

論文94-31A-6-2

## CBR 과 ON/OFF 트래픽원이 혼합된 ATM 다중화기에 대한 큐잉분석

### (Queueing Analysis for an ATM Multiplexer Loaded by CBR and ON/OFF Traffic Sources)

金承煥\*, 朴鎮秀\*\*

(Seung Hwan Kim and Jin Soo Park)

#### 要約

고정길이의 패킷 전송구조로 이루어진 ATM은 B-ISDN을 실현할 수 있는 방식으로 주목되고 있으며, 패킷길이가 고정되어 있기 때문에 사용자에게 다양한 서비스의 제공이 가능할 수 있다. 본 논문에서는 CBR 입력원과 ON/OFF 입력원의 두 종류의 트래픽원이 ATM 다중화기에 가해진 경우 각 종류마다 유한크기의 큐를 갖는 두개의 큐로 구성된 ATM 다중화기의 큐잉모델을 분석하였다. ATM 다중화기의 성능측정을 위한 셀손실률의 계산식을 유도하였고 수치 계산을 통해 셀손실률의 특성을 검토하였다. 그 결과, ON/OFF 입력원의 셀손실률은 같은 부하량에서 입력원의 다중화수와 버스트지수가 큰 값을 가질 때 큐의 크기에 대한 셀손실률은 급격히 감소하였다. 또한, CBR 입력원의 셀은 ON/OFF 입력원의 셀보다 우선순위가 낮으므로, CBR 입력원의 수가 큰 범위내에서 CBR 입력원의 셀손실률은 CBR 입력원의 셀도착율에 관계없이 높게 나타났다.

#### Abstract

ATM(Asynchronous Transfer Mode) has a fixed-length packet transport scheme. It is one of the promising proposals in B-ISDN. Since the packet length is fixed, it can be potentially to perform the various service to users. In this paper, a queueing model for an ATM multiplexer loaded by CBR and ON/OFF input sources is considered, and the two-queue system which each type of input sources has a queue with a finite capacity is analyzed. The cell loss probabilities for a performance measures of ATM multiplexer are derived, and are also evaluated through numerical examples. As a result, the cell loss probability of ON/OFF sources for the queue size is rapidly decreased when the multiplexed number and burstiness are increased. Since cells of the CBR source have lower priority than cells of the ON/OFF source, cell loss probabilities of CBR sources are accordingly high independently of the CBR cell arrival rate when the number of CBR sources is large.

\* 正會員, 忠淸專門大學 通信科  
(Dept. of Communication Eng., Chung  
Cheong College)

\*\* 正會員, 淸州大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Cheong Ju Univ.)  
接受日字 : 1993年 9月 1日

## I. 서론

음성, 데이터, 화상등 여러가지 미디어의 통신서비스를 효율적으로 제공하는 광대역 통신망에 대한 요구가 높아졌고, 이것을 실현하는 통신방식으로 비동기 전달 모드(ATM) 방식이 주목되고 있다. ATM 기술은 다양한 트래픽 특성을 가진 사용자 정보를 셀(cell)이라 불리는 동일형식의 고정길이의 패킷으로 분할해서 고속 디지털회선으로 다중화해서 전송되기 때문에 셀전송을 위한 시간슬롯들이 사용자들의 트래픽 요구량에 따라 비동기식으로 할당되어 실제로 정보가 흐를 경우에만 대역폭을 할당해 주게 됨으로서 버스트(burst) 특성을 갖는 다중매체(multi-media) 서비스의 트래픽 환경하에서 통계적 다중화를 통해 회선용량을 가장 효율적으로 이용할 수 있기 때문에 기존의 회선교환이나 패킷교환 기술에 비해 광대역 서비스의 수용시 이에 대한 융통성과 회선사용의 효율성 및 고속정보의 처리 능력면에서 많은 잇점을 갖고 있다. 따라서 ATM 기술을 광대역 종합정보 통신망(B-ISDN) 구축을 위한 최적 기술로 정하여 ATM에 관한 연구와 개발이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다.

ATM 트래픽은 연속 비트속도(continuous bit-rate : CBR)의 트래픽과 가변 비트속도(variable bit-rate : VBR)의 트래픽으로 나누어진다.

CBR 트래픽원은 주기적으로 셀을 발생시키며 셀들간의 간격은 입력원의 비트속도에 따라 결정된다. VBR 트래픽원으로는 많은 모델들이 제안되고 있는데 비교적 수학적 해석이 용이한 ON/OFF 모델<sup>[1-4]</sup>과 MMPP(Markov Modulated Poisson Process) 모델<sup>[5-8]</sup>이 주로 사용되고 있다. ON/OFF 모델은 정보가 송출되는 ON 구간과 송출되지 않는 OFF 구간으로 구성되며, 각 구간의 길이는 지수분포를 갖게 되고 ON 구간내에서는 일정한 간격으로 셀이 발생된다. 또한, MMPP 모델은 고속트래픽과 저속트래픽이 혼합될 경우의 도착과정을 근사시킨 것이다.

ATM 망에서 다양한 트래픽 특성을 가진 호의 셀들은 어떤 주어진 셀레벨 GOS(Grade Of Service)의 기준치의 범위내에서 전송로의 용량을 최대로 활용하기 위해 통계적으로 다중화되며, 셀지연과 셀손실률을 GOS의 변수로 사용하게 된다. 그러나 셀지연은 버퍼크기의 제한등에 의해 주어진 GOS의 기준치를 만족시킬 수 있으므로 연결수락제어(connection admission control)등의 트래픽 제어시에는 GOS의 변수로서 주로 셀손실률만을 고려하게 된다.

