

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.2.211>

IIBC 2017-2-30

모비우스 플랫폼을 이용한 IoT 센서 네트워크 구현

Implementation of IoT Sensors Network Using Mobius Platform

장우영*, 이용철**, 강정진***

Woo Young Chang*, Yong Cheol Lee**, Jeong Jin Kang***

요약 본 연구는 모비우스 플랫폼을 이용하여 IoT 센서 네트워크를 구현하였고 성능을 검증하기 위해 스마트 홈 서비스에 적용 가능한 4종의 Z-Wave 센서를 구현하였다. 모비우스가 제공하는 12가지의 CSF(Common Service Function)은 센서들의 상태 감시를 비롯한 어플리케이션 서비스를 빠른 시간에 구현할 수 있도록 하였다. 표준적인 서비스절차와 프로토콜은 시스템의 설계 과정을 생략할 수 있도록 하였고, 어플리케이션 소프트웨어 개발자, Gateway 개발자 및 센서 개발자들 간의 규약확정을 위한 회의시간, 그리고 의견 조정을 위한 논의 시간을 단축할 수 있도록 하였다. 구현된 센서네트워크를 기반으로 하는 어플리케이션 서비스와 IoT 센서의 구현은 개발일정을 단축시킬 수 있음을 확인하였고, 무엇보다도 시장에서 구매한 상용품을 변경개발 없이 수용이 가능함을 확인하였다. 이러한 신속성과 개방성은 다양한 서비스의 요구에 부응할 수 있도록 하여, 서비스 확대 및 신규 시장 창출에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

Abstract In this study, we implemented IoT Sensor Network using Mobius Platform and implemented four kinds of Z-wave sensors applicable to smart home service to verify its performance. The 12 common service functions (CSF) provided by Mobius enable application services including status monitoring of sensors to be implemented quickly. The standard service procedures and protocols have eliminated the design process of the system and shortened the meeting time for establishing protocol between application software developer, gateway developer and sensor developer, and discussion time for adjustment of opinion. We confirmed that the application service based on the implemented sensor network and the implementation of IoT sensor can shorten the development schedule, and confirmed that most of the products purchased in the market can be accommodated without change. We hope that such speediness and openness will be able to meet the demands of various services and contribute to expanding services and creating new markets

Key Words : mobius platform, IoT, Sensor Network

1. 서 론

최근 스마트기기와 사물인터넷(IoT: Internet Of

Things) 기술의 확산으로, 다양한 Smart Connected House Service와 IoT Service에 대한 수요가 급증하고 있으며, 물리보안서비스 영역에서도 안전, 안심, 건강, 생

*정회원, (주)GES

**중신회원, (주)GES

***중신회원, 동서울대학교 정보통신과

접수일자 : 2017년 2월 17일, 수정완료 : 2017년 3월 29일

게재확정일자 : 2017년 4월 10일

Received: 17 February, 2017 / Revised: 29, March, 2017

Accepted: 10 April, 2017

***Corresponding Author: iibc2020@gmail.com

Dept. of Information & Communication, DongSeoul University, Korea

활편의 및 감성서비스에 대한 요구가 증가하고 있다. 또한 Personal Area Network (PAN) 중심의 물리보안 서비스도 개발된 네트워크로의 연결이 필수 불가결하게 되었다. Smart Connected House Service가 구현되기 위해서는 다양한 가전제품, 다양한 단말장치들 간의 상호동작성(Interoperability)이 확보되어야 하며 표준화된 관리 방법들이 구비되어 있어야 한다.

통신기술의 고도화와 사용자 서비스 요구의 고급화에 따라 IoT 관련 시장이 빠른 속도로 확대되고 있다. IoT 서비스는 건설, 제조, 농업 등과 같은 산업계뿐만 아니라 에너지, 환경, 관광, 국방 등과 같은 서비스업계, 공공부문, 그리고 헬스케어 및 안전과 같은 일반 개인 사용자를 위한 서비스까지 다양하고 폭넓게 진행되고 있다. IoT 서비스의 실현을 위해서는 IoT의 개념을 이해하고 실현하고자하는 서비스가 IoT의 개념에 부합되는 방향으로 서비스가 구현되어야 한다. IoT 서비스는 공유와 연결을 통하여 새로운 편익을 스스로 창출해 낼 수 있는 서비스라고 할 수 있다. 그런데 기존 ICT 기반의 서비스들은 서비스 업체별로 고유한 프로토콜의 사용과 표준화되지 않은 기능 구현으로 인하여 IoT 서비스로의 확대가 어려운 것이 현실이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 잘 알려진 IoT플랫폼, 프로토콜과 센서네트워크의 표준적인 방법론이 필요하다.

