

사물통신에 사용되는 디바이스 에너지의 효율화 분석 고찰

황성규*

Comparison of Efficiency Analysis of Device Energy Used in Object Communication

Seong-Kyu Hwang*

Department of Information Communication., Chosun College of Science & Technology., Gwang-Ju 61453, Korea

요 약

IoT(Internet of Things)가 산업 전반의 서비스로 발전하고 있고 IoE(Internet of Everything) 통신개념으로 확대되면서 IoT 디바이스를 이용한 서비스들을 일상생활에서 쉽게 접하고 이용하고 있다. IoT를 활용하여 정보를 수집하기 위해서는 더 많은 디바이스가 필요하고 2020년까지 약 500억 개의 디바이스 수가 증가할 것으로 예측하고 있으며 현재 디바이스 수의 약 배의 수이다. 점차적으로 모바일 디바이스와 스마트 디바이스와 사물인터넷 디바이스의 수가 증가하고 있으며 이처럼 많은 사물인터넷 디바이스를 운영하기 위해 에너지자원이 필요하게 되며 각각의 디바이스에 소비되는 전력이 적기 때문에 에너지를 대수롭지 않게 생각할 수 있는데 통신시스템에서 가장 중요한 자원은 전력과 대역폭이다. 최적의 통신시스템설계에서 가장 중요한 것은 송신기의 전력과 채널의 대역폭을 가장 잘 활용할 수 있는 기법의 시스템이라 볼 수 있다. 본 논문에서는 증가될 디바이스수를 생각하고 전송 정보와 상관없이 신호를 발생시켜 신호전송에 필요한 에너지 이외의 전력이 소비되는데 전송 정보가 발생하고 정보를 수신할 수신기에 근접할 경우 정보전송을 하여 에너지를 가장 효율적으로 사용하는 방안을 실험을 통해 분석 설계한다.

ABSTRACT

As the Internet of Things (IOT) is evolving into an industry-wide service and expanded to the concept of Internet of Everything (IoE), services using IoT devices are easily accessible in everyday life. IoT requires more devices to collect information and is expected to increase the number of devices by 50 billion by 2020, and is about the number of devices currently available. Gradually, the number of mobile devices, smart devices, and Internet devices is increasing, and energy resources are required to operate such a large number of Internet devices, and the energy consumed by each device is small. In this paper, we consider the number of devices to be increased and generate a signal irrespective of transmission information so that power other than the energy required for signal transmission is consumed. When transmission information is generated and near to a receiver to receive information, The method to be used as an analysis is designed through experiments.

키워드 : 사물인터넷, 디바이스, 신호 에너지 효율화, 블루투스

Key word : IoE, Devices, signal energy efficiency, Bluetooth etc

Received 06 April 2017, Revised 12 April 2017, Accepted 08 May 2017

* Corresponding Author Seong-Kyu Hwang (E-mail: okhsk@cst.ac.kr, Tel:+82-62-230-8840)

Department of Information Communication., Chosun College of Science & Technology., Gwangju 61453 Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.6.1106>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

4차 산업혁명의 궁극적인 목적은 사물을 포함한 모든 정보를 상황과 환경에 맞게 필터링 하여 인간이 영위하고자 하는 목적을 달성하는데 바탕이 되어있다. 그러기 위해서는 인간과 정보와 기기가 하나의 융합이라는 기술이 도입되어야 한다. 2016년 1월 다보스 포럼(WEF; World Economic Forum)에서 4차 산업혁명을 ‘디지털 혁명을 바탕으로 물리적 디지털적 생물학적 공간의 경계를 구분 없이 기술융합의 시대’라고 언급하고 있다[1]. 기술 융합과 더불어 통신기기와 인간이 감지함을 알지 못하고 자연스럽게 연결되는 초 연결(Hyper-Connection) 개념이 도입된다.

이처럼 기술융합의 4차 산업혁명의 시점에서는 지능화된 사물들과 지금보다 더 많은 통신을 해야 하고 정보 수집과 분석을 통해 서비스를 제공 받아야 한다. 지능화된 사물과 통신하기 위해 무선통신을 이용한 전송이 이루어진다. 정보 수집과 전송이 무선통신의 자원인 전파 에너지를 사용하기 때문에 고려되어야 할 것이 디바이스에서의 에너지 효율화를 더욱 고려해야 한다. 예로 이동통신에서 기지국간 핸드오버(Hand-over)와 전력제어(Power Control)기술이 품질과 모바일 디바이스의 제한된 에너지 자원을 절약하기 위한 기술인 것과 같다[2].

