

# 광역 ATM망에서 망 자원 활용의 공평성을 위한 스케줄링 알고리즘 (Scheduling Algorithm for Fairness of Network Resources on Large Scale ATM Networks)

이 은 주\*  
(Eun-Ju Lee)

## 요 약

본 논문에서는 광역 ATM 망에서 인터넷 서비스를 제공하기 위하여 입력 소스 트래픽의 QoS 등급에 기초한 라우터 시스템에 적용되는 다양한 스케줄링 알고리즘들을 분석하고 서비스 특성에 따라 QoS 요구사항을 보장할 수 있는 새로운 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 이를 위하여, 인터넷망에서의 패킷 다중화기의 요구사항을 살펴보고 실시간 서비스제공을 위한 패킷 다중화기의 기능 구조와, 다양한 QoS를 만족시키기 위한 스케줄링 알고리즘을 설계한다. 마지막으로 모의 실험을 통해 평균 지연 시간 및 망 자원 활용의 공평성 측면에서 알고리즘의 성능을 고찰한다.

## ABSTRACT

In this paper, we investigate the scheduling algorithm of router system for Internet services on large scale ATM networks based on the quality-of-service(QoS) level of the input source traffics. We suggest an appropriate scheduling algorithm in order to satisfy their QoS requirements. For this purpose, we first study the service requirements of the multiplexer in Internet. Second, we suggest functional architecture of the multiplexer for real time services and the scheduling algorithm to satisfy various QoS requirements. Finally, the performance measures of interest, namely steady-state average delay time and fairness of network resources, are discussed by simulation results.

## 1. 서론

현재의 인터넷에서는 최선형 서비스(best-effort service) 방식으로만 서비스를 제공하므로 최근 증대되고 있는 실시간 멀티미디어 서비스 요구를 만족시키는 데는 한계가 있다. IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 인터넷과 같은 패킷망에서 화상, 음성, 텍스트 데이터 등의 실시간 멀티미디어 응용들에 대해 양질의 보장된 서비스를 지원하기 위해서

제안된 새로운 인터넷 모델인 통합서비스(Integrated Service) 모델을 제시하고 있다[1]. 이는 기존의 최선형 서비스로만 운용되는 인터넷 서비스를 실시간 서비스 개념이 포함된 서비스 모델로 확장한 개념이다.

통합 서비스 모델에서는 각 흐름에게 서로 다른 품질의 서비스를 제공하도록 분류자(Classifier), 패킷 스케줄러(Scheduler), 수락 제어(Admission Control), 그리고 자원 예약 설정 프로토콜(Resource reSer-Vation Protocol)를 이용하여 트래픽 제어모듈을 구성한다[2]. 이 요소들 중에서 패킷 스케줄러에 적용

\* 정회원 : 제주산업정보대학 컴퓨터정보계열 전임강사

되는 스케줄링 알고리즘은 패킷들 간의 서비스 차별화를 실시하여 실시간 서비스를 제공하는 트래픽 제어기능을 라우터에 구현하는 방법으로 실시간 트래픽의 성능에 중요한 영향을 주게 된다. 스케줄링 알고리즘의 성능은 패킷 대기지연의 상한값, 모든 트래픽 흐름들이 공평하게 여분의 대역폭을 공유할 수 있는 공평성 및 구현의 용이성에 의해 평가된다.

본 논문에서는 다양한 서비스 품질을 만족시키기 위한 패킷다중화기의 구조와 다중화기에 적용할 우선순위 기법과 스케줄러 큐의 임계값을 이용한 2단계 패킷 스케줄링 알고리즘을 제안하고 모의 실험을 통하여 망 자원 활용의 공평성 측면에서 성능을 비교 분석한다.

## 2. 인터넷 서비스를 위한 패킷 스케줄링 알고리즘

### 2.1 패킷 스케줄링 알고리즘의 특성분석

실시간 트래픽의 성능에 중요한 영향을 미치는 패킷 스케줄링 알고리즘은 실시간 흐름에 대해서는 일정한 대역폭을 보장해야 하며, 각 흐름들이 할당된 대역폭에 따라서 자원을 공평하게 공유하여야 한다. 이러한 조건을 만족시키기 위하여 여러 스케줄링 알고리즘들이 제안되었으며, 지금까지 제안된 스케줄링 알고리즘은 크게 우선순위 제어방식(priority mechanism)과 대역 보장형 스케줄링 방식으로 나누어진다[3][13].

