# 비디오 스트림의 전략적 세그먼테이션을 이용한 적응형 오버레이 비디오 스트리밍

김도현° 이중수 이영희
한국정보통신대학교 컴퓨터 네트워크 연구실
{t12t12t12°, jslee, yhlee}@icu.ac.kr

Adaptive Overlay Video Streaming using Strategic Stream Segmentation

Dohyun Kim° Joongsoo Lee Younghee Lee
Information and Communications University, Computer Networks Laboratory

요 약

오버레이 멀티캐스트는 IP 멀티캐스트의 대안으로 많은 관심을 받아 왔다. 본 논문에서는 오버레이 멀티캐스트에서 각 단말의 특성에 따라 적응적으로 멀티미디어를 전송하는 기법을 연구하였다. 데이터 기반으로 컨텐츠를 전달하는 피어-투-피어 형태의 전송 구조를 사용하여 각 단말이 네트웍 특성에 따라 데이터를 요청하는 형태로 구성되었다. 이웃 노드 선택, 버퍼 맵 교환, 필요한 데이터를 전송 요청하는 과정으로 구성되는 피어-투-피어 형태의 전송 구조에서 적응적인 멀티미디어 전송을 지원하기 위하여 전략적 세그먼테이션을 통한 버퍼 맵 교환, Fine-grained 적응 스케줄러를 통한 데이터 교환을 제안하였다. 본 연구에서 적용된 기법의 특성을 분석하기 위하여 정성적인 분석 모델을 제시하고 이를 통해 결론을 도출하였다.

## 1. 서 론

인터넷에서의 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공하는 어플리케이션들은 하나의 혹은 몇 개의 소스로부터 다수의 사용자에게 스트림을 전송하는 것을 특징으로 한다. IP 멀티캐스트를 이용하여 멀티미디어를 전송하려면 네트웍 인프라의 수정, 멀티캐스트 트리의 글로벌한 지원 등의 어려움이 내재되어 있다. 그 대안으로 연구자들은 응용 계층(application layer)에서 멀티캐스트를 제공함으로써 문제를 해결하려했다[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. 즉, 스트림 서비스에 참여하는 노드들 간에 응용 계층에서 전송 구조를 구성하여 멀티캐스트 기능을 구현하려는 시도이다.

응용 계층에서의 멀티캐스트 방식에는 크게 트리(tree), 다중 트리(multiple tree), 매시(mesh)와 같이 미리 명시된 전송구조를 바탕으로 사용자들에게 스트림 데이터를 전송하는 방식[2, 3, 4, 5]과 명시된 전송구조 없이 상황에 따라 피어-투-피어(peer-to-peer) 방식으로 스트림 데이터를 전송하는 방식이 있다[6, 7]. 오버레이 전송구조에 참여하는 사용자들의 잦은 동적 행동을 고려한다면 세밀한 전송구조를 가지는 방식보다 명시된 전송구조가 없는 피어-투-피어 방식이 사용자가 사용하는 단말에 맞는 적응적인 전송이 가능한 장점이 있다. 명시적인 전송구조가 필요한 경우에는 사용자의 특성을 반영하기 위하여 전송구조가 수정되어야 하므로 복잡도가 증가될 수 있다.

피어-투-피어 방식의 스트림 전송 기법은 사용자 노드가 가진 강력한 버퍼링(buffering) 능력과 상위계층(upper layer)의 정보를 바탕으로 좀 더 효율적인 판단을 할 수 있어 시스템에 더 많은 융통성(flexibility)을 가져다준다. 하지만, 이러한 장점에도 불구하고 이 방식의 큰 취약점 중 하나는 참여하는 노드들의 가용 대역폭을 미리 결정하거나 참조하기 힘들다는 점이다. 따라서 파트너들로부터의 가용 대역폭에 따라 스트림 전송률을 조절하는 방법과 더불어 더 나은 파트너를 찾아가는 기법(mechanism)이 필요하다. *RLM*[9]의 경우 IP 멀티캐스트 환경에서 참여 노드들의 가용 대역폭의 다양성 문제를 비디오의 계층화된 코딩(layered coding)을 통해 노드가 수용 가능한 계층만을 누적하여 전송함으로서 해결하려 하였다. 그리고 *SplitStream*[2]의 경우 다중 트리구조를 이용해 노드의 가용 대역폭에 따라 원하는 만큼의 트리에 가입하는 방법으로 문제를 다루었다.

