

◆ 특집 ◆ 초정밀 사출성형 지능화 기술

사출 성형기 제어/감시용 Embedded Controller 기술

Embedded Controller Technology of Injection Molding Machine for Control and Monitoring

김한규^{1,✉}, 손일호¹, 송준엽², 하태호²
Han Gyu Kim^{1,✉}, Il Ho Son¹, Joon Yub Song², and Tae Ho Ha²

¹ 신명정보통신 기술연구소 (Institute of Technology, SMIC Inc.)

² 한국기계연구원 초정밀기계시스템연구실 (Department of Ultra Precision Machines & Systems, Korea Institute of Machinery & Materials)

✉ Corresponding author: khg@smic21.com, Tel: +82-10-4254-7104

Manuscript received: 2014.5.13 / Revised: 2014.6.15 / Accepted: 2014.6.23

In this study, we introduce how to apply "Information and Communication Technology (ICT) to injection molding system. We report the current state of IT technology applied to produce their products in micro lens injection molding system. And we explain key technology of ICT for injection molding system and how to implement. Especially, we also mention about an embedded controller, also called as "M2M device". It provides programmable intelligent functions, communication, various interfaces, amplifier functions and mobile device connection to our application.

Key Words: Embedded Controller (임베디드 제어장치), Injection Molding (사출성형), ICT (정보통신융합기술), Wireless (무선), Signal Process (신호처리)

기호설명

ICT = Information and Communication Technology

IT = Information Technology

POP = Point of Production

MES = Manufacturing Execution System

1. 서론

생산현장의 정보화란 생산과정에서 기계, 설비, 작업자, 작업 등으로부터 시시각각 발생하는 생산 정보를 실시간으로 수집, 가공 처리하여 현장관리자와 상위관리시스템에 정보를 제공하는 기술이다.

제조생산라인을 운영하는 일반적인 전기, 전자,

제조업 분야는 IT 기술의 발전과 함께 오래 전부터 POP/MES 등 생산공장자동화 기술이 적용되어 이미 대부분 정보화가 진행되어 있다.

반면, 뿌리산업에 속하는 사출 성형기, 기계산업분야, 고가설비를 사용하여 고부가가치 상품을 제조하는 분야에서는 오히려 생산정보화가 이루어져 있지 않다. 대부분의 사출 성형기, 기계설비 등은 데이터통신과 관계없이 독립적으로 운영되고 있으며 이에 따라 사람이 개입된 작업으로 인하여, 잦은 오류가 발생함에도 불구하고, 정보화의 필요성 조차 느끼지 못하고 있다. 또한 관리자들은 정보화 작업과정에서 고가설비나 제품생산에 발생할 수 있는 초기 안정화 문제에 대한 우려로 변화에 적극적이지 않다.

본 연구는 산업융합원천기술개발사업 과제의 내용으로, 대표적인 뿌리산업에 해당하는 마이크로 사출성형분야 중소기업체들의 품질 및 생산성을 향상시킬 수 있는 ICT 적용방법에 대하여, 그 필요성과 효과, 필요한 요소기술과 전개 방법, 특히 Embedded Controller를 통한 정보화 기술의 내용과 방법 등을 소개하고자 한다.

2. 사출성형시스템의 정보화

2.1 사출성형시스템의 정보화 현황

마이크로 렌즈 사출성형시스템이 생산하는 제품은 주로 휴대폰이나 북강경의 플라스틱 카메라 렌즈와 같이 초정밀 부품이며, 적용되는 제품의 기술개발 주기가 빨라 대상분야의 제품들에 해당도가 높아질수록 보다 정밀한 사출공정기술이 필요하게 된다. 일반적인 중소기업형 생산현장에 대하여 카메라에 장착되는 마이크로 렌즈의 사출성형공정에서는, 2012년의 기술 수준으로 약 60%¹의 양품 수율을 나온다고 한다.

Smart Phone의 카메라렌즈나, 의료시스템과 같은 최첨단제품 속에 장착되며 초정밀 기술로 이루어진 사출 성형기가 생산하는 부품인 마이크로 렌즈의 생산 수율 치고는 생각보다 상당히 낮은 편이다. 수율이 낮다는 것은 값비싼 수지가 상품으로 만들어지지 못하고 버려지고 있다는 것과 수율을 높이기 위해서는 수율에 영향을 미치는 인자가 무엇인지 찾아내야 한다는 것을 의미 한다.

