

학회장 인사말

- **이 태 역** 대한산업공학회 학회장
KAIST 산업및시스템공학과 교수

매거진 인물

- **박 진 우** 민간합동 스마트공장추진단장
서울대학교 산업공학과 교수

특집 스포츠와 산업공학

- Editorial - 스포츠와 산업공학
- 최근 스포츠과학기술 동향
- 동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구
- 스포츠 애널리틱스 - 산업공학의 새로운 기회

IE PRACTICE & 기업포럼

- 가상 현실 기술 동향 및 멀미 저감 연구 사례
- 실무에서 연구개발 기획·관리를 위한 기술 로드맵 작성

IE ACADEMY

- 한국과학기술정보연구원 가상 설계센터
- 미래를 선도하는 리더를 꿈꾸는 대학생 산업공학도, FIELD
- 산업공학과 신임 교수 소개



발행인 | 이태억
편집인 | 고성석
등록일 | 1994년 10월 5일
등록번호 | 강남바-00028
발행 | 2017년 3월 31일
발행처 | 대한산업공학회
06150 서울특별시 강남구
테헤란로 327, 509호
(역삼1동, 빅토리아 빌딩)
전화 | 02) 527-3095, 3096
팩스 | 02) 527-3162
홈페이지 | kile.org
E-mail | kile_master@nate.com
담당 | 정효경
인쇄 | 대성종합인쇄

편 · 집 · 위 · 원 · 회

(가나다 순)

성명	소속
고성석 (위원장)	건국대학교 산업공학과 교수
김민수	정보통신산업진흥원 박사
김상국	한국과학기술정보연구원 박사
김정경	삼성SDS 수석
박재현	인천대학교 산업경영공학과 교수
서은석	서울대학교 공학전문대학원 교수
설현주	충남대학교 군사학부 교수
신광섭	인천대학교 동북아물류대학원 교수
윤장혁	건국대학교 산업공학과 교수
이동희	한양대학교 산업공학과 교수
이미림	홍익대학교 경영학과 교수
장영재	KAIST 산업및시스템공학과 교수
정태수	고려대학교 산업경영공학부 교수
주현택	삼성SDS 수석

IE 매거진은 한국간행물윤리위원회 실천요강을 준수합니다.
IE 매거진에 게재된 내용은 무단 복제해서 사용할 수 없습니다.

C · O · N · T · E · N · T · S

▶▶▶ 학회장 인사말

04

이태억 대한산업공학회 학회장 (KAIST 산업및시스템공학과 교수)



매거진 인물 INTERVIEW

06

박진우

민간합동 스마트공장추진단장
서울대학교 산업공학과 교수



▶▶▶ 특집 | 스포츠와 산업공학

11

Special Editorial

스포츠와 산업공학

장영재 KAIST 산업및시스템공학과 교수

13

Special Edition 1

스포츠와 산업공학

이기광 국민대학교 스포츠재활학과 교수

21

Special Edition 2

동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구

김혜영 한국체육대학교 교양과정부 물리학 교수

29

Special Edition 3

스포츠 애널리틱스 - 산업공학의 새로운 기회

장영재 KAIST 산업및시스템공학과 교수

▶▶▶ IE PRACTICE & 기업포럼

36

가상 현실 기술 동향 및 멀미 저감 연구 사례

박재현 인천대학교 산업경영공학과 교수, 최문경 인천대학교 산업경영공학과 석사과정

40

실무에서 연구개발 기획 · 관리를 위한 기술 로드맵 작성

송보미 한국항공대학교 항공물류학부 교수

▶▶▶ IE ACADEMY

48

한국과학기술정보연구원 가상 설계센터

김재성 한국과학기술정보연구원 가상설계센터 센터장/책임연구원

52

미래를 선도하는 리더를 꿈꾸는 대학생 산업공학도, FIELD

FIELD 단장단 이성민, 이혁, 이승훈, 조재석

56

산업공학과 신입 교수 소개

본 지는 정헌재단의 재정지원에 의한 기금으로 출판되었습니다.



학회장 인사말



이 태 역
대한산업공학회 학회장
KAIST 산업및시스템공학과 교수

대한산업공학회 회원 및 IE 매거진 독자 여러분께,

2017년 첫 호 발간을 축하드리며 신임학회장으로서 인사를 드립니다.

수 년 전 국내 최대 반도체 제조기업의 사장에게 대학 졸업생에게 요구할 가장 중요한 역량이 무엇인가 물었습니다. 문제만 정확히 정의할 줄 알면 해결은 어떻게든 한다는 것입니다. 산업공학은 복잡한 산업 및 사회 시스템 문제를 식별하고 정의하는데 강점이 있다고 생각합니다. IE 매거진은 이러한 역할을 해왔습니다. 앞으로 다양한 산업 및 사회 시스템 문제를 정의하고 해결한 사례와 경험을 더욱 충실히 소개하고 공유할 것입니다. 문제해결을 위한 최신 기법과 학술연구 동향에 대한 정보도 제공할 것입니다.

산업공학은 연구도 중요하지만 교육이 중요하다고 생각합니다. 학술대회 발표 뿐 아니라 IE 매거진에서도 새로운 수업방식의 개발 및 시행 경험, 새로운 수업 및 학습 콘텐츠, 교육용 사례 및 실습 도구 등도 공유하게 될 것으로 기대합니다.

IE 매거진은 회원 여러분의 의견과 산업계의 목소리를 전하는 장이 될 것입니다. 여러분이 원하는 정보와 가치를 더욱 충실히 전달하여 기다려지는 매거진이 될 것입니다. 그리고 산업공학이 추구하는 혁신의 정신을 고양하는 데 앞장 설 것입니다. IE 매거진의 새로운 도약을 기원합니다.

감사합니다.



박진우

민간합동 스마트공장추진단장
서울대학교 산업공학과 교수



국내 기업이 “가격과 품질” 모두에서 중국기업을 뛰어넘기 위한 전략이 스마트공장이라고 자신있게 주장하는 박진우 민간합동 스마트공장추진단장을 만났다. 박진우 교수는 서울대학교 산업공학과 교수이면서 단장직을 수행하는데, 단장직은 재능기부 형식의 무보수직으로 오로지 국내 제조업 혁신을 이루기 위한 열정 하나만으로 스마트공장의 보급 확산에 매진하고 있다. 이번호에는 박진우 교수와 함께 성장의 한계에 부딪혀다는 분석이 이어지고 있는 국내 제조업의 생존 전략의 하나인 스마트공장에 대한 이야기를 들어 보고 산업공학의 선배로써 후배에게 전하고 싶은 이야기를 나누어보고자 한다.

Q 교수님께서 추진하고 계신 스마트공장에 대해서 설명해 주십시오.

A 간단히 정의하면 고객맞춤형 제품을 생산하는 지능형 공장이라 할 수 있으며, 최근 한계 상황을 맞이하고 있는 제조업의 재도약을 위한 가장 강력한 혁신 수단입니다. 즉, 설비와 물류 자동화를 기반으로 한 공정자동화, 공장자동화, 제품개발, 협업형 정보경영체제인 공급 사슬관리 그리고 기업 자원관리 등이 ICT(정보통신기술)를 이용하여 구현되어진 공장을 의미하고 있습니다. 공장을 크게 5단계로 구분하면 1단계는 비 스마트공장, 2단계는 입문 단계인 기초 스마트공장, 3단계는 공장 제어와 관리가 잘되는 공장, 4단계는 최적화 단계이며, 이 단계의 대표적인 예로써는 독일 지멘스나 한국의 반도체, 디스플레이 업체가 해당합니다. 그리고 5단계는 미래형 스마트공장(데모 공장)입니다. 한국 스마트공장은 현재 2단계 수준으로 파악되고 있으며, 미래형 스마트공장이 되면 새로운 산업의 창출이 일어나고 양질의 일자리가 많이 늘어날 것으로 예상하고 있으며, ICT, 자동화 기술, 새로운 생산기술을 활용하면 4차 산업

혁명을 주도할 수 있는 기반을 갖출 것입니다.

4차 산업혁명이라는 용어를 처음 주창한 독일 공학 한림원의 카거만 교수(전 SAP사 회장)는 스마트공장의 개념을 하나의 비전이라고 설명하고 있습니다. 스마트한 제품, 스마트한 프로세스, 스마트한 오퍼레이션, 스마트한 물류유통 및 조달방법 등 모든 것이 스마트하게 진행되는 하나의 비전이다 라고 이야기 합니다. 우리 나라의 스마트공장은 자동화/정보통신/최신 생산기술을 도구로 사용하여 높은 생산성/유연성/환경친화성을 유지하는 공장을 목표로 두고 있습니다. 아주 짧게 이야기하면 중국 등 후발 경쟁국에 비해 가격, 품질, 납기 등 모든 요소를 고려할 때 경쟁력을 갖추고 있다면 스마트공장이라고 할 수 있을 것 같습니다.

Q 교수님께서 현재 민간합동 스마트공장 추진단장을 하시고 계신데 스마트공장 추진단에 대해서 간단히 설명해 주십시오.

A 스마트공장 구축에 관한 사업은 2014년 정운찬 국무총리 시절에 추진한 동반성장 기금의 이자 100억 원



으로 중소기업을 대상으로 시작했는데, 그해 하반기부터 나타난 성과를 바탕으로 2015년 6월 정부 지원으로 민·관 합동 스마트공장추진단이 발족했습니다. 그리고 그해 정부가 추가경정 예산으로 지원을 시작하고 또한 2015년 하반기에 삼성그룹이 비연계 중소기업을 대상으로 150억 원을 기부하고 산업통상자원부가 동일한 액수를 대응자금으로 내놓아 지원하기 시작한 것이 시작 단계라 할 수 있습니다. 스마트공장 추진단은 단장 아래 부단장 2명과 보급 확산 1, 2팀과 기술기획팀, 표준기획팀, 기반구축팀 등 6개 팀으로 구성되어 역할을 분담하고 있습니다. 추진단의 주요 임무는 스마트공장 구축과 보급 확산에 있으며, 이를 위해 기술 개발과 표준화, 기반 구축 사업 등을 하고 있습니다. 스마트공장 구축에 대한 올해의 정부 예산이 400억 원으로 확대 배정 되었습니다. 2016년 하반기에는 산업통상자원부가 스마트공장 예산으로 2015년 추경 예산을 5배로 증액 신청하였는데 스마트공장의 중요성을 인식한 기획재정부가 이를 갑절로 증액시켜 주었고 국회에서도 원안 그대로 통과되었는데, 정부가 예산을 이처럼 대폭 늘리고 국회에서 여야 합의로 그대로 통과시켜주는 일은 극히 이례적인 일이라고 합니다. 그만큼 제조업 혁신을 위한 스마트공장 구축이 시급함을 말해주고 있습니다. 특별히 민간합동이라는 명칭이 붙은 이유는 민간기업도 참여하기 때문입니다. 현재는 삼성전자가 아무런 대가를 바라지 않고 삼성전자와 무관한 국내 중소중견 제조업체의 스마트공장 추진 사업을 도와주고 있습니다. 같은 방식으로 향후 LG전자, 현대·기아자동차 그룹 등 국내 민간기업도 참여 의사를 밝히고 있으며 여타 민간기업의 참여도 유도하고 있는 중입니다.

Q 최근 국내제조업의 스마트공장 추진 현황에 대해서 말씀해 주십시오.

A 정부는 누적으로 해서 2015년까지 1,400개 기업에 스마트공장을 보급하였습니다. 2016년까지 2800개 업체에서 스마트공장을 추진하였고, 올해는 누적된 스마트공장을 5,000개까지 늘릴 계획을 가지고 있습니다. 그리

고 2020년까지 1만 개 스마트공장을 구축할 계획을 가지고 있습니다. 높은 가성비로 무장한 샤오미와 같은 중국 제조업의 추격이 거센 상황에서 이를 극복하기 위해서는 “가격과 품질”에서 중국 기업을 압도할 수 있는 스마트공장 구축과 같은 혁신이 필수적이고 이를 통해 기존의 잘못된 관행이나 낡은 제도를 바꿀 수 있는 절호의 기회입니다. 스마트공장 추진단이 2015년과 2016년에 걸쳐 무작위 샘플링 조사한 결과 생산성 23% 증대, 불량률 46% 감소, 원가 16% 감축, 납기 34.6% 단축 등 경쟁력이 향상된 것으로 나타났습니다. 경영 실적이 좋아진 만큼 일자리도 늘어났고, 2015년 12월 문화체육관광부에서 400개 기업을 대상으로 ‘스마트공장 지원 사업 인식도 및 만족도’를 조사한 결과 만족도가 81.3% 이었고, 응답자의 95.5%는 스마트공장 구축으로 제조업 경쟁력을 확보했다고 응답했듯이 많은 기업들이 스마트공장 구축의 효과를 체감하고 있습니다.

Q 국내 제조업의 스마트공장 추진 활성화를 위해 필요한 것과 당부하고 싶은 말이 있다면 말씀해 주십시오.

A 우리나라는 과거 식민지였던 국가 중 산업화를 가장 빨리 달성하여 선진국으로 성장한 세계적으로도 유례가 없는 모범적인 국가입니다. 그동안 좋은 인재가 집중된 대기업을 중심으로 좋은 성공가도를 달려왔지만, 중·소 중견기업은 1990년을 전후하여 창업한 기업이 대부분으로 아직 스스로의 발전 기회를 잡지 못한 경우가 많습니다. 하지만, 중·소 중견기업을 키워야 독일과 같은 제조업의 경쟁력을 유지할 수 있으며 좋은 일자리가 창출될 것입니다. 이를 위해서 중소기업의 사장님들은 스마트공장 구축에 많은 관심을 가져줬으면 좋겠습니다. 아직은 중국의 기업들이 기술력에서 뒤처져 있지만 앞으로 10년 정도가 국내 기업의 골든타임으로 보고 이 기간 동안 앞서 나가야 합니다. 이를 위해 스마트공장화는 물론 기업의 경영방식도 바뀌어 지금과는 다르게 움직여야 합니다. 지금 같은 방식은 더 이상 통하지 않는 시대가 도래할 것입니다. 특히 기업 사장님들과 직장인이 새로운 마인드를 가져야 합니다.



MS창업자 빌 게이츠는 '내가 이 나라에 태어났기 때문에 돈을 벌 수 있었기에 돈을 내 놓는다'며 가진 재산의 대부분을 기부하고 있습니다. 우리나라는 아직 그 정도의 마인드를 가진 사람은 흔치 않는 것 같습니다. 영국에서 1770년 경 시작한 산업혁명이 대한민국에 제대로 보급되기 시작한 것은 삼성전자나 포항제철, 현대자동차, 현대중공업 등이 창립된 1970년 경입니다. 그렇기 때문에 다른 나라가 백년 또는 이백년 이상 축적해온 산업화 경험을 이제 겨우 40년 만에 쫓아가려다 보니 여러 문제점들이 많이 남아 있습니다. 노사갈등도 그러한 측면에서 볼 수 있고 재벌의 세습도 그런 측면에서 이해할 수 있습니다. 그러나 이제는 달라져야 합니다.

앞으로는 기업 사장님들이 인재양성에 대한 마인드를 새롭게 가져야 할 것입니다. 현장 실무자들에게 교육기회를 제공해 스마트공장 운영과 문제 해결능력을 키우는 한편, 배운 기술을 근무하는 회사에서 사용할 때, 그에 맞는 대우도 달라진다는 비전을 보여줘야 다른 기업으로의 이탈을 막을 수 있을 것입니다.

Q 지금의 산업공학 교육과 연구가 나아가야 할 올바른 방향에 관한 제안사항을 말씀해 주십시오.

A 글썄요. 산업공학의 원조라고 할 수 있는 미국의 경우 지난 수십 년간 일본, 독일, 그리고 최근에는 한국, 대만 등 국가들에게 제조업이 많이 밀려 왔습니다. 최근에는 여기에 중국까지 가세했지요. 그러다 보니 미국에서는 공학 분야 전체가 예전과 달리 위축되는 것 같은 느낌이 들고 비교적 나은 편이지만 산업공학도 어느 정도는 예전과 다르다는 느낌이 듭니다. 그러나 최근 트럼프 대통령이 토요타, 삼성 등 전 세계의 제조 기업들을 대상으로 미국에 투자하라고 권유/협박(?)하는 것은 일자리와 관련이 있습니다. 당분간 관철은 일자리는 제조업이 제공할 것이기 때문에 산업공학의 교육과 연구는 새로운 것을 추구하는 한편 전통적인 제조 관련 지식을 습득하는 것도 아주 중요하다고 믿습니다. 4차 산업혁명 시대에 발맞추어 전통 과목/분야와 새로운 과목/분야의 밸런스가 중요할 것으로 생각합니다.

Q 산업공학 후배들에게 이런 기회를 통해서 특별히 해주고 싶은 말씀을 부탁드립니다.

A 제조 선진국의 여러 기업들을 다녀본 결과 전 세계 우수 제조 기업들은 유럽식 '마이스터 시스템'과 미국식 '테일러 시스템'에 근거하고 있다고 이야기할 수 있을 것 같습니다. 중학교 졸업 후 적성을 보아서 마이스터 자격을 따기 위해서 절반은 기업 현장에서 교육을 받고 절반은 학교에서 교육을 받는 '이원화 교육'이 마이스터 시스템의 근간입니다. 우리 산업공학의 시조이신 테일러 박사가 시작한 '테일러 시스템'의 가장 우수한 실천자가 현재의 '토요타 자동차'사입니다. 지속적 개선이 그 기본입니다. 그러기 위해서는 업무 표준, 그리고 이를 개선한 기록들이 누적되어 있어야 합니다. 그런데 안타깝게도 우리 중소기업들은 '마이스터 시스템'도 아니고 '테일러 시스템'도 아닙니다. 이원화 교육이나 지속적 개선을 실천하는 기업들이 거의 없지 않습니까? 다행히 스마트공장 사업을 통해 '테일러 시스템'을 구축할 기반이 마련되고는 있지만 이들 기업들이 지속적으로 성장하기 위해서는 산업공학도의 기여가 더욱 필요할 것이라고 생각합니다.

과거를 무시하고는 미래를 창조할 수 없습니다. 산업혁명 이후 250년에 걸친 선진국의 경험을 50년에 따라잡는 것은 쉬운 일이 아닙니다. 게다가 최근에는 지식보다 통찰이 더 중요한 4차 산업혁명 시대에 진입하고 있습니다. 드러커 교수는 미래는 지식노동자의 시대라고 하면서 첫 번째 지식노동자로 테일러를 꼽았습니다. 산업공학을 전공해온 지난 45년을 회고해 보니 정말 전공을 잘 선택했다는 생각이 듭니다. 우리 후배들도 우리 전공의 중요성과 의미에 자부심을 가지고 자신과 사회와 국가의 발전을 위해 진력해 주시면 고맙겠습니다. *ie* 매거진

■ 인터뷰 : 고성석 IE 매거진 편집위원장(건국대학교 교수)



이 력 서

인적사항

- 성 명 : 박진우 (한자) 朴珍雨
- 소속 및 직위 : 서울대학교 산업공학과 교수
- MAI(Manufacturing+Service Automation & Integration) Lab. 담당교수
- 주소 : 서울시 관악구 신림동 산 56-1 (우) 08826
- e-mail : autofact@snu.ac.kr • URL : <http://mailab.snu.ac.kr>

학 력

- 1970~1974년 서울대학교 산업공학과
- 1974~1976년 한국 과학원 산업공학과 (공학석사)
- 1980~1985년 미국 UC Berkeley 산업공학과(공학박사)

연구분야

- ERP/SCM(Enterprise Resource Planning/Supply Chain Management)
- 스케줄링 및 시뮬레이션 분야의 이론 연구
- 스마트 공장 평가 모델 개발 및 확산 방안 관련 연구

주요 경력

- 1976.2~1979.10 (주) 현대양행(現 두산 중공업) 기획실(사원), 정인영 회장 비서실(대리), 생산관리부(과장 대우)
- 1981~1984년 미국 UC Berkeley 연구조교, 지도조교
- 2004~2006년 서울대학교 자동화시스템 공동연구소 소장
- 2006~2008년 서울시 혁신클러스터 사업 u-컴퓨팅 원천기술 지원센터장
- 2007~2008년 한국 시뮬레이션학회 회장
- 2010~2011년 한국 경영과학회 회장
- 2006~현재 RFID/USN KOREA 컨퍼런스 운영위원
- 2015~현재 산업통산자원부 산하 스마트공장 추진단 단장
- 1985~현재 서울대학교 산업공학과 조교수, 부교수, 교수, 학과장(2회) 역임

기타 경력

- 한국 데이터베이스 학회, 한국정보과학회, 한국자동화 시스템학회 회원
- Institute of Industrial Engineers, Society of Manufacturing Engineers, Inst. of Electrical and Electronics Engineers, Association of Computing Machinery 회원
- 한국표준협회 국가품질심사위원(생산혁신/가치공학 부문)
- 한국능률협회, 한국표준협회 “국제 생산혁신 및 TPM” 심사위원,
- 중소기업청 생산정보화 추진위원, 대한상공회의소 경영혁신심사위원,
- 중소기업특별위원회 정보화 부문 심의위원 역임

주요 저서 및 논문

- 박진우 외 공저, “엔터프라이즈 솔루션”, Taylor 저 “과학적관리의 원칙” 번역서 외 ERP(Enterprise Resource Planning) 및 자동화 및 정보 시스템 구축과 관련한 논문(URL: <http://ultra.snu.ac.kr> 의 연구현황 중 publication 항목 참조 요망).
- 연구논문 : 국제학술지 포함 국내외 논문 다수

특 집

Special Edition

▶ 스포츠와 산업공학



11

Special Editorial

스포츠와 산업공학

장 영 재 KAIST 산업및시스템공학과 교수

13

Special Edition 1

최근 스포츠과학기술 동향

이 기 광 국민대학교 스포츠재활학과 교수

21

Special Edition 2

동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구

김 혜 영 한국체육대학교 교양과정부 물리학 교수

29

Special Edition 3

스포츠 애널리틱스 - 산업공학의 새로운 기회

장 영 재 KAIST 산업및시스템공학과 교수

스포츠와 산업공학



장영재 · KAIST 산업및시스템공학과 교수

본 특집에서는 스포츠 과학 분야의 새로운 이슈를 소개하고 산업공학 분야가 적용될 수 있는 방향을 모색한다. 삶의 질과 웰리스(wellness)의 가치가 증대되면서 스포츠 시장이 점차 확대되고 있다. 더구나 최근 들어 센서 기술의 발달과 웨어러블 기기 시장의 확대로 실시간으로 운동량을 측정하거나 동작하는 방법에 대한 연구가 주목받고 있다. 이러한 시점에서 스포츠 과학의 현 이슈를 파악하고 산업공학의 새로운 기회를 모색해 볼 필요가 있다.

본 특집의 첫 번째 글인 '최근 스포츠 과학기술 동향'에서는 최근 스포츠 과학분야의 새로운 이슈를 소개한다. 첨단 기술이 융합된 스포츠 분야의 예를 제시하고 확대되는 스포츠 시장에서의 과학기술 분야의 역할에 대해 설명한다.

두 번째 글인 "동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구"에서는 현 미래창조과학부 지원하는 '스포츠과학화 융합연구'사업을 소개한다. 본 사업은 다학제 간의 융·복합적인 연구를 기반으로 첨단 공학분야의 연구가 동시에 진행되는 사업이다. 선수들의 경기력 향상에 필요한 과학적 훈련시스템 및 선수 맞춤형 장비나 트레이닝 웨어러블을 개발하여 평창동계올림픽을 성공적으로 개최하고 이를 기반으로 스포츠 산업과 국가 경제 발전에 기여하는 것이 본 사업의 목적이다. 특히 본 글에서는 본 사업에서의 과제로 한국체육대학교와 카이스트가 공동으로 추진하고 있는 '동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구'를 소개한다.

세 번째 글인 '스포츠 애널리틱스'는 스포츠 연구에서의 기술적 프레임워크를 소개하고 각 기술적 프레임이 전통적인 산업공학 방법론들과의 관계를 설명한다. 기업 비즈니스 분야에서 데이터를 기반으로 최적의 의사결정을 내리는 방식과 운영방법을 포괄적으로 애널리틱스라 한다. 스포츠 애널리틱스도 같은 맥락으로 스포츠 운영 및 현장에서 발생하는 다양한 데이터를 기반으로 데이터를 통해 경기력을 향상시키고 더 나아가 스포츠 운영의 효율성을 증대를 목표로한다. 본 글에서는 스포츠 애널리틱스의 기술적 방법론을 다양한 사례를 중심으로 설명한다. 기존 스포츠 과학과 현 비즈니스 애널리틱스의 차별점 그리고 왜 스포츠 애널리틱스가 산업공학의 새로운 기회가 될 수 있는지 본 글에서 다루고 있다.

20세기 초 제조업의 효율성 증대를 위해 탄생한 산업공학은 이후 다양한 서비스 분야로 확대되어 발전을 거듭하고 있다. 최근 발전을 거듭하는 IT기술과 센서 기술을 통해 과거 불가능했던 실시간 운동 동작 및 생체 데이터 수집이 가능해졌다. 이러한 데이터는 산업공학의 핵심인 사실을 근거로 한 분석 및 의사결정의 길이 열리고 있음을 의미한다. 과거 스포츠 과학은 체력과 신체에 관한 연구가 집중 되었다면 앞으로는 신체와 체력을 어떻게 효율적 효과적으로 다룰지를 고민하는 스포츠 의사결정 분야의 확대가 기대된다. 과학적 의사결정의 방법론을 고민하는 산업공학으로서는 이러한 스포츠 과학분야의 새로운 연구 방향은 도전이자 기회이다. 

Special Edition 1

최근 스포츠과학기술 동향



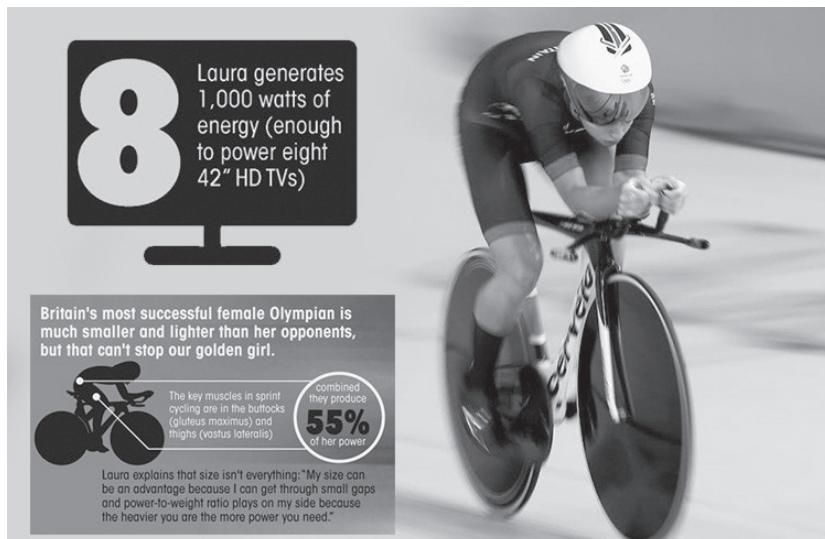
이 기 광 · 국민대학교 스포츠재활학과 교수

1. 엘리트 선수와 스포츠과학

엘리트 스포츠선수가 올림픽에서 금메달을 따기 위한 노력에 관한 기사가 흥미롭게도 하버드 비즈니스 리뷰에 실린 적이 있다. 제목은 “1%의 경기력 향상이 올림픽 금메달을 이끈다”이며, 전직 영국 대표팀 사이클 코치로 기사작위까지 받은 데이브 브레이스포드경의 인터뷰 기사이다. 그가 2002년에 처음 영국 대표팀을 맡았을 때, 영국 사이클팀은 76년간 역사에서 단 한 개의 금메달만 획득한 보잘 것 없는 팀이었지만, 그의 탁월한 지도력으로 인해 2008년 베이징 올림픽 트랙 사이클에서 금메달 10개 중 7개를 획득하는 쾌거를 달성하고, 4년 뒤 런던 올림픽에서도 같은 성과를 거뒀다. 브레이스포드경은 MBA 학위를 취득한 전직 프로 사

이클 선수로 ‘한계 이득 이론’을 사이클에 적용했다. 그는 만약 팀의 실력이 부족하더라도, 경기력과 관련된 모든 요소를 1%씩 향상시키고, 이를 모두 더하면 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이라고 믿었다. 따라서 그는 풍동 실험을 통해 유체 역학적으로 미세하게 공기 저항을 줄였고, 공학적인 분석을 통해, 바이크의 성능을 떨어뜨리는 요인을 규명하였다. 또한 경기 중 선수의 컨디션을 떨어뜨리는 작은 질병을 막기 위해 의사를 고용해 선수들에게 청결하게 손 씻는 법을 가르쳤으며, 심지어는 올림픽 중에는 악수도 금지시켰다. 정교하게 선수들의 식단을 준비했고, 매일 밤 편안하게 숙면을 취할 수 있도록 선수들의 매트리스와 베개까지 공수해왔다.

