

SVC신호의 Ka대역 위성 HDTV 서비스 적용에 관한 연구

*윤기창 *손원 **이인기 **장대익

*경희대학교, **한국전자통신연구원

*portion@khu.ac.kr

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

*Yoon, Ki-Chang *Sohn, Won **Lee, In-Ki **Chang, Dae-Ik

*Kyung Hee University, **ETRI

요약

이 연구는 Ka대역 위성방송 서비스를 제공할 때 발생하는 강우감쇠문제를 해결하기 위하여 MPEG-4 SVC 신호를 이용하는 방안에 대하여 고찰하였다. Ka대역 위성방송시스템은 DVB-S2 VCM 모드를 고려하였으며, JSCC (Joint Source Channel Coding) 기법을 이용하여, SVC신호를 Ka대역 위성방송시스템에 적용하였다. SVC신호는 Spatial Scalability, SNR Scalability 및 Temporal Scalability로 구분되어서, PSNR값의 변화에 따른 비트율 변화정도를 분석하였다. 비트율 변화율이 가장 큰 Spatial Scalability를 적용한 SVC신호가 Ka대역 위성방송서비스의 강우감쇠 문제를 해결하기 위한 방안으로 제안되었으며, 이에 대한 분석이 수행되었다.

1. 서론

우리나라를 포함한 선진국의 위성방송서비스는 대부분 SDTV (Standard Definition TeleVision)를 중심으로 제공되고 있으나, HDTV (High Definition TeleVision)에 대한 비중이 점차 증가하고 있는 추세이다. HDTV 서비스는 데이터 량이 SDTV 서비스보다 약 6배 정도 많기 때문에, 압축률이 뛰어난 MPEG-4 계열을 이용하더라도 기존의 Ku 대역 주파수 자원만으로는 HDTV 서비스를 제공하는 것이 어려운 실정이다. 주파수 자원의 부족이라는 문제점은 Ka 대역을 새로운 주파수 자원으로 이용함으로써 해결할 수 있으나, Ka 대역은 Ku 대역보다 강우감쇠에 훨씬 민감한 문제점이 있다. 이러한 강우감쇠 문제점을 해결하기 위한 연구는 고정보상기법 [1], 전력제어기법 [2], 적응형 전송기법 [3] 등을 통하여 수행되어 왔으며, 이 연구에서는 MPEG-4 SVC를 JSCC를 통하여 DVB-S2 전송시스템에 적용하는 방안에 대하여 연구하였다.

차세대 위성방송 표준인 DVB-S2 [4]에서는 ACM (Adaptive Coding and Modulation) 모드와 VCM (Variable Coding and Modulation) 모드를 정의하여, 채널상태에 따라 채널 부호율과 변조방식을 조정하여 강우감쇠에 대한 대책을 마련하도록 하였다. 이와 같은 강우감쇠 보상방안은 강우지역에서는 강인한 전송신호를 제공하여 강우문제를 해결할 수 있으나, 비 강우 지역에서는 필요 이상의 강인한 전송신호를 수신하기 때문에 스펙트럼 사용이 매우 비효율적이다. 이 연구는 이러한 비효율적인 스펙트럼 사용문제를 개선하기 위하여 MPEG-4 SVC (Scalable Video Coding) 신호를 Ka 대역 위성방송시스템에 적용하는 방안에 대하여 고찰하였다. 예를 들어, 소스신호부에서는 SVC 신호를 base layer와 enhancement layer의 2개 계층 신호로 구성하여 전송시스템에 보내면, 전송시스템은 각 계층 신호의 거리를 채널 부호율과 변조방식에 따라 다르게 할당할 수 있다. Base layer 신호는 시청자가 반드시 수신하여야 하는 신호로 정의하고, 강우감쇠에 강인하도록 신호의 거리를 크게 하였다. Enhancement layer 신호는 시청자의 위치에서 강우량에 따라 수신여부가 결정되는 신호로 정의하고, 신호의 거리를 base layer 신호에 대하여 작게 하였다. 신호의 거리를 증가시키기 위해서는 주어진 대역폭에서 소스의 압축 율

