

---

# 계층형 무선센서 네트워크에서 통신영역을 고려한 클러스터 헤드 선출 알고리즘

이두완\*, 김용\*, 장경식\*

\*한국기술교육대학교

## Communication coverage-aware cluster head election algorithm for Hierarchical Wireless Sensor Networks

Doo-Wan Lee\*, Yong Kim\*, Kyung-Sik Jang\*

\*Korea University of Technology and Education

e-mail : neomenie@kut.ac.kr, teamkorea2@kut.ac.kr, ksjang@kut.ac.kr

### 요 약

무선 센서 네트워크는 제한적인 자원을 가지고 동작되는 작은 센서들로 구성되어 있다. 이러한 무선 센서노드들은 초기에 대량으로 랜덤하게 배치되어 스스로 클러스터를 구성하고, 각 클러스터 헤드 노드를 선출하여 정상적인 통신이 이루어져야 한다. 이러한 일련의 작업을 무선 센서노드 설치 시 관리자가 직접적으로 관여할 수 없기 때문에 자가 구성 라우팅 기능이 가능하여야 한다.

논문에서 제안하는 통신영역을 고려한 클러스터 헤드 노드 선출 알고리즘은 계층구조를 형성하는 무선센서 네트워크 환경에서 적용되며, 베이스 스테이션의 통신 영역을 계산하여 클러스터 헤드 노드를 선정하고 클러스터를 구성한다.

### ABSTRACT

WSN is composed of a lot of small sensors with the limited hardware resources. In WSN, at the initial stage, sensor nodes are randomly deployed over the region of interest, and self-configure the clustered networks by grouping a bunch of sensor nodes and selecting a cluster header among them. Specially, in WSN environment, in which the administrator's intervention is restricted, the self-configuration capability is essential to establish a power-conservative WSN which provides broad sensing coverage and communication coverage. In this paper, we propose a communication coverage-aware cluster head election algorithm for Hierarchical WSNs which consists of communication coverage-aware of the Base station is the cluster head node is elected and a clustering

### 키워드

Sensor Network, Hierarchical, Self-configuration, routing

### 1. 서 론

최근 들어 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Networks)는 다양한 분야에 응용되고 있으며 주변 환경의 유용한 정보를 수집하여 처리하는 작업을 수행하고 있다. 이러한 무선센서네트워크는 많은 수의 센서노드들이 한번에 배포되고 환경 변화에 능동적으로 대처하여 자신의 맡은 업무를

충실히 수행해야 하기 때문에 에너지의 소모량에 매우 민감하게 작동되어야 한다. 각각의 노드들은 에너지 소비를 최소화하여 네트워크 전체의 수명을 향상시키기 위한 많은 방법들이 제안되고 있다.[1][3] 무선 센서 네트워크의 클러스터링 기법은 네트워크의 자가구성(self-configuration), 확장성(scalability), 이동성(mobility), 노드간의 트래픽 조절(node traffic balancing)등의 장점을 가지고 있다. 무선센서 네트워크에서 센서노드의 삭제 및

추가가 용이해야 하며 모든 동작이 에너지 효율성에 맞추어 작동하여야 한다.[2] 본 논문에서도 이런 극한적인 상황에서 네트워크 전체의 수명을 최대한 연장 시키고 노드의 추가와 삭제의 기능이 스스로 가능한 자가구성 클러스터 헤드 노드 선출 알고리즘을 제안한다. 본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구를 통해 본 논문에서 제안한 네트워크 모델의 기초적 내용을 알아보고 3장에서는 본 논문에서 제안한 클러스터 헤드 노드 선출 알고리즘에 대하여 확인해 본다. 그리고 마지막으로 결론과 향후 연구과제를 통해 추가 및 보안되어야 할 부분을 확인해 본다.

## II. 관련 연구

### 1. 자가구성

무선 센서 네트워크는 공중에서 흩뿌려 망을 구성할 수 있는 특징을 가지고 있고, 오염지역이나 사용자가 접근하기 어려운 곳에 망을 구성하기에 매우 유용하다. 하지만 이러한 위험지역에서 임의적으로 흩뿌려진 센서들은 장애물로 인해 센서의 네트워크 구성이 어려울 경우가 많다.[2] 이러한 문제를 해결하기 위해 센서 노드들은 자율적인 조직화를 통해서 다양한 주변 환경 변화에 적합한 능동적인 연결 구조를 형성할 수 있어야 한다.[4],[5],[6]

효율적인 자가망 구성은 무선센서노드들의 추가, 제거, 작업수행 및 고장 진단을 자율적으로 실행하는 것이 가능하며, 주변환경 변화에 따른 네트워크의 연결구조의 동적 변경을 가능케함으로써, 전체 네트워크의 주어진 임무에 대한 수행 만족도를 향상하며, 망 동작시간을 크게 연장시킬 수 있다.

