

# 라즈베리파이를 이용한 이동형 와이파이 확장기 구현

정복래

성결대학교 정보통신공학과 교수

## Implementation of portable WiFi extender using Raspberry Pi

Bokrae Jung

Professor, Dept. of Information Communication Engineering

**요약** 학교와 회사 건물의 복도 천장에는 보통 공용으로 사용할 수 있는 와이파이 액세스 포인트(WiFi Access Point)가 설치되어 있다. 철문과 같이 신호 감쇠가 큰 재료로 구성된 출입문을 통해 와이파이 신호가 들어오는 건물 구조일 경우 문을 닫으면 인터넷 연결이 자주 끊기거나 실패하게 된다. 본 연구는 이를 해결하기 위해 라즈베리파이(Raspberry Pi)와 보조 배터리를 이용하여 경제적이고 이동 가능한 와이파이 확장기를 구현한다. 시중에 판매되는 와이파이 확장기는 전원 플러그가 위치한 곳에만 설치해야 하는 장소의 제약이 있고 스마트폰 핫스팟 기능에 기반한 와이파이 확장은 일부 고급형 기종에서만 가능하다는 단점이 있다. 그러나 제안 시스템은 출입문 안에서 와이파이 수신 신호가 가장 좋은 위치에서 설치 가능하므로 원신호의 손상 가능성을 최소화하면서 와이파이 범위를 확장할 수 있다. 그 결과 출입문이 닫힌 환경에서 사무실내 전파 음영을 해소하고, 웹브라우징과 720p 해상도의 동영상 스트리밍 시청이 가능함을 실험을 통해 확인한다.

**키워드** : 라즈베리파이, 와이파이 확장기, 액세스 포인트, 이동형, 전파 음영

**Abstract** In schools and corporate buildings, public WiFi Access Points are installed on the ceilings of hallways. In the case of an architectural structure in which a WiFi signal enters through a steel door made of a material with high signal attenuation, Internet connection is frequently cut off or fails when the door is closed. To solve this problem, our research implements an economical and portable WiFi extender using a Raspberry Pi and an auxiliary battery. Commercially available WiFi extenders have limitations in the location where the power plug is located, and WiFi extension using the WiFi hotspot function of an Android smartphone is possible only in some high-end models. However, because the proposed device can be installed at the position where the Wi-Fi reception signal is the best inside the door, the WiFi range can be extended while minimizing the possibility of damage to the original signal. Experimental results show that it is possible to eliminate the shadows of radio waves and to provide Internet services in the office when the door is closed, to the extent that web browsing and real-time video streaming for 720p are possible.

**Key Words** : Raspberry Pi, WiFi Extender, Access Point, Portable, Radio Shadow

### 1. 서론

라즈베리파이는 영국 라즈베리파이 재단에서 학교와 개발도상국에 컴퓨터 교육을 목적으로 만든 싱글보드

(single-board) 컴퓨터이다[1]. 신용카드 크기 정도로 작고 35달러의 저렴한 비용(Pi3 Model B 기준)이지만 TV와 키보드만 있으면 프로그래밍, 문서작업, 웹브라

\*Corresponding Author : Bokrae Jung(brjung@sungkyul.ac.kr)

Received December 29, 2021

Accepted January 20, 2022

Revised January 17, 2022

Published January 28, 2022

우징, 음악 시청까지 데스크톱 컴퓨터에서 해왔던 대부분 작업을 수행할 수 있다. 라즈베리파이는 저렴한 비용으로 구상한 아이디어를 쉽고 빠르게 시제품화 할 수 있다는 장점이 있어 DIY(Do it yourself) 메이커들에게 아두이노(Arduino)와 함께 양대 산맥을 이루는 대표적인 오픈소스하드웨어 자리 잡았다.

