

ATM망에서 효율적인 문턱 값 기반 호 수락 제어

An Effective Threshold based Call Admission Control in ATM Networks

김 상 철, 고 성 택
Sang-Chul Kim and Sung-Taek Ko

요 약

ATM 트래픽 제어를 위해서 효과적인 호 수락 제어 방법이 필요하다. 이것은 호 수락 과정에서 서로 다른 종류의 서비스들에 대해서 높은 이용률과 공정성을 제공하여야 한다. 전체 대역 공유 법은 대역폭 이용률 측면에서는 효율적이지만 호 수락의 공정성 측면에서는 비효율적이다. 전체 대역 분할 할당 법은 공정성 측면에서는 효율적이지만 대역폭 이용률 측면에서는 비효율적이다. 본 논문에서는 호 수락의 공정성과 대역폭 이용률을 높이기 위하여 링크에 문턱 값을 적용한 새로운 CST(Complete Sharing with Threshold) 알고리즘을 제안하였다.

ABSTRACT

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. Complete bandwidth sharing method is efficient for utilization of bandwidth but not efficient for fairness of call admission. Complete bandwidth partitioning method is efficient for fairness but not efficient for utilization. We propose a new CST(Complete Sharing with Threshold) algorithm using threshold on a total link to improve fairness and utilization.

I. 서 론

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[1] 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 시험 망과 정보화 시범 지역 사업 등 다양한 계획 및 사업이 진행중이다[2].

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 회선수, 접속방법 등이 유연하고 동시에 영상 등의 광대역 정보도 고품질로 보낼 수 있는 차세대의 통신망은 ATM(Asynchronous Transfer Mode)기술을 기반으로 구축될 전망이다[3]. 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 제공한다[4].

ATM망의 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.

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.

ATM 망에서 망 자원이란 물리적 전송링크상의 가상경로(VP : Virtual Path) 및 가상채널(VC : Virtual Channel)을 의미한다. 이러한 자원관리의 주된 목적은 망 내에 이미 존재하고 있는 어떤 연결에 대해서 서비스 품질 요구수준을 만족하면서 대역폭의 이용률을 최대로 하는 것이다. 이 가상경로의 용량 할당 방법으로서 호 발생 시 할당하고 종료 시 복구하는 방법, 호의 예측에 의한 동적인 할당방법, VP용량을 산출하고 고정량을 산출하는 방법 등이 고려되고 있다[5]. 본 논문에서는 호 수락 제어 및 자원관리문제에 대한 효율적인 알고리즘을 제안한다.

효율적인 자원관리방법이 갖추어야 할 조건으로는 얼마나 망의 자원을 최대로 이용하는가 하는 망의 이용률(Utilization)과 동시에 호 수락의 공정성(Fairness)을 고려하여야 한다[6]. 또한 등가대역의 계산에 사용되는 트래픽 변수(Traffic Parameter)가 간단하여야 하며 구현이 단순하여야 한다. 가상경로를 사용한 대역폭 이용방법을 살펴보면 다음과 같다[5,7].

