

크레딧을 이용한 UPC/NPC의 적응적 ATM 셀 간격조정 알고리즘

正會員 南允錫*, 洪再根**

Credit-Based Adaptive ATM Cell Spacing Algorithm on UPC/NPC

Yoon Seok Nam*, Jae Keun Hong** Regular Members

要 約

ATM 망에서 입력셀의 셀간 간격을 조정하여 출력하는 기법은 단말기와 NT를 포함하는 사용자측과 UPC/NPC 기능을 수행하는 망측에서 필요하다. 사용자측에서는 셀을 협상된 트래픽 파라메타를 준수하도록 셀간 간격을 조정하여 망측의 UPC에서 준수셀로 판정받기 위하여 필요하며, 망측의 UPC/NPC에서는 군집 셀을 줄이거나 CDV를 축소하기 위하여 UPC/NPC 기능과 결합하여 사용된다. 셀간격 조정 기능은 입력셀을 지연시켜 출력셀의 셀 스트림에서 군집성을 줄이게 되므로 지연이 추가되며, 망의 지연증가는 사용자의 서비스 품질을 나쁘게 한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 지연을 줄이는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 크레딧 개념을 도입하여 크레딧이 충분할때는 추가되는 지연요소를 작게하고, 크레딧이 작을 때는 지연요소가 커지더라도 충분한 셀간격을 보장하도록 하였으며, 크레딧은 ITU-T 권고 I.371의 UPC/NPC 알고리즘인 VSA로부터 유도하였다.

제안된 알고리즘을 적용하여 Spacer의 지연과 입력 및 출력 트래픽 특성을 분석하였다. 제안된 알고리즘은 기존의 알고리즘을 분석하는 것 뿐만아니라 ATM 트래픽 특성을 분석하기 위하여 또한 사용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

In ATM networks, a cell spacing is necessary to the network side of UPC/NPC and the user side of TE and NT. At the user side, it is required to keep sufficient interval between cells so that the cells may be conformed to the negotiated traffic parameters at UPC. At the network side, it is required to reduce the burstness and the CDV in combination with UPC/NPC. A cell spacing produces some delay because it hold input cells to output till some characteristics of the output traffic are satisfied with the negotiated traffic parameters. Such delay is added to the overall cell delay that it makes the user service quality worse. We study a cell

*韓國電子通信研究所 네트워크整合研究室
Network Interface Section, ETRI

**慶北大學校 電子工學科
Dept. of Electronics Eng., Kyungpook National Univ.
論文番號 : 94295-1024
接受日字 : 1994年 10月 24日

spacing method of UPC/NPC in order to reduce cell spacing delay in ATM networks. To reduce the spacing delay we use an adaptive interdeparture method for the cell spacing control. We introduce the credit concept from VSA(virtual scheduling algorithm), which is UPC/NPC algorithm of ITU-T Rec. I.371. The proposed algorithm assigns much spacing interval in case of less credit, and less spacing interval in case of much credit. We analyze the statistical properties of the input traffic and the output traffic of such a cell spacer with the normalized credit and the cell spacing delay time. The normalized credit of the proposed algorithm can be applied to the analysis of other spacing algorithm and that of the ATM traffic characteristics.

I. 서 론

고정길이의 셀(cell)에 정보를 실어 전송하는 ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 다양한 트래픽 특성을 가지는 여러 종류의 서비스 정보들을 통계적으로 다중화하여 전송함으로써 회선용량을 효율적으로 이용할 수 있는 통신방식이다. ATM 통신방식은 통계적으로 다중화하기 때문에 연결설정시 연결의 서비스가 요구하는 전송품질을 망에서 만족스럽게 제공할 수 있는지에 따라 연결을 수락하게되며, 연결설정후 망에서는 사용자가 협상된 트래픽 요소를 준수하는지를 감시하고 협상된 이상의 트래픽을 사용하게되면 비준수 셀을 폐기하는 등의 제한을 가함으로써, 특정 사용자가 협상된 트래픽 파라미터를 준수하지 않는 결과가 다른 사용자의 전송품질 및 망의 트래픽 자원관리에 영향을 주지않도록 예방한다. 따라서 사용자의 트래픽을 발생하는 단말기는 망과 협상된 트래픽 파라미터를 준수하여 사용자 셀을 전송할 필요가 있으며, 단말기에서 발생하여 망으로 입력되는 트래픽은 단말기 또는 NT(Network Terminal) 등에서 트래픽 셰이핑(shaping) 기능 등을 가질 필요가 있으며, 망과 협상된 트래픽 파라미터에 따라 트래픽을 제어하여 전송하게 된다.

ATM 셀 전송에서는 통계적 다중화에 의하여 CDV가 발생하며, 다중화가 이루어지는 계층적 구조를 살펴보면, 우선 두개 혹은 그 이상의 ATM 연결로부터 셀들이 다중화되는 ATM 계층이 주요 요인이며, 이외에도 물리계층의 Overhead나 OAM(Operation and Maintenance) 셀이 삽입되는 동안 몇몇 셀들이 지연될 수도 있으며, 또한 ATM 계층에서의 셀다중화와 유사하게 AAL(ATM Adaptation Layer)에서의 다중화에서도 CDV가 발생할 수 있다.^(15,16,17) 따라서 사용자

의 트래픽 특성이 CDV에 의하여 영향을 받게되며, UNI(User-Network Interface)에서는 UPC(Usage Parameter Control) 기능을 두어 어느 정도의 CDV를 허용하는 범위에서 사용자의 트래픽이 사용자와 망간에 협상된 트래픽 파라미터를 준수하는지를 감시한다.^(1,2) NPC(Network Parameter Control)는 Network Node에서 UPC와 동일한 기능을 수행한다. 이와같은 UPC/NPC 기능처리 이후에도 셀의 군집성이 존재하며, 이는 망의 스위치에서 폭주의 원인이 된다. 따라서 UNI 및 NNI의 입력단에서는 망에서 폭주가 발생하지 않도록 입력 트래픽의 형태를 변경할 필요가 있다.⁽⁵⁻¹⁴⁾

UPC/NPC는 사용자 액세스와 망 액세스 각각에서, ATM연결상에 입력된 트래픽 및 연결의 유효성에 대하여 트래픽을 감시 및 제어하기위해 망에서 취해지는 동작의 집합으로 정의된다. 셀 레벨에서의 UPC/NPC 기능의 동작으로는 준수셀인 경우 셀통과 (Cell Passing) 및 셀 재스케줄링 (Cell Re-scheduling)을 수행하며, 비준수셀인 경우 셀 태깅 (Cell Tagging) 및 셀 폐기 (Cell Discarding) 기능을 수행한다. 여기에서 셀 재스케줄링이 본 논문에서 연구한 알고리즘과 관련한 기능이다.

