

통합 서비스 제공을 위한 QoS기반 패킷 스케줄링 알고리즘

이 은 주*, 오 창 석**

QoS-based Packet Scheduling Algorithm for Integrated Service

Eun-Ju Lee*, Chang-Suk Oh**

요 약

본 논문에서는 인터넷망에서 실시간 인터넷 서비스의 제공을 위해 라우터 시스템에 적용되는 다양한 스케줄링 알고리즘들을 분석하고 서비스 특성에 따라 지연 민감형 트래픽과 손실 민감형 트래픽의 QoS 요구사항을 보장할 수 있는 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 이를 위하여, 먼저 ITU-T 권고안에 기초한 QoS 개념을 정의하고, 인터넷망에서의 패킷 다중화기의 요구사항을 살펴보고 망에 적용하기 위해 고속의 패킷 포워딩 기능을 담당하는 패킷 다중화기의 기능 구조와, 입력 소스 트래픽의 QoS 등급에 기초하여 다양한 QoS를 만족시키기 위한 스케줄링 알고리즘을 설계한다. 마지막으로 모의 실험을 통해 패킷 손실율과 평균 지연 측면에서 알고리즘의 성능을 고찰한다.

Abstract

In this paper, we investigate the scheduling algorithm of router system for Internet service 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 the loss-sensitive traffic and delay-sensitive traffic. For this purpose, we first study the service requirements of the multiplexer in Internet and the definition of QoS based on the ITU-T white recommendations. Second, we suggest a functional architecture of the multiplexer and the scheduling algorithm to satisfy various QoS requirements for Internet service. Finally, the performance measures of interest, namely steady-state packet loss probability and average delay, are discussed by simulation results.

* 제주산업정보대학 컴퓨터정보계열 전임강사

** 충북대학교 컴퓨터공학과 교수

위한 패킷 스케줄링 알고리즘을 분석하고 이를 토대로 QoS 보장과 구현이 용이한 새로운 스케줄링 알고리즘의 요구사항을 정의한다.

I. 서론

IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 기존의 최선형 서비스로만 운용되는 인터넷 서비스를 실시간 서비스 개념이 포함된 서비스 모델로 확장한 통합 서비스 모델을 제시하고 있다[1-2].

통합 서비스 모델에서는 각 흐름에게 서로 다른 품질의 서비스를 제공하도록 분류자, 패킷 스케줄러, 연결 수락 제어, 그리고 자원 예약 프로토콜을 이용하여 트래픽 제어모듈을 구성한다[3]. 이 요소들 중에서 패킷 스케줄러에 적용되는 스케줄링 알고리즘은 패킷들간의 서비스 차별화를 실시하여 실시간 서비스를 제공하는 트래픽 제어기능을 라우터에 구현하는 방법으로 실시간 트래픽의 성능에 중요한 영향을 주게 된다.

지금까지 제안된 스케줄링 알고리즘은 크게 우선 순위 제어방식과 대역 보장형 스케줄링 방식으로 나누어진다[4].

우선 순위 제어방식[5-10]은 정렬 과정의 복잡성과 버스트한 트래픽의 경우 QoS를 보장해 줄 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 지금까지 발표된 대부분의 스케줄링 방식들은 구현상의 문제점을 갖고 있거나 QoS보장의 문제점을 안고 있어 인터넷 통합 서비스의 지원을 위한 새로운 트래픽 제어 알고리즘에 관한 연구가 요구되고 있다.

본 논문에서는 다양한 서비스 품질을 만족시키기 위한 패킷다중화기의 구조와 다중화기에 적용할 우선 순위 기법과 스케줄러 큐의 임계값을 이용한 패킷 스케줄링 알고리즘을 제안하고 모의 실험을 수행하였다.

II. 인터넷 서비스를 위한 패킷 스케줄링 알고리즘

본 장에서는 인터넷 통합 서비스 모델에서 QoS보장을

1. 기존 패킷 스케줄링 알고리즘의 특성 분석

패킷 스케줄링 알고리즘에서 트래픽 처리의 우선 순위를 정하는 방법은 최대-최소 공평 공유 할당(max-min fare share allocation)을 하는 GPS 기법을 따르는데 주요 목표가 되고 있으며, 이를 위한 알고리즘은 GPS를 패킷 단위로 표현하기 위한 WFQ가 대표적이며, 이를 단순화 한 것이 SCFQ이다. 순차적 서비스 방식에 기초하여 GPS를 흉내내는 방식이 WRR과 DRR 알고리즘이다.

