

# Tool Chains for Digital Twin & IIoT

홍 의 석 대표 / 제이엔이시스템(주)  
eshong@jnesystem.com

## 서론

4차 산업혁명 시대의 화두는 단연 ‘디지털 변혁(Transformation)’이다. 여기에서 한 걸음 안으로 들어가면 결국 ‘디지털 트윈(Digital twin)’이라는 개념과 맞닥뜨리게 된다. 디지털 트윈은 직역하면 ‘디지털 쌍둥이인데, 이는 마치 아바타처럼 물리적인 자산을 소프트웨어(SW)로 가상화한 것을 뜻한다. 응용 분야로는 에너지나 항공, 헬스케어, 자동차 등 여러 산업 분야에서 디지털 트윈을 이용해 생산성 증대와 감가상각, 돌발변수와 같은 예측 불가 요인에 발빠르게 대응할 수 있다. 특히, 물리적 자산에 부착된 센서 데이터를 통해 디지털 트윈에서 정확한 시뮬레이션이 가능하다.

현재 상태에 대한 정확한 정보와 함께 다양한 변화가 대응할 수 있다. 시장조사 기관 가트너는 3~4년 내 수 백만 개의 사물이 디지털 트윈으로 표현될 것으로 예상하고 있다. 예를 들어 풍력발전기 같은 제품은 제작단가가 높고, 기후 등 주변 환경에 맞게 제대로 설치해야

한다. 일단 판매되면 오랜 기간 사용되고, 풍차 상태를 점검하는 기술자가 발전소에 상주하기도 어렵다. 때문에 GE 같은 업체는 일찍이 “우리가 생산하는 모든 제품의 디지털 트윈을 만들고 생산 공정에도 디지털 트윈 체계를 도입하겠다”고 공언하고, 실제 이를 실행하고 있다. 디지털 트윈도 GE가 만든 용어다. 이처럼 디지털 트윈은 4차산업혁명의 핵심 기술로 여겨진다.

## 디지털 트윈과 사이버 물리 시스템(CPS)

궁극적으로 디지털 트윈은 사이버 물리 시스템(CPS : Cyber-Physical Systems)과 같은 개념이며, 컴퓨터 장치와 같은 사이버 시스템(Cyber System)을 통해 실제계의 사람·운영환경·기계장치와 같은 물리 시스템(Physical System)을 네트워크로 통합하여 신뢰성 있게 자율 제어하는 시스템을 뜻한다. 특히 다수의 이종 시스템들이 네트워크를 통해 결합·연동되어 자율적으로 임무를 수행하는 스마트 시티, 국방, 교통, 스마트 그리드,

## Tool Chains for Digital Twin & IIoT

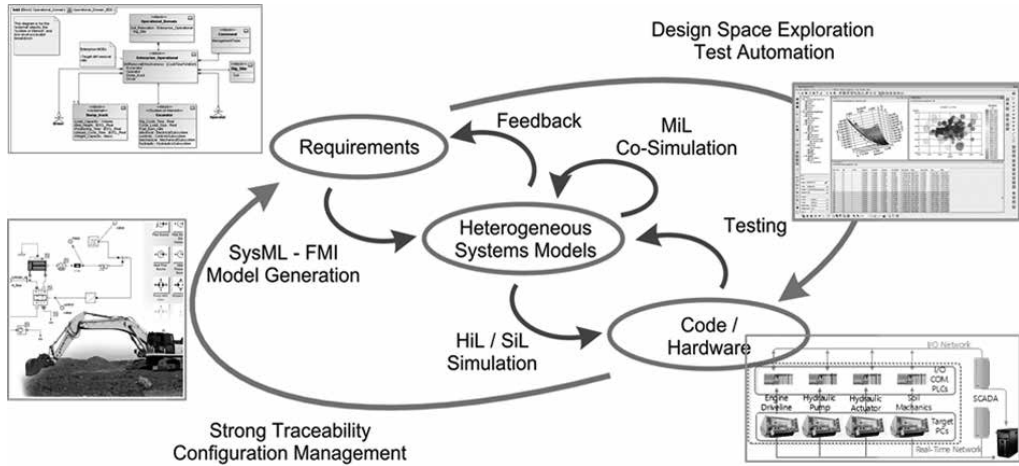


그림 1. 모델 기반 디지털 트윈 설계 프로세스

스마트 생산시스템 등을 포함하는 대규모 시스템(System of Systems)에 필수적으로 필요한 기술이다.

