

무선 센서네트워크 환경에서 에너지를 고려한 노드 적응적 데이터 병합 및 전달 기법

정회원 조영복*, 준회원 유미경*, 종신회원 이상호***

Data Aggregation and Transmission Mechanism for Energy Adaptive Node in Wireless Sensor Networks

Young-bok Cho* *Regular Member*, Mi-kyung You* *Associate Member*,
Sang-ho Lee*** *Lifelong Member*

요 약

이 논문에서는 무선 센서네트워크의 한정된 에너지 사용의 문제점을 해결하기 위해 노드 적응적 데이터 병합 및 전달 기법을 제안한다. 기존 무선 센서네트워크 환경에서 에너지 효율을 위해 사용되었던 계층적 구조 방식의 LEACH나 TEEN 방식을 기반으로 제안된 방법은 모든 라운드에서 전송 데이터가 있는 멤버노드(Member Node:MN)이나 전송 데이터가 없는 MN 모두에게 프레임 할당을 담당하여 전송데이터가 없는 MN도 활성상태 모드(Active Mode)로 에너지를 소비한다. 또한 수집 데이터가 있다해도 이전 전송 데이터와 동일한 경우에도 데이터를 전송함으로써 MN의 에너지 소비를 가중시킨다. 대부분의 계층적 방식은 LEACH를 기반으로 제안되었다. 따라서 이 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위해 센싱 데이터가 있는 MN에게만 프레임을 할당한다. 또한 센싱 데이터가 있는 MN 중 이전 전송 데이터와 동일한 데이터를 센싱한 MN는 휴지상태 모드(Sleep Mode)로 전환하여 중복 데이터 전송을 피해 클러스터헤드(Cluster Head:CH)의 데이터전송 에너지를 감소하고 CH에서 데이터 병합 에너지를 감소하여 네트워크 전체 에너지 효율성을 제공한다.

Key Words : 센서네트워크(Sensor Network), 클러스터링(Clustering), 계층적(Hierarchical), 에너지(Energy), LEACH

ABSTRACT

In this paper we proposed an energy adaptive data aggregation and transmission mechanism to solve the problem of energy limitation in wireless sensor networks (WSNs). Hierarchical structure methods are widely used in WSNs to improve the energy efficiency. LEACH and TEEN protocols are the typical techniques. In these methods, all nodes, including nodes who have sensed data to transmit and nodes who haven't, are set frame timeslots in every round. MNs (member nodes) without sensed data keep active all the time, too. These strategies caused energy waste. Furthermore, if data collection in MNs is same to the previous transmission, it increases energy consumption. Most hierarchical structure protocols are developed based on LEACH. To solve the above problems, this paper proposed a method in which only MNs with sensed data can obtain allocated frame to transmit data. Moreover, if the MNs have same sensed data with previous, MNs turn to sleep mode. By this way redundant data transmission is avoided and aggregation in CH is lightened, too.

* 충북대학교 전자계산학과 네트워크 보안연구실 (bogicho@cbnu.ac.kr, mkyou33@hanmail.net)

** 충북대학교 소프트웨어학과 (shlee@cbnu.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-07-321, 접수일자 : 2011년 7월 25일, 최종논문접수일자 : 2011년 11월 12일

I. 서 론

최근까지 무선통신 기술을 기반으로 센서 및 저전력 RF설계 기술과 MEMS(Micor-Electro Mechanical System)와 같은 하드웨어 기술은 중요한 이슈가 되어 왔다. 따라서 무선 통신기술의 발전은 무선 센서네트워크 기술을 가속화 하였고, 최근 무선통신의 발전과 더불어 다기능 저가의 스마트 센서(Smart Sensor) 개발과 보급으로 보통 한 번에 배포되는 센서노드들의 수가 수백~수만개 이다. 또한 센서노드들이 배포되는 환경은 매우 가변적이어서 모든 센서노드에 대한 일관된 관리가 쉽지 않다^[1-10]. 따라서 무선 센서네트워크 환경에서는 배터리, 메모리 그리고 프로세서 등과 같은 하드웨어 성능을 고려하여 제한된 에너지와 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 설계 구현할 수 있는 통신 프로토콜 기술이 요구된다. 일반적으로 센서네트워크의 라우팅 프로토콜은 네트워크 구조에 의해 크게 평면(Flat based Routing), 위치 기반 라우팅(Location based Routing) 그리고 계층 기반 라우팅(Hierarchical based Routing)기법으로 나눌 수 있다^[2-9]. 복잡한 라우팅과 높은 지연, 노드 간의 에너지 불균형 등의 문제점 때문에 최근에는 노드간의 계층을 구별하여 데이터 병합이후 상위 계층의 노드를 통해 싱크 노드로 전송하는 계층 기반 라우팅 방안이 많이 연구되고 있다. 따라서 에너지를 효율적으로 사용하여 센서네트워크의 생존시간을 최대화 할 수 있는 클러스터링 기법과 함께 확장성, 부하균등이 센서네트워크의 응용에 중요한 요구사항이 되고 있다. 클러스터링 기법은 이러한 요구사항을 효과적으로 처리할 수 있는 기법중 하나로 여러 가지 장점을 지닌다. 실제 네트워크는 센서노드가 추가로 배포되거나 배터리를 모두 소진하였을 경우, 배터리의 교환이나 충전이 불가능하기 때문에 제한된 에너지를 효율적으로 사용하여 네트워크의 수명을 연장하는 것이 중요한 문제이다. 따라서 이 논문에서는 2장에서 관련연구로 계층기반에서 가장 대표적으로 사용되는 LEACH프로토콜과 임계값을 기반으로 데이터의 전송 유무를 결정하는 TEEN에 대해 기술하고 3장에서는 에너지 효율을 위한 노드 적응적 데이터 병합 및 전달 기법을 기술한다. 4장에서는 제안 방법의 타당성을 증명하기 위한 실험과 5장에서 결론을 기술한다.

