

# 셀 처리 요구 시간 및 우선 순위를 고려한 ATM 스위치의 성능 분석에 관한 연구

정회원 양우석\*, 이재호\*

## A Study of ATM Switch Performance Analysis in Consideration of Cell Processing Due Time and Priority

Woo suk Yang\*, Jae Ho Lee\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 버스트 트래픽 특성을 갖는 ATM 망에서 입력 버퍼 제어형 ATM 스위치의 서비스 룰 및 성능 문제점을 해결하기 위해 임의의 시간 간격을 갖고 입력되는 입력 트래픽의 전단에, 셀 다중화기를 두어 셀들을 다중 분리하고 각 셀들의 도착 시간 간격과 처리 요구 시간(duetime)을 "표기(marking)" 하여 각각의 입력 버퍼로 전송하고, 서버는 각 입력 버퍼의 헤더에 있는 셀 도착 시간 간격과 셀들의 처리 요구 시간을 비교하여 처리 요구 시간이 가장 작은 값을 가지는 셀을 우선 처리하여 전송토록 하였다. 이렇게 함으로써 실 시간적으로 빠르게 전송되어야 하는 셀들을 비실 시간적으로 전송되어도 되는 셀보다 먼저 전송하여 셀 처리 시간을 보장하고, 지연에 민감한 트래픽을 우선 처리함으로써 CBR 및 VBR의 트래픽 특성을 만족토록 하였다. 이러한 셀 처리 요구 시간 및 우선 순위를 고려한 ATM 스위치의 성능을 분석하기 위해서 각 출력 포트당 4개의 가상 버퍼를 설정하고 각각의 버퍼에 ATM Forum에서 권고하는 CBR/rt-VBR(셀 손실 및 지연 우선순위), nrt-VBR(셀 손실 우선순위), ABR(셀 지연 우선순위) 및 UBR(하위순위) 트래픽 특성에 따라, 셀의 도착 시간과 셀 처리 요구 시간을 다르게 부과하여 최적의 서비스 파라메타 값을 도출하고 각각의 트래픽 특성에 따른 서비스룰을 분석하였다.

### ABSTRACT

This paper suggested to solve ATM switch performance and service rate which was input buffer managed scheme in ATM network with burst traffic characteristics, For this purpose, ATM multiplexer is prepared before sending for handling burst random input traffic to multiplex and then sort based on cell inter-arrival time and cell processing due time which had been marked after that. The server looks for cell header with the most shortest due time and sends it, thus it is satisfied that real time traffic for instance CBR and rt-VBR was guaranteed cell processing time to send fast than non real time traffic. For analysis of ATM switch performance with cell processing due time and priority, each output port has divided into four different virtual buffer and each buffer has assigned different cell inter-arrival time and processing due time according to ATM Forum for example CBR/rt-VBR, nrt-VBR, ABR and UBR and showed it's optimal service parameters then analyzed service rate behaviors according to each traffic characteristics.

### I. 서론

광 대역 종합 정보 통신망은 화상회의, 고속의 데이터 전송, 고선명 화질 TV 및 비디오 전화등의 다

양하고 새로운 서비스 요구를 만족 시켜야한다. 이러한 유연한 서비스의 실현으로 ATM 망이 출현하였으며, 대부분의 ATM 망에서는 셀프 라우팅 개념의 구조를 갖고 셀의 헤더에 붙어있는 오버헤드를 보고 원하는 목적지로 정보를 전송한다. 이러한