을 증가시켜야 하는데, 이러한 소스와 채널간의 비트 할당은 JSCC 기법을 이용하여 설정하도록 하였다. 강우감쇠량의 동적범위는 Ka대역이 Ku 대역보다 훨씬 크며, 이를 보상하기 위해서는 신호의 거리를 증가시켜야 하나, 이에 대한 동적범위는 SVC 신호에 의하여 제한을 받는다. SVC 신호는 spatial scalability, SNR scalability 및 temporal scalability에 따라 다른 특성을 가진 계층신호가 될 뿐만 아니라, PSNR값에 따른 비트 율의 동적범위가 달라질 수 있다. 이러한 동적범위가 큰 SVC 신호가 강우감쇠에 대하여 강인할 수 있기 때문에, PSNR값에 따른 동적범위가 큰 SVC 신호를 찾는 것이 매우 중요한 일이다.

이 논문의 구성은 다음과 같다: 2장에서는 결합 소스/채널부호화 기법을 이용한 Ka 대역 위성방송 서비스에 관하여 논하였으며, 3장에서는 Spatial scalability, SNR scalability 및 Temporal scalability의 Ka대역 위성방송시스템의 적용성에 관하여 분석하였으며, 4장에서는 Spatial Scalability에서의 레이어간 비트할당 방안에 대해 분석하였다. 5장에서는 SVC 신호의 Ka대역 위성방송서비스 적용방안에 관하여 논하였고 6장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. JSCC 기법을 이용한 Ka대역 위성방송 서비스

JSCC 기법은 대역 제한적인 통신환경에서 효율적인 대역폭 사용을 위해 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 JSCC기법을 적용하여 Ka대역 위성방송 서비스 시 강우감쇠 정도에 따라 소스 및 채널 부호화율을 가변 운용하여, 강우감쇠에 능동적으로 대처 할 수 있다.

가. Ka 대역 강우감쇠

우리나라(용인위성관제소 기준)의 Ku(12 GHz) 및 Ka 대역(21

GHz)의 강우감쇠 정도를 ITU-R PN 618 [5]과 ITU-R PN 837 [6]을 이용하여 계산하였다. 연평균 시간율에 따른 두 대역의 강우감쇠 정도는 (그림 1)과 같다. 전체적으로 Ka대역의 강우감쇠 정도가 Ku 대역보다 훨씬 높음을 알 수 있으며, 시간율이 감소함에 따라 그 차이는 점점 커짐을 알 수 있다. 즉, 시간율 0.1%에 대해서는 Ku 대역은 약 3 dB 정도의 감쇠가 있으나, Ka 대역은 약 8 dB 정도의 감쇠가 발생하였으며, 시간율이 0.01%에 대해서는 Ku 대역은 약 8 dB, Ka 대역에서는 약 21 dB의 강우감쇠가 발생하였다. 따라서, 강우감쇠 정도가 증가함에 따라 두 대역의 차이는 훨씬 커짐을 알 수 있다.

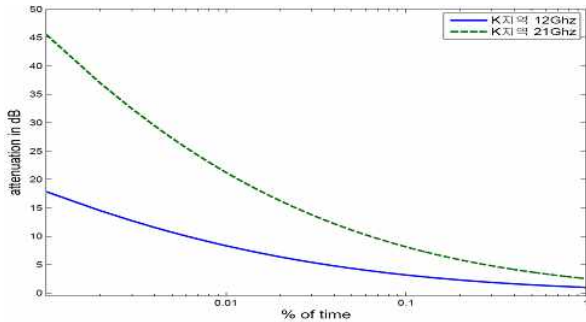


그림 1. Ka 대역과 Ku 대역의 연평균 시간율에 따른 강우감쇠 비교.

