

무선 센서 네트워크 위한 계층형 클러스터링의 역할 기반 자가 구성 프로토콜

고성현* · 김현태* · 김형진**

*군산대학교 · **익산대학

Role based Self-Organization Protocol of Clustering Hierarchy for Wireless Sensor Networks

Sung-hyun Go* · Hyun-tae Kim* · Hyoung-jin Kim**

*Kunsan National University

**Iksan National College

E-mail : hjkim@iksan.ac.kr

요 약

대형 무선 센서 네트워크(WSNs)는 일반적으로 수백에서 수천 개의 센서 노드들로 구성되어 있다. 이러한 대형 WSNs에서는 네트워크의 수명연장을 위해서 비용 및 에너지를 고려한 에너지 효율성뿐만 아니라 네트워크의 유지 및 관리가 요구된다. 사용자는 효율적인 시스템을 통해서 사용자 수준의 센싱 서비스 품질이 제공받을 수 있어야 한다. 이 네트워크에서 사용자에게 제공되는 결과 데이터의 품질은 이벤트 검출에 관련된 센서들의 개수가 결정적인 역할을 한다. 그러므로 사용자 요구 품질에 적합한 QoS를 제공할 수 있는 네트워크 프로토콜은 일부 센서 노드들에서 고장이 발생하더라도 전체 시스템 성능에 영향을 주지 않으면서, 동시에 에너지 소비가 최소화되도록 설계되어야 한다. 본 논문에서 제안된 프로토콜은 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 프로토콜을 기반으로 하며, 지속적인 감시가 요구되는 대형 네트워크에 적합한 역할 기반의 자가 구성 프로토콜을 제안하였다.

키워드

클러스터링, 자가 구성, 역할, 무선 센서 네트워크

I. 서 론

최근 들어 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 기반의 센서 기술, 저전력 아날로그 및 디지털 전자 기술, 저전력 RF 설계 기술 등이 급속하게 발전하고 있기 때문에 비교적 저비용의 저전력형 무선 센서들을 이용한 네트워크용 응용에 관한 연구 및 기술 개발이 활발히 진행되고 있다[1][2][3].

무선 센서 네트워크에 관한 대부분의 기존 연구는 모든 노드들이 동일한 기능을 가진다고 가정하였다. 그러나 실제로 많은 응용에서 센서 노드들은 서로 다른 작업(task)을 수행한다. 어떤 특정 센서 노드가 클러스터 헤드의 역할을 하는 반면에 그 헤드의 이웃 노드들이 다른 클러스터의 게이트웨이 역할도 한다. 따라서 각 센서 노드들은 네트워크에서 서로 다른 작업을 수행할 수 있

다. 게이트웨이, 데이터소스, 싱크와 같은 작업을 처리하는 역할 할당은 WSNs의 시스템 효율적인 운영 차원에서 고려될 필요가 있다.

최근 이러한 센서 노드들 간의 작업 할당에 관한 연구가 무선 센서 네트워크의 자가 구성(self-configuration)을 위하여 다양한 알고리즘이 제시되고 있다. 또한 이러한 기법들은 노드들이 그들 간의 작업들을 스스로 할당할 수 있도록 연구되고 있다.

이러한 방법들의 문제는 현재 자가 구성의 일반화된 형태가 아니라는 것이다. 일반화를 위한 해결 방법은 센서 노드, 이웃 노드, 네트워크 토폴로지의 능력을 기반으로 하여 작업을 의미하는 역할을 할당하는 것이다. 그러므로 역할 기반 계층형 클러스터링 자가 구성 프로토콜(RSOP:Role based Self-Organization Protocol using clustering hierarchy)에서는 이러한 특성을 기초로 하여 어

면 역할을 특정 노드에 할당하기 위해 분산적인 역할 할당 알고리즘을 설계하여야 한다. 또한 네트워크 특성이 변경되었을 때 새로운 상황을 적용할 수 있는 동적 역할 할당이 가능하도록 설계하여야 한다.

