

論文95-32A-9-5

ATM 스위치 시뮬레이터의 개발

(Development of an ATM switch simulator)

邊性赫*, 金德經*, 李承駿*, 許廷源*, 成檀根*,
朴弘植**

(Sung Hyuk Byun, Duk Kyung Kim, Seung Joon Lee, Jeong Won Heo,
Dan Keun Sung, and Hong Shik Park)

요약

본 논문은 ETRI에서 개발중인 HAN/B-ISDN ATM 스위치의 성능 평가를 위한 ATM 스위치 시뮬레이터를 소개한다. 본 시뮬레이터는 우선순위 제어 및 멀티캐스트 서비스 등을 포함한 기본 셀 교환 기능을 모델링하였으며, 랜덤 트래픽과 버스티 트래픽, 균일 트래픽과 비균일 트래픽, 여러가지 멀티캐스트 트래픽 모델 등 다양한 트래픽 모델을 제공한다. 본 시뮬레이터는 지연 및 셀 손실 확률 등 다양한 측면에서의 ATM 스위치 성능 평가 및 시스템 파라미터의 정량화 등에 사용될 수 있다.

Abstract

In this paper, we develop an ATM switch simulator in order to evaluate the HAN/B-ISDN ATM switch currently being developed by ETRI. It models the basic cell switching functions of the target ATM switch with priority control and multicasting features and it also supports such various traffic models as random or bursty traffic, balanced or unbalanced traffic, multicast traffic models. Using this simulator, we can evaluate the performances of the ATM switch in terms of various performance indices, i.e. cell delay, cell loss probability, etc., and this simulator can be utilized in the system parameter tunings such as the common buffer size and address buffer size.

I. 서론

정보화 사회로 변화해 감에 따라 급증하는 다양한 통신 수요를 수용하기 위해서, 현재 전세계적으로 광대역 통신망의 구현을 위한 연구 개발이 활발히 진행되고

있으며, ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 광대역 통신망의 기반 기술로서, 현재 미국, 일본, 유럽 등지에서 ATM 시제품 및 상용 제품들이 발표되고 있다. 미국을 중심으로는 ATM 기술의 초기 응용 단계인 ATM LAN 시장이 형성되기 시작하고 있고, 일본의 여러 통신 업체들은 본격적인 B-ISDN 시대를 위한 대용량 ATM 교환기의 시제품들도 속속 발표하고 있는 실정이다.

현재, 국내에서도 B-ISDN의 조기 구축을 위한 국가적 차원의 HAN/B-ISDN 과제로서 ATM 교환기를 개발하고 있다. 이러한 ATM 교환기의 개발에 있어서, 시스템 설계와 더불어 설계된 시스템의 성능

* 正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., KAIST)

** 正會員 韓國電子通信研究所 交換研究團 ATM 整合
研究室

(ATM Access Section, ETRI)

接受日字: 1995年4月29日, 수정완료일: 1995年8月28日

평가는 필수적이다. 일반적으로 통신 시스템의 성능 평가는 수학적 모델링에 의한 해석적 방법, 실제 시스템상에서의 측정, 또는 시뮬레이션 등의 세 가지 방법이 있다. 측정에 의한 평가는 가장 확실한 것이지만 우선 실제 시스템이 있어야 하므로 시스템이 개발된 후에 성능 평가가 가능하고, 시스템 개발 단계에서는 해석적 방법과 시뮬레이션 방법이 사용된다.

수학적 모델링에 의한 해석적 성능 평가는 성능 분석시간이 빠르다는 장점이 있으나, 해석적으로 풀 수 있는 모델의 한계성으로 분석 가능한 시스템 특성은 일부에 지나지 않으며, 모델링 자체가 비현실적일 가능성도 크다. 그러나 시뮬레이션 기법은 평가자가 원하는 수준까지의 상세한 시스템 모델링을 용이하게 해주며, 해석적 모델링보다 실제 시스템에 근접하는 모델링을 가능케 한다.

특히 B-ISDN과 같이 광대역화되고 복잡다양해진 서비스를 제공하는 망에서의 성능 평가는 특히 컴퓨터 시뮬레이션 기법의 적용이 더욱 중요해지고 있다.

지금까지 HAN/B-ISDN 프로젝트에서 개발 중인 ATM 교환기의 성능 평가는 부분 요소별로 수행되어 왔으나^[1,2], 시스템 파라메타의 최적화 및 각종 제어 알고리즘 및 이들 상호간의 영향 등의 평가를 위해서는 실제 상황에 보다 가까운 환경에서 시스템의 종합적 성능 평가가 필수적이다. 이러한 평가를 해석적인 방법으로 하기에는 많은 제약이 따르기 때문에, 시뮬레이션을 통해서 수행되어야 한다. 그래서 HAN/B-ISDN ATM 교환 시스템의 기본 모듈인 제한공유버퍼형 ATM 스위치의 종합적 성능 평가를 가능케 하는 시뮬레이터를 개발하였다. 본 시뮬레이터는 ATM 스위치 모듈의 셀 교환 기능을 소프트웨어적으로 구현하여, 기본적 기능외에 우선순위제어 및 멀티캐스트 서비스를 선택적으로 실행할 수 있고, 일반적인 균일 랜덤 트래픽 뿐만 아니라 버스티(bursty)한 트래픽 및 핫스팟(hot-spot)과 같은 비균일 트래픽 모델 등의 다양한 입력 트래픽 모델을 제공하여, ATM 스위치의 성능을 종합적으로 평가할 수 있도록 하였다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 모델링 대상인 제한공유버퍼형 ATM 스위치의 구조를 알아보고, III장에서는 시뮬레이터에서 제공하는 입력 트래픽 모델에 대해서 설명한다. IV장은 개발된 단위 ATM 스위치 시뮬레이터의 구조 및 기능, 출력 성능지수, 시뮬레이터를 이용한 성능 평가의 예를 보

여 주며, V장에서 결론을 맺는다.

