



스마트
공장
백서

2019 5G White Paper





스마트 공장 백서

2019 5G White Paper

스마트공장 백서

펴낸곳 5G Forum

출판등록 2019년 1월 30일

주소 서울특별시 금천구 가산디지털2로 108, 1101호
(가산동, 뉴티캐슬)

전화 070-8233-3444

팩스 02-2626-8676

홈페이지 www.5gforum.org

디자인 그리니(Griny)

ISBN 979-11-87302-10-0 98560
979-11-87302-07-0 (세트)
〈비매품/무료〉

본 저작물은 2019년도 5G 포럼, 스마트공장위원회에서 작성하여 5G 포럼 홈페이지(www.5gforum.org)에서 무료로 다운받으실 수 있으며, 저작권법에 따른 공공누리(공공저작물 자유이용 허락 표시제도) 제 2 유형 (출처표시, 상업적 이용금지)의 보호를 받고 있습니다.

Notification

Copyright © 2019 by 5G Forum.

All rights reserved



1. 서론	1
2. 5G 스마트 팩토리 국제 표준화 및 국내외 추진 동향	9
2.1 국제 표준화 동향	11
2.1.1 NPN	12
2.1.1.1 Non-standalone NPN	12
2.1.1.2 Standalone NPN	13
2.1.2 TSC	16
2.1.3 5GS를 통한 LAN 서비스	17
2.2 국내외 추진 동향	18
2.2.1 5G-ACIA	18
2.2.2 SMIC	19
3. 5G 스마트 팩토리 Use Cases 및 성능 요구 사항	21
3.1 5G 스마트 팩토리 Use Cases	23
(Use Case 1) Motion Control & Seamless Integration with Industrial Ethernet	24
(Use Case 2) Control-to-Control Communication	25

(Use Case 3) Mobile Robots	26
(Use Case 4) Process Automation – Monitoring	26
(Use Case 5) Connectivity for the Factory Floor.....	26
(Use Case 6) Mobile Control Panels with Safety Functions.....	26
(Use Case 7) Massive Wireless Sensor Networks	27
(Use Case 8) Remote Access and Maintenance.....	27
(Use Case 9) Augmented Reality.....	27
(Use Case 10) Process Automation – Closed-Loop Control.....	27
(Use Case 11) Process Automation – Plant Asset Management	27
(Use Case 12) Inbound Logistics for Manufacturing	28
(Use Case 13) Wide-area Connectivity for Fleet Maintenance	28
(Use Case 기타) Flexible, modular assembly area	28
(Use Case 기타) Plug and produce for field devices	28
(Use Case 기타) Private/Non-public network Deployment	28
3.2 Use Case에 따른 주요 성능 요구 사항.....	29
3.2.1 주요 성능 지표	29
3.2.1.1 Communication Service Availability.....	29
3.2.1.2 End-to-End Latency	29
3.2.1.3 End-to-End Latency Jitter	30
3.2.1.4 Service Bit Rate.....	30
3.2.1.5 Message Size.....	30
3.2.1.6 Transfer Interval.....	31
3.2.1.7 Update Time	31
3.2.1.8 Survival Time.....	32
3.2.1.9 Service Area	32
3.2.1.10 UE Speed.....	32
3.2.1.11 # of UE.....	32
3.2.2 주요 성능 요구 사항의 예	33

4. 5G 스마트 팩토리 모델 및 주요 기술	37
4.1 5G 스마트 팩토리 모델 및 구성 요소	39
4.1.1 스마트 팩토리의 구성 요소	39
4.1.1.1 (애플리케이션) 스마트 팩토리 IT 솔루션의 상위 소프트웨어 시스템	39
4.1.1.2 (플랫폼) 스마트 팩토리 IT 솔루션의 중간 소프트웨어 시스템	40
4.1.1.3 (디바이스) 스마트 팩토리 IT 솔루션의 하위 하드웨어 시스템	40
4.1.2 스마트 팩토리 및 관련한 어플리케이션 및 플랫폼, 디바이스	40
4.1.2.1 (애플리케이션) 어플리케이션의 수평적·수직적 통합 이슈가 화두	40
4.1.2.2 (플랫폼) 제조와 ICT가 융합된 형태의 플랫폼 개발 및 상품화	40
4.1.2.3 (디바이스) 네트워크에 연결 가능한 지능화된 산업용 스마트 디바이스 공급	41
4.2 스마트 팩토리 주요 기술	41
4.2.1 스마트센서	41
4.2.2 사물인터넷	42
4.2.3 빅데이터	44
4.2.4 클라우드	45
4.2.5 사이버 물리 시스템	47
4.2.6 홀로그램	48
4.2.7 3D 프린팅	49
4.2.8 에너지 절감	49
4.2.9 인공지능	51
4.2.10 산업용 로봇	51
4.3 스마트 팩토리 기술 로드맵	52
4.3.1 5G 스마트 팩토리 주요 기술개발 현황	52
4.3.2 기술개발 전략	54
4.3.3 스마트 팩토리 주요 전략 기술	55

5. 제 언	57
6. 결 론	61
부 록	65
부록1	67
부록2 스마트공장 도입에 관한 수요조사	68
1. 개요	68
2. 조사 설계	68
3. 조사 표본	68
4. 조사 결과	69
백서 편집위원회	73

그림목차

[그림 1-1] 3GPP 표준화 마일스톤	4
[그림 1-2] 스마트 공장의 여러 요구 조건.....	4
[그림 1-3] 5G 응용사례 중 난이도에 대한 판단 (에릭슨).....	5
[그림 1-4] 스마트 공장의 예.....	5
[그림 1-5] 한국, 일본, 독일의 스마트 공장의 포지셔닝 (현재).....	6
[그림 1-6] 스마트팩토리와 5G 기술협력 세미나.....	7
[그림 2-1] Standalone NPN을 통한 일반 PLMN 접속.....	14
[그림 2-2] 일반 PLMN을 통한 standalone NPN 접속.....	15
[그림 2-3] 일반 PLMN을 통한 standalone NPN 접속.....	16
[그림 2-4] TSC를 위한 시간 동기화.....	17
[그림 3-1] 5G 성능 요소와 주요 Use Case들과의 대응 관계.....	24
[그림 3-2] Closed-loop기반의 motion control system.....	25
[그림 3-3] Control-to-Control Communication.....	26
[그림 3-4] End-to-End latency와 End-to-End latency jitter.....	30
[그림 3-5] Transfer Interval과 Update Time.....	31
[그림 3-6] Survival Time.....	32
[그림 4-1] 스마트센서의 구성 및 역할.....	41
[그림 4-2] 스마트제조 분야의 IoT 기술 개념도.....	43
[그림 4-3] 빅데이터 특징.....	44
[그림 4-4] 빅데이터 특징.....	46
[그림 4-5] 기술 변화에 따른 CPS의 등장 배경.....	47
[그림 4-6] 에너지 절감 기술 개념도.....	50
[그림 4-7] 5G 기반의 융합 제조분야 시험 평가 및 품질 인증 범위.....	53
[그림 4-8] 스마트공장 핵심기술 구조 ver. 1.0.....	56
[그림 5-1] 5G-ACIA Plenary 미팅, 추가 회원사의 소개.....	59
[그림 6-1] 5G-ACIA 워킹그룹 (WG).....	63

표목차



〈표 3-1〉 주요 Use Case 별 Characteristic Parameter 예.....	34
〈표 3-2〉 주요 Use Case 별 Influence Quantity 예	35
〈표 4-1〉 공장의 IT기술 활용정도에 따른 스마트팩토리 수준	39
〈표 4-2〉 국가별 센서기술 수준 분석(%).....	42
〈표 4-3〉 빅데이터 분야의 국·내외 기술수준	45
〈표 4-4〉 빅데이터 분야의 국 · 내외 기술수준.....	52
〈표 4-5〉 스마트 팩토리 기술개발 목표.....	54
〈표 4-6〉 스마트 팩토리 기술개발 추진 전략.....	54

1. 서론



1. 서론

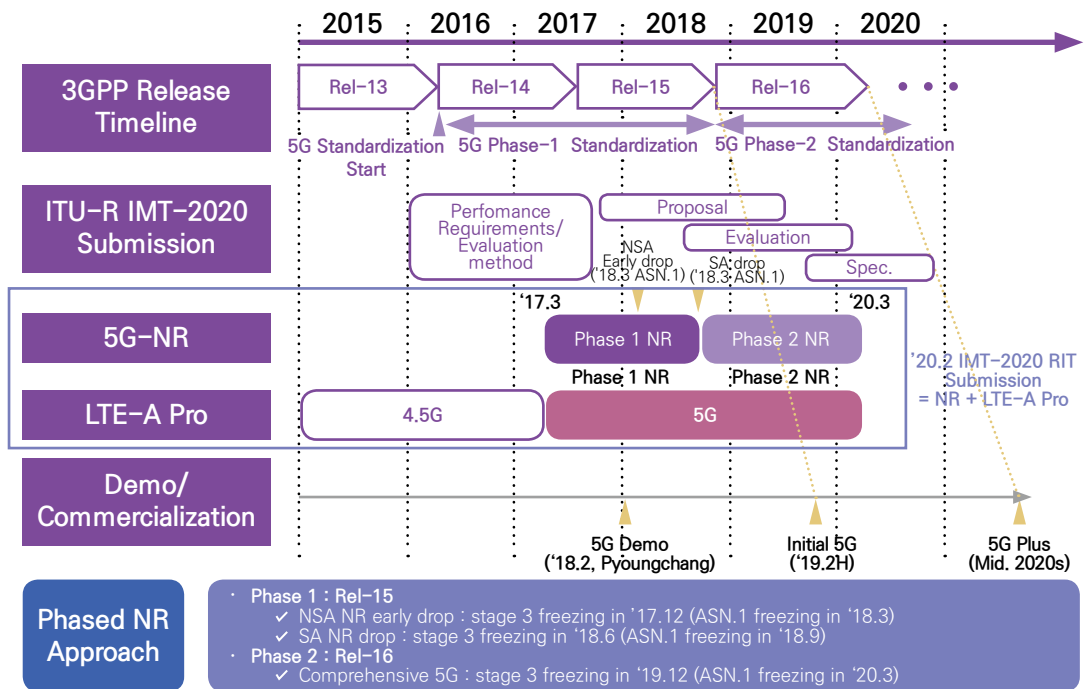
한국산업평가연구원의 보고서에 따르면, 우리나라 경제의 30%가 제조업분야로부터 나온다고한다. 물론 제조업의 범주를 어디까지 포함시키느냐에 대한 논란의 여지는 있지만, 우리나라 경제의 많은 부분이 제조업에서 나온다는 것은 부인할 수 없다. 우리나라 정부는 2022년까지 약 2만개의 공장을 스마트공장으로 변화시킬 계획을 가지고 있다. 여기서 우리나라 정부라 함은, 과기정통부, 산업부, 중기부에서 스마트 공장에 대한 정책 및 제도를 정비중이며, 다양한 시각과 수요/공급자가 존재는 상황에서, 아직은 명확한 정책의 방향이 확립되고 있지 않다. 현재까지 몇 가지 정부 정책보고서가 있다. 그런데, 일반적으로 정부보고서 및 정책의 추진은 크게, 표준화, 플랫폼을 우선적으로 진행하고, 이를 통해 시범 사업을 진행하고, 그 추이를 살펴보고, 다양한 사례 (Use Cases)를 발굴하는 방향으로 가고 있다.

그런데 실제 시장 상황은, 그와는 반대로 성공적인 사례가 우선적으로 나와야하고, 이를 바탕으로 공통된 플랫폼이 산업계를 중심으로 논의되어야하고, 여러 요구조건 (Requirements)를 반영한, 표준화가 마지막 단계에 추진이 된다. 이점에서 현재 우리나라 스마트 공장의 상황은 아직 Top-down과 Bottom-up의 시각이 공존하는 것으로, 다소 명확한 목표와 마일스톤이 재정립되어야 하는 시기이다.

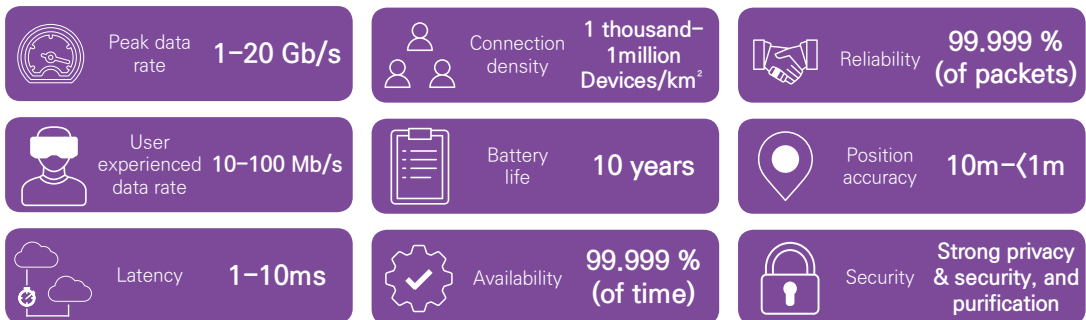
5G-ACIA 및 KT 경제연구소의 보고서에 따르면, 스마트 공장은 5G의 여러 응용 중에서 가장 시장이 넓은 분야이다. 이미 언급한대로 이것은 제조업의 분야를 어디로 두고 보느냐에 따라서, 상황이 달라진다고 할 수 있다. 5G의 상용화가 임박한 상황에서 여러 운영자들이 Vertical에 대한 집중적인 검토가 이루어지고 있다. 스마트 공장은 기존 Ethernet기반의 공장 자동화 및 정보 획득을 무선으로 진행하여, 공장에서 각 기기들의 이동성을 보장해주는 측면이 있다. 더 나아가 5G가 가지고 있는 주요 특성이, 보다 공장의 자동화 및 스마트화에 더 적합한지에 대한 의문에 대답을 해야 한다.

특히, 5G 시스템에 가지는 여러 가지 특성을 생각해보면 (enhanced mobile broadband (eMBB), massive machine-type communication (mMTC), and ultra-reliable low-latency communications (URLLC)), 스마트 공장의 어떤 면을 지원할 수 있을지, 예측을 할 수 있다. 일반적으로 스마트 공장의 경우, 다음과 같은 측면이 상당히 요구된다. 1) 안정성 (Reliability) 2) 데이터 보안 (Data Security), 3) 저지연 (URLLC), 그리고 특별히 아직까지 언급되고 있지는 않지만, 데이터 자체의 과금 (Pricing)도 중요한 문제가 되고 있다. 이 모든 측면을 5G가 해결할 수 있는지의 여부는 3GPP Release 15은 아직 부족한 점이 많고, Release 16 그리고 그 이후의 표준에서 지원이 가능할 것으로 예측된다. 특히, 네트워크 슬라이싱 (Network Slicing)의 실제 상용화가 이루어지는 2020년 (Release 16)이후에 현재의 스마트 공장 요구 조건을 충족시킬 것으로 판단된다.

1. 서론

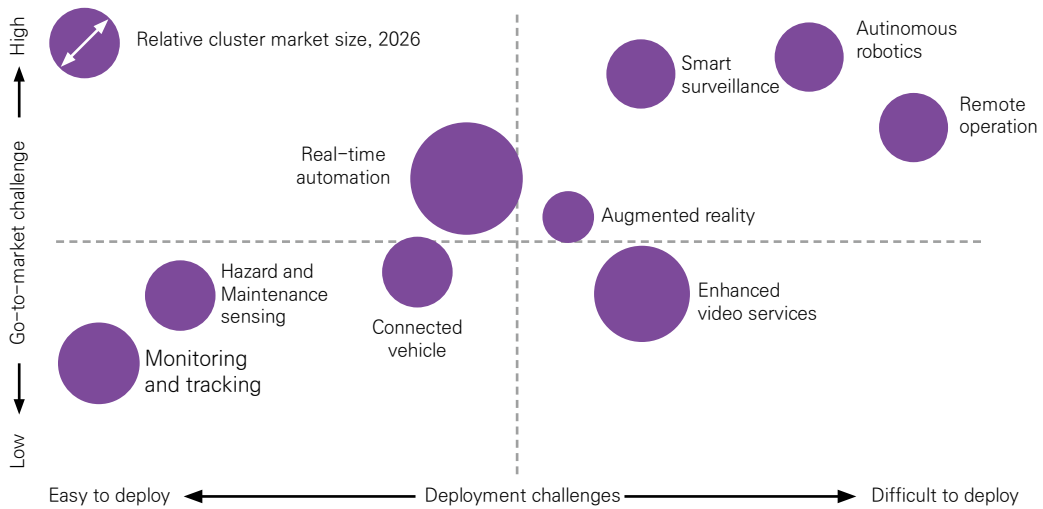


[그림 1-1] 3GPP 표준화 마일스톤



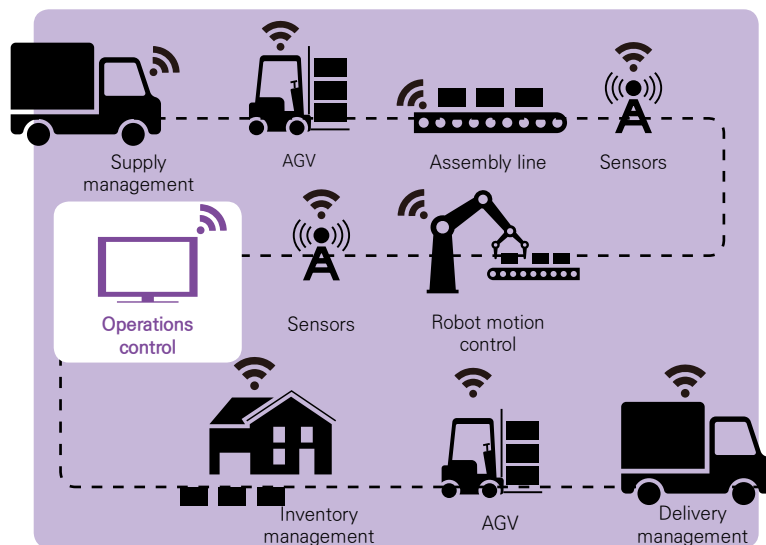
[그림 1-2] 스마트 공장의 여러 요구 조건

그럼에도 불구하고 아래 그림 (1-3), Ericsson 보고서에 따르면, 스마트 공장은 5G의 응용사례 중 가장 난이도가 어려운 부분으로 예측되고 있다.



[그림 1-3] 5G 응용사례 중 난이도에 대한 판단 (에릭슨)

여기에는 통신축면의 발전과, 표준의 진행속도의 문제도 있지만, 가장 중요한 것은 이 분야에 대한 Domain Knowledge가 아직 충분히 성숙되지 않았고, 따라서 통신 분야 자체만으로 접근하기 어려운 점이 많다는 점에 있다. 예를 들어 아래 그림 [1-4] 스마트 공장의 예를 들어봐도, 통신 밖의 영역이, 80% 이상을 차지하고 있다는 점이다.

