

# MANETs에서 차등서비스 제공을 위한 트래픽 관리 기법

김관웅<sup>†</sup>·배성환<sup>\*\*</sup>·김대익<sup>\*\*\*</sup>

## 요약

인터넷에서 차등서비스에 관한 연구는 IETF 그룹에서 표준화되었으나, Ad-hoc 네트워크와 같은 무선 환경에서 인터넷의 차등 서비스는 MAC과 같은 하위레벨 지원 없이는 구현하기가 어렵다. 현재 IEEE 802.11 프로토콜은 무선 랜 환경에 광범위하게 쓰이며 사실상의 표준으로 자리 잡았다. 그러나 차등서비스 제공을 위한 모드를 지원하지 않음, 성능이 낮은 것으로 나타났다. 본 논문에서는 802.11에서 QoS 제공을 위해 우선순위를 지원하는 다중 큐 기반의 새로운 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해 IEEE 802.11의 큐잉시스템과 성능을 비교, 분석하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 제안한 알고리즘 방식의 성능이 우수했음을 보였다.

키워드 : MANET, QoS, Service Differentiation

## A Traffic Management Scheme for Service Differentiation over MANETs

Kwan-Woong Kim<sup>†</sup> · Sung-Hwan Bae<sup>\*\*</sup> · Dae-Ik Kim<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Currently, the IETF group is working on service differentiation in the Internet. However, in wireless environments such as Ad-hoc networks, where channel conditions are variable and bandwidth is scarce, the Internet differentiated services are suboptimal without lower layers' support. The IEEE 802.11 standard for Wireless LANs is the most widely used WLAN standard today. It has a mode of operation that can be used to provide service differentiation, but it has been shown to perform badly.

In this paper, we present a new service differentiation scheme for support QoS in the wireless IEEE 802.11, which is based on a multiple queuing system to provide priority of user's flow. We simulate and analyze the performance of our algorithm and compare its performance with the original IEEE 802.11b protocol. Simulation results show that our approach increases overall throughput in the MAC layer.

Key Words : MANET(Mobile Ad-hoc Network), QoS(Quality of Service), Service Differentiation

## 1. 서론

Ad-hoc 네트워킹에 대한 관심이 커짐에 따라 1990년대 중반, 표준화 작업과 더불어 상업적인 표준들이 점진적으로 자리 잡았고, Internet Engineering Task Force내에 Mobile Ad-hoc Networking 작업그룹을 구성하여 ad-hoc 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜을 표준화하기 시작했다. A Mobile Ad-hoc Network(MANET)은 독립적으로 이동하는 모바일 기기들의 집합으로 이루어진 네트워크이다[1]. MANET에서 각 모바일 기기는 유선망에 비해 상대적으로 대역폭이 제한된 무선링크를 통하여 다른 기기와 통신을 한다. 제한된 Radio propagation 영역의 특징으로 인하여, 대부분의 경로는 멀티 홉(multi-hop) 특성을 갖는다.

Ad-hoc 네트워크는 어떠한 인프라 없이도 네트워크 구성이 가능하므로 유비쿼터스 센서 네트워크, 재난 복구, 인명 구조, 군사 등 많은 분야에 적용될 수 있다. MANET을 구성하는 모바일 기기들은 자유로이 이동하면서 임의로 스스로를 구성할 수 있기 때문에, 네트워크 토폴로지 자체는 자주 변화하게 되어 예측하기가 힘들다.

일반적으로, 네트워크는 최종 사용자 어플리케이션의 서비스 요구사항을 제공하여야 한다. 즉, 최종 사용자 측에서는 대역폭, 지연, 패킷 손실율과 같은 미리 계약된 서비스 특성을 네트워크에서 보장하기를 기대한다. 여기서 서비스 품질(Quality of Service)은 수신 측에서 송신 측으로 패킷 스트림을 전송할 때 네트워크에서 제공하여야 할 서비스 요구사항들의 집합이다. 모바일 네트워크에서 QoS를 제공하는 기술은 차세대 무선 통신 시스템의 성공에 필수적인 요소이다.

