

# 블루투스를 이용한 디지털 무선 오디오 송수신기 설계 및 구현

강 명 구, 조 명 훈, 김 대 진  
전남대학교 전자공학과  
전화 : 062-530-0758 / 핸드폰 : 016-291-7512

## The Design and Implementation of Wireless Audio Transceiver using Bluetooth

Myoung Gu Kang, Myoung Hoon Cho, Dae Jin Kim  
Dept. of Electronics Engineering, Chonnam National University  
E-mail : ikaros20@moiza.chonnam.ac.kr

### Abstract

In this paper, we designed and implemented digital wireless audio system with embedded RTOS using Bluetooth.

Transmitter is consisted of a Settopbox, FIFO for interface block, Microprocessor(ARM7TDMI), UART driver and Bluetooth module.

Receiver is consisted of a Microprocessor, AC-3 decoder, Bluetooth module and a Speaker with Amp.

We programed Bluetooth protocol stack of HCI, L2CAP, and RFCOMM, so that Bluetooth module interacts with CPU.

### I. 서론

최근 초고속 인터넷망의 급속한 보급으로 관공서, 사무실, 가정 등 어디에서나 네트워크에 접속이 가능한 시대가 되었다. 더 나아가 유선의 불편함 해소와 이동성이라는 장점을 가진 무선통신 기술의 필요성과 연구 및 개발이 활발하게 진행 중이다. 그 중 블루투스는 가격이 저렴하고, 주파수 호핑을 하므로 페이딩과 간섭에 강하며, 무선 ad-hoc 네트워크를 구성할 수 있으며, 전력 소모가 적다는 장점이 있다.

또한 임베디드 시스템에 있어서 RTOS(Real Time Operating System) 포팅에 관한 연구가 정보기기 및 정보 산업 분야에서 활발히 진행되고 있으며, 운영체제가 시스템 자원과 특정 작업을 관리하고 배치 시키는 역할을 해주면서 개발자의 프로그램이 단순화되고, TASK의 생성, 추가, 제거 등을 관리하는데 큰 도움이 되고 있어 이를 시스템에 적용하는 것이 바람직한 상황이 되어가고 있다.

본 논문에서는 다양한 블루투스 응용분야 중 디지털 무선 오디오 시스템을 위한 하드웨어 및 소프트웨어를 개발 하였다. 프로세서는 ARM7TDMI를 사용하였고, RTOS로는 uC/OS를 사용하여 시스템을 구현하였다.

본 논문의 구성은 II장은 송신기 설계 및 구현에 관련된 기술에 대해, 그리고 III장에서는 수신기 설계 및 구현에 관련된 기술에 대해 기술한다. IV장에서는 결론을 맺는다.

### II. 송신기 설계 및 구현

#### 하드웨어 구성

본 논문에서 구현한 송신기 시스템은 그림 1과 같이 ARM7TDMI 프로세서를 중심으로 모니터 프로그

램 및 데이터 저장을 위한 메모리부(SDRAM,ROM), 그리고 SETTOPBOX와의 인터페이스를 위한 FIFO, 블루투스와의 인터페이스를 위한 UART 구동부, 그리고 압축된 오디오 데이터를 무선 전송하기 위한 블루투스 모듈부로 하드웨어를 구성된다.

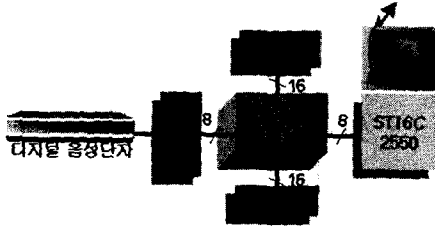


그림 1 송신기 시스템 구성도

이 시스템에 사용된 프로세서(ARM7TDMI)는 ARM사에서 개발한 32비트 마이크로 콘트롤러(MCU)로서 고성능, 저전력 소모의 특징을 갖고 있는 비교적 저렴한 가격의 칩으로서 임베디드 시스템에 아주 적합한 칩이다. 이 마이크로 콘트롤러는 RISC(Reduced Instruction Set Computer)구조를 갖고 있는데, RISC 구조는 명령어 수가 적기 때문에 CISC 보다 명령어 해석과 관련된 메커니즘이 훨씬 간단하고 실시간 인터럽트 반응에도 뛰어난 성능을 발휘한다.[1][2]

블루투스 모듈은 물리적으로 UART 방식과 USB 방식의 인터페이스를 통해 호스트(ARM7TDMI)와 통신이 이루어진다. 본 논문에서는 호스트와 블루투스 사이에 UART 방식의 인터페이스를 구현하기 하여 ST16C2550을 사용하였다.

