

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제17권 제4호, 2012년 7월 (JBE Vol. 17, No. 4, July 2012)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.4.640>

H.264/SVC 공간 계위 부호화 기반 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 서비스 프레임워크 및 H.264/SVC 부호화 성능 평가

김 대 은^{a)}, 이 범 식^{a)}, 김 문 철^{a)*}, 김 병 선^{b)}, 함 상 진^{b)}, 이 근 식^{b)}

H.264/SVC Spatial Scalability Coding based Terrestrial Multi-channel Hybrid HD Broadcasting Service Framework and Performance Analysis on H.264/SVC

Dae-Eun Kim^{a)}, Bumshik Lee^{a)}, Munchurl Kim^{a)*}, ByungSun Kim^{b)}, Sangjin Hahm^{b)}, and Keunsik Lee^{b)}

요 약

기존의 다채널 지상파 디지털 TV 서비스인 KoreaView는 6MHz의 대역폭을 유지하면서 1개의 MPEG-2 기반 HD 비디오와 3개의 H.264/AVC 기반 SD 비디오, 총 4개의 채널을 제공하는 서비스이다. 그러나 KoreaView는 추가되는 3개의 SD급 비디오 채널이 작은 공간 해상도와 낮은 목표 비트율로 인한 화질 열화 때문에 높은 시청 만족도를 제공하지 못하는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 KoreaView의 한계점을 극복하기 위한 공간 계위 스케일러블 비디오 부호화 기반 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 서비스 프레임워크를 제안한다. 제안하는 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 서비스 프레임워크는 H.264/AVC 기반 SD 비디오 3개를 H.264/SVC 공간 계층 부호화를 통해 동일하게 서비스 하고, 공간 향상 계층 부호화로 추가된 3개의 HD 비디오를 광대역망을 통해 전송하여 고품질의 다채널 방송을 서비스를 가능하게 한다. 이같이 기존의 3개의 SD 채널에 공간 향상 계층을 추가적으로 전송 하면 고품질 채널을 통해 높은 시청 만족도를 갖는 여러 개의 채널을 확보하게 된다. 제안하는 프레임워크의 성능을 검증하기 위하여 실제로 방송에서 사용되는 다양한 영상을 이용하여 실험을 수행하였다. 먼저 H.264/SVC를 이용하여 SD 입력 비디오가 공간 계층에서 1.5Mbps 목표 비트율로 부호화될 때, 34.5-42.9dB의 화질을 제공하여 상용 서비스가 가능한 수준의 객관적 화질을 제공 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 12Mbps 목표 비트율로 부호화된 MPEG-2 기반 HD 복원 영상과 제안하는 서비스 프레임워크의 H.264/SVC 공간 향상 계층의 HD 복원 영상을 비교하여 부호화 성능을 분석하였다. MPEG-2 기반 HD 복원 영상과 유사한 객관적 화질 수준을 제공하기 위하여 제안하는 서비스 프레임워크에서 사용된 H.264/SVC 공간 계위 부호화를 수행한 결과 실험 영상의 종류와 특성에 따라 약 690kbps에서 8,200kbps의 비트율이 발생함을 실험을 통하여 확인하였다.

Abstract

One of the existing terrestrial multi-channel DTV service frameworks, called KoreaView, provides four programs, composed of MPEG-2 based one HD video and H.264/AVC based three SD videos within one single 6MHz frequency bandwidth. However the additional 3 SD videos can not provide enough quality due to its reduced spatial resolution and low target bitrates. In this paper, we propose a framework, which is called a terrestrial multi-channel high quality hybrid DTV service, to overcome such a weakness of KoreaView services. In the proposed framework, the three additional SD videos are encoded based on an H.264/SVC Spatial Base layer, which is compliant with H.264/AVC, and are delivered via broadcasting networks. On the other hand, and the corresponding

three additional HD videos are encoded based on an H.264/SVC Spatial Enhancement layer, which are transmitted over broadband networks such as Internet, thus allowing the three additional videos for users with better quality of experience. In order to verify the effectiveness of the proposed framework, various experimental results are provided for real video contents being used for DTV services. First, the experimental results show that, when the SD sequences are encoded by the H.264/SVC Spatial Base layer at a target bitrate of 1.5Mbps, the resulting PSNR values are ranged from 34.5dB to 42.9dB, which is a sufficient level of service quality. Also it is noted that 690kbps-8,200kbps are needed for the HD test sequences when they are encoded in the H.264/SVC Spatial Enhancement layer at similar PSNR values for the same HD sequences encoded by MPEG-2 at a target bitrate of 12 Mbps.

Keyword : Hybrid Broadcasting, H.264/SVC, H.264/AVC, KoreaView, MMS

1. 서론

지상파 방송은 한정된 주파수 대역폭을 이용하여 사용자(시청자)에게 충분한 화질(음질)의 콘텐츠를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서 제한된 주파수 대역폭 내에서 충분한 화질을 제공하기 위해서는 압축 성능이 우수한 비디오 코덱을 이용하는 것이 매우 중요하다. 고해상도 및 고품질 비디오에 대한 수요가 증가함에 따라 제한된 주파수 대역 내에서 고품질의 방송 서비스를 제공하기 위해서는 고성능의 비디오 압축 코덱을 사용하는 것이 중요한 요소가 되고 있다. 실제로 현재 국내에서 서비스되고 있는 지상파 디지털 방송은 여러 압축 표준 기술을 이용하고 있다. 지상파 방송의 경우 ATSC 규격을 따르는 DTV(Digital TV)는 MPEG-2 표준을 이용하여 비디오와 오디오 데이터를 부호화하여 전송한다. MPEG-2 표준은 1990년대 초반에 제정된 표준으로 MPEG-1의 표준화가 완료된 이후에 MPEG-1의 제한적인 활용도를 넘어서 다양한 범위에서 이용될 수 있는 것을 목표로 제정되었다. MPEG-1이 최대 1.5Mbps의 비트율로 부호화 하는데 비해 MPEG-2는 3Mbps-30Mbps의 비트율로 부호화하기 때문에 HD 공간해상도의 영상(HD 영상)까지도 압축이 가능하다^[1]. 그러나 고해상도 HD 영상 수요의 증가와 더불어 지상파 방송 서비스보다 전송 대역폭이 낮은 케이블 모뎀, xDSL, UMTS 등을 이용

한 영상 전송이 증가함에 따라 MPEG-2보다도 압축 성능이 우수한 비디오 코덱 개발의 필요성이 제기되었고^[2] 이에 2003년 5월에 ITU-T의 Video Coding Experts Group (VCEG)과 ISO/IEC의 Moving Picture Experts Group (MPEG)이 공동으로 Joint Video Team (JVT)을 구성하여 MPEG-2에 비해 향상된 압축 성능을 갖는 새로운 비디오 코덱인 H.264/AVC 비디오 부호화 표준을 제정하였다. H.264/AVC 표준은 케이블 방송, 위성방송, DVD 등의 저장 매체, 무선 인터넷 등 네트워크, VOD 서비스 등의 많은 응용 분야에서 이용될 수 있도록 개발되었으며^[2] 실제로 국내에서 서비스되는 지상파 디지털 방송 중, 지상파 DMB의 경우 H.264/AVC으로 부호화되어 서비스 되고 있다.

이후 2007년 7월에 표준화가 완료된 H.264/AVC의 확장 표준인 스케일러블 비디오 부호화(Scalable Video Coding, SVC)^[3]는 한 번의 부호화로 다양한 이종의(Heterogeneous) 네트워크 환경에서 비디오 서비스를 제공하도록 개발되었으며, 시간, 공간 및 화질 측면에서 계위(Scalability)를 갖는 계층적 부호화 구조를 가지며 부호화 된다. H.264/SVC는 현재 지상파 디지털 방송에서 이용되고 있지는 않지만 여러 분야에서 관련된 연구를 수행 중이다. 최근 표준화가 진행 중인 HEVC(High Efficiency Video Coding)^[4]는 H.264/AVC에 비해 약 50% 정도의 부호화 효율 향상을 목표로 표준화를 진행하고 있다.

현재 지상파 DTV 방송에서는 6MHz의 대역폭 내에서 HD 비디오 입력에 대해 최대 약 19Mbps의 비트율이 할당되어 있고^[5] 그 중 실제로 영상 데이터는 17~18Mbps의 목표 비트율로 하여 MPEG-2로 부호화되어 서비스 된다. 지상파 DTV 방송에 사용되는 MPEG-2 표준은 1990년대에

a) 한국과학기술원 전기및전자공학과 (Department of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology)

b) 한국방송공사 기술연구소 (Technical Research Institute, Korean Broadcasting Systems)

‡ 교신저자 : 김문철 (Munchurl Kim)

E-mail: mkim@ee.kaist.ac.kr

Tel: +82-42-350-7419, Fax: +82-42-350-7619

· 접수일(2012년4월30일), 수정일(2012년6월27일), 게재확정일(2012년6월27일)

표준 제정이 완료되어 비교적 오래된 표준 기술이긴 하지만 10~13.5Mbps 비트율로 HD 1080 60i 영상을 부호화할 수 있다^[6]. 따라서 현재와 같은 방식으로 하나의 HD 영상을 하나의 채널로 송출하기 위해 17~18Mbps의 비트율을 모두 이용하는 것은 주파수 자원의 효율적 이용 측면에서 다소 비효율적이라고 할 수 있다.

