

ATM망에서 우선 순위가 주어진 MPEG 비디오 데이터 전송시 대역폭 재협상을 통한 셀 손실 방지 기법

윤 병 안[†] · 김 은 환[†] · 전 문 석^{††}

요 약

ATM 망에서의 폭주로 인한 셀 손실은 피할 수 없기 때문에 영상 데이터 전송시 화질의 개선 여지가 문제점으로 남아있다. ATM망에서 MPEG 비디오 전송시에 무차별적인 셀들의 손실은 서비스 품질의 심각한 저하를 가져올 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 두 가지 방법을 제안한다. 첫째, MPEG 부호화기의 데이터 스트림의 트래픽 특성을 분석하여 높은 우선 순위와 낮은 우선 순위의 데이터 스트림을 생성한다. 그리고 망의 폭주시에 가능한 한 낮은 우선 순위의 셀들을 폐기시키고 높은 우선 순위의 셀들을 전송하게 함으로써 사용자의 QOS를 보장한다. 이 때 부호화기의 데이터 스트림에 대한 우선 순위는 파라미터 β 값의 증감에 따라 우선 순위 단계를 조절한다. 둘째, β 값이 클수록 우선 순위가 높은 셀들의 수가 증가하게 된다. 이것은 망의 폭주시 우선 순위가 높은 셀의 손실을 초래한다. 이를 예방하기 위하여 본 연구에서는 사용량 감시 제어기를 설치하여 버퍼의 상태에 따라 전송률을 재 조절하는 방법을 취한다. 즉, 부호화기의 대역폭은 부호화기와 네트워크 사이의 재협상을 통하여 얻는다. 본 논문에서는 부호화기의 대역폭 요구사항을 최대 셀 전송률, 버스트 길이, 지속율을 다루는 사용 파라미터 제어(UPC)에 의하여 얻는다. 네트워크 인터페이스 카드(NIC: Network Interface Card)에 있는 적응 부호화기의 비트율 제어 알고리즘은 사용자의 QOS를 유지하기 위해 필요한 UPC 파라미터를 계산한다. 시뮬레이션시에는 동적인 UPC를 지원하는 ATM 네트워크 인터페이스 환경을 통하여 MPEG 부호화기의 비트율을 조절함으로써 측정하였다. 우선 순위가 주어진 데이터 스트림의 대역폭 재협상을 통한 실험의 결과는 대역폭의 이득과 우선 순위가 높은 데이터 스트림의 손실을 방지함으로써 영상의 화질이 개선됨을 보여준다.

A Cell Loss Constraint Method of Bandwidth Renegotiation for Prioritized MPEG Video Data Transmission in ATM Networks

Byoung An Yun[†] · Eun Hwan Kim[†] · Moon Seog Jun^{††}

ABSTRACT

Our problem is improvement of image quality because it is inevitable cell loss of image data when traffic congestion occurs. If cells are discarded indiscriminately in transmission of MPEG video data, it occurs severe degradation in quality of service(QOS). In this paper, to solve this problem, we propose two method. The first, we analyze the traffic characteristics of an MPEG encoder and generate high priority and low priority data stream. During network congestion, only the least low priority cells are dropped, and this ensures that the high

[†] 준 회 원: 숭실대학교 대학원 전산학과

^{††} 종신회원: 숭실대학교 전산학과 부교수

논문접수: 1997년 4월 10일, 심사완료: 1997년 6월 23일

priority cells are successfully transmitted, which, in turn, guarantees satisfactory QoS. In this case, the prioritization scheme for the encoder assigns components of the data stream to each priority level based on the value of a parameter β . The second, Number of high priority cells are increased when value of β is large. It occurs the loss of high priority cell in the congestion. To prevent it, this paper is regulated to data stream rate as buffer occupancy with UPC controller. Therefore, encoder's bandwidth can be calculated renegotiation of the encoder and networks. In this paper, the encoder's bandwidth requirements are characterized by a usage parameter control (UPC) set consisting of peak rate, burstness, and sustained rate. An adaptive encoder rate control algorithm at the Networks Interface Card(NIC) computes the necessary UPC parameter to maintain the user specified quality of service. Simulation results are given for a rate-controlled VBR video encoder operating through an ATM network interface which supports dynamic UPC. These results show that dynamic bandwidth renegotiation of prioritized data stream could provided bandwidth saving and significant quality gains which guarantee high priority data stream.

1. 서 론

최근 광통신, 반도체, 컴퓨터 및 디지털 신호처리 등 관련 분야의 기술들이 급속히 발전함에 따라 종합 정보 통신망에 대한 연구가 촉진되어 소위 광대역 종합 정보 통신망(B-ISDN: Broadband Integrated Services Digital Network)으로 발전하게 되었다. B-ISDN은 다양한 정보들을 통합적으로 제공하는 멀티미디어 서비스가 가능할 뿐만 아니라, 대역폭의 제한이 거의 없어 영상 전화와 영상 회의 시스템과 같은 교신성 서비스, 영상 검색과 원격 감시등의 검색형 서비스, 그리고 TV, HDTV 등의 방송형 서비스들을 지원한다.

위와 같은 B-ISDN상에서 서비스 종류에 따라 다양하게 요구되는 전송 특징을 수용할 수 있도록 전송속도 및 정보원의 특성에 망 구조가 의존하지 않는 전달 기술인 ATM 방식이 효율적인 것으로 알려져 있다[1]. ATM 방식에서는 고정 길이 패킷인 셀을 전송 단위로 하여 전송이 이루어지며, 서로 다른 가상 연결에 속하는 셀들에 대한 통계적 다중화에 의해 가변 전송 정보량을 요구하는 정보원들을 조정하여 망 자원의 활용도를 최대화하도록 한다. 특히 기존의 패킷 교환 망에서는 고정 비트율을 지원하여 복잡도가 높은 영상들에 대하여 일정한 화질을 유지할 수 없었다. 이러한 해결책으로 최고 비트율을 할당하는 방식이 있으나 대역폭의 낭비를 가져왔다[9]. 그러나 ATM 방식 하에서는 가변 비트율 전송이 이루어짐으로써 항상 균일한 품질의 영상을 유지할 수 있으며, 대역폭의 이용도를 높여 망 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 또한 사용자의 요구에 따른 품질 제어가 가능

하다. 그러나 전송과정에서 발생하는 전송 채널 에러, 셀 지연 문제 그리고 셀 다중화시의 폭주나 지연 지터, 흡수용 버퍼에 있어서 오버플로우 등에 의해 발생하는 셀 손실 등이 해결해야 할 중요한 문제로 남아 있다. 따라서 ATM 환경하에서 영상 부호화 기법들을 B-ISDN에 효과적으로 적용하기 위해서는 ATM 환경이 제공하는 유연성과 제한 조건들을 고려하여 변화시킨 새로운 형태의 부호화가 되어야 한다[2, 3].

