

이동 시스템 제어를 위한 블루투스 네트워크

Bluetooth Network for Mobile System Control

곽재혁*, 임준홍

(Jaehyuk Kwak and Joon hong Lim)

Abstract : Bluetooth technology is essentially a method for wireless connectivity of a diverse set of devices ranging from PDAs, mobile phone, notebook computers, to another equipments. The bluetooth system supports both point-to-point connection and point-to-multipoint connections. In point-to-multipoint connection, the channel is shared among several bluetooth devices. Two or more devices sharing the same channel form a piconet. There are one master device and up to seven active slave devices in a piconet. The radio operates in the unlicensed 2.45GHz ISM band. This allows users who travel world-wide to use bluetooth equipments anywhere. Since the link is based on frequency-hop spread spectrum, multiple channels can exist at the same time. The bluetooth standard has been suggested that bluetooth equipments can be used in the short-range, maximum 100 meters. It has been defined that the time takes to setup and establish a bluetooth connection among devices is 10 seconds. It is a long time and may be a cause to lose a chance of finding other non-fixed devices. We propose a routing protocols for scatternets which can be used to control a mobile units(MUs) in this network. The proposed routing protocol is composed of two kinds of bluetooth information, access point(AP) and MU.

Keywords : bluetooth, scatternet, access point, routing, mobile robot

I. 서론

이동 로봇을 원거리에서 제어하기 위한 연구는 오래전부터 진행되어져 왔으며 다양한 방법들이 연구되고 있다. 제어의 목적에 따라서 단순한 데이터의 전송이나 많은 양의 데이터를 필요로 하는 센서값의 전송과 같이 다양한 형태의 전송이 이루어지고 있다. 또한, 무선 데이터 전송을 위한 방법도 여러 가지가 있다. 현재 무선데이터 통신의 표준으로 가장 많이 사용되고 있는 것은 IEEE 802.11이다. 이 기술은 빠른 데이터 전송속도를 가지고 있으며 MAC(Medium access control) 프로토콜을 사용함으로써 LAN과 같은 환경에서 사용되고 있다. 그러나, IEEE 802.11도 애드혹과 같은 이동성이 있는 무선환경에서 문제점이 발생한다는 사실이 알려져 있다[1]. 이와 같은 문제점들은 채널의 동시 접속과 같은 medium access의 제어 방법에 의해서 발생된다. 최근에 개발되어진 블루투스는 하나의 피코넷에서 도약과 시분할 중복(time division duplex(TDD))를 사용하여 순차적인 전송을 함으로서 medium access에서 발생하는 문제를 해결하고, 서로 다른 피코넷에서는 Frequency Hopping Code-Division Multiple Access (FH-CDMA)를 사용함으로써 채널 중복을 막을 수 있다.

블루투스의 역사는 길지 않지만 낮은 전력 소모와 저렴한 가격을 갖는 무선 데이터 규격으로서 근거리용으로 개발되었다. 이동로봇이나 자동차등과 같은 환경에도 적용이 가능하며 [3-5] 스캐터넷을 이용한 네트워크의 구현을 통해 다양한 활용방안을 제시하고 있다[1-2]. 블루투스 스캐터넷은 블루투스

가 갖는 대역폭을 최대한 이용한 범용의 데이터 전송을 위한 방법이나 특정한 목적을 위해 피코넷만을 이용한 근거리용의 연구가 주로 이루어지고 있다. 분산형이나 조합형태의 스캐터넷은 기본이 되는 피코넷을 변형하여 연결한다. 스캐터넷이 갖는 다양한 특성들은 기본 피코넷이 갖는 특성에 따라 달라지게 된다[8]. 각각의 블루투스는 마스터와 슬레이브의 역할을 조절함으로써 전송거리를 확장한다. 블루투스의 연결을 성립하기 위해서는 요청과 연결의 과정을 통해 패킷을 교환함으로써 정보를 교환한다. 이과정은 확실한 연결을 보장하지만, 매우 긴 시간을 필요로 한다. 애드혹과 같은 환경에서는 이 과정에서 소요되는 시간을 줄이기 위해서 프로토콜을 변형하는 방법을 사용하기도 한다[1]. 본 논문에서는 이동 로봇과 같은 이동하는 유닛을 제어하기 위해서 중계기를 자동적으로 변경할 수 있는 스캐터넷을 제안한다. 데이터의 손실을 막기 위해서 빠른 중계기의 변환이 가능해야 하며 시간 지연을 줄이기 위해서는 경로수를 줄여야 한다.

