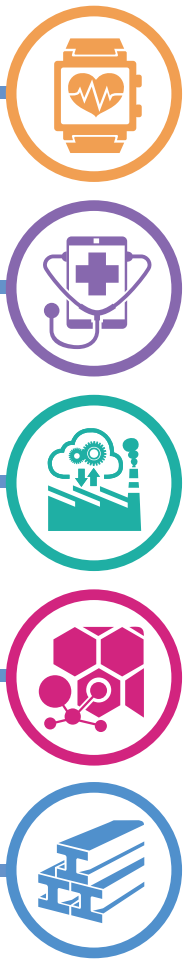
International Standards Ensure Positive Change

2016 INSIGHT INTO TECHNOLOGY AND STANDARDS

2016 10대 표준화 전략트렌드



KATS 국가기술표준원 | NSC 국가표준코디네이터사무국

Issue Keywords for 2016

착용형스마트기기

TREND 01

- 웨어러블 센서
- 웨어러블 배터리
- 웨어러블 의료 및 헬스케어 응용기술
- 웨어러블 기기의 안전성 및 신뢰성 평가
- 웨어러블 기기용 통신 및 보안 기술
- 웨어러블 기기 신호처리
- 웨어러블 섬유 및 패션응용
- 재난 및 산업안전
- 플렉서블 디스플레이
- 에너지 변환 및 전달기술

스마트헬스

TREND 02

- 스마트 헬스케어와 국제표준
- 병원의 사물인터넷 활용 시나리오
- 개인생활건강관리 웰니스휴먼케어 플랫폼
- 피트니스 헬스케어의 변화 트렌드와 표준화 요구사항
- 일상 밀착형 한의학적 예방관리
- 의약품·의료기기 유통이력추적 표준화 동향
- 스마트헬스 데이터
- 바이오헬스 활성화·선진화를 위한 프레임워크
- 표준·보안 기반의 e-Health 서비스 플랫폼
- PHR의 미래

스마트공장

TREND 03

- 실시간 생산자원 데이터 분석 및 관리
- 글로벌 복수공장 통합운영
- 에이전트 기반 생산설비 자율보전
- PLM-MES 인터페이스
- 제조 설비간 정보연동
- 연계데이터 표준
- 커넥티비티 기술
- 정보보호 프레임워크
- 정보보호 관리체계
- 사이버보안 위험관리 프레임워크

차세대소재

TREND 04

- 탄소복합소재
- 3D프린팅 소재
- 유·무기 하이브리드 태양전지
- 그래핀 슈퍼커패시터
- 스마트 유체
- 탄소나노튜브섬유
- 내지문필름
- 방열소재
- 엔지니어링 플라스틱

차세대철강

TREND 05

- 700MPa 급 내진 철근
- 수소저장기술
- 극한환경 해양플랜트 강재
- 비자성 고Mn강
- 부식환경에서의 내식철근
- 고내식 아연알루미늄 합금도금강판
- 고인성 구조용 강관
- 재난안전 인프라용 내화강재
- 대형·고층화 건축물 나사철근
- CHQ Wire 시험평가 방법

International Standards Ensure Positive Change

2016 INSIGHT INTO TECHNOLOGY AND STANDARDS

2016 10대 표준화 전략트렌드



KATS 국가기술표준원 | NSC 국가표준코디네이터사무국

Contents

• 발간사 4
• History of 'world standards day' 6

Trend 01

착용형 스마트 기기
Wearable Smart Device



• 총 론 10
• 국가표준코디네이터 담당분야 소개 12
• 착용형 스마트 기기 분야 10대 트렌드
01. 웨어러블 기기용 에너지 변환 및 전달 기술 16
02. 웨어러블 배터리 기술 20
03. 웨어러블 센서 기술 27
04. 웨어러블 헬스케어 및 의료분야 응용 기술 31
05. 웨어러블 기기의 안전성 및 신뢰성 평가 기술 36
06. 웨어러블 기기용 통신 및 보안 기술 41
07. 웨어러블 디바이스의 신호처리 기술 45
08. 웨어러블 섬유 및 패션 응용 기술 48
09. 웨어러블 기기의 재난 및 안전 응용 기술 56
10. 플렉시블 디스플레이 기술 60

Trend 02

스마트헬스
Smart Health



• 총 론 68
• 국가표준코디네이터 담당분야 소개 72
• 스마트헬스 분야 10대 트렌드
01. 스마트 헬스케어와 국제표준 74
02. 병원의 사물인터넷 활용 시나리오 78
03. 개인생활건강관리 웰니스휴먼케어 플랫폼 83
04. 피트니스 헬스케어의 변화 트렌드와 표준화 요구사항 86
05. 일상 밀착형 한의학적 예방관리 90
06. 의약품·의료기기 유통이력추적 표준화 동향 94
07. 스마트헬스 데이터 98
08. 바이오헬스 활성화·선진화를 위한 프레임워크 102
09. 표준·보안 기반의 e-Health 서비스 플랫폼 106
10. PHR의 미래 110

Trend 03

스마트공장

Smart Factory



• 총 론 ····· 118
• 국가표준코디네이터 담당분야 소개 ····· 122
• 스마트공장 분야 10대 트렌드
01. 실시간 생산자원 4MIE 데이터 분석 및 관리 기술 ····· 124
02. 글로벌 복수공장 통합운영 기술 ····· 127
03. 에이전트 기반 생산설비 자율보전 기술 ····· 130
04. PLM - MES 인터페이스 기술 ····· 133
05. 제조 설비와 기간 정보 시스템들 간의 연계 데이터 표준 ····· 135
06. 제조 설비 간 정보 연동 기술 ····· 138
07. 스마트공장 커넥티비티 기술 ····· 140
08. 스마트공장 정보보호 프레임워크 ····· 144
09. 스마트공장 정보보호관리체계 ····· 148
10. 스마트공장 사이버보안 위험관리 프레임워크 ····· 151

Trend 04

차세대소재

Next Generation Materials



• 총 론 ····· 158
• 국가표준코디네이터 담당분야 소개 ····· 162
• 차세대소재 분야 10대 트렌드
01. 슈퍼커패시터(그래핀) ····· 166
02. 내지문 필름 기술 및 동향 ····· 171
03. 유·무기 하이브리드 태양전지 ····· 175
04. 3D 프린팅 고분자 소재 ····· 178
05. 스마트 유체를 이용한 완충제 ····· 181
06. 탄소섬유 및 복합소재 ····· 184
07. 항공우주용 초고강도 탄소복합소재 ····· 188
08. 탄소소재 기반 방열소재 ····· 192
09. 탄소섬유 자동적층 기술 ····· 196
10. 탄소나노튜브섬유 ····· 200

Trend 05

차세대철강

Next Generation Steel



• 총 론 ····· 206
• 국가표준코디네이터 담당분야 소개 ····· 208
• 차세대철강 분야 10대 트렌드
01. 사회 안전 확보를 위한 내진 철근 ····· 210
02. 수소 에너지 활용을 위한 응용 소재 ····· 216
03. 영하 60℃급 극한환경 해양플랜트 강재 ····· 222
04. 비자성 특성이 우수한 비자성 고Mn강 ····· 228
05. 부식환경 손실비용 감소를 위한 내식철근 ····· 232
06. 마그네슘 첨가 고내식 아연알루미늄 합금도금강판 ····· 238
07. 고인성 구조용 강관의 상용화 ····· 242
08. 재난안전 인프라용 내화강재 ····· 246
09. 건축물의 대형화, 고층화를 위한 나사철근 ····· 250
10. CHQ Wire의 구상화율의 정량적 시험평가 방법 개발 ····· 254

발간사



인류의 내일을 변화시켜줄 미래신성장 5대 산업 분야의 10대 표준화 전략

Google의 인공지능 알파고와 이세돌 9단의 바둑 대국은, 사람과 사물, 데이터가 모두 연결되는 초연결사회에서 기술개발이 어느새 인류가 깨닫지 못한 수준까지 다다랐음을 보여준 획기적인 사건이었습니다. 또한 현재 활발히 진행 중인 ICT와 제조업의 융합을 일컫는 제4차 산업혁명의 중심에서, 과연 인류를 위한 기술개발이 무엇인지 다시 한 번 생각해 보게 됩니다.

현재 인류는 무서운 속도로 발전하는 다양한 기술의 혜택을 누리고는 있으나, 고령화, 저성장, 환경 및 안전 등 복잡하고 다양한 문제에 또한 직면하고 있습니다. 인류가 이러한 문제들을 해결하기 위해, 산업기술 육성에만 집중했던 과거의 기술개발 정책을 과감히 떨치고 새로운 패러다임의 기술개발 정책을 구상할 시점이라고 생각합니다.

한편, 세계적인 경제 위기와 지속 가능한 성장을 해결하기 위해, WTO 및 FTA와 같은 경제개방을 통한 글로벌 네트워크가 가속화되면서 WTO/TBT 협정(무역기술장벽)에 따른 기술규정과 국제표준의 중요성이 더욱 강조되고 있습니다.

이러한 시대적 요구에 부응하기 위한 가장 효과적이고 유용한 접근 방법 중 하나가 『표준』입니다. 표준을 통하여 상호운용성과 호환성을 확보하고 이종산업 간의 융합을 촉진시킬 수 있습니다. 이를 통해 새로운 산업을 성장시키고 선진기술을 중소기업에 보급시켜서 사회복지를 실현하며, 보다 안전한 사회를 구현할 수 있기 때문입니다.

창조경제시대에서 미래신성장 산업을 예측하고 한발 앞서 표준화를 추진하기 위해, 2011년부터 국가기술표준원에서는 국가연구개발사업의 표준화 연계 및 산업화를 지원하고 민간과 정부를 소통시키는 '국가표준코디네이터' 제도를 운영하고 있습니다.

이에 국가표준코디네이터 사업으로 추진하는 전략산업 분야를 우선적 대상으로 전문가들 간 협업을 통해 2~3년 내 단기 미래에서 중요하게 될 R&D-표준화 연계 이슈 키워드를 선정하여 10대 핵심 트렌드를 개발하였으며, 산·학·연의 전문가는 물론 기술 및 표준에 관심 있는 일반인들과 공유하고자 합니다.

모쪼록 국가표준코디네이터 사업의 일환으로 개발하여 제공되는 "10대 표준화 전략 트렌드"가 R&D 및 표준화를 기획 및 수행하는 모든 기관과 관계자 분들에게 도움이 되기를 기원합니다.

2016년 4월

국가기술표준원장

WORLD STANDARDS DAY 2015

2015



2006



2007



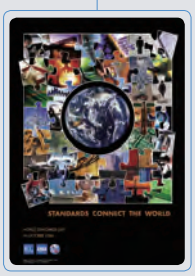
2008



2005



2004



2003

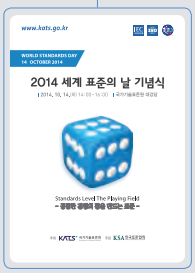


2002



International Standards
Ensure Positive Change

2014



2013



2012



2009



2010



2011



2001



2000



1999



1998



Trend 01 _ Wearable Smart Device

착용형 스마트 기기





착용형 스마트 기기 분야 2016년 원안 작성위원

- **차철웅** 팀장 전자부품연구원 / cucha@keti.re.kr
- **김제영** 연구위원 LG화학 / jeykim@lgchem.com
- **김건년** 센터장 전자부품연구원 / kimkn@keti.re.kr
- **송승재** 대표 라이프시맨틱스 / socialsemantics@gmail.com
- **최재석** 책임 한국건설생활환경시험연구원 / choijs@kcl.re.kr
- **김동규** 교수 한양대학교 / DQKIM@hanyang.ac.kr
- **김원종** 책임 한국전자통신연구원 / wjkim@etri.re.kr
- **정재석** 연구위원 한국섬유개발연구원 / jsh6022@textile.or.kr
- **권기원** 교수 성균관대학교 / keewkwon@skku.edu
- **윤대원** 이사 법무법인 다래 / yoondw@daraelaw.co.kr



• 총 론 10
• 국가표준코디네이터 담당분야 소개 12
• 착용형 스마트 기기 분야 10대 트렌드
01. 웨어러블 기기용 에너지 변환 및 전달 기술 16
02. 웨어러블 배터리 기술 20
03. 웨어러블 센서 기술 27
04. 웨어러블 헬스케어 및 의료분야 응용 기술 31
05. 웨어러블 기기의 안전성 및 신뢰성 평가 기술 36
06. 웨어러블 기기용 통신 및 보안 기술 41
07. 웨어러블 디바이스의 신호처리 기술 45
08. 웨어러블 섬유 및 패션 응용 기술 48
09. 웨어러블 기기의 재난 및 안전 응용 기술 56
10. 플렉시블 디스플레이 기술 60

총 론

착용형 스마트 기기(Wearable Smart Device)는 인체에 착용 또는 부착하여 컴퓨팅 등 정보기기로 기능을 하는 모든 디바이스를 지칭하며, 스마트폰을 대체할 차세대 모바일 기기가 될 것으로 예상됩니다. 미국의 MIT는 2013년 10대 기술로 스마트 워치를 선정하고, 세계 주요 전자업체들이 관련 제품을 앞다투어 출시하는 등 착용형 스마트 기기는 IT시장의 주요 관심사가 되었습니다.

우리나라는 2000년 중반부터 ETRI 등에서 이 분야에 대한 연구가 있었고 수년 전부터 산업계 등에서 본격적인 관심을 갖게 되었습니다. 이에 따라 정부는 2014년 3월 경제장관회의에서 착용형 스마트 기기를 우리나라 경제성장을 이끌어갈 13대 미래 성장동력의 하나로 선정하였습니다. 최근에는 매일경제신문이 국내의 저명한 기초과학자, 공학자, 미래학자 등으로 구성한 자문단에서 인류의 미래를 이끌 10대 기술로 선정하였습니다.

착용형 기기와 같은 새로운 제품의 출시는 제품의 성능과 품질, 신뢰성, 안전성 등의 측면에서 고려해야 할 사항이 많이 있고, 이러한 사항은 표준의 측면에서 접근하여야 할 사안이라고 여겨집니다. 이에 표준 업무를 총괄 관리하는 국가기술표준원은 정부의 정책적 부합성과 산업적 중요성을 반영하여 착용형 스마트 기기를 국가표준코디네이터 사업의 한 분야로 선정하고 2014년 5월부터 사업을 추진하게 되었습니다.

착용형 스마트 기기 국가표준코디네이터사업은 표준의 관점에서 착용형 산업 발전을 위한 정부정책을 어떻게 수행하는 것이 효율적인가에 대한 다양한 방안을 강구하고, 필요한 수단을 개발·적용하는 것이라고 할 수 있습니다. 정부 R&D사업을 예로 들면, 대부분의 R&D사업이 기술개발 중심으로 추진되고 있음에 반하여, 국가표준코디네이터



한 태 수
E-mail : hans1229@hanmail.net
Univ. of Tsukuba 공학연구과 박사
(前) 일본 경제산업성 전자기술종합연구소 연구원
(現) IEC TC 47 전문위원
(現) 착용형 스마트 기기 분야 표준코디네이터(2014. 5. 1~)

사업에서는 R&D와 표준을 연계한 '표준기반 R&D사업'을 추진하며 기술개발과 동시에 그 기술과 연관된 표준을 개발하도록 하고 있습니다. '표준기반 R&D사업'의 구체적 내용으로는 기술개발과 표준개발이 필요한 주요 과제를 상호 연계한 'R&D 로드맵'을 개발하고, 또한 로드맵에서 도출한 주요 기술을 RFP 기획과제로 개발하여 R&D 관련 기관에 제안하는 등의 사업을 수행하고 있습니다. 뿐만 아니라 이러한 업무가 실천되도록 부처 간 업무협의체를 구성 운영하고, 관련 중소기업에는 애로기술 해소를 위한 기술자문 활동을 하며, 기술의 홍보를 위한 '10대 표준화 전략트렌드'를 발간하고 있습니다.

'10대 표준화 전략트렌드'는 관련 분야에 종사하는 전문가와 일반인을 대상으로 착용형 기술과 산업의 중요성에 대한 이해를 돕기 위해 발간하는 것입니다. 착용형 스마트 기기는 새로운 산업분야로서 향후 많은 기술개발이 필요하며, 이런 기술개발과 연관된 표준개발이 필요할 것입니다. '10대 표준화'는 국가표준코디네이터 사업의 성과물인 '표준기반 R&D 로드맵'의 주요 기술 81건 중에서 10건을 선정한 것입니다.

내용면에서는 각 기술에 대한 개요와 산업현황 및 표준화 현황 등에 대하여 가능한 알기 쉽게 표현하도록 애썼습니다. 아무쪼록 본 자료가 착용형 분야에 종사하는 전문가뿐만 아니라 일반인에게도 유익한 자료가 되기를 기대합니다.

우리들의 일상생활은 ICT(Information & Communication Technology)를 적극 활용하는 방향으로 생활방식이 변화하고 있으며, 멀지않은 미래에는 사람과 사물, 사물과 사물이 네트워크로 연결되는 초연결사회가 될 것으로 예상됩니다. 이러한 시대에 착용형 스마트 기기는 개인 통신수단을 넘어 사물인터넷·5G 이동통신 등을 통한 단말 간 연동으로 사용자 – 사물 – 공간의 관계를 지능화하여 다양한 형태로 인간의 신체 관리, 생활 안전, 감성 소통 등의 분야에 응용될 것입니다.

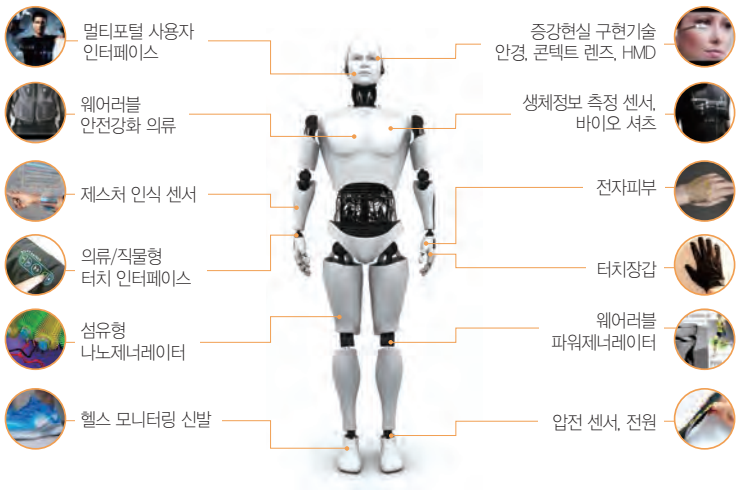
착용형 스마트 기기는 사용자의 습관과 의식을 방해하지 않고 신체에 착용 또는 부착하여 외부와 통신 연결을 가능하게 하며, 작동의 자유성, 신체의 확장성, 자율적 인지성 등의 측면에서 탁월한 기능을 제공하며, 사용자와는 가장 가까운 위치에서 소통함으로써 사용자에게 건강한 삶, 안전한 삶, 편리한 삶을 제공하기 위해 소재, 부품, 제품, 서비스를 인체중심으로 구현하는 새로운 개념의 디바이스라고 할 수 있습니다([표 1] 참조).

[표 1] 착용형 스마트 기기의 주요 개념

주요 개념	개념 설명
작동의 자유성	언제 어디서나 다양한 인터페이스를 통해 웨어러블 컴퓨팅이 가능하며 사용하는 중에도 다른 작업이 가능함
신체의 확장성	인간의 생물학적 한계를 극복할 수 있는 다양한 센서를 이용함
자율적 인지성	주변 환경의 변화하는 정보들을 항상 인지하고, 사용자의 필요에 따라 정보를 제공함

착용형 스마트 기기는 착용 또는 부착 방식에 따라 크게 휴대형(Portable), 부착형(Attachable), 이식(Implantable) / 복용형(Eatable)으로 구분합니다. 휴대형은 스마트폰과 같이 휴대하는 제품으로 안경, 시계, 밴드, 헤드셋, 헬멧, 귀걸이 및 의류 형태로 제공되며, 부착형은 패치(patch)와 같이 피부에 직접 부착하는 형태입니다. 이식 / 복용형은 착용형 기기의 가장 궁극적인 단계로써 알약으로 먹거나 피부 깊숙이 주사하는

[그림 1] 웨어러블 스마트 기기의 형태 및 용도

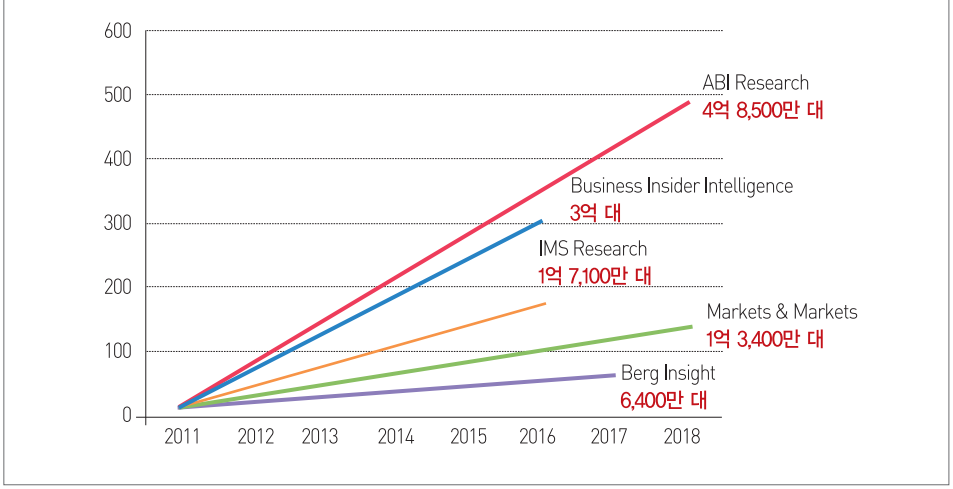


형태 또는 피하조직, 뼈, 장기 속에 내장하는 형태가 될 것입니다. 각 형태에 따라 헬스와 건강, 의료, 스포츠, 레저, 섬유·패션, 홈가전, 산업, 교육, 방송, 국방, 게임과 엔터테인먼트, 공공안전 등 다양한 분야에 활용 가능합니다([그림 1] 참조).

착용형 스마트 기기에 대한 시장전망을 종합해 보면, 주요 리서치 및 유관기관에 따라 상이함이 있습니다만 전체적인 기조는 매우 긍정적이라 할 수 있습니다. 가장 긍정적인 ABI Research의 전망에 의하면 2012년부터 지속적으로 성장하여 2018년에는 연간 4억8,500만 대의 출하량을 기록할 것이며, 같은 기간 생산된 전체 스마트폰 시장 규모의 약 28%에 해당할 것으로 예상됩니다([그림 2] 참조). 그리고, 2016년 1월 가트너가 발표한 웨어러블 기기 유형별로 전 세계 출하량을 살펴보면, [표 2]와 같습니다. 블루투스 헤드셋이 가장 많고 스마트 워치와 손목밴드가 그 뒤를 잇고 있습니다. 전체 출하량은 [그림 2]와 유사한 것으로 보입니다.

한편, 착용형 디바이스에 대한 R&D 투자는, OECD에서 발간한 Main Science and Indicators에 따르면 해외에서는 2008년 대비 2012년에 약 300% 이상 증가하여 착용

[그림 2] 전 세계 웨어러블 스마트 디바이스 연간 생산량 예측



출처 : 2013. KT경제경영연구소

[표 2] 2015~2017년 전 세계 웨어러블 기기 출하량 전망치

(단위 : 백만 대)

기기 범주	2015	2016	2017	기기 범주	2015	2016	2017
스마트 워치	30.32	50.40	66.71	손목 밴드	30.15	34.97	44.10
안경형 디스플레이	0.14	1.43	6.31	스마트 의류	0.06	1.01	5.30
바디캠	0.05	0.17	1.05	가슴 스트랩	12.88	13.02	7.99
블루투스 헤드셋	116.32	128.50	139.23	스포츠 시계	21.02	23.98	26.92

형 스마트 디바이스 기술에 대한 막대한 투자가 진행 중인 것으로 파악되고 있습니다.

국내의 R&D 투자는, 2008년부터 2013년까지 총 125개 과제에 약 530억 원의 정부 예산이 투자되었으며([표 3] 참조), 그 중 10억 이상의 대형 과제가 22개였습니다. 2016년에는 산업부와 미래부 공동사업으로 '착용형 스마트 디바이스용 핵심부품 및 요소기술 개발사업'이 예비타당성 조사사업으로 확정되었으며, 동 사업이 수행될 경우에는 향후 5년간 총 1,272억 원의 정부예산과 민간예산이 투자될 것으로 예상됩니다.

[표 3] 웨어러블 스마트 디바이스 국내 R&D 투자동향

(단위: 백만 원)

구분	2008	2009	2010	2011	2012	2013	합계
산업부	4,800	7,522	11,576	7,628	8,656	1,613	41,795
미래부	80	3,559	927	3,077	3,644	200	11,487
합계	4,880	11,081	12,503	10,705	12,300	1,813	53,282

그리고 표준화 현황을 살펴보면, 착용형 스마트 기기에 관한 국제표준을 제정하는 Technical Committee(TC)가 없는 상태입니다. 우리나라 국가기술표준원은 2014년 IEC SMB(표준화관리이사회) 회의(11. 10, 동경)에서 착용형 스마트 디바이스의 신규 TC 설립을 제안, ad-hoc group(전문가그룹)활동에 이어 SG10(전략그룹)에서 TC 설립의 타당성을 검토 중에 있습니다. 2016년 말에는 착용형 스마트 기기의 TC 설립이 결정될 것으로 판단되며, 향후엔 우리나라 주도로 다양한 국제표준이 제정될 것으로 기대됩니다.

한편, 우리나라는 TC 설립과는 별개로 2014년에 IEC TC47(반도체)에 11건의 국제표준을 제안하였고, 2015년에는 웨어러블 헬스케어기술과 관련한 2건의 국제표준을 제안하였습니다. 2016년에는 3~5건의 국제표준을 추가로 제안할 예정입니다. 우리 기술을 국제표준화하는 것은 우리나라 기술과 제품에 대한 우수성을 알리고 국제적 신뢰도를 높이는 데 크게 기여할 것입니다.

착용형 스마트 기기의 '10대 표준화 전략트렌드'에 선정된 10대 기술은 관련 전문가위원회의 심의를 거쳐 중요도가 큰 것을 우선 순위로 하여 선정하였으며, 향후 기술개발과 표준개발에 있어서 최우선적으로 추진되어야 할 분야라고 생각합니다. 기술된 내용은 해당 분야의 전문가들이 작성한 것으로서 각 기술에 대한 전반적인 내용을 간략히 알기 쉽게 서술함으로써 착용형 기술에 대한 여러분의 이해를 돕고자 하였습니다. 이러한 자료를 통하여 기술의 트렌드를 이해하고 착용형 기기에 대한 관심을 갖는 데 도움이 된다면 더없는 보람이 되겠습니다.

01

Wearable Smart Device

웨어러블 기기용 에너지 변환 및 전달 기술

배터리의 수명과 크기는 웨어러블 기기의 사용 편리성과 지속성을 확보하기 위한 핵심 요소이다. 웨어러블 기기의 배터리 수명 연장을 위해 에너지 하베스팅 기술과 무선충전 기술의 활용이 예상되며, 이를 통해 사용자가 무자각, 무인지 상태에서 배터리가 자동 충전됨으로써 웨어러블 기기의 사용 편리성이 극대화 될 수 있다.

웨어러블 기기에는 사람이 대부분의 시간 동안 휴대하거나 인체에 부착해야하기 때문에 충전상의 번거러움이 존재한다. 배터리 기술의 발달에 따라 배터리 밀도는 꾸준히 증가하지만, 웨어러블 기기에는 그 특성상 배터리 용량의 제약으로 인해 일정 주기마다 충전을 해야하는 문제점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 주변의 "에너지를 변환"하여 전력을 만드는 '에너지 하베스팅(Energy harvesting) 기술'과 선 없이 "무선으로 전력을 전달"하여 충전할 수 있는 '무선충전(Wireless charging) 기술'이 적용되고 있다. 최근 전자기기가 초소형화, 저전력화되면서 사용자가 충전을 무자각, 무인지 상태에서 할 수 있는 에너지 하베스팅 및 무선충전 기술의 활용이 증대되리라 예상된다.

에너지 하베스팅 기술은 주변에 버려지는 열, 진동, 마찰력, 태양광, 전파 등을 사용 가능한 전기에너지로 변환시키는 기술로 국내의 KIST, KAIST를 비롯하여 국외

의 조지아 공대(Georgia Tech)와 같은 여러 연구기관에서 활발히 개발하고 있다. 에너지 하베스팅 기술이 웨어러블 기기들에 적용되기 위해서는 하베스팅 소자도 마찬가지로 착용 혹은 웨어러블 기기 내에 삽입이 가능해야하기 때문에 최근 웨어러블 하베스팅 소자는 유연한(Flexible) 소재, 초박막형 구조, 나노와이어 구조의 압전(Piezoelectric), 마찰전기(Triboelectric), 열전(Thermoelectric) 방식으로 연구개발이 진행 중이다.

[그림 3] 에너지 하베스팅 소자의 연구개발 사례



① 압전(조지아 공대) ② 압전(KIST) ③ 마찰전기(성균관대)

④ 열전(KAIST) ⑤ 압전(애리조나/일리노이 대학)

출처 : 조지아공대, KIST, 성균관대, KAIST, 애리조나 / 일리노이 대학

에너지 하베스팅 기술이 주변에 버려지는 에너지를 활용하는 기술이라면 무선충전 기술은 의도적으로 전달된 에너지를 획득하여 사용하는 기술로 에너지 하베스팅 기술보다 큰 전력을 전달 및 획득할 수 있는 장점이 있어 에너지 하베스팅 기술보다 먼저 제품에 적용되고 있다. 이미 삼성, 애플 등이 스마트폰과 스마트 밴드 등에 적용하고 있는 기술이다. 현재까지 적용되는 기술은 '자기유도(Magnetic induction) 기술'로 패드형의 무선충전기에 놓아야 충전이 가능하다. 향후, '자기공진(Magnetic resonance) 기술'과 '마이크로웨이브를 기반으로 하는 전자기파 충전기술'을 활용한다면 무선충전거리의 확장이 가능하게 되어 인체에 부착된 웨어러블 기기를 사용자의 무인지 상태에서 자동으로 충전할 수 있게 된다.

국내의 삼성, LG, KETI, ETRI, KAIST, 전기연구원 등과 국외의 애플, 퀄컴, MIT, Witricity, Powercast 등에서 활발히 개발되고 있다.

[그림 4] 다양한 제품에 적용되고 있는 무선충전 기술




① 컵홀더에 놓인 스마트폰의 무선충전을 위한 컵홀더형 다목적 무선충전기(KETI)





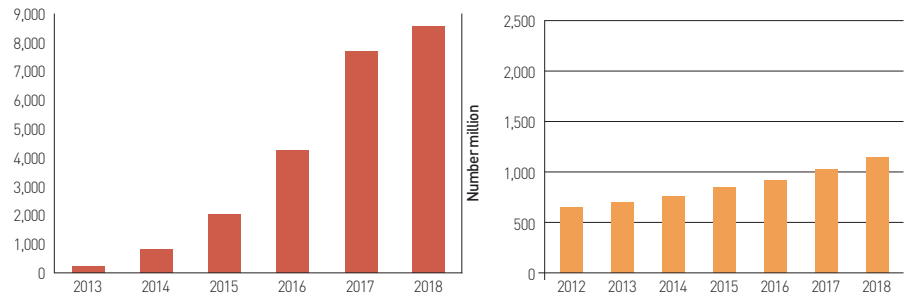
② Witricity사의 휴대형 멀티미디어기기 ③ Moto사의 스마트 밴드 무선충전기

출처 : KETI, Witricity, Moto

무선충전 및 에너지 하베스팅 기술은 스마트 워치, 스마트 안경과, 생체 삽입형 혹은 부착형 바이오메디컬 생체신호 모니터링용 기기 등 착용형 혹은 액세서리형 등에 적용이 가능하다. 에너지 하베스팅 기술은 2017년을 기준으로 매년 1,000만 개 이상의 제품에 적용되고, 저전력 제품의 연구개발과 변환효율의 증가에 따라 지속적인 시장확대가 예상된다.

에너지 하베스팅 기술은 다양한 에너지 수확 방식과 전기적 특성, 측정 방법으로 인해 표준화에 어려움이 예상되지만, 기술 및 소자에 대한 표준화가 이루어질 경우 기술의 활용범위와 시장규모가 크게 확대될 것이라 예상된다. 최근 IEC TC47/WG7 (에너지 변환 및 전달)에서 국제표준화가 진행되고 있으며, 웨어러블 기기 시장이 성장함에 따라서 신규 SC 구성을 통한 표준 주도권 확장이 필요할 것이다. [표 4]에서와 같이 에너지 하베스팅 소자의 표준화가 시급한 분야로는 특성 평가 항목, 측정 및

[그림 5] 무선충전과 에너지 하베스팅 시장 규모



출처 : IHS(Global wireless power market revenue, million US dollar), IDTechEx(Energy harvesting and storage for electronic devices)

평가법, 신뢰성 평가 방법 등을 열거할 수 있다.

무선충전 기술의 표준화는 기업 중심의 사실상 표준화기구를 중심으로 빠르게 진행되고 있다. 자기유도방식의 경우 WPC(Wireless Power Consortium)의 치(Qi)인증이 적용되고 있으며, 15W급 충전에서 향후 120W급 충전까지 확대될 예정이다. 자기공진방식의 경우 A4WP(Alliance for Wireless Power)에서 리젠스 인증을 준비하고 있다. 2014년 충전용량을 50W(기존은 16W)까지 확장했으며 블루투스와 연계를 통한 다양한 서비스를 준비 중이다. 그 외 PMA(Power Matters Alliance)에서 자기유도방식의 표준을 준비하고 있으며 WPC 견제를 위해 A4WP와 전략적 제휴를 갖고 있다.

[표 4] 에너지 하베스팅 기술의 표준화 추진분야

표준화 필요항목	세부 내용
에너지 하베스팅 소자의 특성 평가 항목	에너지 하베스팅 소자의 출력 특성을 평가하기 위한 항목 (전압, 전류, 전력, 전력밀도, 변환효율 등)
에너지 하베스팅 소자의 특성 측정 및 평가법	에너지 하베스팅 소자의 특성 측정방법 (측정 장비 셋업, 에너지 수확 방식에 따른 차별화)
에너지 하베스팅 소자의 신뢰성	에너지 하베스팅 소자의 온도/습도에 따른 신뢰성 표준, 굽힘/인장 응력에 따른 소자의 내구성 및 전기적 특성 평가

02

Wearable Smart Device

웨어러블 배터리 기술

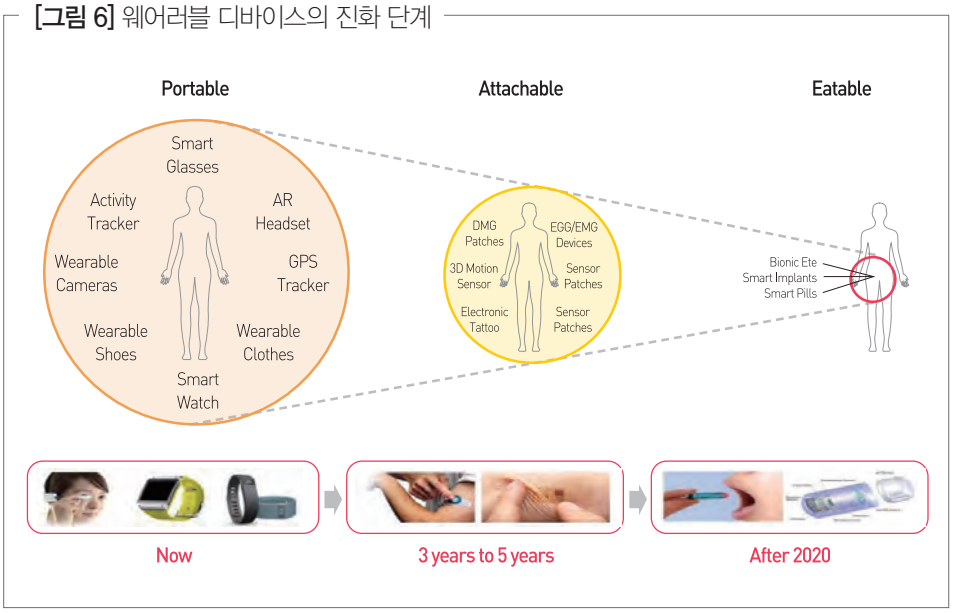
웨어러블 배터리 기술은 웨어러블 디바이스에 사용되는 이차전지 기술로, 웨어러블 디바이스에 창의적이고 혁신적인 디자인 요소를 제공함으로써 스마트폰 혁신 이후 사람들의 삶의 질을 한번 더 높일 수 있을 것으로 예상된다.
기존 헬스케어, 메디컬 애플리케이션 등의 저전력, 저용량 디바이스를 기반으로 최근 블루투스 이어폰, wrist band, 스마트 워치, 스마트 글래스 등의 고용량 배터리가 필요한 디바이스들이 연이어 출시되고 있어, 기존 박막전지의 틀에서 벗어난 다양한 방식의 웨어러블 배터리 제품 개발이 시급하다.

웨어러블 디바이스는 스마트폰 시장이 정체됨에 따라 이러한 빈자리를 채울 수 있는 새로운 분야로 주목받기 시작했다. 또한 기존 스마트폰의 정보 전달 기능뿐만 아니라 IoE를 넘어 가상세계와 융합된 지능화된 만물 인터넷 기기로 성장할 것으로 예측된다. 2014년 2월에 발간된 BCC Research사의 관련 보고서에는 웨어러블 디바이스 시장이 2013년 50억 달러 규모에서 2018년 303억 달러 규모로 연평균 43%의 성장률을 보일 것으로 예측하였다. 또한 ABI Research에서는 2018년 연간 4억8,500만 대의 출하량을 기록할 것이며 같은 기간 생산된 전체 스마트폰 시장 규모의 28%에 해당할 것으로 예측하였다. IT & Future Strategy 보고서(2014)에 따르면 웨어러블 디바이스는 신체에 부착해 컴퓨팅 행위를 할 수 있는 모든 것을 지칭하며, 일부 컴퓨팅 기능 수행이 가능한 애플리케이션까지 포함한다. 웨어러블 디바이스는 다음 세 가지로 요약될 수 있다.

– **휴대형(Portable)** 스마트폰처럼 간편하게 휴대할 수 있는 형태의 제품으로 현재까지 출시된 안경, 시계, 팔찌 형태의 디바이스가 해당됨.
– **부착형(Attachable)** 피부에 부착 가능한 패치 형태로 5년 이내에 체온, 압전, 운동에너지 등의 에너지원을 이용해 센싱과 네트워크 기능까지 확보할 전망임.
– **이식 / 복용형(Eatable/Implementable)** 웨어러블 디바이스의 궁극적인 단계로 신체에 직접 이식하거나 복용할 수 있는 디바이스로 현재 전자 문신, 캡슐 형태로 개발됨.

현재 웨어러블 디바이스는 휴대형(Portable)과 부착형(Attachable) 단계의 제품들이 상업화되고 있으나 웨어러블 배터리 기술은 디바이스의 발전 속도에 못 미치고 있는 수준이다. 휴대형 디바이스는 단순한 정보 전달 매체의 역할을 넘어 패셔너블한 특성까지 요구하고 있으며 부착형 디바이스는 인체의 굴곡 및 움직임에 따라 형태가 변화되는 특성을 요구하고 있다. 우리는 이러한 상황에서 웨어러블 기기에 적합한 배터리 기술이 기존과 어떻게 다르게 개발되어야 하는지 충분히 고민해야 한다. 이에 본문에서는 웨어러블 기기의 현 상황 및 그에 필요한 웨어러블 배터리가 가져야할 특징과 당면한 해결 과제에 대해 언급하고자 한다.

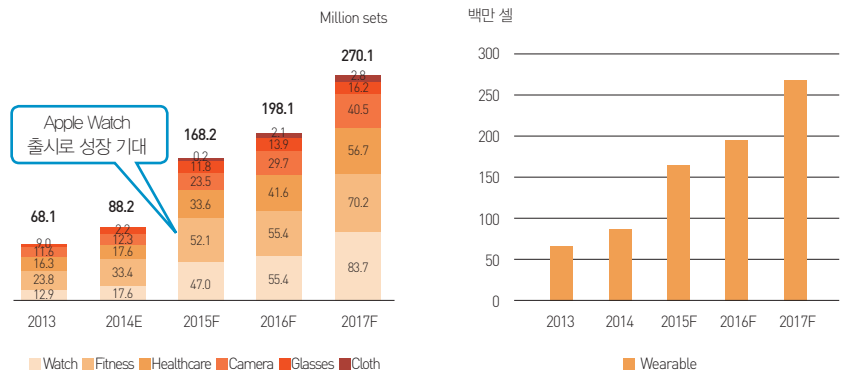
[그림 6] 웨어러블 디바이스의 진화 단계



휴대형 단계의 웨어러블 디바이스는 최근 Nike fuel band와 같은 Wrist band, 블루투스 이어폰 등의 애플리케이션을 선보이며 가파른 성장세를 보이고 있다. 또한 다양한 기능이 접목된 스마트 워치, 스마트 글래스 등의 출시와 더불어 시장은 더욱 성숙될 전망이다.

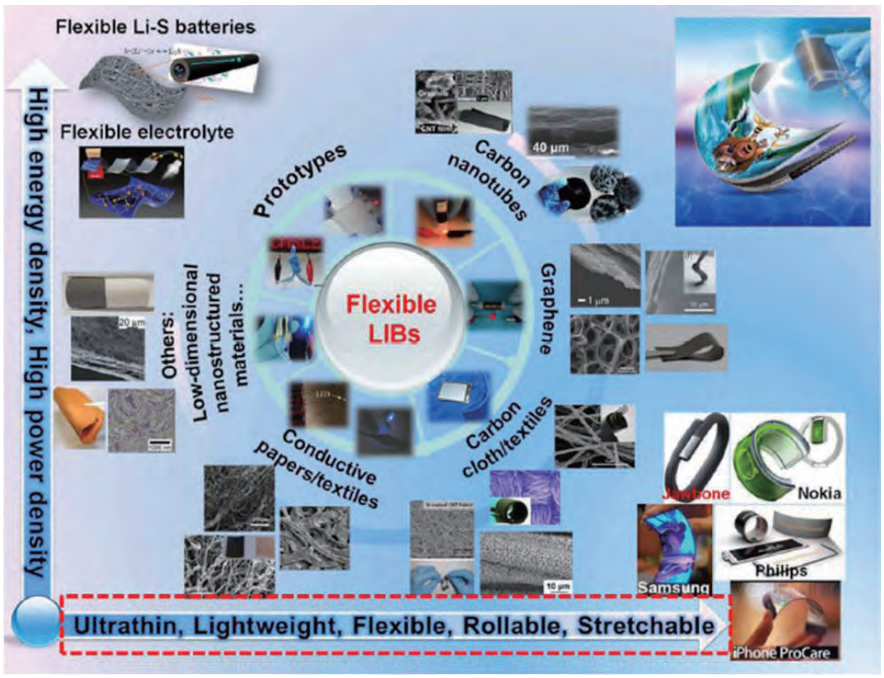
그중에서도 워치 형태의 성장세가 가장 가파르며 최근 출시된 애플의 신규 워치는 시장성장 속도를 더욱 가속화할 전망이다. SNE리서치에서는 웨어러블 배터리 시장이 2017년 2억7,000만 셀 규모로 전망하고 있으며, 이 중 상당 부분을 플렉시블 배터리가 차지할 것으로 예상하고 있다.

[그림 7] 웨어러블 기기 시장 전망(좌), 웨어러블 배터리 시장 전망(우)



그간 기업 및 학계에서는 웨어러블 디바이스의 성장세에 맞춰 신체의 굴곡에 맞는 유연하게 변형될 수 있는 플렉시블 배터리 기술이 개발되어 왔다. 많은 관심을 받는 차세대 플렉시블 배터리 기술로는 Electro-conductive paper/textile substrates, Flexible batteries with shape diversity, Stretchable battery, Paper battery 등이 있으며, 그 중 초기 박막(Thin film) 형태로 두께를 줄이거나, 탄소 나노튜브(CNT) 혹은 그래핀과 같은 새로운 재료를 활용하는 식의 연구가 많았으나 이는 수 마이크로Ah 단위의 용량 및 상용화를 위한 복잡한 제조 방식들로 인해 적용 분야에 한계를 보여 왔다. 그러나 최근 이를 극복한 다양한 방식의 플렉시블 배터리 제품들이 국내

[그림 8] 웨어러블 배터리 연구 분야와 그 적용 디바이스의 예



(H. Cheng et al., Energy Environ. Sci., on-line)


Google Glass


Smart Band


Smart Fabrics


Earphone

외에서 개발되고 있어 웨어러블 디바이스의 발전 속도에 맞춰 다양한 제품들이 속속 등장할 것으로 예측된다.

실제적으로 상용화된 고용량 배터리는 Curved battery, Stepped battery, Pin 전지 등 디바이스 모양에 맞춰진 형태의 자유도가 낮은 배터리들이 주를 이루어 왔다. 하지만 이러한 배터리들은 신체 굴곡에 적합한 형태에 맞게 변형되어야 하는 웨어러블 기기에는 적용하기 힘든 상황이다.

최근 전자산업 분야에서는 감을 수 있는 롤 업(Roll-up) 디스플레이향 배터리, 입을 수 있는 웨어러블 전자 소자향 배터리 등 다양한 유연소자에 필요한 플렉시블 배터리 기술에 대한 연구가 활발하다. 이는 웨어러블 기기가 인체에 부착될 수 있는 형태이거나 매우 작거나 얇은 형태로 인체에 편안하면서 패셔너블한 특성이 요구되고 있기 때문이다. 결국 웨어러블 기기용 배터리는 디바이스의 형태 변형에 맞춰 자유롭게 형상이 바뀌어야 하며 쉽게 구부릴 수 있거나 극도로 얇게 제작되어 사용자에게 일상 생활의 편리함을 넘어 심미적인 아름다움, 즉 디바이스의 패셔너블한 요소를 제공하여야 한다. 이에 기존의 정형화된 원통형, 각형 형태의 전지 형상을 넘어 새로운 형태의 플렉시블 리튬이온 이차전지가 개발되고 있으며 특히 모양이 자유로우며 제품의 디자인 및 필요 용량에 맞는 와이어형 플렉시블 전지 및 박막 형태의 스트라이프 전지가 대표적인 예이다.

[그림 9] 와이어형 플렉시블 전지(좌), 스트라이프 전지(우)



[표5]에서는 웨어러블 디바이스에 필요한 배터리에 대한 사양 및 종류에 대해 정리하였다.

[표 5] 웨어러블 배터리 개발 현황

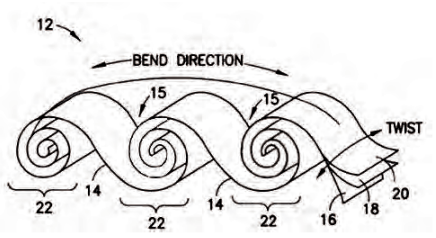
배터리 형태	종류	사양
박막 전지	solid state battery, 박막형 필름 전지 등	수 마이크로 Ah
초소형 전지	초소형 pin 전지, 초소형 폴리머 전지 등	30~100 mAh
Rollable 전지	스트라이프 전지, band형 전지 등	수십 mAh~100mAh
선형 전지	wire형 플렉시블 전지 등	수십 mAh~100 mAh

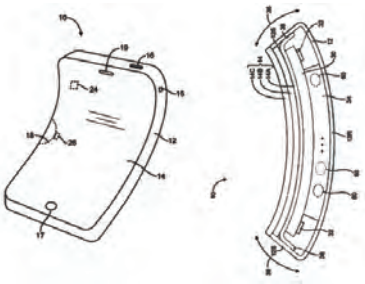
출처 : IEC

LG화학에서 세계 최초로 개발한 와이어형 플렉시블 전지는 나선형 스프링형태의 음극과 양극을 사용하여 자유롭게 휘어질 수 있는 배터리이다. 속이 비어있는 나선형의 구조로써 다양한 방향으로 형태 변형이 가능하며 스트라이프 전지는 얇은 박막형태로 적층형 구조를 채택하여 한 방향으로 휠 수 있게 만든 전지로 수십 mAh급 용량을 확보하여 향후 다양한 디바이스에 적용가능할 것으로 예측된다.

한편 노키아에서는 둘둘 말리는 배터리를 특허 출원하였으며 이 배터리는 단순히 휘어지는 정도가 아니라 마치 얇은 천이 자유자재로 접히고 구겨지는 수준으로, 천처럼 얇게 펼쳐진 배터리를 두 개의 블록으로 구성된 한 장의 배터리 리본으로 만드는 것이 핵심이다.(2014.03) 또한 애플은 플렉시블 일렉트로닉 디바이스에 대한 특허를 출원하였다.(2015.1) 이는 자유롭게 구부릴 수 있는 전자기기에 대한 특허로서 디스플레이와 케이스뿐 아니라 내부 부품까지 구부릴 수 있는 획기적인 내용을 담고 있다. 미국 특허청의 데이터베이스에 따르면 애플이 취득한 특허에는 디스플레이와 하우징, 내부 부품이 유연하고 변형 가능하다는 내용이 포함되어 있으며 배터리와 기판까지 구부린다는 내용도 담겨 있다.

[그림 10] 노키아 특허(2014. 03)(좌), 애플 특허(2015. 01)(우)





이러한 웨어러블 배터리 기술들은 크게 전극 기술 및 제조 기술로 분류할 수 있으며, 전극 기술 차원에서는 새로운 소재를 적용하는 연구가 필요하며 제조 기술에서는 기존의 정형화된 형태의 배터리 양산 제조공법 적용이 어렵기 때문에 Scale up이 가능한 신규 양산 기술에 대해 선행하는 깊은 연구가 필요하다. 또한 웨어러블 배터리 기술 분야에서 가장 중요한 부분 중 하나는 신체에 착용할 수 있는 수준의 안전성

을 확보하는 것이며, 그 성능을 검증할 수 있는 새로운 평가방법과 관련된 표준화 방안 등을 마련하는 것이다.

[표 6]에 웨어러블 배터리의 표준화 필요 항목에 대해서 정리해 보았다. 웨어러블 배터리의 표준화를 위해서는 디바이스의 출시와 더불어 이에 맞는 배터리의 형태 변화에 따른 분류와 필요 용량, 신뢰성, 인체 안정성, 전지 안전성, 충전 표준화 등에 대한 세부 항목을 분류하여야 한다.

플렉시블 배터리는 웨어러블 시장의 성장과 함께 필수적인 개발 요소이다. 앞에서 언급한 대로 현재 플렉시블 배터리와 관련된 여러 연구 성과가 계속 발표되고 있으며, 상용화 가능성도 점차 높아지고 있는 실정이다. 향후 웨어러블 디바이스 시장의 성장과 함께 플렉시블 배터리 시장을 선점하기 위한 개발 경쟁이 갈수록 치열해질 것으로 예측되며, 웨어러블 디바이스와 플렉시블 배터리의 융합을 통한 새로운 패러다임 창조를 위해서 정부기관, 학계, 기업 간의 면밀한 협조 아래 다양하게 세분화된 웨어러블 배터리의 표준화 작업도 동시에 이루어져야 할 것이다.

[표 6] 웨어러블 배터리 표준화 필요 항목

표준화 분야	사양
배터리 분류	bending 방향 등의 형태변화에 따른 분류
용량에 따른 분류	웨어러블 디바이스의 필요용량에 따른 분류
신뢰성	특정 곡률에 따른 구부림, 비틀림, 당김에 따른 반복 변형에 따른 신뢰성 기준
인체 안정성	전지의 절단 및 파손에 따른 인체 부작용 발생 여부 검증
안전성	인체와의 접근성 증대에 따른 안전성 강화 표준 마련
급속 충전 기술	수분 내에 충전 가능하도록 하는 전지 성능 및 충전 알고리즘
무선 충전 기술	다양한 전압, 용량 대응 가능한 무선 충전 인터페이스

03

Wearable Smart Device

웨어러블 센서 기술

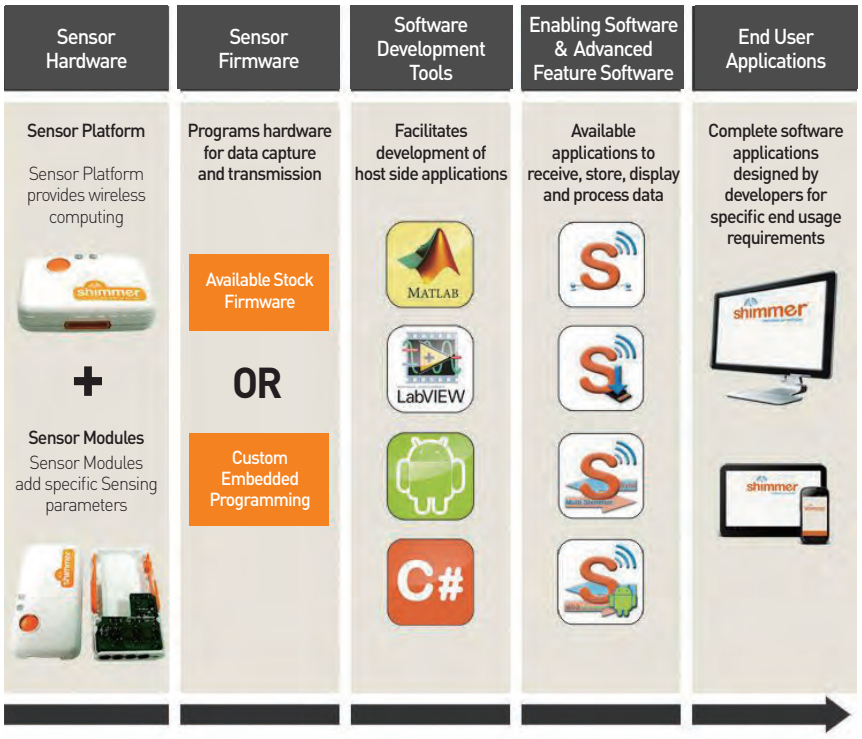
웨어러블 센서 시장은 703억 달러 규모에서 연평균 9% 이상 고속 성장할 것으로 예상된다. 플렉시블한 소재를 이용한 웨어러블 센서 제품이 일부 제조사를 중심으로 레퍼런스 제품을 통한 기술 표준화가 진행 중이며, 해외 선진기업과의 경쟁에서 우위를 차지하기 위해 지금부터 연구개발 및 기술 표준화 제정에 적극 참여해야 할 것이다.

스마트폰 시장은 이제 성숙기에 접어들었으며, 향후 스마트폰을 대체할 수 있는 차세대 모바일 기술로 웨어러블 디바이스(Wearable Device)가 꼽히고 있으며, 이러한 웨어러블 디바이스 구현에 있어 웨어러블 센서 기술의 중요성은 나날이 증대되고 있다.

웨어러블 센서 기술은 기존의 센서를 웨어러블 디바이스에 적용하기 위한 초소형·저전력화 기술과 센서 자체를 플렉시블한 소재를 사용하여 구현하는 기술로 나눌 수 있다. 진정한 의미의 플렉시블 소재 기반의 웨어러블 센서의 대표적인 예는 '바이오스탬프(BioStamp)'이다. 반창고나 스티커 문신처럼 피부에 붙여 몸의 상태를 모니터할 수 있게 하는 기술로 미국의 스타트업 'MC10'이 개발 중에 있다. 바이오스탬프는 피부에 부착하여 맥박수, 체온, 자외선 흡수량, 뇌활량의 바이오 데이터를 실시간으로 모니터하고 수집하는 것이 가능하며, 수집된 데이터는 스마트폰을 통해 클라우드

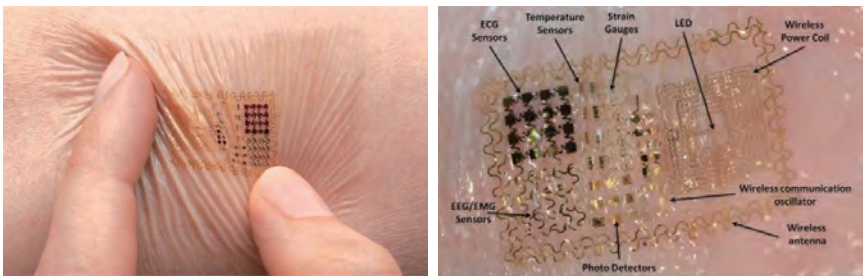
로 전송되어 분석이 이루어진다. 최근에는 전자회로를 피부에 스탬프하는 방식으로 진화했는데, 붙이고 난 뒤 코팅스프레이를 뿌리면 2주간 사용할 수 있다.

[그림 11] 웨어러블 센서 시스템 및 응용분야



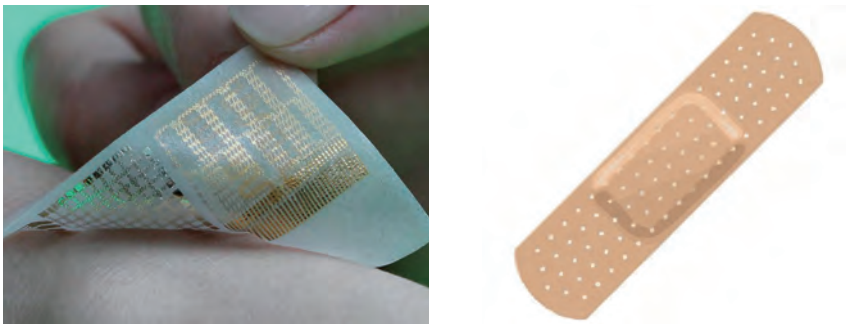
출처 : Shimmer

[그림 12] 바이오스탬프



출처 : MC 10

[그림 13] Smart Band-Aids



출처 : 서울대학교

최근 센서 시장의 또 하나의 트렌드는 사용자 환경 정보 측정에 관한 높은 관심이다. 캐나다의 TZOA사는 미세먼지(PM10)와 초미세먼지(PM2.5)를 검출할 수 있고, 사용자가 노출되어 있는 온습도, 자외선, 주변광량, 대기압을 측정할 수 있는 웨어러블 센서를 탑재한 장신구를 개발하여 출시할 예정이다. 측정된 환경 정보는 클라우드를 통해 공유되고, 운동할 수 있는 지역, 야외나들이 지역 등의 생활정보를 얻고자 할 때 활용될 수 있으며 가정 내의 환기, 온도 관리 등의 스마트 홈 구현에도 사용될 수 있다. 이처럼 웨어러블 센서는 사용자의 니즈가 있는 곳으로 연구가 진행되고 있으며, 개별 센서가 아닌 복합 센서로 발전되어 가고 있다.

[그림 14] 환경정보 측정 웨어러블 센서가 내장된 장신구



출처 : TZOA사

[그림 15] 웨어러블 센서가 내장된 스마트 밴드



출처 : 기어S2(좌), 마이크로소프트 밴드(우)

'웨어러블 센서'에 대한 표준화는 B2B 시장의 칩 제조사들을 통해 일부 진행 중이며, 그 방법은 레퍼런스 성격의 제품 출시를 통해 관련 생태계 및 기술의 표준화를 이루는 것이다. 웨어러블 센서는 기존의 소품종 대량 생산이 아닌 다품종 소량 생산으로 빠른 기술 변화 주기를 갖는다. 따라서, 향후 급증이 예상되는 웨어러블 센서 시장을 선점하고, 해외 선진기업과의 경쟁에서 우위를 차지하기 위해 지금부터 기술 표준화 제정에 적극 참여하여야 할 것이다.

[표 7] 웨어러블 센서와 관련된 기술 표준화 추진 현황

제안사	사양
Texas Instrument	웨어러블 디바이스에 적합한 저전력 고효율의 블루투스 네트워크용 센서 및 개발도구를 25달러의 저가로 일반에게 제공
Intel	웨어러블 컴퓨팅을 위한 새로운 저전력 SoC 시리즈 쿼크(Quark)를 발표함
ARM	웨어러블 환경에 최적화된 저전력 소비와 무선 충전을 지원하는 Coretex M 시리즈를 발표
Qualcomm	스마트 워치 Toq를 발표하여 일반에게 공개함
KETI	웨어러블 기기에 적용 가능한 환경정보 측정용 복합센서에 관한 국제표준 제안

04

Wearable Smart Device

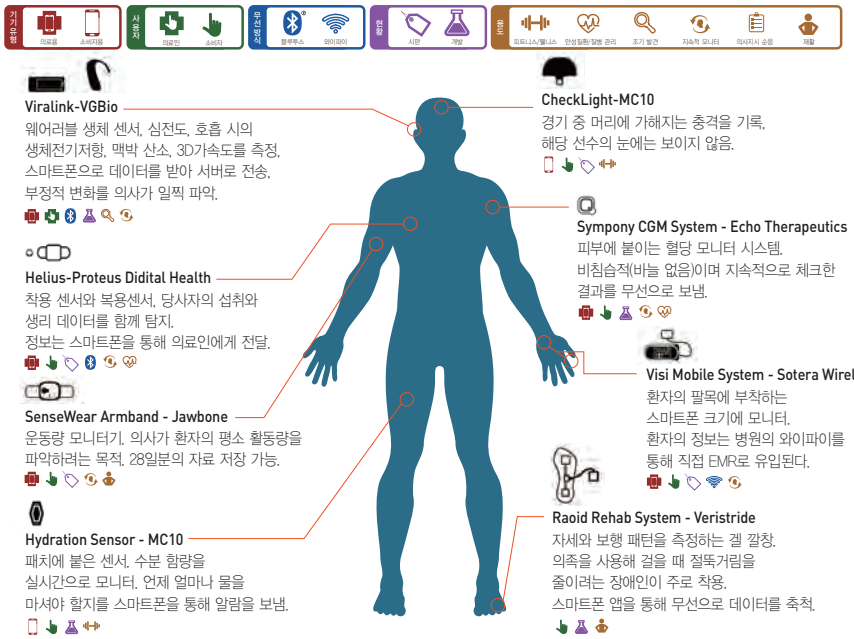
웨어러블 헬스케어 및 의료분야 응용 기술

웨어러블 기기를 이용한 헬스케어는 건강 관련 애플리케이션과 개인건강정보 플랫폼 그리고 이를 활용한 건강관리/의료 서비스로 구성된다. 기술적으로는 센서 기술과 통신 기술이 주도하던 단계를 지나 이제는 데이터와 콘텐츠의 중요성이 부각되는 단계로 진입했다고 할 수 있다. 이에 따라 플랫폼의 중요성이 많이 대두되고 있으며, 한편으로는 의료서비스 활용에 대한 정부의 규제도 많이 완화되어 향후 그 응용성이 많이 확대될 전망이다.

인체정보를 측정하는 소형 센서를 부착한 웨어러블 디바이스는 의료/헬스케어 분야에서 큰 관심을 모으고 있다. 운동량에서 심전도, 바이탈사인에서 뇌파에 이르는 다양한 인체정보를 실시간으로 수집, 전송할 수 있기 때문이다. [그림 16]은 인체정보 측정 센서를 이용한 웨어러블 기기의 다양한 응용 사례를 보여주고 있다. 이런 디바이스는 형태에 따라 휴대형(Portable), 부착형(Attachable), 이식/복용형(Eatable)으로 구분할 수 있다. 휴대형은 안경, 시계, 밴드 및 의류 형태, 부착형은 패치(Patch)와 같이 피부에 직접 부착할 수 있는 형태, 이식/복용형은 인체에 직접 이식하거나 캡슐을 복용할 수 있는 형태를 띤다.

시중에는 이미 뇌에서 발생하는 전기 신호를 측정해 이용자의 생각과 느낌을 파악하는 착용형 디바이스가 나와 있다. 또한 이마에 10초간 접촉하면 바이탈사인을 99%의 정확도로 측정해 스마트폰으로 전송하는 디바이스, 세포의 온도 변화를 추적해 유

[그림 16] 인체정보 측정 센서를 사용하는 웨어러블 기기의 사례



출처 : Pathfindersoftware.com

방의 종양 생성을 조기에 탐지하는 디바이스가 개발 중에 있다. Transparency Market Research의 지난 해 보고서에 따르면 동 분야의 시장 규모는 2012년 20억 달러에서 2019년 58억 달러로 성장할 것으로 예상된다. 연평균 16.4%의 성장률이다.

웨어러블 헬스케어/의료 디바이스의 전체 글로벌 시장은 2015년 33억 달러에서 2020년 78억 달러로 성장할 것으로 추산된다. 연평균 17.7%의 성장률이다. 이는 Mordor Intelligence LLP가 지난 10월 발표한 보고서 'Global Wearable Medical Device Market'의 내용이다. 이에 따르면 관련 서비스/솔루션은 사용목적에 따라 질병 관리, 모니터/피드백, 재활, 건강 및 피트니스의 4종류로 구분된다. 이중 모니터/피드백 솔루션은 2015년 글로벌 웨어러블 의료 디바이스 시장의 70%가 넘는 점유율을 기록했다.

웨어러블 의료 디바이스 시장은 크게 진단용과 치료용으로 양분된다. 진단용은 바이탈 사인 측정 기기, 태아 건강 감시 기기, 임신부 건강 측정 기기, 신경 모니터 기기 등이다. 치료용은 통증 관리 기기, 혈당/인슐린 모니터 기기, 인공호흡 기기 등이다.

이 기술은 스포츠와 피트니스, 홈 헬스케어 등에도 적용된다. 이중 홈 헬스케어가 가

장 큰 몫을 차지한다고 보고서는 지적한다. 사용이 편리하고 측정치가 정확하기 때문이다. 특히 환자와 노인 관리가 주된 대상 영역인데 이는 홈 헬스케어가 특히 이런 사람들에게 필요하기 때문이다. 그러나 웨어러블 헬스케어용 및 의료용 기기를 개발하는 글로벌 회사들은 서비스 유형을 [표 8]과 같이 환자관리용과 의료산업용으로 구분하여 다양한 응용 분야를 제시하고 있어 향후 큰 시장이 형성될 것으로 전망되고 있다.

[표 8] 웨어러블 디바이스 주요 서비스 분야

서비스 유형	서비스 영역	영역별 핵심 강화활동
환자관리 강화중심	Wellness / Fitness	피트니스 모니터링 등의 웰니스 영역
	Prevention	의료정보를 사전제공, 예방지원 영역
	Diagnosis	상호협력을 통한 진단정보 교류 영역
	Treatement	Remind, 알림을 통한 처치행위 지원
	Monitoring	활동영역을 모니터링하는 서비스 일체
의료산업 강화중심	Emergency Response	응급현황 지원을 통한 상황 인지 지원영역
	Healthcare Practitioner Support	의료 관련 종사자의 상황 인지 지원
	Healthcare Surveillance	의료 질관리 개선 위한 평가, 확인 응용
	Healthcare Administration	헬스케어의 관리영역에 서비스 응용

출처 : Pathfindersoftware.com

웨어러블 기기가 헬스케어/의료 산업에 큰 영향을 미치는 데 따라 표준이 지니는 산업 지원효과는 더욱 커졌다. 표준은 의료정보에 대한 접근성과 진단의 정확성을 높여주며 이것은 생산성과 서비스와 참여를 높이고 개선하고 확대하는 데로 이어지기 때문이다.

