

클러스터헤더 후보노드를 이용한 에너지 효율적인 클러스터링 방법

조영복*, 김광득**, 유미경*, 이상호***

Energy-Efficient Clustering Scheme using Candidates Nodes of Cluster Head

Young-Bok Cho*, Kwang-deuk Kim**, Mi-kyeong You*, Sang-Ho Lee***

요약

센서 네트워크에서 에너지 소비를 최소화하는 것은 가장 중요한 이슈 중 하나이다. 클러스터링 방법 중 LEACH 프로토콜은 에너지를 효율적으로 관리하기 위해 다수의 클러스터 영역을 분할하는 계층적 방법으로 동작된다. 그러나 LEACH 프로토콜은 매 라운드마다 새로운 클러스터를 구성하기 때문에 클러스터를 구성할 때마다 소비되는 에너지는 전체 네트워크 수명을 단축시키는 요인으로 작용한다. 따라서 이 논문에서는 센서네트워크 환경에서 초기 라운드에 클러스터를 형성하고 클러스터헤더 후보노드를 선정하여 에너지 낭비를 해결하였다. 제안 모델은 초기 라운드에는 기존 LEACH보다 26% 에너지 소모가 증가한다. 그러나 라운드가 지속될수록 제안 방법은 최대 35%까지 전체 에너지소비가 감소됨을 네트워크 시뮬레이션 툴(NS-2)를 이용해 증명하였다.

▶ Keyword : 클러스터링, 에너지효율성, 계층적 클러스터링, LEACH

Abstract

One of the major challenges of minimum energy consumption for wireless sensor networks(WSN) environment. LEACH protocol is hierarchical routing protocol that obtains energy efficiency by using clustering. However, LEACH protocol in each round, because the new cluster configuration, cluster configuration, whenever the energy consumed shorten the life of the network. Therefore in this paper, the cluster is formed in WSN environment in early stage and the problems with energy waste have been solved by selecting C-node. In the initial round of proposed model uses 26 percent more than traditional LEACH energy consumption. However, as the round is ongoing, it has been

• 제1저자 : 조영복

• 투고일 : 2010. 11. 01, 심사일 : 2010. 11. 15, 게재확정일 : 2010. 11. 25.

* 충북대학교 전자계산학과 박사과정(Dept. of Computer Science, Chungbuk National University)

** 한국에너지기술연구원(Korea Institute of Energy Research)

*** 충북대학교 전자정보대학 소프트웨어학과 교수(Dept. of Electrical & Computer Engineering)

※ 본 연구는 한국에너지기술연구원의 지원으로 수행되었습니다. 또한 본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2010년도 산학연 기업부설연구소 설치 지원사업의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

proved by the network simulation tool that the waste of energy could be diminished up to 35% .

▶ Keyword : Clustering, Energy Efficient, Hierarchical clustering, LEACH

설명하고, 4장에서는 제안방법의 실험 및 평가, 마지막으로 5 장에서는 결론 및 향후연구에 대해 기술 한다.

I. 서론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network) 환경에서 에너지 효율성을 향상시키고 네트워크의 수명을 연장하는 대표적인 방법으로 클러스터링 기법을 사용한다[1,2,3]. 클러스터링 기법은 네트워크를 클러스터라는 영역들로 분할하여 네트워크에 존재하는 모든 노드들을 각 클러스터에 포함시킨다. 클러스터 내에 포함된 노드들은 멤버 노드라 불리며, 각 멤버 노드들은 기지국(BS: Base Station)과 직접 통신하지 않고 클러스터헤더를 통해 통신한다. 클러스터헤드는 멤버 노드로부터 수집된 많은 데이터를 병합하여 최종 목적지인 기지국으로 전송한다. 기존 클러스터링 방법은 클러스터헤드의 역할을 순환시켜 에너지 소비율을 균등하게 하는 방법, 효율적인 클러스터헤드 선출 방법 및 클러스터 크기와 클러스터 내의 멤버 노드의 수를 고려한 클러스터 구성 방법들이 제안되었다[3,4,5,6]. 그러나 네트워크 확장 시 노드간 전송 거리에 따른 제약으로 클러스터헤더의 에너지 소모가 더욱 커지고 클러스터 내 멤버 노드의 에너지 소모가 크게 증가하여 네트워크 수명을 단축시키는 문제점을 갖는다. 또한 클러스터링은 클러스터헤드 선출 방법에 따라 불균형적인 클러스터를 구성하거나 모든 센서 노드가 에너지를 균형적으로 소모하는 것은 보장하기 어렵다. 또한 빈번한 클러스터링 때문에 발생하는 에너지 소모는 상당히 비효율적이다[8,9,10]. 따라서 제안 방법은 무선 센서 네트워크에서 센서 노드의 에너지 소비를 효율적으로 하기 위해 클러스터헤드 후보노드를 선정하고, 빈번한 클러스터링에 따른 에너지 소모를 최소화하여 무선 센서 네트워크의 생존시간을 연장하였다. 에너지효율성을 위해 이 논문에서는 기존 논문의 매 라운드마다 선출하던 클러스터헤더를 초기의 클러스터링 과정에서 클러스터헤더와 후보노드를 선출한다.

