

# IP기반 이동네트워크에서 실시간 비디오 트래픽 전송 메카니즘에 관한 연구

정회원 강 문 식\*, 이 준 호 \*\*

## A Research on The Real Time Video Traffic Transmission Mechanism in IP Based Mobile Networks

Moon-Sik Kang\*, Jun-Ho Lee\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 이동성 IP기반 네트워크의 혼잡노드에서 MPEG 비디오 트래픽의 효율적인 전송을 위하여 QoS를 고려한 실시간 비디오 트래픽 전송기법을 제안한다. 최근의 인터넷 사용의 확산으로 실시간 멀티미디어 서비스의 요구가 급증되고 있다. 하지만 인터넷 서비스형태는 최선형 전송기법을 제공하기 때문에, 모든 형태의 차등적 COS 트래픽을 처리하기에 어려움이 있다. 일반적으로 MPEG 데이터 계층적 코딩 기법은 이동프레임의 예측에 대한 참조 프레임을 사용하는데, 이러한 참조 프레임의 손실은 비트손실로 인한 연속적인 패킷 손실로 연계될 수 있어서 비디오 트래픽의 품질을 저하시킨다. 따라서 본 논문에서는 기존의 기법들을 분석하여 QoS를 고려한 실시간 비디오 트래픽 전송기법에 대한 연구를 수행하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여 제안된 기법의 성능을 분석한 결과 그 성능이 개선됨을 확인하였다.

**Key Words:** video traffic, real-time transmission, QoS, rate control, mobile network

### ABSTRACT

In this paper, we propose a real time QoS(Quality of Service) guaranteed transmission mechanism for MPEG video traffic at the congested node in IP based networks. Recent spread of the Internet has increased the demands of a real time multimedia service of the quality. Because the type of Internet services can, however, offer the best effort delivery strategies, it is difficult to treat all the types of traffic with differential COS (Class of Service). Most of all, the hierarchical coding method of MPEG data utilizes the reference frame for the motion prediction. The loss of the reference frames makes QoS of the video traffic degraded because the reference frame bit error causes the consecutive packet loss. Therefore we have studied the real time QoS guaranteed mechanism for video traffic by analyzing the previous methods. Computer simulation results show that the proposed scheme has better performance than the previous one.

### 1. 서 론

인터넷 사용자의 급속한 증가와 더불어 데이터 서비스 영역이 확장되고 있으며 사용자의 요구에

맞는 QoS 제공 및 멀티미디어 데이터의 신뢰적 전송을 위한 메카니즘의 필요성이 대두하게 되었다. 이를 위하여 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 인터넷 환경에서 멀티미디어 데이터를

\*강릉대학교 전자공학과 네트워크연구실(mskang@kangnung.ac.kr), \*\*서울산업대학교 전자정보공학과 (ljh@snut.ac.kr)

논문번호 : 030533-1211, 접수일자 : 2003년 12월 11일

※ 본 연구는 2002년도 강릉대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 수행되었습니다.

실시간으로 전송하기 위한 표준으로 RFC 1889와 RFC 2038, RFC 2326를 제시하였으며, 이는 인터넷을 통해 전송되는 비디오 데이터의 경우 실시간 전송 프로토콜로써 RTP/UDP를 이용한 MPEG (Moving Picture Expert Group) 데이터의 전송방식에 대한 메커니즘과 데이터 양식을 정의하고 있다. RTP(Real Time Protocol)와 RTCP(Real Time Control Protocol) 프로토콜은 자체적으로 전송에 대한 네트워크 에러상황과 전송손실 그리고 지연에 대한 정보를 제공해 줄 수 있기 때문에 혼잡노드로 인한 전송 데이터의 손실과 에러 상황에 대처할 수 있다[8][12].

MPEG1, MPEG2, MPEG4, H.261, H.263등의 비디오 데이터는 계층적인 코딩방식을 취하기 때문에 전송시의 전송 데이터의 에러 발생은 이후에 전송될 데이터에 대해서도 많은 영향을 미치게 된다. 그러므로 전송에 있어서의 신뢰성 보장이 무엇보다 필요하다고 하겠다. 이는 MPEG 데이터가 세가지 형식의 I, B, P 프레임으로 구성되어 있고, 각각의 프레임 중 B, P 프레임은 I 프레임을 통한 예측 기법을 사용하기 때문에 전송시 I 프레임에 대한 정보를 가지고 있는 패킷의 손실은 곧 B, P 프레임까지 에러상황이 파급될 수 있다. 그러므로 MPEG 데이터를 에러 없이 실시간으로 전송하기 위한 새로운 메커니즘과 참조가 되는 프레임의 품질 보장 문제가 무엇보다 필요하다고 할 수 있다 [3]. 본 논문에서는 이러한 사항들을 고려하여 특히 실시간 비디오 패킷의 전송에 초점을 맞추어 신뢰성 있는 전송 메커니즘과 참조프레임의 품질보장에 대한 메커니즘을 설계하고 그 성능을 분석한다.

## II. 트래픽 분석 및 전송율 제어

### 2.1 QoS 비디오 트래픽 흐름관리

25분 길이의 비디오 N=15, 2B, M=3의 GOP 특성을 갖는 비디오 데이터를 MPEG 데이터 포맷으로 압축했을 때 나타나는 각 프레임당, 바이트(Byte)당, 패킷당의 정보의 양을 분석해 보면, 대략적인 정보의 구성에서 프레임의 구성은 1:4:10 정도 이고, 패킷의 구성은 1:4:1.5 정도로 나타난다. 또한 프레임의 구성에서 참조프레임의 수가 상당히 적은 반면 프레임 수에 비해 전송되는 패킷수가 많은 것을 볼 수 있다[7].

