

홈 네트워크를 위한 홉 기반 우선순위 스트리밍 기법

이신형^o 유혁

고려대학교 컴퓨터학과

{shlee, hxy}@os.korea.ac.kr

Hop Based Priority Streaming Technique for Home Networks

ShinHyoung Lee^o, Chuck Yoo

Dept. of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

멀티미디어 스트리밍은 인터넷에서 이미 가장 인기있는 서비스가 되었다. 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공하기 위해서는 충분한 대역폭과 딜레이가 유지되어야 한다. 기존의 무선 멀티홉 네트워크는 이러한 요구사항을 만족하기 어렵다. 본 논문에서는 멀티미디어 스트리밍을 보다 좋은 품질로 서비스하기 위해 802.11e를 사용한 Hop Based Priority 테크닉을 제안한다. HBP 테크닉은 패킷이 경로를 따라 이동할 때 한홉이 지날때마다 우선순위를 증가시킨다. 그럼으로써 먼저 보낸 패킷과 나중에 보낸 패킷간의 경쟁을 최소화 시키고 먼저 보낸 패킷이 채널을 잡을 수 있도록 한다. 이를 모델링을 통해 검증하여 약 43%의 성능 개선 효과가 있음을 확인하였다.

1. 서 론

홈 네트워크는 가정의 다양한 정보기기들이 상호간에 네트워크를 구축하여, 그 네트워크를 통해 다양한 서비스를 제공하고 또 받는 기술이다. 홈 네트워크를 통해 집안의 다양한 기기들을 원격으로 컨트롤할 수 있고, 언제나 인터넷에 연결될 수 있으며, 홈 서버의 각종 데이터를 네트워크를 통해 접속해서 이용할 수 있다. 그 중에 많은 관심을 받고 연구되는 분야가 미디어 스트리밍 분야이다. 가정에 홈 서버가 설치되어 미디어 스트리밍 서비스를 제공하면 사용자들은 다양한 미디어 콘텐츠를 홈 네트워크를 통해 즐길 수 있다. 미디어 스트리밍 서비스를 위해서는 대용량의 데이터 전송을 위한 충분한 대역폭과 실시간으로 플레이 되는 특성을 만족시키기 위한 실시간성이 요구된다.

이러한 특성을 가진 홈 네트워크를 구축하기 위해 802.11e에 기반을 둔 무선랜 시스템이 널리 사용되고 있다. 홈 네트워크의 서비스 중에서 스트리밍과 같이 QoS가 중요한 데이터를 통신하기 위해 802.11e[1] 표준이 제정되었다. 802.11e는 패킷에 우선순위를 지정해서 우선순위에 따라 더 좋은 QoS를 보장받을 수 있도록 하였다. 이러한 특성을 가진 무선랜은 특별한 공사 없이 설치할 수 있어서 설치 비용이 들지 않고 간단하다는 장점이 있다. 하지만 무선의 특성상 간섭이 심하고 통신 거리가 제한적이다. 또한 벽의 위치와 재질에 따라 통신

의 품질이 급격히 저하되기도 한다. 이러한 제한은 미디어 스트리밍 서비스에는 적합하지 않다.

특히 송신 거리의 제한을 해결하기 위해서 멀티 홉 네트워크가 제안되었다. 멀티 홉 네트워크를 통해 무선랜의 제한된 통신 거리를 늘릴 수 있고, 전파의 투과를 방해하는 장애물도 피해서 네트워크를 구축할 수 있다. 멀티 홉 네트워크에서 각 무선 노드는 데이터를 송신하는 소스가 될 수도 있지만 그와 함께 중간 라우터로써 데이터를 포워딩 하는 역할도 수행한다. 즉 목적지를 향해 송신할 데이터는 중간 노드들을 거쳐서 전송된다. 이를 통해 무선랜의 문제점 중 하나인 통신 거리의 한계를 극복할 수 있다. 하지만 홉간 서로 채널을 잡기 위해 경쟁이 심해지고, 이는 충분한 대역폭 확보를 어렵게 하고 지연시간의 변화를 가져온다. QoS 보장을 위한 표준인 802.11e를 사용하더라도 채널을 잡기 위한 경쟁을 피할 수 없다.

본 논문에서는 무선 멀티 홉 네트워크의 홉간 경쟁을 최소화 시켜서 대역폭을 안정적으로 확보하고 지연시간을 일정하게 유지하기 위한 기법으로 홉 기반 우선순위 기법(HBP)을 제안한다. 기존의 기법은 패킷에 우선순위를 지정해서 데이터를 전송하는 반면 HBP는 패킷이 한 홉 한홉 통신하면서 우선순위가 바뀌므로 먼저 보낸 패킷과 나중에 보낸 패킷간의 우선순위가 달라서 채널 경쟁이 최소화 된다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 미

디어 스트리밍 서비스의 요구사항을 분석하고, 3장에서는 관련 연구를 살펴본다. 4장에서 제안하는 홉 기반 우선순위 기법을 살펴보고 5장에서 모델링을 통해 홉 기반 우선순위 기법의 성능을 살펴본다. 마지막으로 6장에서 결론을 내린다.

