

Industry 4.0 시대의 패러다임 변화



이주완

하나금융경영연구소
연구위원

Industry 4.0 시대의 개막

독일 연방정부는 'new High-Tech Strategy'라는 이름하에 독일을 전 세계 혁신 리더로 자리 매김하게 한다는 목표를 세우고 10개의 프로젝트를 추진하고 있다. 각각의 프로젝트는 사회적, 기술적 트렌드에 주목하고 삶의 질을 높이며 생활의 토대를 보호하고 중요한 선도시장에서 자국의 산업 경쟁력을 높이는데 주안점을 두고 있다. 각 프로젝트들은 특정 분야에서의 연구와 혁신적인 정책 모델을 만드는데 집중할 예정인데 친환경/신재생 에너지, 고령화/맞춤형 의약, 친환경 운송수단, 정보 보안 등이 포함되어 있다.

한편 산업과 관련해서는 Industry 4.0이 제시되었고 2012년 구성된 Industry 4.0 작업반의 주도하에 진행되고 있다. 독일은 이미 혁신적인 제조기술, 복잡한 산업공정 관리, IT, Embedded System, 기계/플랜트 산업 역량 등에서 세계 최고 수준이므로 Industry 4.0을 도입하기에 최적국가라고 스스로 평가하고 있으며 객관적으로도 그렇다.

현재의 생산 활동 즉, 3차 산업혁명 시대는 전자공학과 IT가 자동화설비에 접목된 형태로서 다소 진보되긴 했으나 큰 틀에서는 2차 산업혁명 시기에 도입된 연속 일관 공정 시스템이 유지되고 있는 상황으로 볼 수 있다. 한편, 1차 산업혁명은 수력과 증기기관을 이용한 기계식 생산설비의 도입과 더불어 시작되었고 2차 산업혁명은 전기에너지를 이용한 대량 생산 시대를 일컫는다.

