

MPEG-2 Transport Stream의 Program Stream으로의 변환 및 분석

채지웅, 김정림, 설상훈

고려대학교 전자공학과

jwchae@mpeg.korea.ac.kr, mrbone@mpeg.korea.ac.kr, sull@mpeg.korea.ac.kr

Conversion and Analysis from MPEG-2 Transport Stream to Program Stream

Jee-Woong Chae, Jung-Rim Kim, Sanghoon Sull

School of Electrical Engineering, Korea Univ

요 약

디지털 방송 서비스가 보편화 되면서 MPEG-2, DVB 및 ATSC Transport Stream의 사용이 확산되고 있다. 수신된 방송 Transport Stream(TS)은 TS 그대로 이용하거나 Program Stream(PS)로 변환한 후 저장하여 이용한다. DVD같은 디지털 저장매체에는 PS가 사용되므로 디지털 방송을 수신하여 이를 DVD나 DVD-RAM과 같은 저장 매체에 저장하려면 TS를 저장용 Stream인 PS로 변환하여 저장하여야 DVD Player와 같은 매체 재생기에서 이를 이용할 수 있다.

본 논문에서는 TS를 PS로 변환하고 변환된 TS와 PS를 분석하여 얻어진 변환 및 변환 후의 여러 결과들을 비교 분석하여 보여준다.

I. 서 론

최근 디지털 방송 시대가 본격화 됨에 따라 디지털 방송의 표준으로 채택된 MPEG-2는 그 비중이 날로 커지고 있다.

MPEG 비디오 파트와 오디오 파트는 비디오와 오디오 신호를 압축하기 위한 표준이다. 이러한 비디오 파트와 오디오 파트에서 만들어진 비디오와 오디오 스트림을 저장 또는 전송하기 위하여 패킷화 하는 과정은 크게 두가지로 나눌 수 있다. 하나는 디지털 저장 매체에 저장하기 위한 PS를 만드는 과정이며 또 하나는 네트워크에서의 전송 또는 방송을 위한 TS를 만드는 과정이다. 이러한 TS는 MPEG-1 표준에는 없던 것으로 MPEG-2 표준에서 실시간 전송을 목표로 제정된 것이다.

따라서 방송용 장비들에서는 TS가 사용되어지며, 수신된 TS를 DVD와 같은 저장매체에 이용하기 위해서는 이를 저장용 스트림인 PS로 변환하여야 한다. 디지털 방송 서비스가 확산되고 AV 디지털 저장 매체의 사용이 활성화

됨에 따라, 여러 제품에 TS로부터 PS로 변환하는 기능이 필수적으로 필요하다.[1]

TS를 PS로 변환하는 방법으로는 TS를 역다중화(demultiplex)한 뒤 PS로 재다중화(remultiplex)하는 방법과, 시스템 클럭을 복원하지 않는 직접 매핑 방법이 있을 수 있다.[2][3][4][5]

본 논문에서는 시스템 클럭을 복원하지 않고 TS를 PS로 변환하고, 변환된 PS를 TS와 비교하여 얻어진 여러 결과들을 제시한다. II장에서는 MPEG 시스템 다중화 방식의 개요를, III장에서는 MPEG-2 TS의 PS로의 변환 방식의 개요를 보여주며, IV장에서 실험결과와 결론을 제시한다.

II. MPEG-2 시스템 다중화 방식의 개요

1. MPEG-2 기본 System Layer

MPEG비디오 스트림과 MPEG 오디오 스트림을 하나로 묶어 전송하거나 저장하기 위한 규격이 MPEG 시스템이

다. MPEG 인코더 및 디코더의 개략적인 블록도는 그림 1과 같다.