대부분의 마이크로 렌즈의 생산현장은 Clean Room을 갖추고 있고 주로 Sumitomo사의 제품이나 Fanuc사의 제품과 같은 고가의 초정밀 사출 성형기가 수십대씩 설치되어있다. 이러한 사출 성형기 들은 Network에 연결되어 있지 않기 때문에 기계장치에서 발생하는 Raw Data들은 기계장치 안에서만 존재하고 Operating Panel의 화면을 통하여서만 외부에 정보를 제공한다.² 누적생산수량이나 일일 생산량이 필요 할 경우 작업자가 수기로 작성해야 한다.

2.2 사출성형시스템의 정보화 필요성

사출성형시스템분야에 ICT Solution이 융합되면 많은 시너지를 발생 시킬 수 있다. ICT Solution²을 통한 정보화는 특별한 제품을 만들어 내는 것이라기 보다는 Fig. 1과 같이 기존의 검증된 범용 ICT 기술을 새로운 산업 현장에 적용하는 것이다.

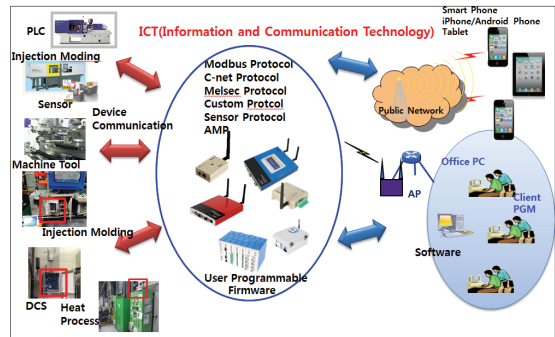


Fig. 1 Information and communication technology

Fig. 1의 왼쪽엔 서로 다른 산업의 각종설비와 기계들이 나열되어 있고 오른쪽엔 기계설비 등 데이터 발생원들이 발생시킨 데이터를 활용하여 부가적인 가치를 만들어 내는 데이터 사용자와 서비스가 있다.

가운데 원안에는 ICT의 구성요소들인 플랫폼, M2M Device, Protocol, 통신, 인터페이스, Mobile, 소프트웨어 등 Information과 Communication에 속하는 범용기술들이 있다. ICT의 요소기술들이 왼쪽의 사출성형시스템 등 발전속도가 느린 산업계에 적용되면 Network에 연결되고 데이터 발생원에서 발생된 데이터 들은 ICT를 통하여 오른쪽의 데이터를 사용하는 사용자에게 전달되며, 이 Data로부터 새로운 부가가치를 만들어 내는 서비스가 만들어진다. ICT 기술은 적은 투자비용으로 사출성형시스템을 비롯한 뿌리 산업들을 정보화시키는 훌륭한 수단이 될 수 있다.

사출 성형기 시스템이 정보화되면 사출 성형기 안에서만 발생되어 존재하던 많은 종류의 Data들이 작업자와 관리자, 운영자에게 제공된다.

현재까지 대부분의 사출현장에서는, 주어진 성형조건에 같은 방법으로만 작업을 해왔으나, 사출 성형기로부터 Raw Data가 얻어지면 어떤 사출조건이 보다 나은 품질을 만들 수 있는지 어떤 Parameters가 제품의 품질과 사출기의 성능에 영향을 미치는가 등의 다양한 분석이 가능하게 되고 사출 성형기 에서 발생하는 대량의 온도와 압력 Data는 품질향상과 고장정비를 위한 중요한 Key Data가 된다.

