

ATM 스위치 내부링크의 트래픽 제어를 위한 대역 재할당 알고리즘

정희원 김 변 곤*, 정 경 태**, 전 병 실*

Bandwidth Reallocation Algorithm for Traffic Control of Internal Links in ATM Switch

Byeun-Gon Kim*, Kyung-Taek Chung**, Byoung-Sil Chon* *Regular Members*

요 약

광대역 종합정보 통신망은 서로 다른 QoS를 요구하는 다양한 통신 서비스를 지원한다. ATM 전송방식은 효율성과 유연성으로 인해 광대역 종합정보 통신망을 위한 기반으로 사용되고 있다. ATM망에서는 망 자원의 효율적인 사용을 위하여, 다양한 서비스를 수용할 수 있는 통계적 다중화 기법을 사용한다. 그러나, 통계적 다중화 기법은 폭주가 발생할 수 있는 위험성을 가지고 있다. 따라서 폭주와 트래픽 제어를 수행함으로써 망 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있도록 한다.

본 논문에서는 스위치 내부 링크의 대역 사용량을 측정하여 폭주 및 트래픽 제어를 수행하고 대역폭 이용율을 높이기 위한 대역 재할당 알고리즘을 제안한다

ABSTRACT

The future Broadband Integrated Services Digital Network(B-ISDN) will support a wide variety of communication services with different Quality of Service(QoS) requirements. The Asynchronous Transfer Mode(ATM), because of its efficiency and flexibility, is widely accepted as the basis for the future B-ISDN. In ATM network, statistical multiplexing has been used to serve various types of traffic for efficient utilization of the network resources. But the statistic multiplexing has the risk of congestion. As performing the congestion and traffic control in ATM switch, network resources will be used more efficiently.

In this paper, we propose bandwidth reallocation algorithm for improvement of the bandwidth utilization. The proposed algorithm performs congestion and traffic control process after measuring the current bandwidth at internal links.

I. 서 론

ATM망은 음성, 화상, 데이터 등을 포함하는 다양한 범주의 트래픽들을 수용하고 모든 정보를 제한된 크기의 정보단위로 셀로 만들어 통계적 다중화하여 각기 다른 서비스 품질 요구조건을 갖는

서비스들을 유연하게 수용할 수 있고 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다. ATM Forum에서는 멀티미디어 데이터를 포함한 다양한 데이터클 비트율과 QoS(Quality of Service) 파라미터에 따라 CBR, rt-VBR, nrt-VBR, ABR, UBR 과 같은 서비스 계층으로 나누어 정의하였다. 이 모든 서비스 계층은 같은 물리 링크를 공유하는데 CBR과 VBR은 보장

* 전북대학교 전자공학과(bschon@moak.chonbuk.ac.kr),

** 군산대학교 전자공학과(coe604@ks.kunsan.ac.kr)

논문번호 : 99118-0328, 접수일자 : 1999년 3월 28일

된 전송률과 대역폭을 사용하고, ABR 및 UBR은 CBR/VBR이 사용하고 남은 대역폭을 사용한다. ABR은 전송 지연 시간에 대해서는 민감하지 않으나 비교적 작은 셀 손실률을 요구하는 서비스 계층이다. UBR은 어떠한 대역폭이나 전송률을 보장받지 못하며 빈번한 셀 손실로 인한 사용자 터미널간의 재전송 기능이 가능한 애플리케이션에 유용하다^[1,3]. ATM이 지향하는 목표인 다양한 서비스 요구 조건과 특성을 갖는 사용자의 트래픽을 수용하고 ABR과 같은 버스티하고 예측 불가능한 자원의 효율적인 사용을 위해서 집중적으로 연구되고 있는 분야가 트래픽 흐름 제어 및 폭주 제어이다^[7]. ATM Forum에서는 CBR, VBR이 쓰고 남은 대역을 사용하는 ABR에 주된 관심을 가지고 있으며 ATM Forum을 중심으로 활발하게 연구가 진행되고 있다. ABR 흐름제어 알고리즘의 중요한 요구조건은 ABR 버퍼의 안정도, 높은 수용, 낮은 셀 손실률, 대역폭 이용의 공정성, 빠른 응답 특성, 변동하는 망 환경에의 적응성, 알고리즘 구현의 용이성 등이 있다^[3]. 현재 ATM Forum에서는 스위치에서의 동작 방식에 관한 규정에 관해서는 제안된 여러 스위치 방식들을 가능한 모두 수용할 수 있도록 포괄적으로 기술하면서 실제 구현되는 스위치 알고리즘은 스위치 특성에 맞게 선택할 수 있도록 하였다.

