

# IEEE 802.11b 무선랜에서 트래픽 부하에 따른 적응적인 PCF MAC 스케줄링 기법

\*신수영, 장영민\*, 강신각\*\*

덕성여자대학교 컴퓨터과학부, 국민대학교 정보통신공학부\*, 한국전자통신연구원\*\*  
e-mail : sooyoungshin@korea.com, yjang@mail.kookmin.ac.kr, sgkang@etri.re.kr

## Traffic-Adaptive PCF MAC Scheduling Scheme Based on IEEE 802.11b Wireless LAN

\*Soo-Young Shin, Yeong-Min Jang\*, Shin-Gak Kang\*\*

### Abstract

In IEEE 802.11b, Medium Access Control Sublayer consists of DCF (Distributed Coordination Function) and PCF (Point Coordination Function). DCF provides contention based services and PCF provides contention free services for QoS satisfaction. DCF uses CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) as an access protocol. And PCF uses Polling Scheme. In this paper, a modified New-PCF, which gives weights to channels with heavier traffic load, was suggested. NS-2 simulations were conducted to compare the service performances with original DCF, PCF and the modified New-PCF respectively. Simulation results has shown the increased overall throughput with the proposed New-PCF compared with other cases.

### 1. 서론

최근까지 데이터 통신은 대부분 동축케이블 또는 광섬유케이블로 구성된 유선망을 통하여 이루어져 왔으나 이러한 방식은 통신을 위해서 컴퓨터간 케이블이 지속적으로 연결되어 있어야 한다는 제약과 각 컴퓨터 및 주변기기에 연결되어 있는 케이블 때문에 유선통신을 이용하는 번거로움등으로 효율성 문제가 대두되었다. 무선랜은 다양한 정보와 자원을 공유할 수 있는 LAN(Local Area Network)의 장점과, 제약없는 연결성 제공이라는 편리성을 동시에 제공하는 무선통신기술의 결합으로 무선 데이터 전송뿐 아니라 유연성과 설치의 용이성까지 지원한다.

무선랜에서 가장 핵심이 되는 문제는 전송속도의 향상이다. 이러한 점에서 접속의 문제를 담당하는 MAC 부계층의 역할이 중요시 되고 있다. IEEE 802.11a, IEEE 802.11b 모두 IEEE 802.11의 MAC을

공통적으로 사용하고 IEEE 802.11e 또한 호환성 (Backward Capability)을 제공한다는 점을 감안할 때 속도가 향상되더라도 채널 접속상에서 충돌이 많이 일어난다면 전체적인 시스템의 성능이 저하될 수밖에 없을 것이다. 따라서 무선랜에서 충돌 발생률의 감소와 충돌한 패킷에 대한 신속한 에러 복구는 전체 시스템 성능향상에 막대한 영향을 미친다. IEEE 802.11 working group에서 정의하고 있는 MAC 부계층에선 DCF, PCF, DCF와 PCF의 혼재 방식을 정의하고 있다. DCF 방식은 무선랜의 MAC에서 기본 접속 방법이며 이 방식은 경쟁기반의 서비스를 제공하게 되는데 접속 방법으로 백오프 알고리즘(Backoff Algorithm)을 사용한다. 이러한 백오프 알고리즘은 슬롯선택과정이 진행되면 경쟁창 후반에 위치하는 슬롯들은 상대적으로 선택확률이 낮아지게 된다. 이로 인해 전체적인 통과율의 저하와 패킷의 전송지연이 늘어난다. PCF는 타임 슬롯을 예약해서 보낼 수 있도록 하는 무경쟁 서비스를 제공하며 실시간 전송을 위해 제안되었다. 그러나 형평성의 보장이 확실히 이루어져 트래픽의 크기나 양이 변동할 때 적응적인 서비스를 할 수 없다는 약점이 있다. 예를 들면 실시간 트래픽인 음성과 동영상의 경우 요구되는 트래픽의 양과는 상관없이 동일한 만큼의 서비스만을 제공하게 되는 것이다.