본 연구에서는 금형 내부의 압력과 온도, 노즐 온도, 수지온도, 보압 Peak, Screw위치, V-P 절환위치,³ 최소쿠션위치, Cycle Time, Filling Time, 계량시간(위치), 형폐시간, Ejector Position 및 작동시간 등

13가지 Data를 주된 품질에 영향을 미치는 Parameters로 보고 있다. 이들 중에서 쿠션 값과 V-P절환압력 Parameter를 이용하여 추세를 예측⁴할 수 있는 예측 모델⁴을 개발하여 품질에 미치는 영향을 연구할 수 있었고, 금형 내부에서 발생하는 Data와 사출 성형기 내부에서 발생하는 데이터를 동시간 대의 Cycle Time Unit 당 Data로 수집하여 분석하는 접근 방법으로, 동 시간대의 가능한 많은 Resource에 대한 많은 데이터의 분석이 가능하게 되었다. 사출 성형기의 정보화는 상기와 같은 접근과 분석이 가능하도록 데이터 수집과 통신 기능, 프로그램기능을 제공하는 것이다.

이렇게 하여 수집되어 가공 처리된 데이터들은 Smart Phone, PAD, CAM 등 Mobile기기들을 통하여, 작업자와 관리자들에게 제공되어 시간과 장소에 관계없이 허락된 개인소유의 Smart Phone과 Laptop, PAD 등 다양한 Mobile Device을 통하여 생산현장을 감시 할 수 있게 하고 데이터를 확인하여 현재의 상태를 파악 할 수 있으며 담당자에게 특별한 지시를 내릴 수도 있도록 할 수 있다. Mobile Technology나 Embedded Technology 등 IT 기술들은 아주 빠른 속도로 발전하는 분야이다. 2~3년 전에는 느린 속도와 끊김 현상으로 산업용적용이 어려웠던 WiFi기능은 Smart Phone에서 WiFi의 기능을 위주로 무선기능을 전개해 나가자, 이와 더불어 기술발전이 고속으로 성장하였으며 802.11/n 표준은 150Mbps~ 300Mbps의 속도로 신뢰성 있는 무선기능을 제공하고 있다. Smart Phone의 4G기능 역시 70Mbps의 LTE 속도를 자랑하며 새로운 무선시대를 열고 있다. 이러한 범용기술들을 사출성형분야에 연계 및 적용하여 신뢰성 있는 사출성형 Network System을 구축하는 것은 생산성향상에 커다란 영향을 미칠 것으로 사료된다.

2.3 사출성형시스템의 정보화 전개 방법

사출 성형기 시스템 분야의 생산정보화는 일반적인 정보화 기술이 적용되지만 다소 범용적이지 않은 부분도 포함되어있다. 우선 필요한 요소기술과 그 적용방법에 대하여 알아본다.

본 연구에서는 FANUC Roboshot 2000i 50톤 모델, Sumitomo SE30D 모델 그리고 Master-K PLC기반의 일반적인 사출 성형기 등 3가지의 사출 성형기를 대상으로 하여 정보화 기술을 적용하였다. Table 1에 사출 성형기를 지능화시키는 정보화의 전반적인 요소기술이 도시되어있다.

Table 1 Information and communication technology

1	Embedded Controller (M2M Device)	Various interface. User Programmable. CPU and Memory.
2	Interface	Ethernet, WiFi, Serial, Zigbee DIDO/AI/AO
3	Sensor Technology and AMP	Temp, Press, Humidity, Illumination, RPM, Position, Vibration, Counter, AMP Technology
4	Communication Protocol	Fanuc, Sumitomo, Melsec, Master-K, Toyo, Modbus
5	Communication Software	TCP/IP socket, Serial Com, IPC, CAM program, Middleware and etc
6	Server Software	Database Software
7	Mobile Software Technology	JAVA, Object-C, Security, Image Processing, Adhoc
8	Algorithm Porting Technology	MATLAB to C MATHMATICA to C

Table 1의 1번 항목인 M2M Device라고도 하는 Embedded Controller는 정보화의 핵심장비로서 다양한 사출 성형기 내부 컨트롤러와 및 외부정보통신 세계와 연결되기 위하여 여러 종류의 통신방법과 Interface를 준비하고 있다. 2번 항목의 Interface는 설비와 접속하기 위한 용도이며 3번 항목은 설비가 내어놓을 수 있는 센서데이터의 종류를 의미한다. 4, 5번항목은 설비접속을 위한 Protocol과 통신 Program을 말하고, 6, 7, 8번은 Data Server와 Mobile등 상위 Applications의 운영에 대한기능이다.

