

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.1.99>

JIIBC 2017-1-13

# 에너지 효율을 위한 무선센서 네트워크의 적응형 클러스터링 알고리즘

## An Adaptive Clustering Algorithm of Wireless Sensor Networks for Energy Efficiency

조영복\*, 이상호\*, 우성희\*\*

Young-bok Cho\*, Sang-ho Lee\*, Sung-Hee Woo\*\*

**요약** WSN환경에서는 센서노드들은 수집한 데이터를 클러스터헤더노드로 전송하고 클러스터 헤더는 전달받은 데이터를 취합하여 기지국으로 전송하게 된다. 이 과정에서 센서노드가 클러스터헤더로 선출되어 많은 에너지를 소비하게 되는 문제를 고려하지 않을 수 없다. 따라서 이미 배포된 센서필드를 기준으로 에너지 효율적인 클러스터링 알고리즘을 적용함으로써 전체 네트워크의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 센서 필드의 환경을 이용한 클러스터 알고리즘을 자동 선별하는 기법을 제안하였다. 실험 결과 제안알고리즘을 이용해 실험한 결과 FDN은 약 3배 연장함을 실험을 통해 증명하였다. 또한 네트워크 에너지는 기존 방식보다 최대 30% 연장하여 센서네트워크의 신뢰성을 향상시켰다.

**Abstract** In the WSN environment, the sensor node is selected as the cluster header and consumes a lot of energy. Therefore, we proposed a method to automatically select a cluster algorithm using the sensor field environment that can improve the reliability of the whole network by applying an energy efficient clustering algorithm based on already deployed sensor field. Experimental results show that FDN is extended about 3 times by using the proposed algorithm. In addition, the network energy is extended by up to 30% compared to the conventional method, thereby improving the reliability of the sensor network.

**Key Words** : Wireless Sensor Network, Life Time of Node, Clustering, Cluster Header

### 1. 서 론

최근 무선 네트워크 기술의 급속한 발전과 더불어 응용 범위와 빈도가 급격히 증가 하고 있다. 최근 소형의 센서들을 이용한 무선 센서 네트워크(WSNs)의 연구는 산업용, 군사용, 의료용 등의 많은 응용 분야에서 각광받고 있다. 무선 센서 네트워크의 응용에는 건물이나 교량

등의 안전 관리, 군사적인 목표물 추적 및 감시, 의료용 생체공학 등이 있으며, 특히 센서 노드들은 제한된 에너지, 짧은 통신 범위, 낮은 대역폭, 적은 메모리 등의 제한된 자원을 갖기 때문에 응용에 따라 최적의 프로토콜 설계가 요구된다. 즉, 다수의 센서 노드가 주변 환경 정보를 취득하여 주기적으로 보고하는 환경 모니터링 응용과 산물 탐지와 같이 불특정한 시간에 이벤트가 발생하는 응

