

무선 센서 네트워크에서 클러스터 분할을 이용한 자가 구성 알고리즘

주세영* · 최정률* · 장길웅**

*한국해양대학교 대학원, **한국해양대학교 수리정보반도체물리학과 교수

A Self-configuration Algorithm Using Cluster Partition in Wireless Sensor Networks

S. Y. Joo* · J. Y. Choi* · K. W. Jang**

*Graduate school of National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

**Division of Mathematical and Information Science, National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

요 약 : 본 논문은 무선 센서 네트워크 상에서 클러스터 분할을 이용한 자가 구성 알고리즘을 제안한다. 본 알고리즘은 센서 네트워크에서 클러스터 방식 프로토콜이 데이터를 헤드에서 수집하고 집약하여 전송한다는 특성과 이웃한 인접 노드 간 유사한 데이터를 가진다는 특성을 이용하여 네트워크의 에너지 효율을 높인다. 인접한 이웃노드가 쌍을 형성하고 쌍을 형성한 두 노드가 한 라운드 동안 하나씩 교대로 센싱한다. 또한 클러스터 헤드도 2개가 하나의 쌍을 이루어 교대로 노드로부터 데이터를 수집한다. 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며, 기존의 클러스터 방식과 비교하여 에너지 소모 관점에서 성능이 우수함을 볼 수 있다.

핵심용어 : 무선 센서 네트워크, 클러스터 분할, 자가 구성 알고리즘,

ABSTRACT : In this paper, we propose a self-configuration algorithm using cluster partition in wireless sensor networks. In the cluster-based protocol, a cluster head aggregates the data from the individual nodes. In general, wireless networks environment has similar data between neighbor nodes. Using two features mentioned above, the self-configuration algorithm is designed to enhance the energy efficiency of wireless sensor networks. A pair of neighbor nodes consists of a group, and one node in the group is in turn active and the other is idle during one round. There are also two cluster heads in a cluster, and in turn they aggregate the data from the nodes. We evaluate the performance of the algorithm using computer simulation and the results show that the algorithm offers better performance than the conventional algorithm in terms of energy consumption.

KEY WORDS : wireless sensor networks, cluster partition, self-configuration algorithm

1. 서 론

현재 저전력의 소형 마이크로 센서들로 구성된 무선 센서 네트워크는 민간, 군사의 다양한 환경에 대한 감시를 가능하게 한다. 이들 소형 마이크로 센서들은 접근이 어려운 영역이나 재난 구조와 같은 다양한 응용에 사용되어진다. 마이크로 센서들은 자가 구성능력(self-configuration)을 가지고 있으며 자가 구성능력을 통하여 무선 센서 네트워크를 형성한다. 무선 센서 네트워크를 구성하는 센서들은 전력이 제한되어 있고 소모된 배터

리의 충전이나 교체가 어렵다는 특징을 가지고 있다. 이로 인해 제한된 전력을 효율적으로 사용할 필요성이 있다 [1][5][6][7][8][9].

무선 센서 네트워크에서 센서 노드의 주 기능은 센싱(sensing), 데이터 처리(computation), 무선 통신(radio communication)으로 이루어져 있다. 이 중에서 에너지 소모는 무선통신을 이용할 때 주로 발생된다. 기존의 많은 연구에서 통신 횟수를 줄여 에너지 소모를 줄이는 연구가 수행되고 있다[2][3][4]. 통신 횟수를 줄이기 위해 데이터를 통합하여 전송하는 방식과

