

# ATM 망에서 다중등급 통화유량 처리를 위한 동적 우선순위 스케줄링에 관한 연구

正會員 丁 相 國\* 正會員 陳 庸 玉\*\*

## A Study on the Dynamic Priority Scheduling for Multiple Class Traffic in ATM Network

Sang Gug Jong\*, Yong Ohk Chin\*\* *Regular Members*

### 要 約

본 논문은 다중등급의 통화유량에 대해 효율적인 처리를 위하여 동적 우선순위 스케줄링이 가능한 2중 이완성 한계치를 갖는 최소이완성한계 (Minimum Laxity Threshold; MLT) 알고리즘과 2중 대기행열 한계치를 갖는 대기행열간격한계 (Queue Length Threshold QLT) 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 알고리즘의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 분석하였다.

시뮬레이션 결과, 실시간서비스 중 지연민감도가 다른 2개 등급 이상의 통화유량 처리시 2중 이완성 한계치를 갖는 MLT 알고리즘을 적용함으로써 MLT 알고리즘 자체보다 처리 효율성이 개선됨을 확인하고, 또 2개 등급 이상의 비실시간 통화유량에 대해서는 2중 대기행열 한계치를 갖는 QLT 알고리즘이 QLT보다 우수함을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

In this paper, double laxity threshold MLT (Minimum Laxity Threshold) algorithm and double queue threshold QLT (Queue Length Threshold) algorithm are proposed as DPS (Dynamic Priority Scheduling) techniques for advanced processing of multiple class traffics. Also, the performance of the proposed algorithms is analyzed by a computer simulation.

According to the simulation results, it can be shown that the proposed double laxity threshold MLT algorithm advances the processing performance versus MLT algorithm for 2 or more classes delay sensitive traffics, and that double queue length threshold QLT algorithm provides more efficient performance than QLT for 2 or more classes of non real time traffics.

### I. 서 론

\*韓國通信 研修院  
KT TC

\*\*慶熙大學校 電子工學科  
Dept. of Elec. Eng., Kyunghee Univ.  
論文番號 : 93 - 30

ATM망은 다양한 통화유량의 흐름특성과 품질을  
요구하는 복합정보 서비스를 제공하는 교환망이다.

복합정보 서비스환경에서는 다중 서비스품질(QOS) 등급을 정의하고, 각 등급의 QOS를 보증하는 통화유량 제어기법이 요구되며 이렇게될 경우 대역폭 효율을 증가시킬 수 있다<sup>(1)</sup>

ATM망의 통화유량 제어기능으로는 연결수락제어, 사용파라미터제어/망파라미터제어, 우선순위제어 및 과밀제어 등을 고려해야한다<sup>(2)</sup>. 연결수락제어 기법은 등가대역폭 할당에 의한 연결수락제어 및 CRR(Class Related Rule)에 의한 대역폭할당 방법이 이미 연구된 바있으며<sup>(3)</sup>, 사용파라미터제어/망파라미터제어는 VLB(Virtual LB)와, SVLB(VLB with spacer) 등과 같은 LB(Leaky Bucket) 알고리즘과 RSW(Rectangular Sliding Window) TSW(Triangular SW) 및 EWMA(Exponentially Weighted Moving Average) 등과 같은 윈도우 알고리즘이 연구된 바있다<sup>(4,5)</sup>. 우선순위제어는 지연 및 손실민감도에 따라 HOL(Head of Line)과 같은 시간우선순위 제어기법과 풋쉬어아웃과 부분버퍼나눔(Partial Buffer Sharing)과 같은 손실우선순위 제어기법이 고려되었다<sup>(6,7)</sup>. 연결수락제어, 사용파라미터제어/망파라미터제어 및 우선순위제어는 과밀제어의 방법으로 이용될 수있으나, 일반적으로 과밀제어는 과밀현상 발생의 사전및 사후 제어방법에따라 예방제어(Preventive Control)과 반응제어(Reactive Control)로 나눌수 있다. 예방제어는 경로탐색, 대역폭할당, 폴리싱과 정형화(Shaping), 서비스 스케줄링 등으로, 그리고 반응제어는 예방제어기법과 선택적 폐기, 원천코드제어 등을 들수있다<sup>(8,9)</sup>.

전술한 통화유량 제어기법은 통화유량 스케줄링 관점에서 FCFS와 같은 동등 우선순위나 고정 우선순위 알고리즘으로서, 시스템에의 적용은 용이하나 실시간 통화유량의 처리시는 성능이 저하하는 것으로 평가된다<sup>(10)</sup>. ATM 망에서 다중등급을 갖는 통화유량의 우선순위제어로서 MLT(Minimum Latency Threshold)와 QLT(Queue Length Threshold)같은 동적우선순위 스케줄링기법을 고려할 수 있다<sup>(11,12)</sup>. 그러나 MLT와 QLT는 한계치와의 비교 결과에 따라 실시간통화유량이나 비실시간통화유량 중 하나를 우선순위로 서비스하므로, 실시간통화유량과 비실시간통화유량 내에 지연민감도를 달리하는 다중등급 통화유량 처리시 단일한계치과의 비교 판단으로 우선순위를 결정하는 것은 서비스의 품질을 저하시킬 우려가 있다.

본 논문에서는 지연민감도를 달리하는 다중등급

통화유량의 처리에 적합한 2개의 이완성 한계치 선택에 의한 MLT(2중 이완성 한계치 MLT; D/MLT)와 2개의 대기행열 한계치 선택에 의한 QLT(2중 대기행열 한계치 QLT; D/QLT) 알고리즘을 제안하고, 제안한 알고리즘이 MLT나 QLT에 비해 성능이 개선됨을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 고찰한다.

