

---

# Ad Hoc 네트워크에서 잔여전력량을 이용한 효율적인 클러스터 헤더 및 보조 헤더 선출 기법

박혜란\* · 김우완\*\* · 장상동\*\*\*

경남대학교

## An Efficient Scheme for Electing Cluster Header and Second Header Using Remaining Electric Energy in Ad Hoc Networks

Hyeran Park\* · Wuwoan Kim\*\* · Sangdong Jang\*\*\*

Kyungnam University

enticergirl@naver.com · wukim@kyungnam.ac.kr · angong@kyungnam.ac.kr

### 요 약

클러스터 기반 라우팅 프로토콜(CBRP, Cluster-Based Routing Protocol)은 각 클러스터 내에 헤더를 선출하고 클러스터 헤더는 모든 이동 노드들을 관리 운영하기 때문에 전력 소모가 심하게 일어나게 된다. 기존의 CBRP는 각 노드의 잔여전력량을 고려하지 않고 헤더를 임의로 선출하기 때문에 클러스터 헤더의 평균 수명이 짧아지고 빈번하게 다른 헤더를 선출해야 하는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 클러스터 헤더를 선출할 때 클러스터 내 각 노드의 잔여전력량을 비교하여 잔여전력량이 가장 높은 노드를 클러스터 헤더로 선출하고 잔여전력량이 두 번째로 높은 노드를 보조 헤더로 선출한다. 선출된 클러스터 헤더의 잔여전력량이 낮아져 헤더 역할을 수행할 수 없게 되면 이웃 멤버 노드들에게 알림 메시지를 전송하여 미리 선출해둔 보조 헤더가 클러스터 헤더 역할을 하게 한다. 클러스터의 수명과 네트워크 전체의 수명을 연장시키면서 헤더 재선출로 인한 문제점을 줄이고 경로의 안정성을 높이는 개선된 프로토콜을 제안한다.

### ABSTRACT

In the Cluster-Based Routing Protocol (CBRP) a cluster header in each cluster should be elected. The cluster headers consume energy much more than other nodes because they manage and operate all of mobile nodes in their cluster. The traditional CBRP elects a cluster header without considering the remaining electric energy of each node. So, there exists problems that the cluster header has short average lifetime, and another cluster header should be elected again frequently. In this paper, we propose the improved protocol which prolongs the lifetime of the cluster header, decreases of header re-elected problem, decreases of header re-elected problem and enhances the stability of the path. In order to achieve this, when a cluster header is elected in a cluster, the remaining electric energies of all the nodes are compared with one another, and the node with the highest energy is elected as the cluster header. Also, the node with the second highest energy is elected as the second header. If the elected cluster header is unable to perform the role of the cluster header because the remaining energy level goes low, it sends a beacon message to neighbor member nodes and the second header will serve as the cluster header.

### 키워드

클러스터 기반 라우팅 프로토콜, 애드 혹 네트워크, 전력량, 클러스터 헤더 선출 기법

### I. 서 론

최근 무선 네트워크 기술의 급속한 발전과 더불어

이동 무선 컴퓨팅에 대한 응용 범위와 빈도가 급격히 증가하고 있다. 이동 무선 네트워크는 기지국이나 AP(access point)와 같은 하부구조(infrastructure)를 가지는 네트워크와 하부구조가 없는 애드 혹 네트워크(Ad Hoc Network)로 분류된다. 애드 혹 네트워크의 라우팅 방법은 Proactive, Reactive와 두 방법을 혼합한 Hybrid 방법으로 분류된다.

---

\* 경남대학교 첨단공학과 석사과정

\*\* 경남대학교 컴퓨터공학과 교수

\*\*\* 경남대학교 컴퓨터공학과 조교수

Proactive 방법은 미리 경로 정보를 유지하여 전송할 패킷이 발생할 경우 별도의 경로 탐색 과정 없이 바로 전송할 수 있다. 이 방법은 주기적으로 제어 패킷을 전송하여 경로를 미리 유지하므로 라우팅 오버헤드가 상대적으로 크지만 별도의 경로 탐색 과정을 거치지 않으므로 경로 설정 지연 시간이 짧다 대표적인 방법으로는 DSDV[1]가 있다. Reactive 방법은 경로 정보를 갱신하지 않다가 전송할 패킷이 발생했을 때 경로를 탐색한다. 패킷이 발생할 때만 경로를 탐색하므로 노드의 이동성이 있는 상황에서 에너지 효율적이다. 대표적인 방법으로 AODV[2], DSR[3] 등이 있다.

