

논문 2011-06-13

임베디드 플랫폼 기반 미국향 모바일방송 다중화기 설계 및 구현

(Implementation of An Embedded Platform-Based ATSC Mobile Broadcasting Multiplexer)

권기원, 박경원, 김현식, 이연성

(KiWon Kwon, KyungWon Park, HyunSik Kim, YounSung Lee)

Abstract : In this paper, an ATSC(Advanced Television Standard Committee)-M/H(Mobile/Handheld) multiplexer is designed and implemented using an embedded Linux based hardware platform. The ATSC-M/H multiplexer is composed of a CPU(Central Processor Unit), an FPGA(Field-Programmable Gate Array), ASI(Asynchronous Serial Interface)/SMPTE310(Society of Motion Picture and Television Engineers310) interface board, and a GPS(Global Position System) clock processing block. The main functions of the ATSC-M/H multiplexer executed in the CPU and FPGA are described. The operation of the ATSC-M/H multiplexer is verified by processing its broadcast signal on a commercial receiver analyzer.

Keywords : ATSC, ATSC-M/H, Multiplexer, Embedded linux

1. 서론

한정된 주파수 자원을 효율적으로 관리하고 고화질/고품질의 다양한 서비스를 제공하기 위하여 21세기 들어 전세계 국가들이 아날로그 방송의 디지털 전환을 추진하고 있다. 이러한 가운데 미국의 디지털 지상파 방송 규격을 제정하는 미국TV 표준 위원회인 ATSC(Advanced Television Standard Committee)는 국내 지상파 DTV(Digital Television) 규격으로도 채택된 기존의 ATSC 1.0 규격을 진보시켜 디지털 지상파 방송에서 주문형 비디오 등 양방향 서비스를 구현할 수 있는 ATSC-NRT(Non-Real-Time)와 이동수신을 지원하는 ATSC-M/H(Mobile/Handheld), 그리고 고화질 영상압축 기술인 H.264를 포함시켜 성능을 개선한 차세대 DTV표준인 ATSC 2.0을 발표하였다

[1][2]. 특히, ATSC-M/H기술은 유럽 DTV 방식에 비해 약점으로 지적되던 이동성을 대폭 보완한 기술이다.

북미 모바일 DTV 규격인 ATSC-M/H는 6MHz 대역폭을 통해 19.39Mbps의 전송률을 지원할 수 있는 ATSC 시스템에서 15~17Mbps의 HD 콘텐츠 전송 시 생성되는 여유 공간에 352x288 해상도의 CIF(Common Intermediate Format)급 모바일 콘텐츠를 추가하여 전송하는 기술로 최대 120km/h의 이동속도를 지원한다 [3][4].

ATSC-M/H 서비스는 기존의 DTV 주파수를 활용하기 때문에 별도의 주파수 배정이 필요 없으며 또한, 기존 지상파 DTV와 호환성을 유지하면서 기존 방송장비를 활용할 수 있어 투자를 최소화할 수 있는 혁신적인 기술이다. ATSC-M/H는 무료 혹은 저렴한 비용에 모바일 서비스가 가능하기 때문에 MediaFLO 및 DVB-H(Digital Video Broadcasting-Handheld) 등에 비하여 높은 경쟁력을 지닐 것으로 전망된다.

본 논문에서는 임베디드 리눅스 기반 ATSC-M/H 다중화기 하드웨어 플랫폼을 설계 및 구현한 내용으로써, 2장에서 ATSC-M/H 기술의 개요와 3장에서 다중화기 플랫폼, 하드웨어, 프로토

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2011. 01. 26., 수정일: 2011. 02. 18.,

채택확정 : 2011. 03. 07.

권기원, 박경원, 김현식, 이연성 : 전자부품연구원

※ 본 논문은 '2009 산업원천기술개발사업 학술연구비에서 지원하여 연구하였음.

