

ATSC 기반 데이터 방송 송출 시스템 설계 및 구현

최지훈, 박민식, 이용주, 최진수, 김진웅
한국전자통신연구원 방송미디어연구부

Design and Implementation of Data Broadcasting Emission System on ATSC

Ji-Hoon Choi, Min Sik Park, YongJu Lee, Jin Soo Choi, and Jinwoong Kim
Broadcasting Media Technology Department, ETRI

요약

본 논문에서는 데이터 방송 송출 시스템 구조와 작동 방법에 관하여 기술한다. 또한 본 시스템을 통하여 다중화되어 전송된 비동기/동기화 비스트림(Non-stream)을 분석하고 데이터 방송 단말 화면에 재생되는 결과에 대하여 서술한다.

본 논문에서는 데이터 방송 서비스를 위하여 프로그램 다중화기 모듈을 변경하지 않고, 비동기/동기화 데이터를 전송할 수 있도록 데이터 인젝터라는 모듈을 개발하였다. 이와 관련하여 데이터 방송 송출 시스템을 제어하는 다중화 관리기/프로그램 스케줄러, 부가 데이터를 MPEG-2 부호화하는 데이터 서버, PSI/PSIP/SDF 테이블을 생성하는 PSIP 서버 모듈과의 연동을 통해 비동기/동기화된 비스트림 데이터를 전송할 수 있도록 데이터 방송 송출 시스템을 구현하였다.

1. 서론

최근 국내에서는 미국의 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 방식을 기반으로 하는 디지털 지상파 TV 본 방송이 시작되었다 [2][3]. 기존의 아날로그 방송에 비해 디지털 방송이 지니는 기술적 특징으로 고품질, 다채널, 다기능을 들 수 있다. 이러한 기능은 단순히 영상과 음성 위주로 전송하는 기존의 방송 서비스의 차원을 넘어서 다양한 디지털 부가 정보를 송수신함을 의미하며, 이러한 다기능 부가 서비스를 전송하기 위해 데이터 방송 송출 시스템의 필요성이 부각되고 있다.

미국의 디지털 TV 표준을 연구 및 개발하기 위하여 설립된 ATSC는 데이터 방송 서비스 실현을 위한 구현 규격을 정의하고 있다. 그 결과

로써 여러 데이터 신호를 송출하는데 필요한 방송 송출 시스템 모델과 각 시스템 모듈간의 인터페이스 규격을 정의하였고, 현재는 데이터 동기화 전송 기술에 대하여 논의하고 있다[1][7].

이와 관련하여 ATSC 산하 구현 분과 위원회의 한 작업 그룹으로서 DIWG(Data Implementation Working Group)는 데이터 방송 서비스를 초기에 정착하고 데이터 전송 장비간의 상호 운용성을 용이하게 하기 위하여 데이터 방송 송출 시스템 구현에 관한 권고안을 제공하는 것을 목적으로 활동하고 있다[4][5]. 그러나 그림 1의 DIWG에서 권고하는 데이터 방송 송출 시스템은 구현하는데 있어서 몇 가지 어려움이 있다. 예를 들어, 디지털 지상파 방송에 사용되는 오디오/비디오 프로그램에 부가 데이터 삽입을 위한 프로그램 다중화기의 대부분은 DIWG의 프로그램 다중화기(MUX, Program Multiplexer)의 권고안을 수용하지 않고 있다. 즉, 기존의 프로그램 다중화기는 오디오/비디오 프로그램에 부가 데이터 삽입을 위한 인터페이스를 고려하지 않아서 프로그램 다중화기의 재설계 없이는 데이터 방송이 불가능하다.

본 논문에서 제안하는 데이터 방송 송출 시스템은 이런 점을 보완하기 위해 구성 모듈(데이터 서버, 데이터 인젝터, 다중화 관리기/프로그램 스케줄러, PSIP 서버)간의 인터페이스와 데이터 흐름을 정의하고, 오디오/비디오 프로그램에 부가 데이터 삽입을 위한 데이터 인젝터라는 새로운 모듈을 추가함으로써 기존의 프로그램 다중화기를 이용하여 DIWG의 방송 송출 시스템의 권고안을 만족시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장에서는 제안된 데이터 방송 시스템의 구조와 내부 모듈의 설계 및 인터페이스에 대하여 서술한다. 3장

