

## ATM 망에서 논리적 출발 시간을 사용한 셀 간격 제어

남 재 현\*

### Cell Spacing using the Theoretical Inter-arrival Time Method in ATM Networks

Jae-hyun Nam\*

#### 요 약

본 논문에서는 기존의 셀 간격 제어기에서 방출되는 셀의 시간을 참조하는 RDT 방식에서의 지연 누적을 보완하면서 RDT의 장점을 활용하기 위하여 RAT의 방식에서 적용한 것과 같이 셀 도착 시간을 기준으로 하며, 간격 제어기에서 따로 데이터 버퍼를 두지 않고 시스템 내의 데이터 버퍼를 사용하여 셀들을 저장하고 저장된 셀들을 재방출하는 논리적 출발시간 TIT(theoretical inter-arrival time)를 이용하는 방식을 제안한다.

#### Abstract

In this paper, we proposed the method for the TIT (Theoretical Inter-arrival Time) was suggested in which it saves the cells by using the data buffer in the system rather than by using one separately from the internal controller, and it also releases these cells saved. The method of TIT complements the defect of the accumulation of the delay in the method of RDT which considers the time of the cell that is discharged from the established cell interval controller.

And, in order to apply the merit of RDT, the method of TIT sets its standards on the cells arrival time as it was in the method of RAT.

---

\* 안동과학대학 인터넷비즈니스과 전임강사

## I. 서론

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].

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 이들 방식의 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 최대셀율에 집중되는 좋은 출력 트래픽 특성을 갖는 것으로 확인되었다. 그러나 RDT방식에서는 간격제어기에서 셀 출력을 요구한 시간

과 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 간격시간으로 재방출하는 논리적 출발시간(TIT: theoretical inter-arrival time)을 이용하는 TIT방식을 제안한다.

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 살펴보았으며, 제 3장에서 기존의 간격제어 방식과 본 논문의 방식을 기술하고 이들 방식을 비교하기 위한 평가 기준을 정리하였으며, 제 4장에서 시뮬레이션을 통하여 확인된 결과를 정리하였으며, 마지막으로 제 5장의 결론으로 구성하였다.

## II. 트래픽 셰이핑

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

최대셀율은 하나의 ATM 연결에 허용된 트래픽의 상한 값을 나타내며, 최대셀율을 정의하는 기준 구성 및 동등 단말기(equivalent terminal)는 그림 1에서와 같다[19].

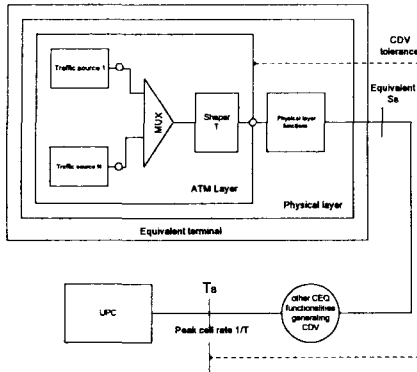


Fig. 1 Reference configuration and Equivalent terminal for the definition of the peak cell rate

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 도착 시간과 셀의 참조 도착 시간과의 차로 구할 수 있다. 다음과 같이 1-지점 셀 지연 변이를 식으로 나타낼 수 있다.

$$y_k = c_k - a_k$$

$$y_k = 1 - \text{point CDV} \quad (1)$$

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

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

참조 도착 시간은 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$c_0 = a_0 = 0$$

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

$$c_{k+1} = a_k + T \quad \text{otherwise} \quad (2)$$

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

### III. TIT 트래픽 셰이핑

그림 2는 본 논문에서 제안하는 TIT 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 재방출 시간에 망으로 방출하도록 한다.

제안된 TIT 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 셀들 간의 간격은 T로 이루어져 있다고 할 수 있다. 간격 제어 알고리즘은 측정된 도착 시간을 기준으로 망에서 요구하는 셀들의 방출 시간을 결정하여 재방출 하게 된다. 그림 2의 제안된 알고리즘을 살펴보면 j번째 셀이 도착하면 j번째 셀의 실제 도착 시간을 계산하여 기억한다. 이론적인 도착시간 TIT와 실제 도착한 시간 PIT를 비교한다. 실제 도착한 셀 시간 PIT가 이론적인 셀 도착 시간 TIT 보다 크다면 다음 방출할 셀의 방출 시간은 CDV 허용치로 설정된 Wmax 값을 고려하여 (TIT+T)+Wmax 시간에 방출되도록 스케줄 된다. 그리고 다음 셀의 TIT 값을 설정한다. 만약 이론적 셀 도착시간 TIT가 실제 셀 도착시간 PIT보다 크다면 실제 셀 도착시간과 CDV 허용치 Wmax를 더한값 (PIT+Wmax)와 다시 비교하게 된다. 비교한 결과 TIT가 PIT+Wmax보다 크다면 TIT+T 시간에 셀을 방출하도록 결정하고 다음 셀의 TIT 값을 설정한다. TIT가 PIT+ Wmax 보다 작다면 (PIT+T)Wmax시간에 셀을

방출하고 다음 셀의 이론적 셀 도착시간을 설정하게 된다.

