IEEE 802.11 무선 랜에서 EDCA 방식의 음성 서비스에 대한 기존 DCF 단말의 영향 분석

황경호*

Impact of legacy DCF stations on voice service using EDCA scheme in IEEE 802.11 wireless LANs

Gyung-Ho Hwang*

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선 랜의 QoS 보장을 위해 EDCA 방식의 MAC 프로토콜을 이용해서 음성 서비스를 수행하는 경우 기존의 MAC 프로토콜인 DCF 방식을 사용하는 단말들로 인해 발생하는 음성 서비스의 영향을 시뮬레이션을 통해서 알아본다. DCF 방식 단말들이 존재 할 때 음성 서비스의 QoS를 유지하는 최대 음성 세션수를 IEEE 802.11b와 IEEE 802.11a의 물리계층을 사용하는 경우에 대해서 각각 알아본다.

ABSTRACT

The EDCA scheme in IEEE 802.11 MAC protocols was adopted to support QoS of each traffic. The impact of legacy DCF stations on EDCA voice service is studied using extensive simulations. The maximum number of voice sessions are obtained in cases that IEEE 802.11b and IEEE 802.11a physical layers are used.

키워드

무선 랜, EDCA, VoIP, CSMA/CA, MAC 프로토콜, IEEE 802.11

* 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 컴퓨터공학전공

접수일자 2009. 02. 25
심사완료일자 2009. 03. 16

Ⅰ. 서 론

IEEE 802.11 무선 랜을 통해 VoIP(Voice over IP) 패킷을 이용한 음성 서비스는 많은 사용자가 이용할 만큼 대중적인 기술이 되고 있다. 음성 서비스는 지연에 민감하고, 일정 수준 이상의 패킷 손실이 발생할 경우에는 서비스 제공이 불가능해 지기 때문에 음성 서비스를 지원하기 위해서는 기존의 데이터 서비스와는 달리 서비스 품질(QoS: Quality of Service)이 보장되어야 한다. 일반적으로 패킷의 접속 지연과 재전송 제한을 고려했을 경우 1% 미만의 패킷 손실률을 보장해야 한다.

IEEE 802.11 무선 랜에서 음성 서비스 제공에 관한 여러 연구가 진행되었다. PCF (Point Coordination Function) 방식의 MAC 프로토콜에서 폴링 기반의 접속 방식을 사용하여 최대로 가능한 음성 세션의 개수가 분석되었다[2]. PCF 방식은 음성 서비스와 같은 실시간 애플리케이션을 제공하기 위한 프로토콜이나 일반적으로 현재의 무선 랜 장비는 DCF (Distributed Coordination Function) 방식만 사용하고 있다. 따라서 DCF 방식을 사용한 음성 서비스의 지원에 대해서 고려해야 한다. [3]에서는 간단한 오버헤드 계산을 통해서 최대 VoIP 세션의 수를 제공하였다. 그러나 음성 서비스의 QoS 로서 패킷 손실률이 고려되지 않았다. [4]에서는 IEEE 802.11b 물리 계층을 사용할 때, VoIP 트래픽에 대한 실험적인 연구를 통해서 G.711 a-law 코덱을 사용하고 패킷 당 10 msec의 오디오 데이터를 만들 경우에 대해서 6개의 VoIP 콜이 지원되는 것을 보였다. 또한 [6]에서는 VoIP 패킷에 대해서 최대 가능한 음성 세션의 수를 구하였다. 본 논문에서는 IEEE 802.11에서 QoS를 보장하기 위해서 제안된 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access) 방식을 이용한 음성 서비스에 대한 기존 DCF 방식 데이터 단말의 영향에 대해서 살펴본다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 II장에서는 IEEE 802.11 무선 랜에서 사용하는 CSMA/CA (Carrier Sensing Multiple Access with Collision Avoidance) 프로토콜과 EDCA 방식에 대해서 설명하고, III장에서는 본 논문에서 사용한 VoIP 패킷 트래픽의 모델링 방법을 설명하고, IV장에서는 EDCA 방식을 사용한 음성 서비스에 대한 기존 DCF 방식을 사용하는 데이터 단말들의 영향을 시뮬레이션을 통해 살펴본다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