본 논문은 2절에서 블루투스에 대한 기본특성과 스캐터넷을 구성하기 위한 방법들에 대해서 설명하고 3절에서는 본 논문에서 제안한 이동 유닛을 제어하기 위한 블루투스 네트워크에 대해서 설명한다. 4절은 경로 설정에 따른 경로수와 시간지연에 대한 실험 및 결과이며 5절은 결론의 순서로 구성되어 있다.

II. 블루투스 특성

1. 멀티슬레이브 연결

블루투스는 마스터와 슬레이브의 형태를 통해 피코넷을 구성하고 서로 데이터를 주고 받을 수 있다. 피코넷은 하나의 마스터와 최대 7개까지의 슬레이브가 연결되어 있는 형태이다. 시분할이중화(time division duplex) 주파수 도약(frequency hopping)채널은 베이스밴드 전송에서 625 μ s의 시

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2004. 9. 25., 채택확정 : 2004. 10. 13.

곽재혁 : 한양대학교 전자전기제어계측과(jhkwa@aser.hanyang.ac.kr.)

임준홍 : 한양대학교 전자컴퓨터공학부(jhlim@hanyang.ac.kr)

※ 본 논문은 전자재료 및 부품연구센터(RRC)에서 지원하여 연구하였습니다.

표 1. 패킷 형태.

Table 1. Packet type.

Type	Slot occupancy	Payload (bytes)	Symmetric Max. Rate(Kb/s)
DM1	1	0-17	108.8
DH1	1	0-27	172.8
DM3	3	0-121	258.1
DH3	3	0-183	390.4
DM5	5	0-224	286.7
DH5	5	0-339	433.9

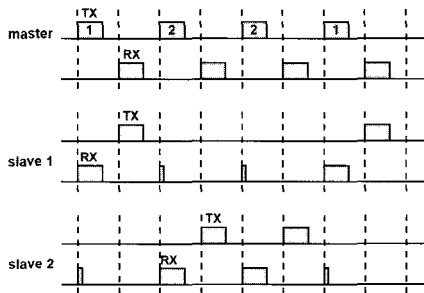


그림 1. 다중접속시의 시간분할.

Fig. 1. RX/TX timing in multi-slave configuration.

간 슬롯을 가진다. 표 1에서 보이고 있는 바와 같이 블루투스가 전송할 수 있는 패킷의 형태는 시간 슬롯에 의해서 결정되며 최대 5개까지의 시간 슬롯을 사용한다.

p 개의 패킷을 전송하는 패킷 형태에서 데이터의 크기를 l 이라고 하고 사용하는 시간 슬롯의 개수를 m 이라고 할 때, 데이터의 최대 전송속도는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$M = \frac{p \times l}{(2 \times p \times m) \times t_f} \quad (1)$$

여기서 t_f 는 시간 슬롯의 값으로서 $625 \mu s$ 이다.

블루투스 마스터는 시간 슬롯이 짝수일 경우에만 전송을 하며, 슬레이브는 홀수일 경우에만 전송을 한다. 따라서, 하나의 마스터에 여러 개의 슬레이브가 접속할 경우 그림 1과 같이 시간 슬롯을 분할하여 데이터의 송수신이 이루어 지게 된다. 따라서, 블루투스가 갖는 최대 전송속도는 다중접속을 할 경우 접속하고 있는 슬레이브의 개수에 의해서 약 $1/n$ 으로 떨어지게 된다. 그 이유는 하나의 마스터에 여러 개의 슬레이브가 다중접속을 하는 경우 하나의 시간 슬롯에 대해서 하나의 슬레이브만이 데이터를 수신할 수 있기 때문이다.

