디지털 TV 스트림 분석기 구현°

정혜진, 김용한*
서울시립대학교 전자전기공학부

An Implementation of Digital TV Stream Analyzer

Hye-Jin Jeong, Yong Han Kim*
School of Electrical and Electronics Engineering, University of Seoul

* E-mail: yhkim@uoscc.uos.ac.kr Tel: 02-2210-2762 Fax: 02-2249-6802

본 논문에서는 디지털 TV 방송 스트림을 분석, 검증하기 위한 시스템을 PC 상에서 소프트웨어 기반으로 구현하였다. 저장되어 있는 MPEG-2 트란스포트 스트림(transport stream, TS) 파일을 입력으로 받으며 별도의 하드웨어 장치를 사용하지 않는다. 이 분석기는 PSI (program specific information) TS 섹션, TS 헤더 등 기본 내용 뿐만 아니라, TS 패킷들을 오디오, 비디오, PCR(program clock reference), 부가 데이터, 널(null) 패킷 등으로 구분하여 그래픽 사용자 인터페이스 통하여 보여 준다. 또한, 현재 표시되고 있는 TS 패킷과 가장 가까운 I 프레임를 디스플레이해 줌으로써 비트스트림 상의 오류 부분과 실제 영상과 쉽게 매칭시킬 수 있도록 해 준다. 본 논문의 분석기는 MPEG-2 비트스트림 적합성 검사 기능도 제공하며, 데이터 방송을 위한 여러 가지 부가 데이터를 MPEG-2 기본 스트림에 삽입하는 기능도 갖고 있다. 본 논문의 분석기를 이용함으로써 저비용으로 방송 스트림을 분석, 검증할 수 있을 뿐만 아니라, 실험실 연구를 위한 데이터 방송용 비트스트림을 저비용으로 제작할 수 있다.

I. 서론

디지털 방송 시대가 본격화됨에 따라 방송사, 수신기 제조 업체, 그리고 디지털 TV 관련 연구기관 등에서 MPEG-2 TS 분석기를 필수적으로 사용하게 되었다. 방송사에서는 송출하는 스트림이 표준에 부합하는지를 검사하여야 하며, 수신기 제조업체에서는 개발된 수신기를 검증할 때, 표준 스트림 여부를 검사하거나 오동작을 야기하는 스트림의 특정 부분을 확인함으로써 수신기를 디버깅할 수 있다. 또한 연구기관에서는 데이터 방송과 같은 새로운 서비스를 개발할 때에 실험실 내에서 이를 위한 시험 스트림을 제작하고 규격에 맞게 제작되었는지 검사할 필요가 있다.

현재까지 제품화된 TS 분석기[1]들은 하드웨어로 만들어진 것들이 대부분으로 고가이다. 따라서, 디지털 TV 방송 관련 소규모 사업장이나 연구 집단에게는 비용 부담 크다.

본 논문의 목적은 디지털 TV 방송용 표준 스트림인 MPEG-2 TS[2]를 분석, 검증하며, 데이터 방송과 같은 새로운 서비스를 위한 시험 스트림 제작을 위한 시스템을 소프트웨어 기반으로 구현하여 저가화하는 데에 있다. 본 논문에서 구현한 분석기는 이미 저장되어 있는 MPEG-2 TS 파일을 입력으로 받아 기존 고가의 분석기가 제공하는 대부분의 분석 기능을 일반 PC 상에서 별도의 하드웨어 지원 없이 제공할 수 있다. 뿐만 아니라, 비트스트림의 구성을 한 눈에 파악할 수 있는 패킷 종류별 표시 기능, 문제를 일으키는 스트림의 특정 부분을 영상을 보면서 확인할 수 있는 I 프레임 표시 기능, 데이터 방송용 스트림 제작 기능 등 다양한 기능을 추가로 제공한다.

