

# ATM 트래픽 특성을 고려한 트래픽 셰이핑 기법

최 창 원\* 김 태 윤\*\*

## 요 약

ATM 트래픽의 다중화시 셀 지연 변경(cell delay variance)에 의한 트래픽의 특성 변화로 인하여 셀 밀집 현상과 셀 분산 현상이 발생된다. 이러한 현상들은 셀 스트림의 버스티니스를 증가시키고 네트워크의 폭주 상태를 유발하게 된다. 따라서 입력 스트림을 일정한 간격으로 네트워크나 트래픽 제어 기능으로 전송하는 트래픽 셰이핑 기능이 필요하다. 기존 방법들의 대부분이 입력 트래픽을 동일한 특성을 갖는 트래픽으로 간주하여 연구를 수행하였지만, 본 연구에서는 입력 트래픽을 손실과 지연의 관점으로 트래픽 특성을 고려한 트래픽 셰이핑 기법을 제안한다. 입력 트래픽의 특성을 고려한 셰이핑 모델과 알고리즘을 제시하고 셀 지연 변경의 크기에 따른 트래픽 영향을 연구한다. 제안된 기법을 가상 스케줄링 기법(virtual scheduling algorithm)과 비교하여 셰이핑 기법의 효율성을 평가한다. 실험 결과 제안된 기법이 지연에 민감한 트래픽인 경우 약 12%의 평균 지연의 감소와 손실에 민감한 트래픽인 경우 약 11%의 버스티니스의 감소를 보였다.

## A Traffic Shaping Scheme Considering ATM Traffic Characteristics

Chang-Won Choi\* and Tai-Yun Kim\*\*

### ABSTRACT

In ATM traffic multiplexing, the cell clumping and the cell dispersion are occurred due to the cell delay variance(CDV) which changes the traffic characteristics. These cell variances increase the burstiness of the cell streams and make the network congested. The function of the traffic shaping is necessary to transmit the input streams into the networks or into the traffic policing schemes with some intervals. Most of the existing studies regard the input traffics as the traffic with the identical characteristics. In this study, the traffic shaping is processed by considering the traffic characteristics with the loss-sensitive traffic and the delay-sensitive traffic. The traffic shaping model and the traffic shaping algorithm which considers the characteristics of input streams have been presented. The traffic effect on the CDV size is also studied. The proposed scheme is compared to Virtual Scheduling Algorithm(VSA) and the efficiency of the proposed scheme is evaluated. According to the simulation results, the mean delay is decreased about 12% in delay-sensitive traffic and the traffic burstiness is decreased about 11% in loss-sensitive traffic.

### 1. 서 론

B-ISDN의 전송 모드의 표준으로 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 방식이 제안되고 있으며 STM(Synchronous Transfer Mode) 방식의 비유연성과 비효율성들을 제거해 주는 것으로

알려져 있다[ITU-T 91, Prycker 93]. ATM 방식은 셀(cell)이라는 고정적 크기의 블록으로 정보를 전송하며 신속한 통계적 다중성(statistical multiplexing)을 제공한다. 이러한 통계적 다중성으로 인해 네트워크의 혼잡(congestion)이 발생되거나 셀 지연 변경(Cell Delay Variance: CDV)에 의한 트래픽의 특성이 변하게 된다[Bae 91, ITU-T 93]. 특히 셀 지연 변경에 의한 트래픽 특성의 변화는 셀들의 간격을 정상적인

\* 정 회 원 : 고려대학교 전산학과(박사)

\*\* 정 회 원 : 고려대학교 전산학과 교수

논문접수 : 1995년 4월 17일, 심사완료 : 1995년 9월 6일.

간격보다 좁게 만들어 셀의 최고 비트율(peak bit rate)을 증가시키고 버스티니스(burstiness)의 크기를 제한값 이상으로 만든다. 따라서 ATM 네트워크의 성능을 효율적으로 유지하기 위해서 셀 지연 변경을 관리하기 위한 방법이 필요하다 [Prycker 93, Acampora 94].

효율적인 ATM 망의 운용을 위해서는 네트워크의 진입 전에 최고 비트율을 일정한 크기의 비트율로 감소시켜 동적인 대역폭 할당을 가능케 하는 방법이 필요한데, 이를 트래픽 셰이핑(traffic shaping)이라 한다[Saito 94, Onvural 94]. 트래픽 셰이핑에 대한 연구는 ITU-T에서도 선택적인(optional) 기능으로 권고하고 있어 아직까지 활발하게 진행되지 못하고 있다. 현재까지 진행된 방법들중 [Guillemin 92]의 연구는 셰이핑 기능에 대한 일반적인 특성과 셰이퍼에서 발생하는 지연 시간을 측정하였고, [Brochin 92]은 셰이퍼의 입력을 Compound-MMPP로 모델링하여 셰이퍼의 특성을 분석하였다. [Golestani 91]은 프레임을 이용한 Stop-Go 큐를 이용하여 셰이핑 기능을 연구하였지만 트래픽의 수신측에 사용되는 제한적 연구 방법이다.

ATM 네트워크에서 사용되는 트래픽들은 셀 전송에 따른 손실 또는 지연에 민감한 특성을 갖기 때문에 트래픽 제어시 이러한 특성을 반영하여 트래픽 제어를 수행해야 일정한 수준의 서비스 질(Quality of Service)을 보장할 수 있다 [Bae 91, Acampora 94]. 하지만 기존의 방법들은 셰이퍼에 입력되는 트래픽의 특성을 버스티니스가 큰 트래픽으로 간주하여 셰이핑을 수행하였다. 이는 셀 손실을 감소시키는 측면에서만 강조하여 트래픽 셰이핑을 수행한 것이기 때문에 셀 지연에 민감한 트래픽인 경우 많은 셀 지연 시간이 발생되어 신속한 전송이 어렵다. 셀 손실에 민감한 트래픽인 경우도 일정한 지연 시간 범위 내에서 셀 전송이 수행되어야 한다. 따라서 신속성과 유연성을 제공하는 ATM 네트워크를 운영하기 위해서는 셰이핑 수행시 트래픽 특성을 반영하는 기법을 연구할 필요가 있다.

