

이종 공작기계 운용 관리를 위한 분산 스마트 데이터 모니터링 시스템 개발

이영운¹ · 최영주² · 이종혁³ · 김병규^{2*} · 이승우⁴ · 박종권⁴

¹선문대학교 컴퓨터융합전자공학과

²숙명여자대학교 IT공학과

³숙명여자대학교 빅데이터센터

⁴한국기계연구원 첨단생산장비연구본부 초정밀시스템연구실

Development of Distributed Smart Data Monitoring System for Heterogeneous Manufacturing Machines Operation

Young-woon Lee¹ · Young-ju Choi² · Jong-Hyeok Lee³ · Byung-Gyu Kim^{2*} · Seung-Woo Lee⁴ · Jong-Kweon Park⁴

¹Dept. of Computer Science and Engineering, Sunmoon University, A-san, 31460, Korea

^{2*}Dept. of IT Engineering, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

³Big Data Utilization Center, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

⁴Dept. of Ultra-Precision Machines and Systems, Korea Institute of Machinery & Materials, Daejeon 34103, Korea

[요 약]

제4차 산업혁명은 IoT(Internet of Things)·빅데이터(BigData)·인공지능 등 다양한 기술들의 융합을 통하여 스마트 공장(Smart factory) 구현을 목표로 새로운 산업화를 시도하고 있다. 스마트 공장 실현을 위해서 다양한 이종기계들 간의 유연한 데이터 교환 방법이 가능한 통신 기술이 필요하고 표준 기술을 기반 생산 장비의 확장성이 고려될 수 있어야 한다. 본 연구에서는 이종기계를 포함하는 다수의 생산 설비로부터 데이터를 수집 및 통합하고, 모든 생산 장비를 감시할 수 있는 MTConnect기반 이종 공작기계 상태 정보 및 가공 정보 관리시스템을 제안한다. 개발된 시스템 기술은 유연 자동화 생산 라인의 핵심 기술로서 오류 검출, 가공 상태 관리 등 무인 자동화 라인의 중요한 정보를 제공 및 관리하는 기술을 제공할 수 있다.

[Abstract]

Recent trend in the manufacturing industry is focused on the convergence with IoT and Big Data, by emergence of the 4th Industrial Revolution. To realize a smart factory, the proposed system based on MTConnect technology collects and integrates various status information of machines from many production facilities including heterogeneous devices. Also it can distribute the acquired status of heterogeneous manufacturing machines to the remote devices. As a key technology of a flexible automated production line, the proposed system can provide much possibility to manage important information such as error detection and processing state management in the unmanned automation line.

색인어 : 유연자동화, ICT 기반 시스템, 공정 모니터링, 스마트 공작기계, 분산처리

Key word : Flexible automation, ICT-based system, Process monitoring, Smart machine tool, Distributed processing

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2017.18.6.1175>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 06 September 2017; **Revised** 13 October 2017

Accepted 25 October 2017

***Corresponding Author; Byung-Gyu Kim**

Tel: +82-02-2077-7293

E-mail: bg.kim@sm.ac.kr

I. 서론

정보통신기술(Information and Communication Technologies, ICT)의 융합에 의한 4차 산업 혁명 시대를 맞아 산업 전반에 기존과는 다른 혁신적인 산업 패러다임이 요구된다. 기존의 생산성 극대화를 위한 공장 자동화(Factory Automation)를 뛰어넘어 자율적으로 데이터를 연결/수집/분석하는 스마트 공장(Smart Factory)의 시대로 접어들었다.

전 세계적으로 스마트공장 구축 및 도입을 위해 엄청난 투자 및 연구를 진행하고 있다. 독일은 인더스트리(Industrie) 4.0 전략을 수립하였고, 스마트 공장을 글로벌 시장에 산업혁신 플랫폼으로 제시하였다. 인더스트리 4.0은 국가과학기술 육성정책인 하이테크 전략 2020의 일환으로 추진된 제조업 혁신 정책으로, ICT와 제조업의 융합을 통해 ‘제조업의 완전한 자동생산 체계를 구축하고 모든 생산 과정이 최적화’되는 제4차 산업혁명을 의미한다. 사이버-물리시스템(CPS)을 기반으로 한 스마트 공장을 구축하는 차세대 제조업 발전전략으로 제조업 전략 벤치마킹을 위해 전 세계 여러 나라들의 주목을 받고 있다.

인더스트리 4.0의 성공전략은 스마트 공장 도입 등 기술적 변화로 업무의 환경뿐만 아니라 노동의 내용과 프로세스에도 상당한 영향을 미칠 것으로 보인다. 인더스트리 4.0 실현의 대표적인 사례로 지멘스(Siemens)의 암베르크 공장, 노빌리아(Nobilium), GE(General Electric)의 멀티모달 공장(Multi-Modal Factory), 로크웰 오토메이션(Rockwell Automation), 오토 보게(Otto Boge) 등이 있다 [1]-[3].

