 안정성 영역과 일치함을 검증하였다.

[참고문헌]

[1] T. Lasky and T. C. Hsia, "On force tracking impedance control of robot manipulators", IEEE Conference on Robotics and Automations, pp. 274-280, M U

[2] J. I. Salisbury, "Active stiffness control of a manipulator in cartesian coordinates", 19th IEEECDQ, pp. 95-100, 1980.

다관절 로봇의 핸드 파지제어 알고리즘 개발에 관한 연구

이상배

(주)글로콘비스

1. 서론

최근 뇌경색 환자 등의 굳어 있는 손가락은 정상인과 같이 정상적으로 사용할 수 없으므로 재활로봇을 이용하여 재활운동을 하기 위해서는 손이 움직이지 않도록 안정하게 고정시켜야 한다. 이것은 중증 뇌졸중 환자의 손인 경우에는 손가락이 주먹을 쥔 상태로 유지되어 있어 거의 펴지지 않아 고정하기 매우 어려운 단점을 가지고 있다. 그러므로 손가락 재활로봇에서는 손 누름장치를 이용하여 환자의 손바닥을 눌러 안정하게 고정시킨다. 이 누름장치는 손을 안정하게 일정한 힘으로 눌러 고정할 수 있어야 하고, 눌러 고정된 상태에서 손의 전후, 좌우, 위쪽으로 움직임을 정확하게 감지해야 재활운동 중 안전을 확보할 수 있다. 그러므로 손 누름장치는 다축 힘센서가 핵심부품으로 활용되고, 이것을 이용하여 누르는 힘제어 및 손의 움직이는 방향의 힘과 모멘트를 측정한다.

따라서 본 논문에서는 뇌졸중 환자의 손가락 재활운동을 위한 손을 안정하게 고정할 수 있는 손 누름장치의 제어에 관한 것이다. 손 누름장치에 부착된 5축 힘/모멘트센서를 이용하여 손바닥을 안정하게 눌러 고정하는 PD제어를 얻기 위한 제어특성실험을 실시하였다. 고정된 손의 전후, 좌우, 위쪽으로 움직일 때 움직임을 감지하는 특성실험을 실시하였다.

2. 장치 구성

2.1 장치의 원리

손 누름장치에 설치되는 5축 힘/모멘트 센서는 상하 이동기구를 이동시켜 손을 눌러 고정할 때 발생하는 누르는 힘 측정과 손이 고정된 상태에서 손을 전후, 좌우, 위쪽으로 움직일 때의 힘 및 모멘트 측정 등에 사용된다. 손 누름장치는 손 지지대 위에 왼손 등이 접촉되도록 손을 올려놓고 손 누름기구를 이용하여 손바닥을 눌러 고정한다. 이때 5축 힘/모멘트센서 중 힘 F_z 센서에 의해 측정되는 값이 손을 누르는 힘이 되고 이 값을 기준으로 힘을 눌러 고정하는 제어를 한다.

뇌졸중 환자의 손 누름장치는 손가락 재활로봇의 일부분으로서 손가락 재활운동을 실시할 때 고정하는 역할을 하는 장치이다.

손 누름장치는 손과 손가락 지지대 및 이송기구, 손 누름기구, 전후 및 상하이송기구, 고속제어장치 등으로 구성되었다.

손과 손가락지지 및 이송기구는 손가락 방향으로 이동하면서 손을 고정할 때는 손등을 지지해주고, 4손가락을 고정할 때는 각 손가락 뒤를 지지해주는 역할을 하며, 이것은 손지지대(본체), 손가락지지대, 손가락지지대 이송기구 등으로 구성되었고, 손지지대(본체)의 아랫방향 내부에는 3손가락지지대 이송기구와 소지지대(본체)가 각각 부착되어 있다.

손 누름 기구는 정해진 힘으로 손을 눌러서 고정하고, 쥐어진 손가락의 뒤를 누를 때는 그것을 감지하며, 손 누름기구가 전후로 이동할 때 손가락 등이 걸림을 감지하여 안정하게 손을 고정하는 역할을 한다. 이것

은 손 누름대, 5축힘/모멘트센서, 힘전달블록 등으로 구성되었고, 각 손 누름대가 5축 힘/모멘트센서의 하부에 블록과 함께 고정되고 센서의 상부는 힘 전달블록과 연결된다.

5축 힘/모멘트센서는 F_x 힘센서, F_y 힘센서, F_z 힘센서, M_y 모멘트센서, M_z 모멘트센서가 한 몸체에 조합된 센서로서, 누르는 힘제어 누름장치가 전후 및 상하로 이동할 때 환자의 손이 걸리면 각 방향의 힘과 모멘트가 발생되어 안전하게 제어하는데 사용된다.

힘 전달블록은 상하이송기구로부터 전달되는 힘을 손 누름기구에 전달하는 역할을 하고, 상하 이송기구에 부착되어 있다. 전후 및 상하 이송기구는 전후이송기구, 상하이송기구로 구분되고, 전후이송기구는 손가락 방향으로 이동하여 손을 누르는 정확한 위치를 조정하는 역할을 하며, 상하이송기구는 손에 힘을 가하는 역할을 한다.

2.3 3축 힘/모멘트센서

손 누름장치에 부착된 5축 힘/모멘트센서를 이용하여 각 센서에 가해지는 힘 F_x , F_y , F_z 와 모멘트 M_y , M_z 를 힘과 모멘트 단위로 측정하기 위해서는 교정해야 한다.

2.4 제어알고리즘

Fig. 5는 손 누름장치의 제어알고리즘의 흐름도를 나타내고 있다. 이 때 설정된 기준 힘보다 크면 상하이송장치의 모터가역으로 동작되고 적으면 정 방향으로 동작되며, 환자의 손가락이 정상적으로 고정되지 않았을 때에는 힘 F_x , F_y 와 모멘트 M_y , M_z 가 발생되어 전후이송장치와 상하 이송장치를 자동으로 동작하여 손에 손상이 발생되지 않도록 제어한다.(1)

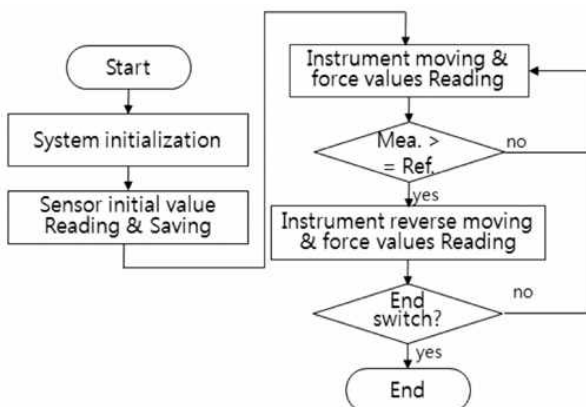


Fig. 5. Control flow chart of hand fixing system.

3. 제어실험결과 및 고찰

3.1 PI 게인을 위한 제어특성실험

Fig. 6. Photograph of characteristic test of hand fixing system.

손 누름장치가 손을 안전하게 눌러 고정할 수 있도록 제어되어야하고, 손이 고정된 상태에서 전후, 좌우, 위쪽으로 움직일 때 움직임을 감지할 수 있어야 한다. (1)

3.2 제어특성 실험

손바닥을 고정시키고 손을 움직일 때 5축 힘/모멘트센서가 측정한 힘과 모멘트의 그래프를 나타내고 있

고, (a)는 손을 움직이지 않았을 때, (b)는 손을 앞으로 움직였을 때, (c) 손을 옆으로 움직였을 때, (d) 손을 위로 움직였을 때이다. Fig. 8의 4개 그래프에서 보는 것과 같이 누르는 힘(F_z)은 18 N 으로 매우 안정되게 제어하여 누르고 있는 것을 알 수 있고, Fig. 8의 (a)와 같이 손이 움직이지 않을 경우에는 누르는 힘인 F_z 의 힘이 18 N 만 측정되고 나머지 센서의 값은 거의 0으로 출력된다.(1)

손을 앞으로 당겨 움직일 때는 당기는 방향의 힘인 F_y 의 힘이 25 Nmm 이상 크게 변화되고 힘 F_z 와 모멘트 M_y , M_z 의 값이 5 N 혹은 5 Nmm 내외로 작게 변화함을 알 수 있다. Fig. 8의 (c)와 같이 손을 옆으로 움직일 때에는 모멘트 M_y 가 16 Nmm 내외로 크게 변화되고 힘 F_x 가 5 N 이상 변화되며 모멘트 M_z 가 3 Nmm 정도로 변화된다. 이것은 손을 옆으로 움직일 때 팔의 축을 기준으로 회전하는 현상이 발생하고 움직이는 방향의 힘이 실제로 크지 않기 때문이다. Fig. 8의 (d)와 같이 손을 위로 움직일 때는 움직이는 방향의 힘인 F_z 가 13 N 이상 변화되고 힘 F_y 와 모멘트 M_y 가 5 N 혹은 5 Nmm 내외로 변화된다. 이와 같이 손 누름장치의 5축 힘/모멘트센서는 환자의 손을 고정한 상태에서 환자가 무의식 혹은 의식적으로 손을 어느 방향으로 움직이는 지를 각 방향의 힘과 모멘트를 측정함으로써 손을 안전하게 고정할 수 있을 뿐만 아니라 위험을 방지할 수 있을 것으로 판단된다

4. 결론

본 논문에서는 손가락 재활로봇의 5축 힘/모멘트센서를 이용한 손 누름장치 제어에 관한 것이다. 손 누름장치의 제어특성실험을 실시한 결과, PD 제어가 적합함을 알 수 있었고, 누름장치를 이용하여 손바닥을 눌러 고정한 후 손을 전후, 좌우, 위쪽으로 움직였을 때 움직이는 방향을 감지할 수 있어 환자의 손가락 재활 운동을 안전하게 할 수 있는 안전장치로 활용이 가능하리라 생각된다. 추후 연구는 본 논문에서 개발한 제어 알고리즘을 적용한 손 누름장치로 뇌졸중환자의 손바닥을 눌러서 고정하고 손가락 재활로봇을 이용하여 손가락 재활 운동을 실시하는 것이다.

참고문헌

- [1] H. M. Kim , Y. G. Kim, G. O. Nam, J. W. Yoon, H. S. Shin, J. M. Park, and G. S. Kim, "Design of rectangular-type thumb rehabilitation robot", Proceeding of KSPE 2011, pp. 199-200, Nov. 2011. 외 9

로봇기반 그라인딩 작업 공정제어에 관한 연구

배호영
(주)브이맥

1. 서론

그라인딩의 사전적인 의미는 회전 스톨로 가공물의 표면을 갈아 반들반들하게 하는 일을 말한다. 엄밀히 말한다면, 본 논문에서 말하는 그라인딩은 면취에 가깝다고 할 수 있다. 여기서 면취란, 금속 가공을 할 때 직각 또는 각진 모서리 부분을 모따기 처리(chamfer) 한다든지 둥글게 가공 처리(rounding) 하는 것을 말한다. 그러나, 물체의 표면을 다듬질하는 개념이 같고 산업현장에서 통상적으로 사용하는 용어이기 때문에 앞으로 그라인딩이라 하겠다.

그라인딩을 하는 목적은 여러 가지가 있겠지만, 조선 산업에서의 목적은 페인팅 수명을 연장시키기 위해서이다. 선박은 항상 물과 접촉하기 때문에 쉽게 녹이 쏜다. 그래서, 페인팅을 해 주지만, 페인팅을 한 후 오랜 시간이 지나면 모서리 부분부터 벗겨지기 시작하므로, 이 부분을 그라인딩 해서 둥글게 처리해 주고 페인팅을 하면 그 수명이 연장된다.

2. 제어 좌표변환

로봇 명령어 생성을 위해 법선 및 접선 방향 변위량을 x, y 좌표로 변환해 줄 필요가 있다. (10)은 좌표변환 행렬을 나타낸다.

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\pi + \theta) & \cos(\frac{\pi}{2} + \theta) \\ \sin(\pi + \theta) & \sin(\frac{\pi}{2} + \theta) \end{bmatrix} \quad (10)$$

(11), (12)는 좌표변환 행렬을 통해 얻어진 x, y 변위량을 나타낸다.

$$\delta r_x = \delta r_{nc} \cos(\pi + \theta) + \delta r_t \cos(\frac{\pi}{2} + \theta) \quad (11)$$

$$\delta r_y = \delta r_{nc} \sin(\pi + \theta) + \delta r_t \sin(\frac{\pi}{2} + \theta) \quad (12)$$

위의 값을 로봇 현재 위치값에 더하면 (13), (14)와 같은 다음 로봇 위치값을 구할 수 있다.

$$X_d = X_{current} + \delta r_x \quad (13)$$

$$Y_d = Y_{current} + \delta r_y \quad (14)$$

3. 부재 형상 패턴 별 추종 및 속도 제어

가공 부재의 형상은 크게 직선, 내면원, 외면원, edge 부위로 나누어진다. 각 형상 별로 접선 방향과 속도를 조절해 주지 않으면 외원 형상에서 유명하거나 내원 형상에서 깊이 가공하게 된다. 형상 패턴을 추정하기 위해서 (1)에서 θ_1 의 변화량을 이용한다. 여기서, $C1(\approx 0.1^\circ)$ 은 접선 방향 조절

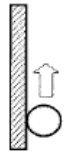
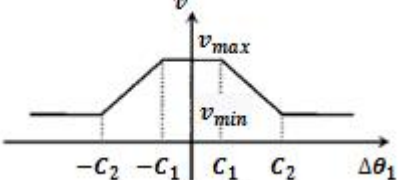
임계 각도 변화량이며, $C2(\approx 0.3^\circ)$ 는 Edge에서의 임계 각도 변화량이다. 그리고, θ_c 는 접선 방향을 조절해

주는 각도 성분인데 θ_g 의 보조적인 역할을 담당하기 때문에 그 각도 범위를 좁게 둔다. (15)는 θ_c 를 구하는 공식이며, C 는 결과값의 기울기를 조절해 주는 실험값이다. $v_{\max}$, $v_{\min}$ 은 설정 최대, 최소 절삭속도를 말하며, 각각 50,5mm/s로 두고 실험하였다.

다시 말해, $\Delta\theta_1$ 을 C_1 , C_2 와 비교하여 형상 패턴을 추정하고, 추정된 형상에 대해 그라인딩 진행 방향과 진행 속도를 조절한다는 것이다. 그 자세한 내용은 표 1과 같다.

$$\theta_c = C(\Delta\theta_1)^3 \quad (15)$$

표 1. 절삭면 형상 패턴 별 접선방향 조절 각도(θ_c) 및 절삭 속도.
Table 1. Cutting speed and angle according to workpiece shape.

형상 패턴	직선	내원	외원	Edge
그림				
$\Delta\theta_1$	$-C_1 \leq \Delta\theta_1 \leq C_1$	$\Delta\theta_1 < -C_1$	$\Delta\theta_1 > C_1$	$\Delta\theta_1 > C_2 > C_1$
θ_c	$= 0$	< 0	> 0	$\gg 0$
v	$v_{\max}$	v_a	v_b	$v_{\min}$
				

$$v_a = \frac{v_{\min} - v_{\max}}{C_1 - C_2}(\Delta\theta_1 + C_2) + v_{\min} \quad (16)$$

$$v_b = \frac{v_{\min} - v_{\max}}{C_1 - C_2}(-\Delta\theta_1 + C_2) + v_{\min} \quad (17)$$

(16), (17)은 각각 내원, 외원 구간에서 $\Delta\theta_1$ 에 따른 그라인딩 진행 속도 명령을 구하는 식이다.

4. 결론

본 논문에서는 힘 센서를 이용한 자동 경로 생성 및 active compliance 그라인딩 제어를 제안하였다. Low pass filter(cut off frequency:10Hz)를 거친 힘 데이터를 분석하여 법선력과 그 각도를 계산하였으며, 그것을 바탕으로 법선 방향으로 힘 제어, 접선 방향으로 속도 제어를 하며 알려지지 않은 경로에 대해 그라인딩 실험을 해 보았다. 또한, 다양한 부재 형상 패턴에 따른 접선 방향 각도 및 절삭 속도 제어 방법을 소개하였다. 본 그라인딩 로봇 시스템을 통하여 그라인딩 작업자들을 로봇 운용자로 전환시키며, 문제가 되었던 근골격계 질환 예방과 그라인딩 품질 균일화 및 고급화를 실현할 수 있게 될 것으로 보인다.

향후 과제로는 그라인딩 절삭 깊이와 절삭 속도에 따른 법선력 각도 변화를 명확히 규명하는 것, guide roller 같은 어떤 도구에 의지하지 않고 절삭 깊이를 제어하는 것, 빠른 절삭 속도에서도 부재면을 부드럽게 따라가는 제어 방법 개발, 유연 후 재진입 알고리즘 개발 등이 있다.

참고문헌

- [1] H.-S. Kang, W.-H. Lee, J.-O. Park, H.-S. Lee, and H.-O. shin, "Grinding robot system for car brazing bead" Proceedings of KACC, pp. 160-163, 1993.
- [2] M. K. Lee, K. W. Park, and B. P. Choi, "Study on robot program for propeller grinding." Proceedings of the 2nd Asian control Conference, Seoul, pp.695-698, July 22-25, 1997.
- [3] B. O. Choi and M. L. Lee, "Position and velocity control of a hybrid (Parallel-Serial) robot manipulator for propeller grinding." The Institute of Control, Automation and Systems Engineers, Korea, March, pp.29-34, 1999.
- [4] H. Asada, N. Goldfine and Mar, "Optimal compliance design for grinding robot tool holders," Robotics and Automation. Proceedings. 1985 IEEE International conference on, vol.2, pp. 3616-322, 1985.
- [5] H. Asada and Y. Asari, "The direct teaching of tool manipulation skills via the impedance identification of human motions." Robotics and Automation, 1988. Proceedings., 1988 IEEE International Conference on, vol.2, pp. 1269-1274, 24-29 April 1988.
- [6] K. Kashiwagi, K. Ono, E. Izumi, T. Kurenuma, and K. Yamada, "Force controlled robot for grinding." Intelligent Robots and Systems '90. 'Towards a New frontier of Applications', Proceedings. IROS '90. IEEE International Workshop on, vol.2, pp. 1001-1006, 3-6 July 1990.
- [7] Z. Lu, S. Kawamura, and A. A. Goldenberg, "Sliding mode impedance control and its application to grinding tasks." Intelligent Robots and Systems '91. 'Intelligence for Mechanical Systems, Proceedings IROS '91. IEEE/RSJ International Workshop on, vol.1, pp.350-355, 3-5 Nov. 1991.
- [8] H. E. Jenkins, T. R. Kurfess, and R. C. Dorf, "Design of a robust controller for a grinding system." Control Systems technology, IEEE Transactions on, vol. 4, pp.40-49, Jan. 1996.
- [9] Y. T. Wang and Y. J. Jan, "A robot-assisted finishing system with an active torque controller." Robotics and Automation, 2000. Proceedings. ICRA '00. IEEE International Conference on, vol. 2, 24-28, vol. 2, pp.1568-1573, April 2000.

