

RTP 기반에서 수신측 품질을 이용한 적응적 I-프레임 전송 제어

김 천규^o 문 영성
승 실 대 학 교 컴퓨터 학 과
cgkim@sunny.ssu.ac.kr, mun@computing.ssu.ac.kr

An Adaptive I-frame Tramsmission Control using Quality the Receiver side based on RTP

Cheongyu Kim^o Youngsong Mun
School of Computing, Soongsil University

요약

손실된 패킷에 대해 재전송이 끈란한 실시간 멀티미디어 전송에서 패킷 손실이 발생하였다면 하이브리드 압축 방식의 시간적, 공간적 의존성 때문에 에러가 한 프레임 내(공간)와 여러 프레임(시간)간에 전파되는 현상을 보인다. 이러한 현상으로 인해 저하된 수신품질을 복구하기 위해 주기적으로 INTRA 모드인 I-프레임을 삽입해야 한다.

본 논문에서는 RTP기반의 실시간 멀티미디어 전송에서 위와 같은 패킷 손실 이후 에러의 축적 때문에 발생하는 수신측 품질 저하를 복구하기 위한 I-프레임을 단순히 고정 주기적으로 삽입하는 대신 네트워크 상황과 수신측 피드백 정보인 FMB를 이용하여 적응적으로 삽입하는 방법을 제안한다.

1. 서론

인터넷을 통해 실시간 멀티미디어 서비스를 제공받으려는 사용자측 요구가 폭발적으로 증가하고 있다. 하지만 문자 또는 정지영상 전송을 위한 인터넷은 실시간 멀티미디어 서비스 제공 시 여러 문제점을 갖고 있다. “적절한 대역폭을 제공하지 못 한다”는 것이 그중 한 문제이다. 따라서 압축률이 높은 하이브리드 방식의 코덱(예, H.261, H.263, MPEG1/2/4등)을 사용할 필요가 있다.

하지만 이러한 코덱을 이용하여 인코딩한 데이터를 실시간으로 전송할 때 패킷 손실이 발생하였다면 공간적, 시간적 의존성 때문에 에러가 한 프레임 내(공간적)와 여러 프레임(시간적)으로 전파되는 현상을 보인다[1]. 또 제안된 대역폭이나 데이터의 실시간성 때문에 수신측은 손실된 패킷에 대해 재 전송을 받지 못하므로 에러를 온닉하는 여러 방법들이 사용된다[2]. 하지만 패킷 손실 후 이러한 방법들을 사용해도 연속된 P-프레임(시간 참조) 수신에 의한 에러의 축적은 I-프레임을 받기 전까지 수신 품질을 떨어뜨리는 요인이 된다. I-프레임은 P-프레임보다 5-10배의 대역폭을 요구하기 때문에 찾은 I-프레임의 전

송은 대역폭을 증가시키고, 또 대역폭이 한정되어 있는 상황에서는 프레임 전송 지연을 발생시킨다. 따라서 적절한 I-프레임의 전송 제어가 필요하다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 실시간 전송 프로토콜과 압축 기법에 대해 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 RTP 기반에서 수신측 품질을 이용하는 적응적 I-프레임 전송 제어 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 관련연구

2.1 RTP/RTCP

인터넷을 통한 멀티미디어 서비스의 제공을 위한 프로토콜을 살펴보면 신뢰적 멀티캐스트(Reliable Multicast)를 이용하는 방법과 비신뢰적 멀티캐스트(Unreliable Multicast)를 이용하는 방법으로 나누어 생각할 수 있다. 신뢰적 멀티캐스트를 이용하는 방법에는 NACK이나 ACK 기반의 재전송 기법을 사용하는 TMTP, RMF등 다수의 프로토콜이 있으며, 비신뢰적 멀티캐스트를 이용하는 방법에는 RTP/RTCP가 있다. RTP는 실시간 데이터의 전송에 초점을 맞추고 있으며, 유니캐스트나 멀티캐스트를 통해 동작한다.

