

지역성과 지연시간 기반의 P2P 스트리밍 시스템 구현

안선희 · 박승철

한국기술교육대학교

Implementation of P2P Streaming System Based on Locality and Delay

Sun-hee An · Seung-chul Park

Korea University of Technology and Education

E-mail : {sunshine31, scpark}@kut.ac.kr

요 약

본 논문에서는 실시간 상호작용이 요구되는 커뮤니티 TV 서비스를 위한 P2P 스트리밍 서비스를 설계하고 구현하였다. 대화 기반의 커뮤니티 TV 서비스는 짧은 지연시간의 스트리밍 서비스를 요구하기 때문에 지연시간이 짧은 트리 방식의 P2P 네트워크를 구축하고 종단간 지연 시간 한계 내에 사용자들이 원활한 커뮤니티 서비스를 받을 수 있게 구현하였다. 본 연구에서 P2P 네트워크는 지역성과 종단간 지연시간을 이용한 알고리즘을 사용하여 구성된다. 본 논문의 P2P 스트리밍 시스템은 웹서버와 애플리케이션으로 구성되며 각각 ASP.Net, C#.Net으로 구현되었다.

ABSTRACT

In this paper, a P2P streaming system for community TV service which requires realtime interactions was designed and implemented. The proposed system constructs a short delay tree-based P2P network in order to effectively support various community TV services within end-to-end delay bounds. Because a community service based on conversation requires a short delay. The P2P network of this paper was constructed by using an algorithm which utilizes locality and delay information. The implemented P2P streaming system is composed of a Web server and a application, each of which was implemented using Asp.Net and C#.Net respectively.

키워드

Peer-to-Peer Streaming, Live Streaming, Overlay Network, IPTV

1. 서 론

파일 공유를 위한 Napster로부터 시작된 Peer-to-Peer 네트워킹 기술은 분산 컴퓨팅, Skype에 성공적으로 적용됨에 따라 인터넷상의 새로운 통신 방식으로 각광받고 있으며 최근에는 P2P 네트워크를 이용한 실시간 멀티미디어 스트리밍에 대한 연구가 높아지는 추세다[1]. 참여자간의 상호작용이 중요한 커뮤니티 IPTV 서비스의 경우 실시간 멀티미디어 스트리밍 보다 짧은 지연시간이 요구된다.

이전 연구들은 실시간 멀티미디어 전송을 위해 트리의 높이, 다수 노드의 집산화 등을 고려하여 전체적으로 짧은 지연 시간의 안정적인 네트워크

를 구성할 뿐 응용의 지연 시간 요구사항을 충족시키는 QoS 기반의 P2P 스트리밍을 지원하지는 않는다. 커뮤니티 IPTV 서비스는 멀티미디어를 시청함과 동시에 적절한 지연시간 보장이 요구되는 참여자간 상호작용 서비스를 제공해야 하기 때문에 앞선 연구 결과들은 커뮤니티 IPTV 서비스에 적합하지 않다.

본 논문에서 제안하는 P2P 스트리밍 시스템은 P2P 네트워크의 모든 참여자들이 미리 설정된 종단간 지연 시간 범위 내에 서비스를 제공 받을 수 있게 하기 위해 지연 시간에 영향을 미치는 요소인 사용자의 접속지역을 고려한 네트워크를 구성한다.

II. 관련 연구

네트워크 대역폭의 향상과 함께 최근 IPTV와 같은 실시간 멀티미디어 스트리밍 서비스에 많은 관심이 쏠려 있다. 그러나 라우터를 사용해야 하는 IP멀티캐스트의 제약 조건으로 인해 이와 같은 서비스가 활발히 사용되지 못하고 있다. 이에 라우터와 분리된 P2P 오버레이 네트워크에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. P2P 오버레이 접근 방식에는 트리 기반의 오버레이와 메쉬 기반의 오버레이가 있다[2].

