

# ATM 트래픽 특성에 따른 통합 동적 우선 순위 기법에 관한 연구

準會員 崔 爽 圭\* 正會員 李 東 豪\*\*

## A Study on Integrated Dynamic Priority Methods Based on ATM Traffic Characteristics

Seok Kyu Choi\*, Dong Ho Lee\*\* *Regular Members*

### 요 약

ATM은 안정성과 서비스 응용의 유연성 등으로 이미 그 우수성이 입증되었지만 다양한 특성을 가진 트래픽과 그에 따른 사용자 요구 QoS때문에 트래픽 제어 방법 등에 관해 많은 연구가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 입력 트래픽 소스를 좀 더 실제 트래픽과 유사하게 하기 위하여 서로 다른 특성을 가지는 4개의 클래스로 구분하고 트래픽 발생 장치 구성을 하여 시간 동적 우선 순위 기법인 DMLT와 DQLT의 장점을 가지는 통합 동적 우선 순위인 IDP 기법을 제시하고자 한다.

즉, 트래픽 클래스 각각에 대한 입력 큐를 구성하고 큐에 대한 서로 다른 임계값을 두어 변형된 형태의 DMLT와 DQLT 기법을 적용한다. 이는 기존의 DMLT의 낮은 손실률과 DQLT의 낮은 지연 시간의 장점을 가지고 좀더 신뢰성이 있으며 안전성을 가지는 기법을 제시하는데 그 목적이 있다.

### ABSTRACT

It was already proved that ATM has stability and flexibility of service applications, but because of the various characteristics of traffic and the QoS on user demand caused by them, there are so many researches for traffic control method.

In this paper, in order to give the more similar properties of the real traffic to the existing input traffic source, dividing them into four classes with different characteristics, and We propose the integrated dynamic priority method, IDP which has advantages of the DMLT and the DQLT for timed dynamic priority.

\* 한국통신 연구개발본부 통신망 연구소

\*\* 광운대학교 전자계산학과, 기초과학연구소

論文番號: 95427-1214

接受日字: 1995年 12月 14日

Thus, it makes input queues about each of traffic classes and thresholds, and then use modified DMLT and DQLT methods. It has goal that proposed method to get more reliability and stability with advantages low loss of the DMLT, low delay of DQLT.

## I. 서 론

ATM은 수 Kbps의 저속에서부터 수백 Mbps의 고속 트래픽까지 지원할 수 있는 유연성을 가지고 있으며, 가변 비트율(VBR: Variable Bit Rate) 트래픽과 연결형(Connection-Oriented) 및 비연결형(Connectionless)의 응용에 이르기까지 폭 넓게 사용할 수 있는 우수한 전송 교환 기법이다. 하지만 다양한 형태의 트래픽과 그것에서 야기되는 서로 다른 서비스 품질(QoS: Quality of Service)때문에 ATM에서는 트래픽 제어에 대한 연구가 중요시되고 있다. 현재 여러 저속망에 사용되는 기법들이 트래픽과 과잉밀집제어(Congestion Control)를 목적으로 초기에 연구, 개발되었으나 대부분의 기존 트래픽 제어와 과잉밀집제어의 접근 방식은 BISDN/ATM의 초고속망에는 적합하지 않음이 판명되었다.[2]

이에 따라 ATM망의 특성에 맞는 제어 기법들이 연구되어 왔다. 일반적으로 ATM에서는 네트워크 단계, 호(Call)단계, 버스트(Burst)단계, 셀(Cell)단계의 4가지 단계로 구분하여 제어한다.

본 논문에서는 셀 단계 제어중 우선 순위 기법을 그 기반으로 하고 기존의 트래픽을 지연과 손실(Loss) 정도에 따라 4개의 세분화된 트래픽 클래스로 나누며 DMLT와 DQLT의 장점을 가지는 통합 동적 우선 순위 기법인 IDP 기법을 제시하고자 한다. 즉, 각각의 트래픽 클래스 1, 2, 3, 4에 대해 서로 다른 임계값을 두고 서비스 받을 트래픽의 우선 순위를 결정하여 망의 상태에 따른 동적 스케줄링 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ATM상에서 여러 가지 트래픽들의 특징과 본 논문에서 사용하고자 하는 트래픽들을 클래스별로 모델링한다. 그리고 기존의 여러 제어 방법에 관해서도 알아본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 기법에 대해 설명하고, 4장에서는 동적 우선 순위 기법들에 대한 시뮬레이션 방법 및 구조에 대해 설명하고 실험 결과를 살펴본다. 마지막으로 5장에서 본 논문에 대한 결론과

향후 과제에 대해 알아본다.

## II. ATM트래픽 모델 및 제어방법

### 2.1 트래픽 클래스

ATM망에서, 트래픽은 표 1과 같이 크게 4개의 클래스로 구별할 수 있다.

일반적으로 실시간 트래픽(RTT: Real Time Traffic)은 가장 높은 지연 우선 순위를 가지고 인터랙티브 트래픽(Interactive Traffic)이나 배치 화일 전송 트래픽 같은 비 실시간 트래픽(NRT: Non-Real time Traffic)은 낮은 우선 순위를 갖는다.[3] 실시간 트래픽이 가장 높은 우선 순위를 가지는 이유는 버스티(Bursty)한 인터랙티브 트래픽과의 통계적 다중화(Statistical Multiplexing)에 의한 지터(Jitter)의 영향을 피하고자 함에 있다.

