

스마트 제조(Smart Manufacturing)를 위한 Yokogawa 클라우드 아키텍처

M K 나빈 카샤프 (M K Naveen Kashyap)^{*1}

디지털 전환(DX)은 비즈니스 성과를 근본적으로 재조정할 목적으로 조직의 인력, 프로세스 및 시스템에 디지털 기술과 정보 기술을 적용하는 것입니다. 스마트 제조(Smart Manufacturing)는 기업의 제조 측면에 적용되는 DX의 한 형태입니다. 많은 스마트 제조 이니셔티브의 목표는 자율 운영 (autonomous operations)의 실현입니다. DX 및 스마트 제조의 성공을 정의하는 요소 중 핵심은 기술 스택(tech stack)과 기존 시스템 및 비즈니스 프로세스와의 상호 작용을 캡처하는 디지털 엔터프라이즈 아키텍처(digital enterprise architecture)입니다.

DX 아키텍처는 다양한 소프트웨어 애플리케이션 및 증강 오퍼링(augmented offerings: 제품 또는 서비스)을 통해 데이터 캡처에서 가치 전달에 이르기까지 전체 가치 창출 프로세스를 캡처합니다. 이 보고서에서는 '기존 생산 자산'과 '관련 IT 자산'을 결합하는 "플랫폼 현장"에서 시작하여 6개의 레이어(layers) 측면에서 Yokogawa DX 아키텍처의 본질을 설명합니다. 최상위 레이어는 컨설팅, 엔지니어링, 시스템 통합 및 지원과 같은 서비스가 생성된 가치를 고객에게 전달할 수 있도록 하는 증강 오퍼링으로 구성됩니다. 가운데 4개 레이어(엣지, 컴퓨팅 인프라, 플랫폼 및 애플리케이션)은 DX를 가능 현실(potential reality)로 만드는 핵심 기술 요소를 나타냅니다.

도입

디지털 전환(DX)은 비즈니스 성과를 근본적으로 재조정할 목적으로 조직의 인력, 프로세스 및 시스템에 디지털 기술과 정보 기술을 적용하는 것입니다. 기본적으로 여기에는 통찰력과 정보에 입각한 결정을 내리기 위해 알고리즘과 함께 다양한 소스의 데이터를 사용하는 것이 포함됩니다. 운영기술(OT)은 모든 생산 자산을 반영하는 반면 정보기술(IT)은 기업 비즈니스 프로세스를 관리하는 다양한 시스템을 반영합니다. 두 스트림의 데이터를 결합하여 새로운 인사이트(insights)를 얻습니다. 대부분의 기존 기업의 경우에는 기존 하드웨어, 소프트웨어 및 비즈니스 프로세스와 인력을 고려하지 않고 혁신적인 프로젝트를 구현하는 것은 큰 도전입니다.

SMLC(Smart Manufacturing Leadership Coalition: 스마트 제조 리더십 연합)는 스마트 제조를 "신제품의 신속한 제조, 제품 수요에 대한 동적 응답(dynamic response), 제조 생산 및 공급망 네트워크의 실시간 최적화(real-time optimization)를 가능하게 하는 '첨단 인텔리전스 시스템(advanced intelligence systems)'의 강화된 적용"으로 정의합니다.⁽¹⁾

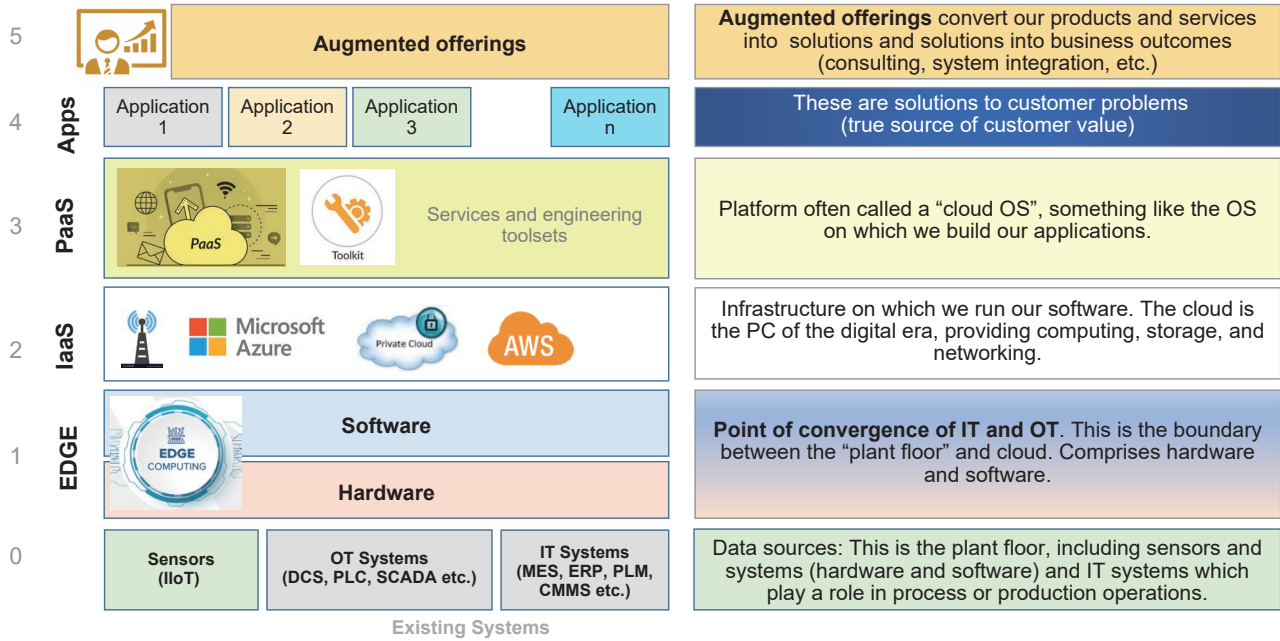
많은 '스마트 제조 이니셔티브'의 궁극적인 목표는 산업 자동화

(industrial automation)에서 자율 운영(autonomous operation) 및 산업 자율(industrial autonomy)로의 전환입니다. Yokogawa는 이러한 변환을 "산업 자동화에서 산업 자율(IA2IA)"로 명명했습니다.⁽²⁾

DX 및 '스마트 제조 이니셔티브'의 성공을 정의하는 요소 중 핵심은 기술 스택(tech stack)과 기존 시스템 및 비즈니스 프로세스와의 상호 작용을 캡처하는 '디지털 엔터프라이즈 아키텍처(digital enterprise architecture)'입니다. 이 아키텍처의 중심에는 재사용 가능하며 다양한 서비스를 제공하고 솔루션의 다양한 구성 요소를 결합하는 플랫폼 스택(platform stack)이 있습니다. 플랫폼 스택은 인프라/클라우드에 구애받지 않도록 설계되어 애플리케이션 지원을 제공하고 고객에게 서비스형 소프트웨어(SaaS: Software as a Service)를 빠르고 효과적으로 제공합니다.

