

https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.4.49

IIBC 2017-4-7

## 계층 구조에 기반을 둔 스마트 홈 시스템을 위한 스마트 센서 프레임워크의 설계

### A Design of Smart Sensor Framework for Smart Home System Based on Layered Architecture

정원호\*, 김유빈\*\*

Won-Ho Chung\*, Yu-Bin Kim\*\*

**요약** 스마트 센싱은 사물인터넷과 관련된 다양한 응용에 있어 핵심적인 역할을 하고 있으며, 그 중요성은 인공지능의 발전과 더불어 점점 증가하고 있다. 그러므로 스마트 센서의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다고 할 수 있을 것이다. 그러나 스마트 센서 관련 대부분의 연구는 특정 응용 목적, 예를 들면 보안, 에너지 절약, 감시 등에 집중되고 있으며, 미래에 필요할 다양한 유형의 스마트 센서를 효율적으로 구성하는 방법에 관한 연구는 드문 실정이다. 본 논문에서는 스마트 센서의 효율적 구성을 위한 계층구조를 가진 컴포넌트 기반의 스마트 센서 프레임워크가 제안되고, 스마트 홈으로의 응용이 설계, 구현된다. 제안된 방법은 가까운 미래에 등장할 다양한 유형의 스마트 센서를, 제안된 소프트웨어 프레임워크 상에서 필요한 컴포넌트의 설계 및 개발을 통해 구성 가능하다는 것을 보여주고 있다. 또한 계층 구조를 가지고 있으므로 내부 혹은 외부 계층의 삽입을 통해 스마트 센서의 구성을 확대시킬 수도 있으며, 특히 외부 장치 계층과의 연결을 통해 사물인터넷 응용 서비스의 설계 시, 내부 혹은 외부 모듈별 독립적인 설계가 가능하다는 장점을 가진다. 제안된 방법을 사용하여 소규모 스마트 홈 시스템이 설계 구현되었으며, 외부의 서버와 연결되어 다수의 스마트 홈을 수용, 관리할 수 있는 홈 클라우드까지 설계 구현되었다. 각 계층의 컴포넌트들을 개발, 추가함으로써, 스마트 카, 스마트 빌딩, 스마트 팩토리 등, 그 응용의 폭을 효율적으로 확대할 수 있을 것이다.

**Abstract** Smart sensing plays a key role in a variety of IoT applications, and its importance is growing more and more together with the development of artificial intelligence. Therefore the importance of smart sensors cannot be overemphasized. However, most studies related to smart sensors have been focusing on specific application purposes, for example, security, energy saving, monitoring, and there are not much effort on researches on how to efficiently configure various types of smart sensors to be needed in the future. In this paper, a component-based framework with hierarchical structure for efficient construction of smart sensor is proposed and its application to smart home is designed and implemented. The proposed method shows that various types of smart sensors to be appeared in the near future can be configured through the design and development of necessary components within the proposed software framework. In addition, since it has a layered architecture, the configuration of the smart sensor can be expanded by inserting the internal or external layers. In particular, it is possible to independently design the internal and external modules when designing an IoT application service through connection with the external device layer. A small-scale smart home system is designed and implemented using the proposed method, and a home cloud operating as an external layer, is further designed to accommodate and manage multiple smart homes. By developing and thus adding the components of each layer, it will be possible to efficiently extend the range of applications such as smart cars, smart buildings, smart factories and so on.

**Key Words** : Layered Architecture, Component-Based Framework, IoT, Smart Home, Smart Sensor

\*정희원, 덕성여자대학교 디지털미디어학과

\*\*준희원, 덕성여자대학교 디지털미디어학과

접수일자: 2017년 8월 1일, 수정완료: 2017년 8월 11일

게재확정일자: 2017년 8월 11일

Received: 1 August, 2017 / Revised: 11 August, 2017

Accepted: 11 August, 2017

\*Corresponding Author: whchung@duksung.ac.kr

Dept. of Digital Media Science, College of Information & Media,  
Duksung Women's University, Korea

## 1. 서론

다양한 종류의 센서와 이들을 연결하는 네트워크 기술 그리고 M2M과 같은 장치와의 통신 기술의 결합은, 사람과 사물 그리고 공간 정보 등 실세계의 모든 것을 네트워크를 통해 서로 연결하여, 정보를 생성하고, 수집하여, 생활에 공유, 활용하는 사물인터넷(Internet of Things)으로의 진화를 일으키고 있다<sup>[1-2]</sup>. 고성능 초소형 컴퓨터와 스마트 센서의 등장<sup>[3-6]</sup>, 스마트 폰의 고성능화는 장치나 물체 제어 중심으로 발전하고 있던 정보 기술의 흐름을, 소규모 공간의 자율관리 및 자율제어로 바꾸고 있는 것이다. 그러한 소규모 공간으로 집중 조망 받고 있는 것 중의 하나가 사람의 생활 패턴과 관련된 홈이라 할 수 있다<sup>[7-8]</sup>. 이러한 흐름 속에서 매우 다양한 유형의 센서들이 개발되고 있으며 상용화되고 있는데, 이들은 IoT 기반의 응용을 위한 필수적인 기반 기술이 될 것이며, 사람의 생활과 관련된 여러 응용, 예를 들면 소외 계층 사람들에 관한 지속적 관리, 에너지 절약을 위한 그린 에너지 응용, 보안 및 스마트폰 기반의 홈 관리 등과 같은 응용을 개발하는데 있어서 핵심적인 역할을 할 것이다. 그리하여 사물인터넷의 발전은 가까운 미래에 인간 생활의 스타일을 획기적으로 변화시킬 것이다<sup>[9-13]</sup>.

홈과 같은 공간이 하나의 장치로 간주되어 인터넷과 연결될 경우, 그 공간 내에서 유무선 네트워크를 통해 연결된 각 전자 기기와 센서들은 연결 그룹을 형성하여, 게이트웨이 장치를 통해 외부 망과 연결된다. 이 경우 홈은 자신의 상태에 관한 대량의 데이터를 발생하여 빅 데이터를 생성하는 다중 센서들의 집합 혹은 일종의 네트워크 장치로 간주될 수 있다. 이러한 빅 데이터를 기반으로 지능적인 서비스 제공을 위해 필요한 주요 기술 중의 하나가 스마트 센서 기술이라 할 수 있다. 이러한 스마트 센서는 독자적으로 인터넷에 연결되거나 그룹을 형성하여 게이트웨이를 통해 인터넷에 연결될 수도 있으나, 사물인터넷의 경우, 후자가 일반적인 경향이라고 할 수 있다. 즉, 스마트 센싱은 사물인터넷과 관련된 다양한 응용에 있어 핵심적인 역할을 하고 있으며, 그 중요성은 인공지능의 발전과 더불어 점점 증가하고 있다. 그러므로 스마트 센서의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다고 할 수 있을 것이다. 사물인터넷 기반의 효율적인 고속 영상급 스트리밍을 위한 프레임워크와 같이 특정 목적, 그리고 스마트폰 기반의 모바일 앱 개발을 위한 프레임워

크 등이 연구되고 있으나, 대부분 그린 에너지, 소외계층 감시관리 혹은 스마트폰 기반에 관련된 응용들로 집중되고 있으며<sup>[10-15]</sup>, 미래에 필요할 다양한 유형의 스마트 센서를 효율적으로 구성하는 방법에 관한 연구는 드문 실정이다.

