

MPEG-2 적합성 검사의 구현

임 동근*, 김 대 회*, 호 요 성*, 양 수 경**, 고 종 석**

* 광주과학기술원 정보통신공학과

** 한국통신 전송기술연구소

Implementation of the MPEG-2 Compliance Test

Dong-Keun Lim*, Dae-Hee Kim*, Yo-Sung Ho*

Soo-Kyung Yang**, Jong-Seog KOH**

* Dept. of Information & Communications, K-JIST

** Korea Telecom Transmission Technology Research Laboratory

Abstract

The MPEG-2 standard specifies a multiplex structure and coded representations of video and audio information. MPEG-2 compliance specifies how tests can be designed to verify whether bitstreams and decoders meet the requirements specified in the MPEG-2 standard. In this paper, we explain the concept of compliance test and describe our implementation of the MPEG-2 conformance test.

여 이를 소프트웨어로 구현하였다. 이와 같은 비트열 검증용 통해 부호화기 시스템의 동작이나 제작된 MPEG-2 비트열이 MPEG-2 표준에 제대로 부합되는지를 판별할 수 있으며, 또한 MPEG-2 표준의 프로파일과 레벨에 따라 표준에 부합되는 정도를 알아낼 수 있다. 본 구현에서는 이러한 적합성 검사 중에 오류가 발생할 경우, 이를 해결할 수 있는 처리 방법도 제시한다.

I 서론

II 적합성 검사

최근 멀티미디어의 혁명이라고 불리우는 현대 정보 통신 기술의 핵심은 디지털 신호의 전송 및 저장 기술이며, 특히 인간의 시각과 청각 특성을 이용하여 영상 및 음성 신호를 압축과 복원하는 기술이 그 바탕을 이루고 있다. 영상 신호는 그 자체의 속성이 다른 신호들과는 달리 정보량이 많아서, 이를 제한된 용량의 저장 매체에 저장하거나 전송 대역폭이 작은 전송 채널을 통하여 전송하는데 어려움이 많다. 이러한 영상 신호를 효율적으로 처리하기 위해서는 영상 신호 데이터의 압축이 절대적으로 필요하다. 또한 디지털 비디오/오디오 서비스의 성공적인 보급과 확산을 위해 관련 부품의 가격은 물론, 관련 단말기 사이의 동작 호환성이 중요하다. 이러한 요구 조건들을 동시에 만족시키기 위하여, 국제 표준화 기구인 ISO와 IEC에서는 합동기술위원회(JTC 1)을 구성하여 디지털 비디오/오디오 신호를 압축하여 부호화하는 ISO/IEC 11172 (MPEG-1)과 ISO/IEC 13818 (MPEG-2) 표준 [1-4]을 만들었다.

ISO/IEC 13818 표준은 다중화 시스템(Systems, 1부), 비디오 부호화(Video, 2부), 오디오 부호화(Audio, 3부), 적합성 검사(Compliance, 4부)등 여러 부분으로 구성되어 있다. 다중화 시스템에서는 압축 부호화된 비디오/오디오 비트열을 다중화하고, 비디오/오디오 부호화에서는 각각 비디오 신호와 오디오 신호를 압축하여 부호화하는 방법을 기술하며, 이때 부호화된 비트열의 특성을 정하는 변수 값들을 비트열에 포함시켜 여러 응용 분야에 쉽게 이용할 수 있도록 많은 융통성을 제공하고 있다. 적합성 검사에서는 부호화된 MPEG-2 비트열이나 MPEG-2 표준에 따라 만든 복호화기의 특성을 검사하는 방법을 규정하며, MPEG-2 표준의 다중화 시스템부, 비디오부, 오디오부에서 기술하는 요구 사항을 만족하는지를 검사하는 방법을 규정한다. 이러한 적합성 검사는 부호화기의 제작자나 사용자들이 부호화기 시스템에서 만들어진 비디오와 오디오 비트열이 MPEG-2 복호화기 규격에 부합되는지를 확인하고 검사하는데 사용될 수 있다. 복호화기의 제작자나 사용자들도 그 복호화기가 MPEG-2 표준에서 규정하는 요구 사항 중 어느 부분을 만족하는지를 검사하는데 사용할 수 있다. 또한 이러한 검사는 주어진 비트열의 특성이 사용하고자 하는 응용에서의 요구 사항을 얼마나 만족시키는지를 검사하는데 사용되기도 한다.