이와 같이 비효율적으로 이용되고 있는 주파수 자원을 좀 더 효율적으로 이용하기 위한 목적으로 다중 모드 서비스(MMS, Multi Mode Service)기술이 KOBA 2006에서 처음으로 소개되었다^[6]. MMS란 디지털 방송 시스템에서 HDTV뿐 아니라 SDTV와 라디오, 데이터 방송 등 여러 모드로 서비스를 제공하는 서비스 개념이다. 이 서비스는 위에서 언급한 기존의 디지털 방송에서 17~18Mbps 비트율 중에서 실제로 필요하지 않은 잉여 주파수대역을 낭비하는 문제점을 개선할 수 있다. 유료 방송에 가입하지 않은 가구에도 지상파 방송만을 통해 다양한 콘텐츠를 제공함으로써 공공성을 확보할 수 있는 이득을 갖고 있다. 이와 관련하여 국내에서는 제주도에서 지상파 다채널 방송서비스 실험방송^[7]을 성공적으로 마쳤고 해외에서도 이와 유사한 서비스를 멀티캐스팅, 멀티채널링 등의 이름으로 미국, 일본, 호주, 서유럽에서 이미 운용 중이며 특히 영국에서는 지상파 다채널 방송 서비스가 디지털방송 활성화에 크게 기여한 사례로 알려지고 있다^[8].

현재 우리나라에서 구상중인 MMS 형태의 서비스인 지상파 다채널 방송 서비스 (KoreaView)는 기존에 6MHz 채널에 하나의 HD 프로그램만을 서비스 하는 것에서 주파수 대역폭을 HD(1920×1080) 영상을 제공하는 주 채널 하나와 SD(704×480) 영상을 제공하는 가상채널 세 개로 구성하여 방송을 제공하는 서비스 시나리오를 가지고 있다. HD 공간 해상도로 제공되는 주 채널에 비해 가상채널은 SD 공간 해상도로 제공되기 때문에 상대적으로 가상 채널의 서비스 품질이 저하된다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 제한점을 극복하기 위해 KoreaView 프레임워크를 확장하는 “H.264/SVC 공간 계위 부호화 기반 지상파 다채널 하이브리드 방송 서비스 프레임워크”를 제안하며 H.264/SVC의 부호화 성능 평가 실험을 제시한다. KoreaView 서비스는 하나의 주파수 대역에서 하나의 HD 비디오를 서비스하는 기존 지상파 방송

에 비해 더 많은 수의 비디오 콘텐츠(HD 1개 + SD 3개)를 제공할 수 있다는 장점이 있으나 상대적으로 낮은 비트율(1.5Mbps)로 전송되는 SD 영상의 경우 영상 콘텐츠의 특성에 따라 비디오 시청화질이 만족할 만한 QoE(체감 품질, Quality of Experience)로 서비스되는지에 대한 객관적인 지표가 아직까지 연구된 바가 없다. 또한 H.264/SVC의 계층을 통해 추가로 제공되는 HD영상의 경우 기존의 지상파 DTV에서 제공하는 만큼의 화질을 제공하기 위해서 얼마만큼의 추가 비트가 필요한지에 대한 객관적인 연구 결과가 아직 없는 실정이다. 다만 H.264/SVC의 표준화와 관련하여 실험 영상을 이용한 성능평가 결과 등은 [9][10]에서 자세히 제시하고 있다. [9]에서는 계층적 B-픽처의 사용이 부호화 성능을 크게 향상 시켰다는 점을 보여주었고 또한 H.264/SVC가 MPEG-4 ASP(Advanced Simple Profile)와 같은 기존의 비디오 압축 기술보다도 우수하다는 것을 실험 결과를 통해 증명해 보였다. 또한 공간 확장의 경우 저해상도의 영상보다 고해상도의 영상에서 계위 구조가 부호화 성능을 더 효율적으로 발휘한다는 것을 밝혔다. [10]에서는 H.264/SVC에서 계층 간 예측(Inter-layer Prediction)의 성능을 연구하여 입력 영상과, 계층 간의 유사성에 크게 의존한다는 것을 실험 결과를 통해 보여주었다. 그리고 계층 간 예측과 관련하여 화질 확장(Quality Scalability)에서 보다 공간 확장(Spatial Scalability)에서 업샘플링(Up-sampling) 등의 과정으로 계층간 유사성의 감소로 인해 부호화 효율의 성능이 감소하는 것을 알 수 있었다.

그러나 이러한 연구들은 위에서 설명한 H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 방송 서비스 환경을 고려하지 않았을 뿐만 아니라 QCIF나 CIF 등의 공간해상도가 매우 작은 영상을 이용하여 성능 평가를 수행하였다. 기존 연구 결과들이 H.264/SVC코덱이 기존 코덱에 비해 화질-비트율 성능의 우수성을 보여 주거나, 각각의 계위에서 화질-비트율 성능의 특성을 분석하기에 좋은 연구 결과를 제공하지만 본 서비스와 같은 제한된 상황에서의 성능을 예측하기에는 적절하지 못하다. 또한 위의 연구에서 사용된 실험 영상 역시 H.264/SVC 표준 제정 당시 사용되었던 것으로 실제 상용 서비스에서 사용되고 있는 영상의 크기나 특성을 반영하고 있지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는

H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 방송에 대한 서비스 시나리오를 상세히 설명하고 이에 대해 H.264/SVC 코덱을 이용한 비디오 화질-비트율 성능 평가 실험을 수행하였다. 또한 이와 같은 제한된 서비스 상황에서 시청자들이 만족한 말한 객관적 화질을 제공하는지에 대한 연구 결과를 보여준다. 본 논문에서 제시한 연구 결과를 통해 H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 방송 서비스의 제한된 서비스 환경에서 H.264/SVC가 서비스를 제공하기에 충분하다는 것을 보여준다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 방송 서비스의 개념에 대해 상세히 설명하고 III장에서는 H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 방송 서비스의 성능을 평가하기 위한 실험 환경과 조건들에 대해 기술한다. IV장에서는 H.264/SVC를 이용하여 부호화한 기본 계층과 향상 계층에 대한 실험 결과를 제시하고 V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 방송 서비스의 개념

1. 지상파 다채널 방송 서비스 기술 개요

현재 국내 지상파 방송에서 이용되는 MPEG-2는 HD 영

상을 10~13.5Mbps의 비트율 수준에서 부호화하여도 시청자들이 시청 만족감을 느낄 정도의 화질을 제공하는 것으로 알려지고 있다⁶⁾. 그러므로 현재와 같이 19Mbps의 비트율을 이용하여 방송을 송출하는 것은 몇 가지 이유에서 비효율적이라고 할 수 있다. 첫째, 19Mbps의 비트율을 이용하여 하나의 방송 채널만을 송출하는 것은 아날로그 TV로부터 DTV의 차별성을 없게 하여 디지털 전환에 걸림돌이 되고 있다⁶⁾. 둘째, 현재 지상파 방송은 유료로 제공되는 케이블, 위성방송에 비해 현저히 부족한 채널의 수와 그에 따른 영상 콘텐츠 부족으로 인해 지상파 직접 수신 가구와 유료 방송 수신 가구 간에 정보 격차가 발생할 가능성이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 등장한 지상파 다채널 방송 서비스는 기존 6MHz의 대역폭을 이용하여 하나의 HD 프로그램을 송출하던 것을 향상된 비디오 압축 성능을 이용하여 한 주파수 대역 내에 여러 개의 가상 채널을 구성하여 많은 프로그램을 송출하는 서비스를 말한다. 2006년에 시범적으로 시행되었던 MMS기술은 6MHz 주파수 대역 내에서 MPEG-2 표준을 기반으로 하여 1개의 HD채널과 1개의 SD채널을 제공하였다. 이후 여러 가지 테스트 및 연구를 거쳐 2010년 새로운 DTV 방송 플랫폼 형태로 지상파 다채널 방송 서비스가 등장 하였다. 이전에 시험방송되었던 MMS의 SD 해상도로 제공되는 가상채널을 통해 MPEG-2로 부호화된 영상이 전송되는 것과 달리 지상파 다

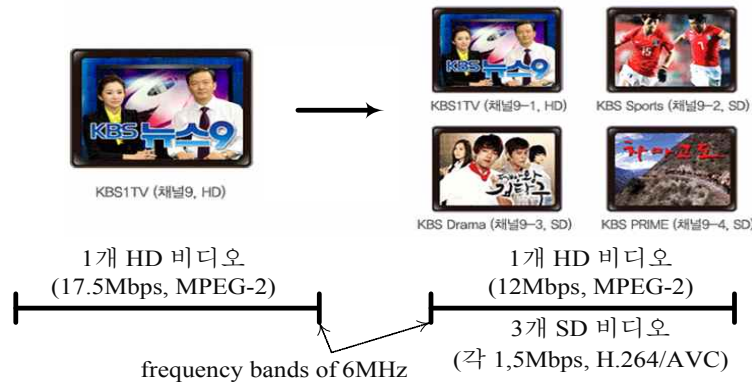


그림 1. 하나의 6MHz 주파수 대역 내에서 MPEG-2 기반 17.5 Mbps HD 비디오 1 개를 제공하는 기존 DTV 서비스와 동일한 주파수 내역폭 내에서 MPEG-2 기반 12 Mbps HD 비디오 채널 1 개와 H.264/AVC 기반 1.5Mbps SD 비디오 채널 3개를 제공하는 지상파 다채널 방송 서비스의 한 예
 Fig. 1. An example of an existing DTV service in one single channel with one MPEG-2 HD video of 17.5 Mbps, and a terrestrial multi-channel broadcasting service in one single channel with one MPEG-2 HD video of 12Mbps and three H.264/AVC SD video of 4.5Mbps (each is encoded at 1.5Mbps) in one single frequency band of 6MHz

채널 방송 서비스는 H.264/AVC로 부호화된 영상이 전송된다는 차이가 있다. H.264/AVC는 MPEG-2에 비해 현저히 높은 부호화 성능을 제공하기 때문에 기존 MMS에서 가상채널이 1개 제공되던 것과 달리 지상파 다채널 방송 서비스에서는 3개의 가상채널이 추가로 제공될 수 있다.