콜, 검증환경 및 구현결과의 내용을 제시하였으며, 마지막으로 결론으로 구성되어있으며, 현재 미국에서 디지털 이동방송 규격으로 사용되고 있는 ATSC-M/H 규격을 만족하는 방송장비용 멀티플렉서 하드웨어 플랫폼을 제시하였다.

II. ATSC-M/H 표준 동향 및 특징

1. ATSC-M/H 표준화 동향

기존의 ATSC 방식은 유럽의 디지털 방송인 DVB-T에 비하여 우수한 화질을 제공할 수 있어 많은 논란에도 불구하고 국내 디지털 방송 규격으로 도입되었으나, 전력소비와 이동성 지원 문제로 모바일 방송에 적용하기 어려운 단점이 있었다. 이에 ATSC는 현재 지상파 디지털 TV 방송용으로 할당된 주파수를 그대로 사용하면서 기존 디지털 TV 서비스에는 아무런 영향을 주지 않고, 최소한의 추가 투자만으로 모바일 TV방송을 가능하게 하자는 목적 아래 2007년 4월부터 본격적으로 ATSC-M/H 표준화 작업을 추진하였다.

2007년 5월 ATSC 기술표준그룹(TSG)에서 최대 120km/h의 이동속도에서 CIF급 영상 서비스를 지원하며, 비실시간 모드에서 480p(progressive)의 비디오 해상도를 지원하는 기술규격 제안요청서(RFP: Request for Proposal) 발표하였다 [1].

기술규격 제안요청서에 따라 10개의 시스템이 제안되었으나, LG전자/Harris사의 MPH (Mobile/Pedestrian/Handheld)와 삼성전자/Rohde& Schwarz사의 A-VSB(Advanced-VSB) 두 시스템이 최종적으로 남아 경쟁하다가 2008년 5월 M/H 기술규격을 주도하던 국내 두 회사가 ATSC-M/H 기술규격을 공동 개발해 ATSC에 제안하기로 전격 합의되었다. 2008년 12월초에 삼성전자와 LG전자 주도의 통합 규격안이 ATSC에 상정되었으며, 2009년에 표준화가 완료되었다. 그리고 2009년 하반기에 미국 내 지상파 TV방송사 중심의 모바일 TV 연합체인 OMVC(Open Mobile Video Coalition) 소속의 FOX 및 NBC 등 일부 방송사가 시범서비스를 실시하고 있다.

2. ATSC-M/H 시스템 특징

ATSC 시스템은 기술적으로 이동성 지원이 힘들어 모바일 TV 서비스에 취약한 단점이 있다. ATSC-M/H시스템은 이러한 취약점을 극복하여 기

존의 ATSC시스템과 호환성을 유지하면서 모바일 TV 서비스를 제공하기 위하여 고성능/고효율 에러정정 부호, 타임 슬라이싱(Time Slicing) 기술, SFN(Single Frequency Network) 기술 등 다양한 기술들을 도입하였다 [2]. 그림 1은 ATSC-M/H의 서비스 개념도를 도시한 것이다. 그림에서 ATSC-M/H 시스템은 기존 시스템과 호환성을 유지하며 모바일용 콘텐츠의 전송이 가능하도록 M/H 다중화기를 추가하였으며, 기존의 ATSC 모듈레이터를 일부 변경하여 이동수신이 가능하도록 재설계되었다.

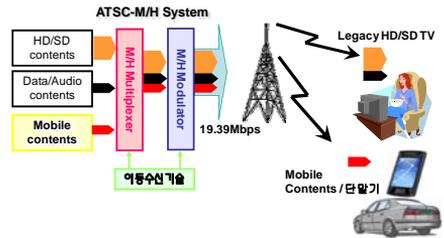


그림 1. ATSC-M/H 서비스 개념도
Fig. 1. ATSC-M/H service conceptual diagram

ATSC-M/H 시스템은 기 할당된 ATSC의 6MHz 대역폭에서 19.39Mbps의 총 전송률을 메인 HDTV 서비스와 모바일용M/H 서비스의 수가 공유하여 사용한다. 따라서 M/H의 서비스가 증가하면 메인 ATSC 서비스에 할당된 대역폭/전송률이 줄어든다. 고정수신용 DTV 서비스 채널을 증가시키기 위한 다채널 방송과 달리 ATSC-M/H은 모바일 서비스용으로 배정된 채널에 이동수신이 가능하도록 고성능 에러정정 부호를 적용하고 채널 추정용 신호를 추가하여 전송한다 [5].

