DBpia

논문 13-38B-02-01

한국통신학회논문지 '13-02 Vol.38B No.02
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2013.38B.2.97

프레임 기반 스케줄러를 위한 주기적 패킷 폐기 기법

이 성 형◆, 이 현 진*, 차 재 룡*, 김 재 현°, 금 동 원**, 백 해 현**, 신 상 헌***, 전 제 현***

Periodic Packet Discard Policy for Frame Based Scheduler

Sung-Hyung Lee◆, Hyun-Jin Lee*, Jae-Ryong Cha*, Jae-Hyun Kim°, Dong-Won Kum**,
Hae-Hyeon Baek**, Sang-heon Shin***, Jehyun Jun***

요 약

본 논문에서는 프레임 기반 스케줄러에서 지연시간에 민감한 트래픽에 대해 지연시간을 쉽게 제한하기 위한 대기시간 기반 주기적 패킷 폐기 기법에 대해 소개한다. 이 기법은 프레임 기반 스케줄러에서 매 스케줄링 시점에 임계값보다 오래 버퍼에 머물러 있는 패킷을 폐기하는 방법으로 지연시간을 제한한다. 본 논문에서는 제안하는 기법에 대해 혼잡상황에서의 평균 큐잉 지연시간 및 패킷 손실율을 수식적으로 분석하고, 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 성능 분석 결과, 제안한 패킷 폐기 기법은 임계값 설정으로 패킷의 큐잉 지연시간을 쉽게 제한할 수 있음을 확인하였다. 또한 패킷 폐기를 스케줄링 이전에 수행함으로 서비스 처리율의 제한이 가능함을 확인하였다.

Key Words : Discard policy, Buffer Management, Queuing delay, Frame-based, Waiting time

ABSTRACT

This paper introduces waiting time based periodic packet discard policy for frame based scheduler. This policy can be used with conventional packet discard policy or buffer management schemes, such as drop-tail or random early detection. Proposed discard policy discards packets, which are stayed in the buffer longer than threshold, at every period of scheduling. This decision of discard is based on waiting time of packet. In this paper, mathematical analysis is performed with situation of network congestion. Also, the simulation is performed to evaluate the performance of proposed discard policy. In the result, proposed discard policy can limit queuing delay by threshold. Also, if the packet discard is performed before scheduling and threshold is set with smaller value than frame length, it can limit the throughput of traffic.

Ⅰ. 서 론

음성이나 영상 등의 멀티미디어 통신이나 센서 네트워크, 차량간 애드혹 네트워크에서의 정보 전송 등과 같이 전송 성공율보다는 실시간성(real-time)을 보장하는 것이 중요한 경우가 있다. 이러한 실시간 트래픽들은 정보 전송 후 특정 시각까지만 그 가치가 있다[1]. 실시간 트래픽의 기기내 및 종단간 지연시간을 줄이기 위해서 다양한 기법이 활용된다. MAC 계층 프로토콜 개선 및 스케줄링 기법 개선 등이 대표적인 예에 해당한다. 그러나 네트워크가 혼잡해지는 상황에서는 채널 접근 속도나 스케줄러의 서비스 속도보다 더 빠르게 패킷이 도착하기 때문에 이를 임시로 버퍼에 저장하고 접근 제어나 스케줄링 기법을 적용한다. 이

◆ 주저자 : 아주대학교 전자공학과 무선인터넷연구실, xaviersr@ajou.ac.kr, 준회원
° 교신저자 : 아주대학교 전자공학과 무선인터넷연구실, jkim@ajou.ac.kr, 종신회원
* 아주대학교 전자공학과 무선인터넷연구실, l33hyun@ajou.ac.kr, 정회원, builder@ajou.ac.kr, 정회원
** 국방과학연구소, kdw80@add.re.kr, baekhh@add.re.kr
*** 삼성탈레스, sangheon.shin@samsung.com, jehyun.jun@samsung.com
논문번호 : KICS2012-12-571, 접수일자 : 2012년 12월 20일, 최종논문접수일자 : 2013년 2월 4일

www.dbpia.co.kr

과정에서 버퍼에 저장되어 있는 시간인 큐잉 지연시간이 발생하여 해당 트래픽의 전송이 지연된다.

그러나 패킷이 버퍼에 점점 쌓임에 따라 버퍼가 가득찬다. 그러므로 패킷 폐기 정책이나 버퍼 관리 기법 등을 활용하여 패킷을 폐기한다. 그러나 기존의 패킷 폐기 기법들은 버퍼의 오버플로우를 막는데 목표가 있거나 여러 조건에 따라 폐기 여부를 결정하는 방식으로 서비스가 제공되기 때문에 네트워크 요소에서 일정 수준으로 큐잉 지연시간을 보장하기가 어렵다.