제안 논문에서는 클러스터헤드를 선택하고 후보노드를 선정하여 초기 선정된 클러스터헤더의 클러스터 헤더 임계값(Cluster Head threshold:CHth)이 클러스터 임계값(Clustr threshold:Cth)보다 작을 경우 클러스터헤더를 후보노드들 중 우선순위에 따라 변경한다. 따라서 매 라운드마다 클러스터헤드 선정 시 낭비되었던 에너지를 감소시킬 수 있다. 이 논문의 구성은 2장에서는 관련연구와 3장에서는 제안기법인 클러스터헤드 후보노드 기반의 클러스터링 방법을

II. 관련 연구

2.1 관련연구

LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 기법의 노드들은 하나의 노드가 클러스터헤더의 역할을 맡는 클러스터에 속하게 된다[4]. 모든 일반 노드들은 자신이 감지한 데이터를 클러스터헤더에게 전송하고 클러스터헤드 노드는 데이터를 수신 후 병합하여 BS로 전송한다. 따라서 클러스터헤드 노드들은 일반 노드들에 비해 에너지 소모가 많이 발생한다[10]. LEACH에서는 센서 노드 사이 에너지 소모를 균등히 하기위해 클러스터헤더를 랜덤한 방식으로 순환한다. LEACH 기법에서는 모든 노드에게 헤더로 선정될 수 있는 기회를 균등히 하기 위해 (식1)과 같은 확률함수를 사용한다.

$$P_i(t) = \begin{cases} \frac{k}{N - k \times (\text{mod} \frac{N}{k})} : C_i(t) = 1 & \dots\dots\dots \text{(식 1)} \\ 0 : C_i(t) = 0 \end{cases}$$

(식1)의 i는 노드의 식별자,t는 시간, N은 전체노드의 수, k는 클러스터의 수, r은 라운드 수, Ci(t)는 최근 r mod(n/K) 라운드 수를 의미한다. LEACH의 작동은 라운드별로 구분 된다[7].

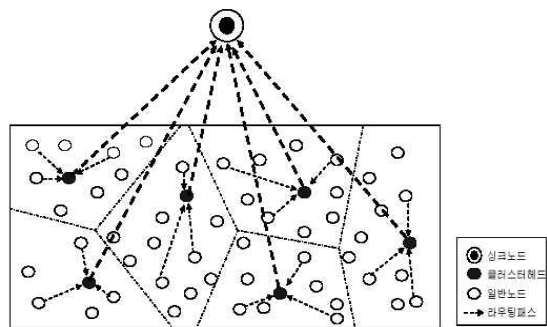


그림 1. LEACH 프로토콜 동작
Fig 1. LEACH Protocol Operation

LEACH 연산은 라운드 단위로 구성되고 각 라운드는 Set-up 단계로 시작하여 클러스터가 구성된다. 다음은

Steady-State단계로 이어지고 바로 데이터 전송이 수행된다. 오버헤드를 최소화하기 위해 Steady-State단계는 Set-up 단계에 비해 오랜 시간을 할당한다. 기존 LEACH의 문제점은 다음과 같이 정리된다. 첫째, BS 위치에 따른 클러스터헤더의 역할을 하게 될 때 거리만큼 더 큰 에너지로 전송하기 때문에 많은 에너지를 소비하게 되어 노드의 수명을 단축시키는 결과를 가져온다. 둘째, 클러스터헤더 선정의 문제로서 LEACH 프로토콜은 확률적 클러스터헤더의 선정 방법에 의해 선정되는 헤드 위치가 일정치 않고, 확실적인 방법으로 클러스터헤더가 가까운 곳에서 선정 될 경우 클러스터 크기가 불균형을 이루고, 이 불균형은 노드 간의 에너지 불균형 현상을 가져온다[12,13].

DDACM(Data Direction Aware Clustering Method in Sensor Network)방법[14]은 데이터 역방향 전송 방식을 위해 클러스터 방법은 클러스터 헤더를 선정하기 위해 에너지 보유량 이상인 경우는 클러스터를 형성하고 클러스터 헤더는 매 라운드별 에너지 잔량을 계산하여 에너지 레벨이 일정량 이하가 되면 클러스터 헤더 변경을 싱크에게 요구한다. DDACM방법은 기존 LEACH 기법의 매 라운드마다 클러스터 선정의 문제점을 보완하기 위해 제안되었다. 이는 BS와의 전송거리가 짧은 경우 에너지 효율성을 증명하였다.