그러나 우선순위 제어방식은 정렬 과정의 복잡성과 버스티한 트래픽의 경우 QoS를 보장해 줄 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 우선순위 제어방식의 문제점을 극복하기 위하여 각 흐름마다 사전에 지정된 비율에 따라 서비스 받게 하는 대역 보장형 스케줄링 알고리즘이 도입되고 있다. 대역 보장형 스케줄링 기법은 서비스 방식에 따라 큐 작업 보존 방식(work conserving)과 작업 비보존방식(non-work conserving)으로 구분된다. 작업 보존 방식은 어떤 흐름이라도 전송할 패킷이 있으면 링크의 대역폭을 사용할 수 있는 방법으로, 대표적인 예로 FQ(Fair Queueing)[4], PGPS(Packet by Generalized Processor

Sharing)[5-7], WF2Q(Worst-case Fair Weighted FQ) [8] 등이 있다. PGPS와 WF2Q 방식이 최소한의 지연을 보장하면서 구현이 가능한 방식이지만 고속망에서의 구현은 여전히 문제점이 남아 있다. 구현이 쉽고 최소한의 대역폭을 보장하는 SCFQ[9]나 Virtual clock[10]을 이용한 방식들도 있지만 여전히 PGPS나 WF2Q에 비해 성능이 떨어진다. 작업 비보존방식은 전송해야 할 패킷이 있어도 특정 흐름에 보장된 서비스를 위하여 기다리는 방식으로, 대표적인 예로 Jitter-EDD(Earliest Due Date First)[11], Stop-and-Go [12]방식 등이 있다. EDD 방식들은 구현이 쉽고 지연 및 지연변이도 보장할 수 있지만 가변적인 트래픽에 대해 성능이 떨어지며, Stop-and-Go 방식은 구현이 용이하지만 지연 보장과 대역폭 할당 간의 상호 연관성에 의해 임의로 지연 보장을 하기가 어렵다. 이렇게 지금까지 발표된 대부분의 스케줄링 방식들은 구현상의 문제점을 갖고 있거나 QoS 보장의 문제점을 안고 있어 인터넷 통합서비스의 지원을 위한 새로운 트래픽 제어 알고리즘에 관한 연구가 요구되고 있다.

### 2.2 QoS 보장을 위한 스케줄링 알고리즘의 요구사항

스케줄링 알고리즘은 연속적이고 버스티한 트래픽을 효율적으로 처리할 수 있는 유연한 망 전송 기술로서, 이를 채용한 패킷 다중화 기능의 설계는 비디오, 오디오 그리고 데이터 같은 다양한 서비스의 QoS 요구사항을 통합시키기 위하여 매우 중요하다.

특히 패킷 손실, 패킷 처리 지연, 그리고 망을 통한 전달에서 발생하는 패킷 지터와 같은 성능의 저하를 개선하기 위하여 패킷 다중화 기능이 요구된다. 또한, 입력 트래픽의 상태에 따라 서비스 등급을 제어하고 버퍼의 오버플로우에 의해 발생하는 패킷 손실 확률을 줄이기 위해서도 스케줄링 알고리즘이 요구된다.

다음은 일반적으로 현재 구현되고 있는 패킷 다중화기의 일반적인 기능 요구사항을 나타낸 것이다.

- 서로 다른 서비스 요구사항을 가진 트래픽에 대해 동등한 처리능력제공
- 서비스별로 요구하는 QoS를 제공

- 패킷 순서 무결성 보장
- 손쉬운 망 관리 기능(UPC)의 적용성
- 가입자로부터 망으로 향하는 전송 링크의 공유
- 패킷 다중화 용량의 확장 및 구현이 용이한 구조

- 단명 최선형 서비스 : TCP 프로토콜에서 입력하는 트래픽으로 패킷 길이가 다음 조건을 만족하는 버스트한 특성을 갖는 데이터 서비스  
패킷 길이 < LIV (임계치)

### 3. 임계값 큐잉 기법을 활용한 패킷 스케줄링 알고리즘

본 장에서는 ATM망 기반의 인터넷 환경에서 실시간 인터넷 서비스의 QoS를 보장하는 패킷 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 먼저 인터넷 응용 서비스를 트래픽 유형에 따라 실시간 QoS를 요구하는 실시간 서비스, 부하제어형 서비스, 그리고 최선형 서비스 등 크게 세 가지로 분류하고 실시간 QoS 제공 능력과 서비스 대기시간을 단축하고 모든 트래픽 흐름들이 공평하게 대역폭을 공유할 수 있도록 서비스 유형별로 분류된 패킷의 스케줄링 알고리즘을 설계한다.

