

Heterogeneous 무선 센서 네트워크를 위한 계층적 에너지 인지 라우팅 알고리즘

박진호, 서상보, 송승미, 김성운
부경대학교 정보통신공학과

e-mail : parkjh; seosb; songsm; kimsu@pknu.ac.kr

Hierarchical Energy-Aware Routing Algorithm for Heterogeneous Wireless Sensor Networks

Jin-Ho Park, Sang-Bo Seo, Seung-Mi Song, Sung-Un Kim
Department of Telecommunication Engineering
Pukyong National University

Abstract

We propose HERAH(Hierarchical Energy-Aware Routing Algorithm for Heterogeneous Wireless Sensor Networks) that is the hierarchical routing algorithm in WSNs and is established on heterogeneous environment. HERAH performs CH selection by considering residual energy level and uses multi-hop communication within cluster. So, HERAH makes improvements in the energy savings and the network lifetime compared with LEACH.

I. 서론

무선 센서 네트워크는 저가의 센서 노드들로 구성된 네트워크로써, 센서 노드를 이용하여 주변 현상을 감지하여 군사, 환경, 보건 등 여러 분야에 이용되고 있다. 따라서 무선 센서 네트워크와 관련된 많은 연구들이 라우팅, MAC, 데이터 통합 등에 대해 진행되고 있다. 특히 센서 노드의 제한된 에너지원으로 인하여 에너지 효율이 주요 이슈로 부각되고 있으며, 그 중 에너지 효율적인 라우팅 기법의 연구가 급증하고 있다.

라우팅 기법은 아래 망 구조에 따라 동등(flat), 위치 기반(location-based), 그리고 계층적(hierarchical) 라우팅 방법 등 세 가지로 분류할 수 있다[1]. 또한 계층적 라우팅 방법은 구성 노드들의 특성에 따라 Homogeneous 망과 Heterogeneous 망으로 구분된다[2].

본 연구는 정보통신부 및 정보통신 연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음
(IITA-2006-C1090-0602-0013)

본 논문에서는 Heterogeneous 무선 센서 네트워크를 위한 계층적 라우팅 알고리즘인 HERAH를 제안한다. HERAH에서는 클러스터 헤드의 과도한 에너지 소비를 보완하기 위해 노드를 타입0 노드와 타입1 노드로 구분하여 타입0 노드에 비해 큰 초기 에너지를 가지는 타입1 노드들이 돌아가면서 클러스터 헤드 역할을 수행한다. 이를 통해서 HERAH는 계층적 라우팅의 대표적인 기법인 LEACH[3]에 비해 우수한 에너지 효율성을 가진다.

본 논문의 2장에서는 계층적 에너지 인지 라우팅 알고리즘인 HERAH를 제안하고, 3장에서는 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘의 성능 분석 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결론으로 끝을 맺는다.

II. 제안한 HERAH 알고리즘

HERAH는 초기 배터리 에너지와 역할에 따라 두 종류의 노드(타입0, 타입1)로 구분된다. 타입0 노드는 클러스터 멤버 역할만 수행하는 노드로써, 데이터 수집과 클러스터 내에서 멀티 홉 전송 시 데이터 통합을 수행한다. 타입1 노드는 타입0 노드에 비해 상대적으로 큰 초기 에너지를 가지며 클러스터 헤드 역할만 수행한다. 즉, 초기 에너지가 큰 타입1 노드들이 돌아가면서 클러스터 헤드를 수행함으로써 전체 망의 생존 시간을 늘린다.

HERAH는 여러 라운드로 이루어져 동작한다. 각 라운드는 클러스터 셋업 단계와 데이터 전송 단계로 구분된다. 클러스터 셋업 단계에서는 타입1 노드 중 현재 라운드의 클러스터 헤드를 선택하고, 선택된 타입1 노드를 중심으로 클러스터를 형성한 후 클러스터 내 각 노드에게 데이터 전송 시간을 할당한다. 그리고 데

이더 전송 단계에서는 각 노드에게 할당된 시간에 따라 클러스터 헤드로 데이터 전송이 이루어진다.

HERAH에서의 클러스터 헤드의 선택은 LEACH와는 다르게 현재 노드의 잔여 에너지에 기반하여 선택된다. 즉, 클러스터 헤드 선택 기간의 시작에서 아래 식(1)에 의해 결정되는 T_{adv} 시간을 계산하여 자신의 잔여 에너지에 따라 T_{adv} 시간을 대기한다. T_{adv} 시간 경과 후 각 타입1 노드는 클러스터 헤드가 될 것을 알리는 메시지인 타 노드로부터의 adv 메시지 수신 여부를 확인한 후 adv 메시지를 수신하였다면 인근에 자신보다 큰 에너지를 가진 타입1 노드가 있다는 것을 의미하므로 자신은 슬립상태로 들어가고, 그렇지 않으면 자신이 클러스터 헤드가 되기로 결정하고 인근 타입1 노드들에게 adv 메시지를 전송한다.

$$T_{adv} = T_{ch} \times \left(1 - \frac{E_{residual}(r)}{E_{init}} \right) \quad (1)$$

여기서 T_{ch} 는 클러스터 헤드 선택 기간이고, r 은 현재 라운드, $E_{residual}(r)$ 은 r 라운드에서의 타입1 노드의 잔여 에너지, E_{init} 은 타입1 노드의 초기 에너지를 나타낸다. 하지만, 초기 망 설립 시는 타입1 노드들의 에너지가 동일하여 모든 타입1 노드들이 동등한 T_{adv} 시간을 가지므로, 초기 일정한 시간까지는 LEACH의 헤드 선택 기법을 사용한다.

