

플랜트 라이프 사이클 전반에 걸쳐 설계 데이터를 최대한 활용하는 시맨틱 데이터 모델 기반 플랫폼

세키 타테노부(Tatenobu Seki)^{*1} 칸베 타카히로(Takahiro Kanbe)^{*1}

설계 데이터는 목적과 전문성이 다르기 때문에 여러 시스템에서 생성됩니다. Yokogawa는 다양한 시스템에 분산된 데이터 간의 일관성을 확인하고 데이터베이스 운영 및 관리에 온톨로지(ontology) 기술을 적용하여 데이터의 상호 운용성을 가능하게 하는 플랜트 데이터 변환 플랫폼을 개발해왔습니다. 이 플랫폼을 통해 플랜트 설계와 계측 시스템 간의 데이터 격차와 불일치를 빠르고 안정적으로 해결하고 신뢰성을 보장하며 고품질 엔지니어링 서비스를 제공할 수 있습니다. 이 보고서에서는 가치 아키텍처 분석을 통해 이 플랫폼 기술이 SDGs와 관련된 사회적 문제를 해결하는 데 어떻게 도움이 되는지와 관련 핵심 기술 및 응용 사례를 설명합니다.

도입

다양한 설계 도구를 사용하여 플랜트를 시공하고 설계 데이터 간의 일관성을 수동으로 확인합니다. 이는 계측 시스템의 엔지니어링에도 해당합니다. 최근 플랜트의 규모가 증가함에 따라 디지털 기술을 활용하여 엔지니어링의 효율성 향상에 대한 필요성이 증가하고 있습니다. 디지털 기술의 진화로 탄생한 신제품, 서비스, 비즈니스 모델 중에서 디지털 전환(Digital Transformations: DX)이 가장 주목받고 있습니다. 경제산업부(METI)가 2018년 12월에 발간한

“디지털 전환 촉진을 위한 지침(Guidelines for Promotion of Digital Transformations)”⁽¹⁾은 데이터 및 디지털 기술의 사용으로 인해 비즈니스의 변화가 진전되고 있다는 것에 주목하고 있습니다.

한편, 사회 문제 해결과 지속 가능한 달성을 위한 국제적인 목표인 SDGs는 2015년 유엔 총회에서 채택되었습니다. 오늘날 기업들이 이러한 문제를 파악하고 비즈니스를 통해 문제를 해결하며 전반적인 조화를 이루도록 해야 한다는 강력한 사회적 요구가 있습니다⁽²⁾.

Yokogawa는 고객과 협력하여 SDGs에 정의된 목표를 달성하기 위해 DX를 통한 혁신을 주도하고 있습니다. 하나의 이니셔티브로 Yokogawa는 다양한 설계 목표와 역할에 대해 여러 시스템에서 생성된 설계 데이터 간의 상호 운용성을 개선하기 위해 데이터를 시맨틱(Semantic) 데이터 모델로 처리하는 플랫폼을 개발하고 있습니다.

이 보고서에서는 이 플랫폼의 핵심 기술과 사용 예를 도입하고 향후 전망에 대해서도 설명합니다.

^{*1} 1A 시스템 및 서비스 사업 본부 시스템 비즈니스 센터 비즈니스 제품 기획부

이슈, 배경 및 SDGs

대규모 플랜트 건설을 위한 해외 프로젝트에서 설계 문서 및 사양과 같은 문서 요구 사항이 바뀌고 있습니다. 플랜트 소유자는 안전하고 경제적인 플랜트 운영 및 유지보수 그리고 향후 수정 및 확장을 할 수 있도록 기존 문서(일반적으로 종이)와 일관된 형식으로 대량의 플랜트 설계 전자 데이터를 제공하도록 엔지니어링 회사에 요구합니다. 또한 요구 사항의 범위는 엔지니어링 회사에서 작성한 설계 문서 및 사양에서 장비 및 설비 공급 업체가 제공하는 문서 및 전자 데이터까지 확장됩니다. 각 담당 부서는 다양한 도구를 사용하여 플랜트 건설, 재건축 및 확장을 위해 이러한 데이터를 생성합니다. 이러한 데이터 세트를 서로 일원화하려면 엄청난 양의 작업과 오랜 시간이 걸립니다.

