

OFDM에 기반한 유럽 지상파 디지털 TV 수신기 시스템의 설계 및 구현

최재승[†], 한동석^{**}, 이연정^{***}, 남재열^{****}, 하영호^{*****}

요 약

본 논문은 장애물에 강한 수신성능과 이동수신에 강점을 가지고 있는 직교 주파수분할 다중화 방식을 기초로 한 유럽 지상파 디지털 방송의 텔레비전 수신기 개발에 관한 것이다. 본 연구에서는 유럽 지상파 디지털 텔레비전 시스템을 위한 향상된 직교 주파수분할 다중화 방식의 수신기 개발을 목표로 하여, 향후 기능 확장성을 고려하여 유럽 지상파 디지털 방송의 텔레비전 수신기 시스템을 설계하고 개발하였다. 본 수신 시스템을 개발한 후 현재 시판되고 있는 기존에 개발된 다른 3가지 모델과 함께 수신 모뎀 칩의 성능을 하드웨어로 비교하여, 본 시스템의 우수성 여부를 최소 반송파 대 잡음비 및 가시청 한계 비트 오류율을 통하여 실험하였다. 또한 디지털 텔레비전을 시청하는 사용자를 위하여 그래픽 사용자 인터페이스 및 전자 프로그램 가이드를 개발하였다.

Design and Implementation of DVB-T Receiver System Based on OFDM

Jae-Seung Choi[†], Dong-Seog Han^{**}, Yun-Jung Lee^{***},
Jae-Yeal Nam^{****}, Yeong-Ho Ha^{*****}

ABSTRACT

This paper presents a digital video broadcasting - terrestrial (DVB-T) receiver system based on the orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) modulation method, which has exhibited a good reception performance even with obstacles and a mobile reception. As such, an improved OFDM receiver is developed for a DVB-T system that also considers function expansion for further development. After manufacturing the DVB-T receiver system, the performance of the proposed system is compared with three other hardware systems, all of which are end products. The experimental results confirm the performance using the measured minimum required carrier-to-noise ratio and threshold of visibility signal for each system. In addition, a graphic user interface (GUI) and electronic program guide (EPG) are developed for the digital television user.

Key words: DVB-T Receiver System(유럽 지상파 디지털 TV 수신기 시스템), OFDM(직교 주파수분할 다중화 방식), Digital TV(디지털 TV), GUI(그래픽 사용자 인터페이스), EPG(전자 프로그램 가이드)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 최재승, 주소 : 대구광역시 북구 산격동 1370번지(702-701), 전화 : 053)940-8762, FAX : 053)957-1194, E-mail : choijs@mail.knu.ac.kr
접수일 : 2004년 2월 20일, 완료일 : 2004년 10월 11일
[†] 정회원, 경북대학교 디지털기술연구소 프로젝트 리더
^{**} 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 부교수
(E-mail : dshan@ee.knu.ac.kr)

^{***} 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 부교수
(E-mail : yjlee@ee.knu.ac.kr)
^{****} 계명대학교 정보통신학부 부교수
(E-mail : jynam@knu.ac.kr)
^{*****} 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수
(E-mail : yha@ee.knu.ac.kr)

1. 서 론

지상파 방송은 산과 빌딩 등의 반사파에 의한 다중 경로가 커다란 문제가 된다. 이는 지상 방송용 주파수가 비교적 낮은 주파수이기 때문에 회절과 반사가 일어나기 쉽다는데 기인한다. 또한 지상파 방송은 위성방송과는 달리 한 곳의 송신소에서 전달할 수 있는 전파 도달거리는 한정되어 있으므로 넓은 지역을 서비스하기 위해서는 많은 송신소가 필요하고 따라서 비용도 많이 든다. 이 때문에 지상파 디지털 방송을 도입하는 경우 전파의 특성을 살리고, 다중 경로에 강하며, 이동체에서의 수신에 적합한 전송방식이 바람직하다.

DVB-T(Digital Video Broadcasting - terrestrial) [1,2]는 유럽의 지상파 디지털 텔레비전 전송방식으로 직교 주파수분할 다중화 방식(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)[3,4]을 변조방식으로 채택하고 있다. OFDM은 다중반송(multicarrier) 변조 방식의 일종으로, 다중경로 환경에서 우수한 성능을 발휘한다. OFDM 변조방식을 기초로 한 기존의 디지털 지상파 TV를 위한 DVB-T 시스템으로는 프론트엔드(front-end) 모듈 시스템[5,6], 복조기(demodulator) 모듈 시스템[7], 복호기(decoder) 모듈 시스템[8] 등의 개발이 있다. 이러한 시스템들은 각 모듈에 대한 하드웨어의 수신기 시스템만을 실험하여 성능을 평가하였다. 그러나 본 연구에서는 DVB-T 수신기의 성능을 향상시키기 위하여 튜너(tuner)와 복조기로 구성된 프론트엔드 모듈을 제안하며, 본 수신 시스템을 개발한 후 현재 시판되고 있는 수신 모듈 칩의 성능을 하드웨어로 비교하여, 본 시스템의 우수성 여부를 최소 반송파 대 잡음비 및 가시청 한계 비트 오류율을 통하여 성능 실험을 하였다. 본 시스템의 출력 해상도는 고화질 텔레비전(HD: High Definition)급까지 지원 가능하도록 시스템을 구현하였으며, 또한 구현된 시스템을 디지털 TV(DTV: Digital TV) 시스템에 적용할 경우 부품비 절감과 시스템의 확장성을 용이하게 하였다.

