

# ATM 네트워크에서 사용자 레벨 우선 순위를 고려한 셀 마킹 및 우선 순위 제어

오 창 세\* 김 태 윤\*\*

## 요 약

본 연구에서는 ATM 네트워크 트래픽 제어에서 사용되는 셀 마킹 기법의 문제점을 제시하고 사용자 레벨의 우선 순위를 고려한 확장된 셀 마킹 기법을 제안하였다. 기존의 트래픽 모니터링 기법에서는 셀의 트래픽 규약 위반 사항만을 가지고 셀의 CLP 비트를 1로 마킹하였다. 이렇게 함으로써 낮은 순위의 셀이 늘어나고, 사용자 레벨의 우선 순위와는 상관없이 셀의 등급이 낮아지게 되었다. 본 연구에서는 FCI 비트와 CLP 비트를 결합하여 3 레벨의 우선 순위 방식을 제안한다. CLP=0인 셀의 레벨을 2 단계로 구분하였다. 결과적으로 제안한 기법이 기존의 방법보다 높은 순위 셀을 더 많이 보존할 수 있었으며 높은 순위의 셀 손실도 줄일 수 있었다. 또한 제안한 3 레벨에 대해 두개의 임계치를 갖는 부분 버퍼 공유 기법(PBS: partial buffer sharing)으로 성능을 분석하였다. 분석 결과 두개의 임계치를 갖는 PBS가 우선 순위 없는 기법이나 한개의 임계치를 가진 PBS 보다 더 효율적인 제어가 가능하였다.

## Cell Marking and Priority Control Considering User Level Priority in ATM Network

Chang-Sei Oh\* and Tai-Yun Kim\*\*

### ABSTRACT

In this study the problems of cell marking method used in the field of ATM network traffic control are presented. Also an extended cell marking method considering the user level priority is proposed. The conventional traffic monitoring schemes set the CLP bit of a cell to 1 only under the circumstance of the violation of traffic contract. It causes that the number of low level cells increases and the levels of cells are lowered regardless of the user level priority. The three level priority control method combining FCI bit with CLP bit has also been proposed. It divides CLP=0 cells into two levels. Consequently, the proposed method preserves more cells in high level than the conventional one and the real loss of high level cells can be reduced. The performance of the proposed scheme has also been analyzed by the PBS (partial buffer sharing) with two thresholds for the proposed three levels. The result shows that the PBS with two thresholds can give more efficient control than the scheme with no priority, or the PBS with one threshold.

### 1. 서 론

ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 서로 다른 특성을 지닌 다양한 통신 서비스를 제공하는 광대역 종합 통신망(B-ISDN: Broadband In-

tegrated Services Digital Networks)의 표준으로 자리를 잡고 있다. ATM 네트워크는 다양한 전송 속도의 서비스들을 유연하게 서비스할 수 있도록 가변 전송 비트율의 트래픽들을 통계적으로 다중화하여 처리하고 비동기식으로 채널을 할당한다.

그러나 이러한 유연성과 효율성 외에 ATM 네

\*준 회원 : 고려대학교 전산과학과 석사과정  
\*\*정 회원 : 고려대학교 전산과학과 교수  
논문접수 : 1994년 10월 13일, 심사완료 : 1994년 11월 16일

트위크에서는 고속 전송에 따른 여러가지 지연과 멀티 미디어 트래픽의 버스트(burst) 특성, 다양한 서비스 품질(QOS: quality of service)의 요구들로 인하여 트래픽 제어가 매우 어려워진다. 따라서 ATM 네트워크에서는 현재까지 사용되던 방법과는 다른 차원의 트래픽 제어 방법이 필요하다[3, 16].

지금까지 제시된 ATM의 트래픽 제어는 크게 두 가지 방식으로 나눌 수 있다[3, 4, 16, 19]. 첫 번째 방식은 네트워크 내의 트래픽이 과밀되어 폭주 상태에 이르기 전에 미리 예방하는 차원의 제어이고, 두 번째 방식은 폭주가 발생한 후 이에 대한 적절한 조치를 취하는 반응적 차원의 제어이다. 이중에 반응적 차원의 제어는 폭주가 발생한 후 그에 대한 피드백 정보를 사용하기 때문에 고속의 네트워크에서는 그 파급 효과가 너무 크다. 따라서 반응적 차원의 제어보다는 예방적 차원의 제어가 많이 사용된다.

ITU 권고안에 규정된 예방적 차원의 트래픽 제어 기법으로는 호출 승인 제어(CA: call admission control), 사용/네트워크 파라미터 제어(UPC/NPC: usage/network parameter control), 네트워크 자원 관리(NRM: network resource management)와 우선 순위 제어(PC: priority control) 등이 있다[11]. 이 중에서 사용 파라미터 제어(UPC)는 호출의 연결 승인시 제시한 트래픽 파라미터를 위반한 셀에 대해 ATM 셀의 헤더에 있는 CLP 비트를 1로 마킹함으로써 위반 사항을 표시한다.

원래 CLP 비트는 그 값이 0인 셀이 사용자 또는 응용 레벨에서 1인 셀보다 높은 우선 순위를 갖는다는 중요도 표시를 위해 고안된 것이다. 이러한 CLP 비트를 트래픽 위반 사항 표시를 위해 다시 사용한다면 하나의 CLP 비트로 두가지 내용을 중복 사용하는 결과를 초래한다[4, 9]. 따라서 이러한 문제를 제어하기 위한 CLP 비트 마킹 기법에 관한 연구가 수행되어야 한다.

본 연구에서는 UPC에서 사용되는 기존의 CLP 비트와 FCI(forward congestion indicator)

비트를 결합하여 마킹을 수행하는 기법을 제안한다. FCI 비트는 셀의 폭주 경험 여부를 나타내는 비트로 그 값이 0인 것이 1보다 우선 순위가 높은 것으로 간주한다. CLP 비트가 0인 높은 순위의 셀을 FCI 비트의 값에 따라 다시 2 단계로 구분하여 총 3 단계 우선 순위 제어를 실행하며, 제안된 기법에 대한 성능 분석을 수행한다.

