

무선랜에서 망 상태에 따른 DCF와 PCF 프로토콜의 선택적인 사용을 통한 MAC 성능 향상

최우용[†]

동아대학교 산업경영공학과

MAC Performance Improvement by Selective Use of DCF and PCF Protocols for IEEE 802.11 Wireless LANs

Woo-Yong Choi

Department of Industrial and Management Systems Engineering, Dong-A University Busan, 604-714, Korea

The distributed coordination function (DCF) and point coordination function (PCF) protocols are the basic MAC protocols for legacy IEEE 802.11, IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11e, IEEE 802.11g and IEEE 802.11n wireless LANs. When the DCF protocol is used for the various versions of IEEE 802.11 wireless LANs, the MAC performance seriously degrades due to the collisions among the stations (STAs) as more and more STAs attempt to transmit their data frames. On the other hand, the PCF MAC performance becomes poor when many STAs exist in IEEE 802.11 wireless LANs, however, only small number of STAs actually attempt to transmit their data frames. In this paper, we propose the algorithm for improving the MAC performance by selectively using the DCF and PCF protocols according to the state of IEEE 802.11 wireless LANs. Numerical examples are presented to show the MAC performance improvement by the selective use of the DCF and PCF protocols according to the network state.

Keywords: Wireless LAN, MAC, DCF Protocol, PCF Protocol

1. 서론

기존의 유선랜에 비해서 사용자의 이동성을 보장하며 시스템의 설치비용과 유지보수비용을 최소화한다는 장점을 가진 무선랜은 관공서, 가정, 병원, 회의장 등과 같이 비교적 많은 데이터의 전송이 필요한 핫스팟 영역에서 무선 인터넷 서비스를 가능하게 하기 위하여 전세계적으로 설치되어 운용되고 있다. (Brignol and Litzenburger, 2003; Wu, Huang, and Chao, 2005). 특히 무선 인터넷이 전 세계적으로 확대되고 멀티미디어 등의 데이터 전송에 대한 요구가 증가할수록 사용자당 수백 Mbps 이상의 고속의 데이터 전송을 위한 무선랜의 역할은 더욱더 증대될 것으로 예측된다.

멀티미디어 등의 고속의 데이터 전송에 대한 수요를 만족시키기 위하여 무선랜 시스템의 데이터 전송률은 물리계층과 MAC 계층의 개선을 통하여 지속적으로 향상되어 왔다. 2.4 GHz 주파수 대역에서 서비스되는 IEEE 802.11b 시스템은 물리계층에서 최대 11Mbps로 데이터를 전송할 수 있으며 각각 5GHz 주파수 대역과 2.4GHz 대역에서 서비스되는 IEEE 802.11a 시스템과 IEEE 802.11g 시스템은 물리계층의 전송방식으로써 orthogonal frequency division multiplexing(OFDM) 방식을 사용하여 물리계층에서 최대 54Mbps로 데이터를 전송할 수 있다. (IEEE Std 802.11a, 1999; IEEE Std 802.11b, 1999; IEEE Std 802.11g, 2003) 그리고 IEEE 802.11 무선랜의 MAC 계층에서의 quality of service(QoS) 제공을 위하여 IEEE 802.11e 표준이 발

본 논문은 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

[†] 연락저자 : 최우용 교수, 604-714 부산광역시 사하구 하단2동 840번지 동아대학교 산업경영공학과, Tel : 051-200-7696, Fax : 051-200-7697, E-mail : wychoi77@dau.ac.kr

2011년 3월 7일 접수; 2011년 5월 13일 게재 확정.

표되었다(IEEE Std 802.11e, 2006). IEEE 802.11 working group (WG)의 task group(TG) n에서는 물리계층과 MAC 계층 프로토콜의 개선을 통하여 최종적으로 MAC 계층에서 100 Mbps 이상의 전송률(이를 물리계층의 데이터 전송률로 환산하면 약 200 Mbps 이상)을 지원하기 위한 방안을 2009년 말에 확정하여 IEEE 802.11n 표준으로 발표하였다(IEEE Std 802.11n, 2009). 특히 사용자당 수백 Mbps 이상을 요구하는 미래의 무선 인터넷 서비스를 위해서는 무선랜 시스템의 전송 효율 향상을 위한 연구가 계속적으로 필요한 실정이다.