2. 미디어 스트리밍 요구사항

미디어 스트리밍은 기존의 파일 전송과는 요구사항이 다르다. 기존의 파일 전송에서 가장 중요한 요구사항은 대역폭이었다. 높은 대역폭은 파일 전송 시간을 줄여주고 이는 좋은 QoS를 제공할 수 있었다. 하지만 데이터 스트리밍은 스트리밍하는 데이터 종류마다 다양한 요구사항이 존재한다.

VoIP는 딜레이가 매우 중요하다. 음성은 다양한 코덱으로 인해 데이터 크기가 그다지 크지 않다. 하지만 음성 통화에서 중요한것은 실시간성이고 이를 위해서는 딜레이가 작아야만 한다. 그렇다고 대역폭이 전혀 중요하지 않은것은 아니다. 높은 대역폭은 좋은 음질을 서비스할 수 있다. 하지만 VoIP에서 음질은 상대방의 음성을 통해 상대방을 확인하고 이야기하는 내용을 알아들을 수 있는 정도면 충분하다. 그에 비해 딜레이는 화자가 이야기하고 답변을 들을 때 답답함이 느껴지지 않아야 하고, 따라서 높은 실시간성이 요구된다. 즉 VoIP에서는 대역폭보다 딜레이가 더 중요하다.

한편 멀티미디어 스트리밍은 대역폭이 중요하다. 멀티미디어 데이터는 일반적으로 용량이 수백메가에 이를 정도로 크다. 이를 끊김 없이 보기 위해서는 충분한 대역폭이 필요하다. 충분한 대역폭이 제공되지 않으면 멀티미디어 스트리밍을 받아 보는 유저는 계속되는 버퍼링에 시달리거나, 전체를 모두 다운로드 받고 데이터를 플레이하게 되어 초기 버퍼링 시간이 매우 커지는 상황이 생긴다. 따라서 대역폭은 멀티미디어 스트리밍을 위해서 매우 중요한 요구사항이다.

멀티미디어 스트리밍에 중요한 또하나의 중요한 요구사항은 일정한 딜레이이다. 스트리밍시 버퍼링은 딜레이의 변화에 의해 결정된다. 딜레이의 변화가 커지면 그 변화에 의한 효과를 최소화 위해 버퍼링 시간을 크게 해야 한다. 또한 초기 버퍼링 시간을 결정할 때 네트워크의 상태를 일정시간 모니터링하여 버퍼링 시간을 결정하는데, 모니터링 하는 시간이 지난 후에 딜레이에 스파이크가 생긴다면 시청자가 동영상 시청하는 중간에 버퍼링을 하게 되고, 이는 사용자가 느끼는 동영상의 퀄리티가 매우 낮은것으로 인식하게 된다. 또한 딜레이의 움직임은 순간 대역폭과도 밀접한 관련이 있으므로 대역

폭을 일정하게 유지하기 위해서는 지연시간의 변화를 최소화하는 것이 중요하다.

3. 관련 연구

미디어 데이터를 무선 네트워크를 통해 전송하고자 하는 연구는 많이 진행되어 왔다. 대부분의 연구가 네트워크 상태를 크로스 레이어 기법을 통해 인코더에게 전달하고 인코더가 네트워크 상태를 고려하여 인코딩 하는 기법이 많다. QoS를 지원하기 위한 표준인 802.11e가 발표된 이후에는 h.264 svc 기법을 이용해서 중요한 베이스 레이어는 높은 우선순위로, 상대적으로 덜 중요한 인핸스먼트 레이어는 낮은 우선순위로 전송하는 기법이 연구되었다.

H. Gharavi와 K. Ban은 AODV의 컨트롤 메시지를 인코더가 크로스 레이어 기법으로 알아내어 경로가 복구될때까지 인코더의 비트 레이트를 낮추어 미디어 스트리밍이 끊기지 않도록 전송하는 기법을 제안하였다. 해당 기법은 실시간 비디오 스트리밍의 적절한 품질을 결정할 수 있도록 한다. [2]

Jelena Kovacevic는 무선 망의 상태를 인코더에서 확인하고 무선망의 상태에 따라 스트리밍 하고자 하는 멀티미디어 데이터의 인코딩 정도를 바꾸는 기법을 제안하였다. 이는 무선망의 채널 상태에 최적화 된 멀티미디어 패킷을 전송하는데 큰 도움이 된다. [3]

