

특집논문-08-13-6-12

## SVC 신호의 Ka대역 HDTV 위성방송서비스 적용에 관한 연구

윤기창<sup>a)</sup>, 장대익<sup>b)</sup>, 손원<sup>a)‡</sup>

### Studies on Applying Scalable Video Coding Signals to Ka band Satellite HDTV Service

Ki-Chang Yoon<sup>a)</sup>, Dae-Ig Chang<sup>b)</sup>, and Won Sohn<sup>a)‡</sup>

#### 요약

이 연구는 Ka대역 HDTV 위성방송서비스를 제공할 때 발생하는 강우감쇠 문제를 해결하기 위하여, MPEG-4 SVC (Scalable Video Coding) 신호를 JSCC (Joint Source/Channel Coding) 시스템을 통하여 Ka대역 위성방송시스템에 적용하는 방안이 고찰되었다. Ka대역 위성방송시스템은 DVB-S2 VCM (Variable Coding and Modulation) 모드를 기반으로 하였으며, SVC 신호는 공간 계층, 화질 계층 및 시간 계층을 고려하였다. JSCC 시스템은 모든 계층의 소스부호화 시스템과 채널부호화 시스템을 결합하여, 최적의 수신품질을 얻도록 각 계층의 비트율과 그 계층에서의 소스와 채널을 위한 비트율을 할당하였다. 계층 수는 기본계층과 향상계층을 포함하는 2개로 제한하였으며, 각 계층에 대한 비트율은 적용 SVC 신호에 따라 영향을 받는다. 세 가지 SVC 신호의 Ka대역 위성방송서비스에의 적용성을 강우감쇠관점에서 분석하였으며, 가장 적용성이 우수한 SVC 신호를 이용하여 Ka대역 위성방송서비스에 적용하는 방안이 고찰되었다.

#### Abstract

The paper studied the scheme of applying the MPEG-4 SVC signal to the Ka band satellite broadcasting system through the JSCC system to resolve the rain fading problem generated when providing the Ka band HDTV satellite broadcasting service. The Ka band satellite broadcasting system is based on the VCM mode of the DVB-S2, and the SVC signal is considered as one of the spatial scalability, the SNR scalability and the temporal scalability. The JSCC system jointed all the layers of the source coding system and the channel coding system, and allocated bit rate to source coding and channel coding for each layer to get the optimum receiving quality. The layers are consists of a base layer and an enhancement layer, and the bit rate of each layer is affected by the SVC signal. The applicability of the three SVC signals to the Ka band satellite broadcasting service is analyzed with respect to the rain fading, and the scheme of applying the most excellent SVC to the service is considered.

Keyword : Scalable Video Coding, Joint Source/Channel Coding, Rain fading, Ka band, Satellite Broadcasting

a) 경희대학교

Kyung Hee University

b) 한국전자통신연구원

ETRI

‡ 교신저자 : 손원 (wsohn@khu.ac.kr)

## 1. 서론

우리나라를 포함한 전 세계의 위성방송서비스는 대부분 SDTV (Standard Definition TeleVision)를 중심으로 제공되고 있으나, HDTV (High Definition TeleVision)에 대한

비중이 점차 증가하고 있는 추세이다. HDTV 서비스는 데이터 양이 SDTV 서비스보다 약 6배 정도 많기 때문에, 압축효율이 뛰어난 MPEG-4 계열을 이용하더라도 기존의 Ku 대역(12-14 GHz대역) 주파수 자원만으로는 HDTV 서비스를 제공하는 것이 어려운 실정이다. 주파수 자원의 부족이라는 문제점을 해결할 수 있는 방안이 Ka 대역을 새로운 위성방송 주파수 자원으로 이용하는 것이나, Ka 대역(19-21 GHz대역)은 Ku 대역보다 강우감쇠에 훨씬 민감한 문제점이 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 강우감쇠 문제점을 해결하기 위하여 고정정보상기법<sup>[2]</sup>, 전력제어기법<sup>[3]</sup>, 적응형 전송기법<sup>[4]</sup> 등의 관점에서 연구가 수행되어 왔다. 차세대 위성방송 표준인 DVB-S2<sup>[5]</sup>는 ACM (Adaptive Coding and Modulation) 모드와 VCM (Variable Coding and Modulation) 모드를 정의하여, 채널상태에 따라 채널 부호율과 변조방식을 조정하여 강우감쇠에 대한 대책을 마련할 수 있도록 하였다. 이와 같은 강우감쇠 보상방안은 강우지역에서는 강인한 전송신호를 제공하여 강우문제를 해결할 수 있으나, 비 강우 지역에서는 필요 이상의 강인한 전송신호를 제공하기 때문에 스펙트럼 사용이 매우 비효율적인 문제점이 발생한다.

이 연구는 이러한 비효율적인 스펙트럼 사용문제를 개선하기 위하여 MPEG-4 SVC (Scalable Video Coding) 신호를 Ka 대역 위성방송시스템에 적용하는 방안에 대하여 고찰하였다. SVC 신호를 기본계층 (base layer)과 향상계층 (enhancement layer)을 포함하는 2개 계층 신호로 구성하여, Ka 대역 위성방송 전송시스템은 각 계층 신호를 다르게 적용된 채널 강인성으로 전송할 수 있다. 기본계층 신호는 시청자가 반드시 수신하여야 하는 신호로 설정하여, 강우감쇠에 강인하도록 채널부호율과 변조방식을 정하였다. 향상계층 신호는 강우감쇠 정도에 따라 수신여부가 결정되는 신호로 설정하여, 채널 강인성을 기본계층에 비하여 낮게 설정하였다. 이러한 계층적 전송방식은 강우감쇠가 심한 지역은 최소의 품질을 보장하는 서비스를 제공하고, 그렇지 않은 지역에 대해서는 최대의 품질을 보장하는 서비스를 제공할 수 있어, 전체적인 스펙트럼 효율을 높이는 서비스를 제공할 수 있도록 하였다.