그림 1은 스마트 공장에 대한 국외 기업의 대표적인 사례를 보여준다. 지멘스의 암베르크(Amberg) 공장은 스마트 공장의 대표사례로 산업자동화 소프트웨어와 생산로봇을 적용하여 자동화율 75% 달성, 99.99%의 생산수율, 다품종 대량생산, 기존 공장 대비 약 30%의 에너지를 절감시킴으로써 유럽 최고의 공장으로 선정되었다.

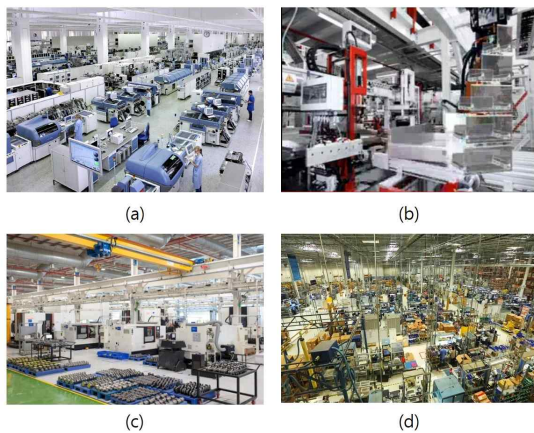


그림 1. 인더스트리 4.0 실현의 대표적인 사례: (a) 지멘스, (b) 노빌리아, (c) General electric, (d) 로크웰

Fig. 1. Representative cases on the smart factory in foreign countries (a) Siemens, (b) Nobilia, (c) General electric, (d) Rockwell

스마트 공장 시스템에서는 기계, 장비, 설비, 부품에 센서를 설치하여 제어하기 위한 유연한 통신 환경이 구축되어야 한다. 최근 사물인터넷의 개념은 M2M(Machine to Machine), IoT를 거쳐 IoE(Internet of Everything)으로 확장되고, M2M을 통해 주요 구성 요소 간 센싱, 제어, 정보 교환 및 처리 등이 가능한 형태로 발전하고 있다[20].

단위 공정별로 생산 시스템이 최적화되어 있던 기존의 자동화 시스템과 달리 스마트 공장은 미래형 공장의 표본으로 생산 설비에 장착된 센서를 통해 데이터가 실시간으로 수집/분석되고 네트워크를 통해 모든 장비들의 정보가 통합된다. 공장 내 모든 상황을 관리자가 시간과 장소에 구분 없이 관리/감독할 수 있으며 데이터 분석을 통해 시스템이 스스로 제어될 수 있도록 설계되어야 한다.

본 연구에서는 다양한 생산 설비와 센서 및 주변장치에 대한 유연한 정보 수집 및 확장성을 위해 생산현장(Shop floor)의 이종기계들 간의 유기적인 데이터 정보교환이 가능한 통신 프레임워크를 설계 및 구축하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 융합제조업 개발 동향 및 시장 분석과 제조업 통신 표준 규약 기술인 MTConnect를 소개한다. 제 3장에서는 이종기기를 포함하는 다수의 생산 설비로부터 데이터를 수집/통합하고 응용계층까지 전달이 가능한 통신 시스템을 제안하고, 마지막 제 4장에서는 본 연구의 결론을 내리고자 한다.

II. 관련 연구

제 4차 산업혁명은 제조업 혁신을 시작으로 최근 ICT 기술과 다양한 과학기술의 융합으로 전 산업의 패러다임 변화의 개념으로 인식 되고 있다. 본 장에서는 ICT 기술과 기계의 융합을 통해 완전한 자동 생산 체계를 구축하고 모든 생산 과정이 최적화 되는 스마트 공장(Smart Factory)을 실현하기 위해 주요국의 제4차 산업혁명 정책과 국내의 융합제조업 개발 동향 및 시장에 대하여 분석하고 관련 기술을 살펴본다.

2-1 융합제조업 개발 동향 및 시장 분석

제4차 산업혁명은 전 산업 시스템을 포함하여 사회전반의 시스템 혁신이 개별 국가 단위를 넘어 전 세계적으로 영향을 미치게 되는 확장된 개념으로 주요국의 추진 전략 동향들이 분석되어 왔다 [4]. 전 세계 여러 나라들의 제조업 전략 벤치마킹 대상인 독일의 인더스트리 4.0은 사이버-물리시스템을 기반으로 한 스마트 공장을 구축하는 차세대 제조업 발전전략이다[5], [6].

인더스트리 4.0은 ‘하이테크 2020’의 10대 핵심 프로젝트 중 하나로 채택되어 지속적으로 추진되고 있으며, 제조업에 ICT

를 접목해 모든 생산 공정, 조달 및 물류, 서비스까지 통합적으로 관리하는 스마트 공장 구축이 목표이다. 2015년 4월에는 인더스트리 4.0 초기 전략의 문제점을 보완한 ‘플랫폼 인더스트리 4.0’이 시작되었다. 독일은 인더스트리 4.0을 단순한 공장자동화를 넘어서 새로운 산업혁신 플랫폼을 선도적으로 공급하여 글로벌 시장을 장악하고 인터넷 기술 융합을 통해 가치를 극대화 하는 것이 목표이다.