최적의 통신시스템 설계에서 가장 중요한 것은 송신기의 전력인 에너지와 채널의 대역폭을 가장 효율적으로 활용할 수 있는 것이 관건이다. 그러므로 4차 산업혁명에 따른 지능화된 사물과 사람 사이에 정보를 형성하고 융합하기 위한 네트워크가 만들어지고 수집정보를 전송과 처리하기 위한 전파라는 에너지 자원을 활용하게 되는데 본 논문에서는 이런 사물통신 디바이스의 에너지 자원을 절약하기 위한 효율화와 지능화 관점에서 실험을 통해 고찰해본다.

II. 사물인터넷

ICT산업 영역서비스가 인간과 인간 위주에서 사물까지 포함한 광범위한 통신 영역으로 발전하고 있으며 포괄적인 IoE(Internet of Everything)만물인터넷의 단어가 사물과 공간과 사람을 포함한 통신개념으로 확대

하고 있음을 알 수 있다[3].

IoT 서비스들은 일상생활에서 쉽게 접할 수 있다. 고속도로에서 톨게이트 통과 시 RFID 방식의 결제와 편의점에서 바코드 상품관리, 공장 등 산업현장에서도 보편화 되어 있다.

2.1. 선행 연구의 IETF 저전력 6LoWPAN 기술

사물통신에 사용되는 디바이스 에너지 효율화에 대한 선행 연구는 IETF에서 6LoWPAN(IPv6 over Low power WPAN)기술로 사물이나 센서 네트워크에서 장애로 인한 네트워크 혼잡을 피하기 위하고 통신 장애를 지역적으로 한정시키므로 전체 네트워크에는 영향을 끼치지 않고 안정적으로 운용하기 위해 TCP/IP를 이용하는 기술이 6LoWPAN 기술이다. 이 기술은 TCP/IP 프로토콜의 장점인 망 안정성과 저전력 무선 통신기술을 동반한 기술이다. 그리고 6LoWPAN은 슬립모드나 전력절감모드로 전환되어 통신 할 경우 오동작의 가능성과 무선 연결의 불확실성 등 통신의 신뢰성에서 단점을 내포하고 있다. 이러한 단점을 보완하려고 단편화(Fragmentation)과 재조립(Reassembly)의 계층이 IP계층 아래 존재한다. 이로 인한 사물통신에서 장점으로 부각되고 있지만 작은 바이트의 데이터도 과도한 단편화와 재조립을 해야 한다. 또한 LoWPAN 기술은 큰 주소 공간과 자동 IP 설정의 장점을 탑재하고 있어 IPv6가 적합하고 IPv4는 고려되지 않아서 본 논문 고찰에서는 제외를 하였다.

2.2. 사물인터넷 디바이스 수 증가

사물인터넷과 가상화 기술을 통한 대상의 주체와 상관없이 연결성이 확대되고 있으며 2020년에는 인터넷 기반 사용자가 약 35억 명에 이를 것이고 그림 1에서 500억 개의 사물인터넷 디바이스증가로 인해 네트워크 통신이 초연결 상황에 이를 것으로 예측되고 있다[4].

2017년 약 280억 개에서 2020년까지 약 500억 개의 디바이스 증가는 현재 디바이스 수의 약 배의 수만큼 증가함을 예측 할 수 있고 2016년 삼성증권에서는 시장 규모도 2020년에 약 16조억 원 규모의 성장을 예측하고 있다. 이와 같은 성장 예측은 4차 산업혁명의 융합이라는 키워드와 일치되는 부분이다[1,2,5].

