

특집논문-00-5-2-09

인터넷 기반의 MPEG-4 스트리밍 서비스를 위한 적응적 QoS 관리

최지훈*, 이상조**, 서덕영**, 김현철*, 이명호*

Adaptive QoS Management for MPEG-4 Streaming Service over Internet

Ji Hoon Choi*, Sang Jo Lee**, Doug Young Suh**, Hyun Cheol Kim* and Myoung Ho Lee*

요약

본 논문에서 여러 가지 실험을 통한 결과를 분석한 결과, 인터넷망의 QoS는 어느 정도 일정한 패턴을 가지고 있다는 것을 파악하였다. 첫째 이러한 패턴을 분석함으로써 손실률과 손실 패턴에 따라 재전송 및 FEC(Forward Error Correction)의 정도를 달리하고 시간적 계층부호화(temporal scalability)를 이용하여 비트율을 변경시키는 보다 효율적이고 적응적 QoS 관리 방법을 제시한다. 둘째, MPEG-4의 오류 강인성을 이용한 비디오 패킷 단위의 전송으로 인해 오류 전파를 막고, Network상의 패킷 손실을 디코더에서 오류 은닉을 할 수 있도록 한다. 셋째, 네트워크상의 패킷 손실을 최소화할 수 있는 방법으로 GOP(Group Of Picture) 단위의 전송으로 인한 인터리빙(interleaving) 효과와 FEC를 이용하여 수신측에서 패킷 손실을 정정하고 다소 지연이 발생하지만 손실률을 줄이기 위해 재전송(retransmission) 등을 이용하였다. 마지막으로, 제안된 알고리즘들을 적용한 MPEG-4 스트리밍 서비스를 위한 VOD 시스템을 구현하였다.

Abstract

This paper, at first, provides analysis on loss pattern of Internet based on real experiments of the current Internet. Then, we propose an effective adaptive QoS management technique, in which measured loss pattern as well as PLR(Packet Loss Ratio) are used to select bitrate of temporal scalability, level of FEC and retransmission. This selection is also incorporated to the MPEG-4 error resilience tools and error concealment techniques. In order to minimize effect of packet loss, multimedia stream is segmented in the unit of group of pictures (GOP) and interleaving and FEC are applied to the segment. Proposed algorithms are applied to build a VOD system.

I. 서론

사용자 요구에 따른 멀티미디어 서비스로 인해 인터넷은 폭발적으로 보급되고 있다. 이에 편승하여 ISDN과 ADSL이라는 광대역 서비스가 확대되고 있다. 이러한 질적·양적 증가에도 불구하고, 시간에 따라 QoS(Quality of Service)가 변하고 버스트한 패킷 손실 패턴으로 인해 인

터넷을 통해 양질의 멀티미디어 서비스를 받기는 힘들다. 따라서 QoS 변화를 예측하기 힘든 인터넷망을 통해 멀티미디어 서비스를 할 경우 이를 대비할 수 있는 모델이 구현되어야 한다.

기존의 적응적 QoS 모델은 계층부호화 방법을 이용하여 비트율을 변경시키거나, FEC 또는 재전송만을 이용하여 손실률을 줄이는 알고리즘만을 제시하였다^{[1][2][3][4]}. 즉, 인터넷망의 특성을 파악하지 않고 앞에서 언급된 단편적인 방법들을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 또한 FEC 또는 재전송으로도 복원하지 못할 경우, 디코더 측면에서의 오류 전파 및 오류 은닉에 대한 대책을 고려하지 않았다.

* 한국전자통신연구원
ETRI(Electronics and Telecommunications Research Institute)

** 경희대학교
Kyunghee Univ.

본 논문에서 여러 가지 실험을 통한 결과를 분석한 결과, 인터넷망의 QoS는 어느 정도 일정한 패턴을 가지고 있다는 것을 파악하였다. 첫째 이러한 패턴을 분석함으로써 손실률과 손실 패턴에 따라 재전송 및 FEC의 정도를 달리하고 시간적 계층부호화(temporal scalability)를 이용하여 비트율을 변경시키는 보다 효율적이고 적응적 QoS 관리 방법을 제시한다. 여기서 FEC 레벨 변경은 RS(Reed-Solomon) 코드를 이용한 패리티(parity) 패킷의 개수 변경을 의미하고 레이어 변경은 비트율 변경을 의미한다. 둘째, MPEG-4의 오류 강인성을 이용한 비디오 패킷 단위의 전송으로 오류 전파를 막고, Network상의 패킷 손실을 디코더에서 오류 은닉을 할 수 있도록 한다^[5]. 셋째, 네트워크상의 패킷 손실을 최소화할 수 있는 방법으로 GOP(Group Of Picture) 단위의 전송으로 인한 인터리빙 효과와 [6][7]에서 제안한 FEC를 응용하여 수신측에서 패킷 손실을 정정하고 [8]에서 제안한 방법을 응용하여 다소 지연이 발생하지만 손실률을 확실히 줄이기 위해 재전송 등을 이용하였다. 마지막으로, 제안된 알고리즘들을 적용한 MPEG-4 스트리밍 서비스를 위한 VOD 시스템을 구현하였다.

II. 연구 배경

1. RTP(Realtime transfer protocol)

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^[9].

신뢰성이 없지만 실시간 비디오 서비스 환경을 위해 고정된 크기의 RTP 패킷을 이용하여 실험하였다. RTP 헤더의 타임스탬프와 시퀀스넘버를 이용하였다. 지연은 왕복

지연시간의 반으로 정하고 손실률은 서버에서 클라이언트로 전송하는 동안 잃어버리는 패킷 수를 계산하였다.

2. RTCP(Realtime transfer control protocol)

RTCP는 RTP가 구동을 시작할 때, 즉 오디오/비디오 데이터가 망에 전송을 시작할 때 동시에 동작하여야 한다 [9]. 관련 수신 포트로부터 RTP 패킷이 도착할 때마다 RTP 패킷의 헤더 정보(sequence number, timestamp, ssrcs, etc.)를 검색하여 QoS 파라미터를 수집하고, 이를 이용하여 RTCP SR(Sender Report) 패킷, RTCP RR(Receiver Report) 패킷을 구성하여, 송신 측에 재전송하는 기능을 수행한다. 또한 소스 트래픽을 발생시킨 송신 측은 자체 정보와 수신 측으로부터 도착된 정보를 이용하여 망 QoS에 부합되도록 코덱의 특성을 제어한다.