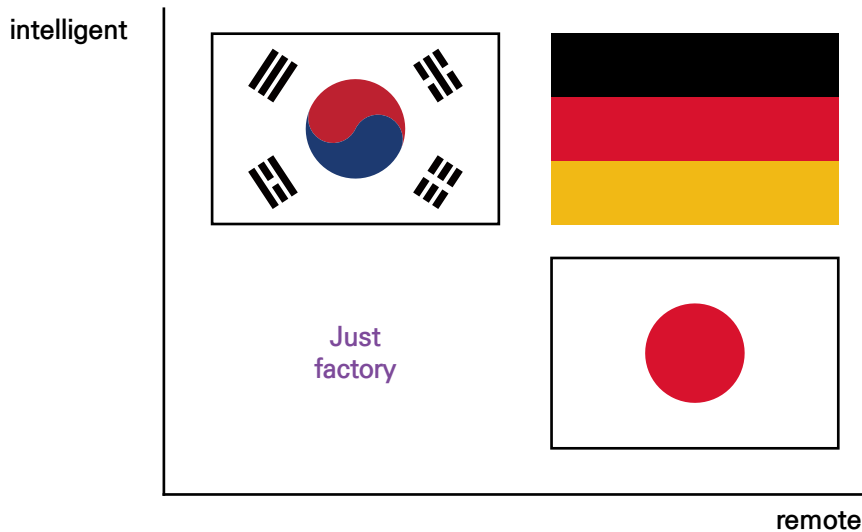


[그림 1-4] 스마트 공장의 예

또한 한편으로 우리나라에서는 공장의 스마트화를 위해서, 어떤 산업에 집중할지에 곤란스러운 면이 있다. 공장을 위한 공장, 즉, 1) 공장에 공급되는 기계, 로봇, 라인 설비 등의 스마트화 및 연결성 고려를 생각하는지? 의 문제와 아니면, 2) 공장 자체의 무인화/원격화를 생각하는지의 여부가 불분명하다. 여러 가지 이유가 있겠지만, 아직 우리 나라의 기계, 로봇, 라인 설비는 세계적인 점유율 측면 (1.7%)에서, 낮은 이유도 있다.

그렇다면 한국적인 스마트 공장은 5G와 어떻게 결합되어야 하고, 어떤 형태의 모델이 보다 근본적인 변화를 가져올 수 있을까? 오퍼레이터 중심의 스마트 공장은 단순한 연결성을 강조할 수밖에 없고, 오퍼레이터가 가지는 한계로 인해서, 많은 부족함을 생각할 수 있다. 통신제조사 및 기지국 중심의 스마트 공장 모형은, 기지국과 스마트 공장의 여러 기기들의 연결성에 대해서, 많은 통신 기기 제조사들이 공장 기계에 대한 기술적인 깊이가 높지 않다.

이를 위해서 5G 포럼의 스마트 공장 TF는 다음과 같은 관점을 가지고 문제를 접근하고자 한다. 첫째, 국제적인 표준화 참여도 중요하지만, 이보다 먼저 국내 상황에 맞는 Use Case와 산업 발전 모형을 5G를 통해서 찾아보고자 한다. 이는 정부의 추진 방향인 표준화, 플랫폼을 우선적으로 진행하고, 이를 통해 시범 사업이 마지막에 나타나는 것과 정반대 방향이라 할 수 있다.



[그림 1-5] 한국, 일본, 독일의 스마트 공장의 포지셔닝 (현재)

둘째로 우리나라와 독일 및 일본 등 이 분야의 1st 그룹에 해당되는 국가와의 차별성을 찾아보고자 한다. 예를 들어 독일의 경우 원격 및 지능적인 측면에서 앞서가는 궁극적인 모델을 추구하지만, 일본의 경우 원격 공장의 측면이 강한, 스마트 공장을 추진하고 있다. 이와는 달리, 우리나라의 경우 기존의 스마트 공장의 상황을 보면, 상당히 지능적인 공장 측면이 강조되고 있다. 이는 5G 포럼의 스마트공장 TF가 대한 지난 5월 24일 대한산업공학회 스마트제조 연구회와 공동으로 진행한, 스마트 공장과 5G 기술협력 세미나에서도 나타나고 있다.

시간		세부내용	진행/발표
14:00~14:05	5'	○ 인사말씀	송상훈 과장(과기부)
14:05~14:10	5'		김성륜 교수(연세대)
14:10~14:15	5'		정봉주 교수(연세대)
5G 및 스마트팩토리 연구 동향			
14:15~14:30	15'	○ 5G 기술현황 및 실용화 로드맵	김성륜 교수(연세대)
14:30~14:45	15'	○ 스마트팩토리 연구 및 발전 동향	신동민 교수(한양대)
산업계 현황 및 5G 협력			
14:45~15:00	15'	○ IIOT 5G 활용과 스마트팩토리 추진방향	미정(SKT)
15:00~15:15	15'	○ IIOT landscape and 5G-ACIA	원성환 수석(Nokia)
15:15~15:30	15'	○ 스마트공장 관련 5G 표준화 현황 및 요구사항	신재승 실장(ETRI)
15:30~15:45	15'	○ 이동통신과 스마트공장	박동주 실장(에릭슨엘지)
커피 브레이크			
16:00~16:10	15'	○ LG그룹 제조지능화 추진방향	안재욱 팀장(LG생산기술원)
16:15~16:30	15'	○ 5G를 준비하는 제조기업별 스마트팩토리의 변화	김상연 수석(SK주식회사)
16:30~16:45	15'	○ 스마트팩토리 발전:lte 에서 5h	이승준 팀장(현대모토에버)
16:45~17:00	15'	○ 5G가 만드는 스마트팩토리의 변화	김병기 이사((주)미라콤)
커피 브레이크			
17:00~17:25	15'	○ 스마트팩토리&5G 공통연구 및 협력방안 논의	정봉주·김성륜 교수(연세대)
17:25~17:30	5'	○ 맺음 말씀	정봉주 교수(연세대)
17:30~		○ 만찬	-

출처 : 5G 포럼의 스마트공장 TF, 2018.5.24

[그림 1-6] 스마트팩토리와 5G 기술협력 세미나

따라서, 우리는 현재 한국의 포지셔닝에서 보다 원격제어에 대한 기술적인 방향과 그 가능성을 가늠해보고자 한다. 결과적으로 우리는 무인화/자동화가 가장 잘 갖추어진 분야의 원격화를 Use Case를 첫 번째 타겟으로 생각하고, 그것을 발굴하는데 노력을 기울일 예정이다. 이를 바탕으로 한국형 스마트 공장 모델과 관련 산업의 확산을 유도할 예정이다.



1. 서론

다른 한편으로 스마트 공장의 운영에 적합한 모델은, 어떻게 진행되어야 할지 궁금하다. 스마트 공장 등의 서비스를 위해서 전국망을 가지는 통신사 모델이 미래에 적합할지? 공장 스스로가 기지국을 설치하고, 운영을 하는 것이 미래에 적합한 모델 일 것 (이를 미국의 CBRS에서는 중립기지국 모델이라고 함)일지의 여부도 관심사항이다. 이를 위해서는 주파수 라이선스에 대한 분권화 및 공유화가 필요한 측면이 존재한다.

5G-ACIA의 중심이 되고 있는 독일은, 전통적으로 (ICT 통신보다는) 자동차등 제조업에 강한 면을 가지고 있다는 점, 그리고 둘째, 공공분야의 거버넌스 측면에서 분권화가 자연스러운 나라라는 점에서 시사점을 준다. 독일의 Benetza (Federal Network Agency)는 최근에 Wireless Broadband Access서비스를 위해서 2기가, 3.6기가 대역을 오픈하기로 하였다. 특히, 3.6-3.7기가 (200메가)는 전국 라이선스를 고려하지만, 3.7기가 대역 (100메가)는 로컬 라이선스를 결정하였다. 물론 이 모델이 우리나라와 같은 상황에 적합할지는 의문이지만, 관련된 내용을 추가적으로 연구하는 것은 필요하다고 판단된다.

2. 5G 스마트 팩토리 국제 표준화 및 국내외 추진 동향



2. 5G 스마트 팩토리 국제 표준화 및 국내외 추진 동향

이번 장에서는, 5G에 기반한 스마트 공장과 관련된 국제 표준화 동향을 살펴본다. 또한 국내외에서 5G 기반 스마트 공장을 어떻게 추진하고 있는지 알아본다.

2.1 국제 표준화 동향

기본적으로 표준이란, 서로 다른 제조사들의 제품들이 서로 함께 작동할 수 있게 하기 위해 공통적으로 지켜야 할 규칙이며, 스마트 공장을 구동하기 위해서는 통신 방식, 물리적 형태, 신호체계 등 여러 방면에서 규칙이 필요하다. 그 가운데에서도 5G에 기반한 스마트 공장에 집중하여 국제 표준화 동향을 알고자 한다면, 단연 통신 방식에 대한 규칙을 살펴봄이 마땅하다.

5G의 실체는 “5G 이동통신시스템(줄여서, 5G 시스템; 5G system, 5GS)” 및 “새로운 무선(new radio, NR) 기술을 접목시킨 4G 이동통신시스템(evolved packet system, EPS)¹⁾”이다. NR 기술을 접목시킨 EPS는 무선용량 증대를 주목적으로 설계한 시스템이기 때문에 낮은 지연시간, 높은 안정성을 요구하는 스마트 공장에 적용하기 알맞지 않다. 따라서 5GS 관련 표준이 5G 기반 스마트 공장과 가장 연관성이 높은 표준이다.

5GS는 이동통신시스템 표준화 단체인 3GPP가 표준화 했다. 표준화란 결국 규격을 출시하는 일이다. 3GPP는 평균적으로 일년 반 정도의 주기로 규격을 출시(release)해왔다. 3GPP는 15차 출시(release 15, Rel-15) 때 5GS 관련 규격을 출시하는 것을 목표로 2016년 3분기부터 규격 작업들을 시작해왔으며, 이를 2018년 3분기에 완료하였다고 공표하였다.

새로운 세대의 이동통신시스템 규격을 만드는 것은 복잡한 일이기 때문에 아홉 분기만에 5GS 규격을 완성하는 것은 매우 도전적인 과제였다. 따라서, Rel-15 규격 작업 시, 5GS에 요구되는 기본적인 사항(예를 들어, 대용량 이동통신, 낮은 지연시간)을 만족시키는 것에 집중하였다.

한편, Rel-16 들어서, 보다 구체적이고 명확한 요구사항을 만족시키도록 5GS를 향상시키는 데에 목표를 두는 규격 작업들이 승인되었다. 이러한 규격 작업들의 예로는, 차량 통신을 위한 구조 진화(architecture enhancements for 3GPP support of advanced V2X services), 유무선 통합형 5GS(wireless and wireline convergence for the 5G system architecture), 이동통신 기반 사물인터넷을 지원하기 위한

1) 흔히 비독립형(non-standalone, NSA) 5G를 NR 기술을 접목시킨 EPS의 동의어로 취급하지만, NSA 5G는 5G 내에서도 가능한 형태이기 때문에, 정확한 표현은 아니다.



5GS 진화(cellular IoT support and evolution for the 5G system), 버티컬 서비스 및 랜(local area network, LAN) 서비스를 지원하기 위한 5GS(5G system enhanced support of vertical and LAN services, 줄여서 Vertical_LAN)을 들 수 있다. 이 가운데, 스마트 공장과 가장 관련성이 깊은 규격 작업은 단연 Vertical_LAN이라고 할 수 있다.

규격 작업 Vertical_LAN은 2019년 6월에 열리는 서비스 및 시스템 방면(service and system aspects, SA) 규격 그룹(technical specification group, TSG)에서의 승인을 목표로 진행되고 있다. 2018년까지 사전연구 작업 기간(study phase)을 마치고 2019년부터 본격적으로 규격화 기간(normative phase)에 돌입할 것으로 보인다. 이에 따라 본 절에서는 study phase에서 현재까지 이뤄진 내용을 다루므로, 2019년에 완성될 최종적으로 규격화된 내용은 이 절에 실린 내용과 다를 수 있다.

Vertical_LAN에서 다루지는 주요 이슈는 다음과 같다: 비 공공 네트워크(non-public network, NPN)는 어떻게 지원되는가; 시간 민감형 통신(time sensitive communication, TSC)은 어떻게 지원되는가; 5GS를 통해 LAN 서비스는 어떻게 지원되는가. 세 이슈 모두 5GS를 스마트 공장에 적용하기 위해 필수적으로 풀어야할 숙제다.

2.1.1 NPN

NPN은 사업자들이 운영하는 공공지상이동통신네트워크(public land mobile network, PLMN) 내에서 독립성을 갖는 네트워크(non-standalone NPN), 혹은 PLMN과는 완전히 구분되어 독자적으로 운용되는 네트워크(standalone NPN)를 뜻한다.

2.1.1.1 Non-standalone NPN

Non-standalone NPN은 standalone NPN보다 독립성이 낮은 만큼 이를 지원하는 방법도 간단하다. Non-standalone NPN을 지원하기 위해 닫힌 접속 그룹(closed access group, CAG) 식별자가 새로이 제안되었다. CAG 식별자는 PLMN 내에서 CAG를 유일하게 식별한다. 따라서 한 사업자의 PLMN에서 쓰이는 CAG 식별자가 다른 사업자의 PLMN에서 쓰일 수 있다.

CAG를 지원하는 PLMN의 각 셀은 시스템정보블록(system information block, SIB)에 CAG 식별자 및 다른 용도로 셀이 사용되고 있음을 나타내는 지시자(cellReservedForOtherUse indication)를 담아야 한다. 따라서 CAG에 속한 단말에게는 CAG 식별자를 알려 접속을 유도하면서, CAG를 지원하지 않는 단말이 이 셀에 접근하는 것을 막을 수 있다. 한편, 단말은 허락된 CAG 식별자 목록을 관리해야 하며, PLMN의 가입자 정보 관리 개체(user data management, UDM)에서도 상응하는 가입자 정보를 다루야 한다.



Non-standalone NPN은 EPS의 닫힌 가입자 그룹(closed subscriber group, CSG) 기능과 비슷한 방식으로 지원됨을 알 수 있다. 비교적 간편하게 PLMN 내에서 non-standalone NPN을 구축할 수 있는 대신 한계점도 명확한데, 무선접속네트워크(radio access network, RAN)까지의 독립성이 보장된다는 것이 바로 그것이다. 코어 네트워크(core network)에서는 적어도 UDM 등이 PLMN에 속해야 하므로 독립성이 낮다.

2.1.1.2 Standalone NPN

Standalone NPN은 PLMN과는 독립적으로 운용되므로 필수 필드인 PLMN 식별자를 어떻게 구성할 것인지에 대한 고려가 우선적으로 필요하다. 당연히 기존 사업자들이 쓰는 PLMN 식별자를 쓰면 안 되며, standalone NPN을 운용하는 기관이 해당 국가 및 지역에서 특별하게 허가 받은 PLMN 식별자가 있다면 이를 사용해도 되지만, 그렇지 않은 경우에는 PLMN 식별자의 국가 코드를 “999”로 설정하고 네트워크 코드는 standalone NPN을 운용하는 기관이 정한 값으로 설정할 수 있다. 이렇게 하면 일반 단말들을 위한 기존의 PLMN 선택 메커니즘에 영향을 주지 않으면서 standalone NPN을 운용할 수 있다.

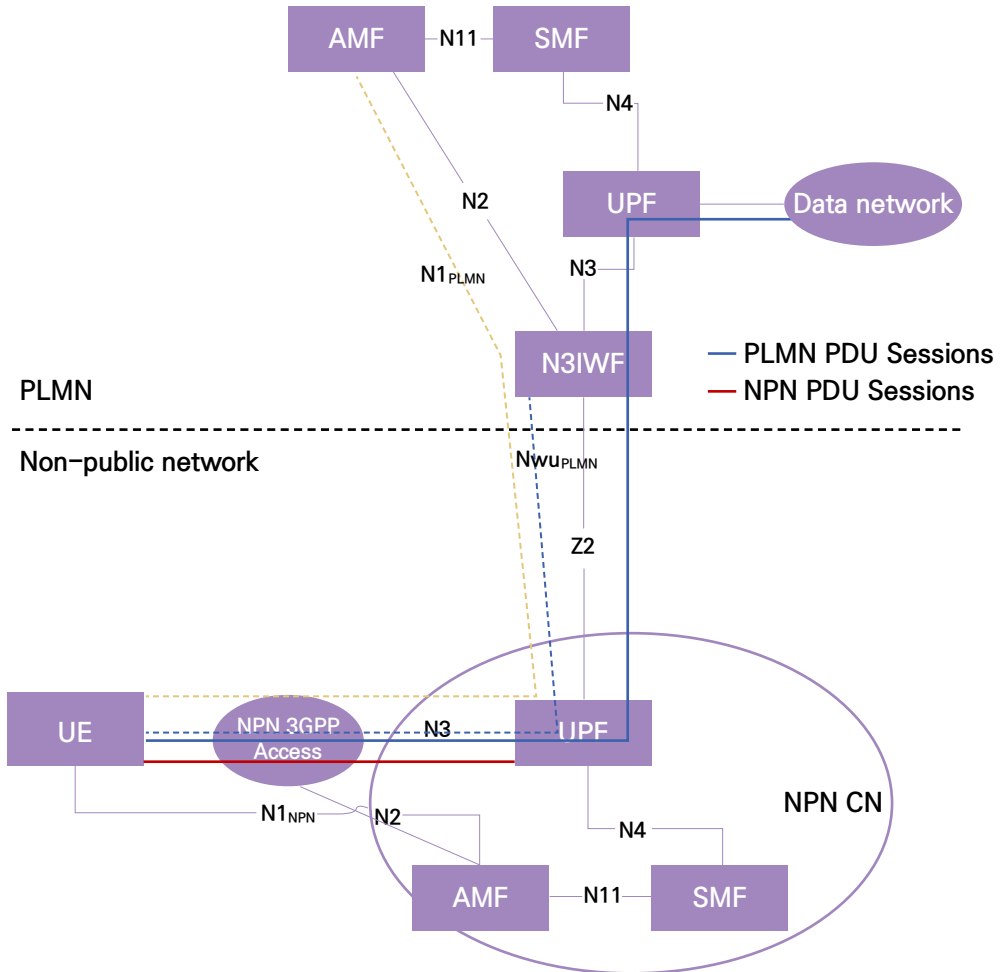
Standalone NPN에 접속할 수 있는 단말은 독자적인 인증 정보를 갖고 있으며, 알맞은 standalone NPN을 선택하기 위해 NPN 식별자를 기반으로 한 NPN 선택 메커니즘을 수행한다. 간단히 말해, standalone NPN 용 단말에게는 NPN 식별자가 PLMN 식별자를 대체하는 것이라고 볼 수 있다.

일단 standalone NPN은 일반 단말들이 보기에는 PLMN 선택에 고려되지 않는 혹은 우선권이 낮은 PLMN 식별자를 방송하기 때문에 일반 단말들이 선택할 가능성이 낮지만 보다 안전하게 일반 단말의 유입을 막기 위해서 non-standalone NPN과 마찬가지로 cellReservedForOtherUse indication을 방송한다.

Standalone NPN은 고도의 독립성을 보장하는 반면, 이동성을 가진 단말에게, 다시 말해, standalone NPN의 커버리지를 넘나드는 단말에게, 서비스를 연속적으로 제공해주기 어렵다는 단점이 있다. 이를 위해, (원래는 와이파이 등의 비 3GPP 무선접속 기술을 통한 5GS 접속을 지원하기 위해 고안된) 비 3GPP 연동 개체(non-3GPP interworking function, N3IWF)를 이용한, 서비스 연속성 보장 관련 솔루션들이 고려되었다.

일반적으로, 어느 지역을 넘나들어 한 경로를 통해 통신을 하다가 다른 경로를 통해 통신을 해야할 때, 서비스의 연속성을 보장하기 위해서 가장 기본적으로 필요한 것은 닻이다. 예를 들어, 이동통신시스템의 한 셀에서 다른 셀로 이동할 때 서비스 연속성을 위해 EPS에서는 게이트웨이, 5GS에서는 사용자면 개체(user plane function, UPF)가, 두 셀의 위에서 하향 데이터를 받아 이를 두 셀로 분기하여 보내주며 두 셀로부터 받은 상향 데이터를 하나로 모아주는 닻이 되고, 비슷하게 LTE로 데이터 통신을 하다가 와이파이로 데이터 통신을 하게 되면, 응용 계층에서 닻 역할을 하는 서버가 통상 존재한다.

Standalone NPN과 일반 PLMN 사이를 넘나드는 단말에게 서비스를 연속적으로 제공하기 위해 닛을 일반 PLMN 내에 만드는 구조(그림 2-1)와, standalone NPN에 만드는 구조(그림 2-2)가 제안되었다.