표 1. DIWG와 제안하는 방송 송출 시스템 비교

기능	DIWG	ETRI
MPEG-2 오디오/비디오 부호화 모듈	MPEG-2 오디오/비디오 인코더	
암호화 모듈	제한 수신 생성기	없음
오디오/비디오 다중화 모듈	프로그램 다중화기	
비동기/동기/동기화 데이터 삽입 및 다중화 모듈	프로그램 다중화기	데이터 인젝터
ATSC A/90에서 정의된 프로토콜로 부호화하는 모듈	데이터 서버	
PSIP 테이블 생성 모듈	PSIP 생성기	PSIP 서버
데이터 방송 시스템 모듈 제어 모듈	다중화 관리기	다중화 관리기/ 프로그램 스케줄러
송출 다중화 모듈	송출 다중화기	재다중화기

에서는 제안된 데이터 방송 시스템의 실험 결과를 보여 주고, 4장 결론에서는 데이터 방송 시스템의 향후 개발 방향에 대해 서술한다.

중화기), 오디오/비디오 프로그램에 부가 데이터를 삽입하는 기능 모듈(데이터 인젝터), 시스템을 제어하는 기능 모듈(다중화 관리기/프로그램 스케줄러)로 구성되어 있다.

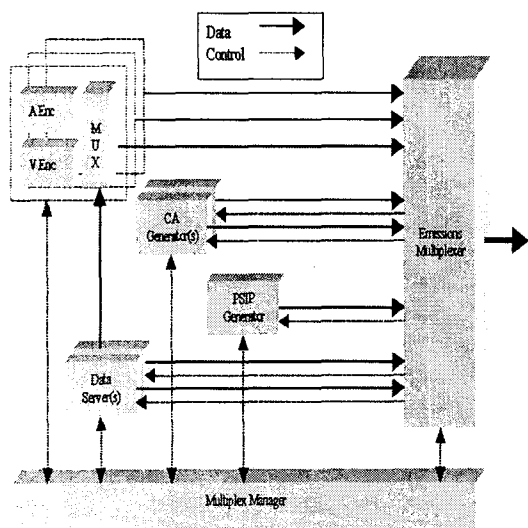


그림 1. DIWG 데이터 방송 송출 시스템

2. 데이터 방송 송출 시스템

본 논문에서 제안하는 데이터 방송 송출 시스템은 데이터 방송 서비스 전송을 위하여 DIWG에서 권고하는 시스템 모델을 기반으로 비동기/동기화된 데이터를 전송할 수 있도록 설계되었다.

그림 2에서 제안하는 데이터 방송 송출 시스템은 오디오/비디오 프로그램을 부호화하는 기능 모듈(MPEG-2 오디오/비디오 인코더), 오디오/비디오 프로그램을 다중화하는 기능 모듈(프로그램 다중화기), 부가 데이터를 인코딩하는 기능 모듈(데이터 서버), 오디오/비디오 프로그램 및 부가 데이터 서비스를 위하여 필요한 정보를 제공하는 기능 모듈(PSIP 서버), 오디오/비디오 프로그램과 부가 데이터를 다중화하는 기능 모듈(재다

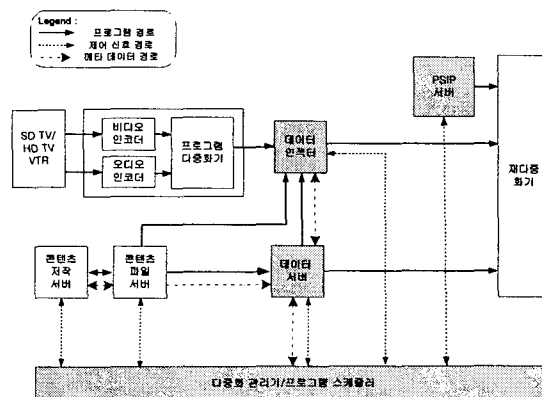


그림 2. 제안하는 데이터 방송 송출 시스템

표 1과 그림 1,2를 비교하면, 제안하는 시스템에서는 DIWG의 프로그램 다중화기(MUX)의 비동기/동기화 데이터 삽입 및 다중화 기능을 대신하기 위해 '데이터 인젝터' 라는 모듈을 추가하였다. 이와 관련하여 데이터 방송 송출 시스템을 제어하는 다중화 관리기/프로그램 스케줄러 부가 데이터를 MPEG-2 부호화하는 데이터 서버, PSI/PSIP/SDF 테이블을 생성하는 PSIP 서버 모듈과의 연동을 통해 비동기/동기화된 바이트 스트림 데이터를 전송할 수 있도록 데이터 방송 송출 시스템을 구현하였다. 구체적인 구성 모듈의 설명은 아래에서 한다.