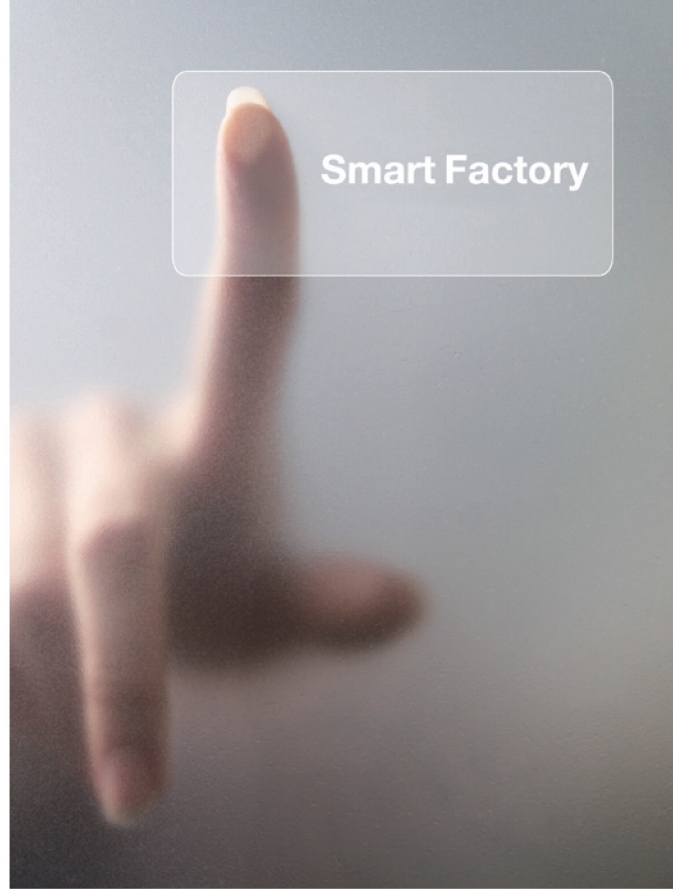


〈그림1〉 독일 연방정부의 10대 미래지향 프로젝트

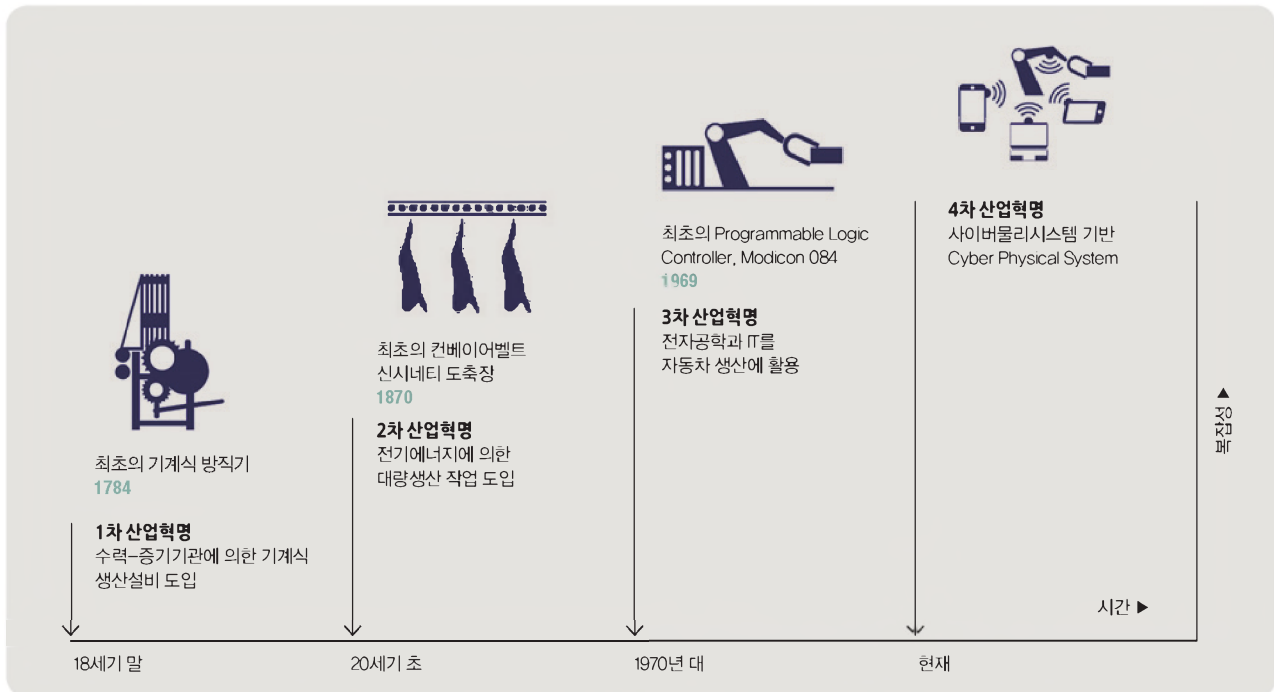
	<p>The CO2-neutral-efficient, climate-adapted city</p>		<p>Living an independent life well into old age</p>
	<p>Renewable resources as an alternative to oil</p>		<p>Sustainable mobility</p>
	<p>The intelligent transformation of the energy supply</p>		<p>Internet-based services for business and industry</p>
	<p>Treating illness more effectively, with individualised medicine</p>		<p>Industry 4.0</p>
	<p>Better health via effective prevention and healthy diets</p>		<p>Secure identities</p>

자료 : BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 독일연방교육연구부)

4차 산업혁명(Industry 4.0) 시대에는 사이버물리시스템¹⁾이 본격적으로 도입되어 부품, 장비 간 형성된 긴밀한 네트워크를 통해 유연한 생산 활동이 가능해진다. 사이버물리시스템의 완성을 위해서는 현재 도입 초기에 있는 IoT(Internet of Things)와 IoS(Internet of Services) 생태계가 먼저 구축되어야 한다. 능동적인 사물 간 통신을 통해 중앙집중식에서 분산형으로, 획일적인 생산에서 다양화되고 고객 맞춤형 생산으로 변모되는 것이 3차 산업혁명 시대와 가장 큰 차이이다. 물론 조립, 이동, 검사 등 다양한 공정 과정에 자동화기기가 이용될 것이고 ICT의 활용도 역시 3차 산업혁명 시대보다 높아질 것이다. 그러나 수동적이고 단선형적인 컨베이어가 아니라 능동적이고 다선형적인 작업 유닛(unit)이 공정 진행의 핵심을 이루게 된다. 또한, 일방향이 아닌 양방향 혹은 다방향 통신이 주된 정보교환 방식으로 자리매김하게 될 것이다.