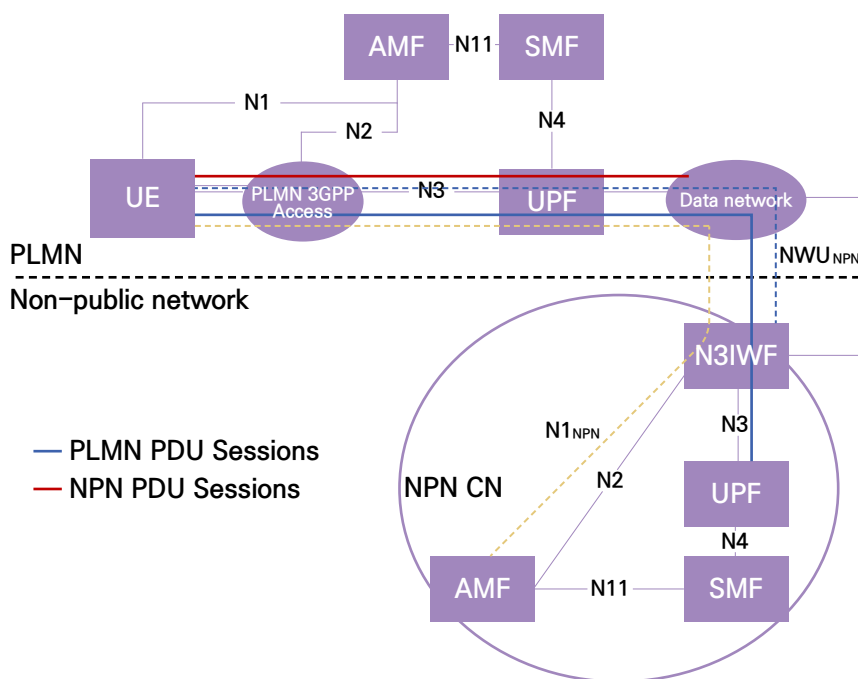


출처 : 3GPP TR 23.734에서 발췌

[그림 2-1] Standalone NPN을 통한 일반 PLMN 접속

그림 2-1의 파란색 실선을 보면, 단말은 standalone NPN을 거친 다음 PLMN의 N3IWF 및 UPF를 거쳐 데이터 네트워크와 통신할 수 있는 것을 알 수 있다. 이 구조에서 단말이 standalone NPN의 UPF를 통해 바로 데이터 네트워크와 통신을 할 수 있는데 굳이 PLMN의 N3IWF와 UPF를 거치도록 한 까닭은 PLMN의 UPF를 닛으로 활용하기 위함이다.

이 구조를 참고하면, PLMN 측면에서 바라보는 standalone NPN은, 한낱 IP 연결성을 제공해주는 non-3GPP 접속망의 한 종류에 지나지 않으며, 기존에 잘 정의된 non-3GPP 접속망과 3GPP 접속망 간 세션 핸드오버 과정을 활용하면, 그림 2-1에서 파란색 실선으로 나타낸 세션을, 서비스 연속성을 유지하면서, 전혀 standalone NPN을 거치지 않는(즉, PLMN 내의 개체만을 경로로 하는) 세션으로 옮길 수 있다. 이에 대한 더 자세한 내용은 3GPP TS 23.502의 4.9.2절에 있는 신호 흐름도를 참고하기 바란다. 물론 반대로 일반 PLMN만을 거치는 세션을 standalone NPN을 거쳐 지나가는 세션으로 서비스 연속성을 유지하면서 옮기는 것도 가능하다.



출처 : 3GPP TR 23.734에서 발췌

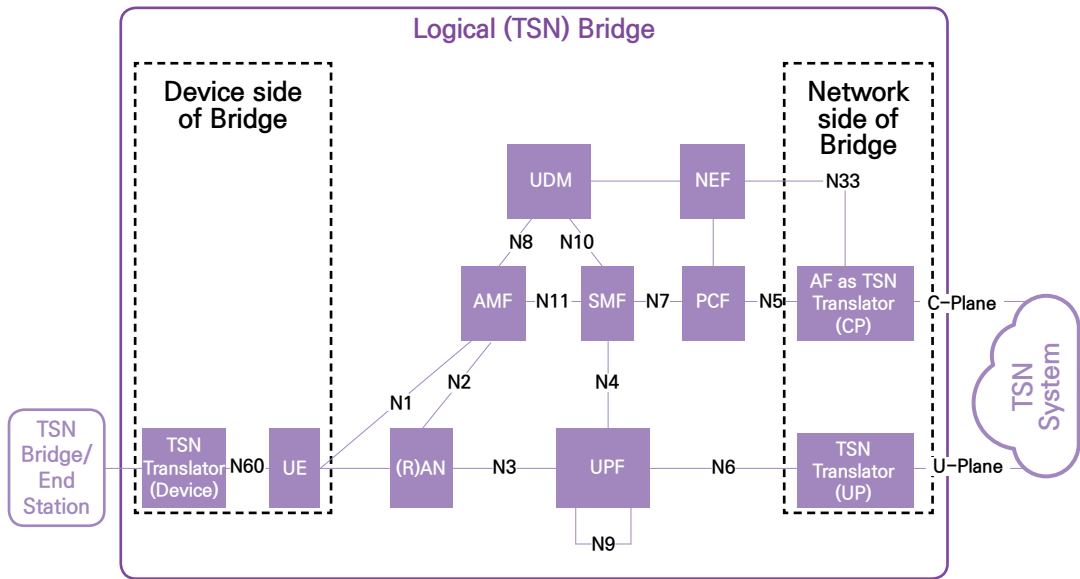
[그림 2-2] 일반 PLMN을 통한 standalone NPN 접속

그림 2-2에 나타난 구조를 보면, 그림 2-1에서 보인 PLMN과 standalone NPN의 역할이 반전된 것을 알 수 있다. 여기서 닳은 standalone NPN의 UPF이며, 그림 2-1에 대한 설명을, PLMN과 standalone NPN을 서로 맞바꾸기만 하면, 그림 2-2에 적용할 수 있으므로 그림 2-2에 나타난 구조에 대한 설명은 생략한다.

다만, standalone NPN에 구축된 3GPP 접속기술로 구성된 RAN이 일반 PLMN에 구축된 RAN보다 쓰임새에 알맞게 특화되어 있을 가능성이 높으므로, 그림 2-1의 구조가 그림 2-2의 구조보다 스마트 공장에 더 적합한 구조임을 유추할 수 있다.

2.1.2 TSC

TSC를 위해 앞서 개발된 시간 민감형 네트워킹(time-sensitive networking, TSN)은 잘 규격화 된 기술이다. 3GPP의 규격 작업 Vertical_LAN에서는 TSN 브리지 간의 통신을 무선으로 수행하는 것에 주목한다. 이에 따라 그림 2-3에 나타난 구조가 제안되었다.



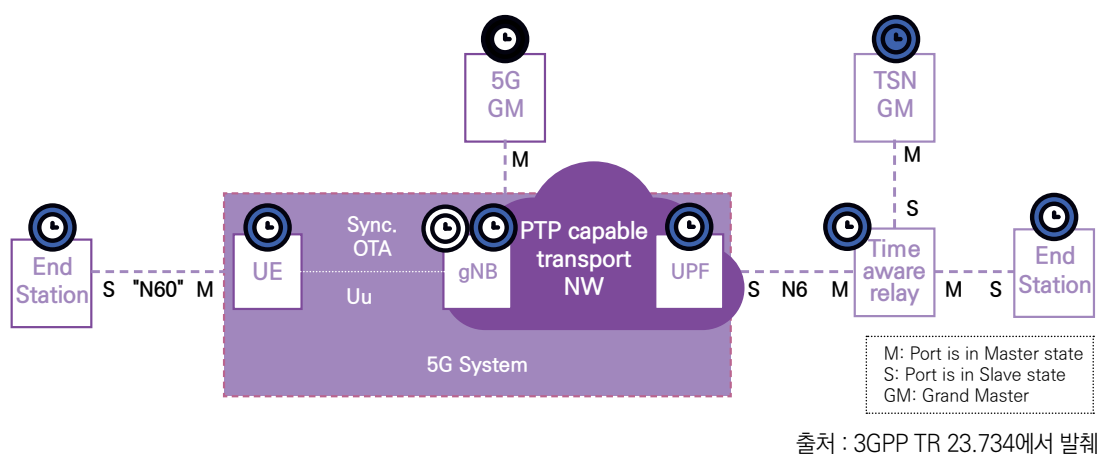
출처 : 3GPP TR 23.734에서 발췌

[그림 2-3] 일반 PLMN을 통한 standalone NPN 접속

그림 2-3을 보면, 기존의 5GS 및 TSN 대비 새로이 제안된 개체는 TSN 변환기(translator)뿐이다. 각각 단말과 네트워크 쪽에 하나씩 TSN translator가 달려, 5GS 프로토콜과 TSN 프로토콜 간의 변환을 수행한다. 이렇게 하면 물리적으로 TSN 브리지 사이에 무선인 구간을 생성할 수 있다.

단말 측 TSN translator를 기준으로 했을 때, 왼쪽 인터페이스는 기존 TSN 구조에서 다뤄진 인터페이스이며, 오른쪽 인터페이스는 신규 인터페이스인 N60 인터페이스이다. 5GS 내의 인터페이스 작명법을 따르는 것을 참고하면, 3GPP에서 장치 규격화 될 가능성이 높다. 한편, 네트워크 측 TSN translator는 오른쪽 인터페이스는 기존 TSN 구조에서 다뤄진 인터페이스이며, 왼쪽 인터페이스는 5GS 구조에서 다뤄진 인터페이스이다.

또 한가지 TSC를 지원하기 위해 풀어야 할 중요한 이슈는 5GS 내의 시간 동기화이다. 단말을 포함한 각 개체들의 시간 정보가 동기화되어 있어야 지연 시간을 낮추고 지터(jitter)를 줄이는 등의 작업을 수행할 수 있기 때문이다. 이를 위해 그림 2-4를 기반으로 시간 동기화를 수행한다.



[그림 2-4] TSC를 위한 시간 동기화

그림 2-4에 따르면, 그랜드 마스터 시계는 RAN(그림 2-4에는 NR 기지국(gNodeB, gNB)라 표시)과 네트워크 측 TSN translator에 연결된다. 5GS 내에 단말을 제외한 개체들은 이러한 그랜드 마스터 시계와의 직간접 연결에 의해 시간 동기화된다. 단말과 RAN 사이의 시간 동기화는 예를 들어 물리 계층의 심볼 레벨 이하의 정밀한 프레임 구조를 이용해 정밀한 시간 정보를 전달할 수 있고, 단말은 이에 따라 RAN과 시간 동기화를 수행할 수 있다. 또한 단말은 단말 측 TSN translator(그림 2-4에는 종단(end station)이라 표시)와 N60 인터페이스를 통해 시간 동기화를 수행할 수 있다.

시간 동기화 솔루션은 2018년 말 현재 완전히 결론이 내려진 상태가 아니라, 본 백서에서 소개한 내용과 향후 실제 규격과 괴리가 있을 수 있다.

2.1.3 5GS를 통한 LAN 서비스

5GS는 이미 Rel-15부터 단순히 IP 데이터 전송 뿐만 아니라 다양한 종류의 비 IP 데이터 전송을 염두에 두고 설계되었다. 따라서 기본적인 5GS 전체를 단순 물리계층으로 취급하여, 5GS를 통해, 예를 들어, 이더넷 프레임을 전송할 수 있도록 하는 기능은 이미 Rel-15 5GS에서도 가능하다.



그러나 Rel-15에서는, 하나의 LAN에 속하는 단말을 5GS 내에서 어떻게 그룹화할 것인지 또한 그 그룹에게 전송되는 데이터는 어떻게 관리할 것인지에 대한 논의가 없었다.

LAN 내 단말의 그룹화는, 네트워크에서 전화번호 등을 이용해서 자체적으로 수행되든지 아니면 네트워크 노출 개체(network exposure function, NEF)가 제공하는 API를 이용해서 수행될 수 있다. 이렇게 그룹화된 단말들은 공통적인 특성을 지닌 세션을 생성해야 하는데 이를 위해서는 기존의 단말 라우팅 선택 정책(user equipment route selection policy, URSP)을 단말에게 내려주는 메커니즘을 통해 그룹 내 단말에게 공통의 URSP 규칙을 내려준다.

하나의 LAN에 속한 단말들은 공통의 UPF에 의해 서비스 되는 것이 바람직하며, 만약 그렇지 못한 경우에도, 적어도 해당 UPF를 통하는 하나의 LAN에 속한 단말들은 (비록 하나의 LAN에 속한 모든 단말들이 아닐지라도), 그룹 형태의 취급을 받도록 해야 한다. 이를 위해 기존의 N9 인터페이스와는 다른 새로운 인터페이스가 고려되고 있다.

2.2 국내외 추진 동향

5GS는 아직 제대로 구축된 곳이 없다. 우리나라는 5G에 발빠르게 대응하고 있지만 당장 상용화를 앞두고 있는 것은 어디까지나 NR 기술을 접목시킨 EPS이다. 따라서 5G에 기반한 스마트 공장이 제대로 구축된 곳은 전무할 것이라 예상할 수 있다.

제4 차 산업혁명(Industry 4.0)을 기치로 한 여러가지 의미 있는 제조업 관련 추진 활동들이 있지만, 5G와 제조업 모두에 중심을 두고 추진되는 활동은 많지 않다. 5G에 기반한 스마트 공장으로 범위를 한정한다면, 국외에서는 단연 독일전기전자산업협회(Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie, ZVEI)에서 설립한 단체 연결형 산업 및 자동화를 위한 5G 연합(5G Alliance for Connected Industries and Automation, 5G-ACIA)의 활동을 들 수 있고, 국내에서는 스마트제조혁신센터(Smart Manufacturing Innovation Center, SMIC)의 활동을 들 수 있다.

2.2.1 5G-ACIA

5G-ACIA는 산업체를 위한 5G에 관련된 기술, 규제, 그리고 사업화 측면을 논의하고 평가하기 위한 글로벌 포럼을 만들고자 창립되었다. 5G-ACIA는 운용기술(operational technology, OT) 업계 및 ICT업계뿐만 아니라 학계를 비롯한 모든 관련자들을 회원사로 두어 온전한 생태계의 목소리를 반영한다. 또한 5G-ACIA는 5G를 제조업에 최적으로 적용시킬 수 있도록 함을 목표로 둔다.

5G-ACIA는 이미 가시적인 성과를 이루고 있다. 2.1절에서 소개한 규격 작업 Vertical_LAN에 이미 5G-ACIA의 의견이 반영되었다. 3GPP에서 진행되는 규격 작업에, 개별 회사들이 따로 영향을 주고자



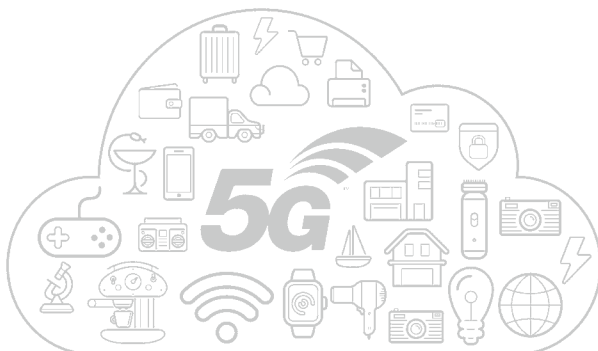
한다면, 해당 규격 작업에 대한 진행은 매우 더딜 것이다. 하나의 예로, 인공위성 관련 5GS 진화 관련 규격 작업을 들 수 있다. 반면, 차량통신, 철도통신 관련 3GPP 규격 작업은, 차량 업계 및 철도 업계의 수렴된 목소리를 반영하는 단체가 있어(각각 5G Automotive Association (5GAA) 및 Union Internationale des Chemins de fer (UIC)), 이 단체들의 의견을 바탕으로, 관련 3GPP 규격 작업이 원활하게 진행되고 있다. 5G-ACIA도 제조업계 회사들이 수렴된 목소리를 내서, 5GS 관련 규격 작업에 실질적인 영향을 끼치고 있다. 5G-ACIA는 앞으로도 스마트 공장이 활성화됨에 따라 새로이 나오는 요구사항을 3GPP 규격 작업에 반영시키도록 하는 일을 할 것임을 예상할 수 있다.

2.2.2 SMIC

SMIC는 스마트 제조에 대한 연구 개발, 시험을 수행하며, 스마트 제조에 대한 혁신, 협력, 전환의 가치를 실현하는 것을 목표로 둔다. 현재 약 40여개의 국내외 스마트 공장 관련 선도 기업 및 기관들이 회원으로 등록되어 있다.

SMIC는 경기도 안산시에 위치해 있으며 데모 공장 시설을 보유하고 있다. SMIC 내 데모 공장은, 스마트 제조를 가능케 하기 위한 기술이 집약된 미래형 공장 모델 구축을 목표로 한다. 데모 공장을 통해 제공되는 주요 서비스는 Industry 4.0 구현을 위한 스마트 공장의 방향 제시 및 세계적 수준의 스마트 공장 레퍼런스 시험베드 구축이다. 이를 통해, 가상생산부터 실제생산까지 연결된 고도화된 스마트 공장 구축방안을 제시하고 있다.

SMIC에는 gNB가 구축되어 있으며, 현재로서는 데모 공장에서 발생하는 데이터를 수집하는 데 주로 쓰이고 있다.



3. 5G 스마트 팩토리 Use Cases 및 성능 요구 사항



3. 5G 스마트 팩토리 Use Cases 및 성능 요구 사항

3.1 5G 스마트 팩토리 Use Cases

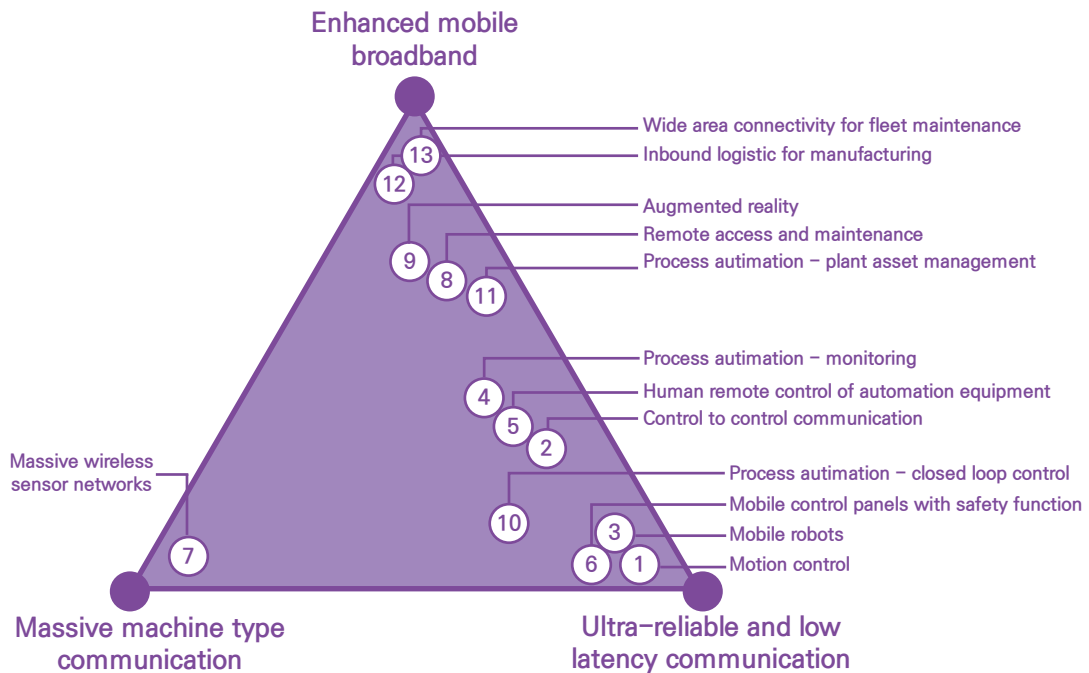
4차 산업 혁명의 핵심인 스마트팩토리는 제조 환경의 유연성, 확장성, 자원 효율성, 비용 효율성, 작업자 지원 및 안전성, 생산 제품 및 물류·유통의 품질 등을 혁신적으로 향상시키는데 목적을 두고 있다. 이를 위해서는 기존 유선 및 근거리 무선 네트워크 기반의 생산 체계에서의 탈피하여, 5G 이동통신이 제공하는 고성능, 고품질 무선 네트워크 기반의 생산 체계로 전환이 필요하다.

