

인더스트리4.0 기반 사이버물리시스템과 생산관리시스템간의 미들웨어 구축을 통한 수평적 통합

김대근[†], 박만곤^{**}

Horizontal Integration between Cyber Physical System Based on Industry 4.0 and Manufacture Execution Systems through Middleware Building

Dae-Geun Kim[†], Man-Gon Park^{**}

ABSTRACT

Recently, Industry 4.0 (next generation industrial revolution) designed by Germany to retain initiative in manufacturing business is actively studied. Goal of Industry 4.0 is 'Smart factory' which manages progress of production, supply logistics and services. To achieve the goal, we can construct value creation and new business model by integrating organically with production management systems which is existing and cyber-physical systems, Internet of Things, Services Internet and sensor, etc. However, if integration with production management systems does not work effectively by adding and developing new technologies, It does not have performance. Hence, in this research, we will analysis Industry 4.0 which is possible for small quantity batch production and one of the light and flexible manufacturing systems, and based on this, we will suggest methodology to horizontally integrate with production management systems.

Key words: Industry4.0, Smart Factory, Cyber Physical Systems, Internet of Things

1. 서 론

독일 정부는 자국 제조업의 진화를 통해 일자리 창출, 고임금·고령화 구조대응, 생산경쟁력 강화를 목적으로 국가적 과제를 해결하기 위해서 첨단기술 전략으로 '인더스트리(Industry, 독일어는 Industrie) 4.0'이라는 민·관·학 프로젝트를 추진하고 있다 [1-3]. 인더스트리 4.0의 개념은 한마디로 All-IP공장을 초월해 사물인터넷(IoT)으로 초연결 생태계를

구현하는 것이며, 이는 통신 네트워크를 통해 공장 안팎의 사물과 서비스들을 연계하여 지금까지 없던 가치를 창출하고 새로운 비즈니스 모델을 구축한다는 것이며, 나아가 이를 통해 다양한 사회 문제를 해결한다는 것이다[2]. 독일의 제조업 경쟁력은 현재도 세계 정상급이지만 글로벌 제조업 경쟁 심화에 대응하고 미래에도 경쟁력을 유지하기 위해 인더스트리 4.0 전략을 추진하고 있다. 기술변화에 따른 산업혁명(Industrial Revolution)은 크게 4단계로 구분할 수

* Corresponding Author: Man-Gon Park, Address: (608-737) Yongso-Ro 45, Nam-Gu, Busan, Rep. of Korea, TEL: +82-51-629-6240, FAX: +82-51-628-6155, E-mail: mpark@pknu.ac.kr

Receipt date: Oct. 29, 2014, Approval date: Nov. 18, 2014

[†] Korea Dyeing & Finishing Technology Institute and Dept. of Advanced Information Science and Technology, Pukyong Nat. Univ., Rep. of Korea (E-mail: dgkim0119@naver.com)

^{**} Dept. of IT Convergence and Application Engineering, PuKyong Nat. Univ., Rep. of Korea

* This work was supported by National Research Foundation (NRF) of Korea (2013K1A3A1A09076037).

있다. 1차 산업혁명은 18세기부터 19세기에 걸쳐 일어난 수력 및 증기 기관에 의한 공장의 기계화, 2차 혁명은 19세기 후반에 진행된 전력의 활용, 3차 혁명은 20세기 후반에 나온 “프로그램 가능 논리 제어장치(PLC)”에 의한 생산 공정의 자동화를 지칭한다. 4차 혁명인 인더스트리 4.0은 이전 3차에 걸친 산업혁명과 비견되는 기술 혁신이 될 것이라는 비전을 담고 있으며, 인더스트리 4.0의 핵심 동력으로 꼽히는 것이 정보통신기술(ICT)이며, 구체적으로는 네트워크에 연결된 기기끼리 자율적으로 제어할 수 있는 사이버 물리 시스템(Cyber Physical Systems), 네트워크를 통해 얻을 수 있는 빅 데이터의 활용, 생산관리 시스템(MES), SCM(공급망 관리) 등 업무 시스템과의 연계를 포함한다[3].

센서(Sensor), 액추에이터(Actuator), 모바일 기기 등 물리적 세계의 사물이 사이버물리시스템(CPS)이라는 매개체를 통해 인터넷 상의 서비스와 연결되며, 물리적 세계에서 진행되는 일들이 실제 가상의 세계로 미러링되어 사전검증, 실시간 관리, 사후분석이 가능해졌다. 과거 중앙제어장치의 명령을 받아 생산기기가 소재를 가공하던 일방향 서비스 로직에서 소재와 반제품에 RFID 등 스마트 메모리를 장착해 스스로 지능화된 생산기기와 통신을 통해 경로를 결정하는 분산제어체계와 모듈단위 생산체계로 인해 제품의 변경이나 고객주문에 따라 수시로 생산 Layout 변경이 가능하고 교체 즉시 가동하는 Plug & Produce 시스템이 가능하다[1].

본 논문에서는 다품종 소량생산이 가능한 가볍고 유연한 생산체계인 인더스트리4.0의 사이버물리시스템 기술요소 분석 및 신뢰할 수 있는 미들웨어 개발에 대하여 알아본다. 또한 이를 토대로 생산관리시스템과 수평적 통합을 할 수 있는 방법론을 제시한다.