본 논문에서는 CBR 트래픽원과 VBR 특성을 갖

는 ON/OFF 트래픽원의 두 종류의 트래픽원이 ATM 다중화기에 가해진 경우, 각 트래픽원마다 유한크기의 큐를 갖는 두개의 큐로 구성된 ATM 다중화기의 큐잉시스템을 분석하였다. 또한, ATM 다중화기의 성능측정을 위한 셀손실률의 계산식을 유도하였고 몇가지의 수치 계산예를 통해 셀손실률의 특성을 조사해 보았다.

## II. 모델링 및 큐잉 해석

### 1. 시스템 모델

ATM 다중화기는 그림1과 같이 두개의 큐로 구성되며 출력측은 출력 비트속도에 의해 하나의 셀을 전송할 수 있는 시간길이( $\tau$ )로 셀을 처리한다면 한 타임슬롯 동안에 입력원으로 부터 하나의 셀을 전송할 수 있어 ATM 다중화기는 이산시간 단일서버 큐잉시스템으로 모델링할 수 있으며, ATM 다중화기의 시스템 상태는  $\tau$ 를 기본(basis)으로 하는 시간의 배수로서 동작한다.<sup>[1,2]</sup> 또한 다중화 시스템의 큐중 한개는  $S_1$ 을 크기로 해서 N개의 동일한 형태의 ON/OFF 트래픽원이 서로 독립적으로 입력에 가해지며 또다른 큐는 크기를  $S_2$ 로 하여 ON/OFF 트래픽원의 도착과정과는 독립적으로 M개의 랜덤한 CBR 트래픽원이 입력에 가해진다. 여기서 각 큐는 출력버퍼로서 FCFS(First Come First Served)로서 동작한다.

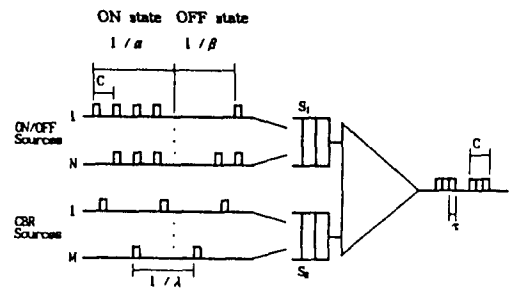


그림. 1. ATM 다중화기의 큐잉모델

Fig. 1. Queueing model of the ATM multiplexer.

서버(server)는 슬롯의 끝에서 동작한다고 가정하며 ON/OFF 입력셀은 CBR 입력셀보다 우선순위를 두어 ON/OFF 트래픽원의 셀과 CBR 트래픽원의 셀이 출력의 같은 타임슬롯에 동시에 도착될 때에는 ON/OFF 트래픽원의 셀은 서버가 가용하다면 언제나 전송될 수 있도록 하고 CBR 트래픽원의 셀은 서

버가 가용하더라도 ON/OFF 트래픽원의 셀이 도착 되지 않을 경우나나 전송될 수 있다고 가정한다. 각 입력원으로 부터 도착된 셀들이 전송될 수 없으면 각 큐에 저장되며 각 큐는 최대 버퍼용량을 초과하면 도착된 셀들을 폐기한다. 입력측의 셀 도착과정과 출력측의 서비스과정은 동기되었다고 가정하며 ON/OFF 입력원에 대한 출력의 링크용량(C)은 ON 상태에서의 셀 발생간격 시간과 출력측의 셀 전송시간과의 비에 의해 결정된다(여기서 C는 정수를 취함). 그리고, 하나의 슬롯에 도착되는 셀수는 C와 관련된 이항분포(binomial distribution)로 주어지게 된다.<sup>[1,2]</sup> 또한 CBR 입력원의 셀 발생간격은 출력측의 셀 전송시간의 배수로 주어지게 되어 하나의 출력슬롯에 도착되는 셀수는 셀 발생확률에 따른 이항분포를 갖게 된다.

2. 큐잉모델

1) 입력 트래픽모델

ON/OFF 입력원은 ON 상태에서의 지속시간을 평균  $E [T_{on}] = 1/\alpha$ 로서 지수분포(exponential distribution)하고, OFF 상태에서의 지속시간도 평균  $E [T_{off}] = 1/\beta$ 로서 지수분포한다. 또한 ON/OFF 입력원은 한 호에 대해 두가지 상태를 갖는 마르코프 사슬(two-state Markov chain)로 모델링한다. 따라서, 한 호가 ON 상태에 있을 확률은  $\beta/(\alpha+\beta)$ 가 되고 OFF 상태에 있을 확률은  $\alpha/(\alpha+\beta)$ 가 되며, 생성소멸 과정(birth-death process)으로부터 총 N 개의 호중 i 개가 ON 상태에 있을 확률은 다음식과 같이 구할 수 있다.

$$\Phi_i = \binom{N}{i} \gamma^i (1-\gamma)^{N-i}, \quad 0 \leq i \leq N \text{ and } \sum_{i=0}^N \Phi_i = 1 \quad (1)$$

여기서  $\gamma = \beta/(\alpha + \beta)$ 이다.