이미 만들어진 TS 를 이용하여 데이터 방송용 비트스트림을 제작할 때, 소량의 데이터를 삽입할 경우에는 타이밍에 큰 문제가 없으나, MPEG-4[3]와 같은 부화면 동영상은 데이터 양이 많을 수 있다. 본 논문에서는 기존 스트림 내의 널 패킷들을 찾아 삽입하고자 하는 데이터로 대치함으로써 다소 양이 많은 데이터를 삽입할 경우에도 PCR, 타임 스탬프(time stamp) 등을 수정할 필요가 없도록 하였다. 통상 하드웨어 인코더로 제작된 비트스트림은 널 패킷을 많이 포함하고 있으므로 이 방법을 이용하면 간단히 부가 데이터를 삽입할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 절에서는 TS 분석기를 구현하는 데 관련된 표준들에 대해서 약술하고, III 절에서는 분석기의 설계 및

° 이 논문은 2000 년도 서울시립대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

구현에 대해 설명하였다. IV 절에서는 구현된 분석기를 이용한 실험 결과에 대해 설명하였으며, 마지막으로 V 장에 결론을 제시하였다.

II. 관련 표준

1. MPEG-2 TS [2]

MPEG-2 TS 는 그림 1 에 보인 188 바이트의 패킷들로 구성된다. 각 패킷은 4 바이트의 고정 헤더와 가변길이 적응필드(adaptation_field), 그리고 유료부하(payload)로 구성된다.

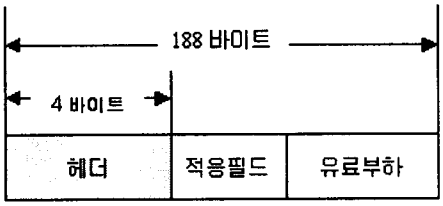


그림 1. TS 패킷 구조

헤더에 포함되어 있는 패킷 식별자(packet identifier, PID)는 다중 프로그램 TS 로부터 특정 프로그램을 선택하여 오디오, 비디오, 데이터 등으로 역다중화하는 데에 필수적인 정보이다. PID 목록을 전달하기 위한 특별한 데이터 형식을 별도로 규정하고 있는데, 이것을 프로그램 규격 정보(program specific information, PSI)라고 한다. PSI 에는 프로그램 연결 테이블(Program Association Table, PAT), 프로그램 맵 테이블(Program Map Table, PMT), 네트워크 정보 테이블(Network Information Table, NIT), 조건부 접근 테이블(Conditional Access Table, CAT) 등이 있다.

오디오 비디오 동기를 위해서는 시간 정보가 필요한데, 이를 타임 스탬프라고 한다. 타임 스탬프에는 복호 타임 스탬프(Decoding Time Stamp, DTS), 표시 타임 스탬프(Presentation Time Stamp, PTS)의 두 가지 종류가 있는데, 복호 타임 스탬프는 데이터가 복호될 시간을 나타내고, 표시 타임 스탬프는 복호된 데이터가 표시될 시간을 나타낸다. 하지만 이러한 정보들은 오디오 또는 비디오를 압축[4]한 ES(elementary steam) 데이터에는 포함되어 있지 않기 때문에, 이러한 정보를 추가한 새로운 구조가 필요하다. ES 를 접근 단위별로 패킷화한 것을 PES(Packetized Elementary Stream)라고 한다. 따라서, ES 는 우선 PES 로 만들어 진 후, 다시 188 바이트의 TS 패킷으로 나누어진다.

2. MPEG-4 시스템 [3]

MPEG-4 시스템 표준에서는 전송 받은 개체별 영상, 음성 데이터를 하나의 화면으로 구성하여 표시하는 단말기 규격을 정의하고 있다.

독립적으로 전송된 개체들을 한 화면에 구성하기 위해서는 실제 화면에 표시될 영상, 음성 데이터 이외에 추가적으로 위치 정보가 필요한데, 이것이 장면 서술자(Scene Descriptor)와 개체 서술자(Object Descriptor)이다. 이 두 가지 서술자는 초기 개체 서술자(Initial Object Descriptor, IOD)를 통하여 지정된다. 장면 서술자는 개체들의 시공간적 위치를 지정하는 역할을 하고, 개체 서술자는 장면 서술자에 정의된 개체 정보와 실제로 사용될 영상 또는 음성 데이터를 연결해 주는 역할을 한다. 장면 서술자는 이진 형태로 부호화되어 전송되므로 BIFS (Binary Format for Scenes)라고도 한다.

MPEG4 를 TS 로 패킷화하여 전송하기 위한 표준이 MPEG-2 시스템 AMD7 이다[5]. MPEG-4 데이터를 TS 패킷화하는 방법은 섹션(section)과 PES 의 두 가지이다. MPEG-4 IOD 의 경우는 PMT 내에 서술자를 삽입하는 곳에 IOD 용 서술자로 전송한다. 장면 서술자와 개체 서술자는 섹션이나 PES 패킷의 형태로 전송하고 오디오 비디오 개체의 경우는 항상 PES 패킷의 형태로 TS 패킷화하여 전송한다.

