



스마트 팩토리 시스템에서 OPC UA 적용

스마트 팩토리(Smart Factory)

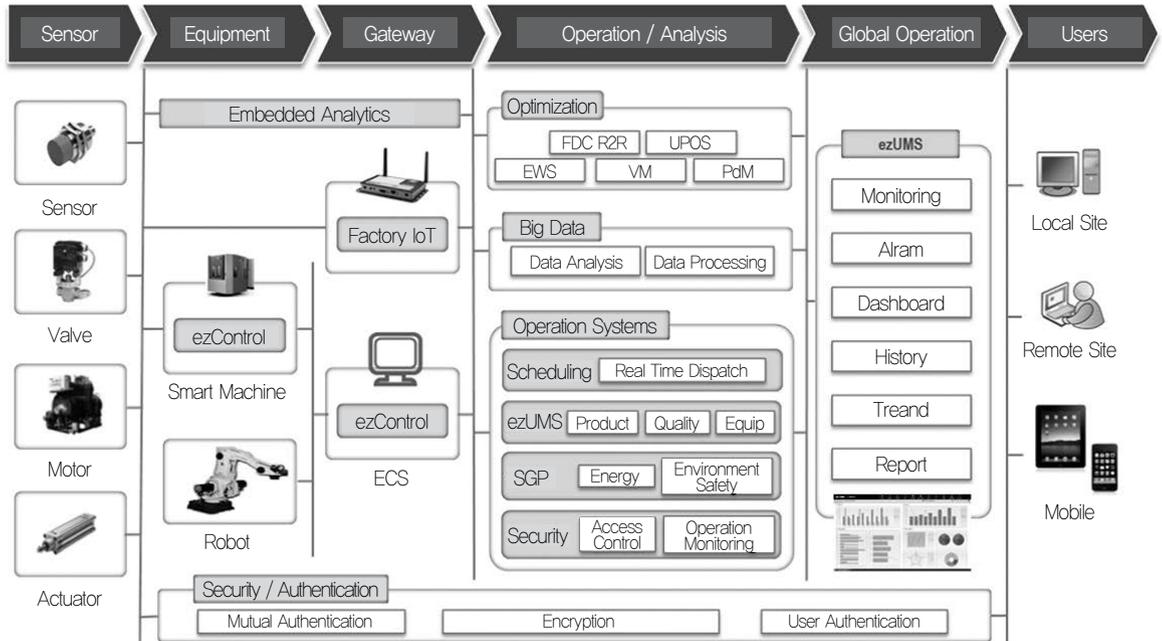
스마트 팩토리의 핵심 요소는 디지털 전환(Digital Transformation)이라고 할 수 있다. 과거 공장은 작업자가 각종 생산 툴을 이용하여 제품을 생산하거나, 작업지시서에 의해 각각의 생산 공정에 있는 설비를 이용하여 제품을 생산하는 방식이었다. 생산과정에서 설비 간 데이터 교환, 데이터 수집 및 공유는 없었다. 하지만 오늘날 Digital 시대의 발전으로 생산 공정에서 발생하는 여러 가지 데이터 수집 및 설비 제어를 위한 통신 기능이(Get Connected) 추가되었다. 현재는 더욱 발전하여 클라우드, 빅데이터, IoT 등을 적용하여 데이터 센터의 기능을 하는 스마트 팩토리 형태로 진화하고 있다. 그리고 궁극적으로 제품개발(R&D)부터 판매, 배송까지 생산단계에서 발생한 데이터를 기반으로 하여 경쟁력을 극대화한 자율 운영 팩토리를 지향하게 되었다.

생산 단계에서 발생한 데이터를 기반으로 자율 생산 운영체계를 구축하고, 예지보전 기술 기반의 고장 예측으로 생산 중단 없는 설비관리가 가능하며, 최고 수준의 품질관리가 가능하다. 개발 단계에서 생산과정 중 발생한 데이터를 분석하여 차별화된 상품기획, 설계자동화 및 가상 검증을 통한 개발 리드타임 단축과 생산비용이 감소될 수 있다. 판매 단계에서 빅데이터 분석으로 정확한 수요예측 및 고객 주문 실시간 대응이 가능하다. 또한 에너지 효율화 및 안전사고 사전 예방도 가능하다.

