

碩士學位論文

ATM 망에서 효율적인 문턱값 기반
대역 관리



濟州大學校 大學院
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

電氣電子工學科

金 尙 徹

110.497

2000 年 12 月

ATM망에서 효율적인 문턱값 기반 대역 관리

指導教授 高 誠 澤

金 尙 徹

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2000年 12月

金尙徹의 工學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長

김 경 언

委

員

고 승 략

委

員

김 경 석

濟州大學校 大學院

2000年 12月

An Effective Threshold Based Bandwidth Management in ATM Networks

Sang-Chul Kim

(Supervised by professor Sung-Teak Ko)



A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of master of engineering

2000. 12.

Department of electrical and electronic engineering

GRADUATE SCHOOL

CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

Summary	1
I. 서 론	2
II. ATM 트래픽 제어	5
1. ATM 트래픽 특성	5
2. ATM 트래픽 제어 방법	7
III. ATM 트래픽 측정 및 분석	12
1. 통계적 다중화 이득	12
2. NCR과 CDVT와의 관계	15
3. 제주대학교 ATM망에서 측정된 트래픽	17
IV. 자원 할당 알고리즘	19
1. 기존의 자원 할당 알고리즘	19
2. CST 알고리즘	21
3. 성능평가	25
V. 결 론	33
참고문헌	34

Summary

Effective call admission control is desirable to control an ATM traffics. It should provide high fairness and utilization for different kinds of services during call admission. Many researches have been done on improving both utilization and fairness such as MBB(Movable Bandwidth Boundary) and RSC(Reserved Sharing with Common Pool) algorithm etc. We propose a new CST(Complete Sharing with Threshold) algorithm using threshold on a virtual path to improve fairness and utilization.



I. 서론

차세대의 통신망은 매우 다양한 형태의 대량의 정보가 아주 빠른 속도로 오고가는 모든 정보 미디어들의 네트워크를 말한다. 이와 같은 미래의 종합정보통신망은 음성, 데이터, 영상 등의 복합적인 멀티미디어 서비스가 제공되며 개별적인 망의 구축과 운용이 아닌 디지털 방식에 의한 통합 망에서의 고속교환과 전송기술에 기반을 둔 전망이다. 특히 비동기 전달방식의 융통성 있는 광대역 교환능력의 개발과 광통신 기술의 발전에 따른 고속전송능력의 확대를 통해 구현될 멀티미디어 통신의 제공 수단인 광대역 종합정보통신망(B-ISDN)은 국가 경쟁력의 핵심이며 가장 중요한 국가 하부구조로 간주되어 초고속 정보통신망, 정보 슈퍼 하이웨이 등의 이름 아래 각 국가 및 국가 블록 단위로 경쟁적으로 구축이 추진되고 있다. 우리 나라의 경우도 조기에 초고속 정보통신기반을 구축하여 국가 경쟁력 제고를 위한 국가사회의 정보화를 선도할 목적으로 선도 시험망과 정보화 시범 지역 사업 등 다양한 계획 및 사업이 진행중이다.

B-ISDN을 이용한 서비스로는 영상전화나 영상회의, 네트워크내의 사서함과 같은 우편서비스(Mail Service), VOD(Video On Demand)등 여러 가지가 출현할 것으로 여겨진다. 음성, 데이터, 영상이 복합된 멀티미디어 통신에서는 같은 디지털 정보라 하더라도 수신 측의 미디어 특성에 따라 정보량이 많은 것과 적은 것이 있어서 통신 채널에 필요한 대역이 대단히 유동적이라는 유추가 가능하다. 이처럼 속도나 회선 수, 접속방법 등이 유연하고 동시에 영상 등의 광대역 정보도 고품질로 보낼 수 있는 차세대의 통신망은 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 기술을 기반으로 구축될 전망이다. ATM 망의 효율적인 구축은 대규모의 공중망을 구축 운용해야하는 통신망 사업자로서는 필수적인 과제이며 ATM 노드 선정, ATM 노드간 링크 용량 산출 등을 포함한다. 여기서 링크 용량 산출 문제, 즉 링크 설계 문제는 ATM 트래픽의 다양성과 요구 대역폭의 가변성 등으로 인하여 어려운 문제로 간주되어지고 있으며 현재까지도 기본적인 개념만 제시하고 있을 뿐 구체적인 최적화 모델 및 알고리즘은 제시하지 못하고 있다.

최근의 네트워크 환경에서의 요구사항은 음성, 화상 등을 서비스하는 과정에

있어서 통신하는 데이터의 품질을 어떻게 보장하며, 얼마나 보장할 수 있는냐에 있다.

데이터의 품질을 결정하는 구체적인 요소로는 네트워크내에 전송지연(Cell Transfer Delay: CTD)과 지연시간의 변화(Cell Delay Variation: CDV), 네트워크내의 손실율(Cell Loss Rate: CLR) 등이 있다.

ATM은 연결 설정 시 링크등의 리소스를 할당 할 때 네트워크내에 서비스별 우선 제어를 하여 품질을 보장한다. 한편, 데이터 통신의 경우는 네트워크 용량 이상 트래픽이 발생하지 않도록 네트워크를 감시, 트래픽을 송신자에게 통지하게 되어 동적인 입력제어를 하게 된다. 이러한 방법으로 트래픽을 제어하여 사용자의 품질을 보증하게 된다.

또한, 트래픽 제어에 따른 서비스 품질을 보충하기 위하여 일정한 대역폭을 유지, 확보하여야 한다. 이러한 대역폭을 확보하기 위하여 또한 일련의 자원할당 방법을 사용하게 된다. 이에 대하여 별도의 알고리즘으로 각 가상패스(Virtual Path)에 대한 rate를 결정하여 cell rate를 관리하는 자원할당 방법이 연구되어 지고 있다.

ITU-T에서 권고하고 있는 트래픽 제어의 방법으로는 호 수락 제어(CAC : Call Admission Control), 사용자 파라메타 제어(UPC : User Parameter Control), 우선 순위 제어(Priority Control), 폭주 제어(Congestion Control) 등의 방법들이 있다. 본 논문에서는 ATM 네트워크 상에서 사용자들에게 더 나은 서비스를 보장하며, 신뢰할 수 있는 서비스를 위해 보다 효율적으로 자원을 할당할 수 있는 방안을 제시하는데 그 목적을 두었다.

ATM은 멀티미디어 트래픽을 수용하기 위하여 고정 비트율(CBR : Constant Bit Rate) 서비스, 가변 비트율(VBR : Variable Bit Rate) 서비스, 가용 비트율(ABR : Available Bit Rate) 서비스, 그리고 비 규정 비트율(UBR : Unspecified Bit Rate) 서비스를 ATM 포럼에서 제안하고 있다. 여기에서 CBR과 VBR은 실시간 서비스이고, ABR과 UBR은 비 실시간 서비스이다.

ATM 망에서 실시간 서비스는 매우 중요하다. 사용자가 영상서비스, 또는 음성 등과 같은 실시간 서비스를 요구할 때 제한된 시간내에 데이터가 목적지에 도착하지 못하면 전송의 의미가 없어진다. 그러므로 ATM 망에서 네 종류의 서비

스 중에 CBR과 VBR 서비스는 ABR과 UBR 서비스보다 높은 대역폭과 우선 순위를 가진다. 본 논문에서는 CBR과 VBR 서비스들에 대한 호 수락의 공정성과 대역폭 이용율을 높이는 효율적인 대역 할당 방법을 제안하였고, 컴퓨터 모의 실험을 통하여 제안된 방법의 효율성을 평가하였다.

본 논문의 구성을 살펴보면 2장에서 ATM 망의 트래픽 특성과 트래픽 제어의 기본적인 사항 등에 대해 알아본다. 3장에서는 제주대학교 ATM 망에서 ATM 성능 분석기를 사용하여 실제 측정된 트래픽을 분석해 본다. 4장에서는 기존의 대역 할당 알고리즘과 새로운 CST 알고리즘에 대해서 살펴보고 부하의 변화에 따른 성능을 분석한다. 마지막 5장에서는 결론을 제시한다.



