

다중 홉 Ad Hoc 망에서 Power-Saving 프로토콜의 성능분석

*김동현 · 김동일

Analysis of Power-Saving Protocols for Multi-hop Ad Hoc Networks

*Dong-hyun Kim · Dong-il Kim

요 약

이동 Ad Hoc 네트워크는 기반 네트워크가 존재하지 않거나 이의 설치가 용이하지 않은 지역에서, 혹은 필요에 따라 고정된 기반 네트워크와는 독립적으로 이동 단말들이 자율적이고 임시적으로 구성하는 네트워킹 기술을 말한다. 유비쿼터스(Ubiquitous) 컴퓨팅 네트워크는 소형화, 경량화 특히 이동 가능한 형태로 진보되고 있다. 지금까지의 MANET은 어떻게 하면 좀더 효율적인 라우팅을 할 것인가에 초점을 맞추어 연구가 이루어졌다. 특히 최근에 MANET에서 중요한 문제로 부각되고 있는 것이 power saving 문제이다. 따라서 본 논문에서는 다중 홉 Ad Hoc 망에서 power saving 프로토콜을 비교분석하여 제안된 프로토콜의 효율성을 제시하고자 한다.

ABSTRACT

Mobile Ad Hoc Network is a kind of network technology, that mobile hosts can compose networks freely and temporarily where the base networks don't exist and where its establishment is difficult or as occasion demands. Ubiquitous computer network is progressing in the forms of miniaturization, lightweight or portability. So far, MANET was studied in the point how to route it efficiently, but its power saving problems are been issuing nowadays. We try to not only compare and analyze power saving protocols in multi-hop Ad Hoc network but also present their efficiencies in this thesis.

I. 서 론

모바일 호스트들은 배터리에 의해 운영될 때가 많다. 배터리에 의해 제공되는 전원은 한정될 수밖에 없다. 그래서 모바일 호스트들에 의해 에너지 소비를 줄이는 기술들이 고안되고 있다. 시간과 공간에 구애받지 않는 컴퓨팅과 통신은 오늘날의 발전을 이끌어낸 원동력이다. 유비쿼터스(Ubiquitous) 컴퓨팅은 경량, 소형, 이동 가능한 컴퓨팅 장치들의 능력과 무선통신기술의 진보로 인해 가능해졌다. 다양한 네트워크 구조들 중에서 MANET(Mobile Ad-Hoc NETWORK)은 최근 집중적으로 연구되고 있는 분야이다. MANET은 전쟁 지역이나 주요 질병지역 또는 일시적인 네트워크의 구성이 필요시 적용될 수 있다. 또한 이것은 광대역 인터넷 서비스 공급자들을 위해서 동기문제를 해결할 방법이기도 하다. MANET이란 일련의 모바일 호스트들에 의해 구성되며, 서로의 위치대로 통신하여 주위를 로밍 할 수 있다. 이러한 환경에서는 기지국이 지원되지 않으므로 모바일 호스트는 다중홉의 방법으로 서로 통신해야 할

것이다.

배터리 전원에 의해 지원되는 거의 모든 이동 가능한 장치들에 대한 중요한 하나의 문제점은 전원의 소비를 줄이는 것이다. 전원 없이는 어떠한 모바일장비도 사용할수 없다.

배터리의 전원은 자원이 한정되어 있고, 배터리 기술은 컴퓨팅과 통신기술만큼 빨리 진보하지 못하고있다.

따라서 배터리의 사용시간을 어떻게 늘릴 수 있는가 특히 배터리에 의해 지원되는 MANET에게는 중요한 문제이다.

II. 본 론

전원의 사용을 줄이는 방법 및 IEEE 802.11의 PS 모드에 대해 분석하였다.

