
Ad Hoc 네트워크에서 잔여전력량을 이용한 효율적인 클러스터 헤더 선출 기법

박혜란* · 김우완** · 장상동***

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

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

요 약

클러스터 기반 라우팅 프로토콜(CBRP, Cluster-Based Routing Protocol)은 각 클러스터 내에 클러스터 헤더를 선출하고, 그 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 이로 인해 빈번하게 다른 헤더를 선출해야 하는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 본 논문에서는 클러스터 헤더를 선출할 때 클러스터 내 각 노드의 잔여전력량을 비교하여 잔여전력량이 가장 많은 노드를 클러스터 헤더로 선출하여 클러스터의 수명과 네트워크 전체의 수명을 연장시키면서 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 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.

키워드

에드 후 네트워크, 클러스터 기반 라우팅 프로토콜, 클러스터 헤더 선출 기법, 전력량

Key word

Ad-Hoc Network, Cluster-Based Routing Protocol, Cluster Header Electing Scheme, Electric Energy

* 준회원 : 경남대학교 첨단공학과 석사과정

접수일자 : 2012. 06. 01

** 정회원 : 경남대학교 컴퓨터공학과 교수 (교신저자, wukim@kyungnam.ac.kr) 심사완료일자 : 2012. 06. 01

*** 정회원 : 경남대학교 컴퓨터공학과 조교수

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 분류 된다.

애드 혹 네트워크의 특징은 고정된 하부구조가 없기 때문에 이동 노드들끼리 데이터를 전달 할 수 있어야 하는데 이러한 이동 노드는 전파 도달 거리가 제한되어 중간 노드들이 데이터 전달 기능을 가지며, 이동단말기들의 특징인 제한된 용량의 배터리를 에너지원으로 사용하므로 에너지 공급이 일정치 않은 특성을 갖는다. 물론 경우에 따라서 이동 노드가 차량에 탑재되어 일시적으로 안정된 에너지 공급이 가능하거나, 또는 고정된 형태의 장치로서 지속적인 에너지 공급이 가능할 수도 있다. 그러나 일반적으로 노트북이나 PDA 또는 센서를 가진 이동 장치 형태를 예상할 수 있는 이동 노드로서는 안정된 에너지의 공급이 어렵고, 이와 같은 에너지 제약은 라우팅 프로토콜 설계에도 큰 영향을 준다.

현재 에너지 수준이 낮은 노드가 많은 트래픽을 라우팅하게 되면 해당 노드의 배터리 잔여전력량이 점점 작아져서 끝내는 이 노드를 경유하는 모든 경로들을 사용할 수 없게 된다. 따라서 노드들의 에너지 상태를 고려하여 경로를 선택해야 안정적인 데이터 전송이 가능하다. 효율적인 에너지 사용 또는 에너지를 절약할 수 있는 메커니즘 등이 근본적인 문제와 함께 고려되어야 한다.

이런 무선 네트워크 환경에서 소비되는 에너지양을 줄이기 위한 대표적인 방법 중 하나가 클러스터링이다. 애드 혹 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 Table-driven 방식과 On-demand 방식, 두 방식을 혼합한 Hybrid 방식으로 분류될 수 있다. Table-driven 방식은 주기적으로 또는 네트워크 토폴로지가 변화할 때 라우팅 정보를 브로드캐스팅 하여 모든 노드가 항상 최신의 라우팅 정보를 유지하는 방식으로 대표적인 방법으로는 DSDV[1]가 있다. On-demand 방식은 경로설정을 요구하는 시점에서 경로를 탐색하는 방식이다. Table-driven 방식에 비해 제어 메시지 오버헤드가 적다. 대표적인 방법에는 A-ODV[2], DSR[3] 등의 프로토콜이 있다. Table-driven 방식과 On-demand 방식을 혼합한 Hybrid방

식은 각 노드가 사전에 임의의 홉 거리만큼 이웃 노드의 라우팅 정보를 유지하고 홉 거리를 넘어서는 호스트에 대해서만 경로 설정 절차를 요구하는 설정방식의 대표적인 방법이다. 대표적인 방법에는 ZRP[7], TORA[8], CBRP 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 에너지가 고갈 될 경우 클러스터 내의 모든 이동 노드들은 새로운 헤더가 선출될 때까지 수행을 멈추게 되어 전체 네트워크의 성능을 저해하는 문제점을 가지고 있다[5][6].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장의 관련연구에서는 본 논문에 적용한 프로토콜인 CBRP 방법과 기존 헤더 선출 기법에 대해서 살펴본다. 3장에서는 제안 프로토콜에 대해서 설명한다. 4장에서 결론으로 끝을 맺는다.

II. 관련연구

서론에서 언급한 것과 같은 Ad Hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜 중 이 절에서는 본 논문에서 적용한 CBRP에 대해서 살펴본다.

