
블루투스를 이용한 무선 헤드셋 구현

이병로*

Implementation of the wireless headset using Bluetooth

Byung-ro Lee*

요 약

블루투스 기술은 휴대용 장치와 전자제품 사이에 저전력, 저비용, 근거리 무선 연결을 위한 근거리 무선 통신을 위한 새로운 표준이다. 이 기술은 장치들 사이에 복잡스러운 케이블, 커넥터 그리고 혼란스러운 통신 프로토콜을 제거 할 수 있다. 휴대폰, 페이저, 랩탑, PDA, 디지털 카메라 그리고 더 많은 장치들은 생산과정에서 통신을 위한 공통된 구조를 갖게 된다. 본 논문에서는 휴대폰과 헤드셋 사이의 통신을 위한 블루투스 프로토콜 스택과 헤드셋 프로파일을 나타낸다. 그리고 나서 블루투스 프로토콜 스택에 의해서 응용을 조작하는 장치에 내장되어 있는 응용 소프트웨어를 구성한다. 다음으로 실제 동작 시스템을 사용하지 않고 MSP430을 사용하여 무선 헤드셋을 구현한다.

ABSTRACT

The Bluetooth wireless technology is the new short-range RF transmission standard for low-power, low-cost, short-range radio links between mobile devices and electric product. The technology can eliminate the confusion of cables, connectors and protocols confounding communications between devices. Mobile phones, pagers, laptops, PDAs, digital cameras and more, all now have a common structure for communicating across their product platforms. In this paper, we present the Bluetooth protocol stack and headset profiles for the communication between mobile phone and headset. And then, we construct application software which is embedded in the device that operates an application over the Bluetooth protocol stack. Next we implement wireless headset using MSP430, not real time operating system.

키워드

Bluetooth, protocol stack, headset profiles ,wireless headset

1. 서 론

블루투스(Bluetooth)는 근거리의 음성 및 데이터의 전송을 위해 제안된 무선 규격으로서 1998년 2월에 SIG(Special Interest Group)가 결성된 이후 세계의 주목을 받는 기술이 되었고 급속도로 표준화 작업과 기술 개발이 이루어져 오고 있다. 근거리에 놓여 있는 컴퓨터와 주변기기, 이동단말기와

컴퓨터, 가전제품 등을 상호 무선네트워크로 연결하여 복잡한 선 없이 양방향 실시간 통신이 가능하게 하는 새로운 기술이다.

단거리 통신을 위한 규격은 블루투스 외에도 HomeRF, 적외선 통신을 이용한 IrDA, 그리고 WLAN등이 있다. 이 중 블루투스가 주목을 받는 이유는 HomeRF나 WLAN에 비하여 가격이 저렴하고 IrDA에 비해서는 장애물에 의한 영향을 들

* 진주산업대학교
접수일자 2003. 9. 5

받고 통신 범위가 넓다는 것이다. 또한 블루투스는 다양한 응용에 적용할 수 있으며 동시에 여러 장치간의 네트워크를 구성할 수 있고 전력 소모가 적다는 장점이 있다[1,2,3].

블루투스 최초 정식 규격 version 1.0은 1999년 7월에 공개되었다. 그 후 Version 2.0에서는 새로운 응용분야와 함께 데이터 속도를 높이고 타 기기와의 상호 간섭을 줄이기 위한 새로운 RF 규격의 변경도 추진 중이다[4].

본 논문에서 이러한 블루투스를 이용한 헤드셋 시스템을 구현한다. 구현을 위하여 마이크로프로세서 MSP430을 사용하고 RTOS(Real Time Operating System)는 사용하지 않으며, C언어 및 어셈블리 언어를 이용한다. 또한 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 하드웨어와 데이터를 주고받기 위한 디바이스 드라이버를 구현하며, 블루투스 프로토콜 스택 중 HCI(Host Controller Interface)[5], L2CAP(Logical Link Control and Adaptation Protocol)[6], RFCOMM(Serial Port Emulation)[7], SDP(Service Discovery Protocol)[8], GAP(Generic Access Profile)[9], Headset Profile[10]등을 구현한다. 본 논문에서 구현하는 블루투스 헤드셋은 블루투스가 내장된 휴대전화와 연결되어 동작한다. 구현된 헤드셋의 동작을 검증하기 위하여 Nokia 8910, 삼성 SPH-X7700폰을 사용한다.