국내에서 웨어러블 스마트 기기의 표준 개발은 대부분 정부가 지원하는 국책과제로 수행되고 있다. 이들 국책과제에 의한 의료기기 분야 표준개발 현황은 [표 9]와 같다. 박재영 광운대학교 교수가 '전기화학기반 이식형 혈당센서의 측정 및 평가방법' 그리고 이종묵 ㈜솔 대표가 '이식형/패치형 광학기반 반도체 센서의 특성 및 성능 평가방법'을 개발하여 국제표준으로 제안하였으며, 향후 2건의 국제표준이 더 제안될 예정이다.

웨어러블 스마트 기기는 새롭게 등장한 분야로서 ISO, IEC 등의 국제 표준화 기구에 국제표준 제정을 담당하는 기술위원회(TC)는 아직 구성되지 않았다. 이에 국가기술표준원은 해당 분야 표준개발기술위원회 설립을 2014년 11월 도쿄 IEC미팅에서

[표 9] 웨어러블 의료기기 관련 표준개발 현황

개발 표준명	개발/제안	제안처	제안 연도
전기화학기반 이식형 혈당센서의 측정 및 평가방법	광운대학교 박재영	IEC/TC 47	2015
이식형/패치형 광학기반 반도체센서의 특성 및 성능 평가방법	㈜솔 이종묵	IEC/TC 47	2015
이식형/패치형 광학기반 반도체 SoC/패키지의 특성 및 성능 평가방법	㈜솔 이종묵	IEC/TC 47	2016(예정)
이식형/패치형 반도체 센서/패키지의 생체 적합성	성균관대학교	IEC/TC 47	2017(예정)

[표 10] 웨어러블 의료기기 관련 표준개발 현황

표준화 필요 분야	세부내용
인체정보 측정용	– 인체신호(심전도, 호흡, 체온, 체중, 혈압, 맥박, 체지방 등)의 측정방법 및 정보저장 방법 표준 – 혈액 및 소변 검사 등의 측정방법 및 검사정보 저장방법 표준 – 피부영상 등의 영상정보 측정방법 및 정보 저장방법 표준 – 각종 운동기기에 대한 사용자의 운동량 측정방법 및 운동정보 저장방법 표준

제안한 바 있다. 다만 웨어러블 기기에서 생성하는 데이터는 보건의료정보 분야와 연관성이 높아, ISO/TC215, CEN/TC251 등에서 주도하고 있는 표준과 밀접한 연관성을 가진다. 웨어러블 기기를 헬스케어 및 의료 분야에 적용하기 위해서는 다양한 측정센서를 이용한 인체정보 측정방법의 확립 그리고 기기의 인체 안전성에 관한 기준 설정 등과 관련된 많은 표준이 필요하다. 이런 관점에서 인체정보 측정과 관련하여 개발이 필요한 표준의 세부 내용을 살펴보면 [표 10]과 같다.

지난해 국제전기전자기술자협회(IEEE)는 IEEE 1708 표준을 승인했다. 손목 가압형이 아닌 웨어러블 혈압측정기를 대상으로 한 이 표준은 가이드라인 역할을 한다. 제조업자들은 제품을 인증받고 잠재적 구매자들은 제품을 평가하고 유망한 제품을 선택할 수 있으며 건강관리 전문가들은 웨어러블 혈압기기의 제조 과정을 이해할 수 있다. 표준 덕분에 호환성은 물론 시장성이 향상되는 것이다.

웨어러블 의료기기에 적용되는 표준은 이밖에도 많다. 미국의 경우 'ANSI/ASA

S3.46-2013-보청기를 실제 귀에 착용했을 때의 성능 특성을 측정하는 방법'이 그런 예다. 이것은 다음 측정과 관련된 용어, 절차, 측정 장비의 핵심 특성을 담고 있다. 측정 대상은 다양한 음향적 환경 하에서 인간의 귀에 연결됐을 때 보청기의 음향 출력과 음향 증폭 보청기 사용과 관련한 특정 음향학적 상태량 등이다. 이 표준은 미국음향협회(ASA)에서 개발한 것이다.

이밖에도 웨어러블 의료기기에 사용되는 다양한 재료를 평가하는 여러 표준이 존재한다. 웨어러블 기기만을 대상으로 개발된 특정 폴리카보네이트 혼합물도 있다. 이 재질은 처음부터 ISO 10993-5 '의료기기에 대한 생물학적 평가 -5부:시험관 세포독성 실험'과 'ISO 10993-10-10부: 염증 및 피부 감작 실험' 의 표준에 맞게 설계된 것이다.

웨어러블 디바이스의 지속적인 성장 전망에도 국내시장에서 판매되는 의료용 및 헬스케어용 디바이스의 성장에는 한계가 있다. 웨어러블 의료용 디바이스는 전면적인 원격진료가 되지 않는 상황에서 디바이스 도입 및 활용률이 저조하며, 웨어러블 헬스케어용 디바이스는 국내 시장규모 및 제조업 기반의 취약화로 제조 활성화가 되지 않고 있다. 웨어러블 헬스케어용 디바이스는 제조 후 서비스 활용이 중요하나, 현재 시중에서 판매되고 대부분의 웨어러블 헬스케어용 디바이스는 Connectivity에 중점을 둔 디바이스들이다. 서비스 활용을 위해서는 웨어러블 디바이스에서 생성된 생체신호를 플랫폼으로 수집하여 피드백을 통한 코칭이 가능하도록 데이터 연동 및 호환성 향상의 전제조건인 통신 프로토콜 및 데이터 구조의 표준화가 중요하다. 웨어러블 의료용/헬스케어용 디바이스 제조업 기반이 취약한 실정에서 표준화된 데이터 연동을 통해 다양한 서비스가 활성화 되도록 적극적인 국내 표준화와 해외 판매를 통한 시장성 확보가 가능한 국제표준화가 필요하다.

05

Wearable Smart Device

웨어러블 기기의 안전성 및 신뢰성 평가 기술

웨어러블 기기 시장은 향후 5년간 연평균 45%의 빠른 성장을 보일 것이며, 2019년에는 1억만 대를 상회할 것으로 전망된다. 현재, 웨어러블 기기는 산업 간, 기술 간, 제품과 서비스 간의 다양한 형태로 개발 생산되고 있으며, 소비자의 안전과 원활한 시장진출 및 정착을 위해 기기의 안전성과 신뢰성이 확보되어야 할 것이다.

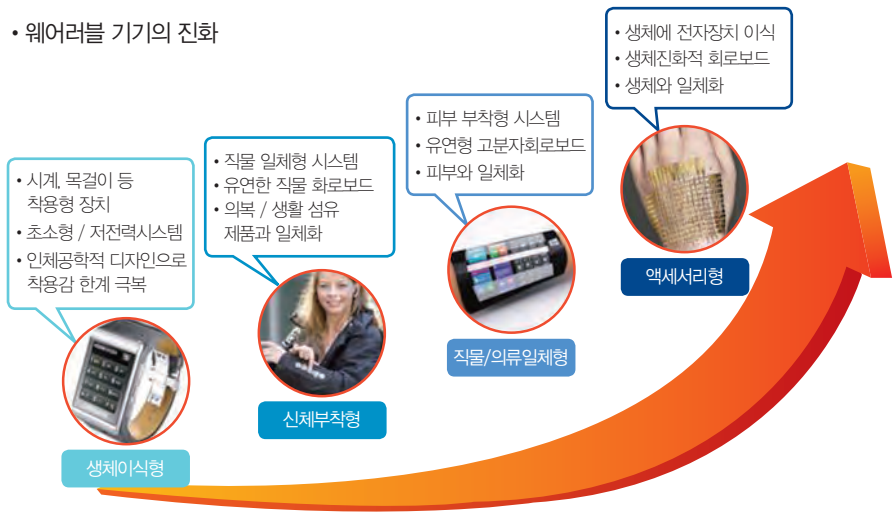
최근 웨어러블 기기는 스마트폰 시장이 빠르게 성숙기에 접어들고 있는 시점에서 헬스케어를 비롯한 여러 가지 목적으로 빠르게 성장하고 있고, 차세대 신성장동력으로서 지속적인 성장을 계속해 나아갈 것으로 전망된다.

웨어러블 기기는 앞으로 [그림 17]에서와 같이 액세서리와 같은 단순 착용형을 기본으로 하여 조만간 의류에 디지털 기기가 내장되는 직물 / 의류일체형이 보편화 되고, 신체부착형을 거쳐, 생체이식형에 이르기까지 많은 변화를 거치게 될 것으로 예상된다.

[표 11]에서와 같이 액세서리형, 의류일체형, 신체부착 / 생체이식형의 경우 각각 제품의 특성상 안전성과 제품의 신뢰성에 대한 문제점을 내포하고 있어, 이에 대한 안전성 시험방법과 기준제시 및 신뢰성검증이 필요할 것으로 판단된다.

이러한 웨어러블 기기는 사용자의 신체에 착용 또는 부착하여 외부와 통신 연결

[그림 17] 웨어러블 디바이스와 결합된 환경 정보 측정 제품



[표 11] 웨어러블 기기의 주요 기술 및 문제점

구분	액세서리형	의류일체형	신체부착 / 생체이식형
핵심기술	• 초소형 / 고용량 배터리 • 저전력 고성능 SoC • 플렉시블, 박막형 투과형 디스플레이 • 초소형 / 정밀 비전 센서 • 사용자 인터랙션 기술	• 전도성 실, 섬유, 직물센서 개발 • 직물 회로보드 기술 • 접착형 전자소자 패키징 기술	• 고분자 회로보드 및 전자소자 패키징 기술 • 안테나 및 통신 기술 • 소재 및 탈부착 기술
문제점	• 크기, 무게, 배터리 지속시간 • 입출력 방식 • 전자파	• 굽힘, 접힘, 오염 등에 강인한 내구성 • 세탁성 및 양산기술 • 전자파	• 신축성 / 유연성 • 인체무해성 • 양산기술 • 전자파

출처 : KCA, 웨어러블 디바이스 동향과 전망, 2013. 제29호

을 가능하게 하며, 작동의 자유성, 신체의 확장성, 자율적 인지성 등에서 편리한 기능을 제공하지만, [표 12]에서와 같이 사용자를 잠재적인 위험에 노출시킬 가능성도 동시에 존재한다.

[표 12] 웨어러블 기기에 대한 잠재적 위험요소

항목	예상 위험
전자파	전자파에 노출되는 것으로, 심부체온 상승, 고주파 열상 등
화상(burns)	제품 내부의 온도가 상승하면, 직접 피부에 닿는 부분에 화상
폭발	전지의 사용 환경에 따라 급격한 온도 상승, 폭발 위험
화학반응	재료에 포함된 금속이나 섬유 등의 물질이 피부에 닿아 발진 등 부작용
인적 요소	날카로운 가장자리나 모서리에 의해 피부에 상처가 생겨 염증 위험성

출처 : UL JAPAN

이러한 잠재적 위험을 고려하여 웨어러블 기기에 대한 안전성 평가는 복수의 다른 시험과 조합이 될 가능성이 있으며, 제품의 구조에 따라 장기간에 걸친 평가가 필요할 수도 있다. 제품의 재질, 구조 및 용도에 따라 다르기도 하지만, 웨어러블 기기의 안전성 및 신뢰성평가는 [그림 18] 및 [표 13]과 같이 분류될 수 있다.

[표 13] 웨어러블 기기의 안전성 평가 및 시험

항목	평가 및 시험
기기의 안전	감전, 화상, 화재, 폭발 등의 안전 요인 평가
EMC	발생되는 전자파로 인하여 다른 전자기기의 오작동 유발 유무 시험
전자파흡수율	일정 거리 이내에서 전자파 흡수율 시험
화학물질	함유된 화학물질이 인체에 미치는 잠재적 위험(가려움 등) 확인 필요
환경적합성	기기 수명에 도달했을 때의 환경폐기물량의 감소 정도 파악

출처 : UL JAPAN

[그림 18] 웨어러블 기기 표준화의 요인



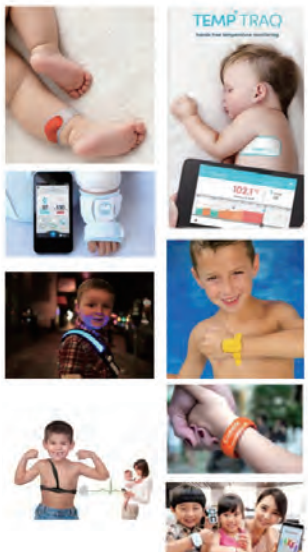
[그림 19] 웨어러블 안전성 및 신뢰성 평가기술



웨어러블 기기의 성능평가는 제품이 사용되는 환경과 목적에 따라 다르지만, 대체적으로 [그림 19(좌)]에서와 같이 모듈의 전기·전자 안전성능, 즉 인체에 착용 또는 부착되는 전자부품에서 발생할 수 있는 위해 요소 중의 하나인 전기적 안전성(전지로부터의 누설전류 등) 및 전자파 흡수율에 대한 평가가 필수적인 요소로 판단된다. 또한 [그림 19(우)]에서와 같이 웨어러블 기기가 실제로 사용되는 환경을 반영하여(예 : 온습도 가속 환경 챔버, 동적 피로 시험 등) 최초의 기능 동작 여부의 지속성, 즉 데이

터의 신뢰성 평가가 필요하다. 웨어러블 기기의 이러한 신뢰성 및 안전성에 대한 평가는, [그림 20]과 같이 최근 들어 웨어러블 기기가 유아용으로 확산되기 시작하면서 더욱 그 중요성이 대두되고 있다.

[그림 20] 다양한 유아용 웨어러블 기기(좌), 웨어러블 기기의 안전성 이슈(우)



이제는 웨어러블 기기가 신생아에 모든 종류의 정보를 보내는 기기로 감싸는데 열광하는 기술광 부모들을 공략하면서 요람에까지 손을 뻗치고 있다.

캘리포니아 주 산타클라라에 거주하는 스위들로는 최근 호흡, 체온, 자세 측정 기기가 삽입된 우주복 3종 세트 '미모베이비'를 200달러 넘게 주고 구입했다. 이 제품은 아기의 활력 징후 정보를 스마트폰에 전송한다. 스위들로는 또 신생기업 '오올렛 베이비 케어'가 제조한 소위 '스마트 양말'(250달러)을 구입하기 위해 대기자 명단에 이름을 올렸다. 이 제품은 아기의 산소 포화도 및 심박율을 감지한다.

More In 웨어러블

- 스탠포드 연구진, '접촉'인식하는 인공피부 개발
- 스크린 없는 '스마트기기'의 시대가 온다
- 우여곡절 구글 글래스, 프로젝트명 바꾸고 새 출발한다
- 소니의 25세 엔지니어, 새로운 혁신을 이끌다
- LG, 애플보다 저렴한 금장 럭셔리 스마트 워치 출시

그러나 신생업체들이 배터리 및 무선 기술이 포함된 유아용 웨어러블 모니터 출시를 서두르는 상황에서 제품 안전에 대한 우려가 제기되고 있다. 아동용 제품에 대한 독성 화학 및 금속 물질 시험 관련 법을 제외하고는 규제기관이 드문 실정이다. 또 성인용 기기와 마찬가지로 유아용 웨어러블 기기의 유용성에 대한 의문도 제기되고 있다.

비슷한 웨어러블 기기들의 안전 문제가 불거져 나오고 있다. 운동량 측정 기기 제조 업체 '피트비트'는 최근 소비자들이 제품을 사용한 후에 물집과 발진 증상이 나타났다면서 불만을 제기한 후에 자사의 디지털 팔찌 제품을 리콜(제품 회수) 조치 했다.

http://kr.wsj.com/posts/2014/05/13/웨어러블 – 기기 – 신생아를 – 공략하다 /

웨어러블 기기 시장은 현재는 초기 발전 단계이다. 따라서 다양한 웨어러블 기기를 포괄할 수 있는 최소한의 안전 기준과 기기의 데이터 신뢰성 확보를 통하여, 향후 전개될 웨어러블 시장 및 국제표준화 선점에 노력해야 할 것이다.

06

Wearable Smart Device

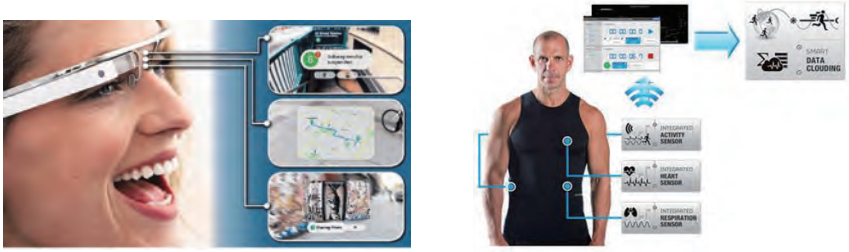
웨어러블 기기용 통신 및 보안 기술

기존 네트워크 통신 기관들은 웨어러블 기기 환경에 적합하도록 경량화 및 저전력이 가능하도록 데이터 전송 네트워크 기술들을 표준화하고 있다. 이와 함께 네트워크에 연결된 웨어러블 기기의 보안 및 착용자의 프라이버시를 보호하기 위한 표준화도 함께 진행 중에 있다.

인터넷이 연결된 PC 환경에서 손에 들고 다니는 스마트폰으로, 이제 항상 몸에 부착할 수 있는 웨어러블 기기로의 진화는 네트워크에 대한 연결성으로 볼 수 있다. 기존의 고정된 위치에서만 네트워크 연결이 가능한 PC 환경과 달리 휴대가 간단한 스마트폰을 사용함으로써 이동 중에도 네트워크에 접속이 가능해졌으며, 웨어러블 기기를 몸에 부착함으로써 굳이 손에 들고 다니지 않고 의도하지 않아도 항시 네트워크에 연결되고 GPS를 이용한 위치 정보라든지, 맥박, 체온과 같은 신체정보가 자동으로 수집 및 전달된다.

웨어러블 기기는 PC환경과 달리 스마트폰처럼 전력이 제한되어 있으며, 스마트폰보다도 더 작고 가볍기 때문에 웨어러블 기기용으로 사용할 수 있도록 더 경량화되고 저전력을 소비하는 통신 기술이 필수적으로 요구되고 있다. 기존의 WCDMA 3G나 LTE와 같은 네트워크 기술은 전력 소비가 많아 웨어러블 기기가 직접 이러한 통

[그림 21] 구글 글래스 활용 사례(좌), 웨어러블 기기를 이용한 신체 정보 수집(우)



신 기술을 통해 네트워크에 연결하는 것은 다소 무리가 있다. 이에 따라 근거리 통신을 통해 스마트폰을 허브로 연결하는 방식이 주로 사용되고 있다. 근거리 통신 기술로는 블루투스, ZigBee 등이 있으나 ZigBee는 주로 홈네트워크 등에서 사용되며, 현재 웨어러블 기기용으로는 블루투스가 주로 사용되고 있다.

2014년 12월에 발표된 블루투스 4.2는 표준화 기구인 블루투스 SIG(Special Interest Group)를 통해 승인된 사실상의 표준으로, 더욱 빨라진 전송 속도와 함께, 사물인터넷을 위해 강화된 연결성과 개인정보 보호 내용을 포함하고 있다. 이전 버전에 비해 패킷 용량은 10배, 전송속도는 2.5배 향상되었으며, 이는 결국 전송 오류와 배터리 소비를 감소시킬 수 있게 되었다. 그리고 강화된 개인정보 보호로 인하여 사용자의 허락이 없이는 사용자의 위치를 마음대로 추적할 수 없게 되었으며, 전송속도를 제외한 개인정보 보호 기능은 펌웨어 업데이트만으로도 기존 기기에서 사용할 수 있게 되었다. 이에 따라 애플워치도 WiFi보다 블루투스 기술을 더 적극 활용하고 있는 상황이다.

현재는 블루투스가 주로 웨어러블 기기용 통신 기술로 사용되고 있으나 ZigBee를 포함하여 NFC 등 다양한 근거리 통신 기술도 활용이 가능하다. Infeneon Technology에서는 NFC 보안칩

[그림 22] 블루투스를 통한 스마트폰과의 연계



을 Sharkey에 제공하여 비접촉식 결제 및 교통 티케팅에 대한 보안 솔루션을 제공하기도 한다. 이러한 근거리 통신 기술은 웨어러블 기기 뿐만 아니라 다양한 IoT 제품에서도 필수적이기 때문에 넓은 IoT 통신 시장을 선점하고 해외 선진기업과의 경쟁 우위를 갖추기 위해서는 관련 기술 개발 및 표준화 제정에 적극 참여가 필요하다.

웨어러블 기기의 통신 기술을 논할 때 함께 고려해야할 중요한 요소 중 하나는 보안이다. 구글 글래스 등은 카메라, 마이크를 탑재하고 있어 주변의 영상을 촬영하거나 음성을 녹음할 수 있으며 음성으로 기기를 제어한다. 헬스케어용 웨어러블 기기의 경우 GPS나 가속도계, 근접 센서를 이용한 위치정보나, 사용자의 맥박, 체온 등의 신체정보를 수집하여 활용한다. 이러한 정보들이 보호되지 않는다면 네트워크를 통해 전달되는 사용자의 개인정보를 불법으로 수집하는 것이 가능하며, 더 나아가 스마트폰의 루팅과 비슷한 방식으로 웨어러블 기기를 해킹하여 웨어러블 기기의 영상이나 음성 정보를 불법으로 수집해 사용자의 주변 정보를 획득하는 것이 가능하다.

보안 위협으로부터 웨어러블 기기를 보호하기 위해서는 통신 데이터의 기밀성과 무결성, 기기의 무결성, 기기 인증, 접근제어, 추적성 방지, 부인 방지 등이 보장되어야 하며, 이를 위해서는 암호화와 인증 프로토콜, 안전한 키 관리 프로토콜 등이 필요하다. 그리고 이러한 암호 알고리즘 및 보안 프로토콜을 실행하기 위해서는 웨어러블 기기 환경에 적합한 경량 암호 기술이 필수적이다. 이에 따라 경량 프로토콜과 암호 기술에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 이 외에도 웨어러블 기기를 이용한 지문이나 동공을 이용한 바이오 인증이 기존의 사용자 인증을 대체할 수 있는 수단으로 거론되고 있으나 신체 정보는 특성상 한 번 유출되면 바꾸기 어렵기 때문에 신중한 접근이 필요한 상황이다.

보안과 관련된 표준 및 기술 개발 현황을 살펴보면, ISO/IEC JTC 1/SC 27 IT Security Techniques에서 IT 보안에 관한 일반적인 방법과 기술에 대한 표준화를 담당하고 있으며, 7개의 워킹그룹(Working Goup; WG) 중 WG2에서 최근 경량 해쉬함수, 익명 전자서명 등에 대한 표준화 작업을 진행 중에 있다. 경량 암호 알고리즘을 개발하기 위한 노력으로 국내에서는 2005년 경량 블록 암호(HIGHT)를 개발하였으며, 2012년에는 경량 블록 암호 알고리즘인 LEA를 개발하였다.

웨어러블 기기를 통해 전달되거나 수집되는 정보의 대부분은 달린 거리, 체온 정

보처럼 직접적으로는 치명적이지 않을 수 있으나 무수히 많은 데이터가 모여 가공될 경우 가공 방법에 따라 어떠한 보안 문제점이 발생할지 예측이 어렵다. 또한 보안은 기기의 성능을 저하시키는 요인으로 작용할 수 있기 때문에 초기 기기 및 시스템 설계 시 고려되지 않는 경우가 빈번하며 제품이나 시스템 완성 후 보안 기능을 추가하는 것은 설계 초기 단계에서 추가하는 것보다 매우 큰 비용을 소모하게 된다. 따라서 웨어러블 기기가 충분한 보안 기능을 갖추도록 하기 위한 웨어러블 기기의 보안에 대한 표준화 제정에 적극적으로 참여하여야 한다.

[표 14] 웨어러블 기기용 통신 및 보안 표준화 추진분야

표준화 필요항목	세부 내용
• **웨어러블용 근거리 무선 송수신 통신 프로토콜 표준**	웨어러블용 저전력 근거리 무선 송수신 기술
• **웨어러블용 중장거리 무선 송수신 통신 프로토콜 표준**	웨어러블용 저전력 중장거리 무선 송수신 기술
• **웨어러블 기기의 사용자 인증 표준** • **웨어러블 기기의 정보보안 인터페이스 표준**	웨어러블용 사용자 인증 및 정보보안 기술
• **웨어러블용 위치정보 측정방법 및 모니터링 방법 표준** • **웨어러블 기기의 개인정보 보호에 관한 표준**	웨어러블용 위치기반 이동 추적 통제 시스템
• **웨어러블 기기 상호 간의 정보전달 방법 표준화** • **웨어러블 기기 상호 간의 프로세스 및 데이터 관리 표준(공통 표준)** • **웨어러블 기기의 보안 및 프라이버시 보호 표준**	웨어러블 스마트 기기의 시스템 보안기술

출처 : KATS 국가기술표준원, KSA한국 표준 협회

07

Wearable Smart Device

웨어러블 디바이스의 신호처리 기술

웨어러블 디바이스는 '신체에 부착해 컴퓨팅 행위를 할 수 있는 모든 것'을 지칭하며, 일부 컴퓨팅 기능 수행이 가능한 응용 프로그램을 포함하기도 한다. 소형 모바일 형태로 개발되는 웨어러블 디바이스는 어떤 형태로든 사용자에게 정보를 전달하기 위한 통신 수단과 수집된 데이터를 처리하기 위한 신호처리 기술들을 필요로 한다. 간단한 신호처리는 DSP를 활용하며, 복잡하고 많은 데이터를 실시간으로 처리하기 위해서는 ASSP를 개발하여 이용하기도 한다.

웨어러블 디바이스는 '신체에 부착해 컴퓨팅 행위를 할 수 있는 모든 것'을 지칭하며, 일부 컴퓨팅 기능 수행이 가능한 응용 프로그램을 포함하기도 한다. 스마트폰 시장이 성숙기에 접어들어 성장세가 둔화되면서, 스마트폰을 허브로 삼아 보조 제품으로 웨어러블 디바이스가 차세대 성장 동력으로 부상되며 빠르게 발전하고 있다. 특히 인간, 사물, 기기 등 연결 대상과 범위가 기하급수적으로 확장되는 초연결 사회 도래와 함께 고령화 시대에 접어들면서 건강과 웰빙에 대한 관심 증대로 헬스케어를 중심으로 웨어러블 디바이스 산업이 큰 폭으로 성장하고 있다.

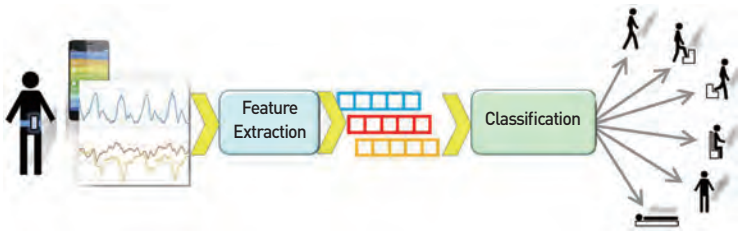
이러한 웨어러블 디바이스는 인체나 환경에 대한 정보를 획득하기 위하여 다양한 센서를 사용하고 있으며, 이들 센서의 값이 디바이스 내에서 활용되기 위해서는 디지털 값으로 변환하고 적절한 신호 처리를 하여야 한다. 또한 상황에 맞는 동작을 위해서는 그에 따른 액추에이터도 갖추고 있어야 한다. 웨어러블 디바이스는 몸에 착용하

는 특성상 가볍게 만들어야 하므로 대용량의 전원을 사용할 수 없으며, 따라서 디바이스의 모든 부분에서 저전력화에 대한 기술 개발이 필요하다.

소형 모바일 형태로 개발되는 웨어러블 디바이스는 어떤 형태로든 사용자에게 정보를 전달하기 위한 통신 수단이 필요하므로, 통신을 위한 신호 처리가 필요하다. 대부분의 웨어러블 디바이스는 스마트폰을 허브로 활용하므로 근거리 무선 통신을 주로 사용하며, 인체 착용의 특성을 활용한 인체통신을 사용할 수도 있다. [그림 23]은 웨어러블 디바이스를 이용하여 인체 활동을 분석하고 분류하는 신호 처리에 대한 개념을 나타낸 것이다[1].

헬스케어를 위한 웨어러블 디바이스는 맥박, 관성, 모션, 심전도 등의 인체 활동 정보를 처리하기 위한 센서를 사용하므로, 이들 센서로부터 들어오는 신호를 적절하게 처리하여야 한다. 또한 디바이스의 오남용을 방지하기 위하여 사용자 확인을 위한 지문인식, 홍채인식, 혈관인식 등의 기술을 사용하기도 하는데, 이러한 처리는 많은 양의 신호를 처리하게 되며, 복잡한 알고리즘을 필요로 하기도 한다.

[그림 23] 웨어러블 디바이스를 이용한 인체 활동 분석 및 분류를 위한 신호처리 개념도



웨어러블 디바이스를 효율적으로 제어하기 위해서는 기존의 입력 장치인 키보드나 터치스크린 이외에도 제스처와 같은 동작인식이나 음성인식 또는 영상기반 객체인식 등을 활용하기도 하며, 이러한 기술 또한 복잡한 신호처리 알고리즘을 필요로 한다. 처리된 신호 데이터를 저장한 후에 사용자에게 전달하기 위해서는 화면에 표시하거나, 소리, 음성,

1) DavideAnguita, Alessandro Ghio, Luca Oneto, Xavier Parra and Jorge L. Reyes-Ortiz. Human Activity Recognition on Smartphones using a Multiclass Hardware-Friendly Support Vector Machine. International Workshop of Ambient Assisted Living (IWAAL 2012). Vitoria-Gasteiz, Spain. Dec 2012

진동 등으로 표현하게 된다. 이러한 액추에이터의 동작을 위해서도 신호처리가 필요하며, 특히 화면에 영상 형태로 나타내기 위해서는 많은 양의 신호처리를 필요로 한다.

일반적인 신호처리 기술로는 음성처리 및 압축, 정지화상 압축 및 처리, 동영상 압축 및 처리 기술 등이 있으며, 웨어러블 다바이스에서는 특히 초저전력으로 신호를 처리할 수 있는 알고리즘과 구현 방법 등의 발굴이 필요하다.

대부분의 신호처리는 범용의 디지털 신호처리 프로세서(DSP; Digital Signal Processor)를 이용하여 소프트웨어적으로 처리하지만, 매우 복잡한 신호를 실시간으로 처리하기 위해서는 전용의 하드웨어적인 신호처리 프로세서를 개발하여 사용하기도 한다. 이러한 하드웨어를 ASSP(Application-Specific Signal Processor)라고 한다. 최근에는 범용 프로세서와 DSP/ASSP를 하나의 칩에 설계하는 기술도 이용되고 있다. 예를 들면 ARM사의 프로세서와 TI의 DSP를 포함하는 OMAP 프로세서군을 들 수 있다. 또한 그래픽 처리를 위한 GPU(Graphic Processing Unit)를 일반 신호처리 용도로 사용하는 GPGPU(General-Purpose computing on GPU) 기술도 이용되고 있다.

위에서 언급된 기술들을 바탕으로 향후 웨어러블 디바이스와 관련하여 표준화 추진이 필요한 주요 분야를 정리하면 [표 15]와 같다. 웨어러블 디바이스는 다양한 분야로 확산되고 있지만, 일상생활에 필요한 서비스나 지속적인 수익을 창출할 수 있는 에코시스템의 발굴로 스마트폰 확산 때와 같은 획기적인 변화를 필요로 하고 있다.

[표 15] 웨어러블 디스플레이 관련 IEC / TC 47 표준 추진 현황

표준화 필요항목	세부 내용
웨어러블용 3D 영상 센서 calibration 방법	3D 영상 센서는 각 센서 간의 영상 품질에 대한 일치를 위한 calibration이 필요하며, 이를 확인할 수 있는 방법의 표준화가 필요
웨어러블용 초저전력 영상 압축 방법	웨어러블 기기는 초저전력 동작을 필요로 하며, 동영상 압축에 있어서 기존의 방법보다 저전력으로 압축할 수 있는 방법이 필요
웨어러블용 생체 정보 측정 방법	헬스케어를 목표로 하는 웨어러블 기기에서 측정하는 생체 정보의 정확도나 범위 등을 규정하는 방법이 필요
웨어러블용 초저전력 데이터 송수신 방법	초저전력으로 동작해야 하는 웨어러블 기기에서 저속 데이터를 송수신하기 위한 방법에 대한 표준이 필요
웨어러블 디바이스용 개인 식별 방법	사람과 밀접하게 작용하면서 개인 정보를 다루는 웨어러블 디바이스는 개인의 사적인 정보를 보호하기 위하여 개인 식별 방법을 필요로 함

08

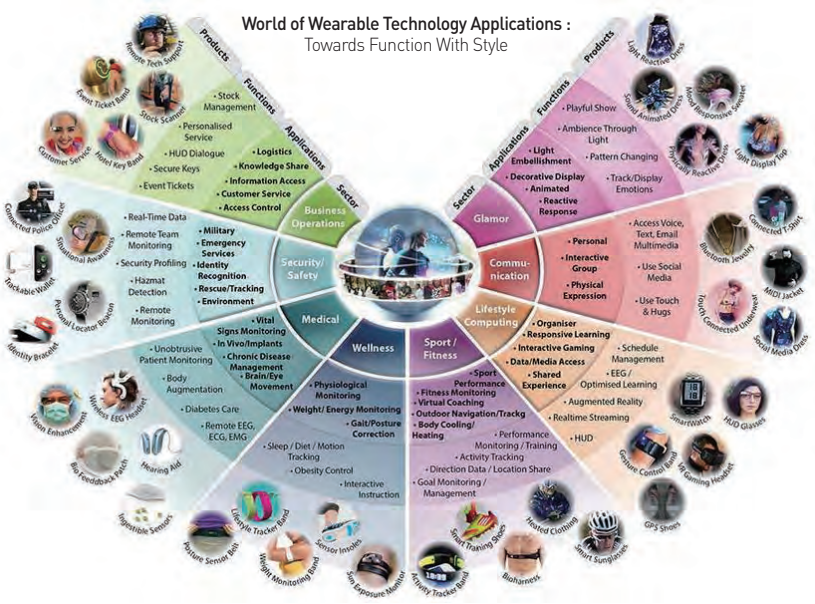
Wearable Smart Device

웨어러블 섬유 및 패션 응용 기술

웨어러블 섬유 및 패션 응용 기술은 인체 중심의 조작과 소통이라는 웨어러블 디바이스 본연의 장점으로 2015년 급성장할 것으로 전망되며, 전도성 섬유, 직물기반 회로보드, 직물소자, 부품의 유연 및 신축소재 특성에 대한 신뢰성을 주기 위한 기술표준화 제정이 우선적으로 추진되고 있다.

개인 맞춤형 서비스에 대한 요구가 증가함에 따라 "휴대에서 착용으로"의 모바일 트랜드의 전환에 대한 필요성이 증대되고 있다. 편의와 패션, 기능성을 갖춘 디바이스, 인체 일부에 부착하여 휴대성, 편의성을 극대화한 형태의 신체부착형 스마트 디바이스 등 인체 중심으로 구현하는 웨어러블 디바이스산업의 시장과 기술이 부각되고 있다. 특히, 웨어러블 디바이스(Wearable Device)의 핵심은 인체 중심에서 조작과 소통이 이루어져야 하기 때문에 인체와 가장 가까이 근접해있는 의류 및 액세서리 자체가 웨어러블 플랫폼이 될 것으로 예상하고 있다. 따라서 섬유소재를 활용하여 웨어러블 디바이스 기술을 접목하면 보다 쉽고 자연스럽게 웨어러블 섬유패션 융합제품 개발이 이루어진다. 이러한 장점으로 인하여 전 세계적으로 웨어러블 디바이스와 패션제품이 융합된 기술개발이 활발히 추진되고 있는 실정이다. 섬유소재는 기본적으로 신축성과 굽힘성이 좋은 유연한 특성을 지니고 있어서 인체 착용 시 편안하고

[그림 24] 웨어러블 기술 적용 차트



출처 : http://www.beechamresearch.com/article.aspx?id=20

넓은 표면적에 적용할 수 있는 장점이 있다.

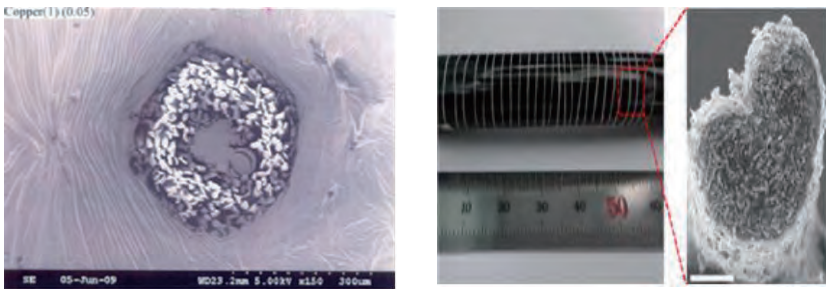
웨어러블 디바이스를 구현하기 위한 섬유 기술과 패션 기술을 분야별로 살펴보면 다음과 같이 기술을 구분할 수 있다.

전도성 섬유(Conductive yarn) 기술

웨어러블 디바이스의 전기·전자적 특성을 구현하기 위해서는 근본적으로 신호전달 및 전기에너지 공급을 목적으로 한 전도성 섬유가 필요하다. 따라서 웨어러블 섬유 기술은 핵심은 전기신호를 전달할 수 있는 전도성 섬유 개발에 있다. 현재 기존 섬유 고분자물질에 금속물질을 혼입방사하거나, 복층구조방적, 원사코팅, 도금(Plating), 자수(Embroidery), 프린팅을 하는 방법이 산업적으로 사용되고 있다. 전도성 섬유는 사용되는 용도에 따라 정보전달 및 전원전달용 전도성 섬유와 인체측정용 전도성 섬

유 등으로 구분된다. 최근에는 PEDOT:PSS와 같은 전도성 고분자를 이용하거나 그래핀이나 탄소나노튜브(CNT)와 같은 나노카본소재를 활용해 전도성 섬유를 제조하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 1차원 또는 2차원 탄소기반 나노소재의 경우 높은 전도도는 물론이고 섬유와 비슷한 신도와 높은 인장강도를 가지고 있다. 따라서 섬유나 직물형태로 전자기기를 구현하기에 가장 이상적인 소재로 인식되어 선진국에서는 활발히 연구하고 있다. 나노카본 전도사의 경우 화학적 증기 증착법(CVD)을 통해 합성된 CNT를 실(Yarn) 형태로 뽑아내는 건식방법이나 CNT나 그래핀 기반 잉크나 페이스트를 통해 만들어진 도프(Dope)를 응고시키는 습식방법을 구분하여 다양한 방법들이 개발되고 있다.

[그림 25] 금속을 섬유 중심에 위치한 2층 구조방식의 전도성 섬유(좌)
금속나노물질을 섬유 내부에 분산시킨 습식방사방식의 고신축성 전도성 섬유(우)

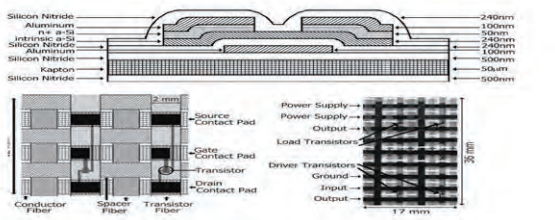


출처 : 제일모직(좌), 연세대학교(우)

직물기반 회로보드(Textile Circuit) 기술

웨어러블 디바이스를 패션 상품화하기 위해서는 의류 및 직물형태의 유연한 섬유소재로 만든 회로 보드가 필요하다. 직물회로는 전자부품이 삽입되어야 할 위치에 전도성 섬유를 간격과 배열로 제작하는 직조(Weaving), 자수기계를 이용하여 회로를 제작하는 자수(Embroidery), 전도성 잉크를 직물에 직접 인쇄하는 인쇄(Printing)방법 등으로 구현이 가능하다. 이를 위해서는 20~30% 정도의 신도를 가질 수 있는 신축성 기판에 물결 모양의 배선 등으로 당김이나 구김에 대한 변형이 가해졌을 때 부품

[그림 26] 편조형 인버터 회로



출처 : 프린스턴대학교

이나 연결부위 파손이 일어나지 않도록 하는 연구가 진행되고 있다. 최근 미국 조지아공대에서는 직물 인터페이스를 개발하였고, 미국 카네기멜론대에서는 ATM 및 자동차 대쉬보드 등에 적용이 가능한 버튼 인터페이스를 제작하였다. 독일 Fraunhofer IZM연구소에서는 웨어러블 디바이스의 여러 가지 전기전자부품을 직물에 실장하거나 집적화하는 기술인 SoT(System on Textile)연구를 진행하고 있다. 또한 스위스 취리히공대의 Wearable Computing Lab에서는 1990년대부터 전도성 섬유에 대한 연구와 함께 이를 이용한 직물형태의 안테나, 트랜지스터, 압력센서 등을 개발하고 있다.

직물소자 및 부품 기술

전도성 섬유와 직물회로보드는 웨어러블 디바이스를 구현하기 위한 가장 기초적인 소재·부품이다. 즉, 전도성 섬유와 직물회로에 기존 반도체소자 및 연결(Interconnection)기술과 통신 및 전원기술을 조합하면 웨어러블 디바이스 및 패션제품 제작을 할 수 있다. 그러나 진정한 웨어러블 디바이스 의류제품을 개발하기 위해서는 기존 전자부품을 초소형화하여 섬유에 직접 실장(Mounting)하거나 소재와 부품이 일체화된 섬유소재 기반의 전자부품 개발이 절대적으로 필요하다. 최근 들어 섬유기반 트랜지스터, 메모리, 센서, 액추에이터, 발전 및 축전기 등의 부품을 개발하기 위해 섬유와 IT기술 간 융합이 이루어지고 있다. 개발된 전자섬유 부품들로는 전도성 섬유를 이용한 전극, 데이터 송수신을 위한 버스라인, RFID통신용 안테나 등의 회로구성 요소와 광, 비접촉 정전용량(Capacity)센서, 압저항(Piezo resistance)센서, 온도 및 습도센서 등이 있다. 또한 염료감응형 태양전지(DSSC)나 유기태양전지(OPV), 심장 박동이나 발걸음과 같은 아주 일상적인 움직임과 마찰만으로도 에너지가 생성되는

[그림 27] Hollow multi-helix 형태의 플렉시블 배터리



출처 : LG화학

나노발전기 등 에너지소자들도 섬유소재기반으로 개발되고 있다.

또한 전도성 섬유, 직물기반 회로보드, 직물소자 및 부품을 사용한 웨어러블 패션 의류 제품들이 각 용도별 시장과 기술 분야별로 다양하게 개발되고 있는 실정이다.

웨어러블 디바이스 시장은 밴드형과 시계형 제품이 주도하고 있으나 향후 다양한 형태의 제품이 증가될 것으로 전망하고 있다. 현재 밴드, 시계를 비롯한 액세서리 형태의 제품에서 향후 직물/의류일체형 웨어러블 디바이스로 트렌드가 변화할 것으로 전망되고 있다. 웨어러블 패션의류(스마트 의류) 제품은 현재 그 규모가 크지 않으나 최근 관련 제품 개발 및 출시가 활발하여 향후 시장을 주도할 것으로 예상하고 있다. 헬스케어 관련 스마트 의류 제품 출하량은 2014년 10만 개에 불과하나 2015년 100배 이상 성장한 1,010만 개가 될 것으로 전망하고 있다(출처 : 가트너, 2014. 10) 그러나 미래에는 스마트 의류와 같이 입는 형태의 웨어러블 디바이스가 늘어나면서 스마트 기능뿐만이 아니라 의복 본연의 역할에 대한 요구가 늘어날 것으로 전망되고 있

[그림 28] 빛과 열을 내는 소재 및 스마트 재킷



출처 : 필립스(좌), 코오롱스포츠(중), 큐트서킷(우)

다. 스마트 의류는 인간 중심의 편리성과 휴대성을 극대화한 형태로 기본적으로 의복이 갖추어야 할 요건 충족이 중요시되고 있다. 따라서 의복의 쾌적성, 안전성, 내구성, 편의성 등 기능적인 요소부터 자신의 개성 표현이 가능한 패션 요소인 심미성까지 고려하는 것이 필요하다. 향후 웨어러블 패션의류는 의복의 기본 역할 수행이 가능한 범위 내에서 완성도가 높은 디지털 및 컴퓨팅 기능을 추가하는 방향으로 진화할 것으로 전망하고 있다.

[표 16] 세계 웨어러블 피트니스 디바이스 출하량 전망

(단위 : 백만 개)

종류	2013년	2014년	2015년	2016년
스마트 밴드	30	20	17	19
스마트 시계	14	18	21	24
체스트 스트랩	11	12.1	8	7.3
스마트 의류	0.01	0.1	10.1	26
기타	18	20	12	15
전체	73.01	70.2	68.1	91.3

출처 : 가트너(2014. 10). http://www.gartner.com/newsroom/id.2913318

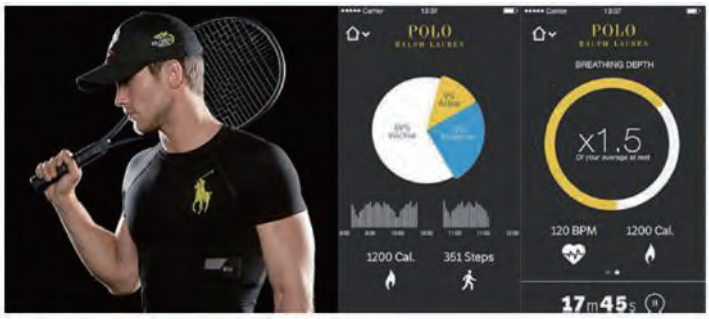
현재 웨어러블 디바이스 시장은 액세서리 형태와 의류 형태로 구분되어 시장을 형성해왔다. 그러나 소비자들은 투박한 디자인에 기능만을 강조했던 스마트 워치에서 디자인에 중점을 둔 스마트 팔찌나 셔츠 등 새로운 형태의 웨어러블 디바이스를 선호하고 있는 것으로 나타났으며, 향후 성장 가능성이 높은 아이템으로 웨어러블 디바이스의 새로운 방향성을 제시하고 있다.

[그림 29] 인텔의 패션스마트 팔찌 'MICA'외형



출처 : Digital Trend '14. 11. 18

[그림 30] 랄프로렌의 '폴로테크' 셔츠 및 스마트폰 앱 구동화면



출처 : Ralph Lauren

웨어러블 스마트 디바이스에 대한 국내 및 국제 표준화 추진은 현재 필요성과 산업의 성숙도 차원에서 아직 넘어야 할 산이 많은 상태이다. 웨어러블 디바이스를 사용하는 소비자를 보호하고 제품의 품질을 향상하고, 향후 시장의 확대를 위해서는 인체 안정성과 제품 신뢰성에 대한 표준이 우선적으로 개발되어야 한다. 더욱이 웨어러블 섬유 및 패션 응용기술 분야는 인체와 아주 근접한 공간에서 사용되는 기기이므로 소비자가 안심하고 사용할 수 있는 신뢰성을 우선적으로 제공해야 한다. 따라서 제품 개발 시 소비자에게 필요한 기능과 디자인 중심으로 개발하는 전략과 더불어 신뢰성을 보증해 줄 수 있는 기술표준 제정이 적극적이고 우선적으로 추진되어야 한다.

[표 17] 웨어러블 섬유 및 패션 응용 기술 표준화 추진분야

표준화 필요항목	세부 내용
유연 및 신축 전도성 소재 성능 평가	• 유연 및 신축 전도성 소재의 성능시험평가 방법 표준화 • 유연 및 신축 전도성 소재의 전기적 특성 평가방법 표준화 • 유연 및 신축 전도성 소재의 전력 측정방법 표준화
유연 및 신축 전도성 소재 신뢰성 평가	• 유연 및 신축 전도성 소재의 기계적 특성 방법 표준화 • 유연 및 신축 전도성 소재의 유연성, 신뢰성 평가방법 표준화
직물기반 웨어러블 디바이스 제조 및 평가	• 직물기반 웨어러블 디바이스의 복합 물성 평가방법 표준화 • 직물기반 웨어러블 디바이스의 신뢰성 평가방법 표준 • 전도성 신축성 직물소재에 대한 신뢰성 평가기술 표준
웨어러블 패션의류 제조 및 평가	• 웨어러블 패션의류의 복합 물성 평가방법 표준화 • 웨어러블 패션의류의 신뢰성 평가방법 표준 • 전도성 신축성 패션의류에 대한 신뢰성 평가기술 표준

09

Wearable Smart Device

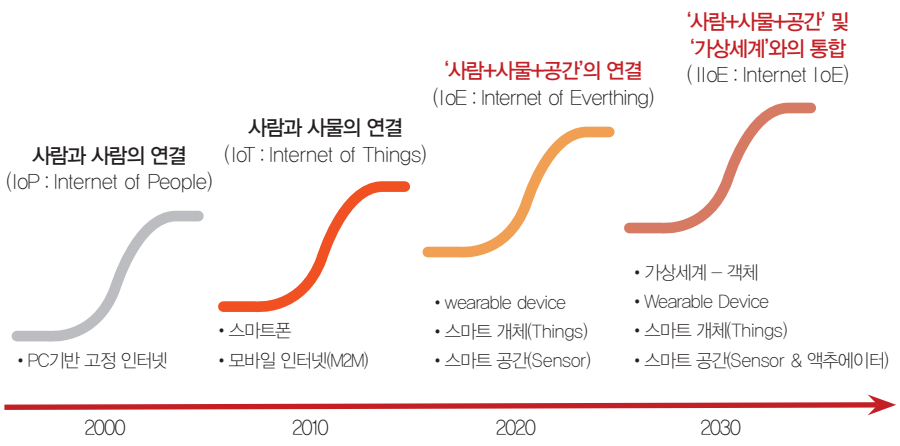
웨어러블 기기의 재난 및 안전 응용 기술

미래부는 재난 및 안전관리 혁신 방안을 수립하고 KISTEP은 재난과 안전을 책임질 10대 미래 유망 기술을 선정하는 등 재난 안전에 대한 기술이 우리사회에 크게 부각됨에 따라 웨어러블 기기를 이용한 재난 및 안전 기술의 확대를 위한 응용 기술 개발의 중요성이 커지고 있다.

스마트폰을 통해 구축한 연결사회를 더욱 긴밀히 연결하고 다양한 분야로 확대하기 위한 수단으로 사물인터넷(IoT) 기술이 대두하고 있다. 지금까지의 사람과 사람 간의 연결이나, 사람과 사물 간의 연결은 인테넷이나 스마트폰으로 구현이 되었으나, 사물과 사물 간의 연결은 웨어러블 기기(Wearable Device)의 도움을 받아 스마트 공간이나 스마트 개체로 발전할 것으로 전망된다. 이러한 IoT를 구현하는 핵심요소 기술인 웨어러블 기기는 MIT대학이 2013년 10가지 신기술로 선정할 정도로 폭발적으로 발전하고 있다. 그 응용분야도 초기의 엔터테인먼트나 헬스/의료를 벗어나 국방 및 재난 안전분야로까지 급속히 그 영역을 넓혀가고 있다.

재난 및 안전분야는 미래창조과학부에서 2015년 제시한 10대 기술분야에 포함되었고, 10대 기술분야 중 항공우주 기술과 더불어 선진국과 기술격차가 매우 큰 분야로 분류되었다. 특히 위험 분야의 젊은 인재가 부족하고 체계적인 교육이 어려운 점

[그림 31] 네트워크의 진화에 따른 사물인터넷의 출현과 웨어러블 기기의 역할

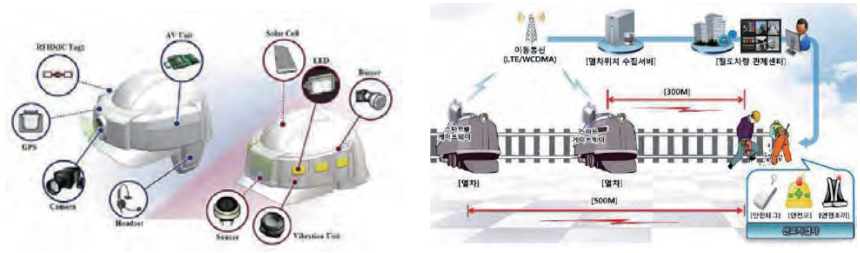


출처 : NIA, IT & Future Strategy 보고서

을 고려할 때 휴대용 단말기, RFID, 데이터베이스 등을 이용한 안전보건기법이 사용되고 있다.

재난 및 안전의 응용분야에 적용된 다목적 안전모를 보면 다양한 센서와 통신기구를 구비하고 있다. 이 작업모를 선로변 작업자에게 착용하게 하면 달리는 차량을 감지하여 작업자를 보호하고 또한 달리는 작업자도 작업사실을 인지하여 사고를 회피할 수 있다.

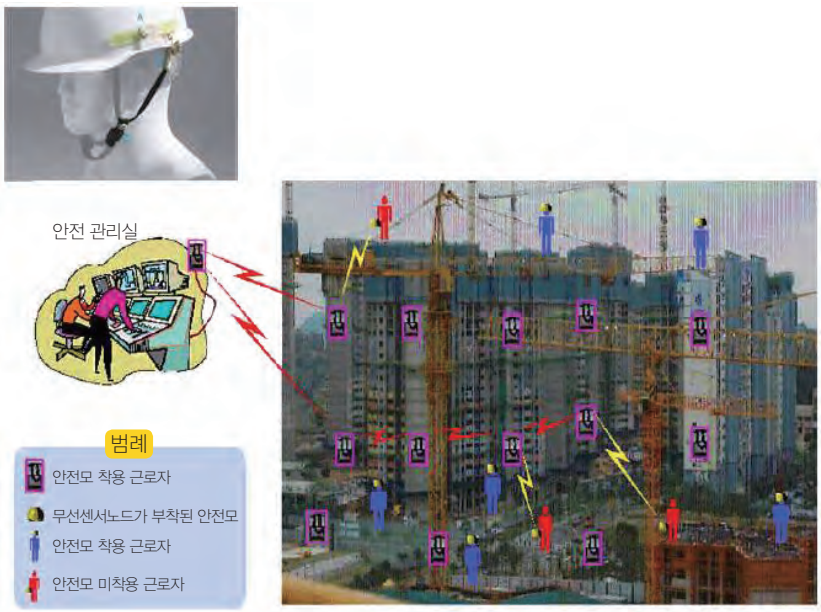
[그림 32] 각종 센서와 통신장치가 구비된 초소형 저전력화 안전모(좌)
안전모 – 열차 – 관제소 간의 유기적인 안전관리 적용 예시(우)



출처 : 산업안전보건연구원 보고서 2014

또한 건설현장이나 밀폐공간에서도 다양한 종류의 센서가 장착된 안전모를 사용할 경우, 작업자의 위치와 상태를 실시간으로 파악할 수 있어서 작업관리 및 안전관리를 용이하게 할 수 있다.

[그림 33] 웨어러블 헬멧을 이용한 건설현장에서의 안전관리 예시



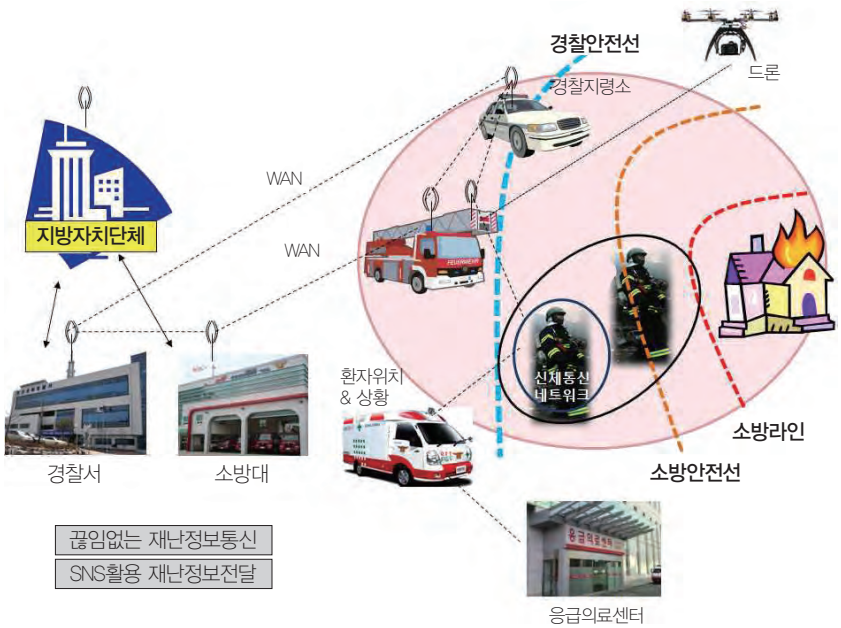
출처 : 산업안전보건연구원 보고서 2014

작업자의 개인정보가 축적되는 스마트 헬멧의 경우 작업자의 개인적인 정보를 무분별하게 감사하고 취득한 정보를 통제실에서 관리하게 때문에 정보관리의 보안문제를 해결하는 것이 우선되어야 한다.

웨어러블 기기를 활용한 재난 및 안전 응용 기술의 확대를 위해서는 웨어러블 기기에 장착되는 각종 센서나 저전력통신기구의 개발은 물론 자연재해 모니터링 예측 대응 기술, 기상기후 조절 기술, 재난구조 로봇 기술, 재난 정보통신 체계 기술, 사회적 복합 재난예측 대응 기술, 기반시설 기능유지 및 복구복원 기술, 재난현장 소방구조 장비개발 기술, 범재테러 대응시스템 기술, 지방자치단체와 경찰서 소방서 등 다양

한 유관기관의 정보공유와 빅데이터 관리 기술 등의 다양한 기반 기술이 함께 발전해야 그 효과가 발휘할 것으로 기대된다.

[그림 34] 재난정보전달체계 가상 구현도



출처 : 재난대응 과학기술 역할 강화 실천전략 2014

10

Wearable Smart Device

플렉시블 디스플레이 기술

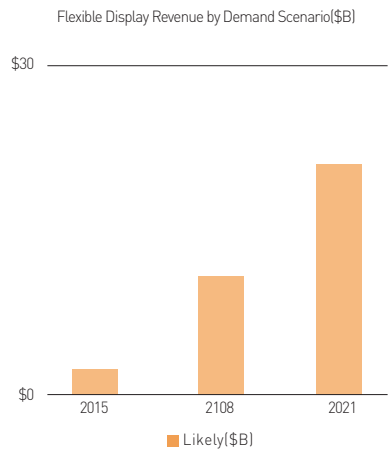
플렉시블 디스플레이 시장은 폴더형 태블릿 및 OLED 디스플레이를 중심으로 크게 성장할 것으로 전망되고 있으며, 스마트 글라스와 같은 웨어러블 단말의 출현으로 증강현실이 대중들에게 크게 보급될 것으로 예상되고 있다. 향후 2~3년 내에 출시될 차세대 스마트폰은 플렉시블 OLED 디스플레이를 장착할 것으로 전망되고 있다.

웨어러블 디바이스 시장의 확장과 더불어 플렉시블 디스플레이 및 증강현실을 기반으로 하는 웨어러블 단말의 중요성이 부각되고 있다. 플렉시블 디스플레이 시장은 스마트 워치, 스마트폰, 폴더형 태블릿 등을 포함하는 OLED 디스플레이를 중심으로 크게 성장할 것으로 전망되고 있다.

2016년 및 그 이후의 플렉시블 디스플레이 시장에 대한 예측은 조사기관마다 상당한 차이를 보이고 있다. 그 중 가장 가능성이 높은 예측 결과에 의하면 플렉시블 디스플레이 매출은 2013년 이후 매년 119%의 성장률(CAGR)을 보일 것으로 예상되며 2021년에는 200억 달러를 상회할 것으로 보고 있다.

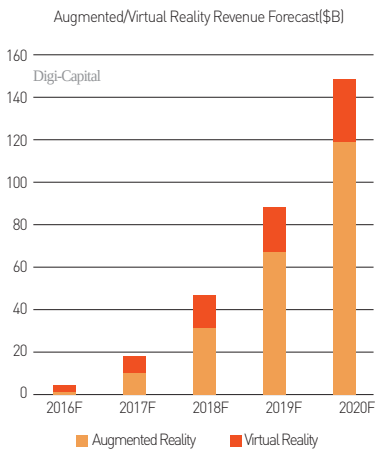
증강현실 및 가상현실 시장을 현 시점에서 정확하게 예측하는 것은 쉬운 일이 아니지만 최근 Digi-Capital의 예측에 의하면 2020년에는 1,500억 달러의 시장이 형성될 것으로 보고 있다. 가상현실의 경우에는 3D게임 분야 중심으로 형성될 것으로 보

[그림 35] 플렉시블 디스플레이 시장전망



출처 : 플렉시블 디스플레이 기술 및 시장보고서, 2014. 12

[그림 36] 증강현실/가상현실 시장전망



출처 : Digi-Capital, 2015. 04

이며 증강현실의 경우에는 실생활과 밀접한 분야에서 스마트 글라스, 스마트폰, 모바일 기기 등을 중심으로 확산될 것으로 보고 있다.

LG의 플라스틱 OLED 상용화 로드맵에 의하면 가까운 미래에는 스마트 워치나, 스마트 기어 등과 같은 Wristware(손목착용 디바이스)로부터 궁극적으로는 폴더블 태블릿, 롤러블 컴퓨터 또는 TV 등과 자동차용 곡면 컴퓨터 패널 등으로 확산될 것으로 예측하고 있다.

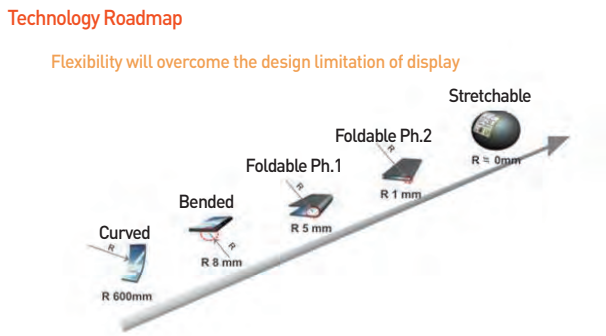
[그림 37] P-OLED 플렉시블 디스플레이 상용화 로드맵



출처 : LG, 2014. 11

반면 삼성의 플렉시블 기술로드맵은 허용 곡률반경을 기준으로 예측하고 있는데 이 기준에 의하면 2015년 현재 폴더블단계(Foldable Phase)가 진행되고 있는 것으로 보인다.

[그림 38] 플렉시블 디스플레이 기술로드맵



출처 : 삼성, 2014. 12

최근에는 곡률반경이 3㎜이며 두께가 20㎛에 불과한 스마트폰용 AMOLED 플렉시블 디스플레이가 중국의 Visionox사에서 개발되어 2017년에는 양산될 전망이다. 이 기술은 기술로드맵 상에서 폴더블단계에 해당되는 것으로 볼 수 있다.

[그림 39] 최근 상용화된 플렉시블 AMOLED 디스플레이 사례

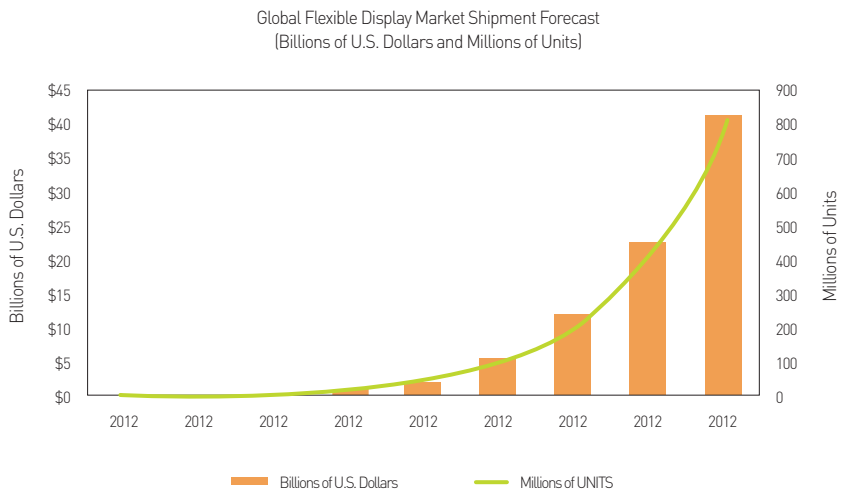


출처 : Charles Annis, VP, DisplaySearch사 2014. 12

플렉시블 디스플레이 기술은 몸에 착용함에 따라 잦은 충격이나 눌림 등의 환경에 노출될 것으로 예상되므로 소형화, 저전력화, 유연화 등에 대한 기술이 요구된다.

IHS에 의하면 2015년에 생산되는 플렉시블 디스플레이의 75%를 OLED 디스플레이가 차지할 것이라고 하며 이 추세는 2023년까지 계속되어 폴더형 태블릿 및 대면적 OLED 디스플레이가 장래 플렉시블 디스플레이 기술을 선도할 것으로 보고 있다.

[그림 40] 플렉시블 디스플레이 시장전망



출처 : IHS 2013

[그림 41] 플렉시블 AMOLED 디스플레이 패널(좌), 증강현실 스마트 글라스(우)





출처 : Visionox사, 2015. 07(좌), Design Mill사, 2015(우)

증강현실 기술은 스마트 글라스와 스마트폰 등을 통해 그 효용이 입증된 바 있으며, 터치 기능이 있는 모든 웨어러블 단말기에 적용이 가능하여 그 활용범위가 확대되고 있다.

한편 플렉시블 디스플레이는 스마트 글라스, 스마트 워치 등과 같은 웨어러블 단말의 출현과 차세대 스마트폰에의 적용이 현실로 다가옴으로써 대중화가 급속도로 진행될 전망이다.

[그림 42] 갤럭시 7 플렉시블 디스플레이(좌), 폴더블 디스플레이(우)



출처 : Gartner, 2013. 9

웨어러블 디바이스는 기술발달과 플렉시블 디스플레이의 대중화로 인하여 증강현실(AR)과의 결합 가능성이 어느 때보다 크게 높아지고 있으며 앞으로 기술의 결합을 통한 시너지 효과도 기대된다.

'플렉시블 디스플레이'에 대한 표준화는 IEC 디스플레이 기술위원회 TC 110에서 진행되고 있으며, '플렉시블 디스플레이 용어 및 부호'에 대한 표준과 '기계적인 스트레스 시험방법'에 대한 표준이 2013년 말과 2014년 초에 각각 제정 공표된 바 있다. 2015년 초에는 플렉시블 디스플레이의 광학성능 측정방법에 대한 표준이 안건으로 채택되어 표준화가 진행 중에 있다. TC 110에서 제정 또는 제정 중인 플렉시블 디스플레이 관련 표준의 다수를 우리나라가 제안하는 등 이 분야의 국제표준화를 우리나라가 주도하고 있다.

'증강현실(Augmented Reality)'에 대한 표준은 ISO/IEC JTC 1/SC 24 컴퓨터그래픽스 분과위원회에서 제정하고 있다. 우리나라는 국제간사 및 워킹그룹 의장 등을 수임하면서 관련 표준의 다수를 제안하는 등 국제표준화 활동을 활발히 전개하고 있어 향후 웨어러블 디스플레이 분야의 기술상용화 및 세계시장 선점에 크게 기

[표 18] 웨어러블 디스플레이 관련 IEC/TC 110 표준 추진 현황

표준화 분야	내용	제안일	완료(예정)일
플렉시블 디스플레이 디바이스	Terminology and letter symbols	2010-08	2013-12
	Mechanical stress test methods	2010-10	2014-02
	Measuring methods of optical characteristics for curved displays	2014-08	(2016-09)
	Visual assessment	2014-10	(2017-10)
	Environmental testing methods	2014-02	(2017-02)
	Measuring methods of optical performance	2015-01	(2018-01)

출처 : IEC

여할 것으로 기대된다.

