
IEEE 802.11기반 다중 홉 Ad Hoc 망에서 Beacon 간격에 따른 Power-Saving 프로토콜의 성능분석

김동일* · 김동현*

Analysis of Power-Saving Protocols through Beacon Interval
in Multi-hop Ad Hoc Networks based on IEEE 802.11

Dong-il Kim* · Dong-hyun Kim*

요약

이동 무선 네트워크는 기지국이나 AP(access point)와 같은 하부구조(infrastructure)를 가지는 네트워크와 하부구조가 없는 애드 홉 네트워크(Ad Hoc Network)로 나눌 수 있다. 애드 홉 네트워크는 고정된 하부 구조가 없는 것이 특징이기 때문에 이동 노드들끼리 데이터를 전달할 수 있어야 하는데, 이를 위해 각 이동노드들은 유선 망의 라우터 기능을 수행해야 한다. 이 두 네트워크의 약점을 보완하기 위해 802.11기반 애드 홉에 대한 연구가 많이 진행 중이다. 본 논문에서는 IEEE 802.11기반 다중 홉 애드 홉 망에서 비콘 간격에 따른 power saving 프로토콜을 비교 분석하여 제안된 프로토콜의 효율성을 제시하고자 한다.

ABSTRACT

The mobile radio networks can be divided into networks that has the base station or the infrastructures like AP(Access Point) and Ad Hoc network that hasn't any infrastructures. As there aren't any fixed infrastructures in Ad Hoc Networks, mobile nodes should transmit the data only among mobile nodes themselves. To supplement these weakpoints of the two networks, many studies about Ad Hocs based on the 802.11 are in progress. In this thesis, we try to propose the efficiency of the suggested protocols by comparing and analyzing power saving protocols according to the Beacon intervals in multi hop Ad Hoc Networks based on IEEE 802.11.

키워드

Ad Hoc, IEEE 802.11, Power Saving

1. 서론

무선랜의 개발을 위해 IEEE 802.11표준이 만들어지고, 무선랜 기술의 확장을 위해 애드 홉 기술이 사용될 수 있다. 다양한 네트워크 구조들 중에서 MANET(Mobile Ad Hoc NETWORK)은 최근 집중적으로 연구되고 있는 분야이다. MANET이

란 일련의 모바일 호스트들에 의해 구성되며, 서로의 의지대로 통신하여 주위를 로밍 할 수 있다. 이러한 환경에서는 기지국이 지원되지 않으므로 모바일 호스트는 다중홉의 방법으로 서로 통신해야 할 것이다. 무선 장비들의 특징이라고 하면 언제나 가지고 다닐 수 있는 이동성과 편리성 등을

*동의대학교 정보통신공학과

접수일자 : 2003. 12. 2

들수 있을 것이다. 유비쿼터스(Ubiquitous) 컴퓨팅은 경량, 소형, 이동 가능한 컴퓨팅 장치들의 능력과 무선통신기술의 진보로 인해 가능해지고 있다. 모바일 호스트들은 배터리에 의해 운영될 때가 많고, 배터리에 의해 제공되는 전원은 한정될 수밖에 없다. 그래서 모바일 호스트들에 의해 에너지 소비를 줄이는 기술들이 고안되고 있다. 배터리 전원에 의해 지원되는 거의 모든 이동가능한 장비들에 대한 중요한 하나의 문제점은 전원의 소비를 줄이는것이다. 배터리의 전원은 자원이 한정되어 있고, 배터리 기술은 컴퓨팅과 통신기술만큼 빨리 진보하지 못하고 있다. 따라서 배터리의 사용시간을 어떻게 늘릴 수 있는가 특히 배터리에 의해 지원되는 MANET에게는 중요한 문제이다.

2. 본 론

전원의 사용을 줄이는 방법 및 IEEE 802.11의 PS(Power Saving)모드에 대해 분석하였다.

2.1 IEEE 802.11에서 DCF(Distributed Coordination Function)의 파워절약 메커니즘

그림1은 DCF내에서의 PSM(Power Saving Mechanism)을 설명한다. 시간은 비콘간격으로 나누어진다. 각 비콘 간격의 시작시에 각 노드들은 ATIM 윈도우간격을위해 깨어있는 상태이다. PSM을 그림 1을 이용해 설명하겠다.