본 논문에서는 입력 트래픽을 셀 손실과 셀 지연의 관점에서 셀 손실에 민감한(loss-sensitive) 트래픽과 셀 지연에 민감한(delay-sensitive) 트

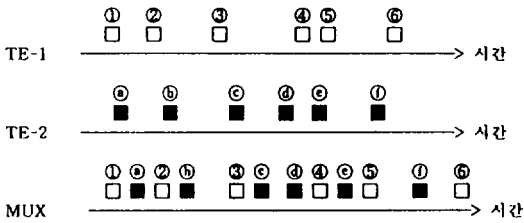
래픽으로 나누어 트래픽 셰이핑을 연구한다. 셀 지연 변경이 ATM 네트워크에 미치는 영향을 연구하고 이를 효과적으로 제어하는 트래픽 셰이핑 모델을 설계하고 트래픽 특성을 반영하는 셰이핑 기법을 제시한다. 트래픽 특성에 따라 제시한 기법과 가상 스케줄링 기법(virtual scheduling algorithm)을 비교하여 지연 시간 및 버스티니스의 변화에 대해 분석한다.

## 2. 셀 지연 변경(Cell Delay Variance)

ATM 네트워크상의 여러 트래픽 소스에서 생성된 셀들은 트래픽 다중화 단계를 거치면서 필연적으로 지연 요소(jitter)를 유발한다. 이런 지연들은 TE(Terminal Equipment)들간의 다중화(multiplexing), NT2에서의 다중화, UNI(User Network Interface) 셀의 GFC(Generic Flow Control) 필드를 이용하는 공용된 매체에서의 다중화, 가상 경로 스위치에서의 다중화 등에 의해 발생한다[Prycker 93].

(그림 1)은 다중화에 의해 발생된 트래픽 지연들이 원래의 셀 스트림 구조를 변경하여 트래픽의 특성을 변화시키는 그림이다. 이러한 셀 지연 변경에 의해 변환된 셀 스트림은 사용 파라미터 제어(UPC : Usage Parameter Control) 방법과 같은 트래픽 제어 기법(traffic policing)에 의해 폐기되거나 태그가 붙어 네트워크에 진입된다. 다중화된 셀들 간의 도착 간격이 매우 좁아지는 현상을 셀 밀집(cell clumping) 현상이라고 하고 넓어지는 경우를 셀 분산(cell dispersion) 현상이라고 한다.

셀 밀집 현상의 경우 트래픽의 버스티니스를 높여 트래픽 제어 단계에서 많은 셀 손실률을 유발하고 음성 정보와 같이 손실에 민감한(loss-sensitive) 트래픽의 서비스 질을 저하시킨다. 셀 분산 현상의 경우 셀들간의 지연이 커지므로 화상 정보와 같은 지연에 민감한(delay-sensitive) 트래픽에 대해 서비스의 질도 만족시키지 못한다. 따라서 소스 트래픽의 서비스 질을 만족시키기 위해서는 셀 지연 변경의 크기를 최소화하는 관리 기법이 필요하다. 트래픽 셰이핑을 통해 최고 비트율을 갖는 트래픽을 일정한 비트율 이하



(그림 1) 다중화에 의한 셀 지연 변경  
(Fig. 1) Cell Delay Variance by Cell Multiplexing

로 유지할 수 있다[Guillemin 92, Saito 94, Onvural 94].

셀 지연 변경을 구하는 방법은 1-지점(point) 셀 지연 변경과 2-지점(point) 셀 지연 변경에 의한 방법으로 나눌 수 있다. 1-지점 셀 지연 변경은 하나의 측정점을 두어 최고 비트율  $r(1/T, T$ 는 셀간의 간격)로 도착되는 셀들의 특성을 파악한다. 측정점에서의 셀  $k$ 에 대한 1-지점 셀 지연 변경의 크기를  $Y_k$ 라 할 때  $Y_k = C_k - A_k$ 이다. 이때  $C_k$ 는 측정점에서의 셀의 참조 도착 시간이며  $A_k$ 는 측정점에서의 실제 도착 시간이다. 따라서  $C_k$ 는 (식 1)과 같이 나타낼 수 있다 [ATM FORUM 93].( $T$ 는 셀의 전송 간격)

$$C_0 = A_0 = 0$$

$$C_{k+1} = \begin{cases} C_k + T & \text{if } C_k \geq A_k \\ C_k + T & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots \text{(식 1)}$$

셀 지연 변경 크기의 최대 값은 표준화되었지만 셀 지연 변경에 대한 등급의 필요성이나 연결 시 셀 지연 변경의 표기 방법에 대한 요구 사항들은 계속 연구중이다[Onvural 94]. 본 연구에서는 1-지점 셀 지연 변경 방법을 사용하여 트래픽 소스로부터 발생되는 셀의 특성을 만족시킬 수 있는 트래픽 셰이핑을 수행한다.

### 3. 트래픽 셰이핑 기법

#### 3.1 트래픽 셰이핑

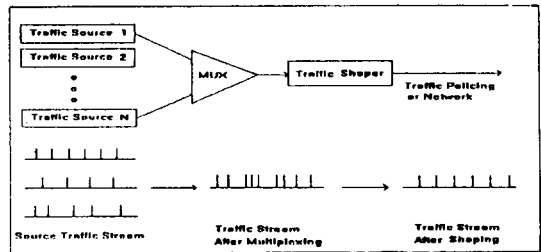
ATM 네트워크상에서 임의의 연결 예약된 대역폭은 입력 트래픽의 하한 값을 평균 비트율로, 상한 값을 최고 비트율로 제한된다. 대부분의 가

변 비트율(VBR : Variable Bit Rate)을 갖는 트래픽에 있어서 셀들은 활성(active) 기간 동안 최고 비트율로 발생된다. 휴지(silent) 기간 동안에는 아무 셀도 발생하지 않는다. 따라서 셀들이 네트워크로 진입되기 전에 셀들을 버퍼링하여 최고 비트율을 감소시키는 것이 가능하다. 셀들의 셰이퍼 도착률보다 셰이퍼의 출발률을 낮게 하는 것이다.

