

무선 ad hoc 네트워크에서 IEEE 802.11의 power management scheme에 관한 성능 분석

*이감록, 권욱현

서울대학교 전기컴퓨터공학부

e-mail : rokkam@cisl.snu.ac.kr, whkwon@cisl.snu.ac.kr

Throughput Analysis of Power Management Scheme of IEEE 802.11 DCF in Wireless Ad Hoc Networks

*Kamrok Lee, Wook-Hyun Kwon

School of Electrical Engineering and Computer Science
Seoul National University

Abstract

In this paper, using Bianchi's model with channel idle probability we analyze performance of power management scheme of IEEE 802.11 DCF according to ATIM window size and number of nodes for wireless ad hoc networks. The analytical results show that, when the number of nodes is given, the selected ATIM window size limits the performance.

I. 서론

무선 ad hoc 네트워크에서 무선기기들은 배터리로 동작하기 때문에 에너지 소모를 줄이는 것은 매우 중요한 일이며, 지금까지 에너지 소모를 줄이기 위한 많은 연구들이 진행되고 있다.

에너지 소모를 줄이기 위한 많은 연구 중에서 MAC 계층에서의 연구는 대부분이 IEEE 802.11에서 제공하는 power management scheme이라는 표준에 기반하고 있다. 그러나 정작 IEEE 802.11의 power management scheme (802.11PMS)에 관한 성능 분석은 미미하다. 따라서 본 논문은 Bianchi 모델을 이용하여 802.11PMS의 성능을 분석한다.

본 논문에서는 802.11PMS의 성능을 정해진 패킷 길이와 beacon interval 내에서, 노드 수와 ATIM window 길이를 변화시키며 다각도로 분석한다.

II. 802.11PMS의 성능 분석

802.11PMS 분석을 위해 본 논문에서는 ATIM window구간과 DATA window 구간을 나누어 접근한다. 802.11PMS 표준에 따라 ATIM window에서는 control packet을 교환하고 DATA window에서는 data packet을 교환한다. 그리고 두 구간 모두 CSMA/CA에 기반하여 packet을 교환한다[1]. N개의 노드가 네트워크에 존재하고 네트워크는 saturation 상태를 갖는다고 가정하면, N개의 노드는 데이터를 보내기 위해 ATIM window 구간에서 ATIM packet을 전송하는 경쟁을 한다. 따라서 ATIM window 구간에서 성공적으로 ATIM packet을 전송한 N_d 개의 노드들만이 DATA window 구간에서 데이터 전송에 참여한다.

따라서 ATIM window 구간에서 DATA window 구간에 참여하게 될 노드의 수인 N_d 를 구한 다음, N_d 를 이용하여 네트워크의 throughput을 구한다. 이를 위해 ATIM window구간과 DATA window 구간에는 idle 확률을 고려한 Bianchi 모델이 사용된다[2].

좀 더 쉬운 분석을 위해 본 논문에서는 송신 노드와

수신 노드는 1:1 대응 관계를 갖는다고 가정한다. 따라서 각 송신 노드는 ATIM window 구간에서 하나의 successful ATIM packet만을 전송한다. 즉, successful ATIM packet의 수가 곧 N_d 가 된다. N 개의 노드가 ATIM packet을 시도하여 하나의 노드가 packet 전송에 성공하면 그 다음에는 $N-1$ 개의 노드가 ATIM packet을 시도하게 된다. 따라서 ATIM window 구간을 T_a 라고 정의하고 N 개의 노드가 경쟁할 때 successful ATIM packet을 보내는데 걸리는 시간을 $T_{a,avg,N}$ 이라고 하면, $(k+1)$ 개의 ATIM packet을 보내는데 걸리는 시간 $D_{a,k}$ 는 다음과 같다.

$$D_{a,k} = T_{a,avg,N} + T_{a,avg,N-1} + \dots + T_{a,avg,N-k} \quad (1)$$

$$D_{a,k} \leq T_a \quad (2)$$

즉, 수식 (2)를 만족시키는 k 값이 있을 때 N_d 는 $\min(k+1,N)$ 이 된다.

