

무선 랜의 지터 성능 개선을 위한 DCF 개선 방안[☆]

Modifications of DCF Scheme to Alleviate Jitter Property in WLANs

강 동 훈* 석 승 준**
Dong-Hun Kang Seung-Joon Seok

요 약

지금까지 많은 연구들에서는 IEEE 802.11 무선랜의 처리량(throughput)과 평균 지연 특성을 개선시킬 목적으로 DCF MAC 프로토콜에 대한 수정을 제안해왔다. 그러나 최근 점차 대중화되고 있는 실시간 스트리밍 서비스를 위한 핵심적인 품질 평가 파라미터로서 지터(지연의 변화율)가 중요하게 고려되고 있다. 불행하게도 무선 랜에서 사용되는 기존 매체 접근 프로토콜은 지터를 조절하도록 설계되어있지 않다. 따라서 본 논문에서는 수신측에 도달하는 멀티미디어 프레임들의 평균지터를 줄일 수 있도록 하기 위해서 DCF MAC 프로토콜을 개선한 두 가지 방법을 제안한다. 그중 한 방식은 프레임 충돌이 발생한 후 백오프 시마다 CW(충돌윈도우) 크기를 절반씩 줄이는 한편 링크 사용률과 충돌발생 확률이 증가함에 따라서 CW 크기를 증가시키는 DCW-DCF 방식이다. 다른 한 방식은 백오프 단계가 증가함에 따라서 DIFS 시간을 줄이도록 하는 D-DIFS 방식이다. 마지막으로 논문에서는 ns2 시뮬레이터를 이용한 평가결과 제안하는 두 가지 방식은 무선랜의 지터 특성을 효과적으로 개선시킬 수 있음을 확인한다.

Abstract

Almos literature has so far proposed the modifications to IEEE 802.11 DCF MAC protocol to improve system throughput and average delay. Jitter(variance in packet delays) is, however, considered as an important QoS parameter for real-time streaming service which is popularized increasingly. Unfortunately, legacy access protocol for WLAN can't support the jitter. This paper proposes two schemes modifying the DCF MAC protocol to reduce the average value of jitter for multimedia frames arrived at received nodes. The one scheme, referred to as DCW-DCF(Decreasing Contention Window-DCF), reduces CW(Contention Window) size by half whenever a transmitted frame collided against other frames and back-off happens. Also, it increase initial CW size according as the link utilization and the collision probability increase. The other scheme, referred to as D-DIFS(Differential-DIFS), assigns different values to DIFS. That is, the DIFS interval is decreased as the number of back-off for a frame increases. In this paper, the two schemes are evaluated through simulation using ns2 and simulation results show that the proposed schemes are effective for improving the jitter property of standard WLAN.

Key words : DCF, IEEE 802.11, MAC, Jitter, Real-time applications

1. 서 론

최근 들어 인터넷을 통한 VoD, TV 스트리밍,

전화, 영상통화, 화상회의와 같은 실시간 멀티미디어 응용 서비스가 급속히 증가하고 있다. 또한 이동단말기 보급이 확대됨에 따라서 ISP들은 직장, 대학캠퍼스, 도심 등 많은 지역에서 인터넷 접속을 위한 핫 스팟 설치를 가속화 하고 있다. 이들 핫 스팟은 대부분 IEEE 802.11 무선 랜으로 설치되고 있어, 결국 무선 랜에서의 멀티미디어 응용 서비스의 원활한 지원이 고려되어야 할 것이다.

멀티미디어 응용 서비스는 엄격한 재생 지연시간

* 준 회 원 : 경남대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정
esy2k@net.kyungnam.ac.kr

** 정 회 원 : 교신저자, 경남대학교 컴퓨터공학부 조교수
sjseok@kyungnam.ac.kr

[2008/03/04 투고 - 2008/03/23 심사 - 2008/06/30 심사완료]

☆ 본 논문은 2008학년도 경남대학교 학술연구장려금 지원에 의하여 이루어졌음.

☆ 본 논문은 제1저자(강동훈)의 석사학위논문을 바탕으로 작성되었음.

표 1. 멀티미디어 응용서비스별 허용 지연과 지터

서비스	Interactive Gaming	VoIP	IPTV	
			저품질	고품질
Delay	< 80ms	< 160ms	< 400ms	< 100ms
Jitter		< 50ms	< 50ms	< 50ms

을 갖는 서비스이다. 이들 서비스의 품질은 송수신 단말 간의 지연이나 처리량(Throughput) 보다는 지연의 변화율 즉 지터(Jitter)에 더 민감한 특성을 갖는다. 지터 문제를 해결하기 위해서 일반적으로 수신측 단말기에 재생 버퍼를 두고 있다. 하지만 재생 버퍼 크기가 증가함에 따라 재생 지연이 증가하여 실시간 성능은 저하될 수 있다. 따라서 전화 서비스와 같은 대화형 실시간 서비스를 제공하는데 문제가 될 수 있다. 표 1은 멀티미디어 응용 서비스별로 허용되는 지연과 지터 크기를 정리하고 있다. 표 1에서 보듯이 서비스 품질에 따라서 지연 허용치는 증가하더라도 지터는 항상 엄격히 요구됨을 알 수 있다.

IEEE 802.11 무선 랜에서 기본적으로 사용되는 DCF (Distributed Coordination Function) MAC (Medium Access Control) 프로토콜은 구조적으로 단순하고 구현이 용이하다. 특히 프레임 전송 시 충돌이 발생할 경우에는 충돌윈도우(Contention Window: CW) 값을 증가시켜 평균 채널 접근 시간이 두 배씩 증가되도록 하는 혼잡제어 방안은 평균지연과 처리량 관점에서 효과적인 방안으로 생각되어 왔다. 하지만 실시간 응용 서비스 품질 향상에 중요한 지터(Delay Jitter)를 낮게 유지하지 못하는 문제점을 가지고 있다[1]. 즉 DCF MAC 시스템을 사용하는 경우 혼잡도가 작아서 처리량이 높고 지연이 작더라도 지터는 멀티미디어 응용 서비스 품질을 저해할 정도로 크다는 것이다.

