

## WSN환경에서 센서노드의 생명주기 연장을 위한 고정 분할 기법

한창수 · 조영복 · 우성희 · 이상호\*

### Fixed Partitioning Methods for Extending lifetime of sensor node for Wireless Sensor Networks

Chang-Su Han · Young-Bok Cho · Sung-Hee Woo · Sang-Ho Lee\*

Department of Computer Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

#### 요 약

WSN은 센서 노드에 의해 구성된 네트워크로, 센서 노드는 한번 배치되면 재충전하거나 위치적으로 재배치가 불가능하다. 또한 센서노드들은 제한된 에너지를 가지고 통신에 참여하게 된다. 그러나 기존 제안되었던 클러스터링 기법들은 불균일한 분포로 배치된 WSN환경에 적용 시 지역적 특징으로 통신 단절이 발생하는 문제점으로 네트워크의 신뢰성에 문제점을 갖는다. 따라서 제안 알고리즘에서는 WSN환경에서 센서노드의 불균형 배치를 고려해 센서필드를 분할하고 분할영역의 센서노드 밀집도에 따라 고정, 정적, 동적 클러스터링 알고리즘을 선별적으로 적용함으로 센서노드의 통신 참여율을 25% 향상시켰다. 그리고 전체 네트워크 생명주기는 14% 연장하여 네트워크의 신뢰성을 보장하였다.

#### ABSTRACT

WSN based on wireless sensor nodes, Sensor nodes can not be reassigned and recharged if they once placed. Each sensor node comes into being involved to a communication network with its limited energy. But the existing proposed clustering techniques, being applied to WSN environment with irregular dispersion of sensor nodes, have the network reliability issues which bring about a communication interruption with the local node feature of unbalanced distribution in WSN. Therefore, the communications participation of the sensor nodes in the suggested algorithm is extended by 25% as the sensor field divided in the light of the non-uniformed distribution of sensor nodes and a static or a dynamic clustering algorithm adopted according to its partition of sensor node density in WSN. And the entire network life cycle was extended by 14% to ensure the reliability of the network.

**키워드** : 계층적 라우팅 구조, 고정 클러스터링, 동적 클러스터링, 정적클러스터링

**Key word** : Hierarchical Routing Structure, Fixed clustering, Dynamic clustering, Static Clustering

Received 29 March 2016, Revised 04 April 2016, Accepted 27 April 2016

\* **Corresponding Author** Sang Ho Lee(E-mail : shlee@cbnu.ac.kr, Tel: +82-43-261-2253)  
Department of Computer Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

**Open Access** <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2016.20.5.942>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

WSN은 센서 노드에 의해 구성된 네트워크로 센서의 용도에 따라 센서 노드의 주변을 센싱하여 얻은 정보를 기지국(BS: Base-Station)으로 전송하는 기능을 갖고 있는 센서 들로 이러한 센서들은 자가 네트워크 구성 기능을 이용하고 있으며, 센서 노드는 한번 배치되면 재충전하거나 위치적으로 재배치가 불가능하다. 또한 센서노드들은 제한된 에너지를 가지고 통신에 참여하게 된다[1-3].

센서노드는 대부분의 에너지를 클러스터헤더와 통신을 유지하기 위한 시그널 전송이나 주변 데이터를 수집, 수집된 데이터를 클러스터헤더로 전달하는데 사용하게 된다. 그러나 센서노드는 에너지를 재충전할 수 없다는 문제점을 가지고 있기 때문에 일부 센서노드의 에너지 고갈은 전체 네트워크의 효율성을 저하시키는 문제점을 갖는다[4-6].

따라서 이 논문에서는 WSN의 환경에서 센서노드 밀집도를 이용해 클러스터링을 자동 선별하는 알고리즘을 이용해 센서노드의 에너지 소비를 최소화 하고 통신에 오랜 시간 참여할 수 있도록 지원한다. 기존 사용되는 방식과는 달리 하나의 네트워크에서 센서노드의 밀집도에 따라 고정, 정적, 동적 클러스터링을 다중으로 사용 가능하도록 함으로 네트워크의 운용성을 향상시켰다.