따라서 DX 아키텍처는 데이터 캡처에서 가치 전달에 이르는 전체 가치 창출 프로세스를 다양한 소프트웨어 애플리케이션 및 증강 오퍼링(augmented offerings)을 통해 캡처합니다. 그림1은 기존 생산 자산과 관련 IT 자산을 결합하는 "플랫폼 현장"에서 시작하여 6개 레이어 측면에서 DX 아키텍처의 개요를 보여줍니다. 최상위 레이어는 고객에게 창출된 가치를 전달하기 위해 컨설팅, 엔지니어링, 시스템 통합 및 지원과 같은 서비스를 포괄하는 증강 오퍼링으로 구성됩니다.中间的 4개 레이어인 엣지(Edge), 인프라(IaaS), 플랫폼(PaaS) 및 애플리케이션(앱)은 DX를 가능 현실(potential reality)로 만드는 핵심 기술 요소를 나타냅니다. 이 레이어는 ISA95 피라미드 또는 퍼듀(Purdue) 피라미드와 다릅니다.

^{*1} Yokogawa측측기 (Yokogawa Test & Measurement Corporation) 기술 개발 부
문 엔지니어링 3부



참고: “디지털 아키텍처”, “디지털 엔터프라이즈 아키텍처” 및 “DX 아키텍처”라는 용어와 스마트 제조를 위한 Yokogawa의 DX 아키텍처인 ‘Yokogawa Cloud Architecture’는 이 문서에서 같은 의미로 사용됩니다.

그림1 디지털 변환(DX) 아키텍처의 6개 레이어

YOKOGAWA의 DX 아키텍처

Yokogawa의 DX 아키텍처는 그림1과 같이 일반적인 DX 전략의 6개 레벨과 밀접하게 일치하는 레이어화된 접근방식을 따릅니다. Yokogawa의 클라우드 구조는 그림2에 나와 있습니다. 사용자 경험을 정의하는 DX 제품과 관련된 비즈니스 프로세스에 초점을 맞추고

있기 때문에, 최상위 레이어인 증강 오퍼링은 그림에 나타나 있지 않습니다.

6개 레이어 각각에 대해 설명은 다음 섹션에서 합니다.

Yokogawa는 플랫폼 자체가 아닌 최종 사용자에게 앱과 서비스의 라이선스를 부여한다는 점에서 디지털 경제에서 SaaS 제공업체로 자리매김하고 있습니다.

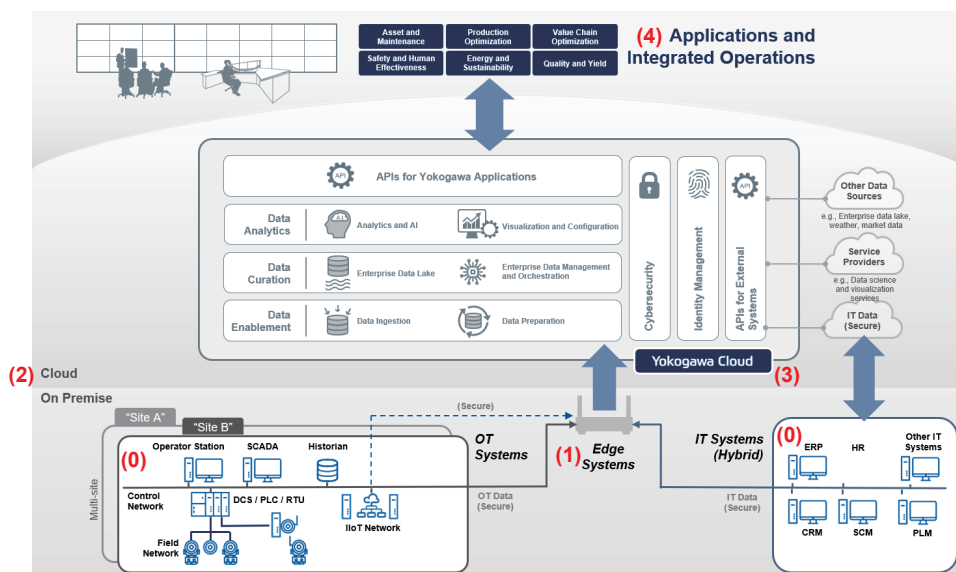


그림2 Yokogawa Cloud - 스마트 제조를 위한 아키텍처

레벨0: OT 및 IT

OT 부분은 주로 세 가지 유형의 네트워크에 있는 시스템으로 구성됩니다.

- (1) 분산 제어 시스템, PLC(programmable logic controllers), 원격 터미널 장치 및 데이터 수집 시스템과 같은 제어 네트워크의 다양한 시스템과 4-20 mA, HART, FF-H1, ISA100, MODBUS를 포함하여 이러한 프로토콜과 통신하기 위한 광범위한 필드 장비
- (2) SCADA, 플랜트 히스토리언(plant historians) 및 플랜트 정보 네트워크의 기타 플랜트 정보관리 시스템
- (3) ISA100, LoRaWAN(3), Sigfox 및 기타 무선 프로토콜과 같은 프로토콜을 사용하여 엣지 장비(센서) 또는 센서 클라우드에 직접 정보를 측정하고 전송하는 무선 센서.

IT 시스템에는 일반적으로 MES, ERP, CRM, PLM, HRMS 및 기타 시스템이 포함됩니다. 대부분은 시스템 간의 데이터 교환을 용이하게 하는 표준 산업 프로토콜을 기반으로 하는 API(응용 프로그래밍 인터페이스)를 제공합니다. 그 구성은 그림2에서 단순화되었습니다.

레벨1: 엣지(EDGE)

로컬 데이터 처리 및 컴퓨팅을 나타내는 "엣지"는 엔터프라이즈 IT 및 OT 시스템의 합류점입니다. 엣지 컴퓨팅은 클라우드나 데이터 센터에서 모든 작업을 수행하는 대신 데이터 소스 또는 그 근처에서 수행되는 컴퓨팅입니다. 엣지는 종종 기존의 패러다임(OT)과 새로운 패러다임(IT) 사이, 그리고 "하단"(플랜트 플로우 및 OT)과 "상단"(클라우드) 사이의 다리로 간주됩니다. 엣지 컨트롤러는 모든 생산 현장 시스템의 보안 엔드포인트인 경우가 많습니다. 그림3은 통합 엣지의 개념을 보여줍니다.