Embedded Controller는 통신과 다양한 Interface 그리고 User Programmable한 기능으로 각각의 성형기에 지능화 기능을 부가한다. Embedded Controller를 통하여 사출 성형기는 ID가 부여되어 다른 성형기와 구별되며 상위의 PC 및 Mobile 장비들의 요구에 따라 정보를 전송하고 제어데이터의 수신 시 제어기능도 수행하게 된다

본 연구의 경우 사출 성형기의 품질에 미치는 인자를 찾기 위하여 금형 내부에 Built In Sensor를 넣어 각 Cavity의 온도와 압력신호를 취득하고 있고, Data의 변화속도가 빠르지 않은, 대기온도, 습도, 조도, 접점 등 센서들을 위하여 Zigbee Module이 장착되어있다.

우리가 다루는 사출 성형기 들은 메이커에 따라 프로토콜이 모두 다르며 이 프로토콜들은 공개

되어 있기도 하고, 판매되거나 메이커에 따라 공개하지 않는 것도 있다. 본 연구의 경우 Sumitomo는 공개된 프로토콜을 찾아서 모든 데이터를 갖고 올 수 있었으며, Fanuc의 경우 국내에 프로토콜이 공개되어 있지 않아 Focas 2 Library를 이용하여 Linux용으로 일부의 Library를 Porting하였다. 그 외에 Master-K등 PLC를 기반으로 하는 성형기의 대부분은 Protocol이 공개되어 있다.

Protocol을 확보하게 되면 Ethernet의 경우 TCP/IP-Socket API를 이용하고, Serial의 경우는 Embedded Controller에서 tty Serial Port를 통하여 통신프로그램을 만든다.

이 후는 Application의 영역이 되어, Server Software는 Embedded Controller가 사출 성형기의 내부 컨트롤러로부터 받은 Data를 수신 받아 Data Base Server에 저장한다. Mobile 장치들은 Data Base Server를 이용하여 필요한 Data를 가져간다.

생산현장(Micro Lens사출현장) Shop Floor의 현실적인 구성은 다음과 같다. Clean Room 안에 있는 각각의 사출 성형기에 Embedded Controller가 전용으로 장착된다. Embedded Controller는 항상 주기적으로 사출성형기와 통신하며 사출 성형기의 상태를 파악하고 필요 시 사출 성형기의 내부데이터를 외부 인터넷 망을 통하여 외부 Requester에 전송하며 Data Base에 필요한 정보를 저장한다.

컨트롤러에서 제공하지 못하는 Parameters들은 센서를 장착하여 가져 온다. 이들 중 가장 중요한 Data는 금형의 내부에서 나오는 온도와 압력 Data이다. 금형 내부의 압력과 온도는 센서를 장착하여야만 얻을 수 있는 Data이며 1KHz의 Sampling Rates (Cavity당) 12bit Resolution에 24개의 Cavities에 각각 온도 16ch, 압력 8ch의 센서가 설치되어있다. 여기서 발생하는 Data는 채널당 2Bytes한 Cycle 40초당 약 2Mbytes의 Data가 발생된다.

금형 내부에서 압력과 온도 데이터를 가져오는 경우 센서와 Embedded Controller 사이에 전하와 전압의 미세신호를 증폭하는 증폭기가 필요하고 증폭기의 제작기술은 Digital and Analog Signal Process에 대한 많은 노하우가 필요한 기술이다. 본 연구에서는 압력과 온도의 증폭기를 만드는 내용이 포함되어있고 키슬러사의 압력센서와 K-type 온도센서를 직접 제작하여 사용하였다.

