

사물인터넷을 이용한 반도체 장비 통신 프로토콜 모델

김두용^{*†} · 김기완^{**}

^{*†} 순천향대학교 전자공학과, ^{**} 충남도립대 전기전자공학과

The Communication Protocol Model for Semiconductor Equipment with Internet of Things

Doo Yong Kim^{*†} and Kiwan Kim^{**}

^{*†} Dept. of Electronic Engineering, Soonchunhyang University,

^{**} Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Chungnam State University

ABSTRACT

The smart factory has developed with the help of several technologies such as automation, artificial intelligence, big data, smart sensors and communication protocols. The Internet of things(IOT) among communication protocols has become the key factor for the seamless integration of various manufacturing equipment. Therefore, it is important that the IOT cooperate with the standards of communication protocols proposed by the SEMI in the semiconductor industry.

In this paper, we suggest a novel reference model of the communication protocols for semiconductor equipment by introducing an IOT service layer. With the IOT service layer, we can use the functions and the additional services provided by the IOT standards that give the inter-operability between factory machines and host computers. We implement the standard of the communication protocols for semiconductor equipment with the IOT service layer by using ns3 simulator. It concludes that it is necessary to provide the platform for the IOT service layer to deploy efficiently the proposed reference model of the communication protocols.

Key Words : Internet of Things(IOT), SEMI Equipment Communication Standards(SECS), Communication Protocol

1. 서 론

데이터를 전달하는 통신망 기술이 매우 빠르게 발전하면서 이러한 통신망 기술을 반도체 제조 공정에 이용하는 노력이 오랫동안 이어져 오고 있다. 반도체 제조 공정의 데이터 통신망은 웨이퍼를 가공하는 공정에 필요한 데이터를 효율적으로 전달하고 받을 수 있고 공정의 자동화를 더욱 촉진시켜 공정의 효율을 높이므로 궁극적으로 제조 공정의 핵심 문제인 수율을 높이는 데 크게 이바지 하고 있다.

SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International)의 장비 자동화 부서(Equipment Automation Division)는 1990년대 후반부터 반도체 장비와 호스트 컴퓨터사이의 데이터 교환을 위한 통신 표준 프로토콜의 필요성을 인식하고 이와 관련된 반도체 장비 통신 표준 프로토콜을 제정해 오고 있다[1-2].

현재 반도체 장비에 사용되는 통신 표준 프로토콜은 SECS(SEMI Equipment Communication Standard)로 Fig. 1에서 보는 바와 같이 계층적 구조로 이루어져 있다. 계층적 구조를 사용하여 데이터 교환 시 필요한 기능과 절차들을 적절하게 분산할 수 있으므로 효율적으로 프로토콜들을 구현할 수 있다. GEM 계층은 특정한 상황에서 반도체 장비

[†]E-mail: dooykim@sch.ac.kr

와 호스트 컴퓨터들이 취해야 하는 절차를 규정한 메시지를 생성한다. GEM 계층에서 전달받은 메시지는 SECS-II 계층에서 반도체 장비와 호스트 컴퓨터 사이의 전송 규약에 따라 메시지가 해석될 수 있는 구조와 의미로 표시하여 HSMS 계층으로 전달한다. 이후 네트워크 인터페이스를 통해 목적지까지 메시지가 전송되도록 한다[34].

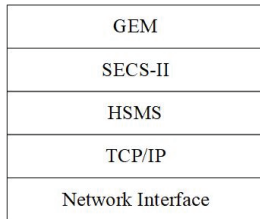


Fig. 1. SECS protocol model.

