

ATM Network에서 트래픽 특성에 의한 셀 셰이핑

윤석현*

A Cell Shaping Scheme using Traffic Characteristics in ATM Network

Seok-Hyun Yoon *

요 약

본 논문에서 제안한 간격 제어 알고리즘은 리키버킷이나 다중화기의 버퍼를 간격 제어기의 버퍼로 사용하면서 버퍼에 입력된 셀의 시간을 기준으로 방출 시간을 결정하도록 하였다. 위반 셀에 대한 배려를 고려하여 모든 생성된 셀을 간격 제어기에서 표시하거나 폐기하지 않고 네트워크로 진입 시키도록 함으로서 기존의 방식에 비해 데이터의 손실을 고려하였으며, 일단 버퍼에 입력된 셀은 도착 시간 간격보다 일찍 방출될 수 있도록 융통성을 부여하여 버퍼에서 발생하는 지연을 최소화 하도록 하였다. 제안한 간격 제어 방식은 네트워크의 셀 손실을 감소시키며 셀의 밀집 현상을 해소함으로써 대역의 효율을 높이고 수신 버퍼의 재조립 부하를 줄일 수 있다.

Abstract

The change of traffic by the CDV is entered in a condensed form in UPC/NPC, overflowing the buffer of the net and possibly causing its congestion. For this reason this paper proposes the Cell Spacing Scheme. As the Cell Spacing Scheme, two method is proposed: RAT based on the time in which cells enter the spacer and RDT based on the time in which cells come out from the spacer. This paper proposes the improved spacing sheme in which the departure time of the present cell determines the departure time of the next one, by combining with Leaky Bucket and using the traffic characteristics of ATM network.

▶ Keyword : 트래픽(Traffic), 셀 지연변이(Cell Delay Variation), 셀 셰이핑(Cell Spacing)

• 제1저자 : 윤석현

* 청강문화산업대학 컴퓨터정보과 교수

1. 서론

ATM 기술에 기반을 두고 있는 BISDN은 폭넓은 전송 능력 요구와 망의 성능을 보장하는 다양한 트래픽 클래스를 전송하기 위해 설계되었다. 기본 목적 또한 원격검침, 데이터 단말, 전화, 팩시밀리 등 다양한 종류의 서비스를 단일 망에서 제공하는 ISDN(integrated services digital network)의 개념과 서비스 대역폭의 제한을 받는 N-ISDN(narrowband ISDN)으로부터 고속 데이터 전송, 고품질 동화상 서비스, 광대역 멀티미디어 서비스 등의 광대역 서비스에 이르기까지 넓은 대역 분포를 갖는 연속성의 실시간 신호들과 군집성의 신호들을 모두 수용하는데 있다.

트래픽 제어(traffic control)라는 용어는 망 자원이 주어진 트래픽 관제의 특성을 결정하며, 개별적인 ATM 셀을 트래픽 관리(traffic management)에 적용하기 위해 시간 크기의 영역에서 다양한 기능 활동을 명시하기 위해 ITU-T 권고안 I.371에서 채택한 것이다[1-6].

ATM 트래픽 제어로는 새로운 호를 수용할 것인지를 결정하는 호 수락 제어와 사용자의 서비스 품질을 만족하기 위한 우선순위 제어와 사용자가 협상된 트래픽 파라미터를 준수하는지를 감시하는 UPC(usage parameter control)/NPC(network parameter control)등이 있다.

UPC/NPC는 협상된 트래픽 이상의 셀이 망으로 입력되는 것을 제한함으로써 망의 폭주를 예방하는 역할을 수행하며, 1987년 Turner[7]에 의하여 그 필요성이 제안된 이후 ITU-T 권고안 I.371에 기능 등이 정의되어 있고, 가장 기본적으로 필요한 트래픽 제어 방식의 하나로 인식되고 있다.

UPC/NPC의 기능은 협상된 트래픽 이상의 셀이 입력되는지를 감시하는 폴리싱(policing) 기능과 입력된 셀의 셀간 간격을 제어하는 간격 제어기(spacer) 기능으로 구분할 수 있다. 폴리싱 방식으로는 윈도우에 기반한 방식[8,9]과 리키버킷(LB:leaky bucket)에 기반한 방식들[8],[10-12]이 제안되었다.