RTCP를 좀더 자세하게 기능적 관점으로 모듈화하면 다음 4가지로 구분 가능하다.

표 1 RTCP 메시지 유형
Table 1. RTCP message types

패킷 유형	기능
SR (sender report)	active sender들은 자신의 송수신에 대한 통계 정보를 알리는데 사용
RR (receiver report)	active sender가 아닌 참여자들이 자신의 송수신에 대한 통계 정보를 알리는데 사용
SDES	CNAME을 포함하며 소스 이름을 기술하는데 사용
BYE	RTP session에 빠져 나올 때 사용
APP	새로운 응용 또는 새로운 기능을 시험할 때 그 응용에 한정된 기능을 지정하는데 사용

3. MPEG-4의 오류 강인성

MPEG-4 비디오는 전송 과정에 오류가 발생되더라도

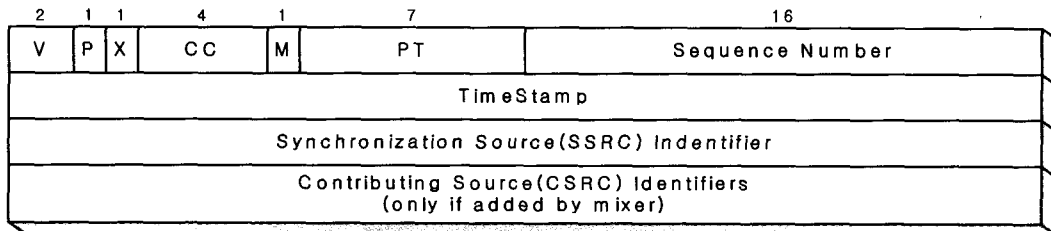


그림 1. RTP 헤더
Fig. 1. RTP Header

도 그 영향을 최소화할 수 있는 강한 오류 내성을 갖는다. MPEG-4 비디오에서 오류 강인성(error resilience)을 위한 방법으로 재동기(resynchronization), 데이터 복원(data recovery), 오류 은닉(error concealment)의 방법 등이 사용된다^{[10][11]}.

재동기의 방법은 VOP(Video Object Plane)내의 비트 스트림(bitstream)에 주기적(일정하지는 않음)으로 재동기 마커(RM)를 삽입한다. 이 재동기 마커와 재동기 마커 사이의 데이터를 비디오 패킷(VP:Video packet)이라 하는데 이 비디오 패킷 내에서 오류가 발생되면 그 부분의 비디오 패킷만을 버려서 오류가 확산되는 것을 막을 수 있다.

데이터 복원은 RVLC(Reversible Variable Length Codes)를 이용하여 가능하다. RVLC는 순방향뿐만 아니라 역방향으로도 디코딩 될 수 있도록 제안된 코드로서 비디오 패킷 내에 오류가 발생되더라도 그 패킷 전체를 버리는 것이 아니라 오류가 검출된 패킷의 다음 재동기 마커에서부터 다시 역으로 디코딩을 해서 데이터를 복원할 수 있도록 한다.

오류 은닉은 오류가 발생한 부분을 오류가 발생하지 않은 것처럼 보이게 하는 것이다. 예를 들어 오류가 발생한 매크로블록(MB)을 전 프레임의 같은 위치의 매크로블록으로 대체하면 원래 화면과 별로 차이가 나지 않을 것이다. MPEG-4 에서는 데이터 분리(data partition)라는 방법을 써서 오류 은닉의 효과를 높인다. 이 방법은 크기가 작지만 중요한 정보를 가지고 있는 움직임 벡터(motion vector)와 비교적 긴 길이의 텍스처(texture)를 분리시킴으로서 텍스처에서 오류가 발생하여 그 값들을 버리더라도 움직임 벡터의 위치에 있는 이전 VOP의 매크로 블록을 가져와서 현재 VOP에서 오류가 없는 것처럼 오류 은

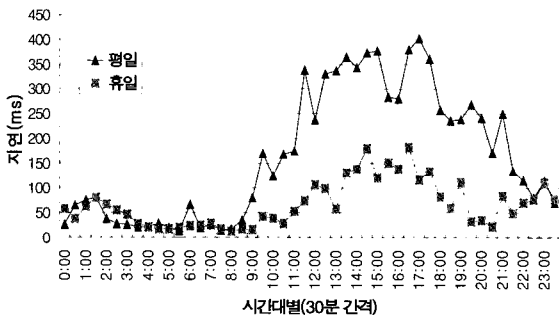


그림 2. 일일 평균 지연 변화
Fig. 2. Time varying delay in a day (IDT=30ms, Packet size= 500byte)

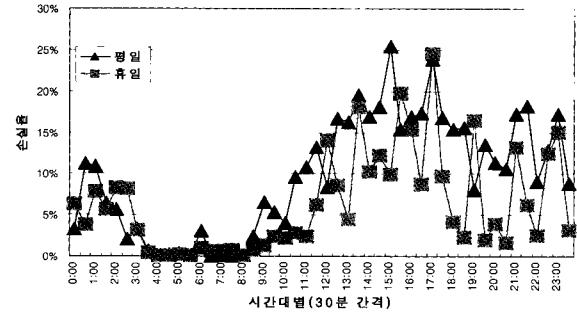


그림 3. 일일 평균 손실률 변화
Fig. 3. Time varying PLR in a day(IDT=30ms, Packet size= 500byte)

닉을 할 수 있다.

인터넷을 통한 패킷 전송에서 오류는 비트 단위의 오류가 아니라 패킷 단위의 손실이 생긴다. 본 논문에서는 비디오 패킷 단위로 전송한다. 오류가 발생하면 비디오 패킷의 손실이 생기기 때문에 패킷中间的 비트 오류는 발생되지 않으므로 RVLC나 데이터 분리의 방법은 효과가 없으므로 사용하지 않았다.

