

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.5.139>

IIBC 2015-5-17

DL-LEACH : 무선 센서 네트워크를 위한 계층형 멀티 홉 라우팅 프로토콜

DL-LEACH: Hierarchical Dual-Hop Routing Protocol for Wireless Sensor Network

이창희*, 이종용**

Chang-Hee Lee*, Jong-Yong Lee**

요약 본 논문은 무선 센서 네트워크의 계층형 라우팅 프로토콜 중 대표적인 알고리즘인 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)의 원거리 전송 시의 에너지 효율이 급감하는 현상을 개선하기 위하여 DL-LEACH(Dual-hop Layered LEACH) 프로토콜을 제안한다. 이는, 데이터 전송에 듀얼 홉(dual hop : 싱글 홉 + 멀티 홉) 방식을 도입하여 근거리 전송에서는 부분적 싱글 홉 방식을, 원거리 전송에는 클러스터 헤드 간의 멀티 홉 전송 방식을 도입하였다. 제안된 DL-LEACH는 듀얼 홉 전송 방식을 사용하여 원거리 전송의 경우에는 클러스터 헤드의 에너지 소모를 줄이고, 근거리 전송의 경우에는 전송 루틴을 단순화하고 전송 거리를 줄여 센서 노드의 에너지 효율을 증가시켰다. 그러므로 일반적인 LEACH에 비교하여 넓은 센서 필드에 적합하다. 제안된 방법을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

Abstract This paper proposes to increase the node energy efficiency, which rapidly drops during the transmission of LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy), using the method of DL-LEACH (Dual-hop Layered LEACH). By introducing dual-hop method in the data transmission, the proposed single-hop method for short-range transmission and multi-hop transmission method between the cluster heads for remote transmission was introduced. By introducing a partial multi-hop method in the data transmission, a single-hop method for short range transmission method between the cluster heads for remote transmission was introduced. In the proposed DL-LEACH, the energy consumption of cluster head for remote transmission reduces and increases the energy efficiency of sensor node by reducing the transmission distance and simplifying the transmission routine for short-range transmission. As compared the general LEACH, it was adapted to a wider sensor field.

Key Words : WSN, Routing Protocol, Layer, Dual-hop, Dual-hop, LEACH, DL-LEACH

1. 서론

최근 유비쿼터스, 사물인터넷 기술이 점차 그 실현 가능성이 보이면서 유비쿼터스 네트워크를 구성하는 핵심 기술인 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)

관련 기술이 연구 과제로서 주목 받고 있다. 무선 센서 네트워크는 일반적으로 데이터를 수집, 처리하는 센서 노드와 이를 집계하는 기지국(Base Station)으로 구성된다. 이 센서 노드들은 온도, 습도, 조도, 진동 등의 환경 데이터를 주기적으로 수집하고, 이에 몇 가지 처리를 하

*정회원, 서일대학교 전자공학과

**정회원, 광운대학교(교신저자)

접수일자 2015년 9월 8일, 수정완료 2015년 10월 7일

계재확정일자 2015년 10월 9일

Received: 8 September, 2015 / Revised: 7 October, 2015 /

Accepted: 9 October, 2015

**Corresponding Author: jyonglee@kw.ac.kr

Dept. of Culture, Kwangwoon University, Korea

여 기지국으로 보내게 된다.

무선 네트워크라는 특정 상 센서 노드들은 재 충전이 어려운 독립적인 전원으로 동작하며 무선 통신 방식으로 데이터를 전송 한다. 이러한 특성 때문에 제한된 전원의 효율적인 사용이 무선 센서네트워크의 설계에 있어 가장 큰 이슈가 된다.^[1] 무선 센서 네트워크의 에너지 소비 효율을 높혀 네트워크의 전반적인 수명을 늘리기 위한 다양한 방법들이 연구되고 있으며, 그 중 효율적인 라우팅 프로토콜의 연구가 급증 하고 있다. 라우팅 프로토콜은 크게 수평형, 위치기반형, 계층형 등으로 나누어지며, 이 중 계층형 라우팅 방식의 대표적인 프로토콜인 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 프로토콜을 기본으로 다양한 프로토콜이 제시되고 있다.^[2] LEACH는 전체 네트워크를 임의의 클러스터로 나누고, 클러스터 마다 클러스터 헤드를 두어 관리하는 형태를 갖는 알고리즘이다.^[3]

