
시뮬레이션을 통한 IEEE 802.11 PCF의 QoS 향상에 관한 연구

김중재** · 김성철*

QoS Enhancement in PCF of IEEE 802.11 through Simulation

Joong-jae Kim** · Seong-cheol Kim*

요 약

IEEE 802.11 MAC 프로토콜의 PCF(Point Coordination Function)는 일반적으로 부하가 높은 네트워크에서 DCF 보다 더 나은 성능을 보이는 매체 접근 방식이다. 뿐만 아니라 PCF는 시간 제한적인 응용의 전송에 적절하다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 무선 랜에서 노드의 수 변화에 따르는 QoS 향상 방법에 대하여 고려한다. 무선 랜에는 QoS를 자원 받는 노드들과 그렇지 않은 노드들도 구성되어 있다고 가정한다. 여기서 QoS 노드란 QoS를 지원하는 메커니즘을 가지는 노드를 의미한다. 본 논문에서는 많은 시뮬레이션을 통하여 네트워크의 적절한 파라미터들을 구하며, 노드의 수가 변함에 따르는 네트워크 현상에 대하여 고찰이 이루어진다.

ABSTRACT

PCF(Point Coordination Function) of IEEE 802.11 MAC protocol is an access method that generally has better performance under high offered load conditions. And it is also appropriate for sending data of time-limited applications. In this paper we consider the QoS(Quality of Service) enhancement method according to the change of nodes in the IEEE 802.11 WLAN. We assume that the WLAN consists of QoS nodes and non-QoS nodes. The QoS nodes has a mechanism to support QoS. We can find the appropriate network parameters by many simulations. And the changes of network status are considered according to the number of nodes.

키워드

802.11 무선 랜, QoS, DCF, PCF, 시뮬레이션

I. 서 론

유선 랜은 빠른 속도와 안정화된 서비스를 바탕으로 인터넷 보급을 확산시켜 왔다. 하지만 유선 랜을 사용하기 위해서는 고정된 장소에서의 제약적인 서비스

만이 가능하다. 모바일 기술의 발전으로 현대인의 필수품으로 자리 잡게 된 휴대폰과 PDA, 노트북등의 보급은 더 이상 고정된 사용환경이 아닌 이동환경에서의 사용을 필요로 하게 되었고, 이는 무선 랜의 보급을 앞당기고 있다. 무선 랜의 사용자들은 유선 랜과 같은 멀

* 상명대학교 소프트웨어학부
** (주)한티기술

미디어 서비스를 무선 랜에서도 동일하게 사용하기를 원하고 있으며, 멀티미디어 콘텐츠의 이용 빈도가 높아감에 따라 안정화된 품질의 데이터 전송을 위해 서비스의 질(QoS: Quality of Service)의 제공은 점차 필수적인 요구사항이 되었다.

현재 IEEE 802.11 무선 랜에서는 QoS 지원을 위한 표준을 IEEE 802.11e 분과로 나누어 연구하고 있으며, 이에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다[1][2]. 801.11 무선 랜 MAC 프로토콜은 DCF(Distributed Coordination Function)를 기본 매체접근 프로토콜로 지원하며, DCF 기반에 PCF를 추가하여 QoS를 선택사항으로 지원하고 있다.

본 논문에서는 네트워크 시뮬레이터 ns-2 버전 2.1b8a[3]에서 PCF 모듈[4]을 추가하여 우선순위를 가지는 무선 스테이션 수의 변화에 따르는 QoS의 지원에 대한 것을 시뮬레이션을 통해 살펴보기로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. IEEE 802.11 MAC 프로토콜에 대한 설명이 2절에서 이루어지며, 제 3절에서는 네트워크 모델링과 시뮬레이션 환경에 대한 고찰이 이루어진다. 마지막으로 본 논문의 결론이 4절에서 이루어진다.

II. IEEE 802.11 MAC Protocol

IEEE 802.11 무선 랜의 MAC 프로토콜은 그림1과 같이 DCF와 PCF간의 관계로 형성되어 있는 구조로 되어 있다.

