

일반논문-09-14-5-03

# SVC 기반의 위성방송 서비스를 위한 계층 분리형 PES 패킷화 및 처리 기법

지 원 섭<sup>a)</sup>, 서 광 덕<sup>a)\*</sup>, 김 진 수<sup>b)</sup>, 이 인 기<sup>c)</sup>, 장 대 익<sup>c)</sup>

## Layer-separable PES Packetization and Processing Scheme for SVC-based Satellite Broadcasting Service

Won Sup Chi<sup>a)</sup>, Kwang-deok Seo<sup>a)\*</sup>, Jin-soo Kim<sup>b)</sup>, In Ki Lee<sup>c)</sup>, and Dae-Ig Chang<sup>c)</sup>

### 요 약

본 논문에서는 SVC 비디오를 기반으로 DVB-S2 위성 방송 서비스를 제공할 때 필요한 효율적인 비디오 계층 분리형 PES 패킷화 및 처리 기법을 제안한다. SVC 부호화 기법은 기존의 MPEG-2, MPEG-4, H.264 등과 같은 단일 계층 기반의 부호화 기법과는 달리 다수의 비디오 계층을 하나로 통합하여 단일 비트스트림으로 생성한다. 따라서, 기존의 H.264 기반의 DVB-S2 위성방송 서비스와 달리 SVC 비디오를 적용할 경우 다중의 비디오 계층을 효율적으로 분리하여 처리할 수 있는 패킷화 메커니즘이 요구된다. 본 논문에서는 DVB-S2의 채널 부호화 기법인 LDPC(Low Density Parity Check) 와 SVC 부호화 기법이 결합적으로 적용되어 SVC 비디오의 계층 별로 차등화된 오류 보호 (UEP: unequal error protection)를 적용할 수 있도록 하기 위한 효율적인 PES 패킷화 및 처리 기법을 제안하고 계산량과 처리 지연시간 측면에서 제안된 기법의 효율성을 검증한다.

### Abstract

In this paper, we propose an efficient layer-separable PES packetization and processing scheme for DVB-S2 satellite broadcasting service based on SVC video. Unlike the conventional single layer-based video coding such as MPEG-2, MPEG-4 and H.264, SVC can combine numerous number of video layers, which are aggregated to a single bitstream. Therefore, it is necessary to devise a new PES packetization scheme that can efficiently separate multiple video layers of SVC. In order to combine the layered characteristics of the SVC video and the robust channel coding capability of LDPC (Low Density Parity Check) of DVB-S2 for unequal error protection, we propose an efficient PES packetization in the transmitter side and PES packet processing scheme in the receiver side of DVB-S2. We prove the effectiveness of the proposed scheme in terms of processing speed and time delay required for processing of the separated layers of SVC video in the satellite broadcasting service.

Key words: DVB-S2, digital satellite broadcasting, SVC video, PES packetization, unequal error protection

a) 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부

Computer and Telecommunications Engineering Division, Yonsei Univ.

b) 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부

School of Information Communication and Computer Engineering, Hanbat National Univ.

c) 한국전자통신연구원 위성무선융합연구부

Satellite and Wireless Convergence Research Department, ETRI

\* 교신저자 : 서광덕 (kdseo@yonsei.ac.kr)

※ 본 연구는 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 IT신성장동력 핵심기술 개발사업의 일환으로 수행하였음. [KCC/KEIT 2007-S008- 02, 21GHz 대역 위성방송전송기술개발]

· 접수일(2009년4월30일), 수정일(1차:2009년7월22일, 2차:8월28일), 게재확정일(2009년8월28일)

## I. 서론

최근 위성방송 기술은 고선명, 고음질을 실현하고 다양한 부가서비스를 제공하는 고기능의 디지털 전송방식으로 교체되어 현재는 기존의 위성방송 시스템인 DVB-S에 비해 고속데이터 전송, 양방향 데이터 전송 및 고품질의 영상을 전송할 수 있는 DVB-S2 시스템으로 발전하고 있다. DVB에서는 Ka 대역에 적합한 광대역 위성통신 방송융합 서비스용 규격인 DVB-S2 표준을 2006년에 확정하였고, DVB-S2는 1세대 시스템인 DVB-S보다 훨씬 높은 전송 용량을 확보하고, 링크마진 개선을 통해 서비스 가용도를 향상시켰으며, HDTV는 물론 양방향 부가방송 서비스를 지원하는 것을 목적으로 한다<sup>[1]</sup>. 이 규격은 8PSK, 16APSK, 32APSK 등의 고차 변조방식과 LDPC (Low Density Parity Check)와 같은 고효율 채널 부호화 기법을 도입하여 기존의 DVB-S 대비 약 20~30%의 전송용량을 추가로 확보한다. 전 세계 주요 위성방송 사업자는 방송 전송방식을 DVB-S에서 DVB-S2로 그리고 비디오 압축 방식을 MPEG-2에서 MPEG-4 또는 H.264로 전환 중에 있다. 2008년에는 한국의 스카이라이프가 H.264 비디오 압축 기법과 DVB-S2 시스템 기반의 HD급 위성방송 서비스를 상용화하였고, 2009년경부터는 세계 각국에서 DVB-S2가 본격적으로 상용화될 것으로 예상된다<sup>[2]</sup>.

SVC는 화질적 스케일러빌리티 뿐만 아니라, 공간적 및 시간적 스케일러빌리티도 하나의 비트스트림으로 동시에 지원이 가능하며 이론적으로 무한한 개수의 향상계층의 수를 지원할 수 있는 보다 더 확장된 개념의 스케일러빌리티 부호화 기법이다<sup>[3]</sup>. SVC와 같은 계층화된 비디오 전송 시에 LDPC의 채널 부호화를 위한 부호율 (code rate)을 채널 상태에 따라 기저계층(base layer)과 향상계층(enhancement layer)에 차별화 되게 적용하면 위성방송 서비스의 가용도를 효과적으로 높일 수 있기 때문에 근래들어 SVC를 DVB-S2 시스템에 효과적으로 접목하기 위한 노력이 증대되고 있다<sup>[4][5]</sup>. 위성방송 서비스 도중에 발생 가능한 강우감쇠 현상에 의한 전송 정보 손실에 능동적으로 대처하기 위한 방안으로 기본적인 디지털 위성방송 해상도인 SD (Standard Definition)급 영상을 SVC의 기저계층에 의해 지원하고 HD (High De-

