

## 개인 근거리 무선망을 이용한 헤드셋 Application 구현

이윤직, 김학수, 윤석기, 전광표, 조동식, 이태형, 최훈순  
삼성전자 중앙연구소 Network Solution Lab.  
전화 : 031-200-3115 / Fax : 031-200-3122

### Implementation of Headset Application Using Wireless Personal Area Network

Yoon-Jick Lee, Hack-Su Kim, Suk-Ki Yoon, Kwang-Pyo Jun,  
Dong-Sik Cho, Tae-Hyoung Lee, Hoon-Soon Choi  
Samsung Electronics Co., LTD Corporate R&D Center  
leeyj@samsung.com

#### 요 약

본 논문은 블루투스 헤드셋의 구현에 대해 기술한다. 블루투스 헤드셋은 ACL 연결을 통하여 헤드셋과 오디오 게이트웨이 사이의 link를 설정하고, SCO 연결을 통하여 64kbps의 음성을 전송한다.

본 논문에서 구현한 블루투스 헤드셋은 HCI가 없는 구조로 설계되어 블루투스 모듈내에 모든 프로토콜 스택이 구현되었고, 헤드셋에 구현된 상위 프로토콜 및 응용 프로그램에 대해서 Unix 환경에서 C-language modeling을 통하여 검증하였다.

#### Abstract

In this paper, we describe the implementation of Bluetooth headset. Bluetooth headset sets up link using ACL connection between headset and audio gateway, transfers 64kbps voice using SCO connection.

Bluetooth headset implemented in this paper is designed with no HCI, so all protocol stack is implemented in Bluetooth module. We verify the upper layer protocol and application program using C-language modeling on Unix environment.

#### 1. 서 론

근래에 근거리 개인 무선망(WPAN:Wireless Personal Area Network)에 대한 관심이 모아지고 있다. IEEE에서는 802.15에서 표준화 그룹을 만들어 활동 중이며, 이중 가장 두드러진 것이 블루투스이다. 블루투스는 2.4GHz의 ISM band이용하여 1Mbps의 대역폭을 갖고 있으며 최대 1:7까지의 point-to-multipoint 접속이 가능한 근거리 무선망이다.

이러한 블루투스는 기술 개발을 위하여 Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba, Intel, 3Com, Lucent, Microsoft, Motorola의 9개사가 블루투스 SIG(Special Interest Group)를 결성하여 표준화 활동을 시작한 이래 현재 1000여 이상의 업체들이 참여하여 다양한 응용 분야를 개발 중이다.

본 논문은 블루투스 표준에 맞추어 휴대폰에서 사용할 수 있는 Application인 헤드셋(Headset, 이하 HS) 구현에 관해서 기술한다. 블루투스 표준<sup>[1]</sup>에서는 프로토콜 운용에 관해 프로파일에서 정의 하고 있다. 본 논문에서는 블루투스 표준에서 정의한 HS 프로파일 버전 1.0B<sup>[2]</sup>에 따라 구현하였다.

#### 2. 본 론

블루투스 HS는 무선으로 블루투스 지원하는 휴대폰 및 무선전화기와 음성을 주고 받을 수 있는 장치를 말하며 이러한 HS로 WPAN을 구성하기 위해서는 오디오 게이트웨이(Audio Gateway, 이하 AG)가 필요하다. AG로는 휴대폰, 무선전화기, 노트북 컴퓨터 등을 들 수 있다.

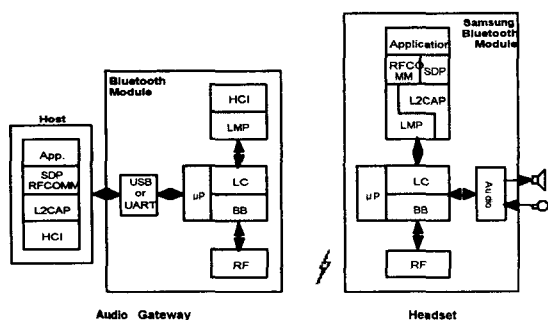
### 2.1 블루투스 HS 기능 및 구성

HS의 기능으로는 In\_coming Call, Out\_going Call, Connection transfer의 기능 및 사용자 인증 기능을 지원하며 이러한 기능을 제어하기 위한 몇 가지 입력단자가 필요하다. 입력단자의 기능은 전원단자와 호(call) 설정을 위한 'talk' 단자로 구성되며 두 단자의 조합으로 인증 기능을 수행한다.

