

대규모 네트워크 환경에서의 SVC 멀티미디어 방송 서비스

이형옥*, 고휘*, 남지승*
*전남대학교 전자컴퓨터공학과
e-mail:narcis@freechal.com

SVC Multimedia Broadcast Service in Large-scale Network

Hyung-Ok Lee*, Gao Hui*, Ji-Seung Nam*
*Dept of Electronic and Computer Engineering, Chonnam National
University

요 약

최근 유무선망의 통합과 통방 융합으로 기존의 방송국 사업자들을 통한 일률적이고 획일적인 서비스 제공 및 소비에서 4A(Any-time, Any-where, Any-device, Any-contents)서비스를 위한 차세대 멀티미디어 방송 서비스에 대한 연구가 진행되고 있다. 이러한 차세대 멀티미디어 방송 서비스에 대한 요구를 보장하기 위해서 비디오 압축 부호화 기술뿐만 아니라 이동성, 다양한 디바이스의 연상능력, 사용자 네트워크의 특성 및 성능과 조건 등의 상태, 사용자 선호도 등에 대한 상황인지 기반의 기술연구에 대한 관심이 모아졌다.

본 논문에서는 현재의 인터넷 환경에서 SVC(Scalable Video Coding)부호화를 이용하여 멀티캐스트와 오버레이 멀티캐스트 전송기술을 혼합한 방송 서비스를 설계함으로써 효율적인 상황인지 기반의 SVC 멀티미디어 방송 시스템을 제안한다.

1. 서론

기존의 IPTV에서는 초고속 유선망(FTTH)에서 폐쇄된 형태로 서비스됐다. 그러나 근래의 유무선 망의 통합, 초고속 네트워크 기술의 발전과 보급 그리고 통방 융합 인프라의 등장으로 다양하고 개방적인 멀티미디어 서비스로 활성화되고 있다. 비디오 압축 코덱의 표준은 기존의 압축 부호화 기술만을 개발하던 시기와 달리 네트워크 친화적으로 발전하고 있으며 이는 기존의 아날로그에서 더욱 선명하고 다양한 정보를 담은 디지털 방송으로, 2D에서 2D/3D 복합 다차원 방송으로 변화하게 하였다. 또한, 최근 스마트 기술의 발전으로 서비스 제공자는 사용자들에게 적응적 기술을 적용한 새로운 패러다임의 서비스를 제공하게 되었다.

현재 멀티미디어 비디오 서비스에서 널리 쓰이고 있는 비디오 부호화 기술은 고정된 영상포맷(fixed format)과 비트율(bit-rates)로 압축 및 전송하는 단일 계층 압출 부호화 방식이다. 이는 근래의 변화된 환경에서 시변의 전송 조건, 망의 특성, 이동성, 사용자 선호도, 그리고 다양한 디바이스의 성능 등의 조건들에 모두 적합하도록 부호화하기 어렵기 때문에 사용자에게 고품질의 비디오를 실시간으로 보장할 수 없다. 이러한 서비스를 보장하기 위해서

는 다양한 네트워크와 콘텐츠의 특성, 사용자 선호도, 사용자 이동성, 디바이스의 다양성들을 고려한 상황인지 적응적 멀티미디어 서비스가 제공되어야 한다. 그동안 포맷 및 비트율을 적응시키기 위한 변환부호화(transcoding)[1]나 비트량변환(transrating) 방식 등이 연구됐다. 하지만, 이 방식들은 제한된 범위에서의 영상 형식 및 비트율의 변경 폭이 좁고 높은 복잡도를 유발함으로써 실제 시간 적용이 요구되는 서비스 환경에서 널리 쓰이지 못하고 있다. 결국, 비디오 부호화에 있어서 스케일러빌리티 기능을 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 스케일러빌리티를 종합적으로 지원하지 못하는 취약점이 있었다. 전송 및 소비 환경 측면에서 과거에는 전송망이 고정된 처리율(through-put)을 가지며 패킷의 성공 혹은 실패와 같은 이분법의 확립된 정책으로 일관되었기 때문에 비트율을 세밀히 변화시키면서 전송망의 상황에 맞춘 서비스가 요구되지 않았으며 사용자가 고정된 위치에서 서비스를 이용하였기 때문에 공간적인 스케일러빌리티를 제공하는 이 표준들이 산업적으

로 성공을 거두지 못하였다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 최근 현재 가장 효율적 부호화인 H.264/AVC에 스케일러빌리티를 제공하기 위한 비디오 부호화 방식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 스케일러빌리티는 한 비트스트림(bit-stream)에서 임의의 부분을 제거함으로써 공간적, 시간적, 화질적 변경을 지원할 수 있기 때문에 멀티미디어의 전송 및 소비 환경 적응을 위한 매력적인 해결책 중의 하나이다.