Ⅱ. IEEE 802.11 무선 랜의 EDCA 방식의 프로토콜

대부분의 IEEE 802.11 무선 랜 장비에서는 CSMA/CA 방식에 기반을 둔 DCF 방식이 사용된다. DCF 방식에서는 트래픽별로 서로 다른 우선순위를 제공하는 QoS를 고려하지 않는다. 따라서 IEEE 802.11e 태스크 그룹에서 QoS를 고려하는 새로운 채널 접속 방식을 제안하였고 현재는 IEEE 802.11 표준에 통합되어 출판되었다[1]. IEEE 802.11e 표준에서는 기존 프로토콜과 마찬가지로 분산형과 중앙 집중형 방식의 두 가지 QoS 보장 기법을 제공한다. IEEE 802.11e 에서는 HCF (Hybrid Coordination Function) 가 존재하며, HCF에는 DCF와 유사한 경쟁방식의 EDCA 방식과 HCF가 제어하는 HCCA(HCF- Controlled Channel Access)방식이 존재한다. 일반적으로 음성 서비스와 같은 실시간 서비스의 경우에는 중앙집중식이나 예약방식의 채널 접속 기술을 사용하지만, EDCA 방식에서는 경쟁방식의 채널 접속을 이용해서 실시간 트래픽에 우선순위를 제공할 수 있다.

EDCA 방식에서 각 단말은 서로 다른 우선순위의 트래픽에 대해서 각각 트래픽 큐를 가지고 있고, 각 트래픽에 대해서 접속 우선순위에 해당하는 AC(access category)를 부여한다. 상위 계층에서 내려온 데이터 프레임은 MAC 계층의 프레임 헤더에 우선순위 값이 붙여진다. IEEE 802.11 표준에서는 AC를 4가지로 구분하며 MAC 계층에 도달하는 각 프레임은 우선순위에 따라서 표 1과 같이 해당하는 AC로 매핑된다.

그림 1에서 보듯이 EDCA와 DCF 방식의 가장 큰 차이점은 각각의 AC별로 AIFS(arbitrary IFS)와 백오프 값의 범위를 결정하는 contention window(CW)의 최소와 최대값을 가진다는 것이다. 즉, 각 AC는 AIFS[AC], CWmin[AC]와 CWmax[AC]를 가진다. AIFS[AC]는 다음과 같이 표현된다.

$$AIFS[AC] = AIFSN[AC] \times aSlot\,Time + aSIFSTime \quad (1)$$

여기서, AIFSN은 AIFS의 시간을 결정하는 정수 값이 된다. 식 (1)에서 보듯이 AIFS는 SIFS 시간에서 AIFSN에 해당하는 슬롯 개수의 시간을 더한 값이 된다. AIFSN과 CWmin, CWmax 값은 QoS를 보장하는 AP를 지칭하는

QAP(QoS access point)에서 비콘(beacon)이나 프로브 응답(probe response) 프레임의 EDCA 파라미터 세트 정보 요소(EDCA parameter set information element)에 포함되어 전달된다. 프로토콜에서 CWmin[AC]와 CWmax[AC]는 다음과 같이 계산된다.

$$CWmin = 2^{ECWmin} - 1 \qquad (2)$$
$$CWmax = 2^{ECWmax} - 1$$

여기서 ECWmin과 ECWmax 값이 실제로 QAP에서 제어 프레임을 통해 알려주는 값이다. AIFS와 CW 값이 작을수록 더 높은 접속 우선순위를 가지기 때문에 QAP는 이와 같은 파라미터들을 트래픽 상황에 맞춰서 조절할 수 있다.