본 논문에서는 현재 무선 랜에서 사용하는 DCF 메커니즘을 수정하여 지터를 감소시키도록 하는 방안을 제안하고자한다. 제안하는 방안은 DCW-DCF (Decreasing Contention Window -

Distributed Coordination Function) 이라고 부른다. DCW-DCF 방안에서는 혼잡도에 따라서 CW_{min} 값을 두 배씩 증가 혹은 감소하도록 한다. 또한 충돌이 발생하여 백업 단계가 증가됨에 따라서 CW 값이 절반씩 감소 혹은 현재의 크기를 유지하도록 한다. 즉 더 많은 충돌을 경험하여 지연의 크기가 이미 증가한 프레임이 더 적은 CW 크기를 사용하도록 하여 더 높은 매체 접근 기회를 부여하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 연구 배경으로 IEEE 802.11 DCF의 지터(Jitter)문제와 이 지터(Jitter)로 인한 실시간 응용 서비스의 문제에 대하여 기술한다. 그리고 3장에서는 지터(Jitter)를 줄여 실시간 응용 서비스에 적합하도록 제안한 MAC 프로토콜을 제안한다. 4장에서는 새롭게 제안한 방안에 대한 시뮬레이션을 통한 성능평가 결과를 기술한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. IEEE 802.11 DCF 프로토콜의 지터 문제점

IEEE 802.11 무선 랜 DCF MAC 프로토콜은 충돌윈도우(CW)를 사용하여 무선 링크에서 프레임 충돌이 회피되도록 하고 있다. DCF 프로토콜은 0과 $CW-1$ 사이의 랜덤한 정수를 선택하고 이 수 만큼의 타임슬롯(Time-slot)을 기다린 후 프레임을 전송한다. 이 시간을 백오프 지연시간이라고 한다. 하지만 이러한 방법으로도 무선 랜에서 프레임 충돌을 완전히 막을 수는 없다. 다만 이 방법은 여러 단말기들로부터의 전송을 분산시켜서 충돌 확률을 낮추도록 하는데 목적이 있다. 더욱이 무선 단말 수가 증가하는 경우에는 전송 프레임의 충돌 확률도 점점 높아진다. 전송된 프레임이 링크에서 충돌되는 경우, DCF 프로토콜은 프레임의 크기에 따라 3회 혹은 6회까지 해당 프레임의 재전송을 시도한다. 충돌이 발생한다는 것은 무선 링크의 혼잡도가 높아졌다는 것을 의미하기

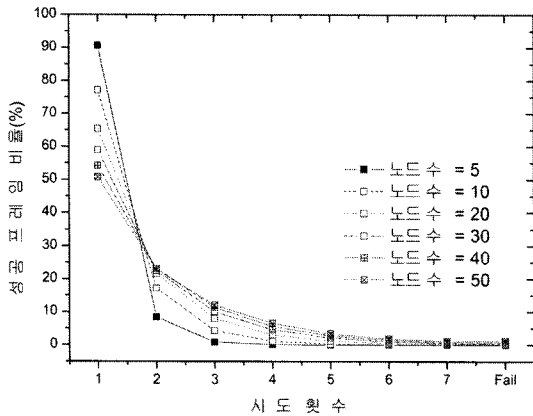
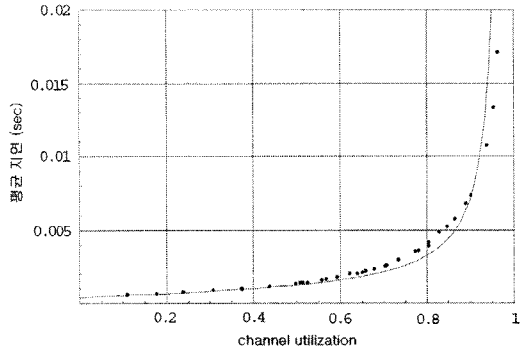


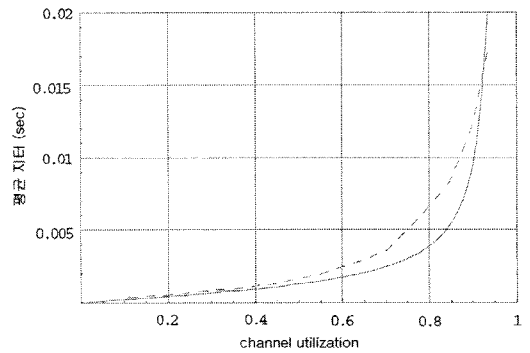
그림 1. DCF 프로토콜 프레임 시도횟수 분포

때문에 분산제어 구조를 갖는 DCF 프로토콜에서는 CW 값을 충돌시마다 두 배씩 증가시킨다. 이는 증가된 CW 값으로부터 얻은 랜덤 타임슬롯 시간을 단말기들이 기다리게 함으로써 동시 전송으로 인한 충돌발생 확률을 줄이기 위함이다. 하지만 CW 값이 증가하는 것은 프레임을 무선링크에 내보내기 위해서 단말기가 기다려야 하는 백오프 지연시간이 길어지는 것을 의미한다. 또한 DCF는 백오프 지연시간을 랜덤하게 정하기 때문에 CW 값이 커지면 백오프 지연시간의 변화폭도 당연히 커지게 된다. 이러한 지연시간의 변화가 바로 본 논문에서 다루고 있는 무선 랜 지터 문제의 주요 원인이 된다.

하지만 직접적인 DCF의 지터 문제의 원인은 프레임의 시도 수에 따른 우선권을 부여하지 않는다는 것이다. 이것은 만약 첫 시도의 프레임과 6번째 시도의 프레임이 링크에서 경쟁하는 경우 두 프레임의 채널 우선권이 동등하다는 것을 의미한다. DCF는 새로운 프레임 전송 시 고정된 CW_{min} 값을 사용하고 이 후 충돌 시마다 CW 값을 두 배씩 증가시키도록 하고 있다. 따라서 첫 시도의 프레임의 경우 백오프 지연 시간이 짧은 반면 6번째 시도 프레임의 경우 지금까지 여러 번 시도로 인해서 쌓인 긴 지연을 이미 경험하고 있으므로 동등한 전송 성공확률을 갖는다는 것은 오히려 지연에서의 불공평성을 유발하는 것이다.



(a)



(b)

그림 2. 무선 채널의 혼잡도에 따른 지연(a)과 지터(b) [1] 따라서 이 경우 6번째 시도의 프레임이 우선적으로 처리되도록 하는 것이 지터 관점에서는 유리한 방법이다.

