JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지(J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.) Vol. 20, No. 7 : 1262~1268 Jul. 2016

어린이 동선 환경정보 수집하기 위한 블루투스 동시접속 기술 설계

황성규*

New multiple access technology for Bluetooth to collect the movement pattern of children

Seong-kyu Hwang*

Department of Information & Communication Engg., Chosun University, Gwangju 61452, Korea

요 약

근거리 무선통신으로 Bluetooth, Zigbee와 Wi-Fi가 요즘 들어 많이 사용되고 있다. 성능이 우수하나 자주 전력공급으로 보조 전원장치가 있어야 되는 Wi-Fi가 있는 반면, 속도등의 성능은 떨어지나 저전력으로 전원장치가 작아 휴대성이 간편한 Bluetooth와 Zigbee가 있다. Bluetooth의 버전은 1.0부터 4.2까지 여러 환경에 적용하기 위해 변천해 왔다. 어린이 동선 환경 정보를 수집하기 위해 여러 버전으로 변천해 온 Bluetooth로 정보 수집을 효과적으로 적용하는데 제한 요건으로 한 명이 아닌 여러 명의 동선 정보를 동시에 수집해야 하는데 Bluetooth는 Master 하나당 7개의 Slave만 동시에 접속 할 수밖에 없다. Bluetooth의 여러 장점을 활용하여 동시에 7개 이상의 정보를 수집하기 위해 본 논문에서는 Bluetooth 동작을 Beacon으로 동작시켜 168비트의 패킷을 전달하며 주기적신호를 발생하여 master와 slave간 페어링이 불필요하게 하여 동시에 많은 수가 접속하여 정보를 수집할 수 있는 효과적인 정책을 적용하는 방법을 설계한다.

ABSTRACT

Bluetooth has been developed to be applied over the course of several versions in different environments. Especially low is moving to address the constraints, it gives a high utilization rate is faster than the Zigbee wireless LAN communication. To gather information on children's environmental copper transition to multiple versions. There is one limitation of Bluetooth requirements to effectively apply the information collected by Bluetooth. At the same time need to collect several information actions, Bluetooth can not connect to one of only seven Slave Master. In this paper, in order to take advantage of the many benefits of Bluetooth to gather the information by operating the Bluetooth operates in Beacon deliver packets of 168 bits, and the pairing between the master and slave unnecessarily generate a regular signal a large number of connections simultaneously Information We consider how to apply the effective policy that can be collected.

키워드 : 블루투스, 비콘, 피코넷, 스케터넷, broadcast-only

Key word : Bluetooth, Beacon, broadcast-only, piconet, Scatternet

Received 22 May 2016, **Revised** 24 May 2016, **Accepted** 06 June 2016

* **Corresponding Author** Seong-Kyu Hwang (E-Mail: okhsk9@daum.net, Tel:+82-62-230-7247)
Department of Information & Communication Engg., Chosun University, Gwangju 61452, Korea

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.7.1262 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/li-censes/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. 서 론

요즘 어디에서나 보편적으로 사용하는 무선 통신의 대부분은 WiFi, Bluetooth이거나 Zigbee와 이동통신 LTE등의 기술이다. 우리가 매일 사용하는 모바일 장비나 노트북들도 대부분 무선통신을 WiFi나 Bluetooth로 이루어진다. Bluetooth와 Zigbee는 IEEE 802.15 그룹에 속하고 WiFi는 IEEE 802.11로 분류된다. 이처럼 용도에 따라 Bluetooth는 단거리에 빠른 속도로 데이터를 전송할 때, 지그비는 거리에 상관없이 속도가 느려도 되는 환경에서 사용할 수 있다[1].