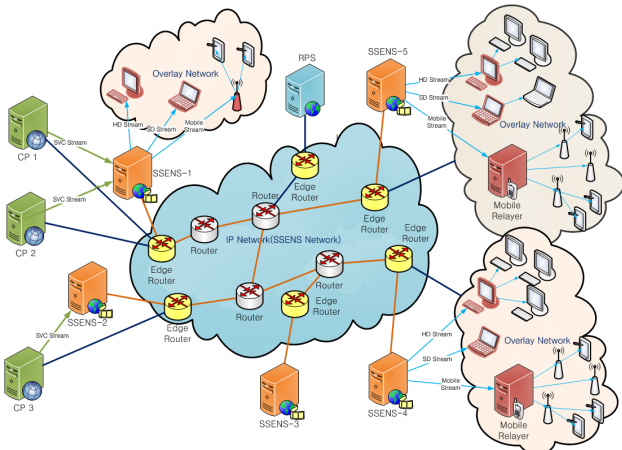
근래의 비약적인 통신, 방송 기술의 발전으로 비디오 부호화에서의 스케일러빌리티의 현실적 필요성이 점점 절실하게 되었으며 과거 취약점을 해결하면서 실시간 비디오 전송에서의 다양한 스케일러빌리티를 지원하기 위해 SVC(Scalable Video Coding)를 표준화하였다. SVC(Scalable Video Coding)는 다양한 통신망과 단말에 대응하여 동영상 정보의 양을 적절히 조정 및 전송하기 위해 ITU-T VCEG와 ISO/IEC MPEG의 JVT(Joint Video Team)에서 동영상 압축 표준으로 승인되어 채택된 국제 동영상 압축 표준이다[6]. 이는 HD(High-definition), SD(Standard-definition), CIF와 같은 모바일 급의 영상을 효율적으로 압축하여 사용자의 디바이스에 적합한 비트율과 해상도를 제공할 수 있다.

본 논문에서는 유무선 인터넷 통합망에서의 차세대 멀티미디어 방송 서비스를 위한 네트워크의 특성, 사용자 이동성 및 선호도, 디바이스의 다양성 등의 상황인지를 통한 QoS(Quality of Service)가 보장된 대규모 네트워크 환경에서의 SVC 멀티미디어 방송 서비스를 설계하였다.

본 논문의 2장에서는 SVC 멀티미디어 방송에 적합한 네트워크 서비스를 제안하였고 3장에서는 제안한 방송 서비스의 효율성을 시뮬레이션 하였다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

2. SVC 멀티미디어 방송 서비스

시스템의 서비스 시나리오는 아래 그림 1과 같다.



(그림 1) 제안 시스템 서비스 시나리오

시스템은 크게 콘텐츠 제공자인 CP(Content Provider), 서비스 관리 서버인 RPS(Rendezvous Point Server), CP가 제공하는 채널을 전송하는 SSENS(SVC Stream Exchange Network Server) 그리고 다양한 디바이스의 사용자로 구성된다. CP는 콘텐츠 제공자로서 다양한 입력방식을 통하여 스트림을 입력받아 SVC Encoder로 스트림을 제공한다. 이때 자신이 제공할 채널을 RP서버에 등록함으로써 서비스를 방송을 시작하게 된다. RP서버는 방송 서비스를 관리하는데 CP, SSENS, 시청자를 위한 정보들을 수집하고 제공한다. SSENS는 방송 서비스 제공자가 관리하게 되는데 이는 고성능의 서버 혹은 Router와 같은 네트워크 장비에 Embedded 된다. 서비스 제공자는 SSENS를 백본망과 같은 고효율의 네트워크에 위치하여야 한다. 또한 SSENS는 RP에 의하여 관리되어지며 멀티캐스트 라우팅을 통하여 경로를 설정한다. SSENS의 기능은 CP로부터 SVC 비트 스트림을 받아서 다른 SSENS에 Routing하거나 Extraction을 안정적이고 지속적으로 실시간 수행하게 된다. Extraction 된 각각의 스트림은 상황인지 된 시청자에게 전달하여 고품질의 서비스를 제공한다. 시청자들은 자신의 디바이스 환경과 연결된 SSENS와의 네트워크 상황을 판단하여 수신할 채널의 SVC스트림의 Layer를 선택한다. 이후 정보들을 RP서버에 전송하고 원하는 채널의 Extraction된 Layer 스트림을 SSENS로부터 수신하고 재생한다. 또한 오버레이 멀티캐스트 전송기법을 적용하여 같은 채널의 Layer를 수신하는 시청자에게 전송받은 스트림을 전달하여 오버레이 네트워크를 구성하게 된다.