2.1 전력모드 관리 프로토콜 (power mode management protocols)

PAMAS(Power Aware Multi-Access with Signalling)프로토콜은 호스트가 주고받는 패킷이 없거나 주변 호스트들이 패킷을 받을 때 그것의 전원을 없앤다. 하지만 주변 호스트들의 상태를 탐지하는 분리신호채널은 필요하다. RAS(Remote Activated Switch)라고 불리는 장치는 모바일 호스트가 슬립 상태로 들어가더라도 감지신호를 받을 것을 요구한다.

연결 우선장치를 기반으로 하는 프로토콜의 호스트들은 남아있는 배터리의 에너지와 연결해야 하는 주변의 호스트수에 의해서 선택된 감지기를 공급해야한다. 네트워크에서 감지기들은 깨어있기를 요구한다. 다른 호스트들은 슬립 모드로 들어간다. 감지기들은 주변 호스트들의 패킷 지연에 대한 책임을 진다.

유사하게 grid-based energy-saving 라우팅 프로토콜은 GPS의 도움으로 적은 부 영역으로 나누어진 영역을 grid라고 부른다.

기지국을 가지는 무선 네트워크를 위한 page-and-answer 프로토콜의 기지국은 패킷이 저장될 때면 페이징메시지들을 계속해서 보낼 것이다. 각 모바일 호스트들은 주기적으로 전원을 다시 사용하게된다. 그러나 기지국과 이동 호스트간에 동기를 맞추는 시간은 없다.

페이징 메시지들을 받을 때, 모바일 호스트들은 인지신호를 보내는데, 이 인지신호는 페이징을 멈추게 하기위해 기지국으로 옮기고 저장된 패킷의 전송을 시작한다. 저장된 패킷을 받은 후, 모바일 호스트들은 power-saving 모드로 되돌아가고 이 과정을 계속한다.

이 시스템에 과부하가 걸렸을 때는 페이징 메시지 대신에 저장된 패킷을 보내는데 대부분의 시간을 보낼 것이다.

이것은 power-saving 호스트들에게 긴 패킷 지연의 결과를 가져오게 한다.

2.2 IEEE 802.11 에서의 power-saving 모드

IEEE 802.11은 두 가지 전원 모드를 지원한다. 액티브와 power-saving이다. 인프라구조 네트워크와 Ad Hoc 네트워크를 위한 프로토콜은 다르다. 인프라구조 네트워크아래에서는, 각 모바일 호스트의 모드를 모니터 하는 액세스 포인트(AP:Access Point)가 있다. 액티브 모드에서의 호스트는 전원을 계속 유지한다. 그리고 언제든지 송신하고 수신한다. 반대로, PS 모드의 호스트는 액세스 포인트로 들어오는 패킷을 확인할 수 있

도록 주기적으로 깨어 있어야 한다.

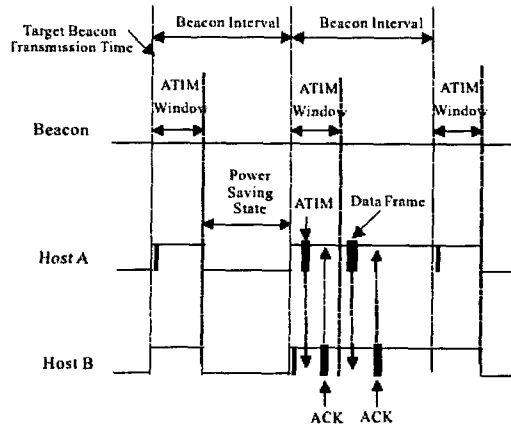


그림 1. PS 호스트를 가지는 Ad Hoc 네트워크에서의 유니캐스팅

모드가 바뀔 때 호스트는 항상 그것의 확인할 수 있도록 주기적으로 깨어 있어야한다. 액세스 포인트를 알고 있어야한다. 주기적으로 액세스 포인트는 비콘 간격이라는 비콘 프레임들을 전송한다. PS 호스트는 이 프레임들을 모니터 한다.

