

Knockout 스위치를 기반으로 한 위성 On-board ATM 스위치 구조 연구

준회원 김진상**, 정회원 박영근*

Satellite On-board ATM Switch Based on Knockout Switch

Jin-Sang Kim**, Young-Keun Park* *Regular Members*

요약

위성을 기반으로 하는 ATM 스위치에서 가장 중요하게 고려할 사항은 높은 수준의 셀 손실률을 만족함으로써 재전송을 피해야함과 on-board 프로세싱과 스위칭의 복잡도이다. ATM 스위치로 잘 알려진 스위치 중에 하나인 Knockout 스위치는 트래픽 성능 면에서 뛰어난 성능을 가지지만, 많은 스위치 구성요소와 버퍼를 필요로 한다. 이는 복잡도의 주요 원인이다. 제한된 입력단 버퍼의 추가는 만족할 만한 수준으로 셀 손실률과 복잡도를 줄이고 효과적인 위성 대역폭 사용에 기여할 수 있다. 본 논문에서는 기존에 제안된 스위치에 비하여 더 나은 셀 손실률을 가질 뿐만 아니라 더 적은 스위치 구성요소와 버퍼를 가짐으로써 복잡도를 낮춘다. 시뮬레이션을 한 결과, 제안된 구조는 기존에 제안되었던 스위치 구조에 비해 우수한 셀 손실률을 보여 주었으며, 스위치 구성요소를 최대 66% 이상 줄이며 최대 50% 이상의 버퍼용량을 줄일 수 있다.

ABSTRACT

Several guidelines can be developed for a satellite-based ATM switch. One of the most important of these is that the switch must provide a requirement for CLR_s on the order of 10⁻¹⁰ to meet the QoS of high-performance traffic and avoid costly retransmissions. In this paper, the proposed approach shows not only the better traffic performance but also requires the little switching elements and buffers compared with original Knockout switch and other scheduling algorithm. As a result, the complexity becomes reduced. Simulation results indicate that proposed approach shows excellent cell loss ratio compared with existing switch architecture. Also, its performance can be approached to the cell loss ratio, which is requirement for the satellite system, as window size increases. And it shows that low complexity is induced. Therefore, the proposed approach is appropriate for satellite on-board ATM switch architecture.

1. 서론

광대역 종합 정보 통신망(B-ISDN : Broadband-Integrated Service Digital Network)은 미래의 초고속 정보화 사회를 실현시킬 수 있는 통신 플랫폼으로 받아들여지고 있다. 광대역 종합 정보 통신망의 구현에 있어서 핵심적인 기술인 비동기 전송모드(ATM : Asynchronous Transfer Mode)는 다양한

멀티미디어 서비스의 제공, 동적인 대역폭 할당, 통합화된 정보 전달 기능을 수행할 수 있는 광대역 전송 및 스위칭 기술이다. ATM은 셀(Cell)이라 불리는 53Bytes 크기의 고정 패킷을 정보 전송 단위로 해서, 통계적 멀티플렉싱(Statistical Multiplexing)을 바탕으로 하는 패킷 전송모드이다¹⁾. ATM은 하나의 독립된 네트워크 기술로서 매우 광범위한 연구 분야를 갖고 있으며, 그 중에서도 ATM의 표

* 연세대학교 전기·전자공학과 컴퓨터통신네트워크연구소 (ypark@yonsei.ac.kr)

** LG전자 (jinny2u@lge.com)

논문번호: 010130-0530 접수일자: 2001년 5월 30일

※ 이 논문은 한국과학재단 특정기초연구(1999-2-303-005-3)지원으로 수행되었음.

준인 155.2Mbps라는 고속의 데이터 전송 속도에서 빠르게 데이터를 스위칭 할 수 있는 ATM 스위치는 매우 중요한 위치를 가지고 있다.

위성은 부피, 파워 그리고 대역폭이 제한되어 있기 때문에, on-board 프로세싱과 스위칭의 복잡도는 큰 관심사이다¹²⁾. 위성을 기반으로 하는 ATM 스위치의 패브릭(fabric)의 선택은 지상 망에서의 전형적인 시스템 요구사항 뿐만 아니라 우주 환경에서 부과되는 제약 요건도 고려하여 선택해야 한다. 적당한 패브릭을 결정할 때 사용하는 전형적인 파라미터는 용량과 포트 비율에다가 구현 시 고려사항들이다. 이러한 시스템 요구사항 뿐만 아니라 셀 손실률, 수율, 그리고 지연과 같은 성능 기준이 만족되도록 선택해야 한다. 위성 시스템에 대하여 다른 제약 조건이 추가되는데, 이는 fault tolerance, rad-hard 기술의 제한, 그리고 위성 유효 탑재량을 고려하는 사항을 포함한다.

위성을 기반으로 하는 ATM 스위치에 대한 가이드 라인 중 가장 중요한 것은 높은 성능의 트래픽 중 QoS를 만족시키기 위해 10^{-10} 수준의 셀 손실률을 만족함으로써 재전송을 피해야 한다. 캐도에 따라서 스위칭 지연(delay)은 전체 지연(Overall Delay)에 유동적인 효과를 나타낸다. 위성을 기반으로 하는 ATM 스위치 시스템에 적당한 대안은 Knockout 스위치와 비슷한 출력포트 Concentrator가 있는 충분히 상호 연결된 패브릭(fully interconnected fabric)이나 이 시스템의 요구 사항이 만족되도록 수정이 필요하다. 이 패브릭은 출력 큐잉 방식과 fully interconnected라는 특성에도 불구하고 Concentrator에 의한 제한된 메모리 액세스 시간의 문제점이 있다. Fault tolerance는 여분의 스위치 매트릭스(matrices)를 가진 포트의 재 사상(remapping)을 통해 추가될 수 있다. 그러나, 이 시스템에서 요구되는 셀 손실률은 일반적으로 요구되는 것보다 높다. 그리고 nonuniform 트래픽 하에서 Knockout 스위치의 성능을 연구한 최근 논문은 Concentrator의 수를 늘리는 것만으로 셀 손실률을 개선하기에는 충분하지 않다는 것을 보여준다¹³⁾. 그러므로 패브릭은 우선권(priority), 피드백, 그리고 제한된 입력단 저장 방식을 제공하도록 수정되어야 한다. 입력단 큐잉 방식은 수율 면에서 출력단 큐잉 방식과 상호 보완(trade-off) 관계에 있다. 제한된 입력단 버퍼의 추가는 만족할 만한 수준으로 셀 손실을 줄이고 효과적인 위성 대역폭 사용에 기여할 것이다¹⁴⁾.