III. 클러스터헤더 후보노드 기반의 클러스터링 방법

제안 모델은 초기 라운드에서 클러스터헤더를 선정한 후 클러스터링을 형성한 후 나면 클러스터 내부노드를 대상으로 클러스터헤더는 다음에 사용될 클러스터 후보 노드를 선정한다. 이때 초기 클러스터헤더의 선정과 클러스터헤더 후보노드의 선정은 초기 클러스터링 과정에서 한번만 이루어진다. 각 클러스터의 클러스터헤더는 클러스터헤더 후보노드를 선정 고려 조건으로 클러스터헤더와의 거리를 고려한다. 후보노드가 선정되고 나면 클러스터 임계값을 산정하여 초기 선정된 클러스터헤더의 교체 시점을 판단한다. 선정된 클러스터헤더가 더 이상 통신에 참여 할 수 없을 경우 초기 라운드에서 선정된 후보 노드를 대상으로 클러스터헤더를 교체한다. 이때 클러스터헤더 변경은 초기 클러스터헤더의 임계값이 클러스터 임계값보다 작을 경우 클러스터헤더를 변경한다. 제안 모델은 [그림 2]와 같다.

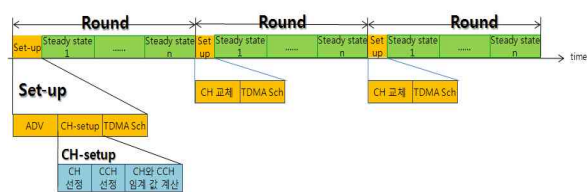


그림 2 제안 모델의 라운드 형식
Fig 2. Round Format of Our Model

제안 모델은 한 라운드에서 Set-up과정을 통해 클러스터헤더가 설정되면 일정 기간 동안 Steady-state과정을 통해 데이터를 전달한다. 이때 Set-up단계에서는 클러스터헤더가 선정되며 클러스터헤더 후보노드는 클러스터헤더와 각 노드 간 거리를 고려하여 선정한다. 이때 각 클러스터마다 클러스터헤더는 클러스터 임계값과 클러스터헤더 임계값을 생성한다. 초기 선정된 클러스터헤더의 임계값 조건이 만족하지 않으면 클러스터헤더 후보 노드를 대상으로 클러스터헤더를 교체 선정함으로써 기존의 클러스터헤더 선정을 위한 별도의 에너지 낭비를 막을 수 있다.

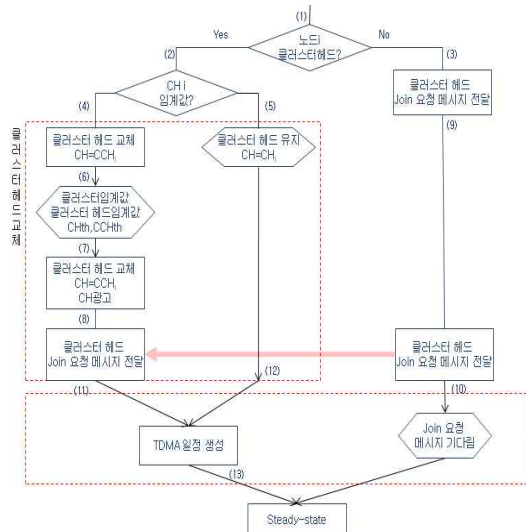


그림 3 초기클러스터헤더 선출을 위한 흐름도
Fig 3. Step of Initial Cluster head election

제안 모델의 동작은 [그림 3]과 같이 클러스터링 과정의 Setup단계와 데이터 전송을 위한 Steady-state단계로 구분되며 Setup단계는 크게 클러스터링단계로 구분된다. 클러스터링을 수행한 후 클러스터헤더 선정과 내부노드 선정을 수행하고 각 클러스터마다의 임계값을 계산하여 데이터 전송 단계에서 TDMA 방식으로 데이터를 전송하게 된다. 클러스터헤더 교체 시점에 대한 순차적 절차를 도식화 한 것이다. 제

안 방법에서는 초기 선정된 클러스터헤더를 매 라운드 마다 재설정하는 방식이 아닌 초기 설정된 클러스터헤더를 임계값까지 유지하다 더 이상 클러스터헤더 역할이 어려운 시점에서 클러스터헤더를 초기 선정해둔 후보노드를 대상으로 교체해주는 것이다. 제안 방식은 클러스터 후보노드를 사용하고 기존 확률적으로 일정 주기마다 클러스터헤더를 고려하지 않고 클러스터헤더의 상태를 측정함으로써 클러스터헤더를 교체한다. 따라서 기존 매 번 클러스터헤더 정보를 전송하기 위한 에너지와 클러스터헤더 선정에 따른 에너지가 낭비 문제를 해결할 수 있는 기법이다. [그림 2]의 클러스터헤더 초기 선출되고 클러스터헤더 교체 주기를 판단하여 클러스터헤더로 사용 가능여부를 판단하여 교체되어야 한다면 후보노드를 대상으로 교체해주고 그렇지 않은 것은 계속 클러스터 헤더로 동작된다. 제안 방법은 초기 클러스터헤더로 선정된 노드가 클러스터 임계값과 클러스터헤더 임계값을 측정하여 클러스터헤더 교체 시점을 판단한다. 만약 임계값 조건을 만족하지 못하면 초기 선정된 클러스터헤더는 별도의 클러스터헤더 선정 과정 없이 Set-Up단계를 마무리하고 데이터 전송 단계인 Steady-State단계를 지속하게 된다.