미국은 2011년 첨단제조 파트너십(Advanced Manufacturing Partnership) 정책을 시작으로 산·관·학의 역량을 결집하여 질 높은 제조업 고용 창출 및 국가경쟁력 향상을 위한 신기술(비용 절감, 품질 향상, ICT 기술, 바이오 기술, 나노 기술 등) R&D 투자를 진행했다.

일본은 2011년에 발표한 ‘일본재생전략’을 재검토하여 2013년 ‘일본재흥전략’을 발표하였다. 일본재흥전략은 경제 전반에 걸친 정책추진의 방향성 및 구체적인 개별 전략을 제시했으며, 핵심과제로 첨단 설비투자 촉진, 과학기술 혁신 추진하는 제조업 부흥과 로봇 혁명으로 산업부문에서 로봇 활용 확대를 중시하고 있다.

또한, 제4차 산업혁명을 대비하기 위해 2015년 6월에 일본재흥전략을 개정하였다. 일본은 성장전략으로 민간과 정부가 협력하는 ‘민관전략 프로젝트 10’을 제시하였고, 첫 번째 전략이 제4차 산업혁명을 통해 2020년까지 30조엔의 부가가치 창출이 목표이다. ‘민관전략 프로젝트 10’ 주요 사업은 자율 주행 자동차, 주문 즉시 생산, 스마트 공장, 핀테크 드론 택배 등이 포함된다. 로봇 신전략에서는 독일의 스마트 공장 시스템 표준화 진행과 미국의 산업 데이터를 활용하는 전략을 포함하는 전략이다.

중국제조 2025 전략은 2016년부터 시행된 전략으로 독일의 인더스트리 4.0을 모델기반의 제조업 경쟁력 확보 전략으로 직접 수준 높은 제품을 설계하고 제조하는 역량을 향상시켜 제조강국으로 도약하기 위한 시도를 시작하였다.

세계 스마트 공장 기기 및 소프트웨어 시장은 지멘스(독일), 로크웰(미국), ABB(스위스), 에머슨(미국), 미쯔비시(일본) 등 상위 5개 사가 50% 이상 점유하고 있고 우리나라 스마트 공장의 기초기술, 하드웨어, 소프트웨어 분야 경쟁력은 선진국 대비 70%미만 수준이다. 현재 국내 제조업 시장은 2016년 1분기 이후 수출증가로 인한 하반기까지 개선되었고, 생산지수 증감률이 지속적인 상승세를 보이고, 재고는 감소세로 전환 및 출하증가율은 확대되는 추세이다 [7].

그림 2는 ICT제조업의 생산, 출하, 재고 변동을 보여준다. 그림 2의 (a)는 생산지수 증감률을 나타내고, (b)는 출하 및 재고지수 증감률을 나타낸다. 글로벌 반도체 시장 회복으로 생산 및 수출 증가가 기대되지만, 국제 시장의 경기 여건과 해외생산 확대, 중국의 추격, 시장 성숙화 등은 성장세를 제약할 것으로 전망된다.

제 4차 산업혁명으로 인해 다양한 변화가 노동환경 개선, 에너지 절감 예상된다. 스마트 공장은 IoT, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 등 주요 ICT 기술을 제조업에 적용하기 위해서는 이 모든 융합기술의 중심이 되는 유연성과 특정 기술 및 환경에 종속적

이지 않은 통신 프레임워크가 구축 되어야 하고 기존 공장마다 생산제품에 국한 된 제조환경을 극복할 수 있는 유연성과 확장성도 필수적 고려되어야 한다.

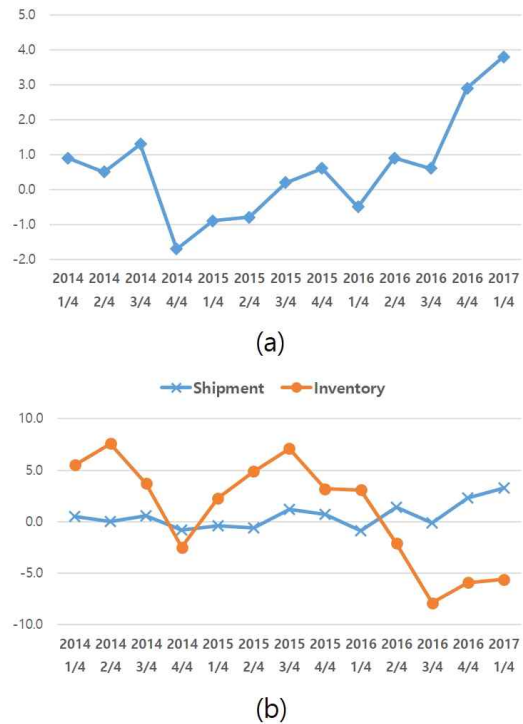


그림 2. ICT 제조업의 생산, 출하 재고 변동률(% , 전년동기대비): (a) 생산지수 증감률, (b) 출하 및 재고지수 증감률 [7]

