

블루투스 피코넷을 이용한 디스플레이 장치의 무선화
A study on performance of the wireless of display devices
using Piconet of the Bluetooth

강태규* , 김광선* , 김철환** , 이기서***

Kang, Tai-Kyu Kim, Kwang-Sun Kim, Chul-Hwan Lee, Key-Seo

Abstract

This paper proposes the connection without cables among display devices in a train using piconet of the Bluetooth. Nowadays, each train has a number of the display devices that are connected with many cables to lead the passengers, so it has the waste of resource and factor of fault. This paper proposes the improvement schemes of those problems in a train using piconet of the bluetooth with low cost, low power, and high security.

1. 서론

현재 운행되고 있는 열차 차량 내의 승객을 위한 인터페이스 부분을 살펴보면 크게 2가지로 나눌 수 있다. 차량의 현재위치와 각종 정보를 승객에게 화면으로 보여주는 디스플레이 부분과 승객의 편의와 안내를 위해서 정보를 소리로 전달해주는 음성 부분으로 나눌 수 있다. 그런데 차량 내에 설치된 이러한 디스플레이부분과 음성 부분 들은 길게 많은 선들로 복잡하게 연결되어 있어서, 선의 누화, 감쇠, 화재의 위험 등 그 만큼 많은 결함 요소를 잠재적으로 가지고 있고 또한 비용적 측면에서 선으로 인한 감가상각비 등 많은 자원의 낭비를 초래하고 있다. 본 논문에서는 저비용, 저전력 그리고 높은 보안성으로 각광을 받고 있는 블루투스(Bluetooth) 피코넷(Piconet) 단거리 무선 기술을 사용 하여 열차 차량 내에 많은 선으로 연결되어 있는 디스플레이 장치의 이런 문제점들을 개선하기 위한 연구에 중점을 두었다.

* 광운대학교 제어계측공학과 석사과정, 비회원

** 광운대학교 제어계측공학과 박사과정, 비회원

*** 광운대학교 제어계측공학과 정교수, 정회원

2. 블루투스

2.1. 블루투스의 특징

블루투스(Bluetooth)는 저가격, 저전력, 높은 보안성을 바탕으로 작은 반경(10~100m) 내에서 2.4GHz의 ISM(Industrial, Scientific and Medical)대역을 사용 하여 무선 네트워크를 구성하는 기술이다. 표 1에 블루투스(Bluetooth)의 전반적인 특징이 나타나 있다.

표 1. 블루투스(Ver 1.1)의 특징

전송 거리	약 10 ~ 100m.(거리가 멀수록 전력 소모가 큼).
전송 방식	간접 방지를 위한 주파수 호핑 방식.
전송 속도	1Mbps의 전송 속도.(실제:723kbps).
전력 소모량	대기상태 0.3mA, 송수신시 최대 30mA.
변조방식	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
사용 기기수	Piconet 이라는 작은 단말 안에서 최대 8 개의 기기가 있을 수 있으며, 음성의 경우 3채널까지 가능함.
주파수 대역	2.4GHz의 ISM Bandwidth을 사용함.(2.402GHz ~ 2.480GHz)

2.2. 블루투스의 개념 및 동작 원리

블루투스를 이용한 시스템을 개발하기 위해서는 블루투스 하드웨어가 구현된 칩셋과 프로토콜 스택이 먼저 갖추어 져야 한다. 블루투스의 전체적인 프로토콜 스택 구조는 그림 1.과 같다.

