논문 2010-47IE-1-6

무선 센서 네트워크에서 데이터 센싱을 고려한 라우팅 기법

(A Routing Method Considering Sensed Data in Wireless Sensor Networks)

송 창 영*, 이 상 원*, 조 성 수*, 김 성 일*, 원 영 진**, 강 준 길***

(ChangYoung Song, SangWon Lee, SeongSoo Cho, SeongIhl Kim, YoungJin Won, and JuneGill Kang)

요 약

무선 센서 네트워크의 노드들은 한 번 배포되면 배터리의 교환 충전이 불가능하기 때문에 제한적인 에너지를 효율적으로 사용하여 네트워크의 수명을 연장하는 것이 중요한 문제이다. LEACH 프로토콜은 에너지를 효율적으로 이용하기 위한 대표적인 클러스터링 기반 라우팅 프로토콜로서 여러 개의 클러스터로 구성되며 각 클러스터는 헤드 노드와 그에 속한 멤버 노드로 이루어진다. LEACH는 모든 노드가 헤드로 전송할 데이터를 갖고 있다는 가정에서 시작하지만 실제의 경우 전송할 필요가 없는 데이터를 갖고 있는 멤버 노드도 존재하게 된다. 본 논문에서는 멤버 노드가 이전에 수집한 데이터와 현재 센싱한 데이터를 비교하여 동일한 경우 멤버 노드를 휴지 상태로 전환하여 전송 에너지 소비를 감소시키는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 방식으로 모의실험을 수행한 결과 기존의 클러스터링 기반 알고리즘들과 비교하여 시간 경과에 따른 생존 노드 수 측면에서 더욱 향상된 결과를 확인하였다.

Abstract

It is very important to prolong the lifetime of wireless sensor networks by using their limited energy efficiently, since it is not possible to change or recharge the battery of sensor nodes after deployment. LEACH protocol is a typical routing protocol based on the clustering scheme for the efficient use of limited energy. It is composed of a few clusters, which consist of head nodes and member nodes. Though LEACH starts from the supposition that all nodes have data transferred to a head, there must be some nodes having useless data in actual state. In this paper we propose a power saving scheme by making a member node dormant if previous sensed data and current data is same. We evaluate the performance of the proposed scheme in comparison with original clustering algorithms. Simulation results validate our scheme has better performance in terms of the number of alive nodes as time evolves.

Keywords: LEACH, TEEN, Wireless Sensor Network, Clustering Algorithm, Energy Efficiency

I. 서 론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Networks)는 특정지역에 많은 수의 센서 노드를 배치하여 그 지역에서 발생하는 각 종 정보를 모니터링하고 수집된 정보를 상위 노드 및 응용 시스템에 전달한다. 센서 네트워크는 MANET (Mobile Ad-Hoc Network) 환경을 모델로 AP (Access Point)와 같은 고정된 기반이 없는 환경에서 상대적으로 다수의 센서 노드가 넓은 지역의 센서 필드(Sensor Field)에 배치되어 다양한 동적 토폴로지를 갖으며 센서 노드 간 자율적이고 독립적인 네트워크를 구성한다[1]. 이러한 특징 중 중요하게 고려되어야 할 사항은 센서 노드의 제한된 에너지 자원을 효율적으로 사용하는 방법이다. 센서 노드는 배터리를 에너지 공급원으로 하고 있으며 운용 특성상 배터리의 교체나 충전이 불가능하다. 결국 제한된 에너지를 최대한 효율적으로 사용하는 것이 중요한 문제이기에 많은 연구들도 에

* 정회원, *** 평생회원, 광운대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Kwangwoon University)
** 평생회원, 부천대학 전자과
(Dept. of Electronics, Bucheon University)
접수일자: 2009년9월22일, 수정완료일: 2010년3월10일

너지 효율성에 주목하고 있다[2].