\*정회원, 충북대학교 소프트웨어학과

\*\*정회원, 한국교통대학교 의료정보공학과

접수일자 2016년 11월 29일, 수정완료 2017년 1월 3일

게재확정일자 2017년 2월 3일

Received: 29 November, 2016 / Revised: 3 January, 2017 /

Accepted: 3 February, 2017

\*\*Corresponding Author: shwoo@ut.ac.kr

Dept. of Medical IT Engineering, Chungbuk National University, Korea

용의 프로토콜 설계는 달라야 한다. 무선 센서 네트워크에서 고려해야 할 중요한 요소는 에너지 효율이다. 보통 센서 노드들은 사람이 접근하기 힘든 환경에 설치되어 동작하고, 노드의 소형화를 위해 제한된 용량의 배터리를 사용한다. 다시 말해, 센서 노드의 배터리 교환이 어렵기 때문에 센서 네트워크의 에너지 효율은 네트워크의 전체 수명에 직접적인 영향을 미친다. 이러한 문제를 해결하기 위해 효율적인 알고리즘의 연구가 필요하다. 일반적으로 계층적 구조를 갖는 클러스터링 알고리즘은 클러스터 헤드와 클러스터 멤버로 구성되며, 클러스터 멤버가 생성한 데이터를 클러스터 헤드가 수집 및 통합(Data Aggregation)하여 중복된 데이터 전송으로 인한 에너지 소모를 줄인다[2]. 무선 센서 네트워크의 데이터 전송 모델은 응용에 따라 연속(continuous), 쿼리 구동형(query-driven), 이벤트 구동형(event-driven) 데이터 전송 모델로 분류할 수 있다<sup>[1,2,3]</sup>. 먼저, 연속 데이터 전송 모델은 환경 모니터링과 같이 주변 환경의 온도, 습도 등의 정보를 탐지한 데이터를 연속적으로 전송하는 모델이고, 쿼리 구동형 데이터 전송 모델은 Sink 노드의 질의에 따라 각 센서 노드들이 적절한 기능을 수행하고 그 결과에 대한 응답을 전송하는 모델이다. 마지막으로 이벤트 구동형 데이터 전송 모델은 평소에는 동작하지 않고 있다가 이벤트가 발생했을 때 그 정보를 Sink 노드로 데이터를 전송하는 모델이다. 본 논문은 군사 환경을 고려한 감시·정찰 응용으로서, 적의 침입이 예상되는 지역에 성능이 동일한 무선 센서 노드들을 고정된 위치에 설치하여 침입자를 감시 및 추적한다. 이와 같이 감시·정찰 응용에서 같은 이벤트를 탐지한 센서 노드들은 데이터가 지역적, 폭발적으로 발생하기 때문에 각 노드가 자신의 데이터를 개별적으로 전송하는 것 보다는 클러스터링 알고리즘의 장점인 Data Aggregation을 이용하면 에너지 효율을 높일 수 있다. 하지만 대표적인 클러스터링 알고리즘인 LEACH<sup>[4]</sup>를 비롯한 기존의 고정형(static) 클러스터링 알고리즘은 다음과 같은 문제점이 발생한다. 첫째로, 이벤트가 드물게 발생함에도 불구하고 클러스터를 형성, 유지하기 위한 오버헤드가 발생한다. 둘째로, 침입자의 움직임에 고려하지 않고 센서 노드들을 미리 그룹화하기 때문에 침입자의 움직임에 비효율적이다. 마지막으로 클러스터 경계에서 이벤트가 발생할 경우 불필요한 클러스터의 동작으로 비효율적인 에너지 소모가 발생하는 Boundary Problem[5]이 발생한다.

## II. 관련연구

센서 네트워크의 클러스터링 알고리즘은 조밀하고 무작위로 설치된 센서 노드들을 계층적으로 연결한 클러스터 헤드와 클러스터 멤버로 구성된 클러스터 단위의 통신 방법이다. 이렇게 구성된 클러스터링 알고리즘은 비계층적 네트워크에 비해 다음 과 같은 이유로 에너지 효율이 높다<sup>[4]</sup>.

첫 번째로 클러스터를 구성하지 않은 네트워크에서는 모든 노드들이 Sink 노드로 각각 데이터를 전송하기 때문에 각 노드에서의 충돌과 재전송으로 인하여 혼잡도가 증가한다.

두 번째로 클러스터 헤드는 자신의 클러스터 멤버들과 통신을 지역적으로 관리할 수 있다. 예를 들어 LEACH와 같이 클러스터 헤드와 클러스터 멤버 간의 통신을 TDMA를 이용한다면 데이터 전송 시 충돌을 줄여 재전송 횟수를 줄일 수 있고, 할당된 Time Slot에만 데이터 전송이 이루어지므로 에너지 소모를 줄일 수 있다.

대표적인 클러스터링 알고리즘은 LEACH, HEED[6] 등이 있다. 또한 에너지 소모의 균형을 맞추기 위해 매 round의 set-up phase 마다 새로운 클러스터 헤드를 선정한다. steady-state phase는 실질적 데이터 전송단계이다. HEED는 각 노드가 에너지 잔량과 이웃노드와의 가까움 정도를 이용한 확률로 클러스터헤드를 선출한다. 그 후 클러스터 헤드의 부하를 줄이기 위해 클러스터를 재구성하는 과정을 반복한다. 이와 같은 기존의 클러스터링 알고리즘은 에너지효율을 위해 주기적으로 클러스터를 재구성하여 센서 노드의 에너지를 균등하게 소비하도록 하였지만, 본 논문에서 고려하는 이벤트 구동형(event-driven)전송 모델의 감시·정찰 응용에서 움직이는 타깃을 고려하지 않고 클러스터가 구성되기 때문에 오히려 비효율적인 에너지 소모를 초래한다. 따라서 이러한 문제를 개선하기 위해 이벤트 구동형 전송 모델에 맞도록 기존의 클러스터링 알고리즘을 개선하는 연구가 진행되고 있다<sup>[4,7,8,9]</sup>.