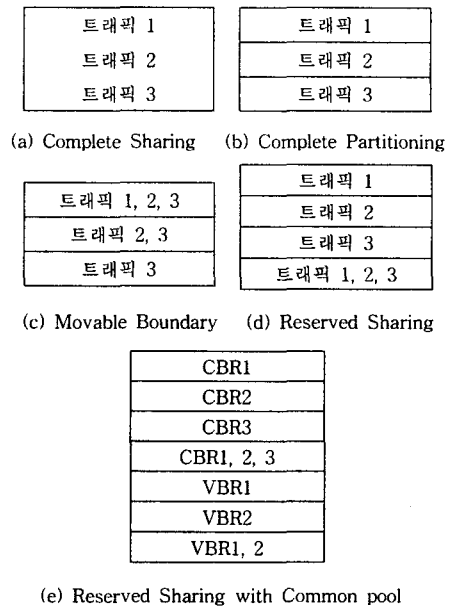


그림 1. 가상 경로를 이용한 대역폭 이용 방법
Fig. 1. Bandwidth allocation using virtual path

전체 대역 공유 법(CBS : Complete Bandwidth Sharing)은 모든 입력 트래픽이 전송 링크용량 전체를 공유하는 방법으로 대역폭 이용 측면에서는 이상적인 성능을 가지나 트래픽 폭주상황하에서는 reverse pecking order 현상에 의해 광대역 서비스들은 협대역 서비스들에 의해 접속기회를 잃게되고 이에 따른 호의 블록킹 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 다르게 될 때에는 대역 이용률이 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 특정의 트래픽에 대해서는 그 트래픽에 할당된 대역폭뿐만 아니라 다른 트래픽에 할당된 대역폭을 공유하는 방법이다. 이것은 호의 블록킹 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 비트율을 대신 등가대역(EQC: Equivalent Capacity)을 할당함으로써 ATM의 통계적 다중화의 장점을 살리고 망 자원을 효율적으로 사용하게 한다. 그러나 RSC알고리즘은 RBS알고리즘에서처럼 예비 가상경로 대역에서의 호 수락의 불공정성이 발생한다.

본 논문에서는 기존의 알고리즘인 CBS 방식의 장점인 높은 대역폭 이용률을 유지하고 문제시되었던 호 수락의 불공정성을 개선하기 위하여 전체 대역폭에 적절한 문턱 값(Threshold)을 두어서 전체 대역폭 중에서 사용중인 대역폭과 사용할 대역폭의 합이 문턱 값을 넘어서면 각각의 트래픽의 경우에 있어서 Erlang B식에 따라 공정하게 사용했을 때의 대역폭과 현재 사용중인 대역폭의 비율 구해서 그 비율이 낮은 것을 호 수락하는 CST(Complete Sharing with Threshold) 알고리즘을 제안했으며 부하와 문턱값의 변화에 따른 성능을 분석하였다.

II. 본 론

1. 제안된 알고리즘

본 논문에서 제안된 CST 방식은 CBS 방식의 장점인 높은 링크 이용률을 수용하고 단점인

호 수락의 불공정성을 줄이기 위하여 그림 2와 같이 링크에 적절한 문턱 값을 두어서 호 수락의 공정성을 실현하였다. 여기서 문턱 값을 어떻게 정하느냐에 따라 링크 이용률과 호 수락의 공정성이 달라지므로 최적의 문턱 값을 찾아내는 것이 중요하다.

성능 분석을 위하여 고려한 서비스 종류로는 CBR와 VBR 두 종류로 나누었다. CBR 트래픽인 경우에는 최대 비트 율로 대역을 할당하고 VBR 트래픽인 경우에는 등가대역을 구하여 할당하였다. 무잡음 코딩 이론에 따르면 Entropy rate(h)는 정보원의 심볼당 요구되는 용량을 표시하기 때문에, 만일 ATM정보원에서 초당 최대 비트 율의 심볼을 발생한다고 하면 그것의 등가대역은 다음과 같이 표현할 수 있다[5].

$$EQC = PBR * h \\ = PBR * \alpha (1 - \log(\alpha))$$

여기서, $\alpha = ABR/PBR$ ($0 < \alpha < 1$)

ABR: Average Bit Rate

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

1.1. CBR 트래픽의 경우

입력 트래픽이 CBR인 경우에는 최대 비트 율로 대역을 할당하고 다음 식(1), (2)을 만족하는 경우에는 호를 수락한다.

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

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

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 문턱 값

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

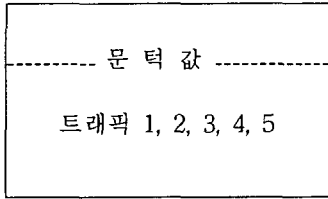


그림 2. 대역폭 할당
Fig. 2. Bandwidth allocation

1.2. VBR 트래픽의 경우

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

- 경우 1. $L_T - (\sum N_i * EQC_i + \sum B_w) \geq 0$
& $\sum N_i * EQC_i + \sum B_w < L_{th}$ (3)
- 경우 2. $L_T - (\sum N_i * EQC_i + \sum B_w) \geq 0$
& $\sum N_i * EQC_i + \sum B_w \geq L_{th}$
& $F_i \leq 1$ (4)

위의 식(3), (4)의 경우를 만족하지 못하면 호 수락을 거절하고 재접속을 요구한다. 그림 3은 CST 방식의 호 수락 절차를 보여주고 있다.

