

## 임베디드 기반의 블루투스 네트워크

이 태 형, 정 상 훈, 임 준 홍  
한양대학교 전자컴퓨터공학부

### Bluetooth network based on embedded system

Taehyoung Lee, Sanghun Jeong, Joonhong Lim  
School of Electrical Engineering and Computer Science, Hanyang University

#### Abstract

무선 통신 기술의 발전으로 유선 네트워크의 단점들을 해결 할 수 있는 방법들이 계속 연구되고 있다. 본 논문에서는 유동성과 간편성 등의 장점이 있는 무선 네트워크를 블루투스 기술을 이용해 구현 하는 것을 목적으로 한다..

블루투스는 소형 및 저전력의 낮은 대역폭을 갖는 개방된 무선 통신 규격으로서 패킷 형태의 데이터 전송을 통해 보안과 같은 중요한 부분에 대해서도 정의하고 있다. 블루투스는 데이터 전송을 위해서 호스트의 역할을 개인용 컴퓨터에 의존하는 경향이 많아 설치의 어려움과 높은 비용으로 인해 무선 네트워크 구현시 많은 수의 중계기 설치가 어려운 단점이 있다. 본 논문에서는 소형 마이크로프로세서를 블루투스 호스트로 사용함으로써 무선 네트워크를 구현한다. 따라서 소형화뿐만 아니라 내장된 전원을 통해서 충분한 작업 시간의 확보가 가능하다. 임베디드 시스템 기반의 블루투스를 사용 하므로써 다양한 장소에 중계기 설치가 가능하며, 시스템의 효율성도 높일 수 있다. 또한 무선을 필요로 하는 많은 분야로 확대 적용도 가능한 것이다.

#### 1. 서 론

근거리 무선 통신을 위해 개발된 블루투스는 무선 네트워크에 가장 유력한 표준중의 하나이다. 무선 랜과는 달리 별도의 네트워크를 구성할 필요가 없고, 사용자가 원하는 지역에서 어떤 기기를 이용해도 자동 접속이 가능하다. 또한 블루투스는 소비자가 사용할 수 있는 수준의 가격으로서 무선 랜보다 훨씬 저렴하다. 그러나 이러한 이점을 이용하여 블루투스 네트워크를 구성 할 경우 문제점으로 제기되는 부분이 블루투스 기기들 간의 통신 거리이다. 저전력을 사용할 경우 통신 거리가 짧아져 네트워크 구성에 AP(access point)들이 늘어나게 된다. 기존의 PC 기반의 호스트를 사용하여 네트워크를 구성하면 장소나 전원의 제약 조건뿐만 아니라 비용 부담도 커지게 된다. 따라서 임베디드 기반의 블루투스를 사용하여 마스터/슬레이브의 역할을 동시에 수행 할 수 있게 중계기를 구성하였다. 임베디드 기반의 블루투스 중계기는 네트워크 내에서 데이터 전송의 역할뿐만 아니라 외부 입력 장치를 이용할 경우 센서 네트워크로도 구현이 가능하다.

#### 2. 블루투스 시스템

##### 2.1. 블루투스

블루투스 통신에서 중요한 2가지 부분을 크게 무선

(radio)과 프로토콜(protocol stack)으로 나눈다. 그림 1.은 무선, 프로토콜의 흐름도 이다.

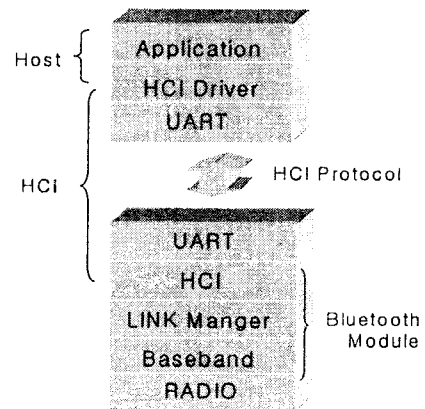


그림 1. Bluetooth protocol stack

블루투스 시스템에는 데이터와 음성을 교환할 수 있는 무선(radio(RF)), 기저대역(baseband) 또는 데이터를 주고받는 과정의 경로제어장치(link control unit), 경로관리(link management), 응용장치(application) 등을 필요로 한다.[1]