본 논문에서는 우선 입력단 저장방식의 스위치에

서의 셀 스케줄링 알고리즘에 관한 연구를 선행했으며, 연구된 결과인 스위치를 이용하여 위성 on-board ATM 스위치를 구현하기 위한 연결 기법의 연구를 수행하였다. 이렇게 제안된 ATM스위치는 시뮬레이션을 통해 성능을 보여준다. 시뮬레이션에서는 균일 랜덤 트래픽 뿐만 아니라 군집(bursty) 트래픽 또한 고려하였다. 성능 분석의 파라미터는 최대 처리율(Maximum Throughput), 셀 지연(Cell Delay), 그리고 셀 손실률(Cell Loss Probability)을 사용하였다.

II. 제안하는 입력 버퍼가 있는 Knockout 스위치의 구조

Knockout 스위치와의 유일한 차이점은 각 입력단이 버퍼를 가진다는 것이다. Knockout 스위치처럼, 입력 버퍼를 가진 Knockout 스위치도 모든 입력단과 출력단이 같은 bit rate로 동작하는 패킷 스위치이다. 제안된 스위치의 interconnection fabric은 Knockout 스위치와 비슷하다. 즉, 각 입력단은 갈라진 broadcast 버스가 있고 각 출력단은 모든 입력단으로부터 도착한 셀을 액세스할 수 있다. 고정된 크기의 패킷(셀)이 입력 버퍼에 도착하고 시분할 방식으로 버퍼에서 전송된다. 각 셀은 예정된 출력단의 주소를 포함한다. 모든 도착하는 셀은 HOL 위치에 도달할 때까지 입력 버퍼에서 기다린다. 셀이 HOL 위치에 있을 때, 그 타임 슬롯에서 같은 출력단으로 향하는 셀과 경쟁하게 된다. 경쟁은 입력단 버퍼에서 스케줄러에 의해 조절된다. 기존 윈도우를 기반으로 하는 셀 스케줄링 방식을 응용한 것인데, Knockout 스위치 구조의 특성상 HOL 위치에서 같은 출력단 주소를 가진 셀을 최대 L개까지 전송할 수 있다. 만약 L개를 초과하면 스케줄러는 다음 윈도우 단계에서 다른 주소를 가진 셀을 선택하여 전송한다. 경쟁에서 승리한 셀만이 대응하는 출력(공유) 버퍼로 전송된다; 나머지는 HOL 위치에 남게 된다. 그러므로, Concentrator에서는 셀 손실이 일어나지 않는다.

그림 1은 입력 버퍼가 있는 Knockout 스위치의 전체적인 구성요소를 보여준다. 기존의 Knockout 스위치 구조와 거의 비슷하지만 입력단의 버퍼와 스케줄러가 추가된다. 입력단의 버퍼를 추가함으로써 Concentrator Output의 수(L)를 줄일 수 있고, 이로 인해 Knockout 스위치의 단점인 복잡도를 줄일 수 있고, 메모리의 속도 증가(speed-up)도 낮출

수 있다.

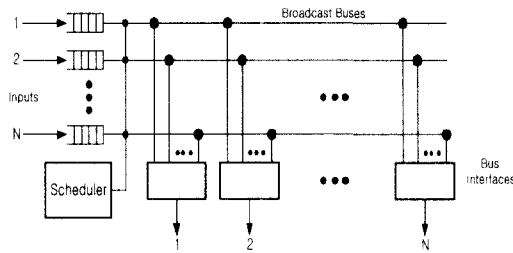


그림 1. 입력 버퍼가 있는 Knockout 스위치의 전체적인 구성요소

그림 2는 입력 버퍼가 있는 Knockout 스위치의 큐잉 모델을 보여준다. 입력 버퍼에 저장된 셀을 Arbitration Logic을 통해 셀 스케줄링을 한다. 스케줄링 된 셀은 Concentrator를 통과하면서 각 출력마다 최대 L개의 출력이 나오고, 출력된 셀은 출력(공유) 버퍼에 저장된다.

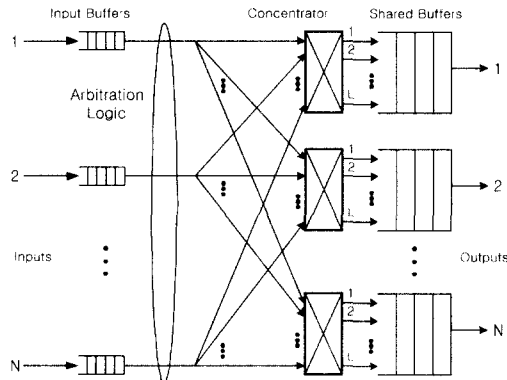


그림 2. 입력 버퍼가 있는 Knockout 스위치의 큐잉 모델

Ⅲ. 수학적 분석 및 결과 고찰

3.1 헤드 복사를 이용한 Knockout 스위치의 스케줄링

앞장에서 살펴본 것처럼, 각 입력단은 갈라진 broadcast 버스가 있고 각 출력단은 모든 입력단으로부터 도착한 셀을 액세스할 수 있다. 고정된 크기의 패킷(셀)이 입력 버퍼에 도착하고 시분할 방식으로 버퍼에서 전송된다. 각 셀은 예정된 출력단의 주소를 포함한다. 모든 도착하는 셀은 HOL 위치에 도달할 때까지 입력 버퍼에서 기다린다. 셀이 HOL 위치에 있을 때, 그 타임 슬롯에서 같은 출력단으로

향하는 셀과 경쟁하게 된다. 경쟁은 제한된 출력으로 Concentrator에서 발생한다. 경쟁에서 승리한 셀만이 대응하는 출력(공유) 버퍼로 전송된다; 나머지는 HOL 위치에 남게된다. 그러므로, Concentrator에서는 셀 손실이 일어나지 않는다. 이런 과정은 다음과 같이 수행된다.