실제 ATM 망의 주요한 서비스는 비디오 트래픽인데 이러한 트래픽들은 버스트(bursty)한 특성을 가지고 있어서 버퍼에 범람이 발생하면 망에 폭주가 생긴다. 폭주의 발생은 사용자에게 제공하는 서비스의 품질을 떨어뜨리며 네트워크의 성능을 저하시키고 셀 손실을 유발한다. ATM망에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 여러 가지의 트래픽 제어 방식을 제공한다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해서 기존의 MPEG 부호화기를 수정하여 데이터 스트림을 높은 우선 순위와 낮은 우선 순위로 분리한다. 그리고 전송시에 높은 우선 순위의 셀들의 손실을 최소화하기 위해서 망의 입구에 있는 UPC 제어기를 설치하여 전송률 재협상 과정을 통하여 동적인 대역폭을 할당하도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MPEG의 구조를 설명하고, 3장에서는 MPEG 데이터 스트림에 우선 순위를 할당하는 기법에 대해 기술한다. 그리고 4장에서는 우선 순위가 주어진 MPEG 비디오 소스를 망으로 전송할 때 UPC 제어기를 통한 효율적인 대역폭 재협상 기법에 대해서 설명하고, 5장에서는 제안한 모델을 통하여 실험한 결과를 분석한 후 6

장에서 결론을 제시한다.

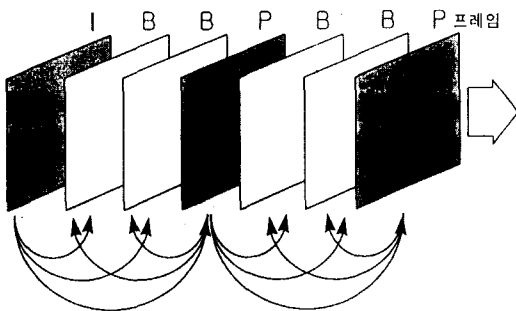
2. MPEG의 구조

2.1 개요

MPEG(Moving Picture Experts Group)은 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11에서 제작된 것으로 비디오를 디지털 저장미디어상에 저장시키는 것을 주된 목적으로 한다. MPEG-1은 원칙적으로 1.5Mbps 정도인 저장 매체에서 사용되도록 개발되었다. MPEG-1 표준안은 비디오, 오디오, 시스템의 세 가지로 구성되어 있는데 본 논문에서는 MPEG-1 비디오 부분만을 참조한다. 이 장에서는 MPEG 비디오 데이터의 구조에 대해서 고찰한다[4].

2.2 데이터 구조

MPEG에서 한 표본화 주기에 해당하는 프레임들을 GOP(Group Of Picture)라 한다. GOP는 여러 개의 프레임으로 구성되는 영상의 묶음으로 부호화의 한 주기를 의미한다. 그 구성은 (그림 1)과 같다. 보통 GOP는 통상 0.5초 정도(15장)를 그룹화한다.

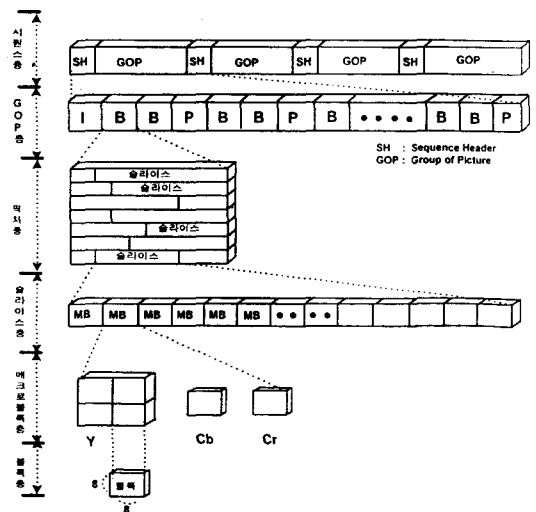


(그림 1) GOP 구조와 부호화 순서
(Fig. 1) GOP Structure and encoding order

하나의 GOP내의 프레임들은 예측이 일어나는 방향에 따라 I(Intra) 프레임, P(Predictive) 프레임, B(Bi-directional) 프레임으로 구성된다. MPEG 부호화 알고리즘은 현재 사용하고 있는 프레임의 형태에 따라 각각의 매크로 블록을 취급한다. I-프레임의 경우는 프레임내의 부호화 방식을 지원하는 경우로서 공간적 중복성을 제거하는 부호화 방식이다. 이 경우의

부호화 방식은 모든 매크로 블록에 대해서 8×8 DCT (Discrete Cosine Transform) 변환을 수행하고 양자화 과정을 거친다. 그리고 최종적으로 가변장 부호화를 사용한다. P-프레임의 경우에는 프레임간의 부호화 방식을 지원하는 경우로서 시간적 중복성을 제거하는 부호화 방식이다. 이 경우에 부호화 과정은 움직임 벡터를 현재의 매크로 블록으로부터 구하고 움직임 보상에 의한 예측에러를 구한다. 그리고 이것에 대해서 DCT 변환과 양자화 과정을 거친 후 가변장 부호화를 수행한다. 만약 예측에러가 크다면 프레임간의 부호화 방식을 수행한다. 이 경우는 I-프레임의 경우와 같은 부호화 방식을 따른다. B-프레임의 경우는 P-프레임의 경우와 비슷한 부호화 방식을 따르지만, 다른 점은 순방향과 역방향 매크로 블록을 모두 사용한다는 점이다.

