

선택적 버퍼링을 이용한 MPEG 비디오 스트림 다중화 기법

정희원 김명균*, 윤상호*, 허정석*

Multiplexing MPEG Video Streams Using Selective Buffering

Myung Kyun Kim*, Sangho Yoon*, Jung Suk Heo* *Regular Members*

요 약

ATM 망에서 MPEG 비디오 스트림은 CBR과 VBR 서비스를 이용하여 전송한다. 그러나 MPEG 스트림 트래픽은 시간에 따라 크게 변하는 특성을 가지고 있어 대역폭을 낭비하지 않고 효율적으로 전송하는 것은 매우 어렵다. 지금까지 하나의 MPEG 비디오 스트림의 트래픽 특성 및 제어에 대한 연구는 많은 연구자들에 의해 이루어져 왔지만 여러 개의 MPEG 비디오 스트림이 다중화기에 의해 다중화된 트래픽의 특성 및 제어에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 이러한 다중화기에 의해 다중화된 트래픽의 가변성 및 최대 셀 전송률을 줄이기 위한 다중화 방법을 제안한다. 다중화 트래픽의 최대 셀 전송률을 줄임으로써 이러한 트래픽을 가능한 대역폭의 낭비를 줄이면서 효율적으로 전송할 수 있게 된다.

ABSTRACT

On ATM networks, MPEG video stream is transferred using CBR or VBR services. But, because the MPEG video traffic varies greatly from time to time, it is very difficult to transfer the MPEG stream efficiently without loss of transmission bandwidth. Until now, the study on the traffic analysis and control on a single MPEG video stream has been done by many researchers, but the traffic analysis and control on a multiplexed traffic of multiple MPEG video streams has not been studied by any researcher. This paper proposes a multiplexing method to reduce the PCR and traffic variance of a multiplexed traffic of multiple MPEG video streams. By reducing the PCR of the multiplexed traffic, the multiplexed VBR traffic can be transferred efficiently with less loss of transmission bandwidth.

I. 서 론

미래의 통신망은 서로 다른 특성을 가지는 트래픽과, 퍼포먼스 보장을 요구하는 어플리케이션을 지원하여야 한다. 이러한 망에서 요구되는 서비스들은 크게 CBR (Constant Bit Rate), VBR (Variable Bit Rate), ABR (Available Bir Rate) 서비스 등이 있는데, 이들 중에서 VBR 서비스 트래픽의 처리가 가장 어려운 실정이다. CBR 서비스인 경우에 최대 전송률(Peak Cell Rate)로 대역폭을 할당하고, ABR

서비스인 경우에는 피드백 및 재전송을 바탕으로 하는 여러 가지 혼잡 제어 기법을 이용하여 자원을 할당한다. 그러나, VBR 서비스의 경우 트래픽의 가변성으로 트래픽을 정확히 예측할 수 없기 때문에 아직까지 효율적인 대역폭 할당 알고리즘은 존재하지 않는다. 가장 간단한 대역폭 할당 알고리즘은 VBR 트래픽을 최대 전송률로 대역폭을 할당하는 자원 예약 할당 방식(Resource Reservation scheme)을 사용하면 된다. 그러나 이러한 방법은 실시간 전송을 보장할 수 있으나 최대 전송률에 따라 대역폭을 할당하기 때문에 대역폭의 낭비를 초래한다. 따

* 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부(mkddm@uou.ulsan.ac.kr)

논문번호: 00130-0420, 접수일자: 2000년 4월 20일

* 본 논문의 연구결과는 정보통신 우수시범학교 지원사업에 의하여 수행된 것입니다.

라서 이러한 VBR 서비스 트래픽을 실시간으로 전송하면서 대역폭의 활용을 극대화할 수 있는 방법이 최근 많은 연구자들에 의해 제시되고 있다^{1,3,4,5}. 대역폭 재협상 모델은 다음에 전송할 트래픽양을 예측하여 미리 망과 협상을 통해 필요한 대역폭을 할당함으로써 대역폭 낭비를 줄이고 실시간으로 전송하도록 한다^{1,2,6,7}. 이러한 대역폭 재협상 모델은 다음 구간 동안의 대역폭을 정확히 예측하여 할당하면 시간 지연, 적은 셀 손실과 퍼포먼스를 보장하고, 대역폭 효율을 극대화 할 수 있다. 이 모델에서는 대역폭 예측을 위해 NLMS와 RLS 필터 알고리즘들과 같은 선형예측기가 사용되는데, 이들 알고리즘은 실제 값과 예측 값의 오차를 최소화하여 실제 값과 유사한 값을 예측하는 알고리즘이다.