III. 임베디드 플랫폼 기반 미국형 모바일방송 다중화기 구현

1. 다중화기 플랫폼 기능

본 논문에서 구현된 다중화기는 기본적으로 ATSC 서비스와 M/H 서비스를 다중화 하는 역할을 담당한다. 그림 2와 같이 ATSC 서비스는 다중화기에 입력이 되면 잠시 시스템에 저장되었다가 M/H 데이터가 입력이 되어 M/H 패킷이 생성되면 ATSC 데이터와 M/H 데이터를 다중화 하는 기능을 수행한다.

M/H 다중화기는 단순히 ATSC 서비스와 M/H 서비스를 다중화 하는 기능 이외에 선처리기(Pre-processor) 내에서 이동수신 성능을 개선하기 위해 RS 부호 및 길쌈부호를 추가하여 오류정정 성능을 개선하고 또한 고속이동에 따른 시변채널의 추정을 위해 6개의 훈련신호가 추가되며, 이동환경에서 안정적인 데이터 수신을 위하여 ATSC-M/H는 외부 부호로 RS 부호, 내부 부호로 길쌈부호 두가지의 오류정정 부호를 M/H 다중화기에서 추가로 적용 된다.

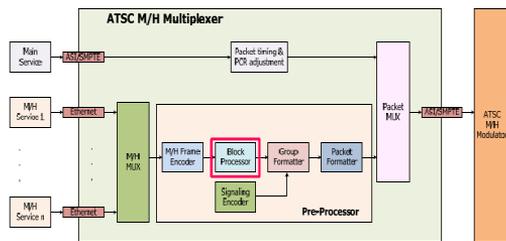


그림 2. ATSC-M/H 다중화기 기능
Fig. 2. ATSC-M/H multiplexer function blocks

세부 블록들을 살펴보면 다음과 같다. 선처리기 부분의 RS 부호기(encoder)는 하나 혹은 두 개의 Ensemble로 구성되는 각 Parade의 데이터 Payload에 RS 부호 및 CRC 부호화를 수행한다.

먼저 이더넷을 통하여 수신되는 데이터를 Ensemble를 구성하는 IP datagram에 따라 필터링하여 데이터 프레임을 구성한다. 세로의 길이는 187이며, 가로 길이는 NoG, PL, 그리고 RS의 패리티의 길이인 P에 따라 계산된다. 블록프로세서의 주 기능은 SCCC의 외부 부호화를 수행하는 것이며 길쌈 부호기 및 심볼 인터리버는 모듈레이터에 위치한 사후 처리기(Post-Processor) 내의 트랜시스 부호기와 효율적으로 연접되어 SCCC를 구성하여야 한다. 시그라링 부호기는 10바이트의 TPC(Transmission Parameter Channel) 데이터와 37바이트의 FIC(Fast Information Channel) 데이터를 입력받아 276 바이트의 시그라링 데이터를 생성한다. 그룹 포맷터는 블록 프로세서의 출력인 10개의 M/H 블록, 시그라링 데이터, 트랜시스 초기화 바이트, 그리고 6개의 훈련신호를 삽입하여 길쌈 인터리빙 후 그룹 포맷을 생성하고 길쌈 디인터리버를 통하여 인터리빙 전 118개의 MHE(Mobile Handheld Encapsulated) 패킷을 생성하는 역할을 담당한다. 패킷 포맷터에서는 먼저 메인 ATSC 서

비스를 위한 데이터 위치를 확보하기 위해 삽입된 데이터를 제거하고 RS 패리티 위치 확보용 데이터를 제거하여 총 187바이트로 구성된 총 118개의 MHE 패킷을 생성한다.