트리 기반의 오버레이(Tree-based overlay)는 콘텐츠를 최초로 전송하는 발생지를 기준으로 참여 노드들을 트리 구조의 네트워크로 구성하는 방식이다. 이 방식은 구축된 트리 경로를 따라 비디오 스트림이 전송된다. 트리를 구성하는 각각의 노드는 자신의 부모 노드로부터 데이터를 받으며, 부모 노드는 루트일 수도 있고 동등한 Peer일 수도 있다. 네트워크를 구성하는 노드는 지정된 경로로 데이터를 전송함으로써 데이터 전송 효율이 높으면서 확장이 용이한 트리를 만들 수 있다. 또한, Peer가 자주 변경되지 않는 상황일 경우, 시스템의 오버헤드가 거의 없고 지연 시간이 비교적 짧은 특징이 있다. 그러나 Peer가 동적으로 자주 변하는 상황일 경우, 트리가 지속적으로 파괴되고 생성되기 때문에 이를 복구하기 위한 컨트롤 메시지를 오버헤드가 상당히 요구된다.

메쉬 기반의 오버레이(Mesh-based overlay)는 비디오 스트림을 일정 크기의 청크(chunk) 단위로 세분화한 후 자신이 가진 청크의 정보를 다른 노드에게 전송하고 필요한 비디오 청크를 공유한다. 하나의 완성된 비디오 스트림을 구성하기 위해 여러 개의 청크를 획득해야하기에 다수의 부모 노드를 가질 수 있고 앞서 설명한 방식보다 안정적인 서비스를 지원할 수 있다. 하지만 자신의 비디오 버퍼 맵(Buffer Map)을 다른 노드들과 교환해야하며 여러 개의 청크를 얻어 완전한 비디오 스트림으로 취합하는 과정이 필요하기 때문에 큰 버퍼가 필요하고 대기시간이 길다는 단점이 있다. 최근 대표적인 메쉬 기반의 P2P 스트리밍 기법인 SopCast, Coolstreaming, PPLive의 분석 결과는 스트리밍을 위해 수십 초의 지연 시간이 발생됨을 보여주고 있다[1]. 이는 앞서 언급한 것처럼 완전한 비디오 스트림을 획득하기 위해 다수의 청크를 취합해야 하는 특징으로 인한 결과다. 비디오 스트리밍과 참여자간 커뮤니티 서비스를 결합한 형태의 시스템은 지연 시간에 의존적이므로 메쉬 기반의 오버레이가 적합하지 않음을 알 수 있다.

III. P2P 스트리밍 시스템 설계

3.1 시스템 구성

본 연구에서는 비디오 스트리밍과 커뮤니티 서

비스를 결합한 형태의 서비스를 제공하기 위해 지연 시간이 짧은 트리 기반의 스트리밍 시스템을 구축하며 본 시스템은 <그림 1>과 같이 총 3가지의 요소로 구성된다.

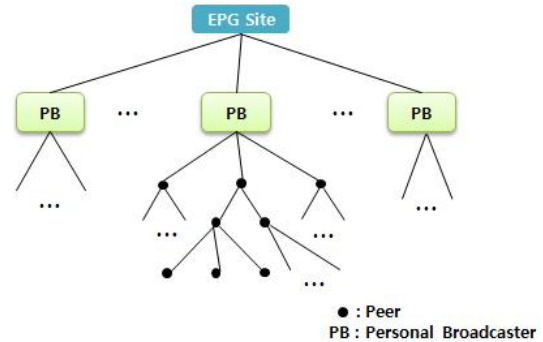


그림 1. P2P 비디오 스트리밍 시스템 모델

개인 방송자(PB : Personal Broadcaster)가 개인 채널을 생성하기 위해서는 서비스 이용자의 정보와 채널에 대한 정보를 유지하는 EPG(Electronic Program Guide) Site에 채널에 대한 정보를 등록해야 한다. 일반 참여자인 Peer는 EPG Site에 접속하여 채널 목록 중 원하는 채널을 선택하여 참여할 수 있다.

3.2 제약 조건

본 연구에서는 스트리밍 트리를 구축하기 위해 다음과 같이 가정한다.

- 1) 서비스 사용자는 스트리밍 서비스를 받기 전 EPG Site에 자신의 접속 지역을 포함한 정보를 등록한다.
- 2) 부모 노드 선정 시 동일 접속 지역의 노드를 우선시한다.
- 3) 원활한 커뮤니티 서비스를 위해 종단간 지연 시간 한계를 설정하고 노드당 최대 추가 될 수 있는 자식의 수를 제한한다.

