

특집논문-01-6-3-04

RSVP/IntServ 기반 서비스 품질 보장형 인터넷 서비스를 이용한 계층화 동영상 스트리밍

정준호*, 서덕영*, 석주명**, 이종협**

Scalable Video Streaming over Quality-of-Service Guaranteed Internet based on RSVP/IntServ

Junho Jeong*, Doug Young Suh*, Joo Myoung Seok** and Jong Hyup Lee**

요 약

시장의 요구에 부응하여, 인터넷을 통하여 실시간 멀티미디어 서비스를 원활하게 하기 위하여 최근에 RSVP (Resource Reservation Protocol), IntServ (Integrated Service), DiffServ (Differential Service) 등 프로토콜이 표준화되고 있다. 본 논문에서는 자원을 예약하고, 보장하는 RSVP/IntServ를 비디오 전송에 적용하고자 한다. 하나의 비디오는 계층화 압축을 하여 여러 개의 비트 스트림으로 압축되고, 중요한 비트 스트림에만 통신 자을 할당한다. 이로써 제한된 자원을 사용하는데 있어서 효율성을 극대화할 수 있다. 네트워크 시뮬레이터 (Network Simulator)를 이용하여 제안된 방법으로 전송하는 경우와 그렇지 않은 경우 비트 스트림에서의 정보 손실 정도를 측정한다. 측정된 결과에 따라, 복원된 동영상의 품질을 계산하여, 제안된 방식이 우수함을 보인다.

Abstract

According to market needs of better quality of service (QoS) for realtime multimedia services over Internet, they have been standardizing RSVP, IntServ, and DiffServ. This paper combines the benefits of RSVP/IntServ with scalable video encoding. We propose that more important bit stream is given more priority such that limited network resources are reserved for the stream. Various prioritizing approaches are proposed and compared to normal approach by using Network Simulator. The calculated QoS parameters such as packet loss rate are used to calculate degree of degradation in video quality.

I. 서 론

네트워크의 목표는 투명성의 보장이다. 즉, 네트워크를 통하여 전달되었지만 네트워크가 중간에 없는 것처럼 전달하고 싶다. 투명성은 손실에 대한 정보의 투명성, 지연

에 대한 시간적 투명성으로 나눌 수 있으며 이 두 가지는 네트워크의 품질을 결정하는 중요한 두 요소이며, 서로 이율 배반성 (trade-off) 관계를 가진다. 현재까지의 인터넷 서비스는 대개 정보의 투명성을 강조해왔으나, 실시간 멀티미디어 서비스에서는 이 두 가지가 서로 적절하게 보장되어야 한다.^{[3][17]}

현재의 인터넷은 정보의 투명성과 네트워크의 공유라는 기본적인 개념으로 시작되었기 때문에 사용자들의 차별화된 요구를 수용하기 어렵다. IETF(Internet Engineering

* 경희대학교 전자정보학부
School of Electronics and Information, KyungHee University

** 한국전자통신연구원
Electronics and Telecommunications research Institute**

Task Force)에서는 IntServ(Integrated Service : 통합서비스), DiffServ(Differentiated Service : 차별서비스) 및 MPLS(Multi-Protocol Label Switching) 와 같은 다양한 인터넷 보장형 통신네트워크 구성 방안을 제안하고 연구를 진행하고 있다.^{[4][5][20]}

네트워크를 통하여 전송되어야 하는 비디오의 압축 방식에서도 다양한 논의가 진행되고 있다. 비디오는 시간적 공간적 중복성을 줄여서 압축하므로, 에러에 민감하다. MPEG-4와 H.263 표준에서는 에러에 대한 강인성을 부여하는 방법이 표준화 되어있다. 또한, 시간에 따라 시시각각으로 변화하는 네트워크의 품질에 적응하도록 하나의 비디오를 품질에 따라 다중의 계층(layer)으로 여러 개의 비트스트림으로 부호화하는 계층부호화 (scalable encoding)에 대하여 많은 연구가 계속 진행되고 있다.^{[1][2][3]}

네트워크의 하부 계층에서 충분한 대역폭을 제공하면, QoS는 자연스럽게 보장 될 것이라고 생각하는 의견과 아무리 네트워크의 대역폭이 확장된다고 할지라도 언젠가는 부족하게 되고 병목은 항상 존재하게 되므로 QoS 제어가 꼭 필요하다는 의견이 대립되고 있다.^[14] 본 논문은 후자의 입장에서 제한되어있는 네트워크 자원을 효율적으로 사용하는 방법을 제안하고 있다.

여러 가지 QoS 제어 방법에서 IntServ는 비디오 데이터의 특성은 만족시키지만 알고리즘의 복잡도에 의하여 실제 인터넷 적용에 많은 문제점을 가지고 있고 DiffServ는 네트워크의 효율적 사용과 구현의 용이성은 가지고 있지만 비디오 데이터의 특성을 만족시키기에는 한계점을 가지고 있기 때문에 이를 네트워크 입장에서 혼합한 방법들도 제시되고 있다.^{[13][15]} 또한 계층 부호화된 비디오에 대하여 에러의 대처 능력 향상을 위하여 에러복원 알고리즘을 차별화 하여 적용하는 UEP (unequal error protection)의 사용하고, 참조 프레임과 참조 방식의 변화를 통하여 트래픽의 평활화와 에러 복구율을 높이기 위한 여러 연구가 진행되어 왔다.^{[9][12][16][19]}

기존의 연구에서는 비디오나 네트워크의 어느 한 쪽의 성능 향상을 제안 하였으나 본 논문에서는 효율적인 스트리밍을 위하여 두 가지 면을 종합적으로 고려한다. 방법론으로 계층화 비디오 압축 방식을 RSVP/IntServ에 적용하여 한정된 자원의 이용을 최소화하면서도 비디오의 품질을 보장하는 방법을 제안한다. 즉, 비디오를 2계층 또는 3계층으로 압축하여 각 계층의 우선순위를 차별화 하여 전송한다. 이러한 우선 순위는 RSVP/IntServ 방식을 통하여, 네트워크에서 할당하는 자원의 차별화한다.^[10] 네트워크의 자원이 모자라더라도, 가장 중요한 계층의 데이터에

대한 자원은 보장하여 최소한의 화질을 유지할 수 있게 되고, 네트워크의 자원이 풍부하면, 모든 데이터가 전송되어 최고의 품질의 비디오를 복원할 수 있게 된다.

MPEG-4 VM5.0을 이용하여 3 계층으로 비디오를 압축하였고, 버클리 대학에서 개발된 NS (Network Simulator)^{[17][18][19]}를 사용하여 네트워크의 상황을 시뮬레이션 하였다. 실제적인 네트워크의 상황을 가정하기 위해 백그라운드 트래픽을 UDP와 TCP를 이용한 FTP로 발생시키며 UDP의 트래픽은 일정한 패킷의 크기로 랜덤 하게 발생시켰다. 이러한 네트워크를 통과하는 UDP 기반의 비디오 패킷의 손실을 계층별로 기록하고 기록된 손실율을 각 계층의 비트 스트림에 적용하여 손상된 비트 스트림에서 비디오를 복원한다. 이때 MPEG-4의 에러 강인성 도구(error resilience tools)와 에러 은닉(error concealment) 방법을 사용한다.^{[2][11]}

실험의 결과, 비디오를 하나의 비트 스트림으로 전송하고, 이 전체에 대하여 모두 자원을 예약하면 매우 많은 자원이 필요하나, 계층화하여 중요 데이터에 대해서만 자원을 예약하면 자원을 절약할 수 있을 뿐 아니라, 적절한 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. 또한 시간적으로 변하는 네트워크의 상태에 따라 적응적으로 적용하는 것은 향후 흥미로운 연구 주제가 될 것이다. 본 연구는 또한 향후 인터넷이 유료화될 경우 더욱 저렴한 가격으로 더욱 좋은 품질의 멀티미디어 서비스를 하기 위한 기초 연구라 할 수 있다.