II. ATM 트래픽 제어

1. ATM 망의 트래픽 특성

ATM 망에서 트래픽은 CBR, VBR, ABR, UBR, GFR의 다섯가지로 ATM 포럼에서 제안하고 있다. CBR 서비스는 연결 시간동안 계속 이용할 수 있는 일정한 양의 대역을 요구하는 연결에 의해 사용된다. 이때 대역량은 PCR(Peak Cell Rate) 값에 의해 결정된다. CBR은 실시간 영상이나 음성 서비스, 회선교환 서비스에 사용되는 것으로 일정한 bit rate으로 전송한다.

VBR 서비스는 실시간 형 가변율로서 비디오와 음성이 대상, 공중망의 프레임 릴레이 서비스와 같이 rate가 별도로 결정되어 비 실시간형 데이터 통신 서비스에도 사용된다. VBR 서비스는 rt-VBR(Real-Time Variable Bit Rate)과 nrt-VBR(Non-Real-Time Variable Bit Rate)을 포함한다. rt-VBR 서비스의 예는 패킷화, 압축된 음성/비디오 텔레컨퍼런싱, 멀티미디어 서비스 등이다. Nrt-VBR 서비스는 프레임 릴레이와 같이 네트워크에서 제공되는 커넥션 지향(connection-oriented) 서비스와 유사하다.

ABR 서비스는 연결 설정 후에 일어나는 변화로서 망에 의해 제공되는 제한된 ATM 계층 전달 특성을 제공하는 ATM 계층 서비스이다. 흐름 제어 메카니즘은 ATM 계층 전달 특성 변화에 따라 소스의 셀 율을 제어하기 위해 피드백 제어 기능이 적용되는데, 이 피드백 제어를 위한 정보들은 RM(Resource Management) 셀이라 불리는 특정 제어 셀을 통해 소스에 전달한다. 현재 존재하는 대부분의 LAN application에 서비스한다. TCP/IP, 또는 기타 data application을 수용하기 위하여 대역 예약을 하지 않고 data 전송을 한다. 링크가 되어 있으면 비어 있는 링크대역 전부를 connection으로 사용할 수 있으나 밀집되면 자동적으로 낮은 속도로 전송한다.

지연조건은 CLP(Cell Loss Priority)에 대한 요구가 강력하게 요구된다. 이를 best effort service라 부른다.

CBR, VBR, UBR과 다른 점은 PCR만 연결시 신고하고 실제의 rate는 궤환 제어에 의하여 네트워크의 폭주 상황에 따라 대응하여 PCR 이하의 속도로 규제된다.

UBR 서비스는 셀 지연 및 지연 변이에 민감하지 않은 비 실시간 응용 서비스를 위한 것으로 이러한 응용서비스로는 파일전송, 전자우편과 같은 기존의 컴퓨터 통신 응용 서비스들이다. 일반적으로 ATM 백본에 연결되는 대부분의 워크스테이션은 ATM NIC(Network Interface Card)를 장착하지 않고 있다. 대신 이들 시스템은 ATM 업링크를 사용한 LAN 스위치로 연결되는데 이때 제공되는 서비스가 바로 UBR이다.



2. 트래픽 제어 방법

1) 연결수락 제어(CAC: Call Admission Control)

연결수락 제어는 망이 호 설정 또는 호 재협상 단계에서 가상경로연결(VPC: Virtual Path Connection)과 가상채널연결(VCC: Virtual Channel Connection) 설정의 허용 여부를 결정하기 위해 취하는 행위를 일컫는다. ATM 망에서 하나의 연결 요구는 CAC 결과를 근거로 하여 허용되는데, 호가 요구하는 QOS(Quality of Service)를 망 전체를 통해서 지원 가능하고 이미 존재하는 호들의 협정된 QOS를 보장하기에 충분한 자원들이 사용 가능할 때만 허용한다. 이것은 이미 존재하는 호 내에서의 연결 변수들에 대한 재협상시에도 적용한다.

B-ISDN 환경에서 멀티미디어 또는 다중 접속 서비스 호는 하나 이상의 연결을 요구할 수도 있다. 이 경우의 CAC 과정은 각 가상경로 또는 가상채널에 대해 수행해야 한다. VOD 서비스의 경우, 사용자는 연결 설정을 위해 신호 메시지를 송신해야 하며, 이 신호 메시지에는 정보원 트래픽 표현자와 요구된 QOS 등급에 대한 정보를 포함한다. 영구(permanent) 또는 예약(reserved) 서비스의 경우에 요구되는 정보는 OAM(Operation and Management) 과정에 포함하며, 신호를 이용한 온라인 방식이나 서비스 순서에 의한 오프라인 방식으로 수행한다.

그런데 QOS 등급에 관한 정보는 사용자가 망이 제공하는 QOS 등급들 중에서 자신이 요구하는 QOS 등급을 지정함으로써 전달되며, 구체적인 QOS 등급에 대해서 정의된 바는 없다. 또한 정보원 트래픽 표현자의 값, 즉 트래픽 특성치는 연결 설정시에 협상을 통해 정하며, 이러한 특성치는 연결이 지속되는 동안 사용자의 요구에 의해 재협상할 수도 있으며, 망은 이러한 재협상의 횟수를 제한할 수 있다.

2) 사용자/망 매개변수 제어(UPC: Usage Parameter Control/NPC: Network Parameter Control)

CAC 결과로 연결이 허용된 호는 ATM 망의 다양한 비트율의 서비스에 대한 용량성과 통계적 다중화 특성에 의해 원칙적으로는 협정된 트래픽 특성치를 초과하며 UNI(User to Network Interface)의 최대 용량까지 이용할 수 있다. 따라서 이러한 경우를 방지하고 트래픽 정보원의 행동을 협정된 범위 안으로 제한하기 위한 기능(UPC)이 요구된다.

UPC와 NPC는 망이 트래픽망과 셀 루팅 타당성(validity)에 의해 트래픽을 감시하기 위하여 각각 UNI와 NNI(Network to Network Interface)에서 취하는 행위를 일컫는다. 이러한 행위의 목적은 협정된 변수들의 위반을 감시하고 적절한 행동을 취함으로써, 기존의 다른 연결들의 QOS에 영향을 줄 수 있는 고의적인 또는 고의적이 아닌 잘못된 행위로부터 망 자원을 보호하는 것이다.

트래픽 감시행위는 UNI나 NNI를 지나는 모든 연결들에 대해 행해지며, UPC/NPC는 사용자 VPC/VCC들과 신호 VC들에 모두 적용된다. UPC는 망에서 첫번째 VP 링크나 VC 링크가 끝나는 점에서 VCC 또는 VPC 상에서 수행되며, NPC는 망내에서 첫번째로 VCC나 VPC가 끝나는 점에서 행해진다.

UPC/NPC 구현을 위한 알고리즘은 어떠한 불법적인 트래픽 상황도 감지할 수 있어야 하며, 위반사실을 감지했을 때는 신속하게 반응해야 하며 또한 구현하기가 간단해야 한다. UPC/NPC 구현을 위한 알고리즘은 개념적으로 크게 수신자가 새로운 허락(credit)을 받기 전까지 송신자가 전송할 수 있는 데이터 패킷의 수를 제한하는 윈도우 흐름제어 방법과 미리 정해진 시간 구간 동안 송신자가 전송 가능한 데이터 패킷의 수를 제한하는 방법으로 일반적으로 패킷 간격을 지정하는 셀간 도착시간 제어방법으로 구분한다. 두 방법의 차이는 초기 변수 값에 대한 협상과 수정을 제외하고는 윈도우 흐름 제어는 단지 수신자가 송신자에게 메시지를 보냄으로써 결정되며, 셀간의 도착시간 제어는 송신자 단에서만 타이머를 이용하여 수행한다는 점이다.

3) 자원 관리

망 자원 관리를 통한 트래픽 제어는 이용 가능한 망 자원을 요구된 연결들에 효율적으로 할당함으로써 수행되는데, 현재까지는 VP를 이용하여 트래픽을 제어하는 방법에 대해서만 표준화가 된 상태이며, 다른 기법에 대해서는 계속 연구 중에 있다. VPC를 이용한 트래픽 제어는 연결 수락 제어과정을 단순화하며, 서로 다른 QOS를 요구하는 트래픽 형태들을 분리함으로써 일종의 우선 순위 제어를 구현할 수 있게 하는 데 있다. 아울러 VPC를 이용하면 트래픽 제어안의 작동을 위한 메시지를 해당 VPC내의 모든 VCC로 동시에 보낼 수 있다.