inition)급 해상도를 향상계층에서 지원하는 다중 계층의 SVC 비디오 스트림을 DVB-S2 시스템에 의해 서비스하는 계획이 최근에 산학계에서 심도 있게 논의되고 있다. 기저계층의 경우 기본적으로 제공 되어야 할 해상도와 품질을 서비스하기 때문에 향상계층에 비해 상대적 중요도가 높고, 향상계층의 경우 선택적으로 제공되어 소비자들이 체감하는 비디오 품질을 향상시킬 수 있기 때문에 기저계층에 비해 상대적 중요도가 낮다고 할 수 있다. 이러한 관점에서 SVC 압축 기법에 의한 다중 계층 비디오의 각 계층별 중요도를 차별화하여 위성방송 서비스를 구현할 경우 강우환경 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 고품질의 비디오 서비스 제공이 가능해진다. 또한 SVC의 계층적 비디오 전송에 의해 전송 채널의 특성과 수신 기상상태의 변화에 따라 단계적인 품질의 비디오 서비스를 제공함으로써 서비스 수신 중단 비율을 낮출 수 있고 서비스의 가용도를 개선할 수 있다. 따라서 SVC의 기저계층에 속하는 NAL unit들과 향상계층에 속하는 NAL unit들을 서로 분리하여 계층별로 독립적인 LDPC 채널 부호화가 가능하도록 하는 것은 기저계층과 향상계층 비디오 정보에 대한 차등화된 패킷 보호 (UEP: unequal error protection)를 적용할 수 있다는 측면에서 매우 효과적이다<sup>[5]</sup>. 이를 위해서는 DVB-S2 송신기에서 SVC 비디오가 기저계층과 향상계층으로 분리되어 PES (Packetized Elementary Stream) 패킷화가 가능해야 한다. 본 논문에서는 송신기측에서는 SVC 비디오의 계층을 효과적으로 분리하여 고속으로 PES 패킷화할 수 있는 방법과 수신기측에서는 수신된 PES 패킷을 고속으로 처리하는 방법을 제안한다.

## II. SVC 비디오 부호화 개요

H.264의 확장형 부호화 기술인 SVC는 기존의 MPEG-2, MPEG-4 등에서 시도한 계층 부호화 기반의 스케일러빌리티가 갖는 문제점인 낮은 압축효율, 복합 스케일러빌리티 지원 불가, 높은 구현 복잡도의 문제를 한꺼번에 해결하기 위하여 JVT (Joint Video Team)에 의해 최근에 (2007년 말) 표준화가 완료된 새로운 확장형 부호화 기술이다<sup>[3]</sup>. SVC는 해상도 (resolution), 화면율 (frame rate), 화질 (quality) 측

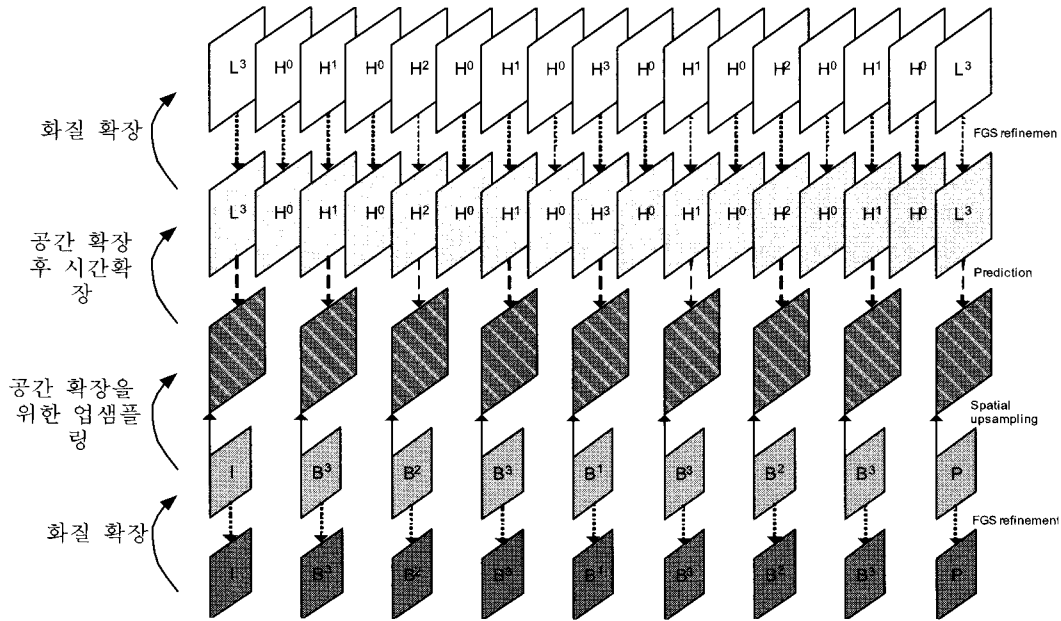


그림 1. SVC 비트스트림의 시간적, 공간적, 화질적 스케일러빌리티 구조  
 Fig. 1. Structure of temporal, spatial, and quality scalability of SVC bitstream

면에서 다양한 품질을 제공할 수 있는 여러 개의 비디오 계층을 하나의 비트스트림으로 통합하여 부호화한다. SVC의 계층 구조는 하나의 기저계층 (base layer) 과 기저계층 위에 연속적으로 쌓을 수 있는 향상계층 (scalable enhancement layer)으로 구성된다. 각 향상계층은 하위 계층 정보를 기반으로 각각에게 주어진 최대의 해상도, 화면율, 화질을 표현할 수 있다. SVC는 하나의 비트스트림에 MGS (Medium Grain Scalability) 기술에 의한 화질적 (quality) 스케일러빌리티 뿐만 아니라 시간적 (temporal), 공간적 (spatial) 스케일러빌리티를 위한 계층 부호화 정보를 동시에 저장할 수 있으며, 이들 세 가지 스케일러빌리티에 의한 계층 부호화 정보의 유기적인 결합을 통해 광범위한 형태의 복합 (combined) 스케일러빌리티 지원이 가능하다. 그림 1은 기저계층과 향상계층으로 구성된 대표적인 SVC 비트스트림의 스케일러빌리티 구조를 보이고 있으며 최하위 계층인 기저계층을 기반으로 공간적, 시간적, 및 화질적 측면에서 비디오 품질을 신속적으로 확장할 수 있다.

SVC는 다양한 전송환경에서 콘텐츠의 적응을 용이하게 하기 위해 비트스트림을 VCL (Video Coding Layer)과 NAL (Network Abstraction Layer)로 분리하여 구성한다

[3]. VCL에서는 기저계층 부호화 정보와 향상계층의 스케일러빌리티 부호화 정보를 슬라이스 단위로 생성하게 된다. 각 슬라이스는 NAL 계층에서 NAL unit으로 생성되어 SVC 비트스트림에 저장된다. SVC에서는 이러한 NAL 구조로 비트스트림을 구성하며 공간적, 시간적, 화질적 스케일러빌리티 각각에 대한 기저계층과 향상계층 부호화 정보는 연속적인 NAL unit들로 구성된다. 그림 2는 NAL unit으로 구성된 SVC 비트스트림의 구조와 NAL unit의 구조를 나타낸다. 그림에 보이듯이 NAL unit은 제어 및 부가정보를 제공하는 SEI (Supplemental Enhancement Information), SPS (Sequence Parameter Set), PPS (Picture Parameter Set)

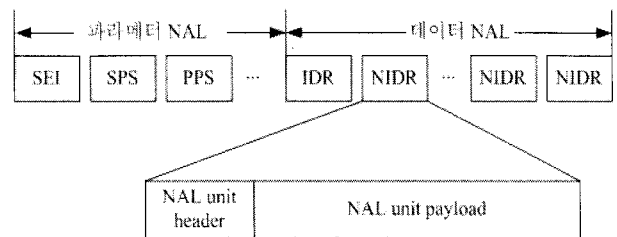


그림 2. SVC 비트스트림과 NAL unit 구조  
 Fig. 2. SVC bitstream and NAL unit structure

NAL로 구성되는 파라미터 NAL과 IDR (Instantaneous Decoding Refresh) 및 Non-IDR 화면에 대한 비디오 압축 정보를 포함하는 데이터 NAL로 구성되고 향상계층에 속하는 NAL unit은 NAL 헤더에 시간적, 공간적, 화질적 확장에 관련된 정보를 기본적으로 포함하게 된다.