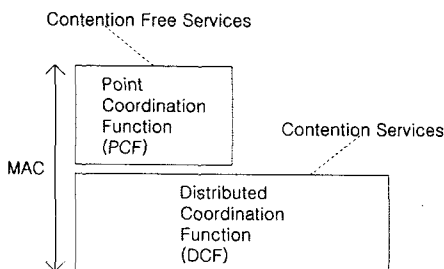


그림 1. IEEE 802.11 MAC 계층[5]
Fig. 1 IEEE 802.11 MAC Layer[5]

2.1 DCF(Distributed Coordination Function)

DCF는 CSMA/CA 프로토콜을 사용하여 무선매체에

접근하는 경쟁 서비스를 기본으로 제공한다. 데이터 전송을 원하는 스테이션은 다른 스테이션이 전송하고 있는지를 결정하기 위해 매체를 감지한다. 각 스테이션은 충돌 감지가 아닌 충돌 회피 기법(Collision Avoidance)을 사용한다. 무선 랜에서는 유선 랜과 같은 매체감지가 불가능 하므로 다른 방식을 통하여 매체 상태를 확인한다. 예를 들어, 논리적인 방법인 가상 반송파 감지(Virtual Carrier Sense) 메커니즘인 NAV(Network Allocation Vector)를 이용한다. NAV는 이전에 실제로 교환되었던 데이터나 짧은 제어 프레임인 RTS(Request to Send)와 CTS(Clear to Send)에 의한 매체의 데이터 전송 구간의 정보를 바탕으로 앞으로 전송될 데이터의 전송시간을 미리 예측하는 방식이다. 데이터 전송을 위해 매체의 사용을 기다리는 스테이션들은 이 NAV를 참조하여 전송매체의 상태를 확인할 수 있다. 만약 매체의 "busy" 상태를 확인한 후에는 매체를 사용 중인 스테이션의 전송이 완료될 때 까지 기다려야 한다. 전송을 완료한 후 스테이션은 즉시 전송을 다시 시도하거나 충돌을 회피하여 줄이기 위한 방법으로 전송을 시도하기 전 임의의 백 오프 시간(random backoff time)을 적용하여 전송 전 대기 시간을 감소시켜 전송을 시도한다. 백 오프 시간은 다음과 같이 구해진다.

$$backoff\ time = random() * aSlotTime$$

여기서 random() 함수는 [0, CW] 사이의 임의의 정수 값이다. 각 스테이션들은 충돌 윈도우(CW: Contention Window)의 최소값인 CWmin으로 초기화되며 매체에서의 충돌이 발생되어 재전송이 필요할 때, 지수 함수적으로 CW 값을 CWmax 까지 증가시켜 충돌 확률을 감소시킨다. aSlotTime은 하나의 패킷을 전송할 수 있는 시간이며, 프레임 사이의 시간과 전파 지연 시간을 고려하여 결정된다.

IEEE 802.11 무선 랜은 매체에 접근하기 위한 데이터 전송 우선순위를 프레임간의 시간 간격인 IFS(Inter Frame Space)로 구분하여 제한적인 QoS를 지원하고 있다. 가장 짧은 시간간격인 SIFS(Short Interframe Space)는 ACK와 RTS/CTS 프레임, 단편화된 데이터의 연속하는 데이터 프레임처럼 다른 스테이션들 보다 짧은 시간 간격을 주고 매체 접근하는 우선권을 주는데 사

용된다. PIFS(PCF IFS)는 PCF에서 사용되며, DCF상에서 데이터 전송할 수 있는 기회를 얻으려는 스테이션보다 우선적으로 매체에 접근할 수 있도록 짧은 IFS를 가지고 있다. DIFS (DCF IFS)는 DCF상에서 동작하는 스테이션들이 사용하는데, DIFS 구간이 끝나고 각 스테이션들은 바로 매체를 점유하기 위해 경쟁을 하게 된다. 백 오프 타이머가 가장 먼저 완료된 스테이션은 바로 데이터 전송을 할 수 있으며, 그렇지 못한 스테이션들은 백 오프 타이머가 만료될 때까지 기다린 후 매체에 접근을 시도하게 된다.

