

무선망상의 멀티미디어 서비스를 위한 QoS제공 스케줄링

정용찬, 신지태
성균관대학교 정보통신공학부
e-mail:todo76@ece.skku.ac.kr

QoS-Aware Scheduling for Multimedia Services in Wireless Networks

Yongchan Jeong, Jitae Shin
School of Information and Communication Engineering,
SungKyunKwan University.

요 약

스케줄링은 네트워크상의 공유된 자원을 보다 효과적으로 이용하기 위한 것으로서 delay, delay jitter, packet loss rate, throughput과 같은 서비스 값들의 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위한 핵심 요소이다. 유선망에서의 스케줄링은 이미 익숙한 영역으로 많은 발전이 되어왔지만, 무선채널의 불안정성이나 사용자의 움직임으로 인해 발생하는 다양한 링크 에러율과 용량 때문에 무선망에서의 직접적용은 많은 문제를 일으키게 된다. 이 논문에서는 기존에 나와 있는 여러 무선 스케줄링 기법중 채널 보상 모델을 이용하여, 서비스 차별화(Service Differentiation)와 공정성(Fairness)에 초점을 맞춘 QoS제공 성능향상 스케줄링 알고리즘을 제안하였다.

Keyword: Scheduling, Multimedia, QoS, WF2Q+, Compensation model.

1. 서론

앞으로 무선 데이터 서비스 사용자수의 급속한 증가와 다양한 멀티미디어 서비스의 요구로 인하여 다른 Quality of Service(QoS)를 가지는 여러 트래픽 클래스를 위한 서비스가 제공되어야 할 것이다.

광대역 통신망에서의 트래픽은 크게 텍스트 데이터와 같은 손실에 민감한 트래픽과 음성과 영상 등의 지연에 민감한 트래픽으로 분류되는데, 각각의 트래픽 특성에 따라서 다른 서비스 품질(QoS) 요구 사항을 가지고 있다. 지연 민감 트래픽의 경우는 종단간에서의 트래픽 손실에 의한 서비스 품질 저하보다는 전송 지연에 의한 품질 저하의 영향을 크게 받으며, 반면에 손실 민감 트래픽의 경우는 망에서의 트래픽 폭주 현상과 트래픽의 에러 손실에 매우 민감하다. 본 논문에서는 이와 같은 트래픽을 효과적으로 사용하기 위해서 동일한 요구사항을 가지는 트래픽을 클래스로 나누고, 스케줄링을 통하여 각각의 트래픽에 해당하는 서비스를 제공해준다. 또한 무선

채널의 시가변적인 특성을 고려, 나쁜 채널 상태로 인해 미리 약속된 서비스를 제대로 받지 못한 클래스를 위해 하나의 채널 보상 모델로서 LTF(S(Long Term Fairness Server))[1] 을 사용하였다.

또한, 본 논문에서는 현재 유·무선 네트워크 통합의 경향에 맞추어 유선망의 스케줄러와 무선망의 스케줄러를 연계하여 다루고자 할 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 이어지는 2장에서는 무선망의 특성을 고려한 기존의 여러 가지 스케줄러에 대해 각각의 특징과 장·단점을 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 무선 스케줄링 알고리즘의 개념에 대해 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 알고리즘을 평가하며, 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결론을 맺는다.

2. 무선망을 위한 스케줄링 알고리즘

스케줄러는 실시간 플로우에 대해서는 일정한 대역폭을 보장해야 하며, 각 플로우들이 할당된 대역폭에 따라서 자원을 공평하게 공유하도록 해야 한다.

또한, 무선망 스케줄링은 유선 인터넷망에는 없는 무선특성인 시가변적 채널용량변화, 이동터미널의 위치에 따른 채널상태(location-dependent channel state), Busy 채널 오차, 사용자 이동성등을 추가적으로 고려해야 한다. 최근의 무선 통신망에서 제안된 스케줄러들로는 Channel State Independent Wireless Fair Queueing(CS-WFQ), Channel Condition Independent Fair Queueing(CIF-Q), Channel State Dependent Packet Scheduling(CSDPS), Idealized Wireless Fair Queueing(IWFQ), Wireless Fair Service(WFS), Service Based Fair Approach (SBFA)[1], Packet General Processor Sharing(PGPS)등을 들 수 있다. 많은 제안된 스케줄링들이, (예를 들어 WFS, SBFA, CIF-Q) 주어진 무선채널 상태에서 flow간 fairness를 제공하는 queueing서비스에 초점이 맞추어져 있다. 또한 각 flow간의 서로 다른 QoS 요구조건들을 고려한 스케줄링으로는 GPS에서 flow당 weighting을 다르게 주는 IWFQ, CS-WFQ, PGPS 등이 제한적으로 throughput guarantee와 시간지연 bound를 제공해 주고 있다. 좀 더 자세한 비교는 다음 표와 같이 정리 할 수 있다.[2]