2장에서는 본 연구를 이해하는데 필요한 배경을 설명한다. QoS 보장과 관련된 인터넷 프로토콜이 소개되며, 계층 부호화 방식에 대한 설명을 포함한다. 3장에서는 제안하는 시스템에 대한 설명을 하며, 여러 가지 계층 부호화 결과와 이를 자원 예약 프로토콜에 적용하기 위하여, 인자를 산출하는 방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 실험 환경을 설명하고, 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 실험하여 손실 패턴을 구하였다. 이 손실 패턴을 비트 스트림에 적용한 후, 이를 복호화 하여 품질을 측정하고, 이를 분석한다. 5장에서 결론을 맺고 향후 연구 방향에 대하여 논의한다.

II. 배 경

본 절에서는 이 논문의 배경이 되는 QoS 제어 프로토콜과 계층화된 비디오 압축 방식에 대하여 설명한다.

1. 인터넷 QoS 제어 프로토콜

현재의 인터넷에서 네트워크 계층인 IP(Internet Protocol) 계층은 경로에 대한 서비스만 제공하였다. 즉, 송신자로부터 던져진 하나의 패킷에 쓰여진 IP 주소를 라우터가 보고 수신자에게 전달하는 기능을 하였다. 그러나, 멀티미디어 서비스가 확대됨에 따라 경로에 대한 서비스에 추가하여 자원의 예약이 필요하게 되었다. 즉, 멀티미디어 서비스는 실시간 서비스이면서 연속 미디어(continuous media) 서비스이므로 경로를 따라 거치는 라우터와 수신자에 해당 서비스를 위한 대역폭과 버퍼가 할당되어있어야 하는 것이다. 인터넷의 표준화 기구인 IETF에서는 이를 지원하기 위하여 RSVP, IntServ, DiffServ 등을 표준화하였다.

1.1 RSVP/IntServ

RSVP는 송신 호스트와 수신 호스트, 그리고 라우터(router)들이 서로 통신을 해서, 대역폭과 버퍼 등 통신자원을 예약하기 위해서 필요한 신호 프로토콜이다.^[8] 경로상의 각 라우터는 수신자 주소, 트랜스포트 계층의 프로토콜 타입, 그리고 수신자의 포트 번호로 통신 세션을 인식한다. 각 RSVP의 동작은 해당 세션의 패킷에 대해서만 적용되므로 각 RSVP 메시지는 세션의 세부 사항에 관한 정보가 있어야 한다. 따라서, 포트 번호와 같은 트랜스포트 계층 정보를 라우터가 읽어야 한다는 점에 유의할 필요가 있다.

그림 1은 송신 호스트와 수신 호스트, 그리고 라우터에서 RSVP가 사용될 때 처리 과정을 보인다. 수신자가 요구하는 QoS 제어 요청이 송신자의 RSVP 데몬 프로세스로 전달되면 송신자는 그 역방향으로 경로상의 모든 노드(수신 호스트와 라우터)에게 QoS 정보를 전달하여 자원을 예약한다.

송신 호스트는 주기적으로 경로(PATH) 메시지를 보내서 예약된 자원을 계속 유지하도록 요구하고, 수신 호스트는 예약 (RESV) 메시지로 응답하여 계속적으로 예약된 자원이 필요함을 알린다. 경로 메시지는 다음과 같은 여러 정보가 포함된다. 일반 정보인 목적지 주소, 예약 ID, phop(경로 메시지를 전달한 바로 이전의 RSVP를 지원하는 노드의 주소), Sender Tspec(송신자의 트래픽 특성), Sender Template (송신자를 식별하는 필터 사양)와 Adspec (경로상의 라우터에 의해 갱신되는 정보)로 구성된다.^{[7][13][15]}

RSVP의 단점으로는 라우터에서 유지해야할 상태 정보가 흐름의 수에 비례하여 증가하게 된다는 것이다. 이때문에 확장성 문제가 생긴다. 또한 라우터에 너무 많은 것이 요구된다는 점도 단점이다. 또한 전체 네트워크의 모든 라우터가 RSVP를 지원해야만 기본 목적인 무손실을 구현할 수 있는 점도 단점이다.^[10]

1.2 DiffServ (Differential Service)^{[8][20]}

RSVP/IntServ는 'per flow' 서비스이고, DiffServ는 'aggregated service'이다. 여기서 aggregated라는 말은 같은 클래스의 패킷은 같이 처리된다는 말이다. 즉, 'per flow'로 처리 하지 않는다. 비행기에서 일등석, 비즈니스 클래스, 이코노미 클래스를 나누듯이, 패킷에 클래스를 표시한다. 단말기와 가장 가까운 라우터 (edge router)에서 이 표시를 하게된다. RSVP를 이용하여 어떤 flow에 대하여 클래스를 edge router와 협상을 하고 그 결과를 edge router가 한시적인 테이블로 가지고 있다. 해당 flow로 패킷이 오면, IP 헤더와 UDP 포트 번호를 보고, 클래스를 표시하고, 네트워크 내부로 보낸다. 네트워크 내부에 있는 라우터들은 IP 헤더에 쓰여진 클래스 표시만 보고 해당 패킷에 대한 처리를 한다.

패킷의 클래스 표시로 이용할 수 있는 필드로 IPv4 헤

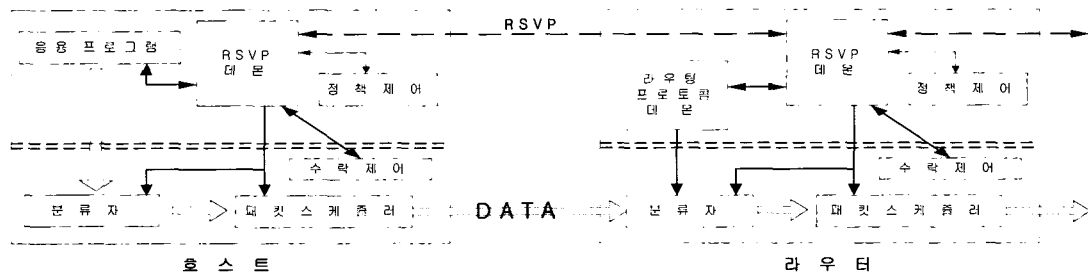


그림 1. RSVP의 동작 블록도
Fig. 1. Behavior Block Diagram of RSVP

더에는 TOS (Type Of Service)라는 3비트짜리 필드가 있으며 IPv6에서는 트래픽 클래스라는 8비트짜리 필드가 있다. 또한 DiffServ의 네트워크에서의 패킷의 처리 방식인 PHP(Per Hop Behavior)의 표시인 6비트의 DSCP(DiffServ Code point)를 사용할 수 있다. 또한 각 네트워크 그룹 사이의 정책의 차이를 타협을 통하여 전체가 하나의 네트워크의 하나의 정책으로 운영되도록 하는 BB (bandwidth broker)가 필요하다.