초기에는 시리얼 통신 기반의 SECS-I 표준이 사용되었으나 인터넷의 발전으로 지금은 TCP/IP 기반의 HSMS 표준이 사용되고 있고 TCP/IP 에서 발생된 데이터 패킷은 근거리 통신망(LAN)의 국제 표준에 관여하는 기관인 IEEE 802 위원회에서 제공하는 다수의 표준 방식을 사용하여 프레임 형식으로 만들어 원하는 목적지로 유선 채널을 이용하여 전송한다. 대표적인 표준 유선 채널은 IEEE 802.3의 CSMA/CD 통신 규약이 있으며 오늘날 이더넷으로 가장 잘 알려져 있다. 이더넷은 반도체 장비와 호스트 컴퓨터 사이의 데이터 통신을 위한 물리적인 배치가 버스 형태라면 데이터의 충돌로 인한 재전송이 발생할 수 있으므로 목적지까지의 데이터 전송 지연이 발생할 수 있는 단점이 있다. 그러나 현재 사용하는 대부분의 이더넷의 물리적인 배치는 스위치 기능을 갖는 허브 형태를 사용하므로 충돌을 최소화 할 수 있고 전송 속도도 기가비트 이더넷을 사용할 수 있으므로 반도체 장비 통신 프로토콜에서 기대하는 처리율과 지연 속도를 만족시킬 수 있다.

토큰 링으로 알려진 IEEE 802.5 통신 규약은 물리적인 형태가 링 모양으로 구성되어있기 때문에 데이터 전송이 링의 한 쪽 방향으로만 전달되어 충돌이 발생하지 않는 장점이 있으며 반도체 장비나 호스트 컴퓨터를 재배치 시 필요에 따라 통신망을 재구성해야하는 단점이 있다. 토큰 버스로 알려진 IEEE 802.4 통신 규약은 일직이 MAP (manufacturing automation protocol)의 근거리 통신망 표준 규약에 사용되어 왔다. 토큰 버스 통신 규약의 물리적인 형태는 버스 모양으로 구성되지만 운영은 토큰 링 형태로 사용된다. 따라서 사전에 각 반도체 장비나 호스트 컴퓨터가 데이터 전송 시 한 번에 사용 가능한 시간을 설정할

수 있으므로 실시간 응용에 적합하도록 설계되어 있다. 이와 같은 장점에도 불구하고 실제 운영하는데 어려움을 주고 있다고 알려져 있기 때문에 국제 표준 규약임에도 불구하고 현재 사용되지 못하고 있다[5]. 대신에 설치와 운영이 쉽고 데이터 전송 속도도 빠른 이더넷 표준이 가장 많이 사용되고 있다.

오늘날 인터넷 기술이 급속히 발달하고 널리 보급되면서 모든 기기들 간에 사람의 관여 없이 기기들 간에 필요할 경우 서로 데이터를 주고받는 기능을 장착하는 것이 점점 중요해 지고 있다. 특히 인공지능 기술, 빅데이터 기술 그리고 통신망 기술 등을 기반으로 하는 4차 산업혁명 시대에 기업의 기술 혁신을 이끌고 뒷받침하기 위한 스마트 팩토리 구현을 위해서는 사물인터넷 기술을 사용하는 것이 필수적이다. 따라서 유선 및 무선 통신 기술 등을 사용할 수 있는 사물인터넷 기술을 통해 다양한 기기들을 효율적으로 연결하고 통합 관리하는 수단을 얻을 수 있으므로 생산성을 높이고 비용을 절감할 수 있어 기업 경쟁력을 향상시키는데 기여할 수 있다. 현재 사물인터넷 기술에 대한 표준화 활동이 여러 기관과 단체들에 의해서 활발히 진행되고 있으며 사물인터넷을 이용하여 쉽게 기업이 필요한 응용분야를 구축하기 위한 다양한 사물인터넷 플랫폼들이 등장하고 있다[6-8].

본 논문에서는 사물인터넷 기술을 이용하여 반도체 장비 통신 프로토콜을 구현하는데 필요한 참조 모델을 제시한다. 그리고 실제 사물인터넷 프로토콜을 사용하여 쉽고 편리하게 반도체 장비 통신 프로토콜을 구현하는 방법을 보여준다.