Fig. 2. Change rate of Production, Shipment, and Inventory in ICT based Industry: (a) Production, (b) Shipment and Inventory [7]

2-2 MTConnect

스마트 공장의 특징은 연결성(Connectivity), 유연성(Flexibility), 지능성(Intelligence)이다. 그 중에서도 핵심은 연결성에 있으며 서로 다른 하드웨어/소프트웨어로 구성된 생산설비들이 단일한 네트워크에서 정보를 교환하는 통신 프로토콜이 요구된다. 생산현장, 장비요소, 시스템간의 유기적인 융합 및 연동을 위해서 네트워크 기술의 적용은 필수이다. 이러한 상황에서 관리 요소, 주변 시스템 연계 등 다양한 시스템간의 상호 연계성을 확보하기 위한 다양한 네트워크 기술 분석 및 시스템들이 제안되었다 [8]-[12],[21].

또한, 이기종 시스템간의 통신을 위해 OLE (Object Linking and Embedding) 기술을 기반으로 클라이언트(Client)와 서버(Server)간의 통신 데이터 변환을 위한 산업표준 메커니즘을 제공하는 OPC(OLE for Process Control)가 등장하여 복잡한 프로토콜을 공부하지 않아도 제조관리시스템 간에 통신이 쉬워졌다 [13],[14].

하지만 통신 정보 내용이 낮은 레벨의 정보에만 적용되어

공작기계의 복잡한 정보를 공유하기에는 부족한 점이 많았다. 문제점을 해결하기 위해 2007년 AMI(The Association For Manufacturing Technology, 미국제조기술협회)의 지원으로 U.C. Berkeley에서 제안한 MTConnect 기술이 현재 미국, 독일, 일본 등의 제조시장에서 표준 통신 규약으로써 사용되고 있다 [15]. MTConnect 기술은 다수의 사용자 응용에서 일관된 방법으로 데이터에 접근할 수 있도록 TCP/IP 기반의 XML(eXtensible Markup Language) 구조로 데이터를 정형화하며 장비로부터 응용계층의 애플리케이션 방향으로 흐르는 단방향 통신(One way communication) 방식이다[16]-[19].

MTConnect는 기본적으로 장비(device), 어댑터(adapter), 에이전트(agent), 애플리케이션으로 구성되어 있다. 다양한 생산 설비와 운용 시스템을 통합하기 위해 간결성과 비표준 장비와의 확장성을 지원하기 때문에 이종기계 간 또는 다양한 생산현장 환경에 맞추어 유연성 있는 설계가 가능하다. 그림 3은 MTConnect 정보 모델의 컨테이너 구조를 보여준다.

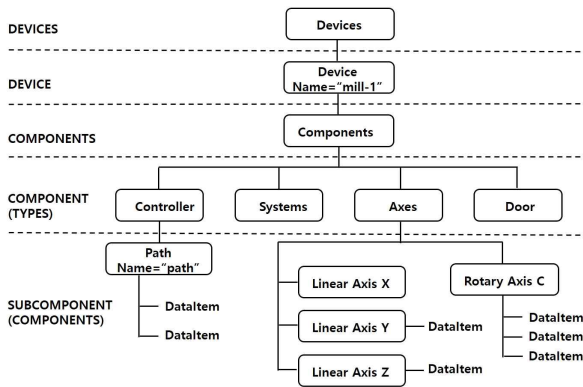


그림 3. MTConnect 정보 모델의 컨테이너 구조

Fig. 3. Container structure of MTConnect

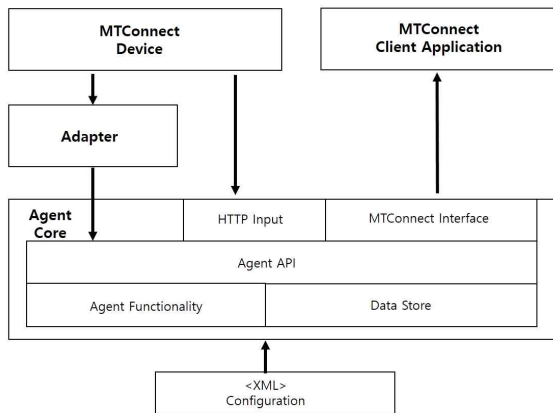


그림 4. MTConnect의 아키텍처

Fig. 4. MTConnect architecture

MTConnect 정보 모델은 Devices, Device, Components 3개의 주요 컨테이너를 구성하고 다양한 생산장비의 부분의 정보를

조직화가 가능하다. 그림 4는 MTConnect의 아키텍처를 보여준다. MTConnect 지원 가능한 표준 공작기계로부터 에이전트에서 데이터를 읽고 사전에 정의된 XML 형식에 따라 데이터를 정형화하게 된다. 정형화 된 데이터는 응용계층의 모니터링 또는 운용 시스템으로 전송되어 실시간으로 생산현장의 설비 및 센서를 관리할 수 있게 된다.

