

무선 센서 네트워크에서 에너지 균일 소비를 위해 퍼지 로직을 이용한 전송 중계*

백승범**, 조대호**

Transmission Relay Method for Balanced Energy Depletion in Wireless Sensor Networks Using Fuzzy Logic

Baeg, Seung Beom and Cho, Tae Ho

Abstract

One of the imminent problems to be solved within wireless sensor network is to balance out energy dissipation among deployed sensor nodes. In this paper, we present a transmission relay method of communications between BS (Base Station) and CHs (Cluster Heads) for balancing the energy consumption and extending the average lifetime of sensor nodes by the fuzzy logic application. The proposed method is designed based on LEACH protocol. The area deployed by sensor nodes is divided into two groups based on distance from BS to the nodes. RCH (Relay Cluster Head) relays transmissions from CH to BS if the CH is in the area far away from BS in order to reduce the energy consumption. RCH decides whether to relay the transmissions based on the threshold distance value that is obtained as a output of fuzzy logic system. Our simulation result shows that the application of fuzzy logic provides the better balancing of energy depletion and prolonged lifetime of the nodes.

Key Words: Wireless Sensor Networks, Routing Protocol, Fuzzy Logic

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성, 지원사업의 연구결과로 수행되었음.

** 성균관대학교 정보통신공학부

1. 서론

최근 마이크로 전자 기기 시스템, 저전력 그리고 높은 직접도의 디지털 기기의 발전은 마이크로 센서 개발로 이어졌다 [1]. 이러한 센서는 배포된 환경에서 주위 상황을 측정하고 측정된 현상에서 나타난 특징을 처리하여 신호 형태로 전송한다. 이러한 많은 수의 센서가 사용자의 조작을 필요로 하지 않는 응용과 네트워크 형태를 이루는 것이 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Networks)이다 [2].

센서의 작은 크기와 낮은 가격을 유지하기 위해서, 최대 1 J 정도의 작은 에너지를 장착하고 있다 [3]. 이러한 점은 통신에 사용되는 에너지를 제한하고 그로인해 전송범위와 데이터 전송률에 제한이 있다. 한 비트(bit)를 전송하는 에너지는 연산에 소모되는 에너지양 보다 많으므로 센서를 클러스터(cluster)로 조직하는 것이 유리하다. 센서가 클러스터로 형성된 환경에서는 센서가 더 짧은 거리에서 데이터 통신을 하기 때문에 모든 노드가 정보처리 센터 혹은 BS(Base Station)로 직접 데이터를 전송할 때보다 네트워크에서 소모되는 에너지는 더 적을 것이다.

센서 네트워크는 넓은 지역에 많은 수의 센서를 분포함으로써 센서가 배치된 위치는 BS로부터 다르게 나타난다. 이러한 거리 차이로 인해 BS로부터 멀리 떨어진 노드가 먼저 죽고 네트워크의 가용성이 감소하게 된다. 본 논문에서는 퍼지를 사용하여 클러스터링 방식의 LEACH 프로토콜에 균일한 에너지 소비를 위한 새로운 방식을 제안한다.

2. 관련 연구와 동기

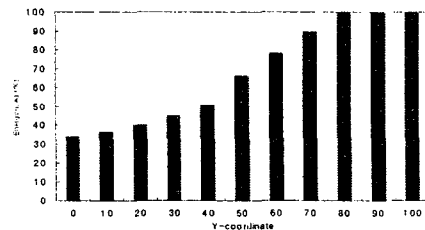
2.1 LEACH

LEACH는 네트워크에 있는 노드에게 에너지 소비를 분배하기 위해 클러스터 헤드(CH)의 임의 교대방식을 이용하는 클러스터 기반의 프로토콜이다. LEACH는 라운드(round)로 구성

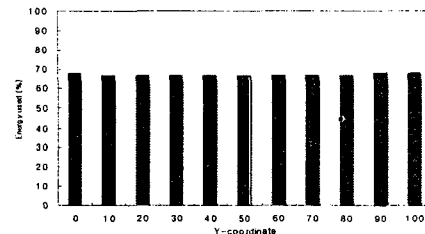
되며 각 라운드는 설정(set-up)단계로 시작되고 안정 상태(steady-state)단계로 넘어간다. 설정 단계에서 클러스터를 구성하고 CH가 선택된다. 안정 상태 단계에서 BS가 위치한 곳으로 실제 데이터를 전송한다. 안정 상태 단계의 기간은 오버헤드(overhead)를 최소화하기 위해 설정단계보다 더 길게 한다.