3. 시뮬레이션 결과 및 분석

본 논문에서는 유무선 인터넷 통합망에서의 차세대 멀티미디어 방송 서비스를 위한 네트워크의 특성, 사용자 이동성 및 선호도, 디바이스의 다양성 등의 상황인지를 통한 QoS(Quality of Service)가 보장된 대규모 네트워크 환경에서의 SVC 멀티미디어 방송 서비스를 설계하였다.

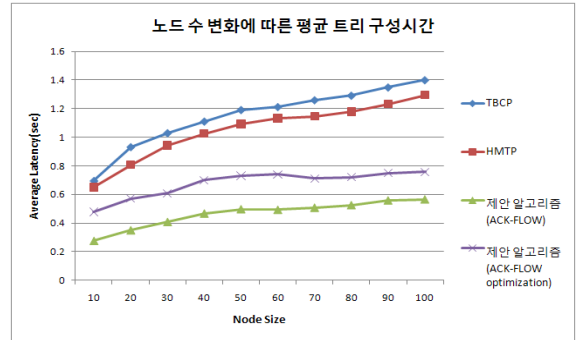
SVC(Scalable Video coding)는 일반적으로 AVC(Advanced Video Coding)보다 네트워크의 채널 용량 측면에서 10~30%정도의 오버헤드가 발생한다고 한다. 이는 가장 효율적인 부호화의 경우 AVC 부호화보다 10%의 오버헤드가 발생하고 일반적으로 20~30%의 오버헤드가 발생한다고 한다. 따라서 같은 품질의 비디오 스트림을 보장하기 위해서는 보다 높은 비트율이 필요하다는 단점을 가지고 있다[7].

제안하는 네트워크 구조에서는 SVC스트림을 효율적으로 전송함으로써 다양한 디바이스가 존재하는 현재의 IP 네트워크에서 단말에 적합한 비디오 스트림을 전송하는데 적합하도록 설계하였다. H.264/AVC의 각 스트림의 해상도와 비트율은 CIF(0.256Mbps), SDTV(2Mbps), HDTV(8Mbps)와 같다.

simulcast란 simultaneous와 broadcast의 합성어로서 1개의 채널을 다중 비트율 스트림으로 전송하여 다양한 단말기에서 방송을 시청할 수 있도록 하는 전송 방식을 의미한다. simulcast의 경우 AVC스트림을 다중 비트율로 부호화하여 스트림 전송을 하기 때문에 전송하고자하는 layer들의 총 비트율의 합이 서비스하는 전체 전송률이 된다. 다음과 같이 $R_{sim,l}$ 은 L번째의 layer스트림의 전송률을 의미하고 $C_{sim} = \sum_{l=1}^n R_{sim,l}$ 와 같이 각 비트율의 총합이 전체 전송률이 된다.