로봇 아암과 작업대상 공작물의 상대운동에 대한 위치 및 힘 제어

주 은 택

경남대학교 기계공학

(kyungnam university mechanical engineering)

1. 서 론

최근 로봇 매니퓰레이터의 잡업의 다양화에 의하여 먼취작업, 연마작업 또는 복잡한 조립작업 그리고 작업자와의 협조작업 등 의 외부환경(대상물체(workpiece))과의 접촉작업을 수반하는 상황을 많이 볼 수 있다. 이와 같은 경우 로봇 매니퓰레이터는 위치제어 뿐만 아니라 엔드 이펙트와(end-effector)와 대상물체와의 기계적인 간섭력을 고려한 접촉력 제어도 동시에 해야 할 필요가 있다[1-6].

이러한 문제에 대하여 위치를 제어하고 싶은 방향과 힘을 제어하고 싶은 방향을 각각 결정한 후 실제의 위치와 힘을 측정하여 이것을 피드백(feedback)시켜 목표값에 일치시키는 위치제어 루프 및 힘제어 루프를 가진 하이브리드(hybrid)제어가 제안되어 있다.[7-10]

본 연구는 로봇 매니퓰레이터와 대상물체 사이의 상대적인 운동에 착상하여[11] 토크 연산법(computed torque)의 방법을 이용하여 2차원 평면에서의 위치와 힘의 하이브리드 제어기 설계를 제안한다. 제안한 제어기의 유효성을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 입증 고찰한다.

2. 로봇의 동적 모델링

여기서는 접촉동작을 포함한 기본적인 작업으로서 로봇 매니퓰레이터의 엔드 이펙터를 고정된 공작물에 접촉시켜 일정한 힘으로 미치는 작업을 모델로 한다. 접촉 동작으로서 이하의 세가지의 현상으로 분류해서 모델링을 한다.[12]

제 1 현상(접근단계): 엔드 이펙트가 물체와 접촉하는 단계이다. 이 단계에서는 로봇 매니퓰레이터는 위치 제어계의 의해 제어 된다.

제 2 현상(접촉 직후의 단계): 엔드 이펙트가 물체와 접촉한 직후의 미소시간에 발생하는 과도적인 단계이다. 이 단계는 엔드 이펙트가 물체와 접촉할 때 운동량과 시스템이 불연속적으로 크게 변화하므로 제어대상의 대역이 넓어지며 로봇 매니퓰레이터, 엔드 이펙트, 물체의 질량특성 등 제어대상 고유의 특성이 지배적이다. 신호의 필터링, 힘 센서 신호의 불감대 설정 등에 의한 접촉을 인식하는 검출정보의 시간지연도 이 현상의 발생 원인이 된다.

제 3 현상(일정한 힘으로 미치는 단계): 제 2현상 직후의 단계로서 엔드 이펙트와 물체는 접촉상태이며 하나의 몸체로서 움직인다, 제어대상은 피드백 제어에 의하여 행동이 지배된다.

그림1에 로봇 매니퓰레이터의 접촉 동작으로 제 3현상[13] 상태의 모델을 나타낸다. 그리고 모델을 세우기 위해 다음과 같은 가정을 설정한다.

가정 1: 로봇 매니퓰레이터 및 엔드 이펙트에 부착되어있는 힘 센서를 질량, 스프링, 댐퍼로 모델화 한다.

가정 2: 대상물체는 선형적인 질량, 스프링, 댐퍼로 한다.

가정 3: 충돌력은 발생하지 않는다.

이상의 가정에서 제 3 현상의 상태로 있는 엔드 이펙트와 대상 물체가 한 몸체가 되어 동작하는 것으로 생각하면 방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$m_a \ddot{x}_a(t) = u_x(t) - f_{sx}(t)$$

$$m_a \ddot{y}_a(t) = (t) - f_{sy}(t) m_e \ddot{x}_e(t) = f_{sx} - r_{ux} x_e(t) - c_{ux} \dot{x}_e(t)$$

$$(m_e + m_u) \ddot{y}_e(t) = f_{sy} - r_{uy} y_e(t) - c_{uy} \dot{y}_e(t)$$

$$f_{sx} = r_{sx} [x_a(t) - x_e(t)] + c_{sx} [\dot{x}_e(t)]$$

$$f_{sy} = r_{sy} [y_a(t) - y_e(t)] + c_{sy} [\dot{y}_e(t) - \dot{y}_a(t)]$$

여기서 m_a 는 로봇 매니퓰레이터의 질량, m_e 는 엔드 이펙트의 질량, m_u 는 대상물체의 질량, x_a, y_a 는 로봇 매니퓰레이터의 x-y축 방향의 각각의 위치, 같은 방향으로 x_e, y_e 는 엔드 이펙트의 각각의 위치, u_x, u_e 제어 입력, f_{sx}, f_{se} 는 힘 센서의 출력, $r_{ux}, r_{uy}, c_{ux}, c_{se}$ 는 힘 센서의 x-y축 방향의 스프링 상수 및 점성계수이다.

3. 제어알고리즘

엔드 이펙터가 대상물체에 접촉하여 제 3 현상의 상태이라고 가정하면 링크의 관절각도 및 관절 각속도를 사용하여 로봇 매니퓰레이터의 기하학적인 관계에 의해 엔드 이펙터에서 대상 물체의 위치와 속도를 측정할 수 있다. 그러나 엔드 이펙트의 구조가 복잡하면 그 정보에서 대상물체의 정보를 구하기는 쉽지 않다. 그래서 여기서는 대상물체의 정보를 사용하지 않고 로봇 매니퓰레이터의 위치와 속도를 이용하여 로봇 매니퓰레이터와 엔드 이펙터(또는 대상물체)의 상대적인 운동을 생각하면 식 (1)과 (3)에서

$m_a m_e (\ddot{x}_a - \ddot{x}_e) = u_x m_e - f_{sx} (m_a + m_e) m_a (r_{ux} x_e + \dot{x}_e)$ 와 같이 생각할 수 있다. 그리고 식 2와 4에 의하여

$$m_a (m_e - m_u) (\ddot{y}_a - \ddot{y}_e) = u_y (m_a + m_u) - f_{sy} (m_e + m_w + m_a) + m_a (r_{uy} y_e + c_{uy} \dot{y}_e)$$

가 된다. 여기서 다음의 토크 연산제어 또는 힘 연산제어법[14]을 사용한다.

$$u_i = a \dot{u}_i + b, i = x, y$$

3.1 x 축 방향의 서보

$$a = m_a$$

$b = \frac{f_{sx}(m_a + m_e)}{m_e}$ 로 하여 식 (10)과 (11)을 식 (9)에 대입하면 식 (7)은

$\ddot{x}_a - \ddot{x}_e = \dot{u}_x + \frac{r_{ux} x_e + c_{ux} \dot{x}_e}{m_e}$ 가 된다. 여기서 대상물체의 목표위치를 $x_e^d = 0$ 로 하면 식은

$\ddot{x}_a - \ddot{x}_e = \dot{u}_x - \frac{r_{ux}(x_e^d - x_e)}{m_e} - \frac{c_{ux}(\dot{x}_e^d - \dot{x}_e)}{m_e}$ 로 바꿔 쓸 수 있다. 로봇 매니퓰레이터의 위치와 속도에 PD 서보를 추가한 힘

서보법은

$\dot{u}_x = K_{ftx}(f_{dx} - f_{sx}) + K_{ppx}(x_a^d - x_a) + K_{ptx}(\dot{x}_a^d - \dot{x}_a) + (\ddot{x}_a^d - \ddot{x}_e^d)$ 가 된다. 여기서 K_{ftx} 는 x축 방향의 로봇 매니퓰레이터의 힘 비례게인, K_{ppx} 는 x축 방향의 로봇 매니퓰레이터의 위치 비례게인, K_{ptx} 는 x축 방향의 위치 미분게인이다.

엔드 이펙터의 질량 대상물체의 스프링 상수 및 점성계수를 알게되면 K_{ppx} 와 K_{ptx} 는 $K_{ppx} = \frac{r_{ux}}{m_e}, K_{ptx} = \frac{c_{ux}}{m_e}$

로 구할 수 있다. 상대위치 서보 오차를 $e_x = x_a^d - x_a - (x_a - x_e)$ 로 하면 식 (13)~(15)에 의하여

$\ddot{e}_x + (K_{ftx} c_{sx} + K_{ptx}) \dot{e}_x + (K_{ftx} r_{sx} + K_{ppx}) e_x = 0$ 를 구할 수 있다. 임계감의를 만족 시키기 위해서는 $K_{ftx} c_{sx} + r_{ptx} = \sqrt{K_{ftx} r_{sx} + k_{ppx}}$

의 관계가 있다. 여기서 힘 비례게인 $K_{ftx} > 0$ 는 $K_{ftx} = \frac{-A \pm \sqrt{B}}{C_{sx}^2}$ 의 양(+)의 부분에서 결정된다.

여기서

$$A = K_{ptx} c_{sx} - 2r_{sx} \\ B = (K_{ftx} c_{sx} - 2r_{sx})^2 - c_{sx}^2 (K_{ptx}^2 - 4K_{ppx})$$

이다. 3.2 y축 방향의 서보 x축 방향과 같은 방향으로

$$a = m_a$$

$$B = \frac{f_{sy}(m_e + m_u + m_a)}{m_e + m_u}$$

로 해서 식 (19), (20)을 식 (9)에 대입하면 식 (8)은 $\ddot{y}_a - \ddot{y}_e = \dot{u}_y + \frac{r_{uy}y_e + c_{uy}\dot{y}_e}{m_e + m_u}$ 가된다. 여기서 대상물체의 목표위

치를 $y_e^d \simeq 0$ 로 하면 식(21)은 $\ddot{y}_a - \ddot{y}_e = \dot{u}_y - \frac{r_{uy}(y_e^d - y_e)}{m_e + m_u} - \frac{c_{uy}(\dot{y}_e^d - \dot{y}_e)}{m_e + m_u}$ 로 바뀌 쓸수 있다. 힘 서보법은

$\dot{u}_y = K_{fpy}(f_{dy} - f_{sy}) + K_{ppy}(y_a^d - y_a) + K_{pcy}(\dot{y}_a^d - \dot{y}_e) + (\ddot{y}_a^d - \ddot{y}_e^d)$ 로 한다. 여기서 K_{fpy} 는 y 축 방향의 로봇 매니퓰레이터의 힘 비례게인, K_{ppy} 는 y 축 방향의 로봇 매니퓰레이터의 위치 비례게인, K_{pcy} 는 y 축 방향의 위치 미분게인이다, 앤드 이팩터의 질량 대상물체의 질량, 스프링 상수 및 점성계수를 이용하면 k_{ppy} 와 k_{pcy} 는 $K_{ppy} = \frac{r_{uy}}{m_e + m_u}$, $K_{ppy} = \frac{c_{uy}}{m_e + m_u}$ 로 구할 수 있다. 상대위치 서보오차를 $e_y \triangleq y_a^d - y_e^d - (y_a - y_e)$ 로 하면 식(22)~(24)에 의하

여 $\ddot{e}_y + (k_{fpy}c_{sy} + k_{ppy})\dot{e}_y + (k_{fpy}r_{sy} + k_{ppy})e_y = 0$ 가 구하여 진다.

그리고 임계감쇠를 만족 시키기 위한 조건은 x축 방향과 같은 관계로서 구할 수 있는 것에 주의하기 바란다.

그림2는 대상물체의 상대운동에 의한 위치와 힘의 2 차원 하이브리드 제어 시스템이다.

4. 시뮬레이션 및 결과고찰

이 장에서는 위에서 설명한 제어를 이용하여 x 축 방향에 위치, y 축 방향에 힘 제어를 하는 하이브리드 제어의 시뮬레이션의 방법과 그 결과에 대하여 설명한다. 표 1은 본 시뮬레이션의 조건을 나타낸다. 표 2에는 시뮬레이션에 사용한 로봇 매니퓰레이터의 파라미터를 나타낸다. 그리고 y 축의 힘 서보를

$$\dot{u}_y(t) = \dot{u}_y(t) + K_{fy} \int_0^t [f_{dy}(r) - f_{sy}(r)]dt$$

table 1 parameters for simulation

reference point of manipulator : x_a^a	0.01 [m]
reference force of manipulator : f_{d3}	0.2 [n]
Initial point of manipulator : $y_{a(0)}, x_{a(0)}$	0 [m]
Initial point of end-effector : $x_{e(0)}, y_{e(0)}$	0 [m]
sampling interval	10 [ms]
step width of integration	0.4 [ms]

table 2 parameters for manipulator

manipulator mass: m_a	1 [kg]
end-effector mass: m_e	0.1 [kg]
workpiece mass: m_u	3 [kg]
workpiece stiffness of x axis: r_{ux}	0.002[n/m]
workpiece stiffness of y axis: r_{us}	2000 [n/m]
workpiece damping of x axis: c_{ux}	0.000001 [ns/m]
workpiece damping of y axis: c_{us}	1 [ns/m]
sensor stiffness of x-y axis: r_{sx}, r_{sy}	5000 [n/m]
sensor damping of x-y axis: c_{sx}, c_{sy}	25 [ns/m]

로 하여 적용한다. 여기서 식 (26)의 우측 항의 u_s 는 식 (23)에서 구한 것이며 힘의 적분 계인은 k_{fls} 이다. 그림 3에 위치제어, 그림 4에는 힘 제어 결과를 나타낸다(case 1). 표 3,4는 그때에 사용한 피드백 계인을 나타낸다. 결과의 그림에서 위치와 힘이 만족한 제어가 되고 있음을 알 수 있다. 그리고 그림 5는 그림 4의 힘 피드백 계인 k_{pls} , k_{fps} 를 표 5와 같이 약간 수정 하였을 때의 제어 결과이다(case 2), 이 결과에서는 위치제어는 그림 3과 같이 만족한 결과를 얻을 수 있었다(동일함으로 생략). 그리고 y 축 방향의 힘 제어는 약간의 진동이 보이지만 이것은 로봇 매니퓰레이터 위치의 미분 계인을 수정 하므로 개선되는 것을 이해할 수 있다.

5. 결 론

로봇 매니퓰레이터의 작업이 다양화됨에 따라 위치제어 뿐만 아니라 로봇 매니퓰레이터의 엔드 이펙터와 대상물체와의 기계적인 간섭력을 고려한 접촉력의 제어도 동시에 필요하게 되었다. 따라서 로봇 매니퓰레이터와 대상물체 사이의 상대적인 운동에 주목하여 토크 연산법에 의한 2 차원 평면에서 위치와 힘의 하이브리드 제어기를 설계하였다. 제안한 제어기의 유효성을 시뮬레이션을 실시하여 검증 하였다.

3D환경 공정내에서의 모바일 로봇의 장애물회피 및 지능제어

이우송
(주)선진기술

1. 서 론

모바일로봇의 위치추적을 구현하기 위한 방법에는 주행 중 바퀴에 장착된 엔코더를 사용하여 각 바퀴의 주행거리를 측정한 후, 이로부터 구간마다의 위치변화량을 계산하여 초기 원위치로부터 현재의 위치를 계산하는 추측방법이 있다. 하지만 모바일로봇의 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 이미지센서와 적외선센서 등으로부터의 정보를 이용한 보정이 필요하다.

2. 본 론

자율주행로봇의 오른쪽 방향에 장애물이 나타날 경우 자율주행로봇의 진행방향과 장애물이 평형을 이루지 않는 한 장애물과의 충돌이 일어나게 된다. 충돌 방지를 위해 자율주행로봇을 안전한 방향으로 회전시켜 주어야 하며 이는 로봇의 목적지와 깊은 관계가 있다. 본 연구에서는 어느 정도 크기를 가진 장애물을 설정하였고 외부 환경은 임의의 환경이 아닌 주어진 공장벽면 벽면이나 복도의 벽면을 따라서 가는 방법을 설정하여 실험하였다.

실험에 사용된 적외선 센서는 전방에 물체를 회피하기 위해 사용하고자 하는 적외선 센서 지정하고 감지하고자 하는 적외선을 선택하고 물체를 감지 하고자 하는 거리를 설정한 후 전방에 적외선 데이터 중 최소로 측정된 센서에 대해 이동에 대한 Define을 감지, Define된 센서 번호별 이동 각도를 지정 그리고 지정된 이동 각도로 이동 후 선택된 적외선 센서 중 사용자가 설정한 최소 거리에서 적외선 데이터가 검출이 되지 않는 경우 회피이동을 한다.

Sampling Time은 적외선 센서 모듈에서는 데이터를 취득하기 위해서 내부 버퍼에 현재 거리 데이터를 저장하고 있다. 이 저장된 데이터는 RS-232 통신 방식으로 데이터를 받아들 수 있으며, 1개의 적외선 데이터를 가져오기 위해서는 55ms의 데이터 Timing이 필요하며, 이 적외선 센서가 여러 개의 경우 각각 디바이스별 50ms씩 추가된다.

그리고 적외선 센서를 사용하여 장애물을 회피하기 위한 방법으로 적외선센서를 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 공장자동화실험 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

모바일-매니퓰레이터구조의 로봇의 관절 모터제어에 관한 연구

최태극
(주)삼현

1. 서 론

본 연구에서는 지능제어이론을 이용한 모바일 로봇의 자율주행제어에 관한 연구를 수행하였다. 제안된 제어기는 반복 학습능력에 의해 스스로 적응할 수 있는 제어구조를 통해 제어입력을 생성하는 제어구조를 결합한 새로운 구조의 실시간 제어 가능한 제어기법을 제안하였다.