2. 관련연구

2.1 사이버물리시스템(CPS)

CPS(Cyber-Physical Systems)란 실세계와 IT가 긴밀하게 결합된 시스템으로써 IBM의 ‘Smarter Planet’, HP의 ‘CeNSE(the Central Nervous System for the Earth)’, MIT나 Auto-ID Labs가 추진하는 ‘Internet of Things(IoT)’ 등과 유사한 개념이다.

CPS는 개별적으로 동작하는 전통적인 임베디드

시스템과는 달리 컴퓨팅 시스템과 우리가 살아가는 물리 세계와의 밀접한 상호작용을 강조한다. 특히 CPS는 통신 기술을 활용하여 물리적 현상을 관찰, 계산 및 조작하는 각 시스템 개체들 간의 협력적 관계를 구축한다[4]. 궁극적으로 CPS는 이러한 통신(Communication), 연산(Computation), 제어(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. 특히 여기서 말하는 물리 세계 개체란 인간과 상호작용 가능한 모든 사물과 자연환경 등을 지칭한다. 이는 자동차, 주택, 의료기기, 심지어 인간의 뇌까지도 아우르는 포괄적인 개념이다.

근래 CPS가 다시 주목받는 이유는 첫째, 임베디드 시스템의 복잡성이 급속하게 증대하면서, 기존의 기법과 다르게 SW와 물리세계의 인터랙션을 위한 고품질의 신뢰할 수 있는 설계 기법이 요구되며 둘째, ICT가 환경, 에너지, 교통, 경제, 안전, 의료 등 복잡한 사회시스템의 인프라가 되면서, 안전하고 효율적으로 사회시스템을 설계, 운용, 보수하기 위해 필요한 ICT 신기술 필요로 하며 셋째, 센서 기술 등 복잡한 CPS를 가능하게 하는 요소기술이 급속히 발전하면서 물리세계의 데이터를 쉽게 ICT 세계에 넣을 수 있게 되었고 모아진 대량 데이터의 분석도 가능하기 때문이다[1-3].

물리 세계와 사이버 세계의 융합을 통해 우리가 얻을 수 있는 가치를 몇 가지 예로 들면 다음과 같다 [5]. 첫째, 우리는 CPS를 통하여 물리 세계에 관한 보다 많은 정보를 보다 적시에 제공받게 되며 이를 통해 물리 세계에 대한 이해를 높일 수 있다. 둘째, CPS는 기존의 자동제어 시스템을 포괄하는 개념으로 여러 측면에서 시스템의 자율성(autonomy)을 가능하게 한다. 셋째, CPS를 통하여 안전성(Safety)이 대폭 향상될 것이다. 이렇듯 CPS는 인간의 삶에 큰 변화를 불러일으킬 수 있는 혁신적인 기술이다. 과거 인터넷이 인간과 인간 사이의 커뮤니케이션에 혁신을 불러왔다면 CPS는 인간과 인간 주변의 물리 세계와의 상호 작용에 혁신을 가져올 것으로 기대된다.

2.2 사물인터넷(Internet of Things)

사물인터넷(Internet of Things, IoT)은 주변 사물

들이 유·무선 네트워크로 연결되어 유기적으로 정보를 수집 및 공유하면서 상호작용하는 지능형 네트워크 기술 및 환경을 의미하며, 현실 세계의 사물들과 가상 세계를 네트워크로 상호 연결해 사람과 사물, 사물과 사물 간 언제 어디서나 서로 소통할 수 있도록 하는 미래 인터넷 기술이다. 1999년 RFID 전문가 케빈 애쉬톤(Kevin Ashton)이 사물인터넷 개념을 최초로 제안하였으며 유무선 네트워크에서의 엔드디바이스(end-device)는 물론, 인간, 차량, 교량, 각종 전자장비, 문화재, 자연 환경을 구성하는 물리적 사물 등이 모두 사물인터넷의 구성 요인에 포함된다고 설명하였다[6].

2.3 스마트 팩토리(Smart Factory)

스마트 팩토리는 RFID, 센서, 증강현실 등의 ICT(정보통신기술)가 결합된 공장을 의미하며, ICT 사물인터넷과 융합 생산공정, 스마트메모리(ex, RFID 등)의 무선통신 등을 이용하여, 각각의 설비 자재 상품이 정보를 주고받아 스스로 생산, 공정통제 및 수리, 작업장 안전 등을 관리하는 것을 말한다. Fig. 1.는 IoT, IoS 구성 요소로서 스마트 팩토리의 위치를 보여주고 있다. 인더스트리4.0은 생산공정, 조달물류, 서비스까지 통합 관리하는 ‘스마트 팩토리’가 목표이며, 이를위해 사물인터넷, 사이버물리시스템, 센서 등의 기반기술 개발이 필요하다.

3. 인더스트리4.0의 사이버물리시스템 기술

인더스트리4.0 구현의 핵심 운영기술인 사이버물리시스템(CPS) 기술 수준 파악 및 청사진 마련이 필요하다. 사이버물리시스템은 인더스트리4.0 구현뿐

만 아니라 의료·헬스케어, 에너지·송전, 운송, 국방 등 다양한 분야에 광범위한 적용이 예상되면서 다시 주목을 받는 상황이며 미국·독일·EU 등 선진국은 사이버물리시스템을 차세대 핵심 기술로 인식하고 사이버물리시스템 관련 기술과 플랫폼 개발에 총력을 기울이는 상황이다[7-8].