2. 성능평가

2.1. 성능평가 요소

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

접속부하는 평균 대역폭과 전체 대역폭의 비율로 다음과 같이 정의하였다.

$$\lambda(Load) = \frac{BW_{av}}{BW_{total}} \quad (5)$$

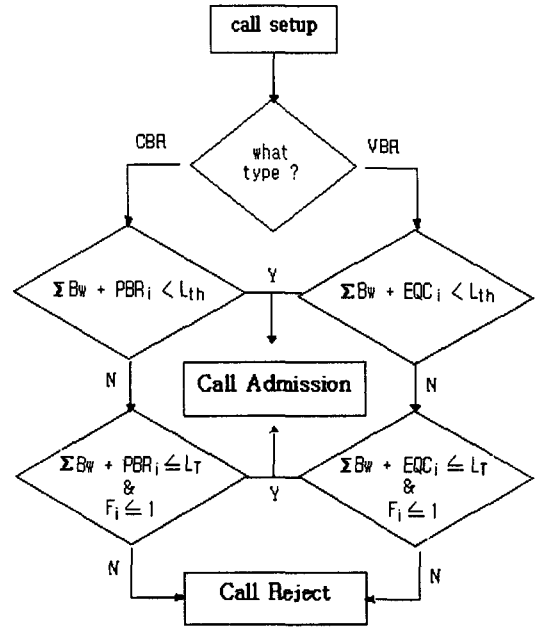


그림 3. 제안된 알고리즘의 호 수락 절차
Fig. 3. Procedure of call admission for the proposed algorithm

표 1. 각 트래픽 특징
Table 1. Characteristics of each traffics

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

$$BW_{av} = \sum_{n=1}^5 BW_n * \frac{MH_n}{MI_n + MH_n} \quad (6)$$

여기서,

BW_{av} : 평균 대역폭

BW_{total} : 전체 Link 대역폭

MH : Mean Holding Time
MI : Mean Interarrival Time
n : 서비스 종류

성능분석 요소로서 대역폭 이용률 지표와 호 수락의 공정성 지수를 다음과 같이 정의한다[8].

$$E(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, C) = \frac{1}{C} * \sum_{i=1}^n x_i \quad (7)$$

E : 링크 이용률
x_n : 각 서비스 type의 throughput
C : 총 링크 용량

$$F((x_1, e_1), (x_2, e_2), \dots, (x_n, e_n)) = \frac{(\sum_{i=1}^N \frac{x_i}{e_i})^2}{N * \sum_{i=1}^N (\frac{x_i}{e_i})^2} \quad (8)$$

F : 호 수락의 공정성
N : 서비스 개수
x_n : *n*의 서비스가 망에서 점유하는 대역폭
e_n : Erlang B 공식에 따라 *n*의 서비스가 공평하게 사용되었을 때 기대되는 대역폭

링크 이용률과 호 수락의 공정성을 종합적으로 분석하기 위하여 대역폭의 이용률과 호 수락의 공정성을 가지고 성능지수(Performance Index)를 구해서 비교하였다. 링크의 성능 *P*를 본 논문에서는 다음과 같이 정의한다.

$$P(E, F) \equiv \omega * E + (1 - \omega) * F \quad (9)$$

E : 각각의 접속부하에 따른 링크 이용률
F : 각각의 접속부하에 따른 호 수락의 공정성
 ω : 이용률 가중계수
 여기서, $\omega > 0.5$ 이면 이용률에 가중을 둔 경우이고 $\omega < 0.5$ 이면 공정성에 가중을 둔 경우이다.

2.2. 부하와 문턱값의 변화에 따른 성능분석

그림 4는 부하와 문턱 값의 변화에 따른 호 블로킹 확률을 보여주고 있다. 여기서 문턱 값이 1일 경우는 CBS 방법을 나타내며 문턱 값이 0.9 이하에서는 CBP방법을 나타낸다. 그림에서 문턱 값이 1인 경우 부하가 증가할수록 블로킹 확률이 낮아지는 이유는 링크 대역폭 근처에서 높은 대역폭의 호는 대역폭의 한계로 호 수락되지 않지만 낮은 대역폭을 갖는 호는 호 수락되어지는 reverse pecking order 현상에 의한 호 수락의 불공정성 때문이다.