라즈베리파이는 사물인터넷(Internet of Things) 제품을 구현하기 위한 플랫폼으로 다양한 분야에서 활용되고 있다. 예를 들어, 김규호씨[2]는 아파트 중앙난방 시스템에서 난방비 절감을 위해 온수 배수관에 온도 센서를 부착하여 라즈베리파이에서 설정 온도 이상의 온수가 그대로 배출되지 않도록 밸브를 제어하는 시스템을 만들어 난방비를 획기적으로 줄였다. 농업 분야에서는 농작물이 자라는 비닐하우스에 온도와 습도 상태를 자동으로 모니터링하고 시기적절하게 물을 주거나 환풍기를 돌려 최적의 생육환경을 유지하는 스마트팜도 구현할 수 있다[3]. 비슷한 원리로, 집안에서 기르는 애완동물이나 화초를 원격으로 모니터링하고 적절한 조치를 자동 또는 수동으로 취할 수 있는 시스템도 만들 수 있다[4,5]. 이외에도 개인용 게임기, 드론, 3D프린터, 스마트거울, 스마트도어락, 무선 액세스포인트(AP:Access Point) 등 이루 손꼽기 힘들 정도로 다양한 제품으로 응용 가능하다[6,7].

본 연구 또한 다음과 같이 생활 속에 불편한 문제를 인식하고 라즈베리파이를 이용하여 이를 해결할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다. Fig. 1과 같이 중앙에 복도가 있고 복도 좌우 또는 한편으로 다수의 사무실 공간이 있는 건물 구조를 생각해 보자. 여기에 공용으로 사용할 수 있는 와이파이 AP가 복도 천장에 일정한 길이로 설치되어 있으며 사무실 내부에는 별도의 AP가 없다. 이는 본 저자가 생활하고 있는 사무실의 실제 건물 구조이기도 하지만 일반 회사에서도 유사한 건물 구조 내에서 복도에 설치된 공용 AP만 허락된 경우를 흔히 접할 수 있다. 공용 와이파이 신호가 오직 출입구를 통해 들어오는 제안 건물 구조에서는 항상 문을 열고 있어야 신호 감쇠 없이 사무용으로 쓰기에 불편함이 없는 인터넷 품질을 체험할 수 있다. 그러나 제시된 공간에서 출입문이 철재로 구성된 경우, 업무 도구가 있는 책상에서는 Fig. 2와 같이 와이파이 신호 강도가 -90dBm 이하로 떨어져 인터넷 접속에 실패하게 된다. 설상가상으로 한여름 또는 한겨울철에는 냉난방의 이유로 문을 장시간 열어 놓기도 어렵다.

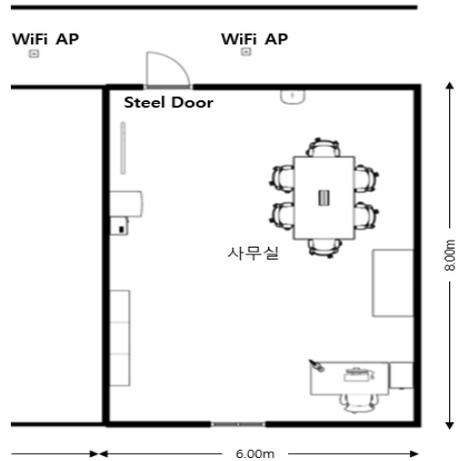


Fig. 1. Floor plan of presented building structure

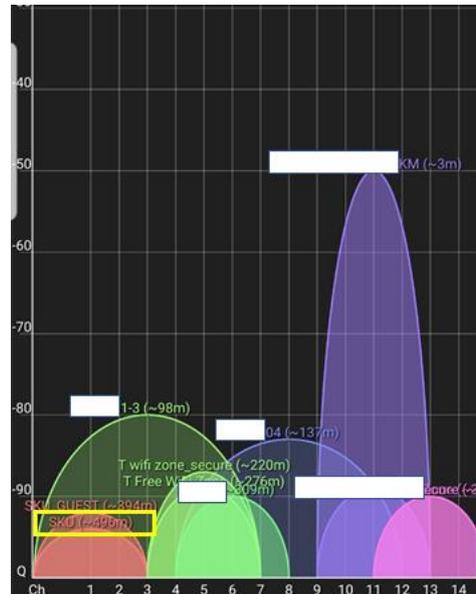


Fig. 2. WiFi signal strength when door is closed

이를 해결하기 위해 본 연구는 라즈베리파이와 보조 배터리를 이용하여 이동 가능한 와이파이 확장기를 구현한다. 시중에 판매되는 와이파이 확장기는 전원 플러그가 위치한 곳에만 설치해야 하는 장소의 제약이 있고 스마트폰 핫스팟 기능에 기반한 와이파이 확장은 일부 고급형 기종에서만 가능하다는 단점이 있다. [8]에서 유사한 와이파이 확장기 구현하였으나 고정 설치 형태여서 최적의 신호를 잡기 어렵다.

