

論文95-32A-12-1

# 확장 가능한 복사망에서 방송 및 그룹 변환 테이블의 수직 분할

## (Vertical Partitioning of Broadcast and Group Translation Table in an Extendible Copy Network)

權宅根\*, 李光鎔\*

(Taeck-Geun Kwon and Gwang-Yong Yi)

### 요 약

본 논문에서는 하나의 VLSI 또는 PCB로 구현 가능한 소규모의 스위치 모듈을 이용한 대용량 ATM 스위치에서의 복사망 구조를 제안한다. 멀티캐스팅을 위한 대용량 스위치에서 복사망과 전달망 사이에 존재하는 방송 및 그룹 변환 테이블을 수직 분할하여 메모리 용량을 최소화하였다. 이를 위하여 단위 복사 모듈에서 복사되는 셀을 인접한 포트로 출력되도록 하고, 최종적으로 동일한 출력 포트로 전달될 셀은 동일한 복사 모듈에서 복사되도록 그룹핑하여 고정적으로 분배함으로써 셀 순서를 위반하지 않도록 하였다. 수직 분할된 테이블의 크기는 분할되지 않은 경우에 비하여 크게 줄어들고, 연결 설정 시간을 줄일 수 있다.

### Abstract

In this paper, we propose an extendible copy network in a large-scale ATM switch consisting of small switch modules implementable on a single VLSI chip or a single PCB. Considering multicasting switches consist of a copy network and a routing network, there exist broadcast and group translators (BGT) which assign the destination addresses into copied cells. The BGT table can be reduced by vertical partitioning method; copied cells are translated in adjacent BGTs and each BGT table has a single destination address per connection. In addition, the distribution network routes and copies incoming cells into several groups statically which are translated into consecutive BGTs. This guarantees the integrity of cell sequences. Connection-setup time as well as the BGT table size can be reduced significantly.

### I. 서론

화상 회의 (video conference), 홈 쇼핑 (home shopping), 주문형 비디오 (VOD: Video-On-Demand), 교육, 오락 등 멀티미디어 응용 환경에서 멀티캐스팅 기능이 필수적이다. 일반적으로 멀티캐스팅을 위한 ATM 스위치는 ATM 셀 (cell)을 복사하는 복사망 (CN: Copy Network)과 복사된 셀을 목적지

로 전달하는 전달망 (RN: Routing Network)으로 구성된다. 따라서 CN과 RN 사이에는 복사된 셀에 목적지 주소를 할당하는 방송 및 그룹 변환 테이블 (BGT: Broadcast and Group Translator)이 필요하다. ATM 스위치의 입출력 부분에는 포트 처리기 (PP: Port Processor)가 있어 입력 PP (IPP)에서 입력 셀을 동기화하고 53 바이트의 표준 ATM 셀을 스위치 내부 셀 형식으로 변환한다. 그리고 출력 PP (OPP)에서 복사, 전달된 내부 셀을 표준 ATM 셀 형식으로 변환하는 기능을 수행한다<sup>1,2)</sup>. 멀티캐스팅을 위한 ATM 스위치의 기본 구조는 그림 1과 같다.

\* 正會員, LG 情報通信(株)

(LG Information & Communications, LTD.)

接受日字:1995年5月11日, 수정완료일:1995年11月22日

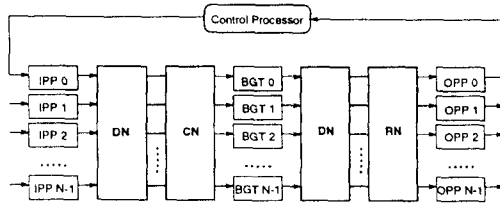


그림 1. 멀티캐스팅을 위한 ATM 스위치의 구조  
Fig. 1. An architecture of ATM switch for multicasting.

B-ISDN 인터페이스 속도는 현재 155 Mbits/s와 622 Mbits/s로 규정되었다. 그러나 VLSI의 기술적 한계나, PCB (Printed Circuit Board)의 전력 소모 및 입출력 단자 수의 제한 등으로 인해 단위 스위치 모듈은 주로  $32 \times 32$  또는  $64 \times 64$  정도의 규모로 구현되고 있다. 따라서 수백, 수천 용량의 대용량 ATM 스위치는 이러한 단위 스위치 모듈을 이용하여 다단 상호 연결 망 (MIN: multistage interconnection network)으로 구현된다. MIN 구조의 스위치에서 단위 스위치 모듈의 과부하를 방지하기 위하여 복사망, 전달망 앞에 부하 분산을 위한 분배망 (DN: distribution network)을 둔다.

