

논문 2010-47CI-4-8

IEEE 802.11e의 전송률 향상을 위한 자원할당 알고리즘

(Resource Allocation Algorithm for Throughput Enhancement in IEEE 802.11e)

정 수 경*, 박 인 갑*

(Sookyoung Joung and Inkap Park)

요 약

IEEE 802.11e에서는 CSMA/CA 전송방식으로 차별화된 서비스를 제공한다. 하지만 노드 수가 증가함에 따른 충돌확률 증가, 차등 전송모드에 따라 나타나는 전송속도 하향평준화, TCP의 흐름제어 특성으로 인해 UDP와 링크를 공유하게 될 경우 UDP가 링크를 모두 잠식하는 결과로 TCP 전송률이 저하되는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 IEEE 802.11e에서 현재 접속된 노드의 수에 따라 초기 경쟁 윈도우의 최소값과 최대값을 다르게 설정하여 충돌을 회피하였고, 채널 상태에 따라 TXOP를 조정하여 우선순위는 낮지만 채널 상태가 좋은 AC에게도 점차적으로 할당함으로써 채널을 최대한으로 활용하도록 하였고, TCP 전송의 흐름제어에 사용되는 ACK 신호에 우선순위를 높여 전송함으로써 흐름제어를 좋게 하여 UDP 플로우로 잠식되는 현상을 줄여 공정한 전송이 되도록 개선하여 자원의 능동적인 할당으로 전송률 향상에 기여하는 알고리즘을 제안하였다.

Abstract

In IEEE 802.11e system providing differentiated services, there exist some problems as follows: collision probability increase due to the increase in the number of nodes by employing CSMA/CA transmission mode, transmission speed declining tendency towards the worst of it, which is caused by different transmission mode and decrease of TCP transmission rate as the result of the link occupancy by UDP when TCP shares the link with UDP by the TCP's flow control characteristic. In this thesis, the initial minimum and maximum CW are set differently according to the number of connected nodes in the network to avoid collisions and TXOP is adjusted according to the channel state, in which ACs with low priority but better channel state will get gradually more chances to transmit leading to optimal channel capacity. Also, by allowing higher priority for ACK frames which control the TCP transmission, the flow control becomes better because that reduces the channel occupancy by UDP flow, and by this, fair transmission is obtained from the result of the more fair transmission and active resource allocation.

Keywords: IEEE 802.11e, QoS, TXOP

I. 서 론

언제 어디서나 네트워크에 접속하여 인터넷 서비스를 이용하고자 하는 사용자가 증가함과 동시에 다양한 콘텐츠를 제공함으로써 다양한 종류의 데이터를 서비스할 수 있는 무선 LAN 기술이 개발되고 있다.

IEEE 802.11e MAC 프로토콜은 QoS 서비스를 제공하기 위해 새롭게 추가된 중요한 개념으로 특정한 노드에게 프레임 전송할 수 있는 시간을 할당하여 해당 노드는 그 시간 내에서 연속으로 데이터를 전송할 수 있거나 강제적으로 전송 시간을 제한할 수 있는 전송 권한(TXOP: Transmission Opportunity) 개념이 추가되었다.

이제까지 QoS를 더 좋게 하기 위한 방법으로는 우선순위가 높은 트래픽은 충분한 서비스를 제공하여 실시간 서비스의 전송률을 높이는 연구들이 대부분이었다^[1].

* 정회원, 건국대학교 전자공학부
(Dept. of Electronics Engineering,
Konkuk University)

접수일자: 2010년6월1일, 수정완료일: 2010년7월7일

하지만 무선 LAN의 특징인 CSMA/CA방식을 이용하므로 노드 수의 증가에 따른 충돌확률 증가문제^[2]나 차등 전송모드에 따른 전송 속도 하향평준화 문제는 더욱 대두되고^[3], TCP(Transmission Control Protocol)와 UDP(User Datagram Protocol) 트래픽의 채널 공유로 인한 TCP의 흐름제어 특성으로 인해 UDP가 채널을 모두 잠식하는 결과를 초래하게 되는 문제가 있다^[4].

따라서 본 논문에서는 앞에서 언급한 문제점을 개선하고, 전송률 향상을 위한 자원할당 알고리즘으로 IEEE 802.11e에서는 충돌방지를 위한 경쟁 윈도우(CW : Contention Window)의 크기를 조절하여 충돌을 회피하는 알고리즘을 구현하였고, 노드간의 차등 전송 모드에 따른 전송 속도 하향평준화 현상으로 네트워크 전체 전송률이 떨어지는 문제를 TXOP 조정 알고리즘을 이용하여 네트워크의 전체 전송률을 향상시키는 알고리즘을 구현하였다. 그리고 응답 플로우인 TCP와 비응답 플로우인 UDP가 공존하는 무선 LAN 환경에서 망 내의 정보를 피드백 받지 못하는 UDP 플로는 트래픽 혼잡시 보다 쉽게 전송하는 것에 비해 TCP 플로는 ACK 신호에 의해 흐름 제어를 조절하므로 긴 RTT(Round Trip Time)로 인한 TCP 통신의 보장이 힘든 문제를 해결하기 위해 긴 RTT 시간을 줄이는 방법으로 전송 성공 후 보내는 ACK 신호일 경우 우선순위를 높여 RTT 시간을 줄임으로써 TCP ACK 우선순위 흐름제어 알고리즘을 제안한다.