* joosy@bada.hhu.ac.kr, cur0202@bada.hhu.ac.kr

** jangkw@bada.hhu.ac.kr 051)410-4375

데이터를 수집할 때 모든 노드에게 요청하는 것이 아니라 실제 데이터가 필요한 노드에게만 요청함으로써 불필요한 에너지 소모를 줄이는 방식도 제안되었다. 에너지 효율을 위해 제안된 다수의 방법들이 통신 횟수를 줄이기 위해 데이터를 통합하여 전송하는 클러스터(cluster) 방식을 취하고 있다. 센서를 임의로 배치하고 센서에 자가 구성능력을 주어 마이크로 센서 네트워크를 구성한다. 구성된 마이크로 센서 네트워크를 지역적 클러스터 단위로 나누고 각 클러스터마다 클러스터 헤드(cluster head)가 존재하여 데이터를 수집하고 통합하여 싱크(sink)나 상위 클러스터 헤드로 데이터를 전달하는 방법이다. 그림 1은 클러스터 기반의 센서 네트워크 구성을 보여 준다.

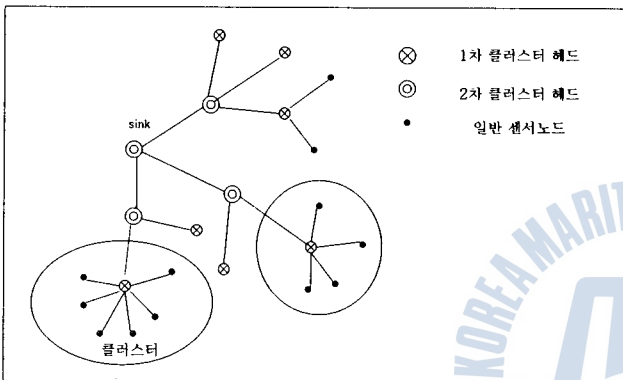


Fig. 1 A wireless sensor network based on hierarchical cluster

무선 센서 네트워크는 인접한 노드 간 유사한 정보의 중복 전달이 많기 때문에 에너지 낭비를 줄이기 위한 데이터 모음이 필요하다. 이러한 특성을 고려할 때 클러스터 기반의 계층적 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 이용하여 네트워크를 구성하는 클러스터를 논리적으로 2중 분할하고 분할된 클러스터가 교대로 데이터를 수집하는 방법을 사용함으로써 에너지 효율을 높이는 방법을 제안한다.

2. 관련 연구

임의로 배치된 무선 센서의 자가 구성능력에 의해 구성된 무선 센서 네트워크는 센서 간의 간격이나 배치가 일정하지 못하다. 중복되어 배치되거나 완전히 겹쳐서 배치될 수 있다. 이러한 무선 센서 네트워크는 유사 데이터 또는 동일한 데이터를 전송하여 불필요한 통신이 발생한다. 무선 센서 네트워크

에서 인접한 노드 간의 유사한 정보의 중복 전달로 인한 에너지 낭비를 데이터 모음(data aggregation)을 통해 줄일 수 있다. 이러한 특성을 고려할 때 클러스터 단위로 데이터를 모아 전송하는 계층적 기법은 많은 장점을 가진다. 즉, 구성된 무선 센서 네트워크를 지역적으로 분리하여 클러스터를 형성함으로써 인접한 지역에서 발생한 사건에 대한 유사한 정보를 클러스터 헤드로 전송한다. 클러스터 헤드는 데이터 모음을 수행하여 상위 헤드나 싱크로 전송함으로써 보다 효율적인 라우팅을 가능하게 하며, 요청된 질의에 대한 클러스터 헤드에 의한 전달로 비효율적인 질의의 플러딩을 막을 수 있다.

LEACH(low-energy adaptive clustering hierarchy)[2]는 대표적인 클러스터링 기반 기법으로서 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 통신비용을 줄이기 위해 클러스터 헤드에서 클러스터 내의 데이터를 수집하여 클러스터 단위로 통합한다. LEACH의 동작은 클러스터헤드의 순환을 위해 클러스터가 구성되는 설정(setup) 단계와 여러 개의 TDMA(time division multiple access) 프레임으로 구성되는 지속상태(steady-state) 단계로 구성된 라운드 단위로 동작한다. LEACH에서는 TDMA를 사용하여 노드 간 간섭을 피하고 클러스터 간의 간섭을 피하기 위하여 그림 2와 같이 각 클러스터들이 서로 다른 확산 코드를 사용한다.