본 논문에서는 이종기계를 포함하는 다수의 생산 설비로부터 데이터를 수집/통합하고 사용자 응용까지 전달하는 MTConnect 기반의 스마트 공장 모니터링을 위한 통신 시스템을 제안한다.

III. 통신 시스템 설계 및 구현

기존의 국내 기업 내 독자적인 공작기계 시스템에서는 자체적인 생산설비 구성과 생산 장비간의정보를 컨트롤 할 수는 있지만 이를 확장시켜 스마트공장 실현에 다가가기 위해서는 유연생산(Flexible Manufacturing)을 지원하는 생산 시스템을 구축해야 한다. 유연생산이란 고객의 요구사항 변화, 제품의 수요 변동, 설비의 제약 등 제품 생산에 관련된 외부 환경의 변화에 능동적으로 대응하기 위해 단위 생산모델에서 다양한 제품을 생산할 수 있도록 제조환경을 구축하는 전략을 의미 한다 [10]. 이러한 유연성과 확장성이 실시간으로 보장되기 위해서는 실제 제조현장과 제조시스템의 연계가 유기적으로 이루어져야 하며 시공간적으로 다양하게 분산된 정보와 제조자원들을 효율적으로 통합할 수 있는 통합 운용 시스템 제공이 필요하다 [9].

본 연구에서는 이 기종 간의 정보 교환 및 통합을 위해 각 공장마다 PC기반의 미들웨어 서버를 구축하고 하나의 통합 서버를 구축한다. 다양한 생산 장비간의 데이터 교환과 통합을 위해 공개 프로토콜 기반 표준인 MTConnect 기술을 사용하여 조정된 통신 프레임워크를 제시함과 동시에 MTConnect 표준에 의해 지원되지 않는 비표준 장비에 대해서도 통합 운용 시스템에 적용 할 수 있는 시나리오를 제시한다. 현재 국내에서 생산되는 공작기계들에 장착되는 제어기는 그 종류가 매우 다양하기 때문에 본 논문에서는 MTConnect 기술을 지원하지 않는 장비들에 대한 대처 방안으로 PMC(Programmable Machine Controller)를 이용한 데이터 접근을 제시한다.

3-1 통신 시스템 설계

이종 기계간 유연 생산 지원 통합 운용 시스템 제공을 위한 통신 프레임 워크는 크게 2가지 시나리오로 구성되어 있다. 첫째로는 MTConnect 표준 프로토콜과 호환되는 생산 장비의 경우이다. 그림 5의 (a)는 컴퓨터를 내장해 프로그램을 조절할 수 있는 공작 기계를 의미하는 CNC(Computer Numerical Control) 장비로부터 데이터를 수집하고자 할 때, 해당 장비가 MTConnect를 지원하는 경우에 대해 보여주고 있다. 이 경우

MTConnect 에이전트내의 어댑터가 직접적으로 장비 데이터에 접근할 수 있으며 에이전트를 통해 XML 형태로 변형된 데이터가 전송된다.

두 번째로는 생산 장비가 MTConnect를 지원하지 않는 비표준 장비의 경우이다. 그림 5의 (b)에서는 어댑터가 곧 바로 CNC 장비에 접근하지 못하기 때문에 CNC 장비에 PMC(Programmable Machine Controller) 모듈을 부착하여 공작기계의 데이터를 수집하고 있다. PMC와 미들웨어는 시리얼 통신을 통해 디지털 I/O 접점에 의해 연결된다. 공작기계의 제어 상황에 따른 상태정보는 공작기계의 PMC에 연결되고 이러한 정보들은 각각의 상태 정보를 나타내는 I/O 접점으로 연결된다.

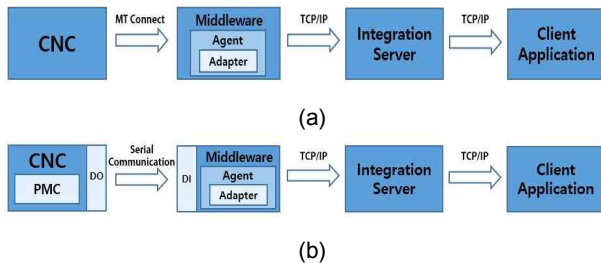


그림 5. 실시간 공작기계 상태 수집 및 관리 시스템 통신 구조: (a)장비에서 직접 데이터 수집 방법, (b)PMC를 통한 장비 접근 방법

Fig. 5. Real Time Machine Tool Status Acquisition and Management System Communication Structure: (a) approach for accessing data directly from CNC machine, (b) approach for accessing data via PMC module in CNC machine

그림 6은 분산 서버 기반 실시간 공작기계 상태 수집 및 관리 시스템의 전체 구성에 대한 하나의 시나리오 예를 보여준다. 지리적으로 떨어져 있는 두 공장 A, B가 있다고 할 때, A는 MTConnect와 호환되는 CNC 장비 2대를 가지고 있고, B는 MTConnect와 호환되지 않는 CNC 장비 2대를 가지고 있다. A의 CNC 장비들의 경우, MTConnect 에이전트가 직접적으로 데이터를 가져올 수 있는 반면 B의 CNC 장비들의 경우, 각 장비는 PMC 모듈을 통해서 데이터를 전송할 수 있다. 각 공장마다 구축된 미들웨어 서버로 장비들의 데이터가 수집된 후, 이 데이터들은 하나의 통합 서버로 전송되어 관리된다. 분산된 데이터들을 한 곳으로 모으는 역할을 하는 통합 서버는 모은 데이터들을 다수의 클라이언트 애플리케이션으로 전송한다.

