

데이터 기반 엔지니어링을 통한 Digital Twin의 실현

김 홍 열 대표 / 오코텍코리아(유)
AKI@aucotec.com

1. 개요

독일의 Industrie 4.0으로부터 촉발된 스마트 제조를 향한 움직임은 최근 몇 년간 제조산업에 있어 하나의 뚜렷한 흐름을 형성하고 있다. 하지만 이제는 보편화 되어버린 제조 자동화와 차별성이 없는 사례가 스마트 제조의 사례로 소개 되거나 역시 보편화되어 있는 MES (Manufacturing Execution System)가 스마트 제조를 위한 솔루션의 전부인 것처럼 오해가 되는 등 혼선 역시 증가하고 있다. 물론 이러한 보편적인 기술들조차 도입되지 않았던 제조 현장에서는 이러한 기반 구축이 스마트 제조를 위한 시작일 수 있지만, 그 자체를 스마트 제조의 전부로 오해하는 것은 스마트 제조라는 거대한 흐름에서 자칫 도태될 수 있는 위험성을 가지게 된다.

스마트 제조에 대한 초보적인 오해도 문제지만, 스마트 제조가 갖는 지향점을 명확히 인식하고 목표를 설정한 경우에도 목표와 기반이 되는 인프라에 대한 인식

사이에 큰 괴리감이 존재하는 경우가 많다. 예를 들어 스마트 제조 키워드 중의 하나는 ‘Mass Customization’이다. Mass Customization은 기존의 다품종 소량 혹은 소품종 대량 제조 체계와 차별화되는 의미로, 다양한 소비자의 요구에 맞춘 사용자화 제품을 자동화 기반으로 대량 생산할 수 있는 이른바 ‘다품종 대량’ 제조 체계를 의미한다. 이러한 다품종 대량 제조 체계는 기업 이윤을 극대화하는 새롭고 이상적인 제조 체계인 것은 분명하지만, 하나의 만능 솔루션으로 이러한 제조 체계가 마술처럼 구축될 수는 없다. 이러한 제조 체계의 현실화를 위해서는 수주 단계에서부터 엔지니어링, 그리고 제조 단계까지의 전 생명주기에 대해 일관되고 통합된 정보의 관리, 즉 수주 정보와 엔지니어링 정보, 그리고 제조 정보의 단절 없는 통합 관리가 필요하다는 인식과 실현이 필수적인데 반해 그러한 관심은 부족한 것이 현실이다. 아쉽게도 특정 솔루션이 마술처럼 만들어 줄 수 있는 제조 체계가 아니라 정보화의 과정에서부터 전사 프로세스를 재정립하려는 혁신이 뒷받침되지 않는다면 실현이 어려운 목표인데 반해, 많은 기업에서는

데이터 기반 엔지니어링을 통한 Digital Twin의 실현

막연하게 이 모든 것을 한번에 해결해 줄 만능 솔루션만을 기대하는 경우가 드물지 않다. 스마트 제조의 또 다른 키워드 중 하나는 ‘디지털 트윈(Digital Twin)’이다. ‘Digital Twin’은 앞서 언급한 ‘Mass Customization’의 실현을 위해 필수적인 요소 중 하나인데 전통적으로 엔지니어링, 제작 및 설치, 검증, 제조, 유지보수로 이어지는 제조의 생명 주기를 혁신하여 이른바 ‘Front Loading’을 통한 엔지니어링 단계 이전의 사전 검증, 그리고 제조 운영 과정 중에 사전 검증된 결과와 실제 운영 결과의 비교를 통해 운영의 효율화와 유지보수 활동 등에 효율성을 가하기 위한 기술로 관심을 받고 있다. 하지만 이러한 ‘Digital Twin’의 구체화를 위해서는 물리적 객체를 표현하는 현장의 Big Data뿐 아니라 가상 객체를 표현하는 정교한 Model Data가 필요하다. 하지만 이러한 Model Data가 특정 솔루션에 의해 마술처럼 만들어지는 것이 아니라 엔지니어링 과정 중에 절차에 의해 만들어져야 하기 때문에 엔지니어링 과정과 연계되어 체계적으로 준비되어야 하는데, 그러한 인식을 가지지 못하는 경우가 드물지 않다.