본 논문에서는 LEACH의 문제점 중 센서 필드가 넓거나, 클러스터 헤드와 기지국이 멀어지는 경우 발생할 수 있는 에너지 효율의 급감 현상^[5]에 주목하여, 개선된 LEACH인 DL-LEACH(Dual-hop Layered LEACH)를 알고리즘을 제안한다.

DL-LEACH는 새로운 계층 유형인 Layer를 도입하고, 기존의 LEACH와는 다른 듀얼 홉(dual-hop) 전송 방식을 사용한다. 이 듀얼 홉 전송 방식은 기지국에서 가까운 일반 노드는 단일(single) 홉 전송을 사용하고, 기지국에서 먼 거리에 떨어진 클러스터 헤드들은 다중(Dual) 홉 전송 방식을 결합한 방식이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 계층적 프로토콜의 기본인 LEACH와 MTE 프로토콜에 대하여 논의하고, 3장에서는 두 프로토콜을 기초로 본 논문의 연구 방향에 대해 제시한다. 4장에서는 제안하는 프로토콜에 대한 특징과 프로세스를 기술하며, 5장에서는 제안된 알고리즘을 검증하기 위하여, MATLAB을 통한 시뮬레이션과 결과를 기술하였다. 마지막으로 결론과 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

II. 관련 연구

1. LEACH 프로토콜

LEACH는 2000년에 W. Heinzelman에 의해 제안된

가장 잘 알려진 클러스터 기반의 계층형 라우팅 프로토콜이다. LEACH는 전체 네트워크를 몇 개의 클러스터로 분할하고, 클러스터를 구성하는 노드들을 상위 노드인 클러스터 헤드(CH : Cluster Head)와 하위 노드인 멤버 노드(Member Node)로 구분하는 계층적 구조를 갖는다. 멤버 노드는 주기적으로 주변의 환경을 감지하고, 수집된 데이터를 클러스터 헤드로 전송하는 역할을 한다. 이를 전송 받는 클러스터 헤드는 데이터를 병합, 압축하여 전송할 데이터의 양을 줄인 뒤 기지국으로 전송한다.^[3]

이러한 계층 구조로 인해 LEACH의 멤버 노드들은 직접 전송에 비해 전송거리가 짧아 에너지 소모를 줄일 수 있다. 하지만, 클러스터 헤드는 데이터의 수집, 처리 및 기지국으로의 전송 역할을 함으로써 에너지 소모가 크다. 이러한 클러스터 헤드의 과도한 에너지 소모를 막기 위해 LEACH 프로토콜은 주기적으로 클러스터 헤드를 변경하여, 에너지를 분산시킨다.

LEACH 프로토콜의 프로세스는 설정 단계(Setup Phase)와 정상 단계(Steady State)로 구성된다. 우선 설정 단계에서는 Stochastic Threshold 식(1)를 이용한 확률적 클러스터 헤드 선출이 이루어진다.^[3]

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

P - 클러스터 헤드 선출 확률

$T(n)$ - 비교할 임계 값

r - 현재 라운드

G - 이전 라운드에서 클러스터 헤드가 되지 않은 노드들의 집합

여기서, 선출된 클러스터 헤드들은 자신의 정보를 포함한 ADV(Advertisement)메시지를 송출한다. 이 범위 내의 일반 노드들은 클러스터 헤드로 자신이 해당 클러스터에 포함됨을 알리는 응답 Join-REQ 메시지를 CH에 보내어 포함 관계를 형성하고, TDMA 스케줄링을 통해 각 노드에 타임슬롯을 배정한다.

