

ATM망의 가상경로 상에서 문턱 값을 이용한 효율적인 대역관리

정희원 김상철*, 고성택**, 김경연**, 김경식**

An Effective Bandwidth Management Using Threshold in Virtual Path based ATM Networks

Sang-Chul Kim*, Sung-Taek Ko**, Kyung Youn Kim**, Kyung-Sik Kim** *Regular Members*

요약

ATM 트래픽 제어를 위해서 효과적인 자원할당방법이 필요하며 호 수락 과정에서 서로 다른 종류의 서비스들에 대해서 높은 이용률과 공정성을 제공하여야 한다. 최근에 MBB(Movable Bandwidth Boundary) 알고리즘과 RSC(Reserved Sharing with Common Pool) 알고리즘 등 대역폭 이용률과 공정성을 높이기 위하여 많은 연구가 되어져 왔다. 본 논문에서는 호 수락의 공정성과 대역폭 이용률을 높이기 위하여 링크에 문턱 값을 적용한 새로운 CST(Complete Sharing with Threshold) 알고리즘을 제안한다. 컴퓨터 모의 실험에서 CST 알고리즘이 기존의 RSC 알고리즘 보다 향상된 성능을 보여주고 있음을 알 수 있다.

ABSTRACT

Effective bandwidth allocation is desirable to control an ATM traffics. It should provide high fairness and utilization for different kinds of services during call admission. Recently, many research works on the bandwidth management such as MBB(Movable Bandwidth Boundary) and RSC(Reserved Sharing with Common Pool) algorithm et cetera have been carried out to improve both utilization and fairness. We propose a new CST(Complete Sharing with Threshold) algorithm using threshold on a virtual path to improve fairness and utilization. The result obtained from numerical simulation shows that the new algorithm can provide better performance than the RSC algorithm.

I. 서론

ATM망의 효율적인 운용과 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 알고리

즘은 제시하지 못하고있다^[1].

본 논문에서는 호 수락 제어 및 자원관리문제에 대한 효율적인 알고리즘을 제안한다. 효율적인 자원 관리방법이 갖추어야 할 조건으로는 얼마나 망의 자원을 최대로 이용하는가 하는 망의 이용률(Utilization)과 동시에 호 수락의 공정성(Fairness)을 고려하여야 한다^[2].

가상경로를 사용한 대역폭 이용방법을 살펴보면 다음과 같다^[3,4].

* 제주대학교 대학원 전자공학과

** 제주대학교 전기 전자 공학부, 정보통신 연구소

논문번호: 00177-0517, 접수일자: 2000년 5월 17일

트래픽 1
트래픽 2
트래픽 3

(a) Complete Sharing

트래픽 1
트래픽 2
트래픽 3

(b) CompletePartitioning

트래픽 1, 2, 3
트래픽 2, 3
트래픽 3

(c) Movable Boundary

트래픽 1
트래픽 2
트래픽 3
트래픽 1, 2, 3

(d) Reserved Sharing

CBR1
CBR2
CBR3
CBR1, 2, 3
VBR1
VBR2
VBR1, 2

(e) Reserved Sharing with Common pool

그림 1. 가상 경로를 이용한 대역폭 이용 방법

전체 대역 공유 법(CBS : Complete Bandwidth Sharing)은 모든 입력 트래픽이 전송링크용량 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 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 이용율을 보장할 수 있게 되지만, 트래픽 부하량이 변하여 초기의 트래픽 부하조건과 다르게 될 때에는 대역 이용율이 저조하게 된다. 따라서 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 트

래픽에 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.

공통 공유대역(Common Pool)을 이용한 예비대역 공유 법(RSC: Reserved Sharing with Common Pool)은 기존의 예비대역 공유 법에서 CBR(Constant Bit Rate)과 VBR(Variable Bit Rate) 트래픽간의 간섭을 배제시키기 위하여 각각의 영역에 예비 가상경로(즉 공통 공유대역)를 확보하여 선택적으로 이용하게 하고 있다. 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.

