

블루투스-무선랜 통합 애드혹 망을 위한 라우팅 프로토콜

김동원^o, 이혁준
광운대학교 컴퓨터공학과

bondra@explore.gwu.ac.kr, hlee@daisy.gwu.ac.kr

A Routing Protocol for Bluetooth-WLAN Ad hoc Networks

Dongwon Kim^o and Hyukjoon Lee
Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University

요 약

본 논문에서는 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망에서의 효율적인 IP 기반 데이터 통신을 위해 기존의 애드혹 라우팅 프로토콜을 수정하여 성능을 향상시킨 새로운 라우팅 프로토콜을 소개한다. 제안된 라우팅 프로토콜은 블루투스 피코넷의 통신방식을 고려하여 피코넷 내에서 제어 패킷의 브로드캐스팅을 제한한다. 이를 위해 블루투스-무선랜 듀얼 모드 디바이스를 위한 적응계층을 설계하고 동작을 정의하였다. 시뮬레이션을 이용한 제안된 라우팅 프로토콜과 기존의 라우팅 프로토콜의 성능 비교를 통하여 제안된 라우팅 프로토콜의 성능이 우수함을 보인다.

1. 서론

애드혹 네트워킹 기술은 고정된 기반 통신시설 없이 이동 노드들간의 상호 데이터 통신을 가능하도록 하는 네트워킹 기술이다. 애드혹 네트워킹은 자연재해 등의 긴급상황이나 전쟁상황에서 사용이 가능하다. 애드혹 망에서의 기반 무선 통신 기술로서 SIG(Special Interest Group)의 블루투스[1]와 IEEE의 802.11b[2]가 고려될 수 있다. 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망은 블루투스 디바이스와 무선랜 디바이스, 블루투스-무선랜 모드로 동작하는 듀얼 모드 디바이스로 구성될 수 있다. 듀얼 모드 디바이스는 다른 블루투스 디바이스들과 피코넷의 형태로 개인 영역망을 구성할 수 있으며, 다른 듀얼 모드 디바이스들과 무선랜 기반의 애드혹 망을 형성할 수 있다. 예를 들어 고정된 기반 통신 시설의 설치가 불가능한 긴급 상황이나 전투 상황에서 한명의 요원이 소지한 블루투스 디바이스들과 듀얼 모드 디바이스가 함께 하나의 개인 영역망을 형성하고 있다면, 요원들 간의 무선 통신을 통해 정보 공유가 가능하게 되며, 무선랜으로 구성된 애드혹 망을 통해 원거리에 위치한 중앙 본부에서의 효과적인 통제가 가능하게 된다.

애드혹 망에서 노드들간 효율적인 IP 기반 데이터 통신을 위해 블루투스 또는 무선랜 기반 애드혹 라우팅 프로토콜에 관한 연구가 진행중이다. 블루투스 라우팅에 관한 연구로서 Bhagwat 등은 라우팅 벡터 방식을 이용한 인트라 피코넷 및 스캐터넷에서의 라우팅 알고리즘을 소개하였으며[3], Willekens는 기존의 무선랜 기반 애드혹 라우팅 프로토콜들을 블루투스 스캐터넷에 적용하여 성능을 비교 평가하였다[3]. 무선랜 기반의 애드혹 망에서의 라우팅 프로토콜에 관한 연구로는 거리 벡터(distance vector)를 사용하는 DSDV(Destination-Sequenced Distance Vector)[5]와 주문형 방식을 사용하는 TORA(Temporally-Ordered Routing Algorithm)[6]와 DSR(Dynamic Source Routing)[7], AODV(Ad hoc On Demand Distance Vector)[8] 등이 있다.