사실 엔지니어링 프로세스 구축과 그 산출물의 정보화는 그 동안 많은 발전이 있어 왔던 분야다. 대표적으로 현재 보편화되어 있는 PLM(Product Lifecycle Management)과 같은 시스템이 이러한 발전을 대변하고 있다. 하지만 지금까지 엔지니어링을 바라보는 관점이 엔지니어링 자체의 효율화나 협업의 증대와 같이 사람이 중심이 되는 관점이었다면, 스마트 제조 시대에 엔지니어링을 바라보는 관점은 스마트 시스템이 중심이 되는 관점으로 변화되어야 한다. 즉 엔지니어링 산출물을 만드는 사람이나 활용하는 사람의 관점을 넘어서 그러한 엔지니어링 산출물을 시스템이 활용할 수 있도록 데이터화 하고 시스템과 연계하는 관점으로 발전이 되어야 한다.

2. Model Data

그림 1과 같이 Digital Twin은 다양한 정보로 구성되어 있으며, 이러한 정보는 당연하게도 시스템이 인식

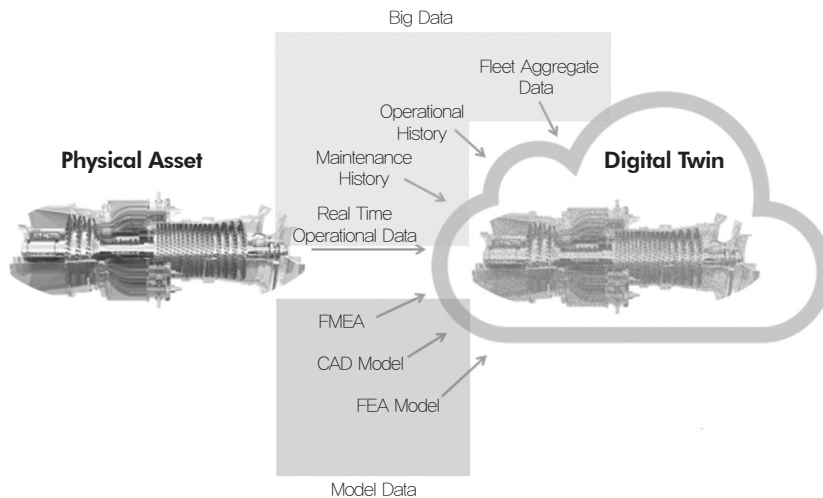


그림 1. Digital Twin의 정보 구성 (출처 : Loginworks)

4차 산업혁명을 이끄는 스마트 팩토리 솔루션 ①

할 수 있도록 디지털화를 거쳐 데이터화 되어야 하며, 이러한 데이터는 크게 Big Data와 Model Data로 구분된다. Big Data는 제조 시스템의 운영 과정 중에 취득되는 데이터로 Digital Twin화의 대상인 물리적인 객체(Physical Asset)의 동적인 측면을 표현하는 정보로서 실시간 운영 데이터, 운영 이력, 유지보수 이력 등을 포함한다. Model Data는 물리적인 객체의 설계 단계에 결정되는 정적인 측면을 표현하는 정보로서 Big Data를 담는 기준 정보의 역할을 하고, 대표적으로 CAD Model 등과 같은 데이터가 여기에 포함된다.

간략하게 표현하여 CAD Model이라고 정의하였고, CAD Model은 시스템이 이해하는 데이터라는 관점에서 의외로 복잡한 정보를 가지고 있다. 통상적인 CAD Model이라는 것을 ‘도면화’를 진행하는 과정의 산출물로 이해되는 것이 기존에 사람이 이해하고 활용하기 위한 관점이라면, 그림 2와 같이 시스템에서 활용될 수 있는 형태의 정보화 관점이 시스템 중심의 관점이라고 할 수 있다.

