

論文94-31A-2-2

ATM 망용 우선순위제어 알고리즘의 개선에 관한 연구

(A Study on the Enhancement of Priority Control Algorithm for ATM Network)

丁相國*, 陳庸玉**

(Sang Gug Jong and Yong Ohk Chin)

要約

본 논문은 ATM망의 성능개선을 위한 방법으로 동적 우선순위 제어가 가능한 2중 대기행열 한계치를 갖는 대기행열간격한계(Queue Length Threshold: QLT) 알고리즘과 함께 히스테리시스성 QLT알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 알고리즘의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 분석하고 기존의 동적우선순위 제어와 비교하였다. 또 재시도 그룹을 갖는 대기행열 시스템 모델을 통해서 우선순위 스케줄링을 해석하였다.

시뮬레이션 결과, 2개 등급 이상의 비실시간 통화유량에 대해서는 2중 대기행열 한계치를 갖는 QLT 알고리즘이 QLT보다 우수함을 알 수있었다. 또 실시간통화유량과 비실시간통화유량의 서비스 제공시는 히스테리시스성 QLT알고리즘이 QLT보다 성능이 우수함을 알 수있었다.

Abstract

This paper proposes Double queue threshold QLT(Queue Length Threshold) algorithm and Hysteresis effect QLT algorithm, as being DPS(Dynamic Priority Scheduling) techniques, in order to advance the processing of multiple class traffics. Also, the performance of the proposed algorithms is analyzed through computer simulations, and the priority scheduling is analyzed using a retrial queue with two types of calls.

Our simulation results show that the performance of the proposed Double queue length threshold QLT algorithm is superior to that of the conventional QLT algorithm for 2 or more classes delay sensitive traffics. Also we find that Hysteresis effect QLT algorithm is better mechanism than that of the existing QLT for real time and non-real time traffics.

1. 서론

* 正會員, 韓國通信研修院

(KT TC)

** 正會員, 慶熙大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Kyunghee Univ.)

接受日字 : 1993年 6月 11日

광대역 통신은 ATM망 기술을 통해 중단간에 광대역 스펙트럼 서비스를 유연하고 효율적으로 제공할 수있다. ATM망에서는 광대역 통화유량의 자연적인 랜덤 성질 때문에 일시적으로 통신망의 대역폭을 초

과하는 순시 버스트 통화유량을 흡수하기 위해 버퍼를 설정한다.¹¹ 버퍼관리를 위한 다양한 알고리즘은 ATM망의 통화유량 제어기능으로 이용될 수있으며, 버퍼관리의 개선된 방법은 대역폭 효율 및 서비스 품질을 증가시킬 수있다.¹²

ATM망의 통화유량 제어로는 연결 수락제어, 사용 파라미터 /망 파라미터 제어, 우선순위 제어, 우선순위 제어 및 과밀제어등을 고려한다.¹³ 이들 통화유량 제어기법은 버퍼스케 줄링 관점에서 FCFS와 같이 동등우선순위에 고정우선순위 알고리즘으로서, 시스템에의 적용은 용이하나 실시간 통화유량 및 다중등급 통화유량 처리시는 성능이 저하하는 것으로 평가된다.¹⁴ 이에 ATM망에서는 MTL(Minimum Laxity Threshold)와 QLT(Queue Length Threshold)같은 동적 우선순위 스케줄링을 고려할 수있다.^{14,5)}

최소이완성한계(MLT) 알고리즘은 대기행렬에 저장된 실시간셀의 최소 이완성이 미리 정해진 이완성 한계치보다 적거나 같을때에, 실시간통화유량(Real Time Traffic: RTT)을 우선순위로 서비스하고, 그 외에는 비실시간통화유량(Non Real Time Traffic: NRT)을 우선순위로 서비스한다. 여기서 최소 이완성이란 대기하고 있는 모든 실시간셀에 대해서 최초의 만료시점이 될 때의 시간크기로 정의한다.¹⁶ 대기행렬간격한계(QLT)는 대기중인 NRT 셀의 수가 한계치 QTH보다 크면 NRT의 평균지연이 무한히 증가하므로 NRT에게 우선순위를 부여하고, 그외의 경우는 NRT의 평균지연을 일정량까지는 허용할수있으므로 RTT를 우선순위로 서비스한다.^{14,5,6)}

그러나 MLT와 QLT는 한계치와의 비교 결과에 따라 실시간통화유량이나 비실시간통화유량 중 하나를 우선순위로 서비스하므로, 실시간통화유량과 비실시간통화유량 내에 지연민감도를 달리하는 다중등급 통화유량 처리시 단일한계치와의 비교 판단으로 우선순위를 결정하는 것은 서비스의 품질을 저하시킬 우려가있다. 또 하나의 문제점은 단일한계치와의 비교결과에 따른 통화유량을 서비스한다. 이러한 과정의 빈번한 반복은 버퍼상태를 불안정하게하고 이는 서비스 품질의 저하요인이 될 수있다.¹⁷⁾

본 논문에서는 첫번째 문제점의 해결책으로서 지연민감도를 달리하는 다중등급 통화유량의 처리에 적합한 2개의 대기행렬 한계치 선택에 의한 QLT알고리즘(2중 대기행렬 한계치 QLT: DQLT)이 제안되었다.

