이동 센서 네트워크를 위한 클러스터링 기법에 관한 연구

김요섭*, 은종원**, 이종용***, 이상훈***
*광운대학교 대학원
**남서울대학교
***광운대학교 교양학부
e-mail:yslf007@nate.com

A Study on clustering method in Mobile Sensor Network

Yo-Sup Kim*, Jong-Won Lee**, Jong Yong Lee***, Sang-Hun Lee***
*Kwangwoon University Graduate School
**Namseoul University
***Kwangwoon University General Education

요 약

분산형 클러스터 라우팅 기법 중 가장 대표적 프로토콜인 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)프로토콜은 자기구성과 제한된 전원 문제에 있어 기존의 직접전송방식에 비해 최대 8배 이상의 성능 향상을 가져왔다. 그러나 LEACH는 고정노드를 가정으로 하여 제안된 방식으로, 센서노드가 이동하는 환경에서 클러스터 구성 이후 노드가 현재 클러스터에서 이탈하는 경우 데이터의 전송을 위해서 현재의 통신을 보류하고 새로운 라운드의 클러스터 구성에 참여하여 통신해야 하므로 데이터 전송 지연과 손실을 유발 할 수 있다. 본 논문에서는 LEACH프로토콜을 기반으로 센서노드가 이동하는 환경에서 데이터의 전송 지연을 최소화 하기 위한 방안을 제시한다. 본 논문에서 제안한 방식의 성능평가를 위해 시뮬레이션 해본 결과 이동성을 지원하지 않는 기존의 LEACH 프로토콜에 비해 데이터 전송 성공률이 향상된 것을 확인 할 수 있었다.

1. 서론

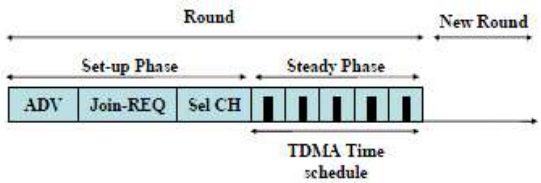
근래 무선 센서네트워크와 관련된 연구가 다양하게 진행되고 있다. 이러한 연구에는 여러 분야가 존재하지만 특히 센서를 이용한 정보 수집목적의 자율적인 에드-혹(Ad-hoc) 네트워크 구성을 위한 연구가 활발하게 진행 되고 있다[1][2].

일반적으로 센서 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜은 라우팅 방식에 따라 크게 평면 기반 라우팅과 계층 기반 라우팅 기법으로 나눌 수 있다. 이중 평면 기반 라우팅 기법은 모든 노드들이 동등한 관계로 각각이 베이스 스테이션(BaseStation : BS)이 되어 라우팅에 참여하는 방식으로 Directed diffusion, SPIN, Rumor routing ,등이 있으며, 계층기반 라우팅이란 클러스터 기반 방식이라고도 하며 센싱지역을 다수의 네트워크 영역으로 분할하고 분할된 영역에서 통신의 집약 거점으로 활동하는 클러스터 헤드를 선출하여 하위 노드들의 데이터를 수집, 관리하는 방식으로 LEACH, TEEN, HEED, PEGASIS등이 있다[3-5]. 기존에 연구된 대부분의 라우팅 프로토콜은 싱크 노드 및 센서 노드가 이동성이 없는 고정된 환경을 가진 다고 가정하고 있다. 따라서 응용의 대상이 고정되어있는 경우로 제한되며 이는, 유비쿼터스 환경의 특성을 충분히 만족 시키지 못한다. 따라서 센서 노드의 위치가 고정되어 있지 않은 U-HEALTH 환경이나 동물 또는 차량에 센서를 부착하여 이동하는 센서노드로부터 응용 대상의 데이터를 수집하는 위치추적과 같은 응용 서비스를 위한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 계층 기반 라우팅 프로토콜의 가장 대표적인 LEACH 프로토콜을 노드들의 움직임이 존재하는 환경에서 데이터의 손실을 최소화 하기위해 네트워크의 클러스터링 방식을 변형하여 그 성능을 기존의 LEACH 프로토콜과 비교하였다.

2. 센서네트워크 라우팅 프로토콜

2.1 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering hierarchy)

LEACH는 클러스터링 기반 라우팅 기법으로, 클러스터 헤드가 클러스터의 멤버 노드들로부터 데이터를 수집하여 직접 싱크 노드로 전달한다. LEACH의 주요 특징은 네트워크상에 있는 모든 센서 노드들의 에너지 소비를 공평하게 분산시키기 위해 에너지 소모적 기능을 하는 클러스터 헤드를 무작위로 순환시키고, 전체적인 통신 에너지를 줄이기 위해 클러스터 헤드에서 클러스터내의 데이터를 모아 지역적으로 축약하는 것이다.