\* 아주대학교 전자통신공학과

논문번호 : 98527-1207, 접수일자 : 1998년 12월 7일

ATM 망에서는 대기 형렬이 발생하게 되고 이 대기 형렬을 어떻게 처리하는가에 따라 ATM 스위치의 성능이 좌우된다. 이러한 스위치의 구조는 초과 셀의 처리 방법에 따라 입력버퍼 제어형, 내부 버퍼 제어형 및 출력 버퍼 제어형으로 구분할 수 있으며, 입력 버퍼 제어형은 HOL(head of line)에 의해 성능의 제약이 따르지만 구성이 용이한 장점을 갖는다<sup>[1][2]</sup>. 내부 버퍼 제어형은 각 스위치 노드에서 손실되는 셀을 저장하기 위해서 사용되어지나 스위치의 규모가 커지면 노드 버퍼의 복잡성이 급속히 증가하므로 소규모의 스위치에 적합하다<sup>[3][4]</sup>. 출력 버퍼 제어형은 효율을 개선하고 충돌을 회피하기 위해서 내부 속도를 높이는 방법을 사용하나 이 방법 역시 스위치의 복잡성을 증가시키며, 입력의 증가에 따라 셀의 손실도가 동시에 증가함을 알 수 있다<sup>[5][6]</sup>. 따라서 본 논문에서는 입력 버퍼 제어형의 성능 문제점을 해결하기 위해 임의의 시간 간격을 갖고 입력되는 입력 트래픽에 대해서, 셀 다중화기에서 다중화하여 각 셀의 도착 시간 간격과 처리 요구 시간(duel time)을 “표기(marking)”하여 각각의 입력 버퍼로 전송하고, 서버는 각 입력 버퍼의 맨 앞에 있는 셀 도착 시간 간격과 셀 처리 요구 시간을 비교하여 처리 요구시간이 가장 작은 값을 가지는 셀을 우선 처리하여 전송토록 하였다. 이렇게 함으로써 실 시간적으로 빠르게 전송되어야 하는 셀들을 비 실 시간적으로 전송되어도 되는 셀 보다 먼저 전송하여 셀 처리 시간을 보장하고, 지연에 민감한 트래픽을 우선처리 함으로써 CBR 및 rt-VBR의 트래픽 요구사항을 만족시키도록 하였다. 이러한 셀 처리 요구시간 및 우선 순위를 고려한 ATM 스위치의 성능을 분석하기 위해서 각 출력 포트당 4개의 가상 버퍼를 설정하고 각각의 버퍼에 ATM Forum에서 권고하는 CBR/rt-VBR(셀 손실 및 지연 우선 순위), nrt-VBR(셀 손실 우선 순위), ABR(셀 지연 우선 순위) 및 UBR(하위순위) 트래픽 특성에 따라, 셀의 도착 시간과 셀 처리 요구 시간을 다르게 부과하여 처리함으로써 각각의 트래픽에 따른 서비스 룰에 대한 특성을 분석하였다. 본 논문의 구성은 제1장 개요에 이어 제2장에서는 ATM 스위치의 트래픽 특성 및 파라미터에 관하여 논하고 제3장에서는 셀 처리 요구 시간 및 우선 순위를 고려한 ATM 스위치의 각 트래픽 등급의 처리 알고리즘을 자세히 설명하고 제4장에서는 C++를 이용한 시뮬레이션을 수행하여 각 트래픽 특성에 따른 셀 처리를 및 성능분석 내용을 검증하고, 마지막으로

제5장에서 결론 및 향후 연구과제를 논하고자 한다.

## II. 트래픽 특성 및 파라미터

### 1. 트래픽 특성

ATM 망은 음성, 화상, 데이터 등 고속 광 대역 정보를 효과적으로 전송할 수 있어야하고, 이처럼 다양한 특성의 트래픽을 효과적으로 처리하기 위해서는 ATM 다중기술을 필요로 하며, 각 스위칭 노드에서 발생하는 트래픽의 폭주에 대한 접속 지연 및 셀 손실을 최대한 줄이고 트래픽 특성에 따른 QoS를 보장 할 수 있도록 해야한다. ATM 망에서는 연결 설정 시 트래픽 파라미터에 대한 협상이 이루어지며 이러한 파라미터들은 ATM 계층에서 시스템의 성능을 측정하는데 사용된다. 이러한 파라미터의 정의는 ATM Forum에 정의되어 있으며 주요 파라미터는 다음 표1과 같다<sup>[7]</sup>.