¹⁸⁾ 두번째 문제점에 대해서는 단일 한계치 대신 한계치의 상한과 하한을 설정하여 버퍼의 히스테리시스 특성을 이용한 QLT(Hysterisis effect QLT:

HQLT) 알고리즘을 제안하였다. 또 제안한 알고리즘이 MLT나 QLT 알고리즘에 비해 성능이 개선됨을 컴퓨터 시뮬레이션 통해 고찰하였다. 특히 이들은 통화유량의 특성을 달리하는 서비스를 제공하기 위한 우선순위 스케줄링으로서, 재시도 그룹(retrial group)에 의한 대기행렬을 통해 우선순위 스케줄링을 해석하였다.¹⁸⁾

서론에 이어 II장에서는 우선순위 스케줄링을 해석하고, III장에서는 2중 대기행렬 한계치 QLT 알고리즘 및 히스테리시스성 QLT알고리즘을 제안하였다. IV장에서는 시뮬레이션 및 그 결과를 고찰하며 가장에서 결론을 맺는다.

II. 우선순위 스케줄링의 해석

우선순위 스케줄링의 기본적 동작은 음성과 같은 지연민감 서비스를 데이터와 같은 손실민감 서비스보다 우선적으로 서비스하는 것이다. 재시도 대기행렬 시스템(Retrial queueing system)에서는 통화유량 도착시 빈 트렁크가 발견되면 서비스를 완료할 수있으나, 트렁크가 모두 사용중이면 재시도 그룹에 들어온 후 평균시간 $1/\alpha$ 인 지수분포의 확률 시간후에 재시도를 반복한다.¹⁹⁾

2종류의 입력 통화유량을 갖는 재시도 대기행렬 시스템에서는 재시도 간격의 평균을 각각 $1/\alpha_1$, $1/\alpha_2$ 로 하고 그중 α_1 을 무한대로 접근시키면, 재시도의 평균시간이 0 이 되어, 이는 마치 버퍼대기 후 즉시 서비스 받는 것과 같이 고려될 수있다.¹⁸⁾

ATM망의 서비스를 실시간 통화유량과 비실시간 통화유량으로 대별할때, 각각에게 α_1, α_2 의 파라미터를 부여하면 실시간 통화유량에게는 버퍼를 갖는 일반 대기행렬 시스템으로서 비실시간 통화유량에 대해 우선순위를 갖게된다. 통화유량 발생을 포아송 과정으로 가정하고, 통화유량의 처리시간은 일반분포로 가정한 재시도 대기행렬시스템(M/G/1 retrial queue)에서는 imbedded Markov chain방법, 보조 변수(supplementary variable)방법, 그리고 Markov regenerative process방법으로 수학적 해석이 가능해진다.

본 논문에서는 실시간과 비실시간 통화유량을 갖는 M/G/1 재시도 대기행렬 시스템을 해석키 위해 시간 t 순간 서비스 받고있는 셀의 남은 서비스 시간을 보조변수로 하였다.^{18,9,10,11)}

$N_1(t)$, $N_2(t)$, 및 $S(t)$ 를 각각 시간 t 에서 우선순위 그룹에 있는 실시간 셀의 수, 재시도 그룹에 있는 비실시간 셀의 수, 및 남은 서비스 시간으로 하면

$(N_1(t), N_2(t), S(t), \xi(t))$ 는 $\{0, 1, 2, \dots\} * \{0, 1, 2, \dots\} * [0, \infty) * \{0, 1\}$ 의 4차원 표본공간을 갖는 Markov process가 된다. 여기서 $\xi(t)$ 는 트렁크가 비면 0, 사용중이면 1의 값을 갖는다.

그림 1은 2 종류 통화유량을 처리하기 위한 재시도 대기행렬시스템 모델이다.

$$q_j(t) = p(N_1(t) = j, \xi(t) = 0) \tag{1.a}$$

$$p_{ij}(t, x) dx = p(N_1(t) = i, N_2(t) = j, x < s < x + dx, \xi(t) = 1) \tag{1.b}$$

이라 정의하고, 시간 t 를 무한대로 하면 정상상태에 대해서 다음과 같은 Chapman-Kolmogorov 차분 미분 방정식을 얻는다.

$$q_j(j\alpha + \lambda_1 + \lambda_2) = P_j(0) \tag{2.a}$$

$$\frac{\partial P_{0j}(x)}{\partial x} = -\lambda P_{0j}(x) + \lambda_2 P_{0,j-1}(x) + b(x)P_j(0) + (j+1)\alpha b(x)q_{j+1} + \lambda b(x)q_j \tag{2.b}$$

$$\frac{\partial P_{ij}(x)}{\partial x} = -\lambda P_{ij}(x) + \lambda_2 P_{i,j-1}(x) + \lambda_1 P_{i-1,j}(x) + b(x)P_{i+1,j}(0) \tag{2.c}$$

미분방정식을 풀기위해 (2.a)와 (2.b)에 Laplace 변환을 취하기 위한 정의식과 그의 결과는 다음과 같다.

