

4차 산업혁명시대의 산업안전혁신시스템

Innovation Systems for Industrial Safety in 4th Industrial Evolution

서용윤(Yongyoon Suh)*, 이상훈(Sanghoon Lee)**

논문 요약

산업이 고도화되고 기술발전이 가속화되고 있지만, 생산현장에서의 사고와 재해는 아직까지도 지속적으로 발생하고 있다. 이는 시스템의 대규모화, 복잡화, 다양화 등에 따라 나타나는 불안정한 상태(unsafe condition)와 근로자의 안전불감증, 낮은 학습효과, 안전문화 비활성화 등을 포함하는 불안정한 행동(unsafe behavior)에 기인한다. 최근 4차 산업혁명이 대두되면서, 인간과 기계 시스템 사이의 상호작용이 활발해지고, 데이터 가용성과 알고리즘 우수성이 확보되면서, 산업현장에서 시스템과 공정안전을 위해 최신 기술을 활용하려는 시도가 시작되고 있다. 궁극적으로는, 품질 관리, 고장분석, 작업환경관리, 보건관리 등 생산관리의 다양한 범위에 새로운 산업안전혁신을 가져올 것으로 기대된다. 본 논문에서는 사물인터넷, 드론, 인공지능 등 4차 산업혁명 시대의 하드웨어와 소프트웨어의 결합의 사례를 통해 안전한 생산현장은 물론 신뢰성할 수 있는 공공 및 사회를 위한 지능형 시스템 구축의 필요성을 제시하고자 한다.

Keyword : 산업안전, 4차 산업혁명, 산업안전혁신, 지능형 시스템

감사의 글 : 이 성과는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017R1C1B50515787)

* 부경대학교 안전공학과 조교수, ysuh@pknu.ac.kr, 051-629-6467

** 부산과학기술기획평가원(BISTEP) 선임연구원, leesh@bistep.re.kr, 051-795-5016

I. 서론

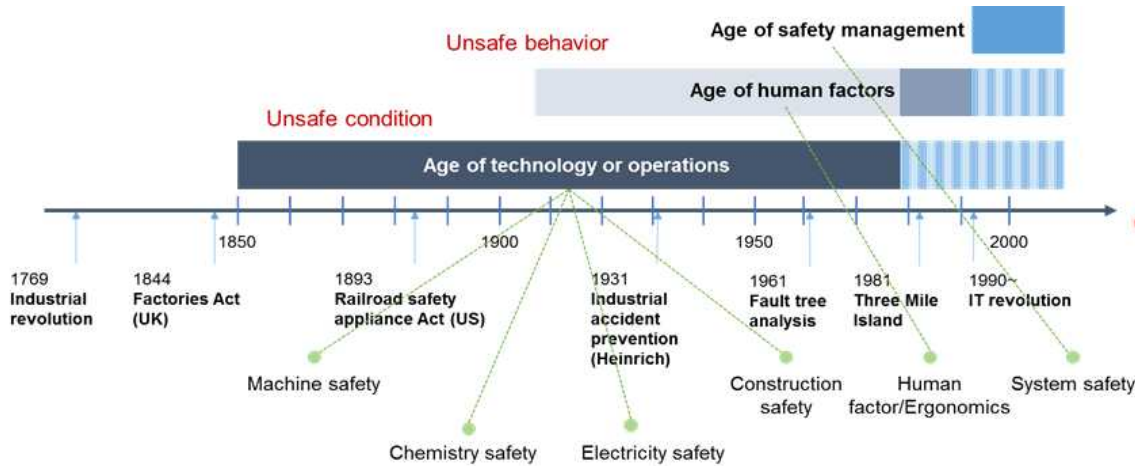
산업혁명은 인간에게 삶의 편리와 다양한 효용을 가져오면서, 경제적·사회적으로 인간의 삶은 크게 진보하였다. 기술과 시스템 혁신을 통해 생산현장의 효율성을 높이고, 편리한 공공·사회 서비스를 제공하게 된 것이다. 그러나 이와 같은 혁신의 순기능은 시스템의 대규모화와 복잡화를 야기하면서 산업재해 역시 큰 폭으로 증가하게 되었다 (Suh, 2017). 특히, 1900년대 초 대량생산체제와 함께 대규모 공장의 건설과 인구 수의 증가에 따라 고 건물 건설 수요가 증가하면서 중대재해가 크게 증가하였다. 또한, 중화학 공업의 발전과 함께 유해위험물질로 인한 산업재해도 진보한 산업사회에서 반드시 관리해야할 요소로 떠올랐다. 비록 산업화의 정도가 고도화됨에 따라 산업안전혁신도 같이 이루어져 산업재해는 증가와 감소를 반복하였지만, 아직까지도 산업재해는 끊이지 않고 일어나고 있다 (Hollnagel, 2014).