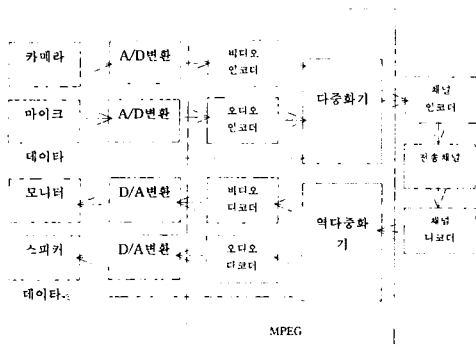


그림 1. 디지털 A/V 시스템

MPEG-2 시스템은 시분할다중방식(TDM : Time Division Multiplexing)에서 쓰이고 있는 패킷 다중화 방식을 채택하고 있으며, 이때 비디오와 오디오 비트열 각각을 우선 패킷이라 불리는 적당한 길이의 비트열(PES : Packetized Elementary Stream)로 분할한다. 이러한 PES Packet은 다중화기(MUX : Multiplexer)를 통해 PS나 TS를 구성하게 된다.

시스템을 구성하는 시스템 인코더는 동기화(synchronization), 다중화, 버퍼 초기화, 버퍼관리, 시간규정과 같은 기본적인 5가지 동작을 효율적으로 수행할 수 있는 방법을 제공하여야 한다.[6]

2. MPEG-2 PS

PS 스트림은 PS pack으로 구성되는데, 오디오와 비디오 스트림 또는 그 이외의 데이터를 전송에러가 거의 없는 선로나 저장매체를 통하여 송수신하기 위한 목적으로 이용된다. DVD, CD-ROM등에서의 저장 또는 재생, 컴퓨터 상에서의 소프트웨어를 이용한 압축 또는 복원 등에 적합한 방식이다.

3. MPEG-2 TS

PS와 달리 TS는 전송에러가 존재하는 채널로 전송하기 위한 목적으로 이용되며 188byte의 일정한 TS packet들로 구성된다.

MPEG-2에서 언급하는 TS stream은 대표적으로 다음과 같은 다섯 가지 경우에 있어서 최소한의 동작으로 구현 가능하도록 구성되어야 한다.[6]

TS로부터 ES를 디코딩 하고, 여러 프로그램의 TS에서 프로그램을 추출하여 TS를 구성하고, 여러 TS에서 추출한 여러 프로그램으로 TS를 구성하고, TS에서 하나의 프로그램을 추출하여 PS를 구성하고, PS로부터 동일한 기능의 TS를 구성 할 수 있어야 한다.

4. MPEG-2 시간정보(Time Stamp)

MPEG 시스템에서 언급하는 프로그램이란 ES (Elementary Stream)을 의미하는 program element들의 집합이며 일정한 시간기준값을 갖는 ES들의 집합이다

오디오와 비디오 신호가 인코더를 거쳐 압축되면서 ES가 되고 이 ES에 대한 PES 패킷화 수행시 ESCR (Elementary Stream Clock Reference) 및 PTS(Presentation Time Stamp), DTS(Decoding Time Stamp)를 PES packet header 부분에 추가하며 디코더의 클럭을 인코더의 기준 클럭에 맞추기 위하여 인코더에서는 그 프로그램의 PCR(Program Clock Reference) 또는 SCR(System Clock Reference)값을 TS packet header와 PS packet header부분에 각각 기록하게 된다. TS stream에서는 시간기준값을 PCR로 표시하며 PS stream에서는 SCR로 표시한다. PS stream은 단일 프로그램으로만 구성되지만 TS stream은 복수개의 프로그램으로 구성될 수 있으며 이럴 경우 TS stream을 구성하는 각 프로그램의 PCR은 다를 수가 있다.

III. TS to PS 변환

1. TS to PS 변환 개요

TS to PS 변환은 그림 2와 같이 TS 역다중화기(demultiplexer)와 PS 재다중화기(remultiplexer)를 통해서 이루어 질 수 있다. 이 경우에 PCR과 PLL(phase locked loop) [9][10]을 통해 시스템 클럭을 복원하여 시간정보(time stamp)를 다시 작성하여야 한다.

