

논문-01-6-1-10

디지털 TV 스트림 분석기 구현

정혜진*, 김용한**

An Implementation of Digital TV Stream Analyzer

Hye-Jin Jeong* and Yong Han Kim**

요약

본 논문에서는 디지털 TV 방송 스트림을 분석, 검증하기 위한 시스템을 PC 상에서 소프트웨어 기반으로 구현하였다. 저장되어 있는 MPEG-2 트랜스포트 스트림(transport stream, TS) 파일을 입력으로 받으며 별도의 하드웨어 장치를 사용하지 않는다. 이 분석기는 프로그램 규격 정보(program specific information, PSI), TS 섹션, TS 헤더 등 기본 내용 뿐만 아니라, TS 패킷들을 오디오, 비디오, 클럭참조값(program clock reference, PCR), 부가 데이터, 널(null) 패킷 등으로 구분하여 그래픽 사용자 인터페이스를 통하여 보여 준다. 또한, 현재 표시되고 있는 TS 패킷과 가장 가까운 I 프레임을 디스플레이해 줌으로써 비트스트림 상의 오류 부분을 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 기존 MPEG-2 스트림에 삽입하는 기능도 갖고 있다. 본 논문의 분석기를 이용함으로써 저비용으로 방송 스트림을 분석, 검증할 수 있을 뿐만 아니라, 실험실 연구를 위한 대화형 방송 및 데이터 방송용 비트스트림을 저비용으로 제작할 수 있다.

Abstract

In this paper, we describe a software implementation of a digital TV stream analyzer that can be used for analyzing and verifying digital TV bitstreams on personal computers. It accepts as input MPEG-2 transport streams (TS's) already stored on hard disks and doesn't require any special hardware. After classifying TS packets into program specific information (PSI), TS section, audio, video, program clock reference (PCR), private data, and null packets, it displays their contents through a graphic user interface along with the syntax elements of the TS header. Also, it displays the decoded I frame nearest in time axis the TS packet currently shown. This feature helps pin-pointing the specific location of problematic parts in bitstreams. The bitstream analyzer provides the compliance test of MPEG-2 Systems standard and the data injection functionality with which one can easily insert additional data to existing MPEG-2 bitstreams. Using the resulting system, one can produce at low cost test streams for interactive broadcasting and data broadcasting for laboratory use.

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 스

* (주)디지털스트림테크놀로지
Digital STREAM Technology, Inc.

** 서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학부
Department of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul

* 이 논문은 2000년도 서울시립대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

트림을 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 부담이 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 할 수 있는 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 TS를 이용하여 데이터 방송용 비트스트림을 제작할 때, 소량의 데이터를 삽입할 경우에는 타이밍에 큰 문제가 없으나, MPEG-4^[3,4]와 같은 부화면 동영상은 데이터 양이 많을 수 있다. 본 논문에서는 기존 스트림 내의 널 패킷들을 찾아 삽입하고자 하는 데이터로 대체함으로써 다소 양이 많은 데이터를 삽입할 경우에도 클럭차조값, 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 논문에서는 대화형 TV를 위한 MPEG-4 데이터 및 각종 부가 데이터를 삽입할 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 TS 분석기를 구현하는 데 관련된 표준들에 대해서 약술하고, III장에

서는 분석기의 설계 및 구현에 대해 설명하였다. IV장에서는 구현된 분석기를 이용한 실험 결과에 대해 설명하였으며, 마지막으로 V장에 결론을 제시하였다.

II. 디지털 TV 스트림 관련 표준

1. MPEG-2 시스템 표준^[2]

MPEG-2 시스템 표준에서는 영상 데이터와 음성 데이터 혹은 그 이외의 데이터들을 전송이나 저장에 적합하도록 하나의 스트림으로 다중화하는 방법에 대해서 규정한다. 이러한 다중화 과정은 그 목적에 따라 두 가지로 나뉘는데, 그 중 하나가 TS(transport stream) 규격이고 다른 하나가 PS(program stream) 규격이다. TS 규격은 스트림 전송을, PS 규격은 스트림 저장을 주목적으로 한다. TS는 주로 디지털 방송에 사용되고, PS는 디지털 다기능 디스크(digital versatile disk, DVD) 등에 사용된다. 그림 1에 MPEG-2 시스템 표준의 개요도를 보였다. 본 논문에서는 TS만을 다룬다.

MPEG-2 TS는 그림 2에 보인 188 바이트의 패킷들로 구성된다. 각 패킷은 4바이트의 고정 헤더와 가변길이 적응필드(adaptation field), 그리고 유료부하(payload)로 구성된다. 헤더에 포함되어 있는 패킷 식별자(packet identifier, PID)는 다중 프로그램 TS로부터 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. PSI에는 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

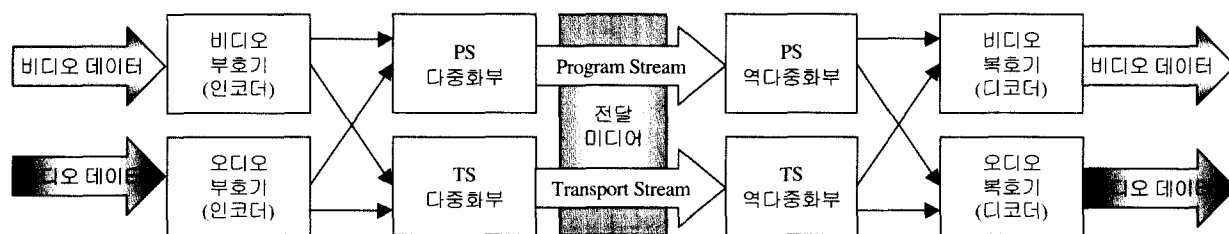


그림 1. MPEG-2 시스템의 블록도
Fig. 1. Block diagram of MPEG-2 system

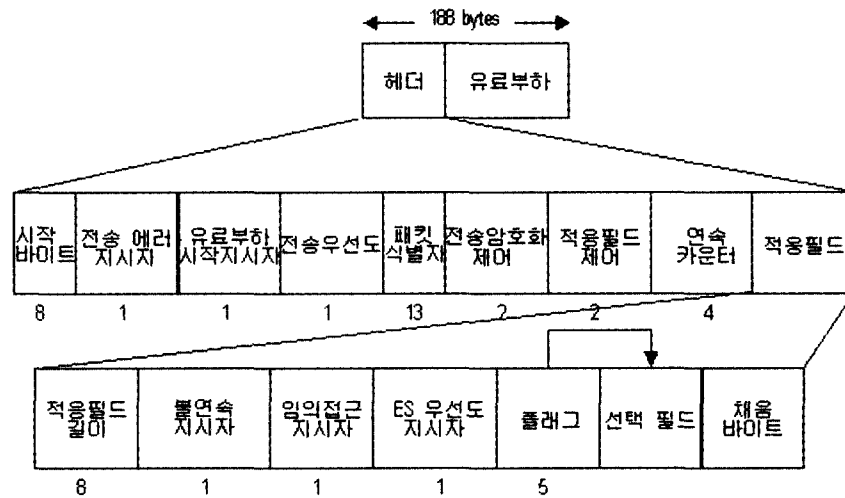


그림 2. TS 패킷의 구조
Fig. 2. Structure of TS packet

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, DTS는 데이터가 복호될 시간을 나타내고, PTS는 복호된 데이터가 표시될 시간을 나타낸다. 하지만 이러한 정보들은 오디오 또는 비디오^[5]를 압축한 ES(elementary stream) 데이터에는 포함되어 있지 않기 때문에, 이러한 정보를 추가한 새로운 구조가 필요하다. ES를 접근 단위 별로 패킷화한 것을 PES(packetized elementary stream)라고 한다. 따라서, ES는 우선 PES로 만들어진 후, 다시 188 바이트의 TS 패킷으로 나누어진다.

2. MPEG-4 시스템 표준^[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 서

술자에 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.

MPEG-4를 TS로 패킷화하여 전송하기 위한 표준인 MPEG-2 시스템 AMD7이다^[6]. MPEG-4 데이터를 TS 패킷화하는 방법에는 섹션(section)과 PES의 두 가지가 있다. MPEG-4 IOD의 경우는 PMT 내에 서술자를 삽입하는 곳에 IOD용 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 극지적인 상호작용도 가능하다.