보통 MPEG 비디오 데이터 특성을 파악하는 측정치로는 N, M, Q를 사용한다. N은 GOP내의 픽처의 수, M은 I 또는 P가 나타나는 주기, Q는 양자화 값의 의미이다. N은 부호화기의 강건성(robustness)을 결정하고, Q는 비디오의 화질에 따라 다양하게 사용할 수 있다. 이와 같은 것들은 소스의 특성을 연구하기 위하여 똑같은 부호화기를 사용한 화상회의로부터 방송의 고품위 텔레비전에 이르기까지 다양한 소스



(그림 2) MPEG-1 데이터의 계층적 구조
(Fig. 2) Hierarchical structure of MPEG-1 data

를 시뮬레이션 하는데 사용할 수 있다. (그림 2)에서는 MPEG-1 데이터의 계층적 구조를 보여준다. MPEG-1 데이터 구조는 시퀀스 층, GOP 층, 픽처 층, 슬라이스 층, 매크로 블록 층, 블록 층의 6개의 구조로 이루어져 있다. MPEG 데이터 구조의 기본 부호화 단위는 블록(8×8 pixel)과 매크로 블록(16×16 pixel)이다. 슬라이스(512×16 pixel)는 매크로 블록에 대한 일련의 횡적인 배열들로 구성되어 있다. 프레임(512×480 pixel)은 30개의 슬라이스로 구성되어 있다. 본 연구에서는 프레임과 슬라이스별로 트래픽 특성을 파악한다.

3. 우선 순위 할당 기법

3.1 개요

ATM망에서 동영상 데이터 손실은 공간축 방향과 시간축 방향으로 전파되기 때문에 화질의 심각한 저하를 초래한다. 따라서 ATM망에서 셀 손실에 대응하기 위한 기존의 방법으로는 주기적 전송(Cyclic refresh transmission)과 요구 재 전송(demand retransmission)이 있다[5, 6]. 주기적 전송 방식은 주기적으로 영상간 부호화를 수행하여 전송함으로써 시간축 방향으로 에러의 전송을 제한한다. 요구 재 전송 방식은 수신 측에서 전송 에러가 검출되면 송신측에 재 전송을 요구하고 송신측에서 에러가 발생한 셀을 재 전송하게 된다. 그러나 이러한 방식은 트래픽이 많을 때는 폭주만 가중시킬 뿐 효율적인 방법이 되지 못한다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위하여 비디오 정보를 중요도에 따라서 2개의 계층으로 분리하고, 우선 순위를 다르게 하여 부호화 한 후 전송하는 2계층 부호화방식이 연구되고 있다. 특히 ATM망에서 폭주에 의한 셀 손실의 대응 방안으로 셀 헤더의 CLP(Cell Loss Priority)를 이용한 계층 부호화가 있다. 이 CLP 비트가 1 비트이므로 2계층의 부호화 기법은 ATM망에 적절한 부호화 기법으로 평가되고 있다[2, 8].

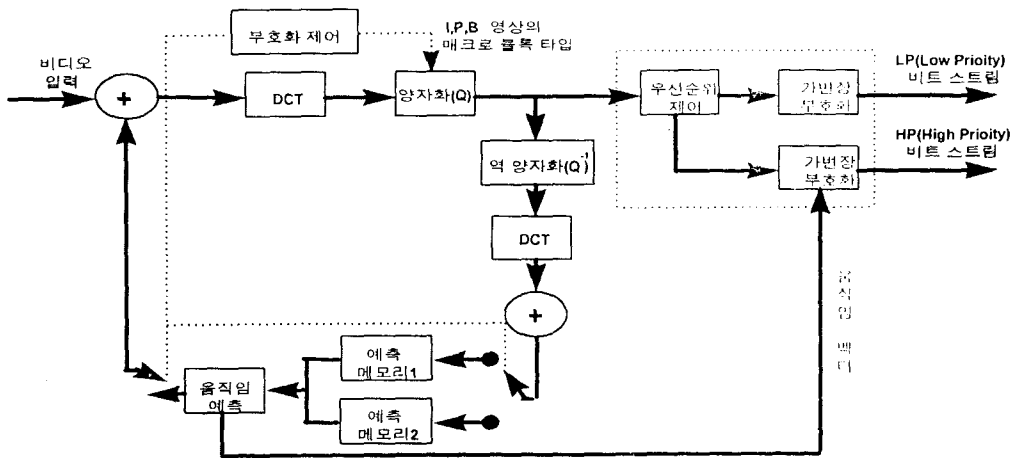
현재 데이터에 우선 순위를 부여하는 방식으로는 주파수 분할(Frequency Truncation) 방식, 최소 왜곡(Minimum Distortion) 방식, 에너지 경계(Energy Threshold) 방식이 연구되고 있다[7]. 주파수 분할 방식은 시각적으로 중요한 정보가 높은 주파수보다는 낮은 주파수 대역에 분포되어 있는 점을 감안하여 우선

순위를 적용하는 방식이다. 최소 왜곡 방식은 중요한 정보가 고주파 대역에 산재해있는 점을 감안하여 저주파와 고주파 성분에 높은 우선 순위를 두고 중간 성분에 낮은 우선 순위를 두는 방식이다. 고주파 대역에 중요한 정보가 포함되어있는 이유는 동영상에서는 정지영상과 달리 움직임 보상과 서로 다른 부호화 방식을 취하기 때문이다. 그러나 이 방식은 양자화된 DCT 계수를 큰 값으로 하는 경우에 알고리즘의 복잡도가 증가하는 단점이 있다. 에너지 경계 방식은 정보에 경계값(Threshold)을 두고, 이 경계값을 넘는 경우에 높은 우선 순위를 부여하는 방식이다. 이 방식은 알고리즘이 간단하지만 양자화 과정을 수행하면 중요한 데이터 성분들을 정확히 표현할 수 없다는 단점이 있다. 그러므로 위의 방법들과 달리 우선 순위를 부여하기 위하여 양자화 되지 않는 DCT계수를 사용하는 부차적인 제어가 있어야 한다.

본 연구에서는 데이터에 우선 순위를 할당하는 방식으로 대표적으로 알려져 있는 고주파 성분과 저주파 성분으로 데이터를 분할하는 방식에 관하여 연구하였다[2, 3]. 데이터 분할 방법은 영상 정보의 전송이 DCT 계수로 이루어지고 있으며, 중요한 정보는 낮은 주파수 대역에 몰리는데 착안하여 여러 개의 블록들에서 비슷한 속성을 갖는 정보를 모아 분류하는 방법이다. 낮은 주파수 대역의 DCT 계수와 이동 벡터 등이 높은 우선 순위(HP: High Priority)를 받게 되고, 높은 주파수 대역의 DCT 계수는 낮은 우선 순위(LP: Low Priority)를 부여받게 된다. 이와 같이 정보에 우선 순위를 할당하여 계층화함으로써, 전송시에 MPEG 비디오 소스가 셀 손실에 의한 심각한 화질의 열화를 방지하고자 한다.