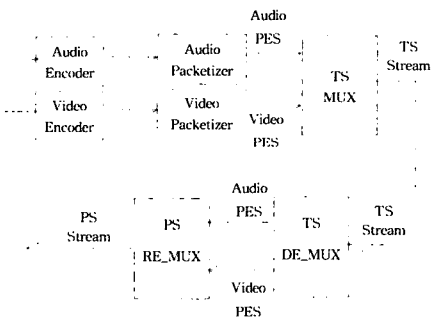


그림 2. TS to PS 변환

이러한 방식의 장점은 시스템 클럭을 복원하여 재다중화 하므로 변환 후에도 ES간의 동기를 표준에서 정의한 대로 보장하는 것이다.[5][7]

반면에 앞의 I.서론에서 언급한 것과 같이 직접매핑방법을 이용하면 시스템 클럭을 복원할 필요가 없다. 따라서 PLL[8]과 타임 스탬퍼(time stamper), 그리고 역다중화기와 재다중화기를 구현할 필요가 없으므로 소프트웨어로 구현이 가능하다.

2. TS to PS 변환 방법

TS는 다수의 프로그램을 가지고 있을 수 있다. 따라서

단일 프로그램으로 이루어진 PS로 변환하려면 TS 중에서 하나의 프로그램을 선택하여야 한다.

TS에는 프로그램 구성정보(PSI: Program Specific Information)가 있는데, 이는 시스템 디코더가 TS 스트림 내에 있는 프로그램을 디코딩할 수 있도록 사용자가 정의해주는 프로그램 정보들을 지칭한다. 따라서 TS에서 프로그램을 선택하기 위해서는 우선 PSI정보를 찾아야 한다.

PSI정보는 Program Association Table(PAT), Program Map Table(PMT), Network Information Table(NIT), Conditional Access Table(CAT)의 4가지 테이블로 구성된다. 이 테이블들은 모두 다른 PID를 가지고 있으며 하나의 TS packet에는 하나의 테이블만을 전송한다.

제일 먼저 진행하여야 할 것은 PAT를 찾아야 한다. 찾은 PAT에 따라 PMT의 PID를 찾고, PMT를 찾아 각 ES의 PID를 찾아내는 순서로 진행한다.

변환할 프로그램 PES의 PID를 찾았으면 다음으로 PCR값을 찾는다. 처음 두 개의 PCR값을 찾아 (1)의 식에 의해 program_mux_rate를 계산한다.

$$PMR = \frac{(i' - i'') \times scf}{SCR(i') - SCR(i'')} \times \frac{1}{50} \quad (1)$$

PS의 pack_header의 SCR에는 PCR을 복사하며, 계산된 program_mux_rate를 기록하는 것으로서 pack_header의 구성은 간단히 마칠 수 있다.

다음은 system_header를 구성하여야 하는데 이것은 프로그램의 처음에만 존재하거나, 중간에 계속 삽입되어도 상관없다. system_header의 대부분의 값은 처음 헤더를 구성할 때 결정될 수 있으나, rate_bound와 fixed_flag는 PS 스트림을 모두 구성하고 난 뒤에 결정되어 지므로 스트림 구성의 맨 마지막 단계에서 갱신되어야 한다.

audio_bound와 video_bound는 오디오와 비디오ES의 개수를 나타내므로 PSI의 PMT를 참고하여 결정한다.

system_audio_lock_flag, system_video_lock_flag와 CSP_S_flag는 1이며 private_rate_restriction_flag는 0또는 1 모두 상관없다.

stream_id는 각 스트림의 ID를 기록하면 되고, P-STD_buffer_bound_scale은 오디오의 경우 0, 비디오의 경우 1로 기록한다.

여기서 P-STD_buffer_size_bound는 오디오의 경우 23이지만 비디오의 경우 MPEG-1은 59이며 MPEG-2는 비디오 ES의 프로파일(profile)과 레벨(level) 값에 따라 달라진다.