현재 ATM망에서 MPEG 비디오 스트림은 CBR 서비스 또는 VBR 서비스를 이용하여 전송한다. CBR 서비스를 이용하여 전송할 경우에는 대역폭 낭비가 많아 많은 연구자들이 VBR 서비스를 이용하여 전송하는 방법에 대해 연구하고 있다. 그러나 VBR 서비스의 경우 시간에 따른 트래픽의 가변성으로 인해 전송 대역폭을 효율적으로 사용하며 할당하는 것은 매우 어렵다. MPEG 비디오 스트림을 VBR 서비스를 이용하여 전송하기 위해, 개개의 MPEG 스트림에 대한 트래픽 특성에 대한 분석 및 트래픽 제어에 대한 연구들은 많이 행해졌지만, 지금까지 다수의 MPEG 비디오 스트림이 멀티플렉서를 통해 멀티플렉싱된 트래픽에 대한 특성 및 트래픽 제어에 대한 연구는 없었다. 다수의 MPEG 비디오 스트림이 멀티플렉서를 통해 멀티플렉스되어 ATM망에 입력이 될 때, 멀티플렉서의 출력 스트림 역시 가변적인 트래픽 특성을 가질 것이다. 이러한 트래픽의 가변성이 클수록 ATM망에서의 효율적인 대역폭 할당은 어려워진다. 각 MPEG 비디오 스트림은 I, P, B의 세 가지 프레임으로 구성되는데, MPEG 압축 알고리즘의 특성상 프레임의 크기는 $I > P > B$ 순으로 크다. 따라서 각 비디오 스트림을 멀티플렉스할 때 가능하면 I 프레임이 겹치지 않도록 하면 멀티플렉서의 출력 스트림의 PCR은 줄어들 것이다. 본 연구에서는 각 입력 스트림에 하나의 버퍼를 두고 이 버퍼를 이용하여 필요할 경우 버퍼링하여 출력 스트림의 PCR을 줄이는 방법을 제안한다. 이렇게 ATM망에 입력되는 멀티플렉싱된 출력 스트림의 PCR을 줄임으로써 ATM 망을 좀 더 효율적으로 대역폭 낭비 없이 트래픽 제어를 할 수 있다.

II절에서는 다수의 입력을 가진 선택적 버퍼를 이용한 멀티플렉서 구조 및 이를 이용한 대역폭 재협상 모델에 대하여 기술한다. III절에서는 본 논문에서 제안하는 선택적 버퍼링 멀티플렉서 구조를 이용한 멀티플렉싱 알고리즘에 대해 기술하고, IV절에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 알고리즘의 성능을 검증한다. 마지막으로 V절에서는 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

II. 선택적 버퍼를 이용한 멀티플렉서

MPEG 비디오 스트림은 동영상상 시간, 공간적인 특성을 이용하여 압축하여 구성되는 I, P, B의 세 가지 프레임으로 구성되는데, 압축 알고리즘의 특성상 프레임의 크기는 $I > P > B$ 순으로 크다. 가변적인 특성을 갖는 다수의 MPEG 비디오 스트림이 멀티플렉서를 통해 멀티플렉스되어 ATM망에 입력될 때, 멀티플렉서의 출력 스트림 역시 가변적인 트래픽 특성을 가질 것이다. 이러한 트래픽의 가변성이 클수록 ATM망에서의 효율적인 대역폭 할당은 어려워진다. 멀티플렉서의 출력 스트림의 가변성 및 PCR을 줄이기 위해, 본 연구에서는 각 입력 스트림에 하나의 버퍼를 갖는 멀티플렉서를 이용하는데 그 구조는 그림 1에 나타나 있다.

