

논문 2010-5-25

블루투스 기반 어플리케이션 개발을 위한 다중 링크 서비스 분석

Analysis of Multiple Links Services for Development of Bluetooth Based Application

송영호*, 이태양*, 여종윤*, 문찬우**, 정구민***

Young-Ho Song, Tae-Yang Lee, Jong-Yun Yeo, Chan-woo Moon, Gu-Min Jeong

요약 본 논문에서는 블루투스 기반의 다중링크 서비스의 성능을 분석하고 이를 기반으로 다양한 블루투스 기기간의 다중링크 서비스를 개발하였다. 블루투스를 기반으로 다양한 기능을 동시에 지원하는 어플리케이션 개발 시에 제약사항을 분석하고 실험하였다. 제약사항은 논리적 링크를 구성하는 SCO와 ACL의 특징에 의하여 발생한다. 스캐터넷을 구성할 경우 단 하나의 SCO 링크를 사용할 수 있으며, 데이터 트래픽 처리를 위한 ACL의 경우 RFCOMM의 채널 수에 의존한다. 고 음질 오디오 데이터의 경우 SCO를 이용한 스트리밍을 지원할 수 없으며 따라서 이 경우 ACL의 전송률을 이용하게 되어 다른 링크의 데이터 전송률이 감소하게 된다. 블루투스 기기간 다중 링크 시스템 구현을 통하여 제약 사항 및 고려 사항들을 확인하고 검증하였다.

Abstract In this paper, we analyze the performance of multilink Bluetooth service and design the multilink application between various Bluetooth devices. There are many restrictions for the Bluetooth based multilink services. Especially, these restrictions occur due to SCO and ACL which construct logical links. In forming a scatternet, only one SCO link can be utilized. Also, the number of ACL link depends on the number of RFCOMM channels. High quality audio data streaming cannot be supported by using SCO link. In that case, ACL link should be used for the audio streaming and the data rate of other data links decreases. We implemented the multilink services to verify the considerations for the multilink service.

Key Words : Bluetooth, Multiple Links, ACL, SCO

1. 서 론

블루투스(Bluetooth)는 저전력, 저가의 근거리 통신 규약으로 유선 케이블을 무선으로 대체할 목적으로 탄생하였다. 따라서 기존의 유선 케이블로 제공되었던 다양한 서비스를 최대한 지원하여야 하였으며, 이를 위해 다

양한 프로파일을 정의하였다^[1,2]. 프로파일이란 블루투스 기기 상호간의 호환을 위한 소프트웨어 규격으로서 SDP(Service Discovery Profile), SPP(Serial Port Profile) 등이 대표적이다^[3]. 사용자는 하나 또는 다수의 프로파일을 통하여 기존의 유선 케이블을 통해 이용하던 서비스를 무선으로 제공받을 수 있다.

하지만 최근에는 블루투스에 대한 인식이 확산되어 단지 유선 케이블을 대체하기 위한 어플리케이션뿐만 아니라 무선으로 파일을 전송하면서 동시에 음악을 감상하는 등 다양한 기능을 지원하는 복합적인 어플리케이션이 요구되고 있다.

*준회원, 국민대학교 전자공학과

**정회원, 국민대학교 전자공학과

***정회원, 국민대학교 전자공학과 (교신저자)

접수일자 2010.9.30 수정일자 2010.10.12

게재확정일자 2010.10.15

이러한 어플리케이션을 구현하기 위해서는 다양한 프로파일을 동시에 적용하여야한다. 하지만 블루투스의 최대속도는 제한되어 있기 때문에 동시에 적용할 수 없는 프로파일들이 존재하며, 각 프로파일을 구성하는 논리적 링크의 수 또한 제한되어 있어 이에 대한 고려가 필요하다.

따라서 본 논문에서는 다양한 기능을 지원하는 어플리케이션 개발을 위하여 다양한 프로파일을 동시에 적용하였을 때의 발생하는 다중 링크에 대한 동작을 분석하고 이를 확인하기 위한 실험을 수행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구에 대한 관련연구로서 블루투스의 프로파일과 논리링크에 대해 설명한다. 3장에서는 프로파일과 논리링크를 통하여 블루투스의 다중 링크를 설명한다. 4장에서는 블루투스 다중 링크를 이용한 연결 시에 발생할 수 있는 제약사항에 대해 알아보고 5장에서 이러한 제약사항에 대한 실험을 수행한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

II. 블루투스 프로파일 및 논리링크

블루투스는 기기 상호간의 호환을 위해 프로파일을 이용하여 장치 간의 연결을 수행한다^[4]. 프로파일은 특정 기능을 수행하기 위한 규약으로서 헤드셋 프로파일의 경우 헤드셋을 거쳐 전화로 통화할 수 있어야 하며 볼륨조절 및 착신 등의 기능을 수행할 수 있어야 한다. 아래의 표 1에 주로 사용되는 프로파일에 대해 나타내었다^[5].