ATM 스위치에서 입력 트래픽의 링크 이용의 불확실성과 입력 트래픽에 대한 예측오류 등으로 인한 폭주가 발생할 가능성을 완전히 배제할 수 없기 때문에 스위치 내부에서 폭주 발생을 억제할 수 있는 방법이 모색되어야 한다. ATM 스위치 내부 링크는 처리속도가 빠르고 용량이 크기 때문에 폭주가 발생하여 셀이 버려진다면 순간적으로 많은 데이터가 버려질 수 있으므로 이를 효율적으로 제어해야한다. 또한 계속적으로 링크 사용량을 감시하여 폭주가 발생하지 않도록 미리 방지해야 한다.

본 논문에서는 ATM 스위치 내부 링크에서 발생할 수 있는 폭주를 방지하고, ABR 및 UBR VC들에게 남은 대역폭을 공평하게 할당할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 각 스위치 소자에 연결된 내부 링크들의 대역 사용량을 서비스 클래스별로 측정하여, 내부 링크에서의 폭주를 검출하고 링크를 통과하는 VC들에게 남은 대역폭을 재할당한다. 대역 재할당에 있어서 ABR 트래픽은 UBR 트래픽보다 높은 우선순위를 가지며, 각 ABR VC들은 공평하게 대역폭을 할당받는다. 따라서 제안된 알고리즘은 스위치 내부 링크들의 이용율을 증가시킬 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 2장에서 ATM 스위치의 내부 링크의 대역제어를 위한 기본 구조를 살펴보고, 3장에서는 제안된 알고리즘을 기술하고, 4장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘의 성능 측정 및 결과를 분석하였으며, 5장은 결론으로 구성되었다.

II. ATM 스위치의 내부링크 대역 제어

ATM 스위치의 기본적인 블록은 입력측의 입력 큐, 스위치, 출력측의 출력 큐로 분류된다. 입력 큐에서는 입력된 셀을 저장하고 저장된 셀을 페어 큐잉 방식에 의해서 각 연결에 할당된 대역량 만큼을 스위치에 입력한다. 페어 큐잉 방식은 VC별로 할당된 대역에 따라 셀을 스위치 모듈에 입력하는데, CBR과 VBR VC는 보장된 전송률과 대역폭을 사용하고, ABR 및 UBR VC는 스위치 내부링크의 상태에 따라 AR (Allowed Rate)값을 할당한다. 그림 2.1은 각 링크의 상태를 파악하고 스위치의 내부 링크의 트래픽을 관리하기 위한 8×8 Banyan 스위치 구조를 보여주고 있다. 각 스위치 소자는 출력 버퍼를 가지고 있으며 이 출력 버퍼로 입력되는 각 클래스별 셀 수를 실선의 링크를 통하여 트래픽 관리 프로세서에 통보한다. 본 알고리즘에서는 데이터의 서비스 클래스를 CBR, VBR, ABR, UBR의 4가지로 구분하여 처리한다^[3]. 트래픽 관리 프로세서는 입력된 데이터를 분석하여 각 링크의 각 클래스별 데이터 속도를 파악하고 제안된 알고리즘을 위한 VC(Virtual Connection) 테이블을 참조하여 각 VC의 할당대역을 조정하며 이를 입력모듈의 트래픽 관리 프로세서에게 통보함으로써 정확한 트래픽 관리를 할 수 있도록 하는 구조이다.