본 논문에서는 프레임 기반 스케줄러에서 지연 시간을 제한하는 주기적 패킷 폐기 기법을 제안한다. 제안하는 패킷 폐기 기법은 프레임 기반 스케줄러가 스케줄링을 하는 시점에서 정해진 임계값 이상 저장되어 있는 패킷을 폐기한다. 이러한 방식을 사용함으로써 네트워크의 혼잡이 발생하여도 큐잉 지연시간을 효과적으로 제한할 수 있음을 성능 분석을 통해 확인하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 패킷 폐기 정책 관련 연구에 대해 서술한다. 3장에서 제안하는 패킷 폐기 기법에 대해 설명하며 4장에서는 혼잡상황에 대해서 패킷 폐기율 및 지연시간에 대해 수학적으로 분석한다. 5장에서는 수학적 분석 결과 및 시뮬레이션 결과를 이용하여 제안하는 기법의 성능 분석을 수행하고, 6장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

패킷을 폐기하는 것은 다양한 이유로 이루어진다. 우선, 버퍼가 가득 차 더 이상 패킷을 저장할 수 없을 때에 유입된 패킷을 폐기하는 drop-tail이 있다. 그리고 대역폭 낭비를 줄이고 TCP의 혼잡 제어 기능을 효율적으로 활용하기 위하여 RED 기반의 버퍼 관리 기법이 활용되고 있다[2,3]. 상용 라우터등의 장비에는 기본적으로 위 두가지 방식의 패킷 폐기 기법이 적용되어 활용되고 있다.

혼잡 상황에서 지연시간을 줄이기 위해서 drop-head[4] 기반의 기법이 제안되었다. 이 기법에서는 패킷 도착시 버퍼가 가득 차면 버퍼의 가장 앞에 있는 패킷을 폐기하고 도착한 패킷을 버퍼에 넣는 방법을 사용한다. 이 기법에서는 혼잡상황이 심해질수록 지연시간이 감소하는 특성이 있으나, 최대 지연시간은 버퍼의 크기로 제한된다.

응용 계층 특성을 활용하는 패킷 폐기 기법으로 [5]에서는 패킷의 크기가 작을수록 실시간 트래픽이 상대적으로 많다는 점을 이용하여 RED에 작은 크기의 패킷을 우선 전송할 수 있도록 하는 메커니즘을 추가하는 것으로 실시간 트래픽에 더 많은 서비스를 제공하도록 하였다. [6]에서는 동영상에서 중요한 프레임을 우선 보낼 수 있도록 상대적으로 덜 중요한 프레임을 먼저 폐기하는 기법을 제안하였고, [7]에서는 무음 압축을 활용하는 음성 트래픽을 위해서 혼잡상황에 유음 패킷을 상대적으로 많이 전송하는 기법을 제안하였다.

위의 기법들은 패킷을 수신하였을 때 패킷의 저장 또는 폐기를 결정하는 것이 주 목적이다. 또한 기존의 기법은 버퍼의 크기를 관리하거나 패킷의 우선순위를 고려하여 패킷의 폐기여부를 결정하기 때문에 지연시간에 민감한 트래픽에 대해서 고정적인 지연시간을 보장하기가 어렵다.

Ⅲ. 주기적 패킷 폐기 기법

본 논문에서는 패킷이 겪는 큐잉 지연시간을 줄이기 위한 주기적 패킷 폐기 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 기존의 버퍼 관리 기법이 이미 적용된 프레임 기반 스케줄러에 적용되며 해당 스케줄러에서 스케줄링이 수행될 때 대기 시간 기반 패킷 폐기를 추가적으로 수행한다.

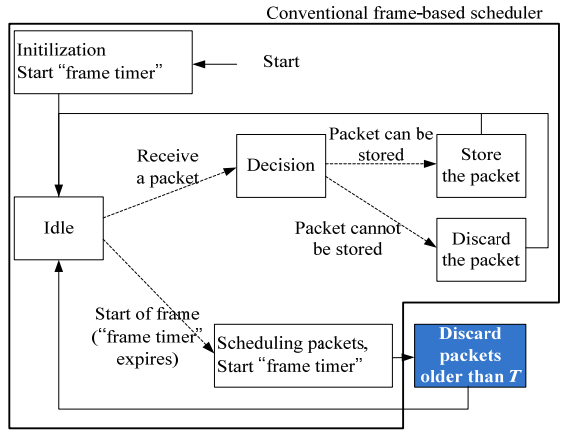

그림 1. 주기적 패킷 폐기 알고리즘이 스케줄링 이후에 수행될 경우 프레임 기반 스케줄러의 동작 및 천이조건
Fig. 1. Behavior and transition condition of frame-based scheduler when periodic packet discard algorithm is performed after scheduling

www.dbpia.co.kr

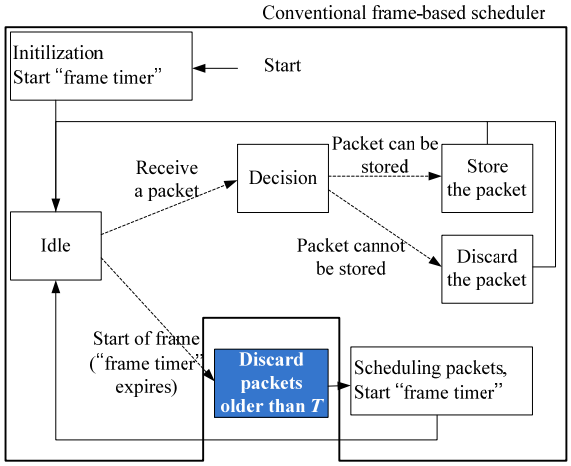

그림 2. 주기적 패킷 폐기 알고리즘이 스케줄링 이전에 수행될 경우 프레임 기반 스케줄러의 동작 및 천이조건
Fig. 2. Behavior and transition condition of frame-based scheduler when periodic packet discard algorithm is performed before scheduling