본 연구에서는 DTV 시스템을 위한 향상된 OFDM 수신기 개발을 목표로 하여, DTV 시스템에 애드온(add-on) 보드로 장착되는 수신기 시스템을 개발하였다. 구현된 시스템은 하드웨어적으로는 DVB-T 수신 시스템을 제작한 후 성능 평가를 수행하여 시스템의 우수성 여부를 판단하였다. 소프트웨어적으로

는 사용자가 쉽게 DTV에 친숙하도록 그래픽 사용자 인터페이스(GUI: Graphic User Interface)의 기본 설정 메뉴 및 전자 프로그램 가이드(EPG: Electronic Program Guide)를 개발하였다. 본 논문의 구성은 서론인 1장에 이어서 2장에서 OFDM의 시스템 구조에 대해서 설명한다. DVB-T 수신기 시스템을 3장에서 설명하고, 4장에서는 개발결과를 소개한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. OFDM 시스템 구조

OFDM은 주로 통신분야에서 연구가 진행되어 왔으나, 유럽 방송 연맹(European Broadcasting Union)이 제안한 디지털 음성방송 시스템의 변조방식으로 채택되면서 방송분야에서도 연구개발이 진행되었다. OFDM 전송방식을 단일 캐리어 방식과 비교하면 송신 데이터를 N개의 부반송파에 분산하여 전송하는 경우, 전송 심볼 1개의 계속 시간은 단일 캐리어 방식의 약 N배가 된다. 이와 같이 전송 심볼 1개의 계속 시간이 단일 캐리어 방식보다 크게 길어지고 시간 축에서 보호구간(guard interval)을 부가하면 다중경로 간의 시간 차가 증가해도 전송특성의 열화가 적다. 데이터를 전송대역 전체에 분산하여 전송하기 때문에 특정 주파수 대역에 방해 신호가 존재하는 경우에도 그 영향을 받는 것은 일부 데이터 비트에 한정되며, 인터리버(interleaver)와 에러정정 부호로 특성을 효과적으로 개선할 수 있다. 변조파는 랜덤 잡음에 가깝기 때문에 다른 서비스에 미치는 간섭 특성은 랜덤 잡음과 같다[9].

그림 1에 DVB-T 송신기의 구조를 나타내었다 [10]. DVB-T의 특징은 채널 환경이 양호한 지역은 고속 데이터 전송율을 채널 환경이 열악한 환경에서는 저속 데이터 전송율을 보장하는 계층적 전송이

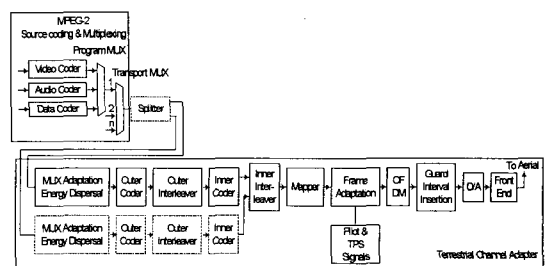


그림 1. DVB-T 송신기 구조

가능하다는 것이다. 이것은 그림 1과 같이 정보에 따라 두 개의 서로 다른 채널 부호화 경로를 통하여 부호화된 신호가 OFDM 신호로 변조되어 전송된다. OFDM은 채널환경에 따라 대역 내에 1,704개와 6,816개의 부반송파를 가지는 2K, 8K 모드가 있다. 그리고 보상 가능한 최대 다중경로의 길이에 따라 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 보호구간 모드를 가지고 있어 다양한 모드의 전송이 가능하다.

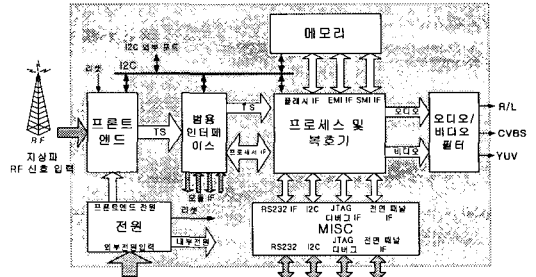


그림 3. 전체 DVB-T 수신기 시스템 구성도

3. DVB-T 수신기 시스템

3.1 개발 환경

LAN 환경 하에서 커넥터, 제안한 수신기 보드, 컴퓨터 등으로 구성된 개발 환경을 그림 2와 같이 나타낸다. 커넥터는 컴퓨터와 메인 보드 간의 인터페이스를 제공하기 위하여 이서넷(ethernet), 병렬 포트, USB(Universal Serial Bus)를 이용하여 컴퓨터와 연결하며, 개발 시스템의 원격 디버깅(debugging)을 위해서 사용된다. 컴퓨터는 크로스 컴파일러(cross-compiler)를 이용한 응용 프로그램 개발, 실행환경 프로그램 등을 이용하여 원격 디버깅을 한다. 소프트웨어로는 컴파일러(compiler) 및 링커(linker) 도구, 실행환경 프로그램, 라이브러리(library) 파일 생성 프로그램, 시뮬레이터(simulator)와 같은 도구 및 라이브러리 등으로 구성되어 있다.

3.2 하드웨어 구성

본 연구에서 DVB-T 수신 시스템을 실현하기 위한 전체 하드웨어 수신기 시스템의 구성을 그림 3과 같이 나타낸다.