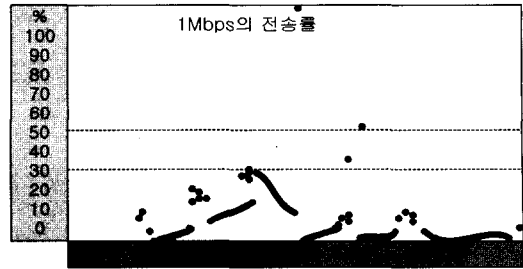


그림 1. 1Mbps의 전송률에서 손실의 변화

그림 1은 1Mbps에서의 날짜에 따른 전송 패킷 손실률의 변화를 보여준다. 여기서 날짜에 따라 네트워크의 트래픽이 손실될 확률의 분포가 다소 차이가 있음을 볼 수 있는데, 이러한 특성은 나라마다 다른 패턴이 가능하다. 신발적으로 패킷 손실의 부분이 90%이상의 값을 기록하는 경우가 있는데, 이는 백본 노드의 혼잡으로 인한 일시적인 결과라 볼 수 있다. 평균적인 패킷 손실률의 분포는 약 10~20% 범위에 위치해 있음을 알 수 있다. 패킷의 손실은 일자와 시간에 따라 다르며 업무 시간 때의 패킷 손실이 훨씬 많다. 위의 그림에서 최소 0.018%에서 100%까지의 패킷 손실이 발생하였고 이러한 측정은 25분 길이의 MPEG 데이터 전송에서의 결과이다.

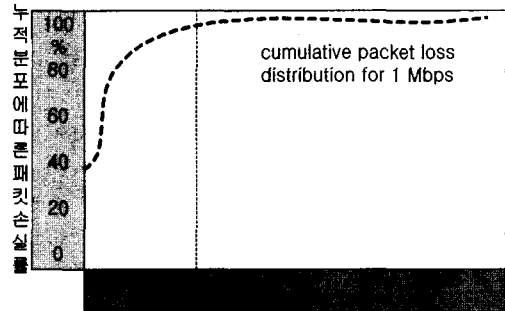


그림 2. 패킷손실률에 따른 누적분포의 영향

그림 2에서 패킷손실에 따른 누적분포의 결과에서 유의할 사항은, 패킷손실이 0%에서도 누적된 데이터 에러의 분포가 25%까지 이룬다는 것이다. 이는 패킷 손실과 구분되는 전송에러의 측면에서 전송측의 탄력적 에러전송, 은닉기술 등이 요구되고, 계층화된 MPEG의 특징이 에러누적 분포의 결과로 더 악화시키게 된다.

MPEG의 경우, 하나의 I 프레임은 여러 슬라이스로 구성되고, 이는 하나의 패킷을 구성한다. 그리고 P 프레임의 경우 예측기법을 통해서 이루어진

프레임이므로, I 프레임의 전송에러는 P 프레임의 에러 그리고 프레임의 매크로 블록에 포함된 모션 벡터(motion vector)의 에러로 실시간 비디오 데이터의 탄력적 전송을 방해하게 된다. 그러므로 참조 프레임의 정보를 가지고 있는 패킷의 손실은 여러 패킷의 총체적인 손실로 이어질 수 있기 때문에 패킷의 중요도에 따른 차등적 제어메커니즘의 제공이 필요하다[3][7][11].

### 2.2 QoS 트래픽관리 메커니즘

인터넷 환경에서 전송되는 트래픽의 흐름에 대해서 IP의 COS(Class of Service)를 적용할 수 있다. 우선적으로 제안되는 접근은 흐름당 차별성을 제공하는 것으로, IP 주소, TCP/UDP 포트(port), 목적지 IP 주소, 목적지 UDP/TCP 포트 등이 통신 세션간의 정의된 흐름을 구분하기 위한 수단으로 이용된다[6].

또 다른 QoS 제공 메커니즘의 하나는 전송층의 전송률을 제어하는 메커니즘이다[3][8][12]. 네트워크 스위칭 노드에서 혼잡이 발생했을 때 이러한 혼잡을 소스에게 알림으로써 소스에서 전송률을 줄이는 것이 필요하다. 전송률을 줄이기 위한 기법으로는 여러 가지 기법들이 고려되고 있고 특히, 전송률의 압축율을 높이는 방안들이 제안되고 있다. 이는 양자화 레벨을 높이거나 하는 방식 등으로 다소 비디오 품질을 저하시키는 부분에서 이루어 질 수 있는 기법이다[3][6].

### 2.3 전송률 제어 메커니즘

실제 전송층에서 신뢰성 있는 전송이 이루어 질 수 있도록 전송률 제어의 메커니즘이 적용되는데 그 과정은 다음과 같다.

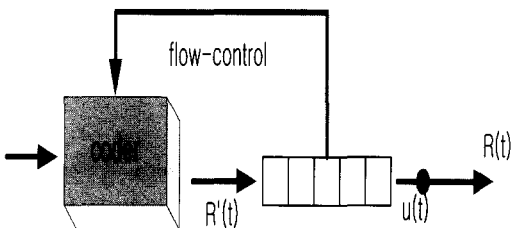


그림 3. 소스의 전송률 제어를 위한 메커니즘

그림 3에서와 같이, 부호화기에서는 특정한 비트율에서 압축된 데이터를 만들고, 이후에 버퍼를 통해서 VBR(Variable Bit Rate)특성의 비디오 데이터를 네트워크에 맞는 전송율 제어와 지연과 지터해

결에 다소 쉬운 접근을 제공하기 위해 데이터의 형태를 CBR(Constant Bit Rate)의  $u(t)$ 로 전송한다.  $R(t)$ 는 실제 네트워크상에서 전송되는 전송률로 'backpressure' 기법을 이용해서  $R(t)$ 값을 조정하고 버퍼는 전송간격을 맞추기 위해 이용한다. 네트워크의 과부하로 인한 소스의 전송률 축소는 엔코더의 양자화 레벨을 조정함으로써 압축 효율을 높이고, 전송 효율을 높일 수 있다. 또한 전송률 제어과정 중에 소스코딩의 변화되면 수신단과 네트워크에 변화된 제어 정보의 제공이 필요한데, 이것은 부호화기로부터 비트 스트림이 비동기적으로 통제되어야 한다는 것을 의미한다[3][6].

## III. RTP를 이용한 비디오 트래픽 전송

### 3.1 RTP 프로토콜 구조와 전송 프로토콜

실시간 통신을 위해서 요구되는 사항은 다음과 같다[1][2][3].

- Low Jitter, Low latency, 실시간 또는 비실시간 데이터의 쉬운 통합
- 네트워크 변화나 트래픽 상태에 따라서 동적으로 적용할 수 있는 적응력
- 큰 네트워크 환경에서도 유지될 수 있는 성능
- 높은 네트워크 성능, 이용률, 작은 오버헤드
- 네트워크 내에서 패킷당 작은 오버헤드 처리

이러한 요구들은 TCP/UDP로는 제공하기가 어렵고, RTP와 더불어 부가적인 기능들이 제공되어야 한다. 실시간 트래픽의 전송에 있어서, RTP 기능과 응용계층 기능 사이에는 밀접한 연관성이 존재한다[6]. 응용 계층 정보는 자체가 프레임체계를 가지고 있어서 MPEG의 경우 각 프레임이 프레임 헤더를 갖고, GOP가 GOP헤더를 갖는 것과 같은 체계를 가지고 있기 때문에, 이러한 응용 정보들이 RTP와 같이 연동하여 기능을 제공하도록 한다[4][5].