II. 관련연구

2.1 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

LEACH는 클러스터 기반의 대표적인 프로토콜로서 분산된 다수의 클러스터를 갖는다^[4]. BS는 고정위치에 있으며 모든 노드들은 동일한 속성을 갖는다. LEACH의 특성은 클러스터는 일정 간격단위로 변화되고 센서노드 스스로 CH를 선정하게 된다. CH로 선택된 노드는 MN에서 전송한 데이터를 병합하고 BS로 전송하게 된다. LEACH는 크게 두 단계로 나뉜다.

(1) 설정(Setup)단계에서는 클러스터 헤드를 선출한다. CH의 선출은 각 노드가 스스로 선출하고 선출된 CH는 브로드캐스트를 통해 MN을 모아 클러스터를 형성한다. 이때 CH가 수신한 Join REQ 메시지를 기반으로 TDMA(Time Division Multiple Access) 스케줄인 SCH(Synchronization CHannel)를 작성하여 클러스터를 구성하는 MN에게 전달하게 된다. 다음은 안정된(Steady)단계가 진행된다.

(2) 설정단계에서 설정된 클러스터의 스케줄링에 따라 MN은 할당된 시간에 데이터를 전송하게 된다. 이때 각 프레임은 TDMA SCH의 순서에 따라 분할되며 각 프레임은 TDMA SCH에 따라 각 노드가 자신에게 할당된 시간동안 데이터를 센싱하고 전송하는 타임슬롯(Time Slot)을 구성한다. 자신에게 할당된 타임슬롯이 아닌 경우 노드는 휴지상태 모드로 전환하여 에너지 소비를 감소한다.

이 과정이 반복되다 한 라운드가 종료되면 다시 새로운 라운드가 시작되고, CH를 재 선출하기 위해 이전 과정을 반복수행 한다. 그림 1은 LEACH 구조를 나타낸 것이다.

그림 1에서와 같이 LEACH는 라운드 기간 동안 모든 노드가 항상 전송할 데이터를 갖고 있다고 가정하고 있다. 즉, 이전에 수집된 데이터와 현재 수집한 데이터가 동일한 경우에도 CH에게 동일 데이터를 전송한다는 의미이다. 즉 전송하지 않아도 되는 데이터를 불필요하게 전송함으로써 MN의 전송 에너지를 소비하게 된다. 또한 CH는 확률에 의해 선출하고 선출된

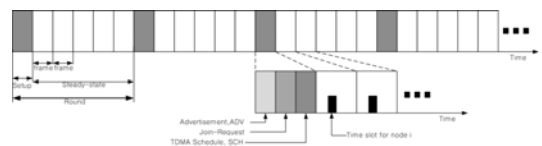


그림 1. LEACH 프로토콜 동작
Fig. 1. LEACH Protocol Operation

CH의 위치를 기반으로 해당 클러스터를 구성하는데 CH와 MN이 너무 멀리 위치한 상태에서 클러스터가 구성되는 경우 MN의 전송 에너지 소비는 더욱 증가하게 되는 문제점을 갖는다. MN의 전송 에너지의 효율이 낮아지게 되면 전체 네트워크의 생명주기에 영향을 주기 때문에 이는 큰 문제를 발생 시킬 수 있다.