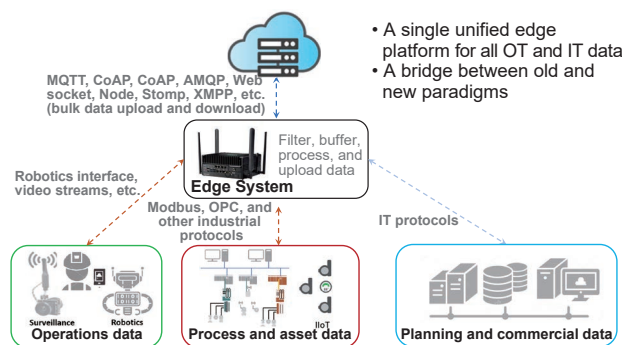


그림3 Yokogawa 엣지 - OT와 IT, 기존 패러다임과 새 패러다임 간의 통합 다리

이상적으로는 엣지는 프로세스 데이터뿐만 아니라 운영 데이터(예: 교대 정보 및 로봇 공학 데이터) 및 IT 데이터(예: 계획 및 일정)와 같은 제조와 관련된 기타 데이터에 대한 엔드포인트를 제공해야 합니다.

엣지 시스템이 현재의 분산 시스템과 한 가지 다른 점은 비정형 데이터(unstructured data)와 인공지능을 사용하는 수많은 컴퓨팅 가능성입니다.

엣지 설계에 대한 주요 고려사항에는 일상적인 기능을 방해하지 않고 데이터 분석 및 클라우드 컴퓨팅의 파워를 활용하기 위한 기존 또는 레거시 플랜트 시스템의 깨끗한 데이터 수집 전략이 포함됩니다. 엣지는 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로 구성됩니다. 엣지의 크기 조정(sizing) 및 배포(deployment)는 대기시간(latency), 대역폭(bandwidth), 개인 정보 및 보안 문제, 그리고 가장 중요한 애플리케이션의 특성과 같은 요인에 따라 달라집니다. 엣지 게이트웨이 또는 엣지 서버에는 두 가지 역할이 있습니다. 첫 번째는 OT 및 IT 플로어(floor)에서 데이터 센터 또는 클라우드로(또는 그 반대로) 정보 흐름을 규제하여 해당되는 경우 데이터의 저장 또는 버퍼링을 제공합니다. 두 번째 역할은 필요에 따라 플랜트나 머신러닝 또는 전이 학습(transfer-learning) 알고리즘에 더 가까운 비즈니스 로직(business logic)의 데이터 필터링 및 실행을 수행하기 위해 일정 레벨의 인텔리전스를 제공하는 것입니다. 엣지 요구사항은 종종 애플리케이션에 따라 다릅니다. 하드웨어 선택 범위는 상용 제품 시스템에서 Yokogawa 독점 하드웨어에 이르기까지 다양합니다.

엣지는 다음과 같은 개방형 산업 표준(open industry standards)을 준수하는 인터페이스를 사용하여 프로세스 시스템 또는 프로세스 히스토리언로부터 OT 데이터를 수집합니다: 클래식 OPC 및 OPC-UA; MODBUS, Foundation Fieldbus(FF-H1) 및 Profibus(해당하는 경우)와 같은 기타 여러 산업 표준 프로토콜을 지원하는 기본 인터페이스(native interfaces); 또는 물리적 네트워크 레이어에 관계없이 사용 가능한 다른 웹 서비스. 산업용 사물 인터넷(IIoT) 애플리케이션의 경우 엣지 노드는 클라이언트 역할을 하는 엣지 장치에서 데이터를 수집하기 위해 MQTT(Message Queueing Telemetry Transport) 브로커(또는 CoAP(제한된 애플리케이션 프로토콜), XMPP(확장 가능한 메시지 및 존재 프로토콜), restful HTTP 등)의 역할도 합니다. 또한 이러한 시스템은 다양한 시스템에서 수집한 데이터를 일괄 업로드할 수 있습니다. OT 시스템을 엣지와 연결하기 위해 프로토콜 변환(물리적 및 정보 레벨 모두에서)을 위해 브리지 장치를 사용하는 조항도 있습니다. 표준 보안 방식은 DMZ 구성에서 엣지를 배포하는 것이지만, 네트워크에 정보 다이오드가 있는 엣지 서버를 배포하기 위한 다른 옵션을 사용할 수 있으며 사례별로 정의할 수 있습니다. 엣지 게이트웨이는 조직의 보안 정책을 기반으로 클라우드와 같은 외부 네트워크에서 구성 및 관리할 수도 있습니다. 일부 구성에서 엣지 기능은 필요에 따라 일부는 고객 데이터 센터에 위치할 수 있으며, 일부 기능을 클라우드에서 엣지로 푸시할 수 있는 유연성을 갖습니다("확장 가능한 엣지").

기업은 여러 사이트로 구성될 수 있으므로 위에서 설명한 구성으로 여러 OT 시스템과 여러 네트워크를 가질 수 있습니다. 하이퍼로컬/하이브리드 클라우드 전략의 일부인 엣지는 로컬 데이터 처리, 클라우드와의 데이터 관리, 제어, 자율 운영 및 탄력성(resilience: 클라우드 연결이 끊긴 경우)에 중점을 둡니다. 중앙 클라우드는 여러 사이트 레벨 엣지에 연결되고 복수의 사이트(그림4 참조)와 AI 및 ML 애플리케이션(한 사이트에서 학습하고 모든 곳에 배포) 및 기업의 타사 클라우드 시스템과의 통합(예: 공급망-파트너 통합)로부터의 데이터 집적(OT 및 IT)에 더 중점을 둡니다.

그림4는 사이트 및 엔터프라이즈 운영의 관점에서 엣지의 역할을 보여줍니다.

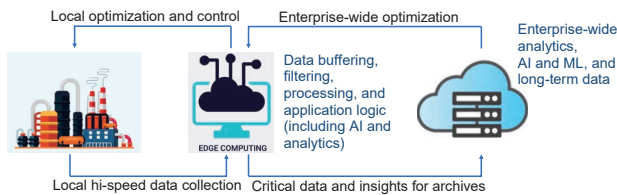


그림4 엣지(Edge) 및 클라우드 - 로컬 및 엔터프라이즈 운영 연결

또한 엣지 서비스는 대역폭(bandwidth), 실시간 처리, 대기시간(latency) 또는 소스 근처의 IT 및 OT 데이터 동기화(synchronization)가 주요 애플리케이션 요구사항인 경우 IT 시스템으로 확장될 수 있습니다. 그런 다음 엣지 시스템은 OT 및 IT 데이터 모두에 대한 통합 엔드포인트가 되므로 ERP 또는 PLM과 같은 IT 시스템이 클라우드에 대한 자체 데이터 경로를 설정할 필요가 없습니다.

