

NGN에서 IPTV 서비스를 위한 요구사항 및 문제점 분석

이승익^o, 이동만
한국정보통신대학교
{silee^o, dlee}@icu.ac.kr

박주영, 감신각
한국전자통신연구원
{jypark, sgkang}@etri.re.kr

A Requirement Analysis on IPTV over Next Generation Networks

Seungik Lee^o, Dongman Lee
Information and Communications University

Juyoung Park, Shin Gak Kang
Electronic & Telecommunication Research Institute

요약

현재 다양한 상용망에서 끊임 없이 동일 서비스를 이용하고자 하는 사용자의 요구를 충족시키기 위해서 상용망을 IP 프로토콜로 융합하는 차세대 인터넷, 즉 NGN (Next Generation Network) 망이 도입되었다. 이와 같이 연결망의 대역폭이 확장되면서 다양한 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 늘어나게 되고 나아가 실시간 TV 스트리밍 서비스에 대한 요구가 극대화되었다. 본 논문에서는 NGN과 IPTV의 서비스 정의 및 요구 사항을 분석하여 NGN의 응용 서비스로서 사용되기 위한 IPTV 서비스의 필요 요건이 무엇인지를 도출하였다. 나아가 NGN의 이동성 및 다양성 등의 특성에 따른 전송 경로의 다양화, 손실 차별화, 서비스 끊김 등의 문제점을 도출하고 이를 해결하기 위해 고려해야 하는 연구 이슈 및 방향 등에 대해 기술한다.

1. 서론

인터넷이 진화함에 따라 다양한 환경에서 연결성을 가지고자 하는 사용자의 요구가 높아졌다. 이에 따라 전화망, 위성통신, 무선 LAN, 셀룰러망 (Cellular network), Ethernet 등의 다양한 네트워크가 생겨나게 되었다. 지금까지는 네트워크, 서비스, 미디어의 다양성에 의해 사용자의 요구가 충족되었다면 현재와 미래는 네트워크, 서비스, 미디어가 사용자 중심으로 수렴하면서 기술의 중심이 사람으로 이동하고 있다. 이러한 서비스 수렴의 바탕이 되는 네트워크의 융합 (convergence) 을 지원하기 위한 NGN (Next Generation Network) 이 소개되었다.

또한 다양한 서비스의 수렴과 네트워크의 융합이 기대되면서 사용자 중심의 서비스 및 콘텐츠의 소비가 요구되고 있으며 이러한 결과로 인터넷을 통해 다양한 단말로 어디서나 TV 콘텐츠를 수신할 수 있는 IPTV 서비스가 소개되었다. IPTV (Internet Protocol TV) 란 IP망을 통해 방송이나 동영상 콘텐츠, 정보 등을 TV로 제공하는 통신과 방송이 융합된 서비스를 의미한다. 단방향 서비스와 제한된 매체를 통한 서비스에 국한되었던 기존의 방송 기능을 넘어서서 전달 및 수신 매체의 다양화로 서비스 방법이 간편해지고 다양한 콘텐츠 공급이 가능하다는 점에서 NGN에서의 킬러 응용 (Killer Application) 이 될 것으로 기대된다.

IPTV 서비스는 일대다 비디오 스트리밍 전송 방식을 사용하기 때문에 기존의 유니캐스트 방식으로 다수의 수신자에게 동일한 비디오 스트리밍 데이터를 전달할 경우 대역폭이 비효율적으로 사용된다. 그리고 수신 단말 및 네트워크가 다양하기 때문에 세션 내 공평성을 제공하기 위해서는 각 단말의 성능 및 네트워크의 대역폭을 고려하여 전송 품질을 결정하여야 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 계층형 비디오 멀티캐스트 (Layered video multicast) [1]가 제안되었다. 계층형 비디오 멀티캐스트에서는 송신자가 비디오 스트림을 여러개의 계층으로 나누어 각각 다른 멀티캐스트 주소로 전송하면 수신자가 자신의 대역폭에 맞추어 계층을 선택적으로 수신한다. 이러한 방법은 송신자의 개입 없이 수신자가 직접 수신률을 조절하는 수신자 주도형 적응 방법이므로 확장성 (Scalability) 이 보장되고 특히 비디오 컨퍼런스나 원격 교육 등에 비해 상대적으로 수신자가 많은 IPTV 서비스에 적합한 기법이라 할 수 있다. 그러나 본 기법의 유무선 통합 환경 및 단말 이동성에 따른 고려 사항에 대해서는 아직 충분한 연구가 이루어지지 않고 있다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 계층형 비디오 멀티캐스트 전송 기법을 NGN에서의 IPTV 서비스에 적용하기 위해 고려해야 할 요구 사항을 분석한다. 특히 이동성, 네트워크의 융합, 그리고 단말 및 네트워크의 다양성 NGN의 고유 특성에 따른 계층형 비디오 멀티캐스트 전송 기법의 고려 사항을 다음과 같이 도출하고 이에 따라 발생하는 문제점과 이를 해결하기 위한 관련 연구 및 접근 방법을 제시한다.