RTCP는 RTP와 함께 사용되는 제어용 프로토콜이며 주

* 본 연구는 학술진흥재단 선도연구자 지원 2000-041-E00266 의 지원을 받았음.

로 세션의 모든 참가자들에게 제어패킷을 주기적으로 전송하여 분실패킷율(lost packet rate), 지터(jitter), 지연(delay) 등과 같은 QoS 정보를 교환하는 기능과 세션의 크기에 따른 여러 가지 전송률 제어(rate control) 및 가입/탈퇴와 같은 세션제어(session control) 기능을 수행한다 [3].

2.2 동영상 압축

아래의 그림 1에서처럼 하이브리드 코딩 구조를 갖는 방법들은 세 가지의 기본 원리를 사용하고 있다. 첫 번째, 화면 내(공간적) 상관관계에 의해 압축한다. 이를 INTRA 모드라 하고, I-프레임을 말한다. 두 번째, 화면간(시간적) 상관관계에 의해 압축한다. 이전 화면에 대한 정보를 사용해서 압축하는 경우이다. 이것은 INTER 모드라 하고 P-프레임을 말한다. 마지막으로 부호의 발생 확률에 따른 가변장부호화를 이용한다[4].

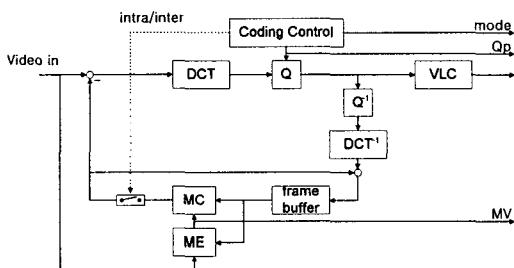


그림 1 The hybrid coding structure of H.261 and H.263

2.3 네트워크 상태 예상

네트워크 상태는 RTCP RR의 정보인 패킷 손실률을 사용하여 예상하는데, 우선 패킷 손실이 발생하는 경우는 2가지로 나눌 수 있다[2]. 첫 번째는 비트 에러가 발생한 경우이다. 하지만 이 경우는 현재의 네트워크 상황을 고려한다면 발생 확률이 아주 작다[1]. 두 번째는 중간 라우터에서 버퍼 오버플로우가 발생한 경우이다.

본 논문에서는 첫 번째의 경우를 무시하고 두 번째 경우만을 고려한다.

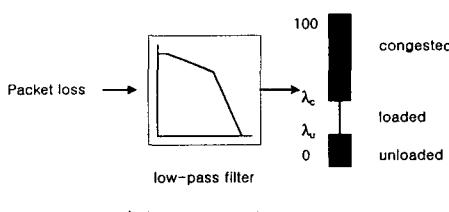


그림 2 Receiver Classification

[2]에서는 그림 2에서처럼 네트워크를 “congestion,” “load” 그리고 “unload”的 세 가지로 분류(RC : Receiver

Classification)한다. 이 분류를 본 논문에서는 “congestion”은 송신측과 수신측 네트워크가 “혼잡이 발생중인 상태” 그리고 “load”와 “unload”는 “혼잡이 해결된 상태” 또는 “충돌이 없는 상태”라고 결정한다. $\lambda_c = 2\%$ 와 $\lambda_u = 4\%$ 를 사용한다.

3. 제안 방법

그림 3에서처럼 하이브리드 코딩 구조에 의해 인코딩된 영상 패킷이 전송 중 손실이 발생하면 수신측은 손실된 패킷에 대해 은닉하는 여러 방법들을 사용한다[2]. 하지만 RTP기반의 실시간 전송에서는 손실된 패킷에 대해 재전송을 받을 수 없기 때문에 계속된 P-프레임 수신은 I-프레임을 받기 전까지 수신 품질을 떨어뜨린다. 본 논문에서 제안하는 방법은 저하된 수신 품질을 복구하기 위해 수신측으로부터의 피드백 정보를 이용하여 전송될 I-프레임의 시기를 결정하는 것이다. 가장 적절한 전송시기를 결정하기 위해 수신측은 RTCP의 RR (Receiver Report)에 부가 정보를 포함하고, 송신측은 이 부가정보를 가지고 예측된 수신품질과 네트워크 상황을 고려한다.