논문의 구성으로 2장에서는 블루투스 프로파일에서 규정된 헤드셋 프로파일의 구성에 대하여 제

시하며, 3장에서는 구현한 시스템의 구성 및 실제 구현방법을 기술하고, 4장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 헤드셋 프로파일의 구성

헤드셋 프로파일은 블루투스 장치를 이용하여 완전한 양방향 오디오를 제공하는 장치의 입출력 매커니즘이다. 이 프로파일은 모듈에서 제공하는 LMP(Linker Manager Protocol)[11], HCI(Host Controller Interface) 스택과 외부 마이크로 프로세서에서 제공하는 HCI, L2CAP(Logical Link Control and Adaptation Protocol), RFCOMM(Serial Port Emulation), SDP(Service Discovery Protocol) 스택을 기반으로 하고 있다. 스택에 기반을 둔 헤드셋 프로파일의 구성은 그림 1과 같다.

다음으로 프로파일에 기반을 둔 헤드셋 프로파일은 GAP(Generic Access Profile), SPP(Serial Port Profile)을 기반으로 하고 있다. GAP는 블루투스 장치들이 접속되지 않은 상태에서의 타 장치의 발견과 접속시의 링크 관리에 관련된 처리 과정을 정의하고 있다. 그리고 사용자 인터페이스 레벨에서 접근할 수 있는 파라미터를 포함하고 있다. SPP는 GSM TS 07.10[12]을 기본으로 한 RFCOMM 스택을 기반으로 한 시리얼 포트 Emulator이다. 이러한 구성은 그림 2와 같다.

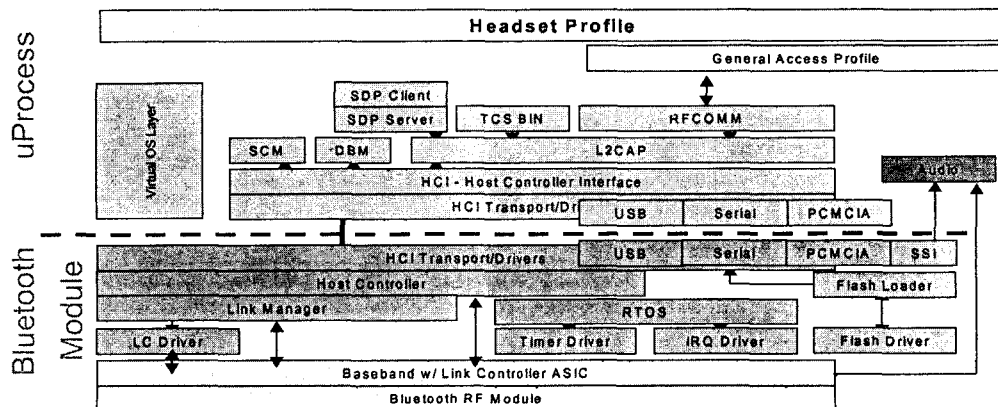


그림 1. 헤드셋 프로파일
Fig. 1 Headset profile(Stack base)