본 논문에서는 프로토콜 표준과 기능의 표준화가 잘 되어진 Z-Wave 기반의 IoT 센서 네트워크의 구현에 대하여 논하고자 한다. ‘연결’과 ‘공유’라는 IoT의 가치에 부합하는 서비스 구현을 위하여 전자부품연구원(KETI)이 발표하고 릴리즈한 오픈소스 IoT 모비우스 플랫폼을 기반으로 하였으며, 각 센서들의 표준적인 정합을 위해 &Cube를 통하여 플랫폼 연동을 구현하였다.

II. 플랫폼과 센서네트워크

1. 모비우스 플랫폼

모비우스 플랫폼은 IoT 서비스 제공을 목적으로 다양한 Device들을 관리하고 공통서비스를 제공하여 손쉽게 빠르게 IoT 서비스의 구현이 가능하도록 하기 위한 플랫폼이다. 그림 1은 모비우스 플랫폼의 구조와 기능을 나타낸 것이다. 모비우스 플랫폼은 oneM2M 기반의 표준 플랫폼으로 오픈 소스로 다양한 프로토콜과 Open API를

제공한다. 개발환경으로는 JAVA 7, Tomcat 7 및 Spring 기반의 개발환경을 제공하며 내부적으로 Open API 서버와 DB서버로 구성되어 있고, 이들은 각각 Mongo DB와 Redis DB를 사용하고 있다. 또한 리소스 접근제어를 위한 Access Key 발급 및 인증을 수행하는 인증 서버를 포함하고 있다.

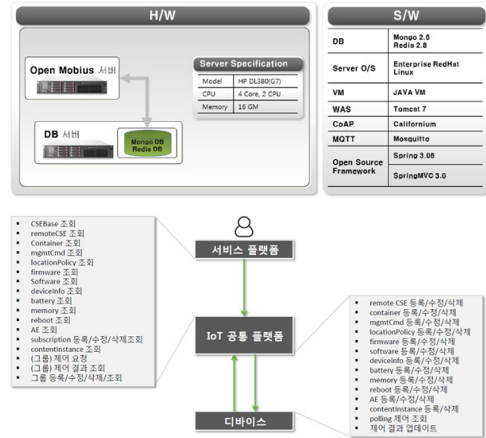


그림 1. 모비우스 플랫폼 구조와 기능
Fig. 1. Structure and Function of Mobius Platform

모비우스 플랫폼은 일반적인 서비스에서 공통적이고 필수적으로 요구되는 서비스들을 선별하여 12개의 공통 서비스 기능(CSF : Common Services Function)을 제공하여 Service Provider들이 표준적인 방법으로 빠르게 어플리케이션 서비스를 구현할 수 있도록 하였다. 12개의 공통서비스 기능은 아래와 같으며 각각은 다음과 같은 기능을 수행한다.

- ① Application & Service Management (ASM) : 어플리케이션과 공통서비스 소프트웨어에 대한 관리 기능을 담당하여 어플리케이션과 공통서비스 소프트웨어의 재설치, 업데이트, 고장 탐지, 설정에 관한 기능을 제공한다.
- ② Communication Management & Delivery Handling (CMDH) : 어플리케이션과 공통서비스 소프트웨어에 데이터 전달 시에 네트워크 서비스 요소를 통한 데이터 전달 서비스를 제공하는 기능을 담당하며 메시지 전달을 위해서 언제 보낼 건지, 어떤 네트워크 연결을 활용하여 보낼지를 결정한다.
- ③ Data Management & Repository (DMR) : 데이터

저장소의 기능을 제공하며 데이터의 타입, 시맨틱 정보, 시간, 위치와 관련한 데이터의 분류 및 데이터 포맷의 변경 및 데이터 처리 기능을 제공한다.