2.1. 클러스터 기반 라우팅 프로토콜

CBRP는 애드 혹 네트워크에서의 한계점을 극복하기 위해 이동 노드들을 클러스터 단위로 나누어 관리함으로써 네트워크 자원을 효율적으로 사용할 수 있고 이동성 관리가 용이하며 제어 메시지의 오버헤드(overhead)를 줄일 수 있는 프로토콜이다. 클러스터 기반 라우팅 프로토콜은 거리 벡터 알고리즘의 장점과 DSR의 장점을 동시에 이용한 방법으로 네트워크를 구성하는 이동 노드들의 분포에 따라 중복되거나 분리된 여러 개의 클러스터를 형성하고 클러스터 내에 헤더를 두어 클러스터 내의 모든 이동 노드들을 효과적으로 관리한다.

그림 1은 3개의 클러스터를 갖는 CBRP의 일반적인 클러스터 구조의 예이다. 클러스터 1,2는 중첩되어 있으며 클러스터 3은 분리된 형태의 클러스터이다. 클러스터 1에는 하나의 헤더노드(H)와 클러스터 간의 통신을 담

당하는 하나의 게이트웨이 노드(G), 네 개의 멤버노드로 구성되어 있다. 모든 멤버노드들은 자신이 속한 클러스터 헤더와의 통신만으로 경로를 발견함으로써 트래픽의 양을 효과적으로 줄이며, 속도를 향상시킨다.

그러나 CBRP는 애드 혹의 다른 라우팅 프로토콜과는 달리 클러스터 헤더가 관리 운용함으로써 클러스터를 형성하고 유지하는 부담이 있다. 또한 헤더가 클러스터 밖으로 이동하거나 비정상적인 상태가 되어 더 이상 헤더의 역할을 수행하지 못할 경우 클러스터 내의 모든 이동 노드들은 새로운 헤더가 선출될 때까지 수행을 멈추게 되어 전체 네트워크의 성능을 저해한다[9].

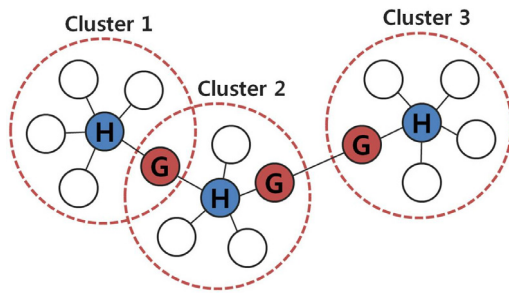


그림 1. CBRP의 일반적인 구조
Fig. 1 General Structure of CBRP

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. 이를 주소 기반 클러스터링 기법이라고 부른다. HD 기법은 각 노드가 자신의 이웃 노드 정보를 동일한 주기로 브로드캐스팅하며 가장 높은 이웃 노드(밀도)를 가지는 노드를 클러스터 헤더로 선출한다. 노드의 연결 상태를 고려하여 클러스터 헤더를 선출하기 때문에 연결 기반 클러스터링 기법으로 불린다.

이와 같은 기존의 클러스터 헤더 선출 기법들은 노드의 전력량을 고려하지 않고 클러스터 헤더를 선출

하기 때문에 클러스터 헤더의 평균 수명이 짧아지고 빈번한 헤더 선출로 인해 클러스터의 안정성이 저하된다[10].

따라서 본 논문에서는 클러스터를 형성함에 있어 노드들의 잔여전력량을 고려하여 잔여전력량이 가장 많은 노드를 클러스터 헤더로 선출하여 헤더의 평균 수명을 향상시켜 안정적인 클러스터를 형성할 수 있는 방법을 제안한다.

III. 제안 프로토콜

본 논문에서는 자신과 한 홉으로 연결된 이동 노드 중에서 잔여전력량이 가장 많은 이동 노드를 클러스터 헤더로 선출하는 알고리즘을 제안한다. CBRP의 기존 헤더선출 기법인 LID기법과 같이 클러스터 헤더를 선출하기 위해 각 노드가 자신의 잔여전력량을 주기적으로 비컨 메시지로 방송하여 잔여전력량이 가장 많이 남은 노드가 클러스터 헤더로 선출된다. 제안 프로토콜은 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드를 식별하기 위해 각 이동 노드들이 이웃 노드들로부터 비컨 메시지를 수신할 시 이웃 노드들의 잔여전력량 정보를 이웃 테이블(Neighbor Table)에 저장한 후 자신의 잔여전력량과 비교한다.

