

계층형 무선센서네트워크를 위한 분리된 이중화 라우팅

Separated Dual-layering Routing Scheme (SDRS) for Hierarchical Wireless Sensor Networks

최해원*, 김경준**, 김현성***

Hae-Won Choi*, Kyung-Jun Kim* and Hyun-Sung Kim***

요약

에너지 효율성 초점이 맞추어진 대부분의 클러스터링 기법에서 클러스터 내에서 단일의 클러스터를 채용함으로써 클러스터 헤드의 에너지 소비가 급격히 증가 할 수 있다. 최근, 이러한 단점을 개선하기 위해 데이터 병합 기능 헤드와 데이터 전송 기능 헤드로 구분하는 2-계층 클러스터 기법은 클러스터 내에서 클러스터 헤드의 에너지 소비를 분산시켰다. 그러나 이러한 구조는 한 클러스터 내에 존재하는 두 개 헤드 사이에 독립적인 영역구분이 없는 단지 논리적인 영역이므로 많은 메시지 충돌과 전송 지연이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 본 논문에서는 노드의 위치정보와 클러스터 반경을 이용해 한 클러스터에 속한 두 계층을 독립적으로 명확히 분할할 수 있는 분리된 2-계층 라우팅기법을 제시한다. 제안하는 스킴에서는 각 계층에 속하는 멤버노드 수에 대한 균등분포를 통해 부하의 분산을 보장한다. 제안한 기법은 기존의 DLS 기법보다 메시지 충돌문제를 50% 개선하였고, 네트워크의 수명도 DLS와 LEACH 등에 비해 약 10% 개선하였다.

Abstract

Most of clustering schemes focusing on the energy efficiency have only a cluster head in each cluster, thus the energy consumption of cluster head in a cluster can rapidly increase. To reduce the energy consumption, recently, the dual-layered clustering which is separated a cluster ranges into two parts, i.e., data aggregation layer and data transmission layer, based on a sensor equipped with geographical positioning system (GPS), was proposed. However, the logical regions existing within the dual-layered clustering range can not distinguish efficiently. This scheme leads to many messages collision and transmission delay among member nodes. In this paper, to solve these problems, we propose a separated dual-layered routing scheme using the position information and the cluster radius. Proposed scheme clearly distinguish the dual-layered clustering range and gets the balanced number of member nodes in each cluster. Therefore, the proposed routing scheme could prolong the overall network life time about 10% compared to the previous two layered clustering scheme and LEACH.

Key words : wireless sensor network, clustering, dual-layering, load balance, routing, energy efficiency

* 경운대학교 컴퓨터공학과

** 호남대학교 전파이동통신공학과

*** 경일대학교 컴퓨터공학과

· 교신저자 (Corresponding Author) : 김현성, 김경준

· 투고일자 : 2009년 8월 3일

· 심사(수정)일자 : 2009년 8월 4일 (수정일자 : 2009년 8월 21일)

· 게재일자 : 2009년 8월 30일

I. 서 론

WSN (wireless sensor networks)은 다수의 센서노드(sensor node)로 구성된 네트워크이다. 센서노드는 물리적 현상 등의 특정 정보를 감지(sensing)하고 전송하는 역할을 하고, 센서노드가 감지한 데이터는 싱크노드를 통해 기존의 유선·무선 네트워크 인프라를 이용하는 사용자에게 전달된다. WSN은 과학적·의학·군사적·상업적 용도 등에 광범위하게 응용되고 있다. 특히 기존에 네트워크 구성이 어려웠던 유독물질에 감염된 지역이나 지진 피해지역과 전쟁터와 같이 사람이 직접 모니터 하기에는 위험하고 접근이 불가능한 지역의 정보수집 등에 설치 운용될 수 있는 장점이 있다. 또한 원격진료나 교통감시와 제어를 위한 지능형 교통시스템과 장기간의 환경 관찰을 위한 생태 감시 시스템 등에도 이용 된다 [3].

