

# Internet QoS 적응적 실시간 멀티미디어 서비스에 대한 연구

## A Study on Service of Internet QoS Adaptive Realtime Multimedia

최지훈, 서덕영

경희대학교 전자정보학부

### 요약

하루 동안에도 인터넷의 QoS(Quality of Service)는 급속하게 변하므로 예측한다는 것은 불가능하며 열악한 인터넷망에서 효율적인 비디오 서비스를 제공하는데는 많은 어려움이 있다. 본 연구에서는 통신 환경이 열악한 인터넷 상에서 보다 효율적인 비디오 서비스를 제공하기 위한 적응적 QoS 관리 방법을 제시하고 확률적 분석과 시뮬레이션을 통해 서로의 결과를 비교한다. 첫째, 패킷 크기와 지연, 손실률의 관계와 하루 동안의 인터넷망의 QoS 변화를 파악한다. 둘째, Reed-Solomon code의 효율성을 확률적 분석을 통해 알아본다. 셋째, 인터넷망의 에러 패턴을 실제 시뮬레이션과 확률적 분석을 통해 비교한다.

### 1. 서론

멀티미디어 데이터의 전송에 있어서 정해진 대역폭 안에서 최상의 효과를 이끌어 내기 위한 많은 연구가 진행되어지고 있으며 사용자 요구에 따른 멀티미디어 서비스로 인해 인터넷은 폭발적으로 보급되고 있다. 이에 편승하여 ISDN과 ADSL이라는 광대역 서비스가 확대되고 있다. 이러한 질적·양적 증가에도 불구하고 인터넷을 통해 양질의 멀티미디어 서비스를 받을 수 있는 것은 아니다.

기존의 적응적 QoS 모델은 네트워크 상태를 모니터링을 하면서 손실률에 따라 계층부호화 방법을 이용하여 비트율을 변경시키거나 단지 FEC와 재전송만을 이용하여 손실률 줄이는 알고리즘을 제시하였다[1-5]. 즉 인터넷망의 특성을 파악하지 않고 손실에 대한 적응적으로 계층부호화 방법을 이용하여 비트율 변화를 시뮬

레이션 하였다. 또한 FEC 또는 재전송으로도 복원하지 못할 경우, 디코더측면에서의 오류 전파 및 에러 은닉에 대한 대책을 고려하지 않았다.

본 논문에서 여러 가지 실험을 통한 결과를 분석한 결과, 일일 인터넷망의 QoS 변화는 어느 정도 일정한 패턴을 가지고 있다는 것을 파악하였다. 이러한 패턴을 분석함으로써 보다 효율적이고 적극적인 QoS 관리 방법을 제시하고자 한다. 첫째, 하루 동안의 지연과 손실률의 변화를 관찰한다. 둘째, 패킷 크기에 따른 지연과 손실 패턴을 가지고 있다는 것을 파악하였다. 이러한 패턴을 분석함으로써 보다 효율적이고 적극적인 QoS 관리 방법을 제시하고자 한다. 첫째, 하루 동안의 지연과 손실률의 변화를 관찰한다. 둘째, 패킷 크기에 따른 지연과 손실률 변화를 비교 분석한다. 셋째, 인터넷망에서의 패킷 손실 분포를 확률적 분석과 실제 시뮬레이션을 비교 분석한다. 넷째, 망 상태에 따라 동적으로 FEC(Forward error correction)를 적용함으로써 손실률을 최소화하고 대역폭을 효율적으로 관리한다. 마지막으로 위의 결과들을 이용하여 MPEG-4를 이용한 VOD 시스템을 구현하였다.

### 2. 본론

#### 2.1. 개요 및 실험 환경

실시간 전송을 하기 위하여 UDP(User Datagram Protocol)을 사용한다. 그러나 UDP는 실시간성은 보장되지만, 데이터 손실의 문제와 패킷의 순서가 뒤바뀔 수 있는 문제가 있다. 그래서 출현한 프로토콜이 RTP (Real-Time

Transport Protocol)이다.[6]

표 1 실험 환경

	서버	클라이언트
네트워크	LAN	LAN
장소	수원(경희대)	부산(동의대)
시스템	P-II 400	P-II 200
비트율	약 133kbps	
경유 라우터 수	12개	

신뢰성이 없지만 실시간 비디오 서비스 환경을 위해 고정된 크기의 RTP 패킷을 이용하여 실험하였다. RTP 헤더의 타임스탬프와 시퀀스 넘버를 이용하였다. 지연은 왕복지연시간의 반으로 정하고 손실률은 서버에서 클라이언트로 전송하는 동안 잃어버리는 패킷 수를 계산하였다.

