제 18 회 한국정보처리학회 추계학술발표대회 논문집 제 9 권 제 2 호 (2002.11)

# 블루투스 네트워크에서의 효율적인 브로드캐스트 패킷 전송 기법 연구

박미선*, 김길용*
*부산대학교 컴퓨터공학과
e-mail : psabin@pusan.ac.kr, gykim@pusan.ac.kr

# A Efficient Delivery of Broadcast Packet in Bluetooth Network

Mi-Seon Park*, Gil-Yong Kim*
*Dept. of Computer Engineering, Pusan University

요 약

블루투스는 본래 이동전화 핸드셋, 헤드셋, 그리고 휴대형 컴퓨터와 같은 장치를 연결하는 케이블을 제거하기 위해 개발된 것으로 저가, 저 전력, 단거리의 무선 기술이다. 그러나 전자 제품간에 표준화된 무선 통신이 가능하게 됨으로 인하여 블루투스는 휴대전화나 PDA, 노트북 PC 와 같은 모바일 기기에 부착되어 무선 ad-hoc 네트워크를 구성할 수 있게 되었다. 블루투스는 시분할 다중화 시스템(TDM) 방식으로 최대 8 개의 블루투스 기기가 모여 하나의 채널을 공유하는 ' 피코넷(piconet)' 을 형성할 수 있고 여러 개의 피코넷을 연결하여 ' 스캐터넷(scatternet)' 이라는 더 큰 네트워크를 구성할 수 있다. 이러한 블루투스 네트워크에서 기존의 브로드캐스트 서비스는 단순한 재전송 방식으로 인해 신뢰성과 효율성에 있어서 많은 문제점을 안고 있으며 블루투스의 특징을 고려하지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 블루투스 네트워크에서 브로드캐스트 패킷의 수신을 보장하면서 대역폭을 효율적으로 사용하는 브로드캐스트 패킷 전송 기법을 제시하고자 한다.

## 1. 서론

Ad-hoc 네트워크는 중앙 집중화 된 관리나 표준화된 지원 서비스의 도움 없이 임시 네트워크를 구성하는 무선 이동 호스트들의 집합이다. 이러한 네트워크는 백본 호스트나 다른 이동 호스트로의 연결을 제공하기 위한 고정된 제어 장치를 갖지 않으며, 각 이동 호스트가 라우터로 동작하여 이동 호스트로부터의 패킷을 다른 이동 호스트로 전달한다. 이러한 ad-hoc 네트워크를 구성할 수 있는 장치 중에서 가장 유명한 것이 블루투스이다.

블루투스는 저 전력, 저가의 단거리 무선 기술로서 휴대전화나 PDA, 노트북 PC 등과 같은 모바일 기기에 부착되어 위와 같은 무선 ad-hoc 네트워크를 구성할 수 있다.

하나의 공동 마스터와 함께 작동하는 슬레이브의 집합을 피코넷(piconets)이라 하고, 피코넷 상의 모든 장치들은 마스터의 주파수 호핑 순번과 시간에 따른다. 한 피코넷 내의 슬레이브 수는 7 개로 제한되므로 통신 담당 영역이 넓어지거나 네트워크 수가 많아지면 피코넷을 스캐터넷으로 연결시킬 수 있는데, 스캐터넷에서는 마스터 또는 슬레이브가 두 개 이상의 피코넷에 속하게 된다.

이러한 블루투스 네트워크에서 브로드캐스트 서비스는 다양한 응용 프로그램들에 있어서 기본적인 서비스를 제공한다. 예로 이웃하는 노드의 정보를 알고자 할 때, global 정보를 수집할 때, naming, addressing 또는 멀티캐스팅을 보조 하는 등의 서비스를 제공한다.

