

블루투스에서 효율적인 ACL 데이터 전송 기법

김창윤* · 양영배* · 임재윤*

The Efficient ACL Data Transmission Method for Bluetooth

Chang-Yun Kim*, Young-Bae Yang* and Jea-Yun Lim*

ABSTRACT

This paper has been proposed about the efficient ACL data transmission method for bluetooth. The system that is limited such as bluetooth needs efficient network management. For this end, we have implemented file transfer program based on priority protocol stack. By the host the HCI command confirm the link quality values and change the ACL packet type into several environment using implemented program. And then we can analyze the data rate through this. Also we can analyze the data rate by regular stream size. From the analyzed result, the efficient data transmission method was proposed.

Key Words : bluetooth, data rate, packet type, link quality, regular stream size

1. 서론

블루투스는 근거리 무선 인터페이스를 통하여 음성 및 데이터 전송 서비스를 지원하는 통신 프로토콜이다[1-3].

블루투스 규격에서는 10m 이내(옵션 100m)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. 블루투스 무선 링크에는 SCO (Synchronous Connection Oriented) 링크와 ACL (Asynchronous Connection Less) 링크가

있는데, SCO 링크는 음성과 같은 시간중속 데이터 전송에 사용하는 동기화 링크이고, ACL 링크는 패킷 기반의 데이터 전송에 사용하는 비 동기화 링크로서 링크의 대부분을 차지한다. 특히 링크의 대부분을 차지하는 ACL 링크에서 채널의 품질에 따라서 주어진 패킷을 효율적으로 사용하는 것은 매우 중요한 문제이다[4,5].

본 논문은 블루투스 배이스밴드에서의 ACL 패킷의 개략적인 형태 소개와 모든 어플리케이션을 수행하기 위한 상위 프로토콜 스택을 설명하고 그것을 기반으로 파일 전송 프로그램을 구현한다. 구현된 프로그램으로 파일 전송 시 HCI (Host Controller Interface) 명령을 통한 패킷 형태와 링크 품질 측정치에 따른 데이터 율과 정규열(regular stream)의 크기에 따른 데이터 율을 고려하여 효율적인 ACL 데이터 전송 방법을 제안한다.

* 제주대학교 통신컴퓨터공학부, 첨단기술연구소
Faculty of Telecommunication and Computer Engineering, Research
Institute of Advanced Technology, Cheju Nat'l Univ.

II. 베이스밴드 ACL 패킷

패킷은 구성 성분에 따라 접속 코드, 패킷 헤더, payload 헤더, payload로 나눈다.

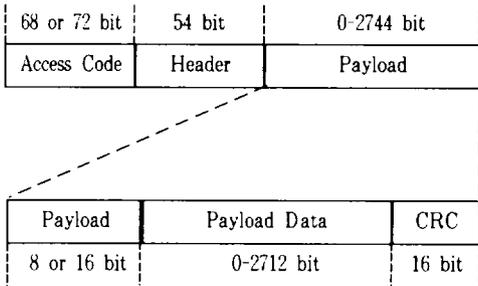


Fig. 1. Bluetooth ACL packet structure.

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. payload는 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 블루투스에서 정의된 ACL 링크의 패킷 종류이다. ACL 링크에서 패킷은 Fig. 1에서의 Payload 데이터 중요도에 따른 2/3 FEC의 사용여부

와 1, 3, 5 슬롯의 여부에 따라 Table 1과 같은 패킷 형태로 나눌 수 있다. 데이터 payload에 대한 FEC 방식은 패킷의 재전송 횟수를 줄이기 위해 사용된다. 비대칭 채널에서 5슬롯일 경우 대기 증으로 최대 723.2kbps의 데이터율이 실현 가능하다. DM (Data Medium rate)은 중간 데이터율을 나타내고, DH (Data High rate)는 높은 데이터율을 상징한다.

