

論文2002-39SP-6-12

QoS 서비스 모델에서의 비디오 서비스의 효과적 적용 기법

(Effective Method of Video Services over QoS Controlled Network)

鄭俊浩*, 徐德榮*, 辛志太**, 石周明***, 李圭皓***

(Junho Jeong, Doug-Young Suh, Jitae Shin, Joo Myoung Seok, and Kyou Ho Lee)

요 약

현재 단대단(End-to-End) 비디오 서비스의 질을 높이기 위해 많은 연구가 각 계층별로 진행되고 있다. 전송계층에서의 오류 제어(Error Control), 네트워크계층에서의 QoS (Quality of Service) 모델, 표현 및 응용계층에서의 오류 강인성(Error resilience)/오류 은닉(Error concealment) 등이 연구 개발되고 있다. 그러나 계층 간의 연관성이 높은 부분에서의 통합을 통한 성능향상에 관한 연구는 그 필요성과 효율에 비해 아직도 미흡하다. 본 논문은 QoS 서비스 모델에서의 적응적 FEC(Forward Error Correction) 적용 및 우선순위에 따른 비디오패킷(VP, VideoPacket)을 통하여 효율적인 계층화 비디오 스트리밍을 단대단 QoS 성능의 향상에 관점을 맞추어 제안한다. 제안하는 방식은 최소 화질 보장과 같은 효율에서 보다 적은 가격에서의 서비스를 제공할 수 있다. 이를 위하여 통합형 서비스(IntServ, IS, Integrated Service)의 자원예약을 사용하는 방법과 높은 가격의 자원 예약을 사용하지 않는 차별화 서비스(DiffServ, DS, Differentiated Service)를 적용했으며 이에 보장형 서비스의 특징을 공통을 가지기 위해 계층화 FEC를 적용하였으며 적절한 가격의 조절을 위하여 비디오패킷을 통한 데이터 분할을 적용하였다. 본 논문은 또한 최종 사용자의 만족도를 PSNR(Picture Signal to Noise Ration)과 PSNR에서 표현하지 못하는 부분의 평가를 위해 손상프레임율(DFR, Damaged Frame Ratio)과 오류프레임율(EFR, Error Frame Ratio)을 제안 이를 통해 평가하고자 한다. 제안하는 방식의 실험 결과는 비디오 코딩계층과 전송 계층, 네트워크 계층의 결합된 성능이며 이는 또한 화질의 개선뿐만 아니라 사용자의 가격문제에 대하여서도 비교 분석하였다.

Abstract

In the past, enhancement techniques for the end-to-end quality of a networked application were studied by looking at each individual layer. Examples of such techniques include the error resilience/concealment methods in the application layer, the FEC/ARQ in the transport layer, and the Quality of Service (QoS) techniques in the network layers. However, an integrated approach that would look across all related layers had yet to be investigated. This paper proposes an approach that combines priority-aware video packetization, adaptively used layered FEC, and QoS controlled networks such as IntServ and DiffServ in order to provide an efficient end-to-end quality in layered streaming video. The combination is more efficient in terms of a simple network price mechanism, that is, in getting the best end-to-end quality under a given total cost constraint. Our proposed approach in DiffServ with video packet (VP) data-splitting and layered FEC guarantees minimal service quality in a scalable and cost effective manner without introducing resource reservation. For video, we also propose performance metrics such as Damaged/Error frame ratio (DFR, CFR). These provide objective metrics like PSNR as well as a measurement for subjective perceptions. Our approach, which combines related layers such as video coding, transport, and network, has yielded results that have proven to be more cost-effective and practical than the supporting network QoS.

Keywords : internet multimedia, QoS, Integrated Services, Differential Services, scalable video encoding

* 正會員, 慶熙大學校 電子情報學部
(School of Electronics and Information in Kyunghee University)

** 正會員, 成均館大學校 情報通信工學部
(School of Information and Communication

Engineering of Sungkyunkwan University)

*** 正會員, 韓國電子通信研究院

(Electronics and Telecommunications Research Institute)

接受日字:2002年7月15日, 수정완료일:2002年10月24日

I. 서 론

인터넷의 빠른 성장과 더불어 기존의 텍스트 기반의 서비스에서 다양한 멀티미디어 서비스의 요구에 의한 트래픽의 폭발적 증가에 따라 넓은 대역폭과 실시간 서비스에 대한 요구가 증대되고 있다. 광케이블이나 파장 다중화 (Wavelength Division Multiplexing : WDM) 방식의 통신 방법의 발달로 인해 대역폭의 급속한 확장이 이루어지고 있지만 그에 상응하는 새로운 응용들이 출현하고 인터넷 사용 인구가 증가하여 대역폭은 항상 부족하게 되므로 인터넷의 자원을 효과적으로 사용하는 것이 중요하다.

요즘 IP 텔레포니(Telephony)나 주문형 비디오 서비스(VoD, Video on Demand)는 인터넷상의 서비스를 위해 각각의 QoS 요구 조건을 네트워크의 QoS 조건에 요청한다. 특히 인터넷 멀티미디어 응용 서비스에서는 인터넷을 통한 실시간 비디오 데이터 전송을 매우 중요하게 여기고 있다. QoS라는 것은 다양한 멀티미디어 서비스의 요구 조건 만족과 동시에 네트워크의 활용을 또한 증가 시켜야 한다.

현재 인터넷에서 지원하고 있는 노력형 서비스 모델 (Best Effort, BE)은 모두에게 같은 품질을 주고자하는 방식(Same-Service-to-All)이므로 차세대 서비스에서 요구하는 QoS 사항을 만족시키기에는 그 한계가 있다. IETF(Internet Engineer Task Force)에서는 인터넷을 통한 QoS 제공방안으로 RSVP(ReSource Reservation Protocol)를 이용한 수락제어와 자원예약을 통한 통합형 서비스^[1]방식과 QoS의 레벨을 결정하여 이를 일정한 QoS로 제공하여 주는 차별화 서비스^[3]방식을 제공하고 있다.

통합형 서비스는 데이터의 흐름에 대하여 RSVP^[2]를 이용한 수락제어를 통해 네트워크에서 예약을 실행하여 정확한 요구 QoS를 보장하여 매우 원활한 서비스를 제공한다. 그러나 이러한 방식은 독점적인 성향을 가지고 있으므로 사용료가 매우 비싸며 유지해야할 상태 정보가 흐름의 수에 비례하여 증가하게 되며 모든 라우터가 RSVP를 지원해야 한다는 확장성에 문제를 가지고 있다.

차별화 서비스는 QoS 보장을 집합적(aggregate)인 수준에서 수행하며, 백본 네트워크에서도 확장성을 갖는 QoS 방식이다. QoS 지원보다는 사실상 CoS(Class

of Service)를 제공하는 프로토콜이다. 즉, 상대적 서비스 품질을 제공하며 복잡한 패킷 분류 및 선 처리(pre-processing)는 네트워크 가장자리(edge)에서 수행하며, 라우터는 간단해진 패킷 처리로 빠른 전송을 할 수 있게 된다. 그러나 이 방식은 정확한 요구 QoS를 완벽히 만족시키지 못하며 보장형 서비스가 아니라는 문제점이 있다.

본 논문의 주 관심은 이러한 통합형/차별화 서비스에서 비디오 스트리밍을 할 때 사용자 만족도의 증가에 있다. 이러한 관점에서 컴퓨터네트워크의 각 계층에서 유기적인 관계가 이루어져야 한다. 비디오 전송에 직접적으로 영향을 주는 컴퓨터네트워크 계층은 세션 계층-비디오 계층, 트랜스포트 계층, 네트워크 계층, 데이터 링크 계층과 물리계층을 들 수 있다. 그간의 연구는 특정한 계층에 국한된 것이 대부분이었다.

MPEG-4와 H263 등 비디오 계층에서는 오류강인성 도구를 이용하여 비디오의 품질을 향상시킨다.^[4,5] [4]에서는 압축된 비디오 스트림에서의 패킷손실에 대한 향상된 강인성제공 방안과 코딩 모드 선택과 전송을 제어(TCP-Friendly)로 가용 네트워크의 효율적인 사용을 제안하였다. [5]에서는 비디오 압축계층에서의 에러 제어와 오류은닉에 대한 훌륭한 정리를 제공한다. [6]에서는 RS(Reed-Solomon)방식을 사용한 높은 우선순위 데이터의 보호를 설명하였으며 [7]에서는 전송 계층에서의 손실 제어를 통한 비디오의 질의 개선에 대한 알고리즘을 제안하였다. 전송 계층에서의 여러 연구는 [8,9,10] 등이 있다.

본 논문은 각 계층의 기술들이 결합된 QoS 서비스 모델 하에서 원본 데이터(비디오)내의 우선순위에 따른 전송을 효율적 과금 및 성능에 대하여 평가한다. 제안하는 시스템의 구조는 향상된 비대칭 손실 보호 기술(Unequal Error Protection)과 비디오 계층과 네트워크 계층의 결합의 구조를 가진다.