한편 실전에서 사용할 경기 전략을 짜기 위해 이전의 모든 경기를 정밀하게 분석했고, 승리하기 위한 전략을 찾기 위해



〈그림 1〉 영국 사이클팀과 첨단 과학기술

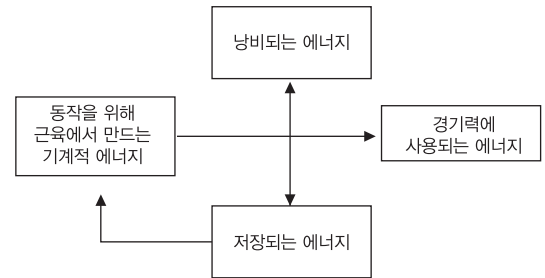
많은 시간과 노력을 투자했다고 고백하였다. 스포츠과학적 측면에서, 스타트 라인에서 빠른 출발을 위해 필요한 파워가 무엇인가를 규명하려고 했고, 이러한 파워를 선수들이 얼마가 갖고 있고, 무엇이 부족한가를 알아낸 후, 이를 향상시키기 위한 정교한 트레이닝 프로그램을 만들어 사용했다. 이렇듯 모든 가능한 부분에서 세심하게 향상을 도모했고, 그의 이러한 노력이 경기력 향상에 큰 도움이 되었다.

이러한 노력으로 작년 리우 올림픽에서 영국은 종합 2위를 차지하였고, 10개의 금메달이 걸린 사이클 트랙(벨로드롬) 경기에서 6개의 금메달을 휩쓸어 효자 종목임을 다시 한번 입증했다. 케임브리지 대학의 과학자들이 올림픽에 참가할 영국의 사이클 선수들이 사용할 최고 수준의 수트와 자전거를 개발해 지원하였으며, 영국의 트랙 사이클 팀을 비밀리에 과학적으로 지원하는 Room X라는 비밀의 방에서 선수들이 공기의 저항을 뚫고 최적으로 파워를 발휘할 수 있는 훈련을 도왔고, 고도로 정밀한 스포츠과학을 기반으로 선수들의 영양 및 컨디션을 치밀하게 관리했다. 그 뿐만 아니라 간발의 차이로 승부가 결정되는 경기의 특성상 장비가 미치는 영향이 결정적이기 때문에, 머리끝(폴리탄소섬유 헬멧)부터 발끝(탄소섬유 사이클 신발)까지 매우 미세하게 경기력에 영향을 미칠 수 있는 장비의 효과를 극대화하기 위해 F1의 경주용 자동차에 적용되는 유체역학적 차체 외관 페인트 기술까지 도입했다.

스포츠과학은 스포츠 활동을 하는 인간의 몸과 마음을 토대로, 해부, 생리, 역학, 심리학적 방법을 적용해 경기력 향상과 운동손상의 위험 감소를 추구하는 과학의 한 분야이다. 위의 영국 사이클팀 사례와 같이 엘리트 스포츠선수를 위한 과학은 단 1%의 경기력 향상을 위해서라도 모든 방법을 동원해 최선을 다해야하는 분야이다. 따라서 이 글을 통해 엘리트 선수의 경기력 향상을 위한 스포츠과학의 역할을 재조명하고, 최근 빠르게 발전하고 있는 과학기술이 스포츠와 어떠한 형태로 접목하고 있는가를 소개하고자 한다.

2. 경기력 향상과 에너지

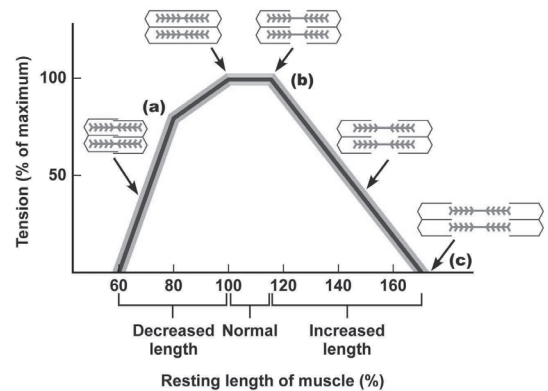
올림픽 모토는 Citius(더 빠르게), Altius(더 높게), Fortius(더 강하게)이다. 즉, 대부분 스포츠 종목의 목표는 더 빨리 달리고, 더 높이 점프하고, 더 강하게 던지는 것이다. 이를 과학적으로 표현하자면, 경기력 향상을 위해서는 더 많은 일(work)을 해야 한다는 의미이다. 그리고 더 많은 일을



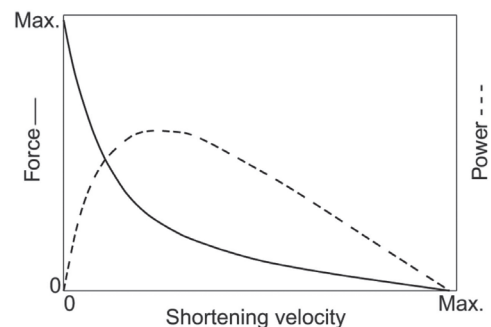
〈그림 2〉 경기력과 에너지 흐름

하기 위해서는 더 큰 에너지가 필요하다.

스포츠에서 선수의 에너지 흐름은 〈그림 2〉와 같이, 동작을 위해 근육에서 만드는 기계적 에너지가 경기력에 모두 반영되는 것이 아니라, 상당 부분의 에너지가 낭비되거나, 다시 사용될 수 있는 에너지로 저장된다. 따라서 에너지 측면에서 경기력 향상을 위해서 다음의 3가지를 반드시 개선하고 향상시켜야만 한다. 첫째, 동작을 생성하는 인간의 근육적시스템을 최적화 해야한다. 둘째, 스포츠 동작 중 잠시



〈그림 3〉 근육 길이-힘 관계



〈그림 4〉 근육 수축속도-파워 관계



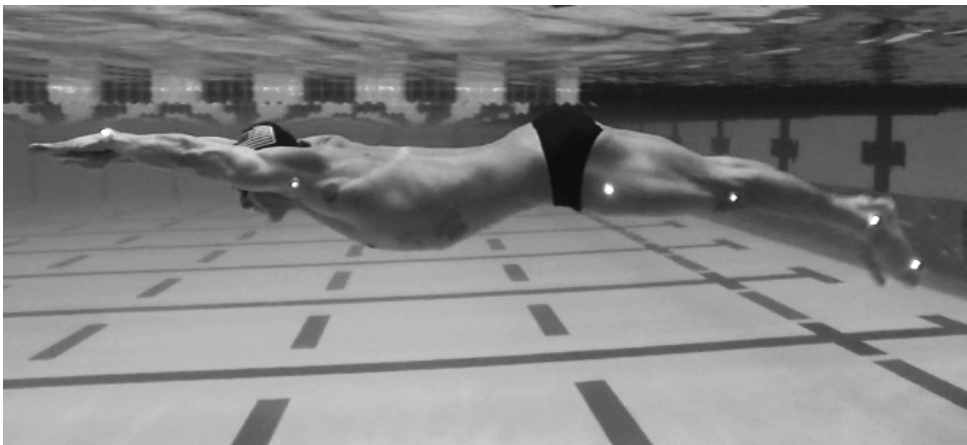
〈그림 5〉근골격시스템의 최적화

저장했다가 다시 사용할 수 있는 에너지를 최대한 만들어야 한다. 셋째, 경기력과 관련 없는 에너지, 즉, 저장되지 않고 낭비되는 에너지를 최소로 해야 한다.

근육이 발현할 수 있는 최대 근력은 근육의 길이에 의해서 결정된다. 즉, 근육 내, 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트 사이에서 힘을 발현하는 십자형교의 숫자가 최적인 길이에서 최대 근력이 발현되고 이 길이보다 짧아지거나 길어지면 근력은 감소하게 된다(그림 3). 또한 근파위는 근육의 수축 속도가 최적 근육의 길이에서 최대 근수축 속도의 30% 정도일 때 최대가 된다(그림 4). 따라서 선수 개개인이 경기력을 최대 발휘하기 위해서는 타고난 근육의 특성을 최대한 활용해야 한다. 즉, 힘과 파워를 최대 발휘할 수 있도록 근육들을 최적화 시켜야 한다. 트레이닝을 통한 근력 향상뿐만 아니라, 스포츠 장비를 미세하게 개선하는 정도로도 근력

에서 커다란 향상을 도모할 수 있다. 예를 들면, 근육 특성을 기반으로 최대의 힘과 파워를 발휘할 수 있도록 사이클 선수에게 최적의 안장과 페달 위치 및 최적의 페달링 빈도를 결정하거나, 크로스컨트리 스키선수에게 자신에 맞는 최적의 테크닉을 찾아내어 이를 실제 경기력 향상을 위해 적용하고 있다(그림 5).

특히 미국 수영 대표팀은 지난 리우 올림픽에서 세계적인 자동차회사인 독일의 BMW사에서 지원한 모션 트래킹 시스템의 도움을 받아 선수들의 효율적인 영법을 찾고 이를 실전에 활용해 좋은 성적을 거두었다. 훈련 단계에서 이 시스템을 활용해 수영 테크닉 특히 발차기 기술 향상에 도움을 받았다. 이 시스템은 자체 발광하는 LED 센서를 수영선수의 어깨, 고관절, 무릎, 발목과 발 끝에 부착해 수영선수의 모션을 감지하고 기록하는데, 선수의 움직임을 방해하지 않기 위해 3D



〈그림 6〉BMW에서 미국 수영 대표팀에 제공한 모션 트래킹 기술



〈그림 7〉 잠시 저장되었다가 다시 사용되는 에너지를 최대화

프린팅 기술을 이용해 몸에 부착하는 부품을 디자인하였다. 또한 다이빙 종목에서도 점프 높이, 섬머솔트의 각도와 속도, 입수시 신체의 정렬 자세 등을 측정하기 위해 미국 다이빙 대표팀에서 방수가 되는 웨어러블 센서를 활용하고 있다.

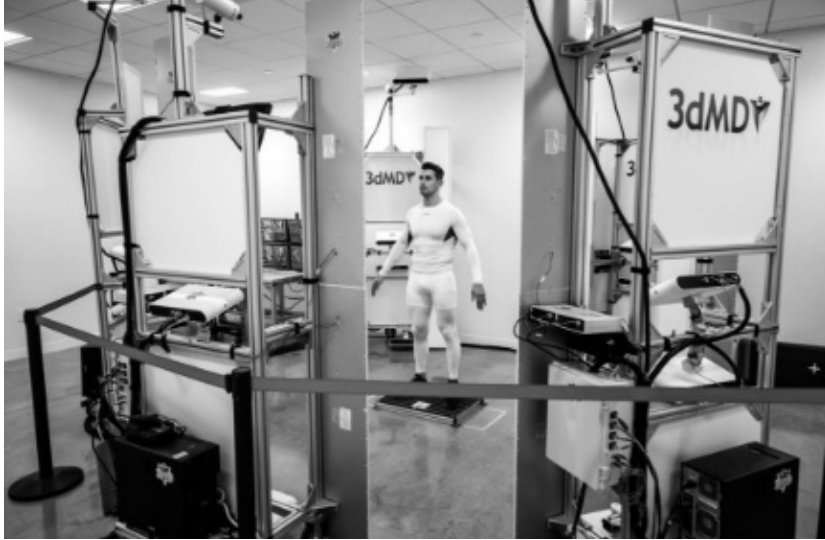
경기력 향상을 위해 에너지를 저장했다가 다시 사용하기 위한 노력은 주로 스포츠장비 개발 및 이러한 장비를 사용하는 스포츠경기 종목에서의 효율적인 동작 연구 분야에서 활발히 진행되고 있다. 장대높이뛰기의 폴, 다이빙보드, 골프 클럽 샤프트, 테니스 라켓, 스포츠신발, 장애인 육상용 의족 등의 장비 개발을 위해 유한요소해석 등 다양한 공학적 기술

을 이용하고 있다. 탄성체 장비에 에너지를 저장했다가 다시 활용하는 능력이 경기력에 결정적인 영향을 미치기 때문이다. 예를 들면 다이빙 보드에 저장되었다가 반환되는 에너지는 다이빙의 체공 높이와 체공 시간을 증가시켜 다양한 연기를 할 수 있도록 해준다(그림 7).

경기력과 관련이 없는 에너지 사용을 최소화하려는 노력은 아마도 가장 직접적으로 경기력 향상에 도움을 줄 수 있는 방법일 것이다. 그래서 많은 엘리트선수과 지도자, 그리고 스포츠과학자들이 동작분석을 통해 비효율적인 요소를 찾아내고, 이를 수정하기 위한 노력을 끊임없이 하고 있다. 수영과 스케



〈그림 8〉 2009년 6월 국제수영연맹은 스피도의 하이텍 LZR 수영복 착용 금지 결정을 내렸다. “테크놀러지 도핑”이라는 이유로



〈그림 9〉 언더아머에서 선수들이 3D 스캐닝을 하는 모습

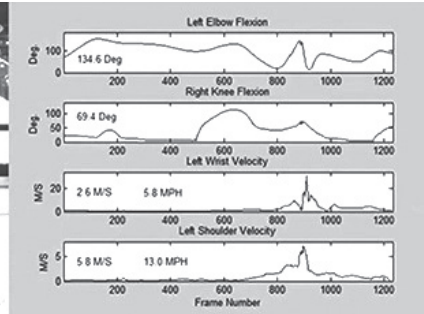
이트 등 많은 스포츠 활동은 마찰력, 물과 공기의 항력 등 외부의 저항력을 극복하기 위한 육체적인 노력이라고 말할 수 있다. 외부 저항력을 극복하기 위해 많은 에너지를 사용하고 있으므로, 외부 저항력의 크기를 줄일 수 있다면, 소모되는 에너지를 줄일 수 있다. 그러므로 선수는 에너지 소모를 줄이거나 에너지를 비축하면서 경기력을 향상시킬 수 있다.

엔지니어들이 오랜 기간 운동복의 무게와 마찰을 줄이기 위해 신소재를 개발해왔다. 스피도의 LZR 수영복은 NASA 엔지니어와의 합작품이며, 이러한 혁신적 개발은 불공정한 혜택으로 간주되기도 했다. 그래서 현재 스포츠의류 기업들은 규칙에서 허용하는 최상의 스포츠의류를 개발하기 위해 3D 프린팅과 신체 스캐닝 기술을 적용하고 있으며, 그 효과를 인정받고 있다. 3D 프린팅과 신체 스캐닝을 이용한 디자인, 테스트, 개인 맞춤형 기술은 선수 개인에게 최적의 소재와 피팅을 제공하고 있다. 2012년 많은 수영선수들이 물 속에서 기존 수영모자보다 에너지 소모를 덜 하며 잘 미끌어질 수 있는 스피도의 “FatSkin” 수영모자를 착용하고 경기를 했다. 2016년 리우올림픽에 참가하는 수영선수들을 위해 스피도는 더 잘 맞는 수영모자를 만들기 위해 선수들의 머리를 3D로 스캐닝해 머리 모양에 정확하게 맞고 물의 저항을 줄이기 위한 유선형 모양의 모자를 개발했다. 선수 경기복에 3D 프린팅 기술을 적용하는데 있어서 초기 선발 주자 중 하나인 나이키는 정교하게 3D 프린트된 실리콘 돌출부를 만들어 육상경기 옷 겉면에 부착하였다. 이 실리콘 부착물의 효

과는 풍동실험을 통해 검증하였고, 골프공의 딴플처럼 선수들이 더 빨리 달릴 수 있도록 선수들 몸 주위에 흐르는 공기의 방향을 바꾸는 효과가 있음을 입증하였다. 또한 이 부착물은 테이프 형태로도 만들어 선수들의 팔과 다리에 붙일 수 있게 하였다. 0.01초의 차이로 금메달과 은메달이 결정되는 상황에서 이러한 작은 향상은 커다란 잇점이 될 수 있다.

3. 스포츠과학을 위한 분석 시스템

1980년대 이전 에너지 측면에서 스포츠 동작의 비효율적인 측면을 찾아내기 위해 16mm 필름 카메라로 동작을 촬영하고, 이를 현상한 후에 암실에서 영사기에 걸어놓고 디지털 타이저에 투사하여 일일이 손으로 관절 위치를 어림잡아 좌표화하는 장시간의 지루한 작업을 거쳐야 했다. 선수들의 동작을 분석하기 위해 적어도 한 달 이상 소요되는 분석 과정이 요구되었지만, 얻는 결과는 노력에 비해 초라한 편이었다. 가령 우수선수가 비우수선수에 비해 팔꿈치를 얼마나 더 굽혔는지, 최대 각속도는 얼마나 빨랐는지 정도였다. 그 후 필름이 아닌 비디오테이프를 기록한 영상을 디지털화하는 기술이 개발되어, 반자동으로 마커를 추적해가며 좌표화할 수 있게 되어 노동량이 다소 줄어들었지만, 비디오의 해상도가 좋지 않아 정확도는 오히려 필름에 비해 떨어지는 문제가 있었으므로 얻는 정보의 질적 수준도 전에 비해 크게 달라지지 않았다.



〈그림 10〉 KinaTrax (출처: <http://sports.cbslocal.com/2015/06/22/kinatrax-the-story-behind-baseball-s-newest-tech/>)

1990년대에 개발된 적외선방식의 카메라는 몸에 붙인 반사마커에 적외선을 발사해 반사되는 적외선을 감지하여 관절의 위치를 거의 실시간으로 자동으로 계산해 냄으로써 다수의 선수들을 대상으로 많은 동작들을 빠른 시간 안에 분석할 수 있게 되었지만, 가격이 워낙비싸 우리나라에서는 2010년 이후에야 스포츠선수를 대상으로 사용되었다. 하지만 엘리트 선수의 경기력 향상을 위해 스포츠현장으로 갖고 나가서 사용하기엔 장비 이동이 번거롭고, 야외에 있는 자연광으로부터의 적외선을 필터링하기 위해 추가적인 장비가 필요했기 때문에 적극적으로 활용되지 못하고 있다. 그러므로 이의 대안으로 가속도, 자이로, 컴퍼스 등이 통합된 IMU 센서와 마커 없이 비디오 카메라에서 얻은 이미지로 관절의 위치를 자동으로 추정하는 방식등이 사용되고 있다. 최근 미국 메이저리그 마이애미 말린스에서 실제 경기 중 투수들의 피

칭 동작을 마커 없이 3차원으로 분석이 가능한 KinaTrax라는 분석시스템을 도입하기로 했다는 뉴스가 화제가 되고 있다. 이는 마이크로소프트 게임기에 적용하는 Kinect와 유사한 원리로 100m의 거리에서 초당 300장 정도의 캡처가 가능하다. 투구 하나 당 카메라 한 대에서 1.3 기가바이트의 데이터가 생성되기 때문에, 카메라 8대를 사용할 경우 경기당 2테라바이트의 데이터가 축적되기 때문에 이를 분석하는 속도가 관건이다. 현재의 기술로는 투수의 관절 각도와 각속도에 대한 정보를 제공하지만, 조만간 각 관절의 토크 값 산출도 가능해질 전망이다여서, 프로야구 투수들의 경기력 향상과 부상 예방에 획기적인 도움이 되리라 확신한다(그림 10).

모션 트래킹 웨어러블 기술 역시 날로 정교해지고 있다. 웨어러블 피트니스와 모션 트래커는 2012년 런던 올림픽 이



〈그림 11〉 미국 복싱 대표팀에서 사용하는 웨어러블 센서 Hykso



〈그림 12〉 스마트 아이웨어를 착용하고 훈련하는 미국 사이클 대표팀

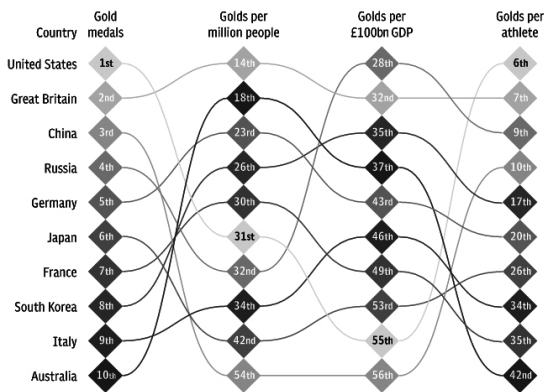
전부터 있던 기술이지만, 트래킹과 분석 소프트웨어가 발전하면서 이 단순한 트래커가 많은 올림픽 선수들을 위한 트레이닝에 적극적으로 활용되고 있다. 장거리 달리기와 수영 같이 지구력이 요구되는 운동선수들이 트래커를 이용해 유산소성 에너지소모량, 영양 요구량, 기타 생체측정 통계치 등을 측정하고 있다. 하지만 피트니스 분야보다 정교한 수치를 요구하는 스포츠 분야에서의 적용에 있어서 모션 트래커의 적용은 여전히 갈 길이 먼 실정이다.

전직 복싱 선수인 토미 듀케트는 미국 복싱 대표팀 선수들의 펀치 속도, 정확도 등을 측정하기 위해 Hykso라는 복싱

글러브 안에 장착할 수 있는 작은 센서를 개발했다. Hykso는 두 개의 독립적인 가속도계와 자이로스코프가 내장되어 있으며 1/1000초 간격으로 3차원 모션을 트래킹할 수 있다. 선수들은 스파링을 마친 후 그들이 구사한 펀치의 속도와 양 등 기본적인 활동량뿐만 아니라 펀치의 종류, 목표물을 가격한 성공률 등 상세한 정보를 제공받을 수 있다.

생체신호를 실시간으로 모니터링하며 피드백을 제공하는 웨어러블 기술 역시 경기력 향상에 도움을 주고 있다. 미국의 사이클 대표팀은 Solos라는 IT기업의 지원을 받아 혁신적인 헤드업 디스플레이와 오디오 테크놀로지를 착용하고 훈련에 임하여 경기력 향상에 도움을 받았다. Solos 스마트 아이웨어는 사이클 선수에게 심박사, 속력, 파워, 페이스, 페달링 수 등 경기력 향상에 필요한 정보를 블루투스 및 ANT+ 기술을 이용해 선수들에게 실시간으로 제공하는 시스템이다.

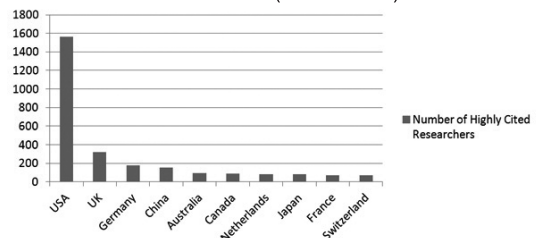
Numbers shown are the overall rank against all 87 countries that received medals



Sources: IOC, World Bank and CIA World Factbook. GDP for latest year available (earliest 2013)
Team GB is compared against UK statistics.

〈그림 13〉 리우 올림픽 메달 순위

Top 10 Countries with the Most Highly Cited Researchers (2003 - 2013)



〈그림 14〉 우수과학자 순위

4. 국가의 과학기술력과 스포츠

올림픽에 참여하는 선수들에 대한 스포츠과학의 지원은 경기력 향상에 도움을 주고 있다. 따라서 한 국가의 과학기술력은 올림픽에서 메달 경쟁력과 관계가 있을 것이다. 지난 리우 올림픽에서 스탠포드와 UC버클리 대학에서만 44개의 메달을 땀고, 스탠포드 입학 예정인 케이티 레데키가 딴 4개의 금메달까지 합하면 48개가 된다. 이 두 대학에서 딴 메달로 국가 순위를 매긴다면 세계 5위에 해당된다. 한편 이 두 대학교에서 받은 노벨 과학상 역시 지난 몇 십년간 수 십개에 이른다. 영국의 케임브리지 대학교 역시 사이클과 요트에 다수의 금메달리스트를 배출했고, 공과대학 교수가 그들의 훈련을 지원했다.

한편 국가별 올림픽 메달 수와 관계가 깊은 여러 변인들을 조사해 본 결과, 〈그림 13〉에서 보듯이 이번 리우 올림픽에서 국가별로 획득한 메달 수는 인구수, 1인당 국민소득, 올림픽에 참가한 선수 수와 완벽하게 일치하지 않는다. 하지만, 흥미롭게도 올림픽 메달 수로 국가 순위를 매긴 후, 그 나라들의 과학기술 수준(노벨 과학상 수상자 수나 저명한 과학자 수 등)의 관계를 보면 거의 일치한다. 빅 4는 미국, 영국, 독일, 프랑스 등이다. 과거 올림픽에서 메달을 많이 획득했던 러시아 역시 과학기술이 주로 국방 분야에 치중하지만, 그 수준이 상당히 높은 국가이며, 가까운 일본과 중국 역시 다수의 노벨과학상 수상자를 배출한 과학 강국이다. 따라서 올림픽에서의 성적은 그 나라의 과학기술 수준과 상당한 관계가 있다고 볼 수 있다.

일본은 리우 올림픽을 종합 6위(금 12·은 8·동 21)로 마쳤다. 2004년 아테네 대회 이후 12년 만에 한국을 이겼다. 일본의 선전에는 스포츠과학과 첨단 테크놀러지가 큰 몫을 했다. 일본 문부과학성 주관으로 코칭과 훈련법 개발, 맞춤형 용품 제작, 스포츠의학 지원 등 세가지 목표를 갖고 스포츠현장, 스포츠과학자, 공학자, 의학자 등 다양한 분야의 전문가들이 공동으로 추진한 장기 과제인 '멀티 서포트 프로젝트'의 결실이라고 한다. 일본 남자 체조는 리우 올림픽에서 개인전을 2연패 했고 12년 만에 단체전 금메달도 따냈다. 이 선수들이 착용한 신발, 보호구 등 모든 체조 용품들은 높은 기술력을 가진 중소기업과 함께 만든 제품이다. 또한 이들을 측면에서 지원한 스포츠과학 지원팀은 한 달에 수차례 선수단을 만나 기술적인 약점을 보완해주는 과정을 장기적으로 수행했다. 금 3개, 은 1개, 동 8개를 따내며 14개 종목 중 12개를 휩쓴 유도 종목에서는 실전용 동작에 맞춰 특별 제작된 비밀 트레이닝 기구로 훈련했다.

더욱이 동양인은 절대로 극복할 수 없다고 여겼던 육상 트랙경기인 남자 400m 계주에서는 미국을 꺾고 은메달을 획득하는 기념비적인 사건이 있었다. 일본팀 주자 4명중 100미터를 9초대에 뛰는 선수는 단 한명도 없는 현실(10초 01, 10초 05, 10초 10, 10초 22)에서 이룬 최대의 쾌거이다. 일본은 지난 런던 올림픽 이후, 우사인 볼트를 일본에 초청해 우사인볼트가 갖고 있는 모든 것을 분석하고 관찰했다. 그리고, 일본인 선수에게 적당한 트레이닝을 개발, 지속적으로 준비해왔다. 또한, 일본팀에 가장 효과적인 바톤 터치 방법을 찾아내 이를 수없이 반복적으로 연습하며 이번 올림픽을



〈그림 15〉 육상 400m 계주에서 미국을 꺾고 은메달을 차지한 일본 육상팀



〈그림 16〉 2020년 도쿄 올림픽을 준비하는 일본의 스포츠 과학기술

준비했다. 즉, 이번 은메달은 20년 동안 선수들을 발굴하고 바톤 터치, 맞춤형 주법을 끊임없이 연구하고 훈련을 반복한 결과라고 할 수 있다.

