

이동 무선센서 네트워크에서의 자가구성 라우팅 기법

이두완*, 김용*, 장경식*

*한국기술교육대학교

Self-configuration Routing Protocol for Mobile 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 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 자가구성 라우팅 기법은 계층구조를 형성하는 이동 무선센서 네트워크 환경에서 적용되며, 무선 센서 노드의 초기 배치시 필요한 라우팅 알고리즘과 무선센서 네트워크의 특성상 발생할 수 있는 작동불능 노드의 삭제 및 새로운 노드의 추가를 쉽게 할 수 있도록 제안한다. 각각의 센서 노드는 자신의 제한된 에너지를 효율적으로 활용하여 데이터를 처리할 수 있고, 센서노드의 삭제 및 추가가 용이하게 함으로써 네트워크의 작동 오류를 최소화 할 수 있어 네트워크 전체의 수명을 연장할 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. Specially, in Mobile-WSN environment, in which the administrator's intervention is restricted, the self-configuration capability is essential to establish a power-conservative Mobile-WSN which provides broad sensing coverage and communication coverage. In this paper, we propose a self-configuration routing protocol for Mobile-WSN, which consists of step-wise novel protocols for initial deployment, effective joining and removal of sensor nodes, which result in reducing overall power consumption, and extending the lifetime of network.

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] 무선센서 네트워크에서 센서노드의 삭제 및 추가가 용이해야 하며 모든 동작이 에너지 효율성에 맞추어 작동하여야 한다.[2] 본 논문에서는 이런 극한적인 상황에서 네트워크 전체의 수명을 최대한 연장 시키고 노드의 추가와 삭제의

기능이 스스로 가능한 클러스터링 구조의 네트워크 프로토콜을 제안한다. 본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구를 통해 본 논문에서 제안한 네트워크 모델의 기초적 내용을 알아보고 3장에서는 자가구성 라우팅에 대하여 확인해 본다. 그리고 마지막으로 결론과 향후 연구과제를 통해 추가 및 보완되어야 할 부분을 확인해 본다.

II. 관련 연구

1. 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 임무를 충실히 수행하여야 한다.[4][5][6] 따라서 자가구성 네트워크 구조는 센서 노드들이 네트워크의 자율적인 조직화를 통해서 주변환경 변화와 노드의 상태변화에 적절하게 대응될 수 있어야 한다. 일반적인 자가구성 단계는 다음의 순서에 따른다.[6]

① 센서노드 투입

각 센서노드는 자신의 하드웨어에 전원이 인가되었고, 센서로써의 임무를 수행할 준비가 되었으면 자신의 생존 여부를 브로드캐스팅하게 된다.

② 센서노드 등록

상위 노드가 센서노드의 패킷을 수행하게 되면 상위노드 자신이 보유한 Sensor Node Table(SNT)에 수신된 노드의 정보를 등록하고 라우팅 연결을 완료한다.

③ 명령 실행

상위 노드와 센서노드가 연결되면 상위노드로부터 하위노드로 명령어가 전달되고, 하위노드는 상위 노드로부터 수신된 명령어를 수행하여 결과 데이터를 상위노드에게 보고 한다.

④ 네트워크 재구성

노드 및 네트워크의 변화가 생겼을 경우 상위노드는 하위노드에게 네트워크 재구성 명령을 전달할 수 있다.