ISO/IEC JTC 1/SC 24 컴퓨터그래픽스 분과위원회 중에서 증강현실과 혼합현실 분야의 표준화는 Augmented reality continuum presentation and interchange 워킹그룹(WG 6) 및 Augmented reality continuum concepts and reference model 워킹그룹(WG 9)에서 수행되고 있으며 현재 Augmented reality reference model 등 4건의 표준화가 진행되고 있다.

[표 19] 증강현실 관련 ISO/IEC JTC 1/SC 24 표준 추진 현황

표준화 분야	내용	현재 상태
증강현실	Augmented reality reference model	CDV(2015-02-27)
	Mixed and Augmented Reality (MAR) concepts and reference model -- Part 1: The reference model	CD(2014-08-26)
	Mixed and Augmented Reality (MAR) concepts and reference model -- Part 2: Physical sensors	CD(2014-08-26)
	Mixed and Augmented Reality (MAR) concepts and reference model -- Part 3: Real character representation	CD(2014-08-26)

출처 : ISO/IEC

Trend 02 _ Smart Health

스마트헬스





스마트헬스 분야 2016년 원안 작성위원

- **이성기** 교수 — 경북대학교 / sklee@knu.ac.kr
- **최병관** 의료정보센터장 — 부산대학교병원 / spine@pusan.ac.kr
- **강원석** 팀장 — 대구경북과학기술원 / wskang@dgist.ac.kr
- **김치원** 원장 — 서울와이즈요양병원 / chiweon@gmail.com
- **장현철** 책임연구원 — 한국한의학연구원 / hcjang@kiom.re.kr
- **이승륜** 과장 — 대한상공회의소 / srlee@korcham.net
- **신수용** 교수 — 서울아산병원 / sooyong.shin@amc.seoul.kr
- **안민희** 기술사 — 고려대학교 / tigoum@naver.com
- **김옥남** 소장 — 대한의무기록협회 / onkimamc@naver.com
- **신현묵** 이사 — 오픈헬스데이터그룹 / supims@gmail.com



• 총 론 68
• 국가표준코디네이터 담당분야 소개 72
• 스마트헬스 분야 10대 트렌드
01. 스마트 헬스케어와 국제표준 74
02. 병원의 사물인터넷 활용 시나리오 78
03. 개인생활건강관리 웰니스휴먼케어 플랫폼 83
04. 피트니스 헬스케어의 변화 트렌드와 표준화 요구사항 86
05. 일상 밀착형 한의학적 예방관리 90
06. 의약품·의료기기 유통이력추적 표준화 동향 94
07. 스마트헬스 데이터 98
08. 바이오헬스 활성화·선진화를 위한 프레임워크 102
09. 표준·보안 기반의 e-Health 서비스 플랫폼 106
10. PHR의 미래 110

총 론

스마트헬스는 빅데이터, 사물인터넷, 인공지능, 가상현실, 웰니스 서비스 등 최첨단 기술, 콘텐츠, 서비스의 융·복합으로 개인맞춤형 건강관리 서비스를 제공합니다. 스마트헬스의 목표는 개인 맞춤형 건강관리서비스를 제공하는 것이고, 이를 위해서는 생체신호 측정 기술, 표준기반 건강데이터 전송 기술, 생활습관 및 건강생활 정량화 기술 및 건강관리플랫폼 기술이 필요합니다.

스마트헬스를 견인하는 산업영역은 전자건강기록(EHR), 개인건강기록(PHR), 모바일헬스(Mobile Health), 바이오헬스(Bio Health), 웰니스(Wellness), 스마트헬스 데이터(Smart health Data) 등 다양하며, 특히 '모바일헬스'와 '개인건강기록'은 스마트폰의 대중화로 개인건강관리산업의 혁명적 변화를 주도하고 있습니다.

스마트헬스산업의 획기적 발전을 가져올 혁신적인 기술로 최근 인공지능의 중요성이 크게 부각되고 있습니다. 2016년 3월, 인간 바둑 천재 이세돌과 구글의 인공지능 '알파고' 의 대결로 인공지능이 이제 인간의 실생활에 성큼 다가섰음을 보여주었습니다.

[그림 1] 인공지능 제품 예시

회사명	제품명	헬스케어 인공지능(예시)
IBM		종양외과 전문의가 암환자에게 개별 맞춤 진료를 제공할 수 있도록 인공지능 솔루션 제공
Google	AlphaGo	환자몸에서 질병을 진단한 뒤 다른 환자들의 진단경험을 바탕으로 치료와 진단계획 수립을 지원할 예정



안 선 주
E-mail : april0149@gmail.com
서울대학교 의과대학 의료관리학 박사
(現) Project leader of ISO/TC 215(Health Informatics)
(現) National expert of CIMI(Clinical Information Modeling Initiative)
(現) 스마트헬스표준포럼 표준부문 의장
(前) 연세대학교 연구교수
(前) 보건복지부 EHR핵심공통기술연구개발사업단 CCM팀장

구글은 향후 알파고가 큰 효과를 발휘하게 될 영역을 '의료'와 '여행'이라고 발표하였고, 이를 통해 일반인들이 스스로 건강을 관리하게 될 것이라고 강조하였습니다. IBM의 왓슨은 방대한 양의 자료를 처리할 수 있는 인공지능 컴퓨터 시스템으로 2011년에는 미국 텔레비전 퀴즈쇼 '제퍼디!(Jeopardy)'에서 인간 퀴즈왕들을 물리쳐 화제가 되기도 했는데 2015년 암 환자의 유전자(DNA) 정보와 각종 의학보고서, 연구논문 등의 데이터베이스를 토대로 환자별 맞춤 치료법을 제안하는 프로젝트를 수행하고 있습니다. 이러한 현상들은 IT와 BT의 발전으로 질병 예방, 진단, 치료, 관리, 건강증진의 패러다임 변화로 인한 비즈니스 혁명이 이미 도래했음을 보여주고 있습니다.

모바일헬스의 선두 주자인 애플은 2014년 개인건강관리의 저장, 조회, 공유가 가능한 헬스킷(HealthKit)과 애플워치를 출시하여 혈압, 심박수, 맥박, 걸음수, 이동 거리 등을 모바일 단말기와 연동하여 제공하고 있고, 메요 클리닉(Mayo Clinic), 카이저 병원(Kaiser Permanente) 등과 협력하여 개인건강정보를 병원 진료에 활용하도록 지원하고 있으며 연구 목적의 리서치 킷(ResearchKit)도 제공하고 있습니다. 구글에서 출시한 구글 핏(Google Fit) 또한 모바일 단말기에서 혈압, 혈당 정보를 저장하거나 조회 가능합니다. 삼성의 사미(SAMI)는 다양한 기기에서 수집된 센서 데이터를 저장하고 활용할 수 있는 플랫폼을 출시했으며 개인건강정보를 공유하는 S Health앱에서 저장된 운동, 식이 등 생활습관정보를 건강관리서비스와 연계하여 의료기관에서 활용하는 시범사업을 진행 중입니다[그림 2]. 이외에도 다양한 글로벌 기업과 스타트 업 기업에서 피트니스와 웰니스를 겨냥한 제품들이 쏟아져 나오고 있습니다. 체온을 측정해서 엄마의 스마트폰으로 전송하는 공갈 젖꼭지나 집에서도 의료인의 개입 없이 99달러에 유전자 분석

총 론

[그림 2] 모바일헬스 제품 예시



Healthkit　Apple Watch　SAMI　Google Fit　Bellabeat Leaf

[그림 3] 개인건강관리 제품 예시



23andMe　Pacif-i　Tricorder　FREND　Vscan

서비스 결과를 제공하는 23andMe, FDA 승인을 받은 재택용 검사 기기가 소형화되어 가정으로 배달되고 있습니다[그림 3]. 30초만에 심방세동 여부를 진단하는 얼라이브코(alivecor)는 스마트폰으로 심전도를 통해 심방세동을 진단하는 알고리즘이 처음으로 FDA 승인을 받았으며, 40세 이상이 정기적으로 이용할 경우 심방세동을 조기에 발견해 치료받을 수 있도록 유도하는 기능을 갖추고 있어 근거기반 예방에 도움을 줍니다.

당뇨환자의 경우 스마트폰을 이용해 온라인으로 만성질환관리를 받는 서비스가 미국에서 상용화되었습니다. '개인 맞춤형 건강관리'를 실현하고자 대부분의 국가는 개인건강기록을 국가차원에서 추진하고 있고, 대표적인 사례로 미국과 호주를 들 수 있습니

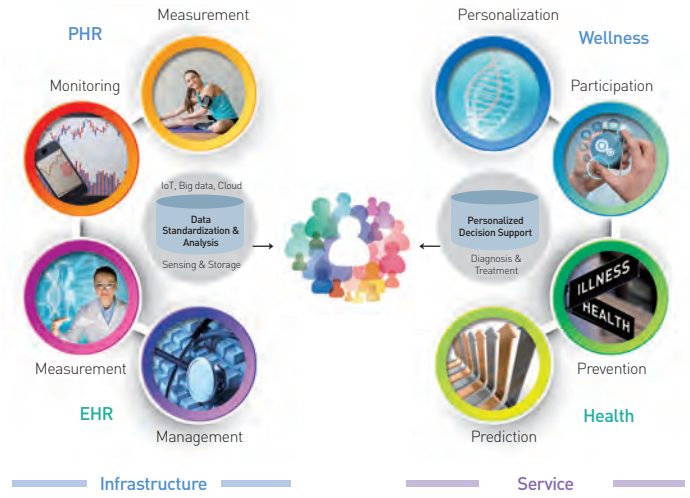
다. 미국은 2009년부터 시행된, 표준기반 전자건강기록과 개인건강기록 확산을 위한 금전적 인센티브 지원 제도인 HITECT(The Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act), 재향군인이 스마트폰으로 자신의 진료기록을 다운로드할 수 있도록 한 Blue Button서비스에 이어, 2015년 1월에는 개인별 맞춤치료법 연구를 위한 정밀의학계획(Precision Medicine Initiative)을 발표하였습니다. '정밀의학계획'은 약 2억 달러의 예산을 투자하여 100만 명 이상의 미국인 유전자분석데이터 분석을 통해 유전자정보와 생활습관, 질환 등 개인건강데이터 간 연관성을 규명하기 위한 것으로, 유전자분석 정보와 개인건강기록의 상호운용성 확보를 위한 기준을 포함하고 있습니다. 이 정책을 통해 마련된 정밀의학의 근거는 의료기관에서는 개인맞춤의료를 가능하게 하고, 개인 차원에서는 개인건강기록의 활용을 더욱 촉진시킬 것으로 전망됩니다.

호주는 개인건강기록을 의료비 절감의 가장 효과적인 수단으로 평가하고 2012년부터 국가차원에서 'myHealth Record'를 시행하고 있습니다. 이 시스템은 기존의 PCEHR (Personally Controlled Electronic Health Record)의 업데이트 버전으로, 국민 누구나 자신의 개인건강기록을 입력하면, 환자가 지정한 대리인과 환자의 담당 의료진은 이 정보를 언제 어디서나 조회 가능합니다. 한 화면에서 전자건강기록과 개인건강기록을 한눈에 볼 수 있는 형태로 구축되어 있는 myHealth Record는, 서비스 제공에 필요한 표준규격을 제공하고 있습니다. 2015년 약 7,900여 곳의 의료기관과 약 240만 명 이상의 국민이 등록하여 활용 중이며 현재는 기존의 '옵트 인'에서 '옵트 아웃'의 형태로 등록방식을 변경하여 시스템 확산에 주력하고 있습니다.

스마트헬스는 개인건강기기, 개인건강 애플리케이션 및 개인건강정보 플랫폼을 활용하여 언제, 어디서나 편리하고 저렴하게 개인맞춤형 건강관리와 의료서비스를 제공하는 개념입니다. 데이터의 표준화와 분석을 통하여 개인의 건강을 측정, 모니터링, 관리하고 맞춤형 의사결정 지원을 통하여 맞춤형 질병 예측, 예방 등의 개인화된 의료를 실현할 수 있으며 이 서비스 과정에서 당사자가 직접 참여할 수 있습니다.

이는 기존 스마트의료기술(Smart Health Information Technology) 분야에서 다루었던 전자건강기록, 개인건강기록, 모바일헬스, 바이오헬스, 스마트헬스데이터 등의 기술은 물론 웰니스, 한의약, 의료물류 및 미래의학 영역까지 다루는 확장된 개념입니다.

[그림 4] 스마트헬스의 개념



스마트헬스 분야의 비전은 국가적 헬스 IT의 조정 활동을 통한 커넥티드 헬스 서비스의 실현입니다. 국가표준코디네이터를 중심으로 교육·연구기관, R&D기획기관, 공공기관, 정부기관, 국제표준기구, 의료계, 산업계, 수출지원기관 등의 코디네이션 활동을 통하여 국가적 핵심역량을 도출해 내는 것입니다.

스마트헬스의 발전을 위해서는 산업과 기술의 연결고리인 '표준'이 중요합니다. 스마트헬스 국가표준코디네이터는 지난 1년 동안 국가 R&D-표준-산업의 연계를 목표로 1)표준기반 R&D 로드맵 개발 2)10대 표준화 전략트렌드 개발 3)표준관련 정책 기획 및 추진 4)범부처 협의체 구성 및 운영 5)표준기반 R&D 수요 조사 6)중소기업 및 정부출연기관의 표준 관련 애로사항 자문 및 지도 7)국제표준 관련 정보의 신속한 공유와 확산을 위한 세미나 개최 8)ISO/TC 215에서 국제표준 제정 업무를 수행하였습니다. 특히 병원과 연구계, 기업 현장의 목소리를 청취하고 우리나라에서 신속하게 도입이 필요한 표준 관련 세미나를 수회 개최하여 우리나라 스마트헬스산업의 경쟁력 향상에 기여하기 위해 노력해 왔습니다. 기업과 병원을 위한 맞춤형 세미나(2015. 09. 15, '기업과 병원을 위한 스마트헬스 산업과 표준동향 세미나'), 대기업 및 중소기업의 PHR 표준 적용 사례와 이슈 공유를 위한 세미나(2015. 10. 20, 'PHR 산업 발전을 위한 세미나'), 의료기관 종사자들의 요청에 의한 병원 물류 혁신을 위한 세미나(2015. 12. 10, '변화하는 병원물류와 모바일헬스 세미나'), 지역균형발전을 위한 광역시 연계형 세미나(2016. 02. 18, '2016 5대 미래의료정보기술 세미나'), 해외 진출 기업을 위한 스마트헬스표준세미나(2016. 02. 25, '스마트헬스 표준 세미나') 등이 그 예입니다.

이러한 활동의 일환으로 발간된 본 10대 표준화 전략트렌드는 스마트헬스산업의 흐름과 표준의 동향을 10개 주제로 정리하였습니다. 피트니스 헬스케어, 웰니스케어와 개인건강기록처럼 산업의 주요 트렌드를 쉽게 알 수 있는 주제를 우선적으로 구성하고 바이오헬스 프레임워크, 스마트한의학, 병원 사물인터넷, 의료정보 보호 및 보안과 같이 사회적으로 주요 이슈화 되고 있는 주제들을 순차적으로 다루었습니다. 또한, 건강정보교환에 관한 국제적 흐름과 ISO/IEEE 11073 표준 및 의약품의료기기 유통이력 추적 표준을 주제로 심도 있게 다루었습니다. 우리나라 관련 이해관계자들이 스마트 헬스산업과 표준화 현황을 이해하고 전략적으로 대응하시는 데 도움이 되기를 기대합니다.

끝으로 전략트렌드를 준비하는 과정에서 많은 도움을 주신 스마트헬스 코디네이션 위원회와 전문가 여러분들께 감사의 말씀을 드립니다.

01

Smart Health

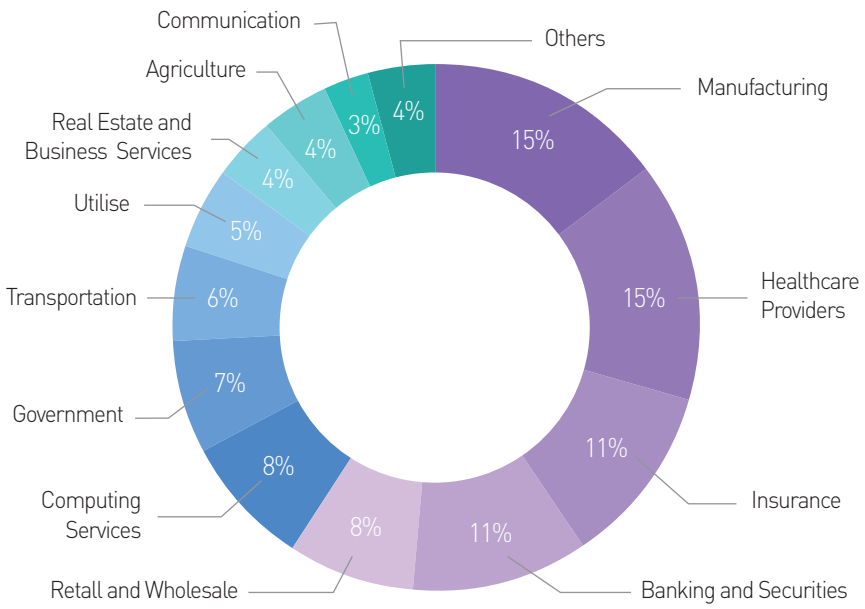
스마트 헬스케어와 국제표준

IoT 시장의 확대와 의료기술의 발전으로 인해 스마트 헬스케어 산업의 규모가 날이 갈수록 커지고 있다. 이에 따라 국제 표준기구인 IEEE의 11073 PHD 그룹에서는 개인 건강관리의 상호운용성 확보를 위한 표준 제정에 힘쓰고 있다. 향후 스마트 헬스케어 산업의 발전을 위한 기술 개발과 정책적인 노력이 모두 필요하다.

현대 의학의 발전에 힘입어 현대인들은 인생 100세 시대를 맞이하고 있다. 단순히 '잘 먹고 잘 사는 삶'이 전부가 아닌 '아프지 않고 건강한 삶'으로 흐름이 변모한 것은 새삼 놀라운 일이 아니다. 또한, 스마트폰을 시작으로 네트워크 기술이 내장된 스마트 디바이스의 개발이 활성화되면서 생활속 사물들 간의 정보를 공유하는 사물인터넷(IoT) 시장이 점차 영역을 넓히고 있다. 이러한 사물인터넷 기술들이 다양한 기기에 녹아들면서 개인용 의료기기를 통한 스마트 헬스케어 산업 역시 발빠른 속도로 발전하고 있다.

스마트 헬스케어란 IT기술을 통해 쉽게 사용할 수 있는 다양한 건강 관리 및 의료 서비스를 말한다. 스마트 헬스케어 시장은 의약품, 의료기기 등의 전통 의료산업을 뛰어넘는 새로운 비즈니스 영역으로서 Gartner는 2020년까지 IoT기술이 가져올 경제적 가치 1.9조 달러 중 헬스케어 시장의 비중을 약 15%인 2,850억 달러로 예상하

[그림 5] Gartner가 제시한 2020년 IoT시장의 규모



출처 : 가트너(2013년 11월)

고 있다. 이미 애플, 삼성 등의 글로벌 IT 선두기업들은 스마트 워치, 스마트 밴드 등을 통한 심박수, 칼로리 소모량 측정과 같은 개인 건강관리 서비스를 선보이고 있다.

2014년부터 발빠르게 스마트 헬스케어 산업에 뛰어든 애플, 삼성, 구글 등의 주요 ICT기업들은 웨어러블 디바이스 기술 분야에 초점을 맞추고 있다. 사용자가 일상생활을 영위하는 데 불편함 없이 건강관리를 가능하게 하는 것이 스마트 워치와 같은 웨어러블 디바이스이기 때문이다. 웨어러블 디바이스는 시계와 같은 휴대형에서 패치와 같은 부착형으로 5년 이후인 2020년경에 상용화 될 것으로 전망된다. 궁극적인 웨어러블의 단계로는 피부에 직접 칩을 이식한다거나 복용가능한 형태의 제품으로 개발되는 형태가 될 것이다.

스마트 헬스케어 산업의 앞날이 매우 장밋빛이기는 하지만 성장을 촉진하기 위해서는 해결하여야 할 과제들이 많다. 스마트 헬스케어 디바이스를 통해 생성되는 데이터를 분석하고 활용하는 빅데이터 기술과의 연계로 개인건강관리의 맞춤형 서비스

를 제공하여야 한다. 생성되는 데이터 중 개인건강정보는 민감한 개인정보로 개인정보보호의 문제가 발생할 소지가 있으며, 이를 방지하기 위한 보안기술 및 정책을 마련하고 안전성을 제고하는 가이드라인을 제시할 필요도 있다.

스마트 헬스케어를 통하여 위와 같은 다양한 서비스를 제공하기 위해서는 무엇보다도 다양한 의료기기에서 생성되는 데이터의 표준화가 가장 우선적으로 이루어져야만 한다. 만성질환자의 질병관리, 일반인들의 일상생활에서의 건강관리, 고령자 등 넓고 다양한 계층을 대상으로 하는 스마트 헬스케어는 국제적인 정책적, 재정적 지원을 이끌어내고 있는 가운데 국제 표준기구들을 중심으로 표준화 작업이 매우 활발히 진행 중에 있다.

특히, IEEE 11073 PHD 그룹은 개인건강기기 간 상호운용성을 보장하기 위한 표준 제정 작업을 통하여 개인건강기기의 보급 활성화를 위한 노력을 아끼지 않고 있다. ISO/IEEE 11073 PHD 표준은 의료기기의 제조사에 관계없이 어떤 기기를 사용하더라도 자신의 건강정보를 전송하거나 받을 수 있도록 하는 국제 표준이다. ISO/IEEE 11073 표준은 국제 스마트 헬스케어 분야에서 가장 중요한 표준 중 하나로 자리 잡고 있으며, 국제적으로 수많은 의료기기와 의료서비스 관련 기업들이 표준에 의거하여 의료기기를 개발 중이다. 이에 따라 국내 의료기기 관련 기업들이 해외시장에 진출하기 위해서는 반드시 준용해야하는 표준이다.

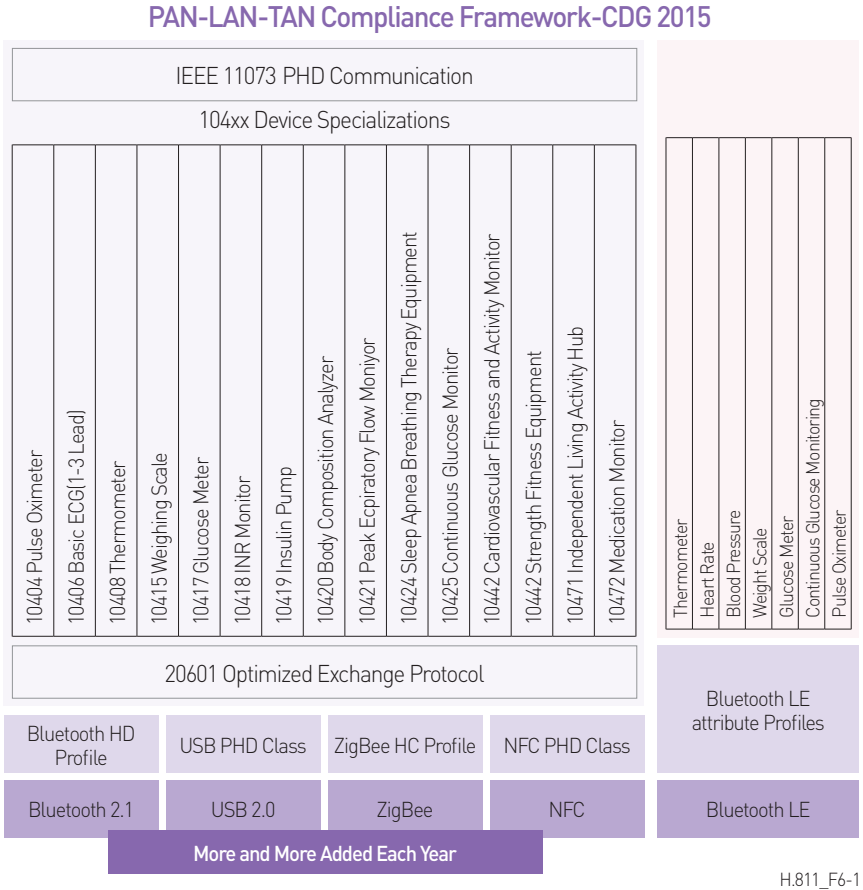
현재까지 20개의 표준이 제정되었으며, 이러한 표준 제정작업은 개인이 활용할 수 있는 의료기기들을 대상으로 점차적으로 확대 중이다. 최근 무호흡증 환자의 치료장비와 개인 원격 연속 혈당 모니터에 대한 표준이 추가되었다. 현재 개발진행 중이거나 새롭게 리뉴얼 중인 표준 개발 프로젝트로는 11073-10404(산소포화도), 10406(심전도), 10407(혈압), 10415(체중), 10420(체성분) 표준이 있으며, 국내에서도 IEEE 11073 표준과 관련하여 소변 분석기에 대한 표준인 IEEE 11073-10422를 제정하기 위한 연구에 힘을 쏟고 있다.

IHE(Integrating the Healthcare Enterprise)는 CHA(Continua Health Alliance)와 협력하여 ISO/IEEE 11073 표준이 적용된 제품의 개발을 돕기 위해 IEEE 11073 표준에 대한 설계 지침 배포 및 인증 프로그램을 도입하였다. 표준 인증을 획득한 의료기기들은 제조사에 관계없이 Wi-Fi 나 블루투스 등의 무선통신기술을 통해 사용

자 스마트폰이나 다른 관리기기에 자신이 측정한 혈압, 혈당, 심박수 측정값을 자유롭게 보낼 수 있게 된다.

또한, 표준을 준용하여 개발된 스마트 헬스케어 서비스는 기존의 서비스와 새로이 추가되는 다양한 신규 서비스들 간의 뛰어난 연계성을 가지며, 이러한 연계성은 헬스케어 서비스 소비자들로 하여금 언제 어디서나 쉽게 서비스를 제공받을 수 있는 기회를 제공한다. 헬스케어 서비스 제공자 역시 구축한 서비스를 새롭게 변경하거나 유지보수하는 입장에서 비용적인 측면과 여러 가지 장애요소를 제거할 수 있는 장점을 가지게 된다.

[그림 6] ISO/IEEE 11073 표준과 무선통신기술 표준 간 프레임워크



02

Smart Health

병원의 사물인터넷 활용 시나리오

사물인터넷 시대에는 인력과 장비, 소프트웨어 등이 준비가 잘 된다면 기록의 양(활동량, 소변양, 헤모글로빈수치 등)이나 품질, 구조화 면에서 이전과는 비교가 되지 않을 정도로 다양한 정보를 축적하고 활용할 수 있게 된다. 과거에는 병원 단위에서 활용할 수 있는 의미 있는 통계 도출이 미미했었으나 사물인터넷 시대에는 막대한 정보량을 바탕으로 병원 단위로 실질적인 빅데이터를 활용할 수 있는 시대가 올 것으로 보인다.

병원에 입원한 민국 씨는 간호사실에서 간호정보 조사를 마치고 마침내 자신의 병실을 찾았다. 주치의 설명으로는 약 2주간 치료가 필요한 상태였다. 병실에 도착하니 침대의 LCD 표시장치에 자신의 이름이 표시가 되고 있었다. 민국 씨의 혈액형과 나이도 표시가 되었다. 곧 7인치 컬러 스크린에 주치의가 나타났다. 민국 씨는 입원 치료의 개요와 치료계획에 대해서 설명을 들었다. 침대에 놓여진 밴드를 착용하자, 실시간으로 혈압과 맥박이 간호사실로 전송되기 시작했다. 이어 소변 요도관이 삽입되고 소변양이 측정되기 시작했다. 이전에는 간호사가 침대에 일일이 돌아다니면서 측정하던 수치였다.

민국 씨의 활동량도 측정이 되어 병원 정보 시스템으로 전송이 된다. 민국 씨의 보행상태는 가속도 센서들이 측정한 수치로 평가가 되어 낙상위험 정도가 자동으로 간호기록지에 입력된다. 헤모글로빈 수치가 낮아 빈혈이 심한 민국 씨는 수혈도 받게

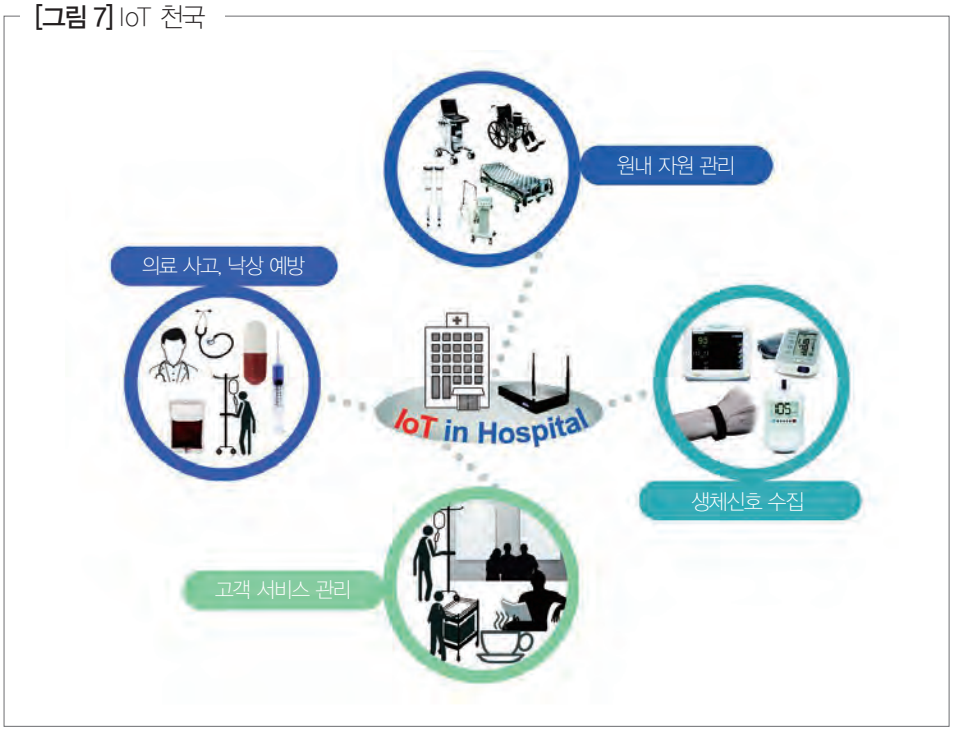
되었지만, 수혈사고 위험을 줄이기 위해 수혈봉지에도 IoT 태그가 부착돼 민국 씨의 침대 주변에서만 혈액수혈관이 열리게 되어 있다. 혈액 감염에 대한 걱정이 컸던 민국 씨는 자신이 맞고 있는 수혈 봉지의 이력을 확인해보았다. 헌혈자는 22세의 남성으로 제반 검사에서 이상이 없는 건강한 청년이어서 안심이 되었다.

한편, 병원 곳곳에 설치된 비콘 덕분에 원무과에서는 환자 동선과 진료대기시간을 적극적으로 관리할 수 있게 됐다. 환자들이 밀리는 곳에는 외래 직원이 더 배치되고 환자들이 빠지면 그 직원들은 다른 곳으로 배치된다. 진료시간 간격도 조율해서 환자들의 불편을 줄이는 일을 지속적으로 진행하게 되었다. 환자가 병원입구를 지나는 시간, 외래 대기실에 들어오는 시간과 나가는 시간 등이 실시간으로 파악되다 보니 대기시간이 지체되는 원인을 분, 초 단위로 파악할 수 있게 되었다. 이 병원에서는 이러한 분석을 토대로 내과 외래의 위치를 병원 입구 쪽으로 옮기고 나서 환자 동선이 일인당 100여 미터가 더 줄게 된 것도 고객 서비스 관리의 큰 성과였다. 병원에서는 진료 시작과 종결 시간을 정확하게 파악함에 따라, 환자 개개인에게 진료 대기시간을 분 단위로 알려줄 수 있게 되었다. 많은 외래 환자들이 무료한 병원 대기시간을 의미 있게 활용하기 시작했다. 환자들이 시간을 많이 보내는 공간을 찾아서 그림이나 사진 같은 문화 소품의 설치가 많아지고 책을 읽을 수 있는 공간들도 많이 늘었다. 또한, 병원 내 커피숍이나, 식당가, 원내 쇼핑몰에서 쇼핑을 하면서 시간을 보내는 경우도 많아졌다.

의공학과도 사물 인터넷의 도움을 많이 받는 부서 중의 하나이다. 의료기기를 실시간으로 관리하면서 장비들이 어디에 있는지 어떤 상태인지를 더 잘 알 수 있게 되었다. 이전에는 병원에 흩어진 수많은 정맥 주사 펌프가 고장 신고가 들어와야 수리를 할 수 있었지만, 굳이 신고가 들어오지 않아도 고장 유무를 알 수 있게 되었다. 병동에서 관리하느라 골머리를 앓던 보행 보조기나 링거걸이, 휠체어 등이 실시간으로 위치, 속도를 관리할 수 있게 되고 내방객이 빌려서 쓰고 주차장 구석에 놔두고 간 휠체어도 수거하기가 훨씬 쉽게 되었다. 아이들이 휠체어를 가지고 장난을 치는 것도 사고가 나기 전에 감지해서 중지를 시킬 수 있다.

이상은 병원에서 펼쳐질 사물인터넷 세상을 예상해본 시나리오이다. 미래에는 사회 곳곳에 사물인터넷이 큰 영향을 미칠 것으로 생각되지만 병원만큼 활발한 적용이

[그림 7] IoT 천국



예상되는 곳도 없을 것이다. 특히 이러한 추세는 의료장비를 포함해서 물건을 운반하는 카트나 침대, 링거 걸이, 휠체어 같은 일반 장비 뿐 아니라, 수혈백, 링거액, 항암제 주사 등의 의약품에도 해당이 될 수 있다.

병원의 사물인터넷 도입은 인력 절감과 효율성 측면에서 상당한 탄력을 받을 것으로도 예상이 된다. 한국보건산업연구원에서 평가한 보건의료계 인력 수급 중장기 추계 결과로는 2030년까지 간호사는 49만 명이 필요하지만 실제 활동인력은 32만 명에 그쳐 약 17만 명의 간호인력 공급 부족이 예상된다. 간호수행에 속하는 업무 중에서 생체 신호 측정하기, 관찰하기, 호흡유지하기, 배설유지하기, 영양관리하기, 운동 및 활동 도와주기, 응급상황 대처하기, 의뢰하기 등의 수행 업무와 물품관리, 인력관리, 환경관리 등의 관리 업무 등이 사물인터넷의 도움을 받아 간호업무 부담을 줄여줄 것으로 기대가 되고 있다. 이전에 링거를 다 맞고 나면 수액을 잠그고 간호사실에 알리는 일이나 소변백에 소변이 얼마나 고여 있는지 파악하러 병동을 왔다 갔다 하던 일쯤은 곧 사물인터넷의 역할이 될 것으로 보인다.

사물인터넷 전망에 따르면, 2014년에 세계 인구만큼 인터넷에 연결된 기기가 있었으나 2020년까지는 전 세계적으로 약 500억 개가 되고 이들 기기에서 쏟아지는 데이터양이 현재보다 10배 이상 증가할 것으로 예측된다. 마찬가지로 병원에서 사물인터넷이 본격적으로 도입이 되면 이들 기기에서 쏟아내는 정보의 양의 폭발적으로 증가할 것으로 보인다. 원내 처장 전달 시스템(OCS)이나 전자차트 시스템(EMR)이라고 불리던 기존 병원 정보 시스템은 이러한 많은 정보를 처리하기는 역부족일 것이므로 저장 장치를 포함해서 전산시스템이 기존 시스템보다 훨씬 더 규모가 커져야 할 것으로 보인다. 앞서 기술한 다양한 원내 장비, 의료기기, 의약품에서 나오는 정보뿐 아니라 외래 방문 환자들이 웨어러블 디바이스나, 가정에서 측정한 체중, 혈압, 혈당 등의 정보도 기본적으로 병원으로 전달이 되고 진료에 활용될 수 있어야하기 때문이다. 인력과 장비, 소프트웨어 등이 준비가 잘 된다면 기록의 양이나 품질, 구조화 면에서 이전과는 비교가 되지 않을 정도로 다양한 정보를 축적하고 활용할 수 있게 된다. 과거에는 병원 단위에서 활용할 수 있는 의미 있는 통계 도출이 미미했었으나 사물인터넷 시대에는 막대한 정보량을 바탕으로 병원 단위로 실질적인 빅데이터를 활용할 수 있는 시대가 올 것으로 보인다.

사물인터넷 도입은 병원 의료기기 구매 트렌드의 변화로도 나타날 수 있다. 2010년 3차 의료기관의 보유 현황에서 의료기기 총 구매비용 중 국산은 4.54%, 외산이 95.46%로 나타났다. 국산 의료기기의 구매 기피 이유는 내구성 부족이 24%, 낮은 신뢰도가 23% 순이었으나 앞으로는 전산망과의 연결성이나 병원 정보시스템과의 호환성이 더 큰 중요도를 차지하게 될 것으로 전망된다. 연결성이 강화되고 병원 의료정보시스템에 호환이 잘 되는 의료장비 개발에 노력한다면 국산 의료기기의 도약을 노려볼 수도 있을 것이다.

그러나, 이러한 병원 내 IoT 시스템의 도입에 따라 우려되는 점도 적지 않다. 사용자가 많이 확보된 스마트폰 운영체제나 플랫폼을 장악하지 못한 우리나라에서는 의료기기 정보를 다른 나라 제품을 통해서 주고받아야 하는 시대가 도래할 수도 있다. 독점적 플랫폼 사업자들은 제3자가 개발한 의료기기를 자신들의 플랫폼에 연결을 허용하는 조건으로도 많은 로열티를 챙길 수도 있고 축적된 많은 건강 관련 정보를 의료기기 개발사에 유상으로 제공하는 사업 모델을 개발할 수도 있을 것이다. 마이크로

소프트의 HealthVault나 지금은 존재하지 않는 구글 헬스는 사실상 병원 종사자들의 큰 반향을 얻지 못하였다. 그러나, 애플의 HealthKit은 이전 플랫폼과 다르게 병원에서 일하는 의료 종사자의 적극적인 이용을 노리고 나섰다는 점에서 이전 플랫폼과의 확실한 차별성이 있고 이러한 우려를 더 크게 하고 있다.

또 다른 우려로는 유선뿐 아니라 무선 게이트웨이를 많이 활용하게 될 것으로 예상되는 바, 병원이 해커의 무대가 되지 않도록 정보의 유출이나 보안에 대한 적극적인 대비를 해야 할 것으로 생각된다.

병원 내 사물인터넷 도입은 우리나라 의료산업에 있어서 양날의 칼이다. 국내 의료정보 업체, 의료기기 업체에게는 큰 기회도 될 수 있으나 국산 제품의 진입이 막히는 외국산 독점구조도로 진행될 수도 있다. 여기에 대한 대비로 표준화는 아주 좋은 대안이 될 수 있다. 정부나 업계에서 병원 내 사물인터넷에 대한 표준을 조기에 구체적으로 제시하고 병원과 협력해서 사물인터넷 도입을 진행하면 좋겠다.

03

Smart Health

개인생활건강관리 웰니스휴먼케어플랫폼

의료서비스는 질환 관리에 중점을 둔 과거의 헬스케어 관점에서 개인들의 생활 속에서 건강한 삶을 지속적으로 유지하는 예방적 측면의 웰니스 관점의 기술이 주목 받고 있다. 원격의료 법제화의 가시화 및 웨어러블 웰니스 디바이스 시장의 지속적 증가에 따른 다양한 웰니스 서비스를 활성화하기 위한 개방형 웰니스 융합 플랫폼에 대한 표준화 접근 및 기반 연구가 절실하다.

최근 고령화 속도가 빨라지면서 일상생활환경에서 삶의 질을 만족시키며 건강한 삶을 유지하는 대한 웰니스 개념에 관심이 증대되고 있다. 의료서비스는 질환 관리에 중점을 둔 과거의 헬스케어 관점에서, 일상적·지속적 케어의 필요성이 강하고, 예방/관리적 측면이 중점되는 능동적 개념을 포함하고 있다.

건강관리에 있어 수동적인 관리 개념에서 능동적인 관리 개념으로 다르게 보자는 웰니스 구성요소 정의가 WHO 등에서 제시되었고 최근 ICT 기술의 급속한 발전으로 다양한 방법을 활용하여 능동적인 개인생활건강관리를 추구할 수 있는 환경도 점차 갖추어지고 있다. 웰니스 구성요소의 표준화된 방향은 아직 정의된 게 없지만 크게 신체적, 사회적, 영적, 정신적, 환경적, 직업적, 정서적, 인지적, 재정적 웰니스 등으로 [표 1]과 같이 분류되고 있다.

[표 1] 웰니스 구성요소 정의(예)

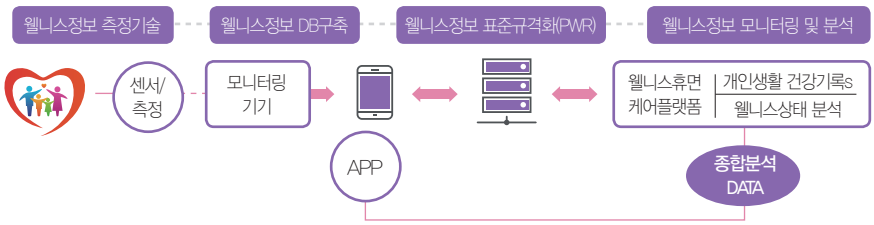
	신체적	정신적	사회적	인지적	영적	직업적	환경적	문화적	재정적
WHO	V	V	V	V	V				
National Wellness Institute	V	V	V	V	V	V			
Gallup-Healthways	V		V	V			V		V

개인생활건강관리 웰니스휴먼케어플랫폼과 관련된 국내 표준화는 한국정보통신기술협회(TTA) 등에서 진행하고 있으며, HL7 Korea, ISO TC 215 Korea, TTA PG-419 등이 있고 TTA PG-419(유헬스 프로젝트그룹) 산하 웰니스휴먼케어 표준화실무반(WG4196)에서는 웰니스휴먼케어플랫폼 참조모델 관련 표준(안) 제정을 진행하고 있으며, 개인생활건강정보기록(PWR, Personal Wellness Record(s))에 대한 표준화 규격 작업을 진행하고 있다. 국제표준화는 ISO TC 215, ISO TC 249, ITU, IEEE, HL7, ASTM, NEMA, CEN 등이 있으며 주로, 아키텍처와 정보모델 중심으로 표준화가 이루어지고 있다. 국내외 표준화 동향으로 볼 때 개인생활건강정보기록 데이터 정의 및 처리 관점의 접근이 미약한 편이며 이에 대한 국내외적 선도 표준화 접근이 필요하다.

세계 웰니스 산업 시장규모는 약 2,200조 원(1.9 trillion $)으로 추산되고 있다. 이 중 상위 3개 분야(미용 및 노화방지, 피트니스, 영양 및 체중감량)는 전체 산업의 70%를 차지하고 있으며, 약 2억8,900만 명 규모의 핵심 소비계층이 형성되어 있어 미래 웰니스융합산업의 잠재력은 대단하다고 할 수 있다. 해외 Apple의 iWatch, Nike의 FuelBand, Fitbit의 Flex, Jawbone의 UP, 국내 Inbody의 피트니스밴드 등의 웨어러블 웰니스 디바이스 상용제품들이 출시되어 일반인들의 일상생활에 자리잡고 있다. 그러나, 대부분의 국내외 웨어러블 웰니스 디바이스는 자체 규격을 활용하여 건강관리 정보를 정의하고 인터페이스를 제공하는데 이는 웰니스 서비스 산업 활성화에 제약사항이다. 디바이스에 종속되지 않고 다양한 웰니스 서비스를 활성화하기 위해 개방형 웰니스융합 플랫폼에 대한 표준화 기반 연구가 절실하다. 국내에서는 DGIST, ETRI, 라이프시맨틱스 등에서 웰니스융합플랫폼 기술을 개발하고 있는데

웰니스융합 공통기반 핵심 기술에 대한 표준화 대응 접근이 필요하다. 공통기반 핵심 기술은 측정, 개인생활기록 규격화 및 관리 기술, 분석 기술 등으로 분류할 수 있다.

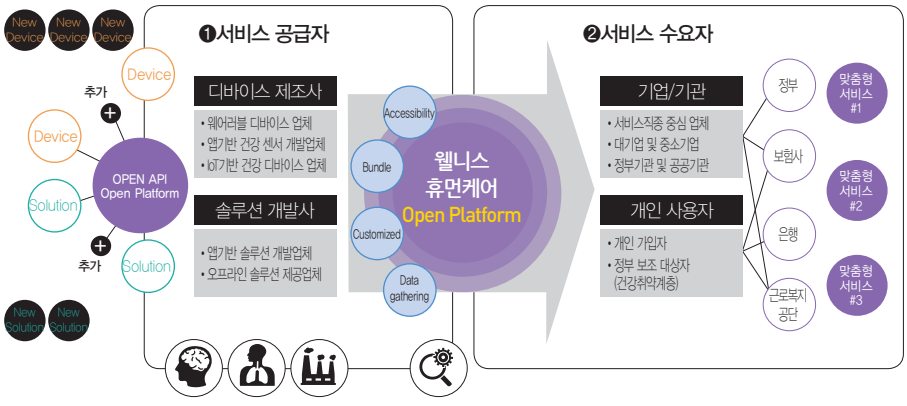
[그림 8] 웰니스휴먼케어플랫폼(DGIST) 구성 요소 (예)



출처 : DGIST 2015 웰니스휴먼케어플랫폼 연차보고서

개인생활건강관리 웰니스휴먼케어플랫폼은 다양한 개인건강기기(PHD, Personal Health Device) 및 애플리케이션(PHA, Personal Health Application), 이를 통해 수집된 개인건강정보(PHI, Personal Health Information)들을 각각의 정보를 통합하여 저장·관리할 수 있는 개인건강정보플랫폼(PHI Platform)으로 구성하여 각 구성요소별 표준화 접근이 필요하다. 이러한 표준화 공통기반 기술을 근간으로 다양한 웰니스융합 서비스 제공업체가 개인화된 서비스를 할 수 있는 구조 표준화 기술 개발 및 규격화 접근이 필요하다.

[그림 9] 개인생활건강관리 웰니스휴먼케어플랫폼 표준화(안)



출처 : DGIST 2015 웰니스휴먼케어플랫폼 연차보고서

04

Smart Health

피트니스 헬스케어의 변화 트렌드와 표준화 요구사항

활동량 측정계 업계에서 가장 큰 이슈는 활동량을 측정하는 것 이상의 가치를 전달하지 못하고 있으며 지속적으로 사용되지 않는다는 점이다. 이에 회사들은 실질적인 코칭을 제공하는 등의 방법을 통해 이를 극복하기 위해 노력하고 있다. 표준화와 관련한 이슈는 업체별로 별도의 데이터 플랫폼을 구축하여 데이터 공유에 제한이 있다는 점이다.

현재 피트니스 헬스케어 분야를 선도하고 있는 회사들은 크게 활동량 측정계 및 스마트 워치와 같은 하드웨어 제조업체와 건강관리 앱을 만드는 소프트웨어 업체로 나누어 볼 수 있다. 이 중 하드웨어 업체가 시장을 선도하고 있다고 할 수 있다.

활동량 측정계 업계의 경우 팔찌 형태의 제품들이 널리 사용되고 있는데 핏비트(Fitbit)가 70% 이상의 시장 점유율을 차지하고 있다. 지난 5월 미국 나스닥 주식 시장에 상장했으며 현재 시가 총액이 8조 원에 달해서 LG전자를 넘어서는 가치를 인정받고 있다. 유사한 제품으로는 조본(Jawbone)과 미스핏(Misfit)이 있다. 이외에도 스포츠 의류 등 다양한 형태의 제품이 나오고 있으나 아직 많은 소비자들이 사용하지는 않고 있다.

활동량 측정계 업계에서 가장 큰 이슈는 활동량을 측정하는 것 이상의 가치를 전달하지 못하고 있다는 점이다. 활동량을 측정해서 보여주는 목적은 사용자를 더 많이

움직이게 하는 것인데 현재 이들 제품들은 걸음걸이 수를 정확하게 측정해주는 정도에 집중하고 있으며 소비자의 행동 변화를 이끌어내기 위한 방안을 구현하지 못하고 있다. 또 다른 이슈로는 지속적으로 사용하도록 하는 것을 들 수 있다. 현재 소비자들은 수일에서 수주 정도 사용 후 사용을 중단하는 경우가 많다. 핏비트가 상장하면서 공개한 내부 데이터를 분석해 보면 2014년도 첫 3분기 동안 핏비트를 구매한 사람들 중 최소 70% 이상이 2014년 내에 사용을 중단했다고 할 수 있다.

이와 관련해서 건강관리 앱인 눔(Noom)의 움직임은 주목할 만하다. 눔은 인공지능에 바탕을 둔 알고리즘을 통해서 사용자가 건강한 행동을 할 수 있도록 유도한다. 하지만 사람에 따라서는 인공지능과의 소통이 행동을 변화하고 지속하는 데 한계가 있는 경우가 있었고, 이를 해결하기 위해서 다른 사용자들과 함께 그룹을 만들어주거나, 사람 코치가 조언을 해주는 기능을 추가하기도 했다. 사람은 건강해지고 싶다고 소망하지만 건강해지기 위한 행동을 실천으로 옮기는 경우는 훨씬 적다는 점을 감안하면 눔과 같이 사용자의 행동을 바꾸기 위해서 노력하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

최근 들어 활동량 측정을 넘어서서 실질적인 코칭을 제공할 수 있는 제품들이 출시되고 있는 것도 같은 맥락에서 이해할 수 있다. 무브(Moov)는 달리기, 사이클링 등 6가지 활동에 대해서 사용자의 활동 패턴을 측정하고 제품에 연동된 앱을 통해서 즉각적인 피드백과 코칭을 제공한다. 예를 들어 달리기를 할 때 적절한 간격으로 휴식과 운동을 하도록 지시하기도 하고 발목에 지나치게 힘이 많이 들어가서 다칠 가능성이 높은 경우 이를 알려주기도 한다.

또한, 업체들은 업계 외부와의 협력을 강화하고 있다. 활동량 측정계가 사람들 눈에 띄기 쉬운 곳에 착용한다는 점을 감안하여 패션 브랜드와 협업을 통하여 패션 제품과 같은 형태의 제품을 내놓는 곳도 있다. 핏비트는 토리버치와, 미스핏은 스와로브스키와 각각 협력해서 제품을 내놓았으며 국내 회사인 직토는 삼성물산 패션 부문과 협력하여 패션 스트랩을 내놓을 계획을 발표하기도 했다. 또한, 보험회사와의 협력을 통해서 활동량 측정계를 사용하면서 활동량 목표를 달성하여 건강을 유지하는 사람들을 대상으로 인센티브를 제공함으로써 지속적으로 건강을 유지하도록 유도하는 경우도 나오고 있다. 미국의 보험 스타트업인 오스카헬스(Oscar Heatlh)가 희망

가입자에게 미스핏 제품을 제공하고 목표 달성 시 하루 1달러씩 월 최대 20달러 상품권을 지급하고 있다. 우리나라에서도 눔이 알리안츠생명과, 직토가 교보라이프플래닛과 함께 유사한 프로그램을 실시하고 있다.

표준화와 관련해서 업계의 이슈는 서로 다른 제품 간의 데이터 공유에 제한이 있다는 점이다. 애플과 구글은 사용자가 가진 다양한 제품 간의 건강정보를 통합해서 관리할 수 있도록 각각 헬스킷(Healthkit)과 구글 핏(Google Fit)이라는 건강정보 플랫폼을 내놓았다. 하지만 소프트웨어의 경우 iOS와 안드로이드 각각의 버전을 만들어서 양쪽 플랫폼 모두에 참여할 수 있지만, 하드웨어의 경우 양쪽 모두에 참여하는 것이 힘들어 정보 교류가 원활하지 못하다. 또한, 핏비트와 같은 회사는 활동량 측정계 시장에서 자사의 영향력을 강화하기 위해서 두 플랫폼 모두에 참여하지 않으면서 독자적으로 플랫폼을 구축하기 위해서 노력하고 있기도 하다.

[그림 10] 핏비트(좌), 직토(우)



출처 : 각 회사

[그림 11] 눔과 알리안츠생명의 협력 프로그램



향후 2~3년 동안에는 그동안 있어왔던 흐름이 발전적으로 지속될 것으로 보인다. 피트니스 제품들은 보다 실질적으로 소비자 행동변화를 이끌어 내고, 제품만으로 부족한 부분은 패션 및 보험업계와의 협력을 통해서 채우기 위해 노력할 것이다. 특히, 보수적인 보험업계가 최근 들어 피트니스 및 만성질환 관리 제품에 적극적

인 관심을 보이고 있다는 사실은 주목할 만하다. 표준화와 관련해서는 현재와 같이 파편화된 상황이 상당기간 지속될 것으로 보인다. 이는 아직 피트니스 제품들이 소비자들에게 널리 받아들여지지 않는 상황에 기인한다. 아직 다양한 제품을 동시에 사용하는 소비자가 많지 않은 상황에서 제품들 간의 정보 교류는 중요한 이슈가 되지는 않을 것이다. 결국, 표준화 문제는 소비자 수용도가 높아지면서 시장 질서를 통해서 자연스럽게 해결될 것으로 전망한다.

05

Smart Health

일상 밀착형 한의학적 예방관리

스마트 한의학은 건강 플랫폼 및 스마트 디바이스를 이용하여 언제 어디서나 사람의 상태를 추적 분석하여 지능형/맞춤형 건강관리 서비스를 제공하는 것이다. 이용자의 접근성과 편의성을 높이고 의료인 간의 소통 및 지식 축적, 활용 등 의료 전반에 걸쳐 표준화, 정량화, 자동화된 서비스를 제공하는 한의 의료기술 기반의 한의학이다.

스마트헬스에서의 한의학은 개인 건강정보 플랫폼(혹은 서버)과 스마트폰, 웨어러블 등의 스마트 디바이스를 이용하여 언제 어디서나 환자의 상태를 추적하고 분석하여 지능형/맞춤형 건강관리 서비스를 제공하는 것이다. 환자의 접근성과 편의성을 높이고 의료인 간의 소통 및 지식 축적, 활용 등 의료 전반에 걸쳐 표준화, 정량화, 자동화된 서비스를 제공하는 한의 의료기술 기반의 한의학이라 설명할 수 있으며 이는 스마트헬스가 의미하는 바와 큰 차이가 없다.

다만, 한의학의 특성으로 인해 자연과학, 공학, 인문과학과 결합되어 예방, 진단, 치료, 재활 등 한의학의 발전과 이용이 똑똑해진 한의학으로 한의 지식이 올바르게 디지털화되고, 올바른 입출력을 위한 플랫폼이 개발되고, 현대 의학 및 다른 분야와 어우러진 모습의 한의학이라고 설명할 수 있다.

한의학의 특성상, 개인의 평소 개인 건강정보(정신건강, 신체건강 포함)가 정확한

[그림 12] 스마트 한의학 기술 개요도



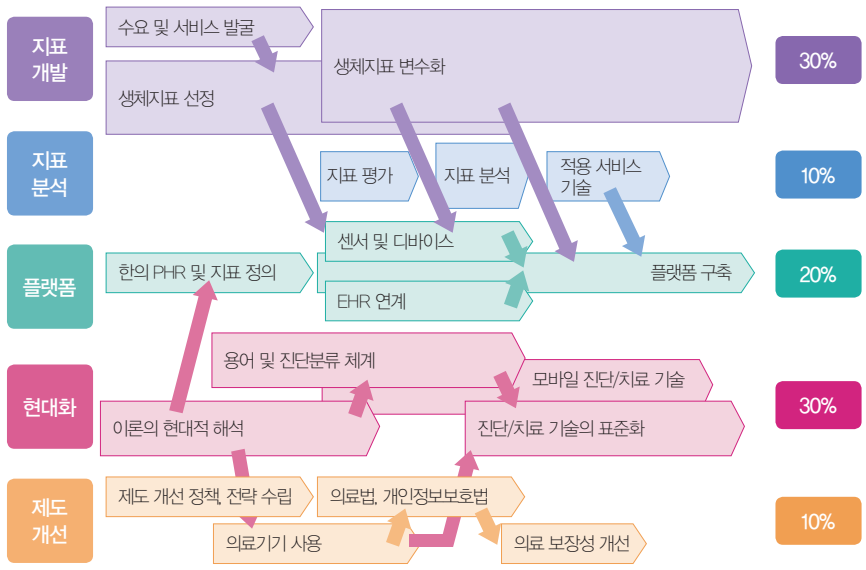
진단을 하는데 필수적인데 진료실 안의 환자로부터 받는 단면적인 정보만으로는 개인의 건강관련 정보를 정확하고 자세하게 알기 어렵다. 정확한 치료를 위한 우선 필요조건으로 정확한 진단을 위한 다양한 개인 건강정보를 수집, 관리하여 제공하기 위한 플랫폼 구축 및 임상에서의 활용을 통한 개선이 함께 진행되어야 한다. 질병의 예방, 진단부터 치료 및 예후 관리를 위한 연속적인 의료서비스 제공이 가능한 체계를 제공하고, 이용자에게 필요한 치료 및 관리의 접근성과 편의성을 향상시켜야 한다.

연구개발 분야는 물론 현재 일상에서 뜨거운 바람을 일으키는 다양한 웨어러블 기기와 사물인터넷, 애플, 구글, 삼성의 헬스 플랫폼과 날씨와 환경정보 같은 공공 데이터는 한의 이론 기반의 일상생활정보와 어우러져 병원뿐만 아니라 일상에서 유익한 스마트한 한의 건강관리를 가능하게 할 것이다.

이러한 스마트 한의학이 가능하게 하기 위해서는 모바일 환경에서의 진단을 위한 생체지표 선정 및 변수화와 이를 위한 수요 및 서비스 발굴, 수집된 지표 데이터 기반의 평가·분석·적용 기술 개발, 한의 이론의 현대적 해석과 진단 치료 기술의 표준화, PHR, EHR 연계, 센서 및 기기를 위한 플랫폼 기술 개발, 그리고 이를 뒷받침하는 의료법, 개인정보보호법, 의료기기, 의료보장성 등 정책적 개선이 필요하다.

특히, 현재의 한의학에서 부족한 모바일 진단 기술과 이를 위한 생체지표의 정의와 변수화를 포함하는 표준화가 선행되어야 하며 필요한 의료기기의 사용과 모바일 측정 기술의 개발이 뒤따라야 한다. 또한, 이론의 현대적 해석을 통한 용어 및 분류체

[그림 13] 스마트 한의학 실현 로드맵



계의 정비와 진단 및 치료 기술의 표준화가 필수적이며 이는 한의학적 지표의 개발과 이를 뒷받침할 스마트 기기를 갖추는 것이 무엇보다 중요함을 의미한다.

국제표준화기구(ISO)의 Health Informatics 기술위원회(TC 215)와 Traditional Chinese Medicne 기술위원회(TC 249)에서는 표준화된 데이터의 유통 및 상호운용성을 위해서 동아시아 지역 전통의학의 약물 치료 및 침구 치료에 관한 구조화된 데이터 표준과 용어 및 분류체계 표준 그리고 약재 관리를 위한 코딩 시스템 표준 제정을 진행 중에 있다. 또한, 국내에서도 개인 건강정보를 활용한 건강관리서비스를 위한 정보통신 분야 중심의 데이터 교환 모델 및 보안에 관하여 표준화를 하기 위해 노력 중에 있다. 이러한 노력은 전통의학 분야에서의 전자건강기록(EMR 및 EHR) 시스템의 사용을 촉진시켜 전통의학 기반의 개인 건강관리 플랫폼으로의 발전으로 결실을 맺게 될 것이다.

스마트헬스를 위한 한의학의 현대화는 모바일 기반, 스마트 기기 기반, 데이터 기반임을 고려하여 한의학 이론의 현대적 해석이나 제도 개선 및 서비스 발굴을 위한 전략 수립이 필요하며, 필요한 기술과 정책에 대한 실제 임상 현장에서의 수요에 대

한 조사가 선행되어야 한다.

스마트 한의학은 발병 전 단계에서의 일상 건강관리, 치료 후의 예후관리 및 보완 분야에서 일상생활에 밀접한 건강관리가 가능하도록 할 것이며 질병관리에 있어서도 보다 객관화되고 표준화된 의료서비스가 가능하도록 할 것으로 기대된다.

06

Smart Health

의약품 · 의료기기 유통이력추적 표준화 동향

위조의약품 및 의료기기 부작용 사태로부터 국민을 보호하려는 국가 차원의 대응체계 구축 움직임이 활발하다. 미국 및 EU는 효과적인 의약품/의료기기 유통이력추적시스템 구축을 위하여 관련 산업표준화 작업을 활발히 추진하고 있다.

의약품과 의료기기는 일반적으로 국가가 유통과 사용을 규제한다. 이유는 국민의 보건과 밀접한 관계에 있기 때문에 사고 발생 시 사회적 부작용이 매우 크기 때문이다. 최근 미국과 EU는 위조의약품의 유통을 조기에 발견·차단하여 국민의 건강을 보호하기 위한 법안을 마련하고 있으며, 또한 인체에 삽입하는 등의 고위험성 의료기기의 유통이력을 국가가 전자적으로 관리할 수 있는 시스템을 구축하고 있다. 미국과 EU의 법안은 그 경제 규모와 이와 연관된 산업파급력이 크기 때문에 사실상 의약품·의료기기 유통이력 국제표준화의 기반이라고 볼 수 있다.

두 거대 경제권역은 이력추적이라는 목표를 이루기 위한 구현방식에서 몇 가지 공통점이 있다. 첫째는 GS1과 같은 국제표준의 상품식별코드 사용을 의무화한 것이고, 둘째는 상품 출하 및 입·출고와 같은 공급망상 거래이벤트가 일어나는 시점에 바코드와 같은 자동인식(AIDC, Automatic Identification and Data Capture) 기술

을 이용하여 해당 거래데이터(출하, 입출고 등)를 자동으로 수집하여 저장·관리하도록 의무화하고 있다. 마지막으로, 제조 → 유통 → 판매의 공급망상 각 지점에서 EPCIS(Eletronic Product Code Information Service)와 같은 국제표준 데이터 교환 인터페이스 표준을 이용하여 거래당사자 간 상품의 유통정보를 검색할 수 있는 이력추적 네트워크를 구현하도록 요구하고 있다.

[그림 14] 이력추적 시스템 구현을 위해 표준화해야 하는 3가지 요건



의약품

US FDA는 지난 2013년 9월, '의약품 유통의 안전에 관한 법'(DSCSA, Drug Supply Chain Security Act)을 제정했다. 동 법에 따라, US FDA는 향후 10년간 불법(illegitimate) 의약품의 유통을 차단할 수 있는 체제를 구축해야 한다. 현재까지 수립된 주요 DSCSA 가이드라인(Guideline)을 살펴보면, 불법의약품 발견 시 보고 의무와 FDA의 지시에 따라 수거 의무조항이 존재한다. 또한 의약품 거래당사자 간 서로 불법의약품을 신고(notification)할 수 있는 시스템 구축을 의무화하고 있으며, 특히 의약품제조사(manufacturer)의 경우, 2017년 11월부터 의약품 일련번호 단위로 소유권이전 기록을 관리하고, 국제표준 2차원 바코드 기술을 이용, 이러한 정보를 수집하고 전자적(electronic)으로 제공할 수 있어야 한다. 그리고 2023년 11월부터 개별상품(item level) 단위의 유통이력추적이 가능할 수 있도록 준비해야 한다.

EU의 경우, 2011년 7월, '위조의약품에 관한 법'(FMD, Falsified Medicines Directive)을 제안하고 2016년 상반기 중 법제화 목표로 준비 중이다. 동 법안의 핵심내용은 위조의약품의 유통을 차단하기 위하여 해당 의약품의 정품여부를 파악할 수 있

는 체계를 갖추는 것이다. 그 세부내용은 1)의약품 고유식별자(Unique Indentifier)의 기술적 내용, 2)정품인증 방법, 그리고 3)예외조항 등으로 구성되어 있다.

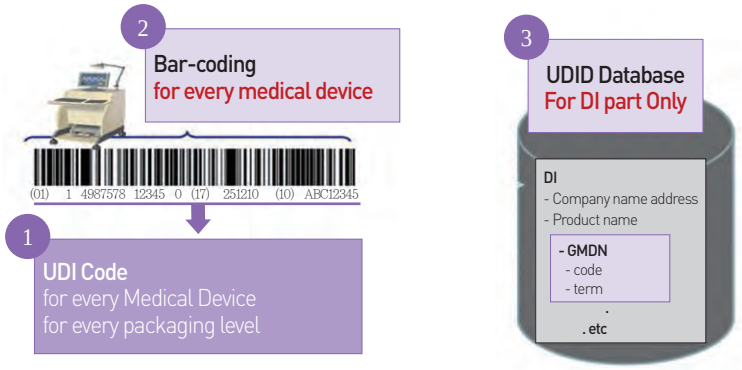
우리나라는 지난 2010년부터 전문의약품을 대상으로 유통정보화 및 국가 의약품 이력추적시스템 구축사업을 단계적으로 추진해 왔다. 복지부는 '의약품 바코드 및 RFID Tag의 사용 및 관리요령'을 제정, 국제표준의 의약품 식별코드 및 바코드를 의무화하고 국내 제약산업이 이를 도입할 수 있도록 지원해 왔다. 2015년 12월 현재, 복지부 산하 건강보험심사평가원은 이력추적시스템 구축을 완료했으며 2016년부터 이력추적시스템 시범운영 및 안정화를 목표로 하고 있다.

의료기기

2008년 10월, 국가 간 의료기기 규제조화 단체인 GHTF(Global Harmonization Task Force)는 미국, EU 및 일본을 중심으로 의료기기 이력추적 방안을 논의하기 위한 작업반(Work Group)을 결성했다. 동 작업반에서는 리콜 등의 상황 발생 시 효과적으로 제품을 회수하여 판매·시술 후에도 환자의 안전을 최대한 보장할 수 있는 방안을 논의했다. 이 과정에서 의료기기 이력추적을 위한 기본 개념인 'UDI(Unique Device Identification, 의료기기 고유식별)'가 수립되었다.

UDI란 의료기기를 고유하게 식별하여 그 유통이력을 추적할 수 있는 체계를 말한다. 크게 3가지 영역으로 구성되어 있는데, 첫째는 의료기기 고유식별코드(Identi-

[그림 15] 의료기기 이력추적을 위한 UDI 시스템 구성요소



fier)이고, 둘째는 해당 식별코드를 기계가 읽을 수 있도록 만든 바코드(BarCode)이며, 마지막으로 의료기기 정보가 저장된 데이터베이스(Database)이다. 이러한 세 가지 구성요소를 합하여 UDI 시스템이라고 말한다.

UDI 시스템을 구축하기 위해서는 3가지 요구사항을 충족해야 하는데, 우선 GS1과 같은 국제표준을 사용하여 의료기기 식별코드를 생성하고 관리해야 한다. 둘째로, UDI 코드를 바코드로 이미지화하여 의료기기에 라벨작업(labeling)을 해야 한다. 마지막으로, 각 국가별로 독립적으로 운영하는 의료기기 데이터베이스에 UDI와 연관된 정보(의료기기 모델명, 회사정보, 주소, 유의사항 등)를 전송해야 한다.

