

산업용 사물인터넷 : 스마트 제조 엔터프라이즈로의 진화 (1회)

글 읽는 순서

- | | |
|--|---------------------------|
| 1. 개요 | 2. IIoT 정의 |
| 3. 스마트 제조 엔터프라이즈(Smart Manufacturing Enterprise) | |
| 4. IIoT 도입 장벽 | 5. IIoT가 자동화 아키텍처에 미치는 영향 |
| 6. 전문가의 관점 | 7. 결론 |

1. 개요

IIoT(산업용 사물인터넷)는 기존에 사용 중인 자동화 시스템을 새로운 것으로 교체하기 위해 해체하는 개념이 아니다. 오히려 산업용 사물인터넷은 자동화 시스템을 엔터프라이즈의 전반적인 계획, 스케줄링, 제품 수명주기 시스템과 연결시킬 수 있다는 데에 잠재력이 있다.

본고는 비즈니스 제어 기능을 향상시키기 위해 기업의 전체적인 가치 사슬(Value chain)에서 연결성을 구현하는 방법을 설명한다. 또한, IIoT 구축의 주요한 측면에 대한 전문가의 관점을 제시한다.

IIoT(산업용 사물인터넷)는 업계를 고도화시키는 혁명으로 자주 소개되고 있으나, 실제로는 15년 전에 선도적인 자동화 공급업체가 개발한 기술과 기능에서 유래했기 때문에 혁명이 아닌 진화이다. 글로벌 IIoT 표준이 확립되기 전까지 IIoT의 잠재력을 완전히 실현하는 데에는 앞으로 15년이 더 걸릴 것으로 예상된다. 이 기간 동안 업계에서 일어나는 변화는 상당할 것이다. 긍정적인 변화

존 콘웨이(John Conway)

슈나이더일렉트릭(주)

검수 : 정 성 엽 팀장

Industry Product Marketing
슈나이더일렉트릭코리아(주)

www.schneider-electric.co.kr

로는 최종 사용자와 장비 제조업체는 투자한 기술과 인적 자원을 적극 활용할 수 있을 뿐만 아니라 새로운 IIoT 기술을 적용하여 혜택을 볼 수 있다. IIoT 솔루션은 “해체 및 교체(Rip & Replace)”의 관점이 아니라 “보강 후 재사용(Wrap & Reuse)”의 접근법으로 도입하기 때문에, 보다 효과적인 비즈니스 제어가 가능할 것이다. 또한, 신중한 접근 방식을 통해 보다 효율적이고 안전하며 지속 가능한 스마트 제조 엔터프라이즈로의 진화를 이끌 것이다.

IIoT라는 메가트렌드의 도래로 산업 공장 운영을 담당하는 이해관계자들은 희망과 혼란을 동시에 겪었다. 초반의 광고 대부분이 기술적 진보가 기존 자동화 플랫폼에 미치는 영향에 초점을 맞추고 있다.

그러나 IIoT의 잠재력을 이해하는데 있어 어려운 점들이 있다. 그 중 하나가 바로 IIoT 적용이 매우 광범위한 분야를 아우른다는 것이다. 스마트 엔터프라이즈 제어 측면을 예로 들면, 맞춤형 대량생산 및 단일한 로트 크기를 가능하게 하는 자체적으로 조직화된 기계와 자산이 생긴다. 자산 성과 측면에서는, 비용 효율적이고 지능적인 센서가 늘어나 데이터 수집과 분석을 통해 비즈니스 성과를 개선하고, 자산 가동 시간을 높일 수 있다. 차세대 “증강된”(Augmented) 작업자는 모바일 장치, 증강 현실을 비롯한 최첨단 기술을 활용하여 작업할 것이다. “증강된” 작업자는 엔터프라이즈 전반에 걸쳐 정보에 쉽게 접근할 수 있으므로 작업을 간소화할 수 있고, 결과적으로 생산시스템의 수익성은 더욱 증대된다. IIoT로 인한 변화 중 일부는 중단기적으로 구현될 수 있으며, 나머지 경우는 새로운 국제 IIoT 표준 확립에 발맞춰 최종 사용자와 OEM 업체가 기존 레거시 시스템(Legacy system)에 점차적으로 기능을 추가하는 점진적인 진화를 필요로 한다.