이러한 특징을 갖는 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 ns-2 시뮬레이터를 이용하여 전송속도가 서로 다른 차등 전송모드에서 우선순위도 서로 다른 노드들의 수에 따라 시나리오를 작성하여 기존의 알고리즘과 제안한 알고리즘의 성능을 비교 시뮬레이션을 수행하였다.

이후 논문의 구성은 II장에서는 IEEE 802.11e의 표준에 대해 나타내고, III장에서는 기존의 알고리즘이 가지고 있는 문제점을 분석하고 이를 개선하기 위하여 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 구현하였다. IV에서는 제안한 알고리즘의 성능검증을 위하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 마지막으로 V장에서는 결론을 기술한다.

II. 본 론

IEEE 802.11 PCF와 IEEE 802.11e HCF(Hybrid Coordination Function)를 지원하는 Enhanced MAC 프로토콜 구조가 그림 1이다. IEEE 802.11e에서는 HCF는

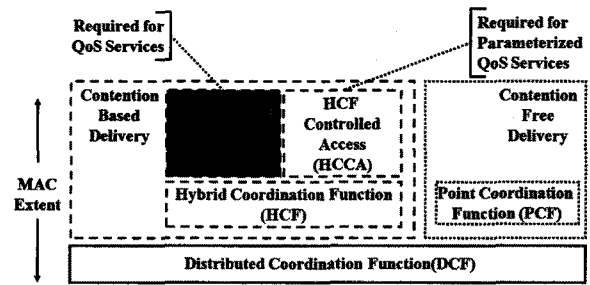


그림 1. IEEE 802.11e MAC 구조

Fig. 1. IEEE 802.11e MAC architecture.

표 1. 우선순위에 따른 AC 분류

Table 1. Access Category mapping according to user priority.

Priority	User Priority	IEEE 802.1D	AC	Designation
Lowest	1	BK	AC_BK	Back Ground
	2	-	AC_BK	Back Ground
	0	BE	AC_BE	Best Effort
	3	EE	AC_BE	Best Effort
	4	CL	AC_VI	Video
	5	VI	AC_VI	Video
Highest	6	VO	AC_VO	Voice
	7	NC	AC_VO	Voice

음성과 같은 지연에 민감한 서비스 제공을 위해 트래픽 스펙 요소(Traffic Spec. Element)를 이용하여 트래픽 카테고리별로 서비스 수준을 정의하고 있다. 폴링방식에 의한 매체접근을 제어하는 PCF와 경쟁을 기반으로 하는 DCF 방식을 향상시킨 HCF 방식은 QBSS(QoS BSS)에 존재하는 HC가 경쟁 주기 동안에 QoS 데이터를 전송할 수 있는 방법인 EDCA와 Polled 기반의 컨트롤 채널접근 방법을 사용하는 HCCA의 동작을 모두 지원한다.

경쟁 기반의 채널접근 방법인 EDCA는 사용자 우선순위를 갖는 프레임에 대해 트래픽 카테고리별로 8개의 서로 다른 우선순위를 4개의 AC로 맵핑하여 각 우선순위에 따라 독립적으로 서비스를 제공하는 prioritized QoS를 지원함으로써 차별화된 매체접근을 허용한다.

각 사용자별 우선순위에 따른 AC 분류를 표 1에 나타낸다. MAC 계층에 도착한 각 프레임은 브리지 규격인 IEEE 802.1D의 우선순위에 따라 UP(User Priority) 값을 가지게 된다. 각각의 트래픽은 특성에 따라 다시 4개의 AC로 분류되어 우선순위에 따라 독립적으로 EDCA 서비스를 받게 된다.

표 2는 EDCA의 파라미터 설정 값을 나타낸다. DCF가 사용하는 DIFS, CWmin, CWmax 대신에 각각 AIFS[AC], CWmin[AC], CWmax[AC]를 사용하여 모

표 2. EDCA 파라미터 설정값
Table 2. Default EDCA parameters setting.

AC	CW _{min}	CW _{max}	AIFSN	TXOP Limit	
				FHSS	DSSS
AC_BK	CW _{min}	CW _{max}	7	0	0
AC_BE	CW _{min}	CW _{max}	3	0	0
AC_VI	(CW _{min} +1)/2-1	CW _{min}	2	6.016ms	3.008ms
AC_VO	(CW _{min} +1)/4-1	(CW _{min} +1)/2-1	2	3.264ms	1.504ms

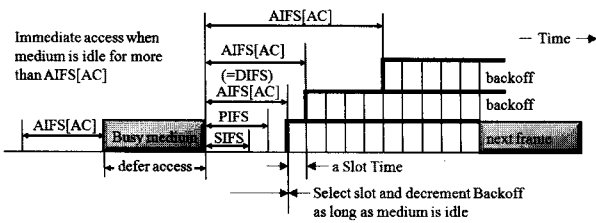


그림 2. EDCA 구조
Fig. 2. Architecture of EDCA.