그러나 UPC/NPC 만으로는 망 자원을 보호하기에 기능이 부족하다. ATM의 특성상 셀 전송시 발생하는 지연이 일정하지 않기 때문에 셀 지연의 변이가 발생한다[13-16]. 이러한 셀 지연 변이에 의한 트래픽의 변화는 UPC/NPC에서 허용되어야 하기 때문에 UPC/NPC에 셀이 밀집된 형태로 입력될 수가 있다. Guillemin 등은 이러한 이유로 UPC/NPC에서 셀간 간격을 제어하는 간격

제어기(Spacer-controller)를 제안하였고, Boyer 등은 UPC/NPC 기능과 셀간 간격제어 기능을 함께 구현하기 위한 방식을 제안하였다[2,9,18].

이외에도 Wallmeier 등이 LB 방식을 이용한 셀간 간격 제어 방식을 제안하였다. 그러나 이들방식의 공통점은 셀이 간격제어기로 입력되는 시간을 기준으로 수행하는 RAT(recent arrival time) 방식이기 때문에 간격제어기에 의한 다중화로 인하여 출력 트래픽의 셀간 간격 분포가 최대 셀율에서 벗어나 분산된 모양을 나타낸다[17]. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위하여 간격제어기에서 셀이 출력되는 시간을 기준으로 셀 간격제어를 수행하는 RDT(recent departure time)방식이 제안되었다[7]. RDT 방식은 전단에서 발생한 다중화 영향을 완전히 극복함으로써 셀간 간격이 최대 셀율에 집중되는 좋은 출력 트래픽 특성을 갖는 것으로 확인되었다. 그러나 RDT방식에서는 간격제어기에서 셀 출력을 요구한 시간과 실제로 셀이 출력되는 시간 사이에 지연이 발생하며, 비록 적은 양이지만 서비스가 계속되는 동안 지연이 누적되기 때문에 무한대의 버퍼가 필요하다.

본 논문에서는 RDT에서의 지연 누적을 보완하면서 RDT의 장점을 활용하기 위하여 RAT의 방식에서 적용한 것과 같이 셀 도착 시간을 기준으로 하며, 간격 제어기에 따로 데이터 버퍼를 두지 않고 시스템 내의 데이터 버퍼를 사용하여 셀들을 저장하고 저장된 셀들을 논리적 셀 간격 시간으로 재방출하는 논리적 출발시간(TIT:theoretical inter-arrival time)를 이용하는 TIT방식을 제안한다.

이 방식의 특성을 검증하기 위해 셀 간격 분포를 측정하고 또 셀 발생에 따른 평균 지연을 측정함으로써 각 방식의 특성을 분석하였다.

대부분의 간격제어기 방식이 RAT를 기준으로 하였고 이후 RDT를 기준으로 한 방식이 제안되었지만 이들 방식간의 비교는 단지 셀간 간격에 대해서만 비교된 상태이다. 따라서 본 논문에서는 이들 방식과 제안한 방식의 성능을 비교하기 위하여 기존에 많이 사용하는 셀간 간격 뿐만 아니라 간격제어기에서의 셀 평균 지연(CAD : cell average delay)특성을 분석하였으며, UPC/NPC에서 협상된 트래픽 파라미터의 준수 정도를 나타내기 위해 셀 지연 변이 허용치를 적용하고 분석하였으며, 출력 트래픽의 연속 셀 분산 형태를 분석하였다.

시뮬레이션 모델은 BONEs 3.1을 사용하여 SUN Sparc station 10 시스템에서 네트워크 노드들을 구성하고 성능을 평가하였다.

본 논문은 제 2장에서 ATM에 대한 일반적인 개요와 본 논문의 내용과 관련된 ATM 트래픽 제어 기술 등을 살펴보고, 제 3장에서 기존의 간격제어 방식과 본 논문의 방식을 기술하고 이들 방식을 비교하기 위한 평가 기준을 정리하

였으며, 제 4장에서 시뮬레이션을 통하여 확인된 결과를 정리하였으며, 마지막으로 제 5장의 결론으로 구성하였다.