2. 본 론

본 연구에서는 구동토크와 플랜트의 출력 정보 사이의 관계식을 얻기 위하여 제어기의 영역에서 폭넓게 사용되는 컴퓨터 토크제어기를 모델기준서보제어기로 활용하였다. 로봇에 대한 속도와 편차는 양 구동바퀴를 구동하는데 사용되지만, 각 구동바퀴에서 똑같은 정보량을 가지지는 않는다. 반면 방향각의 비와 각 구동바퀴의 편차와 방향각의 편차는 두 구동바퀴를 구동하는데 사용되지만, 각 구동바퀴에서 반대기호의 정보량을 가지지는 않는다.(1)

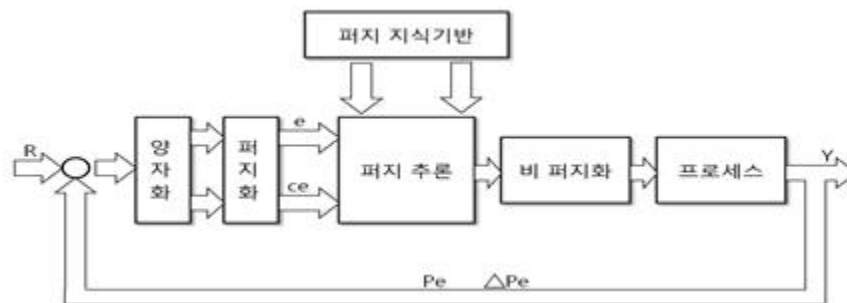


Fig. 1 The Block Diagram of Fuzzy Controller System

3. 성능실험

자율주행로봇의 성능시험을 FN제어기법에 의해 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 수행하였다. 수치실험은 미지의 외란 및 파라미터의 불확실성을 고려한 상태에서 이동용 로봇의 속도 및 방향 제어에 대한 성능 시험을 수행하였고 그 결과를 토크 계산법과 비교하였다.

모의실험의 조건은 5%의 파라미터의 불확실성을 고려한 상태에서의 제안된 제어기의 속도궤적추적 성능 실험 결과를 나타내고 있다. 성능실험결과 최대 오버슈트량은 약 0.15(m/s)를 나타내고, 정착시간(settling time)은 약 0.2초를 나타내고 있다. 속도기준궤적에 대한 추적성능이 매우 양호함을 보여주고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 지능제어 알고리즘을 적용한 로봇의 자율주행제어에 관한 연구를 수행하였다. 제안된 퍼지-뉴럴 제어알고리즘은 파라미터 및 주변환경의 불확실한 정보하에서도 자율 학습능력에 의해 스스로 적응할 수 있는 뉴럴제어 구조와 퍼지 추론을 통해 제어입력을 생성하는 자기구성 퍼지제어 구조를 결합한 새로운 융합구조의 제어기법을 제안하였다.

제어구조의 특징은 가우스 멤버쉽함수를 적용한 퍼지추론법과 역전파 알고리즘을 통한 다층구조의 신경망 제어구조로 설계함으로써 미지 외란 및 파라미터의 불확실성에 대한 매우 향상된 견실성이 유지되는 제어구조라 할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Ti-Chung Lee, Kai-Tai Song, Ching-Hung Lee and Ching-Cheng Teng, 1999, "Tracking control of mobile robots using saturation feedback controller," IEEE International Conference on Robotics and Automation, Vol. 4, pp. 2639-2644.

6축 다관절 로봇 및 보행 로봇의 지능제어에 관한 연구

김희진, 윤인균

경남대학교, (주)르노삼성자동차

1. 서 론

신체장식[자]를 위한 재활공학의 시도는 부러진 다리 대신 지팡이로 혹은 없어진 손대신 집게로 대체하면서 부터 시작되었다. 그러나 이러한 시도는 몇 세기동안 큰 발전을 가져오지 못하였고 2차세계대전후 이런 장애자들을 위한 의수, 의족등 많은 보조기구들이 생산되기 시작하였다.

최근 로봇과 manipulator 의 발달과 이들의 응용이 전기로 구동되는 휠체어 및 전자의수 등의 출현까지 가능하게 해주었다. 또 디지털 계산기의 발달로 이들 보조기구에 상당히 많은 지능적인 기능(Intelligent Function)을 부여할 수 있게 되었고 이제 거의 실용화단계에 이르고 있다.

2. 본 론

Manipulator 와 Robotics의 분야에도 이러한 방법들이 도입되어 생산 공장의 조립라인, 작업환경이 나쁜 곳을 위한 원격 조정 장치, 화성 등에서의 무인자동차로의 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 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 및 동작제어는 Dynamic Programming 혹은 Optimal Control 등에 기초를 둔 Kinematic Method, 궤적추적 혹은 동역학적인 방법을 전자계산기로 실현 시켜 행해진다. 계층적 지능제어는 인식 및 제어시스템의 이론적인 접근방법의 하나로 제시되었다. 제어지능은 지능의 증가와 함께 정밀도는 감소한다는 원리에 의해 계층적으로 분포되어 있다는 것이다. 그 계층적 분포는 세 개의 계층으로 되어 있다.(1)

조직계층은 시스템의 최고 지휘 계층이다. 여기서는 입력과 시스템으로부터의 Feedback을 받고 분석하여 행하여야 할 과제를 정의하고 그 과제를 할 순서에 따라 부과제로 분해한다. 부과제 목록과 Learning Scheme 이 조직자에게 지적기능을 더해주기 위해 준비 될 수 있다. 조정계층은 조직자로부터의 명령과 실행할 부과제를 위한 프로세스로부터의 Feedback신호를 받아 아래 계층으로의 작업을 조정한다. 조정자는 평가함수와 종단조건 혹은 가능한 Penalty Function 등을 지정하기도 한다.(2)

최하위 계층은 움직이는 동작을 수행하기 위한 Process를 제어한다. 조정자로부터 받은 평가함수 혹은 종단 조건을 해결하기 위해 최적 혹은 준최적 제어이론이 적용되기도 한다. 이런 방법을 시각과 음성입력을 갖는 일반적인 로봇의 에어에 적용하려는 연구가 진행되고 있다.

3. 결 론

일반적인 레벨의 지능을 갖는 로봇시스템은 12개의 자유도를 갖는 로봇 팔 및 6개 관절의 제조용 다관절로봇, TV 카메라, 팔의 센서, 그리고 전자계산기 및 로봇의 interface 등으로 구성되어 있다. 사람이 원하는 일을 하기 위해서 계산기로 제어되는 이 시스템은 다음의 특성 즉, 사람의 명령을 알아듣고 그에 맞게 행동할 수 있고 사람의 도움없이 각종 제어 가 행해져야 하며, 카메라 및 다른 외부센서로부터의 Feedback 신호를 받아 거기에 적합한 지능을 가져야 한다.

[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.

비정규화된 작업환경내에서의 로봇의 최적 작업 공정제어기술

팽재익, 김두범, 한성현

경남대학교 대학원 기계융합공학과, 경남대학교 대학원 첨단공학과, 경남대학교 기계공학부

1. 서 론

지금까지 모바일 로봇의 주행제어는 제어하려는 대상 시스템의 동적방정식을 통한 로봇의 동적정보를 알고 있을 때만 가능하였다. 그러나 정규화된 공장내에서의 무인작업 실현을 위한 모바일 로봇의 구조는 로봇의 운동방정식이 비선형성을 나타냄으로써 복잡하고 대부분의 경우 운동방정식을 정확히 구하지 못하는 경우가 많다. 본 연구에서는 이동용 로봇의 학습제어를 위하여 신경회로망기반 역전파알고리즘에 의한 및 가우스 멤버쉽함수의 혼합 퍼지추론법을 적용한 새로운 구조의 지능제어기법을 제안하고, 제안된 모바일 로봇 제어기의 성능을 모의실험을 통하여 검증한다.

2. 본 론

본 연구에서 채택된 로봇의 지능제어방법은 퍼지추론의 특별한 경우로써 설명될 수 있는 단순화된 혼합 추론법이다. 사실, 퍼지신경회로제어법은 퍼지추론의 끝단의 함수가 상수가 되거나 또는 최소-최대 도심법의 끝단에서의 퍼지집합의 범위가 미소값, 즉 싱글톤(singleton) 이 될 때의 경우와 일치한다. 따라서, 임의의 i 번째 제어칙은 다음과 같이 쓸 수 있다.(1)

$$D_i : \text{If } x_1 = M_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } x_n = M_{in} \text{ then } \Gamma_1 = N_{i1}, \dots, \Gamma_n = N_{in}$$

D_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.

3. 성능실험 및 고찰

두개의 독립 구동바퀴를 가지는 이동 로봇이 평면상에서 정확히 움직이며, 절대 좌표계 O-XY는 평면상에 고정되었다고 가정한 상태에서 이동 로봇의 운동방정식은 다음과 같이 표현된다.⁽¹⁾

$$M_v \ddot{q} + (-D_r + D_l)l = 0$$

여기서, m 은 로봇의 질량, D_l, D_r 는 좌측과 우측의 구동력, l 은 좌측 또는 우측 구동바퀴와 로봇의 무게중심 사이의 거리, θ 는 로봇의 방향각, v 는 로봇의 속도, M_w 는 바퀴의 회전 관성 모멘트, f_k 는 점성 마찰계수, f_g 는 구름 이득 계수, R 은 바퀴의 반경, ψ_i 는 바퀴의 회전각, Γ_i 는 구동 입력, M_v 는 로봇의 무게중심에 대한 관성 모멘트 또한, 변수 θ, V, ψ_i 사이의 기하학적인 관계는 다음과 같이 주어진다.

4. 결 론

본 연구에서는 지능제어기법에 의한 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.

센서융합기반 모바일 로봇의 지능제어에 관한 연구

김두범
경남대학교 대학원 첨단공학과

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 실험결과를 통해 분석고찰 한다.

2. 본 론

제시한 자율주행로봇은 두 개의 독립 구동바퀴를 가지며 평면상에서 정확히 움직이며 좌표계는 평면에 고정되었다고 가정한다.(1)

센서의 최대 측정거리까지 측정을 가능하도록 하기 위해서는 타이머 인터럽트 시간을 50ms 이상으로 만들어 줘야한다. 그래서 count상수를 몇 번 카운트 했는지를 확인하여 시간을 만들어주었고, 또한 거리의 편리성을 위해 35cm 간격으로 거리측정이 가능토록 하였다.

음성인식은 우선 사람의 목소리를 마이크나 헤드셋을 통하여 입력하여, 주어진 소스로부터 음성부분만을 검출하고 해당 음성의 특징을 추출하고 인식알고리즘을 통하여 해당 음성이 어떤 단어인지 결정한다.

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(%)
앞으로(출발시)	96/100	96%	98/100	98%
뒤로(정지시)				

3. 결 론

자율주행 로봇을 제작하여 음성인식 명령에 의한 실험 및 장애물회피에 의한 공장내 자율주행에 대한 성능실험을 통하여 그 신뢰성을 확인하였고 실험은 두가지 경로를 이용하여 200번의 반복 실험을 하여 장애물 회피 주행 결과는 96%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 수행하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) Craig, J.J, "Introduction to Robotics", Dorling Kindersley, 2006

어체상자 제작과정 분석을 위한 동역학적 모델링

정성현¹, 전철웅², 손정현³, 이현창⁴

부경대학교 대학원기계설계공학과¹, 산업과학기술연구소², 부경대학교 기계설계공학과³, 두성인터내셔널⁴

Dynamic modeling for Investigating Manufacturing Process of Fish Caser

Sung Heon Jung¹, Chul Woong Jun², Jeong Hyun Sohn³, Hyeon Chang Lee⁴

Graduate School of Mechanical Design Engineering, Pukyong Nat'1 Univ.¹, Research institute of Industrial Science & Technology², Department of Mechanical Design Engineering, Pukyong Nat'1 Univ.³ Dusung International Corporation⁴

Abstract

The caser is a machine for making boxes using sheet-like corrugated cardboard. It is necessary to design the sequence and the guide of the caser according to the initial form and size of corrugated cardboard. In this study, RecurDyn which is a commercial multi-body dynamics program is used to simulate the folding motion of a box by the caser. The box is composed of several parts and the folding part is connected to each other by a revolute joint. The position of guide and folding angle are investigated during operation.

1. 서 론

제함기는 시트형으로 되어있는 골판지를 상자 형태로 만드는 기계이다. 제함기는 골판지의 초기 형태 또는 크기에 따라서 제함기 기구의 시퀀스 및 가이드를 시트형 상자에 맞게 설계할 필요성이 있다. 본 연구에서는 상용 다물체동역학 해석 프로그램인 RecurDyn으로 제함에 의한 상자의 접힘 운동을 시뮬레이션 하였다. 상자의 접히는 각 부분을 강체로 모델링하고 상자의 접힘은 회전 조인트를 이용하여 접힘을 표현하였다. 가이드의 위치와 형상, 제함기의 시퀀스, 상자의 접힌 각도는 본 연구에서 설계되었다.

2. 동역학 모델링

본연구에서는 제함에 사용되는 골판지로 이루어진 상자를 동역학적으로 모델링 하였다. 상자의 각 면은 강체로 모델링을 하였으며 회전 조인트를 이용하여 상자의 접힘을 표현하였다. 모델링된 상자의 밀도는 $1.846(kg/mm^3)$ 이다. 제함기에서 상자가 제작이 될 때, 포머(former)에 의해 수직으로 운동을 하기 때문에 상자의 중앙 부분에 병진 조인트로 모델링 하여 수직 운동을 할 수 있게 하였다.

제함기는 상자 공급부분과 성형부분으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 제함기의 성형 부분을 모델링 하여 상자의 제작과정을 모델링 하였다.¹⁾ 성형장치는 Fig. 1과 같이 가이드, 보조장치로 나뉜다. 가이드는 상자와의 접촉에 의해 성형을 시키기 때문에 상자와의 접촉을 정의하였다. 보조장치는 직선운동을 하기 때문에 병진 조인트로 모델링 하였다.

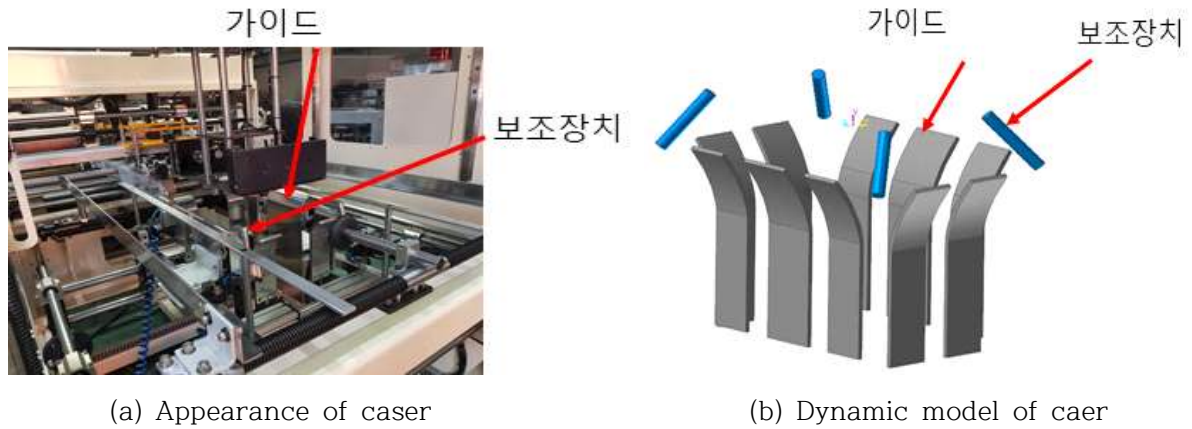


Fig.1 Modeling of Caser

3. 동역학적 분석

시트형 상자가 300(mm/s)의 속도로 수직 방향으로 움직이며 가이드와 보조장치에 의해 상자로 성형된다. 상자가 접히고 난 후, 형상이 유지 되어야 하기 때문에 조인트의 회전 운동에 마찰을 적용하였다.²⁾ 상자가 성형되는데 약 1초정도 소요되는 것을 확인하였으며, 상자가 접촉에 의해서 접히고 접힌 후, 마찰에 의해 상자의 형상이 유지 되는 것을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 시트형으로 되어있는 상자를 가이드와 보조장치를 통해 상자를 성형하는 제함기 설계에 관한 연구를 하였다. 제함기는 시트형 상자의 초기 형태 및 크기에 따라서 제함기의 시퀀스 및 가이드를 설계할 필요성이 있다. 따라서 상자와 보조장치 및 가이드를 모델링 하여 다물체동역학 해석 프로그램인 RecurDyn을 통해 상자의 성형을 시뮬레이션 하였다. 상자가 접촉에 의해 성형이 되고 마찰에 의해 형상이 유지 되는 것을 확인하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 제함기의 시퀀스 와 가이드의 형상 및 위치를 결정 하였다.

