

# ATM 네트워크에서 마코프 프로세스를 이용한 트래픽 특성과 우선권 할당에 관한 연구

正會員 이 충 훈\* 正會員 최 창 수\* 正會員 강 준 길\*

## A Study of Traffics and Priority Assignments with Markov Process in ATM Networks

Chung Hoon Lee\*, Chang Soo Choi\*, June Gill Kang\* *Regular Members*

### 要 約

ATM 네트워크에서 대역폭의 효율적인 사용을 위한 두개의 QOS 베어러서비스의 실현으로 여러가지 우선권 할당 버퍼접근 메카니즘이 제안되고 있다. 본 논문은 익스플리시트(explicit) 우선권 할당메카니즘의 3 상태 이산 시간 마코프 프로세스를 갖는 성능 모델을 제안하고 셀 손실률을 해석적으로 유도한다. 또한 부분 버퍼 공유 방법을 사용하는 보다 유연성있는 공간 우선권 제어 메카니즘을 소스의 버스트니스와 셀 손실률면에서 연구하고 시뮬레이션으로 검증한다.

### ABSTRACT

In ATM network was two QOS bearer services for flexible bandwidth assignment, various priority assignment buffer access mechanisms have been suggested.

In this paper, a performance model with 3 state discrete time Markov process in explicit priority assignment is suggested and cell loss probability is analytically derived. Also flexible space priority control mechanism with partial buffer sharing is studied and verified by simulation with OPNET.

### I. 서 론

광대역 종합 정보 통신망(B-ISDN)은 음성, 데이터, 비디오 그리고 이들의 유연하고도 코스트가 절약되는 방법으로 혼합된 정보를 개별적 접속뿐만 아니라 시스템 전체 차원에서 지원하고 수용하려고 고안

되었다. 비동기 통신 모드는 트랜스포트 네트워크와 통합 접근을 실현하는 유망한 다중화 및 스위칭 기법으로 CCITT는 B-ISDN의 기본으로 채택하였다. 정보는 사용자 망 접속 또는 네트워크 노드 접속을 통하여 고유한 가상 채널이나 가상 경로를 인식하는 라벨을 포함하는 헤더를 가지는 셀이라고 불리는 고정된 길이의 패킷으로 구성된다. ATM기반을 기반으로하는 B-ISDN의 중요한 특성은 네트워크 접속의 유연성이 높고, 대역폭 할당을 미세하게 동적으로 할 수 있으며, 베어러 서비스 용량 할당을 유연하게 하

\* 光云大學校 電子工學科  
Dept. of Electronics Engineering, Kwang Woon Univ.  
論文番號 : 93188  
接受日字 : 1993年 10月 6日

고 그리고 물리층에서의 전송 매체의 독립성이 있다는 것 등이다. 그러나 다양한 형태의 트래픽과 그것에서 야기되는 서로 다른 서비스 품질때문에 ATM을 기반으로하는 B-ISDN에서는 트래픽 제어가 필수적이고 또한 어렵다. ATM은 모든 서비스에 대해서 셀을 전송해주고 ATM 레이어위에 존재하는 ATM 적용 계층(AAL)은 상위 레이어에 서비스 종속기능을 제공한다. AAL 프로토콜의 수를 줄이기 위해서 송신측과 수신측간의 시간관계, 비트레이트 그리고 접속 속도의 세가지 파라메타에 의해서 서비스 분류가 정해진다. ATM 베어러 서비스의 품질을 효과적으로 B-ISDN의 다양한 사용자 서비스 품질 요구에 적합하게 하는 문제의 접근범위에 하나는 주어진 서비스 품질요구를 만족시키기 위해 주의깊게 네트워크를 용량설정해서 하나의 ATM 셀을 지원하는 것이다. 그러한 접근법은 네트워크 자원의 유용성이 나쁘고 유연성이 부족하다. ATM 표준에서 채택된 보다 유연한 접근법은 네트워크 내부에서 우선권을 다루는 메카니즘을 제공하는 것이다. AAL이나 최종 이용자는 효과적으로 네트워크를 사용하면서 서로 다른 서비스 품질을 이용하기 위해서 우선권을 다룰 수 있다. 특히 ATM 네트워크에서는 통계적 다중화와 서로 다른 트래픽 특성을 가진 다양한 다중 속도 서비스를 지원하는 단순한 종단(ent-to-end)처리를 이용해서 높은 전송 유연성과 대역폭 효율성을 얻을 수 있으며 이런 특징들은 각소스가 자신의 속도로 ATM 네트워크를 통해서 셀을 전송하게 하지만 통계적 다중화 요구의 변동에 의한 폭주는 셀손실을 일으킨다 [1]. 그래서 주요한 QOS(Quality of Service)요구는 각 베어러 서비스에 대해서 받아들일 수 있는 셀손실 확률이다. 본 논문은 통신 노드(스위치, 다중화기, 접속기, 확장기 등)에서 우선권셀을 다루는 버퍼의 큐잉 시스템을 연구한다. 노드에서 버퍼 접근제어의 메카니즘을 살펴보고 부분 버퍼 공유 메카니즘을 중심으로 셀 손실률과 트래픽의 관점에서 해석하고 시뮬레이션한다.

## II. 큐잉과 시스템

유한 버퍼 시스템에서 큐잉 방법은 서비스(선택) 원리(service selection principle)와 버퍼 접근 제어 원리(buffer access control principle)로 나눌 수 있다. 서비스 선택원리는 다음 사용자를 선택하는 방법을 다루고, 버퍼 접근 제어 원리는 새로운 도착을 받

아 들이는 규칙을 다룬다. 그리고 Explicit 또는 Implicit 우선권 규칙은 두 원리에 모두 적용될 수 있다. 따라서 우선권 큐잉 방법은 어디에서 우선권 규칙을 강화 할 것인가에 따라서 두가지 영역으로 나눌 수 있다. 1) 주로, 지연 처리에 중점을 두는 서비스 또는 시간 지연 또는 출력 우선권 원리와 2) 높은 우선권 커스터머의 손실 처리에 관심을 두는 버퍼 접근, 공간 또는 입력 우선권 원리이다. 또한 우선권 큐잉 방법에서는 두개의 더욱 발전된 방법 즉 프리엠션(pre-emption)과 논프리엠션(nonpreemption)이 있다. 프리엠티브(preemptive)의 경우 다른 낮은 우선권을 가진 사용자가 현재 서비스를 받고 있을때라도 높은 우선권을 가진 커스터머는 서비스를 받을 수 있도록 허가된다. 반면에 서비스 인터럽트나 푸쉬아웃이 없을 때는 논 프리엠티브(non preemptive)라고 한다. 어떤 한 클래스에 주어지는 후호 처리는 다른 클래스의 희생이 따른다. 다시 말해서 한 클래스의 셀 손실률이나 지연을 증가시킴으로서 다른 클래스의 손실률이나 지연을 줄이는 것이다. 버퍼 접근이나 공간 우선권(space priority)은 ATM B-ISDN에서 더욱 중요하다. 광 파이버 때문에 생기는 급격한 전송속도의 증가는 전파 지연이 종단 지연의 중요한 요소가 되기 때문이다. 따라서 시간 우선권에서 큐잉 지연의 감쇄 때문에 생기는 성능 향상은 높은 전송률을 가지는 네트워크에서는 유용성이 제한된다.(그러나 지연 우선권은 지연 지터(jitter)나 실시간 등 비트율의 분산을 줄이는데 사용된다.) 반면에 ATM이 지원하는 다른 응용의 다양한 손실 QOS요구는 사용상황 매개변수 제어(usage parameter control)(감시, 흐름 제어)와 함께 우선권 버퍼 접근 제어로 효과적으로 달성된다. 이런 손실 QOS유연성은 CCITT에 의해서 인지되었으며 ATM 셀헤더의 한 비트는 셀 손실 우선권을(CLP) 외향적으로 나타낸다. 우선권 마킹(marking), 태깅(tagging)의 기능은 사용자 또는 시스템에 의해서 제공되고 그리고 가상 리키 버킷(virtual leaky bucket) 알고리즘과 같은 파라메타 제어(감시/흐름제어)에도 포함될 수 있다[2][3].