본 논문에서는 특히 시스템의 성능에 큰 영향을 미치는 MAC 스케줄링 영역에서 QoS 보장을 위해 사용되고 있는 기존의 PCF 기능을 추가, 변경하여 일반적인 경우에 네트워크가 처리해야 되는 불균형하고 변동이 많은 채널의 상태에 적응할 수 있는 새로운 알고리즘을 제시하고자 한다. 2장에서 시뮬레이션 비교의 대상인 기존 802.11 MAC 방식인 DCF와 PCF 대해서 간략히 살펴보고, 3장에서는 버퍼에 쌓여있는 처리할 데이터의 용량 정보를 참조하여 수정한 새로운 스케줄링 기법을 설명하였으며, 4장에서

는 이 기법의 성능을 시뮬레이션을 통해 증명하였다. 끝으로 5장에서 결론을 맺는다

## 2. 무선랜의 MAC

무선매체에 접근하기 위해서는 이더넷과 같은 CSMA/CA 방식이 DCF에 의해서 제공되며 이는 경쟁서비스(Contention Services)이다. 무경쟁서비스(Contention-free services)를 위해서는 PCF가 사용되며 이는 하위구조(Infra Structure) 네트워크에서 AP(Access Point)의 주도하에 이루어 지게 된다.

### 2.1 DCF

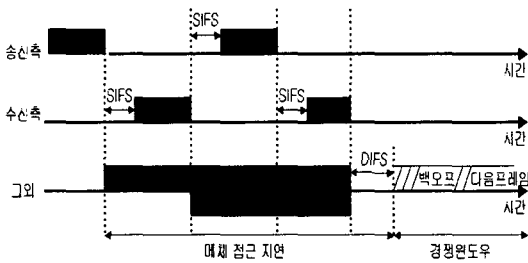


그림 1. DCF

데이터를 전송하기 전에 무선 링크의 상태를 검사하고 숨겨진 노드 문제(Hidden Node Problem)를 해결하기 위해 매체 접근 연기(NAV)를 사용하며 충돌을 피하기 위해 프레임의 종료 시점에서 백오프를 사용한다. 그림 1은 DCF의 CSMA/CA 기법의 예이다.

### 2.2 PCF

PCF는 IEEE802.11 네트워크가 매체에 공정한 접근을 하도록 지원한다. DCF와 교대로 서비스되며 이런 무경쟁기간에는 Near isochronous 서비스를 제공하도록 되어 있다. 포인트 조정자(PC:Point Coordinator)에 의해 폴링이 이루어 지고 모든 전송은 확인과 응답절차가 요구된다. 무경쟁 기간이 시

작될 때, AP는 비콘 프레임을 전송한다. 비콘 프레임 내부에는 CFP\_Max\_Duration 값인 최대 지속시간이 포함되어 있고 이 정보를 수신한 모든 스테이션은 NAV를 설정하게 된다. 폴링의 리스트에 포함되어 있는 스테이션 중에서 동작상태에 있는 대상에게 CF-Poll 로 허가증을 발부하고 스테이션에서 AP로의 전송이 일어날 수 있게 되는 것이다. 그림 2는 PCF 사용의 예를 보여준다.

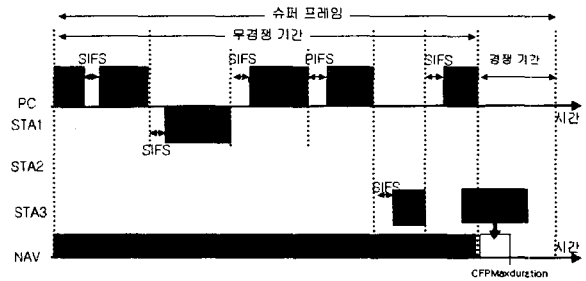


그림 2. PCF

## 3. 제안된 알고리즘

### 3.1 New-PCF

PCF의 단점을 보완하기 위해서 현재 PCF에서 일반적으로 적용하고 있는 RR(Round Robin) 방식 외에 트래픽이 발생 빈도와 크기에 따라 변동되는 기법의 연구가 요구된다. 본 연구에서는 각각의 단말에 쌓여있는 패킷의 수, 즉 버퍼에 쌓여 있는 데이터의 양을 측정하여 적응적인 폴링이 가능한 알고리즘을 제시한다.

