

# MIN(Multistage Interconnection Networks)망을 이용한 가상 입력 버퍼 반안 스위치 설계

권영호<sup>o</sup> 김문기 이병호  
한양대학교 정보통신대학원

{kwon05<sup>o</sup>, mungi, byoungho}@scann.hanyang.ac.kr

## A Virtual Partially Shared Input-Buffered Banyan Switch Based on Multistage Interconnection Networks

YoungHo Kwon<sup>o</sup> Byoung Ho Rhee

The graduate School of Information and Communications Hanyang National University

### 요 약

현재 ATM 망에서 다양한 형태의 스위치 구조가 제안 되었으며 스위치 구조는 크게 blocking 과 nonblocking 스위치로 나눌 수 있다. nonblocking 스위치는 버퍼의 위치에 따라 input queuing, output queuing, shared buffer switch로 나뉘며 그 중에 입력 버퍼형은 하드웨어 구현이 쉬운 장점이 있으나 HOL 블로킹으로 인하여 처리효율이 낮다는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 입력 버퍼형 ATM 교환기의 문제점을 해결하기 위하여 가상적인 입력버퍼와 MUX를 이용한 입력버퍼형 반안 스위치 모델을 제안한다.

### 1. 서 론

현재의 네트워크는 빠른 데이터 처리를 위한 고속 패킷 스위칭(fast packet switching)망을 기반으로 하고 있다. 1980년대 store-and-forward 방식이 아닌 고속 패킷 스위칭에 대한 연구가 집중적으로 이루어져 그 중에 ATM 방식이 최종적으로 채택된 것이다. ATM 고속 패킷 스위치에 대한 많은 연구가 이루어졌다. ATM 스위치는 크게 blocking 과 nonblocking으로 나눌 수 있다. Blocking 스위치란 모든 입력 포트에 있는 모든 패킷이 목적지 출력포트가 있더라도 전달을 보장하지 못한다. 반안 스위치[1]와 브로드 밴드 스위치 네트워크[2]가 이 스위치에 속한다. nonblocking 스위치는 스위치 구조에서 어떤 혼잡이 없이 모든 입력포트의 패킷이 출력포트로 전달될 수 있다. 그러나 스위치 내부에서 입력포트에서 들어온 패킷이 동일한 출력포트를 요구함으로써 blocked cell이 발생할 수 있으므로 이를 처리할 수 있는 버퍼가 필요하다. nonblocking 스위치는 버퍼의 위치에 따라 input queuing, output queuing, shared buffer switch로 나눌 수 있다. 대표적인 nonblocking 스위치는 knockout 스위치[3], 크로스바 스위치[4], 배치 반안 네트워크[5], starlite 스위치[6], prelude[7] 스위치가 있다. nonblocking 스위치 중 하나인 입력버퍼형 스위치는 하드웨어적 구현이 쉬운 반면에 HOL(head-of-line) 블로킹으로 인하여 시스템의 성능이 낮아진다. HOL은 대기행렬 구조에서 발생하는 블로킹으로 각 입력포트가 하나의 큐(Queue)를 갖는 대기행렬구조에서 심각하게 발생한다. 입력버퍼형의 최대처리율은 랜덤

균일 트래픽일 경우 0.0586[4]로 최대 산출량은 58%를 넘지 못한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 여러 많은 방법들이 제안되었다.

본 논문에서는 입력 버퍼형 ATM 교환기의 문제점을 해결하기 위한 다단계 스위치를 제안한다. 기존 반안 스위치 네트워크에 입력 virtual 버퍼와 MUX를 두어 반안 스위치에서 생길수 있는 내부 블로킹과 Head-Of-Line 블로킹을 해결하고 출력율을 높이는 방법을 제시한다. 본 논문은 다음 순서로 구성되었다. 본론에서는 기존 반안 스위치에 nonblocking 조건에 대해서 알아보고 스위치 설계시 고려할 사항과 제안한 스위치의 기본 동작 및 구조를 설명하며, 마지막 결론에서는 향후 연구과제에 대해 기술한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 반안망의 비충돌 조건

반안망이 들어오는 패킷이 목적지 주소에 따라 정렬이 되고 패킷 충돌이 완전히 피할 수 있고, 내부 버퍼가 필요 없다면 비충돌이다. Batcher 정렬망과 반안 라우팅 망의 조합인 starlite 스위치는 이런 원리에 기반을 두고 있다.

