

블루투스 무선 Ad-hoc망에서 ACL/SCO 패킷 데이터의 성능

김도균, *노재성, **조성언, 조성준

한국항공대학교 항공통신정보공학과, *서일대학 정보통신과, **순천대학교 정보통신공학과

전화 : 02-3158-1518 / 팩스 : 02-3158-1935

Performance of ACL/SCO Packet Data in Bluetooth Wireless Ad-hoc Network

Do-Gyun Kim, *Jae-Sung Roh, **Sung-Eon Cho, Sung-Joon Cho

Dept. of Telecomm. & Inform. Eng., Hankuk Aviation Univ.

*Dept. of Inform. & Comm. Eng., Seoil College

**Dept. of Computer & Comm. Eng., Sunchon Univ.

E-mail : dgkim@mail.hangkong.ac.kr

Abstract

This paper has simulated the PER(Packet Error Rate), ratio of received packet and payload BER of Bluetooth system with packet types of ACL(Asynchronous Connection Less) and SCO(Synchronous Connection Oriented) link over wireless Ad-hoc environment. AWGN(Additive White Gaussian Noise) and Rayleigh fading are considered as channel model, and the analysis is based on the baseband model of Bluetooth system. In terms of PER and ratio of received packet, performance of DM1 packet is almost same as those of HV1, HV2 and HV3 packets, the performances of the other packets depend on the packet types. In terms of payload BER performance, there is no difference among HV2 packet of SCO link and DM1, DM3, DM5 packets of ACL link. Moreover, there is no difference among HV3 packet of SCO link and DM1, DM3, DM5 packets of ACL link, too.

I. 서론

최근에 다양한 정보 기술들의 출현과 VLSI 기술의 발전으로 통신 장치의 소형화와 저 가격화가 이루어지고 있다[1]. PC, Laptop, PDAs(Personal Digital Assistants), cell phones, cordless phones 제품들이 VLSI 기술 발전으로 인한 성공작으로 가격의 지속적인 저가화와 소형화가 이루어지고 있다. 최근에는 전세계적 무선 인터페이스로, 근거리 무선 연결을 할 수 있는 통신장치의 개발로 발전되고 있다.

요구되는 시스템의 특징들은 다음과 같다[2].

- 음성과 데이터의 지원
- 저가격과 개방된 규격

- 전세계적으로 사용가능한 범용성
- 무면허 밴드에서 다른 서비스에 대한 간섭의 저항성
- 소형화와 적은 전력

블루투스 기술은 유/무선 전화기, 모뎀, 헤드셋, PDAs, 컴퓨터, 프린터, 프로젝터 등과의 연결과 새로운 다른 장치들과 응용 제품들간의 연결을 가능하게 한다. 블루투스 기술은 휴대가능한 장치들에 적용되면서 저 전력화와 소형화 그리고 저 가격화된 디자인을 가능하게 한다. 실제적으로 이 기술은 어디에나 적용될 것이고 모든 연결가능한 장치들에 대해 연결의 매체가 될 것이다. 국외의 주요 업체들로는 Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba, Intel등이 있으며 국내에서는 삼성, LG가 있다. 현재는 주요 업체 이외에도 국외 및 국내의 많은 기업들이 개발에 참여하고 있으며 출시된 제품들도 많이 있다. 그러나 앞으로도 블루투스 기술의 발전은 계속될 것으로 예상 된다. 현재 2~3개의 칩으로 이루어진 블루투스 시스템은 단일칩을 이용한 시스템 설계로의 발전이 필요하며 5달러 이하의 가격을 만족하여야만 한다.

본 논문에서는 블루투스 시스템의 기본 기술에 대해 알아보고 무선채널 환경에서 블루투스 시스템의 패킷 오율과 패킷 수신율 및 페이로드 BER을 시뮬레이션 한다.