	CSDPS	IWFQ	CIF-Q	SBFA	WFS
Throughput guarantee	X	O	O	O	O
Delay bound	X	O	O	X	O
Short-term fairness	X	X	O	X	O
Delay/bandwidth decoupling	X	X	X	X	O
Lead/lag counter기능	X	O	O	X	O
Compensation model 채택	X	O	O	O	O
Slot/packet queue 분리	X	O	X	O	O

표1. 무선망 환경을 위한 여러 스케줄링 기법들

위의 표에서 볼 수 있듯이 WFS 스케줄링 기법이 가장 많은 네트워크 특성과 좋은 성능을 보여주고 있지만, 유선망의 모델(error-free model)이 제한되어 있고 이론에만 치우친 비현실성을 가지는 문제가

있다. 때문에 본 연구에서는 보다 더 실질적이면서, 특정 error-free model에 제한되지 않는 무선 스케줄러를 개발한다.

3. 제안한 스케줄링 기법

본 논문에서 제안하는 무선망 패킷 스케줄링 알고리즘은 다운링크(forward link)를 기반으로 다음의 목표들을 고려한 최적의 스케줄러이다.

- 높은 무선 채널 utilization 제공
- 패킷손실 최소화와 throughput 보장
- 트래픽 클래스별 QoS차별화 제공
- 구현 시 복잡도 감소와 나쁜 무선링크상태에서도 서비스 품질의 급속저하 방지
- 시 가변 무선 채널용량 환경 하에서 long-term fairness 제공

제안하는 기법의 기본적인 개념은 트래픽을 QoS 요구사항(지연, 손실)에 따라 클래스 단위로 나누어, 각 클래스에 입력된 세션(session)들이 해당 큐에서 허용될 수 있는 최대 값 내에서 서비스되면서, 공정성(Fairness)도 함께 보장받는 것이다. 이것은 서비스 품질을 보장하는 지표인 QoS 요구사항을 적정수준 이내로 제한해 주어야 안정된 서비스 품질을 유지할 수 있기 때문이다. 제안하는 알고리즘은 이러한 요구사항을 만족시켜주기 위하여 세션을 각각의 요구사항에 맞게 적절한 클래스로 할당해준다.

그림 1은 본 논문에서 제안하는 스케줄러가 적용되는 시스템 모델을 나타내고 있다. 제안하는 알고리즘에서 큐는 실제 전송할 데이터가 들어 있는 패킷큐(PQ)와 스케줄링을 위해 개념적으로 만들어지는 슬롯큐(SQ)로 나누어진다. 전송하고자 하는 데이터 패킷이 QoS요구사항에 맞추어 특정 클래스의 패킷큐에 들어감과 동시에 그 패킷의 정보를 가진 슬롯이 슬롯큐에 생기게 되며, 스케줄링 알고리즘에 의해서 해당 슬롯큐가 서비스를 받음에 의해 해당 패킷이 전송된다. 만약, 클래스1에서 에러가 발생되면 스케줄러는 곧바로 클래스1의 서비스를 중단하고 그 다음순서의 클래스를 서비스 하게된다. 이때 클래스1에서 전송하지 못한 데이터 패킷(P11)에 해당하는 슬롯(Si : i는 클래스를 표시)이 LTFS(Long term fairness server)에 들어가게 되어, 스케줄링 알고리즘에 따라 클래스1을 서비스하기 전에 다시 한번 서비스를 받을 수 있게 되어 미리 정의된 서비스를 받지 못한 클래스1에 대해 자원을 보상해주는 것이다.

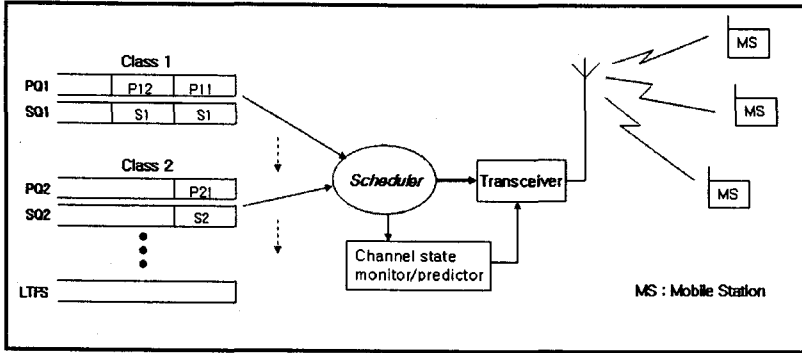


그림 1. 무선망의 스케줄링 모델

다음 그림2는 제안한 알고리즘에서의 스케줄링 과정을 간략하게 보인 것이다

```

Step1 : Packet P arrives for class i
1. Enqueue(PQi, p);
2. Create a slot s with a tag i;
3. Enqueue(SQi, s);
4. If SQi is empty,
   Scheduler_data_structure is updated;
   Make i active;
Step2 : Compensation
1. r=LIFS ;
2. Create a slot s with its class tag pointing to i ;
3. Enqueue(SQr, s);
4. If SQr is empty,
   Scheduler_data_structure is updated;
Step3 : WF2Q+
1. Assign  $\phi_i$  to SQi
2. Scheduler_data_structure is updated;
Step4 : Transmission
1. i = Select(A); /* The set of Active packets */
2. s = Dequeue slot from SQi;
3. j = Tag of slot s;
4. p = Head of PQj;
5. c(j,p) = Transmission determine;
6. If c is differ
   If A-(j) is 0 { /* no other active slots */
   Go to 7 }
   Else { k = Select(A-(j));
         s' = Head of SQk;
         x = tag of slot s';
         p' = Head of PQx;