본 논문에서는 기존의 알고리즘인 CBS 방식의 장점인 높은 대역폭 이용율을 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 RSC 방식과 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 성능 분석을 하였다.

II. 본론

1. 제안된 알고리즘

본 논문에서 제안된 CST 방식은 CBS 방식의 장점인 높은 링크 이용율을 수용하고 단점인 호 수락의 불공정성을 줄이기 위하여 그림 2 와 같이 링크에 적절한 문턱 값을 두어서 호 수락의 공정성을 실현하였다. 여기서 문턱 값을 어떻게 정하느냐에

따라 링크 이용율과 호 수락의 공정성이 달라지므로 최적의 문턱 값을 찾아내는 것이 중요하다.

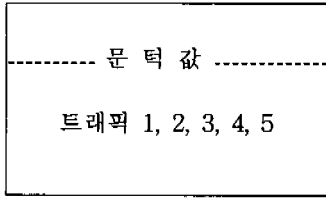


그림 2. 대역폭 할당

성능 분석을 위하여 고려한 서비스 종류로는 CBR과 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 ATM 정보원에서 초당 최대 비트율의 심볼을 발생한다고 하면 그것의 등가대역은 다음과 같이 표현할 수 있다⁴⁾.

$$EQC = PBR * h$$

$$= PBR * \alpha (1 - \text{Log}(\alpha))$$

여기서, $\alpha = ABR/PBR$ ($0 < \alpha < 1$) 로 주어지는 값으로서 최대비트율 과 평균비트율(ABR: Average Bit Rate)의 비를 나타낸다.

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

1.1. CBR 트래픽의 경우

입력 트래픽이 CBR인 경우에는 최대 비트 율로 대역을 할당하고 새로운 연결요구를 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.

경우 1. $L_T - (\sum N_i * PBR_i + \sum B_w) \geq 0$ &

$$\sum N_i * PBR_i + \sum B_w < L_{th} \quad (1)$$

경우 2. $L_T - (\sum N_i * PBR_i + \sum B_w) \geq 0$ &

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

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 비이다.

1.2. VBR 트래픽의 경우

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

경우 1. $L_T - (\sum N_i * EQC_i + \sum B_w) \geq 0$ &

$$\sum N_i * EQC_i + \sum B_w < L_{th} \quad (3)$$

경우 2. $L_T - (\sum N_i * EQC_i + \sum B_w) \geq 0$ &

$$\sum N_i * EQC_i + \sum B_w \geq L_{th} \text{ \& } F_i \leq 1 \quad (4)$$

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

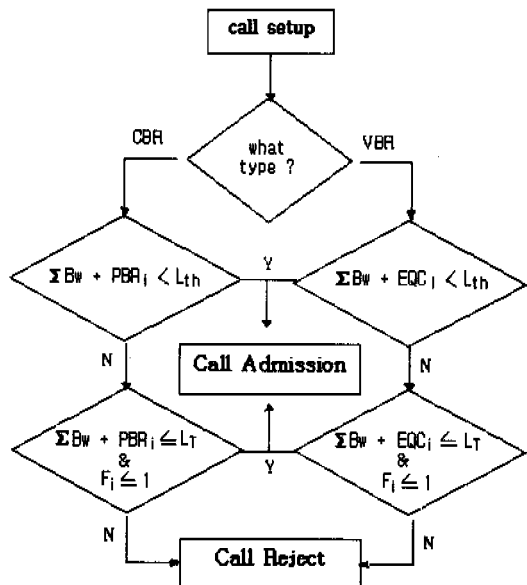


그림 3. 제안된 알고리즘의 호 수락 절차

2. 성능평가

2.1. 성능평가 요소

제한한 알고리즘의 성능평가를 위하여 표 1 과 같은 특성을 갖는 트래픽을 호 준위에서 포아송 분포에 따라 발생 시켰고 전체 대역폭은 가상경로 수에 등가대역을 곱하여 155 Mbps로 정하였으며 CBP 방식과 링크공유대역을 사용한 알고리즘인 RSC방식과 성능을 비교 분석하였다.