따라서 본 논문은 WSNs의 다중 네트워크에 관한 논문으로써 스스로 망을 구축할 수 있으며 네트워크의 센서들에게 에너지 부담을 골고루 분배하기 위해 무작위성을 사용하는 탄력적인 계층적 라우팅 프로토콜인 LEACH 프로토콜[4]를 기초로 센서 노드가 무선 환경에 전개되어 최종 베이스 스테이션이 센싱 데이터를 제공받기 위하여 센서의 능력에 따라 작업을 할당하는 역할 기반의 계층형 클러스터링에 대해 제안한다. 또한 ad hoc 형태로 네트워크 조직을 효율적으로 구성하는 자가 구성 프로토콜을 제안하였다. 제안된 프로토콜은 클러스터 초기 구성, 관리 및 유지, 재구성을 에너지 효율성을 고려한 역할 할당, 계층 구성, 클러스터 병합(merging) 및 분할 등을 적응적으로 수행할 수 있도록 설계하였다. 따라서 에너지 효율성, 고장 허용성, sQoS(sensing Quality of Service) 보장, 적응성들을 제공하는 RSOP을 설계하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 클러스터 기반 네트워크 모델에 대해 설명하고 3장에서는 자가 구성 구조에 대해 제시하고 하고 4장에서 클러스터 계층의 역할 기반 자가 구성에 대해 제안한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 클러스터 기반 네트워크 모델

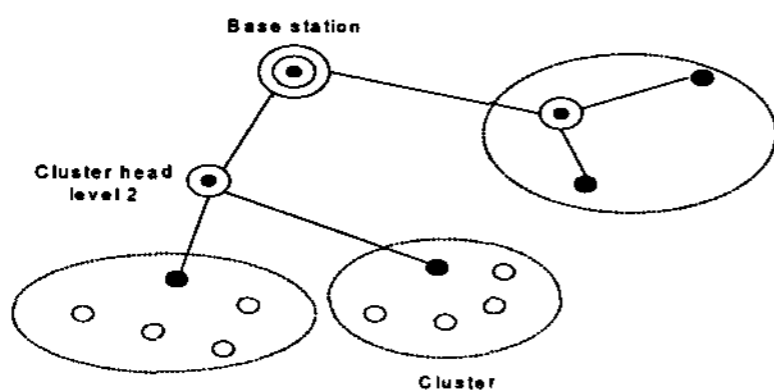


그림 1. 클러스터 기반 네트워크 모델

그림 1은 WSNs에서 클러스터 기반의 자가 구성은 전체 네트워크를 클러스터 단위로 분할하여 제어가 용이하도록 네트워크 기반 구조를 제시한 것이다. 따라서 전체 무선 센서 네트워크를 클러스터 계층으로 구분하는 계층적 접근 방법을 나타내고 있다. 각 센서 노드는 하나의 클러스터 헤드를 중심으로 하나의 클러스터를 형성하고 전체 네트워크를 클러스터 단위로 분할한다. 각 클러스터의 클러스터 헤드는 다른 클러스터의 클러스터 헤드 또는 베이스스테이션으로 각 클러스터 내부에서 획득, 수집, 병합된 데이터를 라우팅하는 역할을 한다.

이처럼 클러스터 멤버와 헤드의 선택으로 단일 클러스터가 형성되고 클러스터 헤드들은 베이스스테이션을 센싱 데이터를 효율적으로 전달하기 위한 라우팅을 구성해야 한다. 이를 위하여 클러

스터 헤드들 간의 연결로 구성된 가상 백본을 구성하며, 이것을 연결 지배 노드들 집합(CDS)이라고 한다.

CDS를 기반으로 클러스터 구성은 구성에서 CDS 원소 수를 최소화하는 문제는 에너지 효율성과 직접 관련되어 있기 때문에 중요하다. 이러한 문제를 MCDS(Minimum Connected Dominating Set) 문제라 한다. MCDS은 두 가지 조건을 가정한다.

1) 각 노드가 백본 노드이거나 백본 노드와 1홉 간격의 노드이다.

2) 백본 노드들은 연결된 가상 네트워크를 구성한다.

본 논문에서는 제안 하고자하는 프로토콜의 자가 구성을 위하여 적합한 분산 지역화 알고리즘을 설계하였다. 이 알고리즘은 분산 및 지역화 기법을 통한 계층적인 CDS를 생성하도록 하였다. 이론적으로 각 센서 노드가 지역 정보(local information)를 제공하면 이웃한 노드들과 한정된 라운드로 메시지 교환을 수행한다.

CDS 형성 알고리즘은 마킹 과정(making process)과 DSR(dominating set reduction) 과정으로 구성된다.