III. 인터넷 QoS 측정

1. 일일 평균 지연/손실률 변화

일일 변화[그림 2,3]를 볼 때 일정한 패턴을 유지하고 있다는 것을 알 수 있다. 일상 업무가 시작되는 오전 9시부터 망의 상태가 나빠지기 시작한다. 혼잡 피크 시간대는 오후 4시부터 6시정도이다. 휴일은 평일에 비해 비슷한 패턴을 가지지만 지연과 손실률은 다소 차이가 난다. 이는 향후 과금 체계를 결정하는 데 기반이 될 수 있다.

2. 패킷 손실 분포

그림 4는 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 분포

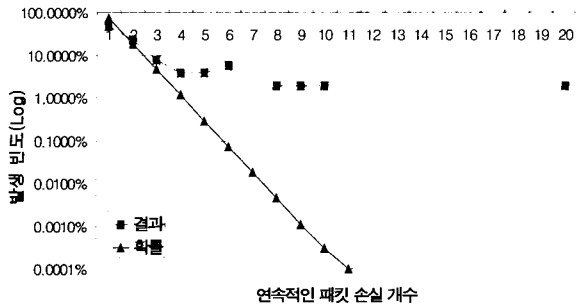


그림 4. 손실률(25%)에 따른 패킷 손실 분포
Fig. 4. Burstness of packet loss pattern (IDT=30ms, Packet size= 500byte)

가 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 5은 7초와 12초 사이에 패킷 손실이 집중적으로 생겼고 2~17초 사이에서는 지연이 증가함을 볼 수 있다. 현재의 FEC 레벨(level)로도 복구할 수 없는 버스트한 패킷 손실에서는 본 논문에서 제안하는 적응적 QoS 관리가 필요로 한다. 손실률과 지연에 따라 FEC 레벨 변경, 레이어(layer) 변경, 재전송^{[8][9]}, MPEG-4 오류 강인성 등을 사용하면 효과적인 실시간 멀티미디어 서비스를 할 수 있다. 레벨나 레이어의 증가는 일정 시간 유지되어야 하기에 대역폭 효율면에서 재전송보다는 좋지 않다.

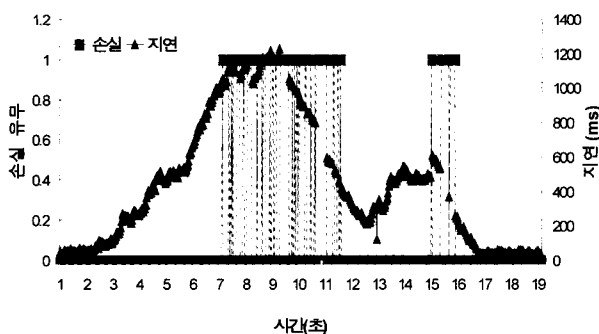


그림 5. 지연과 손실의 관계
Fig. 5. Delay and loss of individual packet

IV. 적응적 QoS 관리

적응적 QoS 관리를 위해서는 초기 QoS 측정은 매우 중요한 과정이다. 현재의 네트워크 상태를 알아야만 적당한 FEC 레벨과 레이어를 적용할 수 있고, 왕복 지연을 통해 한계 지연과 재전송 지연 시간을 예측함으로써 서버와 클라이언트의 버퍼 크기를 효율적으로 결정할 수 있다.

인터넷의 QoS 변화는 예측하기는 어렵지만 몇 가지 패턴들을 파악하면 전혀 불가능한 것은 아니다. 예를 들어 손실이 발생하기 전에 지연과 지터가 증가한다. 또한 손실은 랜덤한 손실 패턴과 버스트한 손실 패턴으로 이루어져 있다. [12]에서 제안한 방법을 따라 랜덤한 손실 패턴일 경우 FEC만을 사용하여 손실률을 낮출 수 있고, 버스트한 손실일 경우 FEC와 재전송을 이용하여 손실률을 낮추는 것이 효율적이다. 네트워크 상태가 FEC와 재전송을 사용하더라도 손실률을 복구할 수 없을 경우가 2초 이상 지속되면 최후의 방법으로 [13][14]에서 제안된 계층부호화 방식을 이용하여 비트율을 낮춘다. 현재 본 시스템에서 구현된 계층부호화 방식은 공간적 계층부호화 방식만을 이용하였다. 다음은 적응적 QoS 관리를 위한 단계를 나타내었다.

- step 1* : 네트워크 상태를 파악하기 위해 사용자가 서버에 접속하여 스트림을 고르는 동안 초기 QoS를 측정한다.
- step 2* : 측정된 지연을 바탕으로 서버와 클라이언트의 버퍼 크기를 결정한다.
- step 3* : 측정된 손실률을 이용하여 FEC 레벨과 레이어를 결정한다.
- step 4* : RTCP를 이용하여 계속적으로 네트워크 QoS를 모니터링한다.
- step 5* : 손실패턴에 따라 FEC 레벨과 레이어를 변경하거나 재전송을 한다.
- step 6* : 전송이 완료될 때까지 step 4,5를 반복한다.

1. RS(N,k) erasure decoding의 유효 패킷 손실률

k 개의 메시지(message) 패킷에 $N-k$ 개의 패리티 패킷을 붙여보내고, 전송 도중 잃어버린 패킷 번호는 알 수 있다. N 개의 패킷 중에서 $N-k$ 개까지 잃어버려도 완전히 복원 가능하다. $N-k$ 개보다 더 잃어버리더라도 도착한 메시지 패킷들은 유효하다^{[15][16][17][18]}. 여기서 PLR은 패킷 손실률이다.