기존의 CLP 비트 마킹 기법에서는 트래픽 파라미터에 따른 트래픽 요구 사항의 위반 셀들에 대해 무조건 CLP 비트를 1로 마킹하였다. 그러나 제안한 방법에서는 위반 사항 외에 FCI 비트의 값과 연속된 위반 셀의 개수 등을 고려하여 마킹한다. 또한 이러한 3 단계 우선 순위는 2개의 임계치를 갖는 부분 버퍼 공유(PBS: partial buffer sharing) 기법에도 적용이 가능하다[20].

이렇게 함으로써 결과적으로 사용자나 응용 레벨의 우선 순위 셀과 트래픽 규약 위반 셀을 구분하여 CLP=0인 셀의 폐기가 감소된다. 또한 2개의 임계치를 갖는 PBS를 사용함으로써 임계치가 하나인 PBS에서 보다 더 많은 허용 부하와 유연성을 얻을 수 있다. 셀의 마킹과 이를 통해 폐기될 셀의 선택에 한 단계 제한을 더 더함으로써 버려지게 되는 셀의 우선 순위를 낮게 조정할 수 있다. 따라서 높은 순위 셀의 폐기가 줄어들며, 낮은 순위 셀의 개수가 기존의 방법보다 줄어들어 CLP=1인 셀의 수가 덜 생성되었다.

## 2. UPC 기법들과 CLP 비트 마킹의 문제점

UPC는 네트워크 진입부 앞에서 사용자 각각의 가상 회선(VC: virtual circuit) 또는 가상 경로(VP: virtual path)에 대해 허용된 트래픽 파라미터에 따른 준수 여부를 감시한다[11, 12, 15]. 소스측의 의도적 또는 기타 원인의 위반이 발견되면 위반 셀들을 버리거나, 셀의 CLP 비트를 1로 마킹한 후 네트워크로 유입시킨다. 또한 후에 폭주 상태가 발생할 경우, CLP=1인 셀을 우선적으로 폐기시킨다.

지금까지 제시된 UPC 알고리즘에는 리키 버

켓(leaky bucket)과 그 변형 기법, 시간 윈도우(time window)에 기반을 둔 기법 등이 있다[2, 5, 9, 13, 15].

2.1 리키 버킷과 그 변형 기법

2.1.1 전형적인 리키 버킷

(그림 1) (a)의 전형적인 리키 버킷에서는 토큰 풀에서 토큰을 얻을 수 있는 셀만 네트워크로 전송될 수 있다. 토큰은 일정한 비율로 생성되어 토큰 풀에 저장된다. 또한 토큰 풀은 유한한 크기를 가지는데, 이것은 보통 버스트(burst) 크기를 나타낸다. 토큰을 얻지 못한 셀은 트래픽 위반 셀로 간주되어 바로 폐기된다[4, 5, 9, 13].

2.1.2 가상 리키 버킷

리키 버킷의 단점은 네트워크의 부하가 적을 경우에도 토큰 생성 비율에 따른 제어를 수행한다는 것이다. 또한 장기간의 평균 셀 전송률이 허용된 범위 안에 있음에도 불구하고 단기간의 관측으로 셀이 폐기될 수 있다. 이것을 해결하기

위해 (그림 1) (b)의 가상 리키 버킷이 제안되었다.

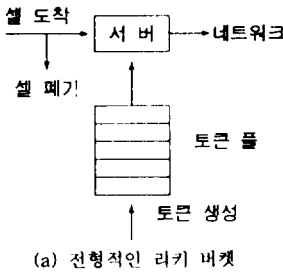
가상 리키 버킷에서 토큰을 얻지 못한 셀은 트래픽 위반이라는 마킹을 하여 전송하고, 토큰을 얻은 셀은 마킹을 하지 않고 전송한다. 이 셀들이 폭주 상태의 노드에 도착하게 되면 위반 표시된 셀을 우선적으로 폐기시킨다. 이렇게 함으로써 리키 버킷의 단점을 어느 정도 극복할 수 있다.

이외에도 두개의 토큰 풀을 갖는 리키 버킷, 스페이서를 갖는 리키 버킷 등이 제안되었다.

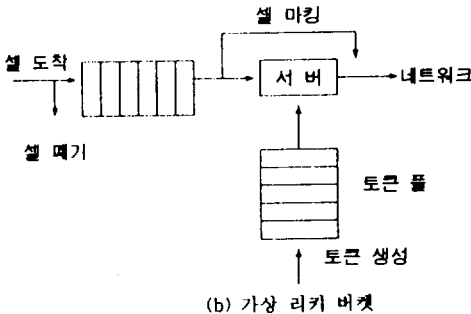
2.2 시간 윈도우(time window) 기반 알고리즘

2.2.1 Jumping Window (JW)

JW는 일정 간격의 시간 윈도우 동안 도착한 셀의 수를 세어 그 값이 일정 한계치 N을 넘으면 그 이후는 위반으로 판단한다. 트래픽 요구 사항 위반은 이 윈도우 안에 있는 셀의 수가 임계치 N을 넘을 경우 발생한다. 위반 셀에 대해서는 리키 버킷과 마찬가지로 버려지거나 마킹을 하여 전송된다. (그림 2)는 JW의 개념적인 모델로 T는 시간 윈도우의 기간이고 N은 T 동안 허용되는 최대 셀의 수이다.

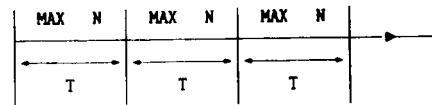


(a) 전형적인 리키 버킷



(b) 가상 리키 버킷

(그림 1) 리키 버킷 모델  
(Fig. 1) Leaky Bucket Model



(그림 2) Jumping Window 모델  
(Fig. 2) Jumping Window Model

2.2.2 그 외의 윈도우 기법

그 외의 시간 윈도우 기반 기법으로는 TJW (triggered jumping window), EWMA (exponentially weighted moving average), MW (moving window) 등이 있는데, 이들은 JW의 기본 개념을 조금씩 변형한 기법들이다.

TJW는 시간 윈도우가 JW에서 처럼 연속되는 것이 아니라 도착하는 처음 셀에 의해서 시작된다. EWMA는 윈도우마다 허용되는 셀의 수가

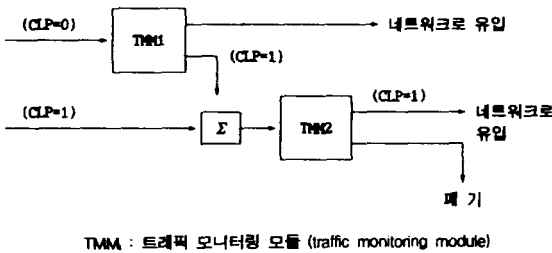
이전 윈도우들에서 허용된 평균 셀 수의 지수 가 중치로 표시된다. MW는 흔히 SW (sliding window)라고도 불리우며 시간축을 따라 꾸준히 이동하는 윈도우이다.