여러 알고리즘들 중 WFQ 알고리즘은 가장 GPS에 근접하는 성능을 가지고 있으나 구현이 복잡하고 최대 지연시간의 보장이 좋지 못하며 WFQ를 단순화한 SCFQ의 경우 구현에는 WFQ보다 유리하나 최대 지연시간의 보장이 WFQ보다 좋지 않다. WRR 및 DRR 등의 알고리즘의 경우 간단하여 구현에는 가장 유리하나 실제로 각 트래픽의 공평한 처리를 보장하지 못한다.

2. QoS 보장을 위한 스케줄링 알고리즘의 요구사항

스케줄링 알고리즘은 연속적이고 버스트한 트래픽을 효율적으로 처리할 수 있는 유연한 망 전송 기술로서, 사용자가 요구하는 QoS를 보장하기 위해서는 인터넷 프로토콜의 특성과 요구사항을 적절히 반영하고 하부 망에서 제공 가능한 QoS 파라미터를 직접적으로 제어할 수 있어야 한다. 따라서, QoS 기반 패킷 다중화 방식에서 요구되는 QoS 파라미터는 서비스 흐름에 대한 연결 설정 시에 망과의 협상에 따라 망으로부터 제공된다. 또한 망 또는 각 연결이 재협상 되어 다시 제공될 때에도 수정이 가능해야 한다. QoS는 같은 서비스 흐름에 속한 모든 패킷에 대해 동일한 특성을 갖고 그 흐름이 지속되는 동안 일정한 값을 유지한다.

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 다중화기

의 일반적인 기능 요구사항을 나타낸 것이다.

- 서로 다른 서비스 요구사항을 가진 트래픽에 대해 동등한 처리능력제공
- 서비스별로 요구하는 QoS를 제공
- 패킷 순서 무결성 보장
- 순위운 망 관리 기능(UPC)의 적용성
- 가입자로부터 망으로 향하는 전송 링크의 공유
- 패킷 다중화 용량의 확장 및 구현이 용이한 구조

그러나 지금까지 이러한 요구사항을 모두 만족시킬 수 있는 스케줄링 알고리즘은 그 구현상의 장단점 또는 QoS 보장 및 효율성 측면에서 제각기 장단점을 가지고 있다. 이처럼 스케줄링 알고리즘의 요구사항들은 서로 상충적인 요구사항을 가지므로 특정 패킷 스케줄링 방식의 설계에는 응용 목적에 맞추어 각 요구사항들이 적절히 절충되어야 할 것이다. 특히, 실시간 서비스가 요구되는 인터넷에서는 패킷 손실과 패킷 지연을 최대한 줄일 수 있는 효율적인 스케줄링 알고리즘이 요구된다.

Ⅲ. 임계값 기반 패킷스케줄링 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 대기시간 단축을 목표로 각 서비스 유형별로 분류된 패킷의 스케줄링 알고리즘을 설계한다.

1. IP와 ATM의 서비스 매핑

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. 따라서 본 논문에서는 서비스에서 요구하는 QoS 특성에 따라 인

터넷 서비스를 분류하고 서비스 유형별로 ATM QoS를 매핑하는 방법을 사용한다. 이는 인터넷 서비스를 QoS 특성별로 분류하여 서비스 유형에 따라 스케줄링 함으로써 결과적으로 서비스에서 요구하는 QoS 기준을 보장할 수 있기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 인터넷 서비스를 시간 민감형 QoS를 요구하는 실시간 서비스와 부하제어형 서비스, 그렇지 않은 최선형 서비스로 우선적으로 분류한다. 최선형 서비스의 경우, 다시 트래픽 특성에 따라 버스트한 특성을 갖는 장수 최선형(Long-lived best-effort) 서비스와 그렇지 않은 단명 최선형(Short-lived best-effort)서비스 등으로 재분류한다. 이는 트래픽의 형태가 버스트한 경우, 패킷의 길이가 상대적으로 길어져서 라우터에 미치는 부하가 크고 서비스 시간이 많이 소요된다는 점에서 짧은 패킷 길이를 갖는 트래픽과는 다른 우선 순위를 주어 스케줄링을 하는 것이 유리하다는 점에 착안한 것이다.