산업혁명과 산업안전은 일정한 주기로 서로 영향을 받는다는 점에서, 4차 산업혁명에서의 혁신적인 안전기술과 관리 시스템의 개발은 미래 산업재해예방에 반드시 필요하다. 실제로, 센서기술과 데이터 분석 알고리즘을 활용한 고장예측, 신뢰성 설계, 근로자 모니터링 등이 시범적으로 활발히 연구개발되고 있다. 사물인터넷, 드론, 모바일, 클라우드 등 4차 산업혁명의 핵심기술들을 산업현장에 적용하여, 보다 신뢰성 높고 안전한 생산현장 및 시스템의 구축을 시도하고 있다. 따라서 본 연구에서는 산업안전혁신에 대한 학계의 새로운 관심과 집중을 위해, 산업안전의 기본발전 역사와 함께 산업안전을 위한 기술혁신의 영향과 도입 가능성을 제시하고자 한다.

II. 산업안전 역사

산업안전은 [그림 1]과 같이 크게 3세대로 구분하여 설명가능하다. 기본적으로 산업안전은 증기기관이 개발되면서 가내수공업을 벗어난 공장제가 산업을 주도하면서 발생한 1차 산업혁명에서 시작하였다. 과거 소량의 생산체제에서 발생하지 않았던 사고나 재해가, 대량생산이 가능한 공장제로 발전하면서 그 수가 증가하였기 때문이다. 특히, 1900년대 초 헨리 포드(Henry Ford)가 공정 및 조립 기반의 대량생산체제를 수립하면서부터, 산업안전에 대한 필요성은 공공과 민간에서 크게 부각되었다. 2차 산업혁명으로 인한 양산체제의 공장에서 청년뿐만 아니라 어린이, 유부녀까지 노동자로 작업을 시작하게 되면서, 기계설비나 전기감전, 화학물질 등의 위험요인(hazard)이 산업안전관리 대상으로 인지되었다. 이에 따라, 70년대까지 기술발전과 공정혁신이 고도화되면서 작업현장에서 발생할 수 있는 불안정한 기술적 요인과

상태(unsafe condition)를 지속적으로 관리하는 것이 중요하였다. 이와 같이 기술적 요인이 야기하는 불안전한 상태의 산업안전관리가 제1세대 안전관리 형태이다. 따라서 제1세대 안전관리는 기술수준의 향상과 안전기술의 지속적 개발을 주요 목적으로 하였다.



[그림 1] 산업안전의 역사(Hale & Hovden, 1998을 수정)