나. JSCC

일반적으로 통신 시스템을 구현할 때 소스부호화와 채널부호화가 사용되는데, 소스부호화는 더 많은 정보를 전송하기 위해 신호에서 여분의 정보를 제거하는 과정이고, 채널부호화는 전송오류로부터 신호를 보호하기 위해 여분의 정보를 추가하는 과정이다. 그러므로 전송 관점에서 보면 이 두과정은 서로 상반된 결과(Trade-Off)를 가져오게 된다. 따라서 대역폭 제한적인 통신환경에서 보다 효율적인 대역폭 사용을 위해서는 채널환경에 따라 소스부호화와 채널부호화를 결합하여 가변적으로 운용하여야 한다. JSCC에서 많이 언급되는 비트 할당 알고리즘은 식(1)과 같다.

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

여기서, k값은 계층 번호를, R_{S_k} 와 R_{C_k} 는 각각 k번째 계층에 할당된 소스코딩과 채널코딩에 할당된 비트 율을 의미한다. R_S 와 R_C 는 각각 소스코딩과 채널코딩에 할당된 최대 비트 율이다. 이 알고리즘은 소스 및 채널부호화에 할당된 전체 비트 율이 주어진 상태에서 모든 왜곡을 최소화하는 각 계층에서의 비트 할당방안을 제공한다. DVB-S2 전송시스템에 JSCC를 적용하기 위해서는 주어진 변조방식(QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK)과 채널 부호율(1/4~9/10)을 적용하기 때문에 가능한 비트 할당은 제한되어야 한다.

3. SVC 신호의 Ka대역 위성방송 적용성

SVC는 MPEG-4 part 10 (AVC: Advanced Video Coding) [7] 규격의 3번째 확장 규격(Amendment 3)으로, 사용자의 선호도, 소비 단말기와 네트워크 및 채널의 조건등 다양한 전달 및 소비환경에 효과적으로 대처 할 수 있도록, 계위성을 갖는 계층들의 조합을 하나의 비트 율로 부호화하여 적용적인 전송을 제공함으로써 다양한 채널 환경에 QOS(Quality Of Service)를 보장하는 콘텐츠를 서비스 할 수 있는 부호화 틀이다. 따라서, SVC의 각 비디오 계층은 각각의 비트율, 프레임

율, 영상크기 및 화질을 가지고 있으며, 비디오를 공간적/시간적/화질적 차원의 임의 값을 가지는 비트율로 부호화하며, 이 세 가지 차원의 조합에 따라 폭넓은 계위성을 제공할 수 있다.

따라서, 3장에서 SVC가 base layer와 enhanced layer의 두 레이어를 제공하는 것을 가정하여 위성방송에 적용하기 적절한 계위성을 찾기 위한 모의실험을 JSVM(Joint Scalable Video Model) 9.1 S/W를 이용하여 수행하였다. 그 결과 공간 계위성이 위성방송에 적용하기 가장 적절한 계위성으로 선택되었다.

가. 화질 계위성(SNR Scalability)

화질 계위성은 양자화에 의한 오차 신호를 이전 계층보다 적은 양자화 계수(QP: Quantization Parameter) 값으로 보정하여 부호화 하는 개념이다. 즉, 기본 계층(base layer)은 큰 양자화 간격으로써 등성 등성하게 CGS(Coarse Grain Scalability)를 통해 표현한 후, 고위 계층(Enhanced layer)으로 갈수록 양자화 간격의 폭을 세밀하게 조정하여 보다 미세하게 화질의 계층을 쌓는 FGS(Fine Grain Scalability)의 개념이다.