본 논문에서는 MPEG-2 표준의 적합성 검사 부분(ISO/IEC 13818-4)의 내용을 분석하고 이에 따라 MPEG-2 부호화기 시스템에서 발생하는 MPEG-2 비디오 압축 비트열, MPEG-2 오디오 압축 비트열과 MPEG-2 다중화 송 비트열의 특성을 분석할 수 있는 방법을 고안하

그림 1은 적합성 검사를 위한 부호화기의 구성을 보이며, 그림 2는 복호화기의 구성을 나타내고 있다.

본 연구는 한국통신의 연구비 지원에 의하여 수행되었다.

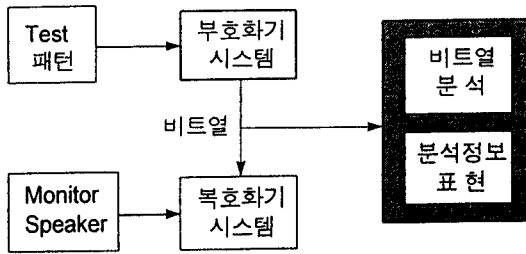


그림 1. 적합성 검사를 위한 부호화기의 구성

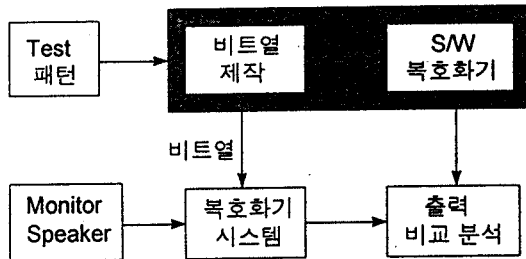


그림 2. 적합성 검사를 위한 복호화기의 구성

III MPEG-2 비디오 적합성 검사

MPEG-2 표준 방식은 시간상의 중복성을 줄이기 위해 매크로블럭 단위로 움직임 예측과 움직임 보상 동작을 수행하며, 공간상의 중복성을 줄이기 위해 블럭 단위의 DCT 변환 부호화를 사용하는 혼합 부호화 (Hybrid Coding) 방식이다. 그림 3은 MPEG-2 비디오 압축 부호화기의 개략적인 구조이다. 비디오 비트열의 적합성 검사를 통하여 검사 대상인 MPEG-2 부호화기 시스템에서 생성되는 비트열이나 외부에서 받은 비트열이 ISO/IEC 13818-2 표준에 부합되는지 판정할 수 있다.

적합한 비트열은 ISO/IEC 13818-2 부분의 8장에 있는 비트열 형식 중 sequence_extension()에 정의된 프로파일과 레벨을 위한 일반적인 구문법(Semantics and Syntax)의 모든 요구 조건을 따르고 모든 제한된 사항들을 이행한다. ISO/IEC 13818-4에는 부호화기에 관한 요구 사항들과 권고 사항을 제시하고 있다.

다음은 부호화기에 관한 요구 사항들이다.

- 1) 부호화기에 의해 만들어진 비트열은 규정에 맞는 프로파일@레벨 비트열이어야 한다.
- 2) 부호화된 비트열을 만들기 위해 자체적으로 복호화 연산들을 포함하는 부호화 방법들에 대해, 이러한 복호화 연산들은 ISO/IEC 13818-2에 규정된 충분한 연산 정밀도를 가지고 수행되어야 한다.

그리고 다음은 부호화기에 관한 권고 사항이다.