2. 클러스터 구조

일반적으로 클러스터를 구성하게 되면, 각 센서 노드는 하나의 클러스터에 소속되고, 전체 네트워크는 클러스터 단위로 분할된다.[4][5] 클러스터 헤더 노드는 클러스터에 속한 센서 노드들로부터 데이터를 수집하여 처리하고, 처리 완료된 데이터를 베이스 스테이션으로 전송하는 역할을 수행한다. 베이스 스테이션은 각 클러스터 헤더에

서 전송된 데이터를 수집하는 역할을 하게 되는 것이다. 클러스터 헤더 노드와 센서 노드 사이에 데이터의 효율적인 송수신을 위해 라우팅 프로토콜이 결정되어야 하고, 라우팅 프로토콜은 에너지의 효율성을 높이기 위해 설계 되어야 한다.[6]

III. 자가구성 라우팅

1. 제안 네트워크 모델의 구성

① 베이스 스테이션(B : Base Station)

외부망과의 인터페이스를 지원하는 게이트웨이 역할을 수행하면서 네트워크의 구성에 따라, 센서노드가 직접 접속되거나, 클러스터 헤더 노드를 통해서 접속할 수 있다. 양방향 통신을 지원하면서 송신채널과 수신채널을 분리하여 메시지를 송수신 받는다. 베이스 스테이션은 많은 노드들의 데이터를 처리하여 외부망으로 송신하거나 네트워크 내부의 다른 노드들에게 명령어를 전송한다. 하드웨어 자원이 풍부하다.

② 클러스터 헤더 노드(C : Cluster header node)

여러개의 센서 노드들을 연결하여 클러스터를 만들고, 소속 센서노드들을 관리하는 노드로써 센서노드와 베이스 스테이션 사이에 위치하며, 센서노드와 베이스 스테이션 사이의 네트워크 연결과 데이터 송수신을 중계하는 역할을 한다. 본 논문에서는 클러스터 헤더 노드의 역할을 다음과 같이 정의 한다. 첫 번째로 베이스 스테이션의 통신 범위를 벗어나는 센서 노드와의 통신이나 주변의 지형적 특성에 의해 센서 노드와의 통신이 어려운 경우 클러스터를 구성하여 베이스 스테이션과 원활한 통신이 이루어질 수 있도록 중계 역할을 클러스터 헤더 노드가 수행할 수 있다. 두 번째로는 베이스 스테이션에게 집중되는 데이터의 오버헤드를 줄이기 위해 클러스터 헤더 노드를 선출하여 클러스터를 구성할 수 있다. 센서 노드에 의해 수집된 데이터를 가공 없이 베이스 스테이션으로 전송하게 되면 베이스 스테이션이 많은 양의 데이터를 처리해야 한다. 따라서 클러스터 헤더 노드에서 클러스터 멤버 노드들의 데이터를 수집하여 가공처리하여 베이스 스테이션으로 보내게 되면 베이스 스테이션의 오버헤드를 줄일 수 있다.

③ 센서노드 (S : Sensor Node)

센서노드는 센서를 내장하고 있으며, 베이스 스테이션에서 전송되는 명령을 실행하고 결과를 통보하는 노드를 말한다.

2. 자가구성

AOI(Area of Interest) 영역에 베이스 스테이션과 센서노드가 뿌려지게 되면 그림 1과 같은 순서로 자가구성(Self-Configuration)을 시작하게 된다.

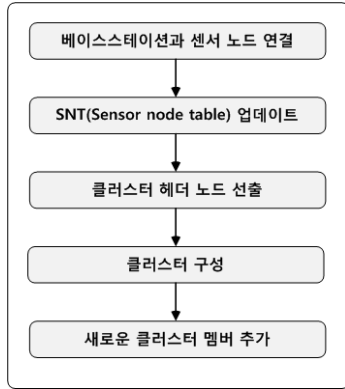


그림 1. 자가구성 절차

① 베이스 스테이션과 센서 노드 연결

베이스 스테이션을 투입하게 되면 전원이 공급되고, 베이스 스테이션 자체의 하드웨어 초기화 과정이 끝나게 된다. 베이스 스테이션이 하드웨어 초기화 과정을 끝나게 되면 무선 센서노드가 보내게 되는 S_RDY 패킷을 기다리게 되는 수신대기(Listen) 상태로 전환된다.