제안방식은 WSN의 센서필드를 분할하고 BS은 분할된 각 분할영역 마다 노드의 밀집도를 계산해 고정, 정적 또는 동적 클러스터링 알고리즘을 할당하고 라운드를 운영함으로 센서 노드의 에너지 효율성을 9% 높였고, 전체 네트워크 생명주기를 기존 방식보다 14% 높여 WSN 환경의 신뢰성 있는 통신을 제공함을 실험을 통해 증명하였다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로 계층형 구조 클러스터링 기법에 대해 설명한다. 3장에서는 이 논문에서 제안하는 WSN환경에서 센서 노드의 밀집도를 이용한 선별적 클러스터링 알고리즘 운영 방식에 대해 기술하고, 4장에서 제안방식을 Matlab 2010a 환경에서 실험 및 평가한다. 마지막으로 5장에서 논문의 결론과 향후 연구에 대해 기술한다.

## II. 본 론

### 2.1. 고정 클러스터링 기법

고정 클러스터링(Fixed Clustering)방법은 첫 클러스터링에 클러스터 헤더가 한번 정해지고 헤더 재 선출이 없는 클러스터의 방식이다. 이러한 클러스터링 방식은 SPIN Schema의 네트워크 구조와 유사하다. SPIN 라우팅 방법은 각 노드는 상위 노드에게 전송할 데이터가 있다는 ADV 메시지를 받아 수신여부에 따라 REQ메시지를 전송하여 데이터를 전송 받는다[7].

### 2.2. 정적 클러스터링 기법

정적 클러스터링(Static Clustering)은 고정된 클러스터 사이즈에서 멤버 노드와 클러스터 헤더가 헤더 재 선출과 데이터 전송과정을 반복한다. 정적 클러스터링 기법으로는 TTDD(Two-Tier Data Dissemination)와 GROUP(Grid-Clustering Routing Protocol) 그리고 VGDRA(Virtual Grid-based Dynamic Routes Adjustment Scheme)가 대표적으로 연구되고 있다 [1-3]. 정적 클러스터링 알고리즘 중 TTDD는 센서 필드를 일정한 크기의 고정 클러스터를 형성하고, 데이터를 수집하는 싱크 노드와 데이터를 전달하는 전송노드로 구성된 모바일 싱크 환경을 제공한다. 센서노드가 감지 대상을 발견하면 이웃하는 센서노드로 데이터 알림 메시지를 포워딩하고 데이터를 수신한 센서노드는 다시 이웃하는 센서노드로 데이터 알림 메시지를 포워딩하는 과정을 반복 수행하면서 센서필드 전체에 데이터 보고를 위한 메시지를 전달하고 전달된 메시지를 데이터 전송경로로 설정하게 된다. 그러나 TTDD는 싱크 노드가 이동성을 가지고 있어 싱크가 이동할 경우 싱크와 경로를 재설정해야하기 때문에 빈번한 위치정보 갱신으로 인한 센서 노드의 배터리 소모문제를 야기시킨다[1]. GROUP는 정적 클러스터 기반의 알고리즘이다. 프라이머리싱크(Primary Sink)에 따라 격자 그리드 클러스터를 생성하고 프라이머리싱크는 그리드 상에서 그리드중심(Grid-Seed)을 선출한다. 선출된 그리드 중심은 클러스터헤더(Cluster Header)를 선출하여 클러스터 헤더에서는 데이터 발생지에서 전송한 데이터를 받아 통합과정을 거친다. GROUP에서는 다수의 선출 과정이 있어 이러한 과정에서 에너지 소모가 많다는 문제점이 존재한다[2]. VGDRA는 센서필드를 클러스터헤더를 선정하고 클러

스터링을 통해 분할하는 모바일 싱크 환경을 제공한다. 클러스터 헤더 선정은 중앙점에 가까운 노드를 선택하고 헤더 간 라우팅 경로를 설정해 통신에 여하는 방식으로 고정된 클러스터 크기로 인해 재 클러스터링으로 인해 소비되는 에너지 소비량은 감소할 수 있지만 고정 크기의 클러스터로 인해 특정 지역에서 발생하는 통신 단절 문제로 인해 네트워크의 신뢰성에 문제점을 갖는다[3,8].