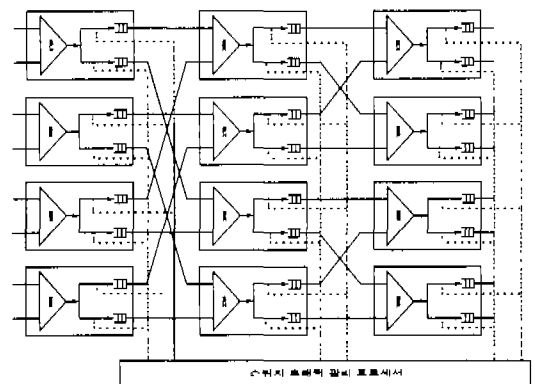


그림 2.1 트래픽 관리를 위한 Banyan 스위치 구조

표 2.1은 제안된 알고리즘이 참조하는 VC 테이블의 예를 보여주고 있다. 8×8 스위치구조를 기본으로 하고 각 VC는 각 단을 통과하는 링크 번호를 기록하는데, 기록된 번호의 첫째자리는 통과하는 VC의 링크가 위치한 단이고 나머지 두 자리 수는 각 단의 링크의 일련번호이다. VC 테이블에는 각 VC들이 점유하는 링크와 현재 할당된 대역이 기록되어 있다. 각 링크의 상태는 스위치 트래픽 관리 프로세서에 입력되고, 스위치 트래픽 관리 프로세서는 VC 테이블과 링크상태에 따라 각 VC들의 대역 할당량을 계산하여 VC 테이블에 기록한다. 각 링크 번호 아래의 AR값은 링크 상태에 따라 각 VC가 할당받을 수 있는 대역폭이다. 폭주를 방지하기 위해서, 이 값들 중 제일 적은 값을 입력 측에 통보한다. 입력 측에서는 VC들의 대역을 재할당하고, 그 결과물 스위치 트래픽 관리 프로세서에 통보한다.

스위치 내부 링크의 대역조정은 이 링크의 용량을 초과한 양의 데이터가 입력되면 초과분의 양을 줄인다. 반면에 데이터의 입력이 링크의 용량 이하이면 ABR과 UBR 데이터의 AR값을 조정하여 링크 용량을 최대한 이용할 수 있도록 대역을 할당한다.

표 2.1 VC 테이블

VC 번호	통과하는 링크			Traffic type	대역 할당 여부	할당된 대역(kbps)		
	AR	PCR	MCR					
0	001	102	203	CBR	○	64	.	.
1	003	103	202	VBR	○	15	100	.
2	006	105	206	ABR	○	25	500	15
	AR	AR	AR					
3	005	101	201	CBR	○	64	.	.
4	004	107	205	ABR	×	150	150	30
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
N	008	108	208	UBR	○	10	100	5
	AR	AR	AR					

II. 제안된 대역 재할당 알고리즘

스위치 관리 프로세서는 VC 테이블을 통해 열결되어 있는 VC들의 경로 및 현재 대역 할당량을 입력받고, 일정 주기로 교환기 내부 링크 및 출력 링크의 서비스 클래스별 대역 사용량을 입력받아 폭주 검출 및 여분의 대역을 계산하고 VC별로 대역

을 재할당한다. CBR, VBR VC 들의 대역폭이 보장되는지, 폭주가 발생했는지, 폭주가 발생할 가능성이 있는지, 대역폭의 여유가 있는지의 여부를 판정하여 이를 근거로 입력링크에서 적절한 대역폭을 할당하는 알고리즘이다.

ABR, UBR VC 들은 교환기 내부 링크의 상태에 따라 대역폭을 적절히 조절해 주어야 하는데, 그 과정은 다음과 같다. 즉, 특정 링크에서 폭주가 발생하면 해당 링크를 점유하는 ABR 및 UBR VC 들의 대역 할당량을 줄여주고, 특정 링크에서 폭주가 발생할 가능성이 있으면 해당 링크를 점유하는 ABR 및 UBR VC 들의 대역을 현재 상태로 유지하여주고, 이들 링크를 점유하지 않는 ABR 및 UBR VC 들은 대역 할당량을 늘려준다. 이때, 대역 할당에 있어서, 현재 할당된 대역폭이 적은 ABR 및 UBR VC 들에게 가능한 많은 대역을 할당하고, 현재 할당된 대역폭이 많은 ABR 및 UBR VC 들에는 상대적으로 적은 대역폭을 할당함으로써 ABR 및 UBR VC 들에게 공평하게 배분될 수 있도록 하였으며(식 ①, ②), 대역폭을 줄이는 경우는 현재 할당된 대역폭이 많은 VC들의 대역폭을 상대적으로 많이 줄였다(식 ③, ④). 또한, ABR 과 UBR VC 간의 우선 순위 분제를 고려하여, 여분 대역의 할당의 경우는 RUP(ABR) 값을 RUP(UBR) 보다 크게 설정하여 주었고, 대역을 줄이는 경우는 RDOWN(UBR) 값을 RDOWN(ABR) 보다 크게 설정하였다. 즉 ABR VC 들이 UBR VC 들 보다 좀더 많은 대역을 할당받을 수 있도록 하였다. 다음은 알고리즘에서 사용되는 파라미터들이다.