멀티캐스팅 연결에서의 ATM 셀은 복사망을 통해 복사되고, 복사된 셀은 BGT에서 각각의 출력 포트 주소로 할당받아 전달망을 통해 출력 포트에 전달된다 [3]. 따라서 스위치 용량이 큰 경우에 허용되는 연결의 수가 많아지므로 BGT 테이블의 크기가 커진다. 예를 들어  $1024 \times 1024$  스위치에서 포트 당 약 2 K 개의 연결을 허용하는 경우 스위치 전체의 최대 연결 수는 약 2 M 개이다. 복사망에서 복사된 셀이 임의의 BGT에서 변환되는 경우 하나의 BGT 테이블은 하나의 연결에 대하여 최대 1024 개의 출력 포트 주소에 대한 값을 가져야 한다. 따라서 출력 주소 값의 크기가 2 바이트인 경우, 하나의 BGT 테이블의 크기는 4 G (giga) 바이트에 해당한다. 또한, MIN 구조의 ATM 스위치에서 단일 연결에 대한 복수 경로가 존재하고 경로 내에 존재하는 단위 스위치 모듈의 대기 행렬 지연 시간 (queueing delay)이 서로 다를 때 셀 순서 무결성을 보장할 수 없다. 스위치 망에서 셀 순서를 위배하는 경우에 출력 PP에서 셀의 재순서화 (cell resequencing) 절차가 필요하다. 셀 재순서화는 하드

웨어의 복잡도를 증가시키고 셀 스위칭 지연을 크게 한다 [4]. 본 연구에서 셀 순서를 보장하여 입출력 PP의 하드웨어를 단순하게 하고 단위 스위치 모듈의 상호 연결로 확장 가능한 대용량 MIN 구조의 복사망을 제안한다. 이를 위해 BGT 테이블의 수직 분할 방법을 사용하여 테이블의 메모리 용량을 최적화 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 멀티캐스팅을 위한 ATM 스위치 구조에 대해 기술하고, 복사망에서의 비블러킹 스위치 모듈에 대해 기술한다. 3 장에서 MIN 구조를 기반으로 복사망의 확장 방법을 설명하고 BGT 테이블의 수직 분할 방법을 기술한다. 4 장에서 제안된 복사망의 성능을 변환 테이블의 용량 및 셀 손실을 그리고 셀 지연 등 측면에서 고찰하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

## II. 멀티캐스팅 ATM 스위치

복사망과 전달망으로 구성된 멀티캐스팅 ATM 스위치에서의 셀 스위칭 예는 그림 2와 같다.

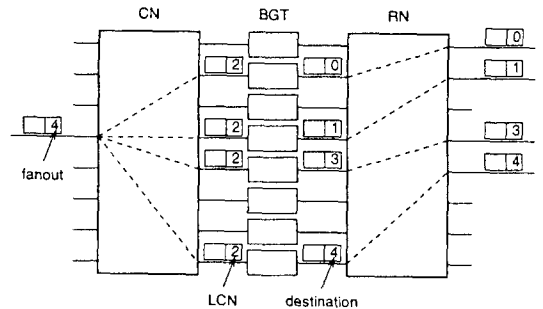


그림 2. 멀티캐스팅 셀 스위칭의 예  
Fig. 2. An example of multicasting cell switching.

우선 복사망에서 설정된 연결의 해당 분기 수에 따라 복사하고 BGT에서 출력 포트의 주소를 할당한다. 복사망에서 복사된 셀이 임의의 BGT에서 주소를 할당받을 경우 각 BGT 테이블은 각 연결에 대하여 모든 출력 주소 값을 가져야 한다. [5]에서 복사망의 출력 셀을 인접한 BGT에서 처리하도록 함으로써 BGT 테이블의 크기를 줄였다. 그러나 MIN 구조의 복사망은 동일한 연결에 속하는 셀이 다른 경로를 통해 복사됨으로 인하여 인접한 출력 포트에 복사될 수 없다. 본 논문은 하나의 입력 셀이 인접한 출력 포트에 복사되

는 단위 복사 모듈을 사용하여 MIN 구조의 복사망에서 BGT 테이블의 크기를 최소화하는 방법에 대하여 기술한다.

