

IEEE 802.11b 무선 LAN에서 전력절감모드의 전력 절약 효과 및 통신성능 분석

권도한^o 박창윤 정충일

중앙대학교 컴퓨터공학과

dohan71@wm.cau.ac.kr^o, cypark@cau.ac.kr, cijung@yeojoo.ac.kr

Experiments on the Energy Saving and Performance Effects of IEEE 802.11b Power-Saving Mode (PSM)

Kwon Do-Han^o, Park Chang-Yun, Jung Choong-Il

Dept. of Computer Science and Engineering, Chung-Ang University

요 약

IEEE 802.11 표준에서 지원하는 전력절감모드(Power-Saving Mode)의 실제 전력 효율성과 통신 성능의 차이를 다양한 트래픽 환경에서 실험한다. 그리고 전력절감모드로 운영 중인 스테이션이 다른 스테이션의 통신 성능에 미치는 영향도 조사한다. 일반적으로 전력절감모드는 전력 소비면에서는 효율적이지만 통신 성능을 저하시킨다. 그러나 트래픽의 종류에 따라 통신 성능의 저하에는 차이가 발생하며 별도의 혼잡제어를 하지 않는 트래픽의 경우에는 전력절감모드의 운영이 성능면에서 의미가 있음을 확인하였다.

1. 서론

802.11 네트워크를 지원하는 많은 어댑터와 액세스 포인트(AP)가 보급으로 무선 네트워크 기능은 보편화되어 가고 있다. 무선 네트워크 기능은 일반적으로 노트북과 같은 이동 컴퓨팅 환경에서 사용되며, 이동 컴퓨팅 환경은 그 특성상 배터리와 같이 사용가능한 시간이 유한한 전력을 사용한다. 따라서 무선 네트워크 기능과 전력은 밀접한 관계를 가지고 있다.

802.11 네트워크에서는 전력의 효율적인 사용을 위해 전력절감모드(Power-Saving Mode)를 지원하고 있다. 이는 이동 스테이션(STA)이 주기적으로 수면(sleep)상태로 전환하면서 그 기간 동안의 소비 전력을 줄이는 방식이다. 전력절감모드는 전력 소비 측면에서는 장점이 될 수 있지만 처리량 등의 통신 성능 면에서는 지속적인 데이터의 송수신이 이루어지지 않으므로 일반모드로 운영될 경우보다 저하될 수 있다.

본 논문에서는 802.11 네트워크가 지원하는 전력절감모드의 실제적인 효과가 어떠한지를 실험을 통해 알아보았다. 전력절감모드가 얼마만큼의 전력을 절약할 수 있는지 알아보고, 전력절감모드를 사용하는 스테이션의 통신 성능과 같은 기본 서비스 셋(Basic Service Set)에 있는 다른 스테이션에는 어떤 영향을 미치는지 살펴보았다.

실험은 특징적인 트래픽을 발생하는 대표적인 프로토콜을 사용하여 트래픽에 따른 영향을 알아보았다. 전력절감모드 자체 성능 실험에서는 전력절감모드가 통신 주기의 절반을 수면상태에 있을 경우에 통신 성능이 절반 정도 저하될 것으로 예상했지만 트래픽의 종류에 따라 조금씩 차이를 보였다. 그리고 스트림 데이터와 같이 별도의 혼잡제어를 수행하지 않는 경우 미미한 성능 저하를 보였다. 그리고 전력절감모드를 사용하지 않는 이웃 스테이션에 미치는 영향을 실험해본 결과, 일반적인 경우에는 긍정적인 효과를 보였으나 전력절감모드로 스트림 데이터를 송수신하고 있는 경우에는 이웃 스테이션에 부정적인 결과를 보임을 발견하였다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 구성된다. 2장에서 IEEE 802.11의 전력절감모드에 대해서 알아본다. 3장에서 전력절감모드로 운영 중인 스테이션의 자체 성능에 대해 알아보고, 4장에서는 전력절감모드로 운영 중인 스테이션이 있는 경우 다른 스테이션에 미치는 영향에 대해서 알아본다. 5장에서 본 논문에 대한 결론과 향후 연구에 대해서 설명한다.

2. IEEE 802.11의 전력절감모드

이동 스테이션의 전력은 도시바사의 410 CDT 모바일 컴퓨터의 경우를 예로 들어 디스플레이에 의한 전력소비가 36%, 중앙처리장치 및 메모리에 의한 전력소비가 21%, 무선 네트워크 어댑터에 의한 전력소비가 18% 정도 소비된다[1]. 비교적 많은 전력을 사용하는 무선 네트워크 어댑터의 전력절감을 위해 IEEE 802.11 표준에서는 전력절감모드를 지원한다.

