

# 디지털 트윈 어떻게 전개될 것인가?

김영훈 수석연구원, 미래사업연구실 (golyong@posri.re.kr)

## 목차

1. 디지털 트윈이란?
2. 2025년까지 제조분야가 주도
3. 모듈러 무빙 팩토리 확산
4. 데이터 거래 시장 형성
5. 시사점

## Executive Summary

- 디지털 트윈(Digital Twin)은 물리적(Physical) 세계와 동일한 디지털 (Digital) 쌍둥이를 만드는 것
- 생산성 개선은 물론 다양한 사회문제까지 해결할 것으로 기대되면서 제조 이외에 소매·교통·도시분야까지 적용분야 확대
- 향후 10년 동안은 팩토리 분야에서 가장 큰 수혜가 예상되며, 2025년 이후에는 자율주행 및 헬스케어 등 보수적인 산업까지 도입 확산
  - 제조분야는 기술도입에 대한 수용성이 높고 관련 규제가 약하기 때문에 상대적으로 빠른 도입이 가능
- 개인 맞춤 생산이라는 트렌드에 대응하기 위해 생산라인 가변화 및 공장 간 이동이 용이한 모듈러 무빙(Modular and Moving) 팩토리가 부상
  - 화학· 제약 등 고정설비로 모듈러 방식 생산이 어렵다고 생각했던 산업에서도 고가제품을 중심으로 도입 검토
- 디지털 트윈 확산으로 데이터의 시장가치가 상승할 전망이며, 데이터 거래 시장도 형성되면서 업계 재편 예상
  - 제품 제조업체들은 Domain Knowledge와 데이터 소유권을 레버리지로 전문 SW업체들과 연합하고 자체 솔루션 개발을 통해 시장 개척 시도
- 디지털 트윈에 대한 시장의 기대는 현재 정점에 도달, 향후 5~10년 동안 기술보다는 시장구조 및 비즈니스 모델을 이해하는 것이 중요
- 우리나라 기업들은 실패사례에 흔들리지 말고 시장구조에 대한 이해를 바탕으로 성공기업에 집중하면서 명확한 사업화 전략을 준비할 필요

## 1. 디지털 트윈이란?

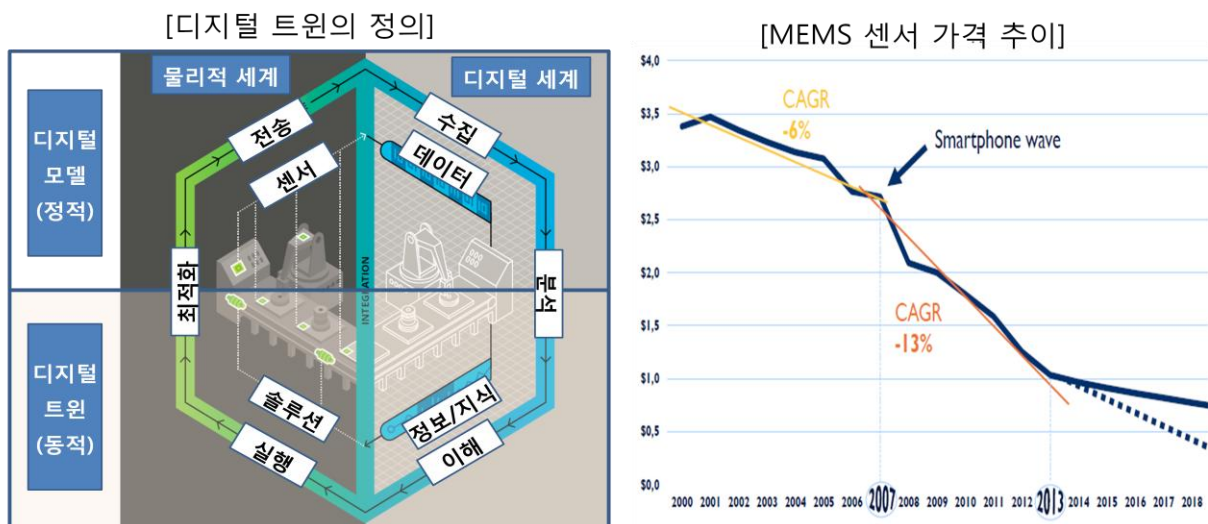
□ 디지털 트윈(Digital Twin)은 물리적(Physical) 세계와 동일한 디지털(Digital) 쌍둥이를 만드는 것

