

## 이질성 연집데이터 트래픽을 처리하는 ATM망용 적응 UPC방식의 성능에 관한 연구

正會員 金泰圭\*, 趙東浩\*

### A Study on The Performance of An Adaptive UPC Mechanism for ATM Networks Handling Heterogeneous Bursty Traffic

Tae Gue Kim\*, Dong Ho Cho\* Regular Members

#### 要 約

기존의 UPC(usage parameter control) 방식들은 망측에서의 감시기능과 사용자측의 제어기능 사이에 상호작용이 없으므로 망의 부하가 커지는 경우, 혹은 호가 진행중인 상황에서 연결의 속성이 변화하는 경우에 대한 적응능력이 없다. 또한 이들 방식들은 감시기능만 강조하고 있으므로, 이들 방식들을 적용하는 경우 망 자원의 이용효율이 저하되기 쉽다. 이러한 단점을 극복하기 위해서는 망의 감시기능과 망 자원의 이용효율 사이에 적당한 절충이 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 망측의 감시기능과 사용자측의 제어기능이 유기적으로 상호작용함으로써 망의 부하상태 및 각 연결의 속성변화에 따라 동적으로 적응하는 UPC방식을 제안하였다. 제안된 방식은 망의 부하가 적은 상황에서는 감시기능을 완화시켜 망의 이용효율을 높이고 협상된 트래픽 파라미터를 준수하지 않는 연결에 대해서도 최대한의 QoS를 보장한다. 한편, 망의 부하가 큰 상황에서는 감시기능을 강화시켜 협상된 트래픽 파라미터를 준수하지 않는 연결이 협상된 트래픽 파라미터를 준수하는 연결의 QoS(quality of service)에 미치는 영향을 최소화한다. 시뮬레이션 결과, 망의 부하변동에 따라 UPC에 적용되는 CDV(cell delay variation) 허용치 및 버스트 허용치를 동적으로 변화시킴으로써 망의 감시기능을 유지하면서도 망 자원의 이용효율을 높일 수 있음을 알 수 있었다.

#### ABSTRACT

Conventional UPC(Usage Parameter Control) mechanisms have little adaptiveness to the overloaded network condition and the fluctuation of traffic characteristics in the calls, because there is no interactions between the monitoring functions of the network

\*경희대학교 전자계산공학과  
Dept. of Computer Engineering in Kyung Hee  
University  
論文番號 : 95035-0125  
接受日字 : 1995年 1月 25日

side and the controlling functions of the user side. Also, resource utilizations of these mechanisms are apt to be decreased since only the policing role is emphasized. To overcome these shortcomings, the compromise between the monitoring function of the network side and the controlling functions of the user side is needed.

Therefore, in this paper, the new UPC mechanism which has the more adaptability to the overload network condition and the fluctuation of traffic characteristics in the calls is proposed based on the interactions between the monitoring function of the network side and the controlling function of the user side. When the network load is relatively low, the proposed mechanism could improve the utilization of the network resources and it could support the QoS(quality of service) for the nonconforming traffic streams by alleviating the monitoring function of network side. Meanwhile, when the network load is relatively high, it minimizes the effects of the nonconforming connection on the conforming connection by strengthening the monitoring function of the network side. It could be seen from the simulation results that the efficiency of the network resources and the QoS could be improved by changing the CDV(cell delay variation) tolerance and burst tolerance adaptively according to the network load.

## 1. 서 론

미래의 B-ISDN(broadband integrated services digital network)에서는 저속 및 고속서비스, CBR(constant bit rate) 서비스 및 VBR(variable bit rate) 서비스, 연결형 및 비연결형 서비스 등과 같은 다양한 통신 서비스들이 통합된 단일의 망을 통해 제공되게 될 것이다<sup>[1]</sup>. ATM(asynchronous transfer mode)은 이러한 B-ISDN을 위한 전송기법으로서 셀의 크기를 53옥텟으로 고정시키고 가상회선을 통해 경로배정을 수행함으로써 전송 및 교환을 고속 하드웨어로 처리할 수 있으며, 매 순간의 대역폭 요구량에 따라 타임슬롯들을 비동기적으로 할당함으로써 버스트 속성이 강한 VBR(variable bit rate) 트래픽도 매우 효율적으로 수용할 수 있다. 이처럼 통계적 다중화 기법을 이용하고 종단간(end-to-end)처리를 단순화함으로써 유연성과 대역폭 이용효율을 동시에 극대화할 수 있으며, 서로 다른 QoS 요구조건을 가지는 다양한 서비스들을 지원할 수 있다<sup>[2]</sup>.

그러나 ATM 망에서는 서로 다른 QoS를 요구하는 소스들이 망 자원들을 통계적으로 공유하며 자신의 요구속도로 전송할 수 있으므로 소스 트래픽의 변동에 따라 폭주현상이 야기될 수 있다. 폭주현상은 셀 손실 및 지연을 증가시키므로 각 서비스의 QoS 요구조건을 충족시키는데 있어서 심각한 장애요인이 된다. UPC기법은 이러한 현상을 극복하기 위한 트래픽제어 기법중의 하나로

서 UNI(user network interface)의 VCC(virtual channel connection)/VPC(virtual path connection) 및 SVC(signalling virtual channel)에 적용된다. UPC는 사용자 액세스 관점에서 ATM연결의 유효성 및 협상된 트래픽 파라미터의 준수여부를 감시하고 제어하기 위한 일련의 동작을 말한다<sup>[3]</sup>.

현재까지 제안된 트래픽 제어 기법들은 크게 leaky bucket 알고리즘 및 그로부터 파생된 변형 기법들과 rate 윈도우 기법으로 분류할 수 있다<sup>[4, 5, 6, 7]</sup>. Leaky bucket 알고리즘은 가장 단순하고 기본적인 방식으로, 협상된 트래픽 파라미터를 어긴 셀을 단순히 폐기하는 방법을 사용한다<sup>[8, 9]</sup>. 그러나 이 방식은 통계적 이득을 허용하지 않기 때문에 셀 손실이 높아지며 대역사용효율이 낮다는 단점이 있다. 셀을 폐기시키는 대신 버퍼링하는 방식을 취하면 약간의 통계적 이득을 얻을 수 있다<sup>[10]</sup>. 또한, 협상을 어긴 셀을 폐기시키지 않고 낮은 우선순위를 갖도록 표시한 후에 망으로 전송하며, 망에 폭주가 발생할 때마다 마킹되어진 셀을 가장 먼저 폐기시키는 셀 마킹방식을 사용하면 대역폭 사용효율을 높일 수 있다<sup>[11, 12]</sup>. 그러나 셀 마킹이 망 진입점에서 수행되면 셀의 내용이나 실제적인 중요성, 그리고 VCC 내에서 그 셀의 전후에 전송되는 셀들간의 상관성에 관계없이 이루어지므로 망 진입점에서 셀 마킹이 이루어지는 것은 별로 바람직하지 않다<sup>[13]</sup>. 예를 들어, 압축데이터 혹은 음성/비디오 코딩 데이터의 가장 중요한 비트가 폐기됨으로써, 하나의 메시지가 아니라 폐기된 셀에 관련

된 여러개의 메시지가 재전송 되어야만 하는 경우가 발생할 수 있으므로 실제적인 셀 손실율은 훨씬 높아지게 된다. 적절한 셀 마킹을 수행하기 위해서는 감시기능(policing function)이 셀의 실제적인 내용에 대한 정보를 가지고 있어야 하고 서비스 종류에 따라 다르게 동작하여야 한다. 그러나 망 진입점에서 각각의 서비스에 대해 다양한 제어기능을 구현하는 것은 ATM망의 유연성이 제한되고 망의 비용이 증가된다는 측면에서 바람직하지 못하다<sup>12)</sup>. 이때, 사용자측이 정보의 내용에 대해서 더 잘 알고 있으므로 망으로 셀을 전송하기 전에 먼저 마킹하고, 사용자측의 제어기능이 정상적으로 동작하지 않을 경우를 위하여, 망 진입점에서는 망을 보호하기 위한 별도의 제어를 수행하여야 한다. 즉, 망에서의 제어기능은 셀 마킹을 수행하지 않고 단순히 위반셀을 폐기하는 방식을 취하여 망의 투명성을 보장하는 것이 바람직하다. 또한, 기존의 방식들은 호가 진행중인 상황에서 트래픽 속성이 변화하는 경우에 대한 적응능력이 없어 성능이 저하되는 결과를 초래하므로 이를 극복하기 위해서는 소스 트래픽 혹은 망의 트래픽 부하에 동적으로 적용할 수 있는 방식이 요구된다.