LEACH프로토콜은 노드 간의 에너지 소모를 균등하게 하기 위해 확률을 기반으로 하여 헤더를 선출하는 방법으로 클러스터가 재구성되고 이를 기반으로 통신이 이뤄지기까지를 라운드라 정의한다<sup>[2]</sup>. 그림 1은 센서노드의 구조로 에너지 소비 파라미터의 구성은 나타낸 것이다. 그림 2는 제시된 것처럼 해당지역에 뿌려진 수백에서 수

천 개의 센서 노드들을 몇 개의 클러스터로 그룹화 한다. 각각의 클러스터는 헤드와 멤버 노드들로 구성된다<sup>[6,7,8]</sup>.

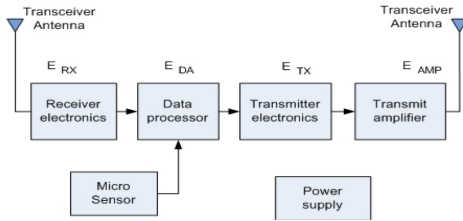


그림 1. 센서 노드의 구조와 에너지 소비 파라미터  
 Fig. 1. Major components and associated energy cost parameters of a sensor node.

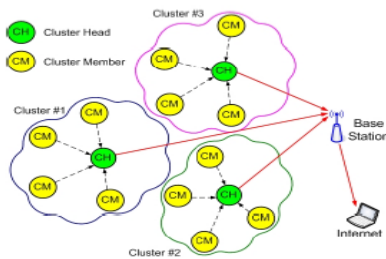


그림 2. WSN이 클러스터링 구성  
 Fig. 2. Clustering of WSN

LEACH의 동작은 라운드 단위로 이루어지며 매 라운드는 셋업과 안정 상태 단계로 나누어진다. 셋업 단계에서는 전체 네트워크가 클러스터 단위로 나누며 클러스터 헤드의 선택 및 선출된 클러스터 헤드의 공지 그리고 멤버 노드들의 전송 스케줄이 생성된다. 안정 상태 단계에서는 보고 받은 스케줄에 따라 멤버노드들이 자신이 속한 클러스터 헤드로의 전송이 이루어지며 클러스터 헤드의 데이터 병합, 압축 그리고 이러한 데이터를 기지국으로 전송하는 과정이 포함된다. 셋업 과정에 포함된 클러스터 헤드 선택의 경우 모든 센서 노드들이 식 (1)에 제시되는 임계값  $T(n)$ 에 따라 클러스터 헤드를 선출하게 되며 이 임계값은 클러스터헤드가 될 확률  $p$ , 현재 라운드  $r$  그리고  $G$ 로 표현되는 지난  $1/p$  라운드 동안 클러스터 헤드가 아니었던 노드들의 집합에 기초하여 계산되는 값이다 [ ].

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - p \times (r \bmod \frac{1}{p})} & n \in G \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