그러므로 본 논문에서는 제안하는 스케줄링 알고리즘에 사용할 목적으로 인터넷 서비스를 QoS 요구사항과 스케줄링 알고리즘 상의 차이점을 고려하여 다음과 같이 실시간 서비스, 부하제어형 서비스, 장수 최선형 서비스, 단명 최선형 서비스 등 4종류로 분류한다.

- 실시간 서비스 : RTP/UDP에서 입력된 트래픽으로 실시간 QoS(지연, 지연 변이)에 민감한 서비스
- 부하제어형 서비스 : RTP/UDP에서 입력된 트래픽으로 어느 정도의 지연 시간과 손실을 허용할 수 있는 서비스
- 장수 최선형 서비스 : TCP 프로토콜에서 입력하는 트래픽으로 패킷길이가 다음 조건을 만족하는 버스트한 특성을 갖는 데이터 서비스 패킷 길이 > LIV (임계치)
- 단명 최선형 서비스 : TCP 프로토콜에서 입력하는 트래픽으로 패킷길이가 다음 조건을 만족하는 최선형 서비스 패킷 길이 < LIV (임계치)

본 논문에서 제안한 스케줄링 알고리즘에 적용할 인터넷 서비스 분류를 ATM 서비스 유형과 매핑하여 표 1에 나타내었다.

표 1. ATM-IP간 서비스 파라미터 매핑
Table 1. Service Parameter Mapping between ATM networks and Internet

우선 순위	IP QoS	본 논문의 서비스 분류	ATM QoS	QoS Parameter	특징
QoS 1	Guaranteed	실시간 서비스	CBR RT-VBR	$Pd < 1\text{ ms}$ $CDV < 10\mu\text{s}$ $BW < 100\text{M}$ $Ploss < 10^{-6}$	지연 및 변이 민감형
QoS 2	Controlled Load	부하제한형	NRT-VBR ABR	$Pd < 1\text{ ms}$ $CDV < 10\mu\text{s}$ $BW < 10\text{M}$ $Ploss < 10^{-6}$	중간특성
QoS 3	Best Effort	장수최선형	ABR UBR	$Pd < 10\text{ ms}$ $BW < 1\text{M}$ $Ploss < 10^{-9}$	
QoS 4		단명최선형		$Pd < 10\text{ sec}$ $BW : \text{전체}$ $Ploss < 10^{-9}$	에러민감형

2. 임계값 기반 스케줄링 알고리즘의 설계 개념

본 논문에서는 실시간 트래픽에 대한 스케줄링 알고리즘의 단점을 개선하기 위하여 서비스 클래스 별로 분류한 서비스 유형에 따라 QoS 보장을 위한 패킷 스케줄링 알고리즘을 제안한다.

그림 1은 본 논문에서 제안하고자 하는 스케줄링 방식의 기본 모델을 나타내었다.

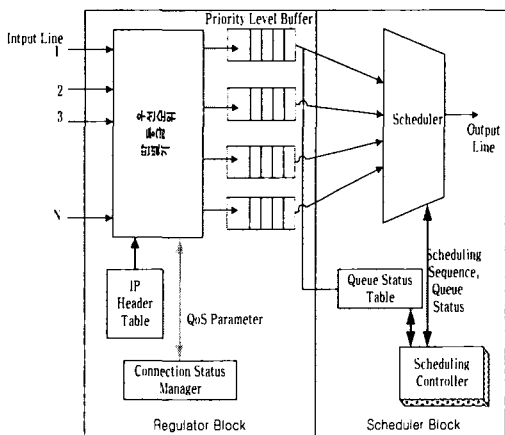


그림 2. QoS 기반 스케줄링 알고리즘을 가진 패킷 다중화기
Figure 2. Packet Multiplexer in for QoS-based Scheduling Algorithm