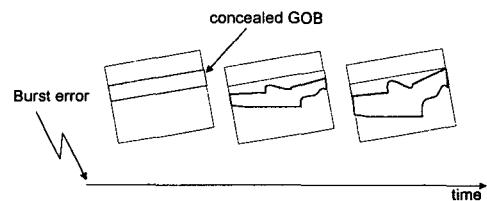


그림 3 공간/시간적 에러 전파

3.1 FMB의 결정

수신측은 패킷 손실이 발생한 후에 참조 벡터를 가지고 손실된 패킷에 대한 에러전파(propagation)와 에러정도(error energy: E())를 계산하여 저장한다. 수신측은 자신의 RR 전송 주기 때 에러전파가 임계치 이상의 값이면, 에러정도가 최고인 블록을 FMB (Feedback Macro Block ; 16*16)로 결정하고 이 블록을 RTCP에 포함하여 전송한다.

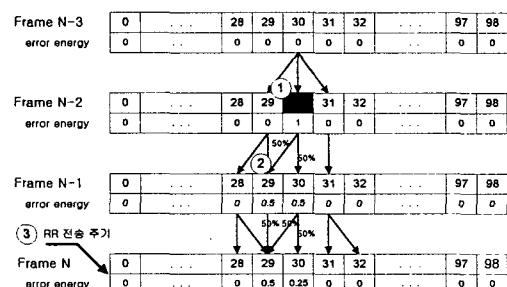


그림 4 에러전파와 에러정도

그림 4는 N-3에서 N까지의 4개의 프레임을 나타내며, 각 프레임은 0에서 98까지의 블록을 포함하고 각각의 블록은 에러정도를 기록하고 있다. I-프레임을 전송 받으면, 에러정도는 0의 값을 갖는다. 또 그림 4에서 화살표는 참조 벡터를 나타내고 있다.

①은 n-2 프레임에서 블록30의 손실을 나타낸다. 에러를 은닉하기 위해 에러 블록30은 N-3 프레임의 블록30으로 대치되고, 이때의 에러정도는 1이라 가정한다.

②는 에러 블록30을 N-1 프레임의 블록29와 블록30이 참조한 경우이다. 이때 각각의 블록은 50%씩 참조하므로 에러정도는 각각 0.5의 값을 갖는다.

③은 RR 전송 주기일 때, 에러전파값이 임계치 이상이면 에러정도가 가장 큰 블록29가 FMB로 결정된다.

에러전파값은 전체블록 중에 에러정도가 0이 아닌 블록의 수로 구한다.

3.2 FMB를 이용한 수신품질 측정

송신측은 보관중인 영상과 FMB를 가지고 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)값을 구하고 이것을 이용하여 수신측 품질을 결정한다. 패킷 손실이 발생한 t시간의 PSNR_t을 구하는 식은 다음과 같다.

$$PSNR_t = 10 \log_{10} \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{255^2}{(o_i - c_i)^2} dB \quad (1)$$

식 (1)에서 M은 전체 화소(pixel)의 수를 나타내고, o_i 과 c_i 는 각각 원영상과 수신받은 FMB의 i번째 화소값을 나타낸다.