스케줄링 시점에 패킷 폐기의 동작은 스케줄링과 패킷 폐기의 순서에 따라 두가지로 나눌 수 있다. 우선 그림 1과 같이 망요소(network element)가 패킷의 스케줄링 이후에 폐기를 수행하는 경우이다. 이 경우 스케줄러는 패킷 수신시에 drop-tail이나 RED 등의 기준을 바탕으로 패킷을 저장할 지 결정(Decision)하고 결과에 따라 패킷을 저장하거나 폐기한다. 그리고 매 프레임의 시작마다 저장된 패킷들에 대해 스케줄링을 수행하고 나서 임계값을 초과한 시간동안 저장되어있던 패킷을 폐기한다. 다른 하나는 그림 2과 같이 망요소가 패킷의 스케줄링 이전에 폐기를 수행하는 경우이다. 이 경우 패킷 수신시의 동작은 같으나 매 프레임 시작 시 우선 임계값 이상 저장되어 있던 패킷을 폐기하고, 남은 패킷에 대해 스케줄링을 수행한다. 전자의 경우 임계값에 가깝게 지연시간을 유지하면서 패킷을 최대한 전송하는데 중점을 두지만 후자의 경우 임계값을 더 철저히 지키고, 해당 버퍼를 활용하는 트래픽의 대역을 제한하는데 목적을 두는 경우에 해당한다.

```
T = maximum_waiting_time_of_packet
P = frame_length

queue_size = number_of_packets(queue)

for i from 1 to queue_size
   if(waiting_time(queue[i]) > T)
      destroy_packet(queue[i])
   endif
endfor
```

그림 3. 대기 시간 기반 패킷 폐기 알고리즘
Fig. 3. Waiting time based packet discard algorithm

제안하는 기법에서 패킷을 폐기하는 시점에 수행하는 대기 시간 기반 패킷 폐기 알고리즘의 의사코드는 그림 3과 같다. 이 알고리즘에서는 패킷에 정해진 임계값(T) 보다 오래 머문 패킷을 탐색하여 폐기한다.

Ⅳ. 주기적 패킷 폐기 기법에 대한 성능 분석

제안하는 기법에 대한 성능 분석을 위해 혼잡 상황에서 큐잉 지연시간 및 패킷 폐기 비율을 계산하였다. 성능 분석에서 패킷은 평균 A packets/s의 속도로 망요소에 도착하고, 망요소는 평균 S packets/s의 서비스 속도로 패킷에 대해 서비스를 수행한다. 패킷의 도착은 음성트래픽과 같이 주기적으로 도착하는 것을 가정한다. 패킷의 서비스는 매 P의 주기마다 이루어진다. 버퍼에 저장된 패킷은 버퍼에 머물러 있던 시간이 T 이상 될 경우에 P의 주기마다 폐기가 이루어진다. 또한 망요소는 패킷을 수신하였을 경우에 버퍼가 가득 차 있으면 패킷을 폐기하며(drop-tail), 버퍼는 최대 B개의 패킷을 저장할 수 있다. 큐잉 지연시간은 서비스를 제공받은 패킷에 대해 그 패킷이 버퍼에 저장된 후 스케줄링을 받기까지의 시간이다.

4.1. 패킷 폐기를 스케줄링 이후에 수행시

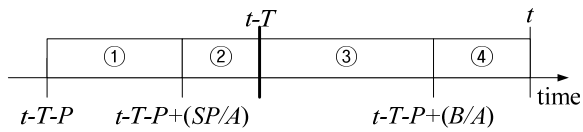

그림 4. 스케줄링 이후에 폐기를 수행하는 경우에 대한 분석
Fig. 4. Analysis of periodic packet discard when that is performed after scheduling

주기적 패킷 폐기를 스케줄링 이후에 수행할 경우에 대해서는 매 스케줄링이 이루어지는 시간 $t = kP, (k \geq 1)$에 대해 그림 4와 같은 네 구간이 반복하여 나타난다. $t - T$ 시점이후 도착한 패킷은 drop-tail에 의한 폐기가 발생하지 않는 한 버퍼에 보관되어 있다. 또한 실질적으로 패킷 폐기의 수행은 프레임의 길이인 P의 단위로 이루어지기 때문에 시점 $t - P$에는 임계값을 초과하지 않았던 ①구간의 패킷도 같이 보관이 되어 있다. 이 중 시점 t에는 큐의 앞에서부터 서비스를 제공하고, P의 시간에 대해 스케줄링을 수행하므로 총 SP개의 패킷

www.dbpia.co.kr

이 서비스를 제공 받으며, 해당 패킷이 도착한 구간은 평균적으로 ①과 같다.