블루투스-무선랜 통합 애드혹 망에 기존의 무선랜 기반 애드혹 라우팅 프로토콜을 적용할 경우 블루투스 피코넷 내로 제어 패킷이 브로드캐스팅되는 현상이 발생하게 된다. 본 논문에서는 향후 블루투스과 무선랜 디바이스들이 개인 영역망을 구성할 경우 효율적인 IP 기반 데이터 통신이 가능하도록 하기 위해 기존의 DSR 애드혹 라우팅 프로토콜을 수정하여 블루투스의 링크 특성을 고려한 성능이 향상된 라우팅 프로토콜을 제안 하였으며, 이를 위해 듀얼 모드 노드의 적응계층을 설계하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 본 논문에서 제안한 라우팅 프로토콜에 대해 살펴보고, 3 절에서는 제안한 라우팅 프로토콜의 동작을 위해 설계한 듀얼 모드 디바이스를 위한 적응계층의 구성과 동작에 대해 기술한다. 4 절에서는 시뮬레이션 환경 및 결과를 보여주고, 5 절에서 결론을 맺는다.

2. 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망에서의 라우팅 프로토콜

2.1 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망의 구조

블루투스와 무선랜으로 구성된 애드혹 망은 블루투스와 무선랜, 하나

의 유닛(unit)에 블루투스-무선랜 기능을 수행하는 듀얼 모드 디바이스로 구성되어 있다. 듀얼 모드 디바이스가 피코넷 내에 참여하기 위해서는 다른 블루투스 디바이스와 연결 설정 과정을 거쳐 피코넷을 형성할 수 있다. 피코넷을 형성하고 있는 블루투스 노드가 다른 피코넷 내의 노드에게 패킷을 전송해야 하는 경우 자신이 참여하고 있는 피코넷 내의 듀얼 모드 노드를 경유하여 패킷을 전송함으로써 다른 피코넷 내의 노드에게 패킷을 전송할 수 있다. 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망의 구조는 그림 1과 같다. 듀얼 모드 디바이스는 피코넷 내에서 마스터나 슬레이브로 동작하며, 다른 피코넷 내에 참여하고 있는 듀얼 모드 디바이스나 무선랜 디바이스와 애드혹 망을 형성한다.

2.2 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망에서 DSR의 적용

블루투스-무선랜 통합 애드혹 망에서 기존의 애드혹 라우팅 프로토콜인 DSR을 적용하면, 소스와 destination 간의 경로 설정시 라우트 요청(route request) 패킷을 수신한 듀얼 모드 노드들은 자신이 속한 피코넷 내로 라우트 요청 패킷을 브로드캐스팅 한다. 라우트 요청 패킷을 수신한 destination은 라우트 응답(route reply) 패킷을 소스에게 전송하고, 소스는 이를 수신함으로써 소스와 destination 간의 경로가 설정된다 또한 동일한 피코넷을 형성하고 있는 소스와 destination 간의 경로 설정이 필요한 경우 소스는 피코넷 내에서 마스터를 경유해 라우트 요청 패킷을 브로드캐스팅 하고 라우트 응답 패킷을 수신해야 한다.

블루투스 통신은 마스터-슬레이브 통신을 기반으로 동작하며 링크-지향(link-oriented)적인 특성을 갖기 때문에, 만약 피코넷 내의 듀얼 모드 노드가 피코넷 내의 노드들의 IP 주소와 AM_ADDR(Active Member Address)의 정보를 유지하고 있다면 피코넷 내에서 제어 패킷의 브로드캐스팅을 제한할 수 있게 된다. 또한 듀얼 모드 노드는 다른 피코넷을 형성하고 있는 노드들의 패킷을 피코넷 내의 노드들에게 전달하기 위해 블루투스와 무선랜 간의 패킷 포맷 변환 기능을 수행해야 한다.