Proactive 방법과 Reactive 방법을 혼합한 Hybrid 방법은 각 노드가 사전에 임의의 홉 거리만큼 이웃 노드의 라우팅 정보를 유지하고 홉 거리를 넘어서는 노드에 대해서만 경로 설정 절차를 요구하는 방법이다. 대표적인 방법에는 ZRP[4], TORA[5], CBRP[6] 등이 있다.

본 논문에서 적용하는 프로토콜인 CBRP는 이동 노드들을 클러스터로 나누고 각 클러스터 내에서 클러스터 헤더를 선출한 후 헤더가 클러스터 멤버들을 관리, 운영한다. 클러스터 헤더의 전력이 고갈될 경우 클러스터 내의 모든 이동 노드들은 새로운 헤더가 선출될 때까지 수행을 멈추게 되어 전체 네트워크의 성능을 저해하는 문제점을 가지고 있다[7][8][9].

## II. 관련 연구

### 2.1 클러스터 기반 라우팅 프로토콜

CBRP는 애드 혹 네트워크에서 제한적인 에너지를 효율적으로 사용하고자 이동 노드들을 클러스터 단위로 나누어 클러스터를 형성하고 각 클러스터는 헤더를 두어 관리함으로써 이동성 관리가 용이하며 제어 메시지의 오버헤드(overhead)를 줄일 수 있는 프로토콜이다. CBRP는 거리 벡터 라우팅 알고리즘의 장점과 DSR의 장점을 동시에 이용한 방법이다 클러스터는 네트워크를 구성하는 이동 노드들의 분포와 선출된 헤더를 중심으로 한 홉 거리에 있는 이웃 노드들로 중첩되거나 분리된 형태로 형성한다

그림 1은 3개의 클러스터로 형성된 CBRP의 일반적인 클러스터 구조의 예를 나타낸다

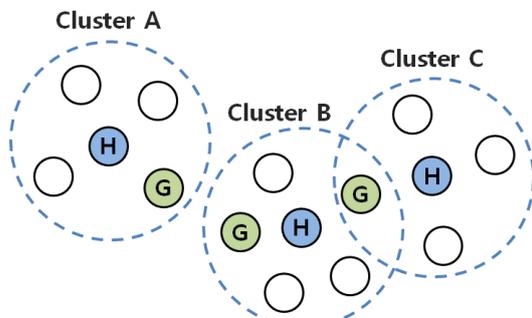


그림 1. CBRP의 일반적인 구조

### 2.2 클러스터 헤더 선출 기법

현재 애드 혹 네트워크를 위한 한 홉 클러스터 헤더 선출 기법에는 LID(Lowest ID) 기법과 HD(Highest Degree) 기법 등이 있다. LID 기법은 노드의 ID를 사용하여 클러스터 헤더를 선출하는 기법으로 클러스터 헤더를 선출하기 위해 각 노드가 자신의 ID를 주기적으로 방송(broadcast)하며 가장 낮은 ID의 노드가 클러스터 헤더로 선출된다. HD 기법은 각 노드가 자신의 이웃 노드 정보를 동일한 주기로 방송하며 가장 높은 이웃 노드(밀도)를 가지는 노드를 클러스터 헤더로 선출한다. 노드의 연결 상태를 고려하여 클러스터 헤더를 선출한다.

이와 같은 기존의 클러스터 헤더 선출 기법들은 노드의 전력량을 고려하지 않고 클러스터 헤더를 선출하기 때문에 클러스터 헤더의 평균 수명이 급격히 짧아진다. 그리고 헤더가 더 이상 헤더의 역할을 수행하지 못할 경우 클러스터 내의 모든 이동 노드들은 새로운 헤더가 선출될 때까지 수행을 멈추게 되어 전체 네트워크의 성능을 저해한다[10].

따라서 본 논문에서는 클러스터를 형성함에 있어 노드들의 잔여전력량을 고려하여 잔여전력량이 가장 많은 노드를 클러스터 헤더로 선출하고 잔여전력량이 두 번째로 많은 노드를 보조 헤더로 선출하여 헤더의 잔여전력량이 낮아져 헤더 역할을 수행할 수 없을 때 보조 헤더가 새로운 헤더로 역할을 수행하는 방법을 제안한다.