4) 고속 자원 할당(fast resource allocation)

고속 자원 할당법은 버스트(burst)간의 시간 간격과 버스트 크기가 비교적 큰 연결에 대해 적용할 수 있다. 전송해야 할 버스트가 없을 경우는 연결을 유지시키되 망 자원을 할당하지 않았다가 버스트를 전송할 때에만 일시적으로 망 자원을 할당하는 방식이다. 이에선 대역폭을 할당하는 방법과 버퍼를 할당하는 방법이 있다. 버퍼를 할당하는 방법은 대역폭을 할당하는 방법에 비해 셀 손실율의 측면에 있어서 크게 우수한 것으로 평가되나 노드마다 소요되는 버퍼의 용량이 커서 실용화 될 가능성이 적다. 버스트 소스는 버스트가 발생하면 우선 버스트 전송 요청의 내용을 담은 셀을 전송 시켜 전송 가능 여부를 묻는다. 이 셀을 받은 각각의 노드들은 지정된 버스트를 전송하기 위해 망 자원을 할당하는 것이 가능한가를 조사하여 가능하다면 승인의 내용을 담은 셀을 버스트 소스에 게 전송한다. 불가능하다면 불가의 내용을 담은 셀을 전송한다.

버스트 소스는 버스트의 전송 경로 상에 있는 모든 노드에게서 승인을 받은 후에야 버스트를 전송한다. 한 노드로부터라도 불가를 받으면 승인을 받을 때까지 전송 요청을 계속한다. 각각의 노드는 버스트가 자신을 통과한 후에 할당되었던 자원을 해제한다. 이 방식은 버스트를 전송하지 않는 동안에는 망 자원을 할당하지 않으므로 망 자원을 효율적으로 사용할 수 있으면서도 시그널링 기능에 부담을 주지 않는다는 장점이 있다. 그러나, 개개의 노드 혹은 접속 보드에

서의 처리가 복잡한 반면에 이 방식을 적용할 수 있는 트래픽 양이 크지 않은 것이 단점이다.

5) 트래픽 폭주제어

일반적으로 폭주 상태는 트래픽 흐름에 대한 예측할 수 없는 통계적 셀을 변동이나 망 내에서의 장애로 인해 발생 할 수 있으며, 망이 망 자원의 부족으로 인해 이미 설정된 연결이 요구하거나 새로운 연결 요청이 요청하는 망 성능 수준을 만족시킬 수 없을 때 이를 폭주 상태라 하며, ATM 트래픽 제어 및 폭주 제어는 폭주 상황을 방지하고 발생한 폭주의 강도, 확산, 지속 시간을 최소화하기 위해 망이 취하는 행동으로 정의된다. B-ISDN에서의 폭주란 트래픽 과부하나 제어용 자원들의 과부하로 인해 망이 이미 설정되어 있는 연결들과 새로이 요구되는 연결들의 QOS를 만족시킬 수 없을 때의 망 요소들(예를 들면, 스위치, 집선기, 전송링크 등)의 상태로 정의된다.

일반적으로 폭주가 발생하는 원인으로는 예측 불가능한 트래픽 흐름의 변동과 망 내에서의 장애 발생 등이다. 폭주는 협정된 QOS 범위 내에서 발생할 수 있는 버퍼의 포화상태(queue saturation)와는 다른 개념이므로 구별되어야 한다. 트래픽 제어가 사용자와 망이 요구하는 망 성능 목표를 성취하기 위해 폭주 상황의 발생을 예방하는 행위라면, 폭주 제어는 불가피한 상황으로 인하여 망에서 폭주가 발생했을 때 폭주의 집중, 확산 및 지속 시간을 최소화하기 위해 취하는 행위를 의미한다.

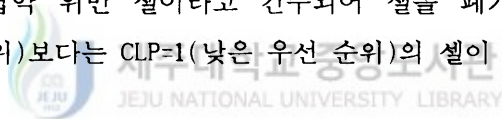
B-ISDN에서 발생된 폭주로부터 망을 보호하기 위해 취할 수 있는 폭주 제어 기능으로는 선택적인 셀 폐지 기능, EFCI(Explicit Forward Congestion Indication) 등이 있다.

6) 우선 순위 제어 및 선택적인 셀 폐지

우선 순위를 제어하기 위해서는 우선 순위가 서로 다른 트래픽 흐름을 생성해야 하는데, ATM 셀 헤더의 CLP 비트를 이용하는 방법이 권고되고 있다. 우선

순위 제어와 UPC/NPC 제어의 기본적인 차이점은 우선 순위 제어에서는 CLP 비트를 원칙적으로 사용자(또는 서비스 제공자)가 0 또는 1로 설정하며, 설정된 결과를 이용하여 망 폭주 등의 상황에서 셀을 우선적으로 처리하는 기법을 의미하며, 반면에 UPC/NPC 기법은 CLP=0으로 송출된 셀이 협정된 트래픽 특성을 초과하는 것으로 판정될 경우 해당 셀을 폐지하던가 또는 CLP=1로 설정하는 행위를 의미한다.

우선 순위 제어는 높은 우선 순위 셀에 대해 망이 약속한 일정 수준의 서비스 품질 보장을 위해 상대적으로 낮은 우선 순위의 셀을 선택적으로 망 내에서 폐기하기 위한 일련의 조치로 정의되며 UPC 기능과 밀접한 연관 관계를 갖고 있다. ATM 셀의 상대적인 우선 순위는 CLP 비트 또는 VPI/VCI(Virtual Path Identifier/Virtual Path Identifier) 필드를 사용하여 정할 수 있다. 만일 망 내에 충분한 자원(예를 들어 버퍼 용량 초과)이 없어 셀을 처리하지 못하거나 UPC 기능에 의해 협약 위반 셀이라고 간주되어 셀을 폐기해야 할 경우에는 CLP=0(높은 우선 순위)보다는 CLP=1(낮은 우선 순위)의 셀이 폐기된다.



III. ATM 트래픽 측정 및 분석

1. 통계적 다중화 이득(statistical multiplexing gain)

그림 1과 2는 ATM 성능 분석기에서 화상회의 신호를 emulation 하여 측정된 신호를 보여주고 있다. bursty 한 정도에 따라 통계적 다중화 이득을 알아보기 위해 burst 길이를 그림 1의 경우는 20 셀 간격으로 하였고 그림 2의 경우는 50 셀 간격으로 하였다. 여기에서 다중화 이득(MG)을 다음과 같이 정의하기로 한다.

$$MG = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

N_i : i 개를 다중화 시켰을때의 PCR

M_i : i 번째 PCR

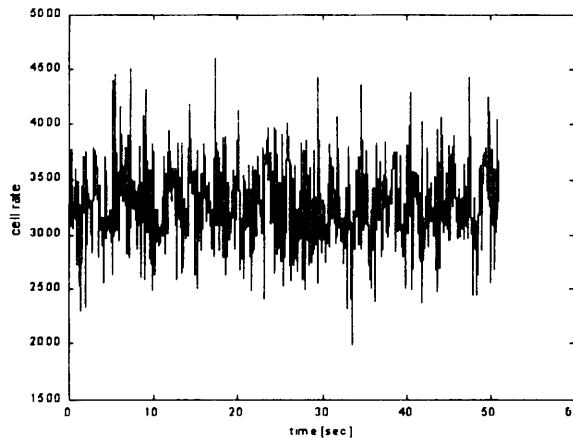


Fig. 1. periodic burst model of video conference
(BL = 20 cells interval)

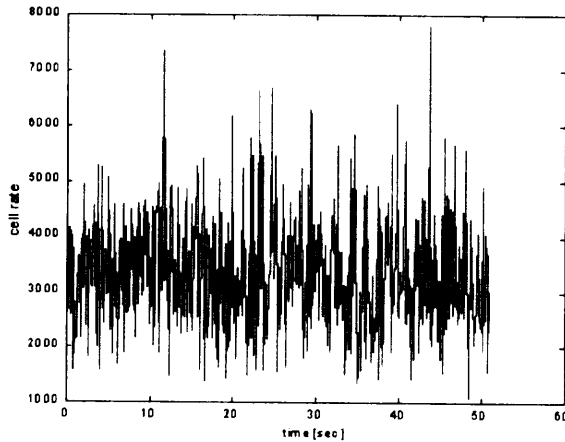


Fig. 2. periodic burst model of video conference
(BL = 50 cells interval)

