

장거리무선통신 IoT 네트워크 효율성 분석

김기영*

Analysis for Efficiency of Long Range Wireless IoT Network

Ki-Young Kim*

요약 최근 IoT 기술을 적용하여 가정 내의 기기들의 제어와 온도, 습도 등의 정보를 수집하여 실내 환경을 자동으로 제어할 수 있는 시스템의 적용사례가 증가하고 있다. 현재 IoT 디바이스의 네트워크 구성은 IoT 디바이스들을 무선 게이트웨이를 통해 인터넷과 연결하는 방식을 주로 사용한다. 이와 같은 방식은 게이트웨이에 종속적이기 때문에 다양한 서비스를 제공하기에는 한계가 존재한다. 따라서 본 논문에서는 장거리 무선통신 기술을 적용하여 게이트웨이를 사용하지 않고 IoT 네트워크를 구성하여 게이트웨이에 독립적인 방법을 제시하였다. 제안한 장거리무선인터넷 기술을 적용한 IoT 디바이스들은 각각 원격 서버에 접속할 수 있고 기존 방식에서 지원하지 못하는 이동성을 지원하여 보다 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 제안한 네트워크 구성방식의 성능평가는 게이트웨이로 구성하는 기존 네트워크 방식과 제안하는 네트워크 구성방식에서 각각 발생하는 지연시간과 데이터의 량을 비교하였다. 분석결과를 통해 제안한 방식에서 게이트웨이에서 발생하는 지연시간과 데이터의 량이 감소하는 것을 확인하였다.

Abstract Recently, IoT technology has been applied to the control of appliances in the home, and information about temperature, humidity, etc. is collected and the application of the system to control the indoor environment automatically is increasing. Currently, the network configuration of IoT devices is mainly used to connect IoT devices to the Internet through wireless gateways. Since such a method is dependent on a gateway, there are limitations in providing various services. Therefore, this paper proposes an independent method of gateway by using IoT network without using gateway by applying long distance wireless communication technology. IoT devices using the proposed long distance wireless internet technology can connect to a remote server and provide mobility that can not be supported by existing methods, thereby providing more various services. The performance evaluation of the proposed network configuration method is compared with the delay time and the amount of data generated in the existing network method constituted by the gateway and the proposed network configuration method respectively. Experimental results show that the proposed method decreases the delay time and the amount of data generated by the gateway.

Key Words : IoT, Long Range Wireless, Home Network, Lora, LTE-M

1. 서론

1999년 IoT개념이 소개된 이후 지속적인 네트워크와 컴퓨팅 기술발전으로 인해 기존에 독립적으로 동작하던 디지털 디바이스들을 인터넷을 통해

상호 동작하는 것이 가능하게 되었다[1-2]. 인터넷을 통해 상호 연결된 디바이스들은 각각의 기능과 정보를 서로 교환하여 상호 활용할 수 있는 패러다임을 형성하였다. IoT는 이와 같은 기술을 의

The present research has been conducted by the Research Grant of Seoil University in 2016

*Corresponding Author : Department of Computer Software, Seoil University (ganet89@seoil.ac.kr)

Received December 20, 2016

Revised December 23, 2016

Accepted December 26, 2016

미한다[3-5]. 무선인터넷의 보급은 IoT 생태계를 가속화시켰으며, 디바이스를 소형화하여 설치와 관리를 효율적으로 할 수 있는 연구가 진행되어 왔다. 그 결과 온도, 습도 등의 정보를 수집하는 센서 네트워크에서 디바이스에서 연산 및 정보처리를 가능하게 하는 현재의 IoT 수준에 이르게 되었다. IoT 디바이스 통신에 블루투스, Zwave 등이 적용되었지만 홈네트워크에 적합한 전파도달 거리를 갖지만 단거리 무선통신의 한계를 갖는다[6]. 따라서 IoT 디바이스가 인터넷 망에 보다 효율적으로 접속하기 위한 방법에 대한 기술 연구가 진행되어 있으며 현재 LoRA, LTE-M 등의 통신기술이 대안으로 떠오르고 있다.

본 논문에서는 저전력을 사용하는 장거리무선통신 IoT 디바이스 네트워크 구성 방안을 제시하고 기존 방식보다 향상된 점을 비교 분석하고 신규 서비스 모델을 제시한다. 2장에서 관련연구에 대해 기술하고 3장에서 제안하는 장거리 무선통신 IoT 네트워크 모델을 제시하고 4장에서 성능을 분석하고 결론을 맺는다.