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

이를 수신한 이웃 노드들은 헤더를 인식하여 클러스터를 형성하게 된다. 헤더가 선출된 후 부터 모든 패킷은 헤더를 통해 전송된다. 자신이 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드가 아닌 경우는 헤더로 선출된 이웃 노드가 알리는 비컨 메시지를 기다린다. 이미 형성된 클러스터에 현재 헤더보다 많은 잔여전력량을 가진 이동 노드가 추가되더라도 현재 클러스터 헤더를 교체하지 않는다.

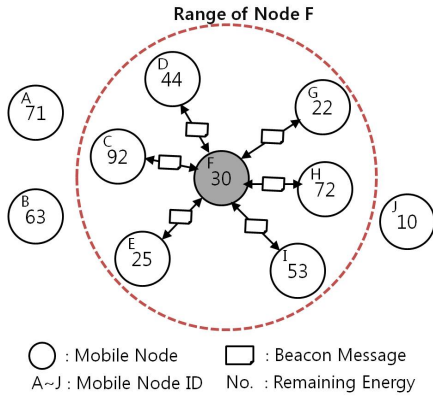


그림 2. 클러스터 헤더 선출 과정
Fig. 2 Cluster header Electing Process

그림 3은 노드F가 이웃 노드로부터 수신 받은 비컨 메시지의 잔여전력량을 저장한 이웃 테이블의 일부를 나타내고 있다. 그림3과 같이 각 노드의 이웃 테이블은 이웃을 식별할 때 사용되는 N_ID와 이웃 노드들의 잔여전력량을 나타내는 R_Energy로 구성된다. 노드F는 이웃들의 잔여전력량을 자신의 이웃 테이블에 저장한 후 자신의 잔여전력량과 비교하여 잔여전력량이 가장 많은 노드를 식별한다. 자신의 이웃 테이블에서 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드C가 헤더임을 알 수 있다. 최종적으로 노드C는 노드F에게 자신이 헤더임을 알리는 메시지를 송신한다. 이를 수신 받은 노드F는 노드C 클러스터 내의 멤버 노드가 된다.

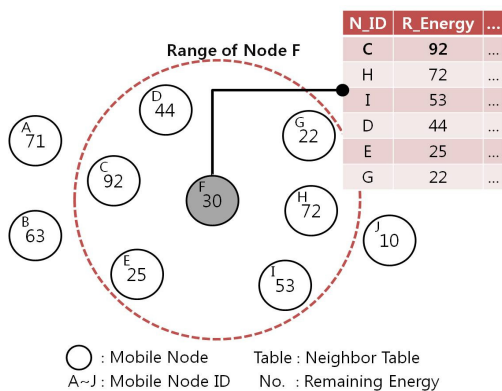


그림 3. 클러스터 헤더 선출
Fig. 3 Cluster Header Electing

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

그림 4에서 음영 처리된 노드C와 H는 클러스터 헤더를 나타낸다. 각 노드들이 그림 3과 같은 과정을 거쳐 클러스터 1에서 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드C와 클러스터 2에서 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드H가 헤더로 선출 됐음을 이웃 노드에게 알린다. 이때, 노드F는 노드C와 H로부터 헤더 선출 소식을 듣게 되며, 자신이 두 클러스터 사이에 존재하는 노드임을 알게 된다. 따라서 노드F는 클러스터 1과 클러스터 2 간 통신을 담당하는 게이트웨이 노드가 된다. 결과적으로 그림 4와 같이 노드F가 중첩되는 클러스터 2개가 형성된다. 클러스터 헤더 선출 시 같은 클러스터 내에 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드가 두 개일 경우에는 기존의 클러스터 헤더 선출 기법인 LID를 사용하여 잔여전력량이 가장 많으면서 가장 낮은 ID를 가진 노드를 클러스터 헤더로 선출한다. 실질적으로 노드 ID는 2진수로 구성되어 있지만 편의상 알파벳으로 표기한다.

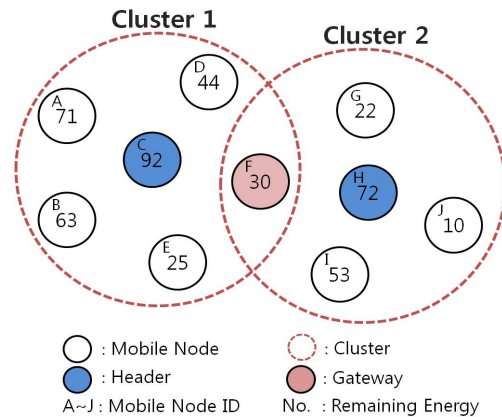


그림 4. 클러스터 형성
Fig. 4 Cluster Formation

그림 5는 이웃 노드의 잔여전력량을 수집하는 알고리즘이다. 이웃 노드로부터 비컨 메시지 수신 시 자신의 이웃 테이블에 엔트리가 존재하지 않는 경우에 노드ID와 잔여전력량을 엔트리에 추가한다. Beacon Receive()는 비컨 주기 동안 실행한다. 비컨 주기가 끝나면 이웃 노드

