

# 위성 ATM 망에서 압축된 비디오 트래픽의 ABR 서비스에 미치는 영향

정희원 김성철\*, 이상은\*\*

## The Effect of Compressed Video Traffic over ABR on Satellite ATM Networks

Seong-Cheol Kim\*, Sang-Eun Lee\*\* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 위성 ATM 네트워크에서 장거리 의존성(Long-Range Dependent) VBR 트래픽이 존재할 경우에 있어서 ABR 서비스를 통한 비디오 트래픽의 성능에 대하여 고찰하였다. 인터넷을 이용하는 트래픽 중 압축/부호화된 비디오 트래픽이 급증하고 있는 가운데 제한된 네트워크 자원을 이용하여 이러한 비디오 트래픽들의 효과적인 전송을 위한 연구가 다각적으로 이루어지고 있다. 본 논문에서는 ATM 네트워크에서 ABR 서비스를 이용한 비디오 서비스 전송에 대해, 특별히 갈수록 무선 통신을 이용한 서비스가 확산되고 있는 것을 고려하여 위성 ATM 네트워크 환경에서 여러 문제점들을 고찰하였다. ATM 포럼에서 제정된 서비스들 중에 비디오 트래픽 전송을 위해 CBR 혹은 VBR 서비스가 있지만, 데이터 서비스를 우선으로 하는 ABR 서비스는 약간의 대역폭, 즉 최소셀율(Minimum Cell Rate: MCR) 만으로도 연결이 설정되며, 특히 피드백 메커니즘을 이용하여 소스의 데이터 전송율을 조절할 수 있으므로 네트워크의 부하에 따라 비디오 서비스의 질을 조절할 수 있는 응용에서는 커다란 장점을 가지게 된다. 본 논문에서 사용된 장거리 의존성 VBR 트래픽으로는 압축된 비디오 소스가 사용되었다. 이 압축된 비디오 소스는 MPEG-2 전송 스트림과 유사하도록 모델링 되어 있다. MPEG-2로 압축된 비디오 트래픽 스트림은 다른 비트를 갖는 세 개의 다른 종류의 프레임 즉, I-프레임, P-프레임, B-프레임으로 구성된다. 따라서 네트워크가 혼잡 상태일 경우에는 위와 같은 MPEG 비디오 스트림의 특성을 이용하여 송신측의 셀 전송을 조절하여 서비스의 질을 조절함으로써 미연에 셀 손실을 막는 방법을 사용할 수 있다. 우선 순위가 높고 사용 대역폭에서의 높은 변이를 가진 VBR 트래픽으로 인하여 TCP 트래픽을 전송하는 ABR 트래픽들이 사용할 수 있는 대역폭의 용량 변이가 매우 높다. 따라서 요구되는 서비스의 질(QoS: Quality of Service)을 만족하기 위하여 스위치에서 많은 버퍼가 필요하다. 더욱이 피드백 지연이 큰 위성 ATM 네트워크에서는 지연에 비례하는 만큼의 버퍼를 필요로 한다. 본 논문에서는 이러한 변이가 심한 VBR 트래픽이 존재할 경우에 스위치에서 ABR 트래픽을 위해 필요한 버퍼에 대하여 EFCI와 ER 스위치(ERICA+)와 같이 서로 다른 구조를 가진 ABR 스위치들 간의 비교 뿐 아니라 VBR 트래픽이 ON-OFF 인 경우와의 비교도 이루어진다.

### ABSTRACT

In this paper we consider the performance of TCP video traffic over ABR with Long-Range Dependent VBR traffic. As compressed/coded video traffics are increasing rapidly over Internet, lots of studies are being done for transmitting those traffics efficiently using limited network resources. We consider here the transmitting video

\* 상명대학교 정보통신학부(sckim@pine.sangmyung.ac.kr)

\*\* 상명대학교 정보통신대학원(selee@poplar.sangmyung.ac.kr)

논문번호 : 99094-0311, 정수일자 : 1999년 3월 11일

본 연구는 정보통신부 대학기초 연구지원사업(97-G-0456)에 의한 연구결과입니다.

service over ABR service in ATM networks, especially satellite networks. CBR or VBR services are suggested in transmitting the video traffic in ATM Forum TM 4.0. But ABR service connection, which is considered as appropriate service for data traffic, can be established with a small amount of bandwidth, MCR (Minimum cell rate). Furthermore ABR service can control the source's transmitting rate using feedback mechanism. Using this feature ABR service can be used in some applications which can control their quality of services corresponding to network loads. Compressed video sources with MPEG-2 are used for Long-Range Dependent VBR traffic here. We model the compressed video source to resemble the MPEG-2 transport streams. These compressed video traffic streams are consisted of three different frames, I-frame, P-frame, and B-frame. So when a network are overloaded, we can control the quality of service using this traffic features. TCP Traffics over ABR need large buffers in ATM switch to satisfy their QoS with background VBR traffics, which have high deviations in bandwidth. Furthermore satellite ATM networks with large feedback delay need large buffers corresponding RTT delay. The performance comparisons among EFCI and ER switch (ERICA+) switches in the network circumstances described above were shown in this paper. We also considered the case with ON-OFF VBR traffics.

