DBpia

論 文

ATM 망에서 Leaky Bucket 사용 감시 알고리즘의 Type - Ⅰ / Ⅱ 에러 분석

正會員 李 東 鎬* 正會員 安 閏 榮** 正會員 趙 有 濟**

Analysis of the Type - Ⅰ / Ⅱ Error for the Leaky Bucket Policing Algorithm in ATM Networks

Dong Ho Lee*, Yoon Young An**, You Ze Cho** *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 CCITT에서 ATM 망의 사용 감시 알고리즘에 대한 정확도의 평가 기준으로 고려하고 있는 type - Ⅰ / Ⅱ 에러의 평가방법을 제안하였다. 그리고, ON/OFF 트래픽 모델에 대한 LB(leaky bucket) 방식의 type - Ⅰ / Ⅱ 에러 분석을 통하여 평균 셀률과 최대 셀률을 감시 제어하기 위한 LB 파라미터의 결정방법을 고찰하였다.

LB 파라미터인 계수기의 감소율 a와 한계치 M은 type - Ⅰ 에러를 만족하는 a-M 특성곡선을 구한 후, 이 중에서 type - Ⅱ 에러를 만족하면서 반응시간이 최소가 되는 (a, M)의 쌍으로 결정할 수 있음을 제시하였다. 이때, ON/OFF 트래픽에 대한 LB 방식의 a-M 특성곡선은 트래픽의 버스트성에 의해 결정되어짐을 알 수 있었다. 그리고, 성능분석 결과로부터 LB 방식은 최대 셀률에는 비교적 좋은 제어 성능을 가지지만, 평균 셀률 제어에 있어서는 정확도와 반응시간과의 상반관계로 인해 문제가 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we suggested a method for evaluating the type - Ⅰ / Ⅱ error which is proposed by the CCITT as a criterion for the accuracy of policing algorithms in ATM networks. By the analysis of the type - Ⅰ / Ⅱ error of the Leaky Bucket (LB) algorithm, we investigated the relationships between the traffic parameters and the LB parameters to police the mean and peak cell rate effectively in the ON/OFF traffic.

We showed that the LB parameters, the leaky rate a and the threshold M of the LB counter, could be determined as a pair of (a, M) satisfying the type - Ⅰ / Ⅱ error and minimizing the response time. In the ON/OFF traffic, it has been observed that the a-M charateristic curve of the LB policing algorithm only depends on the burstiness. As the results of the performance analysis, we found that the LB algorithm exhibits a good performance in the peak rate policing, but has some problems in the mean rate policing due to the trade-off between the accuracy and the response time.

*國防科學研究所
ADD
**慶北大學校 電子工學科
Dept. of Electronics, Kyungpook Nat'l Univ.
論文番號 : 92-138 (接受1992. 5. 25)

www.dbpia.co.kr

Ⅰ. 서 론

비동기 전달모드(Asynchronous Transfer Mode : ATM)는 광대역 종합정보통신망(Broadband ISDN : B-ISDN)의 효율적인 구축을 위한 전송 및 교환기술로서 다양한 전송속도를 가지는 서비스들을 경제적으로 제공할 수 있다[1]. 그러나, ATM망에서는 통계적 다중화에 의하여 트래픽들을 전송하기 때문에, 트래픽이 연결 설정시의 협약을 위반할 경우 다른 연결의 서비스 품질에 심각한 영향을 미칠 수 있으므로 트래픽에 대한 감시 제어가 필요하다.

CCITT에서는 이러한 트래픽에 대한 사용 감시 제어를 위해 사용자-망 접면(UNI)에서 수행되는 사용 파라미터 제어(Usage Parameter Control : UPC)와 망-노드 접면(NNI)에서 수행되는 망 파라미터 제어(Network Parameter Control : NPC)를 제안하고 있다. 이와 관련하여 감시 파라미터의 선정, 효과적인 UPC/NPC 알고리즘의 개발 및 구현, 그리고 UPC/NPC 알고리즘의 성능 평가 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

지금까지 제안된 UPC/NPC 알고리즘은 크게 leaky bucket 형태와 윈도우(window)기반 형태로 분류할 수 있는데, leaky bucket 형태로는 LB(Leaky Bucket)[2], VLB(Virtual Leaky Bucket)[3], DLB (Dual Leaky Bucket)[4] 및 SVLB(Virtual Leaky Bucket with Spacer)[5] 등이 있으며, 윈도우 기반 형태로 JW(Jumping Window), TJW(Triggered Jumping Window), EWMA(Exponentially Weighted Moving Average), 및 SW(Sliding Window) 등이 있다[6]. 이 밖에도 셀 지연 변이(cell delay variation)를 고려한 UPC/NPC 알고리즘인 spacer controller 방식 등도 제안되고 있다[7]. 최근 CCITT에서는 이러한 UPC/NPC 알고리즘의 성능 평가 기준으로 반응시간(response time)과 투명도(transparency)를 제시하고 있다[8]. 현재 투명도에 대한 평가를 위해 type-Ⅰ/Ⅱ 에러를 고려하고 있으며, 이들에 대한 정확한 정의는 많은 논란이 되고 있다.

그러나, 지금까지 UPC/NPC 알고리즘의 성능 평가는 주로 트래픽 파라미터 변화에 따른 셀 폐기/표시율 분석 관점에서 이루어져 왔으며, CCITT에서 제시한 성능 평가 기준으로 분석된 연구 결과는 거의 없다[6],[9]-[13]. 따라서, 본 논문에서는 CCITT에서 UPC/NPC 알고리즘의 정확도에 대한 성능 평가 기준으로 제시하고 있는 투명도에 대해 type-Ⅰ/Ⅱ 에러 관점에서의 평가방법을 제안한다. 그리고, 제안된 평가방법을 사용하여 대표적인 사용 감시 알고리즘인 LB 방식을 예로 type-Ⅰ/Ⅱ 에러를 만족하는 알고리즘 파라미터의 결정방법에 대해 고찰한다.