2.2 PCF

DCF가 CSMA/CA에 의해 경쟁을 통해 매체의 채널에 임의로 접근하는 방식이라면, PCF는 PC(Point Coordinator)의 역할을 수행하는 AP(Access Point)와 같은 중간 제어기에 의해 동작하는 비경쟁 Polling 방식을 이용해 스테이션들의 전송을 제어하여 QoS를 제공한다.

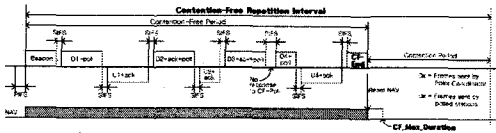


그림 2. PCF 프레임의 전송 예[5]
Fig. 2 Example of PCF frame transfer[5]

PCF 기반의 스테이션들은 DCF기반의 스테이션보다 더 짧은 시간(PIFS)을 사용하여 매체에 접근한다. BSS내에 있는 스테이션들은 비콘(beacon)이 전송되도록 스케줄링된 TBTT(Target Beacon Transmission Time)에서 NAV를 CFMaxDuration으로 설정하여 poll이 되지 않은 숨은 스테이션(hidden station)의 전송을 막는다. 그림 2는 CFP 동안의 프레임 전송에 대한 예를 보여 준다. 매체가 PIFS 기간 동안 idle 상태이면 데이터 전송을 시작하고, 매체가 busy 상태인 경우엔 매체가 idle 될 때까지 기다린 후 beacon 프레임을 CFP 구간 동안 브로드캐스트나 멀티캐스트 프레임으로 전송한다. 만일 전송할 스테이션을 poll 했으나 확인 응답 신호가 오지 않을 경우에는 PIFS 만큼 기다린 후 다음 프레임을 전송한다. poll을 받았는데 전송할 데이터가 없는 경우에 스테이션은 null 프레임을 전송하며, ack도 동시에 요구될 경우에는 CF-ACK(No Data)를 전송하게

된다.

III. 시뮬레이션 모델링 및 결과

본 논문에서는 제안된 시뮬레이션 모델링을 위해 Redhat사의 Linux 버전 7.3 운영체제에 네트워크 시뮬레이터 ns-2를 사용하였다. 그러나 ns-2에는 PCF 구현을 위한 모듈이 탑재되어 있지 않기 때문에 모의실험을 위해 PCF 모듈을 추가하여 PCF 기반의 QoS 검증을 위한 네트워크 시뮬레이션 모델링 환경을 구축하였다. 시뮬레이션을 통한 결과는 NAM(Network Animator)[6]을 사용하여 애니메이션으로 표시하였다. 시뮬레이션 환경의 네트워크 동작 상태를 NAM을 이용해 시각적으로 확인함으로써, 결과 데이터 분석에 용이하도록 구현하였다.

시뮬레이션 실행을 위한 하나의 시나리오에는 8 개의 모바일 노드 중 우선순위를 가지는 노드 3 개와 일반 노드 5개의 환경(a)과, 우선순위를 가지는 노드 5 개와 일반노드 3 개의 환경(b)으로 하는 두 개의 비교 집단을 만들어 비교하였다.

시나리오 1

시나리오 1은 전화와 같은 음성통화를 하기 위한 최소한의 일정한 음성데이터 전송이 필요한 환경을 가정하였다. 시뮬레이션을 위해 음성데이터 100 바이트와 음성데이터의 전송시간지연 0.2초의 파라미터 값을 사용하였다.

시나리오 2

시나리오 2는 주문형 비디오(video on demand: VOD)와 같은 비디오 데이터를 전송하는 환경을 가정하였다. 비디오 데이터 10000 바이트와 전송 시간지연을 0.2초로 설정하였으며, 나머지 환경은 시나리오 1과 동일하다.

