

# 모바일 에드-혹 네트워크에서 에너지를 고려한 다중경로 라우팅 프로토콜

이광용\*, 이양민\*, 이재기\*

\*동아대학교 컴퓨터공학과

e-mail : maddragon98@nate.com, manson23@nate.com, jklee@dau.ac.kr

## A Multipath Routing Protocol Considering Energy in Mobile Ad-hoc Network

Kwang-Yong Lee\*, Yang-Min Lee\*, Jae-Kee Lee\*

\*Dept. of Computer Engineering, Dong-A University

### 요 약

MANET(Mobile Ad-hoc Network)에서는 노드들의 에너지가 제한적이기 때문에 에너지 효율적인 경로 설정이 중요한 이슈이다. 본 논문에서는 AOMDV(Ad-hoc On-demand Multipath Distance Vector)를 기반으로 노드의 에너지를 고려한 경로 설정과 유지 기법이 추가된 라우팅 프로토콜을 제안한다. 본 논문에서 제안한 다중경로 라우팅 프로토콜은 노드의 에너지 잔량을 고려하여 경로를 설정하기 때문에 에너지 고갈로 인한 경로 재설정 횟수를 줄일 수 있으며, 노드의 에너지 잔량 임계치를 설정하여 노드의 에너지 잔량이 임계치 이하가 되면 에러 패킷을 전송함으로써 경로 변경 및 재설정시 생기는 데이터의 손실과 전송지연을 줄일 수 있다.

### 1. 서론

모바일 에드-혹 네트워크(MANET)는 기존의 네트워크와 같이 네트워크 인프라가 구축된 상태에서 통신을 수행하는 것이 아닌 인프라가 존재하지 않은 상태에서 각 노드들 상호간의 라우팅으로 데이터 송·수신 등의 통신 기능을 수행할 수 있는 형태의 네트워크를 말한다. 따라서 네트워크에 참여하는 각 노드들은 기지국이나 AP의 도움 없이 자신들이 라우터와 서버의 역할을 모두 수행할 수 있어야 한다. 이러한 특성으로 인해 MANET은 임시 구성용 네트워크나 지진, 태풍 등에 의한 재해 지역, 전쟁터 같은 재난 지역의 네트워크에 적용된다[1].

MANET은 정적인 노드들을 갖는 유선 네트워크와는 달리 이동성을 가진 노드들로 구성되는데 이러한 노드들은 제한된 배터리 전원에 의존하여 동작한다. 따라서 노드들의 제한된 배터리 전원을 효율적으로 사용할 수 있는 방법이 필요하게 되었으며, 현재 이에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다[2].

본 논문에서는 MANET의 배터리관련 문제점을 해결하기 위해 기존의 AOMDV를 기반으로 노드의 에너지 잔량을 고려한 경로 설정 및 경로 유지 기법이 추가된 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안 프로토콜은 경로 설정 시 각 경로의 최소 에너지 잔량을 가지는 노드의 값을 저장한다. 출발지 노드는 각 경로의 최소 에너지 잔량 값을 비교하여 값이 가장 큰 경로를 주 경로로 설정하여 한번 설정된 경로가 오래 유지될 수 있게 함으로써 노드의 에너지 고

갈로 인한 경로 재설정 횟수를 줄일 수 있다. 또한 각 노드의 에너지 임계치를 설정하여 에너지가 임계치 이하로 내려갈 경우 에러 패킷을 출발지 노드로 전송하여 경로를 변경 또는 재설정할 수 있도록 한다. 이러한 경로 유지 기법에 의해 경로 변경 및 재설정시 데이터의 손실이나 전송 지연을 줄일 수 있다. 이러한 경로 설정 및 유지 기법을 통해 에너지를 효율적으로 사용할 수 있게 되므로 에너지의 추가적인 공급이 어려운 재해·재난 지역에서의 사용이 더욱 용이해질 뿐만 아니라 경로를 오래 유지하고 데이터의 손실이나 지연을 줄여주기 때문에 MANET을 이용한 유비쿼터스 컴퓨팅 서비스 구축에도 적용이 가능하다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 1장 서론에 이어 2장에서는 관련 연구를 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 노드의 에너지를 고려한 다중경로 라우팅 프로토콜에 대해서 설명하고 4장에서는 향후 연구 방향을 제시하며, 결론을 내린다.

