

노드 전력량을 고려한 무선 Ad-hoc 라우팅 정책

성진규⁰, 이원주*, 전창호**,
한양대학교 컴퓨터공학과⁰, 두원공과대학 인터넷프로그래밍과*, 한양대학교 컴퓨터공학과**
jkseong@cse.hanyang.ac.kr⁰, wonjoo@doowon.ac.kr*, chjeon@cse.hanyang.ac.kr**

Wireless Ad-hoc Routing Strategy Considering Power of Nodes

Jinkyu Seong⁰, Wonjoo Lee*, Changho Jeon**
Department of Computer Science & Engineering, Hanyang University⁰
Department of Internet Programming, Doowon Technical College*
Department of Computer Science & Engineering, Hanyang University**

요 약

일반적으로 기존의 Ad-hoc 무선 네트워크 환경에서의 라우팅 정책은 가장 빠르게 데이터를 전송할 수 있는 경로를 찾는 것이 목적이었다. 그러나 한정된 전력을 가진 노드로 구성된 네트워크에서 각 노드의 잔여전력량을 무시하고 라우팅 경로를 설정하면 수명을 다한 특정 노드로 인해 네트워크의 성능이 저하되는 문제점이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 각 노드의 생존시간을 최대한 보장할 수 있도록 라우팅 경로를 선택하여 네트워크의 성능 저하를 최소화하는 라우팅 정책을 제안한다. 이 정책은 기존의 테이블 기반 라우팅 정책에 두 가지 metric을 더하여 잔여 전력이 많은 노드를 포함하는 경로를 설정할 수 있게 해 준다.

1. 서론

무선 네트워크 환경은 크게 Infrastructured와 Ad-hoc 무선 네트워크 환경으로 분류할 수 있다. Infrastructured 무선 네트워크 환경은 광대역의 유선 네트워크 말단에 위치한 일종의 송수신기인 베이스 스테이션과 무선 노드들 간의 통신으로 이루어지며 일반적인 예로 CDMA 환경이 있다. Ad-hoc 무선 네트워크 환경은 기존에 구축된 기반 구조 없이, 네트워크를 구성하고자 하는 노드간의 통신을 통해 스스로 네트워크를 구축하기 때문에 재난지역이나 군사지역에서 주로 사용할 수 있다[1]. 일반적으로 Ad-hoc 무선 네트워크 환경에서 사용하는 라우팅 정책은 최소의 노드(hop)를 경유하거나 가장 빠른 전송이 가능한 경로를 최선의 라우팅 경로로 선택한다. 그러나 노드들이 모두 유한한 전력을 가진 환경일 경우, 전력량을 무시하여 경로를 설정한다면 잔여 전력량이 상대적으로 적은 노드가 라우팅 경로에 포함될 수 있다. 이때 그 노드는 데이터를 전송 하는데 모든 전력을 소비하여 활동이 정지 될 것이다. 만일 이 노드를 라우팅 경로에 포함시키지 않을 수 있다면 노드의 생존시간을 보다 연장시킬 수 있다.

본 논문에서는 모든 노드의 생존시간을 최대한 보장하여 네트워크의 성능을 향상시키는 새로운 라우팅 정책을 제안한다. 2장에서는 기존의 무선 Ad-hoc 라우팅 정책을 설명하고 3장에서는 제안하는 라우팅 정책에 대하여 자세히 설명한다. 마지막으로 4장에서는 결론과 향후

과제에 대하여 설명한다.

2. 관련 연구

2.1 무선 Ad-hoc 라우팅 정책

무선 Ad-hoc 라우팅 방식은 크게 테이블 기반 라우팅 방식과 On-Demand 라우팅 방식으로 분류 할 수 있다. 테이블 기반 라우팅 방식은 네트워크상의 노드들이 주기적으로 정보를 교환함으로써 네트워크 토폴로지를 미리 알게 한다. 이러한 정보는 테이블 구조를 가진다. DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) 방식[2]이 대표적인 테이블 기반 라우팅 방식이다. On-Demand 방식은 경로의 설정이 필요한 시점에서 부분적인 flooding을 통해 목적지를 탐색하여 경로를 파악하는 방법이다. Dynamic Source Routing(DSR) 방식[3]이 대표적인 On-Demand 라우팅 방식이다.

