

Ad-hoc network 환경에서 모바일 노드수에 따른 스캐터넷의 최적구성의 설계 및 분석

김창영^{*} · 이대봉^{*} · 장중욱^{*}

^{*}동의대학교 컴퓨터공학과

Design and analysis of Scatternet most suitable composition by number of mobile node in Ad-hoc network environment

Chang-young Kim^{*} · Dae-bong Lee^{*} · Jung-wook Jang^{*}

^{*}Dept. of Computer Engineering, dongeui University

E-mail : hapgang@hanmail.net

요 약

Ad-hoc 환경에서 블루투스는 1개의 마스터와 최대 7개의 슬레이브를 갖는 피코넷으로 구성되며, 다수의 피코넷이 모여 하나의 스캐터넷으로 구성하게 된다. 본 논문에서는 노드수에 따른 효과적인 스캐터넷의 형성과 메카니즘에 대한 성능평가를 NS기반의 Bluehoc 시뮬레이터를 통하여 구현한다.

ABSTRACT

Bluetooth is consisted of piconet that have 1 master and slave of maximum 7 in Ad-hoc environment, and many piconet gathers and compose one scatternet. Wish to embody performance estimation for effective scatternet's formation and mechanism by node number through Bluehoc simulator of NS base in this treatise and present scatternet formation policy of most suitable.

키워드

SCATTERNET, PICONET, BLUEHOC,

1. 서 론

블루투스는 휴대폰, PDA, 휴대용PC 등과 같은 휴대장치들, 네트워크 액세스 포인트, 기타 주변장치들 간에 좁은 영역내의 무선 연결을 위한 하나의 기술 사양으로서 크기가 작고, 저렴한 가격, 적은 전력 소모(대기상태 0.3mA, 송수신시 최대 30mA)로 이용 가능한 근거리 무선통신이다[1].

블루투스는 Free License인 2.4GHz대의 ISM (Industrial Scientific Medical) 대역의 주파수와 송수신의 복잡도를 줄이기 위해 GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)변조방식을 사용하며, 간섭현상을 방지하기 위하여 주파수 이동 대역 확산방식(Frequency Hop Spread Spectrum)을 사용한다. 또한 디바이스간에는 양방향 통신을 위하여 슬롯화된 TDD(Time Division Duplex)방식을 사용하며, 각각의 슬롯은 625 μ s의 짧은 시간으로 나뉜다. 각 슬롯

은 서로 다른 홉 주파수를 사용하며, 송수신 주파수는 일반적으로 슬롯이 바뀔 때마다 특정한 호핑 순서에 따라 한 주파수로 차례로 뛰게 된다. 그 결과로 Interference에 대한 면역성을 가지게 된다. 물리적인 전송범위는 -30dbm에서 20dbm의 전송 전력의 범위에 의해 10m에서 100m까지 확장이 가능하다.

표 1. 무선 전력 등급

Power Class	Maximum Output Power (P _{max})	Nominal Output Power	Minimum Output Power ¹⁾	Power Control
1	100 mW (20 dBm)	N/A	1 mW (0 dBm)	P _{min} to P _{max} to P _{max} Optional P _{min} to P _{max}
2	2.5 mW (4 dBm)	1 mW (0 dBm)	0.25 mW (-6 dBm)	Optional P _{min} to P _{max}
3	1 mW (0 dBm)	N/A	N/A	Optional P _{min} to P _{max}

본 논문에서는 블루투스 기반의 네트워크환경에서 효과적인 스캐터넷 형성과 성능평가를 위하여 공개 시뮬레이터인 Bluehoc를 이용하여 노드수에 따른 패킷과 delay time을 측정하여 효과적인 스캐터넷의 토폴로지를 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 블루투스 스캐터넷 형성과정을 제시하고, 3장에서는 블루투스 스택과 Bluehoc 시뮬레이션을 소개하고, 4장에서는 구현된 시뮬레이션의 검증과 실험결과를 보여주고, 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시하고자 한다.

