

VoD 서비스의 QoS를 위한 오버레이 멀티캐스트에 관한 연구

김성수*, 송왕철*
 *제주 대학교 컴퓨터공학과
 e-mail:vucici@ncl.cheju.ac.kr

Overlay multicast for QoS guaranteed VoD service

Sung Su Kim*, Wang-Cheol Song*

*Department of Computer Engineering, Cheju Nat'l Univ.

요 약

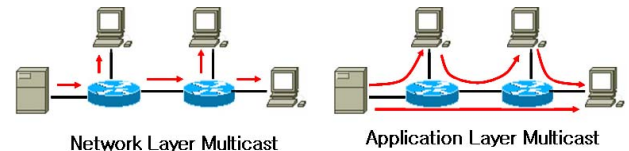
현재 인터넷을 통한 IPTV, VoD등과 같은 많은 멀티미디어 서비스가 이루어지고 있으나 QoS를 보장 받지 못하고 있다, 이를 위한 유니캐스트로는 한계가 있고, IP 멀티캐스트는 현실적으로 사용하기 어렵다. 본 논문에서는 IP 계층대신 응용계층에서 멀티캐스트 기능을 구현하는 오버레이 멀티캐스트를 VoD 서비스에 적용하여, 클라이언트가 동시에 여러 피어들로부터 스트림 데이터를 받는 방식을 제안 함으로서 지터를 줄여 고품질의 QoS 보장 받고자 한다. 클라이언트는 미리 스트림데이터를 받기 때문에 실시간성의 제약으로부터 벗어나기 날수 있어 궁극적으로 QoS의 향상을 이룰 수 있다.

1. 서론

근래 인터넷의 발전과 더불어 각종 멀티미디어 서비스가 인터넷을 통해 이루어지는 것이 일상화 되고 사용자 PC의 성능 향상으로 인해 멀티미디어 데이터는 더욱 고화질, 대용량화 되어가고 있다. 이에 인터넷에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 Video On Demand(VoD)서비스가 크게 주목을 받고 있다. 서버와 클라이언트를 유니캐스트로 연결한 전형적인 VoD 서비스 방식은 필연적으로 서버 측의 부하를 가져오게 되어 서버의 자원 문제(대역폭..), 확장성 등 많은 문제를 발생 시켜 이를 해결하기 위한 방법으로 동일한 데이터를 구성원 수만큼 복사하지 않고 최소 요구로 중복을 줄여 다수의 구성원들에게 데이터를 효과적으로 전송하는 IP 멀티캐스트가 적절한 메커니즘으로 여겨져 왔다[1]. 하지만 IP 멀티캐스트는 제어신호의 과다 발생과 라우터에서 경로 계산의 복잡도 증가로 인한 문제, 완벽한 IP멀티캐스트 구현을 위한 라우터 수정·교체 등 많은 문제로 인해 실제 상업망에서 제한되어 있다. 따라서 현실성이 부족한 IP 멀티캐스트의 대안으로, IP계층 대신 응용계층에서 멀티캐스트 기능을 구현하는 오버레이 멀티캐스트에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

오버레이 멀티캐스트의 기본 아이디어는 그림 1과 같다. 데이터 패킷이 네트워크 라우터에서 복제되는 IP 멀티캐스트와는 달리, 오버레이 멀티캐스트에서는 데이터 패킷이 종단 호스트에서 복제되어 다른 호스트에게 제공함으로써 논리적인 오버레이 네트워크를 형성하여 효율적인 데이터 전송과 서버의 부하를 줄이는 방법이다. 오버레이 멀티캐

스트의 목적은 데이터 전송을 위해 효율적인 오버레이를 구축하고 유지하는 것이다. 따라서 멀티캐스트에 참여하는 몇몇 호스트가 멀티캐스트 라우터의 기능을 대신 함으로서 현존하는 라우터에 새로운 부가기능을 추가하지 않기 때문에 오버레이 멀티캐스트는 현재 인터넷에 바로 적용할 수 있는 이점을 가지고 있다.