### 디지털 트윈 설계 툴 체인(Tool Chain)

우리들 주위에는 수많은 시스템이 존재한다. 인간이 만든 시스템도 있고, 생명체 같은 자연의 산물도 있다. 또한 인간이 속해 있는 다양한 조직도 시스템이라고 생각할 수 있다. 이러한 시스템을 가상으로 구현하는 디지털 트윈의 구성요소는 복잡적이다. 특히 시스템을 해석하고 최적화하기 위한 소프트웨어적인 요소가 필수적이다. 즉, 디지털 트윈은 정밀한 모델링을 기반으로 작동되어야 한다. 시스템의 여러 요소를 최적화하는 것이고, 실제 시스템을 사이버 상의 가상적 공간에 그대로 구현한 후 이를 이용하여 다양한 시뮬레이션을 할 수 있어야 한다. 실효성 있는 결과를 얻기 위해서는 정밀한 시뮬레이션이 가능해야 한다. 현장 상황에 따라서는 물리화학적 현상 분석을 동원한 모델이 적용되어야 하고, 그 모델을 통해 현장 데이터를 정밀화할 수 있어야 한다.

또한, 디지털 트윈은 물리 세계에서 발생하는 변화를 감지할 수 있는 다양한 센서를 통해 환경 인지능을 수행한다. 사이버 세계에서는 센서로부터 수집된 정보와 물리 세계를 재현 및 투영하는 고도화된 시스템 모델들을 기반으로 물리 세계를 인지, 분석, 예측한다. 그 결과로 생성된 제어 정보는 물리 시스템의 입력에 적용되어 물리 시스템을 우리가 원하는 방향으로 변화시킨다. 이에 따라 물리 시스템의 상태가 변화하고, 인지 정보가 재수집되는 전체 사이클을 형성한다

따라서, 그림 1과 같이 모델 기반 디지털 트윈을 설계하기 위해서는 첫째 시스템의 요구조건과 성능 만족도를 설계 단계에서부터 적용할 수 있도록 시스템 엔지니어링 모델링 언어로 프로그래밍하는 SysML(System Modeling Language) 툴을 활용하여야 한다. 그 다음 단계로 전문 MBD(Model Based Design) 툴을 이용하여 시스템 모델을 정밀하게 설계하게 된다. 이렇게 설계된 시스템 모델 프로그램을 C/C++로 코드화하고 Real time Target PC에 입력하여 실시간 시뮬레이션을 통해 가상으로 구현된 시스템의 성능시험 및 설계 최적화를 이루게 된다.

## 제조 시스템의 최적화를 위한 'Open IIoT Architecture'

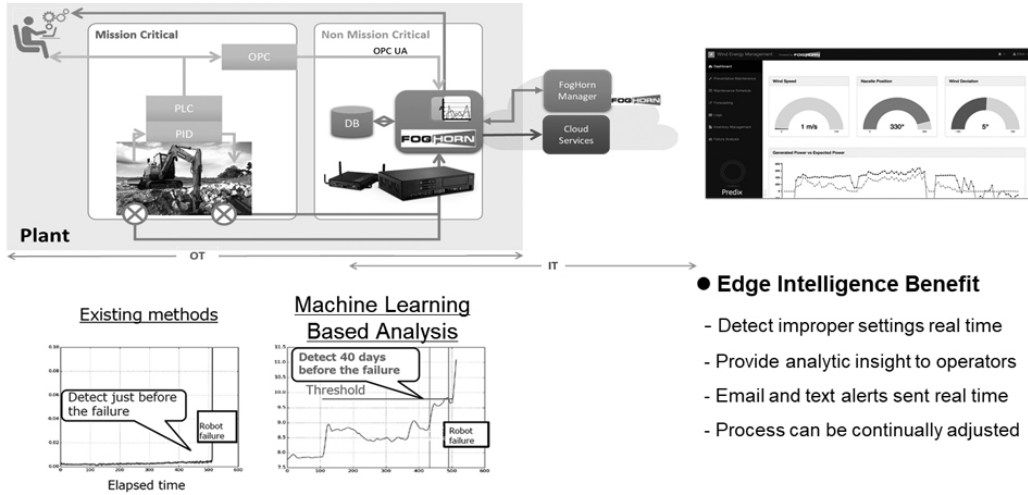


그림 2. 데이터 기반 디지털 트윈의 구성

두 번째로, 그림 2와 같이 실제 시스템 운전 시 생성되는 센서 데이터를 CEP(Complex Event Processing) 엔진을 통해 실시간으로 빅데이터를 분석 처리하여 시스템의 운전상태 및 고장 발생을 예측한다.