고정 대역폭에서 채널 강인성을 증가시키기 위해서는 소스에 할당된 비트율을 감소시키고, 채널에 할당된 비트율

을 증가시켜야 하는데, 이러한 소스와 채널간의 비트 할당은 JSCC (Joint Source/Channel Coding, 결합 소스/채널 부호화) 기법을 이용하여 설정하였다. 소스에 할당된 비트율을 감소시키면, 전송되는 소스품질이 저하되는 것이 당연하나, 저하 정도는 SVC 신호의 계위성 (scalability)에 의하여 달라질 수 있다. SVC 신호는 계위성을 공간, 화질 또는 시간에 따라 제공할 수 있으며, PSNR 값 변화에 따른 소스 비트율의 변화정도는 계위성에 따라 달라질 수 있다. PSNR 값을 일정량 낮추었을 때 (즉, 소스 품질을 저하시켰을 때), SVC 신호의 요구 비트율에 대한 감소량이 클수록 그 만큼 채널 부호에 할당하거나 강인한 변조방식을 적용할 수 있어, 강우감쇠에 강한 전송시스템을 제공할 수 있다. SVC 신호를 Ka 대역 위성방송 전송시스템에 적용하는 방안을 찾는 문제는 PSNR값의 변화에 따른 소스 비트율의 변화정도가 큰 SVC 신호를 찾는 것과 동일한 문제라고 할 수 있다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 결합 소스/채널 부호화 기법을 이용한 Ka 대역 위성방송 서비스에 관하여 논하였으며, III장에서는 공간 계위성, 화질 계위성 및 시간 계위성의 SVC신호를 Ka대역 위성방송 전송시스템에 적용하는 것에 관하여 분석하였으며, IV장에서는 SVC 신호의 Ka대역 위성방송서비스 적용방안에 관하여 논하였다.

## II. JSCC 기법을 이용한 Ka대역 위성방송 서비스

JSCC 기법은 대역폭 제한적인 통신환경에서 효율적인 대역폭 사용을 위하여 채널환경에 따라 소스 부호율과 채널 부호율을 결합하여 가변적으로 운용하는 방법이다. 강우감쇠가 심할 경우에는 채널부호화에 더 많은 비트를 할당하여 전송 성능을 향상시켜 안정적이고 신뢰성 있는 서비스를 제공하고, 채널환경이 좋을 경우에는 소스부호화에 더 많은 비트를 할당하여 우수한 품질의 서비스를 제공할 수 있다. 따라서 JSCC는 Ka대역 위성방송 서비스 시 강우감쇠 정도에 따라 소스 및 채널 부호율을 가변 적용하여, 강우감쇠에 능동적으로 대처 할 수 있다.

### 1. Ka대역 강우감쇠

강우에 의한 신호 감쇠값은 ITU-R PN 837 [6]에 정의된 강우 추정모델을 이용하여 ITU-R PN 618<sup>[7]</sup>에 따라 계산하였으며, Ku 및 Ka 대역에서의 시간 율(% of Time)에 따른 감쇠정도는 (그림 1)과 같다.

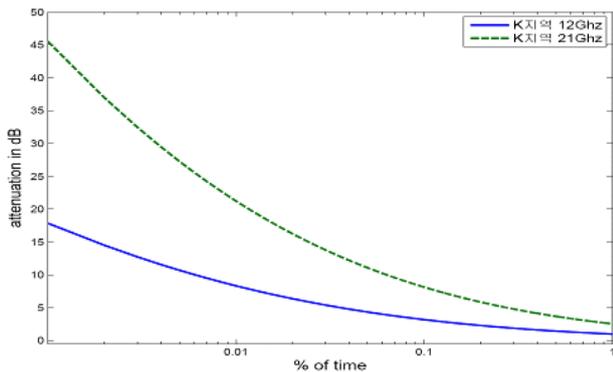


그림 1. Ka 대역과 Ku 대역의 연평균 시간 율에 따른 강우감쇠 비교  
 Fig. 1. The comparison of rain attenuation vs. % of time for Ka and Ku bands.

Ka대역의 강우감쇠 정도가 Ku 대역보다 훨씬 큰 것을 알 수 있으며, 시간 율이 감소함에 따라 그 차이는 점점 커짐을 알 수 있다. 즉, 시간 율 0.1%에 대해서는 Ku 대역은 약 3 dB 정도의 감쇠가 있으나(일년 중 강우 감쇠값이 3 dB 이상인 시간이 일년의 0.1%인 8.76 시간임), Ka 대역은 약 8 dB 정도의 감쇠가 발생하였으며, 시간 율 0.01%에 대해서는 Ku 대역은 약 8 dB, Ka 대역에서는 약 21 dB의 강우감쇠가 발생하였다. 따라서, 시간 율이 감소함에 따라 두 대역의 강우감쇠 차이는 훨씬 커짐을 알 수 있다.

### 2. JSCC 기법

전송시스템을 구현하는데 있어, 소스부호화는 많은 정보를 전송하기 위해서 소스신호에서 여분의 정보를 제거하고 품질을 저하시키는 과정이고, 채널부호화는 전송오류로부터 신호를 보호하기 위해 여분의 정보를 추가하는 과정이다. 그러므로 전송 관점에서 보면 이 두 과정은 서로 상반

된 결과를 가져오게 된다. 따라서 대역폭이 제한된 방송환경에서 보다 효율적인 대역폭 사용을 위해서는 채널환경에 따라 소스부호율과 채널 부호율을 결합하여 가변적으로 이용하는 JSCC 기법을 사용하는 것이 바람직하다. JSCC 기법은 보통 3단계의 설계과정을 갖는다. 첫 단계는 목표 소스 율을 성취하기 위한 소스부호화의 설계이고 두 번째는 채널에서의 전송 오류를 줄이기 위한 채널 부호화의 설계이며, 마지막으로, 주어진 채널 환경에서의 소스 부호화와 채널 부호화 사이의 최적의 비트 할당을 찾는 것이다. 여기서는 마지막 단계의 설계인 소스 부호화와 채널 부호화 사이의 최적의 비트 할당을 찾는 것에 대하여 논한다.