우선 계층형 CDS 형성 알고리즘의 설계를 위한 네트워크 모델을 가정한다. 또한 각 센서 노드는 ID와 위치 정보를 제공하며 이웃 발견(neighbor discovery) 단계에서 상호간의 노드 정보를 수집한다. 무선 센서 네트워크를 위한 수학적 모델은 식 (1)과 식 (2)와 같다. 또한 각 노드에 관한 거리 정보, 센싱 능력, 노드 ID가 자가 구성을 위한 입력 파라미터로 알고리즘에 제공된다.

$$\text{Graph: } G = (V, E) \quad \text{식 (1)}$$

$$\text{Edge: } E = (v, u) \quad \text{식 (2)}$$

(단, V = a set of wireless nodes, E = a set of edges)

Hierarchical CDS Organization Algorithm

```

1: begin
2: Step 1 : Marking Process
3:   1 Initially, assign marker F to each v in V
4:   2 Each v exchanges its open neighbor set N(v)
5:   with all its neighbors
6:   3 Each v assign its marker m(v) to T
7:   if there exist two unconnected neighbors
8: return CDS
9: end
    
```

III. 자가 구성 구조

본 논문에서 제안한 기법은 Sub and Katz[5]에서 제안된 자가 형성 시스템(Self-configurable System)을 기반으로 확장하였다. 따라서 자가 구성 구조는 센서 노드들이 네트워크를 자율적으로 조직화를 위하여 각 노드는 유일한 주소를 할당하고 두 노드 쌍(pair) 단위로 패킷을 전달하며, 네트워크 지향적이고 브로드캐스트 기반 구조를 구축할 수 있도록 설계하였다. 또한 노드 고장이나 링크의 고장을 위한 네트워크 재구성도 고려하였다.

네트워크의 자가 구성을 위한 처리 과정은 4 단계로 구분한다.

1) 발견 단계(Discovery Phase)

각 센서 노드는 자신의 이웃 노드들에 관한 정보를 수집하고 자신의 전송 반지름을 설정한다.

2) 구성 단계(organization phase)

각 센서 노드는 서로 협력하여 클러스터들을 생성한다. 일차적으로 네트워크에서 클러스터가 생성되고 균등한 크기의 클러스터를 위한 머징 과정(merging process)을 통하여 네트워크를 자체적으로 그룹화 한다. 그룹으로의 확장은 클러스터나 그룹의 크기가 비슷하면 통합할 수 있도록 설계하였다.

3) 관리 및 유지 단계(Maintenance phase)

모든 센서 노드들이 자가 구성이 이루어지면 네트워크 관리를 위하여 주기적으로 제어 메시지, 즉 노드의 생존 유무를 의미하는 메시지를 방출하고, 이웃 노드들에게 라우팅 테이블, 자신의 이웃 노드, 잔류 에너지 수준 등과 같은 정보를 전달한다.

4) 자가 재구성 단계(self-reorganization phase)

노드는 이웃 노드의 고장이나 그룹 분할을 검출하여 노드의 라우팅 테이블을 갱신한다. 만약 그룹 분할이 발생하면 그 그룹은 현재 존재하는 다른 그룹에 통합되기 위해서 머징을 수행한다. 머징은 그룹들 간의 균등한 계층 높이(hierarchy height)가 되도록 수행한다.

3.1 발견 단계 및 구성 단계

자가 구성 프로토콜은 설계 단순화와 교환 메시지의 수를 최소화하기 위하여 클러스터 멤버와 클러스터 헤드 간의 거리는 1 홉으로 제한한다. 그림 2는 어떤 클러스터에 가입(join)하려는 센서 노드와 클러스터 헤드(CH) 사이에 발생하는 메시지 처리 과정이다.