$$P_j^*(\theta) = \int e^{-\theta x} P_j(x) dx \tag{3}$$

$$-\theta P_{0j}^* = -\lambda P_{0j}^*(\theta) + \lambda_2 P_{0,j-1}^*(\theta) + b^*(\theta)P_j(0) + (j+1)\alpha b^*(\theta)q_{j+1} + \lambda b^*(\theta)q_j \tag{4.a}$$

$$-\theta P_{ij}^* = -\lambda P_{ij}^*(\theta) + \lambda_2 P_{i,j-1}^*(\theta) + \lambda_1 P_{i-1,j}^*(\theta) + b^*(\theta)P_{i+1,j}(0) \tag{4.b}$$

또 차분 방정식의 해를 얻기위해 확률 발생함수 (PGF)의 정의 및 정의한 확률 발생함수를 이용한 결과는 다음과 같다.

$$Q(Z_2) = \sum_{j=0, \dots, \infty} q_j Z_2^j \tag{5.a}$$

$$P_0^*(\theta, Z_2) = \sum_{j=0, \dots, \infty} q_{0j}^*(\theta) Z_2^j \tag{5.b}$$

$$P_i^*(\theta, Z_2) = \sum_{j=0, \dots, \infty} q_{ij}^*(\theta) Z_2^j \tag{5.c}$$

$$\lambda Q(Z_2) + \alpha Z_2 Q'(Z_2) = P_0^*(\theta, Z_2) \tag{6.a}$$

$$(\theta - \lambda + \lambda_2 Z_2) P_0^*(\theta, Z_2) = P_{00}(0, Z_2) - b^*(\theta) [P_0(0, Z_2) - \alpha Q'(Z_2) - \lambda Q(Z_2)] \tag{6.b}$$

$$(\theta - \lambda + \lambda_2 Z_2) P_i^*(\theta, Z_2) + \lambda_1 P_{i-1}^*(\theta, Z_2) = P_i(0, Z_2) - b^*(\theta) P_{i+1}(0, Z_2) \tag{6.c}$$

트렁크가 빌때와 사용중일 각각의 경우에 대해 (N_1, N_2, ξ) 의 정적분포 $Q(Z_2), P^*(\theta, Z_1, Z_2)$ 가 구해지고, 그로부터 트렁크 빌때의 N_2 평균치, 사용중일때의 N_1, N_2 의 각각의 평균치를 구한 결과는 다음과 같다.

$$E[N_2, \xi = 0] = \lambda_1 \rho / \alpha \tag{7}$$

$$E[N_2, \xi = 1] = \frac{\lambda_1^2 b_2}{2(1-\rho)(1-q\rho)} + \frac{\lambda_1 \rho^2}{\alpha(1-\rho)} \tag{8}$$

$$E[N_1, \xi = 1] = \frac{\lambda_1^2 b_2}{(1-q\rho)} \tag{9}$$

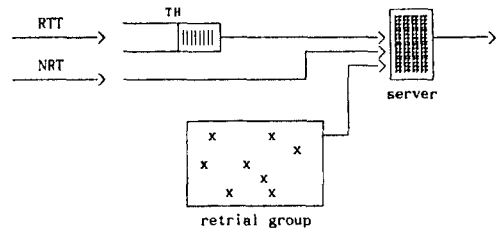


그림 1. 재시도 대기행렬시스템 모델
Fig. 1. Retrial queueing system model.

III. 개선된 동적우선순위 스케줄링 알고리즘

1. 이중 대기행렬 한계치 QLT

QLT 알고리즘은 실시간통화유량과 비실시간통화유량을 대상으로 처리하며 우선순위의 결정은 큐잉된 비실시간 셀의 수가 대기행렬 한계치보다 크거나 작은 경우에 비실시간통화유량이나 실시간통화유량을 각각 선택하여 우선순위로 서비스하는 방법이다.

그러나 비실시간 통화유량내에도 지연민감도의 정도차이가 있고 그에 따라 서비스의 우선순위로 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 셀손실이 증가한다.

둘째, 대기행렬 한계치가 크게 설정되는 경우 셀의 수가 대기행렬 한계치에 도달할 때까지는 실시간통화유량에게 우선순위로 서비스되고 확률적으로 이 기회가 증가하므로, 비실시간 통화유량에게는 많은 지연이 초래된다.

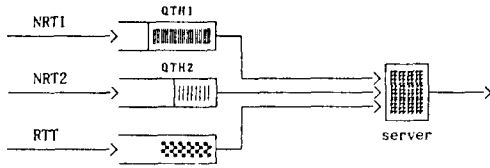


그림 2. DQLT 모델
Fig. 2. Model of double queue threshold QLT.

본 논문에서 제안한 2중 대기행렬 한계치 QLT 알고리즘은 비실시간통화유량 내에 서비스의 특성에 따라 지연민감도가 다른 통화유량 등급의 구분이 가능하다는 가정하에¹⁴, 2개의 등급 비실시간통화유량1(NRT1)과 비실시간통화유량2(NRT2)를 고려하고 각각의 대기행렬 한계치를 설정한다. 이 때 AAL의 통화유량등급 중 비실시간통화유량은 2종류이므로 2개의 대기행렬 한계치가 필요하다. DQLT 알고리즘의 처리 대상은 그림 2와 같이 RTT와 NRT1 그리고 NRT2이며, 각 버퍼는 독립적이며 FIFO로 서비스한다.

```

SVC(trf1, trf2, trf3)
: trf1, trf2, trf3 의 순서로 우선순위서비스한다.
procedure QLT(QTH1, QTH2, qNRT1, qNRT2, NRT1, NRT2, RTT)
//QTH1은 DQLT 알고리즘의 대기행렬 한계치1 이고,
//QTH2는 DQLT 알고리즘의 대기행렬 한계치2 이다.
qNRT1은 비실시간통화유량 버퍼1에서 NRT1의 셀의 수이고,
qNRT2은 비실시간통화유량 버퍼2에서 NRT2의 셀의 수이다.
NRT1, NRT2, RTT은 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
end QLT
    
```

그림 3. DQLT 알고리즘
Fig. 3. Double queue threshold QLT algorithm.