3.2 계층 부호화 알고리즘

(그림 3)은 입력된 비디오 데이터를 부호화할 때 우선 순위를 부여하는 MPEG 부호화기의 블록도이다. 부호화기의 처리순서는 표준화된 MPEG 부호화기의 과정을 따른다. 점선(사각형 모양)으로 된 부분이 MPEG 부호화기를 수정하여 우선 순위를 부여하는 부분이다. 표준화된 MPEG 부호화기에서는 우선 순위 제어(PC: Priority Control) 부분이 없고 단지 하나의 가변장 부호화 방식을 사용한다. 이 모델은 크게 두 가지 구조로 되어있다. 비디오 입력을 받아서 프



(그림 3) 우선 순위를 할당한 MPEG 부호화기
(Fig. 3) MPEG encoder with priority scheme

레이프 특성에 따라 DCT와 양자화를 수행하는 부분과 가변장 부호화를 수행하기 전에 우선 순위를 제어하는 부분으로 나누어진다. 가변장 부호화를 수행하기 전에 우선 순위를 제어하는 것은 가변장 이후의 정보에서는 비디오 데이터의 특성이 불분명해지기 때문이다. 본 연구에서는 데이터 스트림을 우선 순위가 높은 스트림(HP: High Priority)과 낮은 스트림(LP: Low Priority)으로 나누어 발생시켰다.

MPEG 부호화기에서 우선 순위 제어 부분은 현재의 매크로 블록에서 사용한 부호화 방식에 따라 우선 순위를 부여하는 절차가 다르다. 즉, I-프레임, P-프레임, B-프레임의 종류에 따라서 우선 순위를 부여하는 과정이 각각 구별된다.

• I-프레임의 경우는 다음과 같이 수행한다.

- (1) 모든 헤더 정보는 HP 스트림에 속한다. 헤더 정보는 기본적으로 매크로 블록의 주소와 매크로 블록의 타입에 대한 코드워드(CodeWord)로 구성된다.
- (2) 하나의 매크로 블록 안에 있는 6개의 8×8 블록들에서 각각의 DCT 계수에 대한 DC 계수값은 HP 스트림으로 전송된다.
- (3) 각각의 8×8 블록의 나머지 63개의 계수들에 대해서는 β 라는 변수를 정의한다. β 는 HP 스트림에 전송될 수 있는 나머지 63개의 계수 즉, AC계수들의 개수를 나타낸다.

(4) 나머지 $(63 - \beta)$ 계수들은 LP 스트림 안에 전송된다. 각각의 매크로 블록의 주소에 대한 코드워드 헤더 또한 LP 스트림에 등록된다.

• P-프레임에 대해서는 인트라 매크로 블록 부호화 방식과 움직임 보상 부호화 방식의 두 가지가 있다. 인트라 매크로 블록 방식은 I-프레임에서 수행되는 것과 같은 방법으로 수행된다. 움직임 보상 부호화 방식의 경우는 다음과 같다.

- (1) I-프레임 방식에서와 똑 같이 모든 헤더 정보는 HP 스트림에 위치한다. 헤더 정보는 매크로 블록의 주소, 매크로 블록의 타입, 그리고 현재 블록을 가리키는 코드 블록의 형태를 포함한다.
 - (2) 각기 매크로 블록의 움직임 벡터들은 HP 스트림에 위치한다.
 - (3) 8×8 블록의 예측 에러의 변화로부터 얻어진 64개의 DCT 계수에 대해서는 처음 β 개의 계수가 HP 스트림에 등록된다.
 - (4) 나머지 $(64 - \beta)$ 개의 DCT 계수들은 LP 스트림에 등록된다. 이 방식에서 LP 스트림은 무시할 수 있는 매크로 블록을 구별하기 위하여 매크로 블록 주소를 포함한다.
- 만약 P 프레임의 예측에러가 0이라면 (3)과 (4)의 과정은 생략 될 수 있다. 즉, 처음의 β 계수는 추후에 따르는 일련의 $(64 - \beta)$ 계수들보다 중요도가

높지 않다는 것을 의미한다.

- B-프레임에 대해서는 독립적으로 수행되지 않고 I-프레임과 P-프레임의 알고리즘을 이용한다.
- (1) 인트라 블록 매크로 블록 부호화 방식에 대해서는 I-프레임 부호화 방식을 참조한다.
 - (2) 순방향 또는 역방향 예측 매크로 블록 방식에 대해서는 P-프레임 부호화 방식을 참조한다.
 - (3) 쌍방향 예측 매크로 블록 방식에 대해서는 하나의 움직임 벡터가 더 추가될 뿐 나머지는 P-프레임 부호화 방식과 같다.

본 연구에서는 β 변수의 증감을 통하여 우선 순위를 조절하였다.

다음 과정으로 HP와 LP 데이터 스트림을 전송하기 위하여 단일 스트림으로 만드는 기능이 필요하다. 멀티플렉서에서는 부호화기에서 생성된 HP와 LP 데이터 스트림들을 하나의 단일 스트림으로 만든다. 먼저 슬라이스에 있는 모든 HP 데이터 스트림들이 전송된 후에 LP 데이터 스트림들이 전송된다. 위와 같이 비디오 소스를 2개의 계층으로 나누어 코딩하는 기법은 셀 손실에 대해 복원력이 뛰어나고, 최저 화질을 보장할 수 있으며[3], 사용자 매개변수 제어가 용이하기 때문에 ATM망에서 효과적인 부호화 기법이다[8]. 그러나 본 연구에서 우선 순위 정도를 파라미터 β 의 크기로 조절되므로 β 의 값이 커지는 경우에는 HP 데이터 스트림의 증가를 가져온다. 이 경우에 망의 폭주가 발생하면 필연적으로 HP 셀들의 손실이 커져 영상의 화질이 떨어지는 것을 피할 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 대역폭을 적절히 할당하여 HP 셀들의 손실을 최소화하는 방법이 있다. 다음 장에서는 대역폭을 보장하는 방법으로 UPC 제어기를 설치하여 부호화기와 대역폭의 재협상 과정을 통하여 동적인 대역폭을 할당받는 방법을 연구하였다. 이 방법은 HP 셀들의 손실을 최소화함으로써 영상의 화질을 개선시키는데 주목적이 있다.