블루투스에서는 링크품질과 신뢰성 및 링크 오류를 감안하여 패킷 형태가 선택된다. 링크품질 상태가 좋으면 데이터율이 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 쪽 단이 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 프로그램 구현

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

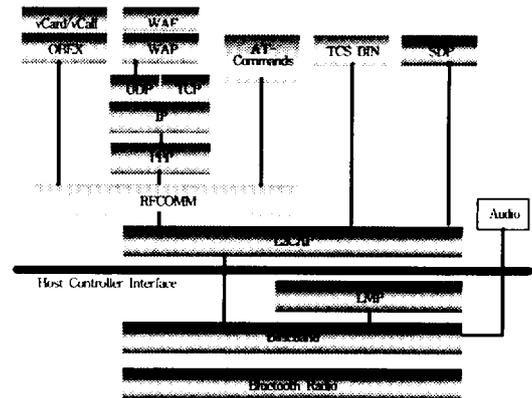


Fig. 2. Bluetooth protocol stack.

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 같이된다.

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 조정을 하는 역할을 한다.

3.3. 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.

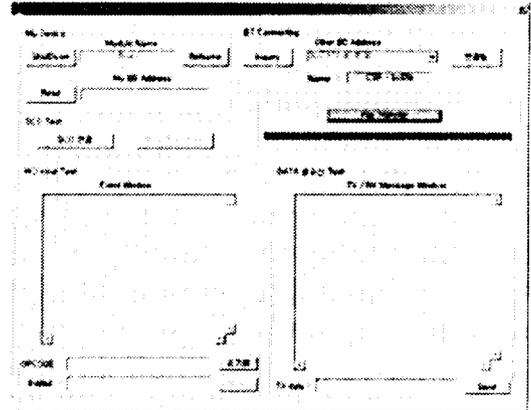


Fig. 3. Bluetooth application program.

IV. 링크 관리를 통한 효율적 전송방법

블루투스 규격은 상위 계층의 응용 또는 프로토콜의 요청에 따라 구성되는 링크의 특성을 허용하는 QoS 구성을 제공한다. QoS를 얻는 것은 요구 데이터율과 지연 분산 그리고 신뢰성을 얻는 것을 의미한다. 링크 관리자는 패킷 형태 선택, 폴링 간격 설정, 버퍼 할당, 링크에 대역폭 할당, 그리고 조회 수행 여부의 결정을 포함하는 여러 가지 방법에 의한 QoS 능력을 제공한다. 이번 장에서는 이러한 링크 관리자의 역할을 통해 어떻게 데이터 전송에 대한 효율적이고 신뢰성 있는 관리가 이루어질 수 있는가에 대한 방법을 기술한다.

4.1. 채널 품질 모니터링과 패킷 형태 조정

링크 품질에 대한 정보를 얻기 위한 방법으로 HCI는 링크 품질의 모니터링에 도움을 주기 위하여 Get Link Quality 명령어를 제공한다. 이 명령어를 통해 링크 품질 값을 추출할 수 있고, 링크 품질 값은 0과 FF 사이의 수로서 높은 값일수록 높은 링크 품질을 갖는

다. 링크 품질 값에 대한 계산은 각 구현에서 결정되고, 이 값은 링크의 BER(Bite Error Rate)을 반영하는데 사용될 수 있다. 그리고 패킷 형태를 조정하는데 사용하는 HCI 명령으로 Change Connection Packet Type 명령이 있는데, 이는 데이터 율과 BER을 고려하여 효과적인 패킷 형태로 바꿔주는데 사용된다.

4.2. 패킷 형태와 데이터 율

블루투스 규격은 데이터를 운반하기 위한 여러 가지 형태의 패킷을 제공한다. 항상 DM 패킷과 DH 패킷은 ACL 링크에 사용된다. DH 패킷은 적은 오류 정정을 사용하여 더욱 높은 전송율을 얻을 수 있다. 단일 슬롯 패킷(DM1, DH1)에 비해 3개와 5개의 슬롯 패킷(DM3.5, DH3.5)이 많은 데이터를 운반한다. 이에 대한 내용이 Table 1에 나와 있다. 그러나 Table 1에 주어진 데이터 율은 대기 중에서 전송될 수 있는 데이터의 최대 비트 수이고, 실질적 블루투스 기기에서는 일반적으로 이보다 낮다.