(i) 목적지 주소를 포함하는 전송될 셀의 헤드를 복사한다.

(ii) 경쟁을 위해 복사된 헤드를 해당되는 Concentrator로 전송한다.

(iii) (a) 만약 임의의 셀이 경쟁에서 승리하면, 헤드가 통과했던 path를 통하여 수취확인(acknowledgement) 메시지를 리턴한다. 그리고 나서 수취확인된 셀만 전송된다; (b) 경쟁에서 실패하면, 수취확인되지 않은 셀은 현재 상태 그대로 남는다.

이 스케줄링 방식은 셀이 성공적으로 전송되든 아니든 간에, 전송여부가 미리 판단되어야 한다. 이 방식에서는, 전송가능성을 확인하기 위하여 Concentrator에 셀의 헤드를 전송하는 방식을 사용한다. 이 과정에서, 스위치의 내부 버스 속도의 증가가 필요하다⁵⁾.

3.2 윈도우 기반의 셀 스케줄링

입력단 큐잉 방식에서, 큐잉 구조는 상대적으로 간단하나, Head-Of-Line(HOL) 블록킹은 스위치 수율을 제한하는 주요 요인이다⁶⁾. HOL 블록킹은 입력 버퍼에 있는 앞 셀에 의해 해당하는 출력포트의 액세스가 막히기 때문에 유용할 수 있는 출력포트를 액세스할 기회를 잃어버리는 현상이다. 그러나, 엄격하게 FIFO 큐잉 방식을 적용하지 않는다면 수율은 개선될 수 있다. 이러한 방식은 윈도우를 기반으로 하는 방식으로 알려져 있다⁶⁾. 이 제안에서, 한 타임 슬롯동안 경쟁 해결 프로세스는 W 번의 과정으로 나뉘어 진다. 여기서 W는 윈도우의 크기이다. 각 버퍼에 저장된 처음 W 개의 셀은 순차적으로 스위치 출력단을 액세스하기 위해 경쟁한다.

3.2.1 셀 스케줄링 알고리즘

제안된 기법에서는, 각 입력단 포트의 처음 W 개의 셀의 목적지 포트 주소가 임시로 저장(latch)된다. 입력되는 셀들은 처음 W 개의 셀을 저장하여 입력 버퍼에 저장된다. 스케줄러는 각 입력포트에 있는 버퍼의 헤드에서 셀의 주소를 검색한다. 버퍼의 헤드에서 셀이 전송이 적합하지 않으면, 윈도우의 다음 셀이 전송을 위해 경쟁한다. 윈도우 크기 W에 대하여, 처음 W 개의 셀 중 하나는 한 타임

슬롯 동안에 전송을 위한 경쟁에 참가할 자격이 있다. 출력포트가 스케줄링 프로세스 할 동안 입력포트의 W 셀 중 어느 하나에 의해 예약되었을 때, 다른 입력포트로부터 어떤 셀도 그 출력포트를 예약할 수 없다⁷⁾.

그림 3은 윈도우 크기가 4인 윈도우 기반의 셀 스케줄링 방식의 예를 보여준다. 그림에서, 첫 번째 단계(W=1)에서 5개의 셀이 선택된다. 두 번째 단계(W=2)에서는 적당한 후보가 없으므로 선택된 셀이 없다. 세 번째 단계(W=3)에서는 1개의 셀이 선택된다. 네 번째 단계에서는 역시 적당한 후보가 없으므로 선택된 셀이 없다.

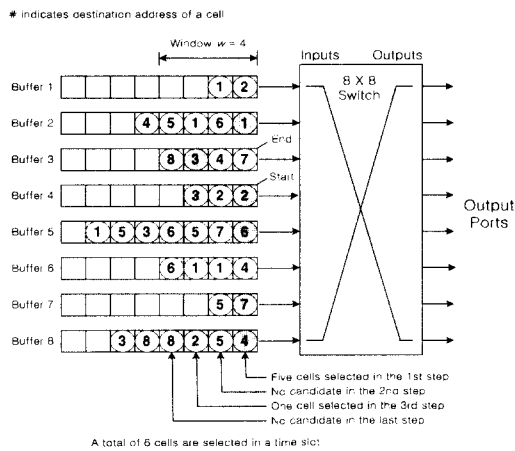


그림 3. 윈도우 기반의 셀 스케줄링 방식

3.2.2 윈도우 기반의 셀 스케줄링 방식의 문제점

각 입력 큐잉 방식은 입력 “윈도우” 방식이 매 타임 슬롯마다 스위치 패브릭을 통과한 패킷을 선택하는데 사용된다고 가정한다. [6]은 여러 스위치와 윈도우 크기에 따라 얻을 수 있는 최대 수율 (maximum throughput)을 시뮬레이션에 의해 얻어진 값으로 보여준다. 윈도우의 크기를 늘림으로써 얻을 수 있는 수율이 크게 증가한다는 것을 알 수 있다. 그러나 윈도우 크기를 무한히 늘림으로 입력 큐잉 방식은 출력단 큐잉 방식이나 공유 저장 방식의 최적 수율-지연 성능에 도달할 수 없다. 입력단 큐잉은 각 입력이 매 타임 슬롯마다 기껏해야 하나의 셀만을 전송할 수 있다. 이 때문에, idle 출력단에 셀을 전송할 수 없다.