본 연구에서는 명시된 구조가 없는 피어-투-피어 환경에서의 전략적 비디오 세그먼테이션(segmentation)을 통한 가용 대역폭 적응 기법을 제안한다. 하나의 노드가 멀티미디어 스트림을 전송받기 위해서는 이웃 노드들을 선택하고, 이웃 노드들이 갖고 있는 데이터 중 자신에게 필요한 것을 결정하여 이웃 노드들에게 요청하는 과정을 따른다. 데이터 가용성에 기반한 피어-투-피어 환경에서 적응적인 멀티미디어 전송이 이루어지기 위해서는 데이터를 교환하기 위한 전 과정에 거쳐 적응적 기능이 반영되어야 한다. 적응적 기능을 제공하기 위하여 본 논문은 전송의 기본 단위인 세그먼트의 구성 방법, 세그먼트 별로 타입을 기술할 수 있는 버퍼 맵의 구조, 세그먼트의 부분적 전송 알고리즘을 기술하고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구를 살펴보고, 3절에서는 시스템 디자인을 기술한다. 그리고 이어 4절

에서는 본 시스템에서 수행하는 가용 대역폭 적응 기법에 대해 자세히 다룬다. 5절에서는 멤버십 관리에 대해 다루고, 6절에서는 본 시스템의 성능에 대해 논의한 후 7절에서 결론 및 향후 계획을 기술한다.

## 2. 관련 연구

응용 계층에서의 멀티캐스트에 관한 연구는 크게 전략적으로 배치된 프락시를 기반으로 하여 효율적인 오버레이 전송 구조를 만드는 방식과 이러한 인프라구조(infrastructure) 없이, 참여한 사용자 노드들만으로 오버레이 전송구조를 만드는 피어-투-피어 방식으로 나눠볼 수 있다. 피어-투-피어 방식을 사용한 오버레이 스트리밍 프로토콜은 크게 트리와 같은 명시된 구조를 바탕으로 스트림 데이터가 이동할 경로를 미리 정하는 구조 중심의 방식(structure based approach)[1, 2, 3, 4, 5]과, 이와 달리, 스트림 데이터의 이동 경로가 데이터를 필요로 하는 노드들의 요구에 따라 시시각각 결정되는 데이터 중심의 방식(data-driven approach)이 있다[6, 7, 8].

비디오 스트리밍 서비스의 한 가지 특징은 다수의 사용자들의 동시 다발적인 가입(join) 혹은 탈퇴(leave)와 같은 현상이 수시로 일어난다는 점이다. 이러한 가입 및 탈퇴와 같은 동적인 변화는 특정한 전송구조를 가진 세션의 빈번한 구조 변경을 필요로 하며 이러한 접근법이 더 이상 적합하지 않게 만들 수 있다. 비록 멀티 트리 구조(multiple tree structure) 혹은 그물망 구조(mesh structure)를 이용하면 이러한 현상을 완화시키는 것이 가능하지만 제어 프로토콜 자체가 더욱 복잡해지고 시스템 자체의 확장성(scalability)이 없어질 가능성이 높다. 따라서 실시간 비디오 스트림 서비스 같은 종류의 어플리케이션은 구조화된 전송구조를 가지기 보다는 동적인 환경에서 좀 더 견실(robustness)하고 확장성(scalability)에 중점을 둔 비구조적(unstructured) 형태가 그 전송구조로써 더 알맞다고 볼 수 있다.

이러한 비구조적 형태의 전송구조를 가지는 시스템은 일반적으로 데이터 중심의 방식으로 스트림 전송을 한다. *DONet*[7]은 시스템의 안정성(robustness)과 확장성(scalability)을 위해 비구조적 형태의 전송구조를 사용한다. *DONet*은 멤버십 관리를 위해 가십(Gossip) 프로토콜을 사용하여 전체 참여 노드의 일부분을 찾아내고, 이것에 대한 정보를 각 노드에 저장하고 이 부분의 노드들 중에서 자신의 파트너를 무작위로 골라낸다. 파트너들과 서로의 버퍼 내용을 나타내는 버퍼 맵(buffer map)을 교환함으로써 서로간의 데이터 보유분을 알게 되고, 이것을 바탕으로 필요한 부분을 서로에게 요청하게 된다.

*DONet*[7]의 비구조적 형태의 전송구조와 가십 멤버십 프로토콜은 시스템에 견실함과 확장성을 가져다준다. 하지만 이러한 접근법은 각 노드의 가용 대역폭의 다양성에 대한 직접적인 해결책은 주지 못한다. 이것은 가용 대역폭이 낮은 노드들의 경우 더욱 문제가 된다. 즉, 그림 2와 같이 어느 순간 한정된 가용 대역폭만을 가진 노드의 경우 어떤 경우에도 전체 스트림 전송률을 수용할 수 없는 경우가 있다. 이러한 경우 잃게 되는