전력절감모드로 동작 중인 스테이션은 듣기 간격(Listen Interval)이 만료될 때까지 데이터의 송수신이 없으면 수면상태로 전환하여 전력을 최대한 절약한다. 만약 수면상태에 있는 동안 전송해야 할 데이터가 액세스 포인트에 도착하면 이 데이터는 액세스 포인트에 버퍼링되며, 액세스 포인트가 비콘(Beacon) 프레임의 트래픽 지시 맵(Traffic Indication Map)을 통해 수면상태인 스테이션에게 버퍼링된 데이터가 있음을 알린다.

버퍼링된 데이터가 있다는 것을 알게된 스테이션은 PS-Poll 프레임은 액세스 포인트에게 보내고 대기상태로 전환하여 버퍼링된 데이터를 수신한다. 따라서 전력절감모드로 운영될 경우에는 주기적으로 수면 상태로 전환하여 불필요한 전력 소비를 줄이기 때문에 일반모드보다 효율적인 전력을 관리할 수 있게 된다.

3. 전력절감모드 자체 성능

전력절감모드의 자체 성능을 실험하기 위해서 다음 2가지 주제로 확인하였다. (1)전력절감모드는 일반모드에 비해 성능의 차이는 얼마나 발생하는가? (2)일반적인 트래픽 환경에서 전력절감모드의 실제 전력 절약 효과

있는가?

3.1 전력절감모드의 처리 성능

실험 환경은 그림1과 같이 2대의 서버와 1대의 액세스 포인트, 11Mbps 속도로 연결된 2대의 스테이션으로 구성된다. 그리고 무선으로 전송되는 데이터를 확인하기 위해 1대의 무선 스니퍼(sniffer)가 사용된다.

실험은 트래픽을 생성하기 위해 STA2가 Ping 통신을 하는 동안, 서버1에서 STA1으로 FTP 통신을 하여 수면 주기가 50%인 전력절감모드일 때와 일반모드로 동작 중인 경우 얼마만큼의 전력 절약 효과가 있는지 확인한다.

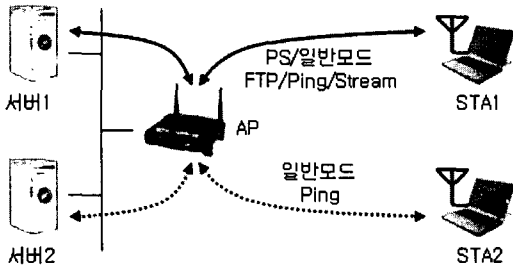


그림1 전력절감모드 자체 성능 실험

실험은 대표적인 트래픽을 발생시키는 3가지 상황에서 이루어졌으며 각 실험 내용은 다음과 같다.

1) FTP

서버1에서 STA1으로 10MB, 100MB 크기의 파일을 모드로별 각각 실험하여 성능을 비교하였다. 표1에서 보는 바와 같이 일반모드에 비해 전력절감모드에서 68% 정도의 성능 저하가 발생하였다.

표1 FTP에서의 데이터 처리성능

파일크기	10MB	100MB
PS 모드	113 KB/s	123 KB/s
일반모드	344 KB/s	384 KB/s
성능비(PS/일반)	-68%	-68%

실험 결과를 보면 예상보다 성능 저하의 폭이 크다. 이 현상의 이유는 액세스 포인트에서 이동 스테이션으로 데이터 전송이 지연됨에 따라 TCP의 혼잡제어가 작동하기 때문으로 분석된다. 즉, 원활한 데이터 통신이 이루어지지 않는다고 판단하여 적당한 처리속도로 TCP에서 자체적으로 성능을 떨어뜨리기 때문이다.

2) Ping

데이터가 단발적인 트래픽을 발생하는 Ping 데이터에 대해서는 응답시간으로 실험을 하였다. 이 때 액세스 포인트의 비콘주기를 조절하여 실험하였다.

표2 Beacon 주기별 Ping 데이터의 응답시간

비콘주기	PS 모드			일반모드
	평균(ms)	최대(ms)	최소(ms)	평균(ms)
50ms	31	94	10	10
100ms	59	188	10	10
200ms	135	407	10	10

표2에서 보는 바와 같이 비콘주기가 길어질수록 응답시간도 증가한다. 이 때 최대 응답시간은 비콘을 송신한 직후 Ping 요청이 도착하였을 경우 (2X비콘주기) 시간

만큼 응답 지연이 발생하는 것을 볼 수 있다.

3) Stream

혼잡제어를 하지 않는 스트림 데이터의 경우에는 표3에서 보는 바와 같이 FTP에 비해 성능 차이가 적은 것을 알 수 있다.