각 SVC NAL unit이 향상계층과 갖는 연관성에 대한 정보를 비트스트림의 복호화 없이 NAL 계층에서 구분하기 위하여 그림 2의 SVC NAL unit 헤더에는 (DID,TID,QID) 필드가 존재한다. (DID,TID,QID) 필드는 각각 시간적, 공간적, 화질적 스케일러빌리티에서 각 계층 간의 시공간적 관련 체계를 나타내는 정보로서 이 세 가지 값들의 조합으로부터 각 NAL unit이 속하게 되는 시공간적 스케일러빌리티 계층을 유도해 낼 수 있다<sup>3)</sup>.

### III. SVC 기반의 DVB-S2 위성방송 시스템 구조

DVB-S2 시스템을 구성하는 주요 기능 블록은 Mode

Adaptation, FEC (Forward Error Correction) Encoding, Mapping 등을 포함한다. Mode Adaptation의 기능은 입력 스트림 인터페이스, 입력 스트림 동기화, MPEG-2 TS (Transport Stream) 입력 포맷화를 위한 null-packet 제거, 오류 검출을 위한 CRC-8 부호화, 변조 및 LDPC 부호율 (MODCOD) 표시, 다중 입력 스트림을 위한 입력 스트림 혼합 기능을 수행한다. 프레임을 구성하는 포맷으로 BB (Base-band) 헤더는 입력 스트림 포맷과 Mode Adaptation 형태를 수신기에 알려주기 위해 데이터 필드의 앞단에 부가된다. FEC Encoding에서는 LDPC 부호를 사용하여 채널 부호화를 수행하며 응용에 따라서 FEC 부호화 블록의 길이는 64800 비트 또는 16200 비트로 구성이 된다<sup>6)</sup>. Mapping 블록에서는 QPSK, 8PSK, 16APSK, 그리고 32APSK 변조를 수행하며, 응용 영역에 따라 또는 전송 채널의 상태에 따라 변조방식을 결정할 수 있다.

그림 3은 이러한 기본적인 DVB-S2 시스템에 SVC 비디오를 적용한 SVC기반의 DVB-S2 디지털 위성방송 시스템의 구조를 나타낸다. 그림 3에서 압축된 SVC 비트스트림으로부터 비트스트림 extractor가 기저계층과 향상계층에 속

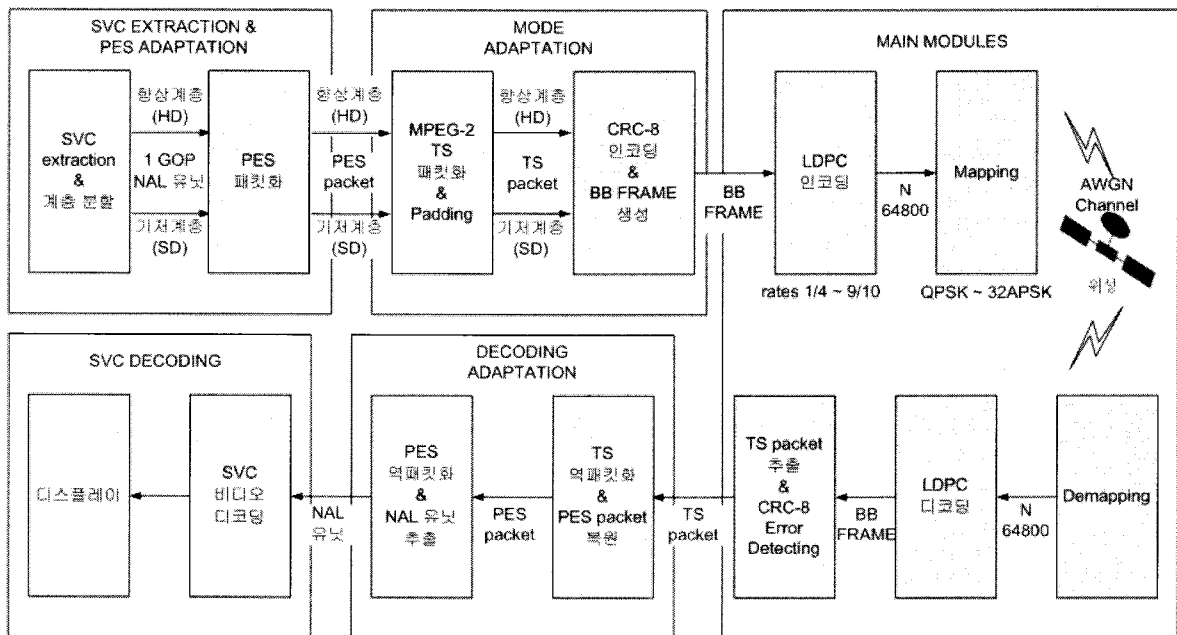


그림 3. SVC 기반의 DVB-S2 시스템의 전체 구조도  
Fig. 3. Overall architecture of SVC-based DVB-S2 system

하는 NAL unit 을 구분하여 추출하게 된다. 기저계층은 저 해상도 방송 서비스 제공을 위해 SD 규격의 해상도를 지원하고, 향상계층은 고해상도 방송 서비스를 위해 HD 규격의 해상도를 지원한다. 각각 기저계층과 향상계층으로 분리된 NAL unit들은 각 비디오 계층 별로 PES 패킷으로 패킷화 되고, PES 패킷은 MPEG-2 TS<sup>[7]</sup> 패킷으로 패킷화 된 후 여러 개의 TS 패킷을 묶어서 BB (Base-band) 프레임의 만든다. BB 프레임은 채널 오류에 강인하도록 LDPC 부호화 된다. LDPC 부호화는 위성방송 서비스 도중의 강우 현상이나 구름에 의한 가용도 저하 문제에 대처하기 위한 DVB-S2 시스템의 표준 오류 정정 부호화 기법으로서, 기저계층과 향상계층 비디오 정보에 대한 차등화된 오류 보호 (UEP)를 적용할 수 있다. 향상계층은 기저계층의 존재 없이는 아무런 쓸모가 없는 계층 정보이기 때문에 항상 기저계층의 정보가 향상계층의 정보보다 그 중요도가 크다. 따라서 LDPC의 부호율을 기저계층과 향상계층에 차별화 되게 적용하여 기저계층 정보에 우선권을 부여하여 오류 강인성을 높임으로써 향상계층 정보의 유실에도 불구하고 기저계층 정보에 의해 기본적 서비스의 연속성을 유지함으로써 위성방송 서비스의 가용도를 효과적으로 높일 수 있다<sup>[5]</sup>. 이러한 이유로 인해 SVC 비디오를 DVB-S2에 적용할 때는 SVC의 기저계층에 속하는 NAL unit들과 향상계층에 속하는 NAL unit들은 서로 분리하여 독립적으로 LDPC 부호화가 될 수 있도록 계층화된 처리 구조로 설계하는 것은 매우 중요하다. 이러한 계층화된 SVC NAL unit을 처리하기 위해서는 그림 3에 나타나 있듯이 SVC 비디오의 기저계층과 향상계층이 서로 분리된 형태로 PES 패킷화가 이루어져야 한다.