US FDA는 지난 2013년 9월, 전 세계 최초로 UDI 규정을 제정하고, 2014년 9월부터 2018년 9월까지 의료기기 위험성등급에 따라 단계적으로 의무화했다. 이에 따라, 미국에 직접 수출하거나, 또는 미국에 유통되는 의료기기를 위탁생산하는 기업은 UDI 시스템 구축방안을 검토하고 있다. EU는 2013년 EU 차원의 UDI 표준시스템(안)이 제안되었다. 현재 입법절차가 진행 중이며 앞으로 실제 법제화와 세부규정 제정 단계가 남아있다.

우리나라의 경우, 식품의약품안전처가 '추적관리대상 의료기기 지정에 관한 규정'을 제정하고 1년 이상 인체에 삽입되는 의료기기 등 28종을 지정했다. 그리하여 추적관리대상 의료기기를 취급하는 제조, 판매 및 임대업자 등으로 하여금 관련 제조·수입현황과 판매·임대현황을 매월 보고하도록 하여 효과적으로 그 유통내역을 관리할 수 있는 체계를 구축하였다.

GS1은 보건의료산업 유통이력추적의 사실상 국제표준화를 주도하고 있다. 이력추적사업은 그 범위가 국경을 초월하고 그리하여 참여자 간 이해관계가 매우 복잡한 것을 감안했을 때, 그 성공여부는 효과적이고 합리적인 국제표준의 도입에 달려있다. 의약품·의료기기 이력추적사업은 전 세계적 추세로 진행되고 있다. 우리 정부의 이력추적사업이 성공적으로 추진되기 위해서는 GS1 국제표준을 정확히 이해하고 그 활용방안에 대한 고민이 필요하다.

07

Smart Health

스마트헬스 데이터

스마트헬스 데이터 기술을 통해 정밀의료(Precision Medicine)를 구현할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 즉, 국민 보건의료 질을 현격히 향상시킬 수 있으며, 새로운 진단·치료법 개발 및 신약 개발 등 관련 산업도 활성화시킬 수 있다. 다만, 다양한 이종의 데이터 통합/저장/분석을 위해서 여러 가지 분야의 기존 표준을 구현하기 위한 기술과 신규 표준안을 개발할 필요가 있다.

최근 빅데이터가 모든 산업 분야에서 주목을 받고 있으며, 특히 헬스 분야에서도 그 영향력으로 인해 의료계 내부 및 연관 산업계에서 크게 부각이 되고 있다. 헬스 빅데이터와 관련하여 다양한 정의들이 등장하고 있는데, 여기서는 관련 기술(클라우드 기술, 기계학습 기술, IoT 기술, Smart device 기술 등)을 이용하여 개인의 건강관련 데이터(진료, 유전체, 자가 측정, 활동량, 기후 및 환경 요소, 경제력, SNS 등)를 분석하여 건강의 질을 향상시키는 기술을 스마트헬스 데이터 기술이라고 정의하기로 한다.

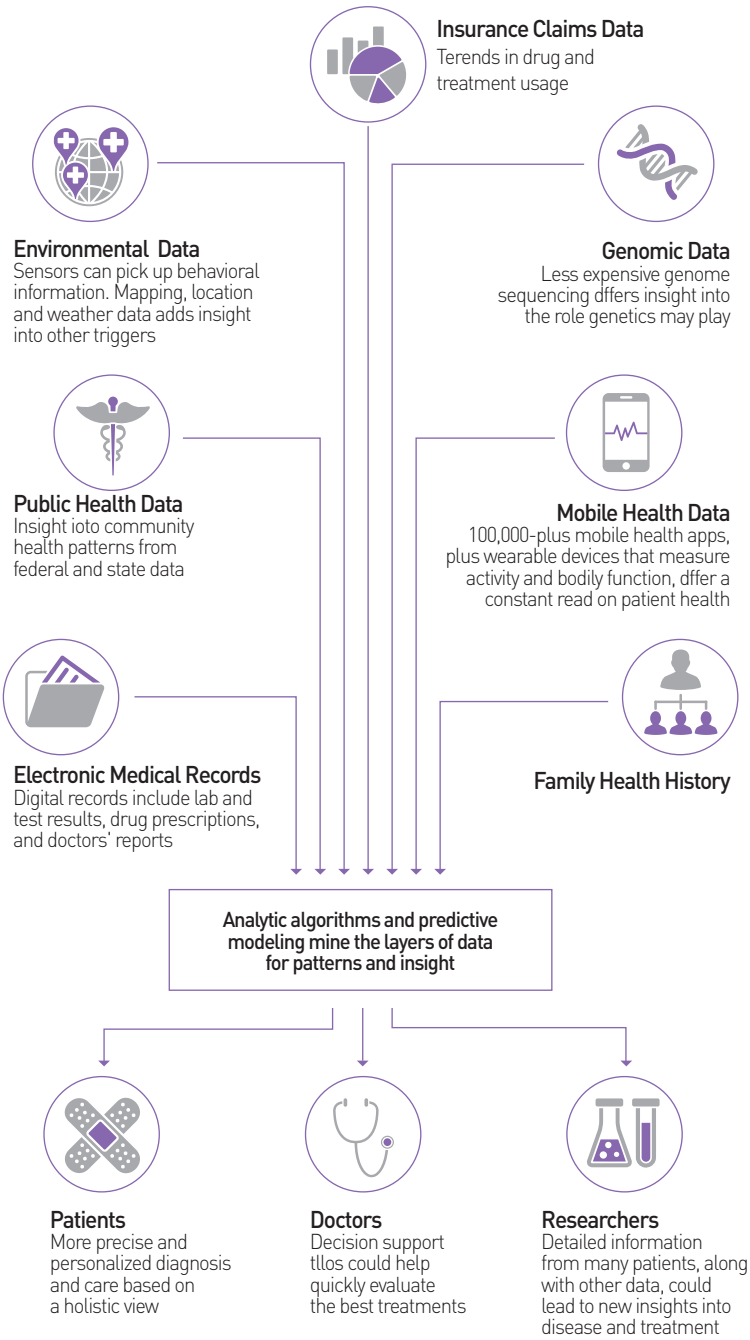
이러한 스마트헬스 데이터 활성화를 위해서 미국에서는 미국국립보건원(National Institute of Health) 산하에 13개의 빅데이터 연구센터(Big Data to Knowledge (BD2K) Center)를 설립하였고, 2016년도(회계연도 기준) 예산으로 12억 달러를 투자하기로 하였다. 이는 McKinsey의 2013년도 보고서에 의하면 미국에서만 스마트헬스 데이터를 통해 3,500억에서 4,000억 달러에 달하는 비용을 절약할 수 있을 것

으로 예상되기 때문이다. 또한 백악관 주도로 정밀의료 추진계획(Precision Medicine Initiative)을 발표하면서 스마트헬스 데이터에 대한 적극적인 지원을 표명하였다. 정밀의학은 개인의 유전자 정보와 환경 및 생활양식 등 개인의 건강에 관한 모든 정보를 통합/분석하여 개인 맞춤형 치료 또는 치료제를 제공하는 개념으로, 이를 위해서 2016년에만 2억1,500만 달러를 투자하였다. 영국에서도 당면한 보건의료 문제를 해결하기 위해 스마트헬스 데이터에 주목하여, 2013년 4월 HSCIC(Health & Social Care Information Centre)를 설립하여, 약 2,100명의 인력이 2조 원 정도의 예산을 집행하고 있다. 이 외에도 심지어 100K 유전체 프로젝트(UK 100K genome project)를 진행하면서 Genomic England라는 국영기업까지 설립하여 지원하고 있는 상황이다. 일본에서도 전 세계적인 스마트헬스 데이터 활용에 발맞추어 일본 의학서원에서 2015년 1월 '의료 빅데이터 시대의 개막'이라는 보고서를 발표하면서 국가 임상 데이터베이스를 구축하고 있다.

국내에서도 2011년부터 스마트헬스 데이터 지원을 위한 정책을 지속적으로 발표하고 있다. 2011년 국가정보화전략위원회의 '빅데이터를 활용한 스마트정부 구현(안)'에서 언급된 빅데이를 통한 '과학기술·의료' 선진화 계획을 시작으로, 2012년 관계부처합동으로 발표한 '빅데이터 마스터플랜'을 통해 '의료데이터 분석을 통한 국민 건강증진' 계획을 발표하였으며, 2015년에 발표한 19대 미래성장동력 종합실천계획에도 '맞춤형 웰니스케어'와 '빅데이터'를 명시하고 있다. 특히 최근에는 미국의 정밀의료 추진단과 협력체계 구축을 통해 한국형 정밀의료 계획을 설립하고 있는 중이다.

스마트헬스 데이터를 현실화하기 위한 다양한 기관들에서 제정한 기존 표준안들이 대부분 필요하다. ISO/TC 215(Health Informatics, 보건의료정보)에서 제정한 약 148개의 거의 모든 표준들이 해당이 된다. 데이터 통합을 위해서는 SNOMED-CT(Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terminology)와 LOINC (Laboratory Observation Identifiers Names and Codes) 등의 표준 용어체계와 데이터 구조 표준인 CIMI(Clinical Information Modeling Initiative), DCM(Detailed Clinical Model), openEHR archetype 등이 부각되고 있다. 또한 HL7의 차세대 표준안(version 4)으로 부각되고 있는 FHIR(Fast Healthcare Interoperability Resources) 표준은 기존 웹프로그래밍 기법을 차용하였다는 장점으로 인해 크게 각

[그림 16] 스마트헬스 데이터



출처 : MIT Technology Review, 2015

광받고 있다. 2016년 HIMSS(Healthcare Information and Management Systems Symposium)에서 미국의 거의 모든 전자건강기록 회사들이 의료정보의 상호호환성을 지원하기 위해서 FHIR API를 지원하기로 발표하였다. 이 외에도 스마트헬스의 경우 ISO/IEC JTC 1/SC 27(IT Security techniques, IT 보안기술)의 정보 보호 및 보안 표준안들도 중요하며, 데이터 저장을 위한 ITU(International Telecommunication Unit)의 클라우드 컴퓨팅 표준들도 필요하다. 또한 자가 측정 데이터 및 IoT(Internet of Things) 데이터 표준화를 위해서 OIC(Open Interconnect Consortium), oneM2M 등의 IoT 관련 표준안도 고려하여야 한다.

이런 표준기구들 외에도 중요한 기술인 분석 기술들은 국제 표준과 상관없이 open source 커뮤니티에서 자발적으로 개발되고 있는데, 대표적인 기술로 Apache Hadoop project를 들 수 있다. 따라서 해당 커뮤니티에 참여하여 최신 기술 동향을 파악하고, 필요한 기술들을 개발하는 것이 반드시 필요하다. 이러한 기술들은 현재 de-facto 표준의 형태로 활용되고 있기 때문에 표준 개발이라는 차원에서도 해당된다고 할 수 있다.

이처럼 스마트헬스 데이터 분야는 아주 많은 표준안들을 필요로 하고 있기 때문에 그 기술적 난이도가 높다고 할 수 있다. 다만, 다행스럽게도 한국전자통신연구원의 주도로 OIC에서 헬스케어 IoT 장비 표준안을 개발하고 있는 등 국내 주도의 스마트헬스 데이터 표준안들이 등장하고 있다. 2016년도 스마트헬스 표준기반 R&D 로드맵 작업을 통해 '개인건강 식별정보', '공공기관 연계 API 기술', '라이프로그 데이터 메타데이터 표준', '건강 빅데이터 저장을 위한 클라우드 플랫폼 표준 기술' 등이 스마트헬스 데이터 분야의 표준화 항목으로 도출되었는데, 상기의 우선 표준전략 외에 다양한 관련 표준안들을 개발하기 위해서 정부와 민간의 적극적인 투자가 필요한 상황이다. 이를 통해 아직 초창기인 스마트헬스 데이터 분야에서 세계 선도적인 표준과 기술을 개발하여 시장을 선도할 필요가 있다.

08

Smart Health

바이오헬스 활성화·선진화를 위한 프레임워크

의료서비스 융합/고도화를 추구하는 사용자/의료진/기기/기타 사물 간의 오감적 교감과 함께 미래사회에 펼쳐질 사회/경제/문화적 변화를 포용하도록 오감-뇌-ICT 플랫폼/마이크로의료로봇을 포함하는 바이오헬스 기술 R&D 로드맵의 조기 실현/구체적 활성화/선제적 선진화를 조속히 추진하기 위한 핵심 가이드라인으로서 바이오헬스 프레임워크 수립 연구가 절실하다.

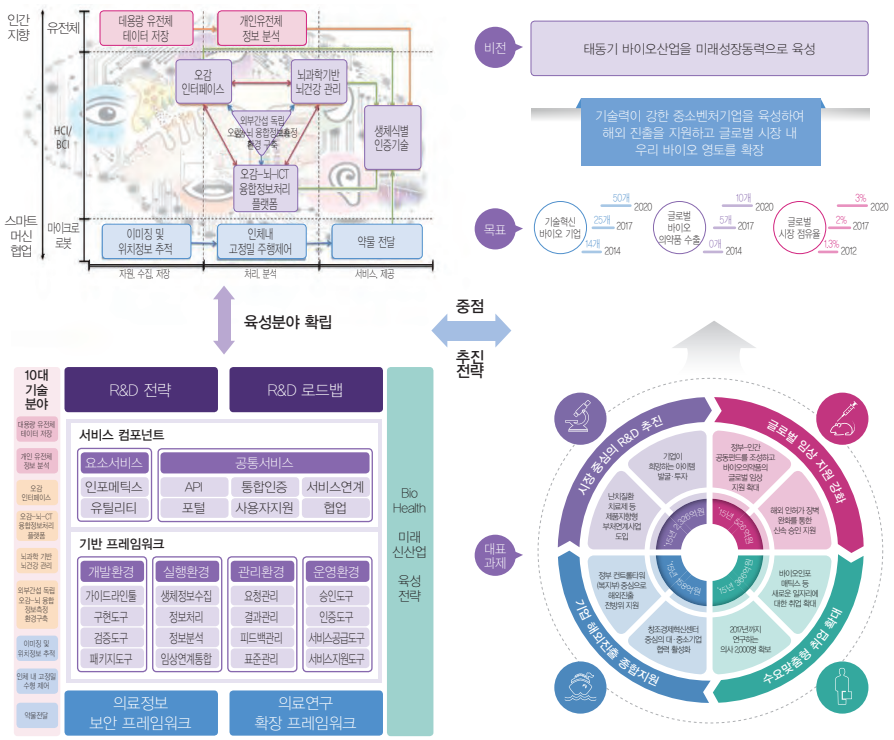
바이오헬스 프레임워크의 개념

바이오헬스 프레임워크는 스마트의료기술 표준 R&D 로드맵 중 바이오헬스 R&D 로드맵의 추진을 위해 표준적 체계·중복방지·선진화·효율적 진행·생태계 조성이 가능하도록 바이오헬스 10대 기술 분야를 대상으로 기반 프레임워크와 서비스 컴포넌트 구축, 그리고 의료정보 보안 프레임워크 연계와 의료연구 확장 프레임워크 연결성을 제공하고자 전자정부표준 프레임워크를 준용하고 있는 바이오헬스 R&D 핵심 가이드라인 및 참조 모델이다.

바이오헬스 프레임워크의 배경 및 중요성

범 세계적으로 각국들이 바이오경제를 추진하면서, 그 근간이 되는 바이오헬스가

[그림 17] 바이오헬스 프레임워크 기반 바이오헬스 기술분야 육성전략 수행 체계



2015 스마트의료기술 바이오헬스 표준 R&D 로드맵(위), 바이오헬스 미래 신산업 육성 전략, 미래부/산자부/복지부/식약처(우)

급부상하고 있다. 이에 국가기술표준원의 스마트의료기술 코디네이션 분과에서는 바이오헬스를 2015 스마트의료기술 표준기반 R&D 로드맵 5대 기술군에 채택하며 그 비중을 적극 반영하고 있다. 바이오헬스는 아직까지 시장 지배자가 없는 태동기의 미래 신기술로서 한국의 글로벌 시장 선점을 위해 적극 추진이 요망됨에도 불구하고 R&D 참조 모델의 부재로 생태계 전반의 활성화에 차질이 빚어지고 있는 현황을 타개하기 위해, 바이오헬스 R&D를 체계적·적시적·선제적·상호연계적으로 수행하기 위한 바이오헬스 프레임워크가 R&D의 핵심 가이드라인 및 참조 모델로서 그 중요성이 부각되고 있다. 바이오헬스 프레임워크는 생체정보기반 건강토탈케어체계 구축용 프레임워크이자, R&D 수행이 조속히 요구되는 미래 신성장동력 중점분야 집중 육성영역으로서 바이오헬스의 생태계 조성 및 활성화 기반을 제공하는 것이 목표이다.

바이오헬스 프레임워크의 구성 및 연구 방향

이상의 중요성에 입각하여 [그림 18]에서는 바이오헬스 기술 분야 R&D를 위한 정형화된 표준화 체계로서의 MECE 수준 총괄적 기획에서 LISS 수준 구체적 제품화에 이르기까지 가이드가 가능하도록, 표준화가 요구되는 연구 분야인 바이오헬스 프레임워크를 제시하고 있다.

바이오헬스 프레임워크는 6가지 연계 요소와 2대 핵심 요소로 구성된다. 먼저 6가지 연계 요소는 2015 스마트의료기술 바이오헬스 10대 기술 분야, 표준기반 R&D 로드맵, R&D 추진전략, 의료정보 보안 프레임워크(예: NIST 사이버보안F/W), 의료연구 확장 프레임워크(예: HIS, 리서치킷), 그리고 육성전략이며, 이들과의 연계를 통해, 실질적인 바이오헬스 기술의 R&D 수행 근간이자 환경을 제공하는 핵심 요소인 기반 프레임워크와 서비스 컴포넌트이다.

[그림 18]의 좌측 및 상단에 배치된 바이오헬스 10대 기술 분야, 표준기반 R&D 로드맵, R&D 추진전략은 바이오헬스 프레임워크의 활용을 위한 입력요소이자 마일스톤이며, 하단과 우측에 배치된 의료정보 보안 프레임워크, 의료연구 확장 프레임워

[그림 18] 바이오헬스 기술 분야 R&D를 위한 바이오헬스 프레임워크 수립 연구



크, 미래신산업 육성전략은 바이오헬스 프레임워크의 적용 결과를 위한 출력요소이자 확장연계 분야에 해당한다. 이들 6가지 요소의 원활한 역할 수행을 위해 요소 간 상호운용 체계를 표준화하고, 인터페이스와 도메인을 정립하는 연구가 필요하다.

바이오헬스 10대 기술 분야의 집중적인 R&D 진행이 가능하도록 기반 프레임워크에서는 개발환경, 실행환경, 관리환경, 운영환경을 구비하여 바이오헬스 기술 분야들의 R&D와 검증, 이관, 배치, 적용에 관한 참조 프로세스의 best practice 전반을 제공해야 하며, 이상의 산출물을 서비스 컴포넌트를 통해 실제로 바이오헬스 생태계에 속한 기업, 연구소, 정부, 국민, 생산자, 개발자, 중계자, 소비자 등 모든 이해관계자들에게 안정성·사용성·참여성·항시성·공유성 측면에서 단일접점(SPoC; service point of contact)이자 서비스 기반 접근채널로서의 기능을 지속적으로 전달할 수 있도록 정제화·자동화·구조화·최적화된 모델링 규격화 연구가 요망된다.

또한, 6가지 연계 요소와 2대 핵심 요소 간의 일관성 있는 운용이 가능하도록 지속적인 개선·단일화된 프로세스·지속적인 배포·연속적인 피드백 관점에서 유기적인 R&D 사이클의 형성 및 통합적인 적용과 통제가 이루어지도록 거버넌스의 정립 연구도 중요하다.

09

Smart Health

표준 · 보안 기반의 e-Health 서비스 플랫폼

의료정보는 의료의 영역을 넘어 사회적, 경제적 활용가치로 인하여 중요한 정보자원의 요소로 부각되고 있고, 개인들도 자신의 의료정보의 활용가치와 중요성에 대하여 새로운 시각으로 인식하게 되었다. 의료정보를 단지 보호하여야 할 민감한 정보로만 간주하지 않고, 이를 새로운 차원의 자원으로 활용하고자 하는 욕구와 더불어 ICT와 접목된 다양한 실제적인 구현방법들이 소개되고 있어 이런 경향은 더욱 가속화되고 있다. 이러한 흐름을 긍정적인 방향으로 발전시키기 위해서는 개인의료정보에 대한 적정한 이용권한 통제로 사생활 침해를 방지하고, 부당유출에 따른 손실과 피해를 보호하기 위한 제도적 장치를 구비하고, 표준을 기반으로 하는 강력한 보안기술이 접목된 서비스 플랫폼을 구축하여 실생활에 활용될 수 있도록 하여야 한다.

의료정보는 다양한 형태의 개인에 관한 민감한 자료로 구성되어 있고, 사람의 출생과 동시에 생성되기 시작하여 일생 동안 축적되므로 그 분량 또한 상당히 대용량에 달하게 된다. 국민건강보험이 실현되고 있는 우리나라는 의료법에 따라 생성된 의료정보는 의료인 또는 의료기관에게 관리 책임을 부과하고 있고, 의료정보에는 진료, 검사, 수술, 처치 및 처방 등에 관한 정보뿐 아니라 환자식별과 진료비 결제를 위한 주민번호, 주소, 전화번호, 신용카드정보와 함께 근래에는 개인의 유전정보도 포함되어 있다.

개인의 민감한 정보인 의료정보가 과거에는 의료현장의 의료인, 의료기관 및 의료와 직접 관련된 소수의 업무기관에서만 한정적으로 유통되었으나, ICT 발전과 더불어 발생되는 다양한 정보를 연계할 수 있는 기술이 개발되어 의료정보의 활용범위도 그 한계가 보이지 않을 정도로 확산되어 가고 있고, 이러한 추세는 정보화 사회 발전

과 더불어 한층 더 가속화될 전망이다. 의료서비스가 ICT와 연계되어 진화할수록 개인정보의 유출로 인한 사생활 침해위협, 의료정보 누출 등의 문제에 점점 심각하게 직면하게 될 것이 분명하므로 이에 대한 철저하고 적시적인 보안관리가 의료기관 뿐 아니라 사회경제적인 측면에서도 강구되어야 할 것이다.

국제적으로 개인의료정보보호와 관련된 법제도가 실제적으로 적용된 것은 1996년 미국의 HIPAA(Health Insurance Portability and Accountability Act)로부터 시작되었다고 볼 수 있으며, 우리나라도 2011년 9월부터 개인정보보호법이 시행되면서 전반적인 개인정보에 대한 보호를 의무화하고 있다. 최근에는 사회적 요구와 중요성에 따라 의료정보에 대한 구체적인 보호와 보안을 특정화하는 법제도 구축 노력과 연구가 진행되고 있고, 관련부처에서는 의료정보보호 가이드라인을 제시하고, 의료기관을 대상으로 개인정보의 안전성 확보를 위한 관리실태를 정기적으로 점검하는 시스템을 도입하고 있다.

WTO/TBT(Technical Barriers to Trade) 협정에서는 회원국이 국가표준을 새로이 제정하거나 개정할 경우 국제표준을 기초로 사용할 것을 규정하고 있으므로, 의료정보보안과 관련된 지역적인 표준도 국제표준개발기구를 통해 국제표준으로 단일표준화 되어가고 있을 뿐 아니라 역으로 국제표준이 지역적인 표준으로 정비·추진되고 있는 추세이다.

성공적인 e-Health 서비스를 위해서는 전자건강기록, 개인건강기록, 모바일 환경의 연계가 필요하고, 의료정보의 획득, 전송, 저장관리 분야에서 무결성과 안전성을 위한 표준화는 필수적인 요소이다. 기존 보안기술과 e-Health에 필요한 보안 기술에는 적용분야별로 특성과 차이가 있으므로 의료정보 표준과 보안을 기반으로 하는 성공적인 의료서비스 플랫폼을 실현하기 위해서는 보안기술과 표준의 적용분야별 비교분석에 따른 내용 보완이 필요하다.

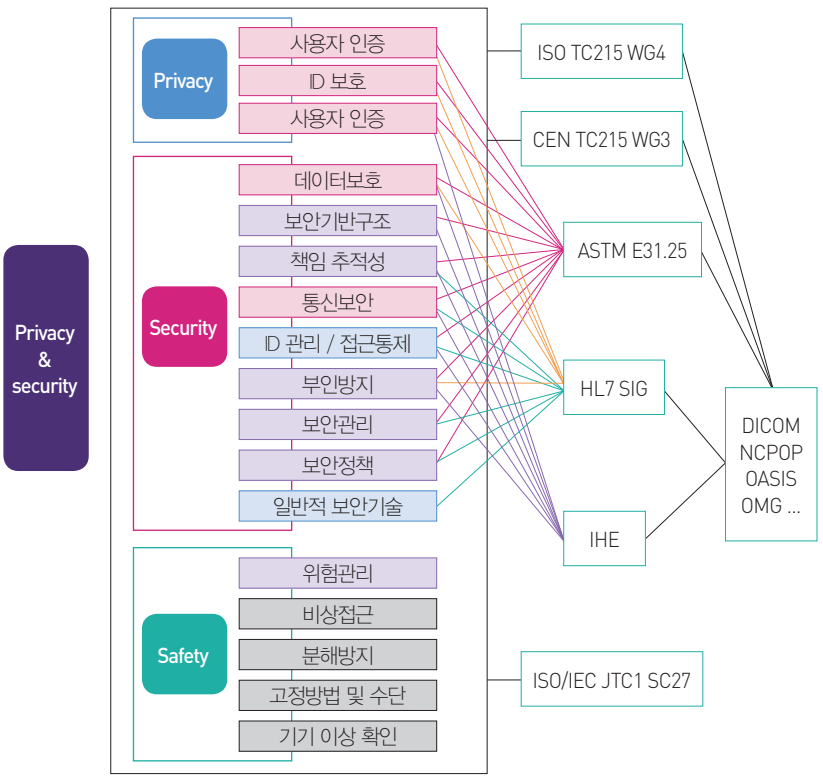
로봇관련 기술은 매년 급속도로 발전하고 있다. 지능형 로봇은 이미 옛말이 되었으며, 사람의 얼굴을 알아보고 반응하는 로봇이 있는가 하면, 머리카락보다 작은 크기의 로봇이 사람의 몸속을 탐험하여 각종 질병을 치료 및 진단하는 초소형 로봇이 국내외 연구진에 의해서 활발히 연구되고 있다.

e-Health 서비스 플랫폼 실현을 위해 필요한 privacy & security 분야의 국제표준

[표 2] 의료정보 적용분야별 보안기술의 특성

적용분야	기존 보안 기술	기존기술 특성	e-Health 보안 특성
보안전송	SSL	암호, 인증	바이오 센서 특성을 반영한 IEEE 11073 표준 요구 및 호환성
정보교류 접근제어	RBAC	관리자의 정책 중심 단일 접근자 도메인	의료법, 의료정책 등 크로스 도메인
프라이버시 보호	De-Identification	개인 식별자 삭제	다양한 정보조합을 통한 개인 식별 가능성
디바이스 접근제어	UNS 보안	단일 정보수집 게이트웨이	다양한 기기(modality)를 통한 접근경로

[그림 19] 의료정보 보호·보안 관련 기술 및 표준



출처 : NIST, Privacy and Security framework Rev. ver 2.0, 2015.

과 보안기술에 대해서 미국의 NIST는 의료정보를 privacy, security, safety 부문으로 세분하여 관련 기술과 표준의 관계를 [그림 19]와 같이 제시하고 있다.

의료정보 보호 및 보안의 국제적인 표준화는 기업들 간의 논의를 통하여 이익을 극대화하면서 위험을 최소화하는 방향으로 추진되고 있으며, 이러한 표준화 작업에 적극적으로 참여하는 기업들만이 미래 시장에서 생존할 수 있는 시대로 진행되고 있다. 국가 의료정보 표준과 공통보안 기술체계를 구축하여 이를 기반으로 하는 의료서비스 플랫폼을 실현하는 것은 신규 서비스 창출을 도모하는 기업에게 진입장벽을 감소시키고, 의료분야의 관련기술발전을 촉진시키며, 산업 활성화에 기여하게 될 것이다.

10

Smart Health

PHR의 미래

고전적인 의미의 PHR(Personal Health Record)서비스는 대한민국을 논외로 한다면 이미 시작되었다. 대한민국이라는 특수한 갈라파고스적인 규제와 제도의 틀을 제외하고서는 대부분의 OECD 가입 국가에서는 개인건강기록서비스는 이미 개시되었다고 봐도 무방하다.

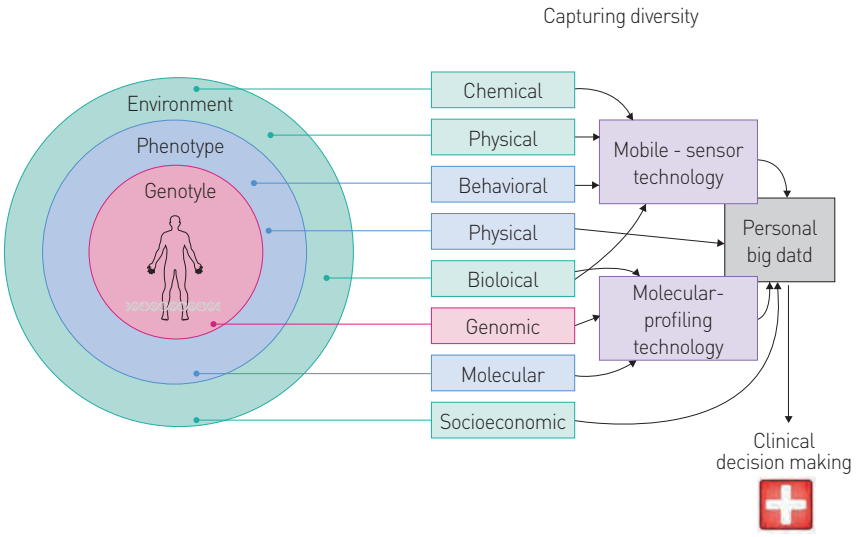
개인건강기록은 1978년 6월 18일 Pubmed에서 처음으로 거론되었다. 개인의무기록과 관련된 논의는 상당히 오랜 기간 논의되었으며 이미 널리 사용되기 시작했다.(이 당시 개인건강기록서비스는 알레르기 과거력, 악물남용, 가족의 병력, 처방기록, 사고 및 수술에 대한 기록, 예방접종, 특징적인 생활습관 등을 개인이 기록하거나 강제수집하는 것과 관련된 내용이 이미 언급되었다.)

우리에게 아쉬운 것은 개인건강기록서비스가 제도와 의료서비스의 독특한 상황에서 제 역할을 하지 못하고 있다는 점이다. 2015년 메르스 파동과 응급실 쇼핑이라는 현상도 PHR서비스가 조금이라도 활성화 되었더라면 결코 일어나지 않았을 것이다.

미래의 개인건강기록서비스는 [그림 20]에서처럼 그 형태가 매우 확대될 것이다.

[그림 20]을 보면 매우 작게는 유전체 게놈 분자 프로파일링 기술들을 위한 매핑부터 크고 넓게는 개인의 스마트폰에서 얻을 수 있는 기상조건이나 주변의 오염수

[그림 20] 미래의 개인건강기록(PHR)서비스



출처 : http://www.nature.com/ni/journal/v16/n5/full/ni.3151.html

준 등의 환경요인 등까지 포괄적으로 임상의사결정을 하는 미래 시대로 돌입할 것이 예상된다.

미래의 의료정보 시스템과 임상의사결정을 위한 데이터의 단계가 그 사람을 중심으로 한 매우 미시적인 관점에서 사회경제적인 요인들의 다양하고 다채로운 관점들을 렌더링하게된다. 미래의 의료정보시스템은 매우 고도화되고 미시적이면서 복합적인 데이터들을 다룰 것이며, 개개인이 관리하는 개인건강기록서비스는 보험회사나 금융기관에서 관심을 가질만한 지표를 포함한 형태로 변화할 것이다. 이미, 보험회사들은 건강정보와 관련된 생체정보를 보험상품과 결합하는 서비스로 출시한 상태이며, 이를 기반으로 만들어진 서비스를 실제 보험시장에서 판매하고 있다. 단지, 외국의 사례(남아프리카 공화국의 디스커버리 보험회사의 바이탈리티 프로그램)가 아니다.

의미 있는 의료정보와 보험정보를 해석하기 위해서 PHR서비스는 더욱 개념을 확장할 것이다. 단편적으로 이야기하자면, 개인건강기록서비스는 이미 다음 세상을 꿈꾸기 시작했다. 단지, 현재의 개인건강기록서비스는 아직은 미완성이어서 의료소비자들이 널리 사용하기에는 아직 부족하다.

마치, 옴니아2가 스마트폰인 것처럼 이야기하던 시대를 생각하면 아직 PHR서비스는 미완성된 상태라고 볼 수 있다. 그 이유를 들자면 첫번째로 개인건강기록서비스는 아직 사용하기 어렵다고 간단하게 설명한다. 개인건강기록은 '인간공학적'으로 설계되어야 하며, '저소득층'이 활용할 수 있는 수준으로 그 기능이 쉽고 간편하면서도 강력한 보안으로 취급되어야 한다. 이러한 연구는 '인간 요인 및 인간공학 저널(Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. VOL 57)'에 실린 논문에 보다 자세하게 언급되어 있다. "서비스를 충분히 받지 못하는 성인계층에게 개인건강기록시스템의 시스템이 편리한 정도(The Usability of Electronic Personal Health Record Systems for an Underserved Adult Population)" http://hfs.sagepub.com/content/57/3/491.abstract의 결과를 살펴보면, 복약관리, 건강관리, 예방치료, 커뮤니케이션 및 예약관리, 검사결과의 6가지 기능을 접근하기 위한 '인간공학적'인 관점에서의 접근은 아직 진행이 안되었다. 현재의 개인건강기록서비스들을 사용하여서는 자신들의 개인 건강 정보에 접근하고픈 열의가 높았음에도 불구하고, 제대로 정보를 찾지 못한다는 결론에 도달한다. 결론적으로 개인건강기록서비스는 아직 사용하기 어렵다. 개인건강기록 시스템을 이용하는 데 필요한 읽고 쓰는 능력, 수리감각, 인지능력의 수준을 더 낮추어야 한다. 보다 거시적인 관점에서 PHR서비스를 효과적으로 사용할 수 있는 UX 관점의 연구는 계속되어야 한다.

두번째로 개인건강기록서비스를 사용하여 개인의료정보를 관리할 수 있는 문화가 형성되지 않았다. 개인건강기록의 거시적인 관점에서의 활용을 위한 서비스나 시스템은 아직 등장하지 않았다. 그 중요한 이유 중의 하나가 의료기관을 이용하면서 생성되는 의료정보의 소유권에 대해서 개인들의 자각이 확고하게 수립되지 못하였다.

개인건강기록서비스는 분명하게 보건의료의 핵심이 되며, 의료비를 줄이거나, 의료의 질을 효과적으로 증강시키는 형태로 변화할 것이다. 이에 해당되는 경제적, 사회적 관점을 고려한 프라이버시 권리장전의 제정이 계속 이루어질 것이다. 인터넷 업체그룹, 의료서비스업, 의료소비자그룹 등의 다양한 이해관계자들의 합의가 필요하며, 이를 근거로 온라인 프라이버시 권리장전을 근거로 한 실효적인 법규의 제정이 필요하다. 이는, 정보장벽을 최대한 낮추기 위한 세계 여러나라의 의료정보 관련기준

의 상호운용성을 고려하여야 한다. 거시적인 관점에서의 개인건강기록서비스는 보다 쉬운 UX와 개인의료소비자들을 위한 소유권에 대한 자각과 제도 등을 제공하여야 한다. 그러한 관점에서 정보보호법과 정보산업관련법의 정비가 필요하다.

개인건강기록서비스의 표준화 R&D전략은 다음과 같이 정리할 수 있다. 하나, 개인이 소유할 수 있는 신뢰도 높은 개인건강기록 권한 서비스 제공. 둘, 개인의 의료정보를 신뢰할 수 있도록 관리가 가능한 개인건강기록 포털 서비스. 셋, 필요시 1회성으로 제공되는 의료정보의 생성 및 관리방안의 제도적인 법안.

PHR서비스와 연계되어진 R&D표준화전략으로 가장 중요한 것은 개인이 관리하는 의료정보 권리에 대해서 인정이 가능한 제도의 정비이다. 이는, 의료기관에서 생성되는 개인의 의료정보에 대한 주권이 의료소비자들에게 있음을 인지하게 하며, 자신의 의료정보 주권을 획득하기 위한 권리 관련 제도의 정비로 설명할 수 있다. 의료서비스기관들은 의료정보를 생성함에 있어서 개인의 동의하에 의료정보를 생성하는 것을 단지 법적인 동의서가 아니라, 실질적으로 제공되는 권한서비스를 통해서 연동되어야 한다. 또한, 개인의 동의하에 의료정보가 이동되거나 복제되며, 이를 관리할 수 있는 디지털 권리와 활용방안에 대한 제약조건 및 활용방법들에 대해서 정리가 되어야 한다.

개인이 주도적으로 관리가 가능한 개인건강기록서비스를 제공하는 개인건강기록 포털과 관련된 Next PHR 서비스 R&D사업이 필요하다. 이를 기반으로 개인 의료정보를 주도적으로 의료클라우드에 저장할 수 있는 개인형 의료서비스 주도형 서비스 관련 R&D도 필요하다.

개인의 개인건강기록서비스는 신뢰도 높은 개인건강기록 포털에서 관리하며, 모든 정보는 건강관리서비스업체나 의료기관, 의료서비스업체들에게 모든 데이터가 제공되는 것이 아니라, 필요시간이나 1회성으로만 해당 정보가 제공되는 형태로 서비스 될 것이다. 이러한 환경에서 구현이 가능한 R&D서비스의 준비와 연구가 필요하다.

표준화 서비스연계전략을 위해서는 표준화를 지원하기 위한 코디네이션 전문인력과의 연계, 건강관리업체의 컨텐츠와의 연계, 개인이 활용가능한 의료정보 제공을 위한 의료기관의 적극적인 지원의 3가지 요소가 필요하다.

첫째, 표준화된 개인건강기록서비스 업체들 간의 효율적인 검증, 표준화 방안이 필요하다.

개인건강기록서비스가 효율적으로 사용되기 위한 표준화—서비스의 연계를 위해서는 PHR서비스업체들의 표준화에 있어서 개인의 주도권이 충분하게 보장되는 의료서비스임을 검증하고 표준화하는 이슈를 해결해야 한다. 또한 이를 지원하고 유지할 수 있는 표준 코디네이션 전문인력의 연계가 필요하다. 이를 위한 표준 프로세스의 수립과 표준 코디네이션 전문인력의 양성이 필요하다.

둘째, 표준 콘텐츠, 인공지능 인터페이스의 표준화 수립이 필요하다.

건강관리 서비스업체들은 필연적으로 시장서비스에서 확대될 것이며, 이를 지원하기 위하여 인공지능과 딥러닝과 같은 서비스들은 유기적으로 계속 확대될 것이다. 그러므로, 표준화된 검색 및 검토가 가능한 콘텐츠 형태를 담아야 한다. 서비스들과 콘텐츠들이 효과적으로 생성되고 유지되기 위한 표준화 정책과 프로세스, 구성방식 등이 필요하다.

셋째, 개인건강기록서비스를 지원하기 위한 수가제도 개선

개인이 관리할 수 있는 개인건강기록 의료정보 체계 지원을 위한 의료기관의 적극적인 유도책이 필요하다.이를 위한 의료정보 개인건강기록 추출 시에 필요한 수가 및 인센티브 제도에 대한 변화가 필요하다. 이는, 의료기관의 적극적인 참여를 유도하여 보다 융성하게 개인건강기록 관련 유관산업의 확산속도를 가속화할 것이다. 이미, 미국의 경우 의무기록의 온라인 열람은 미국병원의 91%가 가능한 시대로 돌입하였다. 이는 미국 헬스 IT조정국의 이야기이다. 또한, 미국의 경우 환자들의 73% 이상이 병원 간 의무기록 공유에 찬성하고 있다.

개인건강기록서비스를 보다 활성화하기 위해서는 미국의 GETMYHEALTDATA캠페인을 한국적인 환경으로 조성하기 위한 환경을 구성하여야 한다.

"내 의무기록을 내 손에"라는 이 캠페인은 자신의 의무기록을 병원에게 요구하여, 자신이 주도적으로 관리하는 방안에 대해서 적극적으로 나설 것을 유도한다.

매우 당연하지만, 병원은 당사자가 요구하면 그의 의무기록을 제공할 의무가 있으며, 이것은 어느 나라나 동일하다. 자신의 전자의무기록을 손에 얻고, 이는 매우 당연한 환자 자신의 권리라는 것을 자각하여야 한다. 자신의 권리를 행사하고, 자료를 모아서 관리하도록 하는 것을 유도해야 한다.

앞으로 의료소비자 시장에 선을 보일 Next PHR 서비스는 좀 더 사용하기 쉽고, 보다 단순하며, 보험회사와 금융회사들의 개인평가지수로도 활용이 될 것이다. 개인의 건강정보가 금융기관의 주요한 이율 계산 모델에 들어갈 것이라고 상상한다면, 그 활용처는 매우 무궁무진하며, 사용자들은 더 철저하게 건강관리에 신경을 쓸 것이다.

개인의 의료정보는 개인에게 돌려주어야 하며, 이를 유료로 제공하려고 하는 수많은 의료서비스가 파생될 것이다. 개인건강기록의 시대는 이제 곧 적극적인 시장으로 돌입할 것이다.

Trend 03 _ Smart Factory

스마트공장





스마트공장 분야 2016년 원안 작성위원

- **한순흥** 교수 — 한국과학기술원 / shhan@kaist.ac.kr
- **한근희** 교수 — 고려대학교 정보보호대학원 / khhan@formal.korea.ac.kr
- **차석근** 부사장 — ㈜ACS / sk_cha@acs.co.kr
- **권대현** 팀장 — LS산전 / daehyunka@lsis.com
- **김용운** 실장 — 한국전자통신연구원 / qkim@etri.re.kr
- **문두환** 교수 — 경북대학교 / dhmun@knu.ac.kr
- **조태희** 이사 — 조앤리컨설팅 / sjscth@naver.com
- **현용탁** 이사 — ㈜일진 / hyunyongtak@iljin.com



• 총 론 118
• 국가표준코디네이터 담당분야 소개 122
• 스마트공장 분야 10대 트렌드
01. 실시간 생산자원 4MIE 데이터 분석 및 관리 기술 124
02. 글로벌 복수공장 통합운영 기술 127
03. 에이전트 기반 생산설비 자율보전 기술 130
04. PLM - MES 인터페이스 기술 133
05. 제조 설비와 기간 정보 시스템들 간의 연계 데이터 표준 135
06. 제조 설비간 정보 연동 기술 138
07. 스마트공장 커넥티비티 기술 140
08. 스마트공장 정보보호 프레임워크 144
09. 스마트공장 정보보호관리체계 148
10. 스마트공장 사이버보안 위험관리 프레임워크 151

총 론

한국은행에 따르면, 2000년대 들어 우리나라의 경제성장률은 빠른 속도로 낮아지고 있고, 1인당 국내총생산(GDP) 성장률은 1990년대 연평균 7.2%였으나 2000년대엔 4.6%로 낮아졌고 2010년 이후에는 3%대 중반으로 떨어졌고, 이는 1990년대 5.4%에 달하던 노동생산성 증가율이 2000년대 4.5%로 낮아진 데 상당 부분 기인하고 있다고 합니다. 산업별로는 제조업과 서비스업 전반에서 2000년대 들어 노동생산성 증가율이 큰 폭으로 하락했으며, 우리나라의 성장잠재력 확충을 위해서는 이처럼 크게 하락한 제조업과 서비스업의 노동생산성 증가율을 높이는 것이 무엇보다 중요하다고 합니다.

이에 따라 최근 정부는 제조업 진흥을 위해 '제조업 혁신 3.0'이란 기치 아래 4대 추진방향, 13대 세부 추진과제를 시행 중에 있습니다. 스마트 생산방식 확산, 창조경제의 대표 신산업 창출, 지역 제조업의 스마트 혁신, 사업재편 촉진 및 혁신기반 조성이란 4대 추진방향과 스마트공장 보급·확산, 스마트 제조기술 개발, 제조업 소프트파워 강화, 스마트 융합제품 조기 가시화 등 13대 세부 추진과제를 진행 중에 있는 것입니다.

이를 통해 2020년까지 스마트공장 1만 개 확산을 통해 중소·중견기업 공장(20인 이상)의 약 1/3을 IT기반 생산관리 이상 수준으로 스마트화시키고자 하며, 스마트공장 고도화와 융합신제품에 필수적인 IoT 등 8대 스마트 제조기술에 2017년까지 1조 원 규모의 민관 R&D를 추진하고, 2015년에 300억 원 규모의 제조-IoT 투자 펀드 조성 등을 통해 상용화를 촉진하고자 하고 있습니다.

일반 소비자용 및 산업용 제품을 생산하는 공장은 경영, 영업/수주, 제품 기획, 설계, 개발, 원부자재 구매, 제조, 품질검사, 재고관리, 출하 등 다양한 사업 활동을 통해 운영되고 있습니다. 하나의 제품을 제조하는 데에는 제품 원료가 되는 원부자재가 필요하



최동학
E-mail : nsc.smart.factory@gmail.com
연세대학교 전기전자공학 박사
(前) ㈜싹난지팡이 대표이사
(現) 순천향대학교 교수

고, 원부자재 제조과정을 거슬러 올라가면 근본 물질을 만드는 과정부터 시작되는 후방산업군이 한 가지 제품 생산을 위해 뒷받침하게 됩니다. 또한, 생산된 제품이 유통망을 경유하여 최종 소비를 하는 고객에게 전달되고, 고장에 대한 수리 서비스, 사용 종료된 제품에 대한 폐기 또는 제품 속의 재생 가능한 자원에 대한 재활용 등 고객에 근접해 있는 주체들로 형성되는 전방산업군이 존재합니다.

하나의 제품에 연결되는 후방산업 주체들과 전방산업 주체들이 같은 가치사슬을 공유하게 되고 전체적인 산업 고도화와 지능화는 가치사슬에 속한 각 주체들이 다같이 지능화의 수준을 높여야 병목현상이 일어나지 않게 됩니다. 가치사슬 전체의 지능화는 당사자들 간에 정보 생산, 정보 조직화, 정보 교환, 정보 가공 등의 수준에 의해 좌우되고, 스마트공장 분야에서의 표준화는 이들 요소들을 가장 효율화시킬 수 있는 방향으로 표준화 작업이 이루어지게 됩니다.

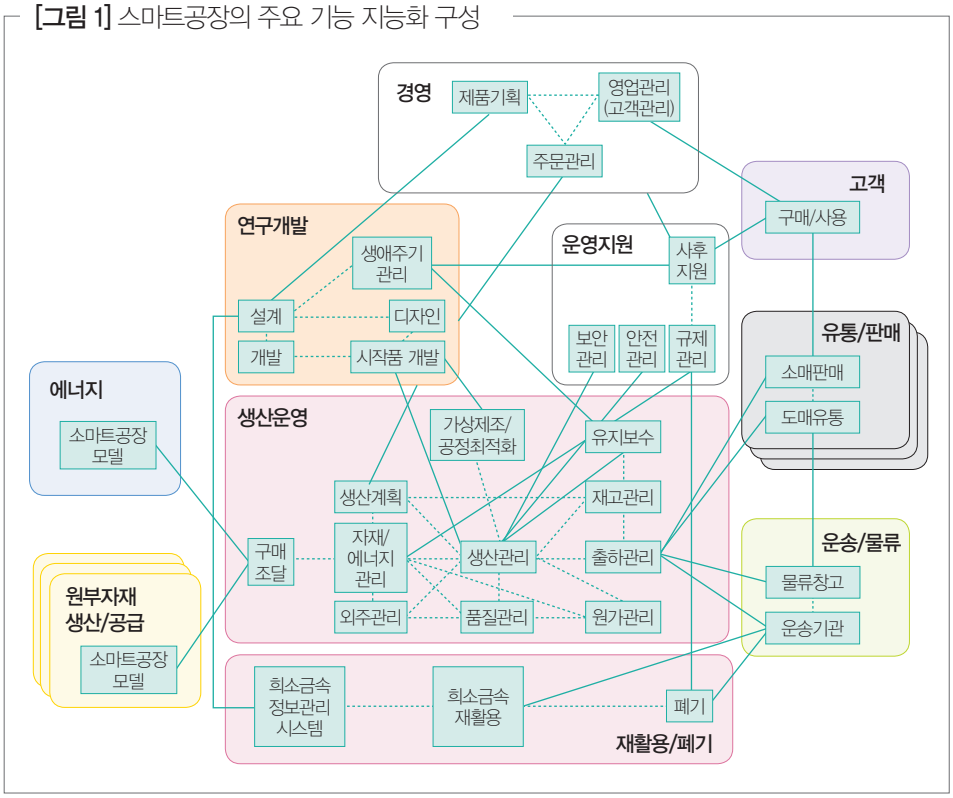
정부가 바라보는 스마트공장은 공장 내의 지능화뿐만 아니라 가치사슬 전체에 대한 지능화를 목표로 하고 있습니다. 그러나, 한정된 자원에 대한 선택과 집중 측면에서 가치사슬 전체의 수평통합을 통한 지능화 목표보다는 공장 내 생산 운영에 대한 수직통합적 지능화 목표가 더 우선적으로 고려될 수밖에 없는 현실이 존재하고 있습니다. 이에 따라서 중소·중견 제조기업들에 대한 스마트공장 추진은 공장 내 제반 업무들에 대한 생산정보화 및 사물인터넷, 증강현실, 빅데이터, CPS(Cyber Physical Systems) 등과 같은 ICT 기술을 접목하는 지능화로 먼저 진행되고 있습니다.

제품이 실제 생산되는 제조공정에는 수많은 공작기계, 제조라인, 작업자 등이 움직이고 있고 구성 요소들 간에 ICT 기술로 연결되고 정보를 교환하여 생산활동을 지원하고

총 론

있습니다. 제조공정의 다양한 구성 요소에서부터 생산관리, 품질관리 등 제품 생산과 기획, 영업, 인력 등 경영에 이르기까지 정보 교환의 주체들 간에는 표준화된 형태로 정보가 교환되고, ERP, MES, PLM 등 여러 가지 생산 지원 시스템들이 ICT 기술의 활용을 통해 정보를 연계, 통합, 가공을 거쳐 지능화를 달성하게 됩니다.

[그림 1] 스마트공장의 주요 기능 지능화 구성



정부는 스마트공장의 다양한 구성 요소들이 원활하게 연동 및 통합될 수 있도록 하는 데에 표준을 기반으로 하는 상호운용성 확보가 필수적이라는 인식을 갖고 스마트공장에 대한 표준 기반 R&D 로드맵을 수립해왔으며, 그 가운데 핵심적인 10가지 주제에 대한 표준 및 기술 트렌드를 분석하는 작업을 하였습니다. 로드맵과 함께 10대 표준화 전략 트렌드가 스마트공장 추진에 대한 개괄적 이해와 대응 전략 수립에 도움이 되길 바랍니다.

국가표준코디네이터 담당분야 소개

스마트공장은 제품의 기획·설계, 생산, 유통·판매 등 전 과정이 IoT·CPS·IoS 등의 ICT와 융합해 자동화·정보화되어 가치사슬 전체가 실시간 연동·통합됨으로써 생산성 향상, 에너지 절감, 인간중심의 작업환경을 구현하고, 최적 비용·시간으로 고객맞춤형 제품을 생산하는 공장이다.

따라서 스마트공장 기술의 영역은 수평통합 및 수직통합을 아우르는 스마트공장의 개념과 그와 연관된 주요 기술도 영역 내에 포함한다고 볼 수 있다. 다만 대부분의 낮은 수준에 있는 중견·중소 제조업들의 경우 수직통합이 우선적으로 필요한 상황이며 이를 우선적으로 고려하여 스마트공장과 주요 기술 분야를 다음과 같이 구분하였으며 이후의 기술트렌드도 4가지 분류 기준 내에서 선정하였다. 각 분야별 개념은 다음과 같다.

- 공정 모델
- 산업 데이터
- 스마트 커넥티비티
- 보안

공정 모델 분야는 수직통합을 주요 목표로 하여 제조 현장에서의 지능화를 위한 기술에 목표를 두고 있으며, 또한 수평통합을 위한 핵심 기술도 일부 포함하도록 한다. 스마트공장 내의 제조공정은 각종 공작기계가 설치되어 작업자들이 제조 행위를 수행하는 작업 현장을 나타낸다. 따라서 제품을 생산하는 직접적 제조 행위가 전개되는 곳이어서 제조 지능화의 주요 목표 대상이 되며, 제조 공정 모델에 대하여 주요 기술 분야들을 다루도록 한다.

산업 데이터 분야는 산업 자동화 과정에 설계 및 제품의 정보를 표현하고 교환하는 기술들을 다루도록 한다. 일반 제조업, 조선해양, 플랜트, 원자력 플랜트 등의 모든 업종들이 가진 제품과 각종 설계 데이터를 가치사슬에 속한 협업 주체들 간에 교환하기 위한 일관된 형식을 표준화의 대상으로 하고, 이를 바탕으로 스마트공장의 핵심 자원을 생성, 교환, 관리할 수 있다. 이와 연관된 주요 기술 분들을 도출하여 산업 데이터 분야에서 다루도록 한다.

스마트 커넥티비티 분야는 공정 기기들에 대한 연결을 형성하여 계측 및 제어를 수행하는 기술들을 다루도록 한다. IEC TC65에서는 실시간(MT9, IEC 61158), 프로파일(MT9, IEC 61784-2), 기능 안전 통신(WG12, IEC 61784-3), 고가용성 통신(WG15, IEC 62439) 분야로 나누어 산업용 통신 표준 기술을 담당하고 있다. 초기 하나의 필드버스 기술로 통합하려고 하였으나, 다양한 공장 환경을 고려하여 지역별, 회사별 필드버스 및 실시간 산업용 이더넷 표준들을 정의하고 있다. 따라서 이러한 사항들을 중심으로 주요 기술 분야들을 포함한다.

보안 분야는 스마트공장의 성숙도가 4단계의 수준으로 구분되고 있고, 각 수준에서도 기업들은 각기 다른 공정기기, 제조 프로세스, 업무 절차, 기업 관행 등을 갖고 있다. 기업은 경영 현실에 맞게 다양한 형태로 구현 가능한 상황에서, 각 단계별로 고려하여야 할 보안 요구사항, 보안 프레임워크를 먼저 정의하고, 그에 따른 보안 기능 및 인터페이스, 보안 관리 활동 등 세부 요소에 대한 정의가 이루어져야 하며 보안 분야는 이러한 사항들을 중심으로 주요 기술 분야들을 다루도록 한다.

따라서 이와 같이 스마트공장 10대 전략트렌드는 공정모델, 산업용데이터, 스마트커넥티비티, 보안의 4가지 분류에서 기술한 내용 중심으로 파악한 10가지의 주요 기술흐름을 설명하도록 하며 이외의 영역을 모두 포함한 나머지 내용은 2016 스마트공장 표준기반 R&D 로드맵에서 자세히 설명하도록 한다.

01

Smart Factory

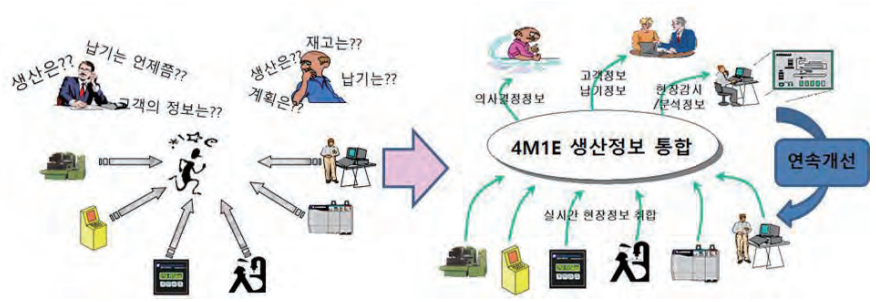
실시간 생산자원 4M1E 데이터 분석 및 관리 기술

시시각각 변하는 생산자원 4M1E 실시간 데이터 분석을 통하여 고객에 대한 납기 정보, 공장 내 의사결정 정보와 현장 감시 및 분석 정보를 통하여 공장 전체의 생산성 향상을 위한 최적 운영을 제공한다.

전형적인 국내 제조업에서는 고객 주문의 다양한 변화 증대로 인하여 생산현장의 생산자원(4M1E: Man, Machine, Material, Method, Energy)이 시시각각 변화되는 환경이 도래하게 되었다. 이에 대응하여 4M1E 실시간 정보 통합화를 통하여 고객에게 주문된 제품에 대한 납기 정보를 제공하여 고객만족도를 개선하고, 제조공장 최고경영자에게 최적의 의사결정 정보를 제공하고, 현장 관리자에게는 생산 현장 운영에 대한 실시간 감시 및 분석을 통하여 생산현장에 품질 향상, 납기 단축, 원가 절감에 대한 KPI(Key Performance Indication: 핵심성과지표) 기반의 연속개선 업무를 제공한다. 이러한 역할을 통해 실시간 생산자원 4M1E 데이터 분석 및 관리기술은 공장 전체에 대한 최적화 운영을 통해 생산성을 관리하는 기술이다.

2015년부터 2020년까지 총 1만 개 보급 확산을 위한 제조현장의 경쟁력 제고를 위해 다양한 형태의 스마트공장 보급 확산을 위한 기반 기술로 4M1E 생산자원 관

[그림 2] 4M1E 생산정보 통합화 도입 전과 도입 후의 모습



출처 : 중소기업 생산정보화 참조모델 연구, 2006

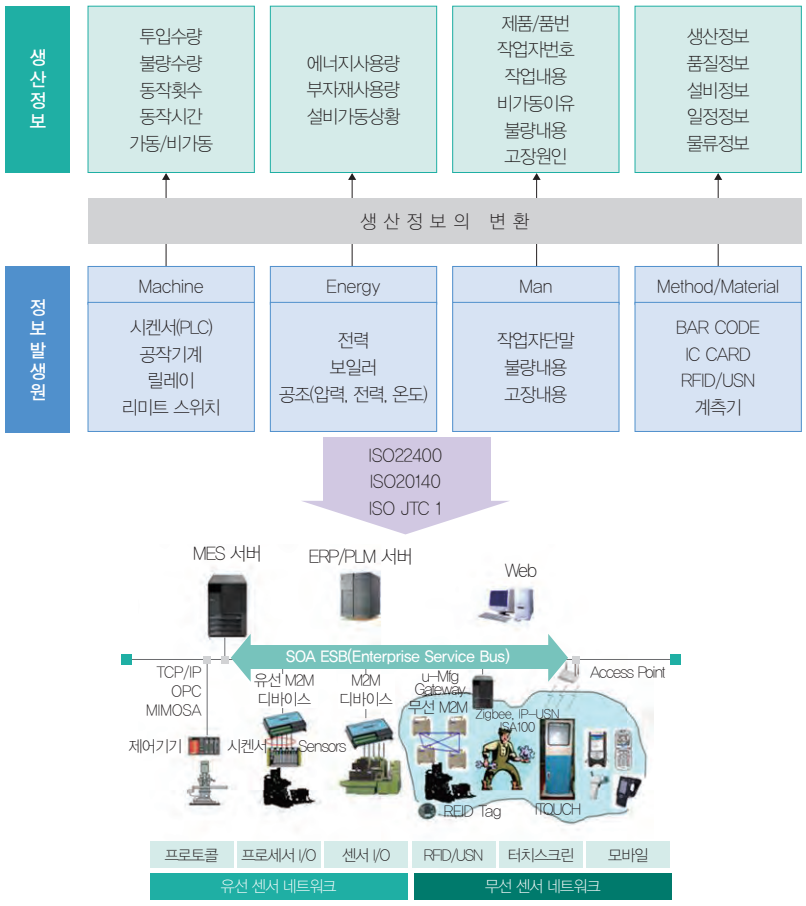
리기술이 쓰이게 된다. 이 기술은 국제표준 ISO 22400 KPI for MOM, 실시간 핵심 성과지표에 대한 작업시간 모델과 성과지표 항목의 표준 기술, ISO 22400 제조업 생산현장 에너지 사용량 관리 및 최근 사물인터넷 분야로 부각되고 있는 ISO/IEC JTC 1 센서 네트워크 및 사물인터넷 표준 기술을 적용하여 이를 생산정보화(MES: Manufacturing Execution System), 전사적 자원관리(ERP: Enterprise Resource Planning), 제품생명주기관리(PLM: Product Lifecycle Management) 등의 타 애플리케이션 서버에 실시간 생산정보로 변환하는 기능을 수행한다.

변환된 정보는 실시간으로 생산계획과 실적, 생산실적에 따른 에너지 및 부자재 사용량, 설비의 가동현황 및 비가동 내용 등을 포함하는 생산, 품질, 설비, 일정 및 물류 핵심성과지표로 관리되며, 본 성과지표를 바탕으로 공장 운영의 생산성을 위한 최적 운영을 위한 기반 정보로 활용된다.

시스템 관점에서 생산자원 4M1E 통합화를 위하여 크게 유선센서 네트워크와 무선센서 네트워크 기술을 적용하여 아래와 같은 형태로 정보 관리를 가능하게 한다.

- 생산현장 설비의 제어기기와 RS 232C/422 등을 포함하는 시리얼 통신, Ethernet TCP/IP, OPC, MIMOSA 등과 같은 국제표준을 준수한 프로토콜을 통한 표준 통신 인터페이스 방안
- 생산현장의 설비의 프로세스 I/O의 운전 상태를 유무선 M2M 디바이스를 통하여 생산자원 정보를 수집하는 방안

[그림 3] 국제표준기반 실시간 4M1E 통합화



출처 : 스마트공장을 위한 IT융합 표준화동향 분석과 시스템 구조, 2015

– 생산현장의 설비에 센서를 추가 설치하여 생산정보에 필요한 신호를 관리하는 방안

– 생산현장의 작업자의 바코드, RFID, 모바일 터치 장치 등과 같은 입력을 통하여 생산자원 정보를 관리하는 방안

이러한 실시간 생산자원 4M1E 데이터 분석 및 관리기술을 활용하면 생산현장을 작업장 단위로 구성된 4M1E 구성관리를 통하여 작업장의 변경, 삭제, 추가 등을 용이하게 재구성할 수 있어 고객의 급변하는 주문에 유연하게 대응할 수 있도록 한다.

02

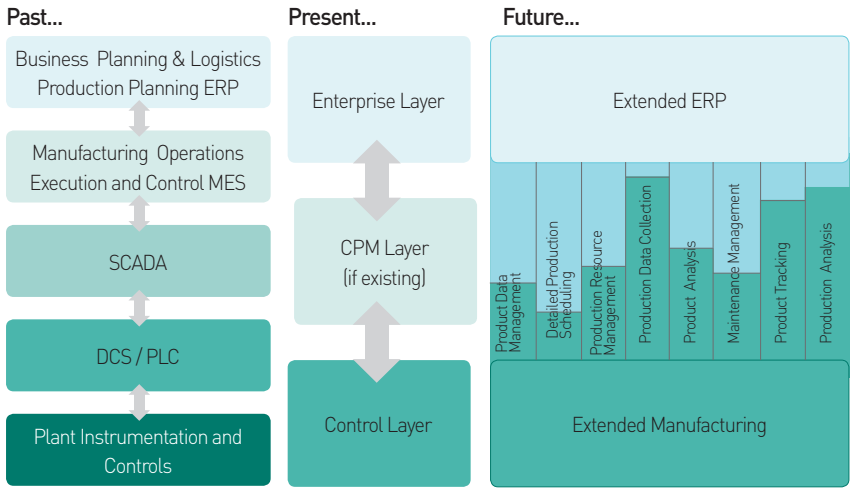
Smart Factory

글로벌 복수공장 통합 운영 기술

국내 제조업은 글로벌화 요구의 증대로 인하여 해외공장 진출이 활발하게 진행되고 있다. 기존의 독립적인 공장통합 운영 시스템 관리 방식에서 단일 애플리케이션 서비스를 통한 중앙 통일 애플리케이션 서비스 시스템 구조방식으로의 구축이 필수적이다.

국내 제조업의 글로벌화 확대로 인하여 해외에 구축한 공장 운영에 대해 단일 애플리케이션 플랫폼에 의한 운영의 필요성이 증대되고 있다. 과거에는 정보시스템의 실시간 처리능력의 한계로 인하여 다단계 구조의 정보시스템 계층으로 구성되어 왔으나 최근엔 Plan(ERP)–Execution(MES/CPM)–Control(PLC/DCS) 3계층으로 시스템이 구성되었다. 해외공장을 실시간 통합된 공장으로 운영관리하기 위해선 Execution 계층을 해외 공장에 서버시스템으로 구축하는 것이 필수적이었다. 이러한 구조의 시스템은 동일 제품을 생산하는 생산공장의 경우에도 개별적인 생산설비, 생산방식, 관리방식과 공장운영 정보시스템의 실시간 처리능력의 한계로 인하여 각 공장마다 독립적인 Execution(MES/CPM) 계층을 위한 분산관리의 어려움을 갖고 있다. 최근 정보시스템의 실시간 처리능력, 고속 네트워크 기반의 인터넷 기술 및 빅데이터와 같은 대용량 데이터 베이스 기술로 인하여 시스템 계층은 [그림 4]와 같이 3계층에서

[그림 4] 원격 모니터링 및 원격의료 서비스



출처 : 실시간 제조정보시스템의 발전, u-Manufacturing 보고서, 2010

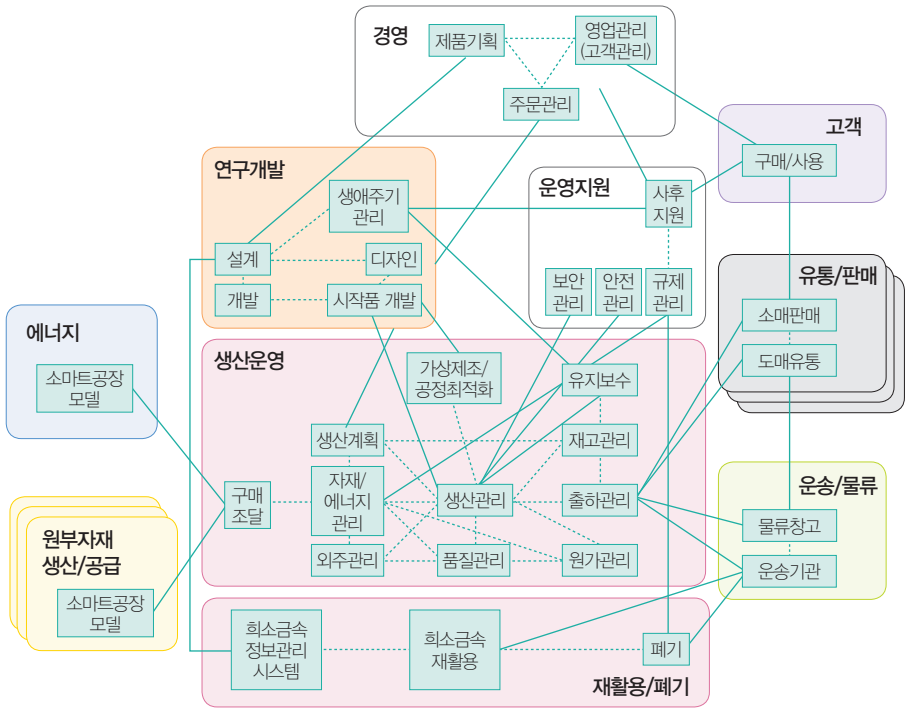
실시간 처리 중심의 2계층으로 발전될 것이다 .