리우 올림픽 폐막식에서는 일본의 '아베 신조' 총리가 슈퍼마리오로 변신, 깜짝 등장해 4년 뒤 열릴 2020 도쿄 올림픽에 대한 기대를 모았다. 이날 폐막식에서는 도쿄의 모습을 담은 영상이 공개됐고, 영상 속에서는 일본 스포츠 선수들이 차례로 빨간 공을 패스해 넘기며 리우까지 전달하려는 모습이 그려졌다. 이어 '스포츠 과학기술의 일본'이라는 주제로 디지털과 첨단 기술을 상징하는 빛을 이용한 일본 공연이 이어졌고, "도쿄에서 만납시다"라는 문구가 경기장을 가득 채우며 4년 후 있을 2020 도쿄 올림픽에 대한 기대를 고조시켰다.

5. 맺음말

엘리트선수들의 경기력 향상을 위한 운동역학의 적용은 철저하게 과학적이어야 한다. 단 1%의 경기력 향상을 위해 선수와 지도자들이 해결 못하고 고민하는 문제에 대해, 과학적인 연구를 통해 얻어진 근거 기반의 답을 줘야 한다. 경우에 따라서는 정밀하고 정확한 측정을 위한 장비를 직접 제작하여 분석하고, 실시간으로 피드백을 제공하기 위한 정보통신 기술이 요구되기도 한다. 하지만, 가장 중요한 것은 인간의 몸과 스포츠와의 상호작용에 대한 전문적인 지식과 통찰력이다.

2020년 도쿄 올림픽을 위해 세계 각국에서는 이미 스포츠에 적용할 과학기술을 준비하고 있다. 도쿄 올림픽 조직위원회에서 올림픽 기간 중 자율 주행 택시와 경기장 입장시 안

면 인식 등 첨단 기술을 소개할 뿐만 아니라, 자국 선수의 경기력 향상을 위해 적용될 스포츠과학 장비와 기술을 과시할 것이다. 올림픽에 참가하는 다른 국가의 선수들에게도 지난 리우올림픽에서 소개되었던 기술보다 더 발전된 스포츠과학이 개발되어 제공될 것이다. 그렇다면 우리는 2020년 도쿄 올림픽을 어떻게 준비해야 할까? 그 답은 방금 전 끝난 리우 올림픽에서 좋은 성적을 거둔 미국, 영국, 일본 등의 사례에서 찾아야 한다. "풀뿌리"라 표현되는 생활체육 기반 저변 확대, 우수한 연구진과 시설을 갖춘 대학을 중심으로 엘리트 선수들에게 지원되는 첨단 과학 기술이 그 답의 일부가 아닐까? **ie 매거진**

■ 약력 | 이기광

□ 학력

- 1987년 서울대학교 체육교육과(학사)
- 1989년 서울대학교 체육교육과(석사)
- 1999년 오레곤주립대 체육학(박사)

□ 경력

- 2004년~2005년 나이키 스포츠연구소 연구원
- 2013년~2015년 문체부 스포츠산업기술 R&D 기획책임자
- 2006년~현재 국민대학교 스포츠재활학과 교수

□ 관심분야

- 스포츠과학, 스포츠와 테크놀로지 융합, 스포츠용품 개발

동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구



김혜영 · 한국체육대학교 교양과정부 물리학 교수

미래창조과학부(이하 미래부)는 스포츠와 과학기술을 융합하여 기초연구 중심의 핵심융합기술을 개발하기 위해서, 평창이 올림픽 개최지로 선정된 2011년에 ‘평창코리아 프로젝트사업’을 구상했다. 이 사업은 스포츠현장에 최적화된 테크놀로지를 지원하기 위해 기술수요를 바탕으로 현장밀착형 융합연구를 수행하여, 스포츠를 구성하는 선수, 장비, 환경의 3개 요인에 과학기술을 지원하는 것이다. 이로써 선수들의 경기력향상 및 우리나라 스포츠 산업 활성화에 필요한 스포츠과학기술 R&D 기반을 마련할 계획이었다. 그 후 미래부는 ‘평창코리아 프로젝트 사업’을 축소하여 2014년부터 ‘스포츠 과학화 융합연구 사업’을 지원하고 있다. 2018 평창동계올림픽이 일 년도 남지 않은 이즈음에 ‘스포츠과학화 융합연구 사업’과 이 사업의 일환으로 한국체육대학교와 한국과학기술원이 공동으로 진행하고 있는 ‘동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구’를 소개하고자 한다.

1. 평창동계올림픽 개최를 계기로 2014년 미래부의 ‘스포츠 과학화 융합연구 사업’ 지원

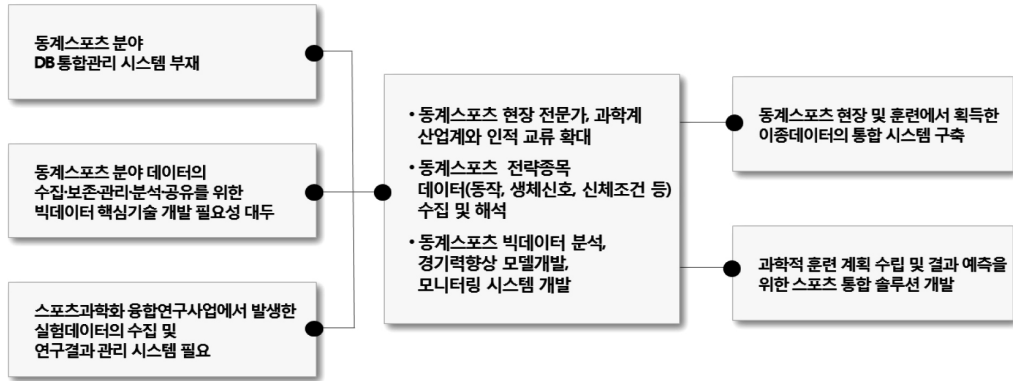
스포츠의 발전을 위해서 과학기술의 지원은 필수이며 테크닉 중심의 단기적인 연구지원보다는 스포츠 현장에서 지속가능한 성과를 낼 수 있는 테크놀로지 중심의 스포츠과학기술 지원체계가 필요하다. 캐나다, 영국 등 스포츠선진국들은 올림픽 개최를 통해 정부 주도로 스포츠과학기술 R&D를 적극 지원하였다. 우리나라도 문화체육관광부에서 스포츠 산업 활성화를 위하여 ‘스포츠 산업기술개발사업’ 등을 추진하고 있으나 평창동계올림픽과의 직접적인 연관성은 낮다. 2014년 시작된 ‘스포츠과학화 융합연구 사업’은 미래부가 스포츠와 과학기술의 융합연구 지원을 통해 테크놀로지 기반의 경기력 향상에

기여하고, 이 과정에서 도출된 스포츠과학 원천기술을 확보하기 위해 기획한 사업이다. 이를 통해 스포츠과학산업을 선도하고, 스포츠과학화 융합연구에 필요한 창조·융합형 인재를 양성하며, 국민이 체감할 수 있고 동계스포츠 문화 확산이 가능한 기술을 개발하는 것이다.

이와 같이 ‘스포츠과학화 융합연구 사업’은 다학제 간의 융·복합적인 연구를 기반으로 첨단 공학분야의 연구가 동시에 진행되는 사업으로써, 선수들의 경기력 향상에 필요한 과학적 훈련시스템 및 선수 맞춤형 장비나 트레이닝 웨어러블을 개발하여 평창동계올림픽을 성공적으로 개최하고 이를 기반으로 스포츠산업과 국가 경제 발전에 기여하는 것이다. 이를 위해서 ‘스포츠과학화 융합연구 사업’은 5년간 총 60억 원의 예산으로 동계스포츠 장비 상호작용(인터랙션) 최적화 기술개발, 동계스포츠 부상 기전 규명 및 예방·회복 융합연구, 동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구 등 세 개의 과제를 추진하고 있다.

2. 문화체육관광부의 스포츠산업 R&D 특성 및 평창동계올림픽 지원

문화체육관광부(이하 문체부)는 2007년 제정된 ‘스포츠 산업진흥법’을 근거로 국민체육진흥공단 산하 한국스포츠개발원과 함께 스포츠 산업 발전 및 혁신에 필요한 기술개발을 위해서 ‘스포츠산업기술개발사업’에 2007년부터 2016까지, 137개 과제에 757억 원의 국가 예산을 지원하였다. 이 R&D 사업은 국내 스포츠 산업의 대표적인 융·복합 사례로서 CT(computer technology)와 IT(information technology)가 융합하여 가상골프 시스템을 상품화한 스크린골프의 기술적 기반을 마련(골프존)하였고, 대한민국을 대표하는 양궁 장비 브랜드(원앤원)의 창출 등 소기의 사업성과를 거둔 것으로 평가된다. 다만 중



〈그림 1〉 ‘동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구’의 개요(필요성, 내용, 목표)

업원 10인 미만의 영세업체(국내 스포츠 산업체의 95%를 차지)를 대상으로 소액 다건 형식으로 주로 지원되었기 때문에 세계 시장을 선도할 만큼 파급력 있는 성과의 창출에는 한계가 있을 수밖에 없다는 평가를 받고 있다[8].

평창동계올림픽을 위해서 문체부는 국가대표 훈련비 등 평창동계올림픽 특별 예산으로 지난 2016년 274억 원을 지원한 데 이어 올해 2017년에는 총 337억 원을 지원할 계획이다. 종목별 전담팀(장비·기술·물리치료 등 14억 4천만 원) 운영, 해외전지훈련 확대(32억 3천만 원), 외국인 코치 영입(7종목 18명) 및 동계 장비 지원(32억 원) 등 국가대표의 경기력을 극대화하기 위한 다양한 지원을 올해에도 지속한다[8].

2018 평창동계올림픽에 출전하는 우리 선수단은 7종목 130여 명으로 역대 최대 규모이다. 이번 올림픽에서는 개최국의 이점을 최대한 활용해 메달 20개 획득, 종합순위 4위 달성을 목표로 삼고, 남은 1년여 동안 정부와 체육계가 함께 선수들의 경기력 향상을 지원하는 데 총력을 기울인다. 문체부는 올림픽을 일년 앞둔 지난 2017년 1월 31일 ‘2018 평창동계올림픽 경기력향상지원단’을 출범하고, 스포츠 현장의 요구 사항을 적극 발굴해 종목별로 맞춤형 지원을 하기로 했다. 한국스포츠개발원 스포츠과학팀도 경기력을 극대화하기 위해서 연구진을 훈련 현장에 파견해 동작 분석, 심리 상담, 경기 분석 등을 진행할 계획이다[3].

3. 동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구

기업경영뿐만 아니라 스포츠현장에서도 다양한 출처의 정형화 및 비정형화된 정보를 활용하여 전략적인 결정을 내려야 하

고, 미래형 자산 가치로 간주되는 ‘스포츠 빅데이터’의 선도적인 확보를 위하여 데이터를 수집하고 관리할 수 있는 기반마련도 필요하다. 따라서 스포츠 훈련 및 경기장에서 생산되는 동작데이터, 이미지데이터, 생체신호 데이터 등을 수집하고 가치를 창출하는 기술을 개발하여 스포츠현장 및 산업계가 요구하는 자료로 활용될 수 있도록 스포츠과학화 융합연구 기반이 필요하다.

한국체육대학교와 한국과학기술원(이하 카이스트)이 공동으로 추진하고 있는 ‘동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구’는 동계스포츠의 훈련 및 시합에서 발생하는 동작 데이터, 영상데이터, 생체 데이터 등을 수집하고 해석할 수 있는 데이터 통합관리 시스템을 구축하고, 과학적 훈련 계획 및 결과 예측을 할 수 있는 경기력향상 모델 및 모니터링 시스템을 개발하는 것이다. 구체적인 연구의 필요성, 내용, 목표는 〈그림 1〉과 같다.

지금 소개하려는 이 연구는 스포츠현장, 학교, 산업체의 전문가로 구성된 연구진이 함께 진행하고 있기에 협력 과정에 따른 다양한 어려움이 있다. 특히 동계스포츠 종목 중 알파인스키와 같은 설상 종목은 겨울에만 실험이 가능한데, 겨울 경기 시즌에는 선수들이 주간, 야간에 모두 훈련하는 경우가 많아 실험 참여 요청이 어렵다. 따라서 실험 일정이 매우 제한적이며, 국가대표 선수를 대상으로 한 연구는 선수들의 시합 일정, 해외 전지훈련 일정 등으로 일년 중 실험 가능한 날이 며칠 되지 않는다. 다행히 실험을 계획했다라도 실험 당일 날씨, 장비, 선수들의 컨디션 등으로 데이터를 얻기까지 어려움이 적지 않다. 또한 실험대상 선수들도 부족하다. 그러나 무엇보다 선수나 지도자가 연구진과 같은 마음으

로 실험에 적극적으로 참여할 수 있도록 동기를 부여하는 것이 무엇보다 중요한데 이를 실천하기가 가장 힘들다. 이와 같은 어려움 극복하고 연구 목적을 달성하기 위해서 다음과 같은 세 가지 추진전략을 세웠다.

3.1 스포츠현장, 과학기술, 산업체 전문가의 상호 신뢰와 협력의 파트너십 구축

과학기술과 스포츠라는 서로 다른 분야의 전문가들이 모여 토론하고 연구하기 위해서는 무엇보다 먼저 정기적 만남을 통해 서로의 영역을 이해하고 상호 신뢰관계를 형성해야 한다. 열린 마음으로, 종목별로 상향 목표 달성을 위한 과학기술이 무엇인지, 현재 스포츠에서 사용하고 있는 과학기술 중에서 첨단기술로 대체할 것이 있는지, 선수에게 필요한 테크놀로지는 무엇인지 등을 공동의 언어로 이야기하다 보면 융합연구의 출발점이 보인다. 연구를 진행하려면 스포츠현장에서 활동하는 선수, 코치, 감독 등 스포츠현장 전문가와의 협력이 중요하고, 이를 위해 연구진은 스포츠 경기 관람 및 참여를 통해서 선수 및 지도자와 공감대를 형성하고 있다. 연구진이 경기를 관람하고 선수들을 응원하며 선수 및 지도자와 경기장에서 소통하는 경험은 스포츠와 과학기술의 융합연구를 위한 필수조건이고 향후 연구에도 매우 중요한 역할을 한다. 연구진이 스키 경기장을 찾아가서 열심히 응원하고, 좋은 성적을 낸 선수와 함께 기뻐하고 경기내용을 아쉬워하는 선수를 위로하고 격려하면서 연구진과 선수 및 지도자 간에 지속적인 신뢰와 협력의 관계가 자연스럽게 구축된다.

특히 연구진의 경기장 방문은 스포츠 현장에 대한 이해도를 높이고 선수들의 경기력 향상을 위한 기술개발의 열정을 이끌어내는 계기가 된다. 선수들이 최선을 다하며 땀 흘리는 모습

을 직접 보고나면 영하 10도에서도 측정의 정확도를 확보할 수 있는 장비와 그 장비의 경량화와 소형화를 진지하게 고민하게 된다. 이런 소통을 통해서 스포츠현장에 있는 선수나 지도자도 연구 참여에 적극적인 관심을 갖게 된다.

3.2 연구 지원할 동계스포츠 전략종목의 선택과 집중

동계스포츠는 빙상, 설상, 설매 종목 등 다양하지만, 연구 대상 종목을 알파인스키와 크로스컨트리스키로 선정하였다. 이로써 알파인스키와 크로스컨트리스키의 종목 맞춤형 통합 센서를 제작하고, 이를 통해서 동작데이터, 생체데이터 등을 수집한 후, 수집된 데이터 정보를 활용하여 전략적 판단과 경기력 예측을 통한 경기력향상을 지원하고 있다.

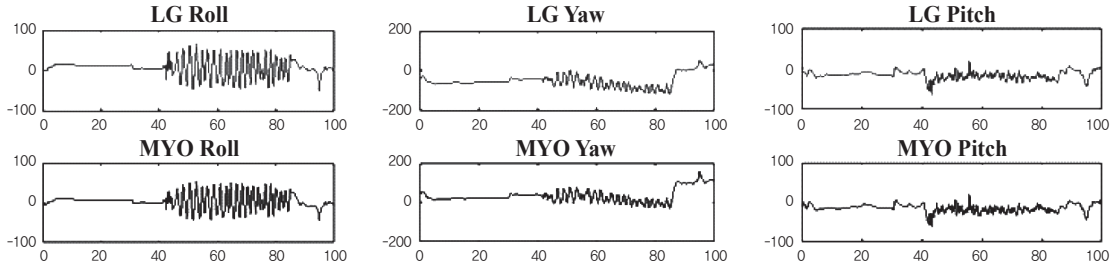
1) 알파인스키

알파인스키는 크게 활강(down hill)과 슈퍼대회전(super giant slalom)의 스피드 종목과 회전(slalom)과 대회전(giant slalom)의 테크니컬 종목으로 구성된다. 코스는 스타트에서부터 골인지점까지 스키폴을 사용하는 일이 없이 계속 미끄러지도록 내리막이어야 한다. 평균속도를 기준으로 나열하면 활강이 가장 빠르고 슈퍼대회전, 대회전, 회전 순서이며, 이와 같이 기문 수가 증가한다. 회전 경기는 가장 많은 기문을 통과해야 하므로 짧고 급격한 턴을 요구하는 코스로 구성되어 있으며 가파르고 얼어붙은 슬로프에서 경기를 한다. 대회전 경기의 코스는 그보다 더 넓은 회전 폭을 갖는 코스로 구성된다. 슈퍼대회전과 활강 코스에는 턴이 적고 일부 구간에 넓은 게이트가 설치되며, 활강경기의 경우 기문을 통과하는 선수의 평균 속도는 시속 100km 정도이다.

알파인스키의 회전과 대회전 종목의 핵심동작은 알파인



〈그림 2〉 2015년 1월 용평에서 IMU 센서 데이터 수집을 위해 노트북을 착용한 모습(좌측)과 2016년 1월 평창 알펜시아에서 팔로워가 대신 노트북을 착용한 모습(우측)



〈그림 3〉 LG 시제품과 Noraxon 사의 IMU 센서 Roll(좌측), Yaw(중앙), Pitch(우측) 측정 결과

스키 연구 논문을 분석하고 그 결과를 가지고 스포츠현장 지도자와의 워크숍을 통해서 알파인스키 턴(turn) 동작을 핵심동작으로 선정하였다. 따라서 회전 및 대회전 종목의 턴 동작을 분석하기 위해서 고가의 족압력 센서와 16개 채널의 상용 IMU 센서를 사용했다. 그러나 1월의 스키장 정상에서 족압력 센서와 16개 IMU 센서를 부착하고 초기 세팅을 하기 위해서 많은 시간을 소비하였다. 이와 같은 불편을 해소하기 위해서 카이스트는 통계적 분석 및 데이터 마이닝 기법을 활용한 분석을 기반으로 IMU 센서의 최적의 부착 위치를 조사, 분석, 검증하였다. 그 결과 턴 동작을 대표하는 하나의 센서를 꼬리뼈에 달고 실험을 진행할 수 있었다. 이렇게 IMU 센서 수는 하나로 줄었으나, 통신거리가 짧은 블루투스 통신으로 데이터를 수집하기 위해서 〈그림 2〉좌측과 같이 선수들이 노트북을 매고 측정을 했고 이로 인해 턴 동작을 제대로 수행하기가 여전히 어려웠다. 이 문제를 해결하고자 〈그림 2 우측〉과 같이 선수와 스키 상급자가 하나의 팀을 구성하여 스키 상급자(팔로워)가 노트북을 탑재한 소형 가방을 메고 선수를 따라 활강하도록 하였다. 그러나 두 선수의

거리가 늘 가까이 유지되지 않았기에 데이터 전송 실패가 많이 발생하였다.

이 후 LG전자와의 MOU 협업을 통해서 IMU 센서 시제품을 개발하였다. 이는 내장형 SD 메모리를 활용하여 통신에 의한 제약을 없앴고, 상용 센서와의 유사도를 비교한 결과 두 센서 간에 유사도가 있음을 〈그림 3〉과 같이 확인하였다. 이로 인해 실험 전 세팅 시간을 축소하고 대기 시간 증가에 따른 선수의 컨디션 저하를 방지할 수 있었다. 다만 턴 동작을 수행할 때 하체(다리)의 움직임 역시 중요하다는 스포츠현장 전문가의 의견을 수렴하여 차기 실험에서는 양 다리에 IMU 센서 2개를 추가 부착하여 실험을 하였다. 따라서 IMU 센서 3개 채널간의 동조를 해결해야 하며, 사용자의 편의를 위해서 센서의 소형화 및 경량화도 지속적으로 개선할 것이다.

LG전자는 5Hz GPS 센서도 제작하여 IMU 센서와 통합을 시도하고 있다. 알파인스키의 최고속도를 약 30m/sec라 한다면, 미터 수준의 GPS 정확도를 센티미터 수준으로 향상하기 위해서 최소 30Hz 이상의 GPS가 요구된다. 특히 활강(down hill) 코스는 국제스키연맹(FIS) 규정에 따르면 표고차가 800m에서 1,100m, 슬로프 연장은 3,000m, 평균 경사도는 17도 이상을 충족해야 한다[7]. 이러한 시설 기준 외에도 다양한 기술적 난이도를 갖춘 활강 코스에서 고감도 GPS를 활용하면 개최국의 이점을 이용한 선수 맞춤형 최적



〈그림 4〉 2015년 7월 평창 바이애슬론센터에서 근력활성화 측정을 위해 EMG를 부착한 모습(좌측)과 더블폴링 동작(우측)

의 코스 선정이 가능하다. 따라서 30Hz 이상 고감도 GPS와 센티미터 수준의 고정밀 GPS 센서의 개발이 알파인스키를 위해서 필요하다.

2) 크로스컨트리스키 경기

크로스컨트리스키 경주 코스는 알파인스키처럼 스키장의 슬로프에만 국한된 것이 아니고, 눈이 쌓인 오르막, 평지, 내리막 비율이 1/3씩 구성되어 있다. 선수들은 클래식과 프리 주법을 사용해야 하고, 단거리와 계주, 개인전 등 남자 6개 종목, 여자 6개 종목 등 총 12개의 종목이 진행된다. 크로스컨트리스키 장비의 경우 스키는 폭이 가늘고 가벼운 재질을 사용하며, 스키화도 일반 운동화나 등산화처럼 만들어진 거리를 주행하기에 적합하게 되어 있다. 또한 오르막 내리막 평지를 경주해야 하므로 스키폴도 매우 중요하다. 경기시간은 FIS(세계스키연맹)에서 개최하는 월드컵 대회를 기준으로 여자 10km가 20분 이상, 남자 15km는 30분 이상, 여자 30km는 1시간 이상, 남자 50km 경주는 1시간 40분 이상 소요된다. 이로 인해 체력소모가 매우 큰 경기이다. 따라서 심박수와 같은 생체 데이터가 동작 데이터와 함께 중요한 경기력 지표가 된다. 크로스컨트리스키는 여름에 롤러스키를 이용해서 클래식과 프리 주법으로 도로에서 훈련을 하므로 여름에도 연구가 가능한 종목이다. 따라서 지금까지 여름과 겨울에 두 번씩 모두 네 차례 실험을 진행할 수 있었다.

한국체대 크로스컨트리스키 선수학생들을 대상으로 12km의 장거리를 롤러스키로 질주할 때 근육의 피로와 활성 패턴, 그리고 더블폴링 동작의 운동학적 사이클 패턴을 분석하였다. 이 연구를 위해서 <그림 4>와 같이 선수들은 EMG 전극을 전신에 부착하고 더블폴링 동작을 수행하였다. 연구 결과 더블폴링의 운동학적 사이클 변인에서는 피로의 증가

에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 주행 시간의 증가에 따라 상완 삼두근과 전경골근의 피로도가 증가하였으며 근 활성도의 변화가 나타났다. 이것으로 주행 시간 증가로 인한 피로도 증가를 최소화하기 위해서 팔꿈치 신전근 및 발목의 배측굴곡의 기능을 강조한 근력 강화 전략 및 훈련방법의 중요성을 선수 및 지도자들에게 제시하였다.

그리고 알파인스키 연구결과를 기반으로 알파인스키 맞춤형으로 개발 중인 IMU 센서를 크로스컨트리스키에 적용하는 연구를 추진하였다. 앞서 실험에 참여했던 한국체대 선수 학생들과 우리나라 크로스컨트리스키 국가대표 선수를 대상으로 활강구간, 주행구간, 오르막구간에서의 동작데이터, 위치데이터, 생체 데이터를 수집하기 위해서 LG제작 IMU와 GPS 센서, 그리고 Noraxon사의 IMU센서, Zephyr사의 PPG 센서를 사용하였다. 원활한 데이터 수집을 확인한 후, 롤러스키가 아닌 실상의 훈련 상황에서 종목 맞춤형 통합 센서를 활용하여 데이터를 수집하기 위해서 <그림 5>와 같이 국가대표 선수들이 전지훈련을 하는 장소를 찾아가서 실험을 진행하였다.

두 차례 실험 후 워크숍을 개최하여 크로스컨트리스키 국가대표 선수와 지도자, 한국체대 선수학생, 그리고 연구진이 한 자리에서 그동안의 실험 결과를 함께 확인하였다. 크로스컨트리스키 현장에서 가장 필요로 하는 기술은 코스 구간별 소요 시간과 심박수를 실시간으로 선수가 확인할 수 있는 것과 이 데이터를 지도자에게 전송하여 훈련에 바로 활용하는 것이다. 지도자의 경우엔 무엇보다 실시간으로 구간별 소요 시간 측정 및 선수의 심박수와 선수 위치를 알 수 있는 모니터링 시스템을 요구했다. 이 외에 다양한 요구가 있었다. 사실 워크숍 전에 한국체대 카이스트 LG전자 연구진 모두 국가대표 선수들이 참여한 FIS 주관의 극동컵 크로스컨트리스키 국제경기를 관람하였다. 여기서 통합센서의 데



<그림 5> 2016년 8월 뉴질랜드 전지훈련 장소에서 크로스컨트리스키 국가대표 선수들이 장비를 착용하고 훈련하는 모습



〈그림 6〉 2016년 12월 평창 알펜시아리조트에서 크로스컨트리스키 국가대표 선수 및 지도자 그리고 한국체대 카이스트 LG전자 연구진이 함께한 워크숍

이더 분석을 기반으로 한 경기력 향상 지원과 선수와 지도자 간의 과학적 소통을 위한 기술 지원의 필요성을 절감했고, 이를 위한 통합센서의 경량화 및 소형화가 얼마나 중요한지 등을 미리 이해할 수 있었다.

카이스트는 이와 같은 스포츠현장의 수요를 반영하여 선수 주행을 모니터링할 수 있는 시스템을 개발 중인데, 선수 움직임의 상세 궤적, 경사도에 따른 동작 특성, 클래식과 프리스타일 주법을 자동으로 분류할 수 있는 알고리즘을 만들어 선수가 어떤 상태로 주행하고 있고 동작하는 지를 관측할 수 있도록 시스템을 개발하고 있다. 이는 실시간으로 선수 개인별 동작 특성과 페이스를 확인하는 데에도 기여할 것이다. IMU 센서에서 나오는 데이터양이 많으므로 이 데이터를 바탕으로 경기력을 판단하고 예측할 솔루션 개발도 필요하다. 다만 선수들이 필요로 하는 심박수와 위치 정보를 실시간으로 제공할 수 있는 IMU와 정밀 GPS 센서의 결합은 가능하나, 심박 센서까지 통합하는 것은 기술적으로 어려움이 있는 것이 현실이다.