본 논문에서는 트래픽 파라미터로 최대셀율(Peak Cell Transfer Rate)만 사용하였으며, 알고리즘에서는 이의 역수인 최소방출간격 PEI(Peak Emission Interval)를 T로 표기하여 기술한다. 따라서 최대셀율은 1/T로 표현된다. 본 논문의 제 II장에서는 기존의 셀 간격 알고리즘을 고찰하고, 제 III장에서는 셀 지연을 줄이기 위하여 정규화된 크레딧을 이용하는 본 논문의 알고리즘을 소개하고, 제 IV장에서는 시뮬레이션을 통하여 본 알고리즘이 각 셀마다 크레딧을 보상하면서 지연

을 줄이는 시험결과를 보였으며, 제 V장에서 본 논문의 결론을 맺었다.

II. SPACER 기능 및 알고리즘

Spacer는 UPC/NPC의 기능에서 트래픽 웨이핑을 수행하는 기능 블록이며, VCC나 VPC에 대하여 셀스트림의 트래픽 특성을 변경하는 기능이다. 트래픽 웨이핑은 ATM 연결의 셀순서가 보장되어야 하며, 기법의 예로는 최대셀율을 축소하는 방법, 군집셀의 길이를 제한하는 방법, 적절한 셀 재배치에 의한 CDV 축소 방법, 큐서비스방법 등이 있다.⁽¹⁾

ITU-T 권고 I.371에서는 UPC에서 Spacer 기능이 선택사항으로 되어있으며, 이 경우 Policer 기능과 연계하도록 명시하고 있으며,⁽¹⁾ PVC(Permanent Virtual Connection) 단계의 서비스를 우선적으로 제공하기 위한 ATM Forum의 NNI 규격에서는 UPC/NPC에서 Policer와 연계한 Spacer 기능을 선택사항으로 명시하고 있으나 PVC 단계의 서비스에서는 망요소의 필수사항에 포함하지 않는다.⁽²⁾ 그러나 Bellcore의 교환시스템 일반요구사항에는 SMDS 등의 서비스와 관련하여 NNI에서 다른 교환기로의 출력방향으로 Spacer의 기능이 요구됨을 지적하고 조건부필수사항으로 정리하고 향후 필수사항이 포함될 수 있음을 기술하고 있다.^(3,4) Spacer 기능의 위치는 UNI/NNI의 입력방향에 위치하거나 출력방향에 위치하거나 양방향 모두에 위치할 수도 있으나, 이는 교환시스템의 구조 및 망구성에 따라 정해져야 할 것이다.

Spacer 알고리즘으로는 버퍼(Buffer)를 이용하여 셀을 재배치함으로써 CDV를 축소하는 기법이 소개되고 있으며, 이때 사용되는 UPC/NPC의 Policer 알고리즘으로는 LB 또는 VSA 등이 적용된 예가 있다.^(5,6,7) LB 방법의 Policer에는 버퍼가 당연히 사용되므로 버퍼에서 출력되는 시간을 조정하는 알고리즘들이 모두 Spacer 기능을 갖게된다. 그러나, VSA의 경우는 실시간 처리이며 버퍼가 요구되지 않는 까닭으로 제안된 알고리즘이 거의 없는 실정이다. Spacer에서의 셀 재배치 방법에 대해서는 Spacer로 셀이 입력되는 시간을 기준으로하는 RAT(Recent Arrival Time) 방법⁽⁶⁾과 Spacer에서 셀이 출력되는 시간을 기준으로하는 RDT(Recent Departure Time) 방법이 있다.⁽⁵⁾

1. RAT 알고리즘

1.1 기능 구성

그림 1은 RAT 알고리즘의 구성도이다. RAT 알고리즘을 사용하는 Spacer의 핵심부는 VPI/VCI로 구분되며 RAT 및 협상된 최소방출간격(PEI) T를 기억하고 있는 CAT(Connection Attribute Table)와 입력되는 셀들을 저장하고 Spacer에서 출력될 때까지 셀들을 관리하기 위한 공통버퍼와 셀 시간마다 1씩 증가하며 공통버퍼 내의 셀 이동을 관리하기 위한 스케줄러(scheduler)와 공통버퍼를 이용하기 위한 Head 및 Tail의 포인터(pointer)를 관리하는 여러개의 논리요소로서 구성된다. 그림에서 공통버퍼 CB(Common Buffer)는 CM(Cell Memory)의 집합이며, CM은 하나의 셀(53 byte)을 저장할 수 있는 메모리와 하나의 포인터로 구성되며, 포인터는 다른 CM을 가르켜 CM으로 연결고리(Linked-list)를 구성하기 위한 것이다. 공통버퍼는 CM의 집합인 3개의 논리적인 Queue로 구분되며, 이들은 유효하지 않은 유희셀들이 연결된 FQ(Free Queue)와, Spacer 알고리즘에 의하여 계산된 특정한 시간에 전송될 수 있도록 대기하면서 스케줄러에 의하여 출력큐로 전송하기 위한 셀들로 연결된 CSQ(Cell Slot Queue)와, CSQ로부터 셀을 수신하여 셀 시간마다 한셀씩 차례로 출력하기 위한 셀들로 연결된 OQ(Output Queue)이다. 따라서 FQ는 FQ Head와 FQ Tail과 FQ에 속하는 CM들의 연결고리로 구성되며, OQ도 동일한 방식으로 구성되며, CSQ는 CSQ(i) (i=0,1,2,...,K)의 묶음이며 각 CSQ(i)는 FQ 및 OQ와 동일한 방식으로 구성된다.

1.2 알고리즘

하나의 셀 입력시 먼저 셀의 VPI/VCI에 해당하는 연결을 인식하고 CT에서 전번셀이 몇번째 CSQ에 등록되었는지에 대한 시간정보 RAT와 연결의 협상된 최소방출간격(PEI)을 보고, 스케줄러의 현재 카운터인 TIME을 기준으로, 현재의 입력셀을 CSQ의 몇번째 배열에 넣어야 할 것인가를 결정하기 위하여 현재의 RAT를 다음과 같이 계산한다.