제안된 간격 제어 알고리즘이 기존 간격 제어 알고리즘과의 차이점은 위반셀이라도 지연을 주어 폐기하지 않고 망으로 진입을 시키며 도착셀에 따라 이론적 도착 시간을 가변적으로 할당하여 연속된 지연 변이를 허용할 수 있도록 고려하였다.

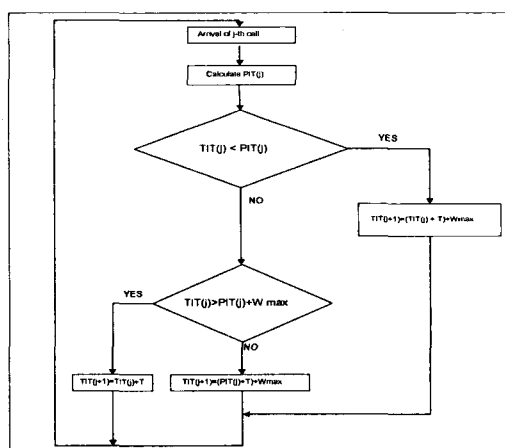


그림 3 TIT 셀 간격 알고리즘  
Fig. 2. TIT Spacing algorithm

간격 제어 알고리즘은 다중화기에 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 다중화기에 적용한 경우는 1단 다중화기에 적용한 경우와 2단 다중화기에 적용한 경우로 나누어 실험을 수행하였다.

TIT 방식에서 리키버킷 모델을 간격 제어기로 사용하는 목적은 트래픽의 크기를 조절하기가 용이하며 트래픽 버스티니스를 감소 시킬수가 있다.

#### IV. 시뮬레이션 및 결과

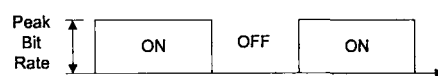
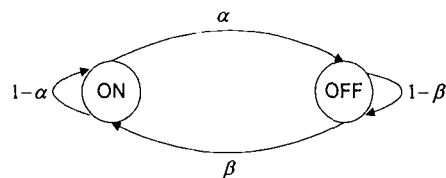


그림 4 ON-OFF 트래픽 소스 모델  
Fig. 3. ON-OFF Traffic source model

그림 3에서 최대 피크율은  $1/T$ 이다. 여기서  $T$ 는 셀 간격(inter cell time)이다. ON 시간에서 OFF 시간으로 천이할 확률을  $\alpha$ 라고 하고, OFF 시간에서 ON 시간으로 천이할 확률을  $\beta$ 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.

ON 시간 동안  $i$ 번째 셀이 도착할 확률을  $p_i^{on}$ 라고 하면

$$p_i^{on} = (1 - \alpha) \cdot \alpha^{(i-1)}, \quad (3)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

ON 시간들 사이의 공간을 슬롯이라고 하면  $i$ 번째 슬롯이 OFF 시간 동안에 도착할 확률을  $p_i^{off}$ 라고 하면 식 (3)과 같이 기하분포의 특성을 이용하여 식 (4)을 구할 수 있다.

$$p_i^{off} = (1 - \beta) \cdot \beta^{(i-1)}, \quad (4)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

$N$ 개의 트래픽 소스들이 이산적(discrete)으로 다중화된다면  $m$ 개의 트래픽 소스가 ON 시간에 있을 확률  $p_m$ 은 식 (5)와 같다.

$$p_m = \binom{N}{m} \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right)^{N-m} \left( \frac{\beta}{\alpha + \beta} \right)^m, \quad (5)$$

$$0 \leq m \leq N$$

트래픽 셰이핑에서 셀들은 버스티니스가 큰 셀들을 버스티니스를 감소시키기 위해 일정 시간 동안 저장하여 재방출 하므로 필연적으로 지연을 갖는다.

