

R&D 디지털화, 4차 산업혁명 시대의 R&D 혁신

김호인 수석연구원, 철강연구센터 (dotriz@posri.re.kr)

목차

1. R&D 디지털화, 왜 R&D 혁신의 Key인가?
2. R&D 디지털화의 가능성을 제시한 주요 사례
 - 1) SMS: 디지털 역량과 R&D 전문역량간 융합
 - 2) BASF: 머신러닝 기반 문헌탐색
 - 3) Hitachi: 인공지능 기반의 CPS 구축 플랫폼
3. R&D 디지털화가 가져올 디지털 R&D의 모습

Executive Summary

- 4차 산업혁명을 주도하는 인공지능 및 Big Data 기술은 R&D 디지털화를 촉진하면서 R&D 생산성을 혁신할 수 있는 유망한 수단으로 부상
- R&D 디지털화에 중요한 의미를 갖는 상징적인 3가지 사례를 선정하여 각 사례가 주는 시사점과 파급효과를 전망
 - 1) SMS의 Data Scientist와 협업을 통한 철강 연주공정 Crack 예방
 - SMS는 전 세계 Data Scientist를 초청하여 연주공정의 Data를 제공하고 Crack 발생 예측 모델 개발을 요청하는 이벤트 개최
 - 참가한 Data Scientist들은 철강 연주공정에 대한 경험이 없었지만 6주 후에 2개 팀이 SMS 엔지니어들도 풀지 못한 이슈를 해결하는 성과를 창출
 - R&D 디지털화가 갖고 있는 혁신의 잠재성을 가시적으로 확인해 준 사례로 많은 기업이 R&D 전문가와 디지털 전문가 간 협업을 추진할 전망
 - 2) BASF의 머신러닝 기반 연구주제 관련 문헌탐색
 - 옥수수의 내성 개선 박테리아를 효과적으로 탐색하기 위해 연구팀은 머신러닝 문헌탐색 기법을 활용하여 기존 연구문헌을 탐색
 - 수십만 건의 내외부 관련 문헌 중에서 연구주제와 관련이 높은 38건의 문헌을 찾아냄으로써 빠른 시간에 원하는 박테리아 발견에 성공
 - 머신러닝 기반 문헌탐색 기법은 연구현황을 빠르게 파악하는 것은 물론 Domain 간 지식 융합에도 크게 기여할 전망
 - 3) Hitachi의 인공지능을 활용한 Data 기반 CPS 구축 Framework 개발
 - CPS는 물리적인 실험 공간을 사이버 공간에 재현함으로써 R&D 생산성을 혁신할 수 있는 Tool이지만 실재를 정확하게 재현하는 모델 개발이 큰 난제
 - 머신러닝과 강화학습을 적용하여 Domain Knowledge에 기반한 모델 개발 없이 실험 Data만으로 정확한 모델을 유추하는 CPS 구축 플랫폼 'H'를 개발
 - CPS 활용의 큰 걸림돌이었던 모델 개발이 가능해짐에 따라 CPS가 R&D 생산성 향상을 위한 혁신 Tool로 보편화될 전망
- R&D 디지털화는 기존의 R&D 관리 체계를 바꾸고 커다란 혁신을 가져올 것
 - R&D는 핵심 경쟁우위를 창출하는 원천이지만 상당한 자본과 시간이 소요되고 그 성과를 예측하기 힘들어 기업들은 효과적인 관리를 위해 많은 노력 집중
 - R&D 디지털화는 기존 R&D 수행 기간을 단축하고 불확실성을 해소하면서 과거와는 다른 수준의 R&D 성과향상을 가져올 것
 - R&D 관리의 초점 또한 Domain 전문가 육성과 효과적인 R&D 실행 관리에서 디지털 역량과 Domain 전문역량간 융합, 초기 연구주제 탐색으로 옮겨갈 것