- ④ Device Management (DMG) : 디바이스 관리 기능을 제공하는 공통 서비스 기능으로 디바이스에 설치된 펌웨어에 대한 관리, 디바이스 하드웨어 리소스 관리, 디바이스 동작 설정 관리, 진단을 포함한다.
- ⑤ Discovery (DIS): oneM2M 리소스 및 Attribute에 담긴 서비스 정보에 대한 검색 기능을 제공한다. 기본적으로 텍스트 기반의 검색이 제공되며, 그 이외에도 특징 기반의 검색 등이 제공될 수 있다.
- ⑥ Group Management (GMG) : 리소스들을 그룹으로 관리할 수 있도록 하는 기능을 담당한다. 이를 통해, 비슷한 역할을 하거나, 공동으로 관리되어야 하는 리소스들을 그룹으로 관리할 수 있다.
- ⑦ Location (LOC) : 어플리케이션의 위치 정보 요청에 대해서 Application Service 노드 및 Middle 노드와 관련된 위치정보를 획득하기 위한 방법을 제공한다.
- ⑧ Network Service Exposure, Service Execution & Triggering (NSSE) : 네트워크와 관련된 통신을 관리하며 네트워크 접근 서비스를 제공한다.
- ⑨ Registration (REG) : R어플리케이션과 공통서비스 소프트웨어간의 등록을 담당하며, 이러한 등록 관계를 통해서 oneM2M 요소간의 접속 및 접근이 가능하며 oneM2M 요소의 데이터 전달을 통한 oneM2M 서비스 구성이 가능하도록 한다.
- ⑩ Security (SEC) : oneM2M 공통 서비스 플랫폼의 공통 기능으로서 접근제한, 키 관리와 같은 보안 메커니즘을 제공하는 기능을 담당한다.
- ⑪ Service Charging & Accounting (SCA) : oneM2M 공통 서비스 플랫폼을 통해서 제공되는 서비스에 대한 과금 체계 및 방법에 대한 기능을 제공한다.
- ⑫ Subscription & Notification (SUB) : 리소스에 대한 구독 정보를 관리하고 리소스 및 Attribute에 대한 업데이트 발생, Child 리소스의 생성, 삭제 등 해당 리소스에 대한 트래킹 및 관련된 변화 정보를 통지하는 역할을 담당한다.

그림 2는 공통서비스 기능을 나타낸 것이며, 그림 3은 모비우스 공통플랫폼 Service flow를 보여준다.

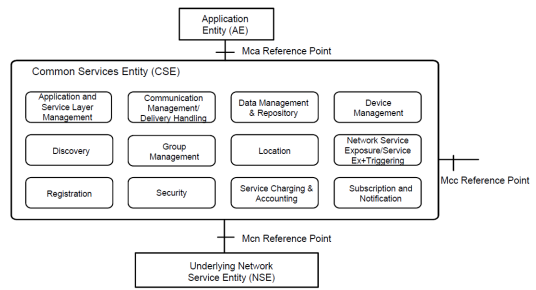


그림 2. 공통서비스 기능
 Fig. 2. Functions of Common Services

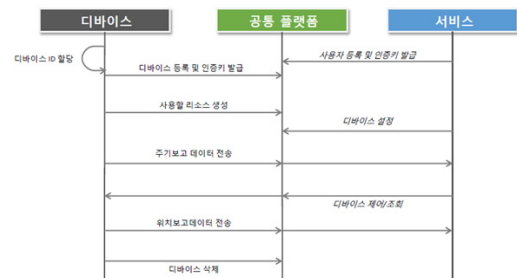


그림 3. 모비우스 공통플랫폼 Service flow
 Fig. 3. Mobius Common Platform Services flow

2. &Cube와 센서네트워크

모비우스 플랫폼과의 표준적인 방법으로 연결 서비스를 수행하기 위하여 &Cube를 사용하였다. &Cube는 IoT Device/Gateway에 탑재되는 S/W플랫폼으로 디바이스에 연결된 사물을 개방형 사물인터넷 서버플랫폼인 모비우스와 연동할 수 있도록 지원한다. &Cube는 Interaction Manager, Resource Manager, Thing Manager, Security Manager, Device Manager 그리고 Application Manager인 6개의 Manager로 구성되어 있다.