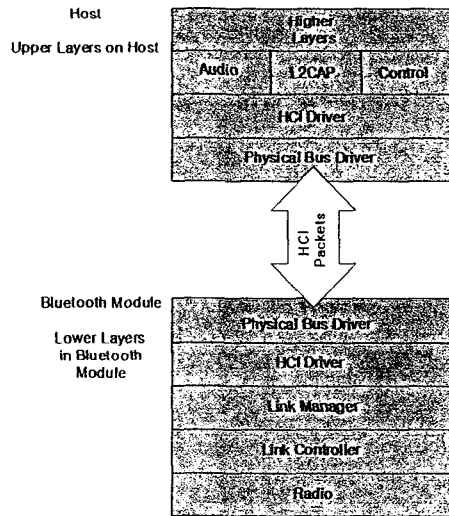


그림 1. 블루투스 프로토콜 스택 구조

블루투스는 2.4GHz의 ISM 밴드대역에서 동작하게 되는데 대부분의 나라에서 2400 ~ 2483.5 MHz 의 주파수 대역을 이용한다. 대역폭 1MHz 의 채널을 79 개 설정하여 1 초간에 1600 회 채

널(channel) 을 바꾸는 주파수 호핑 방식의 스펙트럼 확산 기술이 사용된다. 이에 의하여 간섭과 페이딩(fading) 을 막아 주고 노이즈가 많은 무선 구간에서 강인한 통신이 가능하고 전이중 통신(Full duplex transmission)을 위하여 TDD(Time Division Duplex) 방법이 사용된다 . 일반적으로 79 개의 RF 채널이 사용되는데 일본, 스페인 프랑스 등의 일부 국가에서는 23 개의 채널(channel) 을 사용하고 있다.

2.3. 블루투스의 데이터 타입

블루투스는 ACL(Asynchronous Connectionless Link) 데이터 채널과 SCO(Synchronous Connection Oriented Link) 데이터 음성 채널이 존재 한다. 음성 채널은 64Kbps의 SCO 링크를 지원하며 3개까지 한꺼번에 확보할 수 있다. ACL 데이터 링크에서 다운링크는 최대 723Kbps, 업링크는 57Kbps를 제공하며, 대칭 전송시 432.6Kbps의 동기식 링크를 제공하고 있다. ACL는 데이터 통신용 패킷으로 데이터를 다운로드할 때(또는 업로드 할때)와 같이, 한쪽의 통신용량(비대칭성)이 높은 접속에 사용되고, SCO는 음성 데이터 통신 패킷으로 음성이나 동화상 전송과 같이, 시간 지연이 허용되지 않는 실시간성이 높은 정보의 전송에 사용된다.

2.4. 피코넷(Piconet)

블루투스 에서는 일대일(Point-to-Point), 일대다(Point-to-Multipoint) 통신 연결을 지원하고 있다. 그림 2.를 보면 가운데 하나의 마스터(Master)를 중심으로 주위의 여러 개의 슬레이브(Slave) 들로 구성 되는데 이것을 피코넷(Piconet) 이라 한다. 또한 하나의 피코넷을 중심으로 여러 개의 피코넷이 형성되어 질 수 있는데 이러한 피코넷의 모임을 스캐터넷(Scatternet)이라 한다. 피코넷 은 블루투스의 최소단위로, 1대의 마스터 주변 약 10m이내의 거리에 슬레이브를 최대 7대(마스터 제외)까지 동시접속 가능하고, 스캐터넷은 이들 피코넷 끼리 연결하여 구성하는 방식으로, 약 100m 정도의 범위에서 연결한 무선 접속을 실현 할 수 있다.

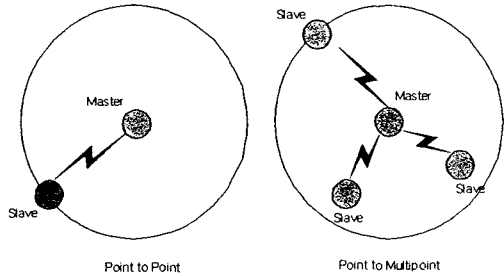


그림 2. 블루투스 피코넷 구성

하나의 장치(마스터 또는 슬레이브)가 두 개 이상의 피코넷에 존재하면, 몇 개의 슬롯은 한 쪽 피코넷에 그리고 몇 개의 슬롯은 다른 쪽 피코넷에서 소비하는 시간 분배를 해야 한다. 특정 채널