이후 정상 상태에서 각 타임슬롯에 해당 노드는 깨어서(Wake) 자신의 데이터를 전송하고, 휴면(Sleep)상태로 돌아간다. 클러스터 헤드는 멤버들의 데이터를 수집, 처리하여 코드분할 전송방식에 의해 기지국으로 데이터를 전송하게 된다. 이 두 과정을 주기적으로 반복하게 된다. 여기서 이 두 과정을 1개의 라운드 라고 말한다.^[8]

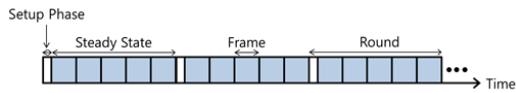


그림 1. LEACH의 라운드 구성[8]
 Fig. 1. Round composition of LEACH

2. MTE 프로토콜

MTE는 멀티 홉 전송방식을 이용하는 라우팅 프로토콜로, 모든 노드가 기지국으로 데이터를 전송할 때, 진행 방향에 놓인 다른 노드들을 통하는 최단 거리를 추적하는 프로토콜이다. 이 방식은 기지국으로부터 멀리 있는 노드가 기지국으로 데이터를 전송하는 데에는 큰 에너지 소모가 없지만, 노드에서 다음 노드로 전송을 거듭할수록 데이터의 양이 늘어나 홉에 비례하는 에너지 소모가 일어나게 된다. 그러므로 기지국에 가까울수록 전송하게 될 데이터가 많아져 에너지 소모가 급격하게 증가하게 된다[9].

3. LEACH, MTE 분석

앞서 기술한 바와 같이 LEACH는 기본적으로 [멤버 노드 -> 클러스터 헤드 -> 기지국]의 2 홉 전송 구조를 띄고 있다. 클러스터 헤드와 기지국이 멀어질 경우, 클러스터 헤드는 데이터 수집시 클러스터 멤버들의 데이터의 총량, 그리고 전송 시의 기지국과의 거리에 비례하는 엄청난 양의 에너지를 소비하게 된다. 즉, 센서 필드가 넓어질 경우 이 점은 큰 문제점으로 작용한다[5]. 그림 2는 센서 필드의 변화에 따른 생존 노드의 변화를 보여준다.

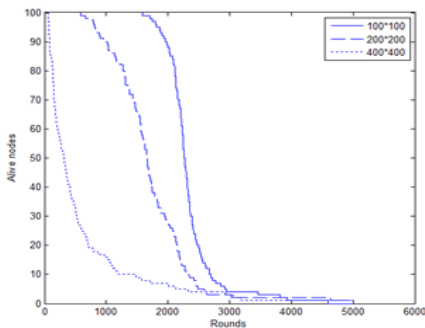


그림 2. LEACH의 전송 거리 별 생존 노드 변화
 Fig. 2. Alive node changes by Transmit Distance of LEACH

그림 2의 결과와 같이 LEACH 알고리즘은 센서 필드 너비가 두 배 증가할 때마다 각각 62%, 91%의 생존 노드

가 감소함을 확인할 수 있다. 즉, 센서 필드가 커질수록 센서 노드의 전송 시 에너지 효율이 크게 떨어지는 것이다.

반면, MTE는 노드에서부터 기지국으로의 방향에 있는 노드들을 거쳐 가장 짧은 경로를 설정하여 데이터를 전송하는 멀티 홉 전송 구조를 가진다. 그리하여 더 많은 데이터가 누적되고 전송되는 기지국 근처의 노드의 에너지 소모가 매우 커지게 된다.

본 논문에서는 이 두 방식의 단점을 상호 보완하는 프로토콜을 제안하고자 한다. LEACH의 장거리 전송 시 에너지 효율 향상을 위해 MTE의 멀티 홉 전송 방식을 적용하여, 기지국으로부터 먼 거리에 있는 클러스터 헤드의 전송거리에 비례하는 큰 에너지 소모를 줄일 수 있다. 동시에 멀티 홉 전송 방식의 단점인 기지국 근처의 노드 수명에 대한 문제를 LEACH의 동적 클러스터링과 싱글 홉 전송을 적용하여 줄일 수 있다.