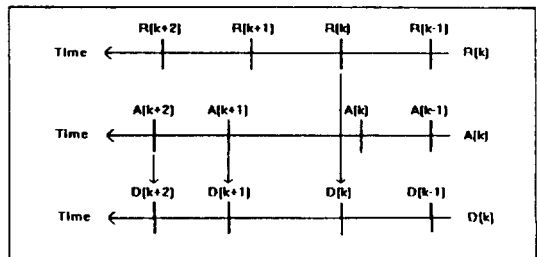
셀의 출발률을 도착률보다 작게하는 방법을 트래픽 셰이핑(traffic shaping) 또는 셀 스페이싱(cell spacing)이라 하며, TE나 네트워크 진입점에서 수행된다. 셰이핑 기능을 통해 상당한 대역폭의 절감을 얻을 수 있다. 특히 큰 버스티니스를 갖는 트래픽에 대해서는 효과를 더욱 증가시킬 수 있다[ATM Forum 93, Saito 94].

트래픽 셰이핑의 기능은 (그림 2)와 같다.

(그림 3)은 셀 참조 시간을  $R(k)$ , 셀 도착 시간을  $A(k)$ , 셀의 셰이퍼 출발 시간을  $D(k)$ 라 할때 셀 밀집 현상과 셀 분산 현상을 나타낸 것이다. 셀 밀집 현상은 셀  $k$ 에 대해  $A(k)$ 의 크기가  $R(k)$ 보다 작을 경우이다. 이 경우 셀 스트림의 최고 비트율을 증가시켜 트래픽의 셀 손실을



(그림 2) 트래픽 셰이핑의 기능  
(Fig. 2) The Function of Traffic Shaping



(그림 3) 셀 밀집 현상과 셀 분산 현상  
(Fig. 3) Cell Clumping and Cell Dispersion

유발하며 이를 해결하기 위해  $D(k)$ 의 값을  $R(k)$ 의 값으로 설정한다. 이때 셰이핑에 의한 지연이 발생된다.

셀 분산 현상은 단위 시간안에 입력되는 셀의 갯수가 하나도 없을 때 나타낼 수 있고 셀  $k+1, k+2$ 의 경우에 해당한다. 이 경우 셀 지연 변경의 크기에 따라  $D(k+1)$ 의 값은  $A(k+1)$ 의 값으로 설정되거나 셀 지연 변경의 크기에 따라  $(k+1)$ 번째 셀을 폐기시킨다. 트래픽의 특성을 많이 변화게 하는 경우는 셀 밀집 현상으로 셰이핑 기법에서 중요한 요소가 된다[Guillemin 92].

트래픽 셰이핑은 ATM 연결상의 셀 스트림에 대한 최고 비트율의 감소와 입력 셀 스트림의 순서를 유지할 수 있다. 트래픽 셰이핑 기법은 ① 최고 셀 비트율의 감소(peak cell rate reduction) ② 버스트 길이의 제한(burst length limiting) ③ 일정한 시간에 적당한 공간을 삽입시키는(cell spacing) 방법 등이 있으며 본 논문에서는 셀 사이에 일정한 공간을 삽입하는 방법을 이용하여 셰이핑하는 기법을 개발한다.

### 3.2 트래픽 셰이핑 모델

본 연구에서 제시하는 트래픽 셰이핑 기법은 버스티니스가 큰 스트림의 최고 비트율을 줄이기 위해 입력 스트림의 특성을 고려하였다. 트래픽 셀간에 적절한 공간을 삽입하여 네트워크의 진입 시간을 스케줄링한다. 트래픽 셰이핑의 수행 위치는 각 트래픽 소스와 다중화 장치 사이, 네트워크 진입점 또는 트래픽 제어 기능 이전에서 수행될 수 있다.

트래픽 셰이핑의 모델은 (그림 4)와 같다. 트래픽 셰이핑 모델은 트래픽 파라미터 메모리와 트래픽 스트림 스케줄러로 구성된다. 트래픽 파라미터 메모리는 각 전송 노드의 인덱스와 최고 비트율의 쌍으로 구성된 정보들을 유지한다. 트래픽 스트림 스케줄러는 파라미터 메모리의 정보를 이용하여 가상 채널상에서 전송되는 셀들에 대해 셰이핑 기능을 수행한다.

#### 3.2.1 입력 스트림 모델 및 유형

트래픽 셰이핑 모델의 입력 트래픽은 ON-OFF 모델로 가정하였다[Bernabei 93]. 각 트래픽 소스들은 ON 시간 동안에 트래픽을 발생시키는 활

성(active) 기간과 OFF 시간 동안에 셀을 발생시키지 않는 휴지(silence) 기간을 갖는다. ON에서 OFF로 변환할 확률을  $\alpha$ 라고 하고 OFF에서 ON으로 변환할 확률을  $\beta$ 라고 하자. ON/OFF의 상태 변환은 평균  $1/\alpha, 1/\beta$ 로 기하 분포(geometric distribution)의 특성을 갖고 수행된다. 만약  $N$ 개의 트래픽 소스들이 이산적(discrete)으로 다중화된다면  $m$ 개의 트래픽 소스가 활성 기간에 있을 확률  $P_m$ 은 (식 2)와 같다[Bae 91].

$$P_m = \left\{ \begin{matrix} N \\ m \end{matrix} \right\} \left( \frac{\alpha}{\alpha+\beta} \right)^{N-m} \left( \frac{\beta}{\alpha+\beta} \right)^m,$$

for  $0 \leq m \leq N$  ..... (식 2)