- 센서에서 아날로그 데이터를 수집하여 디지털 데이터로 단순히 1:1로 저장하는 것은 정적인 디지털 모델
- 디지털 트윈은 1개의 데이터가 N개의 지식과 솔루션을 만들고 물리적 자산의 최적화를 위해 실시간으로 피드백하는 동적인 모델
  - 디지털화된 자산이 (1)나는 누구이고, (2)내가 무엇을 제공하고, (3)나의 협업 파트너가 누구인지 인식하는 능동적 주체로 전환

□ 센서·사물인터넷·인공지능·3D 프린팅 등 관련 요소기술들이 동시다발적으로 발전하면서 시장이 급성장

- 특히 센서 등 핵심기술 가격이 하락하면서 제조업과 ICT 융합이 가속
  - 초소형 정밀(MEMS: Micro-Electro Mechanical Systems) 센서 가격이 최근 10년 동안 1/3 수준으로 하락하고 매년 1조 개 이상 소비하는 Trillion 센서 시대 도래

자료: 딜로이트(2017), Yole Development(2016)



□ 2014년 GE가 처음 제안한 이후 최근까지 10대 핵심기술로 주목, 2025년까지 U\$3.9조의 경제적 가치<sup>1</sup>를 창출할 것으로 기대

<sup>1</sup> 소비자 잉여 포함한 경제적 부가가치 기준(맥킨지, 2015년), 직접매출 기준은 약 U\$150억 예상

○ 2018년에도 디지털 트윈은 인공지능, 블록체인 등과 더불어 시장이 가장 주목하는 기술 분야

- 2018년 가트너가 선정한 10대 핵심 미래기술은 ①인공지능, ②지능형앱, ③사물인터넷, ④디지털 트윈, ⑤엣지컴퓨팅<sup>2</sup>, ⑥대화형 플랫폼, ⑦몰입경험(AR/VR), ⑧블록체인, ⑨이벤트 기반 모델<sup>3</sup>, ⑩보안 환경

□ 디지털 트윈이 생산성 개선은 물론 다양한 사회문제까지 해결할 것으로 기대되면서 제조 이외에 교통·도시분야까지 적용분야 확대

○ 제조현장에서는 디지털 트윈으로 설비의 이상징후를 사전에 감지하여 고장 전에 미리 정비하고, 생산공정의 에너지 흐름을 분석하여 낭비요인을 제거하는 등 다양한 솔루션을 개발

- 디지털 트윈으로 항공·발전 분야에서 연료효율 1% 증가는 연간 6조~8조원, 에너지 설비 가동시간 1% 증가는 연간 5조~7조원의 비용 절감



자료: 삼성전자 뉴스룸(2018)

○ 도시에서는 디지털 트윈과 오픈 플랫폼 모델을 접목해 교통·주택·환경 등 고질적인 사회문제들을 저비용으로 해결하려는 시도 점증

- [버추얼 싱가포르] 도시의 지형·건물·도로·사람·바람·열·전기·물자 등을 디지털 공간에 재현하고 시민이 직접 참여하여 사회문제를 정의하고 해결

<sup>2</sup> 정보처리와 콘텐츠 수집 및 전송이 정보원(Source)에 더 가까워지는 통신망 구성을 의미하며 중앙 집중식의 기존 클라우드 컴퓨팅을 효과적으로 보완