일반적으로 정규 반안망이 도착하고 있는 패킷을 가진 입력, active input, 이  $x_1, \dots, x_k$ 이고 이에 대응하는 출력이  $y_1, \dots, y_k$ 라고 할 때 아래의 조건을 만족한다면 비충돌이라 한다[15].

1.  $y_1 < y_2 < \dots < y_k$  또는  $y_1 > y_2 > \dots > y_k$  (Monotone)
2. 두 활성입력 사이의 입력은 항상 활성입력이다. 즉  $x_i < w < y_i$ 의 경우,  $w$ 는 항상 활성입력이다.

## 2.2 제안한 반안망 구성

### 2.2.1 스위치 설계시 고려사항

본 논문에서 제안한 ATM switch의 하드웨어적 설계시 고려한 두 가지 주요 사항은 다음과 같다.

- 첫째, 교환기의 최대 처리량을 증가시킨다.
- 둘째, 반안망의 내부비충돌 조건을 만족시키면서 입력 버퍼형 스위치의 문제점을 해결한다.

### 2.2.2 스위치 동작 원리 및 제안 모델

배치 반안 스위치는 입력단에 입력버퍼를 추가하는 방법을 사용하면 입력이 destination에 따라 정렬되며 반안망에서 내부적으로 Nonblocking 된다는 장점이 있지만 기존 반안 스위치에 비해 많은 단계가 필요하고 여러 request가 동일 output로 향하면 산출량이 개선되지 않는 단점이 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서 기존의 입력 포트에서 받은 데이터의 입력을 기존 입력버퍼에서 그림 1 (a)와 같은 FIFO 큐 형태로 받아들이는 것이 아니라 그림 1(b)와 같은 가상 버퍼로 입력을 받는 방식이다. 본 논문에서 제안하는 방식은 기존의 반안 네트워크에서 입력 포트 부분에 가상의 입력 버퍼를 두어 입력 데이터를 큐잉을 하고 가상의 버퍼에서 받은 데이터 셀을 MUX로 처리하는 방법을 사용함으로써 기존의 입력 버퍼형 스위치의 단점을 보완함과 동시에 입력 큐 방식의 스위치의 고속 동작 특성을 그대로 유지할 수 있도록 스위치 모델이다.

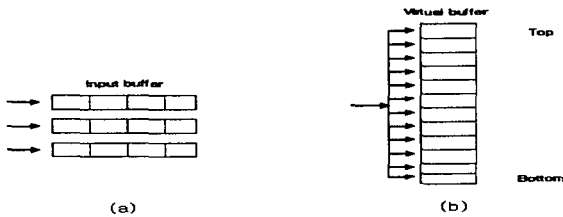


그림 1 (a) general input buffer (b) virtual buffer

가상 버퍼는 입력된 데이터 셀의 위치가 Top과 Bottom으로 나뉘어 "upper group"과 "lower group" 두개의 그룹으로 나눌 수 있다. 순차적으로 입력 데이터를 받아들이고 받아들인 데이터 셀들은 Upper group 과 lower group으로 나뉘어져 각 그룹은 alternating한 클럭(clock) 사이클에 의해 목적지 주소를 가지는 포트에 출력되고 이러한 목적지 주소를 가지는 데이터 셀을 MUX로 출력한다. 가상버퍼의 동작은 그림 2와 같다.

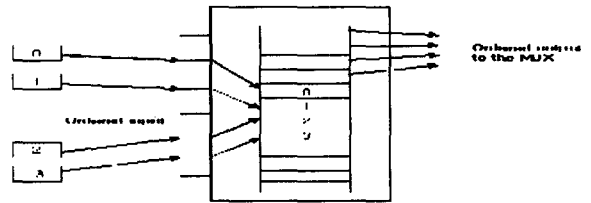


그림 2 Operation of the virtual buffer

가상버퍼와 MUX를 결합한 본 논문에서 제안하는 스위치 모델은 그림 3 과 같은 구조를 가지고 있다.

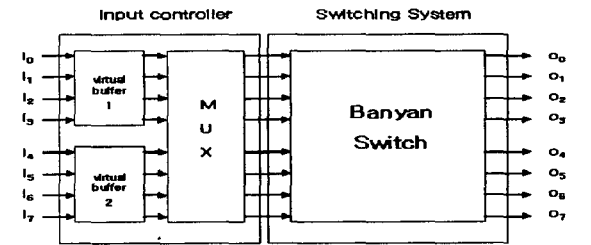


그림 3 A banyan switch with virtual buffer

제안된 모델인 스위치의 동작을 위한 기본 가정을 설명하면 다음과 같다.