Yokogawa는 플랜트 설계 데이터를 계측 시스템 통합을 위한 소스로 사용합니다. 이 작업은 주로 다양한 항목(장비, 정보 및 사람)을 결합하고 이들 간의 통합성을 보장하는 작업입니다. 이러한 노동 집약적인 작업의 대부분은 수동으로 수행되므로 인적 오류가 발생하기 쉽습니다. 따라서 작업을 더 효율적으로 만들어야 합니다. 이상적으로는 작업자가 이러한 통합 작업에 관여해서는 안 되며, 그 대신 사람 없이는 해결할 수 없는 문제에 집중해야 합니다. 여기에는 인간의 창의력이나 의사소통이 필요한 인간 대 인간 또는 회사 대 회사 문제가 포함됩니다.

이러한 시장 요구에 부응하여 Yokogawa는 해결해야 할 문제를 SDGs의 관점에서 분석하고 있습니다. 특히 Yokogawa의 강점인 플랜트 설계 및 엔지니어링 중심으로 가치 아키텍처(Value Architecture) 방법⁽³⁾을 사용하여 분석합니다. 첫 번째 목표 SDGs는 산업 인프라 구축의 효율성 향상과 관련이 있습니다. 이는 SDG 9의 "산업, 혁신 및 인프라"의 8개 소목표 중 하나인 Target 9.4 "2030년까지 모든 국가의 각자 역량에 맞게 청정하고 환경친화적인 기술 및 산업 프로세스를 활용하여 인프라를 업그레이드하고 산업을 지속 가능하게 개선하는 것"과 관련이 있습니다. 두 번째와 세 번째 목표는 SDG 8 "양질의 일자리와 경제 성장"과 관련이 있습니다. Target 8.2 "고부가가치 및 노동 집약적인 부문에 초점을 맞추는 것을 포함하여 다양화, 기술 업그레이드 및 혁신을 통해 더 높은 수준의 경제 생산성 달성", 그리고 Target 8.5 "2030년까지 청년과 장애인을 포함한 모든 남녀를 위한 생산적인 완전 고용 및 양질의 일자리 달성, 동등한 가치의 노동에 대한 동등한 임금"이 이에 해당합니다. 두 가지 목표는 인간의 가치를 극대화하는 것을 목표로 합니다.

이러한 SDGs를 해결하기 위해 플랜트 설계와 계측 시스템 간의 데이터 차이 및 불일치를 자동으로 감지한 다음 이러한 데이터의 신뢰성을 지속적으로 보장함으로써 고품질 엔지니어링 서비스를 제공한다는 목표를 설정했습니다. 가치 아키텍처(Value Architecture)를 사용한 반복 분석을 통해 해결해야 할 다음의 두 가지 문제가 확인되었습니다. 첫째, 통합 작업에서 서로 다른 형태로 표현된 정보는 하나의 동일한 것으로 취급되어야 합니다. 따라서 정보를 자동으로 대조 및 변환하고 가장 효율적인 방법으로 전체적인 일관성을 유지해야 합니다. 둘째, 장기간 운영하면서 새로운 시스템이 공장에 도입됩니다. 이러한 시스템은 호환성을 보장하기 위해 기존 설계 데이터를 처리할 수 있어야 합니다.

데이터의 상호 운용성을 향상시키는 디지털 기술 지원 시스템이

이러한 문제를 해결할 것으로 기대됩니다. 이러한 기대를 충족하기 위해 Yokogawa는 플랜트 데이터를 변환하는 플랫폼을 개발하고 있습니다. 이는 SDG9 "탄력 있는 인프라 구축, 지속 가능한 산업화 촉진 및 혁신 촉진" 달성으로 이어질 것입니다.