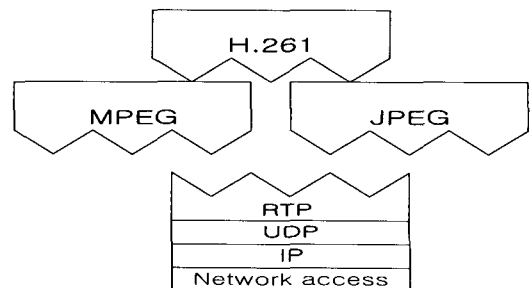


그림 4. RTP 프로토콜 구조

그림 4는 계층화된 통합 구조를 설명하고 있는데, RTP는 비연결지향 전송프로토콜의 상위에서 놓이고, UDP는 전송계층에서 포트 어드레싱 기능을 제공한다. 여기에서 RTP는 시퀀스와 같은 UDP에서 제공하지 않는 기능을 제공함으로써 RTP계층과 전송 계층간에 밀접한 연관성을 갖도록 한다.

RTP는 두 종류의 'translator'와 'mixer'라는 릴레이(relay)를 이용한다. 'Mixer'는 여러 소스로부터 RTP 패킷을 수신하고, 이러한 스트림을 하나의 스트림으로 묶어서 새로운 형태의 RTP패킷 스트림으로 전송한다. 무엇보다도 중요한 mixer의 역할은 다수의 패킷 스트림 사이에서 타이밍 정보를 제공하거나 동기화 소스로써 작용한다는 점이다. 'Translator'는 단순한 디바이스 장치로써 각 입력되는 RTP 패킷을 위해서 하나 또는 여러 개의 출력 RTP 패킷을 만들어 낸다. 패킷에서 데이터의 포맷을 바꾸거나, 다른 곳으로 데이터를 전송하기 위해서 다른 저레벨 프로토콜군을 이용한다.

### 3.2 RTCP 프로토콜을 이용한 QoS 제공 및 혼잡 제어

RTCP 패킷 또한 RTP와 같은 방식으로 동작하는데, RTP 데이터 소스와 모든 세션 참가자에게 피드백 메커니즘을 제공한다. RTCP 또한 하부 프로토콜로써 UDP를 이용하고, 별도의 포트번호를 이용한다. 세션 참가자는 주기적으로 RTCP 패킷을 모든 세션 참가자에게 발송된다. RTCP 메시지는 멀티캐스트 그룹내에서 피드백 기법을 통해 모든 세션 참가자에게 RTCP 패킷이 전송되므로 세션의 참가자 및 전송호스트는 다른 클라이언트가 얼마나 잘 데이터를 받고 있는지 알 수 있다.

### 3.3 RCCM(Receiver based Congestion Control) 메커니즘

네트워크에서 전송측의 호스트가 증가하게 되면 백본 네트워크의 진입노드에서 처리할 수 있는 처리능력 한계로 버퍼 과잉사용이나 리소스 고갈 등으로 노드의 혼잡 상황이 발생한다. 이러한 결과는 전송되는 패킷의 손실이나 큰 지연시간으로 인한 지연 그리고 지터 등으로 확인할 수 있다. 수신측에서는 RTCP 메시지를 이용하여 이러한 사항들을 전송측의 호스트에게 알려주게 된다[3][4][5][6].

전송측은 수신노드에서 전송된 RTCP 메시지의 내용에 따라 노드의 혼잡이 발생했을 때 전송측의 데이터 양을 줄임으로 혼잡을 해결할 수 있도록 하고

있다.

수신 호스트가 증가하게 되면 각각의 수신측으로부터 전송되어야 할 RTCP 메시지의 양이 제한된 링크의 리소스로 인해 상대적으로 줄어들게 되는 현상이 발생한다. 이는 곧 비디오 데이터의 전송의 경우 커다란 QoS의 저하를 초래하게 되고, 증가된 호스트로 인해 총체적으로 늘어나는 RTCP 메시지가 결국 링크의 리소스를 잠식하게 되는 결과를 가져올 수 있게 된다. 그러므로 네트워크 혼잡이 발생했을 때 즉각적으로 혼잡을 해결할 수 있고, 제어메시지로 인한 링크의 리소스 잠식을 막을 수 있는 기법의 제공이 무엇보다도 필요하다고 할 수 있다 [8][9].

## IV. 리소스 감시를 통한 실시간 전송제어기법

RCCM에 기초한 전송을 제어는 네트워크 환경에 능동적으로 대처하기에 어려움이 따른다. 그러므로 네트워크로 유입되는 흐름을 원활히 하고, 필요 이상의 지연과 지터 등을 직접적으로 막도록 하기 위해서 스위칭 노드의 버퍼 모니터링을 통한 전송제어 메커니즘이 필요하다.

### 4.1 QoS 큐 관리기법

큐 관리에서 고려해야 할 것은 패킷의 위치와 길이이며, 이것이 QoS의 제공과 COS의 제공에 가장 기본이 된다고 할 수 있다. 적당한 길이의 큐의 선택은 네트워크 리소스 사용이나 성능면에서 무엇보다도 중요하다. FIFO(First In First Out) 큐잉은 가장 기본적인 큐잉기법으로, 큐의 길이가 충분히 짧고 접대점 패킷 지연이 그리 중요하지 않을 때 단순하면서도 빠른 큐잉기법을 제공할 수 있다. 그러나 스위칭 노드의 혼잡이 발생했을 때, 우선순위 방식의 서비스를 제공하는 기법을 취하기 때문에 실시간 비디오 트래픽의 경우 차등적 QoS의 제공이 어렵다.

우선권(Priority) 큐잉은 특정 타입의 트래픽을 스위칭 노드에서 인식함으로써 차등적 서비스를 제공할 수 있는 큐잉 방식으로, 링크의 성능이 낮은 곳에서는 다소 좋은 QoS를 제공할 수 있지만 링크의 성능이 높은 백본 라우터에서는 시스템 성능의 저하를 가져와서 전체 트래픽의 QoS 저하를 가져올 수 있다. 또한 모든 트래픽의 흐름이 높은 우선권들로 구성된다면 큐에서 지연되는 시간은 일반 노드에서의 지연시간과 동일하다[6][15].

