

세련된 QoS 확장성을 제공하기 위한 계층적 전송 기법

김중수^o 이승원 김인환 정기동
부산대학교 전자계산학과

{jskim, bluecity, ihkim}melon.cs.pusan.ac.kr, kdchung@hyowon.cc.pusan.ac.kr

Fine-grained Layered Transmission

Jong-su Kim^o Seong-won Lee In-hwan Kim Ki-Dong Chung
Dept. of Computer Science, Pusan National University

요 약

본 논문은 Layered Transmission(LT)기법의 단점인 세밀하지 못한(coarse-grained) QoS 확장성을 보완하기 위해서 계층 단위로 세션을 떠나기 이전에 각 계층 내에서 프레임을 생략하는 기법을 제안한다. 이 기법은 기존의 LT 기법보다 네트워크 상태 변화에 따라서 좀 더 세밀한 QoS 확장성을 제공해준다. 따라서 네트워크 대역폭의 활용도를 최대화하고 패킷 손실을 최소화할 수 있다. 또 사용 가능한 네트워크 대역폭을 최대한 활용함으로써 사용자들에게 최적의 서비스를 제공해준다.

1. 서론

현재 인터넷은 네트워크 대역폭이 끊임없이 변화하고 사용자의 시스템 성능 또한 다양하기 때문에 멀티미디어 데이터를 실시간으로 적절하게 전송하기 어렵다.

멀티미디어 데이터를 효율적으로 전송하기 위해서는 사용자의 시스템 성능과 사용 가능한 네트워크 대역폭을 측정하여 그에 맞추어 적절한 전송률로 데이터를 전송할 필요가 있다.

이를 위해서 Layered Transmission(LT) 기법[1,2,3]이 제안되었다. 이 기법은 데이터 스트림을 최소의 품질로 제공하기 위한 기본 계층과 더 나은 품질로 제공하기 위한 여러 개의 확장 계층으로 나누고, 여러 계층들을 각각의 멀티캐스트 세션들로 전송하고 사용자들은 자신의 시스템 성능과 사용 가능한 네트워크 대역폭에 맞추어 얼마나 많은 세션에 참가할 지를 결정함으로써 서비스 품질을 결정하게 된다.

즉, 사용자들은 자신의 성능과 사용 가능한 네트워크 대역폭에 따라서 여러 계층을 수송하고 있는 멀티캐스트 세션에 참석하거나(join) 떠남(leave)으로써 자신의 QoS(Quality of Service)를 결정하게 된다.

따라서 사용자들의 QoS는 계층 단위로 변하기 때문에 작은 네트워크 대역폭의 변화에 불구하고 큰 폭의 QoS 변화가 생길 수 있다는 문제점이 있다.

본 논문은 이러한 LT 기법의 문제점을 보완하고 네트워크 대역폭을 더 효율적으로 활용하기 위해서 새로운 기법을 제안하고 있다. 즉, 계층 단위로 세션을 참가하거나 떠나기 이전에 각각의 계층 내에서 사용 가능한 네트워크 대역폭에 맞추어 프레임을 생략함으로써

좀 더 세밀한 QoS를 사용자에게 제공해 준다.

본 논문의 구성은 2장에서 네트워크 대역폭에 따른 전송률 제어 메커니즘에 대해서 알아보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 기법을 설명한다. 그리고 4장에서 시뮬레이션을 통해서 제안된 기법의 효율성을 검증하고, 5장에서 결론을 맺도록 한다.

2. 관련연구

2.1 적응성 있는 QoS 확장성

인터넷에서 계속해서 변화하는 네트워크 대역폭에 맞추어 데이터를 전송하기 위해서 다음과 같은 적응성 있는 QoS 확장성을 제공하기 위한 기법이 있다.

DRS(Data Rate Shaping)[3,4]는 사용 가능한 네트워크 대역폭에 맞도록 동적으로 미디어 인코딩을 수행한다. 따라서 좀 더 정밀한 QoS 확장성을 제공해 준다는 장점을 가진다. 반면에 미디어 인코딩이 데이터 전송 동안 수행되기 때문에 프로세싱 오버헤드가 크다는 단점을 지닌다. LT는 미디어 인코딩이 점층적인 계층들로 나뉘고, 여러 개의 전송 채널을 통해서 각각이 전송된다. 미디어 인코딩이 계층별로 미리 수행되기 때문에 프로세싱 오버헤드가 적다는 장점이 있지만, 세밀하지 못한(coarse-grained) QoS 확장성을 제공해 준다는 단점을 지닌다.