선택적 버퍼링 멀티플렉서는 각 입력마다 하나씩의 버퍼와 멀티플렉서 그리고 MPEG 입력들의 멀티플렉싱을 제어하기 위한 알고리즘을 수행하는 제어기로 구성된다. 제어기는 각 MPEG 입력 스트림의 전송 시작 시에 첫 프레임을 바로 보내는 경우와 버퍼에 저장하여 한 프레임을 지연시켜 보내는 경우를 비교하여 전체 출력 스트림의 양이 적어지는 방향으로 전송한다. 두 번째 이후의 나머지 프레임들은 지연 없이 첫 번째 프레임을 따라 전송된다.

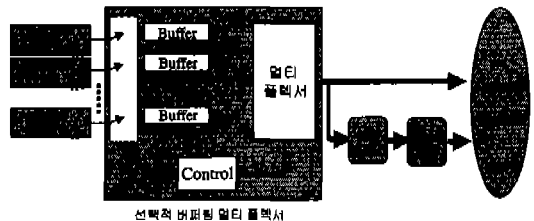


그림 1. 선택적 버퍼링 멀티플렉서를 이용한 대역폭 재협상 모델.

그림 1은 본 논문에서 제안하는 선택적 버퍼링 멀티플렉서를 대역폭 재협상 모델에 추가한 시스템

구상도이다. 선택적 버퍼링 멀티플렉서의 출력 스트림은 입력 MPEG 스트림의 가변성과 PCR을 감소 시킴으로서 예측이 용이해져 선형예측기와 재협상 모듈을 이용한 VBR 서비스 대역폭 할당 알고리즘의 성능을 더욱 높일 수 있을 것으로 생각된다. 선택적 버퍼링 멀티플렉서의 출력 스트림은 선형예측기로 입력이 되고 선형예측기는 현재의 대역폭을 참조하여 다음 구간 동안의 대역폭을 예측한다. 재협상 모듈은 예측된 대역폭을 가지고 ATM 망과 재협상하여 필요한 양의 대역폭을 할당한다. 다음 프레임 전송 시에 그 프레임의 실제 전송량을 미리 예측하여 할당된 양보다 적으면, 그 차이만큼의 대역폭이 낭비가 되고, 할당된 양보다 많으면 그 차이만큼의 셀 손실이 발생하거나 또는 추가의 버퍼를 필요로 하게 된다. 따라서 예측이 정확할수록 대역폭의 낭비 및 필요한 버퍼의 양을 줄일 수 있게 된다. 본 연구의 선택적 버퍼링 멀티플렉서는 출력 스트림의 PCR 및 가변성을 줄임으로서 예측을 용이하게 하고 필요한 대역폭을 줄이게 된다.

III. 멀티플렉싱 알고리즘

각 입력 MPEG 스트림은 임의의 시간에 전송을 개시할 수 있다. 그러나 랜덤 시간에 도착하는 경우는 분석이 어렵기 때문에 본 논문에서는 각 MPEG의 전송 시작 시간을 각 프레임의 시작 시간에 도착한다고 가정한다. MPEG 비디오 스트림은 GOP(Group Of Pictures)의 연속으로 구성되고, 각 GOP는 I, P, B 프레임의 연속으로 구성된다. GOP의 시작은 기준 프레임인 I 프레임으로 시작하고, 나머지는 B 프레임과 P 프레임들로 구성된다. P 프레임은 I 프레임으로부터 전방향 예측을 통해 구성되고, B 프레임은 I와 P 프레임으로부터 전방향과 역방향 예측을 통해 구성되어 I 프레임에 비해 그 크기가 작다. 따라서 여러 개의 MPEG 비디오 스트림이 멀티플렉싱될 때, 가능하면 I 프레임들이 겹치지 않도록 하면 멀티플렉서 출력 스트림의 PCR이 줄어들고 또한 트래픽의 가변성이 줄어들게 된다. 본 논문에서 제시하는 선택적 버퍼링 멀티플렉서의 멀티플렉싱 알고리즘은 각 입력 MPEG 스트림이 전송을 개시할 때, 현재 전송하고 있는 I 프레임의 수와 다음 프레임 구간에서 전송하는 I 프레임의 수를 비교하여, 현재 전송하고 있는 I 프레임의 수가 더 작으면 바로 전송하고, 현재 전송하고 있는 I 프레임의 수가 더 크면 첫 프레임을 버퍼에 저장하여 한 프

레이프 시간만큼 지연시켜 출력 스트림이 작아지도록 하여 준다. 두 번째 이후의 프레임들은 첫 번째 프레임 뒤를 따라 그대로 전송하게 된다. 멀티플렉싱 알고리즘에서 사용할 기호는 표 1과 같다.