각각의 슬레이브의 전송량을 $M(k)$ 라고 하면,

$$M(k) = \frac{w_k \times p \times l}{(2 \times p \times m) \times t_f}, \quad (k = 0, 1, \dots, 6) \quad (2)$$

여기에서 w_k 은 각각의 슬레이브에 주어진 가중치로서 전체의 합은 1이다. 위식을 사용하여 같은 가중치를 갖는 n 개의 슬레이브가 연결된 피코넷에서의 최대 전송속도를 구

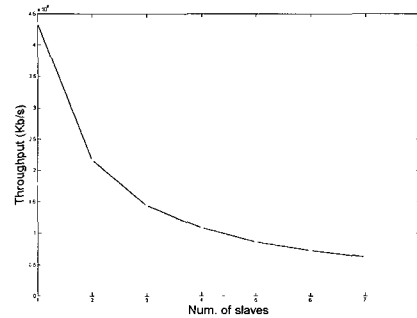


그림 2. 같은 가중치에서의 최고 전송량.

Fig. 2. Maximum throughput with same weight.

하면 다음 그림과 같다.

2. 스캐터넷 구성

이미 제안된 블루투스 스캐터넷에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

2.1 BTCP

Salonidis가 제안한 Bluetooth Topology Construction Protocol 이며[1], 조합형의 형태로 구성되어 있다. 비대칭형의 연결 성립의 문제를 해결하기 위해서 제안되었으며, 마스터의 역할을 하는 블루투스와 데이터를 넘겨주기 위한 브릿지 역할을 하는 블루투스로 구별하고 있다. 이 방법은 많은 계산량을 필요로 하며 이동성이나 연결이 사라졌을 경우에는 대처하기 어렵다.

2.2 Bluenet

Wang이 제안한 멀티홉이 가능한 스캐터넷이며 다른 방법에 비해 짧은 경로와 더 높은 대역폭을 유지할 수 있지만, 매우 복잡하며 넓은 영역으로의 확장이 어렵다.

2.3 BlueStar

Basagni가 제안한 방법이며 멀티홉이 가능한 스캐터넷이다. 마스터의 기능을 강화하여 마스터에서 다른 블루투스가 연결노드와 같은 역할을 하도록 제어한다. 또한 가중치값을 통해서 이웃한 블루투스의 역할을 슬레이브로 조정한다. 이 방법은 멀티홉에서의 스캐터넷연결을 보장할 수 있지만, 연결이 끊기거나 매우 많은 수의 연결 요청이 들어오면 처리를 할 수 없다. 따라서, 제한조건을 두어 그러한 상황을 해결하고 있다.

블루투스 스캐터넷의 구현은 프로토콜의 수정을 통해서 블루투스가 갖는 규격내에서 이루어 진다. 또한, 네트워크의 구성을 목적으로 구현되기 때문에 경로 설정의 시간이나 이를 통한 데이터의 전송에 대한 실험은 많이 이루어 지고 있지 않다. 위에서 보인 스캐터넷의 경우에서 애드혹과 같은 이동성이 있는 환경에서는 적용하기 어려우며 또한 많은 계산량을 필요로 한다. 그 이유는 네트워크에 존재하는 모든 블루투스에 대해서 각각의 역할을 설정하고 기본인 되는 피코넷을 사용하기 때문이다. 이동 유닛을 제어하기 위해서는 사용자와 이동 유닛간의 데이터 전송 경로가 보장되어야 하며 데이터의 전송도 정확하게 이루어져야 한다. 이와 같은 문제는 다수의 중계기의 위치를 고정시킴으로써 해결할 수 있으며, 간단한 경로설정 알고리즘을 통해 성능이 낮은 호스

트를 사용하여 중계기의 크기를 줄일 수 있다.