M/H 서브프레임 내에 총 M/H 그룹의 수 TNoG(Total Number of Groups)가 결정되면, 각 M/H 그룹에 대한 M/H 슈퍼프레임 내의 slot의 위치가 결정된다. 따라서 M/H가 데이터가 전송될 slot은 메인 ATSC 데이터가 위치하지 않도록 비워 주어야 한다. 또한, MPEG-2 TS 패킷의 전송 위치 및 순서가 바뀌었기 때문에 MPEG 디코더에 레퍼런스 클럭을 제공하여 인코더와 동기화가 가능하도록 하는 PCR(Program Clock Reference)을 패킷의 바뀐 위치 및 순서에 따라 조정해 주어야 한다. 이러한 일련의 과정을 패킷 타이밍 및 PCR 조정블럭에서 담당해야 한다. 최종적으로 패킷 다중화기는 M/H 서비스를 위한 TS 패킷과 메인 ATSC 서비스를 위한 TS 패킷을 다중화 하여 968m/s의 M/H 프레임 구성함으로써 다중화기의 주요 기능을 수행하도록 설계되어야 한다. 최종적으로 다중화된 스트림은 모듈레이터로 ASI/SMTPE 형식의 인터페이스로 전달되어야 한다.

2. 다중화기 하드웨어 설계

본 논문에서 구현된 다중화기는 앞서 살펴본 것과 같이 새로운 ATSC-M/H 데이터가 삽입될 수 있도록 기존의 ATSC의 패킷타이밍 및 PCR 값을 조정하는 부분과 M/H 데이터가 고속의 이동환경에서도 안정적으로 수신될 수 있도록 RS-CRC (Reed-Solomon-Cyclic Redundancy Check) 및 SCCC(Serially Concatenated Convolutional Code) 등 추가적인 FEC(Forward Error Correction)를 적용하는 전처리기(Pre-Processor) 기능을 수행할 수 있도록 구성되어야 한다.

이를 위한 ATSC-M/H 하드웨어 다중화기를 설계하기 위해 전용 하드웨어인 FPGA (Field-Programmable Gate Array)와 MIPS (Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages) 계열의 CPU(Central Processing Unit)를 사용하여 전체 시스템 하드웨어를 구성하였다. 전용하드웨어로는 FPGA를 사용하여 대부분의 기능을 빠른 시간 안에 처리하도록 설계하였고, CPU에 임베디드 리눅스를 포팅하여, 소프트웨어적으로 변경 가능한 블록들을 설계하여 ATSC-M/H의 표준을 만족 할 수 있도록 구현하였다. 그림3은 다중화기 하드웨어 플랫폼 구조를 도시하였다.

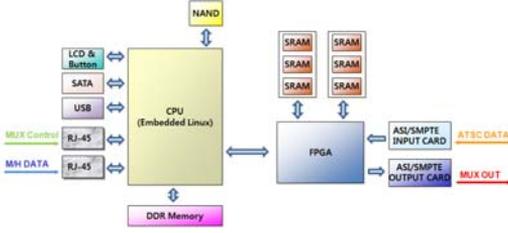


그림 3. 다중화기 하드웨어 플랫폼 구조
Fig. 3. ATSC-M/H multiplexer architecture

M/H 데이터는 이더넷 인터페이스를 통해 입력 받고 ATSC 데이터는 ASI/SMPTE310 인터페이스로 ATSC 비디오/오디오 데이터를 입력받는다. 또한 다중화 완료된 데이터 ASI/SMPTE310 인터페이스 보드를 통해 ATSC-M/H 모듈레이터로 데이터를 전달하도록 설계되었다.

3. 다중화기 프로토콜 스택

그림 4는 ATSC-M/H 시스템의 프로토콜 스택을 도시한 것이다. 기존의 ATSC 시스템은 MPEG Transport를 통하여 다중화기에 전송되던 반면, ATSC-M/H는 비디오/오디오 및 데이터 서비스 모두 UDP기반 IP Transport로 전송된다. 각 M/H 서비스를 구성하는 다수의 IP 데이터그램은 하나의 Ensemble을 형성하며, M/H 서비스는 하나 혹은 하나 이상의 Ensemble을 통하여 제공될 수 있다 [7].