#### IV. 고속의 계층 분리형 PES 패킷화 및 처리 기법

그림 4는 SVC Extraction에 의해 SVC 비트스트림으로부터 추출된 하나의 GOP (Group of Picture) 내에 포함되는 NAL unit들의 순서를 나타낸다<sup>[3]</sup>. GOP 내에 속하는 각 픽처마다 기저계층과 향상계층에 속하는 NAL unit들로 이루어져 있다. 그림 4에서 기저계층에 속하는 NAL unit (BL

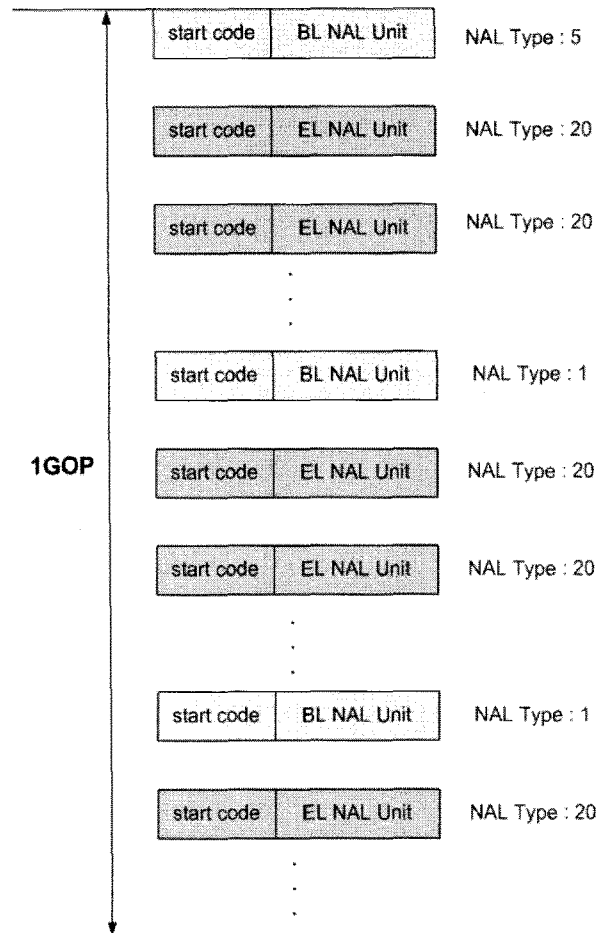


그림 4. SVC Extraction 후 GOP 내에 포함되는 NAL unit 순서 예  
Fig. 4. Example of NAL unit order in a GOP after SVC extraction

NAL Unit)은 NAL 타입이 “1” 또는 “5”이며, 향상계층에 속하는 NAL unit (EL NAL Unit)은 NAL 타입이 “20”이다<sup>[3]</sup>. 기저계층의 NAL 타입이 “5”인 NAL unit은 IDR (Instantaneous Decoding Refresh) 픽처에 속하는 NAL unit이며, 기저계층의 NAL 타입이 “1”인 NAL unit은 non-IDR 픽처에 속하는 NAL unit을 나타낸다. 각 기저계층의 NAL unit 다음에는 동일한 픽처에 속하는 여러 개의 향상계층 NAL unit이 연속적으로 위치하게 된다. 기저계층 NAL unit이 수신되어야만 향상계층 NAL unit이 존재의 의미를 갖기 때문에 항상 기저계층 NAL unit이 향상계층 NAL unit보다 중요도가 높다. 따라서, SVC의 계층 별 중요도를 고려하여 그림 3의 DVB-S2 위성방송 시스템을 구성하기 위해서는

기저계층 NAL unit과 향상계층 NAL unit을 서로 분리하여 PES 패킷을 만들어야 한다. 이렇게 해야만 LDPC 부호화 적용 시에 차등화된 패킷 보호를 위해 기저계층과 향상계층 NAL unit에 대해 각각 차별화된 LDPC부호화율 (code rate)을 계층 별로 적용할 수 있다. 그런데 그림 4에 나타나 있듯이 SVC Extraction 후의 NAL unit의 순서는 NAL unit이 디코더로 입력되어 디코딩되는 순서와 동일하게 1개의 기저계층에 이어서 이 기저계층과 함께 동일한 픽처를 구성하는 다수의 향상계층들이 순서대로 위치하게 된다. 그림 4의 순서로 추출되는 NAL unit에 대해 차등화된 패킷 보호를 적용하기 위해서는 그림 3의 PES 패킷을 생성하는 단계 (PES 패킷화 블록)에서 기저계층과 향상계층 NAL unit들을 서로 분리하여 PES 패킷을 생성해야 한다. 그러나 그림 4의 순서로 나타나는 NAL unit들을 기저계층 NAL unit과 향상계층 NAL unit들을 서로 분리하여 각각 독립적

으로 PES 패킷화하여 전송할 경우 수신측에 도착하는 NAL unit을 디코딩 하기 이전에 그림 4와 같은 원래의 순서로 재배치하는 과정이 필요하게 되고, 그에 따르는 오버헤드와 처리를 위한 시간적 지연이 발생하게 된다.

따라서, SVC 비디오 전송을 위한 PES 패킷화 과정에서 계층 분할에 의해 야기되는 수신측에서의 디코딩 순서의 재배치 과정과 추가되는 오버헤드 그리고 처리에 요구되는 지연 시간을 최소화하기 위한 효과적인 PES 패킷화 방법이 필요하다.

