

# 클러스터링 및 위치 정보를 활용한 WSN(Wireless Sensor Network) 구성 방안

김진수\*, 권혁진\*, 신동규\*, 홍성훈\*

## 요약

접근이 어렵거나 지속적인 모니터링이 필요한 서비스에 적용 가능한 WSN(Wireless Sensor Network) 기술은 최근 그 응용 분야의 확대 및 효율성의 증가로 인해 연구 개발의 필요성이 점점증하고 있는 분야이다. 특히, 국방 분야에서는 경계 및 감시 정찰 등 인원 투입 시 발생 가능한 위험 요소를 회피하고 효율적인 인원 활용을 위한 대안으로 센서 네트워크를 포함한 최신 IT 기술에 대한 연구가 활발히 진행되는 상황이다. 본 논문에서는 클러스터링(Clustering) 및 위치 기반 기법을 적용하여 센서 네트워크를 구성하는 노드들의 수명을 늘리기 위한 조건을 분석한 후 수명 연장을 위한 요인들을 도출하였다. 도출된 요인들은 CH(Cluster Head) 선출 방안, 각각의 CH에서 BS(Base Station)까지의 경로 선정 방안 등이 포함되며 실험을 통해 검증된 최적의 결과 및 방안을 적용하여 클러스터링 기반의 WSN 구성 방안을 제안하였다.

## A WSN(Wireless Sensor Network) Building Scheme using Clustering and Location information

Kim Jinsoo\*, Kwon Hyukjin\*, Shin Dongkyoo\*, Hong Sunghoon\*

## ABSTRACT

Recently, the need of researches and developments about WSN(Wireless Sensor Network) technologies, which can be applied to services that require continuous monitoring or services to specific areas where accesses are limited, has gradually increased due to their expansion of application areas and the improvement of the efficiency. Especially, in the defense field, researches on the latest IT technologies including sensor network areas are actively conducted as an alternative to avoid the risk factors that can be occurred when personnel are put in, such as boundary and surveillance reconnaissance and to utilize personnel efficiently. In this paper, we analyze the conditions for increasing the life span of sensing nodes that make up sensor network by applying clustering and location-based techniques and derived the factors for extending the life span of them. The derived factors include CH(Cluster Head) election scheme and optimal path selection from CH to BS (Base Station). We proposed final scheme using derived factors and verified it through simulation experiments.

**Key words** : WSN(Wireless Sensor Network), CH(Cluster Head), BS(Base Station), Cluster-based Routing Protocol, Location-based Routing Protocol

## 1. 서론

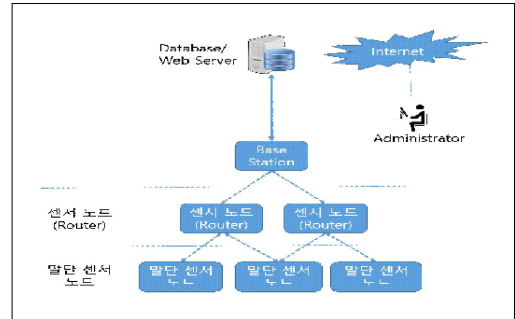
WSN(Wireless Sensor Network) 기술은 지리적 물리적 요인으로 인해 접근이 어렵거나 지속적인 모니터링이 필요한 응용 분야에 적합한 기술로 최근 관련 기술의 발전, 응용 분야의 확대 및 효율 증가로 인해 그 중요성이 부각되고 있는 분야이다. 특히 저전력 기반의 다양한 센서 관련 기술로 인해 WSN의 응용 분야를 대규모의 제조업을 포함한 민간 분야, 감시정찰을 목적으로 하는 국방 분야, 자연재해로 인한 피해를 최소화하기 위한 자연재해 대처 분야 및 사회 안전망 관련 분야로 확대하고 있다.

국방 분야에서 센서 네트워크 활용 사례는 유비쿼터스 센서 네트워크(USN: Ubiquitous Sensor Network) 기술을 이용한 무인 경계 시스템이 있다. 이와 관련하여 GOP 전역에 무인경계시스템 구축을 위해 ‘감시정찰 센서네트워크(SRSN: Surveillance and Reconnaissance Sensor Network)에 대한 연구가 진행 중이다[1]. SRSN는 센서의 기능에 따라 필요한 센싱 정보를 실시간으로 전송하는 센서 네트워크 기술을 감시정찰 분야에 적용한 시스템이다.