### 3.2 구조분석

버퍼의 부분적인 정보 1비트를 패킷에 실어 보내기 위해 전송 패킷의 여분의 사용 가능한 비트를 찾을 수 있다. IEEE 802.11b 규격에는 정해진 패킷의 프레임에는 정의된 구역중에 여분의 비트가 존재하지 않는다.

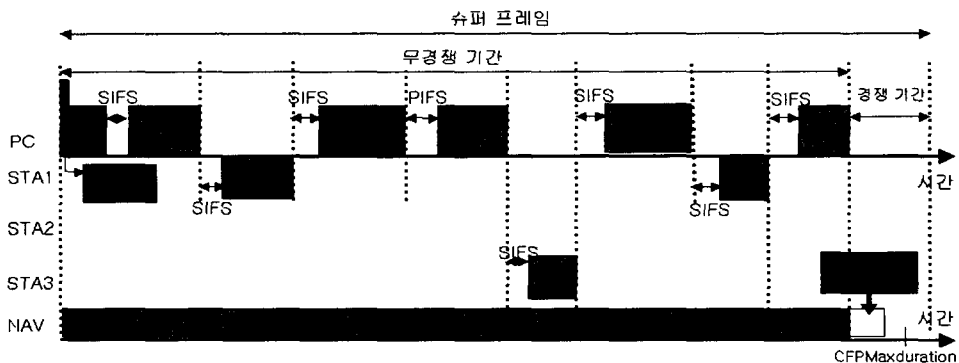


그림 3. New-PCF의 실행 예

프레임의 구조상 사용하지 않는 비트를 전용해서 쓰는 방법이 실제로 표준규격을 수정하지 않고 쓸 수 있는 방법이며 추가 1비트의 패킷의 페이로드 부분에 붙여 보내는 방법을 쓸 수도 있다. 그러나 이럴 경우 패킷 당 1비트의 오버헤드(Overhead)가 발생하게 되어 시스템의 성능에 다소간의 영향을 주게 된다.

각 채널에 전송된 1비트 채널의 트래픽 정보를 참조한 스케줄러는 버퍼에 많은 양의 데이터를 쌓고 있는 채널에 상대적으로 많은 서비스의 기회를 부여함으로 효율성을 높이게 된다. 폴링 리스트는 매 폴링리스트 수정 시간 간격(Polling List Update Time Interval)마다 수정하게 된다. 이때 각 정보를 통합하여 각 채널에 적절한 가중치를 부여하는 페어 스케줄링(Fair Scheduling)이 요구되는데 본 논문에서는 이미 제시된 바 있는 GPS 알고리즘을 기반으로 시스템에 맞는 모델을 제안하였다. 기존의 일반적인 GPS 알고리즘의 개념에 폴링리스트를 구성하기 위한 약간의 수정절차가 요구되는데 이는 각 채널이 타임 간격 동안 최소한 한번 이상의 폴링 기회를 부여 받고 나머지 대역폭에 해당하는 횟수만큼 참조된 정보를 이용하여 균등하게 가중치에 따라 GPS 알고리즘에 의해 우선 순위를 부여 받게 되기 때문이다. 그림 3은 수정된 PCF기법을 설명하고 있다. 먼저 슈퍼프레임 시작 시점에서 폴링 리스트 수정 시간에 도달하여 채널의 버퍼 정보를 이용한 폴링리스트의 수정이 일어나고 비콘신호 발생 이후 각 스테이션에 폴링을 시도하게 되며 버퍼에 많은 양의 데이터를 가진 STA1에게 정보를 적용한 또 한번의 적응적인 폴링이 이루어지고 있는 모습을 보이고 있다.

### 3.3 알고리즘

수정된 기법은 AP 주도하에 스케줄링 기법을 재조정하게 된다. 하위 구조 기반 모드에서 동작하게 되는 New-PCF기법은 스테이션 측에서는 현재 송신 버퍼에 쌓여있는 패킷의 양을 측정하고, 일정한 기준에 의해 환산된 부분정보(1비트)를 프레임의 내부에 포함시켜 전송하는 역할을 한다.

```

/* 스테이션에서 AP로의 Upload 상황 */
IF 새로운 송신처리 = YES THEN {
  IF 데이터 전송 = YES THEN {
    버퍼에 쌓여있는 패킷의 개수 측정;
    /* 버퍼에 적재된 패킷의 개수를 1비트의
    정보로 전환하는 과정 */
    IF 패킷의 개수 = 0 THEN 정보 = 0;
    IF 패킷의 개수 > 0 THEN 정보 = 1;
    프레임의 일부분에 1비트의 정보를 저장;
    /* 정보가 포함된 Upload 트래픽과 CF-Ack를
    Piggyback으로 전송*/
    프레임 전송;
  }
}
ELSE 프레임 전송;