본 시스템은 안테나로부터 수신된 무선 주파수(RF: Radio Frequency) 신호를 증폭하고 잡음을 제거하여 이를 오디오/비디오(Audio/Video) 신호로 복호화하여 아날로그 TV 보드로 송출하는 디지털 지

상 방송용 수신기 시스템이다. 기본적인 시스템은 지상파 TV 신호를 받아 MPEG-2 Transport Stream (TS)[11,12]을 내보내는 프론트엔드 모듈, 수신 제한 시스템(Conditional Access System) 기능을 위한 범용 인터페이스(CI: Common Interface) 모듈, MPEG-2 TS를 오디오/비디오 신호로 복호화하는 프로세서 및 복호기(processor & decoder) 모듈, 복호화된 오디오/비디오 신호에 대한 필터링 및 디지털/아날로그 변환하기 위한 오디오/비디오 필터 모듈로 구성되어 있다. 본 연구에서 구현한 시스템은 SoC(System On Chip) 형태의 원 칩을 이용하여 구현하였기 때문에 타 시스템과의 가격 경쟁력을 갖추므로써 부품비 절약과 시스템의 확장성을 용이하게 하였다.

3.2.1 프로세서 및 복호기 모듈

본 모듈은 마이크로 프로세서, MPEG-2 오디오/비디오 복호기, 디지털 부호기(encoder), 데이터 분배기(demultiplexer) 등으로 구성되어 있다. 본 연구에서 사용한 프로세서 및 복호기 모듈은 기본적으로 MPEG-2 TS를 입력으로 받아 오디오/비디오 신호를 출력하는 형태이며, 내부에 마이크로 프로세서 기능과 MPEG-2 복호기 기능을 같이 포함하고 있으며, 여러 가지 오디오/비디오 출력을 지원한다. 사용한 CPU는 32bit VL-RISC 마이크로 프로세서로 SoC 형태의 MPEG 복호기가 내장된 원 칩이며, CPU의 내부 동작 주파수는 최대 81 MHz이다. 본 DVB-T 수신기 시스템에서는 오디오 신호는 좌/우 신호를 출력하고, 비디오 신호로는 컴포지트 비디오 신호(CVBS: Composite Video Broadcast Signal), 컴포넌트 비디오 신호(YUV)를 지원하도록 개발되어 있으며 출력 해상도는 HD급까지 지원 가능하다. 그리고 서로 다른 시스템에 있는 본 DVB-T 수신기 시스템의 디지털 보드와 디지털 TV의 아날로그 보드 간

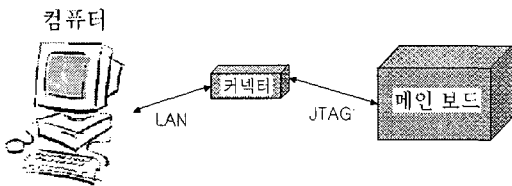


그림 2. 개발 환경의 구성

의 데이터 교환을 원활히 하기 위하여 디지털/아날로그 통신 프로토콜을 구현하였다. 이 디지털/아날로그 통신 방법으로는 양방향 송수신 프로토콜을 채택하였다.

3.2.2 프론트엔드 모듈

본 모듈은 크게 튜너, 복조기 등으로 구성되어 있다. 튜너는 470 MHz에서 860 MHz까지의 지상파 DTV 신호를 받아 센터 주파수가 4.57 MHz이면서 대역폭이 7.6 MHz의 차분 신호를 만든다. 그리고 복조기는 튜너에서 차분 신호를 입력 받아 MPEG-2 TS를 만들어 CI를 통해 프로세서 및 복호기 모듈에 출력시켜 준다. 그림 4는 본 연구에서 제안하는 프론트엔드 모듈을 나타내는 블록도이다.

3.2.3 범용 인터페이스 모듈

본 모듈은 수신 제한을 위한 제한 수신 기능을 지원한다. 소켓으로의 인터페이스는 PCMCIA 규격을 지원하며, 만일 수신 제한 기능을 쓰지 않을 경우는 외부 저항을 이용하여 바이패스(by-pass) 시킬 수도 있다. 그리고 입력 및 출력 신호는 MPEG-2 TS이다.

3.2.4 오디오/비디오 필터 모듈

본 모듈은 오디오 디지털/아날로그 및 필터부와 비디오 필터부로 구성되어 있다. 오디오 디지털/아날로그 및 필터부는 프로세서 및 복호기 모듈로부터 출력되는 PCM 신호를 디지털/아날로그 변환하여 이를 필터링함으로써 오디오의 좌측 신호와 우측 신호를 출력한다. 비디오 필터부는 프로세서 및 복호기 모듈로부터 출력되는 비디오 신호를 입력 받아 필터링을 통하여 CVBS와 YUV로 출력한다.

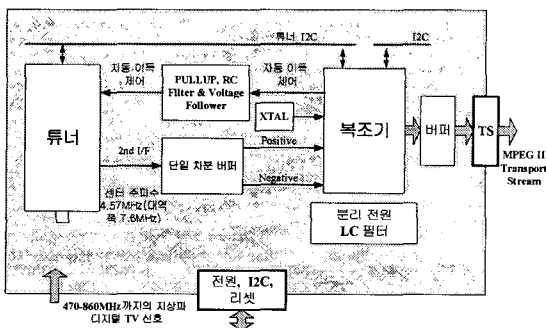


그림 4. 프론트엔드 모듈의 블록도

3.2.5 전원 모듈

본 모듈은 아날로그 TV 보드로부터 전원을 입력 받아서 필터링 한 후 추가로 프로세서 및 복호기 모듈로 공급될 2.5V를 조정기(regulator)를 이용하여 만드는 부분이다. 외부로부터 입력된 리셋(reset), 매뉴얼 리셋(manual reset), 신호 및 전원 상태를 파악하여 DVB-T 수신기 시스템 전체에 리셋 신호를 생성하는 부분으로 구성된다.