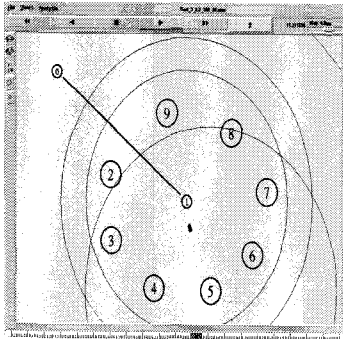
시나리오 3

시나리오 3에서는 시나리오 2에서와 같이 동일한 비디오 데이터 10000 바이트의 전송을 다룬다. 앞의 시나리오와 차이점은 전송 시간지연을 0.4초로 하여, 시나리오 2에서보다 채널의 이용도를 높일 수 있는지

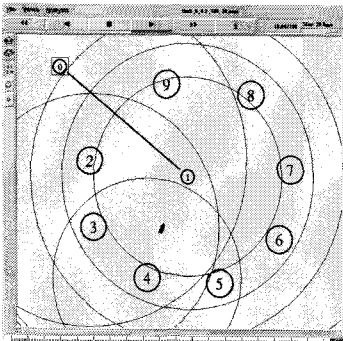
를 실험한다.

3.1 시뮬레이션 결과

음성데이터를 전송하는 시나리오 1의 (a) 환경에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 3에서 보여 준다. 그림에서 보는 바와 같이 유선노드인 0번, 모바일 우선순위 노드 2, 3, 4번 3 개와 일반 노드 5, 6, 7, 8번 5 개가 AP 1번에 패킷을 전송하는 모습을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 3. 시나리오 1의 환경
Fig. 3 environment of scenario 1

시나리오 1의 환경에 대한 NAM의 시뮬레이션 결과 (a), (b)환경의 결과 값이 그림 3과 같이 비슷하게 나오는 것을 확인 할 수 있다. Trace Format[7]으로 나온 표본 데이터를 기반으로 AP 노드에서의 패킷 전송량은 그림 4에서 볼 수 있다. 그림 4와 같이 그래프로 표시하기 위해 xgraph[8]를 사용하였다. x 축은 시간(초)을, y 축은 전송된 패킷의 수를 나타낸다. 또한 빨간색은 (a) 환경, 녹색은 (b) 환경에서의 패킷 전송량이다. 그

림 5에서와 같이 시나리오 1의 (a)와 (b) 환경에서의 패킷 전송량은 겹쳐 보일 정도로 거의 비슷함을 확인할 수 있다. 시나리오 1의 (a)와 (b) 환경에서 음성데이터 패킷을 전송하여 Trace Format과 NAM으로 분석한

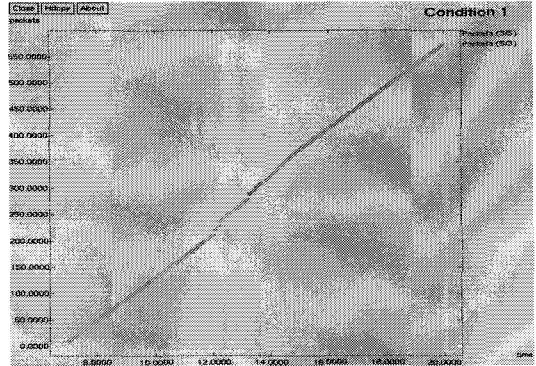
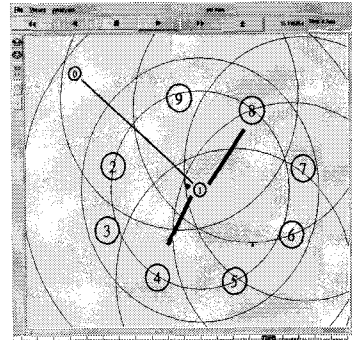
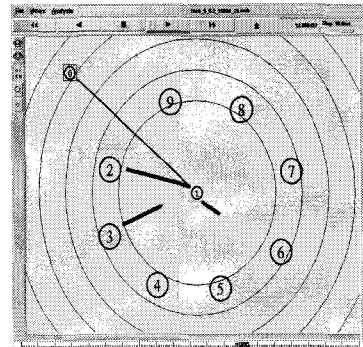


그림 4. 시나리오 1의 패킷 전송량 비교
Fig. 4 packet transmissions of scenario 1



(a)



(b)

그림 5. 시나리오 2의 환경
Fig. 5 environment of scenario 2

결과, 우선순위 노드와 일반노드의 변동에 차이 없이 (a) 와 (b) 환경이 거의 동일한 패킷 전송량을 보였으며, (a) 와 (b) 환경에서의 패킷 손실(drop)도 없었다.

