

논문 2010-47SP-6-18

무선센서망에서 노드간의 거리와 에너지를 고려한 클러스터 헤드 선출방법

(A Cluster Head Selection Scheme Considering Distance and Energy
between The Nodes in Wireless Sensor Networks)

손 남 례*, 정 민 아**, 이 성 로***

(Nam Rye Son, Min A Jeong, and Seong Ro Lee)

요 약

무선센서망의 센서노드는 특성상 제한된 에너지를 가지고 있어 다양한 네트워크 환경에 적용하기에는 한계를 가지고 있다. 본 논문에서는 무선센서망의 효율적인 에너지 관리를 위한 클러스터 헤드 선출 방법을 제안한다. 제안한 알고리즘은 기존의 LEACH-C 알고리즘이 고려하지 않는 클러스터 헤드 및 노드의 에너지 보유량과 클러스터 헤드와 기지국간의 거리를 고려하여 에너지 효율을 개선하며 다양한 네트워크 환경에 적용 가능한 특징을 갖는다. 제안한 알고리즘의 성능 확인을 위하여 ns-2 시뮬레이터 기반에서 모의실험을 하였다. 실험결과, 제안 방식이 기존 LEACH-C 방식과 비교하여 시간 경과에 따른 생존 노드 수, 노드의 에너지 소비량 그리고 노드의 데이터 전송량 측면에서 LEACH-C 보다 우수함을 확인하였다.

Abstract

The properties of sensor node having a restricted energy in WSN have a difficult in various application fields to apply. Our paper proposed the cluster head selection which is an effective energy in order to manage in wireless sensor network. The proposed algorithm improves an energy efficient and is applied to various network environment considering energy capacity between cluster head and nodes and distance between cluster head and base station(sink node). By using the ns-2 simulator, we evaluate the performance of the proposed scheme in comparison with the original LEACH-C. Experimental results validate our scheme, showing a better performance than original LEACH-C in terms of the number of outliving nodes and the quantity of energy consumption as time evolves.

Keywords : Wireless Sensor Network, Cluster Head Selection, LEACH, LEACH-C, Data Agregation

* 정희원, 목포대학교 정보산업연구소
(Institute of Information Science and Engineering
Research, Mokpo National University)

** 정희원, 목포대학교 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Engineering, Mokpo National
University)

*** 정희원, 목포대학교 전자정보공학과
(Dept. of Information & Electronics, Mokpo
National University)

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로
한국연구재단의 대학중점연구소지원사업으로 수
행된 연구임(2009-0093828)

※ 이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로
한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(No. D00280)

접수일자: 2010년6월14일, 수정완료일: 2010년7월13일

I. 서 론

최근 센서 및 무선통신기술의 발전으로 저전력, 저비용, 초소형의 센서노드들이 개발되고, 이에 힘입어 애드-혹 통신에 기반을 둔 무선센서망(WSN: Wireless Sensor Network)에 대한 연구가 진행되고 있다. 무선 센서망은 사용 용도에 따라 광범위 및 지역적으로 센서 노드를 배치함으로써 과학적, 군사적, 의학적, 상업적 용도 등 다양한 분야에 적용되고 있다^[1]. 유선망과 달리 무선센서망을 설계하는데 있어서 고려하여야 할 주요 사항은 센서들이 효율적으로 에너지 소비를 최소화함으로써

센서망의 수명을 최대화하는 것이다. 즉, 대부분 무선센서망에서 작동하고 있는 어플리케이션은 사람이 직접 참여할 수 없는 영역이므로 에너지를 쉽게 교체할 수 없는 단점을 가지고 있다. 따라서 무선센서망에서 운용되는 센서노드들은 자가구성(self-organization) 능력을 가지며, 센서노드들이 서로 협력하여 동작해야한다. 현재 무선센서망의 에너지 효율을 높이기 위한 다양한 방법들이 제안되었다^[2~10]. 이들 중에서 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)는 무선센서망의 에너지 효율성을 중점을 두고 고안된 프로토콜이다. LEACH는 확률적인 랜덤 방식으로 클러스터 헤드를 주기적으로 선정하는 클러스터 기반 라우팅 프로토콜로서, 클러스터 헤드 선정 후 클러스터 내의 각 센서 노드가 데이터를 클러스터 헤드로 전송하면 클러스터 헤드가 이들 데이터를 모아서 기지국에게 전송한다. 하지만 LEACH는 이상적인 클러스터 형태가 만들어진다는 보장을 못하므로 센서망의 수명을 최대한으로 보장할 수 없다. 그래서 기지국(BS: Base Station)이 센서노드의 에너지보유량을 고려하여 클러스터 헤드를 결정하는 LEACH-C 프로토콜이 제안되었다. LEACH-C^[3~4]에서 기지국은 각 센서들로부터 이들의 위치와 남아있는 에너지 정보를 받아서, 이 정보를 바탕으로 가장 적합한 형태의 클러스터를 형성하고, 이 정보를 모든 노드에게 알려주므로 LEACH보다 효율적인 형태로 클러스터를 구성할 수 있게 한다. 그러나 이 방법은 매번 각 노드들이 기지국과 통신을 해야 하기 때문에 굉장히 많은 양의 에너지 소비가 필요하게 된다. 또한 추가적인 통신 기술을 통해 자신의 위치정보에 대한 처리를 해야 하는 부가적인 오버헤드가 생긴다. 마지막으로 LEACH-EM^[5]은 각 센서들이 특별한 변화가 생긴 데이터를 감지한 경우에 그 정보를 보낼 것인지 안 보낼 것인지에 대해서 결정한 다음 자신에게 할당된 TDMA(Time Division Multiple Access) 슬롯동안만 그 정보를 보내는 방식이다. 그러나 LEACH-EM는 소수의 센서들만이 연결되어 있는 경우에 대역폭의 재 할당이 이루어지지 않는 문제점을 가지고 있다.