비디오 스트림은 기본 계층과 두 개의 상위계층을 갖는 다 계층구조를 가지며 상위 계층은 네트워크 상황에 따른 손실에 의한 영향을 최소화시키는 방식을 사용하였다. 기본 계층은 단대단 비디오 품질의 최소 품질로 표현되며 이를 보장하여야 한다.

각 비디오 계층의 요구 QoS는 그 중요도에 따라 영상 압축, 전송, 네트워크서비스에서 다양하게 처리된다. 비디오 계층에서의 에러 강인성 방식과 전송 계층에서의 RTCP를 사용한 QoS 측정 및 그에 따른 적응적

FEC 레벨 변화, 선택적 재전송 등이 적용된다. 본 논문에서는 이러한 기술에 추가하여 간단한 과금체계를 가진 차별화 서비스와 같은 네트워크 계층의 QoS 서비스 모델과의 연동에 대한 여러 방법을 제안, 평가하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2장에서는 네트워크를 감안한 비디오 코딩과 FEC 기술 및 QoS 서비스 모델에 대하여 관련 연구를 설명하였으며, 3장에서는 제안하는 비디오 계층과 전송 계층 및 네트워크 계층의 통합형 QoS 개선 모델에 대하여 설명하였으며 제안하는 모델의 수학적 분석을 서술하였다. 4장에서는 제안한 각 모델의 시뮬레이션 결과와 그 분석을 서술하였으며 5장에서는 본 논문의 결과와 향후 연구 과제에 대하여 서술하였다.

II. 연구배경

효율적인 손실 및 에러에 의한 화질 저하의 보호는 컴퓨터 네트워크의 모든 계층의 결합에 의하여 가능하다. 비대칭 손실 보호 방식은 네트워크 계층 같이 하위 계층에서 적용 될 때 보다 큰 효과를 나타낸다. 네트워크 계층에서의 손실율이 같더라도 영상의 복원에는 상이한 결과를 나타낼 수 있으며 영상 데이터 압축 방법의 기본적인 특징에 의해 오류가 전파되기도 한다. 보다 효율적인 비디오 서비스를 제공하기 위해서는 각 계층의 성능 개선도 필요하지만 각 개선 기술들 사이의 계층적 구성의 효율이 높아야 한다. 본 논문에서는 비디오 계층의 손실 전파 억제방법인 오류강인성과 계층 부호화의 효과를 높일 수 있는 방안을 QoS 서비스 모델의 여러 파라미터와 연계하여 전체 시스템을 구성하였으며 전체적 조율에 의한 성능증가를 예상한다.

1. 계층 부호화 및 오류 강인 부호화(비디오 계층)
 MPEG과 H.263에서의 계층 부호화와 오류강인성 부호화는 에러가 존재하는 실제적인 네트워크에서의 에러 전파를 최소화하기 위한 방법이다. 패킷 스위칭 채널에서는 서킷 스위칭 채널의 비트에러와 같이 패킷 손실이 존재한다. 패킷 손실의 영향은 MPEG-4의 재동기마크(Resynchronization Marker, RM), 헤더확장코드(Header Expansion Code, HEC) 그리고 데이터 분할(Data Partitioning, DP) 과 같은 오류 강인성 도구에 의하여 최소화 될 수 있다. 역 가변길이 부호화(Reversible Variable Length Coding, RVLC)는 비트에

러에서는 효과를 볼 수 있지만 패킷 손실에서는 효과를 볼 수 없다. 이를 통해 가변길이 부호화에 의한 에러 전파는 한 프레임(VOP)에 일정한 크기로 존재하는 재동기 마크에 의하여 나누어진 비디오 패킷의 작은 범위에서만 발생하게 된다. 하나의 프레임에서의 비디오 패킷의 개수는 전송 채널의 상황에 따라 결정된다. 헤더 확장 코드는 모든 비디오 패킷 헤더에 의한 프레임 헤더의 중복을 막는다. 데이터 분할은 에러 전파에 대해 중요한 데이터를 보호하는데 사용하게 된다. 보다 중요한 데이터는 보다 안전한 채널로 보내기도 한다. 데이터 분할은 한 프레임내의 중요한 데이터의 양이 분할된 RTP(Real Time Protocol)패킷으로 보낼 만큼 작을 때 유용하게 사용되는 방식이다.

계층화 비디오 코딩은 하나의 영상데이터에서 하나 이상의 비트스트림으로 부호화하는 방식이다. 이와 유사한 연구를 [6]에서 시도하였으나 이와 달리 본 연구에서는 MPEG-4 또는 H.263에서 표준화된 계층화 방식을 이용한다. 각각의 비트스트림은 다른 프레임용 적용(시간적 계층부호화), 다른 공간적 해상도 적용(공간적 계층 부호화), 다른 양자화 해상도 적용(SNR 계층 부호화) 등으로 나누어진다.^[17]

가장 기본적인 정보화 화질을 가진 비트스트림을 기본 계층이라고 부른다. 고급계층은 반드시 기본계층의 데이터가 있어야 복호화가 가능하며 기본계층만으로 복호화 했을 경우에 비해 방식에 따라 공간적, 시간적 해상도 등이 우수하게 된다. 각 계층은 하위 계층의 데이터가 없으면 복호화 될 수 없다. 다양한 네트워크 상황에서 여러 계층으로 구분하여 네트워크 상태나 사용자의 요구, 단말기의 성능에 따라 차별적 서비스가 가

표 1. 여러 계층 부호화에서의 성능 비교(단일계층 부호화 성능 100기준, Ballpark)

Table 1. Performance Comparison between Scalable Encoding(Single Layer 100, Ballpark).

$125 + \alpha$	300	1: 8
$125 + \alpha$	$100 + \alpha$	1: 4
$100 + \alpha$	$100 + \alpha$	1:0.5
$100 + \alpha$	$200 - \alpha$	1: 1

능하다. 또한 에러가 존재하는 네트워크에서 더 유용하게 사용된다.

본 논문에서는 <표 1>에 의거하여 가격의 최소화를 위해 높은 가격의 서비스를 받는 기본 계층의 비율이 충분히 작은 공간적 계층 부호화를 선택하였다. a 는 충분히 작은 양수이며 PPP 방식은 기본 계층만을 참조하여 상위 계층이 구성되며 PBB모드는 기본 계층과 동시에 유사한 전프레임의 영상을 참조하여 구성된다.

본 연구에서 택한 계층 부호화는 PPP방식이다. 각 부호화 방식은 결과로 나오는 비트 스트립의 비트율, 구현의 복잡도, 계산 시간 등 여러 인자에 의해 나누어지는데 고급 계층 영상의 예측을 위해 참조하는 방식에 따라 크게 두 가지로 구분을 한다. 하나는 고급 계층을 형성하는 프레임 형식이 P (Predicted)프레임으로만 구성이 된 경우이고, 다른 하나는 중간에 B (Bidirectional)프레임이 들어가는 경우이다. P-프레임일 경우는 순방향 예측만 사용하고, B-프레임일 경우는 순방향, 역방향 예측을 동시에 이용한다. 본 연구에서는 공간적 계층화 방식을 이용하였다.

고급계층의 형식을 <그림 1>과 같이 PPP와 PBB 방식으로 나눌 수 있는데 PPP 경우는 움직임 추정을 하기 위해서 하나의 영상만을 참조 영상으로 사용한다. PPP 방식은 고급 계층에서 움직임 추정을 하지 않으므로, 계산량이 단일 계층에 비해 크게 줄어든다. 그러나, 비트율은 크게 늘어난다. FGS(Fine Granularity Scalability)에서는 주로 이 방식을 이용한다. PBB방식은 기본계층의 프레임과 고급계층의 이전 프레임을 동시에 참조 영상으로 한다. 따라서 압축 효율은 높지만 양방향 참조에 따르는 연산량의 증가로 인해서 부호화의 복잡도가 증가한다.

이 두방식을 비교하면 PPP방식은 영상의 단방향 참조를 하기 때문에 코딩시간이 단축되며 참조 프레임이 하위 계층뿐이므로 에러의 전파를 막을 수 있다. PBB 방식은 양방향 참조를 하기 때문에 영상의 압축 효과는 높아져서 비트율은 현저히 줄일 수 있지만, 그만큼 부호화 시간이 길어지며 거의 모든 프레임이 참조프레임이 되므로 에러의 전파에 약한 단점이 존재한다.

본 논문에서는 기본 계층의 전송 QoS는 네트워크에서 보장해 줌으로서 손실이 발생하지 않도록 한다. 그러므로 기본 계층만을 참조하는 PPP 방식을 사용하여 고급 계층의 패킷 손실에 의한 영향은 해당 프레임에 국한되며 다음 프레임으로 그 영향이 전파되지 않는다.

