

무선 센서 네트워크를 위한 클러스터 2중 분할 알고리즘

주세영^o 최정률 장길웅
한국해양대학교 응용과학과
{joosy^o, cur0202, jangkw}@bada.hhu.ac.kr

A Cluster Duplication Partition Algorithm for Wireless Sensor Networks

SeYoung Joo, JeongYul Choi, KilWoong Jang
Department of Applied Science, Korea Maritime University

요 약

본 논문은 무선 센서 네트워크상에서 클러스터 2중 분할 알고리즘을 제안한다. 본 알고리즘은 센서 네트워크에서 클러스터 방식 프로토콜이 데이터를 헤드에서 수집하고 집약하여 전송한다는 특성과 이웃한 노드간 유사한 데이터를 가진다는 특성을 이용한다. 인접한 이웃노드가 쌍을 형성하여 교대로 센싱하는 논리적인 클러스터 2중 분할을 하고 헤드도 2개가 존재하여 교대로 데이터 전송을 함으로써 에너지 효율을 높인다.

1. 서 론

현재 개발되어진 저전력의 소형 마이크로 센서들로 구성된 마이크로 센서 네트워크는 민간, 군사의 다양한 환경에 대한 감시를 가능하게 한다. 이들 무선 센서 네트워크를 구성하는 센서들은 전력이 제한되어 있고 소모된 배터리의 충전이나 교체가 어렵다는 특징을 가지고 있다. 이로 인해 제공된 제한된 전력을 효율적으로 사용할 필요성이 있다 [1].

센서의 전력을 효율적으로 사용하기 위하여 많은 라우팅 프로토콜(Routing Protocol)들이 제안되었다[2,3]. 제안된 라우팅 프로토콜 중 최근 부각되고 있는 것이 클러스터(Cluster) 방식이다. 구성된 마이크로 센서 네트워크를 클러스터 단위로 나누고 각 클러스터마다 클러스터 헤드(Cluster Head)가 존재하여 데이터를 수집하고 통합하여 싱크(sink)나 상위 클러스터 헤드로 데이터를 전달하는 방법이다.

무선 센서 네트워크는 인접한 노드간 유사한 정보의 중복 전달이 많기 때문에 에너지 낭비를 줄이기 위한 데이터 모음이 필요하다. 이러한 특성을 고려할 때 클러스터 기반의 계층적 라우팅 기법은 많은 장점을 가진다. 지역적 클러스터를 형성함으로써 인접한 지역에서 발생한 사건에 대한 유사한 정보를 클러스터 헤드로 전송하고 클러스터 헤드가 데이터 모음을 수행하여 보다 에너지 효율적인 라우팅을 가능하게 한다. 본 논문에서는 인접한 노드가 유사 또는 동일한 데이터를 가진다는 특성을 이용한다. 네트워크를 구성하는 클러스터를 논리적으로 2중 분할하고 분할된 클러스터가 교대로 데이터를 수집하는 방법을 사용하여 에너지 효율을 높이는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서 본 논문과 관련된 네트워크 프로토콜을 기술하고 3장에서는 에너지 효율을 높이기 위한 클러스터 2중 분할 알고리즘을 기술한다. 4장에서는 성능평가를 기술하고 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 과제를 제시한다.

2. 관련 연구

LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)[2]는 클러스터링 기반 라우팅 프로토콜로서, 클러스터 헤드가 클러스터 노드로부터 데이터를 수집, 통합하여 싱크로 전송을 한다. 이 기법은 네트워크에 있는 모든 센서 노드들에 에너지 소비를 공정하게 분산시키기 위하여, 에너지 집약적인 기능을 하는 클러스터 헤드를 순환시킨다. 또한 전체적인 통신 비용을 줄이기 위해 클러스터 헤드에서 클러스터내의 데이터를 수집하여 클러스터 단위로 통합한다. LEACH의 동작은 클러스터헤드의 순환을 위해, 설정단계, 지속상태단계로 구성된 라운드 단위로 동작한다.