표 1. 사용자 우선순위와 AC의 매핑
Table 1. User priority to access category mappings

Priority	User Priority	802.1D designation	Access Category(AC)	Designation
lowest	1	BK	AC_BK	Background
	2	-	AC_BK	
	0	BE	AC_BE	Best effort
	3	EE	AC_VI	video
	4	CL	AC_VI	video
	5	VI	AC_VI	video
	6	VO	AC_VO	voice
highest	7	NC	AC_VO	voice

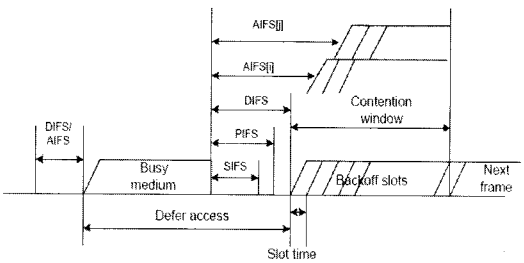

그림 1. IEEE 802.11e에서 EDCA 방식의 MAC 프로토콜
Fig 1. EDCA scheme in IEEE 802.11e MAC protocol

III. VoIP 트래픽 모델링

본 논문에서는 음성 패킷으로 64Kbps의 G.711 코덱을 사용한다[5]. VoIP 패킷은 보코더 프레임과 많은 프로토콜 헤더를 가지고 있다. IPv4의 경우에 헤더 압축이 사용되지 않을 경우 RTP/UDP/IP 헤더는 320 bits(40 bytes)가 된다. 만일 헤더 압축이 사용되면, RTP/UDP/IP 헤더는 16 bits가 된다. 본 논문에서는 헤더 압축을 고려하지 않는다. 따라서 음성 트래픽은 20msec 마다 (320+1280) bits 의 VoIP 패킷을 만들어낸다. IEEE 802.11 무선 랜에서 VoIP 패킷의 구조는 그림 2와 같다.

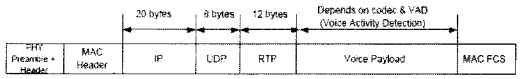

그림 2. IEEE 802.11에서 VoIP 패킷 구조
Fig. 2. VoIP packet structure in IEEE 802.11

무선 링크에서의 패킷 지연의 최대값은 20msec로 설정했다. 이 값은 종단간의 전체 지연을 고려할 때 백본 네트워크에 충분한 지연을 보장할 수 있다. VoIP 패킷의 QoS는 패킷 손실을 1% 이하가 되도록 한다. 패킷 손실 P_{loss}는 다음과 같이 정의 된다.

$$P_{loss} = P_{overdelay} + P_{retrylimit} \qquad (3)$$

여기서, $P_{overdelay}$는 미리 결정된 지연의 최대값을 넘는 음성 패킷의 손실률을 나타내고 $P_{retrylimit}$은 재전송 회수 제한으로 인해 버려지는 음성 패킷의 손실률을 나타낸다. 또한 본 논문에서는 두 가지 종류의 음성 패킷 생성 모델을 고려한다. 하나는 고정 전송률(CBR: constant bit rate) 트래픽 모델이고 다른 하나는 가변 전송률(VBR: variable bit rate) 트래픽 모델이다. CBR 모델에서는 각각의 음성 세션은 20msec 마다 한 개의 패킷을 연속적으로 생성하고, VBR 모델에서는 그림 3과 같은 ON-OFF 모델을 사용하여 ON 구간에서만 패킷이 생성되도록 한다. VBR 모델에서 ON 시간과 OFF 시간은 지수 분포를 가지고 평균 시간은 각각 1초와 1.25초이다. 각 음성 세션은 양방향의 트래픽을 가지고 있다. 즉, 10개의 음성 세션이 존재하면 AP도 10개의 단말에게 전송되는 VoIP 패킷들을 가지고 있다. 따라서 AP가 하나의 단말보다 훨씬 많은 트래픽을 가지게 된다.

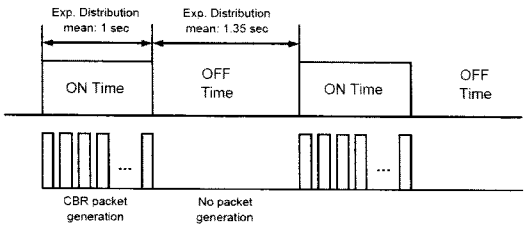

그림 3. VoIP 패킷의 ON-OFF traffic 모델
Fig. 3. ON-OFF traffic model in VoIP packet generation

본 논문의 음성 서비스에서 고려하는 네트워크는 그림 4와 같이 전체 네트워크에서 AP와 무선 랜 단말들로 구성된 하나의 BSS(basic service set)로 한정한다.

