

블루투스에서의 링크품질에 따른 효율적인 ACL 데이터 전송 방법

*김 창 윤, *양 영 배, *임 재 윤
*제주대학교 통신공학과
전화 : 064-754-3635/ 핸드폰 : 011-699-8433

The efficient ACL data transmission method by Link quality for bluetooth

Chang Yun Kim, Young Bae Yang, Jea Yun Lim
Dept. of Telecommunication engineering, Cheju University
E-mail : hanaro25@cheju.ac.kr

Abstract

This paper has been proposed about the efficient ACL data transmission method by link quality for Bluetooth. By the host the HCI command confirm the link quality values and change the packet type into several environment. And then we can analyze the data rate through this. From the construed result, after the suitable ACL packet type had been selected, the efficient data transmission method was proposed.

본 논문은 블루투스 베이스밴드에서의 ACL 패킷의 개략적인 형태 소개와 모든 어플리케이션을 수행하기 위한 상위 프로토콜 스택을 설명하고 그것을 기반으로 파일전송 프로그램을 구현한다. 구현된 프로그램으로 파일 전송 시 HCI(Host Controller Interface) 명령을 통한 패킷 형태와 링크품질 측정치와 데이터 전송효율 및 에러율을 고려하여 효율적인 ACL 데이터 전송 방법을 제안 하고자 한다.

I. 서론

블루투스는 근거리 무선 인터페이스를 통하여 음성 및 데이터 전송 서비스를 지원하는 통신 프로토콜이다. 블루투스 규격에서는 10m이내(옵션100m)의 좁은 활동 반경을 갖는 저 전력 무선 통신 시스템으로 2.4GHz 대역을 사용하여 최대 1Mbps의 데이터를 전송할 수 있다고 정의한다. 이런 제한된 시스템에서는 효율적인 네트워크 관리를 필요로 한다. 특히 링크의 대부분을 차지하는 ACL(Asynchronous Connection Less) 링크에서 채널의 품질에 따라서 주어진 패킷을 효율적으로 사용하는 것은 매우 중요한 문제이다.

II. 베이스밴드 ACL 패킷

패킷은 구성 성분에 따라 접속 코드, 패킷 헤더, 페이로드 헤더, 페이로드로 나눈다.

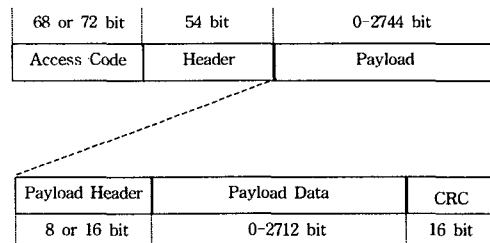


Fig. 1. Bluetooth ACL packet structure

접속 코드는 수신된 신호와 정합을 통하여 마스터가 속한 피코넷 내의 패킷을 검출하는 역할을 한다. 패킷 헤더는 18비트 정보를 포함하며, 이 정보는 1/3 FEC(Forward Error Correction) 코드로 보호를 받아 길이가 54비트가 되고 패킷과 관련된 모든 제어 정보를 포함한다. 페이로드는 L2CAP(Local Link Control Adaptation Protocol)나 LM(Link Manager)으로부터 보내지는 메시지일 때는 실제 메시지 정보를 포함하고, 스택에 저장된 실제 데이터일 때는 데이터를 포함한다.

Table 1. DM, DH packet

패킷 형태	최대치. 페이로드 (byte)	FEC	최대치. 대칭채널 데이터율 (kbps)	비대칭채널 순방향 데이터율 (kbps)	비대칭채널 역방향 데이터율 (kbps)
DM1	17	2/3	108.8	108.8	108.8
DH1	27	None	172.8	172.8	172.8
DM3	121	2/3	258.1	387.2	54.4
DH3	183	None	390.4	585.6	86.4
DM5	224	2/3	286.7	477.8	36.3
DH5	339	None	433.9	723.2	57.6

Table 1은 블루투스 시스템에서 정의된 ACL 링크의 패킷 종류이다. ACL 링크에서 패킷은 Fig 1에서의 페이로드(Payload) 데이터 중요도에 따른 2/3 FEC의 사용여부와 1, 3, 5 슬롯의 여부에 따라 Table 1과 같은 패킷 형태로 나눌 수 있다. 데이터 페이로드에 대한 FEC 방식은 패킷의 재전송 횟수를 줄이기 위해 사용된다. 비대칭 채널에서 5슬롯일 경우 대기 중으로 최대 723.2kbps의 데이터 율이 실현 가능하다. DM(Data Medium rate)은 중간 데이터 율을 나타내고, DH(Data High rate)는 높은 데이터 율을 상징한다.