시나리오 2에서는 음성 데이터와 같은 시간지연을 가지는 비디오 데이터를 다루는 상황에서 우선순위 노드와 일반노드의 패킷 전송과 패킷손실에 대하여 살펴 보았다. 그림 5는 NAM으로 구현한 실험 결과를 보여 준다. 우선순위를 가진 노드 2, 3, 4번이 노드가 채널을 점유하는 시간이 길어짐에 따라 5, 6, 7, 8, 9번 일반 노드는 매체 접근을 위한 경쟁이 심해지고 패킷 손실이 일어남을 알 수 있다. 시나리오 2에서 (b)환경에 대한 시뮬레이션은 그림 5와 같이 이루어졌다. 우선순위 노드 2, 3, 4, 5, 6번이 거의 대부분의 채널을 점유하여, 일반노드 7, 8, 9번은 매체 접근조차 하지 못함을 알 수 있다.

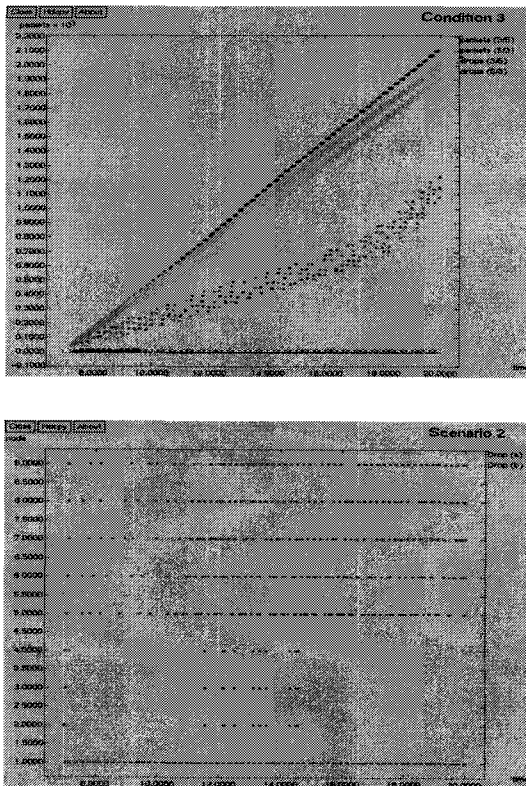
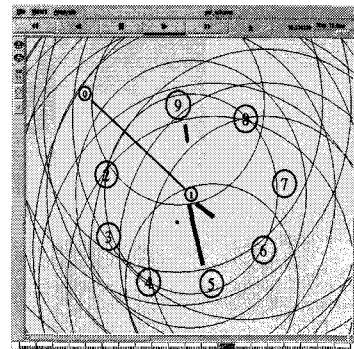


그림 6. 시나리오 2의 패킷 전송량과 패킷 손실
Fig. 6 packet transmissions and packet loss of scenario 2

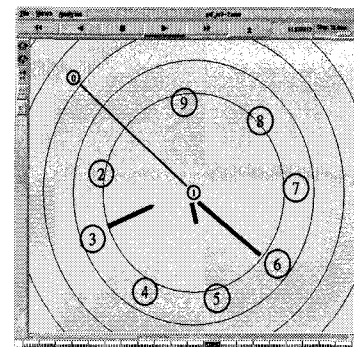
시나리오 2의 패킷 전송량을 분석하기 위해 그림 6과 같이 xgraph로 확인한 결과 빨간색으로 표시된(a) 환경에서 규칙적인 패킷 전송과 아래쪽에 분포한 불규칙적인 패킷 전송을 볼 수 있다. (b) 환경에서의 데이터 전송 결과는 규칙적인 패턴을 보여주고 있다. 하지만 (b) 환경에서의 패킷은 우선순위 노드의 패킷전송과 동일하며, 일반노드에서의 패킷 전송은 없었다.