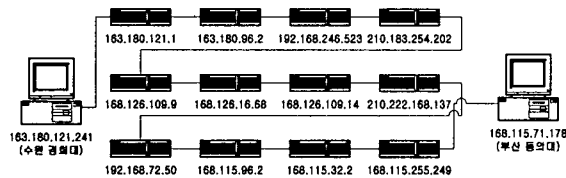


그림 1 경유하는 라우터

## 2.2. 인터넷의 일일 QoS 변화

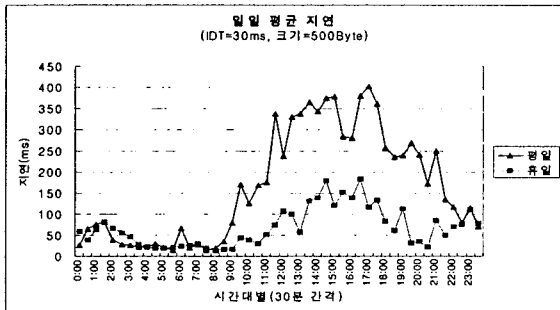


그림 2 일일 평균 지연 변화

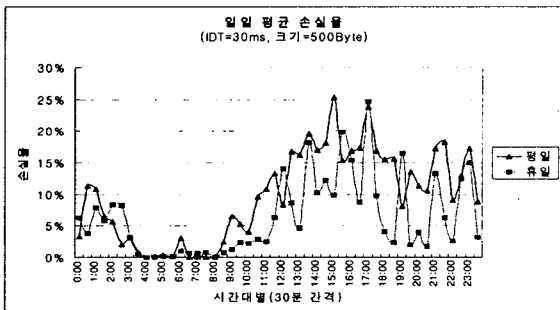


그림 3 일일 평균 손실률 변화

일일 변화를 볼 때 일정한 패턴을 유지하고 있다는 것을 알 수 있다. 일상 업무가 시작되는 오전 9시부터 망의 상태가 나빠지기 시작한다.

혼잡 피크 시간대는 오후 4시부터 6시정도 이다. 휴일은 평일에 비해 비슷한 패턴을 가지지만 지연과 손실률은 다소 차이가 난다. 이는 향후 과금 체계를 결정하는데 기반이 될 수 있다.

## 2.4. 인터넷 망의 패킷 에러 패턴 분석

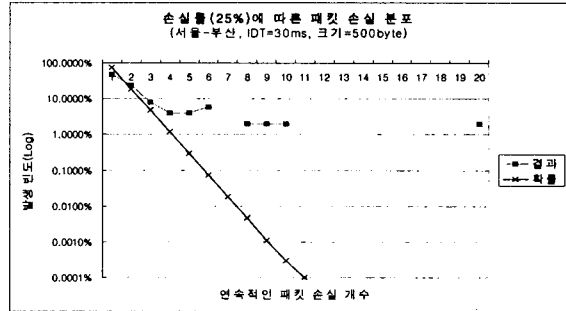


그림 4 손실률에 따른 패킷 손실 분포

[그림4]는 손실률이 25%정도 될 때의 손실 패턴을 나타낸다. X축은 패킷이 연속적으로 손실된 빈도 수를 나타낸 것이고 Y축은 확률을 나타내고 있다. '확률' 곡선은 랜덤 패킷 손실 빈도 분포를 확률적 계산으로 나타낸 것이고 '결과' 곡선은 실제 테스트한 결과를 나타낸 것이다. 두 그래프를 비교할 때 분포가 매우 다르다는 것을 알 수 있다. 따라서 인터넷의 패킷 손실 분포는 랜덤(random)한 분포가 아닌 연속해서 집중적으로 나타나는, 즉 버스트(burst)한 분포를 가진다고 말할 수 있다. 이 결과를 이용하여 인터리빙(interleaving)의 정도와 수신측 버퍼 크기를 효율적으로 결정할 수 있다.