본 연구에서는 기존 이동통신 상용망을 이용한 방식을 탈피하여 자가망을 이용한 어린이 보호구역인 스쿨존에서 어린이들의 동선 데이터를 수집하고 올바른 교통습관 선도시스템을 개발하기 위한 효율적 무선통신 방식을 분석 하고 알맞게 연구하려 한다. 무선통신 방식 중 우선은 소비전력이 적어 어린이들이 밧데리 교체로 번거롭지 않은 IEEE 802.15그룹 중에서 빠른 속도로 전송할 수 있는 블루투스로 데이터 수집을 하려는데 전제 조건은 많은 학생의 데이터를 수집해야 한다. Bluetooth는 피코넷(piconet)에서 master를 기준으로 7개의 slave와 접속할 수 밖에 없다는 단점이 있다. 어린이 동선 데이터 수집에 적합한 Bluetooth의 많은 장점을 이용하고 단점을 극복하고자 본 연구에서는 피코넷에서 8개 이상의 slave를 참여시킬 수 있도록 Beacon을 이용하여 데이터를 수집하는데 기술적용 한다.

Ⅱ. Bluetooth

Bluetooth는 모바일기기, 노트북을 포함한 다양한 주변장치가 쉽게 연결될 수 있도록 하는 기술의 근거리 무선 통신기술로 기존 제품과 적용하여 유선으로 전송과 저장하던 작업을 더 빠르고 편리하게 전송하기 위해 개발되었다. 기존의 복잡한 케이블을 대체하고 무선으로서 기능추가와 성능 향상을 하여 세계적으로 하나의 통신방식으로 단일적 통신방식을 제안하고자 하는 목적으로 개발된 것이다. 블루투스는 작은 크기와 저렴한 가격과 저전력 소모로 모바일기기와 프린터와 같은 정보통신기기와 여러 디지털 가전제품등과 작은 구역 내에서 무선 연결을 하기 위한 기술이다[2].

2.1. 기존 근거리 무선통신 기술과 비교

근거리 무선통신 기술은 크게 WLAN과 WPAN으로 구분 된다.

Table. 1 Compared to existing wireless technologies

	WLAN		WPAN		
	WLAN 11b	WLAN 11n	Bluetooth	Zigbee	UWB
IEEE standard	IEEE 802.11b	IEEE 802.11n	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.3
Frequence Bands	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	915M/2.4 GHz	3.1~10.6 GHz
Transmission speed	11Mbps	500Mbps	1Mbps	40/250 Kbps	54Mbps
Communication distance	OFDM/DSSS	MIMO-OFDM	Freq. Hopping	CSMA-CA	OFDM/CDMA
certain	only data support	only data support	various communication support	low-power /low-cost	high-speed transmission

표 1의 비교에서 특징을 보면 Bluetooth가 근거리 유선을 대체하는 기술로 자리매김을 하고 있다. 또한 Bluetooth는 버전이 1.2로부터 4.0까지 다양하게 변화해 왔다. 특히 그 변화에서 소비전력이 적고 보안성이 좋다는 것이 버전이 높아지면서 큰 특징이라 할 수 있다.

2.2. Bluetooth 주파수 대역

Bluetooth의 주파수 대역은 그림 1과 같이 2.4GHz로 ISM(Industrial, Scientific, Medical)대역의 주파수를 사용한다. 1MHz 대역폭의 79개 채널을 초당 1,600번씩 주파수 호핑 (Frequency Hopping)을 하며 변조방식은 FSK방식에 가우시안필터를 적용한 GFSK(Gaussian Fequeny Shift Keying)을 이용하며 TDD(Time Division Duplex)을 사용한다[3].

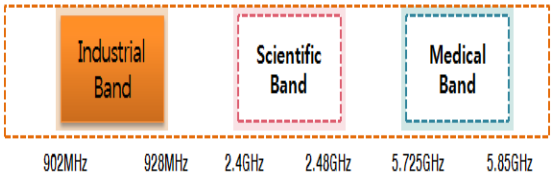

Fig. 1 ISM Band Frequency

2.3. Bluetooth 링크와 네트워크 구성

Bluetooth는 Master와 Slave로 링크를 설정하고 한 대의 Master는 7대까지의 Slave를 연결하여 네트워크를 구성한다. 이를 피코넷이라 하며 피코넷이 여러개 모이면 그림 2와 같이 계층적이고 규모가 큰 네트워크를 구성할 수 있는데 이를 스케터넷(Scatternet)이라 한다. 하나의 피코넷의 내부에서 마스터 유닛은 기지국과 같은 역할을 수행하며 Bluetooth는 기본적으로 주파수 호핑 방식을 사용하며 초당 1,6000번 호핑을 한다.