ISO/IEC 13818-2에 있는 7.4.4 절의 불일치 조절의 주의사항 2를 극복할 수 있어야 한다. 즉, IDCT에서 문제를 일으키는 부호화기에 0이 아닌 아주 작은 값이 입력되면 P화면의 복호화 시 심각한 불일치 누적의 문

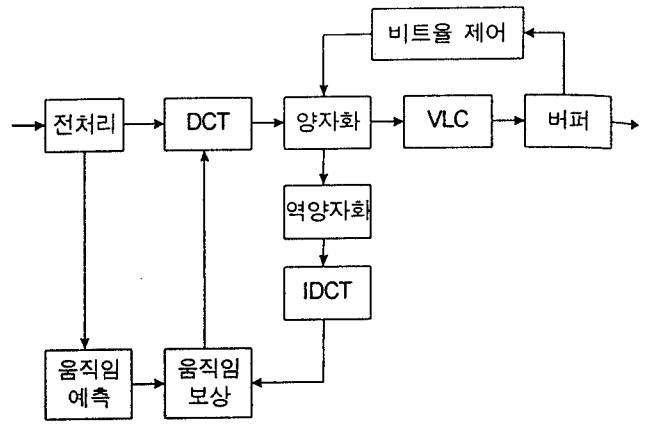


그림 3. MPEG-2 비디오 압축 부호화기

제가 발생하는데 이를 극복할 수 있어야 한다.

ISO/IEC 13818-2에 기술된 오류 은폐 기술(Error Concealment)을 이행하는 복호화기에 대해 은폐 과정에 도움이 되는 은폐 움직임 벡터를 만들 수 있는 비디오 부호화기가 권고된다.

부호화기가 slice_picture_id를 가지는 비트열을 만들 수 있다면 몇 개의 연속적인 화면들의 손실을 발생시키는 오류군을 감지하도록, 같은 slice_picture_id 값을 이용하는 화면들 사이의 시간적 간격은 가능한 크도록 권고한다.

비트열 적합성 검사에서는 비트열의 유효성을 검사하기 위하여 전체 비트열을 세밀하게 조사하고 모든 구문 요소들과 비교 대상인 다른 구문 요소들에서 유도된 값들과 ISO/IEC 13818-2에서 규정된 복호화 과정에 의해 사용된 값들을 뽑아내는 것이 필요하다. 검사를 위해 모든 복호화 과정을 반드시 수행할 필요는 없고 많은 검사들이 몇몇 처리 단계에서 그들의 사용에 우선하는 상태에 있는 구문법 요소들에 대해 수행된다.

비디오 부호화기의 적합성을 검사하기 위하여, 그림 4에 나타난 것과 같이, 테스트 영상을 MPEG-2 비디오 부호화기에 인가하여 발생하는 비트열을 MPEG-2 비디오 비트열 분석기에 인가하여 MPEG-2 표준 규정에 부합되는지를 확인한다. 만약 외부에서 비트열이 주어진 경우에는 이를 직접 비트열 분석기에 인가한다. 비트열 분석기는 일종의 MPEG-2 비디오 소프트웨어 복호화기로서 인가된 비트열의 여러가지 특성들을 분석한다. 이때 비트열에 포함되어 있는 화면의 크기, 화면율, 움직임 탐색 범위 등 중요한 부호화변수들을 추출하여 이를 도해적으로 출력하고, 검사된 비트열이 MPEG-2 표준에 부합되는 여부와 부합되는 프로파일-레벨 정도를 알려준다.

그림 5는 비디오 복호화기의 적합성을 검사하는 방법을 개략적으로 보여준다.

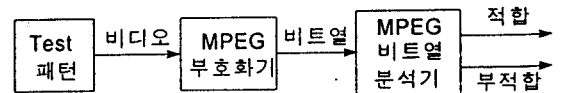


그림 4. 비디오 비트열 적합성 검사

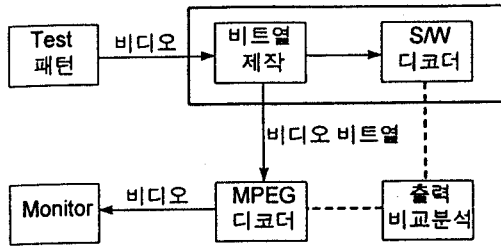


그림 5. 비디오 복호화기의 적합성 검사

그림 5를 자세히 살펴보면, 먼저 검사에 적합한 테스트 영상을 기준 복호화기를 이용하여 부호화한다. 이때 영상을 부호화하는 과정에서 검사하려는 항목을 고려하여 부호화 변수를 조절하면서 여러 종류의 비디오 비트열을 만든다. 이렇게 만들어진 비트열들을 하나씩 복호화기 적합성 검사의 비교 기준이 되는 소프트웨어 표준 복호화기와 실제 검사 대상인 복호화기에 입력하여 그 결과를 서로 비교한다.