스마트 팩토리 서비스 업체들의 협업 및 경쟁이 확대되는 상황이며, Industrial

조 경 호 부장
스마트팩토리솔루션팀
☎LG CNS

charliecho@lgcns.com



〈LG CNS 스마트 팩토리 시스템〉

IoT, Cloud, Big Data, AI 기능이 결합된 플랫폼 형태로 제공되고 있다. Cloud Infra Service Provider는 Microsoft, Amazon, Google, IBM, Oracle 등이 있으며, 산업용 Cloud Infra Service Provider는 Microsoft와 Amazon이 파트너 협업 등을 통해 적극적으로 활동 중이다. Microsoft, Amazon 등의 Cloud 인프라 업체 외에, GE, SIEMENS, SAP, Accenture, Sales force 등도 Cloud 플랫폼을 만들어서 Cloud 인프라 사업주들과 한편으로는 경쟁, 또 한편으로는 협업을 하고 있다. 예를 들면 Microsoft, Amazon은 자신들만의 Cloud 플랫폼을 탑재해서 시장을 만들려고 노력하고 있고, 다양한 Cloud 인프라 서비스에서 동일하게 운영하기 위해서 각 Cloud 플랫폼 업체들은 Cloud Foundry와 같은 Container 기반 응용 플랫폼을 활용하고 있다.

① GE : Predix Industrial Cloud

- PaaS 방식으로 아마존 AWS와 MS Azure와 협업
- 오픈 소스 기반의 'Cloud Foundry' 기술 사용
- Gated community 모델로 사용자와 개발자가 생태계에 소속
- 빅데이터와 분석 데이터 활용 집중
- 머신러닝, 예지보전, 산업기계 분석 알고리즘 제공
- 사용한 만큼 지불(Pay-Per-Use)
- 클라우드 인프라스트럭처는 고객 요구에 따라 유연하게 운용 가능

② Siemens : MindSphere

- Plug & Play Connection : SIEMENS MindConnect / TIA, 3rd Party 제품 연결성
- Open Interface : OPC UA 지원

- SIEMENS Apps : Fleet Manager, Visual Analyzer 등
- 3rd Party Apps : 예) 아마존 AWS의 각종 App 적용 가능
- Ecosystem : 전 영역에 걸친 파트너사와의 협업 강화
- 보안 : IEC 62443, ISO/IEC 27001 반영

③ Accenture : CPAAS(Connected Platform As A Service)

- 기존 컨설팅 위주의 사업구조에서 외부 3rd Party Solution 업체와 협업을 통해, Platform 기반 SI 사업으로 영역을 확대 중에 있음
- Siemens의 Mindsphere 위에 설비 관제 등 Application 제공
- Microsoft와의 합자회사(Avanade) 설립 및 자체 Platform(CPAAS) 구축

④ Salesforce

- 자체 Cloud 기반 수주 진척 관리, 고객관리 등 CRM 솔루션 제공업체로, 17년 Deep Learning AI algorithm을 적용한 고객관리시스템(EINSTEIN) 운영 중

⑤ YOKOGAWA : Industrial IoT

- 강점인 영역(측정 및 기계설비)의 제품 경쟁력 극대화 - Information 영역은 외부 솔루션(MS, OS/소프트 등)과 협업(Performance optimization, Early failure detection, Maximize up-time)
- 필요한 데이터만 Azure Cloud로 업로드
- 상세 분석을 위한 데이터는 Local에 저장
- 데이터 분석 및 컨설팅 서비스 제공