SRSN에 적용되는 센서 네트워크 시스템의 일반적인 물리적 구성은 (그림 1)과 같이 필요한 데이터를 수집하는 센서 노드, BS(Base Station 또는 Sinkhole) 및 데이터베이스/웹 서버 등으로 구성된다. 센서 노드는 자기, 음향, 진동, 온도 등의 정보를 획득한 후 BS로 데이터를 전송하는 기능을 수행한다.

일반적인 WSN 시스템의 물리적 구성은 다음과 같다. BS로 직접 데이터를 전송하는 센서 노드는 라우터 또는 게이트웨이로 분류하고 라우터 또는 게이트웨이로 데이터를 전송하는 센서 노드는 말단 노드로 분류한다. 라우터 또는 게이트웨이에 해당하는 센서 노드들은 라우팅 프로토콜의 설계 및 구현 시 말단 노드들의 데이터를 통합하는 기능을 적용하여 의미 없는 데이터의 송수신을 줄일 수 있다. 이와 별개로 BS는 센서 노드의 데이터를 수신하여 데이터베이스 서버로 전송하는 기능을 수행하며 일반적인 센서 노드와 달리 상시 전원을

사용하므로 데이터 송수신 시 발생하는 에너지의 소모에 영향을 받지 않고 작동한다. 데이터베이스/웹 서버는 BS에서 수신한 데이터를 분석하여 경계 및 감시 정찰 정보 등 해당 서비스에서 원하는 결과를 도출하고 이를 웹 서버를 통하여 관리자에게 제공하는 기능을 수행한다.



(그림 1) WSN 물리적 구조

본 연구에서는 WSN의 물리적 구조를 반영하여 센서 노드들과 BS간의 데이터 송수신 시 에너지 소모를 줄이고 이를 통해 노드들의 수명과 전체 센서 네트워크의 서비스 기간을 늘리는 방안을 제시한다.

이를 위한 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구로 센서 노드의 에너지 소모를 줄이기 위한 라우팅 방안들을 살펴보고, 3장에서는 센서 노드들의 에너지 소모를 줄이기 위한 라우팅 방안을 제안한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안 방안의 성능을 검증하고 5장에서 결론 및 향후 과제를 기술한다.

## 2. 관련 연구

WSN 연구는 주요 구성요소인 센서 노드의 성능개선을 통한 WSN 시스템 성능 향상 방안과 라우팅 개선 등 데이터 송수신 시 발생하는 에너지 소모의 감소를 통한 성능 향상 방안으로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 라우팅의 개선을 통한 WSN의 수명 향상 방안을 제안하였으므로 WSN을 위해 제안된 라우팅 프로토콜들을 비교하고 분석한다.

WSN 라우팅 프로토콜은 평면 기반 프로토콜(Flat Based Protocol), 계층 기반 프로토콜(Hierarchy Based Protocol) 및 위치 기반 프로토콜(Location Based Protocol)로 구분되며 각각의 구성 방안 및 장단점을 포함한 특징은 다음과 같다.

## 2.1 평면 기반 프로토콜

평면 기반 프로토콜에서 각각의 센서 노드는 동일한 역할 및 기능을 수행하며 데이터 수집을 위해 이웃 노드와 협업하는 기능 또한 포함되어 있다. BS로의 데이터 전송은 이웃의 인접 노드들과 제어 정보를 교환하여 전송 경로를 설정하고 설정된 경로를 통해 데이터를 전송한다. 평면 기반 프로토콜을 적용한 대표적인 프로토콜은 SPIN[2][3]과 Direct Diffusion[4][5]이 있다.

SPIN은 메타데이터란 개념을 도입하여 이웃 센서 노드 간 데이터 교환 시 유용한 데이터만 전송되도록 하는 협상 기법을 사용하며 이를 이용하여 Flooding 전송 시 평면 기반 프로토콜에서 발생하는 Implosion과 Overlapping 문제를 최소화하였다. SPIN은 개별 센서 노드는 바로 이웃 노드에 대한 정보만 보유하고 있으면 되고 매우 간단한 프로토콜이나 목적지가 멀리 존재하고 그 중간의 센서 노드가 데이터 전송을 요청하지 않을 경우 데이터를 목적지까지 데이터를 전송하지 못하는 경우가 발생할 수 있는 단점을 가지고 있다.