II. Scatnetnet 형성

블루투스 디바이스간의 통신은 마스터와 슬레이브의 연결에 의해 이루어진다. 주파수 도약 순서를 설정함으로써 연결을 요청하는 블루투스 디바이스를 마스터라 하고, 슬레이브의 요청을 듣고 마스터의 주파수 도약 순서에 동기기침으로써 연결을 수락하는 블루투스 디바이스를 슬레이브라 한다. 대기 상태에 있는 블루투스 디바이스들은 inquiry, inquiry scan 과정을 통해 다른 디바이스들의 주소와 대략적인 클럭 오프셋 값을 알아낸다. 그러며 page, page scan 과정을 통해 노드간의 연결을 구성할 수 있다. 한 개의 Master는 7개의 활동중인 Slave를 가질 수 있다. 한 개의 마스터와 한 개 이상의 슬레이브간의 연결을 Piconet이라 하며, 두 개 이상의 piconet간의 연결을 Scatnetnet이라 한다.

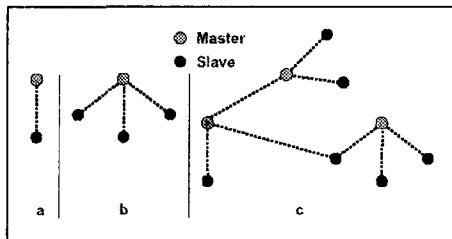


그림 1. Piconet(a,b)과 Scatnetnet(c)

2.1 Piconet 형성

피코넷이 형성되는 과정은 디바이스들간에 연결이 되지 않은 상태를 스탠바이 상태라 하는데, 이 상태에서 각 디바이스들은 1.28초 마다 새로운 메시지를 받아들이고(listen), 연결 요청이 있으면 그디바이스가 마스터가 되어 다른 디바이스들을 인식하기 시작(Inquiry/Page)한다. 이때 8비트의 파크(Park) 주소가 할당된 디바이스들은 파크상태가 된다. 이후 마스터와 통신하는 디바이스들은 3비트의 활성(Active) 주소를 할당받으면 피코넷이 형성된다. 활성 상태인 디바이스들은 다시 3가지

상태가 된다. 실제 통신을 하는 활성모드, 대기(Hold)모드, 탐지(Sniff)모드(활성모드보다는 저 소비전력 상태)가 있는데, 대기 및 탐지모드는 피코넷에 참여는 하지만 전체 트래픽에는 영향을 주지 않는다. 마스터는 접속을 위한 키를 포함한 Inquiry를 625 μ sec 간격으로 송신하고 2초내에 슬레이브와 동기화를 이루고 슬레이브는 3비트의 활성 주소를 할당받고 다시 마스터로부터 Page 메시지를 받고 난 후 마스터에 의해 결정된 호핑 패턴을 사용해 동기화된다. 이후에 서로 인증을 수행하는 데, 인증에 사용하는 암호 키는 마스터가 발생한 난수와 슬레이브의 MAC 주소의 배타적 논리합(XOR)를 사용하여 만든다. 인증 절차가 완료되면 전용 키가 전달되고 이 후에는 데이터 송수신 단계가 된다.

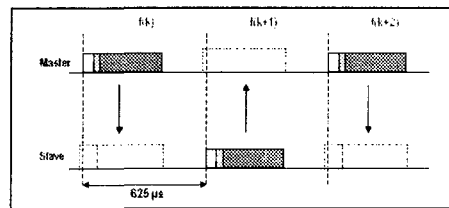


그림 2. TDD와 타이밍

2.2 Scatnetnet

스캐터넷은 공통 장치에 의하여 결합되어 있는 링크된 피코넷의 그룹을 말하며, 피코넷을 링크하는 디바이스들은 양쪽 피코넷에서 슬레이브가 될 수 있고, 또한 한 피코넷의 마스터 그리고 다른 피코넷의 슬레이브가 될 수 있다. 두 개의 다른 피코넷에서 마스터가 되는 장치를 갖는 것은 불가능하다. 왜냐하면 피코넷은 클럭과 마스터의 장치 주소에 의하여 정의되는 시퀀스에 따라 호핑하는 디바이스의 그룹이기 때문이다. 동일한 마스터를 갖는 모든 디바이스는 동일한 피코넷에 있어야만 한다.