사이버물리시스템 구축을 위해서는 센서기술 뿐만 아니라 액추에이터, 보안기술, 최적화 SW, 인지 기능 등 다방면의 기술이 동시다발적으로 개발·융합되는 것이 관건이며 ICT로 실제 세계와 가상세계를 연결하는 사이버물리시스템은 엄청난 데이터 처리와 함께 수많은 물리적 도메인을 연결해야 하는 매우 복잡한 시스템이다. 따라서 사이버물리시스템 구축을 위해서는 어떤 분야에 어떤 기술을 어떻게 적용하고 설계, 운용할지 체계적인 기술 로드맵을 수립하는 것이 중요하다[9-10].

3.1 센서(Sensor) 기술

흔히 우리가 센서라고 하면, 어떤 측정 대상물로부터 물리량을 검출하고 검출된 물리량을 전기적인 신호로 변환시켜주는 소자를 의미한다. 인간의 감각 기능을 제어 가능한 다른 신호로 대체하고 인간의 오감을 인위적으로 실현하여 신뢰할만한 양질의 정보를 인간에게 제공하기 위한 목적으로 사용된다. 주요 응용분야로는 자동화 시스템, 자동차와 관련 산업, 우주항공 산업, 의료분야, 환경측정분야, 산업전반에 걸친 다양한 분야 및 일상생활에 사용되어진다. 우리나라 센서(sensor) 기술 수준은 선진국(미국·유럽·일본)의 2/3 수준에 불과하고, 중국은 90%까지 한국을 추격하고 있다.

IoT·IoS 기반의 스마트 팩토리 구축, 더 나아가 궁극적으로 초연결 사회 구현을 위해서는 핵심 요소 기술인 센서 개발과 경쟁력 강화가 가장 시급한 과제이다. 현재는 사이버세상과 물리세상을 연결하여주는 사이버물리시스템(CPS)이 대두되고 있으며 지능형 메모리 개발을 통해 쌍방향 분산·자율제어 생산체제 구현이 가능하다. 최근에는 사물인터넷(IoT) 확산 등으로 단순한 주변상황 감지에서 신체정보, 사용자 행동, 감정인지 기능을 수행하는 등 영역이 확대되고 있으며, 우리나라 7대 분야별 핵심 센서기술 로드맵은 Table 1과 같다.

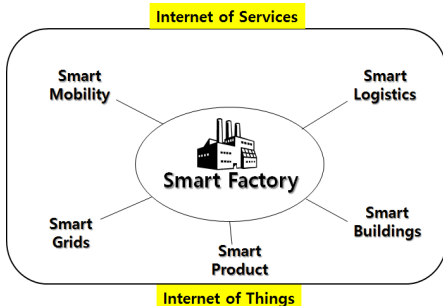


Fig. 1. Industry 4.0 and Smart Factories as part of the Internet of Things and Services.

Table 1. Core sensor technology in 7 areas [11]

Type	Description
Automobile	RF radar sensor, 10cm class ultrasonic sensors, current sensors for electric automobile, radar sensor system, visible / infrared sensors, 6-axis inertial sensor automotive, automotive compression sensor, high pressure sensors and SoC, non-dedicated machine image sensor and SAW gyroscope, etc.
Mobile	Microphone sensor, 10-shaft combo sensor, pressure sensor, temperature sensor, smart TV operation sensor, MEMS sound sensor and temperature sensor array, etc.
Robot	Gyro sensors, attitude / position sensor, PIR sensor, touch sensor, human robot interface, image recognition and tactile sensor and power sensor, etc.
Security	Video / audio sensor, retina sensor, image analysis algorithm, fingerprint sensor, infrared image sensor, smart sound sensor and infrared thermal imaging image sensor, etc.
Bio / Medical	Fast genetic diagnosis systems, NanoFET biosensor, vital signs detection system, hemoglobin sensors, bio-sensors, metabolic sensor, magnetic sensor body and gas sensor for disease diagnostic, etc.
Environment	High-speed image sensor module, water quality sensor system, environment, nano-sensing detectors, micro GC, carbon dioxide detection system, environmental sensors nanostructures, composite measure atmospheric gases, CMOS optical sensor, harmful environmental monitoring sensors and optical sensors for toxic gases, etc.
USN	USN flow sensors, angular rate sensor module, magnetic inductive current sensor, formaldehyde sensor, power equipment deterioration diagnostic system, network power meter sensor, power cable monitoring and surface and cutting area monitoring sensor, etc.

