

# 계층적 인코딩이 적용된 선택적 계층 삭제를 통한 트래픽 완화 기법

노지원, 강현정, 이미정  
이화여자대학교 컴퓨터학과  
(992COG11, semper, lmj)@mm.ewha.ac.kr

## Traffic Smoothing using Selective Layer Discard with Layered Encoding

Ji-Won Noh, Hyun-Jeong Kang, Mee-Jeong Lee  
Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

### 요약

인터넷 비디오 방송 같은 멀티미디어 응용 프로그램들은 네트워크를 통한 비디오 전송을 필요로 한다. 그런데 네트워크 자원에 제약이 많은 경우에는 전송되는 비디오 스트림의 손실이 불가피하며 이러한 손실이 클라이언트나 네트워크에서 일어난다면 네트워크 자원의 낭비가 생기게 된다. 이에 본 논문에서는 제약이 많은 네트워크를 통해 계층적 인코딩이 적용된 비디오 스트림을 전송할 때 서버가 프레임 전체를 버리지 않고 가능하면 덜 중요한 계층만을 최적으로 버리는 선택적 계층 삭제 알고리즘을 제안하였다. 어떤 계층을 버리는데 드는 비용을 클라이언트 측에서 얻을 수 있는 QoS와 연관지어 볼 때, 제안하는 선택적 계층 삭제 알고리즘은 네트워크 자원 제약이 커질수록 기존의 선택적 프레임 삭제 알고리즘보다 높은 QoS를 보여주었다.

### 1. 서론

디지털 도서관 혹은 비디오 서비스와 같은 많은 멀티미디어 응용프로그램의 성능은 오프라인 비디오의 효율적인 전송에 의존한다. 효과적인 압축기법, 예를 들어 MPEG, motion-jpeg은 실질적으로 비디오 스트림을 저장하고 전송하기 위한 자원 요구사항은 감소시키지만 압축된 비디오 트래픽은 압축 알고리즘의 형식 때문에 상당한 폭주성을 갖고 있다.

이런 트래픽의 폭주성을 줄이기 위해서 제안된 기법이 트래픽 완화(traffic smoothing)이다. 오프라인 비디오의 트래픽 완화 기법은 프레임 크기와 클라이언트 버퍼 크기 등의 사전 지식을 가지고 이루어진다. 이러한 사전 지식을 가지고 서버는 폭주가 발생하기 전에 비디오 스트림을 클라이언트 버퍼로 선반입(prefetching)함으로써 트래픽의 폭주성을 완화시킬 수 있다. 서버는 클라이언트 버퍼가 허용하는 범위에서 선 반입의 양을 조절하면서 비디오 스트림을 전송할 수 있는 유효한 전송 스케줄(feasible transmission schedule)을 만든다[1][2].

실제 네트워크 환경에서는 클라이언트에서의 연속적인 재생을 보장할 수 있을 만큼 충분한 자원이 제공되지 않는다. 이에 본 논문에서는 두 가지의 특정 자원 제약(대역폭, 클라이언트 버퍼 제약)에 대해서 고려해 보기로 한다. 대역폭 제약은 일정 시간에 전송되는 데이터의 양을 조정하고, 버퍼 제약은 서버에서 클라이언트 버퍼로 미리 옮겨지는 양을 제한하게 된다.

기존에 제안된 대부분의 트래픽 완화 기법은 버퍼 제약이나 대역폭 제약[3] 중 하나만 고려한 경우에 유효한 전송 스케줄을 산출한 것이다. 최근의 연구에서는 Zhi-Li Zhang이 두 가지 제약 조건을 모두 고려한 선택적 프레임 삭제 알고리즘(selective frame discard algorithm)을 제안하였다[4]. 이 알고리즘은 두 제약 조건이 주어진 네트워크를 통해 비디오 스트림을 전송할 때, 클라이언트에서의 연속적인 재생을 보장하기 위해서 삭제에 따른 비용이 적게 드는 프레임을 선택하여 삭제한다.