국제 이동통신 표준화 기구인 3GPP는 2017년 3월부터 타 산업 분야에 5G 이동통신의 대용량, 저지연·고신뢰, 초연결 통신 기술을 활용하기 위한 연구인 Rel-16 FS_CAV(Feasibility Study on Communication for Automation in Vertical Domains)[01]를 시작했으며, 이러한 연구를 통해 “미래형 팩토리(Factories of the Future)”에 5G 기술이 적용되는 Use Case 발굴, 그에 따른 5G 기능 및 성능 요구사항을 정의해 왔다. 현재는 연구 단계를 지나 Rel-16 CyberCAV(Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains)[02] 표준 규격화 작업을 진행 중이다.

3GPP FS_CAV 연구를 통해 도출된 5G 기반 스마트팩토리를 위한 주요 Use Case들과 5G 성능 요소와의 대응 관계는 다음 그림과 같다.

[주요 Use Cases]

- (1) Motion Control & Seamless Integration with Industrial Ethernet
- (2) Control-to-Control Communication
- (3) Mobile Robots
- (4) Process Automation – Monitoring
- (5) Connectivity for the Factory Floor
- (6) Mobile Control Panels with Safety Functions
- (7) Massive Wireless Sensor Networks
- (8) Remote Access and Maintenance
- (9) Augmented Reality
- (10) Process Automation – Closed-Loop Control
- (11) Process Automation – Plant Asset Management
- (12) Inbound Logistics for Manufacturing
- (13) Wide-area Connectivity for Fleet Maintenance



출처 : 5G-ACIA

[그림 3-1] 5G 성능 요소와 주요 Use Case들과의 대응 관계

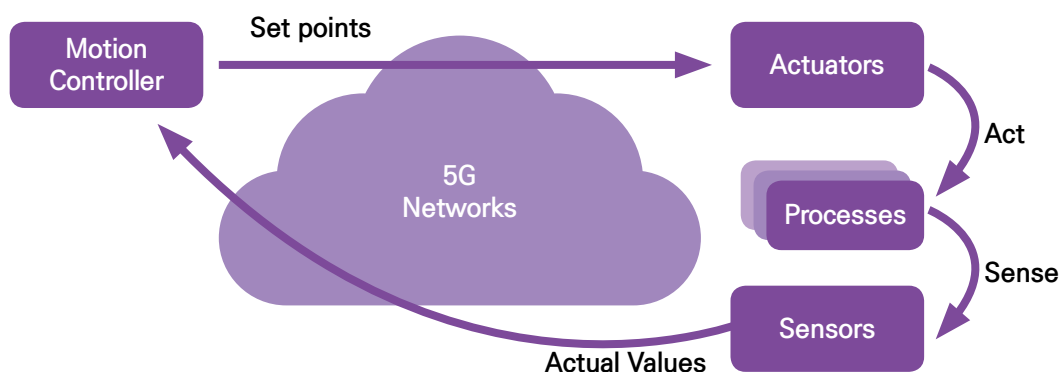
위의 주요 Use Case들은 일시에 모든 제조 공장 환경에 적용되기 보다는, 공장 운영에 따른 요구에 맞춰 우선 순위에 따라 단계적으로 적용될 가능성이 크다. 2018년 10월 5G-ACIA Plenary 회의에서는 Bosch Rexroth, Beckhoff, Festo, Harting, Endress+Hauser, Belden 등 주요 제조업체들이 아래와 같이 5가지 최우선 순위의 Use Case를 선정한 기고가 발표되었다.

- Motion Control & Seamless Integration with Industrial Ethernet
- Control-to-Control Communication
- Mobile Robots
- Process Automation - Monitoring
- Connectivity for the Factory Floor

(Use Case 1) Motion Control & Seamless Integration with Industrial Ethernet

〈생산 설비의 motion control〉은 5G 네트워크를 통해 controller가 하나 또는 다수 actuator들의

motion을 제어하는 사례이며, actuator 동작의 결과를 보고 받아 다음 동작을 지시하는 closed-loop control이 주로 사용된다. Closed-loop 기반의 motion control은 controller가 주기적으로 하나 또는 다수의 actuator들이 동작해야 하는 set point들을 전달하고, actuator들은 하나 또는 다수의 처리 과정에서 해당 set point에 맞는 동작을 실행하며, 동작 과정에서 sensor들이 각 과정의 상태를 감지하여, controller에게 전달하는 일련의 작업으로 구성되며, 크게 실시간성과 비실시간성 motion control로 구분할 수 있다.

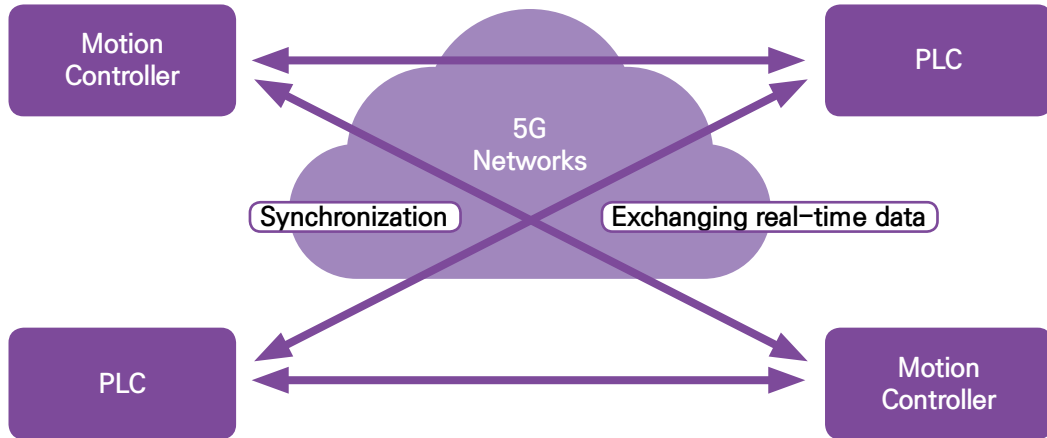


[그림 3-2] Closed-loop기반의 motion control system

Motion Control을 위해 기존 생산 자동화 시스템에는 fieldbus, modbus, industrial ethernet과 같은 유선 기반의 네트워크 solution이 사용되고 있으며, 5G 네트워크 구축 시 sensor 및 actuator를 포함하는 공장 내 모든 생산 설비들이 5G 네트워크에 연결되지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 <Seamless Integration with Industrial Ethernet>은 5G 네트워크를 통해 기존 industrial ethernet과 같은 유선 네트워크 solution을 연결하는 사례이다.

(Use Case 2) Control-to-Control Communication

<Control-to-Control Communication>은 대규모 생산 설비(e.g. news paper printing machine)의 내부 제어 또는 다수의 개별 설비들이 하나의 공정을 분담하여 처리하는 (e.g., machines in an assembly line) 경우, 5G 네트워크를 통해 여러 PLC (Programmable Logic Controller) 및 motion controller 간에 통신을 수행하는 사례이며, 동기화된 controller 간의 실시간 data 전달을 통해 일련의 연속된 작업을 분할하여 제어하기 위한 협력 작업 등에 사용된다.



[그림 3-3] Control-to-Control Communication

(Use Case 3) Mobile Robots

Mobile Robot은 AGV(Automated Guided Vehicles) 등 이동 장치가 포함된 다기능 생산 robot을 의미하며, 이동성을 가진 생산 공정 및 중간 또는 최종 생산 제품의 이송 등을 위해 사용된다. 〈Mobile Robot〉 사례는 5G 네트워크를 이용한 이동 생산 robot의 local 또는 remote control, guidance control 시스템을 통한 mobile robot 간 충돌 방지, traffic 제어 등을 포함한다.

(Use Case 4) Process Automation – Monitoring

〈Process Automation – Monitoring〉은 제조 공정의 상태 감시 목적으로, 5G 네트워크에 연결된 다수의 sensor를 통해 제조 환경, 공정 상태, 원료 등의 재고 현황 data를 수집하고, 이를 공정 모니터링 시스템 또는 database에 전달하는 일련의 과정을 포함하는 사례이다.

(Use Case 5) Connectivity for the Factory Floor

제조 공장 내에는 다양한 sensors, devices, machines, robots, actuators, and terminals 등의 장비들이 설치되며, 이들 장비들 간에 data 전달 및 공유가 필요할 수 있다. 〈Connectivity for the Factory Floor〉는 5G 네트워크를 기반으로 공장 내에 설치된 다양한 장비들을 연결하는 사례이다.

(Use Case 6) Mobile Control Panels with Safety Functions

Control Panel은 작업자와 생산 설비 간에 interaction을 위한 장치이며, 생산 설비의 configuring, monitoring, debugging, controlling 및 maintaining 등을 위해 사용되고, 비상 상황에서 작업자의 안전

및 생산 설비 고장 방지를 위해 동작 중단 및 재가동을 위한 button 등이 탑재된다. 〈Mobile Control Panels with Safety Functions〉는 5G 네트워크에 연결된 작업자가 휴대 가능한 control panel을 통해 생산 설비의 설정, 모니터링, 비상 상황을 포함한 제어 등을 수행하는 사례이며, mobile control panel과 생산 설비 간에 신뢰성있는 실시간 data 전달이 요구된다.

(Use Case 7) Massive Wireless Sensor Networks

제조 과정에서의 sensor는 온도, 습도, CO2 등 환경 모니터링, 공정의 진행 상태 및 actuator들의 동작 결과 등을 모니터링하기 위해 사용된다. 〈Massive Wireless Sensor Networks〉는 초 다수 5G 단말에 연결된 sensor를 이용한 환경 및 공정 data를 수집하고 모니터링을 진행하는 사례이다.

(Use Case 8) Remote Access and Maintenance

제조 과정에서 사용되는 다양한 생산 설비 및 자동화 시스템들은 주기적 또는 event에 따른 원격 접속 및 상태 감시와 파악을 통해 예방적 유지 보수가 가능하다. 〈Remote Access and Maintenance〉는 5G 네트워크를 통해 생산 설비 및 자동화 시스템에 원격 접속하여 상태를 파악하고 필요에 따라 유지보수를 수행하는 사례이다.

(Use Case 9) Augmented Reality

스마트 제조를 위해서는 각 생산 설비가 상황에 따라 능동적으로 공정에 적합한 작업을 실시하는 것이 필요하며, 이를 위해서는 작업자와 생산 설비 간에 원활한 제조 정보 공유 및 협업을 위한 상호 작용이 필요하다. 〈Augmented Reality〉는 5G 네트워크를 통해 연결된 작업자의 휴대형 AR/VR 장치를 통해 가상 또는 증강 현실을 기반으로 작업자 간 및 작업자와 생산 설비 간 상호 작용을 지원하는 사례이다.

(Use Case 10) Process Automation – Closed-Loop Control

〈Process Automation – Closed-Loop Control〉은 제조 공정의 자동화 및 제어를 위해, 5G 네트워크에 연결된 다수의 sensor를 통해 공정 data를 수집하고 이를 controller로 전달하는 과정과, data 분석을 통해 controller가 actuator들을 제어하는 일련의 과정을 포함하는 사례이다.

(Use Case 11) Process Automation – Plant Asset Management

제조 공장에는 pumps, valves, heaters, 각종 instruments 등 다양한 자산이 존재하며, 이러한 자산들의 상태를 파악하고, 장애 발생에 따른 복구, 노후화된 장비의 교체 등 관리와 유지보수를 위한



3. 5G 스마트 팩토리 Use Cases 및 성능 요구 사항

작업 및 예방적 유지보수를 위한 plan을 세우는 것이 필요하다. <Process Automation – Plant Asset Management> 사례는 5G 네트워크에 연결된 다수의 공장 내 자산들에 대한 관리 및 유지보수, SW의 update 등을 수행하는 일련의 과정을 포함한다.

(Use Case 12) Inbound Logistics for Manufacturing

<Inbound Logistics for Manufacturing>는 5G 사업자 망과 공장 내 local 네트워크 간의 연계를 통해, 생산 제품의 운반을 위해 사용되는 HGV(heavy good vehicle)들의 실시간 tracking 및 telematics 서비스 등을 제공하는 사례이다.

(Use Case 13) Wide-area Connectivity for Fleet Maintenance

<Wide-area Connectivity for Fleet Maintenance>는 생산 제품의 운반을 위해 사용되는 HGV들이 광역의 지역을 군집하여 이동할 경우, 5G 네트워크를 통해 HGV들의 fleet management 서비스를 제공하는 사례이다.

(Use Case 기타) Flexible, modular assembly area

스마트 제조를 위해서는 생산에 필요한 공정별 설비들이 단위 요소로 모듈화되어, 이들이 필요에 따라 유연하게 배치 및 변경될 수 있는 유연 생산 라인이 필요하다. <Flexible, modular assembly area>는 5G 네트워크를 통해 모듈화된 설비들을 연결하여 유연한 생산 라인 구축을 지원하는 사례이다.

(Use Case 기타) Plug and produce for field devices

<Plug and produce for field devices>는 plug-and-produce 형태의 field device 사용을 가능하게 하기 위해, 5G 네트워크를 이용하여 공장에서 사용되는 다양한 field device의 자동 발견, 연결, 설정, 관리 등을 지원하는 사례이다.

(Use Case 기타) Private/Non-public network Deployment

<Private/Non-public network Deployment>는 5G 네트워크를 이용하여 범용적이지 않은 공장에 특화된 목적으로 사용되지만 public 네트워크와의 연결은 제공하는 non-public 네트워크 구축 및 public 네트워크와의 연결조차 제공하지 않는 독립된(isolated) 네트워크 구축을 지원하는 사례이다.

3.2 Use Case에 따른 주요 성능 요구 사항

3.2.1 주요 성능 지표

3GPP Rel-16 FS_CAV의 결과로 작성된 TR 22.804 보고서에 따르면, 제조 공장 환경에 적용되는 5G 통신 시스템의 성능은 다음과 같은 지표를 통해 정의한다[01].

(1) Characteristic Parameter : Application 관점에서 통신 기능의 dynamic behavior를 특성화하기 위한 수치이며, 아래와 같은 항목들을 포함

- Communication Service Availability
- End-to-End Latency
- End-to-End Latency Jitter
- Service Bit Rate

(2) Influence Quantity : 요구 성능을 위해 필수적이지는 않으나, 성능에 영향을 미치는 양적인 수치이며, 아래와 같은 항목들을 포함

- Message Size
- Transfer Interval
- Survival Time
- UE Speed
- # of UEs
- Service Area

3.2.1.1 Communication Service Availability

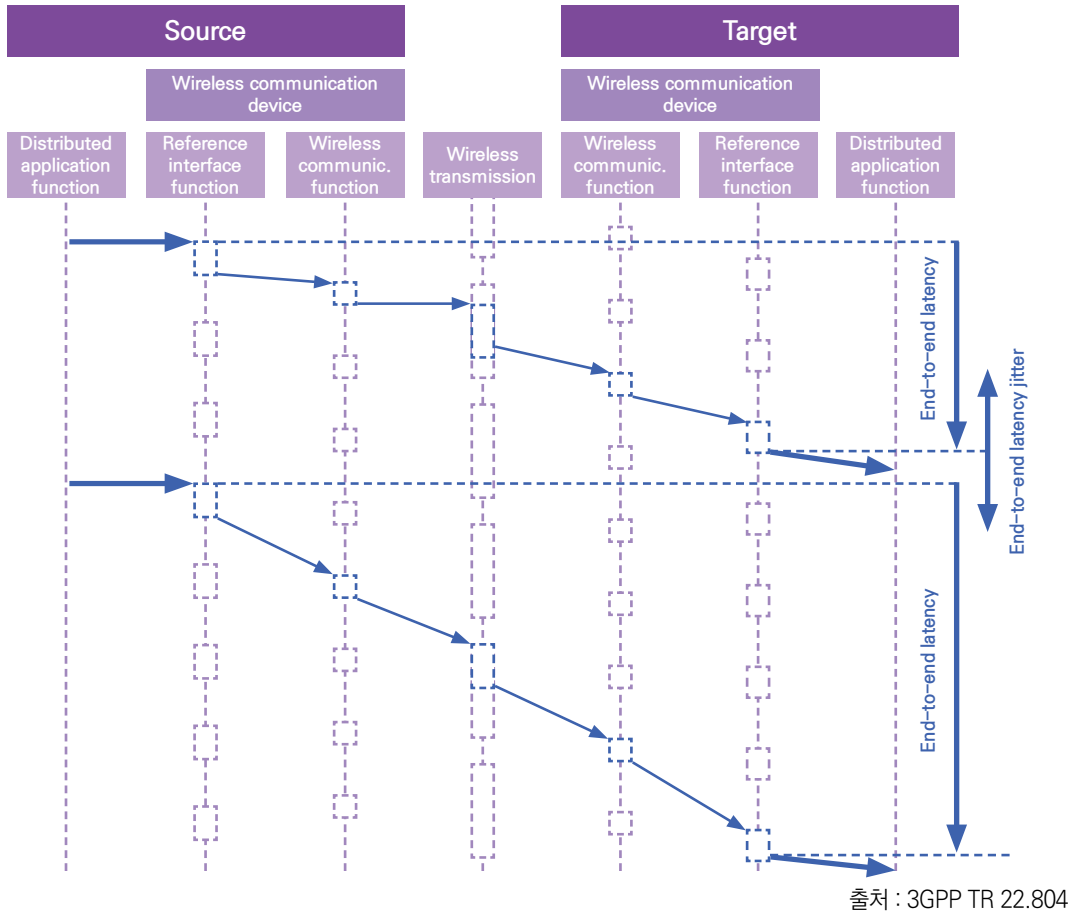
종단 간에 communication 서비스가 제공되는 전체 시간에서, 정의된 QoS에 따라 정상적으로 communication 서비스가 진행되는 시간의 비율을 의미한다.

3.2.1.2 End-to-End Latency

End-to-End latency는 서비스 제공을 위해 종단 간 data 전송에 걸리는 시간이며, source측 communication device가 application으로부터 data를 받는 시점부터, 이를 destination측에 전송하고 destination측 communication device에서 data를 성공적으로 수신하여 application으로 전달을 개시할 때까지의 시간을 의미한다.

3.2.1.3 End-to-End Latency Jitter

End-to-End latency의 시간적 변이(variation)를 의미한다.



[그림 3-4] End-to-End latency와 End-to-End latency jitter

3.2.1.4 Service Bit Rate

Source측 application에서 communication device로 전달하고, destination측 application이 communication device로부터 수신하는 user data의 data rate를 의미한다.