그런 다음 엣지 전략은 고객과 플랜트, 애플리케이션에 따라 달라집니다. Yokogawa는 애플리케이션에 따라 3 계층(three-tier) 엣지 전략을 채택합니다.

- 첫 번째 계층은 “Edge Gateway”로, 생산 현장에서 Yokogawa 클라우드로 데이터를 안전하게 전송하는 데 중점을 두지만 제한적인 OT 프로토콜 지원을 제공합니다. 이 소프트웨어는 산업용 컴퓨터와 Yokogawa의 e-RT3 하드웨어에서 실행할 수 있습니다.
- 두 번째 계층은 기본 계층의 모든 기능을 제공하는 것 외에도 버퍼링, 필터링, 페이로드 변환(payload transformations) 및 추가로 일부 IT 데이터 활성화와 함께 광범위한 OT 프로토콜에 대한 연결을 제공하는 “Light Edge”입니다.
- 세 번째 계층은 모든 첫 번째 및 두 번째 계층 서비스 외에도 엣지 상단에서 애플리케이션 실행(AI 앱 포함), 애플리케이션 조정, 장치 관리, 로봇 지원 및 클라우드의 원격 엔지니어링 등 애플리케이션 지원을 제공하는 “Comprehensive Edge”입니다. Yokogawa는 현재 “CI Edge”라는 엣지 소프트웨어 전략을 표준화하고 있으며 “레벨3: 디지털 플랫폼” 섹션에서 설명하는 amnimo 및 Yokogawa의 클라우드 플랫폼에서 제공하는 비디오 및 이미지 분석용 구성 요소와 CI(Collaborative Information)서버의 구성 요소를 결합합니다.
- 엣지의 “최종 상태 비전(end state vision)”은 정형 데이터(센서, 프로세스 데이터 등)와 비정형 데이터(비디오, 이미지, 파일 등)의 수집을 지원합니다. 이렇게 하면 당사의 엣지가 플랜트 현장과 클라우드 사이에서 그림3에 설명된 모든 종류의 운영 데이터(OT 및 IT)를 처리하고 연결할 수 있습니다. 이러한 데이터 중 하나 이상을 결합하는 AI 애플리케이션을 실행할 수 있는 기능은 가상/스마트 작업자, 통합 원격 작업, 로봇 애플리케이션 등과 같은 애플리케이션을 통해 고객에게 새로운 가치를 제공하여 고객이 산업 자

율성(industrial autonomy)을 실현하는 데 한 걸음 더 다가갈 수 있도록 합니다. 분산 머신러닝(distributed machine learning: DML)을 적용하면 AI 작업량을 클라우드와 엣지 간에 원활하게 분산할 수 있어 스마트 제조의 새로운 패러다임을 가능하게 합니다.

레벨2: 클라우드 인프라(IAAS)

엣지 서버는 데이터를 하나 이상의 프라이빗 데이터 센터(온프레미스 또는 오프프레미스) 또는 Microsoft Azure, Amazon Web Services(AWS) 또는 Google Cloud Provider(GCP)와 같은 퍼블릭 클라우드 인프라를 의미하는 “클라우드”로 푸시합니다. Yokogawa는 클라우드에 구애받지 않는 전략(즉, 여러 클라우드 공급자 인프라 지원을 채택합니다.

Y-AWS 및 Y-Azure는 최종 사용자에게 제공되는 ‘완전 관리형 클라우드 소프트웨어 서비스’의 일부로 Yokogawa에서 보안, 관리 및 운영하는 Azure 또는 AWS 퍼블릭 클라우드의 클라우드/인프라 서비스입니다. 이를 퍼블릭 클라우드 인프라에서 프라이빗 클라우드라고 하는 경우가 많습니다. 클라우드 공급자의 선택은 데이터 주권(data sovereignty), 현지화(localization) 및 데이터 상주(data residency)에 관한 현지 규정과 함께 각 지역의 해당 운영자의 공간(footprint)에 따라 다릅니다. Yokogawa는 그러한 인스턴스나 Azure 또는 AWS 또는 온프레미스(on-premises) 인프라의 고객 클라우드 인스턴스(instances)에서 디지털 서비스를 제공합니다. 데이터는 고객 클라우드에 있지만 애플리케이션은 하나 이상의 퍼블릭 클라우드에 있는 하이브리드 클라우드 배포도 지원됩니다. 하이브리드 및 온프레미스 구성은 경우에 따라 다르므로 모든 애플리케이션 또는 기능을 지원하거나 지원하지 않을 수 있습니다. 상황에 따라 다르게 지원됩니다.

레벨3: 디지털 플랫폼(PAAS)

디지털 플랫폼은 클라우드의 운영 체제 또는 디지털 앱의 미들웨어로 간주됩니다. 이 플랫폼은 애플리케이션 개발 및 디지털 서비스 제공을 가속화하고 이들(애플리케이션) 간의 리소스 공유 및 협업을 장려하기 위해 많은 재사용 가능한 서비스를 제공합니다. 플랫폼의 목표는 지역과 기업이 빠르고 간단하며 효율적인 방식으로 솔루션을 구축하고 클라우드를 사용하여 고객에게 제공할 수 있는 재사용 가능한 핵심적인 서비스를 제공하는 것입니다. 이 플랫폼은 또한 API를 통해 애플리케이션 간에 데이터 및 기타 기능의 공유를 촉진합니다. 플랫폼의 비전은 결국 새로운 애플리케이션과 솔루션 개발에 필요한 시간과 비용을 절반으로 줄이는 것입니다.

플랫폼의 4가지 주요 설계 원칙인 연결성(connectivity), 흐름(flow), 융합(convergence) 및 중력(gravity)은 위의 순서를 가능하게 합니다(그림5). 연결성(connectivity)은 다양한 애플리케이션과 시스템이 플랫폼에 얼마나 쉽게 안전하게 연결되는지를 측정하는 반면, 흐름(flow)은 효과적으로 연결된 애플리케이션이 표준 인터페이스를 통해 정보를 어떻게 원활하게 교환하는지를 나타냅니다. 융합(convergence)은 다양한 데이터 소스를 다른 애플리케이션이 사용할 수 있는 유용한 형태로 통합, 결합 및 삭제하는 시스템의 기능입니다. 중력(gravity)은 연결된 시스템이 더 많은 애플리케이션과 서비스를 해당 생태계로 끌어들이며 가치를 추가하는 능력입니다.