II. 트래픽 셰이핑

ITU-T에서는 트래픽 파라미터로 최대 셀율과 이의 역수인 최소방출 간격에 대해서만 정의 하였다. 이것은 가장 정의하기 용이한 트래픽 파라미터로서 망 측에서도 제어가 용이할 뿐만 아니라 사용자의 QoS를 항상 보장할 수 있기 때문이다. 그러나 망에서 사용자의 트래픽 특성을 상세히 알지 못하므로 망 자원이 비효율적으로 운용되는 단점이 있다.

추후 평균 셀율 및 SCR등이 명확하게 정의될 경우 망 자원은 좀 더 효율적으로 운용될 수 있을 것이나 호 설정시 단말측에서 이러한 트래픽 파라미터를 결정하는데 어려움이 따를 것으로 예상된다.

최대 셀율은 하나의 ATM 연결에 허용된 트래픽의 상한 값을 나타내며, 최대 셀율을 정의하는 기준 구성 및 동등 단말기(equivalent terminal)는 그림 1과 같다.

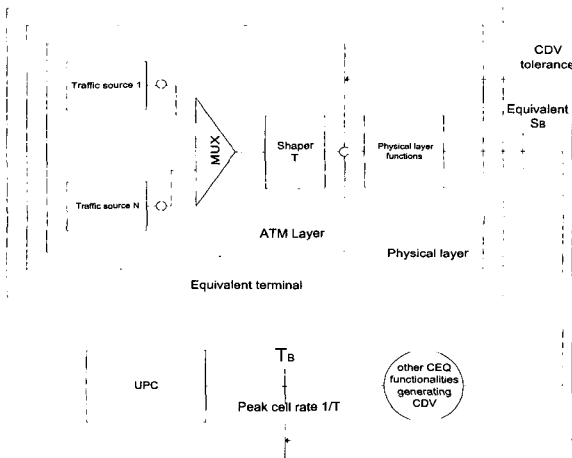


그림 1. 최대 셀율을 정의하는 기준구성 및 동등 단말기
Fig. 1 Basic configuration and Equivalent terminal for the definition of PCR

ITU-T 권고안 I.356에서 정의한 셀 지연 변이를 구하는 방법은 1-지점(point) 셀 지연 변이와 2-지점(point) 셀 지연 변이에 의한 방법으로 나눌 수 있다. 1-지점 셀 지연 변이는 하나의 측정 지점을 설정하여 셀 k의 실제 도착한 시간과 셀의 참조 도착 시간과의 차로 구할 수 있다. 다음과 같이 1-지점 셀 지연 변이를 식으로 나타낼 수 있다.

$$y_k = c_k - a_k \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$y_k = 1 - \text{point CDV}$$

$$c_k = \text{reference arrival time}$$

$$a_k = \text{actual arrival time}$$

참조 도착 시간은 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$c_0 = a_0 = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$c_{k+1} = c_k + T \quad \text{when } c_k \geq a_k$$

$$c_{k+1} = a_k + T \quad \text{otherwise}$$

식에서 T는 최대 셀율의 역수이다. 1-지점의 값이 양수이면 셀 밀집 현상이고 음수이면 셀 분산 현상이다. 본 논문에서는 1-지점 방법에 의해 셀 지연 변이를 측정 하였다.

III. TIT 트래픽 셰이핑

그림 2는 본 논문에서 제안하는 간격 제어 알고리즘이다. 간격 제어 알고리즘은 도착하는 셀의 도착 시간을 계산하여 이론적인 도착 시간과의 관계를 계산한다. 제안된 간격 제어기 알고리즘은 입력 트래픽의 비트율로 간격 제어기에 도착하는 도착 시간을 기준으로 이론적인 재 방출 시간에 망으로 방출하도록 한다.

제안된 알고리즘에서는 이론적인 셀 도착 시간(TIT : theoretical inter-arrival time)과 실제 셀 도착 시간(PIT : practical inter-arrival time)을 이용하여 간격 제어를 수행한다.