입력 셀의 전송율과 간격 제어기에서 셰이핑된 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

$$d_i = (i-1) (1/T' - 1/T) \quad (6)$$

간격 제어기에서 겪는 평균 지연 시간  $D_s$ 는

$$\begin{aligned} D_s &= \sum_{i=1}^{\infty} p_i^{on} \cdot d_i \\ &= \sum_{i=1}^{\infty} (i-a) \cdot a^{(i-1)} \\ &\quad \cdot (i-1) \cdot (1/T' - 1/T) \\ &= (1-a) \cdot (1/T' - 1/T) \\ &\quad \cdot \sum_{i=1}^{\infty} (i-1) \cdot a^{(i-1)} \end{aligned} \quad (7)$$

여기서  $D_s$ 의 후반부를 계산하면

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^{\infty} (i-1) \cdot a^{(i-1)} \\ &= \sum_{i=1}^{\infty} \left[ a^i \cdot (1-a) - \frac{a \cdot (a^i - 1)}{(1-a)^2} \right] \quad (8) \\ &= \frac{a}{(1-a)^2}, \quad (0 \leq a \leq 1) \end{aligned}$$

따라서 평균 지연 시간  $D_s$ 는

$$\begin{aligned} D_s &= (1-a) \cdot (1/T' - 1/T) \cdot \\ &\quad \frac{a}{(1-a)^2} \\ &= (1/T' - 1/T) \cdot \frac{a}{(1-a)} \end{aligned} \quad (9)$$

식 (9)를 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  $a$ 에 의해 표현될 수 있다. 여기서  $a$ 의 크기는 정해질 수 있으므로 결국 간격 제어기에서 발생하는 셀 지연 시간은  $1/T'$ 와  $1/T$ 의 차에 대해 비례하는 선형적인 함수로 표현된다.

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

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
정지영상	2Mbps	87Kbps	500ms	11000ms

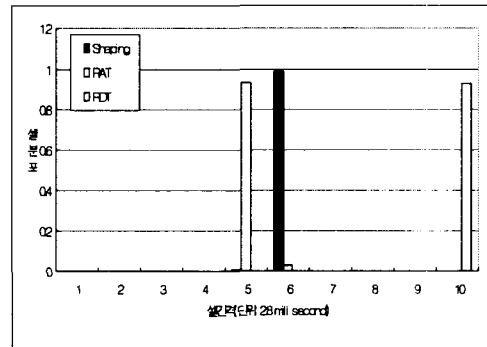


그림 5. 1단 다중화기 셀 간격  
Fig. 4. Cell interval of 1-stage multiplexer(voice)

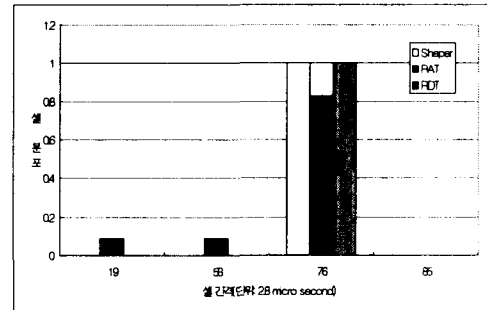


그림 6. 1단 다중화기 셀 간격  
Fig. 5. Cell interval of 1-stage multiplexer(still picture)

그림 4과 5는 음성 트래픽과 정지 영상 트래픽을 각각 4개씩 1단 다중화기에 적용한 결과이다. 1단 다중화기의 경우도 음성 트래픽에서는 99%의 집중률을 보이며, 영상 트래픽의 경우에도 99%의 집중률을 나타내고 있다.

그림 6과 7은 2단 다중화기에서 음성 트래픽과 영상 트래픽의 셀 간격 분포를 실험한 것이다. 음성 트래픽의 경우에는 212 $\mu$ s에서 60%, 14ms에서 15% 정도 측정되었으며, 영상 트래픽의 경우에는 212 $\mu$ s에서 70%, 14ms에서 15% 정도 분포하고 있음을 알 수 있었다

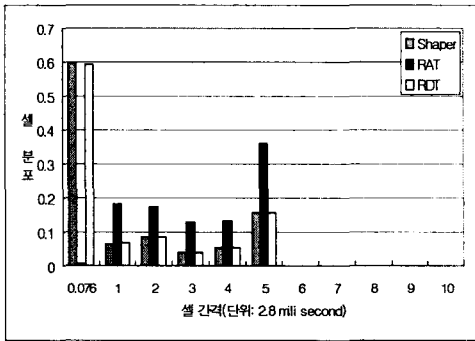


그림 7. 2단 다중화기 셀 간격  
Fig. 6. Cell interval of 2-stage multiplexer (added voice)