따라서, 본 논문에서는 사용자측의 제어기능과 망측의 제어기능이 유기적으로 상호작용함으로써 망의 부하상태 및 소스 트래픽의 속성변화에 동적으로 적용하는 UPC 메커니즘을 제안한다. 서론에 이어 제 II장에서는 기존의 UPC 메커니즘으로서 ATM Forum에서 권고하고 있는 GCRA(generic cell rate algorithm)를 고찰한다. 제 III장에서는 본 논문에서 제안하는 UPC 메커니즘을 기술하며, 제 IV장에서는 제안된 방식의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 기존의 메커니즘과 비교분석하고, 마지막으로 제 V장에서 결론을 맺는다.

### II. 가상 스케줄링 알고리즘

현재까지 ITU 표준 I.371에는 사용자가 신고하는 파라미터중 PCR(peak cell rate)에 대한 정의만이 규정되어 있다<sup>13)</sup>. 한편, ATM Forum에서는 ITU 권고안에 근거한 PCR 뿐만 아니라 SCR(sustainable cell rate)에 대해서도 규정하고 이를 ITU 권고안 I.371의 VSA(virtual scheduling algorithm)을 일반화한 GCRA(generic cell rate algorithm)을 이용하여 설명하고 있다<sup>14)</sup>. GCRA의 동작이 그림 1에 잘 나타나 있다.

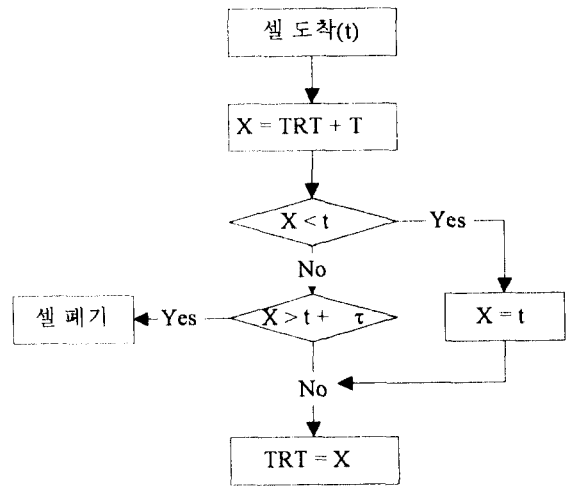


그림 1. 가상 스케줄링 알고리즘

T는 호 설정시 사용자와 망 사이에 협상된 셀간 최소 간격을 의미하고 τ는 CDV 영향을 고려하기 위해 도입된 허용 오차를 나타낸다. 셀 송출 시간은 이론적인 셀 송출 시간인 TRT(theoretical reemission time)에 의해 관리된다.

셀의 도착시간을 t라 할때, TRT가 t보다 크면 셀이 예상 도착 시간보다 더 빨리 도착한 경우이므로 VSA는 이 셀의 폐기 여부를 판단해야 한다. t가 TRT+CDV보다 더 크면 협상된 최소 전송 간격을 위반한 경우이지만 CDV의 영향을 고려한 허용오차 이내이므로 폐기하지 않지만 t가 TRT+CDV보다 크면 CDV의 영향을 고려하더라도 너무 빨리 도착한 경우이므로 폐기한다. 한편, TRT가 t보다 작으면 이 셀은 예상시간보다 늦게 도착한 경우이므로 VSA는 항상 이 셀을 받아 들인다. 이 경우, 다음 셀은 최소 전송 간격을 위반해 입력될 가능성이 높으므로 TRT는 현재 시각 t로 갱신된다.

VSA의 감시 기능을 설명해 주는 예가 그림 2에 나타나 있다. n번째 셀이 예상 도착시간보다 훨씬 늦게 도착하여 VSA에서 받아 들여졌다고 가정하면, 이 셀은 가급적 빠른 시간 내에 송출 되어지고 TRT는 t로 갱신된다. (n+1), (n+2) 및 (n+3)번째 셀은 CDV로 인하여 최소 전송간격을 위반하여 입력되는 경우이다. 이때 (n+1) 및 (n+3)번째 셀은 최소 전송 간격을 위반하였지만 CDV 허용치는 넘지 않았기 때문에 VSA에 의해 받아들여지고, (n+2)번째 셀은 CDV를 고려하더라도

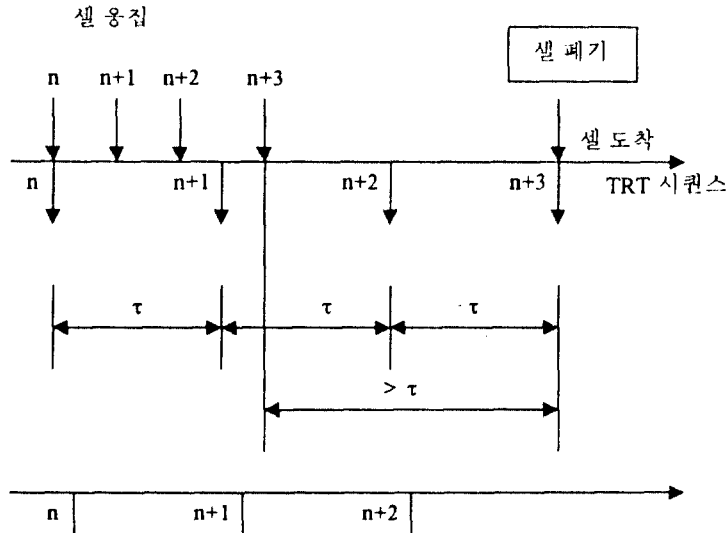


그림 2. VSA 감시기능의 예

예상 도착시간보다 더 빨리 도착한 경우이므로 VSA에 의해 폐기된다.

현재 ITU-TS 표준안에서는 PCR(peak cell rate)에 대한 감시방식을 권고하고 있는데, 이 방식에서는 CDV를 고려하여 어느 정도의 셀 응집을 허용함으로써 협상된 트래픽 파라미터를 준수하는 셀들이 폐기될 확률을 감소시키고 있다. 그러나 이 방식에서는 CDV허용치가 너무 작으면 협상된 트래픽 파라미터를 준수하는 셀들이 폐기될 가능성이 높아지고, 위반하는 셀 스트림을 그대로 통과시켜 다른 연결들의 QoS를 제대로 보증할 수 없게 된다는 문제점이 있다. 또한, 호가 진행중인 상황에서 트래픽 속성이 변화하는 경우에 대한 적응능력이 없어 성능이 저하되는 결과를 초래하므로 이를 극복하기 위해서는 소스 트래픽 혹은 망의 트래픽 부하에 동적으로 적용할 수 있는 방식이 요구된다.

### Ⅲ. 망의 부하상태에 따른 동적 UPC 기법

본 논문에서 제안하는 UPC 기법은 망의 상태에 따라 동적으로 적용하기 위해 사용자측의 제어기능과 망측의 제어기능이 유기적인 관계를 갖고 상호작용한다.