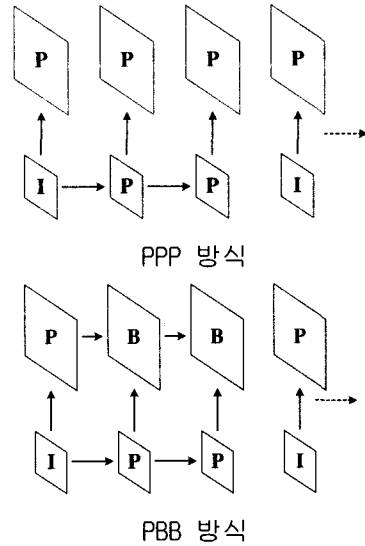


그림 1. 상위 계층 구성 방법에 따른 계층 부호화 방식
Fig. 1. Scalable Encoding Methods (PPP , PBB).

2. 손실 제어 (전송 계층)

(1) RS 패킷 복원 방식 (RS Erasure Mode)

효과적인 단대단 손실제어는 최대한 적은 데이터와 지연의 증가로 손실된 패킷을 복원한다. 보통 FEC와 재전송을 선택하여 사용하는데 손실율과 지연에 따라 그 적용 방법 및 레벨이 결정되어진다. 몇 번의 재전송은 RIT(Round Trip Time)가 허락하는 정도에서 실행되게 된다.^[18,19] 실시간 멀티미디어 서비스에서는 적은 지연과 지터가 요구되므로 재전송 방법보다는 FEC를 이용한 에러 복원이 많이 사용된다. 본 논문에서는 이러한 이유로 재전송은 고려하지 않았다.

가장 일반적인 인터넷에서의 FEC 방법은 RS 코딩이다.^[7] RS $[n,k]$ 는 k 개의 데이터에 $n-k$ 개의 패리티 데이터를 적용하여 전체 n 개의 데이터 발생시키며 $n-k$ 개의 위치를 아는 손실(Erasure) 또는 $(n-k)/2$ 개의 위치를 모르는 손실을 복원할 수 있다. RTP헤더에 존재하는 순차 번호(Sequence Number)를 통하여 손실 위치를 파악할 수 있기 때문에 Erasure 방식을 적용하여 $n-k$ 개의 손실 패킷을 복원할 수 있다. 부호율은 $R=k/n$ 로 계산되어지며 오버헤드로 나타나게 되는데 패킷 손실율이 커질 수록 부호율 R 은 작아지게 된다. 만약 손실 패킷의 분포가 포아송 분포(Poisson Distribute)를 따른다면 실제손실에서 R 에 의하여 복원되고 남은 손실율(residual Packet Loss Ratio)은 $\sum_{i=n-k+1}^n \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i}$ 로 표시된다. 특별한 정책에 의해 작동되는

라우터^[14]가 아니라면 남은 손실율은 n 이 아닌 R 에 의하여 조절, 결정이 가능하게 된다.

3. QoS 서비스 모델 (네트워크 계층)

통합형 모델은 각 플로우(Flow)에 대하여 요구 QoS를 보장할 수 있지만 각 플로우의 수의 증가에 의한 확장성에 문제를 가지고 있다. 또한 각 플로우의 정보에 의한 오버헤드와 연결설정에 대한 높은 과금 정책을 수반하게 된다. 그런데 본 논문은 네트워크 상황에 대하여 최소한의 예약을 통하여 적절한 연결 설정을 수행하는 방법을 논하려고 한다.

차별화 모델은 서로 다른 다수의 QoS 레벨을 제공하여 어느 정도의 QoS를 제공하여 주는 방식을 통하여 통합형 모델의 한계점을 극복하였으나 각 플로우에 대한 QoS 보장은 할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 차별화 모델 구조를 보면, 입력 패킷은 SLA(Service Level Agreement)에 의해 발생한 IP헤더의 DSCP(Differentiated Service CodePoints)에 따른 BAs(behavior aggregates)에 의해 서로 다르게 처리되어진다. BAs는 우선순위에 따른 처리를 수행하게 되는데 높은 순위의 BAs를 가진 패킷은 적은 큐잉지연과 적은 손실율을 가진 채널로 서비스되게 된다.

DiffServ 메커니즘중에서 AF(Assured Forwarding) PHB(Per Hop Behavior)는 VLL(virtual leased line)을 제공하는 프리미엄서비스와 현 인터넷의 노력형 서비스의 중간 수준인 AS(Assured Service)를 제공하기 위한 것으로 IP 패킷의 DSCP의 폐기율에 따라 한 AF 클래스에 서로 다른 3가지 패킷 폐기 레벨로 매핑(mapping)한다.

[14]에서 사용된 차별화 모델은 각 클래스간의 차이를 다음과 같이 제안하였다. 이 방식은 일반적으로 차별화 모델에서의 각 AF 레벨에 대하여 적용하는 방식이다.

$$\frac{\delta_i}{\delta_j} = \frac{q_i}{q_j} \quad (i, j = 1, 2, \dots, N) \quad (1)$$

여기서 δ_i 는 제공 품질의 차이에 대한 인자이며 ($\delta_1 < \delta_2 < \dots < \delta_N$), q_i 는 i 클래스의 성능 인자(큐잉 지연과 손실율 등)이다. 본 논문에서는 차별화 서비스를 예지 노드에서 호 제어와 지능적 트래픽 상황대책 방법에 의해 각 DSCP에 의한 레벨의 최악의 상황을 가정한다. 본 논문에서의 SLA는 각 차별화 서비스

의 BAs에 의한 서비스 가격을 조절하여 적용한다.

III. 제안하는 시스템 구조

본 논문에서는 통합형/차별화 서비스와 같은 QoS 제공 서비스와 비디오 계층, 전송 계층의 복합적인 구성으로 효과적인 구조와 성능 및 가격을 이루는 시스템에 관하여 제안한다.

모든 계층의 통합된 서비스의 가격을 비디오 서비스 가격으로 정의하며 각 계층에서의 QoS 적용 방법을 기준으로 가격을 비교하였다. 본 논문은 다음의 내용을 전제조건으로 삼는다.

- 전체 가격의 계산은 사용자 네트워크와 서비스제공자 사이에서 이루어진 SLA에 의해 제공되어지는 가격 곡선에 의해 계산되어진다. 네트워크에서의 QoS는 가격 결정 방식과 매우 유사한 구조를 가진다.
- 계층 부호화 비디오 스트림은 데이터 분할이 가능하며 이때는 각 기본 단위의 손실시 발생하는 화질의 크기에 따라 우선순위를 제공한다.
- 차별화 서비스는 각 클래스 사이에 서로 다른 손실율을 제공한다. 각 클래스 사이에서는 하나의 차별화 서비스 도메인에서 각 외곽 노드에서 지능적 트래픽 조절에 의하여 그 클래스의 레벨을 조정하며 이때 최대 손실율을 결정하게 된다.
- 하나의 시스템에서 DS 레벨이 결정하게 되면 중요한 계층의 데이터에는 그에 따라 적용되는 손실율을 이용하여 FEC를 적용하여 손실율을 조절한다.

1. 비디오 서비스의 성능 평가 방법 및 서비스 등급
기존의 여러 논문에서는 주로 비디오의 성능을 PSNR로 나타내었다. PSNR을 원영상과 복원된 영상의 차이를 나타내는 지수이지만 전혀 다른 영상에서도 높은 결과를 나타내거나 사람의 눈에는 비슷해 보이는 영상을 아주 다른 영상으로 평가하기도 한다. 에러에 의한 움직임 정보 등의 손상이나 참조 프레임의 손실에 의한 손상에 의해 영상 자체가 뒤틀리거나 잘못된 구성을 한 영상은 사용자들에게 매우 큰 불만을 주지만 PSNR의 평가에서는 좋게 나올 수 있는 것이 문제이다.

논문의 목적 중 첫째로 본 논문에서는 사용자의 만족도와 그에 적당한 과금에 대하여 평가하기 위해 화

면의 연속성을 하나의 분석법으로 제시한다. 이를 위해 손상프레임율과 오류프레임율을 제안하며 이의 비율로 화면의 연속성을 나타낸다.

손상프레임율은 손실프레임율과 오류프레임율의 합으로 나타나며 손실과 에러가 동시에 발생한 프레임은 모두 오류프레임율로 계산한다. 손상프레임율은 전체 영상프레임중에서 원본과 다른 영상 프레임의 비율을 말하며 오류프레임율은 그 프레임데이터는 손실이 일어나지 않았으나 에러의 전파에 의해 참조 프레임의 손상에 의해 손실된 영상으로 에러가 발생한 영상을 말한다. 오류프레임율이 작을수록 그 영상에서 연속성에 의한 손실 효과가 적음을 나타낸다. 본 논문에서는 영상이 손실이 되면 MPEG에서 가장 단순한 영상복원 방법인 전 프레임을 가져오는 방식(화면이 많은 움직임이 없을 때 높은 PSNR을 나타내지만 사용자는 정지되어 있는 영상을 보게된다)보다 하위 계층의 영상을 이용하여 전체적으로 저주파 필터가 적용되듯이 영상이 흐려지게 하는 방법이 사용자의 만족도가 더 높다고 가정한다.

