



스마트 공장을 위한 사물인터넷 기술 동향

아마도 스마트 공장이란 단어가 우리에게 익숙하게 된 것은 제4차 산업혁명(인더스트리 4.0)이란 용어가 제조업에 종사하거나 관련된 일을 하시는 분들에게 정말 호기심을 자극하고, 지금과 같은 급변하고 갈수록 경쟁이 치열해지는 환경에서는 무언가 우리에게 해답을 제시해 줄 것이라는 막연하면서도 특별한 기대감을 갖게해 주었던 것 같다.

I. 주요 국가별 추진 동향

스마트 공장을 통한 제조업 혁신 전략은 미국, 중국, 일본, 독일, 한국 프랑스 등 모든 경제 대국들은 국가적 차원에서 추진되고 있다. 한국 정부의 제조업 혁신 3.0 전략이 이와 맥을 정확히 같이하고 있다. 독일의 경우 2차, 3차 산업혁명의 기회를 통하여 국가의 부를 축적하여 최 강대국으로 성장할 수 있었다. 하지만 그것도 근래에는 한국과 중국을 비롯한 후발 산업화를 추진한 국가들의 빠른 추격으로 차별화와 기술적 우위를 유지하는데 어려움을 겪고 있었고, 극복하는 방안으로 국가적 차원의 전략으로 인더스트리 4.0 추진하고 있다. 이웃나라 중국도 개혁 개방 이후 제조업을 기반으로 매년 10% 이상의 고성장의 성과를 달성하면서 미국에 이어 제2의 경제 대국으로 성장했지만 임금 상승 등 경쟁력은 더욱 악화되어 7%대의 중속속 성장과 새로운 성장 전략을 발표한 중국 제조 2025 플랜도 같은 새로운 제조 혁신 전략의 필요에서 나온 것이라 하겠다. 미국의 경우 오바마 정부에서 특히 해외로 빠져나간 제조업을 다시 국내로 불러들이는 정책과 함께 민간 기업이 주도가 되고, 특히 에너지, IT, 마케팅 우위의 경쟁력을 바탕으로 분야별 기술을 주도하는 기업들이 연합체를 형성한 AMLC(advanced manufacturing leadership Coalition)을 발족해서 제조 혁신을 추진하고 있다.



이순열
마케팅 총괄 상무
로크웰 오토메이션 코리아

각 국가 및 주요 기업에서 스마트 제조를 위한 전략의 이름은 달리 사용하지만 내용적으로 아래와 같은 공통된 제조업 비전을 가지고있다.

- 제조 공장이 공급망과 긴밀히 인터넷으로 연결되어 고객의 반응에 즉각적으로 대응
- 제조 공장은 디지털화 되어 데이터 자산을 빅데이터, 클라우드, 모빌리티 정보통신 기술과 융합하여 공장을 지능화한다.
- 자원을 에너지 효율적이고, 친환경적으로 활용하고, 생산된 제품은 안전하고, 생산 시설이 사람에게 위험하지 않는 작업 환경, 즉 지속 가능성이 지원하는 제조

이러한 이상적이고 혁명적인 제조업의 미래를 구현을 위한 주요 추진 활동들은 아래와 같다.

- 핵심 기술: 사물인터넷(IoT), 사이버물리(CPS), 보안
- 정부, 민간 기업, 협회 등 연합 추진체를 구성하여 추진
- 관련 산업 표준화 작업을 진행

II. 제조업에서 사물인터넷 어떻게 활용되는가?

스마트 공장은 사물인터넷에 의한 연결의 혁명이다. 공장에서 인터넷을 기계나 설비를 제어하는 네트워크로 일반화 된 것은 2000년대 이후 일 것이다. 일반적으로 공장을 건설하고 설비를 도입하면 20-30년은 사용하게 된다. 현재 사용 중인 기계설비들 중에 인터넷으로 구성된 장비는 5% 미만 일 것이다. 바꾸어 말하면 대부분 기계의 경우 센서, 모터 구동장치, 밸브 등의 디바이스와 제어기 기 간에는 아날로그로 형태로 연결된 경우가 가장 많고, 비교적 10년 전후로 제작된 설비는 디지털 네트워크로 연결된 경우가 많은데, 이 경우도 산업 제어전용 디지털 네트워크(DeviceNet, ControlNet, CC Link, Profibus, Modbus)를 사용하고 있다. 그동안 산업 인터넷 기술의 발전으로 산업 제어용 네트워크에서 요구하는 실시간 제어, 안전, 동기화 등의 기능을 지원하고, 이미 많은 산업 현장에서 검증이 되었다. 이젠 주요 제조업에서 산업 인터넷을 공장단의 네트워크로 표준화해서 사용하는 추세

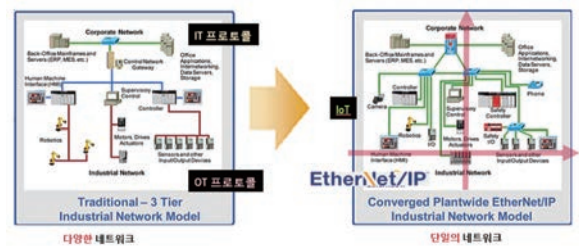
에 있다.