IEEE 802.11 무선랜을 위한 최초의 표준이 등장한 이래로 distributed coordination function (DCF)와 point coordination function(PCF) 프로토콜은 초기의 IEEE 802.11 무선랜 뿐만 아니라 IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11e, IEEE 802.11n 무선랜에 공통적으로 사용될 수 있는 MAC 프로토콜이다. DCF 프로토콜에 따르면 각 단말은 무선 채널을 사용하기 위하여 다른 단말과 경쟁을 하는데 무선 채널의 상태를 각 단말이 독립적으로 감지하여 전송 시점을 결정한다. DCF 프로토콜에 따르면 데이터를 전송하기 위하여 여러 개의 단말이 경쟁을 하는 경우 충돌을 막기 위하여 각 단말은 랜덤한 시간 동안 백오프를 수행하고 나서 데이터를 전송한다. 따라서 데이터를 전송하고자 경쟁하는 단말이 많은 경우 백오프를 통한 채널 낭비가 발생할 가능성이 높다. 이에 반해 PCF 프로토콜에서는 access point(AP)가 각 단말을 순서대로 폴링(polling)하고 AP로부터 폴링을 받은 단말만이 데이터를 전송하도록 하는데 만약 폴링을 받은 단말이 전송할 데이터가 없는 경우 불필요한 폴링에 의하여 채널 낭비가 발생할 가능성이 높다. 이러한 DCF와 PCF 프로토콜의 문제점을 요약하면 Table 1과 같다. DCF와 PCF 프로토콜이 IEEE 802.11 무선랜에 사용될 경우 MAC 성능의 비교 분석은 다양한 연구자에 의하여 광범위하게 연구되어왔다(AI-Rousan and Abu-Rahmeh, 2008; Chandran-Wadia, Mahajan, and Iyer, 2002; Goliya, 2003; Kopsel, Ebert, and Wolisz, 2000; Prasad, 1999; Rasheed, Masnoon, Thanthry, and Pendse, 2004).

Table 1. Problems of DCF and PCF Protocols

프로토콜	문제점
DCF	전송하고자 하는 단말이 많은 경우 백오프에 의한 채널 낭비 발생
PCF	전송하고자 하는 단말이 적은 경우 불필요한 폴링에 의한 채널 낭비 발생

<표 1>에서 알 수 있듯이 DCF와 PCF 프로토콜은 IEEE 802.11 무선랜의 성능 측면에서 서로 보완적인 성격을 가지는 것을 알 수 있다. 이러한 사실에 착안하여 망의 상태에 따라서 DCF와 PCF 프로토콜 중 적절한 프로토콜을 선택적으로 사용함으로써 IEEE 802.11 무선랜의 MAC 성능을 향상시키기 위한 방법이 Goliya(2003)와 Young *et al.*(2006)에서 매우 개략적으로 제안되었다. Goliya(2003)에서는 망 상태를 IEEE 802.11 무선

랜에서 능동적으로 데이터를 전송하는 단말의 수로 규정하고 능동적으로 데이터를 전송하는 단말의 수가 많으면 PCF 프로토콜을 사용하고 그렇지 않은 경우 DCF 프로토콜을 사용하는 것이 유리하다고 하였으나 DCF와 PCF 프로토콜의 사용을 결정하는 단말의 수에 대한 임계값을 명확히 제시하지 않고 있다. 그리고 Young *et al.*(2006)에서는 망 상태를 전송 횟수, 단말 간의 충돌 횟수 등으로 규정하고 이러한 망 상태에 따라서 DCF와 PCF 프로토콜을 선택적으로 사용하는 방법을 개략적으로 제안하였으나 이를 위한 구체적인 알고리즘을 제시하지는 않았다.

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선랜의 상태에 따라서 DCF와 PCF 프로토콜을 선택적으로 사용할 수 있는 구체적인 알고리즘을 제안하고자 한다. AP는 망 상태에 따라서 DCF와 PCF 프로토콜 중에서 적절한 MAC 프로토콜을 선택하기 위하여 주기적으로 DCF와 PCF 프로토콜이 사용되었을 경우의 MAC 성능 즉, MAC 쓰루풋(throughput)을 측정한다. MAC 쓰루풋의 이러한 주기적인 측정 결과에 따라서 적절한 MAC 프로토콜을 선택하여 사용함으로써 IEEE 802.11 무선랜의 MAC 성능을 극대화하고자 한다. 아울러 다양한 실험 결과로써 제안하는 알고리즘을 통하여 MAC 성능이 향상될 수 있음을 입증할 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 현재 IEEE 802.11 무선랜 표준에 존재하는 DCF와 PCF 프로토콜의 사용 방식을 설명하고 아울러 DCF와 PCF 프로토콜에 대하여 간단히 설명한다. 제 3장에서는 IEEE 802.11 무선랜의 상태에 따른 DCF와 PCF 프로토콜의 선택적인 사용 방식을 위한 알고리즘을 제안한다. 제 4장에서는 망 상태에 따라서 DCF와 PCF 프로토콜을 선택적으로 사용함으로써 IEEE 802.11 무선랜의 MAC 성능이 향상될 수 있음을 실험 결과로써 입증한다. 마지막으로 제 5장에서 결론을 맺는다.

2. DCF와 PCF 프로토콜

IEEE Std 802.11(1999)에 따르면 일반적으로 AP가 존재하는 인프라스트럭처(infrastructure) 모드의 무선랜은 시간 상에서 contention free period(CFP)와 contention period(CP)가 <Figure 1>과 같이 반복적으로 나타나며 DCF 프로토콜은 CP에서 사용되며 PCF 프로토콜은 CFP에서 사용된다.