둘째로 사용자들은 국소적인 최고의 화질 전송보다는 전반적인 일정 화질의 유지를 요구하게 된다. 즉 아예 화면을 알아보기 힘들정도인 손상 부분이 적어지게 하기 위하여 본 논문에서는 최소 화질의 유지를 위한 여러 방법 통해 최소 화질의 정보를 보장하는 방안을 제안한다.

셋째로 과금에 대한 기본적인 접근을 통하여 보다 나은 서비스를 받으면서 요금의 증가를 억제해 보고자 여러 가지 방안을 제시한다. 또한 사용자의 요구에 따라 다양한 서비스를 제공할 수 있게 하기 위한 방안을 토대로 전개하였다. 하지만 요금과 화질은 합의관계(Trade-off)를 가지므로 같은 요금 내에서 사용자 만족도를 높이는데 그 목적을 둔다.

또한 사용자의 서비스 선택 등급에 대하여 서는 <표 2>를 기준으로 삼는다. <표 2>를 보면 영상의 기본 화질과 네트워크에서의 보장정도를 각각 세 가지 정도의 그룹으로 나눈 후 이를 통해 사용자에게 아홉 가지의 기본적인 선택의 기회를 줄 수 있음을 나타낸다. 비디오의 품질은 계층 부호화된 비트 스트림에서 어느 계층까지 복원에 이용하는가로 구분된다. 네트워크의 품질은 네트워크 자원을 많이 사용할수록 높아진다. 네트워크 계층에서도 QoS를 보장하는 방법을 차등화하여 적용한다. 보장을 위해 자원을 할당하는지 여부와 얼마

나 충분히 할당하는지 정도로 QoS 보장정도를 차등화할 수 있다. 계층화 인코딩에 의하여 하나의 비트스트림은 기본계층(B)과 상위 계층(E1,E2,...)으로 나누어진다.

표 2. 제안하는 서비스 등급 (굵은 글씨의 계층은 보장, 이외는 노력형 전송)

Table 2. Suggested Service Level (Bold is Guaranteed, others BE).

Video Network	Gold	Silver	Bronze
Gold	B+E1+E2	B+E1	B
Silver	B+E1+E2	B+E1	B
Bronze	B+E1+E2	B+E1	B

2 통합형 서비스에서의 적용

통합형 서비스에서는 각 계층의 데이터 정보와 네트워크의 정보를 이용하여 호설정 시에 각 플로우의 요구 QoS를 보장하여 주는 비싼 서비스 방식이다. 원칙적으로 통합형 서비스는 대역을 예약함으로써 하나의 채널을 독점하여 손실율이 없는 전송을 하는 것이 그 목적이다. 그러나 하나의 스트림을 보장하기 위해서는 호설정의 기간이 필요하며 많은 대역폭의 예약을 통해 채널의 활용률 저하를 초래한다. 또한 예약대역폭에 의하여 동시 접속자 수의 저하등을 유발하게 된다. 사용자면에서는 일정한 화질을 유지하는 좋은 점이 있지만 아주 고가의 서비스이기 때문에 가격대 성능비에 많은 고민을 주게된다. 사용자는 보장받을 것인가 아니면 보장 받지 않을 것인가의 선택만을 할 수 있으므로 탄력적인 시스템이라고 하기에는 부족하다.

본 논문에서는 계층화 비디오 압축 방식을 통합형 서비스에 적용하여 한정된 자원의 이용을 최소화하면서 비디오의 품질을 보장하는 방법을 제안한다. 즉, 비디오를 2계층 또는 3계층으로 압축하여 각 계층의 우선순위를 차별화 하여 전송한다. 이러한 우선 순위는 통합형 서비스 방식을 통하여, 네트워크에서 할당하는 자원의 차별화를 가져오고 각 계층은 서로 다른 방식으로 취급된다.^[1,2] 네트워크의 자원이 모자라더라도, 가장 중요한 계층의 데이터에 대한 자원은 보장되어 최소한의 화질을 유지할 수 있게 되고, 네트워크의 자원이 풍부하면, 모든 데이터가 전송되어 최고의 품질의 비디오를 복원할 수 있게 된다.

비디오를 하나의 비트 스트림으로 전송하면 전체에 대하여 모두 자원을 예약해야하기 때문에 매우 많은 자원이 필요하나, 계층화하여 중요 데이터인 기본 계층의 데이터만을 자원을 예약하면 자원을 절약할 수 있을 뿐 아니라, 적절한 최소 품질을 유지할 수 있었다. 계층화 압축에 있어서도 중요 데이터와 그 외의 데이터간의 대역폭의 비율 등은 조절할 수 있으며, 이는 네트워크에서의 우선순위 차별화 방식에 따라 결정되어야 한다.

표 3. 제안하는 통합형 서비스 모델
Table 3. Suggested Service Model over Integrated Service.

	예약범위	가격	계층 부호화 적용시 효과	특징
Gold	전체	고	차이 없음	기존의 회선교환망과 같은 효과
Silver	기본참조 부분	중	참조부분경계 명확	에러의 전파 효과 차단 가능
Bronze	없음	저	오류강인성증가 가능	현재의 인터넷 서비스

제안하는 방법은 사용자 선택의 다양성을 지원하면서 기존의 인터넷의 단점을 보완하는 방법이며 동시에 적은 대역폭 예약에 의한 좀더 많은 사용자접속을 기대할 수 있다. 또한 참조영상에 대한 보장을 통하여 최소 화질의 보장과 동시에 오류프레임율을 0인 상태로 전송할 수 있다.

3. 차별화 서비스에서의 적용

원론적으로 차별화 서비스는 하나의 스트림에 대하여 요구 QoS를 보장하지는 않는다. 최대 손실율은 존재하지만 이는 손실율이 0이 아니라는 내용을 동시에 내포하고 있는 것이다. 최대 손실율의 차이를 통해 각 채널에 대하여 차별화를 제공하지만 손실에 대한 보장을 할 수는 없다. 계층화 동영상을 제공하여도 가장 기본적인 계층의 데이터를 보장 할 수 없으므로 기존의 인터넷 방식보다 항상 나은 서비스를 제공한다는 보장을 할 수가 없다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 FEC를 적용하여 보장형 통신망과 같은 효과를 얻고자 한다. FEC를 기본 계층을 담당하는 AF레벨에 적용하여 그 레벨의 최대 손실율을 감안하여 FEC코드를 붙인다. 이를 가능하게 하는 것은 차별화 서비스자체의 목적중

의 하나가 셰이핑(Shaping)을 통하여 군집 에러의 확률을 낮추는 것이므로 군집에러가 심하게 나타나지 않는다는 가정하에서 통합형 서비스와 같이 하나의 AF 클래스를 사용하면서도 보장의 효과를 나타나게 한다. 본 방법에서의 문제점은 가장 비싼 레벨에 FEC 데이터를 추가하므로 전체 가격의 증가는 필연적이게 된다. 이를 막기 위하여 상위계층의 데이터의 분할이 요구된다. 즉 증가한 가격에 해당하는 데이터를 좀더 낮은 레벨로 이동시켜 전체의 가격 증가를 막는 것이다.

이러한 시스템에서의 가격과 화질의 문제를 해결하기 위해 다음의 정형화된 p개의 데이터 분할이 된 플로우 f에 대한 D(Distortion)-P(cost) 공식을 적용하였다. 이를 통하여 기본계층의 보장에 관한 가격을 결정하고자 한다.

$$D^f = \sum_{k=0}^{p-1} w_k \cdot l_{q(k)} \cdot r_k \tag{2}$$

$$P_{q(0)}(r_0 + r_0^{FEC}) + \sum_{k=1}^{p-1} p_{q(k)} \cdot r_k \leq p^f \tag{3}$$

w_k 는 원 데이터의 데이터 분할에 의한 단위 데이터의 손실시 화질의 열화에 미치는 영향에 대한 인자로 손실이나 에러 전파에 의한 영향을 감안한 인자이다. $l_{q(k)}$ 는 원본 데이터 k에 적용된 DS 레벨 q에서의 손실율을 나타내며, r_k 는 k의 비트율, $p_{q(k)}$ 는 레벨 q에서의 단위 가격을 나타낸다. 소스 데이터는 분할된후 각 분할 데이터의 우선 순위에 따라 재배열되어 순위 매기어지며 $k=0$ 일때의 기본 데이터는 모두 보장되었을 때의 가격을 나타내었다. $l_{q(k)}$ 는 <그림 2>에서 결정되어지는 값이다.^[15]

본 논문에서는 기본 계층을 보장하기 위하여 RS code를 이용한다. k와 q의 연관 관계에 의한 매핑에 대한 방식은 [15]에서 참조하였다.