MPEG-4 시스템 표준을 이용하면 대화형 방송을 위한 오버레이 화면을 쉽게 구성할 수 있으며, 시청자와의 국지적인 상호작용도 가능하다.

3. PSIP [6]

PSIP(Prorgam and System Information Protocol)는 ATSC(Advanced Television System Committee)에서 정의하고 있는 규격으로, 방송되는 MPEG-2 TS 에 대한 정보와 TS 에 포함된 프로그램에 대한 안내를 전송하기 위해 사용된다. 시스템 시간 테이블(System Time Table, STT), 주 안내 테이블(Master Guide Table, MGT), 가상 채널 테이블(Virtual Channel Table, VCT)은 TS 에 수록될 때 '0x1FFB'라고 정해진 PID 를 사용하고, 이벤트 정보 테이블(Event Information Table, EIT)과 확장 본문 테이블(Extended Text Table, ETT)은 주 안내 테이블에 기록된 PID 를 사용하여 TS 에 수록된다. PSIP 에는 PSI 와 중복된 정보도 포함되어 있다.

4. DSM-CC 규격[7]

DSM-CC(Digital Storage Media Command and Control)란 멀티미디어 서비스를 원격 제어하기 위해서 MPEG 에서 제정한 규격이다. DSM-CC 의 여러 가지 기능 중 UN 다운로드(User-to-Network download) 메시지는 데이터 방송에 이용될 수 있다.

UN 다운로드 메시지를 전달하는 방법에는 흐름 제어 방식 다운로드(flow-controlled download), 흐름 비 제어 방식 다운로드(non-flow-controlled download), 데이터 캐러셀(Data Carousel) 등 세 가지가 있다. 흐름 제어 방식 다운로드는 하나의 서버에서 하나의 클라이언트로 데이터 전체를 흐름 제어 방식으로 전송하는 것이고, 흐름 비 제어 방식 다운로드는 하나의 서버에서 몇몇의 클라이언트를 대상으로 데이터 전체를 전송하는 것이며, 마지막으로 데이터 캐러셀 방식은 서버에서 주기적으로 데이터를 전송하면 클라이언트마다 자신이 필요한 일부분의 데이터만을 전달받아 사용하는 방식이다. 이 중 데이터 방송에 사용되는 것은 흐름 비 제어 방식 다운로드와 데이터 캐러셀이다.

5. TS 적합성 시험 규격

TS 가 MPEG-2 시스템 표준에 맞는 스트림인지를 검증하는 표준이 ISO/IEC 13818-4[8]이다. 표준은 신택스별 시험 방법으로 구성되어 있다.

TS 를 검증하기 위한 테스트의 종류는 아래와 같다.

- TS 패킷 헤더 시험
- 적응 필드 시험
- PES 헤더 시험
- PAT 시험
- PMT 시험
- CAT 시험
- NIT 시험
- 서술자 시험
- 불연속성 시험
- 임의 접근 시험

이 중 CAT 시험, NIT 시험, 그리고 서술자 시험은 모든 TS 에 적용되는 것이 아니라, 이것을 포함하고 있는 TS 의 경우만 적용된다.

III 분석기의 설계 및 구현

1. 시스템의 구성

구현된 TS 분석 시스템의 기능은 TS 분석 및 TS 적합성 시험, 그리고 데이터 삽입 기능 등의 세 가지이다.

1) TS 분석 기능

가) 시스템 분석부

시스템 분석부는 분석기를 구성하는 각 모듈을 제어, 분석하는 역할을 담당한다. 파일에서 읽어 들인 스트림이 TS 인지의 여부를 판단하고 PSI 분석 결과를 스트림 정보 출력부로 제공한다. 또한 스트림 정보 출력부의 요청에 따라 해당 TS 패킷의 위치를 각 출력 모듈로 제공하는 역할을 한다.

나) 스트림 정보 출력부

스트림 정보 출력부는 PSI 의 내용을 화면에 보여주는 역할을 담당한다. 그리고 그 정보에 관해 사용자가 입력을 넣으면 시스템 분석부로 입력 정보를 넘기는 역할을 한다.

