

SVC 멀티미디어 방송 서비스를 위한 효율적인 SSENS 라우팅 구성 방안

곽용완*, 임동기*, 남지승*

*전남대학교 전자컴퓨터공학과

e-mail:yongwan38@empal.com

The mechanism for constructing an efficient SSENS Routing in SVC Multimedia Broadcast Service

Yong-Wan Kwak*, Dong-Gi Im*, Ji-Seung Nam*

*Dept of Electronic and Computer Engineering, Chonnam National University

요 약

IPTV 방송에서 인터넷 기반 멀티캐스트는 일대다 또는 다대다 통신을 위한 차세대 중요한 서비스로 주목 받고 있다. 멀티캐스트는 네트워크 또는 애플리케이션 레벨에서 서비스할 수 있다. IP 멀티캐스트는 소스노드에서 라우터로 데이터그램을 보내면 라우터가 이를 복제하여 수신노드들에게 전달해주는 네트워크레벨 서비스로 네트워크 자원을 효율적 사용할 수 있다. 그러나 네트워크에 IP 멀티캐스트 라우터가 설치되어야 하는 등 여러 문제로 인해 널리 사용되지 못하고 있다. 따라서 대안으로 애플리케이션 레벨에서의 오버레이 멀티캐스트가 주목 받고 있다. 오버레이 멀티캐스트는 중단호스트가 라우터처럼 동작하는 것으로 비록 IP 멀티캐스트에 비해서 링크 사용율과 지연 값이 높아질 수 있지만, IP 멀티캐스트의 현실적인 적용의 어려움을 해결할 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 IP 멀티캐스트가 제공되지 않는 네트워크에서 효율적인 SVC(Scalable Video Coding) 멀티미디어 방송서비스와 SSENS(SVC Stream Exchange Network Server) 라우팅을 위한 MST(Minimum Spanning tree)를 목적으로 하는 오버레이 멀티캐스트 트리를 구현하는 알고리즘을 설계한다. 제안된 알고리즘의 성능 분석을 위해 시뮬레이션을 통해 패킷 손실 측면에서 Prim 알고리즘에 비해 평균 패킷 손실율이 40% 가까이 향상됨을 증명하였다.

1. 서론

최근 유무선 네트워크 기술과 스마트 기술의 발전으로 사용자들은 최적의 통신 환경에서 다양한 디바이스에 적합한 실감형 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 증대되어지고 있다. 또한, 통신과 방송의 융합으로 기존의 방송국 사업자들을 통한 일률적이고 획일적인 서비스 제공 및 소비에서 4A(Anytime, Anywhere, Any-device, Any-contents)서비스를 위한 차세대 IPTV 방송 서비스에 대한 연구가 진행되어 지고 있다. 이러한 차세대 멀티미디어 서비스에 대한 요구를 보장하기 위하여 비디오 압출 부호화 기술뿐만 아니라 사용자의 이동성, 다양한 디바이스, 네트워크의 특성 및 성능과 전송 조건의 상태, 사용자의 선호도 등에 대한 상황인지 기반의 기술연구에 대한 관심이 모아졌다. 현재, 과거의 비디오 부호화의 취약점을 보완하고자 ISO/IEC MPEG 및 ITU-T VCEG의 JVT(Joint Video Team)에서는 비디오 부호화의 scalability를 제공하기 위한 SVC 표준화가 진행되었다.[1][2][3]

또한 IPTV 방송서비스를 위한 일대다, 다대다 전송기법인 멀티캐스트 기술이 ITU-T, ETRI(한국전자통신연구원) 등에서 다양하게 개발 연구 중이다.[4] 이러한 멀티캐스트 중계전송 기술에는 네트워크 계층에서 IGMP를 이용한 IP 멀티캐스트와 응용계층에서 멀티캐스트 기능을 구현하는 오버레이 멀티캐스트 전송기술로 크게 두 분야에서 개발 중이다. 네트워크 망 자원 사용측면에서 IP 멀티캐스트 전송 기술이 효율적이지만, IP 멀티캐스트 라우터의 낮은 보급률과 에러제어, 흐름제어, 혼잡 제어, 멤버관리, 보안 측면에서의 어려움으로 오버레이 멀티캐스트 기술이 최근에 활발하게 연구 중에 있다.[5]