본고에서는 현재 시스템 시뮬레이션에 사용되고 있는 상용화 설계 툴(Tool) 중에 모델 기반 디지털 트윈(Model driven Digital Twin)과 데이터 기반 디지털 트윈(Data driven Digital Twin) 구성을 위한 상용 툴들을 알아보고, 그 특성을 소개하기로 한다.

### Cameo System Modeler

“SysML”은 “OMG Systems Modeling Language”의 명칭으로 “UML(Unified Modeling Language)”과 같이 OMG(Object Management Group)에 의해 사양이 책정되어 있으며, 시스템을 구현할 때 효과를 발휘하는 “모델링 언어”의 일종이다. SysML은 시스템의 사양화, 분석, 설계, 타당성 확인/검증을 위해 사용할 수

있고, 자동차와 항공우주, 통신 분야 등에서 광범위하게 활용되고 있다.

No Magic사의 Cameo System Modeler는 크게 “Structure Diagram”, “Behavior Diagram”, “Requirement Diagram”으로 구성되어 있다. 또한 UML에서 수정된 Diagram, 새롭게 추가된 Diagram으로는 “Parametric Diagram”과 “Requirement Diagram” 두 가지가 있다. 그리고 다른 3가지 Diagram(Activity, Block Definition, Internal Block)에도 변경을 추가해서 전체로서 시스템 엔지니어링 용도에 따르는 언어 사양을 완성하고 있다. (그림 3 참조)

### MapleSoft

차세대 물리 모델링 환경 MapleSim은 전기회로나 멀티 바디(기구계), 다차원 메커니컬(Mechanical)이나 열 전달 등 단일 또는 복수의 물리 영역에 걸친 물리 시스템의 통합적인 모델링 & 시뮬레이션 환경을 제공한다.

## Tool Chains for Digital Twin & IIoT

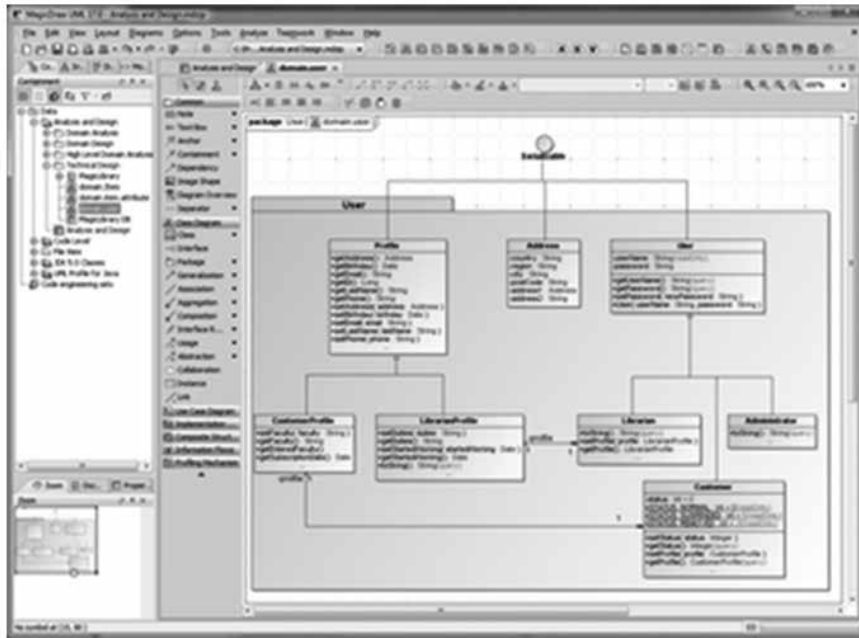


그림 3. Cameo System Modeler



그림 4. 디지털 트윈 설계 툴 체인

25년 이상의 역사를 지닌 수식 처리 엔진 Maple과의 원활한 연계를 통해 제어 대상(플랜트)의 수식 모델을 자동으로 생성하고 추가적인 수식 모델의 간단화를 통해서 설계 대상을 고속, 고효율로 시뮬레이션할 수 있는 개발 환경을 제공한다. 신호 흐름에 의한 모델링은 컨트롤