공장마다 분산 서버를 병렬적으로 구축함으로써 공장의 독립성, 확장성이 보장된다. 그림 6의 시스템 구성 시나리오에서는 공장 2개에 대한 예를 보여주는데 실제 제조 현장에서는 그 수가 고정되어 있지 않기 때문에 서버를 분산적으로 구축하여 개별 공장마다 데이터가 통합되고 관리되는 시스템 또한 필요하다. 본 논문에서는 PC 기반의 미들웨어가 그 역할을 수행한다.

본 논문에서 제시한 실시간 공작기계 상태 수집 및 관리 시스템은 PMC를 통해서 올라오는 센서 데이터와 직접 기계에서

오는 센서 데이터를 통합하여 받아들임으로써 기계 상태 및 센서 융합 정보를 처리하는 데이터 플랫폼을 개발해 공작기계의 지능화(Intelligence), 스마트화(Smart), 그린화(Green) 등의 효과에 따른 기존 공작기계시스템의 스마트 화 구현으로 스마트 공장 구현에 대비한다.

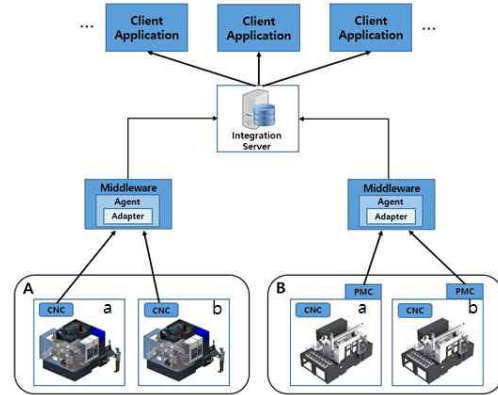


그림 6. 분산 서버 기반 공작기계 상태 수집 및 관리 시스템 구성 시나리오

Fig. 6. Distributed Server Based Machine Tool status Acquisition and Management System Configuration Scenario

3-2 통신 시스템 구현

본 논문에서는 생산 현장의 공작기계 및 다양한 장비에 대한 상태 데이터를 내·외부 환경에서도 자유롭게 접근하여 생산현장의 상태를 점검 또는 진단하기 위해 두 가지 클라이언트 애플리케이션 시스템을 제공한다. 전 공작기계들의 상태를 수집하여 간략하게 한 눈에 관리 할 수 있는 시스템과 각 공작기계들의 세부 상태를 자세하게 수집하여 관리하는 시스템이 이에 해당된다.

전 공작기계 상태 수집 및 관리 시스템의 클라이언트 프로그램은 그림 7과 같은 구성을 가진다. 그림 6의 시나리오 예시에 따라 공장 A와 B, 그 안에 장비 a와 b로 각각 2개씩 존재해 총 4개 로 나누어진 인터페이스 형태를 보이며, 만약 공장과 기계 구성이 달라질 경우 인터페이스도 달라진다. 데이터 구성은 장비와 제어기 정보, 상태 알람, 축 정보로 크게 3가지 부분으로 되어 있다. 장비 정보에는 이름(Name), 가용성(Availability), 제조사(Manufacturer) 그리고 추가 설명(Description)이 있으며, 제어기 정보에는 비상 중단 여부(Emergency Stop), 메시지(Message), 제어 모드(Controller Mode) 그리고 실행 모드(Execution)가 있다. 상태 알람 부분은 이상이 있을 때 녹색이 적색으로 바뀌도록 되어 있다. 적정 온도 이상일 때, 배터리에 이상이 있을 때, 냉각수의 추가 공급이 필요할 때가 이에 해당된다. 축 정보는 X, Y, Z축 각각 축 방향 하중(Load)과 위치(Position) 정보를 담고 있다.

공작기계 세부 상태 수집 및 관리 시스템은 에이전트를 통

해 뷰어 시스템까지 전달되며 .Net Framework 4.5를 기반으로 MTConnect 인터페이스에 맞추어 데이터를 수신하고 XML 파서를 통한 데이터 해석 및 그래픽적인 표현이 가능하다. 그림 8은 모니터링 시스템의 전체적인 UI 구성을 나타내며, VMC-3Axis 장비에 대한 예시를 세부적인 데이터들과 그래프를 함께 보여줄 수 있도록 구현하였다.