### i) 푸쉬아웃 완전공유(complete sharing with push-out)

버퍼가 완전히 점유되어있으면 도착하는 클래스 2 셀은 손실되지만 도착하는 클래스 1셀은 큐 내에 있는 클래스 2셀을 밀어내고 큐로 들어갈수 있다. 푸쉬아웃때문에 셀의 순서(sequence)가 바뀌는 것을 피

하고, 버퍼관리의 복잡성을 최소화하기 위해서 가장 최근에 버퍼에 도착한 클래스 2셀을 밀어낸다. 따라서 높은 우선권 셀은 버퍼가 다 찰 때까지 버려지지 않는다.

즉, last in first drop(LIFD)방법을 사용한다.

ii) 부분 버퍼공유 메카니즘(partial buffer sharing) PBS

버퍼에 진입할 수 있는 각 클래스 셀의 수에 제한을 둔다. 버퍼내의 셀의 갯수가 이 제한된 수를 넘을 때는 클래스 1의 도착만이 허용되고 클래스 2셀은 손실된다. 서로 다른 부하 조건에서 다른 손실 QOS 요구는 이 임계치(threshold,  $\theta$ ) 값을 조정해서 충족할 수 있다. 따라서 크기가 K인 버퍼는 모든 셀이 차지할 수 있는  $\theta$  영역과 높은 우선권셀만을 받아 들일수 있는  $K - \theta$  부분으로 나누어진다. 특별한 경우로  $K = \theta$  인 경우는 완전 버퍼 공유 방법이다. PBS를 기본으로 하는 여러가지 방법들이 축적 및 전송(store and forward) 패킷 데이터 네트워크 (APANET, CYCLADES)의 흐름제어와 혼잡제어에 제안되었다.

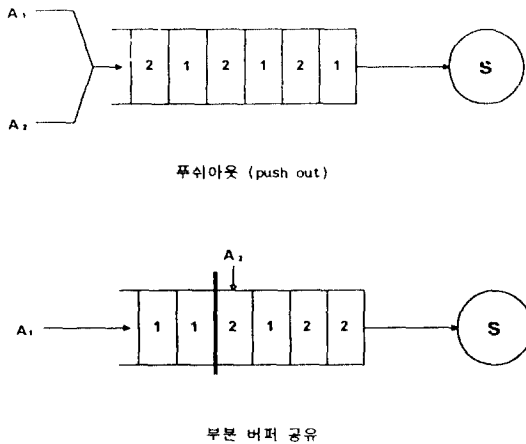


그림 1. 우선 순위 제어 메카니즘  
Fig. 1. The priority control mechanism

III. 모델링

1. 큐잉 모델

셀 손실 확률은 공간 우선권 제어에 사용되는 버퍼

집근 메카니즘을 평가하는 가장 중요한 성능 평가 척도이다. 본 논문의 목적은 explicit 우선권 할당 방법에서 부분 버퍼 공유 방법에 대한 성능 모델을 제안하고 셀 손실 확률을 해석적으로 유도하고 시뮬레이션 하는 것이다. 해석에 사용되는 트래픽 모델은 각 서비스 클래스 마다 여러개의 소스를 가지는 서비스 클래스로 구성된다. 각 소스는 3 상태 이산 시간 마코프 체인(DTMC)으로 모델링한다. 각 서비스 클래스에서 발생하는 트래픽의 머스티니스는 각 서비스 클래스에서 소스의 DTMC 상태 전이 확률을 조정해서 정량화 할 수 있다. 이 트래픽 모델은 ATM 네트워크 해석에서 머스티한 트래픽 발생의 핵심을 잡는데 유용하다. 높고 낮은 우선권 셀에 대한 개별적 셀 손실 확률은 두개의 서비스 클래스에서 결정된다. 더구나, 이런 셀 손실 확률은 각 서비스 클래스 마다 결정된다. 셀 손실 확률의 트래픽 머스티니스에 대한 의존도를 조사한다. 원하는 셀 손실 QOS요구를 달성하기 위한 부분 버퍼 공유 방법의 임계치 값을 트래픽 부하가 변화하면서 결정된다[4][5][6].

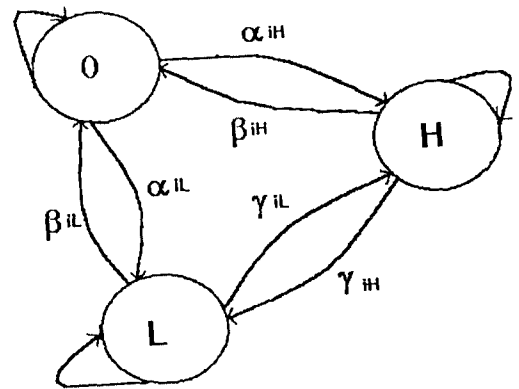


그림 2.3 상태 이산 시간 마코프 체인 소스 모델  
Fig. 2. The 3 state discrete Markov chain source model

외부로 나가는 각각의 링크마다 크기가 K인 버퍼를 사용하는 출력 큐를 가지는 ATM스위치를 고려한다. 큐잉 해석은 태그된 출력 링크와 관계있는 버퍼에 조짐이 맞추어진다. 각 슬롯 기간이 단위시간이라고 가정된 ATM전송 시간과 같은 이산 시간 슬롯 큐잉 시스템을 가정한다. 셀은 슬롯이 시작될 때 전송된다. 통계적 트래픽 소스는 R개의 서비스 클래스

스로 구분된다. 각 소스는 높은 우선권(high priority) 상태, 낮은 우선권(low priority) 상태, 그리고 휴지(off) 상태를 갖는 3상태 DTMC라고 가정한다. 주어진 서비스 클래스에 속하는 모든 소스는 동일하게 분포 되었다고 가정한다. 클래스  $i$ 의 소스에 대한 상태간의 천이 확률은  $\alpha_{iH}, \alpha_{iL}, \beta_{iH}, \beta_{iL}, \gamma_{iH}, \gamma_{iL}$ 로 표시한다. 각 서비스 클래스  $i$ 는  $N_i$ 개의 소스로 구성되며 전체 소스 갯수는  $M = \sum^R N_i$  이다. 위의 설명된 전체시스템은 그림2에 나타나 있다. 슬롯  $[t, t+1)$  동안 클래스  $i$ 에서 도착한 높은(낮은) 우선권 셀의 갯수는  $A_H^{(i)}(t)(A_L^{(i)}(t))$ 로 표시하고  $[t, t+1)$  동안에 도착한 높은(낮은) 우선권 셀의 전체수는  $A_H(t)(A_L(t))$  즉  $A_H(t) = \sum A_H^{(i)}(t)(A_L(t) = \sum A_L^{(i)}(t))$ .

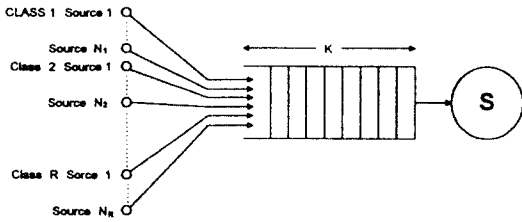


그림 3. 큐잉 모델  
Fig. 3. The queueing model

마코프 소스는 독립이고 각 클래스  $i$ 내에서 균일하게 분포되어 있으며  $\{(A(t), A(t)), t\} = 0\}$  는 각 클래스  $i$ 마다 이산 시간 마코프체인(DTMC)를 형성한다. DTMC의  $\{(A_H(t)(A_L(t)), t\} = 0\}$  상태공간은  $S_A = \{(m, n) | m \in S_H, n \in S_L, m+n \leq N_i\}$  여기서  $S_H = S_L = \{0, 1, 2, \dots, N_i\}$  이다. 상태  $(s_1, s_2) \in S_A$ 는 일대일 매핑함수(M)를 사용해서 두개의 각각 원소 조합에 이름을 붙인다. 즉  $M_1(s_1, s_2) = 1/2 s_1(2N_i - s_1 + 3) + s_2$ . 따라서  $S_A^{(i)}$ 는 대등하게  $\text{Max}^{(i)} = |S_A^{(i)}| = (N_i + 1)(N_i + 2)/2$ 를 가지는  $S_A^{(i)} = \{0, 1, 2, \dots, \text{Max}^{(i)} - 1\}$  로 표시된다. 마코프 체인  $\{(A(t), A(t)), t\} = 0\}$  는 다음과 같이 주어진다.  $t^{(i)}_{m,n} = \Pr(A_H^{(i)}(t+1) = m, A_L^{(i)}(t+1) = n / A_H^{(i)}(t) = k, A_L^{(i)}(t) = 1) m' = M_1(k, 1) \in S_A^{(i)}, n' = M_1(m, n) \in S_A^{(i)}$  해당하는 상태 천이 확률 행렬은  $T^{(i)} = \{t^{(i)}_{m,n}\}$  이다.