각 비콘 프레임에서, 액세스 포인트에서는 유니캐스트 패킷들이 저장된 PS 호스트의 ID를 포함한 TIM(traffic indication map)이 전달될 것이다. ID를 탐지하고 있는 PS 호스트는 비콘 간격이 남아있는 동안 깨어 있어야 한다. 경쟁기간(예를 들면 DCF)내에, 깨어있는 PS 호스트는 저장된 패킷을 결정하는 액세스 포인트로의 PS_POLL을 확인할 수 있다. 반면에 비경쟁기간 동안(예를 들면 PCF) PS 호스트는 POLL하는 액세스 포인트를 기다릴 것이다. 비콘 간격의 고정된 수에 의해 일단 공간이 나누어지면, 액세스 포인트는 저장된 브로드캐스트 패킷들이 있는 것을 나타내는 비콘 프레임 내에 전달 TIMS를 전송할 것이다. DTIM 후에 저장된 브로드캐스트 패킷들은 전송될 것이다.

2.3 문제점

IEEE 802.11의 PS모드는 단일 홉 Ad Hoc 네트워크를 중심으로 설계되었으므로 다중 홉 Ad Hoc 네트워크에 적용될 때는 다음과 같은 문제들이 야기될 수 있다. 이 모든 것들은 다중 홉 MANET을 위한 PS모드를 다시 만들고자 하는데 목적이 있다.

2.3.1 시간 동기화(clock synchronization)

IEEE 802.11은 모바일 호스트들이 완전히 연결된다고 가정하기 때문에 비콘 프레임의 전송은 모든 호스트들의 비콘 간격을 동기화 하는데 사용될 수 있다. 그러므로 모든 호스트들의 ATIM 윈도우들은 큰 어려움 없이 같은 시간대에 나타날 수 있다. 다중 홉 MANET에서는 시간 동기화가 어려우며, 특히 네트워크의 크기가 커지면 더 어렵다고 볼 수 있다. 완벽한 시간 동기화가 가능하다 할지라도, 일시적으로 분할된 부 네트워크들이 독자적으로 PS 모드에 들어가서 서로 다른 ATIM 타이밍을 만들게 된다. 클럭천이 문제와 더불어 다른 호스트들의 ATIM 윈도우들은 동기화 되도록 보장받지는 않는다. 그래서 ATIM 윈도우를 다시 만들어야 하는 것이다.

2.3.2 주변 호스트 발견(neighbor discovery)

무선과 모바일 환경에서는, 호스트가 다른 호스트들에 의해 탐지되는 신호를 수신할 때만 다른 호스트들에 의해 깨어 있을 수 있다. PS 모드에서 호스트는 줄어든 전송 기회를 가질 뿐만 아니라 다른 호스트들의 신호들을 수신할 기회를 가지기도 한다. PS호스트는 비콘을 전송하기 위해 다른 호스트들과 부정확한 주변호스트들의 정보를 가지기 쉽다. 그래서 이웃 정보에 의존하는 많은 현존하는 라우팅 프로토콜들은 라우팅에 방해를 받는 것이다.

2.3.3 네트워크 분할(network partitioning)

부정확한 이웃호스트들의 정보는 긴 패킷 지연뿐만 아니라 네트워크 역할 분담 문제까지도 초래할 수 있다. 비동기된 ATIM 윈도우들을 가지는 PS 호스트들은 다른 시간에 발생 될 수도 있고 여러 그룹들로 나누어질 수도 있다. 이렇게 개념적으로 나뉜 그룹들은 실제로 연결이 되어있는 상태이다. 그러므로 모든 호스트들은 프로세스를 탐지하는 시간동안 깨어있기 때문에 현존하는 라우팅 프로토콜들은 그들의 경로 발견 프로세스 내에서 작업하는 것을 실패할 수도 있다.

2.4 MANET에서의 power-saving 프로토콜

다중홉 MANET내의 PS 모드로 들어가도록 허락하는 동기화 power-saving 프로토콜은 다음과 같은 기본적인 개념을 가지고 있다.