<sup>3</sup> '주문이 완료된 순간'과 같은 상태의 변화를 신속하게 포착하고 비즈니스에 활용하는 기술

## 2. 2025년까지 제조분야가 주도

□ 향후 10년 동안은 제조, 특히 팩토리가 가장 큰 수혜를 볼 것이며, 이후 자동차·헬스케어 등 전 산업으로 본격 확산 예상

- 제조분야는 디지털 및 SW에 의한 상황판단에 대해 수용성이 높고 관련 규제가 상대적으로 약하기 때문에 빠른 도입이 가능
  - 생산인력의 빠른 감소로 숙련공 노하우를 디지털화하고 비숙련공을 위한 의사결정 지원시스템을 구축하는 데 거부감이 상대적으로 낮음
- 자율주행차·헬스케어 등 사람의 생명과 직결되는 분야는 확산까지 기술 안전성이 검증되고 심리적 거부감이 줄어들 때까지 시간 소요
  - 자율주행 시대를 운전 주도권이 SW에 완전히 넘어가는 시점으로 정의한다면, 2025년부터 본격화될 전망(미래에셋대우, 2017)
  - 헬스케어 사물인터넷은 신기술에 보수적인 업계 성향 때문에 경험적으로 일반 사물인터넷보다 5-10년이 지나서 확산(Yole Development, 2017)

[디지털 트윈 도입에 따른 2025년 경제적 부가가치 추정(조달러)]

	전체	팩토리	도시	물류	소매	자동차	홈	헬스케어
최소	3.9	1.2	0.9	0.5	0.4	0.2	0.2	0.1
최대	11.1	3.7	1.6	0.8	1.1	0.7	0.3	1.5

자료: 맥킨지(2015) 주: 경제적 부가가치에는 소비자 잉여 포함

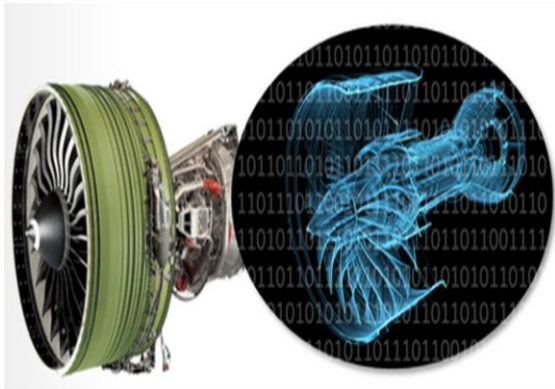
□ 제조분야는 저성장 극복을 위해 자동차·항공 등 조립제품 외에 철강·화학 등 기초소재까지 경쟁적으로 디지털 트윈을 도입할 전망

- 항공엔진 산업에서는 선두업체인 GE와 롤스로이스를 중심으로 디지털 트윈 기반 엔진 제조 서비스(Servitization) 모델을 사업화
  - 엔진에 센서를 부착하여 데이터를 수집하고 중앙 관제실에서 실시간으로 분석함으로써 엔진 상태 모니터링, 에너지 절감 솔루션 제안 등을 수행
  - 엔진을 고장없이 사용한 기간에 비례하여 요금을 청구(Power Per Hour)함으로써 수리비용에 불만이 많았던 고객들에게 어필 성공

### ○ 대표적 굴뚝산업인 철강에서도 디지털 트윈이 확산되는 분위기

- '16년부터 업계 선두기업을 중심으로 디지털 용광로(Digital Furnace), 스마트 솔루션 등 다방면의 디지털 트윈 사업이 경쟁적으로 추진
  - 포스코 포항 제2 용광로에 AI 접목, 아르셀로미탈의 체코 Ostrava 제3 용광로에 디지털 트윈 투자 등
- 특히 고온·고압 환경으로 블랙박스 영역이 많았던 상공정(Upstream)에 도입되면서 에너지 절감, 제품품질 등 큰 폭의 생산성 개선 기대
  - 용광로 내부의 쇳물온도 및 연소상태를 IoT 센서로 수집하고 데이터 분석, AI 등을 통해 정밀 점검하고 최적 제선(Iron Making) 솔루션 제시

[항공엔진 디지털 트윈]



[철강 고로(Furnace) 디지털 트윈]



자료: IoTONE.com, Premetals Technologies 홈페이지

## 3. 모듈러 무빙 팩토리 확산

□ 팩토리 분야에서는 디지털 트윈으로 생산방식의 근본적인 변화를 꾀해 개인맞춤이라는 신규 트렌드에 대응하려는 시도가 부상 중

- 항공엔진과 용광로 사례는 기존 제품과 설비의 디지털 트윈 전환으로 생산성 향상은 이루었지만 개인맞춤 수준까지 소비자 만족도가 향상된 것은 아님