II. 블루투스 시스템

블루투스는 면허가 필요없이 무료로 사용할 수 있는 2.4 GHz대 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 대역의 주파수를 사용하여 동작하는 근거리 무선 통신 시스템이다. 다른 기기와의 간섭을 적게하기 위해 스퍩트럼 확산 방식의 일종인 주파수 호핑 방식을 채용하였다. 이 방식은 하나의 타임 슬롯마다 랜덤하게 주파수를 바꾸는 것으로 고정된 송신 주파수에 의한 간섭을 방지

하는 동작을 한다. 변조방식은 전송속도 1 Mbps의 GFSK(BT=0.5) 변조 방법을 사용 한다. 블루투스의 밴드폭 특성은 송신과 수신을 상호 순서를 바꾸는 TDD(Time Division Duplex) 통신 방식으로 쌍방향 통신을 한다. 한 개의 패킷은 복수의 슬롯으로 구성될 수 있다. 한 개의 패킷을 할당되는 슬롯의 수는 1, 3, 5개의 슬롯이고 패킷당 슬롯의 갯수에 따라 전송속도는 가변된다. 한개의 슬롯으로 송수신을 하는 경우에는 433.9 kbps, 5개 슬롯의 경우에는 732.2 kbps의 전송속도로 전송 된다[3],[4].

블루투스의 접속 형태에는 SCO 링크와 ACL 링크의 두종류가 있다. SCO는 일대일 대응 링크를 형성한다. SCO는 패킷의 길이로 슬롯을 점유하는 순서를 결정하는데, 음성과 같이 연속하는 데이터를 송수신 하는 경우에 사용한다. 또한 ACL은 패킷 교환형의 접속에 사용한다. ACL은 SCO와는 달리 1, 3, 5개의 슬롯으로 구성된 3종류의 패킷을 사용하는 것이 가능하다[5].

블루투스의 패킷 구성은 액세스 코드와 헤더는 고정 길이로 되어 있으며 페이로드는 패킷의 종류에 따라 달라진다. 액세스 코드는 프리엠블과 패킷의 식별(SYNC WORD)로 사용 한다. 헤더는 기기의 어드레스(AM_ADDR)와 페이로드의 종류를 표시하는 형태와 재전송 제어, 흐름제어 등의 비트(FLOW, ARQN, SEQN)등으로 구성되어 있다. 또한 헤더 데이터의 신뢰성을 확보하기 위한 체크섬을 행하는 비트(HEC)도 부가된다. 패킷 종류는 표 1에 나타낸 것 같이 헤더중의 타입 비트에 규정되어진 12종류의 패킷이 있다. 패킷의 종류에는 SCO와 ACL 링크에 공통으로 사용되는 NULL, POLL, FHS 패킷과 각각 독립적으로 사용하는 패킷이 있다. 공통으로 사용되는 패킷은 주로 접속 제어에 사용된다.

III. 시뮬레이션 모델

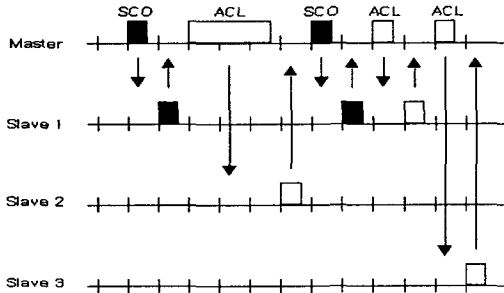


그림 1. ACL 링크와 SCO 링크의 데이터 흐름

그림 1은 SCO 링크와 ACL 링크의 데이터 흐름이다. 마스터는 짝수번째 슬롯 시간에서 슬레이브는 홀수번째 슬롯 시간에서 하나의 묶음 형태로 데이터를 송/수신 한다.

본 논문에서의 시뮬레이션은 단일 피코넷(piconet) 환경에서 블루투스 시스템의 베이스 밴드 모델을 기초로 했다. 단일 피코넷 환경에서 반송파 위상에 따른 주파수 호핑 영향은 고려하지 않았으며 수신기에서 타이밍과 동기는 완벽하다고 가정하였다. 데이터 전송속도는 1MHz 채널 대역폭내에서 1Mbps이고 변조도는 0.28~0.32이며 BT=0.5인 GFSK 변조 방식을 사용하였다. 그림 2는 블루투스 시스템의 시뮬레이션 블록 다이어그램이다. AWGN과 레일리 페이딩 채널 환경을 고려 하였으며 모든 패킷에 대해 적용된다.