$\lambda_H^{(i)}$ 와  $\lambda_L^{(i)}$ 는 클래스에 대해서 각각 평균 트래픽

부하 또는 높고 낮은 우선권 셀수를 표시한다고 하자. 클래스  $i$ 에서 각각의 마코프 소스에 대한 큰수 법칙을 생각해서  $\lambda_H^{(i)} = \lim_{t \rightarrow \infty} N_i \cdot P_H^{(i)}$  여기서  $P_H^{(i)}$ 는 클래스  $i$ 의 소스가 높은 우선권 상태에 있을 정상 상태 확률이다. 마찬가지로  $\lambda_L^{(i)} = \lim_{t \rightarrow \infty} N_i \cdot P_L^{(i)}$  이다. 여기서  $P_L^{(i)}$ 는 클래스  $i$ 의 소스가 낮은 우선권 상태에 있을 정상 상태 확률이다. 이것은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_H^{(i)} = \frac{\alpha_{iH}(\beta_{iL} + \gamma_{iL}) + \alpha_{iL}\gamma_{iH}}{D^*}$$

$$P_L^{(i)} = \frac{\alpha_{iL}(\beta_{iH} + \gamma_{iH}) + \alpha_{iH}\gamma_{iL}}{D^*}$$

여기서  $D^* = \alpha_{iH}(\beta_{iL} + \gamma_{iL} + \gamma_{iH}) + \alpha_{iL}(\beta_{iH} + \gamma_{iH} + \gamma_{iL}) + \beta_{iL}(\beta_{iL} + \gamma_{iL}) + \beta_{iL}\gamma_{iH}$  결과적으로 높은 우선권과 낮은 우선권 셀의 전체 평균 트래픽 부하는 각각  $\lambda_L = \sum^R \lambda_L^{(i)}$ 와  $\lambda_H = \sum^R \lambda_H^{(i)}$ 로 나타난다.

슬롯  $[t, t+1)$  동안에 도착된 셀은 슬롯 경계 시간인  $t+1$ 에 동기적으로 버퍼에 받아들여진다고 생각한다. 현재 전송되는 셀이 버퍼를 벗어난다.  $Q(t)$ 를 슬롯 경계  $t$  직후에 버퍼에 존재하는 셀의 숫자라고 하자. 한 슬롯에 배치(batch) 도착 숫자가 가용한 버퍼 크기를 초과할때 임의의 셀 수락 방법이 가정된다. 이 방법에서 높은 우선권 셀은 낮은 우선권 보다 먼저 받아 들여진다.

예를 들어 버퍼크기가  $[Q(t) - 1]^+ < \theta, [x]^+ = \max(0, x)$  라고 생각하자. 만약  $\theta - [Q(t) - 1]^+ < = A_H(t) < = K - [Q(t) - 1]^+$  일 때 모든 높은 우선권 셀은 받아들여지고 낮은 우선권 셀은 모두 버려진다. 반면에  $A_H(t) < = \theta - [Q(t) - 1]^+$  이고  $A_H(t) + A_L(t) > \theta - [Q(t) - 1]^+$  이면  $A_L(t)$ 중  $\theta - [Q(t) - 1]^+ - A_H(t)$ 만큼의 낮은 우선권 셀이 같은 확률을 가지고 임의로 선택되어 높은 우선권 셀  $A_H(t)$ 와 같이 버퍼로 들어간다.  $Q(t+1)$ 은  $Q(t), A_H(t)$  그리고  $A_L(t)$ 로 부터 결정된다.

$\{(A_H^{(i)}(t), A_L^{(i)}(t)), t\} = 0\}$ 는 독립적인 DTMC이기때문에  $\{(Q(t), A_H^{(1)}(t) \cdot A_L^{(1)}(t), A_H^{(2)}(t) \cdot A_L^{(2)}(t), A_H^{(3)}(t) \cdot A_L^{(3)}(t), \dots, A_H^{(R)}(t) \cdot A_L^{(R)}(t)), t\} = 0\}$ 은 DTMC이다.

## 2. 셀 손실률

해석은 편의상 두개의 서비스 클래스로 제한한다. 즉  $R = 2$ 이다. DTMC  $\{(Q(t), A_H^{(1)}(t) \cdot A_L^{(1)}(t),$

$A_H^{(2)}(t) \cdot A_L^{(2)}(t)$ ,  $t \geq 0$ 에 대한 전이확률은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \Pr(\{Q(t+1), A_H^{(1)}(t+1) \cdot A_L^{(1)}(t+1) \cdot A_L^{(2)}(t+1)\} \\ & \quad \{Q(t), A_H^{(1)}(t) \cdot A_L^{(1)}(t), A_H^{(2)}(t) \cdot A_L^{(2)}(t)\}) \\ &= \Pr(Q(t+1)|Q(t), A_H^{(1)}(t) \cdot A_L^{(1)}(t), A_H^{(2)}(t) \cdot A_L^{(2)}(t)) \\ & \quad \cdot \Pr(A_H^{(1)}(t+1), A_L^{(1)}(t+1) | A_H^{(1)}(t) \cdot A_L^{(1)}(t)) \\ & \quad \cdot \Pr(A_H^{(2)}(t+1), A_L^{(2)}(t+1) | A_H^{(2)}(t) \cdot A_L^{(2)}(t)) \end{aligned}$$

전체도착의 상태공간  $\{A_H^{(1)}(t) \cdot A_L^{(1)}(t), A_H^{(2)}(t) \cdot A_L^{(2)}(t)\}$  은  $S_A^{(1)} \times S_A^{(2)}$ 로 나타낸다. 상태  $(s_1, s_2) \in S_A^{(1)} \times S_A^{(2)}$ 는 일대일 매핑 함수  $M_2(s_1, s_2) = s_1 \cdot \text{Max}^{(2)} + s_2$ 로 표시할 수 있다. 따라서 상태 공간은  $S_A = \{0, 1, 2, \dots, \text{Max}-1\}$ ,  $\text{Max} = \text{Max}^{(1)} \cdot \text{Max}^{(2)}$ . DTMC  $\{Q(t), A_H^{(1)}(t) \cdot A_L^{(1)}(t), A_H^{(2)}(t) \cdot A_L^{(2)}(t), t \geq 0\}$ 에 대한 전이행렬  $P$ 는 제어를 할 때 즉, 부분 버퍼 공유 우선권 방법( $\theta < K$ )과 제어가 없을 때( $\theta = K$ )에 각각 주어진다.

경우 1. ( $\theta < K$ )

$$P = \begin{bmatrix} C_1(0) & C_1(1) & C_1(2) & \dots & C_1(\theta-1) & C_2(\theta, 0) & C_2(\theta+1, 0) & \dots & C_2(K-1, 0) & C_3(K, 0) \\ C_1(0) & C_1(1) & C_1(2) & \dots & C_1(\theta-1) & C_2(\theta, 1) & C_2(\theta+1, 1) & \dots & C_2(K-1, 1) & C_3(K, 1) \\ 0 & C_1(0) & C_1(1) & \dots & C_1(\theta-2) & C_2(\theta-1, 2) & C_2(\theta, 2) & \dots & C_2(K-2, 2) & C_3(K-1, 2) \\ 0 & 0 & C_1(1) & \dots & C_1(\theta-3) & C_2(\theta-2, 3) & C_2(\theta-1, 3) & \dots & C_2(K-3, 3) & C_3(K-2, 3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & C_1(1) & C_2(2, \theta-1) & C_2(\theta-1, 3) & \dots & C_2(K-\theta+1, \theta-1) & C_3(K-\theta+2, \theta-1) \\ 0 & 0 & 0 & \dots & C_1(1) & C_2(1, \theta) & C_2(\theta, 2) & \dots & C_2(K-\theta, \theta) & C_3(K-\theta+1, \theta) \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & C_1(0) & C_1(1) & \dots & C_1(K-\theta-1) & C_2(K-\theta) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 & \dots & C_1(1) & C_2(2) \\ 0 & 0 & 0 & & 0 & 0 & 0 & \dots & C_1(1) & C_2(2) \end{bmatrix}$$

위의 행렬  $P$ 에서  $C_1(\cdot)$ 와  $C_2(\cdot, \cdot)$ 는 각각  $\{A_H^{(1)}(t) \cdot A_L^{(1)}(t), A_H^{(2)}(t) \cdot A_L^{(2)}(t)\}$ 에서  $\{A_H^{(1)}(t+1) \cdot A_L^{(1)}(t+1), A_H^{(2)}(t+1) \cdot A_L^{(2)}(t+1)\}$ 로의 모든 가능한 전이와  $Q(t)$ 에서  $Q(t+1)$ 로의 전이를 나타내는 행렬  $\text{Max} \times \text{Max}$ 이다.  $C_1(m)$ 와  $C_2(m, n)$ 에서  $m$ 은  $Q(t+1) - Q(t)$ 이다.  $C_2(\cdot, n)$ 에서  $n$ 은  $\{A_H^{(1)}(t) \cdot A_L^{(1)}(t), A_H^{(2)}(t) \cdot A_L^{(2)}(t)\}$ 의 시작 상태이다. 따라서  $P$ 는  $\text{Max} \times \text{Max}$  행렬로 구성된  $(K+1) \times (K+1)$ 행렬이다.