III. Dual-hop Layered LEACH 제안

1. 개요

본 논문에서 제안하는 DL-LEACH는 기존 LEACH의 전송 방식을 듀얼 홉(싱글 홉 + 멀티 홉) 전송 방식으로 바꾸어 최대 전송 거리와 전송 거리에 비례하는 에너지 소모를 개선하기 위한 프로토콜이다. LEACH가 전송 거리에 대한 제약이 2홉 전송구조에 의해 나타나므로, 본 연구에서는 전송 방식 변경 및 개선에 초점을 두었다. [멤버 노드 - 클러스터 헤드]의 2 계층은 그대로 유지하고, 먼 거리의 클러스터 헤드에서 기지국으로의 전송에 멀티 홉 라우팅 기법을 사용하였다.

DL-LEACH의 멀티 홉 전송은 Layer단위로 이루어진다. 이 Layer는 기지국을 기준으로 일정한 폭으로 형성되며, 기지국과 가까울수록 낮은 레벨이라 정의한다. 클러스터링은 Layer 내에서 형성된다.

DL-LEACH의 클러스터 헤드는 자신보다 한 단계 낮은 Layer의 가장 가까운 클러스터 헤드를 찾아 자신의 데이터를 전송한다. 이를 받은 하위 Layer는 전송 받은 데이터와 자신의 데이터를 다시 한 단계 더 낮은 Layer로 전송하게 된다. 이 때, 전송 할 하위 Layer의 클러스터 헤드가 없을 경우, 직접 기지국으로 데이터를 전송한다.

또한, 한 노드를 기준으로 자신의 클러스터 헤드보다 기지국이 가까운 경우 또한 마찬가지로 데이터를 기지국으로 직접 전송하는데, 이 과정이 싱글 홉 전송에 해당된다.

2. 알고리즘

DL-LEACH는 LEACH와 마찬가지로 설정 단계와 정상 상태로 구성된다. DL-LEACH는 설정 단계이전에 기지국을 기준으로 Layer를 정의하고, 각 센서 노드는 이 Layer정보를 기억해둔다. 설정 단계에서는 Stochastic Threshold를 이용하여 확률적으로 클러스터 헤드를 선출하여 클러스터를 형성한다. 선출된 클러스터 헤드는 자신이 클러스터 헤드임을 알리기 위해 Advertisement Message를 일정 범위 내에 송출한다.^[8] 송출범위 내의 일반 노드는 Advertisement Message의 Layer정보를 확인하여, 송신 측이 같은 Layer내의 클러스터 헤드일 경우 Join-REQ 메시지를 보내어 클러스터에 포함되는 것으로 클러스터를 형성한다. 이후 TDMA 스케줄을 전송하여 각 멤버 노드에 타임 슬롯을 배정하는 것으로 클러스터링을 마친다.

이후 정상 상태에서는 모든 센서 노드가 데이터의 수집과 전송을 시작한다. 멤버 노드는 주기적으로 주변을 감지하며, 자신의 타임슬롯에서 깨어서 자신의 감지 데이터를 클러스터 헤드로 전송한 뒤, 휴면 상태로 돌아간다.^[8] 클러스터 헤드는 멤버 노드로부터 수집된 데이터를 전송하기 위해 하위 Layer의 클러스터 헤드와의 거리와 기지국과의 거리를 비교하여 더 가까운 곳으로 수집한 데이터를 전송한다. 하위 Layer의 클러스터 헤드는 상위 Layer에서 전송 받은 데이터와 자신의 클러스터에서 수집한 데이터를 위와 같은 방법으로 다음 전송지로 전송한다.

그림 3, 4와 5에서 제안 프로토콜의 클러스터 형성 프로세스, 데이터 전송 프로세스와 의사 코드를 나타낸다.