센서네트워크에서 다양한 상태이벤트를 효과적으로 감지 후 싱크(sink)로 전송하기 위해 다양한 형태의 라우팅 프로토콜이 개발 되었다. 초기 adhoc 네트워크를 위해 개발된 프로토콜은 평면프로토콜로 알려져 있으며, 이러한 프로토콜은 네트워크 전체를 하나의 영역으로 간주하여 모든 센서노드들이 동일한 기능과 역할을 수행한다. 그러나 에너지가 제한된 센서 네트워크에서는 네트워크로부터 데이터를 수집하고자 하는 경우 데이터 전송에 참여하는 센서노드 수가 많아지게 되고 이는 많은 에너지 소비를 유발한다. 센서 네트워크에서는 그다지 효과적인 프로토콜이 될 수 없다. 평면 프로토콜의 문제점을 개선하기 위해 계층형 프로토콜(Hierarchical Protocol)이 개발되었다. 계층 프로토콜은 클러스터(cluster) 구성을 통해 평면 프로토콜에 비해 메시지의 송수신 횟수를 감소시켜 에너지 소비를 효율적으로 줄일 수 있는 장점이 있다 [1,2,4].

LEACH(low energy adaptive clustering hierarchy) [11]는 네트워크를 클러스터로 분할하여 클러스터는 한 개의 헤드노드(head node)와 다수의 멤버(member)노드로 구성되는 싱크노드의 요청에 따라 각 멤버노드들은 데이터를 자신의 클러스터 헤드에게 전송하면, 헤드는 이를 병합하여 싱크노드에게 전송한다. 하지만, LEACH는 클러스터의 멤버노드에 비하여 헤드노드의 에너지 소비가 상대적으로 더 많은 문제점

이 있다. LEACH의 이와 같은 헤드 에너지 과소비 문제를 개선하기 위해 HEED[10]는 클러스터 헤드 선정 시 잔여 에너지와 함께 노드 사이의 근접도(distance)를 이용한다. 그러나 HEED는 LEACH에 비해 헤드 에너지 과소비 문제를 크게 개선하지는 못했다. 동일한 문제 해결을 위해 최근에 제안된 기법으로 이중계층 클러스터링 기법(DLS: dual layered clustering scheme)이 있다[11]. DLS에서는 센서노드가 GPS를 가진다고 가정하고, 각 클러스터를 데이터 전송계층(transmission layer)과 충돌계층(collection layer)의 두 계층으로 논리적으로 구분하고, 클러스터 헤드도 각 계층에서 독립적으로 하나씩 선출한다. 충돌계층의 헤드는 멤버노드가 전송한 데이터를 병합한 다음 전송계층의 헤드로 전송하는 역할을 하고, 전송계층의 헤드는 싱크노드로 데이터를 전송하는 역할을 한다.

이와 같이 LEACH등의 기존 프로토콜에서 한 개의 클러스터 헤드에 집중되어 있던 역할을 분산시킴으로서 헤드 에너지 과소비 문제를 어느 정도 개선하였다. DLS의 경우 한 클러스터 내에서 두 개 헤드 사이의 영역에 대한 구분이 없고 서로 다른 두 가지 역할을 하는 멤버노드들도 동일 클러스터 내에 섞여 있기 때문에 영역중복에 의한 충돌과 전송지연이 심한 문제점이 있다. 이는 WSN 응용 효율을 감소 시켜 전체적인 네트워크의 수명연장에 부정적인 결과를 가져온다.

본 논문은 이러한 DLS의 문제점을 개선할 수 있는 분리된 이중 계층 구조 라우팅 기법(SDRS: Separated Dual-layering Routing Scheme for Hierarchical Wireless Sensor Networks)을 제안한다. 제안하는 기법에서는 센서노드의 위치정보와 클러스터 환경을 이용해 한 클러스터 내의 두 계층을 독립된 영역으로 구분한다. 이때 두 계층에 속한 멤버노드수의 균등분포를 통해 부하의 분산을 보장한다. 이를 통해 DLS의 문제점을 개선할 수 있고 클러스터의 에너지 소비도 개선할 수 있다. 성능평가 결과 제안한 SDRS는 LEACH에 비해서 20%, HEED에 비해서 15%, 그리고 DLS에 대해서 10% 이상의 생존(life time) 기간이 길어짐을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 이중 계층 클러스터링 기법(DLS)에 대한 간략한 설