본 논문의 내용은 서론에 이어 Ⅱ절에서는 CCITT에서 UPC/NPC 알고리즘의 성능 평가 기준으로 고려하고 있는 type-Ⅰ/Ⅱ 에러에 대해 살펴보고, Ⅲ절에서는 준수 트래픽에 대한 type-Ⅰ 에러의 평가방법과 최대 셀률, 평균 셀률 위반에 대한 type-Ⅱ 에러의 평가방법에 대해서 검토한다. 그리고, Ⅳ절에서는 Ⅲ절에서 제시한 평가방법으로 LB 알고리즘의 성능을 평가한 다음 Ⅴ절에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. UPC/ NPC 알고리즘의 성능 평가 기준

먼저 UPC/NPC 알고리즘에 대한 성능 요구사항으로는 정확도(accuracy), 신속성(rapid response), 선택성(selectivity)및 단순성(simplicity) 등을 들 수 있다[8]. 여기에서 정확도는 트래픽 협약에 대한 위반 여부를 정확하게 검출할 수 있는 능력을, 신속성은 위반 상황이 발생했을 때 이를 신속하게 검출할 수 있는 능력을 의미한다. 그리고, 선택성은 감시 제어할 수 있는 트래픽 파라미터의 선택 범위가 넓어야 함을 의미하고, 단순성은 실제 알고리즘 구현시 복잡하지 않아야 함을 의미한다. 이와 같은 성능 요구사항들을 만족할 때 UPC/NPC 알고리즘은 협약된 트래픽 파라미터의 값에 대한 위반 상황을 효과적으로 제어할 수 있다.

이러한 요구사항들에 대한 만족 정도를 평가하기 위해서는 구체적인 성능 평가 기준이 필요하다. 최근 CCITT에서 신속성과 정확도에 대한 평가 기준으로 제시하고 있는 반응시간과 투명도를 표 1에 나타내었다. 현재 투명도는 type-Ⅰ 에러와 type-Ⅱ 에러 관점의 평가를 고려하고 있으며, 이들에 대한 정확한 정의는 많은 논란이 되고 있다. Type-Ⅰ 에러는 트래픽 협약을 준수하는 연결의 종단 서비스 품질에 심각한 영향을 미칠 수 있으며, type-Ⅱ 에러는 다른 연결에 대한 서비스 품질 저해요소로 작용한다.

현재 CCITT 기고문 등에서 type-Ⅰ 에러 허용치의 표준화에 대한 필요성을 강조하고 있으며, 그 허용치는 요구되는 서비스 품질을 고려하여 결정되어야 할 것이다[14]. 예를 들어 ATM망에서 요구되는 셀 손실률이 10^{-8} 이하인 서비스 품질을 요구한다면 type-Ⅰ 에러의 허용치는 10^{-9} 정도가 되어야 할 것

www.dbpia.co.kr

표 1. UPC /NPC 알고리즘의 성능 평가 기준.
Table 1. Performance criteria for UPC /NPC algorithms.

요구성능	평가 기준		정 의
신 속 성	반응 시간		기준 조건하에서 주어진 위반 상황을 검출하는데 걸리는 시간
정 확 도	투명도	Type - Ⅰ 에 러	UPC /NPC가 트래픽 협약을 준수한 연결에 대해 잘못 위반 조치할 때의 에러
		Type - Ⅱ 에 러	UPC /NPC가 트래픽 협약을 위반한 연결에 대해 적절한 위반 조치를 수행하지 못할 때의 에러

이다. 그리고, CCITT에서 type - Ⅱ 에러의 허용치에 대한 표준화 유무는 논란이 되고 있으나, 그 허용치는 UPC /NPC에 의해 제어되지 못한 위반셀이 다른 연결의 서비스 품질에 미치는 영향을 고려하여 정해져야 할 것으로 생각된다. Murase 등의 연구 결과에 의하면 트래픽의 부하나 최대 셀률 값이 10% 정도 증가할 경우에도 셀 손실률은 급격하게 변화하지 않는 것으로 분석되었다[15]. 따라서, 최대 셀률 및 평균 셀률 위반에 대한 type - Ⅱ 에러의 허용치는 각각 10^{-1} 정도 이내가 적당할 것으로 생각된다.

Ⅲ. 제안된 Type - Ⅰ / Ⅱ 에러의 평가방법

본 절에서는 CCITT에서 UPC /NPC 알고리즘에 대한 정확도의 평가 기준으로 고려하고 있는 type - Ⅰ / Ⅱ 에러를 서비스 품질 저해 관점에서 정량적으로 평가할 수 있는 구체적인 평가방법을 제안한다. 그리고, 본 논문에서는 준수 트래픽은 소스 트래픽 descriptor의 협약된 파라미터 값을 모두 준수하는 트래픽으로 정의하고, 위반 트래픽은 소스 트래픽 descriptor의 협약된 파라미터 값들 중에서 어느 하나라도 어기는 트래픽으로 정의한다. 따라서, 위반 트래픽에 대해 발생하는 type - Ⅱ 에러는 트래픽 파라미터별로 평가되어야 한다.