3.2 미들웨어 기술

인더스트리4.0에 사용되는 사이버물리시스템(CPS)을 통해 다양한 분산 환경의 컴퓨터 시스템에서 많은 양의 데이터가 형성되어지며, 로컬 생산관리시스템으로 이러한 데이터를 안전하고 신속하게 처리(전송)하기 위한 기술이 필요하다. 특히 대규모 분산 환경에서 발생하는 데이터를 실시간으로 전송하기 위한 미들웨어의 요구가 증가하고 있으며 현재 데이터 처리(전송) 기능을 수행하는 미들웨어는 DDS(Data Distribution Service), 웹서비스(Web Service), CORBA(Common Object Request Broker Architecture), RMI(Remote Method Invocation), JMS(Java Message Service) 등 다양한 데이터처리 미들웨어가 있다[12-14]. 이러한 미들웨어중 OMG에서 제안하고 있는 DDS 표준은 사이버물리시스템 환경에서 데이터 중심의 데이터 배포를 구현하기 위한 표준으로 제안하고 있다. 이는 응용 프로그램들이 플랫폼이나 특정 언어에 독립적으로 하나의 데이터 도메인을 형성하고 그들 간의 효율적인 데이터 교환을 가능하게 하며 미들웨어 비교표는 Table 4와 같다. OMG의 DDS표준을 만족하는 다양한 DDS응용제품

들이 개발되고 있으며, 국방, 항공등의 도메인에서 데이터교환 및 배포를 위한 표준으로 사용되고 있다. 이렇듯 여러 중요산업에 적용되고 있어 앞으로 DDS 표준을 만족하는 사이버물리시스템의 통신이 더욱 확대될 것으로 보인다.

4. CPS와 생산관리시스템 통합 방법론

인더스트리4.0 기반 사이버물리시스템은 기계설비 뿐만 아니라 소재·반제품에 센서와 메모리를 부착, 주문에 따라 설비에 가공 명령을 주면 생산공정의 병목현상을 자가 진단해 유연하게 최적 생산 경로를 결정하고 이처럼 지능형 메모리 개발을 통해 분산·자율제어 생산체제를 구현한다. CPS의 신뢰할 수 있는 데이터 수집을 위한 자율제어 시스템의 기초 중에 하나는 ‘지식 베이스’를 명세화 하는 것이다 [15]. ‘지식 베이스’ 생성[16]과 이를 제어할 수 있는 ‘자율제어 관리자’[16]와 생산관리시스템과 연계 가능한 ‘통신 미들웨어 관리자’를 개발하여 상호 연계를 통한 CPS와의 통합방법론에 대해서 알아본다.

4.1 CPS 지식베이스 생성

사이버-물리 시스템을 개발하기 이전에 가장 먼저 해야 할 일은 자율 제어 시스템의 기초인 ‘지식 베이스’를 생성하는 것이다. 지식베이스를 구축하기 위한 항목은 오류분석, 오류이벤트 정의, 오류 모델링, 오류 상태 해석, 전략 결정 등이다. 잘 구축된 지식베이스는 사이버물리시스템을 안정적 및 효율적으로 운영하는데 필요한 요소이다.

첫째, 오류분석(Fault Analysis) 단계에서는 시스템 정상 동작을 알고 있는 오류 모델 분석가가 정상 동작을 분석하여 발생 가능한 오류들을 추출하고, 추출된 오류들은 발생위치에 따라 구분되어 ‘오류 테이블’을 산출 한다.

둘째, 오류 이벤트(Fault Event Definition) 단계에서는 이전단계의 ‘오류 테이블’을 기반으로 발생 ‘원인’, ‘오류이벤트’ 및 ‘결과’ 관계를 정의한 ‘오류 이벤트 테이블(Fault Event Table)’을 산출 한다.

셋째, 오류 모델링(Fault Modeling) 단계에서는 이전 단계에서 수행된 ‘오류 이벤트 테이블’을 참조하여 오류의 ‘원인’, ‘이벤트’, ‘결과’를 관계시킨 오류 트리를 모델링 한다. 오류 트리를 기반으로 다양한 인공지능 기법[17]들을 통해 새로운 오류 이벤트가 추가 되고, 트리가 확장될 수 있어야 한다.

넷째, 오류상태해석(Faulty State Interpretation) 단계에서는 자율제어 시스템이 오류상태를 해석할 수 있도록 조건들을 정의하고 제약 조건을 생성하여 ‘제약조건 테이블’을 산출 한다.

다섯째, 전략 결정(Maneuver Decision) 단계에서는 오류 상태에 대한 적응행위자 및 전략을 미리 정의하고, ‘전략 테이블’을 산출 한다.

위와 같이 CPS지식베이스 각 단계별 생성절차, 항

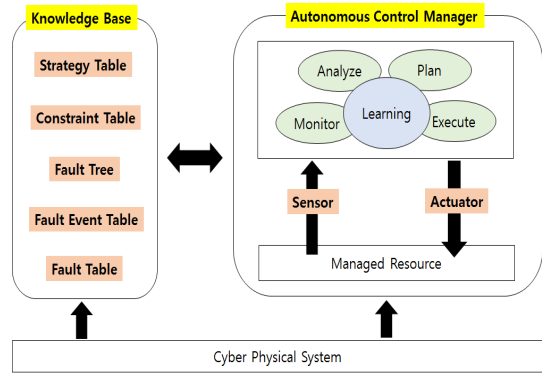


Fig. 2. Administrator who controls based on knowledge base autonomically.

목별 산출물 및 산출물상세내역은 Table 2와 같다.

4.2 CPS 자율제어 관리자 개발

CPS에서 지식베이스를 활용하기 위해서는 자율 제어 관리자가 필요하다. Fig. 2과 같이 자율제어 관리자는 관리자원(CPS의 하드웨어, 수행 프로세스 등)을 포함한다. 관리자원 상태를 획득하기 위한 센서장치 및 작동시키기 위한 액추에이터가 필요하다. 자율 제어 관리자는 ‘모니터(Monitor)’, ‘분석(Analyze)’, ‘계획(Plan)’, ‘실행(Execute)’, ‘학습(Learning)’과 같은 요소기술을 가지고 있다.