1. R&D 디지털화, 왜 R&D 혁신의 Key인가?

- R&D 디지털화는 4차 산업혁명을 주도하는 인공지능 및 Big Data 등 최신 디지털 기법을 적용하여 R&D 생산성을 제고하는 모든 혁신을 통칭
 - 인공지능, Big Data 기술은 전통적인 R&D 체계 전반에 걸쳐 다양한 방식으로 혁신의 기회를 제공
- R&D 디지털화로 연구주제와 관련이 높은 문헌을 초기에 빠르게 탐색할 수 있게 되면서 연구과제의 성공 가능성이 큰 폭으로 향상
 - 물리적, 시간적 제약 때문에 축적된 연구 자산 중 극히 일부만 활용 가능하였으나 머신러닝 기반 문헌탐색 기술을 도입함으로써 빠른 시간 안에 관련성이 높은 연구 문헌을 탐색하고 내용을 요약할 수 있게 됨
- R&D 디지털화로 R&D 실행단계의 강력한 Tool로 알려진 CPS¹의 범용화가 가능해져 R&D 실행 기간이 대폭 단축될 것으로 기대
 - CPS는 실제 시스템을 가상 공간에 똑같이 구현함으로써 실험을 하지 않고도 계산만으로 최적 조건을 찾을 수 있기 때문에 R&D 생산성을 높일 수 있는 가장 강력한 도구
 - 화학 및 제약산업에서는 CPS를 활용해 최적 분자구조를 파악함으로써 수백만 가지의 후보 신물질을 실제 합성하고 Test하는 과정 없이 단기간에 신물질 개발 성공
 - 신물질 개발을 위한 CPS에서는 수많은 천재 물리학자들이 정립한 양자역학 모델을 활용할 수 있었으나 일반 제조업에서는 현실 실험 Set를 정확하게 가상 공간에 재현하는 모델 개발 난관으로 활용에 한계를 보이고 있음
 - 그러나 머신러닝과 강화학습을 적용할 경우 Domain Knowledge에 기반한 정교한 모델이 없어도 충분한 실험 Data만 주어진다면 신뢰성 높은 모델을 제안함으로써 CPS 구축이 가능
- R&D 디지털화는 제한적으로 이뤄지던 서로 다른 Domain 간 기술 융합을 촉진할 전망
 - R&D 디지털화로 Domain Knowledge에 대한 진입 장벽이 낮아져 타 Domain에 대한 접근이 용이해질 전망
 - 머신러닝 기반 문헌탐색은 관련 있는 서로 다른 Domain의 전문가와 지식 자산을 쉽게 연결할 수 있는 수단을 제공