⑥ Amazon : The AWS Platform

- WAGO, B&R, Beckhoff, Harting, Actyx 등

자동화 업체 및 SIEMENS, Rackspace 등등 Cloud 업체, 그리고 Intel, ivii 등과 협업 중

⑦ Microsoft : The AWS Platform

- OPC는 Microsoft의 기술/아키텍처 지원 하에 산업용 설비 간 통신/보안의 표준 오픈소스 프로토콜로 자리잡음
- OPC 표준 프로토콜과 AMQP, MQTT 등 표준 IoT 프로토콜 간 연계를 통해 공장 내 디바이스/설비의 데이터 보안을 담보하면서 클라우드 저장소로 데이터를 보내고, 기계학습(Machine Learning) 등을 통해서 Machine Data의 Intelligence를 강화할 수 있음
- 애저 타임 시리즈 인사이트(Azure Time Series Insights) : 최대 1억개의 센서 데이터를 탐색하고 분석해, 실시간 시각화/검색 지원 서비스 미션 크리티컬한 디바이스의 다운타임을 줄여 비용 절감을 도와주는 등의 서비스

또한, 국가별 Smart Manufacturing Model이 등장하였다.

- 일본 : Reference Architecture Model Industrie 4.0
- 미국 : Smart Manufacturing Ecosystem
- 일본 : Industrial Value Chain Reference Architecture
- 중국 : Intelligent Manufacturing System Architecture
- 프랑스 : Framework for the smart manufacturing standards landscape

이처럼 다양한 업체의 설비와 플랫폼 및 스마트 팩토리 시스템에서 사용할 표준화된 프로토콜이 필요하게 되었다.

스마트 팩토리 통신 프로토콜

스마트 팩토리에 적용되고 있는 산업용 통신 프로토콜 업체는 다수 있으며, Ethernet 기반으로 하고 있으나, 업체별로 독자 프로토콜을 사용하고 있다.

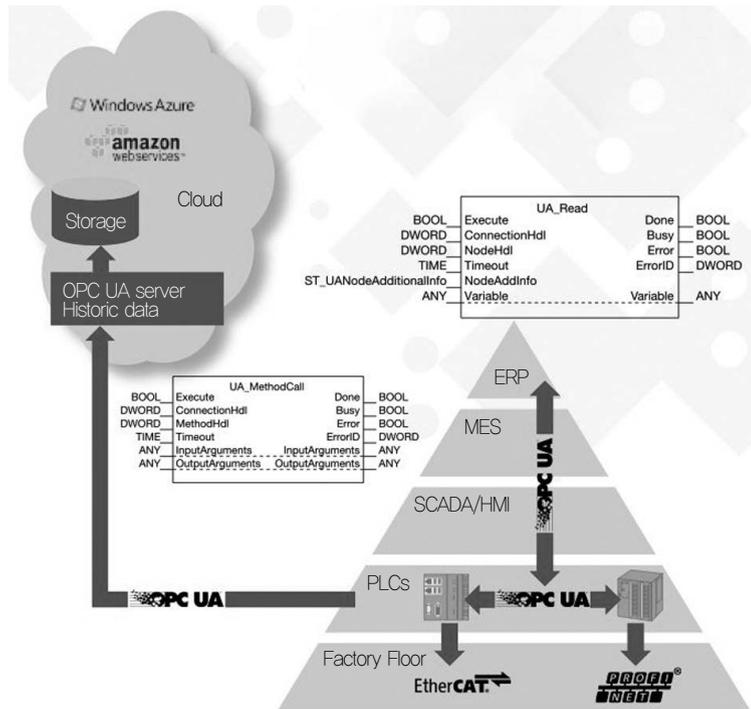
- PROFINET : 유럽(SIEMENS) 중심으로 확산
- EtherCAT : 필드버스협회(ETG) 중심의 산업표준(IEC)
- Ethernet/IP : 미국(Rockwell Automation) 중심
- RAPIEnet(Real-time Automation Protocols for Industrial Ethernet) : 국내 “LS산전” 개발, 한국 표준
- CC-Link IE : 일본(미쯔비시)을 중심으로 확산