II. 제한공유버퍼형 ATM 스위치

HAN/B-ISDN 단위 ATM 스위치는 지연 및 스투풋(throughput) 성능이 우수하며 버퍼 요구량도 적은 공유버퍼형 구조인 제한공유버퍼형(Limited Shared Buffer) 스위치이다. 이 스위치는 일반적인 공유버퍼형 스위치와는 달리, 각 출력포트로 향한 셀들이 사용할 수 있는 공유메모리 양에 제한을 두어 특정 출력포트로의 트래픽 집중에 의해 다른 출력포트로 교환되는 트래픽의 서비스 품질이 저하되지 않도록 하였다. 그리고 공유버퍼형 스위치의 특성상 방송 기능을 용이하게 구현하였으며, 각 서비스의 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위한 셀 손실율에 따른 우선순위 제어로서 부분버퍼 공유기법(partial buffer sharing method)을 도입하였다.

1. 구조 및 동작^[1]

제한적 공유버퍼형 16x16 단위 ATM 스위치 모듈은 그림 1의 구조를 가지는데, 입력단에 직/병렬 변환기와 멀티플렉서(MUX) 및 출력단의 디멀티플렉서(DMUX)와 병렬/직렬 변환기, 하나의 공유 메모리, 각 출력포트로 향하는 셀들이 저장된 공유 메모리의 어드레스를 저장하는 어드레스 FIFO (AFIFO), 공유 메모리에서 데이터가 저장되지 않은 비어있는 어드레스를 저장하는 IAP(Idle Address Pool), 그리고 우선순위 제어와 라우팅 디코더, 방송 제어부(BAFIFO: broadcasting address FIFO, BRM: broadcasting routing memory, BRFIFO: broadcasting routing FIFO) 등으로 구성된다.

한 셀타임(cell time) 길이의 타임 슬롯은 전반부의 write 사이클과 후반부의 read 사이클로 나눌 수 있다. write 사이클에서는 입력 셀들이 직/병렬 변환기와 멀티플렉서를 거쳐서 순서적으로 공유 메모리에 저장될 수 있도록 정렬된다. 이 때 멀티플렉서는 각 셀의 라우팅 정보, 즉 출력포트 번지를 우선순위 제어 및 라우팅 디코더로 보낸다. 입력 셀이 우선순위 제어를 통과하면, 라우팅 디코더는 그 셀의 목적지 어드레스 FIFO를 활성화시킨다. 이 때, IAP에 저장되어 있는 휴지 어드레스(idle address)를 공통메모리 CM의 write 어드레스 버스에 실어, 입력셀이 CM에 저장될 어드레스가 되도록 하며, 이 어드레스는 활

성화된 어드레스 FIFO에 저장된다. 그런 후 read 사이클 동안에는 16개의 AFIFO가 순서적으로 버퍼 선두에 저장된 어드레스를 공통메모리 read 어드레스 버스에 실어 공유 메모리에 저장된 셀이 해당 출력 포트 출력되도록 하며, 이 어드레스는 다음으로 입력되는 셀의 저장어드레스로 사용되기 위해 IAP에 저장된다.

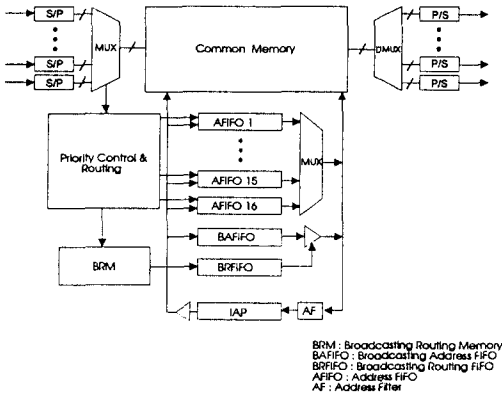


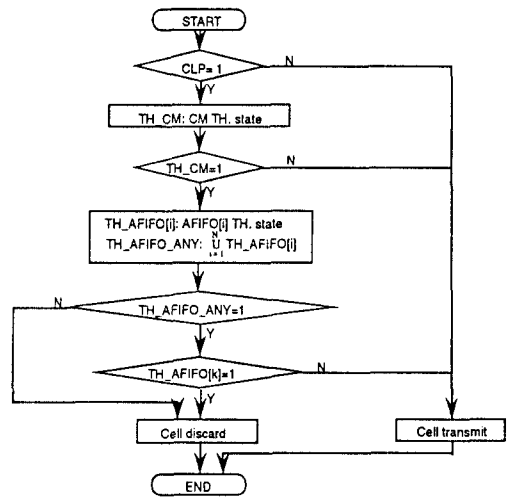
그림 1. 16×16 단위 ATM 스위치 모듈
Fig. 1. 16×16 ATM switch module.