ON 상태인 호의 수가 바뀌는 주기는 출력측의 셀 전송주기보다 느리게 변하며, ON 상태인 호의 수가 바뀐 후 다음 변화가 있기 전에 시스템은 정상상태에 도달된다고 가정하면 i 개의 호가 ON 상태에서 출력회선의 한 타임슬롯에 n 개의 셀이 도착될 정상확률은 다음식과 같다.<sup>[1,9]</sup>

$$a_i(n) = \begin{cases} \binom{i}{n} \left(\frac{1}{C}\right)^n \left(1 - \frac{1}{C}\right)^{i-n}, & 0 \leq i \leq N, 0 \leq n \leq i; \\ 1, & i = n = 0; \\ 0, & o.w. \end{cases} \quad (2)$$

CBR 입력원은 입력 비트속도에 따라  $1/\lambda$ 의 주기를 가지고 셀이 발생하게 되며 M 개의 입력원중 n 개의 랜덤 입력원이 활성화(active) 된다면 출력회선의 한 타임슬롯에 n 개의 셀이 도착되며 도착될 정상확률은 다음식과 같다.<sup>[1,10]</sup>

$$a(n) = \binom{M}{n} \lambda^n (1-\lambda)^{M-n}, \quad 0 \leq n \leq M \quad (3)$$

2) 큐잉분석

ON/OFF 입력원의 셀이 CBR 입력원의 셀보다 높은 우선순위를 갖고 있고, ON/OFF 입력원의 도착과정이 서비스과정과 서로 동기되었기 때문에 ON/OFF 입력원에 대한 큐의 분포는 CBR 입력원의 셀 도착과정과는 무관하게 된다. 따라서 ON/OFF 입력원중 i 개 ( $1 \leq i \leq N$ )의 호가 활성화될 때 n 개 ( $1 \leq n \leq S_i$ )의 셀이 큐에 존재할 정상상태 확률  $\pi_i(n)$ 은 다음식과 같다.<sup>[11]</sup>

i)  $S_i \geq i$  인 경우

$$\begin{aligned} \{\pi_i(n) &= [a_i(0)\delta(n=0) + a_i(n+1)]\pi_i(0) \\ &+ \sum_{k=0}^n a_i(n-k)\pi_i(k+1), \quad 0 \leq n \leq i; \\ \pi_i(n) &= \sum_{k=n-i}^n a_i(n-k)\pi_i(k+1), \quad i \leq n \leq S_i; \\ \pi_i(n) &= \sum_{k=0}^i \pi_i(n-k) \sum_{j=k+1}^i a_i(j), \quad n = S_i \end{aligned} \quad (4)$$

ii)  $S_i \leq i$  인 경우

$$\begin{aligned} \{\pi_i(n) &= [a_i(0)\delta(n=0) + a_i(n+1)]\pi_i(0) \\ &+ \sum_{k=0}^n a_i(n-k)\pi_i(k+1), \quad 0 \leq n \leq S_i; \\ \pi_i(n) &= \sum_{k=0}^n \pi_i(n-k) \sum_{j=k+1}^i a_i(j), \quad n = S_i \end{aligned} \quad (5)$$

여기서  $\sum_{n=0}^S \pi_i(n) = 1$  이 되고 관계되는 경계조건은 다음과 같다.

$$\pi_i(n) = 0, \quad \begin{cases} n < 0 \\ n > S_i \end{cases} \quad (6)$$

$\pi_i(0), \pi_i(1), \dots, \pi_i(S_i)$ 을 구하기 위해 이제 다음식을 정의한다.

$$\pi_i'(n) = \frac{\pi_i(n)}{\pi_i(0)} \quad (7)$$

그러면  $\pi_i'(0) = 1$  이 되고 다음식을 얻을 수 있다.<sup>[12]</sup> 여기서 정규화에 의해  $\pi_i(0) = \frac{\pi_i'(0)}{\sum_{n=0}^{S_i} \pi_i'(n)} = \frac{1}{\sum_{n=0}^{S_i} \pi_i'(n)}$  이며,

$1 \leq n \leq S_1$  에 대해  $\pi_i(n)$ 은 (7)식에 의해서  $\pi_i(0)$ ,  $\pi_i(1)$ ,  $\dots$ ,  $\pi_i(S_1)$ 을 구할 수 있다.

하나의 타임슬롯에서  $k$  개의 ON/OFF 입력원의 셀이 도착되고  $n$  개의 셀이 이미 큐에 저장되어 있었다면 큐에서 넘치는 셀수는  $(n+k-1-S_1)^+$  (여기서  $(X)^+ = \max(X, 0)$ )임)가 된다. 따라서  $i$  개의 활성화된 ON/OFF 입력원에 대해 넘치는(overflow) 셀수  $n_{ov}(i)$ 는 다음과 같다.

$$\begin{cases} n_{ov}(0) = 0; \\ n_{ov}(i) = \sum_{n=0}^{S_1} \pi_i(n) \sum_{k=0}^i (n+k-1-S_1)^+ a_i(k) \\ = \sum_{n=0}^{S_1} \pi_i(S_1-n) \sum_{k=n+2}^i a_i(k), \quad 1 \leq i \leq N \end{cases} \quad (9)$$

따라서 ON/OFF 입력원에 대한 셀손실률  $PL_1$ 은 다음과 같다.