그림 1은 지상파 다채널 방송서비스의 기본 개념을 예시한다. 그림 1과 같이 기존의 지상파 디지털 방송은 17.5 Mbps의 비트율을 이용하여 MPEG-2로 부호화하여 1개의 채널로 송출된다.

그러나 지상파 다채널 방송 서비스에서는 12Mbps 목표 비트율 수준에서 MPEG-2로 부호화한 HD 비디오 1개와 여분의 비트에 대해 각각 1.5Mbps 목표 비트율에 맞추어 H.264/AVC로 부호화한 3개 SD 비디오를 다중화하여 총 4개의 비디오 채널을 방송하는 서비스이다. 그림 1과 같은 방식으로 국내의 각 지상파 방송사에서 다채널 지상파 방송 서비스를 제공한다면 현재 5개의 지상파 방송채널이 총 20개의 채널로 증가되어 지상파 직접 수신가구에 현재보다 4배 많은 지상파 방송을 제공할 수 있게 된다. 이같이 추가되는 채널을 이용하면 지상파 방송을 통해 더 많은 방송 콘텐츠를 시청할 수 있는 장점이 있다. 이를 통해 유료 방송 서비스에 가입하여 방송을 시청하는 가구와 지상파를 직접 수신하는 가구간의 정보격차를 해소할 수 있을 뿐 만 아니

라 지상파 방송의 공공성을 확보할 수 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고, 1개의 HD채널이 약 4MHz의 대역폭을 이용하여 12Mbps의 비트율로 전송되기 때문에 추가되는 나머지 세 개의 방송 채널은 SD급으로 전송될 수밖에 없는 한계점이 있다. 다시 말해, 추가되는 세 개의 가상 채널에서는 기본으로 제공되는 주 채널에 비해 공간 해상도가 감소되기 때문에 화질 및 시청 만족도가 저하되는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하기 위한 방법으로 H.264/SVC를 이용한 다채널 하이브리드 고화질(HD) 방송 서비스 프레임워크를 제안한다. 이 서비스 방식에 대한 자세한 설명은 다음 장에서 상세히 기술한다.

2. H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 방송 서비스 기술 개요

II장 1절에서 설명한 바와 같이 지상파 다채널 방송 서비스 기술은 추가로 제공되는 3개의 채널이 SD 비디오로 제공되어 HD 비디오에 비해 시청 만족감이 낮다는 단점이 있다. 이와 같은 문제는 제안된 H.264/SVC를 이용한 다채널 하이브리드 방송 서비스 프레임워크로 해결이 가능하다. 다양한 네트워크 환경과 시청자의 다양한 단말 상황에 적

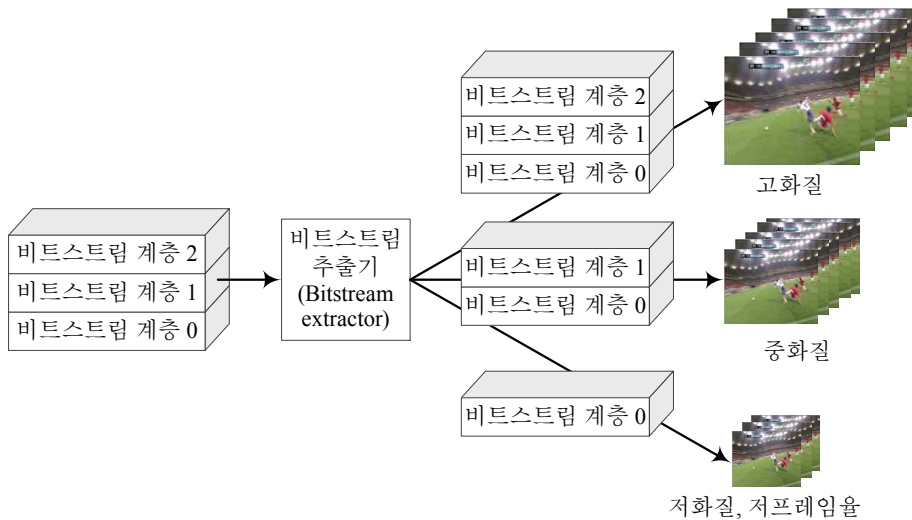


그림 2. 이종 네트워크 및 단말기 환경에 적합하도록 부호화되는 H.264/SVC
 Fig. 2. H.264/SVC encoded adaptive to heterogeneous networks and terminals

합한 서비스를 제공하기 위한 문제를 해결하기 위해 H.264/SVC는 동시방송(Simulcast)에 비해 좋은 해법이라고 할 수 있으며 이는 한 번의 부호화로 계층적 구조를 가지는 비트스트림을 생성해서 이중 네트워크 환경에 적응적으로 비트스트림을 전송할 수 있는 장점이 있기 때문이다. 또한 계층간 중복성을 이용하면 높은 효율을 가지고 부호화할 수 있다. H.264/SVC에는 공간, 시간, 화질의 세 가지 측면에서의 계위성(Scalability)이 존재한다. 그림 2는 이중 네트워크 및 단말기 환경에 적합하도록 부호화 되는 H.264/SVC의 계층적 비트스트림을 나타낸다. 계위성을 이용하여 구성된 각 계층에는 네트워크 환경과 시청자의 단말 상황에 따라 적절하게 활용될 수 있는 비트스트림이 포함되며 그림 2와 같이 간단한 추출기를 이용하여 원하는 계층 비트스트림만을 추출해 전송할 수 있다.

그림 3은 하위 계층에서 부호화된 부호화 정보를 상위 계층에서 활용하여 부호화 하는 계층간 예측 부호화 구조를 나타낸다. 그림 3에서 보는 바와 같이 공간 계위(Spatial Scalability) 부호화에 이용되는 계층간 예측에는 계층간 움직임 예측(Inter-layer Motion Prediction), 계층간 잔차신호 예측(Inter-layer Residual Prediction) 계층간 텍스처 예측(Inter-layer Intra-prediction)의 세 가지 방식이 있다^[3]. 계층

간 텍스처 예측은 복호화된 하위 계층 영상을 업샘플링한 영상을 예측 영상으로 하여 현재 계층과의 차이를 부호화 하는 방식이다. 계층간 잔차신호 예측은 복호화된 하위 계층의 잔차신호를 업샘플링한 영상을 예측 영상으로 하여 현재 계층의 잔차신호와의 차이를 부호화하는 방식이다.

본 논문의 H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 방송 서비스에서는 격행주사 영상 방식을 이용하기 때문에 계층간 텍스처 예측에서는 반드시 격행주사 영상 방식을 고려한 텍스처 업샘플링 방법을 이용해야 하며 본 논문의 성능 평가 실험에서도 이를 고려하여 실험을 수행하였다. 다시 말해 H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 방송 서비스에서는 기본 계층과 향상 계층이 모두 격행 주사(Interlaced)영상이므로 기본 계층을 업샘플링하는 방법으로 필드간 재샘플링(Field-to-field Resampling)을 이용해야 한다^[12]. 필드간 재샘플링은 밝기 값에 대해서는 순차 주사 영상 방식에서 이용되는 업샘플링(4-tap FIR Filter^[3])을 그대로 이용하고 색차 값에 대해서는 향상/기본 계층의 필드(Field)의 Top/Bottom 형태에 따라 수직 색차 위상 보정 후에 순차 주사 영상 방식에서 이용되는 업샘플링 방식으로 재샘플링한다^[13]. 한편 격행주사 영상방식을 고려한 계층간 움직임 예측은 적절한 가상 기본 계층(VBL,

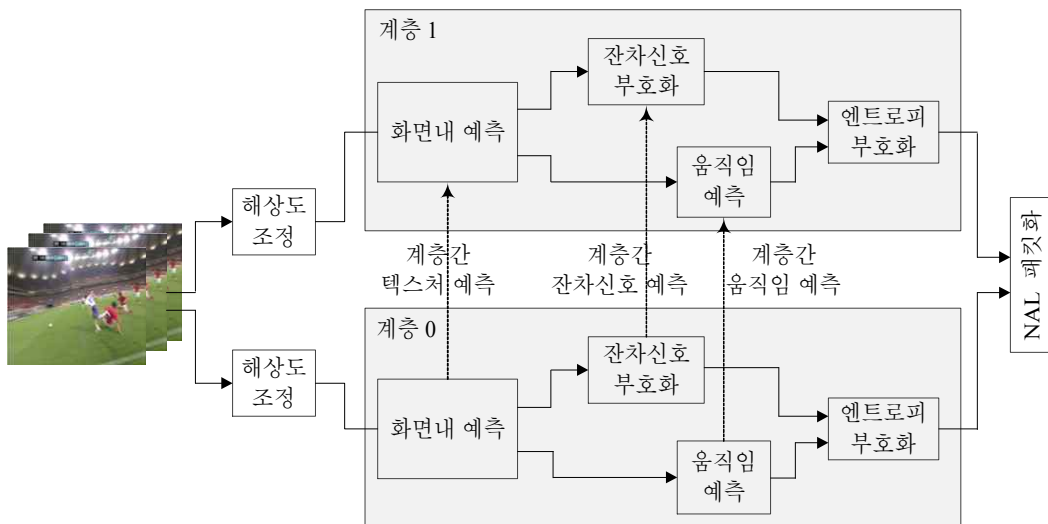


그림 3. H.264/SVC코덱의 공간 계층간 예측 부호화 구조
 Fig. 3. A structure of spatial inter-layer prediction coding in H.264/SVC

Virtual Base Layer)을 유도하여 수행된다. 가상 기본 계층이란 격행주사 영상을 처리하기 위해 항상 계층과 기본 계층 사이에 삽입되는 계층이라고 할 수 있다. 즉, 항상 계층의 매크로블록은 기본 계층의 매크로블록을 직접 참조하지 않고 기본 계층으로부터 유도된 가상 기본 계층의 매크로블록을 참조한다.