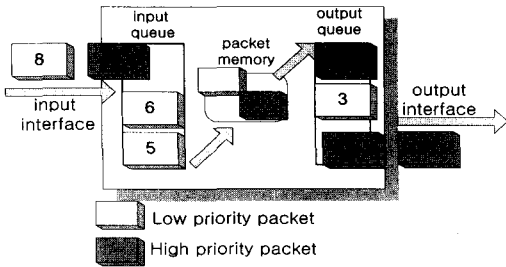


그림 5. 우선권을 이용한 큐잉 방식

#### 4.2 TOS를 이용한 차등적 서비스 제공

본 논문에서는 혼잡 시 전송되는 비디오 트래픽 흐름들에 대해 차등적 서비스를 제공하기 위해 각 패킷의 비디오 프레임정보에 따라서 차등적인 TOS(Type of Service)값을 이용하였다.

I, P, B프레임 중 모든 프레임의 참조가 되는 I 프레임은 최소의 지연을 가지고 최대의 신뢰성 있는 전송을 제공할 수 있도록 하였고, 스위칭 노드의 전송률 증가로 인해 혼잡이 발생했을 때, 즉각적인 혼잡제어와 QoS를 제공하기 위해 혼잡 시 우선적으로 폐기되도록 B 프레임에 대해서는 전송에 목적을 둔 서비스 형태로 분류하였다. 그러므로 I, P 프레임의 최소지연 보다 낮은 우선권을 갖도록 하였다. 또한, MPEG1,2 계층형 데이터 포맷의 경우, 중요한 계층의 정보는 우선권이 보장되면서 일정한 서비스 품질을 유지시킬 수 있는 서비스등급을 가지게 되고, 시그널계층의 정보들은 다소 우선권이 낮은 정보로써 취급되어 최선형의 서비스만을 제공하게 된다. 또한 음성과 영상 그리고 데이터에 대한 차등적 서비스의 우선권을 제공하게 된다. 뿐만 아니라 전송되는 비디오 데이터의 중요도에 따라서 각각의 프레임의 중요성을 고려하여 차등적인 서비스의 품질에 따라 전송된다.

이러한 차등성에 기반을 둔 전송은 하나의 전송 채널을 통해 동일한 서비스 품질을 적용해 전송하는 것보다, 중요도의 차이에 따라서 데이터를 차등적으로 전송하는 것이 더 효율적이다. 특히, 참조프레임을 통해서 원래의 프레임을 복구하고자 할 때, 움직임의 정보를 포함하는 모션벡터의 정보는 높은 우선권을 갖는 데이터로 취급되어 수신측에서 데이터의 손실로 인한 전체적인 프레임 손실을 막을 수 있다. 네트워크 환경 변화에 따라서 이러한 정보를 차등성을 갖는 정보로 분류하여 우선권이 낮은 서비스를 제공할 수 있다. 그러므로 전체적인 서비스 품질의 저하를 막고 일정 수준의 멀티미디어 서

스를 제공할 수 있게 된다.

#### 4.3 스위칭 노드의 버퍼 모니터링을 통한 매커니즘

본 논문에서는 멀티미디어 트래픽이 네트워크를 통해 전송되었을 때, 전송의 품질을 유지시키기 위한 방안으로 스위칭 노드에서의 큐(queue) 모니터링 기능과 혼잡으로 인한 참조데이터의 손실을 막기 위한 전송측의 전송률 제어 및 높은 우선권의 데이터 보호 기능으로 나누어 수행되도록 하였다. 우선, 전송되는 멀티미디어 트래픽에 대해서 차등성을 제공해주기 위한 방안으로 큐 모니터링 기능을 부여하였는데, 입력되는 트래픽이 스위칭노드에 입력되었을 때 사용되는 리소스 양에 따라서 감시기능을 수행한다. 이러한 감시기능은 노드의 리소스 부족에 의한 전체 흐름의 품질저하를 막기 위한 것이다. 즉, 데이터가 버퍼에 저장되었을 때, 리소스의 양에 따라서 전송측에 리소스 상태를 알리는 기능을 제공하게 되는데, 이는 전송측에 리소스의 양에 따라서 전송률을 줄일 수 있도록 함으로써, 앞으로의 혼잡에 대해 예방의 의미를 갖는다고 할 수 있다. 또한 본 논문에서는 리소스의 양이 일정 상태에 이르게 되면, 전송측에서 전송되는 데이터의 중요도에 따라서 차등적 서비스의 우선권을 제공할 수 있도록 함으로써 스위칭 노드의 혼잡 시 참조가 되는 데이터의 손실을 막을 수 있도록 하였다. 즉, 시그널에 대한 정보는 다소 낮은 우선권을 갖는 트래픽으로 분류하고 참조가 되는 프레임의 정보와 모션 벡터에 대한 정보는 높은 우선권을 갖는 정보로 분류하여 혼잡 시 차등적 서비스를 제공하고 전체적인 서비스 흐름에 대해서 일정한 수준의 서비스를 제공할 수 있도록 하였다.

또한 스위칭 노드의 혼잡정도에 따라 각각의 전송노드로부터 전송되어온 비디오 트래픽에 대해 스위칭을 제공하기 위해 FIFO 기법을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 진입노드의 전체적인 버퍼리소스의 양에 대한 내부 부하의 정도를 큐의 깊이에 따라서 표시하였다. 만일 전체 버퍼리소스의 양이 기준점 이상이 되어 데이터가 손실될 확률이 높아질 경우에는 전송측에 혼잡의 정도를 알리기 위해 초크(choke) 메시지를 진입 스위칭 노드에서 전송한다. 이 초크 메시지는 ICMP 메시지의 일종으로 네트워크 혼잡에 대한 상황을 즉각적으로 전송측에 알려줌으로써 네트워크 환경의 변화에 즉시 적응할 수 있도록 한다.

우선, 스위칭 노드는 전송측에서 보내지는 비디오 트래픽의 양을 버퍼모니터링을 통하여 QoS를 보장할 수 있는 과정으로 들어가게 되는데, 노드에서 사용될 수 있는 리소스의 양에 따라 차등적인 서비스를 위한 메시지를 전송측에 보내지게 한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 전송노드의 증가에 따른 전송률 증가에 대해 세단계의 큐 모니터링 기능을 부여하여 전송률 제어를 고려하였다.