모든 사출 성형기 에서 Cavity당 온도와 압력의 모든 데이터가 필요한 것은 아니다. 온도는 런너에 진입되는 온도의 상승율로 수지의 진입속도

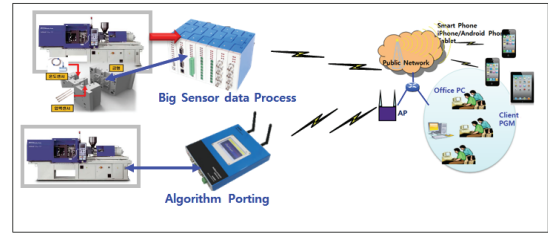


Fig. 2 Embedded controller communications

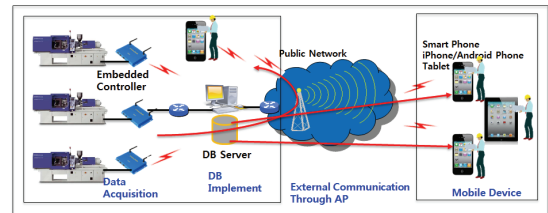


Fig. 3 Internet communication data flow diagram

를 알기 위한 것이다. 금형 내부의 온도와 압력 정보는 Cavity의 Topology나 런너의 모양을 정하는 실험의 데이터로 사용된다.

Fig. 2에서는 상부에 금형 내부의 센서데이터를 직접 수집하기 위해 증폭기를 포함하고 센서와 직접 연결된 데이터 수집 장비와 하부의 그림과 같이 사출 성형기 Controller 내부의 데이터를 수집하기 위해 Embedded Controller가 사출 성형기 자체의 통신포트에 연결되어 있는 구성이다.

사출 성형기 통신포트와 연결된 Embedded Controller는 사출 성형기 내부컨트롤러의 통신 Protocol을 통하여 내부 컨트롤러에 접근한다. 내부 컨트롤러와 주변 센서로부터 수집된 상태 Data들은 주기적으로 Data Base Server에 전송한다. Data Base Server는 Fig. 3과 같이 외부인터넷 망을 통하여 들어오는 Smart Phone, PAD등이 요구하는 정보를 제공한다.

3. 사출성형기와 Embedded Controller

3.1 Embedded Controller 감시와 제어기능

본 연구에서 시작품으로 제작된 Embedded Controller는 ARM11 혹은 ARM Cortex A9등 600Mz~1Giga Hz의 고성능 Embedded CPU를 사용하며 128M 이상의 Memory와 256M(~2GIGA) NAND Flash를 장착 하였고, 본체는 Ethernet, WiFi802.11/b/g/n, DI/DO/AI/AO, USB, Serial, USN까지 일반적인

Table 2 Sumitomo injection molding parameters

ID	Type	Description
K800	Char	Injection Molding Condition Name
K801	Char	Mold Name
K802	Char	Resin Name
K803	Char	Product Name
K804	Char	Memo
K805	Num	Cavities
K806	Num	Mold Temperature
K807	Num	Injection Mold System No.
T210	Num	Abnormal Filling Time
T10	Num	Cycle Time Monitoring ON
S103	Num	Minimum Cushion Position
S203	Num	Maximum Cushion Position
P210	Setting	Filling Pressure Abnormal
C171	Setting	Minimum Cushion Monitoring ON

모든 Interface를 지원한다.

Embedded Controller는 PC에 버금가는 고성능 장비이면서도 발열이 없고 저전력을 소모하므로 태양전지와 같은 소규모 전지전력을 사용 할 수도 있다. CPU와 메모리를 가지고 있으며 Dedicated 되는 장비에 지능을 부여 할 수 있도록 다양한 Device Communication Programming기능을 가지고 있다. C 언어와 Android를 지원하여 일반적인 개발자들의 개발이 가능하도록 되어있다.

Embedded Controller는 아래 Shop Floor 쪽으로는 연결될 센서와 설비의 통신방법을 제공하고 상위 쪽으로는 TCP/IP, Serial, 802.11n, 802.15.4등 다양한 Communication Network을 제공하며 가운데서 Raw Data를 가공하고 알고리즘을 적용하는 프로그램까지 지원하는 Magic Box의 역할을 하므로 지능형 시스템을 구성하는 핵심장비이다.

본 과제에서Embedded Controller는 내부에 탑재된 통신 Protocol에 의하여 주기적으로 Sumitomo 사출 성형기 Controller에 접근하여 Key-Value와 Matching되는 Data를 가져온다.

실제로 사출 성형기 내부의 Parameters는 약 1,370여가지가 된다. Table 2는 Sumitomo사의 사출 성형기의 Parameters와 Key-Value의 일부를 보여주고 있다.