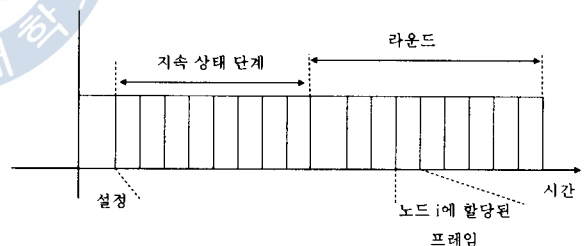


Fig. 2 The timeline of LEACH

TEEN(threshold sensitive energy efficient sensor network protocol)[3]은 센서 노드들이 주기적으로 전송할 데이터를 가지지 않는다는 점을 제외하고, LEACH와 유사하게 동작한다. LEACH가 사전적(proactive) 센서 네트워크에 적합한 특성을 가지지만 TEEN은 시간 임계적인 데이터를 처리한다는 점에서 반응적 센서 네트워크에 적합하다. TEEN은 LEACH의 클러스터 형성 기법을 사용하나 TEEN에서 센서 노드들은 클러스터 결정 시간에 클러스터 헤드가 방송한 임계값 H_t 와 S_t 에 기반을 두고 현재 감지된 데이터를 전송할지를 결정한다. 즉, 감지된 데이터의 값이 처음으로 H_t 를 초과하면, 이를 저장하여, 해당 시간 슬롯에 전송한다. 이후에는 감지된 데이터의 값이 저장된 값보다 S_t 이상 큰 경우에 저장하고, 해당 시간 슬롯에 전송한다.

APTEEN(adaptive periodic threshold-sensitive energy efficient sensor network protocol)[4]은 사전적 센서 네트워크와 반응적(reactive) 센서 네트워크의 한계점을 최소화하면서 두 가지의 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. 제안된 자가 구성 알고리즘

3.1. 가정

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 다음과 같은 가정을 전제로 한다.

- 클러스터의 형성은 모든 센서 노드가 클러스터 헤드와 직접 통신이 가능한 범위로 설정하기 때문에 모든 센서는 클러스터 헤드와 직접 통신이 가능하다.
- 네트워크의 센서 노드가 부족할 경우 정확한 환경에 대한 감시가 어려우므로 네트워크를 구성하는 노드의 수가 할당된 지역을 센싱할 만큼 충분히 많다.
- 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 클러스터 각 노드에 고유 ID(identification)를 부여한다는 특성상 고정 클러스터를 유지한다.

3.2 알고리즘 기술

클러스터 내 인접한 두 센서 노드의 센싱 데이터가 동일하거나 유사하다는 특성을 고려하여 하나의 센서만 데이터를 전송하고 다른 하나는 수면모드로 전환하여 에너지 효율을 높일 수 있다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘에서는 이 특성을 이용하여 인접한 두 개의 센서를 하나로 묶어 교대로 주위 환경에 대한 센싱을 하도록 하며 헤드 또한 두개가 존재하여 두 헤드가 교대로 데이터를 수집 및 통합하여 전송하도록 한다.

본 논문에서 제안된 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 광고 메시지를 발송하고, 이웃 노드로부터 수신되는 광고 및 회신

메시지의 신호의 강도와 수신 시간을 통해 자신과 쌍을 이루기 적합한 하나의 노드를 결정하여 노드 쌍 형성 확인 메시지 또는 회신 메시지를 전송한다. 회신 메시지를 발송한 노드는 회신 메시지를 수신한 노드로부터 노드 쌍 형성 확인 메시지가 도착할 시간을 대기 한 후 응답이 없으면 자신에게 회신 메시지를 발송한 노드로 노드 쌍 형성 메시지를 발송하여 쌍(노드 쌍)을 형성한다. 이웃한 노드 간 센싱 범위가 겹치지 않거나 노드 쌍 형성 확인 메시지와 회신 메시지를 수신하지 못한 경우는 쌍을 이루지 않고 독립하여 존재(독립노드)한다.