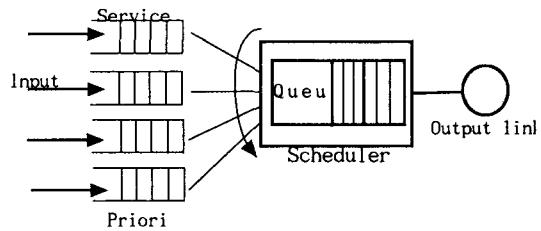


그림 1. 제안한 임계값 기반 스케줄링 모델
Figure 1. Proposed Threshold-based Scheduling Model

본 논문에서 제안하고자 하는 알고리즘은 서비스 종류에 따라 우선 순위 등급으로 패킷을 분류한 후 스케줄러 큐에서 임계값을 적용함으로써 실시간 서비스를 우선적으로 서비스하도록 설계한다. 또한, 낮은 서비스 등급을 가진 패킷이 높은 서비스 등급을 가진 패킷보다 상대적으로 긴 지연시간을 갖는 단점과 공정하게 자원을 할당받을 수 있도록 스케줄링 함으로써 사용자의 QoS 요구사항을 최대한 보장할 수 있는 기능을 제공한다. 트래픽 유형을 분류하여 QoS 요구수준에 따라 분류하는 레귤레이터 (regulator)를 구성하여 스케줄러로 보내어 스케줄러 큐를 논리적으로 나눈 임계값을 적용한 스케줄링 방식으로 진행함으로써 QoS 보장 능력을 개선하도록 하였다. 알고리즘에 적용할 트래픽 유형은 QoS 보장 능력 측면에서 재분류한 네 가지 유형을 사용한다.

앞서 제시한 설계 개념에 따라 제안한 다중화기는 그림 2와 같이 크게 레귤레이터 블록과 스케줄러 블록으로 구성된다. 레귤레이터 블록은 입력되는 트래픽을 QoS 요구수준에 따라 우선 순위를 분류하는 우선 순위 등급 판별기, 우선 순위 등급별로 분류된 패킷이 저장될 우선 순위 버퍼로 구성된다. 스케줄러 블록은 제안된 알고리즘에 따라 스케줄링 순서를 생성하는 스케줄링 순서 제어기와 스케줄러로 구성된다.

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

- ① 연결 설정 시, 다중화 제어를 위해 협상된 QoS 파라미터들은 우선순위 등급 판별기의 참조데이터에 기록된다.
- ② 우선 순위 등급 판별기는 입력 패킷들의 QoS 요구수준에 따라 서비스 등급을 분류하고 그 패킷들을 우선 순위 버퍼에 저장한다.
- ③ 스케줄링 순서 제어기는 버퍼상태와 스케줄링 알고

리즘에 의하여 스케줄링 순서를 생성한다.

- ④ 스케줄러는 스케줄링 순서 제어기로부터 결정된 스케줄링 순서에 따라 선택된 우선 순위 버퍼의 패킷들을 출력링크로 전송한다.

인터넷망에서 서비스 등급은 보다 많은 종류의 트래픽이 포함될 수 있도록 가능한 논리적으로 정의되어야 한다. 다음과 같이 각 연결에 대한 패킷 다중화기에서 주요 QoS 파라미터들이 규정되어야 한다.

- 서비스 흐름에서 요구하는 망 자원(대역폭)
- 망 차원의 지연 특성(패킷 지연 확률)
- 패킷 손실 확률
- 실시간 트래픽에 대한 패킷 지연변이

3. 우선순위 임계값 기반 스케줄링 알고리즘 구현

패킷 다중화를 수행하는 스케줄링 알고리즘은 레귤레이터 기능 블록과 스케줄러 기능 블록으로 나누어 구성된다.

3.1 레귤레이터 기능 블록

먼저 입력되는 트래픽을 분류하는 레귤레이터 블록에서는 다음 두 가지의 우선 순위 기법을 사용하였다.