그런데 계층적 인코딩이 적용된 비디오 스트림을 전송하는 경우, 비디오 데이터의 일부를 삭제해야 한다면 선택적 프레임 삭제 알고리즘은 프레임 전체를 삭제하기 때문에 비디오 스트림을 중요한 계층과 덜 중요한 계층으로 나뉜 계층적 인코딩의 효과를 얻을 수 없다. 게다가 선택적 프레임 삭제 알고리즘에서 연속적인 프레임들이 삭제되는 경우에는 클라이언트 측에서 재생하는 비디오의 질이 더욱더 저하되는 경우가 발생하게 된다. 이에 대한 해결책으로 본 논문에서는 계층적 인코딩을 적용한 비디오 스트림을 전송할 때, 보다 중요한 계층을 우선적으로 전송할 수 있는 선택적 계층 삭제 알고리즘을 제안하였다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 구성되어 있다. 2장에서는 선택적 계층 삭제 알고리즘을 설명하고, 3장에서는 선택적 계층 삭제 알고리즘과 선택적 프레임 삭제 알고리즘의 성능을 비교하고 그 결과를 분석한다.

다. 4장에서는 결론을 제시한다.

**2. 제안하는 계층적 인코딩을 적용한 선택적 계층 삭제 기법**

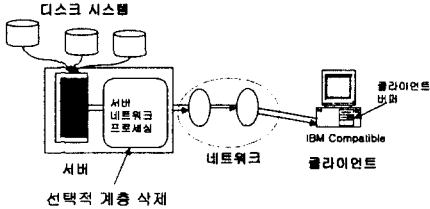


그림 1 Overview of the problem setting

그림 1은 비디오 데이터가 디스크 시스템으로부터 서버 메모리로 옮겨지고 서버 전송 스케줄에 따라 네트워크를 통해 클라이언트로 전송되는 것을 보여준다. 여기서 클라이언트 버퍼는 서버 전송 스케줄에 의해 서버가 미리 가져다 놓은 비디오 데이터를 저장하는데 사용된다. 클라이언트는 프레임 속도에 따라 주기적으로 비디오 프레임의 재생하고 각 비디오 프레임은 이 속도와 관련된 재생 한계선을 갖고 있다. 그러므로 프레임이 디코딩 되어야할 시간에 클라이언트에게 도착하지 않으면 재생 불연속(playback discontinuity)을 야기하게 되고, 연속적인 재생을 보장하기 위해서 비디오 스트림의 일부를 버리고 전송해야 한다. 이 때 네트워크 자원의 낭비를 막기 위해 클라이언트나 네트워크가 아닌 서버에서 데이터의 일부를 삭제하고 전송하는 서버 전송 스케줄이 요구된다.

계층적 인코딩을 적용하여 계층화된 프레임 중 일부 계층만을 선택적으로 삭제하여 전송하는 선택적 계층 삭제 알고리즘에서 서버 전송 스케줄을 계산하기 위해 프레임의 일부 계층을 삭제함으로써 얻을 수 있는 버퍼 이익과 일부 계층을 삭제하는데 드는 비용을 고려해야 한다.

- 일부 비디오 데이터를 삭제함으로써 얻을 수 있는 버퍼 이익 계산

버퍼 이익은 전송할 비디오 데이터의 일부를 삭제할 경우 그 시점에서 얻을 수 있는 버퍼 점유량이다. 어떤 프레임의 일부 계층을 삭제함으로써 제거된 양만큼 버퍼 오버플로우 곡선과 버퍼 언더플로우 곡선이 하향 이동하게 되므로 그 시점에서의 재생 한계선을 맞출 수 있다. 이 때 삭제할 대상으로는 버퍼 오버플로우 곡선과 전송 스케줄이 교차하지 않도록 하면서 최대의 버퍼 점유량을 제공할 수 있는 프레임의 계층을 선택한다.

- 일부 비디오 데이터를 삭제하는데 드는 비용 계산

비디오 데이터의 일부를 버릴 때 연속된 프레임들의 일부 계층을 삭제하게 되는 경우가 있는데 이와 같이 연속된 프레임들이 손상되는 경우 클라이언트 측에서 재생되는 비디오의 질이 더 나빠지게 된다. 따라서 클라이언트 측의 QoS와 관련지어 어떤 프레임의 선택된 계층을 삭제할 경우 드는 비용을 계산하기 위해 다음의 세 가지 사항을 고려한다. 첫째, 선택된 프레임의 일부 계층이 이전에 삭제되었는가의 여부와 둘째, 일부 계층이 삭제된 프레임들이 얼마나 연속적으로 길게 위치해 있는가와 셋째, 일부 계층이 삭제된 프레임들이 연속적으로 위치하지는

않지만 인접해 있는 경우 이 두 프레임들이 얼마나 떨어져 있는가를 고려해서 비용을 계산한다.