송신기는 블루투스 장치의 16진수 UAP(Upper Address Part) 주소를 이용하여 CRC를 발생시킨다. 수신된 패킷에서 CRC 체크에러가 발생해도 재전송을 요구하지 않는다. 패킷 헤더에 대한 HEC(Header Error Check)를 추가하며 에러 정정을 위해 1/3, 2/3 FEC(Forward Error Correction)를 사용한다.

표 1. SCO와 ACL 링크의 패킷 종류

Link type	Packet type	Payload FEC code rate	User payload (bytes)	Burst Length (μs)	Occupied slots
Control	NULL		0	126	1
	POLL		0	126	1
	FHS	2/3	18		
ACL	DM1	2/3	0- 17	171- 366	1
	DM3	2/3	0-121	186-1626	3
	DM5	2/3	0-224	186-2871	5
	DH1	no	0- 27	150-366	1
	DH3	no	0-183	158-1622	3
	DH5	no	0-339	158-2870	5
SCO	HV1	1/3	10	366	1
	HV2	2/3	20	366	1
	HV3	no	30	366	1

IV. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 AWGN과 페이딩 환경에서 ACL 링크와 SCO 링크의 패킷 타입에 따른 블루투스 시스템의 패킷 오율과 패킷 수신율 및 페이로드 BER을 시뮬레이션 하였다.

그림 3은 AWGN 환경에서 ACL 링크와 SCO 링크 패킷 타입에 따른 패킷 오율을 나타냈다. ACL 링크에서 패킷 형태에 따라 성능의 차이가 많음을 알 수 있었고, SCO 링크에서는 성능의 차이가 적음을 알 수 있었다. ACL 링크에서의 DM1 패킷 오율과 SCO 링크의 HV3 패킷 오율의 성능이 비슷하였으며 ACL 링크의 DH1, DH3, DH5 패킷 오율의 열화정도가 큼을 알 수 있었다. 특히, DH3, DH5 패킷의 오율 열화가 가장 컸다.

블루투스 무선 Ad-hoc망에서 ACL/SCO 패킷 데이터의 성능

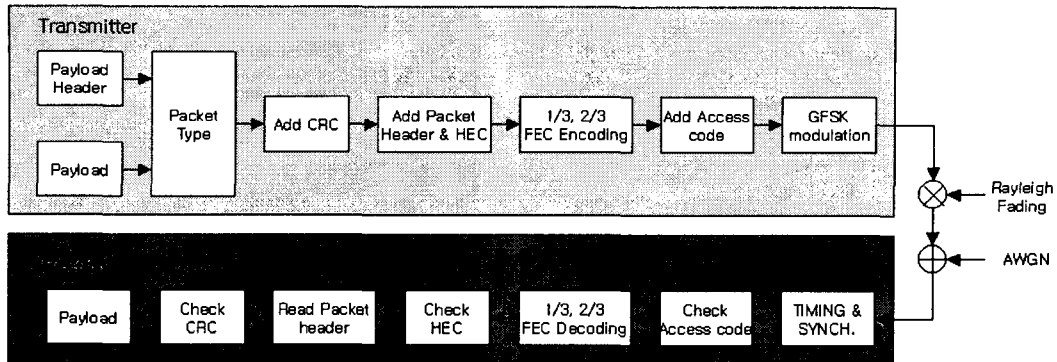


그림 2. 블루투스 시스템의 시뮬레이션 모델

그림 4는 AWGN 환경에서 각 링크의 패킷 타입에 따른 패킷 수신율을 나타냈다. 패킷 형태에 따라 수신율의 차이가 많음을 알 수 있었고 ACL 링크에서의 DM1 패킷 수신율과 SCO 링크의 HV3 패킷 수신율이 비슷함을 알 수 있었다.