첫째, 모니터(Monitor)단계에서는 지식베이스에 정의된 규칙기반과 시스템 행위 사이에 불일치를 체크함으로써 사이버물리시스템의 내·외부 이상상태를 감지하고 관련된 분석 정보를 제공해야 한다. 또한 시스템의 행위나 운영 환경을 관찰할 수 있어야 한다.

둘째, 분석(Analyze) 단계에서는 모니터 단계에서

Table 2. Production procedure of CPS knowledge base

Step	Section	Production	Production Details
1	Fault Analysis	Fault Table	Cyber or physical environment/name of component/name of error
2	Fault Event Definition	Fault Event Table	name of error/cause of error/event of error/result of error event
3	Fault Modeling	Fault Tree	cause of error/event of error/result of error
4	Faulty State Interpretation	Constraint Table	name of error state/constraints(threshold information which identifies error state)
5	Maneuver Decision	Strategy Table	name of error state/countermeasure for error state/destination for implementing adjusting strategy

추출된 상황 정보와 실행 기록을 분석하여, 시스템 (관리자원)의 잘못된 행동의 결과를 보고한다. 잘못된 시스템 행동에 따른 CPS 상태변화를 분석할수 있어야 한다.

셋째, 계획(Plan) 단계에서는 분석단계에서 발생된 오류에 대한 연관성에 따른 분류와 이에 대응하는 자율제어 전략 계획을 수립한다.

넷째, 실행(Execute) 단계에서는 계획단계에서 결정된 사항들을 관리자원에 적용하며, 모니터에 식별된 문제에 대한 전략을 실행하는 단계이다. 이것은 동적으로 계획하고 배포하고 변화를 활성화하는 메커니즘을 필요로 하며, 진단된 결함(fault)이나 그것들의 영향을 제고하는 메커니즘을 필요로 한다.

다섯째, 학습(Learning) 단계에서는 이전 단계에서 수행된 결과를 정량적으로 분석하여 향상된 새로운 지식을 '지식베이스'에 업데이트 한다[18-20].

4.3 미들웨어 개발

미들웨어의 입출력(I/O) 엔진 설계시 중요한 핵심 요소는 동일 트랜잭션 내의 세션간 정합성을 유지하여 신뢰성을 좋게 만드는 것이 우선적인 목표이고 일반적으로 전문 통신 연결방식의 경우, 서버가 스레드 방식으로 소켓처리 할 때 바인딩 후 accept -> read request -> send response의 부분에서 블락킹(Blocking) 될 수 있는 구조적 문제를 가지고 있다.

이는 동일 트랜잭션 내의 데이터 교환이 다수의 장치(센서)를 통해 개별적으로 발생하는 경우, 각 세션 간의 정합성이 지원되지 않는 문제점을 포함하고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 APACHE MINA (Multipurpose Infrastructure for Network Applications)를 역설계하여 비 블락킹 입출력(Non-Block-

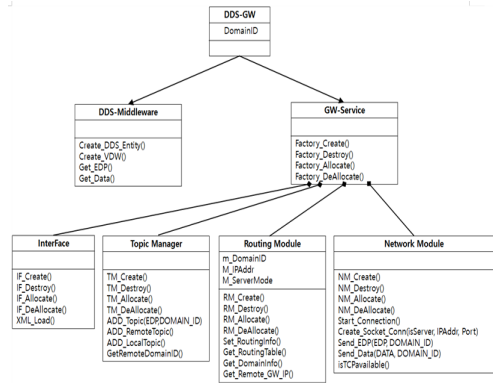


Fig. 4. Function and Entity of Middleware Gateway.

ing I/O) 미들웨어 엔진(Fig. 3)과 또한 무수히 많은 종류의 사물인터넷(IoT) 센서 프로토콜 규약을 동기화하고 초급기술자도 메시지 프로토콜 모델링, 모니터링, 통계, 제어, 배포등을 관리할수 있는 유저인터페이스(UI) 기반기술 등 4가지 핵심요소를 포함하고 있는 미들웨어를 개발하였으며 미들웨어 게이트웨이에서 사용되는 기능 및 엔티티는 Fig. 4와 같다.

4.4 통신 미들웨어 관리자 개발

지식베이스 및 자율제어 관리자를 통해 신뢰할수 있는 사이버물리시스템의 데이터를 생성시키고, 생성된 데이터를 통신 미들웨어를 통해서 생산관리시스템에 전송 및 제어할 수 있는 통신 미들웨어 관리자가 필요하다. 이러한 지식베이스-자율제어관리자-사이버물리시스템-미들웨어-통신미들웨어관리자-생산관리시스템간 통합 구조는 Fig. 5와 같다. 통신 미들웨어 관리자는 '기초 (Base)', '수집 (Acquisition)', '분석 (Analysis)', '실행 (Execute)' 과 같은 요소기술을 가지고 있다.