III. Bluehoc

3.1 블루투스 프로토콜 스택

블루투스 프로토콜 스택은 그림3과 같이 블루투스 고유의 기능을 하는 코어 프로토콜(Radio, Baseband, LMP, L2CAP, SDP), 케이블 대치가 가능한 RFCOMM과 무선 전화 기능을 제공하는 TCS BIN 프로토콜로 구성되어 있다. L2CAP은 상위 프로토콜로 가는 데이터의 Multiplexing 기능, 하위 Baseband와 패킷 전송을 위한

SAR(Segment and Reassembly)기능, 링크시 상호간의 QoS(Quality of Service)설정 기능, Group Management 기능을 정의하고 있다[2]. RFCOMM은 PC의 COM Port를 대체하기 위한 프로토콜로서 GSM TS 07.10에 기반을 둔 프로토콜로서 COM Port를 사용하는 기존의 TCS(PPP, OBEX, etc)을 연결하여 무선으로 서비스를 제공할 수 있게 한다. Q931에 근거한 TCS(Telephony Control Protocol Specification)는 Call을 설정하고 해지하는 과정에서 필요한 프로토콜로서 무선 전화 기능 중에 Call을 제어하는 부분을 정의한 프로토콜이다. 실제 음성 데이터는 Baseband 부분에서 처리된다. SDP(Service Discovery Protocol)는 다른 기기간의 서비스를 발견하고 원하는 정보를 얻기 위하여 가장 기본이 되는 부분을 정의한 프로토콜로서 다른 상위 프로토콜과 연동해서 이용될 수가 있다.

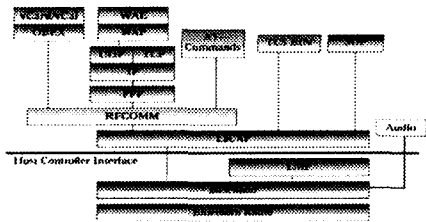


그림 3. 블루투스 프로토콜 스택

3.2 블루투스 패킷 구조

모든 패킷은 그림 4와 같이 접속코드(Access Code)와 헤더(Header), 페이로드(Payload)로 구성된다. 접속코드는 패킷의 존재를 검출하고 특정 장치에 패킷을 전달하는데 사용된다. 즉 접속되어 있는 동안 링크가 활성화(Active)되어 있을 때, 접속 코드는 마스터 블루투스 장치 주소를 형성하는 것과 같이 패킷을 특정 마스터임을 식별한다. 예를 들면 슬레이브는 저장된 마스터 접속코드를 정합시킴으로써 패킷의 존재를 검출한다. 접속코드 구조는 Preamble(4bit)과 Synchronisation(64bit), Trailer(4bit)의 구조로 되어 있다.

헤더는 패킷의 의미하는 슬레이브 주소와 같은 패킷과 링크에 관련된 모든 제어 정보를 포함한다. 헤더는 전체에서 8비트 정보를 포함하며, 이 정보는 1/3의 FEC(Forward Error Correction) 코드로 보호를 받는다. 이 부호화는 데이터를 3번 대치하여 각 비트는 3μs 또는 전파로 3비트 주기를 차지한다. 결과적인 헤더는 길이가 54μs이다. 헤더 구조는 AM_ADDR(3bit), Packet Type(4bit), Flow, ARQN, SEQN(각 1bit), HEC(8비트)로 구성되어 있다.

그리고 페이로드는 L2CAP나 LM으로부터 보내지는 상위 계층의 프로토콜 메시지일 때는 실제 메시지 정보를 포함하고, 또 이것이 스택에 저장된 실제 데이터일 때는 데이터를 포함한다.

ACL 페이로드 구조는 Payload Header(8 or 16bit), Payload Data(0-2712bit), CRC(16bit)로 구성되어 있다[3].

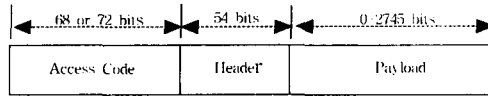


그림 4. 블루투스 패킷 구조

3.3 Bluehoc

Bluehoc 시뮬레이션 프로그램은 공개 시뮬레이터인 NS(Network Simulator)를 기반으로 하고 있으며, Bluetooth의 무선 하드웨어 기술을 예견하는 톨로서, Bluetooth의 특성 멤버들은 C++에 의해 실현되고, Tcl/Tk 인터페이스로부터 구성된다[4].