2. IIoT의 정의

전 세계의 IIoT에 대한 비전은 스마트 제조 엔터프라이즈를 구성하는 대규모 시스템 또는 SoS(Systems of Systems)의 일부로 스마트 커넥티드(Connected) 자산(사물)이 작동하는 것이다. “사물”은 간단한 감지와 작동에서부터 제어, 최적화, 완전한 자동 운영까지 다양한 수준의 인텔리전스 기능을 갖추었다.

스마트 제조 엔터프라이즈는 핵심부에 높은 수준의 인텔리전스가 내장된 스마트 머신, 플랜트 및 운영으로 이루어진다. 연결된 시스템은 기기와 정보에 안전하게 접근할 수 있는 개방형의 표준 인터넷 및 클라우드 기술을 기반으로 한다. 이렇게 하면 새로운 고급 분석 톨과 모바일 기술을 통해 “빅데이터”를 처리하여 비즈니스 가치를 한층 더 높일 수 있다. 이는 결과적으로 효율성과 수익성 개선, 사이버 보안과 혁신성 증대, CO₂ 배출량 감소와 같은 영향으로 나타나 안전성과 퍼포먼스를 제고할 수 있다.

3. 스마트 제조 엔터프라이즈 (Smart Manufacturing Enterprise)

IIoT의 장기적인 영향은 예측하기 어려울 때도 있지만, IIoT가 구현하는 다음과 같은 세 가지 운영 환경은 기업이 스마트 제조 엔터프라이즈로 도약하는 기회가 될 것이다.

- 스마트 엔터프라이즈 제어(Smart Enterprise Control) : IIoT 기술을 통해 스마트 커넥티드 기기와 스마트 커넥티드 제조 자산을 전반적인 엔터프라이즈와 긴밀하게 통합할 수 있다. 이로써 보다 유연하고 효율적인 운

영할 수 있게 되어 결과적으로 수익성이 좋은 생산을 할 수 있다. 스마트 엔터프라이즈 제어는 중장기적인 추세로 전망할 수 있다. 구현이 복잡하여, IT(정보기술) 및 OT(운영기술) 시스템을 융합할 수 있는 새로운 표준 제정이 수반되어야 한다.

- **자산 성과 관리(Asset Performance Management)** : 비용 효율적인 무선 센서 배치, 간편한 클라우드 연결(WAN 포함)과 데이터 분석은 자산 성과를 개선할 수 있다. 이와 같은 툴들은 현장에서 데이터를 쉽게 수집하며, 이를 실시간으로 실행 가능한 정보로 변환할 수 있어 보다 나은 비즈니스 의사 결정을 지원하고, 미래 지향적인 의사 결정 프로세스를 구축할 수 있다.

- **증강된 운영자(Augmented Operator)** : 향후 직원들은 모바일 기기, 데이터 분석, 증강현실과 투명한 연결성을 통해 생산성을 높일 수 있다. 베이비 붐 세대가 퇴직하면서 주요 공정 운영에 있어서 필요한 숙련된 인력이 감소했다. 그러자 젊은 대체 인력들이 현장에 바로 투입되어도 혼란이 생기는 것을 방지하기 위하여 실시간으로 업무에 대한 정보를 전달하여 원활한 작업과정을 이룬다. 이로써 플랜트는 점차 기계 중심이 아닌 사용자 중심으로 진화한다.

앞에서 언급한 세 영역은 밀접하게 관련되어 있고 상호 의존적인 측면이 다수 있으나, 차이점도 있다. 예를 들어, 각 영역을 구현할 수 있는 시간 범위와 해당되는 자동화 시장 부문이 상이하다.

IIoT를 둘러싼 논의와 관련 있는 또 다른 분야로 협력 로봇(Collaborative robotics)과 3D 프린팅이 있지만, 모든 제조 기업에 적용할 수 없는 특정 기술이므로 여기에서는 다루지 않겠다.

(1) 스마트 엔터프라이즈 제어

차세대 IIoT 시스템의 가장 큰 잠재적 이점 중 하나는 엔터프라이즈 사일로(Silo)를 타파한다는 점이다. IIoT 시스템은 ERP(전사적 자원 관리) 시스템, PLM(제품 수명주기 관리) 시스템, 공급망 및 CRM(고객 관계 관리) 시스템을 더욱 긴밀하게 통합할 수 있도록 지원한다(그림 1 참조). 이러한 시스템은 독립적으로 관리되기 때문에 전체적인 관점에서 엔터프라이즈를 파악하기가 어렵다. 전체적인 접근 방식을 구현하면, 엔터프라이즈의 경우 최대 26%¹⁾까지 효율성을 향상시킬 수 있다.

