

스플라이싱 및 PSIP 다중화 기능을 갖는 재다중화기의 설계

최준영, 장현식, 정주홍

대전시 유성구 가정동 161, 305-350
한국전자통신연구원 방송기술연구부
Phone: 042-860-3886, Fax: 042-860-6465
E-mail: jyc@etri.re.kr

Abstract: 재다중화기는 여러 개의 TS를 입력으로 받은 후 다중화하여 출력하는 시스템이다. 이를 위해서는 PSI 재구성 및 PID 재배열 등의 과정을 거친 후 T-STD 모델에 맞게 다중화하고, PCR 수정하여 전송하는 기능이 필요하다. 재다중화기는 부가적으로 MPEG 스트림을 끊어 잇는 스플라이싱 기능과 PSI와 PSIP의 상호 연계를 위해 PSIP 데이터를 처리할 수 있는 기능을 갖출 수 있다. 본 논문에서는 TS 다중화를 위한 기본 기능과 함께 스플라이싱 및 PSIP 스트리밍 등의 보조 기능을 수용할 수 있는 재다중화기의 구조를 제안한다.

1. 서론

현재 국내에서는 미국의 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 방식을 기반으로 하는 디지털 지상파 방송을 준비하고 있다. 디지털 지상파 방송은 기존의 아날로그 방송과 동일한 대역폭에 고화질 프로그램을 전송할 수 있으며, 다수의 표준화질 프로그램을 하나의 채널에 전송할 수도 있다. 뿐만 아니라 디지털 방송은 데이터 방송, 대화형 방송 등 여러 가지 응용 서비스를 제공할 수 있다. 이와 같이 하나의 전송 채널에 다수의 프로그램과 여러 가지의 응용 서비스를 제공하기 위해서는 각각의 서비스 제공원으로부터 발생된 TS를 하나의 채널에 다중화할 수 있는 시스템이 필수적이다. 이러한 다중화 시스템을 재다중화기(remultiplexer) 또는 시스템 다중화기라 한다.

재다중화기의 가장 기본적인 기능으로는 다수의 인코더, 데이터 방송 서버 등으로부터의 입력되는 TS(transport stream)의 다중화이다. 재다중화기는 각각의 입력 TS들을 버퍼에 저장한 후 다중화하여 출력한다. 이 밖의 기본 기능으로는 각 입

력 채널에 존재하는 PAT(program association table), PMT(program map tables) 등의 PSI를 종합하여 규격에 적합하도록 처리하는 PSI(program specific information) 스트리밍 기능, 입력 TS 스트림의 PID(packet identifier)가 중복되지 않도록 하는 PID 수정 기능이 있다. 또한 여러 개의 입력 스트림을 다중화하면서 발생하는 PCR(program clock reference) 지터(jitter)를 보상하기 위한 PCR 수정 기능도 필수적이다.

본 논문에서 제안하는 재다중화기에는 위에서 언급한 기본 기능 이외에 ATSC 규격의 디지털 방송 프로토콜 PSIP(Program and System Information Protocol)를 STD(system target decoder) 모델에 맞게 다중화하는 기능, 압축된 A/V 비트 스트림을 복호화하지 않은 상태에서 방송 중인 프로그램을 끊고 다른 프로그램으로 교체하는 스플라이싱(splicing) 기능 등의 보조 기능 또한 내재될 수 있다.

본 논문에서는 재다중화기의 기본 기능과 함께 스플라이싱 및 PSIP 다중화 등의 응용 서비스를 수용할 수 있는 재다중화기의 구조를 제안한다.

2. 재다중화기의 구조

재다중화기는 다수의 입력 TS를 다시 하나의 TS로 만든 후 ATSC 또는 국내 지상파 방송 규격에 적합한 비트 스트림을 출력하는 역할을 수행한다. 본 논문에서 제안하는 재다중화기의 개략적인 구조는 그림 1에 나타난 바와 같다.

