# 대표 경로를 이용한 클러스터 기반 라우팅 프로토콜 설계

김아름, 장유진, 장재우
전북대학교 컴퓨터공학과
e-mail : kar@jbnu.ac.kr, yjjang@dblab.chonbuk.ac.kr, jwchang@jbnu.ac.kr

# Design of cluster based routing protocol using representative path

Ah-Reum Kim, You-Jin Jang, Jae-Woo Chang
Dept. of Computer Engineering, Chonbuk National University

요 약

무선 센서 노드는 한정된 자원을 가지기 때문에 에너지 효율성을 높이는 것이 필수적이다. 이를 위해서 통신 메시지를 감소시킬 수 있는 클러스터 기반 라우팅 기법이 연구되었다. 하지만 기존 연구들은 클러스터 헤더가 임의로 선정되기 때문에 헤더 노드의 위치가 편중될 수 있어 비효율적이다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 홉(hop) 수 기반의 대표 경로를 생성하여, 분산된 클러스터 헤더를 선정하여 클러스터를 구성하고, 클러스터 헤더간 멀티 홉(multihop)을 구성하는 라우팅 프로토콜을 설계한다. 대표 경로를 통해 클러스터 헤더의 위치 및 영역이 균일하게 분포되도록 선출하고, 싱크 노드의 방향을 인식함으로써 우회하지 않는 효율적인 경로를 구성한다.

## 1. 서론

무선 센서 네트워크에서 사용되는 소형 센서노드는 자원이 한정되어 있기 때문에, 장기간 동작시키기 위해서는 에너지 효율성을 높이는 것이 필수적이다. 센서노드의 에너지 소비 중에서 대부분을 차지하는 통신 에너지 감소를 위해, 에너지 효율적인 라우팅 기법이 필요하다[1].

클러스터링 기반 라우팅 기법은 통신 메시지 수를 감소시킴으로써 센서 노드의 수명을 연장시킬 수 있다. 이 기법은 다수의 센서노드를 하나의 도메인으로 구성하여 클러스터를 형성하고, 클러스터 헤더를 통해 클러스터 멤버 노드로부터 데이터를 수집 및 집계 처리하여 싱크 노드로 전송하는 기법이다. 이러한 클러스터 기반 라우팅 기법은 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)[2]와 LEACH-C(Centralized LEACH)[3]가 대표적이다. 첫째, LEACH 는 모든 센서노드들이 순환하며 헤더로 선택되어 에너지를 균등하게 사용하는 장점을 가지는 반면, 클러스터 헤더가 임의로 선출되기 때문에 헤더의 위치가 편중되어 효율적인 경로를 구성하지 못한다. 둘째, LEACH-C 는 모든 센서노드의 위치 정보를 이용하여 효율적인 클러스터 헤더를 선택하여 LEACH 의 헤더 편중 문제를 해결한다. 하지만, 위치 측정 장비가 필요하고, 선정된 헤더 노드와 싱크 노드간 통신에 대해 멀티 홉을 지원하지 않는 문제점이 존재한다.

본 논문에서는 홉 수 기반의 대표경로를 생성함으로써, 분산된 클러스터 헤더를 선정하여 클러스터를 구성하고, 클러스터 헤더간 멀티 홉을 구성하는 라우팅 프로토콜을 설계한다.

## 2. 대표경로를 이용한 클러스터기반 라우팅알고리즘

본 논문에서는, 각 센서노드의 통신 범위를 고려하여 홉 기반으로 네트워크를 구성한다. 아울러 싱크노드로부터 대표 경로 설정을 통하여 클러스터 헤더를 효율적으로 분산시켜 에너지 효율성을 높인다. 각 센서노드는 싱크노드와 직접 통신이 불가능하기 때문에, 이웃노드를 통해 통신 가능한 경로를 구성한다. 이를 위해, 각 센서노드는 자신의 통신 반경 내에 하나 이상의 다른 센서노드가 존재한다고 가정한다. 라우팅(routing) 구성 초기 단계에, 싱크노드에서 가장 멀리 있는 센서노드까지 하나의 경로를 생성하여, 이를 대표 경로라 명명한다. 대표 경로는 센서노드들의 밀도가 높고, 통신량이 많은 노드를 기준으로 생성된 경로이다. 이때 선정된 노드는 대표 경로를 구성하는 앵커 노드라 정의한다.