(식 1)과 같이 헤드가 되기를 원하는 모든 센서 노드는 0과 1사이의 값을 선택해야 한다. 그래서 만약 이 랜덤 숫자가 임계값  $T(n)$  보다 작다면 그 센서 노드가 해당 라운드에 클러스터 헤드가 되는 방식이다. 이후 선출된 헤드들은 네트워크의 나머지 다른 노드들에게 자신의 선출됨을 알리는 메시지를 브로드캐스트하게 된다. 헤드가 아닌 노드들은 수신한 메시지의 신호강도를 바탕으로 자신이 속하게 될 클러스터를 결정한다. 자신이 포함될 클러스터 헤드에게 참여 메시지를 보내게 된다. 그러나 LEACH는 셋업 단계의 길이가 고정된 것이 아니기에 예기치 못한 충돌과 같은 상황은 셋업 단계의 지속시간을 지나치게 길게 할 수 있고 이 때문에 감지 서비스가 중단될 수 있다. 즉 센서들의 밀집 정도에 좌우되는 셋업 단계 시간 동안 안정적이지 못한 경우가 발생할 수 있다<sup>[4]</sup>. LEACH는 넓은 지역에서 각 센서들이 클러스터 헤드와 기지국으로 직접 데이터를 전송할 수 있는 단일 홉 라우팅을 사용하는 네트워크에 적용될 수 없다<sup>[5]</sup>. 클러스터 헤드의 선출이 임의로 이루어지기 때문에 LEACH 프로토콜은 헤드가 적절히 분포되었는지와 각 클러스터 헤드들이 균일하게 에너지를 소비하는지에 대한 보장을 할 수 없다. 동적인 클러스터링 기법을 사용하기에 에너지 소비를 증가시키는 클러스터 헤드 교체나 자신이 헤드로 선출됨을 알리는 공지와 같은 추가적인 오버헤드가 발생한다<sup>[4,9,10]</sup>.

### III. 에너지 효율을 고려한 상황 적응적 클러스터링 알고리즘

이 논문에서는 WSN의 생명주기 연장과 센서 노드의 에너지 효율성을 보장하기 위해 환경 적응적 클러스터링 알고리즘을 사용한다.

#### 1. 시스템 구성

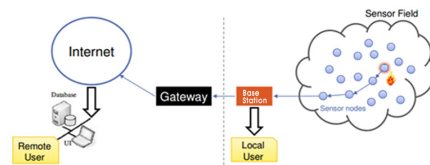


그림 3. 시스템 구성  
 Fig. 3. System Architecture

그림 3과 같이 이벤트를 감지한 멤버 노드가 클러스터 헤더에게 데이터를 전송하고 클러스터 헤더는 기지국에 전달한다. 기지국에 전달된 데이터는 유선망을 통해 화재 진압 프로토콜을 수행한다. 제안하는 기법은 기존과 같이 라운드라는 사이클을 갖지만 기존에는 준비단계에서 클러스터 헤더와 멤버 노드를 정해 클러스터를 생성하였다면 제안하는 기법은 준비 단계에서 기지국이 영역의 상황을 파악하고 클러스터링 알고리즘을 먼저 선택한다. 이 때 동일한 클러스터링 알고리즘이 배정될 수 있고 또한 이전과 다른 클러스터링 알고리즘이 배정될 수도 있다. 제안하는 기법의 순서도는 그림 4와 같다.

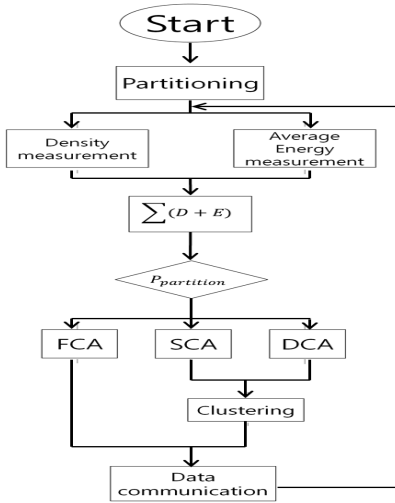


그림 4. 제안기법의 순서도  
Fig. 4. Flowchart of proposed schema

초기 센서노드가 배치되면 기지국은 센서 필드 중앙에 위치하고 센서 필드를 논리적으로 4개의 가상영역으로 분할한다. 기지국에 의해 분할된 센서 필드는 다시 작은 센서 필드가 되어 기지국과 통신하게 된다. 센서 필드를 4개의 분할영역으로 나눔으로 각 분할영역이 새로운 센서 필드가 되어 동적 클러스터링에서 다중 홉으로 문제를 해결하였던 전송 거리에 대한 문제가 해결된다.