스위칭 노드에서 전송된 초크 메시지의 형태는 다음과 같은 전송률 제어를 위한 메커니즘을 제공한다.

```

If  $P_n < P_{low}$ , req_rate = max(current_thruput+INC,
                                max_rate)
else if  $P_{low} < P_n < P_{high}$ ,
    (req_rate=current_thruput)&change_TOS
else req_rate = max(current_thruput/DEC,
                    Min_rate)&change_TOS
    
```

요구되는 송신측의 전송률은 세 가지의 네트워크 상태에 의존하는데, “unload”의 경우는 ‘ $P_n < P_{low}$ ’로 나타낼 수 있는데, 이는 트래픽이 스위칭 노드에 유입될 경우 리소스의 양에 따라서 데이터가 손실될 확률보다 작은 값의 양으로 데이터가 유입될 경우의 상태로, “load”의 경우는 요구 전송률은 ‘ $P_{low} < P_n < P_{high}$ ’로 나타낼 수 있는데 데이터가 스위칭 노드에 입력될 경우, 트래픽 유입으로 인한 데이터의 손실확률이 높은 손실확률을 갖는 값과 낮은 손실확률을 갖는 값의 중간 값의 리소스의 양으로 입력되었을 때의 상태” 그리고 혼잡의 경우는 ‘ $P_{high} < P_n$ ’의 경우로 나눌 수 있는데, 이는 현재 입력되는 데이터의 양이 높은 손실될 확률의 양에 비해 더 많은 데이터의 유입이 있을 때의 상태로 분류한다. 전송측에 요구하는 전송률은 “unload”의 경우에는 현재 전송되는 트래픽의 양을 현재의 트래픽 양과 INC의 증가분을 더해서 전송함으로써 전송노드의 전송률을 증가시킬 수 있도록 하였다. 이 경우 전송률 증가로 인해 수신측에서 복구할 수 있는 비디오 품질이 향상됨을 기대할 수 있다. “load”의 경우에는 요구되는 전송률을 현재의 상태를 유지하도록 함으로써 혼잡의 발생을 막을 수 있도록 하였고, 앞으로의 혼잡에 대비해 전송측의 비디오 데이터가 패킷 형태로 전송이 될 때 위에서 제시한 방식에 따라서 각 시그널 정보와 프레임에 따른 차등적 품질을 제공함으로써 만일의 혼잡에 대처하도록 하였다.

다.

전송 노드의 전송률을 제어를 위한 메커니즘은 다음의 수식에서 나타낼 수 있다.

$$\lambda_n = (P_{L\_distance} + 3\mu d_n - q_n \delta_n) / (1 - p_n) d_n - \rho_{n-1} \quad (1)$$

여기서  $\lambda_n$ 은 요구되는 전송률이고,  $d_n$ 은 round trip time,  $\mu$ 는 평균 패킷 palyback rate이다. 또한  $\delta_n$ 은 skipped되는 패킷의 수이고,  $q_n$ 은 가상(virtual) 큐의 길이,  $\rho_n$ 은 수신측에서 연속적으로 프레임을 playback할 수 있도록 전송측에 요구하는 전송률이다. 특히,  $p_n$ 은 패킷 손실의 확률로써 다음과 같은 공식을 이용하여 구할 수 있다.

$$p_n = 1 - Y_n / \rho_{n-1} \quad (2)$$

즉, 전송률 제어기간의 끝에서 수신측은 전송률을 제어하기 위한 과정을 수행하는데,  $n^{\text{th}}$ 번째 제어기간 동안 측정된 패킷의 수신률과  $n-1$ 번째의 시작에서 수신측에 의해서 요구되는 전송률의 비로써 나타낸다. 마지막으로  $P_{L\_distance}$ 는 I 프레임 사이의 거리를 말한다.

#### 4.4 제안된 Modified FIFO 큐

기존 FIFO 큐 방식에서는 들어오는 순서에 의해 서비스를 받기 때문에 노드의 혼잡이 발생하거나 리소스가 부족한 환경에서는 결국 데이터의 손실이 발생한다. 따라서 FIFO 큐잉 방식을 통해 입력되는 흐름에 대해서 차등적 서비스 제공을 할 수 있는 메커니즘의 제공이 필요하게 된다.

본 논문에서는 FIFO 큐잉 방식의 변형된 형태를 이용하여 차등적 서비스를 제공하도록 하였다. 그림 6에서는 입력되는 트래픽 흐름들에 대해서 차등적 서비스 제공을 위한 변형된 형태의 FIFO 큐잉 방식에 대한 메커니즘을 보인다. 큐 리소스 모니터에서는 인터페이스 계층을 통해서 입력된 트래픽을 상위 프로토콜 계층으로 전송되기 전에 입력 큐의 리소스 양을 모니터하게 된다. 이 기능을 위해서 큐 리소스 모니터부를 설치하였다. 노드 자신의 리소스를 모니터하는 기능과 리소스의 양이 부족하거나 혼잡의 회피를 위해 큐 제어부에 노드의 상태를 알려줌으로써 혼잡을 해결하고 처리되는 데이터에 대한 차등성을 부여하기 위한 부분이다. 즉, 출력되는 링크의 리소스가 부족하거나 필요 이상의 링크 지연이 걸리면 시그널에 관련된 데이터나 확장성에 관련된 데이터에 비해서 참조가 되는 프레임이나

높은 우선권을 갖는 데이터를 우선적으로 보냄으로써 수신측에서 일정한 수준의 품질을 유지할 수 있도록 하는 기능을 수행한다. 큐 제어부에서는 입력되는 트래픽 우선권에 따라서 필요한 만큼의 지연을 주거나, 패킷을 폐기시키는 역할을 수행하게 된다.