HERAH는 LEACH와 달리 클러스터 헤드 선택 시 초기 에너지가 큰 타입1 노드들의 잔여 에너지에 기반하여 선택하고 클러스터 내에서 멀티 홉으로 통신하며 데이터 통합을 수행함으로써 LEACH에 비해 향상된 에너지 효율성을 가진다.

III. 성능 평가

본 장에서는 시뮬레이션을 통해서 제안된 알고리즘의 성능을 분석한다. 시뮬레이션은 C++를 통하여 이루어졌고, 시뮬레이션 환경은 표 1과 같다.

표 1. 테스트 망 특성

특 성	Test network 1 (LEACH, DAUCH)	Test network 2 (DAUCH-H)
노드 수	100	타입0 노드 : 82 타입1 노드 : 18
네트워크 크기	100m×100m	100m×100m
BS 위치	(50, 175)	(50, 175)
라운드 시간	20 seconds	20 seconds
E_{init}	2J	타입0 노드 : 1.1J 타입1 노드 : 6.1J

HERAH를 위한 테스트 망 2에서의 타입0 노드와 타입1 노드의 에너지 비는 각 노드별 라운드 당 최악의 에너지 소비 경우를 근거로 하여 결정되었고, 결정된 에너지 비를 기준으로 [4]에 제시된 수식6을 응용하여 타입0 노드와 타입1 노드의 최적 노드 수의 비를 구하여 성능 분석을 수행하였다.

그림 1에서는 HERAH를 시뮬레이션 시간에 따른 잔여 생존 노드 수의 측면에서 LEACH와 비교하고 있다. HERAH는 LEACH의 생존 노드가 30% 이하로 떨어졌을 때 50% 이상의 노드가 생존해 있다.

그림 2에서는 HERAH의 라운드 당 평균 소비 에너지가 LEACH에 비해 3.4% 정도 향상되었음을 보여 주고 있다.

HERAH는 클러스터 헤드 역할을 초기 에너지가 큰 타입1 노드들이 돌아가면서 수행하고, 클러스터 헤드

선택 시 잔여 에너지를 고려함으로써 LEACH에 비해 향상된 망 생존시간과 에너지 효율성을 가진다.

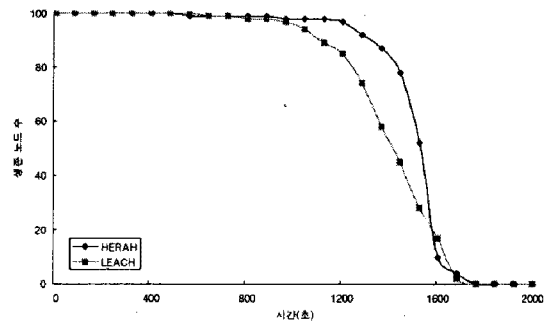


그림 1. 시간에 따른 생존 노드 수

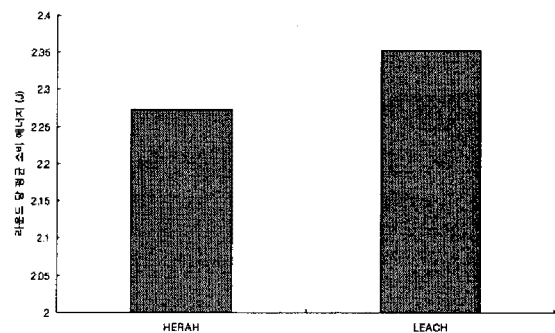


그림 2. 라운드 당 평균 소비 에너지

IV. 결론

본 논문에서 제안된 HERAH 알고리즘은 상대적으로 에너지 소비가 큰 클러스터 헤드에 높은 초기 에너지를 할당하고, 잔여 에너지에 기반한 클러스터 헤드 선택을 수행함으로써 클러스터 헤드가 자신의 역할 수행 중 에너지가 고갈되는 경우를 줄여 LEACH 보다 좋은 에너지 성능을 가진다. 그러므로 본 논문에서 제안한 라우팅 방법인 HERAH는 주기적인 데이터 수집이 필요한 무선 센서 네트워크의 응용분야에 사용될 수 있다.

참고문헌

- [1] J.N. Al-Karaki and A.E. Kamal, "Routing techniques in wireless sensor networks: a survey," IEEE Wireless Communications, Vol. 11, pp. 6-28, Dec. 2004
- [2] Vivek P. Mhatre and C. Rosenberg, "Homogeneous vs Heterogeneous Clustered Sensor Networks: A Comparative Study", IEEE International Conference on Communications (ICC 2004), Vol. 27, No. 1, pp. 3346-3651, Jun. 2004
- [3] Wendi B. Heinzelman, Anantha P. Chandrakasan, and Hari Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Micro Sensor Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, pp. 660-670, Oct. 2002
- [4] Enrique J. Duarte-Melo and M. Liu, "Analysis of Energy Consumption and Lifetime of Heterogeneous Wireless Sensor Networks," IEEE GLOBECOM '02, Vol. 1, pp. 21-25, Nov. 2002