

---

# DSP상에서 실시간 처리 가능한 MPEG-4 Library에 관한 연구

홍성화, 정석용  
동양미래대학 전산정보학부

## A Study for the MPEG-4 Library to operate in real-time on the DSP

Sung-Hwa Hong, Suk-Yong Jung  
School of Computing and Information, Dongyang Mirae University

---

**요약** 멀티미디어 시대의 정보는 영상을 중심으로 음향, 문자, 도형 등이 서로 결합되어 있다. 때문에 통신망이 발달하고 저장미디어의 용량이 늘어난다 하더라도 이러한 방대한 정보를 그대로 수용할 수는 없다. 이러한 의미에서 영상, 음향, 음성의 압축과 다중화를 위한 국제표준들인 H261, JPEG, JBIG, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, H263, G시리즈 등은 멀티미디어의 핵심 기술들이다. 이러한 멀티미디어 서비스 시대의 기반을 조성하기 위한 기술의 첫걸음으로 실시간 MPEG-4 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 실시간 MPEG-4 전송 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 향후 개발되어질 여러 시스템에 활용되어질 수 있는 기반 기술이 될 것이다. 화상회의, 빌딩 보안 시스템, 인터넷을 활용할 VOD 동영상 시스템 등에서 활용할 수 있게 될 것이다. 또한 테스트베드의 활용된 기술들인 임베디드 리눅스, MPEG-4 소프트웨어, 이미지 센싱 기술들은 또 다른 시스템 개발시 원천기술이 될 것이다.

• **주제어** : 디에피, 엠팩4, 임베디드 리눅스, 에이알엠

**Abstract** Informations of multimedia centering in the images, are combined acoustic and letter, etc. Although the network advances and the capacity of the storage media extends, these huge informations will not be able to accommodate. From meaning which is like this, International standards for the compression and a multiplexing of image, acoustic and voice H261 where admits standard, JPEG, JBIG, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 and H263, G series etc, are core techniques of multimedia. At initial step of the base technique which creates the base of like this multimedia service time, we developed the real-time MPEG-4 transmission systems to provides real-time MPEG-4 multimedia services. This system means becomes the base technique which hereafter is developed and is applied various system. This system Will be able to apply from a videoconference, a building protection system and a VOD video system to use the Internet. And, They, the image sensing, embedded linux, and MPEG4 software, will become sourceful technique to develop the different system.

• **Key Words** : DSP, MPEG-4, Embedded Linux, ARM

### 1. 서론

컬러TV의 등장이 가전산업의 전환과 함께 생활의 일대 혁신을 몰고 왔다면 21세기 가전은 단독의 미디어로 존재해온 TV와 오디오, 컴퓨터 데이터 등을 하나로 통합한 디지털 컨버전스로 요약된다. 디지털 컨버전스는 특히 정보화의 빠대인 인터넷이라는 실시간 네트워크를 통해 시간과 공간의 제약을 벗어난 통합을 현실화시켜 주고 있다.

MPEG-1, MPEG-2 표준이 만들어짐에 따라 기존의 방송, 통신과 컴퓨터 산업간의 경계가 없어지고 서로 융합되어 복잡적이고 다양한 서비스들을 제공하기 시작했다. 그러나 호환성에 문제가 생기자 이러한 요구를 반영하여 1993년부터 연구하기 시작한 것이 MPEG-4이다[1, 2, 3]. MPEG-4는 대역폭이 적은 통신매체에서도 전송이 가능하고 양방향 멀티미디어를 구현할 수 있는 A/V(Audio/Video) 표준 부호화 방식이다.

MPEG-4에서는 기존 H.261, JPEG, MPEG-1, MPEG-2에서 쓰던 블록 단위의 변환 부호화 방법을 탈피하고 영상 내용에 근거하여 영상 신호를 부호화하는 새로운 방법을 추구하고 있으며, MPEG-1, MPEG-2가 압축율을 높여 빠른 전송을 하는 데 중점을 둔 반면 64kbps급의 초저속 고압축을 실현을 목적으로 하고 있다 [4, 5].