3.2.1.5 Message Size

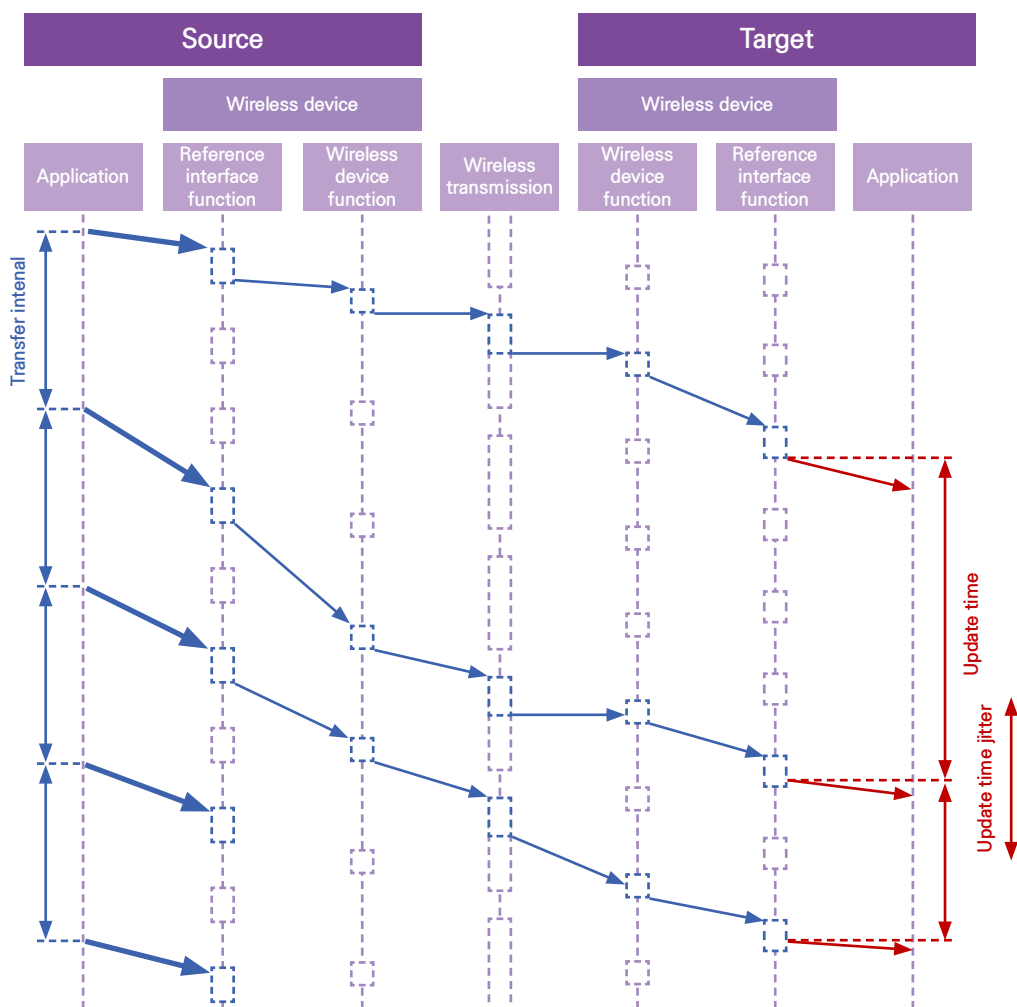
source측 application에서 communication device로 전달하고, destination측 application이 communication device로부터 수신하는 user data의 size를 의미한다.

3.2.1.6 Transfer Interval

주기적인 data 전송을 요구하는 서비스의 경우, source측 application에서 communication device로 연속된 data 전송이 일어나는 시간의 간격을 의미한다.

3.2.1.7 Update Time

주기적인 data 전송을 요구하는 서비스의 경우, destination측 communication device로부터 연속적으로 수신된 data가 application으로 전달되는 시간의 간격을 의미한다.

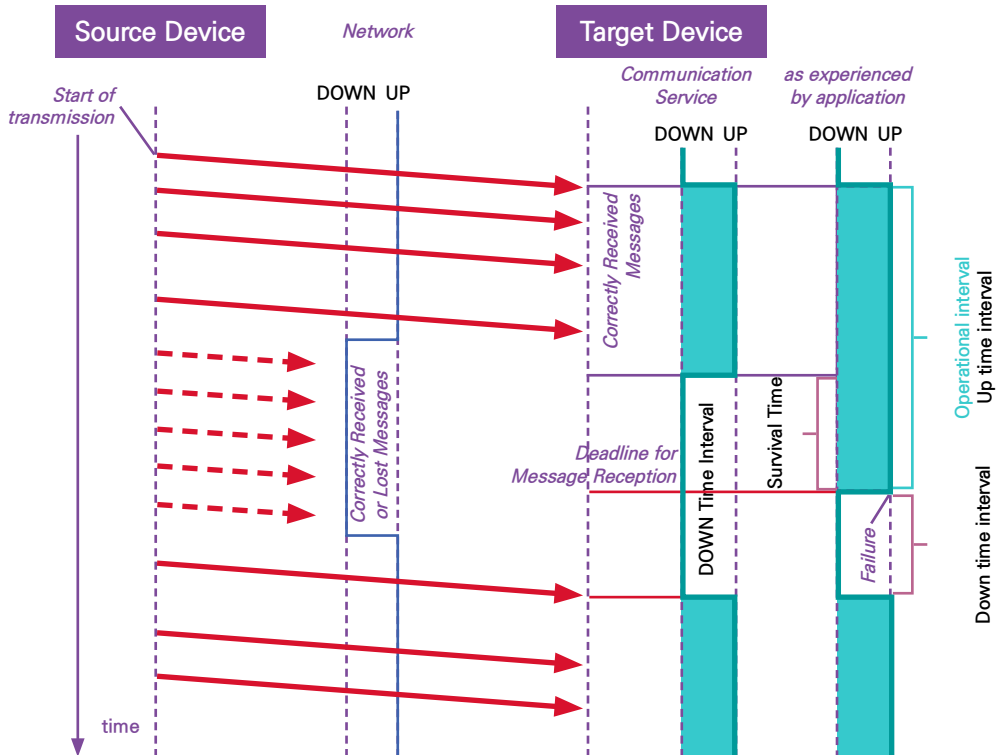


출처 : 3GPP TR 22.804

[그림 3-5] Transfer Interval과 Update Time

3.2.1.8 Survival Time

주기적인 data 전송을 요구하는 서비스의 경우, destination측 application이 communication device로부터 data를 전달받고, 다음 data를 받기까지 failure 상태로 전환되지 않고 정상 상태를 지속할 수 있는 시간을 의미한다.



출처 : 3GPP TR 22.804

[그림 3-6] Survival Time

3.2.1.9 Service Area

각 Use Case에서 서비스가 제공되는 통신 대상 지역의 2차원 또는 3차원 공간의 면적을 의미한다.

3.2.1.10 UE Speed

각 Use Case에서 서비스가 제공되는 통신 대상 지역에 위치한 단말의 이동 속도를 의미한다.

3.2.1.11 # of UE

각 Use Case에서 서비스가 제공되는 통신 대상 단말의 수를 의미한다.

3.2.2 주요 성능 요구 사항의 예

3GPP에서는 Rel-16 FS_CAV 표준 연구를 통해 다양한 Use Case 제안 및 각 Use Case를 위한 성능 및 기능 요구 사항들을 정의해 왔다. TR 22.804 최종 보고서에는 아래와 같은 일부 Use Case들을 위한 Characteristic Parameter 및 Influence Quantity 들이 정의되어 있다[01].

- (Use Case 1) Motion Control
- (Use Case 2) Control-to-Control Communication
- (Use Case 3) Mobile Robots
- (Use Case 4) Process Automation - Monitoring
- (Use Case 6) Mobile Control Panels with Safety Functions
- (Use Case 7) Massive Wireless Sensor Networks
- (Use Case 9) Augmented Reality
- (Use Case 10) Process Automation - Closed-Loop Control
- (Use Case 11) Process Automation - Plant Asset Management



〈표 3-1〉 주요 Use Case 별 Characteristic Parameter 예

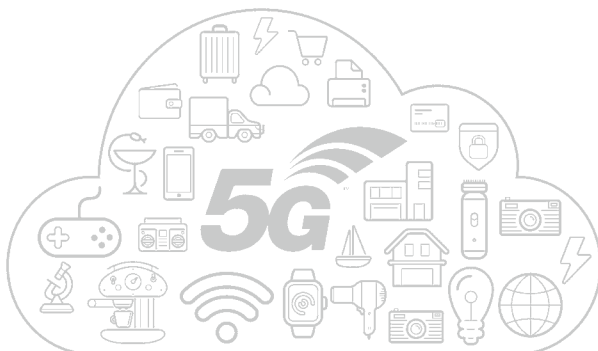
Use Cases		Characteristic Parameters			
		Communication Service Availability	End-to-End Latency	End-to-End Latency Jitter	Service Bit Rate
(Use Case 1) Motion Control	communication group ≤ 20 UEs	99.9999 ~ 99.999999%	< transfer interval	-	-
	communication group ≤ 50 UEs	99.9999 ~ 99.999999%	< transfer interval	-	-
	communication group ≤ 100 UEs	99.9999 ~ 99.999999%	< transfer interval	-	-
	non-real-time control	-	-	-	≥ 1Mbps
(Use Case 2) Control-to-Control Communication		99.9999 ~ 99.999999%	< transfer interval	-	-
(Use Case 3) Mobile Robot	cooperative robotic motion control	> 99.9999%	< transfer interval	< 50% of transfer interval	-
	machine control	> 99.9999%	< transfer interval	< 50% of transfer interval	-
	cooperative driving	> 99.9999%	< transfer interval	< 50% of transfer interval	-
	video-operated remote control	> 99.9999%	< transfer interval	< 50% of transfer interval	-
	video-operated & standard mobile robot operation and traffic management	> 99.9999%	< transfer interval	< 50% of transfer interval	-
	real-time video stream	-	-	-	> 10Mbps
(Use Case 4) Process Automation – Monitoring		99.99%	-	-	-
(Use Case 6) Mobile Control Panels with Safety Functions	cyclic interaction	99.9999 ~ 99.999999%	< transfer interval	< 50% of transfer interval	-
	bi-directional communication	99.9999 ~ 99.999999%	< 30ms	< 50% of E2E Latency	> 5Mbps
(Use Case 7) Massive Wireless Sensor Networks		> 99.9999%	≤ 10ms	-	≤ 100Mbps
(Use Case 9) Augmented Reality		> 99.9%	< 10ms	-	-
(Use Case 10) Process Automation - Closed-Loop Control		99.9999 ~ 99.999999%	< transfer interval	10% of transfer interval	-
(Use Case 11) Process Automation - Plant Asset Management		99.99%	-	-	-

출처 : 3GPP TR 22.804

〈표 3-2〉 주요 Use Case 별 Influence Quantity 예

Use Cases		Influence Quantity					
		Message Size (Bytes)	Transfer Interval	Survival Time	UE Speed	# of UEs	Service Area
(Use Case 1) Motion Control	communication group <= 20 UEs	50	0.5ms	0.5ms	<= 20m/s	<= 20	-
	communication group <= 50 UEs	40	1ms	1ms	<= 20m/s	<= 50	-
	communication group <= 100 UEs	20	2ms	2ms	<= 20m/s	<= 100	-
	non-real-time control	-	-	-	-	<= 100	-
(Use Case 2) Control-to-Control Communication		1K	<= 4ms	-	-	5~10	-
(Use Case 3) Mobile Robot	cooperative robotic motion control	40 ~ 250	1ms	1ms	<= 14m/s	<= 100	<= 1Km ²
	machine control	40 ~ 250	1 ~ 10ms	1 ~ 10ms	<= 14m/s	<= 100	<= 1Km ²
	cooperative driving	40 ~ 250	1 ~ 50ms	1 ~ 50ms	<= 14m/s	<= 100	<= 1Km ²
	video-operated remote control	40 ~ 250	10 ~ 100ms	10 ~ 100ms	<= 14m/s	<= 100	<= 1Km ²
	video-operated & standard mobile robot operation and traffic management	15K ~ 250K	40 ~ 500ms	40 ~ 500ms	<= 14m/s	<= 100	<= 1Km ²
	real-time video stream	-	-	-	<= 14m/s	<= 100	<= 1Km ²
(Use Case 4) Process Automation – Monitoring		-	50ms ~ seconds	-	-	-	-
(Use Case 6) Mobile Control Panels with Safety Functions	cyclic interaction	40 ~ 250	4 ~ 12ms	12ms	-	-	typically 40mX60m
	bi-directional communication	-	-	-	-	-	-
(Use Case 7) Massive Wireless Sensor Networks		-	-	-	-	~ 1/m ²	-
(Use Case 9) Augmented Reality		-	-	-	-	-	-
(Use Case 10) Process Automation - Closed-Loop Control		-	>= 10ms	-	-	-	-
(Use Case 11) Process Automation - Plant Asset Management		-	several seconds	-	-	-	-

출처 : 3GPP TR 22.804



4. 5G 스마트 팩토리 모델 및 주요 기술



4. 5G 스마트 팩토리 모델 및 주요 기술

4.1 5G 스마트 팩토리 모델 및 구성 요소

스마트 팩토리 내 수많은 기기들이 유기적으로 동작하기 위해서는 5G를 활용한 초연결이 필수라 할 수 있다. 스마트 팩토리의 IT기술 활용정도 및 역량에 따라 4단계 수준으로 구분되며, 각 분야의 수준이 높을수록 많은 양의 데이터가 활용됨에 따라 5G 통신의 필요성도 함께 증가하게 된다.

〈표 4-1〉 공장의 IT기술 활용정도에 따른 스마트팩토리 수준

분야/수준	기초단계	중간 1·2단계	고도화 단계
공장운영 분야 (솔루션 등 SW)	공정물류 중심의 생산 실적관리	설비·생산정보를 활용한 품질 분석 및 실시간 생산관리 등	기획-생산-유통-물류 시스템 통합으로 제조 수단계
설비자동화분야 (센서, 로봇 등 HW)	바코드·RFID 등 활용 기초 데이터 수집	센서, PLC 등을 활용한 실시간 생산정보 자동 수집, 설비제어	스스로 판단하는 다기능 로봇, CPS 심화로 조공장 자동 운영

출처 : 중소벤처기업부 (2017)

기존 연구 보고서 및 문헌에서는 스마트 팩토리 구성 중 차세대 네트워크로써 5G를 소개하거나, 5G 네트워크만을 중심으로 연구 및 논의되고 있다. 본 장에서는 스마트 팩토리의 구성요소 및 핵심기술을 조사하고 5G를 스마트 팩토리에 적용하기 위해 필요한 평가 및 인증을 분석하였으며, 이를 바탕으로 스마트 팩토리 기술로드맵을 제안하였다.

4.1.1 스마트 팩토리의 구성 요소

스마트 팩토리를 구성하는 요소기술들은 상위·중위·하위로 구분되며, 각각 어플리케이션(S/W), 플랫폼(S/W), 디바이스(H/W)으로 구성된다.

4.1.1.1 (애플리케이션) 스마트 팩토리 IT 솔루션의 상위 소프트웨어 시스템

애플리케이션은 디바이스에 의해 수집된 데이터 가시화 및 분석할 수 있는 시스템으로 구성되며, 애플리케이션에는 공정설계, 제조실행분석, 품질분석, 설비보전, 안전/증감작업, 유통/조달/고객대응 등을 목적으로 사용된다. 이러한 애플리케이션의 종류는 MES(Manufacturing Execution System), ERP(Enterprise Resource Planning), PLM(Product Lifecycle Management), SCM(Supply Chain



Management) 등이 있다.

4.1.1.2 (플랫폼) 스마트 팩토리 IT 솔루션의 중간 소프트웨어 시스템

플랫폼은 디바이스에 의해 수집된 데이터를 분석하고, 모델링 및 가상 물리 시뮬레이션을 통해 최적화 정보를 제공하며, 각종 생산 프로세스를 제어/관리하여 상위 애플리케이션과 연계할 수 있는 시스템으로 구성된다. 플랫폼에는 생산 빅데이터 애널리틱스, 사이버 물리 기술, 클라우드 기술, Factory-Thing 자원관리 등이 있다.

4.1.1.3 (디바이스) 스마트 팩토리 IT 솔루션의 하위 하드웨어 시스템

스마트 팩토리의 모든 기초 정보를 감지 및 제어하는 단계로 컨트롤 기술, 네트워크 기술, 센싱 기술 등이 중요하며, 스마트 센서를 통해 위치, 환경 및 에너지 감지하고 로봇을 통해 작업자 및 공작물의 위치를 인식하여 데이터를 플랫폼으로 전송할 수 있는 시스템으로 구성된다. 디바이스의 종류로는 컨트롤러, 로봇, 센서 등의 다양한 구성 요소들이 있다.

스마트 팩토리를 구성하는 주요 기술들은 다음과 같이 스마트센서, 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드, 사이버 물리 시스템, 홀로그램, 3D 프린팅, 에너지 절감, 인공지능, 산업용 로봇 등이 있으며, 상·중·하위 영역 간, 영역 내 통신, 기술과 기술들을 연결하는 주요 차세대 통신 수단으로 5G 통신이 각광 받고 있다.

4.1.2 스마트 팩토리과 관련한 어플리케이션 및 플랫폼, 디바이스

4.1.2.1 (애플리케이션) 애플리케이션의 수평적·수직적 통합 이슈가 화두

제조애플리케이션 공급 기업들은 자사 솔루션의 영향력을 늘리기 위해서 각자의 독립된 플랫폼만을 제공하고 있으며, 이러한 애플리케이션은 수평·수직적 연계성이 낮은 문제점 발생하고 있다. 이에 따라 기존의 엔지니어링 소프트웨어 공급 기업들과 비즈니스 솔루션 공급 기업들도 서비스하던 솔루션의 영역을 넓혀 통합하는 추세이다.

4.1.2.2 (플랫폼) 제조와 ICT가 융합된 형태의 플랫폼 개발 및 상품화

산업용 제조디바이스 업체들이 쉽게 접근할 수 있는 IoT, 빅데이터와 같은 플랫폼 전문기업들의 제조업 지원 솔루션 개발이 이루어지고 있다.



4.1.2.3 (디바이스) 네트워크에 연결 가능한 지능화된 산업용 스마트 디바이스 공급

실시간 피드백을 통해 제조기기에 반영할 수 있는 다양한 스마트 디바이스의 출시 가속화되고 있으며, IoT 플랫폼과 연계된 산업용 스마트 디바이스를 통해 기기 간 제어 및 모니터링을 수행하는데 상호 운용성을 극대화하였다.

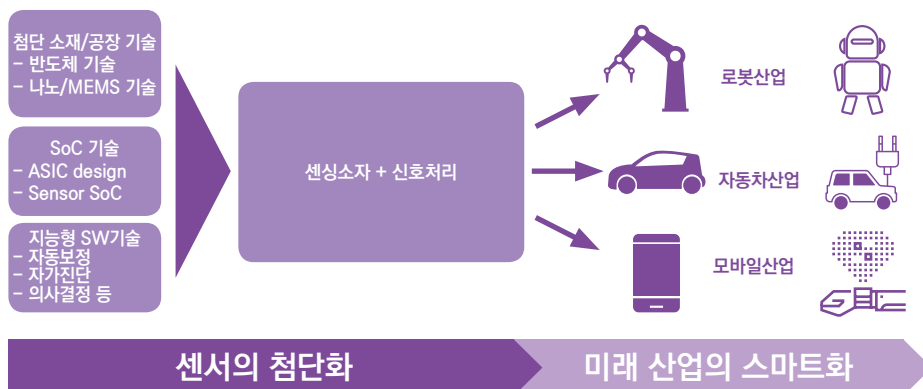
4.2 스마트 팩토리 주요 기술

스마트 팩토리를 구성하는 주요 기술은 앞서 이야기한 것과 같이 스마트센서, 사물인터넷, 빅데이터, 클라우드, 사이버 물리 시스템, 홀로그램, 3D 프린팅, 에너지 절감, 인공지능, 산업용 로봇이 있으며, 이 기술들의 개요 및 표준 동향은 다음과 같다.

4.2.1 스마트센서

스마트 센서란 스마트한 제조환경을 구현하기 위하여 스마트 팩토리 내에서의 발생하는 다양한 정보들을 감지할 수 있는 똑똑한 센서로, 센싱소자와 신호처리가 결합하여 데이터 처리, 자동보정 자가진단, 의사결정 기능을 수행하는 ‘소형, 경량, 고성능, 다기능, 고편의성 고부가가치의 센서’를 의미한다.

이러한 스마트 센서는 습도, 온도, 진동, 기압, 영상 정보 등 스마트공장 현장에서의 다양한 정보를 활용하여 스마트한 제조환경을 실현하고, 나아가 산업재해를 방지하기 위한 센서들도 필요성이 증대되고 있어서 산업 안전용 스마트 센서들에 대한 연구 개발이 활발히 진행 중이다.