표 1. 트래픽 파라미터

파라미터	ATM계층 서비스 등급				
	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
CLR(CLP=0)	규정				미규정
CLR(CLP=1)	선택			규정	미규정
CTD	규정			미규정	
CDV	규정		미규정		
PCR & CDVT	규정				
SCR & BT	미적용	규정		미적용	
MCR	미적용			규정	미적용
제어	없음			있음	없음

### 2. 트래픽 등급

서로 다른 트래픽 소스에서 요구하는 QoS를 보장하는 방법은 매우 어렵고 복잡한 일이다. 특히 음성은 지연에 민감하고 손실에 덜 민감한 반면, 데이터 트래픽은 손실에 민감하고 지연에 덜 민감한 특성을 갖는다. 또한 이외의 트래픽 소스들은 지연과 손실에 민감할 수도 있고 덜 민감할 수도 있다. ATM 트래픽 등급은 CBR,rt-VBR/nrt-VBR/ABR/UBR로 분류할 수 있으며 CBR 트래픽은 엄격한 지연과 성능 요구조건을 만족시켜야하며 가장 높은 우선 순위를 갖는다. 따라서 초기 호 설정시 대역폭

예약을 해야한다. VBR 트래픽은 버스트한 특성을 갖고 있지만 감내셀 룰과 최대 버스트 크기를 고려하여 감내셀 룰 보다 높은 속도로 전송되는 경우에는 평균 셀 전송 속도로 보정하여 감내 셀룰 보다 낮게 유지하도록 해야한다. 또한 VBR 트래픽은 rt-VBR 및 nrt-VBR로 세분화되며 rt-VBR의 경우는 CBR보다 적은 대역폭을 할당한다. 한편 VBR 트래픽은 확보된 대역폭이 사용되지 않고 있을 경우에 ABR과 UBR에 동적으로 할당하여 사용함으로써 전체 대역의 효율을 높일 수 있도록 설계 해야한다. ATM Forum에서 규정하는 ATM 계층의 서비스 등급에 따르면 nrt-VBR, ABR 및 UBR 트래픽은 사용자의 요구사항에 따라 의존적이며, nrt-VBR 트래픽은 연결 설정과정에서 협상된 셀 전송 지연 및 셀 손실률을 보장함으로써 응답시간에 민감한 서비스를 처리할 수 있도록 규정하고있다. 한편 ABR은 셀 손실률과 최소 셀 전송속도를 보장해줄 수 있어야하며, 이를 위해 제어정보를 사용할 수 있고 손실 없이 데이터를 전송할 수 있도록 해야한다. 마지막으로 UBR의 경우는 망에서 아무런 보장을 하여주지 못하므로 셀 지연 및 손실에 무관한 데이터 전송에 적합하다.

표 2. 트래픽 등급

파라미터	ATM 계층 서비스 등급				
	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
CLR(CLP=0)	$10^{-10}$	$10^{-7}$	$10^{-7}$	낮음	미규정
CLR(CLP=1)	미규정				
CTD[us]	150	150	연구중		
CDV[us]	250	250	미규정		

상기 표 2는 트래픽 등급에 따른 QoS 요구사항 및 사용자 파라미터인 셀 손실률, 셀 전송 지연 및 셀 지연 변이를 나타내며, 셀 손실률은 CLP=1에 대해서는 규정하지 않고 있으며 셀 전송 지연 및 셀 지연 변이는 CBR/rt-VBR에 대해서 정의하며, 트래픽의 버스트성과 비 예측성 등으로 인해 nrt-VBR, ABR 및 UBR의 트래픽 파라미터는 계속적

인 연구가 진행되어지고 있다.