다) TS 패킷 출력부

TS 패킷 출력부는 시스템 분석부에 의해 지정된 위치에 있는 TS 패킷 188 바이트를 분석하여 각 표준의 신택스별로 값을 보여주는 역할을 담당한다. TS 한 패킷에서 분석하여 보여줄 수 있는 내용은 TS 헤더, PAT, PMT, CAT, NIT, PSIP, PES 헤더 등이다.

라) TS Hex 출력부

TS Hex 출력부는 시스템 분석부에서 넘어온 위치에 있는 TS 패킷 188 바이트를 Hex 형식으로 화면에 출력하는 역할을 담당한다.

마) 위치 출력부

위치 출력부는 파일에서 읽어 들인 TS 가 몇 개의 TS 패킷으로 이루어져 있는지에 관한 정보와 시스템 분석부에서 넘어온 위치 정보를 화면에 출력하는 역할을 담당한다.

2) TS 적합성 시험 기능

CAT 시험, NIT 시험, 서술자 시험 등은 이것이 포함되어 있는 TS 에서만 가능하므로 이 세 가지 시험은 선택 사항이다. 다른 시험은 모두 일반적인 TS 에 적용되도록 하였다. 선택 사항을 제외한 나머지 모든 시험에 통과한 TS 를 본 논문에서는 검증된 스트림이라 부른다.

3) 데이터 삽입 기능

기존 TS 에 부가 데이터를 삽입할 경우 문제가 되는 것은 고정 비트율 제한 사항이다. 데이터를 삽입하면 전송률이 변하여 시간 지연 문제가 발생할 수 있다. 특히, MPEG-4 데이터는 양이 많을 수도 있으므로 원래 전송률을 변경시키지 않고 데이터를 삽입하는 방법을 제안하였다.

보통 하드웨어 인코더에 의해 제작된 TS 에는 출력 비트율을 고정 전송률로 조절하기 위해서 널 패킷이 다수 포함되어 있다. 널 패킷에는 전달되는 정보가 없으므로 본 논문에서는 이 널 패킷을 TS 에 삽입해야 하는 부가 데이터로 대치하는 방법을 사용하여 기존 TS

에 적용된 전송률이 변하지 않도록 하였다.

PAT 와 PMT 의 변경이 필요할 경우에는 기존 TS 내의 PAT 와 PMT 위치에 바뀐 내용을 대체하여 삽입하고, PSIP 의 경우에는 프로그램에 관한 정보를 포함하고 있으므로 PMT 와 동일한 중요도를 가지므로 PMT 를 기준으로 가장 가까운 다음 널 패킷의 위치에 삽입한다. XML 형식의 데이터와 같은 DSM-CC 데이터 캐러셀의 경우는 일정한 간격으로 넣는 것이므로 기준 위치를 정하여 그 위치에 존재하는 널 패킷을 대치한다. MPEG-4 의 경우는 주 화면의 내용과 동기시켜야 할 필요가 있을 경우, 스트림 분석 기능에서 제공하는 I 프레임 표시 기능을 이용하여 위치를 선정한 후, 부근의 널 패킷들과 교체하여 삽입한다.

만약 널 패킷이 거의 없는 TS 의 경우는 스트림을 삽입한 후 다시 시간정보를 수정해야 한다. 본 논문에서는 이 기능은 구현하지 않았다.

2. 분석기의 기능 구현

분석기 프로그램은 펜티엄 II 333MHz 급 개인용 컴퓨터를 사용하여 윈도우즈 NT 4.0 환경 하에서 C++로 구현하였다.

그림 2 는 분석기 실행 화면이다. 분석기의 주 화면은 네 개의 창으로 구성된다. A 창은 PSI 를 보여주는 출력창이다. 여기에는 파일에서 읽어들인 TS 를 구성하는 PAT, PMT, PSIP, 비디오, 오디오, 기타 데이터들의 종류와 PID 를 보여준다. B 창은 현재 위치, 즉 C 창에 나타나는 위치에 있는 TS 한 패킷의 내용을 신택스 요소별로 10 진수와 16 진수의 값으로 보여준다. C 창은 읽어 들인 파일이 몇 개의 TS 패킷으로 구성되어 있는지에 관한 정보와 현재 패킷의 위치를 보여준다. 그리고 원하는 위치로 이동하여 분석할 수 있게 하는 기능을 제공한다. D 창은 현재 위치의 TS 패킷 188 바이트를 16 진수로 보여준다.