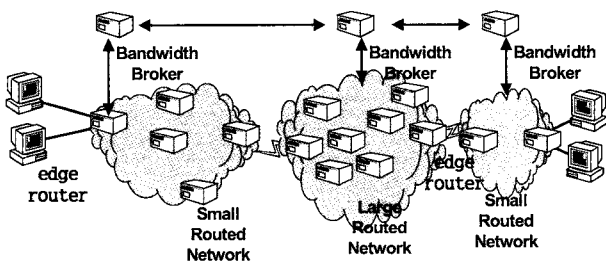


그림 2. DiffServ 동작 구조
Fig. 2. Behavior Structure of DiffServ

2. 동영상 계층 부호화

MPEG-4에서 네트워크 자원의 상태, 사용자의 요구에 따라 차별적 서비스를 하기 위해 계층적인 부호화를 이용한다. 계층 부호화란 하나의 비디오를 두 개 이상의 비트 스트림(bit stream)으로 부호화하는 것을 말한다. 이 때 가장 기본이 되는 비트 스트림을 기본 계층 (base layer, B)라 하고 나머지 비트 스트림을 차례로 고급 계층 1 (enhancement layer 1, E1), 고급 계층 2 (E2), ... 라 한다. 기본계층에는 헤더, 움직임벡터, DC계수 등 복원하는데 필요한 최소한의 정보가 포함되어야 한다. 고급계층은 반드시 기본계층의 데이터가 있어야 디코딩이 가능하며 기본계층만으로 디코딩 했을 경우에 비해 방식에 따라 공간적, 시간적 해상도 등이 우수하게 된다.

계층 부호화를 하면 여러 가지 이점이 있다.

첫째로, 단일 계층에 비해 다 계층 부호화는 여러 계층으로 구분하여 네트워크 상태나 사용자의 요구, 단말기의 성능 그리고 서비스 회사에서 과금체계를 달리하는 차별적 서비스가 가능하다. 둘째로, 정보의 손실에 대한 대책이 단일 계층에 비해 다양하고, 더 효율적이다. 기본계층에는 중요한 압축 정보를 다 가지고 있다. 그리고 기본계층의 비트 스트림의 크기는 현저히 작고, 기본계층은 기본적으로 하부네트워크에서 기본계층 비트 스트림의 대역폭을 보장해주기 때문에 고급계층의 에러에

대해 기본계층의 데이터를 참조하여 복원할 수 있다.^{[2][3]} MPEG-4에서는 SNR 계층 부호화 (signal to noise ratio scalability), 공간적 계층 부호화 (spatial scalability), 시간적 계층 부호화 (temporal scalability)등이 있다.

2.1 SNR 계층 부호화

기본 계층은 압축률을 높여서 낮은 품질로 부호화하고, 고급 계층은 본래의 영상에서 기본 계층의 영상을 차이를 구하여 작은 양자화 값으로 양자화해서 (즉, 보다 세밀하게 양자화해서) 부호화한다. 고급계층에는 예측이 존재하지 않고 항상 이 오차분만이 부호화된다. SNR 부호화를 하면, 기본 계층과 고급 계층의 화질은 차이가 나지만 공간적 해상도와 시간적 해상도는 같다.

2.2 공간적 계층 부호화

기본 계층의 영상을 원래 크기로 확대해서 (up-sampling) 한 영상을 참조 영상으로 사용할 수도 있고, 고급계층의 이전 프레임의 참조 영상으로 할 수 있다. 기본계층과 고급계층의 해상도의 비는 임의로 정할 수 있다. 또, 기본계층과 고급계층은 각각 독립적이어서 비월주사나 순차주사에 관계없다. 두 계층의 시간적 해상도는 같다.

이 방식을 이용하면 같은 화질의 단일 계층의 경우에 비해 비트율이 비슷하거나 조금 많은 정도이다. 그러나, 공간적 해상도를 줄이거나 늘이는 과정이 필요하므로 부호화기와 복호화기의 복잡도는 모든 계층 부호화 방식 중에서 가장 높다.

2.3 시간적 계층 부호화

공간 해상도는 같게 하고, 시간적 해상도에서 차이를 두는 부호화가 시간적 계층 부호화이다. 기본 계층만으로 복호화 했을 경우는 초당 10 프레임이 플레이 되게 하고, 기본계층과 고급계층 둘 다 복호화 했을 경우는 초당 20 프레임이 플레이 되게 하는 초당 디스플레이 되는 프레임 수를 변화시켜 계층화시키는 것이 시간적 계층부호화이다. 기본계층은 통상의 MPEG-4의 부호화방법으로 부호화되고, 고급계층은 같은 계층에서의 I, P, B 프레임을 참조 영상으로 사용할 뿐 아니라, 기본계층의 영상을 써서 예측할 수도 있다.

이 방식을 이용하면 같은 화질의 단일 계층의 경우에 비해 비트율이 비슷하거나 조금 많은 정도이며 복잡도도 크게 높아지지 않는다. 그래서, 실제로 마이크로소프트사의 Windows Media Player 등에서 사용하고 있다.

2.4 복합형 계층 부호화 (Hybrid Scalability)

앞에서 설명한 계층부호화 방식들을 결합하여, 3 계층 이상의 부호화도 가능하다. MPEG-4에서는 계층의 수에 대한 제한이 없다. 그림 3와 그림 4는 각각 공간적/시간적 계층화와 시간적/공간적 계층화 방법을 보여주고 있다. 두 그림에서는 서로 다른 계층 부호화를 동시에 선택하였지만 서로 같은 계층 부호화를 선택하여도 상관없다.

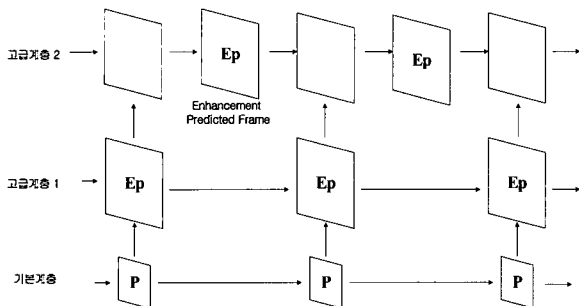


그림 3. 공간적/시간적 복합 계층 부호화
Fig. 3. Spatial/Temporal Complex Scalable Encoding

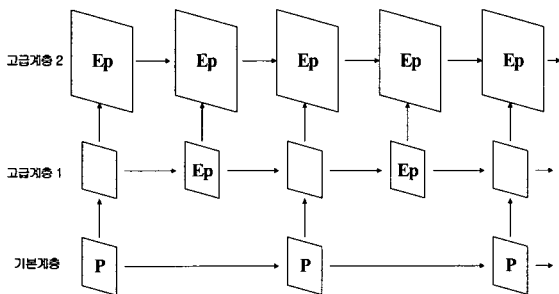


그림 4. 시간적/공간적 복합 계층 부호화
Fig. 4. Temporal/Spatial Complex Scalable Encoding

서비스 차등화를 더욱 정교하게 하기 위하여 10여 개의 계층으로 시험적으로 부호화하는 예는 제시되어 있지만 3 계층 이상은 크게 의미가 없다고 생각한다. 품질의 차이 정도를 부드럽게 하기 위하여 FGS (fine granularity scalability)가 MPEG-4에 제안되어 있으나, 본 논문에서는 포함하지 않았다.