#### 1. 사용자측의 제어기능

사용자측의 제어기능은 서비스에 따라 다르게 동작하고, 응용에 따라 적절한 동작 특성을 사용자가 직접 설정할 수 있어야만 한다. 이러한 관점에서 ATM환경의 트래픽을 크게 손실에 민감한 트래픽과 손실을 어느 정도 허용하는 트래픽으로 분류할 수 있다. 손실에 민감한 트래픽의 예로는 데이터, 시그널링 정보, 고정 비트율 음성 및 고정 비트율 영상 등을 예로 들 수 있다. 이들 트래픽에 대해서는 모든 정보가 같은 중요성을 가지므로 셀 마킹이 수행되어서는 안된다. 또한 망 진입점에서는 과도한 셀에 대한 폐기만을 수행하므로, 사용자측의 제어기능은 연결 설정시에 협상된 트래픽 파라미터를 정확히 준수해야만 셀 손실을 방지할 수 있다. 사용자측에서는 협상된 트래픽 파라미터를 준수하기 위해서 단순한 leaky bucket 알고리즘이나 윈도우 기법 및 과도한 셀의 버퍼링 또는 흐름조절과 같은 방법을 사용하여 소스 트래픽의 전송 속도를 유지해야만 한다. 즉, 데이터 서비스를 예로 들면, 과도한 셀들은 이후에 전송되도록 큐잉 되어질 수 있으며, 음성 트래픽의 경우엔 코딩속도를 낮춤으로써 실제적으로 생성되는 셀의 갯수를 줄일 수 있다.

한편, 약간의 셀 손실을 허용하는 트래픽의 경우에는

종단간의 에러제어에 의해 투명성이 유지되는데, 여기에 속하는 서비스로는 음성 및 영상 서비스를 예로 들 수 있다. 이러한 서비스들에 대해서는 계층적 코딩기법을 이용하여, 셀의 중요성이나 전송을 위한 우선순위가 서로 다르도록 코딩하게 되며, 전체 트래픽 스트림은 마킹되어진 셀들과 마킹되지 않은 셀들이 혼합되어 구성된다. 이때, 손실을 허용하지 않는 트래픽의 경우처럼 마킹되지 않은 트래픽에 대한 제어는 반드시 수행되어야만 하는데, 셀의 유입이 과다할 경우, 셀의 중요성에 따라 마킹 또는 버퍼링 되어져야만 한다. 예를 들어 송신측은 마킹되어진 셀은 허용되는 최대의 속도로 전송하고, 액세스 노드로부터 위반 메시지를 수신하면 트래픽을 생성한 송신측에서는 마킹되어진 데이터의 전송속도를 낮추고 타이머를 구동시킨다. 이후에 타이머가 종료되기 이전에 위반 메시지가 재 수신되면 트래픽 전송속도를 더 낮추고, 타이머가 종료될 까지 위반 메시지가 수신되지 않으면 송신측은 더 높은 속도로 트래픽을 전송할 수 있는 것으로 간주하고 전송속도를 높게 된다. 이러한 핸드셰이킹 기법은 송신측과 액세스 노드의 거리가 짧다는 점에서 가능하다. 이 과정을 보다 명확히 하기 위해서 사용자측의 제어기능을 그림 3에 상태도로서 표시하였다.

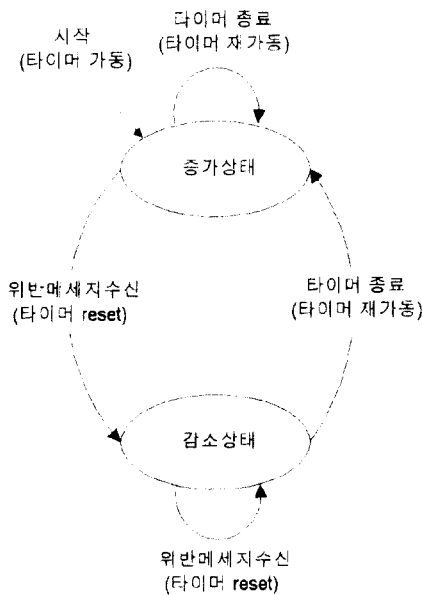


그림 3. 사용자측의 제어기능의 동작

그림에서 알 수 있듯이, 사용자측의 제어기능은 크게 감소상태와 증가상태로 표시할 수 있는데, 초기에는 증가상태로 동작한다. 증가상태에서는 일정시간 간격으로 종료되는 타이머에 기반하여 타이머가 종료될 때마다 마킹되지 않은 셀의 전송속도를 높인다. 그러나, 타이머가 종료되기 전에 망측으로부터 위반 메시지가 수신되면 마킹되지 않은 셀의 전송속도를 낮추고 감소상태로 천이한다. 감소상태에서는 위반 메시지가 수신되면 마킹되지 않은 셀의 전송속도를 더 낮추며, 위반 메시지가 수신되기 전에 타이머가 종료되면 증가상태로 천이한다.

2. 망측의 감시기능

망측의 감시기능은 망의 연결계층에 구현되는 폭주 제어기능의 일부분으로서, 알고리즘간의 동기 유지가 필요 없으며 사용자측의 감시기능에서 사용되는 알고리즘과는 다른 알고리즘을 사용할 수 있다. 이와 같이 사용자측과 망측의 독립성으로 인해, 망측에서는 서비스 형태에 따라 서로 다른 감시기능을 수행하지 않고, 모든 서비스에 대하여 일반적인 감시기능을 수행하는 것이 바람직하다. 망측에서는 사용자가 자신들의 트래픽을 적절히 제어하여 전송하는 것으로 간주하므로, 과다한 셀에 대해서는 단순히 폐기시키기만 하면 된다. 그러나 통계적 이득을 극대화하고, 사용자측에서 서로다른 감시기법을 이용함으로써 발생하는 지단문제를 해결하기 위해서, 도착하는 셀들은 망 감시기능에 의하여 버퍼링 될 수도 있다. 망측의 감시기능은 트래픽의 종류에 따라 다르게 동작하는데, 앞에서 분류된 셀 손실을 허용하지 않는 트래픽은 CBR 트래픽으로 볼 수 있으며, 셀 손실을 어느 정도 허용하는 트래픽은 VBR 트래픽으로 볼 수 있다. CBR 호가 설정될 때는 PCR 혹은 최대 방출주기(T), CDV(cell delay variation)허용치 등을 망과 협상한다. 반면에 VBR호가 설정될 때는, 이들 파라미터 이외에도 옵션으로 SCR 혹은 평균 방출주기(T<sub>s</sub>), 버스트 허용길이(MBS: maximum burst size) 등을 협상한다.

3. 감시 파라미터의 변경

감시 파라미터는 대역폭할당 메카니즘과 밀접한 관계를 갖는다. 일반적으로 CBR 트래픽의 경우, 최대대역폭 할당메카니즘을 이용하고 VBR에 대해서는 평균대역과 최대대역 사이의 대역을 할당하는 메카니즘을 이용한

다. 따라서, 감시메카니즘은 CBR 트래픽에 대해서는 셀의 전송속도가 할당받은 대역의 용량을 초과하지 않도록 하며, VBR 트래픽에 대해서는 마킹된 셀과 마킹되지 않은 셀의 송출속도의 합이 할당된 대역의 용량을 넘지 않도록 해야한다. 본 연구에서 제안된 방식에서는 VBR 트래픽에 대해서 초기에는 마킹되지 않은 셀의 송출속도가 협상된 대역용량을 초과하지 않도록 셀마킹을 행하고 망의 상태에 따라 이를 변경해 나간다.

감시 파라미터제어는 응용에서 요구하는 트래픽특성 및 종단간(end-to-end) 채널특성과 밀접한 관련이 있으므로 OAM(operation, administration and maintenance) 셀을 이용한 AAL(ATM adaptation layer)계층에서의 통계 데이터를 기반으로 한다. 사용자측 AAL계층에서는 감시모듈로 부터의 메시지에 기반하여 셀 송출속도를 조절하는 것과는 별도로 종단간 메시지 교환을 통해 전송된 셀의 전송성공률과 자신이 속한 연결상의 망의 상태를 추정하고 이를 기반으로 망의 진입점에 위치한 UPC에 파라미터 변경을 요구한다.

구체적으로는 표 1과 같이 트래픽 밀도에 대한 감소함수를 이용하여 트래픽 밀도에 따라 MBS를 변경시키 나간다. 즉, UNI의 망측에서 트래픽 밀도에 대한 정보가 갱신되었을때 다음의 표에 나타난 값을 적용하여 MBS를 변경해 나간다.

UNI의 망측에서 트래픽 밀도에 대한 정보가 갱신되었을때  $MBS = -1110\rho + 1111$  (여기서  $\rho$ 는 망측으로 부터의 트래픽 밀도에 관한 정보)를 적용하여 MBS를 변경해 나간다.