(그림2)는 두 레이어에 HDTV 신호인 1920X1088을 주었을 경우의 Enhanced layer의 비트율 그래프이다. 일반적으로 좋은 비디오 품질을 얻기 위해서는 PSNR 값이 40 dB 정도가 요구되므로, base layer의 비트율은 약 5.7 Mbps로 고정시키고, 그에 따른 Enhanced layer의 비트율 변화를 살펴보았다. (그림2)와 같이 PSNR 값 40 dB를 얻기 위한 Enhanced layer의 비트율은 약 8.1 Mbps정도로 base layer 보다 약 1.4배 높다. 따라서 SNR Scalability를 Ka대역 위성방송에 적용 할 경우 강우등과 같은 채널상태 악화 시 다른 두 스케일러빌리티에 비해 base layer의 PSNR값이 높기 때문에 보다 우수한 품질의 서비스를 제공할 수 있으나, 두 레이어간 비트할당의 폭이 약 1.4배로 유연성이 매우 적기 때문에, 비트 할당 시 DVB-S2 시스템에 규정되어 있는 변조 방식과 채널 부호율을 적용하기가 까다롭다. 또한, 채널상태가 매우 악화 될 경우, 채널부호화에 더 많은 비트율을 할당 하여 신뢰성을 높여야 하는데, base layer에 높은 비트율이 요구되므로, 이 때 소스부호화에 할당 할 수 있는 가용 비트율이 매우 적으므로 Ka대역 위성방송에 적용하기 부적절하다.

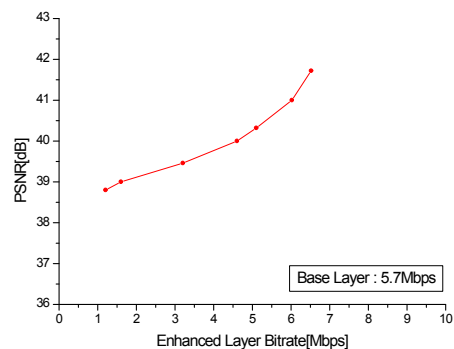


그림 2 SNR Scalability for Satellite HDTV service

나. 시간 계위성(Temporal Scalability)

시간 계위성은 같은 공간해상도에서 프레임 주파수가 다른 파일을 부호화하는 방법이며, 기본계층은 고위계층의 절반이하의 프레임율(Frame Rate)을 가진다. (그림3)에서 base layer는 프레임율 15fps의 HDTV신호이며, Enhanced layer는 30fps의 HDTV 신호이다. spatial scalability와 비슷한 비트율 분포를 보이나, 강우감쇠가 매우 클 경우 base layer만 전송하여야 하기 때문에 TV방송에 적용 할 경우 base

layer의 프레임율을 30fps로 높여주어야 하므로, 수신기에서 또 하나의 처리과정이 추가되어야 하는 문제점이 생긴다.

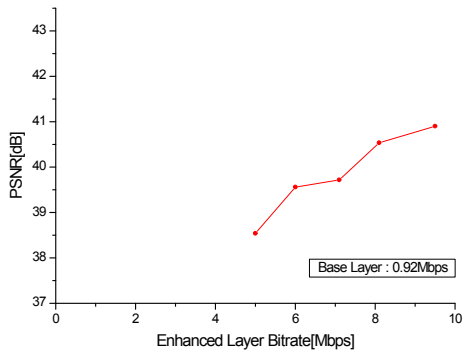


그림 3 Temporal Scalability for Satellite HDTV service

다. 공간 계위성 (Spatial Scalability)

공간 계위성은 다중 계층구조에서 원하는 해상도의 영상을 얻기 위하여 각 계층이 서로 다른 공간적 해상도를 가진 영상들을 부호화하는 방법이다. 각 공간 계층에 대해 계층 간 중복된 정보를 제거하기 위해 현재 부호화 하고 있는 계층의 공간 해상도보다 한 단계 낮은 공간 해상도의 영상신호를 현재 부호화 하고 있는 계층의 공간 해상도로 업샘플(Upsampling)하여 예측신호로 사용한다. 이 예측 신호는 현재 부호화 하고 있는 영상신호와 매크로블록 단위로 차감되며 이 때 발생한 잔여신호를 부호화한다. 즉, 각 해상도의 비디오는 하위 계층의 부호결과물인 움직임(Motion) 및 잔여 신호 정보를 이용하여 새로운 계층을 부호화 한다. 따라서 공간적 계위성에서는 계층 간 참조할 때 움직임과 텍스처 정보가 영상 해상도의 비율에 따라 변화한다.