그리고 같은 RTT, NRT 클래스에 속한 트래픽이라도 표 1의 예처럼 지연 민감 정도에 따라 다시 두개의 클래스로 세분화할 수 있다. 클래스 1과 2는 대역폭 관리와 할당을 기반으로 하는 실시간 트래픽의 과잉밀집제어(Congestion Control) 관점에서, 클래스 3과 4는 데이터의 손실을 제어의 중심으로 로컬(Local)과 종단간(End-to-End) 모두에서 생각하여야 한다. 즉, 각 트래픽 클래스는 각 트래픽이 요구하는 QoS를 중심으로 서로 다른 과잉밀집제어를 행하여야 한다.

표 1. 서비스 형태에 따른 트래픽 파라미터

Table 1. Traffic parameters according to service types

클래스	구분	지연	손실	사용예
1	실시간	(지터)허용	허용	음성
2		(지터)민감		비디오
3	비실시간	민감	민감	인터랙티브
4		허용		배치화일전송

### 2.2 트래픽 모델링

본 논문에서는 클래스 1(음성소스)은 ON-OFF프로

세스로 모델링하고, 클래스 2(비디오소스)는 2-상태 MMPP(Markove Modulated Poisson Process)로, 클래스 3(인터랙티브 데이터 소스)은 PP(Poisson Process)로, 마지막 클래스 4(배치 데이터 소스)는 IPP(Interrupted Poisson Process)로 각각 모델링 하였다.[7],[9]

ON-OFF 모델은 단일 소스에서 발생한 버스트 트래픽, 서로 독립적이고 동등한 다중의 소스에서 발생한 트래픽, 한 노드에서 전송되는 한 링크상의 복합된 트래픽(Aggregate traffic)뿐만 아니라 CBR(Continuous Bit Rate)트래픽 등을 모델링 할 수 있다. 음성 소스는 ON-OFF 모델로서, ON 상태에서 음성 셀이 주기적으로 발생하며, OFF 상태에서 셀이 존재하지 않는다.

단일 ON-OFF 모델에서 ON 상태에 있는 시간을 ON 기간  $1/\alpha$ 이라고 하여 이 기간 동안에는 고정된 시간 간격을 사이에 두고 피크 전송률  $\lambda$ 로 패킷을 발생한다. OFF상태 기간  $1/\beta$ 에서는 패킷 발생이 없다. N-상태 ON-OFF 모델은 서로 독립적이고 동등한 N개의 소스에서 발생하는 트래픽을 모델링한것으로 각각의 상태는 ON 상태에 있는 소스의 개수를 나타낸다. 또한 ON과 OFF 기간은 각각  $1/\alpha$ ,  $1/\beta$ 인 기하분포를 따른다. 이에 대한 모델은 그림 1에 있다.

MMPP는 이중 포아송 프로세스로서 전송률 변화 과정은 마코프 체인의 상태에 의하여 결정된다. 이 모델은 그림 2에 나타냈다. MMPP는 다른 전송률을 갖는 두 가지 상태 I, II로 나눌 수 있다. 상태 I, II에

서의 각각의 상태의 평균 도착률은 포아송 분포를 따르는  $V_1$ 과  $V_2$ 가 되며 상태 전이율은 각각  $P_1$ ,  $P_2$ 이다. 사용된 파라미터  $P_1$ ,  $P_2$ 는 각 상태에서의 평균 지속 시간의 역수이며 이 모델은 주로 N개의 중첩된 소스에 대한 모델링이나 비디오 소스의 모델링에 이용된다.

그림 3의 IPP모델은 ON-OFF 모델의 변형으로 ON 상태 동안 셀들이 포아송 프로세스를 따라 도착하며 OFF 상태 동안에는 그 셀 도착 흐름의 포아송 프로세스가 일시 중단된다고 가정한다. 즉, 그림 1의 ON-OFF 모델에서 ON상태가 지수 분포를 따르는 평균  $1/P_1$  기간동안 포아송 분포를 따르는  $V$ 로 셀이 발생하는 특수한 모델이 된다.

### 2.3 트래픽 제어 방법

트래픽 제어의 목적은 망을 보호하고 망의 성능 목표를 달성하는데 있으며 부수적인 역할로서 망 자원을 최적화 하는 것이다. 그러나 일시적인 트래픽의 과 부하시 과도한 셀 손실 및 지연이 발생할 수 있다. 따라서, 사용자 관점에서 서비스 품질 보장과 망 관점에서의 이용 효율의 극대화라는 상반된 입장을 만족시키기 위해서는 다양한 특성의 트래픽들에 대한 효과적인 제어가 요구된다.