블루투스 접속은 두 가지로 나뉜다. 비동기 접속인 ACL 접속과 동기식 접속인 SCO접속이다. HS에서는 AG와 HS를 접속하기 위한 신호 전달을 위한 하나의 ACL 접속과 음성을 전송하기 위한 하나의 SCO 접속을 지원한다. SCO 접속은 64Kbps의 대역폭을 갖는다.

하드웨어적인 구성은 블루투스 안테나, RF 칩과 마이크로 프로세서를 내장한 베이스밴드 칩, 메모리와 음성 코덱으로 구성된다. 소프트웨어의 구성은 마이크로프로세서의 동작을 위한 커널, 베이스밴드 칩을 구동하기 위한 드라이버, HS 프로파일을 지원하는 프로토콜 스택으로 구성된다.

[그림 1]은 본 논문에서 구현한 블루투스 AG와 HS에 대한 프로토콜 스택 및 그 구성도이다.



[그림 1] IIS 및 AG 프로토콜 스택

블루투스 Headset의 구현상 특징은 HCI(Host Control Interface)에 의해 모듈과 호스트가 분리되어 있는 프로토콜 스택에서 HCI를 제거하고 호스트가 담당하던 기능을 모듈 내에 포함시켜 하나의 프로토콜

스택으로 통합했다는 것을 들 수 있다. 또한 프로그램의 크기를 최소화하도록 고려하여 구현하였다. HS에서 사용되는 각각의 프로토콜을 유닉스 환경에서 C-언어로 모델링하여 HS 프로파일에 대하여 검증하였다.

### 2.2 블루투스 Headset Protocol Stack

일반적으로 블루투스 시스템은 LMP이하의 프로토콜 스택이 내장되는 블루투스 모듈과 L2CAP이상의 프로토콜 스택을 포함하는 호스트로 구성되는데, 이들은 HCI에 의해서 연결이 되도록 되어 있다.

그런데, HS의 경우에는 별도의 호스트를 사용하지 않기 때문에 HCI가 필요없게 되고 블루투스 모듈내에 L2CAP이상의 프로토콜 스택을 모두 포함시켜야 한다. 따라서 HS 프로파일에 맞도록 각 프로토콜 레이어를 최적화하여야 한다.

#### 2.2.1 LMP(Link Manager Protocol)

LMP는 HS의 ACL 및 SCO Link에 대한 설정, 보안(security), 제어를 담당한다. LMP 메시지를 통하여 AG와 feature를 주고 받을 수있으며, 이 feature를 통하여 64kbps의 SCO 연결을 설정한다.

Authentication 기능을 통하여 연결된 AG와 인증 과정을 수행한다.

#### 2.2.2 L2CAP(Logical Link Control and Adaptation Protocol)

HS 프로파일은 AG 와 1:1 접속만을 허용하므로 SDP와 RFCOMM을 위해 각각 1채널씩 모두 2채널만을 지원하도록 하였다. Configuration 선택사항 중에서 QoS에 대해서는 지원하지 않았다.

#### 2.2.3 SDP(Service Discovery Protocol)

SDP는 'ServiceSearchAttribute' transaction에 의해서 상대 블루투스 디바이스가 'Headset Audio Gateway' 서비스를 지원하는지, 사용 가능한 RFCOMM 채널번호가 무엇인지를 알아보기 위해 사용한다. 'ServiceSearch' transaction과 'ServiceAttribute' transaction에 대해서는 상호동작성을 위해서 응답만 하도록 하였다.

일반적으로 상대 블루투스 디바이스가 'ServiceAttribute' 또는 'ServiceSearchAttribute' transaction에 의해서 사용 가능한 RFCOMM 채널번호를 요구할 때에는 해당 값을 알려 주고 해당 서비스

레코드 DB에 저장되어 있는 RFCOMM 채널번호를 새로이 사용 가능한 값으로 갱신시켜 주어야 하나, HS의 경우에는 데이터의 송수신을 위한 RFCOMM 채널도 하나만을 사용하므로 이러한 과정을 생략할 수 있다.