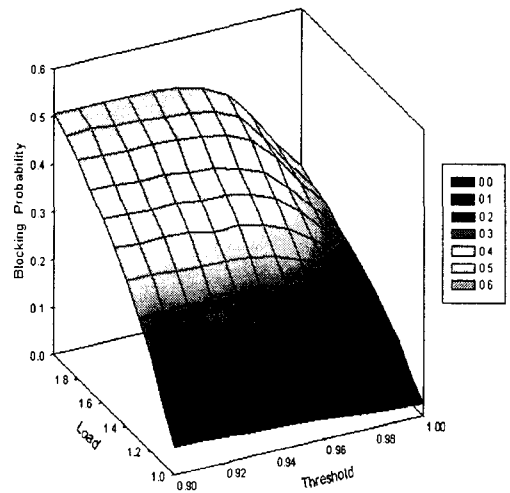


그림 4. 호 블로킹 확률
 Fig. 4. Call blocking probability

식(7)과 식(8)의 링크 이용률 지표와 공정성 지수를 이용하여 부하와 문턱 값의 변화에 따른 이용률과 공정성을 그림 5와 6에 나타내었다. 그림 5에서 보면 알 수 있듯이 문턱 값이 1에 가까워지고 부하가 증가함에 따라 링크 이용률이 높아지고 있다. 다시 말해서 CBS 방법에 근접할수록 링크의 이용률이 좋아지고 있다. 그러나 그림 6에서처럼 호 수락의 불공정이 발생한다. 그리고 문턱 값이 0.9에 가까워질수록 호 수락의 공정성은 높지만 그림 5에서처럼 링크 이용률이 낮음을 알 수 있다. 그러므로 링크 이용률과 호 수락의 공정성은 상호 배타적인 특성을 가지므로 최적의 문턱 값을 찾아내는 것이 중요하다.

링크 이용률과 호 수락의 공정성을 동시에 평가하기 위해서 식 (9)의 성능지수를 사용하여 이용률 가중계수 ω 가 0.3, 0.5, 0.7일 경우의 부하와 문턱 값의 변화에 따른 성능을 그림 7, 그림 8과 그림 9에 각각 나타내었다. 그림 7에서 보면 알

수 있듯이 공정성에 가중을 둔 경우에는 부하가 1.4 이상인 상황에서는 문턱값 0.96에서 좋은 성능을 보여 주지만 부하가 1.3이하인 상황에서는 문턱값 0.96과 0.98사이에서 좋은 성능을 보여주고 있다

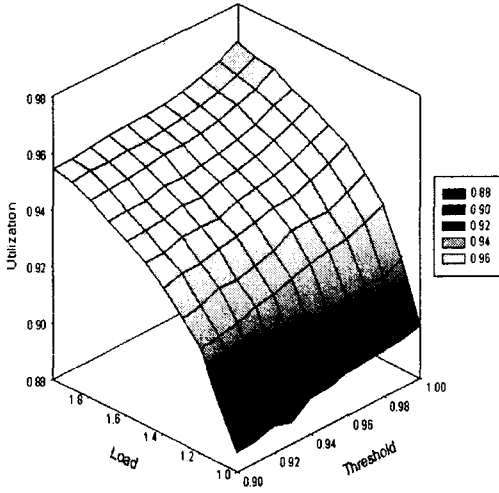


그림 5. 링크 이용률
Fig. 5. Link utilization

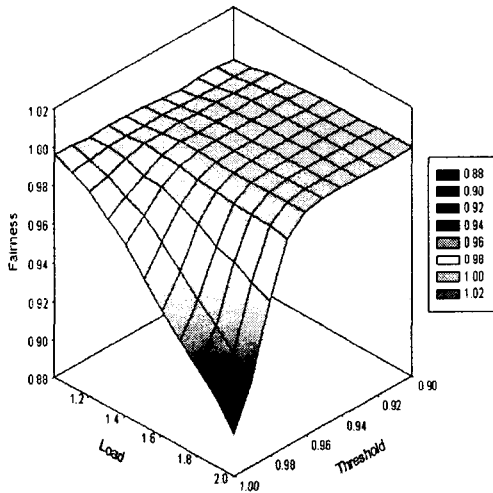


그림 6. 호 수락의 공정성
Fig. 6 Fairness of call admission

그림 8에서 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 문턱 값이 0.94에서 0.97 사이에 있어야 함을 알 수 있다. 그리고 그림 9에서 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.