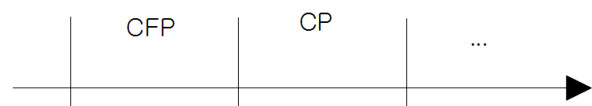


Figure 1. Alternation of CFP and CP

연속되는 CFP와 CP를 합쳐서 CFP repetition interval이라고 하는데 CFP repetition interval에 관한 자세한 정보는 AP가 방송하는 비콘(beacon) 프레임(frame) 내에 포함되어 모든 단말에

전달된다. 구체적으로 CFP와 CP 구간에 관하여 비콘 프레임의 페이로드(payload)에 포함되는 정보는 아래와 같다.

- Beacon Interval : 비콘 프레임의 전송 시간 간격(1024ms 단위)
- Delivery Traffic Indication Message (DTIM) Period : 비콘 프레임 중에서 traffic indication map(TIM)을 포함하는 비콘 프레임의 전송 시간 간격(beacon interval 단위)
- CFP Period : CFP의 시작 시간 간격(DTIM period 단위)
- CFPMaxDuration : CFP의 최대 가능 시간(1024ms 단위)
- CFPDurRemaining : CFP의 잔여 시간(1024ms 단위)

AP가 현재 진행 중인 CP를 종료하고 CFP를 시작하기 위해서는 비콘 프레임의 헤더(header)의 duration 필드의 값을 32,768로 설정하여 비콘 프레임을 전송하면 된다. 헤더의 duration 필드의 값이 32,768로 설정된 비콘 프레임을 수신한 모든 단말은 자신의 NAV를 CFPMaxDuration으로 갱신한다. NAV는 AP로부터의 폴링 없이는 데이터를 전송할 수 없는 잔여 시간을 의미하므로 모든 단말이 자신의 NAV를 CFPMaxDuration으로 갱신함으로써 자동적으로 CFP가 시작된다. 그리고 AP가 현재 진행 중인 CFP를 종료하고 CP를 시작하기 위해서는 비콘 프레임의 CFPDurRemaining의 값을 0으로 설정하여 비콘 프레임을 전송하면 된다. CFPDurRemaining의 값이 0으로 설정된 비콘 프레임을 수신한 모든 단말은 자신의 NAV를 0으로 갱신하는데 이로써 모든 단말은 AP의 폴링 없이 자신의 데이터를 직접 전송할 수 있는 CP가 자동적으로 시작된다.

DCF 프로토콜에 따르면 각 단말은 무선 채널 액세스를 하기 위하여 최소한 DCF inter-frame space(DIFS) 시간 동안 무선 채널 상태를 파악하여야 한다. DIFS 시간 이후에도 채널 상태가 계속적으로 idle 상태이면 하나의 슬롯 타임당 한 개씩 백오프 타이머를 줄일 수 있다. 백오프 타이머가 0에 도달하면 데이터를 전송할 수 있다. 각 단말은 DCF 프로토콜에 의하여 데이터를 전송한 후 데이터의 수신자로부터 ACK 프레임의 수신을 기다리게 되는데 데이터의 수신자로부터 ACK 프레임이 적절한 시간 내에 도착하지 않으면 데이터 전송 실패로 간주하고 데이터의 재전송을 시도한다. 데이터 전송이 실패한 경우 새로운 백오프 타이머를 설정하기 위한 CW 값은 이전의 백오프 타이머를 설정하기 위하여 사용한 CW_{old} 값을 이용하여 $CW = 2 \times CW_{old} + 1$ 과 같이 설정한다. 만약 CW_{old} 값이 이미 정의된 CW_{max} 와 같다면 이러한 CW 값의 재설정에는 필요 없다. 실제 사용될 백오프 타이머는 $[0, CW]$ 의 범위의 난수로 설정된다.

PCF 프로토콜에 따르면 AP 내에 point coordinator(PC)가 존재하며 각 단말은 PC의 폴링 프레임을 전송 받았을 때에만 데이터를 전송할 권리를 가진다. AP는 PCF 프로토콜을 사용하기 위하여 필요할 경우 PCF inter-frame space(PIFS) 시간을 이용하여 채널 액세스를 시도할 수 있다. PIFS는 DIFS보다 하나의 슬롯 타임 만큼 작은 값을 가지는데 이러한 이유로 AP는 필요할 경우 다른 단말보다 채널 액세스에 있어서 우선권을 가

질 수 있고 진행 중인 DCF 프로토콜에 의한 frame exchange sequence가 끝나면 DCF 프로토콜을 중단시키고 PCF 프로토콜을 시작하기 위하여 비콘 프레임을 전송하여 CFP가 시작되도록 할 수 있다. CFP 내에서 AP는 폴링 프레임을 각 단말에 전송하여 폴링 프레임 하나당 하나씩의 데이터 프레임을 전송할 기회를 해당되는 단말에 부여한다. AP로부터 폴링 프레임을 수신한 단말은 SIFS 시간 이후에 자신의 데이터를 AP로 전송한다. 만약 AP의 폴링에 대해서 어떤 단말이 SIFS 시간 내에 응답하지 않으면 직전 폴링 프레임 전송 시간을 기준으로 PIFS 시간 이후에 다음 단말에 폴링 프레임을 전송한다.