3.2.6 메모리 모듈

본 모듈은 I2C(Inter IC) 인터페이스를 이용한 256kbit의 EEPROM, 외부 메모리 인터페이스(EMI: External Memory Interface)를 이용한 16Mbit의 플래시 메모리, 외부 메모리 인터페이스를 이용한 64Mbit의 시스템 SDRAM, 공유 메모리 인터페이스(SMI: Shared Memory Interface)를 이용한 64Mbit의 MPEG SDRAM 등으로 구성된다.

3.2.7 MISC(MISCellaneous) 모듈

본 모듈은 후면 패널(back panel) 인터페이스를 위한 RS232 인터페이스, JTAG 포트를 이용한 DCU (Diagnostic Controller Unit) 인터페이스부, 디버그 출력을 위한 전면 패널(front panel) 인터페이스, 클럭 발생부로 구성되어 있다. 입력 신호로는 RS232 신호, JTAG 신호, I2C 신호, 전면 패널 신호, 27 MHz 클럭 신호이다.

3.3 채널부 하드웨어 구성

본 논문에서는 현재 시제품으로 나와있는 LSI Logic사의 L64782[13], Conexant Systems사의 CX22700 [14], Motorola사의 MC92314[15], ST Microelectronics사의 STV0360[16], Zarlink MT352[17], ATI NXT6000 [18] 등을 검토한 후 모뎀의 성능과 다른 부분과의 인터페이스를 고려하여 가장 적합한 한 칩을 선택하였다. 본 연구에서 개발된 DVB-T의 수신기 채널부는 그림 5와 같다.

3.3.1 DVB-T 수신기의 테스트 시스템 구성

DVB-T 수신기의 성능을 분석하기 위하여 그림 6과 같은 기본적인 시스템을 구성하여 수신기의 성능을 비교하였다.

실험장비로는 DVB-T 변조신호를 발생할 수 있

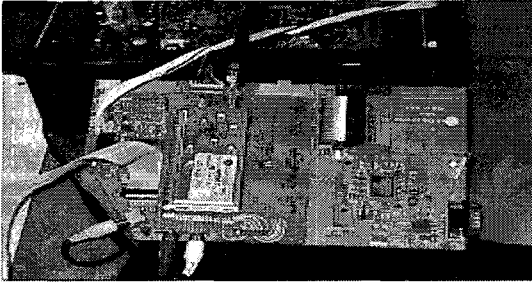


그림 5. 개발된 DVB-T 수신부

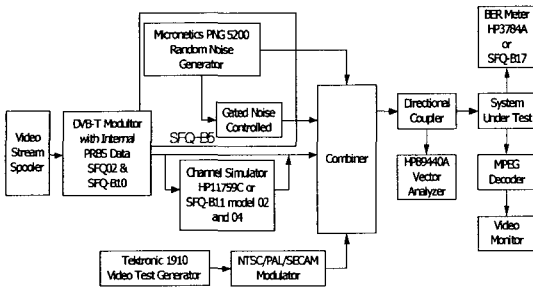
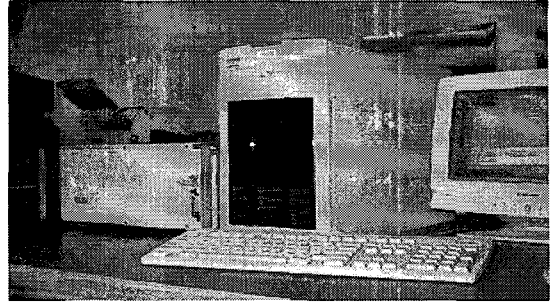


그림 6. DVB-T 수신기 시스템의 테스트 장비 구성

는 Rohde & Schwarz(R&S)사의 SFQ02와 SFQ-B10 옵션이 필요하다. 그리고 잡음 신호에 대한 복조기의 성능을 실험하기 위한 잡음 발생기가 필요하며 R&S의 SFQ-B5가 이 기능을 제공한다. 그 외에도 Micronetics나 HP 등의 잡음 발생기 장비가 있다. 다중반송 실험을 위해서는 R&S의 SFQ-B11 모델02와 04가 필요한데, 모델 02는 6개의 다중경로를 만들고 모델 04는 7번~12번까지의 별도의 다중 경로 6개를 추가할 수 있는 장비이다. 수신기의 복조 성능을 관측하기 위해서는 비트 오류율 검사기 (BER tester)가 필요하고 SFQ-B17이 이러한 역할을 한다. 그리고 기존의 아날로그 방송이 DVB-T에 미치는 영향을 측정하기 위해 아날로그 TV 신호발생기가 별도로 요구된다.

개발된 DVB-T 수신기 시스템은 기존에 개발된 다른 3가지 모델과 함께 성능 비교를 수행하였다. 실험에 사용된 수신기는 앞서 언급한 칩들 중 3가지를 이용해 기존에 개발된 제품과 본 연구를 통해 적용된 나머지 한 가지 칩을 이용해 개발된 시스템과 비교하였다. 본 논문에서는 이들 모델에 대하여 임의로 기존의 시스템을 A, B, C 모델로 표현하였다.