따라서 기존 알고리즘은 다양한 네트워크 환경을 갖는 무선센서망에서 불필요한 에너지 소비를 초래하여 무선센서망의 생존 시간을 단축시키는 원인을 제공하였다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 효율적인 에너지 관리를 위한 클러스터 헤드 선출 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 기존 알고리즘에서

고려하지 않은 클러스터 헤드와 기지국간의 거리, 클러스터 헤드 및 노드의 에너지 보유량, 클러스터내의 노드간의 거리를 고려함으로써 보다 효율적인 에너지 관리가 용이하며 무선센서망의 생존 시간 향상을 가져온다. 또한 구성된 클러스터의 토폴로지 변화는 네트워크 토폴로지 변화에 자율적으로 반응하므로 다양한 네트워크 환경에 적용 가능한 특징을 갖는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 관련연구로 LEACH와 LEACH-C의 개요 및 문제점, 그리고 라디오 에너지 모델을 설명한다. III장에서는 제안한 알고리즘을 기술한다. IV장에서는 제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 실험환경 및 실험결과에 대하여 분석한다. 마지막으로 V장에서는 결론으로 맺음한다.

II. 관련 연구

1. LEACH 개요 및 문제점

LEACH는 무선센서망에서 노드들 사이에 에너지 부하를 균등하게 분배하기 위하여 자동 재구성 클러스터 기반의 프로토콜이다^[2]. LEACH의 클러스터 구성은 그림(1)과 같다. LEACH에서는 클러스터를 재구성하고 이를 기반으로 한 통신이 이루어지는 시간 구간을 라운드(round)로 정의한다. 각 라운드는 클러스터를 구성하는 Set-up Phase와 실제 통신이 이루어지는 Steady-stat Phase로 구분된다. Set-up Phase는 클러스터 헤드가 선출되는 Advertisement Phase, 이 헤드를 기반으로 클러스터가 구성되는 Cluster Set-up Phase, 그리고 클러스터 헤드가 전송할 노드들의 순서를 결정하는 Schedule Creation Phase로 구성된다.

또한 클러스터 헤드 선정 방법은 각 라운드의 초기시점에서 이루어지는데, 이때 각 노드들은 0~1사이에서 임의의 한 수를 선택한다. n 번째 노드가 임의로 선택한 수가 임계값 $T(n)$ 보다 작다면 그 노드는 해당 라운드에서 클러스터 헤드로 선출된다. 적절한 클러스터 헤드의