서론에 이어 II장에서는 기존의 동적우선순위 스케줄링인 MLT과 QLT를 소개하고 III장에서는 2중 이완성 한계치 MLT와 2중 대기행열 한계치 QLT 알고리즘을 제안하였다. IV장에서는 시뮬레이션 및 그 결과를 고찰하며 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 동적우선순위 스케줄링 기법

ATM 방식에서의 우선순위 제어기법은 ATM셀 앞머리내의 CLP 비트값에 따라 서로다른 우선순위를 갖게하므로 통화유량을 처리할 수 있다<sup>(2)</sup>. ATM망의 스위칭 노드에서의 스케줄링 방법으로는 지연에 민감한 통화유량등급에 대하여 우선순위를 부여하는 정적우선순위 스케줄링(Static Priority Scheduling; SPS)을 고려할 수 있다. 그러나 정적우선순위 스케줄링은 통화유량의 등급 별 우선순위에 의해 고정적으로 서비스됨에 따라, 낮은 우선순위 통화유량등급에 대해서는 상대적으로 희생이 따를 수 있다<sup>(10)</sup>.

또, 실시간 및 비실시간 처리를 요하는 서비스의 통화유량이 혼재한 경우, 실시간 통화유량에 대해서는 주어진 한계점내에서 처리가 종료되어야 한다<sup>(15)</sup>. 이런 점에서 위에서 언급된 정적 우선순위기법은 지연과 손실에 민감한 통화유량을 동시에 만족한 서비스를 하기는 어렵다. 따라서 우선순위레벨이 시간에 대해 변화하는 동적우선순위 스케줄링(Dynamic Priority Scheduling; DPS) 기법이 요구된다.

### 1. 최소이완성한계 알고리즘

최소이완성한계(MLT) 알고리즘은 대기행열에 저장된 실시간셀의 최소 이완성이 미리 정해진 이완성한계치보다 적거나 같을때에, 실시간통화유량(Real Time Traffic; RTT)을 우선순위로 서비스하고, 그 외에는 비실시간통화유량(Non Real Time Traffic; NRT)을 우선순위로 서비스한다. 여기서 최소 이완성이란 대기하고있는 모든 실시간셀에 대해서 최초의 만료시점이 될 때의 시간크기로 정의한다<sup>(11)</sup>. 즉,

우선순위는

$$\begin{aligned} RTT > NRT, & \quad \text{if } L(t) = < LTH \\ RTT < NRT, & \quad \text{그외} \end{aligned} \quad (1)$$

로 한다. 여기서 부등호의 대소는 우선순위의 높고 낮음을 뜻하며, LTH는 MLT 알고리즘에서 선택한 실시간통화유량의 이완성 한계치이다. 또 이완성은 주어진 만료점까지의 셀처리를 종료하기 위해서, 현재의 시각으로부터 셀의 처리를 시작하는 데에까지 기다려줄 수 있는 시간으로 정의한다<sup>(16)</sup>. 따라서 이완성  $L(t)$ 는

$$L(t) = d(t) - t - C(t) \quad (2)$$

으로 정의되며 그림 1과 같다. 여기서  $d(t)$ 는 대기행열에서 각 셀의 만료점,  $t$ 는 셀 도착으로 부터의 경과 시간,  $C(t)$ 는 셀처리 평균시간이다.

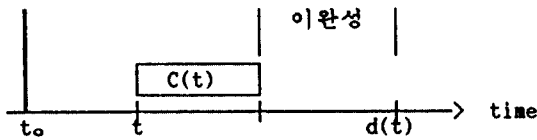


그림 1. 이완성의 정의구간  
Fig. 1. Definition of laxity.

### 2. 대기행열간격한계 알고리즘

대기행열간격한계(QLT)는 대기중인 NRT 셀의 수가 한계치 QTH보다 크면 NRT의 평균지연이 무한이 증가하므로 NRT에게 우선순위를 부여하고, 그 외의 경우는 NRT의 평균지연을 일정량까지는 허용할 수 있으므로 RTT를 우선순위로 서비스한다. 즉 우선순위는

$$\begin{aligned} NRT > RTT, & \quad \text{if } Q(L) > QTH \\ NRT < RTT, & \quad \text{그외} \end{aligned} \quad (3)$$

이다. 여기서 부등호의 대소는 우선순위의 높고 낮음을 의미하며,  $Q(L)$ 은 대기중인 NRT 셀의 수이다.

### Ⅲ. 개선된 동적우선순위 스케줄링 알고리즘

#### 1. 2중 이완성 한계치 MLT

MLT 알고리즘의 처리대상은 실시간 통화유량과 비실시간 통화유량으로 양분되고, 우선순위의 결정 기준은 이완성 한계치이다<sup>(11)</sup>. 즉 실시간셀의 최소 이완성이 한계치보다 작거나 큰 경우에 실시간 통화유량이나 비실시간 통화유량을 각각 선택하여 우선순위로 서비스하는 메카니즘이다.

그러나 ATM망이 지원하는 서비스 환경에서는 통화유량의 종류를 손실민감 통화유량과 지연민감 통화유량으로만 양분하기는 어렵다<sup>(11)</sup>. 지연민감 통화유량중에서는 서비스 특성에 따라 실시간 처리의 임박성이 다른 등급이있고, 임박성의 정도에 따라 실시간통화유량 등급별로 주어진 시간내에 셀의 처리가 시작되고 또 주어진 만료점내에 셀의 처리가 종료되어야 한다.