본 논문에서는 스마트 센서의 효율적 구성을 위한 계층구조를 가진 컴포넌트 기반의 스마트 센서 프레임워크인 SmSF가 제안되고, 스마트 홈으로의 응용이 설계, 구현된다. 제안된 SmSF 프레임워크는 시스템 소프트웨어 개발에 자주 사용되는 상향식(Bottom-up) 설계 방식을 기반으로 하고 있으며, 하드웨어 추상화 계층을 가지고 있어서, 센서 하드웨어 변경에 대해 적응이 용이하여 융통성이 높은 효율적인 방법이라고 할 수 있다. 또한 제안된 방법은 가까운 미래에 등장할 다양한 유형의 스마트 센서를 제안된 소프트웨어 프레임워크 상에서 필요한 컴포넌트의 설계 및 개발을 통해 구성 가능하다는 것을 보여주고 있다. 계층 구조를 가지고 있으므로 내부 혹은 외부 계층의 삽입을 통해 스마트 센서의 구성을 확대시킬 수도 있으며, 특히 외부 장치 계층과의 연결을 통해 사물인터넷 응용 서비스의 설계 시, 내부와 외부 시스템의 모듈별 독립적인 설계가 가능하다는 장점을 가진다. 본 논문에서는 제안된 방법을 사용하여 소규모 스마트 홈 응용이 설계 구현되었으며, 스마트 센서 외부 계층인 홈 매니저와 외부의 서버와 연결되어 다수의 스마트 홈을 수용, 관리할 수 있는 홈 클라우드까지 설계 구현된다. 각 계층의 컴포넌트들의 지속적인 개발과 분류를 통하여, 스마트 카, 스마트 빌딩, 스마트 팩토리 등, 그 응용의 폭을 효율적으로 확대할 수 있을 것이다. 더 나아가 홈으로부터 수집되는 공간 데이터를 기반으로 기계 학습 방법을 사용하여 미래 시간에 대한 홈 공간의 정보를 추측할 수 있음을 보여줌으로써, 이렇게 수집된 홈 공간 정보를 바탕으로 내부 환경을 최적으로 유지할 수 있음을 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 핵심적인 개념을 이루는 스마트 센서에 대한 정의와 하드웨어 구조 그리고 제안된 프레임워크 SmSF를 구성하는 소프트웨어 구조인 계층 구조와 컴포넌트 구성에 관하여 기술된다. 3장에서는 SmSF의 외부 계층을 구성하는 센서허브와 홈 클라우드 모듈과의 연계하여 상위 응용 서비스 컴포넌트를 구성하는 SmSF의 확장성을 보여준다. 4장에서는 스마트 홈과 연관된 스마트 센서를 구성하는 과

정을 예를 중심으로 기술하고, 5장에서는 구현된 스마트 센서를 기반으로 프로토타입 스마트 홈 서비스를 설계 구축하여 마이크로소프트사의 Azure 기계학습 도구<sup>[17]</sup>를 사용한 미래 시간에 대한 홈 상황의 예측 결과를 보여준다. 마지막으로 6장에서 향후 연구와 결론이 기술된다.

## II. 스마트 센서 프레임워크

### 1. 스마트 센서와 계층구조

스마트 센서는 공간의 상태 물리량을 전기 신호로 변환 출력하는 전자 장치인 일반 센서에 신호를 디지털 데이터로 변환하는 장치, 그리고 필요에 따라 처리, 가공하는 프로세서 및 다른 스마트 센서 혹은 외부 장치들과 데이터를 송수신 할 수 있는 통신 능력을 갖춘 고급의 센서이다<sup>[5-6]</sup>. 즉, 일반 저급 센서와 프로세서 그리고 통신 하드웨어 조합에 특수 목적의 소프트웨어가 결합된 센서로서 프로그램에 의해 제어될 수 있다는 것을 의미한다. 본 연구에서 정의하는 스마트 센서의 하드웨어 구조를 보여주고 있는 것이 그림 1이다. 그림 1에서 보아 알 수 있듯이 스마트 센서의 구조는 기능별로 크게 3부분으로 구성됨을 알 수 있다. DSAU(Digital Sensor/Actuator Unit) 과 IOU(I/O Unit) 그리고 PU(Processing Unit) 들이 그것들이다. DSAU는 일반형 저급 센서와 A/D 변환장치 그리고 액츄에이터들로 구성되며, 이들과 PU를 연결하는 입출력 인터페이스인 IOU 그리고 PU는 DSAU로부터 IOU를 통해 입력되는 디지털 데이터를 처리 가공 및 인지할 수 있다. 최근 사용이 확산되고 있는 저가의 고성능 컴퓨터는 스마트 센서의 설계와 그를 이용한 응용을 가속화 시키고 있다<sup>[3-4]</sup>.