Direct Diffusion은 BS로부터 발생한 interest 문의를 이용하여 요청을 전파하고 interest와 일치한 이벤트를 가진 센서 노드로부터의 보고를 통해 데이터가 전송되는 데이터 중심의 라우팅 프로토콜이다. 더불어 interest의 전파 경로인 그래디언트(Gradient)와 역방향으로 생성된 경로의 보장 기능을 적용하여 센서 노드로부터 BS까지 경로를 설정한다. 따라서 BS의 요청 내용이 지속적인 경우 경로 보장을 통해 설정된 경로로 데이터가 전송되므로 적절하게 사용될 수 있으나 요청이 일회성일 경우 지속적인 interest 문 의와 경로 보장이 필요하므로 적절히 사용되기 어려운 단점을 가지고 있다.

## 2.2 계층 기반 프로토콜

계층 기반 프로토콜은 전체 네트워크를 클러스터라 불리는 몇 개의 그룹으로 나눈 후 개별 클러스터를 대표하는 CH(Cluster Head)를 선정하고 CH가 해당 클러스터를 대표하여 데이터를 전송하는 방법을 이용한다. 즉 CH는 데이터 수집 및 해당 클러스터 내의 일반 센서 노드들이 수집한 데이터를 수신한 후 데이터 통합(Data Aggregation)하여 BS로 전송하는 기능을 수행한다. 따라서 CH는 일반 센서 노드들에 비해 에너지 소모 측면에서 문제가 발생할 수 있으며 이의 해결을 위해 CH의 선정, CH 역할을 담당하는 기간 등을 고려하여 CH를 변경하는 기능이 필요하며 더불어 전체 네트워크에서 필요한 클러스터 수의 도출 및 클러스터 범위 등에 대한 고려가 필요하다. 계층 기반 프로토콜의 대표적인 예는 LEACH[6]와 EECU[7]이 있다.

LEACH는 WSN을 위한 계층 기반 프로토콜의 시초로 전체 네트워크를 클러스터링하여 그룹화한 이후 개별 클러스터를 위한 CH를 선정한다. 이때 CH는 클러스터 내의 모든 센서 노드를 관리하며 센서 노드들이 전송한 데이터를 통합하여 BS로 전송한다. 따라서 CH는 일반 센서 노드에 비해 많은 에너지를 소모하며 이를 해결하기 위해 매 라운드 별 별도의 CH를 선정한다. LEACH에서 CH 선정 시 해당 클러스터의 모든 센서 노드들이 균등하게 CH로 선정될 자격을 가지며 이로 인해 모든 센서 노드들이 균등하게 에너지를 소모하게 된다. 그러나 LEACH는 센서 노드의 물리적 위치에 따른 에너지 소모 정도를 CH 선정 시 반영하지 못하는 약점을 가지고 있다.

EEUC는 BS와 센서 노드들의 거리를 기반으로 BS에 가까이 위치하는 클러스터는 다른 클러스터에 비해 작은 범위를 가지게 클러스터를 구성한다. 이는 BS에 가까운 클러스터의 CH는 다른 CH에서 BS로 전송되는 데이터의 릴레이 기능을 수행하므로 에너지 소모가 크기 때문이다. 그러나 EEUC는 BS와 가까운 센서 노드들이 균등하게 분포될 경우 원활하게 동작하지만 그렇지 않을 경우 BS와 인접한 센서 노드들의 에너지가 급격히 소모되는 단점이 있다.