2.2 TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient Sensor Network protocol)

TEEN 프로토콜의 클러스터 구성은 기본적으로 LEACH와 동일하지만 노드가 연속적으로 센싱하는 형태의 반응적인(Reactive) 네트워크란 점에서 차이가 있다⁸⁾. TEEN은 데이터 수집 시, 두 종류의 임계값으로 HT(Hard Threshold)와 ST(Soft Threshold)를 사용한다. HT는 수집한 데이터에 대한 절대적인 값으로 MN이 수집한 데이터가 이 값과 같거나 큰 경우 CH에게 수집한 데이터를 전송한다. ST는 수집한 데이터의 작은 변화에 대한 임계값으로 MN이 수집한 데이터가 이 값과 같거나 큰 경우 CH로 데이터를 전송한다. 네트워크가 가동되고 수집한 값이 처음으로 HT에 도달하면 MN은 CH로 데이터를 전송하고 수집한 값은 MN 내부에 저장되게 된다. 두 번째 데이터 전송은 수집한 데이터가 HT보다 큰 경우와 더불어 수집한 데이터가 ST값과 같거나 큰 경우를 동시에 만족시켜야 발생되게 된다. 결국 HT값은 수집한 데이터 중 관심 있는 데이터만을 전송하여 노드의 전송 횟수를 줄이는 방식이다. 또한 ST값은 수집한 데이터가 일단 HT값보다 큰 경우에 대해 데이터의 미세한 변화도 고려할 수 있도록 설정된 값이다. 그러나 TEEN은 다음과 같은 문제점을 갖는다. TEEN프로토콜은 임계값을 이용하여 이전에 수집된 데이터와 동일한 데이터인 경우 상위 노드로 데이터를 전송하지 않도록 제안하였다. 즉, 수집한 데이터가 임계값을 넘지 못하면 CH와 통신을 하지 않게 구현되었다. 이와 같은 경우가 계속되면 네트워크는 아무런 데이터도 넘겨주지 못하고 모든 노드가 계속해서 데이터 수집만하다 결국 배터리가 고갈되어 수명이 다하게 되는 문제점을 갖는다.

Ⅲ. 에너지 효율을 위한 노드 적응적 데이터 병합 및 전달 기법

이 장에서는 에너지 효율을 위한 클러스터링 기반의 데이터 병합 및 전달을 위한 기법들에 대하여 기술한다. 기존 LEACH와 TEEN을 기반으로 제안된 방법(4-21)들에서는 발생되는 MN에게 모든 시간슬롯을

활당하여 매번 데이터를 전송함으로써 MN의 전송에너지 효율을 감소시키는 문제점이 있다. 또한 일정한 임계값을 부여하여 수집 데이터 전달 여부를 판별하는 경우 수집데이터가 임계값과 동일하거나 작은 경우 임의의 MN은 데이터 수집만하다 에너지를 모두 고갈하게 되는 문제점을 해결한다. 제안한 기법은 LEACH 기법에서 모든 MN에 타임슬롯을 할당함으로써 빈번히 수행해야 하는 데이터 전송으로 인해 전송에너지 효율을 감소시키는 문제점과 TEEN 기법에서 임계값을 부여하여 수집 데이터 전달 여부를 판별하는 경우, MN가 데이터 수집만하다 에너지를 모두 고갈하는 되는 문제점을 해결하였다. 한편 제안한 기법에서는 아래와 같은 가정을 한다.

- 가정 1. BS와 모든 센서노드(Sensor Nodes : SN)은 주어진 위치에 고정되어 있어 이동성을 제공하지 않는다.
- 가정 2. BS는 각 SN의 위치정보를 알고 있고, BS는 에너지에 대한 제약을 갖지 않는다.
- 가정 3. 기존 방식과 동일하게 CH는 전체노드의 5%로 결정한다⁴⁾.

또한 클러스터에서 MN들은 수집한 데이터를 단일 홉 기반으로 CH에게 전송하고, CH는 이를 다중 홉 기법을 이용해 BS로 전송한다.

3.1 클러스터링

클러스터링을 위해 참고문헌 [21]에서는 클러스터 헤드 후보노드(CCH: Candidate for Cluster Head) 노드(Node) 기반의 클러스터링을 수행하였다²¹⁾. 참고문헌 [21]에서 제안된 CCH 기반의 클러스터링은 매 라운드마다 수행되던 클러스터링을 초기 라운드에서 한번에 수행하고 각 CH를 기반으로 주변노드에 CCH노드를 선정함으로써 클러스터링을 위해 소비되는 노드의 에너지를 효율적으로 사용한다. 그러나 네트워크가 생성되어 종료될 때까지 클러스터링을 초기 라운드에서 한번만 수행하는 것은 전체 네트워크의 효율성 측면에서 문제가 될 수 있다. 따라서 제안한 기법에서는 참고문헌 [21]동일하나 매 라운드마다 클러스터 임계값을 비교하여 클러스터의 지속 여부를 결정한다. 그림 2는 제안한 방식의 클러스터링을 위한 프로토콜 동작을 도식화 한 것이다. 그림 2에서와 같이 제안한 방식은 기존 방식의 매 라운드마다 존재하는 설정과정을 초기 라운드에서 수행하고, 새로운 라운드가 시작되면서 클러스터 임계값을 기준으로 클러스터 지속

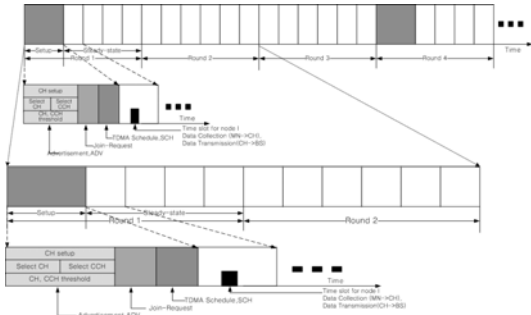


그림 2. 제안한 방식의 프로토콜
Fig. 2. Protocol of Proposal Scheme

여부를 판단하게 된다.