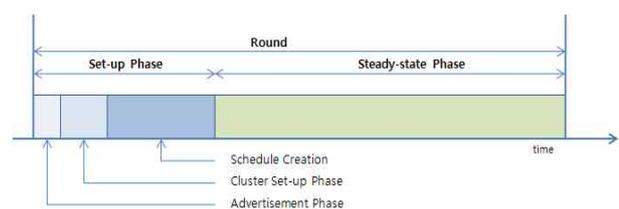
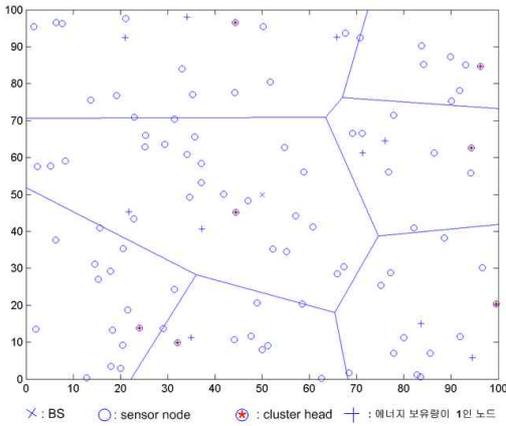
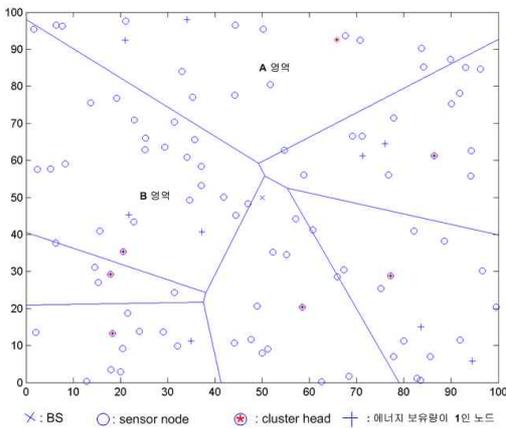


그림 1. LEACH 구성

Fig. 1. Composition of LEACH.



(a) LEACH



(b) LEACH-C

그림 2. LEACH와 LEACH-C 수행 결과
Fig. 2. Results of LEACH and LEACH-C.

수를 선출하기 위한 임계값은 다음 식(1)과 같이 결정한다.

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

이 식(1)에서 P 는 전체 노드들 중에서 선출되는 클러스터 헤드의 비율, r 은 현재 라운드, 그리고 G 는 이전 $1/P$ 번의 라운드 동안 클러스터 헤드로 선출되지 않은 노드들의 집합을 의미한다. LEACH는 $1/P$ 라운드 동안에 모든 노드들이 한번씩 클러스터 헤드가 되는 것을 보장한다. 하지만 LEACH는 클러스터의 구성 형태를 고려하지 않고, 확률적인 방법에 의하여 모든 노드들을 공평하게 클러스터 헤드로 선출하므로 그림 2(a)와 같이 클러스터 헤드와 먼 거리에 있는 노드들은 데이터

전송을 위하여 더 많은 에너지를 소모하게 된다. 이로 인하여 에너지 효율이 떨어지게 될 뿐만 아니라, 무선센서망 내의 노드들 간의 통신 시 충돌 발생 확률이 높아지게 된다. 이러한 LEACH의 단점을 해결하기 위하여 LEACH-C^[3-4]가 제안되었다.

LEACH-C의 클러스터 구성은 기지국 주도로 이루어진다. 즉, 각 노드들은 자신들의 위치정보와 잔여 에너지 정보를 기지국에 알리고, 기지국은 이 정보를 다른 모든 노드들에게 알려줌으로써 최적의 클러스터를 구성 가능하도록 제안하였다. 하지만 LEACH-C는 클러스터 헤드를 선정할 때 식(2)와 같이 클러스터내의 멤버 노드들 간의 최소거리 합만 고려하였으므로 그림 2(b)의 A 및 B 영역과 같이 클러스터의 중앙에 클러스터 헤드로 선정하지 못한 단점을 가지고 있다.

$$dist = \sum_{i=1}^{C_k(m)} d(i)_{toCH} \quad (2)$$

식(2)에서 기지국까지의 데이터 전송 거리(dist)는 클러스터안에 있는 노드간의 거리의 합($\sum_{i=1}^{C_k(m)} d(i)_{toCH}$)이다. LEACH-C에서 클러스터 헤드 선정방법은 노드간의 거리의 합이 최소인 노드를 선정한다. 하지만 이는 기지국과 클러스터 헤드 간의 거리(d_{toBS})를 고려하지 않으므로 기지국의 위치가 변하면 최적의 에너지 소비 효율을 보이지 못하는 단점을 가지고 있다. 즉, 기지국과 클러스터헤드 간의 거리가 멀어질수록 d_{toBS} 구간에서 전송하는 에너지의 소비는 많아질 것이다. 따라서 본 논문에서는 무선센서망에서 클러스터 멤버의 노드간 거리뿐만 아니라 클러스터 헤드와 기지국간의 거리, 그리고 클러스터 헤드의 에너지 보유량 및 노드들 간의 에너지량도 고려한다.

2. 라디오 에너지 모델(Radio Energy Model)

본 논문에서 사용하는 라디오 에너지 모델은 FORM(First Order Radio Model)로 그림 (3)과 같이 된

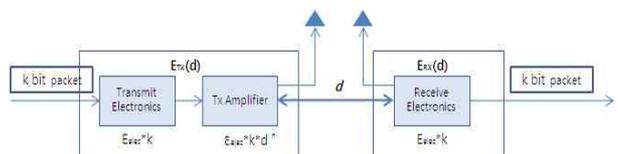


그림 3. 라디오 에너지 모델
Fig. 3. Radio Energy Model.