간격 제어기 알고리즘에서 셀 스트림의 흐름은 다음과 같다. 트래픽 소스들은 ON-OFF 소스 모델로 발생된다. ON-OFF 소스 모델은 ON 구간에서는 최대 비트율로 셀들을 발생하고 OFF 구간 동안에는 셀을 발생하지 않는다. 트래픽 소스는 음성 소스와 정지 영상 소스로 제한하여 수행하였다.

ON-OFF 형태로 발생된 셀들은 최대 비트율로 트래픽 셰이퍼에 입력된다. 이때 셀들간의 간격은 T로 이루어져 있다고 할 수 있다. 간격 제어 알고리즘은 측정된 도착 시간을 기준으로 망에서 요구하는 셀들의 방출 시간을 결정하여 재방출 하게 된다.

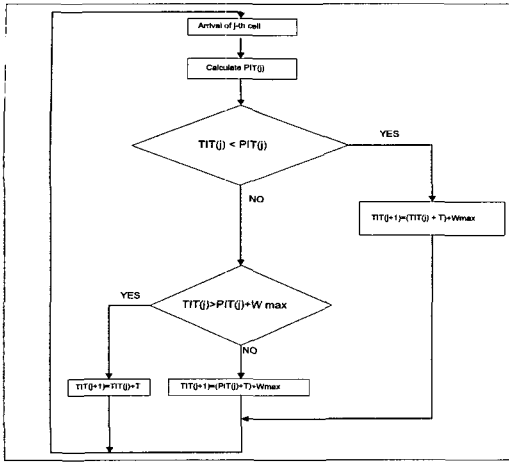


그림 2. 간격 제어 알고리즘
Fig.2 Cell Spacing Algorithm

간격 제어 알고리즘은 여러 가지 방법으로 적용하여 실험하였다. 첫 번째 버퍼가 없는 리키버킷에 적용하였다. 이 경우 버퍼가 존재하지 않게 구성하기 어려워 1셀을 저장할 수 있는 크기의 버퍼를 설정하여 간격 제어를 수행하지 않는 경우와 기존 RAT, RDT 간격 제어를 수행한 경우, 그리고 제안된 간격 제어 알고리즘을 적용한 경우로 나누어 실험 하였다.

두 번째 버퍼를 가진 리키버킷에 적용하였다. 이 경우도 버퍼가 없는 리키버킷과 같이 실험하였다.

제한한 간격 제어 방식에서 리키버킷 모델을 간격 제어로 사용하는 목적은 트래픽의 크기를 조절하기가 용이하며 트래픽 버스타니스를 감소 시킬수가 있다.

IV. 시뮬레이션 및 결과

4.1 시뮬레이션 모델링

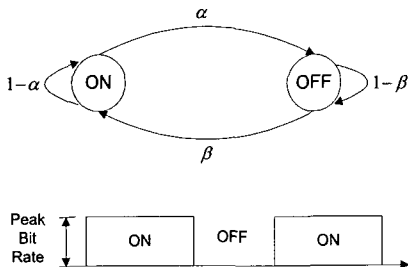


그림 3. ON-OFF 트래픽 소스 모델
Fig. 3 ON-OFF Traffic Source Model

그림 3에서 최대 피크율은 $1/T$ 이다. 여기서 T 는 셀 간격(inter cell time)이다. ON 시간에서 OFF 시간으로 천이할 확률을 α 라고 하고, OFF 시간에서 ON 시간으로 천이할 확률을 β 라고 하면 ON/OFF의 상태 천이 확률은 평균 $1/\alpha$ 과 $1/\beta$ 로 기하분포(geometric distribution)의 특성을 갖고 수행된다. 평균 비트율은 $(1/\alpha)/T(1/\alpha+1/\beta)$ 다. 평균 버스트 주기는 $T_{on} = 1/\alpha$ 이다.