기존 방식의 각 라운드마다 클러스터를 새롭게 생성하기 위해 소비되던 노드의 에너지를 절약 할 수 있고, 노드의 에너지가 절약되면 전체 네트워크 유지에 도움이 된다. 클러스터 재구성성을 위한 임계값은 다음 식(1)과 같다.

$$Weight = (E_{remain} * E_{average}) / dist^2 \quad (1)$$

식(1)의 가중치(Weight)는 해당 클러스터의 평균 남은 에너지 (E_{remain}), 클러스터 헤드의 남은 에너지 ($E_{average}$), 해당 클러스터 헤드가 전송하게 될 다음 클러스터 헤드와의 거리($dist^2$)에 의해 계산 된다. 가중치는 클러스터를 구성하는 MN의 잔여 에너지량과 클러스터의 평균에너지의 곱을 CH와 BS의 거리 제곱을 기준으로 계산한다. 즉 BS와의 거리와 클러스터의 현존하는 에너지를 기준으로 CH의 교체시점을 결정하게 된다.

3.2 MN의 데이터 수집과 전송

클러스터를 구성하는 MN에서 수집한 데이터는 클러스터의 지역적 유사성으로 중복 값을 가진 메시지 전송으로 인해 불필요한 트래픽을 유발하게 된다. 따라서 제안한 방법에서는 MN에서 수집한 데이터를 이전 수집한 데이터와 동일한 경우 전송하지 않고, 이전 데이터와 다른 데이터가 수집된 경우에 데이터를 CH로 전송한다. 이때 MN은 CH까지 단일 홉 통신으로 데이터 전송에 따른 트래픽을 감소시킨다.

그림 3은 제안한 방법의 초기 단계에서의 데이터 흐름도를 도식화 한 것이다. 초기 라운드에서 설정단계에서 CH를 선정하고 클러스터를 구성한다. 클러스터가 구성되면 CH는 CCH를 선정하고 타임슬롯을 할당하기 위해 MN에게 광고메시지를 전송한다. 이렇게

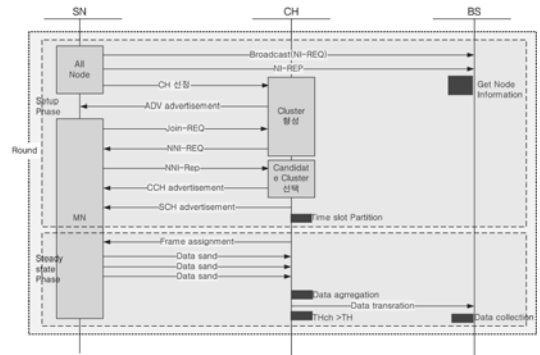


그림 3. 초기 라운드 데이터 흐름
Fig. 3. Initial Round Data flow

설정단계를 마치고 나면 노드들은 안정 상태로 전환 된다. 안정 상태에서는 MN에서 수집된 정보를 CH로 전송하고 CH는 일정 시간동안 수집된 데이터를 병합하여 BS로 전송하는 단계이다. 안정 상태는 프레임으로 분할하고 각 프레임은 SCH 순서에 따라 각 MN에게 할당된 시간동안 데이터를 수집하고 전송하는 타임 슬롯들로 구성된다. 그림 4는 라운드에서 안정 상태의 흐름을 순서화 한 것이다.

이 논문에서 제안한 기법은 초기 MN에서 수집한 데이터(MN_{ini})는 MN에 저장 후 CH로 전송한다. 다시 MN의 데이터 수집을 통해 수집한 데이터(MN_{next})가 이전에 전송한 데이터와 동일하지 비교하고 만약 동일한 값을 수집하였다면 MN은 휴지상태 모드로 전환하여 불필요한 에너지 소비를 방지한다. 클러스터가 형성된 초기 단계에서 수집한 데이터는 이전 수집된 데이터가 없기 때문에 모든 노드는 CH로 데이터를 전달하게 된다.