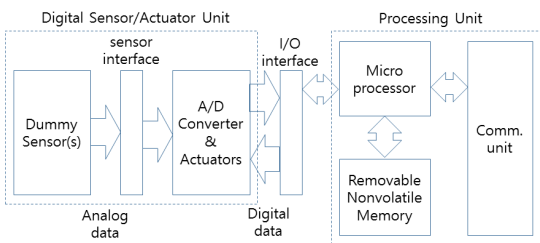


그림 1. 스마트 센서 하드웨어 구조  
 Fig. 1. A Hardware Architecture for Smart Sensor

프레임워크 시스템은 다양한 환경에 효율적으로 대처

할 수 있도록 설계되어야 하는데, 이를 위한 바람직한 구조가 컴포넌트 기반의 계층 구조라 할 수 있다<sup>[16]</sup>. 본 논문에서 제안되는 SmSF는 그림 1에서 보여준 스마트 센서 하드웨어 구조를 기반으로 하는 프레임워크이며 3개의 계층으로 이루어진 구조를 가지고 있다. 이들을 각각 베이스(Base) 계층, 감지(Detection) 계층, 그리고 서비스(Service) 계층이라고 하며 각각  $L_B$ ,  $L_D$  그리고  $L_S$ 라고 표현한다. SmSF의 특징은 요구되는 기능 및 용도에 따라 하위 계층의 컴포넌트를 사용하여 상위 계층의 컴포넌트를 구성하는 상황식 설계 과정을 단계별로 거치면서 최상위 계층에 도달하면 목적하는 사양의 서비스를 제공하는 스마트 센서를 얻을 수 있게 된다는 것이다. 그러므로 각 계층에 속하는 컴포넌트들은 목적으로 하는 스마트 센서와 액츄에이터에 대응하여 설계되어야 한다. 이 과정을 잘 보여주고 있는 것이 그림 2이다.

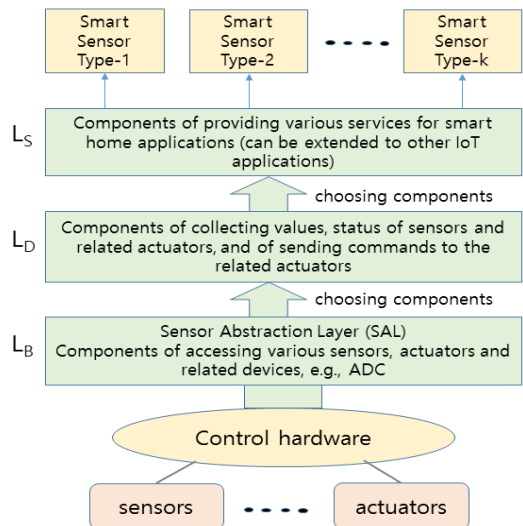


그림 2. 스마트 센서 프레임워크의 소프트웨어 구조  
 Fig. 2. The Software Architecture of SmSF

### 2. 센서의 추상화: 센서 추상화 계층(SAL)

최하위 계층인 베이스 계층  $L_B$  는 센서 추상화 계층 (Sensor Abstraction Layer, SAL)이라고 하는 캡슐 계층으로 그림 1의 DSAU를 제어 관리하는 컴포넌트들의 집합이다. 일반형 저급 센서, 각 기기를 구동시키는 액츄에이터, A/D 변환장치 등 목적과 연관된 베이스 하드웨어 장치들의 접근과 제어를 담당하는 하드웨어 의존적 컴포넌트들로 구성된다.

이 계층의 컴포넌트들은 다양한 종류의 센서 및 액츄에이터 그리고 관련 하드웨어 장치와의 직접적인 접근을 기반으로 하고 있으므로, 센서의 변경이나 확장 시, SAL 컴포넌트만 변경하거나 확장하면 되도록 하여 상위 계층의 변경을 최소화 하고 있는 것이 특징이다. 이것이 베이스 계층의 중요한 역할이다. 상위 계층인 감지 계층에서 직접 수행할 수 있으나, 감지 계층의 하드웨어 의존성을 줄여, 독립성을 높이기 위해 추상화 계층을 두고 있는 것이다. 베이스 컴포넌트는 독자적 동작을 하지 못하는 수동 컴포넌트들이며, 상위 계층인 감지 계층의 컴포넌트들의 입출력 동작을 지원한다.

베이스 계층인  $L_B$ 는 앞에서 언급하였듯이 외부 센서 혹은 액츄에이터 하드웨어 접근을 위한 컴포넌트들의 집합이다. 이를 사용하여 특정 센서 혹은 액츄에이터의 상태 데이터를 얻거나, 액츄에이터를 구동시키는 기능을 수행할 수 있으며 식 (1)과 같이 베이스 컴포넌트의 집합으로 표현될 수 있다.

$$L_B = \{B_i | i = 1, 2, \dots, n\} \quad (1)$$

여기서  $B_i$ 는 하나의 일반 센서 혹은 액츄에이터를 위한 접근 컴포넌트이다. 그러므로 스마트센서 동작의 진입점 혹은 진출점이라고 할 수 있다.  $L_B$ 에 속하는 컴포넌트들의 수  $n$ 은 사용 가능한 센서와 액츄에이터들의 수와 동일하고, 가변적이다. 스마트 홈 서비스의 경우, 예를 들면 온도센서(TempSensor)와 그에 대응할 수 있는 CoolerActuator, 습도센서(HumidSensor)와 그에 대응하는 HumidActuator, 모션센서(MotionSensor)와 BellActuator, 시간센서(TimeSensor), 등 다양하게 존재 할 수 있으며, 동일한 유형의 센서 혹은 액츄에이터라 하더라도 존재하는 위치가 다르면 다른 컴포넌트로 간주한다. 예를 들면 방에 설치된 모션 센서와 거실에 존재하는 모션 센서는 동일한 모션 센서들이지만, 서로 다른 상황을 의미하고 있으므로 다른 센서로 간주한다.

### 3. 감지 계층과 서비스 계층

감지 계층  $L_D$ 의 컴포넌트들은 베이스 계층의 컴포넌트를 이용하여 센서의 출력 값이나 액츄에이터의 상태 값을 얻거나 액츄에이터를 통해 특정 장치를 구동시킬 수 있다. 그러므로 이들을 기반으로 이루어지는 모든 컴

포넌트들은 감지 컴포넌트라고 할 수 있다. 베이스 컴포넌트들을 기반으로, 구성 가능한 감지 컴포넌트 각각은 목적하는 기능을 가지고 있으며 자체로 그 기능을 수행할 수 있는 컴포넌트라는 점에서 베이스 컴포넌트와는 차별되는 컴포넌트이다. 어떠한 베이스 컴포넌트들을 사용하여 어떠한 감지 컴포넌트를 구성하느냐 하는 것은 필요로 하는 스마트 센서의 목적에 따라 달라진다. 감지 계층인  $L_D$ 는 베이스 컴포넌트들을 이용하여 얻어지는 데이터를 바탕으로 특정 상황을 감지하고 정보를 수집하는 것을 담당하는 컴포넌트들의 집합으로, 식 (2)와 같이 중복집합의 형태로 표현될 수 있다.

$$L_D = \{D_i \subseteq L_B | i = 1, 2, \dots, m\} \quad (2)$$

여기서  $D_i$ 는 하나 이상의 베이스 컴포넌트들로 구성된 부분집합으로, 이론적으로  $m$ 은 식 (2-1)과 같은 크기를 가질 수 있다.