## I. 서론

인터넷의 급격한 성장과 여러 다양한 어플리케이션의 등장, 그리고 네트워크 기술의 광대역화, 고속화로 인해 현재 인터넷 네트워크 상에는 멀티미디어 특히 비디오 트래픽이 폭주하고 있으며, 이에 대한 해결 방안으로 초고속 정보 통신망의 핵심 기술인 비동기 전송모드(Asynchronous Transfer Mode: ATM)를 이용하여 이와 같이 폭주하고 있는 비디오 트래픽을 전송하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. ATM 기술은 음성, 비디오, 데이터 응용을 지원하며 서비스의 질을 보장하는 것을 목적으로 하는 네트워크 기술이다. 원래 ATM은 낮은 지연과 낮은 에러율을 제공하는 광전송을 위하여 설계되었다. 이러한 ATM 네트워크에서는 다음과 같은 여러 종류의 서비스를 제공하고 있다. 즉 항등비트율(Constant Bit Rate: CBR), 가변비트율(Variable Bit Rate: VBR), 가용비트율(Available Bit Rate: ABR), 미명비트율(Unspecified Bit Rate: UBR), 그리고 최근에 제정된 보장 프레임율(Guaranteed Frame Rate: GFR) 서비스들이다. 이 중에서 가용의 링크 대역폭은 CBR과 VBR서비스들에 우선적으로 할당되고 남은 대역폭을 ABR, UBR, 그리고 GFR 서비스 등이 사용한다. 특히 ABR서비스는 남은 대역폭을 충분히 사용하기 때문에 전체 링크의 효율을 높인다. 그러나 ATM 포럼에서 제정한 이러한 종류들의 서비스만으로는 서비스의 질(QoS)을 보장하는 것을 장점으로 하는 ATM 네트워크에서는 해결해야 할 많은 문제점을 가지게 된다. ATM 포

럼의 트래픽 관리 규격서 TM 4.0[1]에 의하면UBR을 제외한 네 가지 서비스들은 각각의 트래픽 파라미터들과 서비스 질(QoS) 파라미터들을 가지게 된다. 만약 이 중의 어떠한 서비스를 원하는 어플리케이션은 자신의 트래픽 특성과 ATM 네트워크와의 협상을 통해서 적절한 대역폭을 할당받게 된다. 그러나 이러한 각각의 특성에 맞는 트래픽을 여러 트래픽 특성으로 구분하는 것은 ATM 포럼의 표준화에는 기술되어 있지 않고, 스위치를 구현하는 제조업자에 맡겨진다. 따라서 실제의 네트워크를 운영하는 운용자 입장에서는 많은 트래픽들을 고유의 특성에 따라 적절히 구분하는 것이 중요하다.

현재 인터넷을 통한 많은 서비스들 중에 갈수록 비디오 서비스가 증가하고 있다. 이 비디오 서비스 중에 주문형 비디오의 경우, 압축/부호화된 비디오 정보를 서버에서 클라이언트로 보내주는 서비스이다. 현재 ATM 포럼에서는 이러한 주문형 비디오와 같은 비디오 트래픽의 경우에는 항등비트율(CBR: Constant Bit Rate) 서비스를 권하고 있다. 이 CBR 서비스에서는 협상된 최대 셀율(PCR: Peak Cell Rate)을 보장하기 위하여 우선적으로 자원을 할당한다. 즉 그 트래픽이 받아들여지면, 서비스가 계속되는 동안 최대셀율(PCR)은 네트워크로부터 보장받게 된다. 그런데 여러 어플리케이션들의 트래픽 특성들은 단일 트래픽이 하나의 ATM 가상 채널을 할당받을 경우와 여러 트래픽들이 합하여서 하나의 가상 채널을 할당받을 때에는 논리적인 합이 성립되지 않는다. 어떠한 트래픽들은 합쳐질 때 요구하는 네트워크 대역폭이 단일의 트래픽들 하나 하나가 요구하는 네트워크 대역폭보다 적을 경우가

있다. 따라서 그러한 트래픽들의 특성을 파악하는 것이 네트워크 자원의 효율을 높이는 데 중요한 요소가 된다. 본 논문에서는 많은 어플리케이션 트래픽들 중에서 특별히 여러 압축된 비디오 트래픽들을 하나의 VBR 트래픽으로 모델링하여 이 VBR 트래픽의 TCP 트래픽을 ABR로 서비스할 때의 문제점들에 대하여 고찰하였다. 여기에서 사용되어지는 이 압축된 비디오 소스는 MPEG-2 전송 스트림과 유사하도록 모델링 되어진다. 이와 같이 MPEG-2로 모델링한 이유는 다음과 같다. MPEG-2로 압축된 비디오 트래픽 스트림은 다른 비트를 갖는 세 개의 다른 종류의 프레임들인 I-프레임, P-프레임, B-프레임으로 구성된다. 이 때 I-프레임은 화면 내 모든 정보를 압축하기 때문에 용량이 크고, P-프레임과 B-프레임을 복원할 때 중간분이 되는 프레임들이기 때문에 전송 시 손실이 발생하면 수신측의 서비스 질이 저하된다. 그러므로 네트워크가 혼잡 상태일 경우에는 위와 같은 MPEG 비디오 스트림의 특성을 이용하여 송신측의 셀 전송을 조절하여 미연에 셀 손실을 막는 방법을 사용할 수 있다. 한편 ABR 서비스는 우선 순위가 높은 CBR 혹은 VBR 서비스 트래픽이 사용하고 남은 대역폭을 사용하므로, 사용 대역폭의 변이가 높은 VBR 트래픽이 존재할 경우에는 ABR이 사용할 수 있는 대역의 변이가 높게 된다. 이러한 경우에 스위치에서의 요구되는 버퍼의 크기가 ABR 트래픽 제어 메커니즘을 달리하는 스위치들에 따라서 어떻게 변하는가를 알아보는 것이 이 논문의 주된 목적이다. 특별히 멀티미디어 통신의 확산으로 비디오 트래픽 전송이 급격히 증가하는 상황에서 데이터, 텍스트 등의 다른 트래픽 보다 훨씬 큰 대역폭을 필요로 하는 비디오 트래픽을 압축한 것들을 VBR 트래픽으로 모델링하여 그의 영향을 알아보는 것이 매우 효과적인 대응이 될 것이다. 본 논문에서는 이러한 백그라운드 VBR 트래픽들의 영향 등이 모의 실험을 통하여 보여지는데, 이 모의 실험에서는 미국 표준연구소(National Institute of Standards and Technology: NIST)에서 제공하는 ATM 네트워크 시뮬레이터를 수정하여 사용하였다. 특히 이 시뮬레이터에서 구현되어지는 ATM ABR 스위치로 ATM 포럼에 기술되어진 대표적인 두 가지 방식인 EFCI 스위치와 ER 스위치를 사용하여 결과를 비교하였다. 네트워크에서의 혼잡상태를 스스로 알리는데 있어서 묵시적 방식의 EFCI(Explicit Forward Congestion Indication) 스위치로는 NIST EFCI 스위치가, 명시적인

방법의 ER(Explicit Rate) 스위치로는 오하이오 주립대의 ERICA+(Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance+) 스위치를 사용하였다. 이는 서로 다른 ABR 트래픽 제어 메커니즘을 가지는 스위치들간의 비교를 위함이다.