쪽은 송신부이고 오른쪽은 수신부이다^[2, 4].

송수신 거리에 따라 각 노드의 전송 에너지 소비량 (E_{TX}), 수신 에너지 소비량(E_{RX})은 다음 식 (3)과 같다.

$$E_{TX}(k, d) = k \times E_{elec} + k \times \epsilon_{FS} d^2, \text{if } d < d_0$$

$$= k \times E_{elec} + k \times \epsilon_{TR} d^4, \text{if } d \geq d_0 \quad (3)$$

$$E_{RX}(k) = k \times E_{elec}$$

이 식(3)에서 k는 전송 데이터의 비트 수, d는 송수신 노드의 거리, E_{elec} 는 비트당 회로의 에너지 소비량, ϵ_{FS} 와 ϵ_{TR} 는 비트 당 송신 앰프의 에너지 소비량, d_0 는 전송거리의 임계값이다. 각 라운드마다 모든 노드의 송수신 에너지 소비량을 모델링하여 네트워크의 최대 라운드 수를 결정한다.

III. 제안한 클러스터 헤드 선출 알고리즘

제안한 클러스터 헤드 선출 알고리즘은 그림 (4)와 같이 기지국 중심으로 초기단계, 조절단계, 재구성단계로 구성되어 있고, 스케줄 생성 및 데이터 전송은 기존 LEACH-C와 같이 수행된다. 이때 사용한 변수 및 클러스터링 데이터 전송과정은 그림 (5)와 같다. 이때 LEACH 및 LEACH-C와 같이 클러스터 헤드는 멤버 노드에게 TDMA 스케줄을 작성하여 알려주고, 멤버 노드들의 데이터를 수신 받아 데이터 병합 후 기지국에 전송한다. 멤버 노드들은 클러스터 형성 후 단순히 자신의 타임 슬롯 동안에 감지된 데이터를 클러스터 헤드에게 전송한다. 그리고 클러스터 헤드와 기지국 간의 데이터 송수신은 CDMA(Code division multiple access) 방식으로 중간노드 중계없이 직접적으로 송수신한다.

1. 초기단계

초기단계는 LEACH-C와 같이 각 라운드마다 클러스터 모양을 만드는 Setup phase를 수행하고, Steady phase는 LEACH-C와 같은 방법으로 수행된다. Setup phase가 시작될 때 모든 노드들은 현재 에너지 보유량과 노드 위치좌표를 기지국에 보낸다. 이런 정보를 통하여 기지국은 모든 노드들에 대하여 평균 에너지 레벨을 측정할 수 있다. 이로 인하여 매 라운드 마다 평균이상의 에너지 레벨을 가지고 있는 노드들은 클러스터 헤

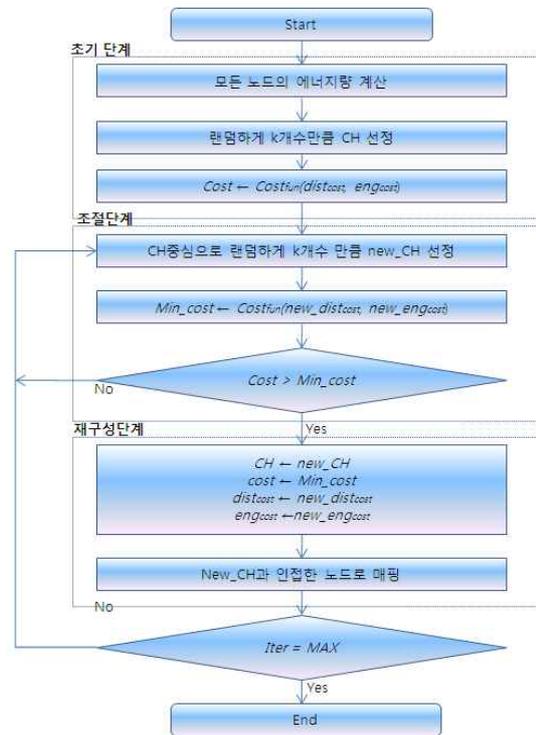


그림 4. 제안한 클러스터 헤드 선출 단계의 순서도
Fig. 4. Flowchart of proposed cluster head selection,

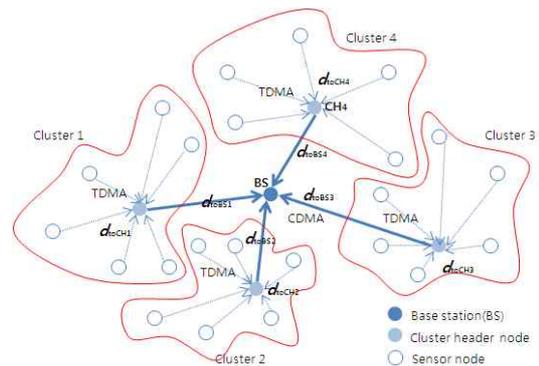


그림 5. 제안한 센서망의 토폴로지
Fig. 5. Topology of proposed wireless sensor networks.