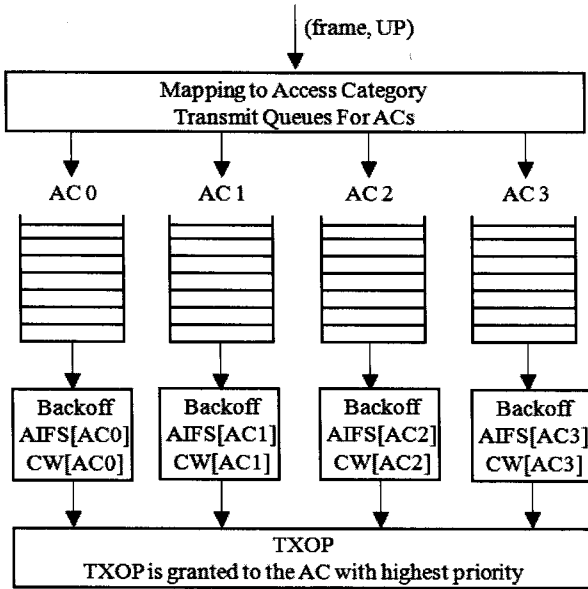


그림 3. EDCA 4 채널 참조모델
Fig. 3. EDCA 4 channel reference model.

은 AC간 우선순위의 차이를 서로 다르게 설정된 AC 파라미터 값을 사용함으로써 AC별로 서비스를 차별화하는 방식을 사용한다.

AC별 EDCF 채널접속에 대한 동작시간의 차트를 그림 2에서 보여준다. 여기서 AIFS[AC]는 PIFS 보다 큰 값이어야 하는데 이는 적어도 SIFS 시간 보다 크게 하여 ACK 프레임 등과 같은 제어 프레임의 전송을 보호하기 위함이다^[5].

그림 3에 나타난 각 큐는 고유의 AIFS와 백오프 카운트를 가지고 있어 독립적인 백오프 값을 가지게 한

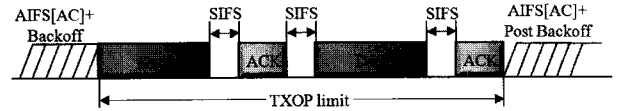


그림 4. EDCF의 TXOP
Fig. 4. EDCF TXOP bursting.

다. 그러나 서로 다른 AC에서 동시에 백오프 감소 프로시저를 완료하여 프레임을 전송하게 되는 경우 충돌이 발생하게 된다. 이렇게 발생하는 충돌을 가상충돌(virtual collision)이라고 하고, 가상충돌 처리기(virtual collision handler)에 의해 조정된다. 프레임 전송 도중 노드 간에 동시에 프레임을 전송하여 충돌이 발생할 경우, 백오프 카운터는 기존의 DCF와 유사하다. 하지만, 하나의 노드 내에서 우선순위에 따라 다른 출력 큐를 가지고 수행된다. 하나의 AC는 자신의 AIFS값을 가지고 독립된 백오프 카운터를 수행하여 무선 매체접근을 위해 개별적인 EDCA 경쟁개체로서 역할을 수행한다.

IEEE 802.11e에서는 Legacy MAC과는 달리 특정한 노드에게 프레임을 전송할 수 있는 시간을 할당하여 그 시간 내에서 연속해서 데이터를 전송할 수 있는 전송권한을 주는 새로운 개념인 TXOP를 정의하였다.

그림 4에 나타난 EDCF의 TXOP는 전송 우선순위에 따라 실시간 전송에 민감한 트래픽에 대하여 AC에 두 개 이상의 프레임이 쌓여 있을 때 우선적으로 전송할 수 있는 기회를 연속적으로 할당함으로써 사용자의 서비스 요청에 부응할 수 있도록 한 것이다. QoS 전송에 참여하는 노드는 EDCA와 HCCA 두 가지 채널 접근 방법을 사용하여 일정한 기간 동안 트래픽을 전송할 수 있는 TXOP를 얻을 수 있다.

III. 제안 알고리즘

기존의 IEEE 802.11e의 EDCF 메커니즘은 실시간 서비스를 위한 알고리즘이나 차별화된 매체접근으로 경쟁 파라미터를 고정적인 값으로 연구되었으나 대량의 노드에 따른 충돌확률 증가문제와 전송속도 하향평준화 현상, TCP 사용의 단점 등을 동시에 해결하기 위한 연구가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 해결하기 위해 다중전송률을 지원하는 네트워크에서 높은 전송률을 갖는 노드에게 IEEE 802.11e에서 새로운 개념으로 나온 TXOP limit 시간을 능동적으로 할당해 줌으로써 채널의 점유 시간을 늘려 높은 전송률을 갖는 노

드에게 전송의 기회를 할당해 줌으로써 전송률이 높은 채널의 활용도를 높이고, 적정 경쟁 윈도우를 조정하여 충돌확률을 낮추어 전송률 향상에 기여하고, TCP의 ACK 신호에 우선순위를 주어 긴 RTT를 줄여 TCP의 전송 불공정성을 보완하여 네트워크 전체의 전송률 향상에 기여하도록 설계 하였다.