III. 고급 계층 부호화 방법

MPEG 표준화 회의에서는 복호화 (decoding) 방법에 대한 표준만을 정한다. 즉, 부호화 방식은 복호가 가능하기만 하면 어떤 방법을 택해도 상관없다. 본 장에서는 본 연구에

서 택한 방식을 설명한다. 각 부호화 방식은 결과로 나오는 비트 스트림의 비트율, 구현의 복잡도, 계산 시간 등 여러 인자를 가지고 비교한다. 계층 부호화 방식에서는 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.

1. 고급 계층의 형식 : PPP

고급계층의 형식이 PPP일 경우는 움직임 추정을 하기 위해서 하나의 영상만을 참조 영상으로 사용한다. 기본계층의 프레임을 업샘플링 (upsampling)하여 참조 영상으로 하거나, 같은 계층의 영상을 참조 영상으로 사용한다. 그림 5은 고급 계층에서 움직임 추정을 하지 않으므로, 계산량이 단일 계층에 비해 크게 줄어든다. 그러나, 비트율은 크게 늘어난다. FGS에서는 주로 이 방식을 이용한다.

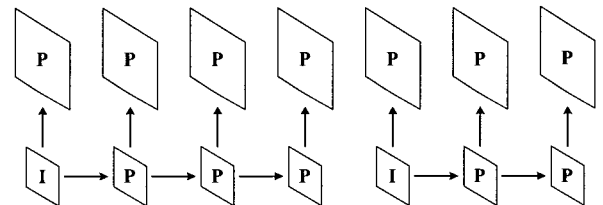


그림 5. 고급계층의 형식 : PPP
Fig. 5. Enhancement Layer Type : PPP

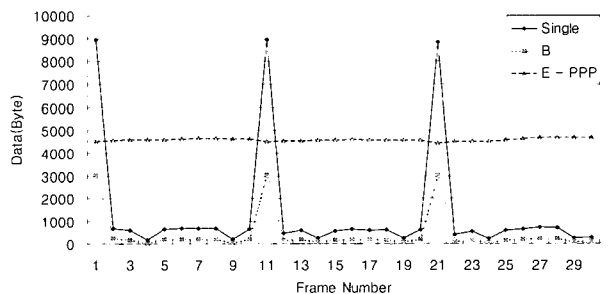


그림 6. PPP 방식의 적용시 트래픽(Newsp)
Fig. 6. Traffic of PPP Type(News)

그림 6에서는 MoMusys MPEG-4 코덱을 사용하여 부호화한 결과를 보여준다. 움직임이 적은 “News”를 사용하여 압축하였고, 영상의 크기는 CIF (352×288)이고, 양자화

값은 Q = 10, 프레임률은 10 Hz으로 설정하여 계층화 코딩을 하지 않은 Single Layer 비트 스트림과 2계층 계층화 코딩에 의한 기본계층(B)과 고급계층(E)의 비트양을 비교해 보았다.

1, 11, 21번째 프레임은 I 프레임으로 Intra로 코딩이 되기 때문에 가장 높은 비트율을 나타낸다. 그리고 고급 계층에서는 움직임 벡터를 0으로 하고 기본계층의 프레임을 업샘플링하여 참조 영상으로 사용하기 때문에 일정하게 높은 비트율을 유지한다. 이러한 방법은 P 프레임 코딩시 계산량을 현저하게 줄일 수 있지만, 비트율이 높아져서 전송 측면에서 단점으로 작용한다. 그러나, 네트워크의 자원이 여유가 있을 때 아무도 사용하지 않는 자원을 이용하여 보낸다면 크게 무리가 없다.^{[2][19]}

2. 고급계층의 형식 : PBB

고급계층의 형식이 PBB일 경우는 기본계층의 프레임과 고급계층의 이전 프레임을 동시에 참조 영상으로 한다. 기본계층의 프레임 참조시 위에서 설명한 것처럼 중간처리를 통해서 기본계층의 프레임을 업샘플링하여 참조 영역으로 한다. 따라서 압축 효율은 높지만 양방향 참조에 따르는 연산량의 증가로 인해서 인코딩의 복잡도가 증가한다.

순방향 참조는 고급계층의 이전 프레임을 참조 영상으로 한다. 역방향 참조는 기본계층을 업샘플링한 프레임을 가지고 참조영상으로 한다. 고급 계층의 P는 하위 계층만을 참조하여 압축하므로, 기본 계층의 I 프레임과 같이 에러 전파 (error propagation)를 막는 효과가 있다. 이 P 프레임의 위치를 기본 계층의 I 프레임과 다음 I 프레임의 중간에 놓는다면, 비트율의 피크가 분산되는 좋은 효과를 가져올 수 있다.

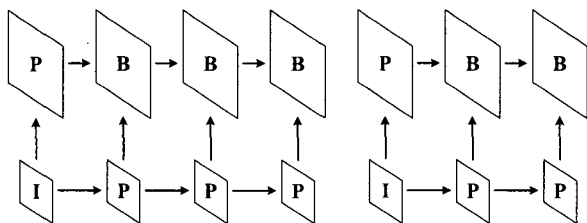


그림 7. 고급계층의 형식 : PBB
Fig. 7. Enhancement Layer Type : PBB

그림 8은 PBB 방식으로 부호화했을 때 비트율을 보여주고 있다. 1, 11, 21번째 frame에서는 I 프레임으로

Intra로 코딩이 되기 때문에 아래와 같은 높은 비트율을 나타낸다. 그리고 E-PBB일 경우는 양방향 참조를 하기 때문에 영상의 압축 효과는 높아져서 비트율은 현저히 줄일 수 있지만, 그만큼 코딩 시간이 길어지는 단점이 존재한다.^{[2][19]}

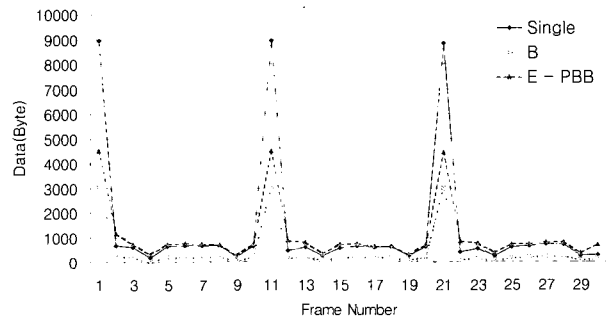


그림 8. PBB 방식의 적용시 트래픽(News)
Fig. 8. Traffic of PBB Type(News)

3. PPP 방식에서의 비트율과 화질의 비교

본 논문에서는 기본계층을 RSVP를 이용하여 보장하기로 하였기 때문에 PPP 방식을 적용하게 되면 낮은 품질의 통신네트워크를 통해 전송되는 고급 계층의 손실의 영향이 그 다음 프레임으로 전파되지 않으므로 제안하는 방식의 성능을 잘 알 수 있다고 생각되어 이 트래픽을 이용하여 실험하였다.