표 1. 각각의 트래픽의 특성

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

표 2. 접속 부하 량에 따른 가상채널 수

λ type	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
CBR1	71	84	97	110	122	135	147
CBR2	50	62	74	86	98	110	122
CBR3	13	16	19	22	25	28	31
VBR1	21	24	27	30	33	36	39
VBR2	11	13	15	17	19	21	23

접속부하는 평균 대역폭과 전체 대역폭의 비율로 다음과 같이 정의하였다. 그리고 표 2에 부하량에 따른 채널 수를 나타내었다.

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

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

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 나눈값으로 정의되며 호 수락의 공정성은 Erlang B식에 따라 공정하게 사용했을 때의 대역폭과 현재 사용중인 대역폭의 비로부터 구해진다. 본 논문에서 사용한 대역폭 이용율 E와 호 수락의 공정성 F는 다음과 같이 정의한다^[5].

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

여기서

E : 링크 이용율,

x_n : 각 서비스 type의 throughput,

C : 총 링크 용량이다.

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

여기서

F : 호 수락의 공정성,

N : 서비스 개수,

e_n : Erlang B 공식에 따라 n의 서비스가 공평하게 사용되었을 때 기대 되는 대역폭이다.

호 수락의 공정성 F는 각 서비스의 $\frac{x_i}{e_i}$ 가 같은 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 P를 본 논문에서는 다음과 같이 정의한다.

$$P(E, F) \equiv w * E + (1-w) * F \tag{9}$$

여기서

E : 각각의 접속부하에 따른 링크 이용율,

F : 각각의 접속부하에 따른 호 수락의 공정성

w : 이용율 가중계수 이다.

이용률 가중계수 w는 $0 \leq w \leq 1$ 사이의 값을 가지며 $w > 0.5$ 이면 이용율에 가중을 둔 경우이고 $w < 0.5$ 이면 공정성에 가중을 둔 경우이다.

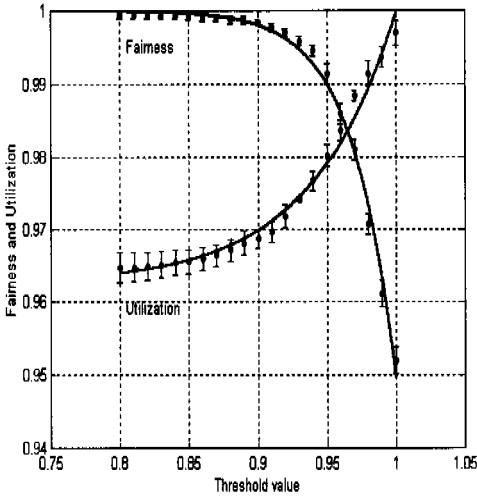


그림 4. 정규화된 문턱 값의 변화에 따른 공정성과 이용률

2.2. 최적의 문턱 값

링크의 최적의 문턱 값을 알아내기 위하여 그림 4에서 보여주는 것과 같이 문턱 값의 변화에 따른 정규화된 링크의 이용률과 공정성을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 구하였다. 그림 4에서 보면 알 수 있듯이 문턱 값이 증가함에 따라 공정성은 낮아지나 이용률은 높아지고 있음을 알 수 있다. 그림 4에서의 에러 바는 시뮬레이션을 5회 수행하고 얻은 데이터들의 평균과 표준편차를 나타내고 함수 근사화를 통하여 정규화된 이용률과 공정성에 대한 문턱 값의 변화에 따른 함수관계는 아래의 식 (10), (11) 과 같이 얻어졌다.

$$F(t) = \frac{1}{1 + e^{\frac{t - 1.0890}{0.0303}}} \quad (10)$$

$$E(t) = 0.9626 + 3.3724 * 10^{-9} * e^{16.2129 * t} \quad (11)$$

여기서 t는 정규화된 문턱 값을 나타낸다. 따라서 성능지수 P는 식 (9), (10), (11)로부터 아래와 같이 주어진다.