2.2 Destination Sequenced Distance Vector 프로토콜

DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)는 테이블 기반 라우팅 방식의 대표적인 형태이다. 각 노드는 <표 1> 과 같은 테이블 형태의 라우팅 정보를 주기적으로 교환한다. 이 정보를 참조하여 목적지로 데이터를 보내기 위한 다음 노드를 선택한다.

<표 1>에서 Dest. 은 목적지를 의미한다. Next Hop 은

데이터를 전송하기 위한 다음 노드를 의미한다. Metric과 Sequence Number는 각각 목적지까지의 hop 수와 최신 정보임을 나타낸다. 테이블 갱신 시점에 Metric을 비교하여 Metric이 가장 작은 경로를 최단경로는 선택한다.

<표 1> DSDV의 Forwarding 테이블

Dest.	Next Hop	Metric	Sequence Number
MH1	MH1	0	S411_MH1
MH2	MH2	1	S112_MH2
MH3	MH2	2	S324_MH3
MH4	MH4	1	S121_MH4

각 노드가 테이블을 참조하여 목적지를 향한 Next Hop으로 데이터를 보내는 작업을 반복함으로써 라우팅이 이루어진다. 이 알고리즘은 최소 hop 수(metric)를 가지는 경로를 선택하거나, 같은 hop수를 가지는 여러 개의 경로들 중에서 응답시간이 가장 빠른 경로를 선택한다. 하지만 각 경로를 구성하는 노드의 전력량을 고려하지 않기 때문에 전력량이 적은 노드의 생존시간을 보장하지 못하는 문제점이 있다. 만일 그 노드가 데이터 전송 외에 계산 기능을 가진다면 계산 기능을 하지 못하게 된다.

3. 노드의 전력을 고려한 Ad-hoc 라우팅 정책

본 논문에서는 테이블 기반 라우팅 기법을 기반으로 사용하면서 각 노드의 전력량을 고려함으로써 네트워크의 성능을 향상시키는 새로운 라우팅 정책을 제안한다. 이 정책에서 네트워크에 참여하고자 하는 노드는 테이블 정보를 주기적으로 이웃 노드에게 전달하고, 갱신하면서 네트워크 토폴로지를 파악한다. 그리고 테이블내의 Next Hop 정보를 통해 데이터를 전송한다. 이때 Next Hop을 선택하기 위해 Metric 정보를 사용한다. Metric은 경로상에서 최소의 전력을 보유한 노드의 전력량과 경로를 구성하는 모든 노드의 에너지의 총 합으로 구한다.

3.1 테이블 구조 및 Advertisement

<표 2> 제안하는 정책의 Forwarding 테이블

Dest.	Next Hop	Hops	S.Num	E_m	E_T
MH1	MH1	0	S01_MH1	8	8
MH2	MH2	1	S02_MH2	6	6
MH3	MH2	2	S30_MH3	3	9

Dest: Destination

S. Num: Sequential Number

E_m : Minimum Energy

E_T : Total Energy

<표 2>에서 Destination, Next Hop, Sequential Number는 DSDV와 동일하다. Minimum Energy(E_m)는 목적지까지의 경로상에 있는 노드들이 가지는 전력량 중 최소값을 나타낸다. Total Energy(E_T)는 목적지까지의 경로상에 있는 모든 노드들의 전력량의 총합이다. 각 노드는 이웃 노드로부터 받은 경로 정보에서 E_m 값과 노드의 전력 보유량을 비교하여 작은 값을 E_m 으로 지정한다. 또한 E_T 에 노드의 전력량을 합산하여 주기적으로 다른 노드에게 알린다.