3. DCF와 PCF의 선택적 사용 알고리즘

일반적으로 AP가 존재하는 인프라스트럭처 모드의 IEEE 802.11 무선랜에서 모든 단말은 AP를 통하여 모든 데이터 프레임을 수신하며 모든 단말은 동일한 무선랜 내의 다른 단말로 데이터를 전송하던지 혹은 다른 망으로 데이터를 전송하더라도 AP를 거쳐서 데이터를 전송한다. 이러한 이유로 AP는 자신이 단말로 전송한 데이터 프레임 중에서 단말로부터 ACK 프레임을 성공적으로 수신한 데이터 프레임 내의 페이로드의 비트(bit) 수와 자신이 단말로부터 성공적으로 수신한 데이터 프레임 내의 페이로드의 비트 수를 계산함으로써 무선랜의 MAC 쓰루풋을 측정할 수 있다.

본 장에서는 IEEE 802.11 무선랜에서 DCF와 PCF 프로토콜을 사용하여 데이터를 전송할 경우의 MAC 쓰루풋을 주기적으로 측정함으로써 망 상태에 따라서 DCF와 PCF 프로토콜 중에서 적절한 MAC 프로토콜을 선택적으로 사용하는 알고리즘을 다음과 같이 제안하고자 한다. DCF와 PCF 프로토콜을 사용하여 데이터를 전송할 경우의 MAC 쓰루풋 측정 결과를 바탕으로 AP는 망 상태에 적합한 MAC 프로토콜을 선택하고 선택된 MAC 프로토콜을 V 시간 동안 추가적으로 사용하여 자신과 모든 단말이 데이터를 전송하도록 한다. 그리고 선택되지 않은 MAC 프로토콜도 주기적으로 U 시간 동안 사용하여 AP로 하여금 선택되지 않은 MAC 프로토콜에 대해서는 MAC 쓰루풋을 측정하도록 함으로써 필요할 경우 망 상태에 적합한 MAC 프로토콜의 변경을 모색하도록 한다. DCF와 PCF 프로토콜을 사용할 경우의 MAC 쓰루풋 측정 결과를 W_{DCF} 와 W_{PCF} 라고 한다. 그럼, IEEE 802.11 무선랜의 망 상태에 따라서 DCF와 PCF 프로토콜 중에서 적절한 MAC 프로토콜을 선택적으로 사용하는 알고리즘을 다음과 같이 제안한다. 아울러 제안한 알고리즘을 플로우 차트로 표현하면 <Figure 2>와 같다.

ALGORITHM

STEP 0 : AP는 CFP와 CP를 순서대로 각각 U 시간 동안 지속시키고 PCF와 DCF의 MAC 쓰루풋을 측정하여 W_{PCF} 와 W_{DCF} 에 저장한다.

STEP 1: 만약 $W_{DCF} > W_{PCF}$ 이고 현재 사용 중인 MAC 프로토콜이 DCF 프로토콜인 경우 AP는 CP를 추가적으로 V 시간만큼 더 할당하여 DCF 프로토콜이 V 시간만큼 더 사용되도록 한다. 그리고 DCF 프로토콜의 새로운 MAC 쓰루풋 측정 결과를 W_{DCF} 에 저장한다.

만약 $W_{DCF} > W_{PCF}$ 이고 현재 사용 중인 MAC 프로토콜이 PCF 프로토콜인 경우 AP는 현재 진행 중인 CFP를 종료하고 CP를 V 시간만큼 할당하여 DCF 프로토콜이 V 시간만큼 사용되도록 한다. 그리고 DCF 프로토콜의 새로운 MAC 쓰루풋 측정 결과를 W_{DCF} 에 저장한다.

만약 $W_{DCF} < W_{PCF}$ 이고 현재 사용 중인 MAC 프로토콜이 DCF 프로토콜인 경우 AP는 현재 진행 중인 CP를 종료하고 CFP를 V 시간만큼 할당하여 PCF 프로토콜이 V 시간만큼 사용되도록 한다. 그리고 PCF 프로토콜의 새로운 MAC 쓰루풋 측정 결과를 W_{PCF} 에 저장한다.

만약 $W_{DCF} < W_{PCF}$ 이고 현재 사용 중인 MAC 프로토콜이 PCF 프로토콜인 경우 AP는 CFP를 추가적으로 V 시간만큼 더 할당하여 PCF 프로토콜이 V 시간만큼 더 사용되도록 한다. 그리고 PCF 프로토콜의 새로운 MAC 쓰루풋 측정 결과를 W_{PCF} 에 저장한다.

STEP 2: 사용 중인 MAC 프로토콜이 DCF 프로토콜인 경우 AP는 현재 진행 중인 CP를 종료하고 CFP를 U 시간만큼 할당하여 PCF 프로토콜이 U 시간만큼 사용되도록 한다. 그리고 PCF 프로토콜의 새로운 MAC 쓰루풋 측정 결과를 W_{PCF} 에 저장한다.