클러스터 헤드는 LEACH와 같은 방식의 자기 선출 방식으로 정해지며 정해진 헤드(헤드A)와 쌍을 이룬 노드도 헤드(헤드 B)가 된다. 노드 쌍은 광고메시지를 발송한 노드(노드 A)가 선행노드가 되고, 응답메시지를 발송한 노드(노드 B)가 후행노드가 된다. 헤드 A가 정해지면 헤드 A는 각 쌍과 독립노드에 헤드설정 메시지를 발송하고 각 노드 쌍과 독립노드는 수신했음을 알리는 메시지를 전송한다. 헤드 A는 노드 쌍과 독립노드의 회신순서에 따라 고유 ID를 부여하여 고유 ID에 대한 동기화 메시지와 함께 각 노드로 발송한다. 동기화 메시지를 수신하면 헤드 B와 노드 B는 수면 모드로 전환한다. 헤드 A의 지속상태단계가 끝나고 헤드 A와 노드 A가 수면모드로 전환하면 헤드 B는 설정단계 없이 라운드 초기 수신한 동기화 데이터를 바탕으로 지속상태로 돌입하여 에너지 소모를 줄인다. 각 노드 쌍은 설정단계에서 수신된 동기화 데이터를 통해 할당된 프레임에 두 노드가 교대로 데이터를 송신한다.

고유 ID의 설정과 노드 쌍의 구성은 많은 데이터 송수신 횟수를 가지므로 에너지 효율을 위해 초기 형성된 노드 쌍과 초기 설정 단계에 부여한 고유 ID는 변경하지 않고 사용한다. 두 번째 설정 단계부터는 고유 ID부여 과정 없이 동기화 메시지만을 발송하여 네트워크 전반적인 에너지 소모를 줄인다. 또한 헤드가 교대로 데이터 수집 및 전송을 하므로 독립노드는 헤드설정에서 제외되며 노드 쌍을 이룬 노드만 헤드설정에 참여한다.

3.3. 분할된 클러스터의 프레임과 라운드

본 논문에서는 헤드 A와 헤드 B가 교대로 헤드 역할을 하고 노드 쌍에서 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 3은 제안된 알고리즘을 적용한 네트워크의 한 예로써 실선으로 연결된 노드는 노드 쌍을 나타낸 것이며 실선으로 연결되지 않은 노드는 독립노드를 나타낸다. 본 논문에서 제안된 알고리즘은 각 노드 쌍의 노드들이 교대로 센싱하여 데이터수집이 편중되지 않음을 보여 준다.

알고리즘 동작은 라운드 단위로 동작하며 라운드는 설정단계와 지속상태단계로 이루어진다. 설정단계에서는 고유 ID에 대하여 헤드 A에서 동기화 메시지를 전송한다. 지속상태단계는 헤드 A의 지속상태단계와 헤드 B의 지속상태단계로 나누어진다. 설정단계와 두개의 지속상태단계를 합한 시간을 하나의 라운드로 한다.