현재, IETF 그룹을 중심으로 인터넷에서 차등서비스 제공에 대해 연구를 진행하고 있다. 그러나 Ad-hoc 네트워크와

<sup>†</sup> 성희원: 원광대학교 전기전자정보공학부 교수

<sup>\*\*</sup> 정희원: 한려대학교 멀티미디어정보통신공학과 교수

<sup>\*\*\*</sup> 정희원: 전남대학교 공학대학 정보소계공학과 교수

논문접수: 2006년 4월 6일, 심사완료: 2006년 6월 12일

같은 무선 환경에서는 채널환경이 가변적이고 대역폭이 제한된 특성상, MAC 하위계층의 QoS 제공능력이나 Cross layer Interaction 같은 기술 없이는 인터넷 차등서비스를 제공하기가 상당히 어렵다. IEEE 802.11 표준에도 차등서비스를 위한 operation mode를 제공하지만, 지금까지의 연구로는 그 성능이 좋지 않은 것으로 알려져 있어, 차등서비스 분야에 많은 연구가 진행되고 있으며, 특히 분산메커니즘에 초점을 맞추고 있다[2-5].

대부분의 연구가 무선채널 접속 시 우선순위기법을 사용하여 차등서비스를 구현하는데 중점을 두고 있다. 모바일 노드에서 트래픽 클래스 별 차등서비스 제공을 위해 유선망에서 알려진 기술인 다중클래스 큐를 적용할 수 있다[6]. 본 논문에서는 우선순위 차등설정에 의한 접속제어기법 대신에 MAC 계층에서 멀티 클래스 큐를 사용하여 패킷을 처리하며 또한, 라우터 기능에 새로운 패킷제기 기법을 적용하여 종단 간 성능을 향상시킨다.

Ad-hoc 네트워크에서 각 모바일 노드는 단말 노드의 역할 뿐 아니라 패킷을 목적지 노드까지 전송하기 위한 라우터의 역할도 수행한다. 곧, 패킷은 목적지 노드까지 멀티 홉 방식으로 전송된다. 본 논문에서 제안한 패킷제기 기법은 중간노드(intermediate node)에서 포워딩 패킷과 상위계층에서 전달되는 패킷을 다르게 처리하여 무선채널 사용율과 종단 간 수율을 높일 수 있다. 본 논문의 구성은 2장에서 제안된 다중 클래스 큐 시스템과 패킷제기 기법에 대해 설명하고, 3장에서는 제안된 기법을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하였다. 마지막으로 4장에서 결론 맺는다.

## 2. 제안된 알고리즘

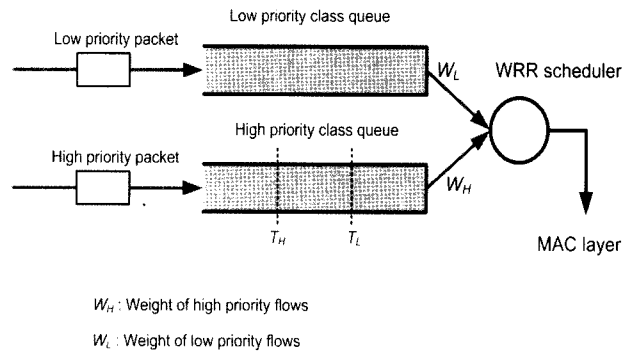
현재, 가장 보급이 많이 된 IEEE 802.11b[7] 프로토콜의 경우, 패킷전송을 위해 단일 큐를 사용하여 best-effort 방식으로 패킷을 전송한다. 따라서 대역폭 보장, 지연과 패킷 손실율과 같은 QoS를 제공하지 않는다.

패킷제기 메커니즘(PDM : Packet Discarding Mechanism)은 모바일 기기에서 버퍼를 관리하기 위해 사용된다. 이와 같은 메커니즘에서는 높은 우선순위의 패킷이 전달하는 정보가 낮은 우선순위의 패킷보다 상대적으로 중요하다고 간주한다. 사용자가 요구하는 일정수준 이하의 손실률을 제공하기 위해 우선순위 큐에서 PDM은 낮은 우선순위의 패킷의 손실률을 높임으로써 높은 우선순위의 패킷 손실률을 낮출 수 있다.