3. PSIP^[7]

PSIP(program and system information protocol)는 ATSC(Advanced Television System Committee)에서 정의하고 있는 규격으로, 방송되는 MPEG-2 TS에 대한 정보와 TS에 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 TS에 수록될 때 정해진 PID, 즉 0x1FFB를 사용하고, 이벤트 정보 테이블(event information

table, EIT)과 확장 본문 테이블(extended text table, ETT)은 주 안내 테이블에 기록된 PID를 사용하여 TS에 수록된다. PSIP에는 PSI와 중복된 정보도 포함되어 있다.

4. DSM-CC 규격^[8]

DSM-CC(digital storage media command and control)란 멀티미디어 서비스를 원격 제어하기 위한 규격이다. DSM-CC의 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), 비 흐름 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, 비 흐름 제어 방식 다운로드는 하나의 서버에서 복수의 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 비 흐름 제어 방식 다운로드와 데이터 캐러셀이다.

5. TS 적합성 시험 규격

TS가 MPEG-2 시스템 표준에 맞는 스트림인지를 검증하는 표준이 ISO/IEC 13818-4[9]이다. 표준은 선택스별 시험 방법으로 구성되어 있다. TS를 검증하기 위한 테스트의 종류에는 TS 패킷 헤더 시험, 적응 필드 시험, PES 헤더 시험, PAT 시험, PMT 시험, CAT 시험, NIT 시험, 서술자 시험, 불연속 시험, 임의 접근 시험 등이 있다. 이 중 CAT 시험, NIT 시험, 그리고 서술자 시험은 모든 TS에 적용되는 것이 아니라, 이것을 포함하고 있는 TS의 경우만 적용된다.

III. 분석기의 설계 및 구현

1. 구조 설계

구현된 TS 분석기의 기능은 크게 세 가지로서, TS 분석 기능, TS 적합성 시험 기능, 그리고 데이터 삽입 기능 등이다.

1.1 TS 분석 기능

그림 3은 구현된 분석기의 모듈 구성도이다. 분석기의

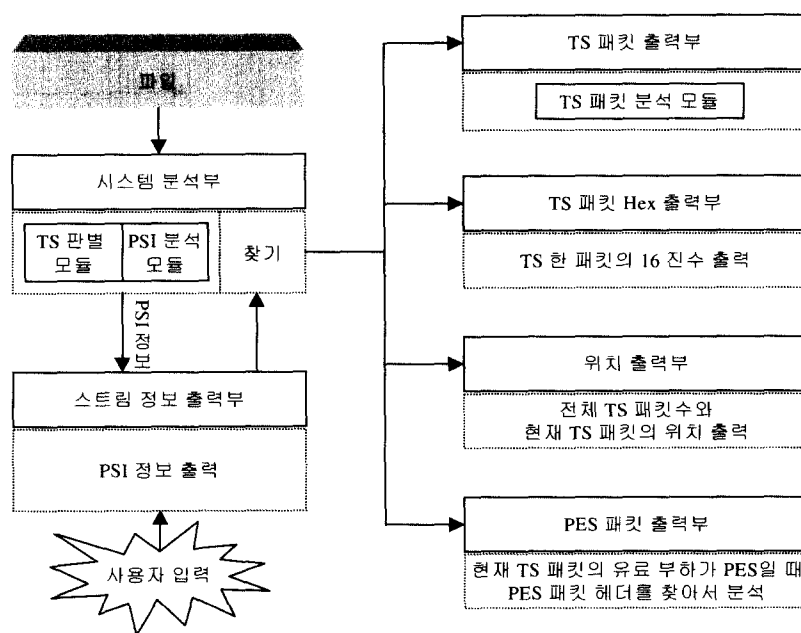


그림 3. TS 분석기의 블록도
Fig. 3. Block diagram of TS analyzer

모든 동작은 시스템 분석부에 의해 관리된다. 스트림 정보 출력부는 PSI 내용을 화면에 출력하는 역할을 담당한다. 그리고 그 정보에 관해 사용자가 입력을 넣으면 시스템 분석부로 입력 정보를 넘기는 역할을 한다. 스트림 정보 출력부에서 사용자의 입력을 받아 시스템 분석부로 이를 전달하면 각 출력부를 통하여 요구된 정보를 출력하도록 한다. 시스템 분석부는 스트림의 프로그램 구성을 분석하고 분석기를 구성하는 각 모듈을 제어하는 역할을 담당한다. 파일에서 읽어들이는 스트림이 TS인지 여부를 판별한 후 PSI로부터 스트림의 프로그램 구성을 파악하여 스트림 정보 출력부로 넘겨주는 역할을 한다. 또한 스트림 정보 출력부로부터의 사용자의 입력에 대응되는 TS 패키지의 위치를 각 출력 모듈로 제공하는 역할을 한다. TS 패키지 출력부는 시스템 분석부가 지정한 위치에 대응되는 TS 패키지 188바이트를 분석하여 표준의 신택스(syntax) 요소 별로 값을 보여주는 역할을 담당한다. TS 한 패키지에서 분석하여 보여줄 수 있는 내용은 TS 헤더, PAT, PMT, CAT, NIT, PSIP, PES 헤더 등이다. 이것

들을 188바이트 범위 내에서 분석하여 보여준다. TS 패키지 Hex 출력부는 시스템 분석부가 지정한 위치에 있는 TS 188바이트를 16진수 형식으로 화면에 출력한다. TS 패키지의 구성을 쉽게 구분할 수 있게 여러 색으로 값을 표현한다. 위치 출력부는 파일 전체가 몇 개의 TS 패키지로 이루어져 있는지와 시스템 분석부에서 지정된 위치를 화면에 출력하는 역할을 담당한다. PES 패키지 출력부는 현재 TS 패키지의 유료 부하가 PES 패키지 형식의 데이터일 경우 이 PES 패키지의 헤더 전체를 찾아 분석하여 출력하는 역할을 한다.

그림 4는 파일에서 읽어들이는 스트림이 TS인지 여부를 판별하는 과정을 보인 것이다. TS인지를 판단하기 위해서는 일단 파일의 첫 바이트부터 188바이트를 읽은 후 시작 바이트가 0x47인지 확인을 하여 이것이 맞으면 다음 188바이트를 읽어들이어서 시작 바이트를 확인하는 절차를 반복하여 5번 맞으면 TS로 판단한다. 만약 처음 읽어들이는 188바이트의 시작 바이트가 0x47이 아닌 경우는 다음 바이트로 파일 포인터를 이동하여 188바이트를 읽어들이는