제안 시스템은 출입문 안쪽 와이파이 수신 신호가

가장 좋은 위치에서 자유롭게 설치할 수 있으므로 최적의 신호를 잡아 와이파이 범위를 확장할 수 있다. 그 결과 출입문이 닫힌 환경에서 사무실내 전파 음영을 해소하고, 웹브라우징과 720p 해상도의 동영상 스트리밍 시청이 가능함을 실험을 통해 확인했다.

## 2. 와이파이 신호 감쇠

와이파이는 2.5GHz와 5GHz와 같은 초고주파 밴드를 사용하고 직진성이 강하기 때문에 투과하는 재료의 종류에 따라 신호 감쇠의 정도가 다르다. Table 1은 물질 종류에 따라 와이파이 신호 감쇠를 정리한 것이다 [9]. 표를 보면 단단하고 밀도가 높은 고체로 구성된 콘크리트와 철문이 감쇠 정도가 가장 높고 사람과 빛의 투과율이 높은 유리는 감쇠가 가장 낮은 편에 속한다.

Table 1. Attenuation figure for common object

Material	2.4GHz	5GHz
Wooden Door	4dBm	7dBm
Concrete Wall	20dBm	30dBm
Plain Glass Window	3dBm	8dBm
Steel Door	20dBm	30dBm
Human body	3dBm	5dBm

한편 주파수가 2배 이상 높은 5GHz의 경우, 같은 물질을 투과하는 2.4GHz 보다 작게는 2dBm에서 크게는 10dBm 정도의 감쇠를 보인다. 자료에 의하면, 본 연구에서 제시한 사무실은 신호 감쇠가 큰 철문이 설치되어 있으므로 문을 닫은 상태에서 와이파이 신호가 -20dBm 이상 줄어든다는 사실을 유추할 수 있다.

통상 사람들이 체감적으로 인내할만한 인터넷 속도를 보장하기 위해서는 Table 2에서 보여주는 것과 같이 와이파이 신호강도가 -30dBm에서 -60dBm 사이 범위에 들어야 한다[10].

Table 2. Connection availability for WiFi signal strength

Signal Strength (dBm)	Connection availability
-30	Best (near WiFi router)
-50	Excellent
-70	Not a strong signal
-80	Unreliable
-90	Connection impossible

표를 보면 측정자가 와이파이 AP(또는 라우터) 옆에서 있을 때 -30dBm에 해당하는 가장 큰 신호를 받을 수 있다. 그리고 신호강도가 -80dBm과 -90dBm 사이에 있으면 연결이 불안정하여 수시로 끊길 가능성이 있다. 신호가 매우 약해 -90dBm 이하로 떨어지면 AP와의 연결이 아예 불가능하다(스마트폰의 경우, 화면 상단 안테나 아이콘이 사라짐). 본 연구의 건물 구조에서 철문을 닫았을 때, 책상이 있는 지점에서 와이파이 신호 강도는 -90dBm 이하이므로 결국 인터넷 연결에 실패하게 된다.

## 3. 제안 시스템 구현

철문이 닫힌 상태에서도 중간에 나와 있는 조그만 창을 통하여 약 -67dBm의 신호가 수신됨을 확인했다. 본 연구는 이 신호를 재생, 증폭하여 사무실 책상에서 인터넷 연결이 가능하도록 와이파이 확장기를 만들고자 한다. 구현 방법은 라즈베리파이 프로젝트 커뮤니티에서 Gus가 공개한 매뉴얼 절차를 따른다[11]. 매뉴얼에 대비하여 제안 시스템에 맞게 다소 변경되거나 추가된 항목은 아래와 같다. 여기서 주의해야 할 점은 라즈비안 운영체제 설치 후 WLAN 국가 설정을 한국이 아니라 US 또는 UK로 변경해야 주변 와이파이 목록이 정상적으로 나타난다.