표 1은 기본 계층과 항상 계층의 순차주사/격행주사 방식에 따라 유도되는 VBL을 나타낸다^[15]. 표 1에서 ‘mbaff’는 매크로블록 단위로 RDO(Rate-Distortion Optimization)를 수행한 후 울-왜곡 비용에 따라 적응적으로 프레임(Frame) 또는 필드(Field) 부호화 방식으로 결정되도록 하는 것을 말한다.

표 1. 기본 계층과 항상 계층에 따른 VBL의 종류
Table 1. Various types of VBL with respect to BL and EL

기본계층/ 항상계층	기본계층	mbaff frame	기본계층	prog- frame
	항상계층	prog- frame	항상계층	field MB
	기본계층	mbaff frame	기본계층	mbaff frame
	항상계층	frame MB	항상계층	field MB
VBL의 종류	Frame VBL MBs		Field VBL MBs	

또한 표 1에서 볼 수 있듯이 VBL은 기본 계층과 항상

계층이 모두 순차주사(Progressive, 표 1에서 prog-)방식인 경우에는 사용되지 않는다. 이와 같은 H.264/SVC의 공간 계층간 예측 방법을 이용한 지상파 다채널 하이브리드 방송 서비스를 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서 보는 바와 같이 기존 지상파 방송에서 MPEG-2를 이용하여 17.5Mbps의 비트율로 부호화되어 전송되던 주 채널은 12Mbps의 비트율로 부호화 하되 MPEG-2 표준을 그대로 준수하여 역방향 호환성(Backward Compatibility)을 제공할 수 있도록 한다. 부호화된 비트스트림은 지상파망을 통해 이전의 DTV 방송과 같은 형태로 전송된다. 한편 추가로 제공되는 3개의 가상채널은 SD 비디오를 H.264/AVC 표준으로 제공하는 기존의 지상파 다채널 방송 서비스와 달리 H.264/SVC의 공간 기본 계층으로 부호화하여 전송한다. 제안된 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 서비스 프레임워크에서 사용되는 H.264/SVC 공간 기본 계층 부호화 규격은 기존 다채널 방송 서비스 프레임워크와의 역방향 호환성을 제공하기 위해 기존 지상파 다채널 방송 서비스 프레임워크에서 SD(704×480) 비디오를 부호화하기 위해 사용하는 H.264/AVC 표준 규격과 일치하는 것을 사용한다. 추가적으로 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 서비스를 위한 HD(1920×1080) 영상은 H.264/SVC의 공간 항상 계층에서 부호화된다. 따라서, 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송

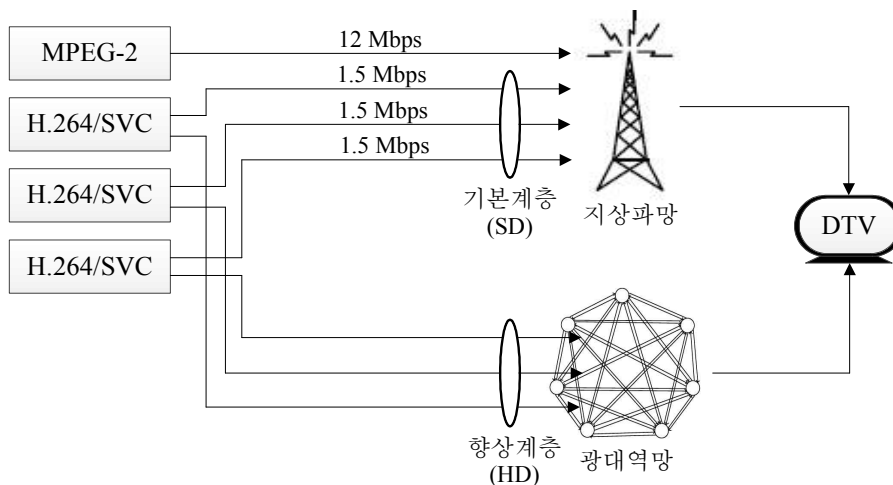
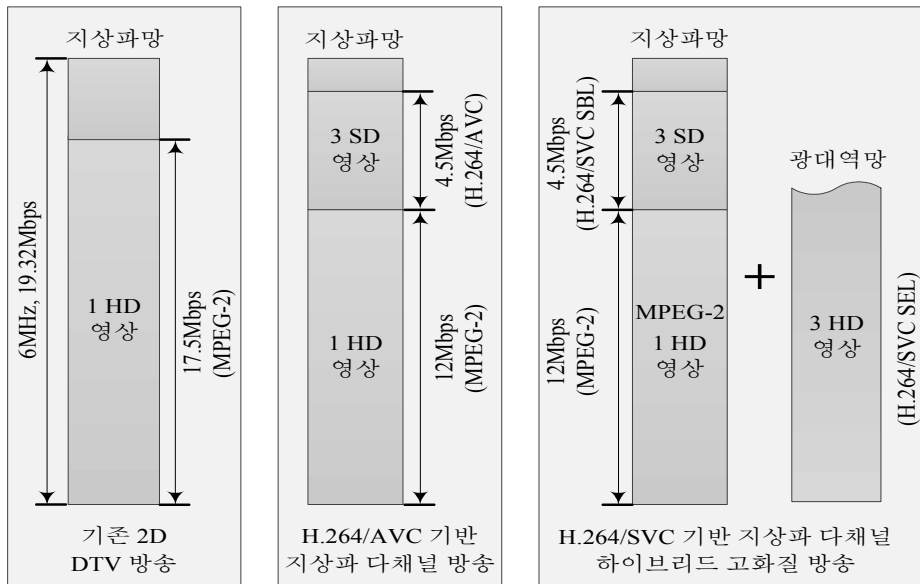


그림 4. H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 프레임워크
Fig. 4. Terrestrial multi-channel hybrid high-quality broadcasting service using H.264/SVC

서비스 프레임워크에서 사용되는 H.264/SVC 코덱 구조는 SD비디오 부호화를 위한 1개의 공간 기본 계층과 HD 비디오 부호화를 위한 1개의 공간 향상 계층 계위를 가지는 구조로 구성된다.

그림 5는 DTV와 지상파 H.264/AVC를 이용한 지상파 다채널 방송과 H.264/SVC를 이용하는 지상파 다채널 하이브리드 고화질 방송 간 주파수 대역폭 및 비트율 사용 차이를 비교하여 나타낸다. 그림 5에서 보듯이 H.264/SVC 공간 기본 계층으로 부호화되는 3개 가상 채널의 SD 부호화 영상 스트림은 기존 지상파 다채널 방송 서비스에서 H.264/AVC로 부호화된 영상과 마찬가지로 지상파를 통해 송출된다. MPEG-2로 부호화된 HD 주채널 영상이 12Mbps의 비트율로 전송되므로 SD로 전송되는 3개의 가상채널은 각각 약 1.5Mbps의 비트율로 부호화 되어 전송된다. HD 영상에 대한 H.264/SVC 공간 향상 계층의 부호화 비트스트림은 지상파망이 아닌 인터넷과 같은 광대역망을 이용하여

전송된다. 이와 같이 서비스 프레임워크 구조에서 TV 단말은 광대역망에 접속하지 않은 경우에는 기본적으로 기존 지상파 다채널 방송 서비스와 마찬가지로 12Mbps 수준의 MPEG-2 HD 영상 채널 1개와 1.5 Mbps 수준의 H.264/AVC SD 영상 채널3개를 제공받을 수 있고, 광대역망에 연결되어있는 경우라면 광대역망을 통해 공간 향상 계층의 비트스트림을 추가로 전송받아 총 4개의 HD 영상 채널을 제공 받을 수 있게 된다. 이와 같이 방송망과 광대역망을 동시에 이용한 지상파 다채널 하이브리드 고화질 방송 서비스를 통해 방송사들은 추가적인 주파수 자원을 이용하지 않고도 시청자들에게 고품질의 HD 방송 콘텐츠를 추가적으로 제공할 수 있다. 표 2는 기존의 지상파 DTV 방송과 지상파 다채널 방송과 제안된 H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 고화질 방송의 구성을 비교 요약한다. 표 2에서 보는 바와 같이 3 가지의 방송 형태 모두 지상파에서는 6MHz의 주파수 대역폭만을 이용한다. 그러나 채널



SBL: Spatial Base Layer (공간 기본 계층)
 SEL: Spatial Enhancement Layer (공간 향상 계층)

그림 5. DTV와 지상파 H.264/AVC를 이용한 지상파 다채널 방송과 H.264/SVC를 이용하는 지상파 다채널 하이브리드 고화질 방송 간 주파수 대역폭 및 비트율 사용 비교

Fig. 5. Comparison of bandwidth and bitrate usages for DTV, terrestrial multi-channel broadcasting using H.264/AVC and terrestrial multi-channel hybrid high-quality broadcasting using H.264/SVC

표 2. DTV와 지상파 다채널 방송과 H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 방송의 비교

Table 2. Comparison between DTV, multi-channel broadcasting and multi-channel broadcasting using H.264/SVC