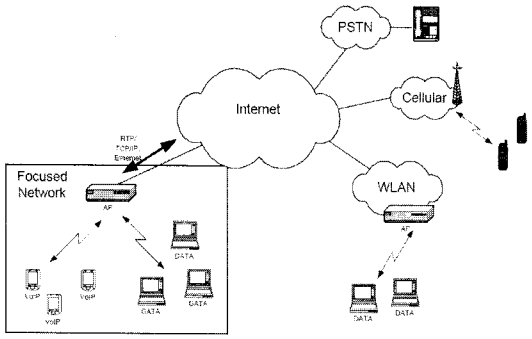

그림 4. 음성 서비스를 위해서 고려하는 네트워크
Fig. 4. Focused network for voice service

Ⅳ. EDCA 방식의 음성 서비스에 대한 기존 DCF 단말의 영향 분석

EDCA 방식은 트래픽별 QoS를 보장하기 위해서 기존의 IEEE 802.11의 DCF 방식을 보완한 새로운 접속 방법이다. EDCA 방식을 사용한 새로운 장비들이 계속 나오고 있지만 여전히 기존의 DCF 방식을 사용하는 많은 무선 랜 장비들과 동시에 사용될 수 있다. 따라서 EDCA 방식을 이용해서 음성 서비스를 제공하는 VoIP 패킷은 작은 CW로 인해 접속 우선순위가 높더라도 기존의 DCF 방식을 사용하는 데이터 단말의 패킷과 충돌이 발생할 수 있다.

본 논문에서는 20개의 기존 DCF 방식을 따르는 데이터 단말이 존재하는 경우 음성 서비스를 하는 단말의 성능을 OPNET을 이용한 시뮬레이션을 통해서 알아본다. DCF 데이터 단말의 트래픽 부하는 0에서 0.8로 변화를 시켰다. 데이터 패킷의 크기는 1500 bytes로 고정하고, 데이터 패킷의 발생 간격은 지수 분포를 가지며 다음 식과 같이 데이터 부하로 표현된다.

$$T_{inter} = 8 \times 1500 \times 20/(\rho \times Rate \times 10^6) \quad (4)$$

여기서, ρ는 데이터 부하를 나타내고 Rate는 물리 계층의 데이터 전송률(Mbps)를 나타낸다. VoIP 패킷과 데이터 패킷의 재전송 회수의 최대값은 3과 7로 설정하였다. 음성 패킷은 EDCA 방식을 따르고 데이터 패킷은 기존 DCF 방식을 따르도록 했다. VoIP 패킷의 CW의 최소와 최대값은 IEEE 802.11a의 물리계층에서는 4와 8로 정하고, IEEE 802.11b의 물리 계층을 사용할 때는 8과 16으로 하여 EDCA방식이 DCF 방식보다 우선순위를 가지도록 했으며 데이터 패킷의 CW의 최소와 최대값은 IEEE 802.11a의 물리계층에서는 16과 1024로 하였고, IEEE 802.11b에서는 최소값을 32로 하고 최대값은 동일하게 설정하였다. 백오프 카운터의 값은 [0,CW-1] 의 범위에서 랜덤으로 결정하게 된다. VoIP 패킷의 QoS는 재전송과 지연의 최대값을 모두 고려한 1%의 패킷 손실로 결정하였다. 지연 손실을 고려하기 위해서 VoIP 패킷은 전송 버퍼에서 미리 지연 값을 확인한 후에 지연의 최대 허용값보다 클 경우에는 패킷을 폐기한다. IEEE 802.11b와 IEEE 802.11a 물리계층의 시뮬레이션에서 사용한 파라미터는 표 2와 같다.