입력 셀의 도착률과 셰이핑된 셀의 출발률을 각각  $p$ 와  $p'$ 라고 하면, 도착 셀과 출발 셀의 간격은  $1/p$ 와  $1/p'$ 이 된다. 입력 스트림의  $i$ 번째 셀이 트래픽 셰이핑을 수행하면서 발생하는 지연 시간을  $d_i$ 라고 하면

$$d_i = (i-1) (1/p' - 1/p) \text{ ..... (식 3)}$$

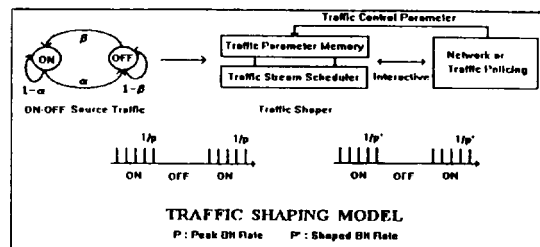
입력 스트림의  $i$ 번째 셀이 ON 시간에 있을 확률을  $P_i$ 라고 하면

$$P_i = (1-\alpha) \cdot \alpha^{i-1} \text{ ..... (식 4)}$$

따라서 셰이퍼에 의해 발생하는 평균 지연 시간  $D$ 는 (식 5)와 같다.

$$D = \sum_{i=1}^{\infty} P_i \cdot d_i \text{ ..... (식 5)}$$

발생되는 트래픽의 형태는 손실과 지연에 민감한 특성으로 나누었다. 기존의 셰이핑 방법들은 셰이퍼의 입력을 버스티니스가 큰 트래픽으로 간주하여 셰이핑을 수행하였다. 이는 셀 손실율을



(그림 4) 트래픽 셰이핑 모델  
(Fig. 4) Traffic Shaping Model

감소시키는 측면만 생각하여 셰이핑을 수행한 것이기 때문에 지연에 민감한 트래픽인 경우 많은 셀 지연 시간이 발생할 수 있다. 셀 손실에 민감한 트래픽인 경우도 일정한 지연 시간 범위 내에서 손실율을 최소화하여 전송이 수행되어야 한다. 본 연구에서는 트래픽의 특성에 따라 손실 또는 지연에 민감한 트래픽에 대한 효율적인 셰이핑 기법을 제시한다.

3.2.2 셰이핑 알고리즘

입력 스트림에 대한 트래픽 셰이핑의 기본 기능은 셰이핑된 셀들의 출발 간격을 셰이퍼의 도착 간격보다 크게 하는 것이다. 트래픽 셰이핑시 셰이퍼를 통해 네트워크로 진입하는 셀들 간의 시간 간격은 셀이 전송되는 최고 비트율 r보다 커야 한다. 즉, 셀간의 전송 간격  $d \geq 1/r$ 이다. 일정한 시간 간격( $I_n$ ) 동안 입력되는 셀의 갯수를  $C_n$ 이라 하면, 셀 지연 변경에 의해 발생하는 셀 밀집 현상과 셀 분산 현상은 (식 6)과 같이 표현할 수 있다.

- ▷ 셀 밀집 현상 :  $C_n \geq 2$
  - ▷ 셀 분산 현상 :  $C_n = 0$  for  $I_n = T_n - T_{n-1}$
- ..... (식 6)

셀 밀집 현상과 셀 분산 현상을 해결하는 알고리즘은 다음과 같다.

(1) 셀 밀집 현상

셀 밀집 현상은 셀들의 간격이 좁아지는 경우이다. (그림 3)에서 셀 k에 대해 A(k)의 크기가 R(k)보다 작을 경우이다. 실제 셀이 이론적인 시간보다 먼저 셰이퍼에 도착한 때이다. 이런 경우에 셀 k-1과의 간격이 좁아져 스트림의 최고 비트율을 증가시킬 수 있다.

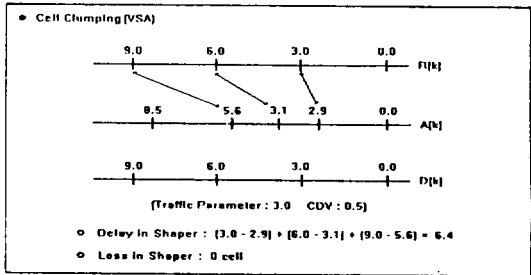
셀 밀집 현상을 발생시키는 트래픽들은 셀 손실을 유발하게 되며 이를 해결하기 위해 셰이퍼의 출발 시간 D(k)의 값을 참조 시간인 R(k)의 값으로 설정한다. 셰이퍼를 벗어나는 셀들의 출발 간격을 최소한 트래픽 파라미터의 간격보다 크게 하여 셰이핑한다.

기존의 가상 스케줄링 기법은 셰이핑의 기준을 버스티니스에 대해서만 고려하였기 때문에 셀들이 손실과 지연에 민감한 트래픽인 경우 셀 지연

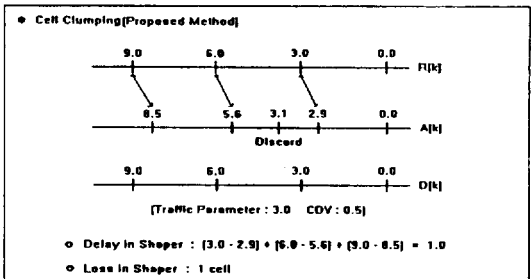
시간 또는 셀 손실률이 증가되는 현상이 발생된다.(그림 5, 그림 6)

(그림 5)는 가상 스케줄링 기법을 사용하여 셀 밀집 현상의 해결을 나타낸 것이다. 그림에서 셀 참조 시간의 간격은 3.0 단위 시간이고 셀 실제 시간은 2.9, 3.1, 5.6, 8.5 단위 시간이다. 이때 각 셀들은 셀 밀집 현상을 유발하게 되고 셀들을 참조 시간에 따라 셰이핑하면 전체 지연 시간은 6.4 단위 시간이 된다. 입력 트래픽들이 셀 지연에 민감할 경우 많은 셀 지연 시간을 유발하게 되므로 서비스 품질을 일정 상태로 유지하면서 셀을 전송하기가 어렵다.

(그림 6)은 트래픽의 특성을 고려한 셰이핑 방법을 나타낸 것이다. 지연에 민감한 트래픽인 경우 셀 지연을 유발하는 셀들을 폐기하여 전체 셀 지연 시간을 줄일 수 있다. (그림 5)에서 셀 지연을 유발하는 단위 시간 3.1에 입력된 셀을 폐기하게 되면 전체 지연 시간은 1.0 단위 시간으로 줄일 수 있다. 따라서 지연에 민감한 트래



(그림 5) 가상 스케줄링 기법에 의한 셰이핑 (셀 밀집 현상)  
(Fig. 5) Shaping with VSA(Cell Clumping)



(그림 6) 트래픽 특성을 고려한 셰이핑 (셀 밀집 현상)  
(Fig. 6) Shaping with the proposed method (Cell Clumping)

픽의 서비스 품질을 유지할 수 있다.