1. 비블럭킹 복사 모듈

스위치 모듈을 비블럭킹 구조로 구성할 경우, 복사 모듈 내 2 × 2 단위 스위치 소자의 하드웨어 구성이 간단해진다. 복사 모듈의 구성은 그림 3과 같다.

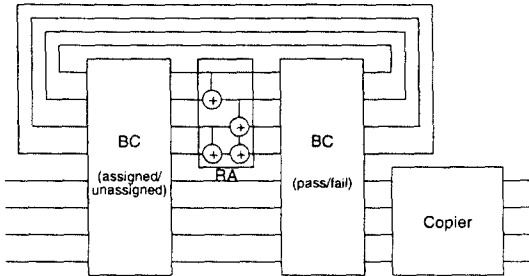


그림 3. 비블럭킹 복사 모듈의 구조  
Fig. 3. Architecture of nonblocking copy module.

복사 모듈의 입력 셀은 이진 집중기 (BC: binary concentrator)를 통해 집중되어 분기 수의 합이 구해진다. 분기 수의 합이 최대 출력 포트 수를 넘지 않는 셀은 표시되어 복사를 위하여 복사기 (copier)에 입력되고 분기 수의 합이 포트 수를 초과하는 셀은 다음 셀 주기에 높은 우선 순위를 갖고 새로운 셀과 경쟁하기 위하여 재순환된다. 재순환 및 복사기 출력을 위한 셀의 그룹핑을 위해 또 한번의 이진 집중기를 거친다. 따라서 입력 순서에 따라 복사되고 복사기에서 분기 수에 따라 순서대로 셀을 복사함으로써 단일 복사 모듈에서 인접한 출력 포트로 출력할 수 있다. 현재 64 × 64 규모의 단일 복사 모듈과 단일 전달 모듈이 하나의 VLSI로 구현되었다. 이를 위하여 0.8 μm 기술이 사용되었고, 셀 손실률 10<sup>-10</sup> 이하를 보장하기 위하여 내부 처리 속도를 증가시켰다. 구현된 128 × 128 이진 집중기의 구조는 그림 4와 같다.

본 논문에서의 집중기 구조는 기존의 비블럭킹 이진 집중기<sup>[5,6,7,8]</sup>를 기반으로 구현되었다. 집중된 이진 그룹의 순서가 XOR 소자에 의해 병렬로 계산되어 단위 스위치 소자에 입력된다. 현재 구현된 복사 모듈 내부의 128 × 128 이진 집중기는 448 개의 2 × 2 단위 스위치 소자 및 1065 개의 XOR 소자로 구성되어 약

18 K gates와 등가이다<sup>[9]</sup>

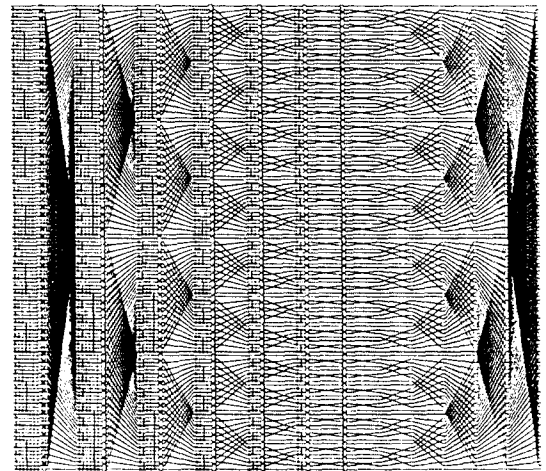


그림 4. 128 × 128 이진 집중기의 구조  
Fig. 4. An architecture of 128 × 128 binary concentrator.

복사기에서 분기 수의 합을 출력 포트의 주소로 전달하고 빈 포트를 위로 채움으로써 인접한 포트에 복사 셀을 출력한다. 복사기의 입력 셀은 집중되어 있고, 분기 수 합은 증가하는 값이므로 분기 수의 합으로 전달하는 복사기에서 내부 블럭킹이 발생하기 않는다. 따라서 복사기를 반안, 역반안, 오메가, 플립 망 등의 반안 등가 망 (Banyan equivalent network)으로 내부 블럭킹 없이 구현할 수 있다.