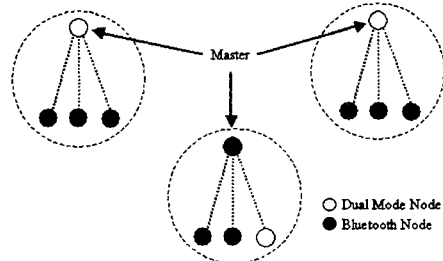


그림 1 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망의 구조

2.3 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망을 위한 라우팅 프로토콜

그림 2는 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망에서 듀얼 모드 노드가 IP 주소와 블루투스 AM_ADDR 간의 맵핑 테이블을 유지 함으로서 소스와 destination 간 경로 설정시 듀얼 모드 노드가 수신한 라우트 요청 패킷이 피코넷 내의 블루투스 노드들에게 브로드캐스팅 되지 않고 경로를 설정하는 과정을 보여주고 있다. 피코넷 내에서 슬레이브로 동작하고 있는 소스는 라우트 요청 패킷을 생성하지 않고 듀얼 모드 노드에게 데이터 패킷을 전송한다. 이를 수신한 듀얼 모드 노드는 데이터 패킷의 destination 주소와 맵핑 테이블의 IP 주소를 비교하여 destination 이 소스와 동일한 피코넷을 형성하고 있지 않음을 인지 한다. 소스와 피코넷을 형성하고 있는 듀얼 모드 노드는 destination 까지의 경로 설정을 위해 라우트 요청 패킷을 브로드캐스팅 한다. 라우트 요청 패킷을 수신한 듀얼 모드 노드들은 자신의 맵핑 테이블을 참조하여 라우트 응답 패킷의 생성 여부를 결정하며, 자신이 형성하고 있는 피코넷 내의 노드들에게는 라우트 요청 패킷을 브로드캐스팅 하지 않는다. Destination 과 함께 피코넷을 형성하고 있는 듀얼 모드 노드가 라우트 요청 패킷을 수신하면 라우트 요청 패킷을 생성한 노드에게 라우트 응답 패킷을 전송한다. 라우트 요청 패킷을 생성한 듀얼 모드 노드가 라우트 응답 패킷을 수신함으로써 소스와 destination 간의 경로가 설정 된다. 패킷 전송시 라우트 요청 패킷과 라우트 응답 패킷을 생성한 듀얼 모드 노드들은 블루투스와 무선랜 간의 패킷 변환을 수행해야 한다.

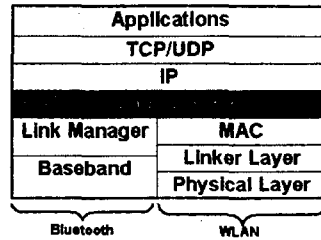


그림 3 듀얼 모드 디바이스의 프로토콜 스택

3. 듀얼 모드 디바이스의 적응계층

3.1 듀얼 모드 디바이스의 프로토콜 스택

듀얼 모드 디바이스의 프로토콜 스택은 그림 3 에 도식되어 있다. 2 절에서 설명한 라우팅 프로토콜이 동작하기 위해 적응계층은 블루투스와 무선랜 간의 패킷 변환을 수행 해야 하며, 블루투스 링크 또는 무선랜 링크로부터의 패킷을 수신 또는 포워딩 여부를 결정 해야 한다. 적응계층은 패킷 변환을 위해 블루투스 L2CAP(Logical Link Control and Adaptation Protocol)의 패킷 segmentation 과 reassembly 기능을 수행해야 하며, 패킷 수신과 포워딩을 위해 자신이 참가하고 있는 피코넷 내의 노드들의 IP 주소와 블루투스 AM_ADDR 간의 맵핑 테이블을 유지해야 한다(그림 4). 또한 듀얼 모드 노드가 데이터 패킷을 전송하기 이전에 라우트 요청 패킷의 생성여부를 결정하기 위해 IP 계층에서도 적응계층과 동일한 맵핑 테이블을 유지해야 한다.