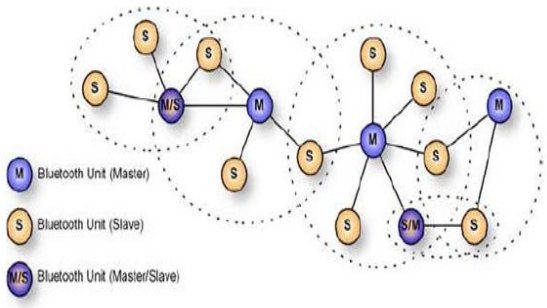

Fig. 2 Bluetooth Scatternet

피코넷에 참여한 슬레이브 유닛들은 마스터의 클럭에 동기화하며 마스터 유닛이 결정하는 호핑 시퀀스(Hopping Sequence)에 따라가며 통신을 수행한다. 호핑 시퀀스는 마스터 유닛과 슬레이브 유닛 사이에서 프로토콜이다. 슬레이브 유닛이 동기화하지 못하여 호핑 시퀀스를 따라가지 못하면 두 유닛의 채널은 통신을 할 수 없다. 여기에 사용하는 호핑 방식은 IEEE802.11b의 동일 주파수 대역을 사용하는 디바이스 간섭을 피할 수 있다[4].

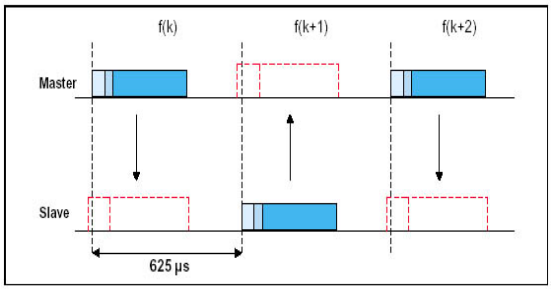

Fig. 3 Time Division Duplex and Time Slot

그림 3의 TDD(Time Division Duplex)는 송수신에 동일 주파수를 사용하는 통신 시스템이며 TDD방식은 한 개의 프레임의 내부를 송신용과 수신용 채널로 나누어 한 개의 채널 주파수로 양방향통신을 하는 무선통신 방식이다. 상하향에 동적으로 타임슬롯 할당이 가능함으로써 비대칭 전송에 유리하여 유연하게 채널을 할당할 수 있다. 이는 FDD(Frequence Division Duplex)보다 적은 타임슬롯과 주파수대역으로 TDD와 같은 전송속도를 지원한다[5].

2.4. Bluetooth 프로토콜 스택

Bluetooth 프로토콜 스택은 Signal Packet을 수신하거나 송신할 때 이 Protocol stack을 거치면서 Paket들이 분석하고 생성된다. 그림 4에서 connection 과정에서 필요한 부분인 Physical layer와 Link layer, Generic Access Profile(GAP), Generic Attribute Profile(GATT) 스택으로 구성되어 있다.

우선 Physical layer는 실제 Bluetooth analog signal과 통신할 수 있는 회로가 구성되어 있어서 analog신호를 digital신호로 바꾸어 주거나 digital신호를 analog신호로 바꾼다. 2.4GHz 밴드를 총 40개 channel로 나누어 통신을 하고 40개 channel 중 3개 channel은 Advertising channel로써 여러 advertising packet을 비롯하여 connection을 맺기 위해 주고 받는 packet들의 교환에 이용되며 나머지 37개의 channel은 data channel로써 connection 이후의 data packet교환에 이용한다[6].