플랜트 데이터 변환 플랫폼

일반적으로 데이터의 요구 사항 및 해당 형식에 대한 정의가 통합되거나 상호 호환 가능하면 모든 컴퓨터가 데이터의 의미를 이해할 수 있습니다. 그러나 이 접근 방식은 다양한 역할을 가진 사람이나 다양한 도구 간에 데이터를 교환하는 설정에는 적합하지 않은 경우가 많습니다. 이 문제를 해결하기 위해 온톨로지(Ontology) 기반 플랫폼을 개발하고 있습니다. 다음 섹션에서는 플랜트에서 이 플랫폼을 구현하기 위한 두 가지 핵심 기술에 대해 설명합니다.

핵심 기술 1: 지능형 P&ID 및 ISO15926

플랜트를 설계할 때 장비, 배관, 계측 및 기타 요소는 일반적으로 범용 CAD 소프트웨어에서 관련 데이터와 연결되지 않은 단순한 기호로 그려집니다. P&ID(Piping & Instrument Diagram)라고 하는 이 세부 설계 도면은 지능형 P&ID로 진화하여 엔지니어링, EPC(Engineering, Procurement, and Construction) 작업의 효율성을 획기적으로 향상시켰습니다⁽⁴⁾. "지능형"은 미리 정해진 규칙에 따라 P&ID가 그런 요소를 데이터베이스에 연결할 수 있다는 것에서부터 비롯됩니다. 필요한 경우 장비, 배관, 일반 밸브, 제어 밸브, 안전 밸브의 크기 및 재질과 같은 데이터를 불러올 수 있습니다.

그러나 플랜트는 일반적으로 오랜 시간 동안 운영되고 설계 시스템보다 오래 존재하기 때문에 플랜트를 개조, 확장해야 하는 경우 원래 시스템을 사용할 수 없습니다. 또한 다양한 다른 이유로 다양한 설계 시스템이 사용됩니다. 그 결과 데이터의 비 호환성 문제가 대두되었습니다. 따라서 ISO15926 표준은 공정 및 전력 산업의 플랜트 데이터를 지능적이고 구조화된 방식으로 통합하기 위해 도입되었습니다. ISO15926은 주로 EPC 단계에서 P&ID 및 기타 정보를 교환하는 데 사용됩니다. 또 다른 목적은 이러한 데이터를 플랜트 운영 및 유지보수를 위한 설비 정보로 변환하는 것입니다.

핵심 기술 2: 온톨로지(Ontology)

일반적으로 AI 기술에는 두 가지 접근 방식이 있습니다. 하나는 수학적 모델과 알고리즘을 사용하여 많은 양의 데이터에서 법칙과 관계를 도출하는 데이터 기반 AI입니다. 예로는 머신 러닝, 딥 러닝, 데이터 마이닝 및 통계 분석이 있습니다.

다른 접근 방식인 논리적 지식 기반 AI는 컴퓨터에 표현된 지식을 사용하여 필요한 답과 지식을 도출합니다. 예를 들면 지식 표현, 규칙 기반 처리 및 온톨로지⁽⁵⁾가 있습니다.

온톨로지(Ontology)의 개념

온톨로지(Ontology)는 정보의 의미를 정의하는 개념 또는 메커니즘이며 컴퓨터가 인간이 정보의 의미를 이해하는 방식을 모방하게 만드는 것을 목표로 합니다. 즉, 온톨로지(Ontology)는 일반적인 개념과 규칙을 체계화하여 대상 도메인이 어떻게 인식되는지 보여주고 모든 시스템에서 이해할 수 있는 형태로 설명하는 프레임워크입니다.

시맨틱(Semantic) 데이터 모델은 이 프레임워크를 사용하여 컴퓨터에 구성된 인간 지식입니다(그림1).