첫째, 기초단계에서는 사이버물리시스템으로부터 생성된 데이터에 대해서 생산관리시스템(MES)의 전송을 위한 매칭 테이블을 정의한다. 지식베이스 생성에서 사용된 항목(구분, 컴포넌트)과 저장위치, DB 구분, 데이터값 등을 정의하여야 하며, 이는 MES의 정상작동을 정확히 아는 분석가가 동반되어야 할 것이다. 최종적으로는 Table 3과 같이 'MES 매칭 테이블'을 산출해야 한다.

둘째, 수집단계에서는 CPS로부터 생성되는 모든 데이터를 수집하여 자료화 시킨다. 수집데이터에 대

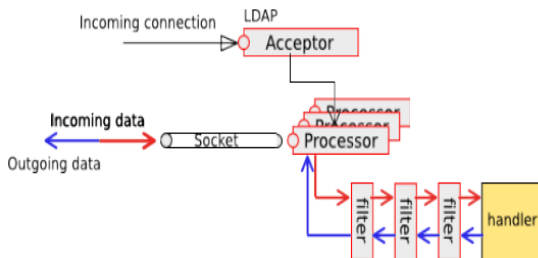


Fig. 3. Non-Blocking I/O Algorithm.

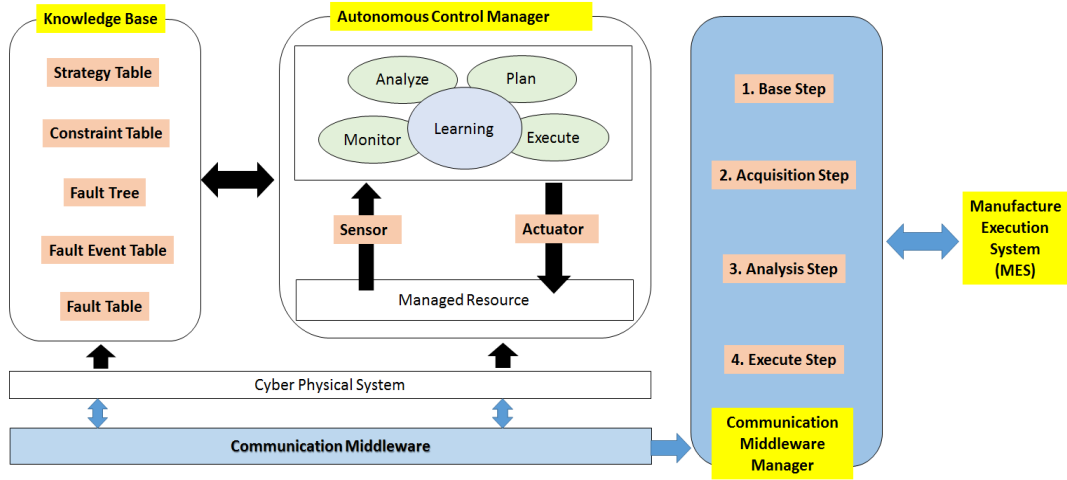


Fig. 5. Integrated structure between cyber-physical system and managing production system.

Table 3. MES matching table structure

Section	Component	DB division	Save location	Factor value
Cyber environment/ Physical environment	name	DB name (oracle,mssql etc)	name of table, field	CPS data value

Table 4. CPS collection table structure

Section	Component	Name of event	Factor value
Cyber environment/ Physical environment	name	Name of event which causes factor value	CPS data value

한 자료화를 하지 않고 실시간으로 바로 MES로 업데이트 할 수 있지만 향후 문제 발생 시에 역추적이 가능하며, 또한 향후 수집된 데이터로만 빅데이터 분석에 유용하게 쓰일 수도 있다. 생산단계에서는 최종적으로는 Table 4와 같이 ‘CPS 수집 데이터 테이블’을 구성해야 한다.

셋째, 분석단계에서는 기초단계에서 생성된 ‘MES 매칭테이블’ 과 수집단계에서 자료화한 ‘CPS 수집 데이터’를 토대로, 상호 매칭 할수 있는 곳이 어디인지를 분석한다. 정상적으로 매칭 분석이 되었는지 확인하며, 만약 분석이 실패하였을 경우에는 데이터 누락을 피하기 위해 ‘CPS 수집 데이터 테이블’에 기록을 남겨놓으며, 미스 매칭 원인을 파악할 수 있도록 한다.

넷째, 실행단계에서는 분석단계에서 매칭분석이 정상적으로 되었으며, 해당 ‘MES 매칭 테이블’ 구조의 DB구분, 저장위치등을 감안하여 MES로의 실 테

이터를 업데이트 시킨다.

5. 실험 및 결과분석

미들웨어의 기능사용에 따른 성능분석을 위해 Fig. 6과 같이 시험환경을 구성하였다.

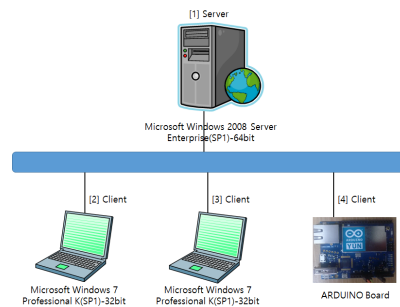


Fig. 6. Non-Blocking I/O Algorithm.