예를 들어 20byte의 정규열이 DH1 패킷을 사용하여 RFCOMM, L2CAP, 그리고 HCI를 경유하여 송신된다고 가정하면 다음과 같이 데이터 율이 계산된다. RFCOMM은 1byte의 주소, 1byte의 제어, 1byte (또는 2byte)의 데이터 크기, 1byte의 FCS(Frame Check Sequence)를 정규열에 붙여 보내게 되고, L2CAP는 총 24byte의 패킷을 수신하여 여기에 2byte의 데이터 크기와 2byte의 채널 ID를 붙여 HCI로 넘기게 된다. 결국 HCI는 28byte를 수신하게 되는 것이고, 27byte의 DH1 패킷을 사용하므로 두 개로 분할하여 전송하게 된다. DH1 패킷은 1250 μ s 마다 한번 송신될 수 있기 때문에 매초 800 패킷이 송신될 수 있다. 그러므로 각 패킷은 최대 데이터 율이 21.6Kbyte/s (172.8Kbit/s)가 된다. 그러나 실제로는 대기 중에서 52% 정도로 줄어들어 11.2Kbyte/s (89.6Kbit/s)의 데이터 율을 갖는다.

정규열이 20byte인 경우 두 패킷으로 분할되어 송신되므로 데이터 율은 8Kbyte/s(64Kbit/s)가 된다. 즉, 데이터 율이 최대일 때의 37%까지 떨어진다. Table 2는 RFCOMM을 이용한 전송으로 20byte 정규열 일 때의 데이터 율을 나타낸다.[2]

Table 2. Data rates for 20byte packet into RFCOMM compared with maximum rates on air

패킷 형태	대칭형 데이터율 (Kbit/s)		비대칭형 순방향 데이터율 (Kbit/s)		비대칭형 역방향 데이터율 (Kbit/s)	
	최대 데이터율	20byte 정규열	최대 데이터율	20byte 정규열	최대 데이터율	20byte 정규열
DM1	108.8	64	108.8	64	108.8	64
DH1	172.8	128	172.8	128	172.8	64
DM3	258.1	43.3	387.2	64	54.4	32
DH3	390.4	42.3	585.6	64	86.6	32
DM5	286.7	25.7	477.8	42.7	36.2	21.3
DH5	433.9	25.7	723.2	42.7	57.6	21.3

위의 예는 수치가 특별히 나쁠 때의 예로써 패킷 크기가 증가할수록 데이터 율이 감소한다. 이것은 정규열의 크기가 데이터 율에 미치는 영향을 말해주는 것이다. 다음 장에서 이러한 실질적 실험 값들을 보이고 그것을 바탕으로 효율적 데이터 율을 얻기 위한 방법을 제시한다.

V. 실험 결과 및 분석

본 논문을 위해 블루투스 기기 두 개와 3장에서 설명한 응용프로그램을 이용하였다. 각 기기의 모듈은 유한거리가 10m이고 내부 버퍼 크기가 192Byte로 설정되어있다. 실험 과정에서 정규열의 크기를 1024byte 이하로 했는데, 이는 블루투스 시스템의 제한된 성능을 고려했기 때문이다.

5.1. 링크품질에 따른 데이터 율

본 실험에서는 전송 데이터 크기를 500Kbyte, 정규열을 1000byte로 하여 데이터 전송을 수행하였다.