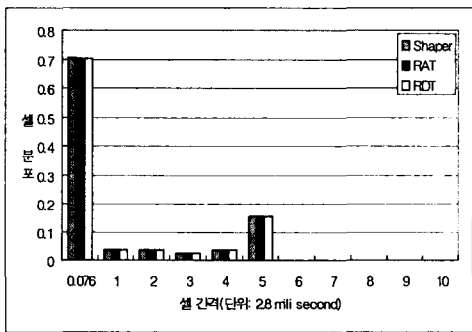


그림 8 2단 다중화기의 셀 간격  
Fig. 7 Cell interval of 2-stage multiplexer (added still picture)

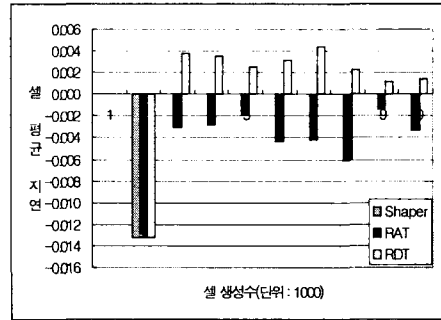


그림 9 1단 다중화기의 평균지연  
Fig. 8 Average delay of 1-stage multiplexer (four voice)

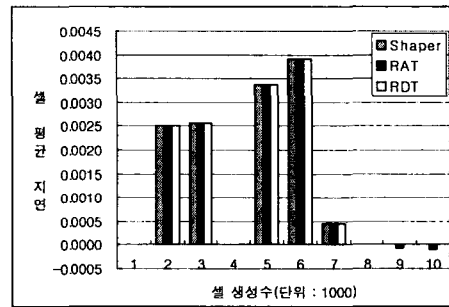


그림 10 1단 다중화기의 평균지연  
Fig. 9. Average delay of 1-stage multiplexer (Four still picture)

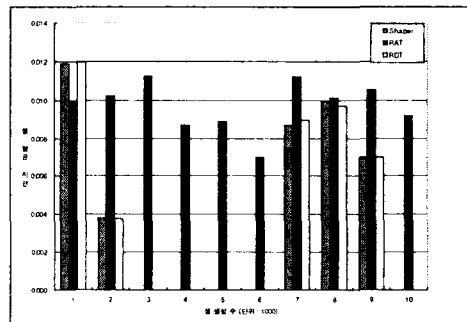


그림 11 2단 다중화기의 평균지연  
Fig. 10. Average delay of 2-stage multiplexer (added voice)

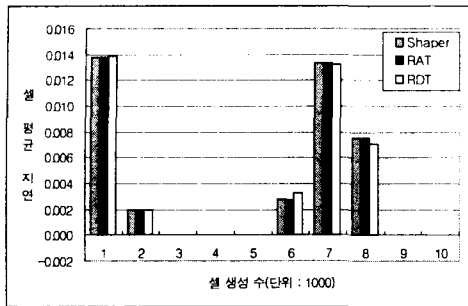


그림 12 2단 다중화기의 평균지연  
Fig. 11. Average delay of 2-stage multiplexer (added still picture)

그림 8의 1단 다중화기에서 음성 트래픽의 평균 지연은 -1ms의 평균 지연을 가지며, 그림 9의 정지영상 트래픽의 경우에는 0-3ms의 평균 지연을 갖는 것으로 측정되었다.

그림 10은 2단 다중화기의 음성 트래픽의 평균 지연을 측정한 것으로 0-11ms의 평균 지연을 가지며, 그림 11의 정지영상 트래픽은 0-13ms의 평균 지연을 갖는 것으로 측정되었다.

V. 결론

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

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

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

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

앞으로의 연구는 트래픽 특성을 사용하여 라우터

의 큐 관리를 고려 하고자 한다.

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. Servel and J. Coudreuse, "Spacing cells protects and Enhances utilization of ATM Metwork Link", IEEE Network, pp.38-49, Sept.,1992
- [3] F. Brochin, "A cell spacing device for congestion control in ATM Networks", Performance Evaluation 16, NothHolland, 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 of 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] E. Wallmeier and T. Worster, "The spacing policer, an algorithm for efficient peak bit rate n bit rate control in ATM networks," Proc. of ISS'92, Vol.2, pp.22-26, 1992.
- [18] H. Heiss and E. Wallmeier, "Performance comparison of three policing mechanisms based on their maximum throughput functions," ITC-14, pp.1405-1414, 1994.
- [19] ITU-T Recom. I.371, "Traffic control and congestion control in B-ISDN," 1994

## 저 자 소 개



남 재 현

1986년 관동대학교 전자공학과  
공학사  
1988년 명지대학교 대학원  
컴퓨터공학과 공학석사  
1998년 명지대학교 대학원  
컴퓨터공학과 공학박사  
1996년 ~ 2001년 세경대학  
정보통신과 전임강사  
2001년 ~ 현재 안동과학대학  
인터넷비즈니스과  
전임강사