정보화의 관점에서 객체를 표현하는 Model Data는 객체를 구성하는 로직(Logic), 그러한 로직의 상하 관계 등

구조를 정의하는 구조(Structure), 로직 간의 연계성을 정의하는 인터페이스(Interface)와 같은 정보를 포함하고 있으며, 이러한 정보는 통합되어 Data Repository를 구성하게 된다. 또한, 이러한 정보는 객체 자체를 표현하는 관점(Equipment)뿐 아니라 객체가 가지는 기능적인 관점(Function), 객체의 위치를 표현하는 관점(Location)에서의 정보를 포함해야 한다. 이렇게 서로 다른 관점의 정보가 필요한 핵심적인 이유는 이러한 Model Data가 제조의 생명주기의 어느 한 시점에서만 사용되는 정보가 아니라 제조의 전 생명주기에 걸쳐 사용이 되어야 하기 때문이다. 제조 공정 구축이라는 관점에서 엔지니어링의 시작은 기능적인 정의에서 시작되고, 제작 및 설치를 위한 엔지니어링 산출물은 객체 자체의 정보를 표현하고 있으며, 운영 및 유지보수 단계에서는 이러한 객체가 설치되어 있는 위치적인 정보가 중요하게 활용되기 때문이다. 이렇게 정보화의 관점에서 전 생명주기에 걸친 사용을 목적으로 객체 자체가 갖는 관점, 기능적인 관점, 그리고 위치적인 관점으로 표현하는 방식은 IEC 81346-1을 통해 표준화가 되어 있다.