#### 3.1 인터넷 서비스 분류

ATM QoS와 응용 서비스 차원의 서비스 특성을 제공하는 IP QoS간에는 상당한 차이가 있다. 따라서 이러한 두 가지 상이한 QoS들을 매핑하기 위해서는 인터넷 서비스와 ATM 베어러 서비스간의 매핑이 필요하다.

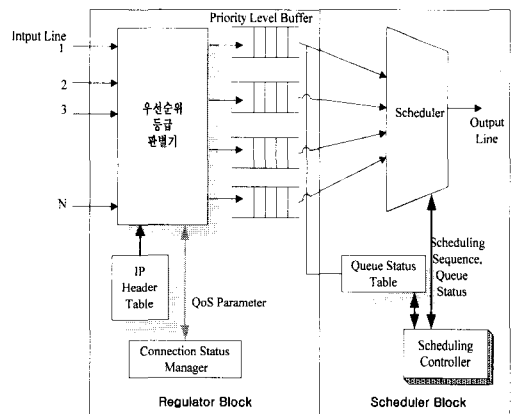
그러므로 본 논문에서는 제안하는 스케줄링 알고리즘에 사용할 목적으로 인터넷 서비스를 QoS 요구 사항과 스케줄링 알고리즘 상의 차이점을 고려하여 다음과 같이 실시간 서비스, 장수 트래픽 서비스, 단명 최선형 서비스 등 3종류로 분류한다.

- 실시간 서비스 : RTP/UDP에서 입력된 트래픽으로 실시간 QoS(지연, 지연 변이)에 민감한 서비스
- 장수트래픽 서비스 : TCP 프로토콜에서 입력하는 트래픽으로 패킷 길이가 다음 조건을 만족하는 버스트한 특성을 갖는 데이터 서비스  
패킷 길이 > LIV (임계치)

### 3.2 QoS 기반 스케줄링 알고리즘의 구현 모델

본 논문에서 제안하고자 하는 알고리즘은 서비스 종류에 따라 우선순위 등급으로 패킷을 분류하고 스케줄러 큐에 임계값을 적용함으로써 실시간 서비스를 우선적으로 서비스하고 낮은 서비스 등급을 가진 패킷이 높은 서비스 등급을 가진 패킷보다 상대적으로 긴 지연시간을 갖는 단점과 공평하게 자원을 할당받을 수 있도록 스케줄링 함으로써 사용자의 QoS 요구사항을 최대한 보장할 수 있는 기능을 제공한다.

이를 위해 ATM망을 기반으로 하는 실시간 인터넷 서비스를 가능하게 하는 라우터에서의 패킷 다중화기를 설계하고, 이에 따르는 스케줄링 알고리즘을 제안한다.



[그림 1] QoS 기반 스케줄링 알고리즘을 가진 라우터의 패킷 다중화기

[Fig. 1] Packet Multiplexer in Router for QoS-based Scheduling Algorithm

제안된 패킷 다중화기는 [그림 1]과 같이 크게 레귤레이터 블록과 스케줄러 블록으로 구성된다. 레귤레이터 블록은 입력되는 트래픽을 QoS 요구수준에

따라 우선순위를 분류하는 우선순위 등급 판별기, 우선순위 등급별로 분류된 패킷이 저장될 우선순위 버퍼로 구성된다. 스케줄러 블록은 제안된 알고리즘에 따라 스케줄링 순서를 생성하는 스케줄링 순서 제어기와 스케줄러로 구성된다.

N개의 입력 링크와 1개의 출력링크로 구성된 QoS 기반 스케줄링 알고리즘을 가진 패킷 다중화기는 다음과 같이 동작한다.