이와 관련된 연구들로는 여러 개의 VBR 트래픽이 백그라운드에 있을 경우에 TCP 트래픽의 ABR 서비스를 이용해 전송하는 것에 대한 연구가 [2]에 기술되어져 있고, 위성 네트워크에서의 UBR과 ABR 서비스를 사용하여 전송할 경우에 대한 연구가 [9]에서 이루어 졌다. 따라서 본 연구는 위에 언급한 연구들의 연속으로서 ABR 서비스를 이용한 비디오 트래픽의 위성 네트워크에서의 전송시의 여러 문제점들을 시뮬레이션을 통하여 고찰하는 것을 목적으로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 다음 장에서는 위성 ATM 네트워크에서 트래픽을 전송할 때의 고려 사항 등에 대하여 기술하였고, 제3장에서 압축된 비디오 소스의 VBR 트래픽 모델링에 대하여 고찰하였다. 또한 이 논문의 모의실험을 위한 네트워크 구성 및 모의 실험 결과에 관한 것이 제4장에 기술되어 있고, 마지막으로 향후 연구 등에 대한 결론이 제5장에 기술되어 있다.

## II. 위성 ATM 네트워크에서의 트래픽 전송

위성 ATM 네트워크는 원거리에 있는 곳으로의 광대역 액세스와 광통신 기반의 백본 네트워크의 대안으로 사용될 수 있다. 그러나 위성 스위치에서의 제한된 용량 때문에 지상에 있는 터미널에서는 제한된 가상 채널만을 사용해야 한다<sup>[8]</sup>. 이러한 제한 이외에도 지상 터미널에서 위성 ATM 네트워크를 통한 데이터를 전송하는데 있어서 해결해야 하는 많은 문제점들이 있다. 특히 데이터 전송을 트랜스포트 제어 프로토콜 (Transport Control Protocol: TCP)을 사용하여 보낼 경우, TCP 특유의 혼잡제어 메커니즘에 의하여 스위치에서 요구되는 버퍼의 크기가 병목으로 작용할 수 있다<sup>[9]</sup>. 즉 긴 지연 시간을 갖는 위성 망 구성에서 최대 버퍼의 크기를 결정하는데 있어서 왕복 간 보다는 상대적으로 피드백 지연이 더 큰 영향을 미친다. 예를 들어 피드백 지연이 10ms일 경우, ERICA 스위치를 사용하여 TCP 트래픽을 사용한다면 약 3670 셀에 해당하는 반면, 피드백 지연이 550ms일 경우에는 필요한 버퍼의 크기는 20185셀을 수용할 수 있어야 된다. 이

것으로 미루어서 위성 ATM 스위치는 이러한 지연이 상대적으로 큰 경우 셀 손실을 피하기 위하여서는 적어도 하나의 피드백 지연에 해당하는 버퍼 크기를 가져야 한다. 그러나 이러한 크기의 버퍼를 가지는 지상에서의 스위치를 볼 수 없으므로 위성 ATM 스위치는 그러한 크기의 버퍼를 피하기 위하여 ATM 포럼에서 제정한 가상 소스/가상 목적지(VS/VD) 옵션을 가져야 한다. 이에 대한 자세한 것은 [10]에 기술되어 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제가 되는 지연을 가진 위성 ATM 네트워크에서 트래픽을 전송할 때, 특별히 상대적으로 큰 대역폭을 필요로 하는 비디오 트래픽을 전송할 때 스위치에서 필요한 버퍼의 크기의 트래픽 특성에 따른 변화를 고찰해 본다.

### Ⅲ. 압축된 비디오 소스의 VBR 트래픽 모델링

비디오 트래픽들은 부호화되기 전에 미리 각종의 표준화 방식에 의한 몇 가지 절차를 거친다. 그 중에서 모든 표준화 방식들이 가지는 공통적인 것이 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸는 A/D 변환이다. 디지털화된 비디오 신호들은 명시된 응용에 맞도록 적절한 포맷으로 바뀌게 된다. 수신측에서는 수신된 비디오 신호를 재생하기 전에 역으로 몇 개의 단계를 거쳐야만 한다. 일반적으로 비디오 코딩은 중복성 및 부적절성 제거라는 두 개의 원칙에 기반을 둔다. 중복성의 제거는 비디오 신호로부터 중복된 정보를 제거하는 것이고 부적절성 제거는 사람의 귀와 눈의 특성에 맞추어 수신되어도 귀와 눈으로 인식하지 못하는 비디오 신호 정보를 제거하는 것이다. 또한 최근의 비디오 코딩 방법들은 비디오 신호들에서의 공간적 및 시간적인 상관 관계를 이용한다. 공간적 상관성이란 하나의 비디오 스트림에서 서로 다른 화상 해상도를 제공하는 것을 말한다. 즉 기본 계층 비디오 정보와 향상분 계층 정보를 분리하여 보낸다. 이는 인접한 픽셀들은 서로 상호간의 정보 있어서 차이가 별로 없다는데 기반을 둔 것이다. 시간적 상관성은 하나의 비디오 스트림에 있어서 전송율을 다르게 하는 것이다. 기본 비디오 화상을 제공하는 기본 계층 정보와 더 높은 프레임율을 얻기 위한 증가분 계층 정보를 합치는 것이다. 이의 응용으로 영상 통신을 들 수 있는데 여기에서 1초간 30 프레임을 전송함에 있어서 30 프레임들 중 앞 뒤 프레임들 사이에는 거의 유사한 정보를 가지는 성질을 이용하여 전송되는 정보를

줄일 수 있다.

