

스트리밍 동기화 데이터 처리를 위한 단말 소프트웨어 개발에 관한 연구

준희원 신 중 목*, 정희원 유 지 상*

A study of STB software development for streaming synchronized data processing

Joong-mock Shin* Associate Member, Ji-sang Yoo* Regular Member

요 약

국내 지상파 데이터 방송 전송 규격인 ATSC(advanced television systems committee)-A/90에서는 메인 프로그램과 긴밀한 시간관계가 요구되는 동기화 데이터로써 DSM-CC(digital storage media command and control) section의 형태로 전송되는 비스트리밍 동기화 데이터와 PES(packetized elementary stream) packet의 형태로 전송되는 스트리밍 동기화 데이터를 규정하고 있다.

본 논문의 목적은 ATSC A/90 규격에 정의된 스트리밍 동기화 데이터 처리를 위한 알고리즘을 구현하고 검증하는데 있다. 이를 위하여 windows 환경 하에서 스트리밍 동기화 데이터를 포함한 PES packet을 분석하는 parser와 분석된 데이터의 재생을 위한 player를 구현하였다. 또한, 구현된 알고리즘의 검증을 위하여 디지털 데이터 방송 수신카드를 탑재한 한국전자통신연구원의 PC형 STB(Set-top Box)에 알고리즘을 포팅하여 실험 환경을 구축하고, 스트리밍 동기화 데이터를 삽입한 MPEG-2 TS(transport stream)를 이용하여 알고리즘이 포팅된 시스템의 동작을 확인하였다.

Key Words : ATSC-A/90; streaming synchronized; DSM-CC; STC; PTS.

ABSTRACT

Advanced Television Systems Committee (ATSC) -A/90, which is a standard for terrestrial data transmission in Korea, defines synchronized data that has a strong timing association with a separate Program Element. It is classified as synchronized streaming data that is carried in packetized elementary stream (PES) packets or asynchronous non-streaming data that shall be carried in digital storage media command and control (DSM-CC) section.

In this paper, we study the design and verification of synchronized streaming data processing algorithm based on ATSC-A/90. We designed a parser and a player for the algorithm development. The received PES packet including synchronized streaming data is parsed in the parser. The parsed synchronized streaming data is synchronized and displayed by player. Finally, we ascertained that STB was working properly with MPEG-2 transport stream (TS) containing synchronized streaming data, as the proposed algorithm is implemented on a set-top box.

1. 서론

지난 수십 년 간 텔레비전 방송은 아날로그 방식

으로 서비스가 제공되면서 관련 산업분야의 충실한 발전을 가져왔고, 전 세계의 각 가정에 새로운 소식과 정보를 전달하는 선두주자로서의 위치를 확고히

* 광운대학교 전자공학과 디지털 미디어 연구실(jmshin95@image.gwu.ac.kr, jsyoo@daisy.kw.ac.kr),

논문번호 : 030420-0926, 접수일자 : 2003년 09월 26일

*본 연구는 한국전자통신연구원의 "동기/동기화 데이터 처리를 위한 단말 소프트웨어 개발"과제의 지원으로 수행되었습니다.

하고 있다. 하지만 최근 십수 년 동안 이루어진 디지털, 컴퓨터, 인터넷 기술의 눈부신 발전을 바탕으로 현재의 텔레비전 방송의 주류는 아날로그 방송에서 디지털 방송으로 서서히 변화하고 있으며 이러한 추세는 점차 가속화되고 있는 실정이다.

디지털 방송에서는 다중화 기술의 발전으로 영상, 음성, 데이터 등을 내용 및 크기에 관계없이 동시에 묶어서 전송할 수 있게 되었고, 리턴 채널이 형성되어 대화형 서비스가 가능해 졌으며, 수신기내 프로세서와 운영체제의 장착은 다양한 수신 기능을 발휘하게 하고 있다. 이러한 기술발전에도 힘입어 데이터 방송은 기존 아날로그 데이터방송과 같은 부가서비스의 한계를 넘어 한 차원 높은 멀티미디어 서비스를 시청자에게 제공할 것으로 기대 되고 있다.