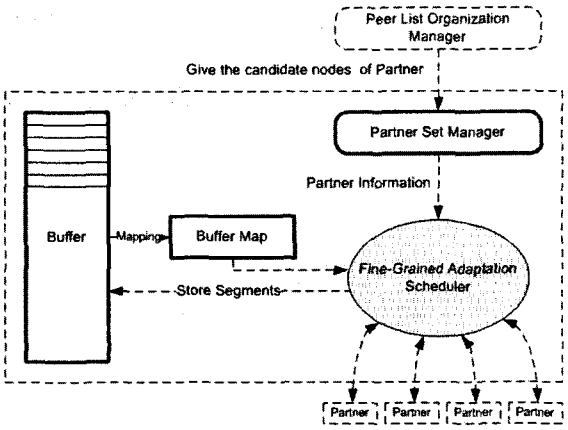


그림 1. System Outline

스트림이 필연적으로 발생하게 되는데 이러한 손실(loss)의 영향을 최소화 할 필요성이 제기된다.

본 연구는 단말의 가용 대역폭의 다양성 문제를 다룬 *RLM*[9]과 비슷하게 자신의 가용 대역폭에 따라 비디오 수신율을 조절하는 기법을 기본으로 하고 있지만, 트리 전송 구조의 제약을 가진 IP 멀티캐스트에서의 기법과는 근본적으로 다르다. 본 시스템은 기본적으로 다수의 파트너들로부터 스트림 데이터를 수신하는 것을 바탕으로 하며, *RLM*[9]에서의 방식이 지정된 라우터로부터 단지 몇 단계의(coarse-grained) 적응단계를 제공해주는데 반해 본 시스템은 파트너별로 적응 단계를 정해주기 때문에 좀 더 세밀한(fine-grained) 적응을 가능하게 해준다.

## 3. 시스템 디자인

본 시스템은 가용 대역폭의 다양성 문제를 전략적으로 세분화한(fine-grained) 스트림 전송을 이용하여 비디오 질의 하락을 최소화하면서 가용 대역폭의 변화에 효과적으로 적응하는 기법을 제시한다. 이를 위해, 그림 1과 같은 시스템 디자인을 제안한다.

한 참여 노드의 구성 모듈은 그림 1과 같다. 기본적으로 모든 노드들은 버퍼를 가지며 이것을 플래그 형식으로 매핑(mapping)한 버퍼 맵(buffer map)도 가진다. 파트너 셋 매니저(Partner Set Manager)는 전체 세션에서 추출된 파트너 후보(candidate nodes)들 중에서 특정 기준에 의해 파트너를 선정하여 파트너에 관한 정보를 관리한다. 파트너 후보를 골라주는 노드 리스트 구성 매니저(Peer List Organization Manager)는 외부모듈이 된다. 이것은 *DONet*[7]에서와 같이 가십 프로토콜을 이용하는 매니저가 될 수도 있고, *RandPeer*[10]와 같이 QoS(Quality of Service)를 고려한 독립적인 멤버십 관리 모듈이 될 수도 있다. 이 외부 모듈은 전체 스트리밍 세션에 참여한 노드들 가운데 각 모듈의 정책을 만족하는 파트너 후보를 선별

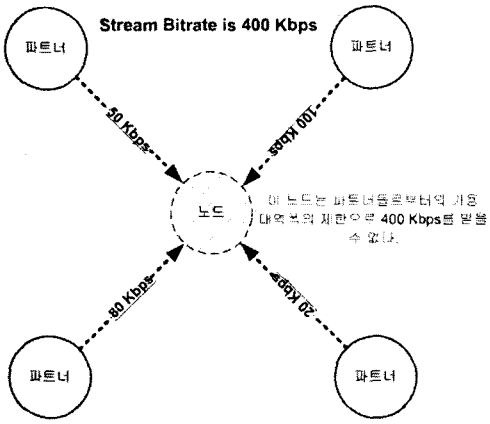


그림 2. 낮은 가용 대역폭의 노드

한다. Fine-Grained 적응 스케줄러(Adaptation Scheduler)는 파트너들과의 실제 버퍼 맵 교환을 통한 스트림 데이터 전송을 담당한다. 이 모듈에서는 현제 해당노드의 버퍼 맵과 파트너들의 버퍼 맵을 가지고 어느 데이터를 어느 파트너로부터 어떻게 받을까에 대한 계획을 가용 대역폭에 기초하여 만들고 실행한다. 파트너 셋 매니저는 [7]에서의 그것과 같이 주기적으로 새로운 파트너로 기존 파트너 중 하나를 교환한다. 교체될 파트너는 일반적으로 파트너들 중에 해당 노드와 주고받은 데이터가 가장 적은, 서로에게 도움이 되지 않는 노드가 된다. 이러한 기법을 통해 지속적으로 더 기여도가 높은 파트너를 찾아감으로써 시스템이 최상의 성능을 내는 방향으로 수렴하게 한다.