2. 관련연구[7]

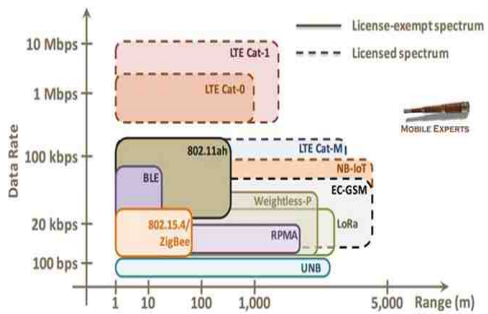
IoT 디바이스의 소형화와 고사양화로 현실화 되고 있다. 무선통신기술이 보편적으로 사용되고 있으며 4차 기술혁명의 주요 기술로 보는 IoT 기술을 통해 다양한 서비스가 가능할 것으로 예측하고 있다. 현재 802.15를 사용하여 단거리 통신을 적용한 IoT 네트워크와 802.11를 사용하는 중거리 통신 IoT 네트워크로 구성한다. 하지만 다수의 IoT 디바이스를 구성하는 경우에는 인터넷에 연결하기 위해 게이트웨이 등의 장비를 통해야만 한다. 또한 IoT 디바이스가 이동 중에는 통신을 지속적으로 할 수 없다는 단점이 존재한다. IoT 디바이스를 직접 인터넷에 연결될 수 있도록 하고 이동 중에 통신을 지속적으로 할 수 있는 이동성 지원을 위해서는 기존에 적용한 무선통신기술로써는 해결하기 어렵다. 이와 같은 필요성에 따라 이동통신망을 활용하는 장거리 무선통신 기술이 출현하

게 되었다. 무선통신 기술은 전파의 도달거리에 따라 분류 할 수 있다. 단거리 무선통신 기술은 [그림 1]과 같다.

| 구분 | Wi-Fi | Bluetooth | Z wave |
|---------|---|----------------------------------|-----------------|
| 신호도달 거리 | <ul style="list-style-type: none"> 802.11b/g : ~ 100m 802.11n : 200m | ~ 10m | ~ 100m |
| 주파수대역 | 2.4Ghz, 5Ghz | 2.4Ghz | 900Mhz |
| 표준화 단계 | Wi-Fi Alliance | Bluetooth special interest Group | Z-wave Alliance |
| 속도 | <ul style="list-style-type: none"> 802.11n : 600Mbps 802.11ac : 1Gbps | | 100Kbps |

[그림 1] 단거리 무선통신 기술
Fig. 1. Short Range Wireless Technology

단거리 무선기술은 Wi-Fi, BLE, Zwave가 대표적이다. 전파도달거리는 100m 이내로 홈네트워크를 구성할 때 사용되지만 넓은 범위에 설치되거나 이동성을 갖는 IoT환경 구축에는 제약이 있다. [그림 2]는 장거리 무선통신은 Lte네트워크를 IoT 디바이스에 할당하는 방식인 LTE-M이 있으며, 전송속도에 따라 NB LTE-M, LTE-M으로 구분된다. 구축되어 있는 LTE망을 사용할 수 있어 추가적인 무선통신 망을 구축하는 비용이 발생하지 않는 장점이 있다.



[그림 2] IoT 무선통신기술의 도달거리 및 데이터 속도 비교[8]
Fig. 2. Comparison of IoT Wireless Coverage[8]

[그림 2]에서 점선으로 표기된 기술은 IoT 전용통신 기술로 전파사용에 따른 정부의 허가를 필요

로 하는 LTE-M기술과 정부의 전파사용 허가 없이 사용 가능한 기술로 분류할 수 있으며 정부 비허가 중거리 무선통신 기술은 SIGFOX, LoRa대표적이다.

무선기술의 전파도달거리와 데이터전송 속도를 나타낸다. Zigbee는 20kbps 전송속도로 1-100m 이내의 전파도달 거리를 갖는다. 본 논문에서 고려하는 무선기술은 최대 5km까지의 전파 도달거리를 갖는 LoRa를 적용하는 것을 고려한다.

| | Local Area Network Short Range Communication | Low Power Wide Area (LPWAN) Internet of Things | Cellular Network Traditional M2M |
|---|---|--|--|
| | 40% | 45% | 15% |
| Well established standards In building | Well established standards In building | Low power consumption Low cost Positioning | Existing coverage High data rate |
| Battery Live Provisioning Network cost & dependencies | Battery Live Provisioning Network cost & dependencies | High data rate Emerging standards | Autonomy Total cost of ownership |
| Bluetooth 4.0 | LoRa | 3G 4G | |

[그림 3] 무선통신 기술 비교 [8]
Fig. 3. Comparison of Wireless Technology[8]

기존 무선네트워크 기술과 저전력을 사용하는 장거리 무선통신의 장단점은 [그림 3]과 같다.