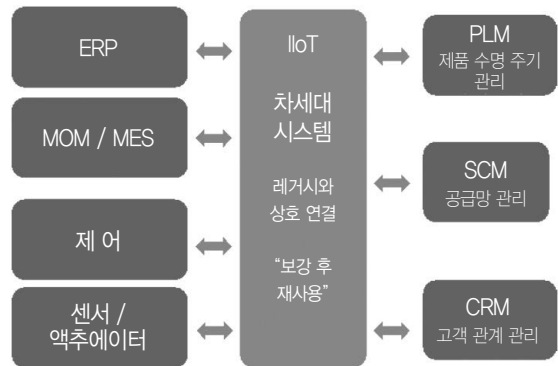


그림 1. 전체적인 엔터프라이즈 제어 기능을 통해 엔터프라이즈 사일로를 타파하여 보다 나은 비즈니스 제어를 실현할 수 있다.

스마트 엔터프라이즈 제어는 현 자동화 시스템을 완전히 새로운 시스템으로 대체하는 것이 아니라, 엔터프라이즈, 수명주기 및 가치사슬 시스템과 연결시키는 것을 뜻한다. 이를 통해 전반적인 제조 엔터프라이즈를 최적화하고, 고도화된 비즈니스 제어를 이룰 수 있다.

보다 긴밀한 통합을 통해 엔터프라이즈는 변동성이 큰 시장 상황에 보다 유연하고 신속하게 대응할 수 있어 더욱 효율적인 운영과 수익성을 높일 수 있다. 제어의 개념은 물리적 매개변수의 실시간 제어에서 벗어나, 물

1) McKinsey & Company Industry 4.0 – How to navigate digitization of the manufacturing sector

리적 매개변수와 비물리적 매개변수를 포함하는 전반적인 비즈니스의 적시 제어(Right-time control)로 확장된다. 안전, 성능 및 환경이 미치는 영향을 보다 효과적으로 관리할 수 있는 능력, 혁신성 향상, 사이버 위협으로부터 보호 강화 등의 효과를 거둘 수 있다.

스마트 엔터프라이즈 제어의 예로는 맞춤형 대량생산과 단일한 로트 크기, 제품 리콜 규모 축소, 제조 공정 초기에 결함 있는 제품 검출, 제품 설계 수정으로 근본적인 원인 제거, 기상 예보에 근거한 생산 계획 수정, 원재료 현물 가격에 따른 생산 계획 및 방안에의 수정 등을 꼽을 수 있다.

(2) 자산 성과

에너지 관리 및 예지정비와 같은 자산 성과 관리 애플리케이션은 업계에서 새로운 솔루션은 아니지만 높은 비용으로 인해 활용이 제한적이었다. 센서에 케이블을 연결하는 비용인 물리적 비용과 기존 시스템과의 통합에 따른 논리적 비용이 많이 들었다. 이제 무선 IP 연결과 클라우드 기반 아키텍처를 통해 이러한 비용 장벽을

극복할 수 있다. 또한, 간소화되고 작은 규모의 저비용 센서가 등장하여 차세대 IIoT 시스템은 자산 성과 분야에서 혁신적인 솔루션을 제공할 것이다(그림 2 참조).

상태 기반 모니터링 및 예지정비의 경우를 예로 들어 보자. 유지관리가 필요하지 않은 장비를 관리하거나, 곧 고장이 날 상황을 방지하고 예상치 못한 다운타임을 초래한 후에 장비를 관리하는 데에 많은 비용이 낭비된다. 상태 기반 모니터링과 같은 솔루션은 존재하지만, 비용에 대한 부담 때문에 활용이 제한적이었다. 차세대 IIoT 시스템은 이러한 솔루션의 구현 비용을 대폭 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

(3) 증강된 운영자

IP 액세스로 접근하는 데이터와 정보(분석 및 증강 현실)와 결합한 스마트폰, 태블릿, 웨어러블 등과 같은 모바일 HMI(Human Machine Interface) 기술의 활용은 운영자의 업무 방식을 변화시킬 것이다. 휴대용 무선 장치는 다이내믹 QR 코드와 같은 기술과 성능을 발전시켜 운영자의 경험을 극대화한다. 이와 더불어 “증