### 3.1 하드웨어

- 라즈베리파이 3/4 모델 B  
(Raspberry Pi3/Pi4 model B)

제안 시스템을 구현하는데 핵심이 되는 하드웨어 플랫폼이다. 라즈베리파이3 모델 B와 이보다 성능이 업그레이드된 라즈베리파이4 모델 B(4GB DRAM)를 사용한다. 와이파이 확장 기능을 수행할 수 있도록 모두 동일한 소프트웨어와 환경 설정을 적용했다. 두 모델에 대한 자세한 하드웨어 규격은 [12]에서 확인이 가능하다.

- 와이파이 동글(WiFi dongle)

제안 시스템을 구현하기 위해서는 두 개의 WLAN 어댑터가 필요한데 라즈베리파이 자체에 하나가 내장되어 있으므로 와이파이 동글 하나만 추가로 준비하면 된다. 동작의 편이를 위해 매뉴얼상의 WLAN0, WLAN1의 기능을 서로 바꿔 설정했다. WLAN1(동글)

어댑터는 복도 와이파이를 잡아 인터넷과 연결하고 수신한 패킷을 AP역할을 하는 WLAN0(내장) 어댑터로 포워딩한다. 제작에 사용한 동글은 IEEE 802.11b/g/n 프로토콜과 2.4GHz 단일 밴드를 지원한다[13].

• 보조 배터리

와이파이 확장기에 이동성을 부여하기 위해 보조 배터리를 부착했다. 사용된 보조 배터리는 10,000mAh 용량에 5V/2A 출력을 지원한다.

• MicroSD card

리눅스 기반 운영체제인 라즈비안과 제안 시스템에 필요한 각종 패키지를 설치하는 외부 저장공간으로 16GB 용량을 사용했다.

3.2 소프트웨어

• 라즈비안 버스터(Raspbian Buster)

라즈베라파이 재단에서 제공하는 데비안 계열의 경량화된 리눅스 운영체제 버전이다.

• hostapd

리눅스에서 WLAN 어댑터를 AP와 인증서버 기능을 수행하도록 만드는 데몬 소프트웨어이다.

• dnsmasq

DNS(Domain Name System) 캐싱 및 동적으로 IP를 할당하게 해주는 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) 서버의 기능을 제공한다.

라즈베리파이 3 모델 B에 매뉴얼에서 제공한 절차를 모두 완료하면 라즈비안 우측상단의 와이파이 안테나 아이콘에 Fig. 3과 같이 'Pi3\_Ext'이라는 AP가 생성된다. 일단 복도 와이파이 신호가 들어오도록 출입문을 열고 스마트폰으로 상기 AP에 접속하여 간단히 웹브라우저를 시도한다. 그 후 해당 페이지가 정상적으로 출력되면 시스템이 정상적으로 동작하는 것을 확인할 수 있다.

소프트웨어 설치 및 동작이 완료한 후 보조 배터리와 결합한 시스템의 외형은 Fig. 4의 왼쪽 그림과 같다. 보조 배터리 위에 케이스를 입힌 라즈베리파이3 모델

B가 겹쳐있는 형태이다. 보조 배터리는 마이크로 5핀 USB 케이블을 통하여 라즈베리파이에 전원을 공급한다. 케이스 상단에는 AP기능을 하는 와이파이 동글이 USB단자에 꽂혀 있다.

Fig. 4의 오른쪽 그림은 완성된 와이파이 확장기를 들고 철문으로 가서 신호강도가 가장 좋은 창문 옆에 설치한 모습이다. -67dBm 크기의 와이파이 신호가 쪽창을 통해 와이파이 확장기로 수신되고 제안 시스템을 거쳐 이 신호가 재생되므로 사무실 안에서도 인터넷을 사용할 수 있다.