디지털 오디오압축 데이터를 SETTOPBOX로부터 받기 위해서 ARM7TDMI 사이에 FIFO를 연결하였다. FIFO의 역할은 ARM7TDMI가 SETTOPBOX로부터 데이터를 원활하게 해주는 역할을 한다.

블루투스 모듈부는 압축된 오디오 데이터를 무선으로 전송하게 된다. 본 모듈은 100M 까지 전송가능하다.

동작순서는 SETTOPBOX로부터 압축된 오디오 데이터를 FIFO에 저장한다. FIFO에 저장된데이터는 ARM7TDMI 프로세서가 SDRAM으로 가져와 저장하고, 다시 저장된 데이터를 UART 드라이버에 맞게 패킷으로 만들어 블루투스로 보낸다. 블루투스는 보내고자하는 다른 슬레이브 블루투스를 찾아서 압축된 오디오 데이터를 무선 전송한다.

### 소프트웨어 프로그래밍

본 논문에서 구현한 소프트웨어 구조는 그림 2와 같이 프로그래밍 하였다. 블루투스 스택과 디바이스 드라이버 프로그램은 C 언어 및 어셈블러를 사용하여 구현하였다.

구현된 시스템에 사용된 RTOS는 uC/OS로서 Portable, ROMable, Reemprtive Kernel, Real Time, Multitasking이 가능한 커널이다. 커널 코드의 대부분이 이식 가능한 ANSI C를 기반으로 하며, 일부 프로세서에 관련된 부분은 어셈블러로 코딩되어 있다. 공개용 이므로 사용이 자유롭고 사이즈가 작아 많은 시스템에 적용되고 있다.[3][4][5]

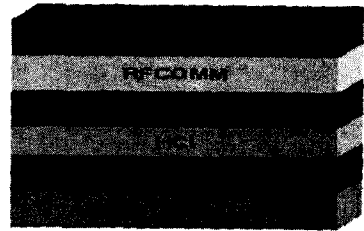


그림 2 소프트웨어 구조

블루투스와 관련하여 블루투스 스택을 uC/OS용으로 개발하였다.

구현된 스택 중 HCI(Host Controller interface)는 블루투스 호스트와 그의 모듈간에 균일한 인터페이스를 제공한다. HCI는 표준화되었기 때문에, 호스트 소프트웨어는 다양한 제조업체의 블루투스장치에 공통으로 사용할 수 있다.

L2CAP(Logical Link Control and Adaptation Protocol)는 상위 계층 프로토콜들이 블루투스 링크를 통해 통신을 수행하는 데에 필요한 편의를 제공한다. 그 편의는 첫째는 L2CAP 신호를 사용하는 ACL 채널에서의 링크 설정, 둘째는 각각 그 자신의 접속 ID의 할당에 의한 서로 다른 상위 계층 엔티티 간의 다중화, 셋째는 블루투스 접속을 통한 큰 패킷의 전송을 위해 분해와 재조립 편의 제공이다.

RFCOMM은 직렬 포트 에뮬레이션을 제공하고, 기존의 어플리케이션에 연결하는데 사용할 수 있고, 여러 개의 블루투스 프로파일 내에서의 데이터 전송에도 사용된다. RFCOMM은 두 가지 장치를 지원한다. 유형1 장치는 통신 링크의 단말 장치로, RFCOMM 상층부의 어플리케이션을 지원하고, 유형 2 장치는 통신 링크의 중간에 있는 장치로 RFCOMM 상층부의 물리적 RS-232 직렬 포트를 가

지고 있다. [6][7][8]

임베디드용 블루투스 프로토콜 스택은 uC/OS 및 프로세서에 포팅이 용이하도록 설계, 프로그램 하였다. 설계 시스템에 맞게 포팅을 할 경우 그 작업을 최소화할 수 있도록 설계하였다. 먼저 각 하드웨어에 맞게 UART 부분과 Timer 부분을 설정해 주었다고, RTOS(uC/OS)에 관련되어서도 몇 가지 부분을 설정해 주었다. 스택의 구조가 여러 개의 태스크가 돌아가는 구조이므로, uC/OS에서 태스크를 생성한 후, 각각 태스크에 연결하여 주고 프로토타입 함수들을 uC/OS에 맞게 맞추어 주었다.