그림 3과 4는 다중화시켰을 때 PCR을 보여주고 있다. 이 그림에서 (+) 기호는 n 개의 트래픽이 다중화 되었을 때 $n \times$ PCR한 값을 보여주며 (o)기호는 통계적 다중화 하였을 경우 PCR 값을 보여주고 있다. 그림 3과 4에서 보여주는 것처럼 bursty한 트래픽(그림4의 경우)일 수록 n 이 증가함에 따라 (+)기호와 (o)기호의 사이가 더 많이 벌어짐을 알 수 있다. bursty한 모델(그림 4)을 사용하였을 때의 통계적 다중화 이득은 윗 식에 의해서 $MG = 1.59$ 로서 그림 3의 $MG = 1.23$ 보다 커짐을 알 수 있고 다중화 개수가 많아질수록 이득이 증가함을 알 수 있다. 이처럼 bursty한 트래픽일수록 다중화 이득은 증가하며 통계적 다중화를 통해서 망 자원의 효율을 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

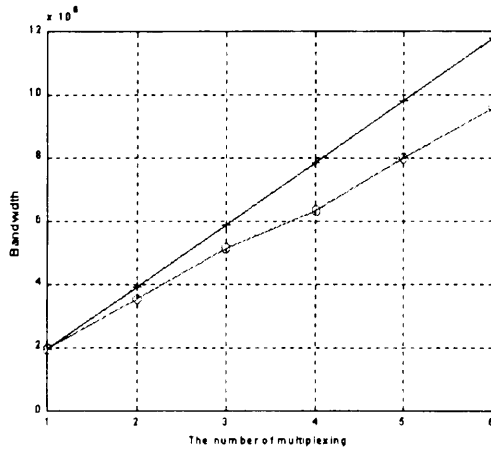


Fig. 3. statistical multiplexing gain
(BL = 20 cells interval)

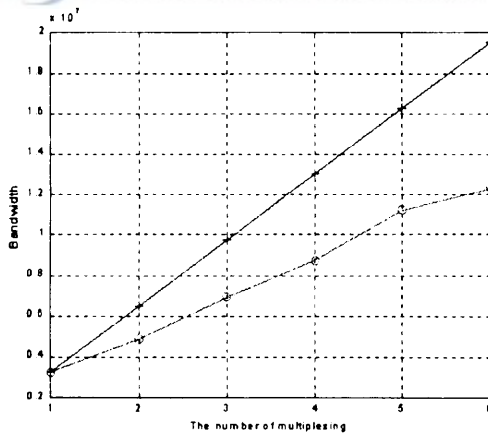


Fig. 4. statistical multiplexing gain
(BL = 50 cells interval)

2. NCR과 CDVT와의 관계

화상회의 트래픽 특성을 분석하여 보기 위해서 셀 지연 허용치(CDVT: Cell Delay Variation Tolerance)의 변화에 대한 허용되지 않는 셀율(NCR: Nonconforming Cell Rate)을 측정하여 보았으며 그 결과는 그림 5와 6에서 보여주고 있다. CDVT가 작을 수록 허용되지 않는 셀율이 커지는 것은 알 수 있다. 또한 bursty 한 트래픽일 수록 같은 CDVT에서도 큰 NCR 값을 가짐을 보여주고 있다. 그림 5와 6에서 o 표시는 수신측 policer에서 측정된 값이고 곡선은 함수 근사화 방법을 사용하여 근사화된 함수를 나타내었다. 그림 5의 경우 $NCR = 0.797 * e^{-CDVT}$ 의 지수 함수적 특성을 나타내었고 그림 6의 경우는 $NCR = 0.925 * e^{-0.238 * CDVT}$ 의 값을 나타내고 있다. 이처럼 NCR은 CDVT에 대해서 지수 함수적으로 감소하고 있다는 것을 나타내주고 있다.

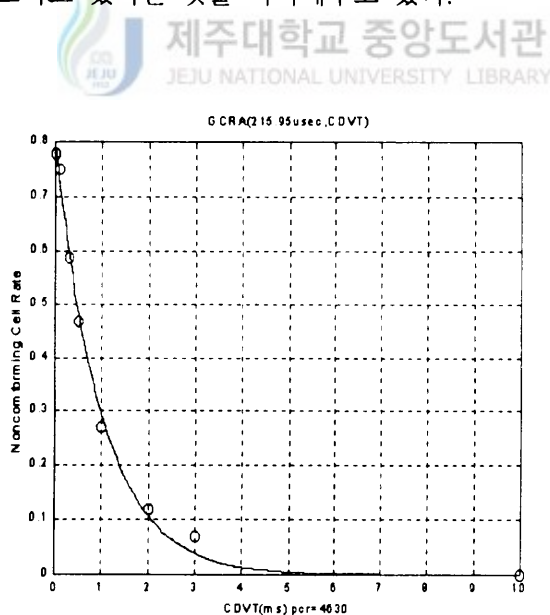


Fig. 5. relation between CDVT and NCR
(BL = 20 cells interval)

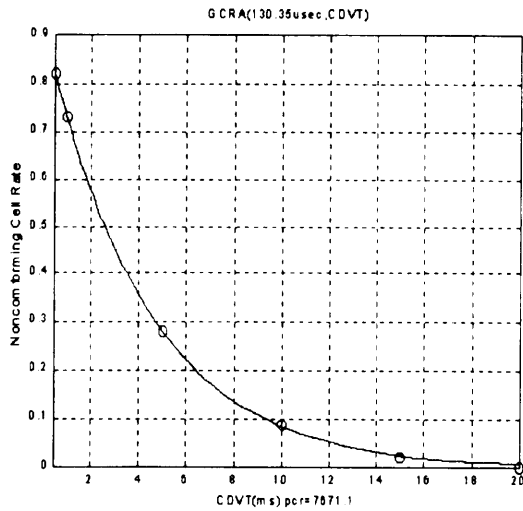
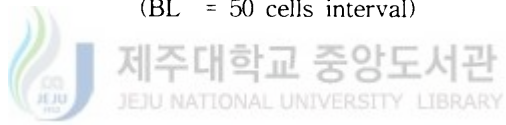


Fig. 6. relation between CDVT and NCR
(BL = 50 cells interval)



3. 제주대학교 ATM 망에서 측정된 트래픽

그림 7은 실제 제주대의 이더넷 망과 ATM 망이 연계된 경우 실제 화일 전송 시의 트래픽을 AX/4000 ATM 성능분석기를 사용하여 측정한 경우를 보여주고 있다. FTP(File Transfer Protocol)를 이용하여 데이터 화일을 전송했을 때 시간 간격 0.1s로 측정된 것이며 평균 PCR이 13390 cells/s 임을 알 수 있다. 이 트래픽의 시간적으로 연속된 셀 간격의 분포는 그림 8a와 8b에서 보여주고 있다.