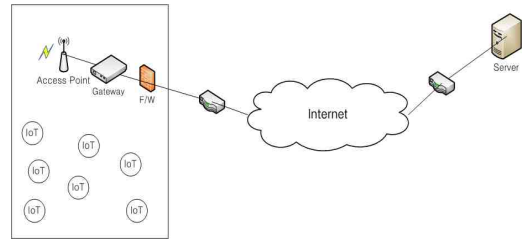
| | SIGFOX | LoRa | clean slate cloT | NB LTE-M Rel. 13 | LTE-M Rel. 12/13 | EC-GSM Rel. 13 | 5G (targets) |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|---|--|--|--------------------------------|
| Range (outdoor) MCL | <13km 160 dB | <11km 157 dB | <15km 164 dB | <15km 164 dB | <11km 156 dB | <15km 164 dB | <15km 164 dB |
| Spectrum Bandwidth | Unlicensed 900MHz 100Hz | Unlicensed 900MHz <500kHz | Licensed 7-900MHz 200kHz or dedicated | Licensed 7-900MHz 200kHz or shared | Licensed 7-900MHz 1.4 MHz or shared | Licensed 8-900MHz 2.4 MHz or shared | Licensed 7-900MHz shared |
| Data rate | <100bps | <10 kbps | <50kbps | <150kbps | <1 Mbps | 10kbps | <1 Mbps |
| Battery life | >10 years | >10 years | >10 years | >10 years | >10 years | >10 years | >10 years |
| Availability | Today | Today | 2016 | 2016 | 2016 | 2016 | beyond 2020 |

[그림 4] 중장거리 무선통신 기술[9]
Fig. 4. Long Range Wireless Technology[9]

3. 제안내용

본 논문에서는 장거리 IoT통신 기술을 기존 IoT 환경에 적용하여 확장성과 효율성을 높일 수 있는 장거리 무선통신을 적용한 IoT 네트워크 구성을 제안한다. 기존의 IoT 환경의 대표적인 예는 홈네트워크로 구성하는 것으로 가정과 같은 맥내의

IoT 디바이스를 게이트웨이를 통해 제어하고 외부 네트워크와 연결되는 구조이다. 홈네트워크에 IoT 디바이스들을 연결하여 정보를 수집하고 IoT 디바이스를 제어하는 방법으로 초기의 일반적인 IoT 네트워크 구성방법이다. 게이트웨이를 통해 인터넷과 연결되는 네트워크로 [그림 5]와 같다.

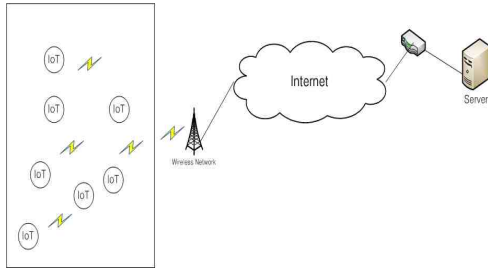


[그림 5] 홈게이트웨이를 통한 IoT환경 구성
Fig. 5. Environment of IoT using Home Gateway

[그림 5]와 같이 IoT 디바이스의 통신은 WiFi, 블루투스의 단거리 통신기술을 사용하고 게이트웨이를 통해 외부 인터넷망과 연결되는 구조이다. 게이트웨이는 IoT 디바이스로부터 수신한 데이터를 인터넷을 통해 원격지의 서버로 전송하는 기능과 서버에서 송신한 제어정보를 게이트웨이 내부 망에 존재하는 IoT 디바이스로 전송하는 역할을 수행한다. 최근에는 게이트웨이에 연산, 저장 기능을 확장하여 IoT 디바이스에서 수신된 정보를 가공하고 서버에 전송할 수 있다. 또한 에디슨보드를 이용하면 어플리케이션을 실행할 수 있다. 게이트웨이에서 어플리케이션을 실행하게 되면 다양한 서비스를 구현할 수 있고 원격지 서버에서의 데이터 처리량을 감소시켜 확장성이 좋아진다.