• 서버 전송 스케줄 계산

```

Selective_Layer_Discard_Algorithm (C, B) {
  For i=1 to N
    전송할 비디오 데이터의 양은 C로 한다.
    If (버퍼오버플로우가 발생한 경우) {
      전송할 비디오의 양은 유용한
      버퍼양으로 한다.
      버퍼가 가득찬 시점을  $i_0$ 로 한다.
    }
    Else
      If (재생 한계선을 벗어난 경우) {
        덜중요한 계층부터 고려해서 프레임의
        어느 계층까지 삭제할 것인지 결정한다.
        For j= $i_0+1$  to i {
          프레임 j의 일부 계층을 삭제할 경우의
          버퍼 이익을 계산한다.
          프레임 j의 일부 계층을 삭제할 경우의
          비용을 계산한다.
        }
        '버퍼 이익 / 비용'의 비율이 가장
        큰 계층을 삭제한다.
        전송 스케줄과 버퍼 점유량을 갱신한다.
      }
      Else
        전송 스케줄에 현재 프레임을 추가한다.
      }
    }
  }
}
    
```

그림 2 선택적 계층 삭제 알고리즘

서버 전송 스케줄을 계산하는 알고리즘은 그림 2와 같다. 여기서 C는 네트워크의 대역폭을, B는 클라이언트 버퍼의 크기를 나타낸다. 서버는 버퍼 제한을 위반하지 않는 동안에는 네트워크 대역폭이 허용하는 한 많은 비디오 스트림을 전송한다. 버퍼가 가득찬 경우에는 버퍼가 비워질 동안 전송을 지연하고 이후에 다시 네트워크 대역폭 C만큼씩 전송한다. 전송 중에 재생 한계선이 충족되지 않은 때는 현재의 프레임 혹은 그 이전에 전송된 프레임의 일부 계층을 삭제해야 하는데, 이는 버퍼 제약으로 인해 현 시점에서 전송될 프레임들의 양이 사용할 수 있는 대역폭보다 많은 경우에 일어날 수 있다. 따라서 선택적 계층 삭제 알고리즘은 이후에 전송될 프레임들의 재생 한계선 위반이 가장 적게 일어날 수 있도록 해주는 프레임의 계층을 선택해서 삭제한다. 삭제할 프레임 계층을 선택할 때는 클라이언트 버퍼 점유량은 최대이고 그 계층을 버리고 전송할 경우 드는 비용은 최소로 하여, 비용에 대한 버퍼 점유량의 비율이 가장 큰 것을 선택한다.

**3. 시뮬레이션 수행과 결과 분석**

**3.1 실험 1**

실험 1에서는 100000개의 프레임들을 포함하는 데이터를 가지고 대역폭을 24800으로 고정하고 버퍼 크기를 변화시키면서 비디오 스트림의 일부를 삭제하

는데 드는 비용과 손상된 프레임의 수를 비교해 보았다.

그림 1은 선택적 프레임 삭제 알고리즘과 선택적 계층 삭제 알고리즘을 적용시켰을 때, 클라이언트 버퍼 크기와 비용과의 관계를 비교한 그래프이다. 버퍼 크기가 커질수록 즉 네트워크 자원 제약이 거의 없는 경우는 선택적 프레임 삭제 알고리즘과 선택적 계층 삭제 알고리즘의 비용 차이가 거의 없으나, 네트워크 자원 제약이 커질수록 선택적 계층 삭제 알고리즘의 비용이 더 적게 드는 것으로 나타난다. 그림 2)는 같은 환경에서 비디오 전송 중 손상된 프레임의 수를 비교한 것이다. 선택적 프레임 삭제 알고리즘과 선택적 계층 삭제 알고리즘 사이에 손상된 프레임의 개수는 거의 차이를 보이지 않으나 선택적 계층 삭제 알고리즘은 프레임 전체를 삭제하는 것이 아니라 프레임의 계층을 삭제하기 때문에 QoS는 높아짐을 알 수 있다. 버퍼의 제약이 큰 경우에는 중요한 계층까지도 삭제되지만 버퍼 제약이 작아지는 경우에는 삭제되는 계층의 등급이 낮아지게 된다.