한편, 트래픽 부하의 급격한 증가에 대비하기 위해 UPC 기능은 원래의 협상된 트래픽 파라미터를 로컬 메모리에 저장하고 있다가 망의 부하가 급격히 증가할 때에는 이를 복구하는 메카니즘으로 적용하고, 망의 부하가 장기간에 걸쳐 변화할 때에는 종단간 메시지에 기반

한 사용자측으로 부터의 제어 메시지에 의해 파라미터 값을 조정한다.

#### IV. UPC 알고리즘의 성능분석

##### 1. 시뮬레이션 환경

본 연구에서 시뮬레이션시에 고려한 트래픽 모델은 CBR 트래픽 모델 및 VBR 트래픽 모델이다. ATM 망의 전송속도는 150Mbps로 가정하였으며, 150 Mbps로 한 셀을 전송하는데 걸리는 시간을  $\delta$ 라 할때 VBR과 CBR 트래픽의 PCR는  $1/4.5\delta$  (즉,  $T=4.5\delta$ )로 가정하였다. 한편 CBR 트래픽의 CDV허용치( $\tau$ ), VBR 트래픽의 SCR( $1/T_s$ ) 및 버스트 허용치( $\tau_s$ )는  $\delta$ 에 대해서 상대적인 값으로 정하였다. 한편, 가상단말에서의 임의 지연(random delay) 즉, ATM계층의 다중화, OAM 셀의 삽입, 물리계층 셀의 삽입 등으로 인한 셀 지연은 0~T사이에서 균일하게 분포한다고 가정하였다.

한편, 시뮬레이션은 Sparc-10 기종에서 시뮬레이션 서브시스템인 <smpl>과 gcc 컴파일러를 이용하여 사건 지향(event-driven) 방식으로 행하였다.

##### 2. 트래픽 모델링

각종 트래픽제어 알고리즘의 성능분석과 망의 성능측정을 위하여 각종 트래픽 소스로 부터 ATM 스위치나 다중화기로 들어오는 셀들의 도착 프로세스를 파악하는 것은 매우 중요하다.

##### 가. 데이터 트래픽 모델링

기존 패킷교환망의 성능에 관한 대부분의 연구에서는 단일 데이터 소스로 부터의 입력트래픽은 연속시간인 경우 포아송 프로세스, 이산시간인 경우 기하 프로세스를 따른다고 가정하였다. 이것은 기존 패킷교환망에서 대부

표 1. 트래픽 밀도에 따른 MBS의 변화

트래픽 밀도( $\rho$ )	0.0 $\leq \rho <$	0.1 $\leq \rho <$	0.2 $\leq \rho <$	0.3 $\leq \rho <$	0.4 $\leq \rho <$	0.5 $\leq \rho <$	0.6 $\leq \rho <$	0.7 $\leq \rho <$	0.8 $\leq \rho <$	0.9 $\leq \rho <$
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
MBS	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100

분의 트래픽은 컴퓨터간의 데이터이고 이들은 포아송 프로세스를 따른다고 잘 알려져 있기 때문이다.

나. 음성 트래픽 모델링

한 음성소스로 부터 도착되는 셀들은 그들사이의 밀접한 상관관계로 인해 모델링이 다소 복잡해진다. 호 수준에서 새로운 음성호의 도착은 포아송 프로세스. 호의 지속시간은 지수분포 또는 기하분포에 의해 표현될 수 있다. 한 음성정보원의 트래픽 특성은 그림 4에서와 같이 two-state 마코프 프로세스로 모델링한다.

음성 활성 탐지기를 사용하는 음성 정보원은 발음구간과 묵음구간으로 구성된 패턴을 생성하는데, 이때 모든 발음구간과 묵음구간의 지속시간은 지수분포를 따르며, 이들은 통계적으로 서로 독립적이다. 발음구간의 평균지속시간을  $t_1$ 이라 하고 묵음구간의 평균지속시간을  $t_2$ 라

할 때, 발음구간이 타임슬롯 지속기간  $\tau$ 내에 끝날 확률  $\gamma$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$\gamma = 1 - \exp(-\tau/t_1)$$

한편, 활성화된 단말기의 묵음구간이 타임슬롯 지속기간  $\tau$ 내에 끝날 확률 $\sigma$ 는 다음과 같다.

$$\sigma = 1 - \exp(-\tau/t_2)$$

여기서,  $t_1$ 과  $t_2$ 의 값은 관측대상의 연령, 직업, 취향, 성별 등에 따라 다르게 나타나는데, 1320 ms 및 1820 ms, 352 ms 및 650 ms, 혹은 1000 ms 및 1350 ms 등이 자주 사용된다. 활성화된 음성정보원은 그림 5에서와 같이 발음구간에서는 일정한 시간간격으로 정보셀을 송출한다.

이러한 음성정보원이 여러개 다중화되었을 때에는 셀의 발생에 있어서 그 상관성이 매우 크며 복잡한 모델로서 나타난다. 여러개의 음성신호가 중첩된 신호원의 모

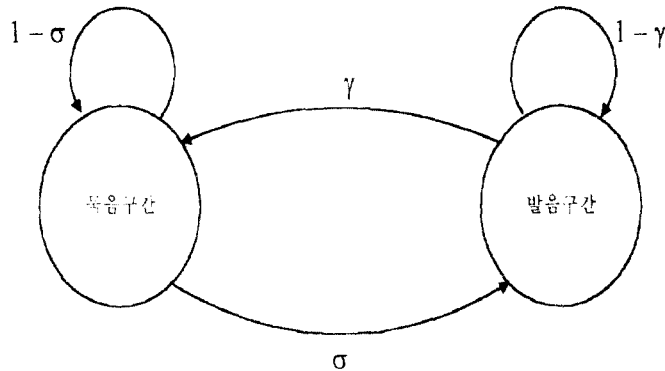
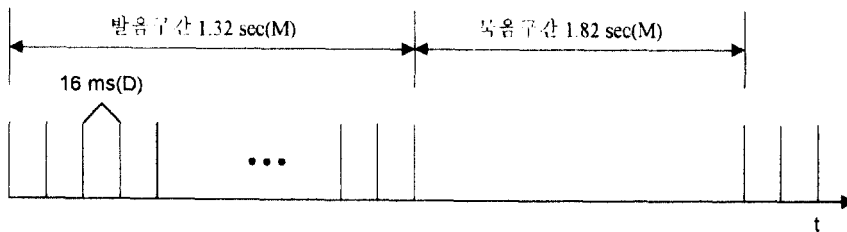


그림 4 음성트래픽의 two-state 마코프 프로세스 모델



M : exponential distribution D : deterministic distribution

그림 5 하나의 음성정보원의 셀 발생 예

델링으로서 MMPP(Markov modulated Poisson process)모델이 있는데, MMPP모델은 간단한 이중 확률 포아송 프로세스로서, 하나의 포아송 프로세스의 도착률( $\lambda$ )이 또 다른 연속변수 마코프 체인의 상태에서 나타내어진다. 이는 여러개의 음성호원이 중첩될 때 도착하는 셀들의 상관성을 잘 반영한다.

이러한 MMPP 모델중 2-state MMPP 모델이 해석의 진개가 용이하기 때문에 자주 사용되고 있다. 2-state MMPP 모델은 상태 1과 상태 2의 평균 체류시간이 각각  $1/\gamma_1$ ,  $1/\gamma_2$ 이고 각 상태에서의 도착 프로세스는 각각 평균이  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ 인 포아송 프로세스를 따른다.

최근에는 ATM망의 성능분석, 트래픽 제어 등을 위한 트래픽모델에 MMPP를 이용한 연구들이 활발히 연구되고 있으며 MMPP 이외의 마코프 프로세스에 관련된 모델링 기법들인 GMDP(generally modulated deterministic process), DMAP(discrete time Markovian arrival process), SSMP(special semi-Markov process)등도 연구되고 있다<sup>[15]</sup>. 그러나, 본 논문에서는 가장 일반적으로 많이 사용되는 MMPP 모델을 이용하였다.