$$m = |L_D| = \sum_{j=1}^n {}_n C_j \quad (3)$$

즉, 하나의 베이스 컴포넌트로 구성되는 감지 컴포넌트, 2개의 베이스 컴포넌트들로 구성되는 컴포넌트, 이렇게  $L_D$ 의 감지 컴포넌트들은 베이스 계층의 컴포넌트들의 부분적인 조합을 통해 구성된다. 예를 들어, 온도감지(TempDetector, TD) 컴포넌트는 베이스 컴포넌트인 온도센서 컴포넌트를 사용하여 구성되며, 특정 기준 이상의 온도를 감지할 수 있으며, 온도시간감지(TempTimeDetector) 컴포넌트는 온도센서와 시간센서를 사용하여 구성되며, 특정 기준 이상의 온도와 발생 시간을 감지 할 수 있는 것이다. 또한 모션감지(MotionDetector) 컴포넌트는 베이스 컴포넌트인 모션센서 컴포넌트를 사용하여 특정위치에 움직임이 발생했다는 것을 감지할 수 있으며, 모션시간감지(MotionTimeDetector) 컴포넌트는 2개의 베이스 컴포넌트인 모션센서 컴포넌트와 시간센서 컴포넌트를 조합하여 구성되며, 특정 위치에 발생한 움직임에 대한 시간 정보까지 감지하는 컴포넌트이다. 온도센서와 습도센서를 조합하면 온습도감지 컴포넌트(TempHumidDetector)가 구성되며 특정 위치의 기준 값 이상의 온도와 습도를 다중 감지할 수 있는 컴포넌트인 것이다. 그리하여 단일 감

지는 물론 다중 감지 컴포넌트도 구성할 수 있는 것이다. 그러므로 이론적으로는 식 (3)과 같은 매우 많은 수의 감지 컴포넌트들이 존재할 수 있지만, 실 환경에서는 필요에 따라 달라질 것이다. 제안된 SmSF의 기능을 확장 또는 변경하기 위해 새로운 베이스 컴포넌트 혹은 감지 컴포넌트들을 추가 혹은 변경할 수 있으며, 이는 다양한 목적의 스마트 센서의 설계를 위해서 높은 융통성을 제공할 것이다.

감지 컴포넌트를 기반으로 구성되는 서비스 컴포넌트는 능동적, 자율적으로 독자적인 기능을 수행하는 컴포넌트라는 점과 구성하고 있는 감지 컴포넌트들 상호 간에 밀접한 연관을 가지고 동작한다는 점에서 감지 컴포넌트와는 또 다르게 차별되는 컴포넌트이다. 그림 2에서 보아 알 수 있듯이 감지 컴포넌트들이 다양해지면 그와 비례하여 다양한 서비스 컴포넌트들이 구성될 수 있으며, 서비스 컴포넌트가 다양하게 존재할수록 다양한 유형의 스마트 센서를 구성할 수 있는 것이다. 예를 들어 모션을 감지하는 모션감지 컴포넌트 자체는 특정 위치의 움직임에 대한 정보만을 감지하여 전달하지만, 보안서비스 컴포넌트 혹은 위험 서비스 컴포넌트 등 여러 유형의 스마트 센서를 구성하는데 사용될 수 있다. 그리하여 감지 컴포넌트들의 조합을 통해 매우 다양한 서비스 컴포넌트를 구성할 수 있으며, 스마트 홈을 위해 구성 가능한 모든 서비스에 사용될 수 있는 것이다. 요약하면, 서비스 컴포넌트는 그 자체로서 하나의 응용처럼 동작할 수 있다.

서비스 계층인  $L_S$ 는 하위 계층인  $L_D$ 의 감지 컴포넌트들을 기반으로 상황을 인지하여 의사결정을 담당하는 서비스 혹은 응용 컴포넌트들의 집합이며, 감지 컴포넌트와 유사하게 식 (4)과 같이 표현된다.

$$L_S = \{S_i \subseteq L_D | i = 1, 2, \dots, k\} \quad (4)$$

여기서  $S_i$ 는 하나 이상의  $L_D$ 의 컴포넌트들의 부분집합으로 구성되는 서비스 컴포넌트로, 생성 가능한 서비스 컴포넌트의 수  $k$ 는 이론적으로 식 (5)과 같이 표현될 것이다.

$$k = |L_S| = \sum_{j=1}^m {}_m C_j \quad (5)$$

즉, 하나의 감지 컴포넌트로 구성되는 서비스 컴포넌트, 2개의 감지 컴포넌트들로 구성되는 서비스 컴포넌트,

이렇게  $L_S$ 의 서비스 컴포넌트들은  $L_D$ 의 감지 컴포넌트들의 조합을 통해 구성된다는 것을 의미한다. 그러나 실제 응용에 있어서는, 필요성을 감안하여 설계한다면 많이 줄어들 것이다. 예를 들어, 보안을 위한 서비스 컴포넌트 SecurityService는 2개의 감지 컴포넌트인 모션시간감지 컴포넌트와 문열림 감지 컴포넌트를 사용하여 구성될 수 있으며, 특정 위치에서 움직임과 문열림이 감지된 시간을 바탕으로 경보기 상태를 파악하여 경보를 울리게 하는 서비스를 제공할 수 있는 것이다. 그러나 서비스 기준에 따라 다중 감지 컴포넌트인 문열림모션시간감지 컴포넌트 하나만을 사용하여 구성할 수도 있을 것이다. 위험 서비스 컴포넌트 DangerService는 가스감지 컴포넌트와 과열감지 컴포넌트를 사용하여 특정 밸브의 가스 누출과 기준 값 이상의 열 감지를 바탕으로 자동 화재신고와 경보기 작동을 지원할 수 있으며, 세부 서비스 기준에 맞춰 하나의 다중 감지 컴포넌트인 가스과열감지 컴포넌트를 사용하여 구성할 수도 있을 것이다. 그러므로 서비스 컴포넌트의 구성은 응용에 의존적이며, 몇 개의 감지 컴포넌트들을 어떻게 사용하느냐에 따라 자유도가 매우 높다고 할 수 있다. 그리고 서비스 계층의 컴포넌트는 베이스와 감지 계층의 컴포넌트와는 다르게 서비스 구동에 대한 판단을 위한 의사결정 과정 혹은 판단에 따른 액츄에이터 구동 과정을 필수적으로 포함하게 되므로 인터페이스를 기반으로 개발자가 구현할 수 있도록 하는 것이 합리적이라고 할 수 있다. 그러므로 인터페이스를 어떻게 구현하는가에 따라 스마트 센서 자체로서 하나의 서비스를 수행할 수도 있으며, 혹은 상위 계층으로 전가할 수도 있는 것이다.