이러한 제조정보시스템은 생산현장의 벳치제어, 연속제어, 이산제어 등과 같이 분류되는 생산방식에 따른 IEC 61512 국제표준과 ERP/SCM/PLM 등 전사적 제조정보시스템과 통합화를 위한 IEC 62264 Enterprise Control Integration 국제표준의 적용이 필수적이다. IEC 62264 MES/CPM 표준 기능에는 [그림 5]에 제시된 것과 같이 생산운영에는 생산관리 기능을 중심으로 생산계획, 자재/에너지관리, 구재조달, 외주관리, 품질관리, 원가관리, 유지보수, 공정최적화, 출하관리 및 원가관리 표준기능이 연구개발, 운영지원, 경영, 운송/물류, 유통/판매 및 원부자재 및 에너지 관리 등 연계된 표준기능으로 구성된다.

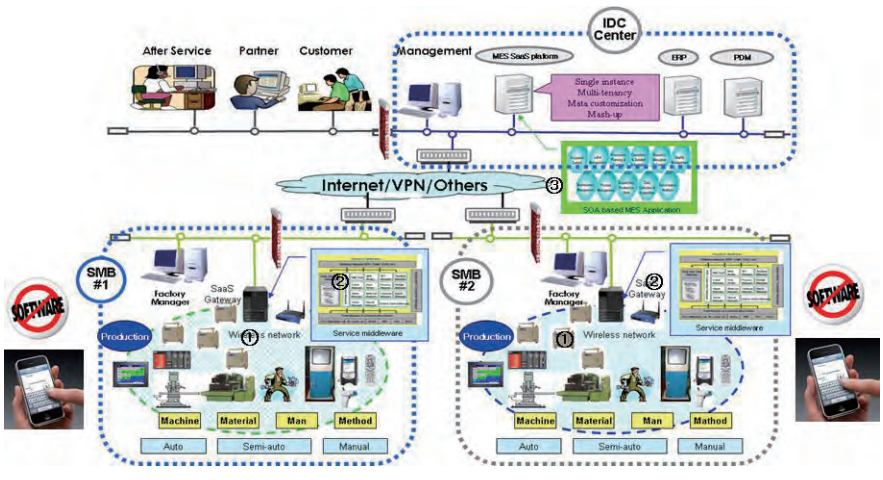
전통적으로 생산운영 애플리케이션이 공장 단위로 운영되었던 것을, IEC 62264에 지향하는 표준 애플리케이션 플랫폼을 중앙 서버 혹은 IDC(Internet Data Center)에서 운영하고 IEC 61512 국제표준에서 요구된 벳치, 연속 및 이산제어를 위한 생산방식을 표준 관리하게 되면 중앙에서 단일 생산운영 애플리케이션을 구현할 수 있다.

생산현장의 다양한 생산방식에 대한 관리항목의 표준화를 통하여 클라우드 컴퓨팅 서비스를 구현할 수 있는 시스템으로 발전이 가능하다.

[그림 5] 스마트공장에 요구되는 표준기능



[그림 6] 글로벌 복수공장 단일 애플리케이션 구조



출처 : 충남 TP TAST 과제 2013

03

Smart Factory

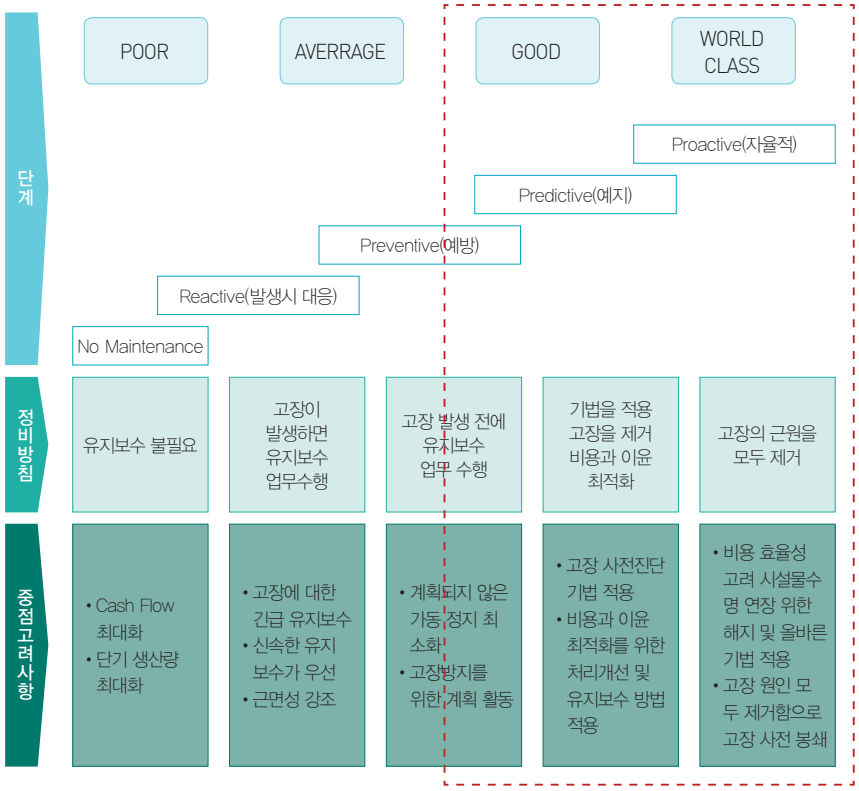
에이전트 기반 생산설비 자율보전 기술

생산설비를 예방정비하는 방식으로 CBM(상태기반 유지보수) 방식을 사용하던 것에서 자주 발생하거나 발생의 원인을 근본적으로 대처할 수 있도록 기계 자기학습(Machine Learning) 방식으로 진화하여 자율적으로 처리하도록 한다.

생산설비의 고도화와 복잡화 증대로 인하여 단순 고장이 발생하면 보수 업무를 수행하던 방식에서 정리/정돈/청소/청결/습관화를 포함하는 5S 활동에 기반한 TPM (Total Productivity Maintenance)도입과 설비의 각종 센서에서 발생하는 신호를 수집하여 이를 유지보수에 사용하는 CBM(Condition Based Maintenance: 상태기반 유지보수) 기반 예방정비 및 예측정비를 구축하고 있다. 향후에는 본 설비의 상태를 기반으로 기계의 운전 특성을 고려한 기계 자기학습(Machine Learning) 기술을 융합한 자율 유지보수 기반으로 발전이 예상되고 있다. 이러한 자율적 유지보수 기반의 시스템을 구축하면 고장의 근본 원인을 모두 제거하므로 설비의 고장이 생산성에 미치는 영향을 극소화할 수 있게 된다.

이러한 시스템은 단기 관리 관점에서 [그림 7]에 제시된 것과 같이 각 생산설비에서 상태 측정에 연계된 센서로부터 실시간으로 정보를 수집하고 상한선과 하한선을

[그림 7] 유지보수시스템의 발전 방향



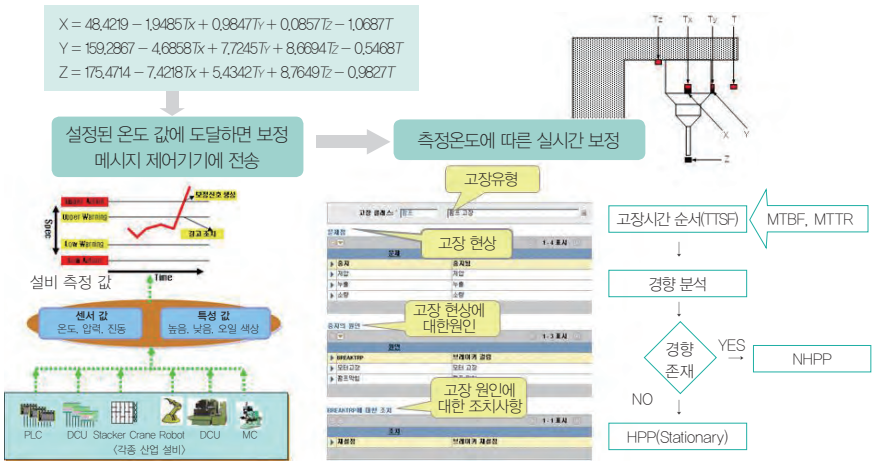
출처 : World Best Maintenance 도입 방안, 2012

설정하여 센서에서 발생하는 정보가 설정된 상한선과 하한선에 도달하게 되면 각 상태에 대한 고장유형, 고장현상, 고장원인에 대한 조치사항을 실시간으로 처리하게 된다.

이와 같이 수집된 동향 정보는 MTBF(Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time To Repair) 등을 포함하는 고장시간 순서의 정보로 변환되고 경향이 존재하는가를 분석함으로써 생산설비에 최적의 운전 정보를 제공하여 고장의 근본 원인을 제거할 수 있게 된다.

생산설비 관리시스템 ISO 18435 Industrial automation systems and integration -- Diagnostics, capability assessment and maintenance applications integration의 CBM 적용 방안이 있고, 상위 자산관리시스템으로는 ISO 55000 Asset Man-

[그림 8] 생산설비 자율보전 운영 절차



출처 : 자율보전 구축방안 보고서, 2015

agement가 국제표준으로 제시되고 있다.

이러한 자율보전 시스템을 생산설비에 구축하면 제어기기가 부착되지 않은 구형설비에 유무선 센서 방식의 스마트 형태 자율보전 운영을 구축할 수 있어 편리하게 시스템을 운영할 수 있는 강점이 있다.

04

Smart Factory

PLM - MES 인터페이스 기술

제품의 개발과 공정계획을 준비하는데 사용되는 PLM 시스템과, 설비를 구동하여 제품을 생산하는 공정을 관리하는 MES 시스템을 인터페이스하여 디지털공장을 가능하게 하는 기술

현재 제조업체에서는 일반적으로 MES가 ERP와 연계되어 업무가 진행되고 있으며, PLM을 사용하는 제품 개발부서나 설계부서에서는 MES와 연결되어 있지 않은 것이 일반적이다.

PLM과 MES를 인터페이스하는 기술은 디지털공장을 구현하는데 필요하다. PLM에서 Bill of Process (BOP)를 생성하는 과정에, 디지털공장을 이용한 시뮬레이션에 기반하게 되는데, 실제 생산현장의 MES에서 취득되는 현장 데이터와는 차이가 발생한다.

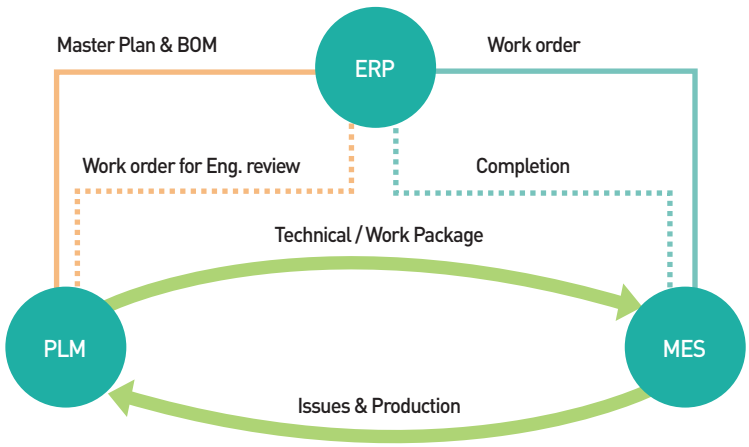
As-built configuration과 as-designed configuration를 비교하는 것이 가능해진다. 이 인터페이스 기술은 형상관리(Configuration management)가 필요한 산업, 즉, 설계변경관리가 중요하고 생산에 영향을 많이 주는 산업에 필요하다. 과거에는 주문생산을 하는 산업군, 즉, 플랜트산업에서 설계변경관리가 중요하였지만, 대량맞

춤(mass customization) 시대에서는 대부분의 산업군에서 PLM과 MES 인터페이스가 필요하다.

설계의도를 담고 있는 디지털 설계모델(CAD 모델)과, 현장의 설비(장비)에 내장된 무선센서 네트워크 또는 IoT에서 전달되는 장비의 상태정보를 결합하여, 제품의 사용(또는 운용)과 유지보수 자동화를 가능하게 한다.

국제표준화 전략 차원에서도 본 표준화 추진은 한국이 주도할 가능성이 높은 표준의 틈새시장이다. 현재 PLM 표준은 ISO/TC184/SC4에서 담당하고 있으며, MES 표준은 ISO/TC184/SC5에서 담당하고 있으나, 이 두 조직 사이에 놓여 있는 PLM-MES 인터페이스 표준은, 틈새 표준이면서 동시에 타 조직들이 아직 관심을 보이지 않고 있기 때문에, 한국이 선도적인 표준화를 주도할 가능성이 높다.

[그림 9] PLM - MES 인터페이스 기술 개요 및 특징



PLM: Product Lifecyle Management, MES: Manufacturing Execution System, ERP: Enterprise Resource Planning

05

Smart Factory

제조 설비와 기간 정보 시스템들 간의 연계 데이터 표준

스마트공장의 고도화를 위해서는 제조 현장의 이종 설비들과 기간 정보 시스템들 사이에 표준화된 데이터 통신 규약이 필요하다. 공작기계, 로봇, 3D 프린터, 검사장비 등 제조 설비와 디바이스, 센서로부터 수집된 데이터를 MES, HMI, PC 등 상위의 기간 정보 시스템에 전달하기 위한 데이터 표준 프로토콜 기술로서 MT-Connect가 확산되고 있으며, 이에 대한 표준화와 적용 기술의 확보가 필요하다.

스마트공장의 구현을 위해서는, 설비와 디바이스 단계의 data-driven 제조 구현을 위하여 IIoT를 쉽게 실현할 수 있는 통신 표준이 요구된다. 다양한 설비, 디바이스, 센서가 혼재되어 있는 제조 공정으로부터, 데이터들을 일관성 있게 수집하고 상위 시스템에 전달하기 위해서는 표준화된 통신 프로토콜이 필요하다. MTConnect는 이러한 목적으로 공작기계 분야를 중심으로 적용이 시작된 표준이며, 구현의 용이성에 힘입어서 최근에 공작기계 뿐만 아니라 주변장치, 툴링장치, 센서, 검사측정장치, 모니터링 장치, 로봇, 3D 프린팅 등 다른 제조 설비 및 디바이스 분야로 확대 발전되고 있다.

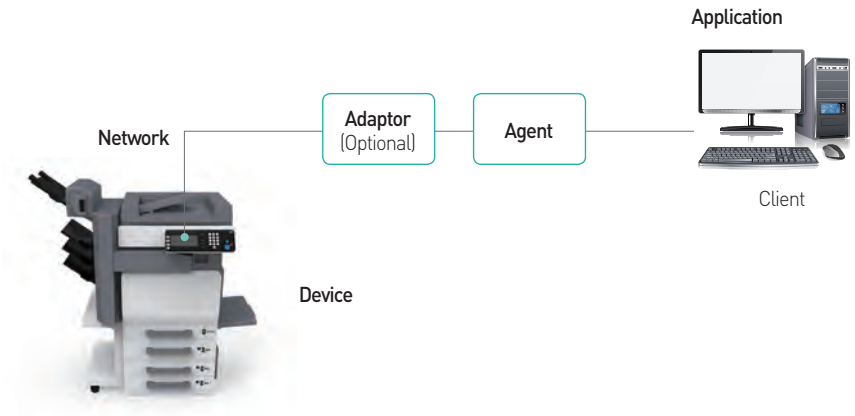
MTConnect는 HTTP, Ethernet, XML 등 표준 인터넷 기술에 기반하고 있으며, [그림 10]에서 보는 바와 같이 디바이스, 어댑터, 에이전트, 네트워크 및 클라이언트의 5가지 요소로 구성된다. 제조 설비들은 제어기, 시스템, 축 등의 요소들로 구성된 디바이스 모델로 표현된다.

MTConnect는 개방형, 무료 표준으로서 샵 플로어 환경을 위해서 만들어졌으며, 정보를 데이터 소스로부터 데이터 클라이언트로 한 방향으로만 전달하며, 저비용으로 매우 쉽게 구현할 수 있는 장점을 가지고 있다. 다른 표준에 비하여 중요한 특징은, 제조 데이터를 위한 'dictionary'를 가지고 있어서, 다양한 장비로부터의 데이터가 공동의 정의를 가질 수 있게 한다. 또 다른 특징은 데이터가 서로 다른 응용 프로그램에서 중복하여 정의되는 것이 아니라, 데이터가 발생하는 설비나 디바이스에서 한 번만 정의된다는 것이다.

MTConnect를 통해 취합된 이종기기의 데이터들은, MES, HMI, ERP 등 상위 기간시스템에서 함께 해석되고, 가시화되고, 웹 브라우저에서 보여질 수 있어서, 설비의 종류에 무관하게 공통적으로 사용될 수 있는 기반을 제공한다.

미국을 중심으로 개발된 MTConnect는 일본과 유럽으로 확산되고 있으며, 이미 많은 주요 공작기계 및 공구관련 설비, 모니터링 소프트웨어 프로그램, MES 소프트웨어들에서 지원하고 있다. 또한, 유럽의 자동화 설비에서 많이 활용되는 OPC UA 표준과의 공동 연구에 의해 상호호환성을 확보하고 있다. 구현의 용이성으로 인해 앞으로도 스마트공장을 위한 IIoT의 실현을 위해 관련 업계에서의 적용 확대가 예상되고 있다. 국내에서는 일부 산·학·연 기관에서 MTConnect를 활용한 가공 라인의 공정관리 시스템이나 네트워크 통신 모듈 및 모니터링 시스템 개발을 하고, 적용 테스

[그림 10] MTConnect 개요



출처 : Getting Started with MTConnect, Connectivity Guide, Oct. 2011)

트를 진행하고 있는 상황이다.

샵 플로어의 데이터에 기반한 실시간 모니터링과 예지보전 시스템 구축 등 스마트 공장의 고도화를 위해서는 이러한 데이터 표준을 적용한 기술을 개발하고 확산하는 것이 필요하다. 이를 위해서, 데이터 표준에 대한 상세 검토와 상용 제품들에 대한 비교 검토를 시작으로 하여, 국내 공장환경에 적합한 통신 모듈들을 개발하고, 실제 제조 환경에서의 테스트를 통해 적용 사례들을 확산해나갈 필요가 있다.

06

Smart Factory

제조 설비 간 정보 연동 기술

제어 소프트웨어 컴포넌트들을 통합하기 위한 표준 인터페이스를 제공하기 위한 OPC 표준에 플랫폼 종속성 문제를 해결하기 위한 기능이 추가된 산업용 설비 데이터 변환 기술

PC 기반의 제어 소프트웨어들은 여러 벤더들에 의해서 호환성을 고려하지 않고 개발되어지므로 상호운영성이 부족하여 다른 벤더들에 의해서 개발된 제어 소프트웨어들을 통합하기는 매우 어렵다. 이에 따라 제어 소프트웨어 컴포넌트들을 통합하기 위한 표준 소프트웨어 인터페이스가 필요하다. 제어 소프트웨어들 간의 통합을 위한 인터페이스 표준으로는 OPC 및 OPC-UA가 있다.

OPC-UA는 OPC Foundation에서 개발한 제어 소프트웨어들 간의 상호운용성 확보를 위한 산업 M2M 통신 프로토콜이다. OPC-UA는 이전 모델인 OPC와 크게 다르며 보안이 강화됨에 따라 공정 제어를 위한 크로스 플랫폼 서비스 지향 아키텍처(SOA)가 추가되었다. 이에 따라 원래 OPC 통신 모델에 한정되지 않고 다양한 플랫폼 지원이 가능하다.

표준 개발 현황을 살펴보면 OPC-UA 표준의 초기 버전의 배포 후에 기 개발 표준

들에 대한 고도화 작업을 진행하고 있다. 관련하여, 2012년 2월에 기존 파트들에 대한 개정과 신규 파트에 대한 명세서를 발표하였다.

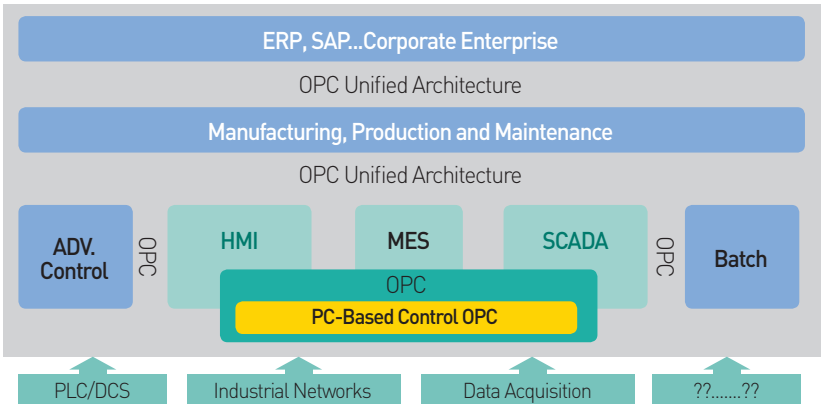
OPC-UA 클라이언트와 서버 구현을 위해서는 기존의 OPC 규격에 대한 지원이 되어야 하고 추가적으로 보안 및 성능에 대한 문제를 해결해야 한다. 그리고 OPC-UA 클라이언트와 서버에서 식별된 하위 모듈에 대한 컴포넌트화 및 현장의 여러 장비들을 OPC-UA 서버에 연결하여 통합하는 기술이 표준화되어야 한다.

국내에서 확보된 제어 및 모니터링 시스템을 위한 OPC-UA 클라이언트/서버 프레임워크 기술은 전체적으로 국외 선진기술과의 격차가 존재한다. 국외 업체에서 OPC-UA 표준 일부를 상용화한 사례가 있어 이에 대한 분석을 통해 지원 범위 및 한계점을 조사할 필요가 있다. 그리고 이를 바탕으로 국내 관련 산업으로의 OPC-UA 표준 확산 전략을 수립하고 정부 지원을 통한 실증사업을 통해 OPC-UA 표준의 산업 적용 기반을 조성할 필요가 있다.

[그림 11] OPC-UA 개요 및 특징



[그림 12] OPC-UA의 역할 및 스마트공장 적용



07

Smart Factory

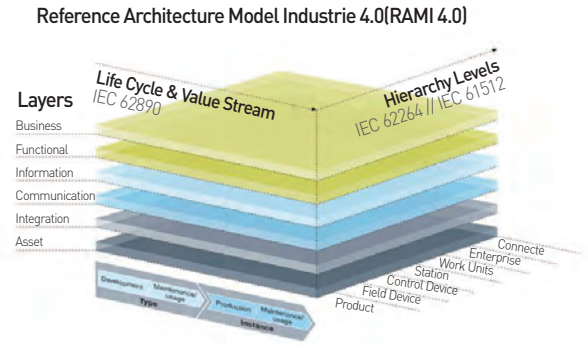
스마트공장 커넥티비티 기술

스마트공장은 공장 내·외부의 다양한 사물 및 서비스와 연결됨에 따라 다양한 도메인 솔루션 및 기업 간 네트워킹과 통합을 위한 스마트 커넥티비티 기술을 필요하다. 최근에는 공장 내에 다양한 장비가 설치되고 연결됨에 따라 상호 간에 교환되는 데이터의 양도 폭발적으로 증가하고 있으며, 세계적으로 다양한 공장 내 네트워크 기술이 개발되고 있다. 공장 내에 사용되는 스마트 커넥티비티 방식은 사람의 생명과 자산에 심각한 영향을 줄 수 있으므로 공장 환경에 따라 명확한 요구사항을 확인하고 실시간성, 고가용성, 기능 안전 통신 등을 만족시킬 수 있어야 한다. 산업용 무선통신 기술은 아직 제어용으로 널리 이용되고 있지 않지만 이를 방해했던 문제들에 대한 해결책이 하나씩 늘어가고 있다.
스마트 커넥티비티 기술은 공장 내·외부의 상호호환성을 위하여 필요한 핵심 기술이다. 한두 개의 공장 장비에 탑재되는 기술이 아닌 공장 전체의 시스템 설계에 영향을 미치는 통합 기술로서 산업적 수용성을 가지는 표준을 바탕으로 개발되어야 한다.

스마트공장은 공장 내·외부의 다양한 사물 및 서비스와 연결됨에 따라 다양한 도메인 솔루션 및 기업 간 네트워킹과 통합을 위한 스마트 커넥티비티 기술이 필요하다. IEC SG8 Smart Manufacturing 전략 그룹에서는 [그림 13]과 같이 독일의 RAMI 4.0을 기본으로 하여 상호호환성이 중요함을 강조하고 있다.

스마트공장의 상호호환성 보장을 통해 스마트공장 운영자, 소비자 및 이해관계자는 하드웨어나 소프트웨어를 직접 구입하여 사용하는 것이 가능하며, 상이한 스마트공장 환경으로 서비스 전환 시에도 기 구입한 제품들의 재활용이 가능해야 한다. 기존 네트워크들을 보다 지능화된 시스템으로 전환하기 위해서, 스마트공장 운영자는 그들의 고객과 시장에 적합한 스마트공장을 목표로 설정하고, 유연한 사업 프로세스와 상호운용이 가능한 솔루션을 제공할 수 있는 표준화된 프레임워크 기반의 스마트공장 접근방식을 개발하는 것이 필요하다.

[그림 13] Reference Architecture Model Industrie 4.0(RAMI 4.0)



출처 : 2015년 7월 ZVEI(독일전자전기중앙산업협회) RAMI4.0 Status Report

공장환경에서는 기존 산업환경에서 널리 사용되고 있는 산업용 통신망을 수용할 수 있어야 한다. 산업환경에서는 흔히 필드버스라고 불리는 실시간 자동화 네트워크가 사용되고 있으며 IEC TC65/SC65C에서는 실시간(MT9, IEC 61158), 프로파일(MT9, IEC 61784-2), 기능 안전 통신(WG12, IEC 61784-3), 고가용성 통신(WG15, IEC 62439) 분야로 나누어 산업용 통신 표준 기술을 담당하고 있다. 초기 하나의 필드버스 기술로 통합하려고 하였으나, 다양한 공장 환경을 고려하여 지역별, 회사별 필드버스 및 실시간 산업용 이더넷 표준들을 정의하고 있다. 예를 들어 실시간성은 [그림 14]와 같이 분야별로 다양하므로 요구 사항 검토가 필요하다.

사이버 보안 표준 규격은 시스템과 함께 논의가 필요하여 IEC 62443 표준에서 시스템과 네트워크 관련 표준을 제정하고 있으며, 이후 IEC SC65C/WG13에서 IEC 61784-4 표준에 상세 내용을 반영할 예정이다.

국내에서는 IEC 표준 기술 중에서 국내에서 개발되었거나 사용하고 있는 표준 6종을 KS로 제정하였고, 이 중 실시간성, 고가용성, 기능 안전 관련 IEC 표준 항목을 모두 만족하는 표준 기술에는 Profinet, EtherNet/IP, RAPIEnet 등이 있다.

공장환경에 유선 네트워크를 설치하기 힘든 지역이나 배선이 되어 있지 않은 현장을 위해 무선기술이 필요하며 산업환경에 적용할 수 있는 산업용 무선통신을 이용하여 요구사항을 만족시킬 수 있다. 산업용 무선통신 기술은 주로 회전체, 이동체 분야에 적용이 되고 있으며 실시간 제어보다는 모니터링 목적으로 사용이 확대되고 있다. 즉,

[그림 14] 분야별 실시간성 요구 시간



산업자동화 분야에서 무선 네트워크 기술은 유선 네트워크 기술의 대체 기술이 아니라 보완 기술로 활용이 이루어지고 있다. 현재 무선 산업통신 IEC 국제표준 기술로는 WirelessHART(IEC 62591), ISA 100.11a(IEC 62734), WIA-PA(IEC 62601), WIA-FA(IEC CD 62948) 기술이 있다. IEC TS 62657-1 및 IEC 62657-2에서 산업현장에 무선통신 기술을 적용시키기 위한 설치 요구사항, 주파수 고려사항 및 여러 가지 무선통신 기술이 한 장소에 공존 시 문제점을 해결하기 위한 기준을 제시하고 있다.

스마트공장의 상호호환성을 위하여 사용되는 산업용 통신 기술은 한두 개의 장비에 종속되는 기술이 아닌 공장의 전체 시스템 설계 측면에서 고려되어야 한다. 공장 내에 사용되는 통신 방식은 사람의 생명과 자산에 심각한 영향을 줄 수 있으므로 공장 환경에 따라 명확한 요구사항을 확인하고 실시간성, 고가용성, 기능 안전 통신 등을 만족시킬 수 있어야 한다. 산업용 무선통신 기술은 아직 제어용으로 널리 이용되고 있지 않지만 이를 방해했던 문제들에 대한 해결책이 하나씩 늘어가고 있다. 산업

용 전용 주파수 대역 할당을 통하여 보수적인 산업자동화 분야에도 무선통신 기술 적용을 고려할 필요가 있으며, 국내 산업의 입장반영 및 대응이 적극적으로 이루어져야 한다.

08

Smart Factory

스마트공장 정보보호 프레임워크

- 제조업과 ICT 융합이 생산방식의 혁명을 일으키며, 스마트공장, 스마트 제조로 대두되었다.
- 독일에서 인더스트리 4.0을 중점으로 추진하였으나 ICT 보안 및 데이터 거버넌스 부재로 상용화에 실패하였다.
- 정보보호를 기반으로 하는 스마트공장 프레임워크의 개발이 중요한 화두이다.

여러 산업 분야에 정보통신기술(ICT: Information & Communication Technology)이 결합하면서 융합산업이 활성화되고 있다. 특히 제조 분야에 ICT가 결합하면서 스마트공장(Smart Factory) 혹은 스마트 제조(Smart Manufacturing)라는 주제가 대두되고 있다. 제조업과 ICT 융합이 생산 방식의 혁명을 일으키며 제조업 위기의 돌파구로 주목 받으면서, 제조업 부활에 날개를 달아주는 아주 좋은 요소로 급부상하고 있다.

기술의 진보로 공장이 스스로 생산관리, 공정통제 및 운영, 작업장 안전 등을 관리하는 완벽한 스마트공장으로 전환되어, 전체 생산 공정을 최적화·효율화하고, 산업 공정의 유연성과 성능을 한 차원 높게 끌어올리면서 품질 향상, 제품의 수율 향상, 전체 생산 비용 절감, 공장 운영 효율화 등 여러 분야에서 큰 도움을 얻고 있다.

독일은 2011년 'Hitech Vision 2020'에서 ICT 융합 전략의 일환으로 인더스트리

4.0 전략을 주요 테마로 포함시키고 강도 높게 추진하기 시작했으며, 인더스트리 4.0은 생산 공정, 조달·물류, 서비스까지 통합 관리하는 '스마트공장'이 목표로서, 이를 위해 사물인터넷(IoT : Internet of Things), 사이버 물리 시스템(CPS : Cyber Physical System), 센서 등의 기반 기술 개발에 집중하고 있다.

지난 2년 동안 인더스트리 4.0이 진행되면서 여러 문제점들이 드러났는데, ①완벽한 표준을 만드는데 집중함으로써 표준화 속도가 지연되었으며, ②ICT 정보보호 및 데이터 거버넌스 문제에 대한 방안이 없어 상용화가 힘들었고 ③중소기업들이 제조공정 디지털화에 대한 중요성을 느끼지 못했으며, ④디지털화로 인한 변화를 이해하고 업무에 반영할 수 있는 인력이 부족하다고 지적하였다. 기업들 또한 인더스트리 4.0 개념에 대한 이해가 부족하여, 제품/기술 중심의 기존 사고방식을 그대로 유지하면서, 인더스트리 4.0을 연구/이론 중심으로 접근하였기 때문에 시장에서 필요로 하는 서비스 또는 솔루션으로 발전하지 못하였다고 한다.

독일의 사례에서 보듯이 산업 분야에 ICT를 접목하기 위해서는 우선적으로 데이터 거버넌스와 정보보호가 기반으로 적용되어야 성공할 수 있게 된다. 특히, 융합 분야가 사회기반시설일 경우는 더욱 중요한 요소로서 취급된다.

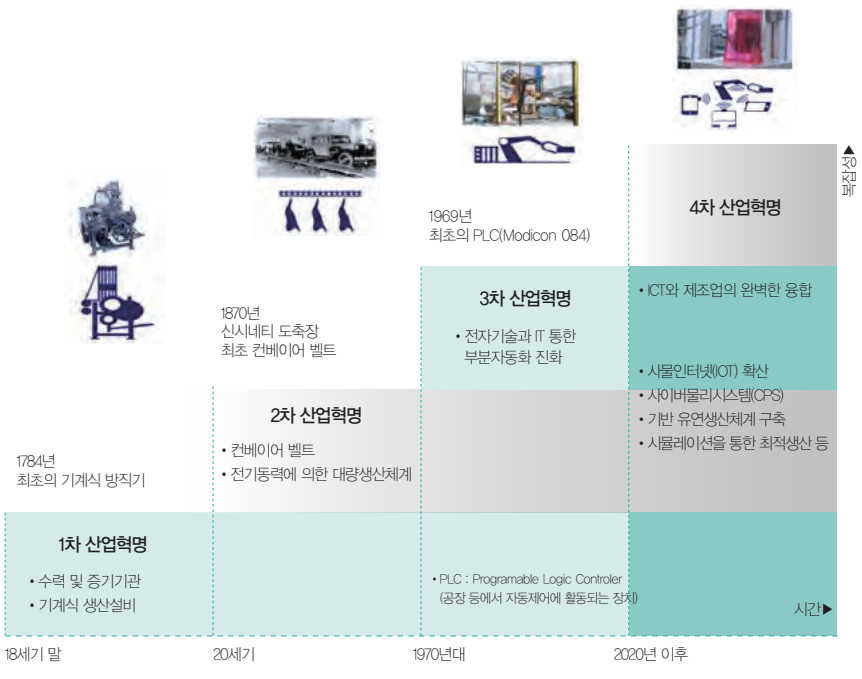
사이버보안 위협은 증가된 주요 사회기반시설 시스템의 복잡성과 연결성을 악용하여, 국가 안보, 경제 및 공공-안전/보건 분야를 위험에 처하게 한다. 금융 위험 및 평판 위험과 유사하게, 사이버보안 위험은 업종과 회사의 기반을 흔들 수 있다. 위험을 사전에 제거하지 않을 경우 사후 대응비용이 폭증하고 매출에 커다란 영향을 줄 수도 있다. 또한 고객을 확보하고 관리하거나 혁신하는 조직의 능력에 해를 끼칠 수도 있다.

미국은 이런 위험을 과거의 방식에서 벗어나 새로운 시각에서 현실에 맞게 만들기 위해, 2013년 2월 12일 대통령이 '주요 사회기반시설 사이버보안 개선' 대통령령 13636을 발표하였다. "안전, 보안, 업무 신뢰성, 프라이버시 및 시민자유권을 진작하면서 효율, 혁신 및 경제 번영을 촉진하는 사이버 환경을 유지관리하고, 국가 주요 사회기반시설의 보안과 복원력을 개선하기 위한 미연방의 정책"이다. 이 정책을 제정하기 위해, 대통령령은 자율적 위험-기반 사이버보안 프레임워크의 개발을 지시하였다.

우리나라도 창조경제 3.0에서 중소기업형 공장 1만여 개를 대상으로 스마트공장 프로젝트를 추진하고 있는 바, 독일과 미국의 사례를 참조해서 스마트공장 정보보호 프레임워크를 개발하여 적용하는 것이 필요하다. 특히, 중소기업형 공장에서 바로 활용하고 현장에 적용할 수 있는 정보보호 표준 프레임워크 개발이 시급하다.

스마트공장 정보보호 프레임워크를 개발하여 사이버보안 위험을 관리하는 기관과 조직에 적용·활용할 수 있는 지침을 제공할 수 있게 된다. 프레임워크의 주요 목표는 조직이 주요 시설에 내재된 시스템 위험을 고려하면서, 사이버보안 위험을 재무, 안전 및 운용 위험과 동일하게 취급하고 위협에 효과적으로 대비토록 하는 것이다. 프레임워크는 조직이 사이버보안 위험을 관리할 수 있도록 기존 표준, 지침 및 최상 사례를 기반으로 해서 관련 산업계와 함께 개발, 관리하게 되며, 표준을 사용함으로써 시장 요구에 맞추는 효과적인 제품과 서비스의 혁신과 개발을 주도하는 것이 가능하게 된다.

[그림 15] 기술 변화에 따른 산업혁명(Industrial Revolution)의 4단계



출처 : 인더스트리 4.0과 제조업 창조경제 전략, NIA IT & Future Strategy 제2호(2014.5.30)

[표 1] 산업혁명 과정(제조업의 혁신 단계) 비교

구분	1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명	4차 산업혁명
시기	18세기 후반	20세기 초반	1970년 이후	2020년 이후
혁신부문	증기의 동력화	전력, 노동 분업	전자기기, ICT 혁명	ICT와 제조업 융합
커뮤니케이션 방식	책, 신문 등	전화기, TV 등	인터넷,SNS 등	사물인터넷, 서비스 간 인터넷(IoT & IoS)
생산 방식	생산 기계화	대량생산	부분 자동화	시뮬레이션을 통한 자동 생산
생산 통제	사람	사람	사람	기계 스스로

자료 : 현대경제연구원, '제조업을 업그레이드하자, 미·일·독 제조업 R&D 정책 동향 및 시사점', 2014.

[표 2] 미국·독일·일본의 제조업 창조경제 주요 정책

구분	미국	일본	독일
추진배경	• 경쟁력 강화, 국가안보대응 • 좋은 일자리 창출	• 산업기반 강화 과학기술 혁신 추진	• 경제성장, 일자리 창출 • 기후변화, 고령화 대응
기본정책	• 국가 첨단 제조방식 전략 계획(2012)	• 산업재흥플랜(2013)	• 하이테크 전략 2020(2012)
핵심사업	• 첨단 제조 기술사업(AMP)	• 전략적 이노베이션 창조 사업(SIP)	• 인더스트리 4.0 (Industrie 4.0)
촉진 인프라	• 제조 혁신기관(NNI) • 제조 혁신네트워크(NNMI)	• 종합과학기술회의	• 인더스트리 4.0 플랫폼
주요 추진 과제	• 에너지 절감용 제조공정 혁신 • 제조 기술 가속화센터 건립 • 제조혁신 네트워크 구축 • 제조부문 로봇 개발	• 에너지 : 연소기술 및 구조재료 등 5개 과제 • 차세대 인프라 : 자동운전 시스템 등 3개 과제	• 유무선 ICT를 활용한 스마트 공장(Smart Factory)구현
정부예산	• 2014년 29억 달러 • 2015년 예산편성 시 첨단 제조부문 최우선 고려	• 2014년 SIP 510억 엔	• 2012~2015년간 2억 유로

자료 : 현대경제연구원, '제조업을 업그레이드하자, 미·일·독 제조업 R&D 정책 동향 및 시사점', 2014.

참고문헌 인더스트리 4.0과 제조업 창조경제 전략, NIA IT & Future Strategy 제2호, 2014.5.30
다시 시작하는 인더스트리 4.0, POSRI 보고서, 2015.6.3
Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity, USA, NIST, 2014.2.12

09

Smart Factory

스마트공장 정보보호관리체계

- 국제표준 정보보호관리체계 ISO/IEC 27001을 기반으로 공장 환경에 맞는 보안인증기준에 따라 보안통제 항목들을 점검하여 기준에 합당할 경우 인증서를 발급한다.
- Manufacturing ISMS의 국제표준을 주도적으로 개발한다.

스마트공장에서의 보안 사고는 기업에 대한 막대한 피해를 유발할 수 있으며 더 나아가 국민 및 사회에 커다란 피해를 유발할 수 있어, 규모가 있는 스마트공장 구축 시 체계적인 보안 활동을 담보할 수 있도록 보안 인증제 추진이 예상되며, 관련하여 국제 표준도 마련할 것으로 예상된다.

스마트공장 환경(제어시스템, 센서, 네트워크, 데이터 저장·관리 등 관련 HW 및 SW)에 대한 보안 인증기준을 개발하여, 공장의 보안상태를 심사하여 해당 기준을 통과한 경우 인증서를 발행하는 서비스를 제도화하는 것이 필요하다.

스마트공장은 조그마한 사무실 규모에서 상당한 규모의 공장 등 다양한 환경이 존재하며, 물류·유통 간 긴말한 연계, 본사 및 연구소와의 연결 등 기업 전체가 연결됨에 따라 보안에 취약한 일부분은 기업 전체에 영향을 미칠 수 있으며, 스마트공장은 다양한 주체(생산자, 관리자, 연구자, 협력업체 등)가 빈번하게 드나드는 복잡한 환

경에서 엄격한 접근 통제 및 권한관리 시스템이 요구되고 있다.

또한, 스마트공장에 특화되어 물리적인 출입통제 시스템과 연계하여 주요 설비 및 기기에 대한 접근 통제, 권한관리, 통합 모니터링을 제공하는 통합 관리 시스템 등에 대해서도 살펴볼 필요가 있다.

국제표준 정보보호관리체계 ISO/IEC 27001※을 기반으로 공장 환경에 맞는 보안 인증기준에 따라 보안통제 항목들을 점검하여 기준에 합당할 경우 인증서를 발급하도록 개발하면 될 것이다.

ISO/IEC 27001 ISMS는 인증을 받기 위한 요구사항이 기술되어 있고, Annex A (Controls and Objective Controls)가 첨부되어 있는데 이 항목은 ISO 27002에서 구현에 필요한 모범사례로 확장되어 상세하게 규정되어 있다. 더불어서 ISO/IEC 27005 정보보호 위험관리를 기반으로 정보의 기밀성, 무결성, 가용성을 기준으로 정량화하여 관리할 수 있는 방법을 설정하고 있다.

스마트공장에 적용할 정보보호관리체계의 개발은, 보안정책에 필요한 통제 기준, 보안교육 아키텍처, 운영장비 구축, 보안감사, 재해복구 계획 및 형상관리 기준 등을 세분화하여 이에 적합한 국내외 표준 자료를 확보한 후, 스마트공장과 관련된 동일 또는 유사한 IT 기반시설을 보유하고 있는 시설에 대해 사전 조사 및 분석을 통하여 스마트공장의 최소 보안요구사항을 확보하는 것이 우선이다.

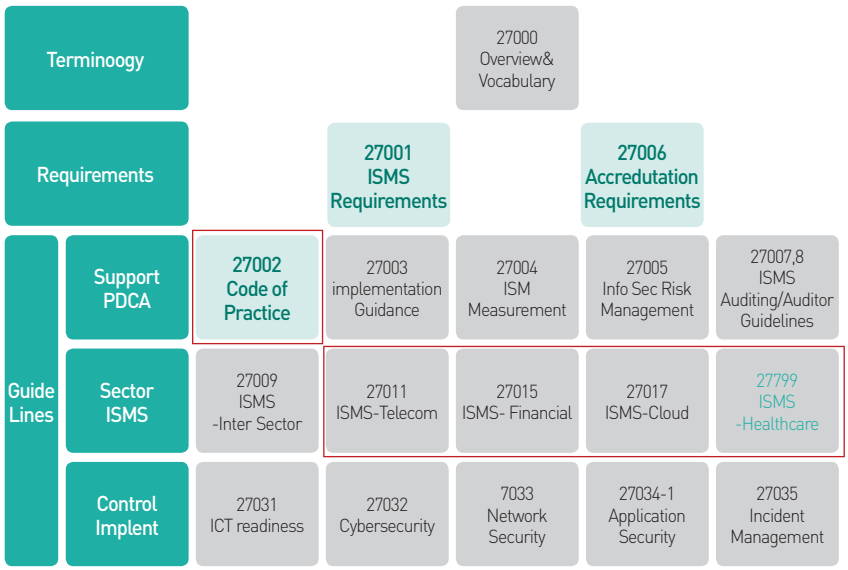
또한, 국제 표준문서(ISO, NIST 등)와 KISA, TTA 등 국내 IT 보안정책에 대한 표준문서를 검토하여 스마트공장에 적합한 IT 환경 보안정책을 국내 환경에 맞게 기본 요구사항을 정의하고 도출하여, 최소한의 보안정책 요구사항을 기준으로 정하여, 스마트공장의 규모별, 유형별로 모두 적합한 기준을 공통 보안정책 요구사항으로 정의하고, 공통 보안정책 요구사항 이외 스마트공장의 규모별, 유형별로 필요한 요구사항을 재정의하여 이를 추가 보안정책 요구사항을 정의하게 된다.

이것을 바탕으로 Manufacturing ISMS로 정의해서 국제표준화하는 전략도 필요하다. 더불어서, 보안 인증을 획득하고자 하는 스마트공장의 보안 활동(관리, 기술,

※ 사이버물리시스템(CPS) : 모든 사물이 IoT 기반으로 연결되고 컴퓨팅과 물리세계(physical world)가 융합되어 사물이 자동·지능화되는 시스템. 제조와 의료·헬스케어, 에너지·송전, 운송, 국방 등 다양한 분야에 광범위한 적용이 예상되면서 선진국은 핵심 기술로 지정해 개발에 총력을 기울이고 있다.

물리적 측면)이 보안 기준을 만족시키는지 여부를 진단하고, 인증 기준을 만족시키지 못한 항목에 대한 보안활동 가이드 및 지원 컨설팅을 지원하는 것도 필요하다.

[그림 16] ISO/IEC 27000 Series



참고문헌

- ISO/IEC 27001:2013, Information technology – Security techniques – Information Security Management Systems – Requirements.
- ISO/IEC 27002:2013, Information technology – Security techniques – Code of practice for information security controls
- ISO/IEC 27005, Information technology – Security techniques – Information security risk management
- ISO/IEC 27009, Information technology – Security techniques – Sector–specific application of ISO/IEC 27001 – Requirements

10

Smart Factory

스마트공장 사이버보안 위험관리 프레임워크

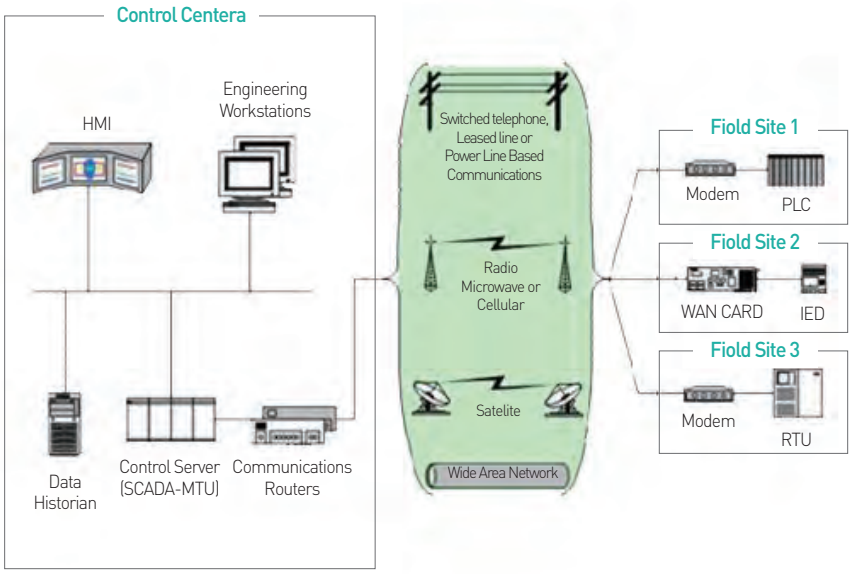
- 스마트공장 기기는 ICS에 해당되며, 기존 IT 환경과는 차이가 있지만, 인터넷의 사이버 위협 및 보안사고의 영향권 범위 내에 포함된다.
- 국내표준 정보보호 관리체계 인증 및 국제표준 ISO/IEC 27001으로 IT 환경에 적용하고 있으며, 이를 스마트공장 사이버보안 위험관리 프레임워크를 개발하는데 활용할 수 있다.

스마트공장은 자체적으로 운영하는 제어기기도 있지만 최근에 들어서 원격에서 제어하는 시스템 등으로 변화되고 있다. 스마트공장의 제어기기는 흔히 ICS(Industrial Control System)으로 불리고 있고 SCADA(supervisory control and data acquisition systems), DCS(Distributed control systems), PLC(Programmable Logic Controllers) 및 기타 센서 등을 총칭하며 ICS는 원격에 있는 설비를 제어하기 위해 설비에 내장된 센서로부터 정보를 수집하고 중앙에서 제어명령을 전달한다.

ICS를 활용하는 자동제어 분야는 다음과 같이 세부 공정으로 분류하기도 한다.

- **산업시설 공정** : 제조, 생산, 발전, 가공, 제련과정 등에 필요한 작업 절차
- **기반시설 공정** : 공공기관 또는 기업에서 처리하는 석유 및 가스 운송, 수자원 관리, 폐수처리, 전력관리, 방공시스템 등 정보통신기반시설에 필요한 공정
- **설비 공정** : 건축, 공항, 조선 등에 필요한 공정

[그림 17] ICS 기본 구성도



출처 : NIST 800-82

기존 스마트공장의 ICS는 외부에서 분리 독립된 구성으로 구축 운영되어 왔으나 업무 효율화 등을 위해 다른 업무에서도 설비운전 데이터를 활용하고자 하는 요구도 증가하고 있어 ICS와 일반 업무시스템의 통신 네트워크를 접속하는 상황이 자주 발생하였다. 이에 따라 ICS는 정보수집 및 제어명령 전달을 위한 통신 회선으로 과거에는 폐쇄망 형태의 전용 회선과 독자적인 통신 프로토콜을 이용하였으나, 자동제어 분야에서도 업무망과의 연계를 위해 일반 정보통신망을 이용하게 되면서 인터넷 프로토콜 및 범용 표준 기술을 일부 적용하게 되었다. 이는 일부 정보보호 전문가들로부터 정보통신망을 이용하는 ICS에 대한 정보보호의 필요성을 제기하는 계기를 가져왔으나, ICS 관리자들은 많은 관심을 보이지 않았다. 하지만 스턱스넷 해킹사고로 인하여 폐쇄망이므로 정보시스템 대상으로 발생하는 해킹사고로부터 안전지대에 있을 것이라고 믿었던 ICS도 해킹의 대상이 될 수 있음이 증명되면서 ICS의 안전성 및 신뢰성에 대한 이슈가 사회적 관심을 끌게 되었다.

ICS는 IT 시스템과 다른 특성들을 많이 가지고 있다. ICS에서의 위협은 사람의 생

명과 건강에 직결되며 자산손실은 국가 경제에 막대한 영향을 미치게 된다. 예를 들어 IT 보안에서는 기밀성, 무결성, 가용성 순서로 보안의 중요성을 다루고 있으나, ICS 환경에서는 가용성, 무결성, 기밀성 순서로 중요도가 달라진다. 또한 IT 시스템에서는 정보가 집중되는 서버를 중요시하지만, ICS에서는 감시제어의 중앙장치와 함께 감시제어 대상에 물리적으로 접근해 감시제어를 실행하는 제어기, 작동기(Acurator)와 같은 단말장치에 대한 보호대책도 매우 중요하다.

위험관리 프레임워크는 미국 ISA(International Society of Automation)가 2007년 ASCI(Automation Standards Compliance Institute)산하에 ISCI(ISA Security Compliance Institute Society Interest Group)를 설립하였고 이들은 ICS에 대한 보안이슈를 다루기 위해 ISA-99.0X.0X 시리즈를 개발한 데서 마련되었다.

ICS에 일반 네트워크 통신과 상용제품을 활용하기 위해서는 IT 환경과 다른 ICS 환경의 특성을 이해하고 이들의 특성에 적합하도록 ICS의 정보보호 프레임워크를 수립해야 한다. 이를 위해서는 ICS 시스템 특성을 고려한 보안요구사항을 정립하고 ICS의 자산 특성을 고려한 위험평가에 따른 보안대책을 세울 수 있어야 한다. ISA-99 시리즈는 이러한 ICS 환경에 적합하도록 보안요구사항 및 위험분석에 따른 보안대책을 특성화하여 업계표준으로 제정된 것이다. ISA는 ISA-99 시리즈가 IEC 표준문서의 토대가 됨에 따라 ISA-99시리즈 명칭을 IEC-62443로 변경하였다.

위험관리 방법론은 국내외 표준을 따르나 기업에서는 적절한 방법론을 선택할 수 있다. 미국의 경우 FISMA에 따라 연방정부가 시스템을 도입할 때 위험관리 프레임워크를 준수해야 한다. 이를 위해 NIST는 연방정부에서 수용할 수 있는 표준 위험관리 프레임워크(NIST 800-30)를 개발하여 공개하고 있다. NIST의 표준 위험관리 프레임워크에는 다음과 같은 단계로 위험관리 활동을 수행하도록 위험관리 방법론을 정의하고 있다.

- **시스템 분류** : IT 시스템이 처리하는 정보 가치 및 보안등급 분류에 따라 IT시스템의 보안등급 결정
- **위협 식별** : 위협원을 식별하고 이들 위협원이 특정 취약점을 악용할 수 있는 잠재력을 파악

- **취약성 식별** : 시스템, 정보보호 절차, 설계, 구현 또는 내부 통제 등에 보안상 문제점이 존재하여 이를 악용하게 되면 정보보호 정책을 위반하거나 침해사고를 초래할 수 있는 결함 또는 약점을 파악
- **기존 정보보호 대책 분석** : 기술적 보호조치와 관리적 보호조치의 효과를 분석
- **발생가능성 결정** : 위협원의 동기 및 전문성, 취약성 특성, 기존 정보보호대책의 효과를 종합적으로 분석하여 위험의 발생가능성을 정의
- **영향도 분석** : 취약성을 악용하여 공격에 성공할 경우 조직에 입힐 수 있는 피해 정도를 결정하는 것으로 손실크리를 측정할 수 없는 경우에는 정성적 평가를, 정확한 비용 효과 분석이 가능한 경우에는 정량적 평가를 병행
- **위험 결정** : 위협 발생가능성과 위험 영향도 분석 결과를 토대로 위험도 계산방식을 정하고 이에 따라 위험도를 계산하여 수용가능한 위험수준을 결정
- **정보보호 대책 방안 권고** : 수용 가능한 위험수준을 넘는 위험에 대해 이를 수용 가능한 위험수준으로 내리기 위한 여러가지 정보보호 대책 방안을 제시
- **위험평가결과 보고서 작성** : 경영진의 의사결정 사항, 위험관리 방법론, 위협 및 취약성, 정보보호 대책, 소요예산, 시스템 변경 관리 지원 방안 등을 문서화

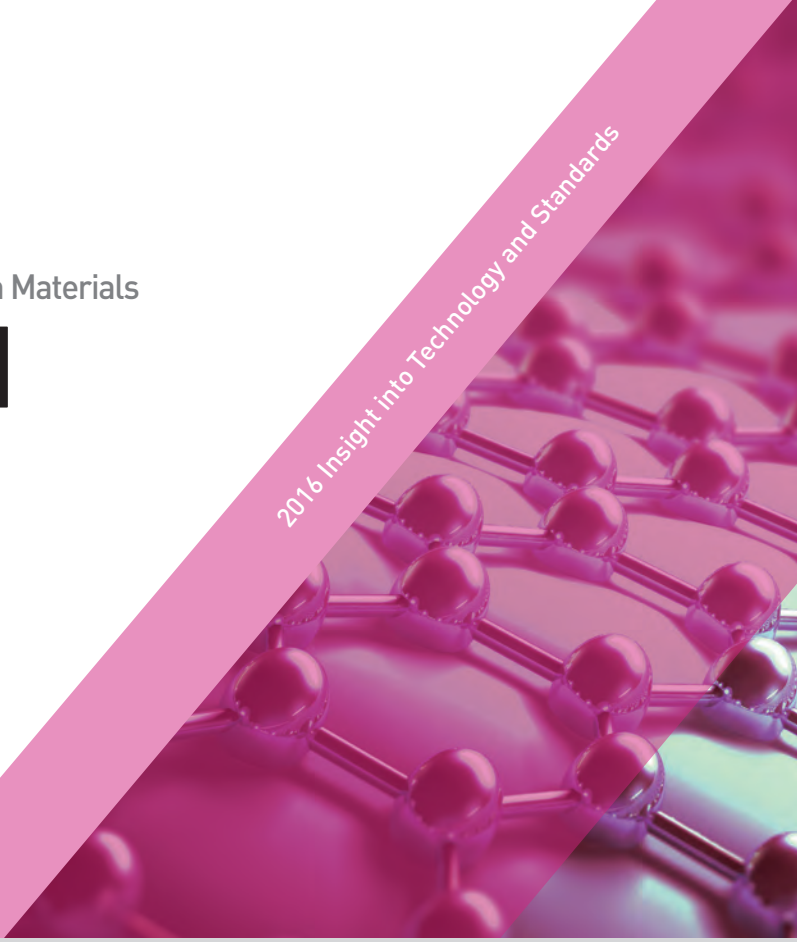
또한, 스마트공장의 침해사고 관련 제공기관으로 해외의 경우에는 미국 국토안보부가 국가 ICS에 대한 위험 관련 정보를 공유하고 위험을 줄이기 위하여 미국 국가주요기반시설 자문위원회(CIPAC, Critical Infrastructure Partnership Advisory Council) 산하에 ICSJWG(Industrial Control System Joint Working Group)을 결성하였다. ICSJWG의 주요 임무는 ICS의 안전한 설계, 개발 및 구축을 촉진시키기 위해 ICS 관련 이해 관계자 및 공동체들의 지속적인 협력을 강화시키는 것이다.

국내의 스마트공장 사이버보안 위험관리 프레임워크를 개발하기 위하여 국내에서 15년간 운영하고 있는 정보보호관리체계(ISMS, ISO27001) 인증제도의 노하우를 이용하고 많은 IT기업에서 기 구축하여 운영하고 있는 위험관리 방법론의 우수한 점을 활용할 수 있는 기반이 마련되어 있다. 이를 토대로 국내 스마트공장의 사이버보안 강화에 필요한 기술적, 관리적, 물리적 보호대책을 구현하기 위한 위험관리 방법론

을 국제 표준에 맞게 구성하고, 관련 정부기관 및 정보보호전문기관과 협조하여 스마트공장 사이버보안 위험관리 프레임워크를 구성한다면, IT강국에 부합하는 스마트공장 보안 수준을 제고할 수 있을 것이다.

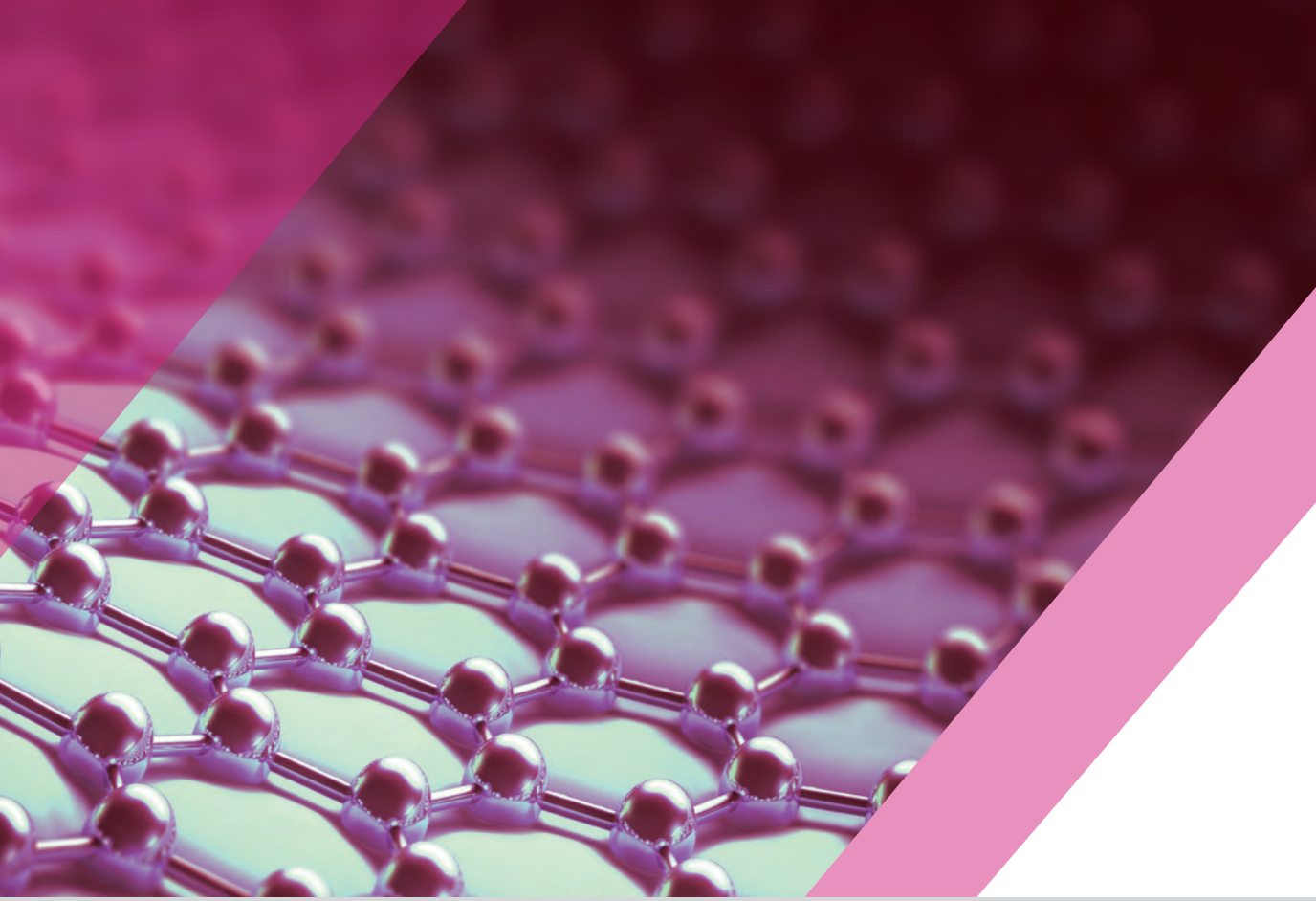
Trend 04 _ Next Generation Materials

차세대소재



차세대소재 분야 2016년 원안 작성위원

- **조학동** 교수 동국대학교 / hakcho1@hotmail.com
- **원종일** 교수 동국대학교 / jiweon@dongguk.ac.kr
- **추원일** 선임 국가핵융합연구소 / choowi@nfri.re.kr
- **이영실** 교수 금오공과대학교 / youngsil@kumoh.ac.kr
- **이성호** 책임 KIST / sunghol@kist.re.kr
- **서민강** 책임 한국탄소융합기술원 / seomk721@kctech.re.kr
- **양철민** 책임 KIST / cmyang1119@kist.re.kr
- **김병주** 책임 한국탄소융합기술원 / kimbj@kctech.re.kr
- **김승민** 선임 KIST / seungmin.kim@kist.re.kr



• 총 론 158
• 국가표준코디네이터 담당분야 소개 162
• 차세대소재 분야 10대 트렌드
01. 슈퍼커패시터(그래핀) 166
02. 내지문 필름 기술 및 동향 171
03. 유·무기 하이브리드 태양전지 175
04. 3D 프린팅 고분자 소재 178
05. 스마트 유체를 이용한 완충제 181
06. 탄소섬유 및 복합소재 184
07. 항공우주용 초고강도 탄소복합소재 188
08. 탄소소재 기반 방열소재 192
09. 탄소섬유 자동적층 기술 196
10. 탄소나노튜브섬유 200

총 론

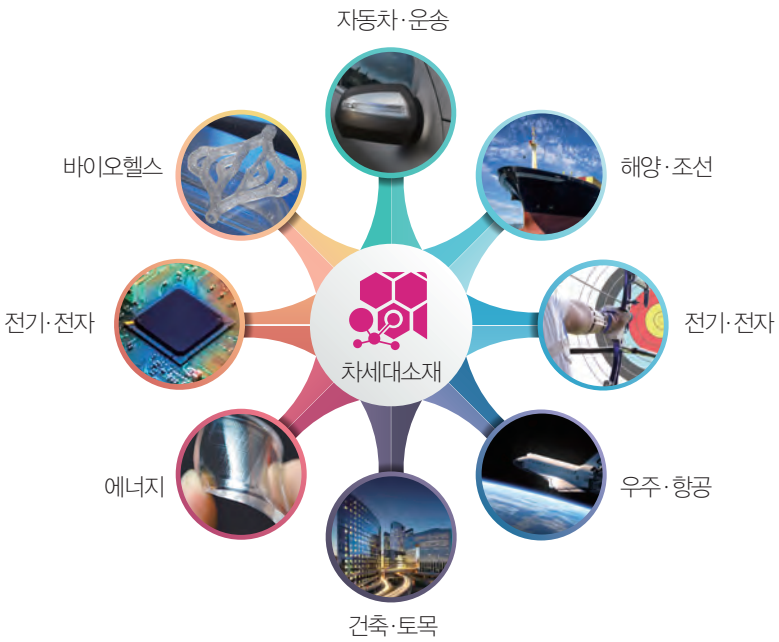
인류문명은 그 시대를 대표하는 소재와 더불어 성장해왔습니다. 소재를 다루는 능력에 따라 석기시대, 청동기시대, 철기시대 등으로 구분하는 것처럼 새로운 소재의 개발은 시대를 바꾸는 획기적인 변화를 불러옵니다. 오늘날 소재 기술은 모든 산업의 시작점으로서 소재 기술의 발전이 없이는 산업 전반의 기술 발전을 결코 기대할 수 없다고 해도 과언이 아닙니다. 최근 들어 자원 고갈에 따른 에너지 효율화, 환경보호 등과 같은 세계적인 흐름에 부응하는 강하고, 가볍고, 오래가고, 값싼 제품에 대한 요구는 소재산업에 있어서 신소재의 개발 및 나노기반, 탄소기반의 금속, 세라믹, 화학 소재 간의 결합을 통해 기존 소재의 성능 한계를 뛰어 넘는 복합 소재 등의 분야에서 치열한 기술 경쟁을 펼치게 하고 있습니다. 이 때문에 전 세계 선진국들은 자국의 발전과 미래 성장 산업의 중심에 서기 위하여 소재분야 육성 전략을 세우고 있으며 우리나라도 정부의 주도 아래 각종 소재 관련 연구사업 기획과 정책 개발의 증가 및 꾸준한 소재 발전 전략이 추진되고 있습니다.