서비스 받지 못한 패킷 중 버퍼에 머문 시간이 T이상인 패킷이 있을 경우(즉, $S/A < 1$) 해당 패킷들이 폐기된다. 따라서 ②구간의 패킷이 t시점에 폐기된다. 나머지 패킷 중 버퍼의 크기를 초과하여 도착하는 패킷은 $A(T+P) > B$일 경우 발생하기 때문에 평균적으로 ④의 구간에 도착한 패킷이 drop-tail에 의해 폐기된다. 그리고 나머지 구간인 ③에 도착한 패킷은 다음 스케줄링 시점에서 ①에서 ③사이에 위치하게 된다.

따라서 총 패킷 중 서비스되는 패킷, 주기적 패킷 폐기에 의해 버려지는 패킷, drop-tail에 의해 버려지는 패킷의 비율(각각 $P_{A,S}$, $P_{A,P}$, $P_{A,D}$)은 각 구간의 크기와 스케줄링 시점에 서비스를 수행하는 시간인 P의 비율로 구할 수 있다. 따라서 각각은 아래와 같이 구할 수 있다.

$$P_{A,S} = \frac{SP}{A} \times \frac{1}{P} = \frac{S}{A}$$

$$P_{A,P} = \max\left\{\left(P - \frac{SP}{A}\right)/P,\ 0\right\}$$

$$P_{A,D} = \max\left\{\frac{1}{P}(T+P-B/A),\ 0\right\}$$

그리고 패킷의 큐잉 지연시간은 서비스된 패킷의 평균 지연시간이므로 평균 지연시간 D_A는 아래 식과 같이 ①구간의 평균과 t의 차이가 된다.

$$D_A = (P+T) - \frac{SP}{2A}$$

4.2. 패킷 폐기를 스케줄링 이전에 수행시

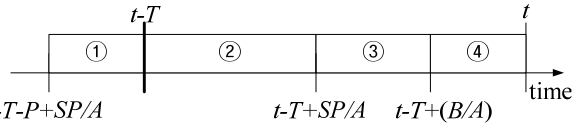

그림 5. 스케줄링 이전에 폐기를 수행하는 경우에 대한 성능 분석

Fig. 5. Analysis of periodic packet discard when that is performed before scheduling

주기적 패킷 폐기를 스케줄링 이전에 수행하는 경우 $t = kP, (k \geq 1)$에 대해 그림 5와 같은 네 구간에 대해 고려해야 한다. $t-T$ 시점 이후 도착한 패킷은 drop-tail이 발생하지 않는 한 버퍼에 보관되어 있다. 또한 이전 스케줄링 시점 $t-P$에서 $t-T-P$ 시점 부터의 패킷 중 SP개의 패킷에 대해 서비스가 되고 남은 패킷, 즉 ①구간의 패킷 역시 버퍼에 존재한다.

시점 t에는 임계값 이상 저장된 패킷을 폐기하므로 우선 ①구간의 패킷이 폐기된다. 단, $T < P$인 경우에 대해서는 이 구간이 $t-P$와 $t-T$ 사이가 이가 된다. 패킷의 폐기 이후에는 총 SP개의 패킷이 서비스 되므로 ②구간의 패킷이 서비스 된다. 이 경우에도 $T < P$인 상황에서는 서비스 가능한 패킷보다 폐기되고 남은 패킷이 적은 상황이므로 이 경우에는 ②구간이 $t-T$와 t사이가 된다. ④구간의 패킷은 drop-tail에 의해 버려지는 패킷이며, ③구간의 패킷은 서비스 되지 못해 다음 스케줄링 시점으로 넘어가 다음 스케줄링 시점에서 ①에서 ③사이에 위치하게 된다.

따라서 총 패킷 중 서비스되는 패킷, 주기적 패킷 폐기에 의해 버려지는 패킷, drop-tail에 의해 버려지는 패킷의 비율(각각 $P_{B,S}$, $P_{B,P}$, $P_{B,D}$)은 각 구간의 길이와 스케줄링 시간 P의 비율로 구할 수 있다. 이를 구하면 아래 식과 같다.