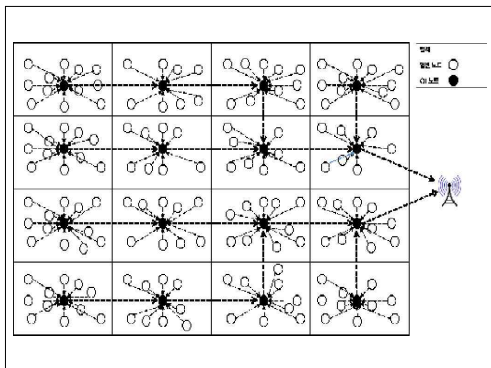
### 2.3 위치 기반 프로토콜

위치 기반 프로토콜은 센서 노드 및 BS의 위치 정보를 이용하여 수집 데이터의 전송경로를 설정한다. 따라서 위치 기반 프로토콜은 경로 설정이나 유지를 위한 별도의 에너지 소모가 필요하지 않고 대역폭의 소모를 최소화할 수 있는 프로토콜로 GEAR[8]등이 대표적인 예이다.

GEAR는 BS에서 목표 지역으로 패킷을 전송하는 단계와 목표 지역 내부에서 패킷을 전파하는 단계로 구분된다. BS에서 목표 지역으로 패킷 전송 시에는 학습 비용과 예측 비용의 개념을 사용하여 이웃한 센서 노드들이 에너지를 균등히 사용하도록 점진적 라우팅을 사용한다. 지역 내부에서 패킷 전파 단계에서는 에너지 소모가 심한 flooding 대신 위치 정보를 활용한 재귀 전송 기법을 적용한다. 재귀 전송 기법은 목표 지역을 하부 지역(Sub-region)으로 나눈 후 각 하부 지역으로 패킷을 복사하여 전파하는 방법이다. 그러나 목표 지역의 센서 노드의 밀도가 낮고 센서 노드의 통신 범위가 하부 지역 전체에 미치지 못할 시 패킷의 홉 카운트를 1이나 2로 제한하여 flooding 하는 제한적 flooding을 이용하여 지역 내부에서 패킷 전파를 수행한다.

## 3. 제안 기법

### 3.1 WSN 동작 과정



(그림 2) WSN 동작 과정

제안하는 WSN 라우팅 방안은 클러스터 기반

프로토콜과 위치 기반 프로토콜을 동시에 적용한다. 클러스터의 선정은 위치 기반 프로토콜의 도입으로 인해 격자형으로 미리 설정할 수 있으며 각 노드는 획득한 위치 정보를 기반으로 해당 클러스터 정보를 수집한 후 CH를 설정하여 수집된 정보를 해당 클러스터의 CH로 전송한다. CH는 이를 통합하여 BS로 전송하며 CH에서 BS로 데이터 전송 시 SPF(Shortest Path First) 알고리즘을 적용하여 원거리 전송 시 에너지 소모를 최소화한다.

### 3.2 WSN 구성 시 성능 개선 고려 사항

본 연구에서는 위치 정보를 기반으로 클러스터를 미리 설정하고 노드들이 속한 클러스터 정보를 획득할 수 있으므로 <표 1>과 같이 WSN의 성능에 영향을 미치는 요소를 도출하였으며 이에 대한 성능 개선을 위한 고려 사항은 다음과 같다.

<표 1> WSN 성능 개선 고려 사항

구분	고려 사항
CH 선정	- 센서 노드의 잔여 에너지 - 센서 노드의 위치(클러스터의 중앙과의 거리)
CH와 BS 간 경로 선정	- CH와 BS 간 직접 통신하는 경우와 다른 CH 경우 시 에너지 소비량

### 3.3 제안하는 라우팅 프로토콜

제안하는 라우팅 프로토콜은 각 노드들이 물리적 위치 및 속한 클러스터 정보를 미리 획득하고 있는 환경에서 에너지 소비를 최소화하고 노드들 사이의 에너지 소비를 고르게 분산하여 네트워크 수명 및 원활한 운영을 최대한 보장하기 위한 방안을 제시한다. 제안된 프로토콜은 CH 선정 단계, CH와 BS 간 경로 선정 단계 및 수집 데이터 전송 단계로 구분한다.