그림 7은 DVB-T 수신기 시스템의 시험에 사용한 실험 장비로 R&S사의 DVB-T 변조기 SDB-M을



(a) 변조신호 발생기



(b) 잡음발생기와 스펙트럼 분석기

그림 7. 실험에 사용된 장비

사용하여 8K 모드, 64 QAM 성상도, 1/32 모드 가드 인터벌, 부호율 2/3, 대역폭 8 MHz인 환경에서 실험을 하였다. 실험에 사용된 변조방식의 실제 데이터 전송률은 24.13 Mbps이다. 부가 백색 가우시안 잡음 (Additive White Gaussian Noise)은 Eiden사의 잡음 발생기 모델 193F를 사용하였다. 그리고 신호의 분석은 HP의 스펙트럼 분석기 8592A를 사용하였다.

3.3.2 DVB-T 수신기의 비교 방법

본 연구에서 개발된 DVB-T 수신 시스템의 성능 개선을 위하여 다음과 같은 수신기 비교의 항목들을 가지고 각 모델에 대해서 수신기의 성능을 비교 및 검토하였다. 즉, 1) 1차, 2차 중간 주파수 신호의 수신 가능, 2) 계층적 및 비계층적 모드, 3) 2K, 8K 모드 신호 수신 가능, 4) 1/4, 1/8, 1/16, 1/32의 보호구간 길이모드의 신호 수신 가능, 5) 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz 채널의 신호 수신 가능, 6) 아날로그/디지털 변환기(Analog Digital Converter)를 내장하고 모두 디지털로 구현, 7) 반송파 주파수 보상 및 심볼 타이밍 보상, 8) 파일럿(pilot) 정보를 이용한 채널 추정 및

보상, 10) 반송파 주파수 오프셋(offset) 보상 구간 : ± 200 kHz, 11) 표본화 클럭 주파수 오프셋 보상 구간 : ± 100 ppm, 12) 칩 내부에서 비트 에러율(BER: Bit Error Rate)의 모니터링 등의 항목들을 비교하였다.

3.4 소프트웨어 구성

3.4.1 소프트웨어 구조

본 연구에서 개발한 응용 프로그램 인터페이스(API: Application Programming Interface)는 미들웨어(middleware)에 적합한 구조를 가지며 개발자는 최상위 층에 응용 프로그램 소프트웨어를 만들 수 있다. 또한 API는 하드웨어의 변경을 숨기며 드라이버는 내부 일관성을 유지하도록 개발되었다. 그림 8은 본 연구에서 개발한 소프트웨어 구조를 나타내고 있으며, 윈도우 툴 키트(WTK: Window Tool Kit)을 이용하여 화면 표시 기능(OSD: On Screen Display)의 메뉴를 작성하였다. 본 연구의 소프트웨어 개발에 있어서 OSD API를 이용해 고 레벨 OSD를 만들고 이를 기반으로 하여 최상위의 WTK를 만들었다. 메뉴, 테이블, 버튼 등의 구조체 및 함수 들을 새롭게 만들어 OSD 및 EPG를 개발하는데 이용하였다.

3.4.2 소프트웨어 구성

DTV를 시청하는 사용자는 프로그램 설정, 시스템 설정, 보안 및 프로그램 정보들을 OSD 메뉴나 EPG를 통해 디지털 TV 화면상에서 조작하기 때문에, OSD와 EPG 개발은 디지털 TV와 사용자간의 의사소통을 하기 위해 필수적이다. 본 논문은 사용자가 쉽게 DTV에 친숙하도록 편리하고 간단한 GUI의 구현을 목적으로 하였다. 구현된 GUI는 기본 설정 메뉴와 EPG로 구성되어 있다. 본 연구에서의 전체 소프트웨어 프로그램의 구조는 그림 9와 같다.

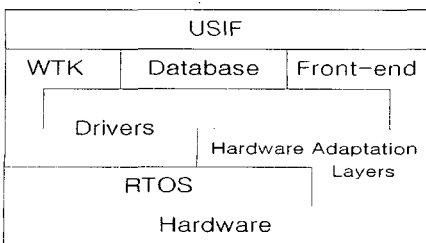


그림 8. 소프트웨어 구조

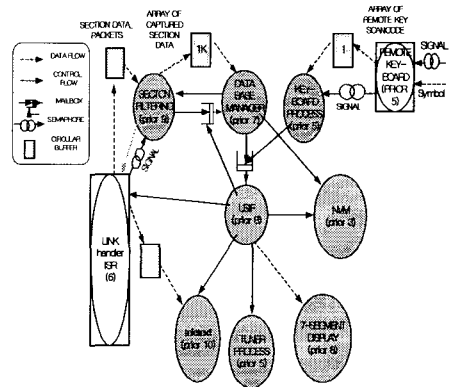


그림 9. 소프트웨어 구성도

그림 9에서 알 수 있듯이 전체 시스템은 다수의 태스크(task)로 구성되어 있다. 하드웨어 튜너를 제어하는 튜너 태스크, 튜너를 통해 수신한 스트림(stream)을 필터링하여 필요한 데이터를 모으는 섹션 필터링(section filtering) 태스크, 이렇게 모인 데이터를 관리하는 DBM(Data Base Manager) 태스크, 주요 데이터를 NVRam(Nonvolatile Random Access Memory)에 기록하기 위한 NVM 제어 태스크, 유저의 리모콘 입력을 받는 키보드 태스크, GUI 화면을 출력하는 USIF(User Interface) 태스크, 7 세그먼트(segment) 출력단을 제어하는 세그먼트 디스플레이(segment display) 태스크, 그리고 마지막으로 문자방송(teletext) 데이터를 처리하여 출력하기 위한 텔레텍스트 태스크가 있다.