표3 Stream 데이터의 처리성능

파일크기	10M	80M	700M
PS 모드	43 KB/s	65 KB/s	179 KB/s
일반모드	55 KB/s	73 KB/s	182 KB/s
성능비(PS/일반)	-22%	-11%	-2%

스트림 데이터 전송 시 상대적으로 적은 성능 차이를 보이는 것은 혼잡 제어를 하지 않는 UDP를 기반으로 하기 때문으로 분석된다.

3.2 전력절감모드의 전력 절약 효과

전력절감모드가 실제로 전력 절약의 효과가 있는지 알아보기 위한 실험으로 10MB 크기의 파일을 FTP 통신에서 모드별 송/수신 상태와 대기/수면 상태를 알아보았다. 전체 소비전력을 계산하기 위해서는 먼저 각 상태별 소비되는 전력량을 조사해야한다. 표4는 이러한 상용 무선 LAN에서 소비되는 전력량을 나타낸다[2]. 표4에서 보면 수면상태에서 소비전력이 가장 적고, 데이터 송수신이 없는 대기 상태에서의 전력소비가 수신 상태와 큰 차이가 없다는 알 수 있다. 따라서 스테이션이 통신을 하지 않을 때에는 대기상태보다는 수면상태로 있는 것이 전력 효율성을 높일 수 있다는 것을 예상할 수 있다.

표4 무선 LAN 상태에 따른 전력 소비량

전송속도	송신상태	수신상태	대기상태	수면상태
11Mbps	1.35W	0.91W	0.74W	0.05W
2Mbps	1.38W	0.97W	0.84W	0.06W

실험 결과는 표5의 내용과 같다. 전력절감모드는 데이터의 처리 성능 저하로 인해 일정한 데이터양을 처리하는데 오랜 시간이 걸리지만, 수면상태인 경우가 대기상태에 비해 전력 소비가 현저히 떨어지기 때문에 전체적인 전력의 이득을 가져올 수 있다.

표5 통신 모드별 전력 소비량

	송신패킷	수신패킷	대기상태 (ms)	수면상태 (ms)	소비전력 (W)
PS 모드	622	7819	850	31720	11.03
일반모드	533	8684	3780	0	13.48

4. 전력절감모드가 네트워크에 미치는 영향

4장에서는 STA1이 전력절감모드로 동작 중일 때 같은 기본 서비스 셋에 일반모드로 동작하는 STA2의 통신 성능에 어떤 영향을 미치는지 알아본다. 실험 환경은 그림 2와 같이 구성하였다. 실험은 STA1의 모드에 따라 100MB 크기의 파일을 FTP로 전송받는 STA2의 성능 차이를 알아본다.

1) FTP

STA1이 FTP로 파일 전송 중이고 모드가 변함에 따라 STA2의 성능 차이 결과는 표6에서 볼 수 있다. 일반모드보다 전력절감모드일 때 STA2의 성능이 향상된 것을 알 수 있다. 이것은 일반모드로 동작 중일 때에 비해

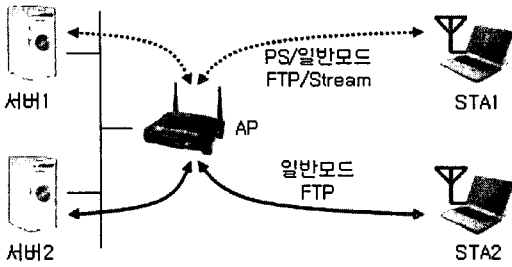


그림2 전력절감모드가 다른 STA에 미치는 영향 실험

STA1이 수면상태로 있는 동안 STA2가 파일을 전송할 수 있는 기회를 더 많이 확보하기 때문이다.

표6 FTP 통신에서 STA1 모드에 따른 STA2의 영향

STA1의 동작	STA2의 성능	
	소요시간(분'초")	처리성능(KB/s)
PS 모드	4' 21"	383
일반모드	6' 23"	261
성능비(PS/일반)		+46%

2) Stream

STA1이 스트림 데이터를 전송 중일 때 STA2의 성능은 다른 트래픽과 달리 오히려 성능이 저하되는 것을 표7에서 알 수 있다.

표7 Stream 데이터 전송에서 STA1 모드에 따른 STA2의 영향

STA1의 동작	STA2의 성능	
	소요시간(분'초")	처리성능(KB/s)
PS 모드	5' 43"	291
일반모드	5' 27"	305
성능비(PS/일반)		-5%

일반모드로 운영 중인 STA1은 그림3처럼 스트림 데이터는 일정한 주기로 버스트한 데이터를 수신하게 된다.

