

## 센서 네트워크에서의 초기 클러스터 형성 기법

남춘성<sup>0</sup>, 박수민, 성수련, 신용태  
송실대학교

{namgun99<sup>0</sup>, smpark, ssl, shin}@cherry.ssu.ac.kr

### Initial cluster formation technique in wireless sensor networks

ChoonSung Nam<sup>0</sup>, Soomin Park, Sulyun Sung, Yongtae Shin  
Department of Computer Science, Soongsil University

#### 요 약

센서 네트워크를 구성하는 각 노드는 크기가 작고, 배터리 용량도 제한되어 있기 때문에 오랜 시간 노드가 활동하기 위해서는 에너지 소모를 줄이는 것이 관건이다. 센서 노드들의 에너지 소비 감소를 위해서 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 라우팅을 통해 에너지를 소비를 줄이는 방법이 연구되었다. 그 중에서 클러스터링 기법은 센서 노드가 클러스터를 형성하고, 그 주체가 되는 클러스터 헤드와 통신함으로써 전체적인 센서 노드의 에너지 소비를 줄이고, 센서 노드의 에너지 소모를 분산한다. 이때 중요시 생각해야 될 것은 클러스터를 효율적으로 생성해야 한다는 것이다. 모든 센서 노드들에게 균등하게 에너지를 소비하여, 전체적인 센서네트워크가 오랫동안 유지하는 것은 클러스터의 형태에 따라 에너지 소모가 변할 수 있기 때문이다. 이에 본 논문은 초기 랜덤하게 뿌려진 센서 노드를 가지고 초기에 클러스터를 효율적으로 형성하려 한다. 이는 초기 센서들의 데이터 정보를 가지고, 클러스터 헤드를 선정하고, 선정된 클러스터 헤드로 초기 클러스터를 형성하는 기법을 제안한다.

#### 1. 서 론

무선 센서 네트워크는 여러 개의 센서 노드와 싱크 노드로 구성된다. 싱크 노드는 에너지 제약이 없지만, 센서 노드는 제한된 에너지를 가지고 있다. 따라서 이 제한된 에너지를 가진 센서 노드를 효율적으로 사용할 수 있는 라우팅 프로토콜들이 논의되고 있다[1].

센서 네트워크의 라우팅 프로토콜은 평면 라우팅 프로토콜과 계층적 라우팅 프로토콜로 나누어진다. 무선 센서 네트워크에서 인접 노드 간 유사 정보의 중복 전달로 인한 에너지 낭비를 줄이기 위하여 데이터 수집이 필요하다는 특성을 고려하면 클러스터 기반의 계층적 라우팅 프로토콜은 많은 장점을 가진다[2].

클러스터 기반의 계층적 라우팅 프로토콜은 센서 노드의 에너지 측면을 고려할 때, 클러스터를 균등하게 효율적으로 형성해야 한다. 이유는 클러스터 형성은 클러스터 안에 있는 센서 노드의 에너지 소비를 줄일 수 있고, 센서 노드의 에너지 분산하는데 도움이 되기 때문이다.

따라서 본 논문에서는 초기 뿌려진 센서 노드를 바탕으로 효율적인 클러스터 형성에 대해서 제안한다. 본 논문의 2장에서 클러스터 형성을 위한 관련연구를 소개한다. 3장은 초기 클러스터 형성 기법을 설명하는데, 3.1에서는 센서 노드가 싱크로 데이터 전송을 하고, 싱크가 전송된 데이터를 처리하는 과정을 설명한다. 3.2에서는 싱크가 처리한 데이터를 가지고 클러스터 헤드 선출을 위한 방법을 기술하고, 3.3에서는 선출한 클러스터 헤드를 기반으로 클러스터를 형성하는 기법을 기술할 것이다.