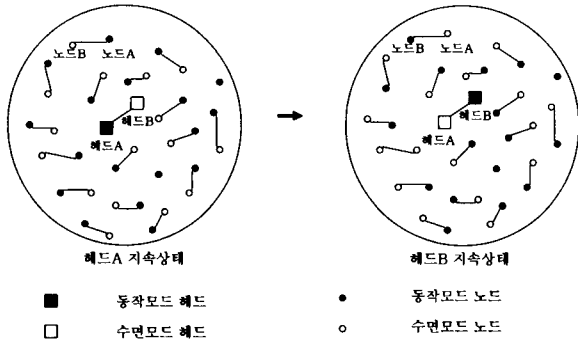


Fig. 3 A network using the proposed algorithm

그림 4에서 한 라운드 동안 각 고유 ID에 대하여 헤드 A의 지속상태와 헤드 B의 지속상태에 두 개의 프레임이 할당되며 노드 쌍에 속한 두 노드가 교대로 센싱하여 해당 지속상태 프레임에 데이터를 전송한다. 독립노드는 센싱 범위가 겹치는 인접 이웃노드가 없으므로 데이터의 유실을 막기 위해 단독으로 라운드 동안 센싱하여 할당된 두 프레임에 모두 데이터를 전송한다.

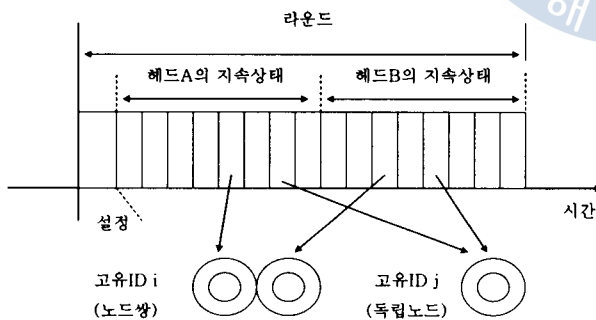


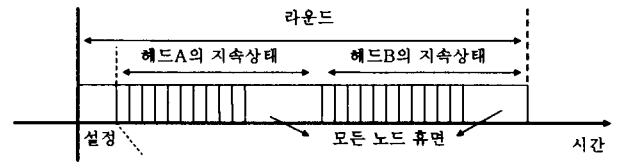
Fig. 4 The timeline of the proposed algorithm

알고리즘은 LEACH와 같은 길이의 헤드 지속상태를 가지며 각 노드 쌍과 독립노드에 할당하고 남은 시간은 모든 노드가 센싱만 하고 데이터 전송은 없는 휴면 모드를 취하여 에너지를 절약한다. 따라서 그림 5와 같이 헤드 두 개의 지속상태가 합쳐져서 한 라운드가 되는 본 알고리즘의 라운드는 LEACH의 라운드보다 길다.

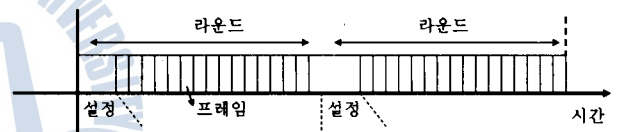
3.4. 제안된 알고리즘의 장단점

본 알고리즘의 장점은 기존의 클러스터 기반 프로토콜에서 헤드가 변경될 때 마다 방송되는 동기화 메시지의 횟수를 2개의 헤드와 노드 쌍에 고유 ID를 부여하여 줄였다. 또 모든 노드로부터 센싱 데이터를 수집하지 않고 인접한 이웃 노드끼리 이루어 한 노드만이 센싱하고 다른 한 노드는 수면 상태를 유지함으로써 각 노드의 데이터 전송과 센싱 횟수를 줄였다. 이로 인해 네트워크의 수명을 증가시킬 수 있다.

반면에 기존 클러스터 기반 프로토콜이 클러스터 내 전체 데이터를 2회 수집하는 동안에 제안된 알고리즘은 1회만 데이터 수집한다. 따라서 기존 클러스터 기반 프로토콜의 각 라운드마다 수집되는 데이터에 비해 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다.



(가) 제안한 알고리즘



(나) LEACH

Fig. 5 Comparison of timeline

4. 성능평가

제한된 전력의 효율적 사용을 위해 제안된 자가 구성 알고리즘을 여러 가지 환경에서 모의실험하고 그 성능을 분석하였다. 실험 비교 대상으로 클러스터 기반 프로토콜인 LEACH와 성능 비교를 하였으며, 시뮬레이션 프로그램은 Microsoft Visual Basic 6.0을 사용하여 이벤트 처리 방식으로 각 프로토콜을 실험요소에 맞게 구현하였다.