표 1. 블루투스 프로파일
Table 1. Bluetooth Profile

프로파일	개요
Generic Access Profile	블루투스 기기 간의 접속과 보안 관련 사항을 정의한 프로파일
Service Discovery Profile	블루투스 기기간에 제공되는 서비스에 대한 정보 교환
Serial Port Profile	직렬 통신을 모사하기위한 프로파일
HeadSet Profile	헤드셋을 위한 프로파일
Advanced Audio Distribution Profile	고 음질 오디오 스트리밍을 위한 프로파일

프로파일이 정의하는 기능은 블루투스의 논리적 링크에 의해 수행된다. 논리적 링크는 ACL (Asynchronous Connection-oriented Link)과 SCO (Synchronous Connection-Oriented link)로 구성된다^[6]. ACL은 정확성이 중요시 되는 데이터를 위한 링크로서 폴링 방식으로 데이터를 처리하며 일반적으로 데이터 트래픽의 전달에 사용된다^[7]. SCO는 시간이 중요시 되는 데이터를 위한 링크로서 고정된 간격으로 슬롯을 배치하고 에러처리를 실시하지 않는다^[8]. 따라서 데이터의 신뢰성은 보장되지 않지만 실시간성을 보장 할 수 있다. 아래의 그림 1에 ACL과 SCO 대해 표시하였다.

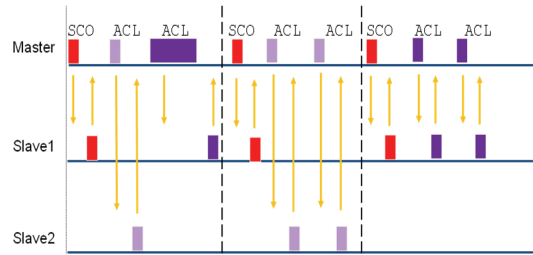


그림 1. ACL과 SCO
Fig. 1. ACL and SCO

III. 블루투스 다중 링크 구성

블루투스는 다수의 ACL과 SCO를 이용하여 프로파일을 구성한다. 이 때 프로파일은 내부에 다양한 프로파일을 포함할 수 있다. 따라서 블루투스 장치간의 연결이 이루어 졌을 시 링크의 구성은 아래의 그림 2와 같다.

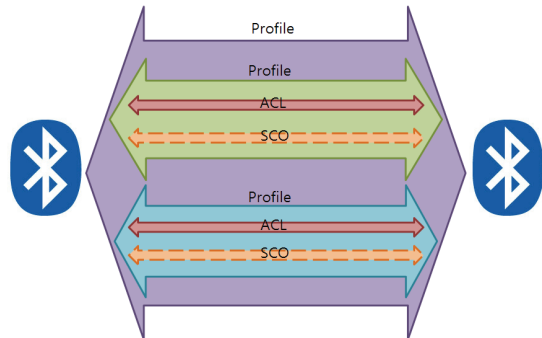


그림 2. 블루투스 다중 링크 구조
Fig. 2. Structure of bluetooth multi links

블루투스는 L2CAP 계층에서 16bit의 CID(Channel Identifier)를 통하여 ACL 링크를 구분한다. 이론 상 65535개의 링크를 생성할 수 있지만 이 중 일부는 특수 목적으로 사용되고, 일부는 확장을 위해 예약되어 있어 실제 생성 가능한 ACL 링크의 수는 65471개 이다.

블루투스는 SCO를 위해 6개의 슬롯을 할당한다. 마스터 장치가 전송하는 슬롯과 슬레이브 장치가 전송하는 슬롯이 한 쌍을 이루어 최대 3개의 SCO 링크가 생성 가능하다.