III. 블루투스 네트워크

블루투스 제어 네트워크는 블루투스로 구현된 스캐터넷을 사용하여 이동유닛(MU)을 제어하기 위한 네트워크이다. 블루투스로 구현된 중계기를 통한 경우 속도의 감소와 지연시간이 발생하게 된다. 그 이유는 2절에서 설명한 바와 같이 하나 이상의 멀티슬레이브 연결시 최대전송속도가 떨어지는 것은 당연한 일이며, 중계기는 최소한 두개의 연결상태를 유지해야 하기 때문이다. 또한, 경로수의 증가에 따른 시간 지연은 시분할방법에 의해서 시간슬롯의 시간만큼 지연되며, 블루투스를 제어하기 위한 호스트의 처리 속도에 의해서도 일어난다. 이와 같은 시간 지연은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$t_d = (2 \times h - 1) \times t_f + t_p \times h \quad (3)$$

(3)에서 t_p 는 호스트의 성능에 따른 데이터를 처리하기 위한 시간이다. 즉 계산 능력이 낮은 호스트를 사용할 경우 이 지연시간은 증가하게 된다. 따라서, 제어용 패킷을 작은 크기로 만들어 속도의 저하에 따른 대역폭의 감소에서도 충분히 동작할 수 있도록 만들어 준다.

1. 제어용 패킷

이동유닛을 제어하기 위한 제어용 패킷은 장치의 종류와 명령어에 대해서 미리 정의를 내린다. 이와 같이 정의된 제어용 패킷은 다음의 그림 3에서와 같이 매우 작은 크기의 패킷으로 정의할 수 있다.

그림 3의 제어용 패킷은 8개의 장치와 각 장치에 대해서 31가지의 명령을 수행할 수 있다. 그러나, 영상과 같은 센서 값들은 이미 정의해둔 패킷에 의해서도 데이터의 양은 줄일 수 없다. 따라서, 이와 같은 큰 크기의 데이터를 전송하기 위해서는 2절에서 언급한 가중치를 조절함으로써 대역폭을 조절해야 한다.

2. 경로설정방법

본 논문에서 제안하고 있는 블루투스 네트워크의 경로 설정 방법은 임의접근순서확장법(Random Access Sequence Spread)이다. 이 방법을 사용하여 사용자는 이동유닛을 제어하기 위한 데이터의 전송경로를 설정하고 중계기 변환시의 새로운 경로 설정 및 데이터의 손실을 줄일 수 있다. 블루투스 네트워크를 구성하기 위해서는 다음과 같은 조건을 갖는다.

- 1) 모든 블루투스 중계기는 이웃하는 중계기들에 대한 정보를 가지고 있다.
- 2) 하나의 중계기에 연결할 수 있는 중계기는 최대 6개를 넘지 못한다.

블루투스는 요청의 과정을 통해서 다른 블루투스들의 주소와 같은 연결을 위한 정보를 획득한다. 그러나, 이미 정보

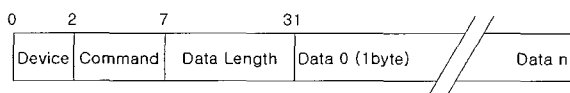


그림 3. 제어용 패킷 구조도.
Fig. 3. Control packet architecture.

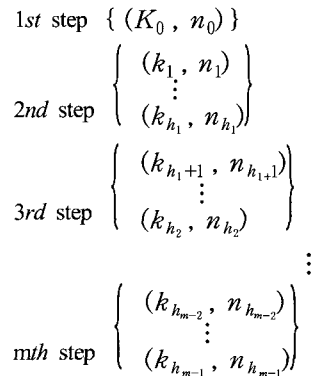
를 가지고 있다면, 요청의 과정이 없어도 연결을 성립할 수 있다. 따라서, 조건 가에 의해서 블루투스 중계기들은 요청의 순서가 없어도 바로 연결을 할 수 있으며, 요청과정에서 발생하는 10초를 줄일 수 있다.

임의접근 순서확장법은 먼저 시작점으로부터 연결되어 있는 중계기들에게 임의의 번호를(ID)를 부여한다. 시작점과 연결되어 있는 모든 중계기에게 번호 부여 과정이 끝나면 연결되어 있는 중계기 중에서 가장 작은 번호에서부터 다시 번호를 부여한다. 시작되는 번호는 전단계에서 끝난 번호 다음부터 시작한다. 이때, 각 중계기들은 자신과 인접한 중계기의 개수를 사용하여 다음과 같은 정보를 저장한다.

$$F(K, N)$$

K : Kth access point (4)
N : Number of Neighbors , (0 ≤ n ≤ 6)

모든 중계기들에게 번호를 부여하는 과정이 끝나면 최종적으로 모든 중계기들이 가지고 있는 정보를 이용하여 테이블을 만들어 중계기들에게 전송한다. 여기서 N은 가정 내에 의해서 최대 6을 넘지 않는다. $F(K, N)$ 는 다음의 과정을 통해서 생성된다.