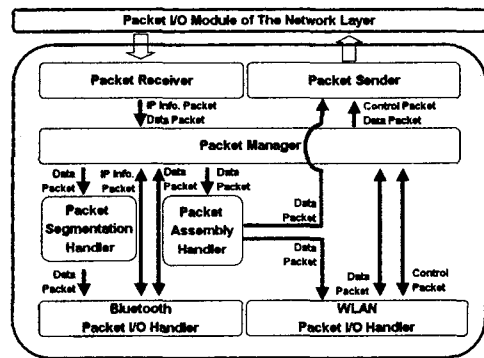


그림 4 적응계층의 시스템 블록 다이어그램

3.2 연결 설정시 듀얼 모드 노드의 표시

듀얼 모드 노드는 피코넷을 형성하기 위해 마스터와 연결 설정시 FHS(Frequency Hopping Sequence) 패킷을 교환한다. 이때 FHS 패킷에 존재하는 undefined 필드를 이용하여 듀얼 모드 노드임을 표시한다. 블루투스 FHS 패킷의 undefined 필드는 그림 5 에서 보여 주고 있으며, 듀얼 모드 노드임을 표시하기 위한 FHS 패킷의 필드는 그림 6 에 나타나 있다. 듀얼 모드 노드가 블루투스 노드와 연결 설정시 Dual Node Flag 을 set 하여 블루투스 노드에게 전송한다.

Parity Bits	LAP	SR	SP	UAP	NAP	Class Of Device	AM_ADDR	CLK ₂₇₋₂	Page Mode
34 bits	24 bits	2 bits	2 bits	2 bits	2 bits	16 bits	3 bits	26 bits	3 bits

그림 5 블루투스 FHS 패킷

Parity Bits	LAP	SR	SP	UAP	NAP	Class Of Device	AM_ADDR	CLK ₂₇₋₂	Page Mode		
34 bits	24 bits	1	1	2	2	2 bits	2 bits	16 bits	3 bits	26 bits	3 bits

그림 6 듀얼 모드 노드를 표시하기 위한 FHS 패킷

3.3 피코넷 내의 노드들에 관한 IP 주소와 AM_ADDR 간의 맵핑 테이블의 구성

피코넷 내에 블루투스 노드가 참가하게 되면 피코넷에 참가한 블루

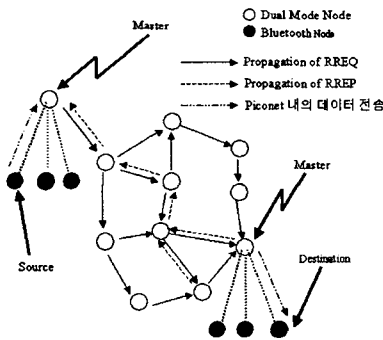


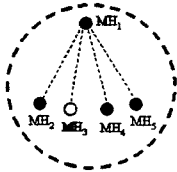
그림 2 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망에서의 라우팅 설정과정

투스 노드는 마스터에게 자신의 IP 주소 정보 패킷을 전송한다(그림 7) IP 주소 정보 패킷을 수신한 마스터는 IP 주소와 AM_ADDR 간의 맵핑 테이블을 갱신한 후 함께 피코넷을 형성하고 있는 듀얼 모드 노드에게 피코넷 내에 참가한 블루투스 노드의 IP 주소 정보 패킷을 전송한다. 이 패킷을 수신한 듀얼 모드 노드는 마스터와 같이 맵핑 테이블을 갱신하여 자신이 형성하고 있는 피코넷 내의 노드들의 IP 주소와 블루투스 AM_ADDR 간의 맵핑 테이블을 구성한다(그림 8). IP 주소 정보 패킷의 Option Type 은 5 이며, IP 헤더의 Source Address 는 전송하는 노드의 IP 주소이며, Destination Address 에는 브로드캐스트 주소가 입력되고 TTL(Time To Live)은 1 이 된다.

만약 피코넷 내에 듀얼 모드 노드가 참가하게 되면, 피코넷 내의 마스터는 연결 설정과정에서 FHS 패킷을 통하여 듀얼 모드 노드가 피코넷 내에 참가한 것을 인지하게 된다. 듀얼 모드 노드는 피코넷 내의 마스터와 연결 설정 후, IP 주소 정보 패킷을 마스터에게 전송하고 마스터는 피코넷 내의 노드들의 IP 주소와 AM_ADDR 간의 맵핑 테이블을 듀얼 모드 노드에게 전송한다. 맵핑 테이블을 전송하기 위한 패킷 포맷은 그림 9 에 보여주고 있다. Option Type 은 6 이며, IP 헤더의 Option 필드에는 피코넷 내에 참가하고 있는 노드들의 IP 주소와 블루투스 AM_ADDR 과 듀얼 모드 노드 여부를 표시한다.