APTEEN(Adaptive Periodic Threshold-sensitive Energy Efficient Sensor Network Protocol)[3]은 사전적(proactive) 센서 네트워크와 반응적(reactive) 센서 네트워크의 한계점을 최소화하면서 두가지의 장점을 통합하는 하이브리드 네트워크를 제공한다. APTEEN을 채택한 하이브리드 네트워크의 센서 노드들은 데이터를 주기적으로 전송할 뿐만 아니라 특정한 데이터 속성 값의 갑작스런 변화에도 반응한다. APTEEN은 클러스터가 형성되면 클러스터 헤드가 데이터 속성, 임계값, TDMA 스케줄, 카운트 시간을 포함하는 파라미터를 방송한다. 시간 임계적 데이터를 처리하고, 사전적 동작을 위해서 센서 노드가 카운트 시간동안

데이터를 전송하지 않은 경우 데이터를 전송한다. 인접한 노드들이 유사한 데이터를 감지하는 특성을 활용하여 인접한 두 노드의 쌍을 지어 각 쌍에 대해 한 노드만이 질의에 응답하고, 다른 노드는 수면 모드에서 전력 소비를 줄일 수 있도록 한다.

3. 클러스터 2중 분할 알고리즘

3.1. 가정

- 모든 센서는 클러스터 헤드와 직접 통신이 가능하다.
- 네트워크를 구성하는 노드의 수가 할당된 지역을 센싱 할만큼 충분히 많다.
- 고정 클러스터를 유지 한다.

3.2 클러스터의 2중 분할 알고리즘 기술

클러스터내 인접한 두 센서 노드의 센싱 데이터가 동일하거나 유사하다는 특성을 고려하면 하나의 센서만 데이터를 전송하고 다른 하나는 수면모드로 전환하여 에너지 효율을 높일 수 있다[3]. 본 논문에서 제안하는 알고리즘에서는 이 특성을 이용하여 인접한 두 개의 센서를 하나로 묶어 교대로 데이터 전송을 하도록 하여 헤드 또한 두개가 존재하여 두 헤드가 교대로 데이터를 수집 및 통합하여 전송하도록 한다.

본 논문에서 제안한 클러스터 2중 분할 알고리즘은 다음과 같은 절차로 동작한다. 우선 네트워크가 구성되면, 네트워크를 구성하는 각 노드들은 통신을 통해 인접한 이웃노드와 쌍을 이룬다. 이웃한 노드와 쌍을 이루기 위해 각 노드는 인접한 노드를 찾는 광고메시지를 발송하고, 이웃 노드로부터 수신되는 신호의 강도와 회신 시간을 통해 자신과 쌍을 이루기 적합한 하나의 노드를 결정하여 쌍(이하 '노드쌍'이라 칭함)을 이룬다. 이웃한 노드간 센싱 범위가 겹치지 않을 경우는 쌍을 이루지 않고 독립하여 존재(이하 '독립노드'라 칭함) 한다.

클러스터 헤더는 LEACH와 같은 방식의 자기 선출 방식으로 정해지며 정해진 헤드(헤드A)와 쌍을 이룬 노드도 헤드(헤드B)가 된다. 노드쌍은 광고메시지를 발송한 노드(노드A)가 선행노드가 되고, 응답메시지를 발송한 노드(노드B)가 후행노드가 된다. 헤드A가 정해지면, 헤드A는 각 쌍과 독립노드에 헤드설정 메시지를 발송하고 각 노드쌍과 독립노드는 수신 했음을 알리는 메시지를 전송 한다. 헤드A는 노드쌍과 독립노드의 회신 순서에 따라 고유ID를 부여하여 고유ID에 대한 동기화 메시지와 함께 각 노드로 발송한다. 동기화 메시지를 수신하면 헤드B와 노드B는 수면모드로 전환한다. 헤드A의 지속상태단계가 끝나고, 헤드A

와 노드A가 수면모드로 전환하면 헤드B는 설정단계없이 라운드 초기 수신한 동기화 데이터를 바탕으로 지속상태로 돌입하여 에너지 소모를 줄인다. 각 노드쌍은 설정단계에서 수신된 동기화 데이터를 통해 할당된 프레임에 두 노드가 교대로 데이터를 송신한다.

