

유선 네트워크 기반의 근거리 무선 통신을 이용한 제어용 네트워크

Control Network using Bluetooth with Wire Network

곽재혁*, 임준홍**

* 한양대학교 전자컴퓨터공학부(전화:(031)400-4043,팩스:(031)418-3397,E-mail : jhkwak@aser.hanyang.ac.kr)

** 한양대학교 전자컴퓨터공학부(전화:(031)400-5175, 팩스:(031)418-3397, E-mail : ihlim@hanyang.ac.kr)

Abstract : Recently, Bluetooth has been regarded as a new technology for short-range wireless connection. Although initial application of Bluetooth technology has been focused mainly on replacing cables between hand-held devices due to a limited packet size and short-range, general wireless telecommunication such as PAN and Ad hoc networks via Bluetooth-equipped devices is expected to be one of the most popular applications. Wireless equipments have been used to exchange data between host and mobile unit. The exchanging data may be several bytes of control command and the value of sensors with ultra-sonic, vision sensor, and encoder from mobile robot. However, most wireless equipments have some drawbacks such as lack of authentication, large size and high price. On the other hand, the benefits of Bluetooth are small size, low power, low price except short-range. Especially, there are some difficulties when wireless modules are used in indoor environments. In this paper, a method of using wire network in Bluetooth network is investigated as a solution to overcome the short-range problem of Bluetooth and difficulty in indoor environment.

Keywords : Bluetooth, scatternet, control network, robot

I. 서론

근거리 무선 통신을 위해 개발된 블루투스는 패킷 형태의 데이터와 음성을 전송할 수 있다. 최근들어 블루투스를 이용한 네트워크 구현에 대한 많은 연구가 진행되고 있으며 다양한 응용 제품들이 나오고 있다 [1][2]. 음성 및 데이터의 전송을 목적으로 하는 블루투스는 SCO와 ACL 연결 방식을 사용하고 있다. 음성의 경우 내부에 있는 음성 코덱을 사용하여 음성을 변환하고 SCO연결을 통해 자동적으로 전송이 이루어진다. 일반적인 데이터의 경우는 ACL연결을 통해 패킷 형태로 다른 블루투스로 전송된다. 블루투스를 사용하여 네트워크를 구성하기 위해서는 이와 같은 패킷 형태의 데이터 전송을 통해 이루어진다. 블루투스는 ACL연결을 사용할 경우 최대 7개 가지의 연결을 할 수 있다. 그 이상의 연결을 하기 위해서는 애드혹 네트워크 같은 무선네트워크와 마찬가지로 다양한 라우팅 알고리즘이 적용되고 있다.[1][3] 블루투스의 연결과정은 요청과 연결 과정을 반드시 수행한다. 이 과정에서 초기의 요청 과정에서 소요되는 시간은 이동성을 강조하는 무선 네트워크에서 매우 큰 단점이라고 할 수 있다.

블루투스로 구성된 네트워크의 구성에서 최소 구성 단위는 하나의 마스터 역할을 하는 블루투스와 직접 연결이 가능한 슬레이브 7개로 구성된 단위이다. 이와 같이 구성된 소규모 네트워크는 다시 근접한 마스터들 간의 연결을 통해 네트워크의 범위를 확장해 나갈 수 있다. 블루투스 네트워크에서 데이터의 이동은 소규모 네트워크를 제어하는 마스터를 통해서만 이루어지며 이 과정에서 라우팅 알고리즘과 같은 데이터 이동의 방법에 대해서 다양한 연구가 이루어 지고 있다. 그림 1은 소규모 네트워크들로 이루어진 전체 네트워크 구성도이다.