(그림 5)에서 3.1 단위 시간에 입력되는 셀처럼 셀 지연을 유발하는 셀에 대한 판단은 가상 경로 또는 가상 채널에서 제공하는 셀 지연 변경 크기에 따라 수행된다. 그림에서 셀 지연 변경 크기가 0.5이므로 5.6과 8.5 단위 시간에 입력되는 셀들은 셀 지연을 유발하지 않는 셀로 판단되어 셰이핑된다. 이 경우 지연 시간을 줄이기 위해 셀 손실이 발생한다. 따라서 손실에 민감한 트래픽인 경우 셀 손실을 줄이기 위해 참조 시간에 맞게 셰이핑한다.

셀 밀집 현상을 발생한 셀 k에 대한 셰이핑 시간  $D_k$ 는 (식 7)로 나타낼 수 있다.

$$D_k = \begin{cases} R_k & \text{if } R_k \leq A_k + CDV \\ R_k & \text{if } R_k > A_k + CDV \text{ and loss-sensitive} \\ \text{Cell Discard} & \text{if } R_k > A_k + CDV \text{ and delay-sensitive} \end{cases}$$

..... (식 7)

이때의 셀 참조 시간  $R_{k+1}$ 는 (식 8)처럼 나타낼 수 있다. 셀 밀집 현상인 경우 셀 지연에 민감한 트래픽인 경우 참조 시간은 폐기되는 셀의 참조 시간과 같게 된다.

$$R_{k+1} = \begin{cases} R_k + T_s & \text{if } R_k \leq A_k + CDV \\ R_k + T_s & \text{if } R_k > A_k + CDV \text{ and loss-sensitive} \\ R_k & \text{if } R_k > A_k + CDV \text{ and delay-sensitive} \end{cases}$$

..... (식 8)

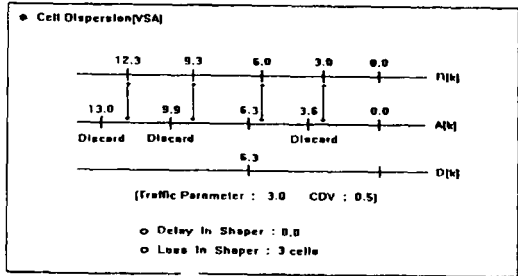
**(2) 셀 분산 현상**

셀 분산 현상은 셀간의 간격이 본래의 간격보다 커지는 경우이다. (그림 3)에서 셀 k+1과 k+2에 해당한다. 셀 분산의 경우 가상 경로 또는 가상 채널에서 제공하는 셀 지연 변경의 크기에 따라 셀을 셰이핑할 것인지를 결정하게 된다. 만약 제공된 셀 지연 크기를 만족한 셀들은 그대로 셰이핑하며 셀 지연 시간을 만족하지 못한 셀들은 폐기시킨다. 셀 손실에 민감한 트래픽인 경우 셀 손실에 의해 전송 서비스의 품질이 저하될 수 있다.

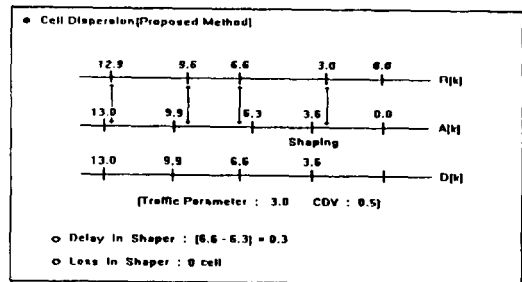
(그림 7)에서 셀 참조 시간은 3.0 단위 시간이고 셀 지연 변경의 크기는 0.5이다. 실제로 셀들이 3.6, 6.3, 9.9, 13.0 단위 시간에 입력되었을 때 가상 스케줄링 알고리즘에 의하여 셰이핑하면 6.3에 입력된 셀만이 셰이핑되어 전체 셀 손실률

은 0.75(3/4)가 된다. 이것은 손실에 민감한 트래픽일 경우 많은 셀들이 손실되어 효율적인 셀 전송을 수행할 수 없다.

트래픽의 유형이 셀 손실에 민감할 경우 많은 지연 시간을 유발하지 않는 셀들을 셰이핑하면 셀들의 참조 시간을 조절하여 셀 손실률을 줄일 수 있다.



(그림 7) 가상 스케줄링 기법에 의한 셰이핑 (셀 분산 현상)  
(Fig. 7) Shaping with VSA(Cell Dispersion)



(그림 8) 트래픽 특성을 고려한 셰이핑 (셀 분산 현상)  
(Fig. 8) Shaping with the proposed method (Cell Dispersion)

(그림 8)은 트래픽의 특성을 고려한 셰이핑 방법을 나타낸 것으로 3.6 단위 시간에 입력되는 셀을 셰이핑함으로써 6.3 단위 시간에 입력되는 셀의 참조 시간이 6.0에서 6.6으로 조정된다. 따라서 다음 셀의 참조 시간은 9.6에서 9.9로 변하게 되며 마지막 셀에 대한 시간도 12.3에서 12.9로 변화된다. 이러한 참조 시간에 의해 셰이핑을 하게 되면 셀 손실률을 기존 방법보다 줄일 수 있다. 손실에 민감한 트래픽인 경우 적절한 서비스 품질을 유지할 수 있다. 물론 폐기될 셀을 셰이핑함으로써 셀 지연 시간이 증가하게 된다.