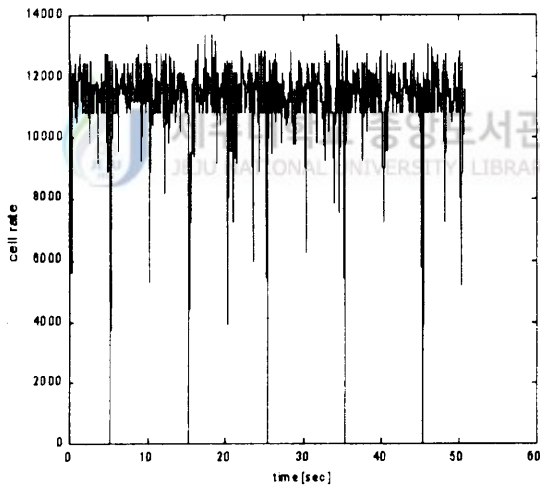


Fig. 7. FTP traffic

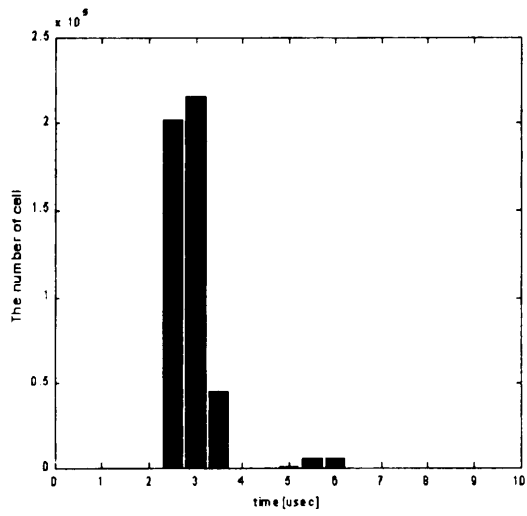


Fig. 8a. cell interarrival time

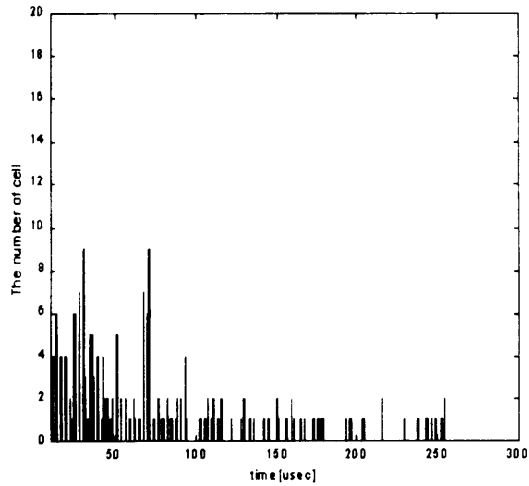



Fig. 8b. cell interarrival time

IV. 자원 할당 알고리즘

ATM 망에서 망 자원이란 물리적 전송링크상의 가상경로및 가상채널을 의미한다. 이러한 자원관리의 주된 목적은 망 내에 이미 존재하고 있는 어떤 연결에 대해서 서비스 품질 요구수준을 만족하면서 대역폭의 이용율을 최대로 하는 것이다. 이 가상경로의 용량 할당 방법으로서 호 발생 시 할당하고 종료 시 복구하는 방법, 호의 예측에 의한 동적인 할당 방법, 가상경로 용량을 산출하고 고정량을 산출하는 방법 등이 고려되고 있다.

1. 기존의 자원할당 방법



효율적인 자원관리방법이 갖추어야 할 조건으로는 얼마나 망의 자원을 최대한으로 이용하는가 하는 망의 이용율(utilization)과 동시에 호 수락의 공정성(fairness)을 고려하여야 한다. 또한 등가대역의 계산에 사용되는 트래픽 변수(traffic parameter)가 간단하여야 하며 구현이 단순하여야 한다. 그림 9에서 처럼 가상경로를 사용한 대역폭 이용방법을 살펴보면 다음과 같다.

전체 대역 공유 법(CBS : Complete Bandwidth Sharing)은 모든 입력 트래픽이 전송링크용량 전체를 공유하는 방법으로 대역폭 이용율 측면에서는 이상적인 성능을 가지나 트래픽 폭주상황하에서는 reverse pecking order 현상에 의해 광대역 서비스들은 협대역 서비스들에 의해 접속기회를 잃게되고 이에 따른 호의 블로킹 확률이 증가되어 서비스 품질의 저하가 발생된다.

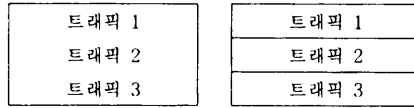
전체 대역 분할 할당 법(CBP : Complete Bandwidth Partitioning)은 입력 트래픽의 형태에 따라서 전송링크 용량을 분할하여 할당하여 줌으로써 특성이 다른 트래픽간의 간섭을 방지하고 통계적 다중화 효과를 증대시킨 방법이다. 따라서, 트래픽이 폭주상태에 있을 때에는 광대역 서비스에 대해서 적절한 성능을 보장할 수 있게 되지만, 트래픽 부하량이 변하여 초기의 트래픽 부하조건과 다

르게 될 때에는 대역 이용율이 저조하게 되고, 트래픽 변화에 대해서 효율적으로 대처하지 못하여 성능 저하가 될 수 있다는 단점이 있다.

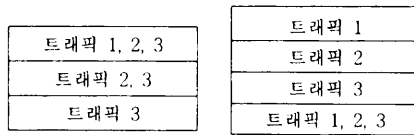
대역 분할 할당 및 공유 법(MBB: Movable Bandwidth Boundary)은 어떤 특성의 트래픽에 대해서는 그 트래픽에 할당된 대역폭뿐만 아니라 다른 트래픽에 할당된 대역폭을 공유하는 방법이다. 이것은 호의 블로킹 확률에 대해서는 좋은 특성을 가지게 되지만 트래픽 부하가 많아질수록 특정 트래픽에 대해서는 최소한의 성능보장을 할 수 없는 단점이 있다.

예비대역 공유 법(RBS: Reserved Bandwidth Sharing)은 입력 트래픽의 형태에 따라서 전송링크의 용량을 분할하여 할당을 하고 부가적으로 어떤 트래픽에 할당된 용량이 부족할 때에는 각 트래픽이 공동으로 사용할 수 있는 예비대역을 확보하여 대역폭을 관리하는 방법으로 뜻밖의 트래픽 변화에 효율적으로 대처할 수 있는 장점은 있으나 공유대역에서의 호 수락의 불공정성이 발생하게 된다.

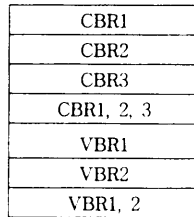
common pool을 이용한 예비대역 공유 법(RSC: Reserved Sharing with Common Pool)은 기존의 예비대역 공유 법에서 CBR과 VBR 트래픽간의 간섭을 배제시키기 위하여 각각의 영역에 예비 가상경로(common pool)를 확보하여 선택적으로 이용하게 하고 대역폭 할당에 있어서는 CBR 트래픽은 최대 비트율(PBR: Peak Bit Rate)을 할당하고 VBR 트래픽에는 최대 비트율 대신 등가대역(EQC: Equivalent Capacity)을 할당함으로써 ATM의 통계적 다중화의 장점을 살리고 망 자원을 효율적으로 사용하게 한다. 그러나 RSC 알고리즘은 RBS 알고리즘에서처럼 예비 가상경로 대역에서의 호 수락의 불공정성이 발생한다.



(a) Complete Sharing (b) Complete Partitioning



(c) Movable Boundary (d) Reserved Sharing



(e) Reserved Sharing with Common pool

Fig. 9. various bandwidth allocation method using virtual path

2. CST 알고리즘

본 논문에서는 기존의 알고리즘인 CBS 방식의 장점인 높은 대역폭 이용율을 유지하고 문제시되었던 호 수락의 불공정성을 개선하기 위하여 그림 10과 같이 전체 대역폭에 적절한 문턱 값(threshold)을 두어서 전체 대역폭 중에서 사용중인 대역폭과 사용할 대역폭의 합이 문턱 값을 넘어서면 각각의 트래픽의 경우에 있어서 Erlang B 식에 따라 공정하게 사용했을 때의 대역폭과 현재 사용중인 대역폭의 비를 구해서 그 비율이 낮은 것을 호 수락하는 CST(Complete Sharing with Threshold) 알고리즘을 제안하였다. 여기서 문턱 값을 어떻게 정하느냐에 따라 링크 이용율과 호 수락의 공정성이 달라지므로 최적의 문턱 값을 찾아내는 것이 중요하다.

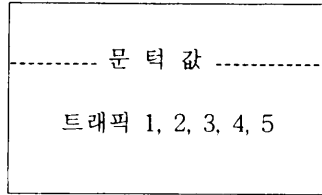


Fig. 10 bandwidth allocation

성능 분석을 위하여 고려한 서비스 종류로는 CBR와 VBR 두 종류로 나누었다. CBR 트래픽인 경우에는 최대 비트율로 대역을 할당하고 VBR 트래픽인 경우에는 등가대역을 구하여 할당하였다. 무잡음 코딩이론에 따르면 entropy rate(h)는 정보원의 심볼당 요구되는 용량을 표시하기 때문에, 만일 ATM 정보원에서 초당 최대 비트율의 심볼을 발생한다고 하면 그것의 등가대역은 식(1)과 같이 표현할 수 있다.



$$\begin{aligned} \text{EQC} &= \text{PBR} * h \\ &= \text{PBR} * \alpha (1 - \text{Log}(\alpha)) \end{aligned} \tag{1}$$

여기서, $\alpha = \text{ABR} / \text{PBR}$ ($0 < \alpha < 1$)이고, ABR은 평균 비트율을 의미한다.