DCF 프로토콜을 사용하는 경우 프레임 당 전송 시도 수의 빈도는 기하분포 모델을 따른다. 즉 전송이 성공할 때까지 최대 7번 시도할 수 있고, 만약 중간에 성공한다면 시도를 멈춘다. 그림 1은 DCF에 의해서 전달된 프레임들의 시도 수 분포를 나타내는 그림이다. 그림에서 보이는 것과 같이 실현가능한 충돌확률의 경우에는 첫 시도와 두 번째 시도에서 대부분의 프레임이 전송이 이루어진다. 또한 충돌확률이 높아질수록 시도 수의 편차가 커짐을 알 수 있다. 시도 수는 무선 링크 구간의 지연에 비례한다는 점을 고려한다면 지터는 프레임 충돌확률을 낮추는 방법이 지터를 줄이는데 효과적인 방법으로 생각된다. 그림 1의 분포곡선은 무선 링크의 혼잡도가 증가할수록 지터가 커짐을 보이고 있다.

지금까지 여러 연구들에서 무선 랜의 지터 특성을 분석하였다[1, 10, 11]. 그림 2는 참조논문 [1]에서 무선 랜의 평균지연과 지터의 크기를 수학적으로 분석한 결과를 보이고 있다. 이들 그림에서 보이고 있는 것과 같이 무선 링크의 사용률이 80%이상으로 증가될수록 평균지연과 지터의 크기는 급격히 증가함을 보이고 있다.

무선 랜에서의 지터 문제 즉 지연의 변화 문제를 다른 연구로서 대표적으로 참조논문 [5, 7]번이 있다. 이 논문에서는 프레임 전송을 성공한 후 다음 프레임을 위한 CW 를 DCF에서와 같이 CW_{min} 로 리셋하지 않고 현재 $CW_{current}$ 값의 1/2로 지정하도록 하고 있다. 이는 직전에 성공한 프레임에 대한 $CW_{current}$ 값이 링크의 혼잡도를 잘 반영하고 있어서 CW_{min} 부터 출발할 경우 발생하는 백오프 동작을 상당히 줄일 수 있다는 개념이다. 참조논문 [6]번에서는 기존 $CW_{current}$ 크기를 다음 프레임을 위한 CW 값에 얼마나 반영하는 것이 좋은가를 평가하기 위해서 4가지 방법의 성능을 처리량, 지연, 지터 관점에서 비교한다. 이들 방법은 기존 DCF와 같이 CW 를 CW_{min} 으로 지정하는 방법을 포함하여 $CW_{min} + (CW_{current} - CW_{min})/4$, $CW_{min} + (CW_{current} - CW_{min})/2$, $CW_{min} + 3(CW_{current} - CW_{min})/4$ 의 4가지 방법이다. 이 논문에서는 첫 CW 값을 작게 지정하면 데이터 프레임 전송 시 유리하고, 반대로 크게 하면 비디오 혹은 오디오와 같은 멀티미디어 전송에 좋다고 주장한다. 하지만 앞서 언급했듯이 DCF에서는 혼잡도가 증가하더라도 대부분의 프레임이 첫 번째 혹은 두 번째 시도에서 전송이 성공되는 기하분포의 특성을 갖기 때문에 이들 방법을 사용하더라도 대부분의 프레임들은 기존의 DCF와 같은 CW_{min} 부터 출발한다. 결국 이 방법으로는 지터의 원인을 제거할 수는 없게 된다. 이는 현재의 $CW_{current}$ 값이 무선 랜 링크에 대한 혼잡도를 정확히 반영하지 못하기 때문이다.

무선 랜의 지터문제를 해결하는 방법은 크게

두 가지 방향으로 접근할 수가 있다. 그 중 한 가지는 백오프 단계가 높은 프레임 즉 현재 백오프 지연이 큰 프레임이 우선적으로 전달되도록 하는 방법이다. 다른 방법은 백오프 즉 충돌이 가능한 발생하지 않도록 하는 충돌확률을 줄이는 방법이다. 물론 가능한 프레임 전송 시도횟수를 줄이는 극단적인 방법도 있다. 하지만 이 방법은 혼잡이 증가함에 따라서 처리량이 급속히 줄어들기 때문에 사용할 수가 없다.

본 논문에서는 위 두 가지 접근방법을 결합한 DCF MAC 프로토콜을 제안한다. 제안하는 방안은 백오프가 증가할수록 CW 값을 감소시킴으로써 백오프 지연이 긴 프레임들에 대한 링크 접근 확률을 증가시키도록 하는 한편 링크 혼잡도에 따라서 CW 값을 변화시켜서 프레임의 충돌 확률을 줄이도록 한다.

3. IEEE 802.11 DCF 개선방안

본 장에서는 기존 DCF를 개선한 2가지 새로운 방안인 DCW-DCF와 D-DIFS에 관해서 기술한다. 제안하는 방안들은 앞서 기술했던 IEEE 802.11 DCF MAC 프로토콜에서 나타나는 특성을 고려하였으며, 실시간 스트리밍 서비스에 중요한 인자인 지터를 해결하기 위한 방법이다. 제안하는 방안 중 DCW-DCF (Decreasing Contention Window-DCF) 프로토콜은 많은 백오프를 경험한 프레임이 우선적으로 전송될 수 있도록 백오프 시마다 CW 값을 줄이도록 하는 한편 혼잡도에 따라서 시작 윈도우의 크기를 조절하도록 한다. D-DIFS(Differential DIFS) 프로토콜은 백오프 단계별 차등 DIFS를 값을 사용하여 백오프 지연이 늘어난 프레임에 대해 우선적으로 채널에 접근할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 무선 단말이 제안하는 MAC 프로토콜과 기존 DCF MAC과 프로토콜을 통합하여 사용하도록 가정한다. 즉 QoS를 지원하는 상위계층에서 데이터종류를 구분하여

표 2. DCF와 DCW의 CW설정 방법

	프레임 충돌 후	프레임 전송 후
IEEE 802.11D CF	$CW \leftarrow \min\{CW_{current} \times 2, CW_{max}\}$	$CW \leftarrow CW_{min}$
논문[5]	$CW \leftarrow \min\{CW_{current} \times 2, CW_{max}\}$	$CW \leftarrow \max\{CW_{current} / 2, W_{min}\}$
DCW-DCF	$CW \leftarrow \max\{CW_{current} / 2, CW_{min}\}$	$CW \leftarrow CW_{start}$

MAC 계층에 전송을 요청하고 MAC 계층은 이러한 정보에 따라서 제한하는 방식과 기존 방식을 사용한다.