<그림 2>는 종단간 지연 시간 한계를 10, 노드당 최대 자식 수를 3으로 설정한 트리이다. 또한, 실선 위에 표시된 숫자는 부모노드와의 지연 시간, 노드에 표시된 A_i 의 표기는 A 지역의 i 번째 접속자를 나타낸다.

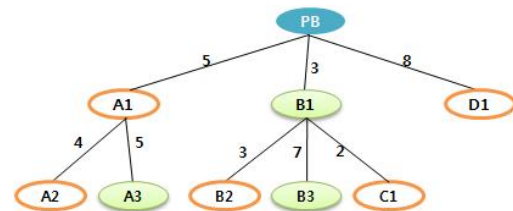


그림 2. 종단간 지연 시간 한계와

노드 수 제약에 따른 스트리밍 트리 확장

3)의 제약 조건에 따라 A1, A2, B2, C1, D1노드는 자식을 가질 수 있다. 그러나 A3, B3노드의 경우 자식 노드가 없지만 부모 노드를 거쳐 도착하는 비디오 스트림의 지연 시간이 지정된 최대

지연 시간 한계와 동일하기 때문에 더 이상 트리를 확장할 수 없다.

A2, A3, B2, B3노드는 2)의 제약 조건에 의해 부모를 동일 지역의 노드로 선정한 것을 확인할 수 있다. 그러나 C1의 경우는 2)의 제약 조건을 만족하지 않기 때문에 지연 시간이 가장 짧은 B1을 부모 노드로 선택하여 네트워크를 확장한다. 이후 C2노드가 추가되면 제약 조건 2)와 3)에 의해 부모 노드는 C1이 됨을 예측할 수 있다.

3.3 스트리밍 트리 구축 절차

본 연구에서 Peer가 채널에 접속할 때 일어나는 트리 구축 절차는 <그림 3>과 같다.

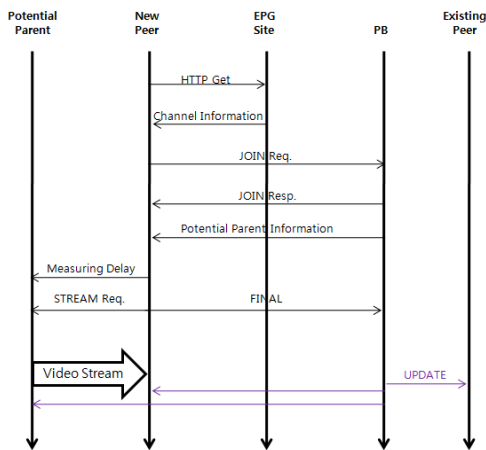


그림 3. 스트리밍 트리 구성 절차

PB가 성공적으로 EPG Site에 채널을 등록하면 비디오 스트리밍을 위한 트리 구축 준비를 시작하고, Peer는 EPG Site를 통해 해당 채널에 참여할 수 있다.

Peer가 EPG Site에 접속하여 참여하길 원하는 채널의 정보를 얻는다. Peer는 PB와 컨트롤 메시지 교환을 위해 TCP 연결 설정하고 자신의 지역 정보를 포함한 JOIN Req. 메시지를 전송한다. 메시지를 받은 PB는 앞서 언급한 제약 조건 3)에 의하여 자식 노드 테이블에서 확장 가능한 노드를 검색한다. 검색 결과를 다시 Peer의 지역 정보를 이용하여 필터링 후, 그 중 가장 짧은 지연 시간을 갖는 노드를 Potential Parent로 선택하여 해당 정보를 전송한다.

Potential Parent Information을 받은 Peer는 스트리밍을 받기 전 지연 시간을 측정한다. 트리를 구성하는 모든 노드는 PB에서 자신까지의 지연 시간을 기록한다. 예를 들어, <그림 2>의 C1노드는 잠재적인 부모 노드 B1과 C1 사이의 지연시간 2와 B1과 PB 사이의 지연시간 3을 더한 5를 기록한다.