그림 5는 AWGN 환경에서 각 링크의 패킷 타입에 따른 페이로드 BER을 나타냈다. ACL 링크에서 DM1, DM3, DM5 패킷의 성능이 비슷했고 DH1, DH3, DH5 패킷도 성능이 비슷했다. SCO 링크의 HV2와 ACL 링크의 DM1, DM3, DM5 패킷 성능 차이가 거의 없었고, SCO 링크의 HV3와 ACL 링크의 DH1, DH3, DH5 패킷 성능 차이는 거의 없었다. 특히 HV1 패킷의 성능이 제일 우수하였다.

그림 6은 페이딩 환경에서 각 링크의 패킷 타입에 따른 패킷 오율을 나타냈다. 그림 3에서 AWGN 환경을 고려했을 때 보다 성능은 나뉘으나 패킷에 따른 성능 변화는 비슷하였다. ACL 링크의 DM1, DM3, DM5 패킷과 SCO 링크의 HV1, HV2, HV3 패킷의 성능이 거의 같음을 알 수 있었다.

그림 7은 페이딩 환경에서 각 링크의 패킷 형태에 따른 패킷 수신율을 나타냈다. 그림 4에서 AWGN 환경을 고려했을 때 보다 수신율은 나뉘으나 패킷 형태에 따른 수신율의 변화는 비슷하였다. 그러나 AWGN 환경을 고려 했을때보다 성능의 변화정도는 심하였다.

그림 8은 페이딩 환경에서 각 링크의 패킷 타입에 따른 페이로드 BER을 나타냈다. AWGN 환경을 고려 했을때보다 성능도 나쁘고 패킷에 따른 변화정도도 심함을 알 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 무선채널 환경에서 ACL 링크와 SCO 링크의 패킷 형태에 따른 패킷 오율과 패킷 수신율 및 페이로드 BER을 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

시뮬레이션 결과, ACL 링크와 SCO 링크의 패킷 타입에 따른 패킷 오율은 ACL 링크에서 패킷 형태에 따라 성능의 차이가 많음을 알 수 있었고 SCO 링크에서는 성능의 차이가 적음을 알 수 있었다. ACL 링크의 DM1 패킷 오율과 SCO 링크의 HV3 패킷 오율의 성능이 비슷하였으며 ACL 링크의 DH1, DH3, DH5 패킷 오율의 열화정도가 큼을 알 수 있었다. 각 링크의 패킷 타입에 따른 패킷 수신율은 패킷 형태에 따라 수신율의 차이가 많음을 알 수 있었다. ACL 링크의 DM1 패킷 수신율과 SCO 링크의 HV3 패킷 수신율이 비슷하였다. 페이로드 BER 성능은 ACL 링크에서 DM1, DM3, DM5 패킷들의 성능이 비슷했고 DH1, DH3, DH5 패킷들도 성능이 비슷했다. SCO 링크의 HV2와 ACL 링크의 DM1, DM3, DM5 패킷의 성능 차이가 거의 없었고 SCO 링크의 HV3와 ACL 링크의 DH1, DH3, DH5 패킷의 성능 차이가 거의 없었다.

참 고 문 헌

- [1] J. C. Haartsen, "The Bluetooth Radio System," *IEEE Personal Comm.*, vol. 7, pp. 28-36, Feb. 2000.
- [2] Z. Pei, L. Weidong, W. Jing, W. Youzhen, "Bluetooth-The Fastest Developing Wireless Technology," in *Proc. WCC-ICCT 2000*, vol. 2, pp. 1657-1664, 2000.
- [3] *Specification of the Bluetooth System Core, Version 1.0B*, December 1999.
- [4] S. Zurbes, W. Stahl, K. Matheus, J. Haartsen, "Radio Network Performance of Bluetooth," in *Proc. ICC 2000*, vol. 3, pp. 1563-1567, 2000.
- [5] P. Johansson, N. Johansson, U. Korner, J. Elg, G. Svernar, "Short Range Radio Based Ad-hoc Networking : Performance and Properties," in *Proc. ICC'99*, vol. 3, pp. 1414-1420, 1999.