이러한 에너지 문제를 해결하기 위한 기법 중의 하나가 바로 클러스터링 기법이다[3]. 클러스터링 기법의 네트워크는 상위 노드와 하위 노드로 구성되는 계층적 구조의 네트워크이다. 멀리 떨어져 있는 기지국(base station, BS)으로 데이터를 전송하기 위해서는 많은 전송 에너지 소비가 요구되므로 BS로의 데이터 전송은 노드들 중에서 선출된 오직 몇 개의 상위 노드들만이 담당하게 되고, 이처럼 에너지 소비가 많은 상위 노드의 역할은 모든 노드가 정해진 확률에 따라 균등하게 번갈아 가며 수행함으로써 네트워크의 수명을 연장하는 방식이다[4].

이러한 클러스터링 기반 프로토콜로 대표적인 LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)는 하위 노드가 항상 전송할 데이터를 갖고 있다는 가정에서 출발한다[5]. 하지만 경우에 따라서 이전에 수집된 데이터와 동일한 데이터가 센싱될 확률도 분명 존재한다. 다만 LEACH는 이러한 상황을 고려하지 않고 있는 것이다. 즉 경우에 따라서는 불필요하게 하위 노드의 전송 에너지만 소비하며 상위 노드로 데이터를 전송하는 것이라 판단할 수 있다.

TEEN (Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol) 프로토콜의 경우는 비록 데이터 변화 시점이 즉각 보고되어야 하는, LEACH와는 다소 다른 형태의 프로토콜이지만 임계값이라는 요소를 적용했기 때문에 이전에 수집된 데이터와 동일한 데이터인 경우 상위 노드로 데이터를 전송하지 않도록 할 수 있다[6]. 다만 TEEN의 경우는 만약 센싱한 데이터가 임계값을 넘지 못하면 아예 상위 노드와 통신을 하지 않게 되는 문제를 가지고 있다.

본 논문에서는 하위 노드의 데이터 수집을 고려한 에너지 효율적인 클러스터링 기법을 제안한다. 센서 노드가 이전에 수집한 데이터와 현재 센싱한 데이터를 비교하여 상위 노드로의 데이터 전송여부를 결정한다. 이전과 동일한 데이터인 경우 하위 노드가 상위 노드로 전송할 에너지를 절약하게 되고 결국 전체 네트워크의 수명 연장을 기대할 수 있게 한다. 더불어 제안된 비교 기법을 사용하는 경우 TEEN의 문제점인 센싱한 데이터가 임계값을 넘지 못하여 상위 노드로 통신이 이루어지지 않는 문제에 대한 해결 방안으로 적용 가능하다.

본 논문은 Ⅱ장에서 클러스터링 기법에 관련된 기존 연구에 대해 논하고 Ⅲ장에서는 제안하는 클러스터링 기법을 소개한다. Ⅳ장에서는 제안한 기법의 성능을 분석하고 Ⅴ장에서는 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

1. 센서 네트워크 라우팅 프로토콜 개요

센서 네트워크는 망의 형태에 따라 평면 라우팅 프로토콜과 클러스터링 기반의 계층적 라우팅 프로토콜로 나눌 수 있다. 평면 라우팅 프로토콜은 네트워크 전체를 하나의 영역으로 간주하여 모든 노드들이 동등하게 라우팅에 참여하는 방식이다. 이에 비해 클러스터 기반 프로토콜은 다양한 클러스터링 과정을 통해 네트워크를 클러스터 단위의 다수 영역으로 분할하고 노드들은 역할에 따라 계층적으로 구분한다[4]. 하위 노드가 수집한 데이터를 상위 노드에게 전송하고 상위 노드는 이를 병합하여 최종적으로 BS에 전송하는 방식이다. LEACH, LEACH-C (LEACH-Centralized), TEEN 등이 대표적인 프로토콜이다[7].