$$P(w, t) = w * (0.9626 + 3.3724 * 10^{-9} * e^{16.2129 * t}) + (1 - w) * \frac{1}{1 + e^{\frac{t - 1.0890}{0.0303}}} \quad (12)$$

이용률 함수 E(t)와 공정성 함수 F(t)를 사용하여 성능지수 P(w, t)를 식 (12)와 같이 표시할 수 있다. 성능지수를 이용해서 이용률 가중계수와 문턱

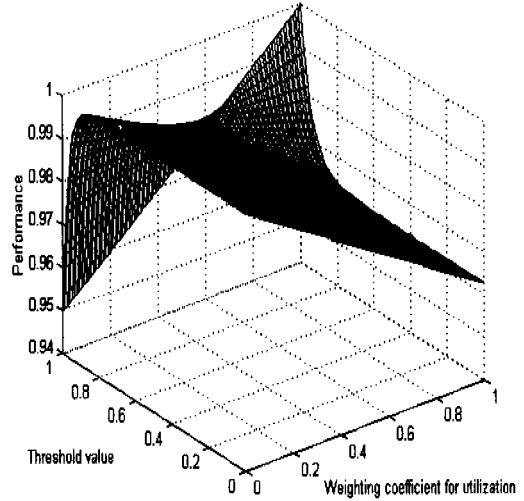


그림 5. 정규화된 문턱 값과 이용률 가중계수에 따른 성능

값의 변화에 따른 성능을 그림 5에 나타내었다. 여기서 이용률 가중계수의 변화에 따른 최적의 문턱 값을 알아낼 수 있으며 각각의 경우에 있어서의 성능의 최대점이 이용률 가중계수에 대한 최적의 문턱 값을 나타낸다. 실제 많이 사용될 것으로 예상되는 이용률 가중계수의 범위는 0.3에서 0.7이다. 이 범위 내에서의 최적의 문턱 값을 그림 5에서 보여 주고 있다.

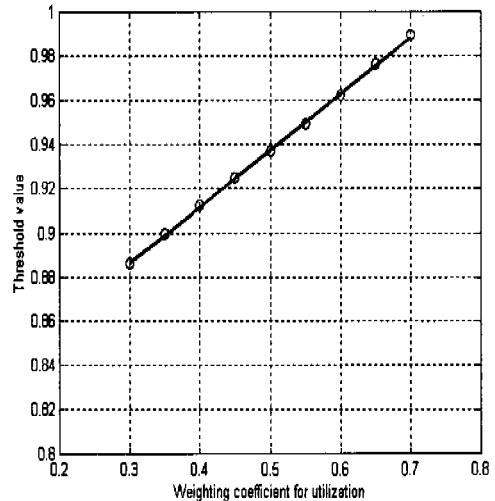


그림 6. 이용률 가중계수에 따른 문턱 값

그림 5로부터 성능의 최대 점을 구하여 그림 6에 나타내었다. 그림 6에서부터 문턱값 함수 T(w)는 각 데이터 점에 대한 함수 근사화를 통하여 아래

식과 같이 1차 다항식으로 근사화 시킬 수 있다.

$$T(w) = 0.255 * w + 0.8099, \quad 0.3 \leq w \leq 0.7 \quad (13)$$

여기서 근사화된 간단한 문턱 값 함수를 통하여 이용률 가중계수에 따른 최적의 문턱 값을 결정하는 것이 가능하다.

2.3. 성능평가

성능 평가를 위하여 가중계수가 0.5일 때의 문턱 값 0.9374을 선택하여 RSC 알고리즘과 새로운 CST 알고리즘의 성능을 비교 분석하였다. 그림 7, 8은 링크의 이용률과 호 수락의 공정성에 의한 CBS, CBP, CST 그리고 RSC 방식의 이용률과 공정성을 보여주고 있다. 그림 7에서와 같이 대역폭 이용률 측면에서는 CBS 방식이 가장 이상적인 성능을 보여주지만 그림 8에서 보면 알 수 있듯이 호 수락의 공정성 측면에서는 문제가 됨을 알 수 있다. 그리고 CBP 방식은 호 수락의 공정성 측면에서는 가장 이상적인 성능을 보여 주지만 대역폭 이용률 측면에서는 비효율적임을 알 수 있다. 그리고 RSC 방식은 CBP 방식의 단점이었던 각각의 트래픽의 변화에 효율적으로 대처하기 위하여 각 트래픽이 공동으로 사용할 수 있는 공유대역을 확보하였지만 공유대역에서의 호 수락의 불공정성이 일어남을 알