## 2. 상황 적응적 클러스터링 알고리즘 선택기법

기지국은 초기 센서 필드를 논리적으로 4분할하고 분할 영역에 밀집도를 계산한다. 기지국은 계산된 밀집도를 기준으로 (식 2)와 같이 클러스터링 알고리즘을 배정한다.

$$Clustering\ Algorithm = \begin{cases} Static\ Clustering & \text{if, } d_{th} = d_{partition} \\ Fixed\ Clustering & \text{if, } d_{th} > d_{partition} \\ Dynamic\ Clustering & \text{if, } d_{th} < d_{partition} \end{cases} \quad (2)$$

$$d_{th} = \frac{N}{4}$$

클러스터는 분할 된 부분의 노드 밀집도( $d_{partition}$ )에 의해 결정된다. (식 2)의 임계치( $d_{th}$ )를 기준으로 초과일 때, 동적 클러스터링으로 동작하고, 동일할 경우는 정적 클러스터링, 미만의 경우에는 고정 클러스터링으로 동작한다. N은 전체 센서 필드 내 배치된 센서 노드의 총 개수이다. 클러스터 알고리즘이 초기 배정되고, 이후 라운드가 진행되면서 센서 필드는 시간이 흐르면서 노드 상태, 위치 등 변화로 인해 기지국은 주기적으로 센서 필드를 관찰하고 센서 필드 내의 상황에 따라 클러스터링 알고리즘이 변화한다. 즉 [그림 5]와 같이 주기적으로 각 분할 영역의 노드의 평균 에너지와 생존 노드의 밀집도를 재계산 후 결과에 따라 클러스터링 알고리즘을 재 할당한다.

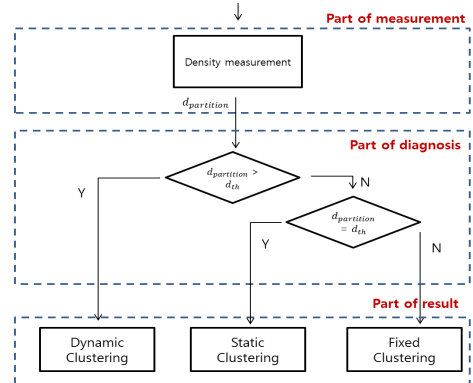


그림 5. 클러스터 알고리즘 선택 순서도  
Fig. 5. Flowchart of choose cluster algorithm

## 3. 동적 클러스터 헤더 선출 알고리즘

동적 클러스터링은 기지국에서 센서 필드를 분할하고 분할된 센서 필드의 밀집도를 계산한 후 밀집도( $d_{partition}$ )가  $d_{th} < d_{partition}$  조건에서 선택된다. 클러스터링 알고리즘이 선택되면 클러스터 헤더 선출을 위해 (식 3)을 이용한다.

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1-p \times (r \bmod \frac{1}{p})} \times P(RE) & n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$P(RE) = \begin{cases} \frac{E_{res} - E_{avg}}{E_{res}} & \text{if, } E_{res} > E_{avg} \\ 1 - E_{avg} & \text{otherwise} \end{cases}$$

선택한 임의의 수가  $T(n)$ 보다 작으면, 센서 노드는 클러스터 헤더가 된다. 모든 분할영역의 각 클러스터의 클러스터 헤더는 같은 클러스터 내 멤버노드들에게 데이터 전송 요청 메시지를 전송한다. 또한 클러스터 헤더로 선출된 센서 노드는 클러스터 내부에서 멤버노드를 관리하기 위해 주기적인 동기화 과정을 유지한다. 클러스터를 구성하는 멤버노드는 주변 데이터를 센싱하고 클러스터 헤더로 전달하면 클러스터 헤더는 멤버 노드에서 전달된 데이터를 모아 기지국으로 전달한다.

#### IV. 실험 및 결과

이 논문에서는 통신을 위한 에너지 소모를 계산하기 위해, 자유공간 모델과 송신기와 수신기 거리에 따라 다중경로 페이딩 모델을 사용한다.  $k$ -bit 메시지를  $d$ 거리 전송할 때 에너지와 거리 임계값은 (식 4)와 같다

$$E_{Tx}(k, d) = \begin{cases} (E_{elec} \times k) + (\epsilon_{fs} \times k \times d^4) & d \geq d_0 \\ (E_{elec} \times k) + (\epsilon_{mp} \times k \times d^2) & d < d_0 \end{cases} \quad (4)$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{\epsilon_{fs}}{\epsilon_{mp}}}$$

$E_{elec}$ 는 데이터 전송을 하는데 필요한 에너지  $\epsilon_{mp}$ 와 거리  $d$ 에 따라 송신 증폭기를 사용하는데 필요한 에너지  $\epsilon_{fs}$ 이다.  $k$ -bit의 메시지를 수신할 때 소비에너지는 (식 5)와 같다.

$$E_{Rx}(k) = E_{elec} \times k \quad (5)$$

클러스터 헤더는 (식 4)와 (식 5)를 이용해 데이터 전송 에너지를 계산한다. 제안 논문에서는 실제 WSN을 구현하기에 어려움이 많아 시뮬레이션 툴을 통해 실험환경을 Matlab 2010a를 이용해 구축하고 실험하였다.