□ 레고블록을 쌓듯이 생산라인을 조합하여 고객주문 다변화에 대응하는 모듈러(Modular) 팩토리 연구가 사업화 초입 단계

- 독일의 인공지능 연구소(DFKI)를 중심으로 '인더스트리 4.0' 구상하에 5년 넘게 추진되어 왔고, 조만간 가시적인 성과 예상
  - 주문에 따라 실시간으로 설비를 대체(Hot Swap)하고 실시간 업무를 변경(Plug

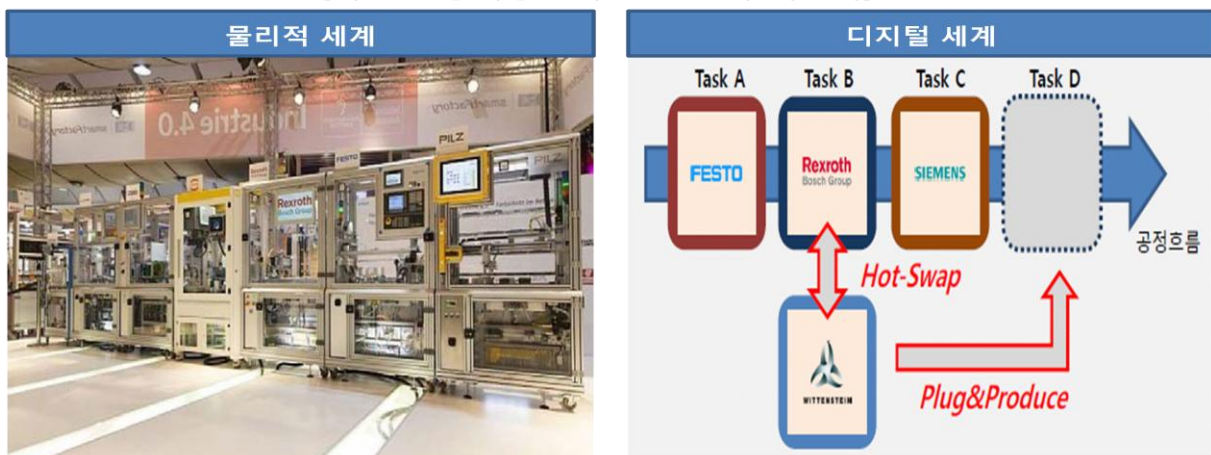


and Produce)<sup>4</sup>할 수 있는 새로운 개념이 적용된 팩토리

○ 생산라인의 잦은 변화에 따른 원가상승 부담을 기술 표준화 및 시뮬레이션 등을 통해 극복

- 맞춤형제품에 대해 소비자가 평균 20% 정도의 높은 가격을 지불할 의사가 있음을 감안할 때 충분히 시장이 형성될 수 있는 구조

[독일 인공지능 연구소 모듈러 팩토리]



자료: 독일인공지능연구소, 박형근(2014) 재인용

□ 표준 컨테이너 사이즈로 제작되고 무빙(Moving) 팩토리가 용이해지면서 공장 간에 협업제도가 활성화될 것

- 고객주문에 따라 인근 공장의 유희설비를 이동시켜 새로운 생산라인을 신속히 조립하는 체계가 검토 중
- 화학· 제약 등 고정설비로 모듈러 방식 생산이 어렵다고 생각했던 산업에서도 고가제품을 중심으로 도입 검토

- 연간 생산 0.1천~1천톤 규모, 10~20단계 멀리공정, 평균 판매가격이 kg당 U\$100천 이상인 시장에서는 가능

- 유럽의 F3(Fast, Flexible and Future) Factory 및 ENPRO(Energy Efficiency and Process Intensification) 프로젝트 등 다양한 사업 추진

- 특히 개인맞춤 의료시장이 확대되면서 제약분야에서 도입 가속

- [GE 헬스케어의 Flex Factory-KUBio 사업] 중소 제약업체를 대상으로

<sup>4</sup> Plug and Play가 컴퓨터에 사운드, 저장 등 주변장치가 추가될 때 별도의 설정을 하지 않아도 기기들이 자동으로 호환되어 쉽게 사용하는 개념이라면 Plug and Produce는 이를 제조설비에 적용