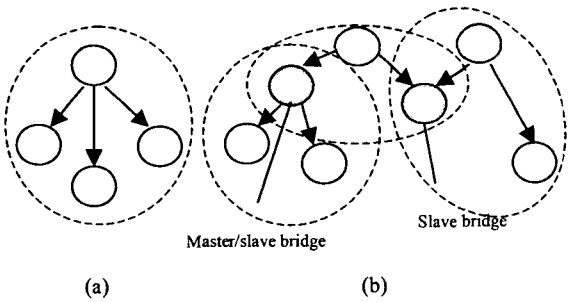
기존의 블루투스 피코넷 상에서의 브로드캐스트 패

킷 전송 기법은 유니캐스트 패킷 전송 기법과 달리 acknowledgement 를 받지 않고 일정한 시간 간격 동안 단순히 재전송 하는 방법을 채택하고 있어 대역폭의 낭비가 심하고 슬레이브들이 브로드캐스트 패킷을 수신했는지 보장할 수 없다. 또 스캐터넷 상에서의 브로드캐스트 패킷 전송 기법에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 상황이다. 이에 본 논문에서는 블루투스 네트워크 상에서 대역폭의 낭비를 줄이고 수신을 보장할 수 있는 브로드캐스트 패킷 전송 기법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장은 관련 연구로서 블루투스 규격상의 브로드캐스트 패킷 전송 방법과 특징 및 다른 브로드캐스트 패킷 전송 방법이 가지는 문제점들에 대해 살펴보고, 3 장에서는 블루투스 네트워크에서의 효율적인 브로드캐스트 패킷 전송 기법을 제시한다. 그리고 4 장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 과제를 제시한다.

## 2. 블루투스 네트워크에서의 통신 방법

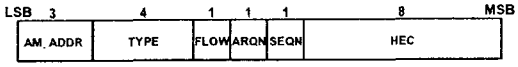
본 장에서는 블루투스의 피코넷과 스캐터넷에서 이루어 지는 통신 방법에 대해 알아보고 기존의 브로드캐스트 패킷 전송 방법의 문제점에 대해 기술한다.




[그림 1: (a) 피코넷, (b) 스캐터넷]

### 2.1 피코넷 내에서의 동작 방법

블루투스는 점 대 점 통신을 쉽게 하는데 유용한 기술이나 최근에는 일종의 소형 LAN 인 피코넷을 형성하여 통신을 하기 위한 기술들이 개발되고 있다. 피코넷은 하나의 마스터와 7 개의 슬레이브로 구성되며 모든 슬레이브는 마스터의 타이밍을 채택하고 마스터의 접속 코드를 포함한 메시지에 대해서만 응답한다. 블루투스는 시분할 다중화 시스템(TDM)이며, 그 동작의 기본 단위는 625μs 의 슬롯이고 통신 시 슬레이브 장치는 동기화하는데 있어서 마스터의 타이밍과 호핑을 이용한다




[ 그림 2. Header Format ]

유니캐스트 모드에서는 마스터가 데이터를 송신하면 슬레이브가 ACK 를 송신하는 방법으로 통신이 이루어진다. 이 때 슬레이브는 패킷 헤더의 AM_ADDR 을 보고 자신의 패킷인지 아닌지 판단하고 올바르게 수신했을 경우에는 ACK(ARQN=0)를 마스터에게 송신하고 그렇지 않을 경우에는 NACK(ARQN=1)를 송신한다. NACK 를 받은 마스터는 SEQN 값을 이전에 보낸 패킷과 같은 값으로 세팅하여 재전송을 시도한다. 슬레이브는 SEQN 값이 이전 패킷의 SEQN 값과 비교하여 다르면 새로운 패킷으로 인식하고 같으면 재전송된 패킷으로 인식한다.

브로드캐스트 모드에서는 마스터는 브로드캐스트 패킷을 모든 슬레이브들에게 동시에 전송한다. 이 때 AM_ADDR 은 모두 ' 0' 으로 세팅되고, ACK 가 없는 대신 몇 번 재전송된다. $N_{BC}$ 시간 동안 재전송 되는데 이 때 재전송 횟수는 마스터와 슬레이브 간의 협의에 의해 정해진다. 이 모드에서 ARQN 은 사용되지 않고 SEQN 만 재전송 패킷인지 아닌지 구별하기 위해 사용된다.

### 2.2 스캐터넷에서의 동작 방법

마스터 자체가 또 다른 마스터 장치에 속하는 슬레이브가 될 수 있는데 이것을 소위 스캐터넷이라 한다. 블루투스는 피코넷 당 슬레이브 수를 7 개로 제한하기 때문에 처리 영역을 더 넓게 하거나 8 개 이상의 장치를 링크하기 위하여 스캐터넷을 형성하는 것은 당연하다. 그러나 스캐터넷에서의 동작 방법에 대한 연구는 그다지 활발히 진행되고 있지 않고 있다.

