

WSN에서 센서 노드의 데이터 전송방향을 고려한 라우팅 기법

노경미*, 박지수**, 손진곤**

*한국방송통신대학교 대학원 정보과학과

**SW중심대학사업단, 충남대학교

e-mail : nkkaeng@knou.ac.kr

D-LEACH: A Routing Technique Considering Transmission Direction of Sensor Nodes in WSNs

Kyeong Mi Noh*, Ji Su Park**, Jin Gon Shon*

*Dept. of Computer Science, Graduate School

Korea National Open University

**National Center of Excellence in Software, Chungnam National University

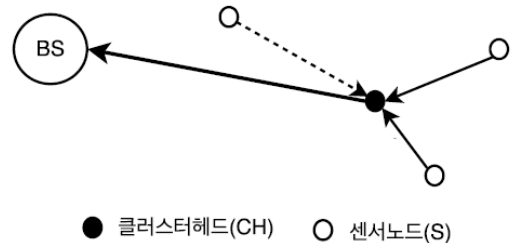
요 약

무선 센서 네트워크에서 센서 노드는 한정된 에너지를 가진다. 이에 센서 노드의 전송 에너지의 효율을 높여 네트워크의 수명을 연장하는 것이 중요하다. 무선 센서 네트워크에서 LEACH는 클러스터 헤드가 난수를 이용한 확률값으로 선출하여 주변 노드들과 함께 클러스터를 구성한다. 그러나 노드들이 베이스 스테이션과 클러스터 헤드 사이에 존재할 경우 클러스터 헤드로 데이터를 전송하게 되므로, 베이스 스테이션의 역방향으로 전송하게 된다. 이는 역방향 전송을 받은 클러스터 헤드가 다시 베이스 스테이션에 데이터를 전송하게 되어 불필요한 에너지를 소비한다. 본 논문에서는 LEACH의 불필요한 전송 에너지의 소비를 줄이기 위하여 D-LEACH를 제안한다. D-LEACH는 센서 노드와 베이스 스테이션 그리고 클러스터 헤드 사이의 거리를 계산하여 직접 전송하거나 멀티 홉 전송으로 데이터의 전송 방향을 베이스 스테이션이 위치한 방향으로만 전송하게 함으로 전송 에너지 효율을 높인다.

1. 서론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network; WSN)는 센서 노드로 구성된 네트워크이며, 센서 노드는 주변에서 수집한 데이터를 베이스 스테이션(Base station; BS)으로 전송한다. WSN의 센서 노드들은 제한적인 메모리와 프로세서 그리고, 적은 배터리 용량으로 동작하는 한계점을 가지고 있다. 따라서 WSN을 구성하는데 고려해야 할 주요 사항 중 하나는 에너지 소비를 최소화함으로써 네트워크의 수명을 연장하는 것이다. 이를 위해 관련 통신 프로토콜도 저 전력 소모를 달성할 수 있도록 설계하여 구현되어야 한다[1]. LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)는 센서 노드의 에너지 부하를 줄이는 프로토콜이다[2][3]. LEACH에서는 <그림 1>과 같이 BS와 클러스터 헤드(Cluster Header; CH)의 위치에 따라 데이터 전송 방향이 BS가 위치한 역방향으로 전송하는 센서 노드가 발생하며, 다시 정방향으로 데이터를 전송하는 불필요한 에너지 소비가 발생한다[4][5].

본 논문에서는 LEACH의 불필요한 전송 에너지 소비를 해결하기 위하여 D-LEACH(Direction-based LEACH)를 제안한다. D-LEACH는 센서 노드와 BS 사이의 거리와



<그림 1> 센서 노드의 역방향 전송

센서 노드와 CH 사이의 거리를 계산하여 직접 전송 또는 멀티 홉 전송 중 전송 거리가 가장 짧은 전송 방법을 선택하고, 데이터는 BS가 위치한 방향으로 전송한다.