재다중화기의 가장 핵심적인 역할을 하는 부분은 buffer controller, multiplexer, scheduler 등으로 이루어진 TS 다중화 블록이다. 이 곳에서 프로그램 구성요소(program element)와 함께 재구성된 PSI 테이블 및 PSIP 테이블 등의 다중화가 이루어진다.

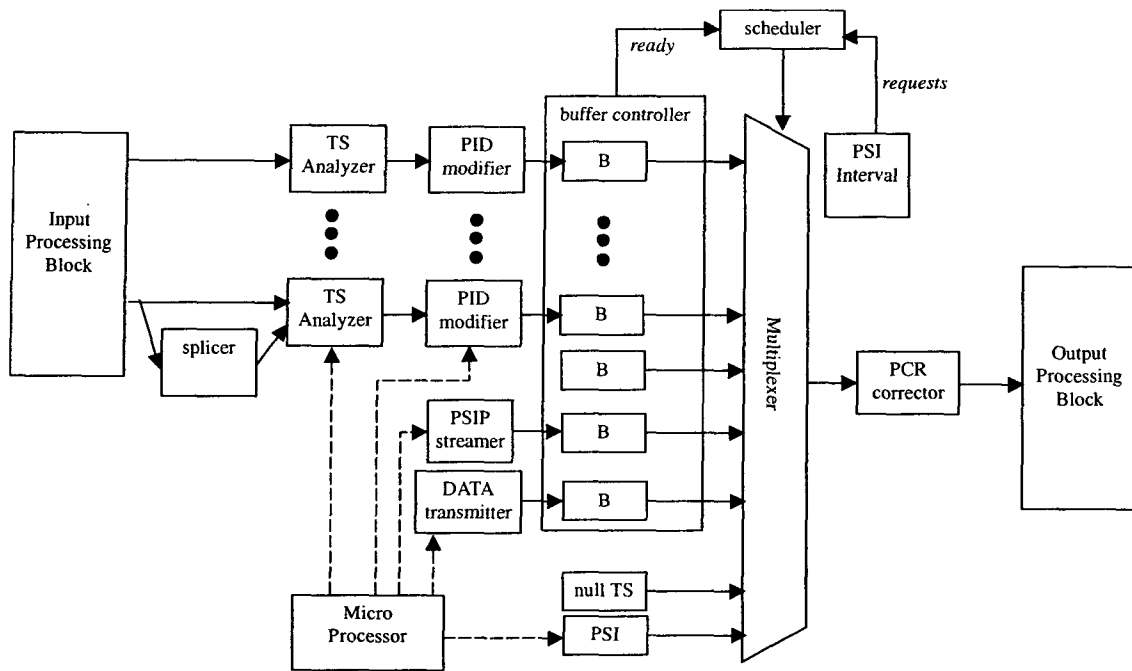


그림 1. 재다중화기의 기본 구조

PID modifier에서는 입력 TS 중에서 중복되는 PID가 발생하는 경우 해당 TS의 PID 값을 변경한다. 그리고 각 기초 스트림에 대한 TS의 PID 정보는 PSI 테이블에 실려 있으므로 PID 변경에 대한 사항은 PAT, PMT의 재구성시에 반영되어야 한다.

입력 TS로부터 PSI 패킷을 선별하여 PMT 및 PAT를 재구성하는 역할은 TS analyzer와 마이크로 프로세서에서 수행한다. 재구성된 PSI 테이블은 전송 주기에 맞게 버퍼에 저장된 후 다른 TS와 함께 다중화된다.

PCR corrector에서는 다중화 과정을 거침으로 인해 상대적으로 약간의 위치 이동이 발생된 PCR 값을 수정한다. PCR은 PCR_base과 PCR_extension 필드로 이루어지며, TS 패킷의 헤더에 포함되어 있다. PCR 값의 수정은 송신측과 수신측의 동기를 맞추기 위해 매우 중요하다.

PSIP 스트리머는 Ethernet으로 연결된 외부 PSIP 서버로부터 전송된 PSIP 테이블을 전송 주기에 따라 연속적으로 출력하는 역할을 담당한다.

