

IP 네트워크 전송에 적합한 효율적인 SVC 전송 기법

정회원 이 석 한*, 김 현 필*, 정 하 영*, 이 용 석**

An Efficient SVC Transmission Method in an IP Network

Suk Han Lee*, Hyun-Pil Kim*, Ha-Young Jeong*, Yong-Surk Lee** *Regular Members*

요 약

네트워크 환경의 발달과 함께 멀티미디어 스트리밍 서비스를 지원하는 다양한 멀티미디어 장치가 개발되고 있다. 이러한 환경 아래서 서로 다른 단말에 IP 네트워크를 통해 TV 화상을 인코딩하여 전송하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있다. 여러 방식 중에 SVC(Scalable Video Coding)는 현재 일반적으로 사용되고 있는 AVC(Advanced Video Coding)보다 네트워크 채널 용량 측면에서 보다 효율적인 방식이라고 연구되고 있다. 하지만 SVC 방식은 AVC에 비해 10 ~ 30% 정도의 오버헤드를 가지기 때문에, 같은 비디오 품질을 보장하기 위해서 현재의 방식 보다 높은 비트율(bit-rate)이 필요하다는 단점을 안고 있다. 기존의 SVC에 대한 연구에서는 AVC와 SVC를 네트워크의 채널 용량 관점에서 비교하였고, 두 비디오 압축 방식을 전송하는 방법에 대해 두 가지 방식으로 모델링 하였다. 각 방식에서 SVC의 채널 용량이 약 16 ~ 20 %정도 더 좋지만 현재 네트워크 환경의 한계로 인해 효율성이 떨어질 수밖에 없다고 결론지었다.

본 논문에서는 기존 네트워크 라우터에 EDE(Extraction Decision Engine) 및 SVC 추출기를 집적하여 성능을 향상시킬 수 있는 새로운 SVC 전송 네트워크 프레임워크를 제안하고, 참고 논문에서 모델링한 두 방식과의 정량적인 비교로 네트워크 구조를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 구조는 현재 사용되는 AVC방식에 비해 최대 50%의 채널 용량 감소를 보임을 확인하였다.

Key Words : Networks, SVC, IPTV

ABSTRACT

Over recent years, the development of multimedia devices has meant that a wider multimedia streaming service can be supported, and there are now many ways in which TV channels can communicate with different terminals. Generally, scalable video streaming is known to provide more efficient channel capacity than simulcast video streaming. Simulcast video streaming requires a large network bandwidth for all resolutions, but scalable video streaming needs only one flow for all resolutions. On the contrary, to preserve the same video quality, SVC(Scalable Video Coding) needs a higher bit-rate than AVC(non-layered Video Coding) due to the coding penalty(10%~30%). In previous research, scalable video streaming has been compared with simulcast video streaming for network channel capacity, in two -user simulation environments. The simulation results show that the channel capacity of SVC is 16%~20% smaller than AVC, but scalable video streaming is not efficient because of the limit of the present network framework. In this paper, we propose a new network framework with a new router using EDE(Extraction Decision Engine) and SVC Extractor to improve network performance. In addition, we compare the SVC environment in the proposed framework with previous research on the same way subject. The proposed network framework shows a channel capacity 50%(maximum) lower than that found in previous research studies.

* 본 연구는 정보통신 진흥원 과제로 한국정보통신연구원(ETRI,2009-8-0569)과 연세대학교 산학협력단의 지원 및 관리로 수행 되었습니다.

* 연세대학교 전기전자 공학과 프로세서 연구실({shlee, hpkim, hyjeong}@mpu.yonsei.ac.kr)

** 연세대학교 전기전자 공학과 정교수(yonglee@yonsei.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-12-565, 접수일자 : 2008년 12월 27일, 최종논문접수일자 : 2009년 3월 17일

I. 서 론

현재 방송통신 융합은 IP 네트워크를 중심으로 기존의 모든 종류의 서비스가 공급될 수 있도록 인프라의 기반이 이동하고 있다. 이러한 IP 네트워크 통방융합 인프라에서 가장 중요한 서비스로 비디오 전송을 들 수 있다. 전통적으로 TV방송을 기반으로 하여 발전되어 온 비디오 콘텐츠는 통방 융합 서비스의 가장 핵심적인 전달정보로써, 인터넷으로 제공되는 VOD 및 무선 화상통화 등으로 발전되어 제공되고 있다. 다양한 종류의 물리 전송 계층이 IP 기반 프로토콜로 통합되는 통방융합 환경에서는 이러한 비디오 콘텐츠를 전송받는 물리 전송 환경의 종류나(대역폭, 전송오류특성, QoS 보장성 등) 비디오 콘텐츠를 소비하는 단말의 종류는(단말 화면의 크기, 해상도, 단말의 처리능력, 액세스 네트워크 속도 등) 매우 다양해 질 수밖에 없다. 따라서 이러한 환경에서는 다양한 종류의 물리 전송 및 단말 소비 환경에 적응적으로 비디오 콘텐츠를 제공할 수 있어야 한다^[1].

유/무선 통신 및 방송망이 혼재하는 통방 융합 환경에서의 방송 서비스는 동일한 상위 응용 계층을 통해 방송 서비스가 제공되나 각 하부 인프라의 종류(Fiber, Cable, LAN, WLAN, WiBro, HSDPA)가 광범위하므로 각각의 망별로 가지는 특성, 즉 서로 다른 전송 대역폭과 전송특성에 맞추어 전송이 가능해야 한다. 또한, 인프라의 종류뿐만 아니라 각각의 인프라에서 사용되는 단말 역시 기존의 TV 및 셋탑 박스에서 벗어나 데스크톱 및 노트북 컴퓨터, PDA 등으로 대표되는 이동 데이터 단말, 핸드폰과 같은 이동 통신 단말 등 다양한 종류를 가지게 되며 각각의 단말 성능, 즉 해상도, 전송속도, 처리능력 등의 이종 단말 환경을 수용하여 각 단말별 특성에 적합한 방송 서비스를 제공할 수 있어야 한다.