패킷 손실의 모습을 Trace Format으로 확인하기 위해 그림 6과 같이 시간별 모바일 노드의 패킷 손실을 xgraph로 분석한 결과 (a) 환경에서의 패킷 손실은 2, 3, 4번 노드에서 거의 없었으며, 오히려 AP의 버퍼 용량 초과로 인한 1번 노드에서의 패킷 손실이 높았다. (b) 환경은 (a) 환경보다 패킷 손실이 낮았으며, 우선순위 노드보다 일반노드의 데이터 전송 시도의 실패로 인한 패킷 손실이 많음을 알 수 있다.

시나리오 3에서는 우선순위노드의 증가로 인한 채널의 점유와 우선순위 노드들의 패킷 손실을 줄이고



(a)



(b)

그림 7. Scenario 3의 환경
Fig. 7 environment of scenario 3

전송 품질을 보장하는 것에 대하여 고찰한다. 비디오 데이터의 시간지연 파라미터를 0.4초 느리게 하여 패킷의 전송량을 확인하여 보았다. NAM의 결과는 그림 7과 같이, 우선순위 노드 2, 3, 4번의 안정된 패킷 전송을 볼 수 있었다. 또한 시나리오 2의 (a) 환경에 비해 우선순위의 노드의 패킷 손실은 거의 없었으며, 일반 노드들의 패킷 손실 또한 현저하게 줄어드는 모습을 알 수 있다.

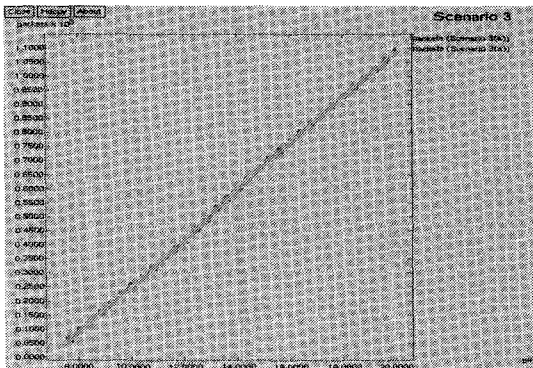
시나리오 3의 (b) 환경에서의 시뮬레이션 결과는 그림 7의 NAM에서 같이 우선순위 노드 2, 3, 4, 5번의 일정한 패킷의 전송 모습을 볼 수 있다. 시나리오 2의 (b) 환경에서와 같이 우선순위 노드가 채널의 모든 대역폭을 점유하지 않고 일반노드도 같이 전송하는 결과

를 보여준다. 그림 8은 Trace Format으로 시나리오 3의 (a)와 (b) 환경에 대한 패킷 전송량을 비교한 것을 보여 준다. 시나리오 1과 같이 두 환경이 비슷한 결과를 보여준다. 시나리오 3에서의 두 환경에 대한 패킷 손실을 비교한 그림 8에서는 시나리오 2에 비해서 패킷 drop이 현저히 줄어들었음을 알 수 있다.