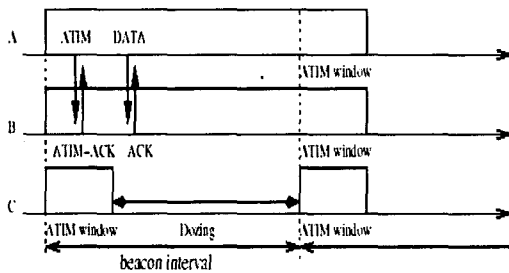


그림 1. DCF를 위한 파워 절약 메커니즘
Fig 1. Power saving mechanism for DCF

PSM에서, 어떤 노드가 다른 노드로 가기로 되어 있는 패킷이 있을 때, 이 패킷은 다음 ATIM윈도우 동안 감지된다. 예를 들면 그림1에서, 노드 A가 ATIM윈도우 동안 "ATIM 프레임"을 전송함으로써, 노드 B로 가기로 되어있는 패킷을 감지한다. ATIM 프레임의 전송은 IEEE 802.11에서 규정되어있는 CSMA/CA메커니즘을 이용하여 수행된다. ATIM프레임을 받은 노드는 다시 ATIM-ACK를 전송함으로써 응답한다. 이러한 노드들은 ATIM-ACK를 전송하고 나서는 비콘간격내내 깨어있는 상태를 유지한다. 노드 A에서 B로의 한 개 또는 그 이상의 데이터패킷은 ATIM윈도우가 끝이 나고 일어날 수 있다. 전송될 다른 특별한 패킷이 없는 노드는 ATIM윈도우가 끝이 날 때 만약 ATIM윈도우동안 ATIM프레임을 받지 않으면 휴지상태가 될수 있다. 그림1의 예에서 노드C는 ATIM윈도우후에 휴지상태가 되는데, 그렇게 해서 에너지를 절약한다. IEEE 802.11에서 정의된 PSM에서 모든 노드들은 같은 ATIM 윈도우 크기와 동일한 비콘 간격을 사용한다.

2.2 발생인지

호스트가 다른 PS 호스트의 비콘을 들을때는 시간차를 근거로한 PS 호스트의 발생패턴을 얻을 수 있고 이것은 저장된 패킷들을 나중에 보내도록 할 것이다. 이러한 예측은 자신의 시간을 조절하는 시도를 하지 않으므로 시간동기화와는 다르다. 각 PS 호스트들에 대해 각각 다른 발생패턴을 갖고, PS 호스트들의 발생패턴들은 동기화될 필요가 없다. 각 PS 호스트에 대해서 자신의 시간축을 비콘 간격이라 불리는 많은 수의 고정된 길이의 간격들로 나누고 각각의 비콘 간격내에는 액티브 윈도우, 비콘 윈도우, 그리고 MTIM 윈도우라는 세 가지의 윈도우들이 존재한다. 액티브 윈도우 기간은 PS 호스트가 어떠한 패킷이라도 감지하기 위해 수신기를 켜두고 적절한 반응을 해야 한다. 비콘 윈도우는 PS 호스트가 비콘을 전송할 때 사용되는 반면, MTIM 윈도우는 다른 호스트들이 그들의 MTIM 프레임들을 PS 호스트로 보내야 할 때 사용된다. MTIM 프레임들은 IEEE 802.11의 ATIM 프레임들과 같은 비슷한 효과를

낸다. 여기서 MTIM을 쓰는 이유는 네트워크 자체가 하나의 다중홉 MANET이라는 것을 강조하기 위해서이다. 그림2는 비콘 간격의 구조를 보여준다.