일반적으로는 리키 버킷이 시간 윈도우 기반의 기법들보다 성능이 낮다고 알려져 있다[5, 9, 13, 15]. 또한 ITU에서도 UPC 기법으로 리키 버킷을 권고하고 있다.

**2.3 CLP 비트 마킹의 문제점**

현재까지 사용되고 있던 UPC의 CLP 비트 마킹 방법은 호 설정시 미리 정의된 트래픽 파라미터를 위반한 셀에 대해서 CLP 비트를 1로 마킹한 후 네트워크로 유입시키는 것이었다. 그리고 나중에 폭주 상태에 이르렀을 경우에 우선적으로 마킹된 셀을 폐기하는 것이다.

이렇게 트래픽 위반 사항을 감시하는 것을 트래픽 모니터링이라고 한다. (그림 3)에서 보면 트래픽 모니터링 모듈 TMM1은 CLP=0인 셀 중에서 트래픽 규약을 위반한 셀에 대해 CLP=1로 마킹을 한다. 마킹된 셀은 원래 CLP=1인 셀과 함께 TMM2의 감시를 받는다. CLP=1인 셀들은 폭주 상태의 네트워크에 도착했을때 우선적으로 폐기된다[1].



(그림 3) 트래픽 모니터링 기법  
(Fig. 3) Traffic Monitoring Scheme

그러나 CLP 비트가 트래픽 위반 여부를 표시하는 기능 이전에 사용자나 응용 레벨에서 셀의 중요도를 구분하는 본래의 기능이 있다는 데서 문제가 발생한다.

Bit	8	7	6	5	4	3	2	1
Byte	GFC				VPI			
1	VPI				VCI			
2	VCI							
3	VCI				Payload Type		RES	CLP
4	HEC							
5								

(그림 4) ATM 셀의 헤더 형식  
(Fig. 4) ATM Cell Header Format

CLP 비트가 1로 되어 있는 경우 이 셀이 트래픽 규약을 위반한 셀인지 사용자 레벨의 우선 순위가 낮은 셀인지 구분할 수 없다는 것이다. 개념적으로는 4 단계가 필요한데 하나의 비트밖에 없으므로 이를 중복 사용함으로써 야기되는 문제이다[1, 4, 9]. (그림 4)는 ATM 셀의 헤더 형식이다.

Vincent Bammel은 이것을 효율적으로 제어하기 위해 <표 1>과 같이 ATM 셀의 예약(reserved) 비트와 CLP 비트를 결합한 4 단계의 우선 순위 기법을 제안하였다[17].

그러나 1993년의 ITU 권고안 I361에서 이 예약(reserved) 비트를 셀의 유료 부하 타입(payload type)에 포함시켜서 사용하기 때문에 실질적인 해결책이 되지 않는 못한다[10]. 변경된 유료 부하 타입의 내용은 <표 2>와 같다.

(표 1) Vincent Bammel의 4 단계 우선 순위  
(Table 1) Vincent Bammel's Four Level Priority

RES	CLP	셀 상태
0	0	vital, non-excessive
0	1	vital, excessive
1	0	non-vital, non-excessive
1	1	non-vital, excessive

사용자 레벨의 우선 순위 : vital, non-vital  
트래픽 파라미터 위반 표시 : excessive, non-excessive

(표 2) 유료 부하 타입  
(Table 2) Payload Type

		유료 부하 타입 (Payload Type)			CLP
비트 번호	4	3 (FCI)	2 (reserved)	1	
내용	사용자 데이터 / OAM 셀	폭주 상태 경험 여부 표시	사용자 Signalling 표시	셀 손실 우선 순위	

〈표 2〉에서 번호 4인 첫번째 비트는 사용자 셀과 OAM(operation and maintenance) 셀을 구분하는 것이고, 두번째 비트는 해당 셀의 폭주 경험 여부를 나타내며, 세번째 비트는 서비스 데이터 유닛 타입을 나타낸다. 이 중 두번째 비트는 흔히 FCI(forward congestion indicator) 비트라고도 불리우는데, 이것은 폭주 상태를 네트워크의 앞 부분으로 알려주기 때문이다[1, 8, 14].

이러한 예약 비트의 사용 문제 외에도 CLP=0인 셀을 마킹을 통하여 CLP=1인 셀로 만들으로써, 사용자나 응용 레벨에서 중요하고 의미 있는 정보를 갖고 있는 셀이 중요도에 관계없이 우선 순위가 낮아질 수 있다는 문제점이 있다. 또한 마킹을 통하여 CLP=1인 셀의 수가 너무 많아지게 된다는 단점도 있다.

지금까지 알아본 UPC 기법들은 고유의 방법들로 트래픽 파라미터 위반 셀을 결정하여 폐기시키거나 마킹을 하였다. 그러나 이것은 사용자나 응용 레벨에서 표시한 셀의 중요도를 전혀 고려하지 않았다는 점에서 효율적이지 못하다. 따라서 기존의 방법에 사용자나 응용 레벨의 우선 순위를 고려하면서 마킹을 수행하는 방법이 필요하다.

### 3. FCI 비트를 이용한 셀 마킹 및 우선 순위 제어

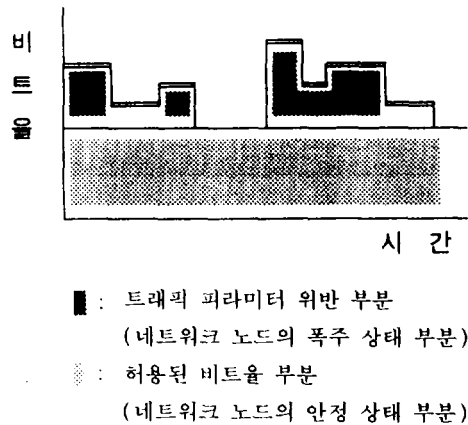
본 연구에서 제안한 기법은 개념적으로는 Vincent Bammel[17]의 기법을 따르게 된다. 그러나 ATM 셀의 예약 비트를 사용할 수 없으므로 실질적인 4 단계의 구분은 불가능하다. 따라서 현재의 CLP 비트 하나로는 2 레벨의 우선 순위만 사용할 수 있으므로 더 많은 우선 순위를 표현하기 위해서는 다른 비트가 추가로 더 필요하게 된다.