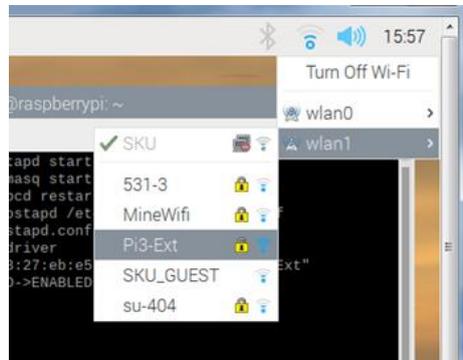


Fig. 3. Creation of WiFi extension AP



Fig. 4. Implemented WiFi extender and installation

4. 실험 결과

본 연구에서는 제안 시스템의 성능을 와이파이 신호 강도와 인터넷 속도를 측정하여 라즈베리3 모델 B(Ext3로 명명), 라즈베리파이4 모델B(Ext4로 명명) 두 하드웨어 플랫폼에서 보여주고자 한다. 두 모델에 설치된 운영체제는 라즈비안 버스터이고 확장 기능 구동을 위한 hostapd, dnsmasq 패키지도 동일 버전으로

로 설치되었다. 성능 측정은 삼성 스마트폰 갤럭시S8 위에 관련 앱을 설치하여 수행하였다. 와이파이 신호측정은 WiFi Analyer 앱을 사용하여 수행하였고[14], 인터넷 속도 측정은 국내 인터넷 환경에 최적화된 BENCHBEE 앱을 사용하였다[15]. 속도 측정값은 오후 시간대에 10번 측정한 값의 평균으로 나타냈다.

Fig. 5는 출입문에서 0.5m, 5m, 8m 떨어진 거리에서 와이파이 신호 강도를 측정한 결과를 보여준다. Ext3, Ext4, 출입문을 열었을 경우 3가지에 대하여 측정하였다. 예측한 대로 출입문을 열었을 때 측정 거리와 관계없이 신호강도가 Ext3, Ext4 보다 항상 높았다. Ext3와 Ext4를 비교해 보면, 측정 거리가 0.5m일 때 Ext3와 Ext4가 각각 -36dBm, -27dBm으로 나타나 Ext4의 수신 강도가 더 높게 나타났다. 그러나 거리가 5m와 8m로 각각 증가함에 따라 수신 신호 강도의 차이가 작아지다가 결국 없어졌다.

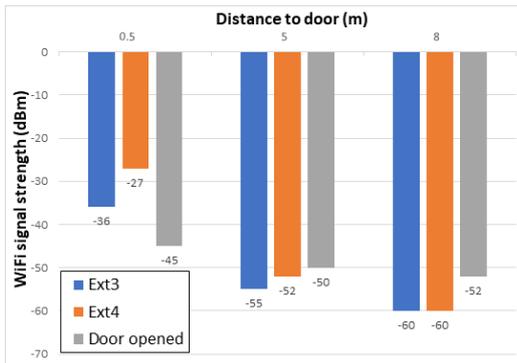


Fig. 5. WiFi signal strength to distance

Fig. 6은 상기 3가지 경우에 대해 인터넷 업/다운로드 속도(각각 \_up, \_down으로 표시)를 보여준다. 우선 다운로드 속도에서 출입문을 열었을 경우가 측정 거리와 관계없이 최소 15.5Mbps, 최대 20.3Mbps로 속도가 가장 빨랐다. Ext3와 Ext4를 비교해 보면, 측정 거리가 0.5m일 때 약 8Mbps로 속도가 비슷하다가 5m일 때 각각 7.11Mbps, 8.63Mbps로 Ext4가 1.5Mbps 더 빨랐다. 거리가 8m일 때도 Ext4가 비슷한 차이를 보였다. 한편 업로드 속도는 최대 3Mbps 오차 범위에서 두 시스템은 비슷한 수치를 나타냈다. 책상이 있는 지점에서 약 7-8Mbps의 인터넷 속도를 얻을 수 있었는데, 이는 스마트폰으로 웹브라우저 작업을 하거나 Fig. 7과 같이 720p 해상도의 유튜브 동영상을 시청하는데 불편함

이 없는 수준이었다.