공간계위성의 base layer에는 720X480크기의 SDTV신호를, Enhanced layer에는 HDTV신호와 base layer 신호의 차이를 전송하도록 하였다. (그림 4)에서처럼 PSNR값 40dB를 얻기 위하여 base layer는 비트율이 약 1Mbps정도가 필요하며, Enhanced layer에는 약 5.9Mbps 정도의 비트율이 요구된다. 두 레이어 간 비트율 차이가 약 5.9배로 비트할당의 유연성이 다른 계위성에 비해 매우 크며, 따라서 공간 계위성이 위성방송에 적용하기 가장 적절하다.

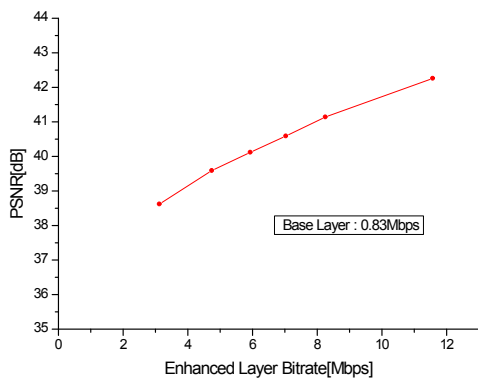


그림 4. Spatial Scalability for Satellite HDTV service

4. 공간계위성에서 레이어간 비트할당 방안

여기서는 SVC가 Spatial Scalability와, base layer와 enhanced layer의 두 레이어를 지원하는 경우를 가정하였다.

Base layer는 SDTV 신호를 전송하며, 링크가용도가 99.99% 이상 이 될 수 있도록 하고, enhanced layer는 HDTV 신호와 base layer 신호의 차이를 전송하도록 하였다. 원하는 비트율을 얻기 위해, 각 레이어에 양자화 계수(QP)값을 변화시켜 모의 실험을 하였으며, 실험을 통해 PSNR값 40dB를 얻기 위하여는, base layer에는 약 1Mbps, Enhanced layer에는 약 5.9Mbps의 비트율이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

가. Base layer 비트할당

Base layer를 통하여 전송하는 SDTV신호의 비트 율에 따른 PSNR값을 스포츠 scene과 드라마 scene을 통하여 분석하였으며, 그 결과는 (그림 5)와 같다. 장면에 따른 비트 율 차이는 약 0.1~0.2 Mbps정도로 그리 크지 않다. 따라서 PSNR값 40 dB를 얻기 위하여 base layer에 약 1Mbps 정도의 비트율을 할당하는 것이 바람직하다.

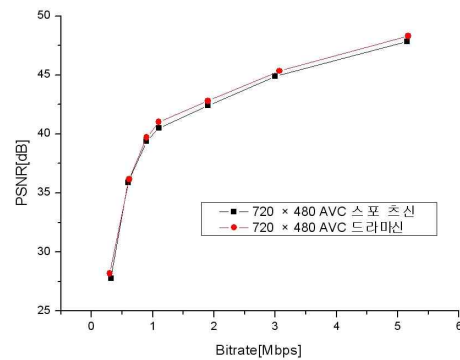


그림 5 비트율에 따른 PSNR 값 (base layer)

나. Enhanced layer 비트할당

(그림 6)은 가능한 비트할당의 범위를 찾기 위하여 base layer 비트율에 따른 enhanced layer의 비트율 변화를 분석하였다. base layer의 비트율이 0.84Mbps인 경우 PSNR 값 42dB를 만족하는 enhanced layer의 비트율은 약 11.5Mbps정도이며, 35dB일 때는 약 1.31Mbps 정도 요구됨을 알 수 있다. 따라서 enhanced layer에 할당 되는 비트율이 base layer에 할당되는 비트 율보다 매우 크며, base layer의 비트율 증가에 따른 Enhanced layer의 PSNR 값의 향상은 거의 없음을 알 수 있다.