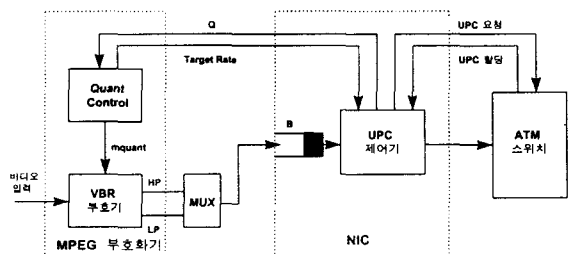
4. UPC 제어기를 통한 대역폭 재협상

4.1 시스템 모델

UPC는 망 진입부에서 사용자의 가상 회선이나 가

상 경로에 대해 허용된 트래픽 파라미터 즉, 피크 셀 전송률, 평균 셀 전송률, 버스트성등의 계약 준수 여부를 감시하여 의도적이거나 기타 다른 원인으로 위반된 셀이 존재하면 이 셀들을 폐기하거나 셀의 CLP 비트에 마킹등의 적절한 조치를 행한 후 망으로 유입시킨다. 그리고 망에 폭주가 감지되면 마킹된 셀들을 우선적으로 폐기하여 망을 효율적으로 사용할 수 있도록 하게 하는 기법이다.

(그림 4)는 동적인 UPC에 의한 우선 순위가 주어진 VBR MPEG 부호화기의 비트율을 조절하는 동작과 ATM망으로의 인터페이스 과정을 보여준다. 네트워크 인터페이스 카드(NIC: Network Interface Card)에 있는 UPC 제어기는 동적인 대역폭을 할당하는 기능을 수행한다. 여기에서 수행하는 초기화 파라미터들은 비디오 프레임 비트율, D_{max} , Q_{max} , Q_{target} 등이 있다. Q_{target} 은 현재 VBR 비트율을 측정하고 비트율 조절 알고리즘을 통하여 새로이 생성된 양자화 Q값을 의미한다. 최대 버퍼 점유율(Buffer_{max})은 종단 대 종단 전파지연(D_{max})과 단일 망 지연(d)에 따라서 결정된다. 버퍼 점유율 B는 Buffer_{max}와 비교해서 폭주가 발생하면 적당한 목표 비트율(Target Rate)을 측정하여 양자화 제어부(Quant Control)에 보내어 Buffer_{max} 이하로 버퍼 점유율을 낮춘다.



(그림 4) 우선 순위가 주어진 MPEG 부호화기의 전송률 재협상

(Fig. 4) Renegotiation of bit rate in MPEG encoder with priority scheme

4.2 UPC 제어 알고리즘

ATM망에서 NIC에 대한 요청은 연결 승인 제어(CAC)와 사용 파라미터 제어(UPC)에 의해 이루어진다. UPC 제어 알고리즘의 절차는 UPC 파라미터 추

정, $Buffer_{max}$ 갱신, 비트율 조절, UPC 재협상을 하는 단계를 거친다.

① 먼저 UPC 파라미터를 추정하는 과정을 거친다.

Q_{target} 을 결정하는데 필요한 UPC 파라미터는 $Buffer_p$, $Buffer_s$ 가 있는데, 이들은 UPC_{window} 의 일정한 크기에 따라서 버퍼에 들어오는 트래픽으로부터 얻는다. 양자화 Q 값으로 부호화된 프레임 n 의 비트수를 $Bit_num_Q(n)$ 이라 하면 다음과 같은 식으로부터 얻을 수 있다.

$$Buffer_Occ(n) = Buffer_Occ(n-1) + Bit_Num_Q(n) - Service_Rate(n) \cdot T \quad (1)$$

$Buffer_Occ(n)$ 과 $Buf_Occ(n-1)$ 은 주기 T 동안 버퍼의 점유율을 나타내고, $Service_Rate(n)$ 은 프레임 n 에 대한 버퍼 서비스율을 나타낸다. Q_{target} 으로 비디오 프레임을 부호화하기 위하여 필요한 비트수를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Bit_{Q_{target}} = \frac{Q}{Q_{target}} \cdot Bit_num_Q(n) \quad (2)$$

일단 $Bit_{Q_{target}}$ 이 구해지면 Q_{target} 으로 부호화하기 위한 최대 비트율을 구할 수 있다.

$$Buffer_p = \frac{1}{T} \cdot \max[Bit_{Q_{target}}(n)] \quad (3)$$

여기에서 $Bit_{Q_{target}}(n)$ 은 UPC 윈도우의 일정한 크기에서 주기 T 에 따른 프레임당 발생하는 평균 지속율을 구할 수 있다.

$$Buffer_s = \frac{1}{T} \cdot \frac{\sum_{n=1}^{UPC_{window}} Bit_{Q_{target}}(n)}{UPC_{window}} \quad (4)$$

② 다음 과정으로 $Buffer_{max}$ 가 갱신된다.

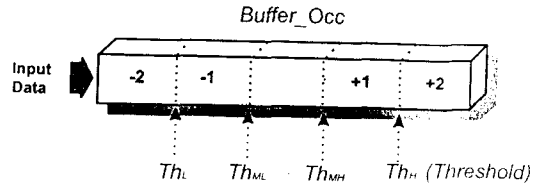
$$Buffer_{max} = (D_{max} - d) \cdot Buffer_s \quad (5)$$

D_{max} 는 부호화기와 NIC에 있는 버퍼의 양측 지점간의 전파지연을 나타내고 d 는 버퍼에서의 전파 지연과 큐잉 지연을 나타낸다.

③ 다음은 셀들에 대한 비트율 제어 알고리즘은 다음과 같다.

$$Service_Rate(n+1) = Service_Rate(n) \frac{Q(n)}{Q(n+1)} \quad (6)$$

$Q(n+1)$ 은 다음과 같이 선택될 수 있다. 경계값(Threshold)을 Th_H , Th_{MH} , Th_{ML} , Th_L 의 4가지로 정한다.



(그림 5) 경계값에 따른 비트율 조절
(Fig. 5) Bit rate control with threshold

- if ($Buffer_Occ(n) > Th_H$) then $Q(n+1) = Q(n) + 2$;
- if ($Th_{MH} < Buffer_Occ(n) < Th_H$) then $Q(n+1) = Q(n) + 1$;
- if ($Th_{MH} < Buffer_Occ(n) < Th_{ML}$) then $Q(n+1) = Q(n)$;
- if ($Th_L < Buffer_Occ(n) < Th_{ML}$) then $Q(n+1) = Q(n) - 1$;
- if ($Buffer_Occ(n) < Th_L$) then $Q(n+1) = Q(n) - 2$;
- if ($Q(n+1) > Q_{max}$) then $Q(n+1) = Q_{max}$;
- if ($Q(n+1) < Q_{target}$) then $Q(n+1) = Q_{target}$;

④ 다음으로 UPC 재협상 과정이 이루어진다.