단점으로는 게이트웨이의 오버헤드가 높아지고 게이트웨이의 고장이나 외부의 공격에 의해 정상적인 기능을 할 수 없는 경우에는 게이트웨이가 담당하는 IoT 디바이스는 원격지의 서버와 통신 단절이 발생한다. IoT 디바이스는 메모리용량이 많지 않기 때문에 통신 단절 시간이 길어지면 그 기간 동안에 수집된 데이터는 손실되게 된다.

장거리 IoT통신 기술을 적용한 IoT 네트워크 구조는 [그림6]과 같다.



[그림 6] 장거리 무선통신 IoT네트워크 환경
Fig. 6. Environment of Long Range Wireless IoT Network

IoT 디바이스는 게이트웨이를 경유하여 네트워크에 접속하지 않고 기지국을 통해 무선으로 인터넷 망에 직접 연결된다. 각각의 원격 서버는 IoT 디바이스와 통신 연결이 설정된다. 이와 같은 구조는 게이트웨이에 의존하는 기존 방식과 다음과 같은 차별성을 갖는다.

- 게이트웨이의 고장에 따른 통신단절 확률 감소
- 게이트웨이의 외부 공격이 있어도 각각의 IoT 디바이스는 통신 유지
- IoT 디바이스를 직접 공격의 어려움
- IoT 디바이스의 이동성을 지원

IoT 디바이스는 게이트웨이를 통해 원격 서버와 통신을 하는 구조로 IoT 디바이스에 발생하는 데이터는 게이트웨이를 통해 전달되고 원격 서버가 전송하는 제어 데이터도 게이트웨이를 통해 전달되는 구조이다. 따라서 게이트웨이의 통신장애나 고장은 네트워크 내의 모든 IoT 디바이스의 통신장애로 이어진다. 게이트웨이를 사용하지 않고 IoT 디바이스가 직접 인터넷에 접속할 수 있도록 하면 게이트웨이의 장애로 인한 IoT 네트워크 내의 IoT 디바이스의 통신 장애 확률을 낮출 수 있다.

보안침해를 방지하기 위해 허가되지 않은 외부의 접속 차단을 위한 보안모듈은 게이트웨이에 탑재된다. 지속적인 보안위협 기술의 진화로 인해 게이트웨이에 탑재된 보안모듈의 기능이 다양해져야 하고 이는 보안모듈의 계산 복잡도를 높게 한다. 보안모듈의 계산복잡도가 높아지게 되면 게이트웨이의 오버헤드가 높아지는 한편 게이트웨이의 오

류도 발생할 확률이 높아진다. 장거리 무선통신 기술을 IoT 디바이스에 적용하면 보안 모듈에 따른 오버헤드를 감소시킬 수 있다. 장거리무선통신 기술은 IoT 디바이스와 원격 서버 간에 SSL을 기본적으로 지원하고 있어 보안성을 지원한다. IoT 디바이스가 직접 인터넷에 연결되는 방식으로 인해 발생하는 인가되지 않은 단말로 부터의 해킹공격을 차단할 수 있어야 한다. 해킹공격은 인터넷에서 일반적으로 발생하는 보안침해사례이다. 장거리 무선통신 기술은 IoT 디바이스를 이동통신(4G, LTE)망에 직접 연결되기 때문에 인가되지 않은 다른 단말에서 불법적인 접속이 매우 어렵다. 스파이웨어, 워 등 바이러스에 의한 공격은 IoT의 특성상 발생하기 어렵다. IoT 디바이스는 컴퓨터와 스마트폰과 같이 웹에 접속하여 정보를 수신하는 용도가 아니기 때문에 스파이웨어 등에 감염되는 구조는 아니다.

IoT 디바이스와 연결되는 원격 서버의 연결수가 증가하여 확장성이 낮아 질 수 있다.