여기서, h_j 는 $h_j = \sum n_{(j-1)th \text{ step}}$ 이다. 이와 같은 정보를 저장하기 위해서 각각의 중계기들에는 $ceil(\log_2(K \times 2^3)) \times K$ bits의 메모리가 필요로 하게 된다. 만약 1000개의 중계기들이 있다면, 각각의 중계기들은 약 1.6Kbytes의 저장영역을 가지고 있어야 한다.

위의 과정을 통해 모든 중계기에 대해서 번호를 부여하는 과정이 끝나면 사용자가 연결되어 있는 시작점(src)로부터 이동유닛이 연결되어 있는 중계기(des)로 가는 경로를 결정한다. 전송 경로인 (src, R_0, R_1, \dots, des)는 다음과 같은 방법에 의해서 결정된다.

표 2에서 보인 바와 같이 경로 설정방법은 매우 간단한 계산 결과에 의해서 경로를 설정할 수 있으므로, 결론적으로 매우 빠른 경로 설정이 가능하다.

다음 그림 4는 RASS를 사용하여 각각의 중계기들에게 번호를 부여한 결과와 중계기와 인접한 중계기들의 개수들로 구성된 테이블을 나타낸 것이다.

표 2. 경로설정방법.

Table 2. Routing Method.

```

0:   IF  $\neg$  Piconet(src,des)
1:   WHILE(  $R_{n+1} \neq$  origin)
2:   IF (  $R_n \leq \sum_{i=0}^K N_i$  )
3:    $R_{n+1} = K$ 
4:   IF ( K=des or K=src )
5:   END
6:   END
    
```

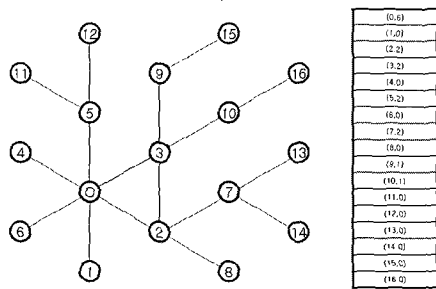


그림 4. RASS 예제.

Fig. 4. Example of RASS.

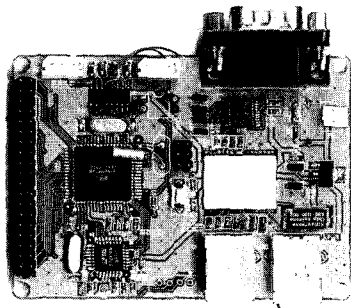


그림 5. 블루투스 중계기.

Fig. 5. Bluetooth access point.

RASS는 임의로 부여된 순서들에 의해서 경로를 결정하게 된다. 이러한 점은 앞에서 언급한 조건들이 없어도 블루투스가 갖는 기본 특성인 요청과 연결에 의해서도 가능하다. 그 이유는 번호를 부여하는 과정이 주소나 위치와 같은 정보가 없이 단순히 연결된 순서대로 번호를 부여하기 때문이다. 또한, 결과적으로 사용자가 연결된 중계기로부터 이동유닛이 연결된 중계기까지의 최단 경로를 얻을 수 있다.

3. 블루투스 중계기

고정된 위치를 갖는 중계기는 조건 1)에 의해서 항상 주변의 중계기들과 연결 가능한 상태를 유지한다. 블루투스는 내장되어 있는 스택을 변경함으로써 단순한 작업은 호스트가 없어도 수행할 수 있다. 그러나, 경로설정알고리즘의 수행과 같은 복잡한 작업을 수행하기 위해서는 호스트의 역할을 하는 프로세서를 사용한다.