처리방법은 NRT1과 NRT2의 버퍼에 큐잉된 셀의 수와 각각의 대기행렬 한계치와 비교하여, 대기행렬 한계치보다 큐잉 셀 수가 많은 통화유량에게 우선순위서비스를 한다. 만일 두 등급 모두 각각의 대기행렬 한계치를 넘지 못하면 RTT에게 우선순위를 부여

하고 다음 우선순위는 대기행렬 한계치에 대한 큐잉 셀 수의 비가 큰쪽을 먼저 서비스한다. 역으로 2개 등급의 큐잉 셀 수가 각각의 대기행렬 한계치를 동시에 넘으면 각각의 대기행렬 한계치에 대한 큐잉 셀 수의 비가 큰쪽부터 서비스하고 끝으로 RTT를 서비스한다. 그림 3은 DQLT 알고리즘의 흐름도이다.

2. 히스테리시스싱 QLT

QLT 알고리즘은 큐잉된 비실시간셀의 수가 대기행렬 한계치보다 클경우 NRT에게 우선순위를 부여한다. 이 때 NRT 서비스가 시작되면 곧 비실시간 셀의 수가 대기행렬 한계치보다 작게되어 RTT를 서비스해야한다. 이러한 반복은 짧은 시간에 계속되어 출력링크의 상태를 불안정하게하고 서비스품질을 저하시킨다.¹⁵

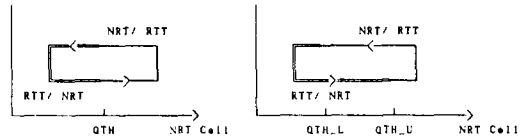


그림 4. QLT와 HQLT의 비교
Fig. 4. Comparison of QLT and HQLT.

```

SVC(trf1, trf2)
: trf1, trf2의 순서로 우선순위서비스한다.
procedure HQLT(QTH_L, QTH_U, qNRT, NRT, RTT)
//QTH_L은 HQLT 알고리즘의 대기행렬 한계 하한치이고,
//QTH_U는 HQLT 알고리즘의 대기행렬 한계 상한치이다.
qNRT은 비실시간통화유량 버퍼에서 NRT의 셀의 수이다.
NRT, RTT는 각각 비실시간통화유량, 실시간통화유량이다. //
while qNRT >= QTH_U do
SVC(NRT<RTT)
case
:qNRT >= QTH_L :SVC(NRT, RTT)
:else: SVC(RTT, NRT)
end
end
end HQLT
    
```

그림 5. HQLT 알고리즘
Fig. 5. Hysteresis effect QLT Algorithm.

본 논문에서 적용된 히스테리시스싱 QLT는 대기행렬 한계상한치와 한계하한치를 설정하여 버퍼의 과거상태 값에 따라 통화유량의 우선순위를 판단하고 처리한다. 그림 4의 QLT와 HQLT 비교에서와 같이 HQLT에서는 비실시간셀의 수가 대기행렬 한계상한치가 될때까지는 RTT를 우선순위 서비스하다가 비실시간셀이 한계상한치보다 커지면 NRT를 서비스한다. NRT서비스에 따라 셀이 감소하여 대기행렬 한계하한치에 이를 때까지는 NRT를 서비스하고, 비실

시간 셀의 수가 하한치보다 작아지면 RTT를 서비스한다. 그림 5는 HQLT 알고리즘의 흐름도이다.

IV. 모의실험 및 결과고찰

1. 모의실험 여건

ATM 스위칭 노드 입력단에서의 동적 우선순위 스케줄링에서는, DQLT의 경우에는 3개의 입력버퍼를 이용하여 2개 등급의 NRT와 1개 등급의 RTT. 그리고 HQLT는 2개의 버퍼로 RTT와 NRT를 대상으로, 우선순위에 따라 통화유량을 출력링크의 최대용량까지 서비스하는 것을 가정하였으며 각각 한개의 버퍼 내에서는 같은 특성을 갖는 통화유량으로서 우선순위가 없는 것을 가정하였다.