CBR 과 VBR 트래픽의 경우에 따른 CST 방식의 호 수락 절차는 다음과 같다.

1) CBR 트래픽의 경우

입력 트래픽이 CBR인 경우에는 최대 비트율로 대역을 할당하고 새로운 연결 요구를 포함한 트래픽의 연결개수에 최대 비트율을 곱해서 필요대역폭을 계산하고 필요대역폭에 현재 사용중인 대역폭을 더해서 그 값이 전체대역폭을 초과하지 않고 문턱 값 미만인 값이면 경우 1과 같이 호 수락하고 문턱 값 이상인 경우에는 경우 2에서처럼 트래픽 등급에 대한 공정성 지수 F_i 값이 1이하인 경우에만 호 수락을 하고 나머지 경우에는 호 거절을 하게 된다.

$$\text{경우 1. } L_T - (\sum N_i * PBR_i + \sum B_w) \geq 0 \ \& \ \sum N_i * PBR_i + \sum B_w < L_{th} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{경우 2. } L_T - (\sum N_i * PBR_i + \sum B_w) \geq 0 \ \& \ \sum N_i * PBR_i + \sum B_w \geq L_{th} \\ \ \& \ F_i \leq 1 \end{aligned} \quad (3)$$

여기서,

L_T : 링크 전체 대역폭,

i : 트래픽 등급,

N_i : 새로운 연결요구를 포함한 트래픽 등급 i 의 연결 개수,

$\sum B_w$: 현재 사용중인 대역폭의 총합,

L_{th} : 전송 링크의 문턱값,

F_i : Erlang B에 의한 공정하게 사용할 경우의 트래픽 i 의 대역폭과 트래픽 i 의 현재 사용중인 대역폭의 비이다.

2) VBR 트래픽의 경우

입력 트래픽이 VBR인 경우에는 등가대역으로 할당하고 호 수락 여부는 CBR 트래픽의 경우와 같다.

$$\text{경우 1. } L_T - (\sum N_i * EQC_i + \sum B_w) \geq 0 \ \& \ \sum N_i * EQC_i + \sum B_w < L_{th} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{경우 2. } L_T - (\sum N_i * EQC_i + \sum B_w) \geq 0 \ \& \ \sum N_i * EQC_i + \sum B_w \geq L_{th} \\ \ \& \ F_i \leq 1 \end{aligned} \quad (5)$$

위의 식(4), (5)의 경우를 만족하지 못하면 호 수락을 거절하고 재접속을 요구한다. 그림 11은 CST 방식의 호 수락 절차를 보여주고 있다.

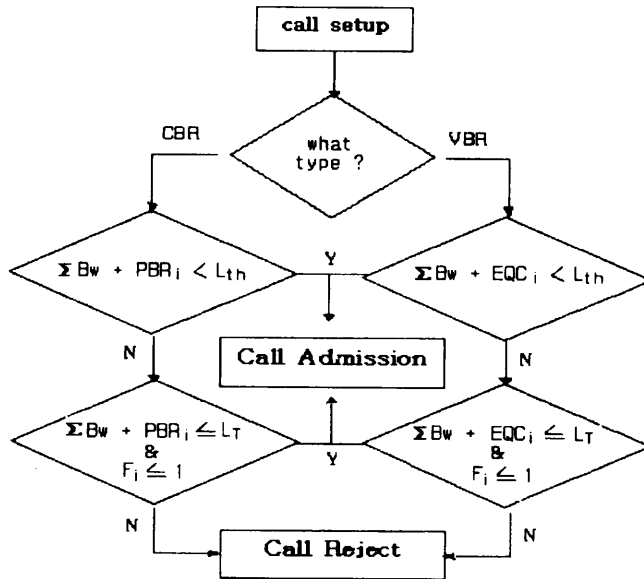
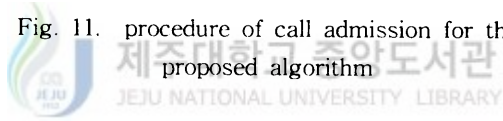


Fig. 11. procedure of call admission for the proposed algorithm



3. 성능평가

1) 성능평가 요소

제안한 알고리즘의 성능평가를 위하여 표 1과 같은 특성을 갖는 트래픽을 호 준위에서 포아송 분포에 따라 발생시켰고 전체 대역폭은 가상경로 수에 등가대역을 곱하여 150 Mbps로 정하였다.

Table 1. characteristics of each traffic

Traffic type	Peak Bit Rate	Average Bit Rate	Equivalent Capacity	Average Service Time	Inter Arrival Time
CBR1	64Kbps	64Kbps	64Kbps	40.5sec	1sec
CBR2	80Kbps	80Kbps	80Kbps	30.3sec	1.5sec
CBR3	2Mbps	2Mbps	2Mbps	3.0sec	2.0sec
VBR1	10Mbps	2Mbps	5.2Mbps	15.0sec	1.5sec
VBR2	5Mbps	2Mbps	3.8Mbps	4.7sec	2.5sec

접속부하 λ 는 평균 대역폭과 전체 대역폭의 비율로 다음과 같이 정의하였다.

$$\text{접속부하}(\lambda) = \frac{BW_{av}}{BW_{total}} \quad (6)$$

$$BW_{av} = \sum_{n=1}^5 BW_n * \frac{MH_n}{MI_n + MH_n} \quad (7)$$

여기서,

BW_{av} : 평균 대역폭,

BW_{total} : 전체 link 대역폭,
 MH : Mean Holding Time,
 MI : Mean Interarrival Time,
 n : 서비스 종류이다.

성능분석 요소로서 대역폭 이용율은 현재 사용하고 있는 대역용량을 전체 링크용량으로 나눈 값으로 정의되며 호 수락의 공정성은 Erlang B식에 따라 공정하게 사용했을 때의 대역폭과 현재 사용중인 대역폭의 비로부터 구해진다. 본 논문에서 사용한 대역폭 이용율 지수 E와 호 수락의 공정성 지수 F는 다음과 같이 정의한다

$$E(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, C) = \frac{1}{C} * \sum_{i=1}^n x_i \quad (8)$$

여기서,

E : 링크 이용율,

x_n : 각 서비스 type의 throughput,

C : 총 링크 용량이다.



$$F((x_1, e_1), (x_2, e_2), \dots, (x_n, e_n)) = \frac{(\sum_{i=1}^N \frac{x_i}{e_i})^2}{N * \sum_{i=1}^N (\frac{x_i}{e_i})} \quad (9)$$

여기서,

F : 호 수락의 공정성,

N : 서비스 개수,

x_n : n의 서비스가 망에서 점유하는 대역폭,

e_n : Erlang B 공식에 따라 n의 서비스가 공평하게 사용되었을 때 기대되

는 대역폭이다. 호 수락의 공정성 F는 각 서비스의 $\frac{x_i}{e_i}$ 가 같을 경우 1이 된다.

링크 이용율과 호 수락의 공정성을 종합적으로 분석하기 위하여 대역폭의 이용율과 호 수락의 공정성을 가지고 성능지수(performance index)를 구해서 비교하였다. 링크의 성능 지수 P를 본 논문에서는 다음과 같이 정의한다.

$$P(E, F) \equiv w * E + (1-w) * F \quad (10)$$

여기서,

E : 각각의 접속부하에 따른 링크 이용율,

F : 각각의 접속부하에 따른 호 수락의 공정성,

w : 이용율 가중계수,

이용율 가중계수 w 는 $0 \leq w \leq 1$ 사이의 값을 가지며 $w > 0.5$ 이면

이용율에 가중을 둔 경우이고 $w < 0.5$ 이면 공정성에 가중을 둔 경우이다.