2.1. 데이터 방송 송출 시스템 구성 모듈

2.1.1. 데이터 서버

데이터 서버는 입력 데이터를 ATSC 데이터 방송 규격인 A/90에서 정의된 프로토콜로 부호화

하여 최종적으로 MPEG-2 전송 스트림을 출력하는 모듈이다. A/90은 ATSC에서 표준화한 데이터 방송 프로토콜 규격으로서 데이터 방송에서 전송되는 데이터의 특성에 따라 정의된 프로토콜들과 T-STD 버퍼모형을 규정하고 있다. 그리고 데이터 응용서비스와 그와 관련된 데이터의 바인딩 제어를 위하여 SDF(Service Description Framework) 정의를 다루고 있다.

A/90 프로토콜로서는 비동기 데이터의 전송을 위하여 DSM-CC(Digital Storage Media Command and Control) 섹션, IP(Internet Protocol) 데이터그램은 DSM-CC 어드레스블(Adressable) 섹션, 동기 및 동기화된 데이터 전송에 대하여서는 PES(Packetized Elementary Stream) 등이 있다.

데이터 서버는 다중화 관리기/프로그램 스케줄러의 제어를 받아 데이터를 A/90 프로토콜로 캡슐화 하고 MPEG-2 TS 캡슐화하여 출력한다. 이때 비동기 데이터는 재다중화기로 출력하고 동기 및 동기화 데이터는 데이터 인젝터로 전송한다.

2.1.2. PSIP(Program and System Information Protocol) 서버

PSIP 서버는 자체 사용자 인터페이스(GUI, Graphic User Interface) 또는 다중화 관리기/프로그램 스케줄러의 방송 프로그램 스케줄 정보를 이용하여 PSI(Program Specific Information)/PSIP/SDF 테이블들을 생성하고 DVB-ASI/SMPTE-310M 인터페이스를 통해 재다중화기로 전달한다[6].

PSIP 서버와 다중화 관리기/프로그램 스케줄러는 두 종류의 인터페이스로 연결되어 있다. 첫째, TCP/IP를 통하여 제어 메시지를 주고 받는다. 제어 메시지는 PSI/PSIP/SDF 관련 테이블의 버전이 변경되거나 새로운 데이터 방송 서비스를 시작할 경우에 다중화 관리기/프로그램 스케줄러에서 데이터 인젝터로 관련 메시지를 전달한다. 둘째, 방송 프로그램 스케줄 정보는 데이터 베이스를 통하여 전달된다. 이를 위해 데이터 베이스는 PSI/PSIP/SDF 테이블 구조에 따라 정의되어 있다.

2.1.3. 데이터 인젝터

데이터 인젝터는 데이터 서버로부터 입력 받은 동기화 데이터를 MPEG-2 오디오/비디오 TS에 삽입하는 기능을 수행하고, 이를 위해 부가 데이터 분석 기능, MPEG-2 분석 기능, 삽입 제어 기능, 다중화 기능을 수행한다.

첫째, 부가 데이터 분석 기능은 동기화 데이터의 크기, 즉, TS 개수와 재생 시간을 분석하여 획득할 수 있도록 한다. 둘째, MPEG-2 TS 분석 기능은 MPEG-2 TS 널(NULL) 패킷량을 주기적으로 분석하고, MPEG-2 TS의 PCR(Program Clock Reference)을 획득한다. 셋째, 삽입 제어 기능은

부가 데이터의 크기와 재생 시각(PTS, Presentation Time Stamp)과 MPEG-2 TS의 널 패킷 발생량을 이용하여 부가 데이터가 삽입되어야 하는 시점과 MPEG-2 TS로부터 주기적으로 획득한 PCR을 비교하여 데이터의 삽입 여부를 결정한다. 마지막으로, 다중화 기능은 MPEG-2 오디오/비디오 TS와 부가 데이터를 다중화한다. 이때 부가 데이터는 MPEG-2 오디오/비디오 TS의 널 패킷 대신에 삽입되어 다중화로 인한 PCR 지연 현상이 발생하지 않도록 하여야 한다.