그러나 기술수준의 향상은 곧 설비조작의 어려움, 시스템의 복잡화, 작업환경 관리의 비효율화 등의 역기능 문제를 불러일으켰다. 설비가 고도화되면서 작업자가 조작법(manual) 없이는 활용하기 어렵거나, 배우기까지 오랜 시간이 걸리는 문제가 발생하기 시작한 것이다. 또한, 생산현장 자체가 대규모화되면서 근로자가 관리할 요소들이 많아진 것도 안전관리의 어려움으로 작용하였다. 이와 같이 기술 자체의 문제 혹은 작업환경의 변화를 인간이 따라가지 못함으로써 발생하는 불안정한 행동(unsafe behavior)이 제2세대 안전관리의 주요 문제점으로 인식되었다. 체르노빌 발전소의 경우도 기술적 보완점을 근로자가 제대로 인지하지 못해 발생한 중대재해로 판단되고 있다. 따라서 제2세대 안전관리는 휴먼에러(human error), 안전심리학, 안전관리교육 등 근로자의 능력에 초점을 맞추어 1970~80년대에 “인간공학(ergonomics)”이라는 학문으로 주로 수행되었다.

이 후에는 불안정한 상태와 행동을 모두 조직적이고 체계적으로 관리하기 위한 시스템 차원의 안전관리 방안이 제3세대 안전관리로 떠올랐다. 정보통신기술의 발전으로 정보공유, 생산 자동화, 프로세스 관리 등이 시스템 차원에서 관리되면서, 시스템 기반의 안전관리가 시작되었다. 현재까지 이어지고 있는 이 시스템 안전은 기존의 기술적 문제를 보완하고, 근로자 작업을 보조하면서 사고나 재해를 크게 감소하는데 기여하였다.

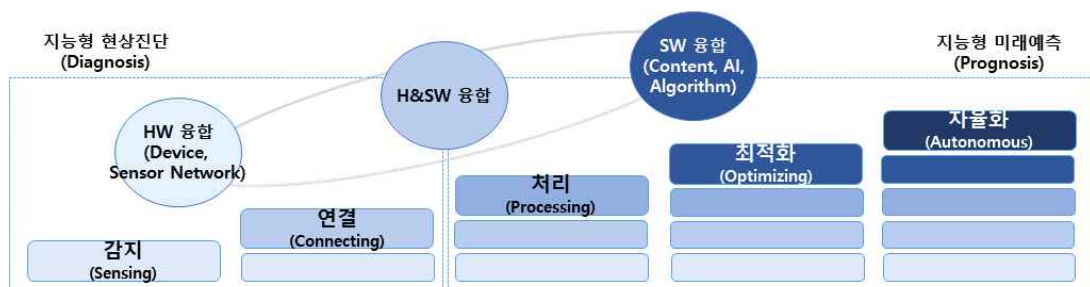
이와 같은 산업안전의 기술적, 관리적 혁신에도 불구하고, 아직까지 사고나 재해를 예측하여 위험을 방지하는 미래지향적 기술은 개발되고 있지 않다. 사고나 재해

의 원인을 조사하여 사고의 재발방지나 유사재해를 방지하고는 있지만, 예방차원의 관리적 개념이라거나 방법론 차원의 예방조치는 시스템에 도입되지 않고 있다. 최근 4차 산업혁명 시대는 이와 같은 자율화와 지능화에 기반한 예측 및 추정 알고리즘 개발에 집중하고 있다. 따라서 미래의 산업안전혁신에 있어서 4차 산업혁명시대의 기술도입이 공공과 산업계에서 크게 주목을 받고 있으며, 향후 학계와 산업계의 긴밀한 협업이 반드시 필요하다.

III. 산업안전혁신시스템

4차 산업혁명의 정의가 아직까지 제대로 합의점을 이루지 못했지만, 그 핵심은 인공지능, 지능정보 등으로 대표되는 “지능화”로 많은 부분 동의하고 있는 추세이다. 스스로 감지-기록-처리-행동을 가능하도록 하는 데이터 기반의 자율화 처리 시스템으로 보다 구체화도 가능하다. [그림 2]는 4차 산업혁명시대의 혁신시스템을 위한 지능화의 5 단계를 효과적으로 설명하고 있다. 산업안전혁신시스템 역시 이와 같이 5단계에 기인하여 하드웨어와 소프트웨어의 융합을 효과적으로 구축해야 한다.