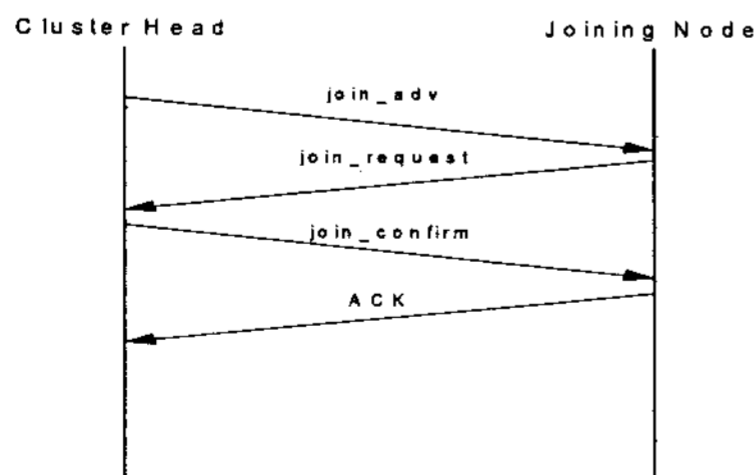


그림 2. 클러스터 가입을 위한 메시지 시퀀스

1) 클러스터 광고

무선 센서 네트워크의 자가 구성은 CH에서 방송되는 메시지를 받기 위하여 일정한 시간 동안 가입을 원하는 노드가 대기(listen) 상태로 시작한다. 만약 노드에서 메시지를 듣기 위한 대기 타이머가

만료되면 그 노드는 자신이 클러스터를 생성하고 스스로 클러스터 헤드가 된다. 이렇게 생성된 클러스터 헤드는 지역 주소가 '000'이 된다. 클러스터 헤드의 유지 기간은 그 노드의 잔여 에너지 수준과 처리 능력에 의해 결정된다.

그러므로 보유 에너지가 높은 노드일수록 CH가 될 가능성이 높다. CH는 클러스터 멤버를 구성하기 위해 지역적인 가입(invitation) 메시지를 방송한다. 이때 방송하는 메시지가 join_adv 메시지이다. 따라서 CH의 전송반지름(r) 범위에 포함된 모든 노드들이 join_adv 메시지를 받게 된다. 초기에의 전송반지름은 $r=r_0$ 으로 설정한다. join_adv 메시지는 RETRI로 생성된 클러스터 ID와 플래그가 포함되어 있다. 플래그에는 메시지를 전송하기 위한 전력 클래스(power class)정보를 포함한다. 이 플래그는 어떤 클러스터에 노드가 가입(join)할 때 적용된다. 가입을 원하는 노드들은 특정 CH의 방출 전력(emission power)에 관한 정보를 플래그를 통하여 알게 된다. 전력 클래스(power class)의 개념은 각 전력 클래스에 대한 적합한 전송 반지름과 매핑된다.

2) 노드 응답

클러스터 헤드가 광고 메시지를 전달하는 대기 시간(listening time) 동안에 노드들은 각 CH에게 join_request 메시지로 가입을 요청한다. 가입을 요청하는 노드는 특정 클러스터의 클러스터 ID를 설정하고 자신의 RETRI 기반의 순간 노드 식별자를 설정한다. 만약 전체 노드들이 CH로부터 메시지를 받고 다시 CH에 가입을 위한 join_request 메시지를 일시에 응답한다면 CH 주변에서 충돌 발생 가능성이 매우 높다. 이러한 현상을 응답 폭풍(reply storm)이라고 한다. 이러한 응답 폭풍의 발생을 억제하기 위하여 각 노드는 응답하기 전에 임의 지연 시간을 대기한 후에 전달한다. 또한 만약 여러 CH로부터 광고 메시지를 한 노드가 받았다면 그 노드는 에너지 절약을 위하여 가장 가까운 클러스터에 가입할 필요가 있다. 즉 가장 낮은 전력 클래스를 가진 join 메시지의 클러스터를 선택한다.

3) 클러스터 크기의 머징

클러스터 머징은 단일 클러스터 내에서 충돌의 발생 가능성을 줄이고 적합한 접속성과 중복성을 제공할 수 있도록 멤버 노드의 개수가 너무 많지도 적지도 않도록 하는 것이 목적이다.

보통 CH의 주변은 몇 개의 노드들이 임의 배치된 영역이다. CH의 최대 전력 반지름이 R_{max} 일 때 $r > R_{max}$ 이면 CH는 클러스터 형성 알고리즘을 종료한다. CH에 가입을 시도한 노드는 다른 클러스터에 가입해야 한다. 이처럼 가입하지 못한 노드들을 위하여 CH들은 자신들의 클러스터가 형성되어도 계속해서 광고 메시지를 방송한다.