2. 우선순위 제어

우선순위 제어부에서는 셀 손실율에 따른 우선순위 제어를 수행하기 위해서 부분 버퍼 공유 기법 (partial buffer sharing)으로 구현하였다. 부분버퍼 공유방법은 버퍼 길이에 문턱값(threshold value)을 두어서 버퍼 길이가 문턱값 이상이면 임계치 상태로서, 낮은 우선순위의 입력셀은 폐기 시키도록 하는 방법인데, 초기 모델의 우선순위 제어방식은 공유메모리에만 문턱값을 두었으나, 과부하가 가해진 특정 출력포트로 향하는 트래픽 때문에 부하가 낮은 출력 포트에 향하는 낮은 우선순위 셀까지 폐기되는 불공정(unfairness)을 줄이기 위해서, 어드레스 FIFO에도 문턱값을 두어 제어하는 방식으로 개선되었다.^[13]

그림 2에 도시된 이 우선순위 제어 알고리즘은 다음과 같이 동작한다. 우선 입력셀의 CLP=1로 낮은 우선순위 셀이 입력되면, 공유메모리 CM의 임계치 상태(TH_CM=1, CM의 길이가 CM 문턱값 이상인 경우) 여부를 확인한다. CM이 임계치 상태가 아닐 경우, 어드레스 FIFO의 상태와 무관하게 이 셀

은 스위칭되며, 임계치 상태일 경우, 어드레스 FIFO의 임계치 상태 여부를 확인하여 입력된 낮은 우선순위 셀의 폐기 여부를 결정한다. 만일 TH_AFIFO_ANY=0으로써, 모든 어드레스 FIFO가 임계치 상태가 아니라면 이 경우 대체로 입력셀들이 균등한 분포를 가지고 입력되는 경우이므로, 공통 메모리의 상태에만 의한 손실우선순위 제어를 하게 되어 이 셀을 폐기 시킨다.



k: Destination output of incoming cell

$$TH. state = \begin{cases} 1 & \text{if the buffer length exceeds} \\ & \text{the threshold value} \\ 0 & \text{if the buffer length is below} \\ & \text{the threshold value} \end{cases}$$

그림 2. 부분버퍼공유형 우선순위 제어 알고리즘 (목적 출력포트가 k일 경우)

Fig. 2. A priority control algorithm of partial buffer sharing method (when the destination output port is k.)

만일 TH_AFIFO_ANY=1로서 임의의 어드레스 FIFO가 임계치 상태이면서 입력셀의 목적지 어드레스 FIFO k가 임계치 상태에 있지 않을 경우, 이는 다른 출력포트로 과부하 트래픽이 가해져서 공통메모리에 임계치 상태가 발생한 것이므로, 트래픽 불균등에 의한 불공정성(unfairness)을 줄이기 위해, 이 입력셀은 낮은 우선순위가지만 폐기시키지 않고 스위칭시키며, TH_AFIFO_ANY=1이면서 TH_AFIFO[k]=1인 경우에 낮은 우선순위 셀을 폐기시킨다.

3. 방송 서비스

방송서비스의 구현을 위한 방송제어부 BC (broadcasting controller)는 그림 3과 같이 방송경

로 정보를 저장하는 BRM 및 BRFIFO와 방송호가 저장된 공유메모리의 어드레스를 저장하기 위한 BAFIFO, 주기적으로 방송서비스가 수행되도록 하는 BC-CNT와 16진 카운터로 구성하였다.

방송호의 입력시 입력셀 헤더에는 BCN(broadcast channel number)이 실리며, 이는 방송테이블 BRM의 입력어드레스가 되어 방송 라우팅 정보가 BRFIFO에 저장된다. 방송 라우팅 정보는 16 비트로 구성되어 각 비트마다 AFIFO 하나씩 대응되어 방송셀이 출력되어야 할 출력포트에 해당하는 비트를 1로 세팅한 것이다. 동시에 IAP에 저장되어 있는 어드레스가 출력되어 공유메모리 write 어드레스에 실려서 방송셀의 저장어드레스가 되며 이 어드레스는 BAFIFO에 저장된다.

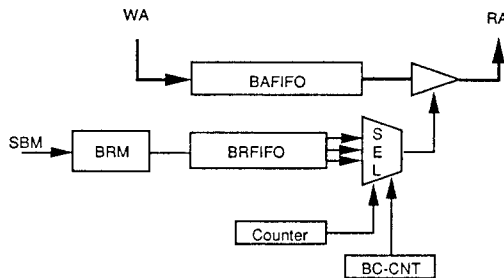


그림 3. 방송 제어부(BC)의 구조

Fig. 3. The architecture of Broadcasting Controller(BC).

방송서비스는 방송서비스 주기동안 한번 수행된다. 방송서비스 주기는 BC-CNT 값으로 정해지는데, 이 주기는 가입자의 특성에 의존하여 결정되어야 하며, 연구시제품에서는 디폴트는 16이지만 임의의 값으로 변경 가능하며, 방송 서비스 사이클일 때라도 BAFIFO가 비었다면 AFIFO의 unicast 셀을 처리해 주도록 되어 있다.