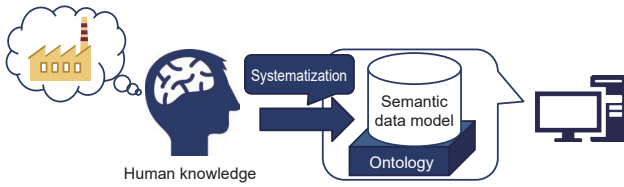


그림1 온톨로지 및 시맨틱 데이터 모델

그림2에 예가 나와 있습니다. 왼쪽 부분은 밸브를 통해 연결된 탱크(Tank)와 반응기(Reactor)의 P&ID를 보여줍니다. 오른쪽 부분은 인간과 컴퓨터가 동일한 방식으로 이 구조를 이해할 수 있도록 하는 시맨틱 데이터 모델입니다. 이 모델에서는 해당 탱크의 태그 이름인 E-1, 직경 및 높이 데이터, 파이프 연결 상태를 보여줍니다.

AI 분야의 온톨로지 개념은 1990년대에 구상되었습니다. 그러나 온톨로지에 대한 지식을 구축할 수 있는 고성능 하드웨어나 숙련된 사람이 없었기 때문에 널리 퍼지지 않았습니다. 특정 온톨로지는 현장에서 도메인 지식을 수집하여 쉽게 만들 수 없습니다. 그것은 사물을 종합적으로 보고 수집된 지식으로부터 지식 시스템을 구축할 수 있는 사람이 만들어야 하므로 온톨로지 전문가를 양성하고 개발하는 데 시간과 비용이 많이 듭니다. 이 문제를 극복하기 위해 Yokogawa는 플랜트 및 계측 분야에 집중하고 상향식 방법을 사용합니다. 먼저 작은 부분에 대한 온톨로지를 만들고 측면과 상위로 영역을 확장한 다음 점차 전체 구조를 포괄하는 온톨로지를 구축합니다.

플랜트 데이터 변환 플랫폼

Yokogawa는 위의 두 가지 핵심 기술을 기반으로 플랜트 데이

터 변환 플랫폼을 개발하고 있습니다. 이 플랫폼은 각 플랜트 설계 데이터에 특정한 온톨로지를 가지고 있으며 플랜트 설계 데이터에서 시맨틱 데이터 모델을 생성합니다. 또한 플랫폼에는 각 엔지니어링 데이터에 특정한 온톨로지가 있으며 시맨틱 데이터 모델에서 엔지니어링 데이터를 생성합니다. 그리고 각 데이터의 온톨로지를 기반으로 시맨틱 데이터 모델을 다른 모델로 변환할 수 있습니다. 이러한 기능을 통해 플랫폼은 시맨틱 데이터 모델을 통해 모든 플랜트 설계 데이터를 엔지니어링 데이터로 변환할 수 있습니다. 이러한 모든 변환은 플랜트 데이터 변환 플랫폼에서 수행됩니다(그림3).

이 플랫폼은 데이터 일관성을 보장하기 위해 서로 다른 도구의 시맨틱 데이터 모델을 비교하는 데 특화되어 있습니다. 설계 도구의 온톨로지가 구축되면 플랫폼은 이 도구를 사용하여 그에 사용되는 데이터의 시맨틱 데이터 모델을 생성할 수 있습니다. 다양한 도구의 온톨로지가 있기 때문에 플랫폼은 시맨틱 데이터 모델을 해당 도구가 사용하는 엔지니어링 데이터(예: 시뮬레이션 모델)로 변환할 수 있습니다. 또한 서로 다른 설계 시스템의 온톨로지를 수집하여 더 높은 수준의 온톨로지를 만들 수 있으며, 이는 이 플랫폼의 진화를 의미합니다. 또한, 시맨틱 데이터 모델을 그래프 이론에 따라 그래프로 처리하면 데이터 통합 및 비교와 같은 수학적 프로세스가 용이해집니다.