현재 국내 데이터방송 관련 규격은 지상파 방송의 경우는 ATSC-DASE[1] 규격을, 위성방송의 경우는 DVB-MHP[2] 규격을, 그리고 케이블 방송의 경우는 OCAP[3] 규격을 채택한 상태이며, 위성방송의 경우 서비스가 되고 있는 상태이다. 그러나 지상파 데이터방송은 실제 구현이나 설계의 관점에서는 많은 분야가 시작 단계에 있고 볼 수 있으며, 지금까지의 연구는 비동기 데이터에 대한 기술 위주로 진행되어 왔기 때문에 데이터방송 서비스로 본 방송과 동기화가 이루어지는 동기화 데이터방송 서비스가 실시될 경우 이에 대한 단말 구조 설계 및 검증이 이루어져 있지 못하다. 따라서 본 논문에서는 국내 지상파 데이터 방송 잠정 표준인 ATSC-A/90[4]에 정의된 스트리밍 동기화 데이터 처리를 위한 단말 소프트웨어를 개발하기 위하여 스트리밍 동기화 데이터 처리 알고리즘을 설계하고 구현하였으며 실제 스트리밍 동기화 시나리오에 맞는 콘텐츠를 제작하여 알고리즘을 포팅한 셋톱박스의 동작을 확인하였다. 본 논문에서 구현한 알고리즘은 스트리밍 동기화 데이터 방송이 실시될 경우 단말의 소프트웨어로도 활용이 가능하며, 스트리밍 동기화 데이터가 삽입된 MPEG-2 TS의 시플레이션에도 활용이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서 ATSC-A/90에 정의된 스트리밍 동기화 데이터 관련 기술에 대해서 설명하였으며, 제 III장에서는 실제 구현을 위해서 필요한 모듈들에 대해서 설명하였다. 마지막으로 제 IV장에서는 알고리즘의 구현상에서 발생한 문제점과 해결방안을 제시하였고 알고리즘의 검증에 대한 실험의 결과에 대해서 설명하였다.

II. 스트리밍 동기화 데이터 관련 기술

1. SDF(service description framework)

ATSC A/90에서 정의한 SDF는 association_tag_descriptor와 DST(data service table), NRT(network resource table)로 구성되어 있으며, 데이터 방송 서비스에 필요한 데이터 기초 스트림(data elementary stream)에 관한 발견 정보(discovery information)과 결합 정보(binding information)를 수신단에 전달하는 역할을 수행한다.

발견 정보는 데이터 서비스에서 사용되는 데이터 기초 스트림들의 캡슐화(encapsulation) 프로토콜과 식별자(identification)정보를 포함하고 있다. 또한, 어플리케이션 버퍼의 크기와 같은 데이터 서비스를 위해 수신단에서 필요한 최소한의 자원(resource)들에 대한 정보를 포함하고 있으며 DST에 의해서 전송되어 진다. 결합 정보는 DST와 데이터 기초 스트림이 같은 ATSC VC(Virtual Channel)에 전송되는 경우 PMT에 존재하는 association_tag_descriptor에 의해 전송되며, 그렇지 않을 경우 NRT에 의해 운반된다. 이러한 발견정보와 결합정보를 이용한 데이터 기초 스트림의 발견과 결합의 메카니즘은 MPEG-2 DSM-CC 표준[5]에 정의된 메카니즘을 따른다.

2. 스트리밍 동기화 데이터 캡슐화

ATSC A/90에서는 메인 프로그램과 긴밀한 시간 관계를 필요로 하는 스트리밍 동기화 데이터의 경우 MPEG-2 PES packet의 형태로 전송하도록 규정하고 있다. 이러한 스트리밍 동기화 데이터는 메인 프로그램의 특정한 시간에 동기화 되어 표현 될 수 있는 최소단위인 DAU(data access unit)형태로 분리되어 전송되어 지는데, DAU의 크기가 클 경우에는 가변길이를 분리되어 MPEG-2 PES packet으로 캡슐화 되어진다. 그림 1은 이러한 캡슐화 과정으로 생성된 PES packet의 개략적인 구조를 나타낸 것이다.