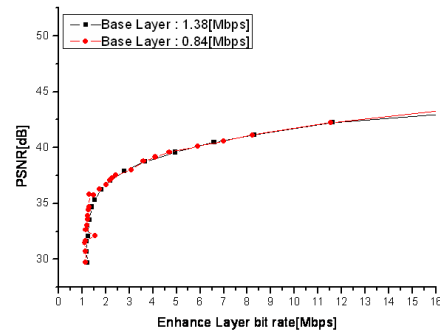


그림 6 base layer 비트율에 따른 Enhanced layer의 PSNR값 변화

다음 (그림 7)은 Enhanced Layer 비트율에 따른 PSNR 값을 분석하였다. SVC의 경우를 살펴보면, Base layer에 할당된 비트 율이 1 Mbps라고 할 때, 전체 비트 율이 3.2 Mbps에서 14 Mbps 정도가 되기 때문에 비트 율을 약 4.5배 정도까지 조정할 수 있으며, 이러한 비트

율 조정은 강우등과 같은 채널 상태 악화 정도에 따라 변조방식과 채널 부호율 결정에 적용될 수 있다.

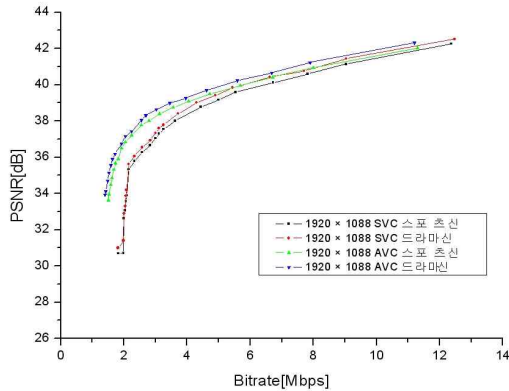


그림 7 Enhanced layer 비트 율에 따른 PSNR 값 (base layer: 0.84 Mbps).

5. SVC 신호의 Ka대역 위성방송 서비스 적용방안

H.264/MPEG-4 AVC와 같은 단일 계층 소스 부호화를 위성방송 시스템에 적용할 경우 우리나라의 강우특성상 장마철을 제외하고, 강우가 전 지역에 걸쳐 발생하지 않기 때문에 강우감쇠 보상방안을 적용할 경우 강우가 발생하지 않는 지역도 낮은 품질의 영상을 수신하게 되는 문제점이 발생한다. 따라서 MPEG-4 SVC의 기본계층과 고위계층으로 나눈 소스 부호화를 적용하여 강우가 발생하지 않는 지역은 그대로 HDTV급의 높은 품질의 영상을 수신할 수 있도록 하고, 강우가 발생하는 지역은 SDTV급의 낮은 품질의 영상을 수신하나, 전송의 신뢰성을 높일 수 있게 하였다.

(그림8)은 하나의 레이어에 대해, Ka대역과 Ku대역에서 DVB-S2의 시간율에 따라 적용 가능한 변조방식 및 채널 부호율을 나타낸 것이다. 여기서, 링크 가용도는 링크설계에 따라 왼쪽 또는 오른쪽으로 천이될 수 있다. Ka대역에서 99%의 링크 가용도를 가지는 시기에는 32APSK 변조방식을 적용하고, 99.6%에서는 16APSK 변조방식, 99.9%의 링크 가용도를 얻기 위해서는 8PSK 변조방식과 부호화율 9/10을 사용하는 것이 가장 적합하다. 강우 감쇠가 아주 심해질 경우 시스템은 QPSK 변조방식과 1/4의 채널부호화율을 사용하는 것이 강우 감쇠를 효과적으로 경감 시키나 최대 시간율은 0.02%로 ITU-R 기준 권고시인 0.01%를 만족시키기 위해서는, 전력증폭기 용량 증가, 안테나 크기 증대, array 안테나 등의 방안을 사용하여야 한다.