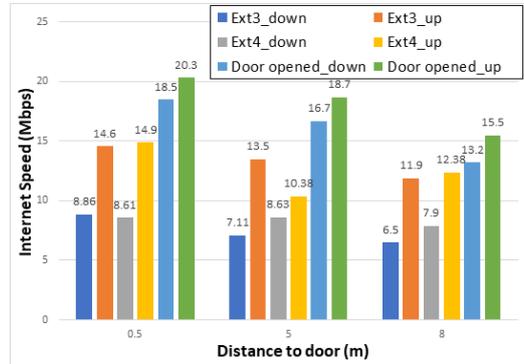


Fig. 6. Internet speed to distance

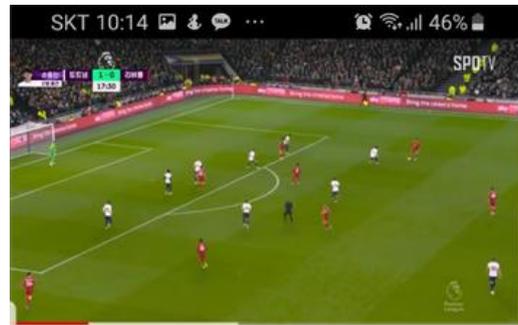


Fig. 7. YouTube watching available in 720p

## 5. 결론

본 논문은 라즈베리파이와 보조 배터리를 이용하여 경제적이고 이동 가능한 와이파이 확장기를 구현한다. 제안 시스템을 신호 감쇠가 큰 사무실 철문 안쪽에 설치하면 외부 공용 와이파이 신호를 확장하여 사무실 내에서도 웹브라우저와 동영상 스트리밍 시청이 가능함을 실험을 통해 확인했다.

## REFERENCES

- [1] Raspberry Pi Foundation. (Online). <https://www.raspberrypi.org/>
- [2] BLOTTER IT news Retrieved from : <http://www.bloter.net/archives/220360>
- [3] J. K. Park & H. Park. (2020). Implementation of a Smart Farming Monitoring System Using Raspberry Pi. *Journal of Next-generation Convergence Technology Association*, 4(4).

- 354-360. DOI : 10.33097/JNCTA.2020.04.04.354
- [4] J. J. Lee & D. H. Kim. (2021). Implementation of a Smart IoT System with Automatic Pet Feeder. *Journal of Digital Contents Society*, 22(2), 209-214. DOI : 10.9728/dcs.2021.22.2.209
- [5] S. J. Na & J. H. Song. (2021). Development of Remote Plant Monitoring System based on Raspberry Pi. *Journal of Digital Contents Society*, 22(4), 737-742. DOI : 10.9728/dcs.2021.22.4.737
- [6] Z. M. Lin & C. W. Kim. (2021). Development of Smart Mirror System based on the Raspberry Pi. *Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 16(2), 379-384. DOI : 10.13067/JKIECS.2021.16.2.379
- [7] J. W. Kim. (2015). A Smart Home Prototype Implementation Using Raspberry Pi. *Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, 10(10), 1139-1144. DOI : 10.13067/JKIECS.2015.10.10.1139
- [8] N. S. Ismail, NE. A. Rashid, N. A. Zakaria, Z. I. Khan & A. R. Mahmud. (2020). Low Cost Extended Wireless Network Using Raspberry Pi 3B+. *2020 IEEE Symposium on Industrial Electronics & Applications (ISIEA)*. (pp. 1-4). DOI: 10.1109/ISIEA49364.2020.9188215
- [9] Why WiFi is Complicated: WiFi Signal Issues. (2016). Retrieved from:  
<https://www.accoladewireless.com/wlan-wifi-signal-issues/>
- [10] How is WiFi Signal Strength Measured?. (2020). Retrieved from:  
<https://www.signalboosters.com/blog/top-12-materials-that-block-wifi-signals/>
- [11] Gus. Simple Raspberry Pi WiFi Extender. (2017). Retrieved from :  
<https://pimylifeup.com/raspberry-pi-wifi-extender/>
- [12] Specification Comparison of Raspberry Pi Models. (2021). Retrieved from :  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)
- [13] Wi-Fi Generations. (2018). Retrieved from :  
[https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)
- [14] WiFi Analyzer app - WiFi signal strength measurement tool. (Online).  
<https://play.google.com/store/apps>
- [15] BENCHBEE app-Internet speed measurement tool. (Online). <https://www.benchbee.co.kr>

## 정복래(Bokrae Jung)

[정회원]



- 2010년 8월 : 한국과학기술원 정보통신공학과 (박사)
- 2011년 5월 : 한국전력기술 원자로 설계개발단 선임기술원
- 2012년 3월~현재 : 성결대학교 정보통신공학과 부교수

- 관심분야 : 광고입자망, 유·무선 통합망, 사물인터넷
- E-Mail : brjung@sungkyul.ac.kr