

에너지 효율적인 클러스터 헤더 선정 알고리즘

정일규⁰ 류정필 하남구 이병직 강태욱 한기준
경북대학교 정보통신학과

{nilgu19⁰, goldmunt, adama2, leric, blormans}@netopia.knu.ac.kr, kihan@bh.knu.ac.kr

Algorithm of energy efficient cluster header selection

Ilgyu Jung⁰, Jeoungpil Ryu, Namkoo Ha, Byeongjik Lee, Taewook Kang, Kijun Han
Dept. of Information and Communication, Kyung pook National University

요 약

일반적인 센서 네트워크는 제한된 에너지와 밀집한 노드 특성을 보인다. 센서 네트워크에서 가장 중요한 이슈 중의 하나는 제한된 에너지의 효율을 높여 네트워크의 수명을 오래 유지하는 것이다. 이를 위하여 클러스터 기반의 센서 네트워크를 구성 함으로서 네트워크 수명을 연장 하는 방법들이 제시 되고 있다. 그러나 이러한 방법은 맵 상태를 고려하지 않으므로 전체적인 네트워크 수명 측면에서는 비효율적이다.

본 논문에서는 에너지 효율적인 클러스터 기반의 센서 네트워크를 구성하기 위하여, 센서 노드의 잔여 에너지와 이웃 노드의 수를 고려한 클러스터 헤더 선정 기법을 제안한다. 제안된 기법으로 클러스터 헤더를 선정 함으로써 효과적인 데이터 수집과 전송을 할 수 있다.

1. 서 론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반 기술이 될 센서 네트워크가 화두로 떠오르고 있다. 센서 네트워크는 관찰을 필요로 하는 대상 및 지역(센서 필드)에 많은 수의 센서 노드를 배치하여 구성되는 네트워크를 말한다.

센서 네트워크에서 가장 중요하게 고려되어야 할 문제는 에너지 효율성, 즉 네트워크 수명을 최대한 연장하는 것이다. 에너지 효율성은 네트워크를 구성하는 노드들이 센서 필드에 발생한 사건 혹은 주기적인 센싱과 센싱 데이터를 수집하는 노드(싱크 노드)까지 데이터를 전달하는 과정에서 최대한 에너지 소모를 줄여 오랜 시간 동안 네트워크 기능을 유지하는 것이다.

데이터 전달에 참여하는 홉수를 최대한 공평하게 분산시키는 기법, 토폴로지 형성 기법과 지역 정보(이웃 노드 수, 잔여 에너지 량 등등)을 고려한 데이터 전달 기법 등이 네트워크 계층에서 네트워크 수명을 최대한 연장하는 방안으로 제시되고 있다[1].

본 논문에서는 센서 네트워크에서 에너지 효율을 높이기 위한 분산 클러스터링(distribute clustering) 기반의 클러스터 헤더 선정 알고리즘을 제시한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 센서 네트워크 클러스터링 기법에 관련된 연구를 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 분산 환경에서의 클러스터 헤더 선정 알고리즘과 클러스터링 과정에 대해 기술한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

무선 센서 네트워크에서 클러스터링의 장점은 첫째, 클러스터 헤더에서 클러스터 맴버 노드의 데이터 수집(data aggregation)을 통하여 인접 노드 간의 유사한 정보의 중복 전달로 인한 에너지 낭비를 줄일 수 있다. 둘째, 싱크(Sink) 노드의 질의(Query)를 클러스터 헤더에게 전달하여 질의의 플러딩을 막을 수 있다. 마지막으로 노드가 증가함에 따라 네트워크의 확장이 용이하다.

에너지 소모 측면에서 효율적인 클러스터 기법이 되기 위해서는 송신 및 수신하는 메시지의 오버헤드와 지연시간이 적어야 하고, 다수의 노드가 싱크 노드로 데이터를 전송하게 되면 많은 에너지를 소비하게 되므로 적절한 수의 노드가 데이터를 전송하여야 한다. 가장 대표적인 클러스터 기법으로 LEACH[2], HEED[3] 등이 있다.