- ① 연결 설정 시, 다중화 제어를 위해 협상된 QoS 파라미터들은 우선순위 등급 판별기의 참조 테이블에 기록된다.
- ② 우선 순위 등급 판별기는 입력 패킷들의 QoS 요구 수준에 따라 서비스 등급을 분류하고 그 패킷들을 우선 순위 버퍼에 저장한다.
- ③ 스케줄링 순서 제어기는 버퍼상태와 스케줄링 알고리즘에 의하여 스케줄링 순서를 생성한다.
- ④ 스케줄러는 스케줄링 순서 제어기로부터 결정된 스케줄링 순서에 따라 선택된 우선 순위 버퍼의 패킷들을 출력링크로 전송한다.

라우터의 패킷 다중화기는 입력 패킷의 헤더로부터 추출된 헤더정보를 이용하여 투입방식으로 분류하고, 그 패킷들은 우선순위 버퍼에 저장한다. 우선 순위 버퍼의 패킷 정보를 이용한 스케줄링 순서 정보는 각 우선순위 버퍼의 상태 정보와 연결 관리자로부터의 트래픽 정보를 이용하여 생성되며, 망 자원 활용의 공평성을 제공하기 위하여 스케줄러 큐에 임계값을 적용하여 스케줄링 된다.

### 3.2 우선순위 임계값 큐잉 알고리즘

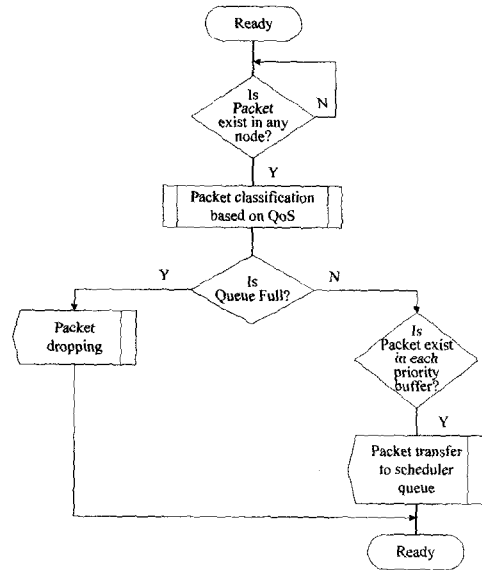
다중화기를 위한 스케줄링 알고리즘은 각 서비스 트래픽에 대한 QoS 등급, 협상된 QoS에 대한 순응성, 그리고 망 자원 활용의 공평성을 고려하였다. 패킷 다중화를 수행하는 스케줄링 알고리즘은 레귤레이터 기능 블록과 스케줄러 기능 블록으로 나누어 구성된다.

#### 가. 레귤레이터 기능 블록의 동작

우선 순위 기법을 채용한 레귤레이터 블록의 동작은 다음과 같다.

- ① 각 우선 순위 등급 버퍼에서 가장 높은 우선순위의 패킷을 스케줄러 큐의 각 등급별 영역에 전송한다. 이때 스케줄러 큐의 상태정보를 참조한다.
- ② 하나의 우선 순위 등급 버퍼에서 패킷들을 FIFO 방식으로 전송한다.
- ③ 동작 1에서 만일 스케줄러 큐의 각 우선 순위 영역이 임계치 한계를 초과하면 이때 입력되는 패킷은 폐기된다.
- ④ 패킷이 서비스 된 QoS 버퍼에서는 다음 패킷이 그 버퍼의 맨 앞으로 전달된다.

[그림 2]에 레귤레이터 블록의 SDL(Sequence Description Language)을 나타내었다.



[그림 2] 레귤레이터 블록의 SDL 다이어그램  
[Fig. 2] SDL Diagram of Regulator Block

#### 나. 스케줄러 기능 블록의 동작

본 논문에서는 공평성을 만족시킬 수 있는 스케줄러 큐의 임계값을 조절하는 방식으로 스케줄러 부분의 기능 블록을 구현하였다.

스케줄러의 큐를 각 우선순위 별로 입력될 수 있는 4개의 영역으로 나누어 임계값(threshold :  $T_i$ ,  $1 \leq i \leq 3$ )을 설정하고 각 우선 순위 버퍼에서 출력되는 패킷들은 큐의 동일한 임계값 영역으로 입력된다. 즉, 각 우선 순위 패킷( $\lambda_i$ ,  $1 \leq i \leq 4$ )들이 큐

에 도착하였을 때 가장 높은 우선 순위를 가진 패킷 ( $A_i$ )은 첫 번째 임계값 영역( $T_i$ ) 내에만 대기할 수 있다. 만일 임계값 영역을 초과하여 입력되는 패킷은 폐기된다.