그렇다면 이러한 Model Data를 어떻게 구현할지의

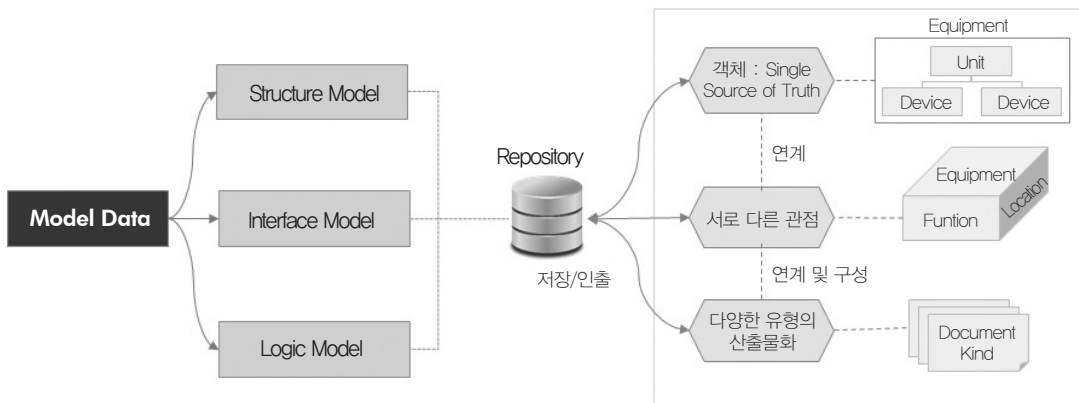


그림 2. Model Data의 정보 구성

데이터 기반 엔지니어링을 통한 Digital Twin의 실현

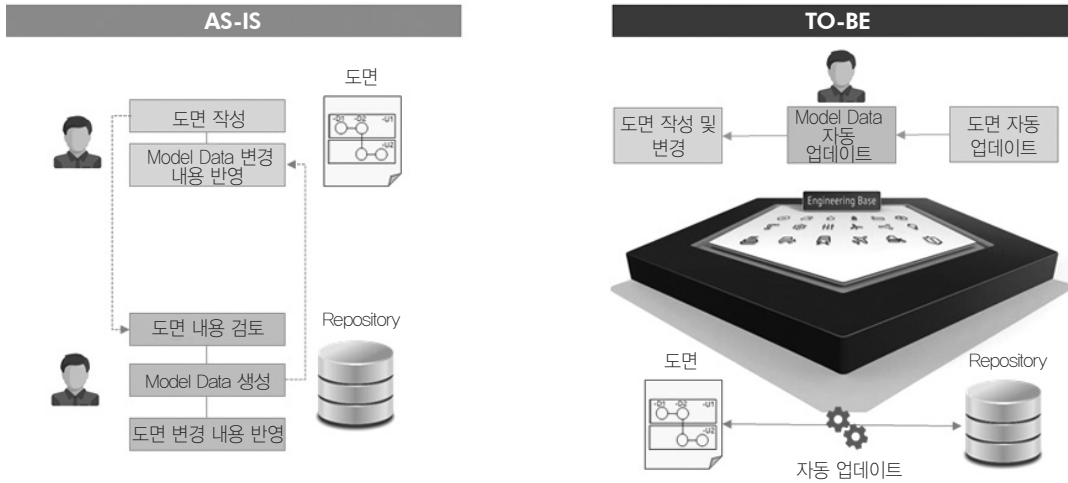


그림 3. Model Data의 구현 방법

문제가 남는다. CAD가 컴퓨터 기반의 도구이지만, 지금까지의 CAD는 ‘디지털화를 통한 데이터화’라는 부분을 충분히 지원하지 못했다. 그렇게 때문에 엔지니어링이 최종 산출물인 도면을 만드는 과정과 Model Data를 만드는 과정이 그림 3과 같이 단절되어 있었다. 사실상 동일한 정보를 대상으로 사람이 이해하는 도면화를 하는 과정과 시스템이 이해하는 데이터화를 하는 과정이 단절되어 있다는 것은 시간적인 비효율성뿐 아니라 정보의 정합성에 심각한 문제점을 야기시키게 된다. 즉, 도면 내용을 Model Data화 하는 과정에서도 도면을 이해하는 사람의 개입이 불가피하기 때문에 오류의 가능성이 상존할 뿐 아니라 도면 혹은 Model Data의 변경이 발생 시 그러한 변경을 반영해야 하는 것도 사람의 몫이기 때문에 그 적시성도 떨어지고 반영 여부도 보장을 할 수 없게 된다. 상당히 비합리적인 방식으로 보이지만 실제 많은 제조 현장에서 일어나고 있는 현실이기도 하다.

과거에는 이러한 방식이 어렵게나마 운영이 가능했던 것은 소품종 다량 제조 체계에서는 제품의 종류가

제한적이고 제조 시스템의 변화가 많지 않았기 때문인데, 이른바 ‘Mass Customization’을 위해 다양한 제품의 정보가 데이터화 되어야 하고, 제조 시스템도 거기에 맞추어 재구성되어야 하는 스마트 제조에는 현실적으로 운영이 불가능한 방식이다. 따라서 엔지니어링의 수행 방법인 도면의 정보와 Model Data가 자동으로 연계되고, 또 어떤 변경이 발생할 경우에는 그러한 변경이 상호 자동 업데이트되는 진정한 데이터 기반의 엔지니어링 플랫폼이 요구된다.

3. Data Driven Engineering Workflow

엔지니어링 플랫폼은 기본적으로 데이터를 기반으로 한 엔지니어링 과정인 ‘Data Driven Engineering Workflow’를 지원해야 한다. 앞서 언급한 바와 같이 Model Data가 가지는 객체 자체, 기능, 그리고 위치와 같은 관점 정보는 객체에 대한 정보를 전 생명주기에 걸쳐 활용하기 위해서이다. 이러한 생명주기에 걸친 객체의 정보 표현은 도면화의 과정에서도 나타나는데,