만일 실시간 통화유량의 등급이 고려되지 않는 경우, 즉 1개의 이완성 한계치를 기준으로 우선순위를 결정한다면, 다음의 2가지 문제점이 발생한다. 첫째, 이완성 한계치가 크게 설정되는 경우, 실시간 통화유량의 우선순위 서비스 부여기회가 많아지므로 실시간통화유량 중에서도 만료점의 임박성이 강하지 않은 통화유량도 함께 처리되어, 상대적으로 비실시간 통화유량은 희생이 따르고 많은 지연을 감수해야 한다. 둘째 이완성 한계치가 작게 설정되는 경우 비실시간 통화유량이 처리될 기회가 확률적으로 많아지므로 상대적으로 실시간통화유량은 만료점내에 처리되지 못하게되고, 손실로 간주되어 실시간통화유량의 셀손실율이 증가하게 된다.

본 논문에서 제안한 2중 이완성 한계치 MLT 알고리즘은 실시간통화유량을 지연민감도에 따라 2개의 등급 실시간통화유량1(RTT1)과 실시간통화유량2(RTT2)로 구분하고 각각의 이완성 한계치1(LTH1)과 이완성 한계치2(LTH2)와 비교하여 우선순위로 서비스하는 메카니즘이다. 여기서 2개의 이완성 한계치 설정은 AAL의 통화유량등급 중 실시간 통화유량이 2종류이기 때문이다. 처리대상은 그림 2와 같이 RTT1, RTT2 그리고 NRT이며 각각의 버퍼는 상호 독립적이며, FIFO로 서비스된다.

처리방법은 LTH1과 LTH2를 기준으로 RTT1과 RTT2 각각의 계산된 이완성과 비교하여 계산된 이완성이 한계치보다 작은 대기행렬을 우선순위로 서비스한다. 만일 2개 등급 RTT1과 RTT2의 계산된 이완성이 각각의 이완성 한계치보다 동시에 작을 경우, 두 통화유량 모두가 우선순위에 해당되므로, 서비스의 긴박성은 이완성한계치에 대한 이완성의 비

로 계산되고 비가 작은 대기행렬을 우선순위로 서비스한다. 역으로 2개 등급의 이완성 모두가 각각의 한계치보다 동시에 클 경우는 NRT를 우선순위로 서비스하고 다음 우선순위는 위와 같이 비의 값이 작은 대기행렬을 다음 우선순위 서비스한다. 그림3은 2개 등급의 실시간통화유량 처리를 위한 D/MLT 알고리즘의 흐름도이다.

실시간통화유량은 지연민감도에 따라 통화유량 속성으로서 만료점이 결정되고, 실시간처리의 긴박성에 따라 이완성 한계치를 다르게 설계함으로써, 실시간 처리의 요구에 맞게 등급별로 실시간 통화유량처리와 함께 비실시간통화유량에서도 공정한 서비스 기회가 부여되게끔 동적으로 우선순위가 스케줄링된다.

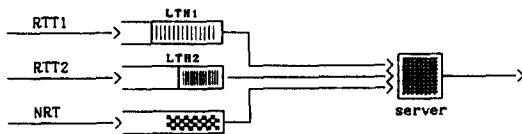


그림 2. D/MLT 모델  
Fig. 2. Model of double laxity threshold MLT.

```
SVC(trf1, trf2, trf3)
:trf1, trf2, trf3의 순서로 우선순위로 서비스한다.
procedure MLT(LTH1, LTH2, laxRTT1, laxRTT2, NRT, RTT1, RTT2)
//LTH1은 D/MLT 알고리즘의 이완성 한계치1 이고,
LTH2는 D/MLT 알고리즘의 이완성 한계치2 이다.
laxRTT1은 실시간통화유량 버퍼1의 RTT1의 이완성이고,
laxRTT2는 실시간통화유량 버퍼2의 RTT2의 이완성이다.
NRT, RTT1, RTT2는 각각 비실시간통화유량, 실시간통화유량1,
실시간통화유량2이다. //
if laxRTT1 < LTH1
case
:laxRTT2 < LTH2:
if laxRTT1/LTH1 < laxRTT2/LTH2
then SVC(RTT1, RTT2, NRT)
else SVC(RTT2, RTT1, NRT)
:laxRTT2 > LTH2:
SVC(RTT1, NRT, RTT2)
end
else
case
:laxRTT2 < LTH2:
SVC(RTT2, NRT, RTT1)
:laxRTT2 > LTH2:
if laxRTT2/LTH1 < laxRTT2/LTH2
then SVC(NRT, RTT1, RTT2)
else SVC(NRT, RTT2, RTT1)
end
end MLT
```

그림 3. D/MLT 알고리즘  
Fig. 3. Double laxity threshold MLT algorithm.

2. 이중 대기행렬 한계치 QLT

QLT 알고리즘은 실시간통화유량과 비실시간통화유량을 대상으로 처리하며 우선순위의 결정은 큐잉

된 비실시간 쉘의 수가 대기행렬 한계치보다 크거나 작은 경우에 비실시간통화유량이나 실시간통화유량을 각각 선택하여 우선순위로 서비스하는 방법이다.