본 논문에서는 모바일 기기에서 차등서비스를 제공하기 위해 다중 클래스 큐잉 시스템과 Adaptive WRR(Weighted Round Robin)방식의 스케줄러를 사용하였다. 여기서 트래픽은 2개의 클래스로 정의하였다. 낮은 우선순위는 best-effort 방식으로 전송되는 일반 인터넷 트래픽이며, 높은 우선순위는 멀티미디어와 같은 일정 수준의 서비스 품질을 요구하는 트래픽을 전송하는데 사용된다. 제안된 메커니즘의 중요한 특징은 스케줄러에서 각각 트래픽 클래스의 서비스율을 결

정하는 weight를 트래픽의 부하에 따라 동적으로 설정하는데 있다.

클래스의 weight를 트래픽의 로드 에 따라 조정하는 기법은 폭주상황에서도 높은 우선순위 트래픽을 원활하게 서비스해 줄 수 있으며, best effort 트래픽의 경우도 최소한의 대역을 보장해 줄 수 있는 장점이 있다. 제안된 큐잉 시스템의 구성도는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 제안된 시스템의 큐잉 모델

MAC 계층에 패킷이 도착하면 패킷의 우선순위에 따라 해당 클래스 큐에 저장이 된다. 트래픽의 부하에 따라 Weight를 조정하기 위해서  $T_L$ ,  $T_H$  두 개의 임계치 값을 사용한다. 각 클래스의 weight 조정은 아래의 식과 같이 정의한다.

$$W_H = W_{initial}, W_L = 1 - W_H, \text{ when } Q[h] < T_L$$

$$W_H = W_{initial} + k \cdot \min\left(\frac{Q[h] - T_L}{T_H - T_L}, 1\right), W_L = 1 - W_H, \text{ when } T_L \leq Q[h] \quad (1)$$

여기서  $Q[h]$ 는 높은 우선순위 큐에서 대기하고 있는 패킷의 수이고,  $W_H$ 는 높은 우선순위 클래스 큐의 weight이며,  $W_L$ 는 낮은 우선순위 클래스 큐의 weight이다.  $T_L$ 과  $T_H$ 는 각각 높은 우선순위의 낮은 임계치와 높은 임계치 값이다.  $W_{initial}$ 은 높은 우선순위 큐의 weight 초기 값이다.

수식 (1)에 따라서, 높은 우선순위 큐의 Weight  $W_H$ 는 최소  $W_{initial}$ 부터 최대  $W_{initial}+k$ 까지 범위를 가진다. 제안된 알고리즘의 파라미터의 값은 각각  $T_L = 0.4 \times Q_{max}[h]$ ,  $T_H = 0.8 \times Q_{max}[h]$ ,  $W_{initial} = 0.6$ ,  $k = 0.3$ 으로 설정하였다. 여기서  $Q_{max}[h]$ 는 높은 우선순위 큐의 최대 크기이며, weight의 값은 네트워크 관리자나 SLA(Service Level Agreement)에 의해 설정되며, 본 실험에서는 높은 우선순위 클래스 큐의 경우, 트래픽 증가에 따라 최소 0.6에서 최대 0.9 범위의 값을 가질 수 있게 됩니다.  $T_L$ 과  $T_H$ 는 큐의 임계치로서, 큐에 대기하는 패킷의 수가  $T_L$  아래인 경우는 트래픽 부하가 작은 경우로 판단하고, 이상이면 과부하인 상태이며,  $T_H$ 는 버퍼 오버플로우가 발생을 방지하기 위해 포워딩 패킷을 수용할 최소한의 공간을 의미합니다. 실험 결과에서 큐의 임계치 값은  $T_L = 0.4 \times Q_{max}[h]$ ,  $T_H = 0.8 \times Q_{max}[h]$ 가 QoS를 제공하기 적당하였습니다.

제안된 패킷 폐기 기법(Packet Discarding Policy : PDP)

Ad-hoc 네트워크에서 MAC 프로토콜은 IEEE 802.11 계열의 프로토콜을 널리 사용하고 있으며, 무선송신거리의 제한 상 대부분의 통신이 멀티 홉 형식으로 이루어진다. 따라서 Ad-hoc 네트워크의 모바일 노드는 패킷을 생성하거나 최종 수신하는 호스트 역할 뿐 아니라, 패킷을 중계하는 라우터 역할도 한다. 모바일 노드의 MAC 계층에는 두 종류의 패킷이 도착한다.