유니캐스트 모드에서는 마스터와 슬레이브 간의 점대 점 통신이 이루어지므로 스캐터넷으로 그 영역이 확대되더라도 대역폭의 효율성과 신뢰성에 대해 보장이 되지만 브로드캐스트 모드에서는 한 피코넷 내에서의 재전송으로 인해 스캐터넷 상에서는 엄청난 양의 브로드캐스트 패킷이 대역폭을 점유(broadcast storms) 할 뿐만 아니라 신뢰성도 보장하기 힘들다. 특히 스캐터넷 상에서 브릿지 노드로의 브로드캐스트 패킷 전송이 제대로 이루어지지 않을 경우에는 그 브릿지 노드에 연결된 피코넷에 있는 모든 슬레이브들이 그 브로드캐스트 패킷을 수신할 수 없는 문제가 발생한다. 이에 다음 장에서 블루투스 스캐터넷에서 브로드캐스트 패킷을 효율적이고 신뢰성있게 보내는 기법에 대해 제안한다.

## 3. 블루투스 네트워크에서의 효율적인 브로드캐스트 패킷 전송 기법

본 장에서는 블루투스의 스캐터넷 상에서 브로드캐스트 패킷을 전송할 때의 고려해야 할 사항을 제시하고, 이 고려 사항을 만족하는 전송 기법을 마스터 프로토콜과 슬레이브 프로토콜로 나누어 제안한다.

### 3.1 블루투스 스캐터넷에서의 브로드캐스트 전송 시 고려 사항

블루투스의 스캐터넷은 여러 개의 피코넷이 모여서 이루어진다. 이 때 피코넷과 피코넷을 연결하는 노드를 ' 브릿지' 라 하고 브릿지는 하나의 피코넷에서는 슬레이브로 또 다른 피코넷에서는 마스터로 동작한다. 그래서 마스터로부터 패킷을 받은 슬레이브가 또 다른 피코넷으로 전송할 필요가 있는 패킷을 포워딩(Forwarding)해 나간다.

브로드캐스트 모드인 경우에는 ACK 가 없으므로 신뢰성을 높이기 위해 $N_{BC}$ 동안 재전송한다. 이 때 마스터/슬레이브 브릿지 노드는 재전송 된 패킷을 자기가 속한 또 다른 피코넷에 재전송하게 된다. 이렇게 계속 진행됨으로 인해 블루투스 네트워크 상에 패킷의 수가 기하급수적으로 늘어나는 문제(Broadcast storm problem)가 발생함으로 이를 해결해야 한다.

이에 여기에서 제시하는 기법은 브로드캐스트 패킷 전송 시 순수 슬레이브에게 전송하는 방식과 브릿지 노드에게 전송하는 방식을 다르게 적용해야 한다.

순수 슬레이브에게 전송 시에 ACK 를 보내는 방안은 또 다른 ACK packet strom 현상을 유발할 가능성이 있으므로 피코넷 내에서 순수 슬레이브에게 브로드캐스트 시에는 ACK 를 받지 않는 것이 더욱 효율적이다.

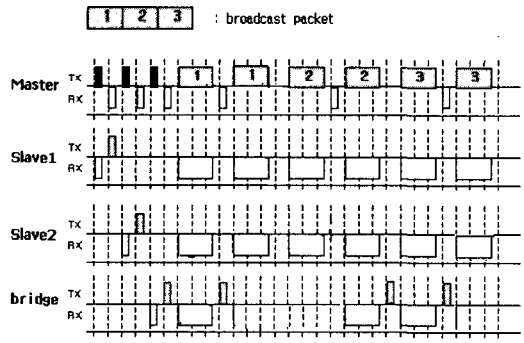
스캐터넷 형성 정책 중 Bluetree 와 BTCP 는 마스터나 브릿지 노드가 주변 노드들의 정보를 모두 저장하고 있으므로 어떤 노드가 브릿인지 마스터인지 슬레이브인지 미리 알 수 있으므로 스캐터넷은 Bluetree 나 BTCP 형성 정책으로 형성되었다고 가정한다.