이때 throughput을 구하기 위한 transmission probability τ 와 collision probability p_c 는 idle 확률을 고려한 Bianchi 모델로부터 다음과 같이 구해진다.

$$\tau = \frac{2p_c(1-2p_c)}{(1-p_c-p_c(2p_c)^m)W_0 + (2p_c-1)(1-2p_c)} \quad (3)$$

$$p_c = 1 - (1-\tau)^{N_d-1} \quad (4)$$

이때 N_d 개의 노드 중에 적어도 한 노드 이상이 전송할 확률 P_{tr} 과 그 중에서 한 packet이 성공적으로 전송될 확률 P_s 를 구하면 다음과 같다.

$$P_{tr} = 1 - (1-\tau)^{N_d} \quad (5)$$

$$P_s = \frac{N_d \tau (1-\tau)^{N_d-1}}{1 - (1-\tau)^{N_d}} \quad (6)$$

결국 위의 (3)-(6)까지의 수식을 이용하여 throughput S 는 다음과 같이 구해진다.

$$S = \frac{T_a}{T_{bi}} \frac{P_{tr} P_s^{l_{data}}}{(1-P_{tr})\sigma + P_{tr} P_s T_s + P_{tr} (1-P_s) T_{cc}}$$

III. 802.11PMS의 성능 분석 결과

성능 분석을 위해 본 논문에서는 1600bits의 packet을 사용하고 2Mbps의 channel rate에서 802.11의 DSSS system parameter를 사용하였다. Beacon interval은 200ms이고, ATIM window size와 노드 수를 변경하면서 성능을 분석하였다. 그림 1은 노드 수와 ATIM window size에 따른 802.11PMS의 성능 결과를 보여준다. 그림 1에서 보여주듯이 노드 수가 증가할 때 ATIM window 길이가 작을수록 성능이 더 증가함을 알 수가 있다. 이는 표 1에서 알 수 있듯이 ATIM 길이가 data window에 참여하는 노드 수를 제한하기 때

문이다. 반면, ATIM 길이가 작을수록 노드들간의 fairness가 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 fairness를 어느정도 보장하면서 throughput을 높일 수 있는 ATIM window 길이를 선정해야 한다.

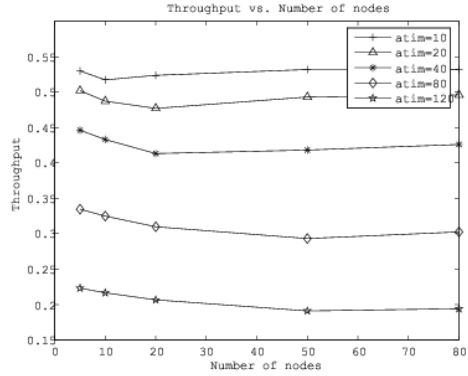


그림 1 노드 수와 ATIM window 길이에 따른 802.11PMS의 성능

표 1 ATIM 길이에 따른 N_d 의 수

atim	N=5	N=10	N=20	N=50	N=80
10ms	$N_d=5$	$N_d=9$	$N_d=9$	$N_d=4$	$N_d=3$
20ms	$N_d=5$	$N_d=10$	$N_d=14$	$N_d=8$	$N_d=7$
40ms	$N_d=5$	$N_d=10$	$N_d=20$	$N_d=17$	$N_d=13$
80ms	$N_d=5$	$N_d=10$	$N_d=20$	$N_d=39$	$N_d=27$
120ms	$N_d=5$	$N_d=10$	$N_d=20$	$N_d=50$	$N_d=42$

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 802.11PMS의 성능을 노드 수와 ATIM window 길이에 따라 분석하였다. 성능 분석 결과를 통해 throughput과 fairness에는 tradeoff가 있으면 이 두 가지 요소를 잘 만족시키는 적절한 ATIM window size를 선정하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있었다. 향후에는 non-saturation 상태를 고려한 성능 분석이 이루어질 것이다.

참고문헌

[1] "IEEE Std 802.11-1999: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications," Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 1999.
 [2] Giuseppe Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, pp. 535-547, 2000.