제안하는 방식의 성능을 평가하기 위해 우선 비디오의 트래픽의 특성을 알아보기로 한다. 그림 9와 그림 10은 계층화 인코딩 방식 중 공간적 계층부호화의 결과로 나타나는 계층사이의 비트율과 그때의 화질에 대하여 나타낸 것이다.

유무선 혼합네트워크(heterogeneous networks)에서 주문형 비디오 (video on demand) 서비스를 하는 경우에는, 공간적 부호화가 가장 알맞은 계층부호화 방식이라고 할 수 있다. 공간적 부호화는 기본 계층과 고급 계층의 비트율을 비를 매우 크게 할 수 있을 뿐만 아니라, 수신측의 화면이 PC 또는 PDA 등과 같이 화면의 크기가 다를 가능성이 크기 때문이다. 시간적 계층 부호화는 시스템 복잡도 측면에서는 가장 좋지만, 서비스를 받는 사용자의 입장에서는 계속 끊어지는 영상이 발생하므로 그 성능에 만족하지 않는다.

그림 9, 그림 10에서는 기본 계층의 화질은 같은 값으로 유지하면서 고급 계층의 양자화 계수를 증가시켜가면서 비트율과 PSNR의 비율의 변화를 보았다. 고급 계층의

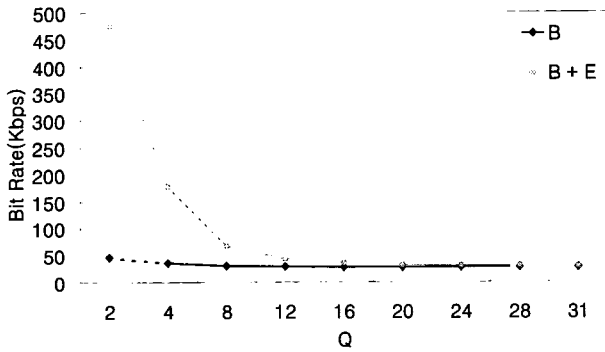


그림 9. 고급 계층 양자화 값에 따른 비트율 비교
Fig. 9. Bit-rate Comparison of Enhancement Layer Q value

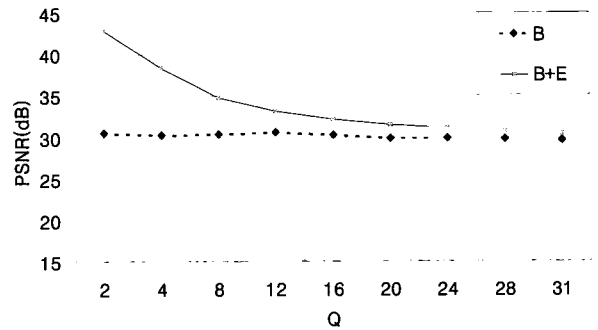


그림 10. 고급 계층 양자화 값에 따른 PSNR의 비교
Fig. 10. PSNR Comparison of Enhancement Layer Q value

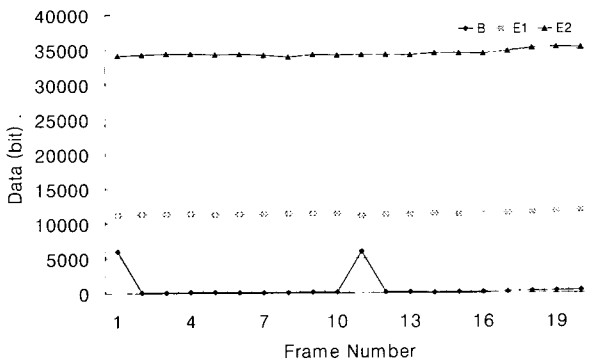


그림 11. Hall의 각 계층의 프레임당 비트율
Fig. 11. Bit-rate per frame of each Layer(Hall)

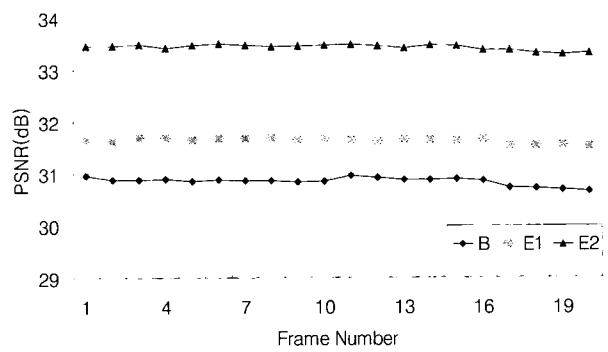


그림 12. Hall의 각 계층의 PSNR
Fig. 12. PSNR of each Layer(Hall)

화질을 좋을 때, 기본 계층의 비트율이 고급 계층의 비트율보다 훨씬 작으므로 계층 부호화의 효과가 크게 나타난다. 그림 10에서 보면, 기본 계층만 복호화 하더라도, PSNR이 30dB 정도 되므로 어느 정도의 화질을 유지할 수 있음을 보여준다.

본 논문에서는 기본 계층의 전송 QoS는 네트워크에서 보장해 줌으로서 손실이 발생하지 않도록 한다. 본 논문에서는 PPP 방식을 사용하므로 고급 계층 움직임 예측 부호화에 사용하는 참조 영상으로 기본 계층만 사용한다. 따라서, 고급 계층의 패킷 손실에 의한 영향은 해당 프레임에 국한되며 다음 프레임으로 그 영향이 전파되지 않는다.

4. 3계층 부호화 실험 결과

3계층 부호화 실험에서는 하위 계층을 참조하여 상위 계층들을 구성하였다. 이 때 실험환경은 기본계층의 크기는 80×64, 고급계층1의 크기는 160×128, 고급계층2의 크기는 320×256이다. 기본 계층은 GOP 단위가 10이고, 이를 참조

한 고급계층1과 고급계층1을 참조한 고급계층2를 구성하게 됨으로써 각 프레임당 비트율은 구성이 비슷하게 된다. 입력영상은 움직임이 적고 복잡도가 낮은 영상(Hall)이다. GOP마다 Intra가 나오는 부분에서 기본계층의 비트율이 높고, 또한 PSNR도 높게 나타난다. 움직임이 많고 복잡도가 높은 영상은 이러한 현상이 두드러진다.

IV. RSVP/IntServ를 이용한 VOD 시스템

1. VOD에 대한 네트워크 서비스 차등화

네트워크에서 QoS 차등화 기술과 동영상 계층 부호화가 결합하면, 비용 대비 성능에서 다양한 선택권을 사용자에게 제공할 수 있다. IntServ 방식은 각각의 서비스마다 네트워크의 자원을 강제적으로 할당하는 방식이며, RSVP를 예약을 위한 정보를 전달한다.

본 논문에서는 최소한의 자원만을 예약하여 네트워크의 효율성을 높이는 방법을 제안한다. 즉, 전체적인 시스템에서 볼 때 최종 단계에서의 품질 유지와 주관적인 사용자의 만족도를 높일 수 있는 방안으로 영상의 계층화 인코딩 방식과 네트워크의 예약 방식중의 하나인 RSVP를 사용하여 보다 사용자의 요구에 근접하며 네트워크를 효율적으로 사용할 수 있는 서비스를 정의 및 제안 평가하려고 한다.