Adlen Ksentini는 h.264 데이터를 중요도에 따라 여러개의 클래스로 나누고 중요한 데이터는 높은 우선순위로, 덜 중요한 데이터는 낮은 우선순위로 보내는 기법을 제안하였다. 이를 위해 크로스 레이어 어프로치를 도입했고, h.264의 NAL에서 802.11e MAC에 QoS의 파라미터를 조정할 수 있다. [4]

4. 홉 기반 우선순위 기법

위에서 언급한 기존의 기법들은 미디어 스트리밍의 요구사항을 만족시키기 어렵다. 기존의 기법들은 네트워크 상태를 모니터링해서 네트워크 상태에 알맞도록 인코딩함으로써 네트워크의 용량을 넘어가도록 데이터를 보내지 않도록 하거나, 네트워크의 용량이 넘어갈 경우 중요한 패킷과 덜 중요한 패킷을 나누어서 덜 중요한 패킷을 먼저 버릴수 있도록 하고 있다. 따라서 매 홉마다 채널을 잡기 위한 경쟁은 계속 일어나고, 결과적으로 충돌로 인한 패킷 드랍이나 딜레이의 변화가 계속 나타나게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 매 홉 일어나는 채널 경쟁을 최소화 해야 한다. 이를 위해 HBP 기

법을 제안한다.

HBP 기법은 홑 기반 경쟁 회피와 홑 이동시 우선순위 증가의 두가지 기법으로 설명할 수 있다.

4.1 홑 기반 경쟁 회피

패킷은 매 홑을 지날때마다 채널을 잡기 위해 경쟁을 하게 되고 동일한 우선순위일 경우 채널을 잡을 확률은 모든 패킷이 동일하다. 채널을 잡을 확률이 동일하다는 것은 패킷의 전송을 예측하기 힘들게 만든다. 이러한 경쟁을 최소화 하기 위해서 매 홑마다 우선순위를 다르게 한다. 802.11e에서 우선순위가 높은 패킷은 우선순위가 낮은 패킷보다 채널 경쟁에서 우위를 점하고 승리하기 쉬워진다. 이를 통해 채널 경쟁 및 충돌로 인한 딜레이 증가와 패킷 드랍을 최소화 시킨다.

4.2 홑 이동시 우선순위 증가

먼저 보낸 패킷과 나중에 보낸 패킷은 채널을 잡기 위해 서로 경쟁하게 된다. 위에서 설명한대로 매 홑마다 Priority를 다르게 하면 채널 경쟁을 최소화 할 수 있다. 나중에 보낸 패킷의 우선순위가 높아서 먼저 보낸 패킷보다 먼저 채널을 잡는다면 나중에 보낸 패킷은 먼저 보낸 패킷의 뒤에 위치하게 된다. 나중에 보낸 패킷은 먼저 보낸 패킷을 앞지를수 없으므로 먼저 보낸 패킷이 채널 경쟁에서 승리해서 전송될때까지 기다려야 한다. 그와는 반대로 먼저 보낸 패킷이 채널 경쟁에서 승리한다면 먼저 보낸 패킷은 한홑 전송되고, 나중에 보낸 패킷은 먼저 보낸 패킷과의 경쟁 없이 손쉽게 전송이 가능하다. 따라서 먼저 보낸 패킷이 나중에 보낸 패킷보다 높은 우선 순위를 가져야 한다. 이를 위해 HBP는 한홑 전송될때마다 패킷의 우선순위를 높인다.

4.3 홑 기반 우선순위 기법의 한계

802.11e의 EDCF는 패킷에 우선순위를 부여하여 우선순위에 따라 채널을 잡을수 있는 확률을 변화시킨다. 따라서 우리는 802.11e의 EDCF를 이용해서 패킷에 우선순위를 부여하였다. 하지만, 802.11e는 최대 8단계까지의 우선순위만 제공한다. 따라서 802.11e의 EDCF를 이용한 경우 8홑까지만 전송이 가능하다는 한계를 갖고 있다.

또한 본 기법은 여러 경로가 복잡하게 구성되어 있는 경우에 다른 경로의 우선순위로 인해 전송에 지연이 생길 수 있다. 하지만 홑네트워크는 하나의 미디어 서버를 중심으로 데이터가 전송되므로 다른 경로와의 우선순위 역전으로 인한 지연시간이 생기지 않는다.

5. 모델링

홑 기반 우선순위 기법을 802.11 무선랜의 지연시간 모델링을 통해 검증한다.

1홑 전송시 지연시간은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{trans} = T_{bas} + T_{cont} + T_{col} \quad (1)$$

T_{trans} 는 1홑 전송시간을 나타내고, T_{bas} 는 기본 전송시간, T_{cont} 와 T_{col} 은 경쟁과 충돌에 의해 생기는 추가적인 지연시간을 나타낸다.

