

Output-port Expansion 방법을 사용한 입출력버퍼형 ATM 교환기에서의 셀 손실률 비교 분석

· 권세동* , · 김기영 , · 박현민 , · 최병석 , · 박재현
· 명지대학교 컴퓨터공학과 · 동국대학교정보산업과학대학 · 명지대학교전기전자공학부

Performance Analysis of Input-Output Buffering ATM Switch with Output-port Expansion Mechanism

Kwon Se-Dong* , · Kang Ki-Young , · Park Hyun-Min , · Choe Byoong-Seog , · Park Jae-Hyun
· Division of Computer Science & Engineering, Myong-Ji University

요 약

본 논문에서는 ATM 통신망을 위한 여러 ATM 스위치 모델들 중에서, 내부적으로 블로킹(blocking)이 없고 입출력 단에 각각 버퍼가 할당되어 있는 입출력버퍼형 교환기에 대하여 연구하였다. 기존에서 스위치 스피드-업(Switch Speed-up) 기법하에서 주로 연구가 이루어졌다 따라서, 본 논문에서는 유니폼 트래픽하에서 Output-port Expansion 기법을 사용한 귀환·손실 모드 및 하이브리드 모드하에서의 셀 손실률을 비교 분석하였다. Output-port Expansion 기법은, 한 타임 슬롯동안에 입력포트 당 하나의 셀만 교환되며, 만약 하나 이상의 셀들이 같은 출력포트로 향하면, 최대 교환되는 셀 수를 K(Output-port Expansion Ratio)개로 제한하는 방식이다. 유니폼 트래픽(uniform random traffic) 하에서 각 모드에 따른 셀 손실률을 비교 분석한 결과, 로드 0.9를 기점으로, 0.9이하의 로드에서는 하이브리드 모드가, 0.9 이상의 로드에서는 손실모드가 가장 낮은 셀 손실률을 보인다

1. 서 론

B-ISDN(Broadband-ISDN, 광대역 통신망)은 ISDN 서비스는 물론, 큰 대역폭을 요구하는 서비스, 예를 들면, 주문형 비디오(Video-on-Demand), 고해상도 TV(HDTV), 비디오 회의(Video Conference) 서비스 등을 사용자에게 제공할 수 있다.

이러한 B-ISDN 서비스는 ATM(Asynchronous Transfer Mode)을 기반 기술로 하고 있다. 이러한 ATM 기술은 광대역을 제공하고, 채널의 대역폭 또한 자유로이 조정할 수 있으며, 다양한 서비스를 지원한다[1,2].

ATM 교환기는 버퍼링 전략[3-5]에 따라, 기본적으로 세 가지 방식, 즉 입력 버퍼형 방식, 중앙 버퍼형 방식(또는 공유 버퍼형 방식), 출력 버퍼형 방식으로 나눌 수 있다.

첫 번째, 입력 버퍼형 방식은 입력포트에 버퍼를 배치하는 방식이며, 교환기 구조가 단순하여 구현하기 쉽다는 장점이 있지만, HOL 충돌(Head-Of-Line blocking)에 의해 교환기 수율(throughput)이 떨어지는 단점이 있다. 두 번째는, 출력 버퍼형 방식으로 출력포트에 버퍼를 배치하는 방식이다. 이 방식은 교환기의 수율은 높일 수 있지만, 교환기 내부속도를 증가시켜야 하는 단점이 있다. 세 번째는, 중앙 버퍼형 방식으로 입력포트의 출력포트의 중앙에 배치된 버퍼가 공유되는 방식이다. 이 방식은 수율

은 높지만 메모리 액세스 타임(memory access time)이 빨라야 하며 교환기를 구현하기가 복잡한 단점이 있다. 따라서, 최근에는 서로 다른 종류의 버퍼링 전략을 접합시킨 ATM 스위치가 제안되었다[5].