2.4.1 비콘(beacon)

정확하지 않은 주변호스트의 정보문제를 방지하

기 위해서, PS 모드의 모바일 호스트는 비콘을 전송할 때 더 많이 전송할 것을 요구해야 한다. PS 호스트는 다른 비콘 신호를 들었다 하더라도 ATIM 윈도우 내에서는 그 비콘을 금지할 수 없다. 이것이 다른 호스트들에게 그것의 존재를 알게하며, 이와 같은 이유로 ATIM 윈도우 내에서는 프로토콜이 다중 비콘을 허락하는 것이다.

2.4.2 중첩간격(overlapping awake intervals)

프로토콜들은 클럭 동기화에 의존하지 않는데, 이 문제를 해결하기 위해서 두 PS 호스트들의 발생패턴은 시간의 흐름에 관계없이 서로간에 중첩되어야 한다.

2.4.3 발생인지(wake-up prediction)

호스트가 다른 PS 호스트의 비콘을 들 때에는 시간차를 근거로한 PS 호스트의 발생패턴을 얻을 수 있다. 이것은 저장된 패킷들을 나중에 보내도록 할 것이다. 이러한 예측은 자신의 시간을 조절하는 시도를 하지 않으므로 시간동기화와는 틀리다는 것을 명심해야 한다.

위의 사항들을 근거로 해서, power saving 프로토콜을 제안하는 바이다. 각각은 PS 호스트들에 대해 각각 다른 발생패턴을 갖는다. PS 호스트들의 발생패턴들은 동기화될 필요가 없다. 각 PS 호스트에 대해서는 그것은 자신의 시간축을 비콘 간격이라 불리는 많은 수의 고정된 길이의 간격들로 나눈다. 각각의 비콘 간격내에는 액티브 윈도우, 비콘 윈도우, 그리고 MTIM 윈도우라는 세 가지의 윈도우들이 존재한다. 액티브 윈도우를 할 때 PS 호스트는 일반적으로 어떤 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. 이 세 윈도우들을 제외하며, 전송하거나 전송받을 패킷이 하나도 없는 PS 호스트는 슬립 모드로 들어갈 것이다. 그림2는 비콘 간격의 구조를 보여준다. 아래의 용어들은 이 논문에서 사용된 용어들이다.

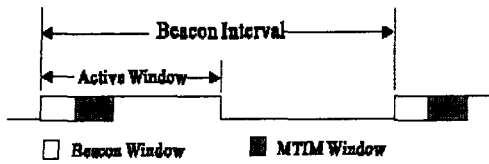


그림 2. 비콘 간격 구조

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

2.5 우세간격(dominating-awake-interval)

이 프로토콜의 기본적인 개념은 PS 호스트가 충분히 길게 깨어있는 상태를 유지하면, 주변 호스트들은 서로를 인지할 수 있고, 그렇게 해서 저장된 패킷들을 운반하는 것도 가능하게 한다는 것이다.

우세간격에 의해서 각 비콘 간격은 적어도 절반은 깨어 있어야 한다. 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. 각 비콘 안에서, 세가지 윈도우 종류의 길이는(예를 들어 AW, BW, MW) 일정하다. 비콘 간격의 순서는 홀수, 짝수가 교대로 붙여진다.

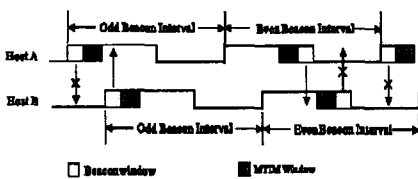


그림 3. 우세간격 프로토콜에서의 홀, 짝 간격구조

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. 그러나 액티브 윈도우는 비콘 윈도우가 뒤에 붙어있는 MTIM 윈도우에서 마무리된다. 액티브 윈

도우가 적어도 각 비콘 간격의 반을 차지하기는 어렵지 않다. 두 호스트의 액티브 윈도우는 항상 중첩한다고 할 수 있다.