트래픽 웨이핑에서 셀들은 버스타니스가 큰 셀들을 버스타니스를 감소시키기 위해 일정 시간 동안 저장하여 재방출 하므로 필연적으로 지연을 갖는다. 웨이핑 수행시 간격 제어기에서 발생하는 지연의 크기를 구하면 다음과 같다.

입력 셀의 전송율과 간격 제어기에서 웨이핑된 셀들의 방출간격은 $1/T$ 과 $1/T'$ 로 나타낼 수 있다. 입력 셀 스트림의 임의의 i 번째 셀이 간격 제어 기능을 수행하면서 겪는 지연 시간을 d_i 라고 하면

$$d_i = (i-1) (1/T' - 1/T) \dots\dots\dots (3)$$

간격 제어기에서 겪는 평균 지연 시간 D_s 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 D_s &= \sum_{i=1}^{\infty} p_i^{on} \cdot d_i \dots\dots\dots (4) \\
 &= \sum_{i=1}^{\infty} (i-\alpha) \cdot \alpha^{(i-1)} \\
 &\quad \cdot (i-1) \cdot (1/T' - 1/T) \\
 &= (1-\alpha) \cdot (1/T' - 1/T) \\
 &\quad \sum_{i=1}^{\infty} (i-1) \cdot \alpha^{(i-1)}
 \end{aligned}$$

여기서 D_s 의 후반부를 계산하면

$$\begin{aligned}
 &\sum_{i=1}^{\infty} (i-1) \cdot \alpha^{(i-1)} \dots\dots\dots (5) \\
 &= \sum_{i=1}^{\infty} \left[\alpha^i \cdot (1-\alpha) - \frac{\alpha \cdot (\alpha^i - 1)}{(1-\alpha)^2} \right] \\
 &= \frac{\alpha}{(1-\alpha)^2}, \quad (0 \leq \alpha \leq 1)
 \end{aligned}$$

따라서 평균 지연 시간 D_s 는

$$D_s = (1 - \alpha) \cdot (1/T' - 1/T) \cdot \frac{\alpha}{(1 - \alpha)^2} \dots\dots\dots (6)$$

$$= (1/T' - 1/T) \cdot \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}$$

식 (6)을 통해 셀 간격 제어기에서 셀들의 간격을 제어하기 위해 겪는 지연 시간은 간격 제어기에 입력되는 셀들의 간격(1/T), 간격 제어기를 떠나는 셀들의 간격(1/T'), ON 시간에서 OFF 시간으로 천이할 확률 α 에 의해 표현될 수 있다. 여기서 α 의 크기는 정해질 수 있으므로 결국 간격 제어기에서 발생하는 셀 지연 시간은 1/T'와 1/T의 차에 대해 비례하는 선형적인 함수로 표현된다.

최대 피크율을 ATM 셀의 유료부하 크기(48*8)로 나누게 되면 음성 트래픽의 경우 약 83셀을 발생 시키게 된다. 영상 트래픽의 경우는 약 26,041개의 셀을 발생하게 된다. 이것을 최대 셀 발생율로 정의할 수 있다.

본 논문에서 사용된 트래픽 소스의 파라미터는 시뮬레이션의 정확도를 높이고 성능 비교를 용이하게 하기 위해 여러 문헌에서 적용한 파라미터로 설정 하였다.

표 1은 본 논문에서 사용된 파라미터를 나타낸 것이다.

표 1. 트래픽 파라미터
Table 1. Traffic Parameter

트래픽 소스	최대 피크율	평균 비트율	활성 주기	침묵 주기
음성	32Kbps	11.2Kbps	352ms	650ms
정지 영상	2Mbps	87Kbps	500ms	11000ms

4.2 시뮬레이션 결과

이 논문의 시뮬레이션은 워크스테이션 SUN 10에서 BONEs 3.1을 사용하여 모델을 구성하고 실험하였다. 제안한 모델의 셀 손실율은 리키버킷의 토큰풀 크기를 변화시키면서 평균 셀 전송율에 따라 측정하였다. 그림 4는 토큰풀의 크기를 변화 시켰을 때 평균 셀 전송율에 따른 셀 손실율을 버퍼가 없는 리키버킷과 버퍼를 가진 리키버킷을 이용하여 셀 손실율을 측정한 것이다. 이 결과 토큰풀의 크기가 트래픽 소스에 대해 셀 손실율을 감소시키는 것을

알 수 있었다. 그림 5는 버퍼를 가진 리키버킷과 버퍼가 없는 리키버킷을 비교하여 큐잉지연을 측정한 것이다.