수신측에서 FMB의 위치를 3.1의 방법을 이용하여 결정하므로 PSNR_t은 급격히 변할 수 있다. 이런 진동현상을 방지하기 위해 low-pass filter를 사용한다. 수신품질 결정에 사용되는 PSNR_L은 식 (2)와 같다. 여기서 α 는 $0 < \alpha < 1$ 의 범위를 갖는다.

$$PSNR_L \leftarrow (1 - \alpha) * PSNR_L + \alpha * PSNR_t \quad (2)$$

3.3 송신측 상태전이도

송신측은 3가지 상태를 갖는다. NORMAL 상태는 수신된 RR의 패킷 손실률을 이용하여 네트워크의 상태를 결정한다[5]. 또 FMB를 이용하여 수신측 품질을 구하고 I-프레임의 전송을 결정한다. 이 NORMAL 상태에서는 PSNR_L의 값이 임계치보다 좋지 않을 때 네트워크의 상태에 따라 다른 상태로 전이 할 수 있다. WAIT 상태는 I-프레임의 전송을 위해 네트워크 상태를 감시한다. e 경우는 PSNR_L이 임계치보다 좋아지므로 I-프레임 전송 결정을 취소하며, 상태는 NORMAL로 전이 한다. TRANSFER 상태에서는 타임아웃 전에 I-프레임의 전송 결정을 하지 않는다. 또 c 경우처럼 타임아웃 후 PSNR_L여전히 좋지 않다면 I-프레임 전송 결정을 하고 WAIT 상태로 전이 한다

(그림 5 참조).

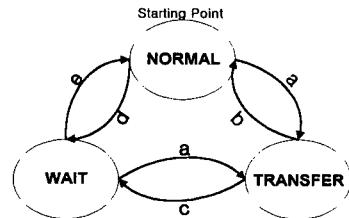


그림 5 송신측 상태 전이도

아래의 표 1은 각 상태에서의 동작과 전이 조건을 나타낸다.

표 1 동작(action)과 조건

a	PSNR _L 나쁨	I-프레임 전송
b	PSNR _L 좋음 && timer(RTO) == 0	PTO time out
c	PSNR _L 나쁨 && timer(RTO) == 0 && RC == congestion	PSNR _L 증가
d	PSNR _L 나쁨 && RC == unload, load	I-프레임 전송결정
e	PSNR _L 좋음	PSNR _L 감소

3.4 I-프레임 전송 후 PSNR_L의 처리

I-프레임 전송 후 수신 품질은 패킷 전송 시간과 수신측 버퍼링 시간이 지난 후에야 좋아진다. 그러므로 만약 I-프레임을 전송한 시간부터 이 기간동안에 받은 RR의 FMB를 가지고 PSNR_L을 계산한다면 연속된 I-프레임 전송을 결정할 수도 있다. 이 문제의 해결은 I-프레임을 전송 후 PSNR_L의 값을 감소시키고, 상용하는 RR을 수신받기전(PTO : Packet TimeOut)까지 I-프레임 전송 결정을 하지 않는다.

• 타임아웃계산

PTO은 다음과 같이 구할 수 있다. 식 (3)에서 M은 측정된 RTT값, R은 smoothed RTT estimator, 그리고 α 은 $0 < \alpha < 1$ 의 범위를 갖는 smooth factor이다. 또 γ 은 상수이고 범위는 $0 < \gamma < P$ 이다(P 는 RR전송주기).

$$R \leftarrow \alpha R + (1 - \alpha) * (M + \gamma) \quad (3)$$

$$PTO = R\beta \quad (4)$$

식 (4)의 β 는 delay variance factor이다. TCP의 타임아웃인 경우에 권고 값은 2이다[6].

3.5 다수의 수신측인 경우

멀티캐스트 경우에는 다수의 수신측 상황을 고려하여야 한다. 만약 모든 수신측에서 RTCP_FMB를 전송한다

면 평균 RR 패킷 크기가 증가한다. 이것으로 인해 발생하는 문제는 RTCP 전송을 위해 RTP 표준은 전체 세션 대역폭의 5%를 할당하는데, 증가된 RTCP 패킷 사이즈는 전체 제어 대역폭의 사용을 증가시켜 제어 패킷 전송 주기를 늘린다. 결과적으로 송신측은 수신측으로부터 제어 패킷을 자주 받지 못하므로 적절한 제어를 할 수 없다.