최초 설정 단계에 부여한 고유ID는 변경하지 않고 사용한다. 두 번째 설정 단계부터는 고유ID부여 과정없이 동기화 메시지만을 발송한다. 또한 독립노드는 헤드설정에서 제외되며 노드쌍을 이룬 노드만 헤드설정에 참여한다.

3.3. 분할된 클러스터의 프레임과 라운드

본 논문에서는 헤드A와 헤드B가 교대로 헤드 역할을 하고 노드쌍에서 교대로 센싱하여 클러스터내의 데이터를 수집하기 때문에 하나의 헤드와 센서의 절반에 해당하는 노드가 센싱을 하게 된다. 센서의 숫자가 적지만 인접한 이웃 노드가 교대로 센싱하기 때문에 데이터 수집이 클러스터의 한 부분으로 편중되지 않고 전반적으로 퍼지게 된다.

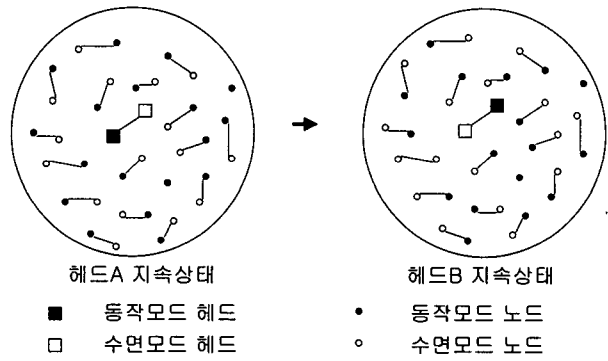


그림 1. 제안된 알고리즘을 적용한 네트워크

그림1은 제안된 알고리즘을 적용한 네트워크의 한 예로서 실선으로 연결된 노드는 노드쌍을 나타낸 것이며 실선으로 연결되지 않은 노드는 독립노드이다. 각 노드쌍의 노드들이 교대로 센싱하여 데이터수집이 편중되지 않음을 보여준다

알고리즘 동작은 설정단계, 지속상태단계로 이루어진다. 설정단계에서는 고유ID에 대하여 헤드A에서 동기화 메시지를 전송한다. 지속상태단계는 헤드A의 지속상태단계와 헤드B의 지속상태단계로 나누어진다. 설정단계와 두개의 지속상태단계를 합한 시간을 하나의 라운드로 한다. 그림2에서 보는 바와 같이 한 라운드 동안 각 고유ID에 대하여 헤드A의 지속상태와 헤드B의 지속상태에 두 개의 프레임이 할당되며 노드쌍에 속한 두 노드가 교대로 센싱하여 해당 지속상태 프레임에 데이터를 전송한다. 독립노드는 센

심범위가 겹치는 인접 이웃노드가 없으므로 데이터의 유실을 막기 위해 단독으로 라운드 동안 센싱하여 할당된 두 프레임에 모두 데이터를 전송한다(그림 2).