표 1. 시나리오 환경  
 Table 1. Environment

Parameter	Value
R	Moving distens of node
v	바람의 세기
h	나무에 걸린 높이
g	중력 가속도

실험을 위한 실험 시나리오는 표 1과 같이 설정함으로 무작위로 배치하는 노드의 최악의 환경을 고려했다. (표

2)는 실험환경을 설명한 표로 네트워크 사이즈를  $100 \times 100$ 에서 노드수를 증가시켜 가면 네트워크의 밀집도에 변화를 주었다.

표 2. 실험환경  
 Table 2. Environment Test

Parameter	Value
Sensor Network Size	(100m * 100m)
Number of Node(n)	100, 500, 1000
BS Location	(50m, 50m)
Initial Energy	0.5J
$E_{elec}$	50 nJ/bit
$\epsilon_{fs}$	10 pJ/bit/
$\epsilon_{mp}$	0.0013 pJ/bit/
Data Packet Size(k)	8bit
$V_{sup}$	2.7V
$I_{sens}$	25mA
$T_{sens}$	0.5ms
$E_{agg}$	5 nJ/bit

그림 6 과 같이 센서 필드내에서 풍속으로 센서 노드의 위치이동이 발생시, 즉 현재 분할 영역에서 다른 분할영역으로 이동되어 분할영역의 환경변화가 발생되면 기존 선택된 알고리즘의 교체 가능성을 고려하였다. 즉 풍속에 의한 노드의 이동으로 발생하는 클러스터링 알고리즘의 변화를 고려하였다. 또한 제안 논문에서는 노드를 초기 배치하는 경우 바닥에 정상적으로 배치하지 못한 노드들이 바람의 영향으로 통신에 뒤늦은 참여가 이루어지는 경우를 가정하고 낙하를 위한 조건을 표 3과 같이 하였다

표 3. 최소풍속과 과실의 낙과율  
 Table 3. Minimum wind speed and fall rate

풍속(m/sec)	10	14	18	24	30
낙과율(%)	11.3	33.8	56.3	90	100

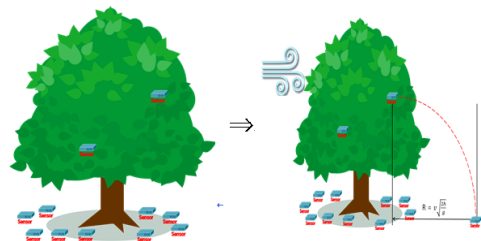


그림 6. 센서노드가 위치이동환경  
 Fig. 6. Moving location of sensor node

표 4은 실험 결과 제안하는 기법과 기존 클러스터링 기법에 대해 FDN 라운드와 마지막 라운드를 비교한 표이다. 제안 기법은 기존 기법과 비교하여 FDN이나 마지막 라운드가 많이 증가한 것을 확인 할 수 있다

표 4. 클러스터링 라운드 비교

Table 4. Compare of clustering rounds

		Fixed	Static	Dynamic
Old clustering scheme	FDN	297	206	20
	Final	499	257	1008
Our proposed scheme	FDN	487	-	887
	Final	1423	-	1573

에너지 효율성 비교를 위해 클러스터 헤더 에너지의 에너지 소비율을 실험하였다. (표 5)는 기존 제안된 고정 클러스터링 알고리즘과 이 논문의 제안 알고리즘을 실험한 결과 FDN(First Dead Node)의 라운드 발생 시점을 비교한 결과이다. 기존 고정 클러스터링 알고리즘은 약 10라운드에서 첫 노드가 에너지를 모두 고갈하는 결과를 보였으나 제안한 기법에서는 분할영역 3(P3)과 분할영역 4(P4)에서는 200라운드에서 FDN가 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