일반적으로 오버레이 멀티캐스트 알고리즘은 토폴로지 구성 형태에 따라 트리 기반 오버레이(Tree-based overlays), 그물망 기반 오버레이(Mesh-based overlays), 다중 트리/그물망 오버레이(Multiple tree/mesh overlays), 링과 다중 링 오버레이(Ring and multi-ring overlays), 그리고 분산된 해쉬 테이블(Distributed Hash Tables)로 분류할 수 있다. 이 중 트리 기반 오버레이 멀티캐스트 전

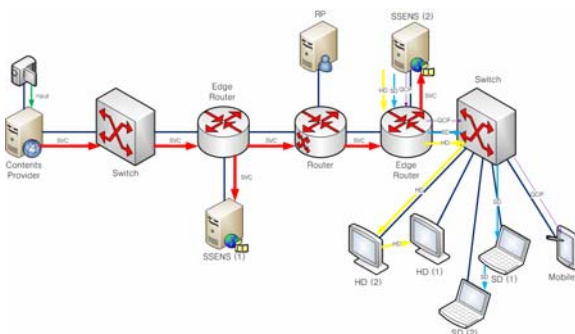
송 기술이 일반적으로 사용되며, 대표적으로 HMTP, TBCP가 있다. 두 알고리즘은 최적화시에 루트노드를 기준으로 모든 노드까지의 전송 비용이 최소가 되도록 알고리즘이 설계되어 있다.

본 논문에서는 IP 네트워크에서 SVC의 효율적인 전송과 [6][7] 사용자들의 상황인지를 통한 완전 연결된 대규모 네트워크 환경에서의 효율적인 SVC 멀티미디어 방송서비스와 SSENS 라우팅을 위한 MST 즉, 네트워크상의 모든 링크에 주어진 가중치의 합이 최소가 되는 신장트리(Shrink Tree)를 목적으로 하는 오버레이 멀티캐스트 트리를 구현하는 알고리즘을 제시하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 SVC 멀티미디어 방송시스템과 SSENS Network 관련 알고리즘을 설명하고 3장에서는 시뮬레이션을 통한 실험 결과를 통해 기존의 알고리즘과 성능을 비교하였다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 본론

2.1 SVC 멀티미디어 방송 시스템

(그림1)은 제안한 SVC 멀티미디어 방송 시스템의 기본 구조이다.[8][9] 시스템은 크게 CP(Contents Provider), RPS(Rendezvous Point Server), SSENS, 그리고 다양한 환경의 User로 구성된다. CP는 콘텐츠 제공자로서 SVC 스트림을 User들에게 제공한다. RPS는 방송서비스에 참여하는 모든 CP, 전달자, 사용자들에게 잘 알려진 서버로서 전체 서비스를 관리하는 Management Server이다. SSENS는 서비스 제공자가 관리하게 되며 SVC 스트림의 라우팅과 Extraction을 안정적이고 지속적으로 수행하게 된다. SSENS는 IP multicast가 제공되는 network에서는 IP multicast를 이용하여 라우팅을 하며 IP multicast가 제공되지 않는 heterogeneous network 상에서는 RPS로부터 제공 받은 MST routing table을 활용하여 Overlay Multicast Tree를 구성하여 SVC 스트림을 라우팅을 수행한다.



(그림 1) SVC 멀티미디어 방송 시스템 기본구조

2.2 SSENS Network

SSENS Network는 Open IPTV service provider가 관

리하는 네트워크로 각각의 SSENS는 SSENS network의 edge router에 연결되어 있다. 각각의 SSENS는 RPS 라우팅 테이블을 활용하여 SSENS Network에 연결된 다른 SSENS들에게 SVC 스트림을 전송하고 서로 공유하며, SVC 스트림의 extraction을 수행하고 Client/User의 디바이스에 맞는 Layer별 스트림(HD/SD/Mobile)을 전송한다.