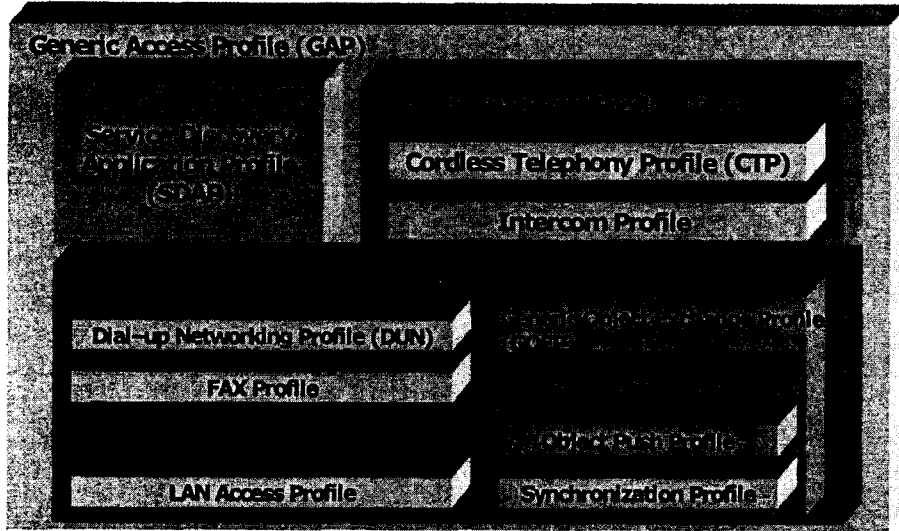


그림 2. 헤드셋 프로파일
Fig. 2 Headset profile(Profile base)

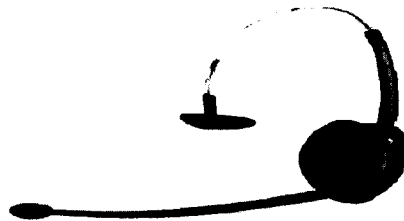
헤드셋에서 장치의 역할은 AG(Audio Gateway)와 HS(Headset)으로 구분되어진다. AG는 휴대폰이나 개인용 컴퓨터에서 오디오 게이트웨이로서 동작하며 입 출력을 담당한다. HS는 오디오 게이트웨이의 리모드 오디오의 입출력을 담당하는 장치이다. 이는 독립된 장치로 동작한다. 이러한 역할은 그림 3과 같다.

헤드셋 프로파일에서 HS장치의 발견은 AG에서 담당하고 있다. AG에서는 HS를 발견하기 위

하여 GAP에서 정의한 Inquiry를 통하여 주위에 있는 HS 디바이스를 찾게 된다. AG에서 Inquiry하기 전 HS는 Discoverability Mode를 General-discoverymode로 세팅되어 있어야 한다. Inquiry시 필터의 내용을 원하는 장치의 분류로 설정함으로써 주위 디바이스 중에서 HS만을 찾을 수 있다. Inquiry를 통하여 획득한 블루투스 디바이스 주소를 이용하여 HCI에서 제공하는 HCI_Remote-NameRequest 함수를 이용하여 HS 디바이스의



Audio Gateway



Headset

그림 3. 헤드셋에서 장치의 역할
Fig. 3 Role of devices at the headset

이름을 획득할 수도 있다. 이러한 절차는 그림 4와 같다. AG는 Inquiry를 통하여 HS의 블루투스 어드레스를 획득한 후, GAP에서 규정한 Bonding이라는 과정을 통하여 공통된 128bit 암호화키(Link Key)를 생성하게 된다. 이러한 과정을 통하여 AG와 HS는 상호 인증된 디바이스로 GAP의 암호관리자(Security DB)에 등록되어진다. 이 때 HS는 Pairing Mode가 Pairable Mode로 설정되어 있어야 하며, Security Mode는 Link 레벨에서 암호화가 설정되어 있어야 한다.

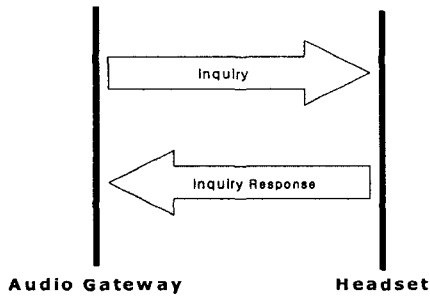


그림 4. 헤드셋장치의 발견
Fig. 4 Discovery of headset device

최초 Bonding시 블루투스 Passkey인 Pin키를 입력하여야 한다. 보통 AG에서는 사용자가 휴대폰을 이용하여 입력하게 되며, HS은 공장 출하시 ROM이나 Flash ROM에 세팅된다.