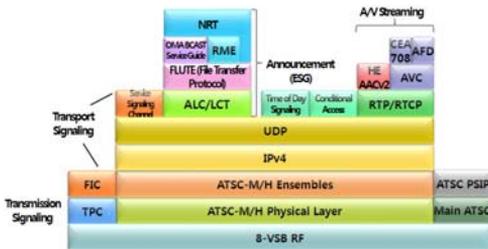


그림 4. ATSC-M/H 프로토콜 스택
Fig. 4. ATSC-M/H protocol stack

또한, Parade는 동일한 FEC(Forward Error Correction)가 적용된 하나 혹은 두 개의 Ensemble로 구성되며, 사용자가 특정 M/H 서비스를 선택할 경우에 각 M/H 수신기는 모든 Parade를 수신할 필요없이 해당 Ensemble이 포함된 Parade

만을 수신하여 복호할 수 있으므로 효율적인 수신 가능하다. 구현된 다중화기에서는 임베디드 리눅스가 포팅된 CPU에서 다중화기 프로토콜의 대부분을 처리하도록 설계되었다.

4. 검증 환경

본 논문에서 개발된 다중화기의 검증환경은 그림 5와 같다. 제어용 호스트 PC를 통하여 M/H 다중화기 설정정보를 제공받아 설정하고 M/H데이터는 실시간 A/V 인코더를 통해 인코딩된 비디오/오디오 데이터를 이더넷을 통해 입력받고 ATSC 데이터인 경우는, ASI/SMPTE310 인터페이스로 ATSC 비디오/오디오 데이터를 입력받는다. 이 두 데이터를 구현된 다중화하여 나온 출력신호를 ATSC-M/H 모듈레이터로 전송하여 RF 신호로 송출하도록 구축되어 있다.

구현된 다중화기의 임베디드 S/W는 리눅스(커널 2.6.33)기반에서 구현되었으며 표준C언어를 사용하여 MPIS계열의 CPU에 포팅되어 관련 기능을 수행하도록 구현되었다.

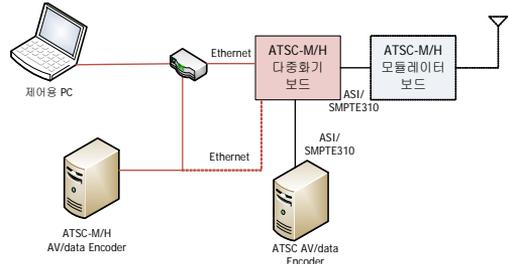


그림 5. ATSC-M/H 다중화기 검증환경
Fig. 5. ATSC-M/H multiplexer test environment

5. 구현 결과

구현된 다중화기의 하드웨어 플랫폼은 그림 6과 같다. 다중화기의 구조는 ASI/SMPTE310 인터페이스 블록과 FPGA, CPU등이 중앙에 배치되어 있으며, 10Mhz GPS 레퍼런스 클럭을 입력받아 메인 동작 클럭을 생성하는 블록, FPGA용 메모리 블록, 디버깅 UART인터페이스, 다중화기 제어 및 M/H 데이터를 입력받는 이더넷 블록 등으로 구성되어 있다. 구현된 다중화기에서 출력되는 신호를 앞절의 기술한 검증환경에 적용하여 올바른 동작을 수행하는지 검증하였다.