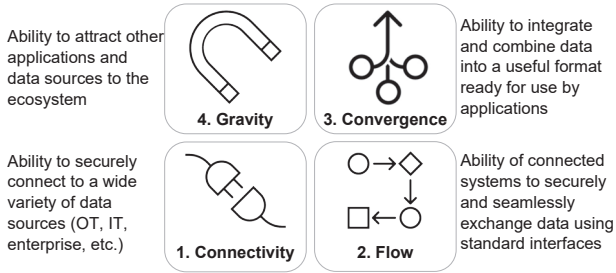


그림5 플랫폼 설계의 핵심 원칙

Yokogawa의 디지털 혁신 플랫폼은 IIoT 애플리케이션을 지원하는 IIoT 플랫폼을 넘어 디지털 애플리케이션의 전체 스펙트럼을 포괄하므로 진정한 DX 플랫폼으로 포지셔닝됩니다. SaaS 제공 업체로서의 위치를 감안할 때 이 플랫폼 도구(platform tooling)는 플랫폼에 구축된 Yokogawa 애플리케이션에서만 사용할 수 있으며 플랫폼 엔지니어링 기능은 Yokogawa 엔지니어만 사용할 수 있습니다. 최종 사용자가 직접 경험하는 것은 플랫폼 자체가 아닌 플랫폼에서 호스팅되는 애플리케이션입니다. 이는 숨겨진 활성화 도구(hidden enabler)입니다. 플랫폼의 설계는 수신(entry)에서 송출(exit)까지의 전체 수명 주기에 따라 데이터를 관리하는 '데이터 중심 아키텍처'를 따르고 데이터를 중심으로 설정된 일련의 활동 및 프로세스, 즉 데이터 활성화(data enablement: 시스템으로 데이터 가져오기), 데이터 큐레이션(data curation: 이렇게 획득한 데이터를 변환, 저장 및 구성) 및 데이터 활용(data utilization: 원시, 획득 또는 처리 데이터를 사용하여 분석을 수행하고 ML이 인사이트를 도출)을 중심으로 설계되었으며, 혁신의 정점입니다(그림6).

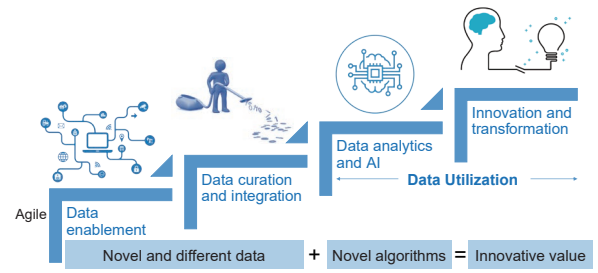


그림6 데이터 중심 플랫폼 설계 원칙

이 플랫폼은 5개의 레이어(그림7에서 3-1부터 3-5까지)로 구성되며, 각 레이어는 플랫폼에 구축된 애플리케이션에서 사용할 수 있는 일련의 도구와 서비스를 나타냅니다. 공통 서비스(그림7의 3-1)에는 데이터에 대한 보안 액세스를 제공하는 사이버 보안 및 ID 관리 서비스가 포함됩니다. 플랫폼의 레이어화된 아키텍처는 데이터 관리의 주요 단계인 데이터 활성화(그림7의 3-2), 데이터 큐레이션 및 처리(그림7의 3-3), 가장 강력한 데이터 활용 사례 때문에 애널리틱스(analytics)로 표시된 데이터 활용(그림7의 3-4)에 매핑됩니다. 여기에는 애플리케이션이 플랫폼에서 제공하는 서비스를 사용하는 도구로서 API(그림7의 3-5)도 포함됩니다. 이 원리는 그림7에 나와 있습니다.

위에서 언급하고 그림7에 설명된 5개의 서비스 레이어(layer) 각각은 다음 섹션에서 자세히 설명합니다.

3-1 공통 서비스

ID 및 권한 관리, 사이버 보안 관련 서비스는 함께 그룹화되며 다음 섹션에서 자세히 설명하는 것처럼 공통 서비스라고도 합니다:

(a) ID 및 권한 부여 관리(Identity and authorization management)

플랫폼 리소스에 대한 보안된 액세스를 가능하게 하는 사용자 관리, 권한 부여, 단독 사인-온(single sign-on) 및 기타 사용자 또는 역할 권한을 위한 이 플랫폼은 또한 고객이 사용하는 외부의 ID 관리 시스템에 연결할 수 있습니다.

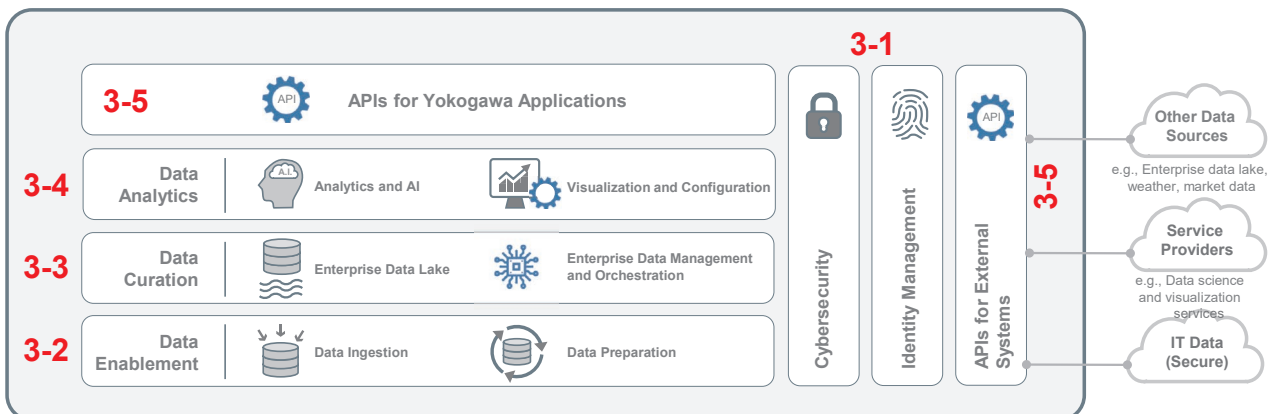


그림7 Yokogawa 클라우드 플랫폼

- (b) 정보 보안관리(Information security management)는 정보 교환을 가능하게 하는 API뿐만 아니라 전송 중인 데이터와 미사용 데이터를 포함하여 수명 주기 전반에 걸친 데이터 보안(data security), 암호화(encryption) 및 세분화(segmentation)를 포함합니다.