ATM의 트래픽 제어 및 과잉 밀집 제어 기능은 제어의 효과가 나타나는 빠르기에 따라 4 단계로 나눌 수

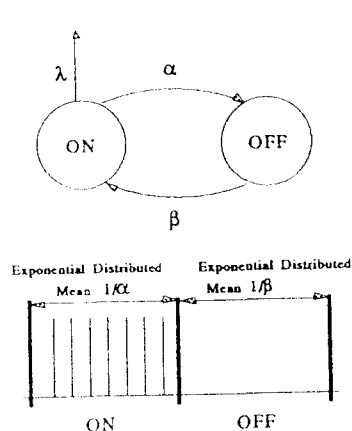


그림 1. ON-OFF 모델  
Fig. 1 ON-OFF Model

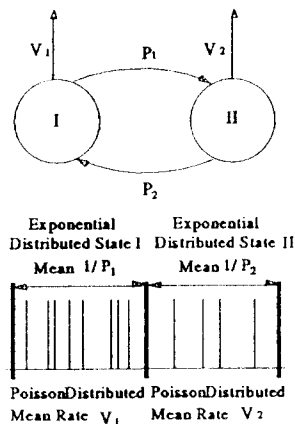


그림 2. MMPP 모델  
Fig. 2 MMPP Model

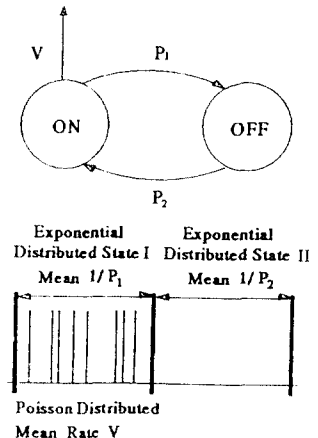


그림 3. IPP 모델  
Fig. 3 IPP Model

있는데 본 논문에서는 여러 쉘 단계 제어중 우선 순위 제어 기법을 기반으로 하고 있다. 우선 순위를 부여하는 방법에는 공간(Space) 우선 순위[5], 시간(Temporal) 우선 순위[6]제어의 두 가지 방법이 있다. 그리고 시간 우선 순위 방법은 다시 고정(Static or Fixed) 우선 순위 기법과 동적 우선 순위(DPS: Dynamic Priority Scheduling)기법으로 나눌 수 있다.

공간 우선 순위 기법의 가장 큰 특징은 과잉 밀집 발생시 손실을 어느 정도 허용하는 트래픽을 먼저 폐기함으로써 손실에 민감한 트래픽의 QoS를 만족시켜 주고자 하는 것이며 이에 따른 방법으로는 축출(PO: Push-Out), 부분버퍼공유(PB: Partial Buffer sharing), 경로분리(RS: Route Seperate)기법 등이 있다.[11]

공간 우선 순위 기법과 달리 시간 우선 순위 기법은 과잉 밀집이 발생되기 전에 미리 정해진 우선 순위 기법에 따라 제어하는 방법이다. 따라서 미연에 과잉 밀집 상태를 회피하는데 그 목적이 있다. 이에 는 고정 우선순위 기법과 동적 우선순위 기법으로 분류할 수 있다.

고정 우선순위 제어 기법은 항상 지연에 민감한 서비스에 높은 우선 순위를 부여하며, 서비스에 있어서 지연에 민감한 트래픽이 손실에 민감한 트래픽보다 항상 먼저 서비스 받는다. 이 방법으로는 고정된 우선 순위를 갖는 HOL(Head-of-the-Line)과 HOL에 클럭(Clock)을 두는 HOL-PJ(HOL Priority Jump)등이 있다.[4]

동적 우선순위 제어 기법은 고정 우선 순위 기법의 단점인 낮은 우선 순위 셀들의 QoS 저하를 막기 위해 유연한(Flexible) 제어 방법을 고려했다. 이 방법에는 다음과 같은 것들이 있다.

• MLT(Minimum Laxity Threshold)

MLT는 실시간 트래픽, 비실시간 트래픽 클래스를 입력 트래픽으로 가정한다. 실시간 트래픽 셀의 이완값(Laxity)이란 그 셀이 큐에서 방출되기 전까지 남아 있는 시간으로 정의할 수 있다.[8] 이 실시간 트래픽 셀의 최소 이완성을 이용하여 서비스 받는 우선 순위를 정한다.

즉, 큐에 들어 있는 실시간 트래픽 셀의 최소 이완이 그 큐의 임계값 L보다 작거나 같으면 우선권을 실시간 트래픽에 주고 그렇지 않은 경우 비실시간 트래

픽에 준다. 큐에 도달하는 실시간 트래픽 셀에는 고정된 실시간 이완값인  $\tau$ 를 가지고 있으며 이 값은 만일 한 타임 슬롯이 지나갈 때마다 하나씩 감소한다. 만일  $\tau$ 값이 0이 될 때까지 큐에서 방출되지 않으면 그 실시간 트래픽 셀은 폐기된다. 임계값 L과 이완값  $\tau$ 의 관계는  $0 \leq L \leq \tau$ 가 되며 이 값을 정하는 것이 두 트래픽 클래스간의 성능에 균형점(Tradeoff)이 된다.

• QLT(Queue Length Threshold)

QLT기법도 MLT와 마찬가지로 실시간 트래픽, 비실시간 트래픽 클래스를 입력 트래픽으로 가정한다. 이 방법은 비실시간 트래픽에 들어 있는 셀의 개수가 그 큐의 임계값 T보다 크면 비실시간 트래픽 셀에 우선권을 주고 그렇지 않은 경우 실시간 트래픽에 우선권을 주게 된다.

• DMLT(Double MLT)

일반적으로 ATM환경에서 실시간, 비실시간의 인분된 클래스로 트래픽을 단순히 나누는 것은 곤란하다. DMLT기법에서는 실시간 트래픽을 지터의 민감 정도에 따라 다시 두개의 클래스인 실시간 트래픽1(RTT1)과 실시간 트래픽2(RTT2)로 나눈다.

이 방식은 실시간 트래픽의 최소 이완값이 모두 각각의 큐의 임계값보다 작은 경우 각각의 최소 이완값과 임계값의 비(Ratio)를 구하여 작은 쪽의 트래픽을 서비스하고 모두 큰 경우 비실시간 트래픽이 서비스를 받는다. 이 방법은 RTT의 손실률이 DQLT보다 낮다는 장점을 가진다.[9]

• DQLT(Double QLT)

DQLT기법은 비실시간 트래픽을 지연의 민감 정도에 따라 두개의 클래스로 나누고 각각의 큐는 개별적인 임계값을 둔다. 이 방법은 DMLT와 달리 비실시간 트래픽들이 모두 각각의 큐의 임계값보다 작은 경우 실시간 트래픽을 서비스하고 모두 큰 경우 비실시간 큐에 들어 있는 셀의 개수와 그 큐의 임계값의 비를 구하여 큰 쪽의 트래픽을 서비스 우선권을 준다. 이 방법은 NRT의 지연 시간이 DMLT보다 작다는 장점을 가진다.