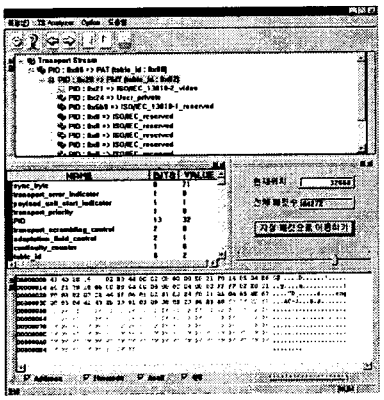


그림 2. 분석기 실행화면

분석기의 기능은 다음과 같다.

1) TS 판별
2) PSI 내용 표시
3) TS 패킷 내용 및 PES 헤더 내용 표시
4) DSM-CC 데이터 캐러셀 내용 표시
5) IP 데이터 표시
6) PSIP 섹션 표시
7) 많은 패킷을 이미지로 보기 기능
8) 현재 패킷에 대응되는 I 프레임 보기
9) I 프레임을 JEPG 으로 저장하는 기능
10) TS 에서 ES 를 분리해 내는 기능
11) MPEG-2 비디오 재생 기능
12) MPEG-2 시스템 적합성 시험 기능
13) 데이터 삽입 기능

IV 실험 결과

그림 3 은 지상파 실험 방송 시에 MBC 의 방송 프로그램을 수신하여 저장한 스트림을 분석한 화면을 보여 준다. 그림에 표시된 방송 프로그램 화면은 현재 표시되고 있는 TS 패킷과 가장 가까운 위치에 있는 I 프레임을 저해상도로 표시한 것이다. I 프레임 표시 기능은 동기가 필요한 부가 데이터 삽입 위치 선정과 오류 부분 위치 파악에 특히 유용하게 사용될 수 있다.

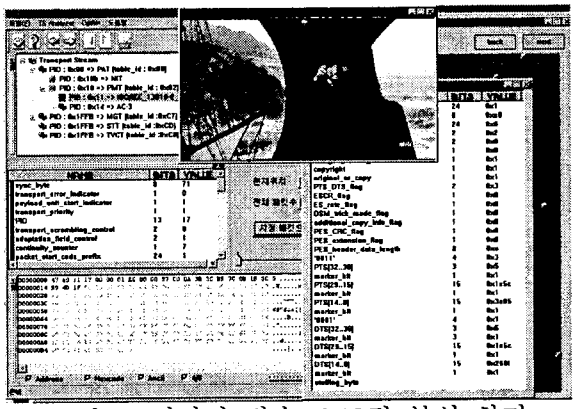


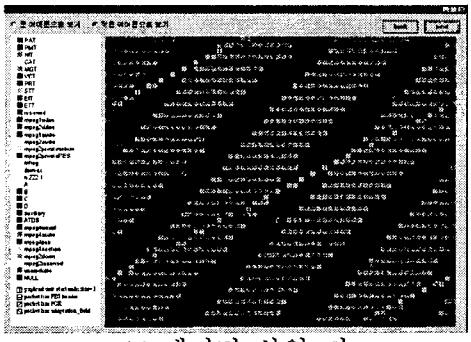
그림 3. 지상파 방송 스트림 분석 화면

데이터 삽입 실험은 기존 MPEG-2 TS 파일에 대화형 방송을 위한 각종 부가 데이터를 삽입하고 그 결과를 확인하는 과정으로 진행되었다. 시청자와의 상호작용이 가능하도록 MEPG-4 시스템 표준을 이용하여 대화형 서비스를 위한 오버레이 화면을 구성하고, 이를 MPEG-4 비트스트림화하여 MPEG-2 TS 에 실었다. 삽입할 데이터를 우선 TS 패킷화한 후, 콘텐트 의존적인 보조 데이터의 경우, 시청자가 주 화면의 내용을 보고 보조 데이터를 요