5.1.1. 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 나타내

는데 큰 값일수록 높은 링크품질 값을 갖는다. 무선 환경에서의 링크품질이 변동은 간섭에 의한 주기적인 연접 오류, 링크를 가로막는 물체, 장치의 이동 등이 원인이 된다. 본 실험에서 두 기기간의 거리가 모듈의 유한거리인 10m이내이면서 장애물과 전파의 장애가 없는 경우 링크품질의 값이 F0~FF사이의 높은 값을 나타내었고, 모듈의 유한거리의 100~150% 범위이고 장애물이 있는 경우에는 링크품질의 값은 D0~EF을 나타내었다. 그리고 유한거리 이내에서도 전파의 감쇠 등 장애 지역에서는 링크품질의 값은 B0~CF이고 유한거리의 150%이상이고 장애물이 있을 경우 링크품질은 B0이하의 값을 갖는다.

5.1.2. 패킷 형태 선택

블루투스에서는 2장에서 설명한 것과 같이 링크품질에 따라 패킷 형태가 조절이 되어야 효율적인 데이터 전송이 가능하다. 블루투스에서 패킷 형태는 두 기기간에 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.

5.1.3. 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 3에서 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 조화 과정에서 상대 기기를 찾지 못하는 경우나 연결 설정에서 연결 에러가 나오는 경우가 대부분이고, 연결 설정 후에도 모든 패킷 형태로 데이터 전송은 데이터 율이 1% 미만이거나 전송 과정 중 끊어지는 경우가 생겼다. 이런 링크품질에서는 두 기기간에 연결 설정을 포기하는 것이 효율적인 면에서 좋을 것이다.

Table 3. The data rate by link quality and packet type

링크 품질	패킷 형태	데이터율 (kbps)	실제데이터 율 (%)	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

또한 Fig. 4를 보면 링크품질이 낮아질수록 DM 패킷의 형태는 데이터 율이 완만한 감소를 보이고 있고, DH 패킷의 형태는 급격한 감소를 보이고 있는데, 이

는 링크품질이 높을 때는 DH 패킷 형태를 사용하는 것이 좋고 링크품질이 낮으면 재전송이 있는 DM 패킷 형태가 전송 효율이 좋은 것을 보여주고 있다.

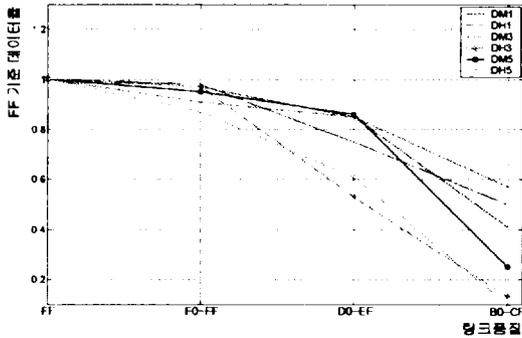


Fig. 4. The data rate by link quality based on FF.

5.2. 정규열 크기에 따른 데이터율

본 실험에서는 총 데이터 크기를 500Kbyte로 했고, 링크 품질 상태는 FF일 때 정규열 크기의 변화에 대한 데이터 율을 결정하였다.

5.2.1. 정규열 크기 선택

4장에서 예로 알아봤듯이 정규열의 크기가 데이터 율에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 이와 더불어 데이터 율에 영향을 미치는 또 다른 요소로는 사용하는 패킷 형태와 구성 스택, HCI 버퍼 크기가 있다.

본 실험에서는 HCI 버퍼 크기 이하일 때는 각 패킷의 최대크기에 맞도록 정규열 크기를 정했고, 그 이상일 때는 HCI 버퍼 크기와 패킷의 크기 둘 다에 관련된 크기로써 정규열의 크기를 정했다. 그리고 데이터 율에 대한 비교를 위해 임의의 크기로도 정규열을 정해서 실험을 해 보았다.