3.3 '동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구'사업팀과 LG전자가 MOU 체결

2016년 12월 1일, 양재동 LG전자 센서연구소에서 '동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구' 사업팀과 LG전자가 MOU를 정식으로 체결하고 이 연구를 위해서 서로 적극 협력하기로 했다. 즉 상호 신뢰를 바탕으로 LG전자는 '동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구' 사업팀과 협력하여 향후

시장성 및 시장선도 기술에 대해 공동으로 시제품 개발에 참여한다. 그리고 '동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구' 사업팀은 스포츠 응용기술에 대해 LG전자에 관련 자료를 공유하고 응용기술 개발을 위해 상호 협력하도록 한다는 것이다. 이 자리에 한국체육대학교와 카이스트의 연구책임자 그리고 LG전자 센서연구소 소장 및 연구진 등이 참여하였다. 이로써 공동 연구추진에 대한 기본적인 합의와 공동협력의 정신을 확인하였다.

4. 향후 연구 방향

알파인스키의 경기력 향상을 위해서는 지금까지 1개 채널의 IMU 센서와 GPS 센서를 연계한 통합센서를 개발하여 연구를 추진해왔다. 연구 과정에서 하체의 동작분석이 가능한 3개 채널의 IMU 센서가 필요하다는 스포츠현장의 의견을 반영하여 분석 소프트웨어의 개발을 진행할 계획이다. 또한 활강이나 수퍼대회전 같이 빠른 스피드로 움직이는 선수의 이동궤적을 추적하기 위한 30Hz 이상의 데이터 수신이 가능한 고감도 GPS 센서 개발도 필요하고, IMU 센서와 고감도 GPS 센서를 연계한 통합센서의 개발과 소프트웨어 개발도 진행되어야 한다.

크로스컨트리스키의 경기력 향상을 위해서 1개 채널의 IMU 센서와 5Hz GPS 센서를 연계한 통합센서, 그리고 심박수 측정을 위한 상용 PPG 센서로 연구를 추진해 왔다. 앞으로는 3개 채널의 IMU 센서와 GPS 센서 그리고 PPG 센서 등 3개의 센서를 연계한 통합센서를 개발하고, 실시간으로 선수들의 상



〈그림 4〉 2015년 7월 평창 바이애슬론센터에서 근력활성화 측정을 위해 EMG를 부착한 모습(좌측)과 더블폴링 동작(우측)

태를 확인할 수 있는 모니터링 시스템 구축도 필요하다. 현재 스포츠현장에서 원하는 크로스컨트리스키 맞춤형 기술은 코스 구간별 소요시간과 심박수를 실시간으로 확인하고 전송하여 지도자가 훈련에 바로 활용하는 것이다.

이와 같은 통합센서는 스노보드, 스키점프 등 대부분의 스키 종목에서 동작을 분석하고 이동궤적을 분석하는데 사용 가능하다. 예를 들어 활강하는 동안 최고 맥박, 1분간 심박수와 같은 정보를 통해 체력의 최적화를 선수들에게 제공할 수 있다. 스키장비에 센서를 부착하게 되면 스노보드 등 대부분의 알파인스키 세부종목에 센서를 활용할 수 있을 것이다. 스키에 센서를 붙이면 압력, 앵글 등의 정보를 통해 선수의 동작을 평가할 수 있다. 스키 부츠 안에 족저압 센서를 넣는 것보다 스키에 센서를 부착하는 방법이 훨씬 바람직하다. 특히 스키 주행 궤적에 대한 GPS 정보는 방송 해설에도 도움을 줄 수 있는데, 경기 전 코스를 설명할 때도 유용하다. 연구결과를 평창동계올림픽 해설에 적용할 수 있다면 이는 이 연구의 큰 성과가 될 것이다.

향후 이 연구는 측정 시스템의 소형화 경량화 및 단순화하기 위해 지속적으로 노력할 것이며, 실시간 분석프로그램의 개발도 추진할 것이다. 또한 경기력 정보를 다각적으로 접근하기 위해서는 센서의 효율성을 높이는 것이 중요하다. 따라서 스포츠 분야의 활용성을 보다 높이기 위해서 이 연구의 결과물을 어느 정도까지 제시되어야 하는지를 고려하여 수행 할 것이다. 또한 센서에 대한 신뢰성과 효율성을 지속적으로 높이는 방안도 모색할 것이다.

미래부는 평창 동계올림픽의 성공 개최를 위해서 '세계를 선도하는 첨단 K-ICT 올림픽'이라는 비전을 세우고 한국정보화진흥원과 함께 평창 ICT 5대 기술을 선정했다. 즉 주요지역에

5G 시범망 구축과 이를 통한 표준화 선점, 사물인터넷(IoT) 기반 개인 맞춤형 서비스 제공, 세계최초 감동의 UHD 중계 서비스, 언어통번역 서비스 등 똑똑한 올림픽 구현을 위한 인공지능(AI), 즐기는 올림픽 구현을 위한 가상현실(VR) 등 5개 분야를 지원한다[5].

올림픽에서는 무엇보다 선수의 경기력이 중요하다. 그래서 미래부는 평창 ICT 동계올림픽에서 IoT와 빅데이터, 클라우드 등의 ICT 기술을 적용하여 경기력을 관리하고 선수마다 맞춤형 트레이닝을 가능케 하는 경기력 향상 서비스를 제공할 계획이다[4]. 미래부 사업으로 '동계스포츠 과학화 기반조성 융합연구 사업'이 바로 선수나 지도자가 활용할 수 있는 다양한 트레이닝 웨어러블 중 종목 맞춤형 통합센서를 제작하고, 이를 활용하여 선수의 동작과 생체 데이터를 모니터링하고 훈련 데이터를 분석하여 경기력 향상을 지원하는 것이다. 그리고 훈련과 경기 과정을 통해 발생하는 빅데이터를 수집하고 분석하여 체계적인 선수 관리는 물론 과학적인 경기전략 수립을 지원하고 있다.

마지막으로 스포츠와 과학기술의 융합은 서로 다른 분야의 통합이 아니라, 질문의 공유이다. 결국 근본적으로 같은 질문을 서로가 다른 분야에서 던지고 있었다는 사실을 발견하는 순간 융합은 비로소 시작된다. 따라서 융합은 사람의 융합이며, 단지 지식이나 기술을 섞는 것으로 진행할 수 없다. 융합의 성공은 서로 다른 관심, 서로 다른 문화와 언어를 사용하는 사람들의 만남을 잘 주선하고 이런 만남을 통해서 다수에게 의미 있는 결과를 만들어 내는 것이다. 궁극적으로 모든 연구목적은 결국 세상을, 모두가 행복한 곳으로 바꾸어 가는 것이라고 생각한다. 

참 고 문 헌

- [1] 고용노동부(2015), 융·복합 스포츠산업 육성 사업 고용영향평가 연구.
- [2] 대한스키협회 http://ski.sportal.or.kr/sportal.do?menu_id=0202000000&club_sport=014.
- [3] 문체부 보도자료(2017), 정부, 2018 평창동계올림픽 경기력향상지원단 출범 https://www.mcst.go.kr/web/s_notice/press/pressView.jsp?pSeq=15863
- [4] 미래부 뉴스·알림(2015), 세계를 선도하는 K-ICT 기술과 올림픽의 만남, 평창 ICT 올림픽 추진 <http://www.msip.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=mssw313&artId=1285241>
- [5] 미래부 보도자료(2016), 대한민국 ICT, 미래 성장의 주력 인프라로 거듭난다
- [6] 베프리포트(2017), <http://www.beffreport.com/news/articleView.html?idxno=20140>
- [7] 에스비에스 뉴스(2014), 평창올림픽 활강 사상 최초 야간 경기 http://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1002548475.

- [8] 환경신문(2017), <http://www.fksm.co.kr/news/view.php?idx=7715&mcode=m70izyi>.

■ 약 력 | 김 혜 영

□ 학 력

- 1983년 이화여자대학교 물리학과 이학사
- 1985년 이화여자대학교 대학원 물리학과 이학석사
- 1994년 이화여자대학교 대학원 물리학과 이학박사

□ 경 력

- 1995년~현재 한국체육대학교 교양과정부 교수
- 2001년~2002년 미국 버클리소재 캘리포니아대학교 기계공학과 방문교수

□ 관 심 분 야

- 스포츠와 과학기술의 융합연구
- 스포츠 종목별 경기력향상 요인 분석
- 교양기초교육으로 과학교육



스포츠 애널리틱스

- 산업공학의 새로운 기회



장영재 · KAIST 산업및시스템공학과 교수

1. 개요

스포츠 경기와 운영에서 생성되는 다양한 데이터를 기반으로 경기력을 향상시키고 운영을 효율화 하는 일련의 기술과 방식을 포괄적으로 스포츠 애널리틱스(Sports Analytics)라 한다[1]. 기존 비즈니스 애널리틱스(Business Analytics)에서 정의된 애널리틱스의 기반 기술인 데이터 수집, 데이터 분석, 데이터 기반 의사결정이 최근 스포츠 분야에도 적용이 되며 그 효용성이 입증되고 있다. 본 글에서는 전통적인 스포츠 과학 분야와 스포츠 애널리틱스의 차별점을 소개하고 스포츠 애널리틱스의 기술적 요소를 기존 연구를 통해 설명한다. 또한 스포츠 애널리틱스의 기술과 방법이 기존 산업공학에서 활용하는 방법론과의 유사점함을 기존 소개된 연구를 통해 독자들에게 전달한다. 마지막으로 스포츠 애널리틱스는 산업공학의 새로운 도전의 기회임을 역설한다.

2. 스포츠 애널리틱스(Analytics)

미국 뱀슨대학(Babson College)의 교수이자 하버드(Harvard University)의 객원 교수였던 Thomas Davenport가 Competing on Analytics란 단행본('분석으로 경쟁하라'란 제목으로 국내 번역서가 출시 되었음, 2007년) 애널리틱스란 단어가 통용되기 시작하였다[2, 3].

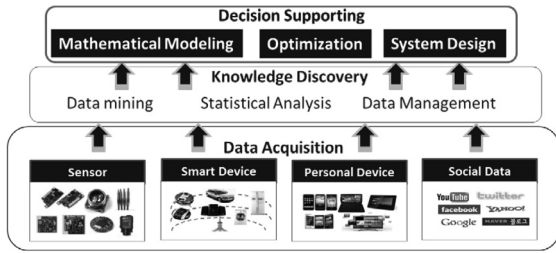
데이브포트 교수가 칭한 '애널리틱스'란 비즈니스 운영에서 대용량 데이터를 기반으로 새로운 인사이트를 찾고 이를 기반으로 실제 운영에서의 최적의 의사결정 도출하여 기업의 경쟁력을 높인다는 의미이다[2]. 기존의 일반적인 통계와 애널리틱스가 차별을 두는 점은 기존 비즈니스 영역에서의 통계는 일종의 백오피스(back office)의 분석 지원을 통한 간접

적인 운영의 의미였다면 애널리틱스는 통계/컴퓨터공학 심지어 인공지능 이론과 같은 당시 공학에서만 활용되는 고도의 알고리즘을 통해 실제 기업의 운영에 직접 개입하여 매출을 증대한다는 개념이다[2, 3].

아마존닷컴(amazon.com)의 고객 상품 구매 패턴을 기반으로 개개인 고객에 맞춘 실시간 광고를 제공하는 것과 같이 실제 데이터를 실시간으로 분석하여 수 백만 수 천만 상품과 고객을 매칭하고 이윤을 극대화 할 수 있는 상품을 실시간으로 선별해서 제공하는 것이 애널리틱스의 대표적인 예라 하겠다[2, 3].

즉, 과거 비즈니스 현장에서의 통계는 매출 트렌드 파악이나 시장 조사와 같이 과거 데이터 기반 분석을 통해 거시적인 큰 그림을 분석하여 의사결정자가 더 나은 의사결정을 내리도록 지원하는 형태에 집중했다면 애널리틱스는 실시간으로 수집되는 데이터를 통해 가격을 결정하고, 쿠폰 할인율을 판단하고, 심지어 제품을 특정 고객에게 판매하는 것까지 결정하는 실시간성, 최적화 기반의 의사결정, 그리고 직접적인 결과 도출이란 특징으로 차별화 될 수 있다[2, 3]. 이러한 기술적 결과 도출을 위해서는 통계 기술 뿐만아닌 실시간 데이터 저장 처리와 같은 데이터베이스 및 IT기술 그리고 최적화 기술 더 나아가 인공지능(Artificial Intelligent-AI)과 같은 기술이 함께 고려되어야 한다. 2000년대 후반을 거치며 이러한 애널리틱스는 기업이 당연히 갖추어야 할 기술력으로 인식되면서 동시에 데이터에 대한 새로운 가치에 기업들이 눈을 뜨게 되었다. '빅데이터'란 단어가 기술 업계뿐만 아닌 비즈니스 업계에 큰 화두가 된 이유이기도 하다.

이러한 애널리틱스의 개념을 스포츠에 도입하는 것을 '스포츠 애널리틱스'라 한다. 스포츠 애널리틱스란 단어가 구체화 된 것은 2006년 MIT의 경영대학원인 슬론(Sloan



〈그림 1〉 애널리틱스 기본 기술 프레임

Shool of Management)에서 MIT Sloan Sports Analytics Conference 를 개최하면서 부터다[1, 4]. 당시 스포츠에 관심이 많은 슬론스쿨 학생들과 공학도들이 함께 모여 데이터 기반의 스포츠 과학 학회를 설립하며 그 명칭을 '스포츠 애널리틱스'라 정했다. 이 학회가 불과 10여년 만에 스포츠 관련 세계 최대 학회로 성장하면서 스포츠 애널리틱스 용어도 함께 보편화 되기 시작하였다[5].

물론 스포츠 애널리틱스는 기존 스포츠 과학 연구에서 다루던 분야를 포함하고 있지만 이와함께 스포츠 분야 비즈니스 운영과 매니지먼트까지 포괄하고 있고 기술적인 면에서도 IT, 경영과학(Operations Research-OR), AI 분야도 함께 포괄하는 점에서 좀더 큰 의미의 개념을 내재하고있다 할 수 있다.

스포츠 애널리틱스가 단순히 기존 비즈니스 영역에서 통용된 애널리틱스란 단어를 차용한 것만은 아니다. 비즈니스 영역에서 정의한 애널리틱스의 기술적 프레임은 〈그림 1〉과 같이 다음 세가지로 정의될 수 있다. 우선 생성되는 데이터를 실시간으로 수집하고 이를 효율적으로 모으는 '데이터 수집(Data Acquisition) 기술', 수집된 데이터를 데이터 마이닝(Data Mining)이나 전통적인 통계 방식으로 분석하여 새로운 인사이트를 찾는 '데이터 분석 기술' or '지식의 발견(Knowledge Discovery) 기술' 그리고 마지막으로 데이터 분석을 기반으로 구체적인 최적의 의사결정을 내리는 '의사결정(Decision Making or Decision Supporting) 기술'로 분류할 수 있다[6].

3. 스포츠 과학 vs 스포츠 애널리틱스

학문의 영역이 파괴되고 새로운 학문이 다른 학문과 융합하여 탄생하는 시대에 기술적 범주를 정의하는 것은 그리 큰 의미는 없다 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 스포츠 애널리틱

스를 언급할때 많은 연구자들은 기존 스포츠 과학과의 차별점에 의문을 제기한다. 그럼 기존 스포츠 과학과의 차별점은 무엇일까?

일반적으로 스포츠 과학에서의 대표적인 연구 영역은 기계공학을 기반으로한 스포츠 인체 역학과, 기계/재료공학 기반으로 스포츠 용품의 혁신을 도모하는 스포츠 기구 연구, 심리학 기반의 스포츠 심리학, 몸의 생리적 반응에 집중된 스포츠 생리학, 그리고 기타 스포츠 의학/영양학 등으로 나눈다. 즉 운동 선수와 선수가 사용하는 장비 그리고 선수의 심리와 의학 상태를 다루는 연구로 요약할 수 있다. 이러한 주류 연구에 비해 상대적으로 연구가 진행되지 않은 분야가 바로 스포츠의 의사결정 분야다.

비즈니스 운영과 마찬가지로 운동선수가 경기에 임할때 혹은 감독이 경기를 지휘할때는 끊임없는 의사결정을 요구한다. 마라톤 선수가 언제쯤 최후의 역주(sprint)를 해야할지, 야구 감독이 언제 투수를 교체할지와 같은 경기중의 의사결정에서부터, 어떤 선수를 영입해야 팀 전력을 향상 시킬 수 있는가와 같은 장기적이며 전략적인 의사결정이 항상 요구된다. 그러나 의사결정이 전체 스포츠 경기의 운영과 경기력 향상에 핵심적인 역할임에도 불구하고 과거 연구의 주류를 형성하지 못한 이유는 데이터의 부재, 현실적인 적용의 한계, 그리고 스포츠 전문가들의 인식 부재등으로 요약될 수 있다. 하지만 IT기술과 센서 기술의 발전, 의사결정 기술의 고도화 등 최근 몇년간의 기술적 진보로 인해 데이터 기반 의사결정 영역이 확대되기 시작하면서 스포츠 애널리틱스 분야가 확대되기 시작하였다.

스포츠 애널리틱스가 단지 데이터 분석을 통한 의사결정에만 제한된 것은 아니다. 최근들어 급속한 성장을 형성한 웨어러블 기기와 클라우드 컴퓨팅으로 신체 운동량, 심박수와 같은 기존 스포츠 역학이나 생리학의 데이터가 실시간으로 분석되기 시작하면서 기존 학문들과 융합하여 새로운 영역이 창조되고 있다. 그리고 기존 애널리틱스에서 다루던 비즈니스 운영 최적화 개념과 기타 방법론들이 스포츠 운영에 적용되면서 스포츠 애널리틱스는 단지 스포츠 게임 운영뿐만 아닌 비즈니스 운영의 확장된 의미로 정의되고 있다[7].

이처럼 스포츠 애널리틱스는 기존 스포츠 과학에서 핵심적으로 다루지 않았던 스포츠의 의사결정 영역에서 시작되었지만 그 영역이 기존 스포츠 과학에서 다루던 영역으로 확대되고 있으면 또한 기존 스포츠 과학에서 다루지 않았던 비즈니스 분야에서도 활용되고 있다.

4. 스포츠의 의사결정

이러한 의사결정은 기존 경영과학(OR)에서 다루던 의사결정 문제와 동일한 특징을 가지고 있다. 특정 의사결정은 늘 trade-off한 상황을 가지고 있다. 제한된 리소스로 하나를 선택하면 다른 하나를 포기할 수 밖에 없는 구조이다. 야구 구단이 이번 시즌 선수 영입을 위해 10억의 예산을 책정했다면 결국 10억의 예산내에서 최적의 영입 선수를 골라야 한다. OR에서의 전형적인 자원배분(resource allocation) 문제라 할 수 있다. 마라톤 선수가 역주를 한다는 것은 몸에 잔존한 에너지를 미래가 아닌 현재 소진하겠다는 의미이다. 미래와 현재의 trade off라 할 수 있다. 시간(stage)와 현재 상태(state)에 따라 의사결정을 내리는 OR의 전형적인 동적 최적화(Dynamic Programming)로 모델이 가능하다.

콜럼비아 대학(Columbia University) 산업공학과와 마크 브로디(Mark Broadie) 교수는 그의 책 Every Shot Count 에서 골프를 추계적 동적 최적화 모델(Stochastic Dynamic Programming)로 설명하고 있다[8]. 각 홀별로 어떤 클럽을 사용해야 할지는 단계(Stage)에 대한 의사결정이고 긴 클럽은 긴 거리로 공을 보낼 수 있지만 대신 정확도가 떨어지는 리스크를 안고 있어 상황에 따른 의사결정이 필요하다 역설하고 있다 (그 역시 그의 책에서 골프의 의사결정에 대한 중요성을 강조하고 있으며 동시에 이러한 인식의 부재를 언급하고 있다).

즉, 판단이나 결정에 대한 기대 득실이 존재한다. 하지만 이와 동시에 이러한 결정이 어떤 결과를 도출할지는 장담하기 어렵단 문제도 함께 가지고 있다. 특정 선수를 이번 시즌에 영입 하더라도 선수들이 기대만큼 성적을 낼지는 불확실하다. 마라톤 선수가 마지막 역주를 해서 선두로 나섰지만 현재의 선두가 도착점까지 유지될 수 있을지는 미지수다. 전성기 시절 평소 연습에서는 7번 클럽으로 170m를 오차 +/- 3m 범위로 보낼 수 있는 타이거 우즈라도 시합중 100% 확신을 가지고 7번 클럽을 휘두르지는 않는다. 이처럼 선택에 대한 trade-off와 불확실성을 고려한 의사결정 문제는 OR에서 다루는 문제의 핵심 유형이다. 즉, OR에서 다루는 모델링과 풀이 기법이 실제 스포츠 문제로 적용할 수 있는 사례는 무궁무진하다.

그렇다면 이런 의사결정을 어떻게 활용할 수 있을까? 야구장에서 자원배분 문제를 풀거나 골프 경기중 추계적 최적화 문제를 풀어 결정을 내리는 것은 현실적으로 불가능하다. 하지만 실제 스포츠 연습에 이러한 방식을 적용하는 훈련은 가능하다. 마라톤이나 사이클 경기와 같이 코스의 구배(road gradient)나 코스환경을 사전에 파악할 수 있는 경기는 경기에 임하기 전 사전 작전 도출이 가능하다. 마라톤 선수의 최대 산소 섭취량이나 근육 회복력등의 신체 정보와 마라톤 코스의 구배 경사 정보를 기반으로 어떤 코스에 어떤 속도를 내는 것이 선수의 최대 역량을 낼 수 있는 작전인지 사전에 파악 가능하고 이를 반복 훈련하여 실전에 활용 가능하다[9][10][11].

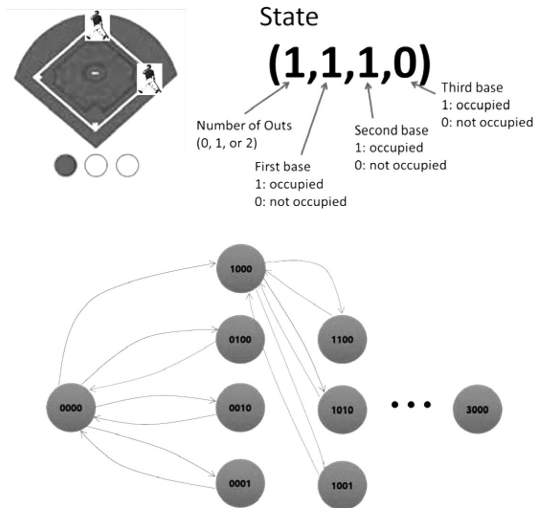
저자가 현재 참여하는 크로스 컨트리 스키(Cross-country ski) 연구에서 이와 유사한 연구를 진행 중에 있다.¹⁾ 장거리 코스 경기로 시간을 다투는 크로스컨트리 경기는 코스의 환경이 실제 운동량에 직접적인 영향을 주는 경기다. 그리고 다양한 주법이 존재해서 코스와 상황에 따라 어떤 주법을 사용해야 할 것인지의 의사결정이 필요하다. 코스 정보는 정밀 GIS 정보와 측량으로 가능하고 선수별 주행에 따른 에너지 활용은 운동역학 모델로 산출이 가능하다. 이러한 모델을 추계적 최적화 및 Approximate DP 방식을 활용해 실제 선수 훈련에 제시하는 연구를 진행 중에 있다. 이러한 스키 연구 작전 최적화 연구의 선행 연구로는 [12]를 들 수 있다.

5. 새로운 인사이트 발견

데이터 기반 연구의 가장 핵심은 실질적인 의사결정 할 수 있는 방법론 및 알고리즘 제시와 더불어 새로운 인사이트(insight)를 제시하는 것이다. 이러한 인사이트는 기존 상식에 대해 과학적 근거를 제시하거나 반대로 상식과 반하는 결과와 그 이유를 제시하는 경우도 있다.

야구의 세이버메트릭스(Sabermetrics)가 야구 매니아들만의 숫자 놀음이 아닌 실제 현장의 도구로 활용될 수 있는 개기가 된 것은 메이저리그 최저 팀 연봉으로 2001년 포스트시즌 진출에 성공한 미국 오클랜드 A's가 성공 스토리다[13]. 당시 오클랜드 A's의 부감독(assistant general manager) 폴 디포데스타(Paul DePodesta)는 기존 통념으로 여겨졌던 타

1) 미래부스포츠 융합연구 1단계 (2014~2017) - 동계 스포츠 설상종목 작전최적화, (한국체육대학교 김혜영, 장영재)



〈그림 2〉 마코프 모델 상태(state)정의(상단), 마코프 모델 전이예(하단)

올기반 평가보다 출루율 진출이 더욱 효용이 있던 사실을 발견하였다. 하바드 대학의 칼 모리스(Carl Morris) 교수는 마코프 모델을 기반으로 야구를 모델링하여 메이저리그 야구에서는 번트가 그리 효용이 있는 작전이 아님을 결론 내었다[14]. 구체적으로 〈그림 2〉와 같이 마코프 모델과 같이 각 상황을 분절된 상태(state)형태로 표현 가능하다. 각 상태는 4개의 수로 구별되는데 첫번째 수는 아웃카운트, 그리고 두번째부터 네번째 수는 각 1루, 2루, 3루 진출 여부를 각각 2진수로 표현하여 진출의 경우 1 진출하여 있지 않을 경우 0으로 표현한다. 예를들어 (1,1,1,0)은 1아웃에 1루와 2루에 주자가 있고, 3루에는 주자가 없다는 형태가 된다(그림 2). 이러한 방식으로 총 24개의 상태 ($3 \times 2 \times 2 \times 2$)에다 3아웃 상황을 표현하는 하나의 상태를 추가하면 총 25개의 상태로 모든 야구 상황 표현이 가능하다.

각 상태들 사이 전이(transition)는 과거 통계로 추정한다. 간략한 예로 한화가 2017년 시즌에서 1사 1루에서(1,1,0,0) 상황을 총 100번 맞았는데 이들 중 1사 1루와 2루 진출(1,1,1,0)상황으로 전개된 경우가 20번이라면 전이 확률은 0.2가 된다. 이러한 전이 확률은 팀별 혹은 전체 시즌별 혹은 특정 투수나 선수별로 마코프 모델에 따라 다르게 정의 할 수 있다.

이러한 마코프 모델의 흥미로운 점은 각 전이 상황에 따라 점수를 함께 파악할 수 있다는 점이다. 예를들어(0,1,0,0)에서 다음 전이가(0,0,0,0)이 일어난다면 이는 타자가 홈

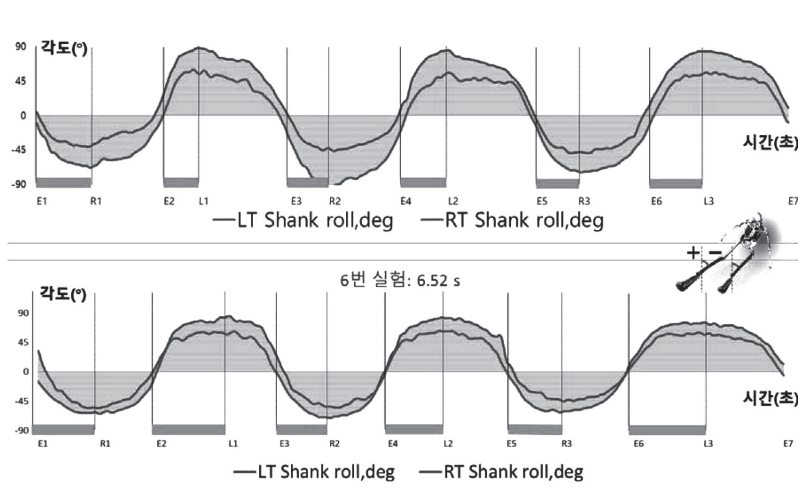
런을 쳐서 2점 득점을 했다는 의미이다(Bukiet et al.,의 Operations Research 게재된 논문[15]는 이러한 마코프 모델의 정의와 점수의 상관관계를 분석하여 효율적인 연산을 가능하게 한 방식을 제시하고 있다). 칼 모리스 교수를 비롯한 많은 연구자들이 이러한 마코프 모델을 기반으로 번트나 도루의 효용과 같은 운영상의 인사이트 도출의 기본 모델로 활용하고 있다[15].