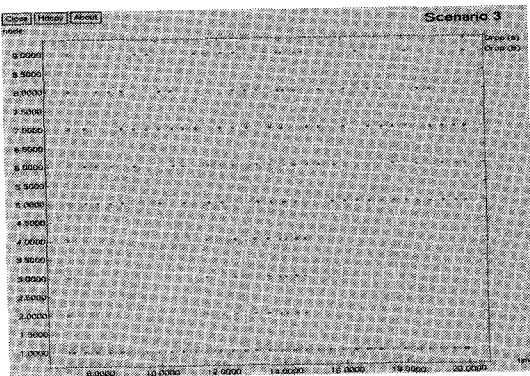
IV. 결론

본 논문에서는 네트워크 시뮬레이터 ns-2 버전 2.1b8a에서 PCF 모듈을 추가하여 우선순위를 가지는 무선 스테이션 수의 변화에 따르는 QoS의 지원에 대한 것을 시뮬레이션을 통해 살펴보았다. IEEE 802.11 MAC의 PCF에서는 DCF 기반의 일반 노드보다 짧은 매체 접근 시간을 가지고 무선 채널을 우선적으로 사용할 수 있는 기능을 제공하였음을 확인할 수 있었다. 음성신호를 전송하는 노드의 경우 음성데이터 자체의 작은 용량으로 인해 채널의 여유가 생겨 우선순위가 있는 노드와 그렇지 못한 노드의 패킷 전송량이 같았으며, 패킷 손실 또한 무시할 정도로 발생하지 않았다. 그러나 비디오 데이터와 같이 전송해야 할 패킷 량이 증가하였을 때 우선순위가 높은 노드의 패킷 전송이 우선시되어 일반 노드보다 우선지원 노드의 패킷 전송량이 일반 노드에 비해 증가하였으며, 우선순위 노드가 더 늘어났을 경우엔 일반 노드에서의 패킷 전송이 불가능한 경우도 생긴다. 결국 패킷 전송량의 성능을 조금 줄여 시나리오 3과 같이 시간간격을 조절함으로써 시나리오 2에서와 같은 우선순위 노드의 채널독점을 어느 정도 보완할 수 있었다. 결과적으로 PCF 기반의 스테이션들은 무선 매체에 대한 접근 기회가 DCF 기반에서 보다 월등히 높음을 알 수 있다. 이는 전체 모바일 노드에서 적절한 수의 QoS 노드가 존재할 경우 향상된 QoS를 지원함을 알 수 있다.

또한 PCF을 통한 QoS 보장 역시 시나리오 2와 3의 (b)환경에서 볼 수 있듯이 우선순위 노드들도 결국에는 경쟁해야 하는 한계를 가지고 있다. 또한, 우선순위 노드의 채널 선점과 독점으로 인해 일반 노드의 전송권을 박탈하는 상황을 시나리오 2의 (b)환경과 같이 초래하며, 인터넷의 원래 취지인 공평성에 어긋나는 결과를 가져올 수도 있다.



(a)



(b)

그림 8. 시나리오 3의 패킷 전송량과 패킷 손실
Fig. 8 packet transmissions and packet loss of scenario 3

본 논문에서는 움직임이 없는 고정된 모바일 노드에 대해서만 다루었지만 모바일 노드의 특징인 움직임은 특성을 고려한 QoS에 대한 연구도 필요하다. 현재 이와 같이 공평성을 잃지 않으면서 이동하는 모바일 스테이션의 QoS 지원 방법에 대한 연구가 진행 중에 있다.

참고문헌

[1] Lamia Romdhani, Qiang Ni, and Thierry Turletti, "Adaptive EDCF: Enhanced Service Differentiation for IEEE 802.11 Wireless Ad-Hoc Networks," *IEEE WCNC 2003*, New Orleans, Louisiana, USA, March 16-20, 2003.

[2] H. Zhu, G. Cao, A. Yener and A. D. Mathias "EDCF-DM: A Novel Enhanced Distributed Coordination Function for Wireless Ad Hoc Networks ", *IEEE ICC, Paris, France, June 2004*.

[3] The Network Simulator ns-2 : <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

[4] Anders Lindgren, "Implementation of the PCF mode of IEEE 802.11 for ns-2", <http://www.sm.luth.se/~dugdale/index/software.shtml>

[5] IEEE Std 802.11, Part II "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications", IEEE, 1999.

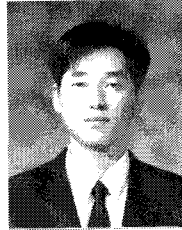
[6] Network Animator : <http://www.isi.edu/nsnam/index.html>

[7] NS-2 Trace Formats : <http://k-lug.org/~griswold/NS2/ns2-trace-formats.html>

[8] xgraph :<http://www.isi.edu/nsnam/xgraph>

저자소개

김종재(Joong-Jae Kim)



2000. 2 초당대학교 정보통신 공학과(공학사)
 2005. 8 상명대학교 정보통신학과 (정보통신학석사)
 2005. 10 ~ 현재 (주) 한터기술 연구원

※ 관심분야 : 무선랜, 멀티미디어통신, 트래픽제어

김성철(Seong-Cheol Kim)



1995. 6 Polytechnic University (NY) 공학박사(Ph.D)
 1994. 6 ~1997. 2: 삼성전자(주) 수석연구원
 1997.2 ~ 현재: 상명대학교 교수

※ 관심분야 : WLAN, 센서네트워크 QoS, 멀티미디어 통신