본 논문의 구성은 제 2장에서는 사물인터넷 표준 프로토콜과 이를 적용한 새로운 반도체 장비 통신 표준 프로토콜에 대해 설명하고 제 3장에서는 ns3 네트워크 시뮬레이션에서 동작하는 사물 인터넷 프로토콜을 이용하여 반도체 장비 통신 표준 프로토콜이 쉽게 구현 될 수 있음을 보여 주며 제 4장의 결론 및 향후 과제로 이루어져 있다.

2. 사물인터넷 기반 반도체 장비 통신 프로토콜 모델

앞으로 4차 산업혁명 시대 기술 혁신과 생산 비용 절감을 위해 반도체 생산 공정에도 스마트 팩토리 개념이 적극적으로 도입되는 것이 필수적이다. 스마트 팩토리를 구현하기 위해 정보통신 기술과 지능형 공장을 위한 인공지능 기술, 각종 센서 기술, 자동화 기술 등이 필요하다. 정보통신기술 중에서도 사물인터넷이 최근에 급속히 보급되고 있고 기술도 빠르게 발전하고 있다. 사물인터넷을

이용하면 필요한 장비와 컴퓨터들을 빠르고 편리하게 상호 연결을 통해 원하는 데이터나 서비스를 전달할 수 있고 각 장비들에 장착된 센서들을 이용하여 필요한 모니터링 기능을 수행하는데 용이하다. 또한 사물인터넷은 기존에 반도체 장비 통신 프로토콜이 사용하는 이더넷과 같은 유선 통신 기술뿐만 아니라 와이파이 등 다양한 무선 통신 기술들을 사용하는 것이 가능하다. 사물인터넷에서 발생된 빅데이터는 적절한 가공단계를 거쳐 새로운 부가치 서비스를 제공할 수 있다는 것이 알려지고 있다[9]. 따라서 사물인터넷을 통해 반도체 제조 공정에서 발생한 빅데이터는 공정을 효율적으로 운영하고 개선하는데 중요한 기초 데이터로 사용될 수 있다.

사물인터넷의 보급을 원활하게 하고 사물인터넷을 통한 장비간의 상호 데이터 교환을 위해 표준화의 필요성이 대두되어 현재 많은 기관들이 협력하여 표준화를 진행하고 있다[10]. oneM2M 표준화기구는 산업별로 독립적이고 폐쇄적으로 운영되던 사물인터넷 서비스 기반 기술들을 상호 통합하여 사물인터넷 서비스를 구축할 수 있는 공동 서비스 플랫폼을 개발하기 위해 발족된 기구이다. ITU-T 표준화기관은 응용 계층, 서비스지원 및 응용 지원 계층, 네트워크 계층, 디바이스 계층 등 4개의 계층과 각 계층에 적용되는 관리 기능과 보안 기능으로 구성된 사물인터넷 참조 모델을 발표하였다. IETF 표준화기구에서는 다양한 사물인터넷 워킹그룹을 통해 IEEE 802.15.4 무선 기술을 이용하여 인터넷 IPv6 와 동작할 수 있는 표준 기술들을 개발하고 있다. 특히 CoRE 워킹그룹에서는 소비전력과 메모리크기에 제한이 있는 컴퓨터 네트워크 환경에 적합한 응용 프로토콜로 CoAP를 개발하였다[11]. 이외에도 다른 많은 표준화기구와 글로벌 IT 회사들을 중심으로 사물인터넷을 쉽고 편리하게 구축할 수 있도록 다양한 서비스 플랫폼이 제공되고 있다[12]. 따라서 사물

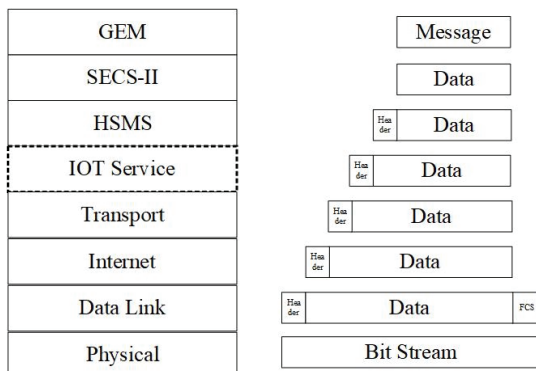


Fig. 2. The proposed reference model of communication protocol.

