

응용 계층 멀티캐스트에서 계층형 비디오의 안정성을 위한 효율적인 Shared Learning 기법¹

박종민[○] 이승익 고양우 이동만

한국정보통신대학교

{alrogio, silee, newcat, dlee}@icu.ac.kr

Applying a Shared Learning Scheme to Application Layer Multicast

Jongmin Park[○] Seungik Lee Yangwoo Ko Dongman Lee
Information and Communications University

IP 멀티캐스트 기반의 일대다 (One-to-Many) 형식의 비디오 스트리밍 응용은 종단 호스트 및 네트워크의 이종성 (Heterogeneity) 문제를 가지고 있으며 이를 해결하기 위하여 계층형 비디오 멀티캐스트에 관한 연구가 소개되었다. 특히 IP 멀티캐스트는 기술적 및 정책적 한계로 인하여 광범위한 실용화 (Deployment) 가 지체되고 있어서 인터넷에서 보편적 서비스로서 자리잡지 못하고 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해 종단 호스트가 라우터 역할을 하는 응용 계층 멀티캐스트 (Application Layer Multicast, ALM) 기법이 도입되었고 이를 이용한 계층형 비디오 멀티캐스트 연구들 [3-4]이 제안되었다. 하지만 이러한 연구는 가입 실험 (Join Experiment) 에 따른 비디오의 안정성 문제를 고려하고 있지 않다. IP 멀티캐스트 기반의 계층형 비디오 멀티캐스트 기법에서와 마찬가지로 ALM 기반의 계층형 비디오 멀티캐스트에서도 가입 실험을 통해 새로운 계층을 추가하는 작업을 주기적으로 반복하고, 패킷 손실이 감지되면 가입을 취소하여 가용 대역폭을 추정한다. 따라서 가입 실험의 반복적인 실패는 네트워크의 혼잡을 가져오고, 각 수신자의 가입 실험이 중첩되면 그 결과가 다른 수신자들에게 영향을 미쳐 네트워크 상태에 대한 잘못된 정보를 제공할 수 있다. 이는 결과적으로 자신뿐만 아니라 네트워크 링크를 공유하는 다른 수신자의 비디오 수신 품질 및 안정성을 저하하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 IP 멀티캐스트를 이용해 가입 실험 정보를 공유하는 Shared Learning 기법 [1-2]이 제안되었으나 ALM에서는 다른 수신자들과 독립적인 유니캐스트 채널을 통하여 가입 실험 정보를 전송해야 하기 때문에 더 많은 컨트롤 오버헤드를 야기한다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 ALM 데이터 전송 트리의 부모-자식 관계를 이용하여 '가입 실험 중첩 방지' 와 '실패한 가입 실험 정보 공유'를 위한 영역 (Affected Region)을 재정의한다.

만약 어느 한 노드와 해당 노드의 후손 (Descendent) 노드가 동시에 가입 실험을 하고, 그 노드의 가입 실험이 실패하게 되면, 해당 노드는 패킷 손실을 겪게 되어 손실된 패킷을 후손 노드들에게 전달 할 수 없다. 따라서, 후손 노드는 패킷 손실의 원인을 자신의 가입 실험에 의한 것으로 오해할 수 있다. 이러한 패킷 손실은 또한 부모 노드의 송신 링크를 공유하는 형제 (Sibling) 노드의 패킷 손실을 일으키게 되므로 결국 임의의 수신자가 가입 실험을 할 때 그 수신자의 후손 노드들과 형제 노드들의 중첩되는 가입 실험은 금지되어야 한다. 한편, 어느 한 노드의 가입 실험 후에 그 부모 노드의 전송 링크의 가용 대역폭이 충분하지 않은 상황에서 해당 가입 실험이 실패했을 때, 다른 모든 형제 노드들이 동시에 패킷 손실을 경험하게 된다. 이 때 같은 형제 노드들은 실패한 가입 실험 정보를 이용하여 추가적으로 가입 실험을 하지 않아도 다음의 가입 실험이 실패할 것이라는 사실을 알 수 있다. 이를 이용하여 자신의 가입 실험을 지연시키면 불필요한 패킷 손실을 줄일 수 있으므로 형제 노드들의 가입 실험 결과를 서로 공유하는 것이 바람직하다.

앞에서 도출한 분석 결과를 바탕으로, 제안 기법에서는 임의의 수신자가 가입 실험을 할 때 자신의 형제 노드들과 모든 후손 노드들에게 가입 실험이 진행 중임을 알리고, 각 후손 노드들은 다시 자신의 후손 노드들에게

¹ 본 연구는 정보통신부/정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업 (IITA-2006-C1090-0014) 및 한국전자통신연구원 위탁과제 (4010-2007-0028) 의 지원으로 수행되었음

해당 알림을 중계 전송한다. 가입 실험이 진행 중임을 통보 받은 수신자들은 자신의 가입 실험을 일정 시간 이후로 미루어 현재 진행 중인 가입 실험이 끝날 때까지 기다려 중첩된 가입 실험을 방지한다. 추가적으로 실패한 가입 실험 정보 공유를 위하여 형제 노드의 가입 실험을 통보 받은 후 패킷 손실을 경험하게 되면 해당 가입 실험이 실패하였다고 판단하고 자신도 다음 추가 계층에 대한 가입 실험을 추가 지연시켜 불필요한 가입 실험을 막는다.