- ① 서비스 우선 순위를 가진 분리된 우선 순위 버퍼 (Separate Priority Buffers with Service Priority) : 상위 우선 순위 등급 버퍼의 패킷은 항상 하위 우선 순위 등급 버퍼의 패킷에 우선하여 서비스되며, 4개 우선 순위 등급의 패킷을 저장하기 위한 독립적인 버퍼영역으로 우선 순위 등급 버퍼를 가지며 등급별로 서로 다른 버퍼 크기를 갖는다.
- ② FIFO 스케줄링 (FIFO Scheduling Policy): 같은 우선 순위등급에 속한 패킷은 FIFO(First-In-First-Out)방식으로 버퍼에 먼저 입력된 패킷부터 먼저 출력한다.

그림 3에 입력되는 트래픽을 QoS 요구 수준에 따라 우선 순위 등급별로 분류하여 스케줄러로 보내는 레귤레이터 블록의 상태를 나타내었다.

이러한 우선 순위 기법을 채용한 레귤레이터 블록의 동작은 다음과 같다.

- ① 각 우선 순위 등급 버퍼에서 가장 높은 우선 순위의 패킷을 스케줄러 큐의 각 등급별 영역에 전송한다. 이때 스케줄러 큐의 상태정보를 참조한다.

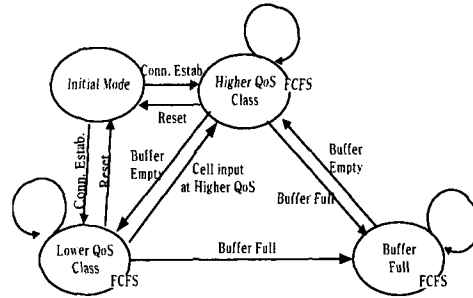


그림 3. 레귤레이터 블록의 상태도
Figure 3. State Diagram of Regulator Block

- ② 하나의 우선 순위 등급 버퍼에서 패킷들을 FIFO 방식으로 전송한다.
- ③ 동작 1에서 만일 스케줄러 큐의 각 우선 순위 영역이 임계값 한계를 초과하면 이때 입력되는 패킷은 폐기된다.
- ④ 패킷이 서비스 된 QoS 버퍼에서는 다음 패킷이 그 버퍼의 맨 앞으로 전달된다.

3.2 스케줄러 기능 블록

본 논문에서는 스케줄러 큐의 임계값을 조절하는 방식으로 스케줄러 부분의 기능 블록을 구현하였다.

스케줄러의 큐를 각 우선 순위 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. 이러한 스케줄러 큐의 임계값을 적용한 본 논문의 스케줄러 기능 블록의 동작은 다음과 같다.

- ① 먼저 각 우선 순위 버퍼에서 각 임계값 내에서 패킷을 스케줄러로 서비스한다.
- ② 스케줄러내의 큐에서 큐를 논리적으로 나눌 수 있는 임계값(T_i , ($1 \leq i \leq 4$))을 설정하고 큐에 도착하는 각 우선 순위 패킷을 동일한 임계값 영역 안에 두고 각 임계값 영역내의 패킷들을 우선 순위 에 따라 FIFO형태로 서비스한다. 만일 임계값을 초과하여 큐에 도착하는 경우 해당 패킷은 폐기시킨다.
- ③ 스케줄링 제어기는 스케줄러 큐의 상태정보를 이용하여 버퍼상태 참조 테이블을 갱신한다.

3.3 제안된 스케줄링 알고리즘의 구현

본 논문에서 구현한 스케줄링 알고리즘의 구현을 그림 4에 나타내었고, 이러한 스케줄링 알고리즘의 단계별 동작을 정리하면 다음과 같다.

- ① step 0 : 각 입력 선로에서 들어오는 패킷을 수신한다. 우선 순위 등급 판별기는 입력버퍼에 있는 각 IP 패킷 헤더의 유효한 필드 값을 이용하여 해당 패킷의 우선 순위 등급을 결정한다.
- ② step 1 : 입력된 패킷의 QoS 요구수준에 따라 각 우선 순위 버퍼로 저장한다.
- ③ step 2 : 각 우선 순위 버퍼내의 패킷들을 버퍼상태 참조 테이블을 참조하여 임계값 내에서 스케줄러 큐로 전달한다.
- ④ step 3 : 스케줄러는 스케줄러의 큐의 임계값 영역 내에 패킷이 존재하면 해당 패킷을 우선 순위에 따라 출력 링크로 전송한다. 만일 임계값 영역을 초과하면 해당 패킷을 폐기시킨다.
- ⑤ step 4 : 스케줄러 큐의 상태 정보를 이용하여 버퍼상태 참조 테이블을 갱신한다.
- ⑥ step 5 : 우선 순위 버퍼의 다음 패킷을 맨 앞으로 이동한다.