2) 부하와 문턱값의 변화에 따른 성능분석

그림 12는 부하와 문턱값의 변화에 따른 호 블로킹 확률을 보여주고 있다. 여기서 문턱값이 1일 경우는 CBS 방법을 나타내며 문턱 값이 0.9 이하에서는 CBP 방법을 나타낸다. 그림에서 문턱값이 1인 경우 부하가 증가할수록 블로킹 확률이 낮아지는 이유는 링크 대역폭 근처에서 높은 대역폭의 호는 대역폭의 한 계로 호 수락되지 않지만 낮은 대역폭을 갖는 호는 호 수락되어지는 reverse pecking order 현상에 의한 호 수락의 불공정성 때문이다.

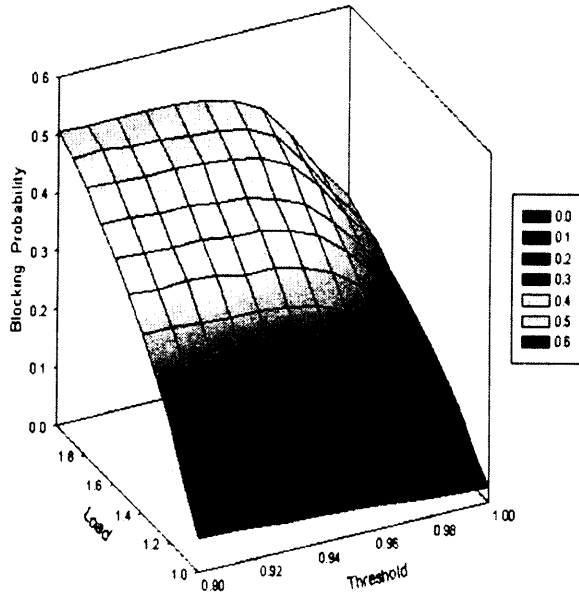


Fig. 12. call blocking probability



식(8)과 식(9)의 링크 이용률 지표와 공정성 지수를 이용하여 부하와 문턱값의 변화에 따른 이용률과 공정성을 그림 13와 14에 나타내었다. 그림 13에서 보면 알 수 있듯이 문턱값이 1에 가까워지고 부하가 증가함에 따라 링크 이용률이 높아지고 있다. 다시 말해서 CBS 방법에 근접할수록 링크의 이용률이 좋아지고 있다. 그러나 그림 14에서처럼 호 수락의 불공정이 발생한다. 그리고 문턱값이 0.9에 가까워질수록 호 수락의 공정성은 높지만 그림 13에서처럼 링크 이용률이 낮음을 알 수 있다. 그러므로 링크 이용률과 호 수락의 공정성은 상호 배타적인 특성을 가지므로 최적의 문턱 값을 찾아내는 것이 중요하다.

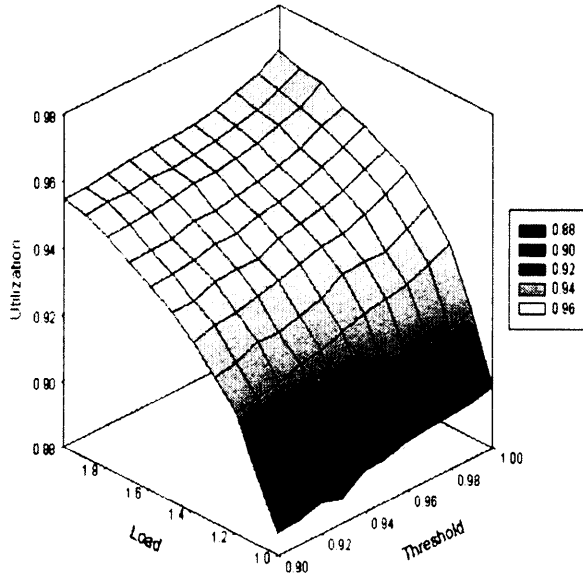


Fig. 13. link utilization

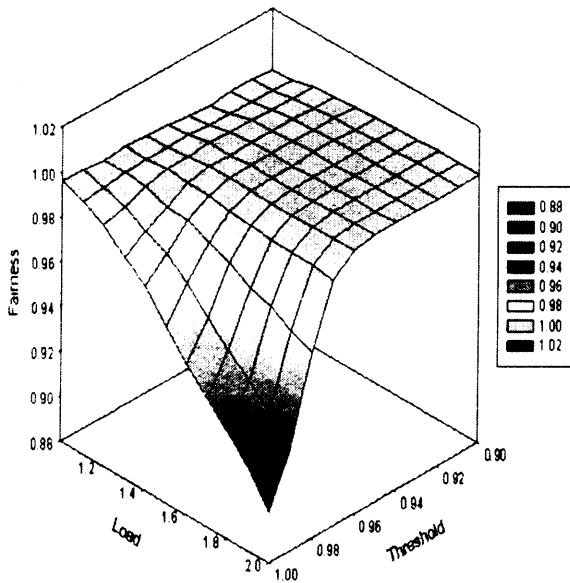


Fig. 14. fairness of call admission

링크 이용율과 호 수락의 공정성을 동시에 평가하기 위해서 식 (10)의 성능 지수를 사용하여 이용율 가중계수 ω 가 0.3, 0.5, 0.7일 경우의 부하와 문턱 값의 변화에 따른 성능을 그림 15, 그림 16와 그림 17에 각각 나타내었다. 그림 15에서 보면 알 수 있듯이 공정성에 가중을 둔 경우에는 부하가 1.4 이상인 상황에서는 문턱 값 0.96에서 좋은 성능을 보여 주지만 부하가 1.3이하인 상황에서는 문턱 값 0.96과 0.98사이에서 좋은 성능을 보여주고 있다. 그림 16에서 보면 알 수 있듯이 공정성과 이용율에 똑같이 가중을 둔 경우($\omega=0.5$)에는 부하가 1.2이하인 상황에서는 CBS 방법(문턱값 = 1 인 경우)이 좋은 성능을 나타내지만 부하가 1.2에서부터 증가할수록 문턱 값은 작은 값으로 두어야 성능이 좋음을 알 수 있다. 즉 부하가 1.2와 2사이에서 좋은 성능을 갖기 위해서는 문턱값이 0.94에서 0.97 사이에 있어야 함을 알 수 있다. 그리고 그림 17에서 보면 알 수 있듯이 이용율에 가중을 둔 경우($\omega=0.7$)에는 부하가 1.3이하인 상황에서는 CBS 방법이 좋은 성능을 나타내지만 부하가 1.4이상인 상황에서는 문턱값이 0.96일 경우가 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있다.

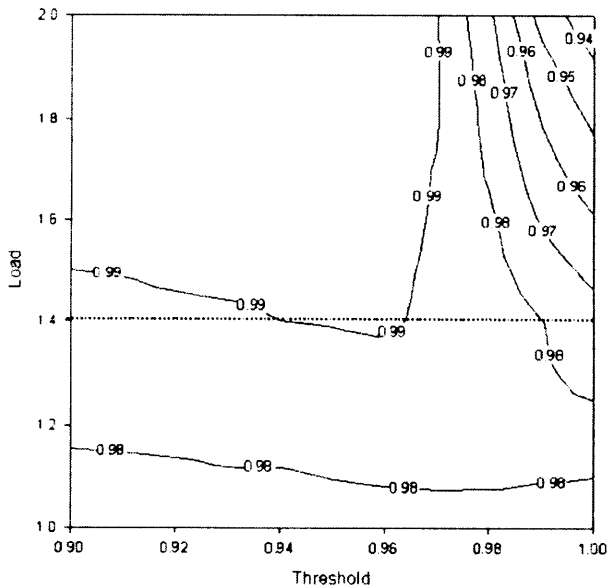


Fig. 15. performance($\omega=0.3$)

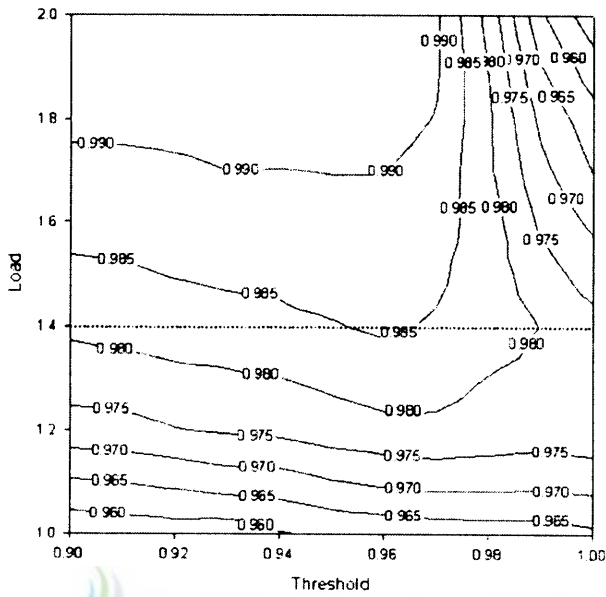


Fig. 16. performance($\omega = 0.5$)