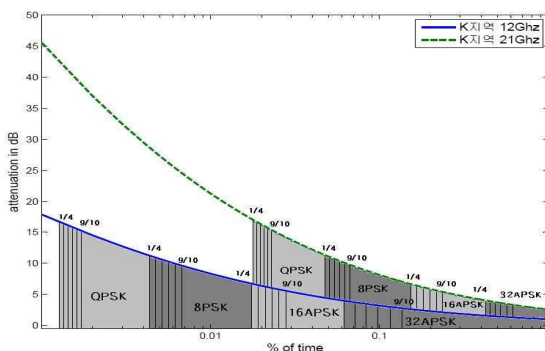


그림 8 강우감쇠를 보상하기 위한 DVB-S2 변조방식 및 채널부호율.

(그림 9)는 SVC신호의 두 레이어를 DVB-S2 전송방식에 적용하여 시간율에 따라 적용 가능한 변조방식 및 채널 부호율을 나타낸 것이다. 여기서, 각 base layer에는 QPSK 변조방식과 각 부호율, 그리고 1Mbps의 소스부호율을 가정하였다. 링크가용도 99.98%를 가지는 시기에는, base layer에 QPSK 1/4 채널부호율과, 0.83Mbps의 소스부호

율만 적용하여 신뢰성 있는 전송을 제공하며, 링크가용도 99.9%에서는 base layer에 QPSK 1/4의 채널 부호율을 사용하여 강우 지역에 대처하고, Enhanced layer에 16APSK 2/3을 사용하여 비 강우 지역에서의 수신신호의 품질을 높인다. 링크가용도 99%일 경우에는, base layer에 QPSK 1/2 과 Enhanced layer에 32APSK 9/10을 사용하여 보다 향상된 품질의 영상을 제공 할 수 있다.

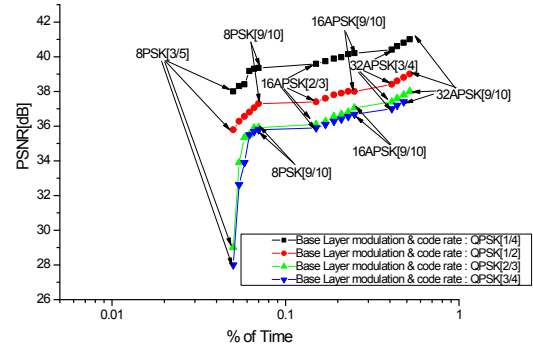


그림 9 시간율에 따른 SVC신호의 수신신호 품질

6. 결론

Ka대역 위성 HDTV 방송 서비스를 제공하기 위한 방안으로 SVC신호와 결합소스/채널 부호화 기법을 결합한 방안을 제안하였다. 이러한 방식은 대부분의 경우에는 HDTV 서비스를 제공할 수 있으며, 강우감쇠가 심할 경우에는 비 강우지역에서 스펙트럼 효율을 낭비하지 않으면서도 강우지역에는 최소 SDTV 수준의 서비스를 제공할 수 있다. 다만, MPEG-4 SVC를 결합소스/채널부호화 기법에 적용하기 위해서는 소스쪽에서 비트할당을 보다 유연하게 하는 알고리즘에 대한 연구가 필요 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] M. Luglio, "Fade Countermeasures in Ka band : Application of Frequency Diversity to Satellite System", 10th International Conference on Digital Satellite Communications, Vol. 1, 1995.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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".
- [5] "Propagation data and prediction method required for the design of Earth-space telecommunication systems", Recommendation ITU-R PN618-5, 1997.
- [6] "Characteristics of precipitation for propagation modeling", Recommendation ITU-R PN837-1, 1994.
- [7] "Joint Scalable Video Model 8: Joint Draft 8 with proposed changes" JVT , 2002.