그러나 비실시간 통화유량내에도 지연민감도의 정도차이가 있고 그에 따라 서비스의 우선순위가 달라져야 한다. QLT 알고리즘과 같이 1개의 대기행렬 한계치를 기준으로 우선순위를 결정할 경우 다음 2가지 문제점이 발생된다. 첫째, 대기행렬 한계치가 작게 설정되는 경우, 비실시간통화유량에게 우선순위 서비스의 기회가 확률적으로 증가하므로, 실시간통화유량은 그에 따라 쉘손실이 증가한다. 둘째, 대기행렬 한계치가 크게 설정되는 경우 쉘의 수가 대기행렬 한계치에 도달할 때까지는 실시간통화유량에게 우선순위로 서비스되고 확률적으로 이 기회가 증가하므로, 비실시간 통화유량에게는 많은 지연이 초래된다.

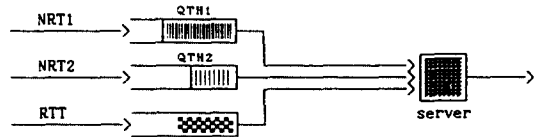


그림 4. D/QLT 모델  
Fig. 4. Model of double queue threshold QLT.

```
SVC(trf1, trf2, trf3)
:trf1, trf2, trf3의 순서로 우선순위로 서비스한다.
procedure QLT(QTH1, QTH2, qNRT1, qNRT2, NRT1, NRT2, RTT)
//QTH1은 D/QLT 알고리즘의 대기행렬 한계치1 이고,
QTH2는 D/QLT 알고리즘의 대기행렬 한계치2 이다.
qNRT1은 비실시간통화유량 버퍼1에서 NRT1의 쉘의 수이고,
qNRT2는 비실시간통화유량 버퍼2에서 NRT2의 쉘의 수이다.
NRT1, NRT2, RTT는 각각 비실시간통화유량1, 비실시간통화유량2,
실시간통화유량이다. //
if qNRT1 > QTH1
case
:qNRT2 > QTH2:
if qNRT1/QTH1 > qNRT2/QTH2
then SVC(NRT1, NRT2, RTT)
else SVC(NRT2, NRT1, RTT)
:qNRT2 < QTH2:
SVC(NRT1, RTT, NRT2)
end
else
case
:qNRT2 > QTH2:
SVC(NRT2, RTT, NRT1)
:qNRT2 < QTH2:
if qNRT1/QTH1 > qNRT2/QTH2
then SVC(RTT, NRT1, NRT2)
else SVC(RTT, NRT2, NRT1)
end
end QLT
```

그림 5. D/QLT 알고리즘  
Fig. 5. Double queue threshold QLT algorithm.

본 논문에서 제안한 2중 대기행열 한계치 QLT 알고리즘은 비실시간통화유량 내에 서비스의 특성에 따라 지연민감도가 다른 통화유량 등급의 구분이 가능하다는 가정하에<sup>(16,17)</sup>, 2개의 등급 비실시간통화유량1(NRT1)과 비실시간통화유량2(NRT2)를 고려하고 각각의 대기행열 한계치를 설정한다. 이 때 AAL의 통화유량등급 중 비실시간통화유량은 2종류이므로 2개의 대기행열 한계치가 필요하다. D/QLT 알고리즘의 처리 대상은 그림4와 같이 RTT와 NRT1 그리고 NRT2이며, 각 버퍼는 독립적이며 FIFO로 서비스한다.

처리방법은 NRT1과 NRT2의 버퍼에 큐잉된 셀의 수와 각각의 대기행열 한계치와 비교하여, 대기행열 한계치보다 큐잉 셀 수가 많은 통화유량에게 우선순위를 서비스한다. 만일 두 등급 모두 각각의 대기행열 한계치를 넘지 못하면 RTT에게 우선순위를 부여하고 다음 우선순위는 대기행열 한계치에 대한 큐잉 셀 수의 비가 큰쪽을 먼저 서비스한다. 역으로 2개 등급의 큐잉 셀 수가 각각의 대기행열 한계치를 동시에 넘으면 각각의 대기행열 한계치에 대한 큐잉 셀 수의 비가 큰쪽부터 서비스하고 끝으로 RTT를 서비스한다. 그림5는 D/QLT 알고리즘의 흐름도이다.

#### IV. 시뮬레이션 및 결과고찰

##### 1. 시뮬레이션 환경

ATM 스위칭 노드 입력단에서의 동적 우선순위 스케줄링에서는, D/MLT의 경우에 2개 등급의 RTT와 1개 등급의 NRT, 그리고 D/QLT의 경우에는 2개 등급의 NRT와 1개 등급의 RTT를 대상으로, 우선순위별 통화유량을 출력링크의 최대용량까지 서비스하는 것을 가정하였다.

각 통화유량 등급은 AAL 프로토콜 기능 타입 1, 2, 3, 4가 제공하는 서비스 등급 A, B, C, D에 근거하였으며, 표1은 서비스 유형별 통화유량모델을 보인 것이다<sup>(18)</sup>. 스위칭 노드의 출력링크 전송속도는 150 Mbps, 각 셀의 평균 서비스시간은 2.83  $\mu$ s이며 각 통화유량은 등급 별로 1:1:1의 동등한 비율로 코딩된다고 가정하였다<sup>(2,13)</sup>.

또 D/MLT와 D/QLT는 각각 3개의 입력버퍼를 갖는데, 한개의 버퍼는 같은 특성을 갖는 통화유량으로 가정하였다. 그리고, D/MLT에서는 지연민감도에 따라 실시간처리의 긴박성을 나타낼수 있으므로 통화유량이 지연에 민감할수록 만료점 한계치를 작게 설정하였다.