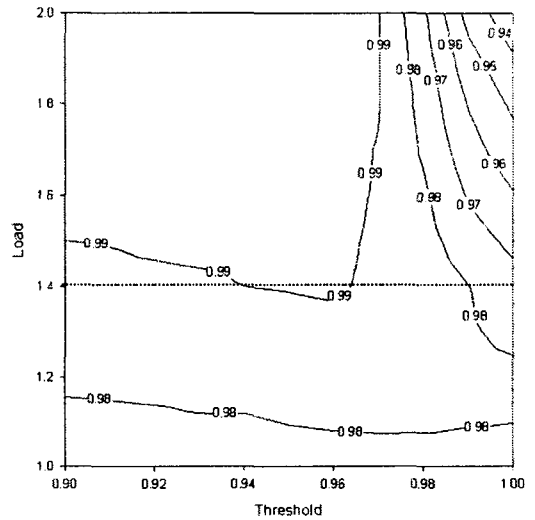


그림 7. 성능($\omega=0.3$)
Fig. 7. Performance($\omega=0.3$)

그림 10은 이용율 가중계수 ω 가 0.5일 경우의 부하량의 변화에 따른 최적의 문턱값을 함수 근사화 시킨 결과를 보여 주고 있다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 부하량이 증가함에 따라 문턱값은 지수함수적인 감소의 특성을 보였다. 따라서 위의 문턱값 함수를 사용해서 망 정책에 따라 적절히 문턱값을 정할 수 있을것이라 여겨진다. 여기서 T는 문턱값을 나타내고 L은 부하량을 나타낸다.

III. 결론

본 논문에서는 CBS 방식의 장점을 최대한 살려 대역폭 이용률을 높였다. 또한 링크가 부하가 1이상인 상황에서 CBS 방식에서 문제시되었던 호수락의 불공정성을 줄이기 위하여 링크에 적

절한 문턱 값을 두어서 이 문턱 값 이상에서는 호 접속율이 낮은 호만을 수락하여 호 수락의 공정성을 높이는 CST 알고리즘을 제안했다.

은 경우($\omega=0.5$)에서 부하가 높지 않은 경우에는 CBS방법이 좋은 성능을 나타내지만 부하가 높아질수록 문턱값이 0.94에서 0.97사이에 있어야 성능이 높아짐을 알 수 있었다

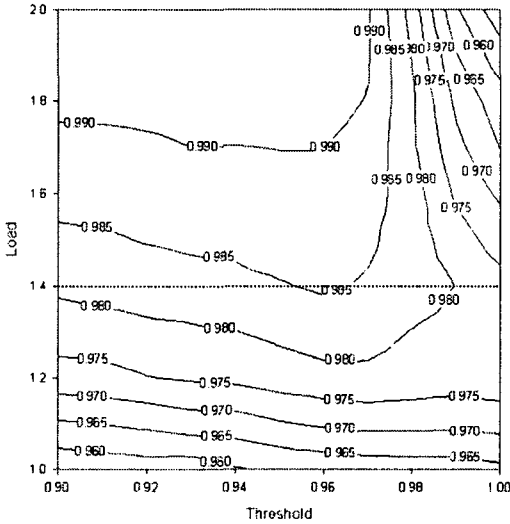


그림 8. 성능($\omega=0.5$)
Fig. 8. Performance($\omega=0.5$)