우선 사용자의 요구 조건을 각 계층의 서비스 질에 따라 나누어 다음과 같이 정의한다. 서비스의 등급을 세 가지로 나누어 생각하기로 하고 각각을 금(gold), 은(silver), 동(bronze)으로 나눈다. 각 계층에서 서비스를 차별 화할 수 있는 방법을 이용한다.

표 4에서 표현 계층인 비디오 코덱에서는 계층화 인코딩 방식에 따라 인코딩 되었을 때 기본 계층을 만들 서비스하는 것과 그 상위 계층을 추가하는 방식으로 나누었으며, 트랜스포트 계층에서는 패킷 손실을 복구하기 위해, FEC(forward error correction) 또는 재전송 방식을 이용한다. FEC는 패러티 패킷을 전송하는 방식을 사용하며 Reed Solomon을 이용한 이레이저(erasure) 코딩을 이용하였다.^[16] 패러티 패킷의 개수에 따라 FEC 정도를 차별화할 수 있다. 또한, VOD 서비스는 지연에 크게 민감하지 않으므로, 한 번 정도의 재전송은 가능하다.

네트워크 계층에서는 RSVP/IntServ로 어느 정도까지 보장 해주느냐로 서비스를 차별화 할 수 있다. 표 5 에서와 같이, 높은 품질일수록 더 많은 자원을 보장한다. 보장되지 않은 트래픽은 노력형(best effort) 방식으로 전달되는 것으로 가정한다.

표 1. 계층별 서비스 등급(4계층 인코딩)
Table 1. Service Level of Layer (4 Layered Encoding)

계 층	등급	Gold	Silver	Bronze
표현계층 (MPEG-4)		B+E1+E2+E3 High Bit-rate High Quality	B+E1+E2 Medium Bit-rate Medium Quality	B+E1 Low Bit-rate Low Quality
트랜스포트계층 (RTP/UDP)		FEC(전체복구) 재 전송	FEC(부분복구) 재 전송	재 전송
네트워크 계층		전체 보장	부분 보장	보장 안 함

이를 제안하는 방식에 적용하면 9 가지의 서로 다른 품질의 서비스를 정의할 수 있다. 각 서비스의 차이는 화질과 화질의 유지로 평가 될 수 있으며 보다 나은 화질과 화질의 유지를 위해서는 보다 많은 데이터를 보다 많이 예약해주어야 함을 알 수 있다. 각 서비스의 질의 선택에는 결국 보장되어 지는 대역폭으로 나타낼 수 있다. 또한, 네트워크에서 보면 서비스의 품질이 낮아질수록 보다 많은 서비스를 동시에 해 줄 수 있다.

표 2. 제안하는 서비스 등급 (굵자는 QoS 보장 서비스)
Table 2. Suggested Service Level(Bold is QoS Guaranteed)

MPEG Network	Gold	Silver	Bronze
Gold	B+E1+E2+E3	B+E1+E2	B+E1
Silver	B+E1+E2+E3	B+E1+E2	B+E1
Bronze	B+E1+E2+E3	B+E1+E2	B+E1

이러한 서비스 각각의 성능 평가를 하기 위해 가상의 네트워크를 구성하여 실제적 전송시의 패킷 손실 분포를 예상하여 이를 동영상 데이터의 전송에 적용하여 손실에 의한 화질의 열화와 본 논문이 제안하는 방안에 의하여 개선되는 점을 PSNR을 통하여 평가해 본다.

2. 가상 네트워크

가상적인 네트워크를 구성한 이유는 현재의 인터넷의 라우터들은 RSVP기능을 포함하고 있지 않기 때문이며 가상적인 네트워크의 신빙성을 얻기 위해 많은 논문들에서 사용하고 있는 버클리 대학에서 개발된 네트워크 시뮬레이션인 NS (Network Simulator)를 통하여 구성하였다.

기본적으로 세 개의 클라이언트로 구성된 서브넷(subnet)을 기본 인트라넷 (intranet)으로 정의하고 이러한 인트라넷 네 개와 백본으로 구성된 인터넷을 구성하였다. 각 서브넷의 클라이언트는 TCP 트래픽 발생자인 클라이언트 하나와 UDP 트래픽 발생자 두 개로 구성하였다. 세 개의 인트라넷에서 나머지 하나의 인트라넷으로 트래픽을 전송하는 시나리오를 구상하여 시뮬레이션 하였다.

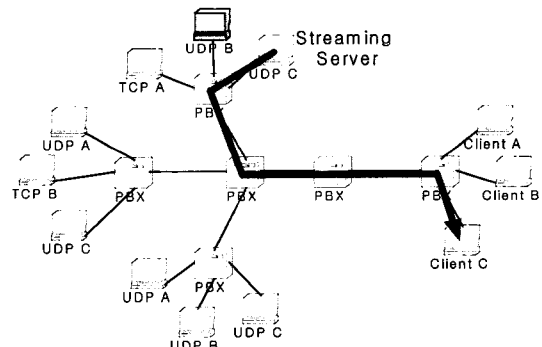


그림 13. 가상 네트워크 구성
Fig. 13. Composition of Virtual Network

비디오 데이터의 흐름 : UDP3 -> User C
UDP A : A User로 UDP Traffic 발생
TCP B : B User로 TCP Traffic 발생
UDP C : Video Streaming Server

V. 실험 및 결과

본 논문은 에러 전파에 의한 화질 열화를 최소화하기 위하여 PPP 방식의 계층화 인코딩을 선택하였으며 RSVP를 사용하여 기본 계층을 예약하고 나머지 고급 계층은 노력형 네트워크에 적용하여 스트리밍 하였을 때 일정시간에 많은 백그라운드 트래픽을 발생시켜 인터넷의 특성인 버스트 에러를 발생 시켜 그 당시의 대역폭과 패킷의 손실을 실험하였으며 이를 PSNR을 통하여 평가하였다.

1. 트래픽 파라미터 추출

RSVP의 자원 예약을 위해서는 Sender TSpec이라는 파라미터가 필요하다. TSpec안에는 플로우의 최대 속도 (bytes/s), 토큰 버킷 크기 (bytes), 토큰 버킷 속도 (bytes/s), 최소 정책 단위 (bytes), 최대 데이터그램 크기 (bytes) 등이 필요하며 이중 가장 중요한 인자는 토큰 버킷 크기와 토큰 버킷 속도이다. 이를 추출하기 위하여 GCRA를 변형하여 파라미터를 추출하였으며 이때 토큰 버킷 속도를 Guaranteed bit-rate(GBR)로 정의하고 일반화하기 위하여 Peak Bit-rate를 100%로 하여 표현하였으며 토큰 버킷 크기를 각 GBR에서의 버퍼 잔류시간(Drain Buffer Time)으로 일반화하여 시뮬레이션 한 후 파라미터를 추출하였다.