명을 제시하고 3장에서 기존 기법의 문제점을 개선할 수 있는 본 논문에서 제안하는 분리된 이중 계층 구조 라우팅 기법(SDRS)을 상세히 살펴보고 4장에 성능 평가를 위한 비교분석을 제시한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

LEACH는 네트워크에서 센싱에 참여하는 노드들이 데이터를 싱크까지 전송하는 단위인 라운드를 기반으로 동작한다. 각 라운드(round)는 크게 클러스터를 구성하는 형성과정과 감지(sensing)된 데이터를 전송하기 위해 여러 개의 TDMA(time division multiple access) 프레임으로 구성되는 지속상태(Steady)과정으로 구성된다. LEACH의 특징은 네트워크에 있는 모든 센서 노드들에 에너지 소비를 공정하게 분산시키기 위해, 라운드 시작 시점마다 $P_m(t)$ 확률에 따라 클러스터 헤드를 선정한다.

$$P_m(t) = \begin{cases} \frac{p}{n - p(r \bmod \frac{n}{p})} & : c_m(t) = 1 \\ 0 & : c_m(t) = 0 \end{cases}$$

m :노드 식별자 , t :시각, n :전체 노드 수,
 p :클러스터 수, r :라운드

LEACH 프로토콜에서 $C_m(t)$ 지시함수로서 $r \bmod(n/p)$ 라운드 동안 해당 노드가 클러스터 헤드였다면 0으로 아니면 1로 설정된다. 이는 한번이라도 헤드 역할을 했던 노드를 배제함으로써 모든 노드가 동일한 확률로 클러스터 헤드가 되는 것을 보장하기 위함이다. 클러스터 헤드의 반복적인 선출을 통해 LEACH는 동작을 하지만 라운드가 진행됨에 따라 클러스터 헤드는 멤버노드에 비해 상대적으로 과도한 에너지를 소비한다. 이것은 한 개 클러스터 헤드에 모든 메시지가 집중과 클러스터 헤드를 선정 시 과도한 에너지가 소비되기 때문이다. 토폴로지의 관리 측면에서 클러스터 헤드는 단지 확률계산에 의해 선출되기 때문에 네트워크에 지역적 불균형을 가져온다. 이는 결과적으로 네트워크 전체에 에너지 소비의 효

율성을 떨어트리는 문제점의 원인이 된다.

HEED는 LEACH와 마찬가지로 각 노드가 GPS를 가지지 않는 환경을 가정하므로 노드는 자신의 위치 정보를 이용하지 않고 클러스터를 구성한다. HEED는 LEACH의 클러스터 헤드 선출방식을 개선해서 헤드 선정 시 잔여 에너지와 노드 사이의 근접도를 고려한다. 헤드가 선정되면 각 센서노드는 통신비용이 최소가 되는 클러스터 헤드를 선택함으로써 클러스터를 구성한다. 그러나 HEED는 LEACH에 비해 헤드 에너지 과소비 문제를 크게 개선하지는 못했다.

이중 계층 클러스터링 기법(DLS: dual layered clustering scheme)은 클러스터 헤드의 에너지 과소비 문제 해결을 위해 최근에 제안된 기법이다. DLS는 각 클러스터를 데이터 전송계층(transmission layer)과 충돌계층(collection layer)의 두 계층으로 논리적으로 구분하고 클러스터 헤드도 두 계층에서 독립적으로 하나씩 선출한다. 여기서 충돌계층의 헤드는 멤버노드가 전송한 데이터를 병합한 다음 전송계층의 헤드로 전송한다. 전송계층의 헤드는 싱크노드로 데이터를 전송하는 역할을 한다. 이때, 한 클러스터 내에서 두 개 헤드 사이의 영역에 대한 구분이 없고 서로 다른 두 가지 역할을 하는 멤버노드들도 섞여 있다.