결과적으로 다양한 인프라와 다양한 단말이 혼재하는 상황의 IP 기반 인프라에서는 End-to-End 사이의 고정된 대역폭 지원이 쉽지 않으며, 각 이종 인프라의 혼재에 따라 인프라별, 또는 단말별 전송에러 특성의 변화폭이 매우 크다. 따라서 안정적인 끊기지 않는(seamless) 서비스의 제공이 필수적인 방송 서비스에서는 단대단 품질보장을 위한 기술이 필수적이며 특히 서비스 제공 중의 대역폭의 변화에 실시간으로 적응 가능한 방송 서비스 기술이 필요하다.

전송 및 소비 환경 측면에서, 과거에는 전송망이

고정된 처리율(through-put)을 가지며 패킷의 전송 성공 혹은 실패와 같은 이분법의 확립된 정책으로 일관되었기 때문에, 비트율을 세밀히 변화시키면서 전송망의 상황에 맞춘 서비스가 요구되지 않았으며, 사용자가 고정된 위치에서 TV 혹은 PC를 이용하여 비디오를 시청하였기 때문에 실시간으로 적응이 가능한 기술이 필요하지 않았다.

최근에 이러한 기술적 요구사항을 만족할 수 있는 확장성(scalability)을 제공하기 위한 비디오 부호화 방식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이는 비트스트림(bit-stream)에서 임의의 부분을 제거함으로써 공간적, 시간적 혹은 화질적 변경을 지원할 수 있기 때문에 멀티미디어의 전송 및 소비 환경 적응을 위한 매력적인 해결책 중의 하나로 부각되고 있다. 비디오 부호화에 있어서 확장성 제공을 위한 기존 부호화 표준은 MPEG-2[2], H.263[3] 그리고 MPEG-4 part 2 Visual[4][5]까지 계층 부호화에 기반을 둔 여러 차례의 시도가 있었다. 하지만 이들은 하나의 계층으로 부호화하는 기존 압축 부호화 기법에 비해 부호화 효율이 낮고, 여러 종류의 확장성을 종합적으로 지원하지 못하는 취약점이 있었다. 하지만 단점을 해결하면서 실시간 비디오 전송에서의 다양한 scalability를 지원하기 위해 현재 ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG)과 ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG)의 Joint Video Team (JVT)은 Scalable Video Coding (SVC)[6]-[10] 표준화를 H.264/MPEG-4 AVC [9]의 수정판(Amendment)으로 진행하고 있다.

하지만 Peng Chen의 논문에서, 현재의 네트워크 구조에서는 SVC가 AVC에 비하여 비효율적인 것을 보여주고 있다[11]. 본 논문에서는 SVC를 효율적으로 전송할 수 있는 플로우 기반의 네트워크 구조를 제안하며, Z.Avrarova의 논문[12]에서 분석에 사용했던 모델링 기법을 적용하여 제안된 네트워크 구조의 효율성을 증명한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다.

2장에서는 Zipf 분산을 사용하여 정의한 현재의 네트워크 구조에 대하여 설명한다. AVC와 SVC의 각 사용자 시청 환경 별 해상도, 채널의 개수에 따른 환경을 Zipf 분산을 통해 가정한다. 그리고 AVC와 SVC의 요구되는 채널 용량을 계산하여 가우시안 추정을 사용하여 시뮬레이션 하는 과정에 대하여 설명한다. 3장에서는 제안된 네트워크 구조를 설명하고, 4장에서는 각 사용자 시청 환경에서 SVC가 가지는 비트율 오버헤드, 채널의 개수, Zipf

분산 파라미터, 시청자의 수의 변화에 따른 채널 용량의 변화에 대한 실험 결과를 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 이론

2.1 기본 환경

본 논문은 Z.Avrarova의 논문과 마찬가지로 N개의 이중의 멀티미디어 단말기가 있는 IPTV 네트워크 환경을 기본으로, 각 사용자는 K개의 채널을 제공받는다. 각 채널을 시청하게 될 채널 별 우선순위를 결정하기 위해 일반적으로 널리 사용되는 Zipf 분산 환경을 사용했다.

$R_{avc,l}$ 은 특정 해상도를 사용하여 simulcast(AVC)로 전송할 때 필요한 비트율을 뜻한다. 사용자가 시청할 수 있는 해상도는 QCIF, CIF, SDTV, HDTV 등 총 4개로 가정했고, 필요한 비트율 $R_{avc,l}$ 은 각 해상도별로 요구되는 값인 0.128Mbps, 0.384Mbps, 1.5Mbps, 6Mbps로 정하였다. 같은 방식으로 $R_{svc,l}$ 은 특정 해상도로 SVC 방식으로 전송할 때 필요한 비트율을 의미한다.

M.Wien이나 I. Amonou의 논문에 의하면, SVC와 AVC로 압축된 비디오 콘텐츠가 같은 품질을 가지기 위해서는 SVC로 인코딩하였을 경우 데이터에 약간의 오버헤드가 있다고 한다^{[13],[14]}. 그래서 SVC 비디오 콘텐츠는 AVC 환경보다 높은 비트율이 필요하게 되는데, 관련 식은 (1)과 같다.

$$R_{svc,1} = R_{avc,1}$$

$$R_{svc,l} = R_{avc,1} + \sum_{i=2}^l (R_{avc,i} - R_{avc,i-1})(1+\epsilon), \quad l > 1 \quad (1)$$

여기서, ϵ 은 SVC가 AVC와 같은 품질을 갖기 위해 요구되는 오버헤드(penalty)를 의미하며, 현재 구현상으로는 10%정도까지 낮추는 것이 가능하다고 하지만[15], 실제로 프레이밍 이동이 많은 화상의 경우에는 일반적으로 20~30% 정도의 오버헤드가 존재한다.