### 2. 클러스터 구조

클러스터 형성은 계층구조가 없는 상태에서 새로운 클러스터를 형성하여 계층구조를 구성한다. 계층구조를 형성하는 무선 센서네트워크에서는 다수의 센서 노드들을 관장하는 CH(cluster header)가 선출되며, 선출된 CH는 자신이 관리하는 무선 센서노드를 제어하는 역할을 담당한다. CH를 포함한 일반 센서 노드들의 집합을 클러스터(cluster)라고 정의하며, 클러스터 내의 모든 노드들 가운데 CH를 선출하고 클러스터를 구성하는 일련의 과정을 클러스터링(clustering)이라고 한다. 계층구조 망을 구성하기 위해서는 클러스터링이 선행되어야 하며, 클러스터링 과정을 통하여 모든 센서노드들은 그 역할에 따라 클러스터 헤드 노드, 클러스터 멤버 노드로 구성될 수 있다.[7]

일반적으로 클러스터를 구성하게 되면, 각 센서 노드는 하나의 클러스터의 멤버에 소속되고, 전체 네트워크는 클러스터 단위로 분할한다.[4][5] 각 클러스터의 클러스터 헤드 노드는 클러스터에 속한 센서 노드들로부터 데이터를 수집하여 처리하고, 처리 완료된 데이터를 베이스스테이션으로 전송하는 역할을 수행한다. 베이스스테이션은 각 클러스터 헤드 노드에서 전송된 데이터를 수집하

는 역할을 하게 되는 것이다. 클러스터 헤드 노드와 멤버간 데이터의 효율적인 송수신을 위해 라우팅 프로토콜이 결정되어야 하고, 라우팅 프로토콜은 에너지의 효율성을 높이기 위해 설계되어야 한다.[8]

## III. 클러스터 헤드 선출 알고리즘

### 1. 클러스터링의 목적

일반적으로 무선 센서 네트워크에서 클러스터링을 하는 이유는 베이스 스테이션에 접속한 센서노드들의 과도한 접속으로 인해 데이터 통신량이 증가하거나, 센서노드와의 거리가 멀어져 통신시 많은 에너지가 소모될 경우, 새로운 AOI(area of interest)의 확대에 의해 센싱 영역을 추가할 경우에 클러스터링을 수행한다.

### 2. 제안 모델의 가정

- 베이스 스테이션(Base Station)은 외부망과의 인터페이스를 지원하는 게이트웨이 역할을 수행하며 네트워크의 구성에 따라, 센서노드가 직접 접속되거나, 클러스터 헤드 노드를 통해서 접속할 수 있다. 베이스 스테이션의 통신 영역은 가변적이고, 자신의 통신 영역을 조절함으로써 에너지 효율적으로 동작이 가능하다.

- 모든 노드는 자신의 위치를 확인할 수 있는 GPS를 내장하고 있다.

- 모든 노드는 자신의 정보를 저장할 수 있는 노드 정보테이블(NRT : node registration table)을 가지고 있고, NRT에는 자신의 노드번호, 위치, 에너지잔량 등의 정보를 저장하고 있다.

- 본 논문에서 제안한 클러스터 헤드 노드 선출 알고리즘은 무선 센서 네트워크에서 베이스 스테이션과 센서노드 사이의 통신거리가 멀어져 많은 에너지 소모가 발생할 경우를 전제로 한다.

### 3. 클러스터 헤드 선출

클러스터 헤드 노드를 선출하기 위한 순서는 그림 1과 같다.