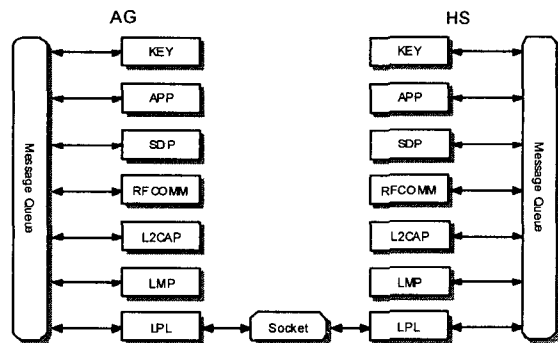
### 2.2.4 RFCOMM

RFCOMM<sup>[5]</sup>은 RFCOMM 채널의 상태를 보아 AT 코맨드나 결과코드들을 상대 블루투스 디바이스와 주고 받기 위해서 사용된다. HS의 경우에는 사용되는 RFCOMM 채널은 RFCOMM 제어를 위한 제어채널(DLC0) 1개와 데이터의 송수신을 위한 채널 1개뿐이다. 데이터 송수신을 위한 RFCOMM 채널은 상대 블루투스 디바이스의 서비스 레코드에 지정되어 있어서 RFCOMM 채널을 설정하기 전에 먼저 SDP를 이용하여 알아낸다. 멀티플렉서 제어 코맨드들(RPN, PN, RLS)에 대해서는 응답만 하도록 하였다. Flow제어를 위해서 MSC를 이용한 per-DLC 제어만을 사용하고, 집단(aggregate) 제어 방법인 FCon/FCoff에 대해서는 응답만을 하도록 하였다.

RFCOMM을 통해서 주고 받는 사용자 데이터는 AT 코맨드와 결과코드로 제한되어 있기 때문에 이에 맞추어 버퍼의 용량을 최소화 하도록 하였다.

### 2.3 HS 프로파일 검증을 위한 C-modeling

본 C-modeling의 목적은 완벽하게 동작하는 블루투스 모듈이 존재하지 않는 상황에서 LMP, L2CAP 이상의 프로토콜 스택의 peer-to-peer 통신이 가능하도록 하여 프로파일을 검증하기 위한 것이다. 사용된 C-modeling의 구조는 [그림 2]와 같다.



[그림 2] Unix 환경에서의 C-Modeling 구조

본 모델은 LMP, L2CAP, SDP, RFCOMM 등 상위 프로토콜 레이어에 대한 기능을 UNIX 환경에서 메세

지 큐(message queue)를 사용하는 프로세스간 통신(IPC)방식을 이용하여 두 블루투스 디바이스간의 통신을 modeling 하였다.

KEY, APP, SDP, RFCOMM, L2CAP, LMP, LPL의 7개 task를 구동 시키는 프로세스와 이들 프로세스간의 메시지를 저장하는 하나의 메세지 큐로 구성되고, 두 블루투스 모델간의 데이터 송수신은 소켓(socket) 함수를 통하여 이루어 지도록 하였다.

### 2.4 HS 프로파일 검증

#### 2.4.1 ACL 링크 설정 및 서비스 검색

AG와 HS가 power-on되면 LMP 코맨드에 의해 AG는 inquiry mode, HS는 inquiry-scan mode로 되어 inquiry과정을 수행하여 서로 상대의 BD\_ADDR를 취득하게 되고, 이 BD\_ADDR를 갖고 AG가 마스터, HS가 슬레이브의 입장에서 paging 과정, pairing 과정, 그리고 호스트 셋업 과정을 거쳐 비로소 ACL 링크를 설정하게 된다. ACL 링크 설정 후에는 SDP를 사용하여 서로 상대방의 서비스를 검색하고, 필요한 attribute를 취득한다. SDP를 사용하기 위해서는 SDP를 위한 L2CAP 채널을 먼저 설정한다.

#### 2.4.2 Incoming Audio Connection

[표 1]에서 'Incoming Audio Connection'에 대한 AG와 HS의 동작을 설명하고 있다

[표 1] Incoming Audio Connection

Headset	Audio gateway
	Data channel connection 개성을 HS에 요청한다.
Data channel connection 개성을 수락한다.	RING code를 headset으로 보낸다.
RING code를 받아 LED를 깜빡거리도록 한다.	AT+CKPD 가 올 때까지 주기적으로 RING code를 headset으로 보낸다.
RING code를 받아 LED를 깜빡거리도록 한다. 사용자가 talk button을 누른다.	
AT+CKPD를 audio gateway로 보낸다.	AT+CKPD를 받아 phone connection을 설정한다.
	SCO link connection을 요청한다.
SCO link 개성을 수락한다.	
대항을 하고 있는 동안에 유효중임을 나타내는 LED를 깜빡거리도록 한다.	

AG에서 데이터 채널 설정에 대한 요청을 HS에게 하게 되는데, 먼저 RFCOMM을 위한 L2CAP 채널을 AG가 HS에 요청함에 의해서 설정하고, RFCOMM 제어 채널과 데이터 채널을 각각 1개씩 설정한다. 설정

된 제어 채널상에서 MSC 코멘드를 사용하여 AG와 HS 양측은 flow 제어에 대한 정보를 교환한다. AG는 데이터 채널을 사용하여 'RING' 코드<sup>[3]</sup>를 주기적으로 HS로 보내고, 사용자는 HS의 단추(talk)를 눌러 'AT+CKPD='200' ' 코멘드<sup>[4]</sup>를 AG로 보내어 응답한다. AG는 이 응답을 받으면 LMP를 사용하여 AG와 HS간에 SCO 링크를 설정하여 음성 데이터를 주고 받도록 한다.