〈그림2〉 산업혁명 변천사



자료 : DFKI (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, 독일 인공지능연구소)

1) 사이버물리시스템(CPS: Cyber Physical System): 실제 공간과 인터넷, 무형의 서비스 등 가상의 공간을 S/W, 센서, 정보처리장치 등을 활용해 실시간 통합하는 시스템

Industry 4.0 도입에 따른 생산 방식의 변화

Industry 4.0 시대의 가장 큰 변화는 사이버물리시스템(CPS)의 적극적인 활용으로 Smart Factory를 구현해 사이버 공간에서 제안된 개념을 실체화할 수 있게 된 것이다. 즉, Data 분석을 통해 PC에서 가상의 제품을 디자인한 후 Smart Factory에서 실제 제품을 제조하게 된다. 이 때 컨베이어 시스템 기반의 연속 일관 공정 대신 인공지능을 탑재한 각 제품 혹은 반제품이 스스로 판단해 최적화된 다음 공정 모듈(작업 유닛)을 찾아 이동하며 생산이 진행되는 구조이다. 동일 기능의 복수 모듈이 작동하고 있으며 실시간 정보 교환으로 대기 시간을 최소화하게 된다.

모듈별로 공정이 진행되므로 일부 설비에 이상이 발생해도 라인 전체가 중단되는 상황은 발생하지 않으며 최종 제품에 영향이 없는 경우에는 공정 순서를 바꿔 진행하는 것도 가능하다는 것이 커다란 장점이다. 예를 들어 자동차를 조립함에 있어 컨베이어 시스템에서는 바퀴를 조립한 후에 전조등을 끼우도록 되어 있다면 바퀴 조립 설비에 이상이 발생할 경우 더 이상 진행이 되지 않고 해당 라인 전체가 대기 상태가 된다.

그러나 모듈형 공장에서는 또 다른 바퀴 모듈로 이동해 공정을 진행하거나 전조등 모듈로 이동해 전조등을 먼저 끼운 후 바퀴 공정을 진행할 수가 있다. 따라서 특정 공정에서 병목현상이 발생해 전체 공정이 지연되는 사태 역시 방지할 수 있게 된다.

뿐만 아니라 IoT와 3D Printing이 본격적으로 도입되어 서로 다른 디자인, 재질, 기능의 제품을 혼합 생산하는 것이 가능하고 디자인, 재질, 형태 등 갑자기 설계가 변경되더라도 이를 실시간으로 반영할 수 있다. 즉, '한 라인에서 한 종류의 제품 생산' 개념에서 '제품마다 고유한 설계'의 개념으로 진화하는 것이다. Industry 3.0 시대의 생산은 소품종 대량생산이 주종을 이루고 있으나 Industry 4.0 시대에는 다품종 맞춤형 생산 체계로 전환되는 것이 큰 변화라 할 수 있다.

〈표1〉 생산(제조) 방식의 변화

	Industry 3.0	Industry 4.0	비고
공정단위	연속적 (컨베이어벨트)	모듈별 진행	수평적/수직적 공정 네트워크 도입
공정진행	정해진 Sequence	대기시간, 선·후 공정을 고려한 최적 모듈로 이동·진행	모듈과 카트 간의 정보 교환
부분품 이동	수동적 정해진 Route에서 Go/Stop	능동적 최적 공정 모듈을 찾아 이동	스마트 카트로 이동
유지·보수	엔지니어가 진단, 조치 전체 공정 라인 Stop	자체 진단 / 원격 제어 문제 발생 모듈만 Stop	문제 발생 전 예비 경보 중앙 관제 센터에서 조치
생산품목	획일적인 디자인과 규격	Customized Product	공정 진행 직전에도 디자인, 규격 등 변경 가능