$$PL_1 = \frac{\sum_{i=0}^N \Phi_i n_{ov}(i)}{N\gamma} \quad (10)$$

CBR 입력원에 대한 셀손실률을 구하기 위해서 타임슬롯  $t$ 에서 ON/OFF 입력원에 대한 큐의 셀 점유수를  $X_t$ 로, CBR 입력원에 대한 큐의 셀 점유수를  $Y_t$ 로 놓으며, 슬롯  $t$ 에서 CBR 입력원의 셀 도착수를  $A_t$ 로, ON/OFF 입력원의 셀 도착수를  $B_t$ 로 정의한다. 또한,  $X_t=0$ ,  $Y_t=0$ 인 상태를 표시하기 위해 다음과 같이 나타낸다.

$$\delta(X_i = 0, Y_i = 0) = \begin{cases} 1, & X_i = 0 \text{ and } Y_i = 0; \\ 0, & \text{o.w.} \end{cases} \quad (11)$$

활성화된 ON/OFF 입력원이  $i$ 개일때 ON/OFF 입력원에 대한 큐의 점유상태가  $m$ 에서  $n$ 으로 천이할 확률  $p_{m,n}(i)$  ( $1 \leq i \leq N$ ,  $1 \leq m, n \leq S_1$ )은 다음과 같다.<sup>[13]</sup>

$$\begin{cases} p_{m,n}(0) = \begin{cases} 1, & m=n=0 \text{ and } n=m-1 \text{ for } 1 \leq m \leq S_1 \\ 0, & \text{o.w.}; \end{cases} \\ p_{0,0}(i) = a_i(0) + a_i(1); \\ p_{m,n}(i) = \begin{cases} a_i(n-m+1), & m-1 \leq n \leq S_1, \\ \sum_{k=S_1-m+1}^i a_i(k), & n = S_1, \\ 0, & n < m-1 \end{cases} \end{cases} \quad (12)$$

이 존재하지 않더라도 ON/OFF 입력원의 셀이 도착되면 먼저 전송되므로 CBR 입력원의 셀은  $X_t=0$ ,  $B_t=0$ 일 경우에만 셀을 전송할 수 있으므로 두 인접 슬롯사이에서 CBR 입력원에 대한 큐의 점유수는 다음과 같은 관계가 있다.

$$Y_{t+1} = \min\{Y_t - \delta(X_t = 0, B_{t+1} = 0) + A_t, S_2\} \quad (13)$$

$(Y_t, X_t)$ 은 2차원의 마르코프 사슬로 이루어지게 되고  $(Y, X)$ 의  $(k, m)$  상태에서  $(l, n)$  상태로의 천이확률  $p_{(k,m),(l,n)}$ 은 다음과 같다.

$$\begin{cases} p_{(k,m),(l,n)} = \begin{cases} \sum_{i=0}^N \Phi_i p_{0,0}(i) [a_i(0) + a_i(1) \frac{a_i(1)}{a_i(0) + a_i(1)}], & m=0, k=0, \\ & l=0, n=0; \\ \sum_{i=0}^N \Phi_i p_{0,0}(i) [a_i(l-k+1) \frac{a_i(1)}{a_i(0) + a_i(1)} \\ + a_i(l-k) \frac{a_i(1)}{a_i(0) + a_i(1)}], & m=0, 0 \leq k \leq l, \\ & 1 \leq l \leq S_2, n=0; \\ a_i(0) \sum_{i=0}^N \Phi_i p_{0,0}(i) \frac{a_i(1)}{a_i(0) + a_i(1)}, & m=0, k=l+1, \\ & 0 \leq l \leq S_2, n=0; \\ a_i(l-k) \sum_{i=0}^N \Phi_i p_{m,n}(i), & 0 \leq m \leq n+1, 0 \leq k \leq l, \\ & 0 \leq l < S_2, 0 \leq n < S_1, \\ & \text{and } (m,n) \neq (0,0); \\ \sum_{i=0}^N \Phi_i p_{0,0}(i) [1 - \sum_{j=0}^{S_2-k-1} a_i(j) \\ - a_i(S_2-k) \frac{a_i(1)}{a_i(0) + a_i(1)}], & m=0, 0 \leq k \leq S_2, \\ & l = S_2, n=0; \\ [1 - \sum_{j=0}^{S_1-k-1} a_i(j)] \sum_{i=0}^N \Phi_i p_{m,n}(i), & 0 \leq m \leq n+1, 0 \leq k \leq S_2, \\ & l = S_2, 0 \leq n < S_1, \\ & \text{and } (m,n) \neq (0,0); \\ a_i(l-k) \sum_{i=0}^N \Phi_i p_{m,S_1}(i), & 0 \leq m \leq S_1, 0 \leq k \leq l, \\ & 0 \leq l < S_2, n = S_1; \\ [1 - \sum_{j=0}^{S_2-k-1} a_i(j)] \sum_{i=0}^N \Phi_i p_{m,S_1}(i), & 0 \leq m \leq S_1, 0 \leq k \leq S_2, \\ & l = S_2, n = S_1; \\ 0, & \text{o.w.} \end{cases} \end{cases} \quad (14)$$

한개의 타임슬롯내에서 큐에 ON/OFF 입력원의 셀

(14)식에 의해서 상태천이 행렬(matrix)  $Q_{YX}$ 를 구

할 수 있으며  $0 \leq l \leq S_2$ ,  $0 \leq n \leq S_1$  에 대한 정상상태의 동시접속 확률  $p_{YX}(l, n) \equiv \Pr\{Y=l, X=n\}$ 는 다음식과 같이 벡터행렬을 계산되어 얻어진다.