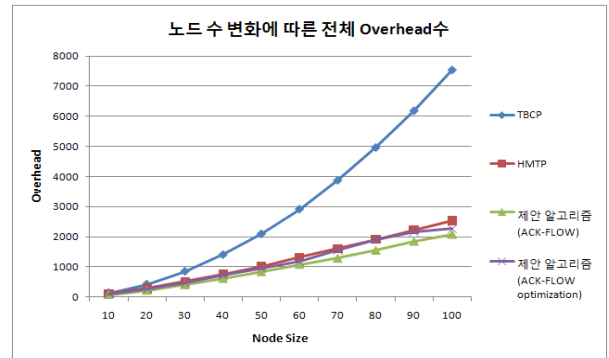
SVC스트림은 기본계층(base layer)에서 최상위 향상계층(Enhancement layer)까지의 L개의 layer로 부호화하여 스트림 전송할 경우 전송률은 $R_{svc,l}$ 와 같다. 다중 비트율의 layer를 전송할 경우 최고 비트율의 영상에 α 만큼의 오버헤드가 발생하기 때문에 $C_{svc} = R_{sim,1}(1 + \alpha)$ 만큼의 전송률이 필요하게 된다. 일반적으로 SVC스트림의 경우 단일 AVC스트림보다 10~30%의 오버헤드가 발생하여 요구되는 네트워크의 전송률은 SVC가 더욱 많다. 단일 layer의 스트림 전송은 기존의 AVC스트림 전송보다 SVC 스트림 전송이 encoding, decoding, extraction에 소모되는 시간뿐만 아니라 네트워크 자원사용에도 비효율적이다. 하지만, 다중 layer와 다수의 채널을 서비스할 경우에 AVC 스트림 전송보다 SVC스트림 전송이 보다 효율적이게 된다. 또한, 본 논문에서 제안하였듯이 IP 멀티캐스트와 오버레이 멀티캐스트를 혼합하여 서비스를 제공할 경우 기존의 네트워크에서도 서비스를 효율적으로 할 수 있다는 장점이 있다. 결국, simulcast 방식과 SVC 방식은 채널의 수가 증가함에 따라서 전체 네트워크에 요구되는 전송률의 대역폭은 더욱 큰 차이가 발생하게 된다. 이는 상황인지 기반 적응적 멀티미디어 방송 서비스에서 최대효율의 SVC 부호화를 이용한 서비스가 더욱 효율적임을 알 수 있다.

오버레이 네트워크는 기존의 트리기반 오버레이 멀티캐스트 방식과 제안한 ACK-Flow 트리 최적화 방식을 비교하였다. 모델의 성능을 평가하기 위해 GT-ITM을 이용하여 연결 대역폭을 10Mbps로 최대 1000개의 노드를 가진 네트워크 토폴로지를 구성하였다. 구성된 토폴로지를 통해 ns-2 네트워크 시뮬레이터를 사용하여 동일한 환경에서 테스트 하였다. 첫 번째와 두 번째 결과는 하나의 노드가 가질 수 있는 자식노드의수(Out-degree)는 3으로 하였고 참가노드 수를 10에서 100개의 노드까지 10씩 증가하며 그룹에 참가시켰을 때 트리 구성시간과 오버헤드 수를 보여준다. 세 번째 결과는 100개의 노드를 참여시킬 때 자식노드의 값(Out-degree)을 2에서 5까지 변화시켜 테스트 하였다. 각각의 테스트는 기존의 트리 기반의 구성법인 TBCP, HMTP와, ACK-Flow 트리 최적화 방법을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 알고리즘과 비교 분석 하였다.



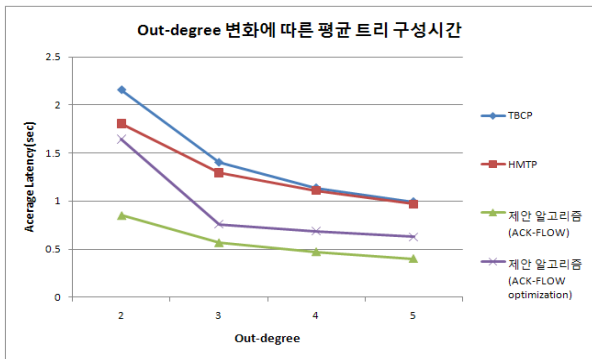
(그림 2) 노드 수 변화에 따른 평균 트리 구성시간

첫 번째 시뮬레이션인 (그림 2)는 그룹 참가노드를 10씩 증가시키며 100개의 노드까지 증가하였을 때 각 노드가 트리에 참가되는데 소요되는 전체 시간의 평균값이다. TBCP와 HMTP의 경우 후보부모노드들과의 지연 시간을 검사하는데 소요되는 시간 때문에 제안된 알고리즘에 비해서 많은 시간이 소요되는 것을 확인하였다. 또한 트리 최적화를 사용할 경우 소요되는 지연시간에 의해서 사용하지 않은 경우보다 높은 지연시간이 소요되었다. 이는 기존의 지연시간을 측정하는 구성법보다 ACK-Flow를 통한 부모노드 발견이 보다 효율적인 것을 말해주고 있다. 따라서 실제 오버레이 멀티캐스트 서비스에서 신규 참여자의 그룹 참여 지연시간을 최소화 할 수 있다.