#### 3.1 FCI 비트를 이용한 3 레벨 셀 마킹

현재의 CLP 비트 체계를 유지하면서 CLP=0인 셀의 마킹에 추가적인 구분을 둔다. 기존의

CLP=0인 셀의 마킹은 트래픽 위반 셀에 대하여 무조건 CLP=1로 만들었다. 그러나 본 기법에서는 CLP=0인 셀을 FCI 비트와 결합하여 다시 2 단계로 구분한다.

여기서 FCI 비트를 선택한 것은 FCI 비트가 트래픽 파라미터 위반 셀들을 선정하는 것과 성격이 유사하기 때문이다. (그림 5)는 CLP 비트와 FCI 비트의 유사성을 나타낸 그림이다.

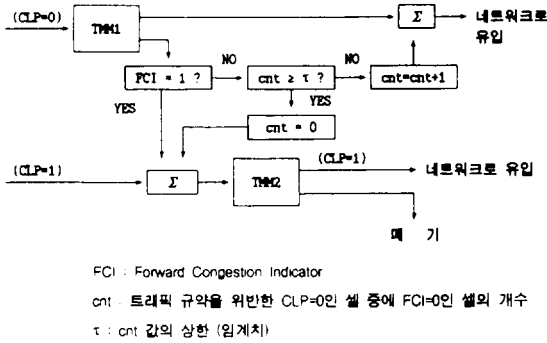


(그림 5) 트래픽 위반 vs. 네트워크 폭주 상태  
(Fig. 5) Traffic Violation vs. Network Congestion State

(그림 5)를 하나의 호출 기준으로 보면 ■로 표시된 부분은 허용 비트율을 초과한 트래픽 규약 위반으로 UPC에서 마킹을 수행하는 부분이다. 다시 이것을 네트워크의 스위칭 노드 단위로 생각하면 ■로 표시된 부분은 폭주를 일으키는 부분으로 볼 수 있다. 즉 호출을 기준으로 할 때의 위반 부분은 CLP 비트로 마킹을 하고 노드 단위의 폭주 발생 상황은 FCI 비트를 마킹하기 때문에, FCI 비트가 마킹 되어 있는 셀은 그렇지 않은 셀보다 우선 순위가 낮다고 간주할 수 있다. 또한 A. E. Eckberg[1]도 CLP 비트와 FCI 비트를 함께 사용하여 폭주 상태의 처리를 수행하고 있다.

(그림 6)은 (그림 3)의 트래픽 모니터링 기법에 제안한 내용을 추가한 그림이다. (그림 3)과 (그림 6)을 비교해 보면 트래픽 모니터링 모듈

TMM1에서 트래픽 위반 셀이 CLP=1인 셀과 합쳐져서 TMM2로 가는 과정에 몇 단계가 추가된 것을 알 수 있다. CLP=1로 마킹되는 CLP=0인 셀의 수를 줄이기 위한 부분이다.



(그림 6) 수정된 트래픽 모니터링 기법  
 (Fig. 6) Revised Traffic Monitoring Scheme

기존의 방법에서는 트래픽 규약 위반 셀은 모두 CLP=1로 마킹하였는데, 본 기법에서는 FCI=1인 CLP=0 셀들에 주로 마킹을 수행한다. 또한 FCI=0이며 CLP=0인 셀의 트래픽 위반을 제어하기 위해 추가로 이러한 셀들의 수를 계산하기 위한 계수기를 두어 이 값이 임계치를 넘을 경우 마찬가지로 마킹을 수행한다. 즉 CLP=0이고 FCI=0인 트래픽 위반 셀들은  $\tau$ 개마다 마킹을 함으로써 어느 정도의 위반은 허용한다. 이것은 Vincent Bemme[17]의 FLB (Forgiving Leaky Bucket)와 유사한 개념이다.

CLP=0인 순위의 셀들을 다시 FCI 비트를 이용하여 2 단계로 구분하여 <표 3>과 같이 총 3 단계의 우선 순위 제어를 수행한다.

<표 3> FCI 비트를 사용한 3 단계 우선 순위  
 (Table 3) Three Level Priority Using FCI Bit

CLP	FCI	우선 순위	트래픽 규약 위반시 처리 사항
0	0	레벨 1	cnt $\geq \tau$ : CLP=1로 마킹 & cnt = 0 otherwise : cnt = cnt + 1
0	1	레벨 2	CLP=1로 마킹
1	X	레벨 3	이미 CLP=1이므로 그냥 통과

### 3.2 3단계 버퍼 관리

FCI 비트를 이용한 3 단계의 우선 순위는 마킹 기법 외에 버퍼 관리 기법에도 적용될 수 있다. 버퍼 관리는 크게 시간 우선 순위와 손실 우선 순위 제어로 나눌 수 있는데 본 연구에서는 손실 우선 순위 제어에 적용한다[7, 12, 18].

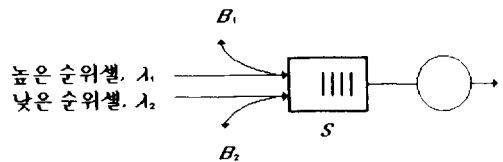
#### 3.2.1 시간 우선 순위 제어

시간 우선 순위 제어는 버퍼 내에 하나 이상의 셀이 있는 경우 우선 순위가 높은 셀을 먼저 전송함으로써 우선 순위가 높은 셀의 대기 지연 시간을 줄이는 방법이다. 여기에는 HOL(head of line), HOL-PJ(head of line with priority jumps) 등의 기법이 있다[4, 12].