JSCC 기법에서 비트 할당 시 고려해야 할 점은 소스 부호화와 채널 부호화 사이의 상호질충관계이다. 전체 비트 율은 (식 1)과 같이 소스와 채널의 비트 율의 합으로 표현되기 때문에, 한 쪽의 비트 율 증가는 다른 쪽의 비트 율 감소를 야기한다. 전체 비트 율이 고정된 상태에서 왜곡을 최소화하는 두 부호화 사이의 비트 할당방안이 요구된다.

$$R_T = R_S + R_C \tag{1}$$

여기서,  $R_T$ 는 전체 비트 율을 의미하며,  $R_S$ 는 소스 부호화에 할당된 비트 율,  $R_C$ 는 채널 부호화에 할당된 비트 율이다.

소스 및 채널부호화에 할당된 전체 비트 율이 주어진 상태에서 모든 왜곡을 최소화하는 각 계층에서의 비트 할당 방안을 제공하는 알고리즘은 (식 2)와 같다<sup>[8]</sup>.

$$\min_{\{R_{S_k}, R_{C_k}\}_{k=1}^N} \sum_{k=1}^N d(R_{S_k}, R_{C_k}) \text{ s.t. } \sum_{k=1}^N R_{S_k} \leq R_S, \sum_{k=1}^N R_{C_k} \leq R_C \tag{2}$$

여기서,  $k$ 값은 계층 번호를,  $R_{S_k}$ 와  $R_{C_k}$ 는 각각  $k$ 번째 계층에 할당된 소스부호화와 채널부호화에 할당된 비트 율을 의미한다.

DVB-S2 전송시스템에 JSCC 기법을 적용하기 위해서는, 채널부호화에 대한 비트 할당은 주어진 변조방식(QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK)과 채널 부호율(1/4 ~

9/10)로 제한되어야 한다.

### III. SVC 신호의 Ka대역 위성방송 적용성

SVC<sup>[9]</sup>는 사용자의 선호도, 소비자 단말기, 네트워크, 채널 조건 등 다양한 전송 및 소비자 환경에 효과적으로 대처 할 수 있도록, 계위성을 갖는 계층들의 조합을 부호화하여 적응적인 전송을 제공함으로써 다양한 채널 환경에 QOS (Quality Of Service)를 보장하는 콘텐츠를 제공할 수 있는 부호화 틀이다. SVC는 각 계층에서 각각의 비트 율, 프레임 율, 영상크기 및 화질을 가지고 있으며, 비디오신호를 공간적/시간적/화질적 차원에서 임의 값을 가지는 비트 율로 부호화하며, 이 세 가지 차원의 조합에 따라 폭넓은 계위성을 제공할 수 있다.

이 연구에서는 SVC가 기본계층과 향상계층을 포함하는 두 계층을 제공한다는 조건에서, Ka대역 위성방송에 적용하기 적절한 계위성을 찾고자 한다. Ka대역 위성방송서비스에 적절한 계위성은 강우감쇠를 극복하기 위하여 필요한 소스품질의 저하 정도, 기본계층과 향상계층의 요구 비트 율의 비, 기본계층만 수신하였을 때의 PSNR 값 등에 따라 판단하였다. 계위성, 기본계층과 향상계층에 할당된 비트 율에 대한 PSNR 값을 구하기 위하여 JSVM (Joint Scalable Video Model) 9.1 S/W와 스포츠신(축구)을 이용하여 분석을 수행하였다.

#### 1. Ka대역 위성방송 적용성을 위한 기준

SVC 신호를 Ka대역 위성방송서비스에 적용하기에 유리한 정도를 판단하기 위하여, 이에 대한 적절한 기준이 필요하다. 이러한 기준을 정하기 위해서는 Ka대역 위성방송서비스의 최대 약점인 강우감쇠가 고려되어야 한다. Ka대역 위성방송서비스를 제공하기에 적절한 SVC 신호는 강우감쇠에 강인하여야 하는데, 이러한 강인성은 SVC 신호를 결합 소스/채널 부호화와 연계지어서 판단할 수 있다. 강우감쇠가 발생할 경우에 신호전력이 감소하고 잡음전력이 증가하게 되는데, 이를 보상하기 위하여 결합 소스/채널 부호화

기법을 이용하여 소스 부호화에 할당되는 비트 율을 줄이고 채널 부호화에 할당되는 비트 율을 증가시킬 수 있다. 채널 부호화에 할당하는 비트 율이 증가할수록 강우감쇠에 대한 강인성이 증가하나, 소스에 할당하는 비트 율이 감소하여 전송신호의 품질이 떨어지게 된다. 따라서 일정한 품질저하에 대하여 소스 부호화에 할당하는 비트 율이 가장 많이 감소하는 SVC 신호를 Ka대역 위성방송서비스에 적용하는 것이 유리하다.

비디오 시퀀스의 품질을 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) 값으로 표현할 때, PSNR 값이 40 dB 일 때를 정상상태, 35 dB일 때를 최악상태로 가정하였다. Ka대역 위성방송서비스를 제공할 때, 강우감쇠가 없을 경우에는 비디오 시퀀스의 PSNR 값을 40 dB 정도로 운영하고, 강우감쇠가 증가할 경우에는 PSNR 값이 35 dB가 될 때까지 소스부호화의 비트 율을 감소시켜 여분의 비트 율을 채널부호화에 사용하도록 하였다. 강우감쇠가 증가하는 최악의 경우에는 기본계층의 전송신호만 수신할 수 있도록 하고, 이러한 경우의 PSNR 값이 35 dB 이상이 되도록 하였다. PSNR 값이 40 dB일 때와 37 dB일 때의 향상계층에 대한 요구 소스비트 율을 (식 1)과 같이 정의하여 Ka대역 위성방송 적용성을 결정하는 파라미터의 한가지로 이용하였다.