$$P_{B,S} = \max\left(\frac{S}{A},\ \frac{T}{P}\right)$$

$$P_{B,P} = \max\left(1 - \frac{S}{A},\ 1 - \frac{T}{P}\right)$$

$$P_{B,D} = \max\left\{\frac{1}{P}\left(P - \frac{SP}{A} + \frac{B}{A}\right),\ 0\right\}$$

$$= \max\left(1 - \frac{S}{A} - \frac{B}{AP},\ 0\right)$$

그리고 패킷의 큐잉 지연시간은 서비스된 패킷의 평균 지연시간이므로, ②구간의 평균과 t의 차이로 구할 수 있다. 단, $SP/A < T$인 경우에는 ②구간의 끝이 t를 넘어가는 경우이기 때문에 이 경우에 평균 지연시간은 임계값의 절반이 된다. 따라서 패킷 폐기가 스케줄링 이후에 이루어지는 경우에 대한 평균 큐잉 지연시간 D_B는 아래와 식과 같다.

$$D_B = \max\left(T - \frac{SP}{2A},\ \frac{T}{2}\right)$$

www.dbpia.co.kr

V. 주기적 패킷 폐기 기법에 대한 시뮬레이션

제안하는 기법에 대한 성능 분석을 위해 네트워크 시뮬레이터인 OPNET을 활용하여 그림 6과 같은 네트워크를 구성하고 표 1과 같이 시뮬레이션 환경을 설정하였다. 이 시뮬레이션에서는 여러 음성 세션이 비슷한 시기에 생성되어 병목구간을 통해 반대편으로 전송되며, 스케줄링 및 패킷의 폐기는 병목구간 진입 전에 적용된다. 음성 트래픽 생성은 OPNET의 음성 트래픽 생성 모델을 이용하였다. 세션은 반드시 동시 접속 사용자 수만큼 생성된다. 성능 평가 지표로는 패킷 손실률 및 큐잉 지연시간을 활용하였다.

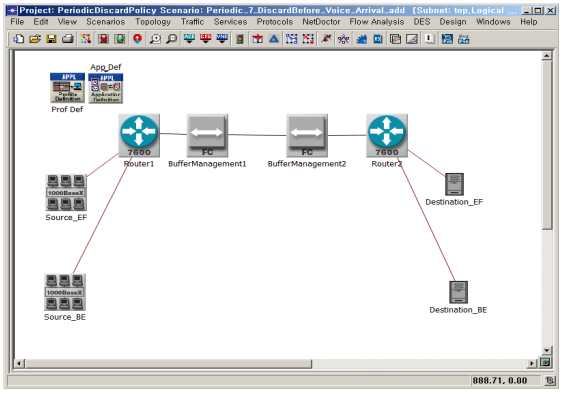

그림 6. 성능 분석을 위한 네트워크 구성
Fig. 6. Simulated network for performance analysis

표 1. 시뮬레이션 환경 설정
Table 1. Simulation Configuration

Parameter		Value
Link speed		4Mbps
Service rate S(packets/s)		4,000
Packet arrival rate per users(packets/s)		100
Buffer size(packets)		1000
frame length(P)		5ms
Traffic Generation	Talkspurt length	0.352
	Silence length	0.65
	Codec	G.729a
	Voice frame inter-arrival time	10ms
	Voice frame size	80bits
	Voice frames per packet	2
	Silence packet inter-arrival time	40ms
	Size of silence packet	24bits

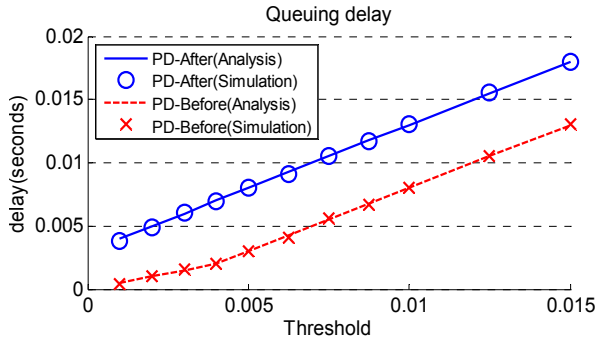

그림 7. 임계값 별 큐잉 지연시간(ρ = 1.25)
Fig. 7. Queuing delay respect to threshold T

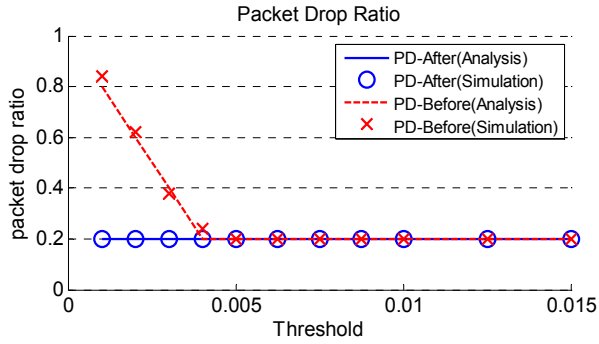

그림 8. 임계값 별 패킷 폐기율(ρ = 1.25)
Fig. 8. Packet drop ratio respect to threshold T

그림 7 및 그림 8은 스케줄링 이후 및 이전에 주기적 패킷 폐기 적용 시 그 차이를 확인하기 위해 네트워크 부하 ρ가 1.25일 경우에 대한 임계값 별 큐잉 지연시간 및 패킷 손실률을 나타낸 그림이다. PD-After는 주기적 패킷 폐기를 스케줄링 이후에 하는 경우이며, PD-Before는 주기적 패킷 폐기를 스케줄링 이전에 하는 경우이다. 참고로 모든 경우에서 패킷의 손실은 주기적 패킷 폐기에 의해서만 발생하고 있으며, 주기적 패킷 폐기 없이 drop-tail만 적용될 경우 고정된 버퍼 크기에 의해 약 248 ms의 큐잉 지연시간이 발생하고, 패킷 폐기율은 약 20%가 된다.