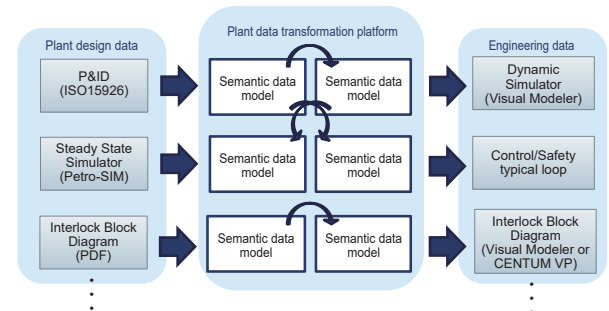


그림3 플랜트 데이터 변환 플랫폼

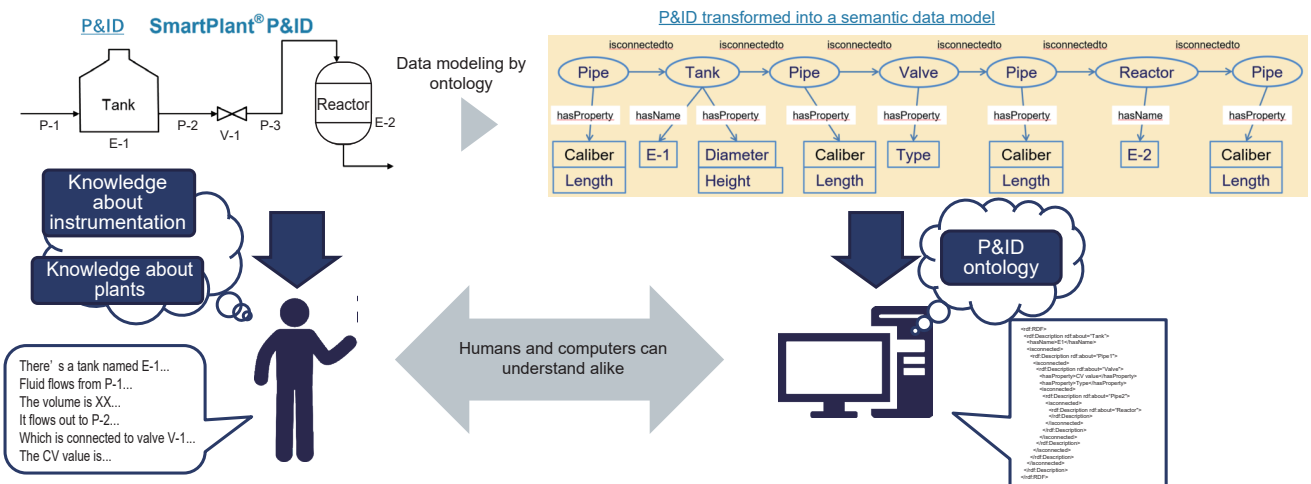


그림2 온톨로지의 장점

적용 사례

이 섹션에서는 이 플랫폼의 몇 가지 사용 예를 설명합니다.

시뮬레이션 모델 자동 생성

Dynamic Simulator(동적 시뮬레이터)는 플랜트의 동적 특성을 시뮬레이션하고 플랜트 모델을 생성합니다. 운영 훈련 시뮬레이터는 이 모델을 사용합니다.

시뮬레이터에서 이 플랜트 모델을 구축하기 위해 P&ID에서 대상 부품을 확인하고 시뮬레이터의 모델 편집 화면에 해당 유닛을 배치하여 연결합니다. 다음으로 장비의 설계 데이터를 입력한 다음 정상 상태 시뮬레이터(Steady State Simulator)에서 얻은 열 및 질량 밸런스값으로 조정하여 플랜트의 정상 상태(Steady State)를 계산합니다. 이러한 작업의 대부분은 엔지니어가 수동으로 수행하지만, 이 플랫폼은 대부분의 작업을 자동화할 수 있습니다. 그림4는 동적 시뮬레이터(Dynamic Simulator)용 플랜트 모델을 생성하는 흐름을 보여줍니다. P&ID와 정상 상태 시뮬레이터 모델의 정보를 병합하여 동적 시뮬레이터용 플랜트 모델을 생성할 수 있습니다. 플랜트의 청사진인 P&ID에는 모든 설비 및 배관의 레이아웃에 대한 정보가 포함되어 있지만, 개별 장비에 대한 데이터는 거의 없습니다. 반면에 정상 상태 시뮬레이터 모델에는 주요 구성 요소의 계산된 데이터가 포함됩니다. 이 플랫폼은 아래에 설명된 대로 두 도구의 정보를 병합하여 모델을 보다 효율적으로 구축할 수 있다는 것이 장점입니다.