### 2.3. 동적 클러스터링 기법

동적 클러스터링(Dynamic Clustering)은 정적 클러스터링과는 반대로 클러스터의 사이즈나 멤버 노드들이 클러스터의 설정에 따라 변화 되는 환경을 갖는다. 즉, 동적 클러스터링은 Set-up 단계에서 헤더를 선출한 뒤 헤더를 중심으로 클러스터를 재설정하는 방법으로 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)와 HEED(Hybrid Energy-Efficient Distributed Clustering)가 대표적으로[9,10] 동적 클러스터 구조로 센서필드를 고정 크기로 분할하는 정적 클러스터링과는 다르게 센서노드의 분포나 에너지 크기, BS와의 거리 등을 고려해 가변적인 클러스터의 크기로 분할한다. LEACH 프로토콜은 계층형 기반의 라우팅 프로토콜로 센서노드의 균등한 에너지 소비를 목표로 클러스터 헤더를 선정하고 수집된 데이터를 병합하여 BS로 전달하고 BS와 먼 거리의 센서노드가 클러스터 헤더로 선출시 노드의 데이터 전달을 위한 오버헤드가 네트워크 전체 통신의 효율성에 문제점을 가져다 줄 수 있다는 문제점이 지적되고 있다[6,10].

HEED는 동적 클러스터링의 하나로 헤더 선출시 각 노드의 잔여 에너지량을 사용해 클러스터헤더를 선출하고 클러스터헤더를 선정하기 위해서는 전체 노드 중 클러스터 헤더의 비율과 노드들의 최대 에너지양으로 임의의 노드 잔여 에너지양을 나눈 값을 곱하여 결정하는 방식으로 클러스터헤더가 클러스터 그룹 내에 고르게 분배하지 않고, 클러스터 내의 모든 센서노드에 대해 클러스터헤더와의 전송값을 구해 비교해야 하는 오버헤드가 발생된다. LEACH-C 알고리즘은 기존의 LEACH 알고리즘이 갖고 있는 특성을 그대로 유지하고, 단지 클러스터 구성에서 클러스터 헤드 선출을 BS가 관여하는 알고리즘이다[11]. 그러나 첫째로 BS가 위치적으로 균등하게 클러스터를 형성하기 위한 센서의

절대적 위치정보가 필요하다는 문제이다. 이것은 센서 노드 자신의 위치 정보를 처리하기 위해 추가적인 통신 기술로 인한 부가적인 오버헤드가 발생할 수 있다. EEM-LEACH는 멀티 홉을 사용하여 BS에 가까운 클러스터 헤더에 부담을 증가 시켜 노드의 사망시간을 앞당기는 문제점을 해결하기 위해 Partitioning이란 개념을 사용하였다[12]. EEM-LEACH는 같은 동적 클러스터링의 경우 분할된 부분에서만 클러스터링을 하기 때문에 센서 필드를 축소시키는 효과를 가져와 노드들 간에 거리를 줄여 거리에 따른 에너지 소모를 문제를 해결하였다.

## III. WSN환경에서 센서노드의 생명주기 연장을 위한 고정 분할 기법

### 3.1. 제안 시스템

이 논문에서는 WSN의 환경에서 센서필드를 고정 분할하고 분할영역별 노드 밀집도를 이용해 클러스터링을 자동 선별하는 알고리즘을 제안한다. 다음은 논문에서 제안하는 환경을 다음과 같이 가정한다.

- 센서노드는 초기 임의로 배치되고 모든 노드는 고정으로 동작되고 센서 필드 가운데 BS를 설정한다.
- 센서노드가 데이터를 처리하거나 감지하는 데는 에너지 소비를 고려하지 않는다.
- 센서노드는 목적지 노드까지의 거리에 기본으로 자신의 송신 전력을 나타낸다.
- 분할영역은 센서필드를 나누어 클러스터를 구분한다.
- 고정 클러스터링은 분할된 부분의 전체를 클러스터로 사용하여 동작한다.
- 동적 클러스터링은 분할된 부분에서 여러 개의 클러스터를 생성하여 동작한다.