$$P_{YX} = P_{YX} Q_{YX}; P_{YX} e = 1 \tag{15}$$

여기서  $P_{YX} = (p_{YX}(0, 0), p_{YX}(0, 1), \dots, p_{YX}(S_2, S_1))$ ,  $e = (1, 1, \dots, 1)^T$  이다. 따라서 M개의 CBR 입력원이 가해질때 1 개( $1 \leq l \leq S_2$ )의 셀이 큐에 존재할 정상상태 확률  $p(l)$ 은 다음식과 같다.

$$p(l) = \sum_{n=0}^{S_1} p_{YX}(l, n) \tag{16}$$

따라서 CBR 입력원에 대한 큐의 셀손실률  $PL_2$ 는 다음식과 같다.

$$\begin{aligned}
 PL_2 &= \frac{\sum_{n=0}^{S_1} \sum_{l=0}^{S_2} p_{YX}(l, n) \sum_{k=0}^M (l+k - \delta(X=0, Y=0) - S_2)^+ a(k)}{\sum_{k=0}^M ka(k)} \\
 &= \frac{\sum_{l=0}^{S_2} p_{YX}(l, 0) \sum_{k=S_2-l+1}^M k a(k) \sum_{i=0}^N \Phi_i a_i(0)}{\sum_{i=0}^N ka(k)} \\
 &+ \frac{\sum_{l=0}^{S_2} p_l(l) \sum_{k=S_2-l}^M k a(k) (1 - \sum_{i=0}^N \Phi_i a_i(0))}{\sum_{k=0}^M ka(k)} \tag{17}
 \end{aligned}$$

### III. 계산결과 및 고찰

본 장에서는 본 논문의 II 장에서 유도한 계산식을 사용하여 몇가지의 트래픽 변수에 따른 셀손실률을 계산해 보고 그 결과들을 분석해 본다. 먼저 ON/OFF 입력원의 셀손실률을 분석해 보면 ON/OFF 입력원의 셀이 CBR 입력원의 셀보다 높은 우선순위를 갖고 있으며, ON/OFF 입력원의 도착과정이 서비스과정과 동기되었기 때문에 ON/OFF 입력원에 대한 큐의 분포 및 ON/OFF 입력원의 셀손실률은 CBR 입력원의 트래픽 변수와는 무관하게 된다.

ON/OFF 입력원의 수(N)을 20 으로 하고 출력 링크용량(C)를 10 으로 하여 큐의 크기에 따른 ON/OFF 입력원의 셀손실률을 본 논문의 II 장에서 제시한 계산식에 의한 결과와 SLAM<sup>[14]</sup>을 통한 시뮬레이션에 의해 얻어진 결과를 비교해 보면 그림2와

같다. 여기서 SLAM의 시뮬레이션을 통해 얻어진 셀손실률과 계산식에 의해 얻어진 셀손실률이 일치하지는 않지만 같은 경향으로 근접해서 나타나는 것을 살펴볼 수 있다. 그림2에서 큐의 크기가 10 이하인 경우에는 시뮬레이션과 계산식간의 셀손실률의 차이가 좀더 크게 발생하게 되는데 이것은 큐의 크기에 따라 셀손실이 민감하게 나타나는 셀레벨에서의 계산에 해당되기 때문이다.

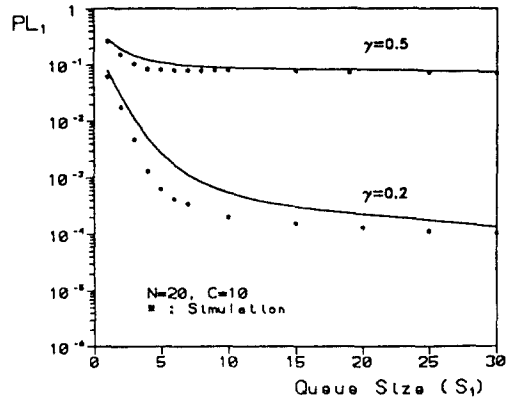


그림. 2. 이론적 분석결과와 시뮬레이션에 의한 결과와의 비교

Fig. 2. Comparison of analytical results and simulation results.

다음에는 출력회선의 비트속도를 155 Mb/s로 하고 ON/OFF 입력원의 최대(peak) 비트속도를 34 Mb/s로 정하여 입력 트래픽원의 수를 8 로 하는 경우(N=8, C=4)와 출력회선의 비트속도를 155 Mb/s로 정하고 입력의 최대 비트속도를 7.5 Mb/s로 정하여 입력 트래픽원의 수를 40 으로 하는 경우(N=40, C=20)에 대해서 몇가지 트래픽 변수의 변화에 따른 ON/OFF 입력원에 대한 셀손실률의 특성을 살펴 본다.

우선  $S_1=10$ ,  $C=20$  으로 정하고 한 호가 ON 상태에 있을 확률( $\gamma$ )을 0.5 와 0.2 로 정하여 입력 ON/OFF 입력원의 수(N)와 ON/OFF 입력원의 셀손실률( $PL_1$ ) 사이의 관계를 나타낸 것이 그림3이다. 여기에서 평균적으로 가해진 총 트래픽량은  $\gamma N/C$  가 되며 N 이 증가할수록 가해진 총 트래픽량은 증가하게 된다. 그림3에서 N 이 증가할수록 셀손실률( $PL_1$ )은 증가하게 되는데 ON 구간이 OFF 구간보다 작은 경우( $\gamma=0.1$ )에는 N 의 증가에 따라 셀손실률이 서서히 증가하게 되지만 ON/OFF 구간의 구성비가 서로

같은 경우( $\gamma=0.5$ )에는  $N$ 의 증가에 따라 셀손실률이 급격히 증가됨을 살펴볼 수 있다.