가입을 원하는 어떤 노드가 join_request 메시지를 CH에 전달하였다면 CH는 멤버로서 승인 여부를 결정한다. CH는 가장 먼저 자신의 주소 공간에 여분 공간이 있는지를 검사하여 새로운 노드의 승인 여부를 결정한다. 만약 그 검사가 'yes'이면 CH는 join_confirm 메시지로 응답한다. 그 메시지는 목적지의 순간 주소를 이용하여 전달한다. 또한

CH는 새로운 클러스터 멤버를 위한 지역 주소를 할당한다. 그 노드는 join_confirm 메시지를 받으면 ACK 메시지를 다시 전송한다. 이와 반대로 CH가 join_request는 받았지만 클러스터가 FULL 상태이면 이 메시지를 무시한다. 가입을 원하는 노드가 CH로부터 거절당했다면 일정한 시간 이후에 RESET하고 다시 CH로부터 광고 메시지가 전달될 때까지 대기 상태로 전환한다.

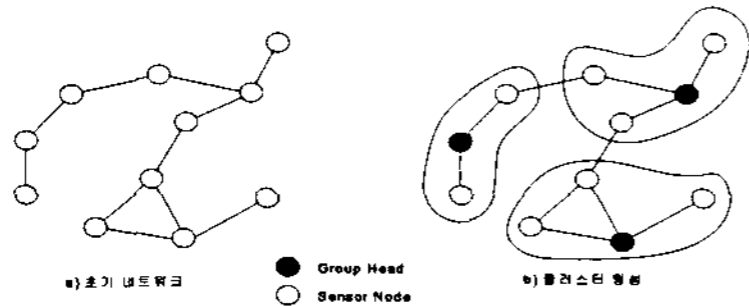


그림 3. 클러스터 형성 과정

그림 3은 11 개의 노드로 구성된 무선 센서 네트워크에서 클러스터 형성 프로시저 과정을 설명하고 있다. 센서들 간의 실선은 노드의 라디오 링크들이고 곡선은 단일 클러스터를 의미한다. 세 개의 검정색 노드는 CH이고 흰색 노드는 각 클러스터에 가입한 멤버 노드들이다. 또한 각 클러스터는 지역 방송 트리(local broadcast tree)를 구축하며 곡선 모양으로 멤버 노드들의 그룹을 표현했다.

3.2 관리 및 유지 단계와 자가 재구성 단계

네트워크의 자가 구성에서 클러스터 머징(cluster merging)은 각 그룹들을 하나로 통합한 단일 네트워크가 되도록 클러스터를 그룹으로 확장하는 통합하는 과정이다.

```

Group Merging Algorithm
1: begin
2: Step 1 : m = n
3: IF m = n THEN
4: // the two groups have the same address size.
5: G_new ← merge(G_1, G_2)
6: Addr_new ← concatenate(Addr(G_1, 0), Addr(G_2, 1))
7:
8: Step 2 : m > n
9: IF m > n THEN
10: Check Δ
11: unbalanced fusion.
12: Step 1 : Small Δ : unbalanced fusion
13: IF Δ < 3 THEN
14: G_new ← merge(G_1, G_2)
15: G_small ← compare(G_1, G_2)
16: IF Δ = 1 THEN
17: Addr_small = Addr(G_small, 00) // 00~11
18: ELSE // Δ = 2 THEN
19: Addr_small = Addr(G_small, 000) // 000~111
20:
21: Addr_new ← concatenate(Addr(G_1), Addr(G_2))
22: Step 2 : Large Δ
23: end
    
```

클러스터 머징은 클러스터나 그룹의 규모(size)가 일정하지 않기 때문에 전체 네트워크의 에너지 소비가 한쪽에 집중화로 네트워크의 전체 수명 시간을 단축시킬 수 있다. 전체 네트워크가 균등한 크기의 그룹 규모로 운영된다면 에너지 소비의 균등 분배가 효과적으로 이루어지며 관리에 필요한 오버헤드를 줄일 수 있다. 클러스터 머징과정에서 그

룹은 단일 클러스터나 두 개 이상의 클러스터를 통합한 어떤 노드들의 집단을 의미한다.