이러한 과정은 실시간 적으로 노드의 혼잡을 감시하는 기능으로써, 만일 노드의 리소스량이 부족할 때에 즉각적으로 상위계층의 처리과정을 거친 데이터들에 대해서 큐제어부를 통해 차등적 서비스를 제공할 수 있게 한다. 또한 앞으로 입력되는 트래픽으로 인한 혼잡을 막기 위해 소스를 통해서 전송률을 제어할 수 있도록 제어 메시지를 전송할 수 있도록 한다. 특히, 변형된 FIFO 큐잉 방식에서 큐 제어부로 알려진 정보들은 내부 트래픽 분류기에서 각 패킷이 포함하는 태그 값의 우선순위 정도에 따라서 서로 다른 출력 대기 버퍼에 저장되고, 시스템의 가상시간을 통해서 일정 시간동안 높은 우선권의 데이터에 대해서 서비스를 제공하게 된다. 즉 본 논문에서 제안하는 메커니즘은 전송률 제어의 측면과 참조프레임의 전송품질 유지를 위한 두 메커니즘의 혼합된 형태로서, 제시된 기법이 가지는 특징은 전송노드의 데이터량 증가에 따른 스위칭 노드의 혼잡이 시작되었을 때 기존 RCCM 기법의 메시지에 의존하는 것보다 보다 높은 품질의 서비스를 제공하기 위한 전송메커니즘을 제공한다고 할 수 있다. 즉, 혼잡 시 참조가 되는 데이터의 전송품질을 보장함으로써 수신측 비디오 품질을 최대한으로 보장할 수 있도록 하였다.

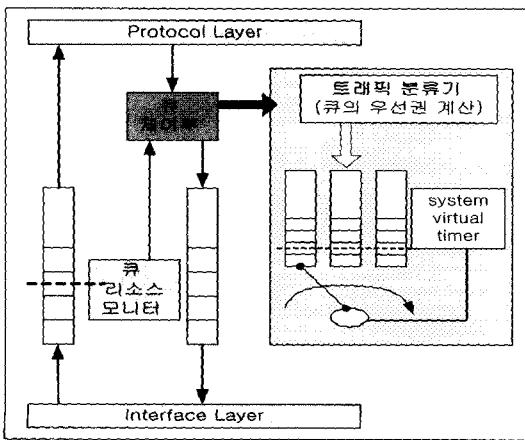


그림 6. 제안된 FIFO 큐 우선권 제공 기법

## V. 시뮬레이션 및 성능분석

### 5.1 시뮬레이션 모델 및 환경설정

시뮬레이션을 위한 네트워크 모델은 다음과 같은 구조를 갖는다. N개의 전송측 노드에서 MPEG 데이터를 M개의 수신측 노드에게 실시간으로 CBR 특성의 등시성 데이터 비디오 스트림을 전송하는 구조를 고려하였다. 또한 호스트에서 이동성을 제공하도록 스위칭 노드에 이동성을 지원해줄 수 있는 기능을 갖도록 하였다. 또한 스위칭 노드는 네트워크 리소스를 감시하고, 혼잡의 정도에 따라서 송신측의 전송률을 제어할 수 있는 전송률 제어메시지를 전송할 수 있도록 한다. 송신측에 전송률을 제어하기 위한 부분은 초크메시지를 통해서 이루어지는데, 이 초크 메시지는 ICMP(Internet Control Message Protocol) 메시지의 타입으로 네트워크 계층에서 이러한 동작을 수행할 수 있도록 하였다. 그리고 전송 프로토콜로써 RTP/RTCP를 사용하며, 수신측으로부터 전송된 RTCP 메시지는 네트워크의 환경리소스 변화에 대처하기 위해서 사용하였다. 무엇보다 이동호스트가 이동 중 데이터를 수신할 경우, 핸드오프로 인한 데이터 손실은 발생하지 않는다는 가정을 전제로 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 네트워크의 노드는 총 5개를 구성하였고, 각 전송률은 0.6~3.6Mbps 값을 갖도록 하였다.

스위칭 노드의 혼잡정도에 따른 전송메커니즘과 참조 데이터의 전송품질유지에 대한 목적으로 네트워크 시뮬레이터를(NS 2.5)를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 실시간 비디오 트래픽 전송의 경우, 상호 양방향 비디오 전송에 초점을 맞추지 않은 단방향 비디오 전송을 목적으로 해서, 최대 비디오 전송의 지연시간을 100ms로 설정하였다.

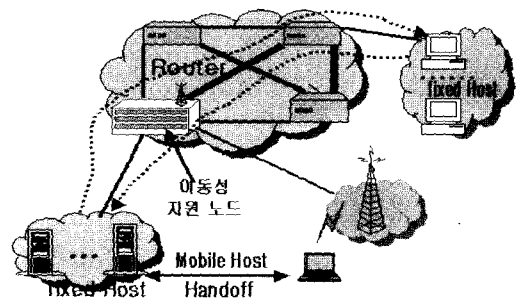


그림 7. 시뮬레이션 네트워크 모델

또한 가변전송률의 비디오 데이터를 링크상에서 전송하기 위해 전송측의 비트율 제어부에서 등시성 CBR 특성에 맞추어 전송할 수 있도록 하였다. 이는 네트워크에서 전송도중 발생할 수 있는 지연과 지터의 예측 및 관리가 쉽도록 하고, 링크성능에 적합한 전송률을 제공함으로써 일정한 비디오 품질이 될 수 있도록 하였다.

데이터를 전송하기 위한 노드는 총 5개로 각 노드가 서로 다른 전송률에서 데이터를 전송할 수 있도록 하였다. 각각의 노드는 또한 링크의 성능은 100ms의 지연을 갖고, 진입노드에서 수신되는 모든 트래픽에 대해 FIFO 큐잉 기법을 이용하여 전송 비디오 트래픽의 성능을 시뮬레이션 하였다. 전송되는 비디오 프레임의 시퀀스는 N=15, 2B, M=3의 GOP를 이용하였고, RFC 2250의 표준에 권고된 방식에 따라 10바이트의 RTP 헤더와 4바이트의 MPEG헤더로 데이터 헤더 형식을 구성하였다[5]. 전송되는 패킷에 대해 전송에러의 확률을 줄이고, 네트워크의 최대 리소스 활용 측면으로 IP 패킷은 최대 1450 바이트로 제한하였고, 이러한 크기의 제한은 B 프레임이 하나의 IP 패킷에 포함될 수 있도록 할 수 있는 크기이다. 전송 중에 발생할 수 있는 에러 탄력성(error resilient)측면에서 모든 시퀀스 헤더, GOP 헤더, 프레임 헤더는 하나의 패킷에 구성될 수 있도록 하였다[3][7][9].