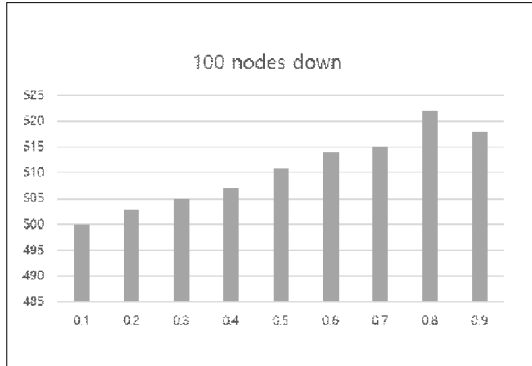
#### 3.3.1 CH 선정

제안 프로토콜은 LEACH와 같이 각 라운드 별로 동작한다. 각 클러스터 별 CH 선정은 <표 1> WSN 성능 개선 고려 사항에서 도출된 각 센서 노드의 잔여 에너지, 센서 노드의 위치를 고려하여

선정하며 이를 위해 다음과 같은 Score 함수를 도입하였다.

$$Score(CH_i) = \alpha E_i + (1 - \alpha) \frac{1}{D_i^2} \quad (1)$$

(수식 1)에서  $\alpha$ 는 클러스터 내의 센서 노드  $i$ 의 잔여 에너지 량,  $D_i$ 는 센서 노드  $i$ 와 클러스터 중앙과의 거리,  $(0 < \alpha < 1)$ 는 가중치를 의미한다. (수식 1)을 적용하여 각 클러스터 내에서 가장 높은 Score 값을 가진 노드가 CH로 선정된다. CH 노드 선정 시 가중치( $\alpha$ ) 선정은 제안하는 라우팅 프로토콜의 성능에 영향을 미칠 수 있으므로 다음과 같이 시뮬레이션을 수행하여 최적의 가중치를 선정하였다.



(그림 3) 가중치 별 100 노드 다운 시 라운드

(그림 3)은 가중치를 변경하면서 100개의 노드가 다운되는 라운드를 보여 준다. 측정 결과에 의하면 가중치( $\alpha$ )가 0.8인 경우 522라운드에서 100개의 노드가 다운되어 최적의 결과를 보여 주고 있다. 이에 기반하여 본 연구에서는 가중치( $\alpha$ )를 0.8로 적용하여 연구를 진행하였다.

### 3.3.2 CH와 BS간 경로 선정

CH 선정 이후 BS로 데이터를 전송하기 위한 경로 설정 단계가 필요하다. CH에서 BS로 데이터를 직접 전송 시 상대적으로 큰 전송 거리로 인해 전송 시 많은 에너지를 소모한다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 Dijkstra 알고리즘을 적용하여 CH에서 BS간 최단 전송경로를 선정한다. 이를 위

해 동작 과정은 다음과 같다.

- 1) CH로 선정된 노드들은 BS로 노드의 위치 정보를 전송
- 2) BS는 취합된 CH 노드들의 위치 정보를 활용하여 개별 CH에서 BS간 최단 전송 경로 계산
- 3) BS는 계산된 최단 경로(개별 CH의 Next hop)를 해당 CH로 전송

### 3.3.3 수집 데이터 전송

클러스터에 속한 노드들은 수집한 데이터를 해당 클러스터의 CH로 전송하며 CH는 수신한 데이터를 취합하여 통합하는 과정을 수행한다. [9]에 의하면 WSN에서 소모되는 전체 에너지의 50% 이상이 데이터 전송 시에 발생한다. 따라서 CH에서 BS로 전송되는 데이터량을 줄이는 위한 취합 데이터의 통합 과정은 중요한 기능으로 인식된다. CH는 통합된 데이터를 BS로 전송하며 BS는 각 CH로부터 수신한 데이터를 취합하여 데이터베이스/웹 서버로 전송하여 서비스를 수행한다.

## 4. 성능 평가

제안하는 라우팅 프로토콜의 성능 평가를 위해 대표적 라우팅 프로토콜인 LEACH와 성능 분석을 수행하였다. 성능 평가 기준은 매 라운드별 전송 수행 후 생존 노드의 수, 생존 노드의 소모 에너지를 사용하였다.