다음 그림들은 파라미터 추출의 예를 보여 준 것이다. 입력 영상으로는 약 9만 프레임의 GOP는 12 프레임, 25Hz, 1시간 분량으로 VBR 인코딩된 영상을 사용하였다. CBR 트래픽이라는 가정 하에서는 Silence 시퀀스가 가장 많은 대역폭을 요구하며 출력 비트율도 가장 커야 된다. 하지만 최대 비트율 대 평균 비트율의 비율을 살펴보면 이 영상은 최대 비트율인 프레임보다는 훨씬 적은 평균 비트율을 가지며 이는 전체 프레임에서 최대 비트율에 다다른 프레임의 숫자가 적음을 알게 하여 준다. 그래프의 왼쪽(unstable buffer)에서의 선형의 경우, 이는 데이터가 완전히 버퍼가 비워지기 전에 다시 데이터가 쌓이기 때문에 선형적으로 데이터의 양이 누적된 것으로 보이는데, 각 GBR(Guaranteed Bit Rate)로는 처리가 되지 않는 부분이다. 그렇기 때문에 누적이 되어진 것이다. 만약 버퍼의 크기가 일정 량으로 한정되어 있다면 이 부분에서는 반드시 오버플로우가 된다. 오른쪽(waste buffer)의 부분의 경우 데이터가 들어오면서 바로 버퍼에 데이터가 비워지는 현상으로 생겨난다. 이는 버퍼에 유입되는 량과 유출되는 량의 차이가 많이 나기 때문에 일어난다. 이는 버퍼가 있

으나 버퍼의 의미가 없어지는 부분이다. 가운데(stable buffer)의 경우 데이터가 들어오면서 버퍼에 쌓여 다음 데이터가 들어오기 전까지, 혹은 버퍼가 완전히 비워지는 것이 아니라 버퍼에의 잔류 양이 점차적으로 줄어들음을 의미한다. 이러한 특성을 보이는 부분은 평균 비트 발생율의 이상인 곳이다. 보통 이 구간은 20%에서 60%까지의 폭을 가진다.

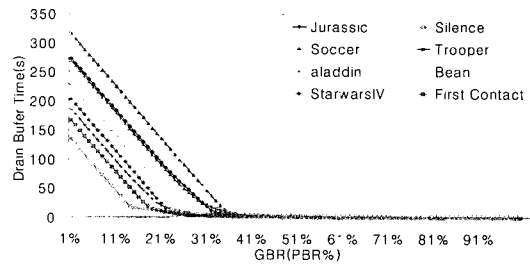


그림 14. Bucket depth와 Leaky rate의 분석(전체)
Fig. 14. Analysis of Bucket Depth and Leaky rate(all GBR)

그림14는 GBR을 PBR부터 0까지 전체를 시뮬레이션한 결과이다. 이 그림을 통하여 영상은 PBR보다 적은 어떠한 값에서 PBR과 같은 영향을 받음을 알 수 있다. 이를 의미 있는 부분만을 확대하여 보면 다음과 같다.

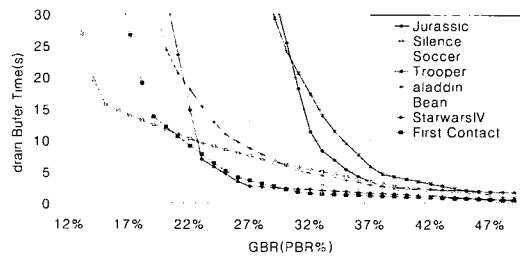


그림 15. Bucket depth와 Leaky rate의 분석(안정화부분)
Fig. 15. Analysis of Bucket Depth and Leaky rate(Stable Area)

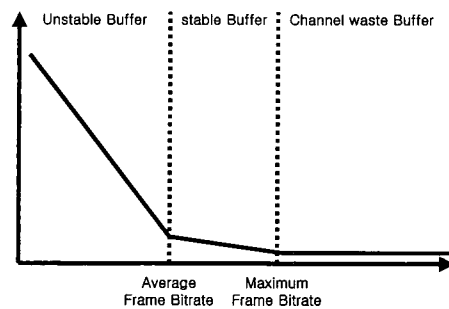


그림 16. Bucket depth와 Leaky rate의 일반적 특성
Fig. 16. General Characteristic of Bucket Depth and Leaky rate

2. 스트리밍 성능 평가

그림 17에서 형성한 네트워크를 통하여 계층 부호화한 비디오 트래픽을 전송시 네트워크의 대역폭 할당을 표시하였다. 그림을 보았을 때 기본 계층은 RSVP를 사용하여 보장해 주었기 때문에 백그라운드 트래픽이 발생하여도 대역폭의 변동이 없으며 패킷손실도 없음을 알 수 있다. 그러나 고급계층은 초반의 네트워크가 여유가 있을 때는 대역폭과 패킷손실이 나타나지 않지만 백그라운드 트래픽이 발생하였을 때 대역폭의 감소와 그를 통한 패킷의 손실이 증가함을 보여준다.

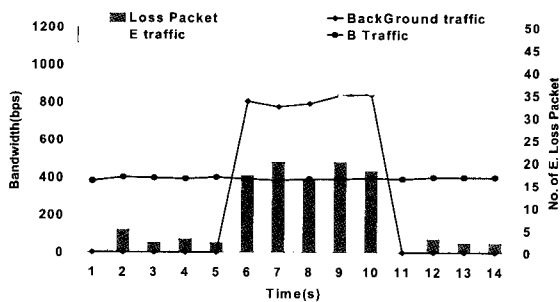


그림 17. 제안하는 방식의 각 계층별 대역폭, 손실 패킷
Fig. 17. Usage Bandwidth and Packet Loss of each Layer

이러한 상황을 정리하여 실험적인 고급계층의 패킷 손실 패턴은 다음과 같이 나타낼 수 있으며 비디오 패킷을 데이터로만 생각하는 네트워크에서는 손실의 증가만으로 해석할 수 있지만 이러한 손실을 동영상 디코더에 적용하게 되면 같은 손실도 여러 가지 다른 효과를 나타냄을 알 수 있다.

다음 그림18은 News 동영상에 적용하였을 때 나타나는 화질의 변화를 보여 준다.

고급 계층의 손실이 있는 계층화 스트리밍과 계층화 인코딩을 사용하지 않는 Single 비디오 스트리밍에 대해 위의 손실 패턴을 적용한 후 이를 디코딩 하게 되면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