3.1 DCW-DCF(Decreasing CW - DCF)

앞선 2장에서 MAC 프로토콜이 생성하는 지터의 원인을 두 가지 언급하였다. 그 중 하나는 프레임마다 백오프 횟수가 증가할수록 CW 크기가 두 배씩 증가된다는 것이고, 다른 하나는 MAC 프로토콜이 프레임의 시도 수에 따른 우선권을 부여하지 않고 0과 CW-1 사이에서 랜덤하게 선정된 카운터가 종료되면 동일한 확률로 채널에 전송을 시도한다는 것이다. 따라서 CW가 커지면 커질수록 해당 프레임의 채널 접근 빈도는 오히려 줄어드는 효과가 발생하게 된다.

본 논문에서 제안하는 방안의 기본 원리는 백

- $w_i = CW(\text{충돌 윈도우})$ s : 프레임 전송 성공 h : $P_{col}(\text{평균 충돌 확률}) > \alpha$
- $w_{i+1} = w_i \times 2$ f_k : k 회 프레임 전송 실패 l : $P_{col}(\text{평균 충돌 확률}) < \beta$
- $w_0 = CW_{min}$ f_m : 최대 프레임 전송 실패
- $w_{c-1} = CW_{max}$

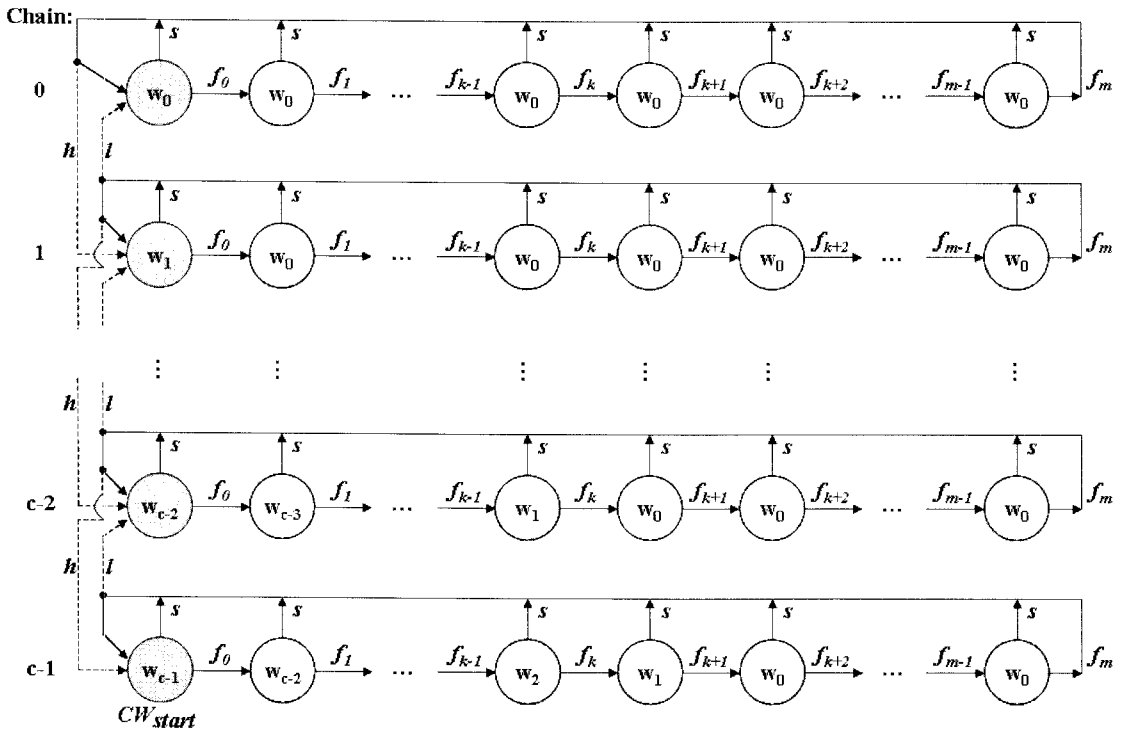


그림3 . DCW-DCF 프로토콜의 CW 크기 변화단계

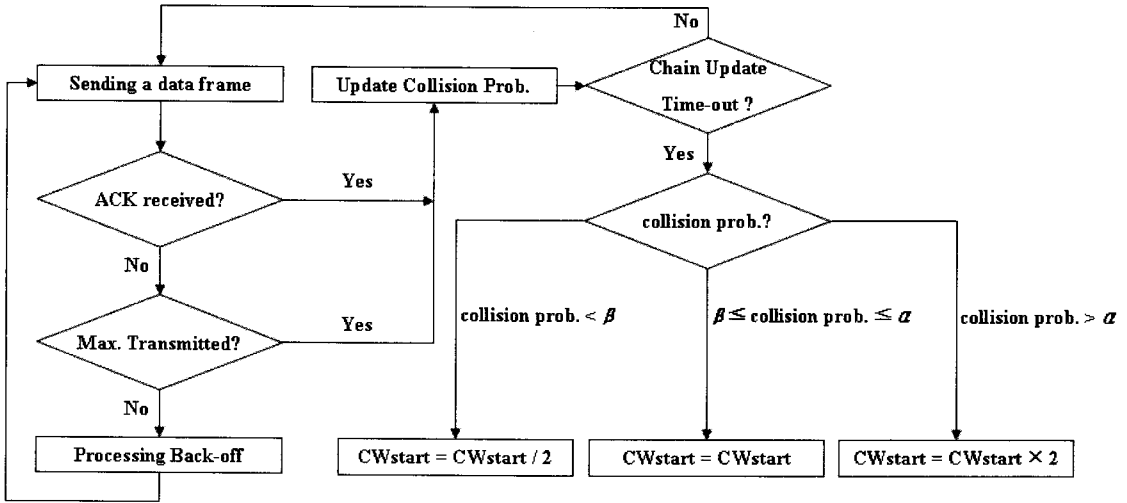


그림 4. DCW-DCF에서 송신 노드의 동작 흐름도

오프 횟수가 증가할수록 CW 크기를 절반으로 줄이는 것이다. 따라서 여러번 충돌을 경험하여 전송 시도 수가 많은 프레임의 CW 크기가 시도 수가 적은 프레임에 비해 상대적으로 작게 된다. 이는 기존 프로토콜과는 반대로 많은 충돌을 경험한 프레임이 더 높은 채널 접근 빈도를 갖게 되는 것을 의미한다. 다시 말하면 제안하는 방법은 이미 다수 백오프로 인해 오랜 지연을 경험한 프레임이 지연이 짧은 프레임에 비해 더 작은 CW 를 사용함으로써 프레임간 지연의 차이를 줄일 수 있는 방법이다.