2. 멀티캐스팅 그룹 변환 테이블

BGT는 복사망에 입력되는 마스터 셀 (master cell)로부터 복사된 셀에 출력 포트 주소를 부여하는 역할을 한다. 따라서 연결을 설정할 때, BGT에서 관리하는 BGT 테이블 (BTT)은 셀의 논리 채널 번호 (LCN: Logical Channel Number)와 연관된 출력 포트의 주소를 갖는다. LCN의 크기를 L이라 할 때, 복사 셀이 임의의 BGT에서 출력 포트 주소를 할당받는 경우 각 BTT는 LCN당 N개의 출력 주소, 즉, 하나의 BTT에 LN 개의 출력 포트 주소를 저장해야 한다. BTT의 크기를 줄일 수 있는 방법은 여러 가지가 있으나 크게 수평 분할 방법(vertical partition method)과 수직 분할 방법(horizontal partition method)으로 분류할 수 있다. 수평 분할 방법은 하나의 BGT가 전체 LCN 중 일부 (L' ≪ L) LCN만을

가진 복사 셀을 처리하도록 하여 하나의 BTT는  $L/N$  개의 출력 주소만 갖도록 하는 방법이다. 이 경우 하나의 BTT에 LCN당  $N$  개의 출력 포트 주소를 갖지만  $L'$  개의 LCN만 필요하므로 저장 공간을 줄일 수 있다. 수직 분할 방법은 복사망에서 마스터 셀을 복사할 때 인접한 BGT에서 복사 셀을 처리하도록 함으로써 해당 LCN당 하나의 출력 포트만 갖도록 하는 방법이다. 따라서 하나의 BTT에  $L$  개의 출력 포트 주소만 저장한다.

LCN 값이  $i$  ( $i = 0, 1, \dots, L-1$ )인 연결에 대하여 각 BTT는 하나의 출력 포트 주소 값을 갖는다. 예를 들어 1:1, 1:3, 1:2 연결  $x, y, z$ 가 존재할 때 BTT의 구성은 그림 5와 같다.

포트	연결		
	x	y	z
0	2	0	3
1	2	1	7
2	2	2	3
3	2	0	7
4	2	1	3
5	2	2	7
6	2	0	3
7	2	1	7

그림 5. BTT의 예  
Fig. 5. An example of BGT BTT.

여기서 출력 포트는  $x$  연결은 2,  $y$  연결은 0, 1, 2, 그리고  $z$  연결은 3, 7로  $8 \times 8$  ATM 스위치를 가정하였다. 복사망에서  $x, y, z$  연결 셀이 1 개, 3 개, 2 개 복사되어 인접 BGT에서 변환될 때  $x$  연결 셀은 출력 주소 값으로 2를 할당받고,  $y$  연결 셀은 1, 2, 0을 순서대로 할당받는다. 이때  $y$  연결 셀은 변환될 BGT의 시작 위치와 무관하게 3 셀의 주소가 할당되므로 원하는 0, 1, 2 값을 갖는다. 단, 5 번째 포트 이상에서는 분기 수의 합이 포트 수 8을 초과하게 되어 복사망 내에서 재순환되고, 다음 셀 주기에 가장 높은 우선 순위를 갖는다.

### III. 복사망 확장

1. 다단 상호 연결 복사망  
 $4 \times 4$  단위 스위치로  $16 \times 16$  셔플 (shuffle) 망

을 구성하면 그림 6과같이 2 단으로 구성된다.

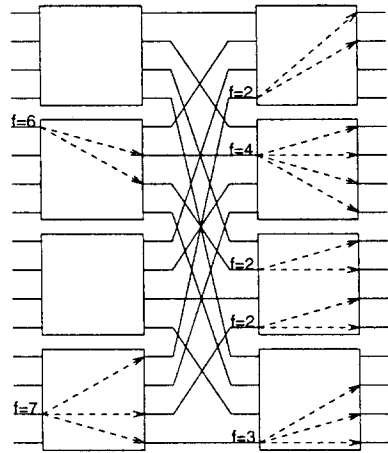


그림 6. 셔플 망으로 구성된 2 단 복사망  
Fig. 6. 2-stage copy network with a shuffle network.