## III. 제안 프로토콜

본 논문에서는 자신과 한 홉으로 연결된 이동 노드 중에서 잔여전력량이 가장 많은 이동 노드를 클러스터 헤더로 선출하고 잔여전력량이 두 번째로 많은 이동 노드를 보조 헤더로 선출하는 알고리즘을 제안한다.

CBRP의 기존 헤더선출 기법인 LID 기법과 같이 클러스터 헤더를 선출하기 위해 각 노드는 자신의 잔여전력량을 포함한 비컨 메시지를 주기적으로 방송하여 잔여전력량이 가장 많이 남은 노드를 클러스터 헤더로 선출한다. 제안 프로토콜은 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드를 식별하기 위해 각 이동 노드들이 이웃 노드들로부터 비컨 메시지를 수신하면 이웃 노드들의 잔여전력량 정보와 자신의 잔여전력량 정보를 이웃테이블(Neighbor Table)에 저장한다. 이웃테이블에 저장된 잔여전력량을 내림차순으로 정렬하여 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드의 ID와 자신의 ID를 비교한다. 두 ID의 비교 결과가 같으면 자신이 클러스터의 헤더가 되고 다르다면 자신이 속한 클러스터의 헤더로 식별되어 멤버노드가 된다

이동 노드는 먼저 자신과 한 홉 거리의 이웃 노드들에게 자신의 잔여전력량을 포함한 비컨 메시지를 방송한다. 그림 2와 같이 노드 F는 한 홉으로 연결된 이웃 노드 C, D, E, G, H, I에게 자신의 잔여전력량을 포함한 비컨 메시지를 전송하고 각 이웃 노드들로부터 잔여전력량이 포함된 비컨 메시지를 수신한다

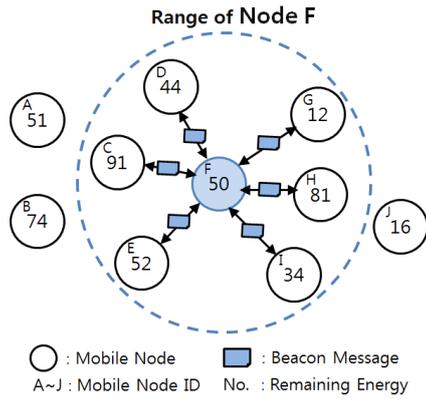


그림 2. 클러스터 헤더 선출 과정

비컨 메시지를 수신한 이웃 노드들은 잔여전력량을 비교하기 위해 각 이웃 테이블에 이웃 노드들의 잔여전력량과 자신의 잔여전력량을 저장한다. 비컨 메시지의 주기가 끝나면 이웃 노드의 정보가 충분히 수집되었다고 판단하고 잔여전력량을 기준으로 가장 잔여전력량이 많은 노드를 헤더로 선출한다. 선출된 헤더를 중심으로 한 홉 거리에 있는 이웃 노드들과의 클러스터가 형성된다.

그림 3은 노드 F가 이웃 노드로부터 수신 받은 비컨 메시지의 잔여전력량과 자신의 잔여전력량을 저장한 이웃 테이블의 일부를 나타낸다. 각 노드의 이웃 테이블은 이웃을 식별할 때 사용되는 N\_ID 필드와 이웃 노드들의 잔여전력량을 나타내는 R\_Energy 필드로 구성된다. 노드 F는 이웃들을 식별하는 ID와 잔여전력량을 자신의 이웃 테이블에 저장한 후 R\_Energy를 기준으로 가장 잔여전력량이 많은 노드의 N\_ID를 자신이 속한 클러스터의 헤더로 식별한다. 그림 3에서는 자신의 이웃 테이블에서 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드 C가 헤더가 되고, 노드 F는 노드 C 클러스터 내의 멤버 노드가 된다.

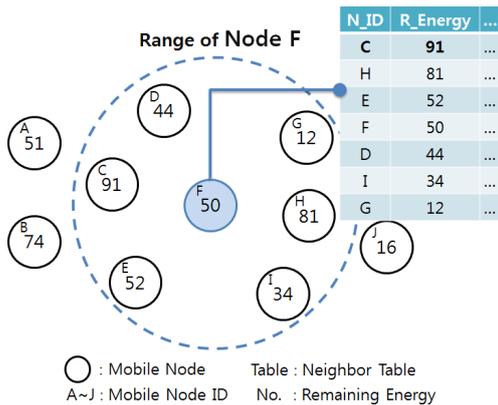


그림 3. 클러스터 헤더 선출

그림 3과 같은 과정을 거쳐 각 클러스터 내에 헤더가 선출되면 이동 노드들은 자신과 한 홉 거리에 있는 헤더의 클러스터에게 가입되어 클러스터 내의 멤버 노드가 되고 선출된 헤더는 모든 멤버노드들을 관리 및 운영하게 된다.