프로파일과 레벨에 따른 P-STD_buffer_size_bound값은 (2)의 식에 의해 계산될 수 있으며 다음 표 1과 같다. [5]

$$B_v = \frac{VBV_{\max}[p, l] + \frac{1}{750} \times R_{\max}[p, l]}{8 \times 1024} \quad (2)$$

Level	Profile				
	Simple	Main	SNR	Spatial	High
High		1,208			1,509
High-1440		906		906	1,208
Main	227	227	227		302
Low		59	59		

표 1. 프로파일과 레벨에 따른 P-STD_buffer_size_bound

pack_header와 system_header를 구성하고 난 뒤 PES 패킷을 복사한다. PES 패킷 복사 방법은 아래에 따로 언급한다. 이 후 다음 PCR이 나타나면 pack_header를 새로 구성한다. TS의 PCR은 0.1초마다 한번씩 전송하도록 되어 있고, PS의 SCR은 0.7초마다 한번씩 전송하므로, PCR 7개 마다 pack_header를 구성하여 SCR을 채울 수 있다.

PES 패킷을 복사하여 TS를 구성하여야 하는데 TS는 PES의 패킷 길이가 들어 있지 않으며, TS를 구성하는 PES는 PS를 구성하는 PES 패킷의 최대 길이인 64 KBytes를 넘을 수 있다.

따라서 PES패킷의 크기가 64KBytes를 넘을 경우 PES 패킷을 잘라서 PS로 복사하여야 한다. 이렇게 PES를 자를 경우 크기는 고정크기 가변크기 모두 상관 없다.

또한 PES 패킷을 자를 경우 PES에 삽입되어 있는 PTS와 DTS의 경우 문제가 발생할 수 있다. PTS와 DTS는 해당 PES에서 반드시 존재해야 하는 psc(picture start code)로부터 시작되는 access unit의 비디오 데이터의 디코딩 시간과 디코딩 후 디스플레이 시간을 알려준다. PES를 자를 경우 PTS와 DTS가 존재하는 헤더를 가진 PES의 유효부하에 psc가 없을 수도 있게 된다. 이럴 경우 PTS와 DTS는 다음의 psc가 존재하는 PES 헤더에 삽입되어야 한다.

변환이 모두 끝나면 최초의 system_header에 rate_bound와 fixed_flag를 갱신하고 MPEG_program_end_code를 삽입한다.

IV. 실험결과 및 결론

1. 실험결과

본 실험에서는 III에서 언급한 방법으로 TS to PS 변환을 실시하였다. 표 2는 64Kbytes로 PES를 패킷화 한 결과이다. 그림 3은 스트림의 PS와 TS의 사이즈를 그림으로 나타내었다.

실험 결과를 보면 PS의 크기가 TS에 비해 17%정도 줄어들었음을 알 수 있다. 따라서 스트림을 저장 할 경우 PS가 TS보다 저장공간의 측면에서 효율이 좋음을 알 수 있다.

스트림	재생시간	비디오 해상도	비디오 비트율	변환전 크기(KB)	변환후 크기(KB)	바이트 비율
1	38초	704 x 480	732 Kbytes/s	28,708	23,893	83%
2	77초	704 x 480	732 Kbytes/s	57,904	48,565	84%
3	110초	704 x 480	732 Kbytes/s	83,472	69,690	83%
4	142초	704 x 480	732 Kbytes/s	107,536	89,564	83%
5	757초	704 x 480	732 Kbytes/s	571,520	475,271	83%

표 2. TS to PS 변환 결과 (64Kbytes PES packet)

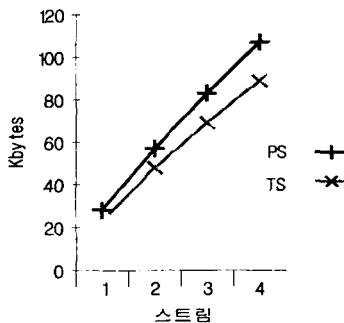


그림 3. TS to PS 변환 결과 (64Kbytes PES packet)

표 3은 PES크기에 따른 PS의 크기이다. PES의 크기를 달리하여 TS를 PS로 변환한 결과는 PES의 크기에 따라 약간의 변화가 있었으나 무시해도 좋을 만큼 작았다.