6. 새로운 데이터 수집과 분석

위에서 설명한 의사결정과 인사이트 도출의 시작점은 바로 데이터다. 과거 몇년 전까지만도 분석 가능한 데이터는 경기 중 기록원이 기록지 데이터가 전부였다. 하지만 야구와 같이 분절된 경기의 경우 기록 수집이 상대적으로 용이할 수 있지만 축구와 같이 지속적으로 진행되는 경기는 경기 중 진행되는 상황을 수치화하여 기록하기는 쉽지 않다. 그리고 야구와 같이 분절된 경기라 하더라도 각 경기중 진행되는 세부적인 데이터를 수집하는 것도 한계가 있었다. 예를 들어 타자가 특정 투수를 맞아 2 스트라이크 이후 2루타를 안타를 쳤다면 것을 수치화 할 수 있지만, 타자에게 어떤 구질의 공이 들어왔을 때 타격을 해서 안타가 되었는지, 2루타가 된 공이 어디에 떨어졌는지 그리고 그 상황에서 수비수의 위치를 수치화 하는 것은 쉽지 않다.

하지만 최근들어 화상 영상기술과 센서 기술의 발달로 경기 중 과거 수집이 불가능 했던 정보가 데이터화 되고 있다. 불과 10년전 가속센서(accelerometer)와 자이로센서(gyro sensor)를 통합한 Inertial Motion Unit(IMU) 센서는 군사 목적이나 정밀 계측 장비에만 제한적으로 활용이 되었다. 하지만 최근 모든 스마트폰에 IMU 센서가 장착되며 시장의 대중화를 통해 급격한 가격 하락이 이뤄졌다. 이러한 센서의 핵심 기술인 마이크로 전자기계시스템(Micro-electromechanical systems - MEMS)기술의 발달로 IMU센서의 정밀화와 초소형화가 가능해져 대형 장비 모션 분석에 활용되던 센서가 인체 모션 움직임에도활용 가능해 졌다.

이러한 센서 기술의 발전은 새로운 연구 영역을 창조하고 있다. 예를들어 알파인 스키와 같이 넓은 열악한 외부 환경(저온의 급경사 및 직사광선 노출)에서 스키 선수의 동작 분석을 위한 신체 움직임 데이터를 구하는 것은 몇 년전 까지만 해도 불가능했다. 오직 가능한 방법은 특정 장소에 고속 카메라를 설치해 동작을 녹화하여 영상분석을 통한 데이터 수집



〈그림 3〉 허리턴과 턴 속도와 의 상관관계 분석

이었다. 그러나 3차원 동작을 2차원으로 분석하는 영상 분석의 한계로 정밀 분석은 어렵고 특정 장소동작 분석만이 가능해 활강 전체의 동작 분석은 불가능했다. 하지만 IMU 센서의 소형화 및 고도화로 실제 선수의 몸에 센서를 부착해 전체 활강 데이터를 수집할 수 있게 이르렀다. 이러한 데이터 수집으로 과거 스키 이론의 가설을 검증하거나 새로운 가설을 제시하는 등 스키 연구의 새로운 장이 열리고 있다.

〈그림 3〉은 저자가 진행중인 스키 연구 중의 하나로 스키 선수 전신에 IMU 센서를 부착한 사진이다. 본 연구를 통해 알파인 스키 회전시 허리가 먼저 돌아가면 회전 속도 감속이 나타날 수 있다는 가설을 처음으로 데이터를 통해 증명하기도 했다[16].

새로운 센서 개발이 새로운 연구 영역을 창출하는 것은 여러 스포츠 분야에서 찾을 수 있다. 앞에 의사결정 분야에서 언급한 마라톤 및 사이클 경기의 페이스팅(pacing) 문제도 센서의 발달로 가능해 졌다. 가슴에 거치하는 정밀 심박센서로 실전과 같은 훈련경기에서도 심박 측정이 가능해 졌고 초소형 GPS와 스프린터용 IMU 센서로 보폭의 길이나 보폭수 그리고 정확한 위치 정보를 기반으로 한 속도 측정이 가능하다 [16].

지난 2014년 월드컵 우승한 독일 축구 대표팀의 경우도 세계적인 ERP 기업인 SAP에서 개발된 센서와 분석 시스템을 통해 축구 선수들의 훈련경기중 이동 위치와 방향 그리고 심박수를 측정하여 작전 설계에 활용하였다[17]. 그리고 이러한 데이터는 현대 축구의 새로운 장을 열고 있다. 이미 미국

PGA 골프에서는 2000년대 부터 레이저 거리 측정기로 모든 PGA 경기에서 공의 착지 지점을 수집하고 있다[8]. 이러한 데이터를 기반으로 각 선수의 비거리와 경기력을 평가하고 있다. 여기에 더 나아가 최근에는 레이더 기술을 적용한 센서로 티샷한 공을 실시간으로 추적하여 공의 착지 지점뿐만 아닌 패적(trajjectory) 데이터까지 수집하고 있다. 이러한 데이터는 골프 스윙 자세나 골프 클럽 개발에 활용되고 있다.

7. 데이터 분석 패러다임의 변화

기존 스포츠 데이터 분석은 기록지 위주의 정적인 데이터나 수치화 하기 쉬운 데이터를 대상으로 한 분석이었다면, 최근 데이터 분석은 실제 경기나 훈련중에 수집한 데이터 분석으로 그 패러다임이 변화 하고 있다.

〈그림 4〉는 기존 데이터 개념과 최근 데이터 개념의 차별점을 설명하고 있다. 첫 번째 그림은 과거 데이터 분석의 패러다임이다. 과거에는 데이터 측정을 위해서는 별도로 사람을 섭외(소수의 샘플)하고 특정한 날에 셋팅을해서 데이터를 수집해야 했다. 즉, 데이터 수집을 위한 별도의 작업과 노력이 필요했다. 그만큼 많은 시간과 노력의 투자가 필요했다. 이렇게 수집된 데이터이다보니 데이터 하나하나의 정확도가 중요하고 이러한 데이터가 전체를 대변해 줄 수 있을지에 대한 검증이 필요했다. 야구도 기록지 데이터도 마찬가지다. 수많은 다양한 상황이 단순히 1루타 2루타 등과 같이 단순화되고 추상화 된 결과만을 기록할 수 밖에 없기에 기록지 데이



〈그림 4〉 데이터 취합과 분석의 새로운 패러다임

터만으로 그 원인을 분석하는데는 한계가 있다.

〈그림 4〉의 오른쪽은 최근 데이터 분석의 개념을 설명하고 있다. 〈그림 4〉에서의 사진은 2014년 독일 월드컵팀의 빅데이터 솔루션을 보여주고 있다. 데이터 수집을 위해 다른 특별한 셋팅을 한 것이 아닌 통상 훈련이나 경기중에 실제 훈련 및 실전 데이터를 수집하여 분석한 것이다. 이 경우 앞의 개념과 달리 엄청난 많은 데이터를 수집하게 된다. 하지만 실시간으로 유입되고 데이터 수집을 위한 특수한 환경에서 수집되지 않다 보니 데이터의 품질은 떨어질 수 밖에 없다. 하지만 실전에서의 상황을 수집한다는 것 자체는 새로운 가치를 부여하게 된다. 이처럼 기존 데이터 수집에서 분석 자체가 다르다 할 수 있다. 이러한 두 개념을 두고 어떤 방식이 더 좋다 나쁘다 판단하는 것은 바람직하지 않다. 개념이 다르고 추구하는 가치가 다르기 때문이다. 중요한 것은 과거에는 데이터 수집을 위해서는 특수한 환경과 셋팅의 노력이 필요했지만 이제는 일상적인 훈련과 경기에서 실제 데이터를 수집할 수 있다는 점이다.

8. 데이터 분석 패러다임의 변화

스포츠 애널리틱스는 센서기술, 데이터 분석기술, 의사결정기술의 집합체다. 필자와 카이스트 연구진이 지난 3년간 스포츠 애널리틱스를 연구하며 발견한 점은 세 가지로 요약할 수 있다. 첫 번째는 통합적(holistic)인 방식의 연구다. 애널리틱스의 세 가지 기술적 요소 전체가 함께 다뤄져야 실질적인 결과를 도출할 수 있다는 점이다. 예를들어 의사결정을 위한 최적화 모델을 설계할때 센서에 입력된 값이 어떻게 수집되어 들어오는지 이해하지 못하면 실제 효과적인 모델을 설정하기 어렵다. 센서 데이터 수집 및 분석을 위한 연구도 수집된 데이터가 어떻게 활용될지

어떻게 의사결정 단계로 연결될지 모델과 알고리즘을 이해할 필요가 있다. 센서의 하드웨어 그리고 시그널 분석, 그리고 통계/데이터 마이닝기법 최적화 및 기타 AI기법들에 대한 연구가 함께 통합적으로 이뤄져야 한다.

두 번째는 산업공학의 기회이다. 의사결정과 데이터 분석은 전통적인 산업공학의 영역이었다. 여기에 최근 IoT를 필두로한 대용량 센서 데이터 연구 분야도 산업공학의 새로운 영역으로 확장 중이다. 무엇보다도 산업공학의 전통적인 영역이었던 인간공학은 스포츠 운동분석의 기반 기술로 활용될 수 있다. 더구나 최근 산업공학에서도 활발히 연구되는 강화학습(Reinforcement Learning), 딥러닝(Deep Learning), 뉴로 동적계획법(Neuro Dynamic Programming)과 같은 AI기술은 스포츠 분야에 다양히 적용될 수 있다. 제조 영역에서 탄생한 산업공학은 이후 서비스 분야로 확대되어 그 영역을 넓혀가고 있다. 스포츠 애널리틱스는 산업공학이 도전을 고민해 볼 때다.

마지막으로 스포츠 애널리틱스는 그 주제 자체만으로 좋은 연구 주제이지만 산업공학 교육에서도 효과적으로 활용 가능하다. 이미 해외 대학에서는 산업공학 핵심 기술인 통계, 최적화, 확률 모델링을 가르칠 때 스포츠를 수업 예제로 많이 다루고 있다. INFORMS Manufacturing & Science Operations Management(MS&OM)의 과거 편집장이자 MIT의 Global Operations Program 책임자인 스티브 그레이브즈(Steve Graves) 교수는 Optimization Modeling 수업에서 늘 자신의 Interfaces 논문에 게재된 골프 관련 논문을 언급한다. MIT의 벌치마스(Bertsimas) 교수는 대학원 최적화 수업에서 야구 최적화 모델로 그 효용성을 설명하곤 한다. 그리고 조지아텍(Georgia Tech) 산업공학과에서는 실제 스포츠 애널리틱스 과목을 따로 개설하기도 하였다[18]. 이

미 OR과 통계에서 다양한 스포츠 문제를 통한 교육효과를 높이는 다양한 시도가 진행되고 있다. 이러한 새로운 도전을 국내에서도 체계적으로 시도해 볼 때다. **이재만**

참 고 문 헌

- [1] Fry, Michael J., and Jeffrey W. Ohlmann. "Introduction to the special issue on analytics in sports, part I : General sports applications." (2012), 105-108.
- [2] Davenport, Thomas H., "Competing on analytics." *harvard business review* 84.1 (2006), 98.
- [3] Brynjolfsson, Erik, Yu Jeffrey Hu, and Mohammad S. Rahman. "Competing in the age of omnichannel retailing." *MIT Sloan Management Review* 54.4 (2013), 23.
- [4] MIT Sloan Sports Analytics, URL : <http://www.sloansportsconference.com/>.
- [5] Forbes "10 Things To Know About 10th MIT Sloan Sports Analytics Conference," URL : <https://www.forbes.com/sites/richcampbell/2016/03/10/10-things-to-know-about-10th-mit-sloan-sports-analytics-conference/#f32d8c255cf4>.
- [6] Forbes "10 Things To Know About 10th MIT Sloan Sports Analytics Conference," URL : <https://www.forbes.com/sites/richcampbell/2016/03/10/10-things-to-know-about-10th-mit-sloan-sports-analytics-conference/#f32d8c255cf4>.
- [7] Fry, Michael J., and Jeffrey W. Ohlmann. "Introduction to the special issue on analytics in sports, Part II : Sports scheduling applications." (2012): 229-231.
- [8] Broadie, Mark. *Every Shot Counts: Using the Revolutionary Strokes Gained Approach to Improve Your Golf Performance and Strategy*. Avery, 2014.
- [9] Bolger, Conor M., et al., "Speed and Heart-Rate Profiles in Skating and Classical Cross-Country-Skiing Competitions." *International journal of sports physiology and performance* 10.7 (2015): 873-880.
- [10] Fayazi, S. Alireza, et al., "Optimal pacing in a cycling time-trial considering cyclist's fatigue dynamics." *American Control Conference (ACC)*, 2013. IEEE, 2013.
- [11] Billat, Véronique, et al., "Differential modeling of anaerobic and aerobic metabolism in the 800-m and 1,500-m run." *Journal of Applied Physiology* 107.2 (2009): 478-487.
- [12] Debski, Roman, "High-performance simulation-based algorithms for an alpine ski racer's trajectory optimization in heterogeneous computer systems." *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science* 24.3 (2014): 551-566.
- [13] Moneyball, URL : [https://en.wikipedia.org/wiki/Moneyball_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Moneyball_(film)).
- [14] Harvard Magazine, "Managing with MarkovBaseball fan-and analyst-Carl Morris shows a statistical path to more runs scored," URS : <http://harvardmagazine.com/2002/05/managing-with-markov.html>.
- [15] Bukiet, Bruce, Elliotte Rusty Harold, and José Luis Palacios. "A Markov chain approach to baseball." *Operations Research* 45.1 (1997): 14-23.
- [16] Yu, Gwangjae, et al., "Potential of IMU Sensors in Performance Analysis of Professional Alpine Skiers." *Sensors* 16.4 (2016): 463.
- [17] Cavanillas, José Maria, Edward Curry, and Wolfgang Wahlster, "New Horizons for a Data-Driven Economy." (2016).
- [18] <http://www.ti.gatech.edu/basole/seminar/sportsanalytics/schedule.html>.

■ 약 력 | 장 영 재

- 학 력
 - 1997년 보스턴 대학 우주항공학과(공학사)
 - 2001년 MIT공대 기계공학 석사 및 MIT Sloan School of Management (Operations Research Center) (석사)
 - 2007년 MIT공대 기계공학(박사)
- 경 력
 - 2007년~ 2010년 Micron Technology, Project Manager, Virginia, U.S.A.
 - 2011년~현재 KAST 산업및시스템공학과 교수(현 부교수)
- 관 심 분 야
 - Sports Analytics
 - ITS 및 무선충전 차량 인프라 구축 및 표준화
 - Smart 제조
 - IT기술과 융합한 공급사슬망 운영

가상 현실 기술 동향 및 멀미 저감 연구 사례



박 재 현 / 인천대학교 산업경영공학과 교수, 최 문 경 / 인천대학교 산업경영공학과 석사과정

1. 가상 현실 기술과 상용화 현황

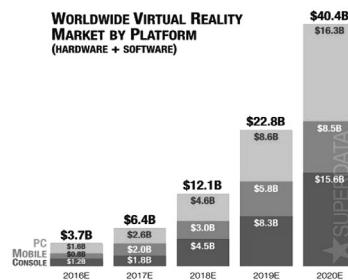
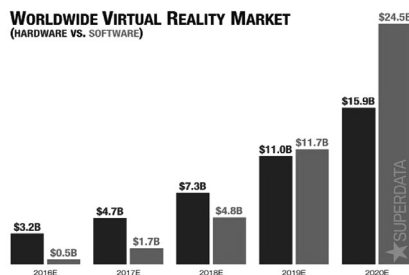
가상 현실(VR, Virtual Reality)은 '실제 현실과 유사한 인공 환경'을 뜻한다. 가상 현실이라는 용어는 프랑스 극작가 앙토냉 아르토(Antonin Artaud)에 의해 'la réalite virtuelle'로 처음 표현된 것으로 알려져 있다. 그의 저작이 1958년에 영어로 번역된 것이 영어 용어의 효시이다[1]. 여기에 인공적인 환경 이면서도 '현실(Reality)'이라는 단어가 사용되기 때문에 모순적이라는 의견도 있다. 하지만 수십 년 이상 사용되어 오고 실제로 각종 연구개발이 이루어진 만큼, 앞으로도 변함없이 '가상 현실'로 통용될 것으로 보인다.

컨텐츠를 마치 실재하는 것처럼 보이게 만들려는 노력은 이 용어의 정립보다도 더 오래 전부터 이루어졌다. 개념을 어떻게 정의 하느냐에 따라 다르게 거슬러 올라갈 수 있는데, 두 눈에 서로 다른 그림이나 사진을 투사하여 입체적으로 보이게 만드는 방법은 19세기에서 부터 시도 되었다[2]. 그로부터 현재까지 일일이 열거할 수 없을 정도로 수많은 기업들과 제품들, 그리고 이를 연구하는 학자들의 노력이 존재해왔다[3].

최근 다시금 가상 현실 기술이 주목 받기 시작한 것은 HMD(Head-Mounted Display)형태를 차용한 대중적인 기기인 오쿨러스리프트(OculusRift)의 등장으로 설명할 수 있다. 2012년 소셜 커머스(Social commerce) 플랫폼인 킥스타터(KickStarter)에 나와 상당한 반향을 일으켰으며, 2014년에는 페이스북(Facebook)에 한화로 약 2조 원에 인수되며 더 큰 관심을 받았다. 스마트폰에 탑재된 가속도 센서를 이용하여 머리의 움직임을 추적하여 영상에 반영한 것이 대중적인 기기로서 발돋움 할 수 있게 해 주었다.

오쿨러스 이외에 가상 현실 헤드셋 분야에서 주목 받고 있는 중요한 기기로 HTC 바이브(Vive)와 소니(Sony)의 플레이스테이션 VR(PlayStation VR)을 들 수 있다. 바이브는 오쿨러스가 등장하기 전부터 가상 현실 기기에 체계적인 노력을 들여왔던 밸브(Valve)가 HTC와 협업하여 탄생한 것이고, 소니의 경우에도 이전부터 가상 현실 기기를 출시해온 터였다. 세 회사 모두 가상 현실 기기 분야에서 입지는 확실히 다졌지만 일반 사용자용 기기를 이제 막 출시한 만큼 시장 규모가 당장 커지지는 않고 있다.

이러한 상황에서 글로벌 IT기업들이 가상 현실 기기 개발에



〈그림 1〉 가상현실 기기의 시장 규모 예측

열을 올리고 있다. 구글(Google)은 안드로이드 누가(Android Nougat)에 가상 현실 플랫폼인 데이드림(Daydream)을 선보였는데, 이전에 공개했던 단순한 카드보드(Cardboard)보다 진보된 것이다. 에이수스(ASUS)와 화웨이(Huawei) 등의 기업에서 데이드림용 스마트폰을 출시할 예정이다. 이외에도 마이크로소프트(Microsoft)와 인텔(Intel)이 자체 플랫폼 개발에 나서고 있다. 가상 현실 관련 조사 업체에 따르면(〈그림 1〉 참조) 현재는 전세계 시장 규모가 5조 이내이지만 2020년에는 하드웨어와 소프트웨어를 합쳐 40조 이상으로 커질 것으로 예측하고 있다[4].

현재 가상 현실 기기 시장에서 산업적으로 중요한 변화와 화두는 다음과 같이 몇 가지로 요약할 수 있다. 1) 어떠한 형태와 방식을 가진 입력기기가 가상 현실 기기의 표준적인 형태가 될 것인가, 2) 스마트폰 탑재형 혹은 데스크톱 기반형 중에서 어떤 방식이 대중화될 것인가, 3) 운영체제와 플랫폼은 어떻게 통합될 것인가, 4) 콘텐츠와 사용자를 어떻게 확보할 것인가 등이 그것이다.

2. 가상 현실 멀미의 원인과 관련 연구의 필요성

가상 현실 기기 사용의 부작용 중에서 대표적인 것이 바로 멀미(Motion sickness)이다. 가상 현실 멀미(Virtual reality sickness)는 사이버 멀미(Cyber sickness), 시뮬레이터 멀미(Simulator sickness) 등 여러 이름으로 불리는데, 일반적인 멀미와 원인이 같으며 증상도 비슷하다. 주로 율령증이 생기며, 두통을 동반하거나 구토를 하는 경우도 발생한다. 오늘날 대중화된 형태의 가상 현실 기기는 아니지만 미 육군 조사가관에서 비행 시뮬레이터 사용과 멀미에 관해 행한 광범위한 조사에 의하면 742명의 조종사 중에서 절반 가량에 해당하는 334명이 시뮬레이터 멀미를 경험했다고 보고한 바 있다[5]. HMD 형태의 가상 현실 기기에서도 크게 다르지 않은 것으로 여겨진다.

멀미 발생과 관련하여 이론의 여지가 있지만, 주로 시각 정보와 감각의 불일치로부터 온다고 알려져 있다. 우리 몸은 눈으로부터 얻은 시각적 감각, 귓속 전정기관에서 얻는 평형감각, 그리고 발바닥으로 느끼는 체성감각 등을 통하여 균형과 중심을 잡는다. 이 때 가상 현실 기기 사용시 발생하는 감각 정보들 간의 괴리가 뇌에 혼란을 주어서 멀미를 느낀다. 예컨대 1) 눈으로 봤지만 감각 기관으로 부터 느끼지 못해서 생기는 멀미, 2) 감각 기관으로 느꼈지만 눈으로 보지 못해서 생기는 멀미, 마지막으로 3) 시각 및 감각 기관으로 얻은 정보가 일

치하지 않아서 생기는 멀미가 있을 수 있다. 가상 현실 기기, 특히 HMD 형태의 기기로 부터 발생하는 멀미는 이 중 첫 번째와 관련이 있다.

가상 현실 기기 멀미에 대한 연구의 필요성은 점차 높아지고 있으며 많아지고 있는 추세이다. 그 배경을 짚어보면, 첫째, 다양하게 세분화되어 있던 가상 현실 기기의 유형이 머리의 움직임을 추적하여 보여주는 HMD 형태로 표준화되어 가면서 멀미 연구의 파급 효과가 안정적일 것으로 기대되고 있다. 둘째, 가상 현실 기기 시장 규모가 커지면서 콘텐츠가 점차 중요해지고 있는데, 콘텐츠의 내용을 막론하고 사용자를 장기간 가상 현실 기기에 붙잡아두기 위해 멀미를 줄여야 한다는 공감대가 커지고 있다. 덧붙여 멀미는 사용 형태와 관련된 것으로 단기간 내에 출시할 제품, 콘텐츠를 개발하는 업체보다 학계에서 보다 큰 역할을 할 수 있다는 점은 학계 입장에서는 고무적인 일이다.

3. 가상 현실 멀미 측정 지표 연구

가상 현실 멀미를 줄이기 위한 연구를 수행함에 있어서 가장 먼저 해결되어야 할 일은 멀미를 측정하는 방법을 체계화하는 일이다. Kennedy 등은 기존에 존재하던 멀미 측정 설문(MSQ, Motion Sickness Questionnaire)을 간소화하여 시뮬레이터로 부터 발생하는 멀미를 측정할 수 있는 SSQ(Simulator Sickness Questionnaire)를 제안하였다[6]. 기존 멀미 측정 설문에는 30개 내외의 측정 항목이 사용되었는데, Kennedy와 그 동료들은 이를 일반적인 불편, 피로, 두통, 눈의 피로, 눈의 초점을 맞추기가 어려움, 침 분비의 증가, 발한(땀남), 메스꺼움, 집중하기에 곤란, 머리가 팽 찬 느낌, 뿌연 시야, 눈을 떼을 때 현기증, 눈 감았을 때 현기증, 빙빙 도는 느낌의 어지러움, 위에 대한 부담감, 트림 등 16개 항목으로 줄이고 메스꺼움, 안

〈표 1〉 가상 현실 멀미 측정 기준

증상	연구운동 불편	방향감각 상실
1. 일반적 불편	0	
2. 피로	0	
3. 눈의 피로	0	
4. 눈의 초점 불편	0	
5. 두통		0
6. 머리가 팽찬 느낌		0
7. 뿌연 시야		0
8. 눈을 감았을 때 현기증		0
9. 빙빙도는 어지러움		0

구운동 불편, 방향감각 상실 세 가지 특성으로 분류하였다.

한편 최근 가상 현실 기기에 응용하기 어렵다는 SSQ의 한계가 부각되기 시작하면서 가상 현실 멀미를 측정하고자 하는 노력이 이루어지기 시작했다. 1) 측정 항목 수가 많기 때문에 생기는 부담, 2) 신체 움직임이 많은 시뮬레이터 환경에 특화된 문항들, 3) 실험 장비에 따라 측정 항목이 뒤바뀌는 사례의 발견[7] 등의 요인이 발단이 되었다.

본 연구팀에서는 기존 연구를 분석하고, 가상 현실 기기를 동원한 실험을 수행한 결과 <표 1>과 같은 가상 현실 멀미 측정 기준을 정립하였다. 일반적인 불편, 피로, 눈의 피로, 눈의 초점을 맞추기가 어려움, 두통, 머리가 팽 찬 느낌, 뿌연 시야, 눈을 감았을 때 현기증, 빙빙도는 느낌의 어지러움 등 9가지 항목으로 측정되며, 연구운동 불편과 방향감각 상실 두 가지 상위 지표로 구분된다. 9개의 항목은 SSQ와 동일하게 없음, 약간, 보통, 심각함으로 측정하여 사용한다. 참고로 확인적 요인분석으로 모델 적합도 값을 도출해본 결과 CMIN/DF, CFI, GFI, AGFI, 그리고 RMSEA 값이 각각 3.523, 0.93, 0.91, 0.84, 그리고 0.12로 알려진 기준 값 대비 매우 만족스러운 수준 또는 용인 할만한 수준인 것으로 나타났다.

4. 가상 현실 멀미 개선 사례

가상 현실 멀미를 최소화하기 위한 개발과 연구는 멀미 측정 지표에 대한 연구가 본격적으로 수행되기 전부터 이루어져 왔다. 하드웨어와 소프트웨어 양쪽 측면에서 동시 다발적으로 이루어져 왔으며 가상 현실 헤드셋이 현재의 형태를 가지게 되기까지 기여한 바가 크다.

하드웨어의 경우 기기의 성능 향상이 곧 멀미 감소와 연계되어 있어서 목표와 개선 실적이 뚜렷한 편이다. 먼저 사용자가 HMD를 쓰고 머리를 움직일 때 그 움직임에 따른 시각 정보가 즉각적으로 반영이 되어야 한다. 움직임과 시각 정보 반영 사이의 지연 시간(Motion-to-Photon latency; End-to-end latency)을 줄이는 것이 핵심 과제인데, 이 지연시간이 20ms 이상이 되면 사용자는 멀미를 느끼는 것으로 알려져 있다. 그리고 그 이하 이더라도 민감한 사람은 멀미를 느낄 수도 있다. 결국 가상 현실 기기의 빠른 연산속도가 필요하며 이를 위한 많은 연구들이 이루어지고 있다. 일례로 AMD에서는 '비기동식 셰이더(Asynchronous shaders)'라는 하드웨어 기술을 고안하였다. 기존의 PC에서는 CPU와 GPU는 각각의 명령을 순차적으로 처리하였는데, 이 명령 처리를 CPU와 GPU가 동시

에 수행할 수 있도록 만들어 연산속도를 높이는 것으로 지연 시간을 줄인 것이다.