드 후보가 될 수 있다. 클러스터 헤드 후보 중에서 충분한 에너지를 보유한 노드만이 클러스터 헤드로 선정된다. 이때 기지국에서 최적의 클러스터 헤드를 선정할 때 다음 식(4)과 같은 비용함수를 사용한다.

$$Cost_{fun} = \frac{1}{1 + e^{-Cost}} \quad (4)$$

$$Cost = \alpha \times dist_{cost} + (1 - \alpha) \times eng_{cost} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} dist_{cost} &= \max_{k=1,2,\dots,K} \left\{ \sum_{\forall n_i \in C_k} d(n_i, CH_k) / |C_k| + d_{toBS_k} \right\} \\ eng_{cost} &= \sum_{i=1}^N E(n_i) / \sum_{k=1}^K E(CH_k) \end{aligned} \quad (6)$$

식(6)에서 $dist_{cost}$ 는 클러스터 중에서 노드와 클러스터 헤드 간에 거리가 최대값을 가지고 있는 클러스터를 선정한다. 이때 $|C_k|$ 는 k 번째 클러스터 내에 있는 노드들의 개수이다. $\sum_{\forall n_i \in C_k} d(n_i, CH_k)$ 는 클러스터 멤버 노드(n_i)와 클러스터 헤드(CH_k) 간의 거리이다.

d_{toBS_k} 는 식(8)과 같이 k 번째 클러스터 헤드와 기지국간의 거리이다. 식(8)은 기지국과 클러스터 헤드간의 신호의 크기에 대한 RSSI(Received Signal Strength Indication)인 식(7)을 수정한 것이다.

$$P_r = \left(\frac{K}{4\pi d_{toBS_k}} \right)^2 \times G_t \times G_r \times P_t \quad (7)$$

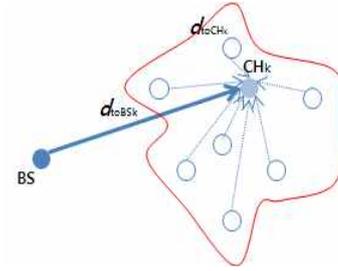
$$d_{toBS_k} = \frac{K}{4\pi} \times \sqrt{\frac{G_t \times G_r \times P_t}{P_r}} \quad (8)$$

식(8)에서 P_r 는 수신전력[μ], K 는 이용과장($c/f[m]$), G_t 는 송신안테나전력이득[dB], G_r 는 수신안테나전력이득[dB], P_t 는 송신전력[μ]이다.

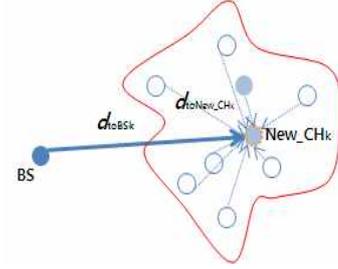
eng_{cost} 는 매 라운드마다 모든 노드들의 에너지 합에 대한 클러스터 헤드들의 에너지 합의 비율이다. 이때 $E(n_i)$ 는 n 번째 노드의 에너지이고, $E(CH_k)$ 는 k 번째 클러스터 헤드의 에너지이다. α 는 $dist_{cost}$ 와 eng_{cost} 에 대한 가중치 상수 값이다. 또한 식(5)은 무한대로 범위를 초과할 수 있으므로 식(4)와 같이 0에서 1까지 무한히 가까워지는 시그모이드 함수에 적용한다. 이로 인하여 클러스터 멤버 노드간의 거리뿐만 아니라, 클러스터 헤드와 기지국간의 거리, 그리고 클러스터 헤드 및 전체 노드의 에너지 보유량을 고려한다.

2. 조절단계

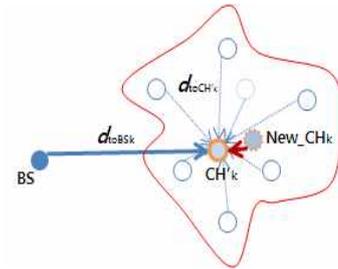
조절단계에서는 그림 6(a)와 같이 초기단계에서 임의로 선정된 클러스터 헤드 중심으로 오차범위 내(ϵ)에서 새로운 클러스터 헤드(New_CH_k)를 선정한다.