- 전송 경로 다양성 (Path diversity)
- 손실 차별화 (Loss differentiation)
- 서비스 끊김 (Service disruption)
- 조정 단위 세분화 (Finer granularity)
- 조정 오버헤드 (Adaptation overhead)

본 논문은 다음의 순서로 기술된다. 2장에서는 NGN과 IPTV 스트리밍 멀티캐스트 전송 방식의 특성에 따른 요구 사항을 분석한다. 3장에서는 이러한 요구 사항과 관련된 기존의 연구를 소개하고 4장에서는 요구 사항에 따른 문제점을

분석 및 도출한다. 5장에서는 결론 및 향후 연구 내용을 제시한다.

2. NGN 기반의 IPTV 서비스 요구 사항

2.1 IPTV 스트리밍 멀티캐스트 요구 사항

앞에서 언급했듯이 IPTV 서비스는 일대다 비디오 스트리밍 서비스로서 네트워크 및 단말의 다양성을 고려하고 네트워크 상태를 적응적으로 대응하기 위해서 계층형 멀티캐스트 (layered multicast) 를 활용할 수 있고 이를 위해서는 다음이 고려되어야 한다.

안정성 (Stability)

비디오 스트리밍 멀티캐스트에서 안정성 (Stability) 이란 사용자가 비디오를 수신할 때 비디오의 수신 품질이 얼마나 변화하느냐를 뜻한다. 계층형 멀티캐스트에서는 시간에 따라 자주 변화되는 네트워크 상황에 따라 계층을 추가하거나 제거하여 수신률을 조절한다. 즉, 일정 시간 동안 패킷 손실이 없으면 현재의 네트워크가 여유분의 대역폭을 가지고 있다고 인지하고 계층을 추가하여 수신률을 증가시키는 ‘참가 실험’ (join-experiment) 작업을 수행한다. 그리고 패킷 손실이 특정 임계값 (threshold) 을 넘어서면 네트워크 혼잡 상태라고 판단하고 최근에 추가했던 계층을 제거하게 된다.

네트워크 상황의 변화가 심하면 이렇게 계층의 추가와 제거를 반복하게 되고, 따라서 비디오의 수신 품질이 계속 변화하게 된다. 이러한 품질의 계속적인 변화는 연속적이고 안정된 서비스를 원하는 사용자에게 불편함을 가중시킨다. 그리고 네트워크의 여유 대역폭을 측정하기 위해 새로운 네트워크 트래픽을 추가하는 참가 실험은 해당 수신자의 다른 계층 뿐만 아니라 해당 네트워크를 공유하여 사용하는 다른 수신자에게도 패킷의 손실을 가져다 줄 수 있으므로 문제의 소지가 많은 측정 방법이다.

공평성 (Fairness)

계층형 멀티캐스트에서는 다수의 수신자가 동일 비디오 스트리밍을 전송 받게 된다. 이러한 수신자가 동일 네트워크를 공유하게 되면 서로의 분산되고 독립적인 적응적 (adaptation) 기법을 사용하여 서로 경쟁하게 된다. 이러한 상황에서 각 수신자가 서로 다른 시간에 세션을 시작하거나 여유 대역폭의 인지 후 참가 실험의 결과에 따라 서로 다른 수신률을 가질 수도 있다. 이 경우, 어떤 수신자는 불공평한 네트워크 자원을 사용할 수 있게 된다. 따라서 각 수신자가 공평하게 대역폭을 공유할 수 있는 적응 기법이 요구 된다.

TCP 친화성 (TCP-Friendliness)

현재 인터넷에서는 TCP를 이용한 웹 (WWW; World Wide Web) 서비스의 사용이 주를 이루고 있으며 그 네트워크 사용량이 전체의 약 80%에 육박한다. TCP에서는 AIMD (Additive Increase Multiplicative Decrease) 의 조심스러운 혼잡 제어 기법을 사용하고 있다. 따라서 UDP를 이용하는 멀티캐스트 비디오 스트리밍이 이러한 TCP 세션과 공평한 대역폭을 공유

하기 위한 혼잡 제어 기법 혹은 수신률 조절 기법이 제시되어야 한다.

2.1 NGN망 특성에 따른 계층형 멀티캐스트 요구 사항

위에서 살펴본 바와 같이 NGN의 특성은 기존의 멀티캐스트 비디오 스트리밍을 계층형 멀티캐스트로 구현하기 위해서 추가적인 고려 사항을 필요로 한다. 그 중 중요한 5가지를 나열하면 다음과 같다.