DLS는 기존의 프로토콜에서 한 개의 클러스터 헤드에 집중되어 있던 역할을 분산시킴으로써 헤드의 에너지 과소비 문제를 어느 정도 개선했지만 문제점을 가지고 있다. 즉, 한 클러스터 안에서 임의적으로 두 개의 헤드를 선정함으로써 두 개 헤드 사이의 영역에 대한 구분이 없다. 이로 인해 두 헤드 사이의 지리적으로 중복된 영역(area)에서는 전송 메시지 소실(data loss)과 충돌이 증가하는 문제가 있다. 이러한 문제의 주된 원인은 실제 네트워크에서 물리적인 클러스터 헤드 범위 등의 추가적인 속성들은 고려하지 않고 단지 논리적인 계층 구분만 했기 때문이다.

이에 본 논문에서는 DLS의 문제를 개선할 수 있는 분리된 이중 계층 라우팅 기법(SDRS)을 제안한다.

III. 분리된 이중 계층구조 라우팅(SDRS)

제안하는 프로토콜은 노드의 위치정보와 클러스

터 반경을 이용해서 WSN을 격자구조 형태의 클러스터로 분할 한 다음, 각 클러스터를 데이터 전송 계층과 데이터 병합 계층으로 분할하고 헤드도 계층별로 독립적으로 선출한다. 이때 기존의 DLS의 문제점인 계층영역의 중복을 없애기 위해 명확히 두 계층을 분할한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 기법에서 센싱 필드를 클러스터로 분할하고, 각 분할된 클러스터 내에서 가상의 데이터수집 계층(virtual merging layer)과 데이터전송 계층(virtual forwarding layer)으로 분할한 2계층 구조를 나타낸다.

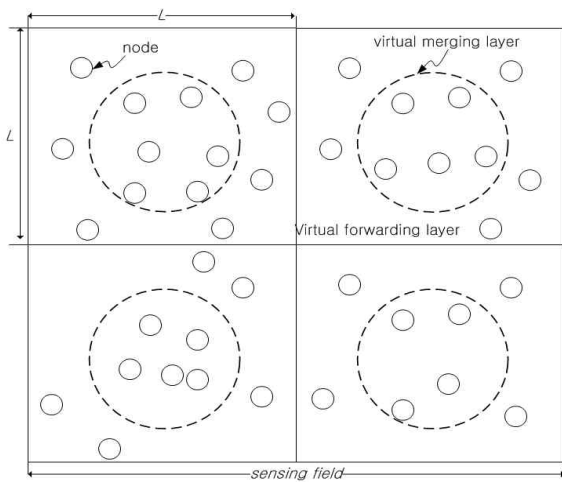


그림 1. 클러스터 계층 구조
Fig. 1. Cluster hierarchy construction.

3-1 클러스터 계층 분할

클러스터 계층분할은 네트워크를 분할하는 각 클러스터를 이중계층 구조로 재구성하는 단계이다. 클러스터를 구성하는 알고리즘은 그림 2와 같다. 제안하는 프로토콜에서 각 노드는 자신의 위치를 알기 위해 GPS를 이용한다. 그림 2의 라인 2는 네트워크상의 노드위치정보와 클러스터 반경(L)을 이용해서 임의의 클러스터를 두 개 계층으로 분할하는 역할을 수행한다. 즉, 하나의 클러스터 내부에 원(circle)을 그렸을 때 원의 내부에 위치하는 멤버노드들은 데이터 병합계층으로 구분하고, 원의 외부에 위치하는 멤버노드들은 데이터 전송 계층으로 구분된다. 이를 그림 2의 라인 3과 5에서 각각 보여주고 있다. 이와 같이 한 개 클러스터를 두 개 계층으로 분할하는 이유는 한 클러스터 내의 두 계층에 속한 멤버노드 수의 균등분

포를 보장하기 위해서이다. 균등분포를 통해 클러스터 전체의 에너지 소비 균형(balance)을 유지하여 네트워크 전체 수명을 연장할 수 있다. 또한 기존의 이중계층구조의 문제점인 헤드 영역 중복에 의한 문제점을 제거할 수 있다.