연속 증류 프로세스의 P&ID 및 정상 상태 시뮬레이터를 가져온 후 플랜트 데이터 변환 플랫폼은 각각에 대한 시맨틱 데이터 모델을 생성합니다. 두 모델 모두 설비의 유형, 연결 및 흐름 방향에 대한 정보를 포함합니다. 그림5는 각 장비 간의 연결을 보여줍니다(프레임으로 표시). 연결된 빨간색 프레임의 정보는 P&ID에서 가져오고 연결된 파란색 프레임의 정보는 정상 상태 시뮬레이터 모델에서 가져옵니다.

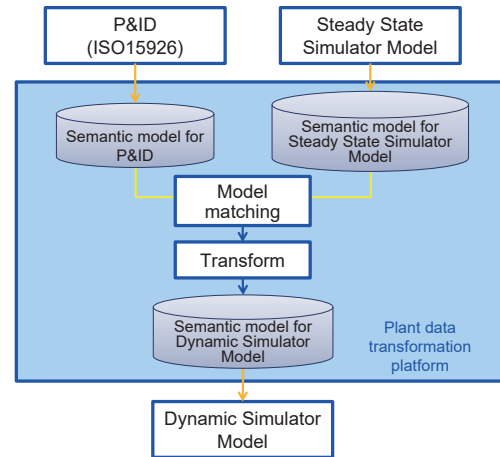


그림4 동적 시뮬레이터 모델 생성 흐름

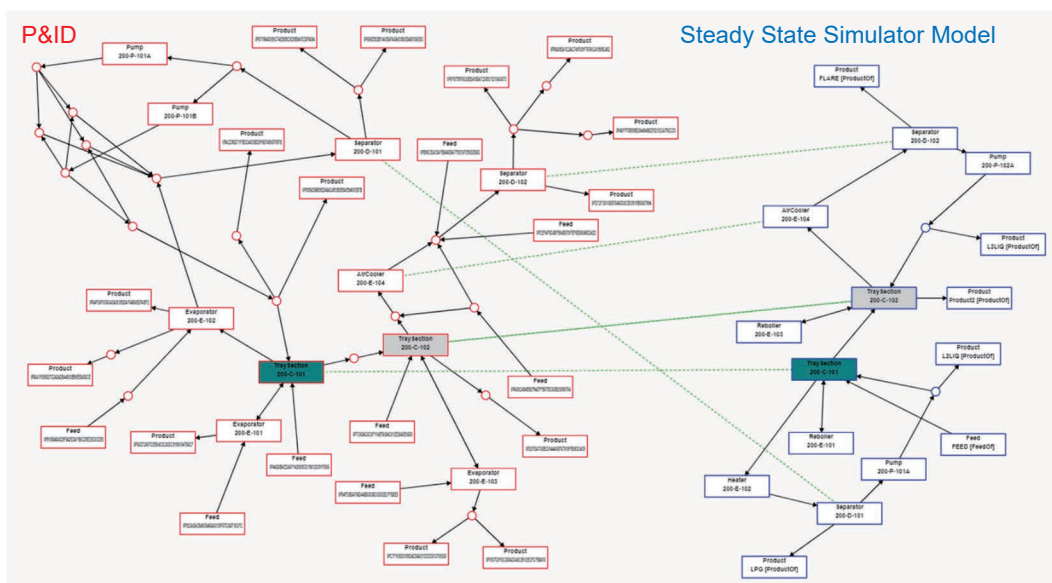


그림5 시맨틱 데이터 모델의 그래픽 표현

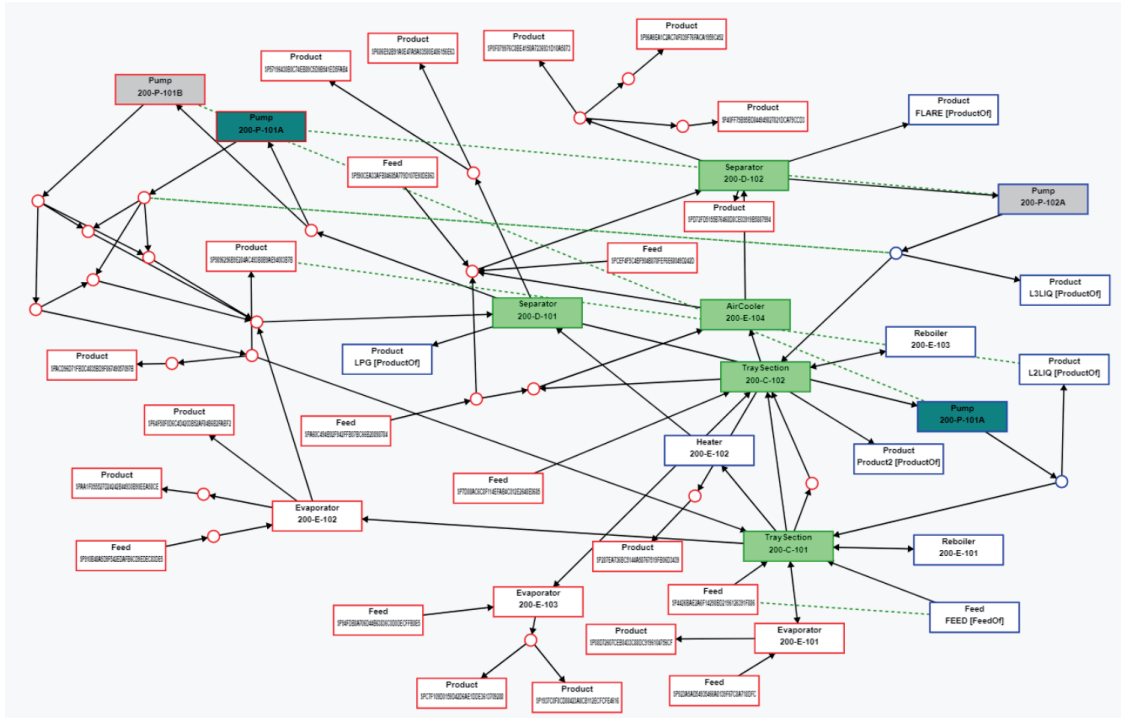


그림6 병합 후 그래픽 표현

각 프레임에는 설비의 유형 및 태그 이름에 대한 정보가 있습니다. 이러한 종류의 정보와 연결 토폴로지를 기반으로 플랫폼은 각 프레임의 대응 요소를 결정합니다. 플랫폼에서 제안한 병합 범위는 그림5에서 녹색 점선으로 표시됩니다. 사용자가 이를 승인하고 병합을 실행하면 동일한 속성을 가진 프레임이 병합됩니다(그림6).

그런 다음 플랫폼은 병합된 모델을 동적 시뮬레이터용 시맨틱 데이터 모델로 변환하고 모든 정보를 확인하면서 엔지니어가 수동으로 생성했던 시뮬레이터 모델을 자동으로 생성합니다.

플랜트 건설에 적용

계획대로 플랜트를 가동하려면 다음과 같은 문제를 줄일 필요가 있습니다.

- 예상치 못한 문제의 가능성
- 역추적 작업
- 작업에 대한 노동 투입 시간

서로 다른 책임을 가진 여러 엔지니어가 동시에 작업하기 때문에 프로젝트 관리가 복잡해지는 경향이 있습니다.

이 문제를 해결하려면 다음과 같은 문제를 개선해야 합니다.