### III. 처리 알고리즘

#### 1. 모델링

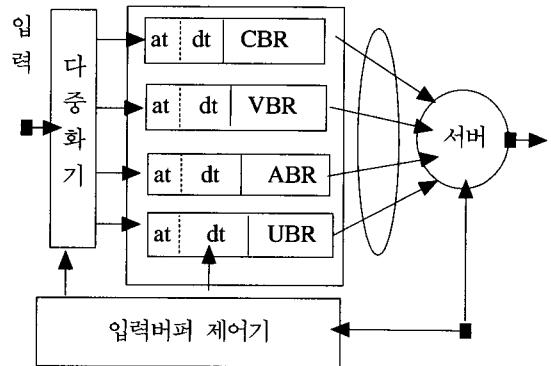


그림 1. 처리요구시간을 갖는 입력버퍼모델

#### 2. 기능설명

##### 2.1 셀 다중화기

셀 다중화기는 임의의 도착 시간간격과 처리 요구시간을 갖고 입력되는 입력 트래픽에 대해 각 트래픽에서 계산되어진 priority가 해당 dt보다 높은 경우에 서비스가 이루어지도록 하며, 높은 경우가 다수인 경우에는 CBR, VBR, ABR, UBR 순서로 서비스 되도록 셀을 평균 분산하는 업무를 수행한다. 입력 트래픽에 대한 스케줄링은 CBR, VBR, ABR, UBR에 대해 각 트래픽 queue가 존재하고 queue와 함께 delay에 따른 priority가 존재하여 priority에 따라 해당 트래픽을 가상 분할된 입력버퍼로 출력한다.

##### 2.2 가상 입력 버퍼

가상 입력 버퍼는 입력 트래픽에 따라 버퍼를 공유하지만 입력 버퍼의 할당은 ATM Forum에서 권고하는 트래픽 특성의 파라미터에 따라 버퍼를 할당받는다.

##### 2.3 입력 버퍼 제어기

입력 버퍼 제어기는 임의의 시간 간격을 갖고 입력되는 입력 트래픽의 도착 시간 간격과 처리 요구시간을 비교하여 그 합의 평균이 제일 작은 셀을 우선 처리하도록 제어한다.

### 3. 알고리즘

#### 3.1 흐름도

- 초기화
- 셀 도착시간 확인
- 셀 처리요구시간 확인
- 각 트래픽의 due time 계산  
( $dt = at + drt$ )
- 각 트래픽의 due time 비교
- Due time이 제일 작은 값 선택 처리
- 처리된 값을 각각의 트래픽 계수기에 기록(서비스를)
- 각 트래픽의 누적 due time 계산
- 각 트래픽의 누적 due time 비교
- Due time이 제일 작은 값을 선택 처리
- 처리된 값을 각각의 트래픽 계수기에 누적기록(서비스를)
- $CBR/rt-VBR = Min.$  인가,  
 $nrt-VBR/ABR/UBR = Min.$  인가를 검사
- $CBR/rt-VBR = Min.$  이면 서비스
- $nrt-VBR/ABR/UBR = Min.$  이면 서비스

상기 알고리즘의 스케줄링 방법 및 프로그램 pseudocode는 다음과 같다.

##### 3.1.1 스케줄링 방법

1) CBR, VBR, ABR, UBR에 대한 트래픽 queue가 존재하며 queue와 함께 delay에 따른 priority가 존재한다.

2) priority에 따라 해당 트래픽을 서비스한다.

3) 각 계산된 priority가 해당 dt보다 높은 경우에는 서비스되지만, 높은 경우가 다수인 경우는 CBR, VBR, ABR, UBR 순서에 따라 서비스된다.

##### 3.1.2 알고리즘

```
#define NTYPE 4
/* CBR, VBR, ABR, UBR */
int queue[NTYPE];
/* CBR, VBR, ABR, UBR 순으로
   된 현재 queueing된 트래픽 큐 */
int occupied[NTYPE] = {0, 0, 0, 0};
/* 이전에 서비스된 후의 대기 시간(priority) */
int Tdelay[NTYPE];
/* 실험에 의해 결정되는 지연시간(dt) */
/* 우선순위 트래픽을 결정하는 알고리즘 */
```

```
check_queue()
{
    int i;
    for (i=0 ; i<NTYPE ; i++) {
        /* 가장 높은 priority를 가진 queue를 검사 */
        if ( occupied[i] > Tdelay[i] ) {
            /* 계산된 priority와 dt비교 */
            occupied[i]=0;
            /* priority를 0으로 설정 */
            return i;
        }
    }
    /* priority가 지연시간에 미치지 못한 경우
       CBR, VBR, ABR, UBR 의 순으로 queue에
       남아있는 트래픽 서비스 */
    for ( i = 0; i < NTYPE ; i++) {
        if ( queue[i]가 비어있지 않다면 ) {
            occupied[i] = 0;
            /* 서비스를 받은 후 priority를 0으로 설정 */
            return i;
        }
    }
}
```