실험 결과에서 두 모델의 셀 위반 확률은 토큰풀의 크기가 55이상일 때에는 차이가 없음을 알 수 있었다.

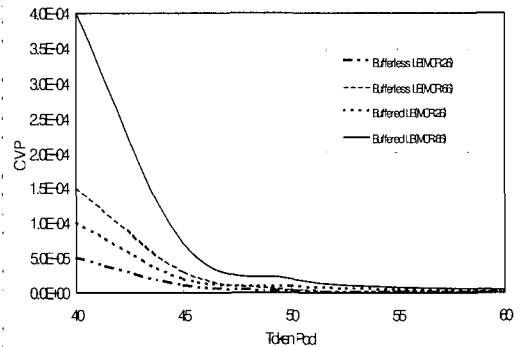


그림 4. Bufferless LB와 Buffered LB의 토큰풀의 크기에 따른 셀 손실 확률
Fig. 4 Cell Loss Rate of Bufferless LB and Buffered LB vs. Token pool Size

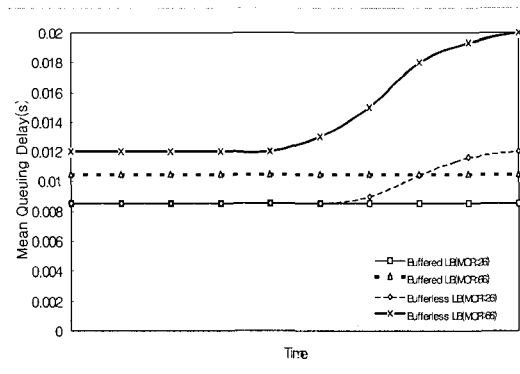


그림 5. Bufferless LB와 Buffered LB의 큐잉 지연
Fig. 5 Queuing Delay of Bufferless LB and Buffered LB

그림 6과 7은 버퍼가 없는 리키버킷에서 음성과 정지 영상 트래픽을 이용하여 셀 간격을 측정한 것이다. 버퍼가 없는 리키버킷의 경우 음성 트래픽에서는 약 95%, 정지영상 트래픽에서는 약 99.9%의 집중율을 보이고 있다.

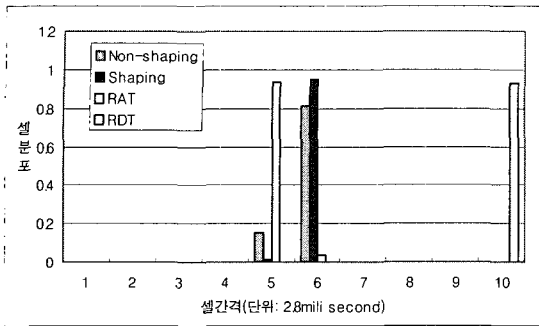


그림 6. 버퍼가 없는 LB의 셀 간격 분포(음성)
Fig. 6 Cell spacing distribution of Bufferless LB(voice)

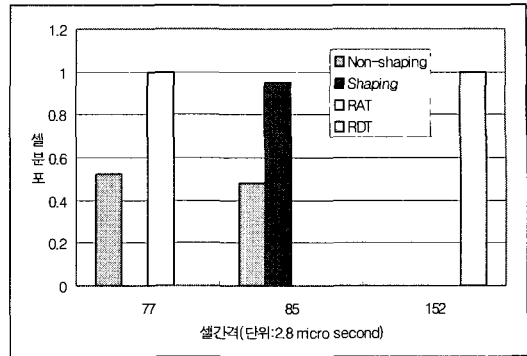


그림 9. 버퍼가 있는 LB의 셀 간격 분포(정지영상)
Fig. 9 Cell spacing distribution of Buffered LB(still picture)