1. Type - Ⅰ 에러의 평가방법

Type - Ⅰ 에러는 협약된 파라미터 값을 모두 준수하는 트래픽의 셀이 UPC /NPC에 의해 폐기 또는 위반표시될 때 발생하므로, type - Ⅰ 에러를 준수 트래픽에 대한 UPC /NPC의 셀 폐기 / 표기율로 평가할 수 있다. 따라서, type - Ⅰ 에러를 E_1이라 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

E_1 = UPC /NPC의 준수 트래픽에 대한 셀 폐기 / 표시율

$$= \frac{\text{UPC /NPC에 의해 폐기 / 표시된 셀 수}}{\text{준수 트래픽의 총 셀 수}}$$

$$= 1 - \frac{\text{UPC /NPC 후의 평균 셀률}}{\text{준수 트래픽의 평균 셀률}} \quad (1)$$

여기에서 E_1은 UPC /NPC가 위반셀로 잘못 판단한 셀의 수가 많을수록 큰 값을 가지므로 해당 연결의 서비스 품질 저해요소로서의 type - Ⅰ 에러에 대한 타당성 있는 평가방법이라 할 수 있다. 이러한 type - Ⅰ 에러는 해당 연결의 셀 손실률에 직접적으로 영향을 미치므로, type - Ⅰ 에러의 허용치는 서비스의 요구되는 셀 손실률보다는 작아야 한다.

2. Type - Ⅱ 에러의 평가방법

Type - Ⅱ 에러는 트래픽의 위반셀을 폐기 또는 위반 표시하지 못할 때 발생하므로 다른 연결의 서비스 품질 저해 관점에서 평가되어야 한다. 그리고, type - Ⅱ 에러는 트래픽 파라미터별로 평가되어야 하므로, 평균 셀률과 최대 셀률 위반에 대한 각각의 type - Ⅱ 에러 평가방법에 대해 살펴본다. 이후의 수식에서 사용되는 R_m과 R_p는 입력된 트래픽의 평균 셀률과 최대 셀률을, $\tilde{R}_m$와 $\tilde{R}_p$는 이들에 대한 협약된 값을, 그리고 R_m'와 R_p'는 UPC /NPC 후의 평균 셀률과 최대 셀률의 의미한다.

가. 평균 셀률 위반에 대한 type - Ⅱ 에러

먼저 평균 셀률 위반시의 type - Ⅱ 에러를 셀 수의 관점으로 평가하기 위해서는 개개의 셀에 대한 평균 셀률의 위반 여부를 판단할 수 있어야 한다. 그러나, 실제 평균 셀률의 위반 여부는 전체 연결 기간 동안의 셀 수를 기준으로 판단하여야 하므로 개개의 셀에

www.dbpia.co.kr

대한 위반 여부를 아는 것은 불가능하다.

그러나, type-Ⅱ 에러를 UPC/NPC 전후의 평균 셀률 변화를 이용하여 평가하면 셀 수 관점에서의 평가와 같은 의미를 가지게 된다. 따라서, 본 논문에서는 type-Ⅱ 에러를 UPC/NPC 후의 평균 셀률에 대한 위반율로 평가한다. 이와 같이 평가하면 UPC/NPC 후에 위반 트래픽에 의한 다른 연결의 서비스 품질 저해요소가 얼마나 존재하고 있는가를 직접적으로 알 수 있다. 따라서, type-Ⅱ 에러를 E_{m2}라 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

E_{m2} = UPC/NPC 후의 평균 셀률에 대한 위반율

$$= \frac{R_m' - \tilde{R}_m}{\tilde{R}_m} \qquad (2)$$

여기서 입력 트래픽의 평균 셀률에 대한 위반율을 $C_{vm} = (R_m - \tilde{R}_m)/\tilde{R}_m$이라 하고, UPC/NPC의 셀 폐기/표시율을 P_v라고 하면 R_m'는 $R_m(1-P_v)$로 표현할 수 있다. 따라서, E_{m2}는 C_{vm}과 P_v를 이용하여 다음과 같이 다시 표현할 수 있다.

$$E_{m2} = C_{vm} - P_v \cdot \frac{R_m}{\tilde{R}_m} \qquad (3)$$

여기에서 E_{m2}의 값이 0보다 큰 경우는 위반 트래픽을 효과적으로 제어하지 못하여 다른 서비스 품질에 영향을 미치게 됨을 의미하고, E_{m2}의 값이 0보다 작은 경우는 필요 이상의 과도한 제어가 이루어졌음을 의미한다.

나. 최대 셀률 위반에 대한 type-Ⅱ 에러

최대 셀률 위반시의 type-Ⅱ 에러에 대한 평가방법에 대해 살펴보면 평균 셀률의 경우와는 달리 개개의 셀이 협약된 최대 셀률의 값을 위반하는지의 여부는 쉽게 판단할 수 있다. 따라서, 최대 셀률에 대한 type-Ⅱ 에러를 셀 수의 관점에서 UPC/NPC 후의 총 셀 수에 대한 위반셀 수의 비로 평가할 수 있다. 그러나, 트래픽이 협약된 최대 셀률에 대한 위반 정도가 다르더라도 type-Ⅱ 에러는 동일한 값을 가질 수 있어서 다른 연결의 서비스 품질 저해 관점의 정확한 평가가 이루어질 수 없다.

또한, 최대 셀률에 대한 type-Ⅱ 에러를 UPC/NPC 전후의 최대 셀률 변화 관점에서 $(R_p' - \tilde{R}_p)/\tilde{R}_p$로 평가할 수 있으나, 이 경우 위반된 셀 수와는 무관하게 평가되므로 역시 정확한 평가가 이루어지기 어렵다. 그러므로, 최대 셀률에 대한 type-Ⅱ 에러를 다른 연결의 서비스 품질 저해 관점에서 정확히 평가하기 위해서는 보다 복잡한 평가방법이 필요하리라 여겨지며 이에 대해 앞으로 더 많은 연구가 요구된다.

Ⅳ. Leaky Bucket 알고리즘의 성능 분석

본 절에서는 LB 알고리즘의 성능을 분석하고 이를 통해 LB 파라미터의 결정방법에 대해 고찰한다. 성능 분석을 위해서는 앞 절에서 제안한 type-Ⅰ/Ⅱ 에러의 평가방법과 LB 알고리즘에서의 셀 폐기율을 이용한다.