이러한 기본적인 정보를 가지고 본 논문에서는 크게 두 가지 방법을 제안하고자 한다. 하나는 데이터의 분할 없이 네트워크의 레벨을 변화시키는 것이다. 또 하나는 영상 데이터 자체의 우선 순위를 계산하여 중요한 데이터를 최대한 더 나은 레벨로 전송하는 방식이다. 이를 통하여 최소 화질 보장과 사용자의 화질의 만족도인 PSNR과 오류프레임율등을 비교하며 적절한 가격 정책으로 분석하려고 한다.

(1) 차별화 서비스 레벨 변화를 이용한 방법

제안하는 방법은 AF 클래스를 사용하면서 보장의 효

과를 내기 위해 FEC를 사용하며 이 때 가격의 증가를 줄이는 방법으로 차별화 서비스의 기본 계층을 보장하고 나머지 계층의 AF 레벨을 높이는 방법이다.

차별화 서비스에서는 기본적으로 네 가지의 클래스에서 각각 세 가지의 레벨을 주어지게 된다. 이러한 레벨은 상대적인 최대 손실율의 크기로 결정되며 각 AF 클래스에서의 DS 레벨은 <그림 2>와 같이 표시될 수 있다.

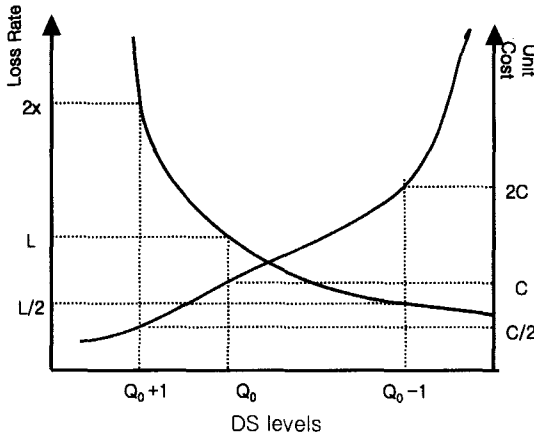


그림 2. 일반적인 DS 레벨에서의 단위 가격과 최대 손실율

Fig. 2. Cost and Loss rate Curve of Normal Differentiated Service.

예를 들어 세 개의 비디오 스트림의 비트율이 r_0 (기본 계층, base layer, BL), r_1 (고급 계층 enhancement 1 layer, EL1), r_2 (enhancement 2 layer, EL2)로 존재 할 때 차별화 서비스 레벨과의 연관관계를 r_0 는 Q_0-1 , r_1 는 Q_0 , r_2 는 Q_0+1 로 설정 할 수 있으며 이 중에 기본 계층의 보장을 위하여 FEC를 적용하게 된다. 하지만 이러한 부가적인 FEC데이터에 의한 전체 가격의 상승이 발생하게 되므로 상위 데이터 스트림 자체의 DS 레벨을 높이는 방안을 제안한다. 즉 $r_0 + r_{0FEC}$ 는 Q_0-1 로 r_1 은 원래의 Q_0 보다 높은 Q_0+ 로 r_2 도 역시 Q_0+1 로 구성하여 전체 가격의 증가를 막는 방법이다. 이 방법은 DSCP 코드만을 변화시키므로 간단하게 구현 될 수 있다. 하지만 상위 데이터의 손실 확률이 커지므로 전체 화질의 증가는 둔감된다. 또한 Level의 개수가 많아지면 기존의 차별화 서비스보다 확장된 상대적 차별화 서비스의 문제도 야기되지만 본 논문에서는 이를 무시하기로 한다. 하지만 이 방식은

상위 계층의 데이터를 분할하지 않아도 되므로 시스템상의 복잡도가 낮아지게 되는 장점을 가지고 있다.^[15]

(2) 원본 데이터 분할을 이용한 방법

(1)에서 제안한 방법은 많은 차별화 서비스레벨의 제어가 필요한 문제점을 가지고 있다. 일반적으로 AF에서의 차별화 서비스 레벨은 세 등급의 서로 다른 최대 손실율로 정의된다.^[16] 이러한 방법에서 기본 계층에 추가된 FEC 데이터양에 의한 가격 상승폭을 줄이기 위해서는 상위 데이터를 분할하여 그 상위의 레벨로 데이터를 이동시켜야만 한다. 이러한 데이터 분할을 위해 다음의 여러 가지 방식을 제안 비교해 본다.

- 프레임단위의 데이터 분할

제안하는 방법은 AF 클래스를 사용하면서도 보장의 효과를 내면서 코스트의 증가를 줄이는 방법으로 MPEG의 데이터를 프레임 단위로 분할하여 중요도에 따라 각각 다른 레벨의 AF에 맵핑하여 전송한다. 이 방법은 코스트의 증가를 막음과 동시에 상위계층의 데이터 중 중요한 데이터를 보다 손실 확률이 적은 채널로 전송할 수 있는 이점이 있다. 프레임단위의 중요도는 기본 참조 프레임과 참조하는 프레임으로 나눌 수 있으며 시간적 계층 부호화의 효과를 보기 위해 일정한 간격의 데이터를 그룹으로 나누어 분할하였다. 그러나 프레임 단위의 데이터 분할은 기본단위가 크므로 손실율이 높아지는 덜 중요한 데이터의 크기를 최적화시키기 어렵다.

- 매크로블록단위의 데이터 분할

제안하는 방법은 AF 클래스를 사용하면서도 보장의 효과를 내면서 코스트의 증가를 줄이는 방법으로 MPEG의 데이터를 의미 있는 최소단위인 매크로블록 단위로 분할하여 중요도에 따라 각각 다른 레벨의 AF에 맵핑하여 전송한다. 이 방법은 코스트의 증가를 막음과 동시에 상위계층의 데이터 중 중요한 데이터를 보다 손실 확률이 적은 채널로 전송할 수 있으며 손실 확률이 높아지는 덜 중요한 데이터의 크기를 최적화시킬 수 있는 이점이 있다. 매크로블록단위의 중요도는 손실 시 전체 화질의 저하에 따라 분할 할 수 있다. 그러나 매크로블록 단위의 분할은 이를 네트워크로 전송할 때 그룹화가 필요한데 이때 매크로블록에는 순서에 대한 정보가 없으므로 이를 다시 복호화하기 어렵다.

비디오패킷단위의 데이터 분할

제안하는 방법은 AF 클래스를 사용하면서도 보장의 효과를 내면서 코스트의 증가를 줄이는 방법으로 MPEG의 데이터를 의미 있는 최소단위이며 전송을 고려한 재동기 마크를 사용한 비디오패킷^[17] 단위로 분할하여 중요도에 따라 각각 다른 레벨의 AF에 맵핑하여 전송한다. 이 방법은 코스트의 증가를 막음과 동시에 상위계층의 데이터 중 중요한 데이터를 보다 손실 확률이 적은 채널로 전송할 수 있으며 손실 확률이 높아지는 덜 중요한 데이터의 크기 최적화와 비디오 패킷에 적용되는 순서정보에 의해 수신단에서의 재조립과 복호화가 쉬운 이점이 있다. 비디오패킷단위의 중요도는 손실 시 전체 화질의 저하에 따라 분할 할 수 있다. 또한 재동기 마크가 적용되어 오류 강인성의 기능도 추가 되게 된다.

(3) 데이터 분할에 의한 전체 가격 분석

본 장에서는 <그림 2>과 같은 가격 곡선을 바탕으로 제안한 시스템의 가격에 대하여 분석해 보고자 한다. <그림 2>을 바탕으로 기존의 인터넷 서비스인 노력형망과 보장형 통신망에서의 가격도 예측할 수 있다. 각 가격의 성능 비교를 위해서 <표 2>에서의 비디오의 질은 Gold 레벨이며 네트워크 레벨은 Silver인 통합형 서비스(기본계층은 보장, 상위 계층은 BE로 적용)와 간단한 차별화 서비스(r_0 는 Q_0-1 , r_1 은 Q_0 , r_2 는 Q_0+1)를 비교대상으로 하여 분석하기로 한다.

<그림 2>의 손실율과 가격의 곡선에서 DS 레벨, $q \in \{1, \dots, Q_0, \dots, Q\}$ 은 다음과 같이 표현된다. L 은 기준 레벨의 최대 손실율, C 는 기준 레벨의 가격을 나타낸다.

$$l_{q(k)} = L2^{q(k)-Q_0} \tag{4}$$

$$P_{q(k)} = C2^{-[q(k)-Q_0]} \tag{5}$$

이를 이용하여 기본적인 차별화 서비스에서의 전체 가격은

$$P^f = \sum_{k=0}^2 p_{q(k)} r_k = \sum_{k=0}^2 C r_k 2^{-(k-1)} \tag{6}$$

이때의 화질의 손상은

$$D^f = \sum_{k=0}^2 w_k r_k L 2^{k-1} \tag{7}$$

이때 기본 계층의 보장을 위해 RS 코드의 추가에 의해 상승한 가격은

$$TC_1 = (r_0 + r_0^{FEC})2C + \sum_{k=1}^2 C r_k 2^{-(k-1+a)} \tag{8}$$

이때 양수인 a 는 가격 상승을 막기 위해 $TC_1 \leq P_f$ 를 만족해야하므로

$$r_0^{FEC} \leq r_1(1-2^{-a}) + r_2(2^{-1} + 2^{-(a+1)}) \tag{9}$$

를 만족해야 하며 이때의 화질의 수식은

$$D'_1 = \sum_{k=1}^2 w_k r_k L 2^{(k+a)} \tag{10}$$

D'_1 는 D^f 보다더는 적은 값을 가진다. 하지만 기본 계층의 보장에 의해 전체 화질은 증가된다. 이는 다음 장에서 그 효과를 설명하겠다.