또 한 네트워크의 동작 모드와 목표 응용분야에 따라 프로액티브 네트워크(proactive networks)와 리액티브 네트워크(reactive networks)로 분류 할 수 있다[6]. 프로액티브 네트워크는 필드 내의 노드들이 주기적으로 자신에게 정해진 시간 동안에만 동작하며 데이터를 센싱하고 수집한 데이터를 상위 노드에게 전송하는 방식이다. 주기적인 데이터 모니터링이 필요한 응용에 적합한 방식으로 LEACH와 LEACH-C 등이 이에 포함된다. 이에 비해 리액티브 네트워크는 필드 내의 모든 노드들이 연속적으로 데이터를 센싱하면서 데이터의 변화에 즉각적으로 반응하여 변화된 데이터를 바로 상위 노드에게 전송될 수 있는 방식으로 시간-결정적인 응용 분야에 적합하며 TEEN이 이에 포함된다.

2. LEACH 프로토콜

LEACH를 사용하는 무선 센서 네트워크는 여러 개의 클러스터로 구성된다. 각각의 클러스터에는 해당 클러스터에 포함된 모든 센서 노드를 제어하며 센서 노드들이 전송한 데이터를 병합(fusion)하여 BS로 전송하는 CH(cluster head)와 데이터를 수집하여 자신의 CH에게 전송하는 Non-CH로 구성된다. 특히 CH는 Non-CH들로부터 수신한 데이터를 병합해서 원거리에 위치하는 BS로 데이터를 전송해야 하기 때문에 에너지 소비가 많이 발생하게 된다. 그래서 CH 역할을 모든 노드가

균등하게 번갈아가며 하기 위해 각 라운드 시작 시에 모든 노드는 정해진 확률로 CH를 선출하게 된다[5].

가. LEACH 프로토콜의 동작 및 구조

LEACH는 그림 1과 같이 라운드(round) 시간 단위로 구성되며 각 라운드는 헤드를 선택하여 클러스터가 형성되는 셋업(set-up) 단계로 시작하여 Non-CH에서 CH로 그리고 CH에서 BS로의 데이터 전송이 이루어지는 안정-상태(steady-state) 단계로 구성된다[5]. 세부적인 셋업 과정의 구성은 CH가 자신이 헤드로 선출되었음을 알리기 위해 광고(advertisement), ADV 메시지를 브로드캐스트 하는 구간과 Non-CH가 수신한 ADV 메시지들의 신호 세기를 기반으로 클러스터를 선택하여 자신이 포함되려 하는 CH에게 자신이 편입되고자함을 알리는 join-REQ 메시지 전송 구간 그리고 마지막으로 CH가 수신한 join-REQ 메시지를 기반으로 TDMA 방식의 스케줄, SCH를 작성하여 클러스터 내 Non-CH에게 전송하는 구간으로 구분된다. 안정-상태 구간은 프레임(frame)으로 분할되며 각 프레임은 TDMA SCH 순서에 따라 각 노드가 자신에게 할당된 시간 동안 데이터를 센싱하고 전송하는 시간 슬롯(time slot)들로 구성된다. 자신에게 할당된 슬롯 시간이 아닌 경우 노드는 슬립 모드로 전환하여 에너지 소비를 감소시킨다. 이처럼 구성되는 한 라운드가 종료되면 다시 새로운 라운드가 시작되고 다시 새롭게 CH를 선출하며 이전에 설명된 과정이 반복되게 된다.

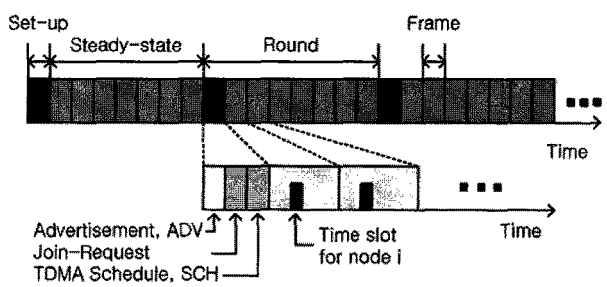

그림 1. LEACH 프로토콜의 동작
Fig. 1. Time line showing operation of LEACH.