자료 : 하나금융경영연구소

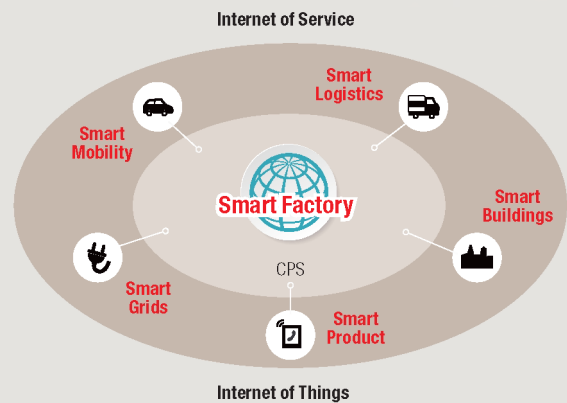
< Smart Factory >

1. 생산 공정에 관련된 모든 요소들이 긴밀한 네트워크를 형성

- 제품(반제품)의 공장 내 이동, 전력 사용, 공작 기계의 작동, 원거리 이동(물류) 등 모든 요소들을 센서, 인공지능, IoT, 원격 제어 방식에 의해 통제한다.
- 모듈별 독립 제어가 가능해 예상치 않은 상황 발생 시 전체 공정 흐름에 영향을 주지 않으며 디자인, 기능 등 제조 내용을 순발력 있게 변경하는 것이 가능하다.

2. 제품이 스스로 인식, 판단해 다음 공정으로 이동하며 공정을 진행

- Smart Product(Intelligent Product)의 개념을 지닌 제품/반제품은 사전에 인지된 공정 순서와 공정 조건을 조합해 가며 대기 시간이 가장 짧은 모듈을 스스로 찾아 이동한다.
- 이러한 공정 진행을 가능케 하는 것이 Smart Cart이며 각 제품별로 독립된 Smart Cart에 탑재되어 있으므로 외형적으로는 제품이 스스로를 조립해 나가는 효과가 나타난다.



자료 : DFKI (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, 독일 인공지능연구소)

수혜가 예상되고 향후 성장 가능성이 높은 분야

Smart Factory로 대표될 수 있는 Industry 4.0 시대의 가장 주목할 만한 변화는 IoT 기술을 활용한 사물들의 유기적인 결합과 상호 커뮤니케이션이 본격화된다는 것이다. 즉, IoT(사물인터넷)가 CPS(사이버물리시스템)를 구축하는 핵심 기술인 셈이다. 또한 각 제조공정에서 기계나 부품이 능동적인 동작을 수행하기 위해서는 스스로 인지하고 판단할 수 있는 능력이 요구되므로 고성능 센서류와 인공지능이 필수적이다. 따라서 IoT의 핵심인 RFID, Bluetooth, Beacon, NFC 등 근거리 통신 부품들과 온도, 지자기, 고도, 중력, 가속도, 습도, 압력, 광, 근접, 기압, 자이로, 동작인식 등 각종 센서산업의 확대를 예측할 수 있다.

한편, 공정진행 및 부품이나 제품의 이동 시에는 자동제어 로봇(휴머노이드가 아닌 산업로봇)이 주축을 이룰 것이다. 이미 반도체, 디스플레이, 자동차 등 다수의 산업에서 로봇이 사용되고 있으나 Smart Factory에서는 로봇의 기능과 용도가 훨씬 다양해질 것이고 인공지능을 탑재해 스스로 판단할 수 있는 능력을 구비한 로봇이 배치될 것이다.

Industry 4.0 시대가 추구하는 새로운 생산 방식을 구현하기 위해 다양한 기술과 제품이 요구되지만 이러한 요소들을 구성하는 핵심부품은 결국 반도체일 수밖에 없다. 특히 메모리보다는 컨트롤러, 아날로그, 통신, Bio 등 비메모리 제품 수요가 크게 확대될 전망이다. 비메모리 반도체는 전 세계 반도체 시장의 80%를 차지하지만 국내 기업들의 점유율은 낮은 상태라 분발이 요구된다.