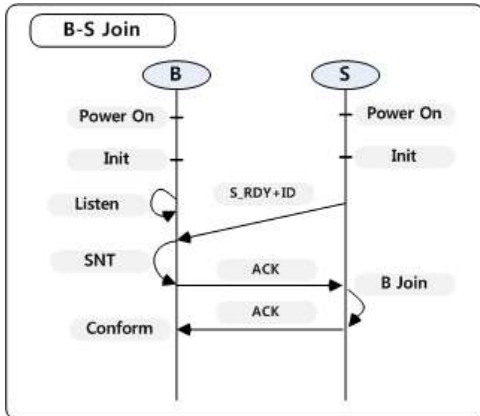


그림 2. 베이스 스테이션과 무선센서노드 연결 절차

그림 2에서와 같이 무선 센서노드도 베이스 스테이션과 마찬가지로 전원이 공급되고, 하드웨어 초기화과정이 완료되게 되면 S_RDY와 자신의 노드ID 패킷을 네트워크 내부로 브로드캐스팅 한다. 수신대기 상태에 있는 베이스 스테이션이 S_RDY+ID 패킷을 수신하게 되면 자신의 SNT(Sensor node table)에 무선 센서노드를 등록하고 등록 완료 ACK패킷을 송출한다. 베이스 스테이션으로부터 ACK패킷을 수신 받으면 무선 센서노드의 SNT를 업데이트하고, 베이스 스테이션에게 등록완료 ACK 패킷을 보냄과 동시에 베이스 스테이션과 연결 완료 상태가 되어 명령어 대기 상태로 진입하게 된다.

② SNT(Sensor node table) 업데이트

모든 노드는 자신의 정보와 상위노드 및 하위 노드의 정보를 저장할 수 있는 SNT를 가지고 있고, 연결과정과 클러스터 등록과정에서 정보 업데이트가 이루어 진다. SNT는 표 1과 같으며 각 속성은 다음과 같이 구성된다.

표 1. SNT(Sensor node table)

| N _{id} | GPS | | E _{cr} | Type | C _{Num} | Sensing | M _{sen} |
|-----------------|--------|---|-----------------|------|------------------|---------|------------------|
| | S(x,y) | D | | | | | |

- N_{id} : 노드의 고유번호를 나타낸다.
- S_(x,y) : GPS 정보를 통하여 상위노드를 기준으로 (x,y) 좌표로 나타낸다.
- D : (x,y) 좌표를 기준으로 상위노드와의 거리를 나타낸다.
- E_{cr} : 노드의 현재 에너지 잔량을 나타낸다.
- Type : 노드의 종류를 표시한다.

표 2. SNT Type Description

| Type | Description |
|------|---------------------|
| 0 | Base Station |
| 1 | Cluster header node |
| 2 | Sensor node |

- C_{Nm} : 현재 노드가 속해있는 클러스터의 번호를 나타낸다. 베이스 스테이션은 0번이 기준이다.
- Sensing : 센싱기능 수행여부를 on/off로 나타낸다.
- M_{sen} : 노드의 이동 여부를 나타낸다.

③ 클러스터 헤더 노드 선출

베이스 스테이션의 SNT에 등록된 센서 노드 중에서 베이스 스테이션 통신영역의 R_{com}에 속한 노드를 클러스터 헤더 노드로 임명한다.

- R_{com} : 노드 최대 통신영역의 80%에서 100% 사이의 값을 나타낸다.

클러스터 헤더노드로 임명된 센서노드는 자신의 SNT의 Type을 클러스터 헤더 노드로 변경하고 베이스 스테이션에 보고한 후 클러스터 멤버 노드를 등록하기 위해 수신대기(Listen) 상태로 전환된다.

④ 클러스터 구성

클러스터 헤더 노드로 임명된 노드는 S_RDY 패킷을 수신하기 위해서 수신대기 상태로 전환되고, 클러스터 헤더 노드의 통신영역 내부에서 센서노드의 S_RDY패킷이 수신되게 되면 그림 3과 같은 클러스터 구성 절차를 수행하게 된다.