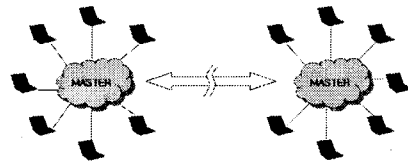


그림 1. 블루투스 네트워크 구성도
Fig.1 Bluetooth Scatternet

II. TCP/IP 기반 블루투스 네트워크

1. 소규모 네트워크

2. TCP/IP 기반의 중계기

마스터를 통한 데이터의 전송은 데이터 전송거리의 제한이 생긴다. 중계기의 위치는 전송거리가 갖는 제한 거리 이내에 존재해야 하며 이러한 단점은 중계기의 수를 증가시키는 문제가 발생한다. 인접한 소규모 네트워크와의 접속을 위해서 항상 하나의 채널을 연결된 상태로 유지해야 한다. 그렇지만 여러 가지 가능한 경우를 보면 반드시 연결을 유지해야 하는 것은 아니며, 마스터와 클라이언트의 역할을 모두 수행하는 경우도 존재한다. 애드혹과 같은 이동성을 강조한 무선 네트워크에서는 연결 방법이 매우 다양하며 데이터의 종류에 따라서 알맞은 연결 방법을 찾아야 한다. 유선 네트워크 기반의 블루투스 네트워크에서 발생 할 수 있는 연결 형태는 다음과 같다.

- 소규모 네트워크상에서의 연결
- 중계기를 통해 연결된 서로 다른 소규모 네트워크
- 유선 네트워크와 소규모 네트워크의 연결

위에서 보인 연결 형태를 통해 사용자, 서버, 제어 대상 사이의 데이터 교환이 이루어진다. 유선 네트워크를 통한 소규모 네트워크의 연결에서는 마스터 역할을 하는 중계기를 TCP/IP를 이용한 유선 네트워크를 이용하여 연결한다.

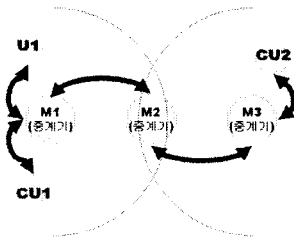


그림 2. 블루투스 기반 네트워크와 유선기반 네트워크
Fig. 2. Bluetooth Scatternet and Wire Network

그림 2.에서는 일반적인 블루투스 네트워크와 유선기반 네트워크를 사용하여 데이터 전송을 위한 영역을 표시하고 있다. 점선으로 표시된 무선기반의 네트워크에서는 제어대상인 사용자 U1이 제어대상 CU1을 제어하기 위해서는 중계기 M1을 통해 소규모 네트워크 내에서 가능하다. 그러나, 제어대상 CU2를 제어하기 위해서는 중계기 M1, M2, M3을 모두 사용해야 한다. 또한 사용자는 반드시 데이터가 도달할 수 있는 영역 내에 위치해야 한다. 실제로 표시된 유선 기반의 네트워크에서는 중계기 M2가 필요하지 않으며 라우팅 알고리즘도 라우팅 패킷을 사용하여 간단하게 수행 할 수 있다.

3. 라우팅 패킷

유선 네트워크로 연결된 중계기들은 새로운 사용자나 제어대상의 요청이 발생하면 자신의 주소와 정보를 모든 중계기들에게 보낸다. 전송되는 정보의 구성 요소로서 중계기의 주소와 사용자와 제어대상을 구분하고 마지막으로 제어대상의 작업설명을 모두 보낸다. 작업설명은 제어 대상이 할 수 있는 작업들을 미리 정의 함으로써 작은 크기의 데이터를 통해서 모든 정보를 전송한다. 앞에서 설명한 라우팅 패킷을 나타내면 다음과 같다.

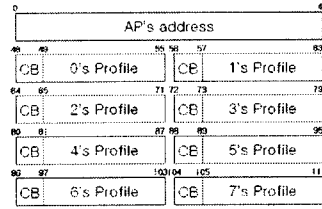


그림 3. 라우팅 패킷
Fig.3 Routing Packet

그림 3.에서 알 수 있듯이 하나의 제어대상은 128개의 작업을 정의할 수 있다. 모든 제어 대상은 하나의 블루투스에 한가지의 작업만을 수행하도록 한다. 그리고, CB는 연결되어 있는 블루투스가 사용자나 또는 제어대상인지를 구별할 수 있게 한다. 다음의 표 1.은 실험에 사용된 제어대상들의 작업을 정의하고 있다.

표 1. 작업 정의
Table 1. Define of Method

작업번호	작업
0	연결 안됨
1	이동 로봇
2	Pan/tilt
...	...
127	이미지 데이터 비압축, 크기 320 X 240

그림 4.는 사용자와 제어대상이 네트워크에 연결이 되었을 경우를 순서적으로 나타내고 있다. 그림 4.(a)에서 사용자가 중계기와 연결하면 중계기는 네트워크에 연결되어 있는 제어대상의 정보를 사용자에게 전송한다. 사용자는 수신된 데이터를 통해서 제어하고자 하는 대상을 찾는다. 그림 4.(b)는 사용자가 다른 소규모 네트워크에 있는 제어대상을 중계기를 통해 제어하는 과정을 나타내고 있다. 제어명령은 간단하게 정의를 함으로써 제한된 대역폭을 효율적으로 사용한다. 또한 전송된 명령어에 대해 제어대상은 반드시

작업 수행의 결과를 사용자에게 전달하여 작업의 수행성을 높이고 준비되지 않은 제어대상에게 잘못된 명령을 보내는 것을 방지하여 오동작을 막는다.