표 5. FDN 라운드 비교결과

Table 5. The compare result of FDN round

	N	P1	P2	P3	P4
Fixed Cluster	100	10	13	9	9
Proposed method	100	251(S)	325(D)	223(F)	223(F)
Proposed method	500	887(D)	888(D)	560(F)	415(F)

그러나 고정 클러스터링과 같은 클러스터링 알고리즘에서 일반적으로 FDN은 작업량이 많은 클러스터 헤더에서 발생된다. 클러스터 헤더가 FDN이 될 경우, 이후 라운드는 멤버 노드가 수집한 데이터의 병목 현상에 의해 기지국으로 전송되지 못하는 문제점을 갖는다. 따라서 제안 논문에서는 기존의 클러스터링 알고리즘(SPIN, VGDR, EEM-LEACH)을 실험한 결과 고정 클러스터링 알고리즘에서 심하게 병목 현상(헤더노드가 DEAD노드가 되어 멤버 노드들로 기지국과 통신이 불가)이 발생하는 것을 알 수 있었다. 따라서 고정 클러스터링보다는 동적 클러스터링에 의한 새로운 노드의 추가 및 밀집도를 고려하는 것이 에너지 효율에 효과적임을 실험을 통해 증명하였다. (그림 6)는 기존 알고리즘과 제안 방식을

동적 클러스터링으로 실험한 결과 라운드별 생존 노드를 나타낸 것이다. 또한 제안방식에서는 에너지 효율은 높이기 위해 센서필드를 초기 분할하고 분할영역에서 서로 다른 클러스터 알고리즘이 선택되어 동작함으로 전체 에너지 효율을 높일 수 있었다.

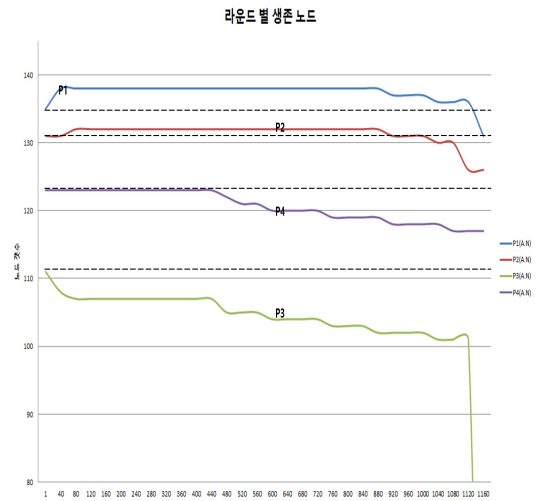


그림 7. 실험 결과

Fig. 7. Simulation result

## V. 결론

제안 논문은 WSN환경에서 센서노드가 클러스터헤더로 선출되는 경우 멤버노드뿐만 아니라 역할을 수행할 때보다 상대적으로 많은 에너지를 소비하게 되는데 센서노드는 배터리에 한계가 있기 때문에 통신단절 문제를 고려하지 않을 수 없다. 따라서 이미 배포된 센서필드를 기준으로 에너지 효율적인 클러스터링 알고리즘을 적용함으로 센서노드의 에너지 효율성을 높이고 WSN 환경에서 통신 단절을 방지함으로 전체 네트워크의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 센서 필드의 환경을 이용한 클러스터 알고리즘을 자동 선별하는 기법을 제안하였다. 실험결과 제안 알고리즘을 이용해 실험한 결과 기존 방식과 비교해 FDN은 약 3배 연장함을 실험을 통해 증명하였다. 또한 에너지의 효율적 사용으로 네트워크의 전체 생명주기를 기존 방식보다 최대 30% 연장하여 센서네트워크의 신뢰성을 향상시켰다.