셀 분산 현상 발생시 셀 k에 대한 셰이핑 시간  $D_k$ 는 (식 9)로 나타낼 수 있다.

$$D_k = \begin{cases} A_i & \text{if } R_i \geq A_i + CDV \\ A_i & \text{if } R_i < A_i + CDV \text{ and loss-sensitive} \\ \text{Cell Discard} & \text{if } R_i < A_i + CDV \text{ and delay-sensitive} \end{cases} \dots\dots\dots (식 9)$$

이때의 셀 참조 시간  $R_{k+1}$ 는 (식 10)처럼 나타낼 수 있다.

$$R_{k+1} = \begin{cases} A_i + T, & \text{if } R_i \geq A_i + CDV \\ A_i + T, & \text{if } R_i > A_i + CDV \text{ and loss-sensitive} \\ R_i + T, & \text{if } R_i > A_i + CDV \text{ and delay-sensitive} \end{cases} \dots\dots\dots (식 10)$$

트래픽 셰이핑 알고리즘은 ATM 셀을 셰이핑하기 전에(호 설정시) 셀이 전송되는 가상 채널에서 요구하는 트래픽 제어 정보(트래픽의 유형, 최고 비트율)를 트래픽 파라미터 메모리에 읽어 들인다. 만약 공유된 가상 채널을 여러 트래픽 소스가 공유하는 경우 각 트래픽 스트림의 시작 셀(플래그)의 정보를 통해 트래픽 제어 정보를 가상 경로와 마찬가지로 트래픽 파라미터 메모리에서 읽어 들인다. 트래픽 제어 정보가 결정되면 트래픽의 셀 참조 시간을 계산하고 트래픽 스트림 스케줄러는 입력 셀의 도착 시간을 셀 참조 시간과 비교하여 셀 밀집 또는 분산 현상을 결정한다. 셀의 셰이핑 시간은 트래픽의 유형과 가상 채널에서 제공하는 셀 지연 변경의 크기에 따라 (식 7)에서 (식 10)을 통해 결정되어 전송된다.

**4. 트래픽 셰이퍼의 성능 분석**

트래픽 셰이퍼의 성능을 분석하기 위해 이벤트 중심의 시뮬레이션 도구인 SMPL을 사용하여 트래픽 셰이핑 모델을 구성하고 실험하였다[Mac-Dougall 87].

트래픽 발생은 ON-OFF 트래픽 모델로 하여 발생시켰다. [Butto 91]의 트래픽 예를 응용하여 ON-OFF 트래픽의 ON 시간과 OFF 시간의 비율을 1대 2로 유지하여 셀을 발생시켰다. 가변 비트율의 경우 평균 비트율과 최고 비트율의 비율을 1대 3을 유지하도록 하였다. 셀을 발생시키는 트래픽 소스의 갯수는 1개에서 50개까지 변화하

면서 분석하였다.

**4.1 셀 지연 변경 크기에 따른 분석**

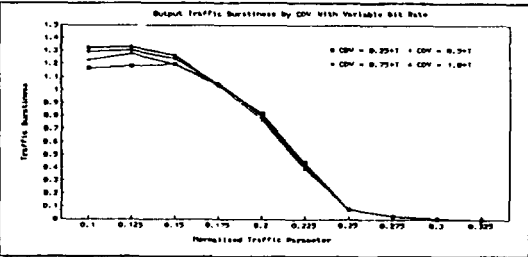
셀 지연 변경은 셰이핑 알고리즘을 수행할 때 셀을 폐기할 것인지를 판별하는 중요한 요소이다. 셀 분산 현상의 경우 셀 지연 변경의 크기가 큰 값으로 설정되면 셰이핑되는 셀들의 간격은 넓어져 버스티니스를 줄일 수 있다. 반면에 셀들의 간격이 넓어짐에 따라 셀의 지연 시간이 커질 수 있다.

버스티니스의 크기는 (식 11)과 같이 표현된다[Onvural 94, Brochin 92].

$$C^2 = \sigma^2(x) / E(x)^2 \dots\dots\dots (식 11)$$

여기서,  $C^2$ 은 셰이퍼를 통과한 셀들의 버스티니스,  $\sigma^2$ 은 셰이퍼를 통과한 셀들의 출발 간격들에 대한 분산,  $E(x)$ 는 셰이퍼를 통과한 셀들의 출발 간격들에 대한 평균이다.

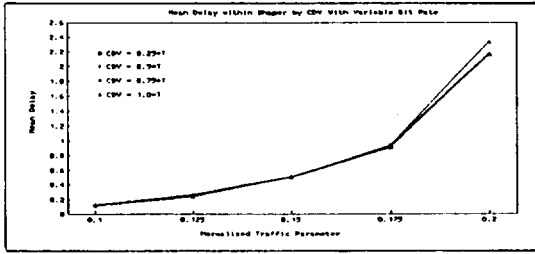
(그림 9)는 가변 비트율로 발생된 트래픽에서 셀 지연 변경의 크기를 변화시킬때 셰이핑된 셀들의 버스티니스의 크기를 나타낸 것이다. 그림을 통해 분석해 볼때 트래픽 파라미터의 크기가 증가될수록 스트림의 버스티니스 크기가 작아지는 것을 알 수 있다. 셀 지연 변경의 크기가 트래픽 파라미터의 크기에 근접할수록 셰이핑되는 셀들의 간격을 크게 만들기 때문에 셀 간격의 평균 값이 커진다. 이것은 (식 11)을 통해서도 셀들의 간격에 대한 평균 값들이 커지면 버스티니스의 값이 감소함을 알 수 있다.



(그림 9) 셀 지연 변경의 크기와 버스티니스 (가변 비트율)  
(Fig. 9) CDV Size vs. Traffic Burstiness(VBR)

(그림 10)은 가변 비트율로 발생된 트래픽에서 셰이핑 수행시 셀 지연 변경의 변화에 대해

발생하는 평균 지연의 변화이다. 셀 지연 변경의 크기에 대한 변화가 평균 지연의 크기의 변화에는 큰 영향을 주지 않는다. 이것은 셀 지연 변경의 크기가 셰이퍼에서 셀들을 버퍼링하는 시간에 비해 상대적으로 작기때문에 전체 지연 시간에 큰 영향을 주지 못하는 것을 의미한다.