블루투스는 무선은 단거리, 저전력의 2.4GHz의 ISM band (Industrial Scientific Medical)에서 운용된다. 또한 금속이 아닌 고체를 통과해 통신이 가능하다. 0dBm의 안테나를 사용할 경우 통신 거리는 10m이다. 블루투스의 표준은 10m 이내로 정의하고 있으나 20dBm의 안테나를 사용할 경우 100m까지 통신이 가능하다. 데이터 전송 속도는 최대 1Mbps 까지 가능하다. 그러나 실제로는 통신 프로토콜 부하로 인해 초당 721Kbps로 제한 된다.[2]

기저대역은 하드웨어적으로 호스트 application에서의 입력 신호를 무선 신호로 변환해주는 역할을 한다. 음성 신호나 디지털 신호를 프로토콜에서 받아들일 수 있게 해석해주는 역할을 한다.

블루투스의 데이터 송수신 방식은 통신 교환 방법에 따라 크게 2가지로 나누어진다. SCO(Synchronous Connection Oriented) link의 음성 통신 방식과 ACL(Asynchronous Connectionless) link의 데이터 전송 방식이 있다. 각 경로 유형은 application을 기반으로 16가지 다른 형태의 패킷을 지원한다.[1]

경로관리자는 마이크로프로세서 내에서 소프트웨어적으로 동작하고, 블루투스 사이의 통신을 관리한다. 각각의 블루투스들은 자신의 경로관리자를 가지고 다른 블루투스의 경로관리자를 찾아내고 통신시 handle link setup, 보

안, 인증 하는 역할을 한다.

블루투스는 호스트와 USB나 RS-232를 이용한 UART 연결을 사용한다. 여기서는 보드와 블루투스 간에 UART를 이용해서 HCI 패킷 통신을 하였다. Scatternet 내에서 ACL 경로를 이용하여 데이터를 전송하였다.

## 2.2. piconet 과 scatternet

서로 간의 통신 영역 안에 있는 블루투스 장치는 ad hoc 네트워크를 형성하여 통신을 할 수 있는데 원칙적으로 각각의 장치는 같은 하드웨어 능력을 가진 동등한 장치이다. 하나의 채널을 공유하는 2개 또는 그 이상의 블루투스 장치는 하나의 Piconet을 형성하고, 채널상의 트래픽을 제어하기 위하여 통신에 참여하는 장치 중의 하나가 Piconet의 마스터(master)가 된다. 어떠한 장치도 마스터가 될 수 있지만, Piconet을 설정한 장치가 마스터 역할을 맡는 것으로 간주되며 다른 장치들은 슬레이브(slave)가 된다. 만약에 슬레이브 장치가 마스터의 역할을 넘겨받기를 원하면 역할을 교환할 수 있다.[3] 그러나 하나의 Piconet에서는 하나의 마스터만이 존재한다. Scatternet의 경우는 이러한 Piconet들이 모여서 좀 더 넓은 범위로 확대된 것인데 마스터가 한개 이상 존재하게 된다.

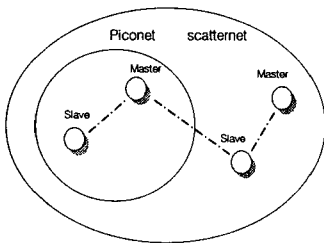


그림 2. Piconet 과 Scatternet

## 3. 블루투스 네트워크 시스템

본 논문에서 구현된 네트워크는 PC기반의 블루투스 네트워크(Network) 사이에 마이크로프로세서 호스트를 이용한 중계기를 사용한다. 또한 이동 로봇에 블루투스를 연결하여 원격 제어를 한다. 여기서는 한 개의 마스터와 한 개의 슬레이브로 Piconet을 구성한다. Piconet과 Piconet 간의 연결은 중계기를 사용하여 Scatternet을 구성한다.