• CANopen, HART, DeviceNet, Modbus 등 다수의 산업용 통신 프로토콜 존재

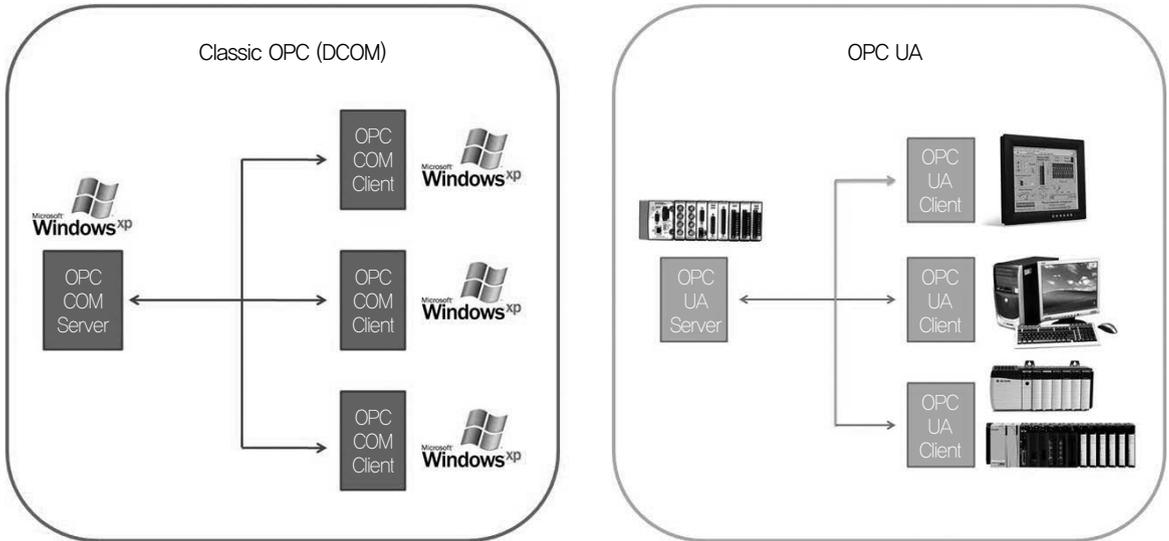
이에 산업용 통신 프로토콜의 표준화가 필요하게 되었고, OPC UA(IEC62541)가 등장하게 되었다.

OPC UA(Open Platform Communications Unified Architecture) 등장

OPC Foundation에 의해 개발된 OPC Unified Architecture(OPC UA)는 설비와 설비 간(Machine To Machine) 통신뿐만 아니라 ERP, MES, SCADA/HMI 및 클라우드 서버와 데이터 통신에도 사용되고 있다.



<OPC UA 적용>



〈OPC Classic과 OPC UA 구조〉

- 산업 장비 및 시스템의 데이터 수집 및 제어를 위한 통신 기능에 중점
- 비용 없이 자유롭게 사용 및 구현 가능
- 하나의 운영체제 또는 프로그래밍 언어에 종속되어 있지 않음
- 서비스 지향 아키텍처(Service Oriented Architecture) : 특정 Vendor나 특정 제품에 종속되지 않고, 서비스 자체를 지향하는 구조
- 강력한 보안(공개/비공개 키 기반 암호화 지원)
- 복잡한 데이터를 모델링할 때 OPC UA의 풍부한 서비스 지향 아키텍처를 활용한다.
- OPC 재단과 450개가 넘는 업체가 협업 중이고, 36개 업체의 제품이 인증을 받았다. (CODRA, GE, ICO NICS, Mitsubishi, Siemens, Yokogawa 등등)
- 주요 산업 분야에는 제약, 오일 및 가스, 빌딩 자동화, 산업용 로봇공학, 보안, 제조 및 공정제어가 포함된다.

OPC Classic

1996년에 발표된 OPC Classic 스펙은 COM / DCOM (Distributed Component Object Model)을 사용하여 소프트웨어 구성요소 간에 데이터를 교환하는 Microsoft Windows 기술을 기반으로 한다. 이 스펙은 프로세스 데이터, 알람 및 히스토리 데이터에 액세스하기 위한 별도의 정의를 제공한다.

- OPC Data Access(OPC DA) : 값, 시간 및 품질 정보를 포함하는 데이터의 교환을 정의한다.
- OPC Alarm & Events(OPC AE) : 경보 및 이벤트 유형 메시지 정보뿐만 아니라 가변 상태 및 관리 상태의 교환을 정의한다.
- OPC Historical Data Access(OPC HDA) : 타임스탬프 데이터를 적용할 수 있는 쿼리 및 분석 방법을 정의한다.