### 3.2. 센서필드의 분할과 클러스터링과 헤더선출

이 논문에서는 센서 필드를 센서노드 수(N)에 따라 일정한 크기로 센서 필드를 식 1과 같이 분할(K) 한다. 식 1에서 K는 분할된 센서필드를 나타내고, N은 전체 네트워크를 구성하는 센서 노드를 의미한다.

$$k = \begin{cases} 4 & N \times 0.05 \leq 6 \\ 9 & 6 < N \times 0.05 \leq 12 \\ 16 & 12 < N \times 0.05 \leq 20 \\ \vdots & \vdots \end{cases} \quad (1)$$

센서 필드가 분할된 후 BS는 분할영역의 밀집도를 계산하고 임계값과 비교한 후 사용할 알고리즘을 각 분할 영역에 할당한다. 각 분할 영역 별로 클러스터 헤더 선출을 하고 각 분할영역은 통신에 참여하게 된다. 각 분할된 영역에서 사용될 알고리즘 선택은 식 2와 같은 조건에서 이루어진다.

$$Cluster \ Algorithm = \begin{cases} if, d_{th} = \frac{N}{K} < d_{partition} \text{ then, } Static \\ if, d_{th} = \frac{N}{K} = d_{partition} \text{ then, } Fixed \\ if, d_{th} = \frac{N}{K} > d_{partition} \text{ then, } Dynamic \end{cases} \quad (2)$$

위 식 2에서  $d_{th} = \frac{N}{K}$ 의 임계값을 기준으로 분할영역의 밀집도가 초과일 때 정적 클러스터링 기법으로 동작되고, 동일한 경우 고정 클러스터링 기법으로 그리고 임계값보다 미만일 경우 동적으로 동작한다. 식 2에서 N은 센서필드 내 노드의 총 개수이고 K는 센서필드가 분할된 개수이다. 고정 클러스터링 알고리즘은 BS에서 센서필드를 분할하고 분할된 센서 필드의 노드 밀집도를 계산한 후 밀집도( $d_{partition}$ )가  $d_{th} = d_{partition}$  조건에서 선택된다. 다음 그림 1은 클러스터 헤더 선출을 위한 알고리즘이다.

```

j=1: % control index from the boundary
while chkwhile=0
for x=1:length(B(i),G)
if strcmp(B(i),G(x),life,'Alive') % Choose Alive Node
if B(i),G(x),xd >= (B(i),Xmid-((1/sqrt(Partition))*x)+(0.1*Weight(j))) && ...
B(i),G(x),xd <= (B(i),Xmid+((1/sqrt(Partition))*x)+(0.1*Weight(j))) && ...
B(i),G(x),yd >= (B(i),Ymid-((1/sqrt(Partition))*x)+(0.1*Weight(j))) && ...
B(i),G(x),yd <= (B(i),Ymid+((1/sqrt(Partition))*x)+(0.1*Weight(j))) && ...
% Register Header Node Candidate
end
end
end
if isempty(EachRound(i,r,CA)) % If Not have Header Candidate, increase Boundary
chkwhile=0;
j=j+1;
if j>=10
j=1;
end
else
chkwhile=1;
end
end
end
    
```

Fig. 1 Cluster Header Electing Algorithm

### 3.3. 제안 논문에서의 클러스터링과 데이터 전달

정적 클러스터링 알고리즘은 BS에서 센서필드를 분할하고 분할된 센서 필드의 노드 밀집도를 계산한 후 밀집도가  $d_{th} < d_{partition}$  조건에서 선택된다. 클러스터의 중심에서 임계 값 미만인 노드들만 선거에 참여하여 클러스터 헤더 선거에서 통신비용을 감소시킨다. 그러나 헤더 후보 노드가 클러스터의 중심 주위의 임계 거리 내에 발견 되지 않는 경우, 중심에서 임계 거리가 점차적으로 증가한다[3].