2. 관련연구

2.1 LEACH 프로토콜

LEACH는 클러스터 기반의 계층형 라우팅 프로토콜이다. LEACH는 전체 네트워크의 센서 노드들을 CH와 멤버 센서 노드로 구성된 몇 개의 클러스터로 나눈다. 클러스터의 멤버 센서 노드들은 데이터를 CH에 전송하고, CH는 전송받은 데이터를 BS에 전송한다.

LEACH는 CH를 선출하고 CH를 중심으로 클러스터를 구성하는 클러스터 형성 단계(Set-up phase)와 센서 노드의 데이터를 수집하고 BS로 전송하는 전송단계

(Steady-state phase)를 하나의 라운드로 한다[2].

CH의 선출은 임의의 센서 n 이 임의의 난수를 발생시켜 난수와 식 (1)의 $T(n)$ 의 결과를 이용하여 확률적으로 결정한다. P 는 전체 네트워크에서 CH의 선택확률이며, r 은 현재 라운드, G 는 CH로 선택되지 않은 센서 노드의 집합이다. 선출된 CH는 라운드마다 교체된다.

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

선출된 CH는 주변 센서 노드에 광고 메시지를 전송한다. 광고 메시지를 수신한 센서 노드는 신호의 세기가 가장 큰 CH에 멤버 요청 메시지를 보내어 클러스터의 멤버가 되고 데이터를 전송한다[2].

LEACH는 CH를 선출하여 데이터를 모아 압축하여 한번에 전송함으로써 센서 노드의 에너지 부하를 감소시킨다[3]. 그러나 CH가 BS의 위치에서 원거리인 경우, 근거리의 멤버 센서 노드는 CH에 데이터 전송하기 위하여 역방향으로 데이터를 전송하여 불필요한 전송 에너지가 소비된다[4][5].

2.2 직접 전송 방식

직접 전송 방식은 각 센서 노드가 BS로 데이터를 직접 전송한다[4]. 직접 전송 방식에서는 전송 에너지가 거리의 제곱 또는 4 제곱에 비례하기 때문에 원거리에 위치한 노드인 경우, 전송에 많은 에너지를 소비하게 되어 조기에 소멸하는 문제를 가진다. 또한, 직접 전송은 무선 통신 환경의 제한이 있으나, 데이터 처리속도가 빠르고 전송 지연이 발생하지 않아 신뢰성 있는 데이터 전송이 된다. 따라서 센서 노드들을 BS와 가까운 곳에 배치하여 에너지 효율을 높인다[2].

2.3 멀티 홉 전송 방식

LEACH 프로토콜에서는 센서 노드들이 CH에 데이터를 전송하고 각각의 CH가 BS와의 거리에 상관없이 직접 전송을 한다. 따라서 CH가 BS의 원거리에 위치한 경우에는 전송 에너지를 많이 소비한다. 멀티 홉 전송 방식에서는 LEACH의 원거리 전송의 문제점을 보완한 방법으로 CH와 BS 사이에 멀티 홉을 선택하여 최적의 경로를 구성한다. 따라서 멀티 홉 전송 방식은 CH의 선출과 구성방식은 LEACH와 같으며, 데이터 전송은 단일 또는 복수개의 CH를 거쳐 BS로 전송된다[6].

3. 데이터 전송 방향을 고려한 라우팅 기법

3.1 D-LEACH의 데이터 전송 단계

D-LEACH 알고리즘은 1단계로 CH 선출과 거리 정보를 수집하고, 2단계에서는 이 정보를 기반으로 클러스터를 구

성한다. 3단계에서는 BS와 센서 노드의 거리를 기반으로 직접 전송, 단일 홉 전송 그리고 멀티 홉 전송을 선택적으로 사용한다. 4단계에서는 데이터의 전송을 BS가 위치한 방향으로 전송하여 센서 노드의 불필요한 전송 에너지의 소비를 줄여 에너지 효율을 높인다.