Algorithm for cluster partition

```

1: while(node_x_y>0) do
2:   if(node (x2+y2) > (L/√2π)2) then
3:     Data_Trans(node_ID);
4:   else
5:     Data_Merge(node_ID);
6:   end if
7:   if (Data_Trans_Group(node_ID)==1)
8:     Trans_Max_Energy(node_ID);
9:     while(node_energy_lev>energy_thr)
10:      do
11:        Trans_Head(head_node_ID);
12:      end while
13:   else if
14:     ((Data_Merge_Group(node_ID)==1)
15:     Merge_Max_Energy(node_ID);
16:     while(node_energy_lev>energy_thr)
17:      do
18:        Merge_Head(head_node_ID);
19:      end while
20:   end if
21: end while

```

그림 2. 클러스터 계층분할 알고리즘
Fig. 2. Algorithm for partitioning cluster.

그림 2에서 라인 7 ~17은 각 클러스터의 두 계층에 대하여 독립적인 헤드를 선출하는 과정이다. 각 과정에서 각 노드의 위치 및 기능을 결정하는 단계인 셋업단계에서 노드 i가 소비한 에너지($E_{i,setup}$)는 식 (1)과 같다.

$$E_{i,setup} = E_{i,ini} - (e_{i,tx} + e_{i,rx} + e_{i,sys}) \quad (1)$$

- Eini: 노드의 초기 에너지
- etx, erx, 노드의 송/수신 에너지 소비
- esys: 노드의 회로 자체 에너지 소비

각 센서는 자신의 역할 및 기능을 싱크 노드가 전

송하는 정보를 수신한 후 자신의 역할을 결정한다. 그러므로 위치 및 역할에 따라 다른 에너지 소비 과정을 경험하게 된다. 데이터 병합계층과 전송계층에서의 일반 노드와 헤드 노드의 에너지 소비는 식 (2)와 같다.

$$E_{i,rest} = E_{i,setup} - (e_{i,tx} + e_{i,rx} + e_{i,sys})$$

$$E_{head,rest} = E_{head,setup} - \sum_{i=1}^{k-1} (e_{head,rx} + e_{head,sys}) + e_{head,tx} \quad (2)$$

- $E_{i,rest}$: 노드의 나머지 에너지
- $E_{head,setup}$: 헤드 노드의 셋업시 소비한 에너지
- $e_{head,tx}$, $e_{head,rx}$, $e_{head,sys}$: 헤드노드의 송/수신 및 회로자체의 에너지 소비

노드는 영역에 따라 다른 에너지 소비를 갖는다. 먼저 데이터 수집계층에서는 에너지 소비량이 많은 헤드 선택 시 현재 센서노드의 에너지 잔여량을 측정하여 가장 높은 노드를 클러스터 헤드로 선출한다. 데이터 전송계층에서 선출된 헤드는 데이터 전송의 역할을 하고, 데이터 병합계층에서 선출된 헤드는 데이터 병합 역할을 한다. 계층형 프로토콜에서 헤드노드로 선택된 노드는 데이터의 병합 등의 임무 수행과 상대적으로 많은 메시지 전송 횟수 때문에 일반 노드에 비해서 에너지의 소비가 많아진다. 그러므로 하나의 노드가 헤드노드의 역할을 계속 할 경우 에너지 소비 과다로 노드의 수명이 빠르게 단축되고 이는 센싱 홀(sensing hole)과 같은 문제의 원인이 된다. 즉 데이터를 전송하기 위한 임계 경로 상에 있는 노드의 수명이 다한다면 그 외 다른 노드의 에너지가 충분하더라도 데이터의 전송이 불가능하게 된다. 그러므로 에너지를 고려한 주기적인 헤드노드의 재선정이 필수적이다. 그림 2의 라인 9와 14는 에너지 임계치 이하로 현재 헤드의 에너지 레벨이 떨어지는 경우 새로운 헤드를 선출한다. 이때 새로운 헤드는 해당 데이터 전송 계층이나 데이터 병합 계층 내에서 선출된다.