스케줄러 기능 블록에서 스케줄링 제어기는 스케줄러 큐의 상태 정보를 버퍼상태 참조 테이블로 보내어 참조 테이블을 갱신한다. 스케줄러의 큐에 전달된 각 우선순위 패킷은 임계값 내에서 서비스 되도록 함으로써 낮은 우선순위를 갖는 패킷의 대기시간을 감소시켜 QoS 등급별로 분류된 버퍼에서 정적 우선순위 기법을 이용하여 서비스 하는 것보다 공평하게 서비스 품질을 제공할 수 있도록 한다.

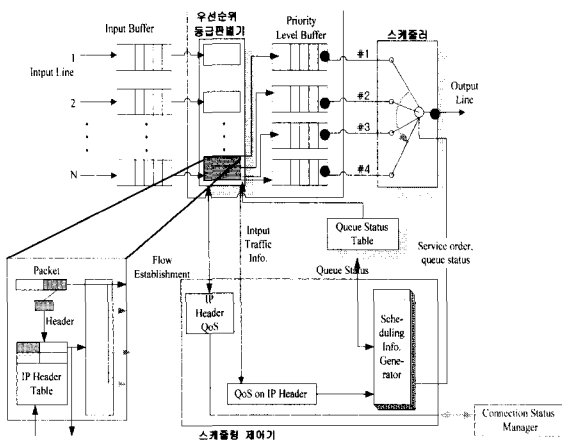
다. 제안된 스케줄링 알고리즘의 동작

본 논문에서 구현한 스케줄링 알고리즘의 기능 동작을 [그림 3]에 나타내었으며, 주요 동작은 다음과 같다.

• 우선 순위 등급 판별기

입력 버퍼에 있는 각 IP 패킷 헤더의 유효한 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) 필드값을 이용하여 QoS 요구수준에 따라 해당 패킷의 우선 순위 등급을 결정한다.

- ① 각 입력선로에서 들어오는 패킷의 수신
- ② 입력 패킷의 QoS 요구수준의 확인



[그림 3] 제안된 스케줄링 알고리즘의 구현

[Fig. 3] Implementation of Proposed Scheduling algorithm

- ③ 스케줄링 제어기로 입력되는 패킷의 트래픽 정보를 스케줄러에 전달하고, 패킷 순서를 보장하면서 패킷을 해당 우선순위 등급 버퍼에 저장

• 스케줄링 제어기

연결 관리자로부터 전달받은 QoS 파라미터, 버퍼 상태 정보를 이용하여 스케줄러의 동작을 제어한다.

- ① 유입되는 패킷의 QoS 요구 수준을 검사
- ② 스케줄러 큐의 상태를 검사
- ③ 우선 순위 등급 버퍼의 스케줄링 순서 발생
- ④ 스케줄러에게 스케줄링 순서 정보 전달
- ⑤ 스케줄러 큐의 상태정보를 이용하여 참조 테이블을 갱신

• 스케줄러

스케줄링 알고리즘에 의해 스케줄러 큐의 패킷을 출력한다.

- ① 스케줄링제어기로부터 스케줄링 순서정보를 수신
  - ② 스케줄러 큐 내의 패킷에 임계값을 적용하여 임계값 내에 존재하면 패킷을 전송하고 아니면 패킷을 폐기
  - ③ 전송중인 패킷의 전송완료 여부를 감시
- 입력되는 트래픽에 대한 스케줄링 알고리즘을 Pseudo 코드 형태로 기술하면 [그림 4]와 같다.

```

if input packet exists?
  then store each priority level buffers
  /* QoS classification using IP header table */
  if scheduler Queue <= threshold?
    /* using buffer status table */
    then send the packets of each priority
    level buffers to scheduler queue
    packet forwarding to output link
    using FIFO
    exit
  else packet dropping
    exit
else exit
    
```

[그림 4] 제안된 스케줄링 알고리즘의 Pseudo 코드  
[Fig. 4] Pseudo Code of Proposed Scheduling Algorithm

#### 4. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안하는 임계값 큐잉 스케줄링 알고리즘의 성능 평가를 위해, 단순히 QoS 버퍼의 우선순위에만 의존하는 정적 우선 순위 기법과 기존의 스케줄링 알고리즘 중에서 FQ 알고리즘을 선택하여 패킷 전달 지연 시간, 망 자원 활용의 공정성 측면에서 성능을 비교 분석한다. 정적우선 순위 기법은 실시간 서비스의 전달 성능을 비교하기 위함이고, FQ 알고리즘은 공정성 분석을 위하여 선택하였다.