3.2 거리 정보 수집과 CH 선출

BS는 전체 센서 노드에 라운드의 시작정보를 전송한다. 정보를 수신한 센서 노드는 수신한 에너지의 세기로 BS와의 거리 정보를 수집한다. 식 (2)와 같이 에너지의 세기(RSSI)는 거리 d 의 제곱에 반비례한다[4].

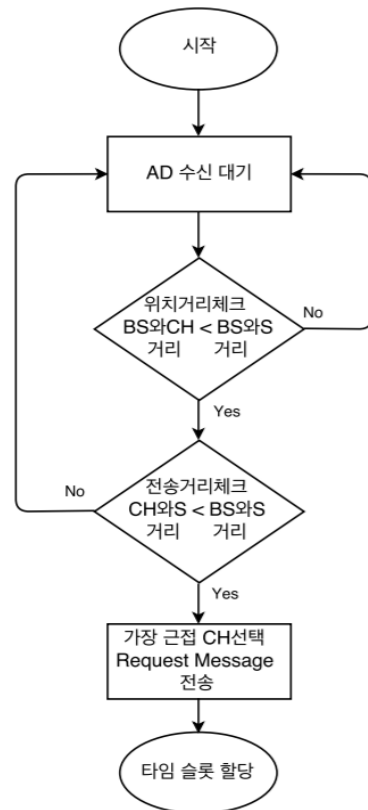
$$RSSI = 1/d^2 \quad (2)$$

D-LEACH의 클러스터 구성을 위해 LEACH와 같이 확률에 의해 CH를 선출한다.

3.3 클러스터 구성

선출된 CH는 센서 노드에 BS와의 거리 정보를 포함한 메시지를 전송하고, 메시지를 수신한 센서 노드는 CH와 BS와의 거리 정보를 수집하여 센서 노드의 위치보다 BS에 가까이 위치하면서 근접 거리에 있는 CH에 멤버 요청 메시지를 전송한다. 조건에 맞는 CH의 정보를 수신하지 못한 센서 노드는 AD 수신 대기 상태가 된다.

<그림 2>는 센서 노드의 CH 결정 과정을 도식화한 것이다.



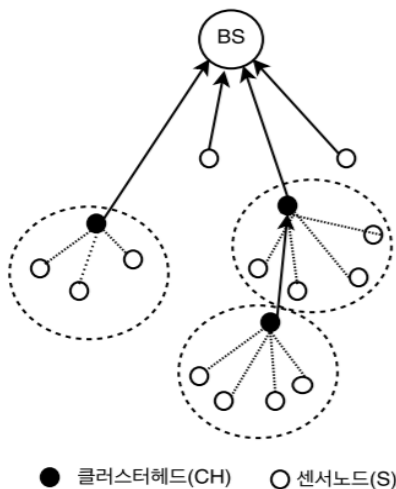
<그림 2> 센서 노드의 CH결정 흐름도

- (1) CH로 선출된 노드는 일정한 에너지의 크기로 BS와의 거리 정보를 포함한 광고 메시지(AD)를 AD수신 대기의 센서 노드에 전송한다.
- (2) 광고 메시지를 수신한 센서 노드(S)는 CH와 BS의 거리와 센서 노드와 BS의 거리를 비교한다, 센서 노드보다 BS의 근거리에 위치한 CH는 멤버 요청 메시지를 전송할 후보 CH로 지정한다. 센서 노드와 BS의 거리보다 원거리에 위치한 CH 정보를 수신한 경우는 AD수신 대기 상태로 된다.
- (3) 센서 노드는 후보 CH 중에서 BS에 직접 전송하는 거리와 CH로 전송하는 거리를 비교하여, 직접 전송거리보다 CH로 전송하는 거리가 큰 경우는 AD수신 대기 상태로 된다. 센서 노드는 BS에 직접 전송 거리보다 짧고 가장 근접한 거리에 있는 CH에 멤버 요청 메시지를 전송한다.
- (4) 멤버 요청 메시지를 수신한 CH는 타임 슬롯을 할당하여 센서 노드에 타임 테이블을 전송한다.
- (5) 일정 시간이 지나면 클러스터의 구성을 종료한다.