EDCF 상에서 전송대기 상태의 모든 노드들은 AIFS[AC] 시간 동안 채널이 한가하면 자신의 NAV가 0이면 전송을 시도하기 위해 식 (1)과 같이 백오프 시간을 산출해서 백오프 모드로 들어간다.

$$BT = random[0, CW[AC]] \quad (1)$$

EDCF는 차별화된 지원을 위해 트래픽의 종류에 따라 4개의 AC로 맵핑하여 우선순위에 따라 독립적으로 서비스를 제공함으로써 차별화된 매체접근을 허용한다. 여기에서 경쟁 윈도우 값은 식 (2)와 같다.

$$CW[AC] = 2^{(n+2)} - 1 \quad (n = [2, 8]) \quad (2)$$

여기에서 n 값은 처음에 2이고 충돌이 발생할 때마다 1씩 증가하게 되어 경쟁 윈도우가 지수적으로 증가하게 된다. 제안한 알고리즘의 경쟁 윈도우의 이진지수 증가 그래프가 그림 5이다. 초기 경쟁 윈도우 값은 15

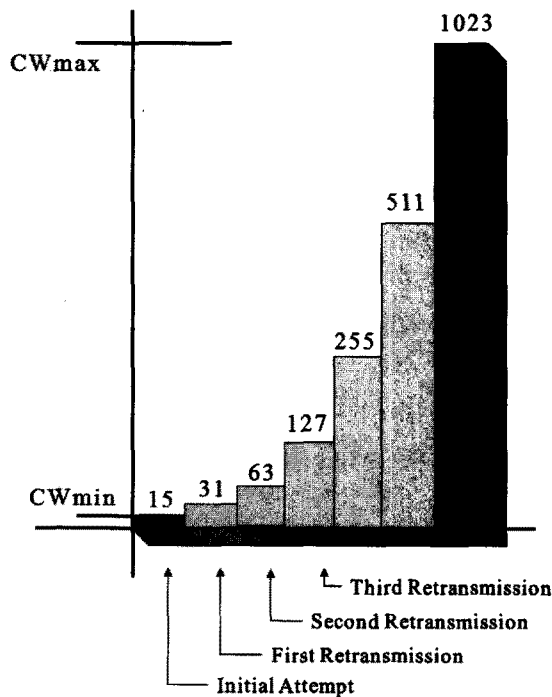


그림 5. 제안 알고리즘의 CW 이진지수 증가
Fig. 5. CW binary exponential increment of the proposed algorithm.

이고, 충돌이 일어날 때마다 지수적인 증가로 최대 1023까지 증가하게 된다. 그리고 각 AC에 따라 우선순위 적용을 위해 표준에서 정한 CWmin 값과 CWmax 값이 적용된다. 따라서 우선순위가 높은 프레임은 낮은 경쟁 윈도우 값으로 충돌의 확률은 높지만 짧은 대기 시간으로 빠른 서비스를 받을 수 있고, 우선순위가 높은 프레임은 충돌 확률은 낮지만 긴 대기 시간으로 빠른 서비스를 받지 못하는 단점을 가지고 있다.

자신의 백오프 타이머가 종료되기 전에 다른 전송을 감지하게 되면 노드는 식 (3)과 같이 자신의 백오프 시간을 전송이 있기 전까지의 한가한 시간만큼 빼고 대기 상태로 들어간다.

$$BT_{new} = BT_{old} - N_{idleSlot} \times aSlotTime \quad (3)$$

전송이 종료되면 새로 계산된 BT 시간만큼 백오프를 수행하게 된다. 그런데 EDCF에서 노드의 수가 늘어날수록 대기를 수행하면서 지속적으로 동등한 확률로 좁은 범위의 CW[AC] 내에서 경쟁을 한다. 노드의 수가 늘어날수록 충돌확률은 높아지고, EDCF는 CW[AC] 값을 충돌을 경험할 때 마다 지수적으로 증가하여 이러한 문제의 해결을 시도하지만 충돌을 효율적으로 줄이지 못한다^[6]. 이러한 단점을 보완하기 위한 전송률 향상을 위한 적정 CW 조정 충돌회피 알고리즘이 그림 6이다. N_{node}는 AP에 접속된 노드의 수를 나타내고, N_{max}는 AP에 접속된 최대 노드의 수를 나타낸다. 비컨 프레임의 전송주기마다 각 파라미터 값을 이용하여 접속된 노드 수에 따라 CW_{min}과 CW_{max} 값을 계산하여 비컨 프레임을 통해 전송하게 된다.

전송률 향상을 위한 적정 TXOP 조정 알고리즘은

```

Parameters :
Nnode : The number of current connecte nodes.
Nmax : The maximum number of connected nodes.

for each beacon interval:
if there is Nnode < Nmax/3 :
    CWmin = 15;
    CWmax = 255;
else if there is Nnode < (Nmax/3)*2:
    CWmin = 31;
    CWmax = 511;
else there is Nnode >= (Nmax/3)*2 :
    CWmin = 63;
    CWmax = 1023;
end if
    
```

그림 6. 전송률 향상을 위한 CW 조정 충돌회피 알고리즘
Fig. 6. CW adjusting collision avoidance algorithm for transmission rate improvement.

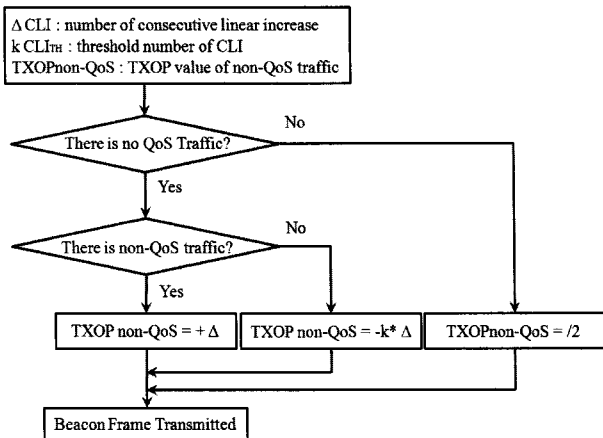


그림 7. 전송률 향상을 위한 TXOP 조정 알고리즘
Fig. 7. TXOP adjusting throughput enhancement algorithm.