압축된 비디오를 모델링하는 많은 연구들이 이루어져 왔다. 압축된 VBR 비디오는 근원적으로 장거리 의존성 특성을 가지는 것을 [2]에서 볼 수 있고 또한 여러 트래픽 분포의 합은 VBR 비디오 트래픽을 모델링 하는데 필요한 것을 [3,7]에서 보여주고 있다. 그러나 네트워크 상에서의 비디오 트래픽은 다중화, 재형상 방법, 피드백 방법, 그리고 사용되는 서비스 종류 등에 의하여 영향을 받는다<sup>[3,5,6]</sup>. 그러나 아직 ATM 네트워크에서의 확실한 비디오 트래픽 모델링은 발견되지 않았다. 따라서 본 논문에서는 VBR 트래픽으로써 MPEG-2 전송 스트림과 유사하도록 한 모델을 사용하였다. MPEG-2로 압축된 비디오 트래픽 스트림은 다른 비트율을 갖는 세 개의 서로 다른 종류의 프레임 즉, I-프레임, P-프레임, B-프레임으로 구성된다. I-프레임은 비디오 순차에 있어서 어느 다른 화상에 대한 어떠한 정보도 가지지 않고 부호화 된다. 즉 기본 계층 정보를 가지는 프레임이다. P-프레임은 부호화와 복호화를 행할 때 이전의 I-프레임 정보와 이전의 P-프레임의 정보를 사용한다. 또한 B-프레임은 부호화와 복호화를 행할 때 이전, 이후의 I-프레임과 P-프레임 모두를 사용한다. B-프레임을 사용하면 높은 압축률을 얻을 수 있다. 이와 관련하여 단일 프로그램에 속하는 압축된 오디오와 비디오 스트림들이 MPEG-2 전송 스트림 형식으로 ATM 네트워크 상에서 전송되는 것에 대한 것이 [4]에 기술되어 있다. 본 논문에서 사용된 모델에는 세 가지의 파라미터들이 사용되어 진다. 즉 압축 비디오 프레임 크기, MPCR (MPEG-2 Program Clock References<sup>[4]</sup>) 사이의 간격 길이, 그리고 이들 MPCR 사이 간격들에서의 전송율 등이다. 또한 이 모델에서 MPCR사이의 간격들은 항등 분포이고, 전송율 또한 장거리 의존적인 성질을 갖는다고 가정하였다. 그리고 전송 스트림 생성기들로 이루어진 비디오 소스로부터의 트래픽은 ATM 적용계층 5의 프로토콜 데이터 단위(ATM Adaptation Layer 5: AAL5 PDU)로 캡슐화되어서 셀로 바뀌게 된다. 이 트래픽은 최고 전송율(Peak rate)이 15Mbps로 제한된 리키버킷(Leaky Bucket)으로 인입된다. 그러한 여러 개의 비디오 소스들이 하나의 VBR 트래픽을 이루기 위하여 다중화되어서 네트워크로 보내어진다. 그림 1에서 여러 MPEG-2 단일 프로그램 전송 스트림들이 다중화되어 하나의 VBR 트래픽을 형성하는 것을 보여주고 있다.

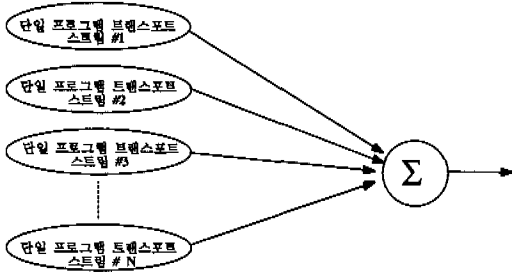


그림 1. MPEG-2 프로그램 트랜스포트 스트림들의 VBR 트래픽 형성을 위한 다중화

이렇게 생성된 VBR 트래픽의 ABR서비스에 대한 영향은 우리가 예측하는 대로 사용할 수 있는 용량에 있어서 매우 가변적이다. 본 논문에서 비디오 트래픽의 MPEG-2 모델링을 사용한 이유는 다음과 같다. 위에서 기술한 바와 같이 MPEG-2로 압축된 비디오 트래픽 스트림은 다른 비트율을 갖는 세 개의 다른 종류의 프레임들인 I-프레임, P-프레임, 그리고 B-프레임들로 구성된다. 이 때 I-프레임은 화면 내 모든 정보를 압축하기 때문에 용량이 크고, P-프레임과 B-프레임을 복원할 때 증가분이 되는 프레임이기 때문에 전송 시 손실이 발생하면 수신측의 서비스 질이 저하된다. 그러므로 네트워크가 혼잡 상태일 경우에는 위와 같은 MPEG 비디오 스트림의 특성을 이용하여 송신측의 셀 전송을 조절하여 미연에 셀 손실을 막는 방법을 사용할 수 있기 때문이다. 본 논문에서는 사용되어지는 ATM 스위치들에 따라 어떻게 이러한 ABR의 높은 변이를 효율적으로 처리하는지를 비교하였다.