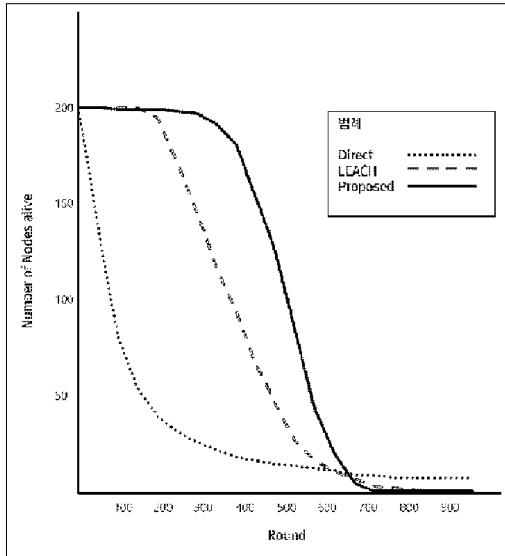
<표 2> 성능평가 환경변수

환경변수	값
BS(Base Station)	(210, 100)
노드 수	200
Initial energy/node	20J
$E_{elec}$	50nJ/bit
$E_{fs}$	7nJ/bit/ $m^2$
$E_{amp}$	100pJ/bit/ $m^2$
$E_{mp}$	0.0013pJ/bit/ $m^2$
Control Data Siz2e	10 Byte(80bit)
Packet Size	250 Byte(2000bit)

### 4.1 성능 평가 환경

시뮬레이션은 C 언어를 사용하여 진행하였으며 WSN의 범위는 200 X 200으로 설정하여 50 X 50의 범위를 가진 16개의 클러스터를 적용하였다. 센서 노드는 200개의 노드를 무작위적으로 배치하였고, BS는 고정된 위치를 정하여 성능 평가를 수행하였다. 더불어 무작위적인 노드 위치 선정으로 인해 발생하는 데이터 값의 편차를 줄이기 위해 성능 평가 결과는 100개의 토폴로지에서 수행한 값의 평균을 취하였다. 성능 평가에 사용된 주요 변수의 값은 <표 2> 와 같다.

### 4.2 성능 평가 결과 및 분석

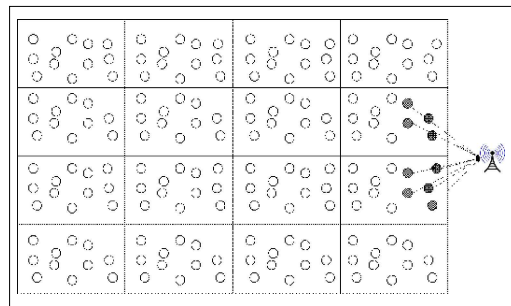


(그림 4) 라운드 별 생존 노드 수

제안 프로토콜의 성능 평가를 위해 Direct 통신, LEACH 프로토콜 및 제안 기법에 대하여 라운드 별 생존 노드 수를 비교 분석하였다. (그림 4)와 같이 Direct 통신 방안은 200라운드 수행 후 전체 노드의 20%인 39개의 노드가 생존한다. 이에 반해 제안 프로토콜 및 LEACH는 200라운드 수행 후 전체 노드의 95% 이상이 생존한다. 400라운드 수행 후 제안 프로토콜은 90%가 넘는 181개의 노드가 생존한 반면 LEACH는 47%인 94개의 노드가 생존하여 제안 프로토콜이 LEACH에 비해 43% 이상의 센서 노드가 생존하고 있음을 보여 준다.

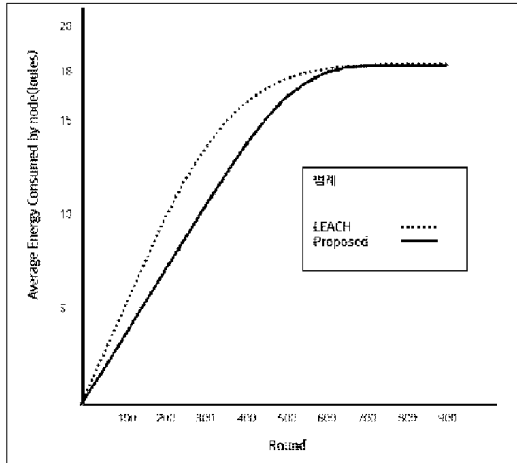
이는 400라운드까지 제안 프로토콜이 LEACH에 비해 에너지를 센서 노드에서 균등하게 그리고 효율적으로 사용하고 있기 때문이다. 제안 프로토콜과 LEACH의 생존 노드의 수가 동일한 시점은 700라운드 수행 시점이며 이 경우 두 방안 모두 3%의 노드가 생존하며 WSN의 서비스를 수행할 수 없는 상황이므로 큰 의미를 부여할 수 없다.