두 디바이스의 연결을 양쪽 모두 수행할 수 있다. HS이 AG로 연결할 수 있을 뿐 아니라 AG가 HS으로 연결도 가능하다. 연결을 완료하기 위해서는 GAP에 정의된 Connectability Mode가 Connectable Mode로 설정되어 있어야 하며, 두 디바이스는 Bonding 과정을 성공적으로 수행한 후이어야 한다. 먼저 AG가 HS으로 연결하는 절차를 나타내면 다음과 같다. AG는 Paging이라는 과정을 통하여 HS으로 연결을 시도한다. 이에 대한 응답으로 HS은 Paging 응답을 보낸다. AG는 Paging 응답을 받은 후 LMP 연결을 시도하게 되고, 그에 대한 응답을 HS로부터 받게된다. 다음으로 두 디바이스는 Link Key를 교환하여 상호 키를 검사하는 Authentication과정을 거치게 된다. 이 과정을 성공적으로 수행 한 후 ACL 연결이 완

료하게 된다. 옵션 사항으로 데이터를 암호화하여 RF로 신호를 보낼 수 있다. 이러한 과정은 그림 5와 같다. HS에서 AG로 연결하는 과정은 그림 5와 과정이 매우 비슷하다. Paging은 HS에서 시작되고, LMP_Accept를 받은 후 HS과 AG는 Role Change를 하게 된다. Role은 보통 연결을 시도하는 측이 Master가 된다. 헤드셋 프로파일에서는 Master는 AG로 정의되어져 있기 때문에, HS가 연결을 시도할 경우, 연결 후 Role Change를 통하여 Master와 Slave의 역할을 바꾸게 된다.

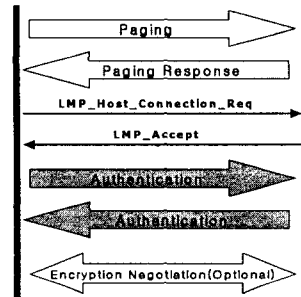


그림 5. AG에서 HS로 연결
Fig. 5 Connection from AG to HS

다음 절차는 그림 5와 같으며 이 과정은 그림 6과 같다. 다음으로 통화를 연결하는 절차는 먼저 HS에서 AG측으로 통화연결을 요청할 경우, 그림 6에서와 같은 절차에 의해 ACL Connection이 완료된 후, AG측에서 음성연결을 요청하게 되고, HS은 이를 수락한다.