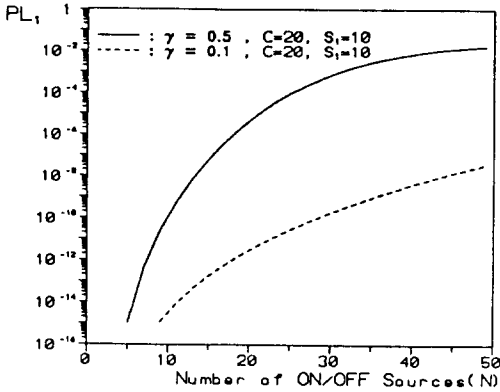


그림 3.  $N$ 에 대한 셀손실률  
Fig. 3. Cell loss probability versus  $N$ .

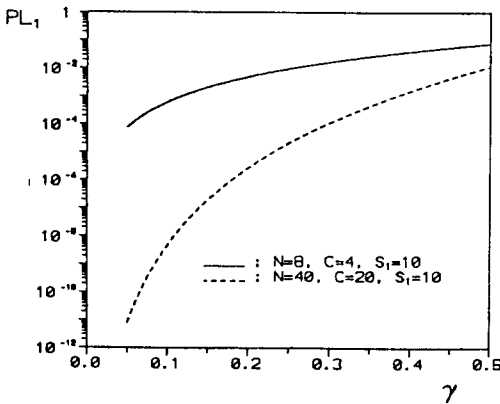


그림 4. 값에 따른 셀손실률  
Fig. 4. Cell loss probability versus  $\gamma$ .

그림 4는  $S_1=10$ 으로 놓고  $N=8, C=4$ 인 경우와  $N=40, C=20$ 인 경우에 대해  $\gamma$  값에 따른 셀손실률을 나타낸 것이다. 여기에서 가해진 트래픽의 평균 부하량이 같은 조건일 경우에도 ON/OFF 입력원의 속도가 출력회선의 속도에 비해 상대적으로 커서 적은 ON/OFF 입력원의 수가 다중화된 경우( $N=8, C=4$ 인 경우)에는 값이 증가함에 따라 ON/OFF 입력원의 셀손실률이 적은 쪽으로 증가되지만, ON/OFF 입력원의 속도가 출력회선의 속도에 비해 상대적으로 작아서 많은 입력원의 수가 다중화된 경우( $N=40, C=20$ 인 경우)에는 값이 증가함에 따라 ON/OFF 입력원의 셀손실률이 큰 쪽으로 증가됨을 살펴볼 수 있

다. 이것은 같은 부하량에서 ON/OFF 입력원의 수를 여러개 다중화 시킬수록 다중화효과가 커지게 되는 것을 살펴볼 수 있다.

그림 5는  $N=8, C=4$ 인 경우에  $\gamma=0.5$ 와  $\gamma=0.1$ 로 변화시켜 큐의 크기( $S_1$ )에 따른 ON/OFF 입력원의 셀손실률을 비교하였고,  $N=40, C=20$ 인 경우에도  $\gamma=0.5$ 와  $\gamma=0.1$ 로 변화시켜  $S_1$ 에 따른  $PL_1$ 을 비교하였다. 그림5의 두 경우에 대한 셀손실률의 특성을 살펴보면 다중화 입력원의 수( $N$ )가 적거나( $N=8$ ), 한호가 ON 상태에 있을 확률( $\gamma$ )이 클 때( $\gamma=0.5$ ), 즉 버스트지수가 작을 때에는 큐의 크기가 작은 영역에서 작은 변화만 존재할뿐 큐의 크기가 증가해도 셀손실률은 거의 일정한 값으로 수렴해서 높은 셀손실률을 나타내게 되나, 다중화 입력원의 수가 크고( $N=40$ ), 또한 동시에 버스트지수가 클때( $\gamma=0.1$ )에는 큐의 크기가 커질수록 셀손실률이 급격히 감소되어 큐의 크기를 조금만 크게 해주어도 높은 서비스품질의 셀손실률(예를 들면  $10^{-9}$ )을 만족하도록 할 수 있다.

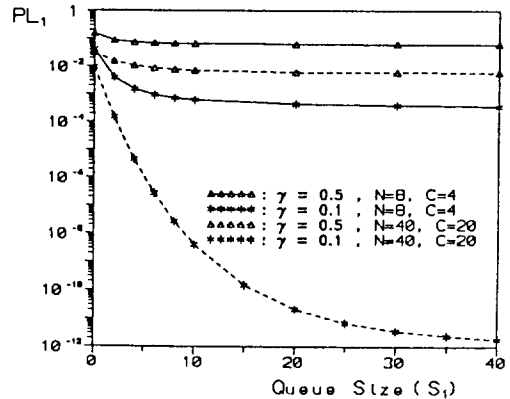


그림 5.  $S_1$ 에 따른 셀손실률  
Fig. 5. Cell loss probability versus  $S_1$

다음에는 CBR 입력원의 셀손실률을 계산해 본다. CBR 입력원의 셀이 ON/OFF 입력원의 셀보다 낮은 우선순위를 갖게 되어 ON/OFF 입력원의 트래픽 변수의 값에 따라 영향을 받게 되며, 셀도착율  $\lambda$ 에 따라 셀이 도착한다. 그림 6은 트래픽 변수를  $S_1=S_2=10, N=8, C=4, \gamma=0.5$ 로 하여 CBR 입력원의 셀도착율  $\lambda$ 의 변화에 대해서 CBR 입력원의 수( $M$ )에 따른 셀손실률( $PL_2$ )을 나타낸 것이다. 여기에서는 CBR 입력원의 셀이 ON/OFF 입력원의 셀보다 낮은 우선순위를 갖게 되기 때문에 CBR 입력원의 수가 10 이상 일때에는 CBR 입력원의 셀도착율  $\lambda$ 의 변화에 상관

