

무선 네트워크 환경에서 모바일 노드수에 따른 스캐터넷 구성의 설계 및 분석

김창영[†] · 장종욱^{††}

요 약

무선 네트워크 환경에서 블루투스는 휴대폰, PDA, 휴대용PC 등과 같은 휴대장치들, 네트워크 액세스 포인트, 기타 주변장치들 간에 좁은 영역내의 무선 연결을 위한 기술사양으로서 크기가 작고, 저렴한 가격, 적은 전력소모로 이용가능한 근거리 무선통신이다. 블루투스는 1개의 마스터와 최대 7개의 슬레이브를 갖는 피코넷으로 구성되며, 다수의 피코넷이 모여 하나의 스캐터넷으로 구성하게 된다. 본 논문에서는 노드수에 따른 효과적인 스캐터넷의 형성과 메카니즘 구성을 위해 라인형 및 링형 스캐터넷을 구성하고, 이에 대한 성능평가를 NS기반의 Bluehoc 시뮬레이터를 통하여 구현하고, 라인형 및 링형 스캐터넷의 특성을 비교 분석하여 최적의 무선네트워크 환경을 구성하고자 한다.

The Design and Analysis of Scatternet Composition by The Number of Mobile Node in Radio Network Environment

Chang-Young Kim[†] · Jong-Wook Jang^{††}

ABSTRACT

Bluetooth, in radio network environment, is a small local radio communication that is available with low expense and little power use. It is specified for the wireless connect in a small area between Network Excess Point, portable devices such as mobile phones, PDAs and portable PCs, and other per peripheral equipment. Bluetooth is consisted of a master and a piconet having seven slaves in a maximum and finally has a scatternet gathering lot of piconet. The thesis tries to design the most effective structure of a scatternet by the number of nodes and the type of scatternet such as linear and ring for its mechanism. then the performance evaluation is realized through the Bluehoc simulator based on the NS. Finally the most appropriate radio network environment is made by the comparison and analysis of the characteristics of liner and ring scatternets.

1. 서 론

블루투스는 휴대폰, PDA, 휴대용PC 등과 같은 휴대장치들, 네트워크 액세스 포인트, 기타 주변장치들 간에 좁은 영역내의 무선 연결을 위한 하나의 기술사양으로서 크기가 작고, 저렴한 가격, 적은 전력 소모(대기상태 0.3mA, 송수신시 최대

[†] 준 회원 : 동의대학교 컴퓨터공학과 석사과정

^{††} 정 회원 : 동의대학교 컴퓨터공학과 교수

* 본 논문은 2002년도 동의대학교 교내과제(2002AA164)의 지원으로 수행되었음.

논문접수: 2002년 6월 14일, 심사완료: 2002년 7월 6일

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 확산 방식(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 슬롯은 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>은 무선 전력 등급을 보여주고 있다.

본 논문에서는 블루투스 기반의 네트워크 환경에서 효과적인 스캐터넷 형성과 성능 평가를 위하여 공개 시뮬레이터인 Bluehoc를 이용하여 노드수에 따른 패킷의 delay time을 측정하여 효과적인 스캐터넷을 형성 알고리즘을 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.

<표 1> 무선 전력 등급

2. Scatternet 형성

블루투스 디바이스간의 통신은 마스터와 슬레이

브의 연결에 의해 이루어진다. 주파수 도약 순서를 설정함으로써 연결을 요청하는 블루투스 디바이스를 마스터라 하고, 슬레이브의 요청을 듣고 마스터의 주파수 도약 순서에 동기시킴으로써 연결을 수락하는 블루투스 디바이스를 슬레이브라 한다. 대기 상태에 있는 블루투스 디바이스들은 inquiry, inquiry scan 과정을 통해 다른 디바이스들의 주소와 대략적인 클럭 오프셋 값을 알아낸다. 그러면 page, page acan 과정을 통해 노드간의 연결을 구성할 수 있게 된다. 한 개의 Master는 7개의 활동 중인 Slave를 가질 수 있다. 한 개의 마스터와 한 개 이상의 슬레이브간의 연결을 Piconet이라 하며, 두 개 이상의 piconet간의 연결을 Scatternet이라 한다. (그림 1)은 피코넷과 스캐터넷의 구성형태를 보여주고 있다.

(그림 1) Piconet(a,b)과 Scatternet(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 그 디바이스가 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 호핑패턴을 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)는 TDD와 타이밍을 보여주고 있다.

(그림 2) TDD와 타이밍

2.2 Scatternet 형성

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 장치주소에 의하여 정의되는 시퀀스에 따라 호핑하는 디바이스의 그룹이기 때문이다. 동일한 마스터를 갖는 모든 디바이스는 동일한 피코넷에 있어야만 한다.