3.1 클러스터링 과정

수많은 노드들 대상으로 클러스터헤더 선출을 위한 방법은 [표1]에서 정리 한다.

표 1. 클러스터 형성 알고리즘
Table.1 . Cluster build Algorithms

```

Algorithm 1
Input :  $G=(N,E)$ 
Output :  $CH$ 
{
  for (each node  $v$  in  $N$ ) {
     $n(v)=0$ ;
    for ( $i=1$  ;  $i < Max\_power$  ;  $i++$ ) {
      for (each node  $u$  in  $N$ ) {
        if ( $d_{i-1} < d(v,u) < d_i$ ) {
           $w_{vm}=100/i$ ;
           $n(v)++$ ; }
        if ( $n(v) >= |N|/CH$ )
          break; }
      while (the number of alive node  $< d * |N|$ ) {
         $N' = \{v \in N | r(v) > c * R(N)\}$ ;
         $P = MaxDist(G=(N',E'),k)$ ;
        for ( $i=0$  ;  $i < k$  ;  $i++$ ) {
           $CH_x = \{v \in P_i | v \text{ is } i\text{th element of } P_i\}$ ;
           $C_x = \{ v \in V | d(v, CH_x) <= d(v, CH_y) \}$ 
        }
    }
  }
}
    
```

전체노드를 대상으로 클러스터링을 수행한다. 클러스터링은 클러스터헤더가 선출되어야 하기 때문에 클러스터헤더 선

정을 BS와 거리, 잔여 에너지양을 고려하여 클러스터헤더를 선정하고 클러스터헤더를 기준으로 클러스터링을 수행한다.

3.2 클러스터헤더 후보노드 선정

클러스터링이 이루어지면 클러스터 내부노드 중 클러스터헤더 후보노드를 선정한다. 클러스터헤더 후보노드 선정은 내부 노드 중 클러스터헤더까지의 거리와 주변노드 분포를 고려하여 선정한다. 각 서브 클러스터의 경계 노드를 대상으로 초기 라운드에서 클러스터링을 형성한다. [표2]는 클러스터링 형성시 경계 노드를 대상으로 클러스터헤더 후보 노드를 검색하여 설정하는 알고리즘이다. 각 클러스터헤더 후보노드는 각 클러스터의 내부 노드들로 구성되어있다. 클러스터 후보 노드 선정 과정의 효율성을 위해, 클러스터 경계 지점의 최소 거리 행렬을 생성할 때 공간 분할 경계 지점의 열을 단위로 하여 저장한다. 공간분할 경계지점을 만들기 위해 보로노이 셀 (Voronoi Cell)을 이용한다. 보로노이 셀은 d차원 유클리디언 공간에서 주어진 공간을 m개의 점의 집합으로 보고 n개의 부분집합이 존재하는 d차원상의 거리함수를 이용하여 클러스터링에 사용한다. 근접한 이웃 보로노이 셀을 검색한 후, 메모리에 적재된 경계 지점간의 최소 거리 행렬을 이용해 공간 분할된 노드와 클러스터헤더와의 최소 거리를 검색한다. 최소 거리 검색 후, 미리 계산된 셀 내부의 최소 거리 파일의 경계 지점에서 클러스터헤더까지의 거리를 검색한다. 이 거리를 최소 힙(Min Heap)에 삽입한다. 최소 힙을 사용하여 다음 최근접점을 얻어와 클러스터 후보노드 집합을 생성하여 클러스터 후보 노드를 생성한다.

표 2. 클러스터 후보노드 검색
Table. 2 Search of Cluster candidate

```

Algorithm 2
/* find Cluster head Candidate */
 $C_{CH}(x,y) = FindC_{CH}()$ ;
/*  $C_{CH}$  와의 거리 */
 $DistC_{CH} = Dist(CH(x,y), C_{CH}(x,y))$ ;
/* sink node까지의 거리 */
 $Dis.Sink = Dist(CH(x,y), Sink(x,y))$ ;
/* 주변노드 수 검색 */
 $Num.Neighbors = Count\_Nbrs()$ ;
/*  $CH$  weight 계산 */
 $W_{CH} = b1 / DistC_{CH} + b2 / Dist.Sink + b3$ 
            $\times Num.Active / Num.Nbrs + b4 \times E$ 
/* Find the maximum weight of the neighbor nodes */
 $W_{Nbr.Max} = GetMaxIdle.Nbrs.Weight()$ ;
if ( $(Is - active \parallel W_{CH}) > (W_{Nbr.Max} \parallel CH)$ ) = None
   $CH_{status} = ClusterHead$ ;
/* Broadcast DCinf with cluster-head info */
end;
    
```