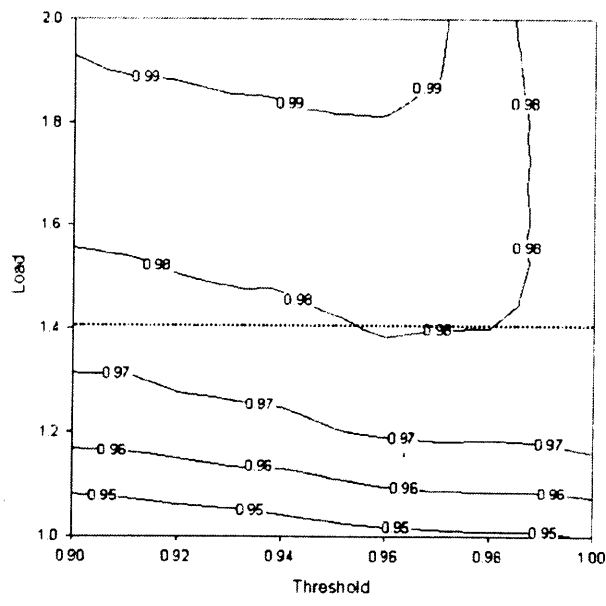


Fig. 17. performance($\omega = 0.7$)

그림 18은 이용율 가중계수 ω 가 0.5일 경우의 부하량의 변화에 따른 최적의 문턱 값을 함수 근사화 시킨 결과를 보여 주고 있다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 부하량이 증가함에 따라 문턱 값은 지수 함수적인 감소의 특성을 보였다. 따라서 위의 문턱 값 함수를 사용해서 망 정책에 따라 적절히 문턱 값을 정할 수 있을 것이라 여겨진다. 여기서 T는 문턱 값을 나타내고 L은 부하량을 나타낸다.

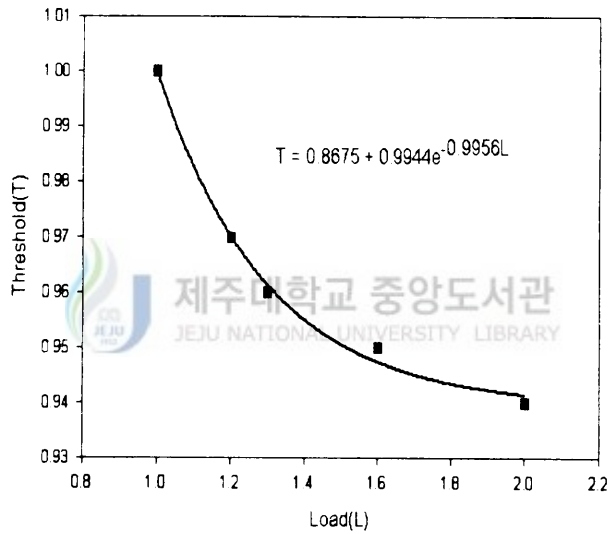


Fig. 18. threshold value for variation of the load

V. 결 론

ATM 망에서의 트래픽 제어는 한정된 자원을 가장 효율적으로 사용하기 위한 요구를 실현하기 위한 기술이라 할 수 있다. 본 논문에서는 ATM 트래픽 제어 기법중에서 대역할당 방법에 관한 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 CST 알고리즘은 CBS 방식의 장점을 최대한 살려 대역폭 이용율을 높였다. 또한 링크가 부하가 1 이상인 상황에서 CBS 방식에서 문제시 되었던 호 수락의 불공정성을 줄이기 위하여 링크에 적절한 문턱값을 두어서 이 문턱값 이상에서는 호 접속율이 낮은 호만을 수락하여 호 수락의 공정성을 높였다.

컴퓨터 모의 실험을 통하여 공정성에 가중을 둔 경우($\omega=0.3$)에는 문턱값 0.96 정도에서 좋은 성능을 나타내었고 이용율과 공정성에 똑같이 가중을 둔 경우($\omega=0.5$)에서 부하가 높지 않은 경우에는 CBS 방법이 좋은 성능을 나타내지만 부하가 높아질수록 문턱값이 0.94에서 0.97 사이에 있어야 성능이 좋아짐을 알 수 있었다. 이용율에 가중을 둔 경우($\omega=0.7$)에는 부하가 1.3 이하인 상황에서는 CBS 방식이 좋은 성능을 나타내지만 부하가 1.4 이상인 상황에서는 문턱값이 0.96일 경우가 성능이 향상됨을 알 수 있었다.

따라서 이용율과 공정성에 똑같이 가중을 두는 경우, 이용율에 가중을 둔 경우, 공정성에 가중을 둔 경우등 망 정책에 따라 설계자가 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 각각의 경우에 해당하는 최적의 문턱값을 선택함으로써 이용율과 공정성을 고려한 전체 링크 성능을 높이는 것이 가능하다.

참 고 문 헌

김지관, 1996, 표준 ATM, 교보문고.

김상백, 이상훈, "ATM 망의 최적 링크 설계 에 관한 연구", 한국통신 통신망 연구소.

김상철, 고성택, 2000, "ATM 망에서 효율적인 문턱 값 기반 호 수락 제어", 한국신호처리·시스템학회 학회지, Vol. 1, pp. 33-36.

Myriam DELAIRE, Gerard HEBUTERNE, 1997, "Call blocking in multi-services systems on one transmission link", ATM'97 fifth IFIP workshop on performance modelling and evaluation of ATM Networks, pp. 64/1-63/11.

Rohit Goyal, B.S., M.S., 1999, "Traffic Management for TCP/IP over ATM", The Ohio State University, pp. 80-82.

심덕주, 천상훈, 광경섭, 1999, "ATM 망의 가상 경로 상에서 효과적인 대역할 당 알고리즘 연구", 한국통신학회 논문지 '99-11, Vol. 24, pp. 2065-2070.

The ATM Forum Technical Committee, 1999, ATM User Network Interface Specification Version 4.1, March.

이문호, 장성현, 1996, "ATM 망에서 가상경로를 이용한 효율적인 호 수락 제어", 한국통신학회 논문지 '96-11, Vol. 21, pp. 2897-2907.

이충원, 1997, "ATM 망에서 측정에 근거한 적응적 연결수락제어", 경북대학교 대학원.

임주환, 성단근, 한치문, 김영선, 1997, ATM 교환, 홍릉과학출판사.

Zbigniew Dziong, 1998, ATM Network Resource Management, McGraw-Hill, pp. 185-207.

감사의 글

감사합니다

본 논문이 이루지기까지 항상 곁에서 도와주신 고성택 교수님께 존경과 감사의 마음을 전하고 싶습니다. 그리고 심사위원이신 김경식 교수님과 김경연 교수님께도 깊은 감사 드리며 좋은 가르침을 아끼지 않으셨던 강민제 교수님, 도양희 교수님, 이광만 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 직장생활과 대학원 생활을 가능케 해주신 하나로 통신 임직원 여러분에게 깊은 감사를 드립니다.

대학원 생활에 어려움이 있을 때마다 조언을 아끼지 않으셨던 경희 누나와 승일이형에게 고마움을 전하며 대학원 동기로서 어려울때마다 힘이 되주던 봉석, 철규, 용완, 종수형 그리고 무슨 일이든 곁에서 도와주던 은성, 영균이에게도 감사를 드립니다. 그리고 연구실에서 같이 생활하며 많은 도움을 준 성수, 용석군 은미양에게도 감사를 드립니다.

마지막으로 항상 격려의 말씀을 아끼지 않으셨던 매형, 누나들 그리고 귀여운 조카들에게도 고마움을 전하며, 항상 곁에서 격려와 조언을 아끼지 않으신 부모님께 이 글을 바치고 싶습니다.