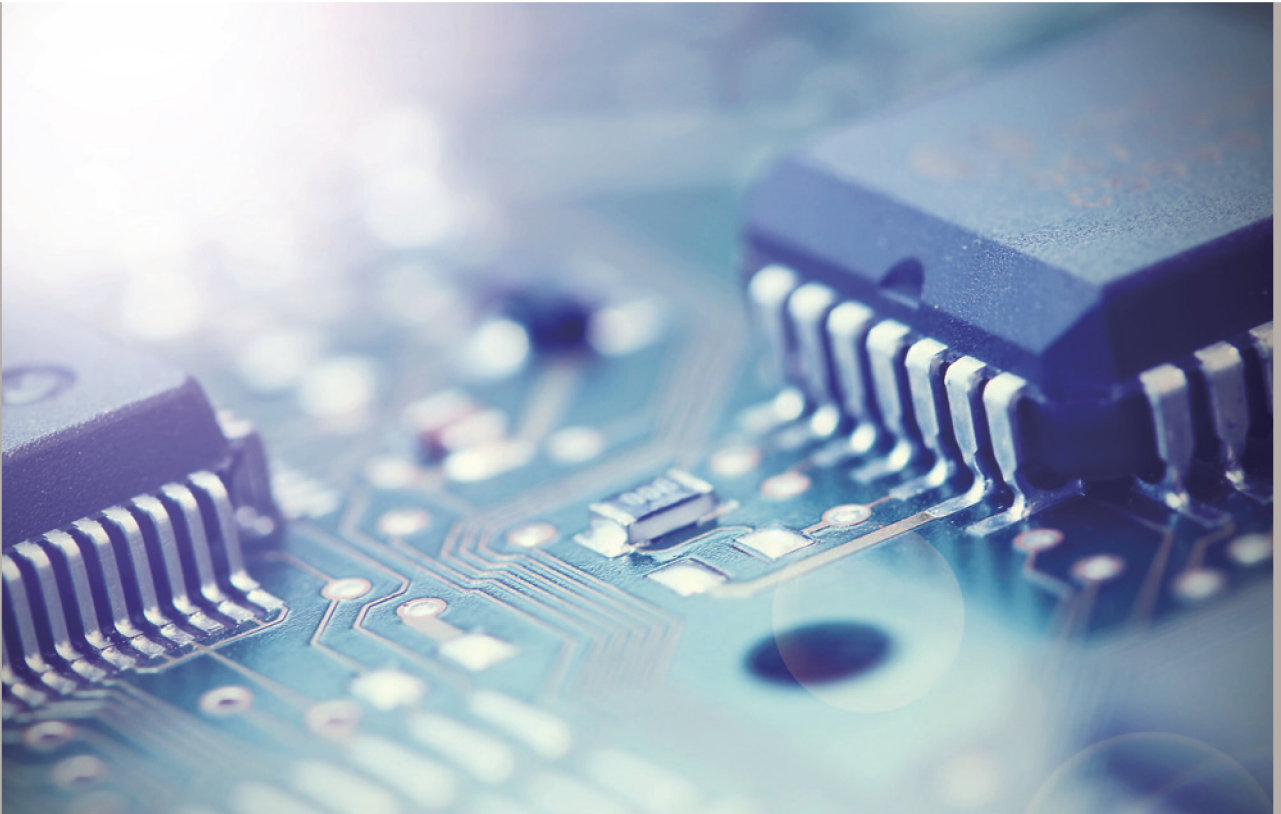
제조 과정에서는 현재의 폴리머뿐만 아니라 금속재료까지 포함된 3D 프린팅 비중이 높아질 것으로 예상된다. 이미 일부 분야에서 3D 프린터가 사용되고 있지만 아직은 활용도가 매우 제한적이고 단일재료 위주의 작업이 이루어지고 있다. 그러나 향후에는 이종 재료의 결합이 가능해지고 각 모듈 공정에서 매우 중요한 공정 요소로 자리 잡게 될 것이다. 그 외에도 Big Data, 신재생 에너지, Bio 에너지, Wearable 기기 등의 사용이 확대될 것이고 원거리 수송 분야에서는 무인비행기, 무인자동차 등의 본격적인 상용화가 기대된다. 물론 대부분의 설비가 현재의 고정식에서 이동식으로 바뀌게 되므로 이차전지 시장의 확대도 필연적이다.

Industry 4.0 시대가 추구하는 새로운 생산 방식을 구현하기 위해 다양한 기술과 제품이 요구되지만 이러한 요소들을 구성하는 핵심부품은 결국 반도체일 수밖에 없다.