다. 비디오 트래픽 모델링

비디오 정보원의 속성은 응용의 종류, 압축 및 코딩 방식에 따라 달라지므로 모델링하기가 그리 쉽지 않다. VBR 코딩기법에서는 각 프레임은 바로 앞의 프레임과 비교하였을 때의 움직임의 차이에 의해서 코딩되므로 고속매체와 저속매체가 혼재한 경우라 할 수 있다. 따라서 고속트래픽의 셀 도착과정을 IPP(interrupted Poisson process)로 모델링하고 저속트래픽의 셀 도착

과정을 포아송 분포로 모델링하여 중첩된 트래픽의 도착과정을 그림 6에서와 같은 MMPP (Markov modulated Poisson process)로 근사시켜 사용할 수 있다<sup>[12, 16, 17]</sup>.

3. 시뮬레이션 결과고찰

본 절에서는 CBR 트래픽과 VBR 트래픽을 GCRA( $T_s, \tau$ ) 및 GCRA( $T_s, \tau_s$ )에 적용하였을 때의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 알아본다. 본 논문에서 시뮬레이션 결과 그래프의 X축에 사용한 measure는 트래픽 밀도( $\rho$ )로서, 전체 채널용량(C)에 대한 입력 트래픽양( $\lambda=N * \lambda_m$ )의 비율을 나타낸다. 따라서, 사용된 트래픽 source의 수(N)는 전체 채널 용량( $\lambda$ ), 개별 source의 평균 트래픽양( $\lambda_m$ ), 그리고 트래픽 밀도( $\rho$ ) 등에 의존하며 다음의 식으로 표현된다.

$$N = \rho * C / \lambda_m$$

VBR 트래픽 source의 경우, 2-state MMPP로 모델링하였으며, 평균 데이터 전송율이 1.5 Mbps이고 고속구간과 저속구간의 비율이 1:1인 것으로 가정하여  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  등의 파라미터를 결정하였다. 특히, 참고문헌<sup>[18]</sup>를 참조하여  $\lambda_1 = 0.02$  셀/ $\delta = 8000$  셀 /sec =  $2 \times 1.536$  Mbit/s,  $\lambda_2 = 0$  셀/ $\delta$ ,  $1/\gamma_1 = 33$  ms,  $1/\gamma_2 = 33$ ms로 가정하였다.

앞에서 살펴보았듯이 호가 설정될 때 CBR 트래픽에 대해서는, PCR(1/T) 및 CDV 허 용치( $\tau$ )를 협상하게 되며, VBR 트래픽에 대해서는 SCR (1/ $T_s$ ), PCR(1/T), 그리고 MBS (maximum burst size) 등을 협상하게 된다. 여기서 VBR 트래픽의 버스트 허

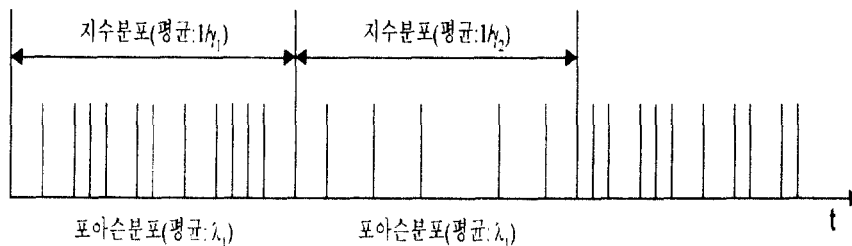


그림 6. 2-state MMPP 모델



용치( $r_s$ )는  $T$ ,  $T_s$ , 그리고 MBS에 의해 결정된다. CBR 트래픽만 존재하게되는 경우는, GCRA( $T, r$ )을 적용하면 각 응용에서 QoS를 만족시킬 수 있다. 그러나, VBR 트래픽만 존재하는 경우나, CBR 트래픽과 VBR 트래픽이 공존하는 경우에는 망의 부하가 수시로 바뀌게 되므로 각 응용의 QoS를 만족시키면서 망자원의 사용효율을 유지하기가 매우 어렵다. 따라서 망의 부하 변화에 대해서 버스트 허용치( $r_s$ )가 미치는 영향을 알아 보고 이를 적절히 변화시킴으로서 각 응용의 QoS를 유지하면서 망의 효율을 극대화 할 수 있는 방법에 관한 연구는 매우 중요한 의미를 갖는다.

VBR 트래픽만 존재하는 경우에 있어서, MBS가 각 트래픽의 QoS 및 망의 효율에 미치는 영향에 대한 시뮬레이션 결과를 그림 7, 그림 8, 그림 9에 보였다. 최대 방출주기  $T$ 는  $4.5\delta$ 로 가정하였는데,  $\delta$ 는  $150\text{Mb/s}$ 로 1셀을 전송하는데 걸리는 시간( $3\mu\text{s}$ )이다. 가상단말의 출력단으로 부터의 망 진입점에서 허용되는 MBS가 각각 1000셀, 500셀, 250셀, 100셀일때의 망 부하의 변화에 따른 VBR 트래픽의 처리율 특성이 그림 7에 잘 나

타나 있다. 그림에서 알 수 있듯이 트래픽 밀도가 낮을 때에는 MBS가 클수록 즉, 버스트 허용치가 클수록 처리율이 더 우수하게 나타난다. 하지만, 트래픽 밀도가 높아짐에 따라 차이가 줄어들다가 결국에는 MBS가 적을수록 즉, 버스트 허용치 적용이 더 엄격해질수록 처리율 특성이 더 우수하게 나타난다. 이는 망의 부하가 적은 상황에서는 버스트 허용치를 엄격하게 적용하지 않아도 다른 트래픽에 별 영향을 주지 않지만, 망의 부하가 커질수록 버스트 허용치를 엄격히 적용하여야만 다른 트래픽에 대한 영향을 줄일 수 있음을 의미한다. 한편, 이때의 VBR 트래픽의 평균지연특성이 그림 8에 잘 나타나 있다.

여기서도 망의 부하가 적은 상황에서는 버스트 허용치를 엄격히 적용하지 않은 경우의 평균지연특성이 엄격히 적용하였을 때보다 더 우수하게 나타나고, 망의 부하가 큰 상황에서는 엄격히 적용할때의 지연특성이 더 우수하게 나타나므로, 망의 부하가 적은 상태에서는 버스트 허용치를 조금 느슨하게 적용하므로써 각 응용의 QoS를 더 잘 만족시킬 수 있음을 알 수 있다. 이러한 효과로