AP가 주기적으로 네트워크의 트래픽을 관찰하여 QoS 트래픽의 유무를 확인하여 우선순위가 낮은 AC의 TXOP limit를 조정하는 것이다. 그림 7과 같이 QoS 트래픽이 없는 경우 우선순위가 낮은 AC의 TXOP limit 값을 일정한 크기(Δ)만큼 증가시키고, QoS 트래픽이 있는 경우 TXOP limit 값을 TXOP limit/2 값만큼 감소시킨다. 여기서 우선순위가 낮은 TXOP limit 값의 증가량은 선형적으로 증가시키고, 감소량은 지수적으로 감소시키게 된다. 그 이유는 QoS 트래픽이 감지되는 경우 빠른 실시간 서비스를 지원하기 위해서이다. 그리고 데이터 프레임 이외의 연결 설정에 필요한 제어 프레임이 감지되는 경우 앞으로 새로운 노드가 접속되는 경우이므로 $-k$ 배씩 감소시켜 초기 설정에 가까운 값으로 선형적으로 감소시키게 하였다. 이렇게 조정된 TXOP limit 값은 다음 비컨 프레임을 통해 접속된 모든 노드들에게 전송하게 된다. 여기서 k 와 Δ 의 값은 패킷을 전송할 때 소요되는 시간에 대해 연속적으로 전송 가능한 데이터의 전송 시간을 계산하여 네트워크의 채널 조건에 맞추어 설정할 수 있다.

TCP의 윈도우는 호스트가 다른 호스트로부터 ACK를 수신하기 전에 전송할 수 있는 버퍼의 범위를 나타낸다. 수신측의 TCP가 자신의 수신버퍼를 체크하여 비어 있는 윈도우 크기의 바이트를 송신측 TCP에게 알리고, 송신측 TCP는 수신측이 보내온 응답 세그먼트의 윈도우 크기를 확인하여 가변적으로 윈도우 크기를 조정한다. 따라서 TCP 트래픽은 ACK가 수신될 때마다 윈도우의 크기를 지수 혹은 선형적으로 증가 혹은 감소시키므로 노드에 유입되는 ACK 신호가 적을수록 TCP

패킷의 통신은 전송확률이 줄어들게 된다. TCP와 UDP가 동시에 서비스될 때, 대역폭의 여유가 있는 경우 TCP와 UDP의 목표 전송률이 보장되지만, 병목이 일어나는 경우에는 목표 전송률에 도달할 수 없다. 특히, TCP 흐름제어의 특성으로 인해 일단 패킷이 폐기되면 즉시 윈도우의 크기를 줄여 전송률을 줄이는데 반해, 응답성을 갖지 않는 UDP의 경우는 네트워크의 상태와 관계없이 데이터를 전송하기 때문에 대부분의 대역폭을 차지하게 된다. 이 상태에서 한 노드에서 TCP 데이터를 전송하면 패킷이 폐기되는 결과를 가져오고 결과적으로 TCP 혼잡 윈도우의 크기를 크게 줄여 TCP 플로우가 낮은 전송률을 보이게 된다. 이 과정이 반복되고 UDP 트래픽으로 인해 TCP 트래픽이 올바르게 서비스되지 않게 된다.

따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 극복하기 위한 방법으로 TCP 트래픽과 UDP 트래픽의 통신 응답 신호인 ACK 신호를 구분하여 전송하도록 한다. TCP ACK 우선순위 흐름제어 알고리즘은 계층별로 패킷을 처리해야 하므로 크게 두 단계로 나누어 나타낼 수 있다. ACK 패킷 처리에서는 하위계층으로 받은 패킷이 데이터일 경우 데이터를 버퍼에 저장하고 재조립 과정을 수행하게 된다. 그리고 수신한 데이터에 대한 응답 신호로 표시한 ACK 패킷을 생성하여 상위계층으로 전달한다. 하위계층인 MAC에서는 상위계층으로부터 받은 데이터가 TCP의 ACK 인지 확인한 후 우선순위를 부여하여 ACK 헤더를 생성하고 RTS 프레임을 생성해서, 우선순위에 맞는 빠른 백오프 타이머를 통한 충돌 회피 기법을 적용하여 IFS 타이머를 통한 반송과 감지 과정을 수행하여 전송을 하게 된다.

IV. 시뮬레이션 및 고찰

IEEE 802.11e EDCA 기반의 다중 전송 속도에서 전송률 향상을 위한 여러 가지 파라미터의 조정으로 제안한 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 네트워크 시뮬레이터 ns-2를 사용하였다. 본 실험은 UC Berkely에서 C++와 Otcl을 사용하여 제작한 ns-2를 사용하였다^[7-8]. 실험에서 사용한 ns-2 시뮬레이터는 IEEE 802.11만 지원하는 기존의 ns-2에 IEEE 802.11e MAC의 ECDF가 추가된 Technical Univ. of Berlin의 TNG에서 제공하는 소스에 추가하였다^[9].

Ns-2 버전은 2.30을 사용하였고 OS는 Ubuntu linux

표 3. 실험 트래픽 파라미터

Table 3. Traffic parameter.