전송 경로 다양성 (Path diversity)

기존의 인터넷에 사용되는 라우팅 알고리즘에서는 전달되는 패킷을 라우팅시키기 위해 자신의 인터페이스 중 최단 거리에 있는 다음 홉 (hop) 으로 전송 경로를 찾아 패킷을 재전송한다. 그러므로 기존에 설정된 네트워크 경로가 끊어지지 않는 이상, 같은 송신자로부터 전달되는 패킷은 모두 같은 경로를 통해서 수신되게 된다. 이러한 성질을 바탕으로 전송 계층 (transport layer) 의 에러 제어 및 혼잡 제어 프로토콜들은 수신하는 패킷의 RTT, 수신 시간 간격, 패킷 손실을 등을 통해 해당 경로의 네트워크 상황을 감지하여 적응적으로 대응한다.

그러나 네트워크 융합 (network convergence) 상황에서 여러 ISP 및 연결망이 통합되게 되고, 각 네트워크에서는 QoS 보장을 위해 MPLS (Multiprotocol Label Switching) 등의 트래픽 엔지니어링 기법을 도입하고 있다. 즉, 전달되는 트래픽이 용도에 따라 서로 다른 전송 경로로 전달하여 대역폭 사용률을 높이거나 견고한 전송을 구현하고자 한다. 오버레이 멀티캐스트 (overlay multicast) 에서는 이러한 접근 방법이 두드러지게 나타나고 있다. 송신자가 하나의 스트림을 여러 개의 같은 조각이나 수신 측에서 조합이 가능한 서로 다른 조각으로 나누어 서로 다른 경로로 전송하게 되면 수신 측에서는 이들 중 일부를 받아 조합하여 사용할 수 있도록 한다. 그러면 어느 한 경로가 끊어지거나 네트워크 혼잡 상황이 발생하더라도 다른 경로로 오는 패킷을 통해 이를 극복할 수 있다는 장점이 있다.

비디오 스트리밍의 경우, 송신자 측에서는 scalable coding 기법을 이용해 하나의 비디오 스트림을 여러 개의 계층으로 나누어 서로 다른 경로 - IP 멀티캐스트의 경우는 서로 다른 멀티캐스트 그룹 주소 (IP Multicast), 오버레이 멀티캐스트의 경우는 전송 트리상의 서로 다른 자식 노드 - 로 전송하고, 수신자 측에서는 이들 계층의 모두 혹은 일부를 수신하여 재생한다. 어느 하나의 경로가 혼잡 상태가 되어 계층의 일부만 수신하더라도 정상적으로 비디오 재생이 가능하며, 하나의 경로에 대한 트래픽 집중을 피할 수 있다는 장점이 있어 널리 도입되려는 추세이다.

손실 차별화 (Loss differentiation)

기존의 혼잡 제어 기법이나 수신률 조절 프로토콜들은 패킷 손실률에 따라 송/수신률을 조절하여 네트워크의 혼잡 상태를 해결하고자 한다. 즉, 네트워크 혼잡 상황이 발생할 경우, 라우터에서는 수신된 패킷들을 전달하기 위한 송신 버퍼가 오버플로우 (overflow) 가 나게 되고, 그만큼 패킷 손실이

발생하므로 전송 경로 및 상황에 대한 정보가 없는 단말에서는 패킷 손실률(packet loss rate)이 네트워크 상황을 판별할 수 있는 좋은 기준으로서 활용될 수 있다. 그러나 이러한 방법들은 네트워크의 혼잡 이외의 상황에 의한 패킷 손실, 즉 전달망에서의 간섭 및 에러에 의한 패킷 손실은 고려하고 있지 않다. 즉, 모든 패킷 손실은 네트워크의 혼잡에 의해 일어난다고 가정한다.

NGN에서는 사용자의 이동성을 지원하는 무선 네트워크의 통합이 예상된다. 무선 네트워크는 유선 네트워크와는 달리, 공유 매체(shared medium)의 사용에 따른 전파 간섭이 발생하거나 공중 통신(air interface)의 특성상 에러를 많이 발생시킬 수 있는 성질을 지니고 있다. 따라서 무선 네트워크를 경유하여 전달되는 패킷은 비트 단위의 에러(bit-wise error)를 가장 확률이 높고, 이를 수신 측에서 복구하지 못할 경우, 해당하는 전체 패킷은 손실(drop)된다. 이 경우, 기존의 네트워크 혼잡 제어 프로토콜은 이러한 에러에 의한 패킷 손실을 네트워크 혼잡의 상황으로 잘못 인지하여 수신률을 떨어뜨리게 되고, 이는 동작 성능을 떨어뜨리게 되는 결과를 낳게 된다.