그림 4는 센서 네트워크의 구조를 나타낸 것으로, 구현된 센서네트워크는 &Cube를 기반으로 구현되었으며, IoT 센서들은 센서네트워크를 통하여 플랫폼과 데이터 교환을 수행하게 된다. 센서네트워크는 Z-Wave 센서를 수용하기 위해서 &Cube의 Thing Manager와 IoT 센서 사이에 TAS(Things Adaptation Software)를 구성하여 Open Z-Wave 스택을 포팅하였다. 또한 스마트 홈 서비스에서 일반적으로 사용되는 실선 센서(Wired Sensor)와 RS-485 통신 Device들을 수용하여 추후 확장된 서비스에 유연하게 대응하도록 하였다.

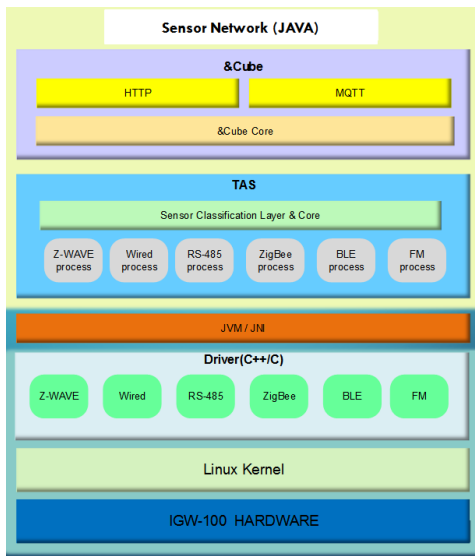


그림 4. 센서네트워크 구조
Fig. 4. Structure of Sensor Network

표 1. 센서네트워크의 기능
Table 1. Function of Sensor Network

기능	설명	비고
Remote CSE 관리	remote CSE(G/W)에 대한 등록을 서비스 플랫폼에 요청	등록
Container 관리	remoteCSE 의Container 생성을 서버에 요청	등록 삭제
contentInstance 관리	container의 contentInstance 생성을 서비스 플랫폼에 요청	등록
MgmtCmd 관리	remoteCSE의 mgmtCmd 등록을 서비스 플랫폼에 요청	등록 삭제
execInstance	MgmtCmd의 execInstance 생성을 서비스 플랫폼에 요청	등록
battery 관리	Battery 정보 등록을 서비스 플랫폼에 요청	등록
Node 관리	Node 등록을 서비스 플랫폼에 요청	등록
Firmware 관리	Firmware 등록을 서비스 플랫폼에 요청	등록
Device 관리	deviceInfo 등록을 서비스 플랫폼에 요청	등록



센서네트워크는 &Cube의 6가지 Manager가 지원하는 서비스를 기반으로 센서네트워크에 연결되는 센서들의 등록/삭제 그리고 상태 조회 서비스 등을 제공한다. 위의 표 1은 구현된 센서네트워크가 수행하는 기능을 나타내고 있다.

III. IoT 센서

방법 또는 방재 서비스는 스마트 홈 서비스 또는 일반 가정에 적용하기 위한 IoT 서비스의 가장 기본적인 서비스이다. 플랫폼, 센서네트워크 및 센서의 기능 검증을 위하여 가정용 서비스에 필수적으로 소요되는 출입문센서, 인체감지센서, 화재(열) 및 화재(연기) 센서의 시작품을 제작하였다. 센서들은 Z-Wave 프로토콜을 기반으로 하는 무선 통신을 사용하며 배터리에 의해 동작되므로 저 전력 설계를 가장 핵심적인 사항으로 고려하였다. 특히, 화재센서는 설치 후 10년의 life cycle을 보장하여야하므로 배터리 용량, 회로의 구성 요소별 소비전류를 주의 깊게 검토하였다.

표 2는 RF Transceiver의 사양을 보여준 것으로, RF 통신을 위한 Z-Wave Transceiver는 Sigma Design(사)의 ZM5202를 사용하였으며, OTA(Over the Air)기능을 위해 128Kbit 플래시 메모리를 채용하였다. 구현된 센서의 통신을 위한 Carrier Frequency는 921MHz를 사용하며, RF전송속도는 40Kbps이다.