Parameter	Value
Radio Propagation model	Two Ray Ground
Network interface type	Wireless Physical
Mac type	IEEE 802.11e
Interface Queue type	Drop Tail Priority Queue
Link layer type	Link layer
Antenna model	Omni Antenna
Queue length limit	50
MAC header size	400bit
PHY header size	192bit
Slot time	20 μ s
SIFS	10 μ s
Dsss EDCA Max Propagation Delay	2 μ s
Short retry limit	7
Long retry limit	4
Routing protocol	DSDV

표 4. 실험 트래픽 유형 및 특성

Table 4. Traffic type and characteristic of the simulation.

트래픽 유형	Inter-arrival Time(sec)	프레임의 크기(bytes)
음성	0.010(CBR)	20
데이터	0.001	1000

8.04(Kernel 버전 2.6.24)를 사용하였다. 그리고 시뮬레이션 환경에서 분석해야 할 토폴로지와 시나리오 구성에 대해 논하고 마지막으로 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 IEEE 802.11e와 비교하여 시뮬레이션하고 전송률, 충돌률, 전송 공정성 항목으로 나누어 평가하였다.

실험에 사용할 트래픽 소스는 IEEE 802.11e 무선 LAN에서 사용되는 음성 트래픽은 압축 종류에 따라 전송속도와 품질 지표로 사용되는 MOS나 R Value 값을 참조하여 현재 가장 많이 사용되고 있는 G.729A를 기준으로 20바이트의 패킷으로 선택했고, 데이터의 전송속도는 8 Kbps 이상 나오도록 주기를 설정하였다. 데이터 패킷은 FTP 데이터로 1000바이트의 패킷을 지속적으로 발생하도록 하였다. 또한 음성은 패킷의 최대한 지연을 감소시키기 위하여 CBR(Constant Bit Rate) 소스를 이용하여 패킷을 생성하였다. 표 3은 실험 트래픽 파라미터를 나타낸다. 표 4는 실험에 사용된 트래픽의 유형과 특성을 나타낸다.

다중전송모드 환경에서 모든 노드가 AP에 일대일로 연결된 형태로서 그림 8과 같은 BSS이다. 시험에 쓰인 노드들의 이동성(mobility)은 없으며, 모든 스테이션들과 AP 간의 거리 및 출력을 다르게 하여 현실 세계에

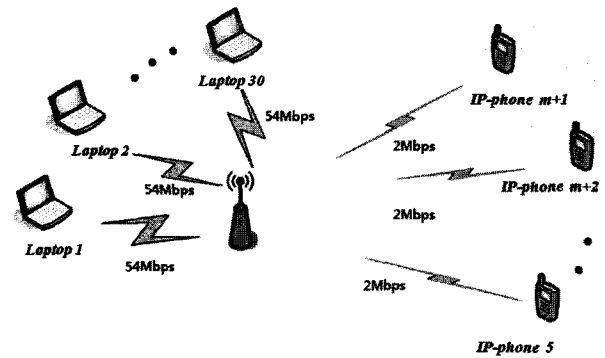


그림 8. 시뮬레이션 환경

Fig. 8. Simulation topology.

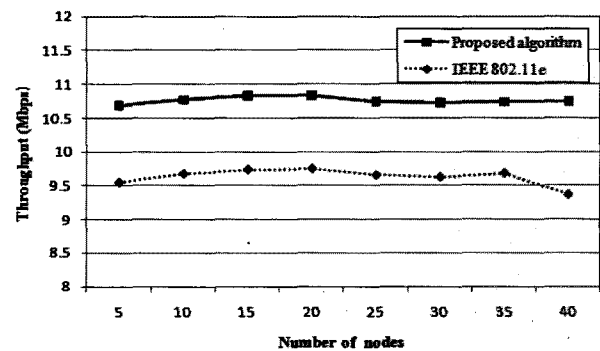


그림 9. 노드 수에 대한 전송률

Fig. 9. Throughput according to the number of nodes.

가깝게 설정하였다. 실험 방식은 크게 두 가지로 실험을 하였다. AP를 기준으로 채널의 상태가 좋은 54 Mbps를 갖는 랩톱컴퓨터만 연결되어 있는 경우와 이렇게 채널 상태가 좋은 랩톱컴퓨터가 연결된 환경에 채널 상태가 나쁜 IP-phone이 접속하는 하는 경우로 실험하였다. 이런 환경을 실험한 이유는 우선순위가 높은 IP-phone의 경우 채널 상태가 나쁘기 때문에 우선순위 지원을 위해서는 채널이 나쁘지만 QoS 보장을 위해 계속적인 지원으로 네트워크의 전체 전송률은 나빠질 것으로 예상하고, 이에 비해 채널 상태가 좋은 랩톱컴퓨터의 경우 우선순위가 낮기 때문에 상대적으로 채널 접근에 불리하게 작용하여 전송효율이 좋지 못하는 현상이 발생할 것으로 예상하기 때문이다. 따라서 본 논문에서 주장하는 바와 같이 대부분의 트래픽을 차지하는 통신은 우선순위가 높은 IP-phone과 같은 트래픽은 간헐적으로 나타나기 때문에 우선순위가 높은 노드가 없는 환경에서 하나씩 추가되는 환경을 제시한다. 그리고 이런 노드들의 비율은 전체적으로 노드의 수가 증가하는 것도 중요하고, 추가되는 현상도 중요하기 때문에 랩톱컴퓨터의 수의 증가에 따른 IP-phone의 간헐적으