본 재다중화기에서는 스플라이싱을 위하여 하나의 입력 채널을 할당한다. 재다중화기 제어기를 통해 스플라이싱 모드가 설정되면 전송 중에 있는 하나의 입력 채널은 정해진 시간에 스플라이싱 채널과 교체된다. 스플라이싱 기능은 지방 방송국에서 지역 뉴스 등의 프로그램을 방송 중에 삽입

하기 위해 사용될 수 있으므로 매우 중요한 역할을 담당한다.

3. 재다중화기의 기능별 구현

3.1. 입력 TS 다중화

본 다중화기에서 각 채널로 입력된 TS 패킷과 PSIP 및 PSI 스트리밍은 다중화 블록의 버퍼에 저장된다. 188 바이트 이상이 찬 버퍼가 발생되면 버퍼 컨트롤러는 ready 신호를 스케줄러에 전송한다. 스케줄러는 전송 우선순위에 따라 해당 버퍼를 선택하여 188 바이트의 TS 패킷을 출력한다.

스케줄러는 일정 비트율로 끊임 없이 패킷을 전송할 수 있도록 해야 한다. 만일 패킷을 전송해야 할 시점에서 188 바이트 이상 차 있는 패킷이 존재하지 않으면 null 패킷을 전송한다.

3.2. PID 수정

패킷 단위로 입력된 각 채널의 기초 스트림(elementary stream)은 TS 패킷 헤더에 있는 PID 값으로서 구분될 수 있으며 기초 스트림과 함께 전송되는 PMT에 그 값이 나타나 있다. 또한 PMT를 전송하는 TS 패킷의 PID는 PAT로부터 알 수 있으며, PAT의 PID 값은 항상 0x0000으로 항상 고정되어 있다.

각 기초 스트림의 PID 값은 0x00010 - 0x1FFE 범위 내에서 해당 기초 스트림을 생성한 인코더에서 임의로 정할 수 있다. 그러므로 재다중화기에서 다수의 인코더로부터 TS 패킷 형태의 기초 스트림을 입력 받는다면 각 기초 스트림을 전송하는 TS 패킷의 PID가 중복될 가능성이 존재한다. 이 경우 본 재다중화기는 중복된 PID를 수정한 후 다중화 블록의 버퍼에 저장한다.

3.3. PSI 재구성 및 스트리밍

입력된 많은 TS 중에서 필요한 데이터를 선별하기 위해서는 각 프로그램 및 데이터를 이루고 있는 TS의 PID 정보가 제공되어야 한다. 재다중화기는 PAT와 PMT를 참조하여 필요한 PID 정보를 얻을 수 있다. 입력되는 SPTS (single program transport stream)나 MPTS (multiple program transport stream)에는 각각의 PAT가 있고, 여기에 각 프로그램 번호(program_number)에 대한 PMT PID가 있다. 따라서, PAT는 입력되는 여러 프로그램의 PMT PID를 모두 포함되도록 수정되어야 한다.

PAT는 program_association_section 들로 구성되므로 PAT의 수정은 입력되는 각 PAT를 별도의 section으로 구성하는 방법과 입력되는 각 PAT를 새로운 section으로 재구성하는 방법이 있다. 두 경우 모두 program_number 필드와 PMT_PID 및 CRC_32 값이 수정되어야 한다. 만일 다중화하려는 TS 중 중복되는 PMT PID, 혹은 ES에 대한 PID가 존재하여 PID 수정이 발생한다면, 이러한 사항은 PSI 테이블을 수정 및 재구성하는데 반영되어야 한다.

입력 TS 패킷 중에서 PSI에 해당되는 패킷은 TS analyzer로부터 마이크로프로세서에 전달된다. 마이크로프로세서는 각 채널의 PSI 테이블을 종합 및 수정하여 재구성한다. 재구성된 PSI 테이블은 전송 주기에 따라 다중화를 위한 버퍼에 저장된다.