나. LEACH 프로토콜의 문제점

LEACH는 라운드 기간 내내 모든 노드가 항상 전송할 데이터를 갖고 있다 가정한다. 즉 이전에 수집된 데이터와 현재 센싱한 데이터가 동일한 경우에도 CH에게 전송을 한다는 의미이다. 즉 전송하지 않아도 되는 데이터를 불필요하게 멤버 노드의 전송 에너지를 소비시켜 가며 전송시킨다는 것이다. 더불어 LEACH에서는 CH를 확률에 의해 선출하고 이렇게 선출된 CH의 위치에 기초하여 해당 클러스터를 구성하기 때문에 클러스터의 구성이 지리적으로 좋지 않은 경우가 발생하게 된다. 이처럼 CH와 해당 Non-CH 사이의 거리가 길어지는 경우는 Non-CH의 전송 에너지 소비 역시 더욱 증가하게 될 것이고 결국 Non-CH의 에너지 효율성은 낮아지게 될 것이다.

3. TEEN 프로토콜

TEEN의 클러스터 구성은 기본적으로 LEACH와 동일하지만 노드가 연속적으로 센싱하는 형태의 리액티브 네트워크란 점에서 차이가 있다. TEEN은 데이터 센싱 시 두 종류의 임계값, hard threshold (HT)와 soft threshold (ST)를 사용한다[6]. HT는 센싱한 데이터에 대한 절대적인 값으로 Non-CH가 수집한 데이터가 이 값과 같거나 큰 경우 CH에게 데이터를 전송한다. ST는 센싱한 데이터의 작은 변화에 대한 임계값으로 Non-CH가 수집한 데이터가 이 값과 같거나 큰 경우 CH로 데이터를 전송한다.

네트워크가 가동되고 센싱한 값이 처음으로 HT에 도달하면 Non-CH는 CH로 데이터를 전송하게 된다. 더불어 이때 센싱한 값은 Non-CH 내부에 저장 되게 된다. 두 번째 데이터 전송은 센싱한 데이터가 HT보다 큰 경우와 더불어 센싱한 데이터가 ST 값과 같거나 큰 경우를 동시에 만족시켜야 발생되게 된다. 결국 HT 값은 센싱한 데이터 중 관심 있는 데이터만을 전송하여 노드의 전송 횟수를 줄이려는 것이다. 또한 ST 값은 센싱한 데이터가 일단 HT 값보다 큰 경우에 대해 데이터의 미세한 변화도 고려할 수 있도록 설정된 값이다.

가. TEEN 프로토콜의 문제점

TEEN은 임계값을 사용함으로서 리액티브 네트워크에서 Non-CH의 데이터 전송을 제한하여 에너지 효율을 향상 시킬 수 있었다. 하지만 이러한 임계값 적용으로 인해 또 다른 문제가 발생하게 된다. 즉 센싱한 데이터가 임계값에 도달하지 못하면 상위 노드와의 통신이 이루어지지 않는다는 사실이다. 이와 같은 경우가 계속되면 네트워크는 아무런 데이터도 넘겨주지 못 하고 모든 노드가 계속해서 데이터 센싱만하다 결국 배터리가 고갈되어 수명이 다하게 되는 문제를 갖고 있다.