III. 입력 트래픽 모델

본 시뮬레이터에서 제공하는 입력 트래픽 모델은 셀 발생 유형, 셀 우선순위 설정, 멀티캐스트 모델, 출력 포트 분포 등에서 지원하는 여러가지 모델의 다양한 조합으로 구성된다. 우선 셀 발생 유형으로는 랜덤 트래픽과 버스티(bursty) 트래픽이 제공되고, 멀티캐스트 모델 설정에서는 전체 입력셀 중에서 멀티캐스트 셀의 비율을 정할 수 있고, 복제셀 수의 분포 2

가지를 지원한다.

우선순위 제어를 하는 경우, 일정 비율의 입력셀에 높은 셀손실 우선순위(CLP, Cell Loss Priority)를 줄 수 있으며, 출력포트 분포로는 균일(uniform) 분포와 핫스팟(hot-spot), 균일과 점대점(point-to-point) 분포 혼합형 등의 비균일 분포를 제공한다.

1. 셀 발생 유형 - 랜덤 트래픽

파라메타 ρ 를 가지는 베르누이 프로세스(Bernoulli Process)로서 임의의 타임슬롯에 셀이 발생할 확률이 ρ 이고 셀이 발생하지 않을 확률이 $1 - \rho$ 이다. 이러한 트래픽에서 n 개의 셀타임에 k 개의 셀이 발생할 확률은 다음과 같다.

$$P_n(k) = \binom{n}{k} \rho^k (1-\rho)^{n-k} \quad (1)$$

- 버스티 트래픽

IBP(Interrupted Bernoulli Process)로서 이 프로세스는 IPP(Interrupted Poisson Process)의 이산 형태이다. 슬롯은 셀이 발생할 수 있는 활성(active)상태와 셀이 발생되지 않는 휴지(idle) 상태 두가지를 가지며, 현재 슬롯에서 활성 상태일 때 p 의 확률로 다음 슬롯에도 활성상태로 남고, $1-p$ 의 확률로 휴지 상태로 바뀐다. 현재 슬롯이 휴지 상태일 때는 q 의 확률로 다음 슬롯에도 휴지상태로 남고, $1-q$ 의 확률로 활성 상태로 바뀐다. 따라서 활성 구간(X)과 휴지 구간(Y)의 길이는 다음과 같은 기하(geometric) 분포를 가진다.¹⁴⁾

$$\Pr\{X=x\} = (1-p)p^{x-1} \quad (2)$$

$$\Pr\{Y=y\} = (1-q)q^{y-1}$$

이때 각 구간의 평균은 $1/(1-p)$, $1/(1-q)$ 이다. 활성 상태일 때, 각 슬롯에 셀이 발생할 확률은 α 이고, IBP의 셀 발생간격 시간의 평균은 (3)과 같이 주어진다. 그리고 입력 부하는 (1/평균 셀 발생간격 시간)이 된다.

$$\text{평균 셀 발생간격 시간} = \frac{2-p-q}{\alpha(1-q)} \quad (3)$$

본 시뮬레이터에서는 버스티 트래픽에 대한 입력 파라미터로 입력 부하 ρ , 평균 버스트 길이, α 를 입력받기 때문에 이 파라미터들로부터 IBP의 파라미터

인 p, q, α를 계산해야 한다. 이러한 파라미터의 변환은 위의 관계식을 이용하여 구할 수 있으며, 그 결과는 다음과 같다.

$$p = 1 - (1/\text{평균 버스트}) \quad (4)$$

$$q = (2\rho - p\rho - \alpha)/(\rho - \alpha)$$

버스트 트래픽은 동일 버스트 내의 셀의 목적지가 같은 경우와 다른 경우의 두 가지를 제공 한다. 즉, 동일 버스트 내의 셀의 목적지가 같은 경우는 버스트를 하나의 가상채널에 속한 것으로 모델링하는 것이고, 목적지가 다른 경우는 여러개의 가상채널의 다중화에 의해 버스트가 생성된 것으로 모델링하는 것이다.

2. 셀 손실 우선순위(CLP) 설정

HAN/B-ISDN 스위치에서는 손실우선순위 제어를 수행하며, 시뮬레이터에서 셀 손실 우선 순위 제어를 하도록 결정되면, 전체 입력셀 중에서 높은 우선순위 셀 비율(high priority cell ratio)만큼 높은 셀손실 우선순위(CLP=0)를 가지며, 다른 셀들은 낮은 셀손실 우선순위(CLP=1)가 할당된다.

3. 멀티캐스트 설정

멀티캐스트 서비스를 허용(enable)/해제(disable) 시킴으로서 멀티캐스트 기능 수행 여부를 결정하며, 멀티캐스트 서비스를 하는 경우 입력셀 중에서 멀티캐스트 셀이 차지하는 비율은 멀티캐스트 비율(multicast ratio)로 정한다. 그리고 셀 복제 수의 분포에 따른 두가지 멀티캐스트 모델 (multicast model)을 제공한다.