에 충돌이 생기게 되면, 충돌된 부분의 패킷은 없어지고 재전송 되거나, 아니면 음성의 경우에는 무시되기 때문에, 한 영역 내에 피코넷이 많을수록 재전송이 증가되어, 데이터 전송율이 떨어지게 된다. 블루투스 장치는 마스터 또는 슬레이브 두 가지 모드로 동작한다. 주파수 호핑 순번을 정하는 것은 마스터이고, 슬레이브는 마스터의 호핑 순번에 따라 시간과 주파수를 마스터에 동기시킨다. 주파수 호핑 순번을 조정하는 것 이외에 마스터는 블루투스 장치의 전송 시간을 조정하고, 슬레이브가 음성 트래픽과 데이터 트래픽을 보낼 슬롯에 배정하여 전송하도록 한다. 데이터 트래픽 슬롯 내에서는 마스터의 전송에 슬레이브가 응답할 때만 슬레이브는 전송을 할 수 있고, 음성 트래픽 슬롯에서는 마스터에게 응답하는 것과 상관없이 예정된 슬롯에 정기적으로 전송한다.

3. 실험 시스템 설계

ACL 데이터의 전송을 위한 실험 시스템은 크게 두 부분으로 구성 될 수 있다. 블루투스 모듈을 이용한 하드웨어적인 부분과 블루투스 모듈간의 데이터 통신을 위한 소프트웨어 프로토콜 구현으로 나누어 질 수 있다. 한 쌍의 블루투스 모듈을 사용 하여 테스트 보드 제작과 HCI(Host Interface Protocol)의 구현 및 응용 프로그램을 작성해서 한 피코넷 안에서 마스터와 슬레이브간의 ACL 데이터 전송에 관한 테스트를 해 보았다. (Class 1 블루투스 모듈을 사용해서 반경 10m 이내에서 실험을 하였다.)

3.1. 하드웨어 설계

구조는 크게 전원부, 블루투스 모듈로 구성된 테스트 보드부 그리고 RS232의 인터페이스부 이렇게 3부분으로 나누어 질 수 있다. 그림 3.을 보면 그 구조가 비교적 간단한데, 그것은 블루투스 칩셋과 그에 관련된 주변 회로 및 안테나 등이 모두 블루투스 모듈안에 구성되어 있기 때문이다. 여기서 지칭하는 블루투스 모듈이란 블루투스 RF 칩, 베이스밴드 프로세서, 외부 플래쉬 메모리, 기타 주변 회로들이 포함된 소형 PCB 보드를 의미한다.



그림 3. 블루투스 테스트 보드 회로도

3.2. 프로토콜 및 응용 프로그램 설계

위에서 제작한 블루투스-PC기반의 테스트 보드를 직접 동작해 보이기 위해서는 그림 1. 에서 볼 수 있듯이 블루투스와 PC와의 통신을 위해 우선 HCI(Host Controller Interface) 프로토콜을 구현해야 한다. HCI인터페이스는 블루투스 시스템에서 호스트(PC)와 호스트 컨트롤러(블루투스 모듈)사이의 통신을 위해 SIG(Special Interest Group)에서 규정한 표준 인터페이스 이다. HCI 패킷은 USB, RS232, UART 등의 인터페이스 등을 통해 PC와 교환된다.