Ⅲ. 데이터 수집을 고려한 에너지 효율적인 클러스터링 기법

LEACH 프로토콜은 모든 노드가 항상 전송할 데이터를 갖고 있다는 가정에서 시작하며 클러스터 구성 시 Non-CH는 CH가 전송한 ADV 메시지의 신호 세기를 기준으로 가장 가까운 거리에 있는 CH를 선택한다. 이로 인해 Non-CH에서 CH로 전송 시 발생하는 에너지 소비 역시 최소라고 여겨진다. 하지만 노드가 슬립 모드 시에 소비하는 에너지와 비교하면 가장 가까운 거리라 하여도 전송 시 요구되는 에너지는 여전히 충분히 크다고 볼 수 있다. 더불어 LEACH의 경우 CH 선출 시 확률을 기반으로 하기 때문에 CH와 Non-CH가 지리적으로 멀리 떨어진 좋지 않은 클러스터 구성도 발생하게 된다. 이러한 사실에도 불구하고 기존의 연구들은 LEACH의 가정에 기초하여 에너지 소비가 제일 많이 발생되는 CH의 에너지 효율성을 향상시키는 부분에 대해서만 많은 관심을 기울이고 있다[2, 4~5].

이러한 이유로 본 논문에서는 센서 네트워크의 수명을 연장시키기 위해 클러스터 구성의 대부분을 차지하고 있는 Non-CH에서의 에너지 소비 감소 방법에 주목하였다. 그리하여 클러스터링 기반 라우팅 프로토콜의 Non-CH 레벨에서 발생하는 데이터 수집을 고려함으로서 전체 네트워크의 에너지 효율을 향상시키는 비교 기법을 제안한다.

제안한 비교 기법을 LEACH에 적용한 경우 그림 2와 같이 클러스터가 형성되는 셋업 단계가 종료되고 시작된 첫 번째 프레임에서 자신에게 할당된 시간 슬롯

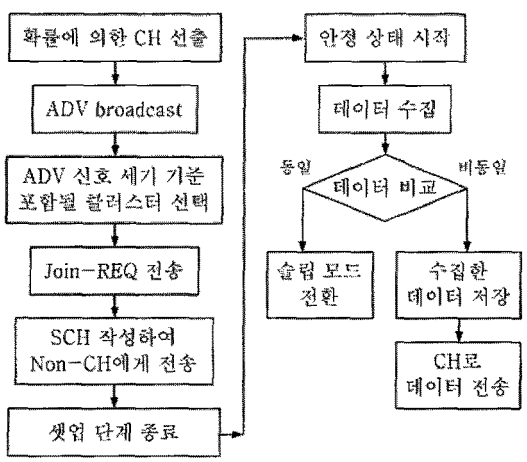

그림 2. 제안한 비교 기법의 동작
Fig. 2. Operation of the proposed scheme.

동안 Non-CH는 주변 데이터를 수집하고 동시에 Non-CH의 내부 메모리에 저장된 이전 데이터와 비교 과정을 거치게 된다. 제일 처음 단계에서는 이전에 수집된 데이터가 없기 때문에 비교 과정에서 당연히 동일하지 않다는 결과가 나올 것이다. 이전과 동일하지 않으면 노드 내부의 메모리 공간에 수집한 데이터를 저장하고 동시에 CH에게로 수집한 데이터를 전송하게 된다. 전송이 끝나면 기존 LEACH과 동일하게 Non-CH는 슬립 모드로 전환하게 된다.

자신이 속한 클러스터의 CH가 작성한 TDMA SCH에 따라 두 번째로 자신에게 할당된 슬롯 시간이 되면 Non-CH는 슬립 모드에서 벗어나 다시 주변을 센싱하게 되고 데이터를 수집한다. 이때 수집된 데이터는 첫 번째 자신에게 할당된 슬롯 시간동안과 동일하게, 이전 시간 슬롯에 저장한 데이터와 비교 과정을 거치게 된다. 이전에 수집된 데이터와 현재 센싱한 데이터가 동일한 경우 Non-CH는 슬립 모드로 전환하여 에너지 소비를 감소시키게 된다. 하지만 이전과 상이한 데이터가 센싱된 경우에는 Non-CH가 현재 수집한 데이터를 메모리에 저장한 뒤 CH로 데이터를 전송하게 되는 것이다. 네트워크의 수명이 다할 때까지 이러한 과정이 반복되게 된다.