[그림 4-1] 스마트센서의 구성 및 역할



4. 5G 스마트 팩토리 모델 및 주요 기술

(표준 동향) IEC에서는 현재까지 개별 반도체소자 및 반도체 센서 등 물리센서에 대한 표준화에 집중하고 있으며, 향후 화학센서 및 바이오 센서 분야로 범위를 확대 추진 중에 있다. 또한 IEEE에서는 네트워크에 독립적인 특성을 가지는 스마트 센서를 위하여 공통적인 센서 통신 인터페이스를 정의하였다.

■ IEC 위원회 현황

- TC47 : 반도체소자 (SC47E : 개별 반도체소자, SC47F : MEMS, WG2 : 기후 및 기계적 시험, WG7 : 에너지 변환 및 전달을 위한 반도체 소자 등)

■ IEEE 1451 : A Smart Transducer Interface for Sensors and Actuator를 연구개발

(국내외 시장 및 기술동향)

- 글로벌 '20년 1,147억달러 (CAGR 9.4%), 국내 '20년 11조원 (CAGR 10.5%)
- 기술 진입장벽이 높으며, 선진국(미국, 일본, EU)이 전체시장의 70% 차지
- 국내 기업은 대부분 영세한 소규모 업체로, 센서 제품의 핵심소자, IC등을 수입해 모듈화하는 수준(매출기준 50억 미만 36개 기업 (63%), 300억 이상 8개 기업 (14%))

〈표 4-2〉 국가별 센서기술 수준 분석(%)

구분	소재	설계	설비	양산	핵심	평균
미국	100	100	90	85	100	95
유럽	100	100	95	85	100	98
일본	100	95	90	100	100	97
한국	55.5	72.4	70	69.7	55.8	64.7

출처 : CHO Alliance(2015), "IoT 시대에 주목받는 스마트 센서 유망분야 시장전망과 개발동향

4.2.2 사물인터넷

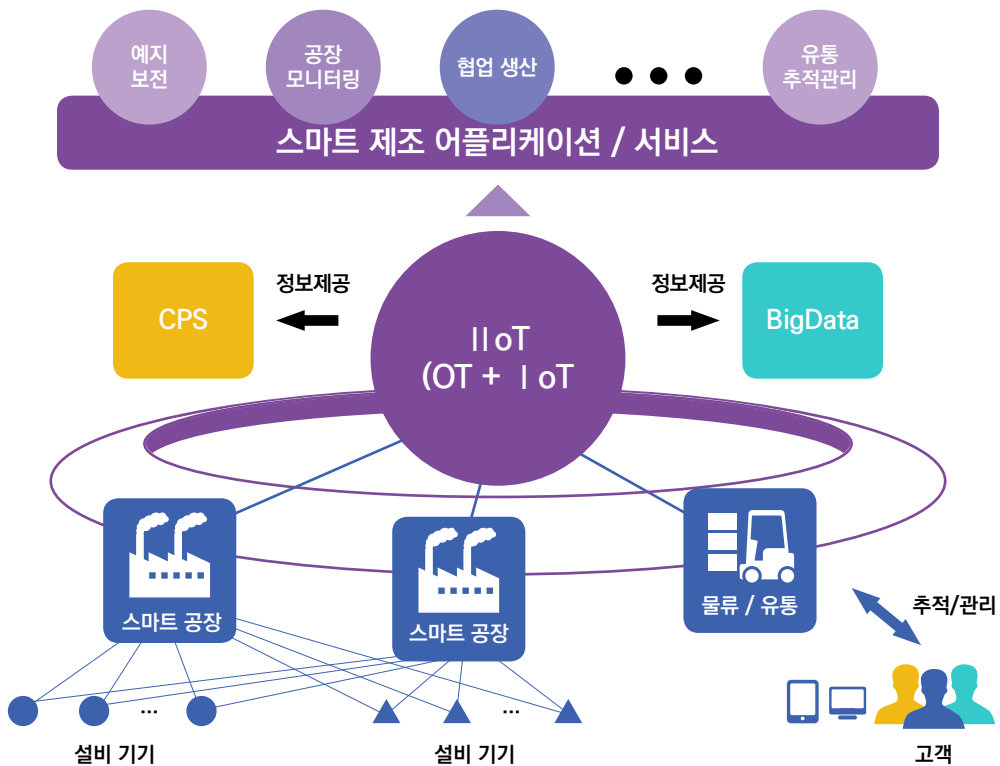
인터넷을 기반으로 다양한 물리적 및 가상의 사물들을 연결하여 설비·제조·물류·유통 등의 산업 효율성을 제고하기 위해 다양한 서비스를 제공하는 인프라 기술이며, 디바이스, 플랫폼, 서비스 등의 구성요소 간 연결성과 상호연동성 보장이 기술 활용 및 확산 측면에서 매우 중요하다.

(표준 동향) 공적 표준화 기구와 사실 표준화 기구, 기업간 연합체 중심으로 상호호환성 지원을 위한 표준화에 대한 주도권 확보 경쟁 중에 있다.

- 공적 표준화 기구 : ITU-T에서는 IoT 기능 모델, 서비스 구조, 식별자, 응용 등 전반적 영역에서

표준화가 진행 중이며, ISO/IEC JTC1에서는 사물인터넷 개념, 시장 요구사항, 스마트 시티 등에 대한 표준화 추진 중

- 사실 표준화 기구 : oneM2M에서는 SDO를 중심으로 M2M 구조, 요구사항, 프로토콜, 보안, Semantic 기술 표준 등을 진행 중이며, Smart Metering 등 IoT 응용서비스와 연계 및 협력 강화 중
- 기업 간 연합체 : AllSeen Alliance, Open Automotive Alliance, Open Interconnect Consortium을 중심으로 공통 프레임워크 및 플랫폼 표준화 추진 중



[그림 4-2] 스마트제조 분야의 IoT 기술 개념도

(국내외 시장 및 기술동향)

- 글로벌 '20년 7.1조달러, CAGR 13.5% (IDC 13), (국내) '20년 17조원, CAGR 32.8% (StarCorp 14)
- 사물인터넷 기술은 범위가 넓어, 구성요소 중심으로 기술 동향이 구분될 수 있음
 - 디바이스 : 오픈 하드웨어 형태로 사용자에게 통합개발 환경을 제공 (아두이노, 엠베드 등)
 - 플랫폼 : 개방화, 수평화, 상호호환성이 요구되는 오픈소스 기반 지능형 플랫폼 개발 추진 (oneM2M 등)



4. 5G 스마트 팩토리 모델 및 주요 기술

- 서비스 : EU는 제조, 교통, 스마트홈/시티, 헬스 등 14 도메인의 R&BD 추진
- 한국의 IoT 기술수준은 최고 기술국가(미국) 대비 82.9%※로 미국(100%)과 일본(84.5%)보다 낮고 중국(75.8%)보다 높음(지표로 보는 이슈, 사물인터넷 산업현황과 시사점, 국회입법조사처)

4.2.3 빅데이터

기존 데이터베이스 관리도구로 데이터를 수집, 저장, 관리, 분석할 수 있는 역량을 넘어서는 대량의 정형 또는 비정형 데이터 집합 및 이러한 데이터로부터 가치를 추출하고 결과를 분석하는 기술이며, 4V(Volume, Variety, Velocity, Veracity)의 특성을 가진다.



[그림 4-3] 빅데이터 특징

- Volume(규모) : 볼륨은 데이터의 양으로 핸드폰, 데스크톱 센서, PC 등에서 막대한 양의 데이터가 발생하는데 이것들의 사용에 따라 발생한 거대한 양의 데이터
- Variety(다양성) : 데이터의 다양성으로 숫자로 통용되는 정형화된 기존의 데이터에서 텍스트, 이미지, 오디오, 비디오 등 여러 형태로 존재하게 됨
- Velocity(속도) : 데이터의 처리속도로 데이터 분석에 긴 기간을 두고 분석하는 것이 가치가 있을 수 있지만, 시간이 지나면 가치가 적어지는 데이터도 있어 실시간으로 방대한량의 데이터를 처리할 수 있는 능력이 빅데이터에서 요구됨
- Veracity(정확성) : 빅데이터를 이용, 분석한 결과를 활용한 서비스가 가지고 있는 신뢰성을 의미하며, 결과에 대한 진정성, 판별성 등의 다양한 요인들에 정의됨

(표준 동향) ISO/IEC JTC1과 ITU-T 중심으로 빅데이터에 대한 표준화가 진행 중에 있으며, 정의 및 용어, 요구사항 등의 초기 연구단계에 있다.

- ISO/IEC JTC 1/WG 9 : 데이터 정의 및 용어, 빅데이터 참조 아키텍처 등의 기본 표준 개발, 빅데이터 관련 신규 표준화를 위한 요구사항 조사/분석, 빅데이터 관련 표준화기구들과의 협업 중
- ITU-T SG13 : 미래 네트워크 및 클라우드 컴퓨팅 국제표준화를 담당하며, 빅데이터 기반 클라우드 컴퓨팅 요구사항, 기능, 데이터 저장소 연합 등 주요 표준 개발 주도

(국내외 시장 및 기술동향)

- 전 세계 기업의 30%가 이미 빅데이터를 ‘구현’하고 ‘활용’하는 단계(테크프로리서치, 2015)
- 세계 빅데이터 시장은 ‘11년 76억, 17%의 성장세 → ‘26년 846억 달러 예상
- 빅데이터 적용으로 가치 높은 산업 군: 정보통신, 에너지, 제조
- 해외의 거대 기업이 중소 빅데이터 시스템 업체 인수를 통하여 세부 기술에 대한 분야 확장 및 빅데이터 시장 선점
- 구글, 월마트, 코카콜라 등 빅데이터 기술을 각자의 도메인에 적용하여 생산성 증대 및 서비스 품질 향상 도모

〈표 4-3〉 빅데이터 분야의 국·내외 기술수준

구분	미국	유럽	일본	중국	한국
지식기반 빅데이터 활용 기술(%)	100.0	84.6	88.1	61.6	76.7
데이터 분산처리 시스템기술(%)	100.0	82.3	84.2	69.5	79.3

출처 : KISTEP, ‘2012년 기술수준평가: 120대 국가전략기술’, 2013. 2

4.2.4 클라우드

클라우드 컴퓨팅은 인터넷 기술을 활용하여 IT자원인 컴퓨팅, 저장소, 소프트웨어, 네트워크 등을 필요한 만큼 빌려서 사용하고 실시간 확장성을 지원받으며 사용한 만큼의 비용을 지불하는 컴퓨팅 서비스를 의미한다.

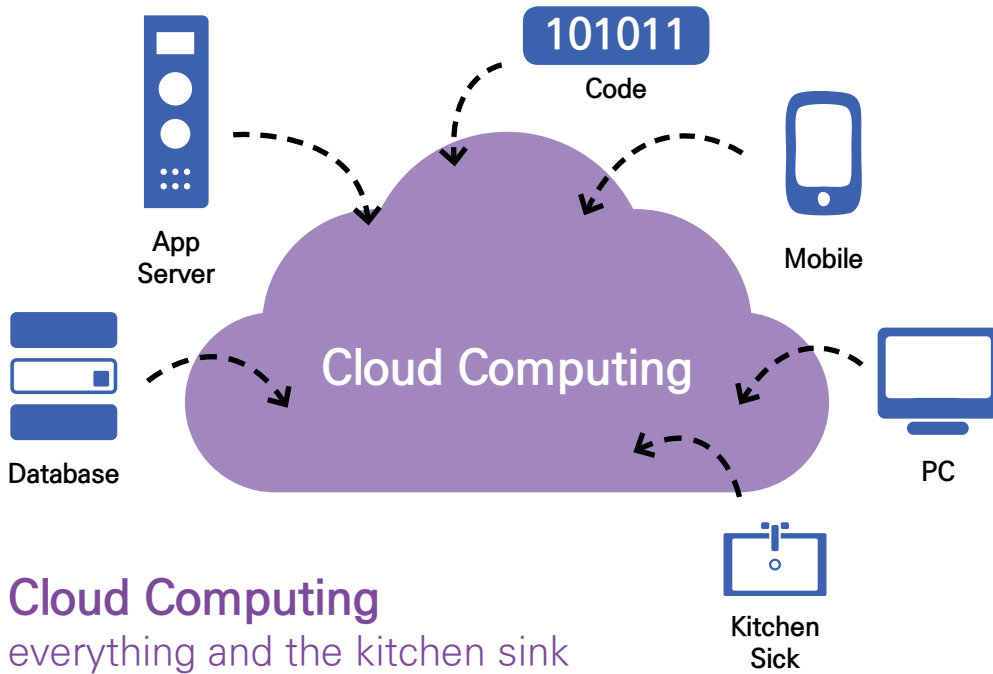
(표준 동향) ITU-T, ISO/IEC JTC 1와 DMTF, SNIA, CSA 등을 중심으로 기술 성숙 이후의 표준화 진행 중 이다.

- ISO/IEC JTC 1 SC 38 : 클라우드 컴퓨팅의 기본 표준(용어, 참조구조)을 기반으로 상호운용성, 데이터 흐름, 클라우드 서비스 고객과 클라우드 서비스 제공자를 위한 서비스 협약 수준을 개발하고 있으며,

4. 5G 스마트 팩토리 모델 및 주요 기술

ITU-T와 공동개발 중

- ITU-T SG13 : 클라우드 생태계, 보안, 참조 구조, 데스크톱 가상화, 인터-클라우드, 관리, 접근성에 관한 표준 개발



출처 : Software revolution, Forbes

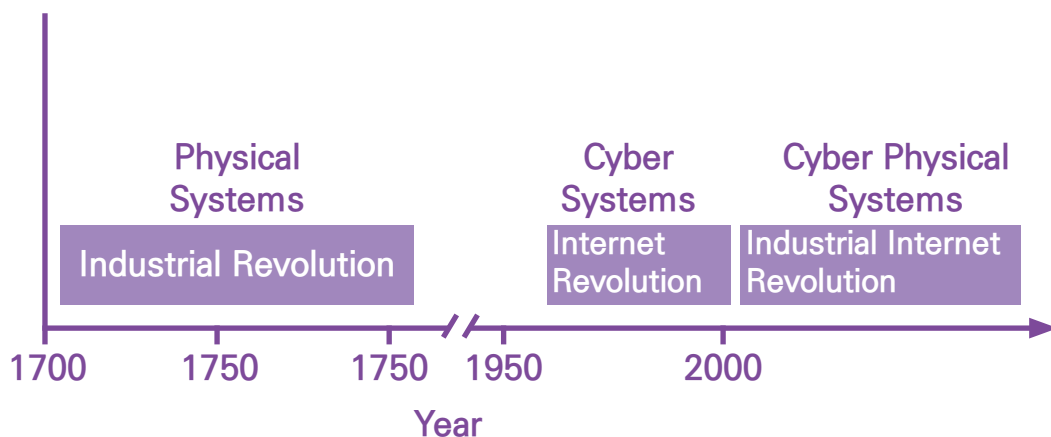
[그림 4-4] 빅데이터 특징

(국내외 시장 및 기술동향)

- 세계 시장은 '14년 56,581백만달러 → '18년 127,529백만달러(연평균 23.%), 국내는 '14년 295백만달러 → '18년 595백만달러(연평균 22.4%)로 성장 중(IDC, 14년)
- 미국 기업의 40% 이상이 클라우드 이용 중, Amazon, Google, MS 등 주요 글로벌 기업의 서비스에 이용이 편중
- 2016년 기준으로 한국의 클라우드 컴퓨팅 기술 수준은 미국 대비 72.4%에 불과하며, 이는 유럽(미국 대비 85.4%)과 일본(미국 대비 80%)뿐만 아니라 중국(미국 대비 76%)보다도 낮은 수준임(현안보고서-클라우드 컴퓨팅의 현황과 과제, 국회입법조사처)

4.2.5 사이버 물리 시스템

CPS는 실제세계에서 동작하는 모든 요소들이 각종 센서, 정보처리장치, 소프트웨어, 사물인터넷 등에 기반을 둔 컴퓨팅 시스템과 상호 유기적으로 연계되어 최적의 제어를 가능하게 하는 기술로써, 센서, 통신 등의 요소기술 발달로 물리적인 데이터를 쉽게 ICT 체계에 반영하고 분석·활용이 가능하게 만들어 준다.



[그림 4-5] 기술 변화에 따른 CPS의 등장 배경

(표준 동향) 전 세계적으로 ICT 기반 디지털 공장은 IEC 62832 표준을 참고로 구현되며, CPS는 주로 IEC 61131와 IEC 61499를 기반으로 구현되고 있으며, 핵심 표준화 대상 기술로 CPS 모델링 및 시뮬레이션, CPS 통신 미들웨어, CPS 자율제어, CPS 서비스 등이 있다.

- IEC 62832 : 생산시스템을 모델링하기 위해 필요한 기본 개념, 모델링 요소, 서술 규칙에 대해 규정하는 디지털 공장 프레임워크에 관한 표준
- IEC 61131 : 클라우드 산업공정 및 기계의 제어/명령을 위해 사용되는 PLC, PADT, HMI에 관한 표준
- IEC 61499 : 여러 종류의 하드웨어 구조로 이루어진 분산 시스템의 통합에 관련된 표준

(국내외 시장 및 기술동향)

- 글로벌 '20년 1.2조 \$ (CAGR 21.8%), 국내 '20년 17.1조 ₩ (CAGR 32.8%)
- 선진국 투자 활발
 - 미국 : '06년 부터 현재 181개 과제 1억3천만\$ 투자
 - 독일 : 3년간 7500억\$, EU : '07년 부터 70억\$ 투자



4. 5G 스마트 팩토리 모델 및 주요 기술

- 기술의 신뢰성을 높이는 단계부터 제조와 스마트홈, 장기적으로 교통, 에너지분야에 확대하는 로드맵을 구상 중
- 국가별 출원비중으로 기술력을 가늠하여 보면 미국이 67.3%로 최대 출원국으로 스마트 제조 CPS 기술을 주도하고 있는 것으로 나타났으며, 한국이 12.3%, 일본이 10.6%로 비슷한 수준의 출원비중을 보이고 있으며, 유럽은 9.8%의 비중임(중소기업 기술로드맵2017-2019)

4.2.6 홀로그램

홀로그램(Hologram)은 물체의 표면으로부터 반사되는 빛을 기록하여 이를 3차원 상에서 재구성해 보여주는 실감형 기술이며, 불편함 없이 입체감과 현실감을 느낄 수 있다는 점에서 인간의 눈으로 직접 보는 효과를 가장 잘 구현하므로 차세대 실감형 기술로 각광받고 있다.

(표준 동향) 홀로그램 분야는 아직 표준기술이 정해지지 않은 상태이며, ICT 특성 상 기술 선점이 중요

- 핵심 표준화대상 기술 : 디지털 홀로그래피 획득, 생성 및 복원기술, 디지털 홀로그램 신호처리 기술, 디지털 홀로그래피 디스플레이 기술
- ISO/TC 172/SC 9/WG 7 : Electro-optical systems other than lasers
- 국내 표준화 현황 : 홀로그램 단말 및 서비스, 콘텐츠, 상호호환성 등에 대해 표준화 진행 중, 국내 홀로그램 포럼

(국내외 시장 및 기술동향)

- 세계 시장 규모는 '14년 기준 약 180억 달러 규모이며, '25년 1,162억 달러 규모로 연평균 약 14% 내외로 지속 성장 전망
- '20년 이후 디지털 홀로그램 시장이 본격화 되면서 기존 아날로그 및 유사 홀로그램 시장을 점진 대체하며 성장할 것으로 전망
- 미국, 일본 및 유럽 등 대부분의 국가들이 산학연 협력을 통해 홀로그램 원천기술 개발 추진 중
- 유럽: 3D 홀로그램 등의 차세대 미디어를 위해 13개 이상의 대형 프로젝트에 1.6조원 지원
- 국내 3D 입체영상 관련 기술수준은 미국이나 일본 등 기술 선도국에 비해 기술격차가 있으며, 3D 입체 콘텐츠 제작의 경우 선진국과 기술격차가 3년이며 3D 방송장비 및 카메라 등 하드웨어 분야는 기술격차가 3~5년인 것으로 파악됨(손욱호, 홀로그래피 : 완전 입체영상 기술의 전망, TTA 저널 Vol. 133, 2013)



4.2.7 3D 프린팅

3D 프린팅은 3차원적인 형상정보로부터 재료의 접합을 통하여 물체를 제작하는 공정이며, 일반적으로 2차원적인 단면층을 누적하는 프로세스이며, 첨가 가공 공정 기술과 기계 제어 기술 및 3차원 설계 기술의 발전을 기반으로 제조업의 혁명에 큰 영향을 주고 있다.