어플리케이션과 관련하여 Main Task 부분에 추가시켰다. 어플리케이션 부분은 우선 Serial Port Server로 초기 설정이 되며 Client로부터 연결이 된 후 FIFO를 초기화 하여, 압축된 오디오 데이터가 들어오면 HCI Layer로 보내고, 또 이 데이터를 PC로 전송하여 PC 화면에 확인 할 수 있도록 프로그램 하였다.

### 프로그램 포팅 및 테스트

C 언어와 어셈블리를 이용하여 개발한 소프트웨어를 ARM SDT V2.5를 이용하여 컴파일 하였다.

컴파일시에는 먼저 개발하고자 하는 하드웨어 플랫폼의 설정 사항을 입력해 주어야 한다. 우선 CPU Architecture 부분은 ARM7TDMI 코어를 사용하므로 32비트로 설정하였다. 또 컴파일러는 ANSIC C를 선택하였다. 그리고 소스파일 컴파일시 C 언어로 작성된 소스는 "ARMCC" 명령을 사용하여 컴파일 하였고, 어셈블러로 작성된 소스는 "ARMSM" 명령을 사용하여 컴파일 하였다. 그림 3은 송신기 프로그램 동작순서이다.

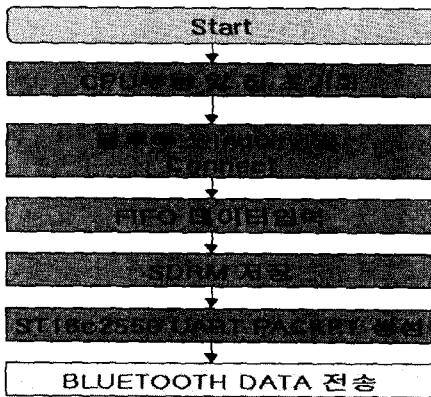


그림 3 송신기 프로그램 동작순서

컴파일이 끝난 프로그램을 포팅하기 위해서 호스트와 제작 보드와의 정보 교환이 이루어지도록 모니터 프로그램을 이용하였다. 그리고 컴파일러를 통해 생성된 바이너리 데이터를 RS-232 방식을 통하여 제작보드에 다운로드 하였다. 그림 4는 블루투스모듈간의 연결동작 순서를 보여주고 있다.

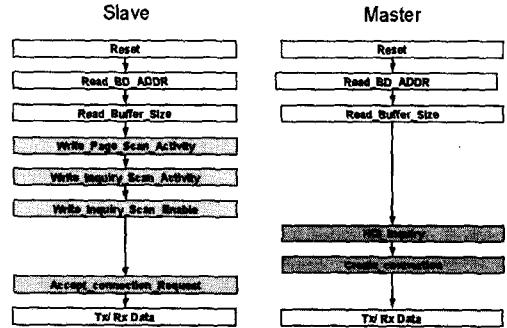


그림 4 Bluetooth 모듈간의 연결 동작

### III. 수신기 설계 및 구현

#### 하드웨어 구성

구현한 수신기 하드웨어 시스템은 그림 5와 같이 ARM7TDMI 프로세서, 데이터저장을 위한 메모리부(SDRAM,ROM), 블루투스와 인터페이스를 위한 UART 구동부, 압축된 오디오 데이터를 디코딩하기 위한 디코딩부(STI4600)와 데이터를 무선 수신하기 위한 블루투스 모듈부로 구성 하였다.