IV. RSO 프로토콜

RSO 프로토콜의 주요 목적은 임의로 전개된 센서 노드들에 대하여 에너지 효율적인 클러스터들을 생성하는 것이다. 각 클러스터는 헤드 집합이라는 부 클러스터 헤드 집합에 의해서 관리된다. 라운드 로빈 기법에 따라 각 부 클러스터 헤드 집합은 해당 클러스터에서 클러스터 헤드 역할을 한다. CH는 클러스터 멤버로부터 메시지를 받고, 병합한 메시지를 원격의 BS에게 전달한다. 모든 전송은 single-hop이기 때문에 클러스터 멤버들은 단거리 방송 메시지를 전송하고 CHs는 원거리 방송 메시지를 전송한다. 헤드 집합을 이용한 방법은 CH가 한 라운드에서 죽은 클러스터들에 대하여 좋은 해결책이 될 것이다.

CH의 임무는 에너지를 소비하는 것이기 때문에 지정된 전송 횟수를 최소화할 수 있는 새로운 클러스터 집합이 되어야 한다. 다시 말해서, 클러스터들은 라운드라는 단기간 동안에만 유지된다. 라운드는 선출단계와 데이터 전송 단계로 구성된다. 선출 단계는 센서 노드들이 새로운 클러스터 집합을 자가 구성하는 것이며 이때 각 클러스터는 헤드 집합을 가지게 된다. 데이터 전송 단계는 헤드 집합 멤버들이 베이스 스테이션에게 지정된 횟수만큼 장거리 전송으로 전달한다.

1) 선출 단계

선출 단계에서 클러스터들은 임계 함수를 이용하여 생성된다.

$$T(n) = \frac{p}{1 - p \left(r \bmod \frac{1}{p} \right)} \quad \text{식 (3)}$$

p는 CHs의 희망 비율(p_c)과 현재 보유중인 클러스터의 비율(p_r)과의 차이이다. 네트워크의 어떤 클러스터도 존재하지 않기 때문에 초기 p_c은 0이다. r은 현재 라운드이고 G는 지난 1/p 라운드 동안에 아직 헤드 집합 멤버가 된 적이 없는 노드들의 집합이다.

첫째, 각 노드는 random 수를 생성한다. 그 수는 0부터 1 사이의 수이다. random 수가 T(n)보다 작으면 그 노드는 헤드 집합 멤버가 되고 이 선출 단계 동안에 CH 역할을 한다.

둘째, 각각 선출된 CH는 단거리 광고 메시지를 방송한다. 센서 노드들은 광고 메시지를 하나 이상의 CHs로부터 받을 수 있다.

셋째, 각 센서 노드는 수신된 광고 메시지의 신호 강도를 근거로 자신의 CH를 선택한다.

넷째, 센서 노드들은 자신들이 결정에 관하여 자신들의 CHs를 알리기 위해 단거리 ACK를 전송한다. 이 단계에서 현 라운드에서 클러스터들이 결정되고 각 헤드 집합은 하나 후보 헤드 멤버를 가진다.

다섯째, 비교적 큰 클러스터 크기를 가진 CHs

은 자신의 클러스터를 위해 부가된 헤드 집합 멤버들의 미리 정의된 수를 선택한다. 추가된 헤드 집합 멤버는 ACK 메시지의 신호 강도를 바탕으로 결정된다. 결정된 헤드 집합 멤버들은 모든 잔류 노드들이 CHs 가 될 때 까지 헤드 집합 멤버가 될 수 없다. 어떤 반복과정은 모든 노드들이 CHs 가 되는 기간으로 정의된다.

여섯째, 각 CH는 헤드 집합들에 대한 TDMA 스케줄을 생성한다. 뿐만 아니라 나머지 클러스터 멤버들에게도 동일한 작업을 한다.

일곱째, CHs 은 TCMA 스케줄을 자신들의 멤버들에게 방송한다.

선출 단계를 마치면, 각 헤드 집합의 멤버들은 다음 라운드를 위해 충분한 에너지가 있는지 없는지를 검사한다. 만약 어떤 헤드 집합의 멤버의 에너지가 특정 임계 값 보다 낮아지면, 헤드 집합에서 제거된다. 남아 있는 헤드 집합 멤버들은 그에 따라 자신들의 스케줄을 업데이트 한다.

2) 데이터 전송 단계

데이터 전송 단계는 멤버 노드들이 자신들의 CHs 에게 데이터를 전달하고 CHs 는 병합 데이터를 BS에게 전달한다.

Step 1: 멤버 노드들은 자신들의 TDMA 스케줄에 따라 데이터를 전달한다.