## 4. Fine-Grained 가용 대역폭 적응 스케줄링 기법

피어-투-피어 방식을 이용한 사용자 노드들 간의 스트림 전송구조에서 중요한 한 가지 이슈는 참여하는 노드들 간의 가용 대역폭의 다양성이라 할 수 있다. 이러한 가용 대역폭의 다양성(heterogeneity)은 하나의 스트림 전송률만을 제공하는 서버기반 시스템 모델에서는 다양한 참여노드의 가용 대역폭을 반영해 줄 수 없다는 데 그 문제가 있다. 이 장에서는 다양한 조건의 가용 대역폭을 가지는 노드들을 고려한 적응형 스트림 전송 스케줄링 방법을 소개한다.

그림 2와 같이 파트너들로부터 가용 대역폭 상황이 좋지 않은 노드의 경우 그 노드로 모든 스트림 데이터를 전송해 주려고 시도하는 것 - 혹은 그 노드가 파트너들에게 모든 스트림을 요청하는 것 - 은 비디오 질을 항상 시키는데 도움이 되지 않는다. 따라서 각 노드의 가용 대역폭 상황에 따라 스트림 데이터의 부분만을 주어야 할 경우가 있을 수 있다. 부분만을 선별해서 전송해 줄 때 무작위로 고르기보다는 데이터 간의 의존성을 고려해 선택적으로 전송해 주면 불필요하게 받는 데이터가 줄어들어 효율적이다[11, 12, 13].

표 1. 세그먼트 타입

| | | |
|---|---|---|
| 높은 단계 ▲ | **Full Segment** | 오디오, 제어 데이터, 그리고 모든 GOP 프레임들로 구성됨 |
| | **Full-B Segment** | 오디오, 제어 데이터, 그리고 I, P 프레임들로 구성됨 |
| | **Full-PB Segment** | 오디오, 제어 데이터, 그리고 I 프레임으로 구성됨 |
| | **Full-IPB Segment** | 오디오, 제어 데이터만으로 구성됨 |

### 4.1 전략적 세그먼테이션 및 버퍼 맵

스트림 데이터의 전송은 기본적으로 일정 시간 동안의 혹은 일정 프레임 동안의 단위로 이루어질 필요가 있다. 이것은 노드가 자신이 필요로 하는 데이터만을 파트너로부터 요청해서 전송받는 기법에서 자연스러운 접근법이다. 여기서 전송 요청의 기본단위는 세그먼트가 된다. 세그먼트의 구성은 적응적 스케줄링의 중요한 요소가 되므로 주의 깊게 구성되어 져야 한다.

#### 4.1.1 세그먼트의 구성

본 시스템에서는 세그먼트를 하나의 *GOP*(Group Of Picture)와 오디오 및 제어 데이터로 구성한다. 이는 *GOP*단위가 하나의 독립적인 단위임과 동시에 하나의 *GOP* 내부에서 구성요소들의 의존성에 바탕을 둔 단계적 분리가 가능하기 때문이다 [11, 12, 13]. 스케줄러는 버퍼 맵의 세그먼트별 스케줄을 하므로 세그먼트 단위의 결정은 버퍼 맵 자체의 크기와도 직결되는 문제이다. 비디오 프레임(frame)을 세그먼트의 단위로 하는 것은 스케줄링의 부하를 너무 크게 할 뿐만 아니라 각 세그먼트별 실제 비디오 데이터 사이즈도 크게 다르게 되는 문제점이 있다.

일반적인 *MPEG* 표준을 따르는 비디오는 일련의 프레임들로 구성되어있고 각 프레임은 프레임 타입이 존재하게 되는데, 비디오 압축 과정에서 어떻게 압축되었느냐에 따라 그 타입이 달라진다[11, 12, 13]. 즉, 독립적으로 압축이 되어 어떤 참조정보도 필요하지 않은 프레임은 I 프레임이라 하고, 이와 달리 그전 혹은 전후의 프레임 정보를 바탕으로 압축이 이루어지는 프레임을 각각 P, B 프레임이라 한다. 프레임들 간의 의존성은 선택적인 데이터 전송을 하기위한 중요한 착안점을 제시한다. 즉, I 프레임은 직간접적으로 I 프레임이 속해있는 모든 프레임에 영향을 주게 되어 이 프레임의 손실은 결론적으로 한 *GOP* 내의 모든 프레임을 쓸모없게 만들 수 있고, P프레임의 손실은 그 P를 참조하는 P프레임과 B프레임들을 모두 손상시킬 수 있다. 마찬가지로 제어정보를 포함하는 데이터 스트림의 손실은 모든 비디오, 오디오 스트림을 쓸모없게 만들 수 있다. 이러한 사실을 바탕으로 각 세그먼트내의 데이터를 타입별 집합을 형성해 단계화 할 수 있다 - 계층화된 비디오의 경우와 매우 유사하다. 즉, 순수한 세그먼트, B 프레임만이