2.2 채널 용량

본 논문에서 해상도 l 로 K 채널을 시청하는 사용자로, 랜덤 변수인 $n_{k,l}$ ($1 \leq k \leq K, 1 \leq l \leq L$)을 가정했다. 사용자는 l 해상도로 K개의 채널을 시청할 수 있다. 이 때 AVC로 코딩된 비디오 데이터가 simulcast로 전송된다면 네트워크에 요구되는 채널용량은 식 (2)와 같다.

$$C_{avc} = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{avc,l} 1_{(n_{k,l} > 0)} \quad (2)$$

즉, 해상도 l 로 채널 k 를 시청할 경우가 발생할 때만 해당 데이터가 필요로 하는 비트율이 누적되어 더해진다. 반면 SVC로 압축된 데이터가 전송된다면, 특정 해상도 l 보다 작은 해상도의 데이터는 전송될 필요가 없기 때문에 채널용량은 식(3)과 같이 된다.

$$C_{svc} = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{svc,l} 1_{(n_{k,L}=0, n_{k,L-1}=0, \dots, n_{k,l+1}=0, n_{k,l} > 0)} \quad (3)$$

2.3 사용자 시청 환경

Z.Avrarova의 논문에서 두 가지의 사용자 시청 환경을 정의했다. 사용자 환경 1에서, 모든 사용자는 오직 하나의 해상도만 지원하는 단말기를 사용하여 비디오 콘텐츠를 시청한다. 즉, 한 사용자는 각 채널에서 하나의 해상도만 시청할 수 있다. 그와 달리 사용자 환경 2는 모든 사용자가 해당 채널에서 제공하는 모든 해상도 중에서 그들이 시청하기를 원하는 채널 및 해상도를 무작위로 선택하여 시청할 수 있다.

Z.Avrarova의 논문에서와 같은 방법으로 본 논문의 두 사용자 시청 환경에서, TV 채널은 사용자의 성향에 따라 요청받는 서로 다른 π_1, \dots, π_K 의 독립된 확률을 가지게 된다. 이 확률은 각 채널별 인기도를 의미하며, Zipf 분산으로 각 채널별 인기도를 모델링 했으며, 만약 k 번째 인기 있는 채널이 있다고 한다면 해당 채널은 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\pi_k = dk^{-\alpha}, \quad \text{for } k = 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

여기서 α 는 Zipf 분산의 파라미터이고 d 는 확률의 총합을 1로 만들어 주는 정규화 변수이다. 따라서 두 사용자 시청 환경에서, l 해상도와 k 채널을 시청하는 난수 $n_{1,l}, n_{2,l}, \dots, n_{K,l}$ 의 pgf(probability generating function)는 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$F(z_{k,l}; \forall k, l) = E[\prod_{k=1}^K \prod_{l=1}^L z_{k,l}^{n_{k,l}}] \quad (6)$$

2.4 현재의 네트워크 구조

SVC는 원래 저장된 영상을 다른 해상도나 품질로 보기 위해 개발된 압축 방식이다. 하지만 SVC의 가장 큰 특징인 확장성(scalability)이 네트워크를 통해 전송된 영상을 보기위한 가장 좋은 특성으로

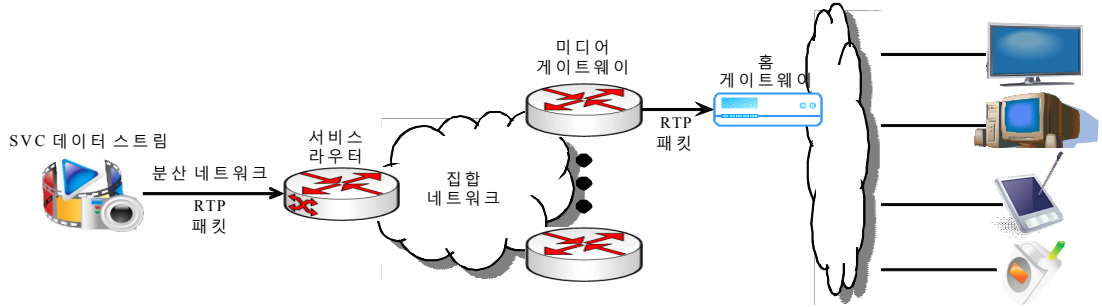


그림 1. 현재 SVC 전송 구조의 모식도

인식되면서 현재 네트워크상에서 SVC를 보내는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 Peng Chen 등이 쓴 논문은 SVC를 네트워크를 통해 전송하는 최초의 논문으로 그림 1와 같은 구조를 가지고 있다¹¹⁾.

하지만 이 구조는 SVC 데이터로부터 NAL 유닛을 만드는 추출기가 서버 쪽에 위치하고 있기 때문에 단말과 서버의 거리가 멀 경우 급변하는 네트워크 상태를 합리적으로 반영하기 어렵다는 단점이 있다. 그리고 단말의 요구에 따라 다른 해상도, 프레임 율, SNR을 가지는 NAL 유닛을 따로 전송하기 때문에 네트워크 자원을 낭비한다는 단점도 가지고 있다. 또한, 네트워크 정보를 바탕으로 SVC NAL 유닛을 만들 때 시간적 정보만으로 만들기 때문에 공간적 정보나 SNR 정보는 전송 제어에서 제외되었다는 한계를 가지고 있다.