블루투스에서는 링크품질과 신뢰성 및 링크 오율을 감안하여 패킷 형태가 선택된다. 링크품질 상태가 좋으면 데이터 율이 좋은 DH형태의 패킷을 전송하는 것이 효율적이고, 링크품질 상태가 좋지 않으면 오히려 재전송이 많은 슬롯이 할당되어야 하므로 2/3 FEC가 되어있는 DM형태의 패킷으로 전송하는 것이 효율적이다. 그리고, 링크에 송신된 패킷의 형태는 같은 쪽단이 아닌 링크의 반대측 단의 품질에 의하여 제어되어야만 한다. 즉 마스터가 슬레이브의 패킷 형태를 선택하는 것을 의미한다.

블루투스에서는 호스트의 HCI 명령을 통해 링크 품질을 체크할 수 있고, 링크에서 사용하는 패킷의 형태를 변화시킬 수 있다.

III. 프로토콜 스택 및 응용프로그램 구현

블루투스의 프로토콜 스택은 Fig 2와 같다. 프로토콜 스택이란 하위계층에서부터 상위계층까지 쌓아올린 프로토콜의 집합이다.

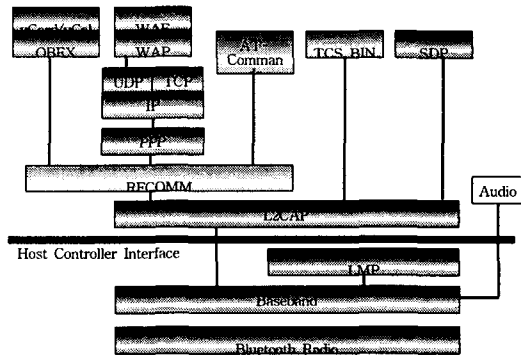


Fig. 2. Bluetooth protocol stack

프로토콜 스택은 HCI를 기준으로 호스트 컨트롤러 프로토콜과 호스트 프로토콜로 나눈다. 호스트 컨트롤러란 바로 블루투스 모듈에 해당한다. 그리고 호스트 컨트롤러 프로토콜은 보통 베이스밴드, 링크 매니저 프로토콜이 펌웨어(Firmware) 형태로 모듈 내부에 포함된다.

호스트는 호스트 컨트롤러인 블루투스 모듈과 연결되어 블루투스 모듈을 제어하고 어플리케이션을 수행하는 곳으로 소프트웨어 부분에 해당되고 그 종류는 시스템에 따라 달라질 수 있다. 호스트 프로토콜 스택은 다음과 같이 된다.

3-1. HCI

호스트 컨트롤러 인터페이스(이하 HCI)는 호스트 컨트롤러에 포함된 베이스밴드나 링크 매니저, 그리고 하드웨어 등을 접근하고 제어하기 위한 표준화된 인터페이스를 의미한다. 블루투스에서는 호스트와 호스트 컨트롤러사이의 통신을 위해 USB, RS232, UART의 물리적 버스를 규정해 두었다.

3-2. L2CAP

L2CAP는 상위 계층 프로토콜과 HCI, 베이스밴드 등의 하위 프로토콜 사이에서 중재 및 조절을 하는 역할을 한다.

3-2. RFCOMM

RFCOMM은 원래 GSM폰의 플렉서(Multiplexer)를 위해 고안된 ETSI(European Telecommunications

Standards Institute)의 TS 07.10을 기반으로 한 것으로 RS-232 9핀 시리얼 포트를 에뮬레이션 하는 역할을 담당한다

3-4. SDP(Service Discovery Protocol)

SDP는 연결된 블루투스 기기에서 어떠한 서비스가 가능하고, 그 가능한 서비스의 특징에 관한 정보를 교환하기 위한 프로토콜이다.

본 논문에서는 위에서 설명한 호스트 프로토콜 스택을 기반으로 하여 PC기반에서의 응용프로그램을 Fig 3과 같이 구현하였다. 이 응용프로그램을 이용하여 기기의 초기화 설정, 조회, HCI 명령 테스트, 채팅, 파일 전송 등을 수행할 수 있다.