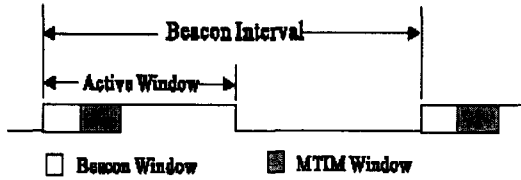


그림 2. 비콘 간격의 구조
Fig 2. Structure of beacon interval

- BI : 비콘 간격의 길이
- AW : 액티브 윈도우의 길이
- BW : 비콘 윈도우의 길이
- MW : MTIM 윈도우의 길이

2.3. IEEE 802.11기반 파워 절약 메커니즘

2.3.1 우세간격

이 프로토콜의 기본적인 개념은 PS 호스트가 충분히 길게 깨어있게되면 주변 호스트들은 서로를 인지할 수 있고, 그렇게 해서 저장된 패킷들을 운반하는 것도 가능하게 한다는 것이다. 우세간격에 의해서 각 비콘 간격은 적어도 절반은 깨어 있어야하고, 이것은 PS 호스트의 비콘 윈도우가 주변 PS 호스트의 액티브 윈도우를 가지고 중첩을 하도록 이 프로토콜은 다음과 같은 것들을 생각해낸다. 호스트가 PS 모드로 들어가는 것을 결정할 때, PS 모드는 고정된 길이의 비콘 간격들로 시간축을 나눈다. 비콘 간격의 순서는 홀수, 짝수가 교대로 붙여진다. 홀수, 짝수의 간격은 그림3과 같이 다른 구조로 정의된다. 각 홀수 비콘 간격은 액티브 윈도우에서 시작한다. 액티브윈도우는 MTIM 윈도우가 뒤에 붙어있는 비콘 윈도우에 의해 알려진다. 각 짝수 비콘 간격 역시 액티브 윈도우에서 시작한다.

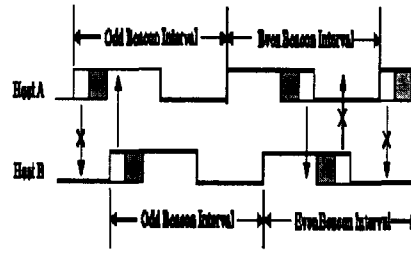


그림 3. 우세간격 프로토콜에서의 홀수, 짝수 간격구조.
Fig 3. Structure of odd and even interval on dominating-awake-interval protocol

그러나 액티브 윈도우는 비콘 윈도우가 뒤에 붙어있는 MTIM 윈도우에서 마무리된다. 액티브 윈도우가 적어도 각 비콘 간격의 반을 차지하기는 어렵지 않다. 두 호스트의 액티브 윈도우는 항상 중첩한다고 할수 있다. 그림 4를 보면 비콘 윈도우는 항상 비콘 간격의 처음을 나타낸다. 이 경우 호스트 A는 호스트 B의 비콘을 들을 수 있지만 B는 항상 A의 비콘을 놓친다. 반대로 그림 3에서 A는 홀수 간격일 때 B의 비콘을 들을 수 있고 그리고 B는 짝수 간격일 때 A의 비콘을 들을 수 있다.

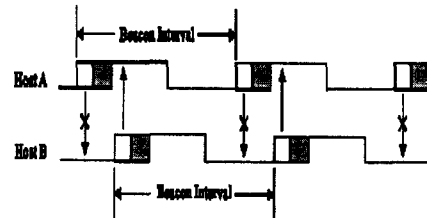


그림 4. 호스트 B가 호스트 A의 비콘을 탐지하지 못하는 예
Fig 4. when host B miss A's beacon

2.3.2 전 전력 인지 기간

액티브시간을 줄이기 위해서 이 프로토콜에서는 두 가지 종류의 비콘이 제작되었는데 하나는 저전력 기간을 나타내는 비콘이고 다른 하나는 전 전력 인지 기간을 나타내는 비콘이다. 저전력 기간에서 액티브 윈도우의 길이는 최소로 줄일수 있지만 전 전력 인지 기간에서는 액티브 윈도우의 길이가 최대가 된다. 전 전력 인지 기간은 많은 전

력을 요구하기 때문에 오직 주기적으로 나타나고 저전력 기간에 의해 상호 배치된다. 그래서 에너지 요구를 상당히 줄일수 있다. 호스트가 PS 모드로 들어가는 것을 결정할 때, 그것의 시간축을 비콘 기간으로 나눈다. 전 전력 인지 기간은 매 T 기간마다 주기적으로 도착한다. 그리고 기간의 나머지는 저전력 기간이다. 이 같은 비콘 기간의 구조는 다음과 같이 정의된다. 각 저전력 기간은 액티브윈도우로 시작되고 액티브윈도우는 마치 $AW=BW+MW$ 와 같이 MTIM 윈도우가 따라오는 비콘 윈도우를 포함한다. 시간의 나머지 부분은 호스트가 슬립 모드로 들어갈 수 있다.