도착한 패킷이 노드에서 생성된 것이라면 이 경우 모바일 노드는 호스트 역할을 하게 되고, 인접노드에서 전달되는 패킷의 경우에는 노드 자신이 해당 패킷의 목적지가 아니면 라우팅 경로에 따라 이웃노드로 포워딩을 하게 되고 모바일 노드는 라우터 역할을 하게 된다. 모든 패킷은 전송되기 위해 인터페이스 큐(IF\_q : interface queue)에서 대기한다. 만약 상위계층에서 다량의 패킷이 발생될 경우, 버퍼 오버플로우가 발생하고, 큐의 허용량을 넘어 패킷들이 폐기 된다. 포워딩 패킷은 중간노드를 거쳐서 전달되기 때문에, 제한된 무선 자원을 소비한 상태이다. 만약 포워딩 패킷이 버퍼 오버플로우에 의해 손실될 경우, 무선채널 자원을 낭비

하는 결과를 초래한다.

이러한 자원 소비의 비효율성을 줄이기 위해, 제안된 패킷폐기 기법은 포워딩 패킷을 버퍼 오버플로우에 의한 손실로부터 보호한다. 이를 위해 큐에 포워딩 패킷을 위한 여유 공간을 확보하여, 멀티 홉을 경유하여 목적지에 전달되는 패킷을 우선 전송하여 종단 간 성능과 무선 채널 이용률을 높인다. 새로운 패킷이 인터페이스 큐인 IF\_q에 도착하면 제안된 패킷폐기메커니즘은 <표 1>와 같이 동작한다. 여기서 scr\_addr는 최초 수신측 주소이고, addr\_은 노드 자신의 주소이다.

### 3. 시뮬레이션 및 성능평가

IEEE 802.11 기반의 제안된 시스템과 기존 IEEE 802.11b의 Drop-tail 큐잉 시스템과의 성능을 평가하기 위해 NS2 시뮬레이션 소프트웨어를 사용하였다[8]. NS2는 무료로 제공되는 Discrete-event 방식의 객체지향 네트워크 시뮬레이터로서, 네트워크 모델을 구성하거나, 입력데이터 설정, 출력데이터 분석을 위한 프레임워크를 제공한다. 성능평가를 위

<표 1> 제안된 알고리즘의 의사코드

#### Parameter definitions

Q[l] : a number of packets waiting in the low priority class queue  
 Q[h] : a number of packets waiting in the high priority class queue  
 T<sub>H</sub> : high threshold for class queues  
 T<sub>L</sub> : low threshold for class queues  
 W<sub>H</sub> : the weight of the high priority class queue  
 W<sub>L</sub> : the weight of the low priority class queue  
 W<sub>initial</sub> : Initial value of the weight of high priority class queue

#### on arrival of new packet in IF\_q

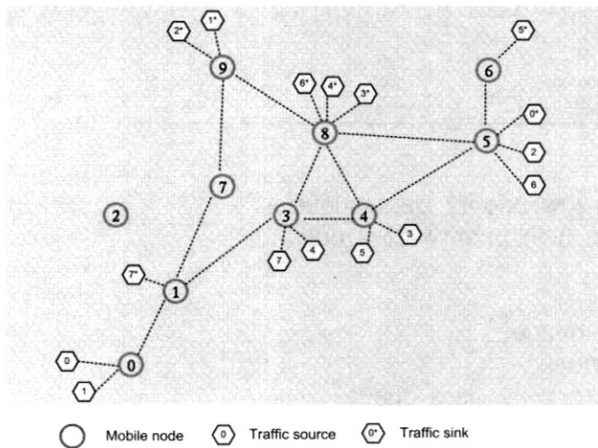
```

If (priority of pkt == high) {
  // the decision of packet acceptance
  If (Q[h] > TH && src_addr of pkt == addr_)
    discard pkt ;
  Else enqueue pkt to Q[h] ;
  // update the weight of class queues
  If (Q[h] < TL) WH = Winitial ; WL = 1.0 - WH ;
  Else if (TL <= Q[h] < TH) {
    WH = Winitial + k * min((Q[h] - TL)/(TH - TL), 1) ;
    WL = 1.0 - WH ;
  }
  Else WH = Winitial+k ; WL = 1.0 - WH; //if Q[h] exceeds TH
}
Else { /* if priority of pkt is low */
  If (Q[l] > TH && src_addr of pkt == addr_) // if Q[l] exceed TH
    discard pkt ;
  Else enqueue pkt to Q[l] ;
}