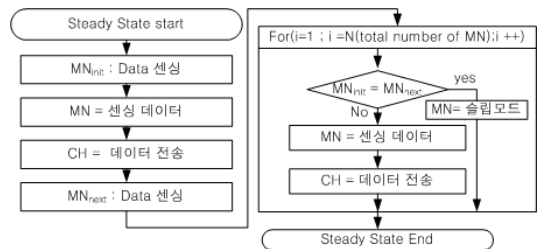


그림 4. 안정 상태 흐름
Fig. 4. Steady State flow

3.3 데이터 수집 및 CH의 데이터 병합과 전송

MN은 직접 CH로 데이터를 전달하는 경우, 모든 MN들의 데이터를 한번 수집하기 위해 소요되는 시간은 MN의 수에 비례한다. 노드수가 N개이고 클러스터

수가 k 이면 한 클러스터에 속한 평균 MN의 수는 $(N-k)/k$ 이다. 또한 CH에서 BS까지 데이터 전송 시, 클러스터 경계선에 위치한 노드들 사이의 신호 간섭을 방지하기 위해 클러스터 마다 확산 코드(Spreading Code)를 지정한다. 따라서 노드 당 발생하는 데이터 길이가 1byte, 노드의 데이터 전송률이 Bbps, 확산계수를 S 라 할 때 한 클러스터의 평균 데이터 수집 시간은 식(2)와 같다.

$$T_c = \frac{l \times 8 \times S}{B} \times \frac{N-k}{k} \quad (2)$$

CH는 MN으로부터 한 라운드 동안 수집한 데이터를 병합하여 BS로 전송한다. 이때 CH와 BS는 지역적 특성을 고려하여 다중 홉 전송을 통해 에너지 효율을 높인다. CH는 MN으로부터 데이터를 전송받을 때 한 라운드에서 각각의 노드들은 동일한 데이터 값을 중복하여 전송받지 않는다. 또한 CH의 데이터 병합을 위해 각 클러스터의 CH는 MN에게 데이터 수신을 위해 거리 기반의 가중치를 부여하여 근접한 거리의 MN에게서 우선적으로 데이터를 수신하는 필터링을 사용한다.

그림 5(a)에서 CH1과 CH5는 같은 라운드에서 BS로 전송할 데이터를 갖는다. 그림 5(b)는 MN에서 CH에 데이터 전달을 위해 단일 홉으로 전달되고 CH에서 BS에게 데이터를 전달하기 위해서는 CH의 거리를 고려해 다중 홉 기반의 데이터 전달을 도식화 한 것이다. (a)에서 CH1은 BS까지 데이터 전송을 위해 4홉을 거쳐야 하고, CH5는 2홉 통신이 가능하다. BS는 초기 CH가 선정되면 효율적인 데이터 전달을 위한 어그리게이션 트리(Aggregation Tree)를 생성하여 라우팅 정보로 사용한다. 라우팅 트리 생성에서 루트노드는 BS와 1홉 거리의 노드 중 클러스터를 구성하는 MN의 밀집도와 BS와의 거리를 고려하여 루트노드를

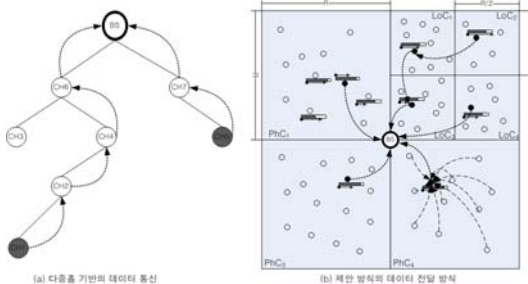


그림 5. 제안한 방식의 데이터 전달
Fig. 5. Data transaction of Proposal Scheme

선정한다. 그림 6은 안정 상태에서 CH와 MN의 데이터 전달과정을 나타낸 것이다. 그림 6에서와 같이 데이터 전달은 MN을 위해 주어진 TDMA 스케줄링동안 클러스터는 브로드캐스팅을 통해 데이터 수집을 할수있도록 SN에게 타임슬롯을 할당한다. SN.sensor.sensing 객체는 수집한 데이터를 v 에 전달하고 tdmaFarmNo를 통해 수집한 데이터를 저장한다. 이렇게 저장된 데이터는 sendToClusterHeader객체를 통해 클러스터헤더는 데이터를 수집한다.

```

tdmaSchedule=createTDMA(Vmin, Vmax, Tduration)
SN=[s1,s2,s3,...sn-1,sn]

if cluster=createCluster(SN) then
  if createRoutingTree(cluster) then
    broadcast(tdmaSchedule)

  while (network==live) do
    round++
    while (BS.receivedDateCount < TimeSlot) do
      For Each SN=cluster[i] do
        SN.sensor.sensing
        For Each SN=sn.sensor[i] do
          v=value of SN
          tdmaFarmNo=(Vmax-V)(Vmax-Vmin)*SNslot
          SN.sendSlot=tdmaFarmNo
        End For

        For Each TimeSlot= tdmaSlot[i] do
          For Each SN=c.sensor[i] do
            if SN.sendSlot==TimeSlot then
              sendToClusterHeader(vale of SN)
            End if
          end for
        end for
      end for
    end while

    for Each SN=routingTree.leafCluster Header to BS do
      if c !=leafNode Then
        receiveFromChildNode(child.data)
      end if

      SN.data=Reelection(SN.data + child.data)
      sendToParentNode(SN.data)
    End for
  end while
end if
    
```