### III. 센서허브와 홈 클라우드

서비스 컴포넌트는 그 자체로서 하나의 독자적인 응용처럼 작동할 수도 있지만, 스마트 센서 자신은 중개자 역할만을 하며, 자신의 상위 계층으로 그 역할을 전가할 수도 있다. 이러한 서비스 컴포넌트의 역할을 스마트 센서가 담당하느냐 상위 계층으로 전가하느냐 문제는 전적으로 스마트 홈 시스템의 설계에 의존한다. 본 논문에서는 하나의 스마트 홈 블록은 컨넥티드 홈 기반의 공간으로 외부와의 연결은 게이트웨이를 통해서만 이루어지도록 하고 있다. 그러므로 외부와의 연결을 필요로 하는 서

비스는 게이트웨이를 통하여 이루어진다. 서비스 계층  $L_S$ 의 상위 계층이며 서비스 컴포넌트를 기반으로 외부와의 연결 서비스를 담당하는 게이트웨이 기능을 수행하는 계층이 허브 계층이며  $L_H$ 라고 표시하며, 이를 담당하는 것을 센서허브(SensorHub)라고 하며 스마트 센서와는 독립적인 장치로 작동하며, 홈 내부의 모든 센서들은 이를 통해서 서로 소통하고 외부와 연결되며, 거주자 스마트폰과의 연결을 통해 거주자 특성에 맞는 값으로 홈 공간의 상태를 설정하는 것도 센서허브의 역할이다.

센서허브는 2가지 주요 컴포넌트들로 구성된다. 첫째가 홈 공간 내의 스마트 센서들 간의 소통 및 거주자와의 소통을 담당하는 컴포넌트(SensorManager)이며, 둘째는, 홈 공간 내의 스마트 센서들이 지속적으로 발생시키고 있는 데이터의 수집과 홈 클라우드와의 통신을 담당하는 컴포넌트(CommManager)가 있다. SensorManager 컴포넌트는 스마트 센서에 대해서는 서버로서 동작하며, 홈 클라우드에 대해서는 클라이언트로서 동작한다.

홈 클라우드는 스마트 센서로부터 발생하는 데이터를 저장 분석하는 클라우드이자 다중 홈 관리자 역할을 한다. 이러한 클라우드는 사물인터넷의 주요 장점인 지능 기반 서비스를 위해서 반드시 필요한 기능이다. 클라우드에 저장된 빅데이터는 다양하게 제공되고 있는 기계학습 혹은 인공지능 도구를 사용하여 미래 지향적인 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 클라우드 기능은 센서허브가 수행할 수도 있으나, 하나의 홈을 회원으로 하는 멀티 홈 서비스를 위해서는 외부에 설치하는 것이 서비스 측면에서 합리적이고 바람직할 것이다. 스마트 센서와 센서허브 그리고 클라우드와의 동작 관계를 보여주고 있는 것이 그림 3이다.

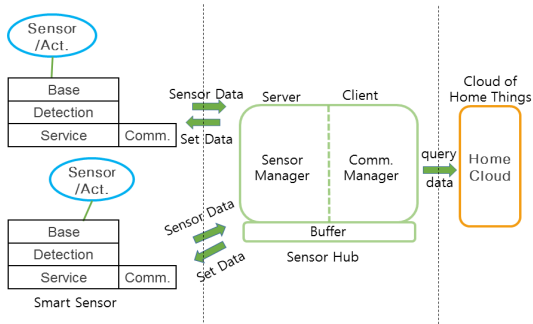


그림 3. 센서허브와 홈 클라우드의 동작 구조  
Fig. 3. Operational Blockdiagram for SensorHub and HomeCloud

## IV. SmSF 기반의 스마트 홈 시스템 설계

### 1. 스마트 홈 시스템 블록 구조

스마트 홈 서비스를 위한 홈 블록의 구조는 기능과 역할에 따라 크게 3개의 부분으로 나뉜다. 홈 거주자를 대표하는 스마트폰, 홈 내부의 현재 공간과 기기들을 대표하는 스마트 센서와 액추에이터, 홈 내부의 공간과 거주자 그리고 홈 클라우드인 홈 서버와 소통을 담당하는 게이트웨이이며 스마트 센서들의 허브 역할을 하는 스마트 홈 매니저가 그것들이다. 그리하여 홈 내부의 모든 데이터는 스마트 홈 매니저를 거치지 않고는 외부로 연결될 수 없다. 하나의 스마트 홈 블록 단위를 보여주고 있는 것이 그림 4이다.

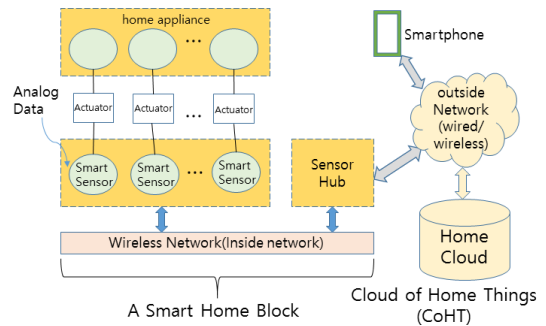


그림 4. 스마트 홈 단위블록의 구조  
Fig. 4. Architecture of a Smart Home Unit Block

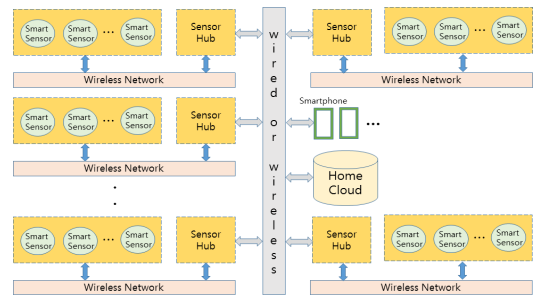


그림 5. 다중 홈 블록으로 구성된 스마트 홈 시스템 구조  
Fig. 5. Smart Home System Architecture with Multiple Home Blocks

홈 내부의 현재 공간에 대한 데이터는 스마트 센서에 의해 감지되어 일정 시간을 주기로 센서허브로 전송되며 외부의 클라우드인 홈클라우드로 전달된다. 이렇게 수집된 센서 값들은 빅 데이터를 형성하며 가상센서 기능을

담당할 수도 있다. 그림 4가 하나의 홈 블록을 보여주고 있는 반면 다수의 홈 블록들을 연결한 일반화된 스마트 홈 시스템 구조는 그림 5에 보여 준 바와 같다. 액츄에이터 관련 부분은 생략하였다.