그림 1에서 알 수 있듯이 PES packet의 헤더에는 동기화에 필요한 시간정보를 포함한다. 즉, PES packet이 포함하고 있는 DAU가 재생되어야 할 시간 정보인 PTS(presentation time stamp)가 포함된다. PES packet에 PTS가 존재하려면 PES packet이

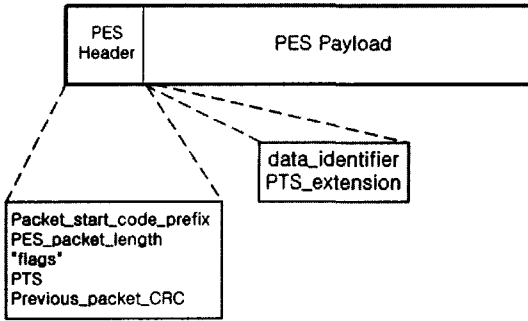


그림 1. 캡슐화된 PES packet의 개략적인 구조
Figure 1. Approximate structure of encapsulated PES packet

DAU의 시작 코드를 가지고 있어야 하는데, 이러한 규정으로 인하여 PTS가 존재하는 PES packet이 수신된 경우 새로운 DAU가 수신됨을 인지하고, 데이터 버퍼에서 이전의 DAU를 얻어 와서 처리를 하게 된다.

III. 알고리즘 설계 및 구현

1. Requirement Analysis

TS에 삽입된 스트리밍 동기화 데이터의 처리를 위해서는 우선적으로 MPEG-2 System[6]에 정의된 프로그램 특성정보(PSI, program specific information)를 분석하여 TS에 다중화된 A/V/D Elementary Stream에 대한 PID들을 확인하고, ATSC A/90에서 정의한 SDF를 분석하여 선택한 프로그램에 맞는 Data Stream을 수신하여 처리하는 과정이 필요하다. 아래의 그림 2는 스트리밍 동기화 데이터를 처리하기 위한 시스템을 나타낸 것이다.

시스템의 대략적인 흐름을 살펴보면, STB에서 처리된 PSI, PSIP, SDF정보등을 이용하여 얻어온 스트리밍 동기화 데이터가 포함된 PES packet은 데이

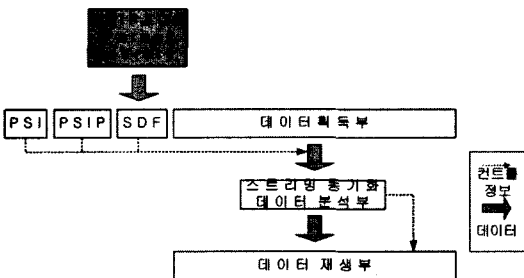


그림 2. 스트리밍 동기화 데이터 처리를 위한 시스템 구조
Figure 2. System structure for synchronized streaming data processing

터 분석부에서 분석되고, 재생에 필요한 컨트롤 정보와 실제 재생될 데이터를 데이터 재생부에 넘겨주게 되는데, 데이터 재생부에서는 이러한 정보들을 이용하여 데이터를 재생하게 된다. 각 모듈의 세부 동작은 다음과 같다.

2. PSI 분석부, PSIP 분석부

MPEG-2 System에 정의되어 있는 프로그램 특성정보(PSI)인 PAT(program association table), PMT(program map table), NIT(network information table), CAT(conditional access table)를 분석하는 모듈로서 TS에 삽입된 PAT와 PMT를 분석하고 분석된 정보들을 각각의 구조체에 저장하는 과정을 수행한다. 본 연구에서 사용한 TS에는 NIT, CAT와 PSIP(program and system information protocol)[7] 정보가 삽입되어 있지 않았기 때문에 PSIP 분석부는 연구의 범위에서 제외되었다.

3. SDF 분석부

SDF를 구성하는 DST, NRT를 분석하는 모듈로서 TS에 삽입된 DST를 분석하고 분석된 정보를 구조체에 저장하는 과정을 수행한다. 본 연구에서 수행한 스트리밍 동기화 데이터 방송 서비스의 경우, DST의 content type structure에 저장된 content_type field로 콘텐츠의 형태가 MPEG-2 video임을 알수 있었고, tap loop에 존재하는 protocol_encapsulation 필드를 이용하여 PES packet의 형태로 전송됨을 알수 있었다.