〈표2〉 부문별 성장 가능성이 높은 분야 및 업종

	Production (생산)	Logistics (물류)	Service (2, 3차 서비스)
Perception (인지)	Sensor / Optics / Bio-Chip Analog Semiconductor	Sensor	Sensor / Optics / Bio-Chip Analog Semiconductor / Wearable Device
Communication (통신)	IoT / RFID / Beacon NFC / Bluetooth	IoT / RFID Beacon / GPS	IoT / GPS
Mobility (이동)	Smart Cart / Robot	Dron / Self-Driving-Car Magnetic-Levitation-Train	
Analysis (분석)	IE (Industrial Engineering)	ITS (Intelligent Transport System)	Big Data / SSD / ADC
Energy (동력)	Solar Panel / Wind-Mill ESS / Smart-Grid	Solar Panel / Fuel Cell Ion Battery / Battery Charger	Bio-Battery / Solar Panel
Manufacturing (제조, 공작)	3D Printing (Polymer/Metal)		

자료 : 하나금융경영연구소



산업 패러다임의 변화: 생산과 서비스의 융합

IoT 활용이 확대됨에 따라 제조·판매 이후 다양한 비즈니스 연계가 가능해진다. 즉, IoT 기능을 탑재한 제품들이 출하²⁾됨에 따라 제품 판매 이후 소비자들의 사용 단계에서 다양한 데이터를 수집할 수 있으며 이를 활용한 후속 비즈니스 모델 구축이 가능해지는 것이다. 제품에 부착된 각종 센서를 통해 사용자의 취향과 특성을 파악할 수 있는 다양한 정보를 수집할 수 있으며 Big Data 분석을 통해 고객맞춤형(Customized) 상품 설계가 가능하다.

연계 비즈니스는 크게 소비자의 사용 패턴 분석을 통해 맞춤형 동종 제품을 제작·판매하는 Reproduction과 이종 제품이나 무형의 서비스와 연계되는 Hetero-Collaboration을 들 수 있다. 복합 비즈니스 모델이 가능한 대표적인 제품으로는 자

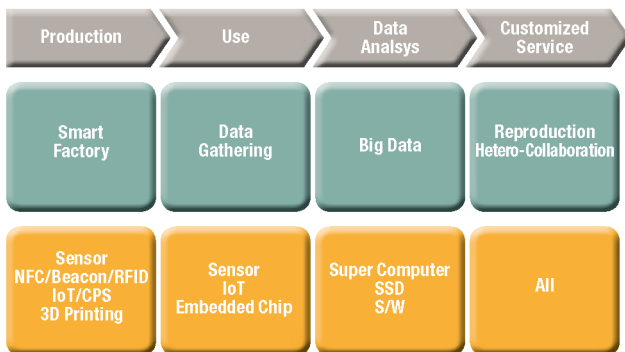
동차를 들 수 있다. 우선 소비자의 운전 습관, 정비 이력, 주행 루트 등을 분석함으로써 특성화된 자동차 보험 상품 개발이 가능하다. 또한 핸들과 시트, 전방 유리 등에 각종 센서를 부착해 체온, 맥박, 동공 상태 등을 수집할 경우 간단한 건강 진단이 가능하며 필요 시 병원 예약 등 의로서비스로 연결할 수도 있다.

뿐만 아니라 A/V, 전동시트, 쉐어링, 트렁크 등 운전자가 주로 사용하는 기능을 파악해 특정 기능을 강화한 신제품을 판매하거나 문화공연 등 연계 상품 판매로 유인하는 것도 가능하다. 그 밖에도 GPS를 활용한 행선지 분석을 통해 사용자의 흥미를 끌 수 있는 여행상품을 소개하거나 골프, 수영, 스키, 낚시 등 레저 활동용 장비 혹은 회원권, 입장권 등 관련 상품을 판매하는 비즈니스 모델도 가능하다.

2) Smart Factory가 일상화됨에 따라 생산 단계에서 이미 모든 제품은 IoT를 부착한 상태



〈그림3〉 새로운 패러다임에서의 생산과 서비스 활동




자료 : 하나금융경영연구소

이종 산업 간의 결합 증가로 산업-기업 간의 Hierarchy 붕괴

Industry 3.0 시대에는 각 기업들이 생산하는 제품이나 제공하는 서비스가 명확했고 공통적인 활동을 영위하는 기업들을 묶어 산업이라는 이름으로 분류하는 것이 가능했다(그림4 a). 즉, 산업간 경계가 뚜렷하고 산업에 속한 기업 목록을 작성할 수 있었다. 그러나 Industry 4.0 시대에는 산업 간의 경계가 무너지고 심지어는 생산과 서비스가 결합됨에 따라 각각의 기업이 속한 산업을 특정 지을 수 없게 된다(그림4 b).