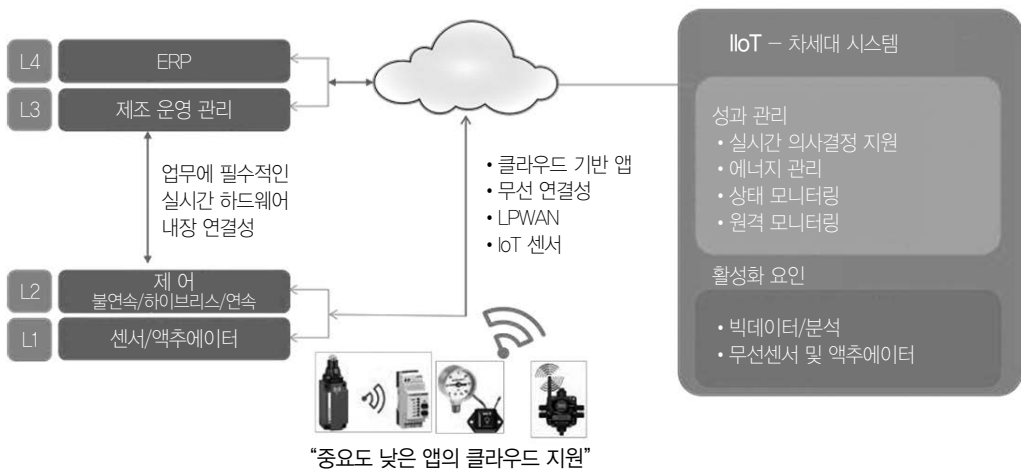


그림 2. 자산 성과는 빅데이터 및 분석, 비용 효율적 무선 기술을 활용하는 최신 성과 관리 애플리케이션의 도입 속도를 가속화한다.

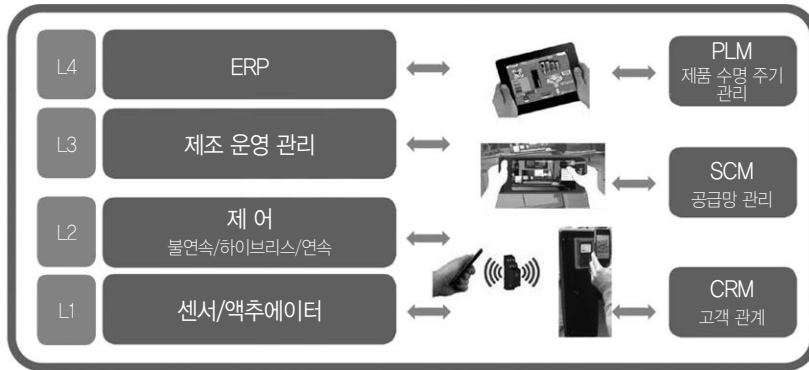


그림 3. 증강된 운영자는 적절한 시점에 올바른 정보를 받을 수 있기 때문에 생산성이 높아진다.

강된” 운영자가 훨씬 생산적으로 작업할 수 있게 지원한다(그림 3 참조).

오늘날 운영자는 자동화 시스템의 정보에만 접근할 수 있으나, 미래에는 엔터프라이즈 시스템에서 필요한 모든 정보에 접근하고 공정의 성능과 효율성뿐만 아니라 공정의 수익성까지 관리할 수 있다.

4. IIoT 도입 장벽

차세대 IIoT 시스템이 제조 엔터프라이즈 전반에 걸쳐 광범위하게 채택될 때까지는 여러 장벽을 극복해야 한다. IIoT 관련 산업 표준 수립, 사이버 보안 보호와 새로운 기술에 대한 작업 인력의 적응이 포함된다.

(1) 표준화

스마트 커넥티드 제품, 기계 및 자산이 투명한 방식으로 상호작용할 수 있도록 하려면 표준이 필요하다. 이는 단순한 통신 프로토콜 그 이상으로, 스마트 장치의 상호 인식과 운용이 이루어질 수 있도록 의미론과 메커니즘의 표준을 구축하는 것을 의미한다. PackML과

같은 기존 표준들이 존재하지만, 이들은 불완전하며 제조의 모든 양상을 포괄하지 않는다. Industry 4.0과 IIC(산업용 사물인터넷 컨소시엄)는 현재 표준화 문제를 다루고 있다.