IV MPEG-2 오디오 적합성 검사

MPEG-2 오디오 부호화 표준은 고품질의 오디오 신호를 높은 비율로 압축하여 부호화하는 5.1 채널 대응 오디오 부호화 방식이다. MPEG-2 오디오 부호화 방식은 24kHz의 대역폭을 가지는 오디오 입력 신호를 32개의 주파수 대역으로 나누어 처리하는 대역 분할 부호화(Subband Coding) 혹은 수정된 DCT 변환(Modified DCT, MDCT)을 사용한다. 이때 청각 심리적(Pschoacoustic) 특성을 이용해서 효율적인 압축을 실현하므로 높은 압축율에서도 좋은 음질을 재현할 수 있다. 그림 6은 대역 분할 부호화를 이용하는 MPEG-2 오디오 부호화 방식의 부호화기와 복호화기의 주요 기능 블록을 나타낸 것이다.

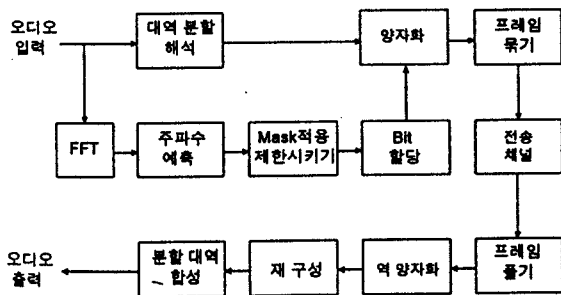


그림 6. MPEG 오디오 부호화와 복호화 동작

오디오 적합성 검사는 다음과 같은 오디오 비트열에 적용된다. 즉, 낮은 표본(sampling) 주파수를 가지는 오디오 비트열, 일반적인 오디오 비트열, MPEG 계층 I, 계층 II, 계층 III 오디오 비트열, 그리고 낮은 비트율을 가지는 멀티 채널 오디오 비트열의 특성이 응용상의 필요조건에 부합되는지 검증할 필요가 있다. 따라서 오디오 적합성 검사는 오디오 서비스 품질면에서 중요한 쟁점이 된다. 그림 7은 MPEG 오디오 적합성 검사를 위한 시스템의 구성도이다. MPEG 표준을 따르는 오디오 비트열의 적합성을 검사하기 위해, 이를 오디오 비트열 분석에 입력하여 그 특성을 분석한다.

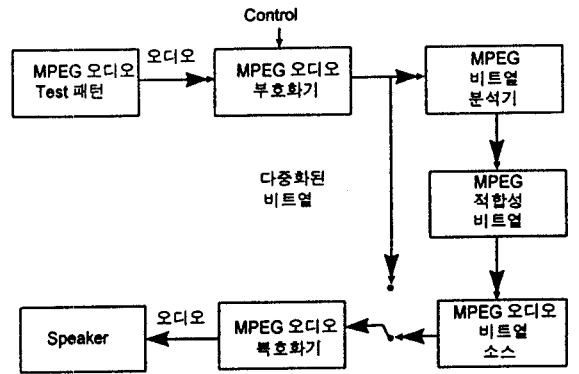


그림 7. 오디오 적합성 검사 구성도

V MPEG-2 다중화기와 역다중화기 적합성 검사

MPEG-2 표준의 다중화 시스템은 한 프로그램 또는 그 이상의 비디오 신호와 오디오 신호, 여러 데이터들을 전송하거나 저장에 적합한 한 개 혹은 다수의 비트열로 다중화하는 방법을 기술한다. 시스템 다중화의 결과는 운송 비트열(Transport Stream, TS)과 프로그램 비트열(Program Stream, PS)의 두 가지 형태를 가진다. 각각은 응용 분야에 따라 적합하도록 최적화되어 있다. MPEG-2 표준에서 정의된 TS와 PS는 모두 비디오와 오디오 정보를 부호화하고 재현시킬 때 동기화를 위해 필요한 부호화 구문법칙(Syntax)을 제공한다. 또한 복호화기에서의 데이터 버퍼가 넘치거나 텅 비는 현상이 생기지 않도록 규정한다. 부호화된 오디오와 비디오 데이터의 부호화와 재현에 관련된 타임 스탬프(Time Stamp)를 이용한 구문법칙에 정보가 부호화된다.

