

---

# RRA : 무선센서 네트워크에서 노드의 통신영역을 고려한 랜덤 배치 고정형 라우팅 알고리즘

이두완\* · 김민제\* · 장경식\*\*

\*한국기술교육대학교

## RRA : Ripple Routing Algorithm Considering the RF-Coverage of the node in WSN

Doo-Wan Lee\*, Min-je Kim\*, Kyung-Sik Jang\*\*

\*Korea University of Technology and Education

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

### 요 약

무선 센서 네트워크는 제한적인 H/W의 자원을 가지고 동작되는 작은 센서들로 구성되어 있다. 이러한 무선 센서노드들은 초기에 대량으로 랜덤하게 배치되어 스스로 클러스터를 구성하고, 각 클러스터의 헤드노드를 선출하여 정상적인 통신이 이루어져야 한다. 이러한 일련의 작업을 무선 센서노드 설치시 관리자가 직접적으로 관여할 수 없기 때문에 자가 구성 라우팅 기능이 가능하여야 한다.

본 논문에서 제안하는 네트워크 구성 알고리즘은 베이스 스테이션이 전체 네트워크를 통제하는 계층형 클러스터링 구조로, 초기 네트워크 구성시 노드의 통신영역내에 있는 노드를 검색하여 네트워크를 구성한다. 제안한 알고리즘은 초기 노드 배치시 구성될 수 있는 가장 빠른 네트워크 연결 구조로 네트워크 트래픽의 오버헤드를 줄일 수 있다.

### 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.

In this paper, we propose a self-configuration routing protocol for WSN, which consists of step-wise ripple routing algorithm for initial deployment, effective joining of sensor nodes. RRA is search node in RF-coverage of each node, which result in fast network connection, reducing overall power consumption, and extending the lifetime of network.

### 키워드

Wireless Sensor Network, Hierarchical, clustering, Self-configuration, routing protocol

### 1. 서 론

무선 센서 네트워크는 주위환경을 모니터링하고, 다양한 데이터를 수집하여 분석하는 용도로 많이 사용되고 있다. 네트워크 초기 구성시 많은 무선 센서노드들이 사용자가 접근하기 어려운 지역에 무작위로 배치되기 때문에 네트워크는 자가 구성(self-configuration)이 가능해야하고, 네트워크 전체의 수명을 연장하기 위해서 에너지를 효율적

으로 관리해야 한다. 또한 센서노드의 삭제 및 추가가 용이해야 하며 모든 동작이 에너지 효율성에 맞추어 작동하여야 한다.[1] 본 논문에서는 네트워크를 스스로 구성하고, 베이스 스테이션에 의해 네트워크가 통제, 관리가 가능한 계층형 클러스터링 구조를 이용한 알고리즘을 제안한다. 본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구를 통해 논문에서 제안한 네트워크 모델의 기초적 내용을 알아보고 3장에서는 제안한 클러스터 헤드 노드 선출

알고리즘에 대하여 확인해 본다. 그리고 마지막으로 결론과 향후 연구과제를 통해 추가 및 보완되어야 할 부분을 확인해 본다.

## II. 관련 연구

### 1. 클러스터링

무선 센서 네트워크상의 모든 노드들은 네트워크 토폴로지, 센싱 영역등에 의해서 집합을 구성하게 되고, 이러한 집합을 클러스터(cluster)라고 정의한다. 클러스터를 구성하는 다수의 센서 노드들을 클러스터 멤버노드(cluster member node)와 클러스터 멤버노드를 관리하는 클러스터 헤더노드(cluster header node)가 있다. 클러스터링(clustering)이란 클러스터 내의 모든 노드들 가운데 클러스터 헤더노드를 선출하고, 클러스터 멤버노드의 요청을 수락하여 클러스터를 구성하는 일련의 과정을 클러스터링(clustering)이라고 한다. 계층구조 망을 구성하기 위해서는 클러스터링이 선행되어야 하며, 클러스터링 과정을 통하여 모든 센서노드들은 그 역할에 따라 클러스터 헤더노드, 클러스터 멤버 노드로 구성될 수 있다.[2]

각 클러스터의 클러스터 헤더노드는 클러스터에 속한 센서 노드들로부터 데이터를 수집하여 처리하고, 처리 완료된 데이터를 베이스 스테이션으로 전송하는 역할을 수행한다. 베이스 스테이션은 각 클러스터 헤더 노드에서 전송된 데이터를 수집하는 역할을 하게 되는 것이다. 클러스터 헤더 노드와 멤버간 데이터의 효율적인 송수신을 위해 라우팅 프로토콜이 결정되어야 하고, 라우팅 프로토콜은 에너지의 효율성을 높이기 위해 설계되어야 한다.[3]