IV. 네트워크 모델링 및 모의실험 결과

1. 네트워크 모델링

본 논문에서는 모의실험을 위하여 수정된 NIST 네트워크 시뮬레이터를 사용하였다. 이 시뮬레이터는 미국의 표준화 기술연구소(National Institute of Standards and Technology)에서 개발된 이벤트 발생에 의해 동작되어지는 ATM 네트워크 시뮬레이터이다. 이 시뮬레이터를 이용한 모의 실험에 사용된 각종 파라미터들은 ATM 포럼 트래픽 관리 규격서 TM 4.0에 기술되어져 있는 것과 포럼에서 논의할 때에 이용되어진 것들이 사용되어진다. 이 모의 실험에서 사용된 네트워크 구성도는 그림 2와 같다. 특별히 이 시뮬레이터에서 구현되어지는 ATM ABR 스위치로 ATM 포럼 규격서에 기술되어진 대

표적인 두 가지 방식인 EFCI 스위치와 ER 스위치를 각각 사용하여 요구되는 버퍼의 크기 및 변이에 대하여 비교하였다. 앞에서 기술한 바와 같이 ABR 서비스는 CBR 및 VBR 서비스들이 사용하고 남은 가용대역폭을 사용한다. 이것은 높은 우선 순위의 서비스인 항등 비트율(Constant Bit Rate) 서비스와 가변 비트율(Variable Bit Rate)서비스에 우선 할당된 대역폭 외 나머지 대역폭을 사용하는 것을 말한다. 또한 ABR은 전송의 지연에 대한 어떤 보장이 없다. 이것은 스위치가 가능한 손실을 최소화하기 위해 바람직한 것이다. ABR 서비스는 흐름 제어를 위해 네트워크에 주기적으로 자원관리(Resource Management: RM)셀을 데이터 셀들과 함께 보내며, RM 셀은 각 경로를 따라 모니터링한 연결들의 폭주 정보를 가지고 소스로 반환된다. RM 셀에는 Explicit Rate(ER) 필드가 포함되어 소스는 이 정보를 바탕으로 전송률을 조절하는 명시적 방식의 ER 스위치와 다만 혼잡 발생 유무만을 하나의 혼잡 비트를 이용하여 트래픽을 제어하는 묵시적 방식의 EFCI 스위치로 크게 나눌 수 있다. 한편 ABR 서비스는 최소한의 정보 전송을 위해 최소셀율(MCR: Minimum Cell Rate)을 보장받는다. 대부분의 경우 MCR은 0으로 설정되지만 가용 대역폭이 거의 없는 상태에서 높은 MCR을 가지는 트래픽은 연결 설정에 있어서 거부된다. 본 논문의 네트워크 모델링에서는 묵시적 방식으로는 NIST EFCI 스위치가, 명시적인 방법의 ER(Explicit Rate) 스위치로는 오하이오 주립대의 ERICA+ 스위치를 사용하였다. 이는 서로 다른 ABR 트래픽 제어 메커니즘을 가지는 스위치들간의 비교를 위함이다.

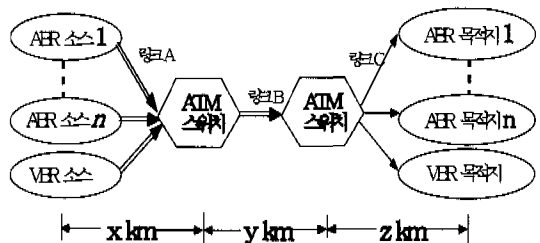


그림 2. 모의 실험 ATM네트워크 구성도

그림 2에서 ABR 소스는 TCP를 사용하는 무한 파일 전송 어플리케이션이며, 각각의 네트워크 구성에서 15 개의 ABR 소스와 한 개의 VBR 소스가 있는 경우를 고찰하였다. 이 모의 실험에서 사용된 주요한 파라미터들은 표 1에 보여준 것과 같다.

표 1. 사용된 파라미터

링크	용량 : 150Mbps 길이 : 1000Km(WAN), 1Km(LAN)
TCP	MSS : 512bytes/9180 bytes 혼잡창 : 64KB/1024KB
비디오소스 (평균소스율, 표준편차)	(5Mbps, 5Mbps), (7.5Mbps, 7Mbps), (10Mbps, 5Mbps)

표1에서 보여 준 것과 같이 모든 링크의 용량은 150 Mbps이며, 링크 길이는 WAN인 경우는 1000 km, LAN인 경우에는 1 km로 가정하였다. 또한 TCP 트래픽의 최대 세그먼트 크기 (MSS: Maximum Segment Size)의 값은 512 바이트(bytes)와 9180 바이트인 두 경우에 대해서 모의 실험을 하였고, 비디오 소스들은 평균과 표준 편차가 각각 (5 Mbps, 5 Mbps), (7.5 Mbps, 7 Mbps), (10 Mbps, 5 Mbps)인 세 가지 경우를 고려하였다. 다음절에서는 그림 2의 ATM 네트워크에서 긴 지연을 갖는 위성 ATM 네트워크, 짧은 지연을 갖는 위성 ATM 네트워크, 그리고 위성이 아닌 지상 ATM 네트워크 등 여러 조건에 따른 네트워크 구성에 대한 모의 실험 결과를 보여 준다.

2. 모의 실험 결과

2.1 긴 피드백 지연을 갖는 위성 ATM 네트워크 인 경우

이 경우는 그림 2에서 링크x가 위성 채널이고 링크 y 와 z의 길이가 각각 1 km인 지상 채널 경우이다. 이 구성에서 피드백 지연은 대략 550 ms이다. 따라서 그림 2의 네트워크 구성도에서 보는 바와 같이 왕복시간과 피드백 지연이 대략 550 ms이다. 그림 3에서는 이 네트워크 구성에 대한 모의 실험 결과를 보여준다. 그림에서 가로축은 시간을 나타내며 단위는 초(sec)이다. 그리고 세로축은 스위치 버퍼내의 셀(cell)수를 나타낸다. 이 모의 실험에서는 TCP의 최대 세그먼트 크기가 512 바이트인 것을 사용하였다. 이 그림3의 (a),(b),(c)에서는 ERICA+ 스위치와 EFCI 스위치에서 VBR 트래픽이 서로 다른 특성을 가지는 경우에 스위치에서의 ABR 버퍼에 대해서 보여주고 있다. 특히 그림 3의 (a), (b), (c)에서 보는 바와 같이 ERICA+ 스위치를 쓸

경우 스위치 버퍼의 변동이 EFCI 스위치의 경우보다 적음을 알 수 있다. 또한 같은 크기의 편차를 가지는 두 개의 VBR 트래픽 중에서 편차는 5 Mbps로 같으나 평균이 10 Mbps인 경우보다 5 Mbps인 경우가 더 큰 ABR 버퍼를 필요로 하는 것을 알 수 있다.