상공정(세포 배양)에서 하공정(단백질 정제)까지 생산공정 맞춤 디자인,  
컨테이너 사이즈로 제작되어 주문-이동-설치가 용이

[유럽 화학산업 F3 모듈러 팩토리]



[GE 헬스케어 FlexFactory-KUBio 사업]

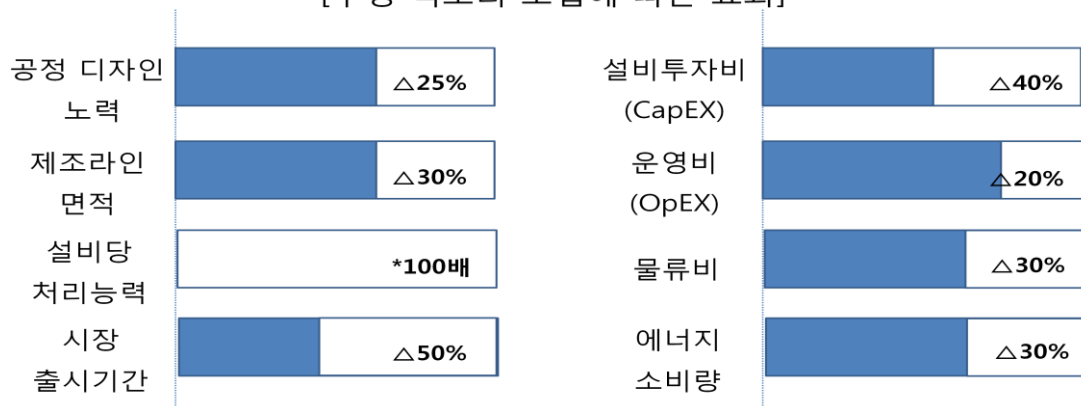


자료: F3팩토리 및 GE Healthcare 홈페이지

□ 모듈러 무빙 팩토리가 확산될 경우, 고부가가치 틈새시장을 목표로 하는 혁신 제조벤처들의 수혜가 예상

- 디지털 트윈 기술이 접목된다면 맞춤공정 디자인, 신제품 시장 출시, 에너지 소비 측면에서 25~50% 비용 절감
  - 특히 설비를 직접 구매하지 않고 필요할 때마다 단기임대가 용이하기 때문에 초기 고정비 부담이 줄어 자금여력이 부족한 혁신 제조벤처에 유익

[무빙 팩토리 도입에 따른 효과]



자료: DECHEMA(2016)



## 4. 데이터 거래 시장 형성

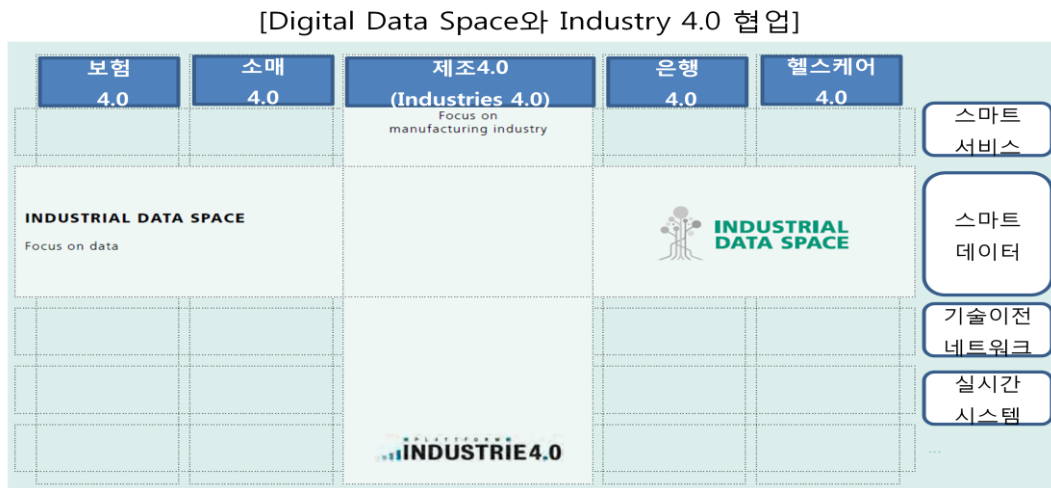
- 디지털 트윈으로 데이터의 자산가치가 상승하면서, HW 제작업체가 주도했던 시장에 균열이 발생
  - 과거에는 데이터를 생산공정의 결과(process outcome)로만 인식, 제품 제조업체들은 설비 HW 제작사에 데이터 분석 권한을 양보
    - 그동안 설비 제작사는 확보한 데이터로 SW를 개발하고 설비 안에 블랙박스로 저장함으로써 진입장벽을 구축하고 시장을 장악
  - 현재 데이터는 프로세스 개선(process enabler) 및 제품 판매(product enabler)를 위한 중요 자산으로 인식되고 있고, 제품 생산자들이 스스로 활용하여 새로운 부가가치를 만들기 위해 노력
- 향후에는 데이터가 하나의 상품(product)으로 취급되면서 전용 거래시장에 유통되고 새로운 업계 질서가 형성
  - 설비 HW 제작업체들은 SW 투자 확대를 통해 주도권 유지에 총력
  - 제품 제조업체들은 Domain Knowledge와 데이터 소유권을 레버리지로 전문 SW업체들과 연합하고 자체 솔루션 개발을 통해 시장 개척 시도