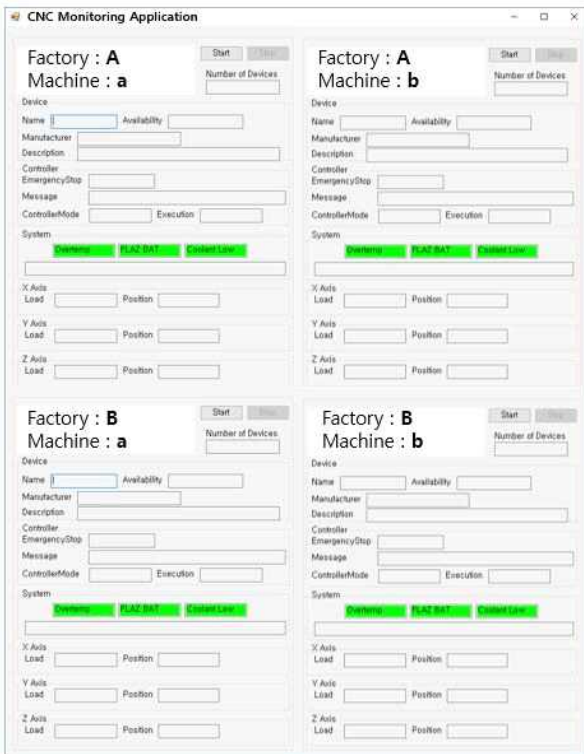


그림 7. 전 공작기계 상태 수집 및 관리 애플리케이션
 Fig. 7. All Machine Tool Status Acquisition and Management Application

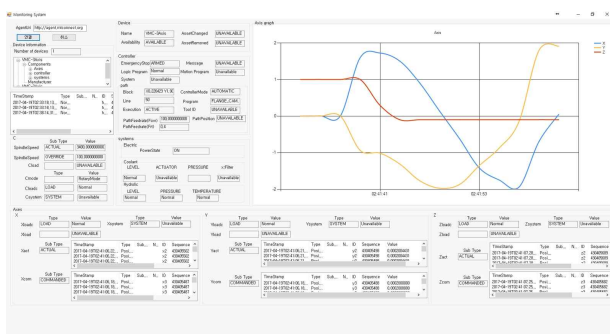


그림 8. 공작기계 세부 상태 수집 및 관리 애플리케이션
 Fig. 8. Machine Tool Details Status Acquisition and Management Application

본 논문의 이종 기계간의 데이터 통신 통합 운용 시스템은 공작기계의 고장 및 상태 진단 및 분석 서비스의 스마트화를 위한 핵심 구성요소이다. 시스템을 통해 수집되는 공작기계의 상태, 운영, 가공 정보와 구성요소의 빌트인 센서, 장착 센서, 센

서 융합 정보를 효율적으로 관리할 수 있다. 또한 대용량 장기 데이터 저장 처리 기술과 빅데이터 기반 데이터베이스 및 분석 프로그램을 포함하는 스마트 데이터 플랫폼 운영을 기반으로 하는 스마트 공장 출현에 대비하기 위한 매우 중요한 시스템 기술이라 할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서 제안하는 이종기계를 포함하는 다중 생산 장비간의 데이터 통신 통합 운용 시스템은 기존의 자동화공정을 뛰어넘어 제4차 산업혁명의 목표인 스마트 공장을 실현할 수 있도록 설계하였다. 또한 MTConnect기반으로 시스템을 구현함으로써 다양한 환경의 생산현장을 유연하게 통합 및 운용이 가능하고 확장성을 극대화하였다. 후후 빅데이터(BigData)·인공지능 기술기반의 다양한 플랫폼들과 연계한다면 스마트 공장 실현에 다가갈 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] J. A. Lee and Y. H. Kim, Industrie 4.0 and Manufacturing Creative Economy Strategy, National Information Society Agency(NIA), Report of IT & Future Strategy, 2014.
- [2] Tomas Kellner, GE's Brilliant Advanced Manufacturing Plant In Pune, General Electric, India, GE Reports, 2015.
- [3] J. H. Kwon, The changes and implications for labor market by Industry 4.0, IBK Economics Research Institute, 2016.
- [4] Y. Ro, Strategy Trends in Principal Countries toward the 4th Industrial Revolution, Electronics and Telecommunications Trends, 2017.
- [5] J. G. Lee, State assessment and implications for Manufacturing innovation policy, Hyundai Research Institute, VIP report, 2014.
- [6] J. H. Kwon, Status and Implications of Smart Factory in Germany, IBK Economics Research Institute, 2016.
- [7] Trend research of ICT based industry by Office for Korea Statistics [Internet]. Available: http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_ki/1/1/index.action?bmo de=read&cd=S006002
- [8] J. S. Moon, S. H. Nam, S. H. Park, J. K. Lee, "Technical trends of Manufacturing Management System in the Machine Tools Line," in *Proceeding of Korean Society of Precision Engineering*, Daejeon, pp. 921-922, 2008.
- [9] S. W. Yang, K. J. Kim, N. S. Nam, M. S. Jeong, J. H. Shin, J. P. Park, K. E. Kwon and S. W. Lee, "A MTConnect based Monitoring Framework for Flexible Machine Cell," in *Proceeding of Korean Society Of Precision Engineering*, Changwon, pp. 47-48, 2011.