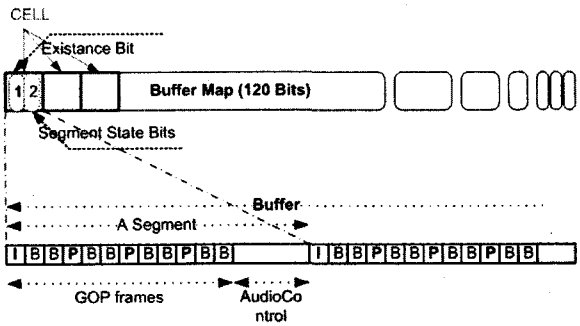


그림 3. 버퍼 맵과 버퍼의 매핑

빠진 세그먼트, P 와 B프레임이 빠진 세그먼트 등과 같이 단계화 될 수 있다. 이들 각각이 세그먼트의 타입을 구성하게 된다.

모든 세그먼트 타입은 기본적으로 오디오 및 제어 데이터를 포함하게 된다. 이것은 위에서 언급한 세그먼트 내 데이터들의 의존성에 따른 것이라 할 수 있다. 모든 타입은 그 타입에 해당하는 데이터를 받게 되면 의존성에 문제없이 디코딩이 가능하며, 같은 이유에서, 다음 표 1과 같이 타입을 정의할 수 있다. 타입은 레벨(level)을 가지며 상위 레벨의 세그먼트를 받았을 때 더 나은 비디오 질을 보여줄 수 있다. 각 파트너별로 세그먼트 타입을 가지게 되는데 이러한 타입 결정은 각 파트너로부터의 가용 대역폭을 추정함으로써 이루어 지게 된다. 이 타입은 파트너에 따라 그리고 시간에 따라 변하는 값이 된다. 일단 파트너에 대한 세그먼트 타입이 결정되면 그 파트너로부터는 그 타입의 레벨을 초과하는 세그먼트는 받아올 수 없다.

#### 4.1.2 버퍼 맵

모든 참여 노드들은 그림 3과 같은 버퍼 맵을 가진다. 이것은 현재 자신의 버퍼를 플래그 형식으로 축약해서 나타낸 것으로, 파트너들 간에 버퍼 맵 교환을 통해서 각 노드에서 필요로 하는 세그먼트들을 파트너 노드로부터 요청하기 위한 기본적인 도구가 된다. 버퍼 맵에서 하나의 셀(CELL)은 하나의 세그먼트의 상태를 나타낸다. 하나의 셀은 3 비트(bit)로 이루어져있는데 첫 번째 비트는 해당 세그먼트가 버퍼에 존재하는가 여부를 표시하는 *Existance Bit* 이고 다음 두 비트는 *Segment State Bits* 로서, 해당 세그먼트가 어떤 타입으로 저장되어 있는지 혹은 요청될지를 나타낸다. 자신의 버퍼를 표현하는 버퍼 맵과 마찬가지로 요청하는 버퍼 맵의 형태도 이와 동일하며, 요청하고자 하는 세그먼트에 해당하는 셀에 요청하고자하는 타입을 명시해 각 파트너 별로 요청을 하게 된다.

### 4.2 Fine-Grained 적응 스케줄러

가용 대역폭은 상황에 따라 실시간으로 변한다. 이와 관계없이, 스트리밍 세션에 참여하는 사용자들은 자신의 가용 대역폭으로 수용할 수 있는 최대의 비디오 질을 원한다. 따라서 각 사용자의 현재 가용 대역폭에 따라 시스템은 전송되는 스트림의 양을 조절하여 최적화할 필요가 있다.

#### 4.2.1 구체적 스케줄링 방법

그림 4에서 볼 수 있듯이,우선 비디오 스트리밍 세션에 참여한 노드는 파트너 셋을 파트너 셋 매니저(Partner Set Manager)로부터 얻어온다. 한 노드가 유지하는 파트너 수는 시스템의 매개변수이며 이 값에 따라 시스템의 성능이 달라질 수 있다. 파트너 셋 매니저에 대한 자세한 사항은 다음 절에서 살펴보도록 한다. 일단 파트너 셋을 얻게 되면 해당 노드는 이들과 주기적으로 버퍼 맵을 교환하게 된다. 이것은 서로가 가진 세그먼트를 비교해 자신이 필요로 하는 세그먼트를 가져오기 위함이다.