T_{bas} 는 DCF interframe space($difs, T_{difs}$)와 랜덤 백오프(T_{ran}), 전송시간(T_{data}), short interframe space($sifs, T_{sifs}$) 그리고 ACK 전송 시간(T_{ack})의 합이다. T_{ran} 은 컨텐션 윈도우(CW) 크기에 따라 변한다.

$$T_{bas} = T_{difs} + T_{ran} + T_{data} + T_{sifs} + T_{ack} \quad (2)$$

T_{cont} 는 채널 경쟁에서 질 확률(P_{loose})에 따라 다음과 같이 표현된다.

$$T_{cont} = P_{loose} \times (T_{difs} + T_{data} + T_{sifs} + T_{ack}) \quad (3)$$

마지막 항목은 T_{col} 이다. 충돌이 일어날 때 802.11은 랜덤 백오프를 수행하고 재전송을 수행한다. 따라서 T_{col} 은 다음과 같이 표현된다.

$$T_{col} = \sum_{i=1}^{n_retry} P_{col_i} \times \left[T_{difs} + T_{ran_i} + P_{loose_i} \times (T_{difs} + T_{data} + T_{sifs} + T_{ack}) \right] \quad (4)$$

P_{col_i} 는 i번째 시도에서 충돌이 일어날 확률이다. 마찬가지로 T_{ran_i} 와 P_{loose_i} 는 각각 i번째 시도에서 랜덤 백오프 타임과 경쟁에서 질 확률을 나타낸다. n_retry 는 재시도 횟수로 일반적으로 3이다.

전체 지연시간은 T_{bas} *전체 홑수로 구할 수 있다. 802.11e를 이용한 홑 기반 우선순위 기법에서 전체 지연시간은 매 홑 변하는 우선순위에 따라 계산하고 각 홑의 지연시간을 더해서 구할수 있다. 또한 802.11e에는 지연시간에 aifs가 더해져야 한다. 이는 difs에 더해서 계산하였다. 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g, 그

리고 802.11n까지 다양한 시리즈중에서 가장 많이 사용되는 802.11b를 사용하였다. 사용한 파라미터 값은 표1에 표시하였다.

표 1

TIME OF DIFS, SIFS, SLOT, AIFS AND CW SIZE IN 802.11B AND 802.11E

Variables	802.11b	802.11e			
		Pri 0	Pri 1	Pri 2	Pri 3
Difs	50us				
Sifs	10us				
Slot time	20us				
aifs	NA	40us	80us	140us	140us
CW _{min}	31	7	10	15	31
CW _{max}	1023	7	31	255	1023

표2는 1홉 지연시간과 총 4홉 전송시의 전체 지연시간과 계산된 지연시간을 통해 패킷 크기가 512바이트, 11Mbps 링크 전송을일때 대역폭을 계산한 것이다.

표 2

TRANSMISSION TIME AND BANDWIDTH OF 802.11B AND 802.11E

Time	802.11b	802.11e			
		hop 1	hop 2	hop 3	hop 4
1 hop Trans. time	1135us	838us	764us	713us	660us
Total Trans. time	4243us	2975us			
Bandwidth	965Kbps	1.377Mbps			

제안한 홉 기반 우선순위 기법이 802.11e와 함께 사용되었을때 적은 지연시간과 더 많은 대역폭을 확보할 수 있다.

6. 결론

본 논문을 통해 홈네트워크를 위한 홉 기반 우선순위 기법을 제안하였다. 모델링을 통해 홉 기반 우선순위 기법을 사용하지 않았을 때보다 사용했을 때 약 43%의 성능 향상을 가져옴을 보였다. 본 기법을 통해 하나의 미디어 서버를 중심으로 스트리밍 서비스를 제공하는 홈 네트워크에서 더 많은 대역폭과 안정된 지연시간을 얻을 수 있다.

참고 문헌

- [1] IEEE Standard 802.11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: Medium access control (MAC) quality of service (QoS) enhancement, IEEE 802.11e Std., 2005.
- [2] H. Gharavi and K. Ban, "Rate adaptive video transmission over ad-hoc networks," Electron. Lett., vol. 3, no. 3, pp. 339-355, Sep. 2001.
- [3] J. Kovacevic, D. Samardzija, and M. Temerinac, "Optimized joint coding algorithm for audio streaming in short range wireless networks," ICCE'09, pp.1-2, Jan. 2009.
- [4] A. Ksentini, M. Naimi, and A. Gueroui, "Toward an improvement of H.264 video transmission over IEEE 802.11e through a cross-layer architecture," IEEE Communication Magazine, vol. 44, issue 1, pp. 107-114, Jan. 2006.