전 전력 인지 기간 역시 MTIM 윈도우가 따라오는 비콘 윈도우와 같이 시작한다. 그러나 호스트는 시간의 나머지 부분에도 깨어 있어야 한다.

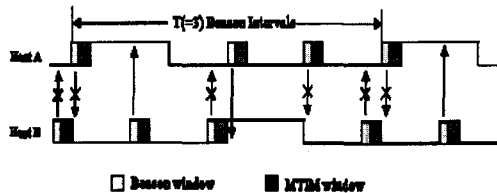


그림 5. T=3일때 전 전력 인지 기간
프로토콜 구조

Fig 5. Structure of periodically-fully-awake-interval on T=3

저전력 기간은 PS 호스트를 위해 다른 PS 호스트의 존재를 알기 위해 비콘을 보낸다. 전 전력 인지 기간은 PS 호스트를 위해서 PS 호스트 주변의 주변 호스트를 발견한다. 호스트는 비콘윈도우의 시간이 얼마나 흐르든지간에, 전 전력 인지 기간이 어떤 호스트의 비콘윈도우로 겹쳐지는 것을 보는 것은 어렵지 않다. 수집되는 다른 호스트의 비콘에 의해, 호스트는 주변 호스트들이 깨어 있을 때를 예측할 수 있다. 그림5는 T=3일 때의 예를 보여준다. 호스트 A와 B의 비콘은 항상 다른 호스트의 액티브 윈도우로 도달할 기회를 가진다. PS 호스트가 시간의 반 이상을 깨어 있기를 요구하는 무선간격 프로토콜과 비교할 때, 이 프로토콜은 $T>2$ 이상이면 전력을 더 줄일 수 있다.

2.3.3 정족수기반 프로토콜

이전의 두 프로토콜에서 PS 호스트는 각 비콘 간격에 비콘을 보내기위해서 경쟁했어야했다. 여기에서 우리는 모든 비콘 간격들의 $O(1/n)$ 에서 PS 호스트들이 비콘들을 보내야하는 정족수 개념을 바탕으로하는 프로토콜을 제시한다. 이 정족수의 개념은 분산시스템 디자인에서 폭 넓게 사용되는 개념이다. 정족수란 어떤 호스트가 어떤 활동을 수행하기위해 허가를 얻어야만 할 때 얻어지는 일련의 '일치들'이다. 전형적으로 두개의 정족수 세트는 거래의 원자수를 보장하기위해서 항상 비어 있지 않은 교차점을 가진다. 여기서는 PS 호스트의 비콘은 항상 다른 AW에 의해 감지 될 수 있다

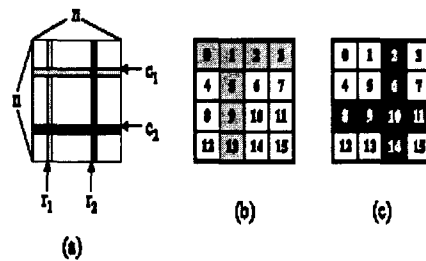


그림 9. 정족수 기반 프로토콜
Fig 6. Quorum-based protocol

는 것을 보장하므로, PS 호스트들의 인지패턴을 디자인하기위해 정족수 개념을 선택한다. 주어진 두개의 PS 호스트들이 완벽하게 시간 동기화된다면, 그들의 정족수 간격들은 항상 최소한 2개의 교차하는 비콘 간격들을 가진다.(그림6의(a)참고). 이것은 행렬에서 행과 열은 항상 교차점을 가진다는 사실에 기인하는 것이다.

3 시뮬레이션

본 논문에서 제시한 power saving 프로토콜의 성능분석을 위해 네트워크 시뮬레이션인 NS-2를 사용하였다. MAC 계층의 인터페이스로 IEEE에서 규정한 802.11을 사용하였으며, 파라메타 값은 표 1에 자세히 나타나 있다.

이동 패턴과 각각의 노드들은 유효시간 없이 목적지에 도달하면 다시 임의적인 목적지로 이동

하는 망을 구성하였다. 무선네트워크의 전송율은 2Mbps, 전파의 전달 형태는 직접파와 반사파를 같이 사용하는 Two Ray Ground 방식을 사용하였으며, 이동노드들의 안테나는 일반적인 Omni 안테나를 사용하였다.