2.2 동기

LEACH에서 송수신에 소비되는 에너지는 [4]에 나타나 있다. <그림 1>은 어떤 시점에서 LEACH의 에너지 소비그래프를 나타낸 것이다. BS에서 가까이 위치한 노드는 에너지 소비가 적은 반면에 BS로부터 멀리 떨어져 있는 노드는 대부분의 에너지를 소모했다. 이러한 에너지 소비의 불균형은 BS로부터 다른 거리에 위치해 있기 때문이다 [5]. 모든 노드가 똑같이 중요하다고 가정한다면 노드의 에너지 소모양은 균일해야 한다 [6]. 우리는 <그림 2>와 같이 LEACH에서의 에너지 소비를 균형적으로 향상시킬 것이다.



<그림 1> LEACH의 에너지 소비분포



<그림 2> 이상적인 에너지 소비분포

3. 퍼지 로직을 이용한 전송 중계

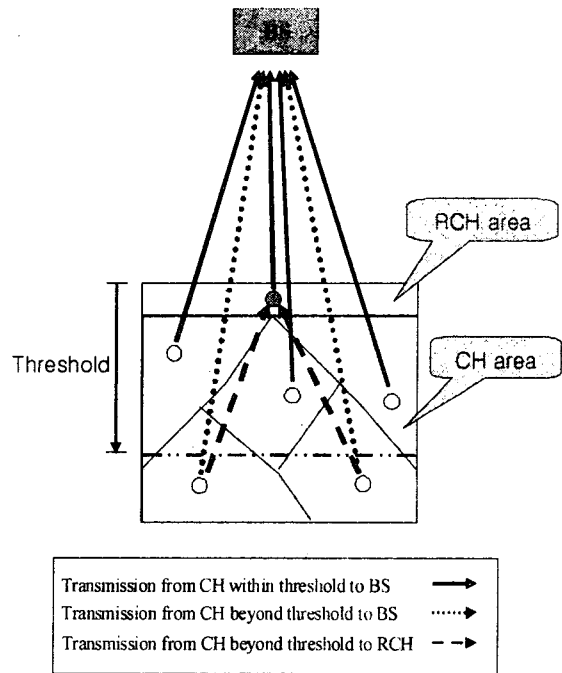
3.1 전송 중계

본 논문에서는 모든 노드가 자신의 위치정보를 알고 있다고 가정한다. 노드의 위치 정보는 매우 적은 에너지를 소비하는 GPS 수신기를 장착하여 위치 정보를 알 수 있다 [7].

LEACH의 송수신 에너지 소모에 의해서 (40, 0)에 위치한 CH가 데이터를 BS로 전송하는데 8.1 mJ을 사용한 반면 (40, 100)에 위치한 CH는 데이터 전송을 위해 2.1 mJ을 사용하였다. 데이터를 전송하기 위해 (40, 0)에 위치한 CH는 BS에서 가까이 위치한 CH보다 데이터 전송을 위해 약 4배의 에너지를 더 소모하였다. 그러나 (40, 100)에 위치한 노드가 (40, 0)에 위치한 CH의 전송을 중계한다면 (40, 0)에 위치한 CH의 전송에너지 소모는 2.1 mJ 이고 (40, 100)에 위치한 노드의 에너지 소비는 송수신을 합쳐 3.25 mJ이 된다. 결과적으로 균형적으로 에너지를 소비할 수 있고 전체 에너지 소모량이 직접 전송하는 경우에 비해 약 절반정도 적은 에너지를 소비하는 것으로 나타난다.

<그림 3>는 LEACH와 전송 중계 메서드(method)간에 CH로부터 BS로 데이터를 어떤 방식으로 전송하는지 보여준다. LEACH는 거리 경계 값(threshold distance value)보다 멀리 떨어져 있는 CH가 그림에 나타난 점선과 같은 방식으로 데이터를 BS로 직접 전송한다. 전송 중계의 경우에는 거리 경계 값 뒤에 있는 두 CH가 데시선과 같이 RCH로 수집한 데이터를 전송하고 RCH는 BS로 데이터를 중계한다.

그러나 RCH가 모든 CH의 전송을 중계 한다면 RCH 노드는 많은 송수신으로 인해 에너지 소비가 빨라져서 RCH영역에 있는 모든 노드가 빨리 죽게 된다. 그러므로 이러한 방법으로는 에너지의 균일한 소비를 기대할 수 없다.



<그림 3> RCH(회색 원) 거리 경계 값보다 멀리 떨어진 CH의 전송을 중계한다.

3.2 거리 경계 값(Threshold Distance Value)

RCH는 거리 경계 값에 기반을 두어서 전송의 중계 여부를 판별한다. RCH는 거리 경계 값보다 멀리 떨어져 있는 CH의 전송만 중계한다. 이러한 거리 경계 값은 퍼지 응용에 의해 계산되어 지는 값으로 BS에서 가장 가까운 센서 분포 지역으로부터 특정 지점까지의 거리이다.