지연시간의 경우 스케줄링 이후에 패킷을 폐기하는 경우에 스케줄링 이전에 폐기하는 경우보다 약 프레임 크기 차이만큼 지연이 높아짐을 확인할 수 있다. 이는 스케줄링 이후에 패킷 폐기를 수행하는 경우 이전 프레임에서 서비스되지 못했던 패킷들을 그 다음 프레임에서 우선 서비스 해주는 반면에, 스케줄링 이전에 패킷 폐기 수행시에는 같은 경우의 패킷을 폐기하기 때문이다. 동일한 이유로 스케줄링 이전에 폐기를 수행하는 경우에는 평균 지연시간이

www.dbpia.co.kr

임계값 이하로만 발생하는 것을 확인할 수 있다.

패킷 폐기율의 경우 스케줄링 이후 폐기 수행 시 모든 경우에 일정량만 폐기가 이루어지지만, 스케줄링 이전에 폐기 수행 시에는 임계값이 스케줄링 주기보다 작은 경우에 패킷 폐기율이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 임계값이 프레임 길이보다 작은 경우 한 프레임에서 도착한 패킷에 대해 임계값을 만족하는 패킷과 초과하는 패킷이 동시에 나타나기 때문이다. 스케줄링 이후에 폐기를 수행시 프레임 구간동안 도착한 패킷 전체에 대해서 서비스를 제공하지만, 스케줄링 이전에 폐기 수행시에는 임계값을 초과하여 버퍼에 저장한 패킷을 폐기하므로 스케줄링 이전에 패킷 폐기시에는 임계값이 프레임 길이보다 작은 경우에는 더 많은 패킷 손실이 발생하게 된다. 이러한 특성을 활용하여 스케줄링 이전에 패킷 폐기 수행을 한다면 패킷을 강제적으로 버리게 하여 대역을 제한할 수 있다.

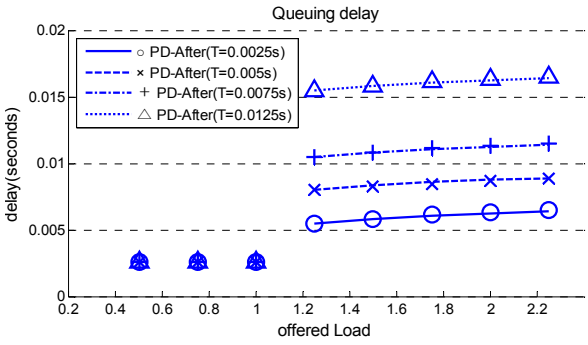

그림 9. 스케줄링 이후에 패킷 폐기시 부하 및 임계값 별 큐잉 지연 시간
Fig. 9. Queuing delay respect to offered load and threshold when discard algorithm is performed after scheduling

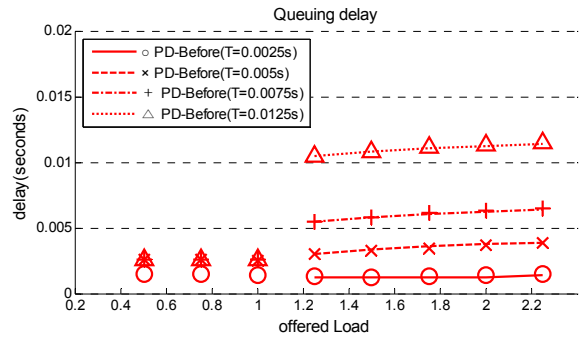

그림 10. 스케줄링 이전에 패킷 폐기시 부하 및 임계값 별 큐잉 지연 시간
Fig. 10. Queuing delay respect to offered load and threshold when discard algorithm is performed before scheduling

그림 9와 그림 10은 각 주기적 폐기 방법의 경우에 대해 부하 및 임계값에 대한 큐잉 지연시간을 나타낸 그림이다. 이 그림에서 선은 수학적 분석 결과를 나타낸 것이며 도형은 시뮬레이션 결과이다. 수학적 분석은 혼잡 상황에 대해서만 이루어 졌기 때문에 네트워크에서 혼잡상황이 발생하지 않은 경우에 대해서는 시뮬레이션 결과만 표시되어 있다. 비혼잡상황에서 drop-tail의 지연시간은 그림 10에서 offered load가 1.0이하인 경우와 같으며 혼잡상황(offered load > 1.0)에서 drop-tail의 지연시간은 모든 경우에 대해 약 248 ms이다. 이는 drop-tail의 지연시간이 버퍼의 크기로 결정되기 때문이다. 이 그림에서 네트워크에 혼잡이 발생하지 않는 경우에는 지연시간이 거의 유사함을 확인할 수 있다. 다만 패킷 폐기를 스케줄링 이전에 수행할 때 임계값이 프레임 길이보다 적으면 지연시간이 임계값과 비슷하게 됨을 확인할 수 있다. 대체로 큐잉 지연시간은 트래픽 부하가 높아지고 임계값이 높아짐에 따라 더 커짐을 확인할 수 있다. 또한 큐잉 지연시간은 네트워크의 부하보다는 임계값에 영향을 더 많이 받고 있음을 확인할 수 있다.