우리는 식 (8)에서의 a 를 선택하여야 한다. 또한 이에 의한 화질의 손상정도의 차이는

$$D'_1 - D^f = L\{w_1 r_1(2^a - 1) + w_2 r_2(2^{a+1} - 2) - w_0 r_0\} \tag{11}$$

$D'_1 - D^f \leq 0$ 이면 w_0 이 w_1, w_2 보다 큰 영상의 화질에 영향을 미치게 된다. 이는 다음 장에 보여진다.

“프레임단위의 데이터 분할”에서는 전체 가격의 상승을 막기 위해 EL1의 데이터를 $r_1 = r_{11} + r_{12}$ 으로 나누어 r_{11} 은 Q_0+1 에 r_{12} 는 Q_0+2 에 적용하며 이때의 TC_2 와 D'_2 는

$$TC_2 = 2C\{(r_0 + r_0^{FEC}) + r_{10} + (r_{11} + r_{12})/2\} \tag{11}$$

$$D'_2 = L\{w_1 \cdot r_{10} + (w_1 r_{11} + w_2 r_{12}) \cdot 2\} \tag{12}$$

이때 $TC_2 \leq P_f$ 를 만족시키는 데이터 분할의 양은 $r_{11} \leq 4r_0^{FEC}$ 으로 계산되며 화질의 손실은

$$D'_2 - D^f = L\{w_1 r_{11} - w_0 r_0\} \tag{13}$$

보통 위의 식은 음수를 가지게 되며 이는 참조 프레임에 의한 에러 전파 등에 의한 손실이 더 크음을 알 수 있다.

매크로블록단위의 데이터 분할과 비디오패킷단위의 데이터 분할은 두 번째 경우와 매우 유사하며 보다 작

은 단위의 데이터 분할을 가능하게 하며 이는 기본 가격보다 적은 가격에서 보다 높은 화질의 유지를 보여 줄 수 있다. 보다 정확하고 적절한 데이터의 분할을 할 수 있는 점을 제외하고는 프레임단위의 분할고 유사한 수식을 가지게 된다.

IV. 실험 결과 및 분석

각 계층 부호화 비디오 데이터를 차별화 서비스의 QoS 레벨에 적용하여 전체가격의 상승이 없는 조건에서의 FEC 적용 방법은 효율적인 가격하에서의 효과적인 비디오 화질 보장 방안이다. 실험에서 사용한 패킷의 사이즈는 재동기 마크의 임계치를 800Byte로 하였을 때 발생하는 가변 길이 패킷이며 군집 손실 패턴은 마코프 모델(Two State Markov Model)인 길버트 모델에 의해 발생시켰다. 패턴의 손실율은 차별화 서비스 레벨에 주어진 최대 손실율을 기준으로 가장 열악한 화질을 가정하고 발생 시켰다. 사용한 영상시퀀스는 Children을 사용하였으며 이는 움직임이 많아 에러의 전파 특성이 잘 나타나기 때문이다. 영상의 크기는 3계층 부호화가 가능한 640x448 이며 GOP는 10으로 설정하였다.

1. 제안하는 통합형 서비스의 성능 평가

본 절에서는 3.2에서 제안된 방식을 사용하여 화질의 변화와 그에 따른 가격을 실험하였다.

3계층화 비디오를 네트워크 레벨에 따라 Gold (모든 계층의 보장), Silver(기본 계층만을 보장), Bronze(보장하지 않으며 기존의 인터넷의 손실율을 20%로 책정)에서의 성능을 평가하였다.

본 방식의 전송율당 전체 가격을 계산하기 위하여 DS 레벨 가격 곡선에 근거하여 1%이하의 손실을 보장이라 가정하고 이때의 가격을 식 (2)에서 계산하여 8C로 결정하였다. 이때 Q0를 5%로 책정하였다. 보장형 통신망에서의 가격은 전체 데이터의 최고치를 예약하

는 것으로 가정하여 가격을 계산하였다.

예약을 하여 비디오 스트리밍을 하는 방식의 가격이 전체 성능증가에 비해 매우 높다는 것을 알 수 있으며 이는 통합형 Silver 서비스는 통합형 Gold 서비스에 비해 12%의 가격이며 통합형-Bronze 서비스는 1.4%의 가격을 가짐을 알 수 있다.

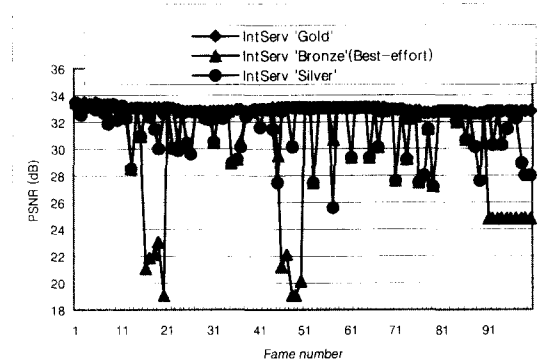


그림 3. 통합형 서비스에서의 각 레벨당 화질 비교 (사용 시퀀스 : Children)

Fig. 3. Video Quality of each Intserv cases (Test Sequence : Children).

Gold와 Silver모델은 기본 계층을 보장해 주기 때문에 PSNR의 편차가 Bronze에 비해 작음을 알 수 있다. 또한 Gold와 Silver모델은 오류프레임율이 0%임을 알 수 있으며 이는 사용자의 주관적 화질평가에 손실 부분에 화질이 흐려지는 저주파 필터 효과를 보일 뿐 정지 화면이나 깨어진 화면을 보여 주지 않음을 알 수 있다. 오류프레임율이 0이기 때문에 손상프레임율은 모두 패킷 손실에 의해 발생함을 알 수 있으며 이는 사용자의 만족도를 높일 수 있음을 알 수 있다.

2. 제안하는 차별화 서비스의 성능 평가

제안하는 차별화 서비스는 비디오 계층과 FEC를 적용한 전송 계층과 가격의 상승이 없는 QoS를 지원하는 차별화 서비스의 네트워크 계층의 조합에 의하여 효율

표 4. 통합형 서비스에서의 각 서비스 당 가격, 성능 비교

Table 4. Cost and Performance analyse of Suggested Service over Integrated Service.

	예약 양	BE 양	전체 가격	EFR/DFR(%)	PSNR(dB)	표준편차(dB)
Gold	1.74 Mbps		14.0 MC · bps	00 / 00	33.0	0.19
Silver	0.18 Mbps	1.59 Mbps	1.67 MC · bps	00 / 71	31.6	1.88
Bronze	0	1.64 Mbps	205 KC · bps	28 / 75	29.4	4.84

적이며 효과적인 시스템을 구축할 수 있다. 또한 비디오의 기본 계층을 FEC에 의해 보장해 주기 때문에 최소 화질을 보장하며 참조 프레임의 보장으로 인해 여러 전파를 최소화하였다. 이러한 여러 방식을 평가해 보기로 한다.

(1) DS 레벨 변화에 대한 성능 평가

본 시스템의 성능을 비교하기 위해 일반적인 차별화 서비스에 계층화 비디오를 전송하는 방식을 기준 방식(Simple)으로 정의하고 BL(평균 전송율 : 49Kbps)을 Q_0-1 차별화 서비스 레벨(최대 손실율 : 2.5%)에, EL1(평균 전송율 : 415Kbps)을 Q_0 (최대 손실율 : 5%)에, EL2(평균 전송율 : 1.17Mbps)을 Q_0+1 (최대 손실율 : 10%)에 적용 하였다. 이를 기반으로 3.3.1에서 제안한 차별화 서비스 레벨 변화에 의한 시스템으로 BL과 그에 따른 BLFEC를 Q_0 에 EL1을 Q_0+1 에 EL2를 Q_0+2 에 적용하여 그 성능을 비교 평가하였다.