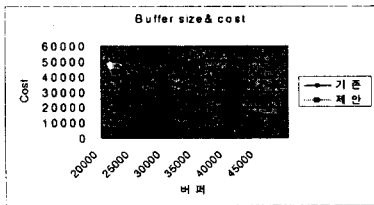


그림 3 버퍼 크기 변화시 비용

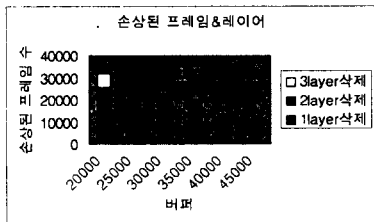


그림 4 버퍼 크기 변화시 계층당 삭제된 프레임 개수 (제안된 알고리즘)

3.2 실험 2

실험 2에서는 100000개의 프레임을 포함하는 데이터를 가지고 버퍼 크기를 40000으로 고정한 뒤에 대역폭을 변화시키면서 비디오 데이터의 일부를 삭제하는데 드는 비용과 손상된 프레임의 수를 비교하였다.

그림 5는 대역폭의 제약이 커질수록 비디오 스트림의 일부를 삭제하는데 드는 비용이 증가하는 것을 보여준다. 또한 대역폭의 제약이 커질수록 선택적 계층 삭제 알고리즘에서 비디오 데이터의 일부를 삭제하는데 드는 비용이 선택적 프레임 삭제 알고리즘보다 덜 증가하는 것을 볼 수 있다. 그림 6)도 그림 2

와 마찬가지로 선택적 프레임 삭제 알고리즘과 선택적 계층 삭제 알고리즘 사이에 손상된 프레임의 개수는 거의 차이가 없으나, 선택적 계층 삭제 알고리즘을 적용한 경우 네트워크 대역폭의 제약이 커질수록 비디오 스트림의 중요한 계층까지도 삭제되지만 제약이 줄어들면 덜 중요한 계층만을 버리는 것을 보여준다.

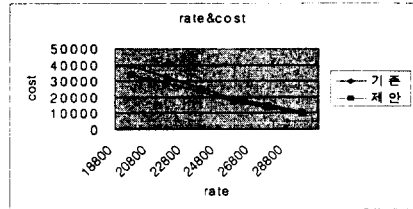


그림 5 대역폭 변화시 비용

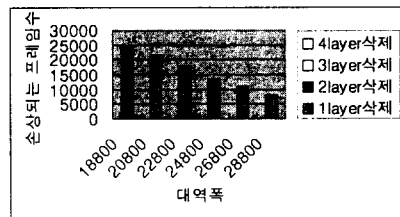


그림 6 대역폭 변화시 계층당 삭제된 프레임 개수 (제안된 알고리즘)

4. 결론

본 논문에서는 네트워크에서 멀티미디어 데이터 전송시 클라이언트에서 재생하는 비디오 스트림의 QoS를 높이고 네트워크 활용율을 높인 선택적 계층 삭제 알고리즘을 이용한 트래픽 완화 기법에 대해서 제안하였다. 이 알고리즘은 재생 불연속을 막기 위해 계층적 인코딩을 적용하여 계층화된 프레임 중 일부 계층만을 서버에서 선택적으로 삭제하여 전송 스키줄을 계산하는 방식이다. 시뮬레이션 결과, 네트워크 자원 제약이 커질수록 선택적 계층 삭제 알고리즘이 선택적 프레임 삭제 알고리즘보다 네트워크 효율면에서 더 나은 성능을 보임을 알 수 있었다.

참고문헌

[1] James D.Saslehi, Zhi-Li Zhang, James F.Kurose, Don Towsley, "Supporting Stored Video : Reducing Rate Variability and End-to-End Resource Requirements through Optimal Smoothing", ACM SIGMETRICS 1996.  
 [2] Wu-Chi Feng, "A Comparison of bandwidth smoothing techniques for the transmission of prerecorded compressed video", IEEE 97.  
 [3] Wu-Chi Feng, "Rate-constrained bandwidth smoothing for the delivery of stored video", SPIE VOL 3020  
 [4] Zhi-Li Zhang, Srihari Nelakuditi, Rahul Arrarwal, Rose P.Tsang, "Efficient Selective Frame Discard Algorithm for stored video delivery across Resource Constrained Networks", Infocom 99.

1) 지면관계상 선택적 프레임 삭제 알고리즘을 적용한 결과 그래프는 제시하지 않음.  
 2) 지면관계상 선택적 프레임 삭제 알고리즘을 적용한 결과 그래프는 제시하지 않음.