LEACH는 클러스터 헤더가 클러스터의 맴버 노드들로부터 데이터를 수집하고 데이터 융합(data fusion)하여 싱크로 전달한다. LEACH의 장점은 네트워크에 있는 노드들의 에너지 소비를 공평하게 분산시키기 위해, 일반노드에 비해 많은 에너지를 소비하는 클러스터 헤더를 무작위로 순환시켜 선출한다. LEACH에서는 일정한 수의 클러스터를 구성하고, 클러스터 헤더의 고른 배치를 보장할 수 없다. 이를 개선한 방안으로 LEACH-C기법이 제안되었다. LEACH-C는 LEACH와 유사하나 클러스터 헤더를 싱크 노드와의 거리 및 에너지 정보로 결정된다.

HEED는 노드의 잔여 에너지를 이용하여 클러스터 헤더를 선정한다. 잔여 에너지가 같은 노드들이 있을 경우 클러스터 내의 통신 비용을 이용하여 헤더를 선정한다. 이 알고리즘에서는 클러스터 헤더가 될 확률이 1이 될 때까지

자 확률을 두 배씩 증가시켜 먼저 1이 되는 노드가 클러스터 헤더가 된다.

3. 효율적인 클러스터 헤더 선정 방법

클러스터링 기법의 가장 큰 장점은 각 노드들의 센싱 데이터를 전송할 때 클러스터 헤더에게 센싱 데이터를 전달한다. 헤더는 수신한 데이터 수집을 통하여 싱크에게 전달하여 노드들이 싱크에게 각각 센싱 데이터를 전송할 때 보다 전송 에너지를 절감할 수 있다.

이러한 클러스터링 방식에서 좀더 에너지 효율적인 클러스터 헤더를 선정 하기 위해서는 이웃 노드의 수가 많은 노드가 클러스터 헤더가 되어 여러 노드의 데이터 수집을 통해 한번에 전송 함으로 전송 에너지를 절감 할 수 있다. 아래 그림1 에서는 에너지 인식 클러스터링과 본 논문에서 제시하는 에너지-이웃 인식 클러스터링을 나타낸다.

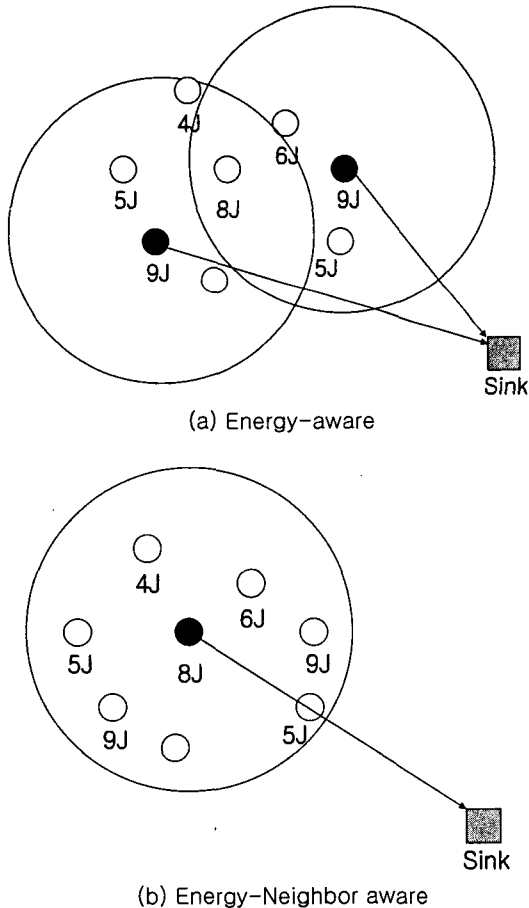


그림 1. 클러스터링 비교

그림 1에서 잔여 에너지만 고려 했을 경우 (a)와 같이 두개의 클러스터가 생성되어 두개의 클러스터 헤더가 싱크까지 데이터를 전송한다. 그러나 잔여 에너지와 이웃 노드의 수를 고려 했을 경우 (b)와 같이 하나의 클러스터 헤더 만으로 싱크에게 데이터를 전달 할 수 있다. 이와 같이 클러스터의 개수를 줄여 에너지 소비가 많은 클러스터 헤더의 개수를 줄임으로써 에너지 소비가 감소한다.