러 설계에 적합하지만, 제어 대상인 플랜트를 신호 흐름으로 기술하려면 미리 수식 모델을 생각해 두어야 한다. 그러나 MapleSim의 직관적인 피지컬 모델링 환경은, 제어 대상의 구성과 거의 동등한 형태로 모델링하는 것이 가능하다. 따라서, 백지상태에서 구축하는 것보다도

## 제조 시스템의 최적화를 위한 'Open IIoT Architecture'

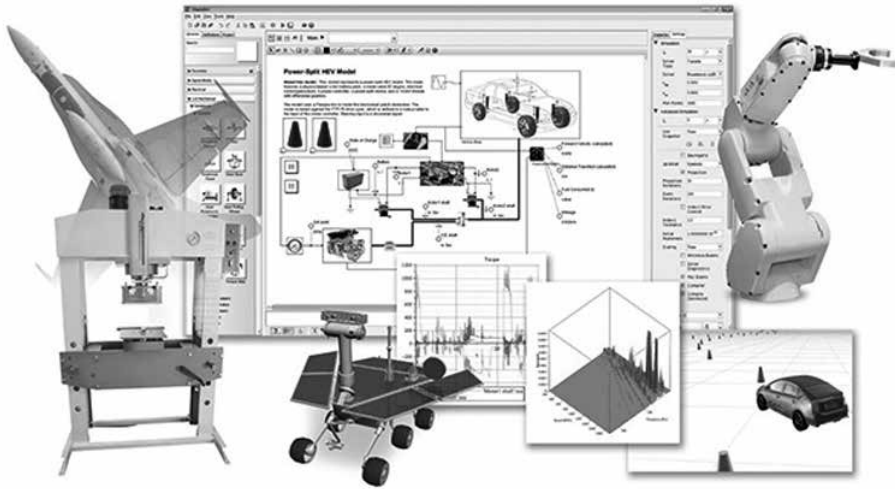


그림 5. MapleSoft(MapleSim MBD Tool)

훨씬 효율적인 모델화를 위해 MapleSim이 도움을 줄 수 있다.

MapleSim 시뮬레이션에 의한 가상 실험을 통해서 제품 개발 프로세스의 대폭적인 개선을 도모할 수 있으며, 시뮬레이션과 MapleSim에서 제공하는 최적화 Tool을

조합할 경우 더 큰 효과를 기대할 수 있다. 이는 Maple Sim을 이용하여 물리모델의 수식을 취득할 수 있고, 이 수식 모델과 최적화 알고리즘을 조합함으로써 계산 효율이 매우 높은 최적화 계산을 실시하는 것이 가능하다. 또한, 임의의 동특성을 얻기 위한 파라미터 값의 산