그림 6 제안한 방식의 데이터 전달을 위한 수도코드
Fig. 6. pseudo cord for data transaction of proposal scheme

3.4 소비 에너지

제안한 방식에서는 에너지 소비를 측정하기 위하여 MN와 CH에서 소비되는 에너지(E_{MN})를 고려한다. 이때 CH에서는 MN에서 데이터를 수신하는 경우와 BS로 데이터를 전송하는 경우의 소비 에너지를 고려해야 한다. MN에서 CH까지 거리가 $dist_{CH}$ 일 때, 데이터의 크기가 (L)인 데이터를 전송하기 위해 MN에서 소비되는 에너지는 식(3)과 같다.

$$E_{MN} = L E_{elec} + L \times e_{fs} \times dist_{CH}^2 \quad (3)$$

또한 CH에서 BS까지 거리가 $dist_{BS}$ 일 때 매 클러

스터링 주기마다 CH가 BS에게 데이터 전달을 위해 소비하는 에너지($E_{CH,BS}$)와 MN으로부터 데이터 수신을 위해 소비하는 에너지($E_{CH,MN}$)은 식(4)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
 E_{CH-BS} &= LE_{elec} \left(\frac{N}{k} - 1 \right) + L \frac{N}{k} (E_{elec} + e_{mp} d_{BS}^{\alpha}) \\
 &= L \frac{N}{k} (2E_{elec} + e_{fs} d_{BS}^{\alpha}) - LE_{elec} \\
 E_{CH-MN} &= L \frac{N}{k} (2E_{elec} + e_{fs} d_{MN}^{\alpha}) - LE_{elec}
 \end{aligned} \tag{4}$$

IV. 실험 및 결과

제안한 기법의 성능을 분석하고 결과를 기존논문과 성능 비교를 수행한다.

4.1 실험 환경

제안한 기법의 성능을 분석하기 위해 시뮬레이션을 이용한 실험을 수행하였다. 표 1은 실험 환경과 매개 변수를 보여주고 있다. 네트워크 시뮬레이터로는 NS-2를 이용하여 실험하였다.

표 1. 시스템 환경 및 환경 변수
Table 1. System Environment and Parameters

구분	설정
OS	Linux fedora 9.0
CPU	Inter Core Quad CPU Q8200 1.86GHz
Memory	4GB RAM
Tool	NS-2
Network Size	100*100
Node Count	100
Base Station	50,50
Initial Energy/node	2J
각 데이터의 메시지 크기	500 bytes
패킷 헤더	25byte
처리 지연	50 μ s
전송률	100kbps
클러스터 수(k)	5
무선 전자에너지	50nJ/bit
자유공간모델	
무선 증폭에너지(efs)	10 pJ/bit/m2
다중경로 페이딩 채널 모델	
무선증폭 에너지(camp)	0.0013 pJ/bit/m4
MAC 프로토콜	TDMA
실험 시간	7.5 Hour
노드 데이터 전송속도	1Mbps

4.2 실험 결과

센서노드에서 보낸 데이터가 BS까지 데이터 전송량을 실험하였다. 그림 7에서 보면 제안한 방식은 데이터 전송량이 LEACH 보다는 약 32%, 참고문헌 [18](Practical Data Transmission in Cluster-Based Sensor Networks : PDTCSB)보다는 약 13% 적은 것을 알 수 있다. 데이터 전송량이 적기 때문에 오랜 시간 동안 노드가 생존해 있고, 노드의 생명이 증가한 것은 전체 네트워크의 생명주기를 연장 하는 것과 같다. 이는 메시지를 필터링해서 보내기 때문으로 기존의 방식보다 에너지 소모량이 적게 된다. 그림 8은 시간의 경과에 따른 데이터 전송률을 측정 한 것이다. 제안한 방식이 기존 방식에 비해 데이터 전송률이 높은 이유는 노드가 오랜 시간 통신에 참여함을 그림 8을 통해 알 수 있다. 그림 9는 전체 에너지 소모량을 측정 한 것이다. 제안한 기법은 LEACH보다는 약34%, PDTCSB 보다는 약 20%정도 에너지 소비가 적게 나타난다. MN이나 CH에서 모든 데이터를 전송하는 것이 아니라 전송할 데이터를 필터링하여 전송하기 때문에 에너지 소비를 줄일 수 있는 것이다. 그림 10