TS에 삽입된 프로그램의 정보가 변경되면 PAT와 PMT의 version_number가 변경되듯이 데이터 방송에 관련된 정보가 변경되면 DST의 version_number가 증가하게 된다. 따라서 본 연구에서는 PAT, PMT, DST의 version_number를 계속적으로 확인하기 위하여 독립적인 쓰레드를 사용하였고 version_number가 변경되었을 경우 해당하는 정보로 각각의 구조체에 저장된 정보를 업데이트 하였다.

4. 데이터 획득부

PSI 분석 모듈과 SDF 분석 모듈에 의해서 저장된 PIDs와 protocol_encapsulation field의 정보를 이용하여 데이터 방송 서비스에 필요한 데이터를 가져와 데이터 분석부에 넘겨주는 과정을 수행한다.

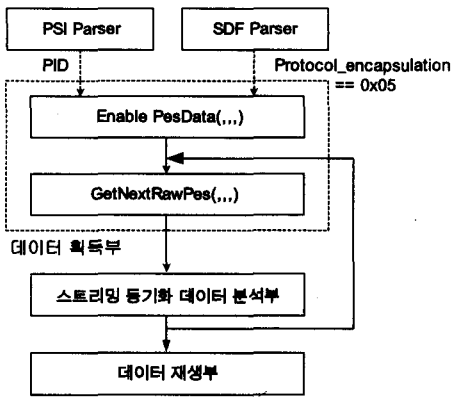


그림 3. 데이터 획득부 블록도
Figure 3. Block diagram of data obtain module

데이터 획득부를 그림 3의 점선부분으로 표시하였으며 하드웨어 상에 존재하는 메모리에서 스트리밍 동기화 데이터에 해당하는 PES packet 한 개씩을 가져와 데이터 분석부에 넘겨주고, PES packet의 분석이 끝나면 새로운 PES packet을 가져오는 과정을 스트리밍 동기화 데이터 방송 서비스가 지속되는 동안 계속적으로 반복한다.

5. 스트리밍 동기화 데이터 분석부

데이터 획득부에서 넘겨준 PES packet의 헤더를 분석하여 헤더에 저장된 PTS값과 payload에 존재하는 데이터를 데이터 재생부로 넘겨주는 과정을 수행한다.

스트리밍 동기화 데이터 분석부를 그림 4에서 점선으로 표시하였으며 PES packet을 분석하는 PES_packet_header() 함수와 실제 데이터를 분석하는 Streaming_synchronized_data() 함수로 구성된다.

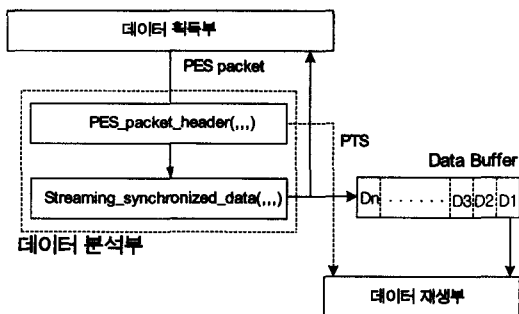


그림 4. 데이터 분석부 블록도
Figure 4. Block diagram of data processing module

PES_packet_header() 함수는 PES packet의 헤더를 분석하여 데이터 재생시에 필요한 시간정보인 PTS를 저장하고 새로운 PTS가 수신되었을 경우 DAU_flag를 이용하여 DAU가 생성되었음을 데이터 재생부에 알려주는 역할을 수행한다. Streaming_synchronized_data() 함수는 PES packet의 payload에 있는 데이터의 헤더를 분석하여 실제 데이터만을 데이터 버퍼 저장하는 역할을 수행하게 되는데 STC가 PTS에 도달하기 전에 이런 과정이 모두 이루어져야 하기 때문에 데이터 삽입을 위한 다중화 과정에서 데이터 분석시 발생하는 시간지연을 고려하여야 한다.

6. 데이터 재생부

데이터 분석부에서 전달받은 PTS를 이전의 PTS와 비교하여 서로 다를 경우 DAU가 모두 수신되었음을 확인하고 시스템의 시간정보인 STC와 PTS가 일치할 경우에 해당하는 데이터를 데이터 버퍼에서 가져와 재생하는 과정을 수행한다.