표 1. 제안된 알고리즘에 사용된 기호

기호	의의
GOP	한 GOP를 전송하는데 걸린 시간
F_i	접속 i 의 I 프레임 전송 판단 변수
N_t^I	t 시간에 I 프레임을 전송중인 접속개수
N_{t+1}^I	$t+1$ 시간에 I 프레임을 전송중인 접속 개수
New_t	t 시간에 새로 입력되는 접속 개수
S_t^{New}	t 시간에 새로 입력되는 접속들의 집합

앞에서 설명한 것과 마찬가지로 새로운 MPEG 입력이 전송을 개시할 때마다 본 논문에서 제안하는 스케줄링 알고리즘을 수행한다. 현재 I 프레임을 전송하는 입력의 수를 계산하기 위하여 각 입력이 현재 I 프레임을 전송하고 있는지 아닌지를 알아야 하는데 이를 위한 알고리즘은 그림 2와 같다. 여기서 F_t 는 현재 입력 I 가 I 프레임을 전송하고 있는지 아닌지를 알기 위한 변수인데, 초기 값은 0이고, 각 프레임 시간마다 1씩 증가하고, 그 값이 GOP가 되면 다시 0으로 된다. 따라서 F_t 가 0이 되면 I 프레임을 전송하고 있고, 아니면 I 가 아닌 프레임을 전송하고 있는 상태를 나타낸다. 여기서는 프레임 시간을 1로 하고 GOP는 입력 i 의 GOP 크기이다. 각 입력에 대해 F_t 값이 구해지면 현재 t 시간에서의 I 프레임을 전송하고 있는 입력의 수 N_t^I 는 F_t 가 0인 입력의 개수가 되고 다음 프레임 전송시간 $t+1$ 에서 I 프레임을 전송하는 입력의 수 N_{t+1}^I 는 F_t 가 $(GOP-1)$ 인 입력의 수가 된다.

N_t^I 을 구한 것과 마찬가지로 N_{t+1}^I 을 구하고, 현재 전송을 개시한 입력의 첫 프레임을 N_t^I 보다 클 경우에는 버퍼에 저장하여 다음 프레임 시간에 전송하고, N_t^I 이 N_{t+1}^I 보다 작을 경우에는 바로 전송하게 된다. 이렇게 함으로써 출력 스트림의 PCR 및 트래픽의 가변성을 감소시킨다. 현재 전송을 개시한 입력이 2개 이상일 경우에는 전부를

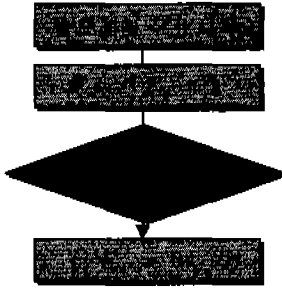


그림 2. 판단 변수 (F_i) 계산

현재 전송하거나, 전부를 버퍼링하거나, 또는 일부는 전송하고 일부는 버퍼링해야 하는 경우가 있을 수 있다. 이런 조건은 현재 I 프레임 전송하는 입력의 수 N'_i 와 다음에 I 프레임을 전송하는 입력의 수 N'_{i+1} , 그리고 현재 전송을 개시한 입력의 수 New_i 에 따라 결정된다. 그림 3은 다수의 입력이 전송을 개시할 경우의 멀티플렉싱 제어 알고리즘을 나타낸다.