손실률 5%, 10%, 15%, 20%의 경우도 대부분 비슷한 결과를 나타낸다.

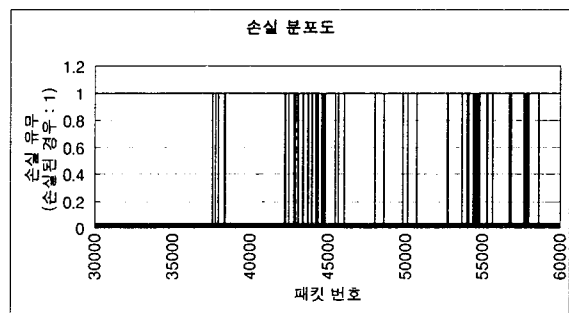


그림 5 전체 손실 패턴

[그림5]는 실제 인터넷을 통해 6만개 패킷을 전송했을 경우 손실 분포 일부를 나타낸 것이다. 실제 손실률은 1.2%정도이고 평균 지연은 78ms이지만, 버스트한 손실과 갑작스런 혼잡으로 인해 실시간 멀티미디어 서비스는 거의 불

가능하다. [그림6,7]은 [그림5]의 일부분을 가져온 것이다.

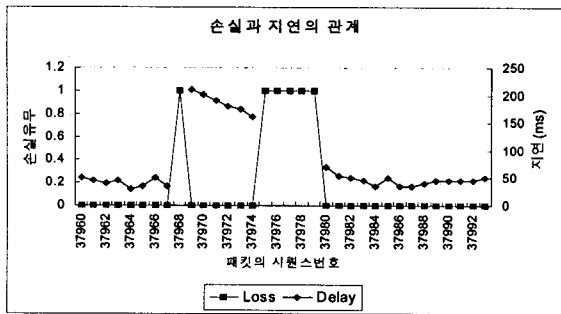


그림 6 버스트 손실

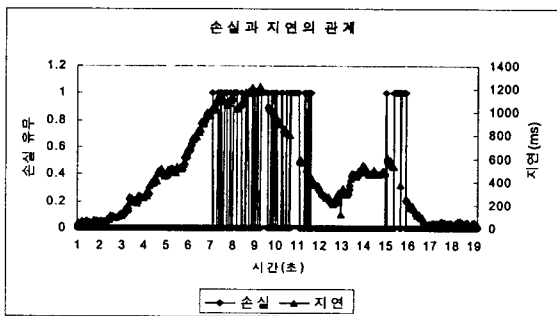


그림 7 랜덤 손실

[그림6]은 일반적인 패킷 손실을 나타낸 것인데, 이 경우 간단한 FEC 또는 재전송을 이용하면 수신측에서 완전히 복구할 수 있다[7-10].

[그림7]은 7초와 12초사이에 패킷 손실이 집중적으로 생겼고 2~17초사이에서는 지연이 증가함을 볼 수 있다. 이와 같은 경우 본 논문에서 제안하는 적응적 QoS 관리가 필요로 한다. 손실률과 지연에 따라 RS 코딩률(Reed-Solomon coding rate)의 변경, 비트율 변경, 재전송, MPEG-4 오류 강인성 등을 사용하면 효과적인 실시간 멀티미디어 서비스를 할 수 있다[11].

## 2.6 적응적 QoS 관리

### 1) 초기 QoS 결정

초기 네트워크 상태를 파악하기 위해서는 초기 QoS 결정은 필수적이다. 첫 번째 서버와 클라이언트간의 TCP 연결후 RTP 포트를 하나 생성한 뒤 사용자(Client)가 Server에 접속하여 스트리밍을 고르는 동안 Loss, Delay, Jitter를 측정하여 결정한다. 초기 QoS 측정을 이용하여 다음과 같은 과정으로 서버와 클라이언트의 buffer size를 결정한다.[24]

**step 1:**  $T_{RTT}$ 를 측정하고 jitter를 이용하여  $T_{delayLim}$ ,  $T_{reqtrans}$ ,  $T_{retrans}$ 를 결정하고  $T_{RSenc}$ ,  $T_{RSdec}$ 와  $T_{reack}$ 를 정한다.