4차 산업혁명을 이끄는 스마트 팩토리 솔루션 ①

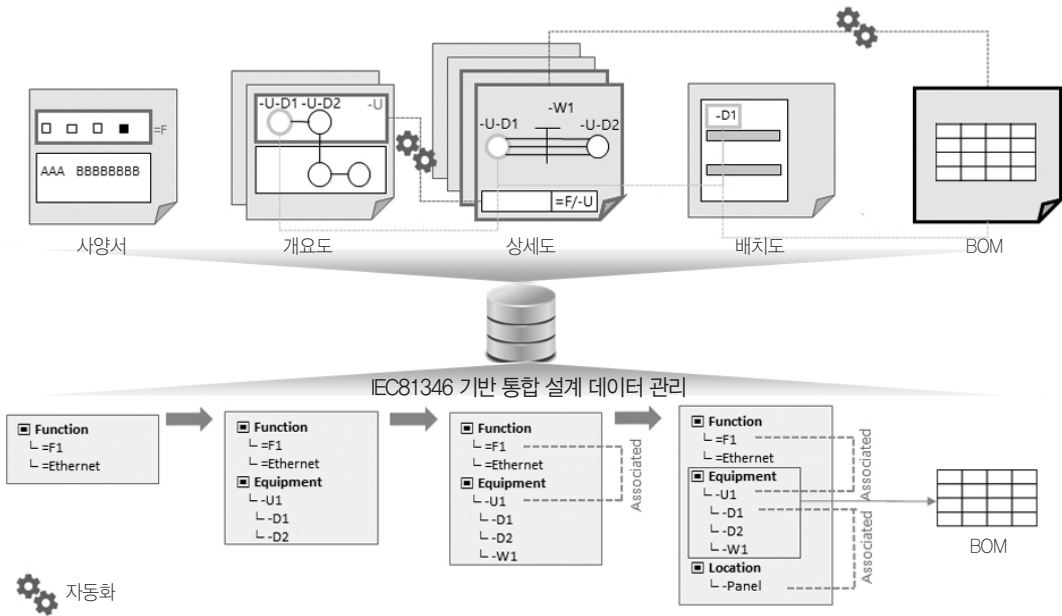


그림 4. Data Driven Engineering Workflow

도면화의 단계와 각 단계가 가지는 도면 유형을 통해 표현된다. 그림 4와 같이 도면화의 단계는 통상적으로 사양서 정의에서부터 개요도 작성, 상세도 작성을 거쳐 제조를 위한 배치도 작성과 BOM(Bill of Material) 작성 등으로 이루어진다. 'Data Driven Engineering Workflow'의 핵심은 이러한 각 단계의 도면 작성이 단순히 도면화의 과정이 아닌 데이터를 생성하는 과정으로 정의될 수 있다는 것이다. 즉 사양서 작성 과정 중에 기능 관점의 정보가 생성되고, 개요도와 상세도 작성 과정에서 객체 자체의 데이터가 구체화되며, 배치도 작성 과정에서 위치 관점의 정보가 생성되는 일련의 과정으로 정의할 수 있다. 물론 이러한 데이터 생성과 도면화 과정은 서로 연계되어 도면화를 통해 데이터가 생성되기도 하고, 필요한 경우에는 데이터를 기반으로 한 도면 작성이 수행되어 정확성을 꾸준히 유지할 수 있어야 한다. 궁극적으로 이렇게 생성된 데이터는 Data

Repository를 구성하여 별도의 재작업이 없이 Model Data로 활용이 된다.

엔지니어링 플랫폼은 이러한 Model Data를 생성 및 관리하는 주체로서 다른 시스템과의 연계를 통한 Digital Twin 실현을 위해서 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다.

- 항상 최신의 상태 유지(Updatable) : 도면의 변경 등이 Model Data에 반영되는 과정이 자동화되어 즉시성이 보장되어야 한다.
- 온라인 접근성(Accessible) : 온라인으로 운영되는 여타 시스템과의 원활한 연계를 위해 웹 등의 네트워크를 통한 온라인 접근성을 지원해야 한다.
- 정보 검색 기능 지원(Searchable) : Model Data를 구성하는 모든 정보는 디지털화되어 다른 시스템으로부터 검색 가능하여야 한다.