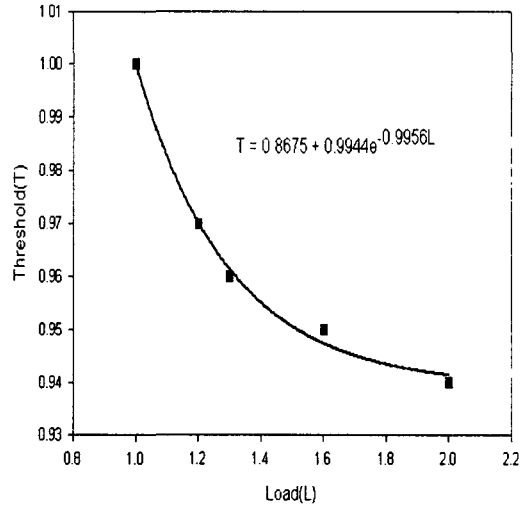


그림 10. 부하량 변화에 따른 문턱값
Fig. 10. Threshold value for variation of the load

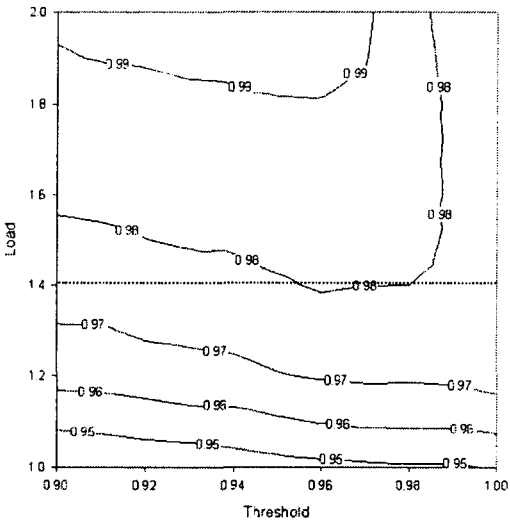


그림 9. 성능($\omega=0.7$)
Fig. 9. Performance($\omega=0.7$)

이용율에 가중을 둔 경우($\omega=0.7$)인 경우에는 부하가 1.3이하인 상황에서는 CBS 방식이 좋은 성능을 나타내지만 부하가 1.4이상인 상황에서는 문턱값이 0.96일 경우가 성능이 향상됨을 알 수 있었다.

이용율과 공정성에 똑같이 가중을 두는 경우에는 문턱값 함수는 $T(L) = 0.8675 + 0.9944e^{-0.9956L}$ 와 같이 주어진다 따라서 망 정책에 따라 설계자가 최적의 문턱값을 선택하여 이용율과 공정성을 고려한 전체 링크 성능을 높이는 것이 가능하다.

접수일자 : 2000. 9. 14. 수정완료 : 2000. 10. 9.
본 논문은 부분적으로 제주대학교의 발전기금 연구비 지원에 의해 수행되었음.

컴퓨터 모의 실험을 통하여 공정성에 가중을 둔 경우($\omega=0.3$)에는 문턱값 0.96정도에서 좋은 성능을 나타내었고 이용율과 공정성에 똑같이 가중을

참고문헌

- [1] 김지관, 표준 ATM, 교보문고, 1996.
- [2] 김상백, 이상훈, "ATM 망의 최적 링크 설계에 관한 연구", 한국통신 통신망연구소.
- [3] 임주환, 성단근, 한치문, 김영선, ATM 교환, 홍릉과학출판사, 1997.
- [4] The ATM Forum Technical Committee, ATM User Network Interface Specification Version 4.1, March, 1999.
- [5] 이문호, 장성현, "ATM망에서 가상경로를 이용한 효율적인 호 수락제어", 한국통신학회 논문지 '96-11, Vol. 21, pp. 2897-2907, 1996.
- [6] Zbigniew Dziong, ATM Network Resource Management, McGraw-Hill, pp. 185-207, 1998.
- [7] Myriam DELAIRE, Gerard HEBUTERNE, "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, 1997.
- [8] Rohit Goyal, B.S.,M.S. "Traffic Management for TCP/IP over ATM", The Ohio State University, pp. 80-82, 1999.



김상철(Sang Chul Kim)
 準會員
 1999년 제주대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1999년-현재 제주대학교 전자공학과 석사과정
 주요관심분야: 초고속 정보통신, ATM 트래픽 제어



고성택(Sung-Taek Ko)
 正會員
 1980년 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1984년 미국 햄프턴 대학교 물리학과 이학석사
 1989년 미국 올드도미니언 대학교 전기·컴퓨터 공학과 공학박사.
 1979-1982년 Texas Instruments 한국지사, 엔지니어
 1984-1985년 미국 NASA 랭리연구소 연구조교
 1990-1991년 경남대학교 전자공학과 전임강사
 1991-현재 제주대학교 전기전자 공학부 부교수