(그림 1) IP 멀티캐스트와 오버레이 멀티캐스트

IP멀티캐스트와 비교해서 오버레이 멀티캐스트는 물리적 링크 상에서 중복된 트래픽을 더 많이 발생 시킨다. 물론 오버레이 멀티캐스트에서 발생하는 중복된 트래픽의 양은 유니캐스트와 비교하면 상당히 적다. 하지만 지터와 지연에 의해 QoS를 보장하지 못하고 있어 이에 적절한 트리의 설계 및 failure 발생 시에 이를 최소화 할 수 있는 트리구성에 대한 P2Cast등 다양한 연구들이 있어왔다[2]. 또한 QoS에 관한 연구 개발은 IP계층에서도 활발히 이루어져 DiffServ (differentiates services), IntServ(integrated service), RSVP(resource reservation protocol) 그리고 MPLS(multiprotocol label switching)과 같은 프로토콜들이 개발되어 이를 IP 멀티캐스트에 적용하려는 연구들이 진행 되어 왔다.

본 연구에서는 초고속 네트워크와 peer의 성능이 향상됨에 따라 호스트로서의 역할을 충분히 수행할 수 있음을

감안하여 VoD 서비스를 비롯한 멀티미디어 데이터들의 실시간성이라는 특성을 피어-투-피어 서비스의 특성을 더욱 주목하여 시간의 제약으로 인한 지연과 지터를 해결하여 결과적으로 사용자에게 고품질이 멀티미디어 VoD 서비스를 제공하는 시스템을 제시하려고 한다.

2. 관련연구

다양한 형태의 멀티미디어 서비스를 제공하고 네트워크의 성능을 향상시키기 위해서는 지연과 지터를 최소화하기 위해서는 일반적으로 QoS (quality of service)와 멀티캐스트를 어떻게 지원할 수 있는가 하는 것이 핵심 사항이다[3]. 또한 기본적으로 구성된 네트워크 장비들을 교체하지 않고 VoD서비스를 제공하기 위해서는 오버레이 멀티캐스트 기법과 패칭기법의 조합이 필요하다. 멀티캐스트에서 새로운 클라이언트가 접속 하였을 때, 실시간 라이브 방송에서는 오직 접속한 시간의 미디어 스트림만이 필요한 반면 On-Demand 서비스에서는 미디어의 시작부분부터 접속한 시간까지의 모든 스트림이 필요하다. 따라서 미디어의 시작 부분을 전송해줄 수 있는 특별한 기법이 필요하며, 이를 패칭기법 이라고 한다[4]. 패칭 기법을 오버레이 멀티캐스트 상에 적용하여 제안된 대표적인 관련 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

P2Cast[2]는 P2P네트워크와 IP 멀티캐스트의 패칭 채널, 그리고 ALM(Application Layer Multicast)을 조합하여 고안된 방법이다. 멀티캐스트 그룹에 새로운 클라이언트가 가입 하였을 때, 그 클라이언트는 미디어의 첫 부분을 VoD 서버 또는 미디어의 시작 부분을 캐쉬에 저장하고 있는 다른 클라이언트들로 부터 수신 받게 된다. P2Cast 세션내의 클라이언트들은 수신된 스트림을 모두 캐쉬에 저장하고 있는 반면, 본 논문에서 제안된 기법에서는 캐쉬가 아닌 특정크기의 공유버퍼를 이용한다. 또한 P2Cast에서는 클라이언트의 세션 이탈을 고려해서 데이터 손실을 복구하는 방법을 제시하고 있지만 클라이언트들의 이탈이 활발한 경우 한 클라이언트가 다수의 클라이언트들에게 스트림을 전송해 주어야만 서비스가 가능하다는 문제점을 가지고 있다.