그 이외에도 디스플레이 장치의 해상도를 향상시키기 위한 기본적인 노력, 디스플레이의 구조와 구성을 바꾸어 NVIDIA에서 시도한 바와 같이 원거리, 근거리 용도의 투명 LCD 두 장을 겹치는 방법 등 눈의 피로를 경감하는 노력, 그리고 전 방향 트레드밀이나 밸브에서 출시한 라이트하우스(Lighthouse)와 같은 동작 분석 시스템 등의 보조 장치를 활용하여 실재감을 높이기 위한 노력 등이 있다. 심지어 미네소타주의 메이오 클리닉(Mayo Clinic)에서는 전류 전정자극(GVS, Galvanic Vestibular Stimulation)이라는 기술을 통해 내이기관에 전류를 보내어 가짜 자극을 줌으로써 멀미를 줄이는 방법을 선보였다.

소프트웨어의 경우에는 하드웨어 보다 상대적으로 가상 현실 멀미 측정 지표가 활용될 여지가 크다. 하드웨어는 장치의 특성을 물리적으로 변화시키는 데에 한계가 있지만, 소프트웨어의 경우에는 각종 파라미터의 변경을 통해서 멀미의 변화를 관찰할 수 있기 때문이다. 가장 많은 연구가 이루어진 방식은 아웃포커싱(Out-focusing)을 통한 멀미 저감이다. 본 연구팀에서도 아이트래킹(Eye tracking)을 통해 사용자가 보고 있는 대상의 해상도만을 인위적으로 높게 유지하는 방법을 연구하고 있다. 이러한 연구에서는 사용자가 보고 있는 대상을 정확하게 추정하는 것이 관건인데, 이를 기계학습을 통해 판단하는 방식도 있다. 참고로 콘텐츠 제작자가 의도한 대상만 놔두고 그 주변을 흐릿하게 표현하는 것만으로도 멀미 저감에 도움이 된다고 알려져 있다.

시야각(FOV, Field of View)도 소프트웨어적인 측면에서 빠질 수 없는 요인이다. 최근 출시되고 있는 HMD 제품들의 시야각은 대부분 100° 이상인데, 실제 현실과 유사하게 만들기 위해 시야각을 넓히면 여러 가지 이유에서 멀미가 증가할 가능성이 있다. 참고로 급격한 흔들림이 발생하는 순간에 시야각을 줄임으로써 멀미를 줄일 수 있다고 알려져 있다.

5. 맺음말

잘 만들어진 가상 현실 기기와 콘텐츠는 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 현재까지는 주로 게임 분야에서 가장 많은 콘텐츠가 생성되고 있지만, 의료, 교육, 관광 등 다양한 분야에서 잠재력이 인정되고 있다. 예를 들어, 의료 종사자들의 경우 해부학 교육이나 수술법 등과 같이 2D만으로는 입체적

이고 촉각적인 경험을 배우는데 한계를 갖는 경우에 가상 현실을 효과적으로 활용할 수 있다. 거동이 불편한 노인이나 장애인에 유명한 관광지나 가보고 싶은 곳을 간접적으로 체험해보는데 활용할 수도 있다.

가상 현실 기기의 산업과 연구분야는 그 역사가 오래되었지만 다시 한번 중흥기를 맞이하고 있다. 최근 시장 동향 중에서 가장 큰 특징을 꼽는다면 그 동안 다양한 형태로 분화되어왔던 제품의 모습이 머리 움직임을 인식하여 시각 정보를 보여주는 HMD 형태로 점차 안정화되어 가고 있다는 것이다. 이에 따라 멀미를 줄이기 위한 연구 노력이 빛을 발할 수 있는 상황이 되었으며 본 연구팀에서는 그 일환으로 멀미 측정 지표에 대한 연구, 아웃포커싱을 활용한 멀미 저감 연구 등을 수행하고 있다. 이와 같은 노력이 가상 현실 기기와 환경의 발전에 도움이 될 수 있게 되기를 기대해 본다. **이재현**

참 고 문 헌

- [1] Artaud, A., The Theater and Its Double, Grove Press, 1958.
- [2] Zone, R., Stereoscopic Cinema & the Origins of 3D Film, University Press of Kentucky, 2007.
- [3] Drummond, K., The Rise and Fall and Rise of Virtual Reality, The Verge, 2014.
- [4] SuperData, Worldwide Virtual Reality Market, 2016.
- [5] Kolasinski, E.M., Technical Report 1027, Simulator Sickness in Virtual Environments, U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences, 1995.
- [6] Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., and Lilienthal, M.G., Simulator sickness questionnaire:

An enhanced method for quantifying simulator sickness. The international journal of aviation psychology, Vol. 3, No. 3, pp. 203-220, 1993.

- [7] Balk, S.A., Bertola, M.A., and Inman, V.W., Simulator sickness questionnaire: twenty years later, Proceedings of the Seventh International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design, 2013.

■ 약 력 | 박 재 현

□ 학 력

- 2006~2013년 POSTECH(공학박사)
- 2002~2006년 POSTECH(학사)

□ 경 력

- 2013~2015년 삼성전자
- 2008년 베를린공대 방문연구원

□ 관 심 분 야

- Concepts : UX/UI, HCI, UV(User Value), Usability
- Applications : VR/AR, Assistive Technology, Rehabilitation Robot

■ 약 력 | 최 문 경

□ 학 력

- 2012~2016년 인천대학교 학사

□ 관 심 분 야

- Concepts : User Experience(UX), HCI
- Applications : VR/AR



실무에서 연구개발 기획 · 관리를 위한 기술 로드맵 작성

송 보 미 / 한국항공대학교 항공교통물류학부 교수



1. 서론

기술 변화가 가속화되고, 이에 영향을 미치는 요인들이 다양해지고 복잡해지면서 연구개발 기획과 관리의 복잡성도 증가해 왔다. 이에 따라 효과적인 연구개발 기획과 관리를 위한 절차 및 체계의 필요성이 높아진 가운데, 기술 로드맵(Technology roadmap)은 이러한 요구에 대응하기 위해 가장 널리 활용되는 대표적인 기술 기획 도구로 자리 잡았다. 기술 로드맵은 목표와 전략에 따라 기술, 연구개발, 그리고 그 밖의 자원들을 조정하고, 이를 바탕으로 체계적으로 기술 관련 의사결정을 지원하기 위한 목적으로 기업, 산업, 국가 등 다양한 수준에서 매우 폭넓게 활용되어 왔다.

필자가 재직했던 한국생산기술연구원(생기원, KITECH) 역시 중장기 관점에서 핵심기술 영역을 규명하고 투자 방향을 설정하여 전략적 연구개발 투자 및 추진을 위해 기술 로드맵을 작성·활용하고 있다. 생기원은 2014년 6월 처음으로 기관 차원의 기술 로드맵 개발에 착수하여 이듬해 2월 첫 번째 기술 로드맵을 확정·발표하였다. 본 고에서는 실무에서 연구개발 기획·관리를 위한 기술 로드맵의 작성과 활용에 대해 생기원 사례와 함께 논하고자 한다. 먼저, 기존 연구와 사례 등을 통해 밝혀진 실무에서의 기술 로드맵 작성의 특성과 성공 요인을 소개한다. 다음으로, 생기원에서 기술 로드맵 사례를 소개하고, 앞서 소개한 실무에서의 기술 로드맵 작성의 특성과 성공 요인 측면에서 설명한다. 마지막으로 실무에서 기술 로드맵 작성 과정에서 산업공학의 기법과 방법론의 활용 가능성을 예시와 함께 제시한다.

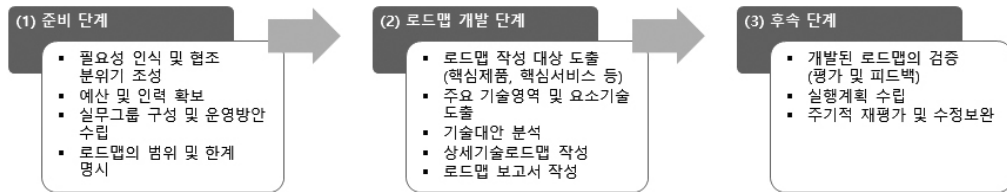
2. 실무에서의 기술 로드맵 작성 및 활용

기술 로드맵의 개념과 형태 자체는 비교적 간단하지만, 기

술 로드맵 접근을 실제로 적용하는 것은 그리 간단하지 않다. 2000년도에 실시한 한 설문 연구[1]에 의하면 영국의 2,000개 제조업체 중 약 10%의 기업(주로 대기업)이 기술 로드맵 접근법을 적용하였으며, 이 중 약 80%는 기술 로드맵 접근을 두 번 이상 사용하였고, 설문 당시에도 기술 로드맵 접근이 진행 중이라고 응답하였다. 즉, 기술 로드맵 접근을 적용한 경험이 있는 경우 대부분 그 유용성을 인지하였음을 보여준다. 한편, 기술 로드맵 적용을 어렵게 하는 주요 과제는 로드맵 프로세스의 유지(50%), 로드맵 프로세스의 시작(30%), 견고한 로드맵 프로세스의 개발(20%) 등인 것으로 조사되었다. 이는 기술 로드맵 그 자체보다는 로드맵을 작성하는 과정과 관련된 부분에서 주로 어려움을 겪고 있음을 의미한다.

실제로 많은 경우 ‘로드맵핑(Roadmapping)’이라고 일컫는 로드맵을 작성하는 과정이 그 결과인 로드맵 자체보다 중요하다. 로드맵을 작성하는 과정은 다양한 이해관계자들이 의사소통하고 합의를 형성하는 과정으로 볼 수 있는데, 이러한 과정이 기술 로드맵으로 표현되는 조직의 기술 전략에 대한 이해도를 높여주고 전사적 차원에서 일관되게 기술 전략을 추진할 수 있는 원동력으로 작용하기 때문이다.

기술 로드맵 작성 과정은 대체로 <그림 1>과 같이 크게 3단계로 구분할 수 있다[2]. 첫 번째는 준비 단계, 두 번째는 로드맵 개발 단계, 세 번째는 후속 단계로, 로드맵을 개발하는 두 번째 단계를 기준으로, 로드맵 개발을 위한 준비 과정을 포함하는 첫 번째 단계와 로드맵 작성 이후 이를 실행하고 보완하기 위한 세 번째 단계로 구분된다. 특히, 후속 단계를 보면 로드맵을 활용하기 위한 실행계획을 수립하는 활동과 로드맵을 검증하고 평가하여 수정·보완하는 활동을 포함하고 있다. 이는 기술 로드맵 작성이 일회성 활동이 아니라 내·외부 환경 변화와 로드맵 실행에 따른 결과를 검토하고, 이를 다



〈그림 1〉 기술 로드맵 작성의 3단계 [2]

시 로드맵에 반영함으로써 지속해서 개선해나가는 반복 과정(iterative process)임을 의미한다.

그러나 현실에서 로드맵의 구조와 형태, 특히 로드맵을 작성하는 구체적인 절차와 방법은 일률적으로 적용될 수 없고, 현장의 상황에 따라 맞춤화(customized)되어야 한다. 즉 실무에서 기술 로드맵의 작성과 활용은 그 목적과 조직의 내·외부 환경 등에 따라 달라져야 한다. 이는 현장에서 로드맵 작성 과정을 어렵게 하는 주요 원인이 된다. 따르기만 하면 기술 로드맵을 작성할 수 있는 단 하나의 절차와 방법이 없으므로 로드맵핑에 대한 지식이나 경험이 부족한 조직은 더 어렵다. 이러한 어려움을 극복할 수 있도록 많은 기존 연구에서 기술 로드맵 작성 과정에 공통으로 적용할 수 있는 핵심 성공 요인을 파악하거나 표준 가이드라인을 제시하기 위해 노력하여 왔다. 그중 몇 가지를 소개하면 다음과 같다.

먼저 각 조직의 여건이나 상황, 로드맵 작성 목적에 따른 로드맵의 형태와 작성 방법을 결정할 때, 다음 세 가지 질문에 대한 답을 생각해보는 것이 유용할 수 있다[3].

- 로드맵을 어떻게 개발(develop)할 것인가?
- 로드맵을 어떻게 유지보수(maintain)할 것인가?
- 로드맵을 어떻게 조직 내에서 더 넓게 전개(deploy)되게 것인가?

첫 번째 질문은 로드맵 개발 단계와 직접 관련이 있으며, 준비 단계에서부터 고려해야 한다. 두 번째 질문과 세 번째 질문은 모두 후속 단계와 관련이 있으며, 각각 로드맵의 평가 및 수정·보완과 로드맵의 활용에 대응되는 질문이다. 유의해야 할 점은 세 질문이 각각 독립적으로 존재하는 것이 아니라는 것이다. 즉, 기술 로드맵 작성의 목적에 따라 로드맵의 개발, 유지보수, 전개가 유기적으로 연계되어 시행되

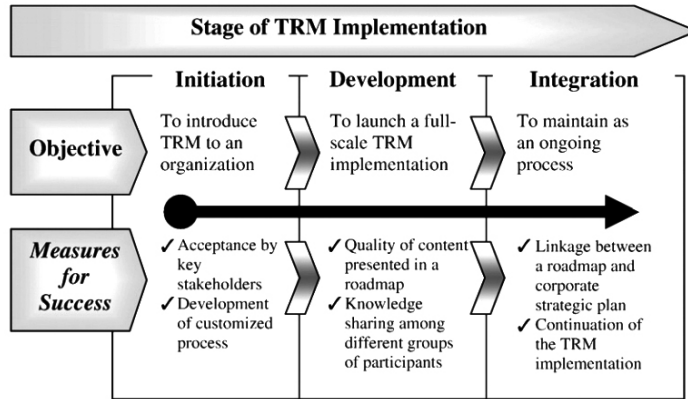
어야 함을 주지하여야 한다.

[1]은 영국 제조기업에 대한 설문 연구를 통해 성공적인 기술 로드맵 작성에 있어 중요 요인과 저해요인을 분석하였다. 응답자의 50% 이상이 꼽은 로드맵핑의 성공 요인으로는 명확하게 표현된 비즈니스 요구, 효과적인 비즈니스 프로세스를 개발하고자 하는 열망, 적합한 사람들의 참여 및 고위 경영진의 의지와 헌신 등을 포함한다. 한편 성공적인 로드맵 작성의 저해하는 요소에는 무리한 계획, 단기 작업의 방해, 필요한 데이터, 정보 및 지식을 사용할 수 없는 것이 포함된다.

[4]는 기술 로드맵 이행 절차를 시작(Initiation), 개발(Development), 통합(Integration) 3단계¹⁾로 나누고 단계별 핵심 성공 척도를 제시하였다(그림 2). 이 연구에 따르면, 기술 로드맵 이행을 위한 첫 단계는 기술 로드맵 프로세스를 구현하기 전 조직에 기술 로드맵을 소개하는 단계로, 그 성공 여부는 핵심 이해관계자들의 수용 여부와 맞춤형 절차의 개발 여부를 기준으로 판단한다. 두 번째 개발 단계는 적합한 사람들을 포함하고, 필요한 정보를 수집하고, 단계별 분석을 수행하여 기술 로드맵을 만드는 것을 목표로 한다. 개발 단계의 성공 척도는 작성된 기술 로드맵에 제시된 내용의 품질, 서로 다른 그룹에 속한 참여자들 간의 지식 및 경험 공유 수준을 포함한다. 마지막 통합 단계의 목표는 개발된 기술 로드맵을 적시에 지속적으로 검토하고 업데이트 할 수 있도록 기술 로드맵 프로세스를 지속적인 비즈니스 계획 활동에 통합하는 것이다. 이 과정의 성공은 로드맵과 기업 전략 계획 간의 연계, 기술 로드맵의 지속적인 이행으로 측정할 수 있다.

[3, 4]가 기업의 기술 로드맵 접근을 연구한 것과는 달리, [5]는 로드맵핑이 어떻게 국가 혁신 정책과 시스템을 지원하는지 평가하기 위해 전 세계 산업 수준 로드맵핑 이니셔티브의 효과성에 대한 연구를 수행하였다. 유럽, 미국, 캐나다, 일본 등 세계 각지에서 출범한 총 78개의 로드맵핑 이터서

1) 각 단계는 앞서 〈그림 1〉에서 제시한 기술 로드맵 작성의 3단계의 준비 단계, 개발 단계, 후속 단계와 대응된다.



〈그림 2〉 기술 로드맵 구현 단계별 목적 및 성공 척도 [4]

티브를 검토한 결과, 로드맵핑 성공 사례와 교훈을 도출하였다. 도출된 로드맵핑 성공 조건을 로드맵 작성 단계별로 〈표 1〉에 정리하였으며, 대부분 산업 수준의 로드맵핑 뿐 아니라 기업 수준의 로드맵핑에도 적용할 수 있다.

소개한 기술 로드맵 작성 또는 이행의 성공요인을 종합해보면 공통적으로 비즈니스 니즈 등 기술개발의 명확한 목표, 조직에 적합한 프로세스, 알맞은 참여자들과 이들의 헌신, 경영진 등 의사결정자의 깊은 관여, 로드맵핑 과정의 지속과 개선 등으로 요약할 수 있다.

3. 한국생산기술연구원의 기술 로드맵 사례

3.1. 기술 로드맵 추진 배경

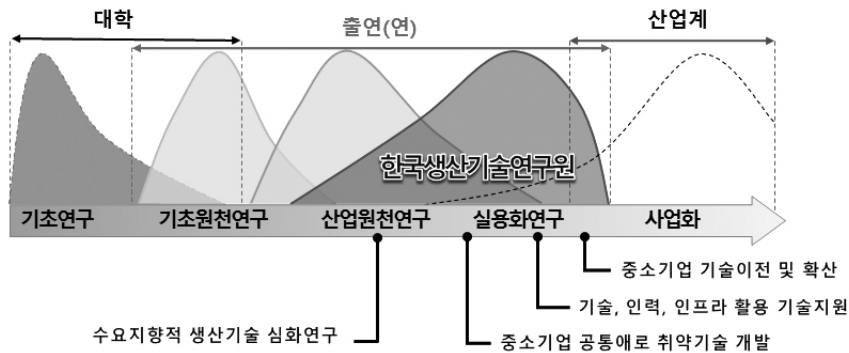
생기원은 미래창조과학부 산하의 정부출연연구기관(출연

(연))으로, 생산기술 개발과 실용화 지원을 통해 중소·중견기업 육성과 국가산업발전에 기여하는 것을 임무로 한다. 출연(연) 중에서는 유일하게 중소·중견기업 지원을 임무로 명시하여 그 위상이 독특하고, 기초 기술보다는 실용화·산업화 기술과 관련된 연구개발 비중이 높은 특성을 가진다(그림 3). 이러한 기관 특성 때문에 생기원의 연구개발은 기업과 산업 수요에 맞춘 기술을 중심으로 추진되었으며, 보다 효과적인 기업 및 산업 현장 지원을 위해 연구 조직의 체계도 3 연구소 및 7지역 본부의 지역분산형으로 구축하였다. 그 영향으로 생기원은 전통적으로 단기·소규모 연구개발을 연구책임자 또는 연구그룹의 필요에 의해 기획하고 진행하는 상향식(Bottom-up) 방식 접근을 주로 행하여왔다.

그러던 와중에 2014년 기관 차원에서 중장기 미래를 준비하기 위한 발전 방향을 설정하고 이의 실현을 위한 전략

〈표 1〉 로드맵핑의 성공 조건 [5]

로드맵핑 단계	성공 조건
준비	• 로드맵 이니셔티브는 보다 광범위한 전략 이니셔티브(예 : 국가 혁신전략)와 분명하게 연결되어야 한다. • 산업 협회 등 기존에 존재하는 사회적 인프라를 활용하면 로드맵핑 활동을 쉽게 시작할 수 있다. • 참여자들의 동기 부여를 위해서는 상황의 긴박감을 이해하도록 해야 한다. • 조직(회사, 정부 등)의 의사결정자가 전 과정에 관여토록 하여 처음부터 높은 수준으로 헌신하도록 하는 것이 중요하다. • 조직 내에서 합의를 형성하기 위해서는 공통의 초점이 되어 줄 비전과 목표를 설정해야 한다. • 로드맵핑이 영향력을 행사하기 위해서는 계획 단계에서부터 의사결정자와의 명확한 연계가 중요하다.
개발	• 모든 상황에 알맞은 하나의 방식은 존재하지 않는다. 즉 로드맵핑과 로드맵은 맞춤화되어야 한다. • 추진력을 유지하고, 지속적인 관심을 기울이고 관여하는 것이 중요하다. • 계획은 유연해야 한다. 왜냐하면 로드맵핑은 본질적으로 탐색적인 특성을 가지므로 프로세스가 진행됨에 따라 학습한 것을 수용할 수 있어야 하기 때문이다. • 새로운 참여자를 격려하고 과정 전반에 걸쳐 사고할 수 있도록 개방(openness) 정신을 갖는 것이 중요하다. • 재정적 측면은 명확해야 한다. 성공한 이니셔티브는 일반적으로 관리 조직과 참여 조직 간에 비용 정보를 공유한다.
후속조치	• 로드맵 작성은 일반적으로 반복 과정으로, 처음 작성된 로드맵의 검토를 통해 이득을 얻는다. • 로드맵의 활용과 그 영향 등 로드맵핑의 산출물을 반드시 모니터링해야 한다.



〈그림 3〉 생기원 임무 영역

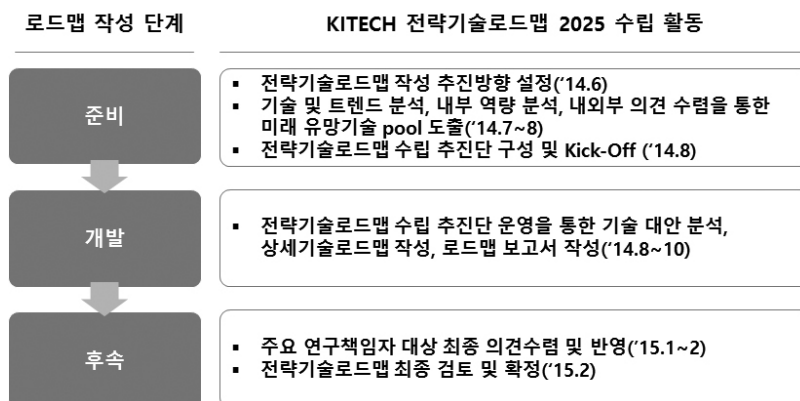
적 접근의 필요성에 대한 공감대가 경영진을 중심으로 형성되었다. 당시는 생기원이 출범 25주년을 맞이한 해로, 출연(연) 중 비교적 늦게 출범한 생기원이 규모와 운영 안정성을 확보했다는 평가를 받은 때인 동시에 새로운 도약을 위한 터닝포인트에 대한 대내외 요구가 높았던 시기이다. 뿐만 아니라 독일의 인터스트리 4.0(Industrie 4.0), 미국의 첨단 제조(Advanced manufacturing) 등 주요국을 중심으로 사물인터넷, 로봇, 신소재 등 첨단 신기술과 제조업을 융합하여 제조 패러다임 혁신을 주도하려는 경쟁이 치열해지면서 제조업을 둘러싼 환경 변화가 급격하게 일어나고 있었다. 제조업을 주요 대상 산업으로 하는 생기원에 대한 외부의 요구와 기대도 높아졌다. 생기원 내부적으로도 기관이 과학기술의 급속한 발전과 그로 인한 급격한 사회 변화에 대응하고 성장하려면 미래 변화에 대응하고 주도할 수 있는 기술 영역을 새롭게 설정하고, 해당 영역에서의 중장기 대형 연구개발을

안정적으로 추진하는 것이 필요하다는 인식이 확산되었다. 이와 같은 중장기 발전 방향 수립과 이에 근거한 연구개발을 기획·관리를 위한 전략적 접근에 대한 대내외적 요구에 대응하여 생기원은 2014년 6월 중장기 관점에서 핵심기술 영역을 규명하고 투자 방향을 설정할 목적으로 기술 로드맵 수립에 착수하였다.

3.2 기술 로드맵 수립 추진 절차

‘KITECH 전략기술로드맵 2025’ 작성 과정을 〈그림 1〉의 준비, 개발, 후속 단계로 구분하여 정리하면 〈그림 4〉와 같다.

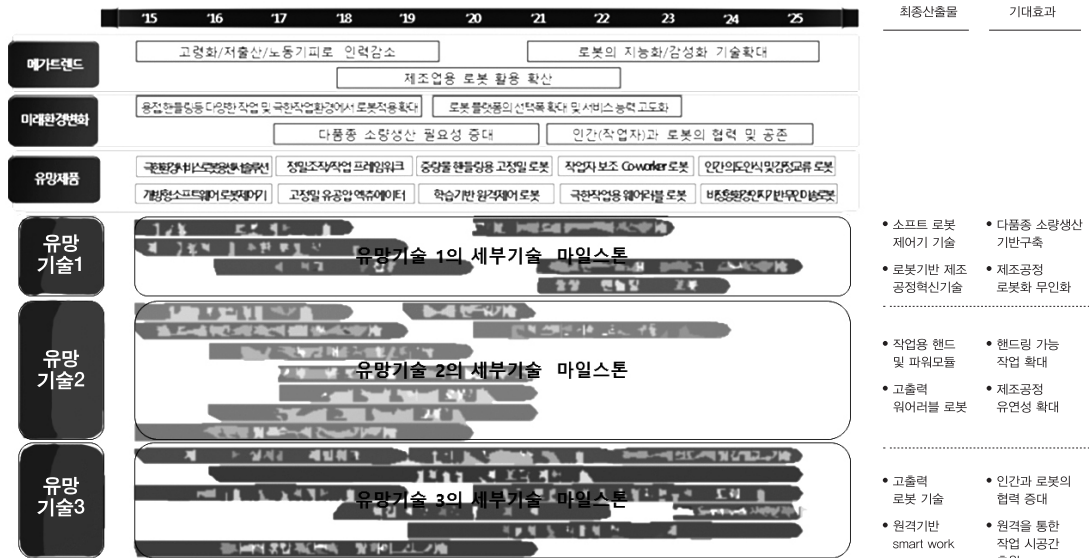
첫째로 준비 단계에서는 가장 먼저 기술 로드맵 작성의 추진방향을 설정하였는데, 이는 〈표 2〉와 같다. 생기원은 기관 차원의 10년 후 전략적 기술 개발 방향과 핵심 영역 설정을 목적으로 기술 로드맵 작성을 추진함에 있어, 기존 연구 영역 내 기술고도화와 새로운 세부기술 영역 발굴, 연구자의



〈그림 4〉 생기원 기술 로드맵 수립 추진 절차

〈표 2〉 생기원 기술 로드맵 수립 추진 방향

추진방향	세부 원칙
기존 연구영역 내 기술고도화 및 새로운 세부기술영역 발굴	■ 기존 연구영역 내 기술고도화 및 새로운 세부기술영역 발굴 ■ 기존 관련 산업 외 미래 유망시장으로 부상할 산업 대상으로 한 기술영역 발굴
연구자의 동기부여가 가능한 세부기술 영역 발굴	■ 연구자의 비전과 기관의 비전이 일치 가능한 영역 발굴 ■ 유망 기술의 도전적 기술개발 추진 ■ 지속적인 기술선도가 가능한 연구영역 개발
기관의 차별적 역량 구축에 기여 가능한 세부기술 영역 발굴	■ 타 출연(연)과 차별화 가능한 기술영역 추진 ■ 지역조직별 특화가 가능한 기술영역 추진



〈그림 5〉 생기원 핵심기술 별 로드맵 예시

동기부여가 가능한 세부 기술영역 발굴, 기관의 차별적 연구 역량 구축에 기여 가능한 세부 기술 발굴을 세 가지 추진 방향으로 설정하였다. 다음으로 기술 및 트렌드 분석, 내부 역량 분석, 내외부 의견 수렴을 통해 미래 유망기술 pool을 도출하였다. 준비 활동에는 로드맵 개발을 추진할 '전략기술로드맵 수립 추진단'을 Task-force 형태의 조직으로 구성하고 참여자를 선정하는 것도 포함되었다. 전략기술로드맵 수립 추진단 Kick-off 회의를 통해 전략기술로드맵 수립 추진 의의와 추진 방향을 이해하는 활동도 준비 단계에 해당한다.