$$RAT(n) = \max\{TIME, (RAT(n-1) + T) \text{ mod } T\} \quad (1)$$

RAT : Recent Arrival Time

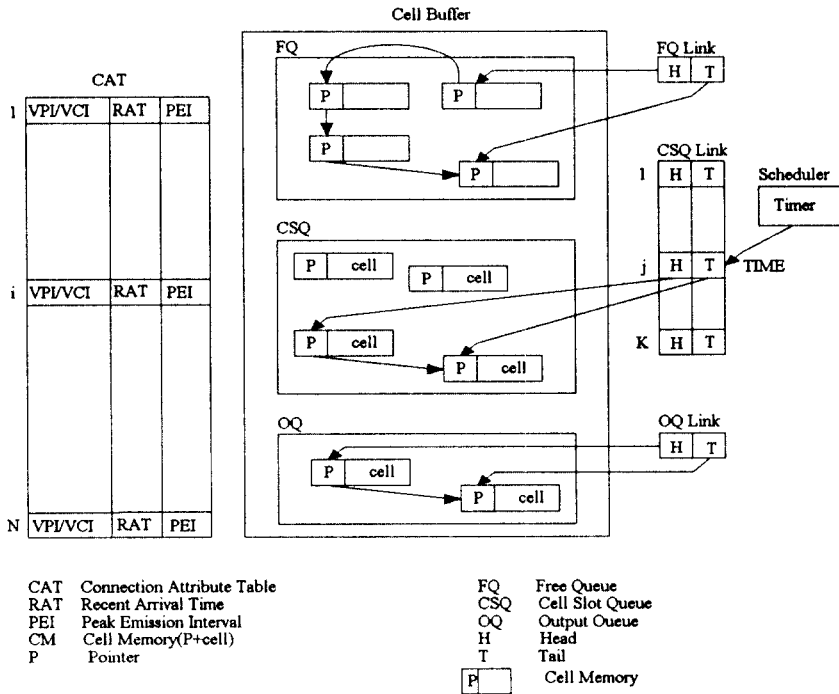


그림 1. RAT 알고리즘의 블럭 구성도
Fig. 1. Block Diagram of RAT Algorithm

TIME : Current Time

T : Peak Emission Interval

여기에서 K는 CSQ의 배열 수이며 스케줄러의 최대 값으로서 CDV_{max} 에 의하여 결정되며, 셀이 SDH(Synchronous Digital Hirachy) 방식으로 전송될 경우 다음과 같이 결정된다.

$$K = (\text{Link 속도} - \text{SDH Overhead}) \times CDV_{max} / (53 \times 8) \quad (2)$$

CDV_{max} : Maximum Cell Delay Variation

스케줄러는 셀 시간마다 1씩 증가하며 modular K로 동작한다. 위의 식에 의하여

- i) "(RAT(n-1)+T) mod K > TIME" 이면 전번 RAT보다 T 큰 시간에 출력되도록 입력셀을 CSQ(RAT(n))에 배열하고
- ii) "(RAT(n-1)+T) mod K < TIME" 이면 가능한

한 빨리 출력될 수 있도록 스케줄러가 가르키는 현재시간의 CSQ에 배열한다.

CSQ에 등록 할 때 이미 등록된 셀이 있는 경우 CSQ의 Tail에 등록한다.

2. RDT 알고리즘

2.1 기능구성

RDT 알고리즘의 Spacer 구성은 RAT 알고리즘과 유사하며, 입력셀을 연결할 CSQ의 배열을 결정하는 방식이 Spacer의 OQ에서 출력되는 시간을 기준으로 하기 때문에 각 VPI/VCI의 입력셀들은 각 연결의 전번셀이 OQ에서 출력될 때 까지 CSQ에 등록할 수 없게된다. 따라서 RDT 알고리즘에서는 임시로 셀을 저장할 필요가 있으며 이를 위하여 셀버퍼 내에 CSQ와 OQ 이외에 TQ(Temporary Queue)를 갖는다. TQ는 CSQ와 동일한 배열로 구성되며 TQ(i) (i=1, 2, ..., N)의 묶음으로서 N값은 VPI/VCI의 최대 연결 수이다. 또한

CAT(Connection Attribute Table)에는 각 연결에 관련된 셀이 CSQ와 OQ에 있는지에 관한 정보를 가져야한다.

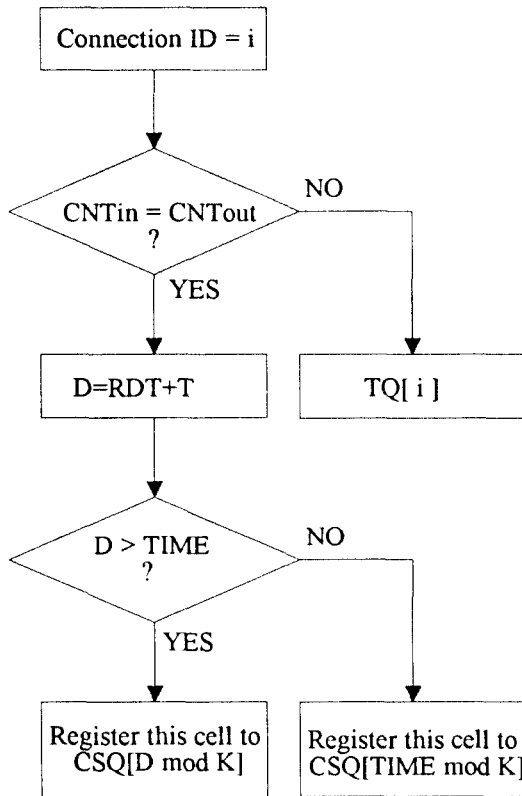
2.2 알고리즘

그림 2는 RDT 알고리즘의 처리 흐름도이다. 하나의 셀 입력시 셀의 VPI/VCI에 해당하는 연결 i를 인식하고, CSQ 또는 OQ에 해당 연결의 이전 셀이 등록되어

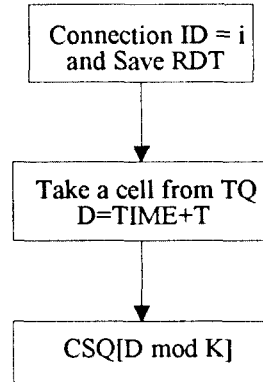
있으면 입력셀을 TQ(i)의 Tail에 연결하고, CSQ 또는 OQ에 등록된 셀이 없으면 CT에서 전번셀이 OQ에서 출력된 시간정보 RDT와 연결의 협상된 최소방출간격(PEI) T를 보고, 스케줄러의 카운터인 TIME을 기준으로하여 현재의 입력셀을 CSQ의 몇번째 배열에 넣어야 할 것인가를 결정하기 위하여 다음과 같이 계산한다.

$$j = \max(\text{TIME}, (\text{RDT}(n-1) + T) \bmod K) \quad (3)$$

EVENT 1 : Cell Arrival



EVENT 2 : Cell Departure



CNTin Arrival Cell Count for Connection i
 CNTout Departure Cell Count for Connection i
 RDT Recent Departure Time for Connection i
 T Peak Emission Interval for Connection i
 TIME Count of Scheduler

그림 2. RDT 알고리즘의 처리 흐름도
 Fig. 2. Processing Flow of RDT Algorithm

위의 식에 의하여 입력셀은 CSQ(j)에 등록된다. RAT 알고리즘과 마찬가지로 CSQ에 등록 할 때 이미 등록된 셀이 있는 경우 CSQ의 Tail에 등록한다.