D/QLT의 처리대상 중에는 손실에 민감한 2종류의 통화유량 NRT1과 NRT2가 있는데 이들의 손실 허용치는 같고, 다만 지연의 허용치가 다르다는 가정으로<sup>(16,17)</sup> 지연에 민감할수록 대기행열 한계치를 작게 설정하였다. 한편 실시간 통화유량과 비실시간 통화유량 내에 존재하는 각 등급 간의 손실민감도의 크기는 고려하지 않았다<sup>(17)</sup>.

알고리즘의 성능평가는 D/MLT의 이완성 한계치와 D/QLT의 대기행열 한계치가 변화할 때 실시간 통화유량과 비실시간통화유량의 셀손실 허용치의 한계 및 지연허용치의 한계를 만족할 수 있는 최적 한계치를 찾고, 이 값을 평균이하면서 D/MLT와 D/QLT의 한계치1과 한계치2가 상호변화할 때 각각 처리된 대상 통화유량의 질을 보증하면서 서비스할 수 있는 D/MLT와 D/QLT2의 최적치를 대상으로, MLT와 QLT메카니즘에서 단일 한계치를 적용했을 때에 비해 D/MLT와 D/QLT에서 2중 한계치를 적용했을 때의 셀손실율과 평균지연의 향상을 확인하였다.

표 1. 다중등급 통화유량  
Table 1. Multiclass traffic.

속성 형태	A 형	B 형	C 형	D 형
연결성	연결위주			비연결위주
실시간성	실시간성		비실시간성	
비트율	일정	가변		
정보형태가정	음성	비디오	연결데이터	비연결데이터
통화유량모델	2-s MP	2-s MMPP	CPP	PP
코딩속도	32Kbps	10/20Mbps	1Mbps	1200bps

## 2. 통화유량 발생

통화유량 등급 A는 음성을 가정하였다. 음성 단말기의 통화유량 특성은 2 state MP(Markov Process)를 따른다. 통화유량원은 발음구간과 묵음구간으로 구성된 패턴을 생성하며 발음구간과 묵음구간의 지속시간은 각각 352ms와 650ms의 평균을 갖는 지수분포를 따르며 이들은 통계적으로 서로 독립적이다. 발음구간에 대해서는 32kbps의 코딩을 가정하여 13.25ms마다 셀이 균등한 간격으로 발생된다<sup>(12)</sup>.

통화유량 등급 B는 영상을 가정하였으며, 영상 통화유량 특성은 2 state MMPP(Markov Modulated PP)를 따른다고 가정하였다. 통화유량원의 정보송출 속도는 가변이므로, 고속 20Mbps 및 저속 10Mbps의 2가지 전송속도를 가정하고 각각의 지속시간의 평균은 지수분포를 따른다<sup>(19)</sup>. 각 구간에서는 고속에서 0.021ms, 저속에서 0.042ms의 평균을 갖는 포아송분포로 셀이 발생된다<sup>(13)</sup>.

통화유량 등급 C는 벌크 데이터로 가정하고 벌크 데이터의 통화유량 특성은 CPP(Compound PP)를 따른다고 가정했다<sup>(14)</sup>.

통화유량 등급 D는 교신형 데이터로 가정하고, 데이터 통화유량은 PP(Poisson Process)를 따른다고 가정한다. 데이터 단말기의 데이터 생성속도는 1200 bps로 가정했으므로 셀의 평균 도착시간 간격은 평균이 0.353 s인 지수분포를 따른다<sup>(15)</sup>.

## 3. 시뮬레이션 결과고찰

### 3.1 2중 이완성한계치 MLT

MLT 알고리즘에서 1개의 이완성 한계치를 기준으로 우선순위를 결정할때 이완성 한계치가 증가할수록 실시간통화유량의 계산된 이완성은 한계치 이내에 있을 확률이 크므로 실시간통화유량은 우선순위 서비스의 기회가 증가하여 셀 손실율이 감소하는 반면, 비실시간통화유량의 평균지연은 상대적으로 증가한다.

그림 6과 그림 7은 이중 이완성 한계치 MLT에서의 이완성 한계치 LTH1과 LTH2의 조합의 변화에 따른 통화유량 밀도별 셀 손실율과 평균지연 곡선이다. 그림6, 그림7 그리고 그림8에서 RTT1과 RTT2는 각각 2 state MP 모델과 2 state MMPP 모델에 근거한 통화유량등급 A와 B를 나타내고, NRT는 PP모델에 근거한 통화유량등급 D를 나타낸다. 시뮬레이션에서 대상으로한 통화유량 등급 A와 B는 손실에 둔한 반면 지연에 민감하고 통화유량 등급 C와 D

는 지연에 둔한 반면 손실에 민감하다는 가정을 하였다. 일반적 등급 A와 B의 실시간통화유량에 대해서는 0.01의 셀 손실율을 그리고 등급 C와 D의 비실시간통화유량에 대해서는 250ms에서 500ms까지의 지연율을 허용한다<sup>(16)</sup>.