(표준 동향) ISO/TC 261를 중심으로 미국의 ASTM F42와 공동으로 (AM: Addictive Manufacturing) 프로세스, 용어 및 정의, 프로세스 체인(H/W, S/W), 시험절차, 품질 변수, 공급계약 등 표준화 추진 중이며, 현재는 3D프린터와 재료에 초점, 하지만 향후 다양한 산업과 융·복합되면서 기술이 융합되면서 ISO/TC 106 치과의료기기 표준 등과 같은 타 산업분야 표준기구와 연계되어 표준화될 가능성이 높다.

- ISO/TC 61, ISO/TC 119 : 플라스틱, 분말 야금 소재 등 재료 분야의 재료 및 제품의 명칭, 시험 방법 등의 표준
- ISO/TC 172/SC9 : AM에서 레이저 소결 기술, (ISO/TC 184/SC4) CAD 관련 데이터 포맷 규정
- ISO/TC 106 : 구강 헬스 케어와 관련된 성능, 안전 관련 제품의 기술 요구 사항 표준

(국내외 시장 및 기술동향)

- 세계 시장 규모는 '13년 기준 약 30억 달러 규모이며, '21년에 108억 달러 규모로 연평균 약 35% 내외로 지속 성장 전망
- 제품과 서비스를 합쳐 향후 7년간 저가형 가정용 3D프린터가 크게 성장하고, 특히 금속을 재료로 한 메탈 프린터 시장이 크게 성장할 것으로 전망
- 미국, 유럽 등은 제조업 경쟁력 확보를 위해 전문 연구기관 설립 및 산학연 협력을 통해 3D 프린팅 기술을 적극 육성하고 있음
- 국내 3D프린터 기술수준은 최고 기술국인 미국의 75% 수준이며, 격차는 2.6년 뒤처지며, 유럽과 기술격차는 2.5년, 일본 1.7년, 중국 0.9년임(기술수준평가보고서, 2017)

4.2.8 에너지 절감

에너지절감 기술은 ICT와 신기술에 기반하여 제조업 전 주기에서 소요되는 에너지의 합리적인 이용과 혁신적 제조 산업을 발굴하는 기술 및 서비스로, 전통적인 에너지산업에 2차 전지 산업, 소프트웨어 산업을 융합하여 ESS, EMS, LED 등 ICT기반 에너지 신 산업을 의미한다.

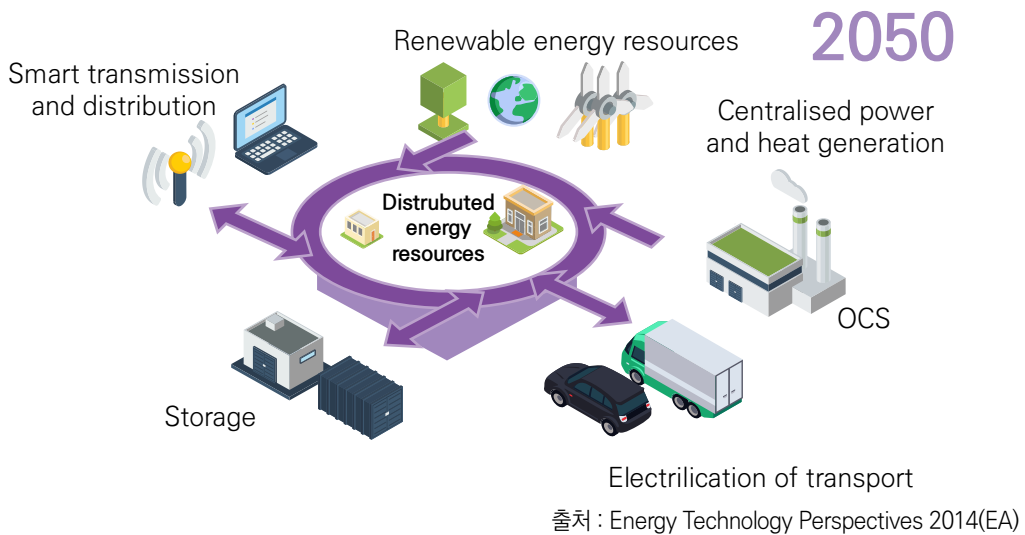
(표준 동향) ISO 개별 WG에서 xEMS 관련 국제표준화 작업 추진 중에 있다.

- ISO/IEC JTC1/SC25/WG1(HEMS) : 홈 네트워크의 연장선에서 아키텍처, 참조모델, 인터페이스 등

4. 5G 스마트 팩토리 모델 및 주요 기술

일반요구사항 등 HEMS의 표준화 진행 중

- ISO TC205/WG3(BEMS) : 미국의 ASHRAE에서 빌딩 관련 표준개발 주도, BEMS 및 수요반응 연계 등을 고려한 일반요구사항 도출 단계 (국내의 경우, BEMS 상호운용성을 위한 표준 개발 진행 중)
- FEMS(Factory EMS) : 아직 표준 개발 진행은 없으며, 설비 제어 및 관리, 설비와 IT의 융합 기술을 통한 정보시스템과의 통합 기술로 인터페이스 중심으로 표준 진행 중 (IEC TC65/WG17, IEC PC118, IEC TC65/WG 21)



[그림 4-6] 에너지 절감 기술 개념도

(국내외 시장 및 기술동향)

- 세계 시장은 '13년 113억 달러에서 '20년에는 224억 달러로 연평균 10.3% 성장할 것으로 전망 (Navigant Research, 2013)
- 슈나이더 일렉트릭, 지멘스, 인벤시스, 로크웰 오토메이션 등 제조시스템 기업을 기반으로 소프트웨어 결합을 통해 종합 서비스 기능을 갖춘 글로벌 제조시스템 업체가 시장을 선도
- 최근 빅데이터 처리와 분석에 전문성을 갖춘 SAP와 IBM 등 세계적인 주요 IT 기업들과 중소기업들이 진출하고 있는 추세, 치열한 시장경쟁이 예상
- 미국은 빅데이터와 산업 모니터링, 원격제어 등의 기술과 연계하여 산업인터넷 컨소시엄(IIC)을 구성하여 FEMS 기술개발을 비롯한 EMS 시장을 활성화 중
- 일본은 원전사태 이후 스마트그리드 기술 개발 및 CEMS(Community EMS) 실증을 추진 중이며, 히타치, 후지츠, 도시바, 요코가와전기 등 에너지 효율 전문기업 중심으로 기술을 선도

4.2.9 인공지능

인공지능에 인간의 사고능력(인지, 추론, 학습 등)을 모방한 기술로

- (공학적 시각) 사람의 지능을 필요로 하는 작업을 수행할 수 있는 기계를 구현하는 것
- (과학적 시각) 컴퓨터를 이용하여 인간 지능의 본질과 사고 과정을 밝혀내는 것

(표준 동향) ITU에서 데이터 분석을 통해 미래를 예측하는 Machine Learning 기술을 포함하면서 인공지능 분야에 대한 표준화를 진행 중에 있다.

- 최근 제4차 산업혁명의 핵심기술로 주목 받고 있는 분야 인공지능 기술에 대한 표준화 필요성이 강조되면서 국내에서 2015년 ITU-T "Intelligent QA Service Framework" 국제표준 채택
- 전 세계에서 인공지능 기술에 대한 연구 개발은 진행되고 있으나, 표준화는 초기 단계
- 구글의 알파고는 인공지능의 '세계의 표준'을 노리고 있으며, 플랫폼 확대 전략으로 인공지능에서 세계적인 표준 OS 개발 추진 중, 중국 역시 AI 응용, 사이버안전, 개인정보 보호 등 분야 등 국제표준활동 적극 참여

(국내외 시장 및 기술동향)

- 국내 인공지능 응용 산업에 5년간 1조 ₩ 투자
- 선진국 투자 활발
 - 미국 : '13년 브레인 이니셔티브 추진계획 발표, 10년 동안 총 30억\$ 투자
 - 일본 : 10년간 1000억¥, EU : Human Brain Project에 10년간(~'22년) 10억€ 투자
- 인공지능 기술은 스스로 판단/예측하는 소프트웨어, 스스로 학습/진화하는 인공지능, 두뇌를 모사하는 인지컴퓨팅으로 발전 전망
- 세계 최고수준인 미국 대비 78.1%, 기술격차는 1.8년으로 14년 대비 감소하였으나 여전히 낮은 수준(기술수준평가보고서, 2017)

4.2.10 산업용 로봇

로봇이란 외부 환경을 인식(Perception)하고 상황을 판단(Cognition)하여 자율적으로 동작(Mobility & Manipulation)하는 기계를 뜻하며, 산업용 로봇은 자동차 (약 40%), 전기/전자산업 (약 20%) 등 다양한 산업 분야에서 만들어지는 제품의 제조 공정 상 필요한 용접, 조립, 이송, 도장 등의 작업에 광범위하게 사용되고 있는 로봇 장비이다.

(표준 동향) 산업용 로봇은 오래전부터 표준화가 되어 있었으나, 사물인터넷, 빅데이터, 5G 통신 등의 새로운 요소 기술의 발전으로 스마트 팩토리에서 사용되고 있는 산업용 로봇에 대한 표준화가 활발히



4. 5G 스마트 팩토리 모델 및 주요 기술

진행되고 있다.

- ISO TC 184/SC2 : 산업용 로봇 및 로봇 장치에 대한 성능항목 및 시험방법, 기계적 인터페이스, 좌표계와 운동 명명법, 안전에 관한 요구사항 등에 대한 표준 제정
- ISO TC 65 : 산업용 계측 제어 자동화를 위한 디지털 제어시스템(SC 65A), 장치 및 프로세스 해석(SC 65B), 산업용 네트워크(SC 65C), 기업시스템의 장치 및 통합(SC 65E)에 대한 표준을 제정하며, 기기의 안전 요구사항, 생산설비에 대한 참조모델(디지털 공장), 제품 생애주기 관리 등을 정의
- ISO TC 108/SC5 : 기계 상태 및 전기장비의 감시 및 진단을 위한 데이터 표현 및 해석, 진단기술, 예지진단기술 등을 정의

(국내외 시장 및 기술동향)

- 소형 고속화(면적 절감, 생산성 향상), 신뢰성 향상(예지 및 진단), 범용성 향상(다부품대응, 고속 3D비전, 서보 핸드 시스템) 지향 추세
- 중국 시장의 지속적 성장(전세계 수요의 약 25%)과 자동차, 전기, 전자 산업의 수요 증가에 따라 14'년 107억 달러, 최근 6년 간 연평균 22% 성장, 13년~18년까지 연평균 18%의 성장률을 나타낼 것으로 예상 (World Robotics 2015 (IFR))
- 중국, 한국 등 아시아가 산업용 로봇시장 성장 견인, '18년 중국이 세계 시장의 1/3 점유 예상
- 일본의 Fanuc (20~25%), Yaskawa Electric(20~22%), 독일의 Kuka (15%) , 스위스의 ABB (15%) 가 세계 시장의 70~75% 차지

〈표 4-4〉 빅데이터 분야의 국·내외 기술수준

구분		미국	유럽	일본	중국	한국
지능형 로봇	기술수준(%)	98.9	96.3	100	76.3	85.0
	기술격차(년)	0.0	0.0	0.2	2.0	1.3

출처 : 2017년 산업기술수준조사(산업부, 한국산업기술평가관리원)

4.3 스마트 팩토리 기술 로드맵

4.3.1 5G 스마트 팩토리 주요 기술개발 현황

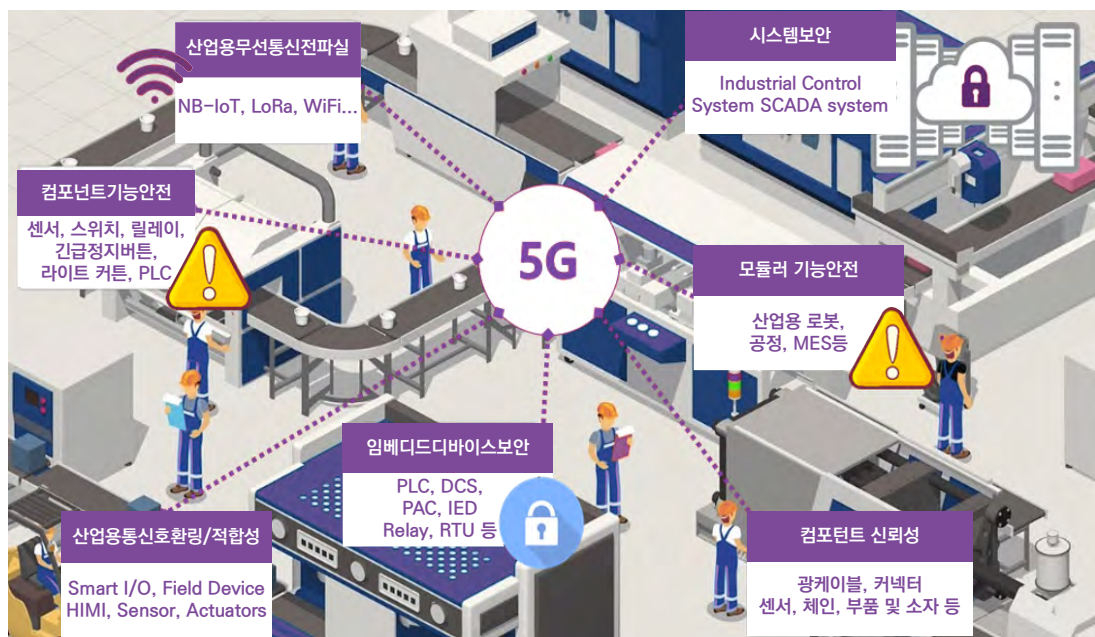
4차 산업혁명에 따른 제조 산업 혁신에 따라 초연결화, 초자동화, 초지능화, 초융합이라는 환경 변화와



함께 각 공정 간은 물론 각 디바이스들이 연결되는 산업용 사물인터넷(IIoT)이 빠르게 확산되고 있으며, 공장 자동화 프로토콜 게이트웨이, Industrial IoT Edge Gateway, 유무선 통신 인터페이스 등 산업용 유무선 통신 기술개발 수요가 집중되고 있다.

반면, 국내 스마트 팩토리 핵심 5G 통신 융합 부품 모듈 제품 등 내구 수명 예측 및 연간 고장률 등 신뢰성을 확인하고 검증할 수 있는 평가방법이나 신뢰성에 관한 현장데이터(field data)나 고장분석 사례 등이 매우 부족하여, 시장에서는 신뢰성이 이미 검증된 외국산을 선호하고 있어 개발된 국산품의 신규 시장진입에 대한 장애요인으로 작용하고 있으며, 이로 인해 국내 경쟁력을 갖춘 스마트 제조 애플리케이션 분야에서도 하드웨어의 외산 솔루션 활용으로 가격경쟁력 하락으로 이어지고 있다.

국내 기술 경쟁력을 가진 중소 중견기업들은 5G를 바탕으로 한 ICT와 소프트웨어 융합을 통해 혁신 전략을 구축하였고, 새로운 통신 기술은 5G 기반의 스마트 제조 애플리케이션과 기술력이 검증된 국내 센서, 네트워크 장비, PLC 등 하드웨어 공급기업과 전략적 제휴를 통해 국내외 시장 진출 전략을 세우고 있다. 국내 융합신산업의 대표주자인 국내 스마트 팩토리 핵심 5G 무선통신 컴포넌트 및 모듈러 등 공급기업의 제품 및 솔루션 품질을 제고하고 국내외 시장진출을 지원할 수 있도록 중소기업 제품개발전략에 맞추어 관련 시험 평가 기술 개발 및 코리아 프리미엄 창출을 위한 국가 브랜드 인증 체계 개발이 필요하다. 이에 따라, 객관적인 제 3자 기술검증을 위한 시험인증기관의 역할이 중요해짐에 따라 시험평가 기술력 및 인프라 구축이 주목되고 있다.



[그림 4-7] 5G 기반의 융합 제조분야 시험 평가 및 품질 인증 범위



4.3.2 기술개발 전략

스마트 팩토리의 기술개발 목표는 아래 표와 같이 국내 제조기업들에 고도화된 기술을 보급 및 확산할 수 있도록 기반을 마련하는 것이다. 공장의 스마트화는 국내 제조기업에 투자 부담이 되며, 이를 최소화 하기 위해서는 현장에 즉시 활용하고 그 효과를 볼 수 있는 기술 및 체계를 구축하고 스마트공장 지원사업 등을 통해 실제 활용하는 기업들이 부담을 줄여야 한다. 또한 민·관 공동으로 모델공장을 구축하여 업계 전반으로 스마트 팩토리에 대한 정의와 방향을 제시하여 국내 제조기업들에 보급확산을 도모한다. 스마트 팩토리를 구성하는 주요 기술들에 대해서 중장기적으로 핵심 기술 개발을 병행하여 보급·확산을 위한 고도화 기술개발을 추진한다.

〈표 4-5〉 스마트 팩토리 기술개발 목표

목표	스마트 팩토리 보급·확산을 위한 고도화 기술개발
기본 방향	① 현장에 즉시 적용 가능한 스마트 팩토리 기술을 개발하여 즉각적으로 활용 할 수 있는 체계 구축 ② 민·관 공동으로 모델공장을 구축 하여 업계 전반으로 확산 도모 ③ 중장기적으로 지속적인 스마트 팩토리 고도화 를 위한 핵심 기술 개발 병행

스마트 팩토리의 기술개발 추진 전략은 기술개발 목표에 따라 현장 밀착형 기술 개발을 통하여 즉시 활용할 수 있는 체계를 구축하고, 업계 전반으로의 확산을 위한 모델공장을 구축하며, 중장기적으로 고도화 기술 개발을 추진하는 것이다.

〈표 4-6〉 스마트 팩토리 기술개발 추진 전략

3대 추진방향	세부 추진내용
현장 밀착형 기술 개발 및 즉시 활용 체계 구축	① 중소·중견기업의 스마트화 수준 향상 및 새로운 제조방식 지원 기술 집중 개발 ② 기획 및 개발 단계에서 현장 요구사항 을 최대한 반영하고, 관련 기술이 상호 연계성 을 가지며 개발되는 체계 구축 ③ 개발 추진 시 실증과정 을 필수적으로 요구하고, 성과 평가 시에도 현장 적용 가능성 고려
업계 전반 확산을 위한 모델공장 구축	① 개발된 기술을 실제 공장에 시범 적용 하고, 구축 과정 체계화 및 동종 업계 홍보 를 통하여 확산 ② 대기업, 창조경제혁신센터 등과 연계하여 모델공장을 구축 , 업계 전반확산



3대 추진방향	세부 추진내용
중장기 고도화 기술 개발	① 가치사슬 전체(소비자-최종재-부품-소재)가 실시간 연동되어 가치사슬 전체 단위의 생산 최적화 및 제조 서비스화 구현 ② CPS, IoT, 시뮬레이션 등의 기술을 기반으로 기획·설계-생산-물류·유통의 제조 전 과정이 첨단화통합

4.3.3 스마트 팩토리 주요 전략 기술

스마트 팩토리의 주요 전략 기술은 애플리케이션, 플랫폼, 디바이스 및 네트워크, 상호운용성/보안 등의 네 부문으로 나눌 수 있다. 애플리케이션은 스마트 팩토리의 개선·혁신 효과 극대화를 위한 지능화·네트워크화된 제조현장의 시스템 요소와 실시간 연계하여 전 공장·가치사슬의 최적운동을 지원하는 고도화된 ICT 활용·응용기술로 구성되어 있다. 플랫폼은 제조 머신·자원·데이터 관리를 위한 인프라 및 공장 내·외부 플랫폼을 연동하는 운영·제어 기술 개발을 통하여 하위 스마트디바이스와 상위 애플리케이션에서 이를 활용한 제품설계 및 가상생산이 실공장 라인에서 연결되게 하는 기술로 활용될 수 있다. 디바이스 및 네트워크는 다양한 제조환경을 고려한 다기능 센서, 제어기, 고신뢰 유무선통신 기술, 능동적 제조관리를 위한 스마트 메모리 등의 제조 특화 디바이스 모듈 및 운용 기술 등을 지칭한다. 상호운용성/보안은 스마트 팩토리 주요 구성 요소간의 연동시 데이터·서비스간의 상호운용성 보장을 위한 통신·인터페이스 규격 및 구성 요소 자체 혹은 연동시의 기능 안전성, 가용성, 신뢰성, 보안성 제공을 위한 기술 등을 포함한다.