- 각 입력포트 및 출력포트는 유일한 경로를 가지고 동작한다.
- MUX내에서는 내부 블로킹은 발생하지 않는다.
- 입력 port에서 트래픽은 independent uniform 형태이다.
- 입력 데이터의 셀은 순차적으로 버퍼에 저장되며 저장된 순서에 의해 Upper group과 lower group으로 나뉘어 저장된 셀은 단일한 k개의 목적지 주소에 따라 셀프 라우팅 특성을 가진다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 MIN기반 하에서 입력 버퍼형 ATM 교환기의 문제를 해결 하기 위해서 기존 반안 스위치 네트워크에 입력 virtual 버퍼와 MUX를 두어 반안 스위치에서 생길 수 있는 내부 블로킹과 Head-Of-Line 블로킹을 해결하고 출력율을 높일 수 있는 입력 버퍼형 반안 스위치 모델을 제시하였다. 앞으로의 향후 연구는 제안된 스위치 모델에 성능평가 부분에 대한 연구를 진행하여야 하고 만약 제안한 스위치 모델이 실제적으로 구현될 경우 초고속 통신망과 병렬 컴퓨터에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

### 참고 문헌

[1] Hyong Sok Kim and A. Leon-Garcia, "Performance of buffered banyan network under nonuniform traffic pattern," IEEE Proc. INFCOM'88, pp. 344-353, New Orleans, LA., March 1988

[2] M. De. Prycker and M. De. Somer, "Performance of a service independent switching network with distributed control," IEEE JSAC, vol. SAC-5, No. 8, pp. 121-125, Atlanta, GA. Nov. 1984

[3] Y. S. Yeh, M. G. Hluchyj, A. S. Acampora, "The knockout switch: A simple, modular architecture for high-performance packet-switching," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. SAC-5, pp 1274-1283, Oct. 1987

[4] M. J. Karol, M. G. Hluchyj and S. P. Morgan, "Input versus output queuing on a space-division packet switch," IEEE Trans. Commun., vol. 35, pp. 1347-1356, Dec. 1987

[5] J. Hui and E. Arthurs, "A broadband packet switch for integrated transport," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. SAC-5, pp 1264-1273, Oct. 1987

[6] A. Huang and S. Knauer . "Starlite : A wideband digital switch," IEEE GLOBECOM'84 , pp.121-125, Nov. 1984

[7] J. P. Coudreuse and M. Servel, "Prelude: An asynchronous time-division switched network," in Proc. ICC'87. Settle. WA. pp. 769-773, June 1987

[8] H. Ahmadi and W. E. Denzel, "A survey of modern high performance switching techniques," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 7, pp. 1091-1103, 1989

[9] R. Kannan, K. Y. Lee and H. F. Jordan, "A

high-speed hardware efficient optical sorting network," in Proc. Asia-Pacific Conference on Commun., pp. 873-877, 1995

[10] R. Y. Awdeh and H. T. Mouftah, "Survey of ATM switch Architecture," Computer Network and ISDN system. 27, pp. 1567-1613, 1995.

[11] J. Y. Hui and E. Arthurs, "Broadband packet switch for integrated transport," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 5, No.8, pp 264-273, Dec. 1987

[12] J. Y. Hui and T. H. Lee, "A large-scale ATM switching network with sort banyan switch modules," GLOBECOM'92 Conference Record, Orlando, pp.133-137, Dec. 1992

[13] T. Kwok and F. Tobagi, "Tandem-banyan switching fabric," IEEE Proc. INFCOM'90, vol.2, pp. 677-685, 1990

[14] J. S. Turner, "Design of a broadband packet switching network," IEEE Trans. Commun., vol. 36, No. 6, pp. 734-743, 1988

[15] T. H. Lee and S. J. Liu, "A Fair High-Speed Copy Network For Multicast packet Switch" INFOCOM '92. Eleventh Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, pp.886-894, 1992

---

\* This work was supported by the HY-SDR research center at Hanyang University, Seoul, Korea, under the ITRC program of MIC, Korea.