에너지 모델의 파라메타 값을 보기 위해 500x500(m)의 토폴로지에 10개의 노드를 위치 시켜 이동노드 속도를 20m/sec로 고정된 망을 사용하였다. 모의 실험 시간은 300초로 고정하여 실험하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라메타
Table 1. Simulation parameter

파라메타	값
NS2-측정 모델	Energy Model
전달모델	TwoRayGround
안테나 모델	Omni-Antenna
확산방식	DSSS
물리계층	RF
Mac계층	CSMA/CA
네트워크계층	IP
전송계층	FullTCP
어플리케이션	Web Traffic
큐타입	DropTail
주소체계	IPv4
실험시간	1000초
크기	1600*1600
노드수	50개
무선랜카드 전원	rxPower:0.3db, txPower:0.3db
AP최대거리	500m

4. 결론

그림7의 시뮬레이션결과에서 나타나듯 호스트가 언제나 액티브한 모델과 우세간격 그리고 전 전력 인지 기간 모델, 정족수 기반의 소비전력을 비교 분석했다. 액티브한 상태를 유지하는 모델이 우세간격 모델보다 전력을 많이 사용하는 것을 알 수 있었고, 전 전력 인지 기간 모델이 T>2 이상일 경우 더 적은 전력 소비를 하는 것을 알 수 있었고, 정족수 기반 프로토콜이 좀 더 적은 전력을 소비하는 것을 알 수 있었다. 본 논문에서는 세가지 프로토콜에 대해서 분석했지만 차후 논문에서 연구해야 할 과제는 MAC접근에 따른 프로토콜별 power saving에 대해 계속 연구해야 할 것이다.

참고 문헌.

- [1] Nokia, "Wireless Broadband Access?Nokia Rooftop Solution," Nokia NetworkReferences, <http://www.wbs.nokia.com/solution/index.html>,2001.
- [2] S. L. Wu, Y. C. Tseng, and J. P. Sheu, "Intelligent Medium Access for Mobile Ad Hoc Networks with BusyTones and Power Control," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 18, pp. 1647~1657, Sep 2000.
- [3] L. Hu, "Topology Control for Multihop Packet Radio Networks," IEEE Transactions on Communications, vol. 41, pp. 1474~1481, Oct 1993.
- [4] R. Ramanathan and R. Rosales-Hain, "Topology Control of Multihop Wireless Networks using Transmit Power Adjustment," IEEE INFOCOM, pp. 404~413,

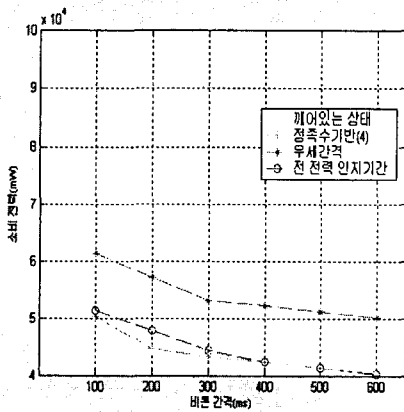


그림 7. 각 프로토콜별 소비전력 결과
Fig 7. A result of power consumption in each protocol

A : 액티브모델 D:우세간격
P: 전 전력 인지 기간 Q:정족수 기반

2000.
[5] R. Wattenhofer, L. Li, P. Bahl, and Y. M. Wang, "Distributed Topology Control for Power Efficient Operation in Multihop Wireless Ad Hoc Networks," IEEE INFOCOM, pp. 1388~1397, 2001.

저자 소개

김동일(Dong-il Kim)

1992년 2월 광운대학교 대학원 정보통신공학과 박사
1983년 3월-1991년 8월 LG정보통신연구소 실장
1998년11월-1999년12월 ETRI 초빙연구원
1997년 2월-2001년 1월 한국해양정보통신학회 홍보, 기획상임이사
1991년 9월-2003년 동의대학교정보통신공학과 교수
2003년 8월-2003년 동의대학교 전산정보원장
2000년 2월-2003년 현재 한국통신학회 논문지 편집 위원
2003년 2월-2003년 현재 대한전자공학회 논문지 편집위원
※ 관심분야 : 무선망 프로토콜, 차세대통신망



김동현(Kim Dong Hyun)

1998년 동의대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
2002년~현재 동의대학교 정보통신공학과 대학원재학

※ 관심분야 : 무선망 프로토콜 성능분석, 데이터통신