UPC 재협상 과정은 각 프레임의 Q 값과 Q_{target} 값을 비교함으로써 이루어진다. 만약 Q 값과 Q_{target} 값이 같을 경우에는 그대로 전송하고, 같지 않을 경우에는 UPC제어기에서 식(1)~식(6) 과정을 수행하여 목표 비트율을 MPEG 부호화기에 있는 양자화 제어기로 보낸다.

5. 실험 결과 및 분석

본 장에서는 우선 순위가 주어진 MPEG 비디오 데이터의 셀 손실의 분포를 조사하고, UPC 제어기를 통한 대역폭 재협상 방법을 이용하였을 경우의 셀 손실과 비교분석한다. 우선 순위를 부여하는 정도는 β 값을 변화 시켜서 각 HP 스트림과 LP 스트림의 크기를 조절한다. 파라미터 β 의 값이 커짐에 따라 우선 순위가 높은 셀들의 손실이 증가한다. 이를 해결하기 위해 동적인 대역폭의 재협상 과정을 통하여 대역폭

을 조절함으로써 우선 순위가 높은 셀의 손실을 감소시켰다. 실험 환경은 MPEG 데이터 트래픽 분석을 위하여 워크스테이션 SUN SPARC 20에서 수행하고, 분석된 트래픽을 토대로 제안한 모델의 실행을 PC상에서 수행하였다. PC상에서 실험에 사용된 툴은 Visual C++ 4.0을 이용하였다. MPEG 데이터 트래픽의 분석은 실험특성에 맞도록 본인이 제작한 MPEG 분석기를 통하여 프레임, 슬라이스당 각 데이터 스트림을 측정하였다. 실험에 사용되는 MPEG 비디오 데이터는 "StarWars"와 "Terminator"라는 영화로부터 1분 40초 동안의 데이터 시퀀스를 측정하였다. MPEG 데이터 스트림에 우선 순위를 두기 위한 β 값의 크기는 1~64의 값을 가질 수 있으나 β 가 64이면 우선 순위가 낮은 셀들이 없고 높은 우선 순위의 셀들만 존재하므로 우선 순위를 두지 않는 것과 같다. 그러므로 본 실험에서는 β 의 값을 2~32까지 변화시키면서 측정하였다. 본 실험에서는 Queuing 분석을 통하여 요구되는 버퍼의 크기와 지연과의 관계 그리고 버퍼 출력과 셀 손실과의 관계는 범위를 넘어서므로 고려하지 않았다. 본 논문에서는 최대 지연을 가정하고 버퍼의 크기를 측정하여 셀 손실률을 조사하였다.

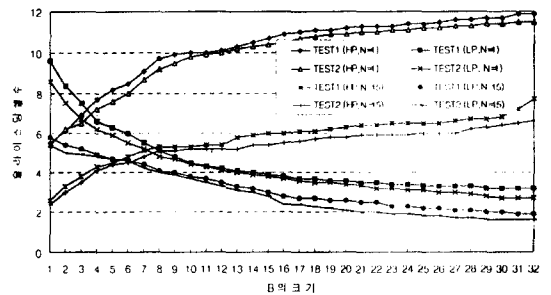
NIC(Network Interface Card)에서 사용하는 변수 값들은 다음과 같다.

- 프레임 생성 주기(T): 30 msec
- UPC 윈도우 크기(UPC_{window}): 12 프레임
- 목표 양자화율(Q_{target}): I 프레임 = 3, B 프레임 = 4, P 프레임 = 6
- 최대 양자화율(Q_{max}): I 프레임 = 16, B 프레임 = 18, P 프레임 = 20
- 종단 대 종단 최대 지연 크기(D_{max}): 300 msec
- 단 방향 망 지연 크기(d): 30 msec

MPEG 부호화기의 트래픽 특성을 파악하기 위하여 사용되는 파라미터들은 다음과 같다. 인터 프레임과 인트라 프레임의 비율을 나타내는 N, 양자화 단계 값을 나타내는 q를 변화시키고 우선 순위를 정도를 조절하기 위해 다양한 β 값을 사용하였다. 편의상 "StarWars"와 "Terminator"의 실험 데이터를 각각 TEST1, TEST2라고 명명하였다.

(그림 6)는 MPEG 부호화기의 데이터 스트림에 우

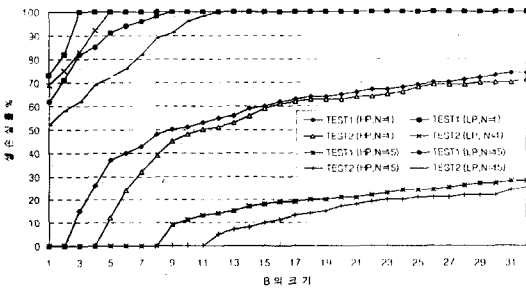
선 순위를 두어 통계적인 특성을 분석한 것이다. β 값이 증가함에 따라 낮은 우선 순위의 셀들의 개수는 감소하는 반면 우선 순위가 높은 셀들의 개수가 증가함을 보여준다. 이 경우에 발생 비트율을 평균 비트율로 측정하였다. TEST1은 TEST2보다 셀들의 개수가 약간 적음을 보여준다. 각 TEST 파일에 프레임간의 주기인 N값을 변화하여 측정하였다. N이 1인 경우는 N이 15인 경우보다 셀 수가 많게 측정되었다. 이 이유는 N이 1인 경우는 I 프레임으로만 구성되었고, N이 15인 경우는 I, B, P의 조합으로 이루어졌기 때문이다.