각 통화유량 등급은 AAL 프로토콜 기능 타입 1, 2, 3, 4 가 제공하는 서비스 등급 A, B, C, D에 근거하였으며, 표1은 서비스 유형별 통화유량모델을 보인 것이다. 스위칭 노드의 출력링크 전송속도는 150Mbps, 각 셀의 평균 서비스시간은 2.83 μ s이며 각 통화유량은 등급 별로 동등한 비율로 코딩된다고 가정하였다.¹³

DQLT의 처리대상 중에는 손실에 민감한 2종류의 통화유량 NRT1과 NRT2가 있는데 이들의 손실 허용치는 같고, 다만 지연의 허용치가 다르다는 가정으로¹⁴ 지연에 민감할수록 대기행렬 한계치를 작게 설정하였다. 한편 실시간 통화유량과 비실시간통화유량 내에 존재하는 각 등급간의 손실민감도의 차이는 고려하지 않았다.^{13,14}

표 1. 다중등급 통화유량
Table 1. Multiclass traffic.

| 속성 형태 | A 형 | B 형 | C 형 | D 형 |
|--------|---------|-----------------|-------------|--------|
| 연결성 | 연결위주 | 연결위주 | 연결위주 | 비연결위주 |
| 실시간성 | 실시간성 | 실시간성 | 비실시간성 | 비실시간성 |
| 비트율 | 일정 | 가변 | 가변 | 가변 |
| 정보형태가정 | 음성 | 비디오 | 연결데이터 | 비연결데이터 |
| 통화유량모델 | 2-s MP | 2-s MMPP | CPP | PP |
| 셀간격 | 13.25ms | 21.2/42 μ s | 424 μ s | 0.353s |
| 셀간분포 | 균등 | 지수 | 지수 | 지수 |

알고리즘의 성능평가는 DQLT의 대기행렬 한계치가 변화할 때 실시간통화유량과 비실시간통화 유량의 셀손실 허용치의 한계 및 지연 허용치의 한계를 만족할 수있는 최적 한계치를 찾고, 이 값을 평균으로하면서 DQLT의 한계치1과 한계치2가 상호변화할 때 각각 처리된 대상 통화유량의 질을 보증하면서 서비스할 수있는 DQLT의 최적치를 대상으로, QLT메카

니즘에서 단일 한계치를 적용했을 때에 비해 DQLT에서 2중 한계치를 적용했을 때의 셀손실율과 평균지연의 향상을 확인하였다.

2. 통화유량 발생

통화유량 등급 A는 음성을 가정하였다. 음성 단말기의 통화유량 특성은 IPP를 따른다. 통화유량 원은 발음구간과 묵음구간으로 구성된 패턴을 생성하며 발음구간과 묵음구간의 지속시간은 각각 352ms와 650ms의 평균을 갖는 지수분포를 따르며 이들은 통계적으로 서로 독립적이다. 발음구간에 대해서는 32kbps의 코딩을 가정하여 13.25 ms 마다 셀이 균등한 간격으로 발생된다. IPP (Interrupted PP)의 경우는 on - off구간이 각각 평균 α^{-1} , β^{-1} 을 갖는 지수분포이고, 트랙픽 발생률 λ 및 변동계수 제곱값 Ca^2 (variance / mean²), 그리고 skewness Sk 은 (3차 중앙 모멘트 / 분산^{1.2}) 다음과 같다.¹²

$$\lambda = \frac{\beta}{T(\alpha + \beta)} \tag{10. a}$$

$$Ca^2 = \frac{1 - (1 - \alpha T)}{T^2(\alpha + \beta)} \tag{10. b}$$

$$Sk = \frac{2\alpha T[\alpha^2 T^2 - 3\alpha T + 3]}{[\alpha T^2(2 - \alpha T)]^{1.5}} \tag{10. c}$$

통화유량 등급 B는 영상을 가정하였으며, 영상 통화유량 특성은 2 state MMPP(Markov Modulated PP)를 따른다고 가정하였다. 2s-MMPP는 천이율을 r_1 , r_2 라 하고, 각각의 도착율을 λ_1 , λ_2 라 하면, 평균 도착률 λ 및 분산계수(index of dispersion) I (t) 는 다음과 같다.¹²

$$\lambda = \frac{r_1 \lambda_1 + r_2 \lambda_2}{r_1 + r_2} \tag{11. a}$$

$$I(\infty) = 1 + \frac{2(\lambda_1 - \lambda_2)^2 r_1 r_2}{(r_1 + r_2) \lambda_M} \tag{11. b}$$

통화유량 등급은 C는 벌크 데이터로 가정하고 벌크 데이터의 통화유량 특성은 CPP(Compound PP)를 따른다고 가정했다. CPP는 $\{Y_i\} = i i d$ 일 때, 다음으로 정의된다.

$$X(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} Y_i \tag{12. a}$$

여기서 $N(T)$ 는 PP이다. 특히 $Y_i = 1$ 일때 $X(t)$ 는 포아송 프로세스가 되며, $Y_i = 1, 2, 3$ 일때 $X(t)$ 는 벌크도착을 의미한다. CPP의 기대값과 분산은 다음과 같다.¹⁰

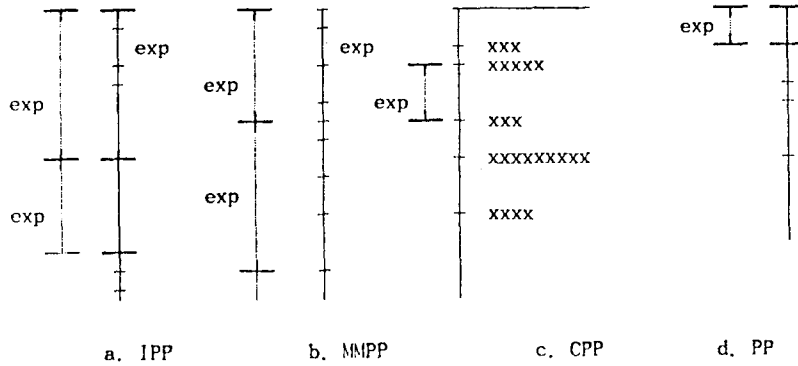


그림 6. 다중등급 통화유량의 발생패턴

Fig. 6. Multiclass traffic generating pattern.