OQ로부터 하나의 셀이 출력될 경우, CAT에서 출력 셀의 VPI/VCI를 나타내는 연결 k에서 RDT를 현재의 RDT로 개선한 다음, 다른 입력된 셀이 TQ(k)에 등록되어 있는지를 확인한다. 셀이 등록되어 있으면 TQ(k)의 Head에 있는 셀을 다음과 같이 CSQ(j)의 Tail에 연결한다.

$$j = (RDT(n-1) + T) \bmod K \quad (4)$$

3. RAT 및 RDT 알고리즘에서의 지연

RAT 및 RDT 알고리즘의 지연을 살펴보면, 최소망 출간격(PEI) T로 셀을 전송하는 CBR의 경우, 망 입력단에서의 트래픽은 CDV에 의하여 셀간도착시간이 일정하지 않게된다. 망 입력단에서 차례로 수신되는 셀을 a(0), a(1), ..., a(n)으로 나타내고, 셀이 단말에서 일정한 간격으로 전송되어 망에 도착하기까지의 지연을 각각 d(0), d(1), ..., d(n)이라하면, 다음의 관계가 성립된다.

$$a(0) = d(0)$$

$$a(i) = iT + d(i)$$

즉,

$$a(i) - a(0) - iT = d(i) - d(0), \quad i = 1, \dots, n \quad (5-a)$$

여기에서 Spacer에 의한 지연이 추가되지 않을 조건은 다음의 관계가 유지되는 경우이다.

$$d(i) - d(0) \leq 0, \quad i = 1, \dots, n \quad (5-b)$$

지연이 추가되는 경우는 다음의 예로부터 설명될 수 있다.

$$d(1) - d(0) \leq 0$$

$$d(2) - d(0) \leq 0$$

$$\vdots$$

$$d(k) - d(0) = e(k) > 0$$

$$d(k+1) - d(k) - e(k) \leq 0$$

$$\vdots$$

$$d(m) - d(k) - e(k) = e(m) > 0 \quad (5-c)$$

즉, e(k)와 e(m)와 같은 지연이 Spacer에서 발생하므로, Spacer에서 처음셀을 수신한 이후 마지막셀을 전송하기까지 걸리는 시간은

$$nT + \max\{d(1) - d(0), d(2) - d(0), \dots, d(n) - d(0)\}$$

$$= nT + \max\{d(k), k = 1, \dots, n\} - d(0)$$

$$= nT + CDV_{\max} - d(0) \quad (5-d)$$

와 같아서 RAT 및 RDT 알고리즘을 PCR로 적용하면 Spacer에 의하여 CDV_{max} 만큼의 지연이 셀간격사이에 흡수되어 Spacer에서 출력되는 셀은 CDV_{max} 만큼의 지연을 가지는, 또는 PCR이 다음과 같이 줄어드는 효과가 발생한다.

$$PCR' = \frac{nT(PCR)}{nT + CDV_{\max} - d(0)}$$

$$= \frac{n}{nT + CDV_{\max} - d(0)} \quad (5-e)$$

$$d(0) \leq CDV_{\max}$$

이와같은 Spacer를 여러단 거치게되면 Spacer 알고리즘에 의하여 End-to-End 사용자의 지연 및 이에따른 전송품질 저하에 심각한 영향을 준다. 따라서 RAT 및 RDT 알고리즘을 적용할 경우에는 협상된 PCR보다 약간 큰 값으로 셀간격을 조정하는 것이 타당한 것으로 알려져 있다.

III. 크레딧을 이용한 셀 간격조정 알고리즘

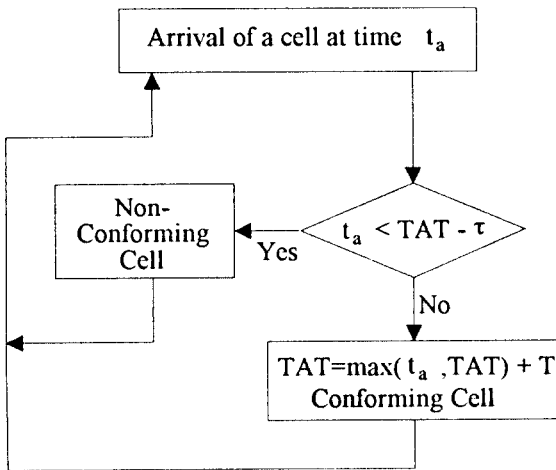
1. VSA(Virtual Scheduling Algorithm)의 이해

그림 3은 VSA의 처리 흐름도이다. VSA는 ITU-T 권고 I.371에서 다른 UPC/NPC 알고리즘의 성능을 측정하는 기준모델로서 제시된 알고리즘이다. 그림에서는 협상된 최대셀율이 1/T이고, 허용된 CDV는 r로 할당된 경우이다. 그림과 같이 하나의 셀이 입력되면 다음의 식에 의하여 트래픽 파라미터를 준수한 셀인지를 확인한다.

$$t_a < TAT - r \quad (6)$$

위의 식을 만족하지 않으면 준수셀로 판정하고, 다음에 입력될 셀을 판정하는데 사용할 TAT를 다음 식에 의하여 개선한다.

$$TAT = \max(t_a, TAT) + T \quad (7)$$



TAT Theoretical Arrival Time
 t_a Time of arrival of a cell
 τ Cell Delay Variation Tolerance
 T Peak Emission Interval

그림 3. VSA 처리 흐름도
 Fig. 3. Processing Flow of VSA(Virtual Scheduling Algorithm)

2. 크레딧의 정의 및 성질

기존의 Spacer 알고리즘인 RAT, RDT 알고리즘은 전번셀의 도착시간 또는 출발시간을 기준으로 현재의 입력셀이 삽입되는 Queue의 위치를 결정하는 것으로서, Spacer에서 출력되는 셀들이 인접셀 간의 간격을 최소방출간격(PEI) 만큼 보장하기 위한 것이었다. 따라서 지연이 큰 셀이 입력되면 그 셀 이후부터 일정한 간격으로 넓혀 주므로 균집성 트래픽들은 지연이 누적되어 출력된다. 지연을 줄이기 위해서는 셀이 균집된 구간의 셀간격 조정결과가 다음 구간의 셀간격 조정에 영향을 주지 않아야한다.