1. Fluid Flow 근사화에 의한 LB 방식의 셀 폐기율

LB 방식은 하나의 계수기와 미리 결정된 계수기의 한계치를 가지고 동작하며, 이때 계수기는 매 셀이 도착할 때마다 1씩 증가하고, 계수기의 값이 양이면 일정한 주기도 계수기가 감소한다. 따라서, 셀의 도착률이 계수기의 감소율보다 클 때 계수기의 값은 증가하고, 한계치를 넘으면 도착한 셀을 위반셀로 판단하여 폐기시킨다. 본 논문에서는 계수기의 감소율을 a로, 계수기의 한계치를 M으로 나타낸다.

이러한 LB 알고리즘을 그림 1과 같이 버퍼의 크기가 M인 G/D/1/M 의사 큐(pseudo-queue) 모델로 나타낼 수 있다. 따라서, 계수기의 한계치가 M인 LB 방식의 셀 폐기율은 G/D/1/M 의사 큐 모델의 버퍼 오버플로우(overflow)의 확률로 구할 수 있다. 이를 이용하여 Tonnietti 등은 ON/OFF 트래픽 모델에 대한 LB 방식의 셀 폐기율을 fluid flow 근사화 방법으로 해석하였다[10]. Fluid flow는 불연속적인 셀의 흐름을 연속적인 셀의 흐름으로 근사화하여 해석

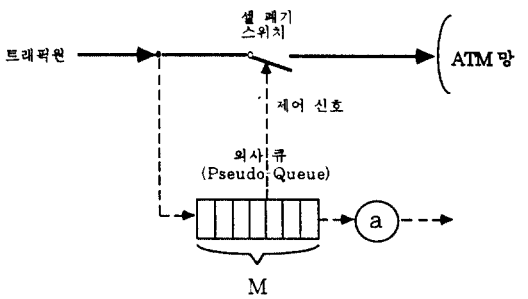


그림 1. LB 알고리즘의 의사 큐 모델.
Fig. 1. The pseudo-queue model of the LB algorithm.

www.dbpia.co.kr

하는 방법으로 고 부하 트래픽 환경에 적합한 근사화 방법이다.

그림 2는 LB 알고리즘의 의사 큐 모델에서의 버퍼 상태를 fluid flow 근사화에 의하여 나타내고 있다. 여기에서 트래픽은 ON/OFF 모델로 가정하였으며 ON 상태에서는 셀이 최대 셀률 R_p로 발생한다. 따라서, ON 상태동안 버퍼는 $r = R_p - a$(cells/sec)의 비율로 증가하고, OFF 상태동안 버퍼는 a(cells/sec)의 비율로 감소한다. 그림 2에서 Y, X는 두개의 연속적인 버스트가 도착하는 순간의 버퍼 상태를 나타내는 랜덤 변수이고, Z와 L은 각각 ON 상태의 지속 기간, OFF 상태의 지속 기간을 나타내는 랜덤 변수이다.

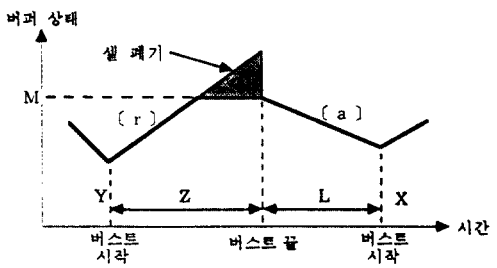


그림 2. LB 알고리즘의 fluid flow 근사화.
Fig. 2. The fluid flow approximation for the LB algorithm.

여기에서 OFF 상태의 지속 시간 L과 ON 상태의 지속시간 Z를 지수 분포로 가정하면, 버스트 시작 순간의 버퍼 상태 X에 대한 확률 밀도 함수를 정상 상태(steady state)에서 다음과 같이 얻을 수 있다[10].

$$f(x) = c\,[\,\delta(x) + \lambda_2 \exp\{-(\lambda_1 - \lambda_2)x\}\,]. \qquad (4)$$

여기서 $\delta(x)$는 임펄스 함수이고, 확률 분포를 위한 정규화 상수 c는 $(\lambda_1 - \lambda_2)/[\lambda_1 - \lambda_2 \cdot \exp\{-(\lambda_1 - \lambda_2)M\}]$이 된다. 그리고, ON과 OFF 상태의 평균 지속 시간을 T_{ON}과 T_{OFF}라 하면 λ_1과 λ_2는 다음과 같다.

$$\lambda_1 = \frac{1/T_{ON}}{r}, \qquad \lambda_2 = \frac{1/T_{OFF}}{a}. \qquad (5)$$

식(4)를 이용하여 총 셀 수에 대한 폐기된 셀 수의 비인 셀 폐기율 Pv는 다음과 같이 구할 수 있다[10].

$$P_v = \frac{r}{R_p \cdot T_{ON}} \int_0^M \int_{(M-y)/r}^{\infty} f(y) \cdot \left(z - \frac{M-y}{r}\right] \cdot f_z(z)\, dz\, dy$$

$$= \frac{R_p - a}{R_p} \cdot \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 \exp\{(\lambda_1 - \lambda_2)M\} - \lambda_2} \qquad (6)$$

λ_1과 λ_2를 본 논문에서 사용한 트래픽 파라미터인 최대 셀률 R_p, 평균 셀률 R_m, 그리고 ON 상태의 평균 지속 시간을 셀 단위로 환산한 평균 버스트 길이 L_{ON}(cells)으로 다시 표현하면 다음과 같다.

$$\lambda_1 = \frac{R_p}{L_{ON}(R_p - a)}, \quad \lambda_2 = \frac{R_m \cdot R_p}{a\, L_{ON}(R_p - R_m)}. \qquad (7)$$

트래픽의 ON과 OFF 상태의 지속 시간이 각각 지수 분포를 따르는 ON/OFF 트래픽 모델에 대해 fluid flow 근사화 방법을 통하여 LB 방식에 대한 셀 폐기율을 식(6)과 같이 구했다. 이 결과식은 버스트성이 큰 트래픽에 대해 시뮬레이션 결과와 아주 잘 일치하고 있으므로, ATM망에서의 트래픽 특성을 고려할 때 유용한 해석방법이라 생각된다[10].