IP Header		
Option Type (8 Bits)	Option Data Length (8 Bits)	Pad Bits (16 Bits)

그림 7 IP 주소 정보 패킷



Destination IP Address	AM_ADDR	Dual Mode Flag
MH ₁	MH ₁ 's AM_ADDR	0
MH ₂	MH ₁ 's AM_ADDR	0
MH ₃	MH ₁ 's AM_ADDR	1
MH ₄	MH ₁ 's AM_ADDR	0
MH ₅	MH ₁ 's AM_ADDR	0

그림 8 피코넷 내에서의 IP 주소와 AM_ADDR 간의 맵핑 테이블의 구성

IP Header		
Option Type (8 Bits)	Option Data Length (8 Bits)	Pad Bits (16 Bits)
IP Address 1		
IP Address 2		
...		
IP Address n		
AM_ADDR 1 (3 Bits)	Dual Mode (1 Bit)	AM_ADDR 2 (3 Bits)
		Dual Mode (1 Bit)
		...
		AM_ADDR n
		Dual Mode (1 Bit)

그림 9 듀얼 모드 노드에게 맵핑 테이블을 전송하기 위한 패킷 포맷

4 시뮬레이션 환경 및 결과

본 논문에서 제안한 라우팅 프로토콜이 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망에 미치는 영향을 분석하기 위하여 GloMoSim[9]을 이용하였다. 시뮬레이션은 1500m x 300m 의 영역에서 900 초 동안 진행하였으며, 듀얼 모드 노드는 50 개의 노드들을 배치하였다. 각 피코넷 내에는 1 개의 듀얼 모드 노드와 0-3 개까지 블루투스 노드들을 랜덤하게 배치하였다. 데이터 트래픽은 랜덤하게 선택되어진 소스와 destination 간 CBR(Constant Bit Rate)로 설정된 시간동안 전송되었다. 이 과정은 시뮬레이션이 종료시점까지 반복적으로 수행되었다. 블루투스-무선랜 애드혹 망에서 개인 영역망의 구성은 한 개인에 의해 형성 가능하기 때문에 각 노드들은 피코넷 단위로 이동하도록 설정하였다. 피코넷들은 시작위치에서 랜덤하게 이동 위치를 결정한 후 설정되어진 속도로 이동하여 설정되어진 시간 만큼 대기한 후 다시 랜덤하게 위치를 설정하여 이동하였다. 노드의 이동속도는 1m/s 와 20m/s 로 나누어 시뮬레이션을 진행하였으며, 각 이동속도에 정지시간은 0, 20, 100, 400, 900 초로 설정하여 진행하였다. 각 이동속도에 대해 각 정지시간마다 20 가지의 이동 패턴을 가지고 반복적으로 시뮬레이션을 진행하였다.

그림 10 과 그림 11 은 소스 노드가 10 개일 경우 노드들이 전송한 평균 제어 패킷의 수와 20 가지의 이동 패턴 중 최대와 최소 제어 패킷의 수를 나타낸 것이다. 기존의 DSR 애드혹 라우팅 프로토콜과 제안한 라우팅 프로토콜의 제어 패킷 수의 차이는 노드의 이동속도가 증가하고 정지시간이 감소할수록 증가함을 보이고 있다. 시뮬레이션 상에서 제안한 라우팅 프로토콜과 기존의 애드혹 라우팅 프로토콜의 성능을 비교하기 위해 동일한 이동 패턴과 트래픽을 적용하여 진행하였기 때문에 평균 패킷 전송률과 데이터 패킷의 평균 경로 길이는 일치하였다.