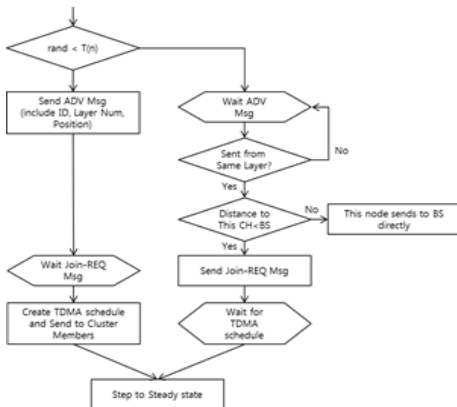


그림 3. 제안 프로토콜의 클러스터 형성 프로세스
Fig. 3. Flowchart of clustering process in proposed protocol

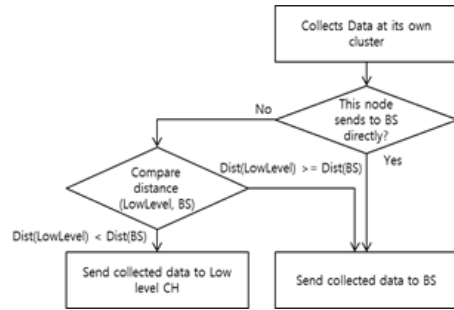


그림 4. 제안 프로토콜의 데이터 전송 프로세스
Fig. 4. Flowchart of data transmission in proposed protocol

```
Sensor field initialize
{
for i = 1 ; i < NodeCount; i++ { // place sensor
SensorList(i).xPos = rand();
SensorList(i).yPos = rand();
//Randomly place
if ( SensorList(i) in Layer n ) { // create layer
SensorList(i).LayerNum = n;
}
}
SensorInit();
}
```

```
Round
{
DeadNodeCheck(); // check dead node
for(i = 1; i < NodeCount; ++i){ // elect CH
if ( SensorList(i) is not in G set && SensorList(i) is alive ){
if( rand(0, 1) <= (1 - p * mod (r, round(1/p)) ){
SensorList(i).type = ClusterHead;
G set = SensorList(i);
++cluster;
}
}
}
for(n = 1; n < LayerCnt; ++n){
for(i = 1; i < NodeCount; ++i){ // normal node transfer
if ( SensorList(i).LayerNum == n && SensorList(i) is alive )
{
if( SensorList(i).type == NormalNode ){
if( distanceToBS > distanceToCH ){
This cluster's ClusterHead's msgSize += msgSize;
EnergyConsume(msgSize, distanceToCH);
}
}
else {
EnergyConsume(msgSize, distanceToBS);
}
}
}
}
n = LayerCnt
for(i = 1; i < ClusterHeadCount; ++i){ // cluster head transfer
if( CHList(i).LayerNum == n ){ // exist next layer and
```

```

cluster head
NextCH = FindNextCH();
NextCH.msgSize += CHList(i).msgSize;
EnergyConsume(msgSize, distanceToNextCH);
}
else if( CHList(i).LayerNum == 1){ // next transfer is to BS
EnergyConsume(msgSize, distanceToBS);
}
--n;
}
}

EnergyConsume(msgSize, distance)
{
( (ETX + EDA) * (msgSize) + Efs * msgSize * ( distance
* distance) )
}
    
```

그림 5. 제안 프로토콜의 의사 코드
 Fig. 5. Pseudo code of proposed protocol

IV. 실험 및 결과

1. 실험 환경

본 논문에서 제안한 알고리즘을 검증하기 위해 MATLAB를 사용하여 LEACH와 DL-LEACH 프로토콜 센서 필드를 구축하고 시뮬레이션을 진행하였다. 제안된 알고리즘의 효과를 입증하기 위하여 크기가 다른 두 개의 센서 필드를 생성하여 필드 너비 변화에 따른 에너지 효율을 비교하였다. 에너지 효율을 비교하기 위한 지표로서, 두 알고리즘의 생존 노드의 수, FND(First Node Dead), LND(Last Node Dead), 총 에너지 소모량을 측정하여 했다.

데이터 전송에는 그림 6에 표시한 First Order Radio Model이 사용되었으며, 매개변수는 표 1, 2과 같다.