[10] J. Y. Baek, S. H. Nam, B. H. Kim, H. J. Jeong, J. H. Shin, "MTConnect based Realtime Information Integration Framework for Flexible Manufacturing," in *Proceeding of Korean Society Of Precision Engineering*, Jeju, pp. 383-384, 2012.

[11] S. H. Nam, J. Y. Baek, J. S. Yoon, D. H. Lee, K. E. Kwon, S. W. Lee, "Realtime Manufacturing Data Management Framework for Dynamic Shop Operation in Heterogeneous Machine and Cell Shop Configuration," in *Proceeding of Korean Society Of Precision Engineering*, Jeju, pp. 1469-1470, 2013.

[12] Pei Leia, Lianyu Zhenga, Chao Li, and Xichun Li, "MTConnect enabled interoperable monitoring system for finish machining assembly interfaces of large-scale components," *Procedia CIRP*, Vol. 56, pp. 378-383, 2016.

[13] OPC Task Force Team, "OPC Overview," Version1, OPC Foundation, Industry Standard Specification, 1998.

[14] Zheng, L., Nakagawa, H., "OPC (OLE for Process Control) Specification and its Developments," in *Proceeding of the 41st SICE Annual Conference*, 2002.

[15] A. Dugenske, "MTConnect .NET Software Development Kit," Factory Information Systems Center, USA, March 2011.

[16] William Sobel, MTConnect® Standard: Part1 - Overview and Protocol, MTConnect Institute, Version 1.2.0, 2012.

[17] John Turner, MTConnect® Standard: Part2 - Device Information Model, MTConnect Institute, Version 1.3.1, 2015.

[18] William Sobel, MTConnect® Standard: Part3 - Streams, Events, Samples, and Conditions, MTConnect Institute, Version 1.3.0, 2014.

[19] William Sobel, MTConnect® Standard: Part4 - Assets, MTConnect Institute, Version 1.3.0, 2014.

[20] Ha-Yoon Jung, Da-Mi Jeong, Jong-Hyeok Lee, Byung-Gyu Kim, "Development of Smart Mirror System for Hearing Deaf's Pronunciation Training," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 18, No. 2, pp. 267-274, Apr. 2017.

[21] Minseok Oh, "A Comprehensive Study on Fault Management Approaches in Communication Networks," *Journal of KIIT*, Vol. 10, No. 1, pp. 146-155, Jan. 2012.



이영운(Young-Woon Lee)

2016년 : 선문대학교 컴퓨터공학과 학사
 선문대학교 행정학과 학사
 2016년~현재: 선문대학교 대학원
 컴퓨터융합전자공학과 석사과정

※ 관심분야 : 영상처리(Image processing), 딥러닝(Deep learning)



최영주(Young-Ju Choi)

2017년 : 숙명여자대학교 IT공학과 학사
 2017년~현재: 숙명여자대학교 IT공학과 석사
 재학

※ 관심분야 : 비디오 신호 처리 (Video signal processing), 고효율 영상 압축 (High Efficiency Video Coding), 영상처리 (Image processing) 등



이종혁(Jong-Hyeok Lee)

2013년 : 선문대학교 컴퓨터공학과 석사
 2016년 : 선문대학교 컴퓨터공학과 박사수료

2016년~현재: 숙명여자대학교 빅데이터센터 연구원

※ 관심분야 : 비디오 신호 처리 (Video signal processing), 고효율 영상 압축 (High Efficiency Video Coding), 딥러닝 (Deep learning) 등



김병규(Byung-Gyu Kim)

1998년 : 한국과학기술원 전기및전자공학 석사
2004년 : 한국과학기술원 전기및전자공학 박사

2004년~2009년: 한국전자통신연구원

2009년~2015년: 선문대학교 컴퓨터공학과 부교수

2016년~현재: 숙명여자대학교 IT공학과 부교수

※관심분야: 비디오 신호 처리(Video signal processing), 딥러닝 (Deep learning) 등



이승우(Seung-Woo Lee)

1991년 : 인하대학교 대학원 (공학석사-산업공학)

2005년 : 인하대학교 대학원 (공학박사-산업공학, 지능형의사결정지원시스템)

1991년~현재: 한국기계연구원 책임연구원

※관심분야: Digital Manufacturing, ICT기반 공작기계시스템, Cyber Physical System 등



박종권(Jong-Kweon Park)

1977년 : 인하대학교 공과대학(공학사)

1992년 : 창원대학교 대학원(공학석사)

1997년 : 창원대학교 대학원(공학박사-공작기계 최적설계)

2013년~2014년: 국제생산기술학회(ICMTE) 회장

2013년~2014년: 한국생산제조학회(KSMTE) 회장

1998년~현재: 충남대학교 기계공학부 겸임교수

2013년~현재: 과학기술연합대학원대학교(UST) 나노메카트로닉스 공학부 교수

1979년~현재: 한국기계연구원 책임연구원, 연구위원

※관심분야: ICT 기반 융복합 가공기 설계, 초정밀공작기계 최적설계(Optimum Topology Design) 등