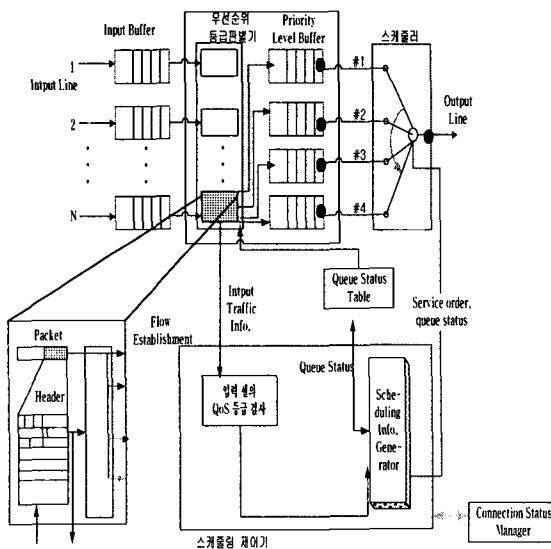


그림 4. 임계값 기반 스케줄링 알고리즘의 구현
Figure 4. Implementation of Threshold-based Scheduling algorithm

IV. 실험 및 결과 분석

1. 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 시뮬레이션을 이용한 성능평가 방법으로 전세계적으로 널리 사용되고 있는 네트워크 시뮬레이터인 NS-2(Network Simulator-II)를 사용한다 [11-12]. 시뮬레이션 시스템은 Pentium-III의 Linux 6.0상에서 otcl(Object Tool Command Language)을 사용하며, 인가할 데이터 유형과 알고리즘은 C 언어를 사용하여 구성하였다.

2. 시뮬레이션 결과 분석

본 논문에서 제안한 스케줄링 알고리즘을 패킷 전달 지연 시간, 망 자원의 공평성 측면에서 기존의 알고리즘 중 HOL 스케줄링 방식과 FQ 방식, 본 논문에서 제안한 임계값 기반 스케줄링 기법과 비교 분석한다. 본 논문에서는 제안한 임계값 큐잉 알고리즘의 성능 분석을 위해 패킷들의 평균 지연 시간을 관찰하였다.

그림 5는 본 논문에서 제안한 우선 순위 임계값 기반 스케줄링 알고리즘의 평균 지연을 나타내었다. 제안된 임계값 기반 스케줄링 알고리즘의 결과를 보면 각 트래픽에 우선 순위를 부여함으로써 실시간 트래픽의 평균지연 성능을 개선하고 낮은 우선 순위 등급을 가진 패킷의 평균 지연값 또한 다른 알고리즘에 비하여 감소한 것으로 나타났다. 이것은 우선 순위 별로 분류된 패킷에 다시 큐의 임계값을 적용함으로써 상대적으로 우선 순위가 낮은 서비스의 평균 지연 성능이 향상되었음을 보여주고 있다.

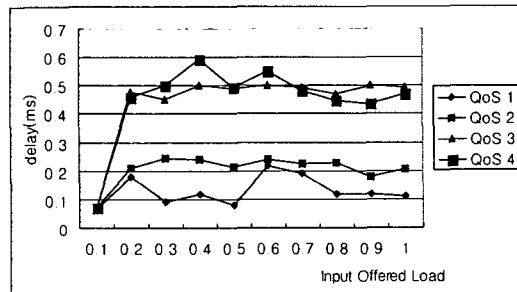


그림 5. 우선순위 임계값 기반 기법의 QoS 등급별 평균 지연 시간
Figure 5. Mean Delay Time of QoS Level in Priority Threshold Scheduling

그림 6에 각 알고리즘 별로 실시간 서비스에 대한 평균 지연 시간을 비교하였다.