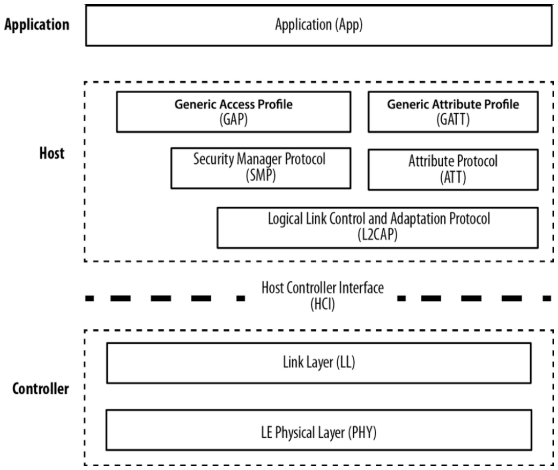

Fig. 4 Bluetooth Protocol stack

Link layer는 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로 구성되어 있고 하드웨어 단에서는 높은 컴퓨팅 능력이 요구되는 작업들이 처리되고 소프트웨어 단에서는 디바이스의 연결 상태를 관리한다. 통신하는데 다바이스의 role을 정의하고 이에 따라 변경되는 state를 가지고 있다.

Generic Access profile(GAP)는 서로 다른 제조사가 만든 Bluetooth 디바이스끼리 호환 통신을 할 수 있도록 하는 역할을 하며 GAP 최상위 Control layer라고 한다. Advertising mode일 때 GAP에서 Advertising data payload와 Scan response payload를 포함할 수 있다.

Generic Attribute Profile(GATT)는 디바이스들이 data를 발견하고 읽고 쓰는 것을 가능하게 하는 기초적인 data model과 procedure를 정의하며 GATT는 최상의 data layer라고도 한다. GATT는 오직 data의 포맷과 전달만 처리한다. connection mode일 때 GATT 서비스와 characteristic을 이용하여 양방향 통신을 하게 된다[7].

Ⅲ. 실 험

3.1. 토폴로지 구성

Bluetooth는 Master와 Slave의 구성원으로 토폴로지를 형성한다. Bluetooth 무선통신의 범위는 Master를 중심으로 반경 10m로 이 범위를 피코넷이라 하는데 피코넷은 Master에 의해 형성되며 동일 피코넷에서는 하나의 Master만 존재 할 수 있으며 하나의 Master는 최대 7개의 Active모드의 Slave와 접속할 수 있다.

본 연구에서는 Bluetooth의 여러 장점과 참여제한적인 단점을 극복하기 위해 Beacon 정책을 적용하여 제한적 Slave 참여를 8개 이상의 Slave를 참여시켜 한꺼번에 이동하는 어린이 동선 데이터 수집을 하는 시스템에 적용 설계해 본다.

가. 무선 네트워크 연결과정

무선네트워크 연결 설정과정은 slave가 discovery 후 master와 연결 설정을 하고 사용자 인증과 장비와 연결하는 과정인 그림 5를 수행하며 그림 6과 같이 링크 설정한다.

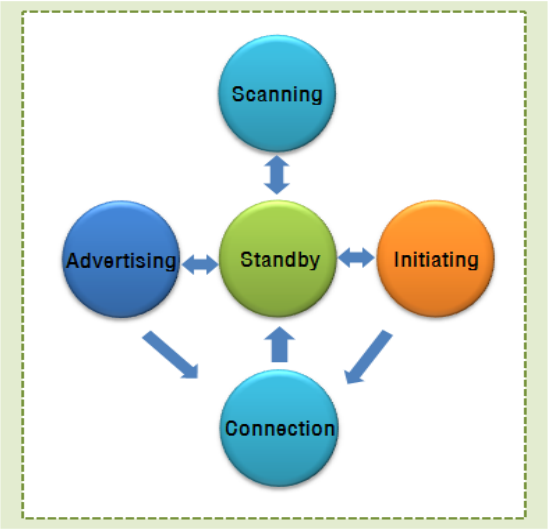

Fig. 5 Bluetooth link control state Diagram

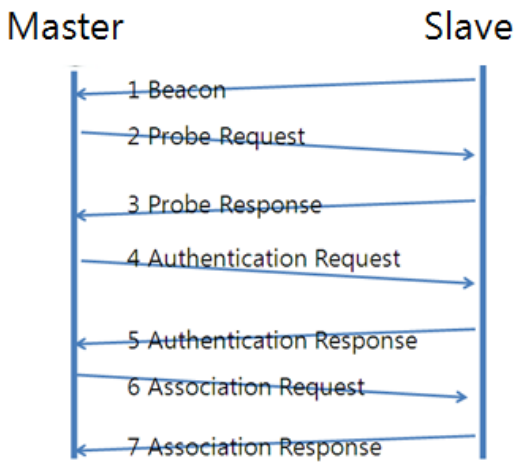

Fig. 6 Wireless Network connection process

Discover 과정에서 slave가 연결할 master를 찾는 과정이라 할 수 있으며 Beacon과 Probe 두 가지 방식이 있다.