그림 11과 그림 12는 각 주기적 폐기 방법의 경우에 대해 부하 및 임계값에 대한 패킷 폐기율을 나타낸 그림이다. drop-tail의 패킷 폐기율은 그림 12의 경우와 같게 나타나므로 별도 표기하지 않았다. 스케줄링 이후에 패킷을 폐기하는 경우에는 모든 경우에 패킷 폐기율이 offered load와만 관계 있음을 확인할 수 있다. 그러나 스케줄링 이전에 패킷을 폐기하는 경우에는 임계값이 스케줄링 주기보다 적은 경우에 스케줄링 이전에 폐기하는 패킷의 양이 많아 패킷의 폐기율이 증가함을 확인할 수 있다.

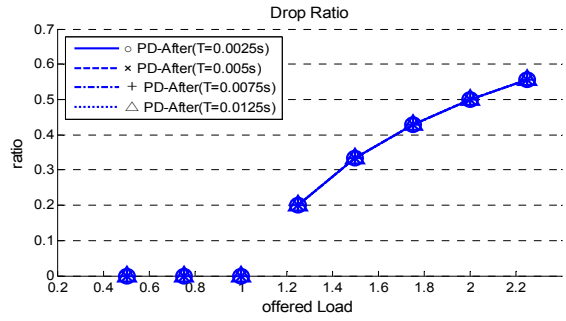

그림 11. 스케줄링 이후에 패킷 폐기시 부하 및 임계값 별 패킷 폐기율
Fig. 11. Packet drop ratio respect to offered load and threshold when periodic packet discard algorithm is performed after scheduling

www.dbpia.co.kr

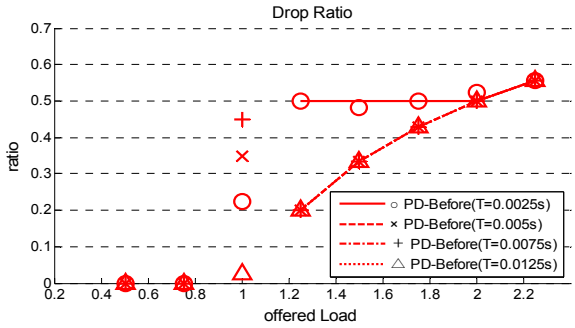

그림 12. 스케줄링 이전에 패킷 폐기시 부하 및 임계값 별 패킷 폐기율
Fig. 12. Packet drop ratio respect to offered load and threshold when periodic packet discard algorithm is performed before scheduling

Ⅵ. 결 론

본 논문에서는 프레임 기반 스케줄러에서 큐잉 지연시간을 제한할 수 있는 주기적 패킷 폐기기법을 제안하였다. 제안하는 기법을 활용할 경우에 큐잉 지연시간이 임계값과 가깝게 제한됨을 확인할 수 있었다. 또한 패킷의 폐기를 스케줄링 이전에 수행하고 임계값을 프레임 주기보다 적게 설정함으로써 제안하는 기법이 적용된 버퍼를 활용하는 트래픽에 대해 대역 제한이 가능함을 확인하였다.

제안하는 기법은 지연시간에 민감한 센서 데이터나 음성 트래픽에 대해서 적용한다면 혼잡 상황에서도 일정 수준의 지연시간으로 트래픽을 전송할 수 있을 것으로 판단한다. 특히 여러 단계의 망요소를 거치는 멀티홉 네트워크에 제안하는 기법을 적용한다면 종단간 전달 지연시간을 상당히 줄일 수 있을 것으로 기대한다.

다만 제안하는 기법의 경우 패킷의 폐기를 단순히 버퍼에서 머문 시간만으로 판별하고, 임의로 패킷을 폐기하게 된다. 따라서 모든 사용자에 대해 성능 저하가 발생하게 된다. 그러므로 일부 사용자만이라도 성능을 보장하기 위한 사용자 구별 및 선택적 패킷 폐기 기법 등을 추가로 적용할 필요가 있다. 또한 트래픽 대역 제한 기능 활용시 대기시간 대신 버퍼 점유율 대비 대기시간 등을 활용하여 대역 제한 효과와 함께 사용자 입장에서의 성능 보장이 가능할 수 있어야 할 것이다. 해당 부분에 대해서는 추가적으로 연구가 이루어 질 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] K. M. Kwun, H. K. Park, Y. S. Choi, “Loss tolerant transmission and approximate decoding scheme using network coding for delay sensitive data”, KICS Magazine, vol 29, no. 3, pp. 68-74, Feb. 2012.(권민혜, 박현곤, 최윤식, “네트워크 코딩을 이용한 손실내성 지연민감데이터의 전송과 근사 복호법”, 한국통신학회지(정보와 통신), 제29권, 제3호, pp. 68-74, 2012년 2월.)