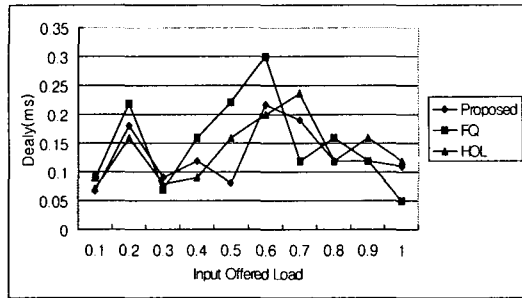


그림 6. 실시간 서비스에 대한 평균 지연시간 분석
Figure 6. Mean Delay Time Analysis for Real-time Service

이 결과를 보면 입력 트래픽 부하가 낮은 경우 제안된 알고리즘과 HOL 기법의 경우 FQ 알고리즘 보다 낮은 평균지연 값을 보이고 있다. 입력 트래픽 부하가 커질수록 실시간 서비스에 대한 평균 지연도 다소 증가함을 보이고 있으며 FQ 알고리즘의 경우 실시간 서비스에 대해서는 우선 순위의 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 우선 순위를 부여함으로써 먼저 서비스 받게 한 결과로 평균 지연 값을 감소시켜 인터넷에서 실시간 서비스에 대한 성능을 높여주기 위함이다.

표 2에 각 우선 순위 등급별 평균 지연 및 지연 변이를 나타내었다. 표 2에 나타난 시뮬레이션 결과에 따르면 제안된 스케줄링 알고리즘이 다른 스케줄링 알고리즘에 비하여 우수한 지연 특성을 나타내고 있으며, 지연 변이에서도 제안된 알고리즘이 나은 특성을 보여주고 있다. QoS 제공 측면에서 중요한 QoS 등급 1의 실시간 서비스의 경우를 살펴보면 평균지연이나 지연변이에서도 FQ 알고리즘 보다 나은 성능을 보임을 알 수 있다.

3. 결과 종합 분석

본 논문에서 제안한 우선 순위 임계값 기반 스케줄링 알고리즘과 다른 두 가지 스케줄링 알고리즘간의 시뮬레이션 결과를 종합 분석한다.

표 4-2 우선순위 등급별 평균 지연 및 지연 변이
Table 4-2 Mean Delay and Delay Variation of Each Priority Level

	QoS 1		QoS 2		QoS 3		QoS 4	
	평균 지연	지연 변이	평균 지연	지연 변이	평균 지연	지연 변이	평균 지연	지연 변이
정적우선순위 알고리즘	0.128	0.0029	0.261	0.0136	0.561	0.041	0.574	0.037
FQ알고리즘	0.128	0.0061	0.226	0.0027	0.547	0.0237	0.521	0.0243
우선순위 임계치 알고리즘	0.125	0.0025	0.219	0.0026	0.489	0.0173	0.495	0.0198

제안된 알고리즘은 예측대로 기존의 HOL 스케줄링 기법보다 평균 지연시간에서 월등한 성능을 보였으며, 기존의 알고리즘 중 모든 흐름에 동일한 대역폭과 패킷 길이를 갖는 경우에 우수한 성능을 보이는 Fair Queueing 기법보다도 나은 성능을 보였다. 이는 HOL 기법이 우선 순위만을 분류한 후 단순한 FIFO 큐잉 방식으로 서비스를 제공하는 데 반해 제안된 알고리즘은 스케줄러의 큐를 논리적으로 나눈 임계값에 따라 내에서 각 우선 순위 패킷에 임계값을 적용하여 임계값 내에서만 서비스하도록 하였다. 이로써 실시간 트래픽들에 대해서는 우선적으로 서비스 되도록 하면서 상대적으로 낮은 우선 순위 트래픽들에 대한 지연 시간을 보상할 수 있었으며, 낮은 우선 순위를 가진 트래픽들이 망 자원을 공평하게 할당받을 수 있도록 하였기 때문으로 분석된다.

V. 결 론

본 논문에서는 ATM망을 기반으로 하는 인터넷에서 실시간 서비스를 제공하기 위한 서비스 품질 요구사항을 만족하고 라우터에서의 구현 용이성 특성을 가진 라우터 기반 패킷 다중화기와 2단계 스케줄링 알고리즘을 제안하였다.