- $R_{i,ab}, R_{i,cb}, R_{i,vb}, R_{i,ub}, R_{i,ub}$: Link i에서 서비스 클래스별 측정 대역폭
- T_h, T_m, T_l : Threshold High, Middle and Low(ex 0.9, 0.94, 0.98)
- RUP(ABR) : 링크 i 에서 ABR 대역 할당 비율 (ex 0.7)
- RUP(UBR) : 링크 i 에서 UBR 대역 할당 비율 (ex 0.3)
- RDOWN(ABR) : 링크 i 에서 ABR 대역 할당 비율 (ex 0.4)
- RDOWN(UBR) : 링크 i 에서 UBR 대역 할당 비율 (ex 0.6)

다음은 스위치 관리 프로세서에서 각 링크의 상태에 따라 수행되는 ABR 및 UBR VC들의 대역 재할당 알고리즘이다.

```

IF Rtot < Tl then
  Each ABR VCs Through a Link i
  UPi(ABR) = (Tm - Rtot) * RUP(ABR)
  AR = AR + (UPi(ABR) / N - (AR - Rabr / N) * UPi(ABR) / Rabr) -①
  Each UBR VCs Through a Link i
  UPi(UBR) = (Tm - Rtot) * RUP(UBR)
  AR = AR + (UPi(UBR) / N - (AR - Rubr / N) * UPi(UBR) / Rubr) -②
ELSE IF Rtot < Th then
  UPi(ABR) = CONSTANT(0)
  UPi(UBR) = CONSTANT(0)
ELSE /* Rtot ≥ Th */
  Each ABR VCs Through a Link i
  DOWNi(ABR) = (Rtot - Tl) * RDOWN(ABR) -③
  AR = AR - AR * DOWNi(ABR) / Rabr
  Each UBR VCs Through a Link i
  DOWNi(UBR) = (Rtot - Tl) * RDOWN(UBR) -④
  AR = AR - AR * DOWNi(UBR) / Rubr
END IF
    
```

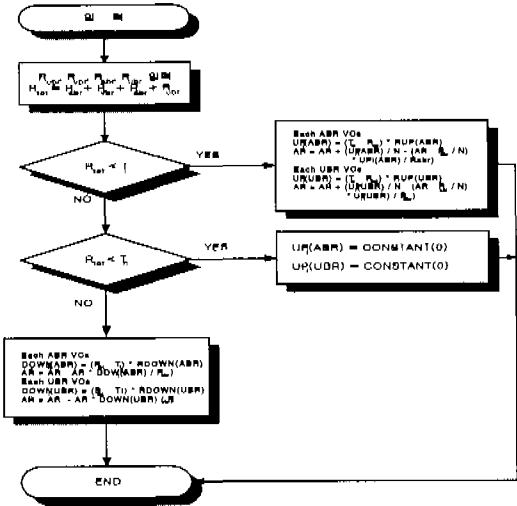


그림 3.1 알고리즘 흐름도

스위치 관리 프로세서는 각 링크의 현재 사용량에 따라 ABR 및 UBR VC들의 대역 할당량을 계산하여 VC 테이블에 기록한다. VC들의 대역 할당량은 VC 테이블을 참조하여 각각의 ABR 및