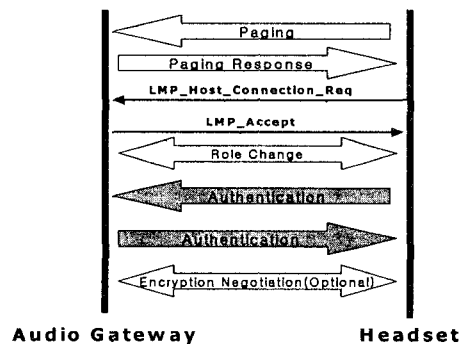


그림 6. HS에서 AG로 연결
Fig. 6 Connection from HS to AG

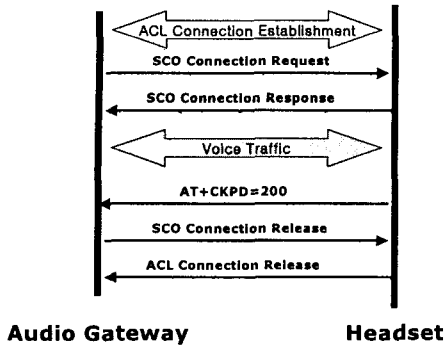


그림 7. HS에서 통화연결 시도
Fig. 7 Try for call connection at HS

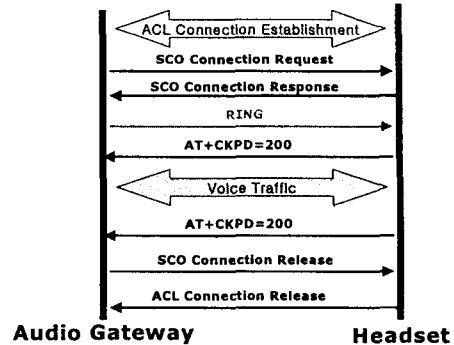


그림 8. AG에서 통화연결 시도
Fig. 8 Try for call connection at AG

이 과정을 통하여 양방향 음성채널을 확보하게 된다. 블루투스 베이스밴드(Baseband)와 코덱(Codec)사이의 인터페이스(Interface)는 13bit Linear 방식과 8bit μ low 및 A low의 3가지 형식을 지원한다. 그러나 RF에서 사용되는 음성 인터페이스 형식은 CVSD(Continuous Variable Slope Delta Modulation)방식으로 많이 사용하게 된다. 이를 타사 제품과의 호환성을 유지하며 전송량을 줄임으로서, 헤드셋이 동작할 때 소모되는 배터리의 소모 전력을 줄일 수 있는 장점이 있다. 유저가 통화를 중단하고자 할 경우, 버튼을 누르면 HS는 AG측으로 "AT+CKPD=200"이라는 AT 명령어를 전송한다. AG는 이명령어를 수신 후, 음성채널은 끊게 된다. 음성채널이 끊어진 후, AG는 ACL채널을 끊고 전력절전모드로 동작하거나, ACL채널을 유지하면서, Parking모드로 동작할 수도 있다. 이러한 과정은 그림 7과 같다. AG측에서 HS으로 통화연결을 요청할 경우, 그림 7과 비슷한 절차로 진행이 된다. 음성채널이 연결된 후, AG는 "RING"이라는 명령어를 HS측으로 전송하게 된다. 이 명령어는 일정한 시간간격(약 1초~2초)마다 HS측으로 전송된다. HS은 이 명령어를 수신할 경우, 벨소리를 스피커나 부저를 통하여 사용자에서 알려준다. 사용자가 HS의 통화 버튼을 누르면, 음성채널이 확보되어진다. 한번 더 통화 버튼을 누르면, 음성채널 및 ACL 채널을 끊게 된다. 이와 같은 절차는 그림 8과 같다.

III. 시스템의 구현

1. 시스템 구성

본 연구에서는 마이크로 프로세서와 블루투스 모듈을 사용하여 시스템을 구현하였다.

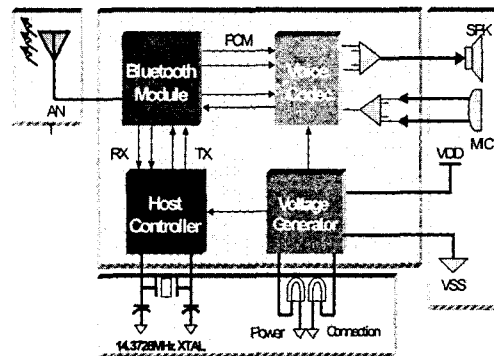


그림 9. 헤드셋 시스템 구성도
Fig. 9 A block diagram of HS system

구현된 시스템에서 사용된 마이크로 프로세서는 TI사의 MSP430을 사용하였고, 모듈은 LG 이노텍의 CSR 모듈을 사용하였다. 코덱은 Motorola사의 MC145483, LDO는 3.3V용을 사용하였다. 블루투스 모듈과 마이크로 프로세서 사이의 인터페이스는 UART를 사용하였으며, HCI, L2CAP, RFCOMM, SPP, SDP, GAP, 헤드셋 프로파일을 마이크로 프로세서에 구현하였다. 블루투스 모듈과 코덱 사이의 인터페이스는 PCM 인터페이스로

13bit Linear PCM방식을 사용하여 구성하였다. 전체 헤드셋 시스템의 구성도는 그림 9와 같다.

2. 소프트웨어 구성

소프트웨어의 구성은 그림 10과 같으며, 대부분의 블루투스 프로토콜 스택과 헤드셋 프로파일은 C언어로 작성이 되었다. 마이크로 프로세서에 전원이 인가될 경우, ①의 블록을 실행하게 된다.