$$\gamma_1 = \frac{\text{lit rate of an enhancement layer for PSNR}=40dB}{\text{lit rate of an enhancement layer for PSNR}=37dB} \quad (3)$$

또 다른 결정 파라미터로 PSNR 값이 40dB가 되기 위한 소스부호화를 위한 기본계층과 향상계층에 할당되는 전체 비트 율을 이용하였다. SVC 신호가 동일 품질을 제공하기 위하여 필요한 소스부호화에 할당하는 비트 율이 작을수록 나머지 비트 율을 채널부호화에 적용할 수 있기 때문에, Ka대역 위성방송 적용에 유리하다.

$$\gamma_2 = \text{lit rate of an enhancement layer} + \text{lit rate of a base layer} \quad (4)$$

마지막으로 기본계층과 향상계층에 할당되는 비트 율의 비이다. 기본계층은 향상계층보다 강우감쇠에 훨씬 강인하여야 하기 때문에 상대적으로 채널부호율이 낮거나 강인한

변조기법을 적용하여야 한다. 기본계층에 할당되는 비트율이 작을수록 강인한 전송방식을 설계하는 것이 용이하게 된다.

$$\gamma_3 = \frac{\text{lit rate of an enhancement layer for PSNR=40dB}}{\text{lit rate of a base layer}} \quad (5)$$

SVC 신호의 Ka대역 위성방송 적용성을 판단하기 위하여  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  값을 기준으로 고려하였으며,  $\gamma_1$  과  $\gamma_3$ 가 클수록  $\gamma_2$ 가 작을수록 적용성에 유리하다고 판단할 수 있다.

## 2. 화질 계위성 (SNR Scalability)

화질 계위성은 양자화에 의한 오차 신호를 이전 계층보다 작은 양자화 계수(QP: Quantization Parameter) 값으로 보정하여 부호화하는 개념이다. 즉, 기본계층(base layer)은 큰 양자화 간격을 갖는 CGS(Coarse Grain Scalability)를 통하여 양자화한 후, 향상계층(Enhancement layer)으로 양자화 간격의 폭을 세밀하게 조정하여 보다 미세하게 화질의 계층을 쌓는 FGS (Fine Grain Scalability)의 개념이다.

(그림 2)는 해상도가 1920X1080인 스포츠신의 HDTV 신호를 입력소스로 했을 경우에, 주어진 기본계층 비트율에 대하여 향상계층 비트율에 따른 PSNR 값을 구한 것이다. 일반적으로 양질의 비디오 품질을 얻기 위해서는 PSNR 값이 40 dB 정도가 요구되므로, 기본계층의 비트율을 1.0, 2.2, 3.1, 4.2 또는 5.2 Mbps로 고정시키고, 각 고정된 비트율에 대하여 향상계층 비트율을 PSNR 값이 40dB 이상이 되도록 증가시켰다. PSNR 값 40 dB를 얻기 위한 전체 비트율은 기본계층 비트율에 따라, 8.7~10.0 Mbps 정도가 필요하였다. 향상계층에 0 Mbps가 할당되었을 때, 즉, 기본계층 신호만을 수신하였을 때, 기본계층에 할당된 비트율이 5.2 Mbps일 때만, PSNR 값이 35 dB 이상이 되었다.

(표 1)은 품질 계위성의 SVC 신호에 대하여 향상계층에 할당된 비트율과 Ka대역 위성방송서비스에 대한 적용성을 판단하기 위한 파라미터값을 보여준다. 평균 비트율은 (Averaged Bit Rate) 각 PSNR을 만족시키기 위한 향상계층

의 평균비트율이며, 기본 계층에 각기 다른 비트율을 적용한 결과 PSNR값 40dB를 만족시키기 위한 향상 계층의 평균 비트율은 약 6.4Mbps임을 알 수 있다.

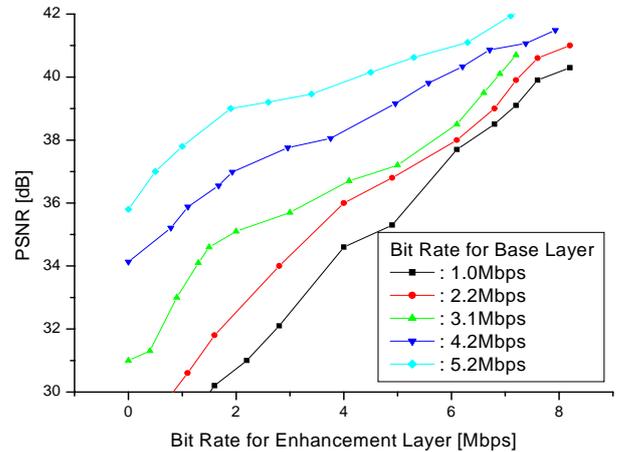


그림 2. 화질 계위성에서 향상계층의 비트 율에 따른 PSNR값.  
Fig. 2. PSNR values vs. the bit rate of the enhancement layer for the SNR scalability

기본계층만을 수신할 때의 PSNR값이 35 dB 이상이 되기 위한 기본계층의 비트 율이 5.2 Mbps나 되어  $\gamma_3$  값이 매우 작기 때문에, 기본계층 신호를 강인하도록 채널 부호율을 감소시키거나 정상점간의 거리가 큰 변조방식을 선택하는 것이 매우 어려워진다. 품질변화에 따른 향상계층의 비트율 변화를 보여주는  $\gamma_1$  값이 매우 크지만,  $\gamma_3$  값이 매우 작을 뿐만 아니라 전체 비트율을 나타내는  $\gamma_2$  값이 매우 크기 때문에 품질계위성을 갖는 SVC 신호는 Ka대역 위성방송서비스에 대한 적용성이 낮다고 할 수 있다.