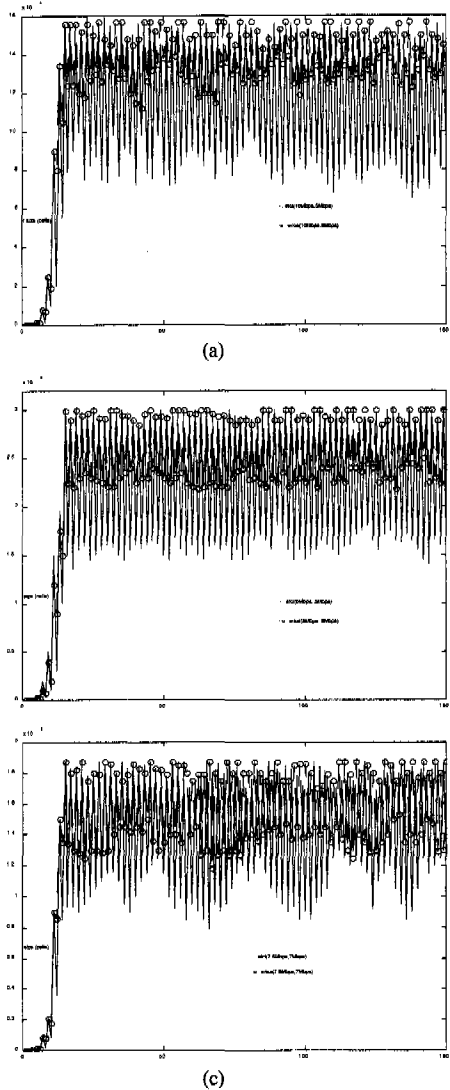


그림 3. 긴 피드백 지연을 갖는 위성 ATM 네트워크에서의 VBR 트래픽의 영향

2.2 짧은 피드백 지연을 갖는 위성 ATM 네트워크 인 경우

이 경우는 네트워크 구성도 그림 2에서 링크x가 1000 km이고 링크z는 1 km, 그리고 링크 y는 왕복

시간이 550ms인 위성 채널 경우이다. 전체 왕복 시간은 550ms이나 피드백 지연은 10ms가 된다. 이 네트워크 구성에서는 왕복시간이 크기 때문에 TCP 시작(startup) 시간이 상대적으로 큰 것을 알 수 있다. 따라서 TCP가 자신의 용량을 최대로 이용하기 위해서는 여러 번의 왕복 시간이 필요하다. 그림 4에 이 네트워크 구성에 대한 모의 실험 결과를 보여 준다.

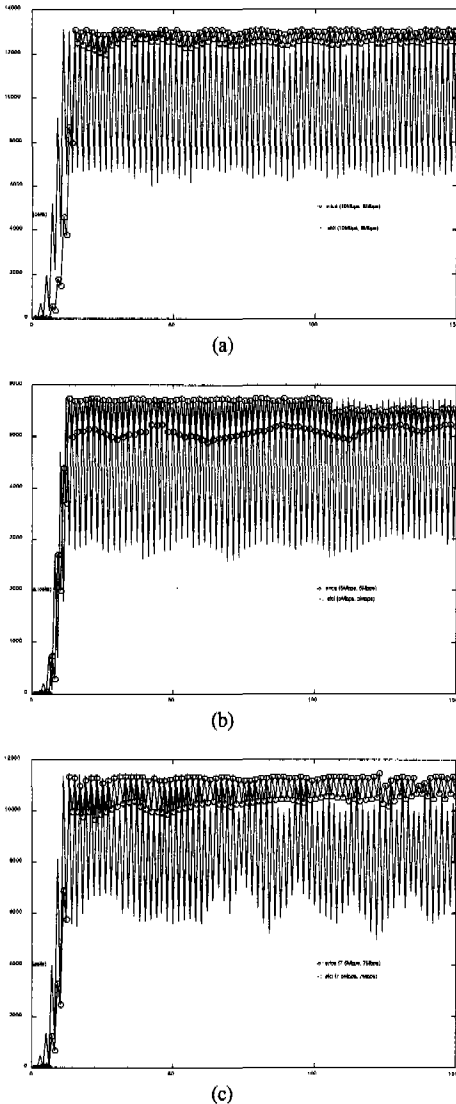


그림 4. 작은 피드백 지연을 갖는 위성 ATM 네트워크에서의 VBR 트래픽의 영향

이 모의 실험에서는 최대 세그먼트 크기(MSS)가 9180 바이트인 것을 사용하였고, MPEG-2 비디오

트래픽이 서로 다른 평균과 편차를 가질 경우의 스위치에서 요구되는 버퍼의 크기를 비교하였다. 이 경우에서도 4.2.1절의 긴 피드백 지연을 갖는 네트워크의 경우와 마찬가지로 ERICA+ 스위치를 사용했을 경우가 EFCI 스위치를 사용하였을 경우보다 필요한 버퍼의 편차가 적음을 알 수 있었다. 그러나 필요한 버퍼의 크기는 긴 피드백 지연을 가질 경우의 것보다 훨씬 작음을 알 수 있다. 또한 그림 5에서는 ERICA+ 스위치를 사용하여 서로 다른 특성을 갖는 VBR 트래픽들이 존재할 경우에 스위치에서 필요한 버퍼의 크기에 대한 변화를 보여주고 있다. 이 경우 (5 Mbps, 5Mbps)인 경우 가장 큰 버퍼를 필요로 하는 것을 알 수 있다.