표 2. 성능 평가 시뮬레이션에 사용된 파라미터
Table. 2 Parameters used in simulations

파라미터	11b PHY	11a PHY
Slot 시간	20μsec	9 μsec
SIFS 시간	10μsec	16 μsec
AIFS 시간	50μsec	34 μsec
최대 전송률	11Mbps	54Mbps
최대 허용 지연	20msec	20msec
PHY 프리앰블 + 헤더 전송시간	192μsec	20 μsec
전송 지연	1μsec	1 μsec
MAC 헤더 크기	32 bytes	32 bytes
FCS 크기	4 bytes	4 bytes
데이터(payload) 크기	1500 bytes	1500 bytes

그림 5와 그림 6에서는 IEEE 802.11b와 IEEE 802.11a의 물리 계층을 사용할 때, VoIP 패킷의 손실률을 나타낸다. 패킷 손실률은 재전송으로 인한 손실과 지연의 최대값 초과로 인한 손실로 구분해서 보여준다. 일반적으로 무선 랜에서는 다운링크와 업링크라는 용어를 사용하지 않으나, 여기서는 AP에서 단말로 전송되는 트래픽을 다운링크, 단말에서 AP로의 트래픽을 업링크라고 지칭하였다. 그림 5의 IEEE 802.11b 물리 계층을 사용할 때는 다운링크의 손실률이 업링크의 손실률보다 크기 때문에 최대 가능한 음성 세션의 수가 다운링크에 의해서 결정하게 된다. 또한 지연으로 인한 패킷 손실이 재전송으로 인한 손실보다 더 큰 것을 볼 수 있다. VBR 모델을 사용할 때는 더 많은 음성 세션을 보장할 수 있음을 볼 수 있다.

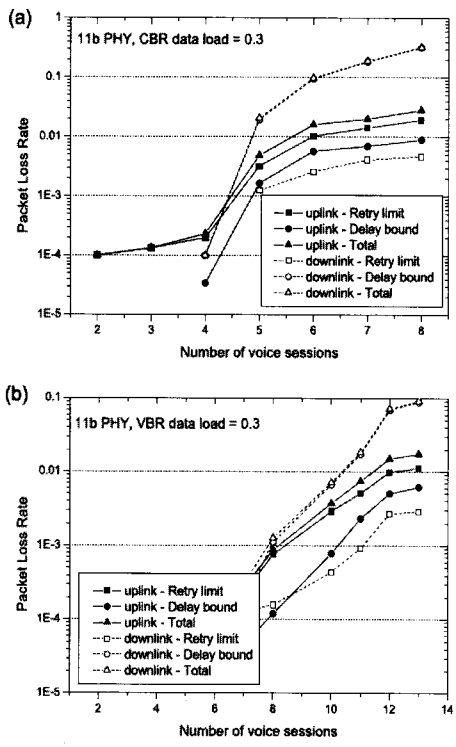

그림 5. IEEE 802.11b 물리계층에서 데이터 부하=0.3일 때 VoIP 패킷의 손실률
Fig 5. Packet loss rate of VoIP packets at data load=0.3 in IEEE 802.11b PHY

그림 6에서는 IEEE 802.11a 물리계층을 사용할 때 업링크에서의 패킷 손실이 다운링크보다 더 많이 발생하는 것을 볼 수 있다. 또한 재전송 초과로 인한 패킷 손실이 더 큰 것을 볼 수 있는데, 이는 IEEE 802.11a의 물리 계층에서 CW가 작기 때문에 더 많은 충돌이 발생하기 때문이다. IEEE 802.11b 물리 계층의 결과와 마찬가지로 VBR 모델을 사용할 때, CBR 모델 보다 더 많은 음성 세션을 지원한다.

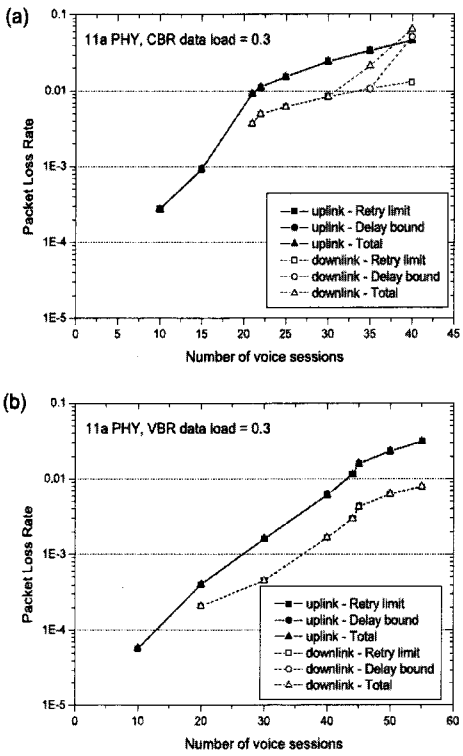

그림 6. IEEE 802.11a 물리계층에서 데이터 부하=0.3일 때 VoIP 패킷의 손실률
Fig 6. Packet loss rate of VoIP packets at data load=0.3 in IEEE 802.11a PHY