3.3 제안하는 Knockout 스위치를 기반으로 한 위성 On-Board ATM 스위치를 위한 셀 스케줄링

Yeh et al.에 의해 제안된 Knockout 스위치는⁸⁾ 잘 알려진 ATM 스위치이다. 각 입력단은 각 출력단에 바로 연결되어 있고, 스위치의 입력단에서는 어떠한 블로킹(blocking)도 일어나지 않는다. 그러나 버스 인터페이스에서 같은 출력단으로 향하는 셀이 동시에 도착하면, 출력단 경쟁이 유발되고 그 결과 셀 손실이 발생한다. 이러한 셀 손실을 줄이기 위해, Knockout 스위치는 버스 인터페이스의 Concentrator에 L개의 셀을 동시에 받을 수 있도록 설계되었다. 이는 스위치에서 복잡도의 주요 원인이 된다. 그러나 L이 줄어들면, 스위치 내에서 손실 요구사항이 높은 입력 부하에서는 만족될 수 없기 때문에 Concentrator에서 손실되는 셀이 늘어난다. 여기서, Concentrator에서 셀 손실이 늘어나는 것을 상쇄시키는 방안을 고안해야한다. 스위치의 입력단에 입력 버퍼를 사용하는 것이 하나의 해결방안이다. 다르게 말하면, 각 입력 버퍼에 Concentrator에서 누락될 셀을 저장함으로써 Concentrator에서 셀 손실을 피할 수 있다.

주어진 셀 스케줄링 방식은 입력 버퍼가 있는 Knockout 스위치 구조를 위한 방식이다. 이는 기존 출력단 저장 방식의 장점과 입력단 저장 방식의 장점을 결합한 방안이다. 위성 On-Board 스위치는 매우 높은 수준의 셀 손실률이 요구되기 때문에 이 수준을 만족하기 위한 Knockout 스위치는 높은 복잡도가 요구된다. 이를 위해 입력 버퍼를 추가함으로써 복잡도를 개선하고, 또 Knockout 스위치 구조를 가장 잘 활용하도록 하는 셀 스케줄링을 적용한다. 이렇게 함으로써 On-Board 스위치 조건을 만족할 수 있다.

셀 스케줄링은 다음과 같은 과정으로 이루어진다.

1. 임시저장(latch): 각 입력단 포트의 처음 W 개의 셀의 목적지 포트 주소가 임시로 저장(latch)된다. 입력되는 셀들은 처음 W 개의 셀을 저장하여 입력 버퍼에 저장된다.
2. 검색(Scanning): 스케줄러는 각 입력포트에 있는 버퍼의 헤드에서 셀의 주소를 검색한다. 버퍼의 헤드에서 셀이 전송이 적합하지 않으면, 윈도우의 다음 셀이 전송을 위해 경쟁한다. 윈도우 크기 W에 대하여, 처음 W 개의 셀 중 하나는 한 타임 슬롯 동안에 전송을 위한 경쟁에 참가할 자격이 있다. 출력포트가 스케줄링 프로세스 할 동안 입력포트의 W 셀 중 어느 하나에 의해 예약되었을 때, 다른 입력포트로부터 어떤 셀도 그 출력포트를 예약할 수 없다. 만약 W=1에서 모든 셀이 선택된 경우에는 다

음 프로세스로 넘어간다.

3. 우선권(Priority): 최대 L 개의 셀이 이미 선택되어서 선택되지 못한 셀은 다음 타임 슬롯에서 먼저 서비스되도록 높은 우선권을 부여한다. 이는 순차적으로 셀을 전송할 수 있도록 하기 위함이다.

4. 갱신(Update): 각 포트의 순차적인 스케닝은 1/2 타임 슬롯 이내에 할 수 있다. 그 결과로, 연속되는 두 번의 스케닝은 한 타임 슬롯 기간동안 스케줄러에 의해 수행된다. 이로 인해 시스템 구조의 수율은 개선된다. 모든 입력포트의 sending table에 대한 플래그는 모든 윈도우 전송이 시작될 때 초기화된다. 각 입력포트는 예약이 끝난 후에 sending table을 갱신한다.

출력포트 예약에 대한 회전 방안(rotating scheme)은 모든 입력포트가 같은 우선권(공평성)을 얻도록 하기 위하여 구현된다. 그래서 검색을 시작할 입력포트는 일정한 기간 후에 하나씩 쉬프트된다. 입력포트는 순차적으로 회전하고 이는 공정한 기회를 부여한다.

Knockout 스위치 구조의 특성상 HOL position에서 같은 출력단 주소를 가진 셀을 최대 L개까지 전송할 수 있다. 만약 L개를 초과하면 스케줄러는 다음 윈도우 단계에서 다른 주소를 가진 셀을 선택하여 전송한다. 따라서, Concentrator에서는 셀 손실이 발생하지 않는다. 셀 손실이 발생하는 경우는 입력버퍼에서 Overflow가 발생할 경우이다.

그림 4와 그림 5는 입력 버퍼를 가진 8x8 Knockout 스위치의 셀 스케줄링의 예를 보여 준다.