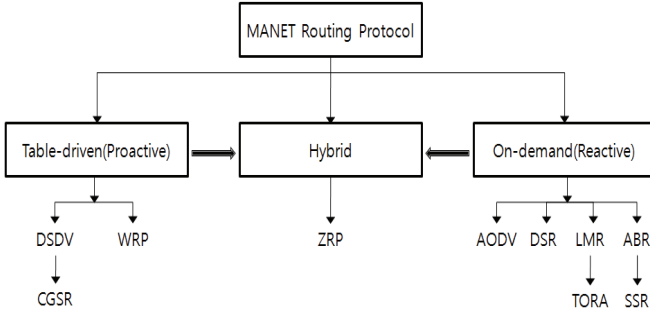
### 2. 관련 연구

#### 2.1 MANET 라우팅 프로토콜

MANET은 정적인 노드를 갖는 유선 네트워크와는 달리 네트워크의 토폴로지 변화가 빈번하게 일어난다. 이로 인해 기존의 유선 네트워크에서 사용하던 라우팅 프로토콜이 아닌 네트워크 토폴로지 변화에 잘 대응할 수 있는 라우팅 프로토콜이 필요하게 되었으며, 현재 여러 종류의

라우팅 프로토콜이 연구되고 있다.

MANET 라우팅 프로토콜은 (그림 1)과 같이 크게 Table-driven(Proactive) 라우팅 방식, On-demand(Reactive) 라우팅 방식, 혼합 라우팅 방식 3가지로 분류 할 수 있다 [4].



(그림 1) MANET 라우팅 프로토콜의 분류

Table-driven 라우팅 방식은 기존 유선 네트워크에서 사용한 Bellman-Ford 방식을 MANET에 적용한 것으로 계속해서 네트워크 상황을 주변 노드들에게 광고함으로써 각 노드들은 다른 노드들에 대한 최신 라우팅 정보를 항상 유지하도록 하는 기법이다. 항상 다른 노드들에 대한 최신 라우팅 정보를 유지하고 있기 때문에 데이터 전송이 필요한 시점에 지연없이 전송을 할 수 있게 된다. 그러나 노드의 이동성으로 인하여 계속해서 라우팅 정보에 대한 갱신이 필요하고 이로 인한 제어 메시지가 오버헤드를 증가시키는 문제점을 가지고 있다. 대표적인 프로토콜로는 DSDV(Destination Sequenced Distance Vector), OLSR(Optimized Link State Routing) 등이 있다.

On-demand 라우팅 방식은 Table-driven 라우팅 방식의 단점을 해결하기 위해 제안된 방식으로 모든 노드들에 대한 라우팅 정보를 유지하지 않고, 데이터 전송이 필요한 시점에 경로를 탐색하는 방식이다. 제어 메시지의 오버헤드는 심하지 않지만 데이터를 전송하기까지 전송 지연이 발생하는 단점을 가지고 있다. 대표적인 프로토콜로는 DSR(Dynamic Source Routing), AODV(Ad-Hoc On-demand Distance Vector) 등이 있다[5].

혼합(Hybrid) 라우팅 방식은 Table-driven 라우팅 방식과 On-demand 라우팅 방식의 장점을 혼합한 기법이다. 특정 영역 내부에서는 Table-driven(or On-demand) 라우팅 방식에 의해서 수행되고, 외부 영역에서는 On-Demand(or Table-driven) 라우팅 방식으로 수행 된다. 대표적인 프로토콜로는 ZRP(Zone Routing Protocol) 등이 있다[6].

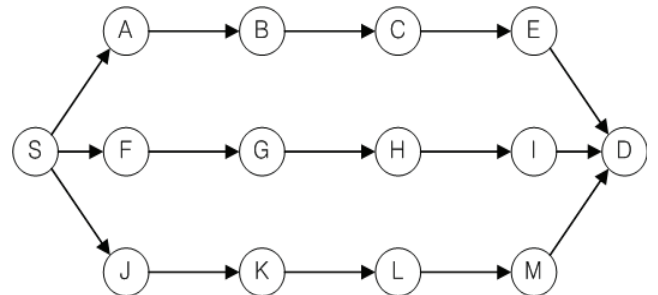
**2.2 다중경로 라우팅**

다중경로 라우팅은 출발지에서 목적지까지 여러 개의 경로를 설정하고 유지하는 프로토콜이다. 이러한 다중경로 라우팅은 노드의 이동 및 에너지의 제약 등으로 인해 토