사 사

이 논문은 2015년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(한국형 피쉬펌프와 연계된 양륙자동화 시스템국산화)

[참 고 문 헌]

- 1) Kim min kyu, "A Study on the development of Flexible Box Erecting Machine for improving work Efficiency with Decision Policy for Task Priority", Korea aerospace university-air transport, transportation and logistics, 2016.
- 2) RecurDyn, RecurDyn /solver theoretical manual, Function-Bay, 2014RecurDyn, FunctionBay(2014)

로봇과 힘토크 센서간의 인터페이스 기술

강경한
해군정비창

1. 서 론

현재 대부분의 생산 자동화 시스템에 활용되는 일반 로봇시스템은 서보 위치 제어 등의 단순 제어방식에 의존하여 물체이동 등의 단순작업에 많이 활용되고 있다. 그러나 최근 들어 조립 자동화에 대한 필요성은 조립 공정이 생산 공정에서 매우 중요한 부분을 차지하므로 계속적으로 증대되고 있다. 실질적으로 정밀하지 않은 조립작업에 있어서는 머신 비전만으로 원하는 작업을 할 수 있으나 이를 이용하는 경우에는 정확도에 한계가 있으므로 정밀한 조립작업에 알맞은 F/T센서를 사용하여 조립 작업중 발생하는 부품과손과 작업시간 지연 등으로 인한 생산성 저하 등의 문제를 해결하기 위한 노력을 하고 있다. 그 일환으로 접촉이 일어나는 경우 접촉상태를 F/T 센서를 통하여 힘과 토크를 측정하여 조립하려는 물체들 사이의 위치관계를 알아내는 제어 알고리즘을 개발, 조립공정에서 사용되는 로봇 시스템과 로봇 손목 등의 콤플라이언스(Compliance)의 측정을 위한 모델 개발 및 이를 활용하는 제어 알고리즘 개발 등의 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

이리하여 본 연구는 로봇시스템과 F/T센서간의 인터페이스 기술을 개발한다. 개발된 인터페이스 기술의 적합성은 T 센서를 부착한 로봇을 사용하여 신뢰성을 확인한다

2. 본 론

센서로부터 얻어진 데이터를 분석하여 로봇이 고정밀 및 고기능 작업과 불확실한 환경의 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 컴퓨터를 이용한 로봇 시스템과 센서간의 인터페이스는 중요한 부분을 차지한다. 아날로그 신호와 디지털 신호를 인터페이스 하는 방법은 사용되는 센서에 따라 여러 가지의 방법이 사용된다. F/T 센서에서 생성된 8개의 스트레인 게이지의 신호는 센서 제어기를 거치면서 신호 처리되어 3개의 힘과 3개의 토크로 변환되어 RS-232C 규격의 직렬 통신을 통해 host PC로 들어온다. host PC는 들어온 6개의 힘, 토크 값들을 획득(Acquisition)하고 사용할 수 있는 적절한 값들로 변환(Cooking)시켜, 이 변환된 값들은 역기구학과 F/T 알고리즘에 이용되어 4개의 위치 값들로 바뀌어진다. 계산되어진 값들은 로봇 제어기의 요구시 로봇 제어기로 전달된다. 또한 통신 시 데이터 전송을 위한 제어와 그 오류처리 제어에 사용되는 방법으로는 폴링(Polling)과 인터럽트 구동(interrupt-driven)방식이 있는데, 본 연구에서는 인터럽트 구동 소프트웨어의 빠른 응답성 때문에 호스트 시스템과의 속도 매칭이 잘 이루어지며, 데이터의 유실 가능성이 적은 인터럽트 구동방식을 사용하였다.

개발된 통신 프로그램, Connect는 기본적으로 다음의 3가지 기능을 가진다. (1) 센서 제어기로부터 직렬포트(COM2)를 통해 F/T 값들을 받아들인다. (2) 로봇 제어기에서 요구하는 형식으로 F/T 값들을 변환시킨다. (3) 로봇 제어기에서 데이터 송신 요구시 직렬포트(COM1)를 통해 로봇 제어기로 송신한다. 사용된 F/T 센서는 host PC와 RS-232C 직렬포트를 통하여 9600 보오 레이트(Baud rate)로 연결된다. 또한 8비트 데이터비트, 1개의 스톱 비트를 사용하며, 패리티는 사용하지 않는다. 삼성의 SRC-401 로봇 제어기 역시 9600 보오 레이트를 사용하고 8개의 데이터 비트, 1개의 스톱 비트, 패리티는 사용하지 않는다.

3. 실험장치 및 실험결과

실험 장치는 개략적인 시스템 실험 장치에 대한 구성은 다음과 같이 크게 3개로 분류된다.

- 1) 삼성 스카라형 4축 로봇 및 SRC-401 로봇 제어기를 포함하는 로봇시스템.
- 2) BL Autotec사의 30/300 시리즈의 6자유도 F/T 센서.
- 3) pentium 166MHz CPU를 장착한 host PC.

실험결과는 개발된 인터페이스 소프트웨어의 적합성을 보여주기 위하여 F/T 센서를 부착한 로봇을 가지고 2종류의 글쓰기 작업을 실행하였다. F/T센서 보정식을 사용하지 않고 유성색연필을 사용하여 “가”모양의 문자를 종이에 쓰는 실험을 실시간으로 개발된 인터페이스 소프트웨어의 적합성을 실험하였다. F/T센서 트랜듀서로부터 받은 스트레인게이지 데이터를 host PC에 전달하는 통신 속도는 9600보오드 레이트이며, 인터페이스 소프트웨어가 데이터를 처리하여 로봇 제어기에 위치 데이터를 전송하는데 0.25sec가 소요되었다. 글쓰기 작업시 유성색연필의 끝점과 바탕의 종이간에 마찰은 없다고 가정하며 이때 유성색연필은 -0.3mm의 일정한 깊이로 하여 글쓰기 작업을 수행하게 하였다.

F/T 센서에서 구해진 보정식을 이용하여 로봇의 z방향 위치를 제어하도록 글쓰기 작업을 수행하였다. F/T센서가 받는 힘의 깊이는 항상 -0.30mm를 유지할 수 있도록 로봇의 z방향 위치를 수정 할 수 있게 하였다. 첫 번째 글쓰기 작업과 두 번째 글쓰기작업에서 로봇의 z 방향 위치를 -0.3mm 깊이로 일정하게 유지하면서 작업을 하였을 때 일정한 힘을 유지하지 못했다. 두 번째 글쓰기 작업에서는 첫 번째 작업 중에 유성색연필이 마모에 의한 위치오차가 발생하여 첫 번째 실험보다 0.16mm적게 접촉을 한 상태에서 글쓰기 작업을 시작하였다.

4.결 론

본 연구에서 F/T센서와 로봇 제어기간의 통신을 위해 필요로 한 인터페이스 소프트웨어 개발과 개발된 소프트웨어를 사용하여 실행한 글쓰기 작업을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 2 종류의 글쓰기 작업에서 보여준 것 같이 F/T센서와 힘 제어 알고리즘은 로봇의 위치오차를 수정하여 정확한 작업을 수행할 수 있음을 보여준다.
- 2) 이와 같이 개발된 인터페이스 소프트웨어는 접촉이 일어나는 환경에서 환경의 변화를 능동적으로 실시간에서 작업을 원만히 수행할 수 있음을 보여준다.
- 3) 구성된 하드웨어간의 통신 속도의 개선을 이룬다면 고속 운동을 하는 로봇을 사용하여 생산 공장 조립자동화에 직접 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1]B.Shimano and B.Roth, “On Force Sensing Information And Its Use in Controlling Manipulator,” Proc.of the 8 th Industrial Symposium On Industrial Robots, Washing-ton D.C. pp.119-126.
- [2]J.kenneth Salisbury,“Active Stiffness Control Of Manipulator In Cartesian Coordinates”, and Control, pp.95-100,1980
- [3]Akihiko Yabuuki, “Six-Axis Force/Torque Sensor For Assembly Robots,” Fujitsu Sci. Tech j., 26,1,april,1990, pp.41-47.
- [4]Charlotta Linderstam, Bertil AT Soderquist, “Monitoring the Generic Assembly Operation for Impact from Gripping to Finished Insertion ”, Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, April, 1996, pp.3330-3335
- [5] Youdan Kim, John L. Junkins, “Dynamins and Control of Flexible Structures”, Texas A&M University, 1992, pp.14-15

자율주행 이동로봇의 임피던스 제어에 대한 연구

문 정 철

경남대 산업경영대학원 기계공학과

1. 서 론

이동로봇이 대상체로부터 일정한 힘을 유지하며 움직이도록 하기 위해 횡방향으로의 힘을 제어하고 자 한다. 종방향으로는 일정한 속도로 움직인다고 가정하고 횡방향의 힘을 임피던스 힘제어 방식을 사용하여 제어하고 자 한다. 임피던스 힘제어의 이점은 로봇과 대상체 간의 역현할 수 있는 것이다. 본 논문에서는 앞 바퀴에 의해 조향 되는 이동로봇을 고려하여 시뮬레이션을 통해 제안하는 힘 제어 알고리즘의 타당성을 검증하고자 한다.

2. 본 론

로봇이 평면에서 움직인다고 가정하면 이동로봇의 동역학 방정식은 다음과 같다.

$$X\text{축} : m(\dot{V}_x - V_y\dot{\phi}) = F_{xf}\cos\delta_f + F_{xr} - F_{yf}\sin\delta_f$$

$$Y\text{축} : m(\dot{V}_y + V_x\dot{\phi}) = F_{yr} + F_{yf}\cos\delta_f + F_{xf}\sin\delta_f$$

$$Z\text{축} : I_z\ddot{\phi} = L_1F_{yf}\cos\delta_f - L_2F_{yr} + L_1F_{xf}\sin\delta_f$$

횡방향의 위치 제어 블록 다이어그램을 보여 준다. 제어 입력은 조향각 δ_f 이고 출력은 횡방향 속도 V_y 와 yaw 각속도 $\dot{\phi}$ 가 된다. 이를 미분하면 로봇의 위치 (x, y)를 구하게 되며 이를 제어기로 제어하여 원하는 위치 제어를 하게 된다. 여기에서 위치제어로 각각 PD 제어기를 사용한다.

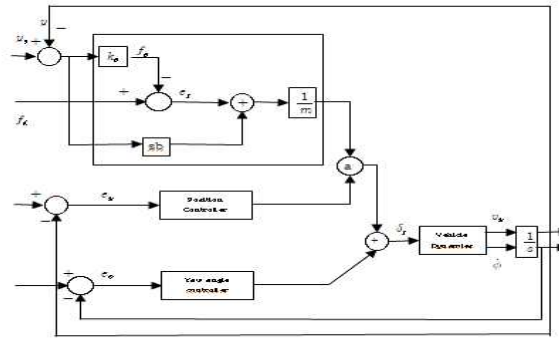
임피던스 힘제어란 로봇이 대상과 접촉으로 인한 작업을 할 경우에 필요한 제어 알고리즘의 하나로 로봇과, 대상간의 동적인 관계를 고려하여 적용하는 힘을 제어하는 기술이다. 본 논문에서는 이 알고리즘을 이동 로봇에 적용하여 접촉 힘을 제어하고자 한다. 예를 들어 로봇이 벽에 일정한 힘을 주고 움직이는 경우를 살펴보자. 슬립각도를 고려하여 로봇의 동적인 움직임을 고려하여 횡방향의 움직임을 제어하고자 한다. 이 경우에 힘제어 알고리즘을 적용하면 동적인 응답을 얻을 수 있고 외란에 강건하게 된다.

용하여 제어 입력으로 steering 각도가 되도록 설정하였다. 아래 그림은 이러한 임피던스 힘제어 방식의 블록 다이어그램을 나타낸다. 위치제어 블록과 힘제어 블록이 모두 나타나 있으며, 횡방향의 경우 위치제어블록에서 힘제어 블록으로 스위칭되는 것을 알 수 있다.

로봇이 나무판에 10N의 힘을 가하는 경우를 보자. 나무판을 누르되 움직이지 않는 경우이다. 로봇이 자유공간으로부터 움직여 나무와 접촉이 발생할 때 오버슈트가 나타나는 것을 볼 수 있다. 10N의 힘이 잘 조절되는 것을 나타내고 있다. 20초 정도에 힘이 다소 바뀌는 것은 나무판이 유연하므로 위치의 변형에서 오는 영향이라 할 수 있다. 두껍게 나타나는 것은 힘센서로부터 잡음을 나타낸다.

3. 실험 및 결과

Fig. The block diagram of control system



이번에는 로봇이 철판에 힘을 가하는 경우를 살펴보았다. 그림6은 철판에 20N의 힘을 가했을 때의 결과이다. 접촉이 발생한 뒤에 오버슈트가 생기고 정착하는데 15초 정도 걸렸다. 이는 로봇의 end-effector 자체도 아주 rigid하지 않아 반발되는 힘에 의해 변형이 생기기 때문이다. 이 또한 신경회로망이 보상하여 정확한 힘을 조절하는 것을 볼 수 있다. 다양한 실험으로 철판에 10N, 20N 등의 작은 힘을 적용하였지만 로봇이 대상과 계속적으로 접촉 비접촉을 반복하면서 불안정한 현상을 보였다. 이는 강성도가 큰 대상일수록 작은 힘을 제어하는 것이 어렵다는 것을 나타낸다.

두 번째 실험으로 로봇이 나무판에 5N의 힘을 적용하면서 움직이도록 하였다. 이때 로봇은 나무판의 위치를 전혀 모른다고 가정하였다. 또한 나무판에 대한 강성도의 정보도 주어지지 않았다. 그림 7에 로봇이 힘을 추종하는 결과가 나타나 있다. 그림에서 보듯이 중간부분은 불룩한 나무판의 최고점을 통과하고 있는 것을 나타낸다. 이 점에서는 미끄러짐에 의한 비접촉이 발생하는 것을 볼 수 있다.

또한 나무판의 양끝에서도 나무판의 변형에 의해 힘오차가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 8에서 보면 최고점의 높이는 대략 15cm 정도이다.

4. 결론

본 논문에서는 신경회로망을 이용하여 힘제어시 발생하는 불확실성을 모두 보상하도록 하는 알고리즘을 제안하고 실험으로 검증하였다. 하나의 신경회로망으로 로봇의 동적 불확실성은 물론, 모르는 대상에서 오는 불확실성, 대상의 부정확한 위치 및 강성도까지 실시간으로 보상하였다. 나무 합판의 경우 매우 유연하여 작은 힘도 제어가 가능하였으나 합판이 쉽게 움직이므로 최고점에서의 힘제어가 어려웠다. 철판의 경우에는 단단하여 작은 힘을 제어하기 어려웠으나, 최고점에서도 훌륭한 힘추종 결과를 보여주었다.

일체형 국자

윤혁진¹, 강민준¹, 정영화¹, 김국용¹, 김태승²
 동의과학대학교 기계계열¹, 금광하이텍(주)²

An all-in-one ladle

Hyuk-Jin Yun¹, Min-Jun Kang¹, Young-Hwa Jeong¹, Gug-Yong Kim¹, Tae-Seung Kim²
 DONG-EUI INSTITUTE OF TECHNOLOGY¹, Kum Gwang Hi-tech Co., LTD.²

Abstract

In this study, we tried to devise an integrated ladle that combines ladle function and spoon function. It is thought that the designed ladle can use the handle part as a spoon if necessary and can be used as a ladle as a whole so that space efficiency can be improved in a narrow kitchen space.

1. 서 론

Fig. 1과 같이 1인가구의 증가 추세를 고려해서 일체형국자에 대한 아이디어를 생각하게 되었다[1]. 본 연구에서는 국자 기능과 수저 기능을 결합한 일체형 국자를 고안하고자 하였다. 고안한 국자는 필요에 따라서는 손잡이 부분을 수저로 사용할 수 있고 전체적으로는 국자로 사용할 수 있으므로 좁은 주방 공간에서는 공간 효율을 높힐 수 있을 것으로 생각된다.



Fig. 1. 1-person household statistics

2. 본 문

일체형 국자에 대한 3D 설계를 위하여 Fig. 2와 같이 CATIA를 이용하여 설계하였다. 손잡이 위쪽 구멍에 수저를 넣을 수 있도록 하였으며 수저통으로 사용가능하고 국자의 손잡이로도 사용가능하도록 설계하였다. 그리고 손잡이 하단 부분에 버튼을 설치하여 그릇과 손잡이를 분해하도록 하였다.

Fig. 3은 3D 프린터를 이용하여 제작한 손잡이를 나타내며 Fig. 4는 그릇을 나타낸다. 그리고 Fig. 5는 손잡이와 그릇이 결합된 모습이다.

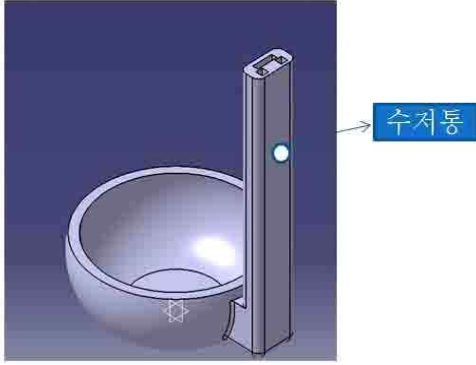


Fig. 2. 3D design



Fig. 3. Handle



Fig. 4. Bowl

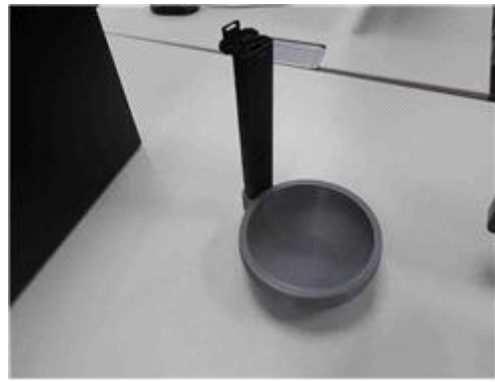


Fig. 5. Combined appearance

3. 결 문

1인가구의 증가와 함께 가정에서 식사 후 정리의 편리성을 고려하여 국자와 그릇의 분해가 가능하고 국자로 쓴 후 바로 그릇으로도 사용할 있도록 일체형 국자를 설계하였다. 본 제품에 의해 캠핑 인구의 증가에도 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

사 사

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

[참 고 문 헌]

- 1) 통계청 사이트(kostat.go.kr)

탈부착 등받이 의자

김민욱¹, 박준호¹, 손유종¹, 박기범¹, 조종영¹, 고석조¹, 정상진²
동의과학대학교 기계계열¹, 국림피엔텍(주)²

Unattached backrest chair

Min-Uk Kim¹, Jun-Ho Park¹, Yu-Jong Son¹, Ki-Bum Park¹, Jong-Yeong Jo¹,
Seok-Jo Go², Sang-Jin Jung²
Dongueui Institute of Technology¹, Kuklim Plastic New Technology Co., LTD.²

Abstract

Generally, use a desk chair to study at a desk, and a sitting chair to work on a low level or to study. Thus, a removable seat back was designed to satisfy both the desk and the sitting chair at once. Through this measure, only one can be used for two purposes compared to the two prices, so the price is cheaper and I think it's okay to use space at a time when the number of one households is increasing.