MPEG-4의 기능은 크게 객체지향 대화형, 고능률 압축, 범용 액세스 등이 있다. 객체지향 대화형 기능은 화면이나 음향 같은 요소들을 독립적으로 취급하면서 이들을 서로 링크에 의해 결합해 사용자가 화면이나 음향을 자유로이 구성할 수 있는 기능을 말한다. 예를 들어 화면 속의 모든 물체를 하나의 개체로 분리하여 따로 따로 저장하거나 전송한 후에, 정보를 수신하는 쪽이 나누어진 개체를 하나로 모아 완성된 화면을 볼 수 있도록 한다. 영화나 게임 속의 주인공 얼굴을 자신의 사진으로 대체할 수도 있다.

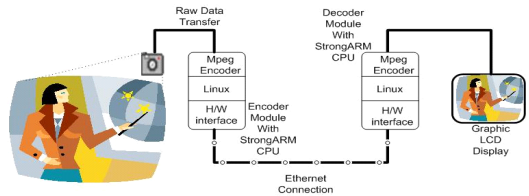
한편 통신의 광대역화와 방송의 디지털화가 급물살을 타면서 통신과 방송의 하나로 융합되고 있는 상황에서는 음성과 데이터 전송이 전부였던 통신 네트워크에서 방송 형태의 동영상 서비스가 시작되고 방송 네트워크에서도 양방향 데이터통신이 가능해진다. 결국 모든 정보가 하나의 네트워크로 연결되는 유비쿼터스(ubiquitous)시대의 초입에 들어서는 것이다.

본 논문은 DSP 상의 MPEG-4 시스템의 기술 및 특성

에 대하여 기술하고, 이를 활용하기 위한 방안에 대하여 기술하였다. 본 논문은 제 1 장 서론, 제 2 장 MPEG 멀티미디어 시스템의 구조, 제 3 장 시스템 회로도 및 상세 구조, 제 4 장 실시간 MPEG-4 전송 시스템, 제 5 장 결론으로 구성되어 있다.

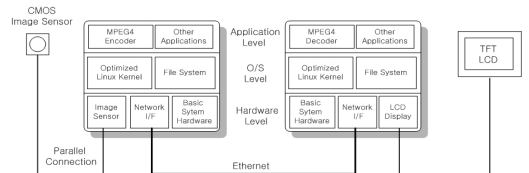
### 2. MPEG-4 멀티미디어 시스템의 구조

그림 1과 같이 맨 처음 부호화기 ARM 보드에 부착되어 있는 CMOS 이미지 센서를 통해 RAW 이미지를 받아들이고, 이 데이터는 MPEG-4 부호화기의 입력으로 들어간다.



[Fig. 1] Model of System Implementation

부호화기는 이를 적절한 MPEG-4 압축 파일로 만들고 이를 네트워크 인터페이스를 통해 복호화기 ARM 보드로 보낸다. 이를 받은 복호화기 ARM 보드에서는 해당 데이터를 복호화기의 입력으로 받아들이고 이를 다시 복호화하여 복호화기 ARM 보드에 부착된 LCD를 통하여 실시간의 데이터를 디스플레이 한다.



[Fig. 2] System Block Diagram

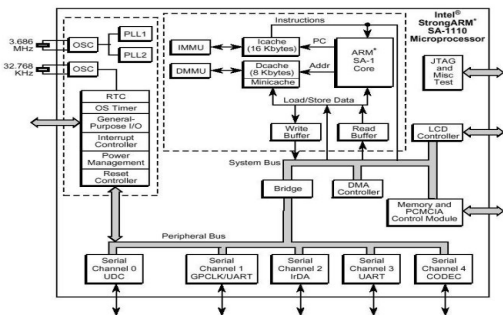
각 보드는 그림 2와 같이 크게 Application Level, O/S level, 그리고 Hardware Level의 블록으로 나누어진다. Hardware Level에서는 실제로 보드에 부착된 하드웨어를 제어하기 위한 디바이스 드라이버 루틴들이 실행된다. 즉, CMOS 이미지센서나 네트워크 인터페이스 등이 이곳에 들어간다. O/S Level에서는 실제로 자체 개발한 ARM 보드에 맞게 Optimizing된 Linux Kernel과 기본적

인 Linux File System들이 실행된다. Application Level에서는 보드 실행을 위한 기본적인 Application들과 MPEG-4의 부호화기와 복호화기가 포팅되어 실행된다.

### 3. 시스템 회로도 및 상세 구조

#### 3.1 Strong ARM 보드의 구성

32 비트 방식의 1 클럭당 1개의 명령을 수행하는 RISC 방식의 프로세서이며 ARM사에서 제공하고 있는 ARM V4의 코어를 사용하는 Strong ARM CPU를 이용하여 그림 3과 같은 보드를 구성하였다. Strong ARM CPU는 여기서 보통 1 클럭에 1개의 명령을 수행한다[6].