동적 클러스터링은 BS에서 센서필드를 분할하고 분할된 센서 필드의 노드 밀집도를 계산한 후 밀집도가  $d_{th} > d_{partition}$  조건에서 선택된다. 알고리즘이 선택 되면 클러스터 헤더선출을 위해 식 3을 이용한다. 동적 클러스터링 헤더 선출에 사용되는 수식은 표 1과 같다.

Table. 1 Description of Prameter

| Parameter | Description   |
|-----------|---|
| $p$       | Desired Percentage Of Cluster Headers   |
| $r$       | The Current Round   |
| $G$       | The Set Of Nodes That Have Not Become The Cluster Header In Last $1/p$ Rounds |
| $E_{res}$ | Residual Energy   |
| $E_{avg}$ | Average Energy Consumed By The Node $N$                                       |

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

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

제안 논문에서 그림 2에서 partition 단계에서 필드를 분할하고 Set-up 단계에서 클러스터링과정을 거쳐 데이터 전달은 steady state 단계에서 이루어진다. 각 클러스터의 클러스터 헤더는 같은 클러스터 내 멤버노드들에게 데이터전송 요청 메시지(request)를 전송한다. 또한 클러스터 헤더로 선출된 센서노드는 클러스터 내부에서 멤버 노드를 관리하기 위해 주기적인 동기화 과정을 유지한다.

클러스터를 구성하는 멤버노드는 주변 데이터를 수집해 클러스터 헤더로 주기적으로 전달하고 클러스터 헤더는 전송된 데이터를 모아 BS로 전달한다.



Fig. 2 Lifetime of Proposed Algorithm

#### IV. 실험 및 결과

제안 방식의 성능을 분석하기 위해 Matlab2010a 환경에서 센서노드를 50개부터 500개까지 증가시키며 센서필드 100\*100에 임의로 배치하고 BS를 통해 센서필드를 분할하였다. 표 2는 실험환경과 매개변수를 나타낸 것이다.

Table. 2 Simulation Environment

| Parameter           | Value                        |
|---------------------|------------------------------|
| Sensor Network Size | (100m * 100m)                |
| Number of Node(n)   | 50, 100, 500                 |
| BS Location         | (50m , 50m)                  |
| Initial Energy      | 0.5J/bit                     |
| $E_{elec}$          | 50 nJ/bit                    |
| $\epsilon_{fs}$     | 10 pJ/bit/m <sup>2</sup>     |
| $\epsilon_{mp}$     | 0.0013 pJ/bit/m <sup>4</sup> |
| Data Packet Size(k) | 8bit                         |

센서 필드를 노드 수에 따라 분할 한 센서 필드 내의 센서노드들 간에 에너지 불균형을 없애고 효율적인 센서 노드 운용을 위해 기존 계층적 방식과 제안 방식의 통신에 참여하는 센서노드를 비교해 본 결과 기존 방식은 하나의 센서필드에 클러스터링 알고리즘을 하나 선택하기 때문에 클러스터 마다 효율성이 서로 다르게 적용됨을 알 수 있었다. 또한 제안 알고리즘은 각 노드 수에 따라 에너지 효율성이 달리 나타남을 알 수 있었다. 또한 표 3과 같이 제안 알고리즘을 센서필드의 분할영역을 기준으로 적합한 알고리즘을 선별하여 할당하였

고 초기 실험환경을 동적 클러스터링을 이용해 통신에 참여시켜 시뮬레이션 한 결과 첫번째로 데드노드(dead node)가 발생하는 시점이 200라운드로 나타났다.

Table. 3 Node rate is participating in the communication in 200 rounds

| R200    | N=50                   |                    | N=100                  |                    | N=500                  |                    |
|---------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
|         | Hierarchical Algorithm | Proposed Algorithm | Hierarchical Algorithm | Proposed Algorithm | Hierarchical Algorithm | Proposed Algorithm |
| Fixed   | 82%                    | 68%                | 96%                    | 95%                | 95%                    | 94%                |
| Static  | 32%                    | 25%                | 52%                    | 62%                | 68%                    | 98%                |
| Dynamic | 100%                   | 44%                | 100%                   | 65%                | 15%                    | 62%                |

그림 3은 200라운드에서 통신에 참여하는 노드의 비율을 비교한 결과 제안 논문은 노드수가 증가할수록 각 분할영역에서 통신의 균일성을 보였다. 또한 각 분할영역에서 임의로 노드를 선택하고 제안 방식과 기존 방식을 비교한 결과 그림 4와 같다.