데이터 인젝터의 삽입 및 다중화 기능은 다중화 관리기와의 TCP/IP 인터페이스를 통해 부가 데이터의 크기(TS 패킷 개수), 동기화 데이터 삽입 시점 등을 포함하는 메타데이터를 통해 실행된다.

2.1.4. 다중화 관리기/프로그램 스케줄러

다중화 관리기/프로그램 스케줄러는 데이터 방송 송출 시스템 모듈들을 제어하고, 방송 프로그램의 스케줄 정보를 관리하는 모듈로써 제어 메시지와 메타데이터를 통해 각 모듈들의 동작 상황을 감시하고, 동작을 제어할 수 있다.

제어 메시지와 메타데이터는 TCP/IP 인터페이스를 통해 각 모듈로 전달 된다. 제어 메시지는 TCP/IP 헤더와 데이터(payload)로 구성되어 있다. 데이터 부분은 정의된 메시지(입출력, 오류, 동작 상태 등)들을 포함한다. 일반적으로 메타데이터는 메타데이터 편집기를 통해 생성되지만, 다중화 관리기/프로그램 스케줄러도 기본적인 메타데이터를 편집할 수 있는 인터페이스를 가지고 있다.

전체 메타데이터는 하나의 주 메타데이터(METADATA_STRUCTURE) 속에 2개의 부 메타데이터를 포함하고 있는 관계이다. 즉, 주 메타데이터는 데이터 서버, 데이터 인젝터를 위한 부 메타데이터들로 구성되어 있다. 주 메타데이터는 다중화 관리기/프로그램 스케줄러에서 생성/편집된다. 일반적인 스케줄 정보와 데이터 방송 송출 시스템의 제어를 위한 메타 정보들을 포함한다. 예를 들어, 부가 데이터 삽입 시점을 결정할 PTS 정보를 포함한다.

하나의 주 메타데이터는 하나의 부가 데이터와 일대일로 대응된다.

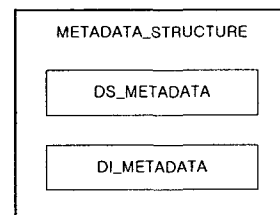


그림 3. 메타데이터 구조

그림 3에서 'DS_METADATA'는 데이터 서버를 위한 메타데이터다. 예를 들어, 부가 데이터 타입, 캡슐화 타입, 데이터 PID 정보 등이 포함되어 있다.

'DI_METADATA'는 데이터 인젝터를 위한 메타데이터다. 예를 들어, TS 패킷의 총 개수, 부가 데이터 타입, 부가 데이터 동기 타입 등이 포함되어 있다.

2.2. 데이터 방송 송출 시스템의 인터페이스 및 흐름도

데이터 방송 송출 시스템에서 제어 메시지, 메타 데이터, 부가 데이터는 TCP/IP로 전달되고, MPEG-2 오디오/비디오 TS 스트림과 MPEG-2 부가 데이터 TS 스트림은 DVB-ASI 또는 SMPTE-310M으로 전달된다.

그림 4는 데이터 방송 송출 시스템에서 오디오/비디오 프로그램에 동기화 비스트림을 삽입하여 전송하기 위한 흐름을 나타내고 있다. 이를 단계별로 설명하면 다음과 같다.

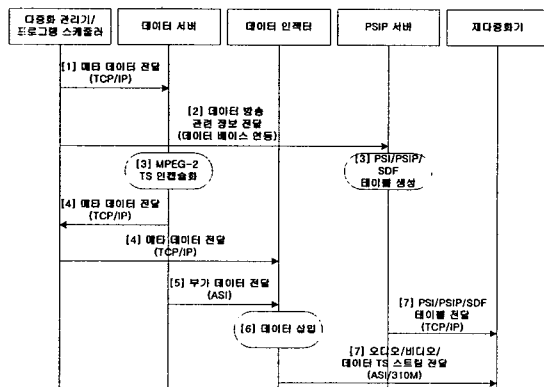


그림 4. 제안하는 데이터 방송 송출 시스템의 인터페이스 및 흐름

[단계 1] 다중화 관리기/프로그램 스케줄러에서 생성/편집된 메타데이터는 데이터 서버로 TCP/IP 인터페이스를 통해 전달된다.

