

802.11 Ad-Hoc 네트워크에서 Power Save Mechanism을 개선한

DAPSM 알고리즘

박재현⁰ 김성천

서강대학교 컴퓨터학과 고성능컴퓨터시스템연구실
(denespjh, ksc)@arqlab1.sogang.ac.kr

DAPSM algorithm that improve Power Save Mechanism in 802.11 Ad-Hoc Networks

Jae-Hyun Park⁰ Sung-Chun Kim
Dept. of Computer Science, Sogang University

요 약

최근 무선 네트워킹 장치들이 등장 하면서 제한된 배터리에 의존하는 무선 호스트들의 전력 절감은 중요한 이슈가 되었다. 특히 Ad-Hoc에서 배터리는 제한된 에너지를 제공하기 때문에 무선 호스트에 의해서 소모되어지는 에너지의 양을 감소시키기 위한 기술은 대단히 중요하다. 특히 MAC 과 라우팅 에서 전력 절감을 이루기 위한 논문들이 기존에 발표 되었다. 이 논문에서는 IEEE 802.11 표준의 DCF (Distributed Coordination Function) 에서의 전력 절감 메카니즘을 향상 시킨 논문이다.

DCF를 위한 IEEE 802.11 전력 절감 메카니즘에서는 비콘 간격이라는 시간으로 나누어지며 또한 이러한 각각의 비콘 간격이 시작될 때 각각의 노드들은 ATIM 창 동안 깨어 있어야 한다. 물론 모든 노드는 같은 시간에 깨어 있기 위해서는 동기화 되는 것이 필요하다. ATIM 창 동안 노드들은 비콘 기간 동안 깨어 있는 상태로 있을 것인지를 결정하기 위해서 control packet을 교환 한다. 이러한 ATIM 창 크기는 각각의 노드들의 전력 절감에 상당한 영향을 미친다. 따라서 이 논문은 ATIM 창 크기를 동적으로 증감시켜서 보다 에너지 효율을 발휘 하고자 하는 논문이다.

1. 서론

이동 Ad-Hoc 네트워크를 구성하는 대부분의 노드는 이동성을 지원하기 위해 제한된 용량의 배터리를 에너지원으로 사용한다. 물론 경우에 따라서 이동 노드가 차량에 탑재되어 일시적으로 안정된 에너지 공급이 가능하거나, 또는 고정된 형태의 장치로서 지속적인 에너지 공급이 가능할 수도 있다. 그러나 일반적으로 노트북 PC나 PDA 또는 센서를 가진 이동 장치 형태를 예상할 수 있는 이동 노드로서는 안정된 에너지의 공급이 어렵고, 이와 같은 에너지의 제약은 라우팅 프로토콜 설계에도 큰 영향을 준다. 예를 들어, 현재 에너지 수준이 낮은 노드가 많은 트래픽을 라우팅하게 되면 해당 노드의 배터리 잔량이 점점 작아져서 끝내는 이 노드를 경유하는 모든 경로들은 사용할 수 없게 된다. 따라서 노드들의 에너지 상태를 고려하여 경로를 선택해야 안정적인 데이터 전송이 가능 하다. 또한, 이러한 에너지 제약은 링크의 단 방향 전송 상태를 발생시키기도 한다. 에너지가 많은 노드의 무선 전송 거리가 에너지가 적은 노드의 무선 전송 거리보다 멀기 때문에 에너지가 많은 노드에서 적은 노드로의 전송은 가능하나 반대인 경우는 불가능 할 수도 있다. 따라서 효율적인 에너지 사용 또는 에너지를 절약할 수 있는 메커니즘 등이 영구적인 배터리의 개발 등의 근본적인 문제와 맞물려서 고려되어야 한다[2-4].

Ad-Hoc에서는 중앙에서 집중 관리자가 없기 때문에 분산 시스템을 사용해야 하는데, 각각의 노드들은 다른 노드들이 잠드는 것을 방지하기 위하여 ATIM(통지 트래픽 메시지, Announcement Traffic Indication Messages)를 사용한다. 이것은 모든 노드들이 비콘 전송 후, 특정 시간 동안 ATIM 프레임을 듣는다. 노드들이 다른 노드들을 위한 버퍼링된 데이터를

가지고 있다면, 통보로써 ATIM 프레임을 보낼 수 있다. ATIM 프레임은 기다리는 데이터가 있음을 의미하므로 사실상 트랜시버를 유지하는 메시지다. ATIM 프레임을 수신하지 않은 스테이션은 전력 절감 모드로 자유롭게 들어갈 수 있다[1].