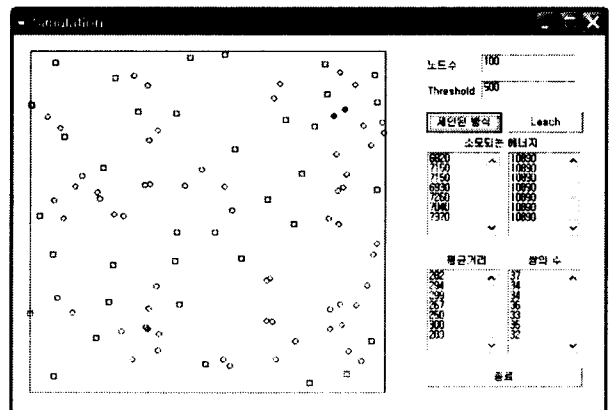


Fig. 6 Simulation

그림 6은 본 논문에서 제안된 자가 구성 알고리즘을 Micro soft Visual Basic 6.0으로 구현한 모습이다. 검은색으로 채워진 동그라미는 클러스터 헤더이며 빈 동그라미는 노드 쌍, 사각형은 독립노드를 나타낸다. 하나의 클러스터를 정사각형으로 표현하였으며 100개의 노드를 임의로 배치시키고 노드 쌍을 형성하는 노드 간 거리에 따라 제안된 알고리즘의 에너지 소모량과 노드 간 거리, 노드 쌍의 수를 조사하였다. 또한 노드를 형성하는 노드 간 최대거리 300을 설정하고 LEACH와의 에너지 효율을 비교하였다. 네트워크의 에너지 소모는 각 노드가 데이터 1회 전송 시 동일한 에너지를 소모하도록 설정하였으며 노드 쌍의 형성은 정해진 노드 간 최대 거리에 따라 형성하도록 하였다.

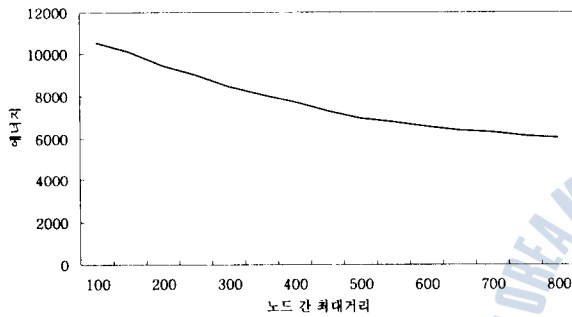


Fig. 7 Energy consumption between nodes

제안된 알고리즘은 노드 간 최대 거리 설정을 통해 노드 쌍을 형성하여 교대로 데이터를 수집 및 전송하게 된다. 따라서 노드 간 최대 거리에 따른 에너지 소모를 측정하였다. 그림 7에서 노드 간 최대 거리를 크게 설정할수록 에너지 소모가 줄어들게 되며, 수집되는 데이터 유형에 따라 노드 간 최대 거리 설정을 통하여 에너지의 효율을 높여 네트워크의 수명을 연장할 수 있음을 알 수 있다.

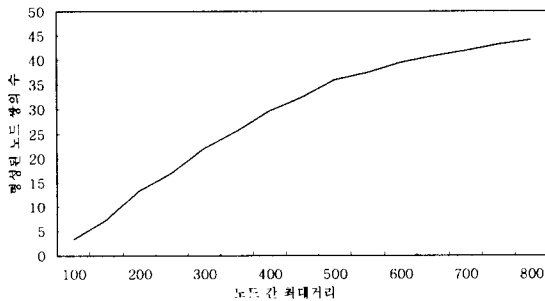


Fig. 8 The number of a pair of nodes

그림 8은 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리에 따른 노드 쌍의 수를 나타낸다. 노드 쌍의 수는 인접 노드 간 유사한 데이터의 중복 전달과 관련이 있으며 유사 데이터의 중복 전달은 네트워크의 불필요한 에너지 소모를 유발시킨다. 제안