대량패킷 전송이 가능한 사물인터넷 센서(ARDUINO

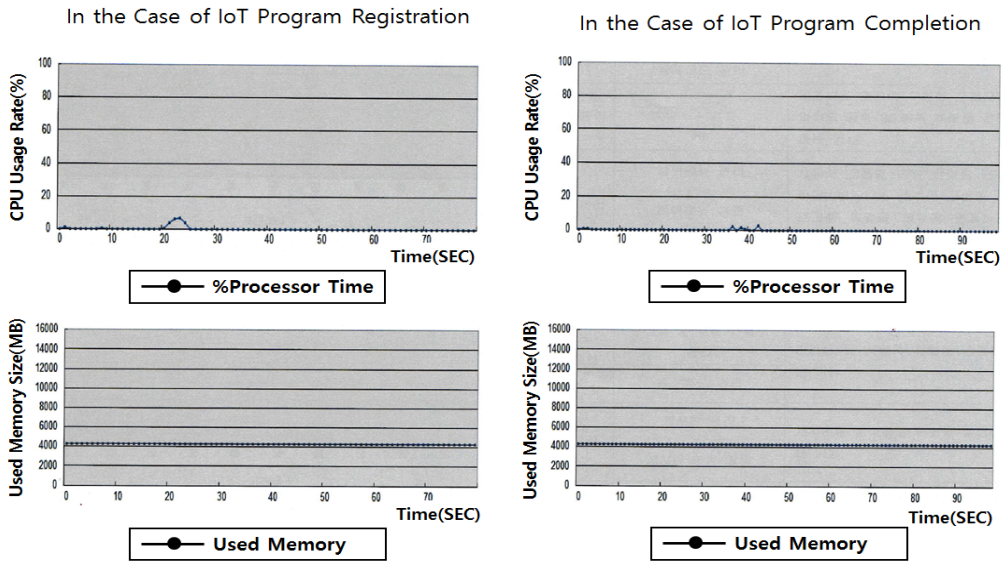


Fig. 7. Measured Results of CPU Usage Rate and Memory Used Size

테스트 보드)를 만들어 패킷을 발생시키는 도중에 클라이언트에서 미들웨어 Admin 계정으로 접속하여 프로그램의 기능을 사용하였을 경우, 서버의 CPU와 메모리 사용량을 분석하였다.

Fig. 7과 같이 Admin 페이지에서 “사물정보관리” 프로그램을 등록할 경우, 서버의 CPU 사용률은 최대 6.73%까지 증가하지만, 작업완료 후 1%미만을 유지함을 알 수 있으며, 메모리 사용량은 평균 4,287.08 MB이다. 또한 관리자 계정으로 Admin 페이지에서 “사물매핑정보관리” 프로그램을 등록할 경우, 서버의 CPU 사용률은 최대 2.73%까지 증가하지만, 작업완료 후 1%미만을 유지함을 알 수 있으며, 메모리 사용량은 평균 4,282.95MB이다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 인더스트리4.0을 구현하기 위한 필수요소인 사이버물리시스템(CPS)의 주요기술을 살펴봐왔으며, 또한 ETRI에서 제안한 CPS의 신뢰할 수 있는 데이터 수집을 위한 지식베이스 생성 및 자율제어 관리자에 대해서 알아보았다. 또한 향후 수많은 사물인터넷(IoT) 센서로부터 발생하는 각종 프로토콜을 대응하고, 하드코딩이 아닌 UI기반에서 실시간 센서 노드를 변경, 추가, 삭제, 모니터링 할 수 있는 표준 기반의 미들웨어에 대한 연구를 수행하였다.

이와 같이 신뢰할수 있는 사이버물리시스템(CPS) 데이터를 확보하고 앞서 제안한 미들웨어 하부에 통신 미들웨어 관리자를 도입으로써 사이버물리시스템(CPS)-미들웨어(Middleware)-생산관리시스템(MES)간의 수평적 통합으로 연계할 수 있는 방법론을 제안하였다. 이러한 방법론을 적용함으로써 전통적인 시스템 개발방법에서 발생된 신뢰성, 안전성관련 문제를 해결할 수 있다. 본 논문에서는 미들웨어에 대한 성능분석을 하였으며, MES와 수평적 통합 방법론에 대하여 실 제조 기업에 적용하여 안정성, 자원배분, 성능분석 등의 효율측정을 통해 방법론을 개선하여 나가야 할 것으로 보인다.

또한 향후에는 인더스트리4.0의 표준화(통신, 스마트메모리, 생산기기 등)를 구축하여 CPS와 연계하여 사용하면 더 큰 시너지 효과가 날것으로 판단되며, 국가기술 경쟁력 확보를 위해 정부차원의 적극적인 지원이 필요할 것으로 보인다.