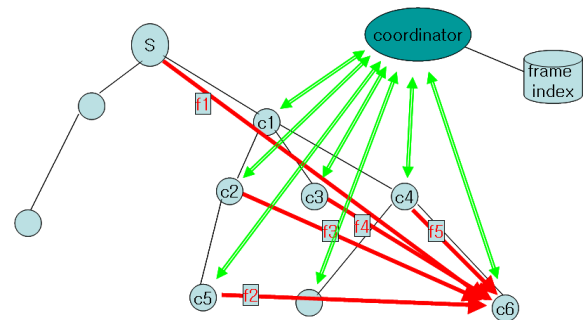
P2Vod[5]는 IP 주소의 부족, 보안 및 보급상의 문제로 실현 불가능한 IP 멀티캐스트에 대한 대안으로 제안된 오버레이 멀티캐스트를 이용하여 VoD서비스를 수행하는 P2Cast 기반의 또 다른 방법이다. 비디오 스트림을 시간 단위의 데이터로 블록화 하여 서비스를 수행하고 P2Vod 세션에 가입한 모든 클라이언트들은 이러한 데이터 블록 중 가장 최근의 블록을 저장 하기위한 특정 크기의 버퍼를 구성하게 된다. 같은 데이터 블록을 보유하는 클라이언트들을 동일 차수로 그룹화 하여, 새로운 요청이 있는 클라이언트는 자신보다 상위 차수에 있는 모든 클라이언트들을 검사하고, 요청한 스트림 블록을 보유하고 있는 클라이언트에게서 서비스를 받게 된다. 이러한 그룹화는 장애가 발생 했을 때 복구에는 효과적일 수 있지만 메커니즘

의 구현이 복잡해질 수 있는 단점이 있다.

3. Peer-to-Peer 구조 VoD 서비스

본 논문에서는 VoD 서비스를 제공함에 있어 확장된 Peer-To-Peer 오버레이 멀티캐스트 방식을 이용함으로써 VoD 서비스되는 멀티미디어 데이터의 실시간성이라는 제약을 극복하는 시스템을 제시하려고 한다.

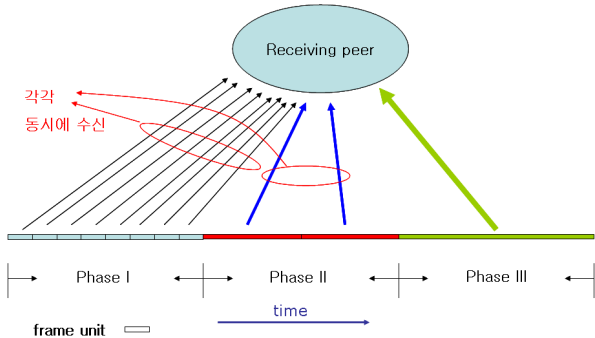
먼저 시스템 구조측면을 살펴보면, 근본적으로 ‘소리바다’와 같은 peer-to-peer 통신 응용들은 각각이 콘텐츠 서버로서의 역할을 하며, 서버는 피어들이 어떠한 데이터를 가지고 있는지를 안내해 주는 역할을 한다. 오버레이 멀티캐스트는 각각의 호스트가 피어로서 역할을 하기 때문에, 이러한 구조를 그대로 빌려올 수 있다고 보인다. 따라서 그림 2에서와 같이, 조정자(coordinator)가 있어서 서비스 가능한 스트림 데이터가 어느 피어(peer)에서 제공 가능한가에 대한 정보를 보관하며 VoD 서비스 요청 피어들은 제어 서버에서 필요한 스트림 데이터 위치를 알아내고, 대응하는 피어나 서버로부터 스트림 데이터를 가져갈 수 있을 것이다. 이때, 멀티미디어 스트리밍 서비스에 사용되는 근래의 단말기들 - PC는 물론 다양한 사용자 단말기들은, 상당량의 자원을 가지고 있기 때문에 자신이 받은 스트림 데이터를 바로 폐기하지 않아도 충분한 자원을 사용할 수 있는 여지가 있다는 전제를 만족해야 하며, 이러한 자원에 저장된 콘텐츠 데이터는 다른 피어들에게 서비스 될 수 있다. 나머지 구조는 그림 2에 나타난 것처럼 오버레이 멀티캐스트 구조를 그대로 따른다.