이를 해결하기 위해 무선 네트워크의 에러와 혼잡에 따른 에러를 구별하여 각 패킷 손실을 다르게 적용하는 방법이 필요하게 되었으며 이를 위해서 패킷의 수신 시간 간격이나 RTT 값 등을 활용하여 현재 네트워크의 상태를 감지할 수 있는 연구가 소개되었다.

서비스 끊김 (Service disruption)

NGN에는 이동성을 지원하는 IEEE 802.11, 셀룰러 네트워크(Cellular network) 등이 포함된다. 이러한 네트워크에서는 사용자의 이동에 따라 네트워크의 연결 지점이 바뀌게 되는 핸드오프(handoff)를 겪게 된다. 즉, 새로운 네트워크로 이동함에 따라 새로운 주소(horizontal handoff)나 새로운 인터페이스(vertical handoff)로 네트워크에 연결하게 된다. 이러한 핸드오프 동안에는 연결의 끊김 현상이 발생하여 그 동안에 전달되는 패킷들은 모두 손실될 수밖에 없다. 이러한 패킷의 손실은 비디오의 화질을 저하하거나 재생이 불가능하게 할 수도 있다.

이를 해결하기 위해 많은 연구들이 있어 왔지만 라우팅 계층에서는 대표적으로 이전 네트워크의 이동 지원국(base station)이 새로운 네트워크로 터널을 맺어 해당 패킷을 전달하는 연구가 있다. 그러나 이러한 접근 방법은 이동 지원국끼리 터널링을 유지해야 하는 오버헤드, 그리고 비디오 스트리밍은 많은 대역폭을 차지하므로 이전 네트워크의 대역폭을 낭비하는 단점이 있다. 특히 이종망간의 핸드오프(vertical handoff)의 경우 새로운 네트워크와 다른 전송 경로 지점(routing tree branch)에 있는 이동 지원국으로부터 패킷을 전달받기 때문에 높은 지연 시간을 유발할 수 있다.

조정 단위 세분화 (Finer granularity)

멀티캐스트 비디오 스트리밍에서는 네트워크 및 수신자의 다양성(heterogeneity)에 따라 수신률을 조절하여 효율성과 공정성을 동시에 지원해야 한다. 계층형 멀티캐스트에서는

이러한 조절을 계층의 추가 및 제거로 처리하기 때문에 단계적인 수신률 조절이 불가피하다. 이러한 조절에서 조정 단위(adaptation granularity)가 크게(coarse) 되면 그만큼 화질의 변화가 심해지고 다양한 네트워크나 단말을 공평하게 지원하기가 힘들어진다. 반대로 조정 단위를 세밀하게(finier)하면 그만큼 계층의 개수가 늘어나므로 전송 단에서의 인코딩 오버헤드(encoding overhead)가 늘어나게 된다.

특히 NGN은 다양한 네트워크 및 단말이 융합된 네트워크이므로 네트워크의 대역폭, 지연(delay), 패킷 손실률 등의 특성과 단말의 동작 성능, 화면의 해상도 등에서 많은 차이를 보인다. 또한 사용자의 이동성으로 인한 핸드오프가 자주 발생할 수 있으므로 사용자가 수신하는 비디오의 화질 변화를 최소화하기 위해서는 조정 단위가 세밀화되어야만 한다.

조정 오버헤드 (Adaptation overhead)

계층형 멀티캐스트에서는 복수 계층과 관련된 멀티캐스트 그룹 주소의 멤버십 관리(membership management)를 위해 단말이 액세스 라우터 혹은 이동 지원국과 ICMP(Internet Control Message Protocol) 메시지를 주기적으로 교환하거나 적응적 조절을 위해 계층의 추가와 제거를 반복하게 된다. 이러한 오버헤드는 유선 네트워크에서는 크게 문제가 되지 않았으나 무선 네트워크에서 이동성을 위해 배터리를 이용하는 단말의 배터리 사용 가능 시간의 단축을 가져오는 결과를 낳는다. 따라서 전송률 조절을 위해 발생시키는 컨트롤 패킷 전송 수를 최소화하거나 없애는 방법이 필요하다.

3. 관련 연구

본 장에서는 NGN을 기반으로 IPTV 서비스를 구현하기 위해 앞에서 살펴본 요구 사항에 대한 기존의 관련 연구들에 대해 살펴보도록 한다.