TEEN에 제안한 비교 기법을 적용한 경우 TEEN의 임계값 요소를 제외하고 대신 제안한 비교 기법이 기존 TEEN에서의 임계값 역할을 하게 된다. 이때 적용한 비교 기법도 이전에 설명된, LEACH에 적용한 동작 과정과 동일하다. 하지만 제안한 기법은 단순히 이전에 수집된 데이터와 현재 수집된 데이터를 비교 분석하여 처리하는 방식이기 때문에, 임계값이라는 요소를 사용하는 원래 TEEN의 장점인 센서 네트워크 필드 내에 존재하는 여러 정보 중 관심 있는 정보만을 선택적으로 수집할 수 있다는 부분에서는 어느 정도 손실을 갖게 될 것이다. 대신에 TEEN의 큰 문제점인 Non-CH가 수집한 데이터가 임계값을 넘지 못 하는 경우 Non-CH가 상위 노드로 데이터를 전송하지 않게 되는 부분을 해결할 수 있는 방안이다. 즉 Non-CH가 센서 네트워크 상태를 항상 연속적으로 센싱하여 필드 내에서의 데이터 변화를 즉각적으로 파악하고 바로 상위 노드에게 전송하는 리액티브 네트워크 특성은 유지하며 TEEN이 갖고 있던 문제점은 해결할 수 있는 방안으로 볼 수 있다.

Ⅳ. 성능분석

이번 장에서는 대표적인 클러스터링 기반 라우팅 알고리즘인 LEACH와 TEEN에 각각 본 논문에서 제안한 비교 기법을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. Non-CH 레벨에서의 에너지 소비 감소가 제안한 비교 기법의 주된 의도이므로 시간 흐름에 따른 생존 노드 수를 성능 평가 지표로 선택하여 전체 네트워크의 성능을 판단하고자 하였다.

1. 시뮬레이션 환경

시뮬레이션은 100개의 노드를 갖는 센서 네트워크 그리고 위치가 고정된 BS를 기반으로 진행하였다. 모든 노드들은 네트워크에 무작위로 배치되었으며 클러스터 형성 과정 및 기타 사항은 LEACH에서 사용된 파라미터를 그대로 표1에 제시하였다[5]. 제안한 기법의 시뮬레이션을 보다 용이하도록 하기 위해 TEEN에서 응용한 매 5초 간격으로 온도가 0℃에서 200℃까지 범위에서 무작위로 변화하는 환경이라 가상하였다[6].

제안한 비교 기법을 기존 라우팅 알고리즘에 적용하여 시뮬레이션을 수행하는 경우 실제 환경에서는 비교 분석 과정에 따른 에너지 소모가 발생하겠지만 이는 간단히 메모리에 저장된 값과 현재 센싱한 데이터 값을 비교하는 과정이므로 이와 관련된 에너지 소비량은 충분히 작다고 판단하여 비교 기법 수행 시 소모되는 에너지 소비는 무시하고 진행하였다. 더불어 단순히 온도 변화가 무작위로 이루어지는 환경이기에 동일한 데이터가 발생할 경우도 유동적이다. 이러한 이유로 시뮬레이션 결과의 타당성 향상을 위해 시뮬레이션은 최소 10회 이상 가능한 많은 횟수를 실행하여 종합함으로 이에 따른 편차를 줄이고자 하였다.

표 1. 시뮬레이션 환경 변수
Table 1. Simulation parameters.