또 다른 측면에서 보면 기존 DCF MAC 프로토콜은 백오프 시 마다 CW 크기를 증가시켜서 링크의 혼잡을 간접적으로 조절한다. 본 논문에서 제안한 DCW-DCF 방식도 링크 혼잡도를 고려하기 위해서 매번 새로운 프레임이 사용하는 초기 CW 크기인 CW_{start} 가 링크 충돌확률에 비례하여 증가 혹은 감소될 수 있도록 한다. 즉 DCW-DCF는 현재의 링크 혼잡도를 고려하여 초기 CW 크기가 정해지고 이후 충돌시마다 그 크기가 감소되도록 하는 방식이다.

표 2는 802.11 DCF 프로토콜과 참조논문 [5] 그리고 제안한 DCW-DCF 방식에서 사용되는 CW

크기 지정 방식을 비교해서 보여주고 있다. 기존 DCF 프로토콜에서는 CW 를 CW_{min} 으로부터 충돌이 발생할 때마다 두 배씩 증가시킨다. 만약 CW_{max} 값에 도달하면 더 이상 증가시키지는 않는다. 참조논문 [5, 6]의 방법에서는 프레임 전송 성공 시 다음 프레임을 위한 CW 값으로 현재 $CW_{current}$ 의 절반 값을 사용한다. 하지만 충돌이 발생하는 경우 DCF와 같이 CW_{max} 까지 두 배씩 증가하도록 한다. 이와는 달리 본 논문에서 제안하는 DCW-DCF 프로토콜에서는 충돌이 발생하여 백오프를 수행 할 때마다 CW 값은 CW_{start} 값으로부터 1/2씩 감소된다. 그리고 CW_{min} 값에 도달하면 더 이상 감소하지 않고 CW_{min} 값을 CW 로 사용한다.

DCW-DCF를 사용하는 각 단말이 현재 사용할 CW 크기를 결정하기 위해 그림 3의 CW 크기변화 체계를 따른다. DCW-DCF의 CW 크기변화 체계는 0부터 $c-1$ 까지 c 개의 체인으로 구성된다. 각 체인의 노드(w_i)는 CW 크기를 나타낸다. w_i 의 크기는 w_{i-1} 보다 두 배 큰 CW 를 의미하며, $w_0 = CW_{min}$ 와 $w_{c-1} = CW_{max}$ 는 각각 최소와 최대 CW 크기를 의미한다. 각 체인은 매번 프레임 전송 시 사용될 수 있는 CW 크기변화를 보이고 있다. 즉

프레임 충돌시마다 CW 크기는 $w_0 = CW_{min}$ 가 될 때까지 절반씩 감소한다. DCW-DCF 프로토콜에서는 새로운 프레임 전송 시 최근 프레임 충돌확률에 따라서 인접 체인으로 이동할 수 있도록 한다. 각 체인은 다른 크기의 CW_{start} 를 사용된다. 체인 번호가 증가될수록 CW_{start} 크기도 두 배씩 증가된다. 그림 3에서 s 와 f 는 각각 프레임 전송이 성공한 경우와 실패한 경우 CW 크기의 천이과정을 보이고 있다. 또한 l 과 h 는 각각 평균충돌확률이 β 보다 낮을 때와 α 보다 높을 때 CW 크기의 천이과정을 나타낸다.

DCW-DCF에서 송신 노드의 동작은 그림 4와 같은 흐름도를 따라 동작한다. 각 데이터 프레임은 DCW-DCF 프로토콜에 따라서 전송이 시도된다. 매번 전송이 완료된 후 송신 단말은 내부적으로 충돌확률을 계산한다. 그리고 일정 기간마다 계산된 충돌확률에 따라 CW_{start} 값을 조절한다. 이것은 그림 3에서의 체인 변경을 의미한다. DCW-DCF 프로토콜에서 사용하는 평균충돌확률은 최근 일정기간 동안의 산술평균 혹은 이동평균 등의 방법으로 계산될 수 있다. 또한 α 와 β 는 제안하는 DCW-DCF 프로토콜의 성능에 밀접한 관련이 있는 파라미터로서 이들에 관한 추가연구가 필요할 것으로 사료된다.

3.2 D-DIFS(Differentiated DIFS)

앞서 기술한 DCW-DCF에서는 기존 DCF 프로토콜의 CW 크기 설정방법을 변화시켜 백오프 지연이 긴 프레임의 링크 접근 빈도를 높여 줌으로써 무선 랜 지터 특성을 개선한다. 이번 절에서는 본 논문에서 제안한 두 번째 방법으로서 차등적인 DIFS 시간을 사용하여 백오프 단계가 높은 프레임의 전송 순위를 높이도록 하는 D-DIFS MAC 프로토콜을 제안한다. D-DIFS 프로토콜은 백오프 횟수가 증가함에 따라서 더 짧은 DIFS 시간을 사용하도록 함으로써 백오프 지연을 더 많이 경험한 프레임에 대해 채널 접근 빈도를 높이도록 하

는 방법이다.

앞서 2장에서 언급한 바와 같이 무선 랜에서의 지터의 원인 중 하나는 기존 MAC 프로토콜이 프레임의 시도 수에 따른 우선권을 부여하지 않고 0과 $CW-1$ 사이에서 랜덤하게 선정된 카운터가 종료되면 동일한 확률로 채널에 전송을 시도한다는 것이다. 따라서 대부분의 경우 지금까지 더 짧은 백오프 지연을 경험한 프레임이 오히려 긴 지연을 경험한 프레임에 비해서 채널 접근 빈도가 높게 되는 현상이 발생한다.