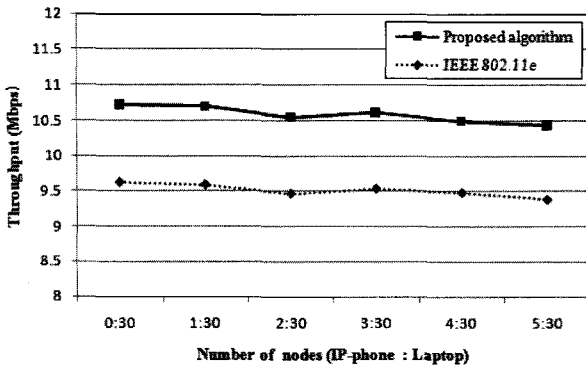


그림 10. 노드 수 30에 추가되는 경우의 전송률
Fig. 10. Throughput according to the number of case of 30 based nodes joined with additional voice nodes.

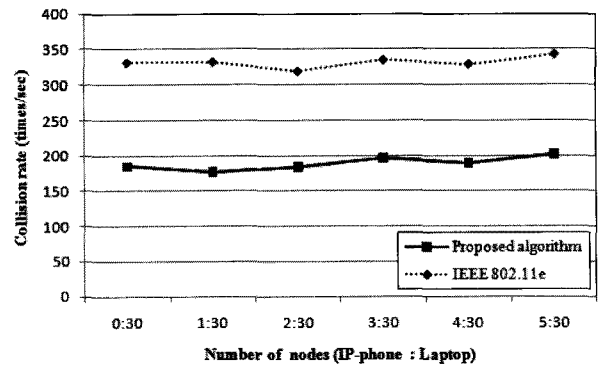


그림 12. 기본노드 30개에 추가되는 경우의 충돌률
Fig. 12. Collision rates according to the number of case of 30 based nodes joined with additional voice nodes.

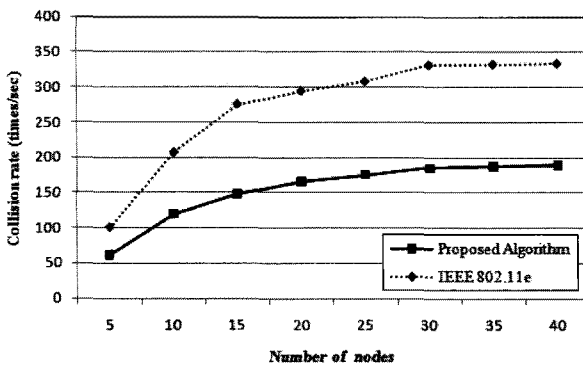


그림 11. 노드 수에 대한 충돌률
Fig. 11. Collision rates according to the number of nodes.

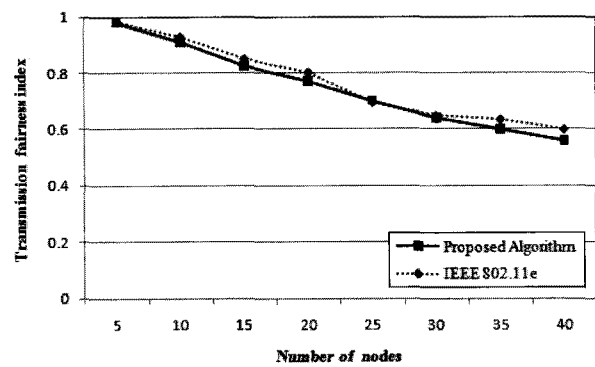


그림 13. 노드 수에 대한 전송 공정성
Fig. 13. Thranmission fairness index according to the number of nodes.

로 증가하는 시나리오를 작성하여 실험하였다.

그림 9와 그림 10은 노드 수에 대한 전송률을 나타낸다. 평균 전송률이 1.13 Mbps의 전송률 증가로 10.51%의 증가하였고, 기본 노드 수 30에 추가되는 경우의 기존의 IEEE 802.11e에 비해 평균 1.07 Mbps의 전송률 향상으로 10.14%의 증가를 보인다. 따라서 본 논문에서 제안한 알고리즘은 노드의 수에 맞는 적정의 파라미터 값을 할당함으로써 전송률의 향상을 기대할 수 있다.

그림 11과 그림 12는 노드 수에 대한 충돌률을 나타낸다. 제안한 알고리즘의 충돌률은 기존의 IEEE 802.11e에 비해 평균 43.05%의 감소를 보인다. 노드의 수가 많을수록 충돌의 확률이 높아지는 현상은 동일하지만, 제안한 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해 많은 감소를 나타내는 이유는 IEEE 802.11e에 새롭게 추가된 중요한 개념인 TXOP를 활용하였기 때문이다. TXOP limit 시간은 실시간 서비스를 필요로 하는 우선순위가 높은 노드에게 할당하는 것으로 매체접근에 성공한 노

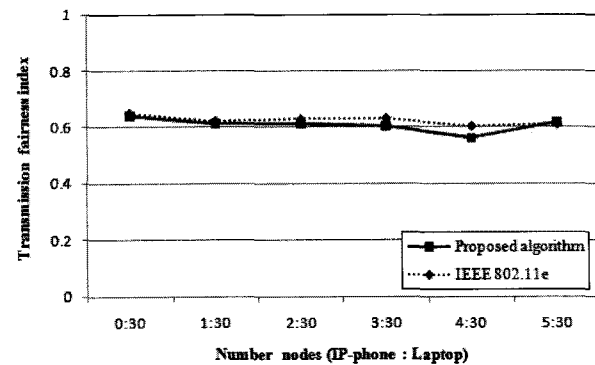


그림 14. 기본 노드 수 30에 추가되는 경우의 공정성
Fig. 14. Collision rates according to the number of case of 30 based nodes joined with additional voice nodes.