OPC Classic 스펙은 OPC 커뮤니티를 잘 지원하나, 기술이 진화하면서 새로운 OPC 사양도 필요하게 되었고, 2008년에 OPC Foundation은 기존 OPC Classic 사양의 모든 기능을 통합하고, OPC Classic과 역 호환이 가능한 플랫폼 독립적이고 서비스 지향적인 OPC UA (OPC Unified Architecture)를 출시했다. 아래의 요소들이 OPC UA를 개발하는데 영향을 주었다.

- Microsoft는 Cross-platform을 위한 SOA(Service-Oriented Architecture)를 위해 COM(Component Object Model) 및 DCOM(Distributed COM)을 강조함
- OPC 공급업체는 데이터 액세스, 경보 및 이벤트, 기록 데이터 액세스 등과 같은 OPC 데이터 모델을 노출하는 단일 서비스 세트를 지원해야 한다.
- 경쟁력 유지를 위해 OPC 공급업체는 임베디드 장치를 포함한 타사 시스템에 OPC를 구현해야 한다.
- 다른 협력 조직은 높은 수준의 구조화된 데이터를 전송할 수 있는 안정적이고 효율적인 방법이 필요하다.
- 사용자는 방화벽을 통해 OPC 서버에 안전하게 액세스할 수 있어야 한다.

OPC UA 통합 아키텍처

OPC Unified Architecture는 개별적인 OPC Classic 사양의 모든 기능을 하나의 확장 가능한 프레임 워크로 통합하는 플랫폼 독립적이고 서비스 지향적인 아키텍처다. OPC UA의 멀티 레이어 방식은 다음과 같은 설계 사양 목표를 완성하였다.

- 기능상의 동등성 : 모든 COM 기반 OPC Classic 사양은 OPC UA에 매핑 가능

- 플랫폼 독립성 : 임베디드 마이크로 컨트롤러에서 클라우드 기반 인프라에 이르기까지 플랫폼 독립적
- 보안 : 암호화, 인증 및 감사(Auditing) 기능 지원
- 확장성 : 기존 애플리케이션에 영향을 미치지 않고 새로운 기능을 추가할 수 있는 기능
- 포괄적인 정보 모델링 : 복잡한 형태의 정보를 정의할 수 있음

OPC UA 기능적 동등성

OPC Classic의 성공을 바탕으로 OPC UA는 OPC Classic 사양의 기능을 더 많이 향상시키도록 설계되었다. OPC UA는 OPC Classic과 기능적으로 동일하지만 훨씬 더 많은 기능이 있다.

- 발견(Discovery) : 로컬 PC 및 네트워크에서 OPC 서버의 가용성을 찾는다.
- 주소 공간(Address Space) : 모든 데이터는 계층적으로 표현된다(예 : 파일 및 폴더). OPC 클라이언트가 간단하고 복잡한 구조를 발견하고 활용할 수 있다.
- 주문형(On-Demand) : 액세스 권한에 따라 데이터 또는 정보 읽기 및 쓰기
- 구독(Subscriptions) : 클라이언트의 기준에 따라 값이 변경되면 데이터와 정보 및 예외 정보를 모니터링한다.
- 이벤트(Events) : 고객의 기준에 따라 중요한 정보를 알린다.
- 메소드(Methods) : 클라이언트는 서버에 정의된 메소드를 기반으로 프로그램 등을 실행할 수 있다.

OPC UA 제품과 OPC Classic 제품 간의 통합은 다

운로드 섹션에서 사용할 수 있는 COM / Proxy 래퍼를 사용하여 쉽게 수행할 수 있다.

OPC UA 플랫폼 독립성

사용 가능한 하드웨어 플랫폼과 운영체제가 다양하기 때문에 플랫폼 독립성은 필수적이다. OPC UA는 다음 중 하나 이상에서 작동한다.

- 하드웨어 플랫폼 : 기존의 PC 하드웨어, 클라우드 기반 서버, PLC, 마이크로 컨트롤러(ARM 등)
- 운영체제 : Microsoft Windows, Apple OSX, Android 또는 Linux 배포판 등

OPC UA는 Machine-to-machine / Machine-to-enterprise 및 그 사이의 모든 것에서 기업 전반의 상호 운용성에 필요한 인프라를 제공한다.