공장의 네트워크를 인터넷으로 통합해서 사용하면 무엇이 좋은가?

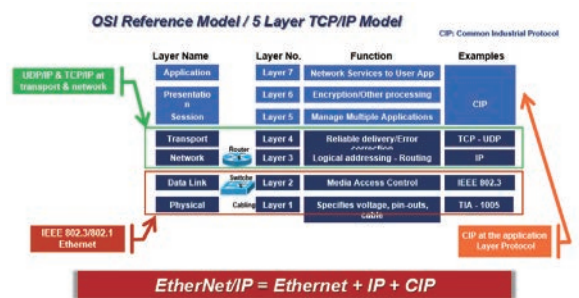
- 생산 현장의 기계 등의 실시간 데이터(고속의 대용량)를 공장의 제조 정보 시스템(MES) 과 기업 정보 시스템(ERP) 에 고속 전송이 가능
- 공장 네트워크와 기업 정보망을 단일의 전사적 통합 네트워크 인프라로 구축이 가능
- 인터넷은 단일의 물리적 네트워크 내에 다양한 프로토콜을 동시에 사용이 가능
- 가장 많이 사용하고 발전되는 네트워크로 매체 비용이 저렴하고 누구나 쉽게 사용할 수 있는 네트워크

현재 스마트 공장을 추진하는 기업들은 아래 <그림 1>은 공장의 OT(Operational Technology) 네트워크와 기업정보 네트워크가 서로 상이한 전통적 네트워크에서 IoT 기반으로 공장과 기업 망이 통합된 형태로 기업 인프라 네트워크로 구축이 진행되고 있다.

그리고 공장에서는 인터넷으로 네트워크 인프라가 구축된 상태에서 PLC, 모터 제어기, 센서, 로봇 등을 포함한 각종 산업용 기기와 전화기, 디지털 카메라, 컴퓨터 등 IT 기기들이 연결되고, 여러 종류의 어플리케이션이 표준



<그림 1> 공장 네트워크의 진화 단계



<그림 2> 산업용 인터넷 EtherNet/IP OSI 참조 모델

인터넷 프로토콜을 통해서 쉽고 빠르게 정보가 공유되는 모델이 필수적이다.

〈그림 2〉는 산업 이더넷 프로토콜 중의 하나인 EtherNet/IP의 모델을 설명하는 도표이다. 물리적 계층인 표준 이더넷에서 표준의 인터넷 프로토콜을 사용하며, 산업 현장의 실시간 제어 기능을 지원하는 산업 프로토콜(CIP, Common Industrial Protocol)을 사용하여 공장 내에서 정보의 수직 통합을 지원하고 있다.

Ⅲ. 연결의 혁명을 통하여 스마트 공장에서 스마트 기업으로 발전한다.

〈그림 3〉에서와 같이 스마트 공장은 먼저 스마트한 장비에서 시작한다. 이는 센스, 제어기기 등 모든 디바이스들이 지능형 디지털 기기로 구성된다, 이들이 사물인터넷으로 연결되어 실시간 기계의 운전, 상태, 사용한 원료, 에너지 등의 데이터를 이용이 가능하다.

다음으로 이들이 공장 전반에 걸쳐 기계 장비들, 통신기기, 화상기기, 컴퓨터와 같은 디지털 기기들이 공장의 이더넷 플랫폼에 연결되어 스마트한 공장으로 성숙된다. 다음으로 공장의 자산과 ERP, SCM와 같은 엔터프라이즈 시스템이 하나의 네트워크에 연결되며, 원격지의 공장 과 공급망, 물류창고, 영업소, 공급업체 전반에 걸쳐 인터넷으로 연결되어 운영되는 스마트 기업으로 확대 발전한다.



〈그림 3〉 스마트 공장의 진화 과정

Ⅳ. 스마트 공장의 추진 과정에서 이슈는 무엇인가?

4.1. 우리회사에 맞는 실행 가능한 비전과 로드맵이 필요하다.