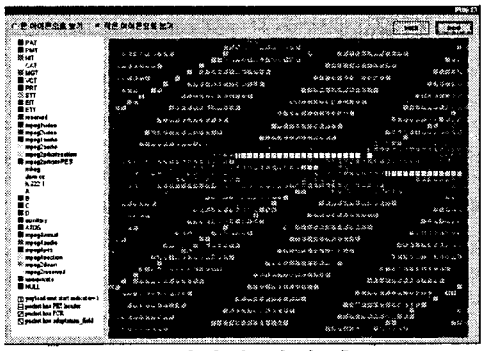
구하기 전에 관련 데이터가 수신기에 도달할 수 있도록 삽입 위치를 선정하였다. 즉, 주 화면의 해당 내용에 대응되는 TS 패킷 위치 이전에 관련 데이터를 모두 삽입하였다. 이렇게 콘텐트 의존적인 보조 데이터를 삽입할 때, 본 논문에서 개발한 스트림 분석기의 "현재 프레임에 대응되는 I 프레임 보기" 기능을 이용하면 쉽게 삽입 위치를 선정할 수 있다.

데이터 삽입 결과를 확인하기 위해 두 가지 방법으로 실험을 하였다. 우선 그림 4 에 보인 바와 같이, 본 논문에서 구현한 TS 분석기의 기능 중 "많은 패킷을 이미지로 보기 기능"을 이용하여 데이터 삽입 전의 TS 와 데이터 삽입 후 TS 를 비교해 보았다. 그림 4 에서 작은 네모 한 개가 한 TS 패킷을 나타내며, 널 패킷은 검은 색으로 표시되어 있다.

실험에서는 기존 TS 에 MPEG-4 개체 서술자와 BIFS 를 섹션 형태로, 그리고 미디어 개체들은 PES 형태로 삽입하였다. 또, PSIP 는 섹션으로, XML 데이터는 DSM-CC 섹션으로 삽입하였다. 데이터를 삽입하기 전과 후의 그림을 비교하여 보면 널 패킷의 위치에 데이터가 삽입된 것을 확인할 수 있다.



(a) 데이터 삽입 전



(b) 데이터 삽입 후

그림 4. 데이터 삽입 전후의 TS 패킷 보기

데이터 삽입 기능을 검증하기 위한 두 번째 실험으로, 모의 대화형 TV 재생기[9]를 이용하여 데이터가 삽입된 스트림을 재생해 보았다. 그 결과 그림 5 와 같이 주 화면 위에 MPEG-4 시스템 규격에 의한 화면이 오버레이 됨을 확인할 수 있었다. BIFS 가 지정하는 위치, 즉 화면의 오른쪽에 JPEG 영상들이 출력됨을 확인하였다. 마우스를 화면 위쪽으로 옮기면 시청자와의 상호작용을 위한 메뉴가 나타난다. 이 메뉴를 이용하여 프로그램 가이드, 날씨 정보, 주식 정보 등을 표시할 수 있다.

실험 결과, 본 논문에서 부가 데이터를 삽입하여 제작된 TS 가 MPEG-2 시스템의 규격을 만족하며, 대화형 TV 재생기로 의도한 바와 같이 재생됨을 확인할 수 있었다.

그림 5. 대화형 TV 재생기의 출력 화면

V 결론

본 논문에서는 개인용 컴퓨터 환경에서 TS 를 분석, 검증하고 부가 데이터를 삽입할 수 있는 시스템의 구조를 설계하고, 이를 구현한 후 동작을 검증하였다.

본 논문에서 구현한 스트림 분석기를 이용하면, 저비용으로 디지털 TV 스트림을 분석할 수 있으며, 새로운 데이터 방송 서비스를 시험하기 위한 비트스트림도 쉽게 제작할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Tektronix Document, "A Guide to MPEG Fundamentals and Protocol Analysis", Tektronix, 1997.

[2] ISO/IEC 13818-1, "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems", International Standard, 1994.

[3] ISO/IEC 14496-1, "Information technology - Coding of audio-visual objects: Systems", International Standard, 1999.

[4] ISO/IEC 13818-2, "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video",

International Standard, 1994.
[5] ISO/IEC 13818-1/FDAM7, "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems, Amendment 7: transport of ISO/IEC 14496 data over ISO/IEC 13818-1", Final Draft Amendment, Jan.2000.
[6] ATSC Document A/65, "Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable", ATSC, 1997.
[7] ISO/IEC 13818-6, "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Part 6: Extension for digital storage media command and control", International Standard, 1998.
[8] ISO/IEC 13818-4, "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio: Conformance", International Standard, 1996.
[9] 박용현, *대화형 TV 서비스를 위한 소프트웨어 재생기의 구현*, 서울시립대학교 대학원 전자공학과 석사학위논문, 2000. 2.