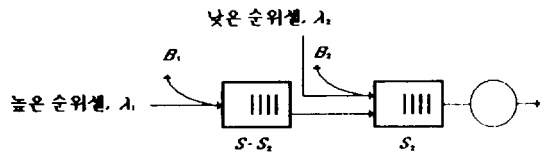
#### 3.2.2 손실 우선 순위 제어

손실 우선 순위 제어는 우선 순위가 높은 셀의 손실률을 줄이기 위한 방법으로 버퍼의 용량이 부족할 경우 낮은 순위의 셀을 선택적으로 폐기시키는 방법이다. 이때 폐기시키는 구분에 따라 크게 푸쉬 아웃(push-out) 기법과 부분 버퍼 공유(partial buffer sharing) 기법으로 나눈다[6, 7, 9, 12, 15].

(그림 7) (a)의 푸쉬 아웃 기법은 버퍼가 다 찰 때까지는 그냥 셀들을 받아들인다. 버퍼가 다



(a) 푸쉬 아웃 기법



(b) 한개의 임계치를 갖는 PBS 기법

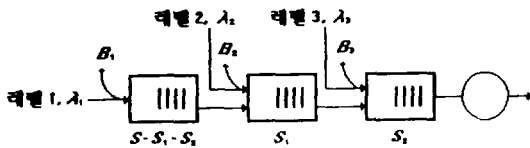
(그림 7) 손실 우선 순위 제어  
 (Fig. 7) Loss Priority Control

차고 난뒤 도착한 셀은 버퍼 내에 현재 도착한 셀보다 낮은 순위의 셀이 있을 경우 그 낮은 순위 셀은 폐기시키고 그 위치에 저장시킨다. S는 버퍼 크기이고,  $\lambda_1, \lambda_2$ 는 각각 순위별 도착률이며,  $B_1, B_2$ 는 순위별 허용 손실률이다.

(그림 7) (b)의 부분 버퍼 공유 기법 PBS는 버퍼 내에 임계치  $S_2$ 를 두어  $S_2$ 까지는 버퍼를 공유하여 셀들을 구분없이 받아들이지만 임계치를 넘어섰을 경우, 즉  $S-S_2$  부분에서는 높은 순위의 셀만 받아들이는 방식이다.

3.2.3 2개의 임계치를 갖는 PBS

본 연구에서 제안한 3 단계 우선 순위 기법에 적용하기 위해 (그림 8)과 같이 [20]에서 제안한 2개의 임계치를 가진 PBS를 사용한다.



(그림 8) 2개의 임계치를 갖는 PBS  
(Fig. 8) PBS with Two Threshold Values

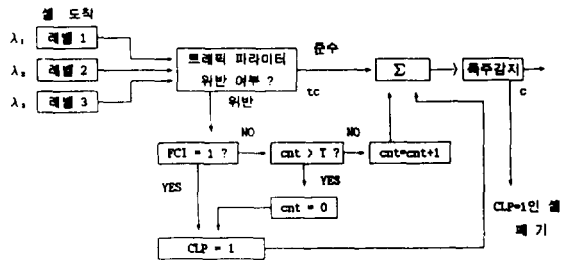
(그림 8)에서의 3 단계 우선 순위는 <표 3>에서 나타낸 것과 같다. 레벨 3인 셀은 임계치  $S_2$ 까지 받아들이고, 레벨 2는  $S_1$ 까지 받아들이고, 레벨 1인 셀은 버퍼 크기인 S까지 버퍼에 받아들여지게 된다.

4. 성능 평가 및 분석

본 장에서는 3장에서 제안한 FCI 비트를 이용한 셀 마킹과 2 개의 임계치를 갖는 PBS의 모델을 설정하여 시뮬레이션을 통해 성능을 평가하고 분석하였다. 시뮬레이션은 MIT에서 개발한 사건 지향(event-driven) 시뮬레이션 라이브러리인 smpl을 사용하였다. 셀 손실률의 경우 레벨 1은  $10^{-7}$ , 레벨 2는  $10^{-5}$ , 레벨 3은  $10^{-4}$  이하를 만족하도록 시뮬레이션을 수행하였다.

4.1 셀 마킹 기법의 모델링 및 분석

(그림 9)는 제안한 셀 마킹 기법 모델이다.



(그림 9) FCI 비트를 이용한 셀 마킹 모델  
(Fig. 9) Cell Marking Model Using FCI Bit

<표 4>는 (그림 9)에서 사용되는 파라미터의 내용과 값들이다. <표 4>에서 각 레벨별로  $\lambda$  값을 변화시키면서 도착 비율에 따른 셀 마킹률, 셀 레벨 보존률 등을 분석하였고 트래픽 위반률 tc의 경우 Erwin P. Rathgeb[5]에서 평균적으로 나타나는 위반률  $10^{-2}$ 를 선택하였다.

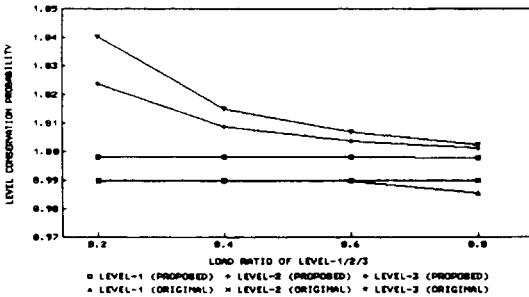
<표 4> 셀 마킹 모델의 파라미터  
(Table 4) Parameter of Cell Marking Model

파라미터	내용	값
$\lambda$	셀 전체 도착률	1.0
$\lambda$	레벨 i 셀의 도착 비율	$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$
tc	트래픽 규약 위반률	$10^{-2}$ 이하
c	폭주 발생률	$10^{-4} \sim 10^{-5}$
T	트래픽 위반 레벨 i 셀의 허용 한도	5

실제로 트래픽 위반에 대한 기준은 비율로 나타나는 것이 아니라, 셀들이 도착하는 트래픽 유형과 여러가지 파라미터(평균 비트율, 최대 비트율, 버스트 길이 등)에 따라 다르게 나타난다. 그러나 제안한 기법이 트래픽 위반 셀들을 판단하는 기준을 정하는 것이 아니고, 이미 트래픽 위반으로 밝혀진 셀에 대한 처리이므로 위와 같이 단순화시켜 성능을 분석하였다.

폭주 발생률 c는 셀 손실에 직접적인 영향을 주는 파라미터로, 주어진 레벨별 허용 셀 손실률을 만족하도록  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  사이에서 조절하였다.