자동화 공장, 정보화 공장은 이미 잘 아는 바이고 중견기업 이상의 제조업의 경우 이미 많이 진척이 되었고, 일부 대기업의 경우 선진국 수준 이상의 제조기술을 확보하거나 앞서가고 있는 부분도 많다고 여겨진다. 그래서 인지 최근에는 미국, 일본, 독일 등 선진 기업들에서 놀라워하고 궁금해하며 그들이 오히려 한국 기업에서 배우려 하는 바도 많은게 사실이다. 반면, 중소기업의 경우는 수준차가 매우 커서 스마트 공장을 얘기하기 전에 자동화 공장부터 먼저 시급히 추진되어야 할 것으로 생각한다.

정부가 주도하는 스마트공장 추진단의 주요 지원대상은 중소, 중견기업이며, 이들의 경쟁력 확보를 위하여 주요 대기업과 연계 협력하여 자금 및 인력 지원 프로그램을 가동 중이다. 하지만 5천만원에서 1억 정도의 자금으로 1회성 프로젝트로 그친다면 부분적 자동화 공장으로서의 변모도 어려울 것이다.

각 회사는 현재의 수준을 전문가의 지원을 받아 스마트 공장, 나아가 스마트 기업으로의 비전을 만들고, 중장기 발전 및 추진 로드맵 개발이 우선되어야 한다. 현재의 수준이 생산 설비에 디지털 기능이 도입되지 않은 수준이라면 단계적으로 장비의 디지털화, 장비간에 인터넷 네트워크를, 산업 보안에 대한 준비 등에 대한 로드맵과 우선 순위를 선정하는 것이다.

중장기 로드맵없이 단위 기계설비를 단순 자동화 차원에서 설비를 업그레이드 했다면, 다음 단계에 장비간을 사물인터넷으로 연결에 어려움이 있을 수 있다. 또한 빅데이터 분석 기능을 추가 또는 연결하고자 하는데 제어, 안전, 에너지, 설비 진단 정보를 간편히 수집되고 분석되어 스마트하게 업그레이드 할 수 없다면 추가적인 많은 비용이 들거나 이미 투자한 자산을 수정, 변경해야 한다면 지속적으로 공장을 스마트하게 성숙하는데 실패할 것이다.

4.2. 스마트 공장의 추진 로드맵 구축을 위한 방안은 없는가?

- 스마트 공장의 인프라를 단계적으로 구축해 가는 것이다.

〈그림 3〉에서 설명하는 바와 같이 장비단위에서 공장 전반에 걸쳐 단일의 보안 기능을 가진 사물인터넷 기술을 활용할 수 있는 전사적 네트워크 인프라로 단계적으로 개선해 가는 것이다.

- 최적화를 위한 필요한 데이터 자산을 조직화한다.

스마트 제조업에서 가장 중요한 것은 실시간 데이터 자산을 확보하고 활용하는 것이다. 데이터 자산 없이 빅데이터 분석도 MES와 ERP와의 연결을 통한 최적화와 고객의 요구에 즉각적 대응하는 스마트 기업으로의 진화는 불가하다.

- 분석을 통하여 맥락적 관계와 최적화를 위한 지혜를 만든다.

공장의 제조관련 데이터 소스, 4M1E(인력, 자재, 기계, 공정, 에너지)를 분석하여 에너지 사용, 품질, 운전, 기계장비의 고장과 관련 패턴과 관계를 찾아내고, 미래를 예측할 수 있는 지혜를 준다.

- 원격 모니터링과 사이버 공간에 전문가와 자산이 만나서 일을 하고, 고객과 공급업체와 협업이 가능하게 한다.

아래 그림은 자동화 기계에 사물인터넷을 입혀서 어떻게 스마트하게 일을 하는지를 도식화한 그림이다.

스마트 장비는 작업간에 실시간 생성되는 데이터(전기 에너지 사용, 자재 사용, 기계의 상태 등)를 빅데이터로 활용할 수 있도록 사물인터넷으로 연결되고, 분석을 통하



〈그림 4〉 데이터 자산을 활용하는 스마트 장비

여 맥락적 정보를 발견할 수 있고 또한 해결의 방안에 대한 지혜를 만들 수 있다. 이를 이력 프로파일로 저장 축적한다. 이것이 경험을 지식화 하는 과정이다. 그리고 장비 또는 공장 운영 중 현재 실시간 데이터와 비교 및 분석하면 미래를 예측할 수 있는 지능이 생긴다. 예를들어 장비의 진동값의 변화가 과거 축적된 경험 프로파일을 참고해서 이것이 미래에 고장의 조짐으로 예측이 가능하게 하여 고장 전에 미리 필요한 조치를 취하는 예측 보전이 가능토록 하는 것이다, 이러한 디지털화된 데이터는 사이버 공간에서 클라우드에 연결되어 원격지의 전문가와 실시간 연결되어 협업 서비스 지원이 가능토록 한다.