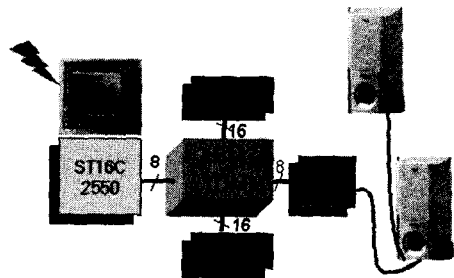


그림 5 수신기 시스템 구성도

수신기는 송신기와 같이 프로세서, UART 구동부와 블루투스 모듈부는 같이 설계하였고, 단지 압축된 오디오 데이터를 디코딩하기 위한 디코딩부를 새롭게 설계하였다. 디코딩부는 AC-3(STI4600)을 사용하여 디코딩 하도록 하였다. 동작순서는 송신기의 역순으로 진행된다.

### 소프트웨어 프로그래밍

수신기에서는 송신기에서와 같이 Visual C++ 6.0을 이용하여 프로그래밍하였다. 단지 송신기와 다른 것은 오디오 데이터 디코딩 프로그램을 첨가 하였다.

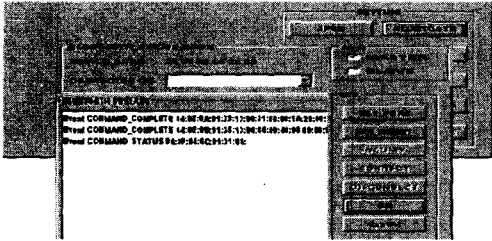


그림 6 수신기 소프트웨어 실행 화면

블루투스 스택은 송신기와 마찬가지로 HCI L2CAP, RFCOMM을 개발 하였다. 그림 6은 실행 화면이다.

### 시스템 제작

송/수신기 시스템을 제작하기 위하여 Orcad 9.1버전으로 회로 설계 및 Layout 하였다. PCB는 4층으로 제작 하였다.

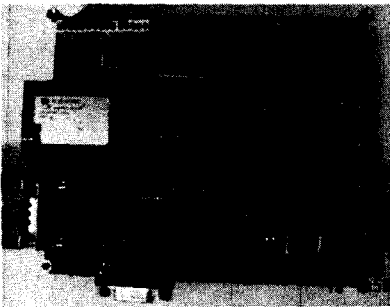


그림 7 실제 구현된 송신기보드

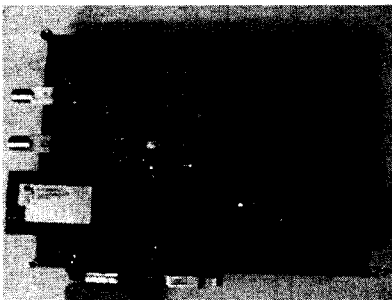


그림 8 실제 구현된 수신기 보드

## IV. 결론

블루투스는 기존의 시리얼 케이블을 무선으로 대체 하기위한 목적으로 만들어져서 전송속도는 느리지만, 저가이고 손쉽게 여러 기기 간 네트워크 형성이 가능하여 PC, 휴대폰 뿐 만 아니라 가전제품까지도 적용 될 수 있다.

본 논문에서 블루투스를 이용하여 압축된 오디오 데이터를 무선으로 송수신하기 위해서 하드웨어와 소프트웨어를 소개하였다. 그리고 임베디드 시스템에 필수적인 저 전력 설계 및 안전성, 리소스의 효율적 사용을 위해 RTOS 포팅 방법들을 소개 하였다.

앞으로 블루투스 전송 속도가 향상되면 좀더 좋은 음질의 오디오 테이를 전송 할 수 있고, 조만간 유선 스피커시스템이 무선으로 대체되는 날이 멀지 않을 것 같다.

### 참고문헌

- [1] www.mculand.com : "ARM7TDMI 마이크로 콘트롤러".
- [2] David Seal, "ARM Architecture Reference Manual 2nd Edition," Addison-Wesley, 2000.
- [3] JEAN J. LABROSSE, "The Real-Time Kernel," 에이콘, 1999.
- [4] 김효준, " Embedded Systems Building Blocks 2th Edition," 에이콘, 1999.
- [5] www.uC/OS.com : "uC/OS kernel".
- [6] Gilb.J.P.K., "Bluetooth Radio Architectures," Radio Frequency Integrated Circuits(RFIC) Symposium, 2000.
- [7] Nathan J.Muller, "Bluetooth Demystified," McGraw-Hill, 2001.
- [8] Brent A.Miller, Chatschik Bisdikian, "Bluetooth Revealed," Prentice Hall, 2001.