UBR VC가 점유하는 모든 링크의 대역 할당량 중에서 가장 작은 값의 대역을 재할당 받음으로써, 폭주 방지 및 링크 이용률을 증가시킬 수 있다. 그림 3.1은 알고리즘의 흐름도 이다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 알고리즘의 성능을 고찰하기 위해서 8×8 Banyan 구조의 스위치플 모델로 하여 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 분석하였다. 시뮬레이션 환경으로서 각 링크의 대역폭은 155Mbps로 하였고 각 입력 링크에 20개의 VC를 연결하였으며, 링크의 문턱값 T_l, T_m, T_h는 링크용량의 90%, 94%, 98%로 설정하였다. ABR의 할당대역 비율로서 UP(ABR)은 0.7이고 UP(UBR)은 0.3, DOWN(ABR)은 0.4 DOWN(UBR)은 0.6으로 설정하였다. 각 VC의 입력과 출력의 포트 번호는 랜덤하게 선택하였고 각 입력링크의 입력은 표 4.1의 소스 발생에 의해 입력하였다. 표 4.1은 각 입력포트의 소스의 QoS별 VC 숫자 및 용량을 보여주고 있다. 표 4.1에서 각 QoS의 용량은 링크 대역폭 155Mbps에 대한 배분율이고, PCR값을 기준으로 하여 전체 입력용량은 98% 이상으로 하였다.

표 4.1 입력 링크의 트래픽 파라미터

소스 번호	소스								
	소스 1	소스 2	소스 3	소스 4	소스 5	소스 6	소스 7	소스 8	
CBR VC	개수	6	4	3	4	5	5	6	3
	용량(%)	20	22	18	20	15	25	30	18
VBR VC	개수	4	5	4	4	5	4	5	7
	용량(%)	22	30	20	17	25	15	22	20
ABR VC	개수	7	7	6	6	5	6	6	5
	용량(%)	40	40	45	42	37	40	55	25
UBR VC	개수	3	4	7	4	5	5	3	5
	용량(%)	28	28	17	21	20	18	23	37
전체 용량(%)	110	120	100	100	97	98	130	100	

그 결과, 그림 4.1은 스위치의 첫째 단 링크의 전체 용량의 변화를 보여주고 있다. 첫 번째 단의 링크에서는 전체 용량이 문턱값(T_h)을 넘지 않았으므로 폭주가 발생하지 않았음을 알 수 있고, 시간이 경과할수록 이용률을 높이면서 안정된 상태로 수렴하고 있음을 보여주고 있다.

그림4.2는 폭주링크들의 대역량 추이를 보여주고 있다. 세 번째 단의 305, 307 링크들에서 폭주가 발생하였고, 시간이 경과함에 따라 일정 영역으로

수렴하고 있음을 보여주고 있다. 그림 4.3에서 보여 주듯이 VBR VC들의 순간적인 변화는 수렴 속도에 영향을 주기 때문에, 알고리즘에서 문턱 값 T_h 와 T_l 사이에 존재하는 ABR 및 UBR VC 들의 AR 값은 그대로 유지시켰다. 그림 4.3, 4.4, 4.5는 폭주링크 305의 QoS별 대역 및 링크를 점유하는 모든 ABR 및 UBR VC들의 AR값의 추이를 보여주고 있다.