첫째는 "CONSTANT" 모델로서 모든 멀티캐스트 셀의 복제셀 수가 상수(2 이상)인 경우이며, 두번째 모델은 잘려진 기하분포(truncated geometric distribution) 모델로서, 각 멀티캐스트 셀은 2 이상 N(스위치 크기)이하의 복제셀 수를 식 (5)의 잘려진 기하분포에 의해 할당받는다.^[5]

$$\Pr\{\text{복제셀의 수} = k\} = \frac{(1-q)q^{k-2}}{1-q^{N-1}} \quad (5)$$

2 ≤ k ≤ N, N : 스위치의 크기

멀티캐스트 서비스를 하는 경우에는 시뮬레이션 결과의 분석을 용이하게 하기 위해서, 셀 발생 유형은 랜덤한 것으로 하고 출력포트 분포는 균일분포로 가정하였다. 이때 복제셀들의 출력포트번호는 물론 중복

되지 않아야 한다. 유니캐스트 셀의 경우는 균일 랜덤 트래픽과 동일한 특성을 갖는다. 멀티캐스트 서비스를 하면서 우선순위제어를 하는 경우에는 멀티캐스트 셀은 모두 높은 손실우선순위를 갖는 것으로 모델링하였다.

4. 출력포트번호 설정

- 균일분포

q_{ij}를 입력포트 i로 들어온 셀이 출력포트 j로 경로가 선택되는 확률이라 하고, N을 스위치의 크기라고 하면, 균일분포를 가지는 경우 q_{ij} = 1/N로서, 셀이 출력포트에 균일하게 보내지는 경우이다.

- 핫 스팟(Hot-spot) 분포^[6]

일정 비율의 입력셀들이 특정 핫스팟 출력포트 j_H로 집중하는 것으로, 입력포트 i로 들어온 셀이 특정 핫 스팟 출력포트, j_H로 핫 스팟 비율, h 만큼 더 보내지는 경우이다. 즉, q_{ij}는 다음과 같다.

$$q_{ij} = \begin{cases} h + \frac{1-h}{N} & , j = j_H \\ \frac{1-h}{N} & , j \neq j_H \end{cases} \quad (6)$$

- 균일과 점대점 분포의 혼합형^[6]

점대점 분포는 특정 입력포트로 들어온 모든 트래픽은 같은 출력 포트에 향하는 것을 말하는데, 여기서는 일반화된 점대점 분포를 제공하기 위해 특정 입력포트로 들어온 셀의 일정비율이 점대점 분포를 갖고 나머지는 균일 분포를 갖는 모델을 제공한다. 점대점 분포는 입력포트 0과 출력포트 N-1사이에 설정되도록 하였으며, 스위치의 대칭성에 의해 이러한 선택이 모델의 일반성을 손상하지 않는다. 입력포트 0로 들어온 셀은 q_p의 확률로 출력포트번호 N-1로 보내고, 출력 포트번호 N-1을 제외한 나머지 출력포트로는 (1-q_p)/(N-1)로 보낸다. 입력포트 0을 제외한 나머지 입력포트로 들어온 셀에 대해서는 균일분포를 가진다. q_{ij}는 다음과 같다.

$$[q_{ij}] = \begin{bmatrix} \frac{1-q_p}{N-1} & \dots & \frac{1-q_p}{N-1} & q_p \\ \frac{1}{N} & \dots & \frac{1}{N} & \frac{1}{N} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \frac{1}{N} & \dots & \frac{1}{N} & \frac{1}{N} \end{bmatrix} \quad (7)$$

IV. 단위 ATM 스위치 시뮬레이터

일반적으로 시뮬레이터는 에뮬레이터와는 달리, 시뮬레이션을 통해 얻고자 하는 것과 상관없는 기능들은 모델링시에 제외하고 최대한 단순화된 모델을 설정할 필요가 있다.

단위스위치 시뮬레이터는 기본적으로 스위치 엘리먼트의 성능 평가를 목표로 하며, 주 관심사는 셀 수준에서의 QoS인 셀 손실율과 지연시간, 스루풋 등이다. 그러므로 입력트래픽은 많은 VC(Virtual Channel)들의 다중화된 스트림으로 모델링하여, 입력 트래픽 발생은 셀 수준에서 수행하며 VC의 구분을 두지 않는다. 본 시뮬레이터는 멀티캐스트 서비스 및 셀 손실 우선순위 제어를 선택적으로 실행할 수 있도록 하였으며, 다양한 입력 트래픽 패턴을 제공하여 단위 스위치를 종합적으로 평가할 수 있도록 하였다.

시뮬레이터는 SUN SPARC workstation, Sun OS 4.1.x, X windows 상에서 실행된다. 시뮬레이터 코어(core)는 시뮬레이션 패키지인 OPNET을 이용하여 작성하였으나^[7], OPNET이 설치되지 않은 상태에서도 실행될 수 있도록 하고, 시뮬레이션에 대한 경험이 없는 초보자도 쉽게 사용할 수 있도록 하기 위해, 그래픽 사용자 인터페이스 방식을 채택하였다. 시뮬레이션 결과는 텍스트 파일로 출력되며, 출력 파일을 시뮬레이터 상에서 읽기 위한 파일 읽기 기능이 제공된다.