없이 CBR 입력원의 셀손실률( $PL_2$ )은 변화가 없다. 그러나  $M$  이 10 이하인 범위에서는 셀도착율의 값이 작은 경우( $\lambda=0.01$ )에 셀손실률이 급격히 변화됨을 살펴볼 수 있다.

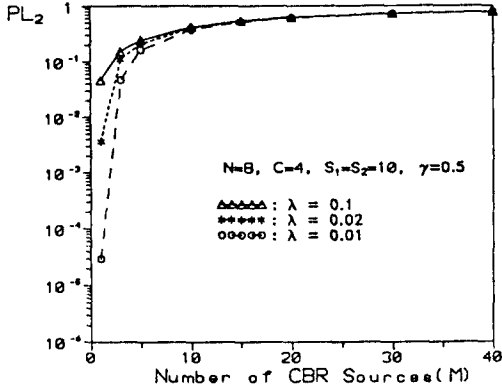


그림 6.  $M$  에 따른 셀손실률  
Fig. 6. Cell loss probability versus  $M$ .

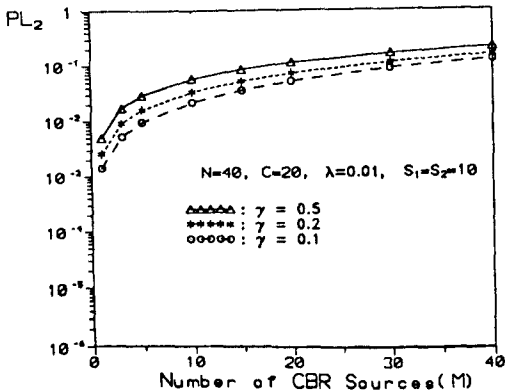


그림 7.  $\gamma$  에 변화에 대한 셀손실률  
Fig. 7. Cell loss probability versus  $M$  for varying  $\gamma$ .

그림7은  $N=40, C=20, \lambda=0.01$  로 고정시켜 놓고 주어진  $\gamma$  값에 대해  $M$  에 따른 CBR 입력원의 셀손실률을 나타낸 것이다.  $M$  이 증가하면  $\gamma$  값에 따라 CBR 입력원의 셀손실률은 일정한 값의 차이로 서서히 증가됨을 살펴볼 수 있다. 그림8은  $\lambda=0.01, \gamma=0.5$  로 고정해 놓고  $N=8, C=4$  인 경우와  $N=40, C=20$  인 경우에 대해  $M$  에 따른 CBR 입력원의 셀손실률을 나타낸 것이다. 여기에서는 같은 부하량에서 ON/OFF 입력원의 수를 되도록 많이 다중화 시킬수록 CBR 입력원의 셀손실률이 낮게 나타나고,  $M$  이

증가해도 갑작스런 CBR 입력원의 셀손실률에 대한 변화를 막을 수 있게됨을 살펴볼 수 있다.

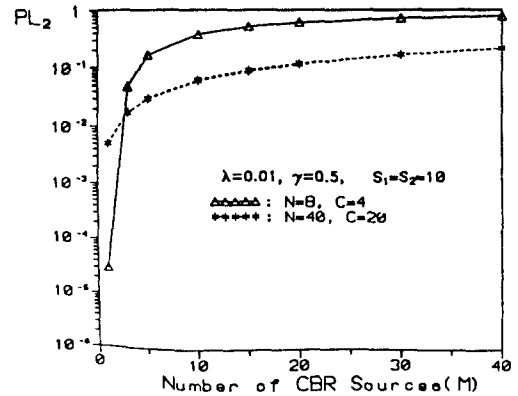


그림 8. 부하의 변화에 따른  $m$  에 대한 셀손실률  
Fig. 8. Cell loss probability versus  $M$  for varying offered load.

#### IV. 결론

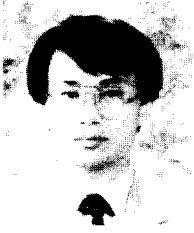
본 논문에서는 CBR 트래픽원과 VBR 특성을 갖는 ON/OFF 트래픽원이 ATM 다중화에 가해진 경우의 큐잉모델에 대해 생각해 보았다. 가해진 두 트래픽원에 대해 각각 유한크기의 큐를 갖는 두개의 큐로 구성된 다중화시스템을 분석하였고, 다중화의 성능추정을 위한 셀손실률의 계산식을 유도하였으며, 몇가지의 수치 계산예를 통해 셀손실률의 특성을 조사해 보았다. ON/OFF 입력원의 셀손실률은 같은 양의 부하가 가해질 때 입력 원의 다중화수가 많을수록, 버스트지수가 클수록 큐의 크기를 조금만 크게 해주어도 셀손실률이 급격히 감소되어 큐의 크기를 크게 해주면 높은 서비스품질의 셀손실률을 만족할 수 있도록 셀손실률을 감소시킬 수 있었다. 또한 CBR 입력원의 셀손실률은 우선순위를 낮게 했기 때문에 CBR 입력원의 수가 작은 경우에는 CBR 입력원의 셀도착율에 따라 셀손실률이 갑자기 변하게 되지만, CBR 입력원의 수가 많아지면 CBR 입력원의 셀손실률은 CBR 입력원의 셀도착율의 변화에 무관하였다. 또한 CBR 입력원의 셀손실률은 ON/OFF 입력원의 트래픽 변수에 영향을 받게 되어 같은 부하량에서 ON/OFF 입력원의 수를 되도록 많이 다중화 시킬수록 CBR 입력원의 셀손실률이 낮게 나타났으며,  $M$  이 증가해도 갑작스런 CBR 입력원의 셀손실률의 변화를 막을 수가 있음을 알 수 있었다.