ID는 Sumitomo 사출 성형기의 내부컨트롤러에 데이터가 있는 위치를 나타내며 프로토콜에Key-Value를 지정하여 Matching이 되는 데이터(정보)를 획득 할 수 있고, 역으로 Key-Value를 통하여 사출 성형기의 냉각시간을 바꾼다거나 성형조건 등의

Table 3 Embedded software international standard

1	IEC61508 ⁸	IEC61508 is an international standard for the “functional safety” of electrical, electronic, and programmable electronic equipment
2	DO-178B/C ⁶	Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification
3	ISO 26262	ISO 26262 defines functional safety for automotive equipment applicable throughout the lifecycle of all automotive electronic and electrical systems
4	EN 50128 ⁷ (IEC62279)	Procedures and technical requirements for the development of Programmable electronic systems for use in railway control and protection applications
5	IEC 60880 ⁵	IEC 60880 is the second level SC45A document tackling the issue of software aspects for I&C systems performing category A functions
6	IEC 62304 ⁹	Medical device software - Software life cycle processes

설정 값들도 외부에서 변경 할 수 있다.

Type은 데이터의 Type을 나타내고 Description 은 데이터의 내용을 설명하고 있다. Smart Phone이나 PAD, PC는 사출 성형기에 Embedded Controller를 장착하면서 외부에서 원격으로 사출 성형기의 모든 정보를 모니터링 할 수 있고 제어 할 수 있게 된다.

3.2 Embedded Firmware 와 국제표준

Embedded Controller의 제어와 감시는 Controller 안에 장착된 Firmware에 의하여 수행된다. 이 Firmware는 개방구조의 Embedded Kernel이 탑재된 Embedded Linux Operating System를 사용하면 일반 Desktop PC를 사용하는 것과 크게 다를 것이 없다.

주로 ARM Series에 탑재된 Embedded Linux Kernel은 실시간 기능을 지원하지 않는다. 일반적인 비 실시간 Embedded Linux 장비들은 Multi-Tasking을 사용하기 때문에, 실시간을 지원해야 하는 엄격하고 Critical한 Application에는 실시간을 지원하는 Operating System을 사용하고 실시간 지원에 적합한 설계를 해야 한다.

그러나 국방, 항공, 조선 등 보다 Critical 한 Application에서도 플랫폼, 실시간 기능 및 설계와 개발을 위한 특정한 기준을 따라야 하는 것 외에는 ICT의 원리와 구현 방법은 동일하다.

향후 사출성형 분야 외에 항공, 철도, 자동차등 보다 신뢰성을 요구하는 분야로 진출하기 위해서 Embedded Controller는 필히 실시간을 지원해야 하며 신뢰성 표준을 따르고 Embedded Firmware의 Advanced Debugging 기능인 Firmware를 Assembler Code 단위로 추적하는 Trace기능, Interrupt 함수 등 코드의 실행시간을 계산하는 Profiler기능 Firmware Code의 신뢰성을 위한 Coverage기능 등을 가지고 각종 국제적인 표준을 만족하는 검증된 System으로 개발되어야 한다.

국방, 원자력, 항공, 자동차, 의료분야에는 Table 3과 같은 소프트웨어 표준이 있다.

<임베디드 SW 관련 국제 규격>

- 1번항목-IEC61508: 전기/전자 장비의 안전성 수준 (SIL : Safety Integrity Level)을 정의한 규격
- 2번항목-DO-178B/C: 항공용 SW 안전성 규격
- 3번항목-ISO 26262: IEC 61508 기반의 자동차용 제품 (시스템, H/W, S/W)에 대한 안전성 요구사항
- 4번항목-EN 50128 (IEC 62279): IEC 61508 기반의 철도 소프트웨어 안전성 규격
- 5번항목-IEC 60880: 원자로 SW 안전성 관련 국제 규격
- 6번항목-IEC 62304: 의료장비 SW에 대한 안전성 요구사항 규격

4. 결론

본 연구에서는 Embedded Controller를 통하여 다양한 사출 성형기를 감시 및 제어하는 내용과 사출 성형기 분야에 최근의 발전된 ICT기술을 융합하고 생산현장을 정보화하는 방법을 설명하였다.