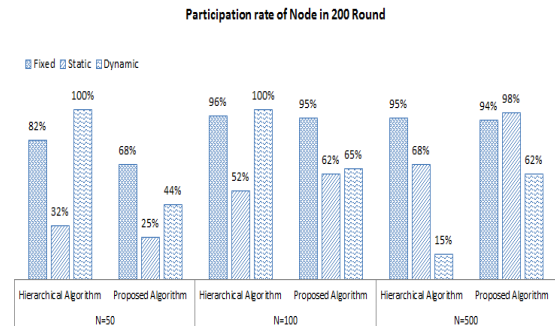


Fig. 3 Communication to Particpate in Average of Node Rate

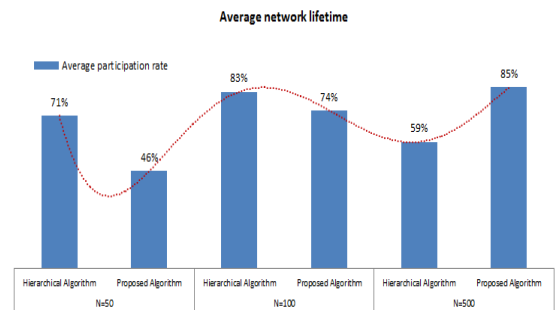


Fig. 4 The Average Lifetime in Network

기존 방식은 계층형 클러스터링 알고리즘들의 평균적인 결과이다. 제안 방식은 전체 센서노드의 수가 많을수록 효율적임을 알 수 있다. 제안 논문의 경우 각 분할된 영역별로 노드의 배치가 달라지고 달라진 배치에 따라 적합한 알고리즘이 선택되기 때문에 센서노드는 통신에 더 오랜 시간 참여할 수 있게 된다. 전체라운드에서 각 영역별로 임의의 노드를 선택하여 200라운드에서 평균에너지 소비량을 비교하였다.

실험 결과 그림 3과 같이 제안 방식의 경우 기존 방식처럼 동일한 클러스터링 알고리즘을 사용하는 경우보다 전체 에너지 소비측면에서는 3% 정도 낮은 결과를 보이지만 제안 논문에서는 전체적인 네트워크상에서 통신 단절을 회피한 방안으로는 기존 방식보다 노드수가 증가할수록 (N=100일 경우 9%, N=500인 경우 25%) 분할 영역들 간에 밸런스를 맞춰 통신의 신뢰성을 보장하였다. 또한 전체 네트워크 생명주기는 기존 방식보다 14% 향상됨을 실험을 통해 증명하였다.

## V. 결 론

일반적인 WSN 환경에서는 센서노드들은 센싱한 데이터를 클러스터 헤더노드로 전송하고 클러스터 헤더노드는 전달받은 데이터를 취합하여(data aggregation) BS로 전달하게 된다. 클러스터 헤더노드는 멤버노드 역할뿐만 아니라 릴레이 노드로써의 역할을 수행해야 한다. 따라서 WSN에 데이터 전달 시 거리는 에너지 소비에 비례하는데 센서노드의 배치는 무작위로 이루어 지는데 기존 방식들은 이미 배치된 센서필드를 고려하지 않고 있다.

따라서 제안 논문에서는 이미 배포된 센서필드를 기준으로 에너지 효율적인 클러스터링 알고리즘을 적용함으로 센서노드의 에너지 효율성을 높이고 WSN통신에 단절을 방지함으로 전체 네트워크의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 센서노드 밀집도를 이용한 클러스터 자동선별 알고리즘을 제안하였다. 실험결과 제안 알고리즘을 이용해 실험한 결과 기존 방식과 비교해 센서노드의 통신 참여율이 평균 25% 향상되었다. 또한 네트워크의 전체 생명주기는 평균 14% 연장하여 센서네트워크의 신뢰성을 향상시켰다.