또한, 성능 분석을 위하여 기존의 우선 순위 방식 중 HOL 기법과 대역보장형 방식 중에서 FQ 알고리즘을 선택하여 성능 비교를 수행하였다. 성능 평가 항목으로는 망 전체를 거처가는 전달 경로의 모든 패킷들에 대한 지속적인 QoS 보장을 위한 평균 지연 시간, 구현의 용이성 측면에서 분석하였다.

성능 비교를 수행한 결과, 제안된 알고리즘은 기존의 정적 우선 순위 알고리즘 보다 우선 순위가 높은 실시간 패킷을 처리하는데 있어서 다소 나은 성능을 보여주었다. 이것은 4가지 우선 순위로 분류된 인터넷 서비스 중 실시간 서비스는 언제나 최우선 순위를 가지게 하여 서비스하도록 설계한 것 때문으로 분석된다. 그러나 2단계 방식으로 스케줄링을 수행하기 때문에 망의 부하를 다소 증가시킬 수 있을 것으로 예측되므로 실제 시스템에 적용 시 하드웨어로 구현이 된다면 더 나은 개선 효과를 보일 것으로 전망된다.

참고문헌

[1] R. Braden, D. Clark, S. Shenker, Integrated Service in the Internet Architecture: an Overview, RFC 1633, June 1994.
 [2] Paul P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet : A Tutorial", IEEE Communications Magazine, pp.100-106,

May 1997.
 [3] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol(RSVP) - Version 1 Functional Specification", RFC 2205, Sept 1997.
 [4] 김남균, 김영한, 신명기, 황진호, "인터넷에서 실시간 서비스를 위한 스케줄링 알고리즘의 구현 및 성능 평가", 정보과학회 논문지(A), 제 26권 제 1호, 1999. 1.
 [5] W. T. Chen, C. F. Huang, S. C. Ding, "A Scheme for QoS Control in ATM Switching Systems", J. of High Speed Networks, pp.221-236, 1997. 6.
 [6] A. Y. M. Lin, J. A. Silvester, "Priority Queueing Strategies and Buffer Allocation Protocols for Traffic Control at an ATM Integrated Broadband Switching System", IEEE J. on Sel. Area in Comm. Vol. 9, No. 9, pp.1524-1536, Dec. 1991.
 [7] L. Li, C. Hu, P. Liu, "Maximum Throughput of an Input Queueing Packet Switch with Two Priority Classes", IEEE Trans. on Comm. Vol. 42, No. 12, pp.3095-3097, Dec. 1994.
 [8] J. Y. Hui, T. Renner, "Queueing Analysis for Multicast Packet Switching", IEEE Trans. on Comm. Vol. 42, No. 2/3/4, pp.723-731, Feb./Mar./Apr. 1994.
 [9] T. Takine, B. Sengupta, T. Hasegawa, "An Analysis of a Discrete-Time Queue for Broadband ISDN with Priorities among Traffic Classes", IEEE Trans. on Comm. Vol. 42, No. 2/3/4, pp.1837-1845, Feb./Mar./Apr. 1994.
 [10] I. Stavrakakis, "Delay Bounds on a Queueing System with Consistent Priorities", IEEE Trans. on Comm. Vol. 42, No. 2/3/4, pp.615-624, Feb./Mar./Apr. 1994.
 [11] S. Keshav, REAL 5.0 Overview, <http://www.cs.cornell.edu/skeshav/real/overview.html>
 [12] M. Greis, Tutorial for the UCB/LBNL/VINT

Network Simulator "ns" <http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns/tutorial/index.html>

저자 소개



이 은 주

1994년:청주대학교 전자계산학과 (공학사)
1996년:충북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
2000년:충북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
1998년 ~현재 : 제주산업정보대학 컴퓨터정보계열 전임강사



오 창 식

2000년 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 컴퓨터전공주임교수
1990년 12 ~ 1991년 12 : (미) Stanford 대학교 객원교수
1982년 12 ~ 1984년 9 : 한국전자통신연구원