5.2.2. 데이터 율 분석

Table 4는 정규열의 변화에 대한 ACL 링크의 각 패킷에서의 데이터 율에 대한 값이고, Fig. 5는 이를 그래프로 표현한 것이다. 대체적으로 모든 패킷 형태에서 정규열의 크기가 HCI 버퍼 크기 이하인 경우는 패킷 형태에 정규열 크기를 맞출 경우 데이터 율이 좋아진다. 그러나 패킷 크기와 어긋난 정규열 크

기에 대한 실험 결과를 Table 3과 Fig. 5를 통해 보면 DM1인 경우 패킷 크기에 맞춘 정규열인 26byte에서는 정상적인 데이터 율을 보였으나 어긋난 정규열인 27byte에서는 24.1%의 데이터 율 감소가 있었다. 그리고 DH1인 경우도 마찬가지로 74byte의 정규열인 경우 73byte일 때에 비해 15.3%로 데이터 율이 감소했다.

Table 4. Date rates for regular stream

패킷 형태	정규열 크기 (Byte)	전송 시간 (s)	데이터율 (kbps)	정규열 크기 (Byte)	전송 시간 (s)	데이터율 (kbps)
DM1	9	164.3	24.3	365	87.3	45.8
	26	112	35.7	375	88.9	45
	27	147.6	27.1	382	88.4	45.2
	43	99	40.4	467	87.5	45.7
	127	91	43.9	567	87.7	45.6
	178	89.2	44.8	756	84	47.6
	183	90.3	44.3	759	87.3	45.8
	195	88.3	45.3	951	87.9	45.5
DH1	19	145.2	27.5	375	57	70.2
	73	63	63.5	396	56.6	70.7
	74	74.3	53.8	558	55.1	72.6
	127	58	67	567	55.5	72.1
	153	59.1	67.7	759	54.2	73.8
	183	61	65.8	936	54	74.1
	207	56.8	70.4	951	54.7	73.1
DM3	369	56.1	71.3			
	113	28.9	138.4	717	21	190.5
	183	27.5	145.5	759	23.2	172.4
	233	24.5	163.3	838	20	200
	354	21.7	184.3	951	20.3	197
DH3	596	22.7	176.2	959	20	200
	174	22.7	176.2	567	22.8	175.4
	183	36.8	108.7	723	15.5	258.1
	357	15.9	251.6	759	17.7	226
	375	19.1	209.4	906	15.9	251.6
DM5	540	16.6	241	951	16.9	236.7
	215	26	153.8	759	18.2	219.8
	375	18.5	216.2	887	16.3	245.4
	439	15.9	251.6	951	18.8	212.8
	567	19.9	201	1011	16.7	239.5
DH5	663	15.5	258.1			
	330	11	363.6	759	14.2	281.7
	375	18.1	221	951	11.1	360.4
	567	12.4	322.6	1008	11.1	360.4
	669	13	307.7			

또한 정규열 크기를 정확하게 하나의 패킷 크기에 맞췄을 경우에는 DH5일 때를 제외하고 모든 패킷에서 현저하게 낮은 데이터 율을 보였다. 이는 데이터 전송 시마다 데이터 분할 과정이 없이 RFCOMM, L2CAP, HCI 헤더가 계속 붙게 되는데 그 원인이 있다. 그리고 DH5일 때 예외 값을 보이는 이유는 패킷 자체가 크므로 패킷의 최대 크기 값은 데이터 율에 큰 영향을 미치지 못하고 상대적으로 작은 HCI 버퍼 크기 값이 데이터 율에 더 큰 영향을 미치기 때문이다.

하고, HCI 버퍼 크기와 패킷의 크기가 최대 근접한 값이어야 한다. 단, HCI 버퍼 크기 보다 작은 값 중에서 가장 근접한 패킷 크기를 정규열 값으로 선택해야 최상의 데이터 율이 보장된다. 또한 본 실험을 통해 정규열이 어느 정도 이상이 되면 데이터 율이 일정한 값으로 뒹을 알 수 있다.

이상을 종합해 보면 Table 5와 같이 각 패킷에 대한 최적의 정규열 크기 값을 얻을 수 있다. 이는 모두 HCI 버퍼 크기의 3~4배에 해당되는 값들이다.