이러한 스위치들 중에서, 본 논문에서 사용한 교환기는 입출력 버퍼형 교환기로서 기존의 귀환·손실모드[6,7] 및 최근에 제안된 하이브리드(Hybrid)모드[8,9]로 작동한다. 세 가지 모드는 셀이 입력포트로 진입할 때, 입력버퍼가 포화 상태일 때는 셀을 폐기하고, 입력포트의 셀이 출력포트로 교환될 때, 출력 버퍼의 상태에 따라 셀을 폐기하는 방식이 다르다. 귀환 모드는 출력 버퍼가 포화 상태가 되면, 원래의 입력버퍼에 그대로 두는 방식이다. 즉, 귀환 모드에서는 입력 버퍼의 포화에 의해서만 셀이 폐기된다. 그에 반해 손실 모드는 출력 버퍼가 포화 상태가 되면 셀을 폐기하는 방식이다. 하이브리드 모드는 출력버퍼가 포화상태일 때, 입력버퍼의 상태에 따라 포화이면 셀을 폐기하고 그렇지 않으면 귀환 모드처럼 입력 버퍼의 원래의 자리에 그대로 두는 방식이다[8,9].

이미 발표된 연구 결과[8,9]에서는, 비스티 트래픽(bursty traffic) 및 유니폼 트래픽(uniform traffic)하에서 Switch Speedup 기법을 사용한 교환기에서 귀환·손실 모드 및 하이브리드 모드의 셀 손실률을 비교 분석하였다. 따라서, 본 논문에서는 유니폼 트래픽하에서, Output-port Expansion 기법을 사용한 입출력버퍼형 교환기의 셀 손실률을 평가하고자 한다.

기본적인 실험대상으로는 입출력단에 버퍼를 갖고 있는 128×128 교환기를 대상으로 하였다. 이러한 교환기에서 한 타임슬롯(time-slot)동안에 입력 단의 HOL(Head-Of-Line) 위치에서 출력

* 본 논문은 정보통신부의 대학기초연구지원사업에 의해 수행된 연구 결과의 일부임.

단으로 서비스될 수 있는 셀의 최대 개수(단, 하나의 입력단에서는 하나의 셀만이 교환 가능)을 의미하는 K (Output-port Expansion Ratio)와 입력되는 로드를 조정하여 셀 손실률은 측정하였다.

2. 교환기와 트래픽 모델

2.1 교환기 모델

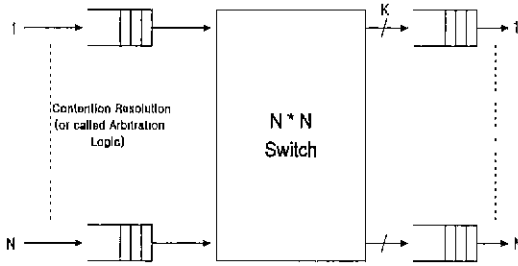


그림 1. 교환기 모델

본 논문에서는 그림 1과 같은 ATM 교환기 모델을 가정하였다. 교환기는 내부적으로 충돌이 일어나지 않고(internally nonblocking) 버퍼가 없으며, 입력포트와 출력포트의 개수(N)가 같은 대칭적인 구조이다. 각 입력포트와 출력포트에는 FIFO(First-In-First-Out) 방식으로 작동하는 전용 버퍼(B_i :입력버퍼, B_o :출력버퍼)가 위치한다. 교환기는 서로 다른 입력포트로 들어온 셀은 같은 타임슬롯에 교환되도록 동기적으로 작동(단, 서로 다른 출력포트로 향한 경우만)한다. 또, 교환기의 성능을 높이기 위하여, Output-port Expansion 방식을 사용한다. Output-port Expansion 방식은, 한 타임슬롯 동안에 입력포트 당 하나의 셀만 교환되며, 만약 하나 이상의 셀들이 같은 출력포트로 향하는 경우에는 최대 교환되는 셀 수를 K (Output-port Expansion Ratio)개로 제한하는 방식이다. 따라서, 각 출력 버퍼의 크기는 $K \leq B_o$ 로 가정한다.

입력 버퍼의 HOL 위치에 있는 셀들이 서로 다른 출력포트로 향하는 경우에는 모든 셀 들을 출력포트로 교환하지만, K 개 이상의 셀들이 같은 출력포트로 향하는 경우에는 우선 순위가 있는 입력포트의 셀을 선택하는 방식을 사용한다. 우선권은 한 타임 슬롯마다 다음 입력포트로 넘기는 방식, 즉 round-robin(또는 cyclic fashion) 방식을 사용하였다. 그리고, 한 타임슬롯동안에 하나의 셀만이 서비스될 수 있음을 가정한다.