##### 4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 시뮬레이션을 이용한 성능평가 방법으로 전세계적으로 널리 사용되고 있는 네트워크 시뮬레이터인 NS-2(Network Simulator-II)를 사용한다[14]. 시뮬레이션 시스템은 Pentium-III의 Linux 6.0 상에서 otcl(Object Tool Command Language)을 사용하며, 인가할 데이터 유형과 알고리즘은 C 언어를 사용하여 구성하였다.

시뮬레이션에 인가할 서비스로는 가트너 그룹의 2002년 예상 서비스 특성에 나타난 검색형 서비스, 양방향 교신성 서비스, 그리고 단방향 교신성 서비스 등을 정의된 4가지 서비스로 규정하여 사용하였다.

이러한 인터넷 서비스를 시뮬레이션에 적용하기 위해서 단명 최선형 서비스는 데이터 트래픽으로 모델링하고, 실시간 서비스나 부하제어형, 장수 최선형 서비스는 음성, 데이터, 그리고 영상이 혼합된 다중화 트래픽으로 모델링하여 사용한다.

##### 4.2 시뮬레이션 결과 분석

본 논문에서 제안한 스케줄링 알고리즘을 패킷 전달 지연 시간, 망 자원의 공정성 측면에서 기존의 알고리즘 중 정적 우선순위 스케줄링과 FQ 방식, 본 논문에서 제안한 임계값 큐잉 스케줄링 기법과 비교 분석한다. [그림 5]에 각 알고리즘 별로 실시간 서비스에 대한 평균 지연 시간을 비교하였다. 이 결과를 보면 입력 트래픽 부하가 낮은 경우 제안된 알고리즘과 정적 우선순위 기법의 경우 FQ 알고리즘 보다 낮은 평균지연 값을 보이고 있다.

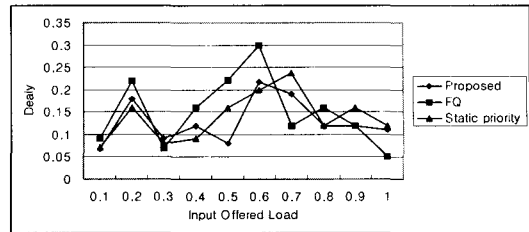


그림 5 실시간 서비스에 대한 평균 지연시간 분석  
[Fig. 5] Mean delay Time Analysis for Real-time Service

입력 트래픽 부하가 커질수록 실시간 서비스에 대한 평균 지연도 다소 증가함을 보이고 있으며 FQ 알고리즘의 경우 실시간 서비스에 대해서는 우선순위의 영향을 받지 않고, 대역폭의 불규칙한 할당으로 인하여 다른 알고리즘 보다 평균 지연값은 높게 나타났다. 결국 제안된 스케줄링 알고리즘의 실시간 서비스에 대한 평균 지연 값이 다른 스케줄링 알고리즘에 비하여 감소한 것으로 나타났다. 이는 실시간 서비스에 가장 높은 우선순위를 부여함으로써 먼저 서비스 받게 한 결과로 평균 지연 값을 감소시켜 인터넷 망에서 실시간 서비스에 대한 성능을 높여주기 위함이다.

또한, 스케줄링 알고리즘의 성능 평가 요소 중 망 자원 활용의 공정성 제공 여부에 대하여 분석하였다.

<표 1>은 기존의 정적 우선순위 스케줄링 방식을 사용한 경우의 최소, 평균, 최대 지연값을 나타내었고 표 2는 FQ방식을 적용한 경우의 최소, 평균, 최대 지연값을 나타내었다. <표 3>은 본 논문에서 제안한 임계값 스케줄링 방식을 적용한 경우의 최소, 평균, 최대 지연 및 지연변이를 나타내었다.