기존 IEEE 802.11 DCF MAC 프로토콜에서는 무선 랜 링크가 DIFS 시간 간격동안 휴지상태를 유지하여야만 각 노드들이 프레임 전송을 시작하거나 백오프 서스펜션(Suspension)에서 벗어나 백오프 카운터를 줄여나갈 수 있다. 따라서 만약 어떤 노드가 상대적으로 작은 DIFS 시간을 사용한다면 다른 노드들보다 먼저 프레임 전송을 시작하거나 백오프 카운터를 줄여 나갈 수 있게 된다. 이는 다른 노드들보다 더 높은 채널 접근 우선순위를 갖게 됨을 의미한다. 따라서 본 논문에서 제안하는 D-DIFS 프로토콜은 기존 DCF를 변경하여 충돌로 인해 백오프 단계가 올라갈수록 더 작은 크기의 DIFS 시간을 사용하도록 한다. 결국 D-DIFS 프로토콜에서는 백오프 단계가 높은 프레임의 전송이 우선적으로 이루어지기 때문에 프레임들 간의 전송 지연의 차이 즉 지터를 줄일 수 있다.

그림 5는 D-DIFS의 동작 메커니즘을 설명하고

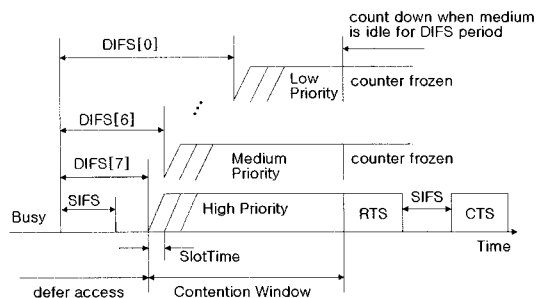


그림 5. D-DIFS의 동작 메커니즘

표 3. 시뮬레이션 파라미터

Parameters	
Packet Payload	1000 Bytes
MAC Header	28 Bytes
RTS Packet	44 Bytes
CTS Packet	38 Bytes
ACK Packet	38 Bytes
PHY Preamble	24 Bytes
Date Rate	11 Mbps
Slot Time	20 us
SIFS	10 us
DIFS	50 us
DIFS(6), DIFS(5), DIFS(4), DIFS(3), DIFS(2), DIFS(1), DIFS(0)	20us, 25us, 30us, 35us, 40us, 45us, 50us
CWmin	32
CWmax(DCF)	1024
CWmax(DCW-DCF)	512
Short Retry Limit	7
Long Retry Limit	4

있다. D-DIFS의 DIFS(백오프단계) 기간은 SIFS < DIFS(7) < DIFS(6) < DIFS(5) < DIFS(4) < DIFS(3) < DIFS(2) < DIFS(1) < DIFS(0) 순으로 설정된다. DIFS 기간 중 가장 짧은 DIFS(7)는 SIFS 기간 보다는 길도록 한다. 또한 충돌을 경험하지 않은 새로운 프레임을 위한 DIFS(0) 간격은 기존 DCF 프로토콜의 DIFS 간격과 값을 사용한다.

4. 성능평가

이번 장에서는 본 논문에서 제안하는 2가지 방안(DCW-DCF, D-DIFS)에 대한 성능 평가를 실시한다. 이 시뮬레이션의 목적은 제안된 두 방안이 실시간 스트리밍 서비스에 적합한 방식이 될 수 있는지의 여부를 확인하는 것이다. 실험에 사용된 시뮬레이터는 ns2(network simulator version2) [9]이다. 실험에서 사용되는 네트워크 토폴로지는 AP(Access Point)를 두지 않는 Ad Hoc 형태의 무선 랜 구조이다. 즉 실험 네트워크는 무선 채널을

공유하는 무선 노드들만으로 구성되며, 서로 다른 두 노드는 중간에 다른 노드를 거치지 않고 단일 무선 홉을 통해서 통신한다. 또한 실험에서는 제안하는 MAC 프로토콜 성능을 평가하기 위해서 이상적인 무선 채널 모델을 사용한다. 즉 거리에 따른 전파 신호 강도변화, 신호의 페이딩 현상 등의 무선채널 특성은 본 실험에서 고려되지 않는다. 많은 논문들[2, 3, 4]에서는 무선 랜 MAC 프로토콜 성능을 평가하기 위해 링크에서 경쟁하는 모든 노드들이 포화상태라고 가정한다. 따라서 제안하는 MAC 프로토콜의 성능을 평가하기 위한 본 실험에서도 모든 무선 노드들이 포화상태가 되도록 각 노드들은 3Mbps의 CBR 트래픽을 생성한다. 사용된 무선 랜은 IEEE 802.11b 규격과 RTS/CTS 옵션을 사용한다. 구체적인 시뮬레이션 파라미터는 표 3과 같다. 이들 외 DCW-DCF 파라미터인 α 와 β 는 사정 모의실험을 통해서 각각 0.2와 0.1의 값을 사용하도록 정하였다. 또한 D-DIFS 프로토콜에서 사용되는 DIFS(1~6) 크기는 앞서 3.2 절에서 언급한 규칙에 따라서 임의로 정한 값을 사용한다.

실험은 무선 노드 수를 10개부터 50개까지 증가시켜가면서 혼잡도에 따른 기존 DCF 프로토콜과 참조논문[5] 그리고 DCW-DFS와 D-DIFS 프로토콜별 성능을 평가하는 것이고, 성능평가 척도로는 전송 프레임 충돌확률(Contention Probability), 시스템 포화수율(Saturated Throughput), 평균지연(Average Delay), 지터(Jitter) 그리고 200ms 이하 지연과 50ms 이하 지터 비율을 사용한다.