OPC UA 보안

기술을 선택할 때 가장 중요한 고려사항 중 하나는 보안이다. OPC UA는 일련의 컨트롤을 제공하여 보안 문제를 해결하는 동시에, 방화벽이 구축된 네트워크에서도 동작한다.

- 전송 : 초고속 OPC 바이너리 전송이나 보편적으로 호환되는 SOAP-HTTPS와 같은 옵션을 제공하는 수많은 프로토콜이 정의된다.
- 세션 암호화 : 메시지가 128 또는 256 비트 암호화 수준에서 안전하게 전송된다.
- 메시지 서명 : 메시지는 전송될 그대로 수신된다.

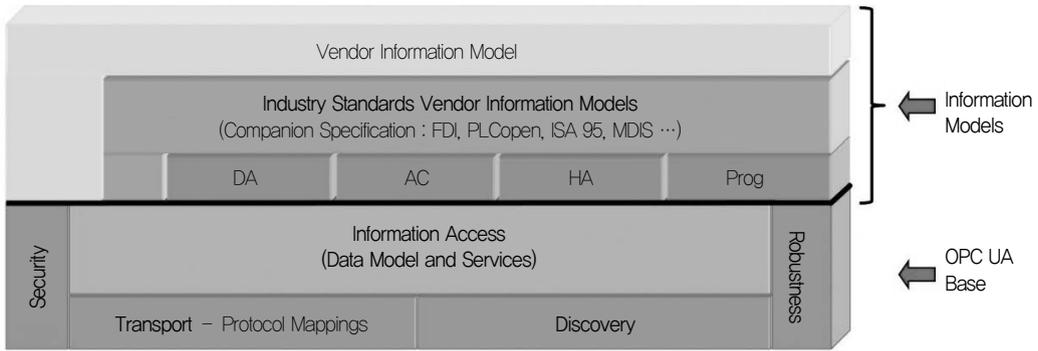
- Sequenced Packets : 패킷 시퀀싱 처리로 인하여 Message-relay-attack에 대한 노출이 제거된다.
- 인증 : 각 UA 클라이언트와 서버는 OpenSSL 인증서를 통해 식별되어 어떤 응용 프로그램과 시스템이 연결할 수 있는지 제한한다
- 사용자 제어 : 응용 프로그램은 사용자의 인증(로그인 자격 증명, 인증서 등)을 요구할 수 있으며, 액세스 권한 및 주소 공간 “보기”를 사용하여 기능을 더 제한하고 향상시킬 수 있다.
- 감사(Auditing) : 사용자 또는 시스템별 활동이 기록되는 액세스 추적 기능 제공

OPC UA 확장성

OPC UA의 다중 계층 구조는 “Future-Proof” 프레임워크를 제공한다. 새로운 전송 프로토콜, 보안 알고리즘, 인코딩 표준 또는 애플리케이션 서비스와 같은 혁신적인 기술과 방법을 기존 제품에 대한 하위 호환성을 유지하면서 OPC UA에 통합할 수 있다. UA 제품은 추후 개발되는 제품과 함께 사용할 수 있다.

OPC UA 정보 모델링

OPC UA 정보 모델링(Information-Modeling) 프레임워크는 데이터를 정보로 변환한다. 완벽한 객체 지향 기능을 사용하면 가장 복잡한 다중 레벨 구조도 모델링하고 확장할 수 있다. 데이터 유형 및 구조는 프로파일에 정의된다. 예를 들어, 기존 OPC Classic 사양은 다른 조직에서 확장할 수 있는 UA 프로파일로 모델링되었다.



〈OPC UA 모델링〉

OPC UA API

- UA API는 여러 프로그래밍 언어로 제공되며, 상용 SDK는 C, C++, Java 및 .NET에서 사용할 수 있다.
- 오픈 소스 스택은 C, C++, Java, Javascript 및 Python에서 사용할 수 있다.

에 적용 중이다.