### 2.4.3 Outgoing Audio Connection

사용자가 HS의 단추(talk)를 눌러 데이터 채널 설정에 대한 요청을 AG에게 하게 되는데, 먼저 RFCOMM을 위한 L2CAP 채널을 HS가 AG에 요청함에 의해서 설정하고, RFCOMM 제어 채널과 데이터 채널을 각각 1개씩 설정한다. 설정된 제어 채널상에서 MSC 코멘드를 사용하여 AG와 HS 양측은 flow 제어에 대한 정보를 교환한다. HS는 데이터 채널을 사용하여 'AT+CKPD ='200' ' 코멘드를 AG로 보내고, AG는 LMP를 사용하여 AG와 HS간에 SCO 링크를 설정하여 음성 데이터를 주고 받을 수 있도록 한 후에 이전에 사용하였던 전화번호로 call 요청을 한다.

'Outgoing Audio Connection'에 대한 AG와 HS의 동작은 [표 2]에서 보여 주고 있다.

[표 2] Outgoing Audio Connection

Headset	Audio gateway
사용자가 talk button을 누른다.	
Data channel connection 개시를 AG에 요청한다.	
	Data channel connection 개시를 수락한다.
AT+CKPD # audio gateway로 보낸다.	
	AT+CKPD 를 받아 SCO link connection을 요청한다.
SCO link 개시를 수락한다.	
	마지막 전화번호로 re-dialing을 시도한다.
	in-band dialing tone을 발생시켜 headset으로 보낸다.
	이동전화 회사와 접속한다.
	n-band connection tone을 발생시킨다.

### 2.4.4 Audio Connection Release

Audio connection을 단절시키기 위해서는 AG나 HS에서 단추를 누름에 의해서 수행할 수 있다. HS의 단추가 눌러 졌을 경우에는 AG가 'AT+CKPD ='200' ' 코멘드를 HS로부터 받아서, AG의 단추가 눌러 졌을 경우에는 바로 LMP를 통한 SCO 링크의 단절을 HS에 요청함에 의해서 개시된다. SCO 링크의 단절을 요청받은 HS는 이를 수락하고, AG는 다시 RFCOMM 상에 설정되어 있는 제어/데이터 채널과 L2CAP 상에 설정되어 있는 논리채널의 단절을 차례로 HS에게 요

청한다. 이 요청에 대해 HS가 수락함에 의해서 audio connection이 단절되고, AG와 HS 양측은 대기 상태로 들어간다.

### 2.5 실장을 위한 코드의 최적화

위 C모델에서 사용된 각 프로토콜 레이어의 코어 기능들은 삼성 블루투스 모듈의 펌웨어 환경으로 최적화하여 이식되었다. 현재 이식된 HS용 펌웨어/소프트웨어 코드는 개발된 블루투스 모듈의 64K Word의 플래시 ROM에 내장되었고, 각 레이어 별로 차지하는 코드 크기는 [표 3]과 같다.

[표 3] 레이어 별 코드 크기

Layer	Code Size(Word)
Application	6.7K
SDP / RFCOMM	10.5K / 16.0K
LMP / L2CAP	8.7k / 9.7K
Kernel / Interrupt Handler	11.4K
Total	63K

## 3. 결 론

본 논문에서는 HS 응용을 위한 블루투스 시스템 및 HS 프로파일에 대해 설명하고, 이에 맞는 각 프로토콜 레이어별 최적화 방법에 대해 설명하였다. 특히 블루투스 모듈의 부재 상황에서 HS 프로파일을 검증하기 위한 모델링 방법 및 이 모델을 통한 프로파일의 검증을 다루었다. 또한 HS의 특성상 제한된 프로그램 영역에 펌웨어와 소프트웨어를 모두 내장시킴으로서 보다 효과적으로 HS를 구현할 수 있었다. 앞으로 남은 일은 모델을 통하여 구현된 HS 프로파일을 실제 블루투스 모듈에 실장 테스트를 통하여 검증하는 것이다.

### 참고문헌

- [1] Bluetooth SIG, "Specification of the Bluetooth System v1.0B", Dec. 1999
- [2] Bluetooth SIG, "Headset Profile 1.0B", Dec. 1999
- [3] International Telecommunication Union, "ITU-T Recommendation V.250"
- [4] ETS 300 916(GSM 07.07) version 5.6.0
- [5] ETSI, TS 07.10, ver 6.3.0