2.3. 연결 프로토콜

2.3.1. Standby(대기)

같은 Piconet 내에 있지 않은 장치들은 대기 모드로 연결된다. 이 모드에서는 각 장치들은 매 1.28초 동안 32 hop 주파수 동안 메시지를 기다리게 된다.

2.3.2. Page(예약)/Inquiry(질의)

만약 한 장치가 다른 장치와 연결하고 싶다면, 장치는 상대방의 주소를 알고 있을 경우 Page 메시지를 보내게 되고 아닐 경우 Page message 이후에 Inquiry 메시지를 보내게 된다. 마스터 유닛은 16개의 동일한 Page 메시지를 16개의 Hop 주파수에 실어서 슬레이브 유닛으로 보낸다. 만약 응답이 없으면, 마스터는 다시 16 Hop 주파수에 걸쳐서 재전송을 한다. Inquiry 방법은 마스터에게 MAC 어드레스가 알려지지 않았으므로 슬레이브에서 추가적인 응답을 요구한다.

2.3.3. Active(활동)

데이터 전송이 이루어지고 있음을 의미한다.

2.3.4 Hold (중지)

마스터나 슬레이브가 원할 경우, 중지 모드로 전환이 가능하고, 이 도중에는 데이터가 전송되지 않는다. 이것의 주 목적은 전력 소비를 절감하기 위함이다. 이 모드 이외에는 지속적으로 데이터 교환이 이루어진다. Hold 모드로 들어가는 전형적인 이 유형 하나는 몇몇 Piconet과의 연결을 하기 위함이다.

2.3.5. Sniff(탐지)

스니프 모드는 슬레이브 유닛에만 해당되는 모드이고 이것은 전력 소비를 절감하기 위한 모드이지만, Hold 모드만큼은 아니다. 이 모드에서는 슬레이브는 Piconet에서 스스로 데이터 전송을 하고 있지는 않지만 이보다 낮은 레벨에서 전송되는 데이터에 귀를 기울이고는 있게된다. 이것은 일반적으로 프로그램을 통해 설정이 가능하다.

2.3.6. Park(임시 정지)

Park 모드는 Hold 모드보다 더욱 낮은 활동 레벨이다. 이 모드에서는 슬레이브가 Piconet에 동기화되므로 완전한 재 가동을 필요로 하지 않게 되지만 데이터 전송의 부분이 아니다. 이 상태에서는 MAC 어드레스를 장치가 가지고 있지 않게되지만 마스터와 동기화 하고 전해지는 메시지를 확인하기 위해서 신호를 듣는 상태이다

2.4. 데이터 전송

데이터는 동기화 전송방식과 비동기화 전송방식이 기본으로 모두 전송이 가능하며 다음과 같다.

동기화 전송(SCO: Synchronous Connection Oriented) 방법은 음성전송에 주로 사용되고, 비동기화 전송(ACL: Asynchronous Connectionless)은 데이터 전송에 주로 사용된다. Piconet 내부에서 각 마스터-슬레이브의 쌍은 각각 다른 전송 모드를 사용하는 것이 가능하고, 언제든지 사용중인 전송모드를 변경할 수 있다. 시간 분할 듀플렉스(TDD-Time Division Duplex)는 SCO와 ACL 모두에 사용되고 이 둘다 16종의 패킷을 지원하고, 이중 4개는 각 종류에서 동일한 제어 패킷이다. 데이터 전송에서 원활한 전송을 위해서 SCO 패킷은 일반적으로 정해진 간격으로 전달되고, 이것은 패킷이 다른 전송이 방해되지 않도록 그룹단위로 보내지는 것을 의미한다. SCO 패킷은 전송 유닛이 풀링하지 않고도 전송이 가능하고 SCL 링크는 대칭/비대칭 전송이 모두 가능하게 된다.

각 슬레이브 유닛이 사용할 수 있는 전체 대역폭은 마스터 유닛에 의해서 제어되게 된다. 슬레이브는 마스터가 부르기 전까지 데이터를 전송할 수 없고 마스터는 메시지를 ACL 링크를 통해서 슬레이브에게 보낸다.

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 이용할 수가 있다.