제안한 Open IPTV 방송서비스의 SSENS의 경우, SSENS 망 내에서 SSENS들 사이에 우선순위가 존재하지 않기 때문에 특정 SSENS 중심으로 Overlay Multicast Tree를 구성하는 SPT 알고리즘보다 SSENS Network 상의 모든 링크에 소요되는 서비스 지연시간의 합이 최소가 되고, Layer별(HD/SD/Mobile) 실시간 멀티미디어 통신에 따른 데이터그램 지연이 최소화 되도록 Overlay Multicast Tree를 구성할 수 있는 알고리즘이 필요할 것으로 예상된다. 따라서 본 논문에서는 물리적인 인터넷 네트워크에서 SSENS들 사이에 멀티캐스팅을 위한 효율적인 오버레이 멀티캐스트 트리를 구성하는 문제를 오버레이 멀티캐스트상의 모든 링크에 소요되는 서비스 지연시간의 합을 최소화 시키는 목적으로 MST 알고리즘 중 대표적인 Prim 알고리즘을 변형하여 멀티미디어 데이터그램 지연이 최소가 되도록 오버레이 멀티캐스트 트리를 구성하는 방법을 다룬다.

오버레이 멀티캐스트에 MST 알고리즘을 적용하면 SSENS들 간의 최소신장트리 즉, 최적의 Path를 얻을 수 있다. 즉, 네트워크 상의 모든 링크에 주어진 가중치의 합이 최소가 되는 신장트리를 구하는 것으로 목적은 $\min \sum_{(i,j) \in ST(A)} d_{ij}$ 가 된다.

그러나 MST의 Prim 알고리즘은 SSENS들의 가용대역폭(Out Degree)을 고려하지 않기 때문에 각 SSENS들의 대역폭 문제를 해결할 수 없고, 그로 인해 네트워크 트래픽이 증가하게 된다. 이는 실시간 방송서비스에서 반드시 극복해야 하는 문제점인 최종 사용자들에 대한 QoS(Quality of Service)를 보장할 수 없게 한다. 따라서 본 논문에서는 각각의 SSENS들의 가용대역폭 뿐만 아니라 SSENS들 사이에 오버레이 멀티캐스트 트리 구성에 영향을 주는 변수로서, 이웃 SSENS들과의 Delay, CP와 Default SSENS 사이의 Delay를 체크한 후 Cost Function을 제시하고 최종 전송 가중치(Weight Cost)를 계산한다.

전체 네트워크를 완전 연결된 그래프로 $G(V, A)$ 로 표현했을 때, V 는 Overlay Network의 개별 노드 즉 SSENS를 나타내고, A 는 SSENS들 간의 링크 즉 최종 전송 가중치를 나타낸다.

한 노드 i 에서의 가능한 가용대역폭에 따른 Out-Degree는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$ava OutDeg_i = \frac{r \cdot \max BW_i - used BW_i}{req BW} \quad (0 < \gamma \leq 1)$$

한 SSENS의 Delay는 이웃 SSENS들과의 Delay, CP와 Default SSENS 사이의 Delay에 의해 다음과 같이 정의하였다.

$$RTT_{i,j}^{Total} = RTT_{i,j} + RTT_{cp,i}$$

위 두 식을 사용하여 노드의 대역폭과 Delay를 고려한 Cost_function을 유도하였다.