$$E[X(t)] = \lambda t E[Y] \tag{12. b}$$

$$\text{Var}[X(t)] = \lambda t E[Y^2] \tag{12. c}$$

통화유량 등급 D는 교신형 데이터로, 데이터 통화유량은 PP를 따른다고 가정하고 데이터 단말기의 데이터 생성속도는 1200bps로 가정 했으므로 셀의 평균 도착시간 간격은 평균이 0.353 s인 지수분포를 따른다. ^[10] PP(possion process)에 근거하여 발생된 트래픽의 평균 및 분산은 다음과 같다.

$$E[x] = \mu^{-1} \tag{13. a}$$

$$\text{var}[x] = \mu^{-2} \tag{13. b}$$

다중등급 통화유량의 발생패턴은 그림 6과 같다.

3. 시뮬레이션 결과고찰

1) 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 증가함을 그림 7와 그림 8에서 보이고있다.

평균 지연에 있어서 NRT1이 NRT2에 비해 조금 큰 값을 갖는것은 통화유량 특성으로서, 즉 통화유량 등급 C는 벌크형태의 데이터로서 많은 셀이 거의 동시에 도착하여 서비스를 기다리므로 지연이 커진것으로 해석되며, 통화유량 밀도가 높을수록 평균 지연의 증가는 물론 지연 변동율이 증가 한다. QLT 알고리즘에서 셀 손실율과 평균지연을 원만하게 만족하는 대기행렬 한계치는 하한치와 상한치의 범위에서

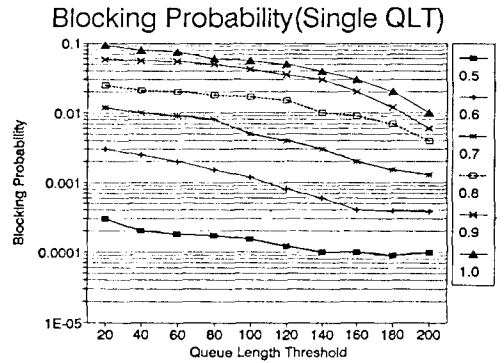


그림 7. QLT의 셀손실율

Fig. 7. CLP of MLT.

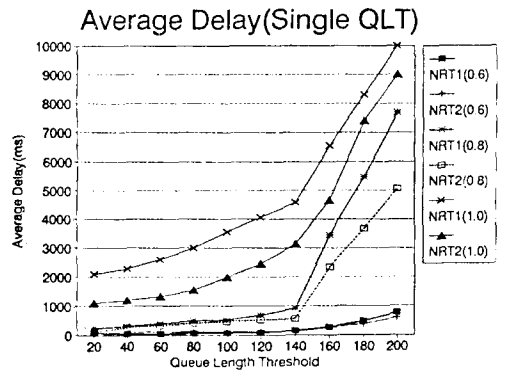


그림 8. QLT의 평균지연

Fig. 8. Average delay of QLT.

QTH=140으로 판단된다.

그림 9와 그림 10은 2중 대기행렬 한계치 QLT에서 두개의 한계치가 상호 변화할때 통화유량밀도에

Blocking Probability(Double QLT)

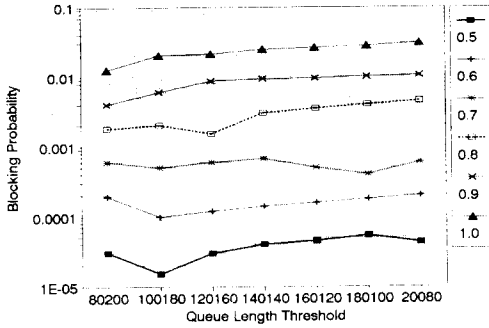


그림 9. 2중 대기행렬 한계치 QLT의 셀손실율
Fig. 9. CLP of Double queue threshold QLT.

Compare-QLT

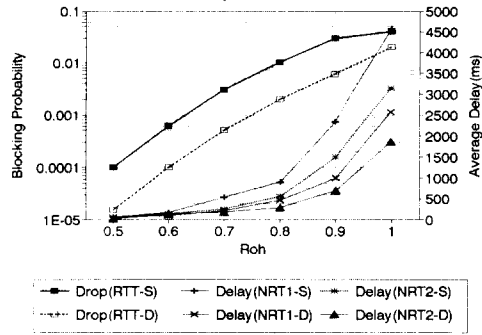


그림 11. QLT 와 2중 대기행렬 한계치 QLT의 비교
Fig. 11. Comparison of QLT and Double queue threshold QLT.

Average Delay(Double QLT)

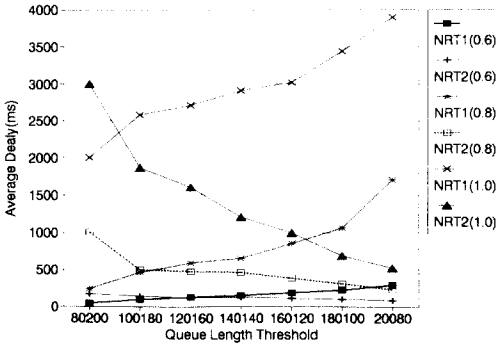


그림 10. 2중 대기행렬 한계치 QLT의 평균지연
Fig. 10. Average delay of Double queue threshold QLT.