**step 2:** buffering에 필요한 시간은 다음과 같다.

$$T_{total} = T_{gop} + T_{delayLim} + T_{request} + T_{RSenc} + T_{retrans} + T_{RSdec}$$

**step 3:** 최소한으로 필요한 buffer size는 다음과 같다.

$$Buffer_{min} (bits) =$$

$$ROUNDUP \left( \frac{T_{Total}}{T_{GOP}} \right) \times Maxbits_{GOP}$$

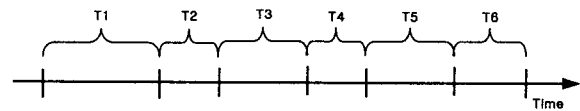


그림 8 초기 지연 결정

GOP는 전송과 RS coding을 하는 단위 또는 1초동안의 디코딩되는 단위이다.  $T_1(T_{GOP})$ 는 GOP의 시간 단위이고,  $T_2(T_{delayLim})$ 는 한계 지연으로 지터가 클 경우 한계 지연을 초과하면 손실로 처리한다.  $T_3(T_{request})$ 는 클라이언트에서 서버로 재전송 요구하는데 걸리는 시간으로 대략  $RTT/2$ 정도이다.  $T_4(T_{RSenc})$ 는 재전송이 요구된 패킷들을 RS 인코딩 하는데 걸리는 시간이다.  $T_5(T_{retrans})$ 는 서버에서 클라이언트로 손실된 패킷을 재전송 하는데 걸리는 시간 대략  $RTT/2 + T_{delayLim}$  정도이다.  $T_6(T_{RSdec})$ 는 재전송된 패킷들을 RS 디코딩 하는데 걸리는 시간이다.

### 2) RS 변경의 Hysteresis

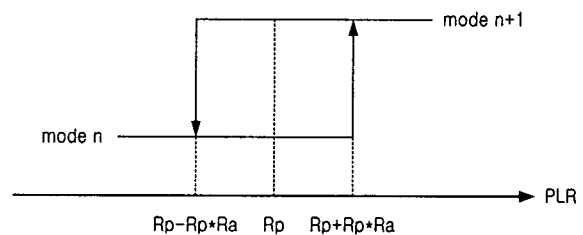


그림 9 RS 변경의 Hysteresis

**step 1:** RS적용 mode가 수시로 변하는 것을 막기 위해 아래와 같이 비대칭으로 mode를 변

경한다.  $R_p$ 는(mode n의 packet 복구율)/2이고  $R_a$ 는 비대칭 비율이다.

**step 2:** mode를 높일 때에는 손실률이  $R_p$ 보다 높은  $R_p+R_p*R_a$ 에서 변경을 하고 mode를 낮출 때에는 손실률이  $R_p$ 보다 낮은  $R_p-R_p*R_a$ 에서 변경을 한다.

### 3) RS 모드 및 레이어(Layer) 변경의 주기

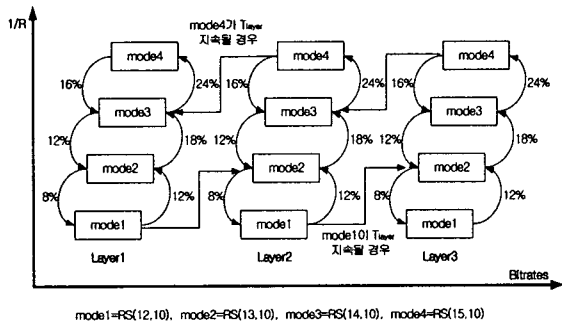


그림 10 모드와 레이어 변경 알고리즘

모드는 RTCP를 통해 모니터링한 손실률에 따라 결정된다. RTCP는 1초마다 GOP가 전송될 때 클라이언트로 보내어지고 클라이언트는 지연, 손실률등을 서버로 보고한다. 이에 따라 [그림10]의 모드 또는 비트율 변경을 결정한다.

