

모바일 애드 혹 무선 네트워크를 위한 에너지 효율 이중 채널 라우팅 프로토콜§

유대훈[○] 조원근^{*} 최웅철^{*} 이승형^{**} 정광수^{**}
광운대학교 컴퓨터 과학과^{*} 광운대학교 전자정보공학부^{**}
{yo2dh[○], falltrap}@cs.kw.ac.kr, wchoi@daisy.kw.ac.kr, {rhee, kchung}@kw.ac.kr

A Energy Efficient Routing Protocol with Dual Channel for Mobile Ad Hoc Wireless Networks

Daehun Yoo^{○*}, Wongeun Jo^{*}, WoongChul Choi^{*}, Seung Hyong Rhee^{**}, KwangSue Chung^{**}
Department of Computer Science, KwangWoon University^{*}
Department of Electronics Engineering, KwangWoon University^{**}

요 약

모바일 애드 혹 네트워크에서 에너지 효율을 위한 많은 라우팅 프로토콜들이 제안되었다. 이미 제안된 프로토콜들에 대한 내용을 살펴보면 에너지 효율을 높이기 위한 경로를 찾는 방법, 경로를 설정하는데 소비하는 패킷의 수를 줄이는 방법, 설정 시간을 줄이기 위한 방법과 이미 설정된 라우팅 정보를 보다 효율적으로 유지하기 위한 방법을 제시하였다. 이와 같은 문제들을 해결하기 위해 본 논문에서는 채널을 라우팅 정보와 데이터를 전송을 하는 채널로 각각 나누고, 이로 인해 얻을 수 있는 장점에 대해 설명한다. 그리고 라우팅 정보를 얻는 과정에서 채널을 나눔으로써 변경되는 라우팅 프로토콜에 대해 제안한다.

1. 서 론

모바일 애드 혹 네트워크에서 각 모바일 노드들은 송신 노드에서 전송한 데이터를 목적지 노드까지 라우터가 되어 데이터를 라우팅 해 주어야 한다[1]. 그래서 자신이 전송할 데이터가 없는 노드라 할지라도 데이터를 릴레이 해주어야 하기 때문에 네트워크 안에서 통신을 하지 못하는 노드의 수가 늘어나게 되면 네트워크에 영향을 미치게 된다. 여기서 노드들은 대부분 배터리를 사용하기 때문에 에너지를 절약함으로써 전체 네트워크의 수명을 연장하기 위한 많은 연구가 진행되어져 왔다. 이러한 프로토콜은 일반적으로 Minimum Energy 라우팅 프로토콜과 Maximizing Network Lifetime 라우팅 프로토콜로 분류된다.[2,3]

Minimum Energy 라우팅 프로토콜은 송신 디바이스와 목적지 디바이스에 존재하는 경로 중에서 가장 효율적으로 에너지를 사용하는 경로를 찾기 위한 것이 목적이다. 이를 위해 에너지 효율을 기준으로 하는 매트릭을 높은 우선순위에 추가함으로써 그에 따른 경로를 선정하게 된다. 그리고 Maximizing Network Lifetime 라우팅 프로토콜은 각 노드에 남은 에너지를 고려하여 균등하게 에너지를 소비하게 만들어 전체 네트워크의 수명을 연장시키

는 것이 목적이다. 여기서 제안된 방법들은 하나의 채널을 공유하기 때문에 노드 간에 데이터 전송이 있는 경우, 상대적으로 긴 시간동안 라우팅 정보를 업데이트 하지 못하게 된다. 모바일 노드들은 위치가 변하기 때문에 라우팅 정보는 수시로 변하게 되며, 잘못된 경로를 통한 데이터 전송의 실패는 재전송을 일으키게 되고 결과적으로 에너지 손실이 일어나게 된다. 또한, 에너지 절약을 위해 IEEE 802.11 MAC 에서 지원되는 파워 컨트롤을 사용함에 있어서, 비교적 충돌할 확률이 높기 때문에 이를 해결하기 위한 방법이 필요하다[4].

본 논문에서는 위와 같은 문제를 해결하기 위해 이중 채널 라우팅 프로토콜을 제안한다. 2장에서는 관련 연구에 대해 설명하고, 3장에서는 문제점을 인지하고 해결하기 위한 라우팅 프로토콜을 제안한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 도출하고 향후 연구 과제에 대해 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 IEEE 802.11 MAC

IEEE 802.11은 무선 매체 접근을 위해 사용되며, 여기에서는 에너지 효율을 위한 파워 컨트롤에 대한 메커니즘 과정만을 간략히 설명한다.