나. Bluetooth의 Beacon 동작 원리

Beacon은 168비트의 패킷을 전달하며 주기적신호를 발생한다. master와 slave간 페어링이 불필요하며 저전력으로 사용된다.

Fig. 7 configuration of the Beacon

그림 7의 Beacon 구성도식화의 UUID(Universally unique identifer)는 고유 식별 번호이며 Major Identifier는 동일한 UUID를 가진 Beacon들을 구분하기 위해 사용한다. Minor는 동일한 UUID와 Major를 가진 Beacon들을 식별하기 위해 사용된다. Beacon은 두 동작 모드에서 사용되며 connection을 맺을 때는 Peripheral slave이며 BLE로 동작할 때는 Broadcaster로 동작한다.

3.2. Beacon configuration

본 논문의 동시 접속 기술 설계의 소스 코드는 표 2와 같다. 8개 이상의 많은 Beacon이 이동하면서 broadcast할 때 UUID를 전송하면 Slave에서 모두 수신하여 많은 Bluetooth와 제한 없이 패킷을 전송하는 기법이다.

Table. 2 Beacon source code

```
void setup()
{
  Serial.begin(Speed);
  Serial.println("UUID");
  // set the data rate for the BT port
  BTSerial.begin(Speed);
}
void loop(){
  while (BTSerial.available()){ // if BT sends something
    byte data = BTSerial.read();
    Serial.write(data); // write it to serial(serial monitor)
  }
  while (Serial.available()){ // if Serial has input(from serial
monitor)
    byte data = Serial.read();
    BTSerial.write(data); // write it to BT
  }
}
```

Bluetooth의 Beacon 설정은 프로그램을 통해 몇 가지 명령어를 설정해 주면 되는데 그 중 Beacon mode를 활성화 하여 주고 broadcast방식을 broadcast-only로 설정을 한다.

```
+ Frame 3 (72 bytes on wire, 72 bytes captured)
+ Rediotap Header v0, Length 26
- IEEE 802.11
    Type/Subtype: Probe Request (0x04)
  - Frame control: 0x0040 (Normal)
      Version: 0
      Type: Management Frame (0)
      Subtype: 4
    + Flags: 0x0
    Duration: 0
    Destination address: Cisco-Li_ab:86:95 (00:1a:70:ab:86:95)
    Source address: IntelCor_02:ee:6d (00:1b:77:02:ee:6d)
    BSS Id: Cisco-Li_ab:86:95 (00:1a:70:ab:86:95)
```

Fig. 8 Directed navigation frame

```
+ Frame 3 (72 bytes on wire, 72 bytes captured)
+ Rediotap Header v0, Length 26
- IEEE 802.11
    Type/Subtype: Probe Request (0x04)
  - Frame control: 0x0040 (Normal)
      Version: 0
      Type: Management Frame (0)
      Subtype: 4
    + Flags: 0x0
    Duration: 0
    Destination address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    Source address: IntelCor_02:ee:6d (00:1b:77:02:ee:6d)
    BSS Id: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
```

Fig. 9 Beacon navigation frame

그림 8은 Beacon 구성을 Probe방식일 때 프레임이며 전파 수신 특정 master만 지정해서 연결을 요청하는 방식이다. 그림 9는 표 1의 Becon source code를 적용하여 Beacon의 전파 수신 가능한 모든 영역의 master의 정보를 Broadcast방식으로 전달하는 방식이다.

3.3. Beacon 적용

Beacon 설정 후 Broadcast방식의 Master Bluetooth를 그림 10과 같이 어린이들에게 장착 한 후 정보를 전달하는 broadcast 방식으로 전송해 주고 이를 수집하는 Slave로 구성한다.