데이터 기반 엔지니어링을 통한 Digital Twin의 실현

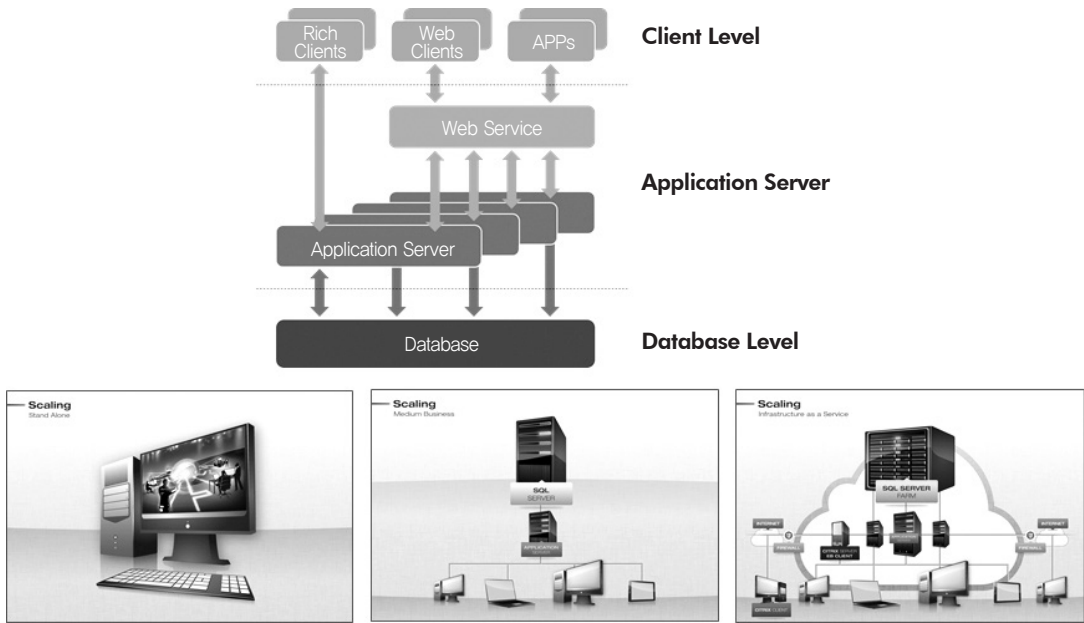


그림 5. 엔지니어링 플랫폼의 3계층 서비스 구조

- 서비스 구조의 유연성(Flexible) : 엔지니어링을 수행하는 설계자와 시스템, 그리고 더 나아가 이러한 Model Data를 이용할 수 있는 이해 관계자에게 적절한 서비스를 제공할 수 있는 유연한 서비스 구조를 제공하여야 한다.

그림 5는 이러한 요구사항을 만족하는 3계층의 서비스 구조를 표현한다. 3계층의 서비스 구조에서 제일 하단은 단일하고 유일한 Model Data를 제공하는 데이터베이스를 포함한 이른바 'Single Source of Truth'이다. 이러한 데이터베이스를 중심으로 엔지니어링을 수행하는 설계자는 도면화를 위한 사용자 인터페이스(Rich Client)를 통해, Digital Twin을 구성하는 여타 시스템은 웹 인터페이스(Web Client)를 통해, 그리고 유지보수 기술자는 모바일 장치의 App을 통해 서비스를 제공받을 수 있다.