그림 4에서 음영 처리된 노드 C와 H는 클러스터 헤더를 나타낸다. 각 노드들이 그림 3과 같은 과정을 거쳐 클러스터 A에서 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드 C와 클러스터 B에서 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드 H가 헤더로 선출된다. 이때, 노드 F는 두 클러스터 사이에 존재하는 노드이기 때문에 클러스터 A, B 간의 통신을 담당하는 게이트웨이가 된다. 결과적으로 그림 4와 같이 노드 F가 중첩되는 클러스터 2개가 형성된다. 클러스터 헤더 선출 시 같은 클러스터 내에 가장 많은 잔여전력량의 양이 동일한 노드가 있는 경우에는 기존의 클러스터 헤더 선출 기법인 LID를 사용하여 잔여전력량이 가장 많으면서 가장 낮은 ID를 가진 노드를 클러스터 헤더로 선출한다.

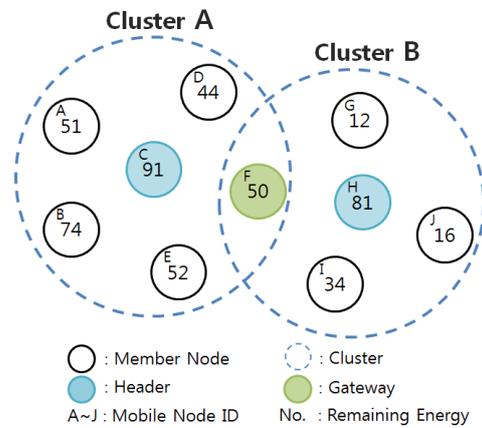


그림 4. 클러스터 형성

그림 4처럼 클러스터를 형성하고 난 뒤 각 클러스터의 헤더는 클러스터 내에서 잔여전력량이 두 번째로 많은 노드를 보조 헤더로 선출한다. 그림 5와 같이 클러스터 A의 헤더노드 C의 이웃 테이블에서 잔여전력량이 두 번째로 많은 노드 B를 클러스터 A의 보조 헤더로 선출한다.

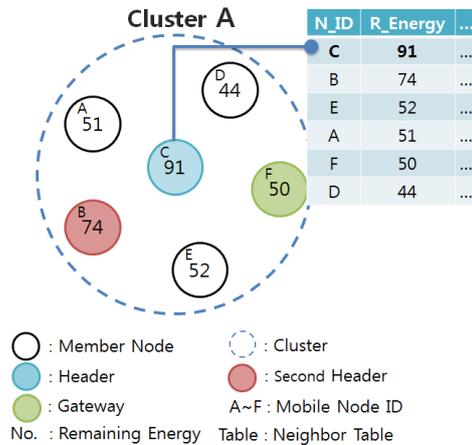


그림 5. 클러스터 보조 헤더 선출

기존 클러스터 헤더의 잔여전력량이 낮아져 더 이상 헤더 역할을 수행할 수 없게 되면 헤더는 이웃 멤버 노드들에게 비컨 메시지를 전송하여 자신의 상태를 알린 다음 미리 선출해둔 보조 헤더에게 클러스터 헤더 역할을 하게 한다.

그림 6과 같이 헤더 노드 C의 잔여전력량이 낮아져 더 이상 헤더 역할을 수행할 수 없다고 판단되면 노드 C는 클러스터 멤버들과 게이트웨이에게 비컨 메시지를 이용해 자신의 상태를 알린다. 미리 선출해둔 보조 헤더 B는 헤더 역할을 한다.

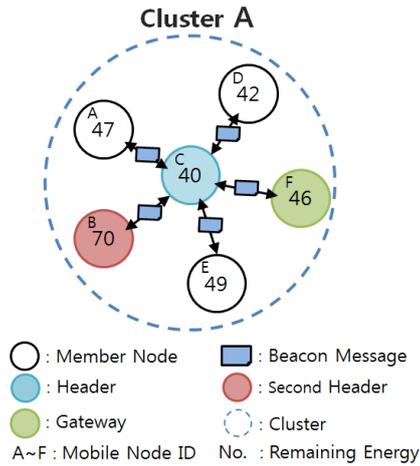


그림 6. 클러스터 헤더 알림 과정

보조 헤더인 노드 B는 새로운 헤더가 되고 이를 중심으로 새로운 클러스터가 형성된다. 새로운 클러스터 내의 헤더 B보다 더 많은 잔여전력량을 가진 노드가 클러스터에 가입되더라도 무시한다. 새로운 클러스터가 형성될 때 배제된 멤버노드들은 다른 노드들과 새로운 클러스터를 형성하거나 단일 클러스터가 된다.