그림 5는 호스트 역할을 하는 프로세서(AVRmega103)와

블루투스 모듈(class2)을 사용한 중계기를 나타내고 있다. 호스트는 중계기들의 정보를 저장하고 필요에 의해 RASS를 수행한다. 또한 프로토콜을 분석하여 블루투스의 연결과 데이터의 전송을 가능하게 한다.

4. 데이터 전송 과정

사용자가 블루투스 네트워크와 연결이 되면 사용자와 연결된 중계기에서는 자신을 시작점으로 하여 RASS에 의해서 새로운 번호를 갖게 된다. 이때 만들어진 테이블은 사용자가 저장한다. RASS에 의해서 생성된 번호는 블루투스가 갖는 주소와 같은 고유값을 저장하는 것이 아니라 임시로 정해진 가상의 값으로서 사용자는 이 값을 통해 실제 중계기들로 가는 경로만을 찾는 것이다. 사용자나 제어유닛이 중계기에 연결되면 그 중계기로부터 연결가능한 모든 중계기들의 정보를 받는다. 그 이유는 여러 가지 조건에 의해서 연결은 끊길 수 있으며 이 경우 새로운 경로를 찾기 위해서 필요하다. 사용자의 경우와 달리 이동 유닛은 네트워크에 연결이 되면 이미 정의되어 있는 자신의 정보와 연결된 중계기의 정보를 모든 중계기에게 보낸다. 사용자는 RASS로 만들어진 테이블을 사용하여 이동유닛이 있는 중계기로의 경로를 설정하고 제어패킷을 전송한다. 이때 ACK신호와 같은 주기적인 신호를 발생시켜 연결상태를 점검한다.

IV. 실험 및 결과

그림 6-9는 다중접속 환경에서의 최대 전송속도를 나타내고 있다. 그림 6은 마스터와 한 개의 슬레이브사이의 전송속도를 나타낸것이다. 이 경우의 연결형태는 대칭형 연결이며 ACL패킷 중에서 DH5를 사용한다. 그림에서 알 수 있듯이 블루투스 규격에서 정의한 패킷형태가 갖는 최대 속도에 가까운 결과를 보이고 있다. 그림 7, 8은 같은 가중치를 갖는 두 개와 세 개의 슬레이브를 연결한 경우이며 모든 슬레이브의 데이터 전송량을 합한 결과는 그림 6의 결과와 같다. 그림 9는 그림 8의 경우에서 가중치를 변경한 경우이다. 모든 전송량은 합은 최대 전송량과 많은 차이를 보이는데 그 이유는 가중치를 주기 위한 방법에 의해 시간지연이 발생하여 시간 슬롯의 이용이 원활하지 못했기 때문이다.

3절에서 설명한 RASS방법을 사용하여 95개의 중계기에 대해서 경로 설정에 대한 성능을 평가하였다. 그림 9(a)는 95개의 중계기를 순차적으로 나열해 놓은 그림이며 그림 9(b)는 임의의 시작점(23번)으로부터 RASS에 의해 번호가 부여된 결과이다.

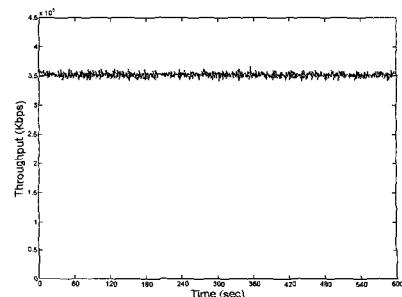


그림 6. 최대전송량(1:1 연결).

Fig. 6. Maximum throughput in 1:1 connection.

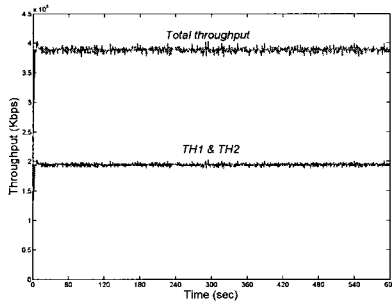


그림 7. 최대전송량(1:2연결).
Fig. 7. Maximum throughput in 1:2 connection.