MLT에서 얻은  $LTH = 30$ 을 LTH1과 LTH2의 평균값으로 하고, LTH1이 증가할때 LTH2가 동시에 감소하는 변화에 대해 각각의 대상 통화유량 RTT1은 셀 손실율이 감소하고 RTT2는 셀 손실율이 증가함을 보인다. 평균지연에 있어서는 2중 이완성 한계치 MLT가 단일 이완성 한계치를 적용했을 때보다 전반적으로 향상된 값을 보이나, LTH1과 LTH2의 평균값이 LTH와 같으므로 비실시간통화유량에게는 큰영향을 주지않아 큰 변화를 보이지 않고 통화유량의 통계적 특성으로 약간의 변화만을 보인다. 셀 손실율은 통화유량밀도 0.9 이하에서 이중 이완성 한계치를 적용할 경우 앞에서 가정한 허용범위내에 들고 있으며, 평균지연은 통화유량 밀도가 높은 0.9의 곡선이 낮은 밀도의 곡선보다 다소 변화폭이 크게 보인다. 셀 손실율과 평균지연을 두루 만족하는 값은  $[LTH1, LTH2] = [40, 20]$ 으로 결정된다.

그림 8은 통화유량 밀도가 변화할 때 MLT 알고리즘과 제안한 D/MLT의 성능을 비교한 것이다. 이들 곡선의 변화로부터 다음을 고찰할 수있다. 첫째, D/MLT에서는 실시간통화유량의 특성을 살려 각각에게 서로 다른 한계치를 부여하므로 실시간통화유량은 물론 비실시간에게 우선순위의 서비스 부여를 공정하게 하므로 단일 한계치를 갖는 MLT 보다 우수한 성능을 보인다. 둘째, RTT1은 RTT2보다 실시간 처리의 요구가 강하다는 가정으로 부터 지연에 민감한 실시간통화유량일수록 이완성 한계치는 크게 요구된다. 결과 RTT1의 한계치  $LTH1=40$  및 RTT2의 한계치  $LTH2=20$ 에서 만족한 성능을 얻을 수 있었다.

### 3.2 2중 대기행렬한계치 QLT

단일 한계치를 갖는 QLT 메카니즘에서는 대기행렬 한계치가 증가할수록 비실시간통화유량의 셀이 한계치에 도달하는데 까지 많은 여유가 생기므로 그 동안은 실시간통화유량에게 우선순위의 서비스 기회가 확률적으로 많아지게 된다. 따라서 실시간통화유량의 셀 손실율은 감소하는 반면, 비실시간통화유량은 지연이 증가한다.

그림 9와 그림 10은 2중 대기행렬 한계치 QLT에서

두개의 한계치가 상호 변화할때 통화유량밀도에 따른 셀 손실율과 평균지연이다. 그림9, 그림10 그리고 그림11에서의 RTT, NRT1과 NRT2는 각각 통화유량등급 A와 CPP 모델과 PP 모델에 근거한 통화유량등급 C 및 통화유량등급 D를 대상으로한 것이다.

평균 지연에 있어 NRT1이 NRT2에 비해 조금 큰 값을 갖는것은 통화유량 특성으로, 즉 통화유량 등급 C는 벌크형태의 데이터로서 많은 셀이 거의 동시에 도착하여 서비스를 기다리므로 지연이 커진것으로 해석되며, 통화유량 밀도가 높을 수록 평균 지연의 증가는 물론 지연 변동율이 증가 한다. QLT 알고리즘에서 셀 손실율과 평균지연을 원만하게 만족하는 대기행렬 한계치는 하한치와 상한치의 범위에서  $QTH = 140$ 으로 판단된다. 두개의 한계치 QTH1과 QTH2의 평균치는 앞에서 결정된  $QTH = 140$ 으로 하였으며, QTH1의 증가와 함께 QTH2의 동시에 감소에 대해서, 셀 손실율은 큰 변화를 보이지 않는다. 한편 평균지연에 있어서는, QTH1의 증가에 따라 대상 통화유량인 NRT1은 증가하고 QTH2의 감소에 따라 NRT2의 평균지연은 감소함을 알 수 있다. 따라서 셀 손실율과 평균지연을 두루 만족하는 값은  $[QTH1, QTH2] = [160, 120]$ 으로 판단된다.

그림 11은 QLT와 D/QLT를 통화유량 밀도변화에 따라 비교한 것이다. 이들 곡선으로부터 다음 사항을 확인할 수 있다. 첫째, 제한한 D/QLT는 비실시간통화유량을 지연 민감도의 대소에 따라 대기행렬 한계치를 달리 선정하므로 QLT 메카니즘보다 셀 손실율과 평균지연 면에서 훨씬 우수한 성능을 보인다. 둘째, NRT1보다 NRT2는 지연 민감도가 더 크다

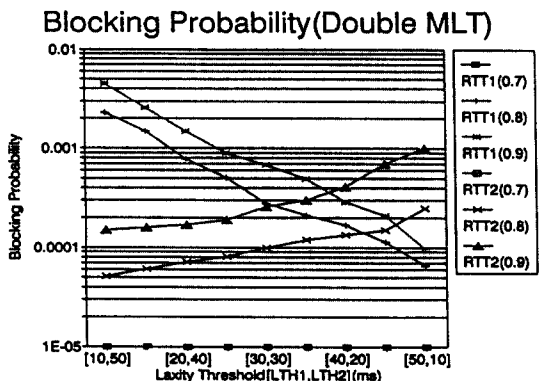


그림 6. 2중 이완성 한계치 MLT의 셀손실율  
Fig. 6. CLP of double laxity threshold MLT.