인터넷 기술을 반도체 장비 통신 표준에 이용하기 위해 본 논문에서는 Fig 2에서 보여 주는 것과 같이 SEMI에서 제안한 기존의 반도체 장비 통신 프로토콜인 SECS 표준에 사물인터넷 서비스 계층을 추가한 사물인터넷 기반 반도체 장비 통신 프로토콜 모델을 제시한다.

사물인터넷 서비스 계층은 반도체 장비 통신 프로토콜로 구현된 HSMS 메시지를 받아들여 사물인터넷 서비스 계층을 나타내는 헤더를 추가하여 사물인터넷 계층 메시지로 바꾸어 준다. 바뀐 사물인터넷 서비스 메시지는 전송 계층으로 전달되어 인터넷을 통해 이웃한 반도체 장비나 호스트 컴퓨터로 전송된다. Fig 3의 사물인터넷 서비스 계층 헤더의 각 필드의 크기는 1 바이트이고 총 4바이트로 구성되며 헤더의 길이를 나타내는 필드 IOT 계층에서 HSMS 데이터를 전송하기 위해 사용하는 프로토콜을 지정하는 필드, 사용하는 프로토콜 버전을 표시하는 필드, 그리고 제어 필드를 통해 향후 필요한 제어 정보를 정의해서 사용할 수 있도록 한다. 따라서 사물인터넷 서비스 계층 헤더의 프로토콜 필드를 통해 현재 표준으로 지정된 다수의 사물인터넷 프로토콜 가운데 GEM 응용 서비스에 따라 적합한 것을 선택하여 사용할 수 있도록 나타낼 수 있다. 예를 들면 GEM 응용 서비스 중에 반도체 장비 모니터링 데이터를 보내기 원할 경우 데이터의 특성을 고려하여 해당하는 사물인터넷 서비스 프로토콜인 CoAP를 선택하여 전송할 수 있다. 이외에도 사물인터넷 서비스 계층은 다양한 서비스를 제공하는데 특히 네트워크 성능에 영향을 미치는 트래픽 등을 관리하는 기능들을 사용할 수 있으며 장치 관리와 데이터와 관련된 보안 기능들을 수행할 수 있다.

HLen	Protocol	Version	Control
------	----------	---------	---------

Fig. 3. Header structure of IOT service layer.

또한 사물인터넷 기술을 이용하여 반도체 장비와 호스트 컴퓨터들을 효율적으로 연결시키고 필요한 표준화 기술 등을 사용하므로 구축비용과 시간을 단축시킬 수 있는 장점이 있다. 그러므로 Fig 2에서 보여주는 것처럼 사물인터넷 서비스 계층을 도입한 반도체 장비 통신 프로토콜 구현이 필요하다.

3. 사물인터넷을 이용한 반도체 장비 통신 프로토콜 구현

본 논문에서 제안하는 사물인터넷을 이용한 반도체 장비 통신 프로토콜 모델을 구현하기 위해 ns3 네트워크 시

물레이터에서 동작하는 CoAP 사물 인터넷 프로토콜을 사용한다. CoAP는 자원이 제약된 기기들이 인터넷 상에서 통신 할 수 있도록 개발되어 인터넷을 통해 제어되는 저 전력 센서 및 기기와 통신 하는데 유용하게 사용될 수 있으며 기존의 HTTP 프로토콜과 쉽게 연동이 가능하다[13].

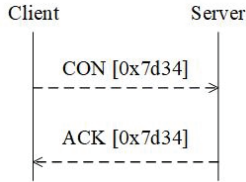


Fig. 4. Reliable message transmission.