1. 서 론

일반적으로 책상에서 공부를 할 경우에는 책상의자를 이용하고 낮은 책상에서 작업을 하거나 공부를 할 경우에는 좌식의자를 사용한다. 따라서 책상의자와 좌식의자 2가지를 한 번에 충족시킬 수 있는 탈 부착 등받이 의자를 고안하였다.

이를 통해서 가격대비 2가지를 사야 할 가격에 비해 1가지만으로도 두 가지의 용도로 사용가능해 가격도 저렴하며 요즘 1인가구가 늘어나는 시점에서 공간 활용면에서도 우수하다고 생각된다.



Fig. 1. One fast-growing applicant.

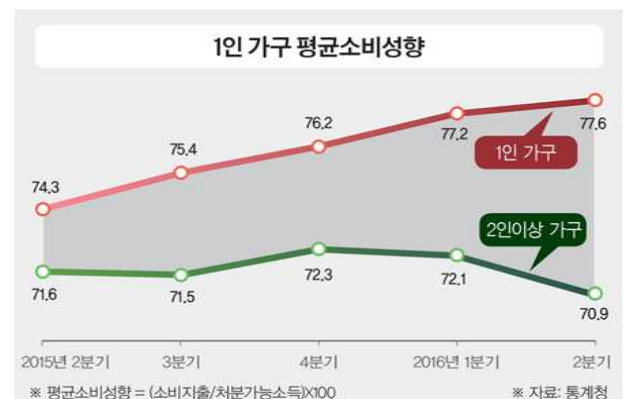


Fig. 2. Average consumption propensity

2. 본 론

기존 시중에 있는 의자는 탈부착이 되지 않아 책상용 의자와 좌식용 의자를 같이 구입해야한다. 본 제품에서는 탈부착이 가능하여 좌식용과 테이블용 의자를 따로 사지 않고 한 의자로 2개의 기능이 가능하도록 두 가지 형태의 탈부착 의자(Fig. 3, Fig. 4)를 설계하였다. 그리고 3D 프린터[1]를 이용하여 Fig. 5, Fig. 6과

같이 시제품을 제작 하였다. Fig. 7, Fig. 8은 조립된 형태를 나타낸다.

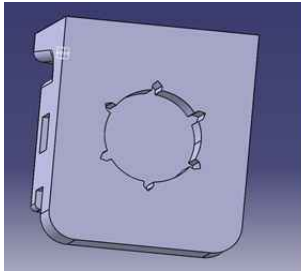


Fig. 3.Removable chair-1

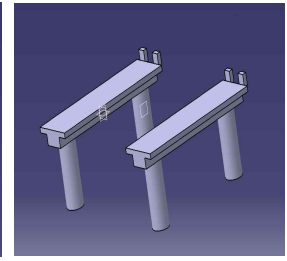
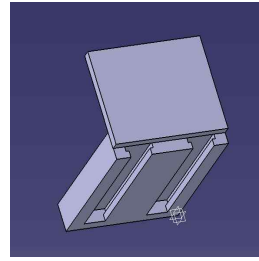
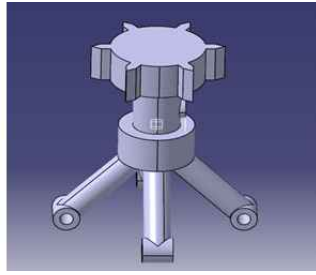


Fig. 4. Removable chair-2



Fig. 5. 3D printer processing model-1

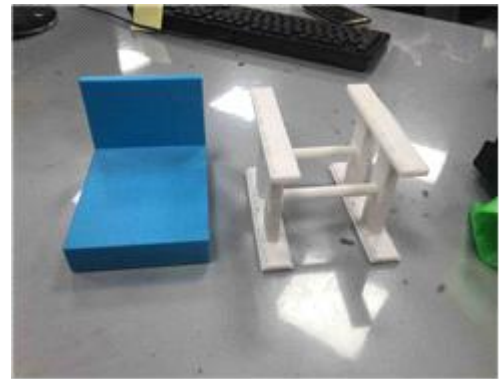


Fig. 6. 3D printer processing model-2



Fig. 7. 3D printer machining model-1



Fig. 8. 3D printer machining model-2

3. 결 론

본 제품은 좌식 의자와 책상 의자 두 가지를 하나로 만들어서 두 가지의 성능을 모두 쓸 수 있게 제작함으로써 가격 대비 효과 및 공간 활용면에서 우수하다고 생각된다.

사 사

본 과제(결과물)는 교육부와 중소벤처기업부의 정부지원금으로 수행한 기술사관육성사업 1팀-1프로젝트 연구 결과입니다.

[참 고 문 헌]

- 1) S3D, www.s3d.co.kr

도난 방지 우산

박민혁¹, 최혁준¹, 도홍열¹, 심현빈¹, 김민수, 신종호¹, 김성원¹, 이광오²
동의과학대학교 기계계열¹, (주)호창메탈²

Anti-theft umbrella

Min-Hyeok Park¹, Hyeok-Jun Choi, Hong-Yeol Do¹, Hyun-Bin Sim¹, Min-Su Kim, Jong-Ho Shin¹,
Sung-Won Kim¹, Gwang-O Lee²
Donguei Institute of Technology¹, Hochang Metal Co., Ltd²

Abstract

The umbrellas we usually use do not have a built-in closure system, and often have similar designs so that others often mistake them. So we was thinking about how we could prevent theft or loss, and then we planned this idea. This product combines a lock to prevent other people from taking it and it is locked in the form of a lock to solve problems such as theft and loss. And nowadays young people are going backpacking trips, they lock umbrellas outside their backpacks to prevent theft of the umbrellas and the contents of the backpacks and to enlarge the space inside the backpack. We designed a way to prevent theft or loss by attaching a padlock type lock to the handle of the umbrella, and to prevent the umbrella from opening when the lock was broken and the umbrella was not stolen.

1. 서 론

평상시 우리가 사용하는 우산은 잠금장치가 내장되어 있지 않고 디자인이 비슷한 경우가 많아 남들이 착각해서 가져가는 경우가 종종 있다. 따라서 어떻게 하면 도난 또는 분실을 방지 할 수 있을까 고민을 하다가 이 아이디어를 계획해 보았다.

이 제품은 다른 사람들이 가져가지 못하게 자물쇠를 결합시켜 자물쇠 형태로 잠겨 기존의 도난, 분실 등의 문제점을 보완하고자 했다. 우산 손잡이 부분을 자물쇠형태의 잠금 장치를 달아 도난 또는 분실을 방지하고 또한 잠금장치가 파손되어 도난을 당했을 경우 그 우산이 펴지지 않아 우산기능을 하지 못하도록 하는 방식이다.

2. 본 론

Fig. 1과 같이 잠금장치가 파손되어 도난을 당했을 경우 그 우산이 펴지지 않아 우산기능을 하지 못하도록 아이디어를 구상하였다. Fig. 2는 제안한 아이디어의 개념도이다.

- (1) 잠금 버튼: 우산이 안 펴지도록 막아주는 잠금 장치
- (2) 잠금 와이어: 우산 잠금 장치
- (3) 잠금 고정장치: (2)이 들어가면 (3)도 같이 들어가면서 (1)홈에 들어가 고정 시키는 역할
- (4) 고정 홈: (1)이 들어가면서 우산 버튼이 안 눌려지게 하는 역할
- (5) 스프링: 잠금 해제 기능

제안한 도난방지 우산은 일반 우산과 같이 비를 피할 수 있는 수단과 거기에 자물쇠 기능을 더해서 실내로 들어가 우산을 보관할 때 걸어서 보관할 수 있도록 설계를 하였다. 그리고 어디에든 걸 공간만 있으면 걸 수 있는 걸이에 자물쇠 기능을 추가 하였다. 또한 잠금장치가 파손되어 도난을 당했을 경우에도 우산이 펴지지 않아 우산기능을 하지 못하도록 하는 방식을 설계하였다.

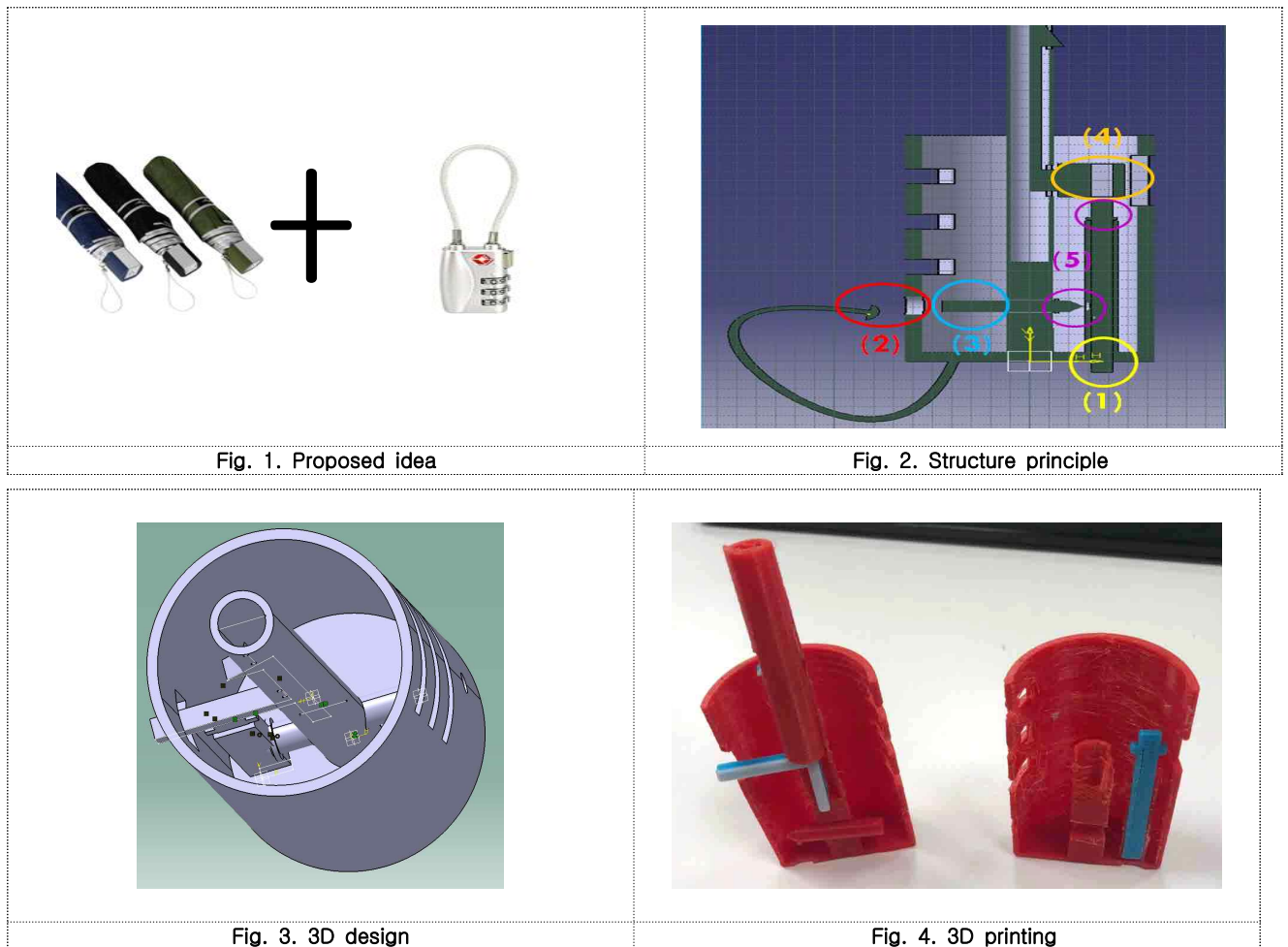


Fig. 3은 CATIA를 이용한 상세 설계도면이고, Fig. 4는 3D 프린터[1]를 이용하여 제작한 시제품을 나타낸다.

3. 결 론

우산은 일상생활에 많이 사용되는 도구이지만 손에 들고 다니자니 불편하고 잃어버릴 수도 있어 아무 때나 둘 수도 없다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하고자 자물쇠와 결합시켜 걸 수 있는 곳은 어디든 걸 수 있고, 도난의 위험성을 방지 할 수 있는 도난방지 우산을 제안하였다. 제안한 우산의 장점은 다음과 같다.

- 1) 등산이나 스포츠 활동 할 때 가벼워서 들고 다니기 용이하다
- 2) 와이어를 끊고 갈순 있으나 우산을 사용할 수가 없다.

그리고 요즘 젊은층들이 배낭여행을 많이 가는데 배낭밖에 우산을 잠금하여 우산분실 및 배낭안 내용물 도난을 방지하고 배낭안의 여유 공간을 넓힐 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

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

[참 고 문 헌]

- 1) S3D, www.s3d.co.kr

깔끔이

지창열¹, 강지환¹, 김상경¹, 노환균¹, 송병문¹, 변태영¹, 노규빈²
동의과학대학교 기계계열¹, 국도피엔텍㈜²

Cleaner

Chang-Ryeol Ji¹, Ji-Hwan Kang¹, Sang-Kyung Kim¹, Hwan-Gyun No¹, Byeong-Mun Song
Tae-Young Byun¹, Kyu-Been Noh²
Donguei Institute of Technology¹, Kukdo Plastic New Technology Co., LTD.²

Abstract

There are many people wearing masks these days. Many people wear disposable masks, but many people use reusable masks. Reuse masks can be used by washing, but we were wondering if the mask would be clean? So we thought about the idea of washing the mask and sterilizing it to get rid of the bacteria.

1. 서 론

미세먼지의 위험성과 경각심에 의한 마스크의 사용량이 증가 하고 있다. 본 연구에서는 마스크를 보다 위생적으로 사용하기 위한 장치를 만들어 보고자 한다.

2. 본 론

기존 살균과 관련한 제품들은 UV램프만을 사용하여 살균을 하다 보니 습할 때 생존하기 쉬운 세균이나 곰팡이들이 살균 되지 못 하는 문제가 있다. 따라서 본 제품에서는 모든 가정집이나 자취집에도 있는 헤어드라이기를 활용하여 건조 문제를 해결하였고, 헤어드라이기를 이용함으로써 제품의 소형화와 저비용을 실현하고자 하였다. 그리고 Table 1의 특허 내용[1]과 다른 건조 방식으로 헤어드라이기를 이용한 것이 본 아이디어의 차별점이다.

Table 1. Patent search

번호	특허명	등록번호	등록일	출원인
1	마스크 살균 및 건조장치	1018324720000	18.02.20	김형주

Fig. 1은 마스크 건조 및 소독기의 개념도를 나타내며 Fig. 2는 제품의 조립도를 나타낸다. 설계는 Inventor[2]를 이용하였으며 3D 제작을 위해 3D 프린터[3]를 이용하였다. Fig. 3은 헤어드라이기 주입구 및 안정기 설치부와 램프 설치부 부품, Fig. 4는 몸통과 마스크 거치대 부품, Fig. 5는 물받이 부품 그리고 Fig. 6은 제품 전체 조립 형상을 나타낸다.

3. 결 론

본 연구에서는 헤어드라이기와 UV램프를 이용하여 마스크를 보다 위생적으로 사용하기 위한 마스크 건조 및 소독기인 깔끔이를 설계 제작하였다. 헤어드라이기에 의한 마스크의 건조와 UV램프를 이용한 살균으로 저렴하고 편리한 사용이 가능할 것으로 판단된다. 향후 연구에서는 2차 오염을 방지하기 위한 필터 적용 등에 대한 추가 설계가 필요할 것으로 생각된다.

사 사

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

[참 고 문 헌]

- 1) 키프리스, www.kipris.or.kr
- 2) Inventor, www.autodesk.co.k
- 3) S3D사, www.s3d.co.kr

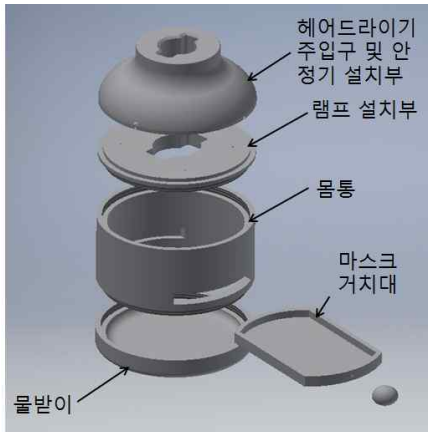


Fig. 1. Conceptual diagram

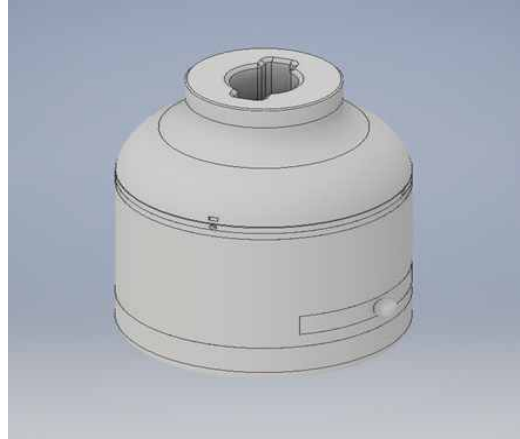


Fig. 2. Assembly drawing



Fig. 3. Hair dryer inlet, ballast installation and lamp installation



Fig. 4. Body and mask holder



Fig. 5. Water table



Fig. 6. Overall assembly shape

하이브리드 자동차(Hybrid Electric Vehicle)의 고전압 배터리 모니터링 시스템 개발

정은수, 이승준, 우정빈, 정주석, 정영진, 정남일, 김만호¹
동의과학대학교 자동차계열¹

Development of High-Voltage Battery Monitoring System of Hybrid Electric Vehicle

Eun Su Jeong, Seung Jun Lee, Jeong Bin Woo, Ju Seok Jeong, Nam Il Jeong, Man Ho Kim¹
Division of Automotive Engineering, Dong-Eui Institute of Technology¹

Abstract

Smog, fine dust, etc., the regulations on automobiles which are the main cause of environmental pollution are strengthened. This paper aims to implement a system for monitoring the high voltage battery of a hybrid car at the capstone design level. For this purpose, we have studied CAN communication for analysis and monitoring of high voltage battery system of hybrid vehicle. In addition, we carried out experiments to measure high voltage by installing a direct monitoring system on a hybrid vehicle high voltage battery system. As a result, the knowledge of eco-friendly automobiles has been improved for eco-friendly car maintenance specialists.