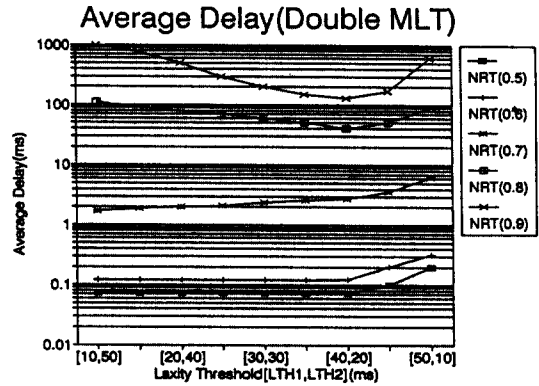


그림 7. 2중 이완성 한계치 MLT의 평균지연  
Fig. 7. Average Delay of double laxity threshold MLT.

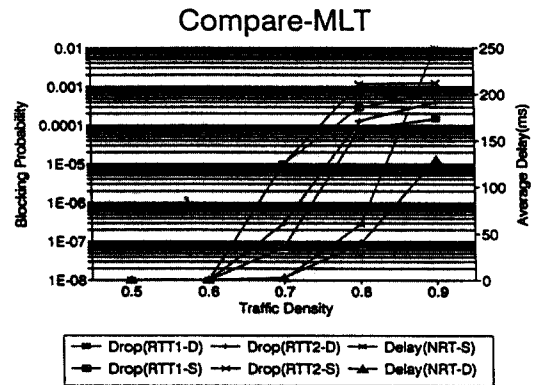


그림 8. MLT와 2중 이완성 한계치 MLT의 비교  
Fig. 8. Comparison of MLT and double laxity threshold MLT.

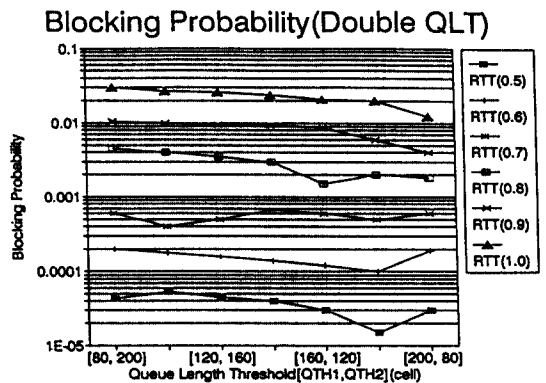


그림 9. 2중 대기행렬 한계치 QLT의 셀손실율  
Fig. 9. CLP of double queue threshold QLT.

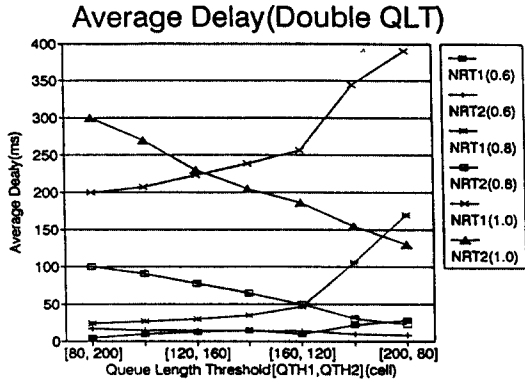


그림 10. 2중 대기행렬 한계치 QLT의 평균지연  
Fig. 10. Average Delay of double queue threshold QLT.

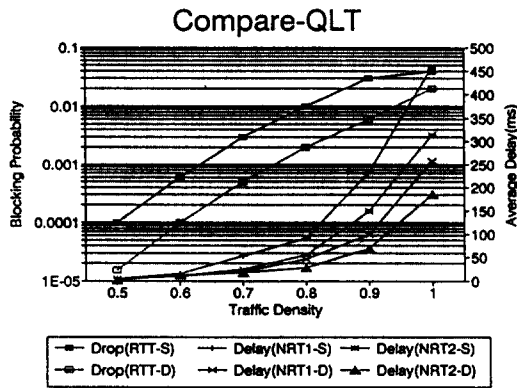


그림 11. QLT와 2중 대기행렬 한계치 QLT의 비교  
Fig. 11. Comparison of QLT and double queue threshold QLT.

는 가정하에 지연 민감도가 클수록 대기행렬 한계치를 작게 요구한다. 결과 [QTH1, QTH2]=[160, 120]에서 만족한 성능을 얻을 수 있음을 보인다.

### V. 결 론

본 논문은 다중 등급 통화유량의 효율적 처리를 위한 2중 이완성 한계치 MLT와 2중 대기행렬 한계치 QLT 알고리즘을 제안하고, 제안된 알고리즘의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 그리고, 단일 이완성 한계치 MLT의 성능분석으로부터 얻은 이완성 한계치를 D/MLT 알고리즘에 적용함으로써

제안한 알고리즘을 평가하였다.

제안한 D/MLT 알고리즘을 통하여 실시간통화유량 중 지연민감도가 클수록 이완성 한계치를 크게 요구함을 알았고, 실시간통화유량의 등급이 2개 이상일 때는 MLT보다 D/MLT가 더욱 효율적임을 확인할 수 있었다. 결과 D/MLT에서 2개의 서로 다른 이완성 한계치를 조합하여 변화시킬때 조합치의 후반부인 [LTH1, LTH2]=[40, 20]에서 2등급의 실시간통화유량과 비실시간통화유량 서비스를 만족함을 확인하였다.