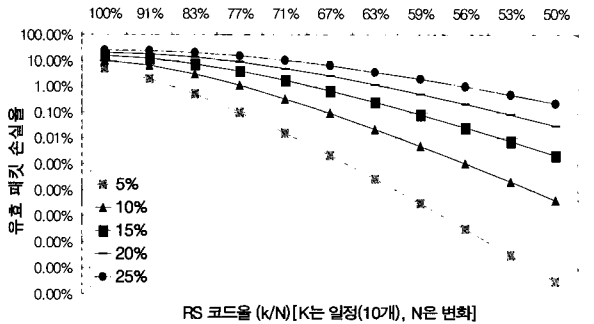


그림 6. RS 코딩율에 따른 유효 패킷 손실률
Fig. 6. Effective PLR at different PLR with respect to coding rate (k/N) when k is fixed (k=10)

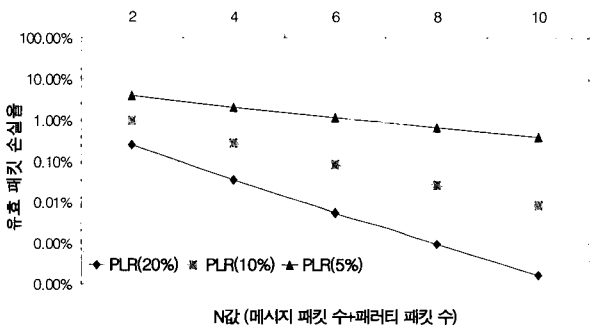


그림 7. N값의 변화에 따른 유효 패킷 손실률 비교 (R=0.5)
Fig. 7. Effective PLR with respect to block size at the same coding rate

Binomial distribution에 따라, N개중에 p개 잃어버릴 확률은,

$$\Pr(p) = \binom{N}{p} PLR^p (1 - PLR)^{N-p} \quad (1)$$

k개의 패킷이 모두 복원되는 확률은,

$$P_{all} = \sum_{p=0}^{N-k} \Pr(p) \quad (2)$$

잃어버리는 패킷의 개수가 N-k+1이상이면, RS 디코딩은 포기하더라도, 수신된 메시지 패킷은 유효하다. 즉, $N > p \geq N - k + 1$ 에 대하여, p개 잃어버렸고, 그중 m개는 패러티 패킷이라면, 메시지 패킷 중에 k-(p-m)개는 살아 있다.

m의 범위는 $\max(0, p - k) \leq m \leq N - k$ 이다. p개의 패킷이

손실되고, 그중 m개는 패러티 패킷일 확률은,

$$\Pr(p, m) = \Pr(p) \frac{\binom{N-k}{m} \binom{k}{p-m}}{\binom{N}{p}} \quad (3)$$

그러므로, RS(N,k)를 사용하여 손실 정정을 하는 경우에 유효 패킷 손실율은,

$$PLR_{effective} = 1 - \frac{1}{k} [k \cdot P_{all} + \sum_{p=N-k+1}^{N-1} \sum_{m=\max(0, p-k)}^{N-k} (k - (p - m)) \Pr(p, m)] \quad (4)$$

RS 코딩율(R)은,

$$R = \frac{k}{N} \quad (5)$$

그림 6은 메시지 패킷(k)를 10개로 정했을 경우, 패러티 패킷(m) 개수를 동적으로 적용함으로써 손실을 얼마나 복원할 수 있는지를 RS 코딩율로 나타내고 있다.

그림 7은 R값이 1/2일 경우 N값에 따른 유효 패킷 손실률을 비교한 그림이다. 일반적인 패딩은 N이 클수록 유효 패킷 손실률에 효과적임을 알 수 있다. 그러나 N값을 너무 크게 하면 지연이 커져서 비효율적이다. 제안된 시스템에서는 초기 지연은 어느 정도 허용하더라도 에러 복원 효과를 높이기 위해서 프레임 단위로 RS 코드를 적용하는 것이 아니라 GOP 단위로 RS 코드를 적용하였다. 대부분의 패킷 손실은 RS 코드를 사용하여 복원할 수 있지만 RS 코드가 복원할 수 없는 버스트한 손실은 재전송을 통하여 해결한다.

2 초기 QoS 결정

초기 네트워크 상태를 파악하기 위해서는 초기 QoS 결정은 필수적이다. 첫 번째, 서버와 클라이언트간의 TCP 연결 후 RTP 포트를 하나 생성한 뒤 클라이언트가 서버에 접속하여 스트리밍을 고르는 동안 손실(loss), 지연(delay), 지연의 변화 정도(jitter)를 측정하여 결정한다. 초기 QoS 측정을 이용하여 다음과 같은 과정으로 서버와 클라이언트의 버퍼 크기를 결정한다^{[19][20]}. 하나의 GOP는 12 프레임으로 이루어져 있고, 각각의 GOP 크기는 다르지만 평균적으로 29kbyte 정도이다. 만약 재전송을 고려한

표 2. 버퍼링 시간 및 지연의 종류
Table 2. Buffering time & Types of delay

시 간	내 용
T_{Server}	서버의 버퍼링 시간
T_{Client}	클라이언트의 버퍼링 시간
T_{GOP}	하나의 GOP를 디스플레이 하는 데 걸리는 시간. 여기서 GOP는 인코딩, 디코딩, 전송의 기본 단위
$T_{DelayLim}$	한계 지연. 지터가 클 경우 한계 지연을 초과하면 손실로 처리
$T_{RTT/2}$	Round-trip Time의 반.
T_{Trans}	전송 하는 데 걸리는 시간
$T_{Retrans}$	재전송 하는 데 걸리는 시간
T_{RTCP}	재전송 요구 하는 데 걸리는 시간
[참고] $T_{RTT/2} \approx T_{Trans} \approx T_{RTCP} \approx T_{Retrans}$	

다면 송수신측 버퍼 크기는 최소한 2개의 GOP를 저장할 수 있는 충분한 크기가 되어야 한다.

step 1 : $T_{RTT/2}$ 을 측정하여 T_{Trans} , $T_{Retrans}$, T_{RTCP} 를 결정하고, Jitter를 측정하여 $T_{DelayLim}$ 을 결정한다.

step 2 : 버퍼링에 필요한 시간은 다음과 같다. 기본적

으로 서버는 데이터 전송 후 클라이언트로부터 재전송 요구를 RTCP RR로 받아 재전송한다. 한계 지연을 클라이언트에서 데이터를 받을 때와 서버가 재전송 요구를 RTCP RR를 이용하여 받을 때처럼 두 번 필요하다.

$$T_{Server} = T_{GOP} + T_{Trans} + T_{RTCP} + T_{DelayLim} \times 2 \quad (6)$$