4. 구현 사례 및 결론

독일에서 1919년에 설립된 KAESER KOMPRESSOREN은 5,500명 이상의 직원을 가진 압축 공기 공급 시스템 분야의 전세계적인 선도 기업이다. KAESER KOMPRESSOREN은 'Smart Compressed Air'라는 기치 아래 네트워크 기반의 압축 공기 공급 시스템을 시장에 공급하고 있다. 이러한 압축 공기 공급 시스템은 제조 현장 별로 원하는 압축 공기의 사양 및 요구량에 변수가 많고, 또한 한번 공급이 된 제품이더라도 제조 현장의 증설 및 이설 등의 변화에 따라 현장에서의 업그레이드에 대한 요구가 빈번히 발생하는 그야말로 'Mass Customization'이 절실한 산업 분야다. KAESER KOMPRESSOREN은 이러한 현장에서의 다양하고 가변적인 요구에 적절하게 대응하고자 Configuration 기반의 네트워크 제어를 통해 이러한 압축 공기 공급 시스템

4차 산업혁명을 이끄는 스마트 팩토리 솔루션 ①

을 제어하고 있으며, 압축 공기가 제조 현장에서 갖는 중요성에 따라 예지 정비(PdM : Predictive Maintenance) 시스템을 통한 최적의 정비 활동을 지원하고 있다.

중요한 것은 제조 현장의 다양하고 가변적인 요구 사양에 따라 구성되는 시스템과 예지 정비 시스템을 적절하게 Configuration을 해야 만 이런 모든 서비스의 제공이 가능하다는 것. 즉, Configuration을 위한 Model Data가 필요하다. KAESER KOMPRESSOREN은 이러한 Model Data를 생성 및 관리하고, 궁극적으로는 제조 현장의 시스템과 네트워크로 연계되어 Model Data 서비스를 제공하는 엔지니어링 플랫폼으로써 완전한 데이터베이스 기반의 엔지니어링 플랫폼인 AUCOTEC

사의 ENGINEERING BASE를 도입 및 운영하고 있다. 물론 ENGINEERING BASE는 KAESER KOMPRESSOREN 내부 엔지니어링 팀의 표준 설계 플랫폼으로 활용이 되고 있기 때문에 제조 현장에 배포되는 도면을 작성하는 과정 중에 이러한 Model Data가 자연스럽게 생성되어 서비스를 제공할 수 있다.

분명한 것은 엔지니어링 프로세스 구축과 그 산출물의 정보화라는 과제는 산업화의 발전과 더불어 발전되어 왔다는 것이다. 과거 종이에 사람이 직접 제도하던 환경에서 CAD의 도입을 통해 제도 업무의 상당 부분이 전산화되었고, 도면을 위한 제한적인 데이터 관리를 지원하는 CAE(Computer Aided Engineering)으로 발전되어 왔다. 그리고 날로 거대해지고 다변화되는 기업

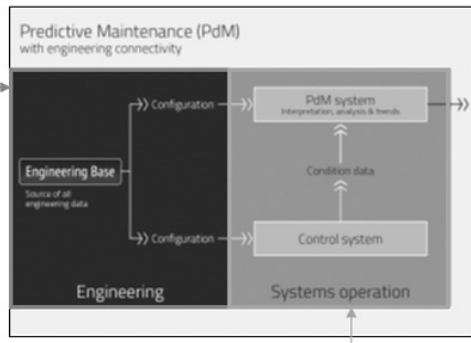
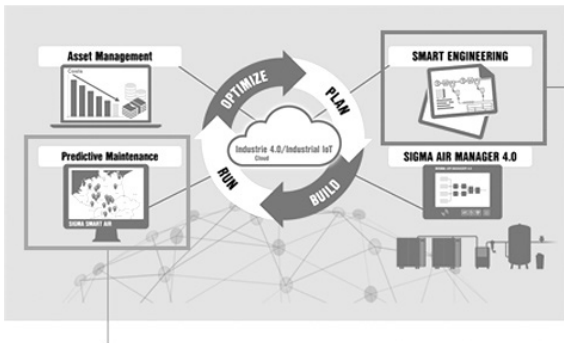
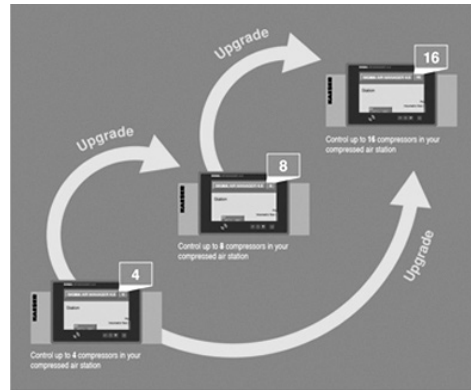