2.2 MPEG-2의 계층적 구조

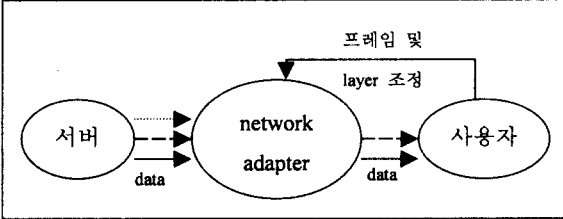
확장성 기능은 MPEG-2에 새로이 도입된 개념으로서 크게 세 가지로 분류된다. 그것들은 공간적 확장성, 시간적 확장, SNR 확장성이다.

이러한 확장성을 제공하기 위해서 MPEG-2는 기본 계층과 여러 개의 확장 계층으로 구성된다. 기본 계층은 독립적으로 복원이 가능하며 낮은 해상도를 제공해 준다. 그리고 더

높은 해상도를 제공해 주기 위해서 기본 계층은 확장 계층을 참조할 수가 있다[5].

3. 제안 기법

3.1 시스템 구성



[그림 1] 시스템 구성 요소

그림 1은 제안하는 기법의 구성 요소들을 나타내고 있다. 서버는 MPEG-2 스트림을 여러 개의 세그먼트로 나누어 계층적으로 인코딩해서 저장해 둔다. 그리고 멀티캐스트 채널을 통해서 각각의 분리된 세그먼트를 계층별로 전송한다. 중간 노드에 있는 network adapter는 사용자로부터 결정된 비트레이트(bitrate) 및 계층의 개수에 의해서 사용 가능한 네트워크 대역폭에 맞추어 데이터를 동적으로 전송한다. 사용자는 패킷 손실률을 바탕으로 해서 네트워크의 상태를 측정한다. 그리고 측정된 네트워크 상태에 따라 수신할 데이터의 비트레이트 및 계층의 개수를 결정한다.

3.2 알고리즘

네트워크 상태를 분석하기 위해서 네트워크 상태를 3가지로 구분한다(Congested, Loaded, Unloaded). 그리고 패킷 손실률에 기반해서 세 가지 상태 중에 하나가 선택된다. 즉, Congested 상태의 임계치(λ_c)와 Unloaded 상태의 임계치(λ_u)를 설정하고, 이를 패킷 손실률과 비교함으로써 네트워크의 상태를 측정한다[6].

그리고 다음과 같은 방법으로 측정된 네트워크 상태에 의해서 사용 대역폭을 조정한다.

```

join base layer;

BEGIN
count number of lost packets;
packLoss = number of lost packets /
(number of lost packets +
number of received packets);

if( packLoss <  $\lambda_u$  ) // Unloaded 상태
    increase Bitrate
    or join upper layer;
else if( packLoss >  $\lambda_c$  ) // Congested 상태
    decrease Bitrate
    or leave layer;
else // Loaded 상태
    hold
END
    
```

[그림 2] 제안 알고리즘

서버 측에서는 기본 계층부터 멀티캐스트 채널을 통해서 데이터를 전송하기 시작한다. 사용자는 일단 기본

계층에 참가한다. 만약 패킷 손실률이 임계치 이하일 경우, 다음 상위 계층에 참가한다. 이때, 상위 계층 전체를 수신하는 것이 아니고 프레임 단위로 하나씩 추가한다.

만약 어떤 계층(Li)에서 임계치 이상의 패킷 손실률이 발생했다면, 사용자는 Li를 떠나는 것이 아니고 프레임 하나씩 생략함으로써 급격한 QoS의 변동을 막고, 이용 가능한 네트워크 대역폭을 최대한 활용한다.

어느 수준까지 프레임을 생략했음에도 불구하고, 패킷 손실이 계속 발생할 경우 Li를 떠난다.

3.3 프레임 생략 정책

본 논문은 표준 GOP 패턴을 아래와 같은 형태의 15개의 프레임들로 구성된다고 가정한다[7].

$$I B_1 B_2 P_1 B_3 B_4 P_2 B_5 B_6 P_3 B_7 B_8 P_4 B_9 B_{10}$$

서버는 아래의 표 1과 같이 GOP를 4개의 세그먼트로 나누어 각각의 멀티캐스트 채널을 통해서 계층적으로 전송한다[8].