$$Cost_function(i) = \alpha * \frac{1}{ava\ OutDeg_i} + (1-\alpha) *$$

$$RTT_{i,j}^{Total} \quad (단, 0 < \alpha \leq 1)$$

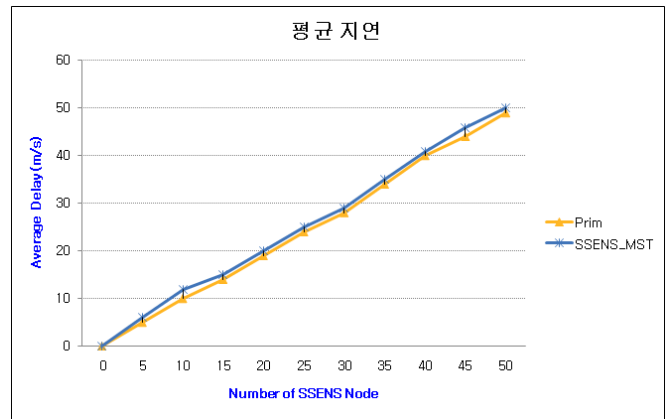
Cost_function(i)를 통해 얻어진 값은 두 SSENS 사이의 링크 거리로, v_i 와 v_j 사이에 연결된 링크의 거리 d_{ij} 가 된다. Cost_function(i)의 값이 높을수록 가용대역폭이 적고, Delay가 많은 SSENS를 뜻한다. 여기서 네트워크 상황과 응용분야에 따라 중요시 되는 것이 대역폭일 수도 Delay일 수도 있기 때문에 상황에 맞게 α 값을 조정해야 할 필요가 있다.

3. 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션을 이용한 SSENS_MST 알고리즘의 성능 평가를 위해 GT-ITM을 이용해서 Flat-random Graph 방식으로 네트워크 토폴로지를 생성하였다. 토폴로지 구성은 그래프 테이블 형식으로 만드는데, 그 생성 방법은 1) 주어진 네트워크에 Cost function을 통해 가중치가 정해지면 그래프 테이블을 파일로 만들어 입력한다. 2) 임의의 노드 수 n을 입력하면, n-1개의 링크에 Cost function을 통한 가중치를 갖는 그래프 테이블이 생성된다.

제안한 모델에서 한 개의 SSENS가 가지는 최대 Out-degree 값은 1Gbps의 네트워크 환경에서 최소 27~30Mbps 정도의 대역폭이 필요한 SVC 스트림 영상을 서비스 한다고 가정하였고 각 SSENS마다 Maximum Out-degree는 20으로 제한하였다. 구성된 네트워크 토폴로지를 기초로 하여 노드의 수를 증가시켜 가면서 총 트리 비용, 링크 부하 등을 측정하였다. 또한 제안한 알고리즘과 기존의 M.S.T 구성 알고리즘(Prim)을 비교하고 동일 환경 하에서 테스트 하였다.

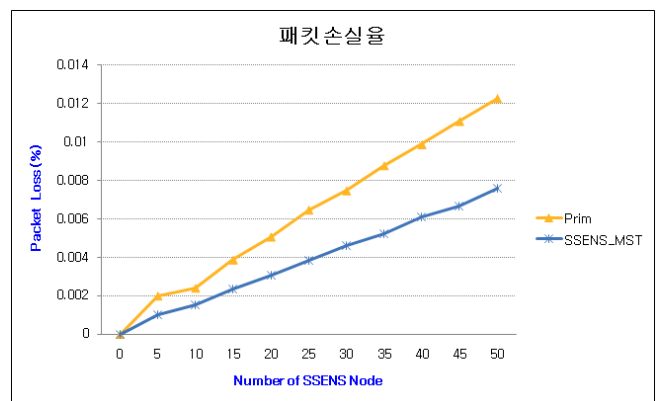
(그림 2)는 오버레이 멀티캐스트 트리를 구성하는 노드의 수를 0개부터 50개 까지 증가시켜가며 MST의 대표적인 알고리즘은 Prim 알고리즘과 수정된 SSENS_MST 알고리즘의 평균 지연 값을 측정하였다. 그래프의 가로축은 SSENS 수의 변화를 나타내고 세로축은 평균 지연으로 단위는 m/s이다.



(그림 2) SSENS 수의 증가에 따른 평균 지연

평균지연은 Prim 알고리즘이 SSENS_MST 알고리즘에 비해 다소 빠른 것으로 나타났다. 이는 트리 구성 시에 SSENS_MST 알고리즘이 Cost Function()을 통해 전송 가중치를 구하는 과정에서 전송 가능한 대역폭을 체크하는 시간이 반영된 결과로 보인다.