클라이언트는 전송 받는 시간, 재전송 요구를 위한 RTCP RR을 보내는 시간, 다시 재전송을 받는 시간이 필요하다. 한계지연은 서버로부터 데이터를 받을 때, 서버가 클라이언트의 재전송 요구를 받을 때, 다시 재전송 요구된 데이터를 받을 때 필요하다.

$$T_{Client} = \frac{T_{GOP} + T_{Trans} + T_{RTCP} + T_{Retrans} + T_{DelayLim} \times 3}{3} \quad (7)$$

step 3 : 최소한으로 필요한 버퍼 크기는 다음과 같다. 서버와 서버의 최소 버퍼 크기는

$$Buffer_{min}(bits) = \lceil \frac{T_{Server}}{T_{GOP}} \rceil \times Maxbits_{GOP} \quad (8)$$

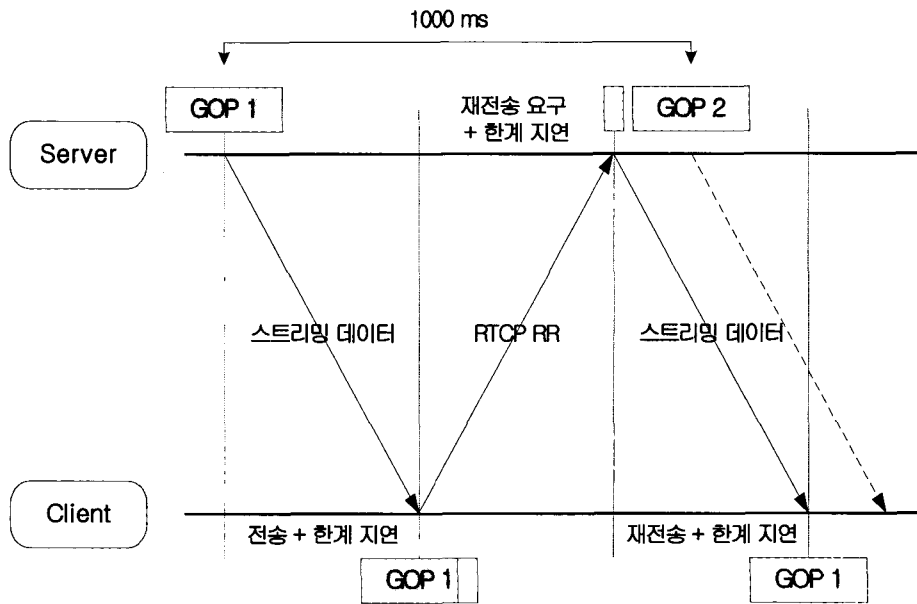


그림 8 전송에 따른 지연

Fig. 8. Components of transmission order and time delay

$$Buffer_{min} (bits) = \lceil \frac{T_{Client}}{T_{GOP}} \rceil \times Maxbits_{GOP} \quad (9)$$

3. FEC 레벨 변경의 Hysteresis

step 1 : FEC 레벨이 수시로 변하는 것을 막기 위해 아래와 같이 비대칭으로 레벨을 변경한다.

$$R_p = (\text{레벨 } n \text{의 packet 복구율})/2$$

예) RS(12,10)의 $R_p=10\%$

$$R_a = \text{margin rate}$$

step 2 : 레벨을 높일 때에는 손실률이 R_p 보다 높은 $R_p+R_p*R_a$ 에서 변경을 하고, 낮출 때에는 손실률이 R_p 보다 낮은 $R_p-R_p*R_a$ 에서 변경을 한다. 예를 들어, '레벨 2'에서 '레벨 3'으로 변경을 할 경우에 $R_a=0.2$ 라면 손실률이 $18\%(15+15*0.2)$ 이상이 되면 '레벨 3'이 된다. 하지만 '레벨 3'에서 '레벨 2'로 바뀔 때에는 손실률이 $12\%(15-15*0.2)$ 미만이 되면 바뀐다.

4. FEC 레벨 및 레이어 변경의 주기

레벨은 RTCP를 통해 모니터링한 손실률에 따라 결정된다. RTCP는 1초마다 GOP가 전송될 때 클라이언트로 보

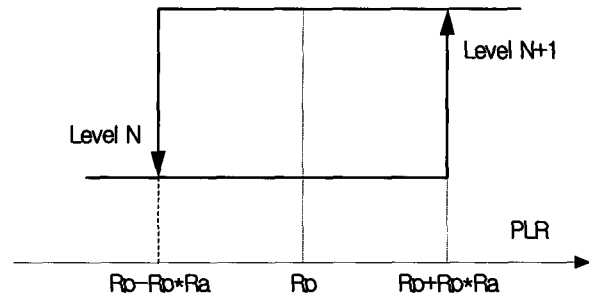


그림 9. RS 변경의 Hysteresis

Fig. 9. Hysteresis for RS level change

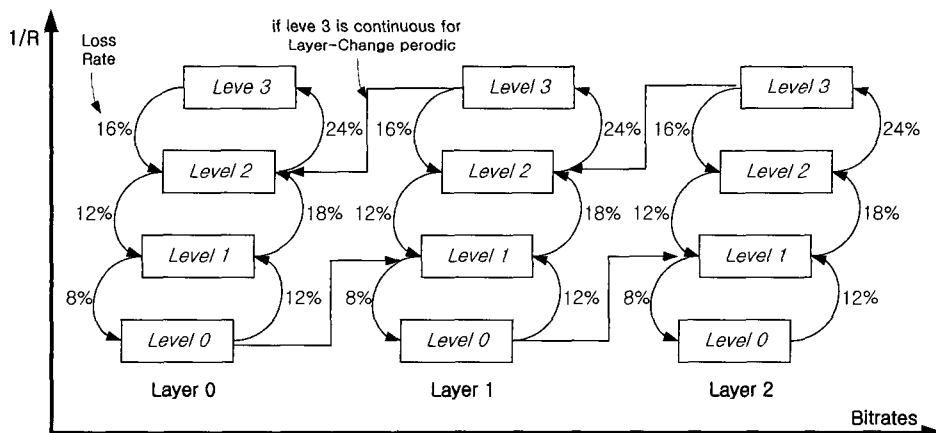
내어지고 클라이언트는 지연, 손실률 등을 서버로 보고한다. 이에 따라 그림 10의 레벨 또는 레이어 변경을 결정한다.