동일한 연결의 셀이 다른 경로를 통해 복사될 경우 대기 행렬 지연 시간이 서로 다르므로 인하여 셀 순서를 보장할 수 없다. 따라서 첫 번째 단에서 미리 설정된 경로로 셀을 복사하여 전달하는 기능이 필요하다. 두 번째 단에서 해당 분기 수의 복사 셀을 인접한 출력 포트에 출력함으로써 최소한의 변환 테이블로써 방송 및 그룹 변환을 수행할 수 있다. 복사망의 부하를 균일하게 하기 위하여, 연결을 설정할 때 제어 처리기 (control processor)가 적절한 경로를 선택하도록 한다. 확장된 복사망에서 부하 분산을 위한 분배망은 멀티캐스팅 및 전달 기능을 모두 갖는 스위치이므로 가능한 한 작은 모듈로 구현되어야 한다.  $64 \times 64$  단위 복사 모듈을 이용하여  $256 \times 256$  ATM 스위치로 확장하기 위하여  $4 \times 4$  스위치 모듈로 구성된 분배망을 입출력 PP 보드에 구현하여 그림 7과같이 구성할 수 있다.

4 개의 IPP는 하나의 IPP 그룹 (IPPG)으로 구성되어 최대 4 개의 셀로 복사되어 복사 모듈로 전달한다. 복사 모듈은 복사 셀을 인접 출력 포트에 출력하여 BGT 그룹 (BGTG)에서 수직 분할된 BGT 테이블을 참조하여 출력 주소를 할당한다. 단일 호에 대한 출력 주소 값을 BGTG 별로 관리할 경우 복사 모듈의 대기 행렬 지연 시간이 다를 경우에도 출력 포트의 셀 순서를 보장한다. 확장된 복사망에 존재하는 분배망은 일반

적인 MIN 구조로 쉽게 확장될 수 있다.

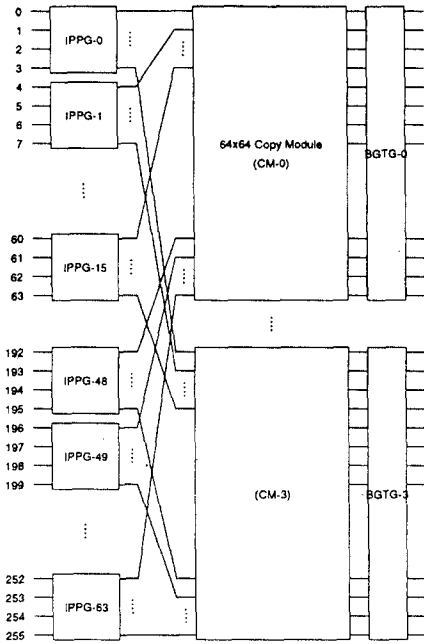


그림 7. 256 × 256 포트의 확장된 복사망의 구성 예  
 Fig. 7. An example of an extended 256 × 256 copy network.

2. 다단 상호연결 복사망에서 변환 테이블의 수직 분할

단위 복사 모듈에서 인접 포트로의 복사 셀 출력은 가능하나 다른 경로 상의 복사 셀을 포함하는 대용량 복사망에서 인접 포트에 출력하는 것이 쉽지 않다. 따라서 연결 설정 시 BGT를 단위 복사 모듈의 크기로 분할하고, 분할된 BGT 그룹의 BGT 테이블을 수직 분할한다. 그림 5를 두 개의 BGT 그룹으로 분리하여 구성한 예가 그림 8에 있다.

LCN x인 셀이 입력되면 IPPG에서 상위 복사 모듈로 전달하여 모든 경우에 출력 주소 값으로 2를 할당한다. LCN y인 셀이 입력되면 2 개의 셀로 복사하여 두 복사 모듈로 전달하면서 상위 복사 모듈에서 출력된 셀은 0의 값을 할당하고, 하위 복사 모듈에서 복사되어 출력된 셀은 1, 2의 값을 단일 복사 모듈로 구성된 경우와 같은 방법으로 할당한다.

그룹 (BGTG)	포트	연결		
		x	y	z
0	0	2	0	3
	1	2	0	3
	2	2	0	3
	3	2	0	3
1	4	-	1	7
	5	-	2	7
	6	-	1	7
	7	-	2	7

그림 8. 확장된 복사망을 위한 BTT의 구성 예  
 Fig. 8. An example of BTT for extended copy network.