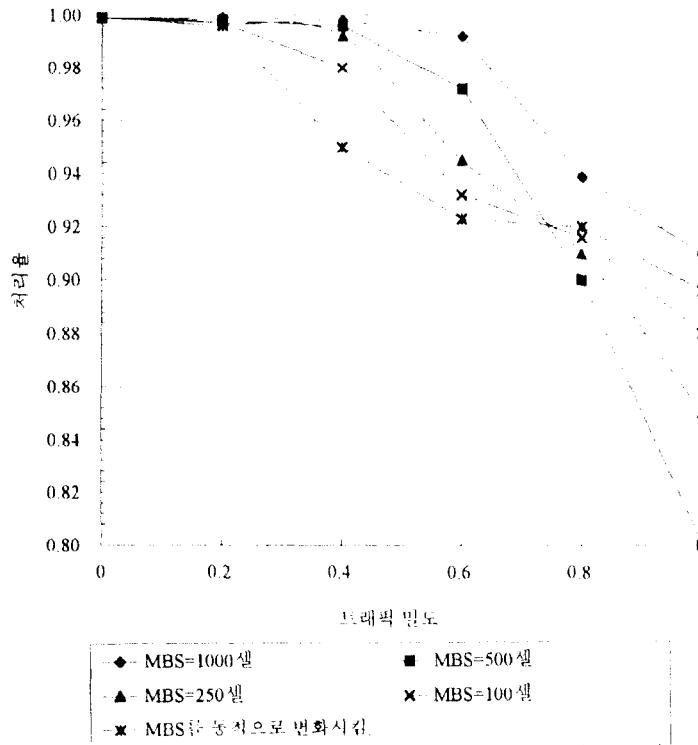


그림 7. VBR 트래픽만 존재하는 경우의 MBS의 변화에 따른 처리율 특성

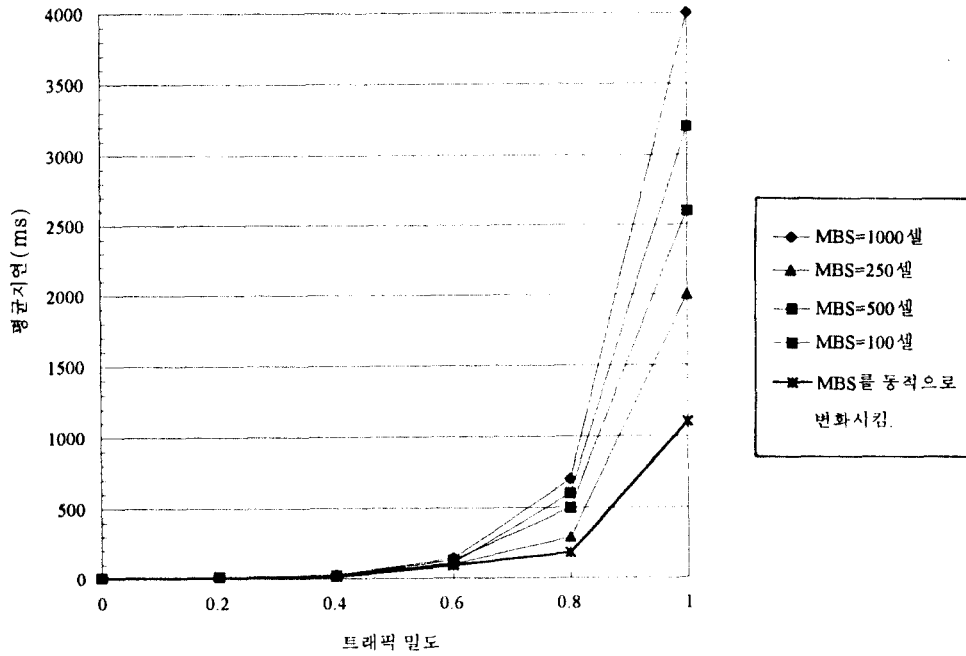


그림 8. VBR 트래픽만 존재하는 경우의 MBS의 변화에 따른 평균지연특성

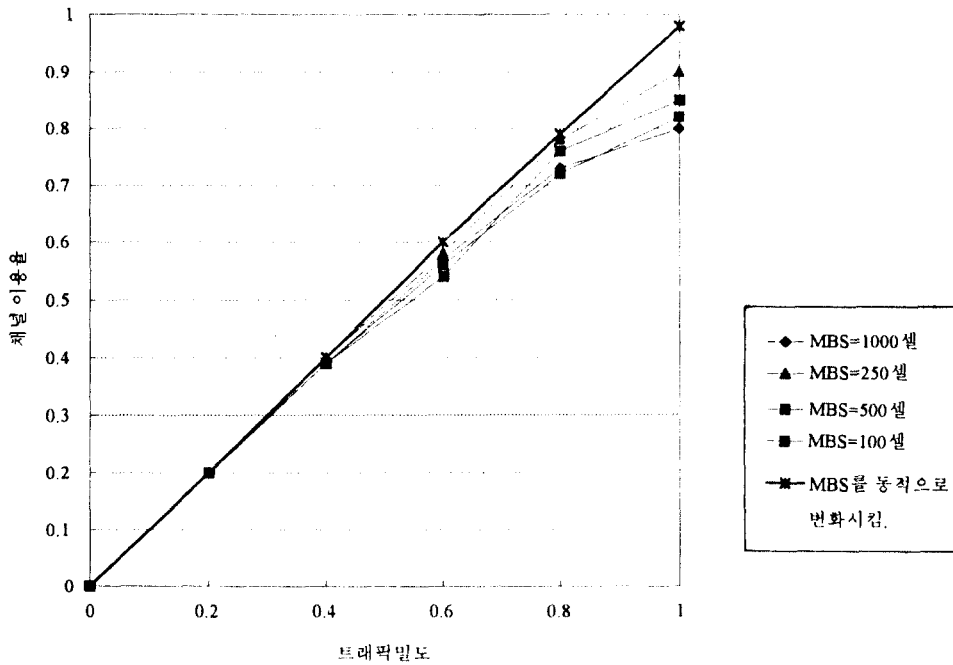


그림 9. VBR 트래픽만 존재하는 경우의 MBS의 변화에 따른 채널이용률 특성

인해서 그림 9에 보인 망 자원의 이용효율도 망의 부하가 낮은 상황에서는 MBS가 클때 더 높으며, 망의 부하가 큰 상황에서는 MBS가 작을 때 더 높음을 알 수 있다.

한편, 본 연구에서 제안한 방식의 성능도 그림 7, 그림 8, 그림 9에 표시되어 있는데, 망의 부하에 따라 MBS값을 변화시킴으로써 망의 부하가 높은 경우 뿐만 아니라 망의 부하가 낮을 경우에도 각 트래픽의 처리율 및 평균지연 특성과 망 전송자원의 효율을 보다 개선할 수 있음을 알 수 있다.

VBR 트래픽과 CBR 트래픽이 공존 (VBR:CBR=50:50)하는 경우, VBR 트래픽의 버스트 속성이 CBR 트래픽의 성능에 영향을 미치게 된다. CBR 트래픽의 CDV 허용치( $\tau$ )는 MBS에 비해 성능에 영향을 덜 미치므로 본 연구에서는 CDV를 4.5로 가정하였다. VBR 트래픽의 MBS가 1000셀, 500셀, 250셀, 100셀인 경우의 각 방식별 시뮬레이션 결과가 그림 10, 그림 11, 그림 12, 그림 13에 잘 나타나 있다. 그림 10은 적용되는 트래픽 밀도가 변화할때,

MBS의 값에 따른 처리율 특성을 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이, 망의 부하가 적은 상황에서는 MBS값을 크게 했을 때 더 높은 성능을 유지할 수 있지만, 망의 부하가 커짐에 따라 CDV 및 MBS값을 더 엄격히 적용해야 더 높은 처리율을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 또한, 그림 11과 그림 12는 각각 VBR 트래픽의 평균지연특성과 CBR 트래픽의 블럭킹 확률특성을 나타낸다. CBR 트래픽은 지연에 대해서 민감하고 VBR 트래픽은 블럭킹에 대해서 민감한 트래픽이므로 VBR 트래픽에 대해서는 지연시키는 전략을 적용하고 CBR 트래픽에 대해서는 일정기간이상 지연된 트래픽을 블럭킹 시킨 결과이다.

여기서도 트래픽 밀도가 낮은 상황에서는 버스트 허용치를 보다 느슨하게 적용하였을 때의 평균지연특성 및 블럭킹 확률특성이 보다 우수하게 나타남을 알 수 있다. 이러한 현상들은 망 진입점에서의 UPC기능이 엄격하게 적용되면 트래픽 밀도가 낮은 상황에서는 별 이득이 없이 트래픽 협상을 약간이라도 어긴 트래픽을 지연시키거나 블럭킹 시키게 됨으로서 오히려 역효과를 내게 되기