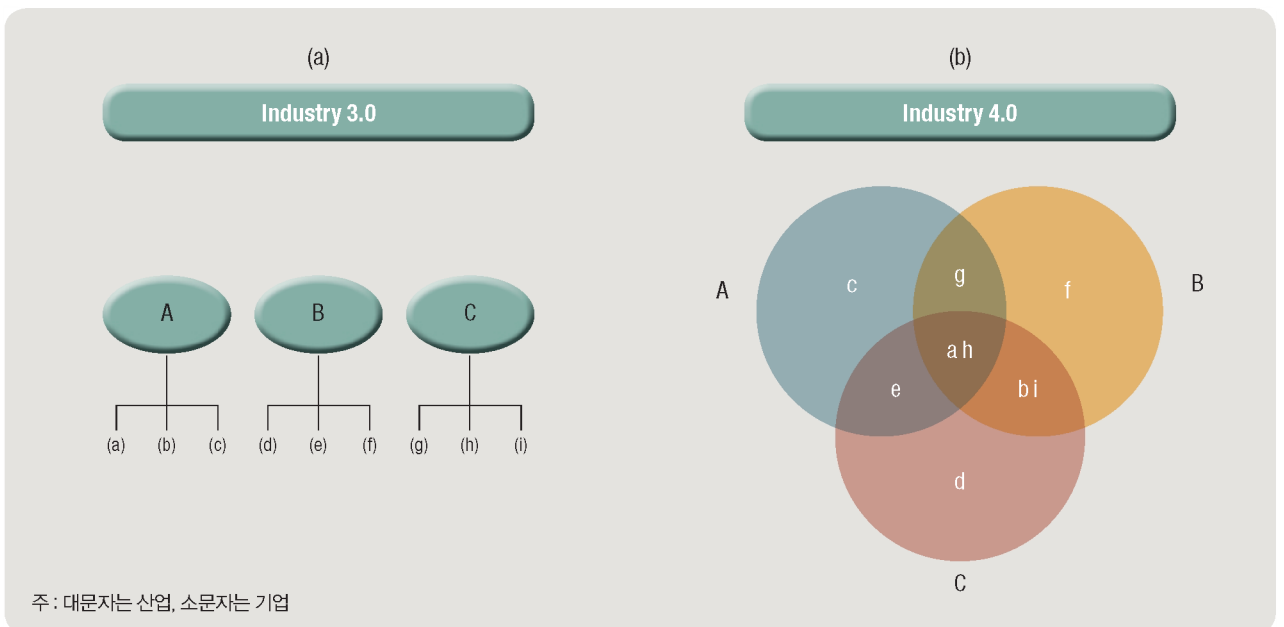
산업간 중복되는 영역이 커지고 기업들이 속한 산업이 불명확해짐에 따라 신용평가사나 은행 등 금융권에서 현재 사용 중인 신용평가 방식 역시 바뀌어야 한다. 산업과 기업을 규정하던 틀이 무너짐에 따라 산업별 업황과 리스크요인을 고려해 등급을 산정하고 그것을 기업에 적용하던 현재의 평가 방법은

더 이상 유효하지 않기 때문이다. Industry 4.0 시대에는 하나의 기업이 제조, 유통, 의료, 레저, 금융의 성격을 동시에 지닐 수 있으므로 새로운 패러다임에 맞는 신용평가 모델을 개발해야 한다.

산업과 기업 간의 Hierarchy가 붕괴하고 제조업과 서비스업의 구분이 모호해짐에 따라 새로운 변화에 빠르게 적응하는 기업과 그렇지 못한 기업 사이에 성패가 갈릴 수 있다. 명문화된 규정이 있는 것은 아니지만 굴뚝산업, IT산업, 서비스업, 콘텐츠산업 등 업종 특성에 따라 조직 형태와 의사결정 구조, 인력 배치 등 경영방식의 차이가 엄연히 존재한다. 만약 기업이 제공하는 재화(유무형 모두 포함)의 성격이 바뀌었음에도 기존의 경영방식을 고수한다면 그 기업의 성공 가능성은 당연히 낮다. 따라서 기업의 경영자들은 Industry 4.0 시대의 특성을 파악하고 새로운 비즈니스 모델을 찾아야 하며 새로운 비즈니스 모델에 적합한 조직문화와 경영방식을 도입해야 할 것이다. 



〈그림4〉 산업과 기업 간의 Hierarchy 붕괴



자료 : 하나금융경영연구소