### 5.2 시뮬레이션 결과 및 성능분석

그림 8에서는 RCCM 기법의 하나로 RTCP 메시지에 따른 전송률 제어과정을 수행하였을 때 스위칭 노드에서 나타나는 성능의 변화를 나타낸다. RCCM에 기반한 전송이 비흐름제어에 비해서 수신측 호스트에서의 데이터 수신성능이 우수함을 보이는데, 이는 수신측에서의 전송률에 따른 기복의 변화가 크지 않다는 것을 의미한다. RCCM 기법의 성능이 다소 비흐름제어에 비해 성능개선을 보인다. 그러나 이는 혼잡이 발생했을 때 즉각적인 혼잡제어의 어려움을 의미하며, 이로 인한 스위칭 노드에서의 모든 노드가 링크의 리소스 공유를 위한 부드러운 흐름을 가지지 못하는 단점이 있게 된다.

그림 9는 제안된 기법과 기존의 RCCM 기법 그리고 비흐름 제어의 기법에 대해서 성능을 비교한 결과이다. 제안한 기법은 스위칭 노드에서의 전송 스트림을 유연하게 전송하기 위해 리소스 감시를 통한 비디오 트래픽의 전송기법을 사용함으로써 기존의 수신측에 기반한 전송에 비해서 최저의 성능에

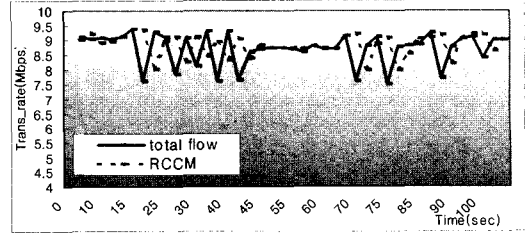


그림 8. 비흐름제어와 RTP/RTCP 성능 비교

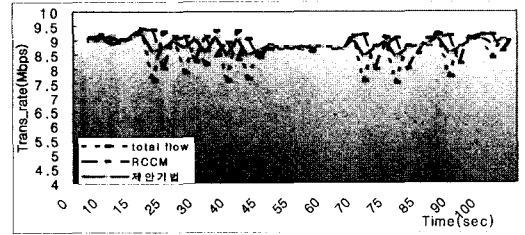


그림 9. 제안된 기법과 기존기법의 노드 성능 비교

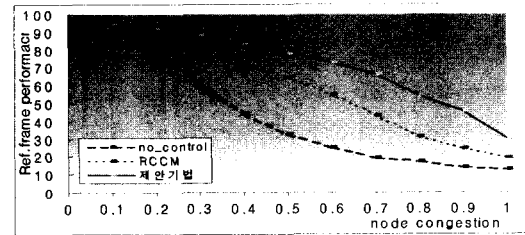


그림 10. 참조 프레임의 성능 비교

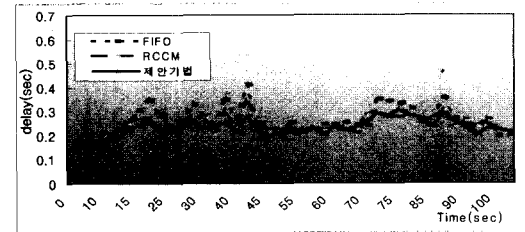


그림 11. 전송지연에 따른 성능분석

도달하기 전에 혼잡제어를 통해 다소 빠른 흐름제어가 가능하다. 이는 전송노드에서 전송되는 데이터 양이 순간적으로 증가하거나 전송노드의 증가로 전송되는 데이터의 양이 늘어나게 되었을 때 혼잡상황에 대해 다소 부드러운 전송이 가능한데, 제안된 기법에서처럼 수신측에서 수신되는 트래픽의 흐름이 심한 기복을 보이지 않을 경우에 QoS측면에서 전송되는 비디오 트래픽에 대해 전송품질을 일정한 수준으로 유지시킬 수 있다.



제한한 참조 프레임에 대한 성능을 다른 기법들과 비교한 결과를 그림 10에서 보여준다. 다른 기법은 각각 QoS에 있어서의 차이를 보인다. 비혼잡 제어 기법의 경우 스위칭 노드에서 혼잡이 발생했을 때, 혼잡을 해결할 만한 메커니즘이 제공되지 않기 때문에 버퍼의 과도사용에 따른 모든 데이터에 대해서 폐기시키게 되고, 이로 인하여 전송되는 참조 프레임의 전송 품질을 유지할 수 없게된다. 따라서 전체적인 비디오 품질에 있어서 일정수준의 값을 유지할 수 없음을 확인할 수 있다.

RCCM 기법에 의한 메커니즘은 비 혼잡제어 기법에 비해서 다소 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있었으며, 이는 스위칭 노드에서 혼잡발생시 수신노드에 의한 RTCP 메시지를 이용함으로써 전송률을 제어할 수 있는 메커니즘 때문이다. 그러나 이 기법 또한 노드의 혼잡이 발생했을 때 즉각적인 혼잡에 대한 해결책을 제공하지 않기 때문에 네트워크 상황에 능동적으로 대처할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 또한 수신호스트가 증가할 경우, 각각의 호스트당 전송되는 RTCP 메시지의 양이 줄어들게 때문에 각각의 흐름에서 오히려 수신 호스트 증가로 인해 전체적으로는 흐름의 QoS가 저하되는 결과가 초래될 수 있다.

제한된 기법에서 노드의 혼잡에 따른 참조프레임의 성능은 기존의 기법들에 비해서 우수한 성능을 보였다. 이는 리소스 모니터링 기법에 의해서 혼잡의 초기에 이를 처리함으로써 스위칭 노드의 혼잡이 발생했을 때 참조프레임의 손실로 인한 중속적인 QoS의 저하를 막을 수 있기 때문이다. 또한 혼잡 이후에 전송되는 비디오 데이터의 QoS를 유지시켜주기 위해 혼잡의 초크 메시지의 수신 이후에는 혼잡의 정도에 따라서 전송되는 비디오 데이터의 프레임 타입에 따라서 차등적 서비스 품질을 제공할 수 있도록 함으로써, 참조 프레임의 손실로 인한 총체적인 서비스의 품질 저하를 최소화하였다. 네트워크 상황에 따른 즉각적인 제어 메커니즘을 적용함으로써 실시간 비디오 트래픽에 대해서 신뢰성을 보장하는 전송을 가능하게 할 수 있음을 확인하였다.