둘째로 개발 단계에서는 전략기술로드맵 수립 추진단을 주축으로 기술 대안을 분석, 기존의 3대 중점연구영역 별 핵심기술-유망기술-세부기술 선정을 수행하였다. 그 결과 총 9개 핵심기술, 33개 유망기술, 204개 세부기술이 도출되었으며, 이를 바탕으로 기술별 주요 마일스톤을 정리한 상세 기술 로드맵(그림 5)과 로드맵 보고서 초안을 작성하였다.

마지막으로 후속 단계에서는 생기원 주요 연구책임자들의 초안에 대한 검토 과정과 의견 수렴을 통해 로드맵을 수정을 거쳐 최종안을 확정하였다.

3.3 성공 요인 측면에서 생기원 기술 로드맵 작성 사례 분석

지금부터는 2장에서 소개한 기술 로드맵 작성 또는 이행의 성공 요인 관점에서 생기원의 기술 로드맵 수립 과정을 살펴보고자 한다.

첫 번째 성공 요인은 비즈니스 등 기술개발의 명확한 목표 설정이다. 기업에서 기술 로드맵을 작성할 때 일반적으로는 고객 요구와 시장 환경을 분석하고, 이에 따라 표적 제품 또는 서비스를 결정한 후, 이의 개발에 필요한 기술을 확보하기 위한 방안을 기획하게 된다. 생기원의 기술 로드맵은 중장기 미래를 대비하기 위해 확보해야 할 기술 기획이 목적이므로, 10년 후 미래 사회와 시장 변화를 전망하고, 이에 따

라 필요한 기술들을 로드맵핑 과정에서 고려하였다. 이를 위해 과학기술정책 및 체계 변화, 주요국의 기술혁신 정책 등 과학기술 관련 동향 뿐 아니라 사회 전반적인 메가 트렌드를 분석함으로써 메가트렌드와 중장기 미래 환경변화를 도출하고, 이에 따른 유망제품을 'KITECH 전략기술 로드맵 2025'에 표기하였다.

두 번째 성공 요인은 조직에 적합한 프로세스를 마련하는 것이다. 앞서 설명한 것처럼 생기원은 지역분산형 연구조직 체계를 가지고 있으며, 생산기술의 범위와 특성 상 연구 분야도 매우 다양하다. 이런 경우, 기관 전체의 전략적인 접근이 중요하다고 할지라도 기술 기획의 전체를 하향식(Top-down) 방식으로 진행하는 것은 현실적으로 무리이며, 또 효과적이지도 않다. 이러한 점을 고려하여 생기원은 전략기술 로드맵 수립 추진위원회의 체계와 운영을 상향식 접근과 하향식 접근이 조화될 수 있도록 구성하였다. 먼저 위원장을 부원장으로 두고, 그 아래 로드맵 수립 총괄팀을 원장 산하의 미래전략본부가 맡게 하여 기관 차원의 통합적 접근이 가능하도록 하였다. 그리고 기술실무위원회는 해당 기술 분야의 내부 전문가로 구성하여 상향식 접근 가능성을 확보하였다.

세 번째 성공 요인은 적합한 참여자들을 포함하고 헌신하게 하는 것이다. 생기원은 기술실무위원회를 각 연구소와 지역본부를 대표하는 전문가로 구성함으로써 전체 연구조직이 서로의 지식과 경험을 공유하고 기관 차원의 중장기 기술 개발 방향에 대한 협의를 형성할 수 있게끔 하였다. 뿐만 아니라 모든 연구소와 지역본부에서 참여자를 고르게 선정, 기술 로드맵 수립 과정을 경험하게 함으로써 기술 로드맵에 대한 학습이 전 연구 조직으로 확산되게끔 유도하였다.

네 번째 성공요인은 경영진 등 의사결정자가 기술 로드맵 작성 과정에 의지를 갖고 지속적으로 관여하는 것이다. 생기원의 기술 로드맵 작성 추진은 중장기 로드맵의 필요성에서 시작된 것으로 주요 경영진의 관심사가 매우 높았다. 원장 직속의 미래전략본부가 총괄팀 역할을 담당한 것 역시 경영진의 높은 관심이 반영된 것이다. 실제로 기술 로드맵 수립에 착수한 2014년 6월부터 초안을 완성한 10월까지 4개월 동안 총 2회의 기관장 보고와 6회의 연구총괄심의위원회를 통해 경영진의 피드백과 의견이 지속적으로 반영되었다.

마지막 성공 요인은 로드맵핑 과정의 지속과 개선이다. 생기원은 2015년 2월 'KITECH 전략기술로드맵 2025'의 최종안을 확정하면서, 보고서를 통해 개발한 로드맵을 기관의 미래연구개발 및 역량구축의 기준으로 활용하고 신규사업기

획 및 기관 주요과제 등 선정 근거로 활용하는 방안을 제시하였다. 그러나 로드맵 수립 당시 예산 및 투자 계획 수립, 연구개발 과제 선정 및 성과 평가, 연구개발 관리 등 실무 부서들이 참여가 제한적이었던 이유로 로드맵에 담긴 기관 전략이 연구개발 기획과 관리의 실제로 이어지는데 한계가 있었다. 또, 기술 분야 중심의 로드맵을 작성하였기 때문에 로드맵에 실린 유망기술 또는 세부기술의 실제 연구개발을 누가 담당할 것인지 명시되지 않아 실제 연구개발의 이행으로 이어지기에는 한계가 있었다. 이러한 문제점을 인식하고, 2016년 하반기 생기원은 각 연구소와 지역본부 수준에서 미래비전과 미래기술을 발굴하는 작업을 진행하였으며, 이를 반영하여 'KITECH 전략기술로드맵 2025'를 수정·보완함으로써 기관 차원의 미래전략과 이를 실현할 연구조직 수준의 미래전략의 부합성을 제고하였다. 또한 사업평가와 관리 실무 부서와 긴밀한 협조를 통해 기술 로드맵 상의 기술 분류가 연구개발 과제의 기획과 선정평가 과정, 투자 및 성과 포트폴리오 분석 시 기준이 될 수 있도록 실질적인 방안을 마련하고 추진 중이다.

이와 같이 생기원은 기술 로드맵에 대한 조직 경험이 부족함에도 불구하고, 기술 로드맵 작성의 다섯가지 성공 요인을 비교적 잘 갖추어 왔음을 알 수 있다. 특히 강조하고 싶은 것은 기술 로드맵 작성을 본격적으로 추진하기에 앞서 처음부터 완벽한 절차와 방법을 마련하려고 하지 않았다는 점이다. 완벽한 절차와 방법은 불가능하고 바람직하지 않을 뿐 아니라, 생기원처럼 기술 로드맵에 대한 조직 경험이 충분하지 않은 상황에서 기술 로드맵 접근을 시작할 경우 조직 전반에 기술 로드맵에 대한 문화를 안착시키는 것이 가장 먼저 갖추어야 할 요건이다. 의사결정자의 적극적 참여와 헌신, 적합한 참여자들의 개입, 로드맵핑 과정에서 참여자들 간의 협의 형성 등은 결국은 문화와 관련된 문제이기 때문이다. 그리고, 조직에 문화를 안착시키기 위해서는 불완전하더라도 기술 로드맵 과정을 경험하고 이를 통해 학습하여 로드맵핑 과정 뿐 아니라 조직 전체의 지식을 향상시키는 반복 과정이 유용하다. 실제로 생기원에서 첫 번째 로드맵을 작성했던 때보다 로드맵 수정·보완 과정에서 참여자들의 이해도가 크게 향상되었다.

3.4 고도화 및 활용성 제고 이슈

이처럼 생기원은 첫 번째 로드맵에 대한 유지보수와 갱신을 수행하고, 연구개발 과제의 기획과 선정평가 과정, 투자

및 성과 포트폴리오 분석에 개발한 로드맵을 적극 활용하였다. 그러나 기술로드맵 접근에서 가장 중요한 것 중 하나가 로드맵핑 과정을 온고잉(ongoing) 상태로 유지하는 것이므로 기술 로드맵의 유지보수와 갱신은 지속되어야 하며, 이를 통해 기술 로드맵 고도화와 연구개발 기획·관리를 위한 활용성 제고가 필요하다. 이러한 과정을 지원할 수 있는 특허, 시장, 제품 등 다양한 데이터 분석 기법을 비롯하여, 경쟁자 분석 기법, 제품 분석 기법, 시장 분석 기법, 기술 분석/전망 방법 등 다양한 산업공학적 기법들을 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 몇 가지 예를 들어보자.

먼저, 현재의 로드맵에 포함된 기술 또는 기술분야의 수준은 모두 동일하다. 예를 들어, 로드맵에 포함된 유망기술은 동일한 층위를 가진다. 그러나 기술 로드맵 작성의 목적이 기술과 관련된 의사결정을 효과적으로 지원하기 위해서이며, 의사결정은 필연적으로 자원배분을 수반하므로, 로드맵 유망기술을 유형화하거나 우선순위화하여 연구개발 투자 및 기획과 관련된 정보를 줄 수 있어야 한다. 유망기술 유형화 또는 우선순위화를 위해서는 유망기술에 대한 평가를 수행하여야 하는데, 평가는 산업공학의 전통적인 주요 분야이다. 뿐만 아니라, 평가 결과에 따른 차별적 관리 방안을 제시하는 것은 산업공학의 또 다른 주요한 주제이다. 유망기술의 유형을 분류하거나, 우선순위를 부여한 이후, 유망기술을 어떻게 관리할 것인지, 유망기술의 유형에 따라 연구개발 투자나 평가 방법은 어떻게 다르게 할 것인지를 결정하는 문제는 산업공학 중에서도 기술경영의 분야로 활용 가능성이 높다.

다음으로, 로드맵 기술 분류 체계는 기술 분야를 기준으로 하고 있는데, 이는 해당 기술 분야 전문가들의 논의와 협의를 통해 결정된 것이다. 그러나 다양한 분야의 기술이 융합하여 새로운 기술과 혁신이 창출되고 있는 오늘날과 같은 상황에서 한 기술이 관점에 따라 두 개 이상의 기술 분야에 포함되는 일은 매우 빈번하게 발생한다. 기술 로드맵의 분야가 연구개발 기획과 선정평가, 투자 및 성과 분석과 직결되기 때문에, 이는 매우 중요한 문제이다. 어느 분야에 해당 기술이 속하는지에 따라 관련 연구개발의 중요성과 의미가 달라질 수 있기 때문이다. 또, 특정 기술을 한 분야로만 분류할 경우, 사고를 제한하여 융합을 통한 혁신의 가능성을 발견하는 것도 어렵다. 따라서 기술 분야 이외에 중요한 관점을 도입하여 다각적으로 유망기술을 분석하는 것이 필요하다고 하겠다. 로드맵의 기술 분류를 복합적 관점에서 하거나, 로드맵 기술 간 융합 가능성을 타진하기 위해, 로드맵에 포함

된 기술 정의, 기술 개요서 등의 내용과 외부의 각종 과학기술, 시장 관련 데이터를 연계하여 텍스트 분석과 데이터 마이닝 방법 등을 적용할 수 있다.

4. 맺음말

지금까지 생기원에서 기술 로드맵 사례와 함께 실무에서 기술 로드맵 작성과 활용에 대해 살펴보았다. 최근에는 대기업과 기술 로드맵 전문 연구기관을 중심으로 기술 로드맵 작성을 위한 표준 템플릿과 가이드라인 개발을 넘어서 이를 지원할 수 있는 소프트웨어까지 등장하고 있는 상황에서, 소개한 생기원 사례를 기술 로드맵 작성과 활용에 대한 베스트 프랙티스(best practice)라고 보기는 어렵다. 그러나, 2014년 이전에는 기술 로드맵과 관련된 경험과 문화가 전무했을 뿐 아니라, 기술 로드맵 작성에 투자할 수 있는 자원이 제한적이고, 지리적으로 분산되어 있는 조직 체계로 인해 의사소통이 쉽지 않은 등 여러 부정적인 조건에 있었던 생기원이 기술 로드맵 접근을 안착시키기 위해 기울인 노력을 살펴보는 것은 실무에서 기술 로드맵을 적용하기 위한 여러 가지 현실적 제약과 이의 극복을 위해 고민해야 하는지 무엇인지 생각하게 한다는 점에서 의의가 있으며, 산업공학의 적용을 통해 현장에서의 기술 로드맵 과정이 보다 효과적으로 전개될 수 있을 것으로 기대한다. *ie 매거진*

참고 문헌

- [1] Phaal, R. and Farrukh, C.J.P. Technology planning survey-result, Institute for Manufacturing, University of Cambridge, project report, 2000.
- [2] 한국과학기술기획평가원, 기술로드맵의 활용 현황 및 향후 발전 전망 (ISSUE PAPER 2008-12), 황기하, 한국과학기술기획평가원, 2008.
- [3] Phaal, R., Farrukh, C., & Probert, D. Roadmapping for strategy and innovation, Institute for Manufacturing, University of Cambridge, project report, 2015.
- [4] Gerdtsri, N., Vatananan, R. S., & Dansamasatid, S.(2009), Dealing with the dynamics of technology roadmapping implementation : A case study, Technological Forecasting and Social Change, 76(1), 50-60.

- [5] De Laat, B. and McKibbin, S. (2003), The effectiveness of technology roadmapping-building a strategic vision, Dutch Ministry of Economic Affairs.
- [6] 한국생산기술연구원, 2013~2016 경영성과계획서, 2014.06. <https://www.kitech.re.kr/open/page1-2-2.php?idx=130&cat=A>.

■ 약력 | 송 보 미

□ 학력

- 2008년 서울대학교 산업공학과(공학사)
- 2010년 서울대학교 산업조선공학부 산업공학전공(기술경영) (공학석사)
- 2015년 서울대학교 산업조선공학부 산업공학전공(기술경영) (공학박사)

□ 경력

- 2015년~2017년 한국생산기술연구원(KITECH) 선임연구원
- 2017년~현재 한국항공대학교

□ 관심분야

- 기술경영, 기술정책, 제품/서비스 공학, 데이터 과학, 물류/SCM



한국과학기술정보연구원 가상 설계센터

Korea Institute of Science and Technology Information,
Supercomputing Modeling & Simulation Center



김 재 성 / 한국과학기술정보연구원 가상설계센터 센터장/책임연구원

1. 한국과학기술정보연구원(KISTI)

한국과학기술정보연구원은 국가과학기술연구회(NST, National Research Council of Science & Technology) 산하 25개 정부 출연 연구기관 중 하나로서, 첨단정보 및 R&D 인프라의 체계적 구축과 분석·서비스, 미래 정보기술에 대한 연구개발을 중점적으로 추진하고 있는 정보분야 전문 연구기관이다. 2001년도에 과기처 산하의 연구개발정보센터(KORDIC)와 산자부 산하의 산업기술정보연구원(KINITI)이 통합되어 출범한 기관인지라 신생 연구기관으로 인식되는 경우가 많지만, 1962년 유네스코(UNESCO)의 지원으로 설립된 한국과학기술정보센터(KOSTIC)가 오늘날 KISTI의 기원인 점을 감안할 때, 우리나라 정부 출연 연구기관 중 가장 오랜 역사를 가진 기관 중 하나라 할 수 있겠다.

한국과학기술정보연구원은 논문·특허와 같은 국내외 과학기술 지식정보의 구축과 서비스를 담당하는 정보유통 기능과 시장·산업정보의 분석·예측을 담당하는 정보분석 기능,

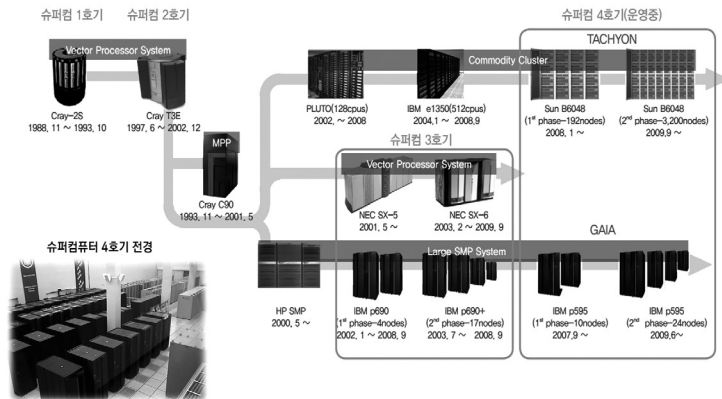
슈퍼컴퓨터 및 초고속 연구망과 같은 슈퍼컴퓨팅 인프라의 구축·운영 및 관련 연구개발을 담당하는 슈퍼컴퓨팅 기능의 3대 기능을 수행하고 있다. 가상 설계센터(Supercomputing Modeling & Simulation Center)는 슈퍼컴퓨팅 기능의 일환으로 국내 산업 분야에서의 슈퍼컴퓨터의 활용을 지원하고 관련 기술의 연구개발을 수행하고 있다.

2. 슈퍼컴퓨터(Supercomputer)

가상 설계센터를 소개하기 전에 센터 사업의 동력원이라 할 수 있는 슈퍼컴퓨터에 대해 소개 하고자 한다. 슈퍼컴퓨터는 일반적으로 성능이 매우 뛰어난 컴퓨터 혹은 당대 기술로 개발할 수 있는 최고 성능의 컴퓨터를 의미한다. 슈퍼컴퓨터에 대한 보다 명확한 정의를 위하여 슈퍼컴퓨터 분야에서는 전 세계 컴퓨터 중 성능이 세계 500위 이내인 컴퓨터를 슈퍼 컴퓨터라 규정하고 있다. 이를 위해, 매년 6월 유럽에서 열리는 ISC(International Supercomputing Conference)와 11



〈그림 1〉 KISTI 대전 본원 전경 및 주요기능



〈그림 2〉 KISTI 슈퍼컴퓨터 역사

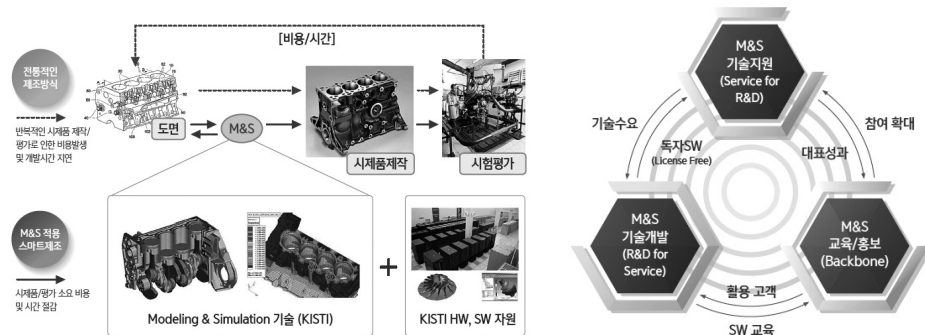
월 미국에서 열리는 SC(Supercomputing Conference)에서 전 세계 500위 이내의 컴퓨터를 발표하고 있으며, 발표 시점에 Top 500위 이내에 포함된 컴퓨터(Top 500List, <http://www.top500.org>)들을 진정된 의미에서 슈퍼컴퓨터라 규정한다. 2016년 11월 SC에서 발표한 순위에 따르면 중국 우시(Wuxi) 국가 슈퍼컴퓨팅센터가 보유하고 있는 Sunway TaihuLight 시스템이 93PFlops의 성능을 기록하여 전 세계에서 가장 빠른 슈퍼컴퓨터로 등재되었다.

KISTI에서는 1988년 슈퍼컴퓨터 1호기(Cray-2S)를 시작으로 현재 슈퍼컴퓨터 4호기(Tachyon/Gaia, 도입당시 세계 14위)를 운영하고 있으며 2018년 세계 10위권을 진입을 목표로 슈퍼컴퓨터 5호기의 구축을 추진 중에 있다. 슈퍼컴퓨터는 그 나라의 과학기술 수준을 가늠할 수 있는 척도라 할 수 있기 때문에 전 세계 각국은 슈퍼컴퓨터에 대한 투자를 지속적으로 강화하고 있는 추세이다. 우리나라는 2011년 슈퍼컴퓨팅 육성법이라는 『국가 초고성능 컴퓨터 활용 및

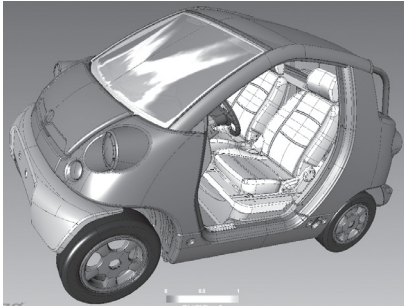
육성에 관한 법률』을 제정하여 KISTI를 국가 슈퍼컴퓨팅 센터로 지정하여 산학연의 슈퍼컴퓨터 활용 촉진은 물론 국산 슈퍼컴퓨터의 개발 등 다양한 사업을 추진하고 있다.

3. 가상설계센터

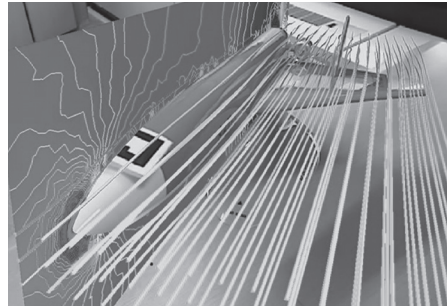
가상 설계센터에서는 중소기업으로 대표되는 산업체를 대상으로 슈퍼컴퓨터의 활용과 관련 기술 연구, 시스템 개발을 수행하는 슈퍼컴퓨팅 Modeling & Simulation(이하, M&S) 사업을 추진하고 있다. 슈퍼컴퓨팅 M&S는 계산과학(Computational Science)의 한 분야로서, CAD/CAE와 같은 제품 설계기술을 활용하여 실제 물리적 제품 제작 및 실험 활동을 가상의 제품 제작(Modeling)과 공학 해석(Simulation) 활동으로 전환하여 제품 개발에 필요한 시간과 비용의 획기적인 절감은 물론 제품 품질 향상에 큰 도움을 주는 스마트 제조기술로 주목받고 있다. 슈퍼컴퓨팅 M&S에서는 국내 중



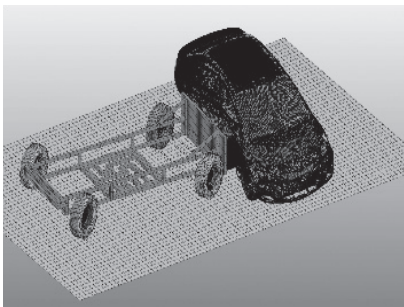
〈그림 3〉 슈퍼컴퓨팅 M&S 및 사업 개요



(a) 전기 자동차 제상성능 해석



(b) 무인 비행기 공력 해석(AR 검증)



(c) 자동차 충돌 해석



(d) 열교환기 성능 해석(VR 검증)

〈그림 4〉 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술지원 사례

소·중견기업을 대상으로 제품과 공정개발에서 발생하는 문제점들을 슈퍼컴퓨터와 M&S SW를 활용하여 사전에 예측하여 해결하는 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술지원과제와 제조기업이 필요로 하는 M&S SW를 개발하고 활용 환경을 구축하는 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술개발 과제를 중점적으로 수행하고 있다.

3.1 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술 지원

슈퍼컴퓨팅 M&S 기술지원 과제는 2004년 슈퍼컴퓨터의 산업체 활용 프로그램으로 시작되어, 2016년까지 약 500여 개 중소·중견기업의 제품·공정 개발을 지원하였다. 기술지원 대상 제품은 기어·베어링, 스크류 등 단위 부품에서부터 자동차, 무인 비행기 등 시스템 레벨의 완제품에 이르는 다양한 제품에 대한 M&S 기술지원을 수행하여 왔다.

슈퍼컴퓨팅 M&S를 통한 데이터 기반의 가상 실험과 평가로 인한 제품 및 공정의 개선으로 수혜기업의 제품개발 시간과 비용의 획기적인 절감은 물론 매출 증가와 같은 직접적인 경제적 효과 창출에도 크게 기여하고 있는 것으로 분석된다. KISTI 자체 분석 결과, 슈퍼컴퓨팅 M&S로 인한 개별 기업의

제품개발 평균 시간은 61.4%, 평균비용은 78%까지 단축·절감되었고 기존 제품·공정의 개선 및 신제품 개발로 인하여 지원 기업의 매출은 평균 24.4억 원 증가 하였으며, 평균 1.8명의 고용창출에도 기여한 것으로 분석된다. 이러한 혁신적 성과에 힘입어, 2015년 SC에서 산업체 슈퍼컴퓨팅 분야의 최고 혁신상인 HPC Innovation Excellence Award를 수상하기도 하였다.

3.2 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술 개발

미국 백악관 경쟁력위원회(Council on Competitiveness)에서는 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술을 기업의 생존과 경쟁은 물론 국가 제조업 혁신의 가장 중요한 기술 중 하나로 평가하고 있다. 또한, 최근 딜로이트 글로벌 제조 경쟁력 지수 보고서(2016 Global Manufacturing Competitiveness Index)에서는 IoT, 인공지능 기술, 3D 프린팅 기술과 함께 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술을 미래 4차 산업혁명을 이끄는 매우 중요한 기술로 제시하고 있다. 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술은 산업 전반에의 활용률이 높고 기업의 기술혁신을 견인할 수 있는 실용성이 증명된 매우 중요



IDC Announces New Winners of HPC Innovation Excellence Awards

There is not a day that goes by without the news of new HPC innovation.

IDC Announces New Winners of HPC Innovation Excellence Awards

International Data Corporation (IDC) today announced the ninth round of recipients of the HPC Innovation Excellence Award at the 101st Supercomputing Industry Conference in Austin, Texas. This year's winners come from around the globe: US-based Argonne National Laboratory, the Korean Institute of Science and Technology, and a recent start-up, Sanyo Systems from Japan. The first IDC Innovation Awards were given out at IDC 2011 and since then IDC has presented over 60 Innovation Awards at ten leading high performance computing (HPC) conferences – IDC and IDC+ in a wide range of academic, commercial, and government sites from around the world.

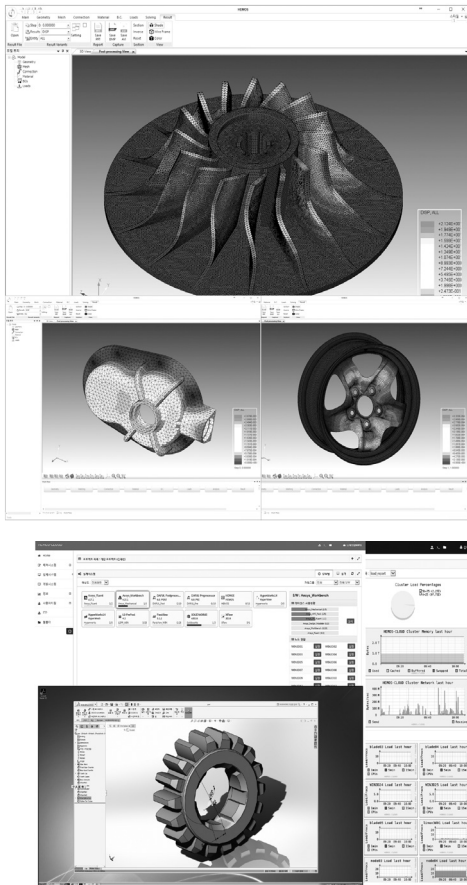
The HPC Innovation Excellence Award recognizes noteworthy achievements by users of high performance computing technologies. The program's main goal is to showcase return on investment (ROI) and specific success stories involving HPC, to help other users better understand the benefits of adopting HPC, and to highlight HPC investments, especially for small and medium size enterprises (SMEs), to demonstrate the value of HPC to leading industries and professions, and to expand public support for increased HPC investments.