Z.Avrarova의 논문에서 모델링된 각 사용자 환경은, 사용자 시청 환경 1에서, 사용자 N_i 의 각 그룹은 고정된 해상도 그룹 L 집합 중의 하나인 해상도 l 을 지원하는 단말기를 가지고 있다. 따라서 l 집합에 속한 사용자(N_i)는 l 해상도의 데이터만 받을 수 있고, N_i 의 총합은 N 과 같다. 따라서 서로 다른 해상도를 가진 사용자가 K 개의 채널을 중복해서 시청하는 경우의 수는 $\prod_{l=1}^L \binom{K+N_i}{K}$ 이 된다. 이것을 식(5)에 적용해 pgf으로 나타내면 식(6)과 같다.

$$F(z_{k,l}; \forall k, l) = \prod_{l=1}^L [1 - a_l + a_l \sum_{k=1}^K \pi_k z_{k,l}]^{N_i} \quad (6)$$

여기서 활성 등급 a_l 은 사용자가 해당 해상도의 채널을 시청할 확률을 의미하고, l 해상도로 결정된 그룹의 사용자는 모두 같은 활성 등급 a_l 을 가지는 것으로 가정했다.

시청 환경 2는 시청 환경 1과는 달리 모든 사용

자가 해상도를 마음대로 선택할 수 있다. 그래서 시청 환경 2에서는 사용자가 해상도 그룹으로 나뉘져 있지 않는 대신 사용자가 해상도를 선택할 확률인 b_i 이 추가된다. 따라서 이 경우는 서로 다른 사용자가 해상도 l 과 채널 k 를 중복해서 시청하는 경우이므로 $\binom{N+KL}{KL}$ 이 된다. 이것을 식 (6)과 같은 방법으로 식(5)에 적용하면, 시청 환경 2의 pgf는 식(7)이 된다.

$$F(z_{k,l}; \forall k, l) = [1 - a_l + a_l \sum_{k=1}^K \pi_k \sum_{l=1}^L b_l z_{k,l}]^N \quad (7)$$

III. 제안하는 네트워크 구조

그림 1의 현재 네트워크 구조는 SVC로 코딩된 데이터의 확장성을 최적으로 활용할 수 없는 구조이다. 예를 들어 그림 2의 (a)에서처럼 어느 한 TV 채널에 대해 사용자가 l_1, l_2, l_3, l_4 순으로 시청한다면, 전송되는 데이터는 SVC로 코딩되었으므로, l_4 데이터가 전송될 경우 l_1, l_2, l_3 데이터는 전송될 필요가 없다. 하지만 현재의 네트워크 구조에서는 l_4 데이터가 요청될 때까지 이전의 시청 요청이 있는 해상도에 대한 데이터들이 전송된다. 이러한 데이터들은 이 시점에서 필요 없는 잉여 데이터가 된다.

본 논문에서 제안하는 그림 3의 네트워크 구조는 미디어 게이트웨이의 라우터가 SVC 데이터를 제어할 수 있는 EDE(Extraction Decision Engine)와

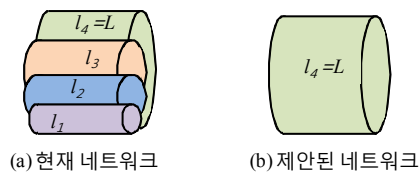


그림 2. 제안된 SVC 전송방식과 이전 방식 비교

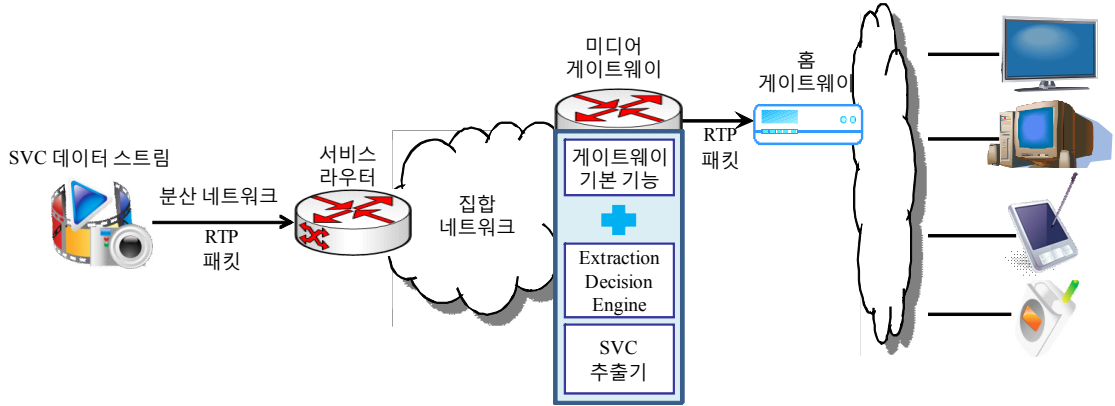


그림 3. 제안하는 네트워크 구조

SVC E추출기를 가지고 있다. 따라서 해당 채널의 시청 요청이 발생할 경우 무조건 최대의 해상도를 가지는 L 데이터만 전송한다. 그리고 작은 해상도의 l 에 해당하는 요청에 대해서는 라우터에서 해상도 L 데이터 중에서 l 데이터만큼을 추출해서 전송한다. 이 경우, 그림 2의 (b)와 같이 (a)의 l_1, l_2, l_3 데이터를 전송하지 않게 되어 채널 용량을 크게 절약할 수 있다.