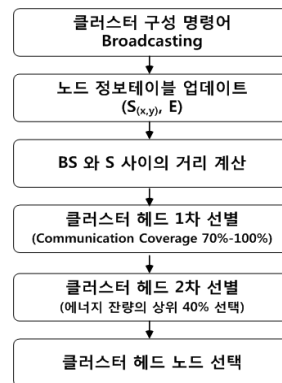


그림 1. 헤드 선택 절차

베이스 스테이션은 클러스터 구성 명령어를 전

체 네트워크에 송신 한다. 각 센서 노드가 명령어를 수신하게 되면 무선 센서 노드는 노드 정보 테이블의 정보 중에서 자신의 위치정보와 에너지 잔량을 베이스 스테이션에 송신한다. 베이스 스테이션이 각각의 무선 센서 노드의 위치정보를 업데이트하면 베이스 스테이션과 센서노드 사이의 거리를 계산하여 베이스 스테이션의 통신 가능 영역의 70%~100% 사이에 위치한 센서노드들을 후보 클러스터 헤드 노드로 선정한다. 클러스터 헤드 노드의 1차 후보 선별이 종료되면 후보들 중에서 에너지 잔량이 상위 40%안에 포함되는 센서노드를 2차 클러스터 헤드 노드로 선정한다.

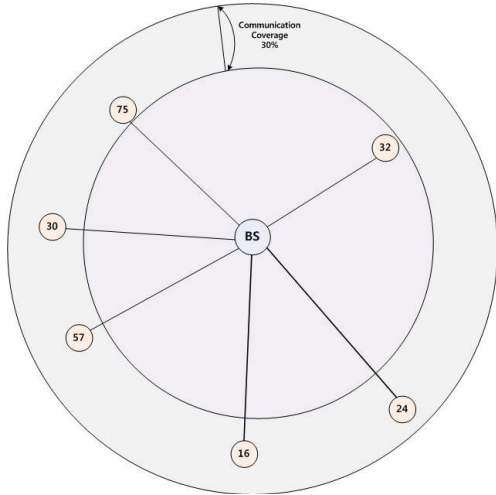


그림 2. 2차 후보 선정

2차 후보로 선정된 노드의 NID를 오름차순으로 정렬하여 베이스 스테이션과 이루는 각도를 임계값과 비교한다.

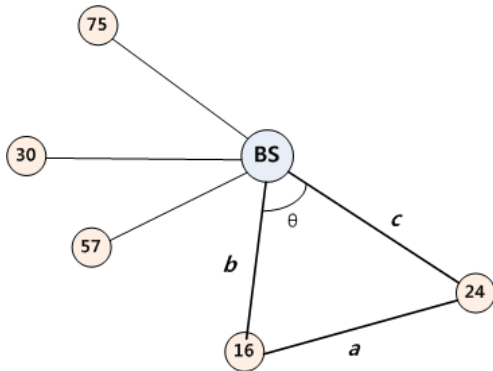


그림 3. 3차 후보 선정

그림 3과 같이 베이스 스테이션과 센서노드 사이에 이루는 각을  $\theta$  라 가정하고, 베이스 스테이션과 NID:16의 거리를  $b$ , 베이스 스테이션과 NID:24의 거리를  $c$ , NID:16과 NID:24의 거리를  $a$  라고 가정하면 NRT의  $S_{(x,y)}$  값을 통해  $abc$ 의 값을 알 수 있다. 거리의 계산이 완료되면 베이스 스테이션과 두 노드가 이루는 각도의 값은 코사

인 법칙에 의해서 식 (1)과 같이 계산할 수 있다.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bccos\theta$$

$$cos\theta = -\frac{(a^2 - b^2 - c^2)}{2bc} \tag{1}$$

$\theta$  값은 rad 값으로 표기하여 임계값을 정의한다. 임계값 미만의 값은 두 노드 사이의 거리가 가깝다는 것을 의미하기 때문에 NID의 번호가 높은 센서노드는 클러스터 헤드 노드 선별작업에서 탈락되게 된다. 결과적으로 2차 후보 중에서 선별된 두 노드 사이의 거리가 임계값 이상인 노드가 마지막 최종 클러스터 헤드 노드로 선택되어 진다.

#### 4. 클러스터 멤버 등록

최종적으로 클러스터 헤드 노드가 선출되면 클러스터 헤드 노드로 임명된 노드는 자신의 NRT의 유형을 클러스터 헤드 노드로 변경하고 베이스 스테이션에 보고한 후 클러스터 멤버를 등록하기 위해 수신대기 (listen) 상태로 전환된다.