### 3.2 마스터 노드 프로토콜

1) 맨 처음 브로드캐스트 패킷을 전송하고자 하는 마스터는 자신의 피코넷 내에 있는 각 노드들의 정보를 수집해서 브릿지 노드와 슬레이브 노드를 분류한다.
2) 브릿지 노드에 대해서는 브로드캐스트 패킷을 전송하고 $N_{ACK}$ 기간동안 ACK 를 기다린다.
   a) ACK 를 전송 받으면 재전송 하지 않는다
   b) NACK 를 전송 받거나 NACK 기간동안 응답이 없으면 재전송한다.
3) 슬레이브 노드에 대해서는 블루투스 규격의 방법과 동일한 방식을 취해서 $N_{BC}$ 동안 재전송 하는 방식을 취한다.

### 3.3 브릿지 노드 프로토콜

1) 마스터로부터 브로드캐스트 패킷을 받은 다음 CRC 를 검사해서 오류가 없는 지 검사한 다음 오류가 없으면 $N_{ACK}$ 기간내에 ACK 를 보내고 자신이 마스터로 있는 피코넷에 브로드캐스트를 하기 위한 준비를 한다.
2) CRC 검사 후 오류가 발생했으면 $N_{ACK}$ 기간동안 NACK 를 보내고 동일한 브로드캐스트 패킷을 받을 준비를 한다.
3) 자신이 마스터로 있는 피코넷에 브로드 캐스트를 하기 위해서는 슬레이브에서 마스터로의 역할 교환이 선행 되어야 한다.
4) 마스터로 역할이 교환 된 후 자신의 피코넷 노드들의 정보를 수집해서 마스터 노드 프로토콜을 수행한다.




[그림 3. 브로드캐스트 모드시 마스터, 슬레이브, 브릿지의 동작 예]

## 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 모바일 ad-hoc 네트워크에서 가장 유용한 전송 방식인 브로드캐스트를 블루투스 네트워크 환경에서 효율적으로 지원하는 방안을 제시하고 있다.

제시된 정책은 블루투스 스캐터넷상에서 브로드캐스트 패킷 전송 시 발생하는 broadcast strom problem 을 최소화 하기 위한 것이다. 따라서 마스터 노드가 브릿지 노드로 브로드캐스트 패킷을 전송할 때 브릿지 노드로부터 ACK 를 받아 불필요한 재전송을 막아 대역폭의 효율을 증대시키고 신뢰도를 높였다.

향후, 제시된 정책을 프로토콜로 구체화하여 구현 단계까지 이를 수 있도록 세부적인 사항들을 연구하여 simulator 를 구현한다. 구현된 simulator 로 기

존의 브로드캐스트 전송 방식인 flooding 방식을 블루투스 스캐터넷에 적용하여 제시된 정책과 비교하여 효율성과 신뢰성을 측정한다.

또한 피코넷 내에서도 브로드캐스트 패킷 재전송 기법이 아닌 대역폭의 효율성과 신뢰성을 증가시키는 기법에 대한 연구도 더 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

[1] Bluetooth SIG, "Bluetooth Specification Version 1.1" http://www.bluetooth.com

[2] Kyunghun Jang; Jonghun Park; Tae-Jin Lee; YongSuk Kim, "Reliable delivery of broadcast packet in Bluetooth", Vehicular Technology Conference, 2001. VTC 2001 Spring. IEEE VTS 53rd, Volume:2, 2001

[3] Yu-Chee Tseng; Sze-Yao Ni; En-Yu Shih, "Adaptive approaches to relieving broadcast storms in a wireless multihop mobile ad hoc network", Distributed Computing Systems, 2001. 21st International Conference on. , 2001

[4] Moon Jeong Kim; Young Ik Eom, "An adaptive routing protocol for supporting reliable communication in wireless ad-hoc network environments", Dependable Computing, 2001. Proceedings. 2001 Pacific Rim International Symposium on , 2001

[5] Sung-Ju Lee; Gerla, M.; Ching-Chuan Chiang," On-demand multicast routing protocol",
Wireless Communications and Networking Conference, 1999. WCNC. 1999 IEEE , 1999

[6] Ruay-Shiung Chang; Hsiang-Chou Ting, "Improving the performance of broadcasting in ad hoc wireless networks ", Parallel and Distributed Systems, 2001. ICPADS 2001. Proceedings. Eighth International Conference on , 2001