- OPC specification 준수(Compliant)
- 다른 OPC 제품과 상호 운용 가능(Interoperable)
- 안정적이고 신뢰할 수 있으며, 통신 불량 시 복구하는 기능(Robust)
- 범용적인 수행 형식을 따름(Usable)
- 효율적인 자원 관리(Efficient : CPU, Memory, 디스크 공간)

OPC UA Certification

OPC Foundation의 인증 프로그램은 요구사항을 충족시키는 고품질의 제품을 개발하고 제공할 수 있도록 지원한다. 인증 통과 시 “Certification Logo”를 사용할 수 있다. LG CNS는 2017년 6월 OPC UA 서버 인증을 통과하였고, LG 계열사 공장의 스마트 팩토리 시스템

OPC UA 한계

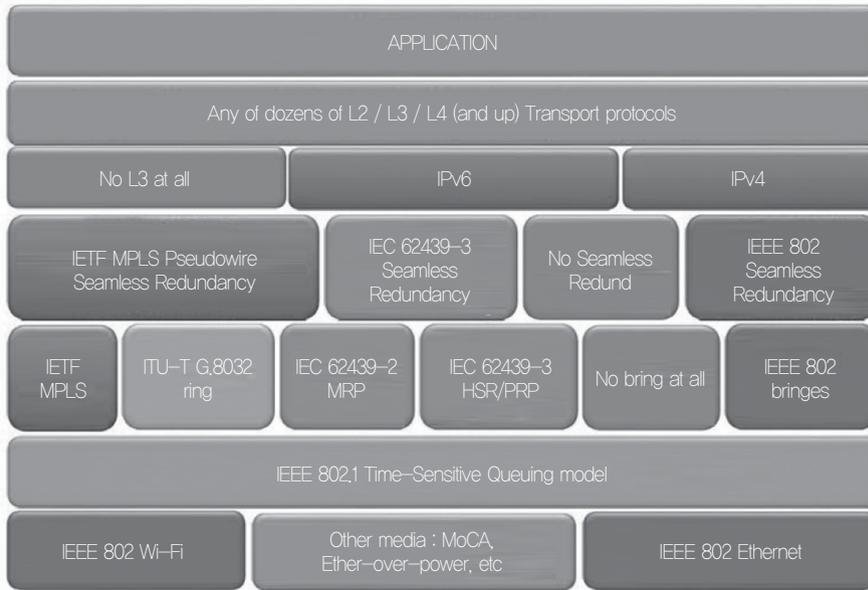
OPC UA는 빠른 응답이 필요한 시스템이나 고속 제어가 필요한 시스템에서는 한계가 있다. OPC UA는 Ether



〈<https://opcfoundation.org>〉



〈OPC UA Certification Logo〉



〈IEEE 802.1 Time-Sensitive Queuing Model〉

net을 기반으로 하기 때문에 고속 데이터 통신은 지원하지만 고속 응답성에 대해서는 보장을 할 수가 없다. 그리하여 토요타에서는 EtherCAT 기반으로 구성하여 1 milli-second 단위로 제어가 가능하도록 하였다. 하지만 EtherCAT은 OPC UA 대비 발열이 높은 편이다.

OPC UA 보안

OPC UA의 고속 제어 한계로 인한 대안으로 TSN(Time Sensitive Network)이 등장하였다. TSN은 데이터 전송을 위한 결정론적 특성을 요구하는 애플리케이션을 지원

하기 위해 표준 Ethernet에 추가되는 기능 세트이다. 통신 패킷에 대한 트래픽 차선을 예약하여 중요한 데이터의 대기 시간을 없애는 것으로 실시간 통신과 유사한 형태이다. CISCO 주도 하에 Ethernet의 확장 표준인 TSN이 표준화 진행 중이다.

또한, OPC UA를 지원하지 않는 오래된 공장에서는 OPC UA를 지원하는 별도의 장치를 기존 설비와 연동할 수 있도록 추가 설치해야 한다. 하지만 제약사항들이 있음에도 전 세계 450여 개 업체가 OPC Foundation과 협업 중이고, 그중 스마트 팩토리 관련 산업용 프로토콜 업체들과도 협업 중이며, 표준화가 진행 중이다.