```

한 시뮬레이션 모델을 (그림 2)와 같이 구성하였다. 시뮬레이션에 사용된 Ad-hoc 네트워크는 10개의 모바일 노드와 8개의 CBR(Constant Bit Rate) 트래픽 소스로 이루어졌으며, 각 CBR 트래픽 소스는 일정한 간격마다 패킷을 생성한다.

패킷 생성시간은 0.05에서 0.1초까지 설정하였으며, 패킷의 크기는 1K 바이트이다. 8개 트래픽 중에서 반절은 높은 우선순위 트래픽으로 설정하고, 나머지는 best-effort 트래픽인 낮은 우선순위 트래픽으로 설정하였다. 라우팅 프로토콜로 AODV(Ad-hoc on demand distance vector)[9]를 사용하였고, MAC 프로토콜은 IEEE 802.11, 무선 전송속도는 2Mbps이다. 난수발생에 따른 오차를 줄이기 위해서 각 시뮬레이션을 10회 수행한 후 평균값을 계산하였다. 시뮬레이션 시간은 500초이며, (그림 2)의 CBR중 1, 3, 4, 6이 높은 우선순위 트래픽으로 설정되었다. 제안된 시스템의 경우 각 클래스 큐당 큐의 크기는 25패킷을 설정하였고, Drop-tail 시스템의 경우 50패킷을 설정하여 실험을 수행하였다.



(그림 2) 시뮬레이션을 위한 무선 네트워크 모델

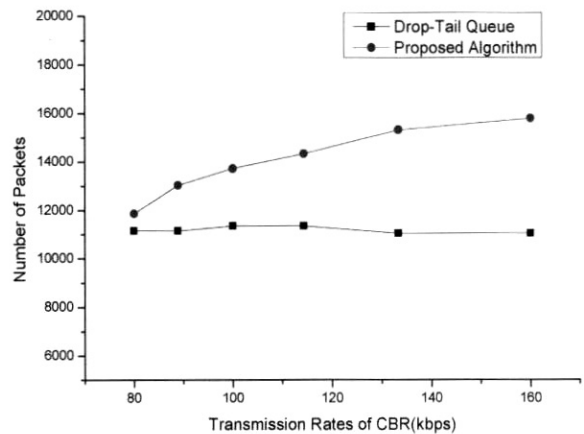
(그림 3)은 CBR 수신측에서 성공적으로 받은 패킷의 수를 보여준다. 제안된 알고리즘이 Drop tail 큐잉 시스템보다 네트워크의 부하가 클수록 더 많은 패킷을 수신 측에 전송함을 알 수 있다. 성능향상의 원인은 제안된 PDP 알고리즘이 중간 모바일 노드에서 포워딩되는 패킷을 트래픽 과부하에 의해서 발생하는 버퍼 오버플로우로부터 보호하여 최종 목적지까지 전송되도록 보장하였기 때문이다. 시뮬레이션 결과에서 제안된 시스템은 최소 7%에서 최대 40%까지 기존 Drop-tail 큐잉 시스템보다 종단 간 패킷전송률을 높였다.