본 논문에서는 균집되지 않은 구간 다음에 오는 셀을 간격 조정할 경우에, 현 구간의 셀들이 균집되었을 것

이라는 가정에서 앞의 균집되지 않은 구간의 영향을 보상하는 방법으로 최소방출간격(PEI) 보다 작은 간격으로 조정하는 방법을 고려했다. 또한 Spacer 기능을 수행하기 위해서는 Policer 기능을 수행하기 위하여 기억해야할 VPI/VCI 및 최소방출간격(PEI) 등이 마찬가지로 필요하며, VPI/VCI로 부터 최소방출간격(PEI)을 읽기위한 논리회로 또한 동일하다. 따라서 Policer와 Spacer을 연계하여 구현함으로써 동일한 기억 내용 및 논리회로 등을 절약 할 수 있기때문에 유리하며, 실제로 Spacer를 구현한 경우 이와같이 연계하여 구성하는 것이 일반적이다. 실제로 Policer 기능을 구현하기위한 논리회로 및 메모리에 각각 약간씩 추가함으로써 Spacer 기능을 포함하도록 구현한 예가 있다.

본 논문에서는 Policer의 알고리즘인 VSA의 결과를 Spacer의 셀간격 조정에 사용하기 위하여 Credit 수를 다음과 같이 정의하였다.

$$CD = 1 + \frac{\tau - \{TAT(i) - t_a(i)\}^+}{T}$$

TAT(i) : Theoretical Arrival Time
 $t_a(i)$: Practical Cell Arrival Time
 τ : CDV Tolerance
 $\{x\}^+ = \begin{cases} 0, & \text{if } x \leq 0 \\ x, & \text{if } x > 0 \end{cases}$ (8)

Spacer는 Policer를 경유한 셀들에 작용하므로 Spacer로 입력되는 모든 셀은 다음의 관계를 만족한다.

$$0 \leq \{TAT(i) - t_a(i)\}^+ \leq \tau$$

Policer의 VSA와 관련하여 윗식의 성질을 살펴보면,

- (1) VSA에서 처음 입력되는 셀은 항상 준수셀로 판정하며, $t_a(i) > TAT(i)$ 인 경우도 처음 입력되는 셀과 똑같은 조건이 된다. 윗식에서도 처음셀 및 $t_a(i) > TAT(i)$ 인 경우 CD는 최대값을 갖는다. 즉, 처음 입력되는 셀 및 입력된 셀이 $t_a(i) > TAT(i)$ 인 경우 크레딧은 최대값을 갖는다.
- (2) 비준수셀 판정은 버스트 셀이 입력될 경우에 쉽게 발생할 수 있으며, $TAT(i) - t_a(i) = \tau$ 되는 셀은

Policer에서 준수셀로 판정받으나, $TAT(i) - t_a(i) > \tau$ 되는 셀은 비준수셀로 판정된다. 위의 식에서는 각각 $CD=1$ 인 경우와 $CD < 1$ 이 되는 경우에 해당한다. 즉, 입력셀의 크레딧이 1보다 작은 경우 입력셀은 비준수셀로 판정된다.

(3) 버스트 셀이 입력될 경우, VSA에서는 $TAT(i) - t_a(i)$ 가 $(T-1)$ 씩 증가하며, 위의 식에서는 CD 가 $(T-1)/T$ 씩 감소한다.

Policer의 출력셀을 Spacer의 입력으로 사용할 경우, CD 의 최소값을 CD_{min} 이라고, 최대값을 CD_{max} 라하면 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} CD_{min} &= 1 \\ CD_{max} &= 1 + \tau/T \end{aligned} \quad (9)$$

위의 식에서 셀지연 변이는 인터페이스에 따라 정해 질 수 있는 요소이므로 같은 인터페이스에서 서비스 중 인 연결들을 서로 비교하면, 최소방출간격(PEI)이 클 수록 즉, Peak Cell Rate가 작을 수록 CD_{max} 가 작아 짐을 알 수 있다.

3. SPACER에 적용하기위한 알고리즘

크레딧을 셀간격 조정에 적용하는 방법은 크레딧이 CD_{max} 에 가까울때는 셀간격을 거의 조정하지않고 CD_{min} 에 가까울수록 최소방출간격(PEI) 만큼 셀간격을 보장하는 방법이다. CD_{max} , CD_{min} 그리고 CD 로부터 다음과 같은 정규화된 크레딧(Normalized Credit) 수식을 정의한다.

$$\begin{aligned} A &= \frac{CD - CD_{min}}{CD_{max} - CD_{min}} = \frac{\tau - \{TAT(i) - t_a(i)\}^+}{\tau} \\ &= 1 - \frac{\{TAT(i) - t_a(i)\}^+}{\tau} \end{aligned} \quad (10)$$

여기에서

$$0 \leq A \leq 1 \text{ and } 0 \leq 1-A \leq 1$$

이 관계를 이용하여, 크레딧에 따른 셀간격 보상 방법으로는 식 (11)과 같이 선형적으로 조정하는 방법과 비선형으로 조정하는 방법 등을 생각할 수 있으며, 이를 실제로 사용하기 위해서는 식 (11)에서 구한 값을 식

(12)와 같이 여러단계로 특정한 문턱값을 정의하여 A 를 구분하고 이에 해당하는 대표값 B 를 정의하여 사용하게 된다. 즉, $B=B'T$ 라 하면, 셀간격 보상 방법은 다음 식과 같으며

$$B' = \begin{cases} (1-A) = \frac{\{TAT(i) - t_a(i)\}^+}{\tau} \\ \cos\left(\frac{\pi A}{2}\right) = \cos\left(\frac{\tau - \{TAT(i) - t_a(i)\}^+}{\tau} \frac{\pi}{2}\right) \end{cases} \quad (11)$$

실제로 구간별로 구분하여 사용하기 위해서는 다음 식과 같이 표현된다.

$$B' = \begin{cases} B_0, & A_n < A \leq 1 \\ B_1, & A_{n-1} < A \leq A_n \\ B_2, & A_{n-2} < A \leq A_{n-1} \\ \vdots & \vdots \\ B_{n-1}, & A_0 < A \leq A_1 \\ B_n, & 0 \leq A \leq A_0 \end{cases} \quad (12)$$

여기에서

$$\begin{aligned} 0 &< A_0 < A_1 < A_2 < \dots < A_{n-1} < A_n < 1 \\ 0 &\leq B_0 < B_1 < B_2 < \dots < B_{n-1} < B_n \leq 1 \end{aligned}$$

그림 4는 식 (10)의 정규화된 크레딧 A 에 따라 식 (11)의 정규화된 셀간격 보상 정도 B 를 나타낸 것이다.