그림 4는 검색이 Buffer 5에서 시작하고 Buffer 4에서 검색이 끝난다. 첫 번째 윈도우 단계(W=1)에

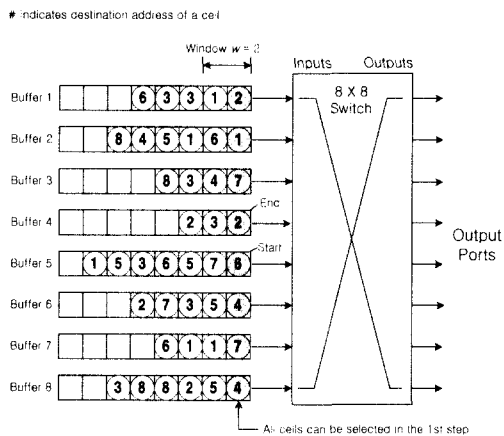


그림 4. Knockout 스위치 구조를 위한 새로운 셀 스케줄링 예제 1

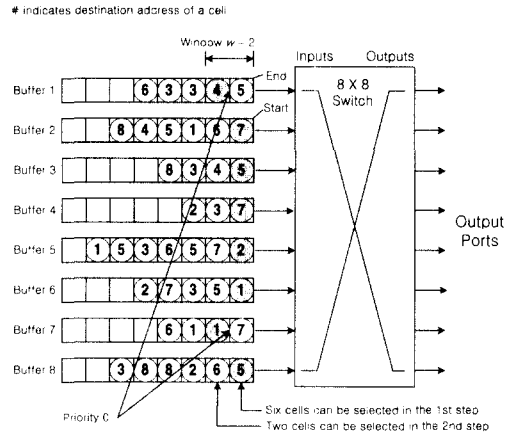


그림 5. Knockout 스위치 구조를 위한 새로운 셀 스케줄링 예제 2

서 모든 셀이 선택될 수 있다. 왜냐 하면 Concentrator Output의 수, 즉 L이 2이므로 최대 같은 출력단 주소수를 가진 셀, 즉 ②와 ④ 그리고 ⑦이 2개씩 있지만 모두 전송할 수 있다. 그러므로 W=1에서 모든 프로세스 끝나고 다음 과정으로 넘어간다. 또한 우선권을 줄 셀도 없다. 그림 5는 검색이 Buffer 2에서 시작하고 Buffer 1에서 검색이 끝난다. HOL 위치에 같은 출력단 주소수를 가진 셀이 ⑤와 ⑦이다. 그러나 ⑤의 수와 ⑦의 수가 각각 3개씩이다. 따라서 2개 이상 전송할 수 없으므로 그 중에 2개의 셀만 선택되어 전송하게 된다. 그리고 선택되지 못한 셀은 다음 타임 슬롯에서 먼저 서비스되도록 높은 우선권을 부여함으로써 순차적으로 셀을 전송할 수 있다. 선택되지 못한 셀, 즉 Buffer 7에 있는 셀 ⑦과 Buffer 1에 있는 셀 ⑤는 다음 타임 슬롯에서 먼저 서비스가 되도록 우선권을 부여한다. 그리고 두 번째 단계(W=2)에서 ①과 ④가 선택되어 전송된다.

IV. 시뮬레이션 및 성능 고찰

본 논문에서는 Knockout 스위치를 기반으로 한 위성 On-Board ATM 스위치의 성능을 C언어로 작성한 사건-발생(Event-Driven) 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 검증하였으며, 스위치에 적용되는 트래픽은 크게 균일(uniform) 랜덤 트래픽과 균집(bursty) 랜덤 트래픽에 대해 시뮬레이션 하였다.

표현을 간단히 하기 위하여 기존 Knockout 스위치는 Knockout으로, 셀 헤드 복사를 이용한 방식은 HC(Header Copy)로, 윈도우 기반의 새로운 셀 스

케줄링 방식은 M-Window(Modified-Window)로 표기한다.

시뮬레이션 결과는 제안된 스위치 구조에 사용되는 입력단 저장방식의 셀 스케줄링 알고리즘의 성능과 제안된 스위치 구조의 최대 수용, 셀 손실률, 평균 단-대-단 지연에 대해 보여준다. 표현을 간단히 하기 위하여, 기존의 Knockout 스위치는 Knockout으로 표기하고, 3.1절에 소개되었던 헤드 복사를 이용한 셀 스케줄링 방안으로 제안되었던 방식을 HC(Header Copy), 그리고 본 논문에서 Knockout 스위치 구조를 위한 윈도우 기반의 새로운 셀 스케줄링 방안으로 제안된 방식을 M-Window (Modified-Window based)로 부르기로 한다.

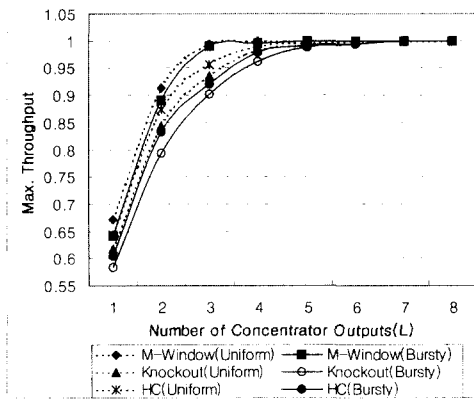


그림 6. 다양한 Concentrator Outputs(L)에 대한 최대 처리율

그림 6은 32×32 Knockout 스위치 구조에서의 다양한 트래픽에 대한 ATM 스위치의 최대 처리율을 보여준다. 제안된 스위치에서는 윈도우 크기를 3으로 설정했다. 위 그림에 의하면, L값이 증가함에 따라 최대 처리율이 빠르게 증가함을 알 수 있다. M-Window는 균일 랜덤 트래픽에서 L이 3일 때, 99.37%의 수용을 보여주며, 이는 기존 Knockout 구조와 HC에 비하여 우수한 성능을 보여준다. 군집 트래픽에서도 최대 처리율은 조금 낮아졌으나 기존 Knockout 구조나 HC에 비하여 우수한 성능을 보여줄 수 있다. L의 수가 5 이상이 되면 최대 처리율은 99% 이상이 되고, 스위치의 입력 버퍼가 최대 처리율에 미치는 영향은 매우 작음을 알 수 있다.

그림 7과 8은 기존 32×32 크기의 Knockout 스위치 구조에서 다양한 입력 부하 p에 따라서 버스 인터페이스의 Concentrator에서 Concentrator Outputs의 수에 대한 셀 손실률을 보여준다.

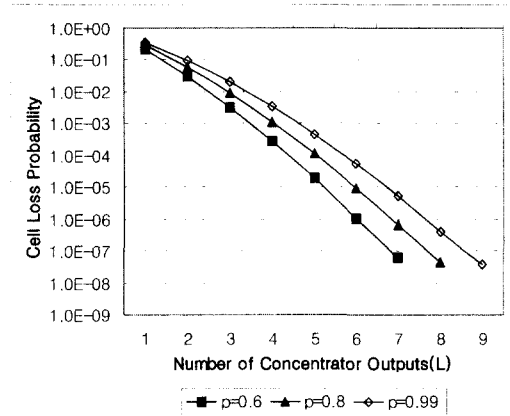


그림 7. 균일 랜덤 트래픽에서 다양한 입력 부하에 대한 Concentrator의 셀 손실 확률

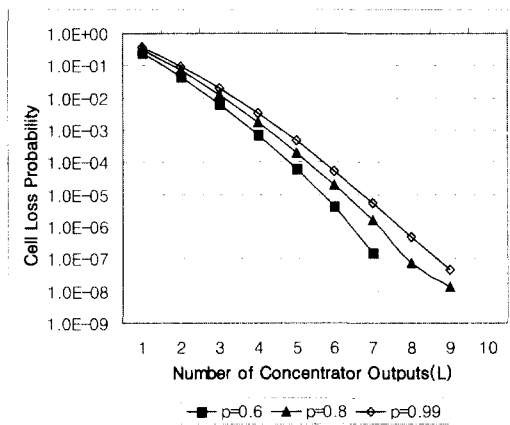


그림 8. 군집 랜덤 트래픽에서 다양한 입력 부하에 대한 Concentrator의 셀 손실 확률

그림에 의하면, Concentrator Output의 수가 8 이상이면 모든 부하에서 10^{-6} 이하의 셀 손실률을 만족한다. 이는 지상 망에서 요구되는 셀 손실률 수준이다. 그러나, 위성 망에서 요구되는 셀 손실률인 10^{-10} 수준을 만족하기 위해서는 Concentrator Output의 수가 12개 이상이 필요하다.