RTS(Request To Send), CTS(Clear To Send), ACK와 같은 컨트롤 프레임은 길이가 짧기 때문에 전송함에 있어 DATA보다 적은 양의 에너지가 소비된다. 그래서 에너지 소비를 줄이기 위해 DATA를 전송할 때 필요한

§ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 [R01 - 2005 - 000 - 10934 - 0 (2006)] 의 지원에 의해 수행되었음.

신호의 세기로 전송하는 방법을 IEEE 802.11 MAC은 지원한다. 먼저, 그림 1과 같이 RTS와 CTS는 최대 파워로 전송을 한다. 여기서 RTS와 CTS의 전송 세기를 통해 A 노드와 B 노드 사이의 거리에 따른 신호 세기를 계산하여 DATA를 전송하기 위해 필요한 전송 세기를 구한다. 그리고 그 세기에 맞춰 DATA와 ACK를 전송하게 됨으로써 에너지의 소비를 줄이게 된다.

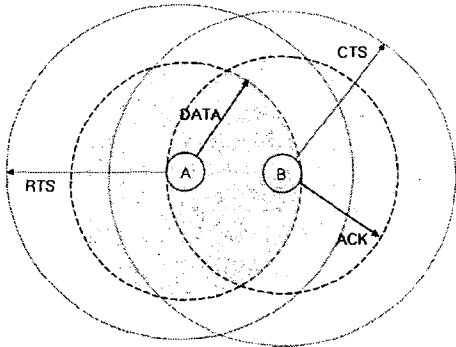


그림 1 RTS와 CTS는 최대 세기로 전송, DATA와 ACK는 필요한 세기로 전송

2.2 PEER Protocol

PEER(A Progressive Energy Efficient Routing) 프로토콜은 Minimum Energy 라우팅 프로토콜로써, 라우팅 오버헤드와 경로 설정 시간을 줄이고, 설정된 경로 유지를 효율적으로 관리하는 방법을 제안하였다.

기본적으로 On-Demand 라우팅 방식을 사용하기 때문에 송신 노드는 경로를 찾기 위해 RREQ(Route Request Packet)를 Broadcasting하게 된다. 여기에서 가장 짧은 경로의 매트릭 뿐만 아니라, 노드 간에 패킷을 전송하기 위해 필요한 에너지에 대한 정보를 추가한다. 즉, 최단 거리이면서, 에너지의 소비가 가장 적은 경로를 선정하도록 한다. 목적지 노드가 RREQ를 전송 받게 되면, 바로 RREP(Route Reply Packet)를 전송하지 않고, 어느 일정 시간동안 다른 RREQ를 기다린다. 이 시간 안에 다른 RREQ를 받게 되면, 그 경로를 추가하고 다시 일정시간을 기다린다. 이렇게 해서 여러 경로 중 하나를 선정하여 RREP를 송신 노드로 전송하게 된다. 하지만 경로가 선정된 이후에 최적의 경로가 있는 RREQ가 전송되어 질 수 있기 때문에 가장 효율적인 경로를 선정하지 못할 수도 있게 된다. 이를 해결하기 위해 PEER 프로토콜에서는 RREP를 Overhearing 하는 노드들을 이용하여 병렬적으로 빠른 경로의 수정이 가능하도록 한다. RREP를 Overhearing한 노드들은 자신이 가지고 있는 경로가 RREP를 받은 경로보다 더 효율적인지 검사를 하고, 만약 더 최적의 경로라면 Better Route Message를 Broadcasting하여 주변노드에게 알리게 된다. 또한 설정된 경로를 유지하기 위하여 Remove, Replace, Insert 하는 방법을 제시하였다. 먼저 각 노드들은 이웃 노드의 RTS, CTS 프레임 혹은 Broadcast 패킷을 통하여 링크의 상태를 모니터링 한다.

노드들은 링크 에너지 테이블을 가지고 모니터링 한 정보를 비교하게 되고, 그 값들에 따라 다음과 같은 작업을 한다. 첫 번째로 Remove 작업은 그림 2 (가)에서와 같이 A 노드와 C 노드의 경로가 A, B, C로 되어 있을 때, 노드의 이동으로 A 노드에서 바로 C 노드로 전송하는 것이 에너지 소비가 더 효율적이라면, B 노드를 경유하는 경로를 삭제하는 작업이다. 두 번째로 Replace 작업은 그림 2 (나)에서와 같이 A 노드에서 B노드로 가는 경로가 B 노드로 가는 것보다 D 노드로 가는 것이 더 효율적일 때, 경로를 B 노드에서 D 노드로 대체하는 작업이다. 마지막으로 Insert 작업은 그림 2 (다)에서와 같이 A 노드에서 C 노드로 가는 경로보다 B 노드를 경유하는 것이 더 효율적인 경로일 때, B 노드로 가는 경로를 추가하는 작업이다. 이렇게 세 가지 방법으로 경로를 유지하며, 몇 가지의 규칙을 가진다. 우선 Replace와 Remove 작업은 두 개의 홉까지로 제한을 한다. 그리고 Replace와 Insert 작업은 Control Message를 전송하여 작업을 진행한다. 마지막으로 Insert 작업을 요청 받으면, 일정 시간 동안 다른 요청이 있는지 검사한 후, 다른 요청을 받으면 Insert 작업을 하지 않고 요청 받은 작업을 수행한다.