III. 통합 동적 우선순위 제어

### 3.1 기존 우선 순위 제어의 문제점

앞에서 살펴본 동적 우선 순위 기법은 고정 우선 순위 기법에 비해 유연성을 가지고 망의 상황에 따라 우선 순위를 변형시켜 좀더 트래픽의 QoS를 높이는 특징을 가진다. 하지만 향후 많이 사용할 서비스들인 음성, 비디오, 인터랙티브 데이터, 배치 화일 전송 등 세분화된 트래픽 서비스의 성격에 대해서는 적합하지 않은 단점이 있다.

MLT의 경우, 각 셀들에 대해 배 타임 슬롯마다  $\tau$  값을 갱신해 주어야 하므로 그에 따른 복잡도가 증가하게 된다. 또한 입력 트래픽을 손실의 민감 정도에 따른 분류만을 가정하므로 지연, 지터 등의 여러 트래픽 특징 요소에 부합되지 못하는 단점이 있다. 그리고 QLT는 MLT에 비해 단순한 구조를 가지는 장점이 있지만 이 방법 역시 MLT처럼 입력 트래픽 가정의 범위가 협소하다는 문제점이 있다.

DMLT 경우에는 실시간 트래픽을 지터에 민감한 성질과 둔감한 성질의 두 가지 트래픽인 비디오 및 음성소스로 나누어 서비스하므로 MLT 경우처럼 같은 큐에 실시간 트래픽만으로 들어가는 것보다 좀더 세분화된 서비스 적용을 할 수가 있다. 반면에 비실시간 트래픽은 그렇지 못하므로 인터랙티브 데이터 같은 비 실시간 성질과 동시에 빠른 응답을 요하는 실시간적인 요소를 가지는 지연에 민감한 데이터는 상대적인 QoS의 저하를 가져올 수 있다. 그리고 DMLT의 단점처럼 DQLT 또한 일반적인 일반적인 트래픽 특성에 대해 만족스러운 QoS를 얻지 못한다.

본 논문에서는 이에 대해 표 1과 같이 트래픽을 총 4가지의 상태로 구분하고 각각의 클래스에 대해 개별적인 큐를 두며 DMLT와 DQLT의 장점을 가지고 상황에 따라 서비스 우선 순위를 동적으로 변형시키는 통합 동적 우선 순위 기법(IDP: Integrated Dynamic Priority)을 제시하고자 한다.

### 3.2 IDP 구조 및 알고리즘

앞절에서 설명한 동적 우선 순위 기법들은 2장에서 분류한 트래픽 클래스에 부적당한 입력 버퍼 구조를 가진다. 즉, 4개의 서로 다른 특성을 가진 각각의 트래픽 셀들이 어느 한 입력 큐에서 서비스 받기 위해 대기할 때 상호간의 영향으로 본래의 성질을 만족하지 못하는 결과가 발생할 수 있다.

예를 들어 클래스 3의 인터랙티브 서비스같이 지연과 손실에 모두 민감한 셀들이 클래스 4인 배치 화일 전송 서비스 셀들과 같은 큐에서 대기하는 경우를 고려해 볼 수 있다. 클래스 4셀들이 먼저 들어와 먼저 서비스 받는다면 클래스 3셀들이 높은 우선 순위를 가지더라도 지연 한계 값을 만족 못하게 될 수 있으므로 또 다른 셀 손실이 발생할 수 있다. 따라서 트래픽의 품질 만족을 위해 클래스에 따라 개별적인 입력 버퍼를 둬야 타당하다고 사료된다.

이에 따라 본 논문에서 제시하는 IDP기법의 구조를 그림 4와 같이 구성하고자 한다.

그림과 같이 클래스별로 서로 다른 개별적인 큐가 존재하고 각각의 임계값을 갖는다.

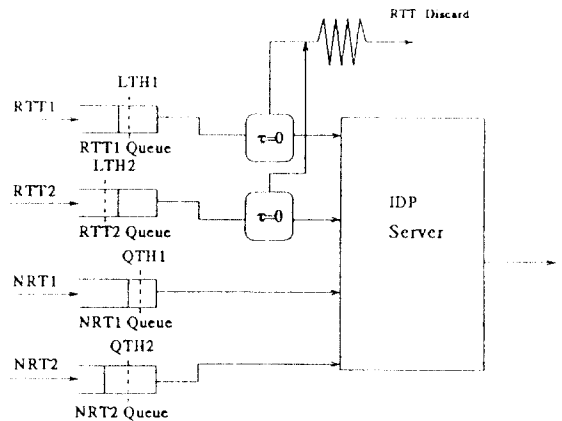


그림 4. IDP 기법  
Fig. 4 IDP method

즉, RTT1과 2의 큐는 LTH1(Laxity THreshold 1), LTH2 값을 가지고 NRT1과 2의 큐는 QTH1(Queue length THreshold 1), QTH2 값을 가진다. 여기서, RTT1은 클래스 1로, RTT2는 클래스 2로, NRT1은 클래스 3으로 NRT2는 클래스 4로 가정하고 각각의 큐는 서로 독립적이며 FCFS 규칙으로 서비스 받는다고 가정한다.