	기존의 지상파 DTV	지상파 다채널	H.264/SVC 이용한 다채널
전송망	지상파망	지상파망	지상파망 + 광대역망
지상파주파수대역폭	6MHz	6MHz	6MHz
비트율	17.5Mbps	12Mbps + 6Mbps	12Mbps+6Mbps+α
역방향 호환성	-	제공	제공
채널의 구성	1 HD	1 HD + 3 SD	4 HD

이 구성되는 것을 살펴보면 지상파 DTV는 17.5Mbps의 비트율로 부호화되는 1개의 HD급 영상만을 제공한다. 지상파 다채널 방송은 12Mbps의 비트율로 부호화되는 1개의 HD 주채널, 총 4.5Mbps의 비트율로 부호화되는 3개의 SD급 영상(각각은 1.5 Mbps로 부호화됨)을 제공하며 기존의 DTV 수신기만으로도 지상파 다채널 방송 서비스에서 제공되는 1개의 HD급 영상은 수신할 수 있는 역방향 호환성이 제공된다. 마지막으로, H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 서비스는 지상파를 통해 17.5Mbps의 비트율로 부호화되는 1개의 HD급 영상과 총 4.5Mbps의 비트율로 부호화되는 3개의 SD급 영상을 전송하고 광대역 망을 통해 추가적인 비트율을 전송하여 총 4개의 HD급 영상 채널을 제공하고 광대역 망에 연결되지 않은 경우에는 기존 지상파 다채널 서비스와 같은 형태로 방송을 제공 받을 수 있는 역방향 호환성을 또한 제공할 수 있

다. 이와 같은 서비스 시나리오의 기술적 타당성을 살펴보기 위해 실험을 통해 H.264/SVC의 부호화 성능을 분석하였으며, III장에서 H.264/SVC의 공간 기본 계층 부호화에 의해 1.5Mbps로 제공되는 SD 영상의 화질 수준을 확인하고, 공간 기본 계층 목표 비트율 1.5Mbps에 대해 공간 향상 계층에서 부호화되는 HD 영상에 대한 율-왜곡 성능 실험을 수행하였다.

III. 실험 환경

1. 실험 영상

본 장에서는 그림 4의 지상파 하이브리드 방송 서비스의 화질-비트율 성능을 분석하고 시청 가능한 비디오 화질을

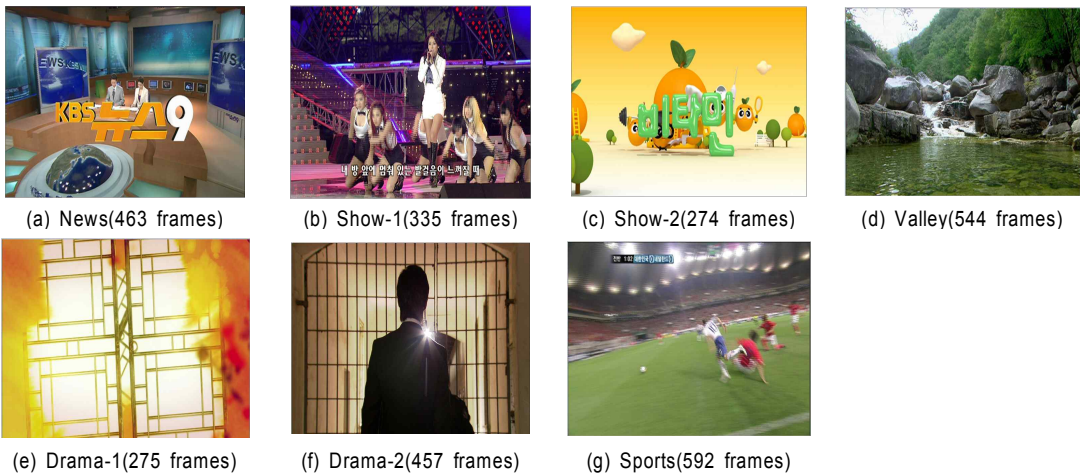


그림 6. 성능 평가에 사용된 실험 영상

Fig. 6. Test sequences for performance evaluation

알아보기 위하여 다음과 같은 실험을 수행하였다. 실험의 목적이 II장 2절에서 설명한 H.264/SVC를 이용한 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 서비스의 화질-비트율 성능을 분석 및 관찰하는 것이기 때문에 실험 영상은 이 목적에 부합하도록 실제 방송 서비스에 활용되고 있는 영상을 이용하였다. 그림 6은 실험에 이용된 7개의 영상을 나타낸다. 영상은 KBS에서 제공된 다양한 공간적/시간적 복잡도 특성을 갖는 뉴스(News), 쇼(Show-1, Show-2), 스포츠(Sports), 드라마(Drama-1, Drama-2), 풍경(Valley) 영상으로 구성되어 있다. 7개 실험 영상은 공통적으로 영상의 공간적 해상도가 1920×1080 픽셀이고 1초당 60필드, 즉 30프레임으로 구성되어 있는 1080/60i의 HD 해상도 격행주사 방식의 영상이다.

News 영상은 영상 시작 부분에 컴퓨터 그래픽이 많이 포함되어 있다. 화면 전체에서 카메라 움직임이 있고 컴퓨터 그래픽 부분은 매우 복잡하고 화려하게 움직인다. 시공간적 영상 신호의 특성 변화가 매우 큰 영상에 속한다. Show-1 영상은 장면 전환이 많이 발생하고 동일 장면 내에서도 인물들의 움직임이 빠르고 복잡하다. 공연으로 인한 조명의 변화가 많고 이에 따라 밝기 변화가 많이 발생한다. Show-2 영상은 오락프로그램 영상으로 영상 도입부에 컴퓨터 그래픽으로 만들어진 정지영상이 삽입되어 있다. 카메라 움직임이 거의 없고 출연자들도 부분적인 손동작 외에 복잡한 움직임을 발생시키지는 않는다. Valley 영상에서는 장면 전환과 카메라 움직임이 전혀 없으나 영상 상단 배경 부분에 나뭇잎 등이 복잡한 텍스처 성분을 구성하고 있고 영상의 하단 부분에서는 잔잔한 물결이 복잡한 움직임을 형성한다. Drama-1 영상은 컴퓨터 그래픽 영상을 많이 포함하고 있다. Drama-2 영상은 컴퓨터 그래픽이 많이 포함되어 있고 장면전환이 계속해서 일어난다. 같은 장면 안에서도 밝기 변화가 많이 발생한다. 실험 영상들 중에서 시간적 복잡도가 높은 편이라고 할 수 있다. Sports 영상은 장면 전환이 많이 발생함은 물론 동일 장면 내에서도 카메라 움직임이 많고 축구 선수들이 빠르고 복잡하게 움직이는 등 국부 움직임도 많이 발생한다. 이 때문에 실험 영상들 중에서 격행주사 결합 현상(Interlacing Artifact)이 가장 두드러지게 나타나는 영상이다.

2. 실험 조건

지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 서비스를 위한 H.264/SVC 부호화 성능을 실험하기 위해 공간적으로 두 개의 계층을 갖도록 스케일러블 비디오 부호화를 수행한다. 그 중 공간 기본 계층(Layer 0)인 SD 영상은 1.5Mbps의 목표 비트율을 만족시키도록 부호화하고 공간 향상 계층(Layer 1)인 HD 영상은 비트스트림이 광대역망을 통해 전송하므로 비트율의 제약은 없다. 그러나 MPEG-2로 12 Mbps 비트율을 갖도록 부호화한 HD 영상의 화질과 유사한 수준으로 부호화할 때의 조건에서 H.264/SVC의 공간 향상 계층에서 발생하는 추가 비트양이 얼마인지에 대한 정확한 측정이 필요하다. 표 3은 각각의 계층에 대해 적용되는 위의 두 제약 조건 하에서 영상을 부호화하기 위해 적용한 실험 조건을 나타낸다.

표 3. 성능 평가실험의 부호화 조건
 Table 3. Encoding option for performance test

부호화 조건	값
FrameRate	i60(30fps)
GOPSize	4(1bBbP)
IntraPeriod	12
IDRPeriod	12
frame/field coding	MbAff
SearchRange	8
NumberReferenceFrames	1
SymbolMode	CABAC

IV. 실험 결과 및 분석

위와 같은 실험 조건을 기반으로 본 실험에서는 다음과 같이 두 가지를 확인하기 위한 실험을 중점적으로 수행하였다.

- (i) 그림 5에서 1.5Mbps로 제한적 비트율로 부호화하는 H.264/SVC 공간 기본 계층에서 부호화 되는 SD 비

디오의 화질을 측정하고,

- (ii) 그림 5에서 MPEG-2로 12Mbps의 비트율로 부호화 되는 HD 비디오 화질과 유사한 조건에서 H.264/SVC 공간 향상 계층에서 부호화 되는 HD 비디오의 출력 비트스트림의 양을 측정한다.

이 두 가지의 실험을 분석하기 위해 JSVM 9.19^[14] 참조 소프트웨어를 사용하였다. JSVM 참조 소프트웨어로^[14]는 윌 제어 툴을 제공하지 않으므로 SD 영상 각각이 1.5Mbps의 비트율로 부호화되는 평균 QP값을 여러 실험을 반복하여 화질-비트율 곡선을 구한 후 도출하였다. 이렇게 구해진 각 영상의 QP값을 해당 SD 영상 부호화시 H.264/SVC 공간 기본 계층의 QP값으로 설정하여 2개의 공간 계층을 갖는 H.264/SVC 부호화를 수행하고 성능을 분석 하였다.