5 결론

본 논문에서는 기존의 DSR 애드혹 라우팅 프로토콜을 블루투스-무선랜 통합 애드혹 망에 적용할 경우 제어 패킷이 피코넷 내로 브로드캐스팅되는 것을 제한하기 위해 블루투스 링크 특성을 고려한 효율적인 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 이를 위해 블루투스-무선랜 듀얼 모드 디바이스에 적용계층을 설계하고 동작을 정의 하였다. 시뮬레이션을 이용한 제안된 라우팅 프로토콜과 기존의 라우팅 프로토콜의 성능 비교를 통하여 제안된 라우팅 프로토콜의 성능이 우수함을 보였다.

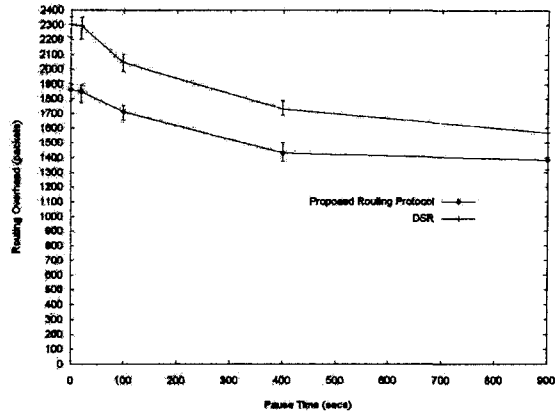


그림 10 라우팅 오버헤드의 비교 (1m/s)

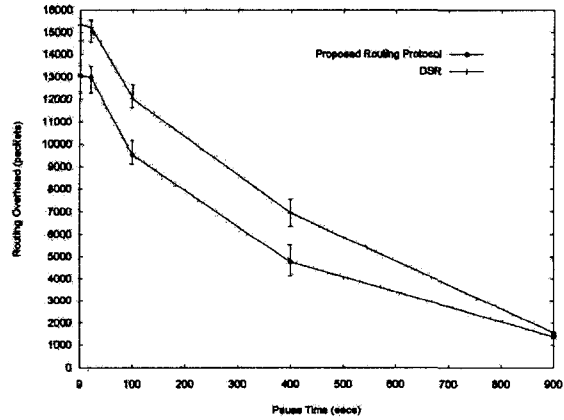


그림 11 라우팅 오버헤드의 비교 (20m/s)

참고 문헌

- [1] Bluetooth SIG, Bluetooth Baseband Specification Ver 1.0B, "http://www.bluetooth.com"
- [2] The Working Group for Wireless LAN Standards, http://grouper.ieee.org/groups/802/11/
- [3] Bhagwat, P. Segall, "A routing vector method (RVM) for routing in bluetooth scatternets", In Proceedings of the Protocols Mobile Multimedia Communications (MoMuC '99), 1999.
- [4] Jeroen P.F Willenkens M.Sc, "Bluetooth in Ad hoc Routing", In Proceedings of the Protocols for Multimedia System (PROMS), Pages 130-144, October, 2001
- [5] C. Perkins and P. Bhagwa, "Highly dynamic destination-sequenced distance vector routing (DSDV) for mobile computers," in ACM SIGCOMM, Oct 1994.
- [6] V. Park, "Temporally-Ordered Routing Algorithm (TORA)", Internet Draft, draft-ietf-manet-tora-spec-01.txt, "http://www.ietf.org/internet-drafts/ietf-manet-tora-spec-03.txt" November, 2000
- [7] J. Broch, D. Johanson, and D. A. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Networks (DSR)", ACM Mobile Networks and Applications Journal, 1996
- [8] Charles Perkins, "Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing" Internet-Draft, draft-ietf-manet-aodv-00.txt, "http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-05.txt", March, 2000
- [9] UCLA Parallel Computing laboratory, Global Mobile Simulator (GloMoSim) for Scalable Mobile Network Simulation, "http://pcl.cs.ucla.edu/projects/glomosim"