시청 환경 1은 서로 다른 해상도를, 사용자가 K 개의 채널을 중복하여 시청하는 확률이다. 하지만 본 논문에서 제안한 구조에서는 적어도 하나의 해상도가 요구되면 해당 채널의 최대 해상도의 SVC 데이터를 전송한다. 따라서 제안된 구조에서 시청 환경 1의 사용자가 채널을 시청할 확률은 식(8)과 같다.

$$\Pr_{prop_1} = \Pr_{user1} \times \prod_{k=1}^K (1 - \Pr[n_{k,1} = 0, \dots, n_{k,L} = 0]). \quad (8)$$

(여기서 $\Pr_{user1,2}$ 는 기존의 시청 환경 1,2에서 사용자가 채널을 시청할 확률을 의미한다.) 반면 시청 환경 2에서는 각 해상도 별로 선택할 확률이 정해져 있다. 따라서 사용자가 채널을 시청할 확률은 식(9)와 같다.

$$\Pr_{prop_2} = \Pr_{user2} \times \prod_{k=1}^K (1 - \sum_{l=1}^L b_l \Pr[n_{k,l} = 0]) \quad (9)$$

IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

실험을 위해 MATLAB을 사용하여 계산한 환경을 모델링하여, 가우시안 추정을 사용하여 모델링하였다. 실제 환경을 구축한 시뮬레이션 결과와, 가우시안 추정을 사용한 시뮬레이션 결과가 거의 동

일하기 때문에^[12], pgf를 통해서 평균(E[C])값과 표준편차(σ)를 구해, CCDF(Complementary Cumulative Probability Distribution Function)를 통해 각 채널 용량에서의 방송 에러율을 계산하였다. 이를 방송 가능한 최저 에러율을 통과하는 경우에, 그 해당 채널 용량을 검출하여 각 사용자 시청 환경 및 AVC, SVC, 제안한 네트워크 구조 아래서 SVC에 대한 그래프로 나타내었다. 이를 위해 제안한 방식의 가우시안 추정을 적용하면 식 (2), (3)을 다음과 같이 적용할 수 있다. AVC 환경의 경우

$$E[C_{avc}] = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{avc,l} \Pr[n_{k,l} > 0] \quad (10)$$

$$E[C_{avc}^2] = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{avc,l}^2 \Pr[n_{k,l} > 0] + \sum_{k_1=1}^K \sum_{k_2=1}^K \sum_{l_1=1}^L \sum_{l_2=1}^L 1_{(k_1,l_1) \neq (k_2,l_2)} R_{avc,l_1} R_{avc,l_2} \Pr[n_{k_1,l_1} > 0, n_{k_2,l_2} > 0] \quad (11)$$

이고, SVC인 경우

$$E[C_{svc}] = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{svc,l} A_{k,l} \quad (12)$$

$$E[C_{svc}^2] = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{svc,l}^2 A_{k,l} + \sum_{k_1=1}^K \sum_{k_2=1}^K \sum_{l_1=1}^L \sum_{l_2=1}^L 1_{k_1 \neq k_2} R_{svc,l_1} R_{svc,l_2} B_{k_1,l_1,k_2,l_2} \quad (13)$$

이다. 여기서 $A_{k,l}$ 와 $B_{k,l}$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} A_{k,l} &= \Pr[n_{k,L} = 0, n_{k,L-1} = 0, \dots, n_{k,l+1} = 0, n_{k,l} > 0] \\ &= \Pr[n_{k,L} = 0, n_{k,L-1} = 0, \dots, n_{k,l+1} = 0] - \\ &\quad \Pr[n_{k,L} = 0, n_{k,L-1} = 0, \dots, n_{k,l+1} = 0, n_{k,l} = 0] \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned}
 B_{k_1, l_1, k_2, l_2} &= \Pr \left[\begin{array}{l} n_{k_1, L} = 0, \dots, n_{k_1, l_1 + 1} = 0, n_{k_1, l_1} > 0 \\ n_{k_2, L} = 0, \dots, n_{k_2, l_2 + 1} = 0, n_{k_2, l_2} > 0 \end{array} \right] \quad (15) \\
 &= \Pr \left[\begin{array}{l} n_{k_1, L} = 0, \dots, n_{k_1, l_1 + 1} = 0 \\ n_{k_2, L} = 0, \dots, n_{k_2, l_2 + 1} = 0 \end{array} \right] \\
 &\quad - \Pr \left[\begin{array}{l} n_{k_1, L} = 0, \dots, n_{k_1, l_1 + 1} = 0, n_{k_1, l_1} = 0 \\ n_{k_2, L} = 0, \dots, n_{k_2, l_2 + 1} = 0 \end{array} \right] \\
 &\quad - \Pr \left[\begin{array}{l} n_{k_1, L} = 0, \dots, n_{k_1, l_1 + 1} = 0 \\ n_{k_2, L} = 0, \dots, n_{k_2, l_2 + 1} = 0, n_{k_2, l_2} = 0 \end{array} \right] \\
 &\quad + \Pr \left[\begin{array}{l} n_{k_1, L} = 0, \dots, n_{k_1, l_1 + 1} = 0, n_{k_1, l_1} = 0 \\ n_{k_2, L} = 0, \dots, n_{k_2, l_2 + 1} = 0, n_{k_2, l_2} = 0 \end{array} \right]
 \end{aligned}$$

4.1 SVC 전송 오버헤드(ε)에 따른 결과 분석

그림 4는 방송 에러율 $P_{unav}=10^{-4}$, 시청 가능한 TV 채널의 개수 $K=300$, 활성 등급 $a=0.6$, 사용자의 수 $N=1000$, (사용자 시청 환경 1의 경우, $N_1=N_2=N_3=N_4=250$), 사용자 시청 환경 2에서 사용되는 각 해상도별 선택 확률은 $b_l=\{0.1 \ 0.3 \ 0.5 \ 0.1\}$ 으로 정하고, 각 시청 환경에서의 코딩 오버헤드의 변화에 따른 필요한 채널 용량의 도표이다. 비교 논문인 Z.Avramova의 논문에서는 ε의 한계가 계산상으로는 0.3426 정도가 나오지만 시뮬레이션

결과 시청 환경 1에서는 0.1667, 시청 환경 2에서는 0.2008된다.

하지만 본 논문에서 제안한 네트워크 구조에서는 시뮬레이션 결과, 시청 환경 1에서는 코딩 오버헤드가 2배가 되어도 AVC의 필요 채널 용량보다 낮은 값을 요구하고, 시청 환경 2에서는 ε=0.6이 되면 AVC와 같은 채널 용량을 요구하게 된다. 따라서 본 구조를 사용하여 SVC 비디오 데이터를 전송할 경우 코딩 오버헤드로 인해 필요한 비트율이 60% 이상 나빠져도 라우터에서의 채널 용량은 현재의 AVC 수준으로 유지할 수 있다.