따른 셀 손실율과 평균지연이다. 두개의 한계치 Q_{TH1} 과 Q_{TH2} 의 평균치는 앞에서 결정된 $Q_{TH}=140$ 으로 하였으며, Q_{TH1} 의 증가와 함께 Q_{TH2} 의 동시 감소에 대해서, 셀 손실율은 큰 변화를 보이지 않는다.

한편 평균지연에 있어서는, Q_{TH1} 의 증가에 따라 대상 통화유량인 NRT1은 증가하고 Q_{TH2} 의 감소에 따라 NRT2의 평균지연은 감소함을 알 수 있다. 따라서 셀 손실율과 평균지연을 두루 만족하는 값은 $[Q_{TH1}, Q_{TH2}] = [160, 120]$ 으로 판단된다.

그림 11은 QLT와 DQLT를 통화유량 밀도변화에 따라 비교한 것이다. 이들 곡선으로 부터 다음 사항을 확인할 수 있다. 첫째, 제한한 DQLT는 비실시간 통화유량을 지연 민감도의 대소에 따라 대기행렬 한계치를 달리 설정하므로 QLT 메카니즘보다 셀 손실율과 평균지연 면에서 훨씬 우수한 성능을 보인다.

Blocking Probability (QLT vs HQLT)

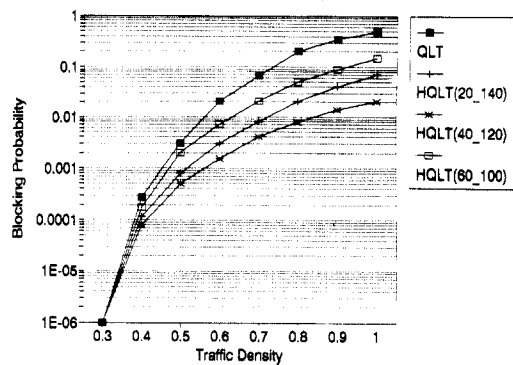


그림 12. 히스테리시스성 QLT 셀손실율
Fig. 12. CLP of Hysteresis effect QLT.

둘째, NRT1보다 NRT2는 지연 민감도가 더 크다는 가정하에 지연 민감도가 클수록 대기행렬 한계치를 작게 요구한다. 결과 $[Q_{TH1}, Q_{TH2}] = [160, 120]$ 에서 만족한 성능을 얻을 수 있음을 보인다.

2) 히스테리시스성 QLT

한개의 한계치에 대해서만 동작하던 QLT 알고리즘과는 달리 히스테리시스성 QLT는 한계상한치와 한계하한치를 갖는다. HQLT의 한계상한치와 한계하한치는 QLT 알고리즘에서 설정된 한계치를 평균값으로 하고 이로부터 일정한 대기행렬 간격 만큼 상하로 이동한 점에서 한계상한치와 한계하한치를 설정한다.

그림 12과 그림 13은 같은 통화량을 처리할 때 QLT와 HQLT 알고리즘의 통화유량 밀도별 RTT의 셀손실율과 NRT의 평균지연을 보인 것이다.

QLT는 대기행렬 한계치 QTH=80에서, 그리고 HQLT에서는 한계하한치와 한계상한치 Lower_Upper 가 20_140 부터 60_100까지의 변화를 보였다. 공통적으로 QLT보다 HQLT는 우수한 성능을 보이며, HQLT는 QLT의 한계치 QTH=80으로 부터 간격이 떨어진, 즉 일정한 값까지에 대해서는 한계상한치와 한계하한치의 차이가 클수록 성능이 좋아진다. 이것으로 HQLT의 한계 최적치는 Lower_Upper = 40_120 으로 판단된다.

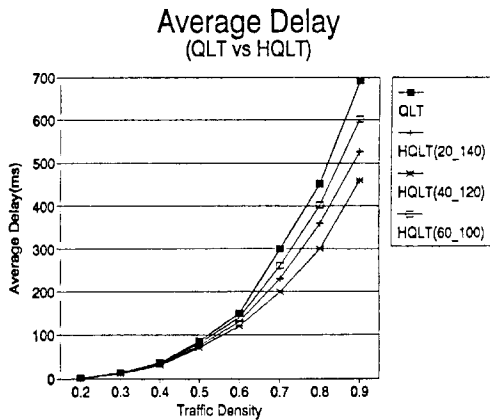


그림 13. 히스터리시스성 QLT 평균지연
Fig. 13. Average delay of HQLT.

V. 결론

본 논문은 2종류 이상의 통화유량을 갖는 서비스를 제공하기 위한 우선순위 스케줄링에 관한 연구로서, 재시도 그룹을 갖는 대기행렬시스템을 통해 우선순위 스케줄링을 해석하고 동적 우선순위 스케줄링으로서 히스터리시스성 QLT를 제안하고 제안된 알고리즘 성능을 컴퓨터 모의실험을 통해 분석하였다.

또 QLT 알고리즘을 대기행렬 한계치의 함수로 성능분석하고 이것으로 부터 얻은 대기행렬 한계치를 제안한 DQLT 알고리즘에 적용하여 성능평가를 하였다. DQLT 방법에서는 비실시간통화유량 중에서 지연 민감도가 높은 서비스일수록 작은 값의 대기행렬 한계치를 요구함을 알수있다.