### 2. 자가구성

무선 센서 네트워크 초기 센서노드를 투입하게 되면 전체 네트워크의 임무완수 시까지 능동적으로 작동을 하여야 한다. 또한 다양한 환경 변수에 적합하게 능동적인 네트워크의 구조를 통해 센서노드의 고장, 소멸, 추가 및 네트워크의 형태 변화에 빠르게 대처하여 임무 수행에 충실하여야 한다.[4][5] 따라서 자가구성 네트워크 구조는 센서 노드들이 네트워크의 자율적인 조직화를 통해서 변화되는 환경변수에 적절하게 대응될 수 있어야 한다.[6]

## III. Ripple Routing Algorithm

### 1. 제안 네트워크 모델링

RRA(Ripple Routing Algorithm)의 네트워크 구조는 계층형 클러스터링 구조를 이룬다. RRA 모델링의 조건은 다음과 같다.

- 베이스 스테이션(base station)을 포함한 모든 센서노드들은 랜덤배치를 통해 관심영역에 배치되며, 이동성 없이 배치된 자리에 고정된다.
- 모든 노드는 자신의 정보와 이웃 노드의 정보를 저장할 수 있는 NRT(Node Register Table)

을 가지고 있다.

- 모든 노드는 자신의 위치정보를 알 수 있는 GPS모듈을 내장하고 있고, 센싱범위(sensing coverage)는 고정되어 있어 가변 불가능하다.

### 2. RRA 통신 패킷 모델링

#### - Level Decision\_CMD

베이스 스테이션(BS)에 의해서 브로드 캐스팅 되는 명령어로 각 노드가 위치한 자신의 레벨을 결정한다.

Node_ID	Level_ID	Energy	Location	Ntype	CMDtype	Hop
---------	----------	--------	----------	-------	---------	-----

표 1. Level Decision\_CMD

packet	Description
Node_ID	무선 센서노드에 배정된 고유 ID 번호
Level_ID	센서노드 위치에 따른 레벨번호
Energy	에너지의 잔량
Location	관심영역에 위치한 (x,y) 좌표값
Ntype	노드의 종류
CMDtype	명령어 종류
Hop	BS와의 level 수

#### - Level\_ACK & Connection REQ

레벨결정이 완료되면 가장먼저 LD\_CMD를 수신한 상위레벨 노드에게 레벨 확정 메시지와 네트워크 연결 요청 메시지를 송신한다.

Node_ID	Level_ID	Energy	Location	Ntype
---------	----------	--------	----------	-------

#### - ACK

명령 메시지에 따른 응답 메시지로 활용한다.

Node_ID	CMDtype
---------	---------

#### - Done\_MSG

최종 하위레벨(Leaf node)에서 베이스 스테이션으로 네트워크 연결이 완료 되었다는 결과를 보고 하는 메시지이다.

Node_ID	Level_ID	Ntype
---------	----------	-------

### 3. RRA(Ripple Routing Algorithm)

초기 무선 센서노드들이 관심영역(area of interest)에 랜덤하게 배치된 후 전원이 인가되면 자신의 H/W를 스스로 점검하고 네트워크 연결을 시도하게 된다.

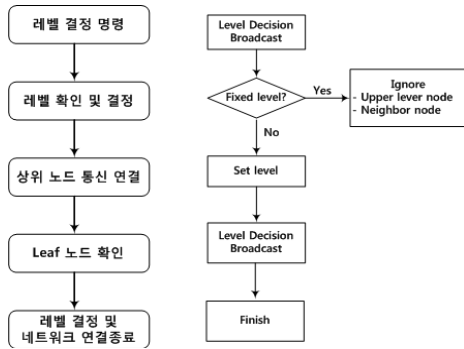


그림 1. RRA 네트워크 연결 흐름도

초기화 과정이 완료된 후에는 모든 센서노드는 베이스 스테이션(BS)의 명령을 기다린다. RRA의 네트워크 연결 흐름도는 그림 1과 같다.