### 3.1. 하드웨어

블루투스 중계기의 경우 마이크로프로세서 호스트를 사용하여 블루투스와 HCI 패킷을 교환한다. 마이크로프로세서는 ATmega128을 사용하였다. ATmega128은 2개의 UART를 지원하고 포트를 6개까지 지원한다. 프로그래밍 할 때 ISP기능을 지원하므로 메모리에 직접 쓰고 지우는 것이 가능하다. 내부 메모리에는 블루투스를 initialize, inquiry, connection 시킬 수 있게 패킷을 구성하였다.[4] 블루투스 모듈은 삼성 BTMZ5012CO를 이용하였다. 내부 메모리의 경우 4Mbit에서 8Mbit 사이이고 class 2 레벨로 최대 4dBm이고 USB, UART, PCM을 지원, 표준 전송 거리는 50m이다. 그림 3은 임베디드 블루투스의 보드를 구현한 것이다.

블루투스 네트워크를 이용하여 원격 제어하는 mobile robot으로는 Labmate를 사용하였다. 2개의 스텝 모터로 구동하며 전후 범퍼와 8개의 초음파 센서를 탑재하고 있다. Labmate는 시리얼 포트로 컨트롤이 가능하고 전후

좌우 등 8가지 방향으로 조작이 가능하다.[5] 그림 4는 Labmate의 그림이다.

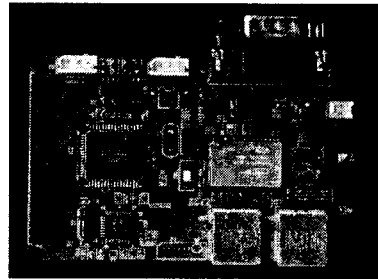


그림 3. AVR-Bluetooth board

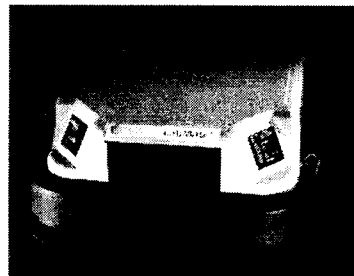


그림 4. Labmate

블루투스의 경우 전송 거리가 벗어나거나 장애물이 있을 시에는 연결이 안 되거나 이미 되어 있는 경우도 끊어지는 경우가 생긴다. 그림 5는 장애물과 전송 거리를 벗어났을 경우에 대해 실험 한 것이다. 블루투스 기기를 이용하여 그림과 같이 생긴 복도에서 네트워크 구성을 하였다. 구현한 네트워크를 통해 이동 로봇을 사용자가 컨트롤 할 수 있게 구현하였다. 실험자는 실험실에서 PC기반의 블루투스를 이용하여 Labmate에 명령 신호를 패킷 형태의 데이터로 전송하면 블루투스 네트워크상의 마스터와 중계기를 거쳐 Labmate에 연결 되어 있는 블루투스까지 데이터를 전송한다. Labmate에도 임베디드 기반의 블루투스를 사용하는데 Labmate의 블루투스는 실험자로부터 받은 데이터를 마이크로컨트롤러에 전송하여 마이크로컨트롤러가 시리얼로 Labmate를 제어하게 된다.

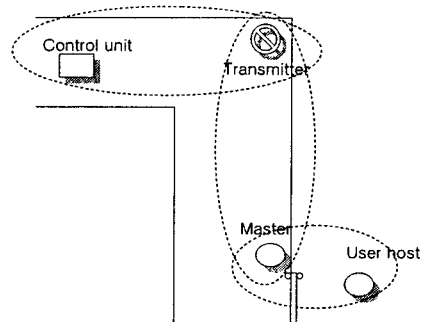


그림 5. Bluetooth Network

### 3.2. 소프트웨어

사용자 호스트 인터페이스의 경우 PC기반으로 visual C++을 이용하여 구현하였다. 그림 6이 PC기반의 인터페이스이다. initialize를 하게 되면 host에 연결되어 있는 블루투스는 자신의 주소값, 이름값 읽어 들이고 write\_page\_scan을 한다. inquiry 경우 요청에 대한 응답을 기다리고 다른 기기들의 주소값과 이름값을 읽어 들이게 된다. 연결의 경우 command, event, ACL 패킷을 교환하게 된다.[6] 이때 연결 과정에서 블루투스 기기들간의 임의의 핸들을 정하게 되고 이 핸들을 사용하여 데이터 교환시 사용하게 된다. 임베디드 기반의 블루투스에도 PC기반의 프로그램과 같은 형식으로 코딩하였다. AVR-board의 ATmega128의 프로그램은 CodeVision을 이용하여 작성하여 compile 및 board에 포워딩 하였다.