4.2 채널수에 대한 실험 결과

그림 5는 기존의 네트워크 구조에서의 AVC, SVC 데이터를 전송한 경우와 제안된 네트워크 구조에서 SVC 데이터를 전송했을 때 사용자 시청 환경 1,2에서 시청 가능한 TV 채널의 수가 증가할 때 요구되는 채널 용량의 변화를 도표로 보여준다. 그림 5에서, 시청 환경 1인 도표 (a)에서 볼 수 있듯이, 채널의 수가 약 700개인 지점에서 SVC가 요

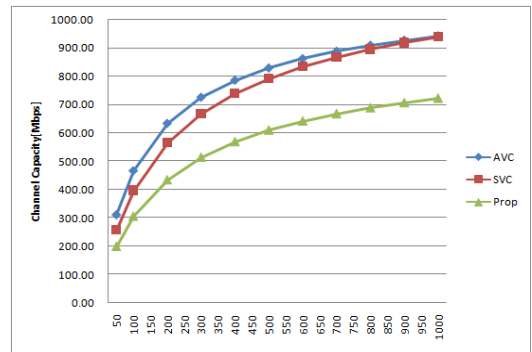
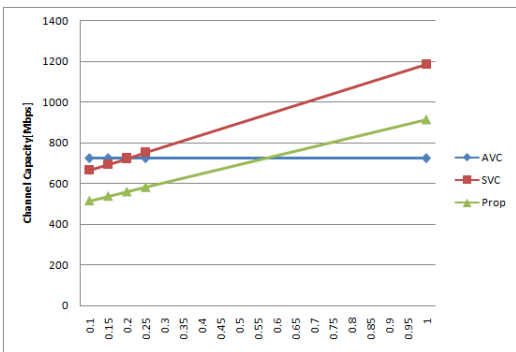
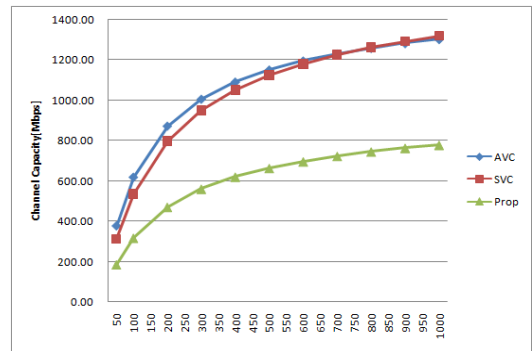
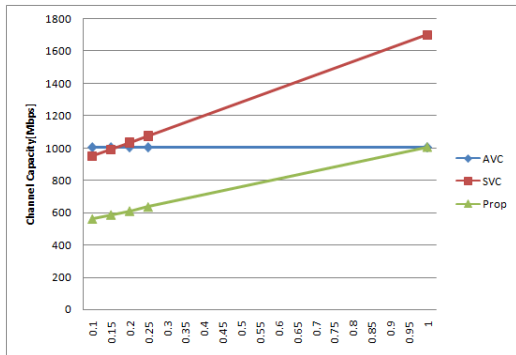


그림 4. 그림 4. AVC, SVC 및 제안된 네트워크 구조에서의 실험 결과, 실험조건 (Punav=10⁻⁴, L=4, K=300, α=0.6, N₁=N₂=N₃=N₄=250(상), N=1000(하), a₁=a₂=a₃=a₄=0.8(상), a=0.8(하), b_l={0.1 0.3 0.5 0.1}(하), R_{avc,l}={0.128 0.384, 1.5 6}Mbps)

그림 5. AVC, SVC 및 제안된 네트워크 구조에서의 실험 결과, 실험조건(Punav=10⁻⁴, L=4, α=0.6, N₁=N₂=N₃=N₄=250(상), N=1000(하), a₁=a₂=a₃=a₄=0.8(상), a=0.8(하), b_l={0.1 0.3 0.5 0.1}(하), R_{avc,l}={0.128 0.384, 1.5 6}Mbps)

구하는 채널 용량이 AVC의 채널 용량을 증가하기 시작하고, 시청 환경 2에서는 채널 개수가 1000에 가까울수록 SVC가 요구하는 채널 용량이 AVC가 요구하는 값과의 격차를 줄여가는 것을 알 수 있다.

이런 현상은 식 (10)과 (12)를 가지고 설명할 수 있다. 식(10)은 AVC로 전송될 확률이고, 식(12)는 SVC로 전송될 확률로 자세하게 풀어쓰면 식(14)와 같다. 두 식으로부터, 시청 가능한 TV 채널의 수가 증가할수록 식(10)과 식(12)의 사용자가 시청할 확률은 같이짐을 알 수 있다. 즉,

$\Pr [n_{k,l} > 0] \cong \Pr [n_{k,L} = 0, \dots, n_{k,l+1} = 0, n_{k,l} > 0]$ 이 된다. 하지만 SVC가 요구하는 비트율이 코딩 오버헤드로 인해 AVC의 비트율보다 10~30%정도 높기 때문에, K가 증가할수록 SVC의 필요 채널 용량이 AVC의 값을 넘어서게 된다.

하지만 본 논문에서 제안한 네트워크 구조를 이용해 SVC 데이터를 전송할 경우에는 기존의 네트워크 구조보다 훨씬 더 적은 채널 용량을 요구하게 된다. 이것은 최대 해상도로 전송한 후 작은 해상도는 추출하여 라우터에서 재전송하는 구조임으로, 최대의 해상도를 요구하는 사용자만 데이터를 요청한 것과 같아지게 된다. 따라서 K가 증가할수록 필요 채널 용량은 시청 환경 1의 경우

$$R_{s_{vc,L}} N_L K d \prod_{k=1}^K k^{-\alpha} a_L \quad (16)$$

에 수렴하고 시청 환경 2의 경우에는

$$R_{s_{vc,L}} N K d \prod_{k=1}^K k^{-\alpha} a (1 - \Pr [b_1 = 0, \dots, b_L = 0]) \quad (17)$$

에 수렴하게 된다.