$P$ 의 행은 시작 상태라고 가정하고 열은 목적 상태라고 생각한다. 주어진  $\{A_H^{(1)}(t) \cdot A_L^{(1)}(t), A_H^{(2)}(t) \cdot A_L^{(2)}(t)\}$ 에 대해 행렬  $C_j(\cdot)$ 와  $C_j(\cdot, \cdot)$ 는  $A_H(t) = A_H^{(1)}(t) + A_H^{(2)}(t)$ 와  $A_L(t) = A_L^{(1)}(t) + A_L^{(2)}(t)$ 로 표시된다. 또한 행렬의 곱을  $\otimes$ 로 나타낸다. 즉  $U \otimes V = [U_{ij}, V_{ij}]$ . 행렬  $U = [U_{ij}]$ 와  $V = [V_{ij}]$ 에 대해서  $U \otimes V = [U_{ij}, V_{ij}]$ 에 의해서 크로네커를  $\otimes$ 로 정의한다.  $\text{Max} \times \text{Max}$  행렬  $C_j(m)$ ,  $j = 1, 4, 5$ 와  $C_j(m, n)$ ,  $j = 2, 3$ 은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} C_1(m) &= \Delta_1^j(m) \otimes (T^{(1)} \otimes T^{(2)}) \\ C_j(m, n) &= \Delta_2^j(m, n) \otimes (T^{(1)} \otimes T^{(2)}) \end{aligned}$$

여기서  $\Delta_1^j(m)$ 와  $\Delta_2^j(m, n)$ 는 다음과 같이 정의된  $\text{Max} \times \text{Max}$  행렬이다.

$$\Delta_1^j(m) = \begin{bmatrix} \delta_0^j(m) \\ \delta_1^j(m) \\ \delta_2^j(m) \\ \vdots \\ \delta_k^j(m) \\ \vdots \\ \delta_{\text{Max}^j}^j(m) \end{bmatrix} \cdot 1^T, \quad j = 1, 4, 5, \quad k \in S_A$$

$\mathbf{1}^T$ 는 모든 1열 벡터의 전치행렬이며 지시 함수는 다음과 같다.

$$\delta_k^1(m) = \begin{cases} 1 & \text{if } A_H^{(1)}(t) + A_L^{(1)}(t) = m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\delta_k^4(m) = \begin{cases} 1 & \text{if } A_H^{(1)}(t) = m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\delta_k^5(m) = \begin{cases} 1 & \text{if } A_H^{(1)}(t) \geq m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\delta_k^6(m) = \begin{cases} 1 & \text{if } A_H^{(1)}(t) + A_L^{(1)}(t) \geq m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

그리고

$$\Delta_j^1(m) = \begin{bmatrix} \delta_Q^j(m, n) \\ \delta_1^j(m, n) \\ \delta_2^j(m, n) \\ \vdots \\ \delta_k^j(m, n) \\ \vdots \\ \delta_{Max}^j(m, n) \end{bmatrix} \cdot \mathbf{1}^T, \quad j=2, 3, \quad k \in S_A$$

$$\delta_k^2(m, n) = \begin{cases} 1 & \text{if } A_H(t) + A_L^{(n)}(t) = m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\delta_k^3(m, n) = \begin{cases} 1 & \text{if } A_H^{(1)}(t) + A_L^{(n)}(t) \geq m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서  $A_L^{(n)}(t) = A_L(t)$

$$\begin{aligned} & \text{if } A_H(t) \leq [\theta - [n-1]^+ - A_L(t)]^+ \\ A_L^{(n)}(t) &= \theta - [n-1]^+ - A_H(t) \\ & \text{if } [\theta - [n-1]^+ - A_L(t)]^+ < A_H(t) < \theta - [n-1]^+ \end{aligned}$$

경우 2: 재어가 없을 때 ( $\theta = K$ )

$$P = \begin{bmatrix} C_1(0) & C_1(1) & C_1(2) & \dots & C_1(K-1) & C_6(K) \\ C_1(0) & C_1(1) & C_1(2) & \dots & C_1(K-1) & C_6(K, 1) \\ 0 & C_1(0) & C_1(1) & \dots & C_1(K-2) & C_6(K) \\ 0 & 0 & C_1(0) & \dots & C_1(K-3) & C_6(K-2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & & C_1(1) & C_6(2) \\ 0 & 0 & 0 & & C_1(0) & C_6(1) \end{bmatrix}$$

Max×Max 행렬  $B_{i,j}$ ,  $0 \leq i, j \leq K$ 를  $G = P - I$ 에서의  $i, j$ 번째 서브 행렬이라고 하자. 다음에서 랜덤 변수의 정상 상태 조인트 분포를 구한다.  $\lim_{t \rightarrow \infty} Q(t) = Q$ ,  $\lim_{t \rightarrow \infty} A_H^{(i)}(t) = A_H^{(i)}$ ,  $\lim_{t \rightarrow \infty} A_H(t) = A_H$ ,  $\lim_{t \rightarrow \infty} A_L(t) = A_L$ ,  $\lim_{t \rightarrow \infty} A_L^{(i)}(t) = A_L^{(i)}$ . 이 정상 상태 분포를  $\underline{\Pi} = (\phi_0, \phi_1, \dots, \phi_K)$ ,  $\phi_K = (\pi(k, 0), \pi(k, 1), \dots, \pi(k, Max-1))$ ,  $\pi(k, 1) = (Q = k, A_H^{(1)} = i_1, A_L^{(1)} = j_1, A_H^{(2)} = i_2, A_L^{(2)} = j_2) = \pi^*(k, i_1, j_1, i_2, j_2)$ ,  $l \in S_A \mid M_2(M_1(i_1, j_1), M_1(i_1, j_1))$ . 따라서  $\underline{\pi}G = 0$ 이다. 수치적 복잡성을 줄이기 위해서 다음과 같은 순회 방정식을 사용한다.

$$\phi_n = \phi_n F_n, \quad 0 \leq n \leq K-1, \quad F_K = I$$

$$F_{K-1-i} = F_{K-i} D_{K-1-i}, \quad 0 \leq i \leq K-1$$

where  $I$  Max차의 identity 행렬

$$D_n = -B_{n+1,n} \left[ B_{n,n} + \sum_{l=0}^{n-1} \left( \prod_{i=0}^{n-1-k} B_{n-1-i} \right) B_{k,n} \right]^{-1}$$

$$\phi_K \left( \sum_{i=0}^K F_i \right) \cdot \mathbf{1} = 1,$$

$$\phi_K \left( \sum_{i=0}^K F_i \cdot B_i \right) = \underline{0} \quad \underline{0} \text{는 Max차의 영 벡터}$$

셀 손실률은 정상 상태 분포  $\underline{\pi}$ 를 사용해서 구할 수 있다.  $i=1, 2$ 에 대해서  $B_H^{(i)}(m, j, k)$ 를  $Q=m$ ,  $A_H^{(i)}=j$ ,  $A_H^{(2)}=k$ 라고 주어진 서비스 클래스  $i$ 로 부터 발생한 태그된 높은 우선권 셀의 조건적 블록킹 확률이라고 하자.  $(Q, A_H^{(1)}, A_H^{(2)})$ 의 정상 상태 분포는 다음과 같이 주어진다.