1. 시뮬레이션 입력 변수

시뮬레이션 입력 변수는, 모든 시뮬레이션에 공통적으로 요구되는 공통 입력변수와 멀티캐스트 서비스나 우선순위제어 여부, 그리고 입력 트래픽 패턴 및 출력 포트 분포 등 여러가지 선택 사항에 따라 요구되는 선택적 입력 변수들이 있다. 예로서 우선순위제어 관련 입력 변수들인 CM threshold, Afifo threshold, Highcell ratio 등은 우선순위제어를 수행할 때만 필요한 변수들이다.

선택적 변수의 경우는 그 변수가 필요할 때에만 입력 가능하며, 필요없을 때에는 변수 입력 창이 흐린 상태로 표시되고, 값 입력이 불가능하게 된다. 특히 멀티캐스트 서비스를 시뮬레이션할 경우에는 입력 패턴 및 출력 포트 분포가 단순해야 결과를 해석하기 용이하기 때문에, 멀티캐스트 서비스를 수행할 경우 입력 패턴은 random, 출력포트 분포는 uniform으로 고정

되며 변경할 수 없도록 하였다.

그림 4는 GUI 입력기를 도시하고 있는데, 화면 왼쪽에 대부분의 공통 입력 변수 입력창이 있으며, 나머지 변수들도 같은 부류끼리 묶어서 배치하였다. 변수 입력이 끝난 후 "enter"를 누르면, 입력기는 입력 변수들의 값이 적정한지를 테스트하여, 만일 허용 범위를 벗어난 입력변수가 있으면, 경고음을 내면서 해당 단의 메시지 창에 잘못 입력된 변수들을 표시한다. 입력 변수에 오류가 없으면 시뮬레이션을 실행하며, 시뮬레이션 종료시 출력화일을 파일 읽기 기능("Browser" 버튼)으로 보여준다.

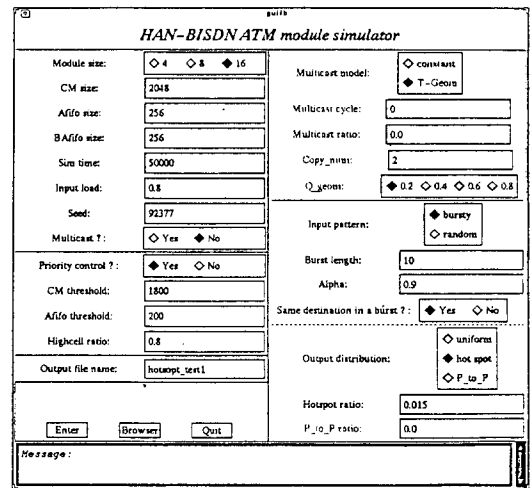


그림 4. 시뮬레이터 GUI 입력기

Fig. 4. Graphic user interface of the simulator.

■ 공통 입력 변수

- Module size : 4×4, 8×8, 16×16 세가지를 지원함.
- CM size : 공통메모리 크기
- Afifo size : 어드레스 FIFO 크기
- BAfifo size : BA-FIFO 및 BR-FIFO의 크기
- Sim. time : 시뮬레이션 수행시간 (단위: 셀타임)
- Input load : 입력 트래픽 부하. 멀티캐스트의 경우, 복제셀을 고려한 실제 트래픽 부하가 아닌, 입력셀의 부하를 의미함.
- Seed : 랜덤 넘버 발생기의 seed
- Output file name : 시뮬레이션 결과 출력 파일 이름

■ 선택적 입력변수

- Priority control ? : 우선순위제어 수행 여부
 - * CM threshold : 공통메모리의 문턱값
 - * Afifo threshold : 어드레스 FIFO의 문턱값
 - * Highcell ratio : 전체 입력셀 중 높은 우선순위 셀의 비율
- Multicast ? : 멀티캐스트 서비스 여부
 - * Multicast cycle : 멀티캐스트 주기 (혹은 BC-CNT)
 - * Multicast ratio : 전체 입력셀 중 멀티캐스트 셀의 비율
 - * Multicast model : 복제셀 수의 분포에 따라, constant와 truncated geometric(T-Geom) 2가지 지원함
 - * copy_num : constant일 경우, 복제셀 수
 - * Q_geom : T-Geom일 경우, T-Geom의 q 파라메타. 0.2, 0.4, 0.6, 0.8중에 한 값을 선택.
- Input pattern : random과 bursty 지원
버스티한 패턴일 경우
 - * Burst length : 평균 버스트 길이
 - * Alpha : IBP 모델에서 α 파라메타
 - * Same destination in a burst ? : 한 버스트 내의 셀들이 모두 동일 출력 번지를 갖는지의 여부
- Output distribution : uniform, hot_spot, point-to-point와 uniform의 혼합형(P_to_P)의 3가지 지원
 - * Hotspot ratio : hot_spot일 경우 hotspot ratio
 - * P_to_P ratio : P_to_P일 경우 P_to_P ratio

이 중에서 버스티 트래픽인 경우는 입력 트래픽 부하와 버스트 길이, 파라메타 α 사이에는 다음과 같은 관계가 있으며, 따라서 변수 입력시에 이를 유의해야 한다. 여기서 평균 휴지구간 길이는 최소값이 1이다.