IV. 다중 링크 구성시의 제약사항

SCO는 최대 3개의 링크를 구성 가능하지만 다수의 피코넷이 스캐터 넷을 이룬 상태의 경우 SCO 링크의 수가 제한될 수 있다. 만약 스캐터 넷을 구성하여 SCO 링크를 생성해야 할 경우 브릿지가 되는 블루투스 장치는 다른 피코넷과의 통신을 위해 롤 스위치를 통해 슬레이브에서 마스터로 역할을 바꾼다. 롤 스위치를 하면서 브릿지가 되는 블루투스 장치는 호핑 순서 및 위상을 변경 한다. 이 때 슬레이브 장치들이 동기화하고 있는 순서에 자신의 호핑 순서를 맞추어야 하기 때문에 이를 위한 가드 타임이 필요하다. 하지만 다시 기존의 피코넷과 통신을 하기 위해 호핑 순서를 변경할 시에는 기존 피코넷의 기준 값에 자신의 정보를 맞추게 되므로 별도의 가드 타임이 요구되지 않는다. 그러므로 이 경우 최대 SCO 링크는 1개가 되며 그림 3에 이를 나타내었다.

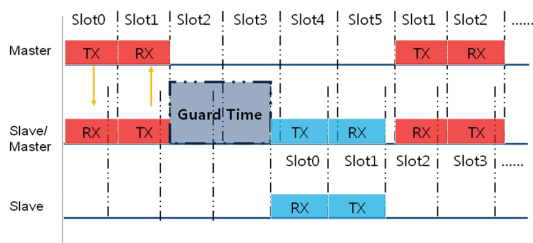


그림 3. 스캐터 넷에서의 SCO 링크
Fig. 3. SCO link in scatternet

SCO는 최대 64Kbps의 전송속도만을 보장하기 때문에 음성 이외의 고 음질 데이터를 전송하는데 적합하지 않다. 이 경우 A2DP 프로파일을 이용하게 되는데, A2DP는 고 음질의 데이터를 인코딩 한 후 이를 ACL 링크를

이용하여 전송한다^{[9][10]}. 수신 측에서는 수신한 데이터를 디코딩 후 재생하게 되므로 안정적인 음원 재생을 위해서는 상당한 전송률을 필요로 한다. A2DP는 저 음질과 고 음질 채널을 지원하며 각각의 데이터 전송률은 237Kbps와 345Kbps이다. 블루투스 버전 2.1의 경우 가장 빠른 데이터 패킷은 DH5 패킷으로서, 이는 순방향으로 723.2Kbps로 전송이 가능하며 대칭형은 433.0Kbps 이다. 따라서 음원 전송 중 역방향으로 데이터 전송이 있을 경우 약 90Kbps만을 더 사용할 수 있다.

표 2. 블루투스 ACL 링크 최대 전송속도
Table 2. Maximum data rate in ACL

(단위 : Kbps)

패킷형태	대칭형	비대칭형		오류정정 (FEC)
DM 1	108.8	108.8	108.8	O
DH 1	172.8	172.8	172.8	X
DM 3	258.1	387.2	54.5	O
DH 3	390.4	586.6	86.4	X
DM 5	286.7	477.8	36.3	O
DH 5	433.9	723.2	57.6	X
AUX 1	185.6	185.6	185.6	X

DM: Data Medium Rate
DH: Data High Rate

ACL 링크는 주로 데이터 전송을 위해 사용 된다. 이 때 송/수신하는 데이터 트래픽은 RFCOMM을 통하여 사용자에게 전달되기 때문에 사용 가능한 데이터 트래픽 채널은 RFCOMM의 채널 수에 의존한다.

V. 다중 프로파일 적용 실험

본 장에서는 4장에서 도출한 제약사항을 실험을 통하여 확인한다. 실험환경은 그림 4와 같이 2대의 PC에 2.1+EDR 버전의 블루투스 동글을 장착하여 진행하였다.

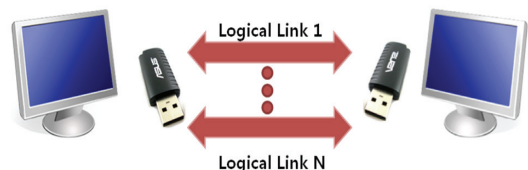


그림 4. 실험 환경
Fig. 4. Experimental Setup

첫 번째 실험은 핸드셋 프로파일과 직렬 통신 프로파일을 동시에 적용하는 실험이다. 이 경우 연결 설정을 위하여 기본 ACL 링크가 생성된다. 이후 음성 데이터 전송을 위한 하나의 SCO 링크와 제어 신호 전송을 위한 하나의 SCO 링크가 핸드셋 프로파일을 위하여 생성된다. 마지막으로 직렬 통신을 위하여 하나의 ACL 링크가 추가된다. 이 링크는 RFCOMM 프로토콜을 통해 사용자에게 직접 데이터를 연결한다. 이상의 과정을 확인하기 위하여 다음과 같이 실험을 진행하였다.