표 2. 화질 계위성에 대한 향상계층의 요구 비트 율.  
Table 2. The required bit rate of the enhancement layer for the SNR scalability

| PSNR (dB)                      |     | 40  | 37  | 35  | $\gamma_1$ | $\gamma_2$ | $\gamma_3$ |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|------------|------------|------------|
| Bit Rate for Base Layer (Mbps) | 1.0 | 7.7 | 5.7 | 4.5 | 1.4        | 8.7        | 7.7        |
|                                | 2.2 | 7.3 | 5.1 | 3.4 | 1.4        | 9.5        | 3.3        |
|                                | 3.1 | 6.9 | 4.5 | 1.9 | 1.5        | 10.0       | 2.2        |
|                                | 4.2 | 5.8 | 1.9 | 0.6 | 3.2        | 10.0       | 1.4        |
|                                | 5.2 | 4.3 | 0.5 | 0   | 8.6        | 9.5        | 0.8        |
| Averaged Bit Rate              |     | 6.4 | 3.5 | 2.1 |            |            |            |

### 3. 시간 계위성 (Temporal Scalability)

시간 계위성은 프레임 주파수가 다른 여러 계층의 시퀀스를 부호화하는 방법이며, 기본계층은 일반적으로 향상계층의 절반이하의 프레임 율 (Frame Rate)을 가진다. (그림 3)은 기본계층의 입력신호가 프레임 율이 15 fps인 HDTV 신호이며, 향상 계층의 입력신호는 30 fps의 HDTV 신호인 경우에, 기본계층의 비트 율이 0.5, 1.0, 2.2 및 3.0 Mbps인 경우에, PSNR 값이 40 dB 이상이 되도록 향상계층의 비트 율을 증가시킨 결과이다. 기본계층의 신호만 수신하였을 때의 PSNR 값이 35 dB 이상이 되는 경우는 기본계층에 할당되는 비트 율이 2.2 Mbps 이상일 때이다.

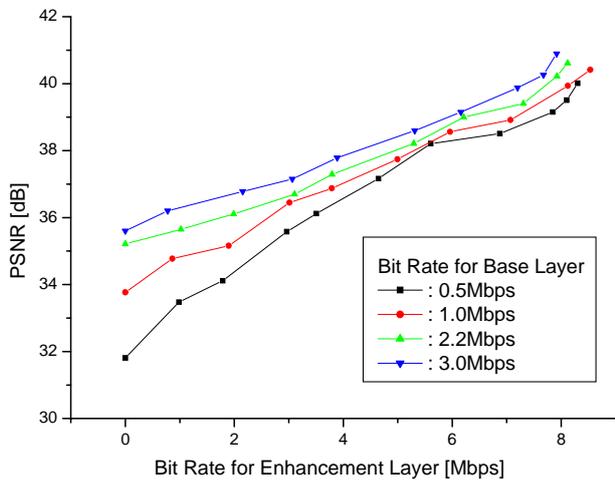


그림 3. 시간 계위성에서 향상계층의 비트 율에 따른 PSNR값.  
Fig. 3. PSNR values vs. the bit rate of the enhancement layer for the temporal scalability

(표 2)는 시간 계위성의 SVC 신호에 대하여 향상계층에 할당된 비트 율과 Ka대역 위성방송서비스에 대한 적용성을 판단하기 위한 파라미터값을 보여준다. 기본계층만을 수신할 때의 PSNR값이 35 dB 이상이 되기 위한 기본계층의 비트 율이 2.2 Mbps 정도이며, 이 때의  $\gamma_1$  과  $\gamma_3$  값은 다른 계위성과 비교하여 양호한 값을 가졌다.  $\gamma_1$  과  $\gamma_3$  값은 공간계위성의 값과 유사하나, PSNR 값이 40 dB 이상이 되기 위한 전체 비트 율을 나타내는  $\gamma_2$  값이 공간계위성의 경우보다 크기 때문에, 시간계위성을 갖는 SVC 신호는 Ka대역 위성방

송서비스에 대한 적용성이 공간계위성의 경우보다 낮다고 할 수 있다.

표 2. 시간 계위성에 대한 향상계층의 요구 비트 율.

Table 2. The required bit rate of the enhancement layer for the temporal scalability.

| PSNR (dB)                      |     | 40  | 37  | 35  | $\gamma_1$ | $\gamma_2$ | $\gamma_3$ |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|------------|------------|------------|
| Bit Rate for Base Layer (Mbps) | 0.5 | 8.3 | 4.5 | 2.5 | 1.8        | 8.8        | 16.6       |
|                                | 1.0 | 8.0 | 3.9 | 1.4 | 2.1        | 9.0        | 8.0        |
|                                | 2.2 | 7.8 | 3.4 | 0   | 2.3        | 10.0       | 3.5        |
|                                | 3.0 | 7.4 | 2.6 | 0   | 2.8        | 10.4       | 2.5        |
| Averaged values                |     | 7.9 | 2.6 | 1.0 |            |            |            |

### 4. 공간 계위성 (Spatial Scalability)

공간 계위성은 다중 계층구조에서 원하는 해상도의 영상을 얻기 위하여 각 계층이 서로 다른 공간적 해상도를 가진 영상들을 부호화 하는 방법이다. (그림 4)는 기본계층에 720X480 해상도의 SDTV 신호를, 향상계층에 1920 x 1080 해상도의 HDTV 신호와 기본계층 신호의 차이를 전송한 경우에, 고정된 기본계층 비트 율에 대하여 향상계층의 비트 율을 증가함에 따른 PSNR 값의 변화정도를 보여 준다. 기본계층의 비트 율은 0.5, 0.9, 1.5, 2.0 및 3.3 Mbps로 고정된 상태에서 향상계층의 비트 율을 PSNR 값이 40