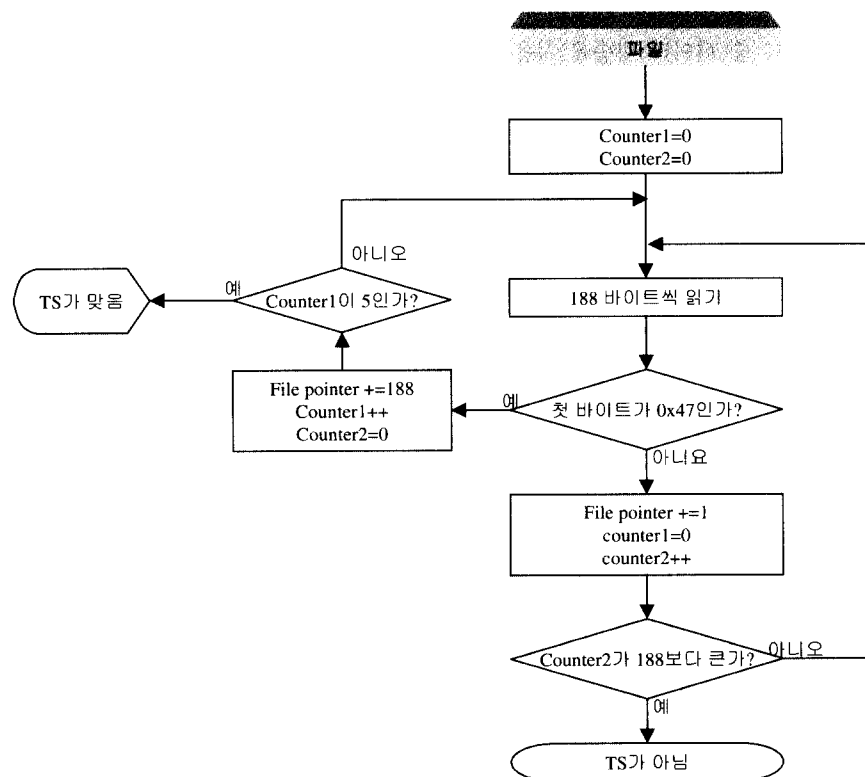


그림 4. TS 판별 모듈의 흐름도

Fig. 4. Flow chart of TS detection module

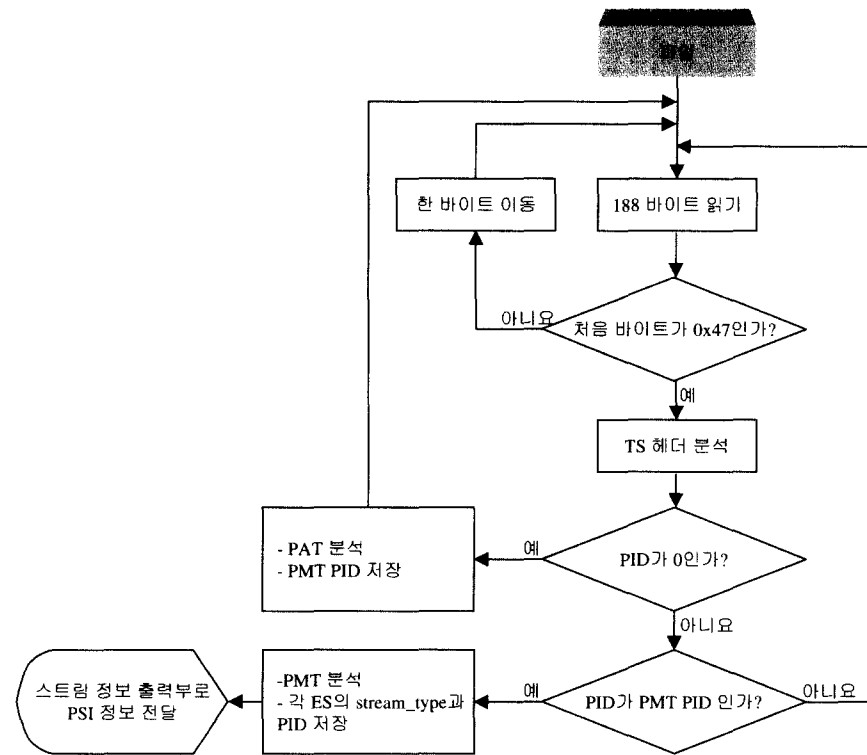


그림 5. PSI 분석 모듈의 흐름도
Fig. 5. Flow chart of PSI analysis module

방식으로 제시도한다. 제시도 횟수, 즉 몇 번이나 파일 포인터를 이동하였는지를 카운터로 세어 그 값이 한 패킷 사이즈, 즉 188바이트를 초과할 때는 입력된 스트림이 TS가 아닌 것으로 판단한다.

그림 5는 파일에서 읽어들이는 TS로부터 PSI를 분석하는 모듈을 나타낸다. 188바이트씩 읽어들이면서 PID가 0인 패킷, 즉 PAT를 제일 먼저 찾는다. PAT를 분석하여 각 프로그램에 대응되는 PMT PID를 알아낸다. 각 프로그램에 대해서 해당 PMT PID를 갖는 패킷을 찾아 PMT 분석 모듈로 분석한다. 그 결과, 즉 읽어들이는 TS가 어떤 데이터들로 구성되어 있는지에 관한 정보를 스트림 정보 출력부로 전달한다. 본 논문에서는 한 TS 파일 내에서는 PSI 정보의 변동이 없다고 가정하였다.

TS 패킷 분석 과정을 그림 6에 보였다. TS 헤더 분석은 PSI 분석 모듈을 통해 얻어낸 정보를 통해 TS 패킷의 종류를 구별해 낸다. 즉, PMT에 기록된 PID 값을 참고하여 현재 분석 중인 TS패킷의 유료부하가 PSI인지 PES 패킷인지 구별해 낸다. 단, PID가 0x1FFF일 경우는 널

(null) 패킷으로 처리한다. 이를 위해 항상 PSI 분석 모듈은 가장 우선 수행되어야 한다.

시스템 클럭을 복원하는 데 사용하는 시간 정보인 클럭 참조값은 PID가 PCR_PID인 TS 패킷의 적응 필드(adaptation field) 내에 있다. 그림 6과 같이 PID가 PCR_PID이고 클럭 참조값 플래그(PCR_flag)가 1일 때 클럭 참조값이 존재한다. PCR_PID는 다른 ES의 PID와 중복될 수 있다.

PES 패킷이 TS 패킷화될 때, TS 유료부하 보다 긴 PES 패킷은 여러 개의 TS 패킷으로 나누어진다. 이 때 첫 패킷은 유료부하 시작 지시자(payload_unit_start_indicator)가 1로 설정되고 나머지 패킷들은 0으로 설정된다. 새로운 PES 패킷은 새로운 TS 패킷에서만 시작할 수 있다. 따라서 유료부하 시작 지시자가 1인 TS 패킷은 항상 PES 패킷 헤더를 갖고 있는 PES 패킷의 조각을 유료부하에 운반한다. PSI 섹션이 시작될 때도 유료부하 시작 지시자가 1로 설정되지만 방식은 PES 패킷 때와 조금 다르다.

TS 패킷이 생성될 때 TS 패킷 헤더의 연속 카운터

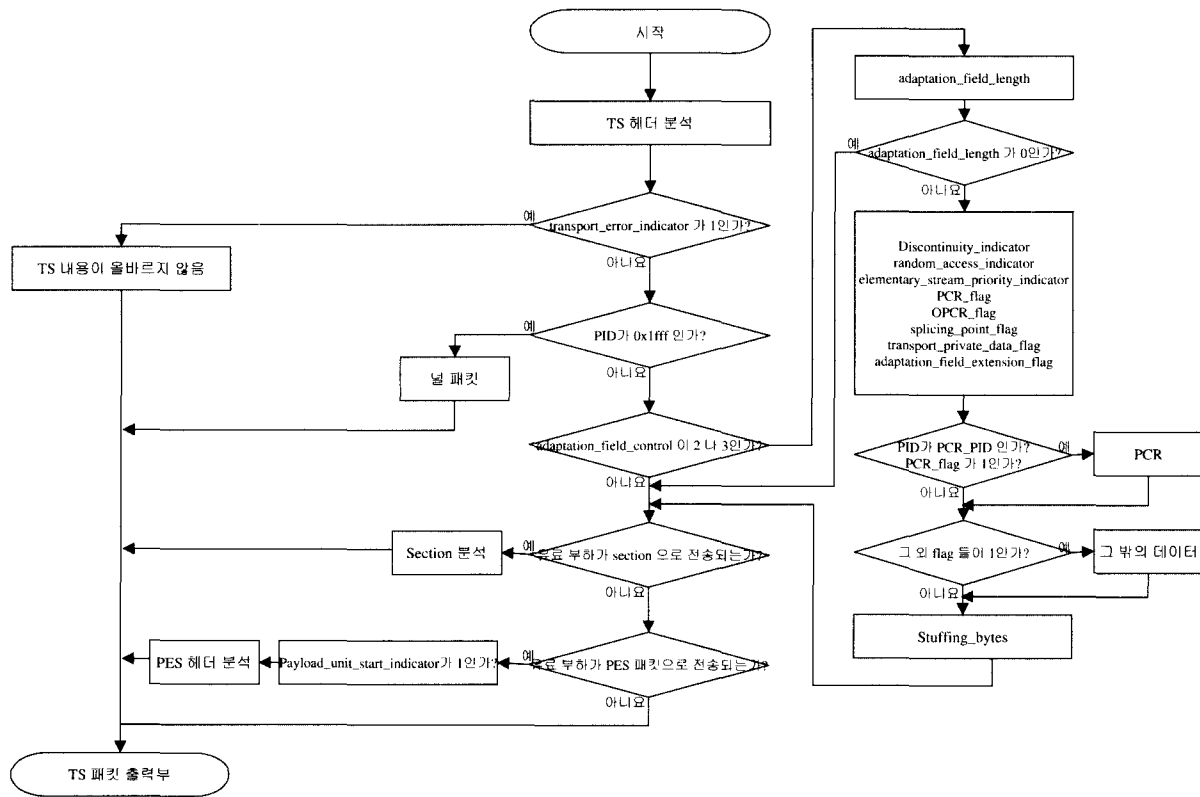


그림 6. TS 패킷 분석 모듈의 흐름도
Fig. 6. Flow chart of TS packet analysis module

(continuity_counter) 필드 값은 오디오, 비디오 등 데이터 종류별로 1씩 증가한다. 이 필드는 4비트이므로 0부터 15까지의 값을 가지며 15 값을 지나면 다시 0으로 순환된다. 따라서 연속 카운터 값을 이용하여 전송받은 TS 패킷 순서를 재배열할 수 있으며 중복 패킷도 제거할 수 있다.