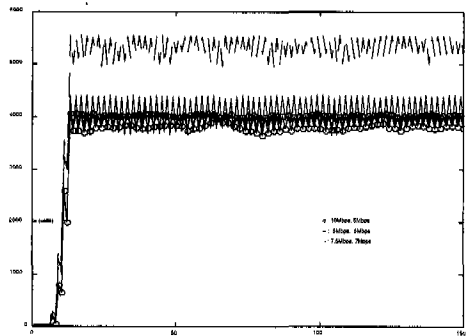


그림 5. 작은 피드백 지연을 갖는 위성 ATM 네트워크에서의 VBR 트래픽 특성에 따른 영향

### 2.3 지상 ATM 네트워크인 경우

지상 ATM 네트워크 구성도는 위의 그림 2에서 각 링크의 길이가 1000 km인 원거리 통신 네트워크(Wide Area Network: WAN)의 경우이다. 이 모의 실험은 위성 ATM 네트워크와의 비교를 위한 것이다. 이 경우에 피드백 시간은 위성 ATM 네트워크와는 달리 10 ms이고 왕복시간(RTT)은 30 ms이다. 그림 6에는 이 네트워크 구성에 대한 모의 실험 결과를 보여 준다. 그림6의 (b)에서는 최대 세그먼트 크기가 512 바이트인 것을 사용하였고, 또한 ABR 스위치로 ERICA+ 스위치를 사용하였다. 그림에서 보는 바와 같이 VBR 트래픽 특성이 (5Mbps, 5Mbps)인 경우가 가장 큰 버퍼를 필요로 한다. 이 때 요구되는 스위치의 최대 버퍼 크기는 5545 셀이다. 특히 주목할 사항은 (10Mbps, 5Mbps)인 경우에 가장 적은 버퍼가 필요한 것이다. 또한 그림 6의 (a)에서는 최대 세그먼트 크기가 918

비트인 것을 사용하였을 경우에 필요한 버퍼의 변화를 보여주고 있다.

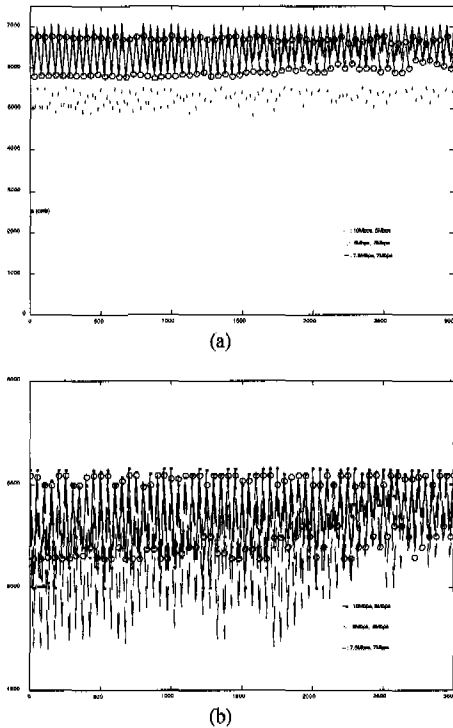


그림 6. 지상 ATM 네트워크에서의 VBR 트래픽의 영향

2.4 VBR 트래픽이 ON-OFF 소스인 경우

이 경우는 백그라운드 VBR 트래픽이 ON-OFF 소스의 경우로, MPEG-2 트래픽의 경우와 비교를 위한 것이다. ON-OFF의 주기에서 ON기간의 길이는 19ms이고 OFF기간의 길이가 1 ms인 소스를 사용하였고, 초기화 문제를 피하기 위하여 트래픽 발생이 t=300 ms에서 시작하도록 했다. 그림 7에서 보는 바와 같이 이 경우에는 요구되는 버퍼의 크기는 최대 세그먼트 크기의 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있다. 이 ON-OFF 소스 등과 같은 VBR 트래픽이 백그라운드에 있을 경우에 있어서 버퍼에 미치는 영향에 대한 자세한 기술은 [2] 에서 찾아 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 위성 ATM 네트워크에서 장거리 의존성 VBR 트래픽이 존재할 경우의 ABR 서비스

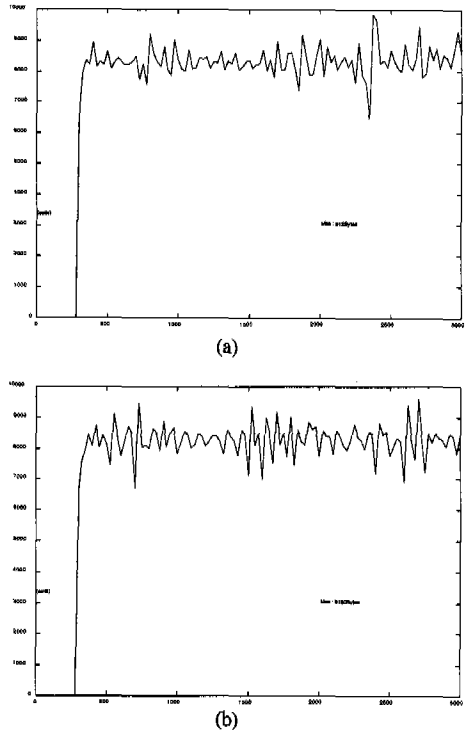


그림 7. ON-OFF VBR 소스 트래픽의 영향

를 통한 TCP 트래픽의 성능에 대하여 고찰하였다. ATM 포럼에서 제정된 서비스들 중에 비디오 트래픽 전송을 위해 CBR 혹은 VBR 서비스가 있지만 이에 반해 ABR 서비스는 약간의 대역폭, 즉 최소 셀율(Minimum Cell Rate: MCR) 만으로도 연결이 설정되며, 특히 피드백 메커니즘을 이용하여 소스의 데이터 전송률을 조절할 수 있으므로 네트워크의 부하에 따라 비디오 서비스의 질을 조절할 수 있는 응용에서는 커다란 장점을 가지게 된다. 본 논문에서는 장거리 의존성 VBR 트래픽으로 다중화된 압축 MPEG-2 비디오를 사용하였다. 이는 MPEG-2로 압축된 비디오 트래픽 스트림은 다른 비트율을 갖는 세 개의 다른 종류의 프레임 즉, I-프레임, P-프레임, B-프레임으로 구성되며, 이 때 I-프레임은 화면 내 모든 정보를 압축하기 때문에 용량이 크고, P-프레임과 B-프레임을 복원할 때 기본이 되는 프레임이기 때문에 전송 시 손실이 발생하면 수신측의 서비스 질이 크게 저하된다. 따라서 네트워크가 혼잡 상태일 경우에는 위와 같은 MPEG 비디오 스트림의 특성을 이용하여 송신측의 셀 전송을 조절