<표 1, 2, 3>을 비교해 볼 때 라우터에 적용된 각 스케줄링 알고리즘들의 평균 지연은 우선 순위 등급에 따라 현저한 차이를 볼 수 있으며, 제안된 우선 순위 임계값 스케줄링 방식의 경우 낮은 우선순위를 가진 패킷에 대해 기존의 스케줄링 방식보다 작은 값을 갖게 되는 것을 볼 수 있다. 또한 <표 2>에 나타난 것과 같이 우선 순위 임계값 스케줄링 방식은 우선 순위 등급별로 평균 지연 시간의 차이가 감소한 것으로 나타났다. 지연변이를 살펴보면 정적 우선순위 기법이나 임계값 스케줄링 방식의 경우 실시간 트래픽에 대한 성능은 FQ 기법 보다 나은 성능

을 보이고 있으며, 임계값 스케줄링의 경우에는 낮은 우선순위를 갖는 패킷들에 대한 지연 변이 또한 더 나은 성능을 보이고 있다.

이것은 QoS 요구수준에 따라 우선순위를 분류한 후 상대적으로 낮은 우선 순위 패킷이 긴 지연 시간을 갖는 것을 방지하기 위해 스케줄러의 큐에서 임계값을 적용하였기 때문이다.

<표 1> 정적 우선순위 스케줄링 방식의 패킷 지연  
<Table 1> Packet Delay of Static Priority Scheduling

우선순위 등급	최소지연 시간	평균지연 시간	최대지연 시간	지연 변이
1	0.071	0.128	0.237	0.0029
2	0.073	0.261	0.524	0.0136
3	0.074	0.561	0.841	0.041
4	0.074	0.574	0.843	0.037

<표 2> Fair Queueing 스케줄링 방식의 패킷 지연  
<Table 2> Packet Delay of Fair Queueing Scheduling

우선순위 등급	최소지연 시간	평균지연 시간	최대지연 시간	지연 변이
1	0.069	0.128	0.221	0.0061
2	0.071	0.226	0.247	0.0027
3	0.071	0.547	0.590	0.0237
4	0.070	0.521	0.621	0.0243

<표 3> 임계값 스케줄링 방식의 패킷 지연  
<Table 3> Packet Delay of Threshold Scheduling

우선 순위 등급	최소지연 시간	평균지연 시간	최대지연 시간	지연 변이
1	0.068	0.125	0.218	0.0025
2	0.072	0.219	0.245	0.0026
3	0.074	0.489	0.501	0.0173
4	0.074	0.495	0.593	0.0198

즉, 1차로 우선순위를 분류하고 2차로 스케줄러 큐 내에서 우선순위 별로 임계값 적용을 받기 때문에 다른 트래픽들에게 영향을 주지 않고 임계값 범위 내에서 보장된 대역폭만큼의 서비스를 받을 수 있게 되었다. 또한 임계값 범위 내에서 스케줄링 되기 때문에 상대적으로 낮은 우선순위를 가진 트래픽들이 정적 우선순위 방식에 비해 긴 지연시간 없이 서비스를 받을 수 있게 됨으로써 지연 시간 감소 및

각 트래픽 흐름들에게 공평하게 망 자원을 할당할 수 있음을 보인다.

### 5. 결론

본 논문에서는 광역 ATM망에서 실시간 인터넷 서비스를 제공하기 위한 서비스 품질 요구사항을 만족하고 라우터에서의 구현의 용이성 특성을 가진 라우터 기반 패킷 다중화기와 2단계 스케줄링 알고리즘을 제안하였다.

광역 ATM망에 적용하기 위한 실시간 서비스의 처리율을 높이기 위해 2단계 스케줄링 기법을 적용하여 스케줄링 기법이 구현된 패킷 다중화기의 구조를 레귤레이터 부분과 스케줄러 부분으로 구성하였다. 레귤레이터 부분에서는 1단계 스케줄링으로서 우선 순위 방식을 도입하여 입력되는 트래픽의 IP 헤더 테이블을 분석하여 인터넷 서비스로 분류하고 각 QoS 요구수준에 따라 4가지의 우선 순위를 가진 우선 순위 등급 버퍼에 저장하도록 하였다. 스케줄러 부분은 2단계 스케줄링 방식으로 우선 순위 등급 버퍼로부터 입력되는 각 우선 순위를 가진 패킷들에 대하여 스케줄러 큐 내에서 각 우선 순위 별로 임계값 영역을 적용하여 임계값 내에서만 서비스 되도록 하였다. 이때 그 임계값 영역을 초과할 경우 강제종료 시킴으로써 각 트래픽 별로 공평성이 유지되도록 설계하였다.