IV. 성능 평가

1. 방송 및 그룹 테이블 메모리의 용량

일반적인 MIN 구조의 다단 복사망<sup>[1]</sup>은 셀의 복사를 다단으로 구성된 복사망에서 수행하는 방법이다. MIN 구조의 복사 모듈 내부에 셀 버퍼를 갖는 경우 복사된 셀은 임의의 BGT에서 처리되므로 BGT 테이블을 분할 할 수 없다. [2]에서 제안된 순환 (recursive) 복사망은 셀의 복사를 하나의 복사 모듈에서 몇 번에 걸쳐 복사하는 방법이다. 이 경우 LCN을 그룹핑 하여 해당 복사 모듈에서 복사하도록 할 경우 BGT 테이블은 그룹핑된 LCN에 대한 출력 포트 주소만으로 구성될 수 있다. BGT 테이블의 수평 분할은 일반적인 MIN 구조에서의 BGT 테이블에 비하여 메모리 용량을 줄일 수 있다. 그러나 순환 복사망에서 복사 모듈의 출력 셀은 그룹핑된 임의의 포트의 BGT에서 변환된다.

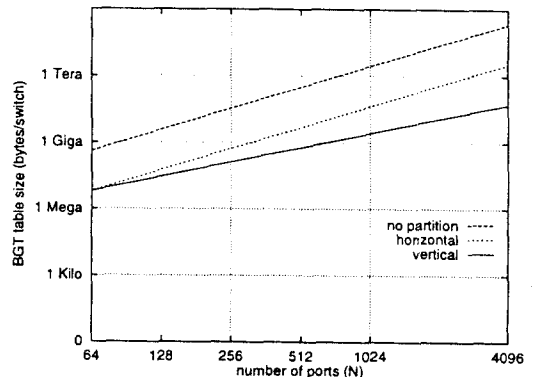


그림 9. 스위치 전체의 BGT 테이블 크기  
 Fig. 9. The size of BGT table per switch.

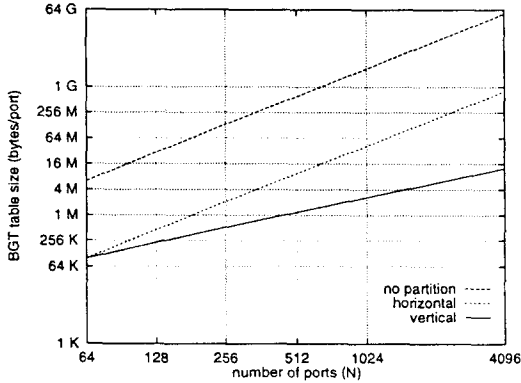


그림 10. 포트 당 BGT 테이블 크기  
Fig. 10. The size of BGT table per port.

BGT 테이블을 수직 분할하는 경우와 기존의 방법에서의 스위치 전체 BGT 테이블 크기를 그림 9에 나타내었다. 여기서 단위 스위치의 크기를 64로 가정하였고 출력 주소의 크기는 최소한으로 가정하였다. 예를 들어  $N = 256$ 인 경우와  $N = 1024$ 인 경우, BGT 테이블에 표현되는 출력 주소는 8 비트와 10 비트로 최소화된 상황을 가정하였다. 그림 10은 포트 당 BGT 테이블의 크기를 나타낸 것이다.  $256 \times 256$  스위치의 경우 수직 분할 테이블의 크기는 포트 당 약 1 MB인데 반하여 MIN 구조 및 순환 복사망의 경우 각각 512 MB, 8 MB 이상이다. 스위치 크기가 커질수록 BGT 테이블에 필요한 메모리 용량이 늘어나  $4096 \times 4096$  스위치에서 MIN 구조 및 순환 복사망을 사용하여 LCN을 그룹핑할 경우 전체 메모리 용량은 테라(Tera) 바이트 ( $10^{12}$  Bytes)를 훨씬 초과한다.

## 2. 셀 손실률

복사망에서의 셀 손실률은 입력 마스타 셀의 분기수 합과 출력되지 못한 셀의 분기수 합의 비율로 정의된다. 또한 복사망의 유료 부하는 한 셀 주기 ( $2.8 \mu$  sec)에 출력될 수 있는 복사 셀의 최대 수와 입력 마스타 셀의 분기수 합으로 정의된다. 따라서  $N \times N$  스위치의 복사망에 대하여 입력 부하가 최대인 경우는 모든 입력 포트에 분기수  $N$ 인 마스타 셀이 입력되는 경우로 이 때의 유료 부하는  $N^2$ 이다.