대표 경로를 통해 클러스터 헤더를 선정하고 클러스터를 구성함으로써 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째, 싱크(sink) 노드 방향 및 이웃하는 노드들의 방향을 인식함으로써 우회하지 않는 효율적인 경로를 구성한다. 둘째, 앵커(anchor) 노드 중에서 클러스터 헤더를 선정하므로 네트워크에서 클러스터 헤더 위치 및 클러스터 영역이 균일하게 분포된다.

대표경로를 이용한 클러스터 기반 라우팅 프로토콜의 알고리즘은 크게 네트워크 정보 생성, 대표 경로 생성, 클러스터 구성의 3 단계로 구성된다.

첫째, 네트워크 정보 생성 단계에서는 각 센서노드에서 싱크노드까지의 통신 가능한 홉 수와 이웃노드 정보를 저장한다. 먼저 각 센서노드에 대해 메시지 플러딩(flooding)기법[2]을 통하여 싱크노드로부터의 홉 수를 설정한다. 즉, 메시지를 수신한 센서 노드는 메시지를 전송한 센서 노드의 다음 홉 수로 설정한다.

이와 같이 반복 수행하면서 전체 센서노드의 홉 수를 설정하고, 여러 개의 센서 노드로부터 메시지를 중복하여 수신한 센서노드는 가장 작은 홉 수를 저장한다. 이때 각 센서는 1 홉 내에 통신 가능한 센서 노드들을 이웃노드로 선정하고, 이웃노드 수를 저장한다. 이때 이웃노드 중에서 싱크노드로부터의 홉 수를 기준으로 자신보다 홉 수가 작은 노드를 in-coming 노드, 큰 노드를 나가는 out-going 노드라고 정의한다. 각 센서는 싱크노드로부터의 홉 수와 이웃 노드 정보를 서버로 전송하고, 서버는 이를 이용하여 각 센서노드 사이의 멀티 홉 통신이 가능한 홉 수 정보를 생성한다. 이를 통하여, 경로 설정 시 주변 이웃 노드를 탐색에 소모되는 통신비용을 감소한다.

둘째, 대표 경로 생성 단계에서는 센서노드들의 밀도가 높고, 통신량이 많은 노드를 기준으로 싱크노드로부터 홉 수를 이용하여 대표 경로를 생성한다. 싱크노드와 1 홉 내에 노드 중에서 이웃노드가 많은 노드부터 대표 경로를 생성한다. 다음 홉에 있는 이웃노드 중, 이웃노드의 수가 가장 많고 out-going 노드가 가장 많은 노드로 확장하며 경로를 생성한다. 다음 홉으로 더 이상 확장할 수 없을 때까지 확장한다. 두 개 이상의 대표 경로를 생성할 때에는 이미 생성된 대표 경로를 고려한다. 이를 위해 새로운 대표 경로 생성을 위해 확장하려는 노드가 기존에 생성된 경로 상의 앵커 노드의 통신 범위에 포함되면, 기존 대표 경로에서 처리 할 수 있기 때문에 프루닝(pruning)하고 재 탐색을 수행한다. 재 탐색 수행 시 확장을 중지한 노드와 싱크노드로부터의 홉 수가 같은 이웃노드 중에서 이웃 노드 수가 가장 많고 out-going 노드가 가장 많은 노드를 재 탐색 하여 확장한다. 따라서 최대로 생성 될 수 있는 대표 경로의 수는 1 홉 내의 노드의 수와 같고, 노드가 편중되게 배치된 경우 최소 1 개 생성 될 수 있다.