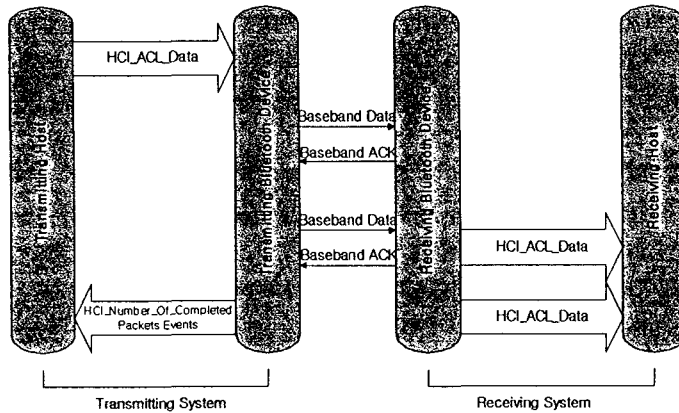


그림 4. 접속이 이루어 질 때까지의 HCI 메시지 순서도

그림 4.는 블루투스 송수신간의 접속이 이루어 질 때까지의 HCI 메시지 순서도이다. 데이터를 포함하는 HCL_ACL_DATA 패킷은 송신 호스트로부터 블루투스 모듈로 전송된다. 패킷으로부터 데이터는 ACL링크를 통하여 일련의 베이스밴드 패킷으로 전송된다. 링크측 상대측에서, 데이터는 한 개 또는 그 이상의 HCL_ACL_DATA 패킷으로 수신중인 호스트에 보내진다. 그림 4.의 다이어그램은 단지 한 방향으로 보내지는 데이터를 나타낸 것이지만 ACL링크는 양방향이므로, 데이터는 양쪽 방향으로 보낼 수 있다. 링크의 양단에서 HCL_ACL_DATA 패킷에 의해 전달되는 페이로드의 크기를 다르게 할 수도 있고, 또는 수신중인 모듈은 그것이 수신하는 각 베이스밴드 패킷에 하나의 HCL_ACL_DATA 패킷을 생성하도록 정할 수도 있다, 데이터의 순서가 지켜지는 한, 이것은 문제가 되지 않는다.

3.3. ACL 데이터 전송 실험

블루투스 테스트 보드의 제작 및 블루투스 스펙 1.1.의 HCI(Host Controller Interface) 프로토콜 부분을 구현하여 아래와 같이 응용 프로그램을 만들어 데이터 전송 실험을 하였다.

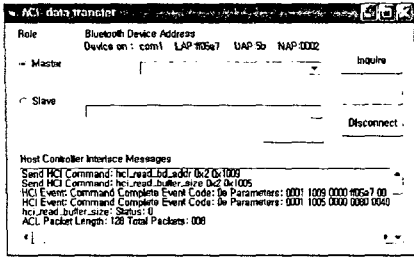


그림 5. 블루투스 마스터로 지정 상태

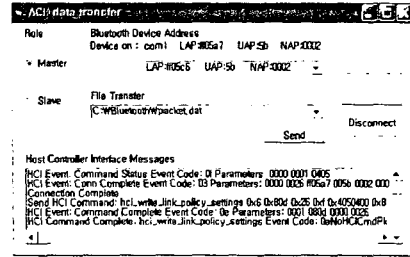


그림 6. 마스터에서 슬레이브로 데이터 전송 상태

그림 5와 같이 블루투스 에서 일대일(Point-to-Point)통신을 하기 위해서는 한쪽을 마스터로, 다른 한쪽을 슬레이브로 설정한다. 슬레이브를 선택한 장치는 슬레이브를 선택한 시점에서 수신 상태에 들어가며, 마스터로부터의 질의(inqurie)에 대하여 메시지를 돌려주도록 되어 있다. 이 때, 그림6의 화면 하단의 상태창은 'Host Controller Interface Messages'라 부르는 것으로, HCI로부터 출력되는 메시지가 표시되며, 블루투스에 의한 내부의 동작을 확인할 수 있다.

그림 6.은 마스터에서 슬레이브로의 데이터 전송 상태를 나타내는데, 데이터 전송을 위해서는 우선 질의(Inquire)를 실행하고 잠시 기다리면 '블루투스 장치 주소(Bluetooth Device Address)' 항목의 리스트 박스에 검출된 '블루투스 장치 주소'의 일람이 LAP, UAP, NAP의 순으로 표시된다. 데이터 전송을 위해 마스터에서 전송할 파일을 선택한 다음 파일 전송 버튼을 누르면 아래 상태창에 HCI 메시지가 마스터에서 슬레이브로 전송 하는 것을 볼 수 있다.