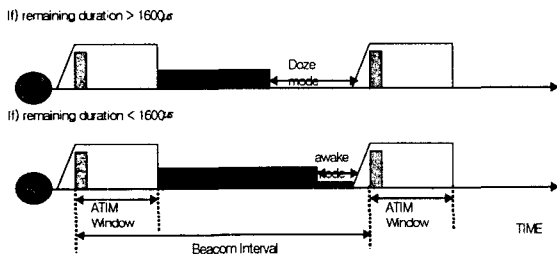
그러나 이러한 ATIM 창은 비콘 간격이라고 하는 데이터 전송기간 동안 차지하는 비중이 크며 비효율적이기 때문에 이러한 ATIM 창을 동적으로 변화 시켜 전력을 절감하고자 하는 논문들이 제시 되었고 본 논문에서는 이에 대한 문제점 및 해결책에 대해서 동적으로 ATIM 창을 효율적으로 변화 시켜 전력 절감을 하고자 하는 DAPSM(Dynamic ATIM Power Save Mechanism)이라는 새로운 알고리즘을 제시하여 기존의 문제점들을 해결 하고자 하였다.

2. 관련 연구 및 DPSM 알고리즘

DCF 에서의 동작을 응용한 몇몇 관련된 알고리즘을 살펴보면 먼저 Juan Carlos Cano 에 의해서 제시된 알고리즘은 RTS(Request-To-Send) 와 CTS(Clear-To-Send)를 교환하는 동작을 응용하여 주변 노드들이 이러한 동작을 overhear 했을 경우에 주변 노드들은 전력 절감 모드로 들어가게 된다. 이러한 알고리즘은 기존의 기법 보다는 전력 관리 차원에서는 효율적이지만 빈번하게 깨어있거나 또는 전력 절감 모드로 되기 때문에 불필요한 전력을 낭비한다는 단점이 있다[4]. 다음은 Benjie Chen에 의해 제안된 SPAN 알고리즘이다. 이것은 주기적으로 변화 하는 "coordinators" 와 "non-coordinators" 라는 그룹을 각각 형성한 후 coordinators 그룹은 활성화상태로 전환

하여 데이터를 전송하며 non-coordinators 그룹은 전력 절감 상태로 남는다[5]. 또한 Nitin H. Vaidya 에 의해서 제시된 알고리즘은 802.11에서 사용할 수 있는 14개의 채널 중에 통신을 위해서 사용할 수 있는 1, 6, 그리고 11번 채널 중 2개의 채널을 사용하여 control packet 과 data packet을 각각 따로 보냄으로서 보다 효율적인 전송 속도와 전력을 절감 하고자 하였다. 그러나 이러한 알고리즘의 단점은 두개의 채널을 사용함에 있어서 각기 다른 채널로 전환하기 위한 장치가 필요하다는 것이 단점이다[6].

최근에 제안된 DPSM(Dynamic Power Saving Mechanism)을 살펴보면 ATIM 창 크기를 동적으로 증감 시키기 위한 몇 가지 규칙이 있다[4]. DPSM의 주요한 특징을 살펴보면 먼저 IEEE 802.11에 명시 되어 있는 PSM(Power Saving Mechanism)과의 두드러진 차이점 두가지중 첫째는 ATIM 창이 동적으로 변화한다는 것이고 둘째는 데이터를 전송하는 비콘 간격 동안 저장된 데이터의 전송이 끝난 후에 남은 기간 동안 전력 절감 상태로 바뀐다는 것이다.



깨어 있는 상태에서 전력 절감 모드로 변화하는데 800 마이크로 세크가 필요하며 전력 절감 모드에서 깨어 있는 상태로 변화 하는데 800 마이크로세크가 필요하므로 전체 1600 마이크로세크가 걸린다. 따라서 남겨진 비콘 간격이 1600 마이크로세크 이상이면 전력 절감 모드로 변화되고 그렇지 않을 경우에는 그대로 깨어 있는상태로 남겨진다. 위의 그림은 그러한 상태를 표현 하였다. 또한 DPSM 알고리즘의 ATIM 창 크기를 변화시키기 위한 몇 가지 작동원리를 살펴보면

1. ATIM 창 동안 알리지 못한 패킷들의 수가 10개 이상일 경우에는 다음 비콘 간격에서 해당 노드의 ATIM 창의 크기를 1레벨 증가 시킨다. 이 알고리즘 에서 1레벨은 2 마이크로 세크의 크기 이다.
2. 노드들의 상태를 overhear 하면서 이웃한 노드의 창 크기가 2레벨 이상 더 클 경우에도 역시 다음 비콘 간격에서 해당 노드의 창 크기를 1레벨 증가시킨다.
3. ATIM 창이 종료된 이후에 다른 노드로부터 ATIM 프레임 받았을 경우 예도 다음 비콘 간격에서 해당 노드의 창 크기를 1레벨 증가 시킨다.
4. 마지막으로 ATIM 프레임은 하나의 비콘 간격 동안 3번의 재 전송으로 제한 한다. 만약 ATIM-ACK를 3번의 재 전송 후에도 받지 못한다면 패킷은 "mark"되며 다음 비콘에 전송하기

위해서 다시 저장 된다. 이렇게 다시 저장된 패킷은 다음 ATIM 창 동안에 재 전송된다. 이러한 경우에 marked 된 패킷을 전송 받았을 경우에는 다음 비콘 간격에서 해당 노드의 창 크기를 1레벨 증가 시킨다.