1. 서 론

최근에, 스모그, 미세먼지 등 환경오염 문제가 대두되면서 대표적인 환경오염 원인인 자동차에 대한 규제가 강화되고 있다. 대표적으로 유럽에서는 자동차 배출가스 규제(Euro 6)를 시행하고 있으며, 배출가스 규제를 만족하지 못하는 자동차는 유럽에서 판매할 수 없게 되었다. 또한, 기존의 화석연료를 사용하던 자동차를 대신해 하이브리드 자동차(hybrid electric vehicle, HEV), 전기 자동차(electric vehicle, EV), 연료전지 전기 자동차(fuel cell electric vehicle, FCEV) 등 친환경 자동차에 대한 보급 및 개발도 활발히 이루어지고 있다 [1]. 특히, 전기 자동차는 외부에서 공급받은 전기를 배터리에 저장해서 주행하는 순수 전기자동차(EV)를 비롯하여 엔진을 이용해 전기를 생산하고 전기모터로 주행하는 주행거리 연장형 전기자동차(range extended electric vehicle, RE-EV) 등 다양한 방식으로 개발되고 있다.

본 논문은 친환경 자동차를 전문적으로 유지 보수하는 전문 인력을 양성하기 위한 측면에서 하이브리드 자동차의 고전압 배터리를 모니터링 하는 시스템을 캡스톤 디자인 수준에서 구현하고자 한다. 이를 위하여 하이브리드 자동차의 고전압 배터리 시스템에 대한 분석 및 모니터링을 위한 CAN 통신에 대해서 학습을 진행하였다. 또한, 하이브리드 자동차 고전압 배터리 시스템에 직접 모니터링 시스템을 장착하여 고전압을 측정하는 실험을 진행하였다. 이를 통하여 친환경 자동차 유지보수 전문 인력을 대상으로 친환경 자동차에 대한 지식을 향상시키는 결과를 가져 왔다.

2. 고전압 배터리 모니터링 시스템

2.1 고전압 배터리 시스템

일반적으로, 하이브리드 자동차의 고전압 배터리 시스템은 고전압을 저장하는 배터리, 배터리의 열을 방출하기 위한 냉각 팬 장치, 안정적인 전원을 공급하기 위한 장치와 고전압 배터리 시스템을 관리하는 제어기로 구성되어 있다. 본 연구에서는 현대자동차의 2012년도 하이브리드 소나타 모델을 대상으로 고전압 배터리 모니터링 시스템을 구축하였기 때문에 2012년도 하이브리드 소나타 모델을 대상으로 설명한다. 고전압 배터리는 DC 3.75V 리튬 폴리머 배터리 셀 72개가 직렬로 연결되어 DC 270V(5.3Ah, 34KW, 38kg)를 출력한다. 배터리 팩 상단의 온도센서(NTC 타입 서미스터) 및 외기 온도 센서가 있다. 냉각 팬 장치는 공냉 방식의 냉각을 위한 팬 모터와 주변 장치로 구성되어 고전압 배터리 시스템을 관리하는 제어기로부터 입력을 받아 팬 모터의 단수를 조정한다. 안정적인 전원 공급을 위한 장치는 PRA(Power Relay Assembly)라는 명칭으로 메인 Relay(+),(-) 단자와 프리차지 Relay(+)단자로 구성되어 있다. 프리차지 Relay 단자를 통하여 돌입 전류와

같은 불규칙한 전원 공급 상태에서 회로를 보호하고 안정 상태가 되면 메인 Relay (+), (-) 단자를 이용하여 DC 270V 전기를 공급한다. 고전압 배터리 시스템을 관리하는 제어기는 BMS(Battery Management System)라는 명칭으로 배터리의 전류 값, 온도 값 및 C-CAN/H-CAN의 정보를 바탕으로 고전압 배터리 시스템을 관리한다.

2.2 차량 통신 시스템 : CAN(Controller Area Network)

CAN은 자동차 내의 센서, 구동기 및 ECU들 간에 디지털 통신을 제공하기 위하여 1980년대 Bosch에서 개발되어, 1993년 ISO 표준으로 제정되었다. CAN은 다른 필드버스 프로토콜에 비하여 가격 대 성능비가 매우 우수할 뿐만 아니라, 대다수의 반도체 제조 회사에서 CAN 프로토콜이 포함된 일체형 마이크로 컨트롤러를 개발하였기 때문에 널리 사용되고 있다. CAN은 전송 속도에 따라 고속 CAN과 저속 CAN으로 구분되며, 자동차 엔진 제어 계통에 사용되는 고속 CAN은 1Mbps, 바디 네트워크에 사용되는 저속 CAN은 125Kbps의 전송 속도를 지원한다. CAN 통신 노드는 모두 동일한 통신 기능을 갖고 있으며(multi-master), 한 노드가 송신한 내용을 다른 모든 노드가 수신할 수 있다(broadcast). 또한, 우수한 고장 검출 구조를 가지고 있으며, 메시지의 중요도에 따라 우선순위를 할당하는 기능을 지원한다.

2.3 고전압 모니터링 시스템

고전압 모니터링 시스템을 구축하기 위해 우선 BMS에서 고전압 정보를 어떤 CAN ID에 넣어서 제공하는지를 확인하였다. 확인을 위하여 BSM 커넥터를 탈거한 상태에서 OBD에서 제공하는 CAN 정보를 확인한 상태에서 BMS 커넥터를 연결한 상태에서 발생하는 CAN ID(670)를 확인하였다. 확인된 CAN ID의 8 Byte 정보 중에서 어떤 정보가 BMS의 고전압 정보인지를 역산하여 세 번째 바이트의 1번째 비트부터 네 번째 바이트의 3번째 비트까지 12 비트가 고전압 정보임을 확인하였으며 264의 값을 가짐을 확인하였다. 확인된 정보를 바탕으로 CANoe라는 CAN 통신 모니터링 소프트웨어에서 이진수를 십진수를 변환하는 불력을 활용하여 고전압 값을 표기하였다.

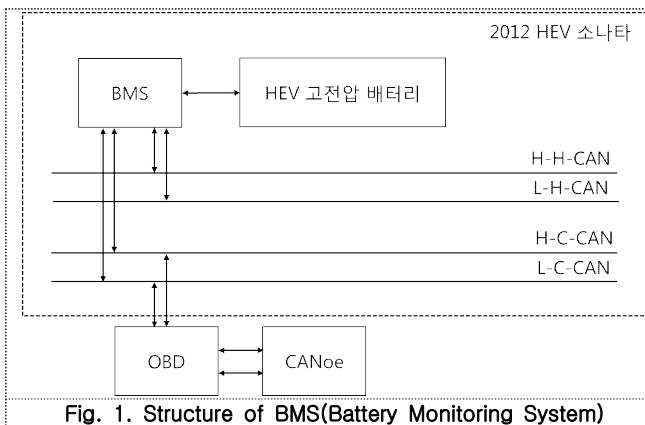


Fig. 1. Structure of BMS(Battery Monitoring System)



Fig. 2. Structure of Test-bench

3. 결 론

본 논문은 전기 자동차의 효율적인 충전계획 수립 및 주행을 위하여 주행거리에측에 적용 가능한 에너지 예측 모델을 제안하였다. 또한, 실차 주행 데이터를 이용하여 개발된 에너지 예측 모델의 성능을 평가하였다. 특히, 차량 주행 속도에 따라 에너지에 영향을 미치는 다양한 저항을 바탕으로 차량의 주행 속도 및 실시간 배터리 잔량을 측정하여 평가하였다. 이러한 과정을 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

사 사

본 논문은 부산광역시의 2018년 BB21플러스(Brain Busan 21+) 사업의 일환으로 수행하였음.[미세먼지 저감을 위한 친환경 자동차 전문 인력 양성, 동의과학대학교 자동차계열]

[참 고 문 헌]

- 1) S. Lee, M. H. Kim and K. C. Lee, "Survey on In-Vehicle Network System Researches," Korea Society for Precision Engineering, Vol. 23, No. 9, pp. 7-14, 2006.

지능로봇의 보행패턴생성 및 보행자세에 관한 연구

아오방첸, 팽재익, 김희진, 김명성, 한성현
경남대학교

1. 서 론

본 논문에서는 건설한 작업수행을 위해 보행 중 자세의 효과적인 적용 방법을 제시하고, 골반의 궤적에 중점을 둔 기존의 보행 방법과 달리, 보행 중 형성되는 지면에 투영된 무게 중심이 발바닥의 가장 안정한 점에 위치하도록 궤적을 생성하고, 생성된 궤적에 위치하기 위한 보행궤적을 생성하는 방법을 제시한다. 또한 이를 구현하기 위하여 기능적인 구조를 갖는 24자유도의 로봇 보행 알고리즘을 개발하고 신뢰성은 확인한다.

2. 본 론

본 연구에서 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. 모의실험 및 고찰

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.

4. 결 론

본 논문에서는 24관절 로봇의 보행 안정 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 궤적을 먼저 생성하고 생성된 궤적에 따른 발목 보행 궤적을 구간별로 생성함으로써 휴머노이드 로봇이 보행 중 항상 안정적인 자세제어가 되는 방법을 제안하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) 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.
- (2) 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.

24관절의 로봇의 동역학적 해석 및 모션제어

아오방첸, 김상현, 장기원

경남대학교 대학원, 경남대학교 기계공학부

1. 서 론

4차 산업혁명시대를 맞이하여 로봇들이 인간을 대신하여 사용되고 있다. 이동로봇은 동작이 안정적이고 설계나 제어가 간단하며 평지에서 만족스러운 효과를 나타내지만 경사가 완만하지 않은 곳에서는 만족스럽지 못한 결과가 나타나고 있다. 그래서 지형제한을 적게 받는 보행로봇에 관한 연구가 진행되고 있다.

2. 구동기 메커니즘과 보행제어 시스템

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.

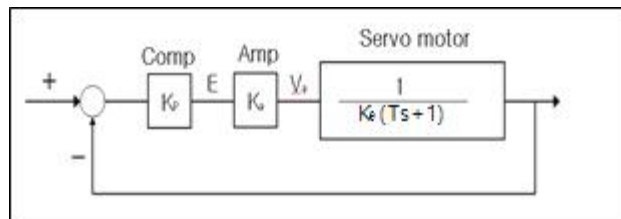


Fig. 1. 로봇구동 서보제어기 블록도

3. 모의실험 및 고찰

우선 로봇의 보행을 오프라인 프로그램을 사용하여 시간에 따른 관절의 변화와 시간에 따른 회전각도의 변화를 분석하였다.

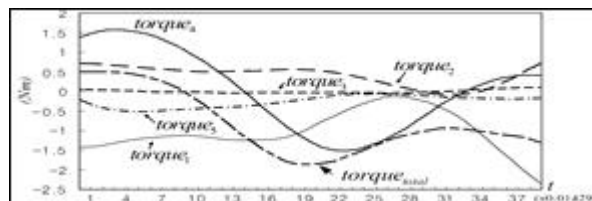


Fig. 2. 로봇의 관절 회전각 및 토크 곡선

본 연구에서 제안한 이족로봇 보행의 성능평가를 위해 제로모멘트포지션궤적과 역기구학을 이용하여 얻어진 로봇의 보행 궤적을 이용한관절의 보행 중 토크의 변화는 Fig. 2와 같다.

4. 결 론

본 연구에서는 보행로봇의 운동학적 모델링 및 궤적 최적화를 통해 보행 패턴을 획득하고 보행 중 작동 토크에 관한 연구를 수행하였다. 이족보행로봇의 보행 중 안정성을 보장하기 위해 궤적을 고려하여 이족로봇의 보행 패턴을 결합시키고 동적구조의 불안정성 문제를 해결하기 위해 최적보행 패턴을 생성함으로써 기존의 보행 연구 결과에 비해 매우 효율적인 보행 패턴을 생성할 수 있음을 확인하였다.

[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

종류, 소재, 크기가 다양한 제품의 자동 이송용 로봇 픽 앤 플레이스 시스템에 관한 연구

류혜연¹, 정기민¹, 홍우철², 김민우³, 김현희¹, 이경창¹

부경대학교 제어계측공학과¹, (주)오토닉스², 한국신발피혁연구원 생산자동화연구실³

A Study on Robot Pick and Place System for Automatic Transfer of Various Types, Materials and Sizes

Hye Yeon Ryu¹, Ki Min Jeong¹, Woo Cheol Hong², Min Woo Kim³,

Hyun Hee Kim¹, Kyong Chang Lee¹

Department of Control and Instrumentation, Pukyong National University¹,

Autonics², Korea Institute of Footwear & Leather Technology³

Abstract

As robots are used in many areas of the industrial field (especially in manufacturing), the kinds of products that robots need to deal with have also diversified. Therefore, the pick and place system of the robot should be variously constructed. Current industrial robot pick and place systems are mostly in the form of grippers, which can only transfer specific products according to the design of the gripper. Therefore, if the material and size of the transported product are changed, there arises a problem that the gripper or the robot must be replaced. This was not a big problem in the era of mass production. This is because most processes only deal with one kind of product. However, modern manufacturing sites are in the process of producing multiple types of small quantities, and the fact that pick and place systems can handle only limited products can be a big problem. Therefore, in this study, robot pick and place for automatic transfer of products of various kinds, materials and sizes is developed and applied to industrial field of small quantity production system of various kinds.

1. 서 론

여러 제품을 생산하는 자동화 라인 설계 시 제품의 다양화로 인하여 공용 대응이 가능한 라인 구축이 요구된다. 여러 제품의 혼류 생산 시에 먼저 해결 되어야 할 과제로는 라인 교체 시간의 단축과 품질의 유지 확보가 대두되고 있다. 현재 생산현장에 도입되어 있는 대부분의 산업용 로봇은 특정 제품만을 다룰 수 있는 픽 앤 플레이스 시스템을 가지고 있다. 특정 제품만을 다룰 수 있는 픽 앤 플레이스 시스템은 공정에서 제작하는 제품이 바뀔 경우 소재와 크기가 다른 제품을 제대로 핸들링 할 수 없다. 소재 특성과 크기가 달라지면 핸들링하는 방식도 달라져야하기 때문이다. 그렇다고 해서 공정상에서 제품이 바뀔 때마다 로봇이나 pick and place 시스템을 교체할 수는 없다. 시간과 비용의 문제 때문이다. 따라서 본 논문에서는 다양한 소재 및 크기, 형태를 가지는 제품을 다룰 수 있는 pick and place 시스템을 개발하였다.

2. 비전 시스템을 이용한 제품 인식 및 정렬 시스템

다양한 종류의 소재 및 크기를 가지는 제품을 다루기 위해서는 먼저 제품을 판단하여야 한다. 제품 판단을 위한 방식으로 비전 시스템을 이용한 제품 인식 및 정렬 시스템을 설계하였다. 먼저 비전 시스템을 이용하여 제품을 인식한다. 시스템은 인식된 이미지를 이미 학습되어진 데이터와 비교하여 어떤 제품인지 판단한다. 본 연구에서 시스템을 도입한 공정은 신발 갑피 열용융 접착재봉 공정으로, 신발 갑피 부분에는 다양한 소재가 사용된다. 그리고 갑피 패턴과 장식물의 종류 및 형태에 따라 크기도 다양하다. 해당 공정에서는 메인 패턴과 서브 패턴의 공급을 분리하고, 두 대의 스카라 로봇 시스템으로 각각 핸들링 한다. 비전 시스템은 패턴들을 분류하고 정렬하는데 사용된다.

3. 픽 앤 플레이스 시스템

본 연구에서 제품을 핸들링하기 위해 적용한 픽 앤 플레이스 시스템은 진공 헤드를 이용한 흡착 방식으로 설계하였다. 이는 다양한 특성을 가지는 소재들을 하나의 시스템에서 다룰 수 있도록 하기 위함이다. 현재 사용되고 있는 산업용 로봇의 픽 앤 플레이스 시스템은 대부분 그리퍼의 형태로 사람의 손과 그 원리가 비슷하다. 그리퍼는 부피가 있는 제품은 원활하게 다룰 수 있다. 그러나 얇거나 작은 제품의 경우 다루기가 어렵다. 이 때문에 얇고 작은 제품도 핸들링이 가능한 젠공 헤드 방식을 적용하게 되었다.

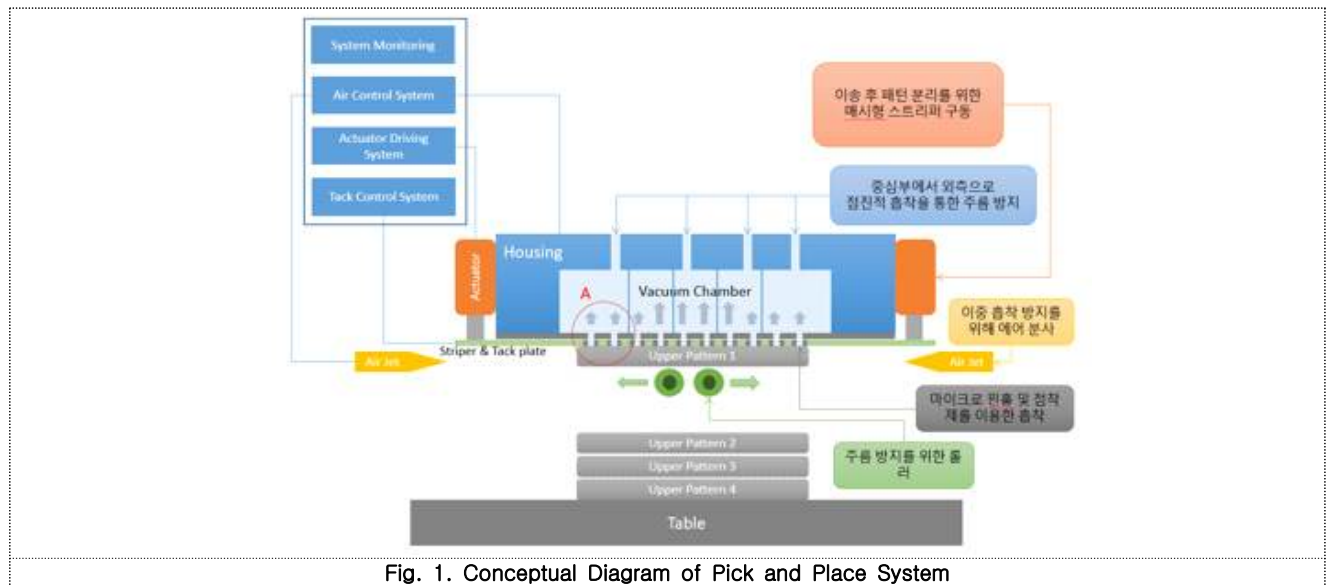


Fig. 1. Conceptual Diagram of Pick and Place System

그림 1. 에 시스템의 개념도를 나타내었다. 핸들링 헤드의 흡을 통해 진공 챔버에서 공기를 흡입한다. 공기가 흡입됨과 동시에 소재는 헤드에 흡착된다. 흡착된 제품은 헤드와 연결된 로봇 팔에 의해 들어올려져 다음 공정으로 이송된다. 이송의 과정에서 얇고 유연한 소재일수록 주름이 생기기 쉽고, 주름이 생길 경우 이후 공정의 진행이 어렵게 된다. 이 점에 착안하여 본 연구에서 개발된 핸들링 헤드에서는 하단 롤러를 이용하여 주름이 생기지 않도록 하였다.