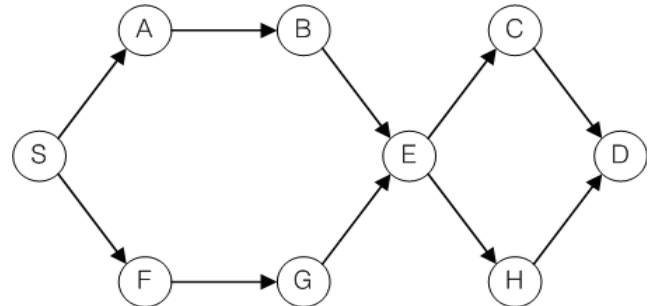
폴로지 변화가 빈번하게 발생하는 MANET 환경에서 부하 분산(load balancing), 내고장성(fault tolerance) 등을 제공한다. 다중경로를 통하여 데이터를 분산시킴으로서 부하 분산을 할 수 있으며, 이를 통해 통신 혼잡이나 병목 현상을 줄일 수 있다. 그리고 하나의 경로가 끊어졌을 경우에도 다른 경로를 통하여 데이터 전송이 가능하기 때문에 내고장성 측면에서도 이점을 가진다[7][8].

다중경로 라우팅 프로토콜은 크게 노드 독립(Node Disjoint) 라우팅 프로토콜과 링크 독립(Link Disjoint) 라우팅 프로토콜로 나눌 수 있다. 노드 독립 라우팅 프로토콜은 (그림 2)와 같이 출발지와 목적지 노드를 제외하고는 중첩되는 노드가 없는 서로 독립적인 다중경로를 설정한다. 서로 중첩되는 노드가 없기 때문에 에너지 고갈 등으로 인해 노드가 다운될 경우에도 다른 경로에는 영향을 주지 않는다. 링크 독립 라우팅 프로토콜은 (그림 3)과 같이 공통적인 링크의 사용은 허용하지 않지만 같은 노드의 사용은 허용된다. 같은 노드의 중복 사용으로 인해 노드 독립 라우팅 프로토콜보다 더 많은 경로를 탐색할 수 있다. 그러나 링크 에러로 인해서는 하나의 경로만 단절되지만 노드가 다운될 경우에는 다수의 경로가 단절되는 경우가 발생하는 단점을 가지고 있다.

대표적인 다중경로 라우팅 프로토콜로는 SMR(Split Multipath Routing), AOMDV 등이 있다.



(그림 2) 노드 독립 다중경로



(그림 3) 링크 독립 다중경로

**2.3 AOMDV**

AOMDV 프로토콜은 단일 경로를 가지는 AODV 프로토콜의 확장으로 경로상의 루프가 없고 링크 독립 다중경로를 지원하는 것을 특징으로 하는 라우팅 프로토콜이다. 경로내의 루프를 방지하기 위해 순서 번호(sequence number)가 더 크거나 순서 번호가 같을 경우 홉 카운트

가 작을 때만 대체경로로 수용한다. 또한 링크 독립 다중 경로를 지원하기 위해 경로 설정 시 RREQ(Route Request) 패킷에 저장된 첫 홉과 RREQ 패킷을 전송한 노드 주소를 이용하여 링크 독립 경로인지를 판별하여 링크 독립 경로일 경우에만 대체 경로로 수용한다[8][9].

**3. 제안 기법**

본 논문에서 제안하는 에너지 잔량을 고려한 다중경로 라우팅 프로토콜은 AOMDV 라우팅 프로토콜을 기반으로 하며 노드의 에너지 잔량을 고려하여 경로 설정 및 경로 유지기법을 추가하였다. 노드의 에너지 잔량을 고려하여 경로를 설정함으로써 에너지 고갈에 따른 경로 재설정 횟수를 줄일 수 있다. 그리고 노드의 에너지 잔량 임계치를 설정하여 경로가 끊어지기 전에 출발지 노드에 알림으로서 경로 변경, 재설정에 따른 데이터의 손실 및 전송 지연도 줄일 수 있게 된다.

**3.1 경로 설정**

본 논문에서 제안한 기법의 경로 설정은 기존 AOMDV의 방식과 동일하게 RREQ 패킷에 의한 역경로 설정 단계와 RREP(Route Reply) 패킷에 의한 순경로 설정 단계의 두 단계로 나누어진다.