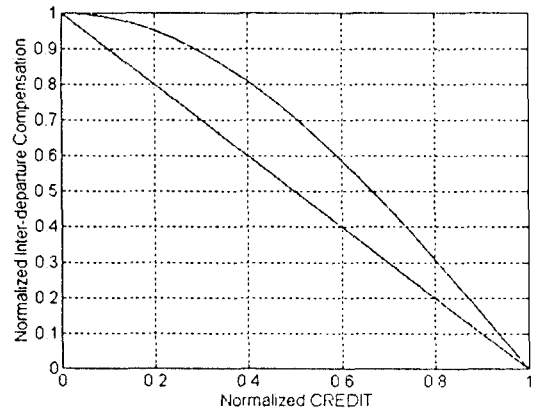


그림 4. 크레딧에 따른 정규화된 보상정도
Fig. 4. Normalized Compensation with respect to Credit

크레딧을 이용한 셀간격 조정방식을 구현하기 위해서는 기본적으로 셀순서를 보장할 수 있어야한다. RAT 알고리즘의 경우, 하나의 셀 입력시 셀의 VPI/VCI에 해당하는 연결에서 전번셀이 CSQ에 삽입된 시간을 나타내는 RAT와 연결의 협상된 최소방출간격(PEI) T로부터 B를 계산하고, 스케줄러의 현재 Counter 값에 따라 입력셀을 등록할 CSQ를 계산한다. 즉, 현재의 입력셀을 CSQ의 몇번째 배열에 넣어야 할 것인가를 결정하며, 다음의 식

$$RAT(n) = \max(TIME, (RAT(n-1)+B) \bmod CSQ_{max}) \quad (13)$$

은 고정된 최소방출간격(PEI) T로 수행되는 것을 적용적으로 조정하는 B로 바뀐것 이외에는 RAT 알고리즘과 동일하다.

같은 방법으로 RDT 알고리즘에 응용될 수 있으며, RAT와는 달리 경우에 따라 약간의 차이가 있다. 첫째, 셀이 입력되었을때 CSQ와 OQ에 등록된 셀이 없어서 셀이 바로 CSQ로 등록되는 경우이다. 이 경우 등록할 CSQ는 다음과 같이 계산되며, 이는 RAT의 경우와 동일하다.

$$i = \max(TIME, (RDT(n-1)+B) \bmod CSQ_{max}) \quad (14-a)$$

둘째, 하나의 셀이 OQ로부터 출력되었을때 TQ에 등록된 셀이 있는 경우이다. 이 경우는 TQ의 첫번째 셀을 등록할 CSQ는 다음과 같이 계산되며, 이 식으로부터 TQ의 각 셀은 별도로 B를 저장할 필요가 있다.

$$j = (RDT(n-1)+B) \bmod CSQ_{max} \quad (14-b)$$

본 논문의 알고리즘을 적용하는 RAT 및 RDT 방법에서 A=0로 고정할 경우, B=T가 되어 기존의 RAT 및 RDT 알고리즘과 동일하게된다.

IV. Simulation 결과

그림 5는 본 논문에서 사용한 시험 모델의 구성도이다. 시험모델의 입력으로는 최소방출간격(PEI)이 10이고 모든셀이 CLP=0 인 동일한 트래픽 특성을 갖는 8개의 트래픽원을 2 state MMPP(Markov Modulated Poisson Process)로 발생시켜 다중화하여 사용하였다. UPC/NPC 기능블럭은 기능상 실제의 UPC에 해당되는 것으로서 간주할 수 있으며, Policer 알고리즘으로는 CDV를 50셀로 하는 VSA를 사용하였으며, Spacer의 셀간 간격을 조정하기 위하여 식 (11)의 Cosine 함수를 사용하여 적응적 셀간간격을 시도하였다. 다음으로 Spacer 출력을 다중화기를 거치도록하였으며, 다중화 단계를 임의로 3단계로하여 ATM 교환 장치의 환경과 유사하도록하였다. 3단 다중화기를 거친 트래픽은 VSA 기능블럭으로 입력되며, 기능상 인접교환 장치의 NPC에 해당되며, NPC의 Policer 알고리즘은 UPC와 동일한 조건으로 수행시켰다.

그림 6, 7, 8은 2 state MMPP의 평균지속시간은 각각 1/20 으로하고, 셀율이 각각 1.3 및 1.4로 8개의 트래픽원으로부터 링크점유율(Link Utilization) 0.8의 트래픽이 발생하도록하여 시험 모델의 입력트래픽으로 사용한 시험결과이다. Spacer에서는 기존의 RAT 알고리즘에 본 논문의 적응적 방법을 적용하였다. 그림

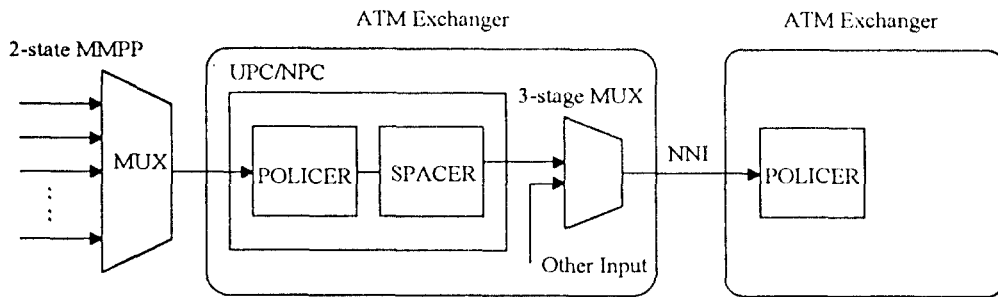
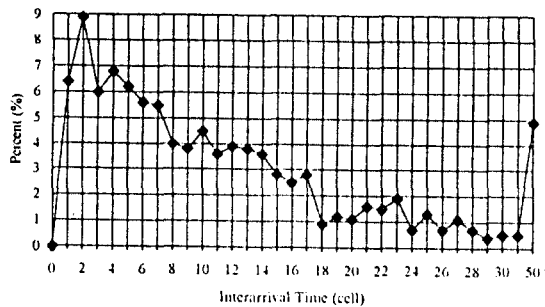
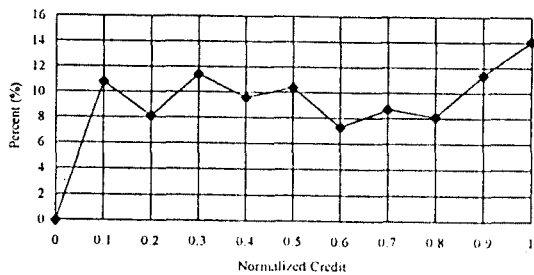


그림 5. 시험 모델의 구성도
Fig. 5. Configuration of Simulation Model

6은 Policer를 거친 다음의 UPC 출력셀에 대한 셀간 간격 및 본 논문에서 유도한 크레딧 특성으로 살펴본 트래픽 특성이다. 그림에서와 같이 셀간 간격 분포가 최소방출간격(PEI) 보다 작은 부분이 상당히 존재하며, 크레딧이 작은 셀들이 많이 존재함을 알 수 있다. 크레딧이 0 가까이 존재하는 셀들은 CDV를 허용한 Policer에서 겨우 준수셀로 판정된 것을 나타내며, 이와 같은 셀들은 Spacer를 사용하지 않을 경우 다중화기를 거치면서 다음의 Policer에서 비준수셀로 판정될 수도 있다.