3.1 전송 경로의 다양성을 고려하는 비디오 스트리밍

[2]에서는 대역폭과 복원력(resilience) 제공을 위해 MDC(Multiple Description Coding) 기법을 사용하여 비디오 스트리밍을 복수개의 전송 경로로 보내는 기법을 제안한다. 그리고 이러한 기법을 사용하여 MDC와 LC(Layered Coding)로 각각 인코딩된 스트리밍을 전송하여 그 성능을 비교한다. [3]에서는 LC와 MDC의 전송 성능을 모델링 하여 이를 다양한 패킷 스케줄링 기법 상에서 테스트한 비교 결과를 보여준다. 그 결과로 계층의 중요도에 따라 그 전송 순위(Priority)를 달리하는 스케줄링 방식(RaDiO)에서는 LC가 효과적임이 나타났다. 계층의 우선 순위를 따로 구별하지 않는 스케줄링 방식에서는 MDC가 효과적임을 보였다. [4]에서는 손실 복원력을 위해 패킷을 복수개의 전송 경로로 보내되 채널 상황에 따라 선택적으로 전송하고, 패킷의 중요도에 따라 그 스케줄링 방식을 조절한다. [5]은 peer-to-peer 레벨에서 다양성과 견고성을 해결하기 위해 계층형 MDC로 비디오를 인코딩하여 이들을 복수개의 전송 경로로 전송하고 전송 트리 상의 부모 노드와 자식 노드가 동시에 송신/수신률을 적응 및 조절하는 기법이다.

3.2 네트워크 혼잡과 에러에 의한 손실을 구별하는 적응 기법

[6]은 비디오 전송을 위해 TFRC를 이용하여 전송률을 조

절할 때, 무선 네트워크의 에러에 의한 손실을 네트워크 혼잡에 의한 패킷 손실로 착각하고 전송률을 낮추는 문제를 해결하기 위해 복수개의 TFRC를 사용하여 손실 종류를 구별하고자 한다. [7]에서는 무선 네트워크 에러 손실과 네트워크 혼잡 손실을 구별하기 위해 제안된 패킷 도달 시간 간격 (packet inter-arrival time) 과 상대적 RTT (ROTT; relative one-way trip times) 를 이용한 2가지 방법을 비교하고 이들을 네트워크 상황에 따라 선택적으로 운용하는 혼잡 방식의 기법을 제안한다.

3.3 서비스 품질 현상 최소화 하는 스트리밍 서비스 기법

[8]은 패킷 도달 시간 간격 (packet inter-arrival time) 으로 라우터의 큐에 머무르는 시간 (queuing delay) 을 계산하여 여유분의 대역폭을 예측하고 그에 맞는 대역폭의 계층을 바로 수신 요청 (subscribe) 함으로써 참가 실험 (join-experiment) 이 필요 없고 안정된 스트리밍 서비스로의 빠른 도달이 가능하다. 그러나 이를 위해서는 라우터들이 공평한 분배 방식의 큐잉 기법 (packet-fair queuing) 을 지원해야 하고 나아가 무선 네트워크에서는 경쟁 (contention), 간섭 (interference) 등으로 인해 발생하는 지연이 라우터의 큐잉 지연과 혼동될 수 있다. [9]은 이동 호스트가 핸드 오프되어 왔을 때 새로운 네트워크의 대역폭 사용량을 갑작스럽게 변화시킴으로써 다른 사용자에게 피해가 가지 않도록 이동 지원국 (Mobile support station) 이 능동적으로 전송률을 조절하거나 계층을 선택적으로 제거한다. 그러나 이를 위해서는 이동 지원국의 복잡도 (complexity) 가 높아지므로 해결해야 할 문제다.

3.4 조정 단위 세분화를 위한 적응적 전송률 조절 기법

[10]에서는 수신자가 요구하는 대역폭의 정보를 담고 있는 피드백 메시지를 송신자에게 전송하고 송신자는 이를 모아 모든 수신자의 공평성을 최대화하는 각 계층의 전송률을 산출하여 인코딩 시에 이를 동적으로 조정하여 전송한다. [11]에서는 무선 네트워크에서 핸드 오프에 의해 발생하는 대역폭 출렁임 현상 (bandwidth fluctuation) 에 대응하기 위해 패킷 손실률을 바탕으로 네트워크의 상태를 파악한다. 송신 측에서는 MPEG-4의 FGS (Fine Granularity Scalability) 기법을 이용하여 비디오를 인코딩하고 수신자로부터 보고된 네트워크의 상태에 따라 각 계층에서 지정된 프레임을 제거함으로써 전송률을 조정한다.

4. 문제점 도출

본 장에서는 위의 고려 사항에서 언급된 5가지 이슈를 계층형 멀티캐스트에 고려하여 적용할 경우, 계층형 멀티캐스트의 고유 특성 때문에 발생하는 구조적 문제점과 각 이슈 사이의 충돌 (conflict) 및 trade-off에 관한 문제를 설명하고자 한다.