<그림 4>에서는 제안하는 차별화 서비스 레벨 변화 방식과 기준 방식을 비교 평가하였으며 제안하는 방식이 PSNR에서 아주 약간의 이득과 기준 방식에 비해 작은 편차를 가짐을 알 수 있다. 이는 참조 프레임 데이터인 기본 계층을 FEC로 보장해 줌으로서 깨어지는 영상이 없으므로 상위 레벨의 데이터가 상황이 나쁜 네트워크로 전송되어도 주관적 성능은 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 차별화 서비스 레벨 변화 방식은 가격의 상승을 막기 위해 상위 데이터가 손실이 많이 일어나는 채널로 이동하였기에 기준 방식에 비해 높은

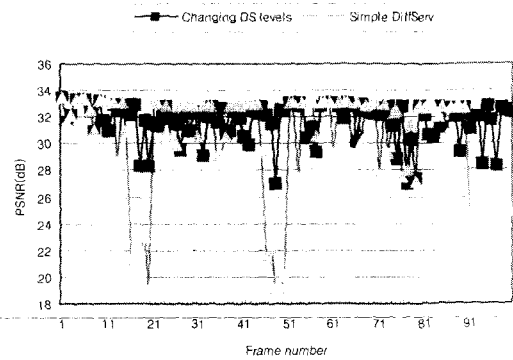


그림 4. DS level 변화 방식과 기준 방식의 화질 비교
Fig. 4. The video quality of 'Changing DS levels case caompared with 'Simple Diffserv'.

손상프레임율을 가지지만 기본 계층의 보장을 통하여 오류프레임율을 0%로 만들 수 있기 때문에 높은 PSNR과 적은 편차를 가짐을 알 수 있다. 오류프레임율이 0%인 비디오 서비스는 깨진 영상이나 정지 영상이 없이 중단 없는 화면 표시가 가능함을 나타낸다.

이 방식은 가격대 성능비가 우수한 시스템이라고 말하기 어렵다. 데이터의 분할 자체를 하나의 비디오 계층 단위로 하였기 때문에 데이터의 기본 번이 단위가 크기 때문에 적절한 방법이라고 하기는 좀 어렵다.

(2) 데이터 분할에 의한 성능 평가(Video Packet)

프레임 단위의 데이터 분할은 단위 계산당 비트율이 크므로 적절한 데이터를 분할을 하게 되면 하위 레벨로 패킷을 받는 프레임이 많으며 RM등을 적용하기

표 5. 제안하는 시스템의 성능 평가

Table 5. The comparison detail among proposed combination.

	전체 가격	EFR/DFR(%)	PSNR(dB)	편차	서비스 매핑
기준방식 DiffServ	1.08MC · bps	18/62	30.2	4.11	BL → Q_0-1 EL ₁ → Q_0 EL ₂ → Q_0+1
DS 레벨 변화	599kC · bps	00/75	30.7	1.98	BL+ BLFEC → Q_0-1 EL ₁ → Q_0+1 EL ₂ → Q_0+2
비디오패킷을 이용한 데이터 분할	1.08MC · bps	00/68	32.2	1.41	BL+ BLFEC → Q_0-1 EL ₁₁ → Q_0 EL ₁₂ + EL ₂ → Q_0+1 ,
IntServ "Silver"	1.67MC · bps	00/71	31.6	1.88	BL → 보장 EL ₁ , EL ₂ → BE

어려우므로 일부분의 손실이 일어나면 그 프레임은 모두 손실로 처리하기 때문에 매우 낮은 성능을 보인다. 또한 매크로블록단위의 데이터 분할은 가장 가격대 성능이 좋은 데이터 분할이 가능하지만 이를 그대로 전송하기에는 많은 문제가 있으므로 이 두 가지 방식은 실험에서 제외하기로 한다.

본 방식은 기본 계층을 FEC로 보호하면서 에러의 전파를 줄이는 재동기 마크 기반의 비디오패킷단위로 데이터를 분리하여 그 우선 순위에 따라 전송 채널을 가격 상승이하로 변화 시킨다.

제안한 여러 가지 방식을 실험에 의해 성능을 비교 평가하면 <표 5>와 같다.

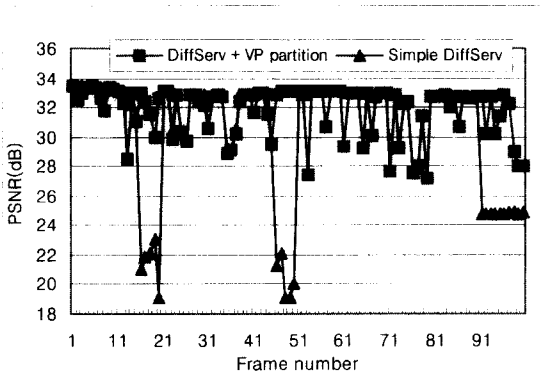


그림 5. 비디오패킷(VP) 단위 데이터 분할과 기준방식(Simple)의 성능 비교

Fig. 5. The video quality of 'Data Splitting in video Packet' compared with 'Simple DiffServ'.

비디오 패킷을 이용한 데이터 분할을 이용한 제안 방식을 통합형 서비스-Silver 방식과 비교 시험해 보았다. <표 5>와 <그림 5>를 보면 제안하는 방식이 통합형 서비스-Silver 방식보다 아주 근소한 차이로 성능이 좋은 것을 볼 수 있다. 하지만 제안하는 방식은 우선 통합형 서비스-Silver의 문제점인 확장성의 문제를 해결하고 있으며 통합형 서비스와 같이 대역폭 독점에 의한 고 비용과 호 설정에 따른 상대정보에 의한 오버헤드도 존재하지 않는다. 또한 기존의 구조를 그대로 가지고 있는 기준 방식은 어느 정도의 서비스 질을 보장하지 못하지만 제안하는 방식은 FEC를 이용하여 최소 화질을 보장하게 되는 장점이 있다.

통합형 서비스-Silver는 최소 화질은 보장하지만 상위 데이터들은 노력망으로 전송되므로 많은 상위 데이터의 손실이 예상된다. 하지만 제안하는 차별화 서비스

방식은 똑같이 최소 화질은 보장하지만 상위 계층의 데이터도 어느 정도의 최대 손실율을 가지는 QoS 제어 채널로 전송하기 때문에 BE망을 통해 상위 데이터를 처리하는 통합형 서비스-Silver 보다는 더 좋은 성능을 보이게 된다. 또한 재동기 마크를 이용한 비디오패킷을 기준으로 삼기 때문에 네트워크와 전송단에 의한 손실의 영향을 오류 강인성 도구인 재동기 마크에 의해 최소화 할 수 있는 장점 또한 발생하게 된다.

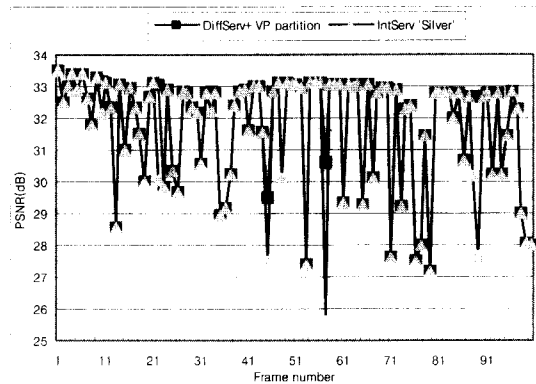


그림 6. 제안하는 차별화 서비스(비디오패킷에 의한 데이터분할)와 통합형 서비스-Silver의 화질 성능 평가

Fig. 6. The video quality comparison between proposed DiffServ('Data Splitting in VP') and 'IntServ Silver'.

본 제안하는 시스템의 성능 평가를 정리하면 계층 부호화 비디오 방식은 <표 2>와 같은 통합형 서비스를 사용한 자원 예약용 서비스에 적용하기 쉬우며 그에 따른 성능의 향상도 기대할 수 있다. 하지만 이러한 통합형 서비스 방식의 문제점인 고비용과 확장성의 문제를 극복하기 위해 제안된 차별화 서비스는 자체적으로 보장형 서비스가 아닌 문제점으로 인해 비디오 서비스를 제공 시 기본 참조 프레임 영역을 보장해 주지 못하기 때문에 손실에 의한 화질 저하는 줄지만 참조 프레임 손실에 의한 에러 전파를 저지하지는 못하므로 전체 화질이 떨어질 확률이 크게 존재하게 된다. 본 논문은 이러한 점에 착안하여 계층 부호화 방식 중에서 PPP라는 방식을 선택하여 모든 참조 프레임을 기본 계층에만 존재하게 한 후 이를 차별화 서비스의 상태가 좋은 채널을 통해 전송하며 이를 보장형 통신망과 같은 효과를 보기 위해 FEC를 적용하였다. 하지만 FEC 데이터에 추가에 의한 전체 가격 상승이 존재하며 가

격이 높으면 당연히 보다 좋은 서비스를 제공해야 하므로 이러한 가격의 상승을 억제하기 위해 상위 데이터를 분할하여 가격을 조절하는 방법들을 또한 제안하였다. 여러 방법 중에서 재동기 마크를 기반으로 하는 비디오패킷을 이용한 데이터 분할이 가장 좋은 효율과 서비스 성능을 보임을 알 수 있다. 또한 비디오패킷 자체가 가지고 있는 에러의 전파를 최소화하는 효과도 아울러 기대할 수 있으므로 가장 적합한 방법이라는 것을 알 수 있었다. 이 방식은 비디오 계층의 노력인 에러 강인성 도구와 계층 부호화 방식을 모두 적용하며 전송 계층의 노력의 하나인 RTP의 데이터를 이용한 RS의 Erasure 방식을 적용한 FEC 또한 적용하고 있으며 네트워크 레벨에서의 QoS 서비스 모델을 적용하여 가장 최적의 서비스 모델을 구성하게 되며 또한 가격의 면에서도 기존의 이를 복합하지 않은 서비스에 비해 가격이 상승하지 않고도 보다 나은 사용자 만족도를 유도할 수 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 비디오 스트리밍 시에 효율적인 비디오의 화질 상승과 네트워크 자원의 효율적 사용의 적절한 합의관계(Trade-off)를 결정하였다. 기존의 방식들의 조합으로 인해 이 합의관계지점의 전체 성능이 개선됨을 실험으로 검증하였다. 제안하는 방법은 기존의 연구 방법들인 우선 순위에 따른 계층 부호화 비디오 데이터의 비디오패킷화와 통합형 서비스와 차별화 서비스 같은 QoS 제공 서비스의 조합으로 구성되었으며 간단한 네트워크 가격 결정 방법에 의거하여 가격의 상승 폭을 최소화하며 최대의 비디오 전송 서비스의 질을 높일 수 있음을 보였다.