본 제안 기법 알고리즘은 DMLT와 DQLT의 장점을 가지게 하고 요구되는 사용자 서비스의 품질을 만족하고자 하는데 그 목적이 있다. 하지만, IDP 구조의 특성상 기존의 알고리즘을 그대로 적용하기는 곤란

하다. 따라서 NRT1 큐와 NRT2 큐에 있는 NRT셀들의 개수가 모두 QTH1, QTH2보다 작거나 같으면 RTT1 큐, RTT2 큐 둘 중 하나가 서비스 받는 변형된 DMLT 기법인 IDP\_DMLT를 사용하고 둘 다 큰 경우는 NRT1 큐, NRT2 큐들중 하나를 선택해 서비스 우선순위를 부여하는 DMLT 기법과 유사한 IDP\_DQLT를 수행한다. 여기서 IDP\_DMLT와 IDP\_DQLT는 임계값 보다 둘다 크거나 작은 경우 모두를 무조건 셀의 이완값과 LTH의 비 혹은 큐의 셀 개수와 QTH의 비로 어느 큐를 선택할 것인지를 결정하게 한다. 하지만 NRT1 큐나 NRT2 큐들중 하나만 그 큐의 임계값보다 크다면 두개의 RTT 큐와 임계값 한계를 넘어선 NRT 큐들중에서 하나를 선택하게 한다. 이 방법은 DMLT 규칙을 사용한다.

이처럼 망의 상황에 따라 변하는 동적 우선 순위 기법에 대한 알고리즘은 다음과 같다.

```
// NRT1_q :비실시간 트래픽 1에 들어 있는 셀의 개수
NRT2_q :비실시간 트래픽 2에 들어 있는 셀의 개수
QTH1 :비실시간 트래픽 큐 1의 임계값
QTH2 :비실시간 트래픽 큐 2의 임계값
RTT1_ml:실시간 트래픽 1의 최소이완값
RTT2_ml:실시간 트래픽 2의 최소이완값
LTH1 :실시간 트래픽 큐 1의 임계값
LTH2 :실시간 트래픽 큐 2의 임계값 //
main() { // Main 부분 //
if(NRT1_q <= QTH1 & NRT2_q <= QTH2)
call IDP_DMLT(RTT1_ml,RTT2_ml);
if(NRT1_q > QTH1 & NRT2_q > QTH2)
call IDP_DQLT(NRT1_q,NRT2_q);
if(NRT1_q > QTH1) call DMLT(RTT1_ml,RTT2_ml,NRT1_q);
if(NRT2_q > QTH2) call DMLT(RTT1_ml,RTT2_ml,NRT2_q);
}
subroutine IDP_DMLT(RTT1_ml,RTT2_ml)
// 변형된 DMLT 기법 적용 부분 //
{
if(RTT1_ml > LTH1 & RTT2_ml >= LTH2) serve(RTT1);
if(RTT2_ml < LTH2 & RTT1_ml >= LTH1) serve(RTT2);
if((RTT1_ml/LTH1) <= (RTT2_ml/LTH2))
serve(RTT1);
else serve(RTT2);
}
```

```
}
subroutine IDP_DQLT(NRT1_q,NRT2_q)
// 변형된 DQLT 기법 적용 부분 //
{
if(NRT1_q >= QTH1 & NRT2_q < QTH2) serve(NRT1);
if(NRT2_q >= QTH2 & NRT1_q < QTH1) serve(NRT2);
if((NRT1_q/QTH1) > (NRT2_q/QTH2))
serve(NRT1);
else serve(NRT2);
}
```

#### IV. 시뮬레이션 및 고찰

본 장에서는 앞에서 살펴본 기존의 동적 우선 순위 기법과 본 논문에서 제안한 IDP기법에 대한 성능 분석을 위해 워크스테이션(SunOS 4.1.3, RAM 20M)에서 SLAM II[1]와 포트란 77을 사용하여 모의 실험을 했다. 실험 환경 설정은 크게 트래픽 발생 장치 부분과 MLT, QLT, DMLT, DQLT, IDP기법의 각각에 대한 우선 순위 제어 부분의 두 가지로 구성되어 있다.

##### 4.1 시뮬레이션

기존의 트래픽 발생 형태는 단순히 지수(Exponential) 분포나 포아송(Poisson)분포 등으로 셀을 발생시켜 신뢰도 지하라는 문제[10]를 동반했다. 이와 같이 기존의 방법으로 4개의 트래픽 클래스를 단순 발생시키면 실제 트래픽에 근사한 모델을 제시하기 곤란하다. 그러므로 본 논문에서는 이를 보완하기 위해 각 트래픽 클래스별로 서로 다른 프로세스로 시뮬레이션 모델링을 했다. 이에 따라 앞에서 살펴본 입력 트래픽 클래스의 특성을 반영하도록 SLAM II 네트워크 노드를 사용하여 모델링 하였다.

먼저 음성(클래스 1)경우는 ON-OFF프로세스로 모델링 했고 비디오 소스(클래스 2)는 2상태 MMPP로 모델링 하였다. 인터랙티브 데이터(클래스 3)는 SLAM II에서 지원하는 함수 NPSSN()으로 발생시켜 포아송 분포를 따르게 했으며 배치 데이터(클래스 4)는 IPP로 모델링 하였다. 4가지 트래픽 클래스를 입력으로 하고 입력 큐에 FIFO로 서비스 받는다. 각각의 큐는 2.3절과 3.2절의 여러 가지 동적 우선 순위 규칙에 따라 서비스 받는 구조를 가지고 있다.