자료: Fraunhofer(2016), POSRI 수정

- 독일·일본 등 전통 제조강국들은 이미 산업용 데이터에 특화된 마켓 플레이스를 조성하고 시장 선점을 위해 노력

- 독일은 데이터에 초점을 맞춘 산업혁신 플랫폼인 'Industrial Data Space' 사업을 추진
  - 'Industry 4.0'이 제조업 전 밸류체인의 혁신과 연결을 강조했다면 'Industrial Data Space'는 산업용 데이터의 수집-분석-활용-확산에 초점
  - 88개 회원사가 제조업 외 보험·소매 등의 분야에서 14개 테스트베드 가동



자료: Fraunhofer(2016)

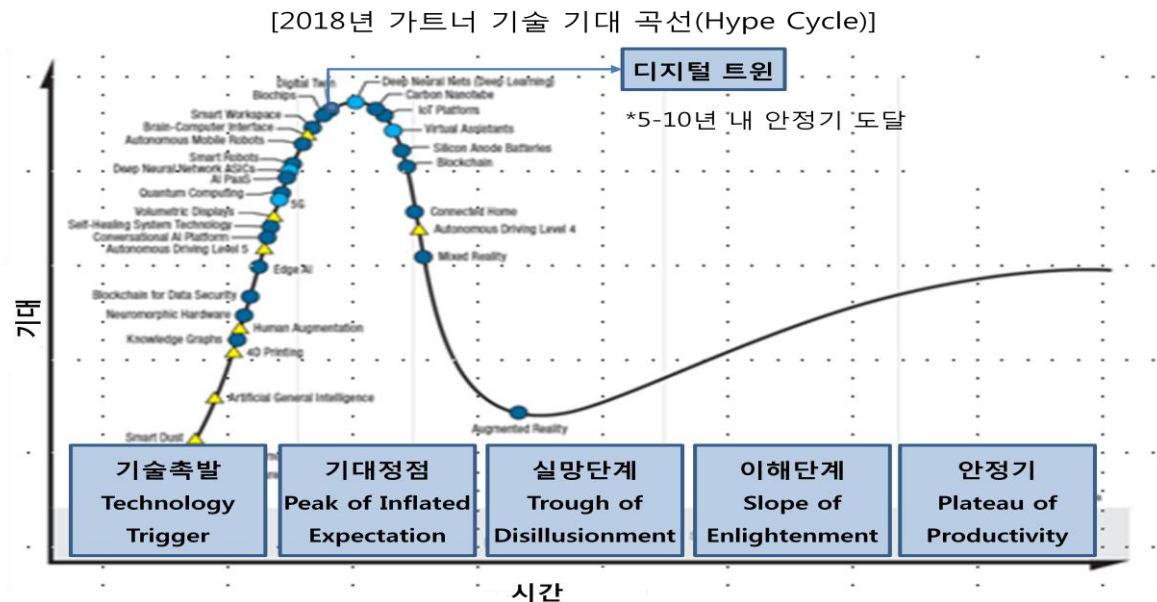
- 일본은 2020년까지 'IoT 데이터를 거래하기 위한 시스템' 구축 발표
  - 데이터 전용 거래 플랫폼 모델이 협회 중심에서 국가 전략산업으로 강화
    - 해운협회(ClassNK)는 Ship Data Center를 구축하고 선박 운항 데이터 공유 및 최적 운항경로 분석 등 다양한 서비스 모델 시현