레벨 변경 주기는, RTCP에 의해 갱신된 손실률에 따라 1초마다 변경된다. 그러나 계속적인 버스트한 패킷 손실은 레벨 변경만으로 복구하기 힘들다. 따라서 레이어 변

표 3. 레벨 종류 및 모드별 한계 손실률

Table 3. Levels and their thresholds

레벨	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



mode1=RS(12,10), mode2=RS(13,10), mode3=RS(14,10), mode4=RS(15,10)

그림 10 Level 및 Layer 변경 방법

Fig. 10. Coding rate levels and bitrate layers with respect to PLR

경은 2초 이상 레벨 0로도 충분히 손실을 복구할 경우 레이어를 증가시키고 2초 이상 레벨 3으로도 손실을 복구하지 못할 경우 레이어를 한 단계 낮춘다.

5. 재전송(Retransmission)

때때로, 인터넷 환경에서 버스트한 패킷 손실이 발생한다. 추측컨대 버스트한 패킷 손실은 서비스 경로에 있는 라우터에서 갑작스런 오버플로(overflow)에 의해 발생한다. FEC를 이용하여 복구할 수 없을 정도로 많은 패킷이 손실되는 경우, 어느 정도 이상으로 FEC 레벨을 유지하는 것은 과도한 지연 및 대역폭 효율 등의 문제로 바람직하지 않다. 왕복 지연이 어느 한계(음성인 경우, 1초 정도) 이하가 될 때, 대화형 서비스보다 지연에 덜 민감한 스트리밍 서비스에서는 재전송이 허용될 수 있다.

만약 재전송이 사용될 경우, 송신측과 수신측에는 RTT(Round Trip Time)를 고려한 일정 이상의 버퍼 크기가 요구된다. 수신측에서 현재의 FEC 레벨로 복구될 수 없다는 것을 알았을 경우, RTCP를 사용하여 GOP 단위로 손실된 패킷의 재전송을 요구하게 된다. 그러나 재전송은 단 한번 허용된다. 재전송으로도 손실된 패킷을 복구할 수 없을 경우, 이 손실은 디코더에 보고되고 디코더는 오류 강인성 기법과 다양한 오류 은닉 방법들을 통해 손실을 은닉되어야 한다. 송신측이 손실된 패킷을 재전송할 때, [21]에서 제시한 방법과 같이 FEC 레벨을 더 높여야한다. 제안된 시스템에서 송신측은 시스템의 복잡성을 증가시키지 않기 위해 다시 손실된 패킷

을 보낸다.

V. 실험내용 및 방법

신뢰성이 없지만 실시간 비디오 서비스 환경을 위해 고정된 크기의 RTP 패킷을 이용하여 실험하였다. RTP 헤더의 타임스탬프와 시퀀스넘버를 이용하였다. 지연은 왕복 지연시간의 반으로 정하고 손실률은 서버에서 클라이언트로 전송하는 동안 잃어버리는 패킷 수를 계산하였다. 실험에 사용된 FEC 레벨 변경은 RS 코드를 이용한 패러티 패킷의 개수를 변경을 의미하고 레이어 변경은 비트율 변경을 의미한다.

표 4 실험 환경
Table 4. Condition of experiment

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

5.1 적응적 QoS관리를 통한 손실률에 따른 모드 및 레이어 변경

그림 12 적응적 QoS 관리를 통한 손실률에 따른 FEC

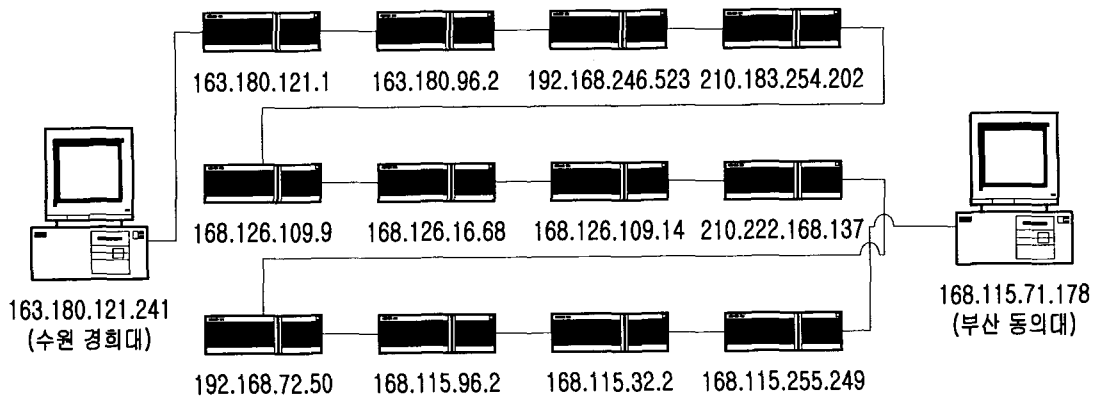


그림 11. 연결된 라우터 구조
Fig. 11. Path used for the experiments (12 routers, 500km apart)

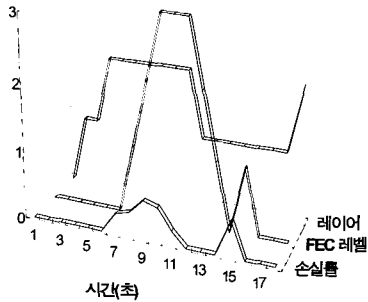


그림 12. 적응적 FEC 레벨과 레이어 변경
Fig. 12. Adaptive FEC level and layer change

레벨과 레이어 변경을 나타낸 그림이다. 손실률은 그림 5의 손실 패턴을 이용하였다. 초기에 낮은 FEC 레벨과 레이어로 시작하여 손실이 없을 경우 FEC 레벨은 '0'로 유지되고 레이어는 '2'까지 상승하다가 손실이 생기면 FEC 레벨과 레이어가 변경된다.