하여 미연에 셀 손실을 막는 방법을 사용할 수 있기 때문이다. 이러한 장거리 의존성 트래픽의 영향은 ABR 용량에서의 높은 변이를 유발한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 VBR 트래픽들이 여러 특성을 가지는 경우에 미치는 영향들을 모의실험을 통하여 고찰하였다.

모의실험을 통하여 요구되는 ABR 버퍼에서의 변이는 사용되어지는 ABR 스위치 메커니즘에 많은 영향을 받음을 볼 수 있었다. 즉 네트워크에서의 혼잡 상태 표시를 명시적인 방법으로 하는 ER 스위치를 사용하였을 경우에 명시적 방법의 EFCI 스위치를 사용했을 경우 보다 스위치에서 필요한 버퍼 크기에서의 변동이 적음을 알 수 있었다. 또한 위성 ATM 네트워크의 긴 왕복지연으로 인하여 스위치에서 엄청난 크기의 버퍼가 요구됨을 볼 수 있었다. 따라서 이러한 현상을 피하기 위해서는 ATM 포럼에서 제정한 가상 소스/목적지(Virtual Source/Virtual Destination: VS/VD) 옵션을 사용하여 위성 스위치와 지상의 스위치와 구분하는 것이 필요하다. 이 VS/VD 옵션을 사용하였을 경우에 있어서의 연구가 현재 진행 중에 있다.

또한 본 논문에서는 비디오 트래픽의 모델링으로 MPEG-2를 사용하였지만 여러 다른 압축 방식에 따른 비디오 트래픽 모델링을 사용했을 경우에 있어서의 변화, 백그라운드에 여러 특성을 가지는 VBR 트래픽들이 존재할 때의 영향, 트래픽 소스들의 대역폭 사용에 대한 공평성 문제, 그리고 멀티캐스팅 환경에서의 영향 등에 대해서는 계속 연구가 진행될 예정이다.

### 참고 문헌

- [1] ATM Forum, "ATM Traffic Management Specification Version 4.0," April 1996.
- [2] S. Kalyanaraman, R. Jain, S. Fahmy, R. Goyal, J. Jiang and Seong-Cheol Kim, "Performance of TCP over ABR on ATM backbone and with various VBR traffic patterns," IEEE ICC'97, June 1997.
- [3] S. Kalyanaraman, R. Jain, J. Jiang, R. Goyal, S. Fahmy and Seong-Cheol Kim, "Virtual Source/Virtual Destination (VS/VD): Design Considerations," AF-TM 96-1759, December 1996.
- [4] Matthew S. Goldman, "Variable Bit Rate MPEG-2 over ATM: Definitions and Recommendations," AF/TM 96-1433, October 1996.
- [5] R. Jain, S. Kalyanaraman, R. Goyal, S. Fahmy, and R. Viswanathan, "The ERICA Switch Algorithm For ABR Traffic Management in ATM Networks, Part I: Description," ACM/IEEE Transactions on Networking, January 1997.
- [6] M. Garrett and W. Willinger, "Analysis, Modeling, and generation of self-similar VBR video traffic", Proc. Of SIGCOMM '94, August 1994.
- [7] D. P. Heyman and T. V. Lakshman, "What are the implications of Long-Range Dependence for VBR-Video Traffic Engineering ?" IEEE Transactions on Networking, Vol. 4, No 3, June 1996.
- [8] Rohit Goyal, Raj Jain, Sastri Kota, Mukul Goyal, Sonia Fahmy, Bobby Vandalore, "Traffic Management for TCP/IP over Satellite-ATM Networks," IEEE Communications Magazine, March 1999
- [9] Shiv Kalyanaraman, Raj Jain, Rohit Goyal, Sonia Fahmy and Seong-Cheol Kim, "Performance of TCP/IP Using ATM ABR and UBR Services over Satellite Networks," Proc. IEEE Communication Society Workshop on Computer-Aided Modeling, Analysis and Design of Communication Links and Networks, Mclean, VA, October 20, 1996
- [10] Shivkumar Kalyanaraman, Bobby Vandalore, Raj Jain, Rohit Goyal, Sonia Fahmy, Seong-Cheol Kim, Sastri Kota, "Performance of TCP over ABR with self-similar VBR video background traffic over terrestrial and satellite ATM networks," ATM Forum/97-0177r2, April 1997

김 성 철(Sung-chul Kim) 정회원



1981년: 인하대학교 전자공학과  
졸업 (학사)

1983년: 인하대학교 전자공학과  
졸업(석사)

1991년: 뉴욕 폴리테크닉대학  
EE(석사)

1995년: 뉴욕 폴리테크닉대학  
EE(박사)

1985년~1987년: 한국 원자력연구소 연구원

1994년~1995년: 미국 Samsung Network Lab  
Senior engineer

1995년~1997년: 삼성전자(주) 수석연구원

1997년~현재: 상명대 정보통신학부 교수

<주관심 분야> 초고속통신망, ATM, 멀티미디어 통  
신, 네트워크 성능분석

이 상 은(Sang-eun Lee) 정회원



1997년: 상명대학교 경영학과  
졸업(학사)

1997년~현재: 상명대 정보통신  
대학원 석사과정

<주관심 분야> 초고속통신망, ATM멀티캐스트, 네  
트워크 성능분석