3.4.3 OSD의 구성

본 연구에서 제작된 OSD 코드들은 객체지향 프로그래밍(Object Oriented Programming) 개념이 도입되어 화면을 구성하는 박스, 텍스트, 도형 등의 요소들을 조합하여 메뉴의 형태를 구축하도록 고안하였다. 이러한 덕분에 코드의 재사용성이 뛰어나며 다양하고 복잡한 GUI 형태를 쉽게 구성할 수 있다. 그림 10은 본 연구에서 개발한 객체를 이용한 화면구성을 나타낸다.

4. 개발 결과

4.1 DVB-T 소프트웨어 개발

본 연구에서 제작된 GUI는 크게 기본 설정 메뉴와 EPG로 구성되어 있다. 그림 11은 DVB-T 용으로

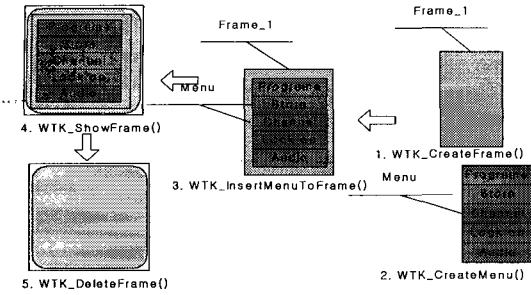


그림 10. 객체를 이용한 화면구성

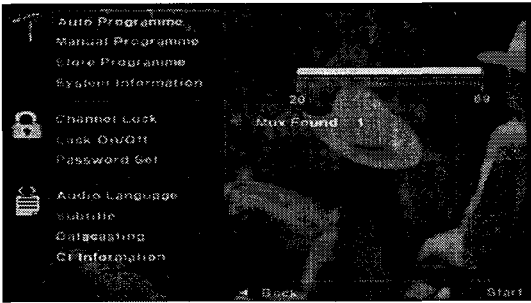


그림 11. 기본 설정 메뉴

제작한 기본 설정 메뉴이며, 자동 프로그램(Auto Program), 수동 프로그램(Manual Program), 저장 프로그램(Store Program), 시스템 정보(System Information), 채널 잠금(Channel Lock), 잠금 켜짐/꺼짐(Lock On/Off), 암호 설정>Password Set), 음성 언어(Audio Language), 자막(Subtile), 데이터 방송(Datacasting), CI 정보(CI Information)의 총 11가지의 메인 메뉴로 구성되어 있다. 1) 자동 프로그램은 전 주파수 대역에서 아날로그, 디지털 채널을 자동으로 탐색하며, 기존에 기록되어 있던 수신 채널 정보를 지우고 새롭게 기록하게 된다. 2) 수동 프로그램은 수동으로 채널을 검색하며, 검색한 채널을 수신 채널 정보로 기록할 수 있다. 3) 저장 프로그램은 기록된 채널 정보의 목록을 보며 설정 상황을 확인할 수 있다. 4) 시스템 정보는 DTV 운영 프로그램의 버전(version)과 신호 수신감도를 표시한다. 5) 채널 잠금은 사용자가 몇몇 채널을 시청 제한을 하고 싶을 때 이용하는 메뉴이다. 6) 잠금 켜짐/꺼짐은 잠금 기능 자체의 켜짐/꺼짐을 제어한다. 7) 암호 설정은 잠금 기능에 사용될 암호를 갱신할 때 사용한다. 8) 음성 언어는 다중 음성 방송에서 듣고 싶은 기본 언어를

설정하며, English, Welsh, Gaelic 중에 하나를 선택할 수 있다. 9) 자막은 자막 방송 시청 여부를 설정하며, 오디오와 동일한 3개 국어 설정이 가능하다. 10) 데이터 방송은 자막과 문자방송 서비스 중 어느 쪽을 이용할 것인지를 설정하는 메뉴이다. 11) CI 정보는 PCMCIA 인터페이스에 연결된 모듈의 상태를 알려준다.

본 연구에서는 채널별로 방송되는 프로그램들에 대한 자세한 정보를 보여주는 EPG 기능을 구현하였다. EPG의 메뉴의 구성은 그림 12와 같다. 구현된 EPG는 각 채널 별로 현재 방송되는 프로그램과 다음 방송 프로그램을 보여줄 수 있도록 되어 있으며, 선택된 프로그램의 상세 정보가 상단에 출력되도록 되어 있다. 출력되는 정보는 프로그램 이름, 방송 시간, 유형(genre), 세부 설명으로 구성되며, 출력되는 프로그램 목록을 유형별로 구분하여 볼 수도 있다. 즉, 영화, 스포츠, 어린이 프로그램만 골라서 목록을 뽑아 보거나 구분 없이 전체를 볼 수 있다. 또한 상세 정보를 보면서 선택된 채널로 바로 화면 전환도 할 수 있다.