3-2 데이터 활성화 서비스(Data enablement services)

이 서비스는 여러 소스의 데이터를 플랫폼으로 가져오고 기본적인 관리 서비스(1차 데이터 정리)를 수행하는 데 중점을 둡니다. 특히 다음 서비스가 포함됩니다.

- (a) 데이터 수집(Data ingestion): 이러한 서비스에는 여러 소스(OT 및 IT 모두)에서 플랫폼으로 데이터를 가져오는 시스템 기능이 포함됩니다. 데이터는 실시간(동기화) 또는 일괄 처리(비동기화) 등 다양한 형식으로 시스템에 입력됩니다. 데이터 유형에는 프로세스 데이터, 알람, 경고, 파일 및 개체(objects)가 포함됩니다. 여기에는 IIoT 관점에서 장치 관리 및 온보딩(on-boarding)을 위한 기능도 포함됩니다. DX 플랫폼(대부분의 IIoT 플랫폼과 비교)으로서 데이터는 센서 데이터를 넘어 다른 프로세스 정보를 포함합니다.
- (b) 데이터 준비(Data preparation): 이 기능을 사용하면 수집된 데이터를 플랫폼 및 애플리케이션의 다음 레이어에서 사용할 수 있는 형식으로 변환할 수 있도록 도구를 통해 필요에 따라 데이터를 정리하고 필터링하고 정규화할 수 있습니다.

3-3 데이터 큐레이션 서비스(Data curation services)

이러한 도구는 여러 애플리케이션에서 원활하게 데이터를 재사용할 수 있는 형식으로 해당 데이터를 구성, 설명, 정리, 향상 및 보존하는 데 도움이 됩니다. 큐레이션의 범위에는 데이터 컨텍스트(data context)를 정의하는 데이터와 메타데이터(metadata)가 모두 포함됩니다. 처리된 데이터는 데이터베이스 또는 데이터레이크에 저장할 수 있습니다. 데이터 큐레이션은 스토리지를 제공하는 것 외에도 원본 데이터보다 더 가치 있는 구조, 모델 및 리포지토리(repositories)에 데이터를 통합합니다. 이러한 도구는 제어 시스템, 프로세스 히스토리 및 보안 관리 서비스에 대한 사례와 입증된 데이터 관리 프로세스를 포함하여 'ISA95 피라미드' 레벨 전반에 걸친 도메인 및 운영에 대한 Yokogawa의 강력한 이해(understanding)를 구현합니다. 데이터 큐레이션 도구를 사용하면 앱 개발자가 ISA95 및 기타 '표준 기반 정보 모델(standards-based information models)'을 기반으로 애플리케이션을 빠르게 구축할 수 있습니다.

이 플랫폼 설계는 고객 데이터가 안전하게 관리되고 통제되도록 하여 다른 데이터로부터 세분화(segmentation) 및 격리(isolation)를 제공합니다. 데이터 큐레이션 레이어(의 주요 서비스에는 엔터프라이즈 데이터레이크(Enterprise Data Lake) 서비스와 데이터 관리 및 오케스트레이션(orchestration) 서비스가 포함되며, 이에 대해서는 아래에서 설명합니다.

- (a) 엔터프라이즈 데이터레이크 서비스는 탄력적인 규모로 정형 및 비정형 데이터에 대한 중앙집중식 저장 및 관리 서비스를 제공합니다. 스토리지가 데이터레이크에 있을 때 처리된 데이터와 함께 모든 원본 데이터를 저장하는 것입니다. 데이터 저장소는 자체 데이터레이크 대신 데이터베이스에 있을 수도 있습니다. 플랫폼은 전체 규모의 엔터프라이즈 데이터레이크 자체를 제공하는 것이

아니라 데이터레이크 안팎으로 데이터 흐름을 관리하는 데 필요한 서비스를 제공한다는 점에 유의해야 합니다. 이는 엔터프라이즈 데이터레이크 구현이 각 조직에 고유한 방식으로 이루어지고 거의 표준화될 수 없기 때문입니다. 대부분의 경우 조직에는 더 큰 범위의 엔터프라이즈 운영을 포괄하는 엔터프라이즈 데이터레이크 구현이 필요하며 데이터레이크를 생성, 운영 및 유지관리 하는데 비용이 많이 든다는 점을 감안할 때 다른 데이터레이크를 생성하는 대신 동일한 데이터레이크 기능에 액세스할 수 있을 것으로 기대합니다. 외부 데이터레이크가 존재하는 경우 플랫폼은 데이터레이크 서비스를 복제하는 대신 활용할 수 있습니다.

- (b) 엔터프라이즈 데이터 관리 및 오케스트레이션 서비스는 데이터를 특정 분석 애플리케이션에 전달하기 위해 해당 데이터를 카탈로그화, 구성, 관리 및 처리할 수 있는 전체 도구 및 프레임워크에 걸쳐 있습니다. 이러한 서비스는 분석 애플리케이션이 소스(source)에서 소비(consumption)까지 데이터 파이프라인(data pipeline) 개발(development)의 다양한 단계를 자동화하는 데 도움이 됩니다. 여기에는 추출-변환-로드(extract-transform-load) 작업, 데이터 변환 및 데이터 모델링이 포함되어 '개별 분석 애플리케이션(individual analytics applications)'에 대해 예상하는 형태로 대용량 데이터를 제공할 수 있도록 '완전히 추상화되었지만 통합된 환경(fully abstracted but unified environment)'을 제공합니다.

3-4 데이터 분석(Data Analytics)

데이터 분석은 그림6에 설명된 데이터 수명 주기의 "데이터 활용 단계"의 일부로 제공되는 가장 중요한 서비스 중 하나입니다.

처리된 데이터는 '데이터 사이언스 애플리케이션'을 비롯한 다양한 애플리케이션에서 사용할 수 있습니다. 이 레이어에는 '로우 레벨 코드 도구(low-level code tools)', '그래픽 로직 빌더(graphical logic builders)', 탐색적 분석(exploratory analytics), '실험적 분석(experimental analysis) 및 머신러닝을 위한 샌드박스 환경', 대시보드 도구, '강력한 시각화(visualization)를 위한 비즈니스 논리 및 사용자 인터페이스 도구로 구성된 엔지니어링 도구'가 포함됩니다. 주요 구성 요소는 다음 섹션에서 설명합니다.