## REFERENCES

- [ 1 ] M. A. Perillo, W. B. Heinzelman, "Wireless sensor network protocols," in *Fundamental Algorithms and Protocols for Wireless and Mobile Networks*, Eds. A. Boukerche et al., New York, CRC Hall Publishers, 2005.
- [ 2 ] Hyun-Duk Kim, Yeowoong Yoon, Won-Ik Choi, "Adaptive Mobile Sink Path Based Energy Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Network," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 36, no. 12, pp. 994-1005, Dec. 2011.
- [ 3 ] Y. B. Cho, S. H. Woo, S. H. Lee, "IDE-LEACH Protocol for Trust and Energy Efficient Operation of WSN Environment," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 38, no. 10, pp. 801-807, Sep. 2013.
- [ 4 ] Younis, Ossama, and Sonia Fahmy, "HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor networks," *The Journal of IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 3, no. 4, pp. 366-379, Oct.-Dec. 2004.
- [ 5 ] W. B. Heinzelman, "Application - Specific Protocol Architectures for Wireless Networks," Ph.. D. thesis, MIT, 2000.
- [ 6 ] C. S. Han, Y. B. Cho, S. H. Lee. "A cluster header selecting technique solved an energy unbalance problem in the fixed cluster method," in *Proceeding of the 3rd International Conference for Small & Medium Business*, Vietnam, pp 319-320, 2016.
- [ 7 ] J. Kulik, W. Heinzelman, H. Balakrishnan, "Negotiation-based protocols for disseminating information in wireless sensor networks," *The Journal of Wireless Networks*, vol. 8, no. 2/3, pp. 169- 185, Mar.-May. 2002.
- [ 8 ] Y. B. Cho, S. H. Lee "An IDE based Hierarchical Node Authentication Protocol for Secure Data Transmission in WSN Environment," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 37B, no. 3, pp. 149-157, Mar. 2012.
- [ 9 ] W. R. Heinzelman, J. Kulik, H. Balakrishnan, "Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks," in *Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking*, New York: NY, pp. 174-185, 1999.
- [10] F. Ye, H. Luo, J. Cheng, S. Lu, L. Zhang, "A two-tier data dissemination model for large-scale wireless sensor

networks," in *Proceedings of the 8th annual international conference on Mobile computing and networking*, New York: NY, pp. 148-159, 2002.

[11] J. N. Al-Karaki, A. E. Kamal, "Routing techniques in wireless sensor networks: a survey," *The Journal of IEEE Wireless communications*, vol. 11, no. 6, pp. 6-28, Dec.

2004.

[12] L. Yu, N. Wang, W. Zhang, C. Zheng, "GROUP: A Grid-Clustering Routing Protocol for Wireless Sensor Networks," in *Proceedings of International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, Wuhan, pp. 1-5, Sep. 2006.



**한창수(Chang-su Han)**

2016년 2월 충북대학교 컴퓨터과학과 석사수료  
※관심분야 : 컴퓨터네트워크, 센서네트워크, 네트워크보안



**조영복(Young-bok Kim)**

2006년 3월 충북대학교 전자계산학과 석사  
2012년 8월 충북대학교 전자계산학과 박사  
2012년 8월 ~ 현재 충북대학교전자정보대학 소프트웨어학과 초빙교수  
※관심분야 : 센서네트워크, 네트워크보안, 정보보안, 의료정보



**우성희 (Seng-hee Woo)**

1993년 2월 충북대학교 전자계산학과 석사  
1999년 2월 충북대학교 전자계산학과 박사  
1995년 9월 ~ 2005년 12월 제주과학기술대학교컴퓨터과학과 교수  
2006년 1월 ~ 현재 한국교통대학교 의료정보공학과교수  
※관심분야 : 침입차단 및 방지, 의료정보보호, 정보보안, 컴퓨터네트워크, 컴퓨터보안



**이상호 (Sang-ho Lee)**

1981년 2월 숭실대학교 전자계산학과 석사  
1989년 2월 숭실대학교 전자계산학과 박사  
1981년 3월 ~ 현재 충북대학교 전자정보대학 소프트웨어학과 교수  
※관심분야 : 네트워크보안, Protocol Engineering, Network Management