전송 에러 지시자(transport_error_indicator)는 채널 측에서 알려주는 정보로서 이 플래그가 1이면 현재 TS 패킷의 내용이 올바르지 않음을 나타낸다. 적응 필드 제어(adaptation_field_control)는 적응 필드와 유료부하의 존재 유무를 알려주는 필드이다. 적응 필드는 적응 필드 제어 2와 3일 때, 유료부하는 1과 3일 때만 존재한다. 따라서 적응 필드 제어가 0 또는 2일 때는 유료부하가 존재하지 않는다. 적응 필드는 클럭참조값 정보가 존재하는 곳이기 때문에 중요한 의미를 갖는다.

TS 패킷의 유료부하에 어떤 정보가 들어있는지는 PID 값을 확인함으로써 알 수 있다. 현재 유료부하에 들어있는 스트림의 종류는 크게 섹션(section)과 PES 패킷으로

구분할 수 있다. 섹션 데이터는 섹션 분석 모듈로 분석하고, PES 패킷 데이터는 PES 패킷 헤더분석 모듈로 분석한다. 이 때 유료부하 시작 지시자가 1인 경우에만 PES 패킷 헤더를 분석한다. 여러 TS 패킷에 걸쳐 있는 PES 패킷 헤더를 한꺼번에 분석하려면 PES 패킷 출력부를 이용한다.

1.2 TS 적합성 시험 기능

CAT 시험, NIT 시험, 서술자 시험 등은 이것을 포함하고 있는 TS에만 적용되므로 이 세 가지 시험은 선택 사항이다. 다른 시험은 모두 일반적인 TS에 적용하도록 하였다.

우선 시작 바이트를 찾아서 188 바이트씩 읽어들이면서 PSI를 추출한다. 이 때 PSI를 포함한 TS 패킷들이 적합한 헤더와 적응 필드를 갖고 있는지 검사하고 오류 포함 여부를 검사한 후 오류가 없고 적합한 헤더와 적응 필드를 가진 TS 패킷들만을 활용하여 PSI를 분석한다. 다음 단계로, 처음부터 다시 188 바이트씩 읽어들이면서 TS 헤

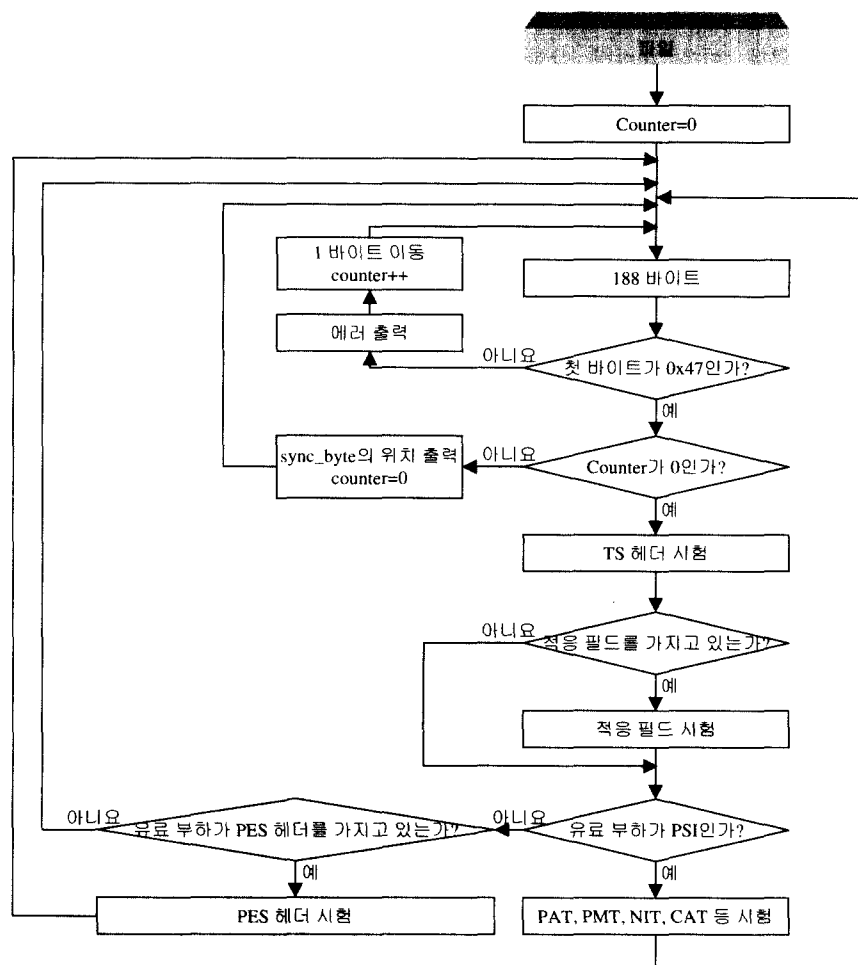


그림 7. TS 적합성 시험 모듈의 흐름도
Fig. 7. Flow chart of TS compliance test module

더 시험, 적응 필드 시험을 모든 패킷에 적용한다. 이 단계의 흐름도를 그림 7에 나타내었다. 그리고 유료부하의 종류에 따라 PES 패킷을 포함하고 있는 데이터의 경우는 PES 헤더 시험을, 테이블들의 경우는 각각의 테이블 시험을, 그리고 서술자를 포함하고 있는 테이블들의 경우는 서술자 시험을 시행한다. 도중에 시작 바이트가 맞지 않을 경우에는 이에 대한 오류 메시지를 출력한 후 다음 시작 바이트를 찾아 계속 시험을 한다.

불연속 시험은 불연속 지시자(discontinuity indicator) 시험, 시간 기저 불연속(time base discontinuity) 시험, 그리고 연속 카운터 불연속(continuity counter discontinuity) 시험으로 나뉜다. 연속 카운터 불연속 시험은 TS 헤더 시험 시에 시행되고, 나머지 불연속 지시자 시험과 시간 기

저 불연속 시험은 적응 필드 시험 시에 시행된다. 임의 접근 시험은 PES 헤더 시험 시에 시행된다. 서술자 시험은 각종 서술자를 포함하는 PMT 시험, CAT 시험, 그리고 NIT 시험에서 서술자를 포함하는 경우 함께 시험한다.

1.3 데이터 삽입 기능

본 논문에서 구현한 데이터 삽입 기능의 범위는 PES 단계나 ES 단계에서부터 새로운 TS를 만들어내는 것이 아니라 이미 독립적으로 제작된 TS에 대화형 방송 및 데이터 방송용 부가 데이터를 삽입하는 것이다. 보통 하드웨어 인코더에 의해 제작된 TS에는 출력 비트율을 고정 전송률로 조절하기 위해서 널 패킷이 다수 포함되어 있다. 본 논문에서는 기존 TS에 포함된 널 패킷을 삽입하고자

하는 데이터로 대체하는 방식을 사용하였기 때문에 기존 TS의 타이밍에는 변동이 없다. 이를 데이터 삽입(data injection)이라 부른다.^[10]

삽입되는 데이터에는 주기적인 것과 일회적인 것이 있다. 전자로는 PAT, PMT, PSIP 등의 시스템 정보나 데이터 캐러셀 등을, 후자로는 방송자막이나 메뉴 버튼 등을 들 수 있다. 이런 데이터 종류에 따라 데이터의 삽입 방법이 다르다. NIT는 네트워크 계층에서 삽입될 내용이고, CAT은 스크램블을 위한 사항이기 때문에 본 논문에서는 다루지 않는다.