또 QLT 알고리즘을 대기행렬 한계치의 함수로 성능분석하고 이것으로 부터 얻은 대기행렬 한계치를 제안한 D/QLT 알고리즘에 적용하여 성능평가를 하였다. D/QLT 방법에서는 비실시간통화유량 중에서 지연 민감도가 높은 서비스일수록 작은 값의 대기행렬 한계치를 요구함을 알 수 있다. 또 비실시간통화유량중 지연 민감도가 다른 2개 이상의 통화유량 처리는 지연 민감도에 따라 서로 다른 한계치를 적용할 수 있는 D/QLT가 QLT보다 성능이 우수함을 알 수 있다. 결과적으로 D/QLT에서는 대기행렬 한계치 조합이 변화할때 후반부인 [QTH1, QTH2]=[160, 120]에서 실시간통화유량과 2개 등급의 비실시간통화유량 서비스를 만족함을 확인하였다.

특히 D/MLT는 통화유량밀도 0.9 이상에서도 기존의 MLT보다 안정적이며, 밀도 0.8에서 D/MLT는 MLT에 비해 실시간통화유량의 셀손실율이  $0.8 \times 10^{-3}$ , 비실시간 통화유량의 평균지연이 25 ms 정도 향상됨을 확인하였으며, D/QLT 알고리즘은 같은 조건에서 QLT에 비해 셀 손실율은  $0.9 \times 10^{-2}$ , 평균지연은 45 ms 정도 향상됨을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

이상과 같이 2중 한계치를 이용한 동적 우선순위 스케줄링이 단순 MLT나 QLT보다 성능이 우수함을 보였다. 향후 동적 우선순위 스케줄링에서는 복수버퍼설계의 복잡성 및 한계치 설정의 어려움을 해결할 수 있는 스케줄링 기법이 연구되어야 할 것으로 사료되며, 이는 복합정보서비스 및 광대역통신환경의 통화유량제어에 이용될 것이다.

### 참 고 문 헌

1. Yasushi Takagi, Shigeki Hino, Tatsuro Takahashi, "Priority Assignment Control of ATM L-



- ine Buffers with Multiple QOS Classes," IEEE Journal on Selected Area in Communications, Vol.9, No.7, Sep. 1991.
2. CCITT Draft Reconnandation, "Traffic Control and Resource Management in BISDN," I.371, WP 18, Melbourne, Dec. 1991.
3. M. Decina, L.Faglia, T.Toniatti, "Bandwidth Allocation and Selective Discarding for VBRV and Bursty Data Calls in ATM Networks," IEEE 12A.2., pp1386-1393, Infocom, 1991.
4. Lars Dittman, Soren B. Jacobsen, Klaus Moth, "Flow Enforcement Algorithms for ATM Networks," IEEE JSAC, Vol.9, No.3, Apr. 1991.
5. Erwin P. Rathgeb, "Modeling and Performance Comparison of Policing Mechanisms for ATM Netowrk," IEEE JASC Vol.9, No.3, Apr. 1991.
6. Duke Hong, Tatsuya Suda, "Congestion Control and Prevention in ATM Netowrks," IEEE Network Magazine Jul. 1991.
7. Hans Korner, Gerard Hebuterne, Pierre Boyer, Annie Gravey, "Priority Management in ATM Switching Nodes," IEEE JSAC, Vol.9, No.3, April 1991.
8. G. M. Woodruff, R. G. H. Roger, P.S.Richards, "A Congestion Control Framework for High Speed Integrated Packetized Transport," IEEE Globecom 7.1. 1988.
9. M. Decina, T.Toniatti, P.Vaccari, L.Verri, "Bandwidth Assignment and Virtual Call Blocking in ATM Networks," IEEE Infocom 1990.
10. Jaime Jungok Bae, Tatsuya Suda, "Survey of traffic Control Protocol in ATM Networks," IEEE Globecom, 300.1.1 pp1-6, 1990.
11. Renu Chipalkatti, Jaes F. Kurose, Don Tow sley, "Scheduling Policies for Realtime and Non Realtim Traffic in a Statistical Multiplexer," IEEE Infocom 1989.
12. Jay, Hyman, Ayrel A. Lazar, Giovanni Pacifici, "Real Time Scheduling with Quality of Service Constraints," IEEE JSAC, Vol.9, No.7, Sep. 1991.
13. Aurel A. Lazar, Giovanni Pacifici, John s White, "Real Time Traffic Management on MAGNET II," IEEE JSAC Vol.8, No.3, Apr. 1990.
14. Lars Dittmann, Soren B. Jacobsen, "Statistical Multiplexing of Indentical Bursty Sources in an ATM Nwtwork," IEEE Globecom 39.6.1 1988.
15. Shem Tov Levi, Ashok K. Agrawala, "Real-Time System Design," Mc Graw-Hill, 1990.
16. H. Rudin, R. Williamson, "Protocol for High-Speed Networks," North-Holland, 1989.
17. C. Woodworth, R.D.Gitlin, "Congestion Control in ATM Networks," IEEE Globecom91, 31A.5.1, 1991.
18. 조동호, 최윤석, 김태규, ATM 망구조, 전자공학 회지, 제19권, 제8호, 1992. 8.
19. 성단근 외, ATM 트래픽 제어기술, 전자공학회 지, 제19권, 제8호, 1992. 8.



丁 相 國 (Sang Gug Jong) 正會員  
 1956年 11月 2日生  
 1980년 : 慶熙大學校 電子工學科 卒業 (工學士)  
 1982년 : 慶熙大學校 大學院 (工學碩士)  
 1985년 : 프랑스 파리 6大學 電子工學科 (DESS)

1992년 : 慶熙大學校 大學院 (博士과정수료)  
 1987년 1월 ~ 현재 : 한국통신 연수원 근무

陳 庸 玉 (Yong Ohk Chin) 正會員  
 17권 9호 참조