사용 중인 MAC 프로토콜이 PCF 프로토콜인 경우 AP는 현재 진행 중인 CFP를 종료하고 CP를 U 시간만큼 할당하여 DCF 프로토콜이 U 시간만큼 사용되도록 한다. 그리고 DCF 프로토콜의 새로운 MAC 쓰루풋 측정 결과를 W_{DCF} 에 저장한다.

STEP 1으로 돌아간다.

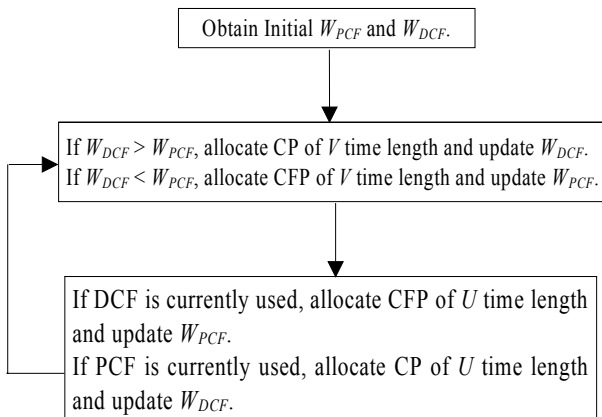


Figure 2. Flow Chart of Proposed Algorithm

앞의 알고리즘에서 STEP 0는 알고리즘의 적용 초기에 DCF와 PCF 프로토콜을 각각 U 시간 동안 사용하여 각각의 MAC

프로토콜의 쓰루풋을 측정하는 단계이다. STEP 1은 DCF와 PCF 프로토콜의 MAC 쓰루풋 측정 결과를 바탕으로 적절한 MAC 프로토콜을 선택하여 선택된 MAC 프로토콜이 V 시간 동안 추가적으로 사용되도록 하는 단계이다. 마지막으로 STEP 2에서는 선택되지 않은 MAC 프로토콜을 U 시간 동안 사용하여 선택되지 않은 MAC 프로토콜의 쓰루풋을 측정한다. 그리고 계속적인 진행을 위하여 STEP 1과 STEP 2는 계속 반복되는데 이는 망 상태에 적합한 MAC 프로토콜의 변경을 계속적으로 모색하기 위한 것이다.

앞의 알고리즘에서 AP는 사용되는 MAC 프로토콜의 변경을 위하여 CFP와 CP 간의 전환을 해야 하는데 이러한 전환은 제 2장에서 설명한대로 다음과 같이 이루어질 수 있다. 먼저, CP에서 CFP로의 전환을 위해서는 AP는 비콘 프레임의 헤더(header)의 duration 필드의 값을 32,768로 설정하여 비콘 프레임을 전송하면 된다. 헤더의 duration 필드의 값이 32,768로 설정된 비콘 프레임을 수신한 모든 단말은 자신의 NAV를 CFPMaxDuration으로 갱신함으로써 AP로부터의 폴링 없이 데이터를 전송하지 않게 된다. 그리고 CFP에서 CP로의 전환을 위해서는 AP는 비콘 프레임의 CFPDurRemaining의 값을 0으로 설정하여 비콘 프레임을 전송하면 된다. CFPDurRemaining의 값이 0으로 설정된 비콘 프레임을 수신한 모든 단말은 자신의 NAV를 0으로 갱신함으로써 모든 단말은 AP의 폴링 없이 자신의 데이터를 직접 전송할 수 있게 된다.

4. 실험 결과

컴퓨터 시뮬레이션을 위하여 <Figure 3>과 같이 IEEE 82.11a 무선랜에 한 개의 AP와 N 개의 단말이 존재하며 N 개의 단말 중 active한 일부의 각 단말의 전송 버퍼에는 도착률 r 로 데이터 프레임이 도착하여 저장되며 AP에는 전송할 데이터 프레임이 없다고 가정한다.

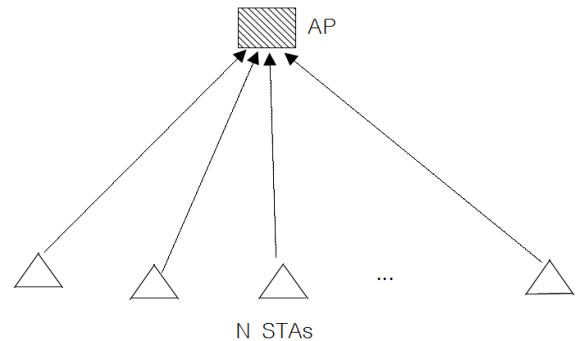


Figure 3. IEEE 802.11a Wireless LAN

N 개의 단말 중 active한 각 단말은 자신의 전송 버퍼에 있는 데이터 프레임을 CFP에서는 PCF 프로토콜을 사용하여 계속적으로 전송하려고 시도하며 CP에서는 DCF 프로토콜을 사용

하여 계속적으로 전송하려고 시도한다. 각 데이터 프레임의 페이로드의 길이는 $L(\text{bits})$ 이며 active한 각 단말은 데이터 프레임을 무선랜의 최대 전송률인 54Mbps로 전송한다고 가정한다. DCF 프로토콜에서 hidden node problem은 존재하지 않는 것으로 가정하여 request to send(RTS)와 clear to send(CTS) 프레임의 전송은 필요 없고 ACK 프레임은 24Mbps로 전송된다고 가정한다. 그리고 각 데이터 프레임의 전송 에러 발생 확률을 0.1%라고 가정하며 모든 ACK 프레임은 성공적으로 전송된다고 가정한다.