1. 공간 기본 계층에서 SD 영상 입력을 1.5Mbps의 목표 비트율로 부호화 할 때의 화질-비트율 성능 평가 및 객관적 비디오 화질 측정

그림 5에서 보는 것처럼 H.264/SVC를 이용한 지상파 다 채널 하이브리드 방송 서비스에서 지상파를 통해 전송되는

SD 영상은 1.5Mbps의 비트율로 부호화 된다. JSVM^[14] 참조 소프트웨어를 이용하여 QP값을 변화시켜가며 영상별로 목표 비트율(1.5Mbps)을 갖는 QP값을 직접 찾아 부호화 한 후 복원 영상의 화질을 분석하였다. 먼저 7개 실험 영상에 대한 화질-비트율 성능을 측정하기 위하여 총 6개의 QP에 대하여 부호화를 수행하였고 그 결과는 그림 7과 표 4에 나타내었다. 그림 7과 표 4로부터 화질-비트율 성능을 관찰한 결과 1.5Mbps에서 모든 실험 영상에 대해 평균 38.32dB의 PSNR을 갖는 복원 영상을 얻을 수가 있었다. 영상의 시공간적 복잡도 특성과 영상 내의 컴퓨터 그래픽의 사용 정도에 따라서 SD 입력 비디오 부호화 목표 비트율 1.5Mbps에 대해 최저 34.61dB 부터 최고 43.02dB까지 다양한 비디오 화질이 분포하였다. 예를 들어, Drama-2 영상은 QP가 26일 때, 평균 비트율이 1571.65kbps로 목표 비트율에 근접하였고 이때 평균 PSNR은 43.02dB로 측정되었다. Drama-2 영상은 빠른 시간적 변화가 있음에도 불구하고 다량의 컴퓨터 그래픽을 포함하고 있기 때문에 우수한 화면간 예측 성능으로 인해 가장 미미한 화질 저하가 발생하였다. 한편 Show-1 영상의 경우 QP 35에서 평균 비트율이 1500.04kbps로 목표 비트율에 근접하였고 평균 PSNR은 34.61dB를 얻을 수 있었다. Show-1 영상의 경우 화려한 무

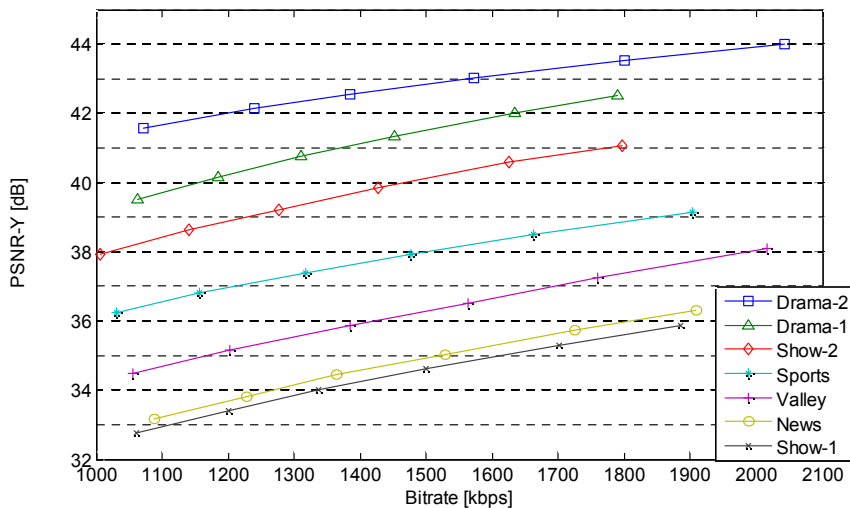


그림 7. SD 실험 영상에 대한 H.264/SVC 공간 기본 계층의 화질-비트율 성능 그래프

Fig. 7. PSNR-Bitrate performance curves of H.264/SVC spatial base layer for SD test sequences

표 4. SD 실험 영상에 대한 H.264/SVC 공간 기본 계층의 QP별 화질-비트율 성능
 Table 4. PSNR-Bitrate performance of H.264/SVC spatial base layer on SD test sequences for different QP values

영상	News					
QP	33	34	35	36	37	38
Bitrate (kbps)	1908.88	1724.09	1528.08	1362.76	1227.84	1086.74
PSNR-Y (dB)	36.31	35.72	35.03	34.44	33.79	33.15
영상	Show-1					
QP	33	34	35	36	37	38
Bitrate (kbps)	1885.48	1701.37	1500.04	1337.12	1200.10	1061.49
PSNR-Y (dB)	35.86	35.28	34.61	34.02	33.39	32.76
영상	Show-2					
QP	27	28	29	30	31	32
Bitrate (kbps)	1796.56	1625.69	1427.94	1276.46	1141.02	1006.01
PSNR-Y (dB)	41.06	40.58	39.85	39.20	38.62	37.94
영상	Valley					
QP	28	29	30	31	32	33
Bitrate (kbps)	2015.81	1759.98	1563.25	1384.20	1201.82	1055.92
PSNR-Y (dB)	38.09	37.25	36.50	35.85	35.17	34.49
영상	Drama-1					
QP	27	28	29	30	31	32
Bitrate (kbps)	1789.80	1634.07	1451.62	1309.65	1184.98	1062.45
PSNR-Y (dB)	42.52	42.02	41.35	40.75	40.16	39.51
영상	Drama-2					
QP	24	25	26	27	28	29
Bitrate (kbps)	2043.02	1799.62	1571.65	1383.90	1240.02	1072.34
PSNR-Y (dB)	44.00	43.52	43.02	42.56	42.14	41.57
영상	Sports					
QP	28	29	30	31	32	33
Bitrate (kbps)	1903.64	1662.04	1476.90	1317.20	1156.46	1031.40
PSNR-Y (dB)	39.14	38.50	37.92	37.39	36.80	36.23

대 조명과 가수 및 카메라의 많은 움직임 등으로 인해 화면 내에서 밝기 변화가 많이 발생하기 때문에 객관적 화질인 PSNR 값이 34.61dB로서 실험 영상 중 가장 낮았다.

표 5는 H.264/SVC 공간 기본 계층에서 평균 약 1.5Mbps 목표 비트율로 부호화된 각 영상에 대한 QP값과 PSNR 값을 나타낸다. 표 5에서 PSNR-Y는 휘도 신호 (Y)에 대한 PSNR 측정 값을 나타낸다. 통상적으로 30dB~40dB 정도의 PSNR 값을 갖는 비디오 영상을 중화질에서 고품질의 비디오 영상이라고 할 수 있으므로^[15] 7개의 실험영상 모두에 대해 34dB이상의 PSNR값이 관측되어 H.264/SVC 공간 기본 계층에서 1.5Mbps 목표 비트율로 부호화되는 SD 영상은 서비스 가능한 통상적인 비디오 화질을 제공한다고 할 수 있다.

표 5. SD 실험 영상별 목표 비트율 1.5Mbps 일 때의 H.264/AVC에 대한 QP 값과 화질(PSNR) 성능

Table 5. QP and PSNR values for SD test sequences when they are encoded by H.264/AVC at a target bitrate of 1.5 Mbps

영상	QP	PSNR-Y (dB)	bitrate (kbps)
News	35	35.03	1528.08
Show-1	35	34.61	1500.04
Show-2	29	39.85	1427.94
Valley	30	36.50	1563.25
Drama-1	29	41.35	1451.62
Drama-2	26	43.02	1571.65
Sports	30	37.92	1476.90
평균	-	38.32	1502.78

2. 공간 기본 계층의 1.5Mbps제한 비트율로부터 유도된 QP값에 따른 공간 향상 계층의 성능 평가

본 실험에서는 표 5에서 제시된 H.264/SVC 공간 기본 계층에서 SD 비디오 입력에 대해 1.5Mbps 목표 비트율로 (즉, 표 5에서 제시된 QP값으로 고정하여) 부호화될 때 HD 비디오 입력에 대한 H.264/SVC 향상 계층의 공간 계위성 부호화 성능을 측정한다. 기존 지상파 다채널 방송 서비스 프레임워크에서 주채널에 HD 비디오를 MPEG-2 표준 방식으로 약 12 Mbps로 부호화하여 전송하므로, 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 프레임워크에서는 광대역망으로 전송되는 H.264/SVC 공간 향상 계층의 HD 비디오를 MPEG-2 기반 12Mbps HD 부호화 비디오 스트림과 유사한 화질에서의 출력 비트율을 측정한다. 본 실험에서 MPEG-2 방식으로 HD 입력 비디오를 부호화하기 위해 MPEG-2 Test Model 5 (TM5) 참조 소프트웨어와 H.264/SVC 공간 향상 계층 방식으로 HD 입력 비디오를 부호화하기 위해 JSVM^[14] 참조 소프트웨어를 사용하였다.

표 6은 MPEG-2 TM 5.0 참조 소프트웨어를 이용하여 HD영상을 12Mbps 목표비트율로 부호화했을 때 평균 PSNR-Y 값을 나타낸다. 표 6에서 보듯이, MPEG-2 TM 5

참조 소프트웨어를 이용하여 12Mbps 목표비트율로 부호화할 때 평균 PSNR-Y 값이 31.1dB부터 40.8dB까지 다양하게 분포하는 것을 알 수 있다.