전송은 세그먼트를 가진 파트너의 수가 적은 세그먼트를 우선적으로 한다. 즉, 특정 세그먼트를 가진 파트너가 하나뿐이라면 그 세그먼트가 우선적으로 요청된다. 이것은 희소한 세그먼트의 경우 다른 노드들에 전달되기 힘들기 때문에 우선적으로 전송함으로써 가용 데이터에 기여하기 위함이다. 또한, 각 노드는 세그먼트를 가진 파트너가 하나 이상일 경우 어느 파트너에게서 받아야 할지 결정할 필요가 있다. 이는 데이터 가용성이 높은 세그먼트를 가진 - 높은 레벨의 세그먼트를 가진 - 노드에 우선적으로 전송을 요구한다. 데이터 가용성이 모두 같다면 이제까지의 데이터 전송 기록에 바탕을 두어 가장 많은 데이터를 주고받았던 노드를 선택한다.

파트너들로부터의 가용 대역폭 적응은 다음과 같이 이루어진다. 파트너 별로 대역폭 타입(bandwidth type)이라는 상태변수를 가지고 이 값을 바탕으로 해당 파트너로부터 세그먼트들을 요청하게 된다. 각 파트너에 대한 적출타입은 그 파트너로부터 요청되는 세그먼트들의 타입을 제한한다. 즉, 한 파트너가 좋은 데이터 가용성을 가지고 있다 하더라도 그 파트너에 대해 설정된 적출타입보다 높은 레벨의 세그먼트는 그대로 요청을 할 수 없다. 이 경우 이러한 요청에 대해서는 적출타입과 같은 레벨로 하향 조정되어 요청된다. 이것은 가용 대역폭이 낮은 노드의 경우 요청 수위를 낮추어 불필요한 대역폭 낭비를 막고 과도한 스트림 요청으로 인한 데이터 손실을 막기 위함이다. 적출타입은 새롭게 선출된 파트너의 경우 그것과의 가용 대역폭을 판단할 근거가 없기 때문에 우선 완전 세그먼트(Full Segment)로 설정이 된다. 각 노드는 정해진 시간 동안 - *state_update_time* - 패킷 손실을 관찰해 이 손실 값이 특정 임계값 - *transit_threshold* - 보다 크다면 해당 파트너의 적출타입을 한 단계 낮추고, 작다면 적출타입을 한 단계 높여 설정한다. 이와 같이 해당 파트너로부터의 적출타입 조절을 통해 가용 대역폭을 효율적으로 쓸 수 있는 적응 기법을 구현한다.

## 5. 멤버십 관리

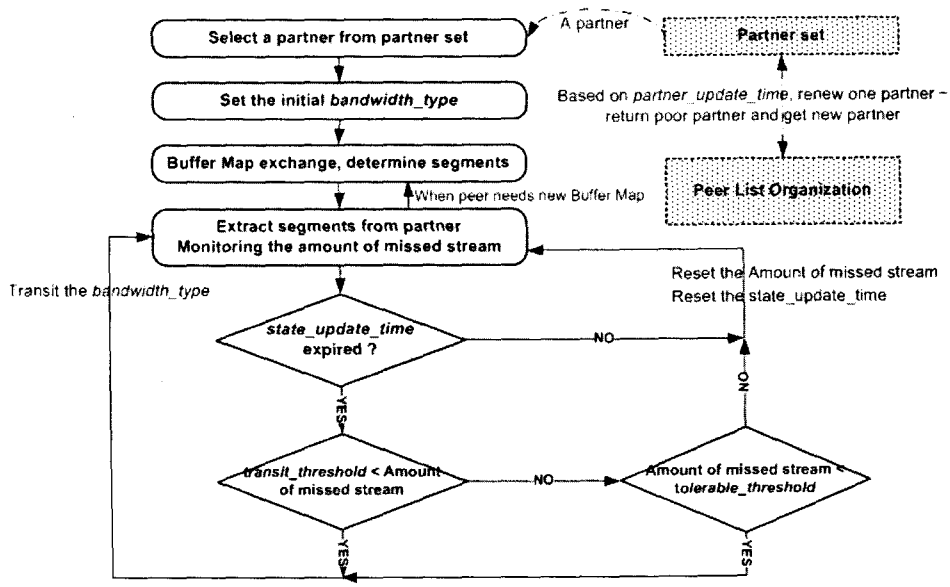


그림 4. Fine-Grained 적응 스케줄러 알고리즘

이 절에서는 스트리밍 세션에 참여하고 있는 각 노드들이 자신의 파트너 셋(Partner Set)을 구성하고, 유지하는 방법에 관해 논의한다. 이와 같은 멤버십 관리 프로토콜은 앞서 소개한 적응적 스케줄링에서 필요로 하는 유망한 파트너들을 선별해 주는 역할을 해줄 수 있어야 한다.