스마트 센서, 센서허브, 스마트폰 그리고 외부 홈 클라우드 간의 통신은 메시지를 기반으로 하고 있으며, 센서 값 수집, 적정 값 설정 등의 작업을 위해 이루어진다. 스마트 센서와 센서허브 사이의 데이터 전송은 센서 값의 주기적 수집과 각 사물에 대한 적정 값 설정 그리고 다른 스마트 센서 값과 id 정보의 요청 및 전달을 위해 일어나고 있으며, 센서허브와 홈 클라우드 간의 데이터 전송은 빅 데이터 구축을 위한 데이터 축적과 센서 사물에 대한 설정 값의 요청 및 전달을 위해서 이루어지고 있다. 그리고 센서허브와 스마트폰 사이의 정보 전송은 각 사물의 현 상태 데이터의 전송과 사용자에게 의한 적정 값의 수동적 설정을 위해서 이루어지고 있다. 그러한 관계를 보여주는 것이 그림 6이다.

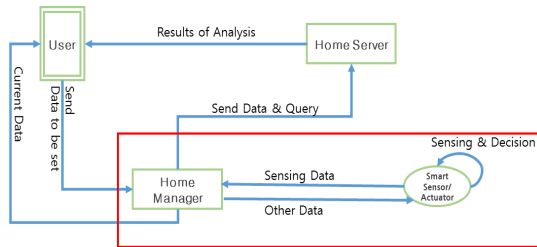


그림 6. 센서허브, 홈 클라우드 그리고 스마트폰 간의 동작 관계  
 Fig. 6. Communication among SensorHub, Home Cloud and Smartphone

## 2. 컴포넌트의 구성적 임베딩

계층 구조를 가진 스마트 센서 프레임워크 SmSF는 매우 융통성 있는 구조이다.  $L_B$  계층의 컴포넌트들을 적절하게 조합하여  $L_D$  계층의 컴포넌트를 구성하고, 다시 이들을 적절하게 조합하여  $L_S$  컴포넌트를 구성하면 하나의 서비스를 제공할 수 있는 스마트센서를 구현할 수 있는 구조로 상향식 설계 구조이다. 단일 센싱 혹은 다중 센싱 등 여러 형태의 다양한 스마트센서들을 구성할 수 있다. 표-1은 도어(DoorSensor), 열(HeatSensor), 조도(LuxSensor) 그리고 모션(MotionSensor) 등 4개의 베이스 컴포넌트를 사용하여 구성 가능한 모든 감지 컴포넌트들을 보여주고 있으며, 이를 감지 배치테이블(Detector Configuration Table, DCT)라고 한다. 이는

표 1. 감지 배치테이블을 사용하여, 4개의 베이스 컴포넌트들로부터 구성 가능한 감지 컴포넌트들을 보여주는 예  
 Table 1. A Detector Configuration Table: An Illustration of Detector components constructed with 4 Base components

Sensing Types	$L_D (D_i)$	Usage of $L_B$ (Base), $S_i$	Descriptions
Single Sensing	(t)DD	DoorSensor	DoorOpen Detector
	(t)HD	HeatSensor	OverHeat Detector
	(t)LD	LuxSensor	Lux Detector
	(t)MD	MotionSensor	MotionEvent Detector
Double Sensing	(t)DHD	DoorSensor, HeatSensor	DoorOpen-OverHeat
	(t)DLD	DoorSensor, LuxSensor	DoorOpen-Lux Detector
	(t)DMD	DoorSensor, MotionSensor	DoorOpen-Motion Detector
	(t)HLD	HeatSensor, LuxSensor	OverHeat_Lux Detector
	(t)HMD	HeatSensor, MotionSensor	OverHeat_Motion Detector
	(t)LMD	LuxSensor, MotionSensor	Lux_Motion Detector
Tripple Sensing	(t)DHLD	DoorSensor, HeatSensor, LuxSensor	DoorOpen_OverHeat_Lux Detector
	(t)DHMD	DoorSensor, HeatSensor, MotionSensor	DoorOpen_OverHeat_Motion Detector
	(t)HLMD	HeatSensor, LuxSensor, MotionSensor	OverHeat_Lux_Motion Detector
	(t)DLMD	DoorSensor, LuxSensor, MotionSensor	DoorOpen_Lux_Motion Detector
Quad Sensing	(t)DHLM	DoorSensor, HeatSensor, LuxSensor, MotionSensor	DoorOpen_OverHeat_Lux_Motion Detector

앞에서 기술된 식 (2)와 (2-1)로 부터  $L_B = \{\text{DoorSensor, HeatSensor, LuxSensor, MotionSensor}\}$ 이며, 그들로부터 조합 가능한 30개의 감지 컴포넌트들의 집합  $L_D = \{(t)DD, (t)HD, (t)LD, (t)MD, (t)DHD, (t)DLD, (t)HLD, (t)HMD, (t)LMD, \dots\}$ 임을 쉽게 이해할 수 있다. 시간(TimeSensor)은 특별 컴포넌트로, 다른 모든 감지 컴포넌트들과 연관될 수 있으며, 상위 계층의 컴포넌트를 위해서는 반드시 필요한 컴포넌트이다. 그리하여 필요에 따라 새로운 베이스 컴포넌트를 추가하면 그에 비례하여 새로운 감지 컴포넌트들을 만들어 구성할 수 있다.

서비스 계층의 컴포넌트는 각각 독립적인 서비스를 제공하고 있다. 예를 들어, 모션시간감지 컴포넌트(tMD)와 도어감지 컴포넌트(DD)를 바탕으로 일상의 움직임인지, 외부인의 침입인지를 판단하여 경보기를 구동시키거나 관제센터에 위급신호를 전달하는 서비스 컴포넌트, 그리고 시간조도감지 컴포넌트(tLD)를 바탕으로 집안의 전등을 켜거나, 끄는 서비스 컴포넌트, 온습도감지 컴포넌트(THD)를 바탕으로 에어컨 혹은 가습기 그리고 커튼 등을 작동시키는 서비스 컴포넌트 등 다양한 서비스 컴포넌트들이 존재하게 되며, 이는 응용에 따라 얼마든지  $L_D$  계층의 컴포넌트들의 조합을 기반으로 구성할 수 있는 것이다. 필요하다면 스마트 그리드와 연계하여 전력 사용량을 감시하면서 에너지의 절약을 위한 그린 에너지 컴포넌트도 구성할 수 있는 것이다.