소재 분야에 나노라는 개념이 적용되기 시작한 것은 우리 인류가 과학 기술의 발달에 힘입어 나노 범위의 작은 영역을 다룰 수 있는 나노 기술을 갖게 된 이후부터입니다. 나노기술이 적용되는 영역에서 일어나는 현상들은 종래의 고전물리학이 아닌, 양자물리학으로만 설명이 가능하고, 이는 나노를 기반으로 하는 소재는 기존의 원소재가 가지고 있지 않았던 새로운 물리적 화학적 특성을 갖게 된다는 것을 의미합니다. 2차원(2D) 소재는 전도성 금속에서부터 전기가 통하지 않는 유기물 소재까지 다양하게 존재하며, 3차원(3D) 벌크에서 얻을 수 없는 새로운 기능을 제공함으로써 산업체에서 다양하게 활용할 수 있는 신기능성 물질입니다. 모양, 크기, 밀집도가 제어된 나노소재는



김 순 구
E-mail : skookim.sk@gmail.com
동국대학교 고체물리학 박사
(現) 차세대소재 국가표준코디네이터(2014. 9 ~)
(前) 상지대학교 응용물리전자학과 조교수
(前) 동북대학 전기통신연구소 연구원
(前) 노팅엄대학교 전기전자공학과 연구원

[그림 1] 차세대소재의 응용 분야



3차원 벌크 물질에서 차원을 점차 줄여감에 따라 2D, 1D, 0D 구조를 가지는 소재로 세분화할 수 있으며, 특정한 기능성을 부여하기 위해 소재의 차원을 선택적으로 디자인할 수 있습니다. 현재 다양한 산업 분야에서 고분자, 세라믹(금속산화물), 반도체 및 금속 2차원 소재를 제품 생산에 적용하고자 2차원 박막 제조 및 특성 조사에 대한 연구를 활발히 진행하고 있습니다. 최근의 2차원 소재에 대한 연구 경향은 새로운 2차원 소재

총 론

발굴, 기존 2차원 소재에 대한 대면적화 및 특성 연구 그리고 다양한 소자 적용에 대한 연구 등으로 나눌 수 있습니다.

탄소섬유는 탄소원소 95% 이상으로 이루어진, 약 7마이크로미터 굵기의 1차원 섬유 형태 물질로 기계적 물성이 뛰어나 복합소재의 보강재로 각광받고 있습니다. 19세기말 에디슨은 셀룰로오스섬유를 열처리 후 필라멘트로 사용하여 전구를 개발하였고 이것이 최초로 제조된 탄소섬유입니다. 1959년 미국의 유니온 카바이드사가 레이온 섬유를 탄화 처리하여 탄소섬유를 상품화하였으며 이후 폴리아크릴로니트릴 및 피치를 원료로 사용하여 탄소섬유를 제조하게 되었습니다. 초고강도 탄소섬유 및 이를 이용한 초고강도 탄소복합소재는 항공우주·국방산업분야에 있어 핵심소재로서 세계 시장 선두업체들은 신규투자를 통해 수요증가에 대응 중이며, 특히 고성능 제품의 경우 수출입통제품목으로 지정되어 있어 정부의 지속적인 기술개발사업 지원이 요구됩니다.

엔지니어링 플라스틱(EP: Engineering plastic)은 범용 수지(PE, PP, ABS, PVC 등)의 약점인 열적 성질과 기계적 강도를 향상시켜 공업재료로 사용할 수 있도록 만든 고성능 플라스틱을 의미합니다. 엔지니어링 플라스틱이라는 단어는 1958년 미국의 DuPont사가 폴리아세탈(POM) 호모 폴리머를 '금속에 도전하는 플라스틱'으로 명명하여 시장을 개발하기 시작하면서 사용되기 시작하였습니다. 현재는 폴리아마이드(PA), 폴리아세탈(POM), 폴리카보네이트(PC), 폴리페닐렌옥사이드(mPPO), 폴리부틸렌테레프탈레이트(PBT) 등의 5대 범용 엔지니어링 플라스틱을 중심으로 엔지니어링 플라스틱 시장이 형성되어 있습니다. 엔지니어링 플라스틱은 내열성, 내구성, 내화학성 등이 우수해 자동차부품 및 전자기기 등으로의 적용이 늘어나는 추세이며, 그에 따라 시장이 확

대되어 가고 있습니다. 더불어 세계 각국의 자동차 관련 온실가스배출(GHG) 및 연비 규제가 2015년 이후 2020년까지 점진적으로 강화될 것으로 예상되고 있어 자동차 연비 향상을 위한 경량화에 있어서 금속을 대체할 수 있는 엔지니어링 플라스틱이 대안으로 떠오르고 있습니다. 이에 따라 범용부터 슈퍼 엔지니어링 플라스틱까지 개발과 가격 경쟁 등에 대한 관심이 증대되고 있으며, 기존 엔지니어링 플라스틱을 유리섬유, 탄소섬유 등의 강화재와 혼합시켜 더욱 강력한 특성을 보이는 섬유강화플라스틱(FRP : Fiber Reinforced Plastics)으로 만드는 연구 개발도 활발히 이루어지고 있습니다.

국내의 소재 산업은 산업화 초기에 정부 및 관련업체의 집중적인 투자, 수요 산업의 성장, 강력한 수출 드라이브 정책 등을 기반으로 범용 소재의 대량 생산, 생산성 극대화 등을 통해 빠른 성장을 이룩하였으나 선진국과의 기술격차 지속, 중국의 추격 등으로 우리 제조업의 미래 전망이 불확실하게 되어 이를 타개할 새로운 성장 동력의 창출이 요구되고 있는 상황입니다. 또한 WTO 출범, FTA 확대 등으로 자유주의 무역이 확산되고 TBT(무역기술장벽) 협정에 의해 국가 간 상품, 서비스의 자유로운 이동을 위해 정당한 목적 수행 이상의 규제를 방지하고 있습니다. 이에 따라 국가안보, 기만적 관행의 방지, 인간의 보건 또는 안전, 동식물의 생명 또는 건강 및 환경보호 등과 같은 정당한 목적 수행을 위한 각국의 기술규정, 표준, 적합성 평가절차에 국제표준의 전부 또는 관련 부분의 채택이 의무화되었습니다. 따라서 소재산업에 있어서도 새로운 성장 전략과 발전 형태를 모색함은 물론 국제경쟁력을 높이기 위한 R&D 개발 기술의 확산 및 세계시장 확보의 관건인 국제표준 선점의 필요성이 대두되고 있습니다.

우리가 차세대소재라고 일컫는 소재는 기존에 존재하고 있던 소재이든 새로운 소재이든 관계없이 미래에 고부가가치 산업 조성에 기여가 클 것으로 예상되고, 산업의 기반이 되거나 산업 간 연관효과가 큰 기초물질입니다. 차세대소재 분야는 반도체, 디스플레이, 자동차, 조선 등에 이어서 한국 산업 전반의 세계적 우위를 지속적으로 유지시킬 수 있는 유망 성장산업 분야입니다.

소재는 부품과 완제품의 품질·성능·가격 등을 결정하는 원자재로서 공정 단계에 따라 원재료·기초소재·가공소재로 구분할 수 있습니다. 또한 소재의 종류로는 금속·세라믹·화학소재를 비롯하여 이들을 섞은 융·복합소재로 나눌 수 있습니다. 더불어 소재가 사용되는 용도에 따라 전기전자소재·자동차운송소재·해양조선소재·스포츠레저소재·우주항공소재·건축토목소재·에너지소재·바이오헬스소재 등으로 분류할 수 있습니다.

나노분야의 연구는 벌크 재료를 보완하는 응용뿐만 아니라 나노 재료들이 가지는 독특한 특성에 힘입어 새로운 제품·서비스 시장을 개척할 수 있는 블루오션 영역으로 인식되고 있습니다. 하이브리드나노소재 기술은 동종 기술의 한계를 극복하고 이종 기술의 효용성을 융합하는 기술들이 다양한 형태로 발전하면서 나노기술 가운데 실용화가 가장 활발하게 진행된 분야입니다. 나노를 기반으로 하는 소재는 기존의 원소재가 가지고 있지 않았던 새로운 물리적 화학적 특성을 갖게 된다는 것에 그 특징이 있습니다. 나노기술이 적용되는 2차원 소재는 전도성 금속에서부터 전기가 통하지 않는 유기물소재까지 다양하게 존재하며, 산업체에서 다양하게 활용할 수 있는 신기능성 물질입니다. 모양, 크기, 밀집도가 제어된 나노소재는 특정한 기능성을 부여하기 위해 소재의 차원을 2D, 1D, 0D 구조 등으로 선택적으로 디자인할 수 있습니다. 예를 들어, 0D와 1D 같은 소재는 물질의 속박 특성이 가장 많이 일어나서 광학적 특성을 극대화하지만 이러한 특이한 물성은 전기적인 특성을 나쁘게 만들 수 있다는 단점이 있습니다. 따라서 2차원 소재의 경우 2차원 소재가 가지는 물성을 극대화할 수 있는 소재 디자인 기술 및 물질에 대한 연구가 필수적입니다. 최근에는 새로운 2차원 소재 발굴, 기존 2차

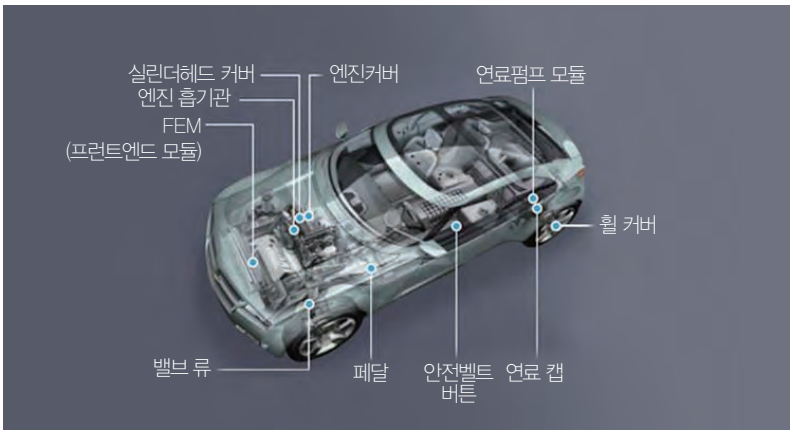
원 소재에 대한 대면적화 및 특성 연구 그리고 다양한 소자 적용에 대한 연구 등이 활발하게 진행되고 있습니다.

탄소섬유는 그 무게가 강철의 4분의 1에 불과하지만 강도는 10배 이상 강한 고부가가치 소재로서 활용 분야가 무한하고, 탄소섬유 특유의 뛰어난 탄성률로 고온에서의 높은 강도를 조합하여 목적에 맞게 제조할 수 있는 고기능성 재료입니다. 특히, 경량구조재이자 강화재로서 다양한 분야의 소재로 사용할 수 있을 뿐 아니라 항공소재 산업의 핵심소재로 대두되고 있으며, 그 수요 또한 비약적으로 증가하고 있습니다. 더불어 초고강도 탄소섬유 및 이를 이용한 초고강도 탄소복합소재는 항공우주·국방산업에서의 핵심소재입니다. 하지만 우리나라는 항공우주·국방산업 시장규모와 성장도에 있어서 선진국 수준임에도 불구하고 초고강도 탄소섬유 생산기반은 전혀 없는 상태이며 선진국 및 주도 기업들의 철저한 특허 및 기술권리 보호로 기술이전도 힘든 상황입니다. 특히 고성능 제품의 경우에는 수출입통제 품목으로 지정되어 있어 정부가 기술개발사업을 지속적으로 지원해야 할 분야이기도 합니다.

엔지니어링 플라스틱(EP: Engineering plastic)은 범용 수지(PE, PP, ABS, PVC 등)의 약점인 열적 성질과 기계적 강도를 향상시켜 공업재료로 사용할 수 있도록 만든 고성능 플라스틱을 의미합니다. 엔지니어링 플라스틱은 내열성, 내구성, 내화학성 등이 우수해 자동차 부품 및 전자기기 등으로의 적용이 늘어나는 추세이며, 그에 따른 시장이 확대되어가고 있습니다. 더불어 플라스틱은 절연성을 특징으로 삼고 있었는데 필요에 따라 도전성을 지니게 할 수도 있습니다. 엔지니어링 플라스틱은 기존 범용 플라스틱 대비 내구성, 내열성, 내화학성 등 물성이 더 좋으며, 금속과 유사할 정도로 강도가 뛰어난 반면 금속보다 가벼워 점차 금속시장을 대체해 나갈 수 있을 것으로 예상됩니다. 최근 세계 각국의 자동차 관련 온실가스배출 및 연비 규제가 2015년 이후 2020년까지 점진적으로 강화될 것으로 예상되어 자동차 연비 향상을 위한 경량화에 있어서 금속을 대체할 수 있는 엔지니어링 플라스틱이 대안으로 떠오르고 있습니다. 더욱이 환경규제 등으로 인하여 차세대 자동차인 전기자동차에서도 경량화가 요구되므로 자동

차 메이커들에겐 경량화가 선택이 아닌 필수가 되고 있으므로 엔지니어링 플라스틱 소재 관련 개발이 더욱 절실하게 되었습니다. 더불어 기존 엔지니어링 플라스틱을 유리섬유, 탄소섬유 등의 강화재와 혼합시켜 더욱 강력한 특성을 갖게 하는 섬유강화플라스틱에 대한 연구 개발도 활발히 이루어지고 있습니다. 이에 따라 국내의 엔지니어링 플라스틱 소재산업정책은 선진국과의 기술격차 지속, 중국 추격 등으로 우리 제조업의 미래 전망이 불확실한 상황에서 국가 성장전략에 기반을 둔 핵심 원천 기술 개발집중지원을 통해 경쟁력을 높이고 미래 신성장동력을 창출하는 방향으로 진행되고 있습니다.

[그림 2] 엔지니어링 플라스틱의 자동차 사용 사례



출처 : chosun.com

소재 분야는 기존의 소재에 대한 재발견과 더불어 나노기술을 바탕으로 한 융·복합 소재 개발을 통하여 경제성, 편의성, 생산성을 극대화하는 방향으로 진화하고 있습니다. 한편 우리나라가 보유하고 있는 차세대소재 분야의 원천 기술을 바탕으로 표준화 추진체계 구축, 핵심표준 개발 및 적합성 시험·평가체계 구축 등을 추진함으로써 차세대소재 분야 관련 기술 및 산업의 세계시장 경쟁력 확보가 가능할 것으로 기대됩니다.

산업통상자원부 국가기술표준원은 차세대 소재산업의 중요성을 감안하여, 2014년부터 '국가표준코디네이터' 사업에 차세대소재 분야를 운영하여 왔습니다. '차세대소재 국가표준코디네이터'는 국가 R&D와 표준의 연계, 표준기반의 국가 R&D 정책개발과 추진 전략 수립, 국제 네트워크 강화 등의 다양한 활동을 하고 있으며, 이러한 활동의 일환으로 차세대소재 분야의 10대 표준화 전략 트렌드를 선정하였습니다.

01

Next Generation Materials

슈퍼커패시터 (그래핀)

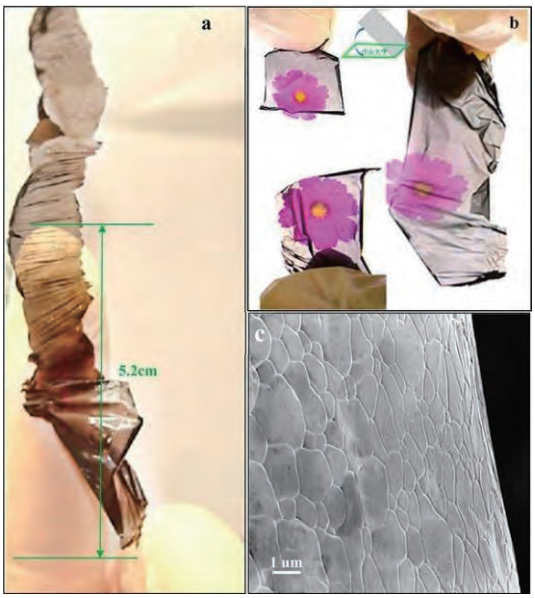
그래핀 및 그래핀 하이브리드와 같은 우수한 전기적, 기계적, 물리적, 그리고 전기화학적 특성을 지니고 있는 2D 나노소재를 이용한 슈퍼커패시터는 단시간에 고출력 특성과 장기간 신뢰성을 갖추고, 빠른 충방전 순환 특성을 갖는 슈퍼커패시터(Supercapacitror)에 양극과 음극의 두 전극으로 구성된다.

그래핀은 2차원 구조를 갖는 탄소기반의 나노소재로 전기적, 기계적, 물리적, 그리고 화학적 특성이 매우 우수하여, 넓은 비표면적 및 뛰어난 전기전도도의 특성을 갖기 때문에 슈퍼커패시터(Supercapacitror) 및 이차전지와 같은 에너지 저장소자로의 응용이 가능하다. 최근 다양한 전자기기의 발전과 함께 에너지 저장소자는 소형화, 고효율화로 그린에너지 정책에 부합하며, 이를 실현하기 위한 물질로 그래핀 및 그래핀 하이브리드와 같은 우수한 전기화학적 특성을 지니고 있는 나노소재가 각광을 받고 있다. 또한 슈퍼커패시터는 단시간에 고출력 특성과 장기간 신뢰성을 갖추고, 빠른 충방전 순환 특성을 갖는다. 슈퍼커패시터는 일반적으로 양극과 음극의 두 전극으로 구성되어 있으며 모두 그래핀과 같은 탄소소재로 사용되며, 집전체로서 금속 호일 또는 탄소기반의 폴리머로 주로 사용된다.

세계 최초로, 과학자들은 독립 플렉시블 그래핀 종이(FFT-GP)에 투명성을 결합

하고 새로운 물질이 슈퍼커패시터의 성능을 매우 개선할 수 있다는 것을 시현했다. 독립 플렉시블 투명 그래핀 종이가 최초로 합성되었고 전기 용량은 래미네이트 되거나 주름진 화학 증착 그래핀 필름 기반 슈퍼커패시터보다 거의 천 배 개선되었다고 쳉신 왕 중국 광조우 선얏센(종산)대학 교수가 전했다. [그림 3]은 선얏센대학에서 개발한 그래핀 종이를 이용한 슈퍼커패시터에 대한 광학사진과 전자현미경 사진을 보여주고 있다.

[그림 3] 새로운 물질의 사진(a, b)과 SEM 사진(c) : 플렉시블, 독립, 투명 그래핀 종이. (b)에서 선얏센 대학 로고가 투명 그래핀 시트 뒤로 분명히 보인다.



출처 : 2015.04.30 KISTI 미리안『글로벌동향브리핑』

여기서 FFT-GP 기반 슈퍼커패시터에 대한 전기용량은 순수 탄소물질을 기반으로 하는 투명하고 플렉시블한 슈퍼커패시터에 대하여 이전에 보고된 값보다 적어도 10배 크다. 그러나 몇 가지 탄소 기반 비투명 슈퍼커패시터는 FFT-GP 기반 투명 슈퍼커패시터보다 여전히 더 좋은 성능을 보이는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 결과는 나노 레터스 최근호에 새로운 물질에 대한 논문으로 게재되었다. 논문에 의하면 제조

된 FFT-GP가 주름지고 밝은 갈색을 띠고 있으며, 적은 용량 손실을 가지고 1,000번의 휨과 늘림 주기 이상에서 여전히 견디면서 광을 확실히 투과시킬 수 있다는 것을 보여주었으며, 또한 LED를 밝힌 스마트폰 스크린에 걸쳐 두 개의 연결된 FFT-GP 기반 슈퍼커패시터로 만들어진 탠덤 소자를 시현했다. 이 물질의 유연성, 투명성, 전기 전도성, 큰 표면적의 결합은 늘릴 수 있는 투명 태양전지, 말 수 있는 디스플레이, 자가 전력과 착용가능 광전소자들과 같은 많은 새로운 잠재적인 응용소자의 가능성을 확인시켜 주었다.

국내의 경우 그래핀 3대 응용산업 6대 전략분야의 응용제품에 대한 연구개발을 통한 사업화 목적으로 국내 주력사업과 연관되어 수요기반이 풍부하면서 기술 개발 가능성이 높은 분야를 3대 응용산업으로 선정했다. 또한 향후 6년 내 상용화 가능성이 있고, 핵심기술 확보 가능성이 높은 6대 전략 분야 중 그래핀을 이용한 슈퍼커패시터를 선정하고 정부차원의 전략적 투자와 상용화 추진에도 노력하고 있다. [표 1]은 미래창조과학부와 산업통상자원부가 공동으로 발간한 미래소재산업 선도국 실현을 위한 '그래핀 사업화 촉진 기술 로드맵(2015~2020)'에서 선정한 그래핀 6대 전략분야 및 상용화 추진 응용제품에 대한 예상 상용화 시기 및 예상 기술수준을 나타낸 것이다.

정부는 체계적인 투자를 통해 확실한 연구 성과를 얻기 위해 기업 중심의 산학연 컨소시엄을 구성하여, 제품 산업화를 위한 과제의 요소기술별 역할 분담형 기술 개발을 통해 신속한 사업화 추진을 목표로 하고 있다.

2014년 2월에 김상욱 KAIST 신소재공학부 교수팀은 그래핀 젤을 이용한 슈퍼커패시터를 발표하였는데, 탄소소재에 질소·붕소 등의 이종원소를 치환하는 방법을 도입하여 소재의 전기적 물성 등을 미세하게 조절하고, 이를 유기태양전지, 유기발광소자, 플렉시블 메모리 등 다양한 소자에 적용함으로써 성능을 극대화하는 한편, 크기 조절이 가능한 나노기공이 있는 3차원 그래핀 젤을 만들고, 이를 에너지 변환 소자인 '슈퍼커패시터' 전극으로 응용할 수 있는 가능성을 입증했는데, 이 소재는 물속에서 자기조립 현상을 이용해 전기전도도가 높은 3차원 형태로 만든 것이 특징이며, 3차원 소재의 구조나 기공의 크기, 이종물질과의 결합 등을 다양하게 조절함으로써 용도와 목적에 맞는 맞춤형 그래핀 소재를 만드는 길을 열었다는 데 큰 의미가 있다. 전기전도도, 유연성,

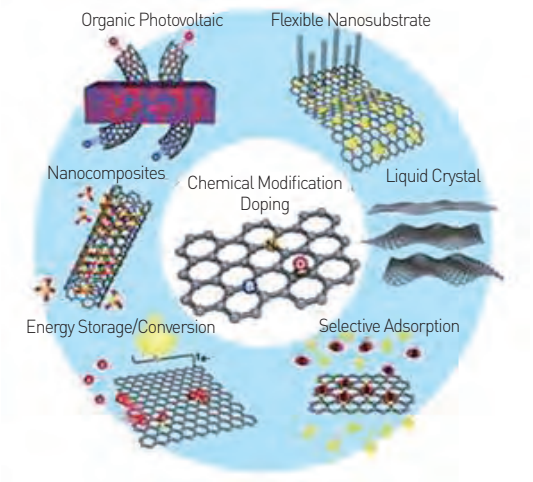
[표 1] 그래핀 6대 전략분야 및 상용화 추진 응용제품

산업	그래핀 6대 전략분야	상용화 추진 그래핀 응용제품	예상 상용화 시기	예상 기술수준
복합 소재	전자파차폐 코팅제	50db급 전자차폐필름	4년 이내	3년 이내 TRL 8단계
	친환경 고내식 강판	폭 800mm 가전용 고방열/고전도성 코팅 강판	4년 이내	3년 이내 TRL 8단계
	고기능성 베리어 그래핀 복합필름소재	OLED 소자 수명 10년을 보장하는 폭 300mm 투과방지막 (산소·수분투과율 10-8g/m2 급 이하)	6년 이내	5년 이내 TRL 8단계
디스 플레이	그래핀 기반 터치패널	10인치 터치 패널	3년 이내	3년 이내 TRL 8단계
	그래핀 응용 OLED 패널	대객 1,600mm 디스플레이 패널	5년 이내	3년 이내 TRL 8단계
에너지	슈퍼커패시터	비표면적 1,500m2/g급 그래핀 슈퍼커패시터 전극	5년 이내	5년 이내 TRL 8단계

대면적화 가능성의 장점도 갖고 있어 그래핀 소재가 다양한 분야에서 상용화되는데 크게 기여할 것으로 기대 된다.

한편 대표적인 2D 소재인 그래핀은 다른 2D(BN(Boron Nitiride), WN, MoS2) 소재와 함께 관련 층상 구조체 물질, 2차원 반도체, 2D layered chalcogenides, 2D 소재 기반 투명전극 소재, 2D 소재 기반 플렉시블 디바이스 원천 기술로 세분화된다. 하이브리드 나노소재 측면에서 이 분야의 해외 표준현황을 살펴보면, 그래핀은 ISO의 TC 229와 IEC의 TC113 표준 또는 현재 표준화가 진행중인 프로젝트(또는 워크숍)와 CENELEC에서 2014년 9월에 구성을 제안한 Workshop on Specifications for Graphene Related Material(SGRM) 워크숍과 연관성을 참조하면, 국제표준화는 IEC TC 113에서 주로 이루어지고 있으며 ISO TC 229와도 일부 분야에서 협조가 이루어지고 있다. 우리나라는 IEC TC 113에서 다수의 프로젝트 리더를 수임하고 그래핀 관련 국제표준화를 주도하고 있다. 이미 IEC와 ISO에서 그래핀과 관련된 다수의

[그림 4] 김상욱 KAIST 신소재공학부 교수팀이 그래핀 젤을 이용한 슈퍼커패시터



출처 : Issue Report 2014-06, 에너지 저장장치의 총아(Super Capacitor), 한국전자통신연구원, 2014. 09. 15

표준이 제정되었고 지금도 여러 표준화 프로젝트들이 진행되고 있음에도 불구하고 유럽의 CENELEC에서 뒤늦게 그래핀 관련 표준 제정을 추진하고 있는데, 이러한 현상은 그래핀이라는 신소재의 중요성과 막대한 시장을 감안하여 기존의 표준에 부응하면서도 시장에서 필요한 표준을 장기간 소요되는 IEC나 ISO와 같은 국제표준화기구를 통하기보다 민간 주도의 산업표준으로 신속하게 제정하여, Graphene Flagship에 연계된 유럽의 관련 산업체 및 연구기관에 신속하게 공급하겠다는 의지의 표현이라 할 수 있겠다. 이와 같이 그래핀을 이용한 신산업의 창출은 그 시장 규모가 대단히 크기 때문에 기술선진국뿐만 아니라 후발국에서도 정부 차원의 체계적인 투자가 지속될 것으로 보이며, 각국 국가 경제에 막대한 영향을 줄 것으로 판단된다.

02

Next Generation Materials

내지문 필름 기술 및 동향

지문 방지 필름은 다양한 형태의 대화면 터치스크린에 발생하는 지문 및 오물에 대한 방지 등을 통하여 소비자들의 감성 품질을 향상시키는데 기여할 수 있는 시장 잠재력이 있는 플라스틱 필름이다.

터치스크린 보호를 위해서 다양한 종류의 필름이 사용되고 있다. 가장 많이 사용되는 일반용 보호 필름, 지문방지 필름, 올레포빅 필름, 특수기능 필름 및 액정보호 글라스 필름 등 다양하다. 일반 필름을 손으로 터치하면 손끝에 묻어있던 땀이나 기름 등의 오염물질이 필름 표면에 전이되면서 표면을 더럽혀서 화질에 영향을 주게 된다. 이를 방지하기 위한 기술이 지문방지 필름이다. 지문방지 필름은 표면에 미세한 요철을 주어서 피부와의 접촉면적을 줄여 오염물질이 잘 전이되지 않도록 하면서 빛의 경면반사를 줄임으로써 지문이 덜 남게 하는 효과를 준다. 실제로 지문방지 필름을 사용하면 일반 필름에 비해 확실히 지문이 적게 남는 것을 확인할 수 있다. 하지만 필름 표면을 미세하게 요철 처리하면 투과율이 급격하게 낮아지기 때문에 깨끗하고 선명한 화질이 뿌옇고 탁한 화질로 바뀌고 미세하게 모래알을 뿌려놓은 듯한 형상이 보이는 등 다양한 단점이 있다. 하지만 부드러운 촉감과 지문이 덜 묻는 장점 때문에

[그림 5] 다양한 종류의 터치스크린용 보호 필름



지문방지 필름을 선호하는 사용자들도 있다.

내지문과 반사 방지를 위해서는 다양한 연구들이 진행되고 있다. 내지문과 반사 방지를 위한 코팅방법 및 코팅장치는 기재 표면에 고굴절 물질인 이산화티타늄(TiO2) 또는 오산화니오븀(Nb2O5)과 저굴절 물질인 이산화규소(SiO2)를 교대로 증착시켜 다층막을 형성하는 단계 및 상기 다층막이 증착된 기재 표면에 불소화합물을 증착시키는 단계를 포함한다. 상기 이산화티타늄 또는 오산화니오븀은 스퍼터링(sputtering) 방식으로 증착하고, 상기 이산화규소는 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 공정으로 증착하며, 상기 불소화합물은 열증착(thermal evaporation) 방식으로 증착하는 것을 특징으로 한다. [그림 6]은 터치스크린용 보호 필름의 구성 요소를 보여준다.

[그림 6] 터치스크린용 보호 필름의 구성



[그림 7] 다양한 종류의 터치스크린 디스플레이



다양한 종류의 대화면 스크린이 보편화되고 터치 형태의 입력방식으로 인하여 스크린 상에 나타나는 지문 및 오물에 대한 다양한 연구와 특허가 진행되고 있다. 그러나 현재까지는 관련 측정방법이 표준화되지 않고 측정자의 주관에 많이 의존하고 있는 실정이다. 현재 출원되어 있는 특허는 일본의 공개특허(2010-049221/진전산업 : LCD 패널, 콘트라스트 촉진 필름, 액정보호유리 등의 적층체 표면에 지문부착방지 표면층이 SiO2, Ti, Sn 등에서 선택된 1종 또는 복수 종을 주성분으로 하여 진공증착, 스퍼터링 등의 방법에 의해 나노 스케일의 피막으로 형성되는 지문방지 기술을 제시) 및 국내의 공개특허(2008-25467/디지텍시스템 : 항균 및 유기오염 방지가 가능한 정전용량방식의 터치패널의 구조 및 그 제조방법에 관한 것으로, 제1 오버코팅막의 표면 위에 TiO2계 용액으로 코팅하여 먼지나 이물질 오염을 방지하고 광촉매 산화/분해 반응에 의해 이물질이 작게 분해되며 세정으로 쉽게 세척될 수 있는 제2 오버코팅막으로 구성되는 기술을 제시)가 있다. [그림 7]은 다양한 종류의 터치스크린 디스플레이 사진이다.

앞서 설명한 것처럼 터치스크린용 내지문 기술 개발은 비교적 활발하게 진행되고 있다. 그러나 이러한 특허 및 기술 개발은 내지문성 소재 개발에 중점을 두고 있어, 내지문성을 정량적으로 평가할 수 있는 공인된 시험규격이 없는 실정이다. 내지문 특성을 정확히 평가하기 위해서는 지문 발생 시, 필름 표면의 색상 변화(색차), 광택

[그림 8] 터치스크린용 내지문 필름과 일반 필름의 비교 사진



도 변화, 투과도 변화 등의 광학적 물성 및 내스크래치성, 내마모성, 경도 변화 등의 기계적 물성을 측정하여 정량적인 수치로 표현하는 것이 필요하다. 국내 수요기업(삼성전자, LG전자 등)에서는 내지문 평가법의 필요성을 인식하여 자체 시험규격을 마련하고 있으며, 국제표준화기구(ISO)에서도 ISO/TC 61/SC 2/WG 2 Hardness and surface properties 분과에서 한국과 일본의 관련 전문가들로부터 관련 국제표준의 NWIP(New Work Item Proposal) 제안 필요성과 타당성이 논의된 바 있다. 최근 유사한 국제표준으로 스크래치 손상과 시인성의 정량적 평가방법(ISO 17541:2014 Plastics -- Quantitative evaluation of scratch-induced damage and scratch visibility)이 국내 전문가에 의해 제정/완료된 사례가 있어, 관련 기술 및 노하우가 이미 확보된 상황이다. 이와 같이 IT제품의 감성품질을 평가할 수 있는 표면 측정 기술의 표준화를 통해 세계적 기술표준 선점과 더불어 관련기술을 지속적으로 선도해 나갈 수 있을 것으로 사료된다. [그림 8]은 터치스크린용 내지문 필름과 일반 필름의 비교 사진이다.

03

Next Generation Materials

유·무기 하이브리드 태양전지

태양전지는 환경문제와 에너지 수급문제에 대처하기 위한 친환경적인 신재생에너지로서, 개발의 중요성이 증대되고 있다. 빛에너지를 전지에너지로 바꿔주는 기술로 자원이 무한적이며, 반영구적인 수명을 가지고 있어 미래 에너지 문제를 해결할 수 있는 에너지원으로 기대된다.

태양전지는 화석연료의 사용으로 인한 지구온난화 등의 다양한 환경문제와 급증하는 에너지 수급문제에 대처하기 위한 친환경적인 신재생에너지로서, 그 개발의 필요성이 대두되고 있다. 이에 다양한 고효율·저비용·고편의성의 새로운 태양전지 기술에 관한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다.

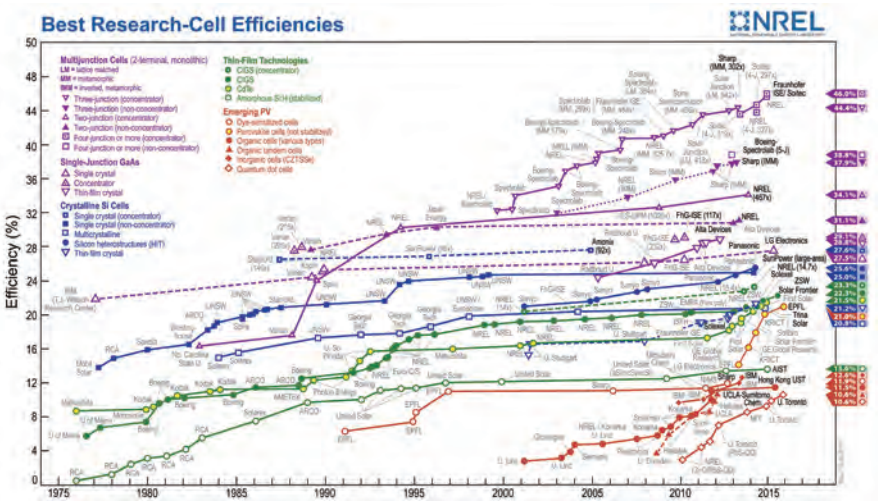
태양전지는 실리콘, 화합물 반도체와 같은 무기소재로 이루어진 태양전지, 염료감응형 태양전지(dye-sensitized solar cell), 유기분자(donor, acceptor)로 이루어진 태양전지, 유·무기 하이브리드 태양전지인 페로브스카이트 태양전지로 나눌 수 있고, 구조적으로 반도체 pn 접합형과 광전기화학형(photoelectrochemical) 태양전지로 분류된다.

실리콘계열 태양전지는 전자와 정공의 무기 반도체를 p-n으로 접합하였을 때 반도체의 밴드 갭 에너지보다 큰 에너지를 가진 태양광이 입사되면 전자-정공 쌍이 생

성되는데 이들 전자-정공이 p-n접합부에 형성된 전기장에 의해 전자는 n층으로 정공은 p층으로 모이게 되는 원리로 동작한다. 이러한 태양전지는 높은 에너지 변환 효율을 구현함에 따라 일부는 이미 상용화되어 주위에서 쉽게 찾아볼 수 있으나, 현재의 실리콘 제조 및 태양전지 제조비용이 여전히 고가라 이를 대체할 수 있는 새로운 태양전지 개발에 관한 연구가 진행되고 있다. 유기 태양전지는 태양광을 흡수하여 전자-정공 쌍을 생성하는 전자주게와 전자-정공 쌍으로부터 전자를 수용하는 특성을 갖는 전자받게와 같은 유기물들로 구성되어 제조되는 태양전지로, 저가 제조가 가능하지만, 효율과 광 안정성이 낮은 단점이 있다. 염료감응 태양전지는 식물의 광합성 원리를 모태로 태양광을 흡수하는 염료를 증착하여 생성된 전자-정공 쌍이 전도체 계면에서 분리되어 전자와 홀이 외부의 회로로 이동하여 동작하는 태양전지로 효율은 비정질 태양전지와 비슷하지만 저가로 제조 가능하다. 그러나 이 또한 전해질 사용으로 인해 수명이 짧기 때문에 효율과 안정성 등의 문제가 남아있다. 페로브스카이트 태양전지는 페로브스카이트 결정 구조를 갖는 ABX3 화합물을 이용한 태양전지로 2009년도에는 광변환 효율이 3.8%에 불과하였으나, 현재는 약 20%까지 효율이 상승하여 차세대 태양전지 소재로 촉망받고 있다.

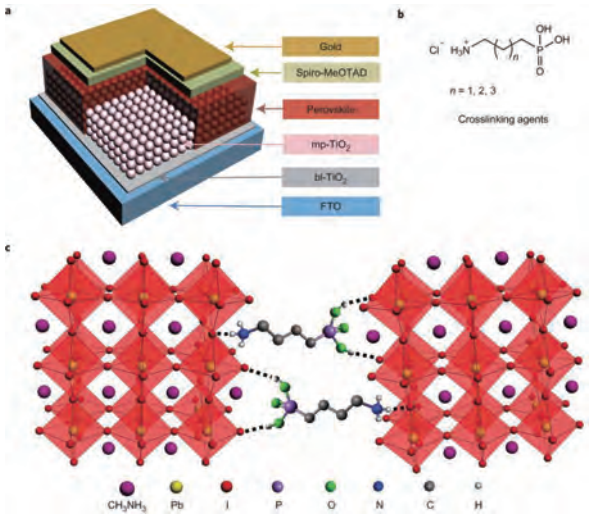
고분자를 이용한 소재는 얇은 두께로도 태양빛을 충분히 흡수할 수 있어 얇은 소자의 제작이 가능하며, 상대적으로 저온 공정으로 구현 가능하여 roll to roll 등 다양한 소재에 적용도 가능하여, 높은 생산량 구현과 저가형 태양전지 기술의 실현이 기대된다. 그러나 아직 해결해야 할 부분들이 다수 남아있다. 고효율의 안정적인 유기물 소재의 개발이 동행되어야 하며, 제작된 소자의 안정성이나 재현성 측면에 있어 신뢰를 쌓아야 할 것이다. 특히 페로브스카이트 태양전지의 경우 현재 환경에 유해한 납을 사용하고 있기 때문에 이를 대체할 친환경적인 새로운 대체소재에 대한 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 페로브스카이트 층의 형성에 spin coating 기술을 이용하고 있지만 부식에 취약한 점을 보완하기 위해서는 수분으로부터 형성되는 페로브스카이트 층을 보호해야 하므로 진공 기화 증착법과 같은 기상증착방법에 대한 연구도 진행되고 있으며 저비용·고품질의 새로운 증착기술도 강구되어야 할 것이다.

[그림 9] 태양전지 종류에 따른 에너지 변환 효율 그래프



출처 : National Renewable Energy Laboratory (NREL, 2015)

[그림 10] 페로브스카이트 태양전지의 도식화



출처 : Nature

04

Next Generation Materials

3D 프린팅 고분자 소재

3D 프린팅은 대부분 다층으로 제품을 쌓아나가는 형태로 제조되며 기존 제품과는 달리 조립과정 없이 일체형으로 제조될 수 있기 때문에 복잡한 형상의 일체화로 인해 제품의 조립경비를 절감할 수 있고 원하는 형태의 가공이 쉬운 장점이 있다. 이러한 3D 프린팅용 소재의 하나인 고분자 소재는 성형이 용이한 장점이 있으나 금속이나 세라믹 대비 강도가 약하여 이를 향상시키는 소재의 개발이 시급하다.

제품의 생산 방식은 원재료를 자르거나 깍아서 가공하는 절삭가공과 재료를 녹여서 틀에 부어서 형태를 만드는 주조 가공이 대표적이다. 여기에 박막을 형성하기 위해서 코팅이나 프린팅 공정을 사용하는 경우가 더해질 수 있다. 3D 프린팅이란 기존의 3차원 입체형상을 제조하는데 있어서 일종의 박막 공정에 사용되어진 프린팅 기술을 적용한 것으로, 제품의 형태가 대량생산의 획일화에서 벗어나서 사용자의 용도 및 요구에 따른 제품을 다양하게 제조할 수 있게끔 프로그래밍된 형상을 그대로 재현하는 기술을 얘기한다. 이 기술은 현재까지는 신제품의 테스트나 적합성을 위한 프로토타입 제조에만 적용되었지만 이를 본 제품에 적용하려는 다양한 시도가 진행 중이다,

3D 프린팅은 대부분 다층으로 제품을 쌓아 나가는 형태로 제조되며 기존 제품과는 달리 조립과정이 필요 없고 일체형으로 제조될 수 있기 때문에 복잡한 형상의 일체

화로 인해 제품의 조립경비를 절감할 수 있고 원하는 형태의 가공이 쉬운 장점이 있다. [그림 11]은 프로펠러를 3D 프린팅 방법으로 제조하는 과정를 형상화한 것이다.

실제로 보잉은 항공기에 사용되는 2만2,000개의 부품을 3D 프린팅으로 제조하려는 시도를 하고 있으며, 대략 1,000개 이내의 부품으로 줄일 수 있어 조립 및 검사의 경비 절감효과가 발생할 것으로 보이며 자동차 회사에서는 작은 부품 뿐만 아니라 차체 및 중요 내장을 일체형으로 제조하려는 시도를 하고 있다. [그림 12]에 실제로 자동차 차체와 내장을 3D 프린팅으로 제조한 시제품 생산이 가능함을 보여주고 있다.

이러한 3D 프린팅으로 제조되는 제품은 다양한 형태의 프린팅 방법과 소재를 사용하게 되는데 이는 최종 제품에 요구되는 물성과 형태가 다르기 때문이다. 소재로는 열가소성과 열경화성 플라스틱, 금속, 세라믹 등이 대표적인 물질이 될 수 있으며, 소재 물질의 형태로는 분말, 벌크고체, 액체 등이 될 수 있다. 일부 광경화성 수지를 이용한 분사기술로 가공되는 형태를 제외하고는 3D 프린팅의 원천 기술이 2014년경에 특허가 만료됨에 따라 상업화에 박차가 가해지고 있으며, 다양한 시도가 가능하게 되었다.

현재 사용되어지는 3D 프린팅용 열경화성 고분자 소재는 주로 PLA(poly lactic acid), ABS(Acrylonitril Butadien Styrene Coplymer), Nylon 등이다. 이러한 소재들은 수분에 취약하거나 냄새가 심하며 일반적인 용도에 적용할 때에는 강도에 문제가 없으나 자동차 및 항공기의 구조체에 적용할 때에는 강도가 약해서 적용이 불가능하다는 단점이 존재한다. 그래서 최근에는 엔지니어링 플라스틱(Polycarbonate, Polyphenylsulfone)이나 슈퍼 엔지니어링 플라스틱(ULTEM, PEEK, PEAK) 등을 적용하려는 시도를 하고 있으나 기존 사용되어진 범용 플라스틱 소재 대비 가공온도가 높고 흐름성이 낮아서 쉽게 가공할 수 없는 단점이 존재한다. 여기에 더하여 플라스틱에 유리섬유, 탄소섬유 등을 첨가하여 훨씬 강도를 높인 소재를 3D 프린팅으로 가공하여 고강도 구조체에 적용하려는 시도를 하고 있다. 하지만 섬유상의 보강재가 들어가게 되면 3D 프린팅 가공 시 노즐이 막히는 문제와 보강재의 배향 조절의 어려움 등도 앞으로 극복해야 할 문제점으로 지적되고 있다.

무엇보다도 선도적인 3D 프린터 제조업체가 선진국에 치우쳐 있어 이들 업체들이 장비 개발과 동시에 원소재 개발도 선진 소재업체와 연계하고 있어 한국의 소재 업체

들이 3D 프린팅용 소재를 개발하고 공급하는 데에 한계가 있다.

금속이나 세라믹 소재는 상대적으로 강도가 높으며 열에 의한 분해 등이 없기 때문에 우수한 기계적 물성과 정밀한 형상구형에 유리하나 유기소재인 플라스틱 소재는 강도가 약하고 열에 의한 변형 및 분해가 심하여 이를 극복하는 것이 무엇보다도 중요하다. 그리고 입자크기의 분포, 분자량, 녹는 점, 휘발성 등에 대한 표준 등이 제시되어야 최종제품의 안정성이 확보되어지며 제품적용이 확대될 전망이라 이에 대한 연구가 시급히 진행되어야 할 것으로 보인다. 그리고 강도 향상을 위해서 적용하는 섬유상의 보강재가 직경으로는 마이크론 사이즈고 길이로는 밀리미터 혹은 센티미터 사이즈라 노즐 통과 시 문제가 있으므로 나노 보강재를 적용하여 물성을 향상 시키는 연구가 필수적이라 할 수 있다.

[그림 11] 3D 프린팅으로 프로펠러 제조하는 공정



출처 : Stratasys

[그림 12] 3D 프린팅으로 제조된 미래형 자동차와 자동차 내부



출처 : KOR Ecologic

05

Next Generation Materials

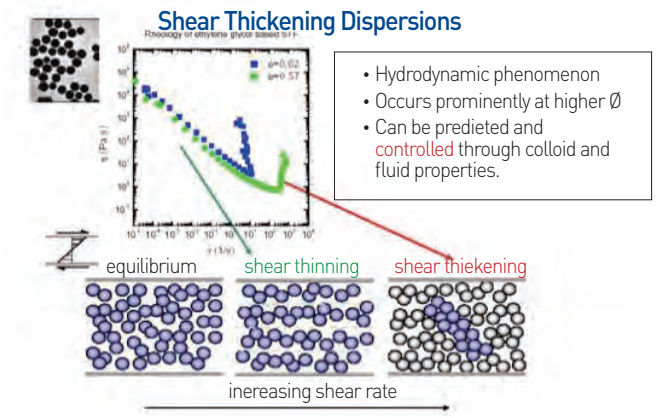
스마트 유체를 이용한 완충제

나노입자로 형성된 스마트 유체와 고강도 섬유를 이용한 패브릭을 하이브리드 하면 방탄 및 방검효과가 뛰어나고 유연성이 우수한 방호복을 제조할 수 있고, 레저용(스키복, 바이크용) 충격 완화에 적용될 뿐만 아니라 자동차 및 항공용으로 적용될 때 경량화와 다양한 고충격 흡수 시스템이 가능하다.

스마트 유체란 외부에서 가해지는 변화에 대해서 자동적으로 작동하는 흐름성이 있는 액체를 얘기하며, 주로 전기나 자기가 가해졌을 때 액체상에서 고체상으로 바뀌면서 흐름성이 극도로 저해되면서 동력전달이나 현가(서스펜션) 장치 등으로 사용될 수 있는 재료를 말한다. 이러한 스마트 유체 중 shear thickening fluid(전단 농화 유체)는 작은 고체 입자가 액체에 높은 농도로 분산되어 있을 때 임계 전단 속도 이상에서 점도가 급격히 증가하는 유체로 액체에서 고체로의 상전이 현상을 이용하게 되면 상시에는 플렉시블 했다가 외부에서 가해지는 충격에 자동적으로 반응하여 완충효과를 가지는 스마트 물질이다.

[그림 13]처럼 입자가 낮은 속도에서 높은 속도로 진행함에 따라 배열에 의해서 점도가 떨어지다가 어느 속도 이상에서는 클러스터를 형성하여 점도가 급격히 증가하게 되는 현상을 보인다. 이를 이용하여 방탄 및 방검복 그리고 각종 보호장비에 적

[그림 13] Shear Thickening Dispersions



출처 : http://www.che.udel.edu/research_groups/wagner/stf.html9

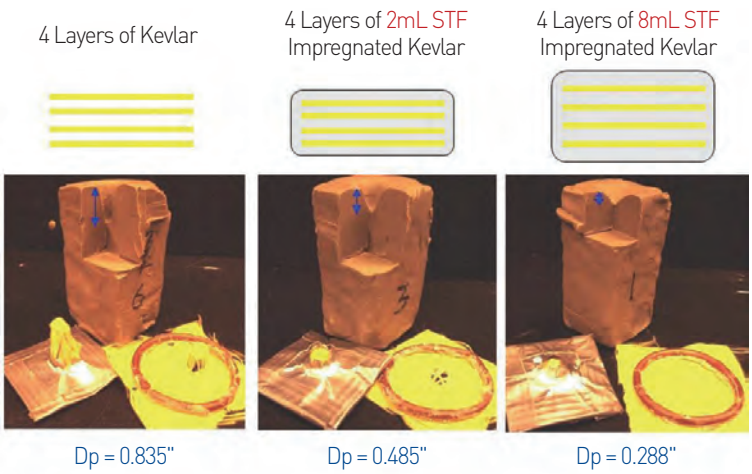
용하려는 시도가 이루어지고 있으며 메디칼 분야에도 적용이 가능한 제품을 생산할 수 있다.

이러한 점도의 증가는 기존에는 화학공정이나 식품제조에서 파이프의 막힘 현상 등이 해결해야 될 문제점으로 지적되었으나 2000년대 초반 델라웨어 대학에서 처음으로 이러한 현상을 방탄복 연구에 적용하기 시작하면서 스마트 완충제로 각광을 받게 된다. 델라웨어 대학은 미국 국방과학연구소와의 공동 연구를 통해 스마트 유체와 케블라 섬유를 결합하여 유연성을 가지면서도 방탄효과가 기존 케블라 방탄복보다 우수한 방탄복을 제조할 수 있게 된 것이다.

[그림 14]처럼 기존 케블라 방탄복 대비 3배 이상의 방탄효과를 가지면서 평소에는 유연성이 뛰어나서 군인의 전투력과 총탄에 의한 부상 및 사망을 획기적으로 줄일 수 있는 소재를 개발한 것이다. 그리고 스마트 유체를 사용한 완충제를 사용하면 칼에 의한 충격도 완충시킬 수 있어 방탄 및 방검이 동시에 되기 때문에 군수용 뿐만 아니라 민간 개인 방호에도 적용 가능성이 높다.

이러한 스마트 완충시스템은 레저용(스키복, 바이크용) 충격 완화에 적용될 뿐만 아니라 자동차 및 항공용으로 적용될 때 경량화와 다양한 고충격 흡수시스템에 적용이 가능하기 때문에 군수 및 일반인 레저 및 교통, 항공 사고에 따른 인적 물적 피해

[그림 14] STF 완충제



출처 : Ref. Lee et al., j.mat. sci. 38, 2825(2003)

를 최소화할 수 있는 신기술로 관심이 집중되고 있다.

무기나노입자의 밀도가 분산액보다 높기 때문에 장기 사용성을 위한 저장 안정성에 대한 표준을 제시하여 제품의 수명 및 성능에 대한 지표를 확보하는 것이 필요하고, 나노입자의 형상에 따른 완충효과의 정량화 표준 그리고 분산액의 위발성에 따른 농도 표준을 확립하여 제품화하기 위한 신뢰성 확보에 대한 표준도 필요하다.

해외에서는 이미 주로 섬유 및 바이오, 항공 관련 회사들이 나노 입자를 이용한 스마트유체와 섬유 및 패브릭과 융복합화하여 제품을 개발 중이다. 대표적인 기업으로는 미국의 North Carolina와 캐나다에 근거를 둔 섬유회사인 Barrday에서 shear thickening fluid를 이용한 방탄복을 양산 개발 시도 중이고, 미국의 의료기기 메이커인 Christiana Care Health System에서는 shear thickening fluid와 나노섬유 페브릭을 융합하여 수술용 장갑을 개발하여 수술 시 주사기 바늘이나 메스에 의한 부상 및 피해를 막아줄 수 있는 스마트 장갑으로 개발 중이다. 그리고 미국의 델라웨어주에 위치한 벤처기업인 Masely Enterprises는 NASA와 협력하여 우주선이나 유인위성의 충격 방지를 위해 shear thickening fluid를 이용한 우주에서의 충격 완화 시스템을 개발 중이다.

06

Next Generation Materials

탄소섬유 및 복합소재

탄소섬유는 탄소원소 95% 이상으로 이루어진 물질로 기계적 물성이 뛰어나 복합소재의 보강재로 각광받고 있다. 자동차용 복합소재로 보다 넓은 응용을 위하여 저가 탄소섬유 개발이 세계적으로 활발히 진행되고 있다.

탄소섬유는 탄소원소 95% 이상으로 이루어진 약 7마이크로미터 두께의 1차원 섬유형태 물질로 기계적 물성이 뛰어나 복합소재의 보강재로 각광받고 있다. 19세기말 에디슨은 셀룰로오스섬유를 열처리 후 필라멘트로 사용하여 전구를 개발하였고 이것이 최초로 제조된 탄소섬유이다. 1959년 미국의 유니온 카바이드사가 레이온 섬유를 탄화 처리하여 탄소섬유를 상품화하였으며 이후 폴리아크릴로니트릴 및 피치를 원료로 사용하여 탄소섬유를 제조하게 되었다. 현재 폴리아크릴로니트릴 기반의 탄소섬유가 시장의 약 90%를 차지하고 있다. 일본 메이저 3사(도레이, 도호, 미쓰비시)가 50% 이상의 시장점유율을 가지고 있으며 기술력 면에서도 세계 최고 수준이다. 이 밖에 미국 Hexcel, 유럽 SGL 등의 탄소섬유 제조사가 있으며 국내에는 효성과 태광산업이 2013년부터 탄소섬유를 제조하고 있다.

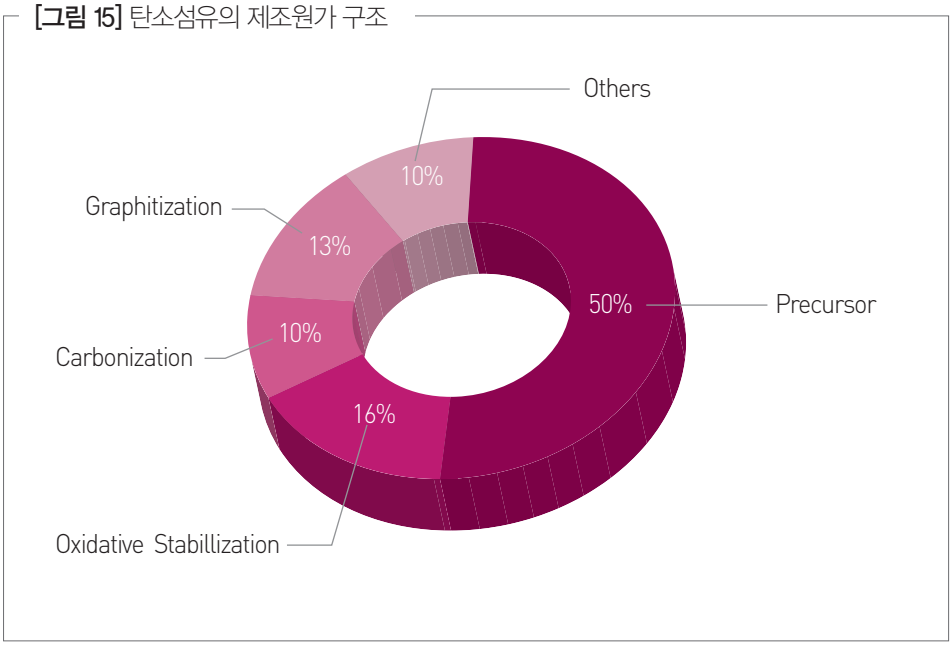
제조공정은 원료합성, 섬유제조, 안정화, 탄화, 표면처리로 이루어져 있으며 폴

리아크릴로니트릴 섬유는 습식방사, 피치섬유는 용융방사를 통하여 제조된다. 안정화는 섬유를 탄화과정 중 융착되지 않고 섬유상을 유지시켜주기 위하여 공기 중에서 섭씨 300도 미만의 온도에서 열처리를 실시하는 공정이다. 안정화된 섬유는 불활성 가스 분위기에서 섭씨 1,500도 탄화공정을 거치며 탄소섬유가 제조된다. 마지막 단계로는 표면처리 공정으로 탄소섬유의 표면에 고분자를 얇게 도포하여 섬유를 보호하고 향후 사용되는 복합소재 고분자와 계면강도 증가를 목적으로 한다. 탄소섬유는 철 대비 비강도(강도를 밀도로 나눈 값)가 10배가량 높아 가벼우면서 기계적 물성이 뛰어난 소재이다. 이러한 장점에도 불구하고 탄소섬유 복합소재 시장이 급격히 성장하지 않는 이유 중 하나는 높은 탄소섬유의 가격으로 산업계에서 파악하고 있다.

폴리아크릴로니트릴 섬유기반의 탄소섬유의 경우 종류에 따라 다르나 일반적으로 1kg당 2만5,000~3만5,000원에 판매되고 있으며 [그림 15]와 같은 제조원가 구조를 가지고 있다. 전 세계적으로 탄소섬유의 가격을 낮추기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 공정을 중심으로 살펴보면 원가의 51%를 차지하는 원료섬유를 대량생산 공정을 통하여 생산하거나 보다 싼 셀룰로오스나 폴리올레핀 계열의 원료물질을 사용하는 기술개발이 진행되고 있다. 안정화 공정 및 탄화공정은 공정시간이 길고 에너지 소비가 많은 공정인데 기존의 열처리를 방사선이나 플라즈마 등으로 대체하여 원가를 낮추려는 연구가 진행되고 있다. 미국은 오크리지 국립연구소를 중심으로 지난 15년간 저가 탄소섬유 연구를 실시하였으며 유럽은 2013년부터 그리스, 이탈리아, 프랑스 중심의 저가 탄소섬유 개발 프로젝트 3개를 EU 프로그램으로 진행하고 있다. 일본은 탄소섬유 제조사와 AIST 연구소가 안정화 공정이 필요 없는 고분자 물질을 개발하고 있다. 이와 같이 각국에서 신기술을 확보하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며 탄소섬유를 미래의 중요 소재로 인식하고 있다는 반증이기도 하다.

현재는 탄소섬유가 항공기용 복합소재에 사용되고 있으나 저가 탄소섬유가 개발될 경우 자동차용 복합소재에 사용되고 이에 따라 탄소섬유 시장이 매우 커질 것으로 예상하고 있다. 탄소섬유 복합소재의 장점은 가볍고 강하다는 점인데 자동차에 적용될 경우 연비 향상에 큰 도움이 될 수 있다. 또한 각국의 이산화탄소 규제가 강화되어 자동차 무게를 줄이기 위한 산업계의 노력이 필수이다. 전기차나 연료전지차의

[그림 15] 탄소섬유의 제조원가 구조



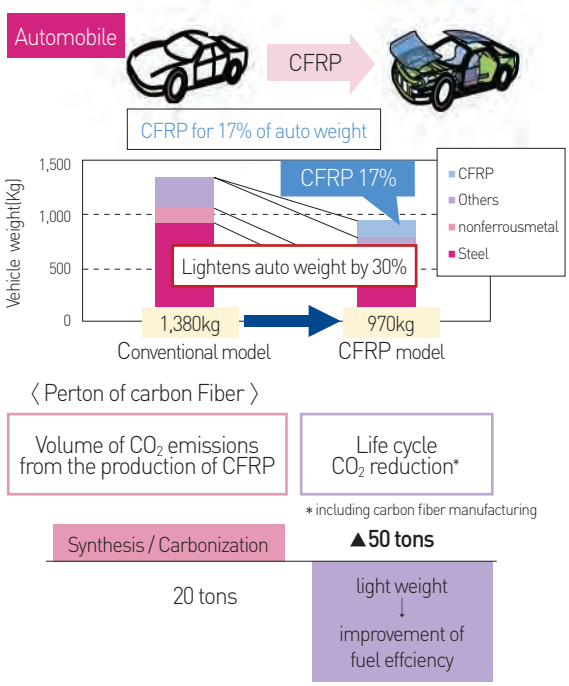
출처 : Oak Ridge National Lab, 2012년 보고서

경우 기존 자동차보다 배터리 등의 추가 무게가 발생하기 때문에 가벼운 복합소재의 사용이 절실한 실정이다. 앞서 언급한 저가 탄소섬유 개발 프로그램들은 1 kg당 1만 2,000~1만5,000원 정도의 탄소섬유 생산을 목표로 하고 있으며 대부분 자동차 생산 기업의 물성 요구를 만족시키기 위하여 진행되고 있다.

탄소섬유 복합소재는 금속소재를 대체하여 자동차용으로 사용되어야 하는데 복합소재는 고분자 기지(matrix)에 탄소섬유가 함침되어 있는 구조로 성형공정시간이 오래 걸리는 단점이 있으며 가격이 올라가는 요인이 된다. 따라서 새로운 고분자와 성형공정 개발을 통하여 원가절감 노력을 하고 있다. 또 하나의 해결하여야 할 과제는 복합소재의 repair와 recycle문제이다. 금속소재에 비하여 물리적인 repair가 어렵고 recycle을 위하여 고분자를 제거하는 공정이 필요하고 제거 후에도 탄소섬유의 성능 확보가 어려운 문제점이 있다. 현재 recycle 기술은 고분자를 태우거나 강한 용매로 녹여내는 방법으로 많은 에너지와 용매 수거 등의 이차적인 문제점을 가지고 있으므로 보다 효율적인 기술이 요구된다. 위에서 살펴 본 바와 같이 탄소섬유 복합소재를 자동차에 적용하기 위하여 해결해야 하는 많은 문제들에도 불구하고 새로운 소재로

사용될 것이라는 예상하에 다양한 연구개발이 진행되고 있으며 가까운 미래에 우리 주변에서 사용될 날이 올 것으로 기대된다.

[그림 16] 복합소재 사용에 따른 자동차 무게 감량과 이산화탄소 절감효과



출처 : Toray사 2012년 발표자료

07

Next Generation Materials

항공우주용 초고강도 탄소복합소재

초고강도 탄소복합소재는 항공우주·국방산업에서의 핵심소재이며 한국은 관련 산업 시장규모와 성장도가 선진국 수준임에도 불구하고 생산기반이 전혀 없는 상태이다. 따라서 수출입허가품목 소재의 국산화 및 부품설계에 필요한 기술을 확보하여 핵심산업 활성화에 기여해야 한다.

무게는 강철의 4분의 1이나 강도는 10배 이상 강한 고부가가치 소재로서 활용 분야가 무한하고, 전후방산업 육성효과가 커 창조경제를 대표하는 사업 모델이 될 탄소섬유는 특유의 뛰어난 탄성률로 고온에서의 높은 강도를 조합하여 목적에 맞게 제조할 수 있는 고기능성 재료이며, 특히, 경량구조재이자 강화재로서 다양한 분야의 소재로 사용할 수 있을 뿐 아니라 항공소재 산업의 핵심소재로 대두되고 있으며, 그 수요 또한 비약적으로 증가하고 있다.

초고강도 탄소섬유 및 이를 이용한 초고강도 탄소복합소재는 항공우주·국방산업의 핵심소재로서 세계 시장 선두업체들은 신규투자를 통해 수요 증가에 대응 중이며, 특히 고성능 제품의 경우 수출입통제 품목으로 지정되어 있어 정부가 기술개발사업을 지속적으로 지원해야한다. 따라서, 정부차원의 탄소섬유산업에 대한 전략적인 지원이 필요한 시점으로, 국내 기업을 통한 탄소섬유산업 육성에 박차를 가할 필요가

있으며, 특히 인장강도 6.4GPa, 탄성계수 295GPa급 초고강도 탄소섬유를 이용한 항공 및 방산부품 개발은 미래 고부가가치 섬유산업을 이끌어갈 핵심사업으로서 국내 탄소섬유산업의 기반 형성과 지속발전을 위한 지향점이다.

한국은 항공우주·국방산업 시장규모와 성장도가 선진국 수준임에도 불구하고 초고강도 탄소섬유 생산기반이 전혀 없는 상태이며 선진국 및 주도 기업들의 철저한 특허 및 기술권리 보호로 기술이전도 힘든 상황이다. ㈜효성과 ㈜태광산업은 각각 연산 2,000톤 규모와 1,500톤 규모의 탄소섬유 양산공장을 가동 중이나 초고강도 탄소섬유 생산은 아니며, 현재 국내에서는 초고강도 탄소섬유기반 탄소복합소재부품 개발 관련 기술은 전무하며 관련 인프라 및 이에 따른 관련 시장 규모 또한 미미한 상황이다. 이에 비하여 현재 생산능력 세계 최대인 일본 Toray사는 기존 탄소섬유 제품인 T-300급, T-700급 강도 수준을 크게 높인 T-800급을 이미 상업화하여 비행기의 1차 구조물로 적용 중이며, T-1000급의 실용화 연구도 추진 중이다. 또한 T-2000급 연구개발도 진행하고 있으며 유럽·미·일의 지역적 특색을 합해 글로벌한 탄소섬유 공급체계를 구축하여 관련 시장을 선도하고 있다.

[그림 17] 탄소섬유의 환경·에너지 관련 용도의 확대



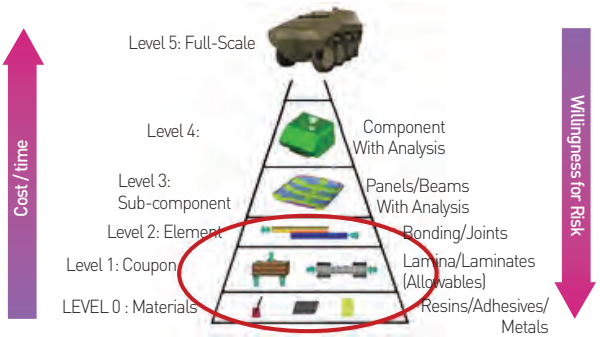
출처 : 전라북도 예타신청사업 발표자료(2014.06.24.), "초고강도 복합소재 개발사업"

일반적으로 탄소섬유 및 이를 이용한 탄소복합소재에 대한 표준은 ASTM, ISO, KS 등의 표준으로 커버 가능한 수준으로 판단되나, 현재 초고강도 탄소섬유 및 이를 이용한 중간재, 그리고 최종 제품인 초고강도 탄소복합소재에 대한 표준은 전무한 상

[그림 18] 초고강도 탄소섬유를 이용한 탄소복합소재의 활용 사례



[그림 19] 탄소복합소재 표준화를 위한 시험 절차



출처 : 전라북도 예타신청사업 발표자료(2014. 06. 24.), "초고강도 복합소재 개발사업"

황이므로 미국, 일본, 유럽의 표준화 및 규격을 면밀히 검토하고 효율적인 표준화를 만드는 작업이 요구되며 이는 한 기관이나 단체에 의존하기보다 국가 정책적 측면에서 전략적 해결이 필요한 상황이다. 특히 항공우주용 소재부품에 대한 품질인증, 방산소재에 대한 인증 등 개별 소재에 대한 국내 자체 규격 및 인증 필요성이 증대되고 있어 소재 및 부품의 표준화 및 인증 절차를 통한 관련 산업의 활성화를 위해서는 산·학·연의 기술교류 활동을 통해 표준화 및 인증절차 제정을 위한 전략적 컨소시엄 구성이 필요할 것으로 판단된다.

수출입허가 품목인 초고강도 탄소섬유 및 이를 이용한 탄소복합소재의 국산화 및 부품설계에 필요한 핵심기술을 확보하고 제품 및 서비스 상용화 개발을 위한 표준화 및 인증 추진전략을 통해 2025년 세계 시장점유율을 10%로 추정하면 초고강도 탄소섬유는 약 400억 원, 초고강도 탄소복합소재는 약 4,000억 원의 매출효과가 기대되며(약 1,000명의 신규 고용창출 기대), 특히 항공우주·국방산업 발전에 기여할 것이다.

08

Next Generation Materials

탄소소재 기반 방열소재

최근 전자기기가 소형화 및 고성능화됨에 따라 기기의 발열량이 증가하게 되고, 이를 효율적으로 방출시키기 위한 방열부품으로 탄소소재 기반 방열소재에 대한 관심이 높아지고 있다.