[그림7]에서 나타나듯이 모드 변경 주기는 1초동안의 버스트 손실은 재전송으로 복구가 가능하므로 RTCP에 의해 갱신된 손실률에 따라 1초마다 변경된다. 그러나 계속적인 버스트한 패킷 손실은 모드 변경만으로 복구하기 힘들다. 따라서 비트율 변경은 2초이상 Mode 0로도 충분히 손실을 복구할 경우 비트율을 증가시키고 2초 이상 Mode 3으로도 손실을 복구하지 못할 경우 비트율을 한 단계 낮춘다.

표 2 모드 종류 및 모드별 한계 손실률

모드	RS	비고
0	RS(12, 10)	손실률이 0 ~10%일 경우 적용
1	RS(13, 10)	손실률이 10 ~15%일 경우 적용
2	RS(14, 10)	손실률이 15 ~20%일 경우 적용
3	RS(15, 10)	손실률이 20 ~25%일 경우 적용

### 4) 손실 패턴에 대한 복구 방법

#### ▶ 랜덤 에러(random error)

망의 상태가 좋지 않을 때 패킷 손실이 연속적으로 발생하는 경우(최소한 2초이상 손실률이

유지될 경우) FEC를 사용하여 손실률을 줄일 수 있다([그림8]). 한 GOP내에서 25%까지의 손실률은 모드 변경만으로 손실을 복구할 수 있지만 손실률이 그 이상일 경우 레이어를 변경해야한다. 지속적인 패킷 손실이기에서 재전송을 이용하면 대역폭 효율면에서나 증가하는 재전송 지연면에서 비효율적이다.

#### ▶ 버스트 에러(burst error)

망의 상태가 좋을 경우, 현재의 RS 모드로도 복구할 수 없는 버스트한 패킷 손실에서는 모드/레이어 변경 보다 재전송이 효율적이다([그림7]). 모드나 레이어 변화로 인한 비트율증가는 일정 시간 유지되므로 대역폭 효율면에서 재전송보다는 좋지 않다. 재전송은 지연과 밀접한 관계로 인해 실시간 양방향 서비스에서 이용하기는 힘들다. 그러나 VOD 시스템에서 일정 시간의 버퍼링을 할 경우 충분히 가능하다. 재전송은 RTCP를 통해 요구되고 RTP를 사용하기에 재손실이 발생할 수 있다. 재전송시 RS 코딩율을 1/2로 하여 강력한 FEC를 사용하면 손실될 확률을 줄일 수 있다.

### 5) 손실률에 따른 적응적 QoS 관리 시물레이션

[그림11] 적응적 QoS 관리를 통한 손실률에 따른 Mode와 Layer 변경을 나타낸 그림이다 손실률은 [그림8]의 손실률 패턴을 이용하였다. 손실이 없을 경우 모드는 '0'로 유지되고 레이어는 '2'까지 상승하다가 손실이 생기면 모드와 레이어가 변경된다.