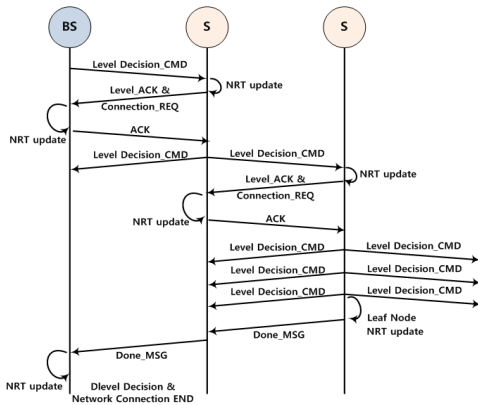


그림 2. RRA 명령어 흐름도

- step 1. 레벨 결정 명령(Level Decision CMD)  
베이스 스테이션(BS)은 자신을 ripple level 0로 설정하고, 전체 네트워크에 네트워크 구성명령어(Level Decision Command)를 브로드 캐스팅 한다.

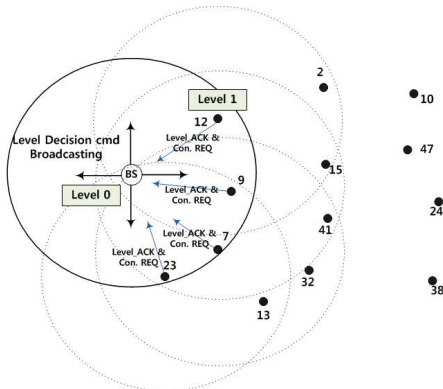


그림 3. 레벨 결정 명령어 브로드캐스팅

- step 2. 레벨 확인 및 결정

베이스 스테이션(BS)로부터 LD cmd를 수신한 노드는 자신의 level 정보와 비교하여 level 지정이 되어있지 않으면 자신의 level을 수신\_level + 1로 설정하고, 상위 레벨의 노드에게 메시지 (Level\_ACK&Connection\_REQ)를 송신한다. 하위 level 노드로부터 확인 메시지와 네트워크 연결 요청 메시지를 수신하면 상위 level 노드는 ACK 메시지를 하위노드에게 전달하고, 네트워크 연결 구성이 완료된다. 상위 노드에게 확인 메시지를 송신하고 네트워크 연결이 완료되면, LD cmd(자신의 정보포함)를 전체 네트워크에 브로드 캐스팅 한다. level 이미 결정된 주변노드(neighbor node) 및 상위 level노드는 LD cmd 명령어를 무시한다. LD cmd를 중복으로 수신한 경우 수신노드는 상위 노드로부터 수신한 LD cmd 우선순위로 네트워크 연결 메시지를 송신하여 연결 설정을 할 수 있다.

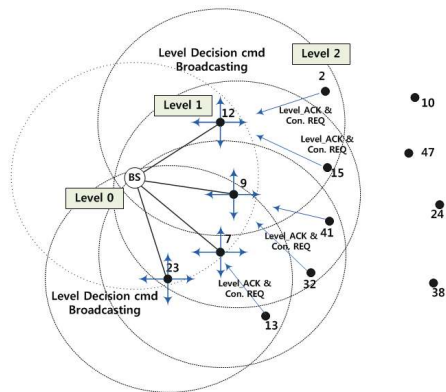


그림 4. 레벨 확인 및 결정

- step 3. 최종 하위레벨 노드(Leaf node) 확인  
LD cmd를 브로드 캐스팅 후 일정시간동안(3 time broadcast) 하위노드로부터 응답 메시지 (Level\_ACK&Connection\_REQ)가 없으면 자신을 Leaf로 설정 후 자신의 상위노드에게 자신이 Leaf 노드이고 레벨설정이 완료되어 네트워크 연결이 종료 되었음을 알리는 메시지(Done MSG)를 송신한다.

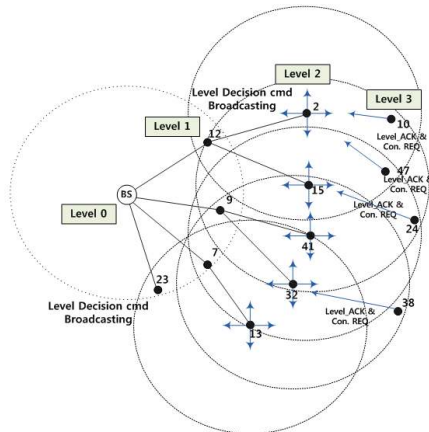


그림 5. 레이어 결정 및 통신연결

**- step 4. 네트워크 연결종료**

네트워크 연결종료 메시지(Done MSG)가 상위 노드들에게 전달되면 최종적으로 베이스 스테이션(BS)가 전체 네트워크의 메시지를 수신하게 되면 네트워크 연결 구성이 완료 되게 된다.