$$\pi_{HH}(m, j, k) = \sum_{q=0}^{N_1-j} \sum_{s=0}^{N_2-j} \pi^*(m, j, q, k, s)$$

배치  $Q=m$ ,  $A_H^{(1)}=j$ ,  $A_H^{(2)}=k$ 에 도착하는 태그된 높은 우선권 셀의 조인트 확률 분포는  $j \cdot \pi_{HH}(m, j, k) / \lambda_H^{(1)}$ 로 주어진다. 서비스 클래스  $i=1, 2$ 로 부터 온 태그된 높은 우선권 셀에 대한 손실 확률은

$$P_{\text{loss}}^{(1)}(H) = \sum_{m=0}^K \sum_{j=0}^{N_1} \sum_{k=0}^{N_2} B_H^{(1)}(m, j, k) \cdot \frac{j \cdot \pi_{HH}(m, j, k)}{\lambda_H^{(1)}}$$

$$P_{\text{loss}}^{(2)}(H) = \sum_{m=0}^K \sum_{j=0}^{N_1} \sum_{k=0}^{N_2} B_H^{(2)}(m, j, k) \cdot \frac{k \cdot \pi_{HH}(m, j, k)}{\lambda_H^{(2)}}$$

여기서

$$B_H^{(1)}(m, j, k) =$$

$$\left[ \begin{array}{l} \sum_{n=\max(0, K-[m-1]^+)}^{\min(\theta, K-[m-1]^+)} \\ \frac{\binom{K-[m-1]^+}{n} \binom{j+k-K+[m-1]^+}{j-n}}{\binom{j+k}{j}} \\ \cdot \frac{j-n}{j} \quad \text{if } j+k > K-[m-1]^+ \\ 0 \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$B_H^{(2)}(m, j, k) = B_H^{(1)}(m, k, j)$$

마찬가지로  $i=1, 2$ 에 대해서  $B_L^{(1)}(m, j, k)$ 를  $Q=m, A_H=j, A_L^{(1)}=k, A_L^{(2)}=1$  라고 주어진 서비스 클래스  $i$ 로 부터 발생한 태그된 낮은 우선권 셀의 조건적 블록킹 확률이라고 하자. ( $Q, A_H, A_L^{(1)}, A_L^{(2)}$ )의 정상 상태 분포는 다음과 같이 주어진다.

$$\pi_{HLL}(m, j, k, l) = \sum_{p=0}^j \pi^*(m, p, k, j-p, l)$$

서비스 클래스  $i=1, 2$ 로 부터 온 태그된 낮은 우선권 셀에 대한 손실 확률은

$$P_{\text{loss}}^{(1)}(L) = \sum_{m=0}^K \sum_{j=0}^M \sum_{k=0}^N \sum_{l=0}^{N_2} B_L^{(1)}(m, j, k, l) \cdot \frac{k \cdot \pi_{HLL}(m, k, l)}{\lambda_L^{(1)}}$$

$$P_{\text{loss}}^{(2)}(L) = \sum_{m=0}^K \sum_{j=0}^M \sum_{k=0}^N \sum_{l=0}^{N_2} B_L^{(2)}(m, j, k, l) \cdot \frac{1 \cdot \pi_{HLL}(m, j, k, l)}{\lambda_L^{(2)}}$$

와 같다. 여기서

$$B_L^{(1)}(m, j, k, l) =$$

$$\left[ \begin{array}{l} 1 \quad \text{if } \theta - [m-1]^+ \\ \sum_{n=\theta-[m-1]^+}^{\min(K, \theta-[m-1]^+)} \\ \frac{\binom{\theta-[m-1]^+}{n} \binom{k+l-\theta+[m-1]^+}{k-n}}{\binom{j+k}{j}} \\ \cdot \frac{k-n}{j} \quad \text{if } j < \theta K - [m-1]^+ < k+l+j \\ 0 \quad \text{otherwise} \end{array} \right]$$

$$B_L^{(2)}(m, j, k, l) = B_L^{(1)}(m, j, l, k)$$

이와 같이 전체의 셀 손실 확률  $P_{\text{loss}}(L), P_{\text{loss}}(L)$ 는 각각 다음과 같이 주어진다.

$$P_{\text{loss}}(H) = \frac{1}{\lambda_H^{(1)}} \sum_{m=0}^K \sum_{j=0}^M [j + \{K - [m-1]^+\}^+ \cdot \pi_H(m, j)]$$

$$P_{\text{loss}}(L) = \frac{1}{\lambda_L^{(2)}} \sum_{m=0}^K \sum_{j=0}^M \sum_{k=0}^M [k - \{\theta - [m-1]^+ j\}^+ \cdot \pi_{HL}(m, j, k)]$$

$$\pi_{HL}(m, j, k) = \sum_{p=0}^j \sum_{q=0}^k \pi^*(m, j, k, j-p, k-q)$$

#### IV. 수치해석결과

개별적인 셀 손실 확률은 버퍼 크기와 셀 폐기 임계치 값  $\theta$ 같은 시스템 파라메타와 트래픽 특성에 대한 의존도를 보여준다. 서비스 클래스  $i$ 의 트래픽 특성들은 트래픽 부하와 버스티니스로 특징지어진다. ATM 네트워크에서 버스티니스가 시스템 성능에 영향을 주는 중요한 트래픽 특성이지만 일반적으로 버스티니스의 정의는 부족하다. 서비스 클래스의 각 소스는 DTMC이기 때문에 각 서비스 클래스 트래픽 스트림의 버스티니스는 각 클래스에서 소스의 버스티니스로 표현된다. 서비스 클래스  $i$ 에서 발생한 높고 우선권 셀에 대해서 버스티니스 값  $b_H^{(1)}, b_L^{(1)}$ 를 각 상태에서의 평균 머무름 시간이나 평균 버스트 길이

로 정의한다.

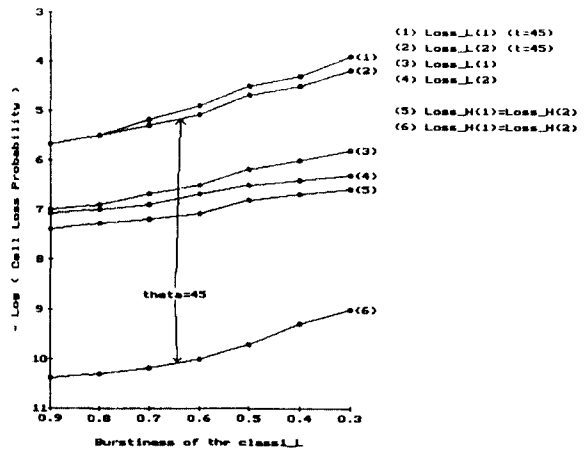
$$b_H^{(i)} = \frac{1}{\beta_{iH} + \gamma_{iH}} \quad b_L^{(i)} = \frac{1}{\beta_{iL} + \gamma_{iL}}$$

이상적으로 같은 우선권 레벨에 대하여 셀손실률은 서로 다른 서비스 클래스에 대하여 유사해야 한다. 그러나 서로다른 트래픽 특성때문에 셀 손실률의 상당한 차이를 보인다. 이러한 차이를 트래픽 특성에 따른 셀 손실률의 분리로 볼 수 있다. 다음에서 서비스 클래스 1은 항상 서비스 클래스 2보다 더욱 버스티니스 하다고 생각하자.(다른 서비스 클래스의 우선권 셀의 버스티니스 색인은 일정하게 유지 시키고 클래스 1은 더 큰 버스티니스 값을 갖는다.) 우선은 각 클래스마다 한개의 소스를 가지고 공간 제어가 없다고 생각한다. 즉  $N_1 = N_2 = 1$ ,  $\theta = K$ . 우선 각 클래스에서 발생하는 높고 낮은 우선권 셀의 평균 도착률은 같다고 가정한다. 즉  $\lambda_H^{(1)} = \lambda_L^{(2)} = \lambda_H^{(2)} = \lambda_L^{(1)} = 0.10$  이런 가정으로 각각 우선권 레벨의 개별적 셀 손실률에 대한 버스티니스만의 영향을 조사할수 있다. 그림 3, 4에서 클래스 2의 버스티니스는 고정시키고 클래스 1에 속하는 소스의 버스티니스는 높고 우선권 레벨에 대하여 각각 변화 시킨다. 또한 각각 서비스 클래스의 높고 낮은 우선권 셀의 셀 손실률 뿐만 아니라 높고 낮은 우선권 셀의 자 손실률(self-loss probability)도 포함 되어 있다. 클래스 i의 자손실률은 다른 클래스 소스를 모두 클래스 i의 소스로 바꾸었을 때 구한것으로 그 클래스의 트래픽 특성에 따른 종속성을 볼 수 있다.