4. 결 론

소비 형태가 변화함에 따라 제조 산업의 형태도 다양한 제품을 빠르게 생산 가능하도록 변화하고 있다. 그러나 기존 산업용 로봇의 제품 픽 앤 플레이스 시스템은 다양한 소재와 형태, 크기를 다루기 어렵게 되어 있다. 때문에 본 논문에서는 다양한 소재와 형태, 크기의 제품을 다룰 수 있어 다품종 소량 생산의 체제에 적합한 픽 앤 플레이스 시스템을 개발하였다. 향후 추가 연구를 통하여 시스템의 한계점을 파악하고 보완할 수 있도록 할 것이다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부 산업기술혁신사업 '신발갑피 열융용 접착재봉(Fuse Sewing) 공정용 로봇시스템 개발(No.10063365)'의 지원을 받아 수행된 연구임.

[참 고 문 헌]

- 1) 홍대선, 이현열, 전용재, “고속 핸들링 로봇용 고 하중 공구교환장치에 대한 구조해석”, 한국생산제조학회 2016년도 추계학술대회 논문집, pp.170-170

비접촉식 센서를 적용한 협동 로봇의 충돌 회피 시스템 설계

류혜연¹, 정기민¹, 김현희¹, 이경창¹
부경대학교 제어계측공학과¹

Design of Collision Avoidance System for Cooperative Robot using Non-contact Sensor

Hye Yeon Ryu¹, Ki Min Jeong¹, Hyun Hee Kim¹, Kyong Chang Lee¹
Department of Control and Instrumentation, Pukyong National University¹

Abstract

The use of robots in the industrial field is no longer a strange thing. Since the Industrial Revolution, the equipment of machines that have been used on the production floor has been helping to increase the production rate by evolving into the robot. Various problems have arisen here. The machine is operated only by the operator's operation, and thus the risk incidence is relatively low. Nevertheless, in many industrial sites, the safety of workers is threatened by malfunctions and mis-operation of machinery. Industrial robots are configured for production automation, and most robots operate automatically within the process. In many field, the robot and the worker should work together. In this case, the safety of the operator is not guaranteed at all. This is because the operation of the robot can cause injuries to workers or serious accidents that can take their lives. Therefore, in this study, we propose a system that can guarantee the safety of the workers in the cooperation work of the robot and the worker.

1. 서 론

인건비 상승, 전문 생산 인력의 감소 등으로 인하여 많은 제조 현장에서 로봇을 도입하고 있다. 그러나 로봇만으로 이루어진 공정은 설계되기 어렵다. 로봇이 할 수 없는 세부 공정들은 사람이 작업해야하기 때문이다. 로봇과 사람의 협업 공정에서 가장 문제가 되는 것은 사람의 안전이다. 실제로 2017년 미국 미시간주에서는 산업용 로봇의 오작동으로 한 작업자가 사망한 사건이 발생했다. 이 사고는 사람과 로봇의 작업 영역이 나뉘어져 있음에도 로봇팔이 사람의 작업 영역으로 들어와 발생한 사고이다. 협업 공정에서는 로봇의 작업 영역을 사람이 공유하게 된다. 따라서 로봇에 의한 사람의 안전이 위협받지 않을 수 있는 최소한의 안전장치는 필수이다. 현재 산업용 협업 로봇에 적용되고 있는 대부분의 안전장치는 힘 제한에 의한 동작정지 방식이다. 이 방식은 로봇에 사람의 접촉(등의 일정한 압력)이 감지되면 로봇 동작이 정지하는 것이다. 그런데 한 가지 방식에 의한 안전 구현은 앞서 말한 사고처럼 로봇의 장치에 에러가 발생하게 되면 제대로 보장되기 어렵다. 또한 첫 번째 접촉이 사망에 이를 만큼 클 경우 이미 사고자는 많은 피해를 입게 된다. 따라서 설정된 안전 장치에 오류가 발생되었을 때의 대비로서 2중, 3중의 안전장치가 필요하다. 본 논문에서는 작업자와 로봇의 협동 운전 시 구현할 수 있는 안전 방안에 대해 확인 하고 그 중 일부를 적용하여 적절한 충돌 회피 시스템을 제안한다.

2. 협동 로봇의 충돌회피시스템

2.1 협동로봇의 작업 유형

ISO 10218-1과 ISO 15066에서 제시하고 있는 협동 작업의 유형은 총 4가지이다. 'Safety-rated Monitored Stop : 작업자가 협동 작업공간에 있을 때 로봇은 정지함', 'Hand Guiding : 작업자의 직접적인 입력에 의해서만 로봇은 작동함', 'Speed and Separation Monitoring : 작업자가 최소한의 안전거리 이상 떨어진 때에만 로봇은 작동함', 'Power and Force Limiting : 접촉이 일어난 경우, 로봇은 물리량 정보를 줄 수 있어야 함'이다. 모든 작업 유형들은 로봇이 작업자와 시스템의 통제 하에 있어야 함을 보여준다. 본 연구에서는 이 중 'Safety-rated Monitored Stop'과 'Speed and Separation Monitoring'를 동시에 적용

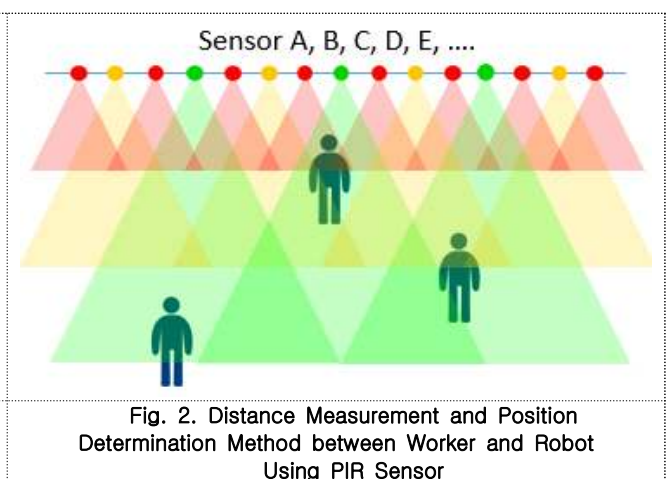
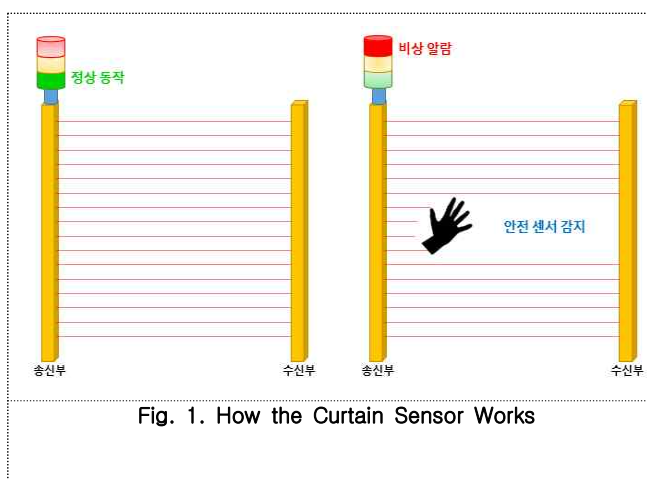
하여 작업자의 안전을 보장하는 시스템을 설계하고자 한다. 두가지 방식의 동시 적용을 통해 발생 가능한 오류를 최소화하여 협동 작업에서의 작업자를 보다 안전하게 보호할 수 있을 것이다.

2.2 비접촉식 센서를 이용한 협동 로봇의 충돌회피시스템

본 연구에서는 먼저 커튼센서를 이용하여 'Safety-rated Monitored Stop'을 구현하고자 한다. 커튼센서는 센서가 설치된 일정 구간에 작업자의 신체의 일부(를 포함한 어떠한 물체라도) 진입하면 신호가 송출된다. 로봇은 이 신호를 받아 동작을 정지하여 작업자의 안전을 보장할 수 있다.

다음으로는 PIR센서를 이용하여 'Speed and Separation Monitoring'를 구현하고자 한다. PIR센서는 인체 감지 센서로 대상물의 움직임을 감지하여 센싱 영역 내 진입 상황을 파악할 수 있다. 측정 범위가 다른 PIR 센서를 중첩 적용하여 작업자와 로봇의 거리를 측정할 수 있으며, 위치도 파악할 수 있다. 본 논문에서는 3가지 영역을 가지는 PIR센서를 이용하여 로봇에서부터의 거리 영역을 4개 영역으로 분류한다. 로봇에서 가장 먼 로봇 작업영역+100%이상 구간에서 사람이 감지되면 로봇이 정상속도로 작동한다. 다음으로 로봇 작업영역+100%~60%구간에서는 로봇의 속도를 75%로 감속한다. 로봇 작업영역+60%~30%구간에서는 로봇의 속도를 50%로 감속하며 로봇 작업영역+30%~0%구간에서는 속도를 25%로 감속, 최종적으로 로봇 작업영역 내에 작업자가 진입하면 로봇의 동작은 정지한다.

이러한 방식으로 로봇에 사람이 직접 접촉하지 않아도 로봇은 제어되며, 작업자의 안전은 보장될 수 있다.



3. 결 론

변화하는 생산 환경에서 로봇의 도입은 필연적이다. 본 연구에서는 로봇과의 협업에서 작업자가 안전을 보장받을 수 있는 방안을 제시하였다. 제시된 방법은 비접촉시에도 작업자의 안전을 위해 로봇이 제어되어 작업자의 안전을 보다 확실하게 보장할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 추가 연구를 통하여 실제 공정에서 적용해 보고자 한다.

사 사

본 연구는 산업통산자원부 산업기술혁신사업 '지능형 신발공장을 위한 갑피 제조 시스템 개발(No. 20001569)'의 지원을 받아 수행된 연구임

[참 고 문 헌]

- 1) 장길수, "산업용 로봇 오동작 사망 사고 소송전으로 비화", 로봇신문, 2017.03.16.
(<http://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=10142>)
- 2) KS B ISO TS 15066 "로봇 및 로봇 장치-협동로봇"
- 3) KS B ISO 10218-1 "로봇 및 로봇 장치-산업용 로봇의 안전에 관한 요구사항"

재활 로봇 기구부 설계 및 제어알고리즘 개발에 관한 연구

박 성 규

경남대학교 산업경영대원 기계공학

1. 서론

환자들은 상지(upper limb)에도 근육이 굳어지는 현상(움직이지 못함) 혹은 근육이 풀리는 현상(힘이 없어 처짐)등이 오게 되고, 여러 관절 중 팔꿈치 관절도 재활전문병원에서 재활치료를 받게 된다. 중증뇌졸중 환자의 팔꿈치 관절을 재활운동을 시키지 않으면 굳어져 활용이 불가능할 수 있다. 따라서 전문재활치료사는 1일 2회, 회당 30분씩 팔꿈치를 굽히고 펴는 유연성 재활운동을 시킨다. 근육이 굳어 있는 환자의 경우에는 적당한 힘을 주어 팔꿈치 유연성재활운동을 시키는 것이고, 즉 팔을 굽힌 후 약 4초 정도 적당한힘을 가해 누르고 다시 편 후 4초 정도 적당한 힘을 가해누르는 것을 반복한다. 근육이 풀려있는 환자의 경우에는 누워서 팔을편 상태에서 30° 로부터 90° 까지왕복운동을 시키는 유연성재활운동을 실시한다.중증뇌졸중환자의 급속한 증가에 따라전문재활치료사의부족으로 충분한 재활운동을 받지못하는경우가발생된다.이와 같은 재활운동은 재활로봇을 활용할 수 있다. 재활로봇

은 재활운동의 효과를 발휘하기 위해서는 전문재활치료사가재활운동을 하는 것과 같이 적당한 힘으로 환자의 팔꿈치 관절을 재활운동을 시켜야 한다. 그러나 기 개발한 상지 재활로봇[1-10]은 경미한 뇌졸중환자의 상지를 재활운동시키는로봇이고, 이 들은 다축 힘/토크센서가 부착되지 않아 팔꿈치관절의 재활운동시 설정된 정해진 힘으로 눌러주는 역할을할 수 없으므로 전문재활치료사가 재활운동을 시키는 것과같은 효과를 발휘할 수 없는 단점을 가지고 있다. 이와같은 단점을 보완하기 위해서는 다축 힘/토크센서가 로봇에 부착되어 팔을 누르는 힘제어를 실시해야하고 안전을 위해 팔을움직일 때에는 재활운동의초기위치로복귀하는 시스템이추가되어야 한다. 팔꿈치 재활로봇에 부착되어야 하는 다축

힘/토크센서는 팔꿈치를 굽히는 회전력을 측정하는 토크센서와 비상시에 팔을 누를 때 힘을 측정하는 힘센서로 구성되는2축 힘/토크센서가 필요하다.

다축 힘/토크센서는 x, y, z의 3개 방향의 힘과 3개 방향의토크 중 2개 이상의 힘과 토크를 동시에 측정할 수 있는 센서가 한 몸체 안에 구성된 센서이다. 즉, 2축 힘/토크센서는 x,y, z 방향의 힘과 토크를 동시에 측정할 수 있는 F_x 힘센서, F_y 힘센서, F_z 힘센서와 T_x 토크센서, T_y 토크센서, T_z 토크센서가 한 몸체로 구성되어 있다. 기 개발한 다축 힘/토크센서[11-17]는 대부분 2축 힘/토크센서이므로 가격이 고가일 뿐만 아니라 정격용량, 재활로봇에 부착용이성 등에서 적합하지 않으므로 새롭게 설계 및 제작해야 한다. 그러므로 2축 힘/토크센서가 부착된 팔꿈치 재활로봇의 설계 및 제작이 필요하다.따라서 본 논문에서는 중증뇌졸중환자의 팔꿈치 재활운동을 위한 힘측정기반 팔꿈치 재활로봇을 설계하고 힘제어를실시한다. 팔꿈치 재활운동 중 팔꿈치에 가해지는 회전력(토크 T_z)과 안전을 위해 힘 F_z 를 측정하기 위한 2축 힘/토크센서를 설계 및 제작하였고, DSP (Digital SignalProcessor)를 이용하여 고속제어장치를 설계 및 제작하였으며, 팔꿈치 재활로봇을 설계 및 제작하였다. 그리고 개발된 팔꿈치 재활로봇의이용하여 정상인과 중증뇌졸중환자를 대상으로 팔꿈치 유연성 재활운동의 특성실험을 실시하였고, 유지하는 시기에 힘제어를 실시하였다.

II. 센서의 설계 및 제작

1. 2축 힘/토크센서의 구조

2축 힘/토크센서의 구조를 나타내고 있고, 이센서는 힘 F_z 와 토크 T_z 를 동시에 측정할 수 있는 F_z 힘센서

와 T_z 토크센서가 한 몸체로 구성되었다. 2축 힘/토크센서의 구조는 중간에 힘/토크전달블록을 기준으로 십자형으로 각각 2개의 평행계단평판보(PSPB: Parallel Step Plate Beam)가 수직으로 이동블록을 중심으로 수직으로 위치해있고, 주위에는 4각형으로 고정블록이 위치해있다. F_z 힘센서의 감지부는 평행계단평판보 PSPB1과 PSPB2 혹은 PSPB3과 PSPB4 중 한 조를 사용하고, T_z 토크센서의 감지부는 평행계단평판보 PSPB5과 PSPB6 혹은 PSPB7과 PSPB8 중 한 조를 사용하면 된다. 평행계단평판보 PSPB1~PSPB4의 크기는 두께가 t_1-1 과 t_1-2 , 길이가 l_1-1 과 l_1-2 , 폭이 b_1 이다. 그리고 평행계단평판보 PSPB5~PSPB8의 크기는 두께가 t_2-1 과 t_2-2 , 길이가 l_2-1 과 l_2-2 , 폭이 b_2 이다. 평행계단평판보의 크기들은 각 센서의 설계변수로 사용된다. 힘과 토크측정은 4각형의 모서리부분을 고정하고 중앙의 힘/토크전달블록에 힘과 토크를 가하면 F_z 힘센서와 T_z 토크센서에서 힘과 토크가 각각 감지된다.