[Fig. 3] Configuration of Strong-ARM

SA-1110은 JTAG을 지원하는데 이것은 내부와는 별도의 로직으로 구성되어 있다. 그러므로 전원만 인가되면 독립적으로 동작된다. JTAG은 기본적인 BYPASS EXTEST 같은 기본적인 것 이외에 하드웨어 디버깅을 위한 기능을 갖추고 있다[7, 8].

ARM SA-1 Core는 가장 핵심이 되는 MCU 코어이다. 이 SA-1 Core 외부에 Icache : 명령을 위한 캐쉬 16KB 가 내장되어 있고, Dcache : 데이터 처리를 위한 캐쉬 8KB가 내장되어 있다. 이 주변에 IMMU, DMMU, Write Buffer, Read Buffer가 내장되어 있다. 캐쉬 장치 외부에 IMMU(명령 메모리 관리 장치)와 DMMU(데이터 메모리 관리 장치)가 연결되어 있다.

SA1110 이라는 것은 MCU와 그의 주변 장치들이 하나의 패키지 형태로 집적되어 있는 시스템이므로 아주 작은 마이크로 보드로 보이도 무방하다. MCU와 직접적으로 연결되어 있는 어드레스, 데이터, 제어 버스를 시스템버스라 한다. 우리가 SA1110 외부에 붙이는 장치들

SA1110의 내부 시스템 버스와 직접적으로 연결되어 있지 않고, Memory 와 PCMCIA를 제어하는 장치의 버스를 이용하였다. 이 시스템 버스는 DMA 제어 장치, 주변 장치 버스 Bridge, LCD 제어 장치, Memory 와 PCMCIA 제어 장치 모듈과 연결되어 있다[9, 10].

SA1110은 내부에 DMA 제어 장치를 가지고 있다. 이 DMA 제어기는 SA1110 내부의 주변 장치의 버스와 시스템에 연결되어 있다. SA1110 외부 버스에 DMA나 기타 버스 제어(PCI와 같은)를 하기 위해서는 GPIO의 GP21과 GP22를 사용하여야 한다. GP22는 MBREQ라 하여 버스 제어권 이양을 요구하는 것이고, GP21는 MBGNT라 하여 버스 제어권 이양에 대한 허가를 하는 것이다[11, 12].

시스템 버스와 주변 장치 버스의 연결하는 것을 주변 장치 버스 Bridge라 한다. 주변 장치 버스에는 다음과 같은 장치가 연결되어 있다.

- Serial Channel 0 UDC : 보통 USB end point 제어 장치라 한다.
- Serial Channel 1 GPCLU/UART : 클럭 분주기로 이용하거나 UART 장치로 이용할 수 있다.
- Serial Channel 2 IrDA : 보통 PC에서 사용되는 적외선 통신 장치이다.
- Serial Channel 3 UART : 일반적인 UART이다.
- Serial Channel 4 CODEC : 음향에 관련된 통신 장치이다.
- RTC : 시계에 대한 장치이다.
- General Purpose I/O : 일반적인 I/O 용 장치이다.
- Interrupt Controller : 인터럽트 제어 장치이다.
- Power Management : 전원 제어 장치이다.
- Reset Controller : 리셋 제어 장치이다.

시스템 버스에 바로 연결되어 있는 것 중 하나는 LCD 컨트롤러이다. 이 장치가 주변 장치에 연결되어 있지 않고 시스템 버스에 연결되어 있는 이유는 LCD 장치는 화면 처리가 필요하므로 고속의 데이터가 전송될 필요가 있으며 DMA기능을 사용하여, 처리 속도의 향상을 위해서 이다.

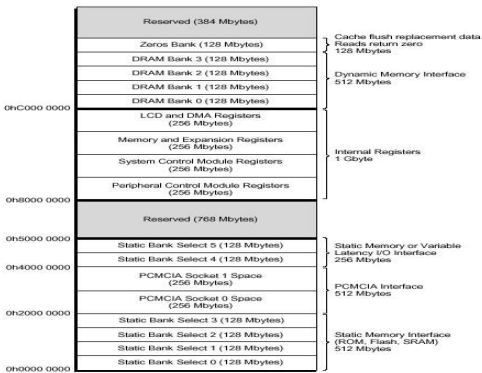
Memory 와 PCMCIA 제어 모듈은 주변 메모리의 제어를 담당하기 위한 것으로 외부 버스와 연결 되어 있고, 또한 PCMCIA를 제어하기위한 모듈도 포함되어 있다.