¹ Cyber Physical System, 물리적으로 실재하는 System을 컴퓨터 공간에서 똑같이 구현하는 것

2. R&D 디지털화의 가능성을 제시한 주요 사례

□ R&D 디지털화 확산에 중요한 의미를 갖는 상징적인 3가지 사례를 선정하여 각 사례가 주는 시사점과 파급효과를 전망

1) SMS: 디지털 역량과 R&D 전문 역량간 융합



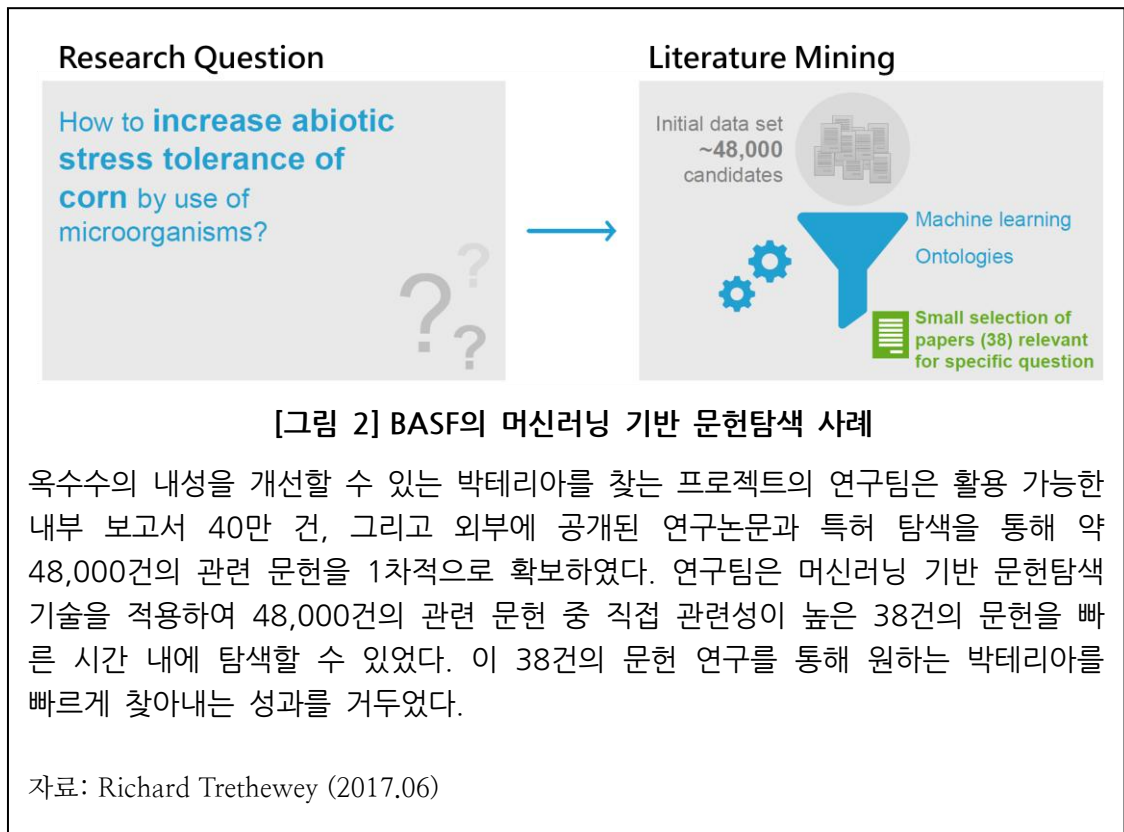
[그림1] SMS Data Challenge의 입상자

SMS는 전 세계의 Data Scientist들을 초청하여 철강공정 Data 해석을 경연하는 'SMS Data Challenge' 이벤트를 개최하였다. 참가자들에게 연주공정 Data를 제공하고 연주 Crack 발생을 예측할 수 있는 모델을 개발하도록 한 행사였다. 약 100여 명의 Data Scientist들이 이 대회에 참가하였는데 대부분 철강 공정 경험이 없는 비 전문가들이었다. 6주간의 비교적 짧은 모델개발 시간이 주어졌음에도 5개 팀이 괄목할 만한 성과를 거두었다. 1등을 차지한 독일의 Florian Borchert은 머신러닝을 적용하여 SMS가 그동안 인지하지 못하고 있던 주요 변수 간 인과관계를 밝혀내어 Crack 발생을 효과적으로 예측할 수 있었다.

자료: SMS digital, January, 2017

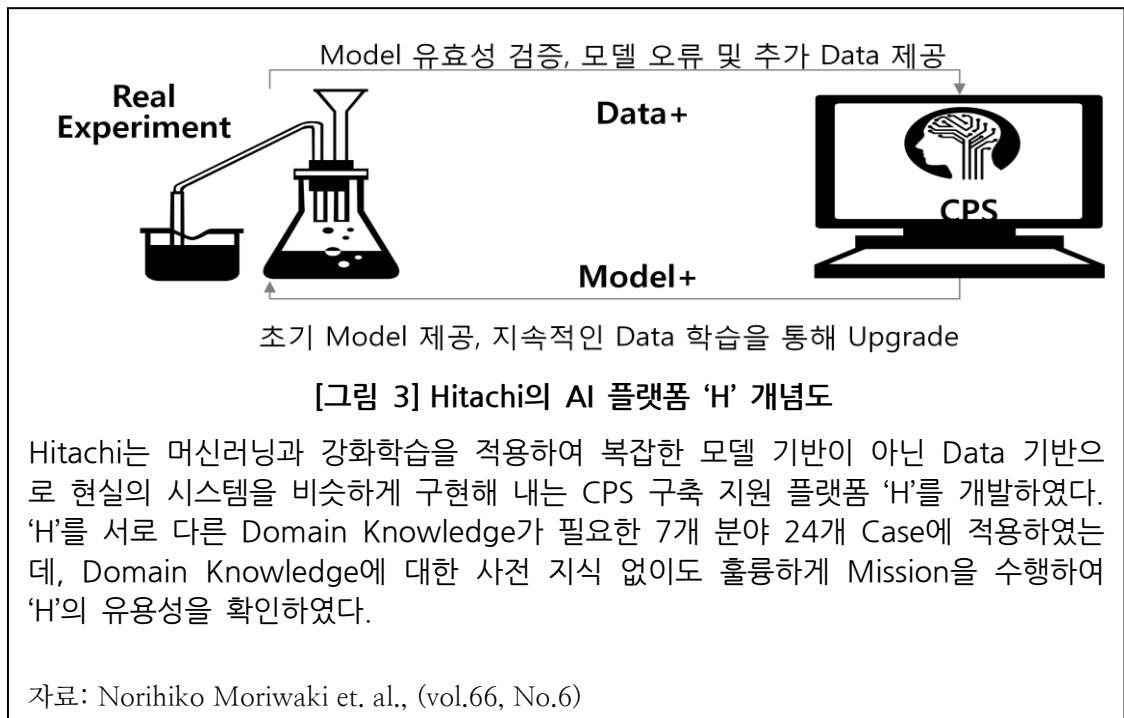
- 디지털 역량 전문가와 R&D 엔지니어 간 파일럿 협업이 괄목할 만한 성과를 창출하면서 R&D 디지털화의 잠재적 가치를 확인
 - SMS 외에도 많은 기업이 내부 경험을 통해 디지털 역량 전문가와 기존 R&D 엔지니어 간 협업 성과를 확인
- R&D 디지털화에 따라 Domain Knowledge의 장벽이 낮아지고 있으며, 디지털 Tool이 보편화되면서 디지털과 Domain Knowledge간 융합은 가속화될 전망
 - 인공지능 및 Big Data 기술을 적용함으로써 Domain Knowledge에 의존하지 않고도 해당 시스템의 변수 간 인과관계를 파악하고 운영 모델 개발 가능
 - SMS 사례에서 Data Scientist들은 깊은 Domain Knowledge가 없어도 6주 만에 기존 엔지니어들이 풀지 못한 이슈를 해결
 - 일부 기업에서는 엔지니어들의 인공지능 활용을 장려하기 위해 프로그래밍 없이 인공지능 Tool을 활용할 수 있도록 App을 개발하여 배포