[단계 2] 다중화 관리기/프로그램 스케줄러에서 생성된 방송 프로그램 스케줄 정보는 데이터 베이스를 통해 PSIP 서버에 전달된다.

[단계 3] 전달된 메타데이터와 방송 프로그램 스케줄 정보를 바탕으로 데이터 서버에서는 부가 데이터를 MPEG-2 TS 부호화하고, PSIP 서버에서는 PSI/PSIP/SDF 테이블을 생성한다.

[단계 4] 데이터 서버에서 부가 데이터를 MPEG-2로 부호화한 결과로 생성된 메타데이터를 다중화 관리기/프로그램 스케줄러를 통해 데이터 인젝터로 TCP/IP 인터페이스를 통해 전달된다.

[단계 5] 다중화 관리기/프로그램 스케줄러의

TCP/IP 인터페이스를 통한 제어 신호에 따라 데이터 서버에서 데이터 인젝터로 MPEG-2 부가 데이터 TS가 DVB-ASI/SMPTE-310M 인터페이스를 통해 전달된다.

[단계 6] 데이터 인젝터는 전달 받은 메타데이터에 따라 비동기/동기화를 고려해 MPEG-2 오디오/비디오 TS에 MPEG-2 부가 데이터 TS를 삽입한다.

[단계 7] 데이터 인젝터는 재다중화기로 MPEG-2 오디오/비디오/부가데이터 TS를 DVB-ASI/SMPTE-310M 인터페이스를 통해 전달하고, PSIP 서버는 TCP/IP 인터페이스를 통해 재다중화기로 PSI/PSIP/SDF 테이블을 전달한다. 또한 다중화 관리기/프로그램 스케줄러와 PSIP 서버는 데이터 베이스와 연동함으로써 PSI/PSIP/SDF 테이블들을 실시간으로 수정할 수 있다.

3. 실험 환경 및 결과

3.1. 실험 환경

MPEG-2 오디오/비디오 TS는 HD급 오디오/비디오를 MPEG-2 부호화기를 이용하여 생성/저장되었다. 생성된 MPEG-2 TS의 출력률은 19.392658Mbps이고, 오디오와 비디오 출력률의 합은 약 15Mbps이다.

실험에 사용된 MPEG-2 동기화 비스트림 데이터 TS는 본 연구원에서 제작한 데이터 서버를 이용하여 생성하였다.

3.2. 실험 결과

3.2.1. 비동기 비스트림(Asynchronized non-stream) 데이터



그림 5. 오디오/비디오 프로그램에 부가 데이터가 삽입된 화면

비동기 비스트림 전송은 ATSC DSM-CC 데이터 카루셀(Data Carousel)를 이용하여 실험하였다 [1]. 데이터 출력률은 1Mbps로 일정하고 설정하였고, 부가 데이터는 하나의 레이어로 구성되도록 부호화 하였다.

비동기 비스트림 데이터는 데이터 서버의 DVB-ASI/SMPTE-310M 인터페이스를 통해 재다

중화기로 출력되고, 이를 모듈레이터와 단말을 통해 비동기 비스트림 형태의 부가 데이터가 출력된다.

그림 5는 왕건 드라마에 부가 데이터를 삽입된 화면이다. 삽입된 부가 데이터는 XDMML(Extensible DTV Markup Language) 형식으로 되어 있다.

3.2.2. 동기화 비스트림(Synchronous non-stream) 데이터

ATSC DSM-CC 동기화 비스트림 다운로드(Synchronized, nonstreaming download)[8]를 이용하여 실험하였다.

동기화 비스트림 데이터는 데이터 서버에서 MPEG-2 TS로 부호화 된 MPEG-2 부가 데이터 TS를 데이터 인젝터에서 입력받고, 이를 재다중화기로 출력된다. 이때, 부가 데이터의 TS 패킷 개수는 '9368'이며 2차레에 걸친 실험에서 각각 다른 재생 시각을 가지도록 설정하였다.