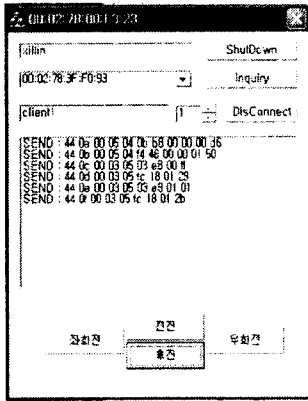


그림 6. Bluetooth Connection과 Labmate Control PC기반 인터페이스

중계기의 경우 블루투스 패킷을 넘겨주는 역할을 하지만 하나의 Piconet으로 보면 슬레이브의 역할을 하고 다른 Piconet에서 보면 마스터의 역할을 하면서 데이터를 전송한다. 연결은 항상 마스터와 슬레이브 사이에서만 이루어지므로 중계기에서 마스터/슬레이브 2가지 역할을 동시에 할 수 있도록 구현하였다.[7] 마스터와 슬레이브의 기능이 독립적으로 구현되어 있어 데이터 전송을 위해서 중계기 내에 버퍼를 두고 데이터를 저장하여 다른 Piconet으로 데이터를 전송해준다.

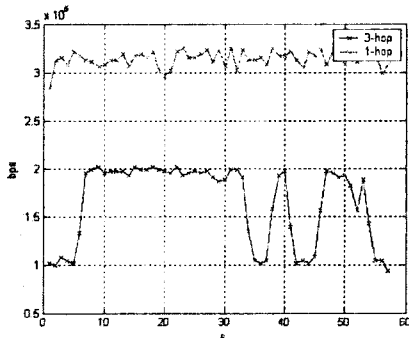


그림 7. hop 수에 따른 데이터 전송량 측정

그림 7은 블루투스 네트워크 구현하여 hop 수에 따른 데이터 전송량을 측정함 것이다. 1:1통신을 했을 때와 네트워크를 구현하여 중계기를 거쳐 통신 했을 때 실험값을 비교한 것이다. 중계기를 통한 실험은 호스트와 통신시 환경 요소(호스트, 장애물 등)에 의해 영향을 받아 전송량의 변화폭이 다소 생기는 것과 hop 수 증가에 따라 전송량이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

### 4. 결 론

실제로 마스터/슬레이브 역할을 동시에 하는 임베디드 시스템 기반의 중계기를 구현함으로써 기존의 네트워크 구현시 문제점으로 지적 되던 장소, 전원 문제 등에 구애받지 않고 보다 넓은 범위의 실생활에 적용이 가능할 것이다. 예를 들어 AVR-board에 외부 입력 장치(sensors, vision 등)를 구현하여 인프라가 구축되어 있지 않은 곳에서 사람이 없이 원격지에서 정보들을 받아서 데이터 처리가 가능하다. 추후 연구에서는 대용량의 데이터를 처리하기 위한 데이터 압축이나 전송 속도 향상을 위한 연구가 필요 할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] atmel bluetooth solution backgrounder
- [2] Zhifang Wang, Thomas, R.J.; Haas, Z. System Sciences, 2002. HICSS. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on , 7-10 Jan. 2002 Pp : 9
- [3] Miklos, G. Racz, A. Turanyi, Z. Valko, A. Johansson, P. , Mobile and Ad Hoc Networking and Computing, 2000. MobiHOC. 2000 First Annual Workshop on , 11 Aug. 2000 pp : 147-148
- [4] specification of the bluetooth system v 1.1 - core
- [5] Labmate User Manual ver 5.21L f
- [6] Bray, Jennifer, Stuman, Charles 원저, 이문수 등 공역 한국어판)블루투스 / 홍릉과학출판사, 2001
- [7] Sato, T. Mase, K Wireless Personal Multimedia Communications, 2002. The 5th International Symposium on , Volume: 1 , 27-30 Oct. 2002 pp : 223-227 vol.1