- (a) 분석 서비스(Analytics services): 이러한 서비스에는 '시계열 및 배치 데이터(time-series and batch data)'에 대한 '기성 분석(off-the-shelf analytics) 및 알고리즘'에 대한 기본 도구 및 지원이 포함됩니다. 플랫폼은 또한 개발 및 배포를 위해 소프트웨어를 표준 단위(리소스 격리 포함)로 패키징할 수 있는 컨테이너화(containerization)를 지원합니다. 분석에서 AI 및 ML 알고리즘에 대한 지원도 그룹화되며, 타사 AI 프레임워크 또는 제품을 통합하여 애플리케이션의 유용성을 향상시킬 수 있습니다. TensorFlow 및 Pytorch와 같은 표준 프레임워크를 기반으로 하는 타사 AI 코드를 적용할 수 있는 이 고유한 메커니즘을 "나만의 머신 러닝 가져오기(BYOML: Bring Your Own Machine Learning)"라고 합니다. 또한 이 서비스에는 Microsoft Power BI 및 Tableau와 같은 타사 BI(business intelligence) 도구의 플랫폼에서 데이터 인사이트를 활용할 수 있는 강력한 ETL(Extract-Transform-Load: 추출-변환-로드) 파이프라인 서비스가 포함됩니다. 이 기능을 "나만의 BI 가져오기: Bring Your Own BI"(BYOBI)라고 합니다.

(b) 시각화 서비스(Visualization services): 이 플랫폼은 또한 대시보드 및 디스플레이와 같은 사용자 인터페이스 요소 생성을 지원하는 표준 디자인 언어를 사용하여 구축된 시각화 프레임워크를 제공합니다. 이 레이어는 애플리케이션 생성 또는 엔지니어링 및 애플리케이션 사용을 각각 지원하는 디자인 타임(design-time) 및 런타임(run-time) 프레임워크로 구성됩니다. 이 플랫폼은 또한 널리 사용되는 타사 시각화 도구에 대한 후크(hooks: 연결/연동)를 제공하여 해당 애플리케이션의 '사용자 경험(user experience)'이 '이미 사용 중인 분석 패키지'와 일치하도록 합니다. 시각화 서비스는 특정 애플리케이션을 통해 모바일 장치에서도 사용할 수 있습니다. 이 비전은 BI 대시보드에서 시작하여 BI 대시보드, 모니터링 UI, 프로세스 디스플레이 등과 같은 다양한 종류의 앱의 다양한 시각화 요구사항을 충족하는 것입니다.

3-5 응용 프로그래밍 인터페이스(API)

API는 다양한 애플리케이션 구성 요소가 플랫폼 구성 요소 또는 다른 애플리케이션과 적절하게 통신하고 데이터를 교환할 수 있도록 하는 인터페이스입니다. 이러한 API를 설계하기 위한 기존의 수많은 방법 및 아키텍처 중에서 REST가 널리 사용되며 웹 브라우저 및 웹 서버와 같은 소프트웨어 또는 해당 구성 요소 간의 통신을 촉진하기 위한 프로토콜로 HTTP를 사용합니다. API 아래에는 각각 특정 기능을 수행하는 느슨하게 결합된 '모듈식 웹 서비스(modular web services)'의 집합체인 (일반적으로) 마이크로서비스(microservices)가 있습니다.

모든 중요한 플랫폼 기능은 'Yokogawa 앱 전용 API 게이트웨이'를 통해 REST API로 노출됩니다. API는 남용 및 오용을 방지하기 위해 비밀 키(secret keys)로 보호됩니다. 이 플랫폼은 '두번째 API 세트(second set of APIs)'를 사용하면 외부 시스템 또는 외부 플랫폼과 데이터를 교환할 수 있습니다. 여기에는 엔터프라이즈 데이터레이크, 파트너 시스템 또는 분석 서비스 제공업체를 비롯한 다른 클라우드의 외부 데이터 소스가 포함됩니다.

레벨4: 애플리케이션

애플리케이션 또는 솔루션은 자산 관리, 생산 최적화 또는 건강 및 안전과 같은 특정 비즈니스 문제를 해결하기 위해 구축된 소프트웨어 프로그램입니다. 애플리케이션은 스마트 제조 및 DX의 비전을 실현합니다.

애플리케이션은 데이터, 엔터프라이즈 데이터 관리 및 오케스트레이션(orchestration), 플랫폼에서 사용할 수 있는 로직 빌더 및 시각화와 같은 서비스를 사용하여 구축됩니다. 플랫폼 연결(platform plumbing)은 애플리케이션이 서로 연결하고 필요에 따라 데이터를 안전하게 교환하거나 재사용하도록 권장합니다. 플랫폼에서 사용 가능한 데이터는 다른 애플리케이션에서 재사용할 수 있으므로 수명 주기 전체 기간 동안 데이터 중복을 지속적으로 제거할 수 있습니다. 표준 애플리케이션은 '로직 및 그래픽 빌더' 기능을 사용하여 배포하도록 구성됩니다. 이 애플리케이션 포트폴리오는 특정 지역을 위해 구축된 표준 및 맞춤형 Yokogawa 애플리케이션으로 구성됩니다.

이 백서의 발간 시점에서는 해당 플랫폼 서비스는 Yokogawa 애플리케이션에만 사용될 수 있는 전용 서비스이며 50개 이상의 애플

리케이션이 로드맵에 있습니다. 이 플랫폼에는 RESTful API를 통해 타사 플랫폼 또는 애플리케이션에서 데이터에 액세스(제공)할 수 있는 기능이 있습니다.

레벨5: 증강 오퍼링(AUGMENTED OFFERINGS)

증강 오퍼링은 고객을 위한 디지털 가치의 매개체를 형성하는 모든 활동으로 구성됩니다. 이는 지역(regions)과 최전선(frontlines)이 고객 경험을 정의하고 유지하는 데 지배적인 역할을 하는 프로세스 모음입니다. 활동에는 DX 컨설팅, 애플리케이션 엔지니어링, 시스템 통합, 배포, 교육 및 판매 후 지원 서비스가 포함됩니다. 이러한 프로세스는 Yokogawa의 디지털전략본부에서 관리하는 강력한 백엔드 시스템을 통해 가능합니다.

당사 플랫폼의 주요 차별화 요소

측정, 정보 및 제어에 대한 Yokogawa의 전문성과 필드, 프로세스 및 운영 데이터 처리에 대한 축적된 전문성(Yokogawa와 KBC 간)은 시장에 출시되어 있는 대부분의 범용 IIoT 플랫폼보다 프로세스 자동화에 더 적합한 플랫폼 도구를 구축하는 데 도움이 됩니다. 이 플랫폼은 다음에 대한 우리의 비전에 의해 예시된 바와 같이 '설계에 의해 OT에 맞게' 조정되었습니다.