4.1 네트워크 상태 결정 (Network State Determination)

기존의 계층형 멀티캐스트에서는 패킷 손실률로 네트워크 상황을 인지한다. 즉, 현재 수신중인 계층들의 모든 패킷 손실률이 일정 임계값을 넘어서면 이를 현재 네트워크가 혼잡 상태라고 간주하고 가장 레벨이 높은 계층을 제거하여 수신률을 감소시킨다. 반대로 패킷 손실이 없으면 현재의 네트워크 상황이 여유분의 대역폭을 가지고 있다고 판단하고 그다

음 레벨의 계층을 추가하여 수신률을 증가시킨다. 이 외에도 송신자와의 RTT, 패킷의 수신 시간 간격, 네트워크 지원 등으로 네트워크의 현재 상태를 인지할 수 있다.

전송 경로 다양성

위의 접근 방법은 모든 패킷이 하나의 전송 경로를 통해 전달된다고 가정하고 있다. 즉, 모든 패킷의 상황이 단일 네트워크 상황으로 귀결되는 것이다. 그러나 NGN에서의 전송 경로 다양성 특성을 고려하면, 모든 패킷이 하나의 전송 경로를 통해 전달된다고 가정할 수 없다. 이 경우, 각 패킷이 전달되어 오는 경로에 따라 패킷 손실률, RTT, 패킷 수신 간격 등이 달라질 수 있고, 따라서 하나의 네트워크 상태를 결정할 수 없게 된다.

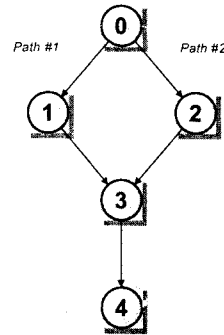


그림 1. 시뮬레이션 토폴로지

위의 그림은 시뮬레이션 토폴로지를 나타낸 것이다. Node 0이 비디오 송신자, Node 4가 비디오 수신자이다.

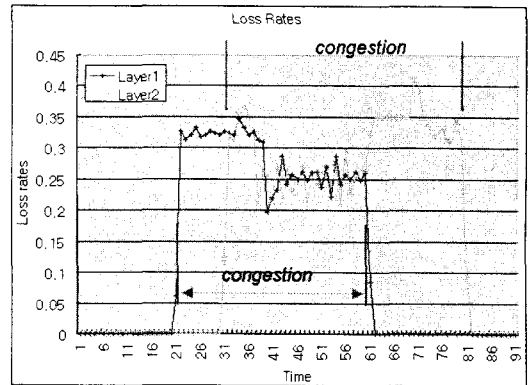


그림 2. 전송 경로의 다양성에 따른 패킷 손실률 변화

위의 그림은 계층형 멀티캐스트 기법에 전송 경로 다양성을 적용한 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. Layer 1을 Path #1으로 라우팅하고, Layer 2를 Path #2로 라우팅하도록 설정한 후, 각 경로에서 서로 다른 시간에 경쟁 트래픽 (competing traffic) 을 발생시켰다. 그래프는 각 계층별 손실률을 receiver

4에서 측정된 값을 나타낸다. 결과에서 볼 수 있듯이 각 계층은 해당 경로의 경쟁 트래픽의 유무에 따라 서로 다른 패킷 손실률을 보여주며, 따라서 이러한 패킷 손실률을 이용하여 네트워크 상태를 결정할 경우, 각 전송 경로의 상태를 적절히 반영하지 못하게 된다.

패킷 손실 차별화

뿐만 아니라 패킷 손실률로만 네트워크 상태를 결정하게 되면 무선 네트워크의 애러와 혼잡에 의한 손실을 구별해 내지 못한다. 즉, 무선 링크에서 발생한 애러에 의해 패킷이 손실 되었음에도 불구하고 이를 네트워크 혼잡 상황이라고 인지하면서 송신률을 떨어뜨리게 되는 것이다. 이는 세션의 성능을 지속적으로 떨어뜨리는 악순환을 가져오게 한다.

4.2 전송률 조절 (Rate adaptation)

기존의 계층형 멀티캐스트에서는 계층을 추가하거나 제거 하면서 수신률을 조절한다. 즉, 네트워크의 대역폭이 남는 경우는 다음 레벨의 계층을 추가하고, 네트워크 혼잡 상황에서는 가장 높은 레벨의 계층을 제거한다.

전송 경로 다양성

그러나 이 역시 모든 패킷이 하나의 경로를 통해 전달되고 가정하므로 전송 경로 다양성 특성을 고려하면 어떤 계층을 추가하고 어떤 계층을 제거해야 하는지가 문제가 된다. 만약 누적적 계층 인코딩 (cumulative layer encoding) 기법을 사용하면, 서로 다른 전송 경로의 상황은 고려되지 않고 단순히 가장 높은 레벨의 계층을 추가하거나 제거해서 수신률을 높이거나 낮춘다. 이 경우, 해당 네트워크의 혼잡 상황을 악화시키거나 해결할 수 없는 상태가 된다. 만약 비누적적 계층 인코딩 (non-cumulative layer encoding) 기법을 사용한다면 계층이 서로 비의존적이므로 순서에 영향을 받지 않고 임의의 순서대로 추가/제거를 해서 수신률을 조절할 수 있다. 하지만 역시 해당 계층이 어느 전송 경로로 전달되는지 알 수 없기 때문에 어떤 계층을 추가해야 안전한지, 어떤 계층을 제거해야 네트워크 혼잡을 해결할 수 있는지 알 수 없는 상태가 된다.