```

그림 4. 스테이션측에서의 처리과정

PC 측에서는 받은 데이터 프레임의 내부 정보를 참조하여 폴링 리스트의 수정 시간이 도달할 때까지 저장하고 있다가 도달하면 수정된 GPS 알고리즘에 따라 각각의 채널이 요구하는 가중치를 적용하여 리스트를 수정하고 폴링을 할 때는 최근에 수정된 리스트에 의거, 가중치가 적용된 적응적인 폴링 기법을 수행하게 된다. 다음 그림4와 5는 제안한 알고리즘을 스테이션과 AP측에서 수행되는 절차로 의사코드화 한 것이다.

```

/* 데이터를 수신 한 경우 Polling List 정보 저장 */
IF 새로운 수신처리 = YES THEN {
  IF 데이터 수신 = YES THEN {
    프레임에 포함된 송신측 버퍼정보 참조;
    정보를 갖고 있는 배열에 저장;
  }
}

/* 폴링 리스트 수정 시간에 도달한 경우 리스트의 수정 */
IF 폴링 리스트 수정 시간 = YES THEN {
  수정된 GPS 알고리즘에 의한 보장값 설정;
  폴링 리스트의 수정;
}

/* CF-Poll 패킷 전송시 */
IF 새로운 송신처리 = YES THEN {
  IF 폴 패킷 = YES THEN {
    폴링 리스트 참조;
    인덱스 ++;
    폴 패킷 전송;
  }
}

```

그림 5. AP측에서의 처리과정

### 4. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 위해 NS-2 (Network Simulator 2)를 사용하였으며 비교의 대상으로 기존의 DCF와 PCF, 그리고 제안한 기법을 선정하여 각각 CBR(Constant Bit Rate) 트래픽을 발생시켜 13단계로 나누어 트래픽의 부하량을 조정하였다. 또한 특정한 한 개의 채널에 대량의 트래픽(Voice의 5배)을 발생시켜 Video 데이터가 포함된 불균형한 채널환경을 형성하여 그렇지 않은 경우와의 비교를 수행하였다. UDP 프로토콜 위에서 동작하기 때문에 전송 실패(Drop)한 패킷의 수를 측정하여 통과율과 성능의 향상을 검증하였다. 시뮬레이션 모델은 10개의 스테이션과 1개의 AP가 하위 구조(Infra Structure)로 연결되고 DCF인 경우 모두가 CSMA/CA를 사용하는 MAC이 구성되고 PCF인 경우 7개의 스테이션은 PCF모드로, 3개의 스테이션은 DCF로 동작하여 반복적으로 동작하는 슈퍼 프레임을 이루도록 하였으며 New-PCF의 경우 PCF와 동일한 환경과 변수에 수정된 Polling 기법을 적용 하였다. 다음 표 1은 시뮬레이션시 파라미터값들이다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

항목	값	항목	값
Time	50 sec	CBR interval	0.001~3 sec
STA	10	CBR size	210, 510
AP	1	Super Frame size	300 TU
Bandwidth	11Mbps	DSSS_CWMin	31
Buffer size	100	DSSS_CWMax	1,023
Slot size	20 $\mu$ s	ShortRetryLimit	7
MRLT	512 TU	RTSThreshold	3,000 bytes

TU : Time Units (1 TU = 1024  $\mu$ s)