#### 2. 관련 연구

##### 2.1 LEACH[3]

LEACH[3]는 자기 구성적이고, 센서 네트워크의 노드 중에서 에너지 로드를 분산시키기 위해 클러스터 형성을 랜덤하게 형성하는 클러스터링 프로토콜이다. LEACH[3]에서 노드들은 지역적 클러스터들을 스스로 구성한다. 이때 하나의 노드는 지역적인 BS(Base Station)나 클러스터 헤드의 역할을 한다. 만약 클러스터 헤드들이 우선권 갖고, 시스템 라이프 타임 동안 고정되어 있다면 전통적인 클러스터링 알고리즘에서는 클러스터 헤드로 선출된 온 나쁜 센서들은 빨리 수명이 다하게 된다. 따라서 LEACH[3]는 하나의 센서 배터리를 다 소비하지 않기 위해 여러 개의 센서들 중에서 클러스터 헤드 위치를 로테이션한다. 게다가 LEACH[3]는 클러스터에서 BS로 보내어지는 데이터를 병합하기 위해 지역 데이터 병합을 시행한다. 이는 에너지 소비와 시스템 라이프타임을 향상시키는데 도움이 된다. 하지만 LEACH[3]는 초기 클러스터 형성에 있어 랜덤하게 정한 클러스터 헤드 수와 클러스터 위치 때문에 초기 클러스터 형성을 하는데 비효율적일 수 있다. 즉 형성된 클러스터 헤드들이 어느 한쪽으로 몰린다면, 클러스터가 센서 노드가 접근하기 어려운 곳에 형성된다는 점이다. 따라서 본 논문은 이러한 점을 보완하려 한다.

##### 2.2 Direct Diffusion[4]

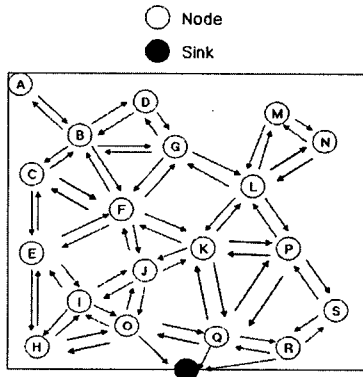
Directed Diffusion[4]에서는 싱크가 원하는 정보를 싱크가 요청하게 되면, 각 센서 노드는 이러한 정보와 일치하는 것을 판별한다. 만약 자신과 일치하지 않으면, 각 노드들은 받은 정보를 다시 주위 노드에게 보낸다. 이러한 정보는 일치하는 데이터를 가진 센서 노드가 만날때 까지 계속 진행 한다. 만약 센서 노드가 싱크가 원하는 정보와 일치한다면, 그 노드는 정보를 준 바로 전 노드에게 데이터를 보내게 된다. 이때, 여러 경로를 통해서 정보가 싱크로 전해진다. 싱크는 여러 경로 중

에서 빨리 들어온 것을 기준으로 데이터를 판별한다. 그리고 싱크는 경로강화를 통해서 여러 개의 경로로 이루어진 데이터 경로를 최단경로로 설정하고, 경로를 강화한다. 이 논문에서는 Directed Diffusion[4]에서 최단경로를 설정하는 기법을 초기 센서 노드가 자신의 데이터를 보낼 때, 최단 경로를 설정하는 방법으로 이용한다.

### 3. 초기 클러스터 형성 기법

LEACH[3]에서 초기 클러스터 헤드를 랜덤하게 설정하여 형성된 클러스터의 센서 노드의 에너지 소모의 증가와 노드의 에너지 분산에 비효율적인 문제점을 가지고 있다. 이 논문은 센서 네트워크에서 초기 클러스터를 형성하는데 있어 그 기법을 제안함으로써, 센서의 에너지 소모와 에너지 분산에 효율적인 클러스터 형성을 이루고자 한다.

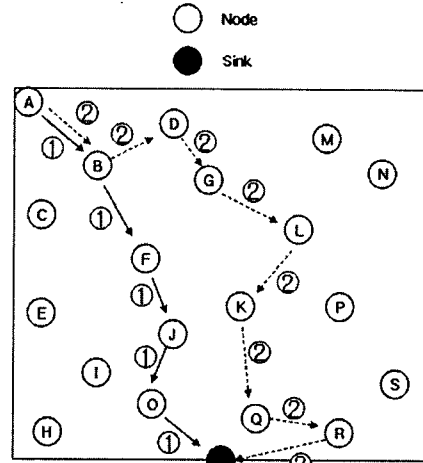
#### 3.1 센서노드에서 싱크로의 데이터 전송



[그림 1] 초기 센서 노드의 플러딩

우선 고유의 ID를 가진 센서노드가 특정한 지역에 뿌려 진다고 가정한다. [그림 1]에서 보는 바와 같이, 뿌려진 각각의 센서노드는 자신의 위치와 존재를 알리기 위해 플러딩 기법을 통해 싱크로 전송한다. 이때, 각각의 센서노드가 flooding을 위해 사용되는 에너지량은 거의 같다. 각각의 센서노드가 싱크로 전송하는 데이터는 센서노드 ID, 홉 카운트, 노드 경로이다. 즉, 전송하는 데이터는 (node\_ID, hop\_count, node\_path)이다. 각 노드는 전송된 데이터에다가 hop\_count와 node\_path를 추가 하여 다음 노드로 전송한다. 즉, 노드 A에서 노드 B로 전송된 데이터가 노드 C로 전송한다면, 그 데이터는 (A, 2, A-B-C)이다.