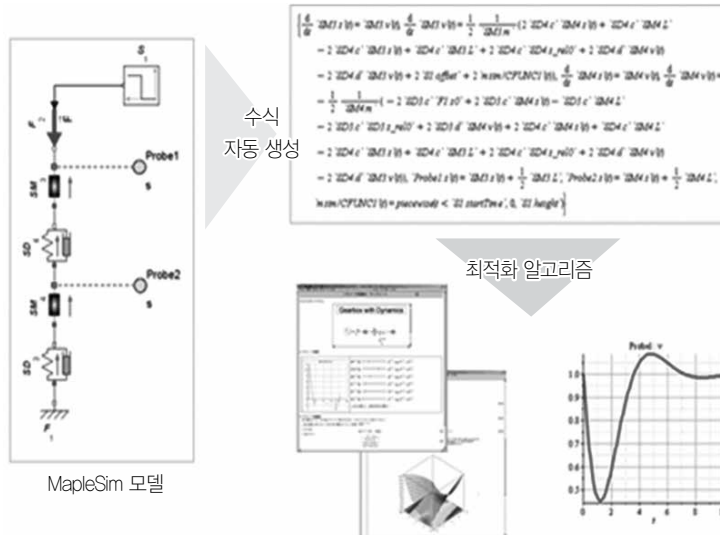


그림 6. MapleSim 최적화 Toolbox

## Tool Chains for Digital Twin & IIoT

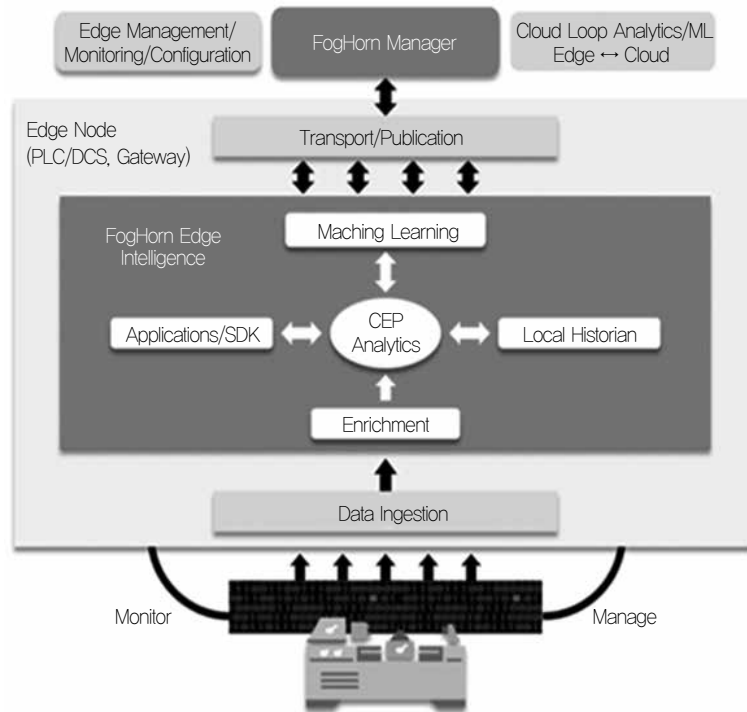


그림 7. FogHorn Edge Computing Engine

출이나 모델 캘리브레이션 등에도 적용하는 것이 가능하다.

Maple에는 표준으로 국소 최적화용 알고리즘이 갖추어져 있으며, 옵션 제품(Global Optimization Toolbox)을 이용하면 광역 최적화 알고리즘을 사용하는 것도 가능하다.

### FogHorn Real time Big Data Analytics

FogHorn은 실제 시스템이 IIoT 환경에서 수천 개의 센서를 통해 생성되는 대규모 데이터(빅데이터)를 실시간으로 분석하고, 시스템 상태 및 운전 고장을 예측할 수 있는 도구이다. McKinsey & Company의 보고서에 따

르면, 해양 석유 굴착 장치의 센서 3만 개가 생성한 데이터 중 현재 의사결정에 사용되는 비율은 1% 미만에 불과하다고 한다.

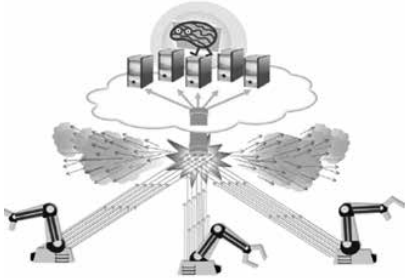
FogHorn의 Lightning 소프트웨어 플랫폼은 여러 지역에 분포되어 있는 IoT 기기와 OT(운영기술) 제어시스템, 그리고 센싱 기술을 통해 실행 가능한 정보를 수집할 수 있는 기능을 보유하고 있고, 이를 통해 산업용 장치의 센서 데이터를 현장에서 실시간으로 처리할 수 있는 효율적이고 확장성 뛰어난 엣지(Edge) 분석 플랫폼을 제공하고 있다.

대부분의 “엣지(Edge)” 솔루션은 센싱 데이터를 로컬에서 수집/분석하며, 고성능의 컴퓨팅 능력이 필요한 데이터 분석은 인터넷으로 클라우드 환경에 보내져



## 제조 시스템의 최적화를 위한 'Open IIoT Architecture'

### Cloud Computing



### FOGHORN Edge Heavy Computing

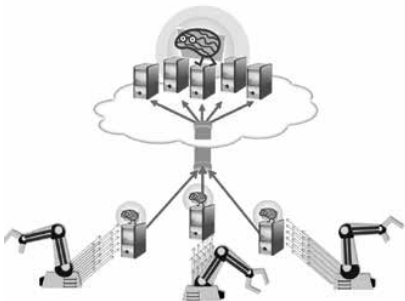


그림 8. MapleSoft(MapleSim MBD Tool)