(그림 6) β 의 값에 따른 슬라이스 당 HP와 LP 셀 개수 (Fig. 6) HP and LP cell number per slice layer with value of β

(그림 7)은 β 값의 변화에 따라 HP, LP 셀 손실률을 측정된 결과이다. 우선 순위를 둔 부호화기에서는 셀 손실에 대하여 다음과 같은 가정을 하였다. 대역폭은 먼저 HP 셀들에게 부여 하여 전송하고 대역폭에 여분이 있을 시에 LP 셀들을 전송한다. 즉, LP 셀들은 망에서 이용 가능한 대역이 있을 경우만 전송되고, 폭주, 또는 잘못된 기능(malicious function)이 발생하여 이용 가능한 대역이 부족할 경우에는 곧바로 폐기된다. 전송이 되면 복호기에서 LP 셀들은 먼저 전송된 HP 셀들에 추가되어 영상을 복원한다. 그러므로 HP 셀에 손실이 발생하면 LP에 있는 모든 셀들은 손실이 일어나는 것을 의미하므로 LP 셀 손실은 100%로 하였다. 본 논문에서 셀 손실률의 측정은 다음과 같이 하였습니다. 버스트 기간과 평균 비트율의 위반에 대해서 버스트 기간의 위반을 모두 셀 손실로 계산하였고, 최고 비트율에서 위반에 대한 손실률은 최

고비트율을 위반하지 않았을때의 시물레이션 시간에서 위반했을 때의 시물레이션 시간을 뺀 후, 이 시간 동안에 발생할 수 있는 셀을 모두 손실되는 셀로 간주하였습니다. (그림 7)에서 HP 셀들은 손실률이 낮고 LP 셀들은 높은 손실률이 발생함을 알 수 있다. 이러한 경우 HP 셀들은 화질에 중요한 영향을 미치는 데이터로 구성되어 있으므로 복호기에서는 최소한의 기본적인 화질을 유지할 수 있다. TEST2가 TEST1보다 셀 손실률이 더 적음을 볼 수 있다. 이러한 이유는 TEST2의 셀 발생 빈도수가 TEST1보다 낮기 때문이다. 이 실험에서 데이터 스트림에 우선 순위를 두어 전송하였을 경우에는 그렇지 않을 경우보다 훨씬 좋은 영상을 보여주는 것을 알 수 있다. 그러나 β 값이 커짐에 따라 HP 셀 손실이 증가하는 것을 알 수 있다.

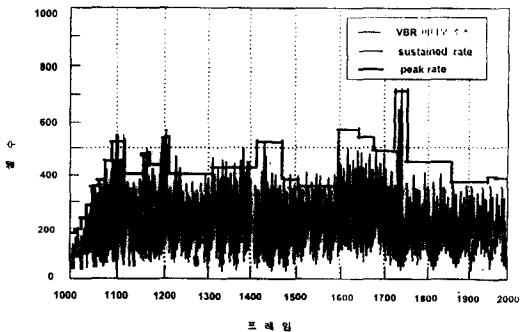


(그림 7) β 값에 따른 HP와 LP 셀 손실률
(Fig. 7) HP and LP cell loss with value of β

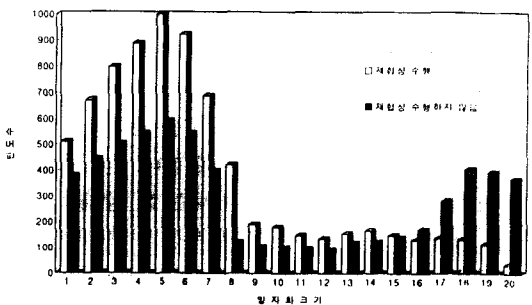
(그림 8)에서는 NIC에서 UPC 제어를 통한 대역폭 재협상을 하여 얻어진 VBR 비디오 소스의 트래픽 특성과 이 때의 평균 지속율과 최고 비트율을 보여주고 있다. 입력 트래픽들은 UPC 제어기에서 버퍼의 점유율에 따라 비트율 조절 알고리즘을 수행하여 목표 비트율을 부호화기에 전송함으로써 적당한 비트율로 재 전송하여 출력되는 트래픽 특성을 보여주고 있다. 반복적으로 UPC 재협상 알고리즘을 수행하게 되면 입력 트래픽들은 Q_{target} 에 가까운 비트율을 얻을 것으로 사료된다. 결과에서 동적인 대역폭을 할당함으로써 대역폭의 이득을 볼 수 있다.

(그림 9)은 UPC의 재협상을 하였을 경우의 양자화 값 분포도와 재협상을 하지 않는 경우의 양자화 값 분포도를 각각 보여주고 있다. 재협상을 하였을 경우의

분포도는 (그림 8)에서 발생된 입력 소스 트래픽들을 토대로 하였다. 재협상을 하였을 경우의 양자화 값은 재협상을 하지 않는 경우보다 낮은 양자화 값에서 프레임 빈도수가 증가함을 알 수 있다. 이것은 재협상을 수행함으로써 $Q_{target}(2\sim 8)$ 에 가까운 양자화 값을 가질 수 있다. 이 경우 낮은 양자화 값을 갖는 프레임 수가 많기 때문에 고화질의 영상을 얻을 수 있다. 반면에 재협상을 하지 않을 경우에는 재협상을 수행하였을 경우보다 높은 양자화 값 부분에 프레임 발생 빈도가 증가함을 알 수 있다. 이것은 $Q_{max}(15\sim 20)$ 에 가까운 값을 가지기 때문에 영상의 질이 떨어짐을 알 수 있다. 결국 망으로 셀을 전송할 때 재협상을 하지 않는 경우보다 재협상을 하였을 경우 많은 셀들을 보낼 수 있게 되어 영상의 화질 개선과 대역폭의 이득을 가져온다.

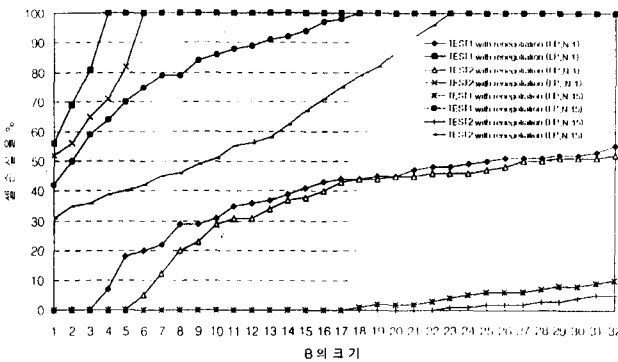


(그림 8) 동적인 대역폭 재협상을 통한 VBR 입력 소스 트래픽
(Fig. 8) VBR input source traffic for dynamic bandwidth renegotiation



(그림 9) 대역폭 재협상 유무에 따른 양자화 분포
(Fig. 9) Quantization histogram for bandwidth renegotiation or not

(그림 10)에서는 UPC 제어기에서 동적인 대역폭의 재협상을 하였을 경우의 HP 셀과 LP 셀의 손실률을 측정하였다. 재협상을 통해 대역폭을 재 할당받아 전송하였을 경우와 재협상을 하지 않는 경우를 비교할 때 HP 셀 손실률이 약 20%정도 감소함을 알 수 있다. 이는 복호시에 영상의 화질을 조금 더 개선 시켜 주었음을 의미한다.