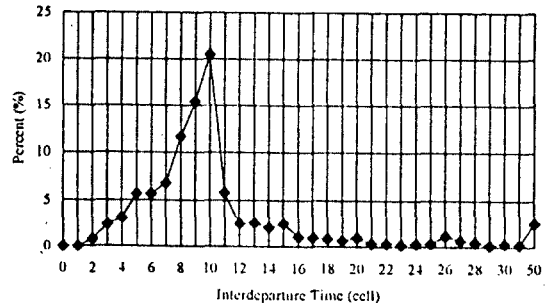
(a) 셀간 간격 분포
(a) Interarrival Distribution



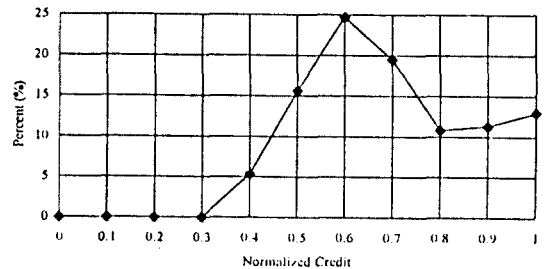
(b) 정규화된 크레딧 분포
(b) Normalized Credit Distribution

그림 6. Spacer 입력 트래픽 특성
Fig. 6. Spacer Input Traffic

그림 7은 본 알고리즘을 사용한 Spacer의 출력셀에 대한 셀간 간격 및 크레딧으로 본 트래픽 특성이다. 그림에서와 같이 셀간 간격 분포가 최소방출간격(PEI) 보다 작은 부분에서는 최소방출간격(PEI)에 인접하여 분



(a) 셀간 간격 분포
(a) Interdeparture Distribution



(b) 정규화된 크레딧 분포
(b) Normalized Credit Distribution

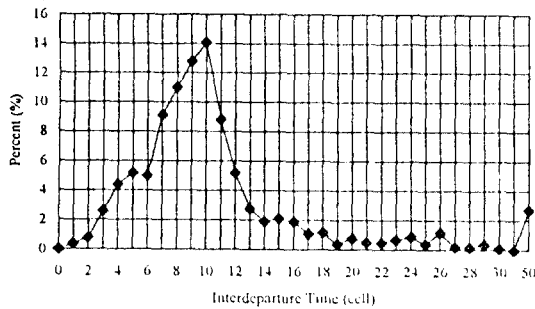
그림 7. Spacer 출력 트래픽 특성
Fig. 7. Spacer Output Traffic

포하며, 크레딧이 0에 근접한 셀들이 상향 조정된 크레딧을 갖도록 되었음을 알 수 있다. RAT 및 RDT 알고리즘 Spacer에서 출력되는 셀의 정규화된 크레딧은 거의 모두가 1일 것이므로, 크레딧으로 본 알고리즘과 RAT 및 RDT 알고리즘을 비교하는 것은 의미가 없다.

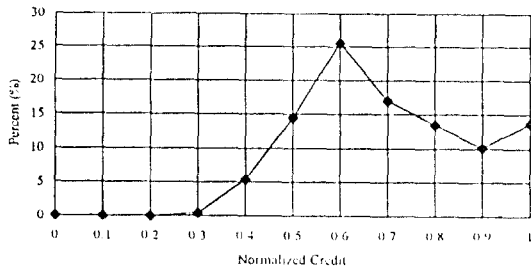
그림 8은 Spacer의 출력을 3단 다중화한 다음의 트래픽 특성이다. 셀간 간격 분포가 약간 완만해져 그림에서 양끝으로 존재하는 셀이 증가하였다. 크레딧 특성에서도 약간 완만하여졌으며, 크레딧 0에 근접한 셀이 없다는 것은 모든 셀이 준수셀로 판정된 것을 의미한다. 따라서 본 논문의 알고리즘을 사용함으로써 모든 셀들이 충분한 크레딧을 갖도록 셀간격을 조정하게 되며, 3단 정도의 다중화기를 거치더라도 셀손실은 발생하지 않음을 알 수 있다.

그림 9는 링크점유율에 따른 평균 셀 지연을 RAT, RDT 및 제안된 알고리즘을 적용한 RAT에 대하여 시험한 결과이다. 링크점유율은 MMPP의 셀율을 조정하

여 맞추었으며, MMPP의 기타 변수와 최소방출간격(PEI) 및 CDV 등은 앞의 시험과 동일한 값으로 수행하였다. 시험에서 RDT 및 RAT에서는 셀간격을 항상 최소방출간격(PEI) 이상으로 보장하려는 방법이기에 때문에 셀전송 지연이 많으며, RAT에서는 경우에 따라 셀간격이 최소방출간격(PEI)을 유지하지 못할 수도 있으나 RDT에서는 항상 최소방출간격(PEI) 이상이 유지되므로 RDT에서의 지연이 더 많다. 제안된 알고리즘은 현재 입력된 셀에 대한 크레딧을 과거 입력된 셀의 상태에서부터 계산하여 셀간격을 적응적으로 보상하기 때문에 지연이 적게되며, 또한 다중화기를 거치더라도 폐기되는 셀이 발생할 여지가 줄어들게 된다. 그림에서와 같이 제안된 알고리즘은 링크점유율이 커짐에 따라 기존의 알고리즘에 비하여 더욱 향상된 결과를 보여준다.



(a) 셀간격 분포
(a) Interdeparture Distribution



(b) 정규화된 크레딧 분포
(b) Normalized Credit Distribution

그림 8. 3단 다중화기 출력 트래픽 특성
Fig. 8. Three Stage Multiplexer Output Traffic

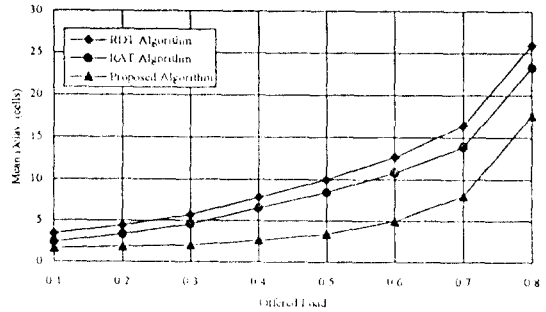


그림 9. Spacer에서의 평균 셀 지연
Fig. 9. Mean Cell Delay in Spacer

V. 결론

기존의 Spacer 알고리즘으로는 셀간격을 항상 최소 방출간격(PEI) 만큼 유지되도록 하기 위한 방법이였으며, Spacer에 도착하는 시간을 기준으로 하는 방안(RAT 알고리즘)과 Spacer에서 방출되는 시간을 기준으로 하는 방안(RDT 알고리즘) 등이 제안되었다. 그러나 지연이 큰 셀이 입력되면 그 셀 이후부터 일정한 간격으로 셀간격을 유지하기 위하여 지연이 누적되며, 군집성 트래픽의 경우 Spacer에서는 더욱 많은 지연이 발생하게 된다. 전송에서의 지연은 전송품질과 직접적인 관계가 있으며, end-to-end의 CBR 서비스의 경우 서비스 품질에도 심각한 영향을 초래한다. 셀간격을 최소 방출간격(PEI) 만큼 확보하도록 하는 Spacer에서의 지연은 셀 지연변이(CDV)가 크게 발생하는 경우 더욱 심각하며, 따라서 지연을 줄이기 위해서는 셀간격을 적응적으로 수행하여 전체적인 셀 지연변이(CDV)를 줄이는 방법이 타당하다.