데이터 삽입의 결과로 PAT 또는 PMT가 수정되어야 할 경우에는 수정된 내용으로 TS 내의 PAT 또는 PMT를 대체한다. 기존 TS에 PSIP 정보가 없을 경우에는 PSIP도 TS 패킷 형식으로 만들어 PMT 다음에 삽입한다. 따라서 PSIP도 PMT와 마찬가지로 0.7초 이내의 간격으로 반복하여 삽입한다. PSI와 PSIP를 0.7초 이하의 주기로 삽입하는 이유는 수신기에 전원이 인가된 후부터 프로그램 정보를 획득하기까지의 지연 시간을 작게 하기 위한 것이다.

MPEG-4 부가 데이터에는 두 가지 종류가 있을 수 있다. 첫째는 다운로드 모드로서 주 프로그램과 연관된 부화면의 데이터를 미리 전송한 후 사용자의 요구에 의해 표시하는 방식이다. 두 번째는 스트리밍 모드로서 주 프로그램과 연관된 부화면이 스트리밍에 의해 표시되는 방식이다.

MPEG-4 부가 데이터를 TS에 삽입할 경우는 삽입 위치 결정이 중요하다. 다운로드 모드의 예로서, 만약 스포츠를 다루고 있는 프로그램이라고 한다면 선수가 나올 때 그 시점에서 수신 완료된 MPEG-4 부가 데이터가 있다는 아이콘이 표시되고 이에 따라 사용자가 그 아이콘을 클릭하면 선수와 관련된 정보를 MPEG-4 부가 데이터로 보여준다. 따라서 먼저 기본 TS를 관찰하여 삽입할 MPEG-4 데이터와 연관된 주 프로그램 내용을 결정한 후, MPEG-4 부가 데이터가 주 프로그램 내용 부분 이전에 모두 수신될 수 있도록 스트림을 작성한다.

스트리밍 모드의 예로서, 뉴스 프로그램의 경우 아나운서가 부화면의 내용을 지속적으로 상세히 설명하고 있는 경우를 들 수 있다. 이 때는 기존 TS의 주 프로그램 내용과 MPEG-4 데이터가 시작점 뿐만 아니라 전체적으로 동기가 맞아야 한다. 그러므로 주 프로그램의 PTS와 MPEG-4 데이터의 PTS가 일치하여야 한다.

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.

DSM-CC 데이터 캐러셀의 경우는 일정한 간격으로 넣는 것이므로 기준 위치를 정하여 그 위치 근처에 존재하는 널 패킷의 위치에 삽입한다.

만약 널 패킷이 거의 없는 TS의 경우는 데이터를 삽입한 후 전체 스트림의 시간정보를 수정해야 한다. 본 논문에서는 이 기능은 다루지 않았다.

2. 구현

그림 8은 분석기의 초기 화면이다. 분석기는 메뉴, 메뉴 바, 메인 화면으로 구성된다. 메뉴에는 분석기가 제공하는 모든 기능들이 들어 있고 메뉴 바에는 메뉴의 기능들 중 자주 쓰이는 기능들로 구성되어 있다. 메인 화면은 분석기를 동작시켰을 때 여러 가지 분석 정보들을 보여준다.

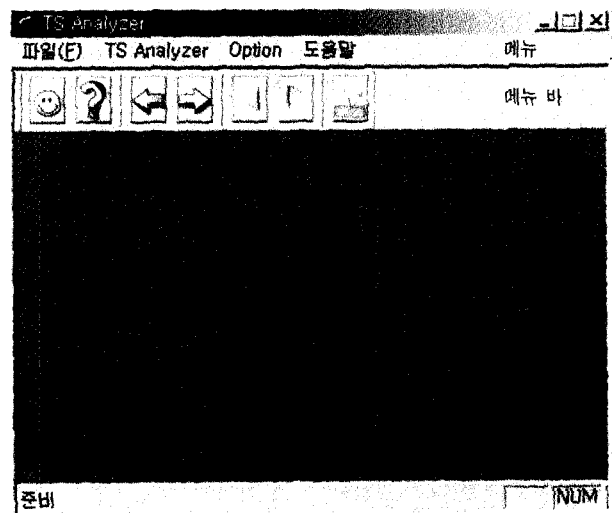


그림 8. 분석기의 초기 화면
Fig. 8. Start-up frame of the analyzer

그림 9는 분석기를 실행하여 파일에서 TS를 읽어들이었을 때 분석 내용을 보여주는 예이다. 분석기의 메인 화면은 네 개의 창으로 구성된다. 1번 창은 PSI를 보여주는 출력 창이다. 여기에는 파일에서 읽어들이는 TS를 구성하는 PAT, PMT, PSIP, 비디오, 오디오, 부가 데이터 등의 중

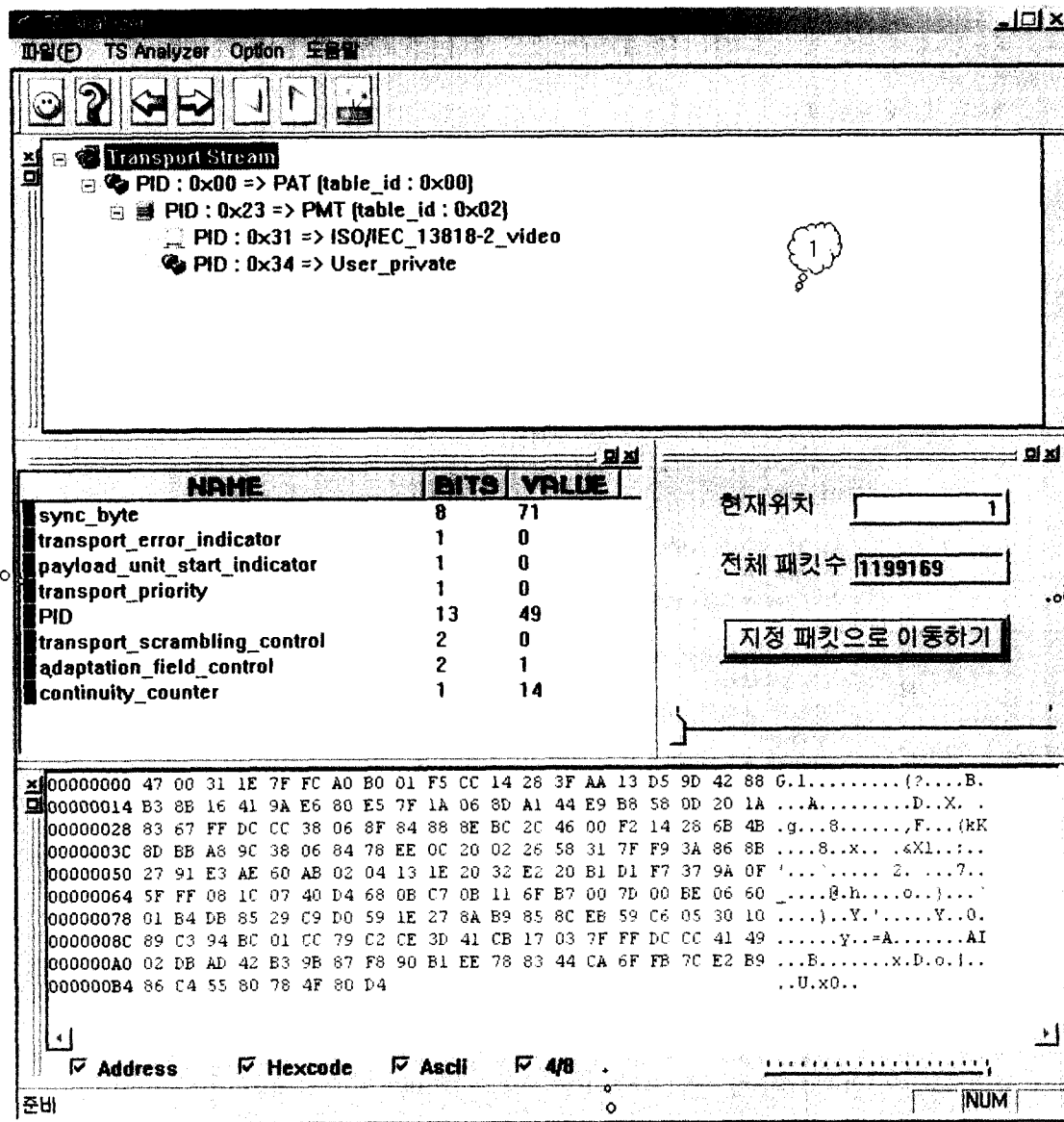


그림 9. TS 분석용 메인 화면
Fig. 9. Main frame for TS analysis

류와 PID를 보여준다. 2번 창은 현재 위치, 즉 3번창에 표시된 위치에 있는 한 TS 패킷에 대한 분석 결과를 보여준다. 즉, 헤더 내용, PSI 내용, 그리고 PES 헤더 내용을 표준 선택스별로 10진수와 16진수 값으로 보여준다. 3번 창은 전체 파일이 몇 개의 TS 패킷으로 구성되어 있는지에 관한 정보와 현재 분석 중인 패킷의 위치를

보여준다. 그리고 원하는 위치 값을 입력함으로써 원하는 위치로 이동하여 분석할 수 있게 하는 기능을 제공한다. 4번 창은 현재 위치의 TS 패킷 188바이트를 16진수로 보여준다.