2.2 트래픽 모델

이 모델에서는, 스위치의 입력 단에 도착한 셀들은 독립적(independent)이고 동일하게(identically) 분포되어 있으며, 각각 파라미터 ρ ($0 < \rho \leq 1$)를 가지는 베를리(Bernouli) 프로세스에 의해 결정된다. 말하자면, 주어진 타임 슬롯동안에 입력 단에서 셀이 도착할 확률은 ρ 라고 한다면, 도착하지 않을 확률은 $1 - \rho$ 로 나타난다. 그러므로, ρ 는 입력 로드나 스위치의 입력 단으로의 도착률(arrival rate)을 나타낸다.

입력 단으로 들어온 셀들은 N 개의 출력 단 중에서 목적지를 선택한 확률은 균등(uniform)하며, 다른 모든 요점에 대하여 독립적(independent)이다. 다시 말해, 입력 단으로 들어온 셀들이 특정 출력 단으로 나갈 확률은 $1/N$ 이다.

이 트래픽 모델은 독립적 정규 트래픽 모델(independent uniform traffic model), 혹은 간단하게 랜덤 트래픽 모델(random traffic model)[5]이라고 한다.

정규 트래픽 모델은 ATM 교환기의 성능 평가에 많이 사용되었다. 그 이유는 교환기의 이론적 평가가 쉽고, 교환기 노드에 도착하는 입력 트래픽이 사용자 액세스 노드(access node)보다 덜 버스티(bursty)하며, 교환(switching)이 연속적으로 이어지는 곳에서도 덜 버스티하다는 특성을 가지고 있기 때문이다. 이러한 이유로 인하여 유니폼 트래픽이 교환기 트래픽 모델로 많이 사용되었다[5].

3. 입출력버퍼형 교환기에서의 셀 폐기 모드 및 성능 평가

3.1. 입출력버퍼형 교환기에서의 셀 폐기 모드

입출력 버퍼형 교환기에서, 입력포트에서 출력포트로 교환된 셀은 출력버퍼에 FIFO의 형태로 저장되는데, 이때 출력버퍼에 저장할 공간이 남아있지 않다면 셀은 다음의 세 가지 모드로 처리된다.

- 귀환모드(Backpressure, BP) : 출력버퍼에 저장할 수 없다면, 입력버퍼의 원래 위치로 그대로 두게 된다. 즉, 입력버퍼의 포화에 의해서만 셀 손실이 일어난다
- 손실모드(Queue loss, QL) : 출력버퍼에 저장할 수 없다면 그 셀은 손실된다. 즉, 이 모드에서는 스위칭 용량 인자에 의해서만 교환이 결정되고 입출력버퍼 모두에서 손실이 발생할 수 있다
- 하이브리드모드(Hybrid, HB) : 출력버퍼에 저장할 공간이 없는 경우에, 셀이 있던 입력단지의 버퍼를 확인하여, 입력버퍼에도 저장할 공간이 없는 경우에만 셀을 폐기한다.

Switch speed-up 방법을 사용한 기존 실험의 결과, 거의 전 로드 범위에서 하이브리드모드가 귀환·손실모드보다 우수한 셀 손실률을 나타내었다. 이러한 하이브리드모드의 특징은 보통의 경우에 귀환모드 방식을 사용하며, 입력버퍼와 출력버퍼 모두에 저장할 장소가 없는 경우에만 손실모드 방법을 사용한다는 것이다.

3.2 모의 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 입출력 단에 버퍼를 갖고 있는 128×128 교환기를 대상으로 유니폼 트래픽하에서 실험하였다. 교환기의 성능을 측정하는 방법으로는 Output-port Expansion Ratio(K) 및 버퍼의 크기(B_i, B_o, B_t , 단, $B_i + B_o = B_t$)를 변화시켜 가면서, 입력으로 들어온 셀이 원하는 출력포트로 교환되어 완전히 교환기를 벗어날 때까지의 과정에서 발생하는 셀 손실률을 측정하였다.