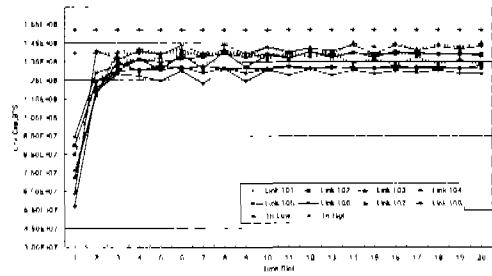


그림 4.1 첫 번째 단 링크들의 전체 이용 대역량

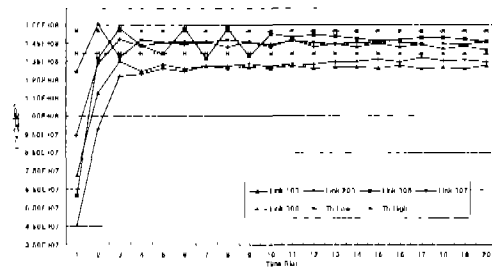


그림 4.2 폭주링크들의 대역량 추이

그림 4.4와 4.5에서 ABR 및 UBR VC의 AR값이 비교적 빠른 시간 내에 안정적으로 수렴하고 있음을 보여주고 있고, 여분의 대역 할당에 있어서 ABR에 많은 대역을 할당함으로써, ABR VC의 AR값이 UBR VC보다 높은 값으로 수렴하고 있음을 알 수 있다. 또한 같은 QoS VC에 공평한 대역할당을 위해서, AR값이 낮은 VC에 보다 많은 대역을 할당하고 있고, 폭주가 발생하여 대역폭을 줄일 경우 AR값이 높은 VC의 대역폭 상대적으로 많이 줄여서 빨리 수렴하고 있음을 볼 수 있다. 폭주링크의 대역할당량이 ABR 및 UBR VC들에게 민감한 영향을 주고 있음을 알 수 있고, 폭주링크에서의 빠른 수렴과 효율적인 대역할당은 스위치의 이용률을 높일 수 있으며, 스위치 내부링크에서의 폭주를 방지할 수 있다. 또한 ABR 서비스는 소스와 목적지사이에 여러 교환기를 점유하고, ABR 서비스의 흐름제어는 교환기 및 목적지에서의 피드백 정보에

의해서 이루어지는데, 교환기내에서 폭주가 발생하지 않고 링크 대역량을 가능한 최대로 이용할 수 있도록 대역폭을 재할당하는 것은 ABR 서비스의 흐름제어에 중요한 변수가 되기 때문이다.

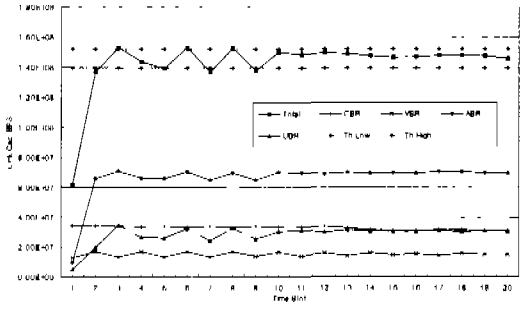


그림 4.3 링크 305에서의 QoS별 대역량추이

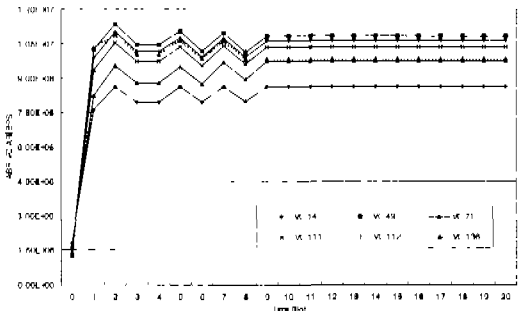


그림 4.4 링크 305를 점유하는 모든 ABR VC의 AR

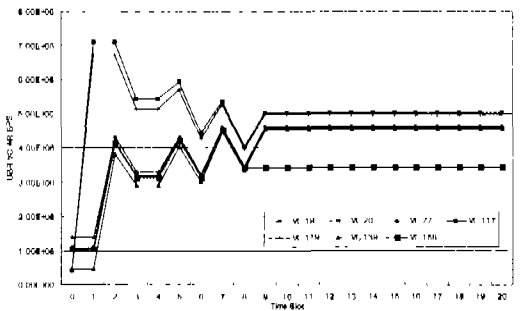


그림 5. 링크 305를 점유하는 모든 UBR VC의 AR

V. 결론

ATM 교환기의 트래픽 관리는 스위치의 입력단에 있는 입력큐의 상태와 출력큐의 상태를 파악하여 교환기 전체의 트래픽을 관리한다. 본 논문에서는 교환기의 트래픽 관리 보다 쉽고 효율적으로 수

행하기 위해 스위치의 상황을 파악하여 스위치 내부 링크의 트래픽을 관리하는 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 스위치 내부 링크의 서비스 클래스별로 링크용량을 주기적으로 점검하고, 그 정보를 받아 폭주를 해결하면서, 링크 대역폭의 효율적 이용을 위하여 여분의 링크 대역을 재할당하는 알고리즘이다.