된 알고리즘은 클러스터 분할을 통해 노드 쌍을 형성함으로써 유사 데이터의 중복 전달 횟수를 줄여 전반적으로 네트워크 에너지 소모를 줄일 수 있다. 인접 지역 내 수집되는 데이터의 오차가 큰 경우 데이터 유실을 최소화하기 위하여 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리를 짧게 함으로써 데이터에 대한 신뢰성을 증가시킬 수도 있다. 무선 센서 네트워크를 통하여 센싱하고자 하는 데이터는 유형에 따라 센싱 범위가 다를 수 있다. 데이터의 신뢰성과 네트워크의 에너지 효율을 생각하여 노드 간 최대 거리를 데이터의 유형에 따라 조절할 필요성이 있다. 넓은 범위에 걸쳐 유사한 데이터를 가질 경우 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리를 길게 하여 노드 쌍의 숫자를 증가시켜 네트워크의 에너지 효율을 높일 수 있으며 유사한 데이터를 가지는 범위가 좁고 수집 데이터의 신뢰성이 높아야 할 경우는 노드 간 거리를 짧게 설정할 수 있다.

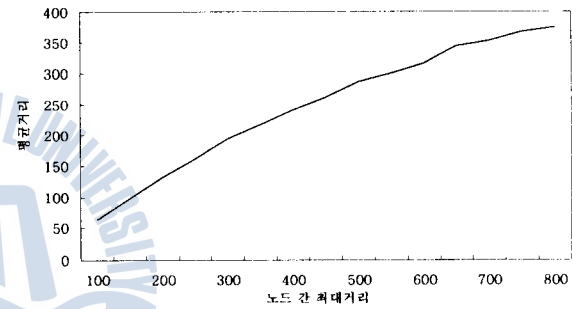


Fig. 9 Average distance between nodes

제안된 알고리즘은 클러스터를 구성하는 노드 쌍의 노드 간 거리에 따라서 에너지의 효율 및 데이터의 신뢰성이 결정된다. 따라서 에너지 효율 및 데이터 신뢰성을 위한 적정 거리의 설정이 필요하다. 그림 9는 최대 거리 설정에 따른 노드 쌍을 형성한 노드 간 평균 거리를 나타낸 것으로 효율적인 최대 거리 설정을 위하여 참조가 될 수 있는 사항이다. 본 실험에서 최대 거리가 850 일 때 노드 간 평균 거리는 400을 넘지 않는다.