분석기의 기능은 다음과 같다.

- ① TS 관별

- ② PSI 표시
- ③ TS 패킷 내용 (그림 9 참조) 및 PES 헤더 내용 표시 (그림 10 참조)
- ④ DSM-CC 데이터 캐러셀 내용 표시
- ⑤ IP 데이터 표시
- ⑥ PSIP 섹션 표시
- ⑦ 많은 패킷을 이미지로 보기 (그림 11 참조)
- ⑧ 현재 패킷에 대응되는 I 프레임 보기 (그림 12 참조)

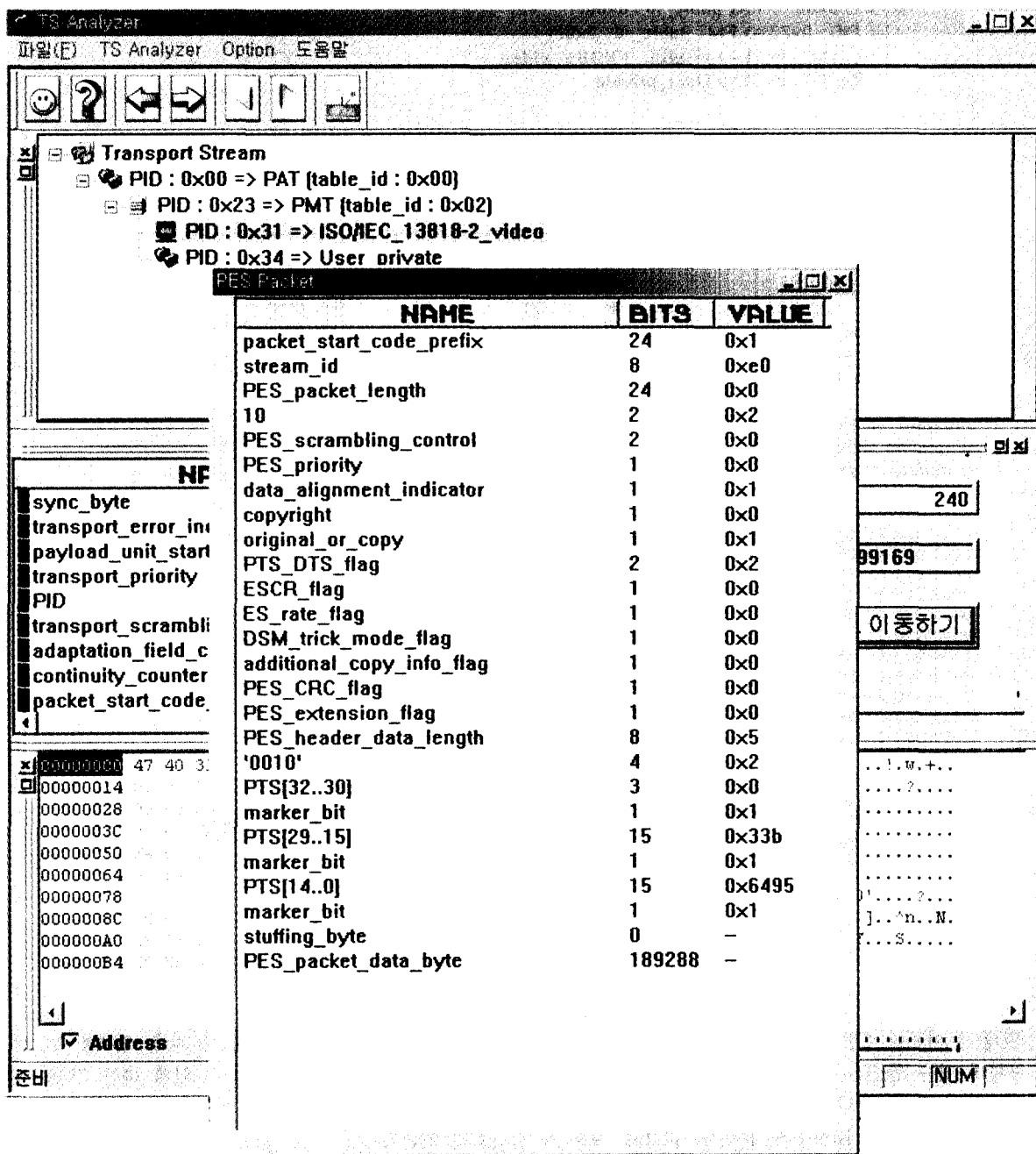
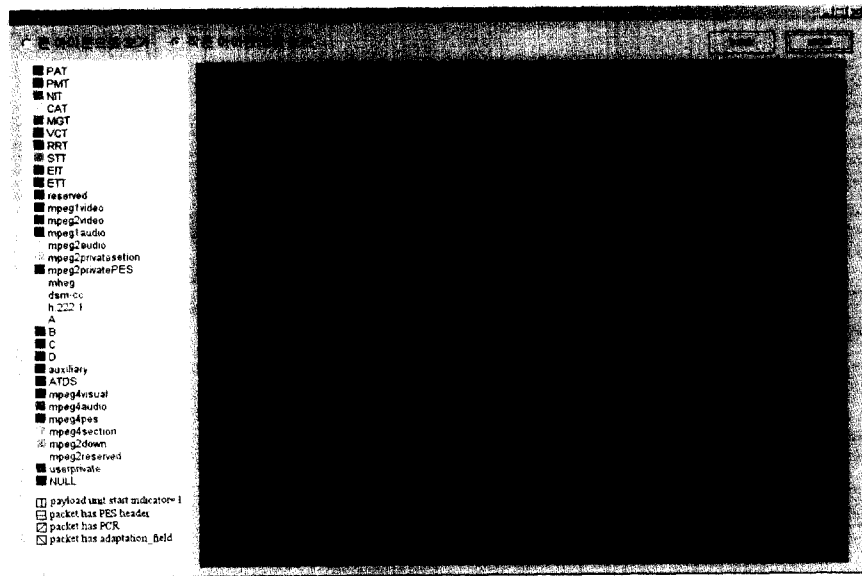
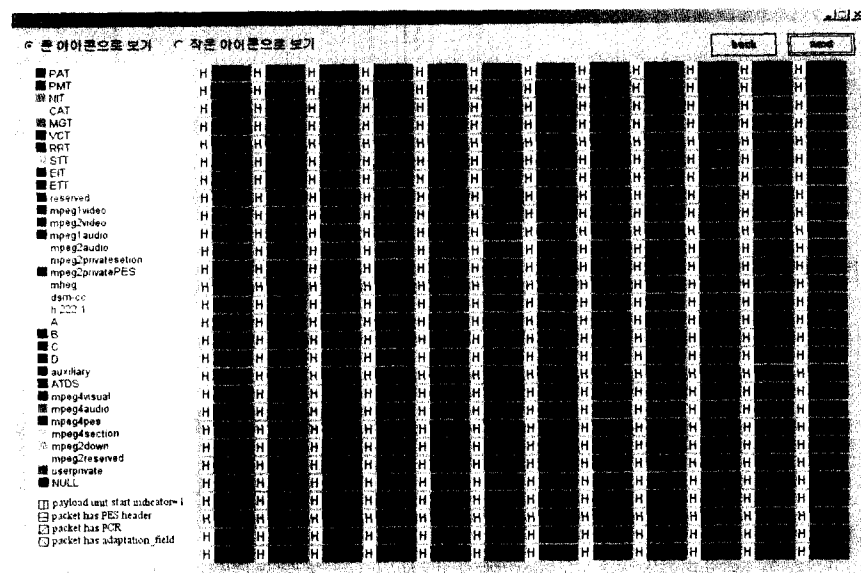


그림 10. PES 헤더 분석
Fig. 10. Analysis of PES header



(a)



(b)

그림 11. 많은 패킷을 이미지로 보기 (a) 작은 블록으로 보기 (b) 큰 블록으로 보기
 Fig. 11. Image view of many packets (a) Small block view (b) Large block view

- ⑨ I 프레임을 JPEG으로 저장하는 기능
- ⑩ TS에서 ES를 분리해 내는 기능
- ⑪ MPEG-2 비디오 재생 기능
- ⑫ MPEG-2 시스템 적합성 시험 기능
- ⑬ 데이터 삽입 기능

이 중 “많은 패킷을 이미지로 보기 기능”과 “현재 패킷에 대응되는 I 프레임 보기” 기능에 대해서는 다음 IV장에서 더 상세히 설명하도록 한다.