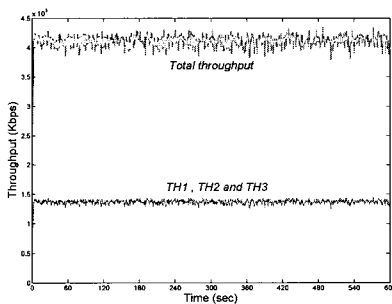


그림 8. 최대전송량(1:3연결).
Fig. 8. Maximum throughput in 1:3 connection.

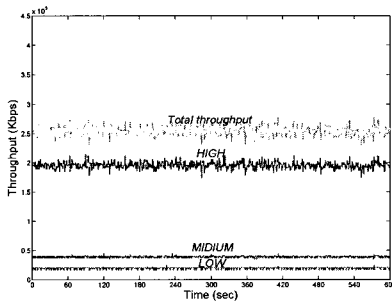


그림 9. 최대전송량 (1:3연결).
Fig. 9. Maximum throughput in 1:3 connection.

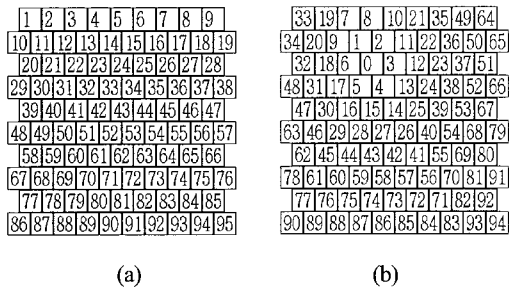


그림 9. 순서 부여 예.
Fig. 9. Example of numbering.

각각의 경우에서 모든 결과는 중계기의 번호와 이웃한 중계기의 개수에 대한 관계로 테이블이 만들어지며, 그림 9(b)의 결과는 표와 같다.

표 3. 경로 테이블.
Table 3. Routing table.

(0,6)	(19,1)	(38,1)	(57,1)	(76,1)
(1,3)	(20,1)	(39,1)	(58,1)	(77,1)
(2,2)	(21,1)	(40,1)	(59,1)	(78,0)
(3,2)	(22,1)	(41,2)	(60,1)	(79,0)
(4,2)	(23,2)	(42,1)	(61,2)	(80,1)
(5,2)	(24,1)	(43,1)	(62,0)	(81,1)
(6,1)	(25,1)	(44,1)	(63,0)	(82,1)
(7,1)	(26,2)	(45,2)	(64,0)	(83,0)
(8,0)	(27,1)	(46,1)	(65,0)	(84,0)
(9,1)	(28,1)	(47,0)	(66,0)	(85,0)
(10,1)	(29,2)	(48,0)	(67,1)	(86,0)
(11,1)	(30,1)	(49,1)	(68,1)	(87,0)
(12,2)	(31,1)	(50,1)	(69,1)	(88,0)
(13,1)	(32,0)	(51,1)	(70,1)	(89,0)
(14,2)	(33,0)	(52,1)	(71,2)	(90,0)
(15,1)	(34,0)	(53,1)	(72,1)	(91,0)
(16,2)	(35,1)	(54,1)	(73,1)	(92,1)
(17,1)	(36,1)	(55,1)	(74,1)	(93,0)
(18,1)	(37,2)	(56,2)	(75,1)	(94,0)

표 4. 경로설정 결과.
Table 4. Result of RASS.

순서	시작점	도착점	경로수	시간 (ms)
	경로			
1	0	94	9	1.093
	(0,3,12,24,39,54,69,81,92,94)			
2	0	12	2	0.829
	(0,3,12)			
3	0	61	5	0.975
	(0,5,16,29,45)			
4	0	3	1	0.2
	(0,3) piconet			
5	0	84	7	0.966
	(0,4,14,26,41,56,71,84)			