#### 3.2 동작원리 경우1)

CBR에 입력되는 트래픽이 도착 시간=0.1이고 셀 처리 요구 시간이 0.15ms

##### 경우2)

ABR에 입력되는 트래픽이 도착시간= 0.15이고 셀 처리 요구 시간이 5ms이면 계속해서 CBR 트래픽이 서비스된다.

여기서 CBR의 입력 트래픽은 랜덤 함으로 랜덤 넘버 발생 시간(도착시간)과 셀 처리 요구시간이 CBR 버퍼에 쌓이게 되고 이 누적 시간이 ABR의 트래픽 도착시간과 셀 처리 요구 시간을 합한 값보다 커지게 되면 이때는 ABR 트래픽이 서비스된다.

### IV. 시뮬레이션

본 논문에서 사용한 파라미터는 트래픽 전체 처리 시간을 125 us로 가정하고 발생 트래픽의 량을 트래픽 특성에 따라 다음과 같이 최적화하고 각각

의 입력 버퍼에 할당된 셀 처리 요구 시간은 ATM Forum에서 권고하는 지연변이에 근사하게 설정하였으며 최초의 버퍼처리 할당 가능량을 125us의 2배까지로 하여 그 이상의 트래픽 부터 본 방식을 적용하여 C++로 시뮬레이션 하였다.

1. 가정

1) 입력 트래픽 :

- 임의의 도착시간을 갖는 랜덤 트래픽을 발생
- CBR/rt-VBR : 포아송 분포,
- nrt-VBR/ABR/UBR : 지수분포

2) 서비스 방식 : 우선 순위 부여 =

at + drt = Min.값 우선 처리

3) at(셀 도착시간) = random number 발생시간  
= event 발생시간 = 시뮬레이션 clock

CBR:30, VBR:20, ABR:10, UBR:5 [us]

4) drt(셀 처리 요구 시간) :

트래픽 특성    처리요구시간(트래픽 량)

CBR/nt-VBR	12.5 us	(3셀)
nrt-VBR	25 us	(6셀)
ABR	37.5 us	(9셀)
UBR	50 us	(12셀)

5) Tolerant : 0.25 ms(30셀 \* 2)

6) 서버 : FIFO(First In First Out)와 가중치를 갖는 라운드 로빈 서비스

2. 시뮬레이션 결과 고찰

그림 4-1에 나타낸 결과는 순차적으로 셀을 처리할 때와 셀 처리 요구 시간 및 셀 우선 순위를 고려하여 처리할 때의 입력 트래픽에 따른 셀 처리률을 비교한 것으로 순차적 처리 방식(FIFO:first in first serve)은 입력되는 셀을 선입선출 방식으로 처리하므로 정보의 량이 많을 경우에 적은 정보를 갖고 입력되는 셀의 대기시간이 길어지게 된다. 따라서 Processing delay due time(dt)을 셀 처리시간과 비교하여 이 시간이 짧은 셀을 먼저 처리함으로써 전체 셀 발생 개수에 대해 FIFO로 처리 할 때보다 처리률을 평균 100셀당 2.5셀 더 높일 수 있음을 의미하며 이 결과는 CBR, VBR, ABR 및 UBR의 결과를 평균하여 나타낸 그림이다. 또한 FIFO방식에서는 대역 보장 서비스를 보장할 수 없었으나 셀 처리 요구시간 및 셀 우선 순위를 고려한 처리 방식(DTP:due time processing)에서는 전체적으로 대역 보장 서비스를 제공해 줄 수 있음을 알 수 있다. 그림4-2는 동일한 셀 도착율에 대한 CBR 트래픽 특성을 갖는 셀에 대해 순차적으로 셀을 처리할 때