5. 만약 위의 경우에 해당 되지 않는다면 1레벨 감소시킨다.

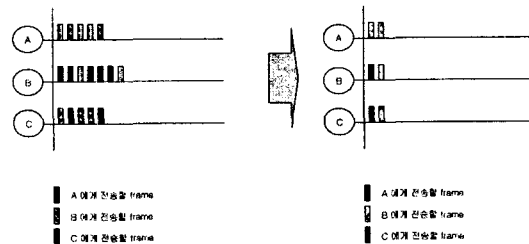
이러한 DPSM 알고리즘은 주요한 단점을 내포한다. 즉, 정해진 증감 규칙을 통해서 해당 규칙이 적용되면 다음 비콘 간격에서 1레벨(2 마이크로세크) 만큼 증가시키기 때문에 각 노드들의 ATIM 창 크기의 차이가 클 경우 모든 트래픽 상황에 적용시키기에 무리다. 왜냐하면 한번의 비콘 간격 동안 증감하는 ATIM 창의 크기가 1레벨로 정해져 있기 때문이다. 또한 전송해야할 패킷의 수가 많으면 많을수록 위와 같은 이유로 비효율적이다.

3. ATIM 창을 동적으로 할당하는 알고리즘

3.1 제안 기법 (DAPSM)

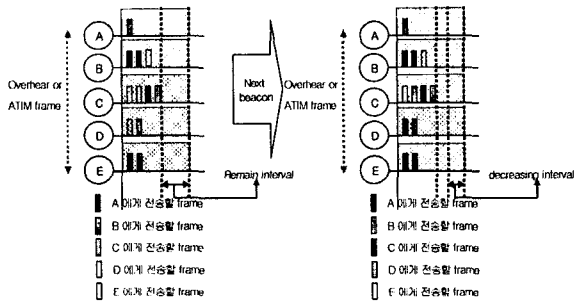
본 논문에서 제안하는 알고리즘의 핵심 아이디어는 다음과 같다. ATIM 창 크기가 작은 경우에는 트래픽을 통치하기 위한 시간이 충분하지 않으며 반대의 경우에는 실제 데이터를 전송하기 위한 시간이 충분하지 않으며 에너지 소모가 크다는 것을 고려한 후 이러한 상황을 효율적으로 수정하기 위해서는 전체 네트워크의 상황을 고려한 노드들의 시뮬레이션 결과를 통해 가장 최적의 증감 interval 만큼 ATIM 창 크기를 변화 시킨다는 것이다. 또한 각각의 노드들이 각기 다른 ATIM 창 크기를 할당 하는 것이 아니라 모든 노드들이 같은 크기의 ATIM 창 크기를 가지므로 데이터 전송상의 실패를 최대한 방지 했으며 끝으로 같은 interval에서 같은 노드에 특정 간격을 두고 전송하는 다른 ATIM 프레임에 대해서는 하나의 ATIM 프레임이 모든 정보를 포괄하여 전송한다는 것이 DAPSM 알고리즘의 가장 큰 특징이다.

제안된 DAPSM 에 대해서 구체적으로 살펴보면 먼저 하나의 노드가 보내야 할 프레임 패킷에 대해서 각각의 수신자 별로 하나씩 random 하게 정렬을 한 후 전송해야할 하나의 ATIM 프레임에는 보내야 할 정렬된 프레임 패킷들에 대한 ATIM 창 크기에 대한 정보를 전송한다.



위의 그림은 A, B, C 3개의 노드가 서로 교환 하기위한 ATIM 프레임에 대해서 수신자 별로 하나의 ATIM 프레임에 정보를 담고 보내야 할 순서를 random하게 정렬하는 그림이다.