시스템 다중화를 수행하는 시스템 부호화 계층에서는 다음과 같은 5가지 기본적인 동작을 효율적으로 수행할 수 있는 방법을 제공한다.

- 1) 동기화(Synchronization) : 복수 개의 기초 비트열(Elementary Stream; ES)로 구성된 프로그램을 동기에 맞추어 재생할 수 있도록 한다.
- 2) 끼워짜기(Interleaving) : 복수 개의 기초 비트열을 하나의 단일 비트열로 묶는다.
- 3) 버퍼 초기화(Buffer Initialization) : 시스템의 출력된 각 ES에 대한 부호화 초기 동작시 버퍼의 초기 동작 상태를 맞추어 준다.
- 4) 연속 버퍼관리(Continuous Buffer Management) : 초기에 버퍼의 상태를 조정된 후에도 ES 부호화기의 버퍼 상태를 효율적으로 제어하여 부호화기의 모든 버퍼에서 버퍼 넘침이나 텅 비는 현상이 발생하지 않도록 한다.
- 5) 시간 확인(Time Identification) : 각 ES 또는 프로그램마다 시간을 나타내는 값을 삽입하여 비트열과 프로그램의 재생 및 상호 변환을 용이하게 하며, 다른 비트열과 프로그램으로 재 다중화하는 경우에 시간 기준값을 유지하도록 하여 필요에 따라 다른 비트열과 프로그램으로 변환되도록 원래의 비트열과 프로그램을 효율적으로 재생할 수 있도록 한다.

TS 비트열의 구성은 그림 8에 나타난 것과 같이, 그 길이가 188 바이트로 고정된다. TS 비트열은 한 개 또는 다수의 프로그램을 포함할 수 있으며, 일정한 전송율이거나 가변 전송율을 가질 수 있다.

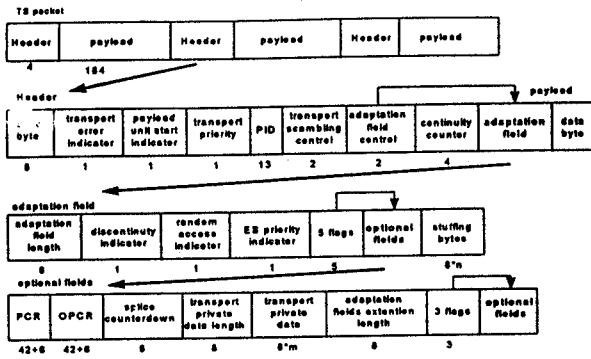


그림 8. TS 비트열의 구성도

TS 비트열은 PES(Packetized Elementary Stream) 패킷으로 구성된다. PES 패킷은 비디오, 오디오, 기타 데이터등 어느 것도 해당될 수 있다. 그림 9는 패킷화된 기초 비트열(PES)의 구성을 보여주고 있다. PES 패킷은 TS 비트열을 구성하는 기본이 되며 TS 패킷보다 길다. PES를 만들때는 ESCR(Elementary Stream Clock Reference)과 ES Rate (Elementary Stream Rate)의 정보를 포함시켜야 한다. 그러나 PES는 TS에 포함되어야 할 PMT와 같은 시스템 정보를 포함하지 않는다.