CH는 CH영역 내에서 다양한 위치로부터 선출되어지므로 고정된 거리 경계 값을 사용한 중계는 적절하지 못하다. 그러므로 센서노드의 생존 기간의 증가와 에너지의 균일한 소비를 위해서 동적으로 거리 경계 값이 결정되어야 한다. 우리의 메서드에서 RCH는 RCH의 남은 에너지양(ENERGY), CH의 평균거리(DISTANCE), RCH영역 내에 살아있는 노드의 개수(ALIVE)를 기반으로 출력값(THRESHOLD)을 동적으로 계산한다.

동적인 THRESHOLD를 결정하기 위해 ED와 EDA 두 가지 다른 퍼지 로직 응용이 있다. ED는 ENERGY와 DISTANCE를 고려하였다.

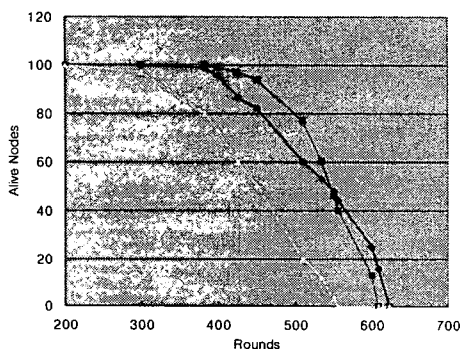
만약 ENERGY가 HIGH이고 DISTANCE가 NORMAL일 경우 THRESHOLD는 DISTANCE의 NORMAL값보다 작은 값이 설정된다.

EDA는 ED보다 ALIVE 변수를 더 고려한다. 만약 ENERGY가 LOW이고 DISTANCE가 NORMAL 일 경우라도 THRESHOLD는 ALIVE의 값에 따라 DISTANCE의 NORMAL보다 높을 수도 낮을 수도 있다.

3.3 실험결과

이 시뮬레이션에서 RCH영역은 센서분포영역의 시작에서부터 15m까지로 설정하였고 분포 영역에 100개의 센서가 분포되어 있다. 영역의 넓이는 100x100m이다. 각 노드는 시뮬레이션 초기 에너지는 0.25 J로 설정되었다.

본 논문에서는 LEACH, ED와 EDA를 시뮬레이션 하였다. <그림 4>은 3가지 프로토콜에서 살아있는 노드의 개수에 대한 시뮬레이션결과를 나타낸다. EDA는 450 라운드(round)에서 LEACH에 비해 살아 있는 노드의 개수가 약 2배 많고 네트워크의 생존 시간은 약 10%증가 하였다. ED는 450 라운드에서 살아있는 노드의 개수가 60%증가 하였고 네트워크의 생존 시간은 15%증가 하였다.



<그림 4> 네트워크의 생존 시간과 살아 있는 노드의 개수 비교

4. 결론

BS로부터 센서 노드까지의 다른 거리가 노드 간 에너지 소모 불균형의 원인이 된다. 이러한 점은 센서 네트워크의 가용성을 감소시킨다. 본 논문은 퍼지 로직 응용을 가지고 에너지 균일한 소비 문제를 개선하기 위해서 BS와 CH 사이에 전송을 중계하는 방법을 제안하였다. 퍼지 로직은 RCH영역 내에 살아있는 노드의 개수, BS로부터 CH의 평균거리와 RCH노드의 남아있는 에너지양에 기반을 두어 동적인 거리 경계 값을 결정한다. RCH는 CH의 위치정보와 거리 경계 값에 따라 특정 전송의 중계 여부를 결정한다. 시뮬레이션 결과 제안된 방법이 배치된 노드의 평균 생존 시간을 늘리고 에너지의 균형적 소비를 보여준다.

참고문헌

- [1] K. Akkaya and M. Younis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," *Ad hoc networks*, vol. 3, no. 3, pp. 325-349, 2004.
- [2] J.N. Al-Karaki and A.E. Kamal, "Routing techniques in wireless sensor networks: a survey," *Wireless Communications*, vol. 11, issue 6, Dec. 2004.
- [3] J.M. Kahn, R.H. Katz, and K.S.J. Pister, "Next Century Challenges: Mobile Networking for Smart Dust," *Proc. MobiCom*, pp. 271-278, Aug. 1999.
- [4] W. Heinzeleman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," *Proc. Hawaii Conf. on Sys. Sci.*, pp. 3005 - 3014, Jan. 2000.
- [5] S. Lee, J. Yoo, and T. Chung, "Distance-based Energy Efficient Clustering from Wireless Sensor Networks," *Proc. IEEE Int'l Conf. on Local Comp. Net.*, pp. 567 - 568, Nov. 2004.

[6] C. Schurgers and M.B. Srivastava, "Energy efficient routing in wireless sensor networks," *Proc. MILCOM*, vol. 1, pp. 357 - 361, Oct. 2001.

[7] Y. Xu, J. Heidemann, and D. Estrin, "Geography-informed Energy Conservation for Ad-hoc Routing," *Proc. ACM/IEEE int'l. Conf. on Mobile Comp. and Net.*, pp. 70-84, Jul. 2001.