다음 알고리즘의 내용은 ATIM 창 크기의 증감에 관한 설명이다. 이것은 DPSM 과는 달리 전체 노드의 ATIM 창 크기를 같은 크기로 한다. 모든 노드의 ATIM 창 크기가 같은 경우 각각 다른 크기의 ATIM 창을 가지고 있는 경우보다 ATIM 프레임의 재 전송이 줄어들게 된다. 더불어 기존의 DPSM 에서는 증감 시간을 1레벨로 정해 놓았으나 제안된 알고리즘 DAPSM 에서는 시뮬레이션 결과를 통하여 증명 되어진 증감 interval을 사용한다.



이러한 증감 interval은 시뮬레이션 결과분석에 따른 것이며 효율적인 증감 interval은 남겨진 ATIM 창 크기의 53%씩 감소시키는 것이 가장 좋은 결과를 가져왔으며 증가 interval은 전체 ATIM 크기의 19%씩 증가 시키는 것이 가장 좋은 결과를 나타내었다.

3.2 실험

각 알고리즘의 비교에서는 현재 가장 많이 사용하고 있는 802.11 PSM 과 최근에 제안된 DPSM 기법과 이 논문에서 제안한 기법을 비교 하였다. 여기서는 특히 무선에서의 loss율이 높다는 가정 아래 25초 동안의 시뮬레이션에서 각각 5초마다 다른 네트워크 load 를 주었다. 처음 5초는 50%, 10초 10%, 15초 20%, 20초 30%, 25초 40%로 주었고 만약 네트워크 로드 가 10%이고 트래픽 source 의 bit rate는 2Mbps 일 경우 $0.1 \times 2 = 0.2\text{Mbps}$ 와 같이 구하였다. 그리고 노드는 8, 16, 32, 64 개를 시뮬레이션 하였으며 각각의 노드들중 절반은 source 노드와 나머지 절반은 destination 노드로 구분 하였다. 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘인 DAPSM 이 기존의 802.11 PSM 기법 보다 17.66% 가 향상됨을 보였고 DPSM 기법 보다는 3.41% 향상됨을 보였다.

4. 결론

DAPSM 기법은 기존에 ATIM 창 크기를 조절하여 전력 절감을 하고자 한 기법들 중 가장 최근에 제시된 DPSM 기법의 문제점을 해결하고자 제안 하였다. DPSM 기법은 트래픽 양이 집중되거나 많이 질 경우에 큰 문제점을 안고 있다. 이와 같은 경우는 예상하지 못하는 네트워크 상황에서 빈번하게 발생 할 수 있다. 따라서 노드 각자의 ATIM 창을 고려하여 크기를 조절하는 것이 아닌 전체 네트워크의 트래픽 양을 고려하여 ATIM 창 크기를 조절하고자 하였으며 또한 DPSM 은 각각의 노드가 ATIM 창 크기가 다르기 때문에 빈번하게 ATIM 프레임의 재 전송 및 drop 이 발생한다. 이러한 단점을 극복하고자 모든 노드들은 동적인 같은 ATIM 창 크기를 가진다.

이처럼 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 트래픽 양이 집중되거나 많은 경우에도 최적의 ATIM 창 크기를 할당 하여 조절함으로써 최대한의 전력 절감을 이룰 수 있었고 또한 패킷이 버려지거나 재 전송 되는 상황을 최대한 방지함으로써 전체적인 throughput 도 좋아 질것으로 예상된다. 하지만 Ad-Hoc 에서는 무선 노드들의 이동성이 충분히 고려되어야 하지만 본 논문에서는 이러한 무선 노드들의 이동성은 고려되지 않았다. 따라서 향후에는 무선 노드들의 이동성을 충분히 고려한 전력 절감 모드에 관한 연구를 확장시키려고 한다.

5. 참고 문헌

- [1] Mike Loukides, "802.11 Wireless Networks The Definitive Guide", O'REILLY, 2002.
- [2] IEEE 802.11 Working Group, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications," 1997.
http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Documents/Document Archives/1992_docs/1192140.DOC.
- [3] Suresh Singh, Mike Woo, and C. S. Raghavendra, "Power-aware routing in mobile ad hoc networks," in MOBICOM '98, Oct 1998. pp. 181-190.
- [4] Juan Carlos Cano and Pietro Manzoni, "Evaluating the energy-consumption reduction in a MANET by dynamically switching-off network interfaces," in Proc. of the 6th IEEE Symposium on Computers and Communications, Jul 2001, pp. 186-191.
- [5] Benjie Chen, Kyle Jamieson, Hari Balakrishnam, and Robert Morris, "Span: An energy-efficient coordination algorithm for topology maintenance in ad hoc wireless networks," in MOBICOM 2001, Jul 2001. pp. 85-96.
- [6] Eun-Sun Jung and Nitin H. Vaidya, "An Efficient MAC Protocol for Wireless LANs", in MOBICOM Oct 2002, <http://citeseer.nj.nec.com/jung01energy.html>.