우리나라 중소, 중견기업의 마이크로 사출 성형기 들은 대부분 생산정보화가 되어있지 않다. ICT는 사출 성형기 분야와 같이 정보통신 관련 부분의 발전속도가 빠르지 않은 분야에 정보화 기능과 통신기능을 융합시켜 기존의 문제점들을 찾아내고 시너지를 통하여 모든 과정의 목표인 수율을 향상시키는데 크게 기여한다.

ICT의 전개 과정 중에 시작점이면서도 가장 핵심적인 기능을 하는 것이 Embedded Controller이다.

Embedded Controller는 생산설비의 데이터를 수집 할 수 있도록 각종 인터페이스를 지원하여 사출 성형기를 외부의 정보통신세계와 연결시켜주는 Magic Box의 역할을 한다. 이 Magic Box는 사출 성형기와 같은 생산설비의 Controller에서 데이터를 획득하거나 센서를 통하여 만들어진 데이터를 관리자와 운영자의 정보화 시스템에 전달한다. 이 데이터들은 사출 성형기가 가지고 있는 다양한 Resource들을 분석 가능하게 하고, 사출 성형기 시스템을 최적화 할 수 있는 조건들을 알려줄 뿐 아니라, Smart Phone, Database, PAD 등 Mobile 정보통신세계와 연결되어 경쟁력이 강화된 새로운 마이크로 사출 성형기 관련 시장영역을 만들어낸다.

향후 보다 고급기술이 필요한 기계산업분야와 국방, 철도, 조선, 자동차, 고가설비산업분야에도 같은 방법의 ICT 기술을 적용하기 위하여, Embedded Controller가 보다 신뢰성을 가지도록 Hardware와 Firmware기능을 Upgrade 할 필요가 있다. Embedded Controller는 실시간을 지원하도록 하고 Embedded Firmware의 Advanced Debugging 기능인 Firmware를 Assembler Code 단위로 추적하는 Trace기능, Interrupt 함수 등 코드의 실행시간을 계산하는 Profiler기능 Firmware Code의 신뢰성을 위한 Coverage기능등이 적용되도록 하여 각종 국제적인 표준을 만족하는 검증된 Embedded Controller를 개발되어야 한다.

후 기

본 논문은 산업통상자원부 산업융합원천기술개발사업으로 지원된 연구결과입니다[10040952, 신속대응 가능한 BIS 기반 자율지능형 사출성형 시스템개발]. 과제의 관계자 여러분께 감사 드립니다.

REFERENCES

1. Song, J. Y., Ha, T. H., Lee, C. W., Lee, J. H., Kim, D. H., and Kim, H. J., "BIS(Built-In Sensor) based Intelligent Injection Molding System," Proc. of KSPE Spring Conference, pp. 599-600, 2012.
2. Kim, H. G., Son, I. H., and Kim, W. S., "ICT Application Research in the Field of SME Machinery Industry," Proc. of KSME Spring Conference, pp. 59-60, 2014.
3. Baek, D. S., Nam, J. S., and Lee, S. W., "Correlation

- Analysis of Lens Form Error and Injection Molding Process Parameters using Response Surface Method,” Proc. of KSME Autumn Conference, pp. 525-526, 2013.
4. Park, C. S., Kim, T. H., and Moon, D. H., “A Study on the Prediction Model of Injection Molding Parameters,” Proc. of KSPE Autumn Conference, pp. 435-436, 2012.
 5. CTB Embedded Systems, “IEC 60880-2 Nuclear Power,” http://www.embedded-systems-portal.com/CTB/IEC_60880-2_Nuclear_Power,10042.html (Accessed 9 May 2014)
 6. Linuxworks, “What is DO-178B?” <http://www.linux.com/press-release/linuxworks-changes-company-name-to-lynx-software-technologies/> (Accessed 24 June 2014)
 7. European Standard EN 50128, “Railway Applications - Communications, Signaling and Processing Systems,” 2010.
 8. Exida, “A Summary of the IEC 61508 Standard for Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Safety - Related Systems,” pp. 1-29, 2006.
 9. IEC, “International Standard IEC 62304,” 2006.