3.3 임계값 계산

제안 방식에서는 클러스터헤더 교체를 위해 두 가지 임계값을 사용한다. 각 클러스터 헤더 임계값과 각 클러스터의 임계값을 계산한다. 두 임계값을 기준으로 다음 클러스터헤더 교체 주기를 결정한다. 각 클러스터의 헤드 노드는 클러스터의 임계값을 계산한 후 후보노드들에게 전달한다. 임계값 계산은 센서네트워크에서 에너지와 관계가 깊은 거리를 기반으로 계산한다. 클러스터헤더 임계값은 클러스터와 연결된 주변 노드 수와 에너지 총합을 이용해 평균을 계산한다. 또한 클러스터 임계값은 클러스터헤더의 잔존에너지양과 베이스스테이션까지의 거리를 평균으로 계산한다. 제안 모델의 사용되는 클러스터헤더 임계값(식2)과 클러스터 임계값(식3)을 설정한 후 클러스터 후보노드들에게 전송하게 된다.

$$CH_{Th} = Avg(\sum_{i=1}^{CH_{count}} E_{CCH} + Dist_{n_CH}) \dots\dots\dots (식 2)$$

$$C_{Th} = Avg(E_{CH} + Dist_{CH_BS}) \dots\dots\dots (식 3)$$

3.4 클러스터헤더 교체 알고리즘

제안 기법의 클러스터헤더 교체 과정은 [표3]과 같다. 클러스터헤더 교체는 클러스터헤더 후보노드를 대상으로 초기 선정된 클러스터헤더의 임계값이 조건을 만족하지 못하면 클러스터헤더를 교체하게 된다. 클러스터헤더 교체는 앞에서 계산한 임계값을 기준으로 현재 선택되어 사용되는 클러스터헤더의 CH_{th} 가 C_{th} 보다 작을 경우 클러스터헤더는 교체된다. CH_{th} 가 C_{th} 보다 작다는 것은 현재 클러스터헤더 노드가 데드 노드(Dead Node)가 될 가능성이 있다는 것으로 판단한다. 따라서 이 시점이 되면 클러스터헤더를 초기 선정된 클러스터헤더 후보노드를 대상으로 교체한다.

표 3. 클러스터헤드 교체
Table 3. Change cluster head

```

Algorithm 3
/* Change Cluster Head from candidate Cluster Head Set */
{ For each Round
/* Threshold is set to average of internal node */
Th = INavg
{ if all nodes have been CH
For each node
// * meaning the node can be used as cluster head
Reset used to '*'
//start count of nodes that have been elected over
Reset node renewal to 0 }
{ while (CHcount < Needed CH)
    
```

```

//start at the beginning of nodes
Reset node count
while(CHcount < Needed CH) &&
(nnode < TOTnodecount)
Assign a random number
{ if (random number < Th)&& (≠CH)
//assign node id to cluster head list
CH=Node
//assign all of node members to cluster head id
Set coordinate x
Set coordinate y
Set energy amount
//node id has been marked used
Set node as been used
//a new cluster head has been added
Increment cluster head count
Go to the next node
Else go to the next node
}
}
    
```

IV. 제안 기법의 실험 및 평가

제안 기법의 클러스터헤더 후보노드 기반의 클러스터링 방법은 에너지 효율의 타당성을 증명하기 위해 실험을 통해 각 라운드단위로 전체 네트워크 수명의 효율성을 실험한다.

4.1. 실험 환경

제안하는 클러스터링 기법은 에너지 효율성을 위해 사용한 수리적 증명의 타당성을 뒷받침하기 위해 CentOS_5.3 환경에서 NS-2 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 구현하였다.

표 4 시뮬레이션 파라미터.
Table 4. Simulation Parameter

구분	설정
OS	Linux CentOS_5.3
CPU	Inter Core Quad CPU Q8200 1.86GHz
Memory	2GB RAM
Tool	NS-2
Network Size	100×100
Node Count	100, 500, 1000
Base Station	(0,0)
Node Count	100
Initial energy	2J

또한 제안하는 클러스터링 기법과 전체 네트워크의 생명 주기 연장을 위한 에너지 효율성을 측정하고 제안기법의 클러스터링 과정의 효율성을 평가하기 위해 [표1]과 같이 실험 환경을 설정한다. 시뮬레이션 환경은 100×100 좌표에 100, 500, 1000개의 노드를 랜덤하게 분포시켜 초기 에너지 2J과 각 라운드별 시간을 20sec로 설정하여 전체 노드의 에너지가 고갈될 때까지의 시간을 설정한다. 베이스스테이션은 (0,0)에서 실험한다. 클러스터 수는 최적의 클러스터수를 찾기 위해 $C_{B-ch} = 5\%$, $C_{B-ch} = 10\%$, $C_{B-ch} = 20\%$ 로 각각 실험을 수행한다. 이것은 가장 최적의 클러스터 수를 결정하기 위한 방법으로 이미 발표된 [12]에서는 전체 노드의 5%가 가장 최적의 클러스터 수라고 정의하고 있으나 제안 방법에서 최적의 클러스터수를 별도로 계산한다.