"IDC research has shown that HPC can accelerate innovation cycles greatly, and in many cases can generate ROI. The award program aims to collect a large set of success stories across many research disciplines, industries, and application areas," said Don Loomis, Research Vice President, High Performance Computing at IDC. "The awards showcase clear success in applying HPC to generate improved business ROI, scientific advancement, and engineering successes. Many of the achievements also directly benefit society."



〈그림 5〉 HPC Innovation Excellence Award

한 기술임이지만, 국내 제조기업의 M&S 활용률은 8.2%에 불과한 실정이다. KISTI에 따르면 국내 제조기업의 M&S 활용을 저해하는 가장 큰 장애요인은 고가의 M&S SW 비용인 것으로 분석된다. 따라서 슈퍼컴퓨팅 M&S 기술개발 과제에서는 중소 제조기업이 필요로 하는 보급형 M&S SW(HEMOS : High-



〈그림 6〉 HEMOS-Structure 및 HEMOS-Cloud

performance Engineering Modeling & Simulation) 개발과 슈퍼컴퓨터 및 관련 SW를 언제 어디서든 쉽고 편리하게 활용할 수 있도록 지원하기 위한 클라우드 컴퓨팅 환경(HEMOS-Cloud)을 구축하여 서비스하고 있다.

KISTI 가상 설계센터에서는 슈퍼컴퓨터의 활용성을 높이고 제조기업의 SW 비용으로 해소를 위한 자체 M&S SW 개발과 함께 국내 M&S 전문기업 육성 및 국산 M&S SW 개발 지원하기 위한 엔지니어링 SW 기술개발 기반구축 과제를 추진하고 있다. 피도텍, 평선베이, 버추얼모션 등 우리나라를 대표하는 7개 국산 SW 개발 기업들과 공동으로 설계 최적화, 로봇 매니플레이터 설계, 소음·진동해석 등 다양한 분야의 국산 M&S SW 개발을 추진 중에 있다.

가상 설계센터에서는 앞으로 슈퍼컴퓨팅 M&S 사업을 지속 강화하여 보다 많은 우리나라 제조기업들이 제품개발에 M&S를 활용할 수 있도록 관련 기술 개발과 환경 구축을 확대해 나아갈 계획이다. 또한 국산 M&S SW 기업 지원 및 협력을 지속 강화함으로써 우리나라 산업체 슈퍼컴퓨팅 생태계의 중심점으로서 역할을 다할 계획이다. **ie** 매거진

■ 약력 | 김재성

□ 학력

- 1997년 홍익대학교 산업공학과(학사)
- 1999년 POSTECH 산업공학과(석사)
- 2003년 POSTECH 산업공학과(박사)

□ 경력

- 2003년~2013년 한국과학기술정보연구원 선임연구원
- 2013년~현재 한국과학기술정보연구원 책임연구원
- 2013년~2014년 한국과학기술정보연구원 미래전략실장
- 2014년~2014년 한국과학기술정보연구원 중소기업 슈퍼컴퓨팅실장
- 2015년~2015년 한국과학기술정보연구원 가상설계분석실장
- 2016년~현재 한국과학기술정보연구원 가상설계센터장

□ 관심분야

- Supercomputing, Modeling & Simulation, CAD/CAE, Product Design

미래를 선도하는 리더를 꿈꾸는 대학생 산업공학도, FIELD



FIELD 단장단 / 이 성 민(서울대), 이 혁(KAIST), 이 승 훈(KAIST), 조 재 석(연세대)

FIELD 소개

FIELD는 Future Industrial Engineering Leaders and Dreamers의 줄임말로, 미래를 선도하는 리더를 꿈꾸는 산업공학도라는 의미를 담고 있습니다. 서울대학교, 한국과학기술원, 그리고 포항공과대학교의 산업공학과 학생을 필두로 2008년 출범한 FIELD는 2011년 이래로 고려대학교와 연세대학교가 합류하여 5개교 체제를 유지 하였습니다. 그리고 올해부터 FIELD를 보다 지속 가능한 단체로 탈바꿈하기 위해 대한산업공학회와 협업하고, 활동 범위 또한 전국적으로 확대하였습니다.

FIELD의회원은 스테프라고 일컬어 집니다. 이는 FIELD가 대학생산업공학도를 위한 캠프를 운영하는데 있어 FIELD 회원이 캠프의 참가자를 위한 진행자 역할을 맡아왔기 때문이며, 현 FIELD의 활동이 단순히 캠프를 운영하는 데 국한되지는 않지만 관행에 따라 스테프라는 이름을 그대로 사용하고 있습니다. 회원의 선발은 매년 3월경 FIELD 임원진의 간단한 면접을 통해 이루어지며, 매년 40명 가량을 선발하고 있습니다. 회원 선발이 끝나면 각각의 회원은 임원진을 제외하고는 한가지 부서에 속하게 됩니다. 봄학기 활동과 가을 학기 활동이 다르기 때문에 학기마다 속한 부서가 달라집니다. 가령, 봄학기에는 모든 회원이 8월경 개최하는 대학생산업공학도 캠프인 FIELD CAMP를 준비하는데 매진하기 때문에 FIELD CAMP를 구성하는 부서인 기획부, 컴페티션부, 총무부, 홍보부에 속하며, 가을학기에는 활동이 세분화됨에 따라 BIRD부, SEMINAR부, 그리고 INFORM부처럼 특정활동을 담당하는 부서에 속합니다. 임원진 선발은 매년 9월 FIELD 회원중 자원자를 대상으로 하며, 기존 임원진의 간단한 면접 후에 선발됩니다. 일반 회원과 임원진

모두선발 시점은 다르지만 임기는 1년으로 동일합니다. 회원임기 이후에는 FIELD의 활동에는 직접 참여하지는 않지만, 매년 현 회원과 지속적으로 교류하며 좋은 관계를 이어 나가고 있습니다.

FIELD 봄학기활동

봄학기에 저희 FIELD는 FIELD CAMP를 개최합니다. 본행사는 전국 산업공학전공 대학생들간의 인적 네트워크 형성과 학술교류를 목적으로 하며, 8월경 전국대학교 산업공학과 학생들을 대상으로 합니다. 2016년 제 9회 FIELD CAMP의 참가자는 약 160명 이었으며, 올해는 그보다 조금 많은 200명으로 예상하고 있습니다. 행사의 일정은 크게 인적교류를 위한 프로그램과 학술교류를 위한 프로그램으로 나누어 집니다. 인적교류 프로그램에는 아이스브레이킹(Ice breaking), 레크리에이션(Recreation), 그리고 산공인의 밤 행사가 있으며, 학술교류 프로그램에는 선배와의 만남과 컴페티션(Competition)이 있습니다.



〈그림 1〉 2016 FIELD CAMP



〈그림 2〉 FIELD CAMP ICE BREAKING

인적교류 프로그램은 전국에 흩어져있는 대학생산업공학도들간의 네트워크를 형성하는 것을 목적으로 하는 프로그램입니다. '아이스브레이킹'은 서로에 대해 잘알지 못하는 캠프 참가자들이 캠프 시작 이후 잘 어울릴 수 있도록 도와주는 프로그램으로, 저희 FIELD는 단시간 내에 빨리 친해질 수 있도록 창의적인 프로그램을 개발하는데 초점을 맞추고 있습니다. 2016년에는 물을 사용하여 많은 참가자의 호평을 얻었습니다. 캠프 시작뿐 아니라 캠프 도중에도 참가자들이 지치지 않고 재충전 할 수 있도록 간단한 레크리에이션 역시 진행하고 있습니다. 캠프의 모든 활동이 마무리되는 셋째날 밤에는 '산공인의 밤'이라 불리는 리셉션(Reception) 형식의 행사가 있습니다. 참가자들이 다과를 즐기며 서로 자유롭게 대화하고 생각을 나누는 시간을 가짐으로써 캠프 이후에도 지속적인 교류를 이어 갈수 있도록 도와줍니다.

학술교류 프로그램은 전국 산업공학과 대학생들의 학업에 대한 관심과 이해 수준을 높이고, 나아가 이들이 산업공학의 발전에 기여하도록 돕는 것을 목적으로 하는 프로그램입니다. '선배와의 만남'은 산업공학과를 졸업하고 이미 사회에서 활동하고 있는 선배들을 초청하여 강연을 듣는 활동입니다. 첫 캠프를 기점으로 교수, 직장인, 창업인 등 다양한 업종에 종사하고 있는 산업공학전공 연사님들께서 오셔서 진솔한 이야기를 들려 주셨습니다. '컴페티션'은 FIELD CAMP의 심장과 같은 활동으로서, 주어지는 주제에 대한산업공학적 접근을 고민하여 결과물을 창출하고, 그 결과물을 바탕으로 조별로 우열을 가리는 프로그램입니다. 2016년의 경우 '인간공학적 가구 설계'와 '우리나라의 지역 불균형 해소'라는 두가지 주제가 주어졌습니다. 전자의 주제에서는 번기 비데를 자동화 할 수 있는 시스템을 제시하여 수상하였으며, 후자의 주제에서



〈그림 3〉 FIELD CAMP COMPETITION

는 화력 발전소가 많아 대기오염으로 고난을 겪는 충청남도에 전기세를 삭감하여 보상하자는 아이디어가 최우수상을 수상했습니다. 특히 전기세 삭감 아이디어의 경우 전기세 할인을 직접 선형계획 문제로 환원하여 모든 제약을 만족시키는 최적의 할인을 수치까지 찾아내는 등 양질의 결과를 선보였습니다. 컴페티션 활동은 주로 참여 조원간의 토의를 바탕으로 하지만, 활동에 활용할 수 있는 기초적인 전공지식이나 소프트웨어 사용법에 관한 수업을 저희 FIELD 회원이 자체적으로 준비하여 제공하고 있습니다.

FIELD 가을학기 활동

본디 FIELD는 앞서 설명한 FIELD CAMP만을 기획하고 진행하는 단체였습니다. 하지만 산업공학을 전공하는 학생들이라는 동질감과 자부심을 좀 더 오래 가지고 활동에 임하고 싶다는 대다수의 FIELD 회원들의 의견을 수렴하여, 2016년 8월 이래로 FIELD는 한 학기가 아니라 한 해 동안 지속적인

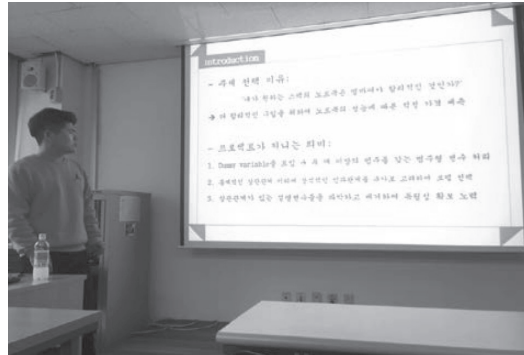


〈그림 4〉 FIELD BIRD 신성고등학교 설명회

로 활동을 이어나가는 단계로 발돋움 하였습니다.

FIELD CAMP를 마무리 하고 가을학기에 임하는 활동은 크게 세 가지입니다. 첫 번째는 전국 각지의 고등학교를 방문하여 산업공학과라는 전공에 대해 설명하는 FIELD BIRD입니다. 바쁜 학교 생활 탓에 정작 자신의 진로와 크게 결부되는 대학 전공에 대해 탐색할 기회가 없는 우리나라 고등학생들에게 산업공학의 정의에서 분야, 전망, 그리고 진로에 이르는 다양하고 깊이 있는 정보를 생생하게 전달함으로써 학생들에게 전공 선택에 관한 통찰을 제공하는 것을 목적으로 하며, 나아가 산업공학이라는 학문 자체에 대한 홍보 효과도 기대하고 있습니다. 특히, 주변에서 흔히 구할 수 있는 서적에서 나타내는 산업공학과 실제 전공으로서의 산업공학 간의 괴리가 크다는 판단이 들어, 산업공학의 분야를 좀 더 세분화하여 설명하되 학생 수준에서 이해할 수 있도록 다양 각색의 예시를 보여주는 식으로 진행하고 있습니다. 가령 산업공학 이야기를 할 때 마다 빠짐없이 언급되는 '최적화'라는 단어의 경우, 특정 기술 분야에서의 최적화와 총체적 관점에서의 최적화를 혼동하는 학생들이 많았기 때문에 둘의 차이를 명확히 하고 산업공학에서의 최적화를 좀더 강조할 수 있도록 설명회를 개최하고 있습니다. 2016년 경기도 안양 신성고등학교에서 첫 설명회를 열었으며, 참여한 학생들은 물론 담당 선생님까지 상당히 만족을 표했습니다.

두 번째는 학교에서 배운 산업공학적 방법론을 토대로 본인이 설정한 문제를 해결하고 그 결과를 회원들과 공유하는 FIELD SEMINAR입니다. 산업공학을 전공하는 학생들이 공통적으로 토로하는 걱정은 훗날 본인들의 전공을 어떻게 응용할 수 있을지 감이 잡히지 않다는 것입니다. 산업공학도가 사회의 다양한 범주에서 문제를 정의할 수 있는 능력이 있다고는 하지만, 학교에서는 문제를 해결하기 위한 방법론을 위주로 배울 수 밖에 없는 실정입니다. 따라서 실제로 전공을 활용하는 사례를 나름대로 만들어보고, 이에 대해 다른 학생들과 의견을 공유하는 장(場)을 만들자는 취지에서 FIELD SEMINAR를 진행하게 되었습니다. 본 활동을 위해 독자적인 연구를 진행하는 사람도 있지만, 대개는 부담을 줄이기 위해 학기 중에 완성한 조별 과제 내용을 확장하여 소개하고 있습니다. 2016년 당해만 해도 최적화, 통계, 그리고 인간공학을 모두 아우르는 다양한 주제로 활동이 진행되었으며 내용의 질(質) 또한 높은 수준을 유지하고 있습니다. 특히, 서울대학교 산업공학과 이성민 학생이 '원손잡이를 위한 지하철 개찰구 개선'이라는 주제로 진행한 발표는 사회적 소수자인 원손



〈그림 5〉 FIELD SEMINAR

잡이가 서울 지하철 개찰구에서 느끼는 불편을 인간 공학적인 관점에서 해결할 수 있는 방안을 여럿 제시하였고, 관련 서울시 공모전에서도 수상하여 양질의 연구임을 입증했습니다.

마지막으로 저희 단체의 활동 내용을 소개하고 다른 산업공학도들의 활동 참여를 독려하는 FIELD INFORM입니다. 단체의 홍보는 분야를 막론하고 중요 하지만, 기본적으로 해마다 새로운 회원을 선발하는 저희에게는 더 큰 무게가 실리는 것이 사실입니다. 더불어 올해 부터 활동이 전국적으로 확장됨에 따라 기존에 참여하지 못했던 대학생 산업공학도들에게도 참여 기회가 주어져야 하기 때문에 더욱 홍보의 중요성이 강조되고 있습니다. 현재는 이를 위해 가장 대중적인 소셜 네트워크 서비스(Social Network Service)인 페이스북 페이지와 네이버 카페를 운영 중입니다. 이 두 플랫폼 상에서 새 회원 선발이나 활동 내용과 같은 저희 단체 소식을 게시할 뿐 아니라 산업공학도를 대상으로 하는 여러 대외 프로그램을 소개하고 있습니다. 홍보에 있어서 저희가 가장 심혈을 기울이고 있는 부분은 바로 가시성입니다. 특히, 앞서 설명한 FIELD BIRD와 FIELD SEMINAR의 활동 내용 소개의 경우 누구나 보기 좋은 카드 뉴스(Card News) 형식으로 설계하여 저희뿐 아니라 저희 단체에 관심을 가질만한 모두가 그 내용을 확인할 수 있게끔 게시글을 작성하고 있습니다.

FIELD와 대한산업공학회의 역할

2016년 8월경에 FIELD의 활동 범위를 전국으로 넓히기 위한 준비를 시작했습니다. 무엇보다 중요한 것은 저희 FIELD 활동의 안정성과 지속 가능성이었습니다. 대한산업공학회와 협력함으로써 오는 공신력으로 이 두 가지 목표를 달성할 수



있으리라 판단했고, 이것이 산업공학의 발전에 기여 한다는 저희 활동 취지와도 부합하는 일이라 판단하여 2016년 9월부터 학회와 논의를 계속해 왔습니다. 2017년 1월 현 학회장님 이신 이태억 교수님을 포함한 총괄 본부 교수님들과의 협의를 통해서 FIELD의 활동을 학회에서 직접 주최해주시기로 결정 하였습니다.

FIELD가 대한산업공학회와 손을 잡으면서 얻을 수 있는 가장 큰 이익은 활동에서의 공식성을 확보할 수 있다는 것입니다. 학회 차원에서 전국 소재 대학으로 공문을 발송하여 저희 FIELD를 홍보하는 것이 가능해지며, 고등학교에서 산업 공학 설명회를 개최하는 경우 해당 학교에서 요구하는 공문 역시 학회 측에서 발급이 가능한 것으로 알고 있습니다. 또한, 활동에 대한 공신력이 커짐에 따라 대외 활동에 적극적인 저 학년 학생들뿐 아니라 고학년 학생들의 유입도 기대되며, 이에 따라 보다 넓은 스펙트럼의 FIELD 회원을 확보할 수 있으리라 생각합니다. 반대로 FIELD는 산업공학에 애정을 갖고 주체적으로 활동하는 전국 대학생 산업공학도를 위한 교류의 장(場)을 형성함으로써 대학생을 위한 학회의 활동을 강화 하고, 이에 따라 학회는 기존에 비해 대학생을 대상으로 더 큰 영향력을 행사할 수 있으리라 예상합니다.

저희 FIELD는 대한산업공학회와 지속적인 원원관계

(Win-win relationship)를 유지하고 싶습니다. 산업공학에 애정을 갖고, 학문의 발전에 이바지 하고자 하는 순수한 공통 분모를 가진 우리는 필연적인 상생 관계가 되리라 확신 합니다. 훗날 FIELD의 회원이 어엿한 산업공학과 교수가 되어 대한산업공학회의 일원으로 함께할 수 있는 미래를 기대합니다. **ie** 아이엑스

■ 약력 | FIELD 단장단

이성민 / 이혁, 이승훈 / 조재석

- 소속
 - 서울대학교 / KAIST / 연세대학교
- 학력
 - 학부생
- 관심분야
 - 산업공학



산업공학과 신임 교수 소개



■ 신 정 우 / 경희대학교 산업경영공학과 교수

존경하는 대한산업공학회 회원님들, 안녕하세요. 작년 가을부터 경희대학교 산업경영공학과에 재직 중인 신정우입니다. 이렇게 대한산업공학회 지면을 빌어 인사드립니다. 저는 한국과학기술원(KAIST)에서 학사 기간 동안 수학 전공과 더불어 경영경제학(Business Economic Program)을 부전공하면서, 기술경영 분야에 대한 흥미를 느끼기 시작하였습니다. 학사 기간 동안 배운 통계 및 경영·경제분야에 대한 기초 지식을 바탕으로 서울대학교 기술경영경제정책 대학원에서 박사(석박통합) 학위를 받았습니다. 이후 서울대학교 및 University of Texas at Austin에서 박사 후 과정으로 약 3년간 있으면서 자율주행 등 차세대 자동차에 대한 수요 예측 연구를 수행 하였습니다. 박사 후 과정을 마치고는 한국환경정책평가연구원 있으면서 환경가치평가 및 녹색 소비 활성화 방안 연구를 수행하였습니다.

현재 저는 경희대학교 산업경영공학과에서 기술경영 분야를 담당하고 있습니다. 어떻게 소비자들의 니즈를 명확하게 파악하고, 이를 실제 기술경영전략 및 기술정책 수립에 활용할 수 있는가에 대한 연구 질문을 바탕으로 수소 연료전지 자동차 기술시장분석 등 IT, 에너지 분야로의 융합연구를 수행하고 있습니다. 이와 더불어 최근 지속 가능 발전을 목표로 환경 분야의 중요성이 점차 커지고 있습니다. 한국환경정책평가연구원에서 수행한 환경가치평가 연구 경험을 바탕으로 미세먼지 등 대기오염으로 인한 사람들의 불편비용을 정량화하는 연구와 환경규제 비용 분석 등을 수행하고 있습니다. 최근에는 사물인터넷(IoT) 등 초연결사회에서 다양한 기술, 제품 및 서비스들에 대한 수용행태에 관심을 가지고 연구를 하고 있습니다. 특히, 핵심 기술/제품을 파악과 소비자들의 태도-행동 불일치성(Attitude-behavior inconsistency)을 파악하기 위한 모형 개발을 진행 중에 있습니다.

저는 다양한 분야의 연구를 수행하면서 자연스럽게 융합연구에 많은 관심을 가지고 있습니다. 융합연구를 진행하기 위해서는 여러 산업공학 분야의 선후배 교수님들과 연구자 분들의 많은 도움이 필요합니다. 산업공학 분야는 다른 분야와 달리 융합연구에 강점을 가지고 있기 때문에 AI, IoT 등 도래하는 새로운 시대에 산업공학이 선도적인 역할을 할 수 있을 거라 생각합니다. 앞으로 제 연구활동에 많은 관심과 조언 부탁 드리겠습니다. 감사합니다.

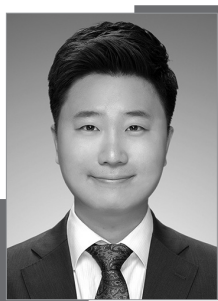




■ 성 시 일 / 인제대학교 산업경영공학과 교수

안녕하세요. 저는 2017년 2월 인제대학교 산업경영공학과에 조교수로 임용된 성시일이라고 합니다. 저는 2007년 고려대학교 산업시스템정보공학과에서 학사 학위를, 2009년 동대학원 정보경영공학과 산업시스템트랙 석사 학위를 그리고 2014년 카이스트 산업 및 시스템공학과에서 박사학위를 취득하였습니다. 박사 학위 과정 동안 신뢰성 공학 분야 중 하나인 가속 열화 시험의 최적 및 절충 시험 계획을 개발하였습니다. 박사 학위 취득 후 삼성전자 메모리 사업부 품질보증실에서 과장으로, 그 후 국방 분야 정부 기관인 국방기술품질원 품질경영운영실에서 선임연구원으로 근무하였습니다. 특히 국방기술품질원에서 다양한 품질경영 정책 연구와 품질 문제들을 접한 후 우리 학교로 부임하게 되었습니다.

현재 박사 과정과 삼성전자 그리고 국방기술품질원에서의 경험을 바탕으로 다양한 품질 문제 및 이와 관련된 품질경영 정책 연구 그리고 제품의 수명을 평가하고 개선할 수 있는 신뢰성 공학에 대한 연구를 지속적으로 수행하고 있습니다. 좀 더 자세히 말씀드리면, 실효성 있는 가속 열화 시험 계획의 개발과 국방 분야 무기체계의 신뢰성 분석 수행, 신뢰성 수준 향상을 위한 정책 기법 개발과 Prognostics and health management 기법의 적용 방법 및 관련된 모형의 개발, 품질경영 정책 및 기법 연구 등 다양한 품질 및 신뢰성 공학 연구를 지속적으로 수행하고 있습니다. 이와 같이 품질 및 신뢰성 공학과 관련된 연구 주제는 무궁 무진하기에 앞으로도 새로운 문제를 발굴하여 정의하고 해결하기 위해 다각적으로 연구 하고자 합니다. 아직은 부족하지만 산업공학의 한 분야인 품질 및 신뢰성 공학 분야에 기여할 수 있는 연구자가 되도록 노력하겠습니다. 많은 조언과 관심 부탁드립니다.



■ 조 인 수 / 선문대학교 산업경영공학과 교수

대한산업공학회 선배님들, 안녕하십니까, 저는 2017년 3월 부터 선문대학교 산업경영공학과에서 품질경영 전공으로 근무하게 된 조인수 입니다. 신입 교원으로 서 모든 면이 부족하지만 학과 교수님들과 학교의 적극적인 지원덕분에 새로운 환경에 조금씩 적응하고 있습니다. 저는 연세대학교 정보산업공학과에서 학사, 석사, 박사 학위를 받고, 미국 George Washington University에서 박사후 연구원으로 근무를 하였습니다. 학위 및 연구원 기간 동안에는 기술경영과 품질경영에 대한 연구를 수행하였습니다. 새롭게 이슈가 되는 기술을 분석하여 제품 · 서비스에 응용하고 확산하기 위한 방법론을 개발하고, 동시에 통계적 기법을 적용하여 제품 · 서비스 품질 향상을 위한 시사점을 제공하여 왔습니다. 따라서 주로 Total Quality Management & Business Excellence, Service Business, International journal of Technology Management, Industrial Management & Data Systems 등의 저널에 논문을 게재하여 왔습니다.





현재 저희 선문대학교 산업경영공학과는 지역 중소기업들의 제조 경쟁력 향상을 위해 생산, 물류, 품질 등 전통 산업공학을 중심으로 학생 교육 및 연구를 진행하고 있습니다. 특히 중소 제조업의 스마트팩토리 구현에 대한 연구를 수행하면 할수록 대한산업공학회 선배님들의 관심과 협업이 필요하다는 것을 깨닫고 있습니다. 앞으로 산업공학과 학문적 실무적 발전에 미약하나마 도움이 될 수 있도록 선배님들의 많은 관심과 조언을 부탁드립니다. 감사합니다.



■ 이 강 복 / 포항공과대학교 산업경영공학과 교수

안녕하십니까. 포항공과대학교 산업경영공학과에 재직 중인 이강복입니다. 저는 포항공과대학교에 2016년 7월 부교수로 부임하였습니다. 이렇게 지면으로나마 인사를 드리게 된 것을 기쁘게 생각합니다.

저는 포항공과대학교 산업경영공학과에서 학사, 석사, 박사 학위를 받았고 석사 학위 및 박사 학위 논문은 스케줄링 연구에 관한 것입니다. 박사 학위 취득 후 LG 전자 생산기술원에서 선임 연구원으로 3년 반 정도 근무하며 다양한 제조 및 물류 시스템에 대한 프로젝트를 수행하였습니다. 그 이후 미국으로 건너가 New York University, Stern School of Management 박사 후 연구원, Rutgers Business School에서 Research Associate Professor, 그리고 City University of New York, York College 경영학과에서 Assistant professor로 재직하였습니다. 미국의 경영대에서 총 9년간 재직하는 동안 다양한 사람들과 연구를 수행할 수 있는 기회가 있었고, 현재도 지속적으로 연구를 진행하고 있습니다.

저의 주 연구 분야는 스케줄링과 조합 최적화를 비롯한 경영과학입니다. 스케줄링은 특정한 목적을 달성하기 위하여 job이라 불리는 일을 machine 이라 불리는 자원의 시간 축에 할당하는 문제입니다. 제조 및 서비스 분야의 많은 문제들이 스케줄링 문제로 모형화가 가능합니다. 따라서, 스케줄링은 활용도가 높은 문제로 알려져 있고, 오랜 기간 연구된 경영과학의 모형 중 하나입니다. 현재 가르치는 과목은 최적화와 관련된 생산관리, 수리계획입니다.

현실적인 문제에 대해서는 제조 및 물류시스템에 경영과학의 이론을 적용하는 것에 관심이 있습니다. 최근 생산 계획에 관한 프로젝트를 산업체와 함께 진행하고 있습니다. 현재 Journal of Scheduling와 International Journal of Production Research의 Associate Editor로 활동하고 있습니다.

앞으로 학회등의 여러 기회를 통해서 선 후배 교수님들과 연구자님들을 만나뵙기를 기대하겠습니다. 감사합니다.