Parameter	Value
Base station	(50, 175)
E_{elec}	50nJ/bit
ϵ_{amp}	100pJ/bit/m^2
Initial energy/node	2J
k	5
E_{DA}	5nJ/bit
ϵ_{fs}	10pJ/bit/m^2
ϵ_{mp}	0.0013pJ/bit/m^4

2. 시뮬레이션 결과 및 분석

LEACH에 제안한 비교 기법을 적용하여 시간 흐름에 따른 생존 노드 수에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3에서와 같이 LEACH에 제안한 기법을 적용한 경우 더욱 향상된 결과를 확인할 수 있었다. 이는 Non-CH의 에너지 소비 감소가 주된 이유이며 또한 상위 노드인 CH 입장에서도 자신의 클러스터에 포함된 Non-CH로부터 전송 받은 데이터를 병합해야 하는데, 전송된 데이터 량이 감소했기 때문에 데이터 병합 시에 소비되는 CH의 에너지 감소 역시 그 이유가 된다고 볼 수 있다. 결국 기존의 많은 연구가 클러스터 헤드의 에너지 소비 감소에 중점을 두고 있지만 이에 못지않게 Non-CH의 에너지 효율성도 의미 있는 부분임을 알 수 있다.

TEEN의 hard-mode에 제안한 비교 기법을 적용하여 시간 흐름에 따른 생존 노드 수에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. TEEN의 경우 기존 LEACH와 클러스터 구성 등 대부분의 시뮬레이션 설정이 동일하지만 모든 노드가 연속적으로 주변을 센싱하고 있는 특성을 감안하여, LEACH에서 적용하였던 라디오 일렉트로닉스(radio electronics) 모델이 휴지 기간 파워 소비량(idle time power dissipation)과 센싱 시 파워 소비량을 포함하기 위해 본 논문에서도 TEEN에서 수정한 것과 동일하게 변경하였다[6~7].

그림 4에서 볼 수 있듯이 기존 TEEN에 비해 제안한

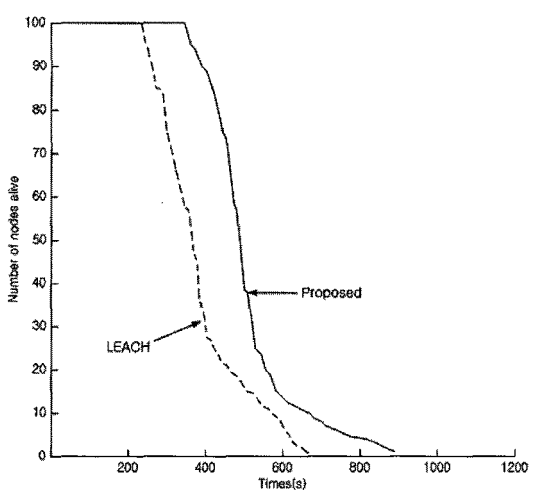

그림 3. LEACH와 제안 기법의 노드 수 비교
Fig. 3. LEACH vs. proposed scheme.

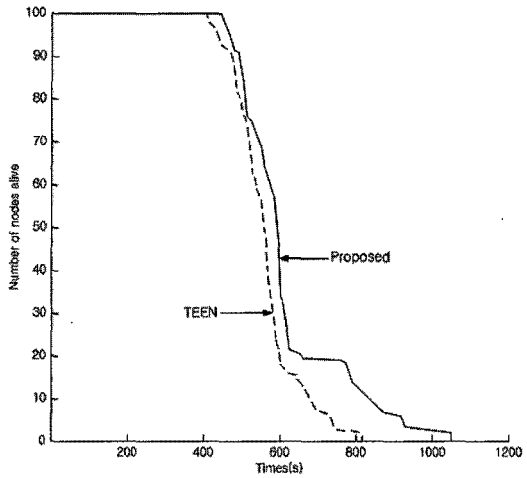

그림 4. TEEN과 제안 기법의 노드 수 비교
Fig. 4. TEEN vs. proposed scheme.