(그림 10)은 레벨별 도착 비율에 따라 나타나는 각 레벨의 셀 보존률을 나타낸 그래프이다. 기준이 아닌 나머지 두 레벨의 셀들은 같은 비율로 가정하였다. 레벨 1 셀의 마킹에 제한을 더 두었으므로, 제안한 기법의 보존률이 기존의 기법의 보존률보다 1.0에 가깝게 유지되고 있다. 제안한 셀 마킹 기법이 기존의 기법보다 마킹을 덜 수행하여 낮은 순위의 셀들을 덜 생성하고 있다는 것을 나타낸다. 사용자 레벨에서의 높은 중요도를 갖는 셀이 트래픽 규약 위반으로 인해 임의적으로 UPC에서 순위가 낮아지는 것을 방지하고 있다.

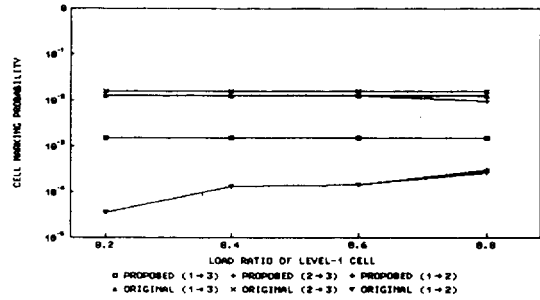


(그림 10) 셀 레벨 보존률 vs. 도착 비율  
(Fig. 10) Cell Level Conservation Probability vs. Arrival Rate  
( $t_c = 1.0E-2, c = 5.0E-5$ )

다음으로 높은 순위 셀의 비율에 따른 셀 마킹률을 알아 보기 위해 레벨 1 셀의 도착 비율을 변경시키면서, 이에 따라 변화하는 CLP=0인 셀 (레벨 1, 레벨 2)의 셀 마킹률을 조사하였다. (그림 11)에서처럼 트래픽 위반에 의한 CLP 비트의 마킹과 폭주 상태의 경험 여부를 나타내는 FCI 비트의 마킹, 두가지를 대상으로 하였다.

레벨 1 셀의 CLP 비트 마킹, 즉 레벨 1에서 레벨 3으로 바뀌는 것은 제안한 기법이 기존의 기법보다 마킹률이 훨씬 적다. 그러나 레벨 2에서 레벨 3으로의 CLP 비트 마킹이나, 레벨 1에서 레벨 2로의 FCI 비트의 마킹은 기존 기법이 제안 기법보다 조금 낮은 마킹률을 보이고 있다. 이것은 제안 기법이 사용자 차원에서 높은 순위인 레벨 1 셀의 레벨 이동을 줄이고 있기 때문이

다. 이 내용은 (그림 10)의 셀 레벨 보존률과 상 대되는 개념이라고 할 수 있다.



(그림 11) 레벨 1 셀의 도착 비율 vs. CLP=0 셀의 마킹률  
(Fig. 11) Arrival Rate of Level 1 Cell vs. Marking Probability of CLP=0 Cell  
( $\lambda_1 = \lambda_2, t_c = 1.0E-2, c = 5.0E-5$ )

또한 제안한 기법에서의 셀 손실률이 얼마나 향상되었는가를 알아 보기 위해 전체 셀의 개수, 레벨 1 셀의 도착 비율 등을 변화시키며 시뮬레이션을 수행하였다. 셀 손실률의 경우 레벨 3인 셀의 경우만 폐기의 대상이 되기 때문에 CLP 비트나 FCI 비트값을 기준으로 하여 마킹 이전의 레벨과 비교하여 최초 레벨로부터의 손실을 계산하였다.

$$\text{레벨 } i \text{ 셀의 손실률} = \frac{\text{최초 레벨 } i \text{ 인 셀의 손실개수}}{\text{최초 레벨 } i \text{ 인 셀의 총 개수}}$$

(표 5)는 전체 셀의 개수를 변화시키며 그에 따라 레벨별로 폐기되는 셀의 개수와 셀 손실률

(표 5) 전체 셀 개수 vs. 폐기된 셀의 개수 및 손실률  
(Table 5) Total Cell Number vs. Number of Discarded Cell & Cell Loss Probability

레벨	폐기된 셀의 개수 (셀 손실률)					
	레벨 1		레벨 2		레벨 3	
	제안 기법	기존 기법	제안 기법	기존 기법	제안 기법	기존 기법
20,000,000	0 (0.0)	8 (2.0E-6)	9 (2.3E-6)	9 (2.3E-6)	3,129 (2.6E-4)	3,121 (2.6E-4)
40,000,000	1 (1.2E-7)	18 (2.2E-6)	20 (2.5E-6)	20 (2.5E-6)	6,256 (2.6E-4)	6,239 (2.59E-4)
60,000,000	2 (1.7E-7)	28 (2.3E-6)	29 (2.4E-6)	29 (2.4E-6)	9,375 (2.6E-4)	9,349 (2.59E-4)
80,000,000	3 (1.9E-7)	36 (2.3E-6)	38 (2.4E-6)	38 (2.4E-6)	12,471 (2.59E-4)	12,438 (2.59E-4)
100,000,000	3 (1.5E-7)	42 (2.1E-6)	46 (2.3E-6)	46 (2.3E-6)	15,705 (2.62E-4)	15,666 (2.61E-4)

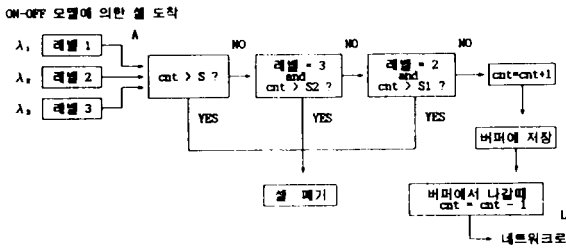
( $t_c = 1.0E-2, c = 15E-4, \lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = 2 : 2 : 6$ )



을 비교한 것이다. 표에서 볼 수 있듯이 레벨 1 셀의 경우는 제안 기법의 셀 손실률이  $10^{-1}$  배 정도 낮은 결과를 보인다. 그러나 레벨 3으로 내려가면서 제안 기법이 기존 기법보다 평균적으로  $2.5E-3$  배 정도의 셀을 더 폐기시킨다.