(2) 사이버 보안

IIoT의 출현은 산업제어시스템에서 사이버 보안의 필요성을 가속화하고 있다. IIoT의 복잡성은 자동화 시스템을 구성하는 부품에 사이버 보안을 내재하도록 설계해야 한다는 것을 뜻한다.

인증을 통한 산업 보안 표준의 채택은 개별 자산뿐만 아니라 대규모 시스템 및 SoS(Systems of Systems)의 보안을 보장하기 때문에 IIoT의 발전에 있어 필수적이다. 이러한 인증은 안전 인증과 유사한 역할을 수행한다. 보안 인증 준수는 시스템의 요소들이 핵심 보안 구성 단위를 갖추고 있다는 것을 의미한다. 보안인증팀이 이러한 보안 요소를 안전한 방식으로 시스템과 결합하고, 보안 트레이닝을 받은 운영자들이 안전한 시스템으로 운영한다.

보안 인증의 핵심은 일관성과 적용성이다. 전 세계적으로 IEC62443 보안 표준 시리즈는 제품 개발에서부터

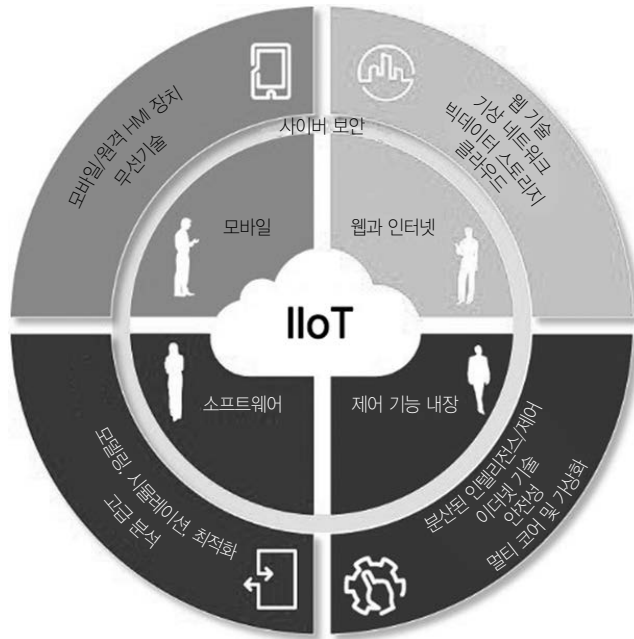


그림 4. IIoT 시스템의 설계 및 운영을 위해 많은 신기술이 요구된다.

제품 기능, 시스템 기능, 전달 및 운영에 이르기까지 모든 보안 요소를 포함한다. 오늘날 일부 독립 기관들은 IEC62443에 대한 인증을 제공하지만, IEC 자체는 IEC62443 인증을 위해 이러한 기관들을 아직 승인하지 않았다는 점에 유의해야 한다. IEC62443 보안 표준을 보완하기 위해 기존의 산업 표준이 더욱 강화되고 있다. DNP3는 DNP5로 발전하여 보안을 강화했고, OPCUA는 주요 보안 강화 기능을 제공한다. Modbus는 Modbus Secure로 발전, EtherNET/IP는 EtherNET/IP Secure로 전환하고 있다. 또한 여러 IIoT 시스템은 HTTPS, 인증서 및 암호화되거나 인증된 프로토콜과 같은 기존 IT 표준에서 파생된 보안 기능을 채택하고 있다.

(3) 작업자 역량

IIoT 기반 시스템을 설계하고 운영하는 데 필요한 기술 역량은 전통적인 자동화 시스템을 실행하는 데 필요

한 기술과는 상이하다(그림 4 참조). 기존 운영자 및 유지관리 담당자가 IIoT 기반 시스템을 관리하려면 상당한 시간의 재훈련이 필요하다. 하지만 IIoT 시스템은 일상생활에서 익숙한 기술을 활용하기 때문에 신입 운영자는 이 새로운 접근 방식에 적응하는 데에 큰 어려움이 없을 것이다. 자동화 공급업체의 주요 당면 과제는 문제의 근본 원인을 신속하게 파악할 수 있는 진단 및 디버그(Debug) 도구를 설계하고 제공하는 것이다. 이를 통해 고장난 시스템이나 작동이 정지된 시스템을 신속하게 복구할 수 있기 때문이다.