[2] Cisco Systems, “Quality of service solutions configuration guide, Cisco IOS Release 15.1M&T”

[3] M. A. Labrador and S. Banerjee, “Packet dropping policies for ATM and IP networks,” *IEEE Commun. Surv.*, vol. 2, no. 3, pp. 2-14, Third Quarter, 1999.

[4] S. Kim, T. Park, and C. Kim, “Mean value analysis of the waiting time for the drop-head buffer management,” *IEICE Trans. on Commun.*, vol. E85-B, no. 9, pp. 1860-1862, Sep. 2002.

[5] S. Dimitriou, A. Tsioliaridou, V. Tsaoussidis, “Introducing size-oriented dropping policies as QoS supportive functions,” *IEEE Trans. on Netw. Serv. Manage.*, vol. 7, no. 1, pp. 14-27, Mar. 2010.

[6] K. H. Lee, H. J. Lee, and J. H. Kim, “An active buffer management based on the virtual transmission delay for video streaming service,” in *Proc. IEEE Military Commun. Conference (MILCOM)*, pp. 816-821, Nov. 2011.

[7] S. H. Lee, H. J. Lee, J. H. Kim, H. J. Lee, M. J. Hoh, J. W. Choi, S. H. Shin, T. W. Kim, “Active Buffer Management Algorithm for Voice Communication System with Silence Suppression”, *J. KICS*, vol. 37B, no. 7, pp. 528-535, Jul. 2012.

www.dbpia.co.kr

이 성 형 (Sung-Hyung Lee)

2007년 2월 아주대학교 전자공학부 졸업
2009년 2월 아주대학교 전자공학과 석사 졸업
2009년 3월~현재 아주대학교 전자공학과 박사과정
<관심분야> MAC 프로토콜, QoS, 국방전술네트워크 등

이 현 진 (Hyun-Jin Lee)

2004년 2월 아주대학교 전자공학부 졸업
2004년 3월~현재 아주대학교 전자공학과 석/박사통합과정
<관심분야> IEEE 802.11e, WLAN, Wibro, 무선망 QoS, Handover 등

차 재 룡 (Jae-Ryong Cha)

2004년 아주대학교 전자공학부 졸업
2006년 아주대학교 전자공학부 석사
2013년 아주대학교 전자공학과 박사
<관심분야> RFID, 네트워크 코딩, WLAN, 무선망 QoS, Ad-hoc, WMN, WSN 등

김 재 현 (Jae-Hyun Kim)

1987년~1996년 한양대학교 전산과 학/석/박사 졸업
1997년~1998년 미국 UCLA 전기전자과 박사 후 연수
1998년~2003년 Bell Labs, Performance Modeling and QoS Management Group, 연구원
2003년~현재 아주대학교 전자공학부 교수
<관심분야> 무선인터넷, QoE/QoS, MAC 프로토콜, IEEE 802.11/15/16, B4G/5G, 국방전술네트워크, 위성시스템 등

금 동 원 (Dong-Won Kum)

2003년 2월 우송대학교 전자공학과 학사 졸업
2005년~2012년 경북대학교 전자공학과 석/박사 졸업
2012년~현재 국방과학연구소 연구원
<관심분야> 전술정보통신체계, 무선애드혹네트워크, 차세대 이동통신네트워크, DTN, 등

백 해 현 (Hae-Hyeon Baek)

1985년 2월 한양대학교 전자통신공학과 학사 졸업
2002년 2월 충남대학교 전자공학과 석사 졸업
1985년 3월~현재 국방과학연구소 책임연구원
<관심분야> 전술정보통신체계, 군통신망 M&S, 전술통신망 QoS 등

신 상 헌 (Sang-heon Shin)

1998년 2월 영남대학교 전자공학과 학사 졸업
1998년~2004년 영남대학교 정보통신공학과 석/박사 졸업
2004년~2005년 미국 NIST 초정연구원
2005년~2007년 인텔 코리아 R&D 센터 과장
2007년~2009년 POSDATA Flyvo 연구소 차장
2009년~현재 삼성탈레스(주) C4I연구소 전문연구원
<관심분야> WLAN, WiMAX, QoS, 군 전술통신망, 네트워크 M&S 등

전 제 현 (Jehyun Jun)

1990년 2월 인하대학교 전자계산학과 학사 졸업
1990년 1월~현재 삼성탈레스 C4I연구소 수석연구원
<관심분야> 군 이동 무선 통신 시스템 및 프로토콜 설계/구현, QoS, Routing 알고리즘 등

www.dbpia.co.kr