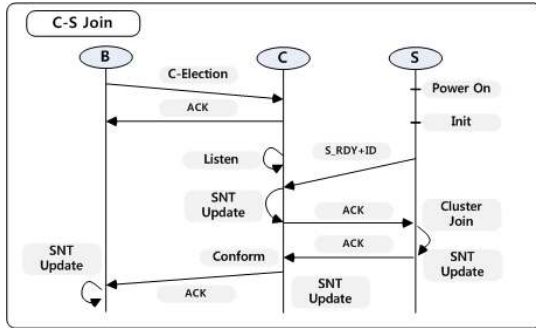


그림 3. 클러스터 구성 절차

클러스터 헤더 노드는 센서노드의 ACK패킷을 수신하여 클러스터 헤더 노드의 SNT를 업데이트 하고, 최종적으로 베이스 스테이션에게 보고하여 네트워크 구성을 완료한다. 클러스터 헤더 노드는 현재 베이스 스테이션 통신영역을 벗어나는 센서 노드의 데이터를 수집하기 위해서 중계역할을 담당하게 된다.

⑤ 새로운 클러스터 멤버의 추가

클러스터가 완료되어 네트워크의 기능을 수행하고 있는 과정에서 추가적으로 센서노드가 투입될 경우는 그림 4와 같은 네트워크를 구성하고 등록 절차는 그림 3과 동일한 등록절차로 이루어진다. 클러스터 멤버내의 어떠한 노드라도 S_RDY 패킷을 수신하게 되면 새로운 센서 노드가 감지 되었음을 클러스터 헤더 노드에게 보고를 하게 되고, 클러스터 헤더 노드는 클러스터 멤버로 새로운 노드를 등록 시킨다.

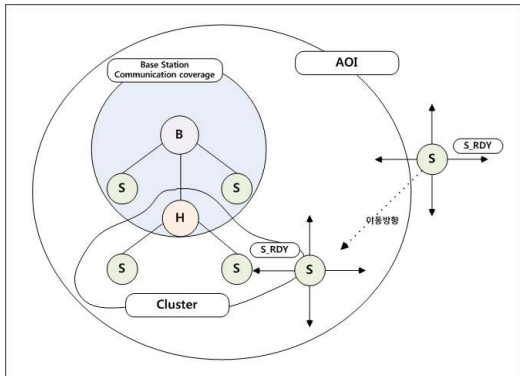


그림 4. 새로운 클러스터 멤버 등록과정

SNT를 업데이트 한 후 베이스 스테이션에게 새로운 클러스터 멤버를 보고 하면 베이스 스테이션은 자신의 SNT를 최종적으로 업데이트 하여 추가적으로 등록된 센서노드를 포함한 계층구조 네트워크 구성을 완료하게 된다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

무선 센서 네트워크는 한번 배치되게 되면 수많은 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 AOI에 무선 센서 네트워크를 배치하고 베이스 스테이션을 기준으로 임무를 수행할 수 있도록 자가구성 네트워크 방식을 제안하였다. 각 노드들은 상위 노드, 클러스터 멤버, 하위노드, 그리고 자신의 정보를 저장할 수 있는 SNT를 가지고 있어 주기적인 업데이트를 통해 새로 추가되는 노드와 삭제되는 노드를 확인할 수 있다. 센싱된 데이터의 전달은 상위 노드로 전달되어 최종적으로 베이스 스테이션에서 외부망으로 전달하게 된다. 제안된 시스템은 초기 배치된 무선센서노드들이 전원이 인가된 후 스스로 구성되는 자가구성 네트워크에 대하여 제안 했지만, 에너지 효율성과 전체네트워크 시스템의 이동성에는 중점을 두지 않았다. 에너지 효율적인 네트워크 프로토콜 구성, 데이터의 송수신방법은 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 ScienceDirext 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", 정보과학회논문지 : 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