그림 9와 그림 10은 입력 버퍼가 있는 Knockout 구조에서 스위치 크기가 32×32 인 스위치에서 셀 스케줄링 방식을 HC와 M-Window를 적용하여 각각 균일 랜덤 트래픽과 군집 랜덤 트래픽 하에서 L=3, 4 그리고 5일 때 부하가 90%인 경우에 버퍼의 길이의 변화를 주어 입력 버퍼에서의 셀 손실률을 보여준다. M-Window의 경우에는 윈도우 크기를 1로 고정하였다. 이를 기존에 제안된 HC와 비교하였다.

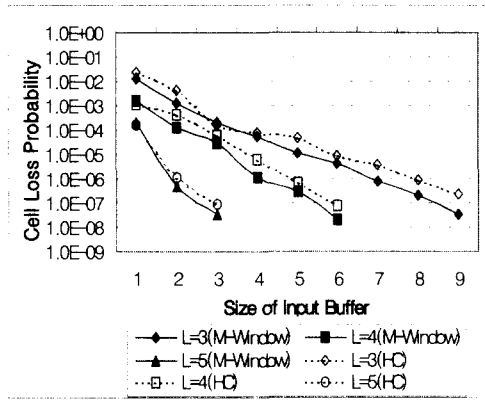


그림 9. 입력 버퍼에서의 셀 손실률의 비교(균일 랜덤 트래픽)

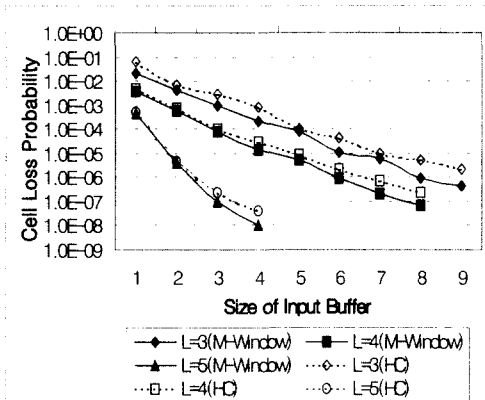


그림 10. 입력 버퍼에서의 셀 손실률의 비교(군집 랜덤 트래픽)

위 그림에 의하면, 같은 조건에서 M-Window 방식이 HC 방식에 비해 더 좋은 셀 손실률을 보여준다. 그림에서, L=3인 경우에 균일 랜덤 트래픽 하에서는 버퍼의 크기가 7 이상, 군집 랜덤 트래픽 하에서는 9 이상이면 지상 망에서 요구하는 셀 손실률을 만족시키는 것으로 나타났다. 이는 기존 Knockout 스위치의 구성 요소의 62.5%를 줄일 수 있어 복잡도를 크게 낮출 수 있다. 여기서 윈도우 크기를 늘린다면 더 작은 버퍼의 크기로 비슷한 셀 손실률을 유도할 수 있다. 그러나 위성 망에서 요구되는 셀 손실률을 만족시키는 어렵고, L=4, 5인 경우는 작은 버퍼의 크기로도 매우 낮은 셀 손실률을 보여준다. 이는 버퍼의 크기를 더 늘릴 경우에 위성 망에서 요구하는 수준을 만족할 수 있을 것으로 보인다. 이는 기존 Knockout 스위치의 구성 요소의 약 58.3%-66.7%를 줄일 수 있다. 여기에서 M-Window 방식을 적용하여 윈도우의 크기를 2

나 3으로 늘린다면, 충분히 위성 on-board 스위치에 적용할 수 있다.

그림 11은 32×32 스위치에서 M-Window 방식을 적용하여 윈도우의 크기가 변함에 따른 셀 손실률을 보여준다.

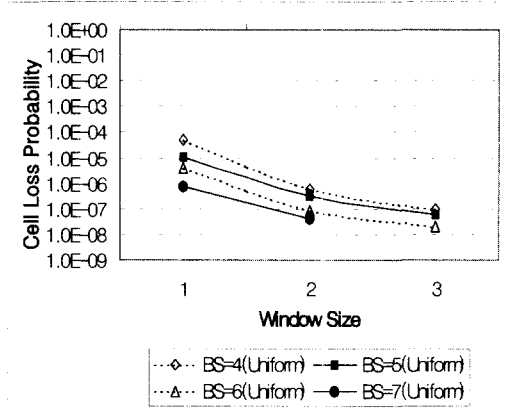


그림 11. 윈도우 크기에 따른 셀 손실률(L=3)

위 그림에 의하면, 윈도우의 크기가 1 증가함에 따라 셀 손실률이 급격히 낮아지는 것을 알 수 있다. 윈도우의 크기가 2일 때, 모두 지상 망에 적용이 가능하다. 그러나 윈도우의 크기가 증가할수록 셀 손실률이 개선되기는 하지만, 그 정도는 점차 줄어들어 알 수 있다. 윈도우의 크기가 어느 정도가 가장 효율적인지는 알 수 없다.

그림 12는 같은 조건하에서 부하가 95%이고, 군집 트래픽에서 윈도우 크기에 따른 손실률의 변화를 보여준다.