수 있다. 그러나 CST 방식은 높은 대역폭 이용률을 유지하면서 문턱 값에 의해서 호 수락의 공정성 또한 실현하고 있음을 알 수 있다.

마지막으로 그림 9에서 CST 방식과 RSC 방식의 성능을 비교하였다. 그림 9에서 보면 알 수 있듯이 호 수락의 공정성과 이용률을 고려한 성능에서 CST 방식이 RSC방식에 비해 우수한 특성을 나타낸다.

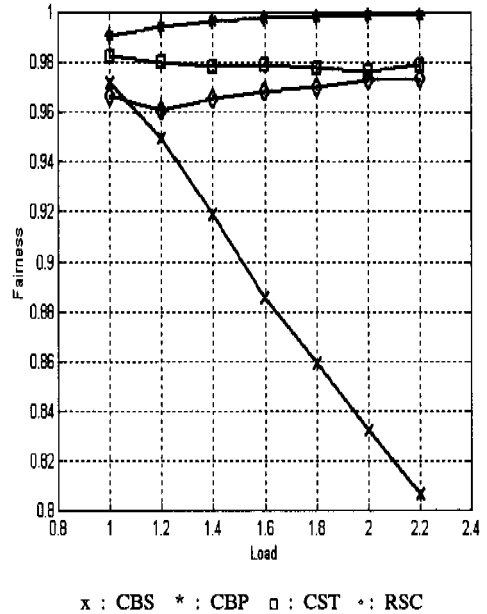


그림 8. 호 수락의 공정성

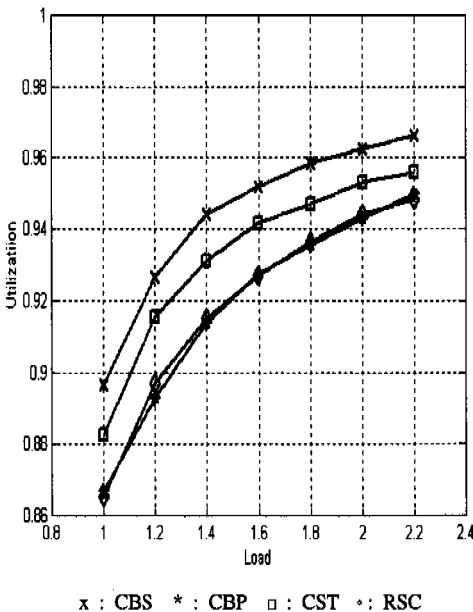


그림 7. 링크 이용률

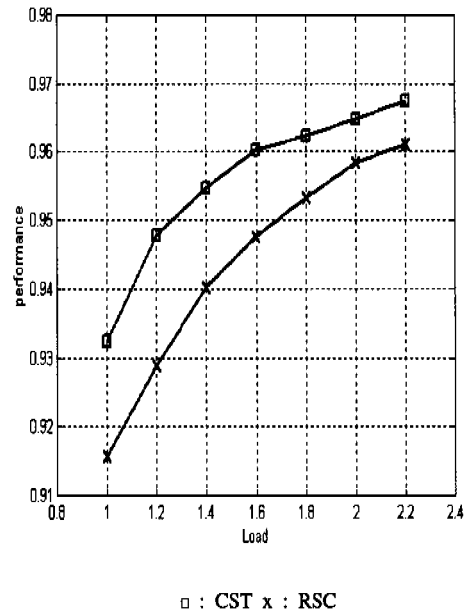


그림 9. 성능비교

III. 결론

본 논문에서는 CBS 방식의 장점을 최대한 살려 대역폭 이용율을 높였다. 또한 링크가 폭주되거나 폭주에 근접한 상황에서 CBS 방식에서 문제되었던 호 수락의 불공정성을 줄이기 위하여 링크에 적절한 문턱 값을 두어서 이 문턱 값 이상에서는 호 접속율이 낮은 호만을 수락하여 호 수락의 공정성을 높이는 CST 알고리즘을 제안했다.