의 정보가 충분히 수집되었다고 판단하여 그림 6의 클러스터 헤더 선출 알고리즘 Cluster_Header_Elect()를 호출한다.

```

Beacon Receive(){
  n_id = neighbor_id;
  r_energy = remaining_energy;

  if(!exist n_id in Neighbor_Table){
    Neighbor_Table.add[N_ID]=n_id;
    Neighbor_Table.add[R_Energy]=r_energy;
  }
}

```

그림 5. 이웃 노드의 정보 수집
Fig. 5 Collection of Neighbor Node's Information

그림 6은 클러스터 헤더 선출 알고리즘이다. 클러스터 헤더 선출 시 자신의 잔여전력량과 이웃 테이블에 저장된 이웃 잔여전력량을 비교하여 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드를 헤더로 선출한다. 이웃 노드와 잔여전력량이 같을 경우 기존의 선출 기법 LID를 이용하여 낮은 노드ID를 가진 노드를 헤더로 선출한다. 즉, 가장 많은 잔여전력량을 가지면서 노드ID가 가장 낮은 노드를 헤더로 선출한다. 클러스터 헤더로 선출된 노드는 이웃 노드에게 자신이 클러스터 헤더임을 알리는 메시지를 방송한다.

```

Cluster_Header_Elect(){
  get_max_energy from Neighbor_Table;

  if(max_energy > my_energy){
    Nothing;
  }
  else if(max_energy == my_energy){
    if(n_id > my_id){
      set msg my_id + "cluster_header";
    }
  }
  else if(max_energy < my_energy){
    set msg my_id + "cluster_header";
  }
  broadcast msg to neighbors;
}

```

그림 6. 클러스터 헤더 선출 알고리즘
Fig. 6 Cluster Header Electing Algorithm

IV. 결 론

기존 클러스터 헤더 선출 기법은 노드의 전력을 고려하지 않고 헤더를 선출하여 헤더의 수명이 짧아지고 헤더 재선출이 빈번하게 일어나는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 노드의 전력량을 고려하여 각 노드가 자신과 한 홉으로 연결된 이웃 노드들의 잔여전력량이 포함된 비컨 메시지를 송수신한다. 수신한 비컨 메시지를 이웃 테이블에 저장하고 그 정보를 이용하여 자신과 이웃 노드들의 잔여전력량을 비교하여 가장 많은 잔여전력량을 가진 노드를 헤더로 선출한다.

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(DSDV) 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 Academic:Hingham, MA, USA, 1996.
- [4] M. Jiang, J. Li, Y. C. Tay, "Cluster Based Routing Protocol(CBRP)," Internet Draft draft-ietf-manet-cbrp-spec-01.txt, Aug. 1999.
- [5] 김진수, 신승수, "계층적 불균형 클러스터링 기법을 이용한 에너지 소비 모델", 『한국산학기술학회 논문지』 제12권 제6호, 2011.
- [6] Charles E. Perkins, "Ad Hoc Networking," Addison-Wesley, pp.75-138, 2000.
- [7] V. Park, S. Corson, "Temporally-Ordered Routing Algorithm(TORA) Version 1," Internet Draft

- draft-ietf-manet-tora-spec-04.txt, July, 2001.
- [8] 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.
- [9] 허태성, "무선 Ad Hoc 네트워크에서 보조헤드를 이용한 효율적 클러스터-기반 라우팅 프로토콜", 인하대학교, 2002.
- [10] 김혁수, 황준호, 유명식, "모바일 애드 혹 네트워크에서 이동성을 고려한 안정적인 클러스터링 기법", 한국통신학회논문지, Vol. 34 No. 5, 2009.

저자소개



박혜란(Hyeran Park)

2011년 경남대학교 컴퓨터공학과
공학사
2011년~ 경남대학교 첨단공학과
석사과정

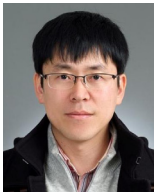
※ 관심분야: Ad-hoc Networks



김우완(Wuwan Kim)

1990년 12월 Texas A&M University,
ELEN (공학석사)
1995년 8월 Texas A&M University,
ELEN (공학박사)

1996년 3월~ 현재 경남대학교 컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야: 이동 컴퓨팅, 이동 네트워킹



장상동(Sangdong Jang)

1997년 2월 경남대 전산통계학과
(이학사)
1999년 2월 경남대 컴퓨터공학과
(공학석사)

2005년 2월 경남대 컴퓨터 공학과 (공학박사)
2012년 3월~ 현재 경남대학교 컴퓨터공학과 조교수
※ 관심분야: 이동 컴퓨팅, 센서네트워크