측정된 지연 시간이 중단간 지연 시간 한계를 넘으면 해당 Peer는 네트워크에 추가되지 못하는 반면 그렇지 않으면 다음 과정을 진행한다.

Peer는 선정된 부모 노드에게 STREAM Req.

메시지를 전송함과 동시에 PB에게 자신의 부모 정보를 포함한 FINAL 메시지를 전송한다. STREAM Req. 메시지를 받은 부모 노드는 Peer에게 비디오 스트리밍을 개시하고 FINAL 메시지를 받은 PB는 자식 노드 테이블을 갱신한다. PB는 다시 모든 노드에게 UPDATE 메시지를 전송하여 새로운 노드가 추가되었음을 알려 참여자간 커뮤니티 서비스를 가능하게 한다.

IV. P2P 스트리밍 시스템 구현

4.1 구현 환경

본 P2P 비디오 스트리밍 시스템은 .Net Framework 3.5 환경의 MS Visual Studio 2008을 사용하여 EPG Site와 Application을 구현하였으며 구체적인 내용은 <표 1>과 같다.

표 1. 시스템 구현 환경

Web	Language	ASP.Net
	DBMS	MS SQL Server 2005
	Server	Windows XP
Application	Language	C#.Net

4.2 구현 결과

본 연구에서 구현한 EPG Site는 <그림 4 (a)>와 같다. EPG Site는 로그인, 채널 리스트, 현재 접속자 명단으로 구성된다. 채널 생성을 위해 로그인 한 PB는 자신의 채널에 대한 정보 입력 후 페이지 좌측에 위치한 채널 리스트에서 자신의 채널을 확인할 수 있다. 성공적으로 채널을 개설한 PB는 <그림 4 (b)>의 PB 애플리케이션을 이용하여 비디오 스트리밍을 시작한다.



그림 4. 구현 결과 (a) EPG site

(b) PB 애플리케이션 (c) Peer 애플리케이션

Peer 역시 서비스를 이용하기 위해 EPG Site에 로그인한다. 로그인한 Peer는 자신의 닉네임을 페이지 우측 현재 접속자 명단에서 확인할 수 있고, 좌측의 채널 리스트에서 참여하길 원하는 채널을 선택하면 <그림 4 (c)>과 같은 Peer 애플리케이션을 통해 참여 가능하다.

4.3 실험 결과

본 논문에서는 구현된 시스템의 시작 지연 시간과 데이터 처리 지연 시간을 측정하였다. 실험에 사용된 컴퓨터는 총 22대로, EPG Server를 제

위한 21대의 PC는 사양이 동일하며 100Mbps의 유선으로 연결되었다. 자세한 실험 환경은 <표 2>와 같다.

표 2. 실험 환경

Video	WebCam	Logitech Quickcam Sphere AF
	Data rate	300 ~ 350 Kbps
	Definition	320 x 240
	Encoding	M-JPEG
PC	O/S	Windows XP SP3.
	Processor	Intel(R) Core(TM)2 CPU 6400 @ 2.13GHz 2.13GHz
	RAM	2GB

시작 지연 시간은 PB에 접속한 시점부터 비디오 데이터가 받아오는 시간을 측정하였다. 실험을 통해 비디오 스트림을 받기 위해 평균 270ms의 기존 P2P 스트리밍 시스템에 비해 매우 짧은 시간이 요구됨을 확인하였다.

데이터 처리 지연 시간은 노드가 부모 노드로부터 데이터를 받아 모든 자식 노드에게 전송하기까지 걸리는 시간을 측정하였다. 특정 PC가 n개의 노드에게 데이터를 전송하는데 걸리는 시간을 측정하기 위해 네트워크를 임의로 <그림 5>와 같이 구성했다.