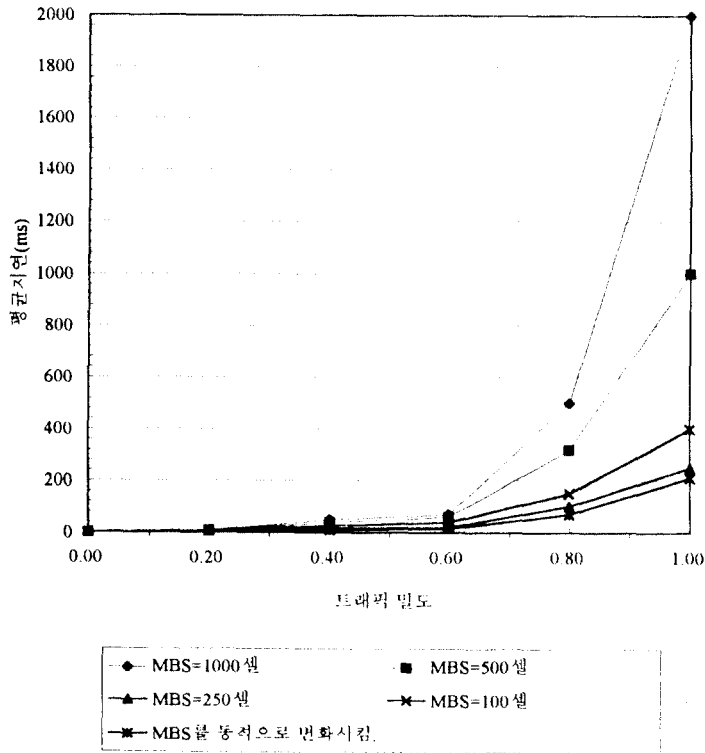


그림 10. VBR 트래픽과 CBR 트래픽이 공존하는 경우의 MBS 변화에 VBR 트래픽의 평균지연특성

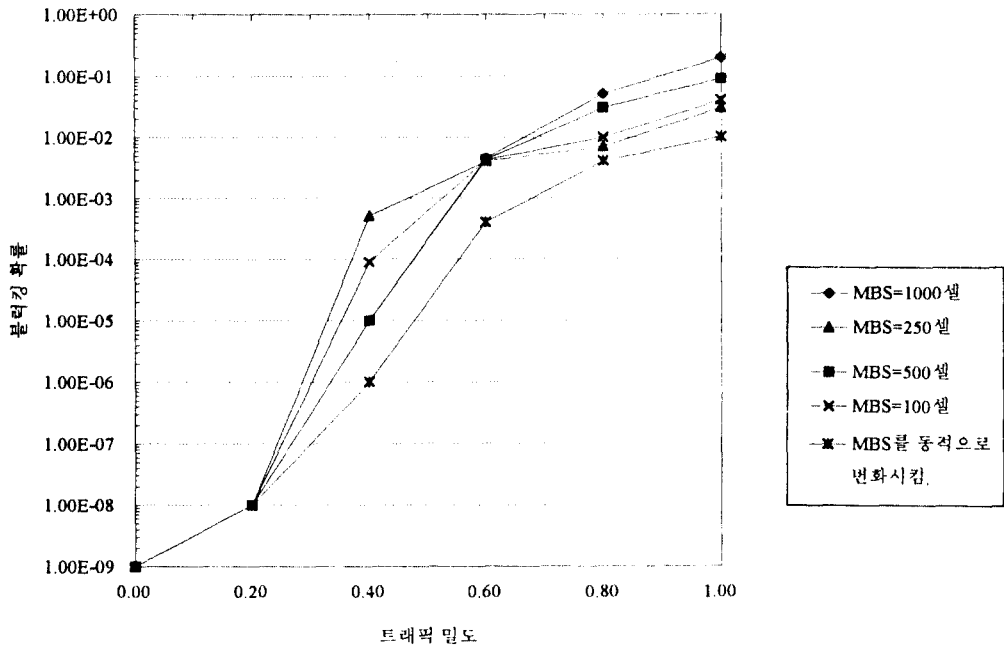


그림 11. VBR 트래픽과 CBR 트래픽이 공존하는 경우의 MBS 변화에 따른 CBR 트래픽의 블리킹 확률특성

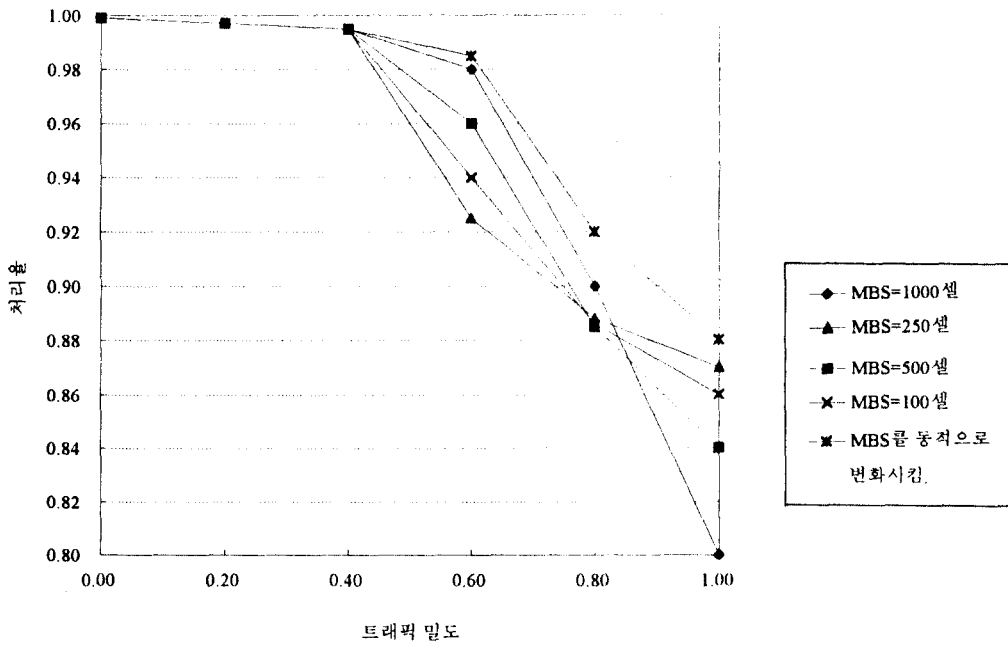


그림 12. VBR 트래픽과 CBR 트래픽이 공존하는 경우의 MBS 변화에 따른 처리율 특성

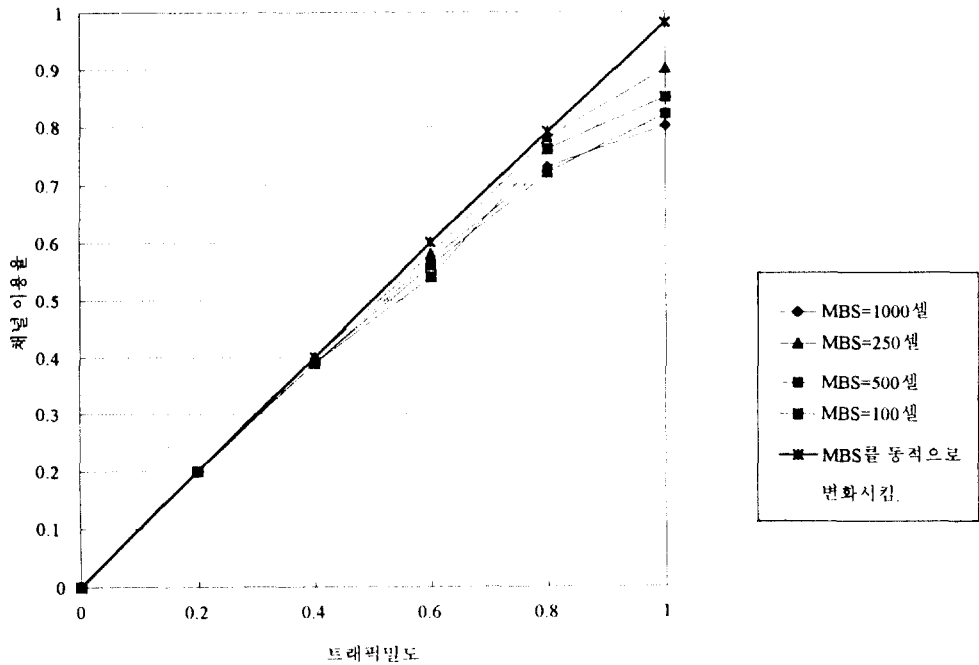


그림 13. VBR 트래픽과 CBR 트래픽이 공존하는 경우의 MBS의 변화에 따른 처리율 특성

때문이다. 반면, 트래픽 밀도가 높은 상황에서는 UPC의 감시기능을 느슨하게 하면 한 연결에서의 버스트 속성이 다른 연결의 QoS에 영향을 미치게 되어 평균지연 특성 및 블럭킹확률 특성이 악화되므로, UPC의 감시기능을 강화(즉, MBS의 크기를 감소)시켜서 다른 연결에 대한 영향을 줄여야 한다. 그림 13에는 망 전송자원의 이용효율특성이 나타나 있는데, 여기서도 이러한 결과를 잘 반영해 주고 있다.