그림 5는 그림 4와 같이 추출된 SVC NAL unit들을 각각 기저계층과 향상계층 NAL unit으로 분리하여 PES 패킷화 하는 제안된 방법을 나타낸다. NAL 타입이 “I” 또는 “S”인 기저계층 NAL unit들을 별도로 그룹화하여 기저계층 PES 패킷 (BL PES packet)을 생성하고, 하나의 기저계층 NAL unit에 연관된 (associated) 향상계층 NAL unit들이 하나로

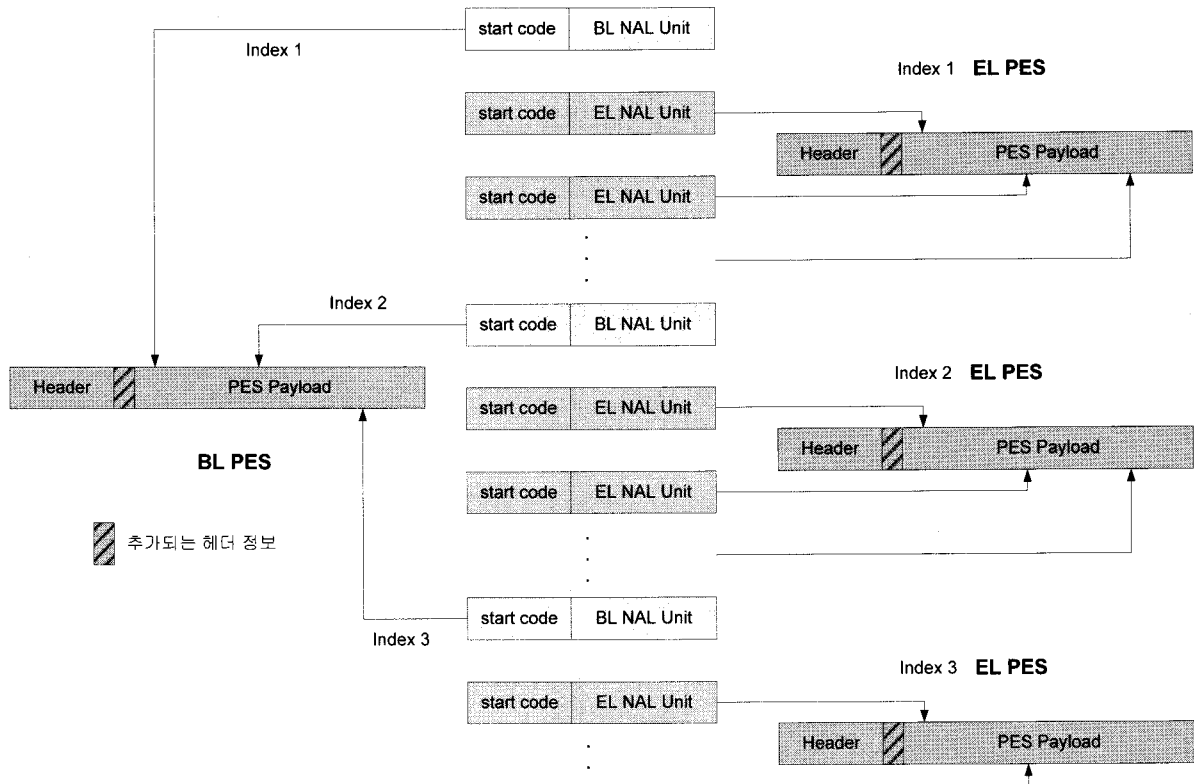


그림 5. 송신측에서 GOP 단위 별로 기저계층과 향상계층 NAL unit을 분리하여 PES 패킷화 하는 방법  
 Fig. 5. PES packetization method by separating NAL units in the base and enhancement layers per GOP unit at the transmitter

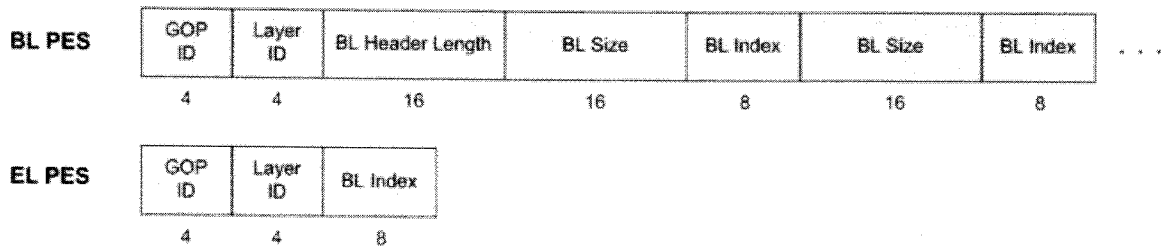


그림 6. PES 패키징 시에 기저계층과 향상계층에 추가되는 PES 페이로드 헤더 구조

Fig. 6. Structure of PES payload header added to the base and enhancement layers in PES packetization

그룹화 되어 향상계층 PES 패킷 (EL PES packet)이 만들어진다. 이때, 특정 기저계층에 연관된 향상계층 NAL unit들을 그룹화한 PES 패킷을 표시하기 위해서 인덱스 값을 사용한다. 그림 5의 BL PES에서 인덱스 “1”을 갖는 NAL unit과 인덱스 “1”을 갖는 EL PES의 NAL unit들은 서로 동일한 픽처에 속했던 NAL unit들로서 인덱스 “1” 정보를 바탕으로 디코딩 시에 서로 계층적 연관성을 가질 수 있게 된다.

각각의 기저계층 NAL unit에 해당하는 EL NAL unit들은 BL NAL unit과 같은 인덱스 번호가 할당되어 EL PES 패킷을 구성하며, 이때 BL PES와 EL PES의 PES 페이로드 부분에 추가되는 헤더 정보는 그림 6과 같고, 이 헤더 정보는 그림 5에서 빗금친 블록으로 표시된 “추가되는 헤더 정보”에 해당한다.

그림 6에 표시된 각각의 헤더 필드 (field)에 대한 정의와 역할은 다음과 같다.

- GOP ID : 현재 패키징 되는 GOP의 순서 번호, 16이 되면 0으로 리셋
- Layer ID : PES 페이로드에 포함된 NAL unit의 계층 정보 (기저계층: 0, 향상계층: 1)
- BL Header Length : 추가되는 BL 헤더의 길이 (모든 BL Size와 BL Index를 포함한 바이트의 크기)
- BL Size : 각 BL NAL unit의 크기 (bytes)
- BL Index : 현재 BL NAL unit에 해당하는 인덱스 정보

이와 같은 원리로 구성된 PES 패킷들은 BL PES 패킷을 선두로 188바이트의 MPEG-2 TS (Transport Stream)로 만들어지고, 이어서 인덱스 번호 순서에 따라 EL PES 패킷들

이 차례대로 TS 패킷으로 생성되어 처리된다. PES 패킷화 단계에서 분리된 기저계층 데이터와 향상계층 데이터는 LDPC 부호화 단계에서 각각의 중요도에 따라 서로 다른 부호율 (code rate)을 적용을 받아 차등화된 패킷 보호 구현이 가능하게 된다.

한편, 수신기에서는 전송 받은 MPEG-2 TS 패킷들로부터 다시 원래의 기저계층과 향상계층의 PES 패킷을 재구성하고, PES 패킷의 순서에 따라 그림 7의 원리에 의해 NAL unit들을 PES 패킷으로부터 추출하여 SVC 디코더에 전달한다. 그림 7은 수신기에 차례대로 도착한 PES 패킷으로부터 NAL unit을 추출하여 SVC 디코더로 전달하는 과정과 순서를 나타내고 있다.