와 셀 처리 요구 시간 및 셀 우선 순위를 고려하여 처리하였을 때의 입력 트래픽에 따른 셀 처리률을 비교한 것으로 평균 셀 처리률(0.36)이 좋아짐을 알 수 있다. 그림4-3은 VBR 트래픽 특성을 갖는 셀에 대해서 순차적으로 셀을 처리할 때와 셀 처리 요구 시간 및 셀 우선 순위를 고려하여 처리하였을 때의 입력 트래픽에 따른 셀 처리률을 비교한 것으로 평균 0.36셀을 더 처리할 수 있음을 알 수 있다. 그림 4-4는 ABR 트래픽 특성을 갖는 셀에 대해서 순차적으로 셀을 처리할 때와 셀 처리 요구 시간 및 셀 우선 순위를 고려하여 처리하였을 때의 입력 트래픽에 따른 셀 처리률을 비교한 것으로 평균 0.36셀을 더 처리함을 알 수 있다. 그림4-5는 UBR 트래픽 특성을 갖는 셀에 대해서 순차적으로 셀을 처리할 때와 셀 처리 요구 시간 및 셀 우선 순위를 고려하여 처리하였을 때의 입력 트래픽에 따른 셀 처리률을 비교한 것으로 평균 -0.5셀을 덜 처리함을 알 수 있다. 상기 서비스들에 대한 내용을 종합적으로 살펴보면 입력 트래픽 특성에 따라 셀 처리 요구 시간을 고려하여 처리하였을 경우에 CBR/rt-VBR 및 ABR 트래픽 특성에 따른 ATM Forum의 권고 사항을 만족시킬 수 있음을 알 수 있다. 본 서비스 특성의 그림4-5를 보면 입력 트래픽에 대해서 셀 처리률이 낮아 셀 손실이 발생하게 됨을 알 수 있으며, 이 부분의 보상을 위하여 입력 버퍼의 사용량(임계값)에 따른 버퍼의 대역을 동적으로 할당함으로써 UBR 트래픽의 처리률을 개선할 수 있을 것으로 본다. 이렇게 함으로서 하위의 트래픽에 대해 최선의 서비스를 제공 할 수 있음을 의미한다.

V. 결론

본 논문은 버스트 트래픽 특성을 갖는 ATM 망에서 입력 버퍼 제어형 ATM 스위치의 성능문제점 및 ATM 트래픽 특성을 만족하기 위하여 각 입력 셀의 도착 시간 간격과 처리 요구시간(due time)을 “표기(marking)”하여 각각의 입력 버퍼로 전송하고 서버에서 각 입력 버퍼의 헤더에 있는 셀 도착 시간 간격과 셀의 처리 요구 시간을 비교하여 처리 요구 시간이 가장 작은 값을 가지는 셀을 우선 처리함으로써 실 시간적으로 빠르게 전송되어야 하는 셀 들을 비 실 시간적으로 전송되어도 되는 셀 (ABR/UBR)보다 우선 전송하여 셀 지연 시간을 보장하고, 지연에 민감한 트래픽을 우선 처리 함으로서 ATM 트래픽 특성을 만족하도록 하였다. 또한