대역 재할당에 있어서 중요한 요구조건은 폭주 방지, 공평한 대역 할당, 빠른 수렴 조건 그리고 적은 계산 량이다. 제안된 알고리즘에서는 폭주를 방지하기 위해, 문턱 값 T_{th} 을 기준으로 대역을 재할당하였다. 또한 공평한 대역 할당을 위해 낮은 AR 값을 갖는 VC들에게 보다 많은 대역을 할당하였으며, 서비스 클래스의 우선순위에 따라 ABR VC에게 UBR VC보다 많은 대역을 할당하였다. 그리고 빠르게 수렴할 수 있도록 링크용량이 T_l 과 T_h 사이에서는 VC들의 대역을 그대로 유지시켰으며, 빠른 계산을 위해서 각 링크를 경유하는 ABR 및 UBR VC들을 링크용량을 검출하기 전에 파악하였고, 각 링크에서 문턱 값에 따라 ABR 및 UBR VC들의 감소량 및 증가량을 VC테이블에 기록하고, VC별로 대역 재할당량을 계산하였다.

본 논문에서는 제안된 알고리즘을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였고 그 결과물 분석하였다. 그림 4.1~4.5에 나타난 바와 같이 VC들은 폭주가 발생한 링크에 민감한 반응을 보였고, 짧은 시간 내에 폭주를 해결하였으며 안정적으로 여분의 대역 재할당을 수행함으로써 링크 이용율을 극대화하였다. 제안된 알고리즘을 ATM 교환기에 추가하면 각 데이터의 특성에 만족하도록 교환을 수행할 수 있고 교환기의 이용율을 효율적으로 높일 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 임주환, 성단근, 한치문, 김영선, "ATM 교환", 한국통신학회·공통과학출판사, pp.321-354, 1996.
 [2] 오창환, 이형오, 임주환, "교환기 개발 역사, 현황 및 전망", 한국통신학회지, 교환기술, 제 15권 6호, pp.15-32. 1998년 6월.
 [3] S. Sathaye, "ATM Forum Traffic Management Specification, Version 4.0," ATM Forum Technical Committee, Mar. 1996.
 [4] H. T. Kung et al, "Flow Controlled Virtual Connections Proposal for ATM Traffic

Management," ATMF 94-0632R2, Sep. 1994
 [5] R. Jain et al, "Source Behavior for ATM ABR Traffic Management: An Explanation," IEEE Communications Magazine, vol. 34, no. 11, Nov. 1996.
 [6] H. saito, et al, "Performance Issues in Public ABR Service," IEEE Communications Magazine, pp. 40-48, Nov. 1997.
 [7] C. Lefelhocz, et al, "Congestion Control for Best-Effort Service : Why We Need a New Paradigm," IEEE Network, Feb. 1996
 [8] A. Arulambalam et al, "Allocating Fair Rates for Available Bit Rate Service in ATM Networks," IEEE Communications Magazine, vol. 34, no. 11, Nov. 1996.
 [9] S. Chan, W. M. Wong, "Fair Packet Discarding for controlling ABR Traffic In ATM Networks," IEEE Trans. on Communications, vol. 45, no. 8, pp. 913-916, Aug. 1997.
 [10] 조해성, 김남희, 이상태, 정진태, 전병실, "ATM에 적합한 Banyan 스위치 소자의 성능 개선에 관한 연구", 한국통신학회 논문지, 제 21권 7호, pp.1756-1764. 1996년 7월.
 [11] 조해성, 온종렬, 김변곤, 정경택, 전병실, "ATM 스위치에서 전달 지연 시간 측정 및 제어", 한국전자통신연구원 최종보고서, 1998년 11월.

김 변 곤(Byeun Gon Kim) 정회원
 한국통신학회 논문지 제24권 7B호 참조

정 경 택(Kyung Taek Chung) 정회원
 한국통신학회 논문지 제24권 7B호 참조

전 병 실(Byoung Sil Chon) 정회원
 한국통신학회 논문지 제24권 7B호 참조