3-2 데이터 수집 및 전송

데이터 수집 및 전송단계는 임의 클러스터의 데이

터 병합 계층 헤드 노드가 자신의 멤버노드들로부터 데이터를 수집하고 병합한 다음, 데이터 전송계층의 헤드노드가 싱크로 전송하는 단계이다. 즉, 싱크가 요구한 조건에 맞는 데이터(interest)를 감지(sensing)한 후 노드는 자신의 TDMA 스케줄에 따라 자신이 속한 클러스터의 데이터 병합 계층 헤드노드에게 데이터를 전송한다. 이에 대한 알고리즘은 그림 3과 같다. 그림 3의 라인 2~5는 데이터 병합 계층의 헤드노드가 수행하고 그림 3의 라인 6~9는 데이터 전송계층의 헤드노드가 수행한다. 그림 3의 라인 2에서 각 클러스터의 데이터 병합 계층 헤드노드는 응용의 특성에 맞도록 데이터 병합을 위한 동작을 수행한다. 이때 현재 노드 자신이 속한 클러스터가 아닌 다른 클러스터에 속한 노드의 메시지를 수신했다면 이를 무시한다. 이는 그림 3의 라인 3에서 제공된다. 데이터 병합이 완료되었다면 데이터 병합 계층 헤드노드는 동일 클러스터에 속한 데이터 전송 계층의 헤드노드에게 메시지를 전송한다. 이는 그림 3의 라인 6에서 보여준다.

Algorithm for merging and forwarding data

```

1: while(interest!=0) do
2:   Data_Merge_Int( );
3:   if(head_node_ID !=current_head)
4:     continue;
5:   end if
6:   Data_Trans_Int( );
7:   if(head_node_ID !=current_head)
8:     continue;
9:   end if
10: end while
    
```

그림 3. 데이터 수집 및 전송을 위한 알고리즘
Fig. 3. Algorithm for merging and forwarding data.

IV. 성능 분석

본 장에서는 제안한 라우팅 기법의 성능을 평가하기 위해 LEACH 그리고 DLS와 비교를 제시한다. 표 1은 성능분석을 위한 실험환경을 보여준다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Table 1. Simulation parameters.

| 매개변수 항목 | 값 |
|-----------------------------|-------------------------|
| 네트워크 크기 | 120m × 120m |
| 네트워크 환경 | 자유공간 |
| 센서 노드 수 | 200 |
| 싱크노드 위치 | (60, 240) |
| 데이터 패킷 길이 | 2000 bit |
| 송수신회로 에너지 소모 (E_{elec}) | 50nJ/bit |
| 송신 시 증폭기 소비 에너지(e_s) | 10pJ/bit/m ² |
| 초기 에너지 | 1J |
| 전송 충돌비율 | 20% |

4-1 클러스터 영역의 중복(overlapping) 비교

기존의 DLS는 지리적으로 인접한 헤드의 중복된 영역으로 인해 발생하는 메시지의 충돌과 지연문제가 있었다. 이와 같은 문제점을 본 논문에서 제안한 SDRS가 어느 정도 개선했는지 실험을 통해 비교해 보았다. 그림 4는 100라운드 동안 한 클러스터 안에서 발생하는 메시지 충돌율을 보여준다. x 축은 라운드를 나타내고 y 축은 메시지 충돌율을 나타낸다. 기존의 DLS는 영역중복에 의한 메시지 충돌이 상대적으로 제안한 SDRS에 비해 약 50% 높음을 알 수 있다.

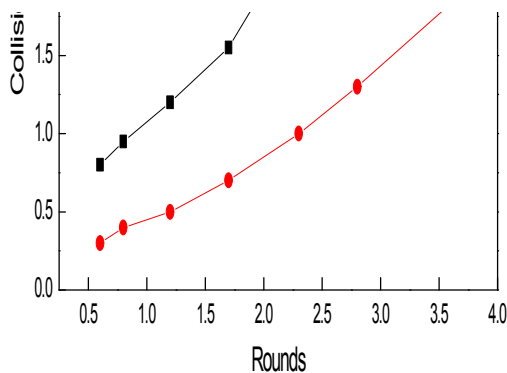


그림 4. DLS와 SDRS의 메시지 충돌 비율
Fig. 4. Collision ratio in DSL and SDRS.