## References

- [1] B. C. Jang, "Lifetime-based Clustering Communication Protocol for Wireless Sensor Networks", Journal of the Korea Academia Industrial cooperation Society, vol. 15, no. 4, pp.2370–2375, 2014.  
DOI : <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.4.23705>
- [2] J. I. Kong, J. H. Lee, J. H. Kang, D. S. Eom, "Energy Efficient Clustering Algorithm for Surveillance and Reconnaissance Applications in Wireless Sensor Networks", the journal of korean Institute of communications and information sciences, vol. 37, no.11, pp.1172–1183. 2012.  
DOI : <https://doi.org/10.7840/kics.2012.37C.11.1170>
- [3] Ji-Won Kim, Wan-Oh Yoon, Kang-Hee Kim, Chang-Ki Hong, Sang-Bang Choi. "The Dynamic Allocation Algorithm for Efficient Data Transmission in Wireless Sensor Network". The Institute of Electronics Engineers of Korea - Computer and Information, vol. 49, no.3, 62–73. 2012.  
DOI : <https://doi.org/10.7840/KICS.2011.36A.6.617>
- [4] Y. B Cho, S. H. Woo, S. H. Lee, "IDE-LEACH Protocol for Trust and Energy Efficient Operation of WSN Environment", The korean institute of communications and information sciences, vol.13, no.38B, pp.801–807
- [5] Eunju Kim, Dongjoo Kim, Dongook Seong, Jaesoo Yoo. "Min-Distance Hop Count based Balanced Multi-Hop Clustering in Non-uniform Wireless Sensors Networks". 한국정보과학회 학술발표논문집, vol.38, no.1A, pp.416–419, 2011.  
DOI : <https://doi.org/10.3745/KTCCS.2015.4.12.409>
- [6] Heinzelman, Wendi Rabiner, Joanna Kulik, and Hari Balakrishnan. "Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks." Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking. ACM, 1999.  
DOI : <https://doi.org/10.1145/313451.313529>
- [7] Luo, Haiyun, et al. "TTDD: Two-tier data dissemination in large-scale wireless sensor networks." Wireless networks vol. 11, no.1–2, pp.161–175, 2005.  
DOI : <https://doi.org/10.1007/s11276-004-4753-x>
- [8] Yu, Liyang, et al. "GROUP: A Grid-Clustering Routing Protocol for Wireless Sensor Networks." Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2006. WiCOM 2006. International Conference on. IEEE, 2006.  
DOI : <https://doi.org/10.1109/WiCOM.2006.287>
- [9] Khan, Abdul Waheed, et al. "VGDR: a virtual grid-based dynamic routes adjustment scheme for mobile sink-based wireless sensor networks." Sensors Journal, IEEE, vol. 15, no.1, pp.526–534, 2015.  
DOI : <https://doi.org/10.1109/JSEN.2014.2347137>
- [10] Y.M Kim, W.S Lee, O.S. Kwon, K.Jung and J.Y Lee, "Adaptive method for selecting Cluster Head according to the energy of the sensor node", the International Journal of Advanced Culture Technology, vol.14, no.2, pp19–26, 2016.  
DOI : <https://doi.org/10.17703/IJACT.2016.4.2.19>
- [11] C.H. Lee, J.Y.Lee, "Lifetime Improvement of Wireless Sensor Network using the Distribution of a Transmission Distance in the SEP", the journal of the institute of internet, Broadcasting and communication, vol15, no.5, pp.133–138,  
DOI : <https://doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.5.133>

## 저자 소개

### 조 영 복(정회원)



- 2012년 8월 : 충북대학교 전자계산학과 박사
- 2016년 2월 : 충북대학교 의학과 박사 과정 수료
- 2012년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 소프트웨어학과 초빙교수 교수

<주관심분야 : 무선센서네트워크 보안, 정보보안, 의료정보 관리학, 의료정보 보호, PHR, 웰리스>

### 이 상 호(정회원)



- 1989년 2월 : 숭실대학교 전자계산학과 박사
- 1981년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 소프트웨어학과 초빙교수 교수

### 우 성 희(정회원)



- 1993년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 석사
- 1999년 2월 : 충북대학교 전자계산학과 박사
- 현재 : 한국교통대학교 의료정보공학과 교수

<주관심분야 : 침입차단 및 방지, 의료정보보호, 정보보호, 컴퓨터네트워크>

※ Research Institute funded Korea Small and Medium Business Administration in 2016 and and This research was supported by the CHUNGBUK TECHNOPARK, Korea, under the (2016한양방응복합) support program (2016070793) supervised by the NIPA(National IT Industry Promotion Agency)