해결책으로는 RTCP 패킷은 모든 수신측에서 수신하므로 RR 패킷을 받은 세션멤버는 수신 받은 패킷 손실률과 자신의 패킷 손실률을 비교하여 자신이 더 높다면 RR 전송시 RTCP_FMB 전송한다.

3.6 FMB정보를 포함한 RTCP 패킷 포맷

그림 6는 [7]의 FIR패킷과 [8]의 RTCP UM(Upstream Message) 패킷을 수정한 FMB 정보가 추가된 RTCP_FMB 패킷을 보여준다. 송신측은 length 필드와 UMT 필드를 이용하여 FMB 포함 여부를 알 수 있다.

0	UMT	E	PT=RTCP_FMB	length				31
SSRC								
FSN		GN	MBN					
Video bitstream								

그림 6 RR : RR with FMB

• 헤더 블록

UMT : (Upstream Message Type) 5 비트 필드이다.

1 ~ 3 : 사용중

4 : FMB 사용을 지정한다.

5 ~ 31 : reserved

E : (Early Upstream Message) : 1 비트로 표준 RTCP RR 주기보다 빠른 UM(Upstream Message) 응답을 위해 사용된다[7][8].

• FMB 블록

FSN : (Frame Number) 16 비트 필드로, 패킷 손실이 처음으로 발생했을 때, 시컨스 넘버를 나타낸다.

GN : (Group Number) 5 비트 필드로, Video bitstream의 GOB(Group Of Block) 번호를 나타낸다.

MBN : (Macro Block Number) 4비트 필드로, GOB 안의 MB위치를 나타낸다.

4. 결론

본 논문에서는 RTP기반의 실시간 멀티미디어 전송에서 패킷 손실 이후 여러 축적으로 저하된 수신측 품질을 복구하기 위해 전송할 I-프레임의 적절한 시기를 결정하는 방법을 제안하였다. 이 제안된 방법으로 네트워크 상황과 RTCP RR에 포함시킨 FMB를 이용하여 전송될 I-프레임 적절한 전송 시기를 구할 수 있다.

향후 연구 과제로는 다수의 수신측들이 발생하는 FMB 정보를 포함한 RTCP_FMB들과 다른 제어 패킷들의 집성(aggregation)과 이것을 수행하기 위한 수신측 대표자 선출 방법 등이 있다.

참고 문헌

- [1] Echehard steinbach, Niko Faber, Bernd Girod, "Standard Compatible Extension of H.263 for Robust Video Transmission in Mobile Environments," vol. 7, no. 6, pp. 872-881, Dec. 1997.
- [2] W. M. Lam, A. R. Reibman, and B. Lin, "Recovery of lost or erroneously received motion vectors," in Proc. ICASSP, vol. 5, April 1993.
- [3] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP:A transport protocol for real time application," RFC-1889. Feb. 1996.
- [4] B. Girod, E. Steinbach, N. Farber, "Comparison of the H.263 and H.261 Video Compression Standards," Proceedings SPIE Conference on Standards and Common Interfaces for Video Information Systems, vol. CR60, Oct. 1995.
- [5] I. B. Busse, B. Deffner, H. Schulzrinne, "Dynamic QoS Control of Multimedia Applications based RTP," R2116 TOMQAT, May, 1995.
- [6] V. Jacobson, "Congestion avoidance and control," ACM Computer Communication Review, Vol. 18, pp.314-329, Aug. 1988.
- [7] Turlletti, T., and C. Huitema, "RTP Payload Format for H.261 Video Streams," RFC-2032, Oct. 1996.
- [8] Stephan Wenger, Joerg Ott, "RTCP-based Feedback for Predictive Video Coding," Internet draft (work-in-progress) draft-wenger-avt-rtcp-feedback-00.txt, July 2000.