CoAP는 데이터를 전송하기 위해 확인(CON), 비확인(NON), 응답(ACK), 그리고 리셋(RESET) 등 4 종류의 메시지를 사용한다. Fig. 4와 같이 확인 메시지를 통해 데이터를 요청할 경우에 응답 메시지를 통해 필요한 데이터를 전송하므로 전송 프로토콜로 TCP 대신에 UDP 프로토콜을 사용한다. 확인 메시지에 대한 응답 메시지를 처리할 수 없다면 리셋 메시지를 전달한다. 그리고 데이터에 대한 응답 메시지가 필요 없다면 비확인 메시지를 통해 데이터를 전송할 수 있다. CoAP 메시지 구조는 Fig. 5와 같이 고정된 처음 4바이트 중 2 비트 Ver 필드는 CoAP의 버전을 나타내고 2 비트의 T 필드는 위에서 언급한 4 가지 종류의 메시지를 구별한다. 4 비트의 TKL 필드는 토큰 길이를 나타내며 0과 8 바이트 사이의 토큰(Token) 값을 갖는다. Code 필드는 8비트로 3비트의 클래스에서 0은 요청, 2는 성공적인 응답, 4는 클라이언트 에러 응답, 5는 서버 에러 응답을 나타내고 5비트의 내용은 요청의 경우 GET, POST, PUT, DELETE 그리고 Empty 메시지를 나타낸다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 데이터의 트랜잭션 동안 메시지를 식별하기 위해 MessageID 필드가 사용되며 이어서 옵션 부분과 데이터가 포함되는 페이로드 부분의 시작을 알리는 페이로드 마커(0xFF)로 구성되어 있다[14-15].

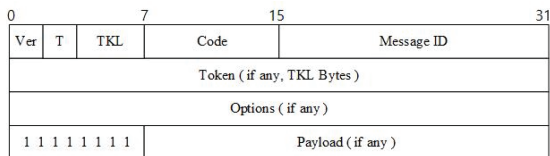


Fig. 5. CoAP message format.

SECS 반도체 장비 통신 프로토콜의 HSMS 메시지 구조는 Fig. 6과 같이 메시지의 길이를 나타내는 4 바이트의

필드와 10 바이트로 구성된 헤더 그리고 나머지 텍스트 부분으로 이루어져 있다. HSMS 헤더 구조는 Fig. 7에 정의되어 있으며 2 바이트의 SessionID는 데이터 메시지를 전송할 경우 장비 식별자로 사용되며 제어 메시지를 전송할 경우에는 0xFFFF로 설정된다. 또한 HeaderByte2와 HeaderByte3를 통해 특정한 GEM 메시지를 나타내는 stream 번호와 function 번호를 표시할 수 있으며 이때 Ptype과 Stype 바이트가 각각 0값을 갖는다. 그리고 4바이트의 SystemByte는 메시지의 트랜잭션을 구별하기 위해 사용된다[16-17]. 따라서 Fig. 5의 CoAP 프로토콜의 페이로드 부분에 SECS 반도체 장비 통신 프로토콜의 HSMS 메시지를 포함시켜 전송이 가능하도록 구현할 수 있다.

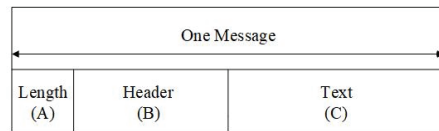


Fig. 6. HSMS message.

```

// 다음 내용을 coap_node.h 파일에 추가
class HSMS_Header {
public:
    uint16_t SessionID;
    uint8_t HeaderByte2;
    uint8_t HeaderByte3;
    uint8_t ptype;
    uint8_t stype;
    uint32_t SystemByte;
};

class HSMS_message {
    uint32_t Length;
    uint8_t Header[10];
    uint8_t *pMessage;
};

uint16_t get(Ipv4Address ip, int port, char *url, char *hsms);
    
```

Fig. 7. Header structures.

ns3의 CoAP를 기반으로 하는 SECS 프로토콜을 구현하기 위해 Fig. 7에서 보는 바와 같이 coap_node.h 파일에 HSMS 메시지 형식을 추가하고 HSMS 메시지를 get() 함수를 통해 전달하기 위해 Fig. 7과 같이 get() 함수를 정의하는 것이 필요하다.