<Figure 3>의 무선랜에서 AP는 시간 상에서 4가지 방식으로 CFP와 CP를 할당하여 active한 각 단말로 하여금 데이터 프레임을 전송하도록 한다. 첫 번째 방식은 AP가 CP 만을 할당하여 모든 단말이 DCF 프로토콜 만으로 데이터 프레임을 전송하도록 하는 방식이다. 두 번째 방식은 AP가 CFP 만을 할당하여 모든 active한 단말이 PCF 프로토콜 만으로 데이터 프레임을 전송하도록 하는 방식이다. 세 번째 방식은 AP가 각각 5초의 길이를 가지는 CFP와 CP를 연이어서 반복적으로 할당하여 CFP에서는 active한 각 단말이 PCF 프로토콜을 사용하여 데이터를 전송하고 CP에서는 active한 각 단말이 DCF 프로토콜을 사용하여 데이터를 전송하도록 하는 방식이다. 마지막으로 네 번째 방식은 $U = 500 \text{ ms}$ 이고 $V = 5$ 초일 때 본 논문의 제 3장에서 제안한 방식으로써 IEEE 802.11a 무선랜의 망 상태에 따라서 DCF와 PCF 프로토콜 중에서 적절한 MAC 프로토콜을 선택적으로 사용하는 방식이다.

<Figure 4>~<Figure 7>에는 $N = 10, 30$ 과 $L = 88, 1,000(\text{bits})$ 의 4가지 조합에 대하여 <Figure 3>의 IEEE 802.11a 무선랜을 4가지 방식으로 운영하였을 경우의 MAC 쓰루풋 측정 결과가 나타나 있다. 각 경우에 대하여 무선랜에 가해지는 트래픽 로드(load)가 무선랜의 4가지 운영 방식의 성능에 미치는 영향을 분석하기 위하여 각 단말에 도착하는 데이터 프레임의 도착률 r 을 변경시켜가며 4가지 운영 방식에 따른 MAC 쓰루풋을 측정하여 비교하였다. 각 경우마다 모두 10가지의 도착률 r 에 대하여 MAC 쓰루풋을 측정하였는데 이 때 도착률이 가장 작은 경우에는 N 개의 단말 중에서 오직 10%의 단말 만이 active하다고 가정하였으며 그 다음으로 큰 도착률 r 의 경우에는 N 개의 단말 중에서 20%의 단말이 active하다고 가정하였으며 그 다음으로 큰 도착률 r 의 경우에는 N 개의 단말 중에서 30%의 단말이 active하다고 가정하였다. 이런 식으로 도착률 r 이 커지면서 active한 단말의 개수가 비례적으로 증가하여 가장 큰 도착률 r 의 경우에는 모든 단말이 active하다고 가정하였다. $L = 88(\text{bits})$ 은 무선랜으로 voice over IP(VoIP) 서비스가 제공되는 경우를 감안한 것이며 $L = 1,000(\text{bits})$ 은 일반적인 트래픽이 무선랜을 통하여 전송되는 경우를 감안한 것이다. 컴퓨터 시뮬레이션을 위하여 각 단말에는 20,000개 이상의 데이터 프레임이 도착되도록 하였으며 이러한 모든 데이터 프레임이 성공적으로 AP에 전송될 때까지 시뮬레이션을 하여 MAC 쓰루풋을 측정하였다.

<Figure 8>~<Figure 11>에는 $N = 10, 30$ 과 $L = 88, 1,000(\text{bits})$

의 4가지 조합에 대하여 <Figure 3>의 IEEE 802.11a 무선랜을 4가지 방식으로 운영하였을 경우의 평균 전송 지연 시간이 나타나 있다. 각 경우에 대하여 모두 10가지의 도착률 r 에 대하여 평균 전송 지연 시간을 측정하였으나 도착률이 커지면서 DCF 프로토콜의 경우 전송 지연 시간이 너무 커짐으로 인하여 비교가 용이하도록 도착률이 가장 큰 3가지의 경우의 결과 값은 생략하였다. 그 밖에 도착률 증가에 따른 active한 단말의 개수의 증가와 각 단말에 도착하는 데이터 프레임의 개수는 <Figure 4>~<Figure 7>의 경우와 일치되도록 하였다.