(a) 초기단계



(b) 조절단계



(c) 재구성단계

그림 6. 제안한 클러스터 헤드 선출 단계

Fig. 6. Stage of proposed cluster head selection.

$$New_CH_k(x, y) = CH_k(x, y) + \epsilon \quad (9)$$

그림 6(b)와 같이 선정된 새로운 클러스터 헤드 중심으로 식(4)와 같이 비용함수를 계산한다. 이때 비용함수를 min_cost 라고 한다. 만약 min_cost 가 $cost$ 보다 적을 경우 다음 단계인 재구성단계로 진행된다. 반대로 min_cost 가 $cost$ 보다 큰 경우는 재구성단계가 필요없이 식 (9)를 이용하여 새로운 클러스터 헤드로 선정한다. 이 과정은 최대 반복 횟수(MAX) 만큼 실행된다. 본 논문에서는 최대 반복 횟수는 1,000으로 설정하여 실험하였다.

3. 재구성단계

재구성단계는 클러스터 멤버 노드의 에너지 및 멤버 노드의 이동에 따른 네트워크 토폴로지 변화에 반응하여 클러스터 헤드 갱신 및 클러스터를 재구성하는 단계

이다. 즉, 그림6(c)와 같이 조절단계에서 결정된 새로운 클러스터 헤드는 임의의 노드이므로 이 노드 값과 비슷한 위치좌표를 가지고 있는 새로운 클러스터 헤드 노드 (CH'_k)로 매핑한다. 그리고 new_CH 은 CH 로, min_cost 은 $cost$ 로, $new_distcost$ 은 $distcost$ 로, new_ngcost 은 $engcost$ 로 갱신하여 다음 조절단계에서 사용한다.

4. 스케줄 생성 및 데이터 전송 단계

본 논문에서 스케줄 생성 및 데이터 전송단계는 기존 LEACH-C와 같이 수행한다. 즉, 클러스터 헤드는 TDMA 스케줄을 생성한 후, 자신의 멤버노드들에게 스케줄을 전송한다. 클러스터 멤버 노드는 자신에게 할당된 전송 시간동안 데이터를 헤드로 전송한다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘 및 기존 알고리즘을 실험하기 위하여 ns-2 시뮬레이터를 사용하였다^[11]. 그리고 기존 알고리즘인 LEACH와 LEACH-C는 MIT의 uAMPS^[12]를 사용하였다. 실험환경에 사용한 노드는 100m×100m크기의 사각 영역 내의 임의의 위치에 놓이는 환경을 대상으로 하였다. 영역내의 좌표는 (0,0)에서 (99,99)까지가 되며, 기지국은 (50,50)에 위치하도록 하였다. 또한 채널은 무선채널, MAC은 sensor MAC protocol, 안테나는 Omni-direction 안테나를 사용하였다. 본 논문에서 제안한 방법의 환경변수들은 LEACH, LEACH-C에서 제시하고 있는 시뮬레이션 환경과 무선 에너지모델을 동일하게 적용하였다^[3~5].

표 (2)는 본 논문에서 적용한 실험환경이다. 그리고 최적의 클러스터 헤드 수(K)는 전체 노드의 5% 이하가

표 1. 실험 환경변수 및 값

Table 1. Value and variable of test simulation.

환경변수	값
센서망의 크기(M×M)	100×100
BS의 위치	(50,50),(0,0)
센서 노드의 수(N)	100
각 노드의 초기 에너지	2J
노드의 데이터 송수신 소모 에너지량	50nJ/bit
송신 노드의 증폭 에너지량	5nJ/bit/m2
구성할 클러스터의 수(K)	5
스프레딩 팩터(Spreading factor)	6
클러스터 재구성 시간 간격	매 10초

되어야 에너지를 최대로 절약할 수 있으므로 임의로 5 개를 선정하였다.

본 논문에서 제안한 방법, 기존방법인 LEACH 및 LEACH-C의 실험은 총 10회 수행하여 평균성능을 비교하였다. 이때 제안한 방법의 가중치(α)는 각각 0.3, 0.5, 0.7로 하였다.

그림 (7)은 시간에 따른 생존 노드 수를 나타내고 있다. 초기 100개의 노드로 시작하여 노드의 수가 시뮬레이션에서 정의하고 있는 구성할 클러스터의 수인 5를 만족할 수 있을 때까지의 시간, 즉 노드 수가 5 이상을 만족할 때 까지 비교한 것으로 LEACH와 LEACH-C에 비하여 제안한 알고리즘의 노드 생존시간이 긴 것을 알 수 있다. LEACH와 LEACH-C의 경우 클러스터 헤드를 선정하고 클러스터를 구성하기 위해서 노드간의 거리만 고려하였지만, 제안한 알고리즘은 노드의 전체 에너지와 클러스터 헤드의 에너지를 고려하였기에 노드의 생존 시간이 늘어나는 것으로 보인다.