반도체 공정은 진공상태에서 공정을 수행할 수 있도록 진공 챔버 장비를 사용한다. 만약 진공 챔버 내에 이물질이 존재하면 불순물이 웨이퍼 박막에 포함될 수 있기 때문에 진공 게이지, 온도 게이지, 압력 게이지 등을 사용하여 진공 챔버 상태를 모니터링하는 것이 필요하다. Fig. 8은 호스트 컴퓨터에서 특정 진공 챔버 장비의 상태를 모

니터링하기 위해 GEM이 제공하는 SIF3 메시지를 이용하여 상태를 요청하고 이에 따라 장비에서 SIF4 응답 메시지를 통해 장비의 상태를 전송하는 프로그램의 일부를 보여주고 있다. 그러므로 다른 GEM 메시지도 이와 같은 방법으로 사물인터넷 통신 프로토콜을 이용해서 반도체 장비 통신 프로토콜을 용이하게 구현할 수 있다.

```
// coap_tx.cc 파일 수정 및 추가
.....
void CoapNode::SendDiscovery() {
    char *hsms="0x00011300"; // 장비 식별자 0x0001
    .....

    uint16_t CoapNode::get(Ipv4Address ip, int port, char *url, char *hsms) {
        return sendCoap(ip, port, url, COAP_CON, COAP_GET, NULL, 0, (uint8_t*)
            hsms, strlen(hsms));
    } //SIF3메시지를 이용한 호스트의 장비 상태 요청
    .....

    if(m_stime == PARTIAL_SELECTIVE) {
        if(checkServiceInDelayedResponse(messageid, GetAddr(), "temp")
            == true) {
            result = result+ "0x00011400" packet.messageid";
            i_partial++;
        } //SIF4메시지를 이용한 장비의 상태 응답
        .....

        if(Ipv4Address::IsMatchingType(ip))
        {
            NS_LOG_INFO(Simulator::Now(), GetSeconds() << " <<
                " CODE: " << getMthStr(packet.code) << " ID : " << packet.messageid << "
                PAYLOAD: " << packet.payload);
        } //메시지 출력
    }
}
```

Fig. 8. Implementation of a GEM message.

4. 결론 및 향후 과제

반도체 생산 공정의 자동화를 지원하고 생산 공정에서 발생된 데이터를 호스트 컴퓨터로 전송하고 생산 공정에 필요한 데이터를 호스트 컴퓨터로부터 받기 위해 일찍이 SEMI 에서 제안한 반도체 장비 통신 프로토콜을 표준으로 사용해 오고 있다.

오늘날 인터넷 기술이 빠르게 발전하고 주변에 널리 보급되면서 사람의 관여 없이 기기들 간에 서로 데이터를 주고받는 기능을 제공하는 사물인터넷 기술이 중요해지고 있다. 특히 인공지능 기술, 빅데이터 기술, 센서 기술, 자동화 기술 그리고 통신망 기술 등 다양한 ICT 기술을 기반으로 한 4차 산업혁명 시대에 기업의 스마트 팩토리 구현을 위해서는 사물인터넷 기술을 사용하는 것이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 사물인터넷 기술을 이용하여 반도체 장비 통신 프로토콜을 구현하는 것을 지원하기 위해 사물인터넷 서비스 계층을 도입한 참조 모

델을 제안하며 실제 사물인터넷 서비스 계층을 사용하여 반도체 장비 통신 프로토콜을 구현하는 방법을 제시한다. 그러므로 제안된 참조 모델을 사용한다면 첫째, 사물인터넷 기술을 통해 다양한 기기들을 효율적으로 연결하고 통합 관리하는 수단을 얻을 수 있으므로 생산성을 높이고 비용을 절감할 수 있어 기업 경쟁력을 향상시키는데 기여할 수 있다. 둘째, 쉽고 편리하게 사물인터넷 표준이 제공하는 다양한 기능과 서비스들을 이용할 수 있으며 특히 통신망 성능에 영향을 미치는 데이터 트래픽을 관리하는 기능을 사용할 수 있어 안정적으로 통신망을 운영할 수 있고 데이터와 장치에 강화된 보안 서비스 등을 사용할 수 있는 장점이 있다.