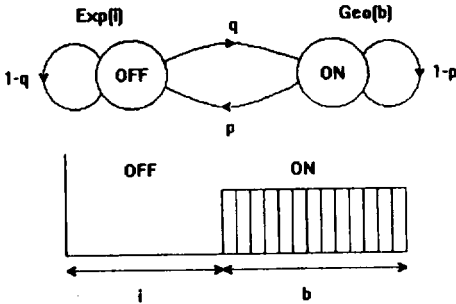
4.2 2개의 임계치를 갖는 PBS의 모델링 및 분석

(그림 12)는 2개의 임계치를 갖는 3 단계 PBS 기법의 모델이다.



(그림 12) 2개의 임계치를 갖는 PBS 모델 (Fig. 12) PBS Model with Two Threshold Values

트래픽 모델로는 ATM의 버스티(bursty) 특성을 가장 잘 나타내는 온-오프 모델(on-off model)을 사용하였다. 온-오프 모델을 사용하면, 온 상태에서는 최고 전송률로 셀을 계속적으로 발생시키며, 오프 상태에서는 셀들이 도착하지 않는다. <표 6>은 (그림 12)에 사용되는 파라미터의 내용이다.

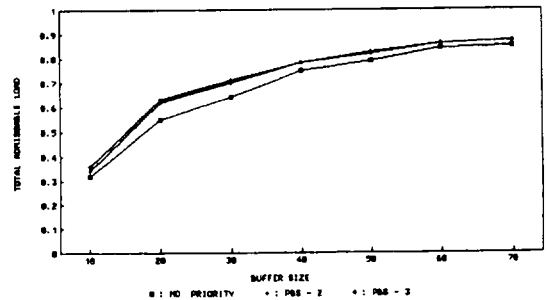


(그림 13) 온-오프 모델 (Fig. 13) On-Off Model

<표 6> 두개의 임계치를 갖는 PBS 모델의 파라미터 (Table 6) Parameter of PBS Model with Two Threshold Values

파라미터	내 용
$\lambda_i$	레벨 i 셀의 도착 비율 ( $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1$ )
A	셀들간 평균 도착 시간 (cells/ms)
L	평균 서비스 시간 (cells/ms)
$S_i$	버퍼 크기 S 내의 임계치
cnt	버퍼 내에 있는 셀의 갯수
$\rho$	부하 또는 트래픽 집중도 ( $\rho = AU$ )

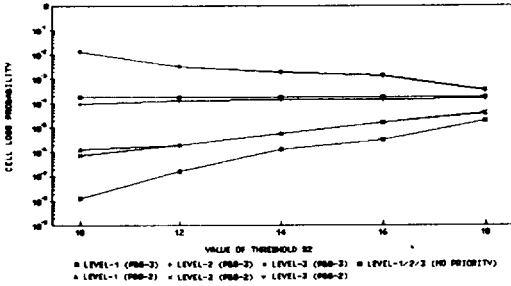
먼저 버퍼 크기를 10~70으로 변경시키면서 각 기법별로 허용하는 전체적인 부하를 (그림 14)에서 알아보았다. 전체적인 허용 부하는 레벨 1, 2, 3 셀의 허용 손실률을 만족하는 최대 부하를 의미한다. 임계치 두개를 갖는 3 단계 제어인 PBS-3이 우선 순위가 없는 기법이나 한개의 임계치를 갖는 2 단계 PBS-2보다 더 많은 부하를 허용하고 있다. 부분 버퍼 공유 기법들간의 비교인 PBS-2와 PBS-3의 경우에는 버퍼 크기가 커짐에 따라 차이가 거의 없어진다.



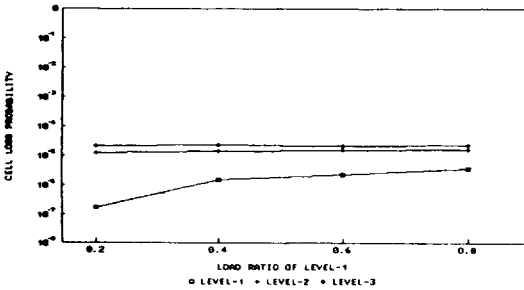
(그림 14) 버퍼 크기 vs. 전체적인 허용 부하 (Fig. 14) Buffer Size vs. Total Admissible Load ( $\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = 3 : 3 : 4$ , PBS-2 : 80%, PBS-3 : 80%, 90%)

(그림 15)는 버퍼 크기를 20으로 고정시켜 놓고 레벨별 임계치를 변화시켜가며 그에 따른 셀 손실률을 알아본 것이다. 버퍼 크기 20일 경우의 허용 부하인  $\rho = 0.6$  대신  $\rho = 0.7$ 로 하여 셀 손실률에 대한 비교를 조금 더 뚜렷이 할 수 있도록 하였다.  $\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = 3 : 3 : 4$ 로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 UPC의 셀 마킹과 마찬가지로 레벨 1의 높은 순위인 경

우에는 PBS-3이 낮은 손실률을 보였으나, 낮은 순위 셀로 내려갈 수록 PBS-2가 나은 결과를 보였다. 우선 순위가 없는 기법의 경우에는 세가지 우선 순위에 대해서 전반적으로 낮은 셀 손실률을 보였으나 높은 순위 셀의 QOS 유지에는 문제가 있는 것으로 보여진다.



(그림 15) 임계치 변화 vs. 셀 손실률  
(Fig. 15) Change of Threshold Values vs. Cell Loss Probability  
(PBS-2 : S2, PBS-3 : S2, S2+ (20-S2)/2)



(그림 16) 레벨 1 셀의 도착 비율 vs. 셀 손실률  
(Fig. 16) Arrival Rate of Level 1 Cell vs. Cell Loss Probability

다음으로 버퍼 크기 20, 임계치 S1을 19, S2를 18로 하고, 레벨 1 셀의 도착 비율을 변화시키면서 그에 따른 셀 손실률을 (그림 16)에 나타내었다. 부하  $\rho = 0.6$ 으로 하여 수행을 하였으며 기준이 되고 있지 않은 레벨 2, 3 셀의 도착 비율은 동일한 것으로 가정하였다.