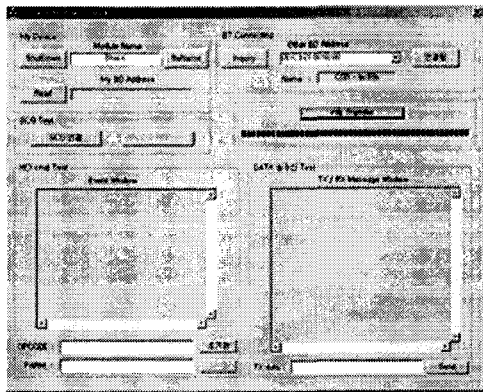


Fig. 3. Bluetooth application program

IV. 실험 결과 및 분석

본 논문을 위해 블루투스 기기 두 개와 3장에서 설명한 응용프로그램을 이용하였다. 각 기기의 모듈은 유효거리가 10m이고 내부 버퍼 크기가 192Byte로 설정되어있다. 본 실험에서는 전송 데이터 크기를 500Kbyte, 정규열(regular stream)을 1000byte로 하여 데이터 전송을 수행하였다.

4-1. 링크품질 측정

두 기기간의 연결이 완료된 후 HCI Get Link Quality 명령을 통해 링크품질에 대한 정보를 얻을 수 있다. 링크품질 값은 0~FF 사이의 수로 나타내는데 큰 값일수록 높은 링크품질 값을 갖는다. 무선 환경에서의 링크품질이 변동은 간섭에 의한 주기적인 연결 오류, 링크를 가로막는 물체, 장치의 이동 등이 원인이

된다. 본 실험에서 두 기기간의 거리가 모듈의 유효거리인 10m이내이면서 장애물과 전파의 장애가 없는 경우 링크품질의 값이 F0~FF사이의 높은 값을 나타내었고, 모듈의 유효거리의 100~150% 범위이고 장애물이 있는 경우에는 링크품질의 값은 D0~EF을 나타내었다. 그리고 유효거리 이내에서도 전파의 감쇠 등 장애 지역에서는 링크품질의 값은 B0~CF이고 유효거리의 150%이상이고 장애물이 있을 경우 링크품질은 B0이하의 값을 갖는다.

4-2. 패킷 형태 선택

블루투스에서는 2장에서 설명한 것과 같이 링크품질에 따라 패킷 형태가 조절이 되어야 효율적인 데이터 전송이 가능하다. 블루투스에서 패킷 형태는 두 기간에 연결 설정 과정에서 결정되어진다. 본 실험에서는 HCI Create Connection 명령으로 패킷의 형태가 결정된 상태에서 HCI Change Connection Packet Type 명령을 통해 Packet Type 파라미터의 값을 조정하여 각각의 ACL 패킷 형태별로 연결 설정을 완료한다.

4-3. 데이터 율 분석

이 장에서는 호스트 HCI 명령으로 여러 환경에서의 링크품질의 값을 확인하고 패킷 형태를 변화시키면서 DM 형태와 DH 형태에서의 데이터 율을 분석하였다.

링크품질이 제일 높은 FF이었을 때의 데이터 율은 Table 1의 이론적 최대 데이터 율보다 40~50%의 전송 효율을 보였다. 링크품질이 FF일 때를 기준으로 한 링크품질에 따른 패킷 형태와 데이터 율은 Fig 4와 같다.

Table 1에서 보면 링크품질이 높은 F0~FF사이에서는 DM 패킷 형태보다는 DH 패킷 형태로 데이터를 전송하는 것이 효율적이고, 링크품질이 중간인 D0~EF에서는 DM 패킷과 DH 패킷이 비슷한 데이터 율을 보이는데 DH3, DH5 패킷의 경우는 링크품질이 FF일 때의 50~60%로 감소하였다. 링크품질이 낮은 B0~CF에서는 DH 패킷 형태보다는 DM 패킷 형태로 데이터 전송을 하는 것이 효율적임을 알 수 있다. 특히 다중 슬롯을 사용하는 DH3, DH5 패킷 형태에서는 급격히 전송 효율이 낮아졌고 DM3 형태에서가 가장 효율이 높았다. 링크품질이 가장 낮은 B0이하인 경우는 조회 과정에서 상대 기기를 찾지 못하는 경우나 연결 설정 후에도 모든 패킷 형태로 데이터 전송은 데이터 율이 1% 미만이거나 전송과정 중 끊어지는 경우가 생겼다. 이런 링크품질에서는 두 기간에 연결 설정을 포기하는 것이 효율적인 면에서 좋을 것이다.