컴퓨터 모의 실험을 통하여 이용율 가중계수와 문턱 값 사이의 선형적인 관계를 갖는 문턱 값 함수 $T(w) = 0.255 * w + 0.8099$ 를 얻었다. 이 함수를 통하여 최적의 문턱 값을 아주 쉽게 구할 수 있다. 이용율과 공정성을 똑같이 고려할 경우에 문턱 값 함수를 통해서 최적의 문턱 값을 알 수 있다. 이 최적의 문턱 값을 가지고 기존의 RSC 알고리즘과의 성능평가를 수행하였다.

시뮬레이션 결과로서 RSC 알고리즘에서 문제되었던 링크 공유대역에서의 호 수락의 불공정성을 줄일 수 있었고 대역폭 이용율도 향상되었다. 따라서 전체적인 망 성능은 RSC 방식에 비해 개선되었음을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] 김상백, 이상훈, ATM 망의 최적 링크설계에 관한 연구, 한국통신 통신망연구소
- [2] Zbigniew Dziong, ATM Network Resource Management, McGraw-Hill, pp 185-207, 1998.
- [3] Hua Wang, Geoff Tagg and Frank Ball, Various Criteria for Multi-Connection Admission Control, ATM'97 fifth IFIP workshop on performance modelling and evaluation of ATM Networks, pp. 63/1 - 63/11, 1997.
- [4] 이문호, 장성현, ATM망에서 가상경로를 이용한 효율적인 호 수락제어, 한국통신학회 논문지 '96-11, Vol. 21, pp. 2897-2907, 1996.
- [5] Rohit Goyal, B.S., M.S. Traffic Management for TCP/IP over ATM, The Ohio State University, pp. 80-82, 1999.
- [6] RAIF O. ONVURAL, Asynchronous Transfer Mode Networks, Artech House, Second Edition. 1995.

김 상 철(Sang-Chul Kim)

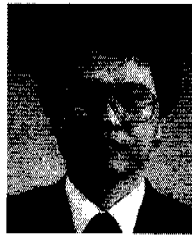
정회원



1999년: 제주대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1999년~현재: 제주대학교 전자공학과 석사과정
 <주관심 분야> 초고속정보통신, ATM 트래픽 제어

고 성 태(Sung-Taek Ko)

정회원



1980년: 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1984년: 미국 웨스턴 대학교 물리학과 (이학석사)
 1989년: 미국 올드도미니언 대학교 전기 컴퓨터 공학과(공학박사)

1979년~1982년: Texas Instruments 한국지사 엔지니어

1984년~1985년: 미국 NASA 랭리연구소 Contractor 연구조교

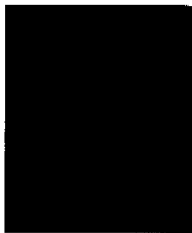
1990년~1991년: 경남대학교 전자공학과 전임강사

1991년~현재: 제주대학교 전기전자공학부 부교수

<주관심 분야> ATM 트래픽 제어, 광전자공학, 컴퓨터 이용설계

김 경 연(Kyung Youn Kim)

정회원



1983년: 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1986년: 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

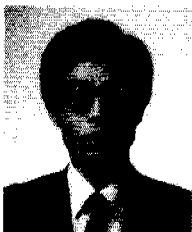
1990년: 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1994년~1995년: 미국 Univ. of Maryland Postdoc.

<주관심 분야> ATM 트래픽 제어, Electrical Impedance Tomography 및 고장진단 시스템 설계

김 경 식(Kyung Sik Kim)

정회원



1973년: 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1975년: 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1990년: 광운대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

<주관심 분야> 컴퓨터네트워크, ATM 기술