분석 처리하게 된다. 하지만 일반적인 산업 환경의 장비는 인터넷 연결이 되어 있지 않는 경우가 많아 데이터 활용에 힘든 실정이며, 인터넷이 연결되어 있더라도 생성된 데이터의 양이 대역폭을 초과하여 클라우드 전송에 막대한 비용이 발생하기도 한다. 또한 데이터가 클라우드에 업로드되고, 데이터 센터에서 처리된 결과가 엣지(Edge)로 다시 전송되는 사이 실시간성이 보장되지 않아 적절한 대응 시기를 놓치게 된다.

FogHorn 솔루션은 분석 엔진으로 알려진 초소형 CEP(복합 이벤트 처리) 엔진을 제공하고, 센서에서 유입되는 여러 데이터를 스트림별로 규칙을 표현하는 데 뛰어나 DSL(도메인 특화 언어)을 사용하여 위와 같은 문제를 해결한다. 또한 이러한 솔루션을 바탕으로 고비용 장비 결합 또는 다운타임을 방지하고, 실시간으로 산업 운영 및 프로세스의 효율성 및 안정성을 개선할 수 있다.

FogHorn Lightning을 통하여 기업은 네트워크 대역폭 비용 및 작업에 소요되는 시간과 비용을 줄이고, 차세대 애플리케이션 구현에 집중함으로써 장치 성능을 최적화하고, 총 생산량을 높일 수 있다. 또한 프로세스