- 플랜트 측 연결에 대한 강력한 지원(CI Edge를 통한 40개 이상의 산업용 프로토콜, 히스토리언에 대한 커넥터(OSI-PI, Exaquantum, Fast/Tools 등);
- MES 시스템과의 통합을 지원하는 ISA95 관련 정보 모델에 대한 점진적 지원;
- 단순한 자산 시각화를 넘어 공정산업에 중점을 둔 애플리케이션 포트폴리오;
- 시장에서 대부분의 IIoT 제품이 제공하는 대시보드 솔루션.

이 플랫폼의 다른 기능도 스마트 제조 사용 사례를 염두에 두고 설계되었습니다.

'Yokogawa Cloud 플랫폼 및 솔루션'은 AWS, Azure 등과 같은 하이퍼스케일러(hyper-scalers)가 제공하는 인프라 및 서비스를 사용하지만 기본 기술 스택은 어느 것에도 고정되지 않습니다. 플랫폼 스택은 다양한 소스에서 신중하게 선택한 등급 최고의 기술 및 제품의 통합입니다. Yokogawa Cloud는 애플리케이션 개발에 소요되는 시간과 노력을 점진적으로 줄이기 위해 하이퍼스케일러가 제공하는 기본 서비스 위에 추가 레이어를 구축합니다.

당사의 클라우드 불가지론(agnosticism)은 이 플랫폼이 기본 인프라에서 애플리케이션 및 서비스를 추상화하여 당사 플랫폼에 구축된 앱들이 다양한 클라우드 인프라에서 원활하게 실행되도록 해줍니다. 당사의 OT 커넥터 포트폴리오, 애플리케이션 간 데이터 및 기능 공유, 플랫폼의 다양한 애플리케이션 전반에 걸친 마찰 없는 사용자 경험, 로우 코드 로직(low code logic)을 통한 솔루션 생성에 대한 혁신적인 접근방식 및 리소스 템플릿은 높은 레벨의 제어 및 지원을 신속하게 제공하며 '클라우드 네이티브 애플리케이션(cloud-native applications)'을 구축하고 운영합니다.

몇 가지 차별화 요소는 다음과 같습니다:

- (1) 플랫폼은 클라우드에 구애받지 않습니다(Azure, AWS 및 개별적인 온프레미스 플랫폼). 이는 인프라, 플랫폼 및 애플리케이션을

- 묶어서 전체적으로 관리되는 서비스 번들로 제공되거나 (고객이 선택한 인프라에서) 애플리케이션만 선택할 수 있는 유연성을 제공합니다. 플랫폼은 숨겨진 활성화 도구(hidden enabler)입니다.
- (2) 이 플랫폼의 비전은 IIoT뿐만 아니라 DX의 전체 범위를 지원하는 것입니다. 즉, 관계형 데이터(relational data)를 포함하여 센서 데이터 이외의 광범위한 운영 데이터를 수용합니다. 이 플랫폼은 향후 비디오 및 이미지와 같은 비정형 데이터를 포함하여 다양한 데이터 소스를 수집하는 기능을 확장하는 데 중점을 둘 것입니다.
 - (3) 플랫폼의 기본 시계열 분석 기능을 호환 가능한 타사 머신러닝 프레임워크와 통합할 수 있도록 하며, 이를 BYOML("나만의 머신러닝 가져오기(Bring Your Own Machine Learning)")이라고 합니다. 이 기능은 외부 환경(모델이 일련의 표준 프레임워크를 따르는 한 타사 시스템)에서 생성되거나 조정된 모델에 대한 런타임(run-time) 환경을 제공합니다.
 - (4) e-RT3와 같은 안정적인 Yokogawa 하드웨어에서 호스팅되는 IT 연결 스택과 결합된 40개 이상의 OT 프로토콜로 특징지어지는 강력한 엣지 기능(향후 사용 가능)인 amnimo의 핵심 기술은 혁신적인 IA 애플리케이션에 적합하도록 만듭니다(amnimo는 IIoT 서비스를 위한 Yokogawa의 자회사).
 - (5) 엣지 또는 Yokogawa Cloud에 애플리케이션을 원활하게 배포하면 배포 유연성과 클라우드로의 단계적 마이그레이션이 제공됩니다.

결론

DX는 가치 사슬 최적화, 기업의 계획, 자산 관리, 건강, 안전 및 환경 관리를 포함하여 운영의 모든 영역에 디지털 기술을 신중하게

적용함으로써 고객의 비즈니스 성과를 재조정합니다. 당사의 DX 솔루션에는 일반적으로(반드시 그렇지는 않음) 클라우드 인프라에서 DX 플랫폼이라는 '기본 기술 블록(foundational technology blocks)'을 기반으로 하는 비즈니스 지혜(business wisdom)가 내장된 다양한 애플리케이션이 포함됩니다. DX 플랫폼은 데이터 관리, 알고리즘 실행 및 시각화를 위해 '재사용 가능한 공통 서비스 모음(a collection of common reusable services)'을 제공합니다. Yokogawa는 공통 플랫폼을 사용하여 일관된 사용자 경험을 통해 다양한 애플리케이션 및 통합 솔루션을 생성함으로써 가치 창출 프로세스를 가속화하고 단순화할 수 있습니다. DX로 실현된 비즈니스 가치에는 유효성(effectiveness), 효율성(efficiency), 최적화(optimization), 조직 전반의 협업(organization-wide collaboration) 및 산업 자율성(industrial autonomy)을 향한 진전이 포함됩니다.

참고문헌

- (1) Stephanie S. Shipp, Nayanee Gupta, et al., "Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing," IDA Paper P-4603, 2017, https://www.nist.gov/system/files/documents/2017/05/09/IDA-STPI-report-onGlobal-Emerging-Trends-in-Adv-Mfr-P-4603_Final2-1.pdf (accessed April 20, 2021)
- (2) Yokogawa Electric Corporation, IA2IA, <https://www.yokogawa.com/solutions/solutions/ia2ia/> (accessed April 20, 2021)
- (3) LoRaWAN® is a set of standards and specifications maintained by LoRa Alliance, https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2021/01/revised_lora_alliance_marks_and_logo_usage_policy_and_guidelines_06191.pdf (accessed April 20, 2021)

* e-RT3는 Yokogawa Electric Corporation의 등록 상표입니다.

* LoRaWAN®은 LoRa Alliance의 등록 상표입니다.

* 이 문서에 나오는 기타 모든 회사 이름, 조직 이름, 제품 이름 및 로고는 Yokogawa Electric Corporation 또는 해당 소유자의 상표 또는 등록 상표입니다.