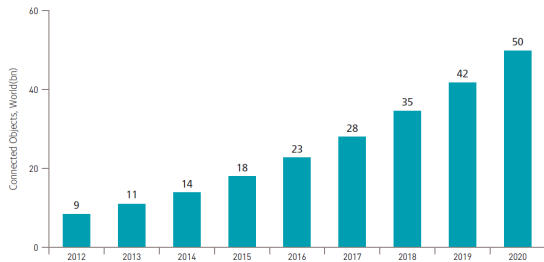


Fig. 1 Increased number of things connected with IoT source : The Internet of Everything in Motion(Cisco)

2.3. 사물인터넷 포함한 모바일 트래픽 증가

사물인터넷 사용이 활발해 짐으로 연결 디바이스 수가 많아지고 모바일 트래픽이 증가할 것임을 미국 시스코사에서 ‘VNI 전 세계 모바일 데이터 트래픽 트렌드 전망 보고서’에서 향후 5년간 8배 증가 할 것으로 전망하고 있다. 이로 인해 모바일 디바이스와 스마트 디바이스 나아가서 사물인터넷 디바이스의 수가 증가 할 것이다.

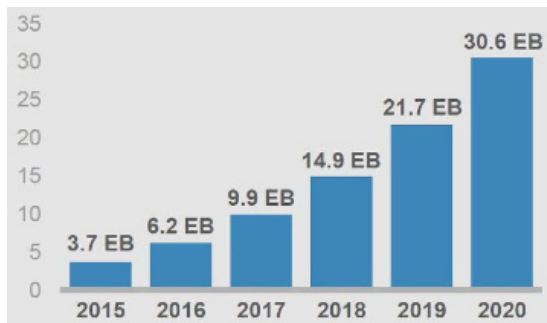


Fig. 2 Increasing global mobile data traffic source: Cisco VNI Global Mobile Data Traffic Forecast

그림 2에서 2017년 9.9 EB(Exabytes)에서 2020년까지 30.6EB 까지 약 3배의 전 세계 모바일 데이터 트래픽이 증가 할 것으로 전망하고 있다[6,7].

이처럼 많은 사물인터넷 디바이스를 사용하기 위한 전력 또한 클 것으로 예상된다. 본 논문에서는 2020년까지의 디바이스 수와 트래픽 사용량에 따른 에너지 효율화에 대한 실험을 통해 지능적인 신호전송으로 효율적인 에너지 사용을 제시하고 고찰 한다.

III. 실험 및 성능 분석

3.1. 토폴로지 구성

사물인터넷의 디바이스는 크게 IEEE 계열의 IEEE 802.15.4와 IEEE 802.15.1의 Zigbee와 Bluetooth 두 가지로 분류하며 Bluetooth는 여러 환경에 적용되면서 버전을 달리해 왔고 저 전력과 고속통신을 요구하는 곳에 사용되고 있으며 4.0 버전까지 진행되었으며 버전4.0이상을 비콘(Beacon)이라 칭하며 전력관점에서 Bluetooth는 Low Energy라는 핵심기술 용어를 사용하여 Bluetooth LE(Low Energy)라고도 한다.

실험에 사용할 토폴로지 구성은 첫 번째로 비콘 단말기가 비콘 송신기로부터 반경 50~70미터 안에 있는 사용자 위치를 찾아 할인쿠폰이나 행사관련 이벤트 메시지 알림을 전송하는 브로드캐스트 방식의 평범한 토폴로지 구성과, 두 번째로 모바일 폰과는 별도의 단독 비콘의 송수신기를 제작 구성하는 멀티캐스트 방식이 있는데 본 논문 실험은 멀티캐스트 방식의 토폴로지를 사용하여 비콘의 에너지 효율화에 대해 비교 분석을 통해 사물통신에 사용되는 디바이스의 에너지 효율화 방안을 제시하여 고찰한다.

3.2. 실험

블루투스 송신기와 수신기 칩을 포함한 비콘을 그림 3과 같이 제작 구성하고 각각의 기기에 펌웨어를 작성한다. 펌웨어 주요 기능은 송신기에서 보낸 신호를 30m 안에 있는 수신기는 감지하여 송신기의 정보를 표시하도록 펌웨어를 구성한다.