SA1110 외부에는 3.686 MHz 와 32.768KHz 의 오실레이터가 클럭을 공급하는데, 3.686MHz는 PLL1과 PLL2에 의해서 내부 코어 클럭을 발생시킨다. 이 클럭은 내부

코어 뿐만 아니라 내부 시스템버스와 Memory 관련 장치의 클럭 공급에 사용되고, 32.768KHz는 주변 장치에 클럭을 공급한다.

### 3.2 Strong ARM에서의 메모리 영역

SA-1110 의 메모리 공간은 크게 정적 메모리 영역, PCMCIA 메모리 영역, 내부 레지스터 영역, 동적 메모리 영역, 캐쉬 영역으로 나누어진다.



[Fig. 4] Memory Area

정적 메모리 영역은 ROM, Flash, SRAM 같은 지연 처리가 필요없는 영역과 지연 처리가 필요한 I/O 영역으로 나뉜다. 이 영역은 0x0000 0000 ~ 0x2000 0000 , 0x4000 0000 ~ 0x5000 0000으로 두개의 분리된 영역으로 나뉘어진다. 0x0000 0000 부터 0x0800 0000까지는 부팅 처리 소프트웨어가 탑재되는 롬이나 부트 롬 영역에 할당 하게 된다. 각 영역의 크기는 nCS 신호선을 이용하여 처리 한다면 128M Byte단위가 된다. Strong ARM에 설계되는 외부 인터페이스는 이 공간에 할당한다. 특히 저속 디바이스라면 nCS3 ~ nCS4가 설정되는 0x1800 0000 nCS3, 0x4000 0000 nCS4, 0x4800 0000 nCS5 영역에 위치한다.

PCMCIA 메모리 영역은 각 슬롯마다 256MByte 단위로 영역이 할당되어 있다. 0x2000 0000 ~ 0x3000 0000은 소켓 0 의 영역으로, 0x3000 0000 ~ 0x4000 0000 은 소켓 1의 영역으로 할당된다.

Strong ARM의 내부에 탑재된 디바이스는 내부 레지스터 영역으로 0x8000 0000 ~ 0xC000 0000 영역에 할당 되어 있다.

임베디드 시스템에 사용되는 RAM영역으로는

0xC000 0000 ~ 0xE000 0000에 할당되어 있다. 이 공간은 다시 4개로 나누어지는데 각 각 128 M Byte 공간을 갖는다.

- 0xC000 0000 nSDCS0 128MBytes
- 0xC800 0000 nSDCS1 128MBytes
- 0xD000 0000 nSDCS2 128MBytes
- 0xD800 0000 nSDCS3 128MBytes

캐쉬 영역은 캐쉬에 할당된 영역이 아니고 캐쉬를 비우기 위한 것으로 사용될 수 있는 공간이다. 이 영역은 읽기를 하면 무조건 0이 반환된다. 실질적으로 이 영역은 정의만 되어 있는 것이지 사용할 수 있는 공간이 아니다.

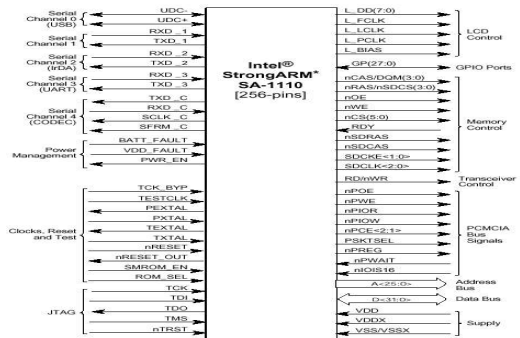
그 외 예약영역으로 0xE800 0000 ~ 0xFFFF FFFF 영역은 예약영역이다. 현재는 사용 불가능한 영역이다. MPEG-4 전송 시스템을 위한 보드의 경우 외부에 붙는 기본적인 디바이스는 Flash ROM, SDRAM , CS8900 이 있는데 연결 영역은

- Flash ROM : nCS0 - 0x0000 0000
- CS8900 : nCS2 - 0x1000 0000
- SDRAM : nSDCS0 - 0xC000 0000

을 할당하였다.