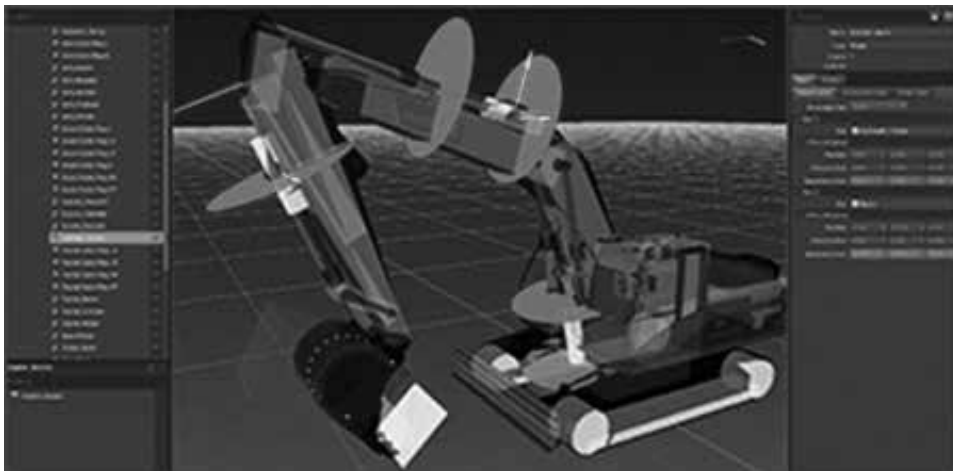


그림 9. Vortex Simulation Tool

## Tool Chains for Digital Twin & IIoT

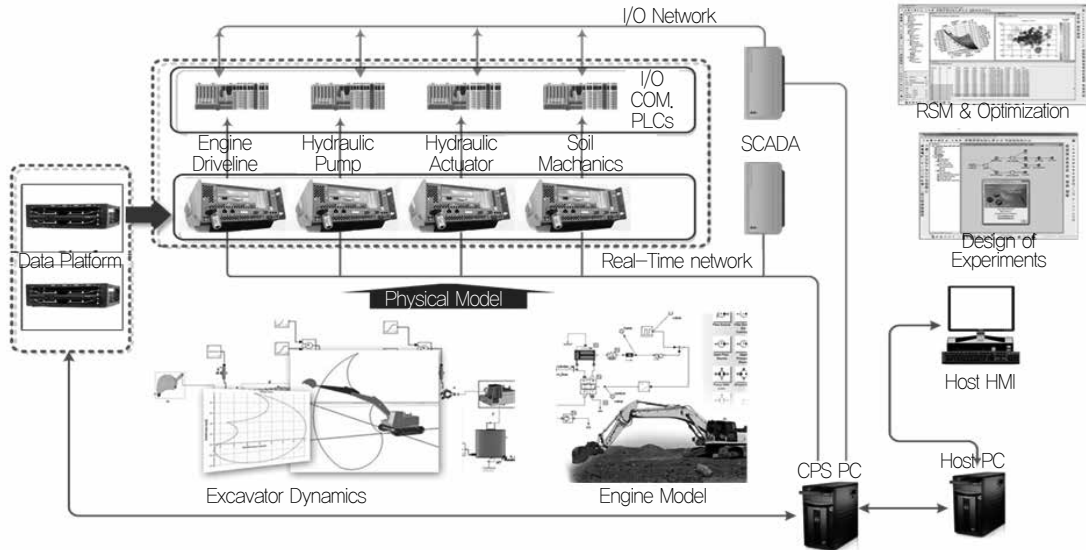


그림 10. B&R Real time Target PC 구성도

를 개선하고, 생산 및 에너지 소비 비용을 절감함으로써 디지털 혁신 프로젝트를 가속화할 수 있다.

주요 이점은 다음과 같다.

- 실시간 IIoT 센서 데이터 분석
- 실시간 생산설비 데이터 가시성 제공
- 생산 프로세스 최적화
- 생산 수요예측 최적화
- 생산설비 다운타임 최소화

### Vortex Visualization Tool

CM Labs사의 전문 Simulation Tool은 다음과 같은 주요 차별화 요소를 가지고 있다.

- 설계 대상 프로토타입을 CAD 데이터로부터 직접 작성이 가능하다.
- 기기의 작업환경 모델을 Vortex 표준 옵션으로 간단히 구현이 가능하다.

- 물리 계산 엔진으로부터 정확한 시뮬레이션과 Visualization 계산이 가능하다.
- 실시간 시뮬레이션이 가능하다.

### B&R Automation Studio

B&R사의 제어 소프트웨어 전문 설계 플랫폼인 Automation Studio 4를 통해 모든 IEC 61131-3의 언어와 CFC 및 C언어뿐만 아니라 C++과 같은 객체지향 프로그래밍 언어들을 기반으로 PLC 프로그래밍이 가능하다. 특히 모델링 전문 툴인 MathWorks사의 Matlab/Simulink, 그리고 MapleSoft사의 MapleSim과는 전용 Connector를 활용하여 프로그램 간의 직접적인 기능 인터페이스가 가능하며, FMI(Functional Mock-Up Interface)를 통해 다른 여러 시뮬레이션 프로그램과 연결하여 Co-Simulation이 가능하다.