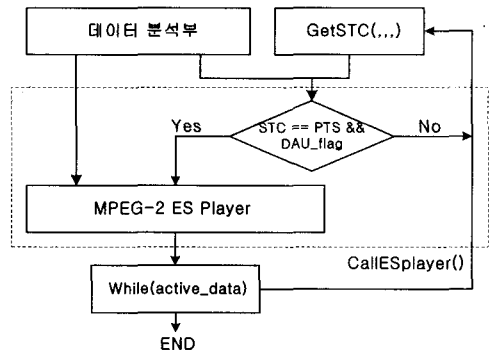


그림 5. 데이터 재생부 블록도
Figure 5. Block diagram of data display module

데이터의 재생은 그림 5에서 점선으로 표시한 CallESPlayer()라는 함수에 의해 수행되는데 MPEG-2 ES(elementary stream)로 구성된 데이터의 디코딩 시간을 최소화하기 위하여 www.mpeg.org에서 제공하는 MPEG-2 video ES player를 DirectX와 MMX코드로 최적화 하여 사용하였다.

스트리밍의 특성상 일정량의 버퍼링이 필요하였으며, 본 연구에서는 재생 시작점에서의 버퍼링을 위하여 2프레임이 저장된 후에 한 프레임씩 재생되도록 구현하였다. 또한 STC를 얻어오면서 발생하는

시간 지연과 한 개의 프로세스를 몇 개의 쓰레드가 공유하여 각각의 모듈이 구동되는 시스템의 특성상 정확하게 STC와 PTS가 일치하는 시점에 데이터를 재생하는 것은 불가능 하였다. 따라서 본 연구에서는 STC와 PTS의 차이가 22000 clock(0.244초) 미만일 경우에 데이터를 재생하도록 구현 하였는데 허용오차는 여러 차례의 실험에 의한 값이며 가장 안정적인 동작이 가능한 값으로 선택하였다.

IV. 테스트 및 결과

1. 테스트 환경

알고리즘의 테스트를 위하여 사용한 PC형 셋톱박스는 한국 전자 통신 연구원에서 제공되었다. PC형 셋톱박스는 Intel Pentium4 2GHz CPU로서 Windows 2000 Professional 운영체제를 사용하였고, MPEG-2 A/V 프로그램을 애드-온 카드로 설계된 디지털 방송 처리부에서 실시간으로 처리하며 이와 관련된 컨텐츠는 PCI버스를 통해 PC의 메모리로 저장된 뒤, 이를 PC의 중앙처리장치(CPU, Central Processing Unit)가 처리하는 방식을 취하고 있었다. 또한 MPEG-2 TS를 전송하기 위한 장비로는 televue에서 제작한 TSP101 MPEG Stream Play/Capture PCI Half-card와 TVB350 8VSB Modulator PCI Half-card를 Intel Pentium4 2GHz CPU로 동작하는 PC에 장착하여 사용하였다.

2. 검증용 컨텐츠 제작 및 데이터 방송 시나리오

TS에 삽입될 메인 프로그램으로는 2000년 14일 방송된 HD급 화질의 'MBC 베스트극장-사랑한다고 말해봤니?'(극본 조명주, 연출 임화민)를 사용하였다.

또한, 검증용 컨텐츠는 스트리밍의 특성을 살리기 위해서 인터넷에 공개된 자동차 광고와 핸드폰 광고를 MPEG-2 video ES로 transcoding하여 사용하였는데, 자동차 광고로는 베르나(최진철 편)광고를 사용하였고, 핸드폰 광고로는 KTF(김남주 편)광고를 사용하였다.

메인 프로그램의 진행 중에 자동차가 등장하는 장면에서 베르나 광고가 화면의 우측 하단에 재생되고, 광고가 모두 끝나게 되면 광고 화면은 사라진다. 메인 프로그램은 계속 진행되며, 등장인물이 핸드폰으로 전화를 하는 장면에서 KTF 광고가 동일한 위치에 재생되는 시나리오를 구성하였다.