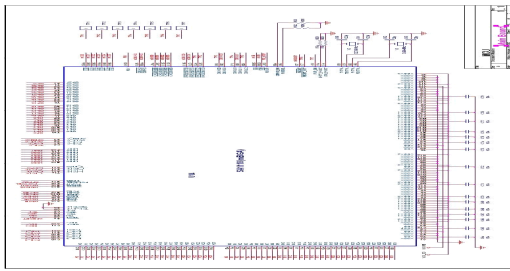
### 3.3 시스템 회로도의 설계

ARM CPU 인터페이스는 그림 5와 같다.



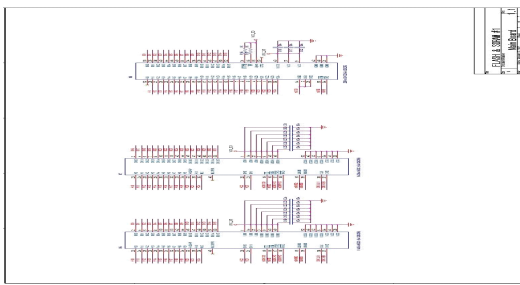
[Fig. 5] ARM CPU Interface

MCU 회로도는 그림 6과 같다.



[Fig. 6] MCU Diagram

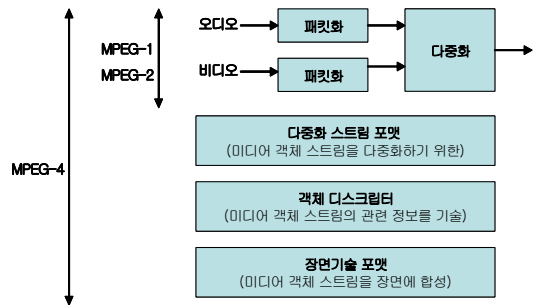
Memory 회로도도 그림 7과 같다.



[Fig. 7] Memory Diagram

마지막으로 여러 미디어 객체의 시간적, 공간적 관계는 BIFS에 의하여 행해진다. 미디어 객체는 장면기술에 의하여 단말 화면상에 합성되어 배치된다. 이것은 compositor가 행한다. 넓은 의미에서 VRML 확장에 의한 3차원 장면 공간에 미디어 객체가 매핑되는 것을 의미하고 있다. 또 장면기술은 동적으로 갱신된다.

이상, MPEG-4 시스템에서 규정된 단말의 기본 동작 대하여 기술하였다. 여기서 단말이라는 용어를 사용했는데, 이것은 네트워크 접속 단말뿐만 아니라, 방송 단말 및 저장 미디어 재생기를 의미하고 있다.



[Fig. 8] Comparison of MPEG-1/2 and MPEG-4

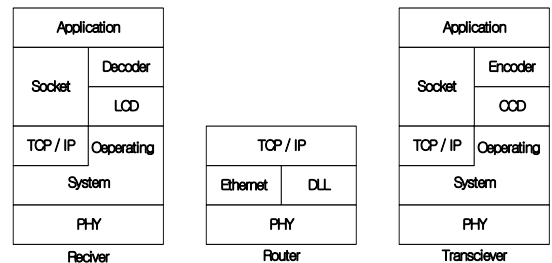
## 4. 실시간 MPEG-4 전송 시스템

### 4.1 실시간 MPEG-4 단말의 동작

MPEG은 지금까지 디지털 AV 방송 및 저장 용도에서 비트스트림 다중화와 동기 방법의 시스템 표준이다(그림. 8). MPEG-4 시스템에서는 여러 객체(오디오, 동영상 등, 이후에는 이것들을 CG, 정지영상을 포함한 넓은 의미에서 미디어 객체라고 부른다)의 부호화 비트스트림의 다중화 및 동기뿐만 아니라, 장면기술에 따른 합성을 취급하는 것이 크게 다르다. 이 관계에서 MPEG-4 단말의 동작은, 우선 DMIF와의 인터페이스에 의한 미디어 객체의 논리 채널 할당 초기화한다. 각 논리 채널에는 미디어 객체의 비트스트림 뿐만 아니라 미디어 객체의 위치, 시간 관계를 기술하는 장면기술(Scene Description) 및 객체 디스크립터라고 불리는 미디어 객체의 제어정보(부호화 방법, 장면기술과의 대응, 패킷 구성)가 전송된다.