[표 1] 계층별 프레임의 구성

| 계층 | 패턴 | 계층 | 패턴 |
|---------|-------------------|---------|--------------------------|
| 기본 계층 | I | 확장 계층 2 | $B_1 B_2 B_3 B_7 B_9$ |
| 확장 계층 1 | $P_1 P_2 P_3 P_4$ | 확장 계층 3 | $B_2 B_4 B_6 B_8 B_{10}$ |

사용자는 자신의 사용 가능한 네트워크 대역폭에 따라서 수신할 계층의 개수를 결정한다. 그리고 네트워크가 혼잡 상태(Congested)일 경우, 각각의 계층 내에서 프레임들을 생략할 수가 있다.

위에서 I 프레임의 생략은 곧 그 GOP의 생략을 의미한다. P 프레임을 생략할 때에는 P 프레임의 참조 관계를 잘 고려해야 한다. 즉, P_i 프레임은 P_{i+1} 의 참조 프레임이므로, P_i 프레임의 생략은 P_{i+1} 프레임의 생략을 가져온다. 그러므로, P 프레임은 순서 번호가 큰 것부터 차례로 생략해야 한다. B 프레임의 생략은 다른 프레임에 영향을 미치지 않으므로 임의의 순서대로 생략이 가능하다. 그래서 각 계층에서 내에서 프레임 순서 번호가 낮은 것에서부터 높은 것 순으로 하나씩 더해가거나, 역으로 프레임 순서 번호가 높은 것에서 낮은 것 순으로 하나씩 생략해 준다..

그러므로, 네트워크 혼잡이 발생할 경우에 계층 단위의 생략 대신에 프레임 단위로 전송률을 제어해줌으로써 급격한 QoS의 변화를 막아 주고, 네트워크 대역폭의 효율적인 사용과 사용자에게 최적의 서비스 품질을 제공해 준다.

4. 시뮬레이션 및 성능 평가

본 논문은 성능 평가를 위해서 다양한 네트워크 부하 상태에 대해서 실제 수신된 데이터량 및 네트워크 대역폭의 활용도와 패킷 손실률을 LT 기법과 비교하였다.

실험 데이터인 MPEG-2 스트림의 프레임별 평균 크기는 아래의 표 2와 같다[5].

[표 2] 프레임별 평균 크기

| | |
|-------|---------|
| I 프레임 | 1270 Kb |
| P 프레임 | 443 Kb |
| B 프레임 | 105 Kb |

사용 가능한 대역폭은 1.3 Mbps ~ 4 Mbps로 제한했으며, 네트워크 부하가 큰 폭으로 변화가 심한 경우, 선형적인 변화를 보이는 경우, 그리고 계단형으로 변화하

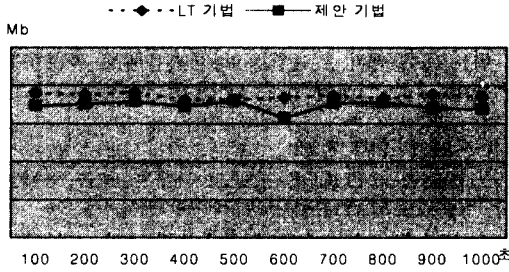
는 경우에 대해서 실험했다.

네트워크 상태 분석을 위한 Congested 상태의 임계치(λ_c)와 Unloaded 상태의 임계치(λ_u)를 각각 2%와 4% 정도로 적절하게 설정한다[9].

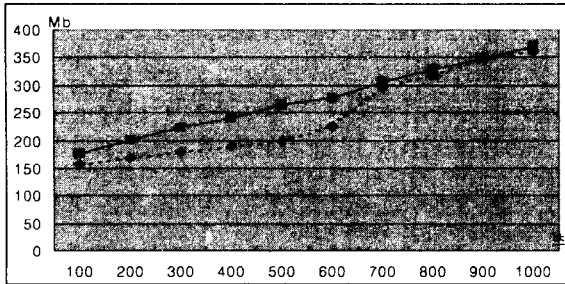
[표 4] 패킷 손실률 비교

| | 큰 폭의 변화 | 계단형 변화 | 선형적 변화 |
|-------|---------|--------|--------|
| LT 기법 | 10.0 % | 7.9 % | 8.0 % |
| 제안 기법 | 4.1 % | 2.5 % | 4.0 % |

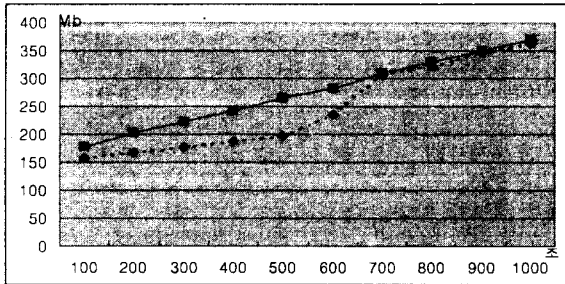
표 3 과 표 4 는 각각 네트워크 대역폭 활용도와 패킷 손실률을 비교하고 있다. 제안 기법이 LT 기법보다 더 나은 네트워크 대역폭 활용도를 보여주고 있으며, 더 낮은 패킷 손실률을 허용함으로써 사용자에게 일정한 QoS 를 제공하고 있음을 알 수 있다.