그림 7에서는 IEEE 802.11b의 물리계층에서 데이터 부하가 변함에 따라서 CBR 모델에서의 VoIP 패킷의 손실률을 보여준다. 데이터 부하가 증가함에 따라서 1%이하의 패킷 손실률을 보장하는 최대 가능한 음성 세션 수가 줄어드는 것을 알 수 있다. VoIP 패킷은 업링크와 다운링크 모두에서 QoS를 만족해야 하므로 이 경

우에는 다운링크의 성능이 음성 세션의 수를 결정하게 된다. 데이터 부하가 0.5보다 큰 경우에는 최대 가능한 음성 세션의 수가 변하지 않는 것을 볼 수 있는데, 이것은 데이터 부하가 0.5 이상에서는 이미 부하 량이 시스템이 처리할 수 있는 능력을 넘어서는 포화상태가 되기 때문이다.

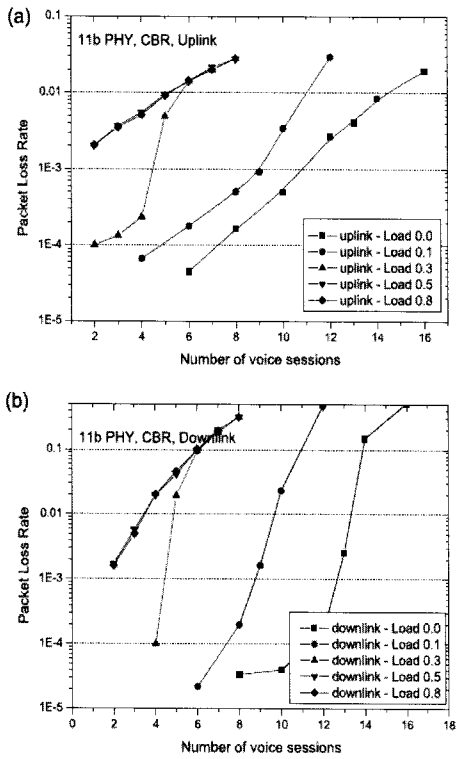

그림 7. IEEE 802.11b 물리계층에서 CBR 모델에 대한 VoIP 패킷의 손실률
Fig 7. Packet loss rate of VoIP packets for CBR model in IEEE 802.11b PHY

그림 8에서는 VBR 트래픽 모델이 사용될 때의 성능을 보여준다. CBR 모델을 사용할 때 보다 더 많은 음성 세션을 지원하는 것을 제외하고는 그림 7과 유사한 모습을 보여준다. IEEE 802.11a 물리계층을 사용할 경우에는 패킷 손실률이 주로 재전송 초과로 인한 것으로 업링크의 성능이 최대 가능 음성 세션수를 결정하고 성능 분석 그래프가 그림 7, 그림 8과 유사하기 때문에 생략하였다.

시뮬레이션을 통한 성능 확인 결과를 통해서 최대 가능한 음성 세션의 수를 표 3으로 정리하였다. 기존의 DCF 방식을 사용하는 데이터 단말이 음성 세션의 개수에 영향을 많이 끼치는 것을 확인할 수 있다. 이는 데이터 패킷의 CW가 VoIP 패킷에 비해서 크더라도 VoIP 패킷과 충돌이 일어나게 되고, 전송에 성공한 데이터 단말의 패킷 전송 시간으로 인해 VoIP 패킷의 지연이 더 길어진다. 데이터 부하가 높을 때는 최대 가능 음성 세션수가 많이 줄어들게 된다. 특히 IEEE 802.11b에서는 물리 계층의 전송률이 낮기 때문에 IEEE 802.11a에 비해서 음성 세션수가 훨씬 적다. 따라서 VoIP 패킷에 대해서 EDCA 방식에서 지원하는 것 이상의 우선순위 제공방안에 관한 연구가 필요하다.