제안 기법의 성능 평가를 위해 ns-2 [5]를 이용하여 ALM에서 기존의 Shared Learning 기법을 사용하는 ALM-SL 과 컨트롤 오버헤드 및 수신 계층의 변화에 따른 비디오 안정성 측면에서 비교하였다.

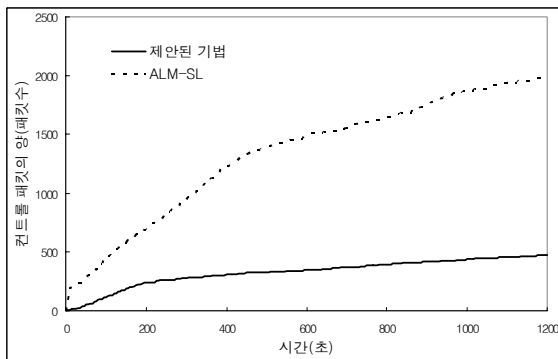


그림 1. 시간에 따른 컨트롤 오버헤드

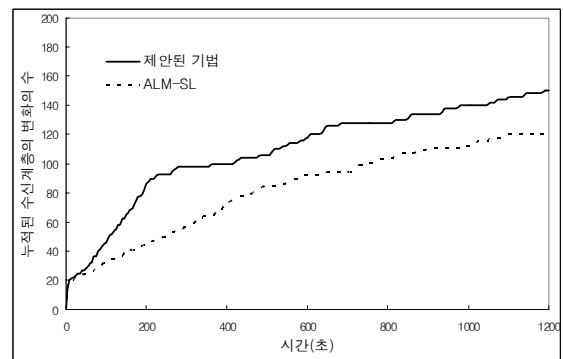


그림 2. 시간에 따른 누적된 수신 계층의 수

그림 1에서 ALM-SL 기법은 임의의 수신자가 가입 실험을 할 때 세션에 참여하는 다른 모든 수신자들에게 가입 실험 정보를 전송하기 때문에 높은 컨트롤 오버헤드를 보여준다. 하지만 제안된 기법에서는 동일한 상황에서 영향 받는 영역에 있는 수신자들에게만 가입 실험 정보를 전달하기 때문에 ALM-SL 기법에 비해서 약 77% 감소된 컨트롤 오버헤드를 보여준다. 그림 2에서 ALM-SL 기법이 제안 기법보다 누적된 수신 계층 변화의 수가 다소 적지만 200초 이후에는 서로 비슷한 수신 계층의 변화를 보여준다. 제안 기법이 세션 초기에 급격한 수신 계층 변화를 보이는 이유는 가입 실험에 의해 영향 받는 영역 이외의 수신자들이 각각 자신의 수렴 계층에 도달하기 위한 수신 계층의 변화가 세션 초기에 많이 일어나기 때문이며 이는 최적 수신률의 수렴 시간을 축소시키는 결과를 가져온다.

본 연구에서는 ALM 기반의 계층형 비디오 멀티캐스트에서 가입 실험의 중첩 및 실패에 따른 비디오의 안정성 문제를 해결하기 위해 Shared Learning 기법을 도입하고, 이에 따른 컨트롤 오버헤드를 줄이기 위해 ALM 전송 트리의 부모-자식 관계를 이용하여 가입 실험의 영향 영역을 재정의한 새로운 Shared Learning 기법을 제안하였다. 시뮬레이션 결과에서 제안 기법은 기존 기법의 컨트롤 오버헤드를 약 77% 감소시키는 효과를 나타내었으며, 세션 초기에는 더 빨리 최적의 계층으로 수렴하기 위하여 더 많은 계층 변화가 일어나되 이후의 안정성은 기존과 비슷하게 유지됨을 보여주었다.

참고 문헌

[1] S. McCanne, V. Jacobson, and M. Veuveri, "Receiver-driven Layered Multicast," In ACM SIGCOMM, New York, USA, August 1996.

[2] X. Li, S. Paul, and M. Ammar, "Layered Video Multicast with Retransmission (LVMR): Evaluation of Hierarchical Rate Control," In IEEE INFOCOM, 1998.

[3] V. N. Padmanabhan, H. J. Wang, and P. A. Chou, "Supporting Heterogeneity and Congestion Control in Peer-to-Peer Multicast Streaming," In IPTPS, February 2004.

[4] C. Nagaraj, M. Nguyen, L. Pezeshkmehr, M. Moh, "End-to-End Layered Multicast of Streaming Media in Heterogeneous Networks," In IEEE Performance, Computing, and Communications, 2004.

[5] "ns-2" <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>