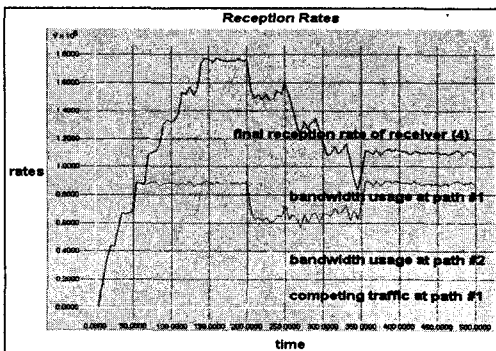


그림 3. 전송 경로의 다양화에 따른 대역폭 사용량

위의 그림은 누적적 계층 인코딩 (cumulative layer encoding) 기법을 사용한 계층형 멀티캐스트에 전송 경로 다양성 특성을 적용한 시뮬레이션 결과를 보여준다. path #1으로는 Layer 1~4를, path #2로는 Layer 5~8을 전송토록 했다. 그리고 path #1에 200s ~ 350s 동안 경쟁 트래픽을 전송하도록 했다. 그래프는 각 경로의 비디오 스트림의 대역폭 사용량과 수신자 및 경쟁 트래픽의 수신률을 보여주고 있다. 그래프에서 보듯이 path #1의 비디오 스트림의 대역폭 사용량을 살펴 보면 200s ~ 350s 사이에 경쟁 트래픽에 의해 네트워크 혼잡이 발생하여 적응 기법을 통해 전송률을 하향 조정하는 것을 볼 수 있다. 그러나 path #2는 아무런 영향 없이, 즉 네트워크 혼잡이 아님에도 불구하고 계층형 멀티캐스트에서 가장 높은 레벨의 계층을 떨어뜨리는 동작 때문에 path #2의 Layer 5-8의 수신에 영향을 받게 된다. 따라서 대역폭을 비효율적으로 사용하게 된다.

4.3 핸드오프 시 끊김 없는 비디오 전송

계층형 멀티캐스트에 호스트의 이동성을 적용할 경우, 앞에서 언급된 바와 같이, 핸드 오프에 따른 패킷 손실 및 지연 현상이 발생된다. 이를 해결하기 위해 무선 이동 지원국이 관여하는 터널링을 통해 계층들을 전달해주거나 인접 셀에서 핸드 오프를 예측하여 해당 계층을 미리 수신 요청해두는 기법들이 제안되었다.

서비스 끊김 현상

그러나 라우팅 계층에서 이러한 연결 끊김 현상을 투명하게 (transparent) 해결해준다 하더라도 핸드오프에 따른 수신률 조절 방법에 따라 서비스 끊김 현상이 나타나게 된다. 즉, 이미 적응적으로 조절하여 결정된 비디오 수신률을 그대로 유지한 채 새로운 네트워크로 이동하게 되면 갑자기 많은 양의 트래픽이 유입되어 대역폭 흔들림 현상 (bandwidth fluctuation) 을 가져오게 된다. 이 경우, 새롭게 이동해온 수신자뿐만 아니라 현재 네트워크에 있는 다른 사용자도 서비스 끊김 현상을 겪게 된다. 반대로 새로운 네트워크에서는 수신률의 적응적 조절을 처음부터 다시 시작하게 되면 대역폭 흔들림 현상 (bandwidth fluctuation) 은 피할 수 있지만 새로운 수신자가 안정된 수신률을 수렴하기까지 많은 시간이 걸리기 때문에 역시 서비스 끊김 현상을 겪게 된다.

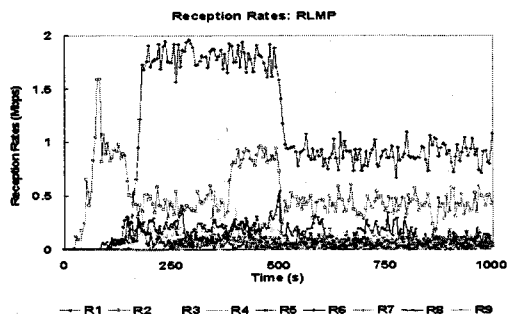


그림 4. 핸드오프에 따른 서비스 끊김 현상

그림 4의 그래프는 계층형 멀티캐스트를 사용한 비디오 스트리밍 세션이 핸드 오프를 겪었을 때 현재 수신 중인 수신률을 그대로 유지할 때 나타나는 다른 수신자의 서비스 품질 현상을 보여준다.