헤드셋 프로파일에서는 하나의 AG와 연결하도록 정의되어 있으므로, 현재 구현된 스택은 1개의 물리적인 연결만 가능하도록 설계하였다. L2-CAP에서 담당하는 논리적인 연결은 2개까지 가능하도록 설계하였다. 제공되어지는 마이크로 프로세서의 RAM영역이 많은 경우 위의 제약사항을 완화할 수 있으나 현재 사용한 프로세서의 RAM 용량이 부족하여 물리적인 연결 1개와 논리적인 연결 2개로 제한하여 구현하였다.

구현된 블루투스 프로토콜 스택은 HCI, L2CAP, RFCOMM, SDP, SPP, GAP으로 구성되어 있다. HCI는 Link Control Command에서 13개의 명령어, Link Policy Command에서 6개의 명령어, Link Controller & Baseband Command에서 32개의 명령어, Information Parameters에서 3개의 명령어, 마지막으로 Testing Command에서 1개의 명령어를 지원하도록 구현하였다.

L2CAP은 11개의 명령어를 지원한다. L2ca_Register(), L2caConnectReq(), L2caConnectRsp(), L2caConfigReq(), L2caConfigRsp(), L2caDisconnectReq(), L2caDisconnectRsp(), L2caWriteData(), L2caPing(), L2caDisableCLT(), L2caEnableCLT()등이다.

SDP의 경우 클라이언트와 서버를 구분하여 구성하였으며, 서버에는 SDPServerInit(), SDPInsertRecord(), SDPAddAttribute(), SDPFindUuid(), SDPFindAttribute()등을 지원한다. 클라이언트에는 SDPConnect(), SDPDisconnectReq(), SDPServiceSearchReq(), SDPAttributeReq(), SDPServiceSearchAttributeReq()등을 지원한다.

다음으로 GAP, RFCOMM을 구현 후 RFCOMM에 헤드셋 프로파일을 구현하였다. 구현된 프로파일은 헤드셋 프로파일에서 지원하는 ACL

채널의 연결 및 단절, SCO 채널의 연결 및 단절, RING신호를 받은 경우 벨소리를 생성하는 루틴, 기타 마이크와 스피커의 볼륨을 제어하는 기능과 이를 AG측으로 알려주는 루틴을 첨가하였다.

마지막으로 구현된 기능은 Audio Transfer라는 기능으로 HS에서와 AG에서 구현해야 할 내용이 다르다. 먼저 AG에서 구현해야 할 내용은 HS이 서비스 반경을 벗어났을 경우나 HS가 배터리가 Low 배터리 상태일 경우, 현재 연결되어 있는 블루투스 음성 연결을 끊고, AG의 마이크와 스피커를 사용할 수 있도록 설정하여야 한다. 또 다른 상황으로는 사용자가 블루투스 헤드셋으로 통화하지 않고 AG를 이용하여 통화하고 싶을 경우, 위와 같은 기능을 수행하여야 한다. 이러한 것을 Audio Transfer라는 기능으로 정의하고 있다. HS에서는 Audio Transfer가 일어나 통화가 AG에서 가능하나, 이것은 다시 HS를 이용하여 통화하고 싶을 경우, Audio Transfer를 요구하여야 한다. Audio Transfer의 경우, 블루투스 인증 프로그램에서 Mandatory기능으로 꼭 구현하여야 할 기능이다.

헤드셋 인증은 SIG에서 규정한 인증프로그램 [13]을 통하여 인증을 취득하여야 한다. 헤드셋에서 Incoming Audio Connection, Outgoing Audio Connection, Audio Connection Transfer는 Mandatory 기능으로 규정하고 있다. Mandatory 기능을 꼭 구현하여야 할 기능으로 지원하지 못할 경우, 인증기관으로부터 인증을 취득하지 못한다. Remote Audio Volume Control는 Optional로 구현할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다.