2. VP, VP+FEC, VP+FEC+재전송 비교

인터넷을 통한 비디오 패킷 전송에서 패킷 손실에 대응하기 위해서 FEC와 재전송 방법을 사용한다. FEC 레벨에 따라 최고 20%~50%까지의 손실은 RS 코드로 복원이 가능하다. 하지만 RS 코드가 복원할 수 없는 버스트한 패킷 손실의 경우에는 재전송 방법을 사용한다.

그림 13은 평균 PLR이 40%일 경우 FEC와 재전송을 사용하여 비디오 패킷을 전송한 것(VP+FEC+재전송)과 FEC를 이용하여 비디오 패킷을 전송한 것(FEC)과 순수한 비디오 패킷만을 전송했을 때(only_VP)의 화질

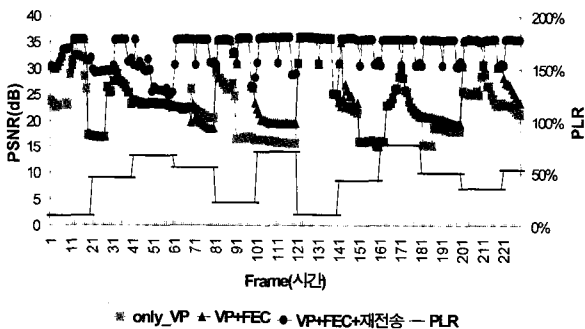


그림 13. FEC와 재전송에 따른 화질 변화
Fig. 13. PSNR with respect to FEC & Retransmission

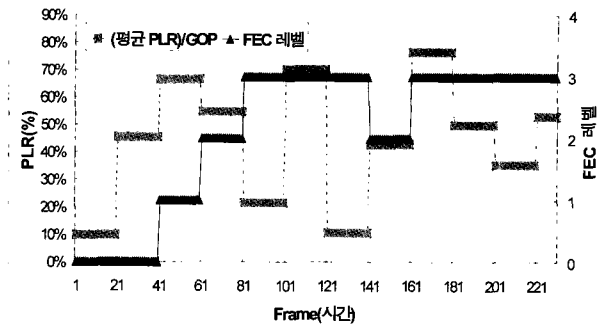


그림 14. PLR에 따른 FEC 레벨 변경
Fig. 14. FEC level change with respect to PLR change

(PSNR) 변화를 측정한 것이다. 순수한 비디오 패킷(VP)만을 전송할 때보다는 FEC를 사용하였을 때가 화질이 더 좋고 재전송까지 사용하면 대부분의 손실된 패킷을 복원하여 화질이 더욱 좋다는 것을 알 수가 있다.

그림 14는 그림 13에서 적용된 PLR에 따라 RS 레벨이 변경되는 것을 보여준다. RS 레벨은 한 단계씩 변화하므로 급격한 PLR 변화(Frame 21~40)에는 손실된 패킷을 복원하지 못한다. 또한 RS 코드가 복원할 수 있는 최대 PLR을 초과할 경우(Frame 101~120) 손실된 패킷을 복원하지 못한다.

그림 15는 각각의 방법에 따른 비트율의 변화를 나타내었다. PLR에 따라 FEC의 사용 비율이 달라지고 FEC로도 복원이 안 될 경우 재전송을 하기 때문에 재전송까지 하는 레벨의 경우는 비트율이 더 증가한다는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 FEC와 재전송의 효과를 비교하기 위해서 비교적 높은 40%의 평균 PLR으로 시뮬레이션을 하였기 때문에 높은 비트율의 증가를 볼 수 있으나

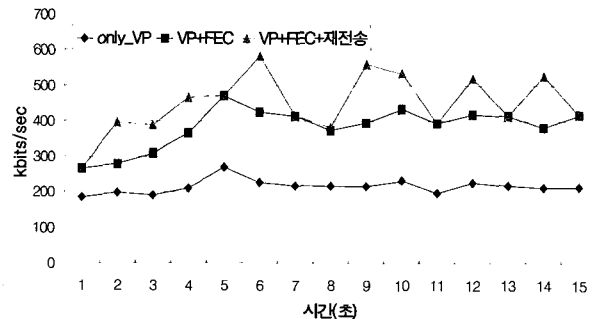


그림 15. 세 가지 형태의 비트율 변화
Fig. 15. Bitrate change of three types

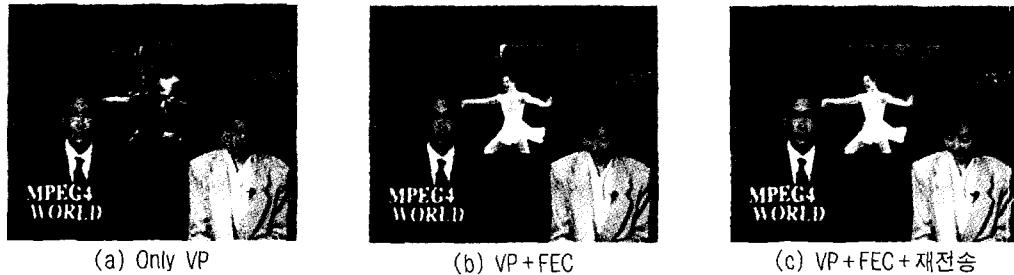


그림 16. 세 가지 모드에 따라 디코딩된 이미지
Fig. 16. Decoded images when used three methods

낮은 패킷 손실률의 환경에서는 비트율의 증가가 크지 않을 거라 예상된다.