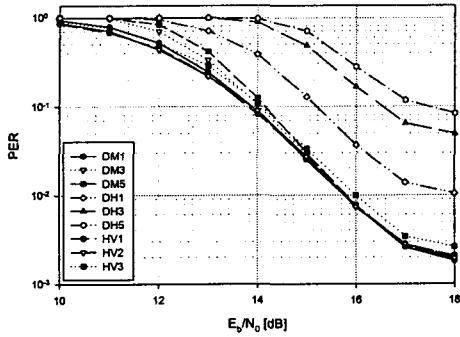


그림 3. AWGN 환경에서 패킷 타입에 따른 블루투스 시스템의 패킷 오율

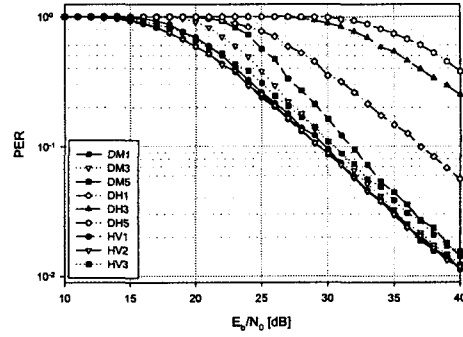


그림 6. 페이딩 환경에서 패킷 타입에 따른 블루투스 시스템의 패킷 오율

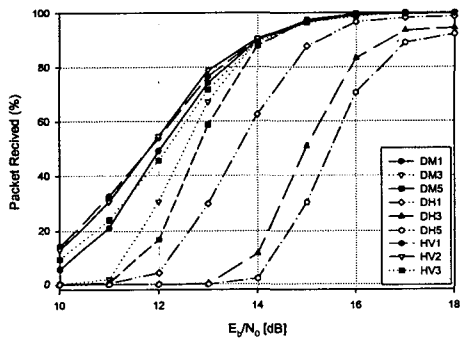


그림 4. AWGN 환경에서 패킷 타입에 따른 블루투스 시스템의 패킷 수신율

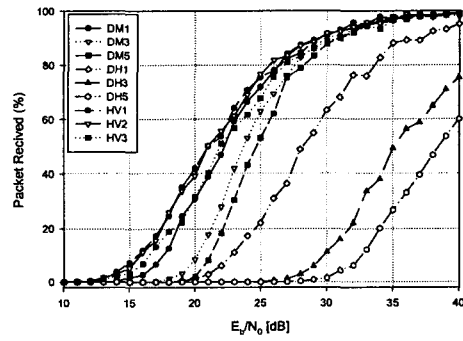


그림 7. 페이딩 환경에서 패킷 타입에 따른 블루투스 시스템의 패킷 수신율

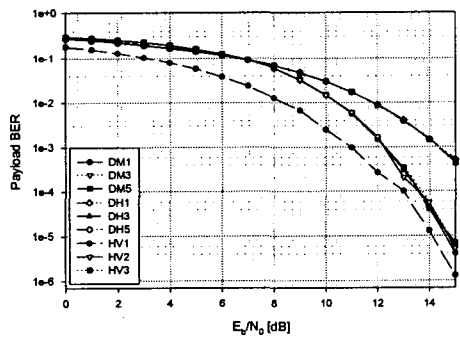


그림 5. AWGN 환경에서 패킷 타입에 따른 블루투스 시스템의 페이로드 BER

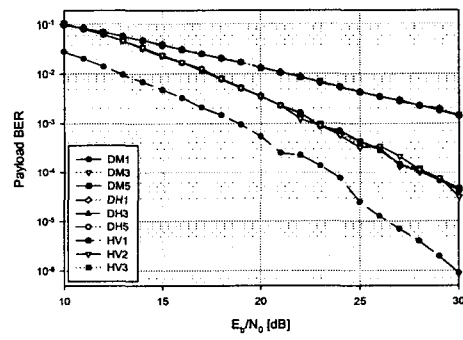


그림 8. 페이딩 환경에서 패킷 타입에 따른 블루투스 시스템의 페이로드 BER