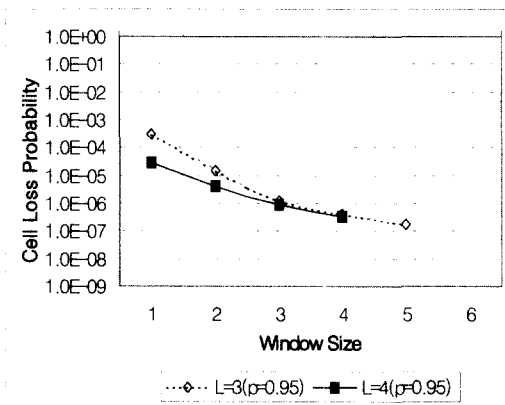


그림 12. 군집 랜덤 트래픽에서 입력 버퍼에서 윈도우 크기에 따른 셀 손실률

여기서 $L=3$ 일 때, 입력 버퍼의 크기는 6, $L=4$ 일 때 입력 버퍼의 크기는 5이다. 위 그림을 보면, 윈도우의 크기가 1에서 2로 증가할 때, 이 버퍼의 크기로 10^{-6} 이하로 셀 손실률을 낮출 수 있다. 이는 윈도우 크기가 1일 때 입력 버퍼의 크기가 10개 이상이 필요할 때에 비하여, 약 50% 이상의 버퍼 용량을 줄일 수 있다. 윈도우의 크기를 3으로 늘렸을 때는 약 110% 가량 개선되었다. 윈도우의 크기가 4 이상일 때는 셀 손실률이 개선되기는 하지만 점차 성능은 감소하는 것으로 나타났다. 이는 적당한 윈도우의 크기가 2~4 정도가 적당하다는 것을 보여 준다.

그림 13과 그림 14는 다양한 입력 부하에 대하여 버퍼의 크기에 따른 출력(공유) 버퍼에서의 셀 손실률을 보여주고 기존 Knockout 스위치 구조와 입력 버퍼에 HC 방식을 적용한 것과 M-Window 방식을 적용하여 시뮬레이션한 결과를 비교하여 보여준다. 여기서 모든 스위치 32×32 크기로 하였다. 그리고 부하는 90%이고, 입력 버퍼가 있는 Knockout 스위치 구조는 모두 입력 버퍼의 크기를 6으로 고정하였다. 또한, M-Window 방식은 윈도우의 크기를 3으로 정하였다.

그림 13,14에 의하면, HC 방식이 기존 Knockout 스위치와 M-Window 방식에 비하여 다소 성능이 우수한 것을 보여준다. 이는 M-Window 방식을 적용한 결과에서 윈도우 크기가 증가함에 따라 공유 버퍼의 크기가 증가됨을 보여준다. 또한 균일 트래픽에 비하여 군집 트래픽에서 더 많은 버퍼가 요구됨을 알 수 있다.

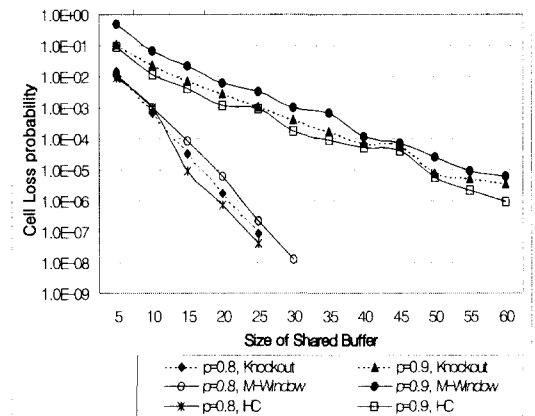


그림 13. 균일 랜덤 트래픽 하에서 출력(공유) 버퍼에서 셀 손실률

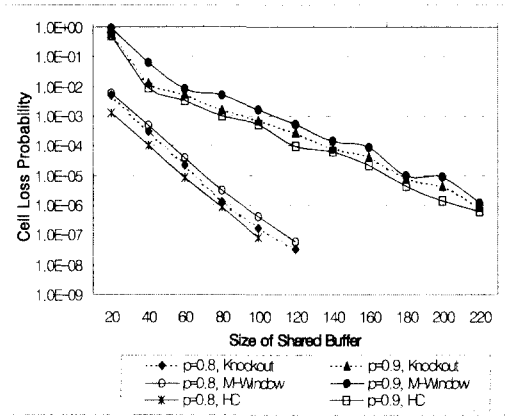


그림 14. 군집 랜덤 트래픽 하에서 출력(공유) 버퍼에서 셀 손실률

그림 15는 셀 도착률에 따른 평균 단-대-단 지연의 결과를 기존의 Knockout 스위치 구조와 입력 버퍼가 있는 Knockout 스위치 구조에 HC 방식과 M-Window 방식을 적용했을 때 결과와 비교하여 보여준다. 그림 15에서 셀 지연은 트래픽의 특성에 따라 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 기존 Knockout 스위치 구조에 비하여 입력 버퍼가 있는 Knockout 스위치 구조는 입력 버퍼에서 HOL 블로킹 현상이 발생하므로, 또 다른 지연의 원인이 된다. 그림 15를 보면 이 원인으로 인해 기존 Knockout 스위치에 비해 평균 단-대-단 지연이 더 커짐을 알 수 있다. 또, HC 방식으로 스케줄링 한 결과와 M-Window 방식으로 스케줄링 한 결과를 비교했을 때, M-Window 방식이 HC 방식보다 평균 지연이 더 큰 것을 알 수 있다. 이는 윈도우의 크기가 커질수록 더욱 지연의 크기가 커지기 때문이다.