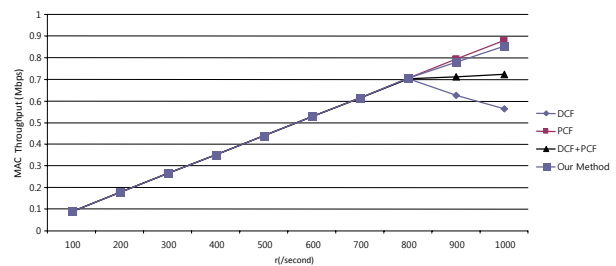


Figure 4. MAC Throughput Results when $N = 10, L = 88(\text{bits})$

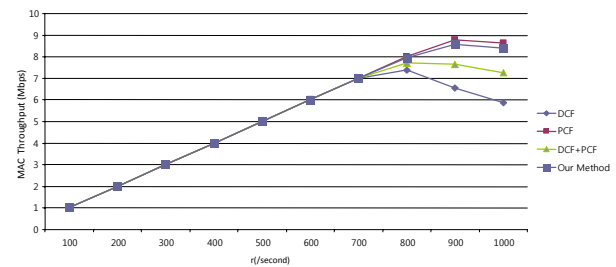


Figure 5. MAC Throughput Results when $N = 10, L = 1,000(\text{bits})$

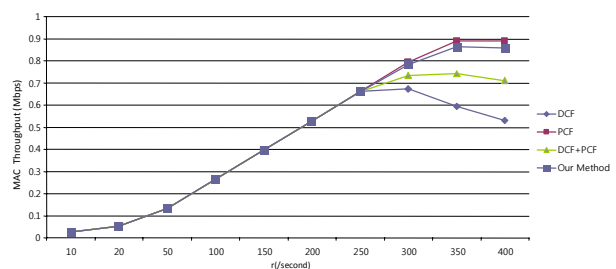


Figure 6. MAC Throughput Results when $N = 30, L = 88(\text{bits})$

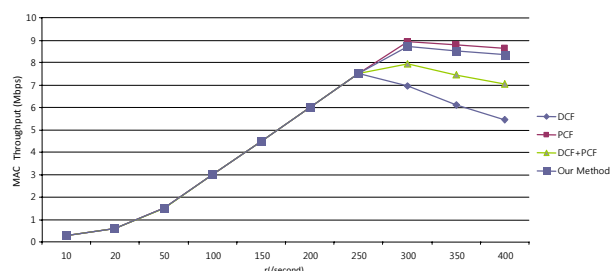


Figure 7. MAC Throughput Results when $N = 30, L = 1,000(\text{bits})$

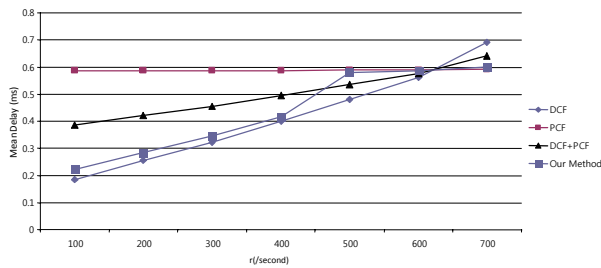


Figure 8. Mean Delay Results when N = 10, L = 88(bits)

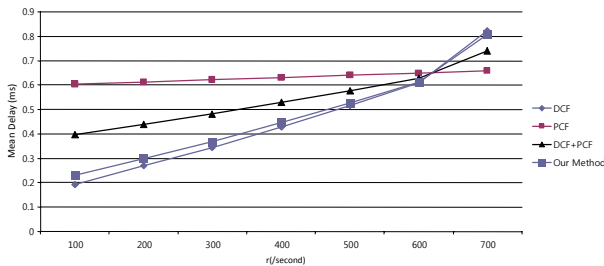


Figure 9. Mean Delay Results when N = 10, L = 1,000(bits)

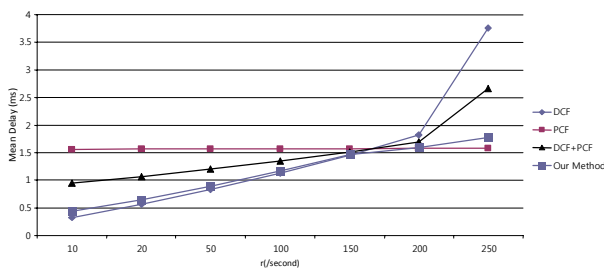


Figure 10. Mean Delay Results when N = 30, L = 88(bits)

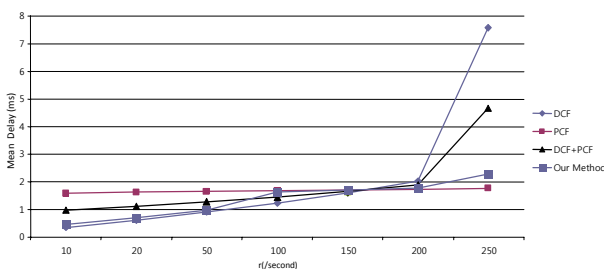


Figure 11. Mean Delay Results when N = 30, L = 1,000(bits)

<Figure 4>~<Figure 7>을 살펴보면 도착률 r 이 작은 값에서 커지면서 DCF와 PCF 프로토콜의 MAC throughput이 증가하다가 도착률 r 이 너무 커질 경우 DCF와 PCF 프로토콜의 MAC throughput은 한계에 이르다가 이후에 오히려 감소하는 것을 알 수 있다. 그리고 도착률 r 이 작은 경우 DCF와 PCF 프로토콜은 MAC throughput 측면에서 유사한 성능을 보이지만 도착률 r 이 커지면서 PCF 프로토콜이 DCF 프로토콜보다 MAC throughput 측면에서 훨씬 좋은 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 본 논문의 제 3장에서 제안한 방식은 도착률 r 이 커지면서 PCF 프

로토콜을 선택적으로 더 많이 사용함으로 인하여 CFP와 CP를 동등하게 할당하는 방식보다 MAC throughput 측면에서 훨씬 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 본 논문의 3절에서 제안한 방식이 망 상태에 따라서 DCF와 PCF 프로토콜 중에서 효율적인 프로토콜을 선택하여 사용하는 방식임을 확인하는 것이다.