본 논문에서 제안하는 클러스터 헤더 선정 방식은 각 노드들의 잔여 에너지와 이웃 노드의 수를 기반으로 하여 노드 별로 클러스터 헤더가 될 우선순위를 도출한다. 노드의 잔여 에너지와 이웃 노드의 수가 많은 노드가 이웃 노드 보다 우선 순위가 높아지게 되므로 클러스터 헤더로 선정된다.

3.1 우선순위 선정 기법

노드가 k -bit 데이터를 전달할 때 소비되는 에너지는 다음과 같다.

$$E_{Tx}(k) = (E_{Tx-elec} \times k) + (E_{amp} \times k \times d^2) \quad (1)$$

수식 (1)에서 $E_{Tx-elec} = 50 \text{ nJ/bit}$ 이고 $E_{amp} = 100 \text{ pJ/bit/m}^2$ 이다. d 는 각 노드의 전송 범위로써 클러스터의 반경과 일치한다. 데이터 수신에 필요한 에너지는 송신 에너지에 비해 아주 작다고 가정한다.

본 논문에서 제안하는 클러스터 헤더 선정을 위한 우선순위 E_{CH} 를 다음과 같이 도출한다.

$$E_{CH} = (w_1 \times \frac{E_i}{E_j}) + (w_2 \times \frac{N_n}{N_i}), \quad 0 < w_1, w_2 < 1 \quad (2)$$

수식 (2)에서 E_j 는 노드의 이웃 노드들의 잔여 에너지의 평균이고 E_i 는 노드의 잔여 에너지 나타낸다. N_n 는 이웃 노드의 평균 이웃 노드 수 이고, N_i 는 노드의 one-hop 이웃 노드의 개수이다. w_1 과 w_2 는 에너지와 노드 개수에 대한 가중치이다. w_1 은 초기에 모든 노드들의 에너지 값이 비슷하기 때문에 에너지에 대한 우선순위 값을 적게 반영 하고 이웃 노드 개수에 가중치를 많이 두어 계산한다. 만약 노드들의 에너지가 어느 정도 소비 되었을 때 에너지에 대한 가중치를 높여 노드의 에너지를 좀더 고려한 우선순위를 계산한다. w_2 는 초기에는 에너지가 비슷할 때 이웃 노드의 개수에 가중치를 두어 우선순위를 계산한다. 가중치는 향후 실험을 통하여 적합한 값을 도출 한다.

3.2 클러스터 헤더 선정 기법

각 노드들은 자신의 상태정보를 HELLO 메시지를 통하여 이웃 노드들과 교환한다. HELLO 메시지에는 노드의 ID, 노드의 잔여 에너지량과 이웃 노드의 수를 포함한다. 노드들은 자신의 잔여 에너지량과 이웃 노드의 수를

Parameter로 하여 우선순위를 계산한다. 계산된 우선순위가 주변노드의 우선 순위 값보다 크면 자신을 클러스터 헤더로 선언한다. 만약 자신보다 우선순위가 높은 노드가 있으면 자신은 클러스터 헤더로 선언하지 않는다.

노드가 클러스터 헤더 선언 메시지를 받았을 경우 자신은 클러스터 헤더로 선언한 노드의 클러스터 멤버가 되고, 자신이 클러스터에 멤버로 참여하는 메시지를 다시 클러스터 헤더에게 방송한다.

만약 자신의 이웃 중에서 자신의 우선순위 보다 큰 값을 가지는 노드가 클러스터 멤버로 참여하게 되면, 클러스터에 참여하는 메시지를 수신한 노드 중에서 우선순위가 높은 노드가 클러스터 헤더로 선정된다. 그림 2에서 클러스터 헤더 선정 과정을 보여준다.