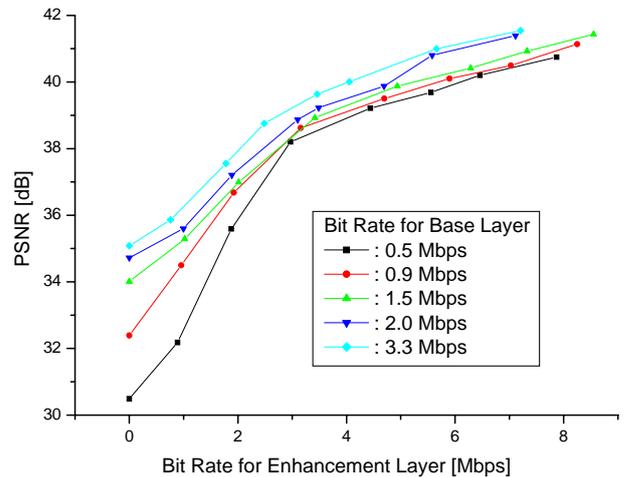


그림 4. 공간 계위성에서 향상계층의 비트 율에 따른 PSNR값.  
Fig. 4. PSNR values vs. the bit rate of the enhancement layer for the spatial scalability.

dB 이상이 되도록 증가시킨 결과이다. 기본계층의 신호만 수신하였을 때의 PSNR 값이 35 dB 이상이 되는 경우는 기본계층에 할당되는 비트율이 2.2 Mbps 이상일 때이다.

(표 3)은 공간 계위성의 SVC 신호에 대하여 향상계층에 할당된 비트율과 Ka대역 위성방송서비스에 대한 적용성을 판단하기 위한 파라미터값을 보여준다. 기본계층만을 수신할 때의 PSNR 값이 35 dB 이상이 되기 위한 기본계층의 비트율이 2.2 Mbps 정도이며, 이 때의  $\gamma_1$  과  $\gamma_3$  값은 다른 계위성과 비교하여 양호한 값을 가졌다.  $\gamma_1$  과  $\gamma_3$  값은 시간 계위성의 경우와 유사하나, PSNR 값이 40 dB 이상이 되기 위한 전체 비트율을 나타내는  $\gamma_2$  값이 시간계위성의 경우보다 작기 때문에, 공간 계위성을 갖는 SVC 신호는 Ka대역 위성방송서비스에 대한 적용성이 가장 적절하다고 할 수 있다.

표 3. 공간 계위성에 대한 향상계층의 요구 비트율.  
Table 3. The required bit rate of the enhancement layer for the spatial scalability.

| PSNR (dB)                      | 40  | 37  | 35  | $\gamma_1$ | $\gamma_2$ | $\gamma_3$ |      |
|--------------------------------|-----|-----|-----|------------|------------|------------|------|
| Bit Rate for Base Layer (Mbps) | 0.5 | 6.1 | 2.5 | 1.7        | 2.4        | 6.6        | 12.2 |
|                                | 0.9 | 5.7 | 2.2 | 1.2        | 2.6        | 6.6        | 6.3  |
|                                | 1.5 | 5.2 | 2.0 | 0.8        | 2.6        | 6.7        | 3.5  |
|                                | 2.0 | 4.8 | 1.8 | 0.3        | 2.7        | 6.8        | 2.4  |
|                                | 3.3 | 4.0 | 1.5 | 0.0        | 2.7        | 7.3        | 1.2  |
| Averaged Bit Rate              | 5.2 | 2.0 | 0.8 |            |            |            |      |

#### IV. 공간 계위성에서의 계층간 비트할당 방안

기본계층은 SDTV 신호를 전송하며, 링크 가용도가 향상계층보다 높도록 채널부호부와 변조부를 설계하고, 향상계층은 HDTV 신호와 기본계층의 입력 신호인 SDTV 신호의 차이를 전송하도록 하였다. 각 계층에 할당되는 적절한 비트율을 얻기 위해서, 각 계층에서 양자화 계수 값을 변화시켜 PSNR 값을 분석하였으며, 요구 PSNR 값은 40 dB 정도로 설정하였다.

#### 1. 기본계층 비트할당

기본계층을 통하여 전송하는 SDTV 신호의 비트율에 따른 PSNR 값을 복잡도가 다른 스포츠 scene과 드라마 scene에 대하여 분석하였으며, 그 결과는 (그림 5)와 같다. (그림 5)에 따르면, scene의 종류에 따른 비트율 차이는 약 0.1 ~ 0.2 Mbps 정도로 크지 않았다. 비트율에 따른 PSNR 값은 1 Mbps를 경계로 다른 변화율을 가지기 때문에, 기본계층에 할당하는 비트율은 변화율이 작은 1 Mbps 이상의 값으로 결정하는 것이 바람직하다. 1Mbps 이상인 경우에는 SDTV급 신호에 대한 PSNR 값이 40 dB 이상이기 때문에, 강우감쇠에 의하여 기본계층 신호만을 수신한 경우에도 적절한 품질을 제공할 수 있다.

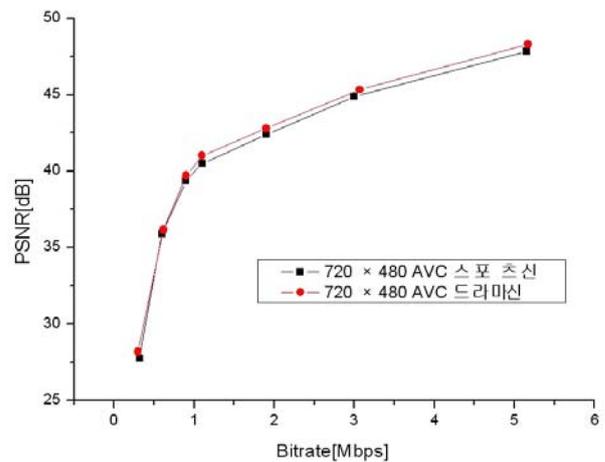


그림 5. 비트율에 따른 PSNR값 (기본 계층)  
Fig. 5. PSNR values vs. bit rate (base layer)

#### 2. 향상 계층 비트할당

(그림 6)은 고정된 기본계층 비트율에 대하여, 향상계층의 비트율 변화에 따른 PSNR 값의 변화를 분석하였다. 기본계층의 비트율이 0.84 Mbps인 경우 PSNR 값 40dB를 만족하는 향상계층의 비트율은 약 6.0 Mbps 정도이며, 35 dB일 때는 약 1.31Mbps 정도 요구됨을 알 수 있다. 기본계층의 비트율이 1.38 Mbps인 경우에는 PSNR 값이 40 dB일 때, 향상계층의 비트율은 약 6.0 Mbps 정도이며,

35dB일 때는 약 1.54Mbps 정도가 요구된다.