Table 5. Optimal stream size for each packet type

패킷 형태	DM1	DH1	DM3	DH3	DM5	DH5
최적의 정규열 크기 (Byte)	756	936	838	723	887	951,1008

VI. 결론

본 논문에서는 블루투스에서 효율적인 ACL 데이터 전송 기법을 제시하였다. 이를 위해 호스트 프로토콜 스택을 기반으로 하여 PC기반에서의 응용프로그램을 구현하였다. 이 응용프로그램을 이용하여 호스트 HCI 명령을 통해 여러 환경에서의 링크품질의 값을 측정하였고 그에 따라 패킷 형태를 변화시키면서 데이터 율을 분석하였다. 또한 데이터의 정규열의 크기에 따른 데이터 율도 분석하였다.

링크품질이 좋은 환경인 F0~FF에서는 DM 패킷 보다는 DH 패킷 형태로 데이터 전송을 하는 것이 효율적이고, 링크품질이 중간인 D0~EF에서는 DM 패킷과 DH패킷이 비슷한 데이터 율을 보인다. 링크 품질이 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.

최적의 전송 효율을 얻기 위해서는 공통적으로 모든 ACL 패킷에서 HCI 버퍼 크기의 3~4배에 근접한 패킷 크기로써 정규열의 크기가 결정되어야 한다. 또한 실험 결과로부터 제안한 방법이 ACL 링크에서 데이터 전송에 효율적임을 확인 할 수 있다.

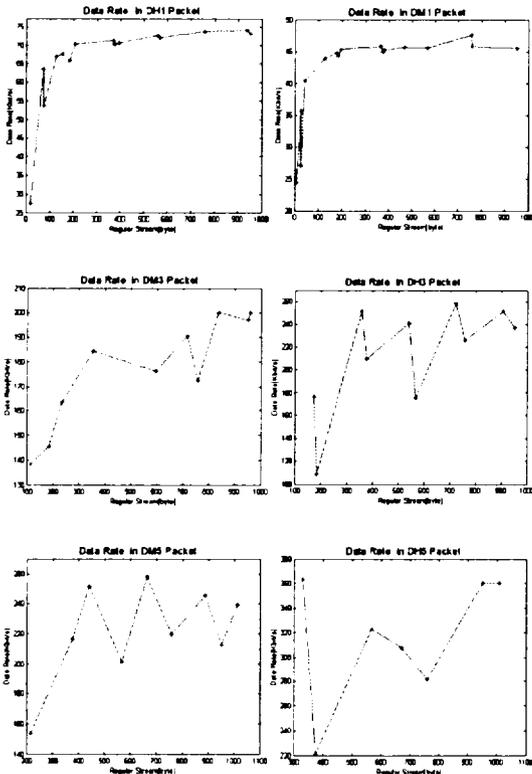


Fig. 5. Data rate variation for each packet types of ACL link.

다음 정규열의 크기를 HCI 버퍼 크기 이상으로 했을 때는 버퍼 크기와 패킷 크기 둘 다를 조정하여 효율적인 전송이 되게 그 크기를 정해야 한다. 위의 Table 4과 Fig. 5에 의하면 가장 좋은 데이터 율은 일단 정규열의 크기가 HCI 버퍼 크기 이상이어야

참고문헌

- 1) Bluetooth Special Interest Group, 1999. Bluetooth Core Specification 1.1v
- 2) Jennifer Bray and Charles F Sturman, 2001. BLUETOOTH Connect without Cables, Prentice-Hall, pp.115-190, pp.332-350
- 3) Nathan J. Muller, 2001. BLUETOOTH DE-MYSTIFIED, The McGraw-Hill Companies, pp. 75-82
- 4) 주민철, 2001. 7. 블루투스 시스템에서의 채널상태 분석을 이용한 ACL 링크 관리 방식, 한국통신학회 하계학술대회 논문집, pp.48-51
- 5) 박홍성, 2001. 7. 피드백 에러를 고려한 블루투스 무선 링크의 성능 분석, 한국통신학회 하계학술대회 논문집, pp.23-27