일반적인 상황에서 대부분은 1:1 연결이고 1:n ( $n = 2, 3, \dots, N$ )이 존재할 수 있다. 따라서 복사망의 입력 트래픽 특성을 다음과 같이 가정한다.

1. 입력 마스타 셀의 분기수는 서로 독립적이다.
2. 입력 마스타 셀의 분기수  $f$ 는 다음과 같은 지역 분포 (truncated geometric distribution)의 확률을 갖는다.

$$\text{Prob} \{f = i\} = \begin{cases} p(1-p)^{i-1} & i = 1, 2, \dots, N-1 \\ 1 - \sum_{j=1}^{N-1} p(1-p)^{j-1} & i = N \end{cases}$$

여기서,  $p$ 의 값은 평균 분기수  $m$ 에 의해 결정되는데,  $N$ 이 충분히 클 때  $p = 1/m$ 이다.

그림 11은 평균 분기수  $m$ 의 변화에 따른 유료 부하에 대한 셀 손실률을 모의 실험한 결과이다.

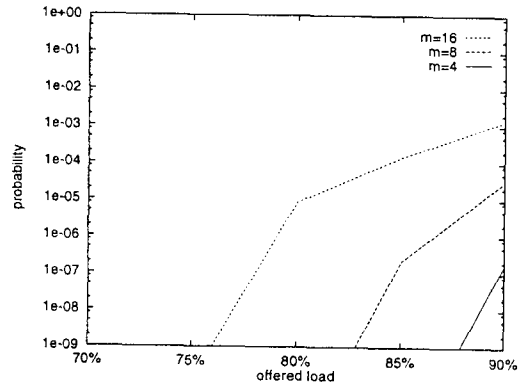


그림 11. 셀 손실률  
Fig. 11. Cell loss probability.

이 모의 실험에서 약 10,000,000 개 이상의 셀을 생성하여 제안된 구조의 복사망에서 event-driven 방식으로 처리하였다. 복사망은  $64 \times 64$  단위 모듈에서 내부 128 셀 버퍼가 존재하는 것으로 가정하였다. 결론적으로 연결의 평균 분기수가 2 - 4 임을 감안한다면 유료 부하 85% 이상에서  $10^{-9}$  이하의 셀 손실률을 보장한다.

## 3. 셀 지연

본 연구에서 대상으로 하는 단위 복사 모듈은 비블럭킹 방식으로 출력 포트가 비어 있는 한 최대  $N$  개의 복사 셀을 처리할 수 있다. 따라서 순간적으로 유료 부하가 폭주하지 않는 한 입력 마스타 셀은 복사된다. 그림 12는 복사망에서 마스타 셀이 입력되어 복사되는데 걸리는 지연을 모의 실험한 것으로 평균 분기수 8 이하에서 2 셀 주기 이하임을 보이고 있다.

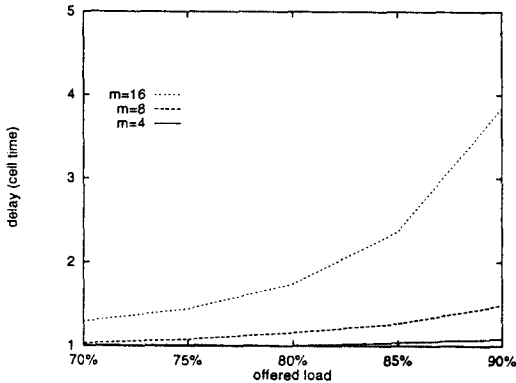


그림 12. 셀 지연  
Fig. 12. Cell delay.

현재 구현된 단위 복사 모듈은  $64 \times 64$  규모로  $0.8 \mu\text{m}$  CMOS로 내부 128 셀 버퍼를 갖고, 내부 처리 속도를 약 1.5 배 증가시켜 셀 손실률은 약 90% 이상의 부하에서  $10^{-10}$  이하의 성능을 갖는다.