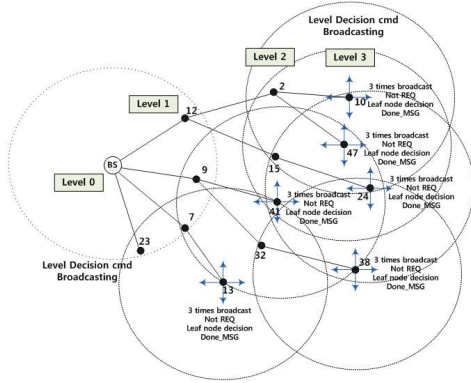


그림 6. 최종 하위레벨 노드(Leaf node) 확인

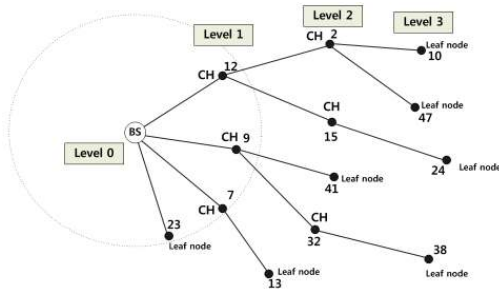


그림 7. RRA 네트워크 연결 완료

**IV. 결 론**

무선 센서 네트워크는 주위환경을 모니터링하고, 다양한 데이터를 분석하는 용도로 많이 사용되고 있다. 무선 센서 네트워크 특성상 많은 무선 센서노드들이 사용자가 접근하기 어려운 지역에 무작위로 배치될 수 있기 때문에 무선 센서 네트워크는 자가구성(self-configuration)이 가능해야 한다. 또한 제한된 에너지 자원을 가지고 있기 때문에 네트워크 에너지 효율성에 민감하다. 본 논문에서 제안한 RRA는 초기 센서노드들이 관심영역에 배치되고 위치가 고정된 후, 베이스 스테이션의 명령에 의해 알고리즘이 시작된다. 통신영역(RF-coverage)의 범위내에 위치한 노드를 검색하여 네트워크 연결을 시도하기 때문에 레벨은 각 노드의 통신영역에 포함된 노드의 수준으로 결정된다. 각 레벨이 결정됨과 동시에 상위레벨에게 네트워크 연결 요청메시지를 보내게 됨으로 빠른 네트워크 연결이 이루어 질 수 있다. 최종 하위레

벨 노드가 결정되면 네트워크의 모든 레벨 결정이 완료되었고, 순차적으로 통신연결도 완료되었기 때문에 베이스 스테이션은 네트워크 통신을 시작할 수 있다.

RRA는 가장 기본적인 빠른 속도의 자가구성(self-configuration)알고리즘으로 초기 네트워크 구성이 완료되고 실시 할 수 있는 네트워크 평가 및 중복노드 검색과 같은 작업을 실행하여 네트워크 최적화 작업을 빠른 시간에 완료 할 수 있다. 네트워크 재구성과 클러스터의 삭제 및 병합에 관한 내용은 향후 연구 과제로 남아 있다.

**참고문헌**

- [1] Mudasser Iqbal, Iqbal Gondal, Laurence S. Dooley, "HUSEC : A heuristic self configuration model for wireless sensor networks", computer communications ScienceDirect 2007.
- [2] Mohammad Mehdi Shirmohammadi, Mostafa Chhardoli, Karim Faez, "CHEFC: Cluster Head Election with Full Coverage in Wireless Sensor Networks", Proceedings of the 2009 IEEE 9th Malaysia International Conf. 2009.
- [3] 여명호, 이미숙, 박종국, 이석재, 유재수, "무선 센서 네트워크에서 네트워크 트래픽 감소를 위한 데이터 중심 클러스터링 알고리즘", 정보과학회논문지 : 정보통신 제35권 제2호, 2008.4.
- [4] 최경진, 윤명준, 심인보, 이재용, "무선센서 네트워크에서의 에너지 효율적인 클러스터 헤드 선출 알고리즘", 한국통신학회논문지 '07-6 Vol. 32 No.6, 2007.
- [5] 고성현, 김현태, 김형진, "무선 센서 네트워크 위한 계층형 클러스터링의 역할 기반 자가 구성 프로토콜", 한국해양정보통신학회 2007 추계종합학술대회, 2007
- [6] 이두완, 김용, 장경식, "무선 센서네트워크에서 노드정보 테이블을 이용한 자가구성 라우팅 알고리즘", 정보 및 제어 학술대회 논문집 CICS 2010, pp183-184, 2010.