(그림 3)은 오버레이 멀티캐스트 트리를 구성하는 노드의 수를 0개부터 50개 까지 증가시켜가며 MST의 대표적인 알고리즘은 Prim 알고리즘과 수정된 SSENS_MST 알고리즘의 패킷 손실율을 측정하였다. 그래프의 가로축은 SSENS Node 수의 변화를 나타내고 세로축은 패킷 손실율이다. 시뮬레이션 결과를 보면 SSENS_MST 알고리즘은 Cost function()에서 대역폭을 고려하기 때문에 패킷의 손실이 줄어들어 패킷 손실율이 40% 가까이 낮게 나타났다. 따라서 SSENS_MST 알고리즘은 Prim 알고리즘에 비해 Out-degree 제약, 대역폭 제약 또는 링크의 고장에 의한 제약 등에 따른 대체 경로 설정에 빠르게 적용할 수 있을 것으로 보인다.



(그림 3) SSENS 수의 증가에 따른 패킷 손실율

4. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 IP 멀티캐스트가 제공되지 않는 heterogeneous network 상에서 효율적인 SVC 멀티미디어 방송서비스와 SSENS 라우팅을 위한 Minimum Spanning Tree를 목적으로 하는 오버레이 멀티캐스트 트리 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 각 SSENS들의 가용 대역폭과 전송 지연을 Cost function에 적용하여 가중치를 구한 후, 수정된 Prim 알고리즘을 사용하여 최적의 트리를 구성한다.

시뮬레이션 결과로서 제안 알고리즘이 평균지연측면에서 Prim 알고리즘과 평균지연율이 유사하게 나타나고 패킷 손실 측면에서 평균 패킷 손실율이 40% 가까이 향상됨을 알 수 있다.

이를 통해 트래픽 분배에서 제안한 알고리즘이 기존의 Prim 알고리즘보다 좋은 성능을 가진다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 다중 제약을 가지는 기존의 트리구성 알고리즘과 비교했을 때 대역폭의 효율성과 혼잡링크 제어에 좋은 성능을 보이고 있음을 알 수 있다. SSENS_MST 알고리즘은 SSENS Network에 있어서 Out-degree 제약과 대역폭 제약 또는 링크의 고장에 의한 제약 등에서 비효율성을 줄이고, 실시간 방송서비스에서의 좀 더 높은 QoS를 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

향후연구로는 IP multicast가 지원되는 망을 고려한 알고리즘 설계와, 멀티캐스트의 장점인 에러제어, 흐름제어, 혼잡제어 등의 장점을 극대화 할 수 있는 방안들에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

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

참고문헌

- [1] 최해철, "스케일러블 비디오 부호화의 개요 및 성능 분석", 방송공학회 논문지, 2007년, 제12권, 제6호.
- [2] H.Schwarz, "Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard", IEEE Trans. on circuit and system for video technology. vol. 17, no. 9, Sep. 2007.
- [3] P.Chen. "A network-adaptive SVC Streaming Architecture", ICACT2007, Feb 2007.
- [4] ITU-T FG IPTV, "IPTV Multicast Framworks", April 2008.
- [5] Shan Jin, Yanyan Zhuang, Linfeng Liu, and Jiagao Wu(2007), 'An Efficient Overlay Multicast Routing Algorithm for Real-Time Multimedia Applications,' APWeb/WAIM 2007, LNCS 4505, pp. 829 - 36.
- [6] 박승권(2008-05). 'TPS와 대응전략 및 사례', 2008 IPTV 및 관련종목 세미나, 산학교육연구소.
- [7] 'IPTV 표준화 동향(2007-7)', 2007 VOIP 사업과 IPTV+BcN 컨버전스 세미나, 한국정보통신기술협회.
- [8] ITU-T FG IPTV, "IPTV Multicast Framworks", April 2008.
- [9] 송영호, 권택근, "P2P IPTV 성능향상을 위한 논리 뷰 기반 Copy-Ahead 기법", Journal of Korea Multimedia Society Vol. 13. No. 7. July 2010.