4.3 Zipf 분산 변수 α 에 의한 실험 결과

Zipf 분산 변수 α 는 사용자들의 TV 시청 성향을 나타내는 척도이다. 즉, α 값이 크면 클수록 사용자들 이 같은 채널을 볼 확률이 높다는 의미가 된다. 따라서 기존 방식의 AVC, SVC뿐만 아니라 본 논문에서 제안한 구조에서도 α 값이 크면 필요 채널 용량은 낮아져야 한다. 그림 6은 각 시청 환경별로 기존 방식과 본 논문에서 제안한 방식에서 α 값의 변화에 따른 채널 용량 요구량의 변화를 보여주는 시뮬레이션 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 각 시청 환경에서 채널 용량은 예상한 것과 같이 α 값이 증가할수록 필요로 하는 채널 용량이 낮아짐을 확인할 수 있다.

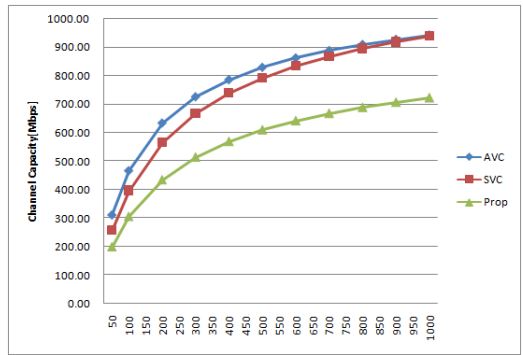
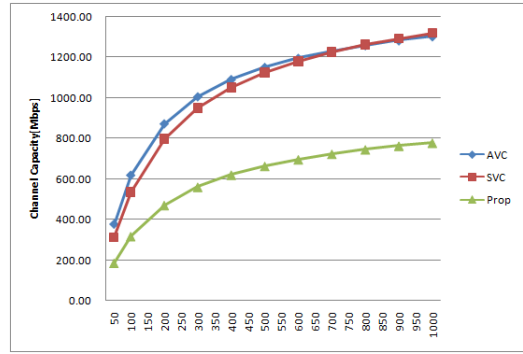


그림 6. AVC, SVC 및 제안된 네트워크 구조에서의 실험 결과, 실험조건(Punav=10-4, L=4, K=300, $\alpha=0.6$, N1=N2=N3=N4=250(상), N=1000(하), Ravc,l={0.128 0.384, 1.5 6}Mbps, a1=a2=a3=a4=0.8(상), a=0.8(하), bl={0.1 0.3 0.5 0.1}(하))

4.4 사용자 수 N에 따른 실험 결과

마지막으로 이번 절에서는 TV를 시청자 수의 변화에 따른 각 시청 환경별로 현재와 제안하는 네트워크 구조에서의 채널 용량을 분석한다. 그림 7은 TV를 시청자수를 20000명(시청 환경 1에서는 $N_1=N_2=N_3=N_4=5000$)까지 증가시켰을 때의 실험 결과이다. 그림 7에서 볼 수 있듯이 각 시청 환경별 AVC, SVC, 및 제안된 것 모두 특정 값 이상에서는 포화 값을 가짐을 확인할 수 있다. 이는 가우시안 추정을 사용하는 것의 한계점으로, 실제로 사용되는 값을 계산하는 것이 아니라, 평균 및 분산으로 채널 용량을 추정함에 따라 발생하는 현상이다.

V. 결론

Z.Avrarova의 논문에서 언급한 대로 현재 네트워크 구조에서 SVC로 코딩된 비디오 데이터를 분산 네트워크에 전송 하는 것은 AVC로 전송 하는 것에 비해 그다지 좋은 성능을 발휘하지 못한다. 이는 SVC가 인코딩 과정에서 AVC와 같은 성능의

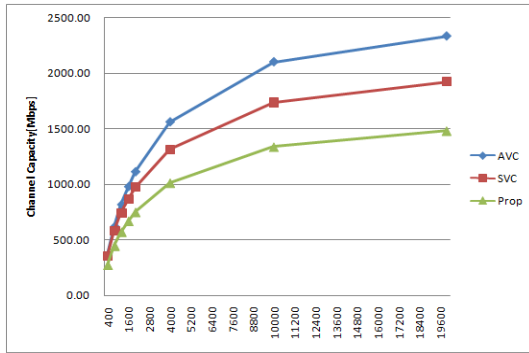
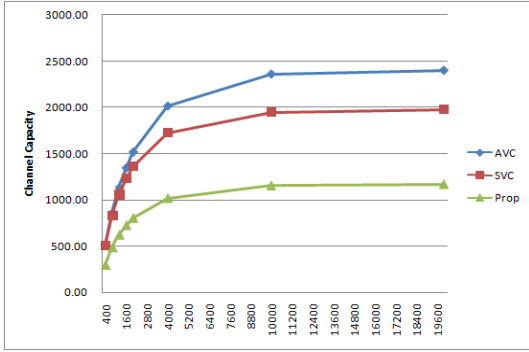


그림 7. AVC, SVC 및 제안된 네트워크 구조에서의 실험 결과, 실험조건(Punav=10-4, L=4, K=300, $\alpha=0.6$, $N1=N2=N3=N4=N/4$ (상), $a1=a2=a3=a4=0.8$ (상), $a=0.8$ (하), $bl=\{0.1\ 0.3\ 0.5\ 0.1\}$ (하), $Ravc,l=\{0.128\ 0.384,\ 1.5\ 6\}$ Mbps)

영상을 얻기 위해 더 높은 비트율을 요구하기 때문인데, 이 높은 비트율 때문에 채널 용량이 높게 나타나기 때문이다.