위와 같은 블루투스의 데이터 전송 동작은 간단 하지만 본 논문에서 언급한 HCI는 말 그대로 하나의 인터페이스 일 뿐이다. 완전한 하나의 블루투스 응용 시스템을 완성하기 위해서는 HCI위로 L2CAP, RFCOMM, SDP와 같은 상위 계층 프로토콜의 구현에 많은 노력과 시간이 필요하다. 그러나 HCI만으로 블루투스 장치의 대부분의 동작이 가능하고, 실제 제작한 하드웨어의 테스트도 수행할 수 있으므로 HCI는 블루투스 응용 시스템 제작시 가장 기본이 되는 것이다.

4. 결과

본 논문에서는 하나의 피코넷(Piconet)에서 일대일(Point-to-Point)방식으로 반경 10m 안에서 ACL데이터 전송의 구현을 위해 하드웨어 설계 및 HCI를 구현하여 패킷의 전송 실험을 하였다. 응용 프로그램을 제작하여 마스터와 슬레이브간의 ACL 데이터 링크 채널을 통해 파일 전송 실험을 하여 10m 이내 에서 약 700kbps의 전송 속도를 확인 하였고, 그림 8과 같은 디스플레이 장치를 무선으로 구현하여 데이터를 전송하는데 아무런 문제가 없음을 알 수 있다.이 연구를 바탕으로 다음 그림 7.과 같이 열차 차량 내에서 블루투의 피코넷을 이용한 일대다(Point-to-Multipoint) 시스템을 구성할 수 있다.

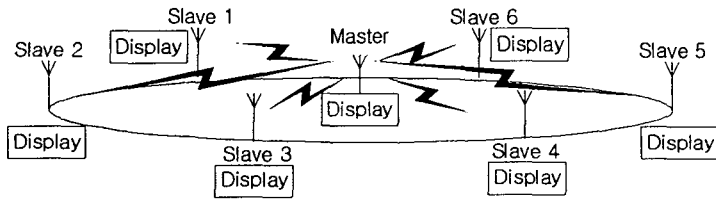


그림 7. 열차 차량 내의 예상 시스템 구성도



그림 8. 현재 열차 차량에 설치되어 있는 디스플레이 장치

그림 7.과 같은 원리로 하나의 열차 차량을 피코넷이라 생각하고, 가운데 마스터 디스플레이 장치를 설치하고 나머지 열차 내에 설치되어 있는 각 디스플레이 장치들을 슬레이브로 구성하면 일대다(Point-to-Multipoint) 방식이 되어 최대 8(마스터 포함)개의 블루투스 피코넷을 구현 할 수 있다. 만약에 열차 차량내에 더 많은 장치들이 피코넷안에 설치 되기를 원한다면 다수의 피코넷이 구성된 스캐터넷을 구현하면 열차 내에 더 많은 기기들을 설치 할 수 있다..

열차 차량 내에 피코넷의 일대다(Point-to-Multipoint) 연결을 위해 HCI상위 많은 프로토콜의 개발이 남아있지만, 벌써 일부 대중 교통 수단에서는 위에서 실험한 일대일(Point-to-Point) 연결방식으로 디스플레이 부분이 무선으로 이루어져 운행되고 있다. 여기서 더 발전하여 디스플레이 부분과 음성 부분까지 모두 블루투스 통신을 이용 무선으로 연결한다면, 차량내의 결합 요소와 비용 등을 크게 감소 시킬 것이다.

참고문헌

1. Jennifer Bray and Charles F Sturman, 2002, "BLUETOOTH 1.1 : Connect without Cables" Prentice-Hall.
2. Bluetooth SIG, "Specification of the Bluetooth System", Version 1.1, Core, Specification Volume 1, February 22 2001.
3. Bluetooth SIG, "Specification of the Bluetooth System", Version 1.1, Profile, Specification Volume 1, February 22 2001.
3. Riku Mettala, "Bluetooth Protocol Architecture", Bluetooth WHITE PAPER, August 25th 1999.
4. Pravin Bhagwat, "Bluetooth : Technology for Short-Range Wireless Apps", IEEE Internet Computing, May 2001.
5. www.bluetooth.com
6. www.bluetoothlab.com