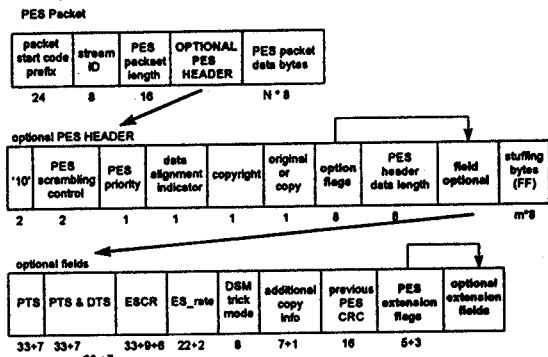


그림 9. 패킷화된 기초 비트열의 구성도

다중화 동작을 수행하기 위해서는 채널에서 데이터를 복원하고 클럭을 조절하며 버퍼를 관리해야 한다. 이들 동작은 서로 긴밀하게 연관되어 있다. 채널의 데이터 전송율을 조절할 수 있는 경우에는, 복호화기 버퍼가 넘치거나 부족되는 상태가 생기지 않도록 데이터 전송을 조절해야 한다. 만약 데이터 전송율을 조절할 수 없는 경우에는, ES 복호화기가 채널에서 수신되는 데이터의 타이밍에 종속되어야 한다. 각 TS의 첫번째 팩에는, 다중화 비트열의 최대 데이터 전송율과 동시에 처리할 수 있는 최대 비디오 채널 수와 같이, 이들을 복호화 시 필요한 정보를 포함한다. 그림 10은 다중화기의 구성도이다.

부호화시 TS는 ES나 다른 TS의 내용을 다중화하여 만든다. 이때 ES는 부호화된 오디오와 비디오 비트열뿐만 아니라 개인적(Private) 비트열과 패딩(padding) 데이터를 포함한다. 다중화 비트열은 전송을 위하여 패킷으로 나누어서 순차적으로 전송되어진다. 이때 PES 패킷은 오직 한 개의 ES 데이터만 포함한다. PES 패킷을 풀면 기초 비트열을 얻을 수 있으며, PES 패킷 헤더의 고유 번호를 참조하면 그 종류를 알 수 있다. 따라서 역 다중화 과정은 PES 비트열 또는 패킷 고유 번호

(PID)를 이용하여 연속적으로 입력되는 비트열을 패킷 단위로 분리하여 각 기초 비트열 버퍼에 데이터를 저장한다. 그림 11은 역다중화기의 구성도이다.

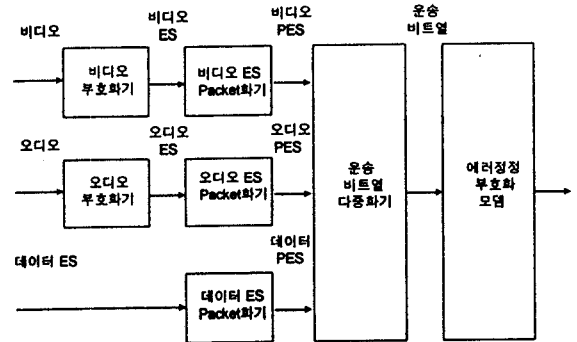


그림 10. 다중화기의 구성도

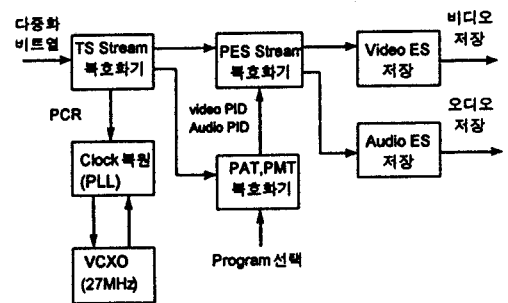


그림 11. 역 다중화기의 구성도

VI 결론

본 논문에서는 MPEG-2 표준의 적합성 검사 부분 (ISO/IEC 13818-4)의 내용을 분석하고 MPEG-2 부호화기 시스템에서 발생하는 MPEG-2 비디오, 오디오 압축 비트열과 MPEG-2 다중화 운송 비트열의 특성을 분석할 수 있는 방법을 소프트웨어로 구현하였다. 비트열 검증 과정을 통하여 부호화기의 동작이나 제작된 MPEG-2 비트열이 MPEG-2 표준에 제대로 부합되는지를 판별할 수 있으며, 또한 MPEG-2 표준의 프로파일과 레벨등과 같이 표준에 부합되는 정도를 알아낼 수 있다. 적합성 검사 중에 오류가 발견될 경우, 이를 해결할 수 있는 처리 방법도 제시하였다. 이와 같은 적합성 검사는 최근 많은 관심을 끌고 있는 멀티미디어 통신 분야의 시스템 개발 및 서비스 개발에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] ISO/IEC 13818-1: "Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Systems," International Standard, March 1996.
- [2] ISO/IEC 13818-2: "Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Video," International Standard, March 1996.
- [3] ISO/IEC 13818-3: "Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Audio," Draft International Standard, July 1996.
- [4] ISO/IEC 13818-4: "Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Conformance," International Standard, March 1996.