4-2 계층별 생존노드 수 비교

기존의 DLS와 본 논문에서 제안한 SDRS는 모두 한 개의 클러스터를 데이터 병합계층과 전송계층으로 구분하고 헤드를 하나씩 선출한다. 즉, 한 클러스터에 2개 헤드가 존재한다. 기존의 DLS와 제안한 SDRS의 차이점은 DLS의 경우 한 클러스터 내에서 두 개 헤드 사이의 영역에 대한 구분이 없고 서로 다른 두 가지 역할을 하는 멤버노드들이 한 클러스터 내에 섞여 있다. 이와 비교해서 제안하는 SDRS는 두 계층을 부하의 분산을 보장하면서 독립된 영역으로 구성한다.

이러한 개선점에 대한 효율성을 검토하기 위하여 라운드가 반복됨에 따라 LEACH와 DLS 그리고 제안한 SDRS의 생존노드의 수를 비교해 보았다. 그림 5는 이에 대한 결과를 보여준다. x 축은 라운드를 나타내고 y 축은 네트워크 생존 노드수를 나타낸다. 그림 5에서 보듯이 제안한 SDRS는 LEACH에 비해서 20% 그리고 DLS에 대해서 10% WSN 수명을 연장함을 알 수 있다. 이러한 결과의 원인은 기존의 DLS와 달리 본 논문에서 제안하는 SDRS의 경우 한 클러스터 안의 노드들을 동일 비율로 데이터 전송 계층과 데이터 병합 계층으로 구분하기 때문이다. 즉, 두 계층의 멤버노드 수를 동일하게 유지할 수 있도록 보장함으로써 멤버노드의 수에 상관없이 균등한 부하의 분산이 이루어진다. 이를 통해 기존 DLS의 중복영역에 의한 메시지 충돌과 재전송을 줄임으로서 에너지 소비효율을 개선할 수 있었다.

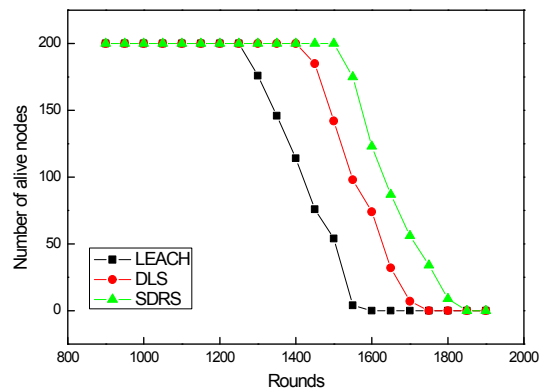


그림 5. 네트워크 수명 비교
Fig. 5. Comparing network life time.

V. 결 론

본 논문은 기존의 이중계층 클러스터링기법(DLS)의 문제점을 개선할 수 있는 분리된 2-계층 구조 라우팅 기법(SDRS)을 제안했다. 기존의 DLS는 한 클러스터를 데이터 전송 계층과 데이터 병합 계층으로 구분하고 헤드도 각 계층별로 하나씩 선출함으로써 헤드의 에너지 소비 문제를 개선했다. 하지만 한 클러스터 내에서 두 개 헤드 사이의 영역에 대한 구분이 없고 서로 다른 두 가지 역할을 하는 멤버노드들도 한 클러스터 내에 섞여 있기 때문에 영역중복에 의한 충돌이 많은 문제점이 있었다.

본 논문에서 제안한 SDRS는 이중 계층구조는 그대로 적용하되, 노드 위치정보와 클러스터 반경을 이용해 두 계층을 독립된 영역으로 분할 구성했다. 또한 두 계층에 속한 멤버노드 수가 균등분포 할 수 있도록 보장함으로써 부하의 분산이 이루어지도록 했다. 이러한 부하의 균등한 분산과 독립된 계층 영역을 통해 에너지 소비 효율을 개선함으로써 제안한 SDRS는 LEACH에 비해서 20% 그리고 DLS에 대해서 10% 오랜 생존 기간을 보였다. 또한 제안하는 기법을 통해 기존의 DLS에서 선출된 헤드의 영역중복에 의한 메시지 충돌을 약 50% 개선할 수 있음을 실험을 통해 보였다.