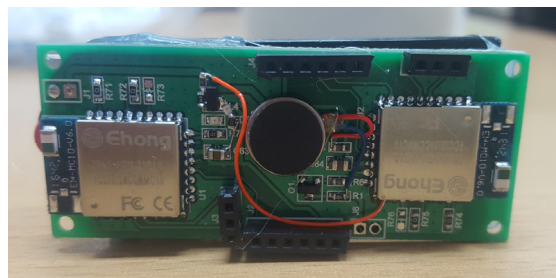


Fig. 3 Beacon transceiver for topology configuration

그림 3의 비콘은 single mode와 TX Power +6dbm과 -92.5dbm의 RX sensitivity의 기능으로 제작하고

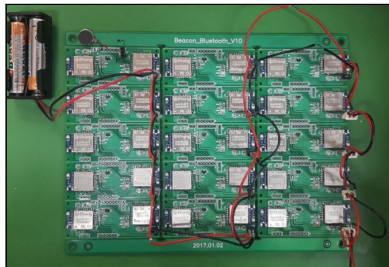
Range는 최대 100m 수신거리가 가능하도록 Integrated chip 안테나로 구성 제작하였다.

블루투스 송신기 배터리 전원의 양을 체크하고 효율적인 신호전송을 고찰하기 위해 실험 토폴로지 구성을 그림 4와 같이 구성한다. 그림 4의 Receiving Device는 블루투스 송수신기와 WiFi로 구성되어 802.11n과 802.11ac 규격에 의해 제작하였으며 주파수는 2.4GHz와 5GHz 대역을 사용한다.

그림 4의 Beacon Transmitter은 송신부와 수신부로 구성되었고 전력량을 측정하기 위해서 15개의 비콘을 하나의 전원으로 동시에 공급하게 배치하였다.



Receiving Device A



Beacon Transmitter



Receiving Device B

Fig. 4 Beacon and Beacon transceivers

그림 4에서 수신 디바이스 A와 B는 안테나와 콘솔 모니터로 구성되어 비콘의 감지를 화면에 나타나게 구성하고 비콘은 1초단위로 신호를 계속 전송하여 1.5V 직류전원으로 공급하여 공급시간을 계산하고 주어진 환경에서 에너지를 지능적으로 활용하는 펌웨어와 토폴로지를 구성하여 고찰한다.

```
static void appGattSignalLmAdvertisingReport(
    LM_EV_ADVERTISING_REPORT_T *p_event_data)
{
    DISCOVERED_DEVICE_T device; /* Advertising
device */
    bool flag = FALSE; /* Flag to indicate that the
device
* advertised at least one supported
service
*/
    PioSet(LED_PIO, TRUE);

    /* DSHS */
    MemCopy(&device.address.addr,
        &p_event_data->data.address,
        sizeof(BD_ADDR_T));

    if((WORD_MSB(device.address.addr.nap) ==
        ISB_NAP_MSB) &&
        (WORD_LSB(device.address.addr.nap) ==
        ISB_NAP_LSB) &&
        (device.address.addr.uap == ISB_UAP) &&
        {
            logID(WORD_LSB(device.address.addr.lap >> 16),
                WORD_MSB(device.address.addr.lap)
                , WORD_LSB(device.address.addr.lap),
                p_event_data->rssi);
        }
    return;
}
```

박스 안의 펌웨어 함수 내용은 비콘의 수신 모듈에서 다른 비콘 신호를 받게 되면 펌웨어 함수로 정보가 전달 되도록 구성한다. 비콘 송신기에서 보내는 송출

신호를 포함해서 위 함수에 만족하면 log ID 0함수로 보내며 동작을 통해 1초 단위로 신호의 송출과 수신을 한다. 결과적으로 비콘을 사용하지 않을 때도 신호를 송출하게 되며 이로 인해 에너지 사용이 효율적이지 못함을 알 수 있다. 이렇게 1초 단위로 계속 통신을 하기 위한 신호 송출은 비콘 수량이 어느 규모 이상이면 기기의 에너지 자원의 많은 낭비를 가져오게 된다.

에너지 효율화하기 위한 첫 번째 방법으로 신호 세기를 필터링하여 거리가 통신 범위를 벗어난 경우와 두 개 이상 수신기가 수신될 경우 신호 세기가 약한 수신신호를 필터링하도록 구성한 펌웨어를 MC-10 download tool을 사용하여 입력한다.

```

if((WORD_MSB(device.address.addr.nap) ==
ISB_NAP_MSB) &&
(WORD_LSB(device.address.addr.nap) ==
ISB_NAP_LSB) &&
(device.address.addr.uap == ISB_UAP) &&
p_event_data->rssi >= threshold)
{

```

p_event_data->rssi >= threshold 라는 조건 함수를 추가하여 신호 세기가 약하거나 거리를 벗어날 경우 필터링하도록 한다.