그림에서 볼 수 있듯이 도착 비율 변화에 따라 레벨 1 셀의 손실률은 조금씩 높아지고 있으나, 레벨 2나 레벨 3 셀의 손실률은 거의 변동이 없

다. 즉 높은 순위의 셀이 많아져도 낮은 순위 셀의 QOS에 영향을 거의 주지 않음을 보여 준다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 ATM 네트워크의 트래픽 제어 중 사용 파라미터 제어인 UPC에서 사용되는 트래픽 모니터링 기법의 셀 마킹에 대한 문제점을 제시하고, 문제 해결 방법으로써 FCI 비트를 이용한 3 단계 우선 순위 기법을 제안하고 성능을 평가하였다.

기존의 셀 마킹 기법은 사용자 레벨의 셀 우선 순위를 고려하지 않고 트래픽 규약 위반 셀에 대해 임의로 CLP 비트를 마킹하여 이들간의 구분을 모호하게 하였다. 본 연구에서는 CLP 비트와 FCI 비트를 결합하여 CLP=0인 높은 순위 셀을 2 단계로 구분하였다. 이렇게 함으로써 셀 마킹 시 사용자 레벨에 대한 순위를 반영할 수 있도록 하였다.

모델링과 시뮬레이션을 통해 제안 기법의 성능을 분석한 결과, FCI 비트를 이용한 3 단계 우선 순위 제어는 셀 마킹시 높은 순위인 CLP=0 셀을 더 많이 보존하였다. CLP=1인 낮은 순위 셀들이 많아지는 것을 방지할 수 있었으며, 셀의 폐기에 있어서도 높은 순위의 셀이 폐기될 가능성을 낮게 조절하였다. 또한 2개의 임계치를 갖는 PBS에도 적용하여 높은 순위의 셀을 덜 폐기시키는 결과를 나타내었다. 특히 FCI 비트와 CLP 비트 둘다 고유의 기능을 그대로 유지하면서 사용하였기 때문에 기존의 기법들에 적용하기에 무리가 없었다.

향후 연구 과제로는 네트워크의 상태를 고려해서 본 연구에서 제안한 기법의 임계치들을 동적으로 조정하는 것에 대한 연구가 있다. 궁극적으로는 ITU 권고안에 적합하며, 사용자 또는 응용 레벨의 우선 순위와 트래픽 규약 위반 여부를 실질적으로 구분하는 4 단계 우선 순위에 대한 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

- [ 1 ] A. E. Eckberg, "B-ISDN/ATM Traffic and Congestion Control," *IEEE Network*, pp. 28-37, September 1992.
- [ 2 ] ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification," Version 3.0, PTR Prentice Hall, 1993.
- [ 3 ] C. Anthony Cooper and Kun I. Park, "Toward a Broadband Congestion Control Strategy," *IEEE Network Magazine*, pp. 18-23, May 1990.
- [ 4 ] Duke Hong and Tatsuya Suda, "Congestion Control and Prevention in ATM Networks," *IEEE Network Magazine*, Vol. 5, No. 4, pp. 10-16, July 1991.
- [ 5 ] Erwirt P. Rathgeb, "Modeling and Performance Comparison of Policing Mechanisms for ATM Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 9, No. 3, pp. 325-334, April 1991.
- [ 6 ] G. Gallassi, G. Rigolio and L. Fratta, "Bandwidth Assignment in Prioritized ATM Networks," *Proc. IEEE GLOBECOMM '90*, pp. 852-856, 1990.
- [ 7 ] Hans Kr ner, G rard H buterne, Pierre Boyer, and Annie Gravey, "Priority Management in ATM Switching Nodes," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 9, No. 3, pp. 418-427, April 1991.
- [ 8 ] Henry Gilbert, Bharat T. Doshi and Richard Zocolillo, "Developing a Cohesive Traffic Management Strategy for ATM Networks," *IEEE Communications Magazine*, October 1991.
- [ 9 ] Hiroshi Saito, "Teletraffic Technologies in ATM Networks," Artech House, 1994.
- [ 10 ] ITU-T Recommendation L361, "B-ISDN ATM Layer Specification," 1993.
- [ 11 ] ITU-T Recommendation L371, "Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN," 1993.
- [ 12 ] Karl Rothermel, "Priority Mechanisms in ATM Networks," *Proc. IEEE GLOBECOMM '90*, pp. 847-851, 1990.
- [ 13 ] Milena Butto, Elisa Cavallero and Alberto Tonietti, "Effectiveness of the "Leaky Bucket" Policing Mechanism in ATM Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 9, No. 3, pp. 335-342, April 1991.
- [ 14 ] Nanying Yin, Michael G. Hluchyj, "On Closed-Loop Rate Control for ATM Cell Relay Networks," *IEEE INFOCOMM '94*, pp. 99-108, 1994.
- [ 15 ] Raif O. Onvural, "Asynchronous Transfer Mode Networks: Performance Issues," Artech House, 1993.
- [ 16 ] Raj Jain, "Congestion Control in Computer Networks: Issues and Trends," *IEEE Network Magazine*, pp. 24-30, May 1990.
- [ 17 ] Vincent Bommel, Mohammad Ilyas, "A Unified Congestion Control Strategy in ATM Networks," *IEEE ICC '94*, pp. 1600-1604, 1994.
- [ 18 ] Yasushi Takagi, Shigeki Hino, and Tatsuro Takahashi, "Priority Assignment Control of ATM Line Buffers with Multiple QOS Classes," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 9, No. 7, pp. 1078-1092, Sep., 1991.
- [ 19 ] 한국전자통신연구소, "차세대 교환 기술 (ATM) 연구 개발," 1992.
- [ 20 ] 정현숙, 신호영, 박호균, 류황빈, "ATM 망에서 두개의 임계값을 갖는 PBS 기법에 관한 연구," *한국통신학회논문지*, Vol. 19, No. 1, pp. 56-65, January 1994.



오 창 세

1989년 고려대학교 영어교육과  
(학사)

1993년 고려대학교 전산과학과  
(학사)

1993~현재 고려대학교 전산과  
학과 석사과정

관심분야 : 컴퓨터 네트워크,  
ISDN, ATM망에서의 트래픽  
제어



김 태 윤

1981년 고려대학교 산업공학과  
(학사)

1983년 미국 Wayne State Uni-  
versity 전산과학과(석사)

1987년 미국 Auburn University  
전산과학과(박사)

1988~현재 고려대학교 전산과  
학과 교수

관심분야 : EDI 시스템, ISDN, 이동통신, 위성통신, 컴  
퓨터, 그래픽스