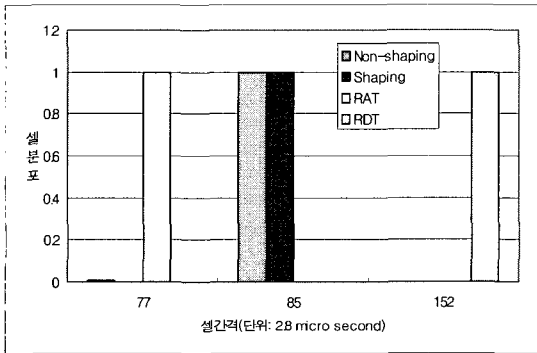


그림 7. 버퍼가 없는 LB의 셀 간격 분포(정지영상)
Fig. 7 Cell spacing distribution of Bufferless LB(still picture)

그림 8과 9는 버퍼를 가진 리키버킷을 실험한 결과이다. 음성 트래픽의 경우에는 98% 정도의 집중률을 보이며, 정지영상의 경우에는 95% 정도의 집중률을 나타내고 있다.

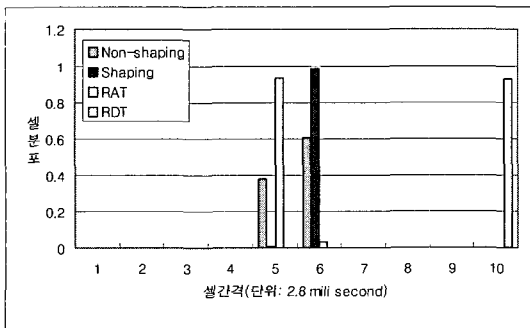


그림 8. 버퍼가 있는 LB의 셀 간격 분포(음성)
Fig. 8 Cell spacing distribution of Buffered LB(voice)

V. 결론

기존의 ATM 셀 간격 제어 방식으로는 리키버킷 트래픽 감시 방식에 간격 제어기로 입력되는 시간을 기준으로 하는 방식이 대다수이며 이 경우 출력 트래픽에서는 간격 제어기에 의하여 다중화 현상이 발생하였다.

따라서 이를 보완하고자 간격 제어기에서 셀이 출력되는 시간을 기준으로 수행하는 방식이 제안 되었다. 그러나 셀이 출력되는 시간을 기준으로 수행하는 방식에서는 셀 출력을 요구한 시간과 실제로 출력되는 시간 사이의 지연이 발생하며 서비스가 계속되는 동안 이러한 지연이 누적되는 문제점이 치명적인 단점으로 지적될 수 있다.

또 기존의 간격 제어 방식은 수락된 셀에 한하여 간격 제어 기능을 수행하였기 때문에 실제 위반 셀에 대한 배려가 전혀 없다. 이로 인해 네트워크에 진입하는 셀들은 위반 셀로 판명되어 폐기된 셀을 제외하고 위반 셀로 표시된 셀과 수락된 셀만이 진입하게 된다. 하지만 위반 셀로 표시되어 망에 진입한 셀들은 망의 폭주 상태를 유발하며 또한 폭주 상태가 발생한 경우 우선적으로 폐기된다.

이러한 트래픽 제어 기법은 손실에 민감한 트래픽 소스뿐만 아니라 지연에 민감한 트래픽에도 많은 문제점을 갖게 된다.

따라서 본 논문에서는 셀의 네트워크 진입을 모든 셀들에게 허용하며, 셀간 간격을 제어하는 기준 시간을 최대 피크를 보다 작게 설정하여 소스로부터 생성되어 데이터 버퍼로 입력되는 셀의 시간을 측정하여 간격 제어기로 입력되는 시간으로 사용한다.

따라서 리키버킷이나 다중화기의 버퍼를 간격 제어기의 버퍼로 사용하면서 버퍼에 입력된 셀의 시간을 기준으로 방출 시간을 결정하도록 하였다.