2) BASF: 머신러닝 기반 문헌탐색



- R&D 초기 단계에 연구주제와 관련이 높은 선행 연구자산을 빠르게 탐색함으로써 연구과제 성공 가능성을 비약적으로 개선
 - 선행연구 자료를 충분히 파악하면 최신 기술수준과 경합 기술, 상업화 관련 기술적 이슈를 파악할 수 있기 때문에 시행 착오를 대폭 줄일 수 있음
 - 그러나 시간 제약으로 선행연구를 충분히 파악하지 못하고 초기에 탐색한 한정된 문헌과 해당 엔지니어의 전문 Domain을 기반으로 R&D 수행 Framework를 설정하는 것이 일반적
- 문헌탐색 기술은 효과적인 R&D 수행 Framework 설정뿐만 아니라 연구주제 관련 아이디어 탐색과 Domain 간 융합을 촉진할 전망
 - 머신러닝에 기반한 Ontology 기술로 문헌의 연구내용을 컴퓨터가 이해할 수 있도록 지원함으로써 연구주제와 관련이 높은 선행연구 문헌을 빠른 시간 내에 탐색하는 것이 가능해짐
 - 문헌탐색에 머신러닝을 적용하면 탐색 분야를 대폭 확대함으로써 타 Domain의 관련 연구로부터 아이디어를 쉽게 구할 수 있고, 이는 자연스럽게 Domain 간 융합을 촉진

3) Hitachi: 인공지능 기반의 CPS 구축 플랫폼



- 머신러닝과 강화학습이 CPS 구축에 적용되면서 일반 제조업에 CPS 적용을 가로막던 걸림돌이 해소
 - CPS 구축의 가장 큰 걸림돌은 실제 시스템을 가상 공간에 구현하기 위한 정교한 모델을 개발하는 작업이 매우 어렵다는 것
 - 화학, 제약 산업에서 CPS를 적용할 수 있었던 것은 원자, 분자의 거동을 예측할 수 있는 양자역학 모델을 적용할 수 있었고 양자역학 모델 운영에 필요한 컴퓨팅 파워를 지원할 수 있는 자본을 보유했기 때문
 - 머신러닝과 강화학습을 적용하면 Domain Knowledge에 기반한 초기 모델이 없어도 실험 Data만 주어진다면 변수 간 인과관계를 파악하여 CPS 구축에 필요한 모델을 제안할 수 있고, 지속적 Data Update를 통해 모델 보완 가능
- CPS는 R&D 디지털화의 핵심 Tool로 전통적인 R&D 수행체계가 CPS 기반으로 빠르게 전환될 전망
 - 기존 R&D 체계에서는 실험 Lab.을 구축하고 다양한 조건에서 실제 실험을 실시하고 분석하는 데 소요되는 긴 시간이 생산성 향상의 가장 큰 걸림돌로 작용
 - 물리적인 실험 Lab.을 CPS를 통해 가상 공간에 구축할 수 있다면 빠른 시간 내에 Test 가능한 모든 조건의 실험을 시행할 수 있기 때문에 R&D 생산성이 비약적으로 개선
 - 화학, 제약 산업의 경우 CPS를 활용해 수만 개에서 수억 개에 달하는 후보 물질을 컴퓨터상에서 개발하고 Test함으로써 신물질 개발 속도를 비약적으로 향상시킴