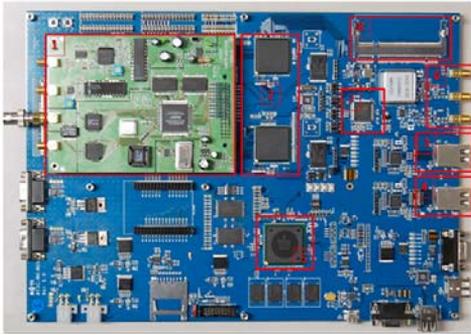


그림 6. ATSC-M/H 다중화기
Fig. 6. ATSC-M/H multiplexer

표 1은 구현된 다중화기의 주요 블록에 대한 정보를 나타내고 있다. 메인 H/W 부품인 FPGA는 Xilinx사의 FPGA를 사용하였으며, 외부와의 인터페이스를 담당하는 ASI I/O 카드는 별도의 I/O보드로 구성하여 변경 가능하도록 설계되어 있다. 또한 방송 장비의 기본적인 기능인 GPS 신호 처리 블록이 구현되어 있으며 이를 위한 10Mhz 클럭 입력 및 1PPS 입력회로도 구성되어 있다.

표 1. 다중화기의 주요 블록
Table 1. Main block in H/W multiplexer

번호	설명
1	ASI 및 SMPTE310 입출력 입부인터페이스 카드
2	XilinxFPGA
3	Ethernet: control data
4	Ethernet: M/H data
5	메인 CPU
6	10MHz GPS Reference Clock 입력
7	PLL
8	FPGA용 DDR 메모리 카드

송출된 ATSC-M/H 신호들은 PC기반 상용 ATSC-M/H 수신분석기에서 신호를 수신하여 올바르게 다중화기가 설계되었는지 검증할 수 있었다. 그림 7은 상용 ATSC-M/H 수신분석기인 (주)디티비인터랙티브사의 ATA1000을 나타내고 있으며, 그림 8은 구현된 다중화기의 출력신호를 수신하여 M/H 동영상상이 재생되는 결과를 보여주고 있다.

표2는 다중화기 A/V 연동테스트 프로파일로서 실질적인 다중화기의 A/V 입력 조건이며 비디오와 오디오 전송비율에서 IP 패킷이 정상적으로 입력되어 처리되는 테스트 프로파일을 나타내고 있다. 표

3은 구현된 플랫폼의 주요 평가 항목 중 하나이며, 송출되는 퍼레이드(Parade)와 NoG(Number of Group)에 따른 M/H 프로세싱 타임을 나타내고 있다.

표 2. 다중화기의 A/V 연동테스트 프로파일
Table 2. A/V test profile in H/W multiplexer

Pro-file	Video Rate	Audio Rate	Destination IP	Port
P1	718.7kbps (15fps)	48kbps (HE-AAC)	239.1.5.4	8000 -8004
P2	425.1kbps (15fps)	48kbps (HE-AAC)	239.1.5.4	8000 -8004

표 3. 다중화기의 프로세싱 타임
Table 3. Processing time in H/W multiplexer

# of Parades	NoG	M/H Processing time (ms)
1	4	< 20 ms
1	8	< 40 ms
1	8	< 20 ms
2	4	< 40 ms
	4	
2	8	< 70 ms
	8	

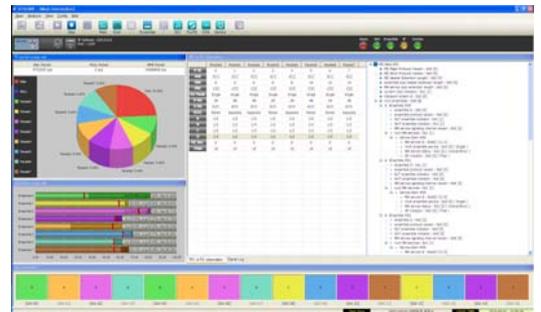


그림 7. ATSC-M/H 상용
분석모니터링시스템(ATA1000)
Fig. 7. Commercial ATSC-M/H analyzer

구현된 플랫폼은 기존의 S/W기반 상용 다중화기에 비해 프로세싱 타임이 적게 소비되는 것과, 서버기반 다중화기 비해 보다 안정적이며, 전용 H/W 로직을 통한 정확한 연산을 수행할 수 있는 점이

장점이다. 그러나 다른 H/W 기반의 플랫폼과의 비교는 공개된 정보가 없어 비교하지 못하였다.