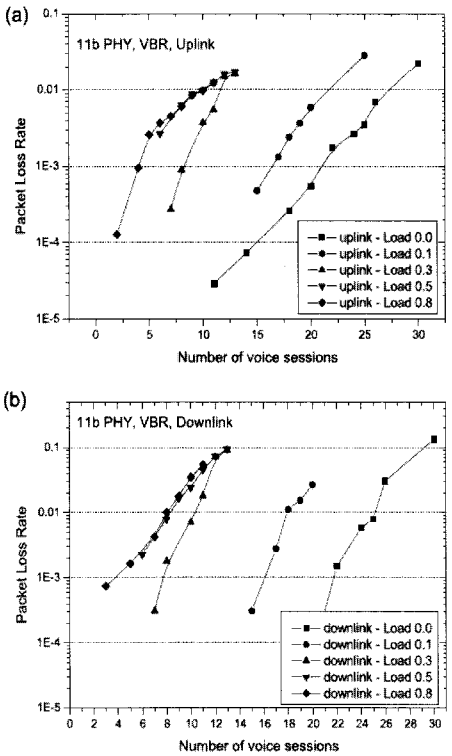

그림 8. IEEE 802.11b 물리계층에서 VBR 모델에 대한 VoIP 패킷의 손실률
Fig. 8. Packet loss rate of VoIP packets for VBR model in IEEE 802.11b PHY

표 3. 20개의 DCF 단말이 존재할 때 최대 가능 음성 세션 수
Table 3. Maximum number of allowable voice sessions when 20 DCF stations coexist

Load	11b(11Mbps)		11a(54Mbps)	
	CBR	VBR	CBR	VBR
0	13	25	57	96
0.1	9	17	41	74
0.3	4	10	21	43
0.5	3	8	19	34
0.8	3	8	19	34

V. 결 론

IEEE 802.11 EDCA 방식을 사용하는 단말은 QoS 보장을 위해서 트래픽별로 CW와 AIFS를 다르게 설정하여 패킷의 접속 우선순위를 차별화 할 수 있지만, 여전히 기존의 DCF 단말과의 충돌은 발생할 수 있다. 본 논문에서는 기존 IEEE 802.11 무선 랜의 MAC 프로토콜인 DCF 방식의 데이터 단말이 존재할 때, QoS를 보장하는 EDCA 방식을 통해 VoIP 음성 서비스를 제공 할 경우의 최대 가능한 음성 세션의 개수를 CBR과 VBR의 두 가지 트래픽 모델을 고려하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 알아보았다. 본 논문의 결과는 무선 랜을 통한 음성 서비스 제공에 이용할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] *Part11:Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications,* IEEE 802.11 Std, 2007.

[2] M. Veeraraghavan, N. Cocker and T. Moors, "Support of voice services in IEEE 802.11 wireless LANs," *Proc. IEEE INFOCOM 2001*, pp. 488-497, 2001.

[3] Sachin Garg and Martin Kappes, "Can I add a VoIP call?," *Proc. IEEE ICC 2003*, pp. 779-783, 2003.

[4] Sachin Garg and Martin Kappes, "An Experimental Study of Throughput for UDP and VoIP Traffic in IEEE 802.111 Networks," *Proc. IEEE WCNC 2003*, pp. 1748-1753, 2003.

[5] Bur Goode, "Voice Over Internet Protocol (VoIP)," *Proceeding of The IEEE*, vol.90 no. 9, pp. 1495-1517, Sep. 2002.

[6] Gyung-Ho Hwang and Dong-Ho Cho, "Voice Capacity in IEEE 802.11 Wireless LANs," *IEE Electronics Lett.* vol. 40. No. 18. pp.1137-1138, Sep. 2004.

저자소개

황경호 (Gyung-Ho Hwang)

한국해양정보통신학회 논문지
제13권 제4호 참조