단일 센서 기반의 서비스 컴포넌트는 각 계층에서 특정 물리량과 관련된 컴포넌트를 선택하여 구성될 수 있으며, 다중 센서 기반의 서비스 컴포넌트는 각 계층에서 해당 물리량과 연관된 컴포넌트들을 선택하여 구성할 수 있는 것이다. 예를 들어, 도어 열림만으로 보안 서비스를 담당하는 서비스 컴포넌트인 DoorSecurityService는 그림 7에 보여준 바와 같이 구성할 수 있다.

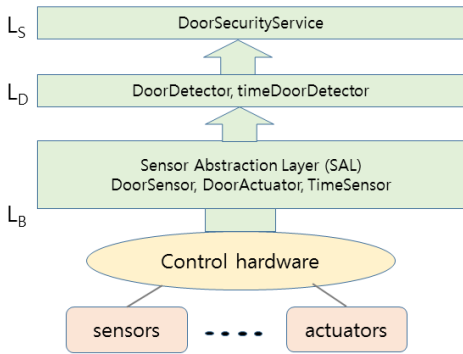


그림 7. DoorSecurityService 컴포넌트의 상황식 구성 예  
Fig. 7. A Bottom-up Construction of the service component, *DoorSecurityService*

표-2는 30개의 감지 컴포넌트를 기반으로 구성 가능한 서비스 컴포넌트 중 일부를 보여주어주고 있으며 이를 서비스 배치테이블(Service Configuration Table, SCT)라고 한다.

표 2. 서비스 배치테이블을 사용하여, 30개의 감지 컴포넌트로부터 5개의 서비스 컴포넌트를 구성하는 예  
Table. 2. Service Configuration Table: An Illustration of 5 Service components with 30 Detector components

$L_D (D_i)$	Service Components Construction Table				
	Door Security	Best Security	Fire Risk	Green	Monitor
(t)DD	●	●			●
(t)HD			●	●	
(t)LD				●	●
(t)MD		●			●
(t)DHD					
(t)DLD					●
(t)DMD		●			●
(t)HLD					
(t)HMD					
(t)LMD					●
(t)DHLD					
(t)DHMD					
(t)HLMD					
(t)DLMD					●
(t)DHLMMD					

표-2의 SCT에서 알 수 있듯이 서비스 컴포넌트 DoorSecurity는 감지 컴포넌트 (t)DD 쌍을 사용하여 구성할 수 있고, 현 상태에서 최상의 보안을 위한 서비스 컴포넌트 BestSecurity는 3쌍의 감지 컴포넌트 (t)DD, (t)MD 그리고 (t)DMD를 사용하여 구성할 수 있음을 보여주고 있다. 그리하여 필요에 따라 새로운 감지 컴포넌트를 추가하면 그에 비례하여 새로운 서비스 컴포넌트를 만들어 구성할 수 있다.

## V. 소규모 스마트 홈 시스템 구현

스마트 센서는 소형의 저가 단일보드 컴퓨터인 라즈베리 파이와 일반 센서를 연결하여 구현하였다. 그림 8(a)는 온도센서와 습도센서가 연결된 2개의 스마트 센서와 미니 선풍기와 미니 가습기를 구동하는 2개의 액추에이터 그리고 센서허브를 포함하는 하나의 스마트 홈과 조도센서만 연결된 스마트 센서와 전구를 구동하는 액추에이터 그리고 센서허브를 포함하는 스마트 홈, 이렇게 2개의 스마트 홈이 무선으로 연결된 시스템 프로토타입이

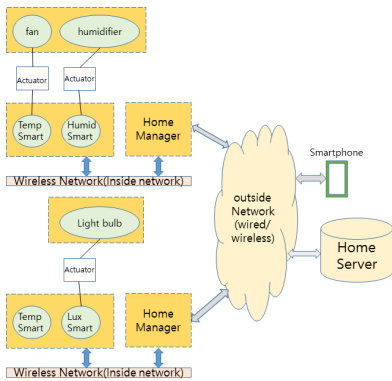


다. 그것을 보여주고 있는 것이 그림 8(b)의 구조도이다. 홈 매니저 또한 라즈베리 파이를 사용하여 구현하였으며, 외부 클라우드 역할의 홈 서버는 개인용 컴퓨터를 사용하였다. 그리고 프로토타입을 위해 구성된 각 계층의 컴포넌트들은 C++를 기반으로 구현되었다.

간 수집된 빅 데이터를 분석하게 되면 연 단위 혹은 월 단위로 주기를 가지고 반복되는 홈 내부의 상태를 적절히 유지할 수 있도록 자율 제어가 가능할 수 있으며, 또한 그것을 바탕으로 그린 에너지까지 효율적인 관리를 이룰 수 있음을 보여준다.



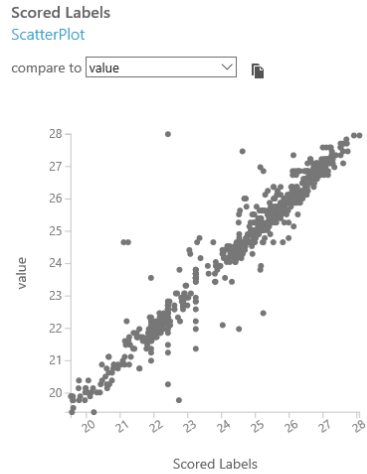
(a) 스마트홈 프로토타입 구현  
 (a) Prototype of Smart Home Service



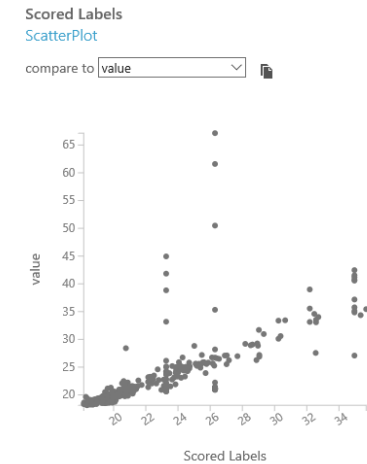
(b) 스마트 홈 서비스 블록도  
 (b) Blockdiagram for Smart Home Service

그림 8. 스마트 홈 프로토타입 구현 및 블록도  
 Fig. 8. Prototype of Smart Home Service and Its Blockdiagram