REFERENCE

[1] POSCO Management Institute, *Industry 4.0 Blueprints of Future Manufacture Industry in Germany*, 2014.
 [2] NIA, *IT & Future Strategy Report (Industry 4.0 & Creative Economy Strategies of Manu-*

- facture Industry*), 2014.
- [3] NIPA, *Combination Smart ICT with Manu-
facture Industry, Recent Industry 4.0 Policy
ICT Trends of Germany*, Recent ICT Trends
Report, pp. 27-39, 2014.
- [4] E.A. Lee. "Cyber Physical Systems: Design
Challenges," *Proceeding of International
Symposium on Object Component Service-
Oriented Real-Time Distributed Computing*,
pp. 363-369, 2008.
- [5] Industrie 4.0 Working Group, *Recommendations
for Implementing the Strategic
Initiative Industrie 4.0*, Federal Ministry of
Education and Research, 2013.
- [6] NIPA, *Main trends of Internet of Things in-
dustry*, Trend Report, pp. 102-116, 2013.
- [7] IHS Technology, The Fourth Industrial
Revolution Brings Challenges to Big Data,
<http://press.ihs.com> (Accessed on Aug. 24,
2014).
- [8] Wolfgang Wahlster, *Industry 4.0: From
Smart Factories to Smart Products*, German
Research Center for Artificial Intelligence,
2012.
- [9] German Trade & Invest, *Industries 4.0, Smart
Manufacturing for the Future*, 2014.
- [10] Wolfgang Wahlster, *Industry 4.0: The
Semantic Product Memory as a CPPS*, Deut-
sche Forschungszentrum für Künstliche
Intelligenz GmbH, 2013.
- [11] KISTEP, *Developing Advanced Sensor Bus-
iness for Sensor Industry Acceleration*,
Preliminary Feasibility Study Report, No. 110,
2013.
- [12] H.G. Jeon and S.H. Lee, "DDS Middleware
Standard Technology Trend," *Weekly Tech-
nology Trends Analysis*, Unit 1456, 2010.
- [13] W.T. Kim and S.M. Park, "Technology
Trends of Cyber-Physical Systems support-
ing High Dependability," *Korea Information
Technology Society*, Vol. 8, No. 1, pp. 25-32,
2010.
- [14] W.S. Choi and M.G. Park, "An Advanced
User-Construction Requirement within the
EFD for the Development of Large-Scale
Information Systems," *Journal of Korea
Multimedia Society*, Vol. 6, No. 4, pp. 723-
735, 2003.
- [15] P. Koopman, "Elements of the Self-healing
System Problem Space," *Proceedings of
ICSE WADS'03*, 2003.
- [16] J.M. Park, S.J. Kang, I.G. Jeon, and W.T. Kim,
"Cyber-Physical Systems Technology Con-
trolling Based on Network Autonomically,"
Journal of Korea Communication Society,
Vol. 30, No. 10, pp. 86-92, 2013.
- [17] Y. Kitamura, "A Model-based Diagnosis with
Fault Event Models", *Proceedings of Pacific
Asian Conference on Expert Systems*, pp.
322-329, 1997.
- [18] I. Chun, J. Park, W. Kim, W. Kang, H. Lee,
and S. Park, "Autonomic Computing Technol-
ogies for Cyber-Physical Systems," *Proceed-
ings of International Conference on Advanced
Communication Technology*, pp. 1009-1014,
2010.
- [19] J.M. Park, S.J. Kang, I.G. Chun, and W.T.
Kim, "An Approach to Generating Goal Model
for Cyber-Physical Systems," *Proceedings of
International Symposium on Embedded
Technology*, pp. 23-24, 013.
- [20] I.G. Chun, J.M. Kim, H.Y. Lee, and W.T. Kim,
"Faults and Adaptation Policy Modeling
Method for Self-Adaptive Robots," *Commu-
nications in Computer and Information Sci-
ence*, Vol. 150, pp. 156-164, 2011.



김 대 근

2007년 8월 부경대학교 (전산교육학) 교육학석사
 2013년 8월 부경대학교 대학원 IT융합응용공학과 첨단정보과학 및 정보시스템학 공학박사 수료

2014년~현재 DYETEC연구원 선임연구원
 2014년~현재 대구광역시 도시경제 활성화 자문위원
 2012년~현재 중소기업청 기술보호상담센터 전문위원
 2006년~2013년 한국섬유개발연구원 선임연구원
 2005년~2006년 (주)명크마린 개발팀 과장
 2004년~2004년 동부정보기술 S/W개발 프리랜서
 2003년~2004년 부산대학교 정보전산원 연구원
 1999년~2002년 (주)전인시스템 개발팀 대리
 관심분야: 제조혁신, 인더스트리4.0, 사이버물리시스템, 사물인터넷, 생산관리시스템, 정보보안, 소프트웨어공학, 소프트웨어 아키텍처 설계



박 만 곤

경북대학교 수학교육(이학사)
 경북대학교 전산통계학(이학박사)
 Philippine Women's University (국제행정학석사)
 University of Rizal System, Philippines(명예 기술학박사)

Dept. of Electrical and Computer Engineering, University of Kansas (Post Doc.)
 1981년~현재 부경대학교 IT융합응용공학과 교수
 1997년~현재 한국멀티미디어학회(KMMS), 초대 총무이사, 수석부회장, 회장 및 명예회장
 2002년~2007년 정부간 국제기구 CPSC (콜롬보플랜기술포럼) 총재 (Director General and CEO)
 2004년~2007년 Asia-Pacific Accreditation and Certification Commission (아태지역 인증 및 검증위원회) 위원장
 2005년~2007년 유네스코 (UNESCO-UNEVOC) 자문위원, 아시아개발은행 자문관
 관심분야: 소프트웨어 공학 및 재공학, 소프트웨어 신뢰성공학, 소프트웨어 안전성 공학, 비즈니스 프로세스 재공학(BPR), 멀티미디어정보처리기술, 정보시스템 성능평가 기법 및 도구, ICT-based HRD System