(그림 4)는 평균 수신된 높은 우선순위 패킷 수와 낮은 우선순위 패킷 수를 보여준다. 제안된 알고리즘의 시뮬레이션 결과를 보면, 수신된 높은 우선순위 패킷의 수가 낮은 우선순위 패킷의 수보다 월등히 많으며 특히 트래픽 부하가 커질수록, 큐에 대기하고 있는 패킷이 증가하게 되면 제안된 알고리즘은 높은 우선순위 클래스 큐의 weight를 증가시키므로, 높은 우선순위 패킷이 더 많이 서비스를 받음을 볼

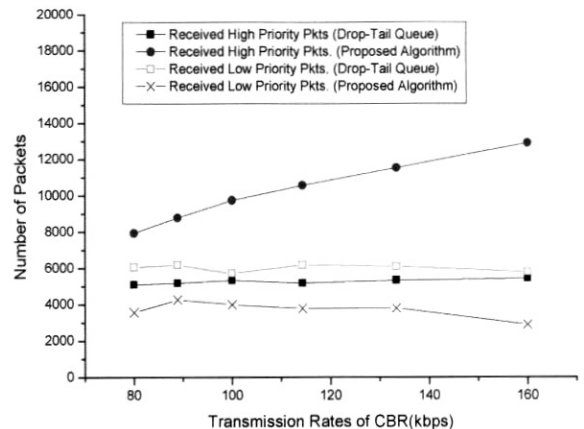
수 있다. 반면, Drop-tail 큐의 경우, 라우팅 패킷만 최우선으로 전송되기 때문에, 수신된 높은 우선순위 패킷 수가 낮은 우선순위 패킷 수보다 소폭 증가하였으나, 차등서비스를 제공하기에는 부적합함을 보인다.

(그림 5)는 각 클래스별 손실된 패킷 수를 보여준다. 제안된 알고리즘의 경우 낮은 우선순위 패킷의 손실이 상당히 증가했으나, 우선순위가 높은 패킷의 손실을 상당히 줄였다. 성능향상의 원인은 제안된 알고리즘의 WRR 스케줄러가 높은 우선순위 트래픽이 증가하면, 높은 우선순위 패킷을 먼저 서비스하려고 하기 때문에 높은 우선순위 트래픽의 손실률이 감소하였고, 수신율을 높일 수 있었다. (그림 6)은 높은 우선순위, 낮은 우선순위 패킷의 종단 간 지연시간을 보여준다. 제안된 알고리즘의 경우, 낮은 우선순위 패킷은 지연시간이 상당히 증가하였고, 반면에 낮은 우선순위 패킷은 1-2초대로 전송 지연시간을 줄여서, 낮은 지연시간을 요구하는 멀티미디어 트래픽을 서비스하는데 적합함을 보였다.

시뮬레이션 결과는 IEEE 802.11 MAC 프로토콜 기반의 제안된 알고리즘이 Drop-Tail 큐잉 시스템보다 전반적으로 우



(그림 3) 평균 수신된 패킷 수



(그림 4) 수신된 높은 우선순위와 낮은 우선순위 패킷 수

참고 문헌

[1] C. E. Perkins, "Ad Hoc Networking," Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ, USA, Jan., 2001.

[2] I. Aad and C. Castelluccia, "Differentiation mechanisms for IEEE 802.11," Proc. of IEEE INFOCOM 2001, pp.209-218.

[3] M. Barry, A. T. Campbell, and A. Veres, "Distributed Control Algorithms for Service Differentiation in Wireless Packet Networks," Proc. of IEEE INFOCOM 2001, pp.582-590.

[4] G. Bianchi and I. Tinnirello, "Analysis of Priority Mechanisms based on Differentiated Inter-Frame Spaces in CSMA/CA," in Proc. IEEE VTC 2003, vol. 3, pp.1401, 1405, Orlando (FL), Oct., 2003.

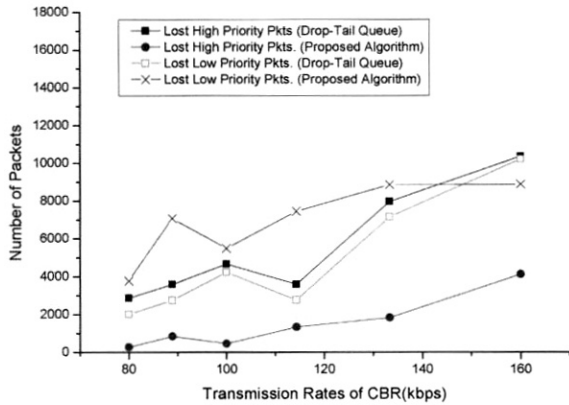
[5] S. S. Kang and M. W. Mutka, "Provisioning Service Differentiation in Ad Hoc Networks by Modification of the Backoff Algorithm," International Conference on Computer Communication and Network(ICCCN), Scottsdale, Arizona, Oct., 2001.