3.4. PCR 수정

MPEG-2 표준에서는 수신측에서 자체 발생시킨 27MHz의 클럭을 송신측과 정확하게 동기 시키도록 하기 위해 PCR을 이용한다. PCR 값은 TS 패킷 헤더의 adaptation_field에 존재하며 PCR을 포함한 TS 패킷은 적어도 0.1초에 한 번 이상 전송되어야 한다.

PCR은 식 (1)-(3)에서 보는 바와 같이 두 개의 필드 값으로 주어진다.

$$PCR(i) = PCR_base(i) \times PCR_ext(i) \quad (1)$$

$$PCR_base(i) = ((\phi \times t(i)) \text{ DIV } 300) \% 2^{33} \quad (2)$$

$$PCR_base(i) = ((\phi \times t(i)) \text{ DIV } 1) \% 300 \quad (3)$$

여기서 ϕ 는 system_clock_frequency 이고, DIV는 결과를 -8 쪽으로 만들어 주는 정수 나누기이다.

재다중화기에서는 각 입력 TS는 다중화되어 하나로 묶이는 과정에서 PCR이 들어가 있는 패킷의 위치가 흔들리게 되어 PCR 지터 현상이 발생한다. 지터 현상은 다중화 블록에서 각 입력 채널의 버퍼에 저장된 TS 패킷이 다소의 지연을 겪은 후 출력됨으로 인하여 발생된다. 이러한 현상을 보정하기 위해 재다중화기에서는 TS 스트림을 다중화 한 후 PCR 값을 수정한다.

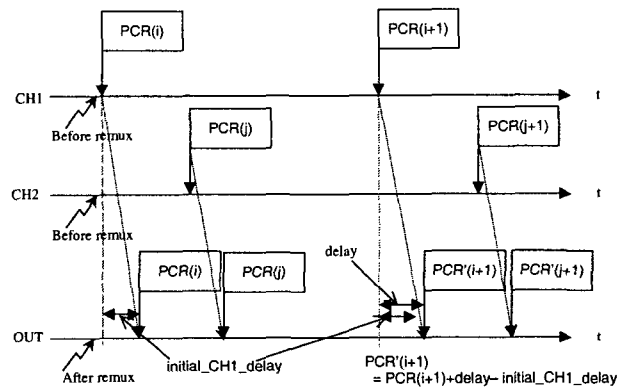


그림 2. PCR 수정 방법

PCR의 수정은 원래의 PCR 값에서 다중화에 의한 지연 시간을 더함으로써 얻을 수 있다. 다중화 지연은 다중화 블록의 버퍼 내에서 전송 대기 상태로 인해 지연되는 시간으로서 시스템 전체 지연(delay)과 버퍼링에 의한 지연(initial_CH1_delay)의 차이 값이다.

3.5. PSIP 스트리밍

PSIP는 ATSC에서 정의한 일종의 전자 프로그램 안내(electronic program guide)로서 방송 중 또는 방송 예정인 프로그램에 대한 채널 정보, 시간 안내 등과 함께 간략한 내용 요약 등을 포함하고 있다. 디지털 방송에서는 하나의 물리적 채널에 다수의 프로그램과 다양한 데이터 서비스가 전송되므로 시청자가 편리하게 채널을 변경할 수 있도록 도와줄 수 있는 EPG가 필요하다. 그러므로

ATSC 를 기반으로 하는 국내 지상파 방송에서는 PSIP 테이블을 TS 에 실어 보내 시청자의 편의를 돕도록 하고 있다.

일반적으로 PSIP 스트리머는 하나의 독립적인 시스템으로 개발되어 재다중화기에 TS 입력으로 PSIP 테이블을 제공하고 있다. 그러나 이러한 경우 재다중화기와 연계되어 동작하지 않으므로 입력된 기초 스트림의 PSI 테이블이 변경될 경우, 예를 들어 동일한 PID 또는 program_number 의 값을 수정하는 경우, 변경된 PSI 값과 관련된 PSIP 테이블의 값을 시스템 운영자가 수동으로 변경시켜야 하는 어려움이 뒤따른다. 본 재다중화기에서는 이러한 점을 고려하여 PSIP 스트리밍하는 기능을 하나의 시스템으로 통합하였다. PSIP 스트리머의 구조는 그림 3에 나타난 바와 같다.