Fig. 10 Beacon configuration

본 논문의 동시 접속 기술 설계의 소스 코드를 적용하면 그림 11과 같이 많은 Bluetooth의 수집 정보를 일정한 간격(1sec)으로 UUID를 포함한 Beacon 신호를 Broadcast를 수행하면 UUID : 0X4259664, Major : 0X45, Minor : 0X01등으로 신호를 전송하며 Bluetooth수신기는 이를 수신하여 많은 정보를 수집할 수 있다.

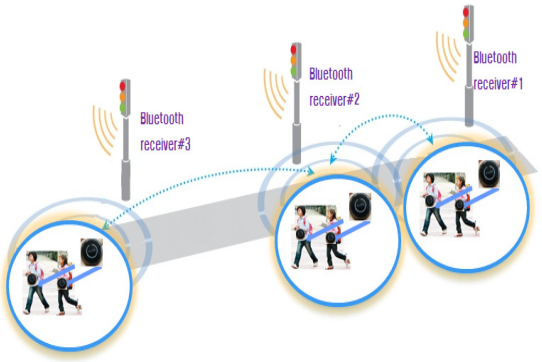

Fig. 11 information can be collected over eight Bluetooth

Ⅳ. 결 론

근거리통신 방식인 Bluetooth는 여러 환경에 적용하기 위해 Version 4까지 발전해 왔다. Bluetooth의 여러 장점을 이용하여 어린이 동선 데이터를 수집하는데 효과적으로 사용할 수 있다. 그런데 한명의 어린이 동선의 데이터가 필요한 게 아니라 수많은 인원의 동선을 동시에 필요로 한다. Bluetooth의 유일한 단점이 Bluetooth Master당 7개의 Slave만 접속할 수 있다. 이에 본 논문에서는 Beacon을 이용하여 7개 이상의 수많은 Slave를 동시에 수집할 수 있도록 표1의 Beacon Source code를 설계하여 숫자 제한 없이 패킷을 전송할 수 있게 하여 정보를 수집할 수 있었다.

3.3절에서 Beacon 적용 후 어린이 동선 정보를 동시에 8명이상의 정보 수집을 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

향후 연구에서는 실시간 동영상 정보를 전송할 수 있는 압축 기술을 이용하여 높은 대역폭을 요구하는 패킷도 Bluetooth를 통해 전송 할 수 있도록 하는 방법에 대한 연구가 필요하며, 더 나아가 사설망과 공용망에도 응용할 수 있게 보안 적용되어 수행될 수 있을 거라 판단된다.

REFERENCES

[1] S.M Jeong, H.J Kim, C.G Kim, “Design of A-GBSR Protocol Using Beacon Message in 802.11p Wave,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communicaion Engineering*, vol. 19, pp. 1554-1560, 2015.

[2] *IEEE P802.11p/D3.0 Draft Amendment for Wireless Access in Vehicular Envionments(WAVE)*, July 2007.

[3] Grainger, Morgan, Robert Mayor, and Ronald K.Huang. *Beacon-based geofencing*. U.S. Patent No. 8,396,485. 12 Mar. 2013.

[4] Namiot, Dmitry, and ManfredSneps-Sneppe. *Geofence and network proximity*. Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking. Springer Berlin Heidelberg, 2013.

[5] Xingqin Lin, et al. “An overview of 3GPP device-to-device proximity services,” *Communications Magazine*, IEEE, vol. 52, no. 4, pp. 40-48, April 2014.

[6] D. Y. Kim, S. H. Kim, S. H. Jin, “iBeacon Technical Trends and Problem Analysis,” *Korea Computer Congress* 2014, pp.390-392, Busan, Korea, June 2014.

[7] J. W. Yang, G. I. Ahn, S. H. Kim, B. H. Jung, T. Y. Kim, K.H. Pyun, G. H. Cho, “A Distance Estimation Scheme Based on WLAN RF Properties for Localization of Mobile Terminals,” *The Journal of Korea Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 39, no. 7, pp. 449-458, July 2014.

황성규(Seong-kyu Hwang)

2007 전주대학교 교육대학원 컴퓨터교육학과 석사
2015.2 조선대학교정보통신과 공학박사
※ 관심분야 : 통신보안시스템설계, 네트워크 보안