그림 11은 기존 기법과 제안된 기법에서의 스위칭 노드를 거쳐 수신측 호스트에 데이터가 수신되었을 때 나타나는 지연의 변화에 대해서 나타난 결과 그림이다. 기존의 전송률 기법에서는 스위칭 노드에서 혼잡이 발생했을 때 버퍼에서 지연되는 시간이 길고, 혼잡이 발생했을 때 패킷이 손실되는 결

과로 인해서 변화가 큰 지연시간을 보인다. RCCM에서의 전송지연은 혼잡이 발생했을 때 5초에 한번씩 혼잡상황과 지연, 지터에 대한 정보가 전송측에 전송되므로 추가적인 데이터 전송률을 줄일 수 있기 때문에 혼잡이후에 데이터 전송률의 축소로 증가되는 지연값의 분포가 다소 비혼잡 기법에 비해서 적은 값을 갖는다. 그러나 제안된 기법에서의 전송 데이터에 대한 지연의 변화는 스위칭 노드에서의 리소스 모니터를 통해 사전 전송제어 과정과 혼잡 시 우선권이 낮은 전송 데이터에 대해서 폐기하거나 또는 높은 우선권의 데이터를 먼저 전송하게 됨으로 비교적 전송 지연의 변화가 적은 값을 갖는다. 제안된 기법은 혼잡 시 데이터 복구의 우선이 되는 데이터를 혼잡 또는 링크의 리소스 사용에 제약이 있을 때 먼저 전송할 수 있도록 함으로써 수신측에서의 실시간성을 고려한 데이터전송에 적합함을 확인하였다.

## VI. 결론

본 논문에서는 인터넷 환경에서 호스트에서 전송 노드에서 실시간 비디오 데이터 전송시 QoS의 품질을 보장할 수 있는 기법을 제안하였으며, 제안된 기법은 진입 스위칭 노드에서 즉각적인 혼잡제어를 위해 버퍼 감시기법을 이용하였고, 혼잡의 정도에 따라서 각기 다른 초크(choke) 메시지를 전송할 수 있도록 하였다. 시뮬레이션은 환경적이 제약을 감안하여, 실제 MPEG 데이터는 네트워크를 통해서 전송될 때 VBR 전송의 특성을 갖지만, CBR의 특성을 고려하였고, 또한 노드에서 데이터의 발생이 동시에 가능하도록 하였다. 그리고 각 소스에서 전송되는 데이터의 양을 노드마다 고정적으로 할당하였으며, 실제 인터넷 환경에서의 지연 및 지터 등의 값들에 대해서 일률적으로 값을 할당하였다. 시뮬레이션 결과, 기존의 비혼잡 제어 기법이나 RCCM 기법에 비해서 노드의 혼잡시 리소스 감시를 통한 즉각적인 혼잡제어가 가능하여 전체적인 향상된 서비스 품질의 제공이 가능함을 확인하였다. 이는 스위칭 노드의 혼잡이 발생했을 때, 계층적인 방식의 MPEG 데이터에 대해서 서비스 품질에 영향을 미칠 수 있는 참조프레임의 QoS 보장으로 혼잡이 발생했을 때 소스의 전송률을 줄이는 기법과 혼잡정도에 따라 프레임의 정보에 따른 각기 다른 우선권을 제공함으로써 가능하였다. 본 연구의 결과를 기반으로 하여 향후, 다양한 이동 네트워크 환경에서

고품질, 고성능 실시간 비디오 데이터 전송 메커니즘에 대한 연구가 지속될 예정이다.

### 참 고 문 헌

[1] H. Schulzrinne et al., "RTP: A Transport Protocol for Real Time Applications," IETF RFC 1889, Jan. 1996

[2] Van Jacobson, "Compressing TCP/IP Headers for Low Speed Serial Links", RFC 1144, Feb. 1990

[3] Mikael Degermark, Bjorn Nordgren, Stephen Pink, "IP Header Compression", RFC 2507, Feb. 1999

[4] Stephen Casner, Van Jacobson, "Compressing RTP/UDP/IP Headers for Low Speed Serial Links", RFC 2508, Feb. 1999

[5] Perkins, *RTP: Audio and Video for the Internet*, Addison-Wesley, 2003

[6] "Procedure for Evaluation of Transmission Technologies for FPLMTS", ITU R TG8 1,8 1/TEMP/233 E, September 1995

[7] Solomon, J. D., *Mobile IP: The Internet Unplugged*, Prentice Hall, New Jersey, 1998

[8] Perkins, C. E., *Mobile IP: Design Principles and Practices*, Addison-Wesley, Massachusetts, 1998

[9] W. Simpson, "PPP in HDLC Like Framing," IETF RFC 1662, July 1994

[10] M. Kang, "이동성 IP 기반 네트워크에서 헤더 압축기법을 이용한 효율적인 비디오트래픽 관리 기법", 한국통신학회논문지, 제26권, 제9A호, 2001

[11] RFC 2002 : IPv4 Mobility Support

[12] RFC 2473 : Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification

[13] M. Engan, et al, "IP Header Compression for PPP," IETF RFC 2509, Feb. 1999

[14] Procedures for Evaluation of Transmission Technologies for FPLMTS, ITU R TG8 1,8 1/TEMP/233 E, Sept. 1995

[15] Krishna Balachandran. et al. "A Proposal for EGPRS Radio Link Control Using Link Adaptation and Incremental Redundancy",

Bell Labs Technical Journal. July Sept. 1999

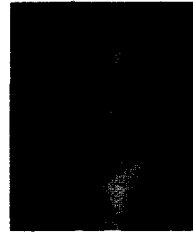
[16] "Procedure for Evaluation of Transmission Technologies for FPLMTS," ITU R TG8 1, 8 1/TEMP/233 E, Sept. 1995

[17] ETSI, "General Packet Radio Service (GPRS); Mobile Station (MS) Base Station System (BSS) Interface; Radio Link Control/Medium Access Control (RLC/MAC) Protocol(GSM 04.60)," tech. Spec. V8.1, Sophia Antipolis, France, Nov. 1999

[18] T.W Ban et al., "IMT 2000에서 이중모드 패킷데이터 서비스의 성능분석", 한국통신학회논문지, 제26권, 제9A호, 2001.

강 문 식(Moon-sik Kang)

정회원



1993 ~ 현재 : 강릉대학교  
정보전자공학부 교수  
제26권 9A호 참조

<관심분야> Broadband Networks, Wireless QoS Networks

이 준 호(Junho Lee) 정회원



1998 ~ 현재: 서울산업대학교  
전자정보공학과 부교수  
제28권 11B호 참조

<관심분야> 고속 인터넷 프로토콜, Mobile IP