```

```

Transmit p' ;
If transmission was correctable {
  Dequeue slot from k;
  Dequeue packet from PQx;
}
Go to 9
}
7. Transmit p
8. If transmission was not correctable {
  Retransmission(j,p); }
else {
  Dequeue packet from PQj; }
9. End
=====
<Notation>
PQi : Packet Queue of class i
p : Packet
s : Slot
SQi : Slot Queue of class i
 $\phi_i$  : Weight of class i

```

그림2. 스케줄링 알고리즘

위의 알고리즘은 비교적 간단하면서도 높은 Throughput과 채널utilization, 그리고 트래픽 특성에 따른 서비스 차별화를 보장해 줌으로서 사용자에게 QoS 제공 멀티미디어 서비스를 제공해 준다.

4. 시뮬레이션(Simulation)

제안한 알고리즘의 성능평가를 위한 시뮬레이션 환경은 다음과 같다.

1) 시뮬레이션 환경

- Poisson 트래픽 소스 모델
- 무선 채널에서의 에러를 발생시키기 위해 그림3과 같은 two state Markov Chain 모델을 사용한다.
 - 평균 패킷 손실률 : 5%
 - 연속적인 손실 패킷수 : 2-10

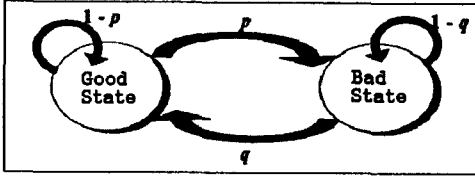
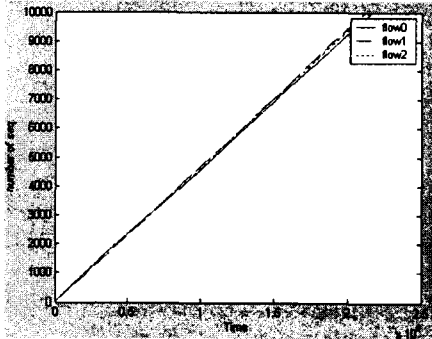


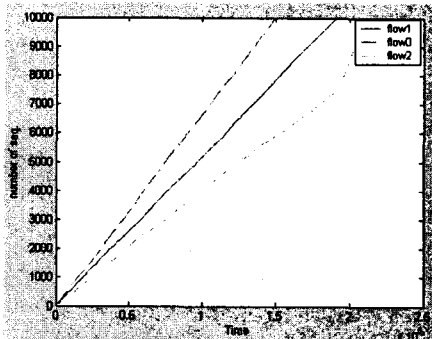
그림3. two state Markov model

2) 시뮬레이션 결과

그림4는 Weight가 각기 다른 3개의 flow를 본 논문에서 적용한 스케줄링 알고리즘을 사용하여 나타낸 것이다.



(1) No Weight flows



(2) Weighted flows

그림4. flow당 서비스 받는 패킷수

위의 그림에서 볼 수 있듯이 flow당 weight를 각각 다르게 줌으로써 시간에 따라서 서비스를 받고 나가는 패킷수가 다르다는 것을 알 수 있다.

또한, 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하기 위해 유선상에서 공평성을 가장 잘 제공하고 있는 스케줄러인 WF2Q+(Worst-case Fair Weighted Fair Queuing)을 사용하였다.

5. 결론

본 논문에서는 무선망에서 전송하고자 하는 트래픽을 클래스별로 나누고, 공평성(fairness)제공과 QoS 성능 향상을 위한 QoS제공 스케줄링을 제안하였다. 이를 위해 각 트래픽 클래스마다 weight를 할당하고, 손실 패킷에 대해 보상해 줌으로써 무선 채널 상태에서의 다양한 멀티미디어 어플리케이션 서비스에 대한 Throughput과 Packet loss rate을 향상시킬 수 있게 되었다. 또한 제안한 스케줄링 기법은 시가변적이고 한정적인 무선망자원을 효율적으로 사용 가능하게 해준다.

6. 차후 계획

Delay측면에서 서비스 차별화를 보기 위하여 lead/lag model을 연구할 것이다.

참고문헌

[1] P. Ramanathan and P. Agrawal, "Adapting packet fair queuing algorithms to wireless networks," in ACM/IEEE MOBICOM'98, Dallas, TX, pp. 1-9.
 [2] H. Fattah and C. Leung, "An Overview of Scheduling Algorithms in Wireless Multimedia Networks" in IEEE Wireless Communication, Oct 2002.