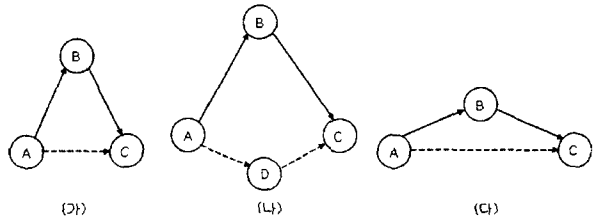


그림 2 (가) Remove, (나) Replace, (다) Insert

3. 문제 제기 및 제안된 프로토콜

3.1 문제 제기

모바일 애드 혹 무선 네트워크 환경에서는 노드가 이동을 하기 때문에 네트워크 토폴로지는 수시로 변경되어진다. 이렇게 변경된 토폴로지에 맞춰 라우팅 정보도 수정되어야만 라우팅에 의한 데이터 손실을 줄일 수가 있다. 이렇게 하지 않으면 불필요한 배터리의 소모를 일으키기 때문에 네트워크의 수명을 단축시키는 결과가 된다. 본 논문에서 언급한 PEER 프로토콜에서도 보다 빠르고 오버헤드가 적은 라우팅 정보 업데이트를 위한 방법을 제안하고 있다. 하지만 라우팅 정보를 주고받기 위해서는 다른 노드가 데이터를 전송하는 것이 없어야 하며, 라우팅 정보를 받기를 원하는 노드 또한 여러 개의 애플리케이션이 작동하고 있다면, 데이터 전송을 하는 동안 라우팅 정보를 얻는 것은 시간이 필요하게 된다. 또한 데이터 전송을 더 우선시 할 것인지, 라우팅 요청 패킷 전송을 우선시해야 할 것인지에 대한 Fairness 문제도 생기게 된다. 이것은 라우팅 경로를 설정하는 과정에서 Packet을 Broadcasting하기 때문에, 데이터를 전송하지 않는 노드들도 라우팅 패킷을 전송하기 위해 경쟁

을 하기 때문에, 데이터를 전송하기 위해 사용되는 대역폭을 그 만큼 보장받을 수가 없게 된다. 또한 이것은 IEEE 802.11 MAC에서 파워 컨트롤 메커니즘을 사용할 때 충돌을 일으킬 확률을 더 높이게 되는 원인이 된다.

3.2 제안된 라우팅 프로토콜

제안된 라우팅 프로토콜은 전반적으로 앞서 언급한 PEEK 프로토콜의 방식을 따른다. 그리고 제안된 프로토콜 또한 On-Demand 방식으로 진행된다. 먼저 Data Channel과 Routing Channel로 구분한다. 그리고 Data Channel을 Routing Channel 보다 높은 대역폭으로 설정하여 데이터를 전송하는데 있어 대역폭으로 인한 성능이 최대한 떨어지지 않도록 조정한다. Data Channel은 기존에 사용하는 IEEE 802.11 MAC을 사용하여 데이터를 전송하고, 파워 컨트롤 메커니즘을 사용하여 에너지 절약을 이끌도록 한다. Routing Channel은 라우팅과 관련된 정보를 주고받을 때 사용한다. 먼저, Routing Update 패킷을 정의하도록 하자. 이것은 그림 3에서 RUPD에 해당하는 것으로써 노드 자신의 주소와 남은 배터리 양, 전송 받은 이웃 노드의 주소와 배터리의 양 그리고 전송 세기, 데이터를 전송하는 지의 여부를 가지는 플래그 값만으로 구성된다. 기본적으로 모든 노드는 이 패킷을 주기적으로 전송하게 되는데, 라우팅 정보를 가지고 있을 경우, 보다 빠른 주기로 전송하게 된다. 전송 받은 이웃 노드의 주소는 다수가 있을 경우 순차적으로 하나씩 순환하여 설정한다. 이 패킷의 역할은 첫째로 자신을 이웃노드에게 알리는데 사용된다. 이 패킷을 전송 받은 노드는 이웃 노드의 수를 파악하게 됨으로써 주기적으로 전송하는 라우팅 패킷의 주기를 조정한다. 만약 일정 시간 동안 자신의 주소를 전송 받지 못한 경우에는 충돌로 인식하고 주기를 좀 더 길게 가지도록 한다. 두 번째로 이 패킷의 역할은 제안된 라우팅 프로토콜이 IEEE 802.11 MAC에서의 파워 컨트롤을 사용하기 때문에 RUPD에서 DATA 전송 중임을 알리는 플래그를 설정하고 최대 세기로 전송함으로써 DATA를 전송하는 동안 충돌이 일어나는 확률을 낮추도록 한다. 마지막으로 이 패킷은 역할은 패킷 내용 중에 자신의 노드 주소 뿐만 아니라 이웃 노드의 주소가 포함 되어 있기 때문에, 두 홉까지 라우팅 정보를 공유하게 되고 이를 이용하여 RREP의 응답을 더 빨리 할 수 있게 한다.