4.1 프레임 충돌확률 (Contention Probability) 평가

그림 6은 무선 노드에서 전송된 프레임이 다른 프레임과 충돌될 수 있는 확률에 대한 실험결과이다. 그리고 그림 7은 전송을 시도한 프레임이 평균 몇 번의 충돌을 경험하는지를 분석한 결과이다. 두 그림에서 알 수 있듯이 DCW-DCF는 링크의 무선 노드 수에 관계없이 충돌확률과 평균

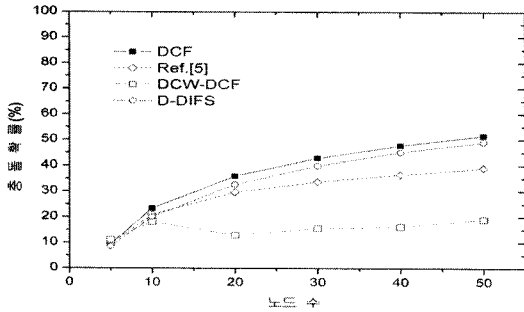


그림 6. 전송 프레임의 충돌확률 비교

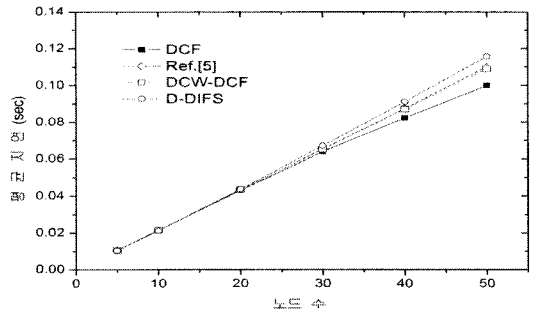


그림 9. 평균 지연 비교

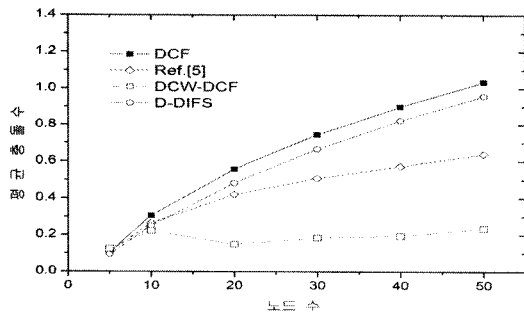


그림 7. 전송 프레임의 평균 충돌 수

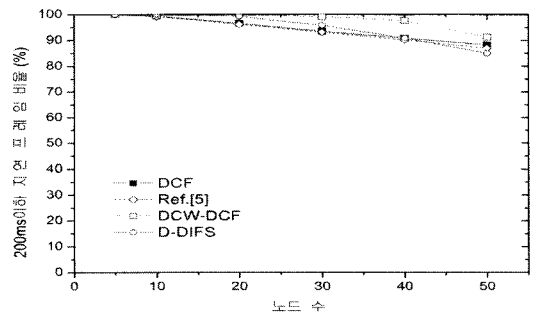


그림 10. 200ms 이하 지연을 갖는 프레임 비율

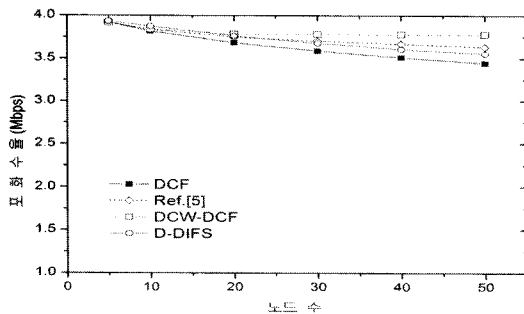


그림 8. 포화 수율 비교

충돌수를 일정하게 낮게 유지할 수 있다. 따라서 링크 혼잡도가 증가할수록 다른 방식들과의 성능 차이는 점점 더 커진다. 참조논문[5]의 방식은 모든 CW 값을 CW_{min} 으로 줄이지는 않도록 하기 때문에 다소 충돌확률과 평균 충돌수를 줄일 수 있다. D-DIFS는 DCF 방식의 프로토콜보다 충돌확률과 충돌수를 약간 줄일 수 있다.

4.2 시스템 포화수율 (Saturated Throughput) 평가

그림 8은 무선 랜의 혼잡 정도에 따라서 각

MAC 프로토콜의 포화 수율을 평가한 실험결과이다. 실험 결과는 DCF 프로토콜은 노드수가 50개인 경우 5개인 경우에 비해서 포화수율이 약 12% 줄어드는 것을 보이고 있다. 하지만 DCW-DCF는 이러한 현상을 절반정도 약 6% 정도로 축소시킬 수 있다. 참조논문[5]와 D-DCF는 DCF와 비교해서 다소 향상된 포화수율을 제공한다. 하지만 이들 4가지 방법들은 링크의 혼잡이 낮을 경우에는 성능의 차이를 보이지 않는다.

4.3 평균 지연(Delay) 평가

그림 9는 평균 지연을 비교한 그래프이다. 그림에서 보이는 것과 같이 노드 수가 증가함에 따라 기존의 DCF와 비교하여 DCW-DCF를 비롯한 다른 프로토콜들은 다소 지연이 증가함을 보이고 있다. 이는 지터를 줄이기 위해 제안된 매커니즘들 지터관점에서는 유리하지만 평균지연의 크기는 다소 길어지게 하는 결점이 있음을 보인다.

일반적인 실시간 비디오 스트리밍 서비스의 경

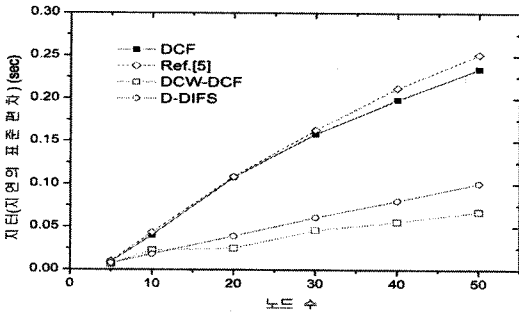


그림 11. 지터 비교

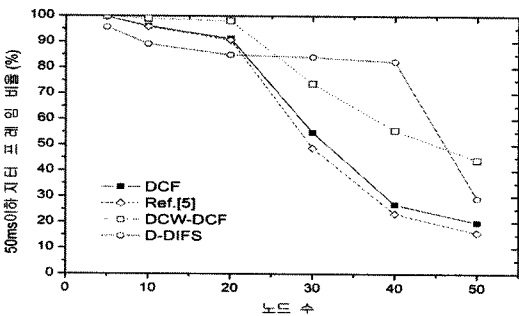


그림 12. 50ms 이하 지터를 갖는 프레임 비율

우 최대 200ms 이하의 지연시간이 허용된다. 그림 10은 수신측에 전달된 총 프레임 중 200ms 이하의 지연을 갖는 프레임의 비율을 분석한 결과이다. 실험결과에서는 DCW-DIFS가 DCF보다 200ms 이하 패킷 비율이 높은 것을 알 수 있다.