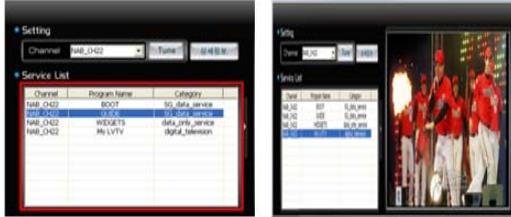


그림 8. 수신된 ATSC-M/H 영상

Fig. 8. Reception of ATSC-M/H video data

IV. 결론

구현된 ATSC-M/H 하드웨어 다중화기는 실시간 ATSC-M/H 오디오/비디오 인코더를 통해 입력되는 스트림을 받아 다중화를 거쳐 상용 RF 모듈레이터를 통해 RF 신호를 송출하도록 설계되었다.

송출된 ATSC-M/H 데이터는 PC기반 상용 수신 분석기에서 신호를 수신/분석하여 검증을 수행함으로써 설계된 다중화기가 올바르게 동작함을 검증하였다.

구현된 ATSC-M/H 다중화기 하드웨어 플랫폼은 상용 다중화기에 적용가능하며, 앞으로 폭발적인 수요가 예상되는 미국 ATSC-M/H 방송장비 시장에서 우위를 선점하고 관련기술을 선도할 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] www.atsc.org
- [2] ATSC, "ATSC-mobile DTV standard, part 1 - ATSC mobile digital television system", ATSC Standard, Document A/153 Part 1, Oct. 2009.
- [3] ATSC: ATSC Mobile DTV Standard, Part 2 . RF/Transmission System Characteristics (A/153 Part 2:2009), Advanced Television Systems Committee, Oct, 2009.
- [4] ATSC: ATSC Mobile DTV Standard, Part 3 . Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics (A/153 Part 3:2009), Advanced Television Systems Committee, Oct, 2009.
- [5] 박경원, 위정욱, 전원기, 백종호, "ATSC-M/H 기술", 정보와 통신: 한국통신학회지 26(10), pp. 18-24, Oct. 2009.
- [6] ATSC: ATSC Mobile DTV Standard, Part 7 . AVC and SVC Video System Characteristics (A/153 Part 7:2009), Advanced Television Systems Committee, Oct. 2009.
- [7] Changhyeon Lim and Byoung-Dai Lee , "Development of ATSC-MH receiver for mobile digital TV services", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.56, No.3, Aug. 2010.

저 자 소 개

권기원



1997년 : 광운대학교
컴퓨터공과 학사.
1999년 : 광운대학교
컴퓨터공학과 석사.
2007년 : 중앙대학교
전자공학과 박사수료.

현재, 전자부품연구원 선임연구원.
관심분야 : 방통융합 기술, 디지털통신,
방송 시스템설계.
Email : kwonkw@keti.re.kr

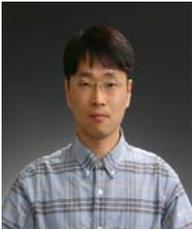
김현식



2002년 : 인하대학교
전기과 학사.
2004년 : 인하대학교
정보통신학과 석사.
현재, 전자부품연구원
선임연구원.

현재, 전자부품연구원 선임연구원.
관심분야 : 디지털통신, 방송시스템 설계.
Email : hskim@keti.re.kr

박경원



1999년 : 중앙대학교
전기공학과 학사.
2001년 : 중앙대학교
전기공학과 석사.
2005년 : 중앙대학교
전자전기공학부 박사.

현재, 전자부품연구원 선임연구원.
관심분야 : 디지털통신, OFDM 셀룰러/LAN 모델,
디지털 방송 및 통신융합 시스템.
Email : kwpark@keti.re.kr

이연성



1996년 : 광운대학교
컴퓨터공학과 학사.
1998년 : 광운대학교
컴퓨터공학과 석사.
2010년 : 연세대학교
전자공학과 박사수료.

현재, 전자부품연구원 선임연구원.
관심분야 : 임베디드 하드웨어.
Email : yslee@keti.re.kr