그림 4에서 클래스1의 낮은 우선권 셀 버스티니스 값은 변화시키고 반면에 그림 5에서는 클래스 1의 높은 우선권 셀 버스티니스 값을 변화 시킨다. 이 그림에서 서비스 클래스 셀 손실률은 각 클래스 레벨마다 클래스 1과 클래스 2의 자손실 확률 사이에 존재하는것을 알 수 있다. 또한 높은 우선권 셀에 대한 우선권 분리는 없고 낮은 우선권 셀에 대한 우선권 분리는 버스티니스가 증가 할수록 커진다. 높은 우선권 셀의 손실률은 증가하는 클래스의 높은 우선권 셀 버스티니스에 대해 버퍼 제어가 없을때 보다 부분 버퍼 공유일때 더욱 민감하다. 그러나, 모든 셀 손실 확률이 증가하는 클래스 1의 낮은 우선권 셀 버스티니스에 대해 긍정히 민감한것은 아니다. 더우기 낮은 우선권 셀에 대해서는 작은 우선권 분리가 생기고 모든 경우의 그림 6은 트래픽 부하의 개별적 셀 손실률에 대한 영향을 보여주고 있다. 클래스 1의 트래픽 부하

가 증가하면 낮고 높은 우선권 셀에 대한 우선권 분리가 증가한다. 반면에 클래스 2의 트래픽 부하가 증가하면 높은 우선권 셀에만 우선권 분리에 영향을 미친다. 이런 현상은 부분 버퍼 제어를 할 때와 버퍼 제어가 없을 때 모두 유사하다. 부분 버퍼 제어는 낮은 우선권 셀 손실 확률의 증가를 희생해 가면서 높은 우선권 셀 손실률을 감소시킨다. 다음에는 버퍼크기와 버퍼 임계치와 같은 시스템 파라메타의 영향을 조사한다. 그림 7에서 각 서비스 클래스의 트래픽률이 동일할 때 셀 손실률에 대한 버퍼 크기의 영향을 고찰한다. 셀 손실률은 두 서비스의 자 손실률 사이에 존재한다.

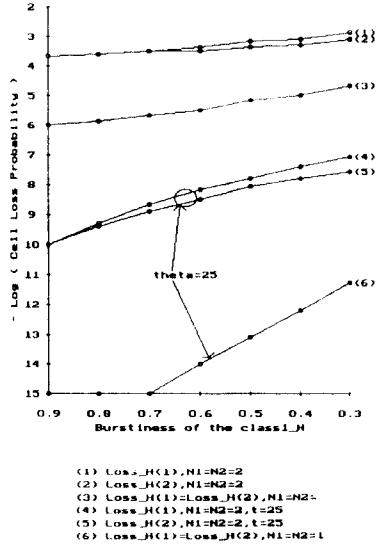
그림 8에서 부분 버퍼 공유 제어의 효과성이 조사된다. 그림 13에서 부터 이러한 요구는  $K=40$ 일 때 임계치  $\theta$ 가 28까지 일때 만족하고  $K=50$  일때는 임계치  $\theta$ 가 40까지 일때 만족한다. 그림 12에서 처럼 부분 버퍼공유를 사용하지 않을때는  $K=80$ 일때 이러한 조건을 만족시키지 못함을 알 수 있다. 같은 셀 손실률 요구를 얻기 위해서는 버퍼 크기를 140까지 증가시켜야 한다.



K=50,  $\theta=50$ ,  $\lambda_L^{(1)} = \lambda_H^{(1)} = 0.25$ ,  $\lambda_L^{(2)} = \lambda_H^{(2)} = 0.25$   
 $\beta_{1L} = \gamma_{1L} = 0.3$ ,  $\beta_{2H} = \gamma_{2H} = 0.5$ ,  $\beta_{2L} = \gamma_{2L} = 0.3$

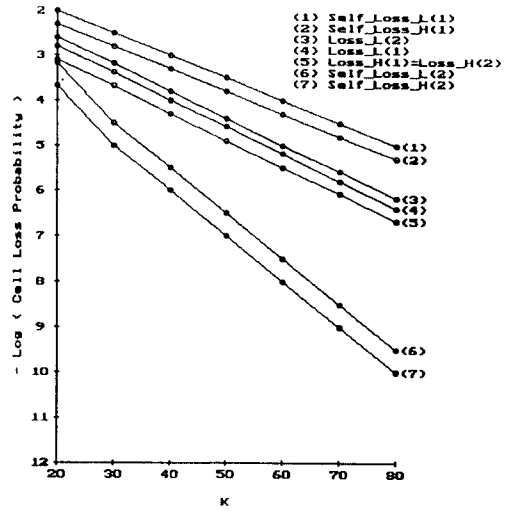
그림 4. (7) 클래스 1\_L에 따른 셀 손실률  
 Fig. 4. The cell loss probability as a function of class 1\_L





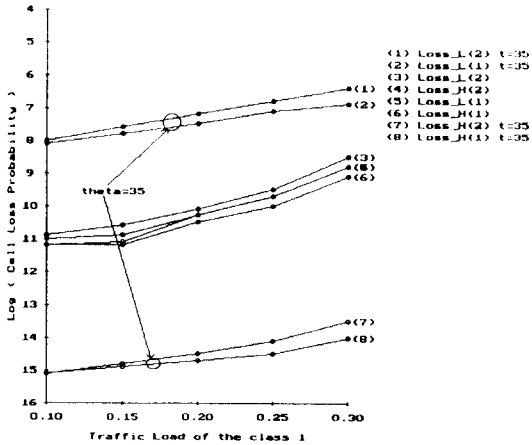
( P<sup>(1)</sup>loss(H), N1) k=30, λ<sub>L</sub><sup>(1)</sup> = λ<sub>H</sub><sup>(1)</sup> = 0.25, λ<sub>L</sub><sup>(2)</sup> = λ<sub>H</sub><sup>(2)</sup> = 0.25  
 β<sub>1L</sub> = γ<sub>1L</sub> = 0.3, β<sub>2H</sub> = γ<sub>2H</sub> = 0.5, β<sub>2L</sub> = γ<sub>2L</sub> = 0.3

그림 5. (8) 클래스 1 H에 따른 셀 손실률  
 Fig. 5. The cell loss probability as a function of class 1 H



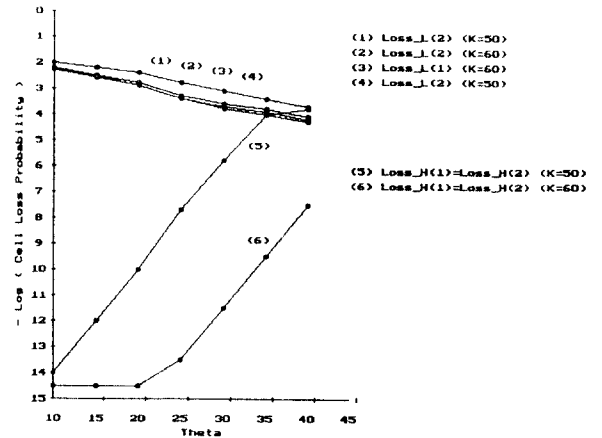
λ<sub>L</sub><sup>(1)</sup> = λ<sub>H</sub><sup>(1)</sup> = 0.2, λ<sub>L</sub><sup>(2)</sup> = λ<sub>H</sub><sup>(2)</sup> = 0.2  
 β<sub>1L</sub> = γ<sub>1L</sub> = 0.3, β<sub>2H</sub> = γ<sub>2H</sub> = 0.5, β<sub>1H</sub> = γ<sub>1H</sub> = 0.2, β<sub>2L</sub> = γ<sub>2L</sub> = 0.3