4.3. 공장 설비의 자동화와 디지털화가 먼저다. 연결이 끊어진 MES, ERP는 별 도움이 되지 않는다.

ERP 시스템을 구축한 많은 제조업체의 현장 담당자를 만나서 업무에 어떻게 도움이 되는지 질문을 하면, “솔직히 도움보다는 오히려 업무가 늘어나서 불편한 점이 많습니다”라고 대답하는 경우가 많다. 이는 정보 시스템에서 요구하는 데이터를 자동 수집이 되지 않고, 많은 데이터를 사람이 수작업에 의해서 입력하게 된다. 이것이 현장 작업자 측면에서는 불만과 불편의 요인이 되기도 한다. 또한 잘못된 정보의 입력이나 작업자가 임의로 조작된 데이터 입력은 정보의 신뢰도가 떨어지거나 경영 판단에 오류가 발생될 수 있다. 정확한 데이터가 자동으로 변형 없이 수집되고 분석되어야 의미 있는 개선 아이디어와 실행 방안이 만들어 질 것이다.



〈그림 5〉 스마트 공장 지원의 MOM(Manufacturing Operation management)

4.4. MES, ERP 구축만으로 스마트 공장, 스마트 비즈니스가 되지는 않는다.

MES(제조 실행 시스템)은 생산 계획에 의한 생산 실행과 결과로서 생산, 품질, 에너지 사용 지표를 KPI로 볼수 있어 도움이 되는데, 예를 들어 품질 결과가 장비별, 작업자별, 공장별 일정치 않은데, 최적의 조건으로 유지하려면 어떻게 해야 하는지에 대한 지혜가 필요하다. 이에 대한 해결책을 요구하고 있다.

이를 위한 솔루션으로 아래 그림은 현장의 생산설비와 엔터프라이즈 시스템간에 사물인터넷으로 실시간 연결된 제조 실행 시스템(MES)과 함께 빅데이터 분석 기능의 제조 지능시스템(EMI, Enterprise Manufacturing Intelligence)의 도입이 지능형 공장의 구축에 필수적이다. 스마트 공장에서는 MES와 EMI 기능이 통합 지원되는 MOM(Manufacturing Operation management)시스템이 요구된다.

4.4. 산업 보안에 대한 대비 없이는 앞으로 나아갈 수 없다.

사물인터넷(Internet of Thing)의 확산은 보안 위협의 확산(Internet of Threat)을 수반한다.

산업 보안에 대한 접근은 한마디로 포괄적이고 전체적인 관점에서 접근하는 것이 매우 중요하다. 사람, 프로세스 그리고 기술적인 측면을 고려하고, 제조 운영의 무결성과 회사의 중요한 자산을 어떻게 보호할 것인지를 생각해야 한다.

산업 보안은 필수적으로 다층 보안(Defense in Depth) 전략을 기초로 내부 및 외부의 위협으로부터 보호가 되도록

록 설계가 되어야 한다. 이는 어떠한 하나의 경고한 방호벽 또는 보호 기능도 지속적인 공격으로부터 침투 당할 수 있다는 가정에서 출발한 것이다. 이 전략은 물리적, 전자적 그리고 절차적인 측면에서 다계층(심층보안)을 도입하는 것이다.

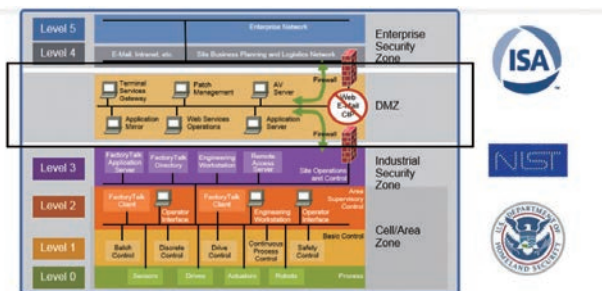
다계층 네트워크 보안은 네트워크 자산, 데이터 및 중요한 정보 자산을 아래의 방호 체계에 의해서 구성할 것을 권고한다.