(그림 2) 동시에 다른 피어들로부터 스트림 데이터를 받는 피어

두 번째로 고려하려는 사항은, 데이터의 실시간성이다. 스트림 데이터는 bulk 데이터는 아니지만, 실시간성이라는 특성 때문에 지연과 지터에 민감하다. 따라서 본 연구에서는 스트림 데이터를 연속적으로만 받는 것을 가정하는 것이 아니라, 스트림 데이터를 일정부분씩 끊어서, 그림 2에서 보듯이 이를 여러 피어들로부터 동시에 받으려 한다. 앞에서 기술한 바와 같이, 각 피어들은 자신의 수신한 데이터를 자신의 리소스 양에 따라 충분한 분량씩을 일정시간 저장해둘 수 있으며, 이러한 정보를 조정자가 가지고 있어서 스트림 데이터를 원하는 피어들에게 어느 피어로부터 어떤 스트림 프레임 데이터를 받을 수 있는지를 알

려줄 수 있게 된다. 따라서 VoD 서비스를 받으려는 피어는 여러 스트림 데이터를 동시에 많은 피어들로부터 받아서, 자신이 현재 디스플레이하는 것보다 훨씬 앞서있는 데이터를 확보할 수 있다. 이를 테면, 하나의 프레임을 실시간으로 받으면서 이를 디스플레이 하는 동시에, 이후의 프레임들을 각각 다른 피어들로부터 받아서 확보하기 때문에, 하나의 프레임을 디스플레이 하는 시간에 이후 여러 프레임을 디스플레이하기 위한 데이터를 자기 자신에게 축적하게 되어, 실시간으로 스트리밍 데이터를 받아야 하는 제약으로부터 벗어날 수 있다.



(그림 3) 동시 수신을 통한 디스플레이 스트림 데이터의 확보 및 시간에 따른 수신 단위 변화

피어의 데이터 수신은 다음과 같은 시나리오로 이루어진다. 초기단계는 바로 다음의 프레임을 동시에 확보하는 것이 필요하므로, 작은 프레임 단위로 데이터를 받는다. 그림 3에서와 같이 phase I에는 작은 프레임 단위로 스트림 데이터를 동시에 수신한다. 그러면, 하나의 프레임 수신시간에 여러 프레임을 받을 수 있게 되는데, 이를 통해 데이터의 실시간성이라는 제약에서 벗어날 수 있을 것이다. 이후 충분한 데이터가 확보된 상황에서는, phase II로 진입해서, 긴 프레임 단위로(그림 3에서는 4개의 프레임을 한 피어 소스에서) 데이터를 받을 수 있을 것이다. 이렇게 데이터를 받는 동시 수신 데이터 하나하나 마다 요구하는 대역폭이 있기 때문에, phase가 높아짐에 따라 동시에 받는 데이터 개수가 줄어들게 되는데(그림 3에서는 phase III에서 하나의 피어소에서만 받음) 두 가지 효과를 가질 수 있다. 조정자(coordinator)가 저장하고 있어야 하는 index의 개수가 적어지며, 수신하는 필요대역폭이 줄어들게 되는 효과를 가지게 된다. 물론 이러한 phase는 고정적인 것이 아니라, 실시간성 스트림 데이터를 축적해놓은 상태에 따라 그 phase를 달리할 수 있다.

본 시스템은 다음과 같은 구성요소를 가진다.

조정자(coordinator) : 어떤 스트림 데이터 수신단위가 어떤 피어에 있는지에 대한 정보를 가지고 있으며 VoD 서비스를 원하는 피어에게 어느 피어로부터 비디오 데이터를 받을지를 알려준다.

VoD 서버: 일반적인 비디오 서버로서 역할하며, 비디오의 전체 프레임을 저장한다. 문제가 발생했을 때, 피어는

먼저 본 서버로부터 데이터 스트림을 수신하여 동작의 안정성을 확보할 수 있다.

피어(peer): 비디오를 원하는 클라이언트가 될 수 있으며, 동시에 다른 피어에게 비디오를 제공하는 서버로서도 동작한다. 자신의 자원정보 및 저장 데이터에 대한 index를 조정자에게 알려야 한다.

4. 기본동작

오버레이 멀티캐스트 기법을 이용하여 스트림 데이터를 서비스 받기 위해서는 기본적으로 세션의 생성·조인, 패칭 기법을 사용한다. 하나의 클라이언트 피어가 스트림 데이터를 받기 위해서는 다음과 같은 순서로 접속하게 된다.