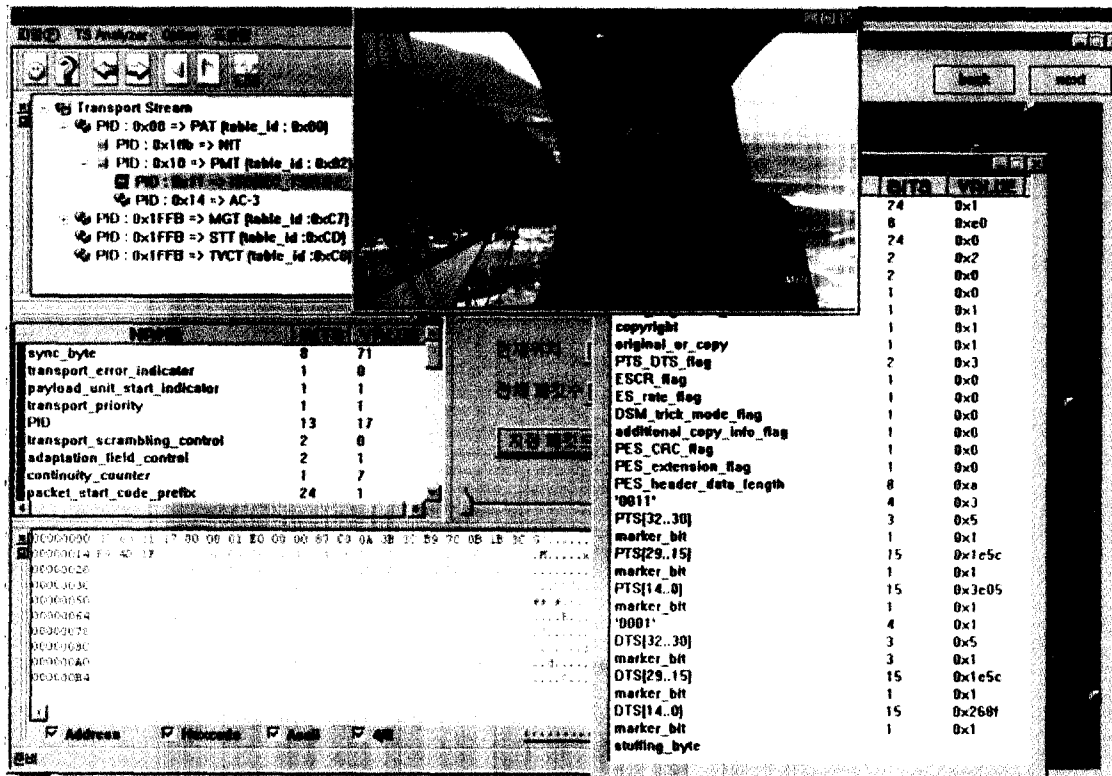


그림 12. 지상파 방송 스트림 분석 화면
Fig. 12. Analysis frame for terrestrial broadcasting stream

IV. 실험 결과

실험에는 인텔(Intel)의 펜티엄 II 333MHz의 CPU가 장착된 개인용 컴퓨터를 사용하였다. 프로그램 동작을 위한 운영체제는 Windows NT 4.0을 사용하였고, 구현에 사용된 소프트웨어는 마이크로소프트(Microsoft)의 Visual C++ 6.0이다.

분석에 사용한 스트림은 현재 시험 방송중인 지상파 디지털 방송 프로그램을 수신하여 저장한 것이다. 그림 12에 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 데이터의 삽입 위치 선정과 오류 부분 위치 파악에 특히 유용하게 사용될 수 있다.

적합성 시험 기능은 패킷 단위로 패킷 헤더의 선택적 값을 보여준다. 부적합한 경우에는 부적합한 곳의 위치가 헤더, 적응필드, 유료부하 중 어디에 속하는지를 알려주고 부적합한 이유를 표시한다. 이 기능은 기존 개발된

적합성 시험기^[11]의 기능과 유사하나 향상된 사용자 인터페이스를 제공한다.

TS 적합성 시험 화면은 그림 13과 같다. 이 실험에 사

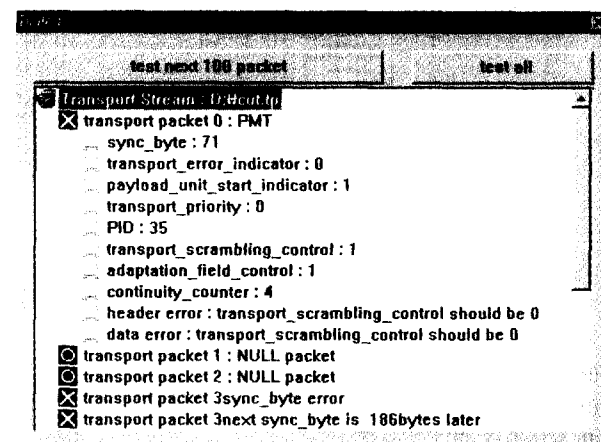
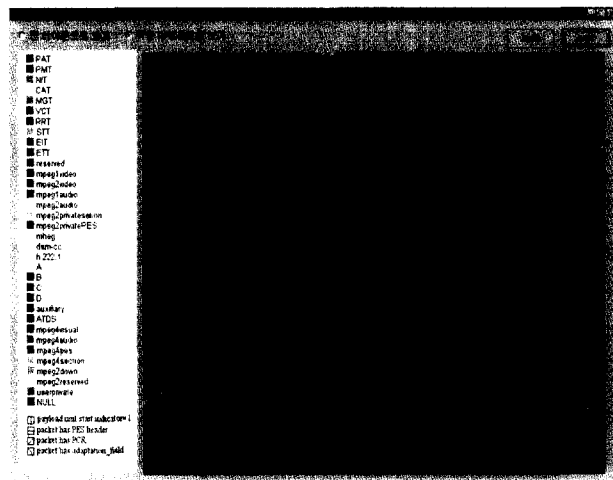


그림 13. TS 적합성 시험 예
Fig. 13. An example of TS compliance test

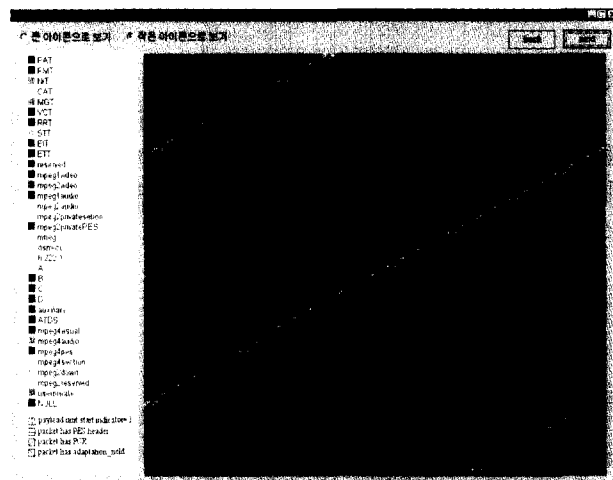
용된 TS는 시험을 위해 고의로 오류를 삽입한 스트림이다. 여기서는 PMT를 유료부하로 갖는 첫 번째 TS 패킷의 헤더와 유료부하, 즉 PMT에 에러가 포함되어 있음을 알 수 있다. 이 예에는 시작 바이트 위치 오류가 포함되어 있다. 즉, 세 번째와 네 번째 TS 패킷 사이에 알 수 없는 데이터가 186 바이트 포함되어 있다. 그림 15에 보인 바와 같이 이런 경우에는 시작 바이트가 얼마 후에 나타나는지 표시해 준다. 부적합한 패킷에 대해서는 부적합한 이유가 표시된다. 예를 들면 첫 번째 TS 헤더 내용 중 전송 암호화 제어(transport_scrambling_control)가 1인 것은 잘못된 것이다. 왜냐하면 PMT는 스크램블링하지 않도록 표준에서 규정되어 있기 때문이다.