Step 2: CH는 멤버 노드들로부터 메시지를 받는다. 헤드 집합의 멤버들이 라운드 로빈을 기반으로 CH가 되기 때문에 CH만이 메시지를 받고 나머지 헤드 집합 멤버들은 자신들의 radio를 turn-off 한다.

Step 3: CH는 병합 데이터를 베이스 스테이션에게 보낸다.

Step 4: CH는 잔여 에너지를 검사한다. 에너지 수준이 특정 임계값보다 낮다면 CH는 헤드 집합으로부터 스스로 제거된다.

Step 5: outgoing CH는 incoming CH에게 헤드 집합 멤버로 남을지 아니면 클러스터 멤버로 남을지 결정한 사항에 대하여 알린다. 만약 outgoing CH가 헤드 집합으로부터 제거 된다면 나머지 헤드 집합 멤버들은 자신들의 스케줄을 그에 따라서 업데이트 한다.

라운드가 끝날 때, 모든 클러스터들이 파괴되는 것은 아니다. 그러나 각 클러스터는 헤드 집합 크기와 같은 라운드의 수를 가지고 있다. 다시 말해서, 헤드 집합의 크기가 '1' 일 때 클러스터들의 노드들은 다음 라운드의 후보들이 된다. 그러나 헤드 집합의 크기가 1 보다 클 때 클러스터들의 노드들은 다음 선출에 참여하지 않는다. 이 방법은 선출 횟수를 줄이고 장거리 전송에 대한 부담이 노드들 간의 더욱 효율적으로 분산되게 한다. 더욱이 다음 선출 동안에 헤드들의 비율이 보호된 클러스터들의 수에 따라 줄어든다. 클러스터들이 유지하는 것은 LEACH 프로토콜과 비교할 때 상당한 향상을 보인다.

V. 결론

본 논문은 무선 센서 네트워크의 전체적인 에너지 소비의 균등 분배와 센서 노드의 결함을 허용할 수 있는 통신 프로토콜 설계에 관한 논문으로서 역할 기반의 자가 구성 프로토콜을 제안하였으며, 에너지 소비를 최소화하기 위하여 최적의 네트워크 토폴로지를 구축하기 위한 자가 구성 알고리즘과 센서 노드의 접속성 및 센싱 특성을 기반으로 클러스터 내 또는 클러스터 사이에서 센서 노드가 수행해야 할 역할을 할당하는 알고리즘으로 구성되어 있다.

또한, 계층화된 클러스터링 구조를 통해 센서 노드의 결함 발생 시 네트워크 토폴로지를 동적으로 재구성하는 방식으로 결함 발생에 따른 네트워크 문제점을 효율적으로 해결할 수 있도록 설계하였다.

이를 위해 무선 센서 네트워크의 센싱 영역을 클러스터 단위로 형성하고 클러스터 간의 계층적 구조를 정의할 수 있도록 각 센서의 센싱 특성과 접속성에 따라 센서들을 백본 노드, 클러스터 헤드, 클러스터 헤드 멤버 등으로 분류하는 기법을 제안하였다.

향후 제안된 프로토콜의 검증을 위해서 실험 및 성능 평가를 통하여 제안된 프로토콜의 우수성을 증명하고자 한다.

참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "Wireless Sensor Networks: A Survey", Computer Networks(Elsevier), Mar. 2002.
- [2] D. Estrin, R. Govindan, J. Hedemann, S. Kumar. "Next Century Challenges: scalable Coordination in Sensor Networks", In Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing Networking, pp. 263-270, Aug. 1999.
- [3] Clare, Pottie, Agre, "Self-Organizing Distributed Sensor Networks", In SPIE Conference on Unattended Ground Sensor Technologies and Applications", pp. 229-237, Apr. 1999.
- [4] W. B. Heinzelman, A. L. Murphy, H. S. Carvalho, M. A. Perillo, "Middleware to Support Sensor Network Applications", IEEE Network, Vol. 18, No. 1, pp. 6-14, Jan.-Feb. 2004.
- [5] P. Havinga, S. Etallel, H. Karl, C. Petrioli, M. Zorzi, H. Kip, T. Lentsch, "EYES - Energy Efficient Sensor Networks", LNCS 2775, Springer, pp. 198-201, 2003.