전송 경로 다양성

만약 pre-subscription 기법을 사용하게 된다면, 모든 계층을 미리 pre-subscribe해둘 수는 없으므로 대역폭의 낭비를 최대한 줄이기 위해 최소한의 계층을 선택하여 pre-subscribe하도록 한다. 단, 전송 경로 다양성 특성이 적용될 경우, 어떤 계층을 선택하느냐에 따라 지연 및 대역폭 사용의 효율이 달라진다.

조정 오버헤드

새로운 네트워크로 이동하게 되면 연결이 모두 재설정되므로 멀티캐스트 그룹에 다시 참가하거나 적응 조절(adaptation)을 다시 하게 된다. 이는 배터리를 사용하는 무선 장비의 배터리 사용 가능 시간을 저해하는 요인이 된다.

5. 결론 및 향후 계획

지금까지 본 연구에서는 NGN의 특성, IPTV 서비스의 현황과 비디오 스트리밍 성격 상의 특성에 대해 알아보았고 이러한 특성을 모두 고려하여 NGN망에서 IPTV 서비스를 구현하기 위해서는 어떠한 기술적 문제점이 존재하는지에 대해서 분석하였다. 도출된 문제점들은 전송 계층에서 NGN망의 특성을 고려한 적응적 비디오 스트리밍 전송 서비스를 가능하게 하기 위해 기존의 연구에서 다루지 않았거나 각각의 연구 결과가 서로 상충하여 나타나는 문제점들이다.

향후 연구에서는 이러한 문제점들을 각각 해결할 수 있는 기법을 새롭게 제안 및 설계하고 이를 시뮬레이션을 통해 검증함으로써 IPTV 서비스 구현에 활용될 수 있는 결과를 도출하고자 한다. 추가적으로 IP 멀티캐스트, 오버레이 멀티캐스트(overlay multicast), 응용 계층 멀티캐스트(end system multicast) 등의 네트워크 특성에 따른 추가 요구 사항을 분석하여 문제점을 도출하고자 한다.

참고문헌

[1] S. McCanne, V. Jacobson, and M. Veuverli, "Receiver-driven Layered Multicast," In Proceedings of ACM SIGCOMM, vol. 26, pp. 117-130, New York, USA, August 1996.

[2] Y. Wang, S. Panwar, S. Lin, and S. Ma, "Wireless video transport using path diversity: multiple description vs. layered coding," in Proceedings of the International Conference Image Processing, Vol. 1, pp. 21- 24, 2002.

[3] J Chakareski, S Han, B Girod, "Layered coding vs. multiple descriptions for video streaming over multiple paths," Multimedia Systems, 2005

[4] Liang, Y.J.; Setton, E.; Girod, B., "Channel-adaptive video streaming using packet path diversity and rate-distortion optimized reference picture selection," IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing, Dec. 2002

[5] V. N. Padmanabhan, H. J. Wang, and P. A. Chou, "Supporting heterogeneity and congestion control in peer-to-peer multicast streaming," in Proc. Third Int. Workshop Peer-to-Peer Systems (IPTPS), Feb. 2004.

[6] Minghua Chen; Avideh Zakhor, "Rate control for streaming video over wireless," IEEE Wireless Communications, Aug 2005

[7] S Cen, PC Cosman, GM Voelker, "End-to-end differentiation of congestion and wireless losses," Networking, IEEE/ACM Transactions on, 2003

[8] A Legout, E Biersack, "PLM: fast convergence for cumulative layered multicast transmission schemes," SIGMETRICS, 2000

[9] S Lee, D Lee, W Yoon, "A Rate Adaptation Scheme for Layered Multicast using MSS in Mobile Networks," IEEE IPCCC, 2002

[10] J Liu, B Li, YQ Zhang, "An End-to-End Adaptation Protocol for Layered Video Multicast Using Optimal Rate Allocation," IEEE Transactions on Multimedia, 2004.

[11] TP Chen, T Chen, "Fine-Grained Rate Shaping for Video Streaming over Wireless Networks," EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 2004

[12] D Wu, YT Hou, YQ Zhang, "Scalable Video Coding and Transport over Broadband Wireless Networks," IEEE Proceedings, 2001

[13] H Radha, "TranScaling: A Video Coding and Multicasting Framework for Wireless IP Multimedia Services," Proceedings of the ACM SIGMOBILE Workshop on Wireless mobile multimedia, 2001

[14] Li Lao, Jun-Hong Cui, M. Y. Sanadidi and Mario Gerla, "Scalable and Adaptive Multicast Video Streaming for Heterogeneous and Mobile Users," The 2nd International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS 2005), Siena, Italy, September 5-7, 2005.