먼저 수신기에 도착한 기저계층과 관련된 MPEG-2 TS 패킷들에 의해 BL PES 패킷이 재구성되면 이 BL PES의 페이로드 헤더 정보를 이용하여 BL PES 패킷에 실려 있는 각각의 BL NAL unit을 분리하고 인덱스 번호의 순서에 따라 추출된 BL NAL unit을 BL 버퍼에 저장한다. 다음으로 인덱스 번호 1에 해당하는 EL PES 패킷이 도착하면 SVC 디코더의 디코딩 순서에 따라서 먼저 BL 버퍼에서 인덱스 번호 1에 해당하는 BL NAL unit을 SVC 디코더에 전달한다 (그림 7의 순서 (1)). 그 다음에 인덱스 번호 1에 해당하는 EL PES 패킷으로부터 순서대로 EL NAL unit들을 분리하여 추출한 후 SVC 디코더에 전달한다 (그림 7의 순서 (2)-(5)). 이후 인덱스 번호에 해당하는 처리 과정은 상기와 동일하게 진행이 된다. 즉, 인덱스 번호 2에 해당하는 EL PES packet이 구성되면 BL 버퍼에서 Index 번호 2에 해당하는 BL NAL unit을 SVC 디코더에 전달하고 (그림 7의 순서 (6)), 도착된 인덱스 번호 2에 해당하는 EL PES 패킷

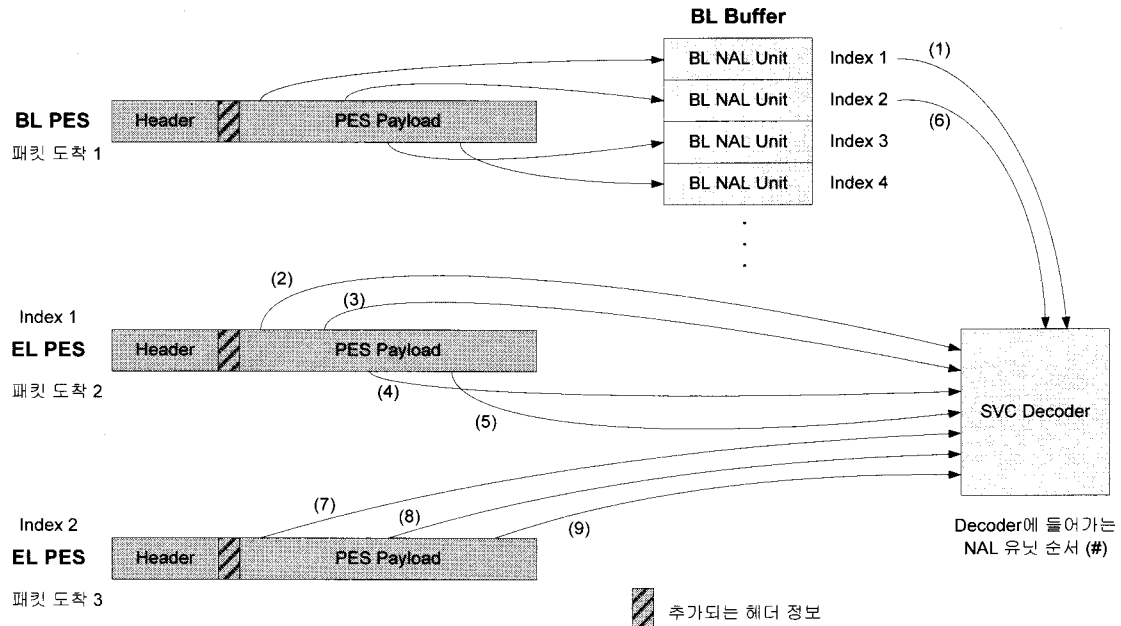


그림 7. 수신기에 차례대로 도착한 PES 패킷으로부터 NAL unit을 추출하여 SVC 디코더로 전달하는 과정 및 순서도

Fig. 7. Flow and sequence of extracting NAL unit from the received PES packet and forwarding it to the SVC decoder

으로부터 순서대로 EL NAL unit들을 분리하여 추출한 후 SVC 디코더에 전달한다 (그림 7의 순서 (7)~(9)). 이러한 방식으로 계층 분할된 하나의 GOP 단위에 대한 디코딩이 끝날 때까지 상기와 같은 과정을 반복 수행하고, 각 GOP마다 상기의 전체 과정을 반복 수행하게 된다.

SVC 비디오의 계층적 구조를 고려하여 기저계층과 향상 계층의 NAL unit들을 분리하여 PES 패킷화 함으로써 DVB-S2의 채널 부호화인 LDPC의 부호화율을 계층별로 차등화할 수 있기 때문에 차등화된 패킷 보호 효과를 제공할 수 있다. 상기의 제안된 PES 패킷 생성 방법을 적용할 경우 수신기측에서는 SVC 디코딩 시에 디코딩 순서에 맞게 NAL unit들의 순서를 재배치 (reordering) 하는 과정이 필요 없기 때문에 SVC 디코딩을 위한 NAL unit 재배치에 소요되는 계산량과 처리 지연 시간을 효과적으로 감축할 수 있다.

한편, 본 논문에서 제시하는 PES 패킷화 방법이 기존의 수신기와 호환성을 유지하기 위한 방법은 본 논문에서 제안하는 추가적인 헤더 정보를 PES 패킷 헤더의 “PES Extension field data” 부분에 삽입하면 가능하다. 기존의

SD급만 처리할 수 있는 수신기는 제안된 기법이 사용하는 “PES Extension field data” 부분에 기록된 “추가적인 부가 헤더” 정보를 무시하고 SVC의 기저계층 (H.264와 호환)에 해당하는 BL PES Packet 만을 처리하고 EL PES Packet은 무시하면 되므로 기존 수신기에 대한 호환성 제공이 가능하다. 한편, 본 논문의 목적에 부합되도록 “PES Extension field data” 부분을 활용하기 위해서는 MPEG 관련 표준화 단체 및 위성방송 관련 표준화 단체와의 상호 협조가 이루어질 필요가 있다.

## V. 성능 평가

제안된 PES 패킷화 기법의 성능을 검증하기 위하여 송신측에서는 PES 패킷화에 소요되는 패킷화 시간과 오버헤드의 추가로 인해 증가하는 데이터가 차지하는 비율을 비교하며, 수신측에서는 수신된 PES 패킷으로부터 SVC NAL unit을 추출하여 디코딩에 적합한 순서로 재배치한 후 디코더로 전달되기까지 걸리는 지연 시간을 비교한다.



제안된 방법과 비교가 되는 기존의 방법에서는 기저계층에 속하는 NAL unit과 향상계층에 속하는 NAL unit을 분리하여 두 계층이 완전히 독립적으로 PES 패킷화 되고, 수신측에서는 독립적으로 분리되어 수신된 기저계층의 PES 패킷과 향상계층의 PES 패킷으로부터 각각 기저계층 NAL unit과 향상계층 NAL unit을 추출하여 SVC디코더의 디코딩 순서에 맞게 NAL unit들의 순서를 재배치하는 과정을 거치게 된다.