그림 6. KAESER KOMPRESSOREN 사례

데이터 기반 엔지니어링을 통한 Digital Twin의 실현

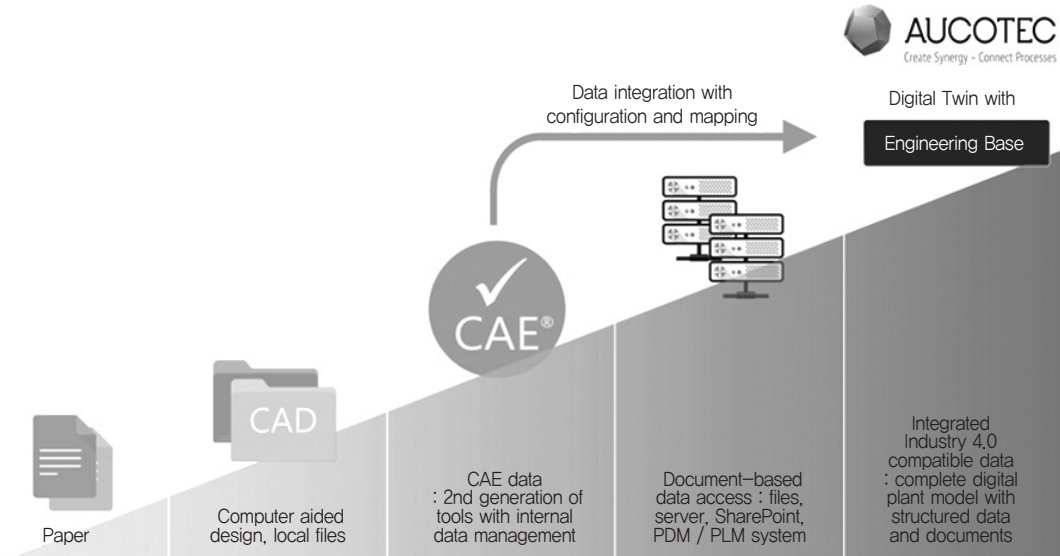


그림 7. 스마트 제조 시대의 엔지니어링 플랫폼 : ENGINEERING BASE

환경에 맞추어 이러한 도면화 산출물의 전사 관리와 협력 강화를 위해 PLM과 같은 시스템이 발전되어 왔다. 하지만 이러한 발전의 중심에는 항상 사람이 있었다. 도면화 과정을 얼마나 쉽고 빠르고 정확하게 수행할 수 있을지, 도면의 형상 관리를 통해 변경점을 어떻게 적절하게 공유하여 협력을 강화할 지 등이 주된 관심사였다.

스마트 제조의 시대에 이러한 발전은 또 다른 요구 사항을 제시하고 있으며, 그 중심에는 사람이 아닌 시

스템이 있다. 시스템이 이해할 수 있는 정보를 관리하고, 이러한 정보를 시스템과 온라인 연계할 수 있는 환경이 그것이다. 물론 그러한 환경에서도 엔지니어링이라는 사람의 지적 업무를 위해 사람을 위한 업무 지원의 특성은 유지하여야 한다. 이러한 환경을 통해 엔지니어링 결과물은 데이터가 되어 스마트 제조와 연계가 될 수 있을 것이고, 시스템으로 대체할 수 없는 사람만이 할 수 있는 본연의 업무는 그런 식으로 스마트 제조 시대에도 그 역할이 빛이 날 수 있을 것이다.