## □ 데이터 브로커 시장 확대, 전용 가상화폐 개발 등 데이터 시장이 형성될 수 있는 분위기가 조성되고 있기 때문에 주목 필요

- 미국에서만 300여 데이터 브로커 회사가 활동하는 등 시장 확대 추세
  - 현재는 개인 및 공공 데이터 중심이지만 3D 프린팅, 디지털 B2B 플랫폼 확산으로 산업용 데이터를 전용으로 취급하는 브로커도 증가 예상
- 산업용 데이터 거래에 특화된 다양한 암호화폐(IOTA 등)가 개발되고 있으며 현재까지 시장의 반응은 긍정적
  - 비트코인, 이더리움 등과 비교했을 때, 거래수수료가 없고 많은 양의 트랜잭션을 빠르게 처리해서 산업 인터넷 거래통화로 적합하다는 평

## 5. 시사점

□ 현재 디지털 트윈에 대한 시장의 기대치는 정점에 도달



□ 경험적으로 볼 때 향후 5-10년 동안 시장에는 다수의 실패사례와 소수의 성공사례가 혼재될 것

- 가트너 모델에 따르면 기대 정점기를 지나면 성공보다 실패사례가 더 많이 발생하고 많은 기업들이 사업을 포기(Trough of Disillusionment)
- 하지만 시장을 이해(Slope of Enlightenment)하려는 기업들을 중심으로 투자가 계속되고 수익창출에 성공한 소수기업들이 등장

□ 우리나라 기업들은 실패사례에 흔들리지 말고 시장구조에 대한 이해를 바탕으로 성공한 소수기업에 집중하면서 명확한 사업화 전략을 준비할 필요

- 데이터 소유권 및 Domain Knowledge를 적극 활용한다면 글로벌 선도기업들과 대등한 수준에서 협업 가능
- ‘모듈러 무빙 팩토리’ 같은 신개념 사업을 기술개발부터 장기적 관점에서 추진하는 방안도 검토

이 자료에 나타난 내용은 포스코경영연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.

## [참고자료]

### [보고서/논문]

DECHEMA, “Modular Plants: Flexible chemical production by modularization and standardization-status quo and future trends”, 2016

Fraunhofer Institute, “Industrial Data Space: Digital Sovereignty over Data”, 2016

Mckinsey&Company, “The Internet of Things: Mapping the Value beyond the Hype”, 2015

Yole Development, “Gas sensors, detection of particles, 3D image: What are the next opportunities in MEMS?”, 2016

Yole Development, “Connected Medical Devices Market and Business Model”, 2017

4차산업혁명위원회, “데이터 산업 활성화 전략”, 2018

김영훈, “전통 제조업 부활의 Key, 스마트 유연생산”, 포스코경영연구원, 2016

딜로이트, “인더스트리 4.0과 디지털 트윈: 제조업, 좋은 동료를 만나다”, 2017

미래에셋대우, “자율주행 ADAS의 시대, 투자는 센서 시장에”, 2017

박형근, “인더스트리 4.0이 가져오는 제조업 현장의 변화”, 코오링 베니트 발표, 2014

박형근, “인더스트리 4.0, 독일의 미래 제조업 청사진”, 포스코경영연구원, 2014

한국정보화진흥원, “일본, Society 5.0 실현을 위한 데이터 활용 추진 전략”, 2018

### [홈페이지]

GE 헬스케어 (<http://www.GElifesciences.com>)

F3 팩토리 (<http://www.f3factory.com>)

Gartner (<http://www.gartner.com>)

IoTONE (<http://www.iotone.com>)

Primetals Technologies (<http://www.primetals.com>)

독일 인공지능연구소 (<http://www.dfki.de>)

삼성전자뉴스룸 (<https://newsroom.samsung.com/kr/>)