성능 비교를 수행한 결과, 제안된 알고리즘은 기존의 정적 우선순위 알고리즘 보다 우선순위가 높은 실시간 패킷을 처리하는데 있어서 더 나은 성능을 보여주었다. 왜냐하면 2단계로 적용한 스케줄링 방식에서 4가지로 분류된 인터넷 서비스 분류 중 실시간 서비스는 언제나 최우선 순위를 갖게 하여 서비스하도록 설계한 것 때문으로 분석된다. 또한 스케줄러 큐에 각 우선 순위 등급별로 논리적인 임계값 영역을 두어 서비스함으로써 상대적으로 낮은 우선 순위 등급의 패킷들의 긴 지연시간을 해소하여 망 자원 활용 측면에서 공평성을 확보할 수 있었다. 또한, 임계값과 큐의 크기들을 동적으로 변화시킨 경우, 임계값에 따라 서비스 품질을 만족시킬 수가 있었다.

※. 참고문헌

- [1] R. Braden, D. Clark, S. Shenker, "Integrated Service in the Internet Architecture: an Overview", RFC 1633, June 1994
- [2] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol(RSVP) - Version 1 Functional Specification", RFC 2205, Sept 1997
- [3] 김남균, 김영한, 신명기, 황진호, "인터넷에서 실시간 서비스를 위한 스케줄링 알고리즘의 구현 및 성능 평가", 정보과학회논문지(A), 제 26권 제 1호, 1999. 1
- [4] S. J. Golestani, "Network Delay Analysis of a Class of Fair Queueing Algorithms", IEEE J. S. Area in Comm. Vol. 13, No. 6, pp.1057-1070, Aug. 1995
- [5] A. K. Parekh, R. G. Gallager, "A Generalized Processor Shring Approach to Flow Control in Integrated Services Networks: The Single-Node Case", IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 1, No. 3, pp.344-357, June. 1993
- [6] A. K. Parekh, R. G. Gallager, "A Generalized Processor Shring Approach to Flow Control in Integrated Services Networks: The Multiple-Node Case", IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 2, No. 2, pp.137-150, April. 1994
- [7] G. de Veciana, G. Kesidis, J. Walrand, "Resource Management in Wide-Area ATM Networks Using Effective Bandwidths", IEEE J. S. Areas in Comm. Vol. 13, No. 6, pp.1081-1090, Aug. 1995
- [8] J. C. R. Bennett, H. Zhang, "WF2Q : Worst-case Fair Weighted Fair Queueing", IEEE, pp.120-128, 1996
- [9] M. W. Garrett, "A Service Architecture for ATM:From Applications to Scheduling", IEEE Network Mag., pp.6-14, May/June, 1996
- [10] N. R. Figueira, J. Pasquale, "An Upper Bound on Delay for the Virtual Clock Service Discipline", IEEE Trans. on Networking, Vol. 3, No. 4, pp.399-408, Aug. 1995
- [11] D Ferrari, "Delay Jiter Control Scheme for Packet Switching Internetwork" Computer Communications, Vol. 15, No.6 :pp.367-373, July-August 1992
- [12] S. J. Golestani, "Congestion-Free Communication in High Speed Packet Networks", In IEEE Trans. on Networking, Vol. 39, No. 12, pp.1802-1812, Dec. 1991
- [13] S. Keshav, "A Engineering Approach to Computer Networking", Addison Wesley, 1997
- [14] S.Keshav, REAL 5.0 Overview, <http://www.cs.cornell.edu/skeshav/real/overview.html>

이 은 주



1990년 2월 : 청주대학교  
전자계산학과(공학사)  
1996년 2월 : 충북대학교  
컴퓨터공학과(공학석사)  
2000년 8월 : 충북대학교  
컴퓨터공학과(공학박사)  
1998년 3월~현재 :  
제주산업정보대학  
컴퓨터정보계열