제안된 방법과 기존 방법에서 공통적으로 사용되는 DVB-S2 전송모드는 VCM (Variable Coding and Modulation) 모드이다. VCM 모드는 원래 DVB-S2 표준화 단계에서 SVC를 위성방송에 적용할 목적으로 DVB-S2 표준에 포함시킨 전송 모드는 아니지만 SVC와 같은 계층화된 비디오 전송에서 계층간 차별화된 오류 강인성을 제공하기에 적합하다. 그림 8은 VCM 모드에 의한 전송 예를 나타낸다.

그림 8에서 음영 (shadow)으로 처리된 부분은 SVC의 기저계층에 해당하는 DVB-S2 프레임(PLFRAME)으로서 기저계층의 NAL unit을 포함하는 PES 패킷을 기반으로 생성이 되고, 비음영 부분은 향상계층에 해당하는 DVB-S2 프레임으로서 향상계층의 NAL unit을 포함하는 PES 패킷을 기반으로 생성된다. 이 그림의 예에서 나타나 있듯이 기저계층과 향상계층에 대해 각각 1/2, 3/4과 같은 서로 다른 LDPC 부호율을 적용함으로써 계층간 차별화된 오류 강인성을 부여할 수 있다.

제안된 방법의 경우 그림 5에 의해 생성되는 기저계층의 BL\_PES 패킷이 그림 3의 DVB-S2 시스템의 처리 과정을 거쳐서 그림 8의 음영으로 처리된 부분에 실리게 된다. 또한, 향상계층의 EL\_PES 패킷들이 그림 3의 DVB-S2 시스템의 처리 과정을 거쳐서 그림 8의 비음영 부분에 실리게 된다.

기존 방법의 경우도 제안된 방법과 마찬가지로 SVC의

GOP 단위로 처리되는 것을 가정하였고, GOP에 포함되는 모든 기저계층 NAL unit을 모아서 PES 패킷을 생성하고 이를 바탕으로 VCM 모드에 포함되는 DVB-S2 프레임을 생성하였다. 향상계층의 경우에는 GOP에 포함되는 향상계층 NAL unit을 일정한 크기의 PES 패킷이 생성될 때까지 입력되는 순서대로 모아서 하나의 PES 패킷을 생성하여 VCM 모드에 포함되는 DVB-S2 프레임을 생성하였다. 이러한 과정을 따르는 기존 방법의 경우에 수신기 측에서 이루어지는 상세한 프레임 처리 과정은 다음과 같다. 수신기 측에서는 VCM 모드에 포함되는 기저계층의 DVB-S2 프레임에 포함된 SVC NAL unit을 추출하게 되고, 이어서 도착하게 되는 향상계층의 DVB-S2 프레임으로부터 SVC NAL unit을 추출하여 기저계층의 NAL unit과 함께 SVC 디코딩에 적합한 순서로 재조립하게 된다. 이때, 순서 재조립을 위해 참조할 정보가 별도로 존재하지 않으므로 향상계층 NAL unit의 헤더에 존재하는 (DID,TID,QID)정보를 활용하여 이 향상계층 NAL unit과 연관이 되는 기저계층 NAL unit을 파악하여 순서를 재조립한다. 이러한 과정에서는 NAL unit 헤더의 (DID,TID,QID)정보를 활용해야 하므로 수신기 측의 데이터 처리에 있어서 지연이 발생하게 된다.

실험에서는 CITY 비디오 시퀀스를 사용하여 SVC 비트스트림을 생성했고, 생성된 비트스트림은 GOP 크기가 16으로 이루어져 있으며 공간 스케일러빌리티를 위해 기저계층에서 SD급 영상을 지원하고 향상계층에서는 HD급 영상을 지원한다. 또한, SNR 스케일러빌리티를 위해 각 계층마다 CGS (Coarse Grain Scalability)를 지원하는 향상계층을 1 계층씩 추가하였으며, 시간적 스케일러빌리티에 의해 초당 전송되는 화면율을 최대 30 fps 까지 지원한다. 실험을 위해 3.0 GHz 펜티엄 IV 컴퓨터에 그림 3의 DVB-S2 시스템을 구현하였고 이 시스템을 통해 SVC 비트스트림에 포

QPSK 1/2 (base layer)	QPSK 3/4 (enhan. layer)	QPSK 3/4 (enhan. layer)	QPSK 1/2 (base layer)	QPSK 3/4 (enhan. layer)	QPSK 3/4 (enhan. layer)
--------------------------	----------------------------	----------------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------

그림 8. DVB-S2 VCM 모드 전송 예  
Fig. 8. Example of transmitting in VCM mode of DVB-S2

함된 모든 NAL unit을 전송 및 수신하여 처리하도록 하였다.

표 1은 DVB-S2 시스템의 송신기에서 측정된 GOP당 소요되는 PES 패킷화 시간과 제안된 기법에 의해 요구되는 PES 페이로드 헤더가 전체 전송된 데이터에서 차지하는 비율을 나타낸다. 참고로, 기존의 기법의 경우 기저계층과 향상계층의 PES 패킷화가 서로 독립적으로 수행되고 추가적인 헤더가 없으므로 PES 패킷화를 위해 추가되는 오버헤드 데이터가 존재하지 않는다.

표 1. DVB-S2 송신기에서의 PES 패킷화 성능 비교

Table 1. Comparison of PES packetization performance in DVB-S2 transmitter

	GOP당 소요되는 PES 패킷화 시간 (ms)	PES 페이로드 헤더가 차지하는 비율 (%)
기존의 기법	2.274	0
제안된 기법	2.388	0.269

표 1로부터 제안된 기법의 경우 그림 5의 과정에 따라 PES 패킷화를 수행하기 위해서 기존의 패킷화 기법보다 약 5% 정도 더 시간이 소요되며, 그림 5의 과정에서 생성되는 PES 페이로드 헤더가 전체 데이터에서 차지하는 비율은 0.269% 임을 알 수 있다. 이러한 처리 시간 및 데이터 크기 측면에서의 제안된 기법에 의해 요구되는 오버헤드는 전체 DVB-S2 시스템의 데이터 송신 과정에서 무시해도 되는 수준의 크기라고 할 수 있다.

표 2는 DVB-S2 시스템의 수신기에 수신된 기저계층의 PES 패킷과 향상계층의 PES 패킷으로부터 기저계층 NAL unit과 향상계층 NAL unit을 추출하여 SVC 디코더에 전달하기 까지 소요되는 누적 시간을 GOP 단위로 비교한다.