표 1. 시뮬레이션 매개변수
 Table 1. Simulation Parameters

Parameter	Value	
Sensor Field	200 * 200	400 * 400
Sensor Node	100, Random Position	

표 2. First Order Radio Model의 매개변수
 Table 2. First Order Radio Model Parameters

Parameter	Value
Initial Energy	1J
Message Size	2000 bit
Transmit / Receive Energy	50 nJ/bit
Amplifier Energy	100 pJ/bit/m ²

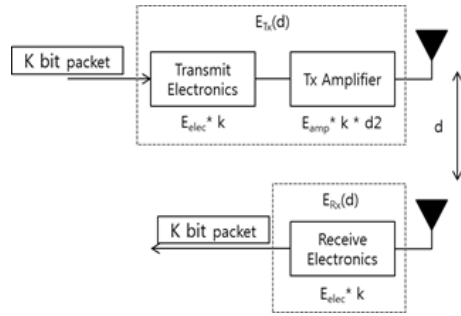


그림 6. First Order Radio Model
 Fig. 6. First Order Radio Model

2. 시뮬레이션 결과 및 분석

LEACH와 제안 프로토콜의 에너지 효율을 비교하기 위해 200 * 200과 400 * 400의 너비를 가지는 두 필드에서의 라운드 별 생존 노드를 측정, 비교 해 보았다.

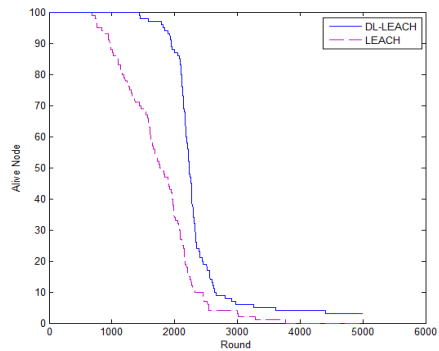


그림 7. 두 프로토콜의 200*200 필드에서의 생존 노드 수
 Fig. 7. Number of Alive Node in 200*200 Field

그림 7의 그래프는 200 * 200 필드에서의 생존 노드의 수를 보여준다. 이 경우엔, LEACH와 제안 프로토콜의 생존 노드 감소율이 서로 비슷함을 알 수 있다.

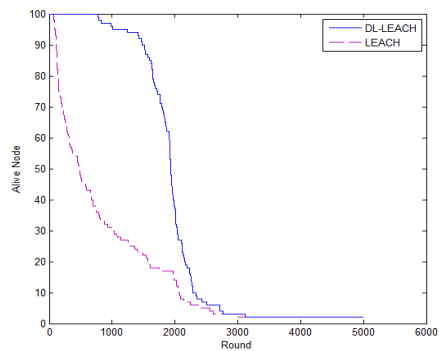


그림 8. 두 프로토콜의 400*400 필드에서의 생존 노드 수
 Fig. 8. Number of Alive Node in 400*400 Field

그림 8은 400 * 400 필드에서의 생존 노드 감소율을 보여준다. 이전의 실험보다 필드의 폭이 두 배로 길어졌을 때 LEACH는 전송 효율이 떨어져 노드의 생존률이 크게 감소했다. 반면, 제안 프로토콜은 LEACH에 비해 전반적인 생존률이 개선되었음을 확인 할 수 있다.

표 3. 두 프로토콜의 FND와 LND

Table 3. FND, LND Comparison of each protocol

Field		LEACH	DL-LEACH
200 * 200	FND	528	301
	LND	4300	5555
400 * 400	FND	55	115
	LND	3512	11024

표 3은 두 알고리즘의 FND와 LND 이다. 200 * 200 필드에서는 크게 두드러지는 성능 차이는 없지만, 400 * 400 이상의 넓은 필드에서는 FND가 LEACH 대비 109% LND가 LEACH대비 213%정도 증가한 것을 볼 수 있다. 이는 멀티 홉 전송방식에 의해 먼 거리로 데이터를 전송할 때의 에너지 효율이 좋아졌기 때문이다.