(그림 3) 블루투스 프로토콜 스택

3. Bluehoc

3.1 블루투스 프로토콜 스택

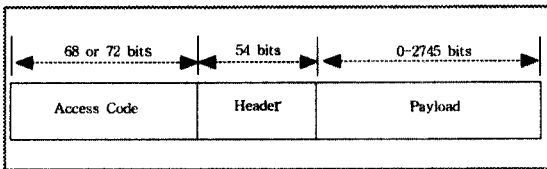
블루투스 프로토콜 스택은 (그림 3)과 같이 블루투스 고유의 기능을 하는 코어 프로토콜(Radio, Baseband, LMP, L2CAP, SDP), 케이블 대치가 가능한 RFCOMM과 무선 전화 기능을 제공하는 TCS BIN 프로토콜로 구성되어 있다. L2CAP은 상위 프로토콜로 가는 데이터의 Multiplexing 기능, 하위 Baseband와 패킷 전송을 위한 SAR(Segment and Reassembly)기능, 링크시 상호간의 QoS(Qualyty of Service)설정 기능, Group

3.2 블루투스 패킷 구조

모든 패킷은 (그림 4)와 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, 접속코드는 마스터 블루투스 장치 주소를 형성하는 것과 같이 패킷을 특정 마스터임을 식별한다. 예를 들면 슬레이브는 저장된 마스터 접속코드를 정합 시킴으로써 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 정보

는 1/3의 FEC(Forward Error Correction) 코드로 보호를 받는다. 이 부호화는 데이터를 3번 대치하여 각 비트는 3 μ s 또는 전파로 3비트 주기를 차지한다. 결과적인 헤더는 길이가 54 μ s이다. 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 툴로서, 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)

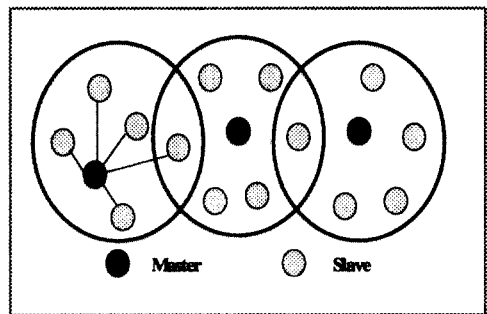
4. Bluehoc 검증 및 실험

4.1 Scatternet 구성

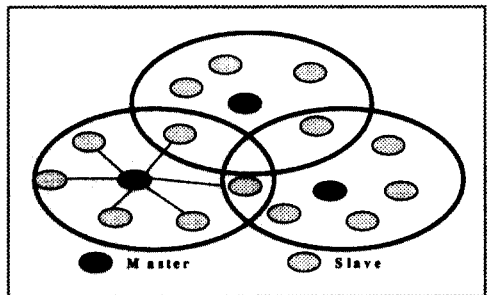
본 논문에서 스캐터넷의 구성형태는 (그림 5)와

같이 라인형 및 링형 스캐터넷의 구성을 제시하고 각 스캐터넷에서 노드수는 각각 7개, 14개, 21개로 구성을 하였으며, 3개의 피코넷이 1개의 스캐터넷을 구성하는 형태로 시뮬레이션 환경을 구성하였다.

그림(a)는 본 논문에서 제시한 라인형 스캐터넷의 구성 형태를 보여주는 것으로 21개의 노드를 3개의 피코넷에 나누어 배치하여 구성한 스캐터넷이고, 그림(b)는 같은 조건의 노드수로 구성된 링형 스캐터넷의 구성환경을 보여주고 있다.



a) Line형 Scatternet



(b) Ring형 Scatternet

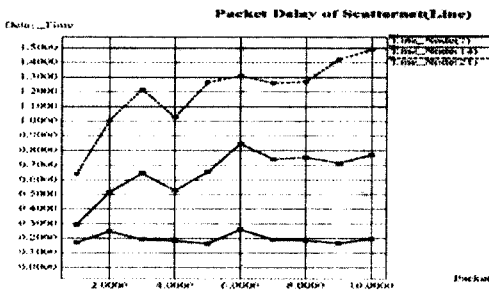
(그림 5) Scatternet 실험 환경

4.2 시뮬레이션 실험결과

(그림 6)은 스캐터넷의 구성을 Line형으로 구성하여 패킷의 Delay Time을 구한 것으로, 노드수를 각각 7개, 14개, 21개로 증가시키면서 패킷의 Delay Time을 측정된 결과를 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과에서 보여주는 것과 같이 노드수가 증가함에 따라 패킷의 Delay Time이 증가하고 있음을 알

수 있다. 그리고 노드수가 증가할수록 더 큰 Delay Time을 가짐을 결과를 통해 확인할 수 있다.