본 시스템에서 유망한 파트너들의 선택은 시스템의 성능을 결정하는 중요한 요소라고 할 수 있다. 일반적으로 비디오와 같이 시간적 제약이 많고 대량의 데이터를 특징으로 하는 트래픽의 전송에서는 이러한 데이터를 자신에게 연결해주는 노드의 가용 대역폭이 크고, 노드로부터의 지연이 적은 노드가 좋은 파트너라 할 수 있다. 하지만 이런 노드가 세션에 항상 존재하는 것은 아니며 존재하더라도 찾아내기란 힘들다. 이런 경우, 복잡하고 제어 트래픽이 많은 프로토콜을 쓰기보다는 무작위로 세션에 존재하는 노드들을 골라 파트너를 맺는 것도 하나의 방법이 될 수 있다. 비구조적 형태를 가지는 피어-투-피어 방식의 스트리밍 시스템들은 주로 가십 프로토콜을 통해 스트리밍 세션에 참여한 노드들의 존재를 확인한다. 가십 프로토콜은 무작위로 타깃을 정해 메시지를 전달하기 때문에 상대적으로 노드의 실패에 대해 견실하고, 분산된 작동을 가능하게 해준다[14]. 이러한 이유로 피어-투-피어 방식의 데이터 전송이나 메시지 전송 시스템에 자주 이용되곤 한다.

이러한 무작위 선택의 이점을 이용하면서 동시에 선택될 파트너의 *QoS* 요구사항까지 반영해주는 멤버십 관리 프로토콜에 관한 연구도 있다[10]. 이 연구에서의 멤버십 관리 프로토콜은 전체 세션의 참여 노드들을 trie 데이터 구조에 그 노드의 특징 - 예를 들어, 접근 대역폭, 구조에서의 위치 - 에 따라 위치시키고 이 trie 데이터 구조를 *DHT*(Distributed Hash Table)[15] 위에서 분산 시켜 세션에 참여하는 노드들이 분산해 정보를 가지고 있게 만든다. 따라서 멤버십 관리 자체가 분산적으로 이루어지므로 특정노드에 큰 부담이 없다. 하지만 *QoS*의 기준이 되는 노드의 특징이 시간에 따라 자주 변하는 것이 되면 시스템에 부하가 크다는 단점도 있다.

## 6. 성능 분석

본 절에서는 시스템에 대한 가용 대역폭의 적응성과 비디오 프레임들의 의존성 고려 여부에 대한 정성적 평가를 *DONet*[7]과 *RLM*[9]과의 비교를 통해 살펴보도록 한다 - 표 2.

*DONet*[7]의 경우 참여하는 노드들은 파트너 셋에서 주기적으로 가장 기여도가 낮은 파트너를 다른 노드로 대체한다. 이것은 잠정적으로 더 많은 대역폭을 제공해 줄 수 있는 파트너를 찾아감으로써 보다 나은 질의 스트림 데이터를 받을 수 있게 해준다. 하지만 이러한 접근법은 몇 가지 한계점을 가진다. 어떤 파트너로부터 스트림을 받는가에 관계없이 그 노드의 접근 대역폭이 병목(Bottleneck) 부분이라면 결국 파트너로부터의 데이터 손실은 필연적으로 일어날 수밖에 없다. 서비스되는 스트림의 전송률은 그 목적이나 종류, 대상이 되는 시청자에 따라 크게 달라지겠지만 일반적으로 상당한 량이고, 일반 가정에서의 노드가 이러한 어려움을 겪는 현상은 어렵지 않게 찾아볼 수 있다. 이런 경우, *DONet*[7]은 무작위 데이터 손실을 감수하는 반면, 본 시스템의 경우 가용 대역폭에 따라 선택적으로 세그먼트를 전송함으로써 가용 대역폭에 적응한다. *RLM*[9]은 이러한 경우에 가용 대역폭 적응은 할 수 있지만 단지 몇 단계의

표 2. 성능 분석

| 종류 | 적용기법 | 프레임 의존성 |
|---|---|---|
| **DONet** | 주기적 파트너 교환 | 고려하지 않음 |
| **제안 기법** | 주기적 파트너 교환, 선택적 세그먼트 전송 | 고려함 |
| **RLM** | 선택적 비디오 레이어 전송 | 고려함 |

적응성만을 보여주는 것에 반해, 본 시스템의 경우 여러 개의 노드로부터 스트림 전송률을 적응하므로 좀 더 세밀한 적응성을 보여줄 수 있다.