다음에서는 fluid flow 근사화 방법에 의해 얻어진 셀 폐기율과 제안된 type - Ⅰ / Ⅱ 에러 평가방법을 이용하여 LB 파라미터의 결정방법에 대해 고찰한다. 그리고, LB 방식의 성능 분석을 위해 사용한 트래픽의 협정된 파라미터 값들을 표 2에 나타내었다.

표 2. 입력 트래픽의 협정된 파라미터의 값.
Table 2. The negotiated parameter values of the input traffic.

트래픽 파라미터		클래스 1	클래스 2
최대 셀률	(cells/sec)	150	5000
평균 셀률	(cells/sec)	50	200
평균 버스트 길이(cells)		45	2500
버스트성		3	25

2. LB 방식의 계수기 감소율(a)-한계치(M) 특성곡선

여기서는 준수 트래픽에 대한 type - Ⅰ 에러의 특성을 분석하고 이에 따른 LB 파라미터의 결정방법에 대해 고찰한다. 그리고, type - Ⅰ 에러의 허용치는 10^{-9}이라 가정한다.

그림 3은 계수기의 감소율 a의 값은 고정시키고 계

www.dbpia.co.kr

수기의 한계치 M의 값을 변화시키면서 클래스 1과 2에 대한 type-Ⅰ 에러 특성을 나타내고 있다. 이때, type-Ⅰ 에러는 준수 트래픽에 대한 LB의 셀 폐기율로부터 바로 구할 수 있다. 여기서 a의 값이 평균 셀률에 가까워질수록 type-Ⅰ 에러의 허용치인 10^{-9}을 만족하기 위한 M의 값은 커지게 됨을 볼 수 있다. 따라서, LB의 type-Ⅰ 에러는 a와 M의 값에 매우 의존적임을 알 수 있다.

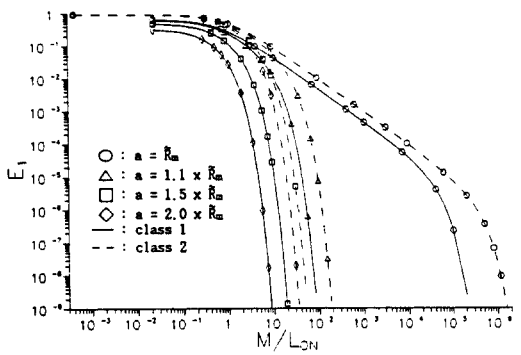
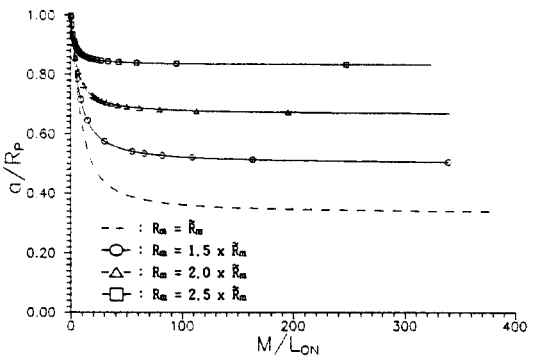


그림 3. 준수 트래픽에 대한 type-Ⅰ 에러.
Fig. 3. Type-Ⅰ error for conforming traffics.

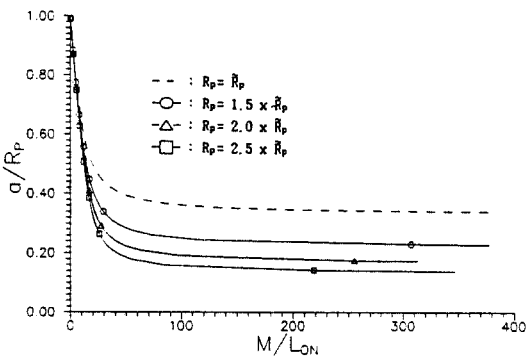
그림 4에서는 클래스 1의 경우에 대하여 type-Ⅰ 에러 값을 10^{-9}으로 만족시켜 주는 a/R_p와 M/L_{ON}의 관계를 나타내었다. 그림 4의 (a),(b) 및 (c)에서는 각각 평균 셀률, 최대 셀률, 평균 버스트 길이를 기준 트래픽 값의 1.5, 2, 2.5배로 변화시키고 다른 파라미터 값은 동일하게 유지한 경우의 a-M 특성곡선을 나타내고 있다. 이때 a-M 특성곡선은 a/R_p와 M/L_{ON}의 관계를 나타낸 곡선이며, a/R_p가 버스트성의 역수의 값을 가질 때 a는 평균 셀률의 값을 가지는 것과 같다.

먼저, 그림 4(a)와 (b)에서 평균 셀률과 최대 셀률이 각각 변하게 되면 요구하는 type-Ⅰ 에러를 만족시켜 주기 위한 a와 M 값의 범위도 달라짐을 알 수 있다. 그러나, 그림 4(c)에 나타난 바와 같이 평균 버스트 길이의 변화는 a-M 특성곡선을 변화시키지 않음을 알 수 있다. 또한, 평균 버스트 길이에 관계없이 M/L_{ON}의 값이 100보다 큰 경우에는 요구하는 type-Ⅰ 에러 값을 만족시켜 주기 위한 a/R_p의 값은 거의 일정하게 됨을 알 수 있다. 그리고, 그림 4(d)에 의하면 평균 셀률과 최대 셀률에 관계없이 동일한 버스트성을 가지는 트래픽들은 동일한 a-M 특성곡선을 가짐을 알 수 있다.