하루에 2시간가량 신호 전송을 하여 사용할 경우 위 구성에 의해 신호의 세기나 거리가 만족하지 않을 때 비콘의 전원이 공급되더라도 신호를 발생하여 송신과 수신을 하지 않게 펌웨어를 구성한다. 실험 결과 270일을 사용할 수 있는 에너지를 갖게 되었다.

그리고 비콘은 송신과 수신을 동시에 할 수 있는 모듈로 구성되어 있기 때문에 수신모듈이 신호를 감지되었을 때 송신모듈에서 송출을 시작할 수 있게 구성을 하면 신호 세기 필터링과 수신신호가 감지되었을 때 송출을 하게 함으로 비콘의 에너지 효율화는 극대화 시킬 수 있었다.

```

PioSet(TX_PIO,TRUE); // TX MC10 on

```

위 명령어는 여기에 있는 수신기까지 비콘이 근접했을 때 수신기가 준비상태에 있다는 뜻으로 비콘의 송신 모듈에서 송출을 시작하게 한다.

3.3. 성능분석 평가

실험을 통한 결과 중 신호 세기 필터링과 수신신호가 감지되었을 때 송출을 하게 함으로 비콘의 에너지 효율화는 극대화하였는데 그 때의 비콘의 상태 변화의 설명은 그림 5에서 붉은 박스의 PKT SENT! 메시지는 주변에 비콘의 신호가 수신되지 않음을 나타내며 이 메시지 수신시에는 송신하지 않으므로 에너지 소비가 없고 파란색 박스는 비콘의 수신기에 신호가 감지되어 정보 전송을 할 수 있는 상태를 나타내고 있어 데이터 전송이 시작되어 에너지가 사용됨을 알 수 있다.

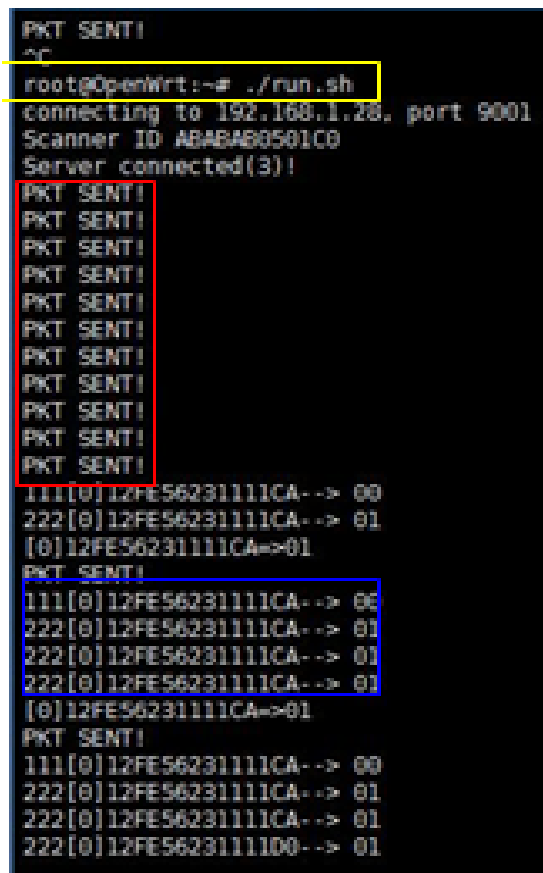


Fig. 5 Beacons that use energy efficiently

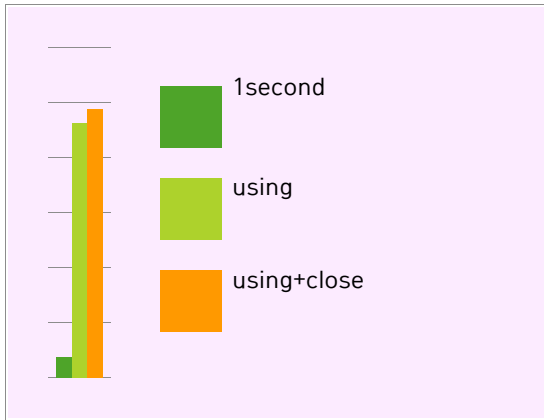


Fig. 6 Beacon transmission method comparison

실험 결과 그림 6에서 1초단위로 전송하였을 때 비콘의 총 에너지로 통신할 수 있는 에너지 전력량으로 22일 12시간 (540시간) 블루투스 송신기 에너지양을 산출되었다.