3. 알고리즘 구현상의 문제점 및 해결 방법

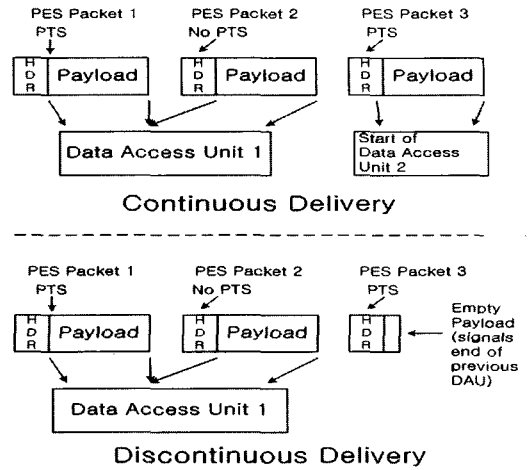


그림 6 Null DAU packet을 이용한 DAU의 마지막 판별
Figure 6. Determining the end of DAU by using Null DAU packet

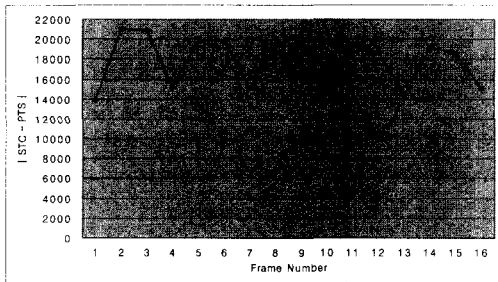
ATSC A/90에서는 새로운 PTS가 도착되었을 경우 이전에 수신된 데이터의 DAU가 모두 수신되었음을 판단하여 데이터 버퍼에서 DAU를 제거하여 처리하도록 규정하고 있다. 이러한 규정으로 인하여 데이터 방송에 관련된 데이터가 비연속적으로 전송될 경우 이전에 수신된 DAU의 처리가 새로운 PTS가 수신될 때까지 처리 되지 못하고 잔류하는 불합리성이 발생하게 된다. 이러한 불합리성을 방지하기 위하여 실제 구현상에서는 데이터를 포함하지 않고 PTS만이 존재하는 packet(NULL DAU packet)을 전송[8]하여 이전에 수신된 DAU를 처리할 수 있도록 해주고 있으며, 그림 6에서 이러한 내용을 나타내고 있다.

본 연구에서 사용한 데이터인 스트리밍 데이터의 특성상 데이터의 마지막을 판단하는 것이 불가능하기 때문에 위와 같은 데이터 처리상의 불합리성이 데이터의 마지막에도 발생함을 알 수 있었다. 즉, 데이터 방송 서비스에 사용할 마지막 DAU는 이후에 수신되는 PTS가 존재하지 않기 때문에 처리되지 않고 데이터 버퍼에 잔류하게 되고, 이렇게 남아있는 DAU는 이후에 새로운 데이터 방송이 시작되어 방송될 경우 데이터 버퍼에서 제거되어 처리되는 문제가 발생하였다. 이러한 데이터의 마지막을 처리하는데 생기는 문제점을 방지하기 위해서는 위에서 사용한 NULL DAU packet의 전송이 필요함을 알 수 있었다.

4. 결과

표 1은 수신된 스트리밍 동기화 데이터가 수신된 데이터 중에서 한 개의 GOP(Group of picture)의 Display될 시점에서의 STC와 PTS의 차이값을 나타낸 것으로 일정한 허용범위 내에서 변화 함을 알 수 있으며, 이러한 패턴은 이후에 수신되는 GOP에서 반복적으로 나타남을 알 수 있었다.

표 1. GOP한개의 STC와 PTS값의 차이
Table 1. Difference between STC and PTS in a GOP



본 연구에서 사용한 TS의 경우에는 데이터 디코딩 시간을 보장해 주기 위해서 데이터가 동기화 되어야할 메인프레임보다 3초 먼저 수신 되도록 삽입되어 있었으며, 데이터 디코딩 시간을 감안하지 않고 TS에 삽입될 경우 모든 데이터가 Display되기 전에 Data buffer에 Under Flow현상이 발생함을 알 수 있었다.

아래의 화면은 메인 프로그램에 자동차가 등장하고 스트리밍 동기화 데이터가 수신되어 재생되는 화면을 보인 것이다.



그림 7. 데이터 재생화면 1
Figure 7. Data displayed frame 1

재생되는 광고는 계속 진행되다가 광고가 끝나게 되면 광고 화면은 사라지고 메인 프로그램의 화면

만이 보여진다.