4.2. 전체 에너지 사용량

전체 에너지 사용량을 비교하기 위해 기존 방식을 (식3)로 정의한다.

$$Total E_{LEACH} = Total_{\leq LEACH/round} \times Number_R \dots\dots\dots (식3)$$

제안 모델은 "총 노드수/후보 클러스터 헤드수" 만큼 메시지 전송(모든 멤버노드가 클러스터헤드로 자료 전송, 클러스터헤더가 BS로 데이터 전송)이 발생하게 된다. 따라서 제안 모델의 전체 에너지 사용량의 산출 식은 (식4)에 의해 다음과 같다.

$$Total E_{LEACH} = Total_{\leq LEACH/round} \times N_r \left(\frac{\text{총 네트워크 노드수}}{\text{후보 클러스터 헤드수}} \right) \dots\dots\dots (식4)$$

제안 기법은 전체 네트워크에서 클러스터의 수와 클러스터헤더 후보 노드의 수가 매우 중요한 요소로 작용된다. 따라서 전체 클러스터헤더의 선정 비율 $P=0.05$ (5%)로 지정한 상태에서 클러스터헤더 후보 노드를 5%, 10%, 20%로 설정하여 제안 기법과 LEACH에서의 초기 1라운드 실행과 5 라운드까지의 각각의 에너지 효율성을 비교한다.

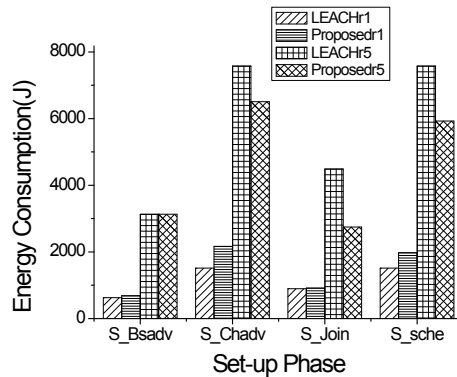


그림 4. C_{CCH} = 5%, R = 5의 에너지 소모량
Fig 4. Energy consumption Amount (C_{CCH} = 5%, R = 5)

[그림 4]는 전체 노드 100개와 클러스터 수(C_{B-ch})를 전체 노드의 5%, 클러스터 후보노드(C_{CCH})는 클러스터마다 전체 노드의 5%로 설정하여 초기 1 라운드와 5 라운드까지 에너지 소모량을 도식화하였다. [그림 4]에서 보이는 바와 같이 초기 1 라운드는 제안 기법은 기존 방식에 비해 set-up단계에서의 에너지 소모량이 26%(↑) 증가하였다. 그러나 라운드가 지속되어 5 라운드를 마친 결과 제안 기법은 기존 방식보다 에너지 소모량이 20%(↓) 감소하였다.

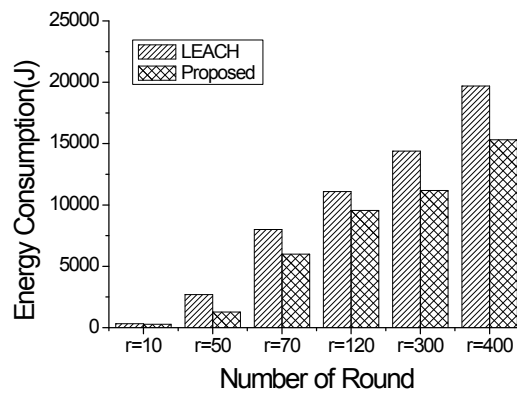


그림 5. C_{CCH} = 5%인 경우 총 라운드 에너지 소비
Fig 5 In case of C_{CCH} = 5% total round energy efficient

[그림 5]는 [그림4]와 동일한 실험환경에서 전체 라운드로 동작시 에너지 효율을 도식화 한 것이다. 전체 라운드 동작시 제안 기법은 22%(↑) 에너지가 감소함을 실험을 통해 확인하였다.

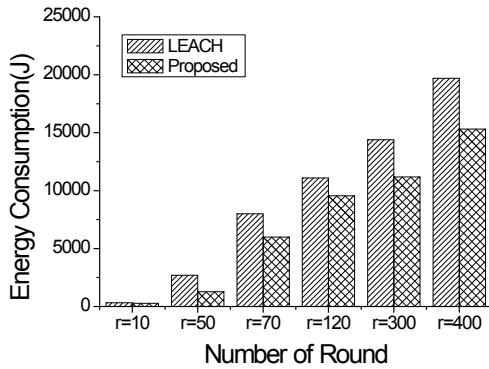


그림 6. $C_{CCH} = 10\%$ 인 경우 총 라운드 에너지 소비
Fig 6. In case of $C_{CCH} = 10\%$ total round energy efficient

[그림 6]은 C_{B-ch} 를 전체 노드의 10%로 전체 라운드를 실험한 결과이다. 실험한 결과 제안 기법은 22%(↑)정도 에너지 감소함을 확인하였다.