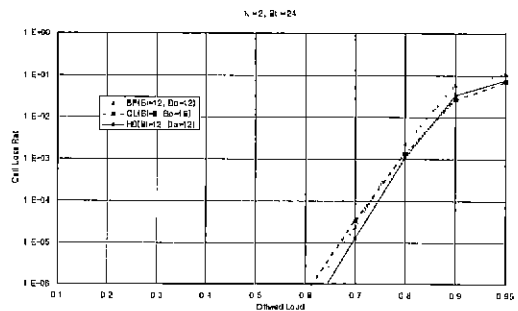


그림 3. Load의 변화에 따른, 귀환(BP)·손실(QL) 및 하이브리드 모드(HB)의 셀 손실률 비교 ($K=2, B_t=24$)

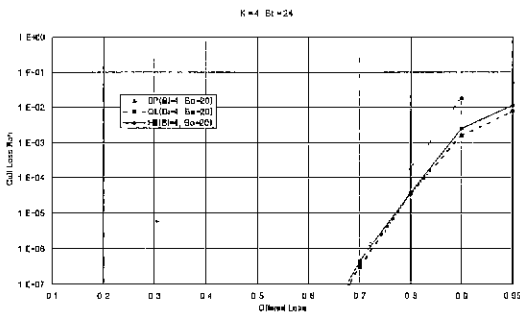


그림 4 Load의 변화에 따른, 귀환(BP)·손실(QL) 및 하이브리드 모드(HB)의 셀 손실률 비교 (K=4, Bt=24)

그림 3,4 는 각각 K(Output-port Expansion Ratio)=2,4이고, Bt(출버퍼 크기, Bt+Bo)=24일 때, 로드를 변화시켜가면서 셀 손실률을 비교한 것이다. 귀환·손실모드 및 하이브리드모드에서, 입력버퍼와 출력버퍼의 크기는, 전 로드에서 걸쳐 가장 낮은 셀 손실률을 보이는 것을 채택하였다.

그림과 같이, K=2인 경우에는 로드 약 0.85를 기점으로, 0.85보다 낮은 로드에서는 하이브리드모드가 귀환모드 및 손실모드보다 우수한 성능을 보이고, 그 이상의 로드에서는 손실모드가 귀환모드 및 하이브리드모드보다 우수한 성능을 보인다. 그러나, K를 4로 높이면 로드 약 0.9이상인 곳에서 손실모드가 귀환모드보다 성능이 뚜렷하게 우수해지며, 또한 하이브리드모드보다 성능이 우수해지는 것을 알 수 있다.

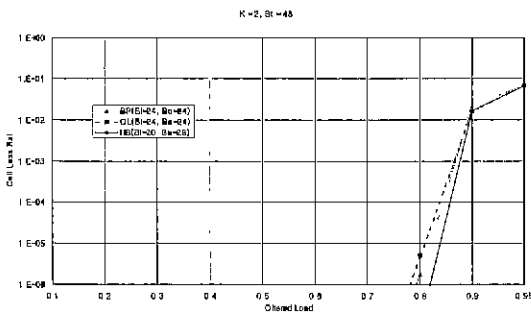


그림 5 Load의 변화에 따른, 귀환(BP)·손실(QL) 및 하이브리드 모드(HB)의 셀 손실률 비교 (K=2, Bt=48)

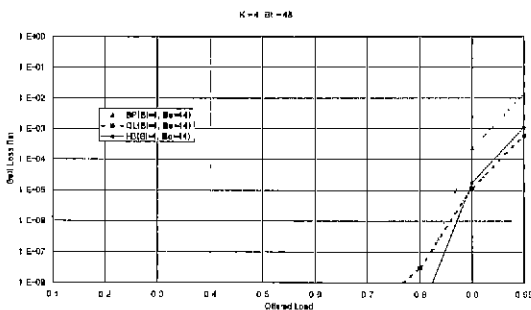


그림 6 Load의 변화에 따른, 귀환(BP)·손실(QL) 및 하이브리드 모드(HB)의 셀 손실률 비교 (K=4, Bt=48)

그림 5,6은 Bt=48인 경우에, K에 따라 귀환·손실모드 및 하이브리드모드를, 로드를 변화시켜 가면서 셀 손실률을 비교한 것이다. K=2인 경우에는, 로드 약 0.9를 기점으로, 그 이하의 로드에서는 하이브리드모드의 성능이 가장 우수하고, 그 이상의 로드에서는 손실모드와 하이브리드모드가 같은 성능을 보이면서 귀환모드보다 성능이 우수하다. 그러나 K를 4로 높이면 로드 약 0.9이상인 곳에서 손실모드가 귀환모드보다 성능이 우수해지는 것을 알 수 있다.