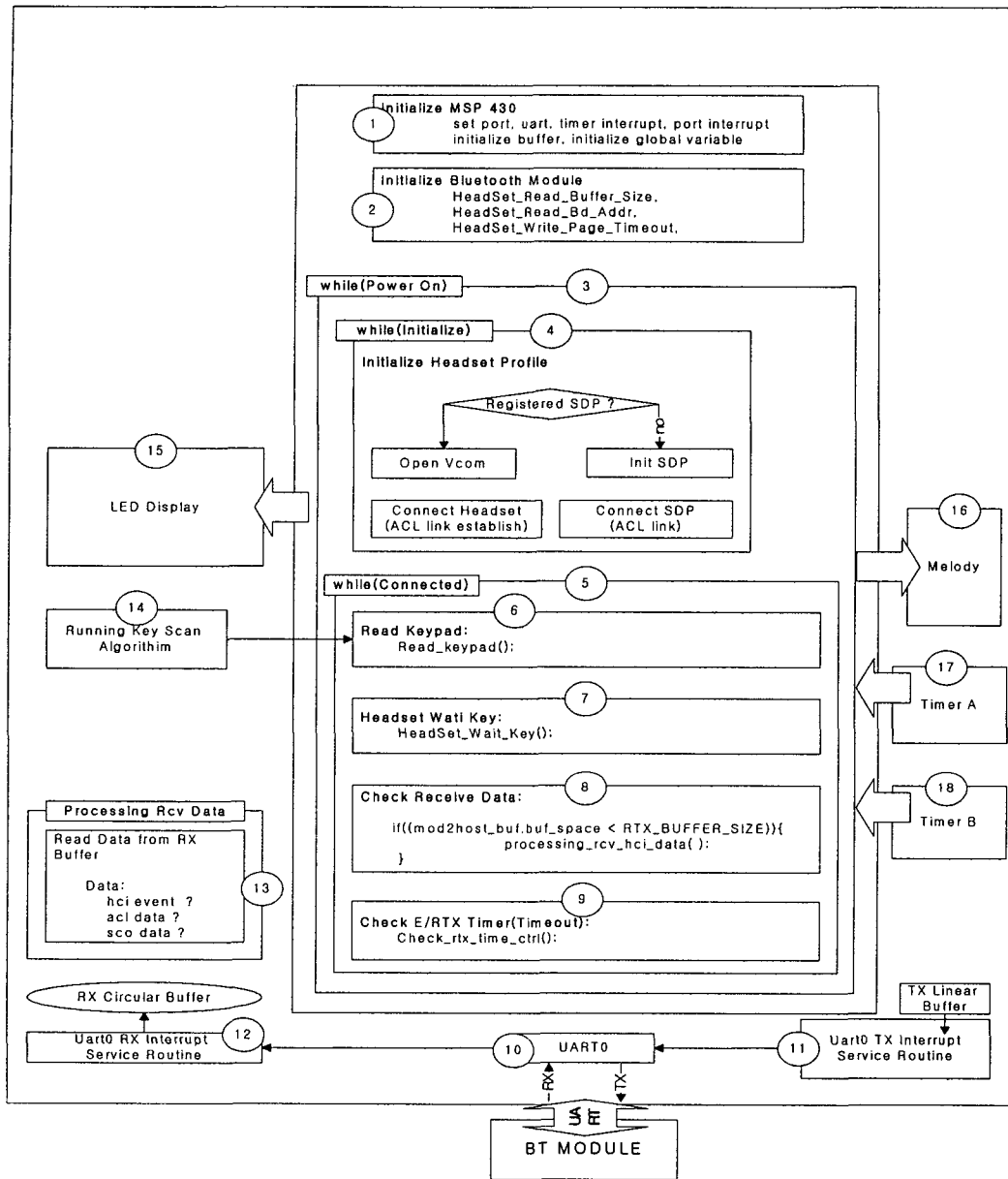


그림 10. 소프트웨어 구성도
Fig. 10 A state diagram of software

3. 하드웨어 제작 및 검증

실제 하드웨어는 4층 PCB를 사용하여 제작하였으며, 크기를 줄이기 위하여 양면실장을 하였다. 크기는 40×28 mm로 그림11과 같다. 제작된 하드웨어는 블루투스 프로토콜 스택 및 헤드셋 프

로파일의 기능 구현을 목적으로 제작된 것으로 전체 제품의 가격은 고려하지 않았다. 구현된 헤드셋의 동작을 검증하기 위하여 Nokia 8910, 삼성 SPH-X7700폰을 사용하였다.