4.4 지터(Jitter) 평가

실시간 비디오 스트리밍을 위한 서비스 품질 척도에는 지터(지연의 변화량)의 품질이 중요하게 고려된다. 따라서 본 논문은 지터의 개선을 목적으로 MAC 프로토콜 개선 방안을 제시한다. 그림 11은 지연의 표준편차를 통하여 지터의 성능을 비교한 그래프이다. 실험결과에서는 모든 프로토콜들이 링크 혼잡도가 커짐에 따라서 지터가 증가함을 보이고 있다. 하지만 링크 혼잡도에 상관없이 DCW-DCF가 가장 우수한 지터성능을 갖는다. 또한 D-DIFS도 DCF와 참조논문[5] 방식보다 상당히 우수한 지터 성능을 얻을 수 있다. 특히 그림 11에서는 무선 노드수가 50개의 경우 DCF

는 230ms 정도의 지터를 얻는 반면에 DCW-DCF는 75ms 그리고 D-DIFS는 100ms 정도의 지터를 갖는 것을 보이고 있다. 이는 약 70%와 55%의 성능향상을 각각 얻는 것을 의미한다.

일반적으로 고품질 비디오 스트리밍 서비스에서는 50ms 이하의 지터성능을 요구한다. 그림 12에서는 프로토콜들의 50ms 이하의 지터를 갖는 프레임 비율을 분석한 결과를 보이고 있다. DCF와 참조논문[5] 프로토콜은 노드수가 20개 이상으로 증가할 경우 50ms 이하 지터 비율이 급격히 줄어든다. 하지만 DCW-DCF 프로토콜은 완만히 줄어들어 노드수가 50개일 경우에도 45%에 가까운 비율을 갖는다. D-DIFS 프로토콜의 경우 40개 노드의 경우까지는 상대적으로 완만한 비율을 유지함을 보이고 있다.

5. 결론

기존 DCF 프로토콜에서는 혼잡이 증가할수록 지터는 급격히 커지는 현상이 발생한다. 본 논문에서는 멀티미디어 스트리밍 전송에 적합하도록 무선 랜의 MAC 프로토콜을 개선하는 두 가지 방식을 제안한다. 그중 하나는 많은 백오프를 경험한 프레임이 우선적으로 전송될 수 있도록 백오프 시마다 CW 값을 절반으로 줄이는 한편 혼잡이 커짐에 따라서 시작 윈도우를 키우는 방식인 DCW-DCF 프로토콜이다. 다른 하나는 백오프 단계별 차등 DIFS를 값을 사용하여 백오프 지연이 늘어난 프레임에 대한 우선권을 높이도록 하는 D-DIFS(Differential DIFS) 방식의 프로토콜이다. 논문에서는 시뮬레이션 결을 통해서 제안하는 두 가지 방식이 기존 DCF에 비하여 실시간 스트리밍 서비스에 적합하도록 지터 성능이 향상됨을 확인한다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통해서 제안하는 두 가지 방식이 기존 DCF에 비하여 여러 가지 성능이 우수함을 확인하였다. 특히 실시간 스트리밍 서비스에 적합하도록 지터 성능이 매우 향상됨을 확인하였다.

참고문헌

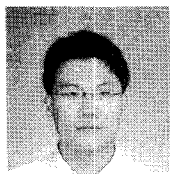
- [1] D. J. Vergados, D. D. Vergados and A. Sgora, "Jitter Analysis of the IEEE 802.11 DCF Access mode," *proc. of VTC 2005-spring*, pp. 1342-1345, June 2005
- [2] G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function," *IEEE JSAC*, vol. 18, no. 3, pp.535-547, March 2000
- [3] H. Wu et al., "Performance of Reliable Transport Protocol over IEEE 802.11 Wireless LAN: Analysis and Enhancement," *Proc. of Infocom*, June 2002.
- [4] E. Ziouva and T. Antonakopoulos, "CSMA/CA Performance under High Traffic Conditions: Throughput and Delay Analysis," *Computer Communications*, vol. 25, no. 3, pp. 313-321, 2002
- [5] W. Kuo and C. J. Kuo, "Enhanced Back-Off Scheme in CSMA/CA for IEEE 802.11," *proc. of VTC 2003-fall*, pp. 2809-2813, Oct. 2003
- [6] A. Khaladj, M. Rahgozar, N. Yazdani, "Reducing the Variations in Delay in IEEE 802.1," *Proc. of APCC 2005*, pp. 755-758,
- [7] A. Khaladj, M. Rahgozar, N. Yazdani, "The effect of decreasing CW size on performance IEEE 802.11 DCF," *Proc. of IEEE 7th Malaysia International Conference on Communication*, pp. 521-525, 2005
- [8] S. Ci and H. Sharif, "Evaluating Saturation Throughput Performance of the IEEE 802.11 MAC under Fading Channels," *BROADNETS*, pp.726-731, 2005
- [9] Network Simulator 2 - ns2, URL(<http://www.isi.edu/manam/ns>)
- [10] Changle Li, Jiandong Li, and Xuelian Cai, "Performance evaluation of IEEE 802.11 WLAN - high speed packet wireless data network for supporting voice service," *Proc. of WCNC 2004*, pp. 1463-1468, March 2004
- [11] P. Raptis, V. Vitsas, P. Chatzimisios, and K. Paparrizos, "Delay jitter analysis of 802.11 DCF," *Electronics letters*, Vol. 43, Issue 25, pp. 1472-1474, Dec. 2007

○ 저자 소개 ○



강 동 훈(Kang Dong-Hun)

2006년 경남대학교 정보통신공학부(공학사)
 2008년 경남대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
 관심분야 : 무선랜 프로토콜, 임베디드 소프트웨어 etc.
 E-mail : esy2k@net.kyungnam.ac.kr



석 승 준(Seok Seung-Joon)

1997년 건국대학교 전자공학과(공학사)
 1999년 고려대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 2003년 고려대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
 2004~현재 경남대학교 컴퓨터공학부 조교수
 관심분야 : 무선인터넷 프로토콜, 트래픽 엔지니어링, USN 프로토콜 etc.
 E-mail : sjseok@kyungnam.ac.kr