모션제어와 Safety 기능을 위한 PLCopen 기반의 Func



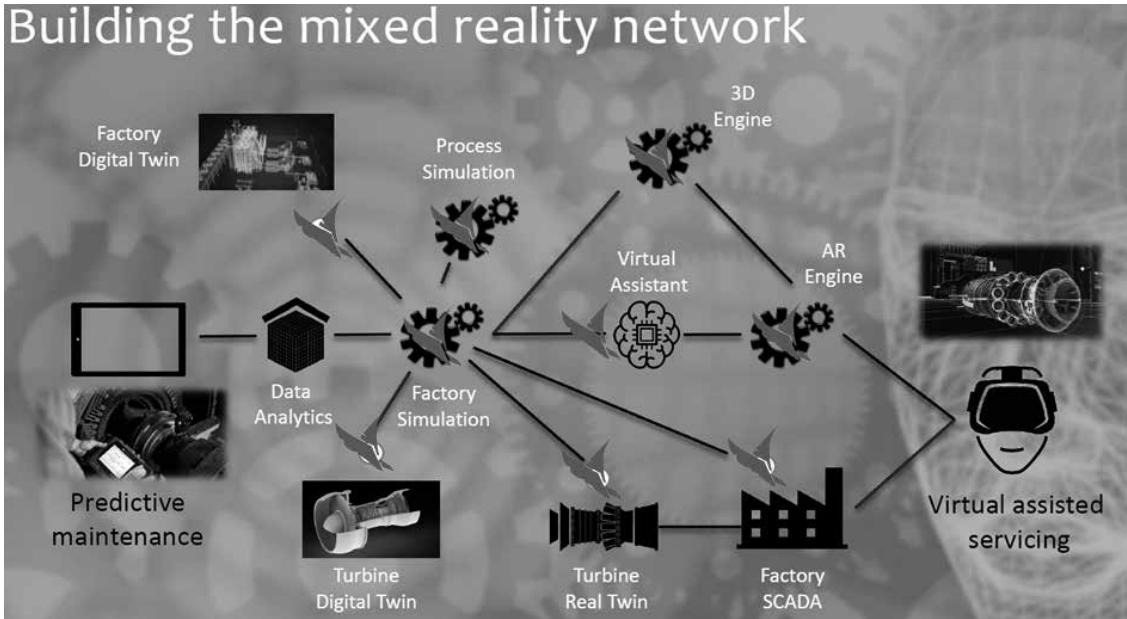


그림 11. Simware사의 Internet of Simulation Concept

tion Block을 활용함으로써 프로그래밍을 더욱 간편하게 해주며, 시뮬레이션 툴로부터 자동으로 생성되는 코드를 통합시키는 작업 역시 보다 간편하다. 또한 프로젝트 파일들은 사실상 IT 표준인 XML 포맷 형식으로 공유되는데, 이는 자재 관리 및 생산 계획 소프트웨어와 같은 타사 시스템들과의 통신을 가능하게 하며, SQL 인터페이스를 통해 데이터베이스로의 직접적인 연결까지도 지원이 가능하다.

또한, 스마트 팩토리 공정 관리 레벨에 직접적으로 접근하기 위해 OPC UA(OPC Unified Architecture)를 적용하였다. 이러한 프로토콜을 통해 개발자에게 보다 편리하고 유용한 기능을 제공해주며, 개방형 아키텍처 시장의 새로운 표준으로써 매우 광범위한 타사 시스템들과의 높은 호환성 역시 보장해주고 있으며, A조작과 제작에 있어 구역별로 독립적으로 접근을 간소화시켜 주는 전용 라이브러리를 통해 다양한 인터넷 기능을 지원

한다.

모든 필드버스 시스템에 직접적인 통합을 위한 옵션을 통해 Automation Studio 4는 모든 범위의 필드 디바이스와의 호환이 가능하며, 타사 시스템과의 통합을 위한 최적의 지원을 제공한다.

### Internet of Simulation

스페인의 Simware사는 OMG DDS Data-Exchange 프로토콜과 IEEE HLA Data-Exchange 프로토콜 기반의 미들웨어를 활용하여 다수의 Simulation Entity를 연결하여 동시에 시뮬레이션하는 솔루션을 발표하였다. 이는 디지털 트윈의 핵심 요소기술인 Internet of Simulation을 효율적이고 실시간으로 구현할 수 있는 시뮬레이션 방안으로 판단된다.

## Tool Chains for Digital Twin & IIoT



그림 12. Internet of Simulation Architecture

### 결론

최근 들어 전통적인 임베디드 시스템의 개념을 넘어서는 디지털 트윈(Digital Twin) 혹은 사이버 물리시스템(Cyber-Physical Systems, CPS)이 새로운 패러다임으로 주목을 받기 시작하였다. 디지털 트윈은 개별적으로 동작하는 전통적인 임베디드 시스템과는 달리 컴퓨팅 시스템과 우리가 살아가는 물리 세계와의 밀접한 상호작용을 강조한다. 특히 디지털 트윈은 통신기술을 활용하여 물리적 현상을 관찰, 계산 및 조작하는 각 시스템 개체들 간의 협력적 관계를 구축할 수 있으며, 궁극적으로 통신(Communication), 연산(Computation), 제

어(Control)의 세 요소를 핵심 개념으로 하여 인간과 공존하는 물리 세계 개체들(Physical entities)과 센서, 액추에이터, 임베디드 시스템 등과 같은 시스템 개체들로 구성되는 사이버 세계와의 융합을 추구한다. 이를 통해 시스템의 최적화 및 운전상태 예측을 보다 정확하게 할 수 있다.

이러한 디지털 트윈의 핵심적인 응용 분야들과 그 흐름을 같이 하여 현재 JNE SYSTECH CO.(제이엔이시스템)에서 판매하고 있는 디지털 트윈을 설계하기 위한 모델 기반과 데이터 기반의 설계 툴체인을 알아보고 그 기능들을 소개하였다.