표 6. 실험 영상별 12Mbps 목표비트율의 MPEG-2 부호화 시의 PSNR-Y 값
Table 6. PSNR-Y values for HD test sequences encoded at a target bitrate of 12Mbps using MPEG-2 TM 5.0

영상	PSNR-Y
News	31.4
Show-1	31.1
Show-2	36.9
Valley	33.8
Drama-1	40.8
Drama-2	38.7
Sports	31.7
평균	34.9

이 결과는 표 5에서와 마찬가지로 영상의 특성에 따라 영상의 압축 효율이 달라지고 따라서 복원 영상의 PSNR이 다르기 때문이다. H.264/SVC의 부호화 성능을 확인하기 위해서, 주어진 각 실험 영상별로 SD 비디오 입력에 대해 H.264/SVC 공간 기본 계층은 약 1.5Mbps 비트율을 출력하

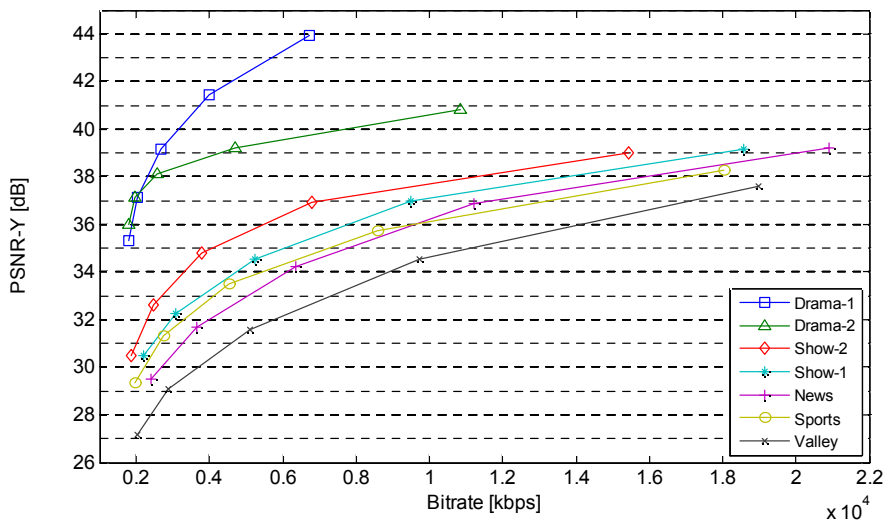


그림 8 . HD 실험 영상별 H.264/SVC 공간 향상 계층 화질-비트율 성능 그래프
Fig. 8. PSNR-Bitrate performance curves for H.264/SVC spatial enhancement layer for HD test sequences

는 표 5의 QP 값으로 적용하고, SD 비디오 입력에 대한 H.264/SVC 공간 향상 계층에 대해서는 표 6의 PSNR-Y 수준의 화질을 출력하는 QP 값을 찾기 위해 각 입력 영상 별로 5개의 QP 값에 대해 PSNR과 출력 비트율을 측정하였다.

그림 8과 표 7은 실험 영상에 대해 2개의 공간 계층 구조를 갖는 H.264/SVC 향상 계층에서의 PSNR 성능 특성 곡선을 나타낸다. 표 7과 그림 8에서 나타난 화질-비트율 성

능을 관찰하면 표 6에 나타난 영상별 목표 PSNR값에 대응하는 HD 영상을 제공하기 위해서 H.264/SVC 공간 향상 계층의 평균 출력 비트율은 약 3.01Mbps로 측정되었다. 이는 방송망이 아닌 광대역망으로 추가적으로 전송되어 TV 단말에서 복원되는 HD 영상 부호화 데이터이다. 이렇게 하이브리드 고품질 방송 서비스를 위해 광대역망을 통해 추가적으로 제공되는 HD 영상 비트스트림은 최소 690kbps에서 최대 8.15Mbps로 크게 차이난다는 것을 알

표 7. QP값에 따른 HD 실험 영상별 H.264/SVC 공간 향상 계층 화질-비트율 성능

Table 7. PSNR-Bitrate performance of H.264/SVC spatial enhancement layer for HD test sequences for different QP values

영상	News					
계층	공간기본계층	공간향상계층				
QP	35	27	32	37	42	47
Bitrate (kbps)	1545.98	20901.39	11225.74	6365.17	3656.95	2408.71
PSNR-Y (dB)	34.96	39.23	36.85	34.25	31.69	29.50
영상	Show-1					
계층	공간기본계층	공간향상계층				
QP	35	27	32	37	42	47
Bitrate (kbps)	1512.26	18581.77	9489.47	5247.78	3077.07	2202.86
PSNR-Y (dB)	34.50	39.14	36.97	34.54	32.24	30.50
영상	Show-2					
계층	공간기본계층	공간향상계층				
QP	29	27	32	37	42	47
Bitrate (kbps)	1432.34	15431.46	6799.16	3779.75	2467.49	1873.80
PSNR-Y (dB)	39.84	39.01	36.92	34.80	32.61	30.50
영상	Valley					
계층	공간기본계층	공간향상계층				
QP	30	27	32	37	42	47
Bitrate (kbps)	1567.59	18982.06	9720.05	5089.34	2873.74	2016.03
PSNR-Y (dB)	36.49	37.62	34.54	31.60	29.08	27.19
영상	Drama-1					
계층	공간기본계층	공간향상계층				
QP	29	27	32	37	42	47
Bitrate (kbps)	1450.99	6734.92	3988.01	2655.53	2034.74	1785.98
PSNR-Y (dB)	41.30	43.92	41.43	39.14	37.13	35.32
영상	Drama-2					
계층	공간기본계층	공간향상계층				
QP	26	27	32	37	42	47
Bitrate (kbps)	1588.55	10835.51	4690.48	2561.79	1953.52	1789.52
PSNR-Y (dB)	42.94	40.82	39.23	38.11	37.14	36.00
영상	Sports					
계층	공간기본계층	공간향상계층				
QP	30	27	32	37	42	47
Bitrate (kbps)	1473.52	18027.33	8589.10	4526.17	2729.03	1965.85
PSNR-Y (dB)	37.89	38.27	35.74	33.48	31.33	29.35

수 있다. 이러한 HD 영상 추가 비트율은 Show-1 영상에 대해 690.60kbps로서 가장 적게 발생되었다. Show-1 영상은 표 6에서 볼 수 있듯이 MPEG-2를 이용하여 12Mbps로 부호화될 때 복원영상으로부터 얻을 수 있는 PSNR이 7개의 실험 영상 중 가장 낮은 값을 갖기 때문이다. 또한 이 Show-1 영상에서 주목할 만한 사실은 유사한 PSNR값을 갖는 MPEG-2복원 영상과 H.264/SVC 복원영상이 서로 다른 열화의 양상을 보였다는 점이다.

그림 9는 Show-1 HD 영상에 대한 H.264/SVC 공간 향상 계층에서의 복원영상과 MPEG-2 복원영상을 비교한 그림이다. 그림 9의 (a)와 (b)는 각각 복원영상의 전체화면을 나타내며 H.264/SVC 복원영상이 29.5dB, MPEG-2 복원영상이 29.2dB로 측정되었다. 그림 9의 (c)와 (d)는 각각 (a)와 (b)의 동일한 얼굴 영역 한 부분을 확대한 영상이다. 그림 9의 (c)와 (d)에서 볼 수 있듯이 MPEG-2 복원영상의 경우 주로 블록화 현상이 많이 발생하며 화질이 열화되는 형태를 보였고 H.264/SVC 공간 향상 계층 복원영상은 블록화 현상보다는 화면의 세부 특징(Details)이 흐릿해지는(Blurring) 현상으로 인해 화질이 열화 되는 양상을 보였다. 한편 8.15Mbps의 비트율이 필요한 Valley 영상의 경우 더 높은 PSNR 값을 갖는 Drama-1과 Drama-2에 대한 H.264/SVC 공간 향상 계층에서의 복원 영상 보다 오히려 높은 출력 비트율이 발생하였다. 이는 Valley 영상이 잔잔한 물결로

인한 많은 복잡한 국부 움직임 특징을 가지고 있고, 이로 인해 화면간 예측 부호화 성능이 저하되기 때문인 것으로 판단된다. 한편 Drama-1과 Drama-2에 대한 H.264/SVC 공간 향상 계층 복원 영상이 높은 PSNR 값을 가짐에도 불구하고 낮은 비트율로 부호화 될 수 있는 이유는 H.264/SVC 공간 기본 계층에서 40dB이상의 높은 PSNR 값으로 부호화 되었으며 컴퓨터 그래픽 영상의 특성상 계층간 예측 부호화가 우수하게 수행되기 때문으로 분석된다. News 영상에서는 주목할 만한 현상이 발견되었는데 MPEG-2 복원 영상과 H.264/SVC 공간 향상 계층 복원 영상의 평균 PSNR 값이 유사하지만 프레임의 시간적 구간 별로 화질이 서로 다른 것을 확인하였다. 그 이유는 이 영상의 초반부에 복잡도가 상당히 높지만 후반부에는 복잡도가 급격히 감소하기 때문이다.율 제어 방식으로 부호화된 MPEG-2 복원 영상은 복잡도가 낮은 후반부에서 상대적으로 우수한 화질을 보인 반면에, 비트율 제어를 지원하지 않는 JSVM^[14] 참조 소프트웨어를 이용함에 있어 고 정 QP 값을 사용하여 부호화한 H.264/SVC 공간 향상 계층 복원 영상은 영상이 복잡한 초반부에서 상대적으로 우수한 화질을 보였다.