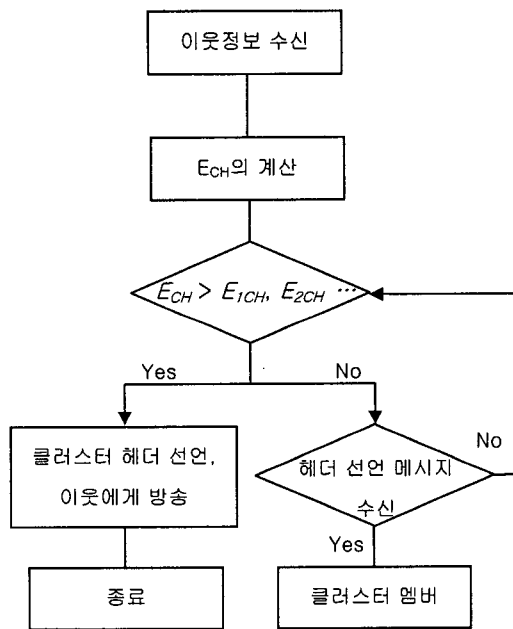


그림 2. 클러스터 헤더 선정 과정

이웃한 노드들이 우선순위 값이 같을 경우 최소아이디 (Lowest-ID) 방식에 의해서 작은 ID를 가진 노드가 클러스터 헤더가 된다. 또한 노드 주위에 이웃이 없으면 자신이 클러스터 헤더가 된다.

3.3 Load의 분산

본 논문에서 제시하는 클러스터 헤더 선정 방식은 이웃 노드의 수가 많은 노드를 클러스터 헤더로 선정하게 된다. 이러한 방식으로 클러스터를 선정하면 많은 노드의 데이터를 수집하여 한번에 전송하기 때문에 에너지 측면에서 효율이 있다. 그러나 노드의 밀집도가 높은 클러스터 내의 TDMA 스케줄 시 데이터 전송 지연 측면에서 문

제가 있게 된다. 그러므로 두 개 이상의 클러스터 헤더에 속하는 노드들을 균등(balancing)하게 배치하여 적절한 노드의 수를 유지하는 것이 더욱 효율적이다.

만약 노드가 두 개 이상의 클러스터 헤더에 속할 경우 클러스터 헤더의 이웃 노드 수가 적은 쪽의 클러스터의 멤버로 참여하게 된다. 앞서 언급한 클러스터 헤더의 이웃 노드 수는 우선순위를 계산하기 전에 받은 방송 메시지 내용을 참조한다.

4. 결론 및 향후과제

본 논문은 센서 네트워크 환경에서 효율적인 분산 클러스터 헤더 선정 기법을 제안하였다. 제안된 클러스터 헤더 선정 방식은 노드의 잔여 에너지와 이웃 노드 수를 파라미터로 하여 각 노드별로 우선 순위를 계산하고, 계산된 우선 순위 값 중에서 자신이 가장 큰 값을 가지는 경우 클러스터 헤더로 선언한다. 이 후 클러스터 멤버의 개수를 균등하게 배분하여 데이터 전송을 위한 지연 시간을 줄일 수 있다. 이러한 방식을 사용하게 되면 많은 짧은 지연 시간에 데이터를 한꺼번에 싱크에게 전달 할 수 있으므로 여러 개의 클러스터 헤더가 데이터를 전송 할 때 보다 에너지 측면에서 효율적이다.

향후 실험을 통하여 에너지와 이웃 노드에 대한 적합한 가중치를 모의 실험을 통하여 도출하고, 클러스터 헤더 간 효율적인 라우팅 기법에 대해서도 연구하도록 하겠다.

참고문헌

- [1] Jane Y. Yu and Peter H. J, " A Survey of Clustering Schemes For Mobile Ad Hoc Networks" , IEEE Comuncations Surveys & Tutorials, Vol. 7, No.1, First Quarter 2005
- [2] W.Heizelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, " An Application-Specific Protocol Architercture for Wireless Microsensor Networks" , IEEE Transactions. Wireless Comm, Vol. 1, No. 4, Oct 2002.
- [3] Ossama Younis and Sonia Fahmy, " HEED: A Hybird, Energy-Efficient, Distributed Clustering Approach for Ad Hoc Sensor Networks" , IEEE Transactions. Mobile Computing, Vol. 3, No. 4, Oct-Dec 2004
- [4] Piyakul Tillapart, " Method for Cluster Heads Selection in Wireless Sensor Networks" IEEE Aerospace Conference Proceedings, 2004.