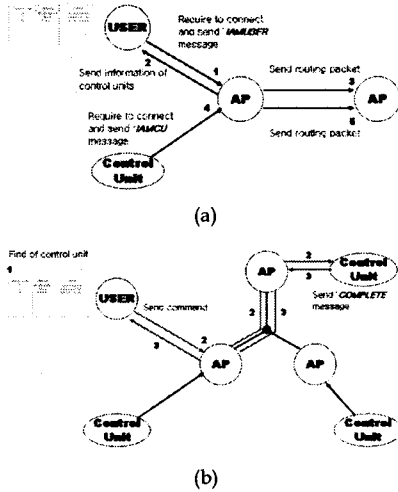


그림 4. 연결 순서

Fig.4 Sequence of transmission

이동 로봇과 같은 이동성을 가진 제어대상들은 중계기들 사이를 이동하게 된다. 이러한 과정에서 다른 중계기로 연결을 하기 위해서는 요청과 연결과정을 거쳐야 한다.

4. 중계기 전환

카메라와 같은 위치가 고정된 제어대상에서는 처음에 연결된 소규모 네트워크가 변환되지 않는다. 그러나 이동 로봇과 같이 소규모 네트워크 사이를 이동할 때 제어대상은 소규모 네트워크에 있는 중계기와의 연결을 바꾸어 주어야 한다. 이 과정에서 블루투스가 갖는 연결 과정을 수행하기 위해서는 초기 요청 시간이 필요하다. 따라서, 중계기의 거리는 제어 대상의 이동 속도와 연결 시간을 고려하여 위치시킨다. 그림 5는 앞에서 설명한 중계기의 변환 과정을 나타내고 있다. 그림 5(a)에서와 같이 이동하는 물체는 서로 다른 중계기에 연결을 하게 된다. 이 과정에서 모든 중계기들은 라우팅 패킷을 교환하고 사용자도 연결 정보를 얻게 된다. 사용자는 먼저 사용하고 있는 연결에 우선권을 두고 순서대로 들어온 연결 방법들을 차례대로 저장한다. 그림 5(b)에서는 제어 대상이 다른 중계기로 완전히 연결을 전환한 상태이다. 이와 같이 하나의 연결이 끊기는 상황이 발생 할때에도 중계기는 처음과 마찬가지로 라우팅 패킷을 전송하여 상황을 전달한다. 따라서, 사용자는 순서대로 저장 되어 있던 연결을 갱신하여 새로운 우선권을 만든다.

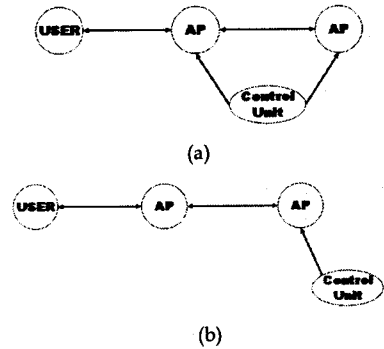


그림 5. 중계기 변환

Fig. 5. Change of Access point

III. 실험 및 결과

1. 실험 환경

유선 네트워크 기반의 블루투스 네트워크는 그림 6과 같다. 유선으로 연결된 중계기들은 고정된 위치를 가지고 있으며, 사용자나 제어대상은 건물 내부에서 자유롭게 이동을 한다.