그림 7. K에 대한 셀 손실률  
 Fig. 7. The loss probability as a function of K



K=50, λ<sub>L</sub><sup>(1)</sup> = λ<sub>H</sub><sup>(1)</sup> = 0.15, λ<sub>L</sub><sup>(2)</sup> = λ<sub>H</sub><sup>(2)</sup> = 0.15  
 β<sub>1L</sub> = γ<sub>1L</sub> = 0.3, β<sub>2H</sub> = γ<sub>2H</sub> = 0.5, β<sub>1H</sub> = γ<sub>1H</sub> = 0.5, β<sub>2L</sub> = γ<sub>2L</sub> = 0.3

그림 6. 클래스 1의 트래픽 부하에 따른 셀 손실률  
 Fig. 6. The cell loss probability as the traffic load of class 1



K=40, 50, λ<sub>L</sub><sup>(1)</sup> = λ<sub>H</sub><sup>(1)</sup> = 0.2, λ<sub>L</sub><sup>(2)</sup> = λ<sub>H</sub><sup>(2)</sup> = 0.2  
 β<sub>1L</sub> = γ<sub>1L</sub> = 0.3, β<sub>2H</sub> = γ<sub>2H</sub> = 0.5, β<sub>1H</sub> = γ<sub>1H</sub> = 0.2, β<sub>2L</sub> = γ<sub>2L</sub> = 0.3

그림 8. theta에 따른 셀 손실률  
 Fig. 8. The cell loss probability as a function of theta

### V. 시뮬레이션

네트워크 시뮬레이션 패키지인 OPNET를 이용하고, 신뢰도는 99%로 SPARC Station 호환기종에서 수행하였다.

#### 1. 시뮬레이션 구조

- ① 프로세스 모델 : 각 소스와 큐에서의 작업 메카니즘에 따른 각 프로세스마다 상태 천이도를 만들고 또한 각 상태 마다 태스크를 프로그래밍한다.
- ② 노드 모델 : 자기 자신의 프로세스 모델을 갖는 객체들로 구성된 노드를 만든다.
- ③ 네트워크 모델 : 각각의 노드로 구성된 네트워크를 모델화한다.
- ④ 시뮬레이션 실행 : 네트워크 모델을 시뮬레이션 동안 모니터링 파라메타가 지정된 검사(probe) 화일을 참조해서 시뮬레이션을 실시한다.
- ⑤ 결과 해석 : 시뮬레이션의 결과를 검사 화일에서 지정한 파라메타를 모니터링한다.
- ⑥ 필터링 : 시뮬레이션에서 얻어진 결과를 수학적 처리를 한다.

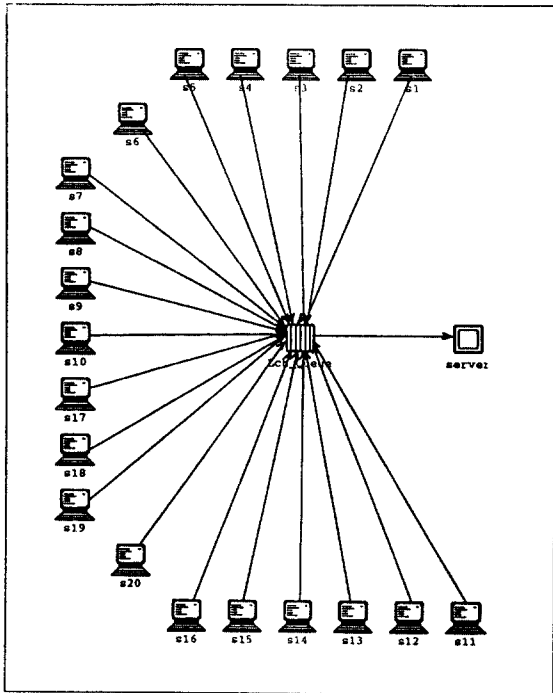


그림 9. 노드 모델  
Fig. 9. The node model

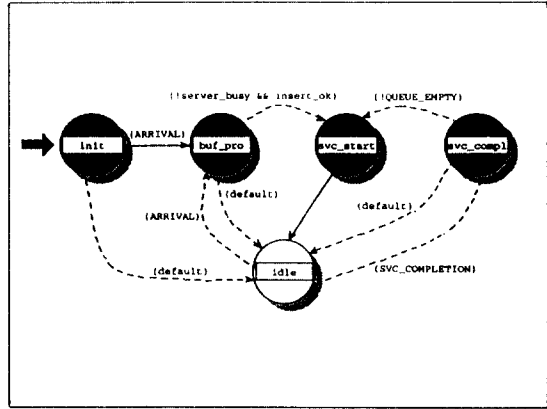


그림 10. 큐에서의 프로세서 모델  
Fig. 10. The process model in the queue

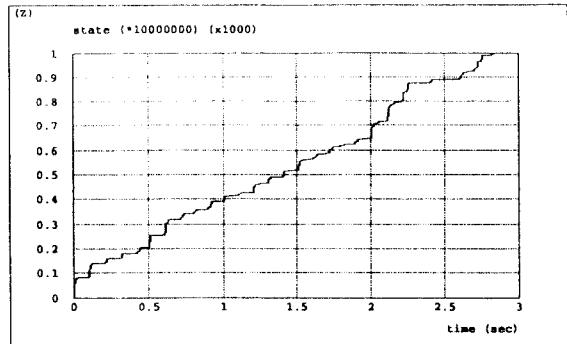


그림 11. 큐에서의 셀 도착에 따른 상태  
Fig. 11. The state of cell arrivals

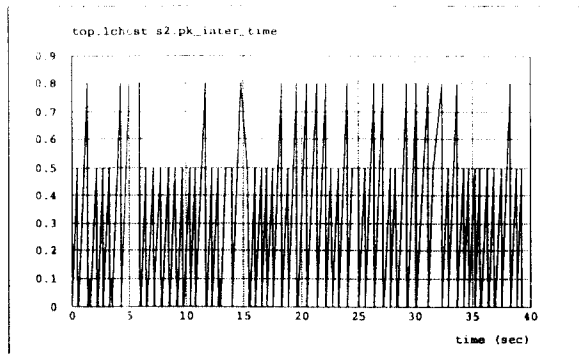


그림 12. 소스 2에서 셀 발생 인터벌 타임  
Fig. 12. The cell interval time of source 2

버퍼의 크기는 기본을 100으로 하고 임계치를 변화시키는 방법을 사용하였다. 서로 다른 버스티니스를 가지고 우선권 1과 2를 가지는 셀을 10개의 각 소스에서 발생시키고 큐에서 처리한다. 이때 큐 처리과정에서 임계치 등에 관한 셀손실률을 구한다. 그림 8은 버퍼내에서의 처리과정을 나타내는 프로세스 모델이다. init 상태에서 프로세스 모델은 상태 변수를 초기화하고 새로운 패킷의 도착을 나타내는 stream interrupt가 발생하면 프로세스는 buf pro state로 이동해서 도착된 셀을 부분 버퍼 공유 메카니즘에 따라서 큐에 삽입 또는 손실시키고 도착된 셀과 손실된 셀의 통계를 구한다. 큐로 삽입되고 다른 패킷을 처리하지 않으면 svc start 상태로 이동하고 서비스 인터벌 종료시 self interrupt를 발생시킨다. idle 상태에서 서비스의 종료를 나타내는 self interrupt가 발생하면 svc comp 상태로 전이하게 된다. 이 상태에서는 큐 헤드의 패킷을 제거하고 서비로 보낸다. 소스는 버스티니스를 보장하기 위해서 여러가지 임펄스를 이용한 확률 밀도 함수를 응용하였다.

2. 시뮬레이션 결과

그림 11과 12를 비교해 봄으로써 버스티니스를 볼 수 있다. 그림 13과 15에서는 버퍼에 아무런 제어 없을 때 즉  $K=0$ 일 때 각각의 셀 손실률을 보여준다. 우선권 1과 우선권 2의 셀은 버퍼의 입장에서 동등하게 취급되지만 셀 손실률이 차이를 보이는 것은 위의 수치해석에서 보듯이 트래픽 특성의 차이에서 생긴 우선권 분리의 일종이라고 볼 수 있다. 그림 14와 16은 부분 제어( $\theta=50$ )를 사용하였을 때 각 셀의 손실률의 변화를 알 수 있다. 우선권 1을 가진 셀에 대해서 셀손실률은 기준이하로 낮아지고 우선권 2를 가진 셀에 대해서 셀 손실률은 증가하지만 우선권 2셀의 기준에 만족되지 않을 수 있다. 그림 17와 18은  $\theta$ 를 변화시켰을 때 각각 우선권 셀에 대한 셀 손실률을 보여준다. 높은 우선권 1셀은 제어에 민감하게 반응하지 않지만 우선권 2셀은 민감하게 반응한다. 우선권 2셀의 변화폭이 크고 우선권 2셀의 손실률 기준을 넓게 지나기 때문에 버퍼임계치의 변동을 민감하게 하지않아도 됨을 알 수 있다.