게이트웨이의 지연시간을 $Time_{gw}$, IoT 디바이스의 지연시간을 $time_{IoT}$, 네트워크 지연시간을 $time_{nt}$ 라고 할 때 게이트웨이를 사용하는 기존 IoT 네트워크 환경에서의 전체 지연시간은 다음 수식 1과 2와 같다.

$$Time_{total} = time_{gw} + time_{IoT} + time_{nt} \quad (1)$$

$$avg_{time} = time_{nt} + time_{IoT} + time_{gw} * P + time_{gw} * (1 - P) \quad (2)$$

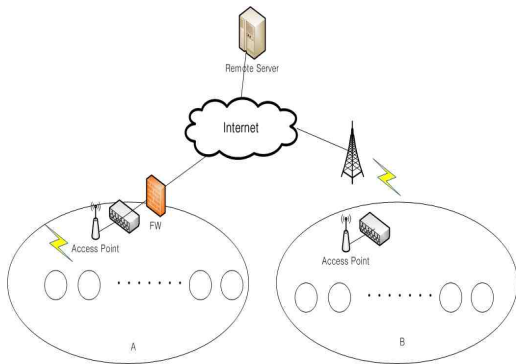
수식 2에서 P 는 게이트웨이의 장애 발생확률을 나타낸다. 장거리 무선통신 기술을 적용한 IoT 네트워크 환경에서의 전체 지연시간은 수식 3과 4와 같이 표현할 수 있다.

$$Time_{total} = time_{IoT} + time_{nt} \quad (3)$$

$$avg_{time} = time_{nt} + time_{IoT} \quad (4)$$

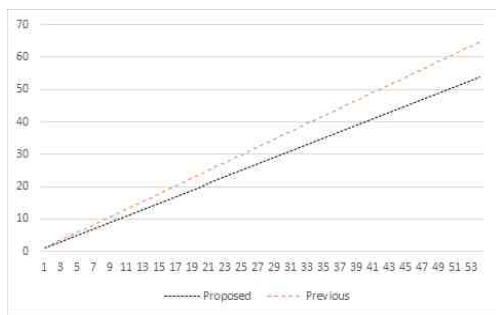
4. 실험결과

장거리 무선통신 기술을 적용한 IoT 네트워크와 기존의 게이트웨이 방식을 비교하기 위해 30개의 IoT 디바이스로 구성된 네트워크 환경을 가정하였다. [그림 7]의 왼쪽의 A지역과 B지역으로 구분하고 각각의 지역에는 동일한 숫자의 IoT 디바이스로 네트워크를 구성하고 있다. A지역은 기존의 게이트웨이를 통해 원격 서버에 접속하는 환경이고 B지역은 장거리무선통신 기술을 적용한 IoT 네트워크 환경이다.



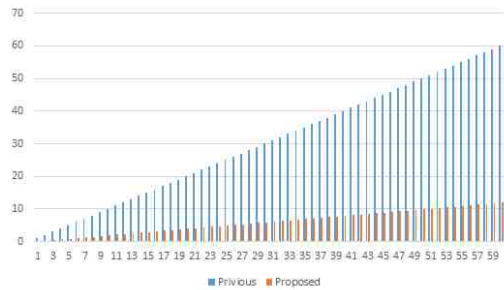
[그림 7] 실험 환경
Fig. 7. Simulation Environment

IoT 디바이스가 동일한 데이터를 전송하고 통신 횟수를 증가시키면서 통신지연시간, 누적되는 데이터의 양을 비교 하였다. [그림 8]은 IoT 디바이스와 원격 서버간의 지연시간을 나타낸다. X축은 통신 횟수를 Y축은 누적된 지연시간을 표시한다.



[그림 8] 통신지연시간 비교
Fig. 8. Comparison of Communication Delay

제안한 방법이 기존 환경보다 낮은 지연시간을 보인다. 이는 게이트웨이의 지연에 따른 오버헤드가 감소하였기 때문이다. 제안하는 네트워크 구성은 이동통신망의 기지국을 통해 인터넷에 연결되기 때문에 게이트웨이의 지연시간에 따른 통신 속도 저하가 발생하기 않기 때문이다. 성능평가를 위해 0.1ms의 게이트웨이의 지연시간을 가정하였다. 게이트웨이의 지연시간은 게이트웨이의 성능에 따라 변경될 수 있으나 비교를 단순화하기 위해 0.1ms의 지연가중시간 만을 적용하였다. 게이트웨이의 고장확률이 0일때 0.1ms의 지연감소가 되었고 횟수에 따라 누적 그래프로 표현하였다. [그림 9]는 기존 방법과 제안한 방법의 데이터의 누적량을 보인다. 통신횟수를 증가하며 송수신한 데이터의 양을 누적하였다. 게이트웨이를 사용하는 기존 방법에서 발생하는 데이터의 크기가 제안한 방법보다 큰 것을 알 수 있다.