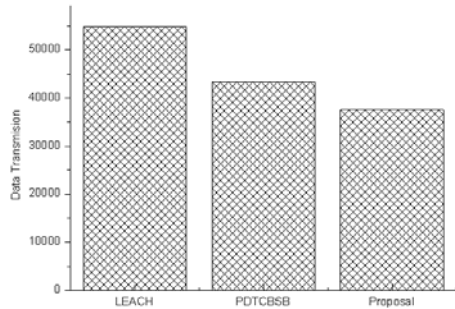


그림 7. 전체 데이터 전송량
Fig. 7. Total Amount of Data Transmission

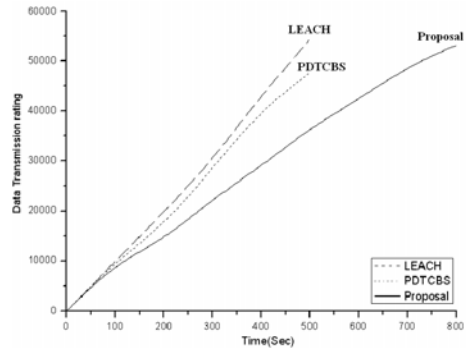


그림 8. 시간에 의한 데이터 전송률
Fig. 8. Amount of Data Transmission

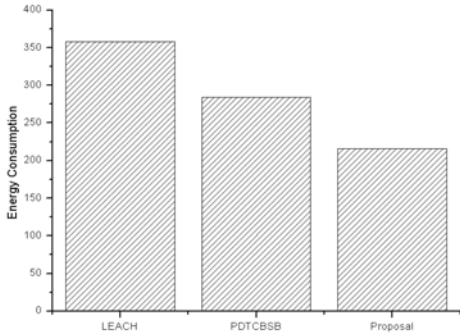


그림 9. 전체 에너지 소모량
Fig. 9. Total Amount of Energy Consumption

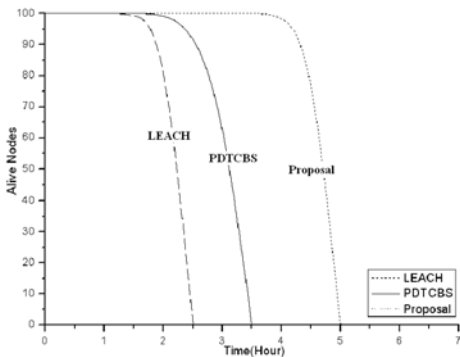


그림 10. 생존 노드 수
Fig. 10. The Number of Alive Nodes

은 네트워크 주기 동안 생존하여 통신에 참여하는 노드수를 실험한 것이다. 실험결과 제안한 방법은 LEACH보다는 2배, PDTCSB보다는 1.4배 오랜 시간 노드들은 통신에 참여 할 수 있음을 알 수 있다. 또한 센서네트워크를 구성하는 노드의 수가 많이 남아 있다는 것은 더욱 더 센서네트워크 수명이 연장된다는 것을 의미한다. 이것은 특정 노드에 부하를 많이 주지 않고 센서네트워크 내의 노드가 골고루 네트워크 관리에 참여했음을 알 수 있다.

V. 결 론

이 논문에서 제안한 무선센서네트워크 환경에서 노드 적응적 데이터 병합 및 전달을 위한 기법에서는 MN과 CH의 특성을 고려하여 노드가 적응적으로 데이터 전달 유무를 결정하여 무분별한 데이터 전송을 방지함으로써 네트워크의 생명을 연장하는 방법을 제안하였다. MN들이 CH로 전달할 수집 데이터인지를 우선적으로 필터링 하고 CH는 수집된 데이터를 병합하여 BS에게 전달하게 된다. 이때 BS는 거리 기반의 필

터링을 사용하여 중복데이터 수신을 회피함으로써 CH의 데이터 전달을 위해 소비되는 에너지를 최소화 하였다. 또한 참고문헌 [21]에서 제안된 클러스터링의 문제점을 클러스터 임계값을 이용해 해결함으로써 클러스터를 최적의 상태로 유지 할 수 있었다. 제안한 방법은 기존 무선 센서네트워크의 에너지 효율성을 위해 계층적 기반으로 제안된 수많은 논문들이 대부분 LEACH를 기반으로 동작되고 있다. 최근 참고문헌 [21]의 연구도 LEACH를 기반으로 동작된다. 따라서 이 논문에서는 제안 기법을 LEACH와 참고문헌 [21]과 비교 하였고 그 결과 생존노드의 수가 최대 2 배가량의 효율을 가져왔다. 따라서 네트워크 생명주기 연장에 효율적임을 알 수 있다. 향후연구로는 에너지 효율을 위해 수집 데이터를 필터링하고 있는데 이렇게 필터링된 데이터의 정확도 측면에 관한 연구를 진행할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] W. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks", *Proc. 5thACM/IEEE Mobicom*, Seattle, WA, pp.174-85, Aug. 1999.
- [2] C. Intanagonwivat, R. Govindan, and D. Estrin, "Directed Diffusion: a Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks", *Proc. ACM Mobi-Com 2000*, Boston, MA, pp.56-67, 2000.
- [3] A. John, R. Peter, "Electric Communication Development", *Communications of the ACM*, 40, pp. 71-79, May 1997.
- [4] W.Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks", *Proc. 33rd Hawaii Int'l. Conf. Sys. SCI.*, Jan. 2000.
- [5] Yu, D. Estrin, and R. Govindan, "Geographical and Energy-Aware Routing:A Recursive Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks", *UCLA Comp. Sci. Dept. tech. rep.*, UCLA-CSD TR-010023, May 2001.
- [6] Seema Bandyopadhyay and Edward J. Coyle, "An Energy Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks",