그림 (8)은 시간에 따른 노드의 에너지 소모량이다. 초기부터 중반까지 LEACH, LEACH-C, 제안한 알고리

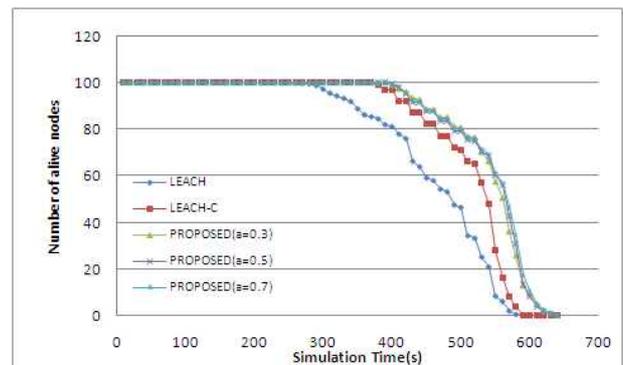


그림 7. 시간에 따른 생존 노드 수 비교
Fig. 7. Number of alive nodes during simulation time.

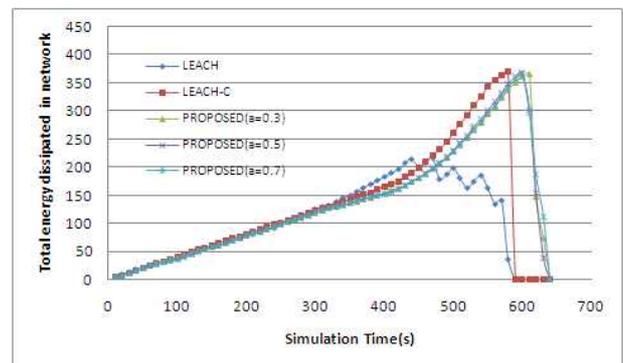


그림 8. 시간에 따른 에너지 소모량 비교
Fig. 8. Total energy dissipated in network during simulation time.

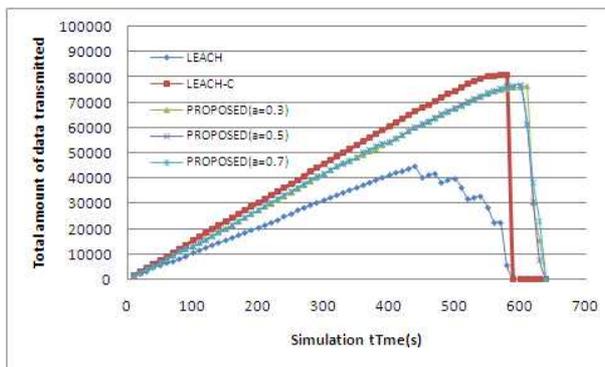


그림 9. 시간에 따른 데이터 전송을 비교
Fig. 9. Total amount of data transmitted during simulation time.

즘의 에너지 소비량은 비슷하게 소모된다. 그리고 450 초 이후부터 LEACH는 에너지 소비량이 떨어지기 시작하고, LEACH-C는 초반부터 600초까지 주어진 에너지를 과다 소모함으로써 에너지 소모량이 급격하게 줄어드는 결과를 보인다. 제안한 알고리즘은 클러스터 헤드와 노드간의 거리, 그리고 클러스터 헤드의 에너지 소비를 고려하였기에 LEACH-C 보다는 에너지 소모량이 적으면서 지속되었다.

그림 (9)은 시간에 따른 노드의 총 데이터 전송량을 나타내고 있다. 노드의 총 데이터 전송량을 비교함으로써 클러스터링의 구성과 네트워크의 효율적인 운용을 비교할 수 있다. 가능한 많은 노드들로부터 많은 데이터 전송이 이루어질수록 네트워크의 운용이 더 효율적이라고 볼 수 있다. LEACH와 LEACH-C의 경우 데이터 전송량이 꾸준히 증가하다가 노드의 생존 수가 급격하게 줄어드는 시간인 각각 약 450초와 약 600초를 기준으로 데이터 전송량의 증가폭이 급격하게 감소한다. 반면에 제안한 알고리즘의 경우 생존 노드의 수가 시간의 변화에 따라서 급격하게 감소하는 것이 아니라, 서서히 감소하기 때문에 데이터 전송량의 증가폭 역시 급격하게 줄어들지 않고 서서히 감소하는 것을 알 수 있다.