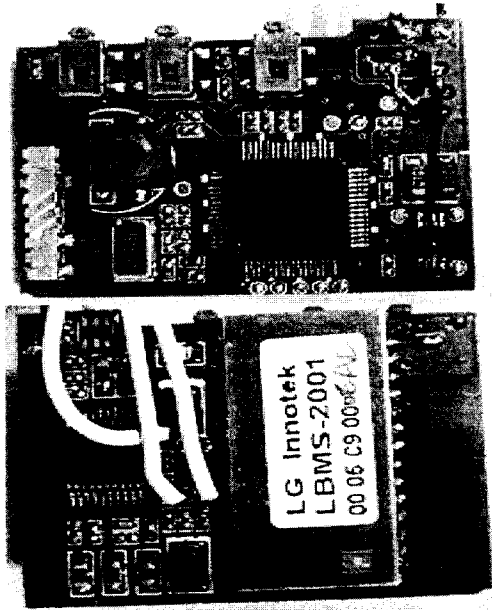


그림 11. 구현된 헤드셋(40×28 mm)
Fig. 11 The implemented Headset

IV. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 마이크로 프로세서에서 RTOS를 사용하지 않고, 블루투스 프로토콜 스택과 헤드셋 프로파일의 구현 방법을 제시하였으며, 실제 시스템을 구현하였다. 구현된 헤드셋은 휴대전화와 연결하여 핸즈프리로 사용할 수 있으며, VoIP 기술을 접목한 시스템에서 음성을 전달하는 무선 헤드셋으로 사용이 가능하다. 이와 같이 블루투스 헤드셋은 기존의 무선 헤드셋 보다 노이즈에 강한 내성을 가지고 있고, 128bits 암호화 기능 및 디지털 방식으로 연결이 되므로 도청을 방지할 수 있다. 그러므로 블루투스 무선 헤드셋은 블루투스 시장 형성에서 가장 먼저 출시될 것으로 기대되고 있다.

현재 구현된 시스템은 모듈과 마이크로 프로세서를 사용한 시스템 즉, 2 CPU 시스템으로 가격이 다소 높은 것이 결점이다. 향후 연구과제로는 2CPU 시스템을 1CPU 시스템으로 구현하는 것이며, 이러한 시스템은 전체 가격을 내릴 수 있으며, 다양한 헤드셋 디자인을 할 수 있는 장점이 있다.

참고 문헌

- [1] Brent A. Miller. Chatschik Bisdikian, BLUETOOTH REVEALED, 2001
- [2] Jennifer Bray and Charles F Stuman. BLUETOOTH Connect Without Cables, 2001
- [3] NATHAN J. MULLER, BLUETOOTH DEMYSTIFIED, 2001
- [4] [BT SIG 99] Bluetooth Special Interest Group, Specification of the Bluetooth System, Version 1.1, volumes 1, and 2.
- [5] Bluetooth Special Interest Group, HCI Specification.
- [6] Bluetooth Special Interest Group, L2CAP Specification.
- [7] Bluetooth Special Interest Group, RFCOMM with TS 07.10.
- [8] Bluetooth Special Interest Group, SDP Specification.
- [9] Bluetooth Special Interest Group, Bluetooth Generic Access Profile Specification.
- [10] Bluetooth Special Interest Group, Bluetooth Headset Profile Specification.
- [11] Bluetooth Special Interest Group, LMP Specification.
- [12] ETSI, TS 07.10, Version 6.3.0.
- [13] Bluetooth Qualification Program Website, Bluetooth Product Qualification

저자 소개

이병로(Byung-Ro Lee)



1989년 2월 : 아주대학교 전자 공학과(공학사)

1988년 ~ 1992년 : LG 전자

1995년 2월 : 동아대학교 전자공학과(공학석사)

2000년3월 ~현재 : 진주산업대학교 전자공학과 조교수

※ 관심분야 : 멀티미디어 이동통신, 적응변조, 멀티캐리어시스템