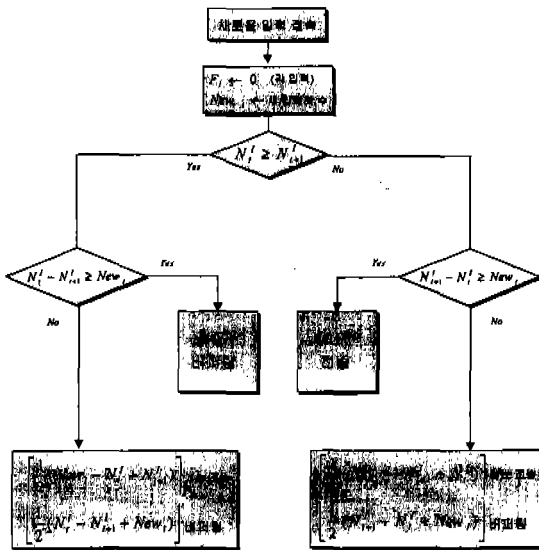


그림 3. 멀티플렉싱 제어 알고리즘.

IV. 실험결과

본 절에서는 제안한 선택적 버퍼링 멀티플렉서와 일반적인 멀티플렉서를 비교해서 평가한다. 성능평가를 위한 시뮬레이션 도구는 Matlab 5.2를 사용하였고, 입력 MPEG 비디오 스트림으로는 MPEG-1으로 제작된 "영화 007"중 일부분 추출하여 샘플 데

이터로 사용하였다. 일반적인 멀티플렉서를 이용한 다수의 MPEG을 전송할 때 발생하는 멀티플렉싱 출력 스트림과 선택적 버퍼링 멀티플렉서를 이용한 멀티플렉싱 출력 스트림의 최대 전송률이 감소함을 보임으로써 제안한 알고리즘의 성능을 평가한다. 다음 그림 4는 입력으로 사용한 MPEG-1으로 제작된 "영화 007" 데이터의 트래픽을 보여주고 있다. 전체 비디오 스트림은 GOP가 "I P B B P B B P B B P B B"로 이루어진 15 개의 프레임으로 구성되어 있고, 전체 스트림은 총 105개의 프레임으로 구성되어 있다.

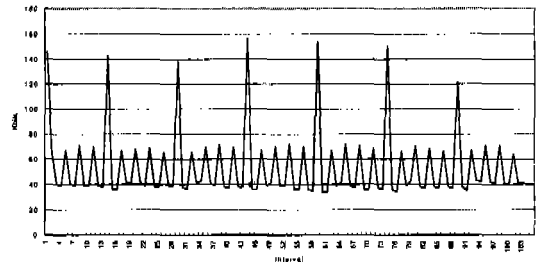


그림 4. 예제 MPEG 비디오 스트림.

그림 5는 입력들이 동시에 전송을 개시할 경우의 멀티플렉싱되는 결과를 나타낸다. 표 2는 5개의 입력이 전송을 시작하여 각 입력이 전송을 시작하는 프레임 시간을 나타낸다. 여기서 입력 1과 2는 바로 전송을 하고, 입력 3, 4, 5는 버퍼에 저장되어 한 프레임 뒤에 전송되는 것을 알 수 있다. 그림 5에서 보는 것처럼 선택적 버퍼링 멀티플렉서의 출력은 보통의 멀티플렉서의 출력에 비해 약 40% 정도의 PCR 감소를 보여준다.

표 2. 입력 시간과 알고리즘에 의해 변경된 시간 예.

입력번호	입력Interval	변경된 시간
1	1	1
2	1	1
3	1	2
4	1	2
5	1	2

2 프레임 구간 동안에 5개의 입력이 임의로 전송을 개시할 경우에 대한 출력 결과가 그림 6에 나타나 있다. 표 3에서처럼 5개의 입력 중에서 2개는 프레임 시간 1에 전송을 개시하고, 나머지 3개의 입력은 프레임 시간 2에 전송을 시작하였다. 그림 6에

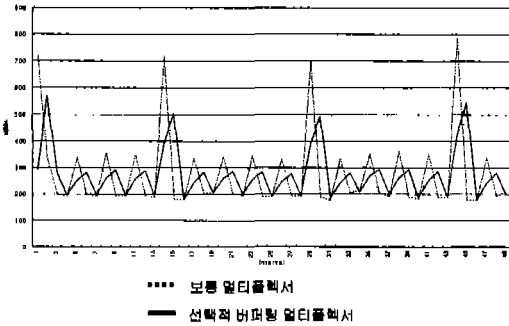


그림 5. 동시에 다수의 입력이 전송을 개시할 경우의 출력 비교

서 보는 것처럼 제안된 멀티플렉서의 출력은 보통의 멀티플렉서의 출력에 비해 약 30% 정도의 PCR 감소를 보여준다.