위의 실험 결과에서, 전체적으로 로드 약 0.9를 기점으로, 그 이하의 로드에서는 하이브리드모드가 귀환·손실모드보다 성능이 우수하고, 그 이상의 로드에서는 손실모드가 하이브리드모드와 같거나 약 2배 정도의 좋은 성능을 보이면서 귀환모드보다 성능이 우수해진다. 또한, K를 높일수록, 로드가 높아짐에 따라 손실모드가 귀환모드보다는 뚜렷하게 성능이 우수해지면서, 하이브리드모드보다도 성능이 우수해져 줄 수 있다.

4. 결론

ATM (Asynchronous Transfer Mode) 통신망에서의 교환기는 음성, 영상, 데이터 그리고 아직 알려지지 않은 미지의 서비스에 이르기까지 다양한 멀티미디어 응용 서비스를 효과적으로 모두 수용할 수 있어야 한다. 본 논문에서는, 유니폼 트래픽하에서 교환기 성능을 높이기 위해 Output-port Expansion 기법을 적용한, 내부적으로 충돌이 없고 버퍼가 없는 입출력 버퍼형 ATM 교환기의 성능을 귀환·손실모드 및 하이브리드모드에서, 주어진 조건에 따른 셀 손실률을 비교 분석하였다. 로드를 변화시켜 가면서 입출력 버퍼형 교환기의 셀 계기 모드인 귀환·손실 모드 및 하이브리드모드의 셀 손실률을 비교 분석한 결과, Output-port Expansion Ratio에 관계없이 로드 약 0.9를 기점으로, 로드 0.9이하에서는 하이브리드 모드가, 로드 0.9이상에서는, 손실 모드가 가장 낮은 셀 손실률을 보였다. Output-port Expansion Ratio를 높일수록, 모드에 상관없이 셀 손실률이 많이 낮아지는 경향을 보였다. 향후 연구 과제로는 버스티 트래픽하에서 Input-port Expansion 방법과 Look-ahead Contention Resolution 방법을 사용한 입출력 버퍼형 ATM 교환기의 셀 손실률과 셀 지연을 성능 평가하는 것이다.

참고문헌

- [1] F. Tobagi, "Fast Packet Switch Architectures For Broadband Integrated Services Digital Networks", Proc. IEEE, vol. 78, no. 1, 1990
- [2] J. Bae and T. Suda, "Survey of Traffic Control Schemes and Protocols in ATM Networks", Proc. IEEE, vol. 79, no. 2, 1991.
- [3] M. Prycker, Asynchronous Transfer Mode Solution for Broadband ISDN, Prentice Hall, 1995
- [4] P. Onvural, Asynchronous Transfer Mode Networks, Artech House, 1995
- [5] R. Awdeh and H. Mouflah, "Survey of ATM Switch Architecture", Computer Network and ISDN System 27, pp.1567-1613, 1995.
- [6] A. Pattavina and G. Bruzzi, "Analysis of Input and Output Queuing for Nonblocking ATM Switches", IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 1, no. 3, 1993
- [7] I. Iliadis, "Performance of a Packet Switch with Input and Output Queuing under Unbalanced Traffic", Proc. IEEE INFOCOM '92, vol. 2, 1992.
- [8] 권 세동, 멀티미디어 버스티 트래픽하에서 입출력버퍼형 ATM 교환기 모드의 성능 비교 분석, 영지대학교 工學碩士學位論文, 1998
- [9] 권 세동, 박 현민, 최 병석, 박 제현, "버스티 트래픽하에서 입출력 버퍼형 ATM 교환기 셀 손실 모드들의 성능 비교 분석", 한국통신학회 추계 종합 학술 발표회 논문집 (상), pp.54-57, 1998.