아래의 화면은 자동차 광고가 끝나고 프로그램이 진행 되다가 등장인물이 핸드폰을 사용하는 장면이며 이 장면에 해당하는 스트리밍 동기화 데이터가 수신되어 재생되는 화면을 나타낸 것이다.



그림 8. 데이터 재생화면 2
Figure 8. Data displayed frame 2

V. 결론

본 논문에서는 ATSC A/90에 정의된 스트리밍 동기화 데이터 처리를 위한 알고리즘을 개발하기 위하여 스트리밍 동기화 데이터를 포함한 PES packet을 분석하는 parser와 player를 구현하였고, 스트리밍 동기화 데이터를 삽입한 MPEG-2 TS를 이용하여 시스템의 성능을 검증하였다. 이러한 과정에서 스트리밍 데이터의 특성상 데이터의 마지막을 확인하는데 있어서 문제가 발생할 수 있음을 확인하였고 이에 대한 해결방법을 제시하고 있다.

본 논문에서 구현한 각 모듈들은 스트리밍 동기화 데이터 방송이 실시될 경우 단말의 소프트웨어로 활용이 가능하며, 스트리밍 동기화 데이터가 삽입된 MPEG-2 TS의 시뮬레이션에도 활용이 가능하다. 또한 본 논문의 알고리즘이 포팅된 STB는 실제로 메인프로그램의 일정한 시점에서 데이터를 재생함으로써 스트리밍 동기화 데이터 방송 서비스의 가능성을 보여 주었다.

참고 문헌

- [1] Draft ATSC Standard(2001-10), DTV Application Software Environment Level1 (DASE-1).

- [2] ETSI TS 101 812 V1.1.2(2001-10), Digital Video Broadcasting(DVB); Multimedia Home Platform(MHP) Specification 1.0.1.
- [3] OC-SP-OCAP2.0-I05-030210, OpenCable™ Application Platform Specification 1.0 Profile
- [4] ATSC Standard A/90 (2000-7), ATSC Data Broadcasting Standard.
- [5] ISO/IEC 13818-6, Information Technology Generic coding of moving picture and associated audio information Part 6 : Extension for Digital Storage Media Command and Control, International Standard, 1998.
- [6] ISO/IEC 13818-1, Information Technology Generic coding of moving picture and associated audio information Part 1 : System, International Standard, 1996.
- [7] ATSC Standard A/65A with Amendments No. 1A, 2 and 3 (2000-3), Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable, Rev. A
- [8] Richard S. Chernock, Regis J. Crinon, Michael A. Dolan, John R. Mick Jr, editors, "Data Broadcasting : Understanding the ATSC Data Broadcast Standard". New York : McGraw - Hill; 2001.
- [9] ATSC Recommended Practice A/91 (2001-6), Implementation Guidelines for the ATSC Data Broadcast Standard.
- [10] 방건, 양진영, 최진수, 김진웅, "ATSC-DASE 기반 고성능 셋톱박스의 설계 및 구현", 한국방송공학회 정기총회 및 학술대회, pp 35-38, 2001.11.
- [11] 이용주, 박민식, 최지훈, 최진수, "디지털 방송에서 동기화 데이터 서비스를 위한 데이터 삽입 방법", 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문초록집, Vol 25, pp 42, 2002.7.11.

신 중 목(Joong-mock Shin)

준회원



2003년 2월 : 광운대학교
전자공학과 졸업

2004년 2월 : 광운대학교
전자공학과 석사

2004년 현재 : 삼성전자
정보통신총괄 무선개발 5그룹
연구원

<관심분야> 데이터 방송, MPEG-7, 영상처리

유 지 상(Ji-sang Yoo)

정회원



1985년 2월 : 서울대학교
전자공학과 졸업(공학사)

1987년 2월 : 서울대학교
대학원 전자공학과 졸업
(공학석사)

1993년 5월 : Purdue 대학교
전기공학과 졸업(Ph.D.)

1993년 9월 ~ 1994년 8월 : 현대전자산업(주)
산전연구소 선임연구원

1994년 9월 ~ 1997년 8월 : 한림대학교
전자공학과 조교수

1997년 9월 ~ 2001년 8월 : 광운대학교
전자공학과 조교수

2001년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 부교수
<관심분야> 웨이블릿 기반 영상처리, 영상압축, 영
상인식, 비선형 신호처리