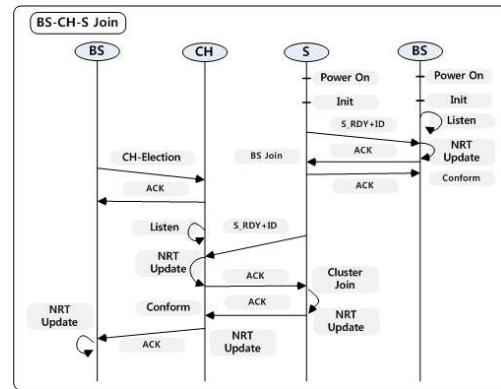


그림 4. 클러스터 멤버 등록

베이스 스테이션은 모든 센서노드들에게 클러스터 헤드 노드의 선출 결과를 알려주게 되고 센서노드들은 가장 가까운 클러스터 헤드 노드에게 S\_RDY+ID 패킷을 송신한다. 클러스터 헤드 노드는 수신된 패킷에 의해 클러스터 멤버로 등록하고 자신의 NRT를 업데이트 하며, 센서노드 역시 클러스터 헤드 노드의 등록 완료 패킷을 수신하게 되면 자신의 속한 클러스터 번호로 NRT를 업데이트 한다.

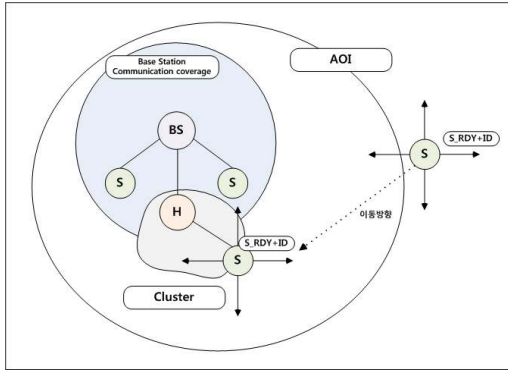


그림 5. 클러스터 멤버 구성과정

#### IV. 결론 및 향후 연구과제

무선 센서 네트워크는 한번 배치되게 되면 수 많은 환경 변수에 적응하여 네트워크를 구성하고 주어진 임무를 수행하여야 한다. 많은 무선센서네트워크 라우팅 프로토콜들이 고정된 무선 센서노드를 조건으로 에너지 효율적인 프로토콜 설계를 연구하고 있다. 본 논문에서는 사용자가 근접할 수 없는 AOI에 임의로 무선센서네트워크를 배치하였을 경우 베이스 스테이션에 접속 노드 과부하가 발생된다. 발생하는 과부하를 줄이기 위해서 클러스터 구성을 하고 네트워크의 에너지를 효율적으로 관리할 수 있도록 베이스 스테이션의 통신 영역을 기준으로 클러스터링 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 초기 배치된 무선센서노드들이 전원이 인가된 후 스스로 구성되는 계층구조 네트워크에 대하여 제안 했지만, 전체네트워크 시스템의 이동성에는 중점을 두지 않았다. 에너지 효율적인 네트워크 프로토콜 구성, 데이터의 송수신방법, 네트워크의 이동성에 대하여는 향후 연구 과제로 남아있다.

#### 참고문헌

- [1] Jaime Lloret, Miguel Garcia, Diana Bri and Juan R. Diaz, "A Cluster-Based Architecture to Structure the Topology of Parallel Wireless Sensor Networks", OPEN ACCESS Sensors, 2009.
- [2] Mudasser Iqbal, Iqbal Gondal, Laurence S. Dooley, "HUSEC : A heuristic self configuration model for wireless sensor networks", computer communications ScienceDirect 2007.
- [3] Manish Kochhal, Loren Schwiebert, Sandeep Gupta, "Role-based Hierarchical Self Organization for Wireless Ad hoc Sensor Networks", WSMA'03, September 19,2003.
- [4] 여명호, 이미숙, 박종국, 이석재, 유재수, "무선 센서 네트워크에서 네트워크 트래픽 감소를 위한 데이터 중심 클러스터링 알고리즘", 정보과

학회논문지 : 정보통신 제35권 제2호,2008.4.

[5] 최경진, 윤명준, 심인보, 이재용, "무선센서 네트워크에서의 에너지 효율적인 클러스터 헤드 선출 알고리즘", 한국통신학회논문지 '07-6 Vol. 32 No.6, 2007.

[6] 고성현, 김현태, 김형진, "무선 센서 네트워크 위한 계층형 클러스터링의 역할 기반 자가 구성 프로토콜", 한국해양정보통신학회 2007 추계종합학술대회, 2007

[7] 최지영, 강충구, "주변노드 발견을 통한 무선센서 네트워크에서의 에너지 효율적인 클러스터링 및 전력 균형 분산 기법", 한국 통신학회 논문지 06-11 vol.31 No.11A, 2006.

[8] 이두완, 김용, 장경식, "이동 무선센서 네트워크에서의 자가구성 라우팅 기법", 춘계한국해양정보통신학회, 2010.