MLT, QLT기법은 실시간 트래픽 클래스(클래스 1, 2), 비실시간 트래픽 클래스(클래스 3, 4)가 두 종류의 서로 다른 큐에 삽입되고 우선 순위 규칙에 따라 서비스 받는다.

DMLT기법은 클래스 1, 2가 독립된 큐에 입력되고 클래스 3, 4가 같은 큐에 입력되어 서버는 3개의 큐중한 타임 슬롯에 한 큐를 선택하게 된다. 반대로 DQLT는 비실시간 트래픽 클래스에 두 종류의 큐를 가진다.

본 논문의 제안 기법인 IDP는 4개의 트래픽 클래스가 서로 다른 4개의 큐를 입력 버퍼로 사용한다. 트래픽 입력과 큐의 설정, 트래픽 파라미터의 검사 및 출력은 SLAM II를 이용하고 실제 버퍼에 서비스 우선 순위를 주는 규칙은 포트란 77로 작성했다. 상세한 SLAM II 블록 다이어그램은 [12]를 참조하기 바란다.

실험을 위한 시뮬레이션 환경은 다음과 같이 가정한다. 버퍼의 크기는 100으로 설정하고 버퍼가 넘칠 경우(Overflow) 발생하는 손실과  $\tau$ 값이 0이 되어 생기는 손실을 측정하고 버퍼내 셀의 지연 시간을 검사한다. 또한 임계값의 변화에 따른 고찰도 시행한다. 실험 수행 시간은 50000~100000 시뮬레이션 타임으로 하며, 실시간 트래픽의 손실률은 시뮬레이션 제약상  $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 으로 했다. 본 모의 실험에 사용되는 파라미터 값은 표 2와 같다.

표 2. 시뮬레이션에 사용되는 파라미터  
Table 2. Parameters to use simulation

SLAM II변수	의미	값
XX(1)	셀 발생 간격	1.325ms
XX(2)	활성주기	35.2ms
XX(3)	비활성주기	65.0ms
XX(4)	LTH1	5ms
XX(5)	LTH2	7ms
XX(6)	QTH1	3
XX(7)	QTH2	5
XX(8)	셀당 처리 시간	.355-.365ms/cell
XX(9)	RTT1 손실률 변수	
XX(10)	RTT2 손실률 변수	
atrib(1)	트래픽 구분	1, 2, 3, 4
atrib(2)	$\tau$	100

## 4.2 결과 분석

그림 5는 RTT1의 셀 처리 시간에 따른 손실률(CLP : Cell Loss Probability)을 나타내었다. 그래프에서 보듯이 MLT와 QLT기법은 RTT1의 경우 거의 유사한 손실률을 보이고 MLT기법이 다소 낮은 손실률을 가진다. 하지만 DMLT, DQLT경우는 손실률의 차이가 좀더 분명히 나타나며 MLT, QLT기법에 비해 약 3-4% 손실률을 줄일 수 있다. 이와 같이 RTT1과 RTT2에 개별적인 버퍼를 두고 트래픽 특성에 맞는 임계치에 따라 우선 순위를 주므로 좀더 효율적인 제어를 할 수 있다. 하지만 DMLT, DQLT기법 역시 MLT와 QLT하의 RTT 특성인 손실률의 차이가 나타난다. 그리고 본 논문의 제안 기법은 두 방법보다 더 낮은 손실률을 보여 주고 있다.

그림 6은 RTT2 손실률을 비교한 것으로 RTT1보다는 MLT와 QLT기법 둘다 음성에 비해 다소 높은 손실률을 보인다. 이와 같은 이유는 하나의 실시간 큐에 RTT1, RTT2가 같이 들어가 서비스 대기 상태가 되므로 상대적으로 지연에 민감한 비디오 소스인 RTT2가 RTT1에 비해 손실률이 다소 높아지는 경향을 가지기 때문이다. 그리고 MLT기법을 적용하는 것이 QLT에 비해 손실률이 전체적으로 낮는데 이것은 MLT기법은 실시간 셀에 직접 이완값을 부여하여 제어하므로 손실 발생 가능성이 높아지는 경우 실시간 셀에 우선 순위를 주는 직접적인 제어 때문인 것으로 분석된다. 그리고 DMLT, DQLT의 경우, MLT, QLT보다 손실률을 줄일 수 있음을 알 수 있다. 여기서 MLT, QLT기법에 비해 DMLT, DQLT기법 하의 RTT2 셀 손실률 차이가 더 커지는 이유는 DMLT측이 RTT1, RTT2 각각의 이완값에 따라 제어함으로 MLT의 경우처럼 RTT셀간의 상호 영향을 줄이고 보다 좀더 트래픽 성질의 독립성을 유지하기 때문이다. 또한 앞의 결과처럼 제안 기법이 더 안정된 손실률을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림 7은 NRT의 지연 시간을 나타내었다. MLT기법은 QLT에 비해 NRT의 지연 시간이 셀 서비스 받는 시간이 증가할 수록 큰 폭으로 증가함을 알 수 있다. 이는 MLT 기법의 단점이 되며 QLT기법 측면에서는 장점이 된다. 앞의 결과들은 기존의 연구[9]와 유사함을 알 수 있다. 즉, MLT는 RTT의 손실률이 낮은 장점을 가지나 NRT의 지연이 증가하는 단점을

가진다. 반대로 QLT는 RTT의 손실률은 MLT에 비해 높으나 NRT의 지연 시간을 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 DMLT, DQLT는 MLT, QLT보다 전체적으로 지연 시간을 단축시킬 수 있다. 하지만 MLT와 QLT의 NRT특성은 계속 유지된다. 그리고 IDP기법의 지연 시간도 DQLT기법과 거의 유사한 지연 곡선을 보여준다.