통합형 서비스에서의 비디오 전송시 기본 계층만을 예약하는 방법은 모든 계층을 예약하는 것보다 화질은 떨어지지만 가격의 차이에 비해서는 좋은 효과를 보이며 접속채널의 수를 늘릴수 있다. 차별화 서비스에서의 비디오 전송시에는 비디오패킷 단위로 데이터를 분할하여 전송하는 방식이 서비스의 레벨을 바꾸는 방식보다는 복잡하지만 적정한 가격을 찾기 쉬우며 전체 화질 및 손상프레임율을 낮출 수 있으며 재동기 마크에 의해 분할되는 패킷에 의해 오류 강인성을 자체적으로 가지고 있다. 또한 이러한 제안한 통합형 서비스 모델

과 차별화 서비스 모델의 비교를 통해 다양한 네트워크 상황을 제공하는 차별화 서비스하에서의 비디오패킷단위 데이터 분할 방식이 화질과 손상프레임율과 가격에서 모두 월등히 뛰어난을 알 수 있었다.

제안하는 방식은 최소 화질의 보장을 위해 통합형 서비스의 채널 예약 방식보다는 채널의 조건을 감안한 FEC의 적용으로 기본 계층을 보장하는 방안을 제안하였다. 또한 성능 평가를 위해 PSNR과 동시에 오류/손상 프레임율을 제안하여 사용자의 주관적인 성능 평가를 대략 적으로 예상 할 수 있다. 본 논문의 실험을 통해 비디오 계층의 에러 강인성 도구와 계층 부호화 방식을 모두 적용하며 전송 계층의 RTP의 데이터를 이용한 RS의 Erasure 방식을 적용한 FEC 부호화와 네트워크 레벨에서의 QoS 서비스 모델을 적용하여 패킷의 손실 발생시 그 효과가 발생 프레임에서만 나타나게 하며 손실의 효과가 업샘플링에 의한 블러링 효과로 나타나게 하였으며 재동기 마크의 효과에 의한 오류 강인성 효과도 얻을 수 있다. 또한 기본 계층의 손실에 대한 강인성을 위해 예약을 하는 방식과 FEC를 적용하여 네트워크 사용에 대한 가격을 비교하여 가장 최적의 서비스 모델의 구성에 대해 여러 방식을 제안하였으며 가격의 면과 사용자의 화질에 대한 만족도의 면에서 모두 만족할 만한 비디오 전송 서비스 방식을 평가 검증하였다. 차 후에 다양한 영상의 특징을 그룹화하여 이를 평가 비교하여야 할 것이다.

References

- [1] R.Branden, D.Clark, and S.Shenker, "Integrated services in the Internet architecture: an overview", RFC1633, IETF, June 1994.
- [2] R.Branden et al., "Resource reservation protocol (RSVP) version 1, function specification", RFC2205, IETF, Sep. 1997.
- [3] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W.Weiss, "An Architecture for Differentiated Services", RFC2475, IETF, Dec. 1998.
- [4] F.Leanec, F.Toutain, and C.Guillemot, "Packet loss resilient MPEG-4 compliant video coding for the Internet", Signal Processing:Image

- Communication 15, 1999.
- [5] Y.Wang and Q.Zhu, "Error control and concealment for video communication: a review", Proceedings of the IEEE, 86(15), May 1998.
- [6] J.Boyce, "Packet loss resilient transmission of MPEG video over the Internet", Signal Processing:Image Communication 15, pp. 7~24, 1999.
- [7] H. Zheng, J. Boyce, "An Improved UDP Protocol for Video Transmission Over Internet-to-Wireless Networks", IEEE Tr. On Multimedia, pp. 356~365, September 2001.
- [8] J. Rosenberg, H. Schulzriner, "An RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction", IETF RFC 2733, December 1999.
- [9] G. Liebl et al., "An RTP Payload Format for Erasure-Resilient Trans. of Progressive Multimedia Streams", IETF Internet Draft draft-ietf-avt-uxp-02.txt, September 1, 2002
- [10] A. Li, et al., "An RTP Payload Format for Generic with Uneven Level Protection", IETF Internet Draft draft-ietf-avt-ulp-04.txt, expires on August 15, 2002.
- [11] RLiao and ACampbell, "Dynamic edge provisioning for core IP networks", in Proc. IEEE IWQoS, June 2000
- [12] I. Stoica and H. Zhang, "Providing guaranteed services without per flow management", in Proc. SIGCOMM, Boston, MA, pp. 81~94, Sept. 1999.
- [13] C.Cetinkaya, E.Knightly, "Scalable services via egress admission control", in Proc. IEEE INFOCOM, Israel, Mar. 2000.
- [14] C.Dovrolis, D.Stilliadis, and P.Ramanathan, "Proportional differentiated services :delay differentiation and packet scheduling", Proc. ACM SIGCOMM, September, 1999.
- [15] J.Shin, J.Kim, and C.-C.Kuo, "Quality-of-service mapping mechanism for packet video in differentiated services networks", IEEE Trans. on Multimedia, 3(2), pp. 219~231, 2001.
- [16] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, and J. Wroclawski, "An Assured Forwarding (PHB)", RFC2597, IETF, June 1999.
- [17] "MPEG-4 Video Verification Model Version 12.1", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N2552.
- [18] M. Zink, J. Schmitt, R. Steinmetz, "Retransmission scheduling in layered video caches", Proceedings of ICC 2002, Vol. 4, pp. 2474~2478, 2002.
- [19] D. Loguinov, H. Radha, "On retransmission schemes for real-time streaming in the Internet", IEEE INFOCOM 2001, pp. 1310~1319, 2001.

 저 자 소 개

鄭 俊 浩(正會員)

1997년 2월 경희대학교 전자공학과(학사). 1999년 2월 경희대학교 전자공학과(석사). 1999년 3월~현재 경희대학교 전자공학과 박사과정. <주관심분야 : 멀티미디어 통신, 차세대 인터넷, 영상전송시스템개발>

徐 德 榮(正會員)

1980년 2월 서울대학교 핵공학과 (학사), 1985년 6월 미국 조지아텍 핵공학과 (석사), 1990년 6월 미국 조지아텍 전기 및 컴퓨터공학과 (박사), 1990년 9월~1992년 2월 생산기술연구원 HDTV 개발단 선임연구원, 1992년 3월~현재 경희대학교 전자정보학부 교수, 관심분야 Networked Video,

辛 志 太(正會員)

1986년 2월 서울대학교 전기공학과(학사). 1988년 2월 한국과학기술원 원자력공학과(석사). 1988~1996 : 한국 원자력연구소 선임연구원. 1996~2001 : Univ. of Southern California 전자공학과 (석사 및 박사). 2002~현재 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수. <주관심분야 : 유무선 통신망상에서 멀티미디어 데이터 전송관련 QoS, 프로토콜, 알고리즘 개발>

李 圭 皓(正會員)

1980년: 경북대 전자공학과 학사. 1982년: 경북대 전자공학과 석사. 1998년: The University of Gent, Belgium 정보/컴퓨터공학 공학박사. 1986~1988 미국 AIT Inc, 연구원. 1983~현재 한국전자통신연구원(ETRI) 책임연구원. <주관심분야 : 고속인터넷 기술, IP기반 실시간응용기술, 병렬처리기술을 이용한 고성능 네트워크프로세서, 고성능 패킷처리 기술, IP 스위치 및 라우터 시스템기술>

石 周 明(正會員)

1997년 2월 : 수원대학교 전자공학과 졸업(학사). 1999년 2월 : 경희대학교 전자공학과 졸업(석사). 1999년~현재 : 한국전자통신연구원 재직. <주관심분야 : Converged Network System, Network Protocols, VoIP, Network Management, Multimedia Communication>