다음으로, 미디어 객체의 각 비트스트림은 객체 디스크립터에 기술되어 있는 페이로드의 종류에 의하여, 지정된 복호화 알고리즘(예:MPEG-4 비주얼, MPEG-4 오디오, CG 텍스트)으로 복호된다.

### 4.2 실시간 MPEG-4 전송 시스템의 프로토콜 구조



[Fig. 9] Protocol Stack

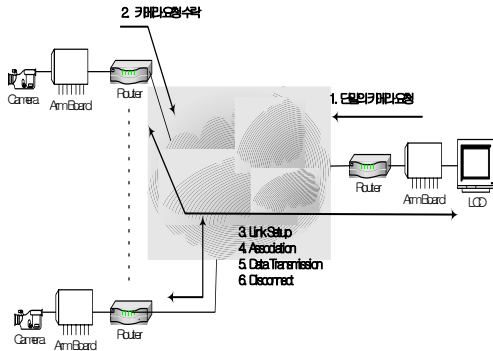
송신측의 단말과 수신측의 단말에서의 프로토콜 스택은 그림 9와 같다. 이 프로토콜 스택에서 보는 바와 같이 MPEG-4 전송 시스템에서의 MPEG-4 프로토콜 스택은 TCP/IP 계층 위에서 존재하여 상위 계층인 애플리케이션에 의해 동작됨을 알 수 있다.

송신측의 단말은 사용자의 서비스 요청, 사용자의 서비스 수락여부에 의해 데이터 전송 결정, MPEG-4 부호화기 탑재, Ethernet Interface로 구성된다.

수신측의 단말은 사용자가 요구하는 서비스 수준을

만족시킬 수 있는지 판단하고, MPEG-4 복호화기 탑재하고 있으며, Ethernet Interface 및 만족시킬 수 없는 경우 시그널링을 통하여 거부하거나 재협상을 수행하는 구조를 가지고 있다.

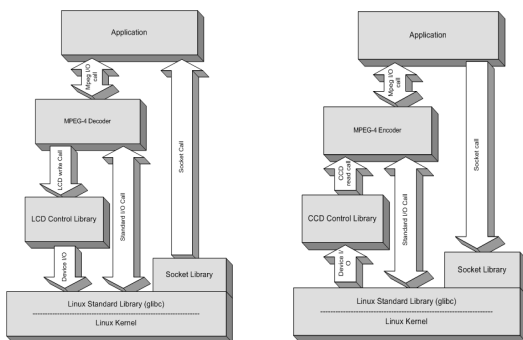
### 4.3 실시간 MPEG-4 전송 시스템의 시그널링



[Fig. 10] MPEG-4 Signaling

MPEG-4 전송 시스템의 실시간 멀티미디어 서비스를 위한 시그널링은 그림 10에서와 같이 송신측의 카메라에 실시간 전송 서비스(MPEG-4) 요청, 송신측의 카메라는 수신측의 서비스 요청에 허락 여부 응답, Link Setup, 인증 및 동기화 등의 Association, MPEG-4 데이터 전송, 접속 해지의 절차를 수행한다.

### 4.4 실시간 MPEG-4 전송시스템의 복부호화기



[Fig. 11] MPEG-4 Encoder and Decoder

그림 11에서 보는 바와 같은 송신측과 수신측의 단말의 구조는 거의 유사하다. 다만 MPEG-4 부호화기와 복

호화기 소프트웨어 부분이 LCD와 CCD에 접속하여 각 단말을 구성하고 있다. 즉 송신측은 부호화기 소프트웨어가 Image sensing을 하는 CCD에 접속하여 Ethernet interface를 통해 수신측으로 데이터를 전송한다. 수신측은 Ether interface를 통해 수신된 데이터를 MPEG-4 복호화기 소프트웨어를 통해 LCD 패널로 수신을 하여 실제적인 MPEG-4 실시간 서비스를 수신단에서 전송받게 되는 것이다.

## 5. 결론

현재 전 세계적인 붐이 일고 있는 인터넷은 현재 제한된 통신 속도로 통신에 제약이 있지만 실시간 멀티미디어 인터넷의 기반구조가 차세대 네트워크로 진화하는 2000년대에는 누구나 언제 어디서나 무슨 정보든 쉽게 액세스할 수 있게 될 것이다.