표 3. 입력 시간알고리즘에 의해 변경된 시간 예.

1	1	1
2	1	2
3	2	2
4	2	3
5	2	3

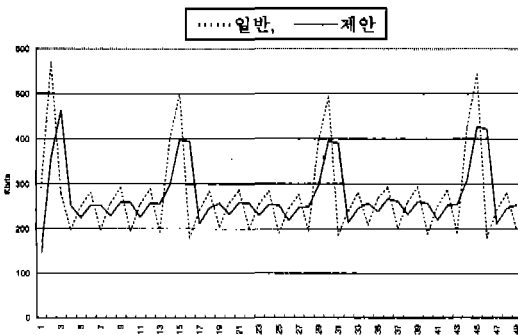


그림 6. 다수의 입력이 임의의 시간에 전송을 개시할 경우의 출력 비교

V. 결론

ATM 망에서 MPEG 비디오 스트림과 같은 실시간 전송이 요구되는 트래픽은 CBR 또는 VBR 서비스를 이용하여 전송하고 있다. 그러나 시간에 따라 매우 가변적으로 변하는 트래픽 특성 때문에 대역폭의 낭비를 줄이면서 효율적으로 전송하는 것은 매우 어렵다. 지금까지 하나의 MPEG 비디오 스트림의 트래픽 특성 분석 및 제어에 대한 연구는 많

은 연구자들에 의해 이루어졌지만, 다수의 MPEG 비디오 스트림이 다중화기에 의해 다중화된 트래픽에 대한 특성 및 제어 방법은 연구가 이루어지지 않았다. 본 논문에서는 다수의 MPEG 입력이 다중화기를 통해 전송이 될 경우, 출력 비디오 스트림의 PCR 및 트래픽의 가변성을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 이를 위해 각 MPEG 입력은 하나씩의 버퍼를 가지며, 필요할 경우에 이 버퍼를 이용하여 선택적으로 버퍼링함으로써 출력 스트림의 PCR을 감소시킨다. 본 연구에서는 선택적 버퍼링 다중화의 구조를 보이고 이를 이용한 다중화 제어 알고리즘에 대해 기술하였다. 제안된 선택적 버퍼링 다중화기를 이용하면 PCR 및 가변성이 감소됨에 따라 선형예측기를 통한 예측이 용이해져 예측기와 재협상 모듈을 이용하여 VBR 서비스를 할 경우 대역폭의 낭비 및 필요한 버퍼양을 줄일 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서 제안된 다중화기 및 다중화 제어 알고리즘의 성능은 시뮬레이션을 통해 PCR이 감소하고 트래픽의 가변성이 감소하는 것을 보임으로써 확인할 수 있었다. 시뮬레이션 결과 다수의 입력이 동시에 전송을 개시할 경우에는 약 40%의 PCR이 감소를 하였으며, 다수의 입력이 임의의 시간에 전송을 시작할 경우에는 약 30%의 PCR의 감소를 보였다.

향후 과제는 스케줄링 알고리즘 사용하여 전송 시간을 1 구간 동안만 버퍼링 하였으나, 보다 많은 트래픽 분산을 위해 큰 버퍼를 사용하여 버퍼링을 수행할 때, 버퍼의 크기와 트래픽의 분산량의 상관관계를 유추하는 것이며, GOP가 서로 다른 경우의 스케줄링 알고리즘 제시이다.

참고 문헌

- [1] A. Adas, "Using Adaptive Linear Prediction to Support Real-Time VBR Video Under RCBR Network Service Model", IEEE/ACM Tr. on Networking, Vol. 6, No. 5, Oct. 1998.
- [2] A. Adas, "Supporting Real Time VBR Video Using Dynamic Reservation Based on Linear Prediction", IEEE INFOCOM, 1996.
- [3] E. Casilar, A.Reyes, A. D. Estrella, and F. Sandroval, "Characterization and Modelling of VBR Video Traffic", Electronics Letters, Vol. 34, No. 10, May 1998.
- [4] E.W. Knightly and H. Zhang, "D-BIND: An