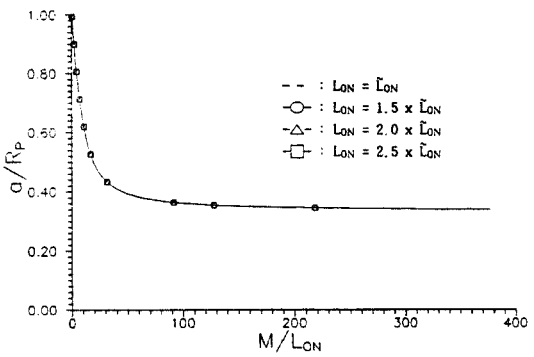
결과적으로 평균 셀률이 커지면 버스트성은 작아지고 최대 셀률이 커지면 버스트성이 커지므로, 그림 4(a)와 (b)에서 a 값의 범위가 달라지는 것은 버스트성의 변화때문이라고 볼 수 있다. 그리고, 그림 4(c)의 경우는 버스트성이 변하지 않으므로 평균 버스트 길이가 변하더라도 동일한 a-M 특성곡선을 가지게 된다. 따라서, a-M 특성곡선은 트래픽의 버스트성에 따라 결정된다.



(a) 평균 셀률의 변화에 대한 민감도

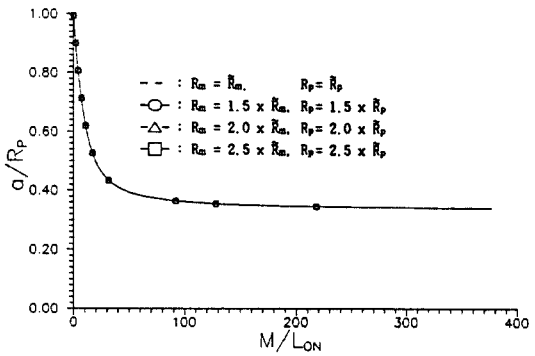


(b) 최대 셀률의 변화에 대한 민감도



(c) 평균 버스트 길이의 변화에 대한 민감도

www.dbpia.co.kr



(d) 버스트성이 동일한 경우($\beta = 3$)

그림 4. 계수기의 감소율(a)-한계치(M) 특성곡선(Type - Ⅰ 에러 $< 10^{-9}$).

Fig. 4. The leaky rate(a)-threshold(M) characteristic curve.
(a)평균 셀률의 변화에 대한 민감도
(b)최대 셀률의 변화에 대한 민감도
(c)평균 버스트 길이의 변화에 대한 민감도
(d)버스트성이 동일한 경우($\beta = 3$)

그림 5에서는 버스트성의 변화에 따른 a-M 특성곡선을 나타내었다. 동일한 M/L_{ON} 값에 대해 버스트성이 클수록 type - Ⅰ 에러를 10^{-9}으로 만족시켜 주는 a/R_p 값은 작아짐을 알 수 있다. 따라서, 트래픽의 버스트성만 알면 요구하는 type - Ⅰ 에러 값을 만족시켜 주는 a-M 특성곡선이 결정된다. 이로부터 주어진 트래픽의 LB 파라미터를 결정하기 위한 a/R_p와

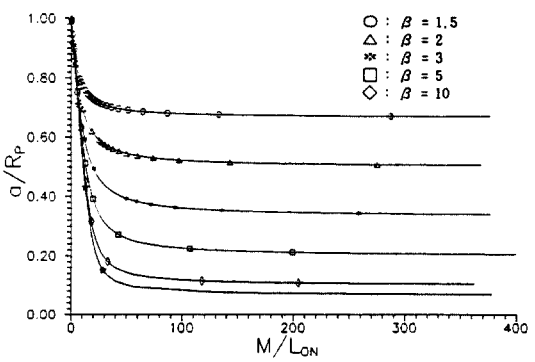


그림 5. 버스트성 변화에 따른 a-M 특성곡선(Type - Ⅰ 에러 $< 10^{-9}$).

Fig. 5. The a-M characteristic curve for various burstinesses.

M/L_{ON}의 선정 가능한 값의 쌍들을 얻을 수 있다. Type - Ⅰ 에러를 만족하는 이러한 값들 중에서 반응시간에 영향을 미치는 M의 크기를 고려하여 type - Ⅱ 에러의 허용치를 만족하는 하나의 쌍으로 파라미터 값을 결정해야 할 것이다.

3. 평균 셀률 위반에 대한 제어 특성

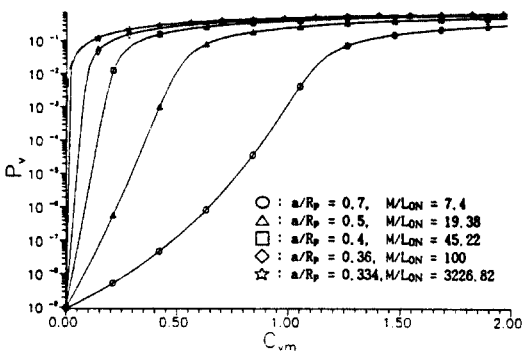
여기에서는 평균 셀률 위반에 대한 LB 방식의 제어 성능과 문제점들을 고찰한다. 따라서, 그림 6에서는 클래스 1 트래픽이 평균 셀률만을 위반율 C_{vm}만큼 위반한 경우에 대한 LB 방식의 평균 셀률 제어 성능을 보여 주고 있다. 여기에 사용된 LB 파라미터 쌍인 (a, M)은 앞의 a-M 특성곡선으로부터 type - Ⅰ 에러를 10^{-9}으로 만족시켜 주는 쌍들이다.