하지만 현재 네트워크 구조는 SVC의 확장성을 최적으로 만족시켜줄 수 없는 구조기 때문에 그런 결과가 나왔다는 점에 착안하여, 본 논문에서는 SVC로 코딩된 데이터를 분산 네트워크에 최적으로 전송 할 수 있는 네트워크 구조를 제안하고, 실험하였다.

본 논문에서 제안한 네트워크 구조가 SVC로 인코딩된 데이터를 전송하기에 적합하지 실험하기 위해 Z.Avramova의 논문 에서 사용한 모델링 기법을 차용하였다. 그래서 사용자 환경을 서로 다른 해상도를 가진 N_i 명의 사용자들이 K 개의 TV 채널을 중복해서 시청하는 경우(시청 환경 1)와 무작위로 해상도를 선택하여 N 명의 사용자들이 K 개의 TV 채널을 중복해서 시청하는 경우(시청 환경 2)로 나누어서 모델링하였다.

실험 결과는 본 논문에서 제안한 네트워크 구조를 사용하여 SVC를 전송할 경우 시청 환경 1에서

는 AVC로 전송했을 때 필요한 채널 용량보다 약 40~50% 정도 작은 채널 용량이 필요하고 시청 환경 2에서는 약 30~40%정도 채널 용량이 필요하게 된다는 것을 확인 하였다. 이것은 SVC가 그다지 효율적이 못할지도 모른다는 인식을 바꿀 수 있는 연구 성과라고 생각한다. 아울러 SVC를 효율적으로 사용하기위해서 본 논문에서 제안한 구조는 현재 네트워크 라우터에 EDE(Extraction Decision Engine) 및 SVC 추출기능만 추가하면 되는 것이기에 실험 가능성도 높다고 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] 배성준, “통방융합 유비쿼터스 콘텐츠 서비스 기술 표준 동향”, HN FOCUS vol.12
- [2] ITU-T and ISO/IEC JTC1, “Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information - Part 2: Video,” ITU-T Recommendation H.262 ISO/IEC 13818-2 (MPEG-2), 1994.
- [3] ITU-T, “Video coding for low bit rate communication,” ITU-T Recommendation H.263, Version 1: Nov. 1995, Version 2: Jan. 1998, Version 3: Nov. 2000.
- [4] W. Li, “Overview of Fine Granularity Scalability in MPEG-4 Video Standard,” IEEE Trans. on Circuit System and Video Technology. vol. 11, no. 3, pp. 301-317, Mar. 2001.
- [5] ISO/IEC 14496-2, “Information technology- Coding of audio-visual objects - part 2: Visual”, International Standard, second edition, December 2001.
- [6] ITU-T document, “Joint Draft 10 of SVC Amendment,” Joint Video Team JVT-W201, JVT 23nd meeting, San Jose, USA, April 2007.
- [7] ITU-T document, “Proposed modifications for Joint Scalable Video Model,” Joint Video Team JVT-W202, JVT 23nd meeting, San Jose, USA, April 2007.
- [8] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, “Overview of the scalable extension of the H.264/MPEG-4 AVC video coding standard,” Joint Video Team, doc. JVT-U145, Hangzhou, China, October, 2006.
- [9] ITU-T and ISO/IEC JTC 1, “Advanced video

coding for generic audiovisual services,” ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10 (MPEG4-AVC), Version 1: May 2003, Version 2: Jan. 2004, Version 3: Sep. 2004, Version 4: July 2005.

- [10] IETF rfc 1889
- [11] Peng Chen etc., “A network - adaptive SVC Streaming Architecture”, 2, 2007, ICACT 2007
- [12] Z.Avramova, etc., “Comparison of Simulacast and Scalable Video Coding in Terms of the Required Capacity in an IPTV Network”, Packet Video 2007, 12-13 Nov. 2007, Lausanne, Switzerland
- [13] M.Wien, H. Schwarz, T. Oelbaum, “Performance analysis of SVC”, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 17, no.9, pp. 1194-1203, 2007
- [14] I. Amonou, N. Cammas, S. Kervadec and S. Pateux, V. Bottreau, E. Francois, J.Vierou, “On SVC profile A”, Joint Video Team of ITU-T VCEG and ISO/IEC MPEG, Doc. JVT-V056, Marrakech, Morocco, January 2007
- [15] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N6880 “Applications and requirements for scalable video coding”, JVT document, Hongkong, China, January 2005.

이 석 한 (Suk Han Lee)

정회원



2007년 2월 연세대학교 전기전
자공학과학사
2009년 2월 연세대학교 전기전
자공학과 석사
2009년 3월~현재 삼성 테크윈
<관심분야> 프로세서, SVC,
SoC, 영상처리

김 현 필 (Hyun-pil Kim)

정회원



2005년 2월 연세대학교 전자공
학과 학사
2005년 9월~현재 연세대학교 전
기전자공학과 석박사통합과정
<관심분야> 프로세서, SVC, ASIC,
SoC, 영상처리

정 하 영 (Ha-young Jeong)

정회원



2003년 2월 중앙대학교 전자공
학과 학사
2005년 2월 연세대학교 전자공
학과 석사
2005년 3월~현재 연세대학교
전기전자공학과 박사과정
<관심분야> 영상처리, 마이크로

프로세서, SoC

이 용 석 (Yong-Surk Lee)

정회원



1973년 2월 연세대학교 전기공
학과 학사
1977년 2월 University of
Michigan, Ann Arbor 석사
1981년 2월 University of
Michigan, Ann Arbor 박사
1993년~현재 연세대학교 전기

전자공학과 교수

<관심분야> 마이크로프로세서, 네트워크 프로세서,
암호화 프로세서, SoC