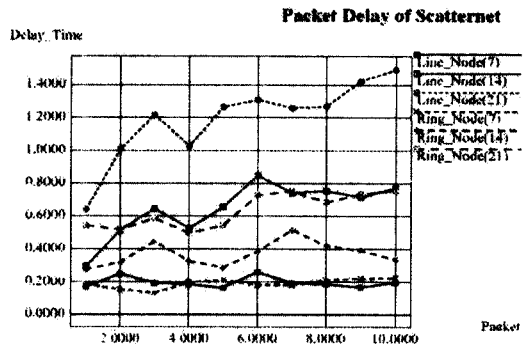
(그림 7)은 본 논문에서 제시한 Ring형 스캐터넷을 구성하여 각각의 노드수를 라인형 스캐터넷을 구성시와 마찬가지로 각각 7개, 14개, 21개로 증가해 가면서 측정된 시뮬레이션 결과를 보여주는 것으로 결과는 라인형과 마찬가지로 노드수가 증가함에 따라 패킷의 Delay Time이 서서히 증가함을 알 수 있다. 그러나 결과값들은 라인형일 때보다 확연히 Delay Time의 증가속도가 느리다는 것을 확인할 수 있다. 또한 실험한 노드수에서는 큰 차이가 발생하지 않음을 보여주고 있다.



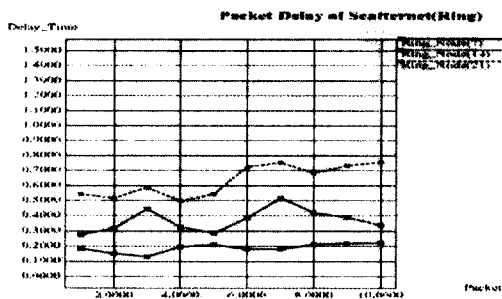
(그림 6) Line형 Scatternet

나타내고 있음을 알 수 있고, 특히 노드수가 증가함에 따라 패킷의 Delay Time이 더 큰 차이가 발생함을 그래프에서 보여주고 있다.

따라서 이러한 결과들을 종합해보면 구성형태에 있어서 라인형보다 링형 스캐터넷이 더 나은 스캐터넷 구성형태를 가지며, 또한 노드수가 증가할수록 패킷의 Delay Time이 증가하고 라인형이 더 큰 패킷의 Delay Time을 가짐을 결과를 통해 분석할 수 있었다.



(그림 8) Line 및 Ring 형태의 Scatternet



(그림 7) Ring형 Scatternet

(그림 8)은 본 논문에서 제시한 두 가지 형태 즉 라인형 및 링형 스캐터넷의 시뮬레이션 결과를 보여주는 그래프로 라인형 및 링형 스캐터넷이 노드수에 따른 패킷의 Delay Time의 결과값을 비교 분석하기 위한 것이다.

결과를 보면 링형 스캐터넷이 라인형 스캐터넷에 비해 패킷의 Delay Time이 더 좋은 결과값을

5. 결론

본 논문에서 제시한 두 가지 형태의 스캐터넷을 Bluehoc 시뮬레이터를 이용하여 노드수에 따른 패킷의 Delay Time을 측정하였다. 시뮬레이션 결과는 실험에서 보여주듯이 라인형보다 링형 스캐터넷의 네트워크 구성이 패킷 Delay Time에서 더 좋은 결과를 보여주고, 또한 노드수가 증가할수록 패킷의 Delay Time이 증가하고, 링형보다 라인형이 더 큰 패킷의 Delay Time 증가를 보여줌을 본 연구를 통하여 분석할 수 있었다. 이러한 연구 결과를 토대로 하여 무선 네트워크를 구성시 링형태의 스캐터넷을 구성하는 것이 패킷의 Delay Time에 있어서 더 좋은 결과를 가져올 수 있을 것이다.

이번 연구의 경우 두 가지 형태의 스캐터넷만을 구성하였고, 노드수에 제한을 둬서 결과값의 범위가 제한된 성능평가만을 수행할 수 있었다. 따라서 향후에는 본 논문에서 제시된 정책을 구체화

하여 노드수를 증가시키고, 최적의 처리율을 갖는 스캐터넷을 형성하기 위한 연구와 그에 따른 시뮬레이션을 구현하는 연구가 필요할 것이며, 또한 이동노드에 있어서 패킷의 Delay Time도 향후에 연구되어야 할 과제이다.

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", printice Holl, page 54, 2001
- [4] Bluehoc source : Bluehoc Web site <http://www-124.ibm.com/developerworks/opensource/bluehoc/index.html>

장 종 욱

1993 부산대학교(학사)
1995 부산대학교 (공학박사)
1999~2000 UMKC 포스트닥
과정

1987~1995 한국전자통신연구원

1995~현재 동의대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 웹기반 교육 프로그래밍,
차세대 네트워크

E-Mail: jwjang@dongeui.ac.kr

김 창 영

1999 한국기술교육대학교
전기공학과(학사)

2000~현재 동의대학교
컴퓨터공학과 석사과정

1998~현재 부산정보직업전문학교 교사

관심분야: 네트워크 교육, 컴퓨터통신

E-Mail: hapgang@daum.net