부가 데이터의 재생 시각과 TS 패킷 개수를 고려하여 데이터 인젝터의 삽입 제어부에서 계산된 삽입 시간과 실제 삽입이 시작된 삽입 시작 시간 및 삽입 완료 시간을 표 2에 나타내었다.

표 2. 동기화 데이터의 삽입 결과 PCR 분석 (단위: ms)

구분	1차	2차
재생 시각	42581453	74622051
계산된 삽입 시각	41461201	73569051
삽입 시작 시간	41461838	73570720
삽입 완료 시간	42398182	74044768

표 2의 재생 시각과 삽입 완료 시간을 비교하였을 때 부가 데이터의 재생 시각이 되기 전에 부가 데이터가 MPEG-2 TS에 삽입이 완료된 것을 볼 수 있다. 이와 같은 실험을 통해 다른 기초 스트림(ES, Elementary Stream)과 동기 정보를 가지는 동기화 데이터는 MPEG-2 오디오/비디오 TS에 삽입되는 시점의 결정이 매우 중요하다는 것을 알 수 있다. 동기화 데이터의 삽입 시점이 늦으면 수신측의 도착 지연 현상이 발생하고, 삽입 시점이 너무 빠르면 수신기가 부가 데이터를 전송 받은 이후부터 재생 될 때까지 소요되는 시간이 길어지는 현상이 발생할 수 있기 때문이다.

4. 결론

디지털 방송이 실시되면 현재의 아날로그 TV 보다 4~5배 이상의 고화질과 CD 수준의 음질로 TV를 시청할 수 있을 뿐 아니라, 데이터 방송 등 다양한 통신/방송 융합 서비스도 제공될 수

있다. 이러한 서비스는 데이터 방송 송출 시스템을 기반으로 제공 될 수 있다.

DIWG에서는 프로그램 다중화기가 직접 부가 데이터 입력 받아서 오디오/비디오 프로그램에 삽입할 수 있도록 설계되어 있지만, 일반적인 프로그램 다중화기는 부가 데이터 삽입을 위한 입력 인터페이스를 고려하지 않고 있다. 따라서 데이터 방송 서비스를 위하여 프로그램 다중화기 모듈을 변경하지 않고 비동기/동기화 데이터를 전송할 수 있도록 데이터 인젝터라는 모듈을 개발하였다. 또한 제어 메시지, 메타 데이터, 방송 프로그램 스케줄 정보들을 생성하여 데이터 방송 송출 시스템을 제어는 다중화 관리자/프로그램 스케줄러, 부가 데이터를 MPEG-2 부호화하는 데이터 서버, PSI/PSIP/SDF 테이블을 생성하는 PSIP 서버 모듈들을 통해 비동기/동기화된 비스트림 데이터를 전송할 수 있도록 데이터 방송 송출 시스템을 구현하였다.

향후 동기/동기화된 스트림 데이터를 전송할 수 있는 데이터 인젝터와 MPEG-4 부가 데이터를 부호화 할 수 있는 데이터 서버의 연구 개발이 진행되고 있다.

5. 참고 문헌

- [1] ATSC Standard A/90, Data Broadcast Standard, (A/90), 26 July 2000.
- [2] 디지털 방송 특집, 정보과학회지, 제18권10호, 2000년 10월
- [3] 최진수, 김진용, "데이터 방송 잠정 표준 (TTAI.KO-07.0015)", TTA 저널, 제77호, pp.57-65, 2001년 9월.
- [4] Implementation of data broadcasting in a DTV station. ATSC Doc. IS/151. 1999. 11.
- [5] ATSC Standard A/53(1995), ATSC Digital Television Standard.
- [6] ATSC Standard A/65a(2000), Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable.
- [7] ISO/IEC 13818-1: Information technology- Generic coding of moving picture and associated audio information - Part 1: System - International Standard(IS).
- [8] Richard S. Chernock, Regis J. Crinon, Michael A. Dolan, John R. Mick Jr, "Data Broadcasting: Understanding the ATSC Data Broadcast Standard."

<감사의 글>

본 연구는 정보통신부의 "통합데이터방송 기술 개발" 과제의 지원을 받아 이루어졌으며, 논문 작성에 도움을 주신 방송미디어연구부원들에게 감사 드립니다.