INFOCOM2003

[7] S. Lindsey and C. Raghavendra, "PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems", *IEEE Aerospace Conf. Proc.*, vol. 3, 9-16, pp. 1125-30, 2002.

[8] A. Manjeshwar and D. P. Agarwal, "TEEN: a Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks", Parallel and Distributed Processing Symposium, April, 2001

[9] S. Lindsey and C. Raghavendra, "PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems", *IEEE Aerospace Conf. Proc.*, vol. 3, 9-16, pp. 1125-30, 2002.

[10] Jamal N. Al-Karaki, Ahmed E. Kamal, "Routing Techniques In Wireless Sensor Networks: A Survey", *IEEE Wireless Communications*, December 2004

[11] W. Ke, P. Basu, S. Abu Ayyash, and T.D.C. Little, "Attribute Based Hierarchical Clustering in Wireless Sensor Networks", *MCL Technical Report No. 03-24-2003*

[12] Dali Wei, Kaplan, S., Chan, H.A., "An Energy Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks". *Communications Workshops, 2008. ICC Workshops '08. IEEE International Conference on*, pp. 236-240, May, 2008

[13] Takehiro Furuta, Mihiro Sasaki, Fumio Ishizaki, "A New Energy-Efficient Clustering Algorithm for Wireless", NANZAN-TR-2006-04

[14] Sajid Hussain, Abdul Wasey Matin, Obidul Islam, "Genetic Algorithm for Hierarchical Wireless Sensor Networks", *Journal Of Networks*, Vol. 2, NO. 5, Sep. 2007

[15] Sang-Hoon Lee and Jung-Bong Suk, "무선센서 네트워크를 위한 LEACH 프로토콜의 에너지 효율 방안", *Journal of Korea information and Communication Society*, Vol.33, No.2. pp. 76-81, Feb 2008.

[16] Guan Xin, WuHuaYang, Bi DeGang, "EEHCA:An Energy-Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks", *Information Technology Journal* 7(2), pp.245-252, ISSN 1812-5638, 2008.

[17] Kavitha.C, Dr.K.V.Viswanatha, "A Hybrid

Reliable Routing Technique (HRR) for Wireless Sensor Network", *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.9 No.3, Mar. 2009.

[18] Dae-Young Kim, Jin-sung Cho and Byeong-so Jeong, "Practical Data Transmission in Cluster-Based Sensor Networks", *KSII Transaction on internet and Information System* Vol.4. No3, June, 2010.

[19] 추영열, 최한조, 권장우, "LEACH 프로토콜 기반 망 수명 개선 알고리즘", *한국통신학회 논문지*, Vol .35, No.8.PP 810-819, Aug 2010.

[20] Jiehui Chen, Mariam B.Salim and Mitsuji Matsumoto, In Japan , "A Single Mobile Target Tracking in Voronoi-based Clustered Wireless Sensor Network", *KIPS Journal of Information Processing Systems*, Vol.7,No1,pp17-28.Mar 2011.

[21] 조영복, 김광득, 유미경, 이상호, "클러스터헤더 후보노드를 이용한 에너지 효율적인 클러스터링 방법", *한국컴퓨터정보학회 논문지*, Vol, 16, No3.PP 121-129, Mar.2011

조 영 복 (Young-bok Cho)

정회원



2006년 3월 충북대학교 전자계산학과 석사
1981년 3월~현재 충북대학교 전자계산학과 박사과정
<관심분야> 센서네트워크, 라우팅, 클러스터링, 정보보안

유 미 경 (Mil-kyung You)

준회원



1987년 2월 부산대학교 전자공학과 졸업
2010년 3월~현재 충북대학교 전자계산학 석사과정
<관심분야> 무선 센서네트워크, 보안, 정보통신

이 상 호 (Sang-ho Lee)

중신회원



1989년 2월 숭실대학교 전자계
산학과 박사

1981년 3월~현재 충북대학교
전자정보대학 교수

<관심분야> 컴퓨터네트워크,
정보보호, 데이터통신