앞으로 사물인터넷 서비스 계층을 갖는 반도체 장비 통신 프로토콜의 구축을 촉진하기 위해 기존의 SECS 표준 뿐 만 아니라 웹 기반 반도체 장비 통신 프로토콜인 Interface A, B, C 등도 쉽게 구현하기 위해 필요한 사물인터넷 서비스 플랫폼을 제공하는 것이 요구된다.

감사의 글

본 논문은 2018학년도 순천향대학교 교수 연구년제에 의하여 연구하였음.

참고문헌

1. SEMI Equipment Communication Standard Message 1 Transfer(SECS-I), SEMI E4-0699, 1999.
2. SEMI Equipment Communication Standard Message 2 Content(SECS-), SEMI E5-1102, 2002.
3. Generic Model for Communications and Control of Manufacturing Equipment, SEMI E30-1000, 2000.
4. High-Speed SECS Message Service(HSMS) Generic Services SEMI E37-0702, 2002.
5. F. Hanssen, and P. Jansen, "Real-Time Communication Protocols: An Overview", 2003.
6. Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M. and Yin, B., "Smart factory of Industry 4.0 : key technologies, application case, and challenges", IEEE Access, Vol. 6 No. 1, pp. 6505-6519, 2018.
7. J. A. Stankovic, "Research directions for the Internet of Things", IEEE Internet Things J., vol. 1, no. 1, pp. 3-9, Feb. 2014.
8. H. Y. Kim, IoT concept, implementation technology and business, Hongrunk publishing, 2014.
9. H. S. Chio and W. S. Lee, "Trend of IoT platform technology and international standardization", Broadcast and Media, vol. 20, no. 3, pp.244-266, Jul. 2015.
10. Z. Sheng et al., "A survey on the IETF protocol suite for

- the Internet of Things: Standards challenges and opportunities”, IEEE Wireless Commun., vol. 20, no. 6, pp. 91-98, Dec. 2013.
11. C. Bormann, A. P. Castellani, and Z. Shelby, “CoAP: An application protocol for billions of tiny Internet nodes”, IEEE Internet Comput., vol. 16, no. 2, pp. 62-67, Mar./Apr. 2012.
 12. A. A. Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, “Internet of Things: A survey on enabling technologies protocols and applications”, IEEE Commun. Surveys Tuts., vol. 17, no. 4, pp. 2347-2376, 4th Quart., 2015.
 13. <https://github.com/maesoser/ns3-coap>
 14. S. K. Ko, I. K. Park, S. C. Soon, and B. T. Lee, “Trends of IETF CoAP Based Sensor Connection Protocol Technology”, Electronics and Telecommunications Trends, vol. 28, no. 6, Dec. 2013.
 15. <https://tools.ietf.org/html/rfc7252>
 16. D. Y. Kim, and H. C. Cho, “The Implementation of Communication Protocol for Semiconductor Equipment using Directed Diffusion”, Journal of the Semiconductor & Display Technology, vol. 12, no. 43, pp. 39-43, 2013.
 17. D. Y. Kim, K. W. Kim and H. C. Cho, “The Implementation of Communication Protocol for Semiconductor Equipment with Priority of Data Traffic”, Journal of the Semiconductor & Display Technology, vol. 11, no. 41, pp. 13-18, 2012.
-
- 접수일: 2019년 11월 21일, 심사일: 2019년 12월 9일,
게재확정일: 2019년 12월 12일