**3.1.1 역경로 설정**

먼저 역경로 설정 단계의 경우 기존 AOMDV의 방식과 동일하다. 출발지 노드가 RREQ 패킷을 주변 노드들에게 브로드캐스팅으로 전송한다. RREQ 패킷을 받은 중간 노드들은 자신의 라우팅 테이블에 경로를 저장한 뒤 자신이 목적지 노드가 아닐 경우 다시 주변 노드들에게 RREQ 패킷을 브로드캐스팅으로 전송한다. 중간 노드가 다른 경로를 통해서 또 다른 RREQ 패킷을 받을 경우 링크 독립 경로인지 확인한 후, 링크 독립 경로이면 잠재적인 대체 경로로 설정하게 되고 수신한 RREQ 패킷은 링크 독립 경로를 보장하기 위해 폐기시킨다. 최종적으로 목적지 노드가 RREQ 패킷을 수신하게 되면 역시 자신의 라우팅 테이블에 경로를 저장한 뒤 RREP 패킷을 이용하여 순경로를 설정하는 단계로 넘어가게 된다[9].

**3.1.2 순경로 설정**

순경로 설정 단계의 경우 기존 AOMDV에서 사용하는 RREP 패킷에 (그림 4)와 같이 1Byte 크기의 Min\_Energy 필드가 추가가 된다.[8]

목적지 노드는 자신의 최대 에너지 양을 Min\_Energy 필드에 추가한뒤 RREP 패킷을 RREQ 패킷을 받아 설정한 역경로를 따라 유니캐스팅으로 전송하게 된다.

$$Min\_Energy = Min(Min\_Energy, E_i) \tag{1}$$

Type	Min_Energy	Reserved	Hopcount
Destination IP Address			
Destination Sequence Number			
Originator IP Address			
Lift Time			
Time Stamp			
RREQ ID			
Firsthop			

(그림 4) 제안기법의 RREP 패킷

RREP 패킷을 받은 중간 노드는 자신의 라우팅 테이블에 경로를 저장하고 식(1) 과 같이 자신의 현재 남은 에너지인  $E_i$  와 Min\_Energy 필드에 저장된 값을 비교하여 더 작은 값을 Min\_Energy 필드에 저장하고 자신의 라우팅 테이블에 저장된 경로를 따라 RREP 패킷을 전송한다. 출발지 노드가 RREP 패킷을 받으면 자신의 라우팅 테이블에 경로와 Min\_Energy 값을 저장한 뒤 그 경로를 통해 통신을 시작하게 된다. 출발지 노드가 여러개의 RREP 패킷을 받을 경우 출발지 노드의 라우팅 테이블에 저장된 현재 경로의 Route\_Min\_Energy 필드의 값과 RREP 패킷의 Min\_Energy 필드의 값을 비교하여 값이 더 큰 경로로 경로를 변경하여 통신을 계속하게 된다. 만약 Min\_energy 값이 같거나 작을때는 기존의 경로를 그대로 사용하게 된다. Min\_Energy의 값이 크다는 것은 그만큼 경로를 더 오래 유지할 수 있기 때문에 좀 더 안정적으로 데이터를 전송할 수 있게 된다.

(그림 5)는 기존의 AOMDV 라우팅 테이블에서 Route\_Min\_Energy 필드가 추가 된 제안 프로토콜의 라우팅 테이블을 나타낸 것이다.

Destination
Sequence Number
Advertised_hopcount
Route_list $\{(nexthop_1, hopcount_1, firsthop_1, Route\_Min\_Energy_1), (nexthop_2, hopcount_2, firsthop_2, Route\_Min\_Energy_2), \dots\}$
Expiration_timeout

(그림 5) 제안 프로토콜의 라우팅 테이블

### 3.2 경로 유지

기존 AOMDV의 경로 유지 방법은 경로가 끊어졌을 때만 RERR 패킷을 주변 노드로 전송하여 경로를 변경하거나 재설정 할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 이러한 기존 AOMDV의 경로 유지 방법에 각 노드의 에너지 잔량을 고려한 경로 유지 방법을 추가한다.

경로상의 중간 노드들은 자신의 에너지 잔량이 임계치 이하로 내려가게 되면 RERR 패킷을 출발지 노드로 전송하여 경로를 사용할 수 없음을 알림으로써 경로 변경으로 인한 전송 지연 시간을 줄일 수 있게 된다. 각 중간 노드의 에너지 잔량 임계치를 구하는 식은 다음과 같다.

$$E_{cri} = H_{count} \times (E_{Tx} + E_{Rx}) \times (Dps/Dts) \times 2 + E_{Tx} \quad (2)$$

식(2)에서  $H_{count}$ 는 출발지 노드로부터의 홉 수이고  $E_{Tx}$ 는 송신 에너지,  $E_{Rx}$ 는 수신 에너지이다.  $Dps$ 는 데이터 패킷의 크기,  $Dts$ 는 노드의 초당 전송량을 나타낸다.