먼저 1번 PC에서 2번 PC에 핸드셋 프로파일을 통하여 연결을 실시하였다. 그리고 1번 PC에서 2번 PC에 직렬 통신 프로파일을 이용하여 새로운 링크를 추가하였다. 다음으로 각각의 PC에서 블루투스 COM 포트와 터미널을 연결하고 각각의 PC에서 터미널을 통해 채팅을 시도하였다. 마지막으로 채팅을 실시함과 동시에 1번 PC의 마이크를 이용하여 2번 PC에 음성을 전송하고, 이를 2번 PC에서 녹음하였다.

실험결과 1번 PC에서 전송한 음성이 블루투스를 통하여 2번 PC에 전달되어 녹음되었으며, 동시에 1번 PC에서 전달한 'BLUETOOTH ACL SCO'라는 메시지가 2번 PC의 터미널에 출력되는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 핸드셋 프로파일을 통해 음성을 전송하는 SCO 링크가 생성되었으며, 동시에 직렬 통신 프로파일을 통해 ACL 링크가 생성되어 데이터가 전송됨을 확인하였다. 이 경우 핸드셋 프로파일이 40Kbps의 전송률을 필요로 하며 채팅의 경우 1K 미만의 전송률을 요구하기 때문에 무리 없이 다중 링크를 구성할 수 있다. 아래의 그림 5는 실험 과정 및 결과를 나타낸다.

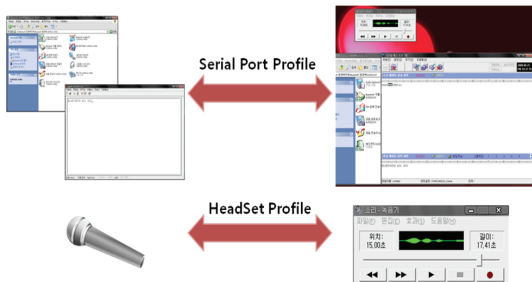


그림 5. 다중 프로파일 적용 실험 및 결과
Fig. 5. Multi profile apply test and result

두 번째 실험은 A2DP와 파일 전송 프로파일을 동시에 적용하는 실험이다. A2DP는 오디오 전송을 위한

ACL 링크와 원격 제어를 위한 ACL 링크를 형성한다. 파일 전송 프로파일은 OBEX 프로파일의 하위 구성요소로서 제어신호와 데이터 트래픽 처리를 하나의 ACL 링크를 통하여 처리한다. 이 경우 데이터를 사용자가 직접 다루어야 하므로 RFCOMM을 사용하여 채널을 할당받는다.

실험과정은 첫 번째 실험과 유사하게 다음과 같이 진행하였다. 먼저 1번 PC에서 2번 PC에 A2DP 연결을 실시하였다. 그리고 1번 PC에서 2번 PC에 파일 전송 프로파일을 이용하여 새로운 링크를 추가하였다. 다음으로 1번 PC에서 음원 파일을 재생 후 2번 PC의 스피커에서 음원이 재생되는지 확인하였다. 마지막으로 음원이 재생됨과 동시에 1번 PC의 파일을 2번 PC로 전송하고 전송속도를 확인하였다.

실험 결과 1번 PC에서 재생한 음원이 블루투스를 통하여 2번 PC에 전달되어 재생되었으며, 동시에 1번 PC에서 전송한 파일이 2번 PC로 복사되었다. 하지만 파일 전송 시 전송률은 약 60Kbps로 매우 느림을 확인할 수 있었다. 이것은 A2DP의 전송률이 약 350Kbps이므로 가용 전송률이 약 100Kbps에 불과하기 때문에 발생한 현상이다. 이는 파일 전송 프로파일만을 이용했을 경우 200Kbps 이상의 전송률을 보이는 것과 대조된다. 이를 통해 A2DP 프로파일 적용 시 고속의 전송률을 요구하는 프로파일 사용이 매우 비효율적으로 이루어짐을 확인하였다. 아래의 그림 6은 실험과정 및 결과를 나타낸다.