PEER 프로토콜 같은 경우에는 RTS, CTS 프레임과 Broadcast 패킷으로만 에너지 정보에 대한 모니터링이 가능하다. 하지만 주변 노드가 데이터를 전송하는 도중이면 통신하는 해당 노드만이 RTS, CTS를 전송하기 때문에 DATA의 전송이 끝날 때까지 통신하는 두 노드에 대한 정보밖에 얻지 못한다. 그리고 데이터 통신 중에는 Broadcast 패킷을 전송할 수가 없기 때문에, 에너지 정보 정보를 얻기까지 지연 시간이 생기게 된다. 이 문제를 해결하기 위해 제안한 라우팅 프로토콜에서는 채널을 나눔으로써 해결한다. 예를 들어, 그림 3을 살펴보면 A 노드와 B 노드가 데이터를 전송하기 위해 통신을 하는 동안, 노드 C와 노드 D는 필요에 따라 라우팅 정보를 교환할 수가 있게 된다. 이렇게 되면 다른 노드가 데이터를 교환하는 동안에 네트워크 토폴로지가 바뀔으로써

경로가 변경이 될 때 라우팅 정보의 갱신을 위한 지연시간이 줄게 된다. 그리고 채널을 나눔으로써 데이터를 전송을 우선시 할 것인지 라우팅 정보를 우선시 할 것인지에 대한 Fairness 문제를 자연스럽게 해결 할 수가 있게 된다.

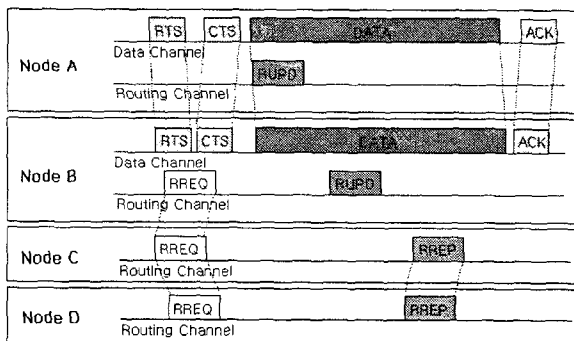


그림 3 제안된 라우팅 프로토콜

4. 결론 및 향후 과제

모바일 애드 혹 무선 네트워크 환경에서 에너지 효율을 높이기 위한 라우팅 프로토콜을 사용함에 있어서, 채널을 나누는 방법을 제안하였다. 라우팅 채널을 통하여 이웃 노드의 에너지 정보를 이것은 라우팅 정보를 빠르게 갱신하고 파워 컨트롤로 인한 충돌 확률을 낮춤으로써 라우팅에 의한 데이터 손실을 줄여 결과적으로 에너지의 절약을 가져오게 된다. 그리고 현재 제안된 프로토콜을 Ns-2로 시뮬레이션 할 수 있도록 진행 중에 있다.

향후 과제로 Ns-2로 시뮬레이션을 통하여 다른 에너지 효율에 관한 프로토콜과 기존의 라우팅 프로토콜을 비교하여 타당성을 검증하고, 이중 채널을 사용함으로써 효율성을 높일 수 있는 방안을 연구할 예정이다.

5. 참고문헌

- [1] IETF MANET Working Group, <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [2] J. Zhu, C. Qiao And X. Wang, "A Comprehensive Minimum Energy Routing Protocol for Wireless Ad Hoc Networks," *INFOCOM'04*, pp.1437-1445, Mar. 2004.
- [3] C. K. Toh, H. Cobb and D. Scott, "Performance Evaluation of Battery-Life-Aware Routing Schemes for Wireless Ad Hoc Networks," *ICC'01*, pp.2824-2829, June 2001.
- [4] E. S. Jung and N. H. Vaidya, "A Power Control MAC Protocol for Ad Hoc Networks," *Proceedings of ACM MOBICOM 2002*, pp. 36-47, September 2002.
- [5] J. Zhu and X. Wang, "PEER: a Progressive Energy Efficient Routing Protocol for Wireless Ad Hoc Networks," *INFOCOM.2005*, pp.1887-1896, Mar. 2005.