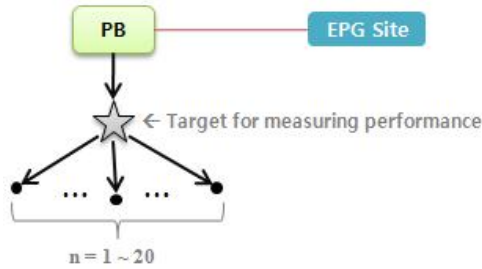


그림 5. 네트워크 실험 모델

데이터 처리 지연 시간의 실험 결과는 <그림 6>과 같다. 한 노드가 20개의 자식 노드를 가질 경우 약 24ms의 데이터 처리 지연 시간이 요구됨을 알 수 있다.

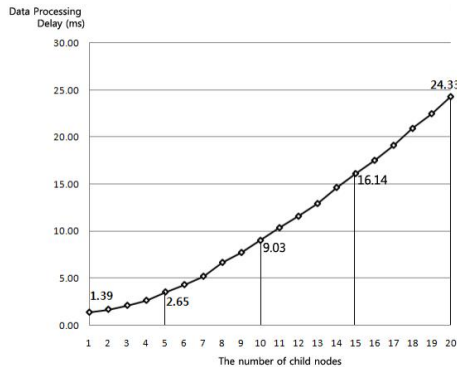


그림 6. 데이터 처리 지연 시간 측정 결과 분석

트리 링크 지연 시간을 측정하기 위해 <그림 7>과 같이 각 지역별 대학교를 지정하여 실험을 진행하였다. 휴일을 포함한 5일 동안 측정된 결과 최대 72ms, 평균 8.36ms의 시간이 요구됨을 확인

했다. 사용자의 최소 인터넷 유효 대역폭을 3.5Mbps로 가정할 때 수용 가능한 자식 노드 수는 10개가 되며 이를 위한 데이터 처리 지연 시간은 <그림 6>과 같이 9.03ms이다. 최대 트리 링크 지연 시간은 72ms이므로 한 노드를 거치는 데 소요되는 시간은 81.03ms임을 알 수 있다. 종단간 지연 시간을 500ms로 가정할 때, 최대 트리 링크 수는 $\lfloor \frac{500ms}{81.03ms} \rfloor = 6$ 이 되며 수용 가능한 최대 가입자 수는 $\sum_{n=1}^6 10^n$ 으로 계산된다. 이 수치는 커뮤니티 IPTV 채널 지원에 충분한 가입자 수임을 확인할 수 있다.

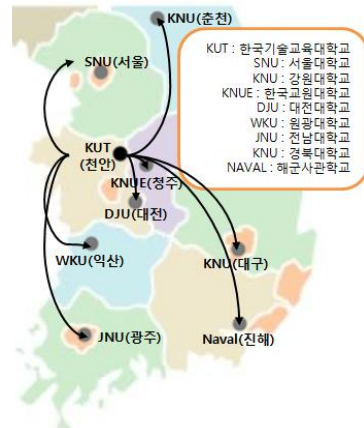


그림 7. 트리 링크 지연 시간 측정 대상

V. 결론

사용의 편리성과 전송 속도 및 대역폭의 증가로 인해 인터넷의 활용 범위가 점차 확장되고 있다. 그러나 멀티캐스트 스트리밍 서비스는 IP멀티캐스트를 사용해야 한다는 제약으로 인해 광범위하게 사용되고 있지 못한 현실이다. 이에 본 논문에서는 라우터에 독립적인 P2P IPTV 시스템을 설계하고 구현하였다.

본 논문에서는 P2P 멀티캐스트와 참여자간 커뮤니티 서비스를 혼합한 형태의 시스템을 논하고 효율적인 시스템을 설계하기 위하여 P2P 오버레이 접근 방식의 특징에 대해 살펴보았다. 지연 시간에 영향을 끼치는 접속 지역을 고려하고 종단간 지연 시간 측정을 통해 실시간성을 보장하면서 확장이 용이한 시스템을 구축했다.

본 연구는 피어의 이탈을 고려하지 않았다. 향후 이에 대한 연구를 추가로 진행할 예정이다.

참고문헌

[1] Alexandro Sentinelli, et al., "Will IPTV Ride the Peer-to-Peer Stream," IEEE Communications Magazine, June 2007
 [2] Jani Peltotalo, et al., "Peer-to-Peer Streaming Technology Survey," 7th International Conference on Networking, 13-18, April 2008