3. R&D 디지털화가 가져올 디지털 R&D의 모습

- R&D 디지털화는 기존 R&D 수행기간을 큰 폭으로 단축하고 R&D 성과의 불확실성을 해소하면서 R&D의 큰 성과혁신을 가져올 것
 - R&D는 기업의 핵심 경쟁우위를 창출하는 원천이지만 상당한 자본과 시간이 소요되고 그 성과를 예측하기도 힘들어 기업들은 효과적인 관리를 위해 고심
 - Open Innovation, R&D의 Research 효율을 개선하기 위한 X&D, 신제품 개발을 위한 Toll-Gate 관리 방법론 등이 이러한 고심의 산물들
 - 머신러닝 기반 연구문헌 탐색은 초기 연구주제 관련 연구방향 설정의 시행 착오를 대폭 줄여주고 CPS는 보통 수년씩 소요되는 R&D 수행기간을 큰 폭으로 단축
- 기존 R&D 관리가 효과적인 R&D 수행 관리에 집중하였다면 디지털 R&D는 R&D 초기 Framework 설정에 집중할 전망
 - 기존의 R&D 체계에서는 물리적인 Lab 구성과 수 많은 실험에 가장 많은 시간과 자본이 소요되었기 때문에 자연스럽게 R&D 실행 단계의 관리에 집중
 - 디지털 R&D는 초기에 문헌 탐색을 통해 시행착오를 줄이고 문제 해결을 위한 새로운 아이디어를 다양한 소스를 통해 탐색할 수 있기 때문에 초기 연구 Framework을 올바르게 설정하는 것이 연구 성과와 직결
 - CPS를 구축하면 R&D 수행 기간을 대폭 줄일 수 있기 때문에 R&D 관리를 R&D 초기 Framework 설정 단계에 집중하는 것이 바람직
- Domain Knowledge에 대한 장벽이 낮아지면서 Digital 역량과의 효과적인 융합, 서로 다른 Domain간 융합이 촉진될 전망
 - SMS 사례 및 Hitachi의 플랫폼 'H'에서 보듯이 인공지능은 Domain Knowledge에 대한 지식이 없어도 해당 Domain에 쉽게 접근할 수 있도록 지원
 - 기존 Domain 전문역량과 디지털 역량간 융합을 통해 다양한 분야에서 새로운 혁신이 일어나면서 기업들은 R&D에 디지털 역량을 융합하기 위해 노력 중
 - 서로 다른 Domain간 즉 학제간 연구가 새로운 혁신의 씨앗이라는 것을 알면서도 Domain Knowledge 장벽 때문에 쉽지 않았는데 디지털 역량이 이 장벽을 낮추면서 Domain간 융합도 빠르게 촉진될 전망

이 자료에 나타난 내용은 포스코경영연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.

[참고자료]

[보고서/논문]

Nils Naujok et. al., “Research and Development 4.0”, PwC Strategy&, May 2016

Sastry Chilukuri et. al., “Digital in R&D: the \$100 billion opportunity”, McKinsey&Company, 2017

Nicole Faust Cohen et. al., “Digital’s transformative power across R&D: keeping pace with stakeholder expectations”, Accenture, 2016

“Data science meets steel: data scientists develop algorithms to improve defect detection in steel casting”, SMS digital, January, 2017

“Smart steel plant’, SMS group Newsletter, Issue 01, 2017

Richard Trethewey, “Enabling daily R&D work with digital tools”, BASF R&D Roundtable, June 2017

Martin Brudermuller, “BASF innovation approach - digitalization in R&D”, BASF R&D Roundtable, June 2017

Norihiko Moriwaki et. al., “Achieving general-purpose AI that can learn and make decisions for itself”, Hitachi Review, Vol. 65, No.6

Norihiko Moriwaki et. al., “R&D strategy for using AI and analytics to accelerate system evolution”, Hitachi Review, Vol. 66, No.6

Hamid Mirzaei Buini et. al., “Adaptive embedded control of cyber-physical systems using reinforcement learning”, IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications, 2017

[홈페이지]

SMS Group (<https://www.sms-group.com/>)

SMS digital GmbH (<https://sms-digital.com>)

Etventure (<https://www.etventure.de/>)