드에게 연속해서 전송의 기회를 줌으로써 경쟁을 통하지 않고 TXOP limit 시간동안 연속에서 프레임을 전송할 수 있게 한다. 이렇게 함으로써 경쟁에 의한 접속이 줄어들어 전체 충돌률은 감소하게 되어 네트워크 전체 전송률은 향상되는 장점을 가지게 된다. 하지만, 한 노

드에게 연속해서 전송의 기회를 할당함으로써 전송 공정성과 시간 공정성 면에서는 공평한 서비스를 제공하지 못하는 단점도 가지게 된다.

그림 13과 그림 14는 노드 수에 대한 전송 공정성을 나타낸다. 제안한 알고리즘의 전송 공정성이 기존의 IEEE 802.11e 보다 평균 2.80%의 감소로 낮아 졌음을 보여준다. 네트워크 전체에 대한 전송 공정성을 분석한 결과 제안한 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해 1.84%의 감소를 나타내었다. 전송 공정성의 저하는 예상한 바로써 전송 공정성은 떨어지지만, 향상된 전송률에 비해 좋은 전송 공정성은 아니지만, 나쁘지 않은 결과를 보여준다.

따라서 전체적으로 전송률은 10.47%의 향상을 보였고, 충돌률은 43.82% 감소를 나타냈다. 전송 공정성은 2.32% 감소를 나타냈다.

V. 결 론

제안한 알고리즘은 AP의 모니터링 프로그램으로 현재 접속된 노드의 수를 파악하여 초기 경쟁 윈도우의 최소값과 최대값을 다르게 설정하여 충돌을 회피하였고, IEEE 802.11e의 EDCF의 새로운 개념인 TXOP 값을 조정하여 채널 상태에 따라 우선순위가 낮은 AC에 게도 할당함으로써 좋은 채널 상태를 최대한으로 활용함으로써 전송률 향상을 보였고, TCP와 UDP 플로우가 같은 클래스에 공존하는 경우 TCP 트래픽이 불이익을 받는 현상을 개선하기 위해 흐름제어에 사용되는 ACK 신호의 우선순위를 높게 함으로써 빠른 전송으로 흐름제어를 좋게 하여 TCP와 UDP가 공평하게 채널을 사용하도록 개선함으로써 네트워크 전체 전송률 향상을 위한 알고리즘을 구현하였고 시뮬레이션으로 그 타당성을 입증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Tiantian Go, Jianfei Cai, Chuan Heng Foh, Yu Zhang, "Improving Videophone Transmission over Multi-rate IEEE 802.11e Networks," IEEE Communications Society, ICC proceedings, p3258-3262, 2008.
- [2] Hui Ma, Sumit Roy, "Contention Window and Transmission Opportunity Adaptation for Dense IEEE 802.11 WLAN Based on Loss Differentiation," IEEE Communications Society, p2556-2560, ICC proceedings, 2008.
- [3] M. Heusse, F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel and A. Duda, "Performance Anomaly of 802.11b," IEEE INFOCOM, Vol. 2, pp. 836-843, Mar. 2003.
- [4] Kenichi Kashibuchi, Tarik Taleb, Abbas Jamalipour, Yoshiaki Nemoto, Nei Kato, "Performance Enhancement of TCP over Adaptive Multi-Rate IEEE 802.11 Wireless LANs", IEEE Communications Society, RWS (IEEE Radio and Wireless Symposium, 2008.
- [5] IEEE Standard for Information technology-Telecommunications and Information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements Part 11:Wireless LAN MAC and PHY Specifications, IEEE Std. 802.11th, 2007.
- [6] Y. Kwon, Y. Fang, and H. Latchman, "Design of MAC Protocols With Fast Collision Resolution for Wireless Local Area Networks," IEEE Trans. on Communications., pp793-807, May 2004.
- [7] The Network Simulator ns-2 home page, <http://www.isi.edu/nsnam/ms>
- [8] Kevin Fall and Kannan Varadhan, The ns Manual, UC Berkeley, Nov 2001.
- [9] The SUMO traffic simulation package. [Online]. Available: <http://sumo.sourceforge.net/index.shtml>.

저 자 소 개



정 수 경(정회원)
1996년 동서대학교 컴퓨터공학과
학사 졸업.
1998년 부경대학교 전자공학과
석사 졸업.
2010년 건국대학교 전자정보통신
공학과 박사 졸업.

<주관심분야 : 컴퓨터네트워크, 멀티미디어, 무선
데이터통신>



박 인 갑(정회원)
1973년 고려대학교 전자공학과
학사 졸업.
1975년 고려대학교 전자공학과
석사 졸업.
1986년 고려대학교 전자공학과
박사 졸업.

1980년~현재 건국대학교 전자공학부 교수.
<주관심분야 : 컴퓨터네트워크, parallel
processing>