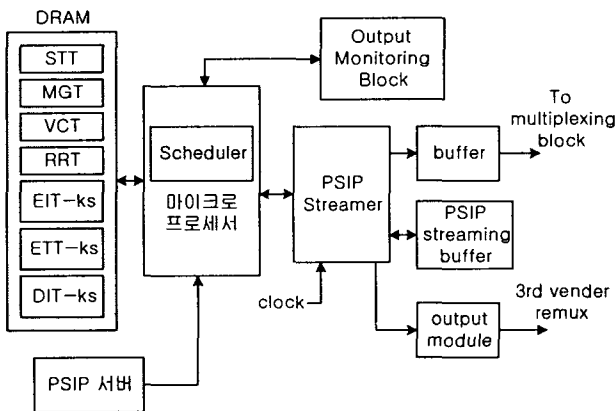


그림 3. PSIP 스트리머의 구조

PSIP 에는 기본적으로 MGT(Master Guide Table), VCT(Virtual Channel Table), RRT(Rating Region Table), STT(System Time Table), EIT(Event Information Table) 및 ETT(Extended Text Table) 등이 있으며, 데이터 방송을 위한 테이블로서 DIT 와 LTST 가 있다. MGT(Master Guide Table)는 각 테이블들의 크기, PID 등의 PSIP 에 대한 전반적인 사항을 정의하고 있다. PSIP 테이블은 PSIP 서버에서 생성되어 Ethernet 을 통하여 재다중화기 내부에 있는 PSIP 스트리머에 전달된다. PSIP 서버는 PC 의 Java Virtual Machine 에서 운영되는 시스템으로서 프로그램 편성 데이터베이스와 운영자로부터 정보를 받아들여 PSIP 테이블을 생성한다. 이 밖에 PSIP 서버는 재다중화기 제어기로서의 역할도 담당한다.

PSIP 스트리머에서 마이크로프로세서는 데이터의 입출력 등의 PSIP 스트리머의 전반적인 제어를

담당한다. Ethernet 을 통하여 PSIP 서버로부터 전송 받은 PSIP 테이블을 패킷 형태로 DRAM 에 저장한다. 이 때 마이크로프로세서는 MGT 를 해석하여 테이블의 개수와 각각의 크기를 파악한 후 이에 따라 각 테이블을 저장할 메모리 공간을 할당하게 된다.

마이크로프로세서는 각 테이블이 저장된 메모리의 시작 번지와 바이트 수를 지정된 레지스터에 저장하여 요구된 테이블들을 출력할 때 이용한다. 각 테이블들을 위한 메모리 영역은 MGT 에 지정된 바이트 수보다 큰 범위 내에서 TS 패킷의 바이트 수인 188 바이트의 배수가 되도록 할당한다.

PSIP 테이블들을 주기적으로 전송하기 위하여 마이크로프로세서에서 각 테이블에 대응되는 내부 타이머를 구동 시킨다. 하나의 타이머가 리셋되고 PSIP STD 모델에 적합하면 마이크로프로세서는 내부 인터럽트를 구동 시켜 그 타이머에 해당하는 테이블들을 패킷 단위로 PSIP 스트리머에 전송한다.

PSIP 테이블의 출력은 패킷 단위로 처리되므로 우선 순위가 낮은 테이블의 패킷 사이에 높은 우선 순위의 테이블을 전송할 수 있다. 각 테이블의 전송 주기는 PSIP 서버 내의 재다중화기 제어기에서 설정하며, 테이블의 우선 순위는 전송 주기가 짧은 것이 높은 우선 순위를 갖도록 한다.