<Figure 8>~<Figure 11>을 살펴보면 도착률 r 이 커지면서 DCF와 PCF 프로토콜은 평균 전송 지연 시간 측면에서 성능이 나빠지는 것을 알 수 있다. 도착률 r 이 작은 경우 DCF 프로토콜이 PCF 프로토콜보다 평균 전송 지연 시간 측면에서 더 우수한 반면 도착률 r 이 큰 경우 PCF 프로토콜이 DCF 프로토콜보다 평균 전송 지연 시간 측면에서 더 우수한 것을 알 수 있다. 본 논문의 제 3장에서 제안한 방식은 도착률 r 이 작은 경우 DCF 프로토콜을 선택적으로 더 많이 사용하고 도착률 r 이 커지면서 PCF 프로토콜을 선택적으로 더 많이 사용함으로써 CFP와 CP를 동등하게 할당하는 방식보다 전송 지연 시간 측면에서 훨씬 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 단, Figure 9에서 $r = 700$ 의 경우 본 논문의 제 3장에서 제안한 방식이 CFP와 CP를 동등하게 할당하는 방식보다 더 나쁜 성능을 가지는 것으로 보이지만 생략된 3개의 가장 큰 도착률 r 의 결과를 살펴보면 이 경우 제 3장에서 제안한 방식은 PCF 프로토콜을 더 많이 사용함으로 인하여 CFP와 CP를 동등하게 할당하는 방식보다 훨씬 더 좋은 성능을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선랜의 망 상태에 따라서 DCF와 PCF 프로토콜 중에서 적절한 MAC 프로토콜을 선택적으로 사용하는 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과 본 논문에서 제안한 방식은 active한 단말의 개수, 트래픽 로드 등에 대한 구체적인 정보가 없더라도 AP가 MAC throughput을 측정하고 이를 활용하여 CFP와 CP를 효율적으로 할당함으로써 IEEE 802.11 무선랜의 MAC 성능을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

Al-Rousan, M. and Abu-Rahmeh, O. (2008), The Impact of DCF and PCF Protocols in Mobile WLANs, *International Journal of Modelling and Simulation*, **28**(1), 1-10.
 Brignol, L. and Litzemberger, L. (2001), Wireless LAN Technology and HiperLAN/2, *Alcatel Telecommunications Review*, 205-206.
 Chandran-Wadia, L., Mahajan, S. and Iyer, S. (2002), Throughput Performance of the Distributed and Point Coordination Functions of an IEEE 802.11 Wireless LAN, *Proc. ICC 2002*.
 Goliya, A. (2003), *Dynamic Adaptation of DCF and PCF Mode of IEEE 802.11 WLAN*, Master Thesis, Indian Institute of Technology.
 IEEE Std 802.11 (1999), *Wireless LAN medium access control (MAC)*

- and physical layer specifications.*
- IEEE Std 802.11a (1999), *Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer specifications : high speed physical layer in the 5 GHz band.*
- IEEE Std 802.11b (1999), *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer Specifications : Higher Speed Physical Layer (PHY) Extension in the 2.4 GHz Band.*
- IEEE Std 802.11g (2003), *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer Specifications : Higher Speed Physical Layer (PHY) Extension in the 2.4 GHz Band.*
- IEEE Std 802.11e (2006), *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer Specifications : Medium Access Control (MAC) Quality of Service (QoS) Enhancements.*
- IEEE Std 802.11n (2009), *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications : Enhancements for Higher Throughput.*
- Kopsel, A., Ebert, J.-P., and Wolisz, A. (2000), A Performance Comparison of Point and Distributed Coordination Function of an IEEE 802.11 WLAN in the Presence of Real-Time Requirements, *Proc. MoMuC 2000.*
- Prasad, A. R. (1999), Performance Comparison of Voice over IEEE 802.11 Schemes, *Proc. IEEE VTC 1999-Fall.*
- Rasheed, S. A., Masnoon, K., Thanthry, N., and Pendse, R. (2004), PCF vs DCF : A Performance Comparison, *Proc. IEEE System Theory 2004.*
- Wu, T., Huang, C., and Chao, H. (2005), A Survey of Mobile IP in Cellular and Mobile Ad-Hoc Network Environments, *Ad Hoc Networks*, **3**(3), 351-370.
- Young, A. *et al.* (2006), Method and System for Improving Throughput over Wireless Local Area Networks with Mode Switching, United States Patent, Patent No.6,990,116 B1.