산업 보안은 아래 원칙에 따라 구현되어야 한다

- 다계층 보안 모델(Layered Security Model)
보호대상을 여러 계층의 보호막 안에 두어 보안 위협을 줄인다.
- 심층방어(Defense in Depth)
여러 개의 방어책을 사용하여 시스템 또는 컴포넌트 간의 무결성을 보호한다
- 개방성(Openness)
다양한 업체의 보안 솔루션을 수용할 수 있도록 고려한다.
- 유연성(Flexibility)
고객의 요구사항(정책 및 절차 등)을 수용할 수 있어야 한다.
- 일관성(Consistency)
정부의 지침과 표준을 따르는 솔루션을 채택한다.

아래의 기능들이 기업 전반에 걸쳐 기능적으로 갖추어지고 감지되고 관리되어야 한다.

- 조작감지 디바이스나 디지털 기기에 내장된 어플리케이션에 대하여 허락되지 않거나 의도되지 않는 행위와 수정을 감지하고 기록하는 기능
- 보호된 전사적 인프라로 구축된 네트워크 ...네트워크에 대한 접근제어와 의도되지 않은 접근 및 행위를 감지하는 기능
- 내용 보호...제조 자산의 데이터 또는 콘텐츠에 접근하거나 편집, 사용하는 것을 방지하는 기능
- 접근제어 및 정책관리... 언제, 어디서, 누가, 어떤 어플리케이션이나 장치에 무엇을 하였는지를 관리하는 기능



〈그림 6〉 전사적 보안 네트워크 참조 모델, 미국(시스코 & 로크웰오토메이션) 사례



4.5. 기술적 융합보다 조직과 프로세스의 융합이 더 어렵다.

스마트 공장의 시작은 사람, 기술, 프로세스의 연결과 융합에서 시작된다. 앞에는 주로 기술적 연결에 대하여 설명하고 방안을 살펴보았다. 실제 먼저 스마트 공장의 실행을 경험한 기업들의 경험에 의하면 무엇보다 부서간 협업에 어려움이 많다고 한다. 예를 들어 현장의 생산 설비에 사물인터넷으로 연결을 위하여 전산 부서의 직원이 설비 담당부서의 담당자에게 네트워크 연결하고자 하면, 일반적으로 장비에 대한 책임과 내용을 잘 모르는 타 부서에서 접근하고 데이터 시용 차체를 매우 불편해한다. 타 부서와 업무 목표가 공유되지 않은 상황에서 서로 머리를 맞대고 적극적 협조를 구하는 것은 매우 어려운 실정이다. 조직간의 벽을 허물고 전사적 차원의 융합된 조직을 구성하여 추진하는 것이 필수적이다. 변화의 필요성과 조직간 소통, 경영진의 의지 그리고 변화관리가 무엇보다 중요한 성공 요소일 것이다.

4.6. 오늘 우리의 제조업을 현재의 단계로 성장시킨 숙련된 인력은 은퇴를 앞두고 있다

대부분 제조업의 핵심 자원은 아날로그 세대이며, 중요한 경험과 지적 자산이 데이터화 되어있지 않다. 또한 고용의 불안 등으로 머리 속의 경험을 재사용 가능한 정보 자산으로 지식화 하는 것에 회사의 프로세스와 직원들의 동참 또한 매우 중요한 요소일 것이다.

V. 맺음말

스마트 공장의 실현은 비전을 달성해 가는 여정으로 단계적으로 실행해야 할 것이다. 우리회사의 실정을 먼저 진단 분석하고, 비전과 로드맵 상에서 무엇이 시급하고 중요한지에 따라 소규모 과제라도 단기에 성과를 얻을 수 있는 것부터 선정하면 좋을 것이다. 많은 사례에서 조언을 하고 있듯이 무엇보다 조직의 협력이 중요하다. 부서간의 벽을 허물고, 공동의 목표를 가지고 힘을 모아서 추진해야 한다. 지금 시작하는 스마트 공장으로 가는 여정에서 초기의 네트워크, 보안, 데이터 자산 등 인프라 구축

의 과정은 비용과 노력 대비 당장의 효과는 적을 수 있다. 하지만 이미 투자한 인프라에서 적은 비용으로 스마트 서비스를 올려서 회수되는 가치는 폭발적으로 증가하는 것이 스마트 공장의 특징이다. 변화는 우리가 제대로 느끼지 못하는 사이에 은밀히 진행되고, 지금 우리가 어떻게 시작해서 변화하는가에 따라 가까운 미래에 우리 제조업의 좌표는 크게 바뀌어 있을 것이다.



이순열

- 현재 로크웰오토메이션코리아 상무 (Marketing & Business management)
- 1990~ 산업자동화 (현대정보기술: 자동화 시스템 개발 및 영업기술)
- 2009~2012 Fieldbus Foundation(Korea) 협회 회장
- 현재 ODVA(Korea) 협회 회장