표 2. RF Transceiver 사양
Table 2. Specification of RF Transceiver

구분	세부 내용	
Soc	- SD3502 : 128kB Flash, 16KB SRAM - SPI, UART, PWM - 10 GPIO (Alternate) - 2 External Interrupt - 2 ADC 	
Ext. Flash	- M25PE20-S08N . 256Kb x 8bit . SPI bus serial interface	
안테나	- Helical Type - Center Frequency : 921.4MHz - Frequency range : 919MHz ~ 924MHz 	
동작전원	- 3.3 VDC	
RF사양	주파수	920.9 MHz, 921.7 MHz, 923.1 MHz
	통신 거리	방해 구조물이 없는 옥외에서 30m 이상

센서의 크기, 배터리 교체주기 및 센서의 수명을 고려하여 용량이 충분하도록 3V, 2,400mAh 용량의 CR17450 배터리를 선정하였다.

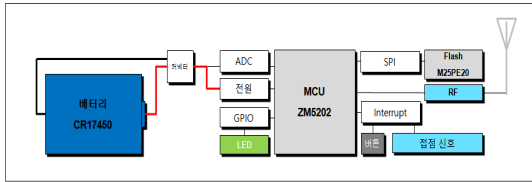


그림 5. 센서 블록 다이어그램
 Fig. 5. IoT Sensor block Diagram



그림 6. 구현된 IoT Sensors
 Fig. 6. Implemented IoT Sensors

그림 6은 구현된 IoT Sensors 로서, Z-Wave 표준 규약을 준수하여 다른 Z-Wave 제품들과 100%로 호환이 되고, 표 3에 센서의 Z-Wave Command Class를 제공한다.

표 3. 센서의 Z-Wave Command Class
 Table 3. Z-Wave Command Class of Sensors

구분	세부사항설명
Device Type	Notification Sensor
Role Type	Reporting Sleeping Slave (RSS)
Command Class	- COMMAND_CLASS_ZWAVEPLUS_INFO - COMMAND_CLASS_ASSOCIATION - COMMAND_CLASS_ASSOCIATION_GRP_INFO - COMMAND_CLASS_VERSION - COMMAND_CLASS_MANUFACTURER_SPECIFIC - COMMAND_CLASS_DEVICE_RESET_LOCALLY - COMMAND_CLASS_POWERLEVEL - COMMAND_CLASS_BATTERY - COMMAND_CLASS_NOTIFICATION_V3 - COMMAND_CLASS_FIRMWARE_UPDATE_MD_V2

IV. 실험 및 결과

표 4는 구성요소별 소비전류 측정값을 나타낸 것으로,

구현된 센서들이 충분한 배터리 life cycle을 만족하는지 확인하기 위해 구성요소별, 동작상황별 소비전류를 측정하여 배터리의 예상 수명을 산정하였다.

표 4. 구성요소별 소비전류 측정
 Table 4. Current Consumption Measurements of Components

구분	소비 전류		1시간 평균 소비전력
	CPU@32MHz & RF TX active	Sleep	
출입문	33mA	24 μ A	50 μ A
인체감지		38 μ A	472 μ A
화재(열)		7 μ A	25 μ A
화재(연기)		7 μ A	25 μ A

출입문 센서의 경우, 5인 가족이 1일 2회씩 동작시키고, 기타 출입상황을 14회로 가정하여, 1일 24회의 감지 동작이 필요한 것으로 산정하였으며, Wake-up 주기를 10분으로 정하였다. 이를 기준으로 1일간 실제로 소비되는 실제 평균 소비전력은 1.2 mAh로 측정되었다. 이를 기준으로 배터리 life cycle은 약 5년 5개월로 예측된다. 인체감지 센서의 경우, 1시간 20회 감지, Wake-up 10분 주기로 산정하였을 때, 1일간 실제로 소비되는 평균 소비전력은 11.3 mAh로 측정되었고, 이를 기준으로 약 6개월의 배터리 life cycle을 예측할 수 있었다. 화재센서 2종의 경우, 월1회의 점검시험과 Wake-up 10분 주기로 산정하면, 1일 평균 소비전력은 0.6mAh로 측정되고, 약 10년 10개월의 배터리 life cycle이 예측되었다. 출입문 센서와 화재센서는 만족할만한 결과가 도출되었으나, 인체감지 센서는 예상 배터리 life cycle이 6개월로 너무 짧게 예측되었다.