또한 Fig 4를 보면 링크품질이 낮아질수록 DM 패킷의 형태는 데이터율이 완만한 감소를 보이고 있고, DH 패킷의 형태는 급격한 감소를 보이고 있는데, 이는 링크품질이 높을 때는 DH 패킷 형태를 사용하는 것이 좋고 링크품질이 낮으면 재전송이 있는 DM 패킷 형태가 전송 효율이 좋은 것을 보여주고 있다.

Table 2. The data rate by link quality and packet type

링크 품질	패킷 형태	데이터율 (kbps)	실제 데이터율(%)	FF기준 데이터율
FF	DM1	47.1	43.3	1
	DH1	72.2	41.8	1
	DM3	179.4	46.3	1
	DH3	266.7	45.5	1
	DM5	232.6	48.7	1
	DH5	363.6	50.3	1
F0~FF	DM1	45.5	41.8	0.97
	DH1	70.8	41	0.98
	DM3	163.3	42.2	0.91
	DH3	258.1	44.1	0.97
	DM5	219.8	46	0.95
	DH5	317.5	44	0.87
D0~EF	DM1	40.2	36.9	0.85
	DH1	53.8	31.1	0.75
	DM3	152.7	39.4	0.85
	DH3	142.3	24.3	0.53
	DM5	199k	41.6	0.86
	DH5	221	30.6	0.61
B0~CF	DM1	19.2	17.6	0.41
	DH1	36.2	20.9	0.50
	DM3	101.5	26.2	0.57
	DH3	34.9	6	0.13
	DM5	57.8	12.1	0.25
	DH5	36.5	5	0.10

V. 결론

본 논문에서는 블루투스에서 링크품질에 따른 효율적인 ACL 데이터 전송 방법을 제시하였다. 이를 위해 호스트 프로토콜 스택을 기반으로 하여 PC기반에서의 응용프로그램을 구현하였다. 이 응용프로그램을 이용하여 호스트 HCI 명령을 통해 여러 환경에서의 링크 품질의 값을 측정하였고 그에 따라 패킷 형태를 변화시키면서 데이터 율을 분석하였다.

링크품질이 좋은 환경인 F0~FF에서는 DM 패킷보다는 DH 패킷 형태로 데이터 전송을 하는 것이 효율적이고, 링크품질이 중간인 D0~EF에서는 DM 패킷과 DH패킷이 비슷한 데이터 율을 보인다. 링크품질이 낮은 B0~CF에서는 DM 패킷 형태 중 특히 DM3 패킷으로 데이터 전송을 하는 것이 효율적이다. 링크품질이 B0이하에서는 연결 설정을 포기하는 것이 효율적임을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] Bluetooth Special Interest Group, Bluetooth Core Specification 1.1v, 1999
- [2] Jennifer Bray and Charles F Sturman, Bluetooth connect without cables, Prentice Hall PTR, 2001
- [3] Nathan J. Muller, BLUETOOTH DEMYSTIFIED, The McGraw-Hill Companies, 2001
- [4] 주민철, 블루투스 시스템에서의 채널상태분석을 이용한 ACL 링크 관리 방식, 한국통신학회 하계학술대회 논문집, 2001. 7
- [5] 박홍성, 피드백 에러를 고려한 블루투스 무선 링크의 성능 분석, 한국통신학회 하계학술대회 논문집, 2001. 7

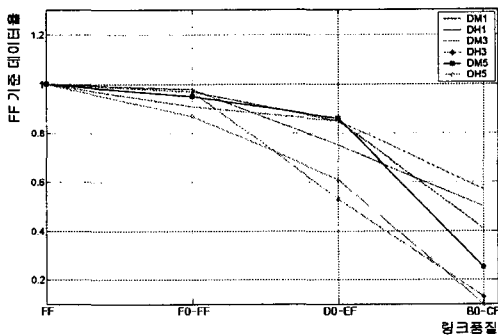


Fig. 4. The data rate by link quality based on FF