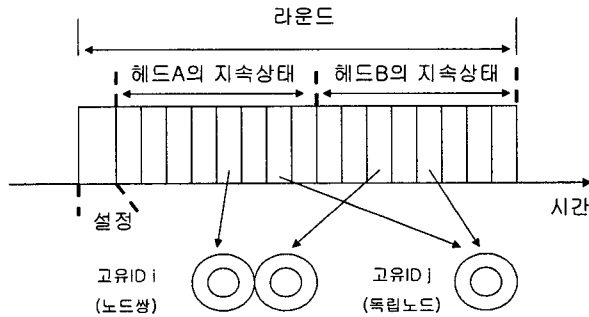


그림 2. 타임라인

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 LEACH와 같은 길이의 헤드 지속상태를 가지며 각 노드쌍과 독립노드에 할당하고 남은 시간은 모든 노드가 센싱을 하고 데이터 전송은 없는 휴면 모드를 취하여 에너지를 절약한다. 따라서 헤드 두 개의 지속상태가 합쳐져서 한 라운드가 되는 본 알고리즘의 라운드는 LEACH의 라운드보다 길다(그림 3).

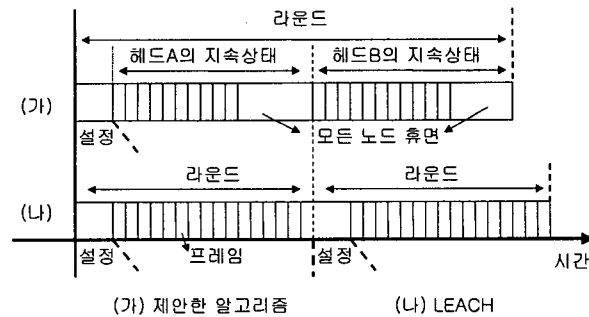


그림 3. LEACH와 제안하는 알고리즘의 타임라인 비교

3.4. 클러스터 2중 분할의 장단점

본 알고리즘의 장점은 기존의 클러스터 기반 프로토콜에서 헤드가 변경될 때 마다 방송되는 동기화 메시지의 횟수를 2개의 헤드와 노드쌍에 고유ID를 부여하여 줄였다. 또 모든 노드로부터 센싱 데이터를 수집하지 않고 인접한 이웃 노드가 쌍을 이루어 한 노드만이 센싱하고 다른 한 노드는 수면을 하여 각 노드의 데이터 전송과 센싱 횟수를 줄였다. 이로 인해 네트워크의 수명을 증가시킬 수 있다.

반면에 기존 클러스터 기반 프로토콜이 클러스터내 전체 데이터를 2회 수집하는 동안에 제안하는 알고리즘은 1회

의 전체 데이터를 수집한다. 따라서 기존 클러스터 기반 프로토콜의 각 라운드마다 수집되는 데이터에 비해 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다.

4. 성능평가

본 논문에 대한 연구는 계속 진행중에 있으며, 노드쌍 구성 및 라운드 설정에 대하여 검증하고 제안한 알고리즘과 기존 클러스터 기반 프로토콜의 네트워크 수명을 비교하기 위하여 시뮬레이션을 수행할 예정이다. 또한 에너지 효율과 데이터 신뢰성과의 관계를 분석하고자 한다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문은 센서 네트워크에서 클러스터 방식 프로토콜이 데이터를 헤드에서 수집하고 집약하여 전송한다는 특성과 이웃한 노드간 유사 데이터를 가진다는 특성을 이용한다. 노드쌍을 형성하여 클러스터를 2중 분할하고 2중 헤드를 형성하여 교대로 데이터를 전송함으로써 에너지 효율을 높이도록 하였다.

향후 과제로 제안한 알고리즘에서 데이터 유실을 최대한으로 줄이고 네트워크의 수명을 연장할수 있는 프레임 및 라운드의 길이에 대해 추가적으로 연구할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W.Su, Y.Sankarasubramaniam, and E.Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," in IEEE Communication magazine, vol.40, No.8, pp.102-114, August 2002.
- [2] Wendi B. Heinzelman et al., "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Sensor Networks," Phd thesis, Massachusetts Institute of Technology, June 2000.
- [3] Arati Manjeshwar et al. "APTEEN: A hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks," IEEE Proc. Of the int l. Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS : 02), pp.195-202, Apr. 2002.