입력 트래픽부하 = (8)

$$\frac{\text{평균버스트길이}}{\text{평균버스트길이} + \text{평균휴지구간길이}} \times \alpha, 0 \leq \alpha \leq 1$$

2. 시뮬레이션 출력

시뮬레이션 결과는 입력 변수에서 지정한 출력 화일에 저장되며, 크게 입력 변수에 상관없이 출력되는 공통 성능지수(performance measures), 멀티캐스트 관련 성능지수, 우선순위 제어 관련 성능지수의 3 가

지로 나뉜다. 멀티캐스트나 우선순위 제어 관련 성능지수는 멀티캐스트나 우선 순위 제어를 행할 때만 출력된다.

1) 공통 성능지수

 Total number of incoming cells =
 Total number of lost cells =
 Number of lost cells at CM =
 Number of lost cells at Afifo =
 Mean delay =
 Cell loss probability =

2) 우선순위 제어 관련 성능 지수

 Number of incoming high priority cells =
 Number of incoming low priority cells =
 Number of lost high priority cells at CM =
 Number of lost low priority cells at CM =
 Number of lost high priority cells at Afifo =
 Number of lost low priority cells at Afifo =
 Number of lost high priority cells =
 Number of lost low priority cells =
 Cell loss probability of high priority cells =
 Cell loss probability of low priority cells =
 Mean delay of high priority cells =
 Mean delay of low priority cells =

높은 우선순위 셀이 CM이나 Afifo에 손실되는 경우는 버퍼 넘침에 의한 것이고, 낮은 우선 순위 셀의 경우 CM에서의 손실은 대부분 손실우선순위 제어에 의한 것이며, Afifo에서의 손실은 모두 손실우선순위를 거친 후에 Afifo에서 버퍼 넘침에 의해 손실되는 경우이다.

3) 멀티캐스트 서비스 관련 성능 지수

 Number of incoming multicast cells =
 Number of incoming unicast cells =
 Number of lost multicast cells at BAfifo =
 Number of lost multicast cells =
 Number of lost unicast cells =
 Cell loss probability of multicast cells =
 Cell loss probability of unicast cells =

Mean delay of multicast cells =
 Mean delay of unicast cells =

멀티캐스트 서비스의 경우 "Input load"는 셀이 복제되기 전의 입력셀들의 부하이며, "Mean delay"와 "Cell loss probability"의 경우 멀티캐스트 셀을 셀 하나로 간주하여 계산한 것이다. 멀티캐스트 셀의 셀 손실확률 역시 전체 입력된 멀티캐스트 셀 중에서 손실된 멀티캐스트 셀의 비율을 나타낸 것이다.

3. 시뮬레이터를 이용한 성능 평가의 예

이 절에서는 본 시뮬레이터를 이용한 성능평가의 예로서, 핫스팟 트래픽이 가해졌을 때와 버스티 트래픽이 가해졌을 때의 두 경우에 대한 성능 평가 결과를 보여준다.

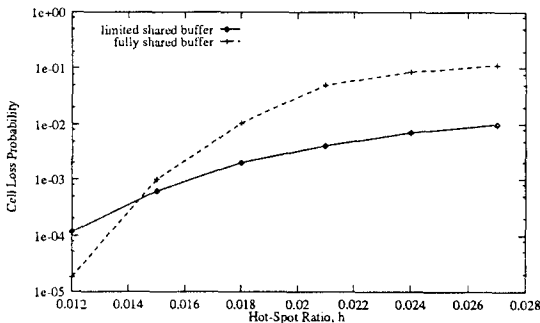


그림 5. 핫스팟 입력 트래픽 하에서 일반적인 완전 공유버퍼 스위치와 제한공유버퍼 스위치의 셀 손실확률 (16×16 스위치, 입력 부하=0.8, CM=100, Afifo=30)

Fig. 5. The cell loss probability of fully shared buffer or limited shared buffer switches under hot spot traffic. (16×16 switch, load=0.8, CM=100, Afifo=30)

그림 5는 핫스팟 트래픽이 가해졌을 때의 셀 손실 확률을 일반적인 완전공유형 ATM 스위치의 경우와 비교하고 있다. 그림 5에 μ 보면 전반적으로 핫스팟 비율이 커질수록 제한공유버퍼형 스위치가 완전공유버퍼형 스위치에 비해서 셀 손실 확률이 적어, 비균일 트래픽에 대해서 제한공유버퍼형 스위치가 성능이 우수함을 볼 수 있다. 이는 제한공유버퍼형 스위치의 경우, 한 출력포트가 모든 공유버퍼를 점유하지 않도록 제한을 두어 특정 출력포트에 트래픽이 집중되는 경우 그 영향이 다른 출력포트로 미치지 않도록 하기

때문이다.

그림 6은 버스티 트래픽일 때의 평균 지연시간을 보여준다. 버스티 트래픽 모델은 버스티가 하나의 가상 채널에 속한 경우로서, 버스티 트래픽인 경우 지연시간이 물론 랜덤 트래픽인 경우보다 길며, 버스티 길이가 길수록 지연시간도 길어짐을 보여준다.