또 제한한 간격 제어 알고리즘에서는 위반셀에 대한 배려를 고려하여 모든 생성된 셀을 간격 제어기에서 표시하거나 폐기하지 않고 네트워크로 진입 시키도록 함으로서 기존의 방식에 비해 데이터의 손실을 고려하였으며, 일단 버퍼에 입력된 셀은 도착 시간 간격보다 일찍 방출될 수 있도록 융통성을 부여하여 버퍼에서 발생하는 지연을 최소화 하도록 했다.

따라서 제한한 간격 제어 방식은 네트워크의 셀 손실을 감소시키며 셀의 밀집 현상을 해소함으로써 대역의 효율을 높이고 수신 버퍼의 재조립 부하를 줄일 수 있다.

참고문헌

[1] F. Guillemin, W. Monin, "Management of cell delay variation in ATM Network", IEEE Globecom'92, pp128-132, 1992

[2] P. E. Boyer, F. Guillemin, M. J. Serval and J. Coudreuse, "Spacing cells protects and Enhances utilization of ATM Network Link", IEEE Network, pp.38-49, Sept.,1992

[3] F. Brochin, "A cell spacing device for congestion control in ATM Networks", Performance Evaluation 16, NorthHolland, pp.107-127, 1992

[4] G. Rigolio, L. Verri and L. Fratta, "Source control and shaping in ATM Networks", IEEE Globecom'91, pp.276-280, 1991

[5] F. Bernabei, L. Gratta, M. Listanti and M. Testa, "Analysis of Two level shaping for multiplexing of on-off ATM sources," IEEE ICC, pp.1380-1385, 1993

[6] Raif O. Onvural, "Asynchronous Transfer Mode Networks (Performance Issues)", Artech House, 1994.

[7] J. Turner, "Design of an integrated services packet network," IEEE JSAC, vol SAC-4, no. 8, Nov. 1986

[8] E. P. Rathgeb, "Modeling and performance comparison of policing mechanisms for ATM networks, " IEEE JSAC, SAC-9, no. 3, pp. 325-334, Apr. 1991.

[9] CCITT SG XVIII, "Liasion statement to SG XVIII," Temporary Document no. 19, Geneva,

June 1991.

[10] A. Takse, Y. Nakano, Y. Ashi, and M Takano, "ATM transport node for flexible and robust access network," Proc. of IEEE GLOBECOM '93, pp.1481-1487, 1993.

[11] G. Gallassi, G. Rigolio, and L. Fratta, "ATM: Bandwidth assignment and bandwidth enforcement policies," Proc. of IEEE GLOBECOM'89, pp.1788-1793, 1989.

[12] k. Bala, I. Cidon, and K. Sohraby, "Congestion control for high speed packet switched networks, "INFOCOM, pp. 520-526, 1990

[13] W. Matragi, C. Bisdikian, and K. Sohraby, "On the jitter and delay analysis in ATM multiplexer," Proc. of IEEE ICC'94, pp. 738-743, 1994.

[14] S. -H. Park, J. -T. Lee, and C. -M. Han, "A CDV compensation method using delayed cells and its performance evaluation," JC-CNSS'94 Proceedings, pp. 56-60, 1994.

[15] L. G. Dron, G. Ramamurthy, and B. Sengupta, "Delay analysis if continuous bit rate traffic over an ATM network," IEEE JSAC, SAC-9, no. 3, pp. 402-407, Apr. 1991.

[16] J. Roberts and F. Guilemin, "Jitter in ATM networks and its impact on peak rate enforcement," Performance Evaluation. 16, pp. 35-48, 1992.

[17] 남재현. "ATM 망에서 논리적 출발시간을 사용한 셀 간격 제어" 한국OA학회 논문지. 7권 4호. 2002.12. pp 174-181

저자 소개



윤석현(seok_hyun, Yoon)

1978년 2월 인하대학교 전자공학과
 1982년 2월 연세대학교 전자공학과
 (공학석사)
 2000년 2월 국민대학교 전자공학과
 (공학박사)
 1981년 ~ 동양공업전문대학 전자통신과, 사무자동화과 교수
 1996년 ~ 현재 청강문화산업대학 컴퓨터정보과 교수
 관심분야 : ATM 네트워크, 소프트웨어 공학, 멀티미디어 서비스