먼저 그림 6(a)에서 이상적인 셀 폐기곡선은 점선으로, 트래픽의 평균 셀률에 대한 위반 정도에 따른 LB의 셀 폐기곡선은 실선으로 나타내었다. 여기에서 평균 셀률에 대한 위반율 C_{vm}과 셀 폐기율 P_v는 입력되는 평균 셀률 값의 함수이므로, C_{vm}이 결정되면 입력된 평균 셀률 값을 알 수 있고 이 값에 의해 P_v 값이 결정된다.

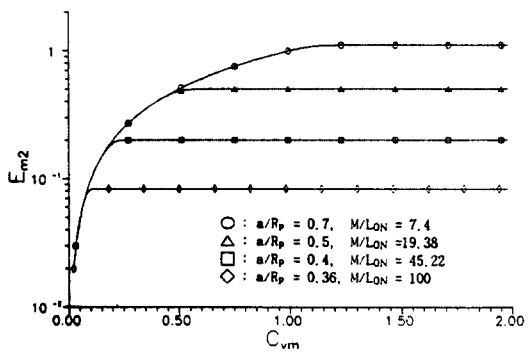
그림 6(a)에서 이상적인 셀 폐기곡선과 실제의 셀 폐기곡선과의 차이가 작을수록 평균 셀률에 대한 제어가 제대로 이루어졌음을 의미한다. 그러나, 트래픽의 위반율이 증가함에 따라 이상적인 셀 폐기곡선과 실제의 셀 폐기곡선의 차이가 어느 정도까지 증가하다가 다시 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 위반율이 매우 큰 트래픽의 경우에 전체 트래픽 양에 비해 폐기된 셀의 수가 상대적으로 많게 되면, 폐기되지 않은 셀 수가 많더라도 이상적인 셀 폐기곡선과의 차는 작게 된다. 따라서, 이상적인 셀 폐기곡선과 실제의 셀 폐기곡선의 차이로는 다른 연결의 서비스 품질 저해요소로서의 type - Ⅱ 에러를 제대로 평가할 수 없다.

이러한 불합리함을 개선하기 위하여 그림 6(b)에서는 본 논문에서 제안한 평가방법에 의하여 type - Ⅱ 에러의 특성을 나타내었다. 제안된 방법은 type - Ⅱ 에러를 UPC / NPC 후의 평균 셀률에 대한 위반율을 나타내므로, UPC / NPC 후에 다른 연결에 대한 서비스 품질 저해요소가 얼마나 존재하는가를 직접적으로 평가 할 수 있다. 그림 6(b)로 부터 a의 값이 평균 셀률에 가까울수록 type - Ⅱ 에러는 작아지나, M의 값이 커지게 되어 반응시간이 길어지는 문제점이 있음을 알 수 있다.

www.dbpia.co.kr



(a) 평균 셀률의 위반에 따른 셀 손실률



(b) 평균 셀률의 위반에 따른 type-Ⅱ 에러

그림 6. LB 알고리즘의 평균 셀률에 대한 제어 성능(Type-Ⅰ 에러 $< 10^{-9}$).

Fig. 6. The mean rate policing performance of the LB algorithm.
(a) 평균 셀률의 위반에 따른 셀 손실률.
(b) 평균 셀률의 위반에 따른 Type-Ⅱ

그러나, type-Ⅱ 에러의 허용치가 주어지는 경우에는 이를 만족하면서 반응시간이 최소가 되는 (a, M) 값을 얻을 수 있다. 예를 들어, 평균 셀률 위반에 대한 type-Ⅱ 에러의 허용치를 10^{-1}으로 가정한다면, 클래스 1의 경우에 a/R_p는 0.3667, M은 L_{ON}의 85배 정도가 된다. 따라서, LB 방식으로 평균 셀률을 제어하는 경우는 정확도와 반응시간 사이의 상반관계가 있음을 알 수 있다.

4. 최대 셀률 위반에 대한 제어 특성

최대 셀률에 대한 type-Ⅱ 에러의 평가방법은 더 연구되어야 할 부분이다. 따라서, 최대 셀률 위반에 대한 제어 성능을 분석하기 위해 최대 셀률만을 위반하여 입력된 소스 트래픽의 최대 셀률과 UPC/NPC 후의 최대 셀률을 비교하였다.

그림 7에서는 시뮬레이션에 의해 소스 트래픽의 최대 셀률과 제어된 후의 최대 셀률 값을 나타내었다. 이때, 계수기의 감소율 a는 트래픽의 협약된 최대 셀률 값으로 하고 계수기의 한계치 M은 1인 경우와 2인 경우로 나누어 평가하였다. 그림 7에 의하면 계수기의 한계치가 1인 경우는 제어된 트래픽의 최대 셀률이 협약된 값을 지킴을 알 수 있으나, 계수기의 한계치가 2인 경우는 제어된 트래픽의 최대 셀률이 여전히 협약된 값을 어김을 알 수 있다. 그러므로, LB 방식에서 최대 셀률의 위반에 대해 효과적인 제어가 이루어지기 위해서는 계수기의 한계치를 1로 하여야 함을 알 수 있다.

따라서 LB 방식은 평균 셀률 제어를 위한 알고리즘 파라미터와 최대 셀률 제어를 위한 알고리즘 파라미터의 범위는 각각 다르기 때문에 최대 셀률과 평균 셀률을 동시에 제어할 수 없음을 알 수 있다.

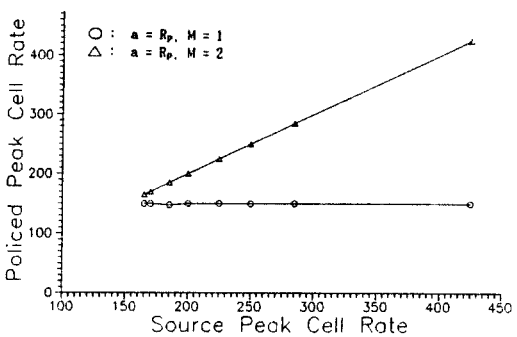


그림 7. LB 알고리즘의 최대 셀률에 대한 제어 성능.