따라서 공간계위성의 경우 향상계층에 할당 되는 비트율이 기본계층에 할당되는 비트율보다 매우 크며, 기본계층의 비트율 증가에 따른 향상계층의 PSNR 값의 향상은 거의 없음을 알 수 있다.

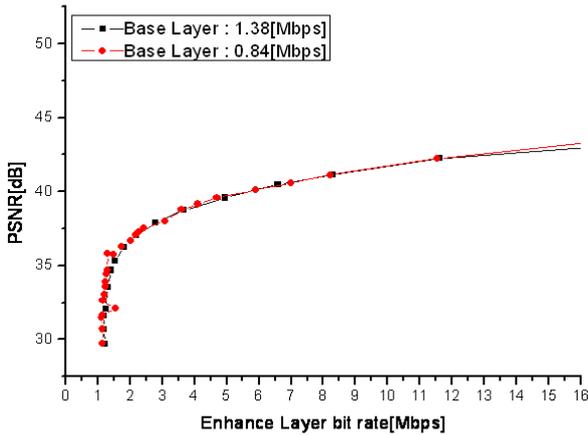


그림 6. 기본계층의 비트율에 따른 향상계층의 PSNR값 변화.  
Fig. 6. PSNR values of the enhancement layer vs. the bit rate of the base layer.

PSNR 값이 35 dB 정도일 때, 향상계층의 비트율이 약

1.5 Mbps 정도 요구되며, 40 dB 정도일 때는 약 6 Mbps 정도 요구됨을 알 수 있다. 기본계층에 할당된 비트율이 1 Mbps라고 할 때, 향상계층에 할당된 비트율이 1.5 Mbps에서 6 Mbps 정도가 되기 때문에 향상계층의 비트율을 약 4배 정도까지 조정할 수 있으며, 이러한 비트율 조정은 강우 등과 같은 채널 상태 악화 정도에 따라 변조방식과 채널 부호율 결정에 적용될 수 있다.

### V. SVC 신호의 Ka대역 위성방송 서비스 적용방안

MPEG-4 AVC와 같은 단일 계층 소스 부호화를 위성방송 시스템에 적용할 경우에, 강우가 우리나라 전 지역에 걸쳐 발생하지 않기 때문에, 강우가 발생하지 않는 지역도 낮은 품질의 TV방송신호를 수신하게 되는 문제점이 발생한다. 따라서 MPEG-4 SVC를 이용하여 기본계층과 향상계층으로 나눈 소스 부호화를 적용하여 강우감쇠가 작은 지역은 HDTV급의 높은 품질의 신호를 수신할 수 있도록 하고, 강우감쇠가 높은 지역은 SDTV급의 낮은 품질의 신호를 수신하나, 전송의 신뢰성을 높일 수 있게 하였다.

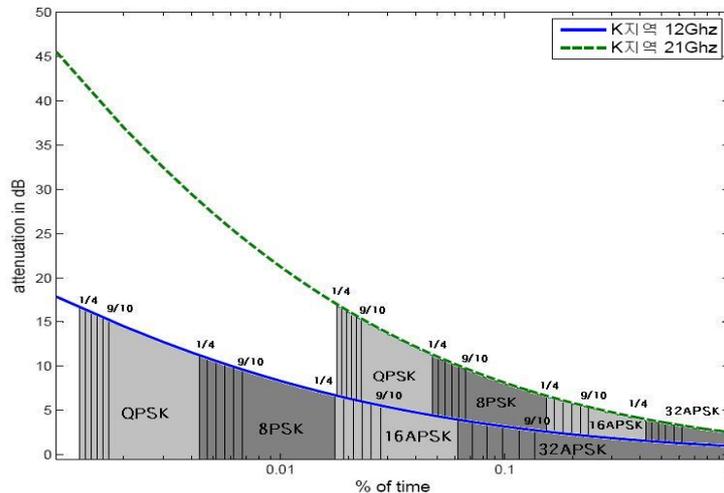


그림 8. 강우감쇠를 보상하기 위한 DVB-S2 변조방식 및 채널부호율.  
Fig. 8. DVB-S2 modulation methods and channel coding rates for the compensation of the rain attenuation.

(그림 8)은 하나의 계층에 대해, Ka대역과 Ku대역에서 시간 율에 따른 DVB-S2의 적용 가능한 변조방식 및 채널 부호율을 도출한 결과이다. 여기서, 링크 가용도는 링크환경에 따라 왼쪽 또는 오른쪽으로 천이될 수 있기 때문에, 상대적인 값으로 고려되어야 한다. Ka 대역에서 99%의 링크 가용도를 가지는 시기에는 32APSK 변조방식을 적용하고, 99.6%에서는 16APSK 변조방식, 99.9%의 링크 가용도를 얻기 위해서는 8PSK 변조방식과 부호 율 9/10을 사용하는 것이 가장 적합하다. 강우 감쇠가 아주 심해질 경우(예를 들어, 링크가용도가 99.98%)에는 시스템은 QPSK 변조방식과 1/4의 채널부호율을 적용하는 것이 강우 감쇠를 효과적으로 경감시킬 수 있다.