따라서 무선센서망의 최종 목표인 센서망의 생존성 지속이라는 측면에서, 제안한 알고리즘의 생존 노드 수, 노드의 총 데이터 전송량, 에너지 소모량은 기존 LEACH, LEACH-C 알고리즘보다 우수함을 입증하였다.

V. 결 론

현재 무선센서망의 주요 이슈는 제한된 에너지를 가

진 노드들로 구성된 네트워크의 생존성을 늘리기 위하여 효율적인 에너지 관리이다. 따라서 본 논문에서는 LEACH, LEACH-C 알고리즘의 문제점을 분석하고, 무선센서망의 생존에서 가장 중요한 클러스터 헤드 선출 방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 기지국과 클러스터 헤드간의 거리, 노드와 클러스터 헤드간의 보유한 에너지량을 고려하여 클러스터 헤드를 선출하고 클러스터링을 구성하는데 소모되는 에너지를 줄였다. 시뮬레이션을 통하여 시간에 따른 노드 생존 수, 총 데이터 전송량, 에너지 소모량을 비교한 결과, 제안한 알고리즘이 기존 알고리즘인 LEACH, LEACH-C 보다 성능이 우수함을 입증하였다.

참 고 문 헌

- [1] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," *IEEE Comm. Mag.*, Vol. 40, No. 8, pp.102-114, Aug., 2002
- [2] D.W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," *In Proceeding of the Hawaii Conference on system Science*, Jan., 2000.
- [3] Wendi Beth Heinzelman, "Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks," PhD thesis, June. 2000, MIT.
- [4] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An Application Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," *In to Appear:IEEE Transztions on Wireless Communications*, 2002.
- [5] Z. Cheng, M. Perillo, B. Tavli, W. Heinzelman, S. Tilak, and N. Abu-Ghazaleh, "Protocol for Local Data Delivery in Wireless Microsensor Networks," *45th IEEE Midwest Symp. on Circuits and Systems(MWSCAS '02)*, Tulsa, Ok, Aug. 2002.
- [6] S. Lindsey, C. Raghavendra, "PEGASIS: Power efficient gathering in sensor information system," *In IEEE Aerospace Conference*, March 2002.
- [7] S. Lindsey, C. Raghavendra, K. Sivalingan, "Data gathering in sensor networks using the energy delay metric," *Proc. of the IPDSP Workshop on Issues in Wireless Networks and Mobile Computing*, April 2001.
- [8] D. Tian, N. D. Georganas, "A Coverage Preserving Node Scheduling Scheme for Large

Wireless Sensor Networks,” WSNA, 2002

[9] A. Boukerche, X. Cheng, J. Linus, “Energy Aware Data Centric Routing in Microsensor Networks,” *ACM MsWiM'03*, San Diego, California, Sept. 2003.

[10] J. Lu, T. Suda, “Coverage aware Self-scheduling in sensor networks,” *IEEE CCW*, Dana Point, California 2003.

[11] “Network Simulator 2,”
<http://www.isi.edu/nsnam/ns>

[12] D.W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, “uAMPS ns code Extensions,”
<http://www-mtl.mit.edu/research/icsystems/uamps/leach>

— 저 자 소 개 —



손 남 레(정회원)
 1996년 호남대학교 컴퓨터공학과
 학사 졸업
 2000년 전남대학교 전산학과
 석사 졸업
 2005년 전남대학교 전산학과
 박사 졸업

2007년~2009년 2월 호남대학교 인터넷소프트
 웨어학과 전임강사
 2009년 12월~현재 목포대학교 중점연구소
 연구교수
 <주관심분야 : 영상통신, IPTV, 3D 비디오 코딩,
 방송통신융합기술, 임베디드시스템>



정 민 아(정회원)-교신저자
 1992년 전남대학교 전산통계
 학사 졸업
 1994년 전남대학교 전산통계
 석사 졸업
 2002년 전남대학교 전산통계 박사
 2005년 3월~현재 목포대학교
 컴퓨터공학과 조교수

<주관심분야 : 데이터베이스/데이터마이닝, 생체
 인식시스템, 무선통신응용분야(RFID, USN, 텔레
 메틱스), 임베디드시스템>



이 성 로(정회원)
 1987년 고려대학교 전자공학
 학사 졸업.
 1990년 한국과학기술원 전기및
 전자공학 석사 졸업.
 1990년 한국과학기술원 전기및
 전자공학 박사 졸업.

2009년~현재 목포대학교 정보전자공학과 교수.
 <주관심분야 : 디지털통신, 위성통신, 해양텔레매
 틱스, 인공지능, USN>