비교 기법을 적용한 경우 기존에 비해 증가한 생존 노드 수를 확인할 수 있었다. 하지만 LEACH에 적용된 경우와 비교해서는 그 향상 폭이 감소하였다. 이는 TEEN에서 사용한 hard-threshold 값이 몇인가에 따라 기존 TEEN의 성능이 많이 좌우된다는 점과 또한 네트워크 내에서 온도가 무작위로 변화하는 환경이기에 이전에 수집된 값과 현재 센싱한 값이 동일한 경우가 몇 번 발생하는가에 따라 결과가 다소 유동적이라고 판단된다. 기존 TEEN에 상응하는 성능과 리액티브 네트워크 특성을 유지하고 있는 점 그리고 무엇보다 TEEN의 가장 큰 문제점인 Non-CH들이 센싱한 데이터 값이 임계값을 넘지 못 하는 경우 CH 레벨의 상위 노드와 어떠한 통신도 이루어지지 않는 부분을 해결한 점에 제안한 기법의 의미가 있다고 볼 수 있다.

Ⅳ. 결 론

클러스터링 기반 알고리즘으로 대표적인 LEACH는 모든 노드가 항상 전송할 데이터를 갖는다는 가정에서 시작한다. 이는 경우에 따라 상위 노드로 전송할 필요가 없는 즉, 예를 들어 이전에 전송한 데이터와 동일한 데이터가 수집되는 경우라 할지라도 무조건 전송하게 된다는 의미이다. 이러한 점에 착안하여 본 논문에서는 Non-CH가 자신에게 주어진 전송 시간 동안 이전에 수집한 데이터와 현재에 센싱한 데이터를 비교하여 CH로 데이터를 전송할지 여부를 판단하는 하위 노드 레벨에서의 에너지 절약하는 방법을 제안하였고 이를 LEACH와 TEEN에 적용하여 비교 평가하였다. 시뮬레이션 수행 결과에 의하면 제안한 비교 기법을 적용하였을 때 멤버 노드들의 에너지 효율이 증가하였고 더불어 클러스터 헤드의 데이터 집약 에너지 소비도 감소하여 전체 네트워크의 수명이 증가하는 결과를 보여주었다.

참 고 문 헌

[1] 서성윤, 정원수, 오영환, "센서 네트워크에서의 효율적 에너지 관리를 위한 클러스터링 알고리즘," 한국통신학회논문지, Vol. 33, 845-854쪽, 2008년 10월

[2] D. Ganesan, A. Cerpa, W. Ye, Y. Yu, J. Zhao, and D. Estrin, "Networking Issues in Wireless Sensor Networks," in Journal of Parallel and Distributed Computing (JPDC), July 2004.

[3] S. D. Muruganathan, D. C. F. Ma, R. I. Bhasin, and A. O. Fapojuwo, "A Centralized Energy-Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Networks," IEEE Communication Mag., Vol. 43, Issue 3, pp. S8-S13, Mar. 2005.

[4] W. B. Heinzelman, "Application-specific protocol architectures for wireless networks," Ph.D. dissertation, Mass. Inst. Technol., Cambridge, 2000.

[5] W. B. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," in Proc. of the Hawaii International Conference on System Science, pp. 3005-3014, Jan. 2000.

[6] A. Manjeshwar and D. P. Agrawal, "TEEN: A Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," Proc. of 1st Intl. Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing. San Francisco, April 2001.

[7] W. B. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, pp. 660-670, Oct 2002.

저 자 소 개

송 창 영(정회원)
대한전자공학회 논문지
제 46권 IE편 제 4호 참조

김 성 일(정회원)
대한전자공학회 논문지
제 46권 IE편 제 4호 참조

이 상 원(정회원)
대한전자공학회 논문지
제 46권 IE편 제 4호 참조

원 영 진(평생회원)
대한전자공학회 논문지
제 44권 IE편 제 3호 참조

조 성 수(정회원)
대한전자공학회 논문지
제 46권 IE편 제 4호 참조

강 준 길(평생회원)
대한대한전자공학회 논문지
제 23권 제 8호 참조