최적의 서비스 파라미터에 따른 ATM 트래픽의 서비스를 분석하였다. 본 논문의 결과를 보면 순차적으로 셀을 처리할 때와 셀 처리 요구 시간을 고려하여 처리하였을 때 실 시간 서비스를 요하는 입력 트래픽에 대해 셀 처리를 평균 0.36셀 더 처리할 수 있었으며, 비 실시간 서비스를 요하는 경우에는 셀 처리 요구 시간을 적용하면 셀 처리량이 낮아짐을 알 수 있었다. 이러한 비 실시간 서비스를 요하는 경우, 최선의 서비스를 위하여 동적 대역 할당 방법을 적용하면 셀의 처리량을 높일 수 있을 것으로 생각된다. 본 논문의 처리 알고리즘은 소규모의 ATM-LAN 스위치에서 음성이나 고정 비트를 서비스를 수용할 경우에 적용하면 매우 유용하리라고 생각되며, 향후 대용량에 적용하기 위한 버퍼의 크기 문제, 입력 버퍼 제어기의 성능 및 동적 대역 할당 등에 대한 연구가 더 필요하다.

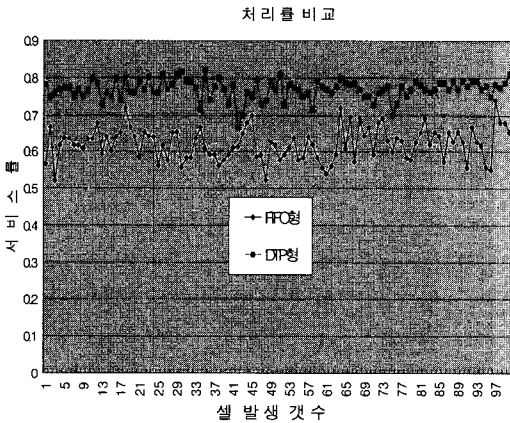


그림 4.1. 서비스율 비교

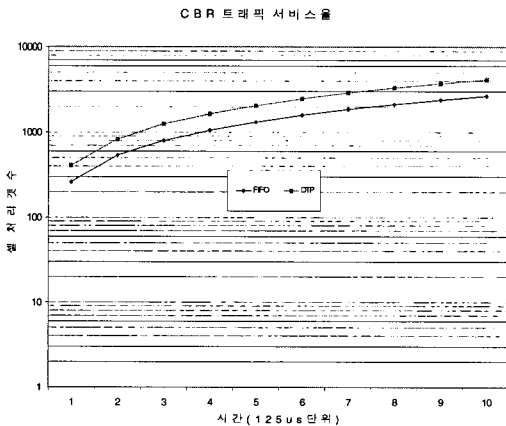


그림 4.2. CBR 트래픽 서비스를

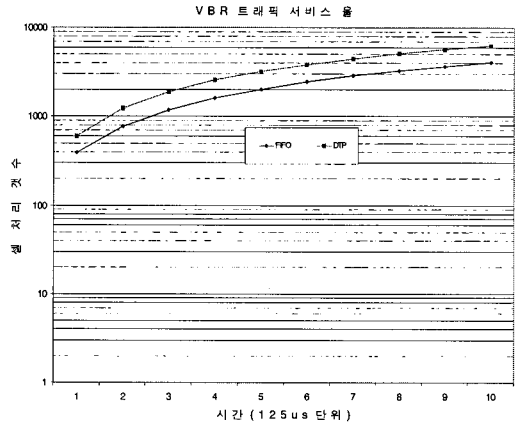


그림 4.3. VBR 트래픽 서비스를

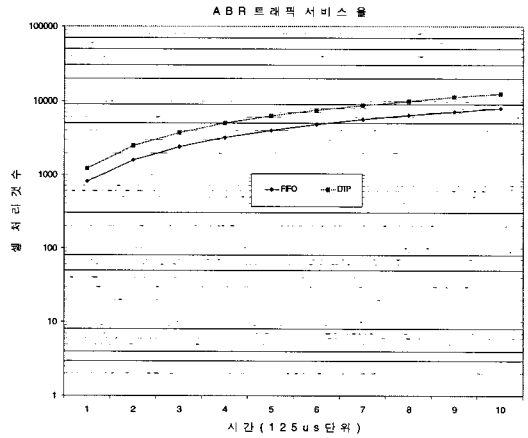


그림 4.4. ABR 트래픽 서비스를

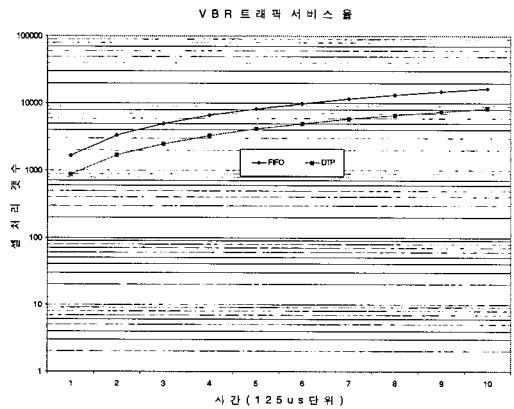
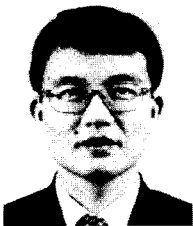


그림 4.5. UBR 트래픽 서비스를

### 참 고 문 헌

- [1] G.Kbar and W.Dewar, "Multicast Switch with Feedback Input Queuing, Priority sorting Network, and Output Queuing under Bursty Traffic", Proceeding of Australian Tel. ATNAC, Vol.2. Dec.1994, pp.663-668.
- [2] Gye-Won Lee, "A study on the performance improvement of input buffered Banyan ATM switches" JTC-CSCC, 91 pp. 222-227, July 22-23,1991
- [3] A. Pattavina and G.Bruzzi, "Analysis of Input and Output Queuing for Nonblocking ATM Switches" IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.1.NO.3, June 1993, pp. 314-328.