4. 5G 스마트 팩토리 모델 및 주요 기술



출처 : 스마트 공장 기술개발 로드맵(안) 공개, 산업통상자원부, 2015

〈그림 4-8〉 스마트공장 핵심기술 구조 ver. 1.0

5. 제 언



5. 제언

한국형 스마트 팩토리의 추진을 위해서, 우리는 독일의 5G-ACIA의 모델을 충분히 고려해야한다. 왜냐하면, 제조업분야와 통신 분야가 동등한 위치에서 서로에 대한, 부족한 부분을 보완해주는 방식은 독특하다고 할 수 있다. 2018년 10월 8일-9일, 프랑크푸르트에서 열린 5G-ACIA의 Plenary Meeting은 5G포럼의 스마트 공장 TF가, 나아가야 할 방향을 제시하고 있다. 현재 40개의 1st 그룹 제조사와, 통신장비, 운영사를 중심으로 구성된 조직은 6개 회원사 (China mobile, Orange, SONY, etc)가 추가로 참여하여, 국제적인 구성으로 발전하고 있다. 독일을 중심으로 출발한 5G-ACIA가 그외 지역으로 활동범위를 넓혀가고 있다는 점이다.

4th 5G-ACIA Plenary Meeting. 08 October 2018
New Member Organizations



DEKRA



SINTEF

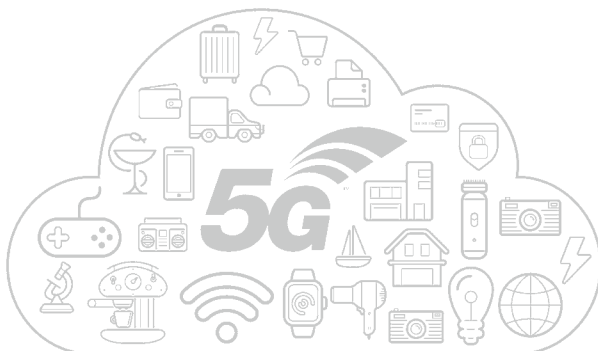
SONY



Currently 40 members in total, 6 more members required to allocate 2 additional board seats

〈그림 5-1〉 5G-ACIA Plenary 미팅, 추가 회원사의 소개

5개의 워킹 그룹으로 구성된 5G-ACIA는 3GPP에 인풋을 위해서, 자체적인 스케줄을 가지고, 회원사들을 그룹화하고, 조직화 시키고 있다. 이는 5G 포럼의 스마트 공장 TF가 조직적으로 반드시 이렇게 변해야 한다는 점을 시사하고 있다.



6. 결 론



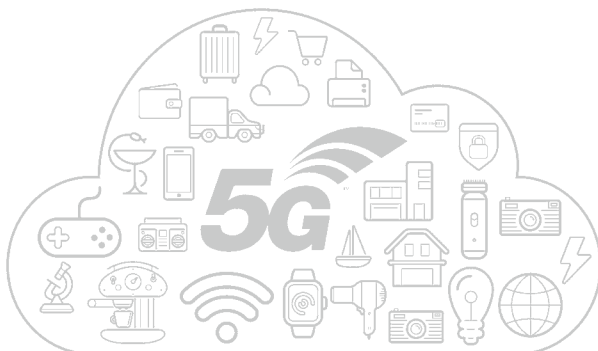
6. 결론



〈그림 6-1〉 5G-ACIA 워킹그룹 (WG)

특히 Use Case에 대한 회원사들의 의견을 모으는 과정에서 일종의 투표를 하는 점은 흥미로운 상황이고, 이를 바탕으로 사용자 요구조건을 도출하고 있다. 특히, Use Case를 중심으로 그 요구조건을, 서비스에서 KPIs (downstream to 3GPP)를 직접 도출하는 과정은 우리에게 시사하는 점이 크다고 할 수 있다.

주파수 라이선스 관련하여, 독일은 산업용 주파수를 German Federal Network Agency (BNetzA), 3.4-3.8 Hz에서 고려중이며, 이중에서 일부는 2019년 5G의 서비스를 위해서 경매를 한다. 특히, 3.7-3.8 GHz 대역 중, Local indoor: 3.7-3.8, Local outdoor: 3.78-3.8, Regional networks: 3.7-3.78를 지역적인 라이선스를 두어서 스마트 공장에만 사용되는 라이선스를 계획하고 있다. 이점에서 우리나라 스마트 공장의 주파수 라이선스와 운영모델에 대한 시사점을 준다고 할 수 있다. 공장 스스로가 기지국을 설치하고, 운영을 하는 것이 미래에 적합한 모델 일 것의 여부도 관심사항이다.



부록



부록1

참고자료

- [01] 3GPP TR 22.804 v.16.1.0, Study on Communication for Automation in Vertical Domains, 2018.09.
- [02] 3GPP TS 22.104 v.0.3.0, Service Requirements for Cyber-Physical Control Applications in Vertical Domains, 2018.11.
- [03] 이훈혜, 제조업 경쟁력 강화를 위한 빅데이터 활용 방안, KIET 산업경제, 2014
- [04] 이규택, 스마트공장 기술 동향 및 R&D 로드맵, 2016
- [05] 이규택 외 2명, PD Issue Report: 스마트공장기술동향, 한국산업기술평가관리원, 2015
- [06] 스마트공장 R&D로드맵, 산업통상자원부, 2015
- [07] 4차산업 스마트팩토리 산업동향과 지식서비스/지능형시스템 및 데이터인텔리전스 현황 분석, 트렌드포커스, 2017

부록2

스마트공장 도입에 관한 수요조사

1. 개요

5G 이동통신 기술이 곧 상용화됨에 따라 현 제조업 분야들의 스마트공장 구축 현황을 파악하기 위하여 다양한 산업분야들을 대상으로 현재 일반적인 운영(인력, 자금, 기술 등)에 대한 애로사항 및 필요사항과, 스마트공장 구축에 관한 도입의지, 애로사항, 개선점 등에 대한 수요조사 실시

2. 조사 설계

- 조사 대상 : 스마트공장 도입에 관심이 있는 사업체
- 조사 방법 : 구조화된 설문지를 이용한 현장조사 및 온라인조사
- 유효 표본 : 94명
- 조사 기간 : 현장조사(2018년 11월 16일), 온라인조사(2018년 11월 30일~12월 6일)
- 조사 기관 : (주)와이즈인컴퍼니
- 분석 방법 : 모든 항목에 대한 빈도와 백분율 산출

3. 조사 표본

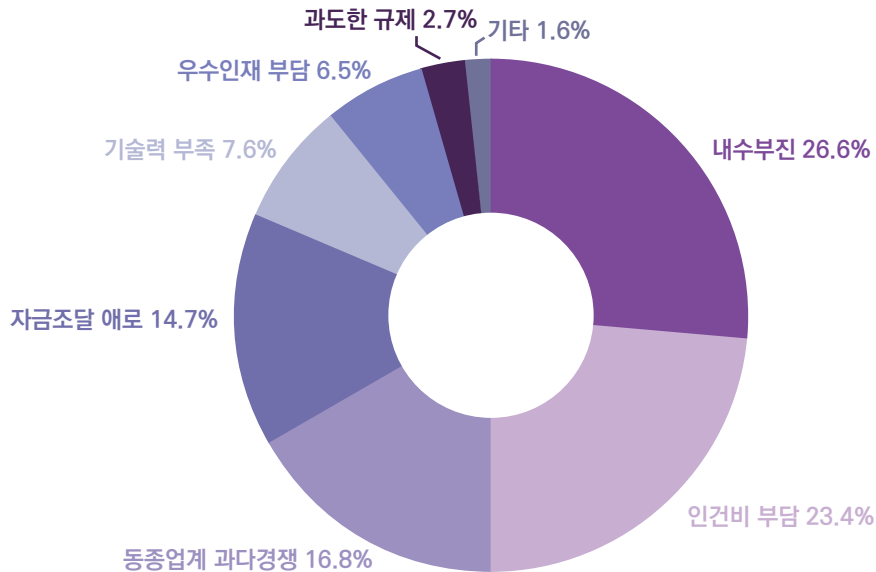
[산업분야] 식료품 제조업(8.2%), 음료 제조업(1.0%), 섬유 제품 제조업(4.1%), 의복 및 액세서리, 모피 제조업(3.1%), 가죽 가방 및 신발 제조업(1.0%), 목재 및 나무제품 제조업(1.0%), 펄프, 종이 및 종이제품 제조업(1.0%), 화학 물질 및 화학제품 제조업(4.1%), 의료용 물질 및 의약품 제조업(2.1%), 고무 및 플라스틱제품 제조업(5.2%), 비금속 광물제품 제조업(1.0%), 1차 금속 제조업(1.0%), 금속 가공제품 제조업(10.3%), 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(15.5%), 의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업(15.5%), 전기장비 제조업(6.2%), 기타 기계 및 장비 제조업(6.2%), 자동차 및 트레일러 제조업(4.1%), 기타 운송장비 제조업(1.0%), 가구 제조업(3.1%), 기타 제품 제조업(8.2%), 산업용 기계 및 장비 수리업(1.0%)

[인원비율] 생산직(62.6%), 사무직(37.4%)

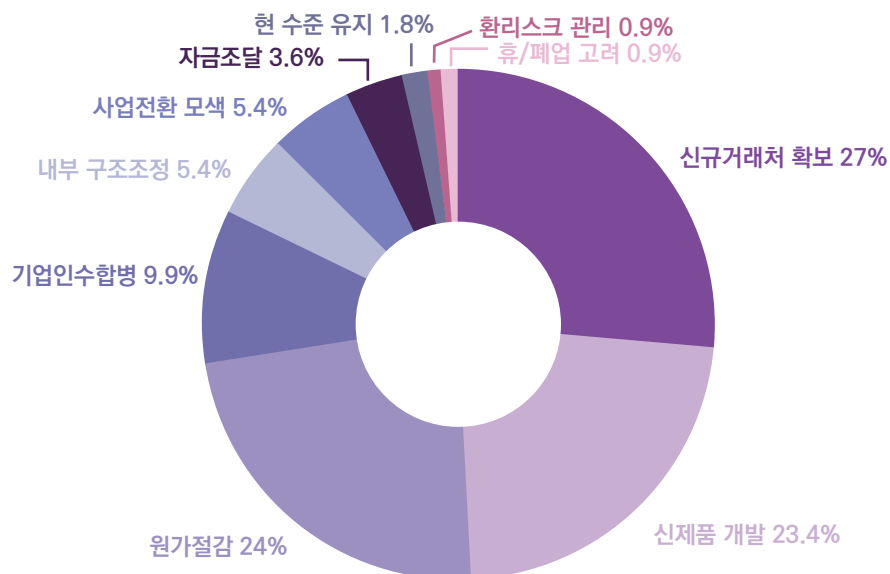
4. 조사 결과

[일반현황]

(1) 현재 귀사의 기업을 운영하는데 있어 일반적인 애로사항은 무엇입니까?

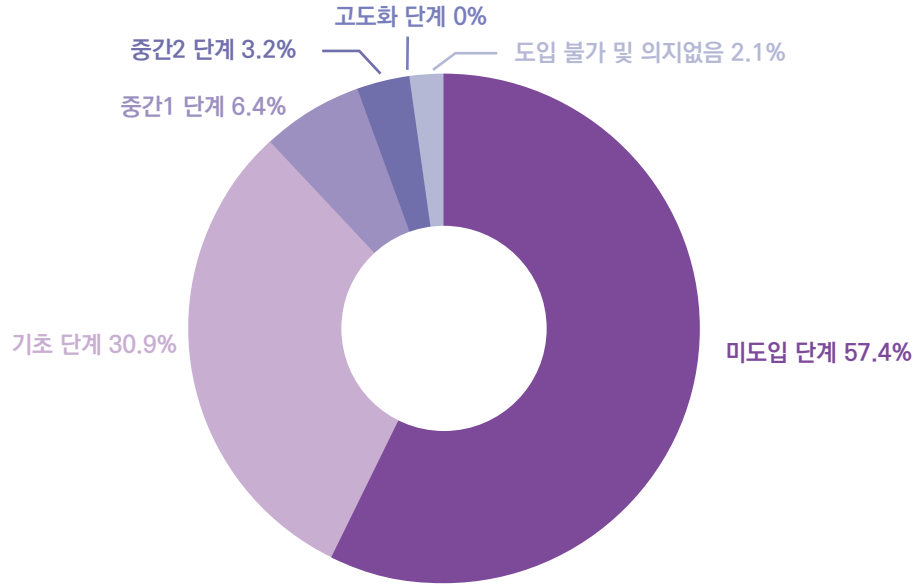


(2) 위 (1)번 문항의 애로사항을 해결하기 위해 가장 필요한 사항은 무엇입니까?



[스마트공장 구축 현황 및 계획]

1. 현재 귀사의 스마트공장 수준*은 어느 단계 입니까?



*민관합동 스마트공장추진단의 스마트공장 단계별 분류 기준 참조

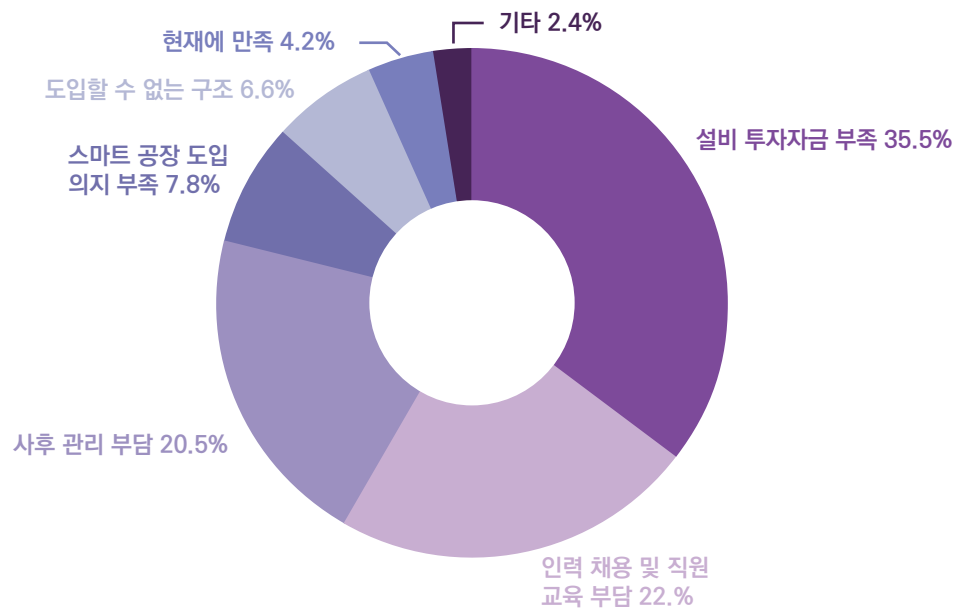
스마트공장은 기존의 사람 중심으로 운영되었던 제조공정을 통신 기반으로 자동화하는 공장을 말합니다.



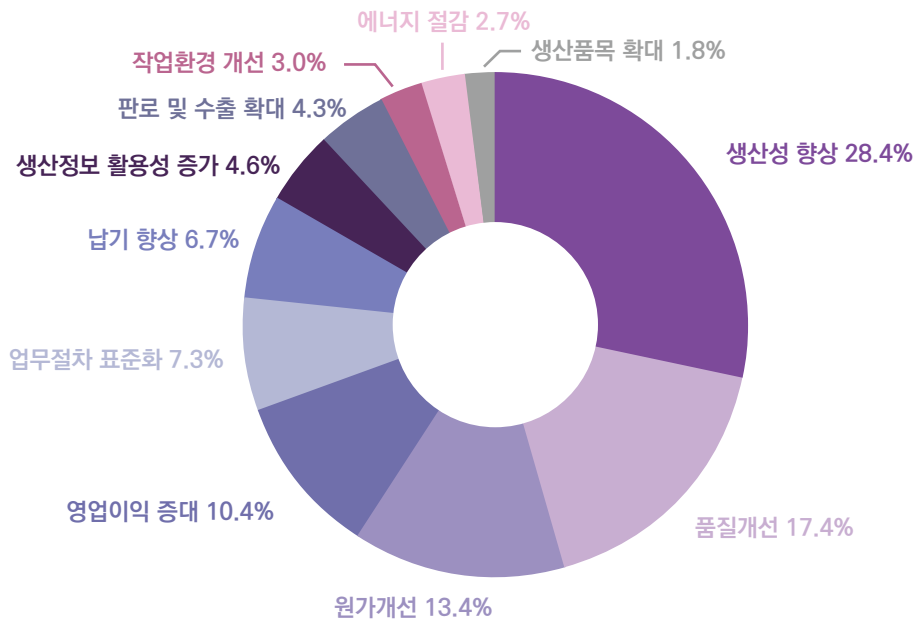
〈스마트공장 구축 수준에 대한 참고표〉

수준	요약	설명
고도화 수준	사이버 물리 시스템 도입	○ IoT 및 CPS 기반의 지능형 공장 운영 시스템 ○ CPS를 통한 가상의 공장을 구현하여 시뮬레이션을 통한 공정분석 및 예측
중간2 단계	실시간 공장 제어	○ 제어 자동화, 실시간 의사결정과 통제 가능 ○ 실시간 모니터링뿐만 아니라, 주기적 분석 및 피드백 가능(고장 알람)
중간1 단계	실시간 의사 결정	○ 설비와 자재간의 실시간 정보 교환 및 공장 운영 최적화 가능 ○ MES 등을 공장과 연결하여 공장 실시간 모니터링, 물류 및 작업 내역 추적이 가능하고 라인별, 제품별 불량 자동 집계 및 분석 가능
기초 단계	ERP 도입	○ 실적집계, 납기관리, 인사관리, 재고확인을 ERP 등을 도입하여 관리 ○ 바코드, RFID 등 활용하여 Lot-tracking 가능(생산 이력, 불량관리)
미도입 단계	공정 수작업	○ ERP, MES 등의 시스템 없이 직원이 직접 공정관리 및 작업

2. 스마트공장을 구축하는데 가장 어려운 점은 무엇입니까?(복수응답 가능)



3. 스마트공장을 통해 가장 개선하고 싶은 부분이 무엇입니까?(복수응답 가능)



백서 집필위원

5G 포럼 스마트공장위원회

김성륜(연세대)

원성환(Nokia)

신재승(ETRI)

송태승(KTL)

5G 포럼 사무국



스마트공장 백서

비매 품/무료



9 791187 302100
ISBN 979-11-87302-10-0
ISBN 979-11-87302-07-0 (세트)



공공누리

공공저작물 자유이용허락