[그림 3] 구간별 수신 데이터량(큰 폭의 진동형 변화)



[그림 4] 구간별 수신 데이터량(계단형 변화)



[그림 5] 구간별 수신된 데이터량(선형적 변화)

그림 1, 그림 2, 그림 3 은 각각의 사용 가능한 네트워크 대역폭에 대해서 사용자가 실제로 수신한 데이터 양을 100 초 단위의 구간별로 나타내고 있다. 그림 1 은 사용 가능한 네트워크 대역폭이 짧은 기간에 큰 폭의 변화가 수시로 생길 경우인데, 이 때는 LT 기법이 제안 기법보다 더 많은 데이터를 수신하고 있다. 왜냐하면 큰 폭의 변화에 대해서 LT 는 빠른 수신 데이터 양을 조절할 수 있기 때문이다. 그러나 그림 2 와 그림 3 처럼 단계적으로 네트워크 대역폭의 변화가 생길 경우는 좀 더 세밀한 데이터 전송을 하는 제안 기법이 더 많은 데이터 전송을 한다.

[표 3] 네트워크 대역폭 활용도 비교

| | 큰 폭의 변화 | 계단형 변화 | 선형적 변화 |
|-------|---------|--------|--------|
| LT 기법 | 71.7 % | 87.2 % | 88.1 % |
| 제안 기법 | 66.9 % | 97.8 % | 98.3 % |

5. 결론

본 논문은 세밀한 QoS 확장성을 제공하지 못 하는 LT 기법의 단점을 보완하기 위해서 제안되었다.

네트워크 상태의 변화가 생겼을 경우에 어떤 계층을 즉시 추가하거나 삭제하는 대신에 어느 일정 수준까지 프레임의 추가 또는 생략 시킴으로써 좀 더 세련된 QoS 확장성을 제공해 주고 있다.

실험 결과는 대체적으로 제안 기법이 LT 기법보다 더 나은 성능을 나타냄을 보여 주고 있다. 그러나 제안 기법은 사용 가능한 네트워크 대역폭이 연속적으로 짧은 기간에 큰 폭으로 변할 경우에는 프레임단위의 적은 양으로 전송 데이터량을 증가시키고 감소시키기 때문에 사용자가 적은 데이터량을 수신하게 된다는 단점을 가진다.

6. 참고문헌

- [1] S. McCanne, V. Jacobson, and M. Vetterli. "Receiver-driven layered multicast", SIGCOMM, PaloAlto, California, 1996
- [2] Dorgham Sisalem and Frank Emanuel, "QoS Control using Adaptive Layered Data Transmission", IEEE, 1998
- [3] Charles Krasic and Jonathan Walpole, "QoS Scalability for Streamed Media Delivery", OGI CSE Technical Report CSE-99-011, 1999
- [4] Alexandros Elftheriadis and Dimitris Anastassiou. "Meeting Arbitrary QoS Constraints Using Dynamic Rate Shaping of Coded Digital Video", Proc. 5th Inter. Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, pp. 95-106, Durham, New Hampshire, 1995
- [5] 일본 멀티미디어 통신 연구회 "그림으로 보는 최신 MPEG", 교보문고, 1997
- [6] Ingo Busse, Bernd Deffner, Henning Schulrinne, "Dynamic QoS Control of Multimedia Applications based on RTP", Computer Communications, 19(1):49-58, Jan. 1996
- [7] Li Xin, Anil K. Gupta and Amitabha Das, "An Adaptive Scheduling Scheme for Serving VBR-encoded Multimedia Streams", ICICS, Singapore, 1997
- [8] Ed Chang and Avidesh Zakhor, "Variable Bit Rate MPEG Video Storage on Parallel Disk Arrays", The first International Conference on Multimedia Applications, 1994
- [9] 정상운, 김상복, "실시간 멀티미디어 데이터의 적응적 전송에 관한 연구", 한국정보처리학회 추계 학술발표 논문집 제 5 권 제 2 호, 1998