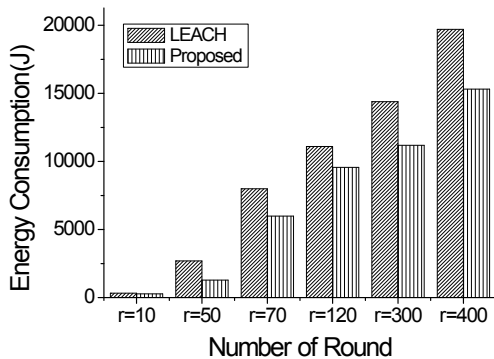


그림 7. $C_{CCH} = 20\%$ 인 경우 총 라운드 에너지 소비
Fig 7. In case of $C_{CCH} = 20\%$ total round energy efficient

[그림 7]은 클러스터 수를 전체 노드의 20%로 실험한 결과이다. 20%의 경우는 약 35% 에너지 효율이 감소함을 볼 수 있다. 즉 제안 기법은 전체 노드의 20%로 최적의 클러스터 수와 후보노드를 선정하였을 경우 에너지 효율이 높음을 실험을 통해 알 수 있다. 이 논문에서는 전체 네트워크 크기를 기준으로 각각의 C_{B-ch} 와 C_{CCH} 를 각각 5%, 10%, 20%로 전체 라운드 동안 에너지 소비율을 실험하였다. 실험 결과 set-up단계에서의 에너지 효율은 제안 방법과 비교 실험한 결과 초기 1라운드에서는 26%(↑)의 에너지가 증가하였으나 각 5%, 10%, 20%의 후보노드와 클러스터를 서정하여 전체를 실험한 결과 22%(↓), 22%(↓), 35%(↓)의 에너지가 감소함을 실험을 통해 증명하였다. 각각의 경우를 실험한 결과 전체 생

명주기 연장을 위해서는 전체 네트워크 환경에서의 클러스터 수와 클러스터헤더 후보 노드의 수가 매우 중요한 요소로 작용한다. 따라서 전체 네트워크에서 클러스터 최적의 수와 최적의 클러스터헤더 후보 노드를 선정은 실험을 통해 클러스터 수가 많을수록 에너지 소비율이 감소됨을 실험을 통해 증명해 보였다.

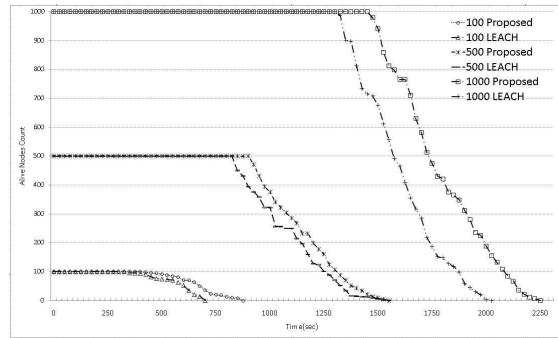


그림 8. 네트워크 크기 증가에 따른 통신 참여 노드수
Fig. 8. Number of communication network size

이 논문에서는 각 라운드에 따른 최적의 클러스터 수와 최적의 클러스터헤더 후보노드 수를 기준으로 에너지 소비율을 측정된 결과를 분석하여 전체 네트워크 생명주에 미치는 영향을 실험을 통해 보였다. 각 라운드 단위로 실험한 결과 에너지 소비량은 최대 43%까지 감소시킬 수 있다. [그림 8]은 전체 노드가 통신에 참여 할 수 있는 노드들 시간의 흐름에 따라 측정된 결과이다.

V. 결론

제안 기법은 초기 클러스터링 과정에서 클러스터 크기를 노드의 통신반경으로 분할하고 클러스터헤더 후보 노드를 선정하기 때문에 초기 선정된 클러스터헤더가 임계값을 만족하면 클러스터헤더 후보 노드 중에서 클러스터헤더로 선정하여 클러스터헤더 선정에 소비되는 에너지 낭비를 줄였다. 제안 기법의 타당성을 검증하기위해서 NS-2를 이용하여 현실 모델에 맞게 센서 네트워크를 구축하여 LEACH와 함께 평가하였다. LEACH 기법과 비교 분석 결과 제안 기법은 전체 에너지 소비 측면에서 평균 14.2%, 클러스터헤더의 에너지 소비 측면에서 평균 5%, 라운드 단위의 에너지 소비 측면에서 13.6%의 효율성을 얻을 수 있었다. 이 같은 효율성은 LEACH 기법보다 전체적인 센서 네트워크의 생존시간을 연장할 수 있는 장점을 가지지만 초기 클러스터링 과정에서 클

러스터헤더에서 소비되는 에너지량이 많은 단점을 가지고 있다. 향후 연구에서는 제안 기법을 실제 환경에 적용하여 확장성을 고려한 에너지 소비 문제를 개선한 클러스터링 기법을 연구할 계획이다.