(그림 10) 셀 지연 변경의 크기와 평균 지연 (가변 비트율)  
(Fig. 10) CDV Size vs. Mean Delay(VBR)

(그림 9)와 (그림 10)을 통해서 버스티니스 크기의 변화와 평균 지연의 변화는 서로 반비례함을 알 수 있다. 셰이핑의 수행시 셀 전송 간격(버스티니스)과 지연 시간을 일정한 수준으로 유지하기 위해서는 셀 지연 변경의 크기에 대한 적절한 조절이 필요하다. 트래픽 셰이핑을 사용하여 효율적인 네트워크를 운용하기 위해서는 트래픽의 특성을 버스티니스와 지연의 측면으로 분리하여 트래픽 셰이핑을 수행하여야 한다.

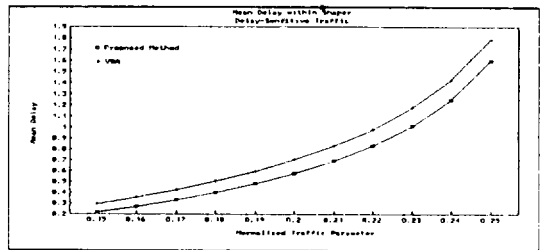
## 4.2 트래픽 특성에 따른 분석

4.1절에서 트래픽 셰이핑의 수행시 트래픽 특성을 고려해야할 필요성에 따라 본 절에서는 트래픽 특성에 따라 트래픽 셰이핑을 분석한다. 분석 결과 트래픽 파라미터의 값이 증가할수록 두 가지 트래픽 모두 버스티니스의 크기는 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 셰이퍼에서 지연에 민감한 트래픽에 대해 셀의 지연을 줄이기 위해 지연을 유발하는 셀을 폐기시켰기 때문이다. 폐기된 셀들로 인하여 벌어진 셀들의 간격이 손실에 민감한 트래픽의 셀 간격들보다 크다. 지연에 민감한 트래픽의 평균 셀 간격이 손실에 민감한 트래픽의 평균 셀 간격보다 크므로 버스티니스의 크기는 작아진다. 버스티니스의 변화 폭이 큰 것

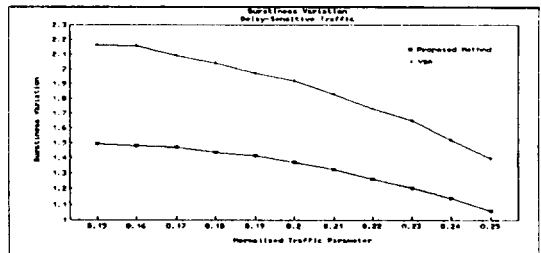
은 평균 셀 간격 크기의 변화가 크다는 것을 의미한다.

(그림 11)과 (그림 12)는 지연에 민감한 트래픽을 가상 스케줄링 알고리즘과 본 논문에서 제시한 방법과 비교한 지연 시간의 변화와 버스티니스의 변화를 나타낸 것이다. 지연에 민감한 트래픽인 경우 트래픽 파라미터의 크기가 증가함에 따라 셀 지연 시간도 비례하여 증가하지만 제안한 방법이 가상 스케줄링 알고리즘에 비해 약 12% 정도 줄어 든 평균 지연을 보여준다. 버스티니스의 변화는 제안한 방법이 가상 스케줄링 알고리즘에 비해 약 14% 정도 줄어 들었다. 이는 제안한 방법이 가상 스케줄링 알고리즘에 비해 지연에 민감한 트래픽의 특성을 살려 트래픽 셰이핑시 발생하는 셀 지연 시간을 줄이고 버스티니스를 줄임으로써 효과적인 서비스 품질을 제공할 수 있다는 것을 의미한다.

(그림 13)과 (그림 14)는 손실에 민감한 트래픽을 가상 스케줄링 알고리즘과 본 논문에서 제안한 방법과 비교한 지연 시간의 변화와 버스티니스의 변화를 나타낸 것이다. 제안한 방법에서

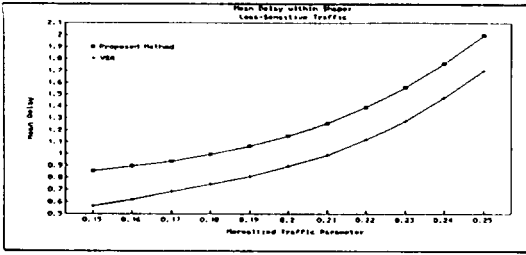


(그림 11) 지연에 민감한 트래픽의 평균 지연  
(Fig. 11) Mean Delay with Delay-sensitive traffic

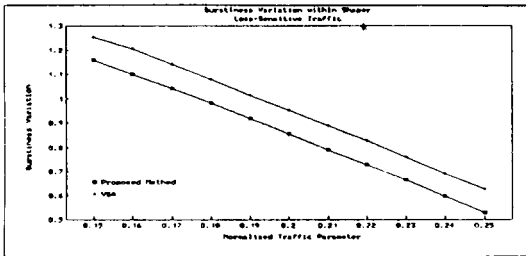


(그림 12) 지연에 민감한 트래픽의 버스티니스의 변화  
(Fig. 12) Burstiness Variation with Delay-sensitive traffic





(그림 13) 손실에 민감한 트래픽의 평균 지연  
(Fig. 13) Mean Delay with Loss-sensitive traffic



(그림 14) 손실에 민감한 트래픽의 버스티니스의 변화  
(Fig. 14) Burstiness Variation with Loss-sensitive traffic

는 손실에 민감한 트래픽인 경우 손실률을 줄이기 위해 평균 지연이 가상 스케줄링 알고리즘에 비해 13.2% 정도 증가하였다. 하지만 전체 트래픽의 버스티니스의 변화는 제안한 방법이 가상 스케줄링 알고리즘에 비해 약 11% 정도 감소함으로써 손실에 민감한 트래픽의 서비스 품질을 유지할 수 있다.