[6] Haq, M.A. Matsumoto, M. Bordim, J.L. Kosuga, M. Tanaka, S. "Admission control and simple class based QoS provisioning for mobile ad hoc network," Vehicular Technology Conference, 2004. Vol.4, pp.2712-2718, Sept., 2004.

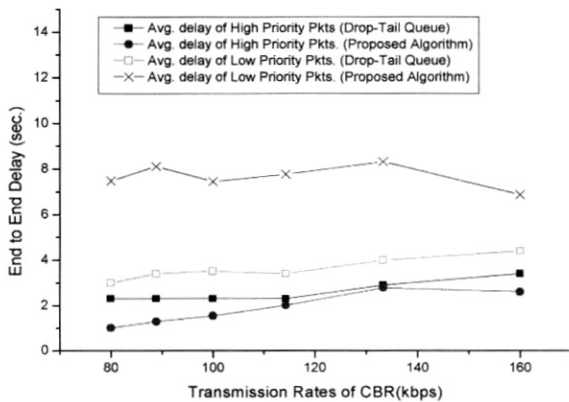
[7] Lahti Marja-Leena, "IEEE 802.11 Wireless LAN," [http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-10.551/2000/papers/IEEE\\_802/wlan.html](http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-10.551/2000/papers/IEEE_802/wlan.html), 2000.

[8] NS 2 homepage: <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

[9] Elizabeth M. Royer, Charles E. Perkins. "An Implementation Study of the AODV Routing Protocol", Vol.3, pp.1003-1008, Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Chicago IL, Sept., 2000.



(그림 5) 손실된 높은 우선순위와 낮은 우선순위 패킷 수



(그림 6) 높은 우선순위, 낮은 우선순위 패킷의 종 단간 전송지연시간

수한 결과를 보였으며 또한, 제안된 알고리즘을 적용함으로써 종 단간 성능 향상 뿐 아니라, 멀티 홉 MANET에서 차등서비스를 제공할 수 있었다.

4. 결 론

MANET에서 각 모바일 노드는 호스트 역할 뿐 아니라 멀티 홉을 경유하는 패킷을 서비스하는 라우터 기능도 수행한다. 본 논문에서는 다중 큐잉 시스템에 기반하고, 차등서비스 지원과 종단 간 성능향상을 위한 패킷배기 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘의 특징은 트래픽 부하에 따라 각 클래스의 weight를 조절하여 높은 우선순위 트래픽을 효율적으로 서비스하며, 패킷배기 기법은 멀티 홉을 경유하는 패킷의 버퍼 오버플로우에 의한 손실을 방지하기 위해서 높은 우선순위 패킷을 위한 여유 버퍼 공간을 확보하여, 패킷 손실을 방지하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘의 성능평가를 수행하였으며, 그 결과 기존의 기법보다 종단 간 패킷 전송률을 증가 시켰으며, 차등서비스를 지원하기에 적합하였다.



김 관 응

e-mail : watcherbear@hotmail.com  
 1996년 전북대학교 전자공학과(학사)  
 1998년 전북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 2002년 8월 전북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

2002년 8월~2004년 8월 한국표준과학연구원 Post-doc.  
 2004년 9월~2005년 8월 Post-doc, University of Haute Alsace  
 2006년 3월~현재 원광대학교 전지전자정보공학부 교수  
 관심분야 : Resource management, Mobile Ad-hoc network



**배 성 환**

e-mail : hlu008@hanmail.net  
1993년 전북대학교 전자공학과 졸업(학사)  
1995년 전북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
2000년 전북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

2000년~현재 한려대학교 멀티미디어정보통신학과 교수  
관심분야: ASIC 테스트, 통신시스템 설계,



**김 대 익**

email : daeik@chonnam.ac.kr  
1991년 전북대학교 전자공학과(학사)  
1993년 전북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
1996년 전북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

2002년~현재 전남대학교 공과대학 정보소재공학과 교수  
관심분야: 저전력 VLSI 설계, 테스트, 신호처리용 ASIC 설계