3.4 데이터 전송

클러스터 구성이 완료되면 센서 노드는 조건에 따라 직접 전송, 단일 홉 전송 또는 멀티 홉 전송으로 데이터 전송을 시작한다. <그림 3>은 D-LEACH의 데이터 전송을 나타낸 것이다.

- (1) 클러스터의 멤버가 되지 못한 센서 노드는 BS로 직접 전송을 한다.
- (2) 클러스터의 멤버인 센서 노드는 CH에 데이터를 전송한다.
- (3) CH는 BS에 가까운 위치에 있고, 직접 전송을 위한 거리보다 전송 거리가 짧은 상위 CH를 발견하면 상위 CH에 데이터를 전송한다. 상위 CH의 전송 거리가 직접 전송 거리보다 긴 경우는 상위 CH를 거치지 않고 직접 전송을 한다.
- (4) 또한 CH는 BS에 가까운 상위 CH를 발견하지 못하면 BS에 직접 전송을 한다.



<그림 3> D-LEACH의 데이터 전송

4. 성능평가

4.1 실험 환경

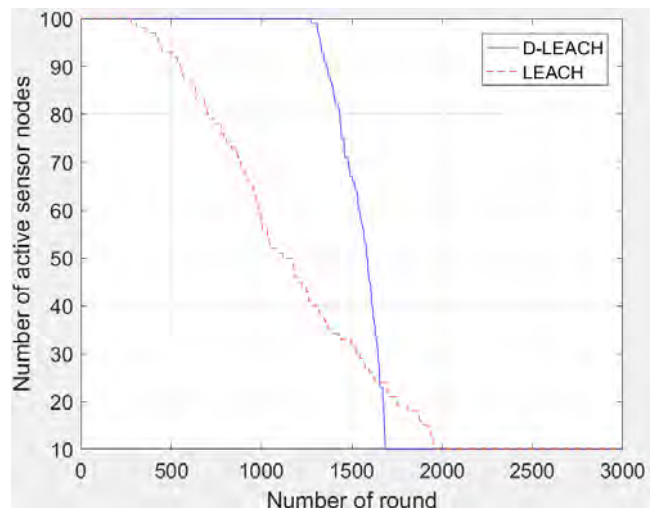
D-LEACH의 성능을 평가하기 위해 $200 \times 200m^2$ 의 영역에 100개의 센서 노드를 임의의 위치에 배치하였다. BS의 위치는 좌측의 최하단에 위치시키고, D-LEACH와 LEACH의 시뮬레이션을 수행하여 시간에 따른 생존 노드 수와 전송에 사용한 에너지로 성능을 비교하였다. 시뮬레이션 변수는 <표 1>과 같이 LEACH가 사용한 에너지 파라미터를 사용하였고, 라운드 횟수는 3,000라운드를 진행하였다.

<표 1> 시뮬레이션 변수

파라미터	값
초기 노드 에너지	0.5J
전송데이터	2000bit
증폭에너지(E_{fs})	$10pJ/bit/m^2$
증폭에너지(E_{mp})	$0.0013pJ/bit/m^4$
전송에너지(E_{elec})	50nJ/bit
병합에너지(E_{DA})	5nJ/bit