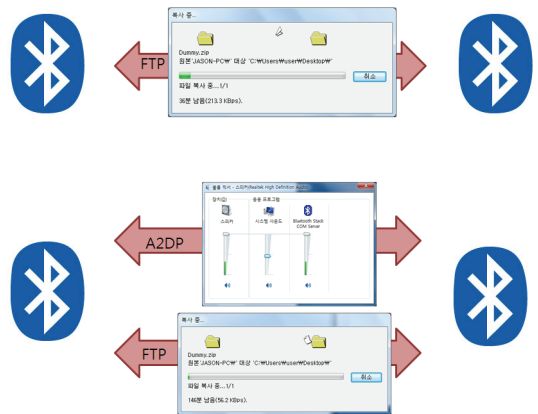


그림 6. A2DP와 FTP의 동시 적용 실험
Fig. 6. Simultaneously applying A2DP and FTP

V. 결 론

본 논문에서는 블루투스 기반의 다중링크 어플리케이션 개발을 위한 제약사항을 분석하고 다중링크 어플리케이션을 설계하였다. SCO 링크와 ACL 링크에 따르는 제약사항들을 분석하고 다중링크 어플리케이션 개발을 위한 고려사항들을 도출하였다. 제약사항으로는 스캐터 넷 구성 시의 SCO 링크의 수, ACL 링크 구성 시의 RFCOMM 채널 수, 그리고 고 음질 데이터 전송 시 데이터 전송률 저하 등을 고려해야 하며, 실험을 통해 이를 확인하였다.

참 고 문 헌

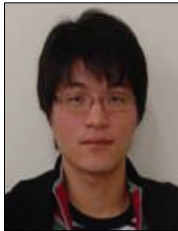
- [1] Behrouz Forouzan, "Data Communications Networking", McGraw-Hill, pp. 152-186, 2004.
- [2] William Schweber, "Electronic Communication System", pp. 616-648, 2003.

- [3] 송재철, "무선인터넷을 위한 블루투스 프로파일", 인터넷정보학회지 제 2권 제 2호, pp. 35-42, 2001. 6
- [4] 조성선, "블루투스의 프로파일 규격", IITA주간기술동향 1005호, 2001.07.18.
- [5] Jennifer Bray, Charles, F Sturman, "Bluetooth: Connect Without Cables", Prentice Hall PTR, pp. 129-249, 2004.
- [6] 김도균, "블루투스 piconet에서 ACL/SCO 링크의 패킷 성능 시뮬레이션", 한국향행학회논문지 제6권 제1호, pp. 77-83, 2002. 5
- [7] 박홍성, 정명순, "무선 링크에서의 블루투스 ACL 패킷의 성능 분석", 한국통신학회논문지 제26권 제9호, pp. 1465-1474, 2001. 9
- [8] 송형규, "Bluetooth를 이용한 근거리 네트워크 기술", 인터넷정보학회지 제 2권 제2호, pp. 50-58, 2001. 6
- [9] Bluetooth Audio Video Working Group, "Audio Video Distribution Transport Protocol v.1", 2003
- [10] Bluetooth Audio Video Working Group, "Advanced Audio Distribution Profile v.1", 2003

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업 (NIPA-2010-C1090-1021-0005) 지원으로 수행되었음

저자 소개

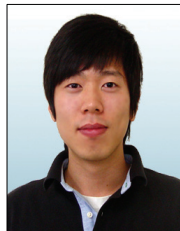
송 영 호(준회원)



- 2009년 국민대학교 전자공학부 학사
- 2009년~현재 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정

<주관심분야 : 임베디드 시스템>

이 태 양(준회원)



- 2009년 선문대학교 전자공학과 학사
- 2009년~현재 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정

<주관심분야 : 임베디드 시스템>

여 중 윤(준회원)



- 2010년 국민대학교 전자공학부 학사
- 2010년~현재 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정

<주관심분야 : 임베디드 시스템>

문 찬 우 (정회원)



- 2001년 서울대학교 전기컴퓨터 공학부 박사
- 2002년~2006년 전자부품연구원 선임, 책임 연구원
- 2006년~현재 국민대학교 전자공학부 교수

<주관심분야 : 로보틱스 응용>

정 구 민(정회원)



- 2001년 서울대학교 전기컴퓨터 공학부 박사
- 2001년 ~ 2004년 (주) 네오엠텔 책임 연구원
- 2004년 ~ 2005년 SK 텔레콤 터미널 개발팀 과장
- 2005년 ~ 현재 국민대학교 전자공학부 교수

<주관심분야 : WPAN, 임베디드 시스템, Pattern Recognition>