표 5. 센서별 통신거리
 Table 5. Communication Distance of Sensors

구분	통신거리	인증 기준	비고
출입문	90m	> 40M@40Kbps	LOS
인체감지	60m		
화재(열)	102m		
화재(연기)	115m		

표 5는 센서별 통신거리를 나타낸 것으로, 각 센서들의 실제 통신거리를 확인하는 시험을 실시하였다. 시험 환경은 개활지에서 센서와 게이트웨이간의 Z-Wave 무

선 통신구간을 시험하였으며, 해당 위치에서 10회 통신을 실시하여 손실 없이 100% 완료된 거리를 기준으로 하였다. 시험결과 Z-Wave 인증 기준인 40M이상을 충분히 달성하였다.

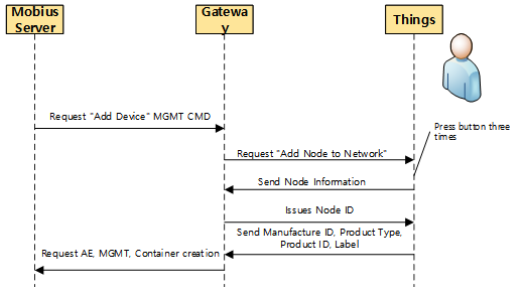


그림 7. 센서 등록절차
Fig. 7. Flow of Sensor Registration

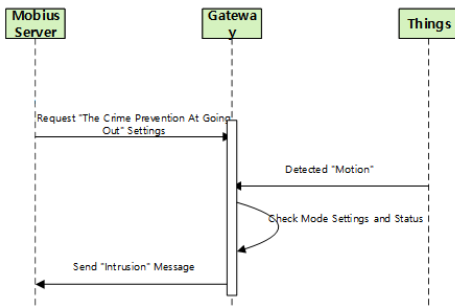


그림 8. 감지신호 전송절차
Fig. 8. Flow of Detection Signal transmission

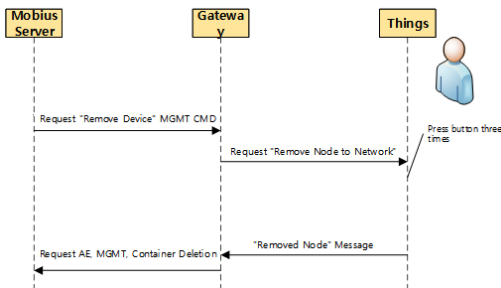


그림 9. 센서 제거절차
Fig. 9. Flow of Sensor De-registration

그림 7은 센서 등록절차, 그림 8은 감지신호 전송절차, 그림 9는 센서 제거절차, 그림 10은 Z-Wave 센서 상용품을 나타낸 것이다.

센서네트워크, 플랫폼 및 센서와의 정합성 시험을 실시하였으며, 시험절차는 구현된 센서 4종과 시중에서 구

입한 Z-Wave 센서를 플랫폼에 등록/동작/삭제를 수차례 반복하여 장애발생 유무를 확인하였다.



그림 10. Z-Wave 센서 상용품
Fig. 10. Market Goods of Z-Wave Sensors

시험결과 장애는 발생하지 않았으며, 센서의 등록 처리에 200ms~ 500ms의 시간이 소요되었으며, 감지신호 전송은 200ms 미만, 센서의 삭제에 약 800ms가 소요됨을 확인하였다. 센서의 등록과 삭제에 다소 많은 시간이 소요되는 것은 센서네트워크 SW의 처리 구조에서 기인됨을 확인하였고, 향후 이를 개선하여 처리속도를 높여야 할 것이다.

V. 결론

본 논문은 모비우스 플랫폼을 이용하여 센서네트워크를 구현하였고 성능을 검증하기 위해 스마트 홈 서비스에 적용 가능한 4종의 Z-Wave 센서를 구현하였다. 모비우스가 제공하는 12가지의 CSF(Common Service Function)은 센서들의 상태 감시를 비롯한 어플리케이션 서비스를 빠른 시간에 구현할 수 있도록 하였다. 표준적인 서비스절차와 프로토콜은 시스템의 설계 과정을 생략할 수 있도록 하였고, 어플리케이션 소프트웨어 개발자, Gateway 개발자 및 센서 개발자들 간의 규약확정을 위한 회의시간, 그리고 의견 조정을 위한 논의 시간을 단축할 수 있도록 하였다.