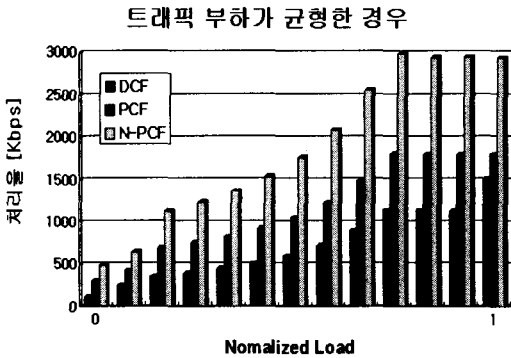


그림 6. 균형을 경우 처리율

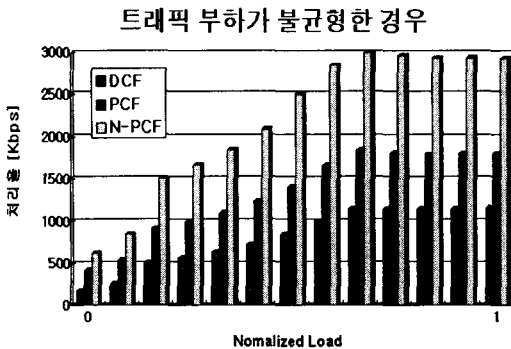


그림 7. 불균형을 경우 처리율

그림 6과 7은 각 기법의 처리율을 보여주고 있다. 제안한 New-PCF 기법은 균형을 경우와 불균형을 경우 모두에서 처리율 상승을 가지고 왔으며 특히 불균형을 경우 기존의 DCF, PCF 보다 향상된 처리율을 보였다. 특히 PCF와 비교하여 균형을 경우 최대 28%, 불균형을 경우 최대 34%정도 더 높은 처리율을 보였다. 전송 실패율은 트래픽의 부하가 커질 수록 늘어나 트래픽의 로드가 커지면서 급격하게 증가하는 양상을 보였으며 처리율과의 상대적인 비교에서는 반비례하는 양상을 보였다.

5. 결론

IEEE 802.11b는 매체접속제어 부계층으로 경쟁기반의 DCF와 QoS를 만족시키기 위한 PCF를 사용한다. 본 논문에서는 PCF가 현재 단순 Round Robin 방식으로 실시간으로 변하는 데이터의 흐름에 적응적으로 서비스 할 수 없는 부분을 개선하여 트래픽의 부하가 큰 채널을 선택, 가중치를 주어 폴링 리스트를 수정한 New-PCF 방식을 제안하였다. 그리고 DCF, PCF와 비교하여 시뮬레이션 결과를 통해 높은 성능의 시스템을 구축할 수 있는 방법을 검증했다.

이는 IEEE 802.11b 뿐 아니라 DCF와 PCF를 공용으로 사용하고 있는 802.11x 여러 모델의 MAC, 즉 QoS MAC을 지향하고 있는 IEEE 802.11e와 새롭게 표준화중인 높은 대역폭의 IEEE 802.11n 경우에는 수정된 기법을 큰 변수 없이 적용하여 성능의 향상을 이끌어 낼 수 있을 것이다.

Acknowledgement

이 연구는 ETRI(한국 전자 통신 연구원)와 한국과학재단 여자대학교 기반 확충 과제 (R06-2002-003-01004-0 (2003))의 지원을 받아 수행되었습니다.

\* 참고문헌

- [1] Z.Chen, and A. Khokhar, " Improved MAC protocols for DCF and PCF modes over fading channels in wireless LANs," *IEEE Wireless Communications and Networking*, Vol. 2, pp. 1297-1302, Mar. 2003
- [2] L. Xu, X. Shen, and W. Jon, "Dynamic Bandwidth Allocation with Fair Scheduling for WCDMA Systems," *IEEE Wireless Communications*, Vol. 9, pp. 26-32, Apr. 2002
- [3] S. Sharma, K. Gopalan, N. Zhu, P. De, G. Peng, and T. C. Chiueh. "Implementation Experiences of Bandwidth Guarantee on a Wireless LAN," In *ACM/SPIE Multimedia Computing and Networking (MMCN 2002)*, January 2002.
- [4] Z. H. Velkov and B. Spasenovski. "Capture Effect in IEEE 802.11 Basic Service Area Under Influence of Rayleigh Fading and Near/Far Effect," In *The 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Communications*, 2002.
- [5] IEEE. "IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications," *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, November 1999.
- [6] A. K. Parekh, and R. G. Gallager, "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks: The Single-Node Case," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 1, pp. 344-357, Jun. 1993