4.2 DVB-T OFDM 수신기 개발

본 연구에서는 DVB-T 수신 시스템을 제작 한 후 현재 시제품으로 나와있는 기존에 개발된 다른 3가지 모델과 함께 성능 평가를 수행하여, 본 시스템의 우수성 여부를 실험하였다. 다만 본 연구에서 구현된 시스템은 튜너와 DVB-T 수신 칩을 완제품이 아닌 점퍼 선(jumper wire)을 이용하여 본 시스템을 실험하였다. 따라서 향후 전자파 간섭(EMI: Electromagnetic Interface)을 고려한 완제품의 형태로 수신기 시스템을 구현하여 성능을 실험할 필요가 있다. DVB-T 신호의 완벽한 수신에 필요한 최소 반송파

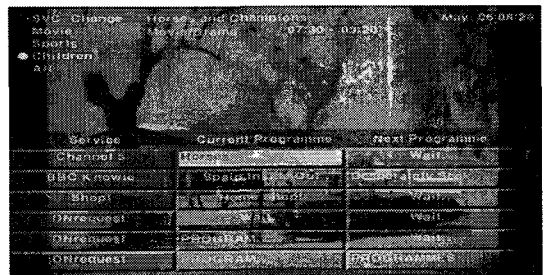


그림 12. EPG 메뉴 구성

대 잡음비(C/N: Carrier-to-Noise Ratio) 값을 표 1에 비교하였다. 실험은 2분의 관측기간 동안 화면에 에러가 발생하지 않는 최소 C/N을 결정하였다. 그리고 주어진 최소 C/N에서 주파수 옵셋을 변화시켜가면서 화면이 제대로 나오는 최대 오차 범위를 관측하였다.

그림 13에 최소 C/N을 만족하기 직전의 C/N에서

표 1. 수신기 C/N 실험 결과

수신기 모델	구현된 시스템	A 모델	B 모델	C 모델
최소C/N	16.6dB	16.3dB	16.4dB	16.5dB
반송파주파수추적범위 [kHz]	-290~270	-225~285	-490~75	-130~150



(a) 최소 C/N보다 0.1 dB 낮을 경우



(b) 최소 C/N보다 0.2 dB 낮을 경우



(c) C/N이 TOV인 경우

그림 13. C/N에 따른 실험 영상 출력

얻은 화면과 가시청 한계 비트 오류 (TOV: Threshold Of Visibility)을 만족한 화면의 예를 나타내었다.

실험결과 대부분의 수신기는 비슷한 C/N을 보였으나, 주파수 추적범위는 칩 별로 많은 차이가 있는 것으로 나타났다. 반송파 주파수 옵셋의 보상은 본 연구에서 구현된 시스템과 A 모델이 대체로 우수하게 나타난 반면, B 모델은 음의 주파수 쪽으로 많이 치우쳐져 있고, C 모델은 추적범위가 상대적으로 좁음을 알 수 있다. 그러나 근래 상용화된 튜너의 정확도가 ± 100 kHz 이내인 점을 고려하면 모두 주파수 동기 성능은 큰 문제가 되지 않는다.

본 연구에서 구현한 시스템은 최소 C/N의 성능이 완제품과 비교하여 동등한 수준으로 나타났으며, 본 수신기 시스템을 전자파차폐를 고려하여 완제품의 형태로 구현할 경우 성능이 개선될 것으로 생각된다. 또한 본 연구를 통하여 대부분의 DVB-T 수신 칩들의 특징은 매우 유사한 것으로 판단할 수 있었다.

4.3 DVB-T 수신기 하드웨어부 개발

그림 14는 DTV에 실제로 적용된 DVB-T 수신기 하드웨어 시스템이며, DTV 시스템에 애드온 보드로 장착되어 사용하게 된다. 본 연구에서는 DVB-T 수신기 시스템에 적용하기 위하여 OFDM 변조방식을 기초로 하여 DVB-T 수신기의 하드웨어 설계 및 개발을 구현하였으며, 기본기능 및 성능평가를 수행하여 본 시스템의 성능 향상을 확인하였다.

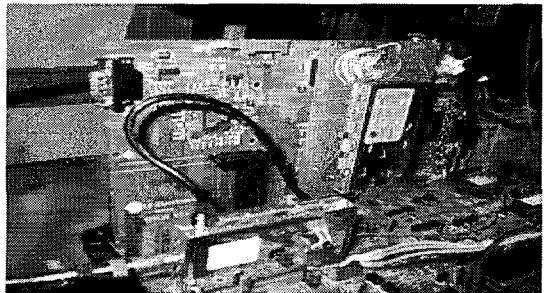


그림 14. DVB-T 수신기 시스템이 적용된 DTV

5. 결 론

본 논문에서는 DTV 수신기 시스템을 위한 향상된 OFDM 수신기 개발을 목표로 하여, DTV 시스템에 애드온 보드로 장착되는 DVB-T 수신기 시스템

을 개발하였다. 하드웨어적으로 본 수신기 시스템을 다른 3가지 시제품 모델과 성능 평가를 수행하였으며, 본 시스템의 우수성 여부를 최소 반송파 대 잡음비 및 최소 입력 신호 레벨을 통하여 확인하였다. 소프트웨어적으로는 사용자가 쉽게 디지털 TV에 친숙하도록 GUI의 기본 메뉴 설정 및 EPG를 개발하였다. 또한 본 시스템을 SoC 형태의 원 칩으로 구현하여 타 시스템과의 가격 경쟁력을 갖추도록 부품비 절감과 시스템의 확장성을 용이하게 하였으며, 여러 종류의 디지털 TV 제품에 적용이 가능하도록 구현하였다.