(그림 9)는 강우감쇠가 (그림 8)과 같은 환경일 때, 공간 계위성을 갖는 SVC 신호의 기본계층과 향상계층에 할당하는 대역폭이 각각 1 MHz일 때, 시간 율에 따라 적용가능한 각 계층의 변조방식과 채널 부호율 및 PSNR 값을 보여준다. 기본계층은 QPSK 변조방식을 적용하고, LDPC 부호 율이 1/4, 1/2 및 3/4일 때를 고려하였다. (그림 8)에 의하면 기본계층신호는 시간율이 0.02% 이하이기 때문에, 링크가용도는 99.98% 이상이 됨을 알 수 있다. 각 부호율에 대하여 할당할 수 있는 소스 비트 율은 각각 0.5, 1.0 및 1.5 Mbps가 되기 때문에, 기본계층만 수신할 경우의 각 신호의

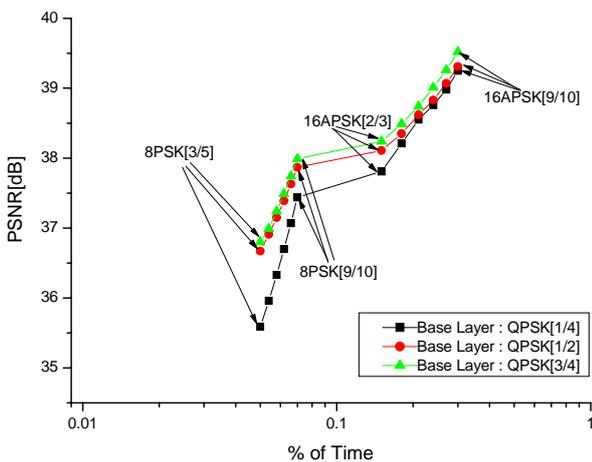


그림 9. 시간율에 따른 SVC신호의 수신신호 품질.  
Fig. 9. PSNR values vs. % of time.

PSNR 값은 31 dB에서 34 dB 정도가 됨을 알 수 있다. 부호 율이 1/4일 때와 3/4일 때의 링크가용도를 (그림 8)을 이용하여 비교하면, 거의 차이가 나지 않기 때문에, 부호 율 3/4를 사용하는 것이 바람직하다. 링크가용도 99.9%에서는 기본계층에 QPSK 변조, 3/4 채널 부호율을 적용하여 강우 지역에 대처하고, 향상계층에 8PSK 9/10을 적용하여 수신신호의 PSNR값을 약 38dB까지 높일 수 있다. 링크가용도 99.7%일 경우에는, 기본계층에 QPSK 3/4 과 향상계층에 16APSK 9/10을 사용하여 보다 PSNR 값을 약 40 dB까지 향상시킬 수 있다.

## VI. 결론

이 논문은 SVC 신호를 Ka대역 HDTV 위성방송서비스에 적용하는 방안에 대하여 기술하였다. SVC 신호의 Ka대역 위성방송서비스에 대한 적용성을 판단하기 위하여 세 가지 파라미터 ( $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ )를 제안하였으며, 각 계위성에 대하여 이들 파라미터 값을 구하여 분석하였을 때, 공간계위성이 적용성 관점에서 가장 우수함을 확인하였으며, 다음으로 시간계위성과 품질계위성의 순으로 우수함을 알 수 있었다. 또한, 공간계위성일 때, SVC신호의 계층 간의 비트 율 할당에 대하여 논하였으며, 마지막으로 SVC 신호의 Ka대역 위성방송 서비스 적용방안에 대하여 논하였다.

## 참고 문헌

- [1] 박병호, "Ka 대역 위성통신 서비스 현황", 한국통신학회지, 13권 8호, 1996, pp.82-92
- [2] M. Luglio, "Fade Countermeasures in Ka band : Application of Frequency Diversity to Satellite System", 10th International Conference on Digital Satellite Communications, Vol. 1, 1995, pp. 143~151
- [3] J. Horle, "Up-link Power Control of Satellite Earth-stations as a Fade Countermeasure of 20/30GHz Communications System," International Journal of Satellite Communications, Vol.6, 1998, pp.323-330.
- [4] T. Javornik and G. Kandus, "An Adaptive Rate Communication System Based on the N-MSK Modulation Technique," IEICE Transactions on communications, vol. E84-B, pp. 2946-2955.
- [5] ETSI EN 302 307 "Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems

- for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications".
- [6] "Propagation data and prediction method required for the design of Earth-space telecommunication systems", Recommendation ITU-R PN618-5, 1997.
- [7] "Characteristics of precipitation for propagation modeling", Recommendation ITU-R PN837-1, 1994.
- [8] G. Sherwood and A. Zeger, "Progressive image coding for noisy channels," IEEE Signal Processing Letter, vol. 4, pp. 189-191, July 1997.
- [9] "Joint Scalable Video Model 8: Joint Draft 8 with proposed changes" JVT , 2002.

---

## 저 자 소 개



### 윤 기 창

- 2007년 2월 : 경희대학교 전파공학과 졸업
- 2007년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자전파공학과 석사과정
- 주관심분야 : 위성방송, 전파통신 시스템, 멀티미디어 전송



### 장 대 익

- 1978년 ~ 1985년 : 한양대학교 공과대학 전자통신공학과 졸업 공학사
- 1987년 ~ 1989년 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 졸업 공학석사
- 1995년 ~ 1999년 : 충남대학교 대학원 전자공학과 졸업 공학박사
- 1990년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 전파방송연구단 광대역무선멀티미디어연구팀 팀장
- 2005년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교(UST) 이동통신및디지털방송공학전공 교수
- 1991년 6월 ~ 1993년 7월 : 캐나다 MPR Teltech 연구소 VSAT팀 연구원
- 주관심분야 : 위성통신시스템, 위성방송, 디지털통신, 디지털 변복조 등



### 손 원

- 1982년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1990년 5월 : 텍사스 A&M대 전기공학과 공학석사
- 1993년 8월 : 텍사스 A&M대 전기공학과 공학박사
- 1982년 1월 ~ 1987년 6월 : 국방과학연구소 연구원
- 1993년 9월 ~ 1999년 2월 : 한국전자통신연구원 팀장
- 1999년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자정보학부 부교수
- 주관심분야 : 디지털방송, 위성통신, 신호처리