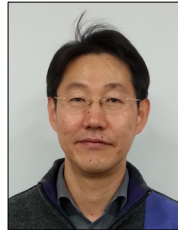
구현된 센서네트워크를 기반으로 하는 어플리케이션 서비스와 IoT 센서의 구현은 개발일정을 단축시킬 수 있음을 확인하였고, 무엇보다도 시장에서 구매한 상용품을 변경개발 없이 수용이 가능함을 확인하였다. 이러한 신속성과 개방성은 다양한 서비스의 요구에 부응할 수 있도록 하여, 서비스 확대 및 신규 시장 창출에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] Service Layer Core Protocol Specification, oneM2M Technical Specification, TS-0004-V2.7.1, August 30 2016
- [2] Functional Architecture, oneM2M Technical Specification, TS-0001-V2.10.0, August 30 2016
- [3] Z-Wave Device Class Specification V1.0, Sigma Designs, SDS10242, June 17 2015
- [4] Z-Wave Command Class Specification V1.0, Sigma Designs, SDS10242, August 04 2015
- [5] Yong-Jae Ki,, "Development of IoT Based Fire Alarm Modular System", Dept. of Computer Science The Graduate School Yonsei University, pp 7-11, 2016
- [6] Eun-A Kim, Kwang Soo Kim, Choon Seong Leem, Choong Hyun Lee, "A study on Developement and Application of Taxonomy of Internet of Things Service." The Journal of Society for e-Business Studies, Vol 20, No. 2, pp. 107-123, 2015
- [7] Techipm, LLC, "Google IoT Smart Home Security Solution against Package Thief Insights from Patents", Innovation Frontline, 2015.
- [8] Minzheong Song, "A Study on Business Types of IoT-based Smarthome : Based on the Theory of Platform Typology", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIIBC), Vol. 16, No.2, pp.27-40, April 2016
- [9] Ovidiu Vermesan, Peter Friess, "Internet of Things-Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems", River Publishers, 2013.
- [10] Best smart home security systems, <http://www.wearable.com/smart-home>, Dec. 2015.
- [11] Ovidiu Vermesan, Peter Friess, "Internet of Things-Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems", River Publishers, 2013.
- [12] Techipm, LLC, "Google IoT Smart Home Security Solution against Package Thief Insights from Patents", Innovation Frontline, 2015.
- [13] OCEAN link site <http://www.iotocean.org/main/>
- [14] Sigma Design Technical Support link site <http://zts.sigmadesigns.com/z-wave-specifications#definition>
- [15] Jeong Jin Kang, Yong-Cheol Lee, and Woo Young Chang, "The IoT Gateway Study for Connected House Service", The 3rd International Joint Conference on Convergence(IJCC) 2017, pp.116-117, AACL 09, Feb. 7-11, 2017

저자 소개

장 우 영(정회원)



- 2011년 6월 ~ 현재 : (주)GES 기술 연구소 수석연구원
- 2015년 ~ 현재 : 서울시립대학교 전자 전기 컴퓨터공학과 석사과정 재학 중

<주관심분야 : Intelligent Control, Cloud AI, Self-learning Algorithm, Information Security>

이 용 철(중신회원)



- 2004년 1월 ~ 현재 : (주)GES 대표 이사
- 2008년 ~ 현재 : 동서울대학교 산학 협력단 자문위원
- 2009년 ~ 현재 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 산학자문위원회 자문위원

<주관심분야 : Passive Optical Network, Smart Security System, RFID/USN, Wireless Networking, Self-learning Algorithm, Intelligent Control>

강 정 진(종신회원)



- 1991년 3월~현재 : 동서울대학교 정
보통신과 교수
- 2007년 2월~2010년 2월 : 미시간주립
대학교 전기컴퓨터공학과 교환교수
- 1991년 8월~2005년 8월 : 건국대학교
전자정보통신공학과 외래교수(대학
원/학부, 강의 및 논문지도)

- 2011년~현재 : Marquis Who's Who in the world 인명록
등재

<주관심분야 : Smart & Cloud Convergence, RFID/USN,
Smart device, Mobile Communication & Computing,
Antenna & Electromagnetic Wave, Smart Security &
Intelligent Control>

※ 본 연구는 2016년 중기청 산학연 공동기술개발사업(과제번호 : C0398784, 2016.5~2017.4)의 지원으로 수행되었음. This work was supported by the Small & Medium Business Administration 2016 Consortium funded by the Korean Government(Project No. C0398784, 2016.5~2017.4).