5. IIoT가 자동화 아키텍처에 미치는 영향

(1) 정보 기반 아키텍처

스마트 제조 엔터프라이즈에서 증강된 운영자가 스

마트 엔터프라이즈 제어 및 자산 성과 시스템을 구현하기 시작하면 자동화 벤더도 전반적인 자동화 계층에서 IIoT를 구현한다. 이를 통해 차세대 IIoT 시스템과의 간편한 통합이 가능하다. 또한 내장된 전자 장치의 성능이 향상됨에 따라 커넥티드 인텔리전스(Intelligence)는 자동화 계층 구조의 하위 수준인 제어 수준과 센서 및 액추에이터(Actuator)로 이동한다. 그 결과 OT(운영기술) 시스템은 IT(정보기술) 시스템과 병합되고, 자동화 계층 구조는 보다 수평적으로 되며, 정보 중심의 아키텍처로 진화한다. 이러한 진화가 미래에 미치는 영향이 아직 명확하지 않기 때문에 채택된 기술 및 아키텍처는 유연하고 변화에 적응할 수 있어야 하며, 기존 시스템과 통합할 수 있어야 한다. 과거의 획일적이고 단일 소스의 계층적인 접근 방식과 아키텍처는 향후에는 통하지 않을 것이다.

정보 기반 토폴로지(Topology)는 아래 그림 5와 같다.

정보 기반 자동화 아키텍처는 두 개의 독자적인 계층으로 구성된다. 두 계층 간의 정보 흐름은 업계 표준을 기반으로 하는 의미론 및 검색 메커니즘을 접목시켜 투

명하게 이루어지며, 두 계층은 다음과 같다.

- 실시간 결정 제어를 위한 시한성 계층(Time-sensitive layer) : 이 계층은 “포그(Fog)” 또는 “엣지(Edge)”라고도 일컫는다. 그러나 이 계층에 대해 “시한성 IP 기반”이라는 용어를 사용하는 이유는 이 계층에 포함된 기술이 근본적으로 기업 클라우드 계층에서 사용되는 동일한 IIoT 기술이지만, 실시간 통신을 위해 최적화되었다는 사실을 보여주기 때문이다.

이와 같이 시한성 계층(센서, 액추에이터 및 컨트롤러)을 구성하는 OT 기기는 클라우드가 지원되며, 두 번째 계층의 IT 비즈니스 시스템과 투명하게 연결할 수 있다. 또한 이와 같은 기기는 고도의 인텔리전스를 보유하고 있다. 온도, 압력 및 음향센서가 내장된 제어 밸브의 경우를 예로 들면, 엔터프라이즈에서 설정한 포인트를 사용하여 자율적으로 운영하고, 예지정비에 대해 자체적으로 니즈가 있는지에 대해 결정하며, 적절한 시점에 유지관리 부서에 상태를 알릴 수 있다.