(그림 10) 대역폭 재협상을 통한 HP와 LP 셀 손실률 (Fig. 10) HP and LP cell loss for bandwidth renegotiation

6. 결론 및 향후 발전 계획

ATM 환경에서는 통계적 다중화를 이용함으로써 기존의 망보다 대역폭을 절약할 수 있고, 균일한 화질을 유지할 수 있다. 그러나 통계적 다중화의 성질과 ATM 네트워크의 패킷 스위칭으로 인한 셀 손실 확률과 전송 지연은 실시간 비디오 서비스에서 해결해야 할 중요한 문제이다. 본 연구에서는 셀 손실시 영상의 기본적인 화질을 최소한으로 보장하고자 다음과 같은 과정을 수행하였다.

첫째, ATM망의 특성에 따라 비디오 소스의 정보를 효율적으로 전송할 수 있도록 MPEG-1 부호화기를 수정 보완하여 ATM 환경에 맞도록 HP와 LP 데이터 스트림을 갖는 2계층 구조로 설계 및 구현하였다.

둘째, 본 연구에서 설계 및 구현한 2계층 구조의 부호화기의 트래픽 특성을 분석하고, 문제점으로 제기된 β 값의 증가에 따른 HP 셀들의 손실을 줄이기 위해서 대역폭의 재협상과정을 수행하였다. UPC 제어기를 두어 버퍼의 상태를 고려한 동적인 비트율을 측정 한 후 MPEG 부호화기의 양자화 값을 조절하여 적

절한 비트율로 재 전송하는 방법을 취하였다.

실험 결과로 동적인 재협상을 통해 대역폭 이득을 얻어 약 20% 정도의 HP 셀 손실률을 줄임으로써 영상의 화질을 높일 수 있었다. 이 연구에서는 멀티미디어 시대에 부응하여 사용자들에게 고품질의 영상과 다양한 서비스가 가능하도록 MPEG 비디오 데이터에 우선 순위를 부여하고 효율적인 대역할당을 제시하여 셀 손실이 발생하는 것을 방지하였다. 본 연구가 고품질의 멀티미디어 서비스를 구현하는데 다소나마 도움이 되기를 바란다.

향후 연구 과제로는 제안한 모델에 대하여 다양한 실험 데이터에 의한 효율성의 검증과 네트워크 전체의 효율을 고려한 매개변수 제어와 UPC 제어기에서 재협상을 하였을 경우의 지연 등을 고려한 자원관리가 이루어져야 한다. 그리고 적응성을 갖기 위한 경계값을 변화시키는 동적인 스케줄링 기법에 대한 연구가 필요하며 이는 복합 정보서비스 및 광대역 통신 환경의 트래픽 제어에 이용될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Duke Hong, Tatsuya Suda, "Congestion Control and Prevention in ATM Networks", IEEE network Magazine, July 1991.
- [2] Pramod pancha and Magda El Zarki, "Prioritized Transmission of Variable Bit Rate MPEG Video", GLOBECOM pp. 1135-1139. 1992.
- [3] Chengwei Gao and James S. Meditch, "Two-Layer Video Coding and Priority Statistical Multiplexing over ATM Networks", IEEE International Conference on Communications pp. 127-136, 1996.
- [4] D. J. LeGall, "MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications", Com of the ACM, Vol. 34, April 1994.
- [5] Susanna Aign and Khaled Fazel, "Temporal & spatial Error Concealment Techniques for Hierarchical MPEG-2 video codec", Globalcom pp. 1778-1783. 1995.
- [6] O. Yamada, "An error-correcting code for data broadcasting and its error-correction capability", Signal AProcessing Image Communication 3, pp.

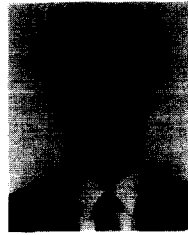
345-362, 1991.

- [7] Brian DeCleene and Pramod Pancha, Magda EL Zarki and Henrik Sorensen, "Comparison of Priority Partition Methods for VBR MPEG", INFOCOM pp. 5d.4.1-5d.4.8, 1994.
- [8] M. Ghanbari, "Two-layer Coding of Video Signals for VBR Network", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 7, No. 5, pp. 771-781, June 1989.
- [9] Pramod Pancha and Magda El Zarki, "Bandwidth Requirements of Variable Bit Rate MPEG Sources in ATM networks", INFOCOM, pp. 8a.2.1-8a.2.8, 1993.
- [10] S. Chong, S. Q. Li and J. Ghosh, "Dynamic bandwidth allocation for efficient transport of real-time VBR video over ATM", IEEE Infocom'94, pp. 81-90, 1994.
- [11] ITU-T Recommendation I.731, "Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN", Study Group XV III, Geneva, June 1992.
- [12] Setiadi Yazid, H. T. Mouftah, "Congestion Control Methods for BISDN", IEEE communications Magazine, July 1992.
- [13] Marco Conti, Enrico Gregori, and Andreas Larson, "Study of the Impact of MPEG-1 Correlations on Video-Source Statistical Multiplexing", IEEE Journal on Selected Areas in Communications. VOL. 14, NO. 7, September 1996.



윤 병 안

1994년 명지대학교 전산학과 졸업(B.S)
 1997년 숭실대학교 대학원 전산학과 석사 과정
 관심분야: 멀티미디어 통신, ATM 네트워크, 영상압축알고리즘

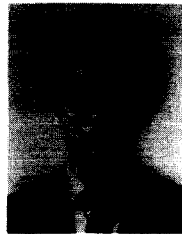


김 은 환

1990년 숭실대학교 전산학과 졸업(B.S)
 1997년 숭실대학교 대학원 전산학과 졸업(M.S)
 1997년 숭실대학교 대학원 전산학과 박사 과정
 1990년~1995년 국방과학연구소 연구원

소 연구원

관심분야: 초고속통신망, 영상처리기술 및 응용



전 문 석

1980년 숭실대학교 전산학과 졸업(B.S)
 1985년 미국 Maryland Univ. 대학원 전산학과 졸업(M.S)
 1989년 미국 Maryland Univ. 대학원 전산학과 졸업(Ph.D)

1989년 Morgan State University 조교수

1989년~1991년 New Mexico State University Physical Science Lab 책임연구원

1991년~현재 숭실대학교 전산학과 부교수

관심분야: 컴퓨터통신, 통신 Security, 병렬 컴퓨터 알고리즘, 암호화 통신, 영상압축알고리즘