한편, 망의 부하에 따라 MBS를 동적으로 변경하는 방식의 처리율특성, 평균지연특성, 블럭킹확률 특성, 망자원의 이용특성도 각각 그림 10, 그림 11, 그림 12, 그림 13에 함께 표시되어 있다. 망의 부하상태에 따라 버스트 허용치를 동적으로 변화시킴으로서 각 트래픽 응용의 QoS를 만족시키면서 동시에 망자원의 이용 효율을 극대화 할 수 있음을 알 수 있다.

동가단말의 동가지연 즉, ATM 계층의 다중화, OAM 셀의 삽입, 물리계층 셀의 삽입 등으로 인한 랜덤지연으로 인해 망 진입점의 UPC에서의 트래픽 특성이 본래의 트래픽 특성의 변형으로 나타나며 경우에 따

라서는 WCT(worst case traffic)으로 작용할 수도 있다. WCT는 망의 성능 및 서비스의 QoS에 심각한 영향을 미칠 수 있으므로 이를 잘 제어할 필요가 있다. 그러나 망의 부하가 적을 경우에는 이러한 WCT를 어느정도 망에 진입하도록 허용해도 별 문제가 없다. 따라서 망의 부하가 적을 때는 UPC의 감시기능을 조금 느슨하게 운용하여 서비스의 QoS를 높이도록 하고 WCT가 커짐에 따라 점차 엄격하게 적용하여 다른 서비스에 대한 영향을 줄이는 방안이 바람직함을 알 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 망의 부하상태에 따라 동적으로 적용할 수 있도록 하는 UPC방식을 연구하였다. 기존의 UPC 방식으로는 ITU-TS에서 권고하고 있는 VSA(virtual scheduling algorithm)와 ATM Forum의 GCRA를 살펴보고 문제점을 고찰하였으며, 기존 방식에서의 단점들을 극복할 수 있도록 하는 동적 UPC 방식을 제안하였다. 또한, 트래픽 제어방식의 성능분석에 이용할

트래픽 모델링 기법들을 고찰하고 이를 기반으로 시뮬레이션을 통해 제안한 방식의 성능을 기존의 방식들과 비교, 분석하였다.

시뮬레이션 결과, VBR 트래픽만 존재하는 경우, 망의 부하가 적은 상황에서는 버스트 허용치를 엄격하게 적용하지 않아도 다른 트래픽에 별 영향을 주지 않지만, 망의 부하가 커질수록 버스트 허용치를 엄격하게 적용해야만 다른 트래픽에 대한 영향을 줄일 수 있음을 알 수 있었다. 한편, VBR 트래픽과 CBR 트래픽이 공존 (VBR:CBR=50:50)하는 경우에도, 망 진입점에서의 UPC 기능이 엄격하게 적용되면 트래픽 밀도가 낮은 상황에서는 별 이득이 없이 트래픽 협상을 약간이라도 어긴 트래픽을 지연시키거나 블럭킹 시킴으로써 오히려 역효과를 초래하므로 UPC의 감시기능을 약간 둔화시켜야 하는 반면, 트래픽 밀도가 높은 상황에서는 UPC의 감시기능을 느슨하게 하면 한 연결에서의 버스트 속성이 다른 연결의 QoS에 영향을 미치게 되어 평균지연특성 및 블럭킹확률 특성이 저하되므로, UPC의 감시기능을 강화시켜서 다른 연결에 대한 영향을 줄여야 함을 알 수 있었다.

WCT는 망의 성능 및 서비스의 QoS에 심각한 영향을 미칠 수 있으므로 이를 잘 제어할 필요가 있다. 그러나 망의 부하가 적을 경우에는 이러한 WCT를 어느 정도 망에 진입하도록 허용해도 별 문제가 없다. 따라서 망의 부하가 적을 때는 UPC의 감시기능을 조금 느슨하게 운용하여 서비스의 QoS를 높이도록 하고 WCT가 커짐에 따라 점차 엄격하게 적용하여 다른 서비스에 대한 영향을 줄이는 방안이 바람직하다.

### 참고문헌

1. CCITT Recommendation I.211, "B-ISDN Service Aspects", 1990.
2. CCITT Recommendation I.121, "Broadband Aspects of ISDN", 1988.
3. ITU-TS Rec. (Former CCITT Rec. I.371), 1992.
4. E. P. Rathgeb, "Modelling and performance comparison of policing mechanisms for ATM Networks", IEEE JSAC, vol. 9, no. 3, pp.325-334., Apr. 1991.
5. E. P. Rathgeb and T. H. Theimer, "The Policing Function in ATM Networks", ISS 90, vol. V, pp.127-130.
6. J. A. S. Monteiro, M. Gerla and L. Fratta, "Input Rate Control for ATM Networks", ITC-13, pp.117-122, 1991.
7. V. Li, I. Khan, "A Traffic Control Mechanism for ATM Network", IEEE GLOBECOM 93, pp.1122-1126.
8. D. K. Hsing, "Performance Study on The Leaky Bucket Usage Parameter Control Mechanism with CLP Tagging", IEEE ICC 93, pp.359-364.
9. J. Turner, "New Directions in Communications(or Which Way to Information Age ?)", IEEE Communication Magazine, vol. 24, no. 10, pp.8-15, Oct. 1986.
10. M. Butto, E. Cavallero and A. Tonietti, "Effectiveness of Leaky Bucket Policing Mechanism in ATM Networks", IEEE JSAC, pp.335-342, Apr. 1991.
11. K. Sohraby, "Input Selective Cell Tagging and Discarding with MMPP Traffic Model for BISDN/ATM Congestion Control", IEEE GLOBECOM 93, pp.1765-1769.
12. M. Decina, L. Faglia and T. Toniatti, "Bandwidth Allocation and Selective Discarding for Variable Bit Rate Video and Bursty Data Calls in ATM Networks", IEEE INFOCOM 91, pp.1386-1393.
13. V. F. Hartanto, H. R. Sirisena, "User-Network Policer : A New Approach for ATM Congestion Control", IEEE GLOBECOM 93, pp.376-382.
14. The ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification", version 3.0, Sep. 1993.
15. 노병희외 3, "ATM망에서의 트래픽 정보원 모델링", 통신학회 91 추계학술발표 논문집, pp.192-195.
16. Harry Heffes, David M. Lucantoni, "A Markov Modulated Characterization of Packetized Voice and Data Traffic and Related Statistical Multiplexer Performance", IEEE

JSAC., no. 6, pp.856-868, September 1986.

17. T. Tamitake, T. Suda, "Evaluation of an Admission Control Scheme for an ATM Network Considering Fluctuations in Cell Loss

Rate", Globecom' 89, pp.1774-1780, 1989.

18. 최양화 외 5, "멀티미디어 트래픽 시뮬레이터의 설계 및 구현", '93 통신학술 연구과제 최종보고서, Mar. 1994.



金泰圭(Tae Gue Kim) 정회원

1967년 1월 2일생

1991년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과 졸업(공학사)

1993년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과 대학원 석사과정 졸업(공학석사)

1993년 3월~현재 : 경희대학교 전자계산공학과 대학원 박사과정 재학중

\*주관심 분야 : 개인휴대통신, 멀티미디어 통신, B-ISDN



趙東浩(Dong Ho Cho) 정회원

1956년 4월 3일생

1979년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)

1981년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 대학원 석사과정 졸업(공학석사)

1985년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 대학원 박사과정 졸업(공학박사)

1985년 3월~1987년 2월 : 한국과학기술원 통신공학연구소 선임연구원

1989년 9월~1995년 7월 : 경희대학교 전자계산소장

1987년 3월~현재 : 경희대학교 전자계산공학과 부교수

\*주관심 분야 : B-ISDN, 개인휴대통신, 이동 데이터통신, 멀티미디어 통신, 망관리