반면에 전력절감모드로 동작 중인 STA1은 그림4에서 보는 바와 같이 STA1의 대기 간격 주기로 데이터를 소량으로 꾸준히 수신하게 된다. 이 때, 대기/수신상태로 전환된 STA1은 버스트한 스트림 데이터를 전송받기 위해서 STA2와 경쟁하게 되고, 해당 구간에서 트래픽 처리 부하를 증가시키게 된다. STA2는 STA1이 대기/수신상태인 경우의 혼잡에 대비하여 전송량을 줄이게 되고, 결국 STA2의 전체적인 성능을 떨어트리는 결과를 가져온다.

5. 결론 및 향후 연구

IEEE 802.11 무선 랜 표준은 이동 스테이션의 유효한 전력의 효율적인 사용을 위해 전력절감모드를 제안하였다. 그러나 전력 효율성과 통신 성능에 대한 정량적 실험은 없었다. 본 논문에서는 전력절감모드의 자체적인 성능뿐 아니라 같은 기본 서비스 셋을 사용하는 다른 스테이션에 미치는 영향까지 실험을 통해 알아보았다.

전력절감모드는 전력을 절약하는 측면에서는 긍정적이었으나 통신 성능면에서는 부정적인 동작을 하였다. 그러나 트래픽의 종류에 따라 통신 성능의 차이가 발생한다는 것을 확인했다. 혼잡제어에 의해 전력절감모드로 운영 중일 때 예상보다 낮은 성능을 보인다는 것을 확인하였다. 반대로 혼잡제어를 하지 않는 스트림 데이터의

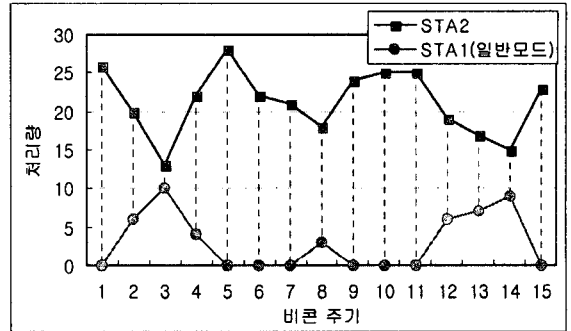


그림3 일반모드로 운영 중인 Stream데이터의 STA2에 대한 영향

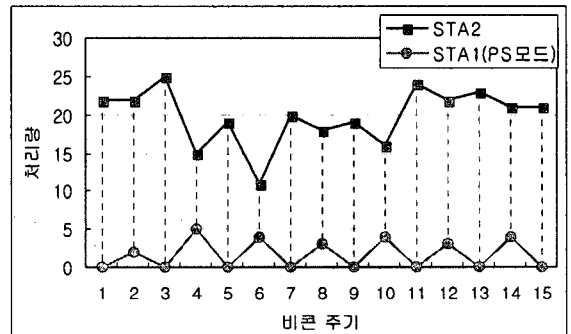


그림4 PS모드로 운영 중인 Stream데이터의 STA2에 대한 영향

경우에는 전력절감모드의 통신 성능이 미미하게 저하되었다. 따라서 이러한 환경에서는 전력절감모드가 운영 중인 스테이션에서는 전력 소비 대 성능면으로 의미가 있음을 알 수 있다. 그러나 이웃한 스테이션의 통신 성능을 떨어트릴 수 있다는 문제점이 있다는 것을 확인하였다.

향후에는 다양한 실험 인자를 가지고 전력절감모드의 성능을 실험하고, 혼잡제어를 하지 않는 트래픽을 전력절감모드로 동작 중일 때 이웃한 스테이션의 상대적인 성능저하 문제를 해결하기 위한 방법을 연구하도록 한다.

참고문헌

[1] Christine E. Jones, Krishna M. Sivalingam, "A Survey of Energy Efficient Network Protocols for Wireless Networks", *Wireless Networks Vol. 7*, pp343-358, 2001
 [2] S. Chandra, "Wireless Network Interface Energy Consumption Implications of Popular Streaming Formats", *MMCN*, January 2002
 [3] M. Rulnick, N. Bambos, "Mobile Power Management for Wireless Communication Networks", *Wireless Networks Vol. 3*, pp311-324, 1996
 [4] Lorch, J. R. and A. J. Smith, "Software Strategies for Portable Computer Energy Management", *IEEE Personal Communications 5(3)*, pp60-73, 1998
 [5] S. Rarnanathan, R. Mandal, "Low Power Solution for Wireless Applications", *ASP-DAC/VLSI Design 2002*, 2002
 [6] Ning Li, Hai Wnag, Shao-ren Zheng, "An Energy-Saving Scheme for Wireless LANs", *ICCT 2003*, 2003