(그림 11)에서 (그림 14)를 통해 분석해 볼때 제안한 방법이 기존의 방법보다 트래픽의 특성을 반영하여 효과적으로 셰이핑할 수 있다는 것을 알 수 있다. 다만 손실에 민감한 트래픽인 경우 셀 지연 시간이 일정치 이상으로 증가될 수 있다. 이는 트래픽 셰이핑 기법에서 필연적으로 발생하는 문제이며 이를 해결하기 위해서는 셰이핑 시 트래픽에 따라 적용되는 트래픽 파라미터의 크기에 대한 효율적인 조정이 필요하다[Brochin 92].

### 5. 결 론

본 연구에서는 입력 트래픽을 셀 손실과 셀 지

연의 관점에서 셀 손실에 민감한 트래픽과 셀 지연에 민감한 트래픽으로 나누어 트래픽 셰이핑을 연구하였다. 트래픽 셰이핑 모델은 셰이핑에 필요한 정보를 유지하는 트래픽 파라미터 메모리와 실제 셰이핑을 수행하는 트래픽 스트림 스케줄러로 구성하였다. 소스 트래픽의 발생을 ON-OFF 모델로 하여 셰이핑 수행시 발생하는 셀 지연을 분석하였다.

제안한 셰이핑 알고리즘은 트래픽 파라미터와 트래픽의 특성에 따라 연속적인 셀간에 일정한 공간을 삽입하는 방법으로 가상 스케줄링 알고리즘에 비해 서비스 질을 만족시키는 것을 실험을 통해 알 수 있었다. 실제로 트래픽 특성을 고려하지 않은 기법에 비해 버스티니스는 약 11% 정도 감소하였다. 셀 지연 변경에 따른 셰이핑의 분석을 통해 효율적인 셰이핑의 수행을 위해서는 적절한 셀 지연 변경 크기의 설정이 중요한 요소가 됨을 알 수 있었다. 특히 셀 손실에 민감한 트래픽이 셀 지연에 민감한 트래픽보다 셰이핑 기능의 적용에 적당함을 평균 지연과 버스티니스의 변화를 통해 분석할 수 있었다.

본 연구의 향후 연구 분야는 셰이핑 수행시 발생하는 필연적인 지연 시간을 제어하기 위해 트래픽의 서비스 질을 저하시키지 않는 적절한 셀 지연 변경 크기의 결정이다. 또한 폭주 발생시 효율적인 트래픽 제어를 할 수 있도록 트래픽 셰이핑 기능을 트래픽 제어 기법과 연결하여 수행하는 방법을 연구하는 것이다.

### 참 고 문 헌

[MacDougall 87] "Simulating Computer Systems Techniques and Tools," M. H. MacDougall, The MIT Press, 1987.  
 [Bae 91] "Survey of Traffic Control Schemes and Protocols in ATM Networks," Jaime J. Bae and Tatsuya Suda, Proc. IEEE, 1991.  
 [Rathgeb 91] "Modelling and Performance Comparison of Policing Mechanism for ATM Networks", E. P. Rathgeb, IEEE JSAC, vol.9, no.3, 325-334, 1991.

[Butto 91] "Effectiveness of the Leaky Bucket Policing Mechanism in ATM Networks," Milena Butto and et al., IEEE JSAC, 1991.

[Golestani 91] "Framing Strategy for Congestion Management," S. Jamaloddin, Golestani, IEEE JSAC, Vol 9, No 7, September, 1991.

[Brochin 92] "A Cell spacing device for congestion control in ATM networks," Frank M. Brochin, Performance Evaluation 16, 1992.

[Guillemin 92] "Management of Cell Delay Variation in ATM Networks," Fabrice Guillemin, Wei Monin, Proc. IEEE Globecom'92, 1992.

[ATM Forum 93] "ATM User-Network Interface Specification Version 3.0," ATM Forum, 1993.

[ITU-T 93] "Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN," ITU-T Recommendation I.371, Helsinki, 1993.

[Bernabei 93] "Analysis of Two Level Shaping for Multiplexing of ON-OFF ATM Source," F. Bernabei, L. Gratta, M. Listanti, and M. Testa, Proc. of IEEE ICC '93, pp. 1380-1385, 1993.

[Prycker 93] "Asynchronous Transfer Mode-Solution for Broadband ISDN," Martin de Prycker, Ellis Horwood, 1993.

[Acampora 94] "An Introduction to Broadband Networks," Anthony S. Acampora, Plenum Press, 1994.

[Matragi 94] "On the Jitter and Delay Analysis in ATM Multiplexer," Wassim Matragi, Chatschik Bisdikian, and Khosrow Sohraby, Proc. of IEEE ICC '94, pp. 738-743, 1994.

[Khan 94] "Performance Analysis of a Traffic Shaping Mechanism for ATM Local Area Network," Irfan Khan and Victor O. K. Li, Proc. of ICCCN '94, pp. 45-

51, 1994.

[Saito 94] "Teletraffic Technologies in ATM Networks," Hiroshi Saito, Artech House, 1994.

[Onvural 94] "Asynchronous Transfer Mode Networks : Performance Issues," Raif O. Onvural, Artech House, 1994.

[최 94] "ATM 링(ATM Ring)의 트래픽 셰이핑 기법," 최창원, 김태운, 한국 정보 과학회 추계학술 발표회, 1994.10.

[Panken 95] "Impact of VP-spacing on Individual VCs," Frans J. M. Panken, Proc. of B-ISDN Teletraffic Modelling '95, pp. 16-30, 1995.

[Berg 95] "Traffic Shaping in an ATM based connectionless Overlay Network," J. L. van de Berg, E. Smeitink, and Michel Mandjes, Proc. of B-ISDN Teletraffic Modelling '95, pp. 31-39, 1995.

최 창 원



1990년 고려대학교 전산과학과 (학사)  
 1992년 고려대학교 전산과학과 (석사)  
 1995년 고려대학교 전산과학과 (박사)  
 관심분야 : ATM Network, 분산 처리 시스템, EDI 시스템 등

김 태 운



1981년 고려대학교 산업공학과 (학사)  
 1983년 미국 Wayne State University 전산과학과(석사)  
 1987년 미국 Auburn University 전산과학과(박사)  
 1988년~현재 고려대학교 전산

과학과 교수  
 관심분야 : B-ISDN, EDI 시스템, 그래픽스, 이동 통신 시스템 등