표 8은 실험 영상별로 H.264/SVC 공간 기본 계층에 대해 1.5Mbps의 목표 비트율로 부호화를 수행하고, H.264/SVC 공간 향상 계층에 대해 표 6에 나타난 MPEG-2 복원

표 8. 1.5Mbps의 공간 기본 계층과 MPEG-2 12Mbps에서 부호화된 HD 복원 영상과 유사 화질에서의 H.264/SVC 공간 향상 계층의 화질-비트율 성능
 Table 8. PSNR-Bitrate performances of H.264/SVC spatial enhancement layer for HD test sequences when their corresponding SD test sequences are encoded in the spatial base layer at 1.5 Mbps bitrate and at similar PSNR values of the encoded HD test sequences by MPEG-2 with a target bitrate of 12 Mbps

영상	공간기본계층			공간향상계층			공간향상계층 추가분
	QP	PSNR-Y(dB)	Bitrates(kbps)	QP	PSNR-Y(dB)	Bitrates(kbps)	Bitrates (kbps)
News	35	34.96	1545.98	42	31.69	3656.95	2111.00
Show-1	35	34.50	1512.26	47	30.50	2202.86	690.60
Show-2	29	39.84	1432.34	32	36.92	6799.16	5366.80
Valley	30	36.49	1567.59	32	34.54	9720.05	8152.50
Drama-1	29	41.30	1450.99	32	41.43	3988.01	2537.00
Drama-2	26	42.94	1588.55	37	38.11	2561.79	973.24
Sports	30	37.89	1473.52	42	31.33	2729.03	1255.50
평균	-	38.27	1510.18	-	34.93	4522.55	3012.38

영상과 유사한 PSNR 값으로 부호화될 때의 부호화 화질-비트율 성능을 정리한 표이다. 표 8을 통해 IV장 1절과 2절에서 수행한 실험의 결과를 요약하면, SD 입력 영상에 대해 H.264/SVC 공간 기본 계층이 목표 비트율 1.5Mbps로 부호화될 때, 평균 PSNR 값이 38.27dB로 측정되었다. 중화질에서 고품질 비디오의 PSNR이 30dB~40dB의 범위에 있는 것을 고려하면 이는 일반적으로 중급 이상의 객관적

화질을 제공한다고 할 수 있다^[15]. 한편 주채널로 제공되는 평균 12Mbps의 MPEG-2로 부호화된 영상은 7개의 실험영상에 대해 평균 34.9dB 수준의 객관적 화질을 얻을 수 있었다. 방송망의 가상채널로 제공되는 SD 영상 부호화 비트스트림을 기반으로 HD 입력 영상에 대해 MPEG-2 부호화 영상의 유사한 화질로 H.264/SVC 공간 향상 계층으로 부호화할 때, 3.01Mbps의 평균 출력 비트율이 발생하였고 이와



(a) H.264/SVC, PSNR=29.5dB



(b) MPEG-2, PSNR=29.2dB



(c) H.264/SVC 확대



(d) MPEG-2 확대

그림 9. H.264/SVC 공간 향상 계층과 MPEG-2의 HD 복원 영상

Fig. 9. Reconstructed HD images for H.264/SVC spatial enhancement layer and MPEG-2

같은 비트율은 국내의 광대역망에서 서비스되기 충분한 수준으로 예상된다.

V. 결 론

비디오 압축 부호화 성능이 크게 발전함에 따라 지상파 방송 서비스에서 하나의 6MHz 주파수 대역 내에서 다채널 방송 서비스가 가능하였다. 본 논문에서는 기존의 지상파 다채널 방송 서비스 프레임워크와 역방향 호환성을 제공하는 H.264/SVC 기반 지상파 다채널 하이브리드 고품질 방송 서비스 프레임워크를 제안하고 H.264/SVC 부호화 성능 실험 수행과 이를 분석한 결과를 제시하였다. 이를 위해 H.264/SVC 기본 계층과 향상 계층의 공간 계위 부호화 구조를 기반으로 SD와 HD 비디오 부호화에 대한 화질-율 성능 실험 및 분석을 수행하였다. 실험을 통해 H.264/SVC 공간 기본 계층에서 1.5Mbps의 비트율로 부호화되는 SD 영상에서는 평균 38.32dB의 객관적 화질이 얻어졌고 영상의 특성에 따라 34.50dB에서 42.94dB까지 다양한 PSNR값을 확인할 수 있었다. SD 영상에 대해 1.5Mbps 목표 비트율로 부호화되는 H.264/SVC 공간 기본 계층을 기반으로 하는 H.264/SVC 공간 향상 계층에서의 HD 영상 부호화에 대해서는 12Mbps 비트율의 MPEG-2 복호 영상과 유사한 화질 수준에서 평균 3.01Mbps 출력 비트율을 나타내었다. 실험 영상에 따라 최소 약 690kbps에서 최대 약 8.1Mbps의 출력 비트율로 광대역망을 통해 전송함으로써 역방향 호환성을 제공하면서 지상파망과 광대역망을 동시에 이용한 하이브리드 고품질 HD 방송 서비스의 가능성을 실험을 통해 제시하였다.

참 고 문 헌

- [1] P. N. Tudor, "MPEG-2 video compression," *ELECTRONICS & COMMUNICATION ENGINEERING JOURNAL*, vol 7, issue 6, pp. 257-264, Dec. 1995.
- [2] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard and A. Luthara, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," *IEEE Trans. Circuits Sys. Video Technol.*, vol. 13, no. 7, pp 560-576, July 2003.
- [3] H. Schwarz and D. Marpe, "Overview of the Scalable Video coding Extension of the H.264/AVC Standard," *IEEE Trans. Circuits Sys. Video Technol.*, vol. 17, no. 9, pp. 1103-1120, Sep. 2007.
- [4] B. Bross, W. -J. Han, G. J. Sullivan, J.-R. Ohm and T. Wiegand, "High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification - Draft 6," Joint Collaborative Team on Video Coding of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, JCTVC-H1003, San Jose, USA, Feb. 2012.
- [5] TTA, "지상파 디지털 TV방송 송수신 정합", TTA.KO-07.0014/R3, 2010, 12.
- [6] 이창형, 고우종, 김서중, 류인환, 진신우, 정재우, 김성태, "지상파 DTV 활성화를 위한 서비스 모델 연구", 방송문화진흥회, 2008.
- [7] <http://news.kbs.co.kr/culture/2012/03/17/2451491.html>.
- [8] 정두남, "지상파 디지털방송 멀티 모드 서비스(MMS) 도입에 관한 연구", 한국방송광고공사 광고진흥국, p.129, 2007.
- [9] M. Wien, H. Schwarz and T. Oelbaum, "Performance Analysis of SVC," *IEEE Trans. Circuits Sys. Video Technol.*, vol. 17, no. 9, pp. 1194-1203, Sep. 2007.
- [10] X. Li, P. Amon, A. Hutter and A. Kaup, "Performance Analysis of Inter-Layer Prediction in Scalable Video Coding," *IEEE Trans. Broadcast.*, vol. 57, no. 1, pp. 66-74, Mar. 2011.
- [11] Advanced Television Systems Committee (ATSC), "ATSC Digital Television Standard: Part 4 - MPEG-2 Video System Characteristics," Document A/53 Part 4:2009, Aug. 2009.
- [12] J. Vieron, V. Bottreau and E. Francois, "Inter-layer prediction for interlace/progressive SVC," *JVT-S018*, Apr. 2006.
- [13] E. Francois, J. Vieron and V. Bottreau, "Interlaced Coding in SVC," *IEEE Trans. Circuits Sys. Video Technol.*, vol. 17, no. 9, pp. 1136-1148, Sep. 2007.
- [14] H.264 SVC Reference Software (JSVM 9.19) and Manual CVS server, JVT, June 2011[Online] - Available: garcon.ient.rwth-aachen.de.
- [15] Y. Wang, Y. Wang, "Survey of Objective Video Quality Measurements," Technical Report WPI-CS-TR-06-02, EMC Corporation Hopkinton, MA 01748, USA, 2006.

저 자 소 개



김 대 은

- 2011년 2월 : 고려대학교 전기전자전파공학부
- 2011년 9월 ~ 현재: 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 비디오 부호화



이 범 식

- 2000년 8월 : 고려대학교 전기전자전파공학부
- 2006년 8월 : 한국과학기술원 정보통신공학과 석사
- 2012년 2월 : 한국과학기술원 정보통신공학과 박사
- 2000년 9월 ~ 2003년 9월 : (주) 기산텔레콤
- 2012년 2월 ~ 현재 : 한국과학기술원 정보전자연구소 박사후 연구원
- 주관심분야 : 초고해상도 비디오 부호화, 울-왜곡 모델링, 비디오 율제어, 인지기반 비디오 부호화, 영상처리



김 문 철

- 1989년 02월 : 경북대학교 전자공학과
- 1992년 12월 : University of Florida, Dept. of Electrical & Computer Engineering, 석사
- 1996년 08월 : University of Florida, Dept. of Electrical & Computer Engineering, 박사
- 1997년 01월 ~ 2001년 1월 : 한국전자통신연구원, 선임연구원
- 2001년 02월 ~ 2009년 2월 : 한국정보통신대학교 공학부 조교수/부교수
- 2009년 03월 ~ 현재 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 부교수
- 주관심분야 : 영상신호처리, 비디오 부호화, 패턴인식, 통계적 기계 학습



김 병 선

- 1994년 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1996년 : 경북대학교 전자공학과 석사
- 1996년 ~ 현재 : KBS 기술연구소 수석연구원
- 주관심분야 : 3DTV, UHDTV, 하이브리드 TV, 비디오 부호화



함 상 진

- 1996년 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1998년 : 연세대학교 전자공학과 석사
- 2001년 ~ 현재 : KBS 기술연구소 선임연구원
- 주관심분야 : 비디오 부호화, UHDTV, 3DTV, 하이브리드 실감방송

저 자 소 개



이 근 식

- 1985년 : 서울대학교 제어계측공학과 학사
- 1987년 : 서울대학교 제어계측공학과 석사
- 1988년 ~ 현재 : KBS 기술연구소 수석연구원
- 주관심분야 : 3DTV, UHDTV, 하이브리드 실감방송, 비디오 부호화