그림 16은 같은 손실률을 적용하였을 때 각각 비디오 패킷만을 전송할 경우(a), FEC를 적용하였을 경우(b), FEC와 재전송을 적용하였을 경우(c)의 영상이다. 비디오 패킷만을 전송할 때 보다 FEC를 적용한 것이 화질이 낮고, 재전송까지 적용하였을 경우 화질이 더욱 나아진다는 것을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 인터넷에서의 패킷 손실 및 지연 특성에 대해 분석하였고 이런 QoS 특징을 갖는 인터넷망을 통하여 MPEG-4 비디오 스트리밍을 할 경우 패킷 손실 없이 전송하는 방법에 관하여 연구하였다. 인터넷에서의 패킷 손실 및 지연 패턴은 일일 시간대별로 변화하고 패킷 크기가 커질수록 손실률이나 지연이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 즉 망에서 사용자가 많을수록 그리고 비트율이 증가할수록 패킷 손실 및 지연은 증가한다는 것을 알 수 있었다. 또한 패킷망에서의 손실 패턴은 랜덤한 분포를 갖는 것이 아니라 버스트한 분포를 갖는다는 것을 알 수 있었다. 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 사용 하는 데 문제되는 것은 RS 복호화 시간이 오래 걸린다는 것이었다. 그러나 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 손실이

나 지연이 증가하면 그에 따라 FEC 레벨이나 서로 다른 비트율로 만들어진 레이어를 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.

참 고 문 헌

- [1] Moghe P and Kalavade A, "Terminal QoS of Adaptive Application," *Bell Labs Technical Journal*, vol. 3, no. 2, 76-92, Apr. 1998.
- [2] Li X, Ammar MH and Paul S, "Video Multicast over the Internet," *IEEE Network*, vol. 13 no. 2, 46-60, Mar. 1999.
- [3] Kihong Park and Wei Wang, "QoS-Sensitive Transport of Real-Time MPEG Video using Adaptive Forward Error Correction," *Proceedings of the IEEE Multimedia Systems '99* - vol. 2, 426-432, June 1999.
- [4] Tatsuya Yamazaki and 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, Nov. 1999.
- [5] Doug Young Suh, Hyun Cheol Kim, Youg Kwon Lim, and 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, pp. 638-641, May. 2000.
- [6] B. Grid, K. Stuhlmuller, M. Link and U. Horn, "Packet Loss Resilient Internet Video Streaming,"

- Conference on Visual Communications and Image Processing '99*, Jan. 1999.
- [7] U.K. Sorger, "A New Reed-Solomon Decoding Algorithm Based on Newton's Interpolation," *IEEE Trans. Inform. Theory* 39, pp. 358-365, Mar. 1993.
- [8] Georg Carle and Ernst W. Biersack, "Survey of Error Recovery Techniques for IP-Based Audio-Visual Multicast Application," *IEEE Network*, vol. 11 no. 6, 24-36, Nov. 1997.
- [9] RFC 1889, RTP - A Transport Protocol for Real-time Applications, Audio-Video
- [10] James Brailean, Ph. D. "Wireless Multimedia Utilizing MPEG-4 Error Resilient Tools," *Packet Video Corporation 10350 Science Center Drive*
- [11] "MPEG-4 Video Verification Model Version12.1," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2552
- [12] Uwe Horn, K. Stuhlmüller, M. Link and B. Girod, "Robust Internet Video Transmission Based on Scalable Coding and Unequal Error Protection," *Signal Processing : Image Communication* 15, 1999.
- [13] F. Le Léannec, F. Toutain and C. Guillemot, "Packet Loss Resilient MPEG-4 Compliant Video Coding for the Internet," *Signal Processing : Image Communication* 15, 1999.
- [14] J. C. Bolot and T. Turletti, "A Rate Control Mechanism for Packet Video in the Internet," *IEEE Infocom '94*, vol. 3, Toronto, Chanda, pp. 1216-1223, June 1994.
- [15] J. C. Bolot and T. Turletti, "Adaptive Error Control for Packet Video in the Internet," *Proceeding IEEE ICIP'96*, vol. 1, Lausanne, pp. 25-28, Sep. 1996.
- [16] R. Blahut, "Theory and Practice of Error Control Codes, Addison-Wesley, Reading," MA, pp. 154-165, 1983.
- [17] A. J. McAuley, "Reliable Broadband Communication using a Burst Erasure Correcting Code," *Proceedings of the ACM SIGCOMM*, pp. 297-306, Philadelphia, Sep. 1990.
- [18] Yea Chul Roh and Ik Soo Jin, "Implementation of Reed-Solomon Codec for IMT-2000," *Proceedings of the 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communication*, Sep. 1997.
- [19] Difu, Jaideep Srivastava, "Investigation Factors Influencing QoS of Internet Phone," *Proceedings of the IEEE Multimedia Systems '99 - vol. 2*, pp. 541-546, June 1999.
- [20] Cormac J. Sreenan and Jyh-Cheng Chen, "Delay Reduction Techniques for Playout Buffering," *IEEE TRANSACTION ON MULTIMEDIA*, vol. 2, pp. 88-100, June 2000.
- [21] Junho Jeong and Doug Young Suh, "Study on ATM Based Splitting Method of Satellite Networks for Performance Improvement of Satellite Internet Service," *the 10th Joint Conference on Communications & Informations*, vol. 2, pp. 699-702, May. 2000.

저 자 소 개



최 지 훈

1999년 2월 : 경희대학교 전자공학 졸업(공학사)
 1999년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 대학원 전자공학과 석사과정
 주관심분야 : 영상처리, 멀티미디어 통신



이 상 조

1996년 2월 경희대학교 전자공학 졸업(공학사)
 1999년 9월 ~ 현재 경희대학교 대학원 전자공학과 석사과정
 주관심분야 : 영상처리, 멀티미디어 통신



서 덕 영

1980년 2월 : 서울대학교 원자핵공학과 졸업(공학사)
 1985년 6월 : Gerogia Tech 대학원 핵공학과 졸업(공학석사)
 1990년 6월 : Gerogia Tech 전자공학과 졸업(공학박사)
 1990년 9월 : 상공부 생산기술원 HDTV 연구개발단 선임연구원
 1992년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 부교수
 주관심분야 : 영상 처리, 멀티미디어 통신



김 현 철

1998년 2월 : 경희대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2000년 8월 : 경희대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 2000년 7월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 연구원
 주관심분야 : 영상통신, 신호처리



이 명 호

1983년 2월 : 숭실대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1985년 2월 : 숭실대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1996년 3월 : 일본 오사카대학 통신공학과 졸업(공학박사)
 1985년 7월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
 주관심분야 : 영상부호화, 멀티미디어 통신, 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 지털 방송