비디오 프레임은 자신이 참조하는 프레임이 디코딩이 가능할 때만 그 자신도 디코딩이 가능하다. 받은 데이터는 많더라도 그 데이터가 손실된 다른 데이터에 의존하는 것이라면 결국 비디오 질에는 아무런 이득을 주지 못하고 가용 대역폭만을 낭비하게 된다. 이러한 현상은 가용 대역폭이 상대적으로 낮은 노드의 경우 문제를 더 악화시킨다. 따라서 비디오 프레임들의 의존성을 고려한 시스템은 대역폭을 좀 더 효율적으로 이용할 수 있다. 본 시스템의 경우, 모든 요청은 세그먼트를 기본으로 하고 각 세그먼트는 그 타입을 가지고 요청된다. *DONet*[7]에서의 무작위 데이터 손실과는 달리 본 시스템은 요청된 세그먼트에 손실이 없다면 그 세그먼트내의 모든 스트림 데이터는 독립적으로 디코딩이 가능하다. 각 파트너로의 요청 타입은 그 파트너의 대역폭 타입에 의해 가용 대역폭에 맞게 적응해가므로 요청된 세그먼트에 대한 손실은 많지 않다고 볼 수 있다. 이러한 측면에서 본 시스템은 비디오 프레임 간의 의존성을 충실히 고려하고 있으며 이것은 좀 더 효율적인 가용 대역폭 사용으로 연결될 수 있다.

## 7. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 가용 대역폭으로 수용할 수 있는 최대의 비디오 질을 제공하기 위하여 구조가 없는 피어-투-피어 방식의 비디오 스트리밍 시스템에 사용할 수 있는 가용 대역폭의 다양성에 적응하는 비디오 스트림 전송 기법을 디자인 하였다. 이는 스트리밍 데이터를 전략적인 방법으로 세그먼테이션하고, 이를 바탕으로 여러 개의 파트너로부터 받는 스트림의 량을 독립적으로 조절함으로써 이루어진다.

소개된 기법으로 가용 대역폭의 적응성과 비디오 프레임들 간의 의존성 고려 여부 측면에서 본 시스템의 정성적 평가를 다루었고 본 시스템에 대한 정량적 평가는 차후 네트워크 시뮬레이터(NS2)를 이용하여 이루어질 계획이다. EvalVid[16]는 이러한 환경에서 비디오 스트리밍 관련 시뮬레이션에 여러 관련 항목을 평가해주는 툴을 제공한다.

## 참고문헌

[1]Yang hua Chu, Sanjay G. Rao, Hui Zhang, A case for end system multicast. In Proceedings of ACM SIGMETRICS, June 2000.

[2]M. Castro, P. Druschel, A.-M. Kermarrec, A. Nandi, A. Rowstron, A. Singh, SplitStream: high-bandwidth multicast in cooperative environments. In Proceedings of ACM SOSP'03, New York, USA, Oct. 2003.

[3]Venkata N. Padmanabhan, Helen J. Wang, Philip A. Chou, Distributing streaming media content using cooperative networking. In Proceedings of NOSSDAV'02, 2002.

[4]Jeannie Albrecht Dejan Kostic, Adolfo Rodriguez, Amin Vahdat, Bullet: High bandwidth data dissemination using an overlay mesh. In Proceedings of SOSP'03, 2003

[5]D.A. Tran, K.A. Hua, T. Do, Zigzag: An efficient peer-to-peer scheme for media streaming. In IEEE INFOCOM. 2003.

[6]Reza Rejaie, Shad Stafford, A framework for architecting peer-to-peer receiver-driven overlays. In NOSSDAV'04, 2004.

[7]Xinyan Zhang, Jiangchuan Liu, Bo Li, Tak-Shing Peter Yum, DONet/CoolStreaming: A Data-Driven Overlay Network for Efficient Live Media Streaming, in IEEE INFOCOM'05, 2005.

[8]R. Rejaie, A. Ortega, PALS: peer to peer adaptive layered streaming. In Proceedings of NOSSDAV'03, USA, Jun. 2003.

[9]S. McCanne, V. Jacobson, M. Vettereli, Receiver-driven layered multicast. In ACM SIGCOMM, 1996.

[10]Jin Liang, Klara Nahrstedt, RandPeer: Membership Management for QoS Sensitive Peer-to-Peer Applications. In Proceedings of IEEE INFOCOM'06, 2006.

[11]ISO/IEC 11172, Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbits/s. International Organization for Standardization (ISO), 1993.

[12]ISO/IEC 13818, Generic coding of moving pictures and associated audio information. International Organization for Standardization (ISO), 1996.

[13]ISO/IEC 14496, Coding of audio-visual objects. International Organization for Standardization (ISO), 1999.

[14]A.J. Ganesh, A.-M. Kermarrec, L. Massoulie, Peer-to-peer membership management for gossip-based protocols. IEEE Transactions on Computers, 52(2), Feb. 2003.

[15]Ion Stoica, Robert Morris, David Karger, M. Frans Kaashoek, Hari Balakrishnan, Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for internet applications. In Proceedings of ACM SIGCOMM'01, 2001.

[16]J. Klaue, B. Rathke, A. Wolisz, Evalvid - A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation. In Proc. of the 13th International Conference on Modeling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation, USA, Sept. 2003.