- 조정자에게로의 접속
- 해당 세션으로의 배정 및 새로운 세션의 생성
- 서버와 피어들로부터의 스트림 서비스 수신

이를 위해서 클라이언트인 피어는 일정 시간내에 있는 VoD 세션에 할당되고, 시작 시점에 최초의 비디오스트림 데이터는 서버에서 받으며, 동시에 그 이후의 비디오 스트림 데이터는 조정자에 의해 배당된 피어들로부터 받는다. 피어는 자신이 비디오를 받는 클라이언트이면서 동시에 다른 클라이언트에게 비디오 데이터를 주는 비디오 서버의 역할을 같이하기 때문에, 자신이 비디오 저장을 위해 가지는 자원의 양과 자신의 네트워크 인터페이스의 통신 용량을 최초 접속 시 조정자에게 등록하는 절차를 거친다. 따라서 다른 클라이언트인 피어가 포함될 때 가장 작은 용량을 가진 피어를 기준으로 해당 세션의 허용 시간범위를 결정하게 된다.

4.1 비디오 스트림의 블럭화

논문에서는 클라이언트 피어가 다른 다수의 피어들로부터 동시에 스트림을 수신하는 메커니즘을 제안하고 있다. 이를 위해서 스트림은 블록단위로 나누고 인덱스를 붙여 관리하고 조정자는 이 정보를 가지고 있다.

또한 피어가 충분히 비디오 데이터의 소스로서 역할하기 위해 충분한 저장 공간을 가지고 있어 클라이언트 역할을 하는 피어가 자신의 디스플레이 시점이 지나가도 바로 데이터를 버리는 것이 아니라, 자신의 저장용량이 허용하는 한 과거의 스트림 데이터도 충분히 가지고 있도록 하고 일정 시간 후에 자동 폐기 되도록 한다.

4.2 클라이언트의 가입

이 절차는 그림 3에서 보는 바와 같이 phase I, phase II, phase III으로 나뉜다. 처음 phase I에서, VoD 서비스를 받기 위해 가입한 클라이언트는 먼저 조정자에 접속하여, 클라이언트 접속 시간과 기존 세션 시간을 비교하여 새로운 세션 생성이나 현재 가능한 조인 가능한 세션과 스트림 데이터를 받을 수 있는 피어들을 할당받게 된다. 이때

조정자는 비디오 스트림을 공급하게 될 피어들에 대한 자원(대역폭)과 위치정보를 알고 있기 때문에 충분한 대역폭과 해당 비디오 데이터를 가지고 있는 피어들을 할당해줌으로서 피어들로부터 비디오 스트림을 공급 받도록 한다. 조정자는 스트림데이터를 블록 별로 구분해서 해당 데이터를 가진 다수의 피어들을 클라이언트 피어에게 할당해 주기 때문에 비디오의 시작부분에 해당하는 데이터블럭은 서버에서 받고, 그 이후의 데이터블럭들은 다른 피어들로부터 동시에 받을 수 있다. 이는 기존 ALM 방식의 비디오 스트림 방식이 가입과 패칭을 구분지어 기술되는 것을 동시에 이뤄지도록 한 것이다. 충분한 스트림 데이터가 클라이언트 피어에 축적되면, phase II로 넘어간다. 이제는 상당부분 데이터가 축적되어 있기 때문에, 클라이언트는 실시간성의 제약성에서 벗어나서 비디오를 플레이할 수 있게 된다. 이때부터는 한 비디오 데이터블럭이 phase I에 비해서 커져서, 비디오 소스 피어의 개수가 작아진다. phase III는 클라이언트 피어의 용량이 많이 사용되고 있으면 하나의 비디오 소스를 이용하도록 하기 위한 것이다. 이미 축적된 비디오 데이터의 양이 충분하기 때문에, 이 클라이언트 피어가 소모하는 자원의 양을 최소화하기 위한 것이다.