특이점은 700라운드 이후 Direct 통신방법은 LEACH나 제안 기법에 비해 더 많은 수의 노드가 생존한다. 그 이유는 (그림 5)와 같이 BS에 가까이 위치하고 있는 소수의 센서 노드들은 BS로 데이터 전송 시 비교적 작은 거리로 인해 에너지 소모가 크지 않기 때문이다. 그러나 생존해 있는 센서 노드는 전체 노드의 4.5%(9개)에 불과하며 이러한 상황에서는 WSN의 서비스를 원활히 수행할 수 없는 상황이다.



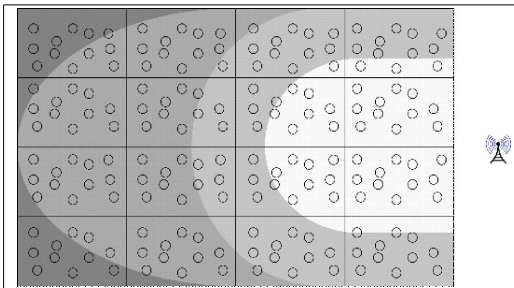
(그림 5) 700 라운드 이후 Direct 통신 노드 생존 노드 분포

(그림 6)은 라운드 당 각 노드의 평균 에너지 소모를 보이고 있다. 제안 프로토콜은 50라운드 이후 노드당 평균 LEACH에 비해 30~40% 적은 에너지를 소모하고 있으며 이러한 경향은 계속 이어져 300라운드 수행 후 LEACH에 비해 노드 당 평균 30% 이상 적은 에너지를 소모하고 있음을 알 수 있다. 이는 제안 프로토콜에서 센서 노드들이 LEACH에 비해 보다 균등하고 효율적으로 에너지를 사용하고 있음을 의미한다. 700라운드 수행 후 노드당 평균 에너지 소모량은 제안 프로토콜과 LEACH가 거의 비슷한 에너지 소모를 보이고 있으나 이 경우 두 프로토콜 모두 5% 이하의 센서 노드만 생존하고 있어서 WSN의 서비스는 수행할 수 없으며 큰 의미를 부여할 수 없다.



(그림 6) 라운드 당 노드 평균 에너지 소모

(그림 7)은 제안 프로토콜을 적용하여 400라운드 통신 수행 후 전체 센서 노드의 잔여 에너지 분포를 보여 준다. 이를 분석해 보면 클러스터가 BS에 가까이 위치할수록 해당 클러스터 내에 존재하는 센서 노드들의 잔여 에너지가 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 제안 프로토콜에서 BS와 거리가 상대적으로 멀리 위치한 CH들이 장거리 데이터 전송으로 인한 에너지 소모를 줄이기 위해 BS로 직접 데이터를 전송하지 않고 BS에 인접한 CH를 경유하여 데이터를 전송하기 때문이다. 즉 BS와 인접한 클러스터에 존재하는 노드들은 전체 다른 CH에서 BS로 전송한 데이터의 릴레이 전송을 위해 많은 양의 에너지를 소모하고 있음을 보여 준다.



(그림 7) 400라운드 수행 후 센서 노드의 잔여 에너지 분포(제안 프로토콜)

## 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 클러스터 기반 프로토콜과 위치 기반 프로토콜을 동시에 적용하여 WSN을 구성하는 센서 노드의 균등한 에너지 사용을 통한 수명 및 서비스 기간 연장 방안을 제시하였다. 제안 프로토콜의 성능 평가 및 분석을 위해 시뮬레이션 수행 결과 제안 프로토콜은 비교 대상 프로토콜인 LEACH에 비해 라운드 별 생존 노드 수, 라운드 별 노드 당 평균 에너지 소모량 측면에서 향상된 결과를 보였다. 이는 순차적으로 돌아가면서 CH를 선정하는 LEACH에 비해 제안 프로토콜은 센서 노드의 위치 정보 및 잔여 에너지를 기반으로 CH를 선정하므로 개별 센서 노드의 에너지를 보다 균등하게 그리고 효율적으로 사용하였음을 증명하였다. 또한 LEACH의 경우 모든 CH에서 직접 BS로 수집 데이터를 전송하는데 반해 제안 프로토콜은 CH에서 BS로 수집 데이터 전송 시 에너지 소모를 줄일 수 있는 CH가 중간에 존재하면 이를 경유하도록 하여 에너지 소모를 줄인 점도 시뮬레이션을 통하여 증명하였다.