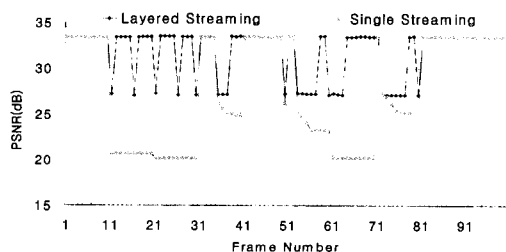


그림 18. 패킷 손실에 따른 영상의 화질 변화
Fig. 18. PSNR of Packet Loss Effect

위의 그림을 보면 기본적인 싱글 스트리밍에서는 패킷에 의한 손실에 의해 화질의 열화가 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 또한 인트라 프레임에서 발생하게 되면 이를 참조하는 다음 프레임에도 그 영향이 발생하여 완벽한 전송이 되어도 참조 프레임의 손실에 의해 한 GOP내의 성능이 모두 영향을 받는 것을 알 수 있다. 하지만 PPP 방식의 계층화 인코딩 방식을 적용하게 되면 기본 계층의 데이터는 모두 전송 받게 됨으로 기본 계층의 화질은 보장을 받게 되며 손실이 발생하며 기본 계층만으로 디코딩 되어 기본 계층의 화질을 유지하고 이 영향은 PPP 방식의 특징에 의하여 다음 프레임으로 영향을 주지 않고 다음 프레임의 고급계층 데이터가 도착하게 되면 손실 없는 영상을 디코딩 할 수 있음을 알 수 있다. 화면에서 기존의 방식을 사용하였을 때에는 손실에 의하여 중복 화면에 의한 정지 효과등과 여러 프레임의 연속적인 화질 저하를 느낄 수 있지만 제안한 방식에서는 기본 계층의 정보는 계속적으로 도착하므로 화질의 열화는 존재하지만 정지 효과는 발생하지 않으며 PPP방식을 적용하였기 때문에 열화가 발생하는 부분도 순간적으로 보상됨을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 차세대 보장형 통신네트워크의 한 종류인 RSVP의 특징과 실시간 멀티미디어 스트리밍에 적용시 발생하는 여러 가지 장점에 관하여 고찰해 보았다. 다양한 통신네트워크를 고려하여 인코딩할 수 있는 계층화 인코딩의 방법에 대하여 고찰하고 그때 발생하는 트래픽의 특징을 분석하여 가상적인 네트워크 모델에 적용하여 실제적 손실의 특성을 분석하고 이 동영상 인코딩 데이터를 디코딩 하였을 때의 영상의 품질을 평가하여 네트워크 계층의 기술인 RSVP와 전송계층의 UDP기술과 표현계층의 기술인 계층화 인코딩 방식의 적용시의 성능을 사용자의 주관적인 관점인 PSNR을 통하여 전체 시스템을 평가하였다.

네트워크에서는 모든 데이터를 동일시 처리하고 있지만 그 데이터마다 각각 중요도와 영상에 미치는 영향력이 다름을 알 수 있었으며 RSVP를 사용하여 그 데이터 중 중요하며 영상의 화질에 많은 영향을 미치는 부분을 보장해 준다면 같은 네트워크의 상황에서도 보다 나은 화질의 서비스를 제공할 수 있음을 알 수 있다. 즉 사용자들은 같은 데이터 사용율에서 보다 나은 서비스를 받을 수 있

며 네트워크 사업자들은 네트워크자원의 추가 없이 사용자의 요구를 보다 더 만족시킬 수 있게 됨을 알 수 있었다. 네트워크 기술과 MPEG의 기술의 장점 사이의 연계를 통하여 네트워크의 양적 증가 없이 사용자의 요구와 네트워크의 요구를 모두 만족시킬 수 있는 동영상 스트리밍 기술을 제안하였으며 그 성능이 월등히 나아짐을 알 수 있었다. 차후에는 각 영상 데이터의 특징을 추출하여 그에 따른 본 방안 적용시 성능을 평가할 것이며 또한 실제적인 네트워크의 구성으로 그 성능을 평가해 볼 것이다. 또한 본 방식에서 RSVP에 의한 네트워크의 예약시 보다 적은 자원의 예약을 위해 트래픽의 평활화 등을 적용한 계층화 방식에 대하여도 연구 할 것이며 차별화 서비스에 적용할 할 때의 방안과 성능을 평가하는 연구가 차후에 이어질 것이다.

참 고 문 헌

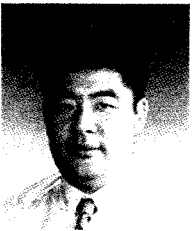
- [1] "MPEG-4 Overview-(V.14-Geneve Version)," *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N3444*.
- [2] "MPEG-4 Video Verification Model Version12.1," *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N2552*.
- [3] "Information technology-generic coding of audio-visual objects-Part-1:Systems," *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N2201*.
- [4] J. Wroclawski, "Use of RSVP with IETF Integrated Services," *RFC2210*, Sep. 1997.
- [5] C. Partridge and R. Guerin, "Specification of Guaranteed Quality of Service," *RFC2212*, Sep. 1997.
- [6] L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, and D. Zappala, "RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol," *IEEE Network*, Sep. 1993.
- [7] T. Reininger, and C. Hanisch, "RSVP: RESERVATIONS ONLY," *Data Communications*, vol.26 no.7, May. 1997.
- [8] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss. "An Architecture for Differentiated Services," *RFC2475*, Dec. 1998.
- [9] U. Horn, K. Stuhlmüller, M. Link, and B. Girod, "Robust Internet video transmission based on scalable coding and unequal error protection," *Signal Proceeding: Image Communication*, Feb. 1999.
- [10] S. Shenker and L. Breslau, "Two Issues in Reservation Establishment," *Proc. ACM SIGCOMM '95, Cambridge, MA*, Aug. 1995.
- [11] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson., "RTP-A Transport Protocol for Real-time Applications," *Audio-Video Transport Working Group*, Jan. 1996.
- [12] Difu, J. Srivastava, "Investigation Factors Influencing QoS of Internet Phone," *Proceedings of the IEEE Multimedia Systems '99*, vol.2, pp.541-546, Jun. 1999.
- [13] Y. Bernet, "The Complementary Roles of RSVP and Differentiated Services in the Full-Service QoS Network," *IEEE Communication Magazine*, vol.38 no.2, Feb. 2000.
- [14] Xioa Xp and Ni LM, "Internet QoS : A big picture," *IEEE Network*, vol.13 no.2, Mar. 1999.
- [15] H. Adishesu, G. Parulkar, and R. Yavatkar, "A State Management Protocol for IntServ, DiffServ and Label Switching" *Proceedings of the International Conference on Network Protocols*, Oct. 1998.
- [16] K. Park and W. Wang, "QoS-Sensitive Transport of Real-Time MPEG Video Using Adaptive Forward Error Correction," *Proceeding of the IEEE Multimedia Systems '99*, vol.2, pp.426-432, Jun. 1999.
- [17] "The Network Simulator ns-2: Documentation," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>.
- [18] "The Network Simulator ns-2," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/index.html>.
- [19] "Tutorial for The Network Simulator 'ns'," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/tutorial/>.
- [20] D. Black, "Differentiated Services and Tunnels," *RFC2983*, Oct. 2000.

저 자 소 개



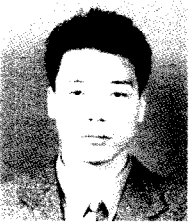
정 준 호

1997년 2월 : 경희대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1999년 2월 : 경희대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
1999년 3월~현재 : 경희대학교 대학원 전자공학과 박사과정
주관심분야 : 멀티미디어 통신, 차세대 인터넷, 영상전송시스템



서 덕 영

1980년 2월 : 서울대 핵공학과 (공학사)
1986년 2월 : 미국 Georgia Tech. 핵공학 (공학석사)
1990년 6월 : 미국 Georgia Tech. 전기공학과 (공학박사)
1990년~1992년 : 상공부 생산기술 연구원, HDTV 연구개발단 선임연구원
1992년 3월~현재 : 경희대학교 전자정보학부 교수
주관심분야 : networked video



석 주 명

1997년 2월 : 수원대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1999년 2월 : 경희대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
1999년~현재 : 한국전자통신연구원 재직
주관심분야 : Converged Network System, Network Protocols, VoIP, Network Management, Multimedia Communication



이 종 협

1984년 2월 : 고려대학교 산업공학과 졸업(공학사)
1986년 2월 : 한국과학기술원(KAIST) 산업공학과 졸업(공학석사)
1996년 8월 : 한국과학기술원(KAIST) 산업공학과 졸업(공학박사)
1986년~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원, 라우터제어팀장
주관심분야 : High-speed Network Design and Routing, Router Technology, Converged Network System, Network Protocols