그림 8에서는 RTT2 큐의 임계값 LTH2와 RTT1 큐의 임계값 LTH1의 간격 차에 따른 RTT 손실률로써 모의실험을 통해 알아본 결과 LTH2가 커질수록 RTT1의 손실률이 증가하고 RTT2의 손실률이 감소하는 것을 알게 되었다. 이는 그 큐의 임계값이 상대적으로 커질수록 그 큐에 들어와 대기하는 트래픽 셀들이 우선적으로 서비스 받을 가능성이 높아지기 때문이다. 따라서 손실률이 감소하게 된다. 상대적으로 최소 이완 임계값이 작은 큐는 손실률이 증가하고 두 임계값의 차이가 커질수록 손실률은 더욱 차이가 난다. 따라서 망과 소스의 특성에 따라 임계값을 정하고 두 트래픽의 균형점을 찾는 것이 중요함을 알 수 있다.

이상과 같이 시뮬레이션 실행 분석 결과로 제안 IDP기법은 DMLT기법의 장점인 실시간 셀들에 대한 손실률 감소와 DQLT기법의 장점인 비실시간 셀

들에 대한 지연 시간 감소의 특징을 가지고 보다 안정성 있는 제어가 가능함을 알 수 있다. 또한 실시간 서비스이며 동시에 손실에 민감한 트래픽인 비디오 소스 등과 비실시간 서비스이며 지연 또한 중요한 트래픽 특성이 되는 인터랙티브 서비스 등은 임계값의 조절로 좀더 효율적인 제어를 할 수 있다

RTT2 Analysis

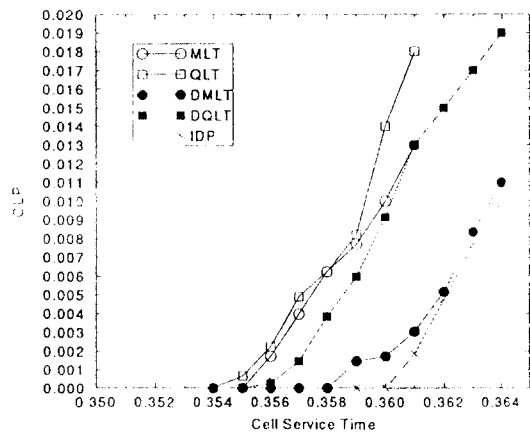


그림 6. 동적우선순위기법에 RTT2 셀 손실률  
Fig. 6 RTT2 cell loss prob. under Dynamic priority methods

RTT1 Analysis

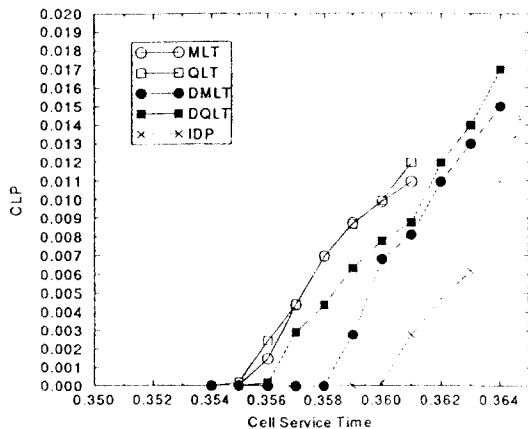


그림 5. 동적우선순위기법에 RTT1 셀 손실률  
Fig. 5 RTT1 cell loss prob. under Dynamic priority methods

NRT Analysis

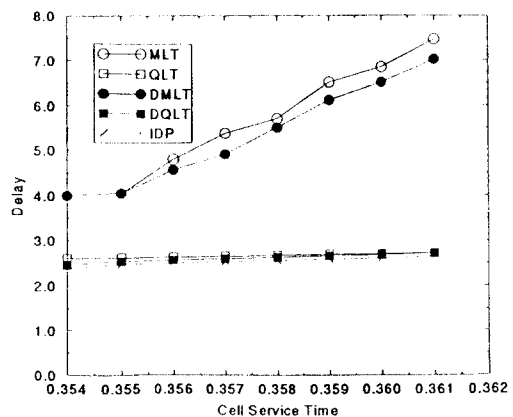


그림 7. 동적우선순위기법에 NRT 지연 시간  
Fig. 7 NRT delay under Dynamic priority methods



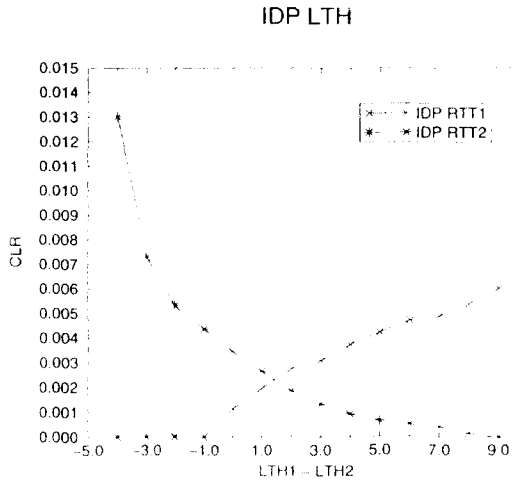


그림 8. IDP 기법 하에 LTH간 차이에 따른 RTT 셀 손실률  
Fig. 8 RTT cell loss prob. according to difference of LTHs under IDP method

### V. 결 론

본 논문에서는 지연 및 손실에 따라 트래픽 클래스를 4개로 나누고 기존의 동적 우선 순위 기법인 DMLT와 DQLT의 장점을 가지는 IDP 기법을 제시했다. 이에 따른 연구 방법은 크게 두 가지로 구분했다.