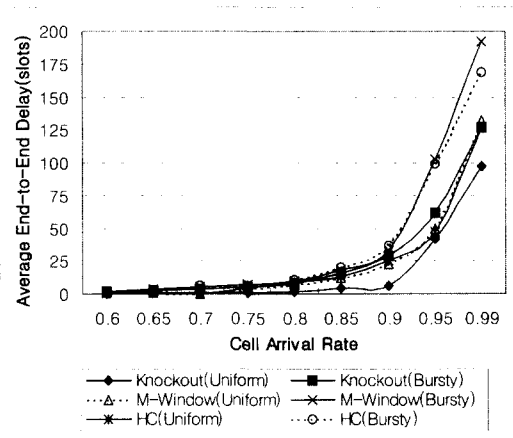


그림 15. 평균 단-대-단 지연

V. 결론

광역 종합 정보 통신망의 구현에 있어서 핵심적인 기술인 ATM은 다양한 멀티미디어 서비스의 제공, 동적인 대역폭 할당, 통합화된 정보 전달 기능을 수행할 수 있는 광대역 전송 및 스위칭 기술이다. 점차 정보 기술의 진보와 넓은 지역의 상호연결(interconnection)의 필요성은 멀티미디어 서비스와 다른 형태(topology)의 통신의 필요 조건이 요구된다. 위성 망은 대용량의 브로드캐스트 서비스, DTH(direct-to-home) 위성서비스의 측면에 매우 유리하며, 무선통신 터미널의 빈번한 이동에 대처하는데도 적합하다. 위성을 기반으로 하는 ATM 스위치에서 가장 중요하게 고려할 사항은 높은 성능의 트래픽 중 QoS를 만족시키기 위해 10^{-10} 수준의 셀 손실률을 만족함으로써 재전송을 피해야 하고, on-board 프로그래밍과 스위칭의 복잡도는 큰 관심사이다. 위성을 기반으로 하는 ATM 스위치의 패브릭(fabric)의 선택은 지상 망에서의 전형적인 시스템 요구사항 뿐만 아니라 우주 환경에서 부과되는 제약 요건도 고려하여 선택해야한다. 적당한 패브릭을 결정할 때 사용하는 전형적인 파라미터는 용량과 포트 비율에다가 구현 시 고려사항들이다.

ATM 스위치로 잘 알려진 스위치 중에 하나인 Knockout 스위치는 single-stage 구조이고 출력단 저장 방식을 채택한다. 이 스위치는 트래픽 성능 면에서 뛰어난 성능을 가지지만, 많은 스위치 구성요소와 버퍼를 필요로 한다. 그리고 nonuniform 트래픽 하에서 Knockout 스위치의 Concentrator의 수를 늘리는 것만으로 셀 손실률을 개선하기에는 충분하지 않다. 이는 복잡도의 주요 원인이다. 제한된 입력단 버퍼의 추가는 만족할 만한 수준으로 셀 손실률과 복잡도를 줄이고 효과적인 위성 대역폭 사용에 기여할 수 있다. 여기에 효율적인 셀 스케줄링을 추가하면 효과를 극대화 할 수 있다.

본 논문에서는 기존 Knockout 스위치와 이미 입력 버퍼가 있는 Knockout 스위치에 비하여 트래픽 성능에 비해 더 나은 성능을 가질 뿐만 아니라 더 적은 스위치 구성요소와 버퍼를 가짐으로써 복잡도를 낮춘다. 시뮬레이션을 한 결과, 제안된 스위치 구조는 Concentrator Output의 수가 3일 때, 99.37%의 높은 최대 처리율을 보여주어 기존에 제안된 스위치 구조에 비하여 성능이 우수하다. 또한 윈도우의 크기를 늘림으로써 위성 시스템이 요구하

는 셀 손실률에 근접할 수 있었고, 낮은 복잡도를 유도할 수 있다. 윈도우의 크기는 2~4가 적당한 것으로 나타났다. 제안된 구조는 기존에 제안되었던 스위치 구조에 비해 우수한 셀 손실률을 보여 주었으며, 스위치 구성요소를 66% 이상 줄이고 최대 50% 이상 버퍼용량을 줄일 수 있다. 이는 위성 on-board ATM 스위치 구조로 적용 가능하다. 그러나 윈도우의 크기가 커질수록 더욱 지연의 크기가 커지는 것으로 나타났다.

참고 문헌

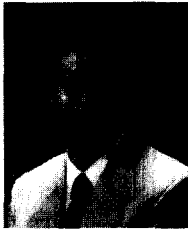
- [1] Recommendation I.121, CCITT Document AP IX-143-E, July 1988
- [2] Tho Le-Ngoc, Tien Hy Bui, and M. Hachicha, "Performance of a Knockout Switch for Multimedia Satellite Communications," Phoenix, Arizona, *Globecom '97*, 3-8 November 1997
- [3] Y. M. Hyunsoo, Y. Kyungsook, and Y. KIM, "The Knockout Switch under Nonuniform Traffic," *IEEE Trans. Commun.*, pp. 2149-56, June 1995
- [4] J. Gilderson and J. Cherkaoui, "Onboard Switching for ATM via Satellite," *IEEE Communications Magazine*, vol. 35 no. 7, pp. 66-70, July 1997
- [5] S. Jae-Joon and J. Chi-Hyuck, "Performance analysis of the Knockout switch with input buffers," *IEE Proceedings-Communications*, vol. 141, no. 3, pp. 183-189, June 1994
- [6] M. G. Hluchyj and M. J. Karol, "Queuing in high-performance packet switching," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 6, no. 9, pp. 1587-1597, Dec. 1988
- [7] A. Santhanam, and A. Karandikar, "Window-based cell scheduling algorithm for VLSI implementation of an input-queued ATM switch," *IEE Proceedings-Comm.*, vol. 147, no. 2, pp. 119-122, April 2000
- [8] Y. Yeh, M. Hluchyj, and A. Acampora, "The Knockout Switch: A Simple, Modular Architecture for High-Performance Packet Switching," *IEEE JSAC*, Vol. SAC-5, No. 8, pp. 1274-1283, Oct. 1987

김 진 상(Jin-Sang Kim) 준회원



1997년 2월 : 성균관대학교
제어계측공학과(학사)
2001년 2월 : 연세대학교 대학원
전기컴퓨터공학과(석사)
2001년 2월 ~ 현재 : LG전자
<주관심 분야> ATM 네트워크

박 영 근(Young-Keun Park) 정회원



1986년 2월 : 연세대학교
전기공학과(학사)
1990년 8월 : University of
Minnesota 전기공학과
(석사)
1993년 12월 : University of
Minnesota 전기공학과
(박사)
1994년 1월 ~ 1996년 2월 : University of Minnesota
전기공학과(Post Doc.)
1996년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 기계전자공학부
부교수
<주관심 분야> 컴퓨터 네트워크, 멀티미디어 통신망,
ATM 교환기, 신경회로망 응용