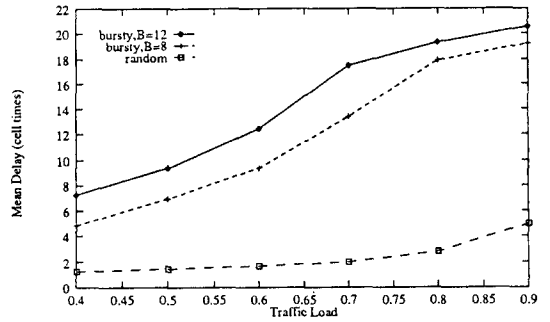


그림 6. 버스티 트래픽과 랜덤 트래픽하에서의 평균지연시간 (8×8 스위치, CM=128, Afifo=64, $\alpha=1$, B: burst length)

Fig. 6. Mean delay under bursty or random traffic. (8×8 switch, CM=128, Afifo=64, $\alpha=1$, B: burst length)

IV. 결론

본 논문에서 우리는 HAN/B-ISDN 프로젝트에서 개발중인 ATM 교환기의 서비스 품질을 종합적으로 측정할 수 있는 ATM 스위치 시뮬레이터를 제시하였다. 개발한 시뮬레이터는 종합적인 성능 평가를 가능하게 하기 위하여 다양한 트래픽 모델을 제공하는데, 입력 패턴 측면에서는 랜덤 트래픽과 버스티 트래픽, 출력포트 분포면에서는 균일 분포와 2가지의 비균일 분포, 멀티캐스트 발생 모델 2가지 등을 지원하며, 이의 다양한 조합에 의해 복잡한 형태의 트래픽을 발생시킬 수 있도록 하였다. 이러한 다양한 트래픽 모델들을 이용하여 본 시뮬레이터는 ATM 스위치의 성능을 다각적인 측면에서 평가할 수 있으며 버퍼 크기 및 우선순위제어에서의 문턱값, 방송서비스 주기 등의 시스템 파라메타의 정량화에 유용히 사용될 것이다. 그리고 제시한 입력트래픽 모델들은 본 시뮬레이터가 모델링한 제한공유버퍼형 ATM 스위치 뿐만 아니라, 일반적인 스위치의 성능 평가에도 광범위하게 테스트 입력 트래픽으로서 사용될 수 있을 것이다.

※ 본 연구는 한국전자통신연구소의 연구지원으로 수행된 것입니다.

참 고 문 헌

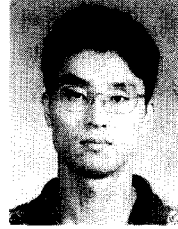
- [1] 이순석, 강성열, 김영선, 한치문, "부분공유버퍼 방식하의 공통메모리 ATM 스위치의 성능 분석", '94 통신정보합동학술대회 논문집, pp.603-608, 1994. 4.
- [2] 전병천, 도미선, 김영선, 한치문, "LAN 트래픽이 입력되는 공유버퍼 ATM 스위치의 성능 평가", 대한전자공학회 추계학술대회 논문집, pp.471-474, 1994. 11.
- [3] 이정희, 나지하, 박권철, "공통메모리 ATM 스위치의 우선순위제어", 대한전자공학회 추계학술대회 논문집, pp.498-501, 1994. 11.
- [4] Raif O. Onvural, *Asynchronous Transfer Mode Networks: Performance Issues*, Artech House, pp.63-65, 1994.
- [5] Joan Garcia-Haro et al. "Description of a Simulation Environment to Evaluate High Performance ATM Fast Packet Switches", *HPN'94*, pp.421-436, 1994.
- [6] David X. Chen and Jone W. Mark "A Buffer Management Scheme for the SCOQ Switch under Nonuniform Traffic Loading", *INFOCOM'92*, pp.145-154, 1992.
- [7] *Optimized Network Engineering Tools (OPNET) M version Technical Overview*, MIL 3 Inc., 1994.

— 저 자 소 개 —



邊性赫(正會員)

1969년 5월 17일생. 1991년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 학사과정 졸업(학사). 1993년 2월 한국과학기술원 전기 및전자공학과 석사과정 졸업(석사). 1993년 3월~현재 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사과정. 주관심분야는 ATM 스위치, 고속 시뮬레이션



金德經(正會員)

1970년 4월 10일생. 1992년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(학사). 1994년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자 공학과 졸업(석사). 1994년 3월~현재 한국과학기술원 전기 및 전자 공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 ATM, 이동통신, Broad-band-PCS.



李昇駿(正會員)

1968년 6월 10일생. 1991년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자 공학과 졸업(학사). 1993년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1993년 3월~현재 한국과학기술원 전기 및 전자 공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 개인휴대통신망, ATM.



許延源(準會員)

1971년 1월 5일생. 1993년 2월 한국과학기술대학 전기 및 전자공학과 졸업(학사). 1995년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1995년 3월~현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 ATM, 광통신망.



成檀根(正會員)

1952년 7월 19일생. 1975년 서울대학교 전자공학과 졸업(학사). 1982년 The University of Texas at Austin 전기 및 컴퓨터공학과 공학석사. 1986년 동 대학원 공학박사. 1977년~1980년 한국통신기술연구소(현 ETRI)연구원. 1986년~현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과, 현재 부교수. 주관심분야는 B-ISDN, 개인휴대통신망, 지능망, 광대역 개인휴대통신망.



朴弘植(正會員)

1953년 8월 16일생. 1977년 2월 서울대학교 공과대학 졸업(학사). 1986년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1995년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사). 1977년 12월~현재 한국전자통신연구소 근무 현 ATM정합연구실장.