새로운 헤더 B는 그림 5와 같이 클러스터 내의 보조 헤더를 선출해 두고 자신이 더 이상 헤더의 역할을 할 수 없게 되면 그림 6과 같이 보조헤더를 헤더로 사용하는 과정을 계속해서 반복한다.

제안 클러스터 헤더 선출 기법은 전력을 고려하여 헤더와 보조 헤더를 선출하기 때문에 클러스터 헤더의 전력이 고갈될 경우 헤더가 선출될 때까지 수행을 멈추게 되는 문제점을 미연에 방지하고 헤더가 더 이상 역할을 할 수 없는 경우 보조 헤더가 헤더 역할을 하여 클러스터의 재구성이 빠르게 일어나 헤더 선출 지연을 줄인다. 잔여전력량이 가장 많은 노드가 헤더로 선출되기 때문에 헤더의 수명이 향상되고 각 클러스터의 모든 노드는 전력이 균등하게 소비되어 노드와 네트워크 전체 수명이 향상된다.

#### IV. 결 론

기존 CBRP의 클러스터 헤더 선출 기법은 노드의 전력을 고려하지 않고 헤더를 선출하여 헤더의 수명

이 짧아지고 헤더 재선출이 빈번하게 일어나는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 노드의 잔여전력량을 고려하여 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드를 헤더로 선출한다. 선출된 헤더가 클러스터 내에서 잔여전력량이 두 번째로 많은 노드를 보조 헤더로 두어 자신이 더 이상 헤더 역할을 할 수 없을 때 헤더 역할을 보조 헤더에게 넘겨 클러스터의 재구성이 빠르게 일어난다.

제안기법은 기존의 문제점을 개선하여 클러스터 헤더의 수명을 향상시키고 빈번하게 일어나던 헤더 재선출 문제가 줄어든다. 따라서 전체 네트워크 수명이 향상되어 경로의 안정성이 높아진다.

#### 참고문헌

- [1] Charles E. Perkins, Bhagwat P, "Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing(DS-DV) for mobile computers," In proceedings of ACM Sigcomm, 1994.
- [2] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Belding Royer, and Samir R. Das, "Ad Hoc On-demand Distance Vector (AODV) Routing," IETF Internet Draft: draft-ietf-manet-aodv-12.txt, Nov. 2002.
- [3] Johnson D, Maltz D, "Dynamic source routing in ad hoc wireless network," In Mobile Computing, Chapter 5, Imielinski T, Korth H (eds), Kluwer Acad-emic:Hingham, MA, USA, 1996.
- [4] V. Park, S. Corson, "Temporally-Ordered Routing Algorithm(TORA) Version 1," Internet Draft draft-ietf-manet-tora-spec-04.txt, July 2001.
- [5] Zygmunt J. Haas, Marc R. Pearlman, Prince Samar, "The Zone Routing Protocol(ZRP) for Ad Hoc Networks," Internet Draft draft-ietf-manet-zone-zrp-04.txt, July 2002.
- [6] M. Jiang, J. Li, Y. C. Tay, "Cluster Based Routing Protocol(CBRP)," Internet Draft draft-ietf-manet-cbrp-spec-01.txt, Aug. 1999.
- [7] 김진수, 신승수, "계층적 불균형 클러스터링 기법을 이용한 에너지 소비 모델, 『한국산학기술학회논문지』 제12권 제6호, 2011.
- [8] Charles E. Perkins, "Ad Hoc Networking," Addison-Wesley, pp.75-138, 2000.
- [9] 김혁수, 황준호, 유명식, "모바일 애드 혹 네트워크에서 이동성을 고려한 안정적인 클러스터링 기법", 한국통신학회논문지, Vol. 34 No. 5, 2009.
- [10] 허태성, "무선 Ad Hoc 네트워크에서 보조헤더를 이용한 효율적 클러스터 기반 라우팅 프로토콜", 인하대학교, 2002.