4.3 세션

새로운 클라이언트 피어가 VoD 서비스 스트림을 조정자에게 요청하면, 각 스트림 데이터에 대한 번호를 단위로 조정자가 가지고 있는 정보에 기초하여 새로 생성되거나 기존의 세션이 이용된다. 조정자는 새로운 클라이언트가 생기게 되면, 먼저 서버로부터 최초의 스트림데이터를 받게 하고, 초기의 스트림 데이터 블록들을 보유하고 있는 피어들에 대해 큰 유효대역폭 및 네트워크의 인접성 등에 대한 파라미터를 고려하여, 세션을 형성시킨다. 형성된 세션으로부터, 먼저 클라이언트 피어는 phase I단계로서 다중의 피어들로부터 스트림 데이터를 수신하게 된다. 이후, phase II와 III에 대한 조정 작업은 실시간의 제약에서 벗어난 상황이므로, 망 상황 및 시스템의 상황을 충분히 고려하여 스트림 데이터를 줄 수 있는 피어를 선정하여 비디오 스트림 데이터의 원천으로 배정한다.

4.4 장애복구

P2P 모델은 원천적으로 장애의 발생 원인을 가지고 있다. 피어의 네트워크 장애, 중간 노드 서비스중단, 이탈에 의한 장애는 수신을 받던 클라이언트는 어쩔 수 없이 장애를 경험하게 된다. 장애의 복구 문제는 본 시스템이 실시간성을 뛰어넘기 위한 것이기 때문에, 클라이언트가 이미 실시간 제약에 비해 충분한 데이터를 축적하고 있거나 주위의 다른 피어들이 비슷한 데이터를 가지고 있을 것이기 때문에 인근 피어에 연결하여 데이터를 받아오도록 할 수 있어서, 큰 문제가 되지는 않는다. 다만, phase I의 초기에 있어서 장애를 경험하게 되면, 실시간 제약에 묶여있

을 수 있기 때문에 조정자가 비디오 데이터를 공급할 수 있는 피어를 빨리 할당해주는 것이 필요하지만, 이것 역시 하나의 피어로부터 받는 데이터가 블록단위의 데이터로 작기 때문에 에러처리가 되어도 실제 전체 비디오 화질에는 큰 장애를 미치지 않게 된다. 기본적으로 장애에 큰 영향을 받지 않는 구조이지만, phase I에서의 장애 복구 시에는 바로 해당 블록을 서버로부터 직접 받게 하여 조정자가 계산하는 시간을 없애도록 한다.

5. 결론

본 논문에서 제안된 시스템은 오버레이 멀티캐스트인 ALM(Application layer multicast)자체 보다는, VoD 시스템에 대해 한정되어있다. 실시간으로 제공되는 스트리밍 데이터가 아닌 저장된 데이터가 사용자들마다 다른 시간에 대해 요구될 수 있는 상황만을 고려하고 있기 때문이다. 본 시스템은 사용자의 단말기가 갈수록 풍부한 자원을 보유하고 있다는 점에 근거하였고, 이를 근거로 사용자가 일정 프레임 단위로 데이터를 받은 것을 피어으로써 상당부분 서버로서의 기능성에 초점을 두었다. 따라서 현재 VoD 서비스에 스트림 서비스의 품질을 향상시켜, 그 사용자들에게 만족을 가져다 줄 수 있고, 성능 면에서도 좋은 향상을 가져다 줄 수 있을 것으로 사료된다.

본 시스템은 멀티미디어 스트림 데이터 속도에 비해 네트워크 속도가 빨라질수록 데이터의 실시간성에서 오는 지연과 지터 문제로부터 해방될 수 있도록 하였고, 단말기가 하나의 소스로부터만 데이터를 받는 것이 아니기 때문에, 이동 단말기를 고려할 때 더욱 활용도가 높아질 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

참고문헌

- [1] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting," RFC1112, August 1989.
- [2] Yang Guo, Kyoungwon Suh, Jim Kurose, Don Towsley, "P2Cast: P2P Patching Scheme for VoD Service", in WWW 12th, 2003.
- [3] Y. Chu, S. Rao, S. Seshan and H. Zhang, "A case for end-system multicast," ACM SIGMETRICS, Santa Clara, June 2000.
- [4] K. Hua, Y. Cai, and S. Sheu, "Patching: A multicast technique for true video-on-demand services," in Proc. ACM Multimedia, September 1998.
- [5] Tai Do, Kien A. Hua, and Mounir Tantaoui, "P2VoD: Providing Fault Tolerant Video-on-Demand Streaming in Peer-to-Peer Environment", in Proc. of the IEEE International Conference on Communications (ICC 2004), June 20-24 2004, Paris, France