데이터 삽입 실험은 기존 MPEG-2 TS 파일에 대화형 방송 및 데이터 방송을 위한 각종 부가 데이터를 삽입하고 그 결과를 확인하는 과정으로 진행되었다. 시청자와의 상호작용이 가능하도록 MPEG-4 시스템 표준을 이용하여 대화형 서비스를 위한 오버레이 화면을 구성하고, 이를 MPEG-4 비트스트림화하여 MPEG-2 TS에 실었다. 삽입할 데이터를 우선 TS 패킷화한 후, 콘텐츠 의존적인 보조 데이터의 경우, 시청자가 주 화면의 내용을 보고 보조 데이터를 요구하기 전에 관련 데이터가 수신기에 도달할 수 있도록 삽입 위치를 선정하였다. 즉, 주 화면의 내용에 대응되는 TS 패킷 위치 이전에 관련 데이터를 모두 삽입하였다. 이와 같이 콘텐츠 의존적인 보조 데이터를 삽입할 때, 본 논문에서 개발한 스트림 분석기의 "현재 프레임에 대응되는 I 프레임 보기" 기능을 이용하면 삽입 위치를 쉽게 선정할 수 있다. 본 논문에서는 MPEG-4 미디어 개체들을 PES 형태로 삽입하였다. 주식, 공연 정보, 뉴스, 날씨 등과 같은 콘텐츠 독립적인 부가 데이터는 XML 규격에 맞춰 DSM-CC 데이터 캐리어셀에 넣은 후 TS 패킷화하여 삽입하였다.

데이터 삽입 결과를 확인하기 위해 두 가지 방법으로 실험을 하였다. 우선 그림 14에 보인 바와 같이, 본 논문에서 구현한 TS 분석기의 기능 중 "많은 패킷을 이미지로 보기" 기능을 이용하여 데이터 삽입 전의 TS와 데이터 삽입 후의 TS를 비교해 보았다. 그림 14에서 작은 네모 한 개가 한 TS 패킷을 나타내며, 널 패킷은 검은 색으로 표시되어 있다. 데이터를 삽입하기 전과 후의 그림을 비교하여 보면 널 패킷의 위치에 데이터가 삽입된 것을 확인할 수 있다.



(a)



(b)

그림 14. 데이터 삽입 전후의 많은 패킷을 이미지로 보기
(a) 데이터 삽입 전 (b) 데이터 삽입 후
Fig. 14. Image view of many packets before and after data injection (a) Before data injection (b) After data injection

데이터 삽입 기능을 검증하기 위한 두 번째 실험으로, 모의 대화형 TV 재생기^[12]를 이용하여 데이터가 삽입된 스트림을 재생해 보았다. 그 결과 그림 15와 같이 주화면 위에 MPEG-4 시스템 규격에 의한 화면이 오버레이됨을 확인할 수 있었다. BIFS가 지정하는 위치, 즉 화면의 오른쪽에 JPEG 영상들이 출력됨을 확인하였다. 마우스를 화면 위쪽으로 옮기면 시청자와의 상호작용을 위한 메뉴가 나타난다. 이 메뉴를 이용하여 프로그램 가이드, 날씨

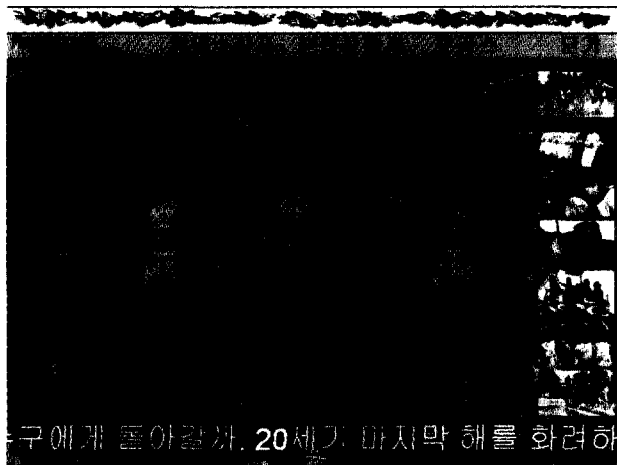


그림 15. 모의 대화형 텔레비전의 출력 화면
Fig. 15. Screen shot of interactive TV emulator

정보, 주식 정보 등을 표시할 수 있다.

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

V. 결 론

본 논문에서는 개인용 컴퓨터 환경에서 TS를 분석, 검증하고 부가 데이터를 삽입할 수 있는 시스템의 구조를 설계하고, 이를 구현한 후 동작을 검증하였다. 이 시스템은 하드 디스크에 이미 저장된 TS 파일을 입력으로 받아들이며, 특별한 하드웨어를 필요로 하지 않는다. 따라서, 본 논문에서 구현한 스트림 분석기를 이용하면, 저비용으로 디지털 TV 스트림을 분석하고 검증할 수 있으며, 새로운 대화형 및 데이터 방송 서비스를 시험하기 위한 비트스트림도 쉽게 제작할 수 있다.

향후 MPEG-2 시스템 표준 뿐만 아니라, MPEG-2 비디오, AAC 오디오 등의 미디어 스트림에 대한 분석이 추가되어야 할 것이다. 또한, 각국의 대화형 방송 및 데이터 방송 표준에 근거하여 부가 데이터에 대한 분석 기능도 추가되어야 할 것이다.

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*, 15. Apr. 1996.
- [3] ISO/IEC 14496-1, "Information technology - Coding of audio-visual objects: Systems," *International Standard*, 15. Dec. 1999.
- [4] ISO/IEC 14496-2, "Information technology - Coding of audio-visual objects: Visual," *International Standard*, 1. Dec. 1999.
- [5] ISO/IEC 13818-2, "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video," *International Standard*, 15. May 1996.
- [6] 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.
- [7] ATSC Document A/65, "Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable," 1997.
- [8] 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*, 1. Sep. 1998.
- [9] ISO/IEC 13818-4, "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio: Conformance," *International Standard*, 15. Dec. 1998.
- [10] 안상우, 최진수, 김용석, 김문철, "MPEG-2 전송 스트림 프로토콜을 이용한 MPEG-4 데이터의 전송", 2000년도 한국방송공학회 학술대회논문집, pp. 101-106, 2000. 11.
- [11] 임동근, 김대회, 호요성, 양수경, 고종석, "MPEG-2 적합성 검사기 구현", *정보과학회논문지(C)*, 제4권, 제5호, pp. 654-664, 1998. 10.
- [12] 박용현, 대화형 TV 서비스를 위한 소프트웨어 재생기의 구현, *서울시립대학교 대학원 전자공학과 석사학위논문*, 2000. 2.

저 자 소 개



정 혜 진

1999년 2월 : 서울시립대학교 전자공학과 (공학사)
2001년 2월 : 서울시립대학교 대학원 전자전기공학부 (공학석사)
2000년 11월~현재 : (주)디지털스트림테크놀로지 연구원
주관심분야 : 디지털 방송



김 용 한

1982년 2월 : 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 (공학사)
1984년 2월 : 서울대학교 대학원 제어계측공학과 (공학석사)
1990년 12월 : 미국 Rensselaer Polytechnic Institute 전기·전산·시스템공학과 (공학석사)
1991년 10월~1992년 9월 : 일본 NTT휴먼인터페이스연구소 객원연구원
1984년 3월~1996년 3월 : 한국전자통신연구원 ('91년 : 선임연구원, '95년 : 책임연구원)
1995년 8월~1996년 7월 : MPEG-Korea 의장
1996년 3월~현재 : 서울시립대학교 공과대학 전자전기컴퓨터공학부 부교수
주관심분야 : 멀티미디어 통신, 영상압축, 디지털TV, 인터넷 방송