## 參考文獻

- [1] F. Hübner, P. Tran-gia, "Quasi-Stationary Analysis of a Finite Capacity Asynchronous Multiplexer with Modulated Deterministic Input." 13th ITC-Semina, pp. 723-729, 1991.
- [2] Hans Kroner, "Statistical Multiplexing of Sporadic Sources - Exact and Approximate Performance Analysis." 13th ITC-Semina, pp. 787-793, 1991.
- [3] H. Saito, M. Kawarasaki, H. Yamada, "An Analysis of Statistical Multiplexing in an ATM Transport Network." *IEEE J SAC*, Vol. 9, No. 3, pp. 359-367, April 1991.
- [4] A. Baiocchi, N. Blefari Melazzi, M. Listanti, A. Roveri, "Buffer Dimensioning Criteria for an ATM Multiplexer Loaded with Homogeneous ON-OFF Sources ." 13th ITC-Semina, pp. 13-18, 1991.
- [5] H. Heffes and D. M. Lucantoni, "A Markov Modulated Characterization of Packetized Voice and Data Traffic and Related Statistical Multiplexer Performance." *IEEE J SAC*, Vol. 4, No. 6, pp. 856-868, 1986.
- [6] H. Arai, M. Kawarasaki, S. Nogami, "An Analysis of Call Admission Control in the ATM Network," *IEICE Trans. Comm. B-I*, Vol. J72-B-1, No. 11, pp. 1000-1007, 1989.
- [7] Jun Won Lee, Byeong Gi Lee, "Performance Analysis of ATM Cell Multiplexer with MMPP Input." *IEICE Trans. Comm. E75-B*, No. 8, pp. 709-714, 1992.
- [8] E. D. Sykas, K. M. Vlakos and N. G. Anerousis, "Performance Evaluation of Statistical Multiplexing Schemes in ATM Networks," *Computer Communications*, Vol 14, No. 5, pp. 273-286, 1991.
- [9] K. H. Tseng, M. T. Hsiao, "Admission Control of Voice/Data Integration in an ATM Network." *ICC '91*, 6.2, pp. 0188-0192, 1991.
- [10] T. Hou, A. K. Wong, "Queueing Analysis for ATM Switching of Mixed Continuous-Bit-Rate and Bursty Traffic." *INFOCOM '90*, pp. 660-667, 1990.
- [11] S. H. Kim, J. S. Park, S. M. Kang, W.Y. Han, "Performance Analysis for a Finite Capacity Asynchronous Multiplexer." *JTC-CSCC '92*, D3-6, pp. 584-588, 1992.
- [12] H. B. Kekre, C. L. Saxena, M. Khalid, "Buffer Behavior for Mixed Arrival and Single Server with Random Interruptions." *IEEE Trans. on Comm.*, Vol. COM-28, No. 1, pp. 59-64, Jan. 1980.
- [13] T. Kamitake, T. Suda, "Evaluation of an Admission Control Scheme for an ATM Network Considering Fluctuations in Cell Loss Rate." *GLOBECOM '89*, 49.4, pp. 1774-1780, 1989.
- [14] A. Alan B. Pritsker, *Introduction to Simulation and SLAM II*, John Wiley & Sons, 1986.



## 著者紹介



金承煥(正會員)

1959年 8月 29日生. 1983年 2月 충남대학교 공과대학 전자공학과(학사). 1988年 8월 충남대학교 대학원 전자공학과(석사). 1994年 2월 청주대학교 대학원 전자공학과(박사). 1987年 7월 ~ 1989年 6월 충남대학교 공과대학 전자공학과, 조교. 1989年 7월 ~ 1990年 2월 한국전자통신연구소, 연구원. 1990年 3월 ~ 현재 충청전문대학 통신과, 조교수. 주관심 분야는 광대역통신, ATM 트래픽제어, 컴퓨터통신, 전자교환공학, 정보통신 등임.



朴鎭秀(正會員)

1948年 8月 30日生. 1975年 2월 한양대학교 공과대학 전자공학과(학사). 1977年 2월 한양대학교 대학원 전자통신공학과(석사). 1985年 2월 청주대학교 대학원 전자통신공학과(박사). 1987年 2월 ~ 1988年 2월 Univ. of Colorado at Colorado Spring(Post Doc.). 1987年 2월 ~ 현재 청주대학교 전자공학과, 교수. 1990年 3월 ~ 현재 청주대학교 산업과학연구소, 소장. 주관심 분야는 확산대역통신, 부호이론, 암호통신, 디지털통신, ATM 트래픽제어 등임.