3.2 경로 선택 알고리즘

한 노드는 다수의 이웃 노드로부터 목적지는 동일하지만 경로는 서로 다른 정보를 받을 수 있다. 이는 현재 노드에서 동일한 목적지를 향한 Next Hop으로 어떤 노드를 선택할 것인가 하는 문제가 된다. 기존의 DSDV는 Metric으로 사용되었던 Hop 수를 비교하여 가장 작은 쪽으로 Next Hop을 선택하였다.

본 논문이 제시하는 경로 선택 알고리즘은 <그림 1>과 같다.

```

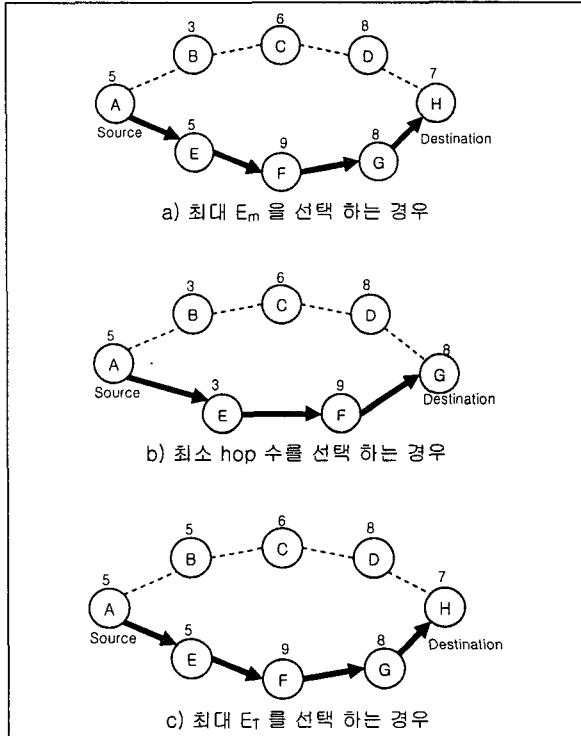
if 하나의  $\text{Max}(E_{m1}, E_{m2} \dots)$  존재
    if 기존 거리와 H의 차이가 k 이하
         $\text{Max}(E_{m1}, E_{m2} \dots)$  를 포함하는 테이블 선택
    else
        //  $\text{Max}(E_{m1}, E_{m2} \dots)$  를 포함하는 테이블들 중
        if 하나의  $\text{Min}(H_1, H_2 \dots)$  존재
             $\text{Min}(H_1, H_2)$  를 포함하는 테이블 선택
        else
            //  $\text{Min}(H_1, H_2 \dots)$  를 포함하는 테이블 중
            if 하나의  $\text{Max}(E_{T1}, E_{T2} \dots)$  존재
                 $\text{Max}(E_{T1}, E_{T2})$ 를 포함하는 테이블 선택
            end if
        end if
    end if
end if
    
```

* H: Hops

<그림 1> 테이블 갱신을 위한 선택 알고리즘

<그림 1>에서 k는 전력량이 적은 노드의 생존 기간을 연장하기 위해 우회하는 경로가 많이 설정되는 것을 방지하기 위해 필요하다. 먼저 노드에 도착한 여러 개의 경로 중에서 최대 E_m 값을 가지는 경로를 선택함으로써 최소 전력을 보유한 노드를 포함하는 경로를 피할 수 있다. 만일 해당 목적지에 대한 경로를 이미 알고 있다면 현재 경로의 hop수와 갱신하고자 하는 경로의 hop 수를 비교하여 k 이상 우회하는지 확인한다. 만일 k 이상 우회하는 경로라면 테이블을 갱신하지 않는다. 동일한 E_m 값을 가지는

여러 경로 중에서 최소 hop수를 가지는 경로를 선택한다. 만일 hop 수도 동일한 여러 개의 경로가 존재한다면 그 중에서 E_T 값이 최대인 경로를 선택한다. E_T 값을 비교함으로써 보다 많은 전력을 보유한 노드들을 포함하도록 경로를 선택할 수 있다. <그림 1>의 경로 선택 알고리즘을 좀 더 자세히 설명하기 위해 <그림 2>를 예로 사용한다.