또 비실시간통화유량중 지연 민감도가 다른 2개 이상의 통화유량 처리시는 지연 민감도에 따라 서로 다른 한계치를 적용할 수있는 DQLT가 QLT보다 성능이 우수함을 알 수있다. 결과적으로 DQLT에서는 대기행렬 한계치 조합이 변화할때 후반부인 [QTH1,

QTH2] = [160,120] 에서 실시간통화유량과 2 개 등급의 비실시간통화유량 서비스를 만족함을 확인하였다.

끝으로 QLT와 히스터리시스성 QLT를 비교하였다. 제안한 HQLT는 버퍼의 안정성으로 인해 NRT 와 NTT의 통신환경에서도 기존의 QLT에 비해 성능이 우수함을 알수있다. 결과적으로 한계치의 최적점인 Lower_Upper = 40_120 까지는 상한과 하한이 차이가 있을수록 성능이 향상됨을 확인하였다.

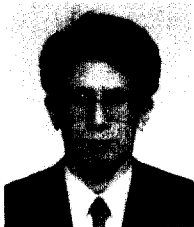
이상과 같이 2중 한계치를 이용한 동적 우선순위 스케줄링이 QLT보다 성능이 우수함을 보였다. 향후 동적 우선순위스케줄링의 수학적 성능분석 및 그를 위한 수학적 해석 및 모델연구가 그의 복잡성으로 인해 어려움은 있으나 계속 연구되어야할 것으로 사료되며, 이는 복합정보서비스 및 고속통신 환경의 통화유량제어에 이용될 것이다.

參考文獻

- [1] H.Jonathan Chao, "A Novel Architecture for Queue Management in ATM Networks", *IEEE Globecom '91*, vol. 3, 42.2., 1991.
- [2] Yasushi Takagi, Shigeki Hino, Tatsuro Takahashi, "Priority Assignment Control of ATM Line Buffers with Multiple QOS Classes", *IEEE Journal on Selected Area in Communications*, vol. 9, nO. 7, Sep. 1991.
- [3] CCITT Draft Recommendation, "Traffic Control and Resource Management in BISDN", I.371, WP 18, Melbourne, Dec. 1991.
- [4] Jaime Jungok Bae, Tatsuya Suda, "Survey of traffic Control Protocols in ATM Networks", *IEEE Globecom*, 300, 1.1 ppl-6, 1990.
- [5] Renu Chipalkatti, James F. Kurose, Don Towsley, "Scheduling Policies for Realtime and Non Realtime Traffic in a Statistical Multiplexer", *IEEE Infocom* 1989.
- [6] Jay M. Hyman, Aurel A. Lazar, Giovanni Pacifici, "Real Time Scheduling with Quality of Service Constraints", *IEEE JSAC*, vol. 9, nO.7

- Sep. 1991.
- [7] Kyoo Jeong Lee, Youngho Lim. "Performance Analysis of the Congestion Control Scheme in Signaling System nO.7". *IEEE Infocom '89*. Proceedings. 1989.
- [8] Bong Dae Choi and Kwang Kyu Park. "The M/G/1 Retrial Queue with Bernoulli Schedule". *Queueing System* 7. p219-p228. 1990.
- [9] T. Yang, J. G. C. Templeton. "A Survey on Retrial Queues". *Queueing Systems* 2. p201. 1987.
- [10] Leonard Kleinrock. *Queueing system*. vol. 1.2. John Wiley and Sons. 1976.
- [11] Per Hokstad. "A Supplementary Variable Technique to the M/G/1 Queue". *Scand J Statist* 2. 1975.
- [12] Takashi Okuda, Haruo Akimaru, Kazunori Nagai. "Performance Evaluation for Multiclass Traffic in ATM Systems". *IEEE ICC '92*. 1992.
- [13] H. Rudin, R. Williamson. "Protocol for High-Speed Networks". North-Holland. 1989.
- [14] 정상국, 진용욱. "ATM 망에서 다중등급 통화 유량처리를 위한 동적 우선순위 스케줄링에 관한 연구". 한국통신학회논문지, 제 18권 제 2호, 1993.2.
- [15] Sang Gug Jong, Yong Ohk Chin. "Algorithm on Dynamic Priority Scheduling for Heterogeneous Traffic". *18th Conference on Local Computer Networks*. IEEE Computer Society. p. 380-387. 1993.

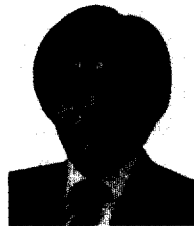
 著者紹介



丁相國(正會員)

1956年 11月 2日生. 1980年 경희대학교 전자공학과(공학사). 1982年 경희대학교 대학원(공학석사). 1985年 프랑스 파리 6대학 대학원(DESS). 1992年 경희대학교 대학원(박사과정수료). 1987年 ~

현재 한국통신 연수원 근무.



陳庸玉(正會員)

1943年 3月 21日生. 1968年 연세대학교 전기공학과(공학사). 1975年 연세대학교 대학원(공학석사). 1981年 연세대학교 대학원(공학박사). 1980年 통신기술사. 1976年 ~ 현재 경희대학교 전자공학과

교수.