비콘 정보전송이 있을 때 송출과 수신을 할 경우는 270일 동안 에너지를 효율적으로 사용할 수 있었다. 그리고 정보전송이 있을 때와 해당 수신기 까지 근접시 송신기 신호를 송출 할 경우는 285일 동안 통신을 할 수 있도록 에너지를 효율적으로 사용함을 알 수 있었다.

IV. 결 론

IoT 서비스는 일상생활에서 사용하고 있고 접할 수 있으며 또한 공장 등 산업 현장에서도 보편화 되어있다. 미래 2020년까지 현재 사물통신 등 통신에 사용하는 사물인터넷 디바이스 수에 배의 수로 약 500억 개의 디바이스가 증가할 것으로 예측하고 있으며 이로 인한 네트워크 통신이 초 연결 상황에 이를 것으로 예측되며 사물인터넷을 포함한 모바일 트래픽이 2017년 9.9 EB에서 2020년에는 30.6EB 까지 3배의 트래픽이 증가 할 것으로 전망된다.

최적의 통신시스템 설계에서 가장 중요한 것은 송신기의 전력인 에너지와 채널의 대역폭을 가장 효율적으로 활용할 수 있는 것이 관건이다. 디바이스 개수와 트래픽의 데이터 용량에 따른 에너지 효율화에 대한 실험

을 통해 고찰하였다. 실험에서는 현재 신호전송이 정보전송과 상관없이 1초 단위로 전송하였을 때와 전송 발생 시에만 신호 송출과 수신할 경우와 마지막으로 정보전송 발생 시와 해당 수신기에 근접 시 수신기로부터 플래그 신호를 수신할 경우 송출하는 경우를 실험한 결과 전송 정보와 상관없이 1초 단위로 송출할 경우 총 22일 12시간 통신에 사용할 에너지양으로 전송 정보가 발생 시 송출하는 방식에서는 똑 같은 에너지로 270일간 사용할 수 있었으며 수신기 근접 시 수신기의 송신 신호를 받을 경우 송출할 때는 285일 에너지를 이용하여 통신에 효율적으로 사용할 수 있었다. 하나의 디바이스가 아니라 수많은 디바이스를 이용하여 통신할 경우 사물 디바이스의 에너지 효율적 사용은 한정된 에너지 자원을 절감하고 또한 사물통신의 전송 디바이스 프로세스를 간단하게 하였다.

REFERENCES

- [1] Gartner, Inc. Gartner Says 6.4 Billion Connected “Things” Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From 2015[Internet] Available: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>.
- [2] H. Choi and J. Lee, “A biologically inspired power control algorithm for energy-efficient cellular Networks,” *MDPI Energies*, vol. 9, no. 3, pp. 1-16, Mar. 2016.
- [3] L. Belke, T. Kesselheim, A. M.C.A. Koster, and B. Vocking, “Comparative study of approximation algorithms and heuristics for SINR scheduling with power control,” *Theoretical Computer Science*, vol. 553, pp. 64-73, Oct. 2014.
- [4] H. Ahn, Y. J. Lee, K. H. Kim, “A Process-driven IoT-object Collaboration Model,” *Journal of Internet Computing and Services*, vol.15, no.5, pp. 9-16, Oct. 2014.
- [5] Cisco White Paper, Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015-2020, Feb. 2016.
- [6] C. M. Kim, M. G. Kang, “Standard and Trend Analysis of IoT/OneM2M,” *Review of Korean Society for Internet Information*, vol.15, no.2, pp. 31-36, Dec. 2014.
- [7] Z. Zhou, S. Zhou, J. Gong, and Z. Niu, “Energy-Efficient Antenna Selection and Power Allocation for Large-Scale Multiple Antenna Systems with Hybrid Energy Supply,” in *Proceeding of IEEE GLOBECOM 2014*, pp.11-16, Dec. 2014.



황성규(Seong-Kyu Hwang)

조선대학교 대학원 정보통신공학과 공학박사

現 조선이공대학교 정보통신과 조교수

※관심분야 : 통신 프로토콜, 네트워크 설계, 통신 네트워크