싱크로 전송된 데이터 중에서 싱크는 최단 경로를 찾게 되는데, 노드 경로 데이터의 첫 번째 부분은 시작점인 노드 ID를 뜻한다. 그러므로 노드 ID에 해당하는 노드 경로는 하나만을 인정하게 된다. 이것이 곧 최단 경로이다. 예를 들어, 아래 [그림 2]와 같이 경로 1로 들어온 데이터의 node\_path는 A-B-F-J-O-Sink가 된다. 그리고 경로 2의 node\_path는 A-B-O-D-G-L-K-Q-R-Sink가 되지만, 싱크는 먼저 도착한 경로 1만을 최단 경로로 지정한다. 그래서 node\_ID가 A이고, hop\_count가 5이고, node\_path가 A-B-F-J-O-Sink인 경로 1의 데이터만을 저장한다. 이렇게 해서 각각의 센서노드들의 최단경로를 모두 저장한다.



Node_ID	Hop-count	Node_path
A	1	A-B-F-G-O
B	2	B-F-G-O
C	1	C-E-I-O
D	1	D-G-L-K-Q

[그림 2] 센서 노드 최단 경로 결정

#### 3.2 클러스터 헤드 선출

클러스터 헤드를 선출하는 방법으로 싱크가 모든 센서노드의 데이터를 수집하면, 싱크는 각각의 node\_path를 이용하여 센서노드의 중첩된 경로를 찾는다. 중첩된 경로를 기반으로 싱크는 각 센서노드가 최단경로에 속한 횟수를 카운트한다. 이는 Node Short Path(최단경로)라 하여  $NSP_{count}$ 로 나타낸다. 여기서 싱크는 전체 가장 먼 홉을 거쳐 들어온 노드와 싱크와 1홉 범위 내에 있는 노드를 제외한다. 이유는 가장 먼 홉을 거쳐 들어온 노드를 클러스터 헤드로 선정하는 것은 클러스터 헤드가 먼 쪽에 위치해 있으면 싱크로의 전송 거리도 길다. 또한 주위 노드들로부터 정보를 얻는데 있어 어느 한 방향으로 정보가 집중되면 센서 노드의 에너지 분산에 좋지 않기 때문이다. 그리고 싱크와 1홉을 이루는 노드를 제외하는 이유는 그 노드가 직접 싱크로 데이터를 전송할 수 있기에 클러스터 헤드로 선정할 필요가 없기 때문이다.

싱크가 센서 노드로부터 얻은 데이터를 기준으로 다음과 같이 n번째 hop에 대한 가중치를 계산하면 [수식 1]과 같다.

$P_n$  : n hop에 대한 가중치

$h_n$  : 현재 노드의 n hop

$R_h$  : 1hop의 반지름

$h_{far}$  : 가장 멀리 있는 hop의 수

$$P_n = \frac{(h_n \times R_h)^2 - (h_{n-1} \times R_h)^2}{(h_{far} \times R_h)^2} \times 100$$

[수식 1]

$P_n$ 은 n번째 hop에 속한 센서노드의 면적을 구한 것을 전체 센서네트워크의 전송넓이로 나누고, 100을 곱한 것이다. 이는 전체 면적에서 노드가 n hop에 있을 확률을 구한 것이다.

$NSP_{count}$ : 각 노드 당 중첩경로 횟수  
 $CH_p$ : 클러스터 헤드가 될 확률

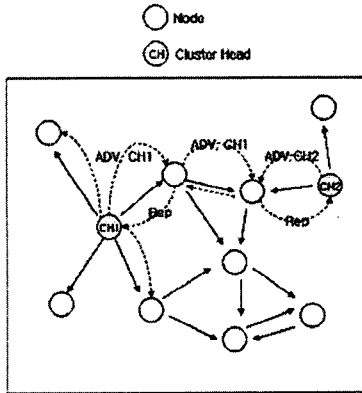
$$CH_p = NSP_{count} \times P_n$$

[수식 2]

[수식2]와 같이 이러한 가중치  $P_n$ 을  $NSP_{count}$ 에 곱하여 클러스터 헤드가 될 확률  $CH_p$ 를 구한다. 싱크는 구한  $CH_p$ 를 오름차순으로 정렬하여, 전체 노드의 5%를 클러스터 헤드로 선정한다[3]. 이는 LEACH[3]에서 정한 전체노드수의 적절한 클러스터 헤드 개수에 기초한 것이다.