참고문헌

- [1] Song, Z., Roussopoulos, N. "K-Nearest Neighbor Search for Moving Query Point".01 proceedings of the 7th International Symposium on Advances in Spatial and Temporal Databases(SSTD), pp76-96,2001
- [2] Zheng B., Lee, D. "Semantic Cachng in Location - Dependent Query Processing," LNCS,Vol 2121/2001, pp.97-113,2001.
- [3] J. Zhang, M. Zhu, D. Papadias, Y. Tao, and D. L. Lee. "Location-based spatial queries," Proceedings of the 2003 ACM SIGMOD international conference on Management of data(SIGMOD), pp.443-454, 2003.
- [4] W. Heinzelman, A Chandrakasan, and HBalakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks". Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences(HICSS),Vol 8,pp8020. Jan. 2000.
- [5] Arati Manjeshwar et al., "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks". Proceedings of 15th International Parallel and Distributed Processing Symposium(IPDPS'01) Workshops,vol. 3, pp.30189a. 2001
- [6] Arati Manjeshwar et al., "APTEEN: A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks". Proceedings Of Parallel and Distributed Processing Symposium(IPDPS'02), pp.195-202. 2002
- [7] Balasubramanian, S., Elangovan, I., Jayaweera, S.K, Namuduri, KR, "Distributed and collaborative tracking for energy-constrained ad-hoc wireless sensor networks". Proceedings of Wireless Communications and Networking Conference (WCNC04). Vol3. pp.1732-1737. 2004.
- [8] Xiang ji, Hongyuan Zha, Metzner, J.J., Kesidis, G., "Dynamic cluster structure for object detection and tracking in wireless ad-hoc sensor networks". Proceedings of Communications, 2004 IEEE International Conference. pp.3807 - 3811. Vol.7. 2004
- [9] Wei-Peng Chen, Hou, J.C., Lui Sha, "Dynamic clustering for acoustic target tracking in wireless sensor networks". Mobile Computing, IEEE Transactions on. 2004 pp.258 - 271.Vol.3, Issue 3. 2004
- [10] Vercauteren, T., Dong Guo, Xiaodong Wang, "Joint multiple target tracking and classification in collaborative sensor networks". Selected Areas in Communications, IEEE Journal on. pp.714-723.Vol 23, Issue 4, 2005
- [11] Yingqi Xu, Winter, J., Wang-Chien Lee, "Prediction-based strategies for energy saving in object tracking sensor networks". Mobile Data Management, 2004. Proceedings 2004 IEEE International Conference on. pp.346 - 357. 2004
- [12] Yang, H., Sikdar, B., "A protocol for tracking mobile targets using sensor networks". Sensor Network Protocols and Applications, 2003. Proceedings of the First IEEE. 2003 IEEE International Workshop on. pp.71-81. 2003
- [13] Xu, Y., Winter, J., Lee, W.-C., "Dual prediction-based reporting for object tracking sensor networks". Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004. MOBIQUITOUS 2004. The First Annual International Conference on. pp.154-163. 2004

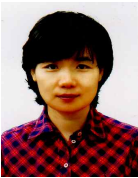
저 자 소 개



조 영 복
 2003.2 : 한밭대학교 컴퓨터공학과
 졸업(공학사)
 2006.2 : 충북대학교 전자계산학 석
 사(이학석사)
 2006.3 -현재 : 충북대학교 전자계산
 학 박사과정
 관심분야 : 무선 센서네트워크, 네트
 워크 보안
 E-mail : bogicho@gmail.com



김 광 득
 1987년 : 한밭대학교 전자계산학과
 졸업(공학사)
 1989년 : 전북대학교 대학원 전산통
 계학과 졸업(이학석사)
 2000년 : 충북대학교 대학원 전자계
 산학과(이학박사)
 1981년-현재 : 한국에너지기술연구원
 책임기술원
 관심분야 : 시공간정보기술, 지리정보
 시스템, 컴퓨터 보안 등
 E-mail : kdkim@kier.re.kr



유 미 경
 1987.2 : 부산대학교 공학대학 전자공
 학과 졸업(공학학사)
 2010.3 - 현재 : 충북대학교 전자계산
 학 석사과정
 관심분야 : 무선센서네트워크, 보안,
 정보통신
 E-mail : mkyou33@hanmail.net



이 상 호
 1989년 : 숭실대학교 대학원
 전자계산학과 (Ph. D)
 1981년-현재 : 충북대학교
 전자정보대학 소프트웨어학과 교수
 관심분야 : 네트워크보안, Protocol
 Engineering, Network
 Management
 E-mail : shlee@cbnu.ac.kr