3.6. 스플라이싱(splicing)-프로그램 끊어 잇기

스플라이싱은 하나의 MPEG A/V 스트림에서 다른 MPEG A/V 스트림으로 절체하는 기능이다. 비트 스트림을 절체하는 방법으로는 매듭 없는(seamless) 끊어 잇기 방법과 매듭을 가지는(non-seamless) 끊어 잇기 방법[3]이 있다.

MPEG 오디오 비트열은 압축된 각 프레임별로 일정한 크기를 가지고 있으므로 비트스트림 끊어 잇기가 쉽고 항상 매듭 없는 끊어 잇기를 수행할 수 있다. 반면, MPEG 비디오 비트열은 압축된 각 화면별로 일정한 크기를 가지고 있지 않고 디코더의 버퍼 상태를 고려해야 하므로, 비트스트림 끊어 잇기가 단순하지 않고 새로 삽입되는 스트림에 따라 매듭 없는 끊어 잇기가 불가능할 때도 있다. 이러한 이유로 MPEG 스트림을 올바르게 끊어 이을 수 있는 지점을 찾기 위한 스플라이싱 기법이 필요하다.

본 재다중화기에서 끊어 잇기를 수행할 프로그램은 운용자가 선택할 수 있으나 삽입할 프로그램은 입력 채널이 고정되어 있다.

운용자가 프로그램 끊어 잇기 위치를 결정하여 두면 재다중화기의 프로세서 및 스플라이서에서 끊어 잇기가 가능한 위치를 선택하여 프로그램 끊어 잇기를 수행한다.

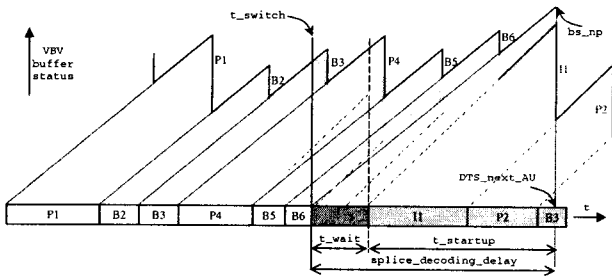


그림 4. 끊어 잇기 전후의 가상 디코더 버퍼 상태

4. 결론

현재 국내에서는 준비하고 있는 디지털 지상파 방송은 기존 아날로그 방송 채널과 동일한 크기의 대역폭에 여러 개의 가상 채널을 전송할 수 있을 뿐 아니라, 데이터 방송, 대화형 방송 등 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 이를 위해 다수의 입력 TS를 묶어 하나의 채널에 전송할 수 있도록 하는 재다중화가 필요하다.

재다중화는 각각의 입력 채널로부터 전송된 기초 스트림을 모아서 T-STD 모델에 적합하도록 다중화하여 전송하는 과정이다. 이와 함께 각각의 기초 스트림에 해당되는 PSI를 재구성하고 필요한 경우 PID를 수정하는 작업도 병행되어야 한다. 또한 T-STD 모델 적합성 유지를 위해서는 PCR 수정이 필수적으로 이루어져야 한다.

PSIP는 프로그램에 대한 채널 정보, 시간 안내 등과 함께 간략한 내용 요약 등을 포함하고 있는 전자 프로그램 안내이다. 본 논문에서는 제안하는 재다중화기는 PSIP 서버를 재다중화기와 연계 시켜 하나의 시스템으로 통합함으로써 동적으로 PSIP 테이블을 생성 및 변경할 수 있도록 하였다.

본 재다중화기의 다른 하나의 추가 기능은 스플라이싱이다. 스플라이싱은 MPEG 부호화된 비트열을 끊어 잇는 방법으로서 전국 방송 채널에 지

역 방송을 삽입할 때 사용될 수 있으므로 매우 중요한 기능이다.

5. 참고문헌

- [1] ITU-T Rec. H.222.0 | ISO/IEC 13818-1, "Information technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Systems," April, 1996.
- [2] ATSC Standard A/65, "Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcasting and Cable," Dec. 1997.
- [3] SMPTE 312M, "Television-Splice Points for MPEG-2 Transport Streams," 1999.