표 4. 두 프로토콜의 총 에너지 소모량

Table 4. Energy Consumption of each protocol

Field	LEACH	DL-LEACH
100 * 100	42.9967	49.6604
200 * 200	48.3271	48.2009
400 * 400	50.4861	48.4049
800 * 800	62.4886	49.1839
2000 Round		
10 Layer		

센서 필드가 넓지 않을 때의 DL-LEACH는 오히려 LEACH에 비해 에너지 소모량이 더 크다. 표 5를 보면 DL-LEACH는 기본적인 에너지 소모량이 LEACH에 비해 더 크지만, 필드의 너비가 넓어져도 총 에너지 소모량이 크게 변화하지 않음을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서 제안한 DL-LEACH는 넓은 센서 필드에서의 급격한 에너지 소모를 해결하고자 LEACH의 전송 방식을 듀얼 홉(싱글 홉 + 멀티 홉) 방식으로 바꾸어 전송 거리를 개선하면서, 동시에 멀티 홉 방식의 기지국 근처의 에너지 소비 편중 현상을 동적 클러스터링과 부분

적 싱글 홉 전송을 통해 개선하였다. 이를 위하여 Layer 라는 별도의 계층 구조를 두어 여러 홉을 거쳐 데이터를 전송하였고, 일부 기지국에 가까이 위치한 노드들은 직접 전송을 하였다. 이 결과 기지국에서 가까이 위치한 노드들의 데이터 전송 단계가 간결해지고 총 전송 거리가 짧아져, 이에 사용된 에너지의 총량이 줄어들었다. 결과적으로 본 논문에서 제안한 DL-LEACH는 듀얼 홉 전송 방식을 사용하여 센서 필드가 넓어질수록 노드의 수명이 급격하게 줄어드는 LEACH의 문제를 완화할 수 있다는 결론을 도출했다.

References

- [1] S. Mahfuz and F. Yesmin, An Approach To Wireless Nano Sensing Network Routing Protocol Based On Energy And Lifetime, INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 3, pp. 127-130, 2014
- [2] J. Al-Karaki and A. Kamal, Routing techniques in wireless sensor networks: a survey, IEEE Wireless Communications, Vol. 11, pp.6-28, 2004
- [3] W.B. Heinzelman and A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks, Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000
- [4] Q. Liao and H. Zhu An Energy Balanced Clustering Algorithm Based on LEACH Protocol, Proceedings of the 2nd International Conference On Systems Engineering and Modeling (2013), 72-77.
- [5] V. Katiyar and N. Chand and G. C. Gautam and A. Kumar Improvement in LEACH Protocol for Large-scale Wireless Sensor Networks, PROCEEDINGS OF ICETECT, pp. 1070-1075, 2011
- [6] N. Sindhvani and R. Vaid V LEACH: AN ENERGY EFFICIENT COMMUNICATION PROTOCOL FOR WSN, Mechanica Confab, Vol. 2, No. 2, February-March , pp. 79-84, 2013
- [7] J.Y. Lee and K.D. Jung and B.Shrestha and J.S. Lee Energy Efficiency Improvement of the of a

Cluster Head Selection for Wireless Sensor Networks, International Journal of Smart Home, Vol.8, No.3, pp. 9-18, 2014.

- [8] W.B. Heinzelman, Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks, A Doctor's thesis, pp. 57-58, 2000
- [9] C.Weng, C.Chen, C.Ku, A Minimum Transmission Energy Consumption Routing Protocol for User-Centric Wireless Networks, SI International, pp. 1143-1148, 2011

저자 소개

이 종 용(정회원)



- 1983년 2월 : 한양대학교 원자력공학과 (공학사)
- 1988년 2월 : 광운대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1993년 2월 : 광운대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 교수
- E-Mail : jyonglee@kw.ac.kr

<관심분야 : 자동제어, 센서네트워크, 영상인식>

이 창 희(정회원)



- 1985년 2월 : 광운대학교 전자공학과 (공학사)
- 1987년 8월 : 광운대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 광운대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 교수
- E-Mail : 20120004@seoil.ac.kr