그러나, 제안 프로토콜에서 개별 노드별 에너지 소비 분포를 보면 BS에 인접한 센서 노드들의 에너지 소모가 심하고 BS에서 멀어질수록 에너지 소모가 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 BS에 인접한 클러스터의 CH는 다른 CH가 BS로 전송하는 데이터를 지속적으로 릴레이 전송하면서 발생하는 현상이다. 이의 해결을 위해 향후 WSN의 전체 센서 노드의 수량 및 각 센서 노드의 위치 정보를 활용하여 최적의 클러스터 개수 및 클러스터의 범위를 설정하는 방안이 연구가 필요하다. 더불어 BS의 위치에 기반한 접근방안[10] 또한 제한 프로토콜에서 드러난 한계를 극복할 수 있는 방안으로 판단되어 두 가지 방안(클러스터의 개수 및 범위를 설정하는 방안, BS의 위치에 기반한 접근 방안) 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.

## 참고문헌

[1] 최지혜, 권태욱, "감시정찰 센서네트워크에서 세대규모 식별 기법", 한국군사과학기술학회지, 제13권, 제3호, pp. 438 - 444, 2010

[2] W. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks", Proc. 5th ACM/IEEE mobicom Conference (MobiCom '99), Seattle, WA, pp. 174-185, 1999.

[3] J. Kulik, W. Heinzelman, and H. Balakrishnan, "Negotiation-based protocols for disseminating information in wireless sensor networks", Wireless Networks, Volume: 8, pp. 169-185, 2002.

[4] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks", 6th ACM/IEEE International Conf. on Mobicom, Boston, ACM, pp. 56 - 67, 2000

[5] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, J. Heidemann, and F. Silva, "Directed Diffusion for WSN", IEEE/ACM, Vol. 11, Feb. 2003

[6] W.Heinzelman, A. CHandrakasan, and H.Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks", Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Science (HICSS '00), 2000

[7] C. Li, M. Ye, G.Chen, and J.Wu, "An Energy-Efficient Unequal Clustering Mechanism for Wireless Sensor Networks", Proceeding of the 2nd IEEE international Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems(MASS 2005), Nov. 2005.

[8] Y. Yu, R. Govindan, and D. Estrin, "Geographical and Energy Aware Routing: a recursive data dissemination protocol for wireless sensor networks",

[9] M.N.Halgamuge, M.Nukerman, and K. Ramamohanarao, "AN ESTIMATION OF SENSOR ENERGY CONSUMPTION", Progress in Electromagnetics Research B, Vol: 12, pp. 259-295, 2009

[10] 국중진, 박영충, 박병하, 홍지만, "센서 네트워크를 위한 싱크 위치 기반의 적응적 클러스터

링 프로토콜", 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제 16권 제 12호, pp.247 - 256, 2011년 12월

## [ 저자 소개 ]



김진수 (Jinsoo Kim)  
1990년 2월 학사  
2020년 2월 석사  
2013년 한국SW 전문기업협회 부회장  
2013년 한국융합정보산업협회 회장  
2008년 ~ 2016년 (주)택셀네트콤 대표이사  
2017년 ~ 현재 (주)네트콤정보통신 대표이사  
email : jskim@netcom.co.kr



권혁진 (Hyukjin Kwon)  
1989년 2월 학사  
1991년 2월 석사  
2000년 8월 박사  
email : khjsjy2001@hanmai.net



신동규 (DongKyo Shin)  
1986년 2월 학사  
1992년 2월 석사  
1997년 8월 박사  
email : shindk@sejong.ac.kr



홍성훈 (Sunghoon Hong)  
1996년 2월 학사  
1995년 ~ 2017년 (주)택셀네트콤  
2018년 ~ 현재 (주)네트콤정보통신  
기술연구소 재직중  
email : shhong@netcom.co.kr