표 2. DVB-S2 수신기에서 GOP 단위의 PES 패킷 처리 시간 비교

Table 2. Comparison of PES packet processing time in DVB-S2 receiver

	수신된 PES 패킷에서 NAL 유닛을 추출하여 SVC 디코더로 전달하기까지 소요된 누적 시간 (ms)
기존의 기법	31.474
제안된 기법	2.513

표 2의 결과로부터 제안된 기법의 경우 PES 패킷으로부터 NAL unit을 추출하여 매우 짧은 시간 내에 SVC 디코더로 전달함을 알 수 있다. 제안된 기법의 경우 수신기에서 SVC 디코딩을 위해 디코딩 순서에 맞게 NAL unit들의 순서를 재배치하는 과정이 필요 없기 때문에 SVC 디코딩을 위한 NAL unit 재배치에 소요되는 계산량과 처리 지연 시간을 감축할 수 있다. 반면에 기존 방법의 경우 수신된 PES 패킷에서 추출된 NAL unit들을 SVC 디코딩 순서에 맞게 재배치한 후에 SVC 디코더로 전달해야 하기 때문에 추가적인 지연 시간이 존재한다. 이러한 PES 패킷을 디코딩에 적합한 순서로 재배열하는데 걸리는 추가적인 지연 시간은 SVC 디코더로 하여금 정해진 화면율 (frame rate)로 비디오를 디코딩하는데 부담을 주게 된다. SVC 디코더는 정해진 화면율에 맞게 디코딩 버퍼로부터 일정 단위의 SVC NAL unit을 읽어와서 디코딩해야 하는데, 추가적인 지연으로 인해 버퍼에 데이터를 공급하는 속도가 느려지게 되고, 이로 인해 버퍼 언더플로우 (underflow)가 발생할 가능성이 커진다. 버퍼 언더플로우가 발생하게 되면 SVC 디코더가 처리할 데이터가 부족해지게 되어 디코딩이 원활히 진행될 수가 없으며 궁극적으로 화면 디스플레이가 정지하게 된다.

표 2의 결과에 의하면 제안된 기법이 기존의 기법보다 GOP 단위의 PES 패킷을 처리하는 시간이 약 1/15에 불과하다. 실제 방송용 수신기에서 동일한 실험을 하게 된다면 처리 시간에 관한 절대적인 수치에는 변화가 있을 수 있지만, 제안된 기법과 기존의 기법 간의 처리 시간에 대한 비 (ratio)는 거의 변동이 없을 것이다.

## VI. 결론

본 논문에서는 차세대 디지털 위성 방송 시스템인 DVB-S2에 SVC 비디오를 효과적으로 적용하기 위한 고속의 PES 패킷화 및 처리 기법을 제안하였다. SVC 비디오는 H.264와 호환이 되는 기저계층 뿐만 아니라 화질적, 공간적 및 시간적 스케일러빌리티를 통합하여 제공하는 향상계층을 포함한다. DVB-S2의 표준 채널 부호화 기법인 LDPC를 활용하여 기저계층과 향상계층 비디오 정보 간에

차등화된 오류 보호를 적용하기 위해서는 기저계층과 향상 계층에 대한 분리된 PES 패킷화가 필요하다. 제안된 PES 패킷화 기법을 적용할 경우 고속의 패킷화가 가능하고, 수신측에서는 SVC 디코딩을 위한 SVC NAL unit의 순서를 효과적으로 재구성할 수 있기 때문에 처리에 요구되는 지연 시간을 감축시킬 수 있다. 제안된 기법은 SVC의 계층적 비디오 구조의 특성을 고려한 실용적인 PES 패킷화 방법을 제공함으로써 향후 전개될 SVC 기반의 디지털 위성 방송 서비스에 실용적으로 적용이 가능하다.

**참 고 문 헌**

[1] A. Morello, and V. Mignone, "DVB-S2: The Second Generation Standard for Satellite Broad-band Services," Proceedings of the

IEEE, vol. 94, no.1, pp.210-227, Jan. 2006.  
 [2] 장대익, 오덕길, 이호진, "DVB-S2 기술동향 및 활용 전망," 방송공학 회지, 제 13권, 제 3호, pp. 4-21, 2008년 9월.  
 [3] T. Wiegand, G. Sullivan, J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, "Joint draft 10 of SVC amendment," Joint Video Team, Doc. JVT-W201, San Jose, USA, Apr. 2007.  
 [4] 김승철, 장대익, "다채널 HDTV 서비스를 위한 Ka대역 위성방송 기술," 방송공학회지, 제 13권, 제 3호, pp. 56-63, 2008년 9월.  
 [5] 윤기창, 장대익, 손원, "SVC 신호의 Ka대역 HDTV 위성방송서비스 적용에 관한 연구," 방송공학회논문지, 제 13권 제 6호, pp. 905-914, 2008년 11월.  
 [6] M. Erooz, F. Sun, and L. Lee, "DVB-S2 low density parity check codes with near Shannon limit performance," International Journal of Satellite Communications and Networking, vol. 22, no. 3, pp. 367-399, 2004.  
 [7] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 13818-1, Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems, 1994.

**저 자 소 개**



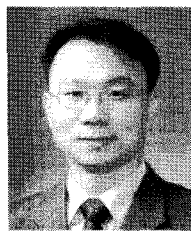
**지 원 섭**

- 2007년 8월 : 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 학사
- 2009년 8월 : 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 석사
- 2009년 9월 ~ 현재 : 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 박사과정
- 주관심분야 : 영상부호화, 영상통신, 디지털 방송, 멀티미디어 통신시스템 구현



**서 광 덕**

- 1996년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 학사
- 1998년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 석사
- 2002년 8월 : KAIST 전자전산학과 박사
- 2002년 8월 ~ 2005년 2월 : LG전자 단말연구소 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 부교수
- 주관심분야 : 영상부호화, 영상통신, 디지털 방송, 멀티미디어 통신시스템



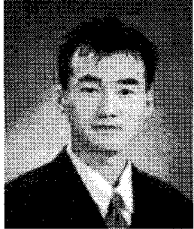
**김 진 수**

- 1991년 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1993년 : KAIST 전기및전자공학과 석사
- 1998년 : KAIST 전기및전자공학과 박사
- 1997년 ~ 2000년 : 삼성전자 선임연구원
- 2000년 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 부교수
- 주관심분야 : 멀티미디어 스트리밍, SVC, Distributed Video Coding, 디지털 방송

---

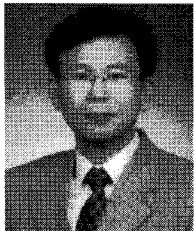
 저 자 소 개
 

---



## 이 인 기

- 2003년 8월 : 한국해양대학교 전파공학과 학사
- 2005년 8월 : 한국해양대학교 전파공학과 석사
- 2005년 9월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 위성방송융합연구팀 연구원
- 주관심분야 : 위성통신, 채널 코딩, 변복조 기술, FPGA 기술



## 장 대 익

- 1986년 : 한양대학교 전자통신공학과 학사
- 1989년 : 한양대학교 전자통신공학과 석사
- 1999년 : 충남대학교 전자공학과 박사
- 1990년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 위성방송융합연구팀 팀장
- 2005년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 이동통신및디지털방송공학전공 교수
- 1991년 6월 ~ 1993년 7월 : Canada MPR Tectech. 연구소 연구원
- 주관심분야 : 위성통신, 방송시스템, 광대역 변복조, 오류정정부호