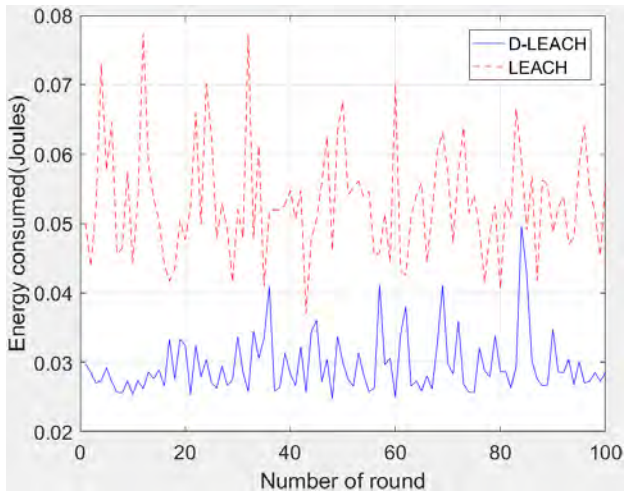
4.2 실험 결과

첫 번째 죽은 노드가 나타난 라운드는 D-LEACH의 경우는 1,274회, LEACH의 경우 280회에서 발생하였다. D-LEACH에서 센서 노드의 생존 시간이 LEACH보다 오래 생존함을 알 수 있다. <그림 4>는 생존 센서 노드 수를 비교한 것이다. 가로축은 라운드 횟수, 세로축은 각 라운드의 살아있는 노드 수를 나타낸다.



<그림 4> 생존 센서 노드 수

<그림 5>는 100라운드까지의 전송 에너지 사용량을 나타낸다. D-LEACH는 최소 0.0247J, 최대 0.0496J, 평균 0.0296J의 에너지 소비한다. LEACH는 최소 0.0371J, 최대 0.774J, 평균 0.0531J의 에너지 소비한다. D-LEACH는 LEACH의 한 라운드에 사용하는 전송 에너지의 약 56%를 소비한다.



<그림 5> 전송 에너지 사용량

따라서 센서 노드의 데이터 전송방향을 BS가 위치한 방향으로 하여 직접 전송 또는 멀티 홉 전송을 선택적으로 사용한 D-LEACH가 LEACH보다 전송 에너지 효율성이 높다.

5. 결론

D-LEACH는 LEACH의 불필요한 전송 에너지의 소비를 줄이기 위하여 BS와 센서 노드 사이의 거리를 기반으로 직접 전송, 단일 홉 전송 그리고 멀티 홉 전송을 선택적으로 사용하여 센서 노드의 데이터 전송 방향을 BS가 위치한 방향으로만 전송하게 하였다.

D-LEACH에서는 LEACH에 비해 한 라운드에 소비되는 전송 에너지양이 약 56% 정도이며, 전송 에너지양의 감소로 전체 센서 노드의 생존 시간이 늘어났다. 그러나 D-LEACH에서 확률에 의한 CH의 선출 방식으로는 균일한 CH가 선출되지 않으므로 네트워크 전체의 수명 연장 효과를 보지 못할 수 있다. 향후 과제로는 D-LEACH의 CH를 균등하게 선출하여 네트워크의 수명을 연장하는 방법을 연구하고자 한다.

참고문헌

[1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey," *Computer Networks*, vol.38, no.4, pp.393-422, Mar. 2002.

[2] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," *Proceedings of The 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*, pp.1-10, Jan. 2000.

[3] 이종원, 박지수, 손진곤, "무선 센서 네트워크에서 지역분할 기반의 클러스터 헤드 선출", *한국정보기술학회논문지*, Vol.15, No.1, pp.71-76, 2017.01.

[4] 김정미, 장철호, 김종근, "클러스터링 센서네트워크의 방향성 전송 효과", *한국통신학회논문지*, Vol.37, No.4 pp.258-268, 2012.04.

[5] 조오형, 권태욱, "데이터의 전송방향을 고려한 센서네트워크 클러스터링 방법", *한국통신학회논문지*, Vol.11, No.7, pp.721-727, 2009.07.

[6] F. Xiangning, S. Yulin, "Improvement on LEACH Protocol of Wireless Sensor Network," *International Conference on Sensor Technologies and Applications(SensorComm 2007)*, IEEE, pp.260-264, 2007.