[그림 9] 통신지연시간 비교
Fig. 9. Comparison of Cumulative Data

게이트웨이와 IoT 디바이스간의 제어를 위한 제어 데이터 등으로 제안하는 방법보다 발생하는 데이터량이 큰 것으로 나타났다. X축은 통신횟수를 Y축은 데이터의 누적 량을 나타낸다. 제안한 IoT 네트워크 구성은 기존 방법보다 데이터의 량이 감소하는 것을 알 수 있다. 감소한 데이터량은 게이트웨이에서 발생하는 데이터량에 해당한다. [그림 10]은 제안한 방법과 기존의 방법에서 발생하는 데이터의 크기를 보인다. 게이트웨이를 사용하는 기존 방법과 본 논문에서 제시하는 LTE 무선기술

을 사용하는 방법이 동일한 데이터를 발생시키는 것을 알 수 있다. 이는 LTE 무선기술을 사용하는 경우에 부가적인 데이터 발생을 하지 않기 때문이다. IoT 디바이스에 장거리 무선통신 주파수를 송수신 하는 모듈을 추가하는 구조이기 때문이다. IoT 디바이스에서 별도로 구현하거나 제어를 위한 데이터가 발생하지 않는다.



[그림 10] 원격 서버의 수신 데이터 크기
Fig. 10. Received Data Size at Remote Server

모의실험을 통해 IoT 디바이스가 게이트웨이를 통해 수신하는 데이터의 량과 장거리 무선통신을 통해 접속한 데이터의 량이 동일한 것을 확인하였다. 30개의 IoT 디바이스를 가정하였으며 1회에 1Kbyte를 전송하는 것을 가정하였다. 통신횟수에 따라 30Kbyte를 데이터 전송 량을 유지하며 원격 서버가 처리해야 할 데이터의 량은 변화가 없음을 알 수 있다. 따라서 기존 IoT 디바이스 네트워크 환경을 장거리 무선통신 기술을 적용한 네트워크로 변경하여도 원격 서버의 오버헤드가 발생하지 않는다.

5. 결론

본 논문에서는 IoT 디바이스를 게이트웨이를 통하지 않고 인터넷과 접속할 수 있는 IoT 장거리 무선통신을 방안을 제시하였다. 가정에서 사용하는

IoT 디바이스는 게이트웨이를 경유하여 네트워크에 접속하도록 구성하는 것이 일반적인 구성이었다. 장거리 IoT 무선기술을 적용하면 게이트웨이에 의존적인 IoT 네트워크 환경을 IoT 디바이스별로 제어가 가능하고 게이트웨이에 집중되는 트래픽을 감소시키는 것을 확인하였다. 감소된 지연시간은 가정된 게이트웨이에서 발생하는 지연시간과 데이터량에 해당한다. 이와 같은 네트워크 구성은 게이트웨이에 중속되는 기존 방식보다 보안과 네트워크의 신뢰성이 높아진다. 향후에는 장거리 무선통신 기술을 적용한 IoT 네트워크를 그룹통신 등의 기술을 적용하여 원격 서버와 송수신하는 데이터와 제어데이터의 전송횟수를 감소시킬 수 있는 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] ITU Internet Reports, The Internet of Things, 2005.
- [2] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The internet of things: a survey," Computer Networks, vol. 54, no. 15, pp. 2787-2805, 2010
- [3] J. Buckley (Ed.), The Internet of Things: From RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems, Auerbach Publications, New York, 2006.
- [4] K.Ashton, That "Internet of Things"thing, RFID Journal. 2009
- [5] L. Tan and N. Wang, "Future internet: the internet of things,"in Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE '10), vol. 5, pp. V5376-V5380, chn, August 2010.
- [6]ZigBee Alliance, <http://www.zigbee.org/>, accessed on October 2010.
- [7] K.Y. Kim, H.G, Lee, "Long Range Wireless for IoT Environment,"

Proceedings of The Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, vol. 9, no. 2, pp. 77-79, 10. 2016

[8] LoRA Alliance White Paper, Mobile Experts, 2015.

[9] IntelLIGH LoRA Case Study, February, 2016.

저자약력

김기영(Kiyoung Kim)

[중심회원]



- 1996년 2월 : 상지대학교 전자계산학과(이학사)
- 1995년 12월~1997년 2월 : 삼보정보통신 기술연구소 연구원
- 2003년 3월 ~ 2006년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과(공학석사)
- 2003년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학과(공학박사)
- 2004년 3월~현재 : 서울대학교 컴퓨터소프트웨어과 부교수

<관심분야>

모바일 컴퓨팅, 사물인터넷, ITS, 네트워크보안