(그림 3) 노드 수 변화에 따른 전체 오버헤드

두 번째 시뮬레이션 결과인 그림 (그림 3)는 노드수를 10에서부터 100까지 10씩 증가시키며 전체 노드에서 발생하는 Control Overhead의 수를 나타내고 있다. TBCP의 경우 노드크기가 증가할수록 모든 자식노드와의 지연시간 측정 및 평가에 필요한 제어 메시지 증가에 의해서 오버헤드가 급속히 증가하고 있다. HMTP의 경우 ACK-Flow 기법 보다 오버헤드수가 많이 발생하였다. 이는 HMTP의 경우 지연시간 측정을 위한 후보 부모노드의 리스트전송 및 Join을 위한 제어메시지의 증가를 의미한다. 또한 트리 최적화 구성법을 사용한 경우 루트 노드와의 지연시간 측정 및 노드 스위칭 과정에서의 제어 메시지가 증가하여 보다 많은 오버헤드 값을 나타내고 있다.



(그림 4) out-degree 변화에 따른 평균트리 구성시간

세 번째 시뮬레이션 결과인 (그림 4)은 100개의 노드를 참가시킬 때 out-degree를 2에서부터 5까지 변화시키며 각 노드가 트리에 참가하는데 소요되는 전체 시간의 평균 값이다. out-degree가 클수록 부모노드를 찾기 위해 비교하는 노드수가 감소하기 때문에 트리를 구성하는데 소요되는 시간이 감소하게 된다. 또한 ACK-Flow 트리 최적화 기법을 사용할 경우 out-degree=2인 경우에서 많은 스위칭 과정이 발생하여 최적화 기법을 사용하지 않은 경우보다 많은 지연시간이 소요되었다. 하지만 out-degree=3부터 차이 폭이 현저히 줄어들었다. 또한 지연 시간에 의한 level설정 범위에 따라 스위칭 발생을 최소화하며 더욱 최적화된 트리구성이 가능할 것으로 보인다.

4. 결론 및 향후과제

SVC(Scalable Video Coding)는 다양한 통신망과 단말에 대응하여 동영상 정보의 양을 적절히 조정 및 전송하기 위해 ITU-T VCEG와 ISO/IEC MPEG의 JVT(Joint Video Team)에서 동영상 압축 표준으로 승인되어 채택된 국제 동영상 압축 표준이다. 이는 HD(High Definition), SD(Standard Definition), Mobile급(CIF or QCIF)의 영상을 효율적으로 압축할 수 있으며 사용자의 디바이스에 적합한 등급의 Layer를 제공할 수 있게 된다. 본 논문에서는 현재의 IP 네트워크 환경에서 H.264/SVC 스트림을 효율적으로 전송하기 위하여 멀티캐스트 전송 방식과 오버레이 멀티캐스트 전송방식을 혼합한 방송 서비스 시스템을 설계하였다. 이는 H.264/AVC 스트림을 전송하는데 필요한 단일 레이어의 중복을 제거함으로써 네트워크 트래픽 부하를 줄일 수 있고 또한 RP서버와 SSENS 네트워크의 전체 시스템 관리를 통하여 콘텐츠 제공자에서부터 수신측까지 효율적인 네트워크 사용이 가능할 것으로 보인다. 현재 진행 중인 SVC 부호화 연구가 효율을 극대화시킬 경우 네트워크 부하는 더욱 줄어들 것이고 수신측은 자신의 네트워크 상태와 디바이스 환경에 적합한 스트림 수신을 통하여 최적의 환경을 제공받을 수 있을 것이다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2011-(C1090-1111-0001))

참고문헌

- [1] A. Vetro, C. Christopoulos, and H. Sun. "Video transcoding architectures and techniques: An overview", IEEE Signal Processing Mag., vol. 20, pp. 18-29, Mar. 2003.
- [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/IRC 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] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Joint Scalable Video Model JSVM-5, N7796, Bangkok, Thailand, Jan. 2006.
- [7] P.Chen. "A network-adaptive SVC Streaming Architecture", ICACT2007, Feb 2007.