본 논문에서는 마이크로소프트사의 기계학습 플랫폼인 Azure ML 스튜디오를 사용하여 시간에 대한 홈 내부의 물리량 정보를 예측하는 실험을 진행하였으며<sup>[17]</sup>, 비록 1개월 정도의 데이터 양이지만 높은 신뢰도로 미래의 시간에 대한 센서 데이터를 예측할 수 있었다. 이를 보여주고 있는 것이 그림 9이다. 그림 9(a)는 온도에 대한 실제 측정 값과 예측 값의 상관 관계를 보여주고 있는 그래프이며 그림 9(b)는 습도에 대한 상관 관계 그래프로, 실제 값과 예측 값이 상당히 근접하고 있음을 보여주고 있다. 그러므로 이러한 기계 학습 시스템을 사용하여 장시



(a) 온도에 대한 그래프  
 (a) Graph for temperature



(b) 습도에 대한 그래프  
 (b) Graph for humidity

그림 9. 온도와 습도에 대한 예측값과 실측값의 상관관계  
 Fig. 9. Predicted values vs. Sensed values for temperature and humidity

## VI. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 3개의 계층 구조를 기반으로 다양한 유형의 스마트 센서를 효율적으로 구성할 수 있는 상향식 컴포넌트 기반의 프레임워크인 SmSF가 설계 구현되었다. 각 계층의 컴포넌트는 배치테이블(configuration table)을 사용하여 용이하게 구성할 수 있다. 그리고 하드웨어 추상화 계층인 베이스 계층을 두어 상위 계층의 하드웨어 의존성을 최소화 하였다. 또한 각 계층의 컴포넌트의 수가 증가하면 상위 계층의 컴포넌트는 더욱 증가하여 응용의 범위가 크게 넓어질 수 있다. SmSF의 사용에 있어, 스마트 팩토리, 스마트 시티와 같은 대규모 센서 군을 가진 다른 응용으로 확대 되거나, 스마트 홈 유닛의 수가 크게 늘어나게 되면 구성 가능한 컴포넌트의 수도 크게 늘어나면서 스마트 센서들의 효율적 관리가 필요하게 되며, 그와 함께 스마트 센서 간의 통신 또한 중요한 부분이 될 것이다. 이를 위해 P2P기반의 T2T(Thing-to-Thing) 네트워크에 관한 알고리즘 연구가 진행될 것이며, 게이트웨이 역할도 겸하는 센서허브와 빅 데이터 구축을 위한 클라우드 역할을 하는 홈 클라우드에 관한 연구가 심도 있게 이루어져야 할 것이다.

## References

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, "Wireless Sensor Networks: A Survey," *Computer Networks* Vol. 38, Issue 4, pp. 393-422.  
DOI:10.1016/S1389-1286(01)00302-42002
- [2] Y. Lee, "The Outlook of M2M Communication," *Communications of KIISE*, Vol. 28, No. 9, pp. 12-20, 2010.
- [3] Arduino, <https://www.arduino.cc/>
- [4] Raspberry Pi, <https://www.raspberrypi.org/>
- [5] C. Corsi, "Smart Sensors," *Infrared Physics & Technology* 49, pp. 192-197.  
DOI:10.1016/j.infrared.2006.06.002, 2006
- [6] G. W. Hunter, J. R. Stetter, P. J. Hesketh and C. Liu, "Smart Sensor Systems," *The Electrochemical Society Interface*, pp. 29-33, Winter 2010.
- [7] M. P. Poland, C. D. Nugent, H. Wang and L. Chen, "Smart Home Research: Projects and Issues," *International Journal of Ambient Computing and Intelligence*, Vol. 1, Issue 4, pp. 32-45.  
DOI: 10.4018/jaci.2009062203, 2009
- [8] C. Badica, M. Brezovan and A. Badica, "An Overview of Smart Home Environments: Architectures, Technologies and Applications," *Proc. of 6<sup>th</sup> Balkan Conference in Informatics, BCI'13*, pp. 78-85, 2013.
- [9] M. L. Lee and A. K. Dey, "Sensor-based Observation of Daily Living for Aging in Place," *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 19, No. 1, pp. 27-43.  
DOI: 10.1007/s00779-014-0810-3, 2015
- [10] J. S. Kim, "A Mobile-sink based Energy-efficient Clustering Scheme in Mobile Wireless Sensor Networks," *Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 18, No. 5, pp. 1-9, 2017.
- [11] S. Raghavan and G. S. Tewolde, "Cloud based Low-Cost Home Monitoring and Automation System," *Proc. of the 2015 ASEE North Central Section Conference*, pp. 1-10, 2015.
- [12] B. Ghazai and K. Al-Khatib, "Smart Home Automation System for Elderly, and Handicapped People using Xbee," *Int'l Journal of Smart Home*, Vol. 9, No. 4, pp. 2013-210.  
DOI: 10.14257/ijsh.2015.9.4.21, 2015
- [13] A. Satria, M. L. Priadi, L. A. Wulandhari and W. Budiharto, "The Framework of Home Automation System Based on Smartphone," *Int'l Journal of Smart Home*, Vol. 9, No. 1, pp. 53-60.  
DOI: 10.14257/ijsh.2015.9.1.06, 2015
- [14] J. Choi, J. Park, H. D. Park and O. Min, "DART: Fast and Efficient Distributed Stream Processing Framework for Internet of Things," *ETRI Journal*, Vol. 39, No. 2, pp. 202-212.  
DOI: 10.4218/etrij.17.2816.0109, 2017
- [15] S. -J. Oh, "Design of a Smart Application Using Ad-Hoc Sensor Networks based on Bluetooth,"

*Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol. 13, No. 6, pp.243-248, 2013.

- [16] W. H. Chung and N. H. Kang, "A Component-based Framework for Structural Embedding of Mobile Agent System," *Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol. 12, No. 6, pp.33-42, 2012.
- [17] Microsoft Azure Machine Learning Studio, <https://studio.azureml.net/>

#### 저자 소개

##### 정 원 호(정회원)



- 2010. 3 ~ 현재 : 덕성여자대학교 디지털미디어학과 교수
- 1992. 3 ~ 1992. 7 : IBM TJ Watson 연구소 방문연구원
- 1989. 3 ~ 2010. 2 : 덕성여자대학교 컴퓨터공학부 교수
- 1984. 3 ~ 1984. 8 : KAIST 위촉 연구원
- 1978. 11 ~ 1984. 2 : ㈜대한전선, ㈜대우전자

##### 김 유 빈(준회원)



- 2014. 3 ~ 현재 : 덕성여자대학교 디지털미디어학과 학생

※ 본 연구는 덕성여자대학교 2016년도 연구비 지원으로 이루어졌습니다.