셋째, 클러스터 구성 단계에서는 앵커노드 중에서 클러스터 헤더노드를 선정하고 클러스터 멤버를 구성한다. LEACH[2]의 실험에 의해서 클러스터 헤더의 수는 전체 센서노드 수의 5% 이상으로 설정하고 수행한다. 효율적인 클러스터 헤더를 선정을 위해 각 대표 경로에 대한 비용을 미리 계산한다. 첫째, 클러스터 헤더 선정 위치에 따라 경로에 대한 통신비용이 달라지므로 전체 대표 경로에 대해 선정 될 수 있는 클러스터 헤더의 모든 조합을 고려한다. 다음 식은 클러스터 헤더로 선정 가능한 조합의 수를 나타낸다. 첫번째 대표 경로를 구성하는 총 앵커 노드의 수는 $anc\text{-}cnt_{route1}$, 두번째 대표 경로를 구성하는 총 앵커 노드의 수는 $anc\text{-}cnt_{route2}$, CHcnt 는 총 클러스터 헤더의 수를 나타낸다.

$$C(x,y) = x\,C\,y = x\,Combination\,y$$

$$\sum_{n=0}^{CHcnt} C(anc-cnt_{route1}, CHcnt-n) \times C(anc-cnt_{route2}, n)$$

이러한 방법은 모든 조합을 고려하기 때문에 경로 계산 비용이 많지만 최적의 클러스터 헤더를 선정할 수 있고, 각 센서노드가 해당 클러스터 헤더에 포함될 때의 비용은 미리 계산된 네트워크 정보를 참조하여 비용을 감소시킬 수 있다. 또한 가장 작은 경로 비용 값을 임계 값으로 프루닝함으로써 계산 비용을 효과적으로 감소시킬 수 있다. 아울러, 각 클러스터 헤더에서 싱크까지의 전송비용은 대표 경로를 이용함으로써 추가 비용 없이 구성할 수 있다. 이는 해당 클러스터 헤더가 포함된 대표 경로 상에서 싱크노드 방향으로 가장 가까운 앵커노드를 중계노드로 설정하여 통신하기 때문에, 경로 탐색에 대한 비용을 시킨다.

## 3. 실험

제안하는 알고리즘에 대해 클러스터 구성 시 평균 통신 비용 및 노드당 전송횟수를 실험하기 위하여 50x50 의 정방형 네트워크 필드에서, 전체 노드 수가 50 개와 100 개일 때의 센서 노드 위치를 임의로 설정하였다. 아래 표와 같이 평균 통신 비용은 전체 센서 노드의 수가 증가함에 따라 비례하여 증가한다. 하지만 클러스터 헤더의 수는 전체 노드 수의 5%로 설정하기 때문에 노드의 수가 증가하여도 노드당 전송 횟수는 약 1 회로 비슷하게 나타난다. 이는 대표 경로를 이용하여 균일하게 분포된 클러스터 헤더 단위로 관리하기 때문에 노드당 약 1 회의 통신으로 데이터를 싱크 노드까지 송신할 수 있음을 의미한다.

| 전체 노드 수 | 평균 통신 비용 | 노드당 전송횟수 |
|---|---|---|
| 50 개 | 51.2 | 1.024 |
| 100 개 | 108.6 | 1.086 |

**Acknowledgments**

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

## 참고문헌

[1] ] Kemal Akkaya and Mohamed Younis, “A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks, Ad Hoc Networks, Vol. 3, No. 5, 2005, pp.352-349.

[2] Wendi Rabiner Heinzelman et al., “Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks”, Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences , 2000

[3] Wendi B. Heinzelman, “An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks,” in Proceedings of the IEEE International Conference on Transactions on Wireless Communications. 2002. IEEE