- [4] M.J Karol, M.G.Hiuchyi, and S.P. Morgan, "Input versus output queuing on space-division packet switch," IEEE Trans. Commun., vol,COM-35,no.12,pp.1347-1356, Dec.1987.
- [5] Abhijit K.Choudhury and Ellen L.Hahne, "Space Priority Management in a Shared Memory ATM Switch" IEEE Globecom, 1993, pp. 1375-1383.
- [6] Kuei Y.Kou, A. Arutaki and S. Iwasaki, "The Architecture and Implementation of ATM Switch for Broadband ISDN".IEEE Globecom,1993,pp.8-13.
- [7] Traffic Management Specification Version 4.0, ATM Forum, 1996 af-tm-0056.000
- [8] ITU-T I.371 draft
- [9] Law, Averill M., "Simulation modeling and analysis, McGraw-Hill, 1982
- [10] J.M. Pitts, J.A.Schormans, "ATM design and performance"John Wiley & Sons, 1996

양 우 석(Woo Suk Yang) 정회원  
 1985년 2월: 광운대학교 전자통신공학과 공학학사  
 1989년 8월: 광운대학교 전자통신공학과 공학석사  
 1997년 8월: 광운대학교 전자통신공학과 공학박사



1984년 12월~1990년 12월 : (주)한화정보통신, 중앙연구소 연구원  
 1991년 1월~1995년 1월 : (주)한화정보통신, 중앙연구소 실장  
 1997년 10월 : 정보통신기술사  
 1995년 2월~1999년 12월 : KDC정보통신(주), 기술연구소 연구원  
 1991년 1월~1999년 12월 현재 : KDC정보통신(주), 기술연구소 이사  
 <주관심 분야> ATM Networks 트래픽 제어, 고속통신 프로토콜

이 재 호(Jae Ho Lee) 정회원  
 1968년 2월 : 광운대학교 통신공학과 공학학사  
 1978년 2월 : 단국대학교 대학원 전자공학과 공학석사  
 1988년 9월 : 경희대학교 대학원 전자공학과 공학석사  
 1970년~1999년 8월 : 광운대학교 교수  
 1980년~1992년 : 한국통신학회 이사  
 1990년~1994년 : 한국전산원 전산통신 표준화 연구위원  
 1993년~1994년 : 한국통신학회 감사  
 1999년 8월~현재 : 광운대학교 명예교수  
 <주관심 분야> 데이터통신, 통신망 제어, 디지털 교환기