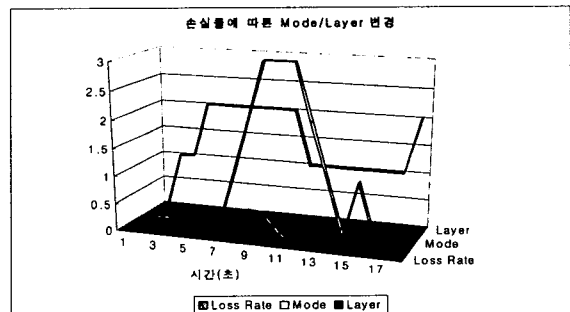


그림 11 적응적 QoS 관리 시물레이션 결과

### 3. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 인터넷에서의 에러 및 지연 특성에 대해 분석하였고 이런 QoS 특징을 갖는 인터넷망을 통하여 MPEG-4 비디오 스트리밍을 할 경우 패킷 손실 없이 전송하는 방법에 관하여 연구 하였다. 인터넷에서의 에러 및 지연 패턴은 일일 시간대별로 변화하고 패킷 크기가 커질수록 손실이나 지연이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 즉 망에서 사용자가 많을수록 그리고 비트율이 증가할수록 에러 및 지연은 증가한다는 것을 알 수 있었다. 또한 패킷망에서의 손실 패턴은 랜덤한 분포를 갖는 것이 아니라 버스트한 분포를 갖는다는 것을 알 수 있었고 이런 패킷 손실에 대처하려면 FEC뿐만 아니라 또 다른 방법이 필요하다는 것을 알 수 있는데 본 논문에서는 재전송의 방법을 선택하였다. 손실된 패킷을 복원하기 위한 FEC로서 RS 코드를 사용하였는데 이를 사용하는데 문제 되는 것은 RS 복호화 시간이 오래 걸린다는 것인데 복호화 과정의 일부 알고리즘을 수정함으로써 복호화 시간을 단축하였다.

MPEG-4 스트림을 패킷망을 통하여 전송할 때 지속적으로 변화하는 네트워크 QoS에 적응적으로 대처하기 위하여 미디어 QoS를 변경하는 방법을 제안하였다. 즉 손실이나 지연이 증가하면 그에 따라 RS mode나 서로 다른 비트율로 만들어진 레이어(layer)를 변경하는 방법을 제안하였다.

본 논문에서는 위의 제안된 방법을 이용하여 MPEG-4 비디오 스트리밍에 관해 연구하였고 이 방법을 이용하여 MPEG-4 비디오 스트리밍을 한다면 기존의 스트리밍 솔루션보다 더 좋은 능동적인 스트리밍 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

지금까지 실험한 결과는 LAN과 LAN의 연결에서 테스트한 것이다. 다른 망들과 연동하여 테스트 할 경우 결과를 예측하기 어렵다. 차후 다른 망과의 비교 평가가 꼭 필요하다.

### 4. 참고 논문

- [1] Georg Carle, Ernst W. Biersack, "Survey of Error Recovery Techniques for IP-Based Audio-Visual Multicast Application," IEEE Network , V.11 N.6 , 24-36 , November 1997
- [2] Moghe P, Kalavade A, "Terminal QoS of Adaptive Application," Bell Labs Technical Journal , V.3 N.2 , 76-92 , April 1998
- [3] Li X, Ammar MH, Paul S, "Video Multicast over the Internet," IEEE Network , V.13 N.2 , 46-60 , March 1999
- [4] Kihong Park, Wei Wang, "QoS-Sensitive Transport of Real-Time MPEG Video using Adaptive Forward Error Correction," Proceedings of the IEEE Multimedia Systems '99 - Volume 2 , 426-432 , June 1999
- [5] Tatsuya Yamazaki, Jun Matsuda, "Adaptive QoS Management for Multimedia Applications in Heterogeneous Environments: A Case Study with Video QoS Mediation," IEICE TRANS. COMMUN., VOL. E82-B, NO. 11, November 1999
- [6] RFC 1889, RTP - A Transport Protocol for Real-time Applications. Audio-Video Transport Working Group, H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson. January 1996
- [7] J.C. Bolot, T. Turletti, "A rate control mechanism for packet video in the internet," IEEE Infocom'94, Vol. 3, Toronto, Chanda, pp.1216-1223, June 1994
- [8] B. Griod, K. Stuhlmuller, M. Link and U. Horn, "Packet Loss Resilient Internet Video Streaming," Conference on Visual Communications and Image Processing '99, January 1999
- [9] F.Le Léannec, F. Toutain, C. Guillemot, "Packet loss resilient MPEG-4 compliant video coding for the Internet," Signal Processing : Image Communication 15, 1999
- [10] U.K. Sorger, "A new Reed-Solomon

decodeing algorithm based on Newton's interpolation," IEEE Trans. Inform. Theory 39, pp.358-365, March 1993

[11] Doug Young Suh, Hyun Cheol Kim, Youg Kwon Lim, Myung Ho Lee, "Probabilistic analysis of MPEG-4 error resilience tools in W-CDMA environments", Proceedings of the IEEE 2000 International Symposium on Circuits and Systems, Vol.III, pp638-641, May 2000