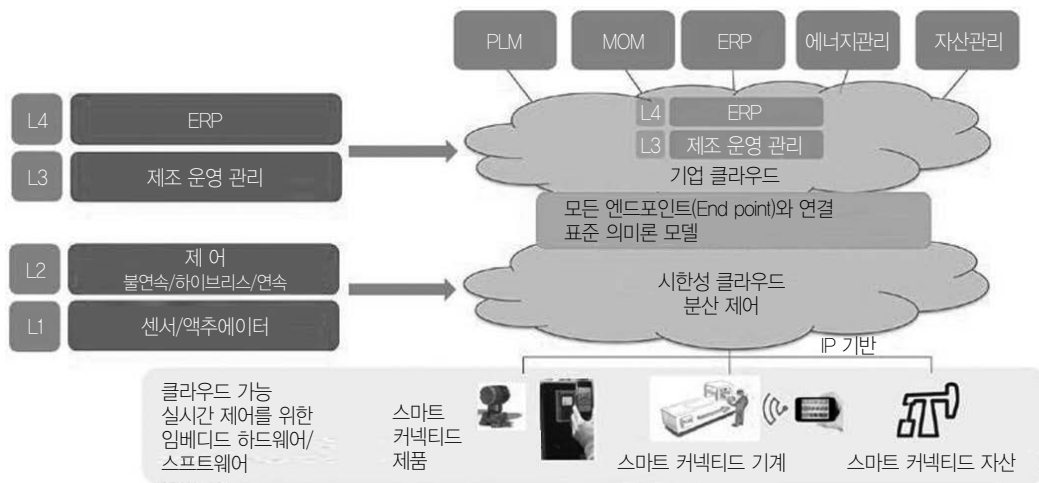


그림 5. 정보 기반 자동화 아키텍처

• 클라우드 엔터프라이즈 계층 : 자산관리, 에너지 관리 등을 비롯한 차세대 기능이 엔터프라이즈 시스템(ERP, MOM, PLM, SCM, CRM 등)과 상호 운용되고, 시한성 클라우드 지원 시스템과도 상호 운용되는 계층이다. 앞서 언급한 “클라우드” 용어는 인프라의 물리적 위치가 아니라 사용된 기술을 의미한다. 자동화 산업에서는 보통 “엣지”라고 일컫는 “온-프레미스(On-premise)” 클라우드가 가장 널리 사용되는 아키텍처로 여겨진다.

(2) 중앙 집중식 제어와 분산 제어

고도로 중앙 집중화된 중복 제어시스템이나, 고도로 분산된 제어시스템이나에 대한 논쟁은 수년간 계속되었다. 각 아키텍처의 지지자들은 타당한 논거로 그들의 입장을 강력하게 옹호하고 있다.

IIoT의 도래가 이 오랜 논쟁을 해결할 수는 없다. 일각에서는 현장 기기에 비용 효율적인 내장된 전자 장치를 사용하면 인텔리전스와 제어가 더 많이 분산된다고 주장한다. 또 다른 한편에서는 현장 장치의 고속 IP 연결은 모든 센서와 액추에이터가 안전한 온-프레미스 데이터 센터에 위치한 고도로 중복된 강력한 멀티 코어 프로세서에 연결되어 더욱 중앙 집중화된 아키텍처를 가능하게 한다.

오늘날 애플리케이션은 PLC와 같은 특정 하드웨어를 대상으로 프로그래밍된다. 앞으로 애플리케이션은 기본 자동화 하드웨어와는 독립적으로 프로그래밍되며, 시스템은 모든 통신 메커니즘을 자동으로 구성하여 애플리케이션을 하드웨어에 투명하게 배포한다. 이 접근 방식을 통해 사용자는 고도로 중앙 집중화된 아키텍처 또는 분산된 아키텍처를 선택하거나 특정 요구사항 및 우려 사항을 기반으로 하는 하이브리드 접근 방식을 선택할 수 있다. 분산 제어 표준(IEC 61499)은 이러한

작업을 용이하게 하고, IIoT 분산 제어 표준의 기초로 사용할 수 있다.

인텔리전스를 현장에 전달시키면 스마트 커넥티드 제품과 스마트 커넥티드 시스템이 표준화된 형식으로 중요한 정보를 게시할 수 있다. 지능형 브로커는 이 정보가 필요한 시스템 및 애플리케이션에서 투명한 방식으로 해당 정보를 사용할 수 있다. 이러한 접근 방식은 정보의 위치가 알려지지 않기 때문에 사용자 지정 프로그래밍 없이는 검색하거나 악용될 수 없어 오늘날 직면한 문제를 해결할 수 있다.

(3) 네트워크 자동화 아키텍처

네트워크 상에 스마트 커넥티드 기기의 수가 기하급수적으로 증가하게 된다. 스마트 커넥티드 기기들은 시한성 IIoT/이더넷 백본을 활용하여 상호 운용할 뿐만 아니라 다른 기업 시스템 장치와도 상호 운용이 가능하다.

커넥티드 기기의 수에 대한 예를 들면, 토레솔 에너지의 제마솔라 태양광 발전소(Torresol Energy Gemasolar solar power)에 슈나이더 일렉트릭 PLC/드라이브가 4,000대나 설치되어 있다. 이는 태양열 거울의 변위를 제어하기 위해 이더넷을 통해 연결되어 있다. 네트워크로 연결된 수많은 기기는 네트워크 관리 및 성능 분야 뿐만 아니라 분산제어시스템 및 해당 애플리케이션 소프트웨어의 전체 구성을 관리하는 영역에서 여러 가지 새로운 당면 과제를 제시했다.

지금의 고전적인 자동화 기술을 사용하여 이와 같은 대규모 네트워크 시스템을 구현하는 것은 복잡하다. 향후 IIoT 기반 자동화 시스템은 네트워크 자동화 아키텍처의 설계, 관리 및 유지관리를 간소화하기 위한 새로운 접근 방식이 필요하다.