그림 9(b)의 경우에서 생성된 표 3과 같은 테이블을 사용하여 다양한 위치에서의 경로 설정에 대한 실험을 하였다. 다음의 표 4는 시작점과 도착점, 경로수, 경로 설정 시간에 대한 결과를 보여주고 있다. 표 4에서 보는 바와 같이 하나의 피코넷에 있는 경우를 제외하고 대부분의 경로 설정에 대한 소요시간은 2ms이내에 이루어 지고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 사실은 제어 네트워크에서 사용자나 제어 유닛이 이동하는 과정에서 발생하는 중계기의 변환 과정에서 발생하는 새로운 경로설정의 시간을 줄여 줄 수 있는 장점이 있다. 그림 9(b)와 같이 구성된 제어 네트워크에서 사용자가 94번 중계기에 있는 이동유닛으로 데이터를 전송한다고 가정한다. 이때 만약 위치의 변화로 인해서 0번 중계기와의 연결을 잃게 되면 제어 네트워크는 주변의 다른 중계기와의 연결을 빠르게 시도하게 된다. 이때 3번 중계기와의 연결이 성립이 되면 이미 만들어진 경로를 통해서 데이터를 전송하고 그 외의 경우에는 다시 RASS를 통해 경로를 설정해야 한다.

IV. 결론

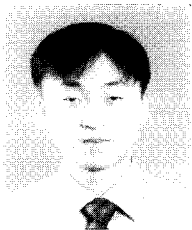
블루투스용 제어용 네트워크는 RASS에 의한 경로 설정에 의해서 사용자가 이동중에 발생하는 중계기 전환의 시간을 줄일 수 있으며, 빠른 경로 설정을 통해 데이터의 전

달을 원활하게 할 수 있다. 그러나, 연결이 끊기면 경로의 재 설정과정이 발생되기 때문에 시간 지연이 발생 될 수 있다. 블루투스가 가지는 특성인 시간 분할 방법에 의해서 간섭과 같은 문제를 해결 할 수 있지만, 다중의 슬레이브의 접속시 필연적으로 시간 지연이 발생됨으로써, 중계기에서의 데이터 전송에 있어서 최고 속도를 얻을 수는 없다. 하지만, 제어 명령어 패킷을 줄임으로서 낮은 대역폭에서도 충분히 제어를 가능하게 한다. 앞으로의 연구과제는 중계기의 위치 정보를 함께 이용하여 경로설정의 최적화를 하는 것이다.

참고문헌

[1] Y. Liu, M. J. Lee, T. N. Saadawi, "A bluetooth scatternet-route structure for multihop ad hoc networks", *IEEE Journal on selected areas in communications*, vol. 21, no. 2, pp. 229-239, 2003.
 [2] C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das, "Ad hoc on-demand distance vector(AODV) routing", *RFC 3561*, July 2003.
 [3] J. D. Takzim, "Using bluetooth transceivers in mobile robot", *Proc of Conf. on SCOReD*, pp. 472-476, 2002.

[4] P. Murphy, E. Welsh, J. P. Frantz, "Using bluetooth for short-term ad hoc connections between Moving Vehicles: a feasibility study", *VTC spring IEEE 55th*, vol. 1, pp. 414-418, 2002.
 [5] R. Nusser and R. Pelz, "Bluetooth-based wireless connectivity in an automotive environment", *Conf. on Vehicular Technology*, vol. 4, pp. 1935-1942, 2000.
 [6] Specification of the Bluetooth System vo1. 2 [online]: <http://www.bluetooth.org>
 [7] L. Romdhani and C. Bonnet, "Energy consumption speed-based routing for mobile ad hoc networks", *Proc. of Conf. on Distributed Computing Systems Workshop 24th*, pp. 729-734, 2004.
 [8] K. Persson, D. Manivannan and M. Singhal, "Bluetooth scatternet formation: criteria, models and classification", *Conf. on Consumer Communications and Networking*, pp. 59-64, 2004.
 [9] 손진호, 정태명, "분산형 블루투스 스캐터넷 형성 프로토콜", *한국통신학회논문지*, 제28권, 10A호, pp. 838-846, 2003.



곽 제 혁

1997년 한양대 전자공학과 졸업. 동대학원 석사(2000). 2001년~현재 동대학원 박사과정. 관심분야는 이동 로봇의 경로 제어 및 무선 네트워크.



임 준 홍

1979년 서울대 전자공학과 공학사. 1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학 공학석사. 1986년 Univ. of Iowa 전자공학 공학박사. 1986년~1989년 한국항공대 전자공학과 조교수. 1989년~1996년 한양대 전자공학과 부교수. 1996년~현재 한양대 전자컴퓨터공학부 교수.