표 4는 PES의 크기에 따른 랜덤 액세스 (random access) 시간을 측정된 것이다. 랜덤 액세스 측정은 난수 발생기로 일정한 파일 포인트를 발생시킨 후, PS 시스템과 비디오를 파싱(parsing)하여 그 지점 이후로 가장 가까운 I 프레임을 찾는 방법으로 측정하였다. 모두 1000회씩 측정하여 평균값을 내었다.

측정 결과 랜덤 액세스 시간은 PES크기에 따라 크게 좌우되지는 않는다. 여러 저장 매체에서 스트림을 추출하여 측정해본 결과, PS 스트림은 일반적으로 약 2-10Kbytes의 고정 또는 가변 크기를 사용하고 있었다. 따라서 이러한 범위 내에서라면 PES의 크기는 상관이 없다.

또한 실험에 사용한 732Kbytes/s 스트림에서 PES크기가 30KB 이상일 경우 PTS와 DTS를 psc에 맞춰 옮겨 주지 않아도 PS스트림은 이상 없이 재생되었으나 그 이하일 경우 PES 패킷화 과정에서 이를 고려하여야 하였다.

2 결론

본 실험에서는 TS를 PS로 변환하며 얻어진 여러 MPEG-2시스템에 관련된 결과들을 제시하였다.

MPEG-2 시스템 표준에는 규정하고 있지 않은 많은 부분들은 서비스에 따라 달리 정의되고 사용되어질 수 있다.

PES크기	2KB	4KB	8KB	16KB	24KB	32KB	64KB
스트림크기	23,989	23,909	23,901	23,895	23,893	23,893	23,893

표 3. PES에 따른 스트림 1의 PS로 변환된 크기

PES크기	2KB	4KB	8KB	16KB	24KB	32KB	64KB
액세스시간 (10 ⁻³ 초)	338	340	337	336	336	336	337

표 5. PES크기에 따른 랜덤 액세스 시간

이러한 부분들은 실제 사용되는 분야에 따라 확장 또는 제한 되어지게 된다. 현재 서비스 중인 ATSC나 DVB는 MPEG-2를 기반으로 하여 서로 다르게 확장 또는 제한되어 사용된다. 이러한 MPEG-2를 기반으로 하는 여러 표준에 있어서도 TS를 PS로 변환하며 여러가지 분석을 할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 멀티미디어/DTV용 시스템 제어 및 Data Storage Interface 표준규격 개발, 전자부품연구원, KETI-RD-1999011, Mar. 1999.
- [2] S. I. Lee, S. B. Cho, J. H. Kim, H. H. Jeon and D.G. Oh, "Implementation of MPEG-2 TS Remultiplexer and Data Transport Unit for HDTV Satellite Broadcasting", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 43, No. 3, pp. 324-329, 1997.
- [3] R. E. Anderson and E. M. Foster "Design of an MPEG-2 transport demultiplexer core", *IBM J. RES. DEVELOP*, vol. 43, no. 4, pp. 521-532, July, 1999.
- [4] 신화선, 김용한, "MPEG-2 TS-to-PS 변환 알고리즘" 정보기술연구소 논문집, 창간호, pp. 117-126, 1999
- [5] 신화선, 김용한, 김제우, 최병호, 송병철, 용석진, "직접 매핑 기법을 이용한 MPEG-2 TS-to-PS 변환 알고리즘" 한국통신학회논문지 Vol. 24 No. 11A Nov. 1999.
- [6] 유시용, 장규환, 이병욱, 김종일, 정해묵, "MPEG 시스템" 대영사, 서울, 1997.
- [7] ITU-T Rec. H.220.0 | ISO/IEC 13818-1, Information technology Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems, 1995.
- [8] 정재창, "최신 MPEG", 교보문고, 서울, pp. 275, 1997.
- [9] R.E.Best, "Phase-Locked Loop 3/e", McGrawHill, 1997.
- [10] C. Tryfonas, A. Varma, "A Resampling Approach to Clock Recovery in MPEG-2 Systems Layer", *Dep. Comp. Eng., UCSC, Tech. Rep. UCSC-CRL-98-4*, 1998