최근 전자기기가 소형화되고 고성능화됨에 따라 전자기기 내의 발열량이 증가하고 있다. 따라서 이러한 전자기기 내의 발열량을 효율적으로 방출시키기 위한 방열부품에 대한 관심이 높아지고 있다. 한 통계 자료에 의하면 전자기기의 고장은 55%가 온도에 의한 것으로 발열 문제는 전자기기의 내열성 및 장수명화의 관점에서 중요한 문제점 중 하나이다. 또한 자동차의 배기가스 배출 제한, 연비향상 요구, 전기자동차 등 차세대 자동차의 등장으로 인하여 경량이면서 고방열 특성을 갖는 소재에 대한 요구가 증대되고 있다. 이로 인하여 고성능 방열소재 관련 시장은 점점 증가하고 있는 추세이다.

지금까지의 방열부품은 열전도도가 높은 금속 및 세라믹 소재 등이 주로 이용되었다. 하지만 금속과 세라믹 소재의 경우 무게가 무겁고, 성형성이 좋지 않으므로 제조단가가 높은 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 가볍고 성형성이

좋은 고방열소재의 필요성이 대두되고 있다. 열전도성 고분자 복합소재는 가볍고, 성형성이 좋으며 낮은 제조원가로 인해 방열부품 소재로 주목을 받고 있다. 열전도성 고분자 복합소재는 고분자의 다양한 장점에도 불구하고 금속 및 세라믹 소재와 비교해 낮은 열전도도로 인하여 사용이 제한되고 있어 열전도성 고분자 복합소재의 열전도도를 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

고분자 복합소재의 열전도도를 향상시키기 위해서는 열전도성 필러를 고분자 수지에 고르게 분산시켜 열 이동경로를 확보해야 한다. 그러므로 열전도성 고분자 복합소재 제조 시 고열전도성의 고분자 수지와 필러가 필요하고, 필러의 형상 및 크기, 필러의 첨가량 등을 고려하여 복합화 조건을 최적화하여야 한다. 열전도도를 높이기 위해 사용하는 필러로는 탄소소재가 대표적이다. 피치계 탄소섬유의 경우 1000W/mK 정도의 열전도도를 나타내며 탄소나노튜브는 6000W/mK의 열전도도 값이 보고 된 바 있다. 이는 은(450W/mK)이나 구리(480W/mK) 같은 금속보다 높은 열전도도 값이다. 하지만 매트릭스로 사용되는 고분자 수지의 열전도도가 대략 0.2 W/mK 정도 밖에 되지 않고, 탄소소재를 복합화하더라고 분산성 및 필러 간의 연결 등의 문제로 열 이동경로 확보가 어려워 열전도성 고분자 복합소재의 열전도도는 크게 상승하지 않는다. 그러므로 고분자 복합소재의 열전도도를 높이기 위해서는 필러의 고충전화가 필요하다. 이를 위해 입자의 크기 및 모양이 다른 필러를 혼합하여 충전하는 방법들이 이용되고 있다. 입자의 크기가 다른 필러를 사용할 경우 큰 입자들 사이에 작은 입자들이 위치하면서 충전율을 높일 수 있고, 흑연과 같은 판형입자와 탄소섬유 같은 선형입자를 혼합하여 사용할 경우 일정비율에서 열전도도가 향상되는 결과도 보고되었다. 또한 탄소섬유, 흑연과 같은 마이크로 스케일의 필러와 탄소나노튜브, 그래핀과 같은 나노 스케일의 필러를 하이브리드화시킴으로써 열전도도 향상을 극대화시킬 수 있다.

전자기기가 박형화됨에 따라 방열시트에 대한 관심도 높아지고 있다. 방열시트는 주로 열전도성이 우수한 탄소재료를 주로 이용하는데 탄소재료 방열시트는 얇고 유연하며 높은 열전도도 값을 보이는 특성이 있다. 현재 탄소재료 방열시트는 플레이크상 천연흑연을 팽창처리 후 시트상으로 압연하는 방법의 천연흑연시트와 고분자 필름을 고온열처리하여 흑연화하는 방법으로 제조된 인조흑연시트가 주로 이용되고

[그림 20] 대표적 방열 부품 적용분야

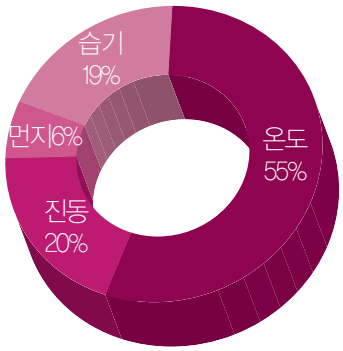


출처 : google.com

있다. 인조흑연시트는 천연흑연시트에 비해 가격이 비싸다는 단점이 있지만 면방향의 경우 열전도도가 2배 이상 높고, 박막화가 가능하며, 기계적 강도가 우수한 장점이 있다. 인조흑연시트의 경우 폴리이미드 필름을 고온열처리하여 흑연화하는 방법으로 제조된다. 이 인조흑연시트의 열전도도 값은 최고 2000 W/mK으로 구리에 비해 4배 정도 높은 값을 나타내고 있다. 현재 이러한 흑연계 방열시트는 면방향의 열전도도는 높은데 반해 수직 방향의 열전도도는 높지 않은 경향이 있어 열을 면방향으로 분산시켜 전체적으로 전자기기 등의 온도를 낮추는 데 매우 효과적인 소재이다. 그러나 흑연계 방열시트의 경우 높은 전기전도성 때문에 절연성이 요구되는 적용 분야에서는 사용이 제한되고, 사용하더라도 고분자필름 등의 절연층을 추가함으로써 흑연시트 고유의 우수한 열전도성이 크게 감소하게 된다. 따라서 탄소소재 표면을 세라믹소재로 코팅하는 등의 방법으로 절연성이면서 고열전도성을 유지하는 방열시트 개발을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

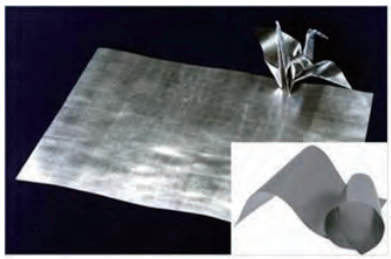
현재 열전도성 고분자 복합소재는 기존의 금속 및 세라믹 소재와 비교하여 낮은 열전도도 값으로 인해 극히 제한적인 방열 부품에 이용되고 있다. 하지만 고분자 복합

[그림 21] 전자소자의 고장을 유발하는 요소



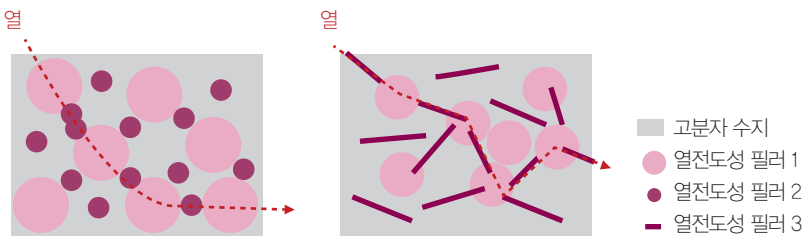
출처 : 방열소재 및 방열접착 기술시장동향 및 사업화 이슈분석, KISTI(2013)

[그림 22] 인조흑연 고방열 시트



출처 : http://panasonic.co.jp/company/r-and-d/technology/topics/pgs/

[그림 23] 열전도성 고분자 복합재료의 열 이동경로 모식도



소재의 경우 성형이 쉬워 제품의 생산성이 우수하고 금속이나 세라믹에 비해 가벼운 특성이 있기 때문에 그 수요는 꾸준히 증가할 것으로 기대된다. 방열시트의 경우, LED 조명, 모바일기기, LCD/LED TV 등이 박형화 및 경량화됨에 따라 그 필요성이 대두되고 있어 시장의 급격한 성장이 기대되는 분야이다. 탄소소재 기반 방열소재 개발에 있어서 많은 기술적 난제들이 남아 있지만 시장의 요구가 증가하고 있어 그 전망은 매우 밝을 것으로 예상된다.

09

Next Generation Materials

탄소섬유 자동적층 기술

CFRP 부품 제작 공정에서 비중이 가장 큰 탄소섬유 중간재 및 프리폼(예비 성형체) 제조공정의 자동화가 시급하며, 해당 제품의 높은 신뢰성 확보를 위해 로봇산업과 연계한 CFRP 생산 자동화 기술 확보가 매우 중요하다.

자동차 배기가스 규제(EURO-VI 및 LEV-III)가 보다 엄격해지면서, 자동차 경량화를 통한 문제해결 접근이 적극적으로 시도되고 있다. 이중 기존 강철대비 낮은 밀도를 가지는 알루미늄, 마그네슘 및 탄소섬유강화복합재료를 적용하고자 하는 시도가 가장 큰 트렌드이다. 탄소섬유강화복합재료(Carbon Fibers-reinforced Plastics, CFRP)는 탄소섬유를 강화재로 사용하고 고분자 수지를 기재로 사용한 고강도 플라스틱 소재이다. CFRP는 기존 금속대비 1/5 정도의 밀도를 가지는 반면 비강도가 10배 이상으로 최적의 경량화 대체소재로 평가받고 있다.

CFRP를 제조하기 위해 탄소섬유는 다양한 형태의 중간재로 가공된다. 가장 기본적인 장섬유형 탄소섬유(long fiber CF)를 시작으로 일정한 길이로 자른 단섬유 탄소섬유(chopped CF), 분말화된 탄소섬유(milled CF), 직조형상에 따라 능직, 평직, 다축직조(non-crimp fabric), 부직포 제조방법에 따라 습식(wet-laid), 건식(air-laid

및 carding) 등 최종 복합재 부품이 요구하는 강도 및 형상에 맞게 중간재의 가공이 결정된다. 또한 이들 중간재에 수지를 함침시킨 프리프레그는 그 형상에 따라 '토우 프리프레그(tow prepreg)'와 'UD(unidirectional)/직물(fabric) 프리프레그'로 나누어진다(토우 프리프레그 : 탄소섬유 토우를 스프레딩 후 수지를 입힌 탄소섬유 tape 형태의 중간재).

탄소섬유 UD 및 직물은 그 강도 등 우수한 기계적 성능으로 활용도가 높지만, 비틀림 및 보관상의 문제 등으로 인해 취급에 어려움이 있다. 또한 성형시 부품의 하중 조건을 고려하여 여러 각도로 적층해야 하는 문제점도 수반된다. 이러한 문제점을 해결하고자 최근에는 위에서 언급한 NCF(non-crimp fabric) 설비 등을 이용하여 특정 하중 방향으로 탄소섬유 원사 또는 1 m 폭의 UD 프리프레그의 다층 배열을 통해 공정 절감을 다양하게 시도하고 있다.

현시점에서 CFRP의 가장 큰 응용시장은 스포츠/레저 분야이다. 하지만 그 범위는 항공기(보잉787, 에어버스380)에 이어 자동차 분야로 빠르게 퍼져가고 있다. 특히 자동차 분야에서 CFRP 부품의 빠르고 정밀한 제조는 대량생산을 통해 제품단가가 결정의 가장 중요한 요소로 판단되고 있다. 기존의 CFRP 부품제조는 Filament winding, Vacuum bag molding, 및 Autoclave 등 성형에 오랜 시간이 요구되며, 수작업이 많이 동반되기 때문에 최종제품의 정밀도가 낮아지는 문제가 발생한다.

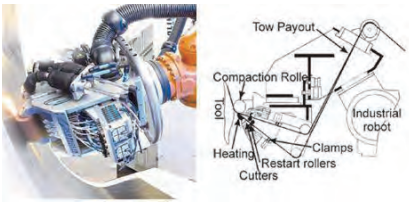
때문에 CFRP 부품 제작 공정에서 비중이 가장 큰 탄소섬유 중간재 및 프리폼(예비성형체) 제조공정의 자동화가 시급하며, 해당 제품의 높은 신뢰성 확보를 위해 로봇산업과 연계한 CFRP 생산 자동화 기술 확보가 매우 중요하다.

다양한 프리폼 제조방법 중 로봇을 이용한 automated fiber placement(AFP) 방법은 자동화된 로봇을 이용하여 미리 준비된 탄소섬유 tow와 수지필름 또는 토우 프리프레그(탄소섬유 tape)을 자동화된 설계 프로그램에 따라 특정한 형상으로 프리폼을 제조하는 설비이다. 설비의 특성상 로봇헤드는 섬유의 공급 및 수지의 공급부가 있고, 순간 용융을 위한 레이져 설비 및 tape의 컷팅을 위한 컷터 및 프레싱 롤러 등으로 구성된다. 이가 로봇팔에 의해 적게는 6축부터 많게는 7축까지 다양한 곡면 등 복잡한 형상에 대한 보강 및 특수한 형태의 프리폼을 정밀하게 제조할 수 있다. AFP 장비는 기본적으로 filament winding 기법에서 개발된 방법이기 때문에 초기에는

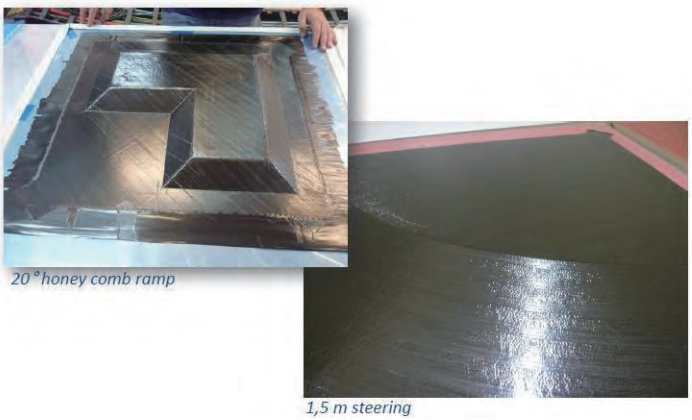
[그림 24] AFP 장비를 이용한 곡면보강



[그림 25] AFP head의 구조 및 형상



[그림 26] AFP 장비를 이용한 탄소복합재 성형물



filament winding의 한 방법으로 분류되었는데, 활용의 다양성 및 파급효과 때문에 지금은 하나의 공법으로 분류되었다. AFP 공법은 1980년대 후반에 상업적으로 열려지게 되었으며, 로봇을 이용한 공정의 신뢰성 및 생산성에 관련한 이슈를 설명하기 위한 새로운 공정으로 소개되었다. 그 뒤 AFP의 높은 정밀도 때문에 2000년대까지 주로 군사 및 우주프로그램에 주요하게 적용되었고, 최근에는 조선산업의 경량 선체 등 다양한 분야로 그 응용이 확대되는 추세이다.

AFP 장비의 핵심기업에는 Automated Dynamics(미국), Electroimpact(미국), Accudyne(미국), MAGCincinatti(미국), Foster Miller/ATK(미국), Ingersoll(미국), Coriolis(프랑스), 및 MTorres(스페인)가 있으며, 특히 미국을 중심으로 주로 분포되

어 있는데, 이는 앞서 설명한 것과 같이 군사 및 우주항공 분야에서 주로 기술이 접목되었기 때문이다.

세부 파트별로 Automated Dynamics, Accudyne 및 Coriolis는 산업로봇 시스템에 강점이 있다. 로봇방식의 적층시스템은 낮은 초기 자본 지출과 특수 용도용으로 재단이 더 용이하며, tape을 이용하는 적층 시스템은 head 내에 더 많은 토우를 처리함으로써 향상된 생산성 및 신뢰성을 제공할 수 있다.

국내의 경우는 항공분야 적용을 위한 AFP 시스템이 10여 대 도입되어 운용 중이며, 항공부분에서는 KAI에서 적극 활용 중이다. 한편 (재)한국탄소융합기술원에서는 산업부 '탄소밸리구축사업'을 통해 프랑스 Coriolis사로부터 tape을 이용하는 AFP 장비를 도입하여 자동차에 적용하는 탄소복합재용 프리폼 제조에 적극 활용하고 있다. 조선분야에서는 아직까지 도입사례가 없으나 최근 '해양융복합소재산업화사업'을 통해 소형선박용 AFP 장비의 도입이 시도될 예정이다.

10

Next Generation Materials

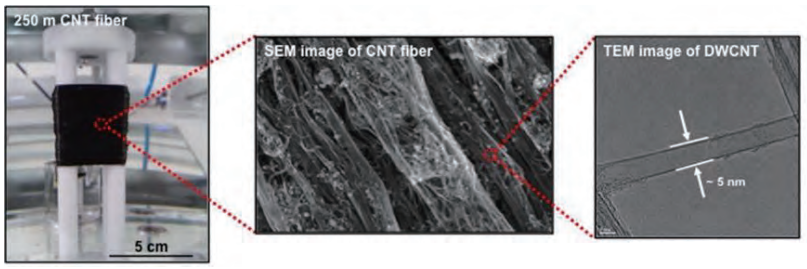
탄소나노튜브섬유

탄소나노튜브섬유는 탄소나노튜브의 연속적인 집합체이다. 따라서, 탄소나노튜브섬유는 탄소나노튜브의 단점인 짧은 길이의 제한이 없고, 탄소나노튜브들로 구성되어 있기 때문에 기술 개발 여하에 따라 탄소나노튜브에 근접한 뛰어난 특성을 가질 수 있는 잠재력이 큰 소재이다.

탄소나노튜브는 1991년 일본의 Sumio Iijima 교수에 의해서 발견된 이후로, 다양한 연구자에 의해서 기존의 금속, 세라믹 소재가 갖고 있지 못하는 놀라운 기계적, 전기적, 열적 성질을 갖고 있는 것으로 밝혀졌다. 즉, 탄소나노튜브는 강철의 1/6의 무게로 강철보다 100배 이상 강하고, 일반 금속보다 1,000배 이상의 전류를 흘릴 수 있으며, 구리보다 8배 이상의 열전도도를 가지고 있다. 또한 단일벽 탄소나노튜브의 경우, 그 구조에 따라서 반도체 특성을 보이기도 하고, 금속의 특성을 보이기도 하는 놀라운 물질이다. 이러한 이유로 1990년대 중반부터 20년간 우리나라에서 뿐 아니라 전 세계적으로 집중적인 연구가 이루어졌고, 탄소나노튜브를 기반으로 한 반도체소자, 에너지소자, 구조용 및 기능성 복합재 등 다양한 응용 분야가 제시되었다.

하지만 연구 초기의 기대와는 달리 그간의 많은 연구 노력에도 불구하고 탄소나노튜브를 이용한 소자들이 실제 산업에 응용된 경우는 현재까지 거의 없는 것이 현실이

[그림 27] 탄소나노튜브섬유 사진 및 탄소나노튜브섬유 내부구조의 전자현미경 사진



다. 일부 복합재의 충진재로 이용되고 있으나, 탄소나노튜브의 낮은 분산성으로 인해, 사용되더라도 굉장히 소량에 그치고 있는 실정이다. 이와 같이 탄소나노튜브가 그 뛰어난 물성과 그를 바탕으로 한 다양한 응용 가능성에도 불구하고, 실제 산업에의 응용이 제한되어 온 이유는 여러 가지가 있으나, 그 중 큰 요소 중의 하나는 탄소나노튜브의 길이가 짧아서 실제로 산업체에서 이를 다루기가 굉장히 어렵다는 점이다. 일반적으로 분말 형태의 탄소나노튜브는 길이가 짧고, 밀도가 굉장히 낮기 때문에 공기 중에 쉽게 날리는 특성이 있고, 이는 탄소나노튜브를 다루기 힘든 문제와 더불어 흡입 시 인체 내에서의 독성 문제와 관련되어 탄소나노튜브의 실용화에 또 다른 큰 장벽이 되었다.

이러한 탄소나노튜브의 문제점은 2000년대 초반, 탄소나노튜브를 섬유화하여 길이의 제한 없이 탄소나노튜브의 뛰어난 특성을 활용할 수 있는 기술이 소개되면서부터 새로운 국면을 맞이하였다. 짧은 탄소나노튜브를 긴 섬유의 형태로 제조할 수 있게 됨에 따라서 탄소나노튜브를 쉽게 다룰 수 있고, 탄소나노튜브의 분산에 대한 이슈가 없으며, 분말 형태의 탄소나노튜브와 달리 공기 중에 쉽게 날리지 않기 때문에 안전성 문제에서도 훨씬 자유롭다고 할 수 있다. 또한 탄소나노튜브의 뛰어난 물성을 거시적인 규모에서 발현할 수 있게 되었고, 이를 바탕으로 초경량 고전도성 케이블, 에너지소자, 센서, 군수용 소재, 웨어러블 전자소자 등 다양한 응용 분야가 제시되었다.

현재까지 알려진 탄소나노튜브를 섬유화하는 방법에는 크게 세 가지가 있다. 세 가지 중 가장 먼저 시도된 방법이 습식 방사법이다. 이는 기존의 고분자 섬유를 방사하

는 기술과 동일한 방법으로, 탄소나노튜브를 일정 용매에 분산시켜 탄소나노튜브 용액을 제조하고, 그 용액을 일정 크기의 노즐을 통해 방사하는 방식이다. 이 방식의 최대 장점은 이미 기존의 섬유 회사에서 양산 기술을 확보하고 있기 때문에, 시장성이 있다고 판단되면 빠르게 대량 생산화 될 수 있다는 점이다. 다만 일반적으로 분산이 어려운 탄소나노튜브를 분산시켜야 하기 때문에, 강산 등의 용매를 사용하여야 하는 단점이 있다. 두 번째 방법은 탄소나노튜브를 실리콘 기판위에 성장시킨 후, 면사를 꼬는 것처럼 탄소나노튜브를 섬유화하는 방식이다. 이 방법은 작은 규모의 연구실에 적합한 방법으로 양산성은 떨어진다고 할 수 있다. 마지막으로 고온에서 탄소나노튜브를 합성하면서 연속적으로 탄소나노튜브섬유를 합성하는 방식인 직접 방사법이 있다. 이 방식은 기존에 없던 전혀 새로운 방식으로 탄소나노튜브의 합성부터 섬유화까지 한 번의 과정으로 진행된다는 장점이 있다. 단, 합성과 섬유화 과정 사이에 정제 과정이 없어 불순물이 많이 포함되어 있는 단점이 있다.

이러한 탄소나노튜브섬유의 상업화는 아직 국내에서는 시도되지 않고 있으나, 미국 등에서는 직접 방사법을 이용하여 탄소나노튜브섬유의 양산 시스템을 갖추려고 하는 벤처회사들이 탄소나노튜브섬유의 상업화를 이끌고 있다. 대표적인 회사는 미국의 Nanocomp Technologies, Inc.이다. 이 회사는 2004년에 설립되어 있으며, 준양산 체제를 갖추고 있으며 2014년 초 한화로 약 185억 원 상당의 펀드를 받아 생산설비를 확충하고 있다. 그리고 역시 직접 방사법을 기반으로 하여 영국 Cambridge 대학에서 설립한 벤처 회사인 Q-Flo와 이스라엘의 군수업체는 Plasan이 Tortech이라는 조인트 벤처 회사를 설립하여 탄소나노튜브섬유의 상업화를 추진하고 있다. 습식 방사의 경우, 이 분야의 선두 주자인 미국 Rice 대학의 Pasquali 교수 그룹과 일본의 화학회사인 Teijin이 협력하여 연구를 진행 중이나 아직까지 구체적인 상업화 계획은 알려져 있지 않다.

이러한 탄소나노튜브섬유는 탄소나노튜브의 응용 면에서의 단점을 극복하고, 탄소나노튜브의 뛰어난 물성을 나타낼 수 있는 가능성이 있는 재료이다. 하지만, 현재의 기술로 제조되는 탄소나노튜브섬유는 개개의 탄소나노튜브 물성에는 크게 미치지 못하는 실정이다. 예를 들어 개개의 탄소나노튜브의 강도는 63GPa에 이르는 것으로 알려져 있으나, 탄소나노튜브섬유의 강도는 1-2GPa 에 지나지 않는다. 따라서

탄소나노튜브섬유가 기존의 재료가 갖지 못한 가볍고, 강하며, 높은 전기전도도 및 열전도도를 갖고, 유연하며 응용성도 뛰어난 재료가 되기 위해서는 탄소나노튜브의 섬유화 기술 개발에 더 많은 시간과 노력이 필요하다는 것은 분명한 사실이다. 다만, 탄소나노튜브섬유가 기존의 재료로는 열 수 없는 전혀 새로운 응용 분야를 개척할 가능성이 높은 소재인 것 또한 분명한 사실이다.

[그림 28] 미국 Nanocomp 사의 제품 및 주력 응용 분야



출처 : Nanocomp Technolgies, Inc 홈페이지 (www.nanocomptech.com)

Trend 05 _ Next Generation Steel

차세대철강



차세대철강 분야 2016년 원안 작성위원

- **이준호** 교수 고려대학교 / joonholee@korea.ac.kr
- **황병철** 교수 서울과학기술대학교 / bhwang@seoultech.ac.kr
- **정효안** 상무 포스코 / jungha7@posco.com
- **인광진** 부장 현대제철 / ingroup@chol.com
- **임병문** 상무 동국제강 / byungmoon.lim@dongkuk.com
- **정진안** 박사 포스코 / jachung@posco.com
- **박용현** 부장 동국제강 / yonghyun.park@dongkuk.com
- **함종오** 과장 한국화학융합시험연구원 / hamjo@ktr.or.kr



• 총 론 206
• 국가표준코디네이터 담당분야 소개 208
• 차세대철강 분야 10대 트렌드
01. 사회 안전 확보를 위한 내진 철근 210
02. 수소 에너지 활용을 위한 응용 소재 216
03. 영하 60℃급 극한환경 해양플랜트 강재 222
04. 비자성 특성이 우수한 비자성 고Mn강 228
05. 부식환경 손실비용 감소를 위한 내식철근 232
06. 마그네슘 첨가 고내식 아연알루미늄 합금도금강판 238
07. 고인성 구조용 강관의 상용화 242
08. 재난안전 인프라용 내화강재 246
09. 건축물의 대형화 고층화를 위한 나사철근 250
10. CHQ Wire의 구상화율의 정량적 시험평가 방법 개발 254

총 론

철강산업은 철을 지배해온 민족이 세계를 지배해온 역사와 문명과 더불어 지속적 발전을 해왔다. 강하고, 가공이 용이하고, 환경 친화적인 철강의 특성과 풍부한 자원으로 인한 경제성으로, 철강산업은 인류와 밀접한 관련을 가지고 계속해서 발전을 거듭하고 있다. 국가적 주요 산업인 자동차의 20%, 조선업의 25%, 건설업의 40%에 이르는 철강 사용 비중은 철강산업의 위상을 잘 보여주고 있다. 또한 철강산업은 그 자체로도 주력 수출산업이며 전·후방 제조업에 대한 생산유발계수가 큰 주력산업이다.

1955년 1.1만 톤에 불과하던 국내 조강생산은 60년 동안 6,500배 증가한 7,154만 톤으로 증가하였고, 전 세계 조강생산 16.6억 톤의 4.3%를 생산해 세계 5위이며, 인당 철강재 소비량은 1,082kg으로 세계 지속 1위로 세계 철강사에서 유례없는 급속성장을 달성하고 있으며, 조선, 자동차, 가전 등의 관련 산업의 발달에 견인차 역할을 해왔다. 국내뿐 아니라 최근 급성장한 중국, 인도, 브라질, 터키와 같은 신흥국들의 철강 생산이 세계 톱 10위국 반열에 올라와 있으며, 철강생산이 크게 증가한 국가의 경제성장률이 매우 높은 것을 볼 때, 철강생산과 경제 발전의 상관 관계가 높음을 알 수 있다.

최근 글로벌 경기침체의 장기화로 일부 산업을 제외한 제조업 전반의 수익성과 부가가치가 낮아지고 있는 상황이지만, 고용창출과 수출증대 효과 등의 측면에서 본다면 철강산업은 부가가치가 높다. 가격 약세와 수익성 하락의 어려움에 처한 세계 철강산업에 대한 우려가 있지만 이는 주요 국가의 공급과잉으로 인해 회복이 미진한 것으로, 철강산업의 성장이 멈췄다고 볼 수는 없다. 철강산업의 수요만 보면 세계적으로 매년 3% 내외로 증가하고 있다. 이는 세계 경제성장률과 버금가는 성장으로, 글로벌 경기 침체에도 불구하고 주요 신흥국에서의 도시화는 계속 진행되고 있어 철강산업 수요는 꾸준



심 광 수
E-mail : shim916@naver.com
홍익대학교 금속공학
(現) KS 철강 전문위원회위원
(前) 현대제철 부장

히 증가할 것으로 예측된다.

철강산업이 미래산업을 주도하기 위해서는 신강종 개발과 철강 자체 경쟁력 극대화가 필요하다. 이는 철강재의 기능성 강화와 철강 이용기술의 신 인프라 구축으로 실현될 수 있다. 철강산업과 연관이 큰 산업군별로 보면, 자동차산업에서는 자동차용 철강재의 시장 특성에 따라 차체 경량화를 위한 소재 강도 향상과 가공성, 충돌 안전성능을 위한 인성 등의 특성 연구가 진행되고 있다. 그리고 건설산업에서는 토지이용의 효율화 및 공기단축과 함께 구조물의 대형화, 교량의 초장대화 등에 따른 요구 특성인 내진, 내피로, 내후성의 고기능화 특성 철강재와 극후물화의 철강제품이 개발되어지고 있다. 또한 에너지, 조선, 해양구조물 등 첨단 철강제품은 초대형 극한지 환경에 적응하여야 한다. 조선의 대형화와 심해/극지방의 사용 증가에 따른 고강도 극후물화와 저온용 강재의 제품개발과 더불어 사용환경에 대한 내구력과 운영 에너지 절감 등의 특성 연구로 철강산업 분야는 더욱 발전할 것이다.

안전한 사회 인프라 구축을 위해서 철강은 필수적으로 핵심적인 역할을 하는 소재산업이다. 또한 녹색경제 시대를 이끌어갈 친환경산업이다. 철도, 다리, 조선, 해양구조 등은 물론 일반 기계산업과 가전에 이르기까지 우리 생활에 널리 사용되어 실생활과 밀접하게 관련되어 있고, 지금까지 인류 발전에 크게 기여했듯이 앞으로도 철강산업의 역할과 비중은 줄어들지 않을 것이다. 특히 안전한 사회 인프라를 구축하기 위해 다양한 철강제품이 개발되어 판매되고 있으며, 공해 요인이나 환경유해물질을 최소화한 친환경 제품 또한 꾸준히 개발되고 있다. 이러한 안전 철강재, 친환경 철강재는 향후 철강시장에서 핵심제품으로 성장해나갈 것이다.

국가표준코디네이터 담당분야 소개

철강산업은 소재산업으로 원재료부터 합성과 가공을 통해, 다양한 물성과 형상의 소재 또는 부품과 소재를 만들어내는 제조업이다. 제조공정에 따라 철광석을 환원하는 일관제철 사업과 철스크랩을 재용해하는 전기로제강산업, 주조, 열간가공(압연, 단조, 압출) 냉간가공, 열처리, 표면처리, 용접, 신선 및 로핑 등의 가공산업 등으로 나누어진다. 소재형태로는 순철, 선철 등의 원료형태 및 열연강판, 후판, 냉연강판, 도금강판, 열처리강판, 철근, 봉강, 형강 강관, 강선, 주철, 주단강 등 1, 2차 가공품으로 자동차, 조선, 기계, 건설, 방위산업을 비롯한 전방산업에 기초소재로 공급한다.

또한 철강산업은 주력 제조업 중 전후방 산업연관효과가 큰 산업으로 생산유발 효과가 가장 큰 산업이다. 철강 전방산업인 건설, 자동차, 조선, 기계 및 가전산업 등 수요산업 등의 발전주기와 철강제품 투입패턴에 의해 철강제품의 투입비중은 변화하게 된다. 일반기계 및 자동차, 조선산업은 국제경쟁력이 제고되면서 경량화 및 기능강화에 따른 소재 대체에도 불구하고 철강 소비비중이 향상되고 있다. 철강 제조 시 석탄 및 광산품, 전력, 비철 및 비금속 등의 투입비중이 높은 주요 후방산업을 구성하므로 철강산업의 공정, 생산제품 구조에 의해 후방산업 또한 큰 영향을 받고 있다. 그러므로 철강 전후방산업의 구조변화는 철강산업의 경쟁력과 구조변화를 가져온다는 점에서도 매우 중요하다.

철강산업은 타 첨단산업에 비하여 기술적으로 성숙된 산업으로 새로운 제품 개발이 많은 양을 차지하지는 않는다. 그러나 제품의 사회 안전과 친환경 에너지 저감을 위한 경량화, 고강도화, 기능(내화, 내진, 내후성)을 강화한 제품 개발이 필요하며 고객의 니즈에도 부합하려는 노력이 지속되고 있다. 이를 위해 산업 원천기술 및 특허의 표준화 연계 방안을 수립하고, 경쟁이 심화된 부문에 대해서는 표준과 품질의 향상을 통해 효

율적인 추진이 필요하다. 이러한 기능들과 요구 특성이 반영되어 극저온 압력용기용 고망간 강재와 내해수용 고내식강재, 마그네슘이 함유된 삼원계 도금 강판 등의 신제품이 국가표준에 제정되어 철강산업의 경쟁력 강화에 기여하고 있으나, 기존 제품에 대해서도 철강 표준 정책을 통해 업그레이드가 필요하다.



따라서 범용제품은 고도화 및 표준 향상을 통해 경쟁력을 강화하여 철강재 수요산업과의 동반성장 구축이, 하이엔드 제품은 특화기술로서 국내시장 선점과 활성화를 기반으로 글로벌 미래수요 창출이 요구된다.

국가기술표준원은 철강산업의 중요성을 감안하여, 2015년 6월부터 '국가표준코디네이터'사업에 차세대 철강 분야를 신설하였다. 국가 R&D와 표준의 연계, 표준기반의 국가 R&D 정책 개발과 철강 표준 향상을 위한 표준전략 수립 및 국제 네트워크 강화 등의 다양한 활동을 진행 및 계획하고 있으며, 이러한 활동의 일환으로 차세대 철강 분야의 10대 표준화 전략 트렌드를 선정하였다.

01

Next Generation Steel

사회 안전 확보를 위한 내진 철근

내진 철근은 지진 등의 충격을 흡수해 건물 전체의 갑작스런 붕괴를 예방할 수 있도록 일반 철근보다 우수한 성능을 갖춰 통상 진도 6.0의 지진에도 견딜 수 있는 고성능 철근 제품이다. 주로 철근 콘크리트 구조물의 중심 부분을 지탱하는 핵심 보강재로 사용된다. 현재 국내에서는 항복강도 400, 500, 600 MPa급 내진 철근이 개발되어 일부 사용되고 있으나 중국산 철근의 무분별한 수입 및 사용, 일본의 내진 철근에 대응하기 위해 항복강도 700 MPa급 내진 철근에 대한 기술개발 및 표준화가 필요한 실정이다.

최근 세계 곳곳에서 지진이 빈번하게 발생하여 많은 인명과 물질적 피해가 잇따르고 있다. 국내의 경우도 지진 발생이 지속적으로 증가하고 있어 우리가 살고 있는 한반도도 더 이상 지진으로부터 안전지대가 아님을 경고하고 있다. 따라서 그 어느 때보다 내진성능을 지닌 철근의 개발이 절실히 필요한 시점이다. 근래에 들어와 국내의 강구조 설계기준 변화와 내진 설계기준의 강화는 내진성능 강재 개발의 필요성에 당위성을 더하고 있다.

미국의 경우 1994년 노스리지 지진의 경험을 통해 건축물에 내진성능을 강화한 ASTM A992/A706M 표준을 개정 및 적용하여 사용토록 하였으며, 일본의 경우 1995년 고베 지진을 겪으면서 JIS G3136 표준 개정 및 일본 국토교통성 인증(USD) 등을 통해 내진성능을 강화한 철근을 개발하여 사용토록 하였다. [표 1]을 보면 ASTM A706M 표준 및 USD 규정의 경우 항복비(yield ratio, YR=항복강도/

인장강도)를 0.80 이하 또는 0.85 이하로 규제하고 있다. 지진이 발생할 때 철강재료의 항복비가 낮은 경우 재료가 항복한 이후 소성변형을 일으키며 지진의 에너지를 흡수할 수 있는 양이 커지므로 건물 전체의 급작스런 붕괴를 막는 것이 가능하다. 또한 항복점의 하한뿐만 아니라 상한도 함께 규정하여 항복점 변위를 축소하였으며, 용접 결함의 발생 없이 작업이 가능하도록 탄소당량 수치를 일정 수준 이하로 요구하고 있다.

[표 1] 미국(ASTM), 일본(USD)의 내진철근 성능 규정

구분	규격/규정	항복강도	인장강도	항복비	연신율	굽힘성능	탄소당량 (Ceq)
		MPa	MPa		%	Degree	
ASTM A706M (미국)	D10~D19	420~540	550 ↑	0.80 ↓	14	180° 균열 유무	0.55
	D22~D36				12		
	D43, D57				10		
USD (일본)	590A	590~675	–	0.85 ↓	12	90° 균열 유무	0.70
	590B	590~650	–	0.85 ↓	12		
	685A	685~785	–	0.85 ↓	10		–
	685B	685~755	–	0.85 ↓	10		

출처 : 콘크리트학회지 제22권 5호 2010. 9

국내의 경우 수요자의 요구를 충족시키고 철강제품의 기술 수준 향상 및 국민의 재산과 생명 보호를 위해 현대제철㈜과 동국제강㈜이 지식경제부의 지원 아래 산업원천기술개발사업인 '초고장력 H형강 및 철근 개발' 사업을 2004년 9월부터 2010년 2월까지 5년 6개월간 수행하였다. 당시 국내에 내진설계라는 개념조차 없었던 때 처음으로 개발에 나서 SD400S, SD500S 개발에 성공한 데 이어 2011년 5월 특허 출원까지 마치며 국내 최초로 내진철근 고유의 기술을 보유하게 되었다.

현대제철과 동국제강은 내진철근의 국가표준(KS) 제정을 주도해 2011년 11월 KS D3688〈고성능 철근콘크리트용 봉강〉을 제정하며 내진철근의 국가표준화를 이끌어낸 데 이어 2012년 10월 국토해양부 콘크리트 구조설계기준에 내진용 철근의 규격을 등재시킴에 따라 모든 상업화의 기반을 마련하였다. [그림 1]과 [그림 2]에 항복

강도 400, 500, 600MPa급 규격 D19 내진 철근의 미세조직 및 경도 측정 결과를 나타내었다. 항복강도 400, 500MPa급의 경우 고강도 철근인 SD600 및 SD700 강종의 결과와 마찬가지로 열간압연 후 수냉에 의해 표면층이 급랭되어 마르텐사이트로 변태되고 중심층은 페라이트로 상변태를 일으켰으며, 이때 철근의 중심에서 표면으로 빠져나가는 열로 인해 외부의 마르텐사이트는 템퍼링되어 표면 경화층(Core 1 영역)이 형성되었다.

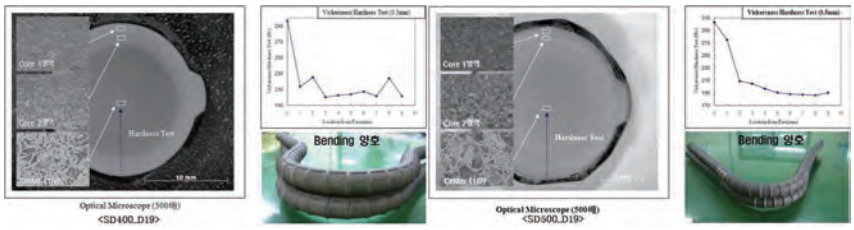
철근의 단면을 보면 경화층의 두께가 다른 것을 확인할 수 있는데 이는 수냉조건을 통한 냉각효과 차이에 기인한 것이다. 이렇게 형성된 경화층은 철근 강도에 직접적인 영향을 미치며, 경화층 두께 또는 면적비 제어를 통해 항복강도 및 항복비를 제어할 수 있다. 항복강도 600MPa급 철근의 경우 목표로 하는 항복강도 및 항복비를 달성하기 위해 템프코어(tempcore) 생산방식보다는 열간압연 후 철근 표면층에 약한 수냉 처리를 하여 강도를 보상하는 방법으로 생산하고 있다.

[표 2] 항복강도 400MPa, 500MPa, 600MPa급 내진 철근의 기계적 특성

구분	규격	항복강도	인장강도	항복비	연신율	굽힘성능
		MPa	MPa		%	Degree
개발 목표		400 ↑	–	80 ↓	10 ↑	90° 균열 유무
400 MPa	D10	437~479	587~634	0.75	20~23	180° 균열 없음
	D19	462~479	609~621	0.77	18~22	
	D32	474~482	634~641	0.75	20~21	
개발 목표		500 ↑	–	80 ↓	10 ↑	0.70
500 MPa	D10	506~549	655~686	0.79	18~21	180° 균열 없음
	D19	524~534	669~678	0.79	17~19	
	D32	516~527	670~681	0.77	17~18	
개발 목표		600 ↑	–	80 ↓	10 ↑	90° 균열 유무
600 MPa	D10	615~650	817~829	0.74~0.79	12.5~15.0	180° 균열 없음
	D19	623~624	795~798	0.78	15.0~15.4	
	D32	623	802	0.78	14.5	

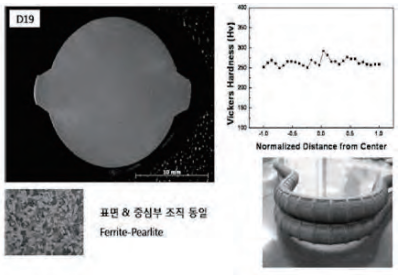
출처 : 콘크리트학회지 제22권 5호 2010. 9

[그림 1] 항복강도 400MPa 및 500MPa급 내진 철근



출처 : Gartner, 2013. 9

[그림 2] 항복강도 600MPa급 내진 철근

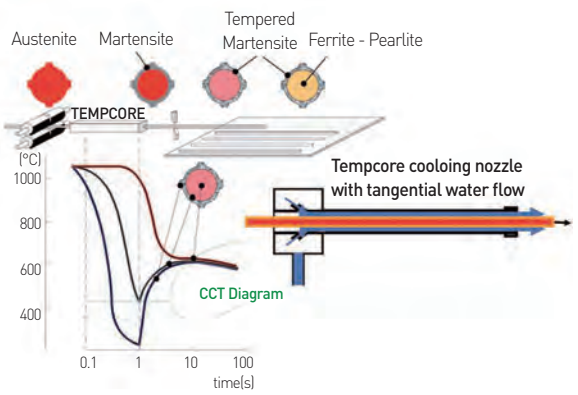


출처 : 콘크리트학회지 제22권 5호 2010.9

현재 템프코어 방식으로 제조하고 있는 일반 철근의 경우 일반 내진 설계에 적용됨에도 불구하고, 내진성(항복강도와 인장강도의 비)이 부족한데, 이를 극복하기 위한 미세한 냉각공정 조절 기술 개발이 요구된다. 국내에서 개발된 일반 철근의 최대 강도는 항복강도 700MPa이며, 실험 생산급에서 800MPa급이 연구된 상황이나, 일본은 이미 980MPa급 강종을 상용화하여 특수 목적에 활용하고 있다. 국내 철근콘크리트 구조물의 안전성을 높이기 위해 항복강도의 상한값을 제한하는 경우, 템프코어 생산기법에서는 인장강도/항복강도 비가 1.08배 수준으로 관리가 되어, 내진성이 떨어지는 문제가 있어, 인장강도/항복강도 비를 최소 1.15배 수준으로 생산할 수 있는 냉각 중 상변화 정밀제어 기술개발이 요구된다.

최근 중국산 철근의 무분별한 수입문제와 발생 빈도가 높아지는 지진에 대한 안전성 문제들로 인해 철근의 국가표준 KS가 국제 수준 이상으로 개정되었다. [표 3]에

[그림 3] 일반적인 철근 생산공정 – 템프코어(tempcore) 공정



출처 : CRM Group, http://www.crmgroup.be/our-services/licensing-marketing-and-sales/tempcore

나와있는 철근 국가표준(KSD 3504, 철근콘크리트용 봉강)의 주요 개정내용을 보면, 철근에 불순물로 들어 있는 인(P), 황(S)의 최대허용값을 일본기준으로 엄격히 하고 (0.050% → 0.040%), 항복강도 상한값을 설정해서 취성파괴를 예방하기 위한 안전성을 강화했다. 또한 세계 최초로 고층건물(60m 이상)에도 띠철근으로 내진보강을 하지 않더라도 내진설계가 가능한 항복강도가 600 N/mm^2 이상인 고강도 특수내진철근(SD 600S) 기준을 국가표준에 반영하였다.

[표 3] 철근의 국가표준 주요 개정안

개정항목		현행	개정(안)
화학성분	P, S 강화	0.050% 이하	0.040% 이하 (SD 300 제외)
기계적 물성	항복점 최대값	–	최소값의 1.3배 최소값 + 120 N/mm^2
	인장강도	강종에 따라 절대값으로 규정 (440~800 MPa)	항복강도의 상대값으로 규정 (1.08~1.15배)
롤마킹 강종 표시 개선		숫자 또는 돌기 개수	숫자
강종 신설		고강도 특수내진철근(SD 600S), 나사철근	
표준 통합, 강종 폐지		일반 철근 및 고성능 철근 표준 통합, SD 350 폐지	

출처 : 산업통상자원부

현재, 철근의 무분별한 수입과 일본의 내진 철근에 대응하기 위해서 국내에서도 항복강도 700MPa 이상의 내진 철근 개발과 표준화가 절실히 필요한 시점이다. 특히 600MPa급 이상의 내진 철근은 기존의 초고강도 철근과는 달리 템프코어 방식으로 제조가 불가능하기 때문에 V를 0.08% 첨가하여 원하는 물성을 얻을 수 있었다. SD 700S급 내진 철근을 제조하기 위해서는 SD 400S, 500S, 600S에서는 사용되지 않았던 V, Nb, Ti 등의 고가의 미량 합금원소를 첨가해야 하는데, 이들 원소를 활용한 최적의 합금설계 기술개발이 요구된다. 한편, 이들 고가의 합금원소는 제강 공정에서 슬래그와 분배 평형을 이루어 합금 중 농도가 낮아질 수 있으므로, 수율을 최대로 높일 수 있는 슬래그 설계 또한 요구되고 있어 많은 연구가 필요하다.

02

Next Generation Steel

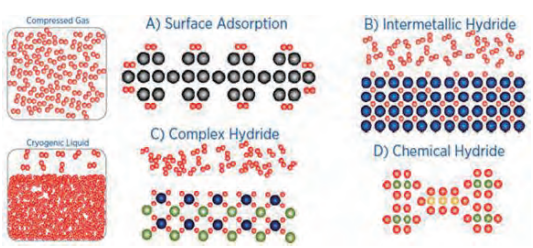
수소에너지 활용을 위한 응용 소재

화석연료 대체에너지 중 하나인 수소에너지는 수소 형태로 에너지를 저장하고 연소시켜도 환경오염의 염려가 없는 무공해 에너지원이다. 최근 다양한 수소 저장방식에 따른 관련 연구가 진행되고 있으며, 국가가 주도하여 수소 분야 국제표준화에 대응하고 있다. 한편, 철강산업에서는 이산화탄소 저감을 위해 수소환원 공정용 내수소 소재개발 연구가 진행될 예정이다.

화석연료 대체에너지중 하나인 수소에너지는 수소형태로 에너지를 저장하고 연소시켜도 산소와 결합하여 다시 물로 변하므로 배기가스로 인한 환경오염의 염려가 없어 미래의 무공해 에너지원으로 중시되며, 인류 궁극의 연료로 지목되고 있다. 따라서 이러한 친환경 수소를 사용하여 자동차와 같은 운송수단에 사용되는 석유를 대체하려는 많은 연구가 진행되고 있다.

수소저장 분야는 크게 수송용 수소저장장치와 고정형 수소저장장치로 분류할 수 있으며, [그림 4]와 같이 수소저장기술에 따른 분류

[그림 4] 수소저장기술 분류



출처 : U.S. DOE(Department of Energy)

[표 4] 수소저장 방식에 따른 업체 및 기관의 개발동향

저장방식	업체 및 기관 (국가)	개발내용
고압기체 수소저장	IMPCO Technologies, Lawrence Livermore National Laboratory (LLNI), Thiokol Propulsion (미국)	– 연료전지 자동차용 고성능 수소저장 장치 개발
	QUANTUM	– 350bar 및 700bar급 수소저장 용기 개발 및 독일 TUV 인증
	Toyota, Nissan (일본) Daimler–clrysler, Ford Motos (미국), 현대자동차 (한국) Peugaut–Citroen (프랑스)	– 700bar 수소저장 기술 공동 개발
	Lincoln Composites (미국)	– 700bar급 복합재료(Type 4) TUFFSHELL ISO 15869 인증
	현대자동차, KCR, (주)이노컴	– 350, 700bar 급 연료전지 자동차 탑재용 수소저장 탱크 및 주변기술 개발
저온액화 수소저장	한국가스공사	– 수소액화 및 단열기술 개발
	KIST	– 자기냉각 액화물질 융합연구단 출범 – 자기냉각 재액화기반 액체수소 저장용기 개발, 저장용기 건전성 평가기술 개발
	Benz, BMW (독일), UCLA (미국), Musashi Univ. (일본)	– 자동차 연료용 액화수소 개발
	Air Product and Chemical Inc. (미국)	– 이송가능한 230리터 급 액체수소 탱크 서비스 – 고정용, 지상용 450~2000 리터 급 액체수소 탱크 서비스
	Linde (스위스)	– 독일 BMW와 제휴하여 상용 BMW 차량에 액체 수소 저장탱크 개발 – 150~20,000 L/hr 급 수소액화플랜트 설계, 제작, 운영
	WE–NET 및 NEDO (일본)	– 수소 저장 및 수송 분야 내 극저온소재 개발, 대용량 액화설비 및 저장 설비 개발 – 액체수소 충전시스템 구축 및 실증을 위한 수소경제 사회를 위한 코드 및 표준개발 연구

저장방식	업체 및 기관 (국가)	개발내용
고체수소 저장합금	GFE(독일)	– 1.85wt.%의 수소 저장, 방출하는 상온수소 저장 합금 개발 – 잠수함용 연료전지 구동을 위한 고체수소 저장시스템에 적용
	Max Planck(독일)	– $NaAlH_4$에 Ti를 첨가한 촉매를 습식법 혼합을 이용한 가역적 수소 저장/방출 연구 – $LiAlH_4$ 등 알칼리 및 알칼리 토금속 alanates 연구
	Sandia 국립연구소(미국)	– $NaAlH_4$ 이외에 다른 1족 및 2족 금속–알루미늄 복합착수소화물 연구
	AIST 및 Toyota(일본)	– 2wt.% 내외의 수소 저장/방출 합금 개발 – 3.5kg급 고체수소 저장시스템 제작 및 성능시험

로는 수소의 압축이나 액화에 의해 수소 자체를 물리적으로 저장하는 방법과 비가역적인 화학적 결합에 의한 저장, 가역적인 수소저장합금 또는 고체물질에 가스 상태의 수소를 흡착하는 물리적 결합에 의한 저장으로 구분될 수 있다.

[표 4]는 각각의 수소 저장방식에 따른 여러나라의 업체 및 기관의 개발동향에 대해 나타내고 있다. 현재 해외에서 상용화에 가까운 단계에 있거나 개발하고 있는 수소 저장방식에는 저온액화기술과 고압압축기술이 있는데 전자는 20K 이하의 극저온으로 냉각해야하기 때문에 에너지 소모가 매우 크고 보관 과정에서 필연적으로 기화손실 문제가 있으며, 후자는 저장용기의 부피가 크고 사고에 의한 폭발 위험성이 있으므로 저온액화기술과 고압압축기술을 대체할 수 있는 고체 소재에 수소를 저장하는 고체수소 저장 기술에 많은 연구가 집중되고 있다.

특히 700기압의 고압으로 수소를 압축하여 저장하는 방식은 이미 전 세계적으로 상용화 단계에 이르렀으며, 현재 일본 Toyota사의 Mirai와 현대자동차의 투싼 FC와 같은 수소연료전지자동차에 적용되고 있다.

현재 수송기기 및 고정식 연료전지용 고용량 고체수소저장재료 연구개발을 활발히 추진하고 있는 나라는 미국(DOE 주도), 일본(WE-NET), 독일(Max Planck) 등이며

특히 미국은 2003년도부터 10년 장기 계획과 향후 5년간 약 1억 달러의 정부예산으로 고용량 수소저장기술을 개발하는 초대형 프로젝트를 수행하였다.

[표 5] 수소 저장방식에 따른 장단점 비교

방식	장점	단점	주 사용처
고압탱크	• 가볍고 개발 편리	• 고압충전시설 필요 • 대용량 저장의 어려움 • 폭발 가능성	• 자동차 등 운송수단
수소저장 합금	• 부피당 저장용량이 큼 • 수소 사용 편리	• 무게가 무거워 육상 운송수단에 사용하기 어려움	• 잠수함, 대형선박, 지게차 등
저온저장 기술	• 대용량 저장시설에 유리	• 초저온 유지 때문에 대형 시설이 필요하고 에너지 손실 발생 • 소형화 어려움	• 수소충전소 등 저장시설, 핵융합로 등 과학실험 시설
고온저장 기술	• 부피당 저장용량이 큼	• 고온 유지 때문에 에너지 손실이 많음	• 중대형운송수단 • 실험 연구 중

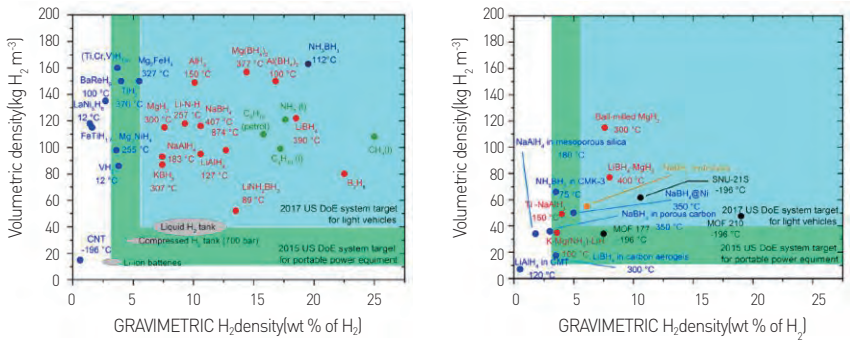
출처 : 동아일보

미국 에너지국(DOE)에서 2003년에 2015년 실현화를 목표로 하여, 수소 저장시스템의 목표로 비에너지 3.0kWh/kg(9wt.%), 에너지밀도 2.7kWh/L(81gH^2/L)을 설정하였다. 이후 2009년에 이를 재검토해서 비에너지 2.5kWh/kg(7.5wt.%), 에너지밀도 2.3kWh/L(70gH^2/L)로 조정하였다.

[그림 5](좌)에는 고용량 수소 저장 재료로 가능성이 있는 수소화합물들과 미국 에너지국의 2015년도와 2017년도의 시스템 목표를 나타내었다. 또한 수소 저장재료들에 대해 수소화합물의 분해 온도와 이론적인 수소 저장밀도를 표기하였다.

[그림 5](우)에는 현재 성취된 수소화합물의 연구결과들을 나타내었다. DOE의 20년 동안의 연구 결과로 수많은 재료들이 연구되고 있는 것을 알 수 있는데, 이것은 DOE 연구 성과물로 여겨진다. 그렇지만, 2017년 DOE의 목표를 만족시키는 재료는 아직까지 없는 것으로 보인다.

[그림 5] 수소화합물들의 이론 저장 용량과 미국 에너지국의 수소 시스템 목표(좌)
현재까지 개발된 수소 화합물들의 수소 저장 성과(우)



출처 : Q. Lai, M. Paskevicius, D.A. Sheppard, C.E. Buckley, A.W. Thornton, M.R. Hill, Q. Du, J. Mao, Z. Huang, H.K. Liu, Z. Guo, A. Banerjee, S. Chakraborty, R. Ahuja and K.-F. Aguey-Zinsou, Hydrogen Storage Materials for Mobile and Stationary Applications : Current State of the Art. ChemSusChem. doi:10.1002/cssc.201500231 (2015).

[그림 6] 현재 양산 중인 수소연료자동차 Toyota Mirai(좌)
현대자동차 투싼 FC(우)



[표 6]은 수소분야 국제표준기구 규격명에 대하여 나타내고 있다. 우리나라는 최근 정부 주도의 에너지, 경제, 환경을 동시에 고려한 대안 마련으로 2020년 이후 산업계 주도의 상업화 진행을 추진하고 있다. 따라서 국제규격 제정단계부터 산업계의 제품설계, 제조단계에서부터 세계표준을 적용한 기술개발유도를 통하여 국내기술의 국제표준으로 조기 정착과 국제경쟁력 강화 유도와 국내기술 개발 향상을 통한 원천기술 확보 및 국제표준화 대응력 강화에 노력하고 있다. 따라서 수소(ISO/TC197) 관련 국제표준회의에 참석 및 대응하고 있다.

한편, EU, 일본, 미국 등 선진국의 탄소규제가 강화되고 있어 철강산업의 수출경쟁력을 확보하기 위해 철강산업에서의 CO_2 저감 기술개발이 시급하여, 철광석 환원을 위해 기존 코크스 대신 수소가스를 적용하는 수소환원제철에 대한 연구가 진행되

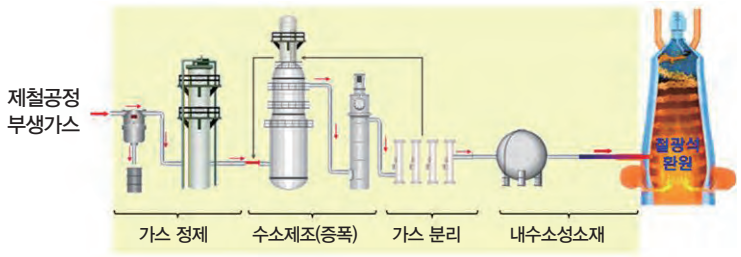
[표 6] 수소분야 국제표준기구 명 : ISO/TC197(Hydrogen Technologies)

구 분	규격명
WG 5	Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices
WG 6	Gaseous hydrogen and hydrogen blends – Land Vehicle fuel tanks
WG 8	Hydrogen generators using water electrolysis process
WG 9	Hydrogen generators using fuel processing technologies
WG 10	Transportable gas storage devices – Hydrogen absorbed in eversible metal hydride
WG 11	Gaseous hydrogen – Fuelling stations
WG 12	Hydrogen Fuel – Product Specification – PEM fuel cell application for road vehicles
WG 13	hydrogen detection apparatus – Stationary applications
WG 14	Hydrogen fuel – Product Specification – Proton excharge membrane(PEM) fuel cell application
WG 15	Gaseous hydrogen – Cylinders and tubes for stationary storage
WG 16	Basic consideration for the safety of hydrogen systems

출처 : '수소·연료전지 국제표준화 사업'에 관한 보고서(최종보고서), 지식경제부 기술표준원(2012)

고 있다. 철광석 환원 공정에 제조된 수소가스를 공급하기 위해서 고온/고압의 고농도 수소가스에 적합한 내수소성 소재 개발이 반드시 필요하다. 따라서 기존 소재에 대한 체계적인 물성 평가를 실시하여 신합금 개발에 필요한 DB를 구축하여 고온, 고압, 고농도 수소환경에 요구되는 새로운 소재의 물성, 평가방법, 합금 개발에 대한 연구와 함께 소재의 표준화가 진행되어야 할 것이다.

[그림 7] 수소환원제철 개발 모델의 기본 개념



출처 : 수소환원제철 사업계획서

03

Next Generation Steel

영하 60℃급 극한환경 해양플랜트 강재

최근 원유나 천연가스의 생산지가 점차 심해 및 북극과 같은 극한지로 확대됨에 따라 극지형 강재(Arctic steel)의 보증 요구 온도가 –60℃로 낮아지고 있으며, 저온 및 빙 충돌에 따른 고인성·내충격 강재 및 용접부(용접 기술) 성능이 요구되고 있다. 현재 국내외 여러 기업 및 국가들에 의해 –40℃급 해양플랜트 강재가 개발되어 사용 중이며, –60℃급 강재 개발을 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 극한환경 해양플랜트 신강재 개발을 통해 극지방 주변 국가들을 대상으로 선박 및 극지환경에서 운용되고 있는 선박 및 해양 업체들과 가격경쟁력 우위를 점할 수 있으며, 이를 통한 고기능성 철강제품의 수출을 기대할 수 있다.

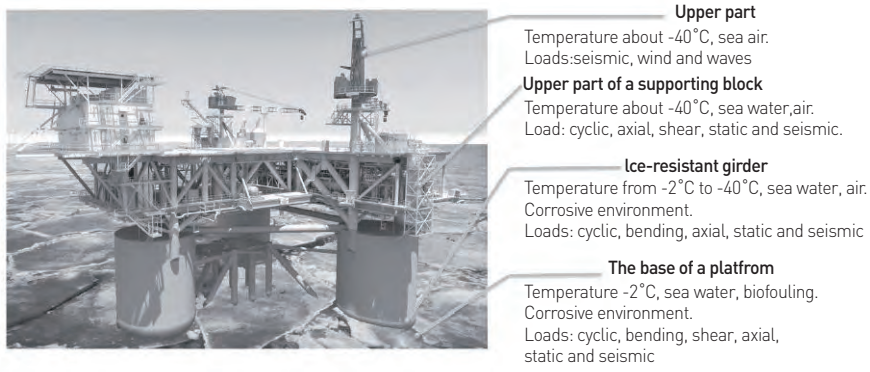
원유나 천연가스 생산지는 점차 심해 및 북극과 같은 극한지로 확대대고 있으며, 오일샌드, 셰일가스 등 새로운 형태의 에너지원의 개발 및 수송을 위해 보다 향상된 물성을 가지는 소재의 수요가 증가하고 있다. 원유 및 천연가스의 생산 및 수송에 사용되는 수송용 강관(line pipe), 유정관(OCTG : Oil Country Tubular Goods) 및 해양구조물 강관에 사용되는 소재는 −40℃ 이하의 극저온과 15,000psi 이상의 압력, 4% 이상의 CO_2 함유량 및 50ppm 수준에 이르는 H_2S 등의 부식 환경에서 안전성과 신뢰성을 가져야 한다.

[그림 8]은 북극과 같은 극한지에 설치된 해양플랫폼의 예들을 나타낸 것으로 기자재들이 위치한 상부의 경우, 온도가 약 −40℃ 정도이며 해수에 드러나 있어 부식환경에 노출되어 있다. 또한, 바람과 파도에 의한 하중을 고려해야 하며 안전을 위해 지진발생에 따른 하중을 견딜 수 있는 소재 및 설계가 요구된다. 얼음과 만나는

수면부구조물은 −2~−40℃ 범위의 온도와 해수에 의한 부식 환경이 형성된다. 반면, 수면 아래 플랫폼 구조물은 −2℃의 온도와 해수 및 해양생물에 의한 내식 환경이 형성된다. 이상의 서로 다른 환경 및 요구강도 조건에 따라 구조 형성, 생산 방법 등의 제작 여건들도 동시에 고려되어 일반 탄소강(carbon steel)에서부터 저온 고강도강, 고내식강(corrosion resistant alloys), 고강도 고내식 클래도 소재 등이 다양하게 적용되고 있다.

극한지를 비롯하여 해양구조물에 사용되는 소재는 강도, 파괴특성, 내식성, 화학조성, 미세조직 및 용접성에 따라 파이프라인과 구조물 제작에 사용되는 일반탄소강과 고강도 저합금강(HSLA : High Strength Low Alloy Steel)등의 구조용 강종, 튜브, 파이프, 피팅류 및 생산/공정용 설비 제작에 사용되는 탄소강, HSLA강 등의 생산장비용 강종, 부식환경의 생산/공정용 장비 제작에 쓰이는 스테인리스강, Ni 합금, Co 합금, Ni−Cu합금 및 Ti합금 등과 같은 내식합금 및 elastomer, 코팅재, 플라스틱 및 복합재료 등의 비금속 소재들이 있다.

[그림 8] 북극의 채굴환경에서 해양구조물의 환경 조건



출처 : Odessky P.D. 2006

미국의 경우 엑슨모빌, 쉘 등 오일 메이저사들 중심으로 관련 연구가 추진되고 있으며, 미국 정부 차원에서는 국방부 소속의 극한지역연구소인 CRREL(Cold Region

[표 7] 극한지역 해양플랜트 구조용 강재 선택

적용 부위	적용 강재
수면하부 구조물 (Substructures below a waterilne)	저온 고강도 특수강 (Special high-strength cold resistant steels)
내빙 거더 구조물 (Part of the ice-resistant girder)	고강도 고내식 클래드 소재 (High-strength clad steels)
수면 상부 구조물 (Constructions located above a waterline)	저온 고강도강 (High-strength cold resistant steels)
내부 구조물 (Internal parts for global strength)	고강도강 (High-strength steels)
Platform 강도 기여하지 않은 내장 구조물 (Internal parts for local strength)	일반강 (Steels of normal strength)
Platform 상부 구조물 (Constructions of top part of platform)	일반강 (Steels of normal strength)

출처 : Russian standard(Russian metals for Arctic offshore structures)

Research and Engineering Laboratory)이 종합적으로 적극 개발을 추진 중에 있다. 유럽에서도 극지(한랭지)에서 사용될 수 있는 특수 해양구조용 강재에 대한 R&D에 대하여 적극적으로 추진하고 있으며, [표 8]에서 보듯이 독일 Dillinger사는 -40℃ 용접부 CTOD 0.25mm 이상의 기술을 개발하기 위하여 민간 단독으로 추진하고 있고, 북해 유전에 대한 주도권을 가지고 있는 노르웨이의 SINTEF는 민간 공동개발 방식으로 -60℃의 극한 환경에서의 용접부 CTOD보증이 가능한 강재 개발의 타당성을 조사하고 있다. 일본은 신일철주금(NSSMC)사가 한랭지에서 이용 가능한 강재를 R&D를 통해 적극적으로 추진하고 있으며, 세부 기술로는 -40℃ 용접부 CTOD 0.25mm 이상의 기술개발을 목표로 하고 있다.

국내의 경우 기존 해양구조물 소재와 관련되어 선진기관(SINTEF, 민간 : Dillinger, NSSMC)을 중심으로 극지용 소재가 부각됨에 따라 국내 철강사별로 규격에 준하여 -10℃~-40℃에서의 420MPa급(API 2W-60) 용접부 CTOD 0.25mm 이상까지 개발하였으며, 부분적으로 460MPa급까지 연구가 적극 추진 중에 있다. 현대제철 과 포스코는 해양구조용강 420MPa급(API 2W-60) 용접부 영하 10~40℃에서

[표 8] 유럽 주요 기관 / 기업별 극지 기술개발 활동

	기술명	기술개발 내용, 성과, 스펙	개발비 출처
Dillinger (독일)	한랭지용 해양구조용 강재	-40℃ 용접부 CTOD 0.25mm 이상	민간
SINTEF (노르웨이)	Arctic Material II	-60℃ 용접부 CTOD 보증 강재 개발타당성 조사(JIP 형태로 진행 중이며, 오일메이저뿐 아니라 EPC사와 유럽 및 일본 철강사 다수 참여)	공동
Staoil (노르웨이)	Arctic Drillship	극지용 드릴십 개념설 및 성능 평가 수행 (수심 40m부터, 2,000m까지 운영 가능)	-
Huisman (네덜란드)	Arctic Semi-Rig	극지 시추용 신형식 Semi-Rig 개념설계 및 성능 평가 수행(20m Drift Ios Load 조건에서 위치유지 가능)	-

출처 : 산업통상자원 R&D 전략기획단 내부자료(2013. 11)

규격에 준하는 강재를 개발한 경험이 있으며, 극지환경 해양플랫폼용 강재를 개발하기 위해서는 새로운 성분계에 대응하는 제조공정 설비와, 이를 사전 모사하고 평가할 수 있는 진공용해, 압연모사, 용접 열재현 모사 설비 등의 대규모 고가의 실험 설비가 필요하며, 또한 성능 검증과 인증을 통한 상용화를 위해서는 Protype의 시생산재가 요구되기 때문에 중소, 중견기업 차원에서의 기술개발이 용이하지 않은 실정이다.