참 고 문 헌

- [1] A. E. Cerpa, J. Elson, M. Hamilton, and J. Zhao, "Habitat Monitoring : Application Driver for Wireless Communication Technology," *Proc. ACM SIGCOMM Workshop on Data Communications*, pp. 20-34, 2001.
- [2] D. Estrin, R. Govindan, J. Heidemann, and S. Kumar, "Next Century Challenges : Scalable Coordination in Sensor Networks," *Proc. ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicomm 1999)*, pp. 263-270, Jan. 1999.
- [3] J. Yick, B. Mukherjee, and D. Ghosal, "Wireless sensor network survey," *Computer networks*, vol. 52, no. 12, pp. 2292-2330, 2008.
- [4] R. Zhang, H. Zhao, and M. A. Labrador, "The anchor location service protocol for large-scale wireless sensor networks," *Proc. First International Conference on Integrated Ad hoc and Sensor Networks*, vol. 138, no. 18, 2006.
- [5] W. R. Heinzelman, A. C. Asan, and H. Balakrishnan, "Energy Efficient Communication Protocols for Wireless Microsensor Network," *Proc. 33rd Hawaii International Conference on Systems Science*, vol. 8, pp. 8020-8030, 2000.
- [6] A. Manjeshwar and D. P. Agrawal, "TEEN: A Routing Protol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," *Proc. International Conference Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS 2001)*, vol. 15, pp. 2009-2015, 2001.
- [7] A. Manjeshwar and D. P. Agrawal, "APTEEN: A Hybrid Protocol for Efficient Routing an Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks," *Proc. International Conference Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS 2002)*, vol. 2, pp. 195-202, Apr. 2002.
- [8] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, " An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 1, no. 4, pp. 660-670, 2002.
- [9] R. S. Changn and C. J. Kuo, "An Energy Efficient Routing Mechanism for Wireless Sensor Networks," *Proc. International Conference on Advanced Information Networking ana Applications(AINA06)*, vol. 2, pp. 308-312, 2006.
- [10] O. Younis and S. Fahmy, "HEED: A Hybrid, Energy-Efficient, Distributed Clustering Approach for Ad-hoc Sensor Networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 3, no. 4, pp. 366-379, Oct. 2004.
- [11] M. H. Yeo, Y. M. Kim, and J. S. Yoo, "A dual-layer energy efficient distributed clustering algorithm for wireless sensor networks," *Journal of KISSE*, Vol.

35, No. 1, pp. 84-95, 2008.

최 해 원 (崔海元)



1996년 2월 : 경일대학교 컴퓨터공학과 (공학사)

2000년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)

2009년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

2006년 9월~현재 : 경운대학교 컴퓨

터공학과 교수

관심분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, 알고리즘, Bioinformatics

김 경 준 (金京浚)



1996년 2월 : 경일대학교 컴퓨터공학과 (공학사)

1999년 8월 : 경북대학교 컴퓨터공학 전공 (공학석사)

2005년 2월 : 경북대학교 정보통신학과 (공학박사)

2005 3월 : 경북대학교 컴퓨터공학과

PostDoc. 연구원

2005년 9월 ~ 2006년8월 : 대구대학교 정보통신공학부 초빙교수

2006년 9월 ~ 현재 : 호남대학교 전파이동통신공학과 전임강사

관심분야 : 무선채널할당기법, 토폴로지제어, 지능형전송시스템(ITS), 무선MAC 프로토콜, 네트워크보안

김 현 성 (金炫成)



1996년 2월 : 경일대학교 컴퓨터공학과 (공학사)

1998년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학 전공 (공학석사)

2002년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

2002 3월~현재 : 경일대학교 컴퓨터공학과 부교수

관심분야 : 병렬처리, 정보보호, 암호학, 암호칩설계, PKI, IDS