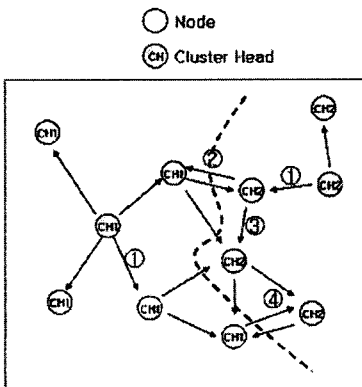
### 3.3 클러스터 헤드를 기반으로 클러스터 형성

싱크는 클러스터 헤드에게 고유의  $CH_{ID}$ 를 부여한다. 선정된 클러스터 헤드는 자신이 클러스터 헤드라는 것을 주위 노드에 알려 클러스터를 형성해야 한다.



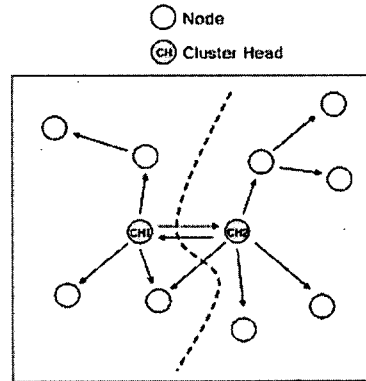
[그림 3] 클러스터 형성 - 1

[그림 3]과 같이 각각의 클러스터 헤드는 ( $CH_{ID}$ ,  $ADV$ )를 보낸다. 센서노드들은 클러스터 헤드가 보낸 ( $CH_{ID}$ ,  $ADV$ )를 받고 나서, 자신이 클러스터 헤드에 속한다는  $Rep$  메시지를 클러스터 헤드에게 보낸다. 또한 클러스터 헤드가 보낸 정보 ( $CH_{ID}$ ,  $ADV$ )를 다른 센서 노드에게 전송한다.



[그림 4] 클러스터 형성 - 2

[그림 4]의 1번의 경우를 보면  $CH_1$ 인 클러스터 헤드가 센서 노드로 클러스터를 형성하기 위한 ( $CH_{ID}$ ,  $ADV$ )를 보내면, 센서노드는  $CH_1$ 에 속하게 된다. 2번의 경우는  $CH_1$ 과  $CH_2$ 에서 서로 데이터를 보냈을 경우, 먼저 도착한 쪽만을 센서노드가 하락한다. 이렇게 해서 클러스터의 경계가 만들어진다. 그림의 3번, 4번의 경우도 같은 경우이다.



[그림 5] 클러스터 헤드 인접

[그림 5]에서는 클러스터 헤드  $CH_1$ 과  $CH_2$ 가 인접해 있는 경우를 보여준다. 이 경우, 두 클러스터 헤드는 서로 데이터를 교환하지만, 두 클러스터 헤드는 클러스터 영역을 나눈다. 위와 같은 방법에 의해 클러스터는 형성한다.

### 4. 결론

본 논문에서는 초기 랜덤하게 뿌려진 센서 노드의 데이터, 즉 노드 ID, 노드 흡수, 노드 경로를 가지고 클러스터 헤드를 선정하고, 선정된 클러스터 헤드를 기준으로 초기 클러스터 형성하는 방법에 대해서 알아보았다. 위와 같이 초기 클러스터를 형성하는 방법은 클러스터를 이용하는 계층적 라우팅 기법에 많은 도움이 될 것이다. 특히, 클러스터 헤드를 선정하기 위한 기준을 명확히 하여 보다 효율적인 클러스터 형성에 도움을 줄 것이다. 하지만 본 논문에서 제안한 기법은 위 공식과 데이터를 바탕으로 기존의 클러스터 라우팅 방법에서 제시한 에너지 효율적인 면을 성능평가를 통해 이루어 져야 할 것이다.

### 참고 문헌

- [1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh SanKarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, vol.40, No.8, pp.102-114, August 2002
- [2] 배정숙, 김성희, "무선 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜" ITFIND Mailzine, 132호
- [3] Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, and Hari Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocols for wireless microsensor networks," in Proceedings of the Hawaii International Conference on Systems Sciences, Jan. 2000.
- [4] Chalermek Intanagonwivat, Ramesh Govindan, Deborah Estrin, John Heidemann and Fabio Silva, "Directed Diffusion for Wireless Sensor Network", IEEE/ACM Transactions On Networking, Vol. 11, No. 1, FEBRUARY 2003