본 논문에서는 군집되지 않은 구간 다음에 오는 셀을 간격 조정할 경우에, 현 구간의 셀들이 군집되었을 것이라는 가정에서 앞의 군집되지 않은 구간의 영향을 보상하는 방법으로 최소방출간격(PEI) 보다 작은 간격으로 조정하는 방법을 고려하였다. Spacer의 셀간격 조정 방식을 기존의 최소방출간격(PEI)으로 고정하여 수행하는 방식과는 달리 이전 입력셀의 상태에 따라 적응적으로 동작하도록 하였으며, UPC/NPC와 연계하여 동작하도록 하기 위하여 ITU-T 권고 I.371의 VSA를 근거로 유도하였다.

Spacer 알고리즘은 셀 지연과 셀 간격 여유에서 trade-off 되어야되며, 본 논문의 시험결과 셀 지연이

향상되었으며 또한 Spacer의 출력셀이 다음단의 다중화기를 경유하더라도 크레딧이 양호한 상태가 유지하는 것을 확인 하였다. 또한 Spacer는 UPC/NPC와 연계하여 동작하므로 제안된 알고리즘은 UPC/NPC에서 Policer의 알고리즘으로 VSA를 사용한다면, Spacer에서의 알고리즘으로 본 논문의 방식을 사용하는 것이 더욱 유리하다.

본 논문과 같이 셀 간격을 조정하는 방식은 구현이 복잡할 수 있으며, 또한 최소방출간격(PEI)으로 셀간격을 보장하는 것에 비하여 확률적으로 보장하는 것이기 때문에 보다 해석적인 방법으로 확인할 필요가 있다. 그러나 트래픽을 감시하는 VSA 방식 만으로도 해석적 방법이 어려운 상태이기 때문에 CDV와 서비스 종류에 따른 트래픽 특성과 관련하여 보다 많은 시험으로 확인하는 것이 바람직할 것이다.

참고문헌

1. ITU-T Recommendation I.371, "Traffic control and congestion control in B-ISDN", Frozen Issue, Geneva, 1994.
2. The ATM Forum, "BISDN Inter Carrier Interface (B-ICI) Spec. Version 1.0", August, 1993.
3. Bellcore, "Broadband ISDN Switching System Generic Requirements", TA-NWT-001110, Issue 1, August, 1992.
4. Bellcore, "Generic Requirements for Operations of Broadband Switching Systems", TA-NWT-001248, Issue 1, October, 1992.
5. 광동용, 박홍식, "다중화된 ATM 트래픽의 셀 스페이싱에 관한 연구", 한국통신학회 추계종합학술대회, pp. 253-257, Nov. 1993.
6. Eugen Wallmeier and Tom Worster, "The spacing policer, an algorithm for efficient peak bit rate control in ATM networks", Proc. of ISS'92, vol.2, pp.22-26, 1992.
7. Pierre E. Boyer, Michel J. Servel, Fabrice P. Guillemin, "The SPACER-CONTROLLER: An Efficient EUPC/NPC for ATM Networks",

- Proc. of ISS'92, vol.2, pp.316-320, 1992.
8. Pierre E. Boyer, Fabrice M. Guillemin, Michel J. Servel, and Jean-Pierre Coudreuse, "Spacing Cells Protects and Enhances Utilization of ATM Network Links", IEEE Network, pp.38-49, Sep. 1992.
9. L. K. Reiss and L. F. Merakos, "Priority Shaping of Source Traffic for ATM Networks", Proc. of IEEE ICC'93, pp.671-675, 1993.
10. F. Bernabei, L. Gratta, M. Listanti, and M. Testa, "Analysis of Two Level Shaping for Multiplexing of ON-OFF ATM Sources", Proc. of IEEE ICC'93, pp.1380-1385, 1993.
11. J. D. Angelopoulos, I. S. Venieris, and E. N. Protonotarios, "A Distributed FIFO Spacer/Multiplexer for Access to Tree APONs", Proc. of IEEE ICC'94, pp.70-74, 1994.
12. Sabine Wittevrongel and Herwig Bruneel, "Output Traffic Analysis of a Leaky Bucket Traffic Shaper Fed by a Bursty Source", Proc. of IEEE ICC'94, pp.1581-1585, 1994.
13. H. Heiss and E. Wallmeier, "Performance Comparison of Three Policing Mechanisms Based on their Maximum Throughput Functions", ITC-14, pp.1405-1414, 1994.
14. G. Rigolio, L. Verri, L. Fratta, "Source Control and Shaping in ATM Networks", Proc. of IEEE GLOBECOM'91, pp.276-280, 1991.
15. Wassim Matragi, Chatschik Bisdikian, and Khosrow Sohraby, "On the Jitter and Delay Analysis in ATM Multiplexer", Proc. of IEEE ICC'94, pp.738-743, 1994.
16. Guillemin F. and Dupuis A., "A basic requirement for the policing function in ATM networks", Computer Networks and ISDN Systems, vol.24, pp.311-320, Sept. 1992.
17. Seunghyun Park, Jungtae Lee, Chmoon Han, "A CDV Compensation Method using Delayed Cells and its Performance Evaluation", JC-CNSS'94 Proceedings, pp.56-60, 1994.



南 允 錫 (Yoon-Seok Nam) 정회원
 1960年 6月 3日生
 1984年 8月：慶北大學校 電子工學科
 工學士
 1987年 2月：慶北大學校 電子工學科
 工學碩士
 1992年 2月：慶北大學校 電子工學科
 博士課程 修了

1987年 2月～현재：韓國電子通信研究所 네트워크整合研究室
 先任研究員



洪 再 根 (Jae-Geun Hong) 정회원
 1975年 2月：慶北大學校 電子工學科
 工學士
 1979年 2月：慶北大學校 電子工學科
 工學碩士
 1985年 2月：慶北大學校 電子工學科
 工學博士

1979年 3月～1983年 2月：慶北産業大學校 電子工學科 助教授
 1983年 4月～현재：慶北大學校 電子工學科 副教授