<그림 2> 경로 선택 예제

<그림 2>에서 각 노드 위에 표기된 수는 노드의 전력 잔여량을 나타낸다. <그림 2>에서 a)는 알고리즘의 첫번째 선택조건이 적용된 모습이다. 두 개의 경로 A-B-C-D-H 와 A-E-F-G-H 중에서 A-E-F-G-H 를 선택한다. A-B-C-D-H 경로에서 E_m 의 값은 B 노드의 잔여량인 3 이고, A-E-F-G-H 경로에서 E_m 의 값은 E 노드의 잔여량인 5 이다. 따라서 A-E-F-G-H 경로의 E_m 이 더 크기 때문에 이 경로를 선택한다. b)는 알고리즘의 두번째 선택조건이 적용된 것으로 이 경우 두 경로의 E_m 값이 3으로 같지만 hop수가 적은 A-E-F-G를 선택한다. c)는 알고리즘의 세번째 조건이 적용된 것으로 이 경우 경로의 E_m 값과 hop수가 모두 같으므로 E_T 값이 큰 A-E-F-G-H 를 선택한다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문은 무선 Ad-hoc 네트워크 환경에서 네트워크를 구성하는 노드들의 전력량을 고려하여 보다 많은 전력량을 보유하고 있는 노드를 경유하는 라우팅 정책을 제안하였다. 이 라우팅 정책에서는 가능한 최소 에너지를 가지는 노드를 라우팅 경로에 포함시키지 않기 때문에 해당 노드의 생존기간을 연장한다. 따라서 각 노드들이 데이터 전송 기능 외에 다른 기능을 수행한다면 노드의 생존기간을 연장함으로써 네트워크의 성능과 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다. 예를 들어 무선 Ad-hoc 네트워크를 구성하는 노드로 Ad-hoc Grid[4]를 구현하여 Computational Grid[5] 환경을 만들 경우, 각 노드는 데이터의 전송 경로로 사용되지 않고 컴퓨팅 자원으로 활용되어 계산시간을 단축시킬 수 있다.

향후 연구 과제는 우회 경로 선택에 사용되는 상수 k 를 최적화하기 위해 알고리즘을 확장하고, Ad-hoc 네트워크를 이용하여 Computational Grid 환경에서 이 알고리즘을 적용해 보는 것이다.

5. 참고 문헌

- [1] C.E. Jones, J.M.Sivalingam, P.Agarwal, A Survey of Energy Efficient Protocols for Wireless Networks, Wireless Networks, Vol. 7, No. 4, pp. 343-358, 2001
- [2] Charles E. Perkins, Pravin Bhagwat, Highly dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector routing (DSDV) for mobile computers, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Proceedings of the conference on Communications architectures, protocols and applications, Volume 24 Issue 4, 1994
- [3] J. Broch, D. B. Johnson, and D. A. Maltz, The dynamic source routing protocol for mobile ad hoc networks, Internet-Draft, draft-ietf-manetsdr-01.txt, work-in-progress, 1998.
- [4] Marinescu, D.C, Marinescu, G.M, Yongchang Ji, Boloni, L.; Siegel, H.J., Ad hoc grids: Communication and computing in a power constrained environment, Performance, Computing, and Communications Conference, 2003, Conference Proceedings of the 2003 IEEE International 9-11, pp.113-122, 2003
- [5] I. Foster, C. Kesselman, The Grid: Blueprint for a new Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann Publishers, 1998