- 업스트림 프로세스에서 작업의 정확성
- 작업자 간의 데이터 전송 효율성
- 프로젝트 일정의 유연성

플랜트 데이터 변환 플랫폼은 플랜트 설계 데이터 간의 일관성을 확인하고 사람의 개입 필요성을 줄입니다. 또한 플랫폼은 시스템

구성 작업(configuration work)을 자동화하고 작업 기간을 단축하며 작업 품질을 향상시킵니다. 이를 통해 업스트림 프로세스의 작업이 완료될 때까지 설비 작업(instrumentation work) 시작을 최대한 늦추어 전체 프로젝트의 중요 경로에 포함된 설비 작업의 비율을 줄일 수 있습니다. 결과적으로 더욱 유연한 일정으로 프로젝트를 수행할 수 있습니다. 이러한 효과는 앞서 설명한 문제를 해결하므로 프로젝트가 계획대로 완료될 가능성이 높습니다.

Yokogawa는 이 플랫폼의 기능을 활용하는 여러 애플리케이션을 개발하고 있습니다. 그 중 하나는 P&ID에서 DCS 제어 애플리케이션을 자동으로 생성하고, 다른 하나는 HMI (Human-Machine Interface)의 그래픽을 자동으로 생성하는 것입니다.

플랜트 운영 및 유지 관리에 적용

점점 더 복잡해지는 비즈니스 프로세스에 직면한 플랜트 책임자는 플랜트의 긴 라이프 사이클 동안 시스템, 설비 및 장치와 같은 다양한 플랜트 시설을 최적의 상태로 유지해야 합니다. 그러나 현재 플랜트는 이를 위해 숙련된 작업자와 유지보수 작업자에게 크게 의존하고 있으며, 플랜트를 인간으로부터 독립되어 운영하기 위해서는 해결해야 할 추가적인 문제점이 있습니다. 특히 플랜트를 오래 운영할수록 실제 플랜트 시스템, 설비 및 장치는 플랜트 설계 데이터와 많이 달라지므로, 부서 간 정보의 일관성을 유지하기가 더 어려워집니다. 결과적으로 사이트 조사와 같은 작업이 반복적으로 발생합니다.

플랜트 데이터 변환 플랫폼을 개발 중인 상태에서도 일관성을 유지하면서 플랜트 설계 전자 데이터를 장기간 유지할 수 있습니다. 플랜트 라이프 사이클 전반에 걸쳐 이러한 데이터를 사용하면 플랜트를 보다 효율적으로 운영하고 유지 관리할 수 있습니다. 이것은 플랜트의 생산성을 높이고 위험을 줄입니다. 또한, SDGs Target 9.4 “2030년까지 모든 국가의 각자 역량에 맞게 청정하고 환경친화적인 기술 및 산업 프로세스를 활용하여 인프라를 업그레이드하고 산업을 지속 가능하게 개선하는 것”을 달성하는 데 도움이 될 것입니다.

결론

이 보고서에서는 플랜트 설계 데이터를 특정 애플리케이션의 엔지니어링 데이터로 변환하는 플랜트 데이터 변환 플랫폼을 소개했습니다. 플랜트 설계 및 플랜트 엔지니어링은 다가오는 DX(디지털 변환) 시대에도 계속 발전할 것입니다. Yokogawa의 플랫폼은 이러한 발전을 촉진하고 SDGs 및 기타 사회적 목표에 상당한 기여를 할 것입니다.

참고문헌

- (1) Study Group for Digital Transformation, “DX Report: Overcoming of ‘2025 Digital Cliff’ Involving IT Systems and Full-fledged Development of Efforts for DX,” Ministry of Economy, Trade and Industry, 2018 (in Japanese)
- (2) Ministry of Economy, Trade and Industry, “The Guide for SDG Business Management,” 2019 (in Japanese)
- (3) Yasuyuki Fujii, “How to Visualize the Contribution to the SDGs and How to Use It as a Business Opportunity,” Yokogawa Technical Report English Edition, Vol. 63, No. 2, pp. 3-8
- (4) Masateru Takamura and Tatsushi Iizawa, “The latest intelligent P&ID and its application cases,” PETROTEC, Vol. 40, No. 9, 2017 (in Japanese)
- (5) Kohji Furusaki, Munehiko Sasajima, et al., “Introduction to Constructing Ontology,” Ohmsha, 2006 (in Japanese)

* The names of companies, organizations, and products, as well as logos that appear in this paper are either trademarks or registered trademarks of their respective owners.