우선적으로 하드웨어 단계의 혁신기술은 사물인터넷이나 드론과 같이 현재의 상태를 감지하고 정보를 통합하는 센서와 네트워크 기반의 지능형 현상진단(diagnosis)을 산업안전혁신의 1단계 목표로 설정해야 한다. 기본적으로 지능화의 시작은 데이터와 정보의 입력으로부터 시작된다. 데이터를 어느 정도의 시간간격 또는 어느 공간에서 수집할지에 대한 의사결정부터 산업안전혁신시스템이 시작된다. 현재 우리나라에서도 빅데이터의 필요성에 따라 데이터의 개방화·공공화 등을 정부차원에서 유도하고 있으며, 이를 효과적으로 활용할 지능형 시스템의 개발을 촉진하고 있다.



[그림 2] 4차 산업혁명시대의 지능형 시스템 수준과 구성(Porter & Heppelmann, 2014를 수정)

이와 같은 활용방법의 개발이 미래 4차 산업혁명의 핵심인 소프트웨어 융합과정이다. 단순히 데이터를 처리하던 시스템을 벗어나, 최적화(optimization), 확률추정

(stochastic), 베이저안(Bayesian), 몬테카를로 알고리즘 등 다양한 수학적·시뮬레이션·경험적 알고리즘을 활용하여 시스템에서 스스로 의사결정을 하는 자율화 단계까지를 목표로 하고 있다. 흔히 강한 인공지능이라 말하는 단계로, 미래 지능형 미래예측(prognosis)과 행동을 동시에 수행하는 시스템의 구축인 것이다. 산업안전혁신시스템의 발전도 이와 같이 시스템에서 데이터의 감지에서부터 자율화된 의사결정까지를 신속하고 민첩하게 수행하는 방향으로 이루어져야 한다. 중대문제의 의사결정은 안전관리자가 산업안전혁신시스템의 지원으로 만들어지겠지만, 기계설비, 작업환경, 근로자 작업 등 일반적이고 규칙적인 부분(routine)들은 산업안전혁신시스템으로 운영될 수 있어야 한다. 이와 같은 진보를 통해야만 사고와 재해율을 낮추고 근로자의 안전한 작업환경을 유지할 수 있을 것이다.

IV. 결론

본 논문은 4차 산업혁명시대에서의 산업안전시스템의 발전가능성을 제시하였다. 일부 실제로 국가와 산업차원에서 시범적으로 이루어지고 있으며, 지능형 시스템을 도입하여 산업재해율을 낮추도록 유도하고 있다. 앞으로의 산업안전혁신은 위험요인을 무인화 시스템의 기계가 대신 감지하고, 많은 경험적 데이터를 활용하여 가능한 솔루션을 제시하는 서비스를 개발하는 방향으로 발전하리라 예측된다. 특히, 산업안전은 법적규제에 따라 산업계에서 반드시 구축해야할 시스템으로서, 굉장히 수요적인 분야이다. 따라서 학계와 연구소에서도 산업안전에 대한 관심을 높여, 기술혁신을 통한 경제적 향상과 같은 순기능 차원의 혁신뿐만 아니라 사고재해율 감소와 같은 역기능 차원의 혁신의 연구개발을 통해 효과적인 산-학-연 네트워크 구축이 필요하다고 고려된다.

참고 문헌

- Hale A.R. and Hovden J. (1998) "Management and Culture: The Third Age of Safety. Book Chapter 11: In Feyer A and Williamson A (1998) Occupational Injury: Risk, Prevention, and Intervention, pp. 129-165. Taylor & Francis, UK.
- Hollnagel, E. (2014), "Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management", Farnham, UK: Ashgate.
- Porter, M. and Heppelmann, J. (2014), "How Smart, Connected Products Are Transforming Competition", Harvard Business Review, November, 2014.
- Suh, Y. (2017), "Data Analytics for Social Risk Forecasting and Assessment of New Technology", Journal of the Korean Society of Safety, 32(3): 83-89.