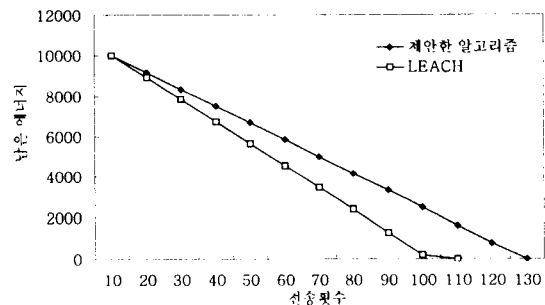


Fig. 10 Comparison of remain energy

그림 10은 각 노드가 동일한 에너지를 가질 때 전송횟수에

후 기

본 연구는 (재)한국해양대학교 학술진흥회 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [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. "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in wireless Sensor Networks," Proc. Second Int. I Workshop Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, 2001.
- [4] Arati Manjeshwar et al. "APTEEN: A hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks," IEEE Proc. Of the int I. Parallel and Distributed Processing Symposium(IPDPS : 02), pp.195-202, Apr.
- [5] S.Madden, M. Franklin and J. Hellerstein, "TAG : a Tiny Aggregation Service for Ad-Hoc Sensor Networks," ACM SIGOPS Operating Systems Review, Volume 36, Issue SI, pp. 131-146, Winter 2002
- [6] K. Sohrabi, J. Gao, V. Ailawadhi and J. Pottie, "Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network," IEEE Personal communications, Oct 2000
- [7] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, vol. 40, Issue: 8, pp. 102-114, August 2002.
- [8] W. R. Heinzelman et al., "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks," Proc. ACM Mobicom 99, 1999, pp. 174-185.
- [9] K. Sorabi et al., "Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network," IEEE Personal Communication, Vol.7, No.5, 2000, pp. 16-27.

따라 남은 에너지 관점에서 제안된 알고리즘과 LEACH를 비교한 것이다. 제안된 알고리즘은 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리를 300으로 설정하였다. 초기 클러스터를 형성하는 각 노드에 주어진 전체 에너지를 10000으로 설정하고 클러스터 내에서 1회 데이터 수집 시 소모되는 에너지를 실험하였다. 그림에서 보는 바와 같이 제안된 알고리즘의 효율이 LEACH보다 높게 나옴을 알 수 있다. 제안된 알고리즘은 두 개의 헤드가 교대로 데이터를 처리하고 두 개의 노드가 교대로 센싱을 하기 때문에 기존의 클러스터 기반 프로토콜보다 높은 에너지 효율을 가지고 있음을 보여 준다.

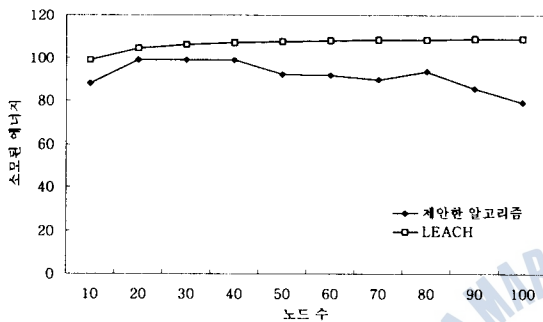


Fig. 11 Comparison of consumed energy

그림 11은 클러스터 내 노드 수에 따라 각 노드가 소모하는 평균 에너지를 제안된 알고리즘과 LEACH를 비교하였다. 노드 쌍을 형성하는 노드 간 최대 거리를 300으로 설정하여 실험하였다. LEACH는 노드 수가 증가함에 따라 소모되는 평균 에너지는 증가한 반면 제안된 알고리즘은 노드수가 증가함에 따라 소모되는 평균 에너지가 감소하였다. 이는 제안된 알고리즘이 LEACH와 비교하여 에너지 효율 측면에서 우수함을 보여준다.

5. 결 론

무선 센서에 대한 기술의 발달로 무선 센서네트워크를 통한 주위 환경이나 감시가 가능하게 되어 무선 센서네트워크를 위한 많은 프로토콜들이 발표되었다. 특히 이들 네트워크는 에너지가 제한되어 있고 보충이 어렵기 때문에 네트워크의 에너지 효율을 위한 프로토콜이 중점적으로 개발되었다.

본 논문에서는 클러스터 방식을 기반으로 데이터를 헤드에서 수집, 집약하여 전송하고 이웃한 노드 간 유사 데이터를 가지는 특성을 이용하였다. 제안된 알고리즘은 네트워크를 클러스터 단위로 나누고 클러스터를 구성하는 노드들을 노드 쌍을 형성하여 클러스터를 2중 분할하고 2중 헤드를 형성하여 교대로 데이터를 전송함으로써 에너지 효율을 높이도록 하였다. 성능 평가를 통해 제안된 알고리즘이 기존의 클러스터 기반 알고리즘보다 에너지 효율 측면에서 성능이 좋음을 알 수 있었다.

원고접수일 : 2005년 12월 5일

원고채택일 : 2005년 12월 20일