첫째, 입력 부분으로 IDP기법의 입력 트래픽 소스로 사용하고자 하는 클래스 1, 2, 3, 4의 특성이 실제 서비스 성질과 유사하게 하기 위해 기존의 논문에서 많이 사용된 ON-OFF, MMPP, 포아송, IPP 프로세스의 모델을 시뮬레이션 상에서 구현했고 둘째로, 제어 부분에서 이들 트래픽 소스를 스위치나 멀티플렉서의 입력으로 가정하고 서비스 받는 규칙은 본 논문에서 제안하는 IDP 스케줄링 기법을 사용했다.

시뮬레이션 분석 결과 MLT, DMLT기법보다 낮은 손실률 특성 곡선을 가지며 동시에 QLT, DQLT기법보다 낮은 지연 시간 특성 곡선을 가지는 장점이 있음을 알 수 있었다. 그리고 이와 같은 동적 우선 순위 기법은 임계값(QTH, LTH)에 따라 특정 트래픽 클래스는 높은 QoS를 유지할 수 있고 반면 어떤 트래픽 클래스는 상대적으로 품질 저하를 가져옴을 또한 알게 되었다.

본 논문에서 제안하는 방법의 장점은 DMLT의 장

점인 실시간 셀들에 대한 손실률의 감소와 DQLT의 장점인 비실시간 셀들에 대한 지연 시간 감소 등을 모두 갖는다는 것이다. 이에 따라 이를 스위치 등의 네트워크 노드에 사용하거나 고속 망의 트래픽 제어 기술에 응용 가능할 것으로 생각된다. 하지만 본 논문에서 제안한 제어 기법은 다소 복잡하고 제어 알고리즘에 따른 계산 시간을 고려하지 않아 노드내 소프트웨어적으로 수행시키기는 곤란하다는 점이 있으며 다수의 버퍼를 사용함에 따라 비용이 상승한다는 단점을 갖는다. 그러나 반도체 기술력의 발전에 따른 고속화와 가격 저하등으로 위의 문제점은 향후 해결되리라 사료된다.

앞으로는 독립적인 입력 트래픽 소스가 아닌 통합 트래픽(Integrated traffic) 형태의 입력 소스에 대한 본 기법의 성능 분석 및 비교가 필요할 것으로 예상되며, 알고리즘의 계산 시간을 고려한 평가도 향후 좋은 연구과제라 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. A.Alan, B.Pritsker, C.Elliot Sigal and R.D.Jack Hammesfah, "SLAM II: Network models for Decision support", Prentice-Hall Inc., 1989.
2. A.E.Eckberg, "B-ISDN/ATM Traffic and Congestion Control," IEEE Network, pp. 28-37, Mar. 1992.
3. C.Woodworth, R.D.Galianello and R.D.Gitlin, "Congestion Control in ATM Networks," IEEE 91'GLOBECOM, pp. 1082-1088, 1991.
4. Duke Hong and Tatsuya Sudai, "Congestion Control and Prevention in ATM Networks," IEEE Network Magazine, pp. 10-16, Jul. 1991.
5. H.Kroner, "Comparative Performances Study of Space Priority Mechanisms for ATM Networks," IEEE 90'INFOCOM, pp. 1136-1143, 1990.
6. J.B.Kim, T.Suda and M.Yoshimura, "International Standard of B-ISDN," Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 27, No. 1, pp. 5-27, 1994.
7. P.T.Brandy, "A Model for Generating ON-OFF speech patterns in Two Way Conversation," Bell Systems Technical Journal, pp. 2445-2472, Sep. 1969.

8. Renu Chipalkatt, James F.Kurose and Don To-wsley, "Scheduling Policies for Real-Time and Non Real-Time Traffic in a Statistical Multiplexer," IEEE 89'INFOCOM, pp. 774-783, 1989.
9. Sang Gug Jong and Kong Ohk Chin, "Congestion Control with The Double and Hysteresis Threshold in ATM Networks," IEEE 94'GLOBECOM, pp. 595-599, 1994.
10. Victor S. Frost and Benjamin Melamed, "Traffic Modelling for Telecommunications Networks," IEEE Commun. Magazine, pp. 70-81, Mar. 1994.
11. 한동훈, "ATM망에서 4개의 클래스를 갖는 과밀 제어에 관한 연구," 광운대 대학원 석사 논문, 1994.
12. 최석규, "ATM 트래픽 클래스에 따른 동적 우선 순위 기법에 관한 연구," 광운대 대학원 석사 논문, 1995.



이 동 호(Dong Ho Lee) 정회원  
1975년 3월~1979년 2월: 서울대  
학교 전자공학과 학  
사

1981년 3월~1983년 2월: 서울대  
학교 컴퓨터공학 석  
사

1983년 3월~1988년 2월: 서울대  
학교 컴퓨터공학 박  
사

1984년 9월~현재: 광운대학교 전자계산학과 부교수  
※주관심분야: 컴퓨터 네트워크, 네트워크 성능평가,  
프로토콜 공학



최 석 규(Seok Kyu Choi)준회원  
1988년 3월~1994년 2월: 순천향  
대학교 공과대학교  
전자계산학과 졸업  
(공학사)

1994년 3월~1996년 2월: 광운대  
학교 대학원 전자계  
산학과 졸업(이학석  
사)

1996년 2월~현재: 한국통신 연구개발부 통신망 연구소  
※주관심분야: Computer Network, ATM, Traffic Con-  
trol