그림4를 보면 비콘 윈도우는 항상 비콘 간격의 처음을 나타낸다. 이 경우 호스트 A는 호스트 B의 비콘을 들을 수 있다. 그러나 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. 주변호스트 발견에 대한 응답시간은 매우 짧으므로, 이 프로토콜은 매우 높은 이동성을 가지는 모바일 환경에 적당하다.

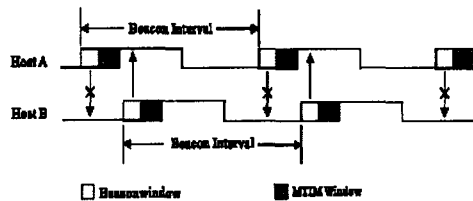


그림 4. 호스트 B가 호스트 A의 비콘을 탐지하지 못하는 경우

2.6 시뮬레이션

본 논문에서 제시한 power saving 프로토콜의 성능분석을 위해 네트워크 시뮬레이션인 NS-2를 사용하였다. MAC 계층의 인터페이스로 IEEE에서 규정한 802.11을 사용하였다. 파라메타 값은 NS-2의 에너지 모델 부분을 참고하여 파라메타 값을 구성하였다. 이동 패턴과 각각의 노드들은 유효시간 없이 목적지에 도달하면 다시 임의적인 목적지로 이동하는 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 고정한 망을 사용하였다. 모의 실험 시간은 300초로 고정하여 실험하였다.

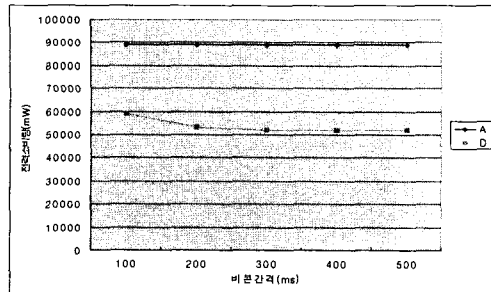


그림 5. 액티브 호스트와 우세간격 호스트의 전력 소비

III. 결 론

그림 5의 시뮬레이션결과에서 나타나듯 호스트가 언제나 액티브한 모델과 우세간격 한 모델의 소비전력을 비교 분석했다. 액티브한 상태를 유지하는 모델이 우세간격 모델보다 전력을 많이 사용하는 것을 알 수 있었다.

최근 power saving 프로토콜에 대해서 많이 연구되어지고 있으며 이 논문에서 한가지 프로토콜에 대해서 분석했지만 차후 논문에서 연구해야 할 과제는 이 프로토콜 외에 다른 power saving 프로토콜에 대해 연구해야 할 것이다.

참고문헌

[1] Nokia, "Wireless Broadband Access-Nokia Rooftop Solution," Nokia Network References, <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, 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.

[7] J. Gomez, A. T. Campbell, M. Naghshineh, and C. Bisdikian, "A Distributed Contention Control Mechanism for Power Saving in randomaccess Ad-Hoc Wireless Local Area Networks," Proc. of IEEE International Workshop on Mobile Multimedia Communications, pp. 114~123, 1999.

[8] J. H. Ryu and D. H. Cho, "A New Routing Scheme Concerning Power-Saving in Mobile Ad-Hoc Networks," Proc. of IEEE International Conference on Communications, vol. 3, pp. 1719~1722, 2000.

[9] J. H. Ryu, S. Song, and D. H. Cho, "A Power-Saving Multicast Routing Scheme in 2-tier Hierarchical Mobile Ad-Hoc Networks," Proc. of IEEE Vehicular Technology Conference, vol. 4, pp. 1974~1978, 2000.

[10] S. Singh, M. Woo, and C. S. Raghavendra, "Power-Aware Routing in Mobile Ad Hoc Networks," Proc. of the International Conference on Mobile Computing and Networking, pp. 181~190, 1998.

[11] S. Singh and C. S. Raghavendra, "Power Efficient MAC Protocol for Multihop Radio Networks," Proc. of IEEE International Personal, Indoor and Mobile Radio Communications Conference, pp. 153~157, 1998.