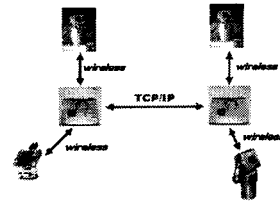


그림 6. 실험환경

Fig. 6. Experimental environment

실험에 사용된 블루투스는 class2의 규격으로서 전송거리는 10미터이다. 그러나, 실험을 통해서 이 거리는 벽과 같은 장애물이 없는 환경에서는 100미터 이상의 거리를 나타내고 있다.[4] 사용자가 제어하기 위한 제어 대상으로서는 이동 로봇과 카메라용 Pan/Tilt와 같이 명령어 패킷이 작은 경우와 정지 영상 이미지와 같은 데이터의 크기가 매우 큰 경우를 하나의 소규모 네트워크에서 모두 접속 가능하게 한다. 다음의 표 2.는 제어대상이 갖는 특성들을 보이고 있다.

표 . 2 제어 대상의 특성
Table 2.

제어대상	특 성	패킷전송량
이동로봇	위치 이동	송신 - 8 bytes 수신 -5 bytes
Pan/Tilt	위치 고정	송신 - 8 bytes 수신 -5 bytes
카메라	위치 고정 대용량 데이터	1 프레임 - 76.8 KBytes (비압축 흑백 이미지)

이미지와 같이 다른 제어 명령에 비해 매우 큰 크기를 갖는 데이터는 두 가지 방법에 의해서 전송한다. 첫 번째는 사용자가 요구할 때만 정지영상을 전송하는 방법이고 두 번째는 연속적인 전송을 하는 방법이다.

사용자는 소규모 네트워크에서의 무선 연결 사용자와 원거리의 유선 네트워크를 통한 사용자의 두 가지 경우를 모두 고려한다.

2. 결과

제어용 네트워크에서 중요한 점은 사용자가 네트워크상에 있는 제어대상에 대한 정보를 모두 알 수 있어야 하며, 그 중 제어하고자 하는 것에 대해서 명령의 전달이 정확하게 이루어져야 한다. 다음의 표3은 네트워크에 실제로 연결된 제어대상의 횟수와 사용자가 얻은 정보에서 찾은 횟수를 나타내고 있다.

표 3. 제어대상이 연결된 횟수
Table 3. Number of connection

	조회수
사용자	49
네트워크	50

위의 표3에서 보이고 있는 오차는 로봇의 이동에 의해서 다른 중계기로의 요청과 연결 과정에서 오는 시간적 차이에 의해서 발생한다. 그러나, 아래의 표4에서 나타내듯이 연결된 제어대상에 대한 명령의 수행정도는 매우 안정적이다.

표 4. 명령수행 횟수
Table 4. Number of completion of command

	조회수
전송된 명령	479
수행된 명령	480

이미지의 전송에 있어서는 정지 영상의 경우 왜곡이 적었으며, 연속적인 이미지의 전송에서는 초당 2프레임의 성능을 보였다.

IV. 결론

일반적으로 작은 크기의 데이터 전송을 기반으로 이루어지는 제어용 네트워크는 블루투스만을 사용하여 구현이 가능하다. 하지만, 전송거리의 제약으로 인해 중계기를 통한 네트워크의 구성은 반드시 필요하다.

본 논문에서는 유선 네트워크를 사용하여 무선 중계기의 수를 줄이고 블루투스를 통해서 어려운 원거리에서의 제어를 가능하게 하였다. 유선 네트워크로 사용된 TCP/IP 외에도 다른 유선 네트워크도 사용이 가능하다. 따라서, 무선 및 유선의 적절한 결합을 통해 사용의 목적에 알맞은 네트워크를 구현하는 것은 다양

하게 이루어 질 수 있다. 이러한 과정을 통해 좀더 효율적인 구성을 할 수 있도록 다양한 유무선 규격의 결합 방법을 찾는 것이 제한적인 상황에서의 데이터의 전송에 있어서 효과적이다.

참고문헌

- [1] Mase, K., Matsui, T., Sato, T., "Scatternet formation of bluetooth ad hoc networks", VTC-2003, Vol. 3, pp. 2028-2032, 2003
- [2] Rene russer, Rodolfo Mann Pelz, "Bluetooth-based wireless connectivity in an automotive environment", VTC-2000, Vol 4, pp. 24-28, 2000
- [3] Yong Liu, Lee, M.J., Saadawi, T.N., "A Bluetooth scatternet-route structure for multihop ad hoc networks", Communications, IEEE Journal on, Vol. 21, pp. 229-239, 2003
- [4] Murphy, P., Welsh, E., Frantz, J.P. "Using Bluetooth for Short-term Ad Hoc Connections Between Moving Vehicles", VTC-2002, Vol. 1, pp. 414-418, 2002