## V. 결 론

본 논문에서는 하나의 VLSI 칩으로 구현된  $64 \times 64$  복사 모듈을 사용하여 대용량 ATM 스위치의 구조로 확장할 수 있는 방안을 제안하였다. 대용량 스위치의 구현에 있어서 본 논문에서는 메모리의 용량을 줄일 수 있고 셀 순서 무결성을 보장하는 복사망의 구조를 제안하였다. 제안된 복사망에서 BGT 테이블의 크기를 현재의 기술로 구현 가능한 크기로 수직 분할하였다. BGT 테이블의 크기가 작아짐으로 인하여 연결 설정 시간이 테이블 용량에 비례하여 줄어든다. 제안된 방법으로 복사망을 구성할 경우  $4096 \times 4096$  규모의 대용량 스위치에서 약 16 MB의 메모리로 BGT 테이블을 구성할 수 있다. 본 논문에서 기존의 방법으로 멀티캐스팅 ATM 스위치를 구성할 경우에 포트 당 1 GB 이상의 메모리가 필요함을 보였다.

일정한 부하로 설정된 스위치의 입력 트래픽이 버스트 (burst) 특성을 가진 경우 마스터 셀은 복사망 내부의 버퍼에 저장되고, 복사망의 버퍼에 복사될 셀이 존재하는 한 최대 처리율로 복사되어 전달망에 입력된다. 따라서 멀티캐스팅 셀을 교환하는 ATM 스위치에 있어 복사망의 버퍼 이용률이 전달망의 그것에 비해 훨씬 작아 전달망에서 셀 손실이 발생할 확률이 높다.

스위치로 입력되는 셀의 평균 분기수를 8 이하로 가정할 때, 구현된  $64 \times 64$  복사망의 성능은 셀 손실률  $10^{-10}$  이하이고, 셀 스위칭 지연은 평균 2 셀 주기 (약  $5.6 \mu\text{sec}$ ) 이하로 처리되었다.

## 참 고 문 헌

- [1] J.S. Turner, "Design of a Broadcast Packet Switch Network," IEEE Trans. Communications, Vol. 36, No. 6, pp. 734 - 743, 1988.
- [2] W. De Zhong, Y. Onozato, J. Kaniyil, "A Copy Network with Shared Buffers for Large-Scale Multicast ATM Switching," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 1, No. 2, pp. 157 - 165, 1993.
- [3] T.T. Lee, "Nonblocking Copy Networks for Multicast Packet Switching," IEEE J. Selected Areas in Communications, Vol. 6, No. 9, pp. 1455 - 1467, 1988.
- [4] H.S. Kim, "Multinet Switch: Multistage ATM Switch Architecture with Partially Shared Buffers," Proc. IEEE Infocom'93, pp. 473 - 480, 1993.
- [5] H. Saidi, P.S. Min, M.V. Hedge, "Guaranteed Cell Sequence in Non-blocking Multi-Channel Switching," Proc. of IEEE Infocom'94, pp. 1420 - 1427, 1994.
- [6] J.G. Lee, B.G. Lee, "A New Distribution Network Based on Controlled Switching Elements and Its Applications," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 3, No. 1, pp. 70 - 81, 1995.
- [7] M.J. Narasimha, "A Recursive Concentrator Structure with Applications to Self-Routing Switching Networks," IEEE Trans. on Communications, Vol. 42, No. 2/3/4, pp. 896 - 898, 1994.
- [8] 권택근, 정경훈, 정충교, "공유 버퍼 스위치 모듈을 이용한 고성능 대용량 ATM 스위치 구조," 제4회 통신정보 합동학술대회 (JCCI'94)

논문집, pp. 598 - 602, 1994

- [9] T.G. Kwon, C.K. Jeong, "A Simple, Extendible ATM Switch with Load-Balanced Rounding Copy Net-

work," IEEE International Conference on Communications (ICC'95), pp. 1122 - 1126, 1995.

---

— 저 자 소 개 —

---



權宅根(正會員)

1988년, 1990년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업 (학사, 석사). 1990년 - 현재 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정. 1992년 - 현재 LG 정보통신 (주) 연구원. 1993. 1 -

1994. 1 미국 Washington University 교환 연구원. 관심분야는 ATM, 멀티미디어 시스템 등임.



李光鑣(正會員)

1987년 서울대학교 전기공학과 졸업 (학사). 1987년 - 현재 LG 정보통신 (주) 선임연구원. 1995년 - 현재 한국과학기술원 정보및통신과. 관심분야는 ATM 스위치, 초고속 통신망 등임.