III. 제어장치의 설계

고속제어장치는 디지털신호처리를 이용하여 본 논문에서 제작한 것이고, 고속제어장치의 블록도이고, (b)는 제작한 고속제어장치의 사진을 나타내고 있다. 이것은 DSP, 증폭기부, 통신부, 전원부, 스위치부 등으로 구성되었다. DSP는 128kword 용량의 플래시 롬 (ROM), 1Mword 용량의 램, 최고 12.5 Mbps로 변환 가능한 AD 컨버터 등으로 구성되었다. 이것은 전원부로부터 3.3V와 1.8V의 전압을 받아 동작되고, 크리스탈로부터 30 MHz의 클럭을 받아 내부에서 5배 증폭하여 150MHz로 동작하며, 내부 플래시 롬 혹은 외부 확장램에 저장된 프로그램의 명령에 따라 DSP의 내부에 장착되어 있는 주변장치들을 동작시킨다. 스위치의 동작에 따라 2축 힘/토크 센서로부터 출력되는 신호를 증폭기에서 증폭시킨 후 이것을 DSP내부의 AD컨버터로 받아들이고, 이신호를 LCD에 나타냄과 동시에 외부 확장램에 저장 및 CAN 통신과 RS232C 통신을 이용하여 컴퓨터 혹은 다른 제어장치에 보낸다. 증폭부는 2축 힘/토크센서로부터 출력되는 값을 증폭하는 역할을 하며, 통신부는 제어프로그램을 롬에 다운로드 혹은 컴퓨터와 인터페이스하는 역할을 한다. 그리고 전원부는 DSP와 다른 주변장치들에 전압 9V, 5V, 3.3V, 1.8V를 각각 공급하고, 스위치부는 리셋 혹은 전원을 끄는데 사용된다.

IV. 성능 실험

1. 재활 로봇의 설계

제작된 팔꿈치 재활로봇을 나타내고 있고, 본 논문에서 설계 및 제작한 2축 힘/토크센서와 고속제어장치를 부착하였으며, 중증뇌졸중환자가 병실침대에 누운 채로 팔꿈치 재활운동을 받을 수 있도록 설계 및 제작되었다. 재활로봇은 로봇몸체(robot body), 팔고정대(arm fixing block), 암운동대(arm exercise plate), 상하이동지지대, 팔꿈치회전모터, 2축 힘/토크센서, 고속제어장치 등으로 구성되었다. 로봇몸체는 거동이 어려운 중증뇌졸중환자가 병실에서 팔꿈치 재활운동을 실시할 수 있도록 50mm × 50mm 강성재질알루미늄 사각봉을 이용하여 몸체크기가 650mm × 650mm × 550mm가 되도록 제작되었고, 로봇의 대부분의 부품이 고정되며, 팔꿈치 재활운동 중 흔들림이 없이 안전하게 설계되었다. 팔고정대 및 팔고정 접촉전은 환자의 팔을 안전하게 고정할 수 있도록 설계되었고, 상하이동지지대에 고정되었다.

V. 결 론

본 논문에서는 중증뇌졸중환자가 침대에서 누운 채로 팔꿈치 재활운동을 할 수 있는 힘측정기반 팔꿈치 재활로봇을 개발하였다. 재활로봇의 핵심부품인 2축 힘/토크센서를 제작하였고, 특성실험 결과 센서의 상호간 섭오차, 재현도오차 등이 판매되고 있는 센서[11-18]의 그것들과 유사하여 개발한 재활로봇에 사용할 수 있었다. 개발한 재활로봇을 이용하여 정상인을 대상으로 긴급상황 특성실험을 실시한 결과, 로봇에 고정된 손

을 당겼을 때 로봇의 동작을 정지하고 초기위치로 복귀함을 확인하였다. 또한 팔꿈치 유연성 재활운동 특성실험에서는 기준회전력을 기준으로 원활하게 동작되었고, 유지하는 시간에 힘제어가 진행되어 전문재활 치료사가 재활운동을 시키는 효과를 발휘할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 이 재활로봇을 중증뇌졸중환자에게 팔꿈치 유연성 재활운동을 실시한 결과 매우 안전하게 동작됨을 확인하였다.

따라서 본 연구에서 개발한 팔꿈치 재활로봇은 스스로 움직이지 못하는 중증뇌졸중환자가 침대에 누운 상태로 팔꿈치 유연성 재활운동을 시킬 수 있을 것으로 판단된다. 추후 연구로는 개발한 재활로봇을 많은 환자를 대상으로 임상실험을 실시하여 효용성 및 안정성을 검증하는 것이다.

4축 힘센서를 가진 로봇의 핸드핑거 설계

최성주

경남대학교 산업경영대원기계공학과

I. 서론

인간형 로봇, 서비스 로봇, 산업용 로봇의 손은 달걀 등과 같이 깨지기 쉬운 어떤 물체를 안전하게 잡기가 어렵다. 이들 로봇이 어떤 물체를 안전하게 잡을 수 없는 것은 사람과 비슷하게 감지하고 제어하는 기능이 없기 때문이다. 이미 발표된 논문의 사례를 보면 로봇 손가락에 스트레인 게이지를 부착하여 잡는 힘을 측정할 수 있도록 되어 있으나 물체의 무게를 측정할 수 없어 잡는 힘을 결정할 수 없으므로 어떤 물체를 안전하게 잡기 어렵다.

물체를 안전하게 잡을 수 있는 로봇의 지능형 손은 물체의 무게와 잡는 방향의 힘을 측정할 수 있는 3축 힘센서, 그리고 이들 센서의 출력값을 빠른 속도로 측정하고 모터를 제어할 수 있는 제어장치로 구성되어야 한다. 3축 힘센서는 센서의 상호 간섭오차와 센서의 오차를 줄이기 위하여 지능형 로봇손의 크기에 맞도록 특수 설계 및 제작되어야 한다.

본 논문에서는 미지 어떤 물체를 안전하게 잡을 수 있는 3개의 3축 힘센서를 가진 지능형 로봇의 로봇손을 개발 하였다. 미지물체의 무게를 측정하고 잡는 방향의 힘을 측정 할 수 있는 힘 F_x , F_y , F_z 를 동시에 측정이 가능한 3축 힘센서를 설계 및 제작하였고, 3개의 3축 힘센서를 가진 지능형 로봇손을 제작하였으며, 힘센서들의 출력과 모터의 제어를 빠르게 처리할 수 있는 고성능 제어장치를 설계 및 제작하였다. 그리고 개발된 3축 힘센서들의 특성 실험과 지능형 로봇손의 어떤 물체를 잡는 제어특성실험을 각각 실시하였다.

II. 본 론

지능형 로봇손은 손 본체, 고성능제어장치, 모터드라이브 등으로 구분된다. 손 본체는 3개의 지능형 손가락, 손바닥, 손목 등으로 구성되었다. 손 본체는 지능형 손가락 1개는 본 논문에서 개발한 3축 힘센서가 포함된 2마디 손가락과 2개의 감속기가 부착된 모터로 구성되어 있고, 각 지능형 손가락은 손바닥과 연결되며, 손가락 첫 번째 마디는 45° 이상 앞과 뒤로, 둘째 마디는 뒤로 구부러진다. 손목은 중심축을 기준으로 회전하는 모터, 2개의 상하로 회전하는 모터, 중심축을 기준으로 180° 회전할 수 있고 상하로 60° 이상 회전할 수 있다. 고성능제어장치는 각종 전자부품으로 구성되었으며, 총 9개의 힘센서로부터 출력되는 신호를 받고 총 9개의 모터를 제어한다. 그리고 모터드라이브는 모터를 펄스제어할 때 사용된다. 본 논문에서 개발한 지능형 로봇손은 1.6kg 이하의 미지물체를 안전하게 잡아 손목축을 기준으로 회전을 할 수 있는 기능을 가지고 있다. 본 논문에서 개발한 지능형 로봇 손은 손가락에 부착된 3축 힘센서를 이용하여 미지 어떤 물체를 잡아드는 순간 물체의 무게를 측정하고 물체의 무게에 따라 잡는 힘이 결정되며 그것을 이용하여 안전하게 잡을 수 있는 특징을 가지고 있다.

II. 모의실험 및 고찰

지능형 로봇손에 부착된 개발된 2축 힘센서를 이용하여 미지물체의 무게와 잡는 힘을 측정하기 위해서 2축 힘센서와 개발한 고성능 제어장치를 실제 사용하는 것과 같이 연결하고, 2축 힘센서를 6축 힘/모멘트센서 교정기에 고정한 후 각 힘센서의 정격출력인 힘 $F_x=F_y=F_z=12\text{N}$ 를 각각 고성능 제어장치의 지시값은 하중을 가하지 않았을의 2손가락 힘센서의 각 F_x 힘센서, F_y 힘센서, F_z 힘센서, 총 6개의 힘센서 모두를 무부하 하중일 때 1200mV이 출력되도록 조정하였고, 각 힘센서의 정격하중인 12N을 가했을 때 1000mV+1000mV가 출력되도록 조정하였다.

어떤 물체를 잡는 특성실험을 위한 대상을 달걀, 음료병 등으로 결정하였으며, 초기 잡는 힘의 기준값을 300g으로 결정하였다. 어떤 물체를 잡는 특성실험은 대상물체를 초기 잡는 힘을 기준값으로 제어하여 안전하게 잡고 2개의 손가락에 부착되어 있는 3개의 3축 힘센서를 이용하여 잡는 방향의 힘들을 고성능 제어장치로 측정한다.

III. 결 론

본 논문에서는 어떤 물체를 안전하게 잡는 2축 힘 센서가 부착된 지능형 로봇손을 개발하였다. 지능형 로봇손을 개발하기 위해 개발한 2축 힘센서는 힘 F_x , F_y , F_z 를 최대 12N까지 동시에 측정할 수 있고, 간섭오차가 0.52% 이하임을 확인하였다. 개발된 지능형 로봇손은 달걀, 물병 등의 물체를 안전하게 잡는 것을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 개발한 2축 힘센서는 미지 어떤 물체를 안전하게 잡는 힘 센서로 활용될 수 있으며, 개발한 지능형 로봇손은 미지 어떤 물체를 안전하게 잡고 이동 등의 작업을 할 수 있는 지능형 로봇, 인간형 로봇, 간병 로봇 등에 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] P. H. Chappel and J. A. Elliott, "Contact force sensor for artificial hands with a digital interface for a controller," *Measurement Science and Technology*, vol. 14, no. 8, pp. 1275-1279, Aug. 2003.
- [2] L. R. L. Wang, I. K. Mills, and D. Sun, "Vision-Based 2-D Automatic Micrograsping Using Coarse-to-Fine Grasping Strategy," *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS*, vol. 55, no. 9, pp. 3324-3331, 2008
- [3] G. Galante, and G. Passannanti, "Minimizing the cycle time in serial manufacturing systems with multiple dual gripper robots," *International Journal of Production Research*, vol. 44, no. 4, pp. 639-652, 2006
- [4] G. S. Kim and J. W. Yoon, "Development of 6-axis force/moment sensor for robot's intelligent foot," *KSPE*, vol. 24, no. 7, pp. 90-97, 2007

스마트 팩토리를 위한 지능로봇 설계 및 위치/속도 제어

정양근, 김기복
(주)신라정보기술, (주)르노삼성자동차

1. 서 론

본 논문에서는 음성명령에 의한 모바일 로봇의 모션제어에 관한 연구를 수행하고자 한다. 이를 위한 세부 연구 내용으로는 2 자유도 2-휠 이동 로봇의 기구학 모델링을 수행하고, 자코비안 행렬을 구성하여 구륵의 각 속도를 본체 속도로 변환한다. 또한, 구륵의 속도 성분을 구동 성분과 비구동 성분, 그리고 감지 성분과 비감지 성분으로 구분하여 정 기구학과 역 기구학을 유도 하고 바퀴로 구성된 자율이동로봇의 미끄러짐 방지를 위한 이동경로계획 및 노이즈를 고려한 로봇의 위치추정 방식을 제안한다. 지금까지의 로봇의 제어는 유선 통신제어 또는 제어 알고리즘에 의한 PC기반 오프라인 제어기법에 의존하여 왔지만 본 논문에서는 음성명령에 의한 모바일 로봇의 무선 통신제어에 관한 연구를 수행하고자 한다. 모바일 로봇의 Dynamics를 고려한 위치 및 속도 제어는 퍼지-뉴럴제어 기법을 사용하여 적용한다. 그리고 미끄러짐 방지를 위한 이동경로 계획을 위해 퍼지 논리 시스템을 이용한 미끄러짐 보정을 하고, 신경 회로망을 이용한 미끄러짐 보정의 성능 개선을 수행한다.

2. 본 론

주행로봇의 모델링 및 제어를 수행하는 경우에 일반적으로 다음의 두 가지 조건이 만족된다는 가정을 한다. 이 조건들은 순수구름조건과 미끄러짐없음 조건이다. 순수구름조건은 주행로봇의 바퀴와 접촉면 사이의 순간적 이동 방향으로는 상대속도가 0이라는 조건이고 미끄러짐없음 조건은 주행로봇의 바퀴와 지면과 접촉면 사이에서 이동방향의 수직방향 순간적 상대속도가 0이라는 조건이다.

로봇의 미끄러짐이 가로 방향력(Lateral force)과 미끄러지는 각에 의해서 발생한다고 가정하면, 퍼텐셜 필드 이동경로계획 방식에 따라 장애물을 회피하는 경우 미끄러지는 각이 상대적으로 커질 수 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 퍼텐셜 필드 이동경로계획에서 척력에 대한 인위적인 힘은 평탄화 될 필요가 있으며, 척력에 대한 인위적인 힘을 평탄화시키는 방식을 제안한다.

3. 모의실험 및 고찰

음성인식시스템의 개념적인 model은 우선 사람의 목소리를 마이크나 헤드셋을 통하여 입력하면, 주어진 소스로부터 음성부분만을 검출한다. 이 부분음성인식의 성능에 큰 영향을 미치는 부분이라 할 수 있다. 끝점 검출에서 음성의 시작점을 검출하면, 검출된 음성에 대해서 Front end feature extraction에서 MFCC로 변환하고, MFCC를 이용하여 Acoustic matcher에서 Speech model과 Acoustic score를 구한다. 그리고 그 Score를 이용하여 인식 Network을 Parsing해서 인식된 결과가 나오면 Rejection에서 음성의 신뢰도를 평가하게 된다.[3]

4. 결 론

본 논문에서는 모바일 로봇의 음성인식 지능제어 실현을 위하여 퍼지 신경망 이론을 도입하여 퍼지-신경망 제어기를 설계하여 모바일 로봇의 위치 및 속도제어 성능의 신뢰성을 모의성능실험을 통하여 검증하였다. 또한 자율주행로봇의 음성명령에 의한 모바일 로봇의 지능제어에 관한 무선원격제어 기술을 연구하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] B. Thuilot, B. D'Andrea-Novet and A. Micaelli, " Modeling and feedback control of mobile robots equipped with several steering wheels," IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol. 12, pp. 375-390, 1996.
- [2] A. Meystel, Autonomous mobile robots, World Scientific, 1993.
- [3] Yuan F. Zheng, Recent trends in mobile robots, World Scientific, 1993nonlinear flexible manipulator,"In Proc.17th IFAC World Congress, Seoul,Korea,July 2008.

스마트FA를 위한 모바일 로봇의 위치 및 속도제어

이우송, 임오득
(주)선진기술, 해군정비창

1. 서 론

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. 그 중 퍼지 제어기는 전문가의 지식을 살려 제어 시스템을 언어적인 규칙을 기반으로 제어기를 구성하므로 정확한 수학적 모델을 알지 못할 지라도 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 제어가 최적 설계 보장이 없기 때문에 정확도 면에서 신뢰가 부족하다고 알려져 있다.

2. 본 론

각 개체들은 집단이 탐색 과정에서 발견한 목적 함수 값 $F(pbest)$ 값과 $pbest$ 의 위치벡터 정보를 공유하고 있다. 각 개체들은 현재의 위치벡터와 속도벡터와 개체가 탐색한 위치벡터 $pbest$ 와 전체가 탐색한 위치벡터 $pbest$ 를 이용하고 각 개체들의 위치는 위치벡터와 수정된 속도벡터를 이용하여 각 개체들을 학습한다.(1)

본 논문에서 제안한 센서를 이용한 모바일 로봇의 자율주행 제어에 필요한 퍼지 제어기의 멤버쉽 함수를 이용하여 동정하였다. 동정을 하기 위해서는 실험 데이터들을 필요로 하고 실험 데이터는 전문가의 지식을 기반으로 한 주행 시 얻은 데이터로 하였다.

Table. 1은 주행 실험을 위해 사용된 파라미터의 초기 값을 나타낸다. Table. 2는 본 논문에서 사용한 퍼지 제어 규칙을 보여 준다.

Table. 1 파라미터 초기 값

Parameter's name	Parameter's Value
Generation	2000
Swarm size	200
v_{max}	탐색공간의 25%
$[w_{min}, w_{max}]$	[0.5 0.8]
c_1, c_2	2.5

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

3. 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 센서로 동정하는 방법을 제시하였다.

[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.

인간-로봇의 음성명령기반 협력작업 제어기술

이우송, 김희진, 김두범

(주)선진기술, 경남대학교 대학원 기계융합학과

1. 개 요

화자독립방식에 의한 음성명령에 기반을 둔 지능형 로봇의 지능제어 기술인 음성인식기술은 크게 음성인식과 화자인식으로 분류되며 음성인식 시스템은 특별한 화자에 대해서만 인식하는 화자중속 방식과 화자에 상관없이 인식하는 화자독립 방식으로 나뉜다. 본 연구에서는 사람의 소리명령에 의해 로봇의 작업모션 제어에 관한 연구를 수행하여 그 신뢰성을 증명한다. 음성명령에 의한 모션제어 성능 검증은 여러 번의 반복 테스트를 통하여 음성인식 실험을 자율주행 이동로봇의 지능제어에 대한 실험을 수행하였다.

2. 본 론

본 연구에서는 로봇의 경로 제어, 장애물회피제어에 관한 내용을 연구하였다. 이 제어는 두 개의 피드백 루프로 구성되어 있는데, 하나는 바퀴의 속도가 퍼지 제어기에 의해 생성된 목표 속도를 추종하도록 하는 내부 루프로써 이는 PID 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.

먼저 입력된 컬러영상을 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 영상을 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.

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.

3. 결 론

음성인식 구동부 실행프로그램 및 제어를 위한 명령프로그램을 개발하고 음성인식에 의한 주행 및 무인 작업실험을 위하여 음성인식에 의한 무인원격 명령제어를 수행하고, 실시간 위치추적기술 및 위치정밀유도에 대한 반복 작업실험의 성능실험을 통해 무인 작업실험에 관한 가능성을 검증하였다.

[참 고 문 헌]

- (1) L. R. Rabinar and B. H. Juang, "An Introduction to Hidden Markov Models," IEEE ASSP Magazine, Vol. 3, No. 1, pp 4-16, January 1986
- (2) 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.