중간 노드의 에너지 잔량 임계치는 중간 노드가 전송한 RERR 패킷을 출발지 노드가 수신 할 때까지 데이터 송신 및 수신에 사용되어질 에너지의 2배 값과 중간 노드가 RERR 패킷을 출발지 노드로 전송하는 에너지의 합으로 구해진다. 출발지 노드가 RERR 패킷을 수신할 때까지 사용되어질 에너지의 2배 값을 하는 이유는 중간 노드는 출발지 노드가 RERR 패킷을 수신할 때까지 데이터 송·수신을 계속한다. 그리고 출발지 노드가 RERR 패킷을 받아 경로를 변경하더라도 중간 노드는 출발지 노드가 경로를 변경하기 전까지 전송한 데이터에 대해서는 처리를 해야 하기 때문이다. 이렇게 함으로써 경로의 변경이나 재설정으로 인한 데이터의 손실이나 지연을 줄일 수 있게 된다.

### 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 노드의 에너지를 고려한 다중경로 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 제안한 라우팅 프로토콜은 대표적인 다중경로 라우팅 프로토콜중의 하나인 AOMDV를 기반으로 하여 노드의 에너지를 고려한 경로 설정 및 경로 유지 기법을 추가 하였다. 라우팅 테이블에 Route\_Min\_Energy 필드를 추가하여 경로 설정 시 각 경로에서 최소 에너지 잔량을 가지는 노드의 값을 저장 한다. 출발지 노드는 저장된 각 경로의 Route\_Min\_Energy 필드의 값을 비교하여 값이 가장 큰 경로를 통해 통신을 하도록 함으로서 에너지 고갈로 인한 경로 재탐색 횟수를 줄일 수 있다. 또한 각 노드의 에너지 잔량에 대한 임계치를 설정하여 에너지 잔량이 임계치 이하로 내려가게 되면 RERR 패킷을 출발지 노드로 전송하여 경로를 변경, 재탐색하게 함으로서 데이터의 손실이나 전송지연도 줄일 수 있게 된다.

본 논문에서는 노드의 에너지를 고려하여 경로를 선택 하고 유지하는 방법을 제시하였다. 향후에는 NS2 시뮬레

이터를 사용한 실험을 통해서 제안된 라우팅 프로토콜이 기존의 AOMDV 라우팅 프로토콜과 에너지를 고려한 다른 라우팅 프로토콜[10]과 비교하여 더 효율적이며 성능이 우수한 라우팅 프로토콜이라는 것을 증명하기 위한 연구를 진행할 것이다.

### 참고문헌

- [1.] S. Corson, J. Macker, "Mobile ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations", RFC 2501, 1999
- [2] 김용현, 홍윤식, "에드혹 네트워크에서 에너지 소비 균형을 고려한 적응형 라우팅 프로토콜", 정보처리학회논문지 C, 제15-C권 제4호, pp. 303-301, 2008
- [3] M. Tarique, K.E. Tepe, "Minimem energy hierarchical dynamic source routing for Mobile Ad Hoc Networks", Ad Hoc Networks, Vol. 7, Issue 6, 2009
- [4] G. Aggelou, "Mobile Ad Hoc Networks", McGraw Hill, 2004
- [5] S. Das, C. Perkins, E. Royer, "Performance Comparison of Two On-demand Routing Protocols for Ad Hoc Networks", proc. of the IEEE Infocom, pp. 3-12, 2000
- [6] 이양민, 이재기, "MANET에 의한 신뢰성 높은 다중 경로 프로토콜", 정보과학회 논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터, 제14권, 4호, pp. 352~362, 2008
- [7] Stephen Mueller, Rose P. Tsang, Dipak Ghosal, "Multipath Routing in Mobile Ad Hoc Networks: Issues and Challenges", Lecture Notes in Computer Science, Vol.2965, pp. 209-234, 2004
- [8] 김기일, 김상하, "MANET에서의 다중 경로 라우팅 프로토콜 연구 동향", 정보통신연구진흥원 주간기술동향 1203호, 2004
- [9] Mahesh K. Marina Samir R. Das, "On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Network", In IEEE ICNP pp. 14-23, Nov. 2001.
- [10] 이장수, 김성천, "AOMDV(Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector)에서의 전력을 고려한 동적 경로 선택 기법", 전자공학회 논문지, 제45권, 제1호, pp. 42-50, 2008