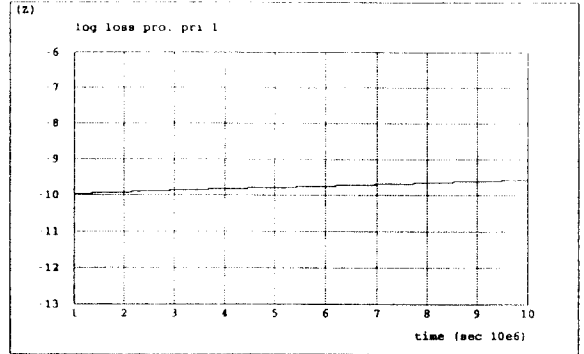


그림 13. 버퍼제어를 하지 않을때 우선권 1을 가지는 셀에 대한 손실률

Fig. 13. The priority 1 cell loss probability with no control

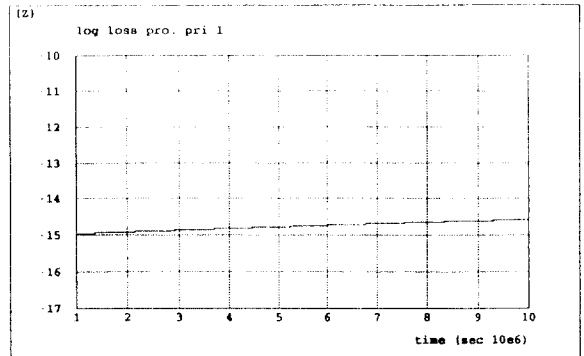


그림 14. 버퍼제어를 할때 우선권 1을 가지는 셀에 대한 손실률

Fig. 14. The priority 1 cell loss probability with control

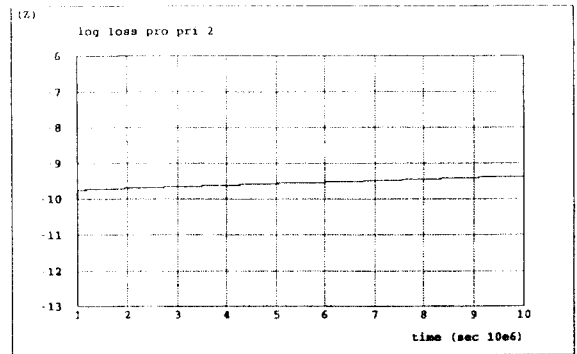


그림 15. 버퍼제어를 하지 않을때 우선권 2를 가지는 셀에 대한 손실률

Fig. 15. The priority 2 cell loss probability with no control

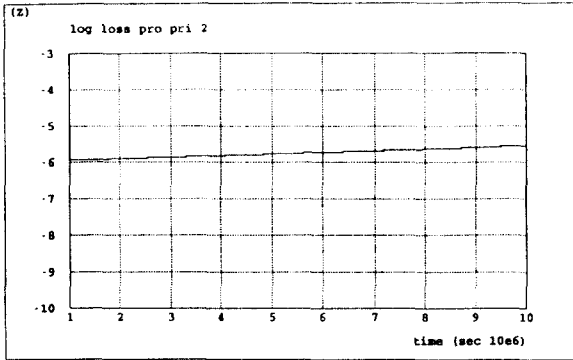


그림 16. 버퍼제어를 할때 우선권 2를 가지는 셀에 대한 손실률

Fig. 16. The priority 2 cell loss probability with control

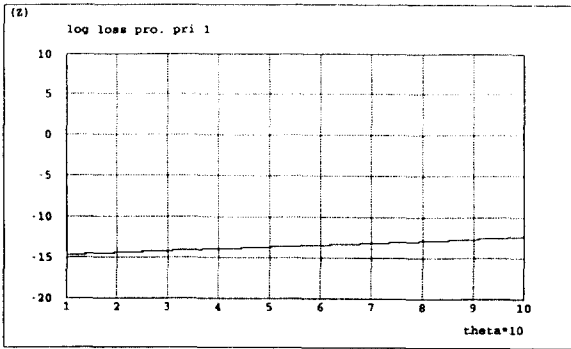


그림 17.  $\theta$ 에 따른 우선권 1 셀의 손실률

Fig. 17. The priority 1 cell loss priority as a function of  $\theta$

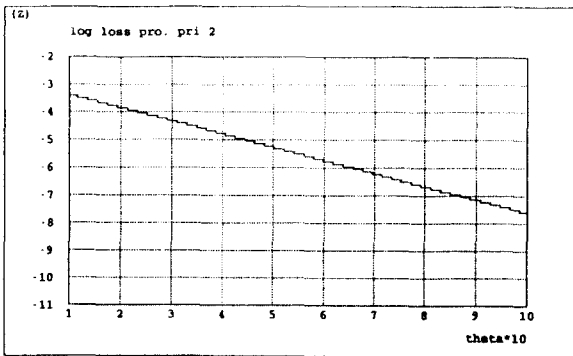


그림 18.  $\theta$ 에 따른 우선권 2 셀의 손실률

Fig. 18. The priority 2 cell loss priority as a function of  $\theta$

## VI. 결 론

본 논문에서는 B-ISDN의 ATM 스위치나 멀티플렉서에서 우선권 할당 메카니즘에 대한 3 상태 이산 시간 마코프 프로세스를 응용한 해석 모델을 제시하고 중요한 파라미터인 버퍼에서의 셀 손실률 등의 파라미터들을 시뮬레이션을 통하여 연구 분석 하였다.

네트워크 자원의 유용성을 향상하고 보다 나은 유연성을 제공하기 위해서 서로 다른 전송 품질의 지원의 우선권을 통해서 달성할 수 있으며, 우선권을 가진 시스템이 확실히 이점이 있으며, 낮은 우선권 셀에 적은 희생으로 높은 우선권 셀에 상당한 개선이 있음을 보였다.

높은 우선권 상태, 낮은 우선권 상태, 그리고 휴지 상태와 각 상태간의 천이를 확률로 표현한 3 상태 이산 시간 마코프 프로세스를 갖는 소스를 갖는 모델은 버스티니스를 소스에서 발생시키는 시뮬레이션에서 입증 할 수 있었다.

본 논문에서의 시뮬레이션의 결과들은 시스템 디자인에서 참조하면 보다 유연성있는 시스템 설계에 도움이 될 것이다.

## 참 고 문 헌

1. "Broadband aspect of B-ISDN ATM functional characteristics, ATM layer specification for B-ISDN, and B-ISDN adaption layer function description/specification," CCITT Draft Recommendation I.150
2. L.Kleinlock, Queueing Systems, Vol I, II Weley
3. M.Gerla and L. Kleinlock, "Flow Control : A comparative survey," IEEE Trans. on Comm.
4. K.Rothermel, "Priority Mechanisms in ATM Networks," Proc. IEEE GLOBECOM '90, Dec. 1990
5. J.S.C. Chen and R. Gallager, "Performance study of an input queueing packet switch with two priority class".
6. R.Krishna Thilakam, "The design and flow control of a high speed, integrated, packet switched network" Computer Network and ISDN Systems 25(1992)

이 충 훈(Chung Hoon Lee)

정회원

1968년 12월 10일생

1992년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1994년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업(공학석사)

※주관심분야: 광대역 통신망

최 창 수(Chang Soo Choi)

정회원

1966년 1월 15일생

1990년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1992년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업(공학석사)

1992년 3월 ~ 현재 : 광운대학원 전자공학과 박사과정

※주관심분야: 광대역통신망, 무선통신시스템

강 준 길(June Gill Kang)

정회원

1945년 2월 15일생

1972년 3월 ~ 1976년 3월 : 광운대학교 전자공학과 전임강사

1979년 9월 ~ 1984년 2월 : 광운대학교 전자공학과 부교수

1980년 9월 ~ 1981년 2월 : 미국 MIT 전자공학과 객원연구원

1984년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 교수

1992년 ~ 현재 : 광운대학교 공과대학 학장