현재 국내 해양플랜트 건조기술은 세계 최고 수준으로 인정받고 있는 한편, 소재부품 및 원천 설계기술 분야(원천기술은 선진국 대비 60%, 소재부품은 40% 수준)는 해외에 전적으로 의존하고 있는 실정이며, 이는 국내 업체의 체질 약화로 이어지고 있다. 극지 해양플랜트와 관련한 원천기술 중 국내 업계의 기술 확보가 기대되는 가장 현실적인 대안은 강재 개발이라고 볼 수 있다. 원소재 특허는 가장 강력한 기술 권리를 가지며, 용접기술과 같은 유관 기술의 동반 개발을 통해 시너지 창출 또한 가능하다. 최근 극지형 강재의 보증요구 온도가 -60℃로 낮아졌으며, 저온 및 빙 충돌 환경에 견딜 수 있는 고인성·내충격, 저온 취성파괴, 내피로 성능을 갖춘 강재 및 용접기술이 요구되고 있으나, 저온과 다양한 크기와 형태의 얼음(ice)에 대한 대응기술을 복합적으로 고려해야하는 어려움이 있다. 특히 저온에서의 취성파괴나 빙충돌로 인

[표 9] 국내 극지용 소재

구분		두께 (mm)	CTOD 보증 온도 (°C)	CTOD(CGHAZ, mm) @−40°C			CTOD(CGHAZ, mm) @−40°C		
				0.8 kJ/mm	3.0 kJ/mm	4.5 kJ/mm	0.8 kJ/mm	3.0 kJ/mm	4.5 kJ/mm
API	2W−50	Max.100	−10	1.71≤ (0.7kJ/mm)	0.80≤	1.91≤	1.89≤ (0.7kJ/mm)	1.48≤	1.94≤
		Max.100	−40	2.36≤	1.33≤	0.90≤	0.54≤	2.19≤	2.24≤
	2W−60	Max.100	−10	0.98≤	2.57≤	2.83≤	0.73≤	1.74≤	2.79≤
		Max.100	−20	–	–	–	–	–	–
		Max.100	−40	0.71≤	0.51≤	1.06≤	0.12≤	0.55≤	0.16≤

출처 : 2016년도 산업핵심기술개발사업 과제기획보고서, 금속재료

한 강재의 예비변형에 따른 가공경화로 인해 강재 모재나 용접부의 물성이 크게 저하되어 급작스런 파손에 대한 위험이 크므로 이를 해결하기 위한 기술이 필요하다. 해양플랜트의 저온으로의 환경 변화와 더불어 [그림 9]에서 보이듯이 자원 고갈로 인한 심해에서의 자원 개발로 고강도, 극후물의 물성이 요구되며, severer한 환경 변화로 인한 내마모성, 고변형능 등의 물성 또한 요구되고 있다. 또한 채굴대상 에너지원의 특성 변화(mild → sour)로 인해 내 Sour(내 SSCC : Sulfide Stress Corrosion Cracking 및 내 HIP : Hydrogen Induced Cracking)특성이 요구되어 이들의 종합적인 요구 특성이 만족되는 신강종을 개발하기 위한 많은 어려움이 있다.

이러한 극한 환경 해양플랜트에 사용 가능한 신강재 개발을 통해 극지 해양플랜트 엔지니어링 기술개발의 자립화가 가능해질 것이다. 즉, 극한 환경에서의 자원 개발에 필요한 핵심기술의 경우 고부가가치 엔지니어링 원천 기술로서 타산업기술과 융·복합을 통해 시너지 효과 창출이 가능하며, 특히 해양, 조선, 철강 경기의 장기적인 침체로부터 활로를 찾을 수 있는 대안이 될 수 있다. 또한 소재의 국산화로 인해 미국, 중국, 러시아, 캐나다, 북유럽 등 극지방 주변 국가들을 대상으로 특수 선박 및 극지 환경에서 운용되고 있는 선박 및 해양 업체들과 가격경쟁력 우위를 점할 수 있으며 이를 통한 고기능성 철강제품의 수출을 기대할 수 있다.

[그림 9] 에너지 산업용 철강제품 개발 동향



출처 : Steel Korea posco 발표 자료

04

Next Generation Steel

비자성 특성이 우수한 비자성 고Mn강

중전기기산업에서의 에너지 효율 향상과 초전도 기술이 광범위하게 적용되면서 최근 비자성강의 용도와 사용 범위가 확대되고 있다. 강력한 자장 주위에 강자성의 강재를 사용하면 자기력선이 변화되어 자장이 손실되고 자성재료에 와전류(eddy current)가 발생하여 재료가 가열되므로 전력손실 및 열 발생 등의 원인이 되기 때문에 주변 구조물 및 주변기기는 자기력선을 변화시키지 않도록 비자성강이 사용된다. 대표적인 예로 초고압 변압기의 경우 와전류 손실을 줄여 변압기 효율을 높이기 위해서 비자성강을 적용하고 있다. 비자성강으로는 오스테나이트계 스테인리스강과, 고Mn강이 있으며 고Mn강은 스테인리스강 대비 강도가 높고, 비자성 특성이 안정적이며, 경제적인 장점을 가지고 있기 때문에 최근 강재 개발 및 절단, 절삭 등의 가공 및 용접기술 개발을 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 고Mn강 적용확대 시 스테인리스강 대비 가격경쟁력 우위를 점할 수 있으며, 국내 중국산 스테인리스강 대체뿐만 아니라, 이를 통한 고기능성 철강제품의 수출을 기대할 수 있다.

비자성강이란 자기적 성질이 없는 강재로 일반적으로 자장 속에서의 자화 용의성의 척도가 되는 투자율 μ의 값이 1.02 이하인 것을 말한다. [표 10]에서와 같이 비자성 재료로는 austenite계 스테인리스(stainless)강과 고Mn강 이외에도 목재, 석재, 강화 plastic 등의 비금속과 Al합금, Cu합금, Ni합금, Ti합금의 비철금속 등이 있다.

[표 10] 재료별 투자율(μ/μ0)

Aluminum	Wood	고Mn강	Austenite계 STS	Carbon steel	Iron(99.95 Fe)
1.000022	1.00000043	1.003	1.003	100	200,000

비자성강은 현재 중전기기 분야에 많이 적용되며 변압기, 차단기, 교류 회전자 등과 같이 와전류(eddy current)를 피해야 하는 곳에 사용된다. 즉, 강력한 자장 주위에

강자성인 강재를 사용하면 자력선이 흐트러져 자장의 손실로 이어지며 자성재료 중에 와전류 발생으로 인해 재료가 가열되어 에너지가 손실되고 열이 발생하여 구조물 자체에 여러 가지 문제가 발생될 수 있기 때문이다. 이러한 이유로 중전기기 제작업체에서는 와전류 손실을 토대로 열전달 또는 열유동 해석으로 온도상승을 계산함으로써 과열 여부를 판단하고 이를 설계에 반영하여 제품을 제작하고 있다. 뿐만 아니라 강자장을 발생하는 구성 재료는 물론, 그 구조물이나 주변 기기도 가능한 자기력선을 변화시키지 않도록 비자성강을 확대 적용하고 있다. 최근에는 함정 및 잠수함과 같은 자기 기뢰, 자기 탐색 방어를 위한 스텔스(stealth) 기능용 구성 재료로도 이용되고 있다.

[그림 10] 중전기기분야 비자성강 적용 제품



High Voltage transformer



Gas insulated switchgear

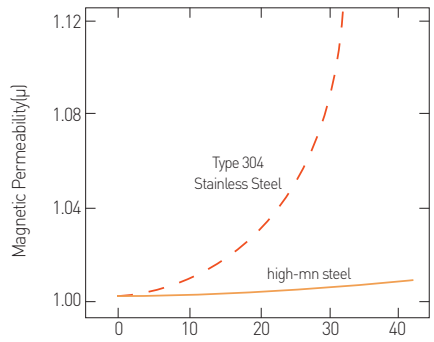
최근 초전도 기술이 광범위하게 응용됨에 따라 비자성강의 적용분야가 확대되고 있으며 대표적인 사례로는 자기 부상식 철도, 핵융합장치, 초전도 송전, 에너지 저장장치 등에 비자성강 요구가 증가되고 있다. 이렇게 비자성강의 적용분야가 확대됨에 따라 비자성 특성과 동시에 다양한 강재 특성들이 요구되고 있다. 비자성강의 대표적인 요구 특성으로는 강재 자체의 투자율이 낮고 가공변형에도 투자율이 상승하지 않아야 한다. 대표적 비자성강인 STS 304의 경우 제품을 제작하기 위한 가공변형 후 투자율이 증가하여 비자성 특성을 잃어버리게 되기 때문에 설계시 용접부나 가공부가 비자성 특성이 요구되는 부분을 피해 설계 제작함으로써 이러한 문제를 해결하고 있는 실정이다. 또한, 제품의 사용 환경에 따라 저온 환경 속에서도 강도 및 인성이 뛰어나야 하며 용접성과 용접부에서의 강도 및 인성도 요구되며, 와전류(eddy current)에 의한 열발생을 고려하여 열팽창 계수가 작아야하고, 구조물 제작을 위한 기계적 성질 및 드릴링, 밀링 등의 절삭성도 뛰어나야 한다.

이러한 비자성강은 금속 조직을 안정한 오스테나이트(austenite) 조직을 확보함으로써 얻어지는 것으로, 그 함유 성분으로부터 크게 2가지로 분류할 수 있다. 그 하나

는 STS 304(18Cr-8%Ni계), STS 316(18Cr-12%Ni-2%Mo계)로 대표되는 Ni, Cr을 다량 함유한 오스테나이트(austenite)계 스테인리스(stainless)강과 Mn을 다량 사용한 오스테나이트계 고Mn강이 있다.

오스테나이트계 고Mn강은 1882년 영국의 Robert Hadfield에 의해 발명되었다. 이것이 유명한 1%C-13%Mn의 조성을 갖는 Hadfield강으로서, 가공경화성이 뛰어나 주로 내마모강으로 사용되어 왔다. 그 후 이 강을 기본으로 하여 발전기의 Coil 지지재로서 0.5%C-18%Mn계의 비자성강이 개발되어 ASTM, DIN에 규격화되어 있다. 그러나 이러한 강이 고강도, 안정한 투자율 및 경제성 등의 장점을 갖고 있음에도 열간 가공성, 용접성 등에 문제점이 있어 변압기, GIS(Gas insulated switchgear)등 중전기기의 구조용 비자성강인 오스테나이트계 스테인리스강의 대체재로 적용되지는 못하였다. 그러나 최근 비자성강의 적용분야가 다양화되고 구조물이 대형화됨에 따라 비자성강이 대량으로 요구되고 있다. 최근 이를 대응하기 위해 20%이상의 Mn을 포함하는 새로운 성분계의 오스테나이트계 고Mn강 개발이 진행되고 있다. [표 11]에서와 같이 오스테나이트계 고Mn강은 오스트나이트계 스테인레스강 대비 강도가 높기 때문에 대형 구조물에 적합하며, 기존 STS304 대비 설계 두께를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 [그림 11]에서와 같이 가공변형 후에도 ST투자율이 상승하지 않아 비자성 특성을 유지하기 때문에 향후 적용분야가 확대될 것으로 예상된다.

[그림 11] Strain에 따른 Magnetic permeability 변화



출처 : Kobe Steel Tech. Report, Vol.29, No.4, 1979

오스테나이트계 고Mn강은 저온 환경 속에서도 강도 및 인성이 뛰어나며, 기존 문제가 되었던 용접성 문제도 고Mn계 용접재료 개발을 통해 용접성과 용접부에서의 강도 및 인성이 확보되었으며, 고Mn계로 설계되어 용접부에서도 비자성 특성을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 설계 자유도가 향상될 수 있다. [표 11]에서와 같이 구조물 제작을 위한 항복강도, 인자강도, 연신율 등 기계적 성질이 우수하며 드릴링, 밀링 등의 절삭성 확보를 위한 최적 공구 및 최적조건 도출을 진행하고 있는 것으로 보고되고 있으며 이러한 솔루션을 통해 고Mn 비자성강이 빠른 시일 내에 적용 확대될 것으로 예상된다.

[표 11] STS304와 오스테나이트계 고Mn강 특성 비교

구분		STS304	고Mn강
성분계		Cr–Ni계	Mn–C계
기계적특성	항복강도(MPa)	205	350
	인장강도(MPa)	520	800
	연신율(%)	40	40

현재, 산업 전반에서 비자성강에 대한 수요 및 다양한 특성들에 대한 요구 사항들이 계속적으로 증가하고 있으며, 기존 사용하고 있는 비자성강의 한계를 극복하기 위해 최근 오스테나이트계 고Mn강에 큰 관심이 모아져 개발이 가속화되고 있는 상황이다. 고Mn강 및 이용기술 개발과 함께 향후 적용확대가 가능하도록 표준화가 절실히 필요한 시점이며 이를 통해 국내의 경우 중국산 스테인리스강 수입대체뿐만 아니라, 고기능성 철강 제품의 수출을 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

05

Next Generation Steel

부식환경 손실비용 감소를 위한 내식철근

내식철근은 일반 강재에 비하여 Ni, Cr, Cu, P 등의 성분을 증가시켜 내식성을 향상시킨 철근으로, 부식환경에서의 부식속도가 일반 탄소강에 비해 매우 낮으므로 장기 건전성의 확보가 가능하며, 내구연한에 따른 부식저항성이 커 구조물의 유지보수 등에서 우수한 경제성을 확보할 수 있다.

부식 환경 및 국가적 손실 비용

해마다 부식으로 인한 산업용 설비의 손상과 그로 인한 재산상의 손실이 커지고 있으며, 이 중에서도 상당한 부분이 해양구조물 부식(marine structure corrosion)으로 알려져 있으며, 이는 해양은 육상과는 비교할 수 없을 정도의 심한 부식 환경을 가지고 있기 때문이다.

종래의 해양구조물의 부식을 방지하기 위한 방식법은 그 내구 수명이 해양구조물의 구조적 수명에 비해 짧아 사용 기간 중 빈번한 보수가 필요하며 이러한 작업에 많은 비용이 소모되고 있다. 일례로, 해상교량이나 항만부두시설, 방파제등 국내 해안가에 위치한 대형 해양구조물을 유지 보수하는 데에만 연간 약 4,000억 원이라는 비용이 소모된 것으로 추산되며, 부산항 1, 2 부두의 경우 이미 유지보수비용이 건설비에 육박하고 10년이 갓 지난 수영 2호교는 건설비의 25%가 벌써 보수비용으로 들어

간 것으로 파악되고 있다.

해양 환경의 오염 및 대기 내 CO_2, SOx 및 NOx 함량의 증가 등으로 인해 부식환경이 더욱 가혹화되고 있으며, 국내외 부식 발생량에 따른 손실비용이 GNP의 1~5% 내외로 매우 막대한 비용이 소모되어 국가경쟁력은 물론 안전성에도 크게 악영향을 미치고 있다.

항만 및 해양 환경에서의 강재 및 이슈 사항

항만 및 해양에서의 강재는 아래와 같은 여러 가지 장점으로 다양하게 활용되고 있다.

- 부피에 비해서 강하고 단단함
- 100% 재활용으로 산업쓰레기 발생 방지
- 가공성이 좋고 가격이 저렴
- 구조적 안정성 보유(충격, 피로하중, 내진, 장 span화, 고층 등) 우수
- 균일한 품질유지 및 공기단축

그러나, 항만 및 해양은 물, 염분 및 산소의 존재로 인해 강재의 부식에 굉장히 열악한 조건이다.

특히, 해양환경은 일반적으로 해중부, 간만대, 비말대 및 해상대기부로 부식환경이 구분되며 특히, 비말대 부분은 강재의 부식속도를 지배하는 산소환원반응에 필요한 산소가 충분히 공급되는 것은 물론, 해수의 증발에 의해 강재표면에 염화물 이온이 농축되어 극단적으로 부식 환경이 열악한 부분으로, 강재의 1%가 부식에 의해 손실될 경우 강도가 5~10% 정도 감소하게 되며, 강재 양면이 5% 정도 부식되게 되면 강도 저하로 인해 사용이 불가능한 상태로 놓이게 된다.

부식으로부터 강재를 보호하기 위해 표면처리, 내식성 소재, 전기 방식 등의 다양한 방법들이 적용되고 있으나, 유지보수 비용이 막대한 표면처리 및 비말대 영역에서의 적용이 불가능한 전기 방식은 그 한계가 있다. 그리고, 최근의 항만 및 해양에서의 구조물의 설계 방향은 100년 이상의 내구수명 및 사용기간 중의 보수 비용을 최소화하는 방향으로 진행되고 있으며, 이를 위한 가장 안정적이며 경제적인 수단으로 고내식성 강재의 채택이 증대되는 추세이다.

[그림 12] 해양 환경 내 부식 발생에 따른 사고 사례



[표 12] 국가별 부식손실 총액 및 GNP당 부식손실

국가	영국	일본	미국	한국
부식손실의 총액	32억$	92억$	700억$	127억$
부식손실/GNP	3.5%	1.8%	4.2%	3.2%

항만 및 해양 구조용 내식강재(내식철근)

일반 강재에 비하여 Ni, Cr, Cu, P 등의 성분을 증가시켜, 비말대에서의 내식성능을 향상시킨 강재이다. 비말대에서의 부식속도가 일반 탄소강에 비해 매우 낮으므로 부식환경에 장기 건전성 확보가 가능하며, 내구연한에 따른 부식 공제두께 설계 시 일반 탄소강과 비교하여 경제성이 우수하다. 부식속도를 일반 탄소강 대비 60% 수준으로 하여 고강도화 및 장기건전성 확보를 통한 국가기간시설 안전성 제고는 물론, 두께 절감 및 부식공제 두께 절감으로 강재 부식에 따른 국가 예산을 절감할 수 있다.

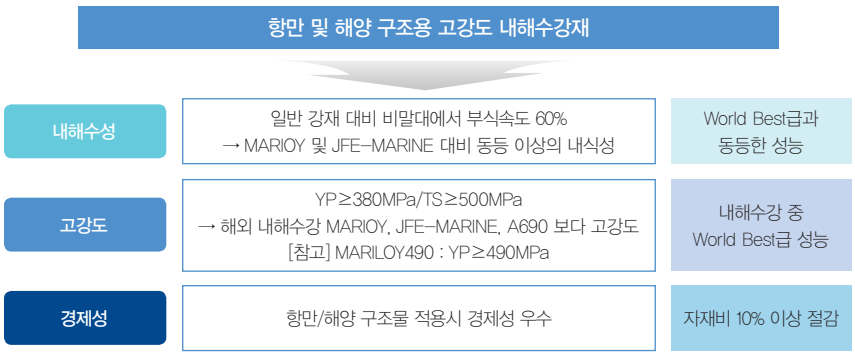
[그림 13] 강재 적용 해양 구조물 시장 및 대상 구조물 사례



[그림 14] 고강도 내식강재의 대상 적용처



[그림 15] 고강도 내식강재의 특징



KS 규격 개정 당위성 및 파급효과

국내 항만 및 해양용의 내식철근에 대해서는 별도의 규정없이 사용하고 있다.

해외에서는 비말대 영역에서의 부식속도가 일반 탄소강 대비 매우 낮은 강재 등 국내보다 고강도 및 내부식성이 우수한 강재를 사용하여 경제적으로 설계 및 시공할 수 있는 여건이 마련되어 있다. 고강도 내해수/내식강의 국내 적용을 위해서는 KS 규격

의 제정을 통한 설계기준 반영 등으로 제도적 개선이 필요하며, 이를 통해 국내 시설 구조물의 안전성 및 경제성을 향상시키고, 궁극적으로 부식에 의해 발생하는 국가 예산 절감을 추진할 필요가 있다.

해외 사례

(1) 내해수강

대표적인 내해수강으로 ASTM에 규정된 A690(fy=345MPa) 강재가 등재되어, 항만 및 해양 구조물용 강관파일, 강널말뚝 및 H-Pile 등에 사용하고 있다.

* ASTM A690 적용 시 ASTM 규정을 근거로 일반 강재 대비 부식속도를 50% 저감하여 내구연한 산정

일본의 경우 NSC, JFE 등 일본의 철강사 중심으로 자체적으로 개발한 490MPa급 내해수강을 해양 구조물에 적용하고 있다. A690 강재 대비 경제성 확보를 위해 Ni 첨가 대신 저가의 Cr 첨가형 내해수강을 개발하여 적용 확대 추진 중이다.

(2) 내식철근

해외의 내식용철근 규정과 내부식철근 제품, 적용사례는 아래와 같다.

[표 13] 스테인리스스틸 철근의 공칭 화학 조성

Stainless steel	Duplex 2205	Type 316LN	18Cr-3Ni-12Mn	Type 304LN
UNS No.	S31803	S31653	S24000	S30453
Chromium, %	21.5	17.5	17.7	18.5
Nickel, %	5.0	10.5	3.5	8.5
Carbon, %	0.02	0.02	0.35	0.12
Nitrogen, %	0.17	0.12	0.35	0.12
Molybdenum, %	2.7	2.1	0.3	0.3
Manganese, %	1.7	1.5	12.0	1.5
Silicon, %	0.5	0.8	0.5	0.5

(3) 고강도 내부식강 제품 특징

가격경쟁력 확보가 가능하며 해수환경에서의 내부식성 강화를 위해 저가인 Cr 원소

[그림 16] 내식 철근





Completed Stage One of the new haynes Inlet Slough Bridge in Oregon is re-inforced with stainless steel alloy 2205, which has high strength and corrosion resistance. Photo courtesy Jim Bollman, Oregon Dept. of Transportation.

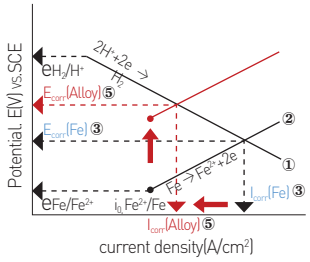
출처 : 오레건주 교통부

도입을 통해 강재의 설계를 추진 중이다.

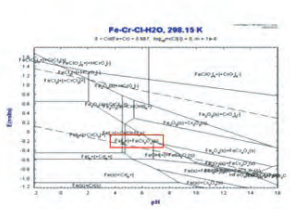
Ni, Cu 및 Si 등의 첨가를 통해 강재의 nobility를 증가시켜 부식 전위를 높임으로써 내부식성을 확보하는 기존의 A690 강재에 대비하여 고강도 내해수강은 Cr 첨가를 통해 해수 부식 환경에서의 $FeCr_2O_4$의 표면 산화층을 형성하여 부식속도를 저감시키는 원리이다.

[그림 17] 고강도 내부식강재 설계 원리

합금 원소 조절	표면 산화층 이용
강재의 nobility 증가를 위한 합금원소의 첨가: Cu, Ni, Si	표면 산화물 형성 원소의 첨가



- Cu 첨가에 의한 소재의 Redox potential 상승
- 부식전류의 감소와 부식전위의 상승
  → 부식속도 감소
- Fe 보다 noble한 상용 원소 : Cu, Ni, Si, Mo, W



- 해수부식 환경에서 Cr 첨가는 $FeCr_2O_4$ spinel을 형성 시킬 수 있음
- 안정한 Cr 산화를 형성을 위한 조건
  1. Fe의 용해속도보다 Cr산화물의 형성속도가 빠른 조건 이상으로 Cr 첨가
  2. Fe의 용해로 Cr이 표면에 농축되고 농축층이 안정한 상태를 유지

06

Next Generation Steel

마그네슘 첨가 고내식 아연 알루미늄 합금도금강판

최근 아연 알루미늄 용융도금강판 제조기술은 고성장 국가들에 의해서 추격당하고 있는 상황이며 원가 경쟁력에 있어서는 이미 추월당한 상태이다. 환경오염으로 인하여 더욱더 가혹해지는 대기환경과 아연자원의 고갈 등을 우려하여 내식특성이 월등히 우수한 고내식 용융도금강판에 대한 요구도 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 이미 선진국 철강사를 중심으로 마그네슘 첨가 고내식 용융아연 알루미늄 제품의 상업화가 진행되고 있으며 국내외 기존의 용융도금제품 시장의 트랜드를 변화시키고 있다. 따라서 그동안 전 세계적으로 일본과 더불어 우위를 점유하던 국내 철강사들이 보유한 우수한 제조기술을 바탕으로 고내식 도금강판 개발 및 상업판매 확대가 절실한 시점이다. 이러한 고내식 도금강판 제품은 아연의 고갈에 따른 향후 불안한 도금재료 수급에 대한 불확실성에 대비함은 물론 고내식 도금 제품의 수출 증대를 통한 국가경쟁력 확보에 기여할 수 있다.

18세기 산업혁명 이후에 철강소재는 우수한 기능성을 바탕으로 산업기술의 혁신적인 성장에 기여하면서 발전되어 왔다. 이러한 철강 기술산업의 한 분야인 표면처리 기술은 박판 소재를 중심으로 내식성 향상 기능을 부여하여 건축 내외장재, 가전, 자동차 제조 기술에 적용되고 있다.

일반적으로 내식성 향상을 위하여 산업에 적용되고 있는 표면처리기술은 전기도금, 기상도금, 무전해 도금, 아노다이징, 용사, 질화침탄법이 있으며, 내식특성 및 제조원가 측면에 있어서 유리한 용융도금법이 가장 많이 이용되어지고 있다.

이러한 용융도금법의 세부 종류로는 아연도금, 합금화 아연도금, 알루미늄도금, 아연 알루미늄 합금도금이 있으며, 현재에도 더욱 우수한 내식성특성 확보를 위하여 도금욕 조성의 비율조정 및 특정 원소 첨가를 통하여 내식성을 향상시키는 합금도금기술에 대한 개발이 활발하게 이루어지고 있다.

용융아연도금 중에서도 가장 많이 사용되어지고 있는 아연 및 알루미늄도금의 내부식 메커니즘은 물리적인 방식과 전기화학적 방식으로 복합적으로 일어난다. 강판의 표면에 도금층이 산화 과정에서 산화막 등에 의하여 부식인자를 차단시킴으로써 물리적인 방식을 구현하고 강판소지보다 이온화 경향이 큰 물질인 아연 알루미늄이 희생양극으로 작용하여 전기화학적으로 부식을 방지한다.

그러나 이러한 내식성 부여를 위한 표면처리를 적용함에도 불구하고 철강소재가 가지는 부식성에 의해, 철강소비에 비례하여 부식으로 인한 손실도 증가되어 왔다. 국내외적으로 부식에 의한 국가적 손실 비용은 GNP의 1~5% 수준으로 여러 적용 분야의 유지 관리에 막대한 비용이 소모되고 있다.

[표 14] 부식에 의한 국가적 손실 비용

국가	러시아	독일	영국	오스트레일리아	일본	미국	한국
부식손실 총액	67억 $	60억 $	32억 $	5.5억 $	92억 $	700억 $	127억 $
부식손실/GNP	2%	3%	3.5%	1.5%	1.8%	4.2%	3.2%

출처 : Ref. "부식방식 표준화 구축", (사)한국부식방식학회, 2010)

또한 최근 환경오염 등으로 대기 중에 부식을 촉진하는 황, 암모니아, 이산화탄소, 질산 등 부식 촉진인자들이 늘어나게 됨에 따라 수요자들의 고내식 제품 공급에 대한 요구가 급격하게 증가되고 있으며, 산업 구조적으로는 아연의 최대 생산국이자 소비국인 중국의 급격한 경제발전으로 인해 중국산 아연 알루미늄 도금강판의 공급 확대가 큰 위험으로 다가오고 있다. 중국뿐만 아니라 인도, 브라질 등 신흥 고성장 국가들에 의해서도 아연 알루미늄을 이용한 용융도금강판의 생산 및 소비가 증가되고 있어 향후 국내 산업에도 위협으로 작용할 것이다.

원료에 있어서도 전 세계적으로 이미 사용 또는 매장된 아연의 양이 약 4억만 톤 수준으로 연간 사용량 1,200~1,500만 톤임을 감안하면(미국지질 조사국 USGS) 수십 년 내에 아연은 고갈이 예상되며 고갈까지 가격 및 수급에 불안정을 초래하게 될 것으로 예상된다. 따라서 유한 자원을 활용하여 고내식 특성을 발현하는 용융도금제품군 개발은 필수사항이며 일부 선진 국가를 중심으로 고내식 용융도금 조성 개발 및

[그림 18] 대기환경에서의 부식사례



상업화가 이루어지고 있다.

기존 용융알루미늄 및 아연도금 이외에 아연 알루미늄 합금도금 조성이 1970년대 미국의 BIEC사에 의해서 Galvalum(55%Al-43.4%Zn-1.6%Si)이라는 제품명으로 개발되어 국내외 유수 철강사들이 산업 전반에 걸쳐 공급되고 있다. 최근에는 아연 알루미늄 도금강판에 마그네슘을 첨가하여 내식성을 더욱 향상시킨 제품들이 개발 또는 상업생산 중에 있다. 아연-알루미늄-마그네슘 합금도금은 이미 1960년대부터 내부식 향상을 위한 목적으로 개발이 진행되어 왔으며 현재는 아연도금을 베이스로 한 제품과 Galvalum을 베이스로 한 제품군으로 나뉘어 상업생산되고 있다.

마그네슘 첨가에 따른 내식성 향상 메커니즘을 보자면 마그네슘이 도금층 내에서 아연 또는 실리콘과 반응하여 내부식 금속 간 화합물을 형성하여 부식생성물을 억제하며, 마그네슘이 다양한 부식인자와 결합해 부식생성물이 형성되어 강판의 표면에 극미세 피막형태로 존재하면서 물리적인 방식효과를 유도한다. 내식특성의 경우 아연 도금강판에 마그네슘을 첨가하면 기존 아연도금강판 대비 5~7배 내식성이 증가하여 Galvalum 도금강판과 유사한 수준으로 향상되며, Galvalum 베이스에 마그네슘을 첨가한 경우는 기존 Galvalum 대비 1.5~2배 수준으로 내식성이 향상된다. 현재까지 기술개발 및 상업화 동향을 살펴보면 아연도금을 베이스로 한 제품의 경우 유럽에 기반을 둔 세계 최대 철강사인 아르셀로미탈이 아연 도금강판에 3% 마그네슘과 3.5% 알루미늄을 첨가한 마그넬리스(Magneils) 도금강판을 상업생산 중이며, 일본의 경우도 신일본제철이 아연도금강판에 3% 마그네슘과 11% 알루미늄을 첨가한 Superdyma를, 일신제강이 3% 마그네슘과 6% 알루미늄을 첨가한 ZAM을 상업생산하고 있다. 국내의 경우는 POSCO가 최근 3% 마그네슘 2.5% 알루미늄을 첨가한 포스맥 제품의 상업생산을 시작하였다. Galnalume을 베이스로 마그네슘을 첨가한 제

품의 경우는 최근 호주 내 최대 철강사인 Bluescopesteel사에서 3% 마그네슘과 기타 원소를 첨가하여 상업판매를 시작하여 호주 내 아연알루미늄 도금강판 시장보호를 선도하고 있으며, 미국 US Steel사의 경우도 제품 개발을 진행 중에 있다. 국내의 경우 동국제강에서 1.5% 마그네슘에 기타원소를 첨가한 GLX 제품이 상업생산 중이다.

이와 같이 마그네슘을 첨가한 합금용융도금강판은 여러 철강사들에 의하여 개발 또는 상업화가 시작되어 기존에 용융도금강판 제품을 대체하면서 고내식 도금강판 분야에 대표제품으로 적용분야를 확대하고 있다.

[표 15] 해외 마그네슘 첨가 아연알루미늄 합금도금강판 생산 현황

제조사	NISSHIN	NSC	TATA	Arcelor –Mirral	Voestalpine	Blue–scopesteel
제품명	ZAM	Siperdyma	Magizinc	Magnelis	Corrender	New Generation
연간 생산량	48만 톤	24만 톤	20만 톤	10만 톤	8만 톤	20만 톤

지난 수십 년간 용융아연도금강판의 기술발전은 신도금욕계 및 신제품개발보다는 품질향상과 원가 절감을 위한 제조기술 발전을 지향하는 방향으로 성장해 왔다. 이러한 환경 속에서 국내의 용융도금 기술은 선진국 일본과 더불어 세계적인 수준으로 인정받아 왔으나 최근 고성장 국가들에 의해서 원가경쟁력은 이미 추월당하고 있으며 품질경쟁력 차이도 서서히 줄어들고 있다. 해외 선진 철강사들의 신제품군에서 볼 수 있듯이 마그네슘 첨가 도금강판이 새로운 경쟁제품으로 부상하고 있음은 이미 자명한 사실이다. 환경변화 및 유한자원 고갈에 대한 우려로 인한 고내식 용융도금강판의 수요 증가는 이러한 새로운 환경을 극복하기 위한 전환점이 될 수 있을 것이다.

따라서 용융도금 제품군의 국가경쟁력 확보를 위해서는 국내 철강사들의 고내식 고부가가치 용융도금강판의 체계적인 개발 및 상업화 확대가 시급한 시점이며 마그네슘 첨가 고내식 용융도금강판 생산을 통하여 국내 용융도금시장 보호는 물론 해외로의 수출을 기대할 수 있다.

07

Next Generation Steel

고인성 구조용 강관의 상용화

최근 건설시장은 고층화, 대형화 추세로 진행되고 있으며, 이에 따른 구조용 자재도 고강도화 및 극후화되고 있는 추세이다. 국내의 잠실 롯데에는 800MPa 강도의 강재와 120t의 후판이 사용되었다. 일본의 Tokyo Skytree에는 800Mpa 급 소재를 사용한 구조용 강관이 전면에 사용되었으며, 고강도 강관의 용접성을 확보하기 위하여, 용접열 감수성을 고려한 고인성 강관이 개발되었다. 또한 내진 성능을 고려하여, 항복비를 엄격히 제안하고 있다. 이러한 측면에서, 고강도 강재를 이용한 용접 접합이 가능한 고인성 강관의 개발 및 상용화는 최근 구조용 강관 시장에서의 우위를 점할 수 있다. 또한 극후판을 강관으로 제작할 수 있는 기술이 절실히 요구되고 있다.

국내외 다발적으로 발생하는 지진 피해에 따라, 구조물의 내진 안전성이 더욱 부각되고 있다. 일본의 경우, 1981년에 신내진 설계를 도입하였음에도 불구하고 1995년 고베지진이 발생했을 때 많은 피해를 받았다. 비록 신내진 설계법이 적용되기 전의 건물에 피해가 집중되었지만 예상치 못한 구조물의 피해로 인해 강재 소재의 인성을 확보하는 고인성 강재의 설계법이 새롭게 탄생하였으며, 이에 부합하는 소재가 개발되고 이 소재를 바탕으로 한 고인성 구조용 강관이 상용화되었다.

구체적으로 이러한 규격을 제정하고, Sky tree라는 초고층 타워에 적용함으로써 세계 최고 수준의 기술력을 증명하였다[표 16]. 적용 강재에 대한 상세 내역은 다음과 같다.

국내의 경우, 2005년 이후 신내진 설계법이 적용되고 2012년부터 고인성 소재가 개발되어 국내의 경우도 고인성 강관이 상용화될 수 있는 조건을 갖추었다.

[표 16] 적용 강재

구조	부위	외경×두께	항복강도	단면형태
기둥	Kane truss	P–711.2×28~2300×100	400MPa~500MPa	원형
	Outer tower	P–1100×25~1016×60	SN490B, 400MPa~500MPa	
	Antenna tower	P–900×25~1200×80	SN490B, 400MPa~500MPa 630MPa	
사재	Outer tower	P=508×16~1000×60	SN490B, 400MPa	
	Antenna tower	P–300×22~500×22	SN490B, 400MPa~500MPa	
수평재	Outer tower, Kane truss	P–267.4×12~609.6×16	SN490B (SCN590B–CF)	
	Horizontally–connected truss, Ring truss	BX–300×9~500×12	STKR490, BCP325	각형

하지만, 일본의 경우는 장관 인증이라는 제도를 통하여, 제품 개발된 강관을 곧바로 인증하여 실용화할 수 있으나 국내의 경우 전 제품에 대하여 KS 인증을 받거나 그에 준하는 성능 증명을 행할 필요가 있다.

따라서 개발 및 사용화의 속도가 매우 더딘 결과를 초래하고 있다. 이러한 배경에서 고인성 구조용 강관을 곧바로 상용화할 수 있는 대응 규격의 필요성이 시급하다.

ASTM/Euro 규격에 대해서 항복강도 460MPa에 대한 고강도 강관의 화학성분 및 기계적 성질은 다음과 같으며, 항복비에 대한 규정이 없으나, 대략적으로 0.85의 범위에 있다. 기계적 성질은 고강도 강관의 강도 및 충격치를 나타낸다. 유럽 기준에서도 고강도강임에도 불구하고 –20도에서 충격치를 보증하고 있어, 고인성을 요구하고 있다. 이와 같은 추세로 세계의 기준 및 현재 요구되는 구조용 강은 고강도이며 고인성이다.

일본 국토부장관 인증 취득한 건축용 고성능 강관에 대한 화학적 성분과 기계적 성질은 [표 18]과 같다.

일본의 경우 고강도 강관을 적용 시 장관 인증을 통하여 곧바로 규격을 획득하여

[그림 19] 도쿄 스카이트리

구분	Tokyo Sky Tree Tokyo, Japan, 2011
Shape	
Height	634m(세계1위)
소재강재량 (정용강재)	4만 톤(600, 800MPa급) (열연 1.5만톤, 후판 2.5만 톤)
Aspect ratio	7.3(건물기준, 497m/68m) 9.3(안테나기준, 634m/68m)
구조형식	RC Core wall+Steel Frame
Architect & Engineer	Nikken Sekkei Nikken Sekkei

[강관 설계방법]

– TS 490MPa → YP 400MPa(325MPa)
– TS 590MPa → YP 500MPa(440MPa)
– TS 780MPa → YP 630MPa

일본 국토부 인증제품으로 후판에서 강광조관에 따른 가공경화를 고려하여 제조한 강관에서 시료채취한 소재의 항복비를 85% 이하로 맞췄으며, 490MPa재와 590MPa재는 항복내력을 상승시킴. 단 780MPa재는 90% 이하로 맞춤.

– JFE : 강관 – 8300톤 /
후판 & 형강 – 12,700톤
– 630MPa 강관 : 250톤(PHY700PB) /
700톤(KSAT630) /
1000톤(P–630T)

[표 17] ASTM / EURO 규격

Steel Pipe		Maximum Allowable(wt.%)							
		C	Si	Mn	P	S	N	Cu	Cev
TN 690	EN 10021	0.20	0.60	1.70	0.025	0.015			0.63
S460NH	EN 10210	0.22	0.60	1.00	0.035	0.030	0.025	0.70	0.55

• Cev : C+Si/24+Mn/6+Ni/15+Cu/15+Cr/5+Mo/5+V/5(mass %)

Steel Pipe	Tensile Properties								Charpy Impact energies	
	YS(MPa)			TS(MPa)			Yield Ratio(%)	EL(%)		
	t≤16	16<t≤16	40<t≤65	t≤3	3<t≤40	40<t≤65	All thickness		Testing temp.	CVN(J)
TN 690				690	650			16	–20	27
S460NH	460	440	430	540~720	540~720	540~720		17/15	–20	40

[표 18] 일본 국토부장관 인증 취득한 건축용 고성능 강관

Steel Pipe		Maximum Allowable(wt.%)							
		C	Si	Mn	P	S	N	Ceq	Pcm
SA-T440	19<T≤40	≤0.18	≤0.55	≤1.60	≤0.030	≤0.015	≤0.006	≤0.44	≤0.28
	4<T≤100							≤0.47	≤0.30
KSAT440	19<T≤40	≤0.18	≤0.55	≤1.60	≤0.030	≤0.008	≤0.006	≤0.44	≤0.28
	4<T≤100							≤0.47	≤0.30
S460NH	19<T≤40	≤0.18	≤0.55	≤1.60	≤0.030	≤0.008	–	–	≤0.30
	4<T≤100								

- Ceq : C+Si/24+Mn/6+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14(mass %)
- Pcm : C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B(mass %)

Steel Pipe	Tensile Properties				Charpy Impact energies	
	YS(MPa)	TS(MPa)	Yield Ratio(%)	EL(%)		
	All thickness				Testing temp.	CVN(J)
SA-T440	440~620	590~740	≤85	≥20	0	≥47
KSAT440	≥440	590~740	≤85	≥20	0	≥47
P-440B	440~590	590~740	≤85	≥20	0	≥47

- Tensile test : JIS Z2201 No.4 or No.12
- Charpy impact test : JIS Z 2242 V-notch
- D/t : Diameter of steel pipe / Wall thickness(mm)

사용할 수 있어, 고강도 강재를 강관 적용 시 제품화가 6개월 내에 가능하다. 실제로 소재 800MPa급까지 강관을 제작하여 사용하고 있다. 유럽과 일본의 기준에 비하여 국내 강관 규격은 JIS 수준의 일반강 수준에서 벗어나지 못하고 있다. 고강도 소재를 사용한 강관은 현재 현장에서 사용되고 있으나, 강재 규격으로 사용되어 강관에 대한 어떠한 기준도 갖추지 못하고 있다. 이러한 실정에서 고인성 고강도 강관에 대한 제품 개발 및 제품 인증은 세계 시장에 나갈 수 있는 중요한 개발 요소임에 틀림없다.

08

Next Generation Steel

재난안전 인프라용 내화강재

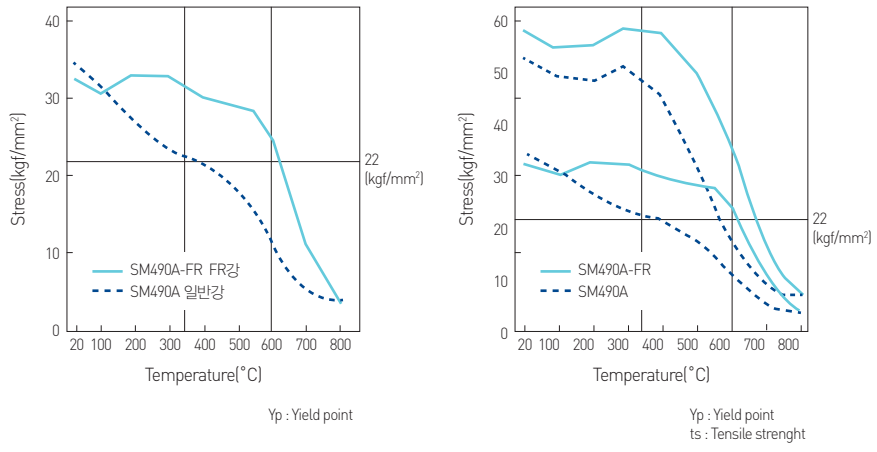
내화강재는 성분의 변화를 통해 고온에서 강재의 기계적 성질을 개선시켜 내력 저하가 기존의 강재보다 적게 일어나는 강재이다. 보통의 강재는 화재가 발생하여 100℃ 이상이 되면 응력–변형도 곡선이 비선형이 되면서 항복점이 분명하게 나타나지 않고, 온도 상승에 따라 강재의 탄성계수, 항복강도, 인장강도가 감소하게 된다. 특히 350℃ 이상이 되면 상온의 2/3까지 저하하여, 화재 시 건축물에 요구되는 항복점보다 저하되게 된다. 내화강재는 이러한 점을 보완하여, 600℃에서 상온내력 2/3까지 항복점을 보증하여 내화피복을 경감시킬 뿐만 아니라 건축물의 안전성을 높이는 고성능 강재이다. 현재 국내에서는 내화강재에 대한 규격은 제정되어 일부 사용되고 있으나 그 양이 미미하고, 또한 최근 이슈가 되고 있는 온실가스 저감을 위한 고강도 강재의 요구에 대응하기 위해 520MPa급 내화강재의 기술개발 및 표준화가 필요한 실정이다.

국내외적으로 발생하고 있는 지진, 화재, 강풍, 폭설, 지반침하, 싱크홀 등 자연재해 또는 인위적재난 등에 대비한 건축 구조물 안정성 확보가 국민 안전생활에 필수적인 상황이다. 특히 건축 구조물의 고층화 추세에 따라 화재, 지진 등의 재해에 대비한 구조물 안전설계가 필수적이고, 또한 내화, 내진 등의 고성능 건설 소재 개발이 필요한 시점이다. 특히 강구조는 재료의 특성과 부재제작 및 시공공법의 특성으로 인하여 건축물의 고층화, 대형화에 가장 적당한 구조로 현대 건축물에 가장 많이 이용되고 있으나, 화재 발생 시 열에 의해 강재 강도가 낮아져 건축물 내력이 저하하는 단점을 가지고 있다. 이 때문에 화재로 인한 붕괴를 막기 위하여 강구조의 온도가 일정한 시간 내에 특정한 온도 이상으로 상승하지 못하도록 내화피복으로 철골을 보호하는 것이 건축기준법에 규정되어 있으나, 일반적으로 내화피복을 두껍게 하면 건축물의 시공비와 시공 공기가 늘어나게 되고, 실제 사용공간이 줄어들게 되므로 공사비 저감,

공기단축, 실면적 유효 이용의 관점에서 내화피복 경감이 중요한 사안이다. 이러한 필요성에 대응하기 위하여 구조물 기둥 부재로 가장 많이 사용되는 H형강 및 건축부자재용 고온특성이 우수한 내화강재의 개발 및 적용이 필수적이다.

일반적인 건축용 강재는 350℃에서 항복강도가 상온 규격치의 2/3 이하로 감소하여 구조부재에서 요구되는 내력에 미달하여 법정 내화 시간 내에 350℃에 도달하지 못하도록 두꺼운 내화피복을 해야 하지만, 내화강재는 600℃까지 항복강도가 상온규격치의 2/3 이상이 되어 강재온도가 600℃까지 증가하여도 붕괴하지 않는 것이 특징이다. 따라서 내화강재를 사용하게 되면 내화피복을 얇게 하여도 충분히 기준 내화시간 내에 붕괴하지 않게 되어 내화피복 저감의 경제적효과뿐만 아니라, 건축구조물의 안정성을 확보할 수 있다.

[그림 20] 내화강재와 일반강재의 고온내력 비교 및 고온내력 온도 의존성



출처 : 강구조학회지 제12권 2호 2000.6

전 세계적으로도 사회기반시설의 안전성 확보를 위한 고기능 철강소재 개발이 증가하고 있는 추세이다. 영국을 비롯한 유럽 및 미국, 호주 등에서는 초고층 건축물의 내화 설계에 대한 법 규정 정비를 통한 안전설계 요구 수준이 증가하고 있으며, 국내와 유사한 건축법 규정체계를 가지고 있는 일본의 경우에도 2000년 건축기준법을

개정하여 내화구조에 대한 성능규정 도입 및 내화성능에 관한 규정을 적용하였다.

이에 일본의 Nippon Steel은 건설비용 저감, 공기단축, 활용가능 공간증가의 이점을 확보한 내화강재를 개발 및 상용화[그림 21] 하였으며, 유럽의 대표적인 철강사인 Arcelor Mittal은 용접공정을 거쳐야 하는 후판제품보다 경제적으로 뛰어난 내화형 강제품을 개발 및 상용화하였다. 또한 2004년부터 2009년까지 브라질, 인도 등에서도 내화강판, 내화형강, 내화철근의 개발이 완료되어 상용화를 앞두고 있다.

[그림 21] Nippon Steel 내화강재 적용 건축물



Nippon Steel Building　　Tobihata Building

출처 : NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT No. 58 JULY 1993

국내의 경우 건축구조용 소재와 관련하여 1980년대부터 꾸준한 연구를 진행하여오다 1995년에 포스코에서 국내 최초로 내화강재를 개발하였으며, 2001년 KS D 3865 (건축구조용 내화강재)의 규격이 제정되었다. 인장강도 400, 490MPa급의 후판제품으로 개발되었으며, 고온인 600℃에서 상온대비 2/3수준의 강도를 만족하는 성능을 확보하였다. 하지만 후판강재에 한해서만 개발되어 건축구조용으로 사용하기에는 그 범위가 제한적이며, 이로 인해 수요 또한 현재까지 미진한 실정이다. 실제로 해외에서도 건축구조용으로 많이 사용되는 H형강에 대한 내화강재 개발이 이루어지고 있는 점으로 미루어보아, 국내에서도 다양한 형상의 건축구조물 강재(H강 등)에 대한 내화강재 개발 및 성능평가가 이루어져야 하는 상황이다. 또한 내화강재는 고강도라는 건축구조용 소재의 트렌드에 발맞추어 기존보다 강도가 개선된 520MPa 이상의 강도를 확보할 필요가 있다. 이를 위해서는 합금성분의 미세조정과 이에 적절

하게 대응하기 위한 제조공정이 수반되어야 하며, 개발한 후에는 내화성능평가를 진행하여 구조물의 내화성능을 검증받아야 한다. 그러므로 기업체 차원에서의 기술개발은 용이하지 않은 실정이며, 전문화된 설비 및 인력을 보유한 전문연구업체와 공동으로 개발할 필요가 있다.

[표 19] KS D 3865 건축구조용 내화강재

종류의 기호	항복강도(N/mm²)			인장강도 (N/mm²)	강재의 두께 (mm)	인장 시험편	연신율 (%)	0.2% 항복강도 (N/mm²)
	강재의 두께(mm)							시험온도
	16이하	16초과 40이하	40초과					600℃
FR400B FR400C	245이상	235이상	215이상	410~510	16이하	1A호	18이상	163이상
					16초과 40이하	1A호	22이상	157이상
					40초과	4호	24이상	143이상
FR490B FR490C	325이상	315이상	295이상	490~610	16이하	1A호	17이상	217이상
					16초과 40이하	1A호	21이상	210이상
					40초과	4호	23이상	197이상

출처 : 지식경제부 기술표준원 2001. 1

이러한 안전한 건축구조용 철강소재 개발 및 표준화는 현 정부 4대 국정기조 및 14대 추진전략 중 4대 국정기조의 '6. 국민안전'의 정책에 부합하며, 재난안전 확보 및 수요산업의 첨단화 추세에 대응하기 위한 필수요소이다. 또한 가격경쟁력을 바탕으로 한국시장 잠식을 가속화하고 있는 중국산 철강제품에 대응하기 위한 고부가가치 철강제품 기반의 기술장벽 형성이라는 측면에서도 반드시 필요하며, 철강/건설 융합 인프라용 소재개발을 통해 위기에 처한 관련 산업 보호와 상호 Win-Win이 가능할 것으로 기대된다.

09

Next Generation Steel

건축물의 대형화, 고층화를 위한 나사철근

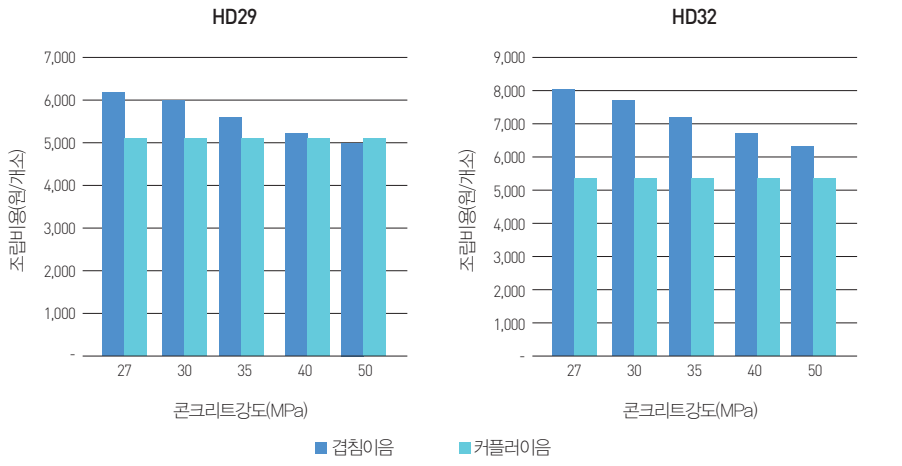
일반철근과 달리 종방향 마디가 없고, 나사와 같이 나선방향으로 마디가 형성되어 있는 철근이기 때문에 나사철근이라 부른다. 일반철근과 달리 조립 시 커플러를 이용해 기계적 이음을 하기 때문에 철근에 기계적, 물리적 변화를 주지 않고 시공이 편리하며 품질을 일정하게 유지관리할 수 있다. 특히 구조물의 대형화 및 내진설계의 필요성에 따라 더욱 선호되고 있다.

초고층건물은 강철, 엘리베이터의 발명, 고강도 콘크리트의 등장 등 공학분야의 공헌과 사회적인 수요 및 욕구에 힘입어 현실화되고 또한 발전되어 왔다. 초고층건물은 20세기 초 미국의 뉴욕 및 시카고에서 태동하여 1980년대까지 미국, 캐나다 등 북미대륙이 주도하다가 1990년대 들어서는 홍콩, 싱가포르, 말레이시아, 대만, 중국 등 동남아지역이 10년 이상 전성기를 구가해오고 있다. 우리나라 초고층빌딩의 역사는 1971년에 완공된 삼일빌딩(31층)을 필두로 해서 1984년 63빌딩(한화그룹) 1987년의 무역센터빌딩 등이 그 맥을 이어오고 있다고 봐도 별 무리가 없을 것이다. 그 외의 초고층 빌딩으로서는 LG강남타워(38층), Star Tower(지상 45층), Asem Tower (41층) 등이 있다. 이 밖에도 삼성 도곡 시너지 Park(102층) 대우의 송도 사옥 프로젝트(100+층), 대우의 부산 수영만 타워(102층), 잠실 제2롯데월드(107층) 등이 있다. 국내 초고층 주거 건물의 경우 1980년대 중반에 30층 아파트가 시범으로 지어졌으며

이어 분당, 일산 등 신도시 개발시에 30층 아파트가 대규모로 지어졌다. 이후 1990년대 후반, 몇몇 선도 회사에 의해 초고층 주거시대가 열리게 되는데 그 예로 아크로빌(지상 46층), 타워팰리스 I (66층), Ⅱ(55층), Ⅲ(69층)과 목동 하이페리온(69층), 삼성동 I-Park(47층), 아카데미 스위트(51층), 부산 해운대 LCT등이 있다.

이렇듯 철근 콘크리트 구조물이 대형화, 초고층화됨으로써, 내진성능 확보, 시공기간 단축, 시공비용 절감을 요구하고 있기 때문에 내진철근 및 나사철근이 적합한 제품으로 평가받고 있다. 나사철근은 결합을 위한 별도의 가공처리가 필요 없어 비용과 시간을 절약할 수 있고 물리적 성질이 우수하다는 장점을 가지고 있다. 나사철근은 마디가 나선 방향으로 만들어진 제품으로 용접이나 압착방식으로 결합하는 일반 철근과는 달리 커플러(Coupler·연결기)를 나사철근에 돌려 넣어 연결한다. [그림 22]의 내용은 SD500강종의 일반철근을 겹침이음과 커플러 이음을 했을 경우 조립비용의 차이를 나타낸다. [그림 22]에서 확인할 수 있듯이 겹침이음보다 커플러 이음(기계적 이음)이 철근의 손실을 줄일 수 있어 조립비용을 절감할 수 있다.

[그림 22] 철근 사이즈별(D29, D32) 조립비용 비교

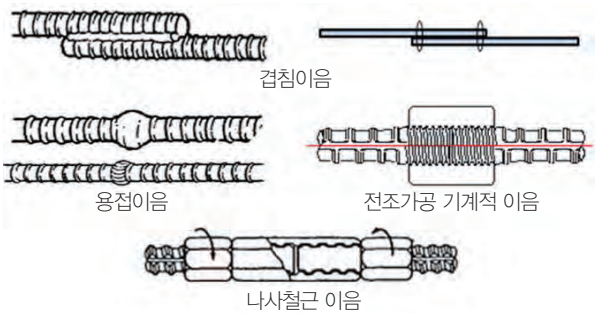


출처 : 콘한국건축시공학회지, 2008 Vol. 8 No. 1.

[그림 23]은 철근의 겹침이음, 용접이음, 나사철근의 기계적 이음의 모식도를 나타낸다. 일반적으로 철근의 이음은 겹침이음, 용접이음, 기계적 이음으로 분류된다. 국

토해양부에서 제정한 콘크리트 구조기준에는 겹침이음 시 철근의 겹침이음 길이는 설계기준 항복강도와 철근지름에 비례하도록 명시하고 있다. 용접이음의 경우 용접용 철근(SD300, SD400w, SD500w)을 사용해야 하며 철근의 설계기준 항복강도의 125% 이상을 발휘할 수 있는 완전용접이 되어야 한다고 명시하고 있다. 마찬가지로 철근의 기계적 이음 시 철근의 설계기준 항복강도의 125% 이상을 발휘할 수 있는 완전 기계적 이음이어야 한다고 밝히고 있다. 이는 고강도 철근은 용접이음을 할 수 없으며 겹침이음 시 철근의 지름과 설계기준항복강도에 비례하여 겹침이음 길이가 증가한다는 것이다. 다시 말해, 용접이음 시 사용할 수 있는 철근의 종류가 한정된다는 것과 겹침이음 시 철근의 직경과 항복강도가 높을수록 제품의 Loss가 많다는 것을 의미한다. 하지만 기계적 이음으로 철근을 연결할 경우 설계기준 항복강도의 125% 이상을 만족하면 되기 때문에 모든 강종의 나사철근을 이음할 수 있고 철근을 겹침으로써 발생되는 제품의 Loss가 없다. 그리고 나사철근의 연결에 사용되는 기계적 이음 방법은 철근의 겹침이음에 비해 특히 이음부의 우수한 기계적 특성으로 협소한 장소나 제한된 지역에서 압축 및 인장력이 작용하는 구조물의 기초파일에 사용된다. 나사철근의 기계적 이음은 일반철근의 기계적 이음과 달리 별도의 전조가공을 필요로 하지 않기 때문에 철근이송에 소모되는 시간적, 경제적 비용을 줄일 수 있다. 이러한 장점으로 건축 및 토목학회 등 전문가들도 나사철근의 사용을 권장하는 추세다. 일본에서는 연간 50만 톤 규모의 나사철근 시장이 형성되어 있지만 국내에서는 아직 나사철근에 대한 인식 부족 등으로 상용화가 미비한 것이 현재 실정이다.

[그림 23] 철근이음 모식도



국내의 경우 2011년, 나사철근에 대한 개발을 진행해왔으며, 잠실 제2롯데월드에 공급함으로써 상용화를 하였다. 실제 건설 현장에서 철근 손실을 줄이고 시공을 용이하게 한다는 장점으로 호평을 받고 있다. 산업통상자원부의 2015년 10월 8일의 보도자료에 따르면 'KS 철근 품질기준을 강화하고 고강도 특수내진 철근과 나사철근에 대한 규정을 신설하기 위하여 국가표준(KSD 3504, 철근 콘크리트용 봉강)을 개정한다.' 라고 밝힌바 있다. 철근 국가표준(KSD 3504)의 주요 개정내용 중 일부를 확인해보면

- 고층건물에도 띠철근으로 내진보강을 하지 않더라도 내진설계가 가능한 항복강도 600N/mm^2 이상인 고강도 특수내진 철근기준을 세계 최초로 국가표준에 반영하였다.
- 또한, 철근마디가 나사산 형태로 되어 있어 시공 시 철근 연결을 쉽게 할 수 있는 나사철근 기준도 신설하였다.

이는 건물의 수명을 연장하고 발생 빈도가 높아지는 지진에 대비하여 안전성을 강화해야 한다는 사회적 필요를 반영한 것으로 판단할 수 있다.

현재 중국의 철근 메이커들이 한국 시장에 대한 공세 수위를 높이고 있다. 하북경업집단은 연간 800만 톤 규모의 철근 생산능력을 기반으로 코일철근을 비롯해 나사철근과 내진철근 등 모든 종류의 철근 공급이 가능하다. 중국산 철근의 대규모 수입과 일본의 내진철근, 나사철근에 대응하기 위해서 국내에서도 고부가가치 철근의 개발과 표준화가 절실히 필요한 시점이다.

10

Next Generation Steel

CHQ Wire의 구상화율의 정량적 시험평가 방법 개발

기존에 체결부품으로 주로 사용되어지던 Bolt, Nut, Screw 등의 제품은 절삭가공 또는 열간가공으로 제조되었다. 그러나 생산성 향상과 Cost Down을 목적으로 냉간가공으로 생산하는 것이 현재의 추세이다.
따라서, 냉간압조용 강선은 양호한 가공성과 표면품질을 확보해야하는 강선인 것이다. 하지만, 이러한 강선의 양호한 가공성은 제조공정 중에 원소재의 조직인 펄라이트(Pearlite)조직을 안정된 구형의 탄화물로 바꾸어 강도를 낮추고 연성을 증대시키며 냉간단조 시의 변형성을 향상시키는 구상화처리공정을 필요로 한다. 현재 KS D 7033, KS D 7032, ISO 4954에서는 구상화율 No.1~No.4의 도표로 구분을 하였으나, 이 구분법은 도표에 의존한 단순비교법으로 정량적인 값을 나타내기 어렵다. 여기서는 이러한 도표법에 의한 구상화율 측정이 아닌 화상분석(Image Analysis)을 통한 정량적인 구상화율을 측정하여 시험평가 기술의 내용과 향후 개발 방향에 대해서 다루고자 한다.

[그림 24] 냉간압조용 공정 모식도



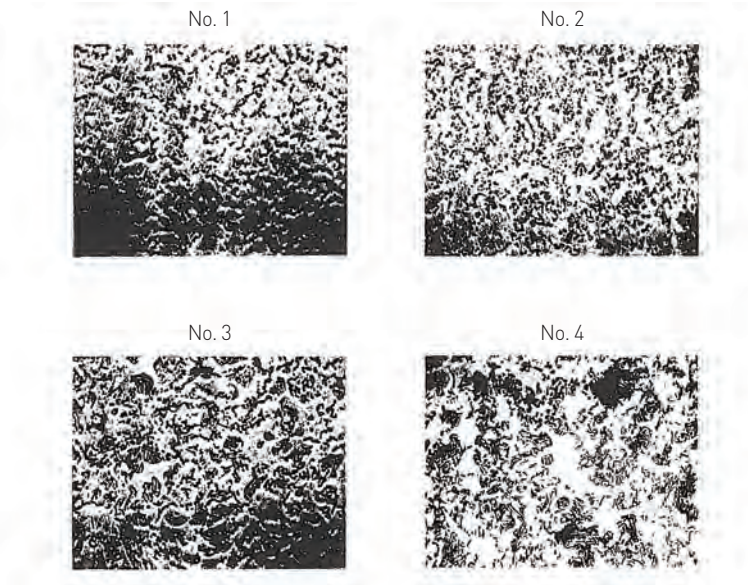
구상화어닐링(Spheroidized Annealing)은 [그림 24]와 같이 냉간압조용 강선에서 제조순서 03의 열처리공정으로써 이공정은 사상신선을 통해 강선을 업체가 요구하는 선경으로 조절하기 위한 전단계공정으로 강도를 낮추고 연성을 증대함으로써 신선공정상에서 인발기의 금형수명 및 강선의 내부응력을 최소화하여 경제적인 효과를 가져오는 공정이다.

냉간압조용 강선은 자동차, 항공기, 건설, 산업기계, 전자부품 등의 산업현장 여러 분야의 체결부품으로 쓰이고 있다. 이러한 추세에 맞추어 현장에서는 검증된 시험을

함으로써 제품의 품질향상에 노력을 기울이고 있으나, 구상화율 시험의 경우 관련규격의 시험방법에 맞추어 진행하기에는 어려움이 있다.

그 이유는 [그림 25]와 같이 규격 내에서 구상화율의 측정은 No.1~No.4의 도표를 비교하게 되어 평가를 하게 되어있으나, 그 규격의 도표는 판독을 함에 있어 변별력이 현저히 떨어짐으로써 재연성 및 객관적인 평가가 어렵다.

[그림 25] 구상화 조직의 정도



구상화율(구상화 조직의 정도)의 시험을 요구하는 규격은 아래와 같다.

- KS D 7033 : 2008 냉간압조용 탄소강 - 제2부 : 선
- KS D 7203 : 2008 냉간압조용 붕소강 - 제2부 : 선
- ISO 4954 : 1993 – Steel for Cold heading and Cold extruding

규격에서 정하는 시험을 진행하기위해 재연성, 객관성 및 신뢰성 확보가 시급하다고 판단된다.

www.kscodi.or.kr

NSC 국가표준코디네이터사무국

국가표준코디네이터

National Standard Coordinator

국가표준코디네이터는 산업통상자원부 국가기술표준원장의 임명을 받아, 대형 국책과제의 표준화 연계 및 산업화 지원을 위해 표준화 기획단계에서부터 사후관리에 이르기까지 '전주기 과정'을 상시 책임 지원하는 역할을 수행합니다.

01 국가표준코디네이터 역할(국가표준코디네이터 운영규정 제3조)

- 국책과제의 표준화 연계를 위한 기획, 자문, 평가 및 조율
- 해당 분야 국책과제–표준 연계를 위한 중장기 전략 수립
- 국제표준화 활동 기획 및 지원
- 투자관리자(MD), 프로그램디렉터(PD) 등과 협력하여 국가R&D 정책 방향에 표준화 연계 지원
- 기술표준원과 협력하여 표준화 계획 및 정책 지원
- 국책과제의 산업화 촉진을 위한 자문 및 조율
- 표준기반의 정부 시범사업 등의 기획 및 자문
- 기업의 제품 상용화를 위한 표준 적용 등 성과 확산 활동

02 국가표준코디네이터 10대 표준화 전략트렌드 개발 절차

01 분야별 전문가 그룹 대상 R&D–표준화 연계 예상 이슈 키워드 조사
* 단기 미래(2~3년 이내)) 대상

02 유사 키워드 그룹핑 및 전문가 그룹 재검토를 통한 10대 이슈 키워드 선정

03 10대 이슈 키워드별 관련 기술의 정의, 연구 및 표준화 동향, 산업계가 주목하는 이유(산업적 파급효과) 등을 담아 주제별 원고 작성

04 전문가 그룹에 의한 주제별 원고 검수 및 보완

05 "10대 표준화 전략트렌드" 개발 완료

본 자료는 국가기술표준원의 『국가표준코디네이터 사업』의 일환으로 개발되었습니다.

KSA 한국표준협회 국가표준코디네이터사무국 Tel. 043–883–4806



2016 10대 표준화 전략트렌드

발 행 일 2016년 4월 1일 발행
발 행 처 한국표준협회 국가표준코디네이터사무국
주　　소 충청북도 음성군 맹동면 이수로 93, 국가기술표준원 별관 302호
전　　화 043-883-4806
제　　작 한국표준협회미디어(02-2624-0360)

※ 이 출판물은 비매품으로 영리목적으로 활용될 수 없습니다.
※ 이 출판물의 저작권은 국가표준코디네이터사무국에 있으며 무단 전재와 복제를 금합니다.