본 연구에서 개발한 유럽향 DTV 시스템 기술은 향후 본격적인 유럽 시장 진입 시에 이를 활용하여 제품화할 수 있는 기틀을 마련하였다고 본다.

참 고 문 헌

- [1] ETS Standard, "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems", European Telecommunication Standard ETS 300 468, January 1997.
- [2] ETSI Technical Report (ETR), "Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Allocation of Service Information (SI) codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems", ETR 162, October 1995.
- [3] J. A. C. Bingham, "Multicarrier modulation for data transmission: an idea whose time has come" IEEE Commun. Mag., Vol. 28, pp. 5-14, May 1990.
- [4] J. Gledhill, S. Anikhindi, P. Avon, "The transmission of digital television in the UHF band using Orthogonal Frequency Division Multiplex", Proceedings of the 6th International IEE Conference on Digital Processing of Signals in Communications, IEEE Conf. Publ. No. 340, pp. 175-180, September 1991.
- [5] R. Makowitz, A. Turner, J. Gledhill, M. Mayr, "A Single-Chip DVB-T Receiver", IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 44, No. 3, August 1998.
- [6] M. Dawkins, A.P. Burdett, N. Cowley, "A Single-Chip Tuner for DVB-T", IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 38, No. 8, August 2003.
- [7] S. Anikhindi, G. Cradock, R. Makowitz, C. Patzelt, "A Commercial DVB-T Demodulator Chipset", International Broadcasting Convention, Conference Publication No. 447, IEE, September 1999.
- [8] R. Makowitz, A. Buttar, S. Anikhindi, J. Gledhill, C. Patzelt, "DVB-T Decoder ICs", IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 43, No. 3, August 1997.
- [9] W. Y. Zou, W. Yiyan, "COFDM: an overview" IEEE Trans. Broadcasting, Vol. 41, pp. 1-8, March 1995.
- [10] ETS Standard, "Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television," European Telecommunication Standard ETS 300 744, May 1996.
- [11] ISO/IEC 13818-2, "International Standard MPEG-2 Video".
- [12] ISO/IEC 13818-3, "International Standard MPEG-2 Audio".
- [13] LSI Logic Datasheet, "L64782 DVB-T OFDM Demodulator", LSI Logic.
- [14] Conexant Technical Specification, "CX22700 Single-chip Solution for DVB-T Systems", Conexant Systems, February 2000.
- [15] Motorola Datasheet, "MC92314 DVB-T Single Chip Demodulator Application Note", Motorola, November 1998.
- [16] ST Microelectronics Datasheet, "STV0360 COFDM demodulator IC with A/D converter", ST Microelectronics, January 2002.
- [17] Zarlink Datasheet, "Zarlink MT352 COFDM demodulator", Zarlink Semiconductor.
- [18] ATI Datasheet, "ATI NXT6000 DVB-T Receiver", ATI.



최재승

1989년 조선대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1995년 일본 Osaka City University 정보통신공학과(공학석사)
 1999년 일본 Osaka City University 정보통신공학과(공학

박사)

2000년~2001년 일본 마쯔시타전기산업주식회사 AVC 사 연구원

2002년~현재 경북대학교 디지털기술연구소 연구원, 프로젝트 리더

관심 분야: 디지털 TV, 음성신호 및 영상신호처리



한동석

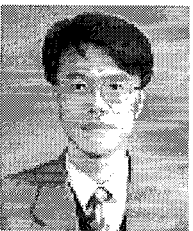
1987년 경북대학교 전자공학과 공학사
 1989년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
 1993년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)
 1989년~1996년 삼성전자 선임연

구원

1996년~현재 경북대학교 전자전기공학부 전임강사, 조교수, 부교수

2004년 1월~2004년 12월 플로리다대학(university of Florida) 전기전산공학과 방문교수

관심 분야: 이동통신 시스템, 통신신호처리



이연정

1984년 한양대학교 전자공학과(공학사)
 1986년 KAIST 전기및전자공학과(공학석사)
 1986년~1989년 한국기계연구원 연구원
 1994년 KAIST 전기및전자공학

과(공학박사)

1999년~2000년 일본 동경공업대 객원연구원

1995년~현재 경북대학교 전자전기공학부 부교수

관심 분야: 서비스로봇, 보행로봇, 학습제어, 임베디드 시스템



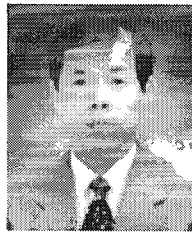
남재열

1983년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1985년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1991년 5월 University of Texas at Arlington 전기공학과 졸업(공학박사)

1985년 5월~1987년 7월 한국전자통신연구소 연구원
 1991년 9월~1995년 2월 한국전자통신연구소 선임연구원

1995년 3월~현재 계명대학교 정보통신학부 부교수

관심 분야: 영상압축, 영상통신, 멀티미디어 시스템



하영호

1976년 경북대학교 전자공학과(공학사)

1978년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1985년 Univ. of Texas at Austin (공학박사)

1986년~현재 경북대학교 전자전

기컴퓨터공학부 교수

관심 분야: 칼라영상신호처리, 컴퓨터비전, 디지털 신호처리 등