이러한 멀티미디어 시대의 정보는 영상을 중심으로 음향, 문자, 도형 등이 서로 결합되어 있다. 때문에 통신망이 발달하고 저장미디어의 용량이 늘어난다 하더라도 이러한 방대한 정보를 그대로 수용할 수는 없다. 이러한 의미에서 영상, 음향, 음성의 압축과 다중화를 위한 국제 표준들인 H261, JPEG, JBIG, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, H263, G시리즈 등은 멀티미디어의 핵심 기술들이다.

이러한 멀티미디어 서비스 시대의 기반을 조성하기 위한 기술의 첫걸음으로 실시간 MPEG-4 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 실시간 MPEG-4 전송 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 향후 개발되어질 여러 시스템에 활용되어질 수 있는 기반 기술이 될 것이다. 화상회의, 빌딩 보안 시스템, 인터넷을 활용할 VOD 동영상 시스템 등에서 활용할 수 있게 될 것이다. 또한 테스트베드의 활용된 기술들인 임베디드 리눅스, MPEG-4 소프트웨어, 이미지 센싱 기술들은 또 다른 시스템 개발시 원천기술이 될 것이다.

여기서는 MPEG-4가 연결된 차세대 네트워크에서 효율적으로 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 개발하여야 할 기본적인 수신단과 송신단의 단말 및 이에 탑재될 소프트웨어를 이용한 사용 지침이 필요하게 되며, 또한 본 개발될 실시간 MPEG-4 전송 시스템의 개발로 기본적인 MPEG-4 전송 테스트 베드를 구성할 수 있으리라 본다. 또한 이에 대한 단말의 구조와 소프트웨

어의 활용으로 보다 효율적인 전송 시스템 개발에 많은 도움을 줄 수 있으리라 사료된다.

**REFERENCES**

[1] Touradj Ebrahimi, "MPEG-4 video verification model: A video encoding/decoding algorithm based on content representation", signal processing: Image Communication, p 367-384, Vol. 9, 1997.

[2] Thomas Sikora, "The MPEG-4 Video Standard Verification Model," IEEE trans. on circuit and system for video technology, Vol. 7, No. 1, 1997.

[3] <http://www.MPEG-4.net>

[4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "MPEG-7 Requirement Document V.5", MPEG98/N2208, Tokyo, 1998.

[5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "MPEG-4 Video Verification Model 11.0", MPEG98/N2172, Tokyo, 1998.

[6] D.W.Lin, C-T Chen and T.R.Hsing, "Video on Phone Lines:Technology and Application", Proceeding of the IEEE, Vol. 83, No. 2, pp. 175-193, 1995.

[7] D.W.Waring, D.S. Wilson and T.R.Hsing, "Fiber upgrade strategies using high-bit-rate copper technologies for video delivery", IEEE J.Lightwave Technology, Vol. 10, pp. 1743-1750, 1992.

[8] T.R.Hsing, C-T Chen and J.A.Bellisio, "Video communication and Services in the copper loop", IEEE communication, Vol. 31, No. 1, pp. 62-68, 1993.

[9] ISO/IEC 13818-1/2/3, "Information Technology -Generic Coding of Moving Picture and Associated Audio", International Standard, 1994.

[10] ISO/IEC 13818-6, "Information Technology- Generic Coding of Moving Picture and Associated Audio", Committee Draft, 1995.

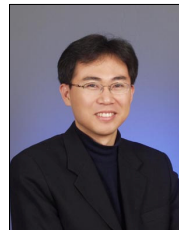
[11] ITU-R Document 10-11 S/14, "Digital Multi- Programme Emission System for Television, Sound and Data Services for BSS/FSS Satellite Operating in the 11/12 Frequency Range", 1994.

[12] ISO/IEC 13818-1/2/3, "Information Technology- Generic Coding of Moving Picture and Associated Audio: Part1-Systems, Part2-Video, Part3-Audio", 1994.

**저자소개**

**홍 성 화(Sung-Hwa Hong)**

[정회원]



- 1996년 : 고려대학교 컴퓨터학과 이학사
- 2002년 : 한국항공대학교 정보통신공학과 공학석사
- 2008년 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 공학박사

· 1997년~2000년 : (주)동원시스템즈 연구원

· 2009년~현재 : 동양공업전문대학 전산정보학부 전임 강사

<관심분야> : 유비쿼터스 네트워크, 홈 네트워크, 무선 네트워크, 임베디드 시스템

**정 석 용(Suk-Yong Jung)**

[중신회원]



- 2011년 3월 현재 : 동양미래대학 교수

<관심분야> : 정보통신, 실시간시스템