Fig. 7. The peak rate policing performance of the LB algorithm.

V. 결 론

본 논문에서는 CCITT에서 UPC/NPC 알고리즘의 정확도에 대한 성능 평가 기준으로 제시하고 있는 투명도를 type-Ⅰ 에러와 type-Ⅱ 에러 관점에서 평가방법을 제안하였다. 여기에서 type-Ⅰ 에러는 해당 연결에 대한 서비스 품질 저해 관점에서 준수 트

www.dbpia.co.kr

래픽에 대한 셀 폐기/표시율로 평가하였다. 그리고, type - Ⅱ 에러는 다른 연결에 대한 서비스 품질 저해 관점에서 평가하였으며, 최대 셀률과 평균 셀률 위반에 대한 각각의 평가방법을 살펴보았다.

제안된 type - Ⅰ / Ⅱ 에러의 평가방법과 fluid flow 근사화 방법에 의해 구한 LB 방식의 셀 폐기율을 이용하여 LB 파라미터의 결정방법을 고찰하였다. 여기에서 ON/OFF 트래픽에 대한 LB 방식의 a-M 특성곡선은 트래픽의 버스트성만 알면 결정될 수 있음을 알 수 있었다. 따라서, LB 방식에서 알고리즘 파라미터는 먼저 type - Ⅰ 에러를 만족하는 a-M 특성곡선을 구한 다음, 이 중에서 반응시간에 영향을 미치는 M의 크기를 최소화하면서 type - Ⅱ 에러를 만족하는 한 쌍의 (a, M) 값으로 정할 수 있다. 이때, type - Ⅰ 에러의 허용치는 요구되는 셀 손실률을 고려하여 결정되어야 하며, type - Ⅱ 에러의 허용치는 제어되지 못한 위반셀이 망에 들어감으로 인해 생기는 셀 손실률의 변화를 고려해서 정해야 할 것으로 생각되어진다.

그리고, 본 논문에서의 성능 분석 결과로부터 LB 방식에 의한 평균 셀률과 최대 셀률 제어는 알고리즘 파라미터 범위의 차로 인해 동시에 이루어질 수 없음을 알 수 있었다. 그리고, LB 방식은 최대 셀률 제어에는 비교적 좋은 제어 성능을 가지고 있으나, 평균 셀률 제어에 있어서는 정확도와 반응시간 사이의 상반관계로 인해 문제가 있음을 알 수 있었다.

감사의 글 : 본 논문 연구를 수행하는데 있어서 많은 도움을 주신 한국전자통신 연구소 광대역통신연구부 최문기 부장님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. CCITT Recommandation I.121 "Broadband aspects of ISDN," *Blue Book*, vol. Ⅲ.7, Geneva, 1989.
2. J. S. Turner, "New directions in communications," *IEEE Commun. mag.*, vol.24, No.10, pp. 8-15, Oct. 1986.
3. G. Gallassi, G. Rigolio, and L. Fratta, "ATM : Bandwidth assignment and bandwidth enforcement policies," *Proceeding of GLOBECOM*, pp. 1788-1793, 1989.
4. CCITT SG XⅧ, Report TD 36, Geneva, June 1991.
5. Duke Hong, Tatsuya Suda, and Jaime Jungok Bae, "Survey of techniques for prevention and control of congestion in an ATM network," *Proceeding of ICC*, pp.204-210, 1991.
6. Erwin P. Rathgeb, "Modeling and performance comparison of policing mechanisms for ATM networks," *IEEE JSAC*, vol.9, No.3, pp.325-334, Apr. 1991.
7. CCITT SG XⅧ, "On peak bit rate policing," *Delayed Contribution*, No.1461, Geneva, June, 1991.
8. CCITT SG XⅧ, "Traffic control and congestion control in B-ISDN," *Recommendation* I.371, Geneva, June, 1992.
9. Erwin P. Rathgeb and Thomas H. Theimer, "The policing function in ATM networks," *Proceedings of ISS*, pp.127-130, 1990.
10. Milena Butto, Elisa Cavallero, and Alberto Tonietti, "Effectiveness of the leaky bucket policing mechanism in ATM networks," *IEEE JSAC*, vol. 9, No.3, pp.335-342, Apr. 1991.
11. P. Castelli, E. Cavallero, and A.Tonietti, "Policing and call admission problems in ATM networks," *Proceedings of ITC*, pp.847-852, 1991.
12. Krishna Bala, Israel Cidon, and Khosrow Sohraby, "Congestion control for high speed packet switched networks," *Proceedings of INFOCOM*, pp.520-526, 1990.
13. Moshe Sidi, Wen-Zu Liu, Israel Cidon, and Inder Gopal, "Congestion control through input rate regulation," *Proceedings of GLOBECOM*, pp.1764-1768, 1989.
14. CCITT SG XⅧ, "On the need of standardizing type-Ⅰ errors," *Delayed Contribution*, No. 1990, Geneva, 1992.
15. Tutomu Murase, Hiroshi Suzuki, Shohei Sato, and Takao Takeuchi, "A call admission control scheme for ATM networks using a simple quality estimate," *IEEE JSAC*, vol.9, No.9, pp. 1461-1470, Dec. 1991.

www.dbpia.co.kr

李 東 鎬(Dong Ho Lee) 정회원
1967년 11월 25일생
1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사과정 졸업(공학석사)
1992년 3월 ~ 현재 : 국방과학연구소 연구원

安 閏 榮(Yoon Young An) 정회원
1968년 9월 1일생
1991년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1991년 2월 ~ 현재 : 경북대학교 전자공학과 석사과정 재학중

趙 有 濟(You Ze Cho) 正會員
1958년 3월 28일생
1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1983년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사과정 졸업(공학 석사)
1988년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 졸업(공학 박사)
1989년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 전자공학과 조교수

www.dbpia.co.kr