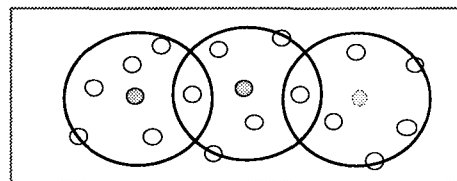
블루투스 레이어에서의 시뮬레이션

- Bluetooth radio
- bluetooth baseband
- Link Manager Protocol(LMP)
- Logical Link Control and Adaptation(L2CAP)

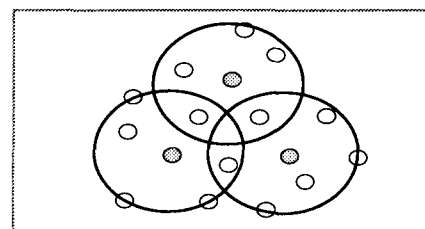
IV. Bluehoc 검증 및 실험

4.1 Scatternet 구성

시뮬레이션 환경에서 피코넷은 한 개의 마스터와 최대 7개의 슬레이브로 구성되고 이러한 피코넷 3개로 스캐터넷을 구성하였다. 스캐터넷 구성 형태는 Line형태와 Ring형태의 스캐터넷을 구성하여 스캐터넷에서의 노드수의 증감에 따른 패킷의 Delay Time을 측정하였다.



(a) line형 Scatternet



(b) Ring형 Scatternet

● Master ○ Slave

그림 5. Scatternet 실험 환경

4.2 시뮬레이션 실험결과

V. 결 론

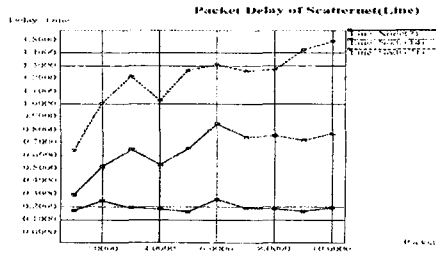


그림 6. Line형 Scatternet

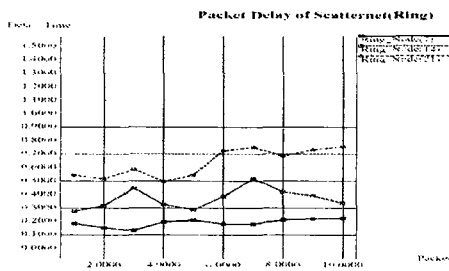


그림 7. Ring형 Scatternet

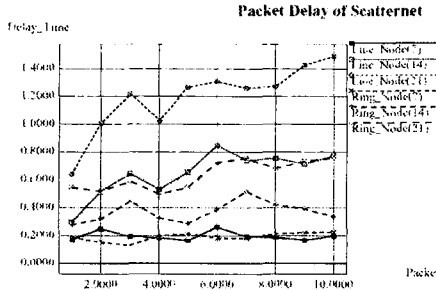


그림 8. Line 및 ring 형태의 Scatternet

그림 6은 스캐터넷의 구성이 Line형 일때의 패킷의 Delay Time을 구한 것으로 노드수가 증가함에 따라 Delay Time이 증가한다는 것을 알 수 있다. 그림 7은 스캐터넷이 Ring형 일때의 패킷의 Delay Time을 구한 것으로 이 또한 노드수의 증가에 따라 Delay Time이 증가한다는 것을 알 수 있다. 그림8은 이 두 가지 형태의 스캐터넷을 비교하여 나타내 보았다. 그 결과 Line형보다 Ring형의 스캐터넷 구성이 더 나은 패킷 Delay Time을 가진다는 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 블루투스의 성능측정을 위하여 Bluehoc을 이용하여 패킷 Delay Time을 측정하였다. 본 연구에서는 단순히 두가지 형태의 스캐터넷만을 구성하여 성능평가를 하여 그 범위가 한정된 시뮬레이션을 구현하였다. 따라서 향후에는 본 논문에서 제시된 정책을 구체화하여 최적을 처리율을 갖는 스캐터넷을 형성하기 위한 연구와 그에 따른 시뮬레이션을 구현하는 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] Bluetooth SIG, "Bluetooth Specification Version1.0B" [Http://www.bluetooth.com](http://www.bluetooth.com)
- [2] "Bluetooth Logical link Control and Adaptation Protocol Specification version 1.1" <http://www.bluetooth.com>
- [3] Junnifer Bray, Charles F Sturman "Bluetooth", 홍릉과학출판사, page 54, 2001
- [4] Bluehoc source : Bluehoc Web site <http://www-124.ibm.com/developerworks/opensource/bluehoc/index.html>