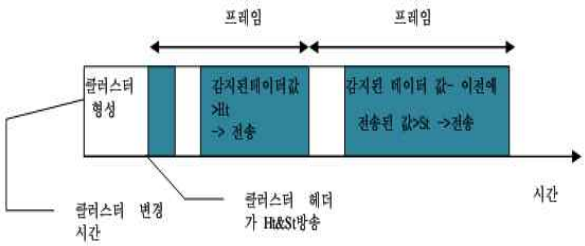


[그림 1] LEACH의 라운드 타임

이와 같은 목적을 위해서 LEACH의 동작은 [그림 1]과 같은 라운드(Round)라는 일련의 시간 단위로 이루어진다. 각 라운드는 클러스터가 구성되는 형성 단계(Set-Up Phase)와 여러 개의 TDMA 프레임으로 구성되어 실제데이터의 전송이 이루어지는 지속 상태 단계(Steady-State Phase)로 이루어진다. 형성 단계가 시작되면 모든 노드는 이전 라운드 동안의 클러스터 헤드여부와 최적의 클러스터 헤드 수를 기반으로 확률적인 방식으로 클러스터 헤드로 선출된다. 현 라운드 기간에 클러스터 헤드로 선출된 노드는 광고메시지(adv)를 브로드캐스팅하며, 이를 수신한 비 클러스터 헤드 노드들은 수신 강도 등의 파라미터를 통해 자신의 클러스터 헤드를 결정하고, 해당 클러스터 헤드로 Join-Request 메시지를 전송하여 클러스터가 구성된다. 클러스터가 형성 된 이후 클러스터 헤드는 자신의 클러스터 멤버들의 데이터 전송 순서를 지시하는 TDMA 스케줄을 작성하여 구성원 노드에게 알리며 라운드는 지속 상태 단계로 접어든다. 두 번째 단계인 지속 상태(steady state) 단계에서 클러스터 멤버는 설정된 TDMA 스케줄에 따라서 클러스터 헤드와 통신하고 자신에게 할당된 타임 슬롯(timeslot)이 지나면 슬립(sleep) 모드로 전환하여 전력 소모를 줄이며, 이러한 과정을 여러 번 반복하며 클러스터링과 라우팅이 이루어진다.

2.2 TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient sensorNetwork protocol)

TEEN은 LEACH와 거의 유사하게 동작하지만 센서 노드들이 주기적으로 전송할 데이터를 가지고 있지 않다. TEEN의 클러스터링 형성 기법은 LEACH와 동일하지만 데이터 전송 단계에서 [그림 2]와 같이 다른 방법을 사용한다.



[그림 2] TEEN의 스케쥴링

TEEN에서 센서 노드들은 클러스터 결정시간에 클러스터 헤드가 브로드캐스팅한 임계값인 Ht와 St에 기반을 두고 현재 감지된 데이터를 전송할지를 결정한다. 즉, 감지된 데이터의 값이 처음으로 Ht를 초과하면, 이를 저장하여 해당 시간 슬롯에 전송한다. 이후에는 감지된 데이터의 값이 저장된 값보다 St 이상으로 큰 경우에 저장하고 해당 시간 슬롯에 전송한다.

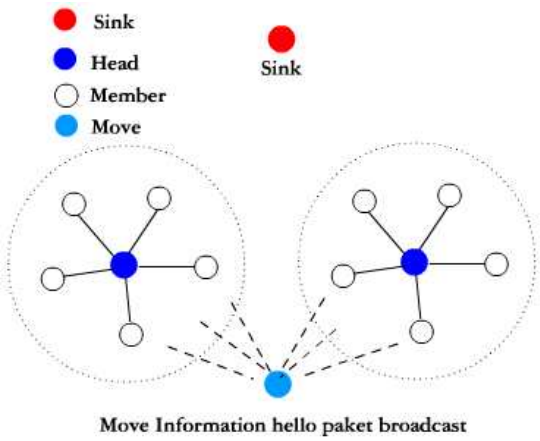
3. 제안하는 방식

3.1 노드 이동을 고려한 네트워크 토폴로지 재구성 시간 단축을 위한 알고리즘

LEACH 프로토콜은 자기구성과 제한된 전원 문제에 있어 기존의 방식에 비해 좋은 에너지 효율성을 갖지만, 클러스터 구성이후 클러스터의 구성이 라운드가 종료되기 이전까지 계속해서 유지되므로 일반적인 이동환경에서 센서 노드가 클러스터에서 이탈하거나 새로운 클러스터에 참가해야 하는 경우 현재의 통신을 보류하고 새로운 라운드의 클러스터 구성에 참여하여 통신해야 한다. 이는 데이터의 전송 지연으로 인한 심각한 데이터의 손실을 유발할 수 있다.

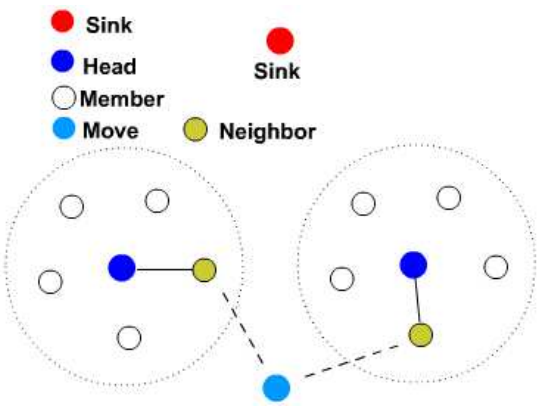
본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 LEACH 프로토콜의 Steady-State Phase에 현재 클러스터의 토폴로지 재구성과정을 추가 하였다. 제안하는 방식은 모든 노드에 노드의 움직임을 감지하는 충격 센서를 포함시켜 이동노드의 상태 이벤트를 발생시킴으로서 노드가 이동하는 경우 해당 노드의 이동정보를 바탕으로 네트워크 토폴로지를

재구성 하는 방식이다.
클러스터 구성이후 Steady-State Phase에서 노드가 이동하는 경우 자신의 이동 정보를 자신의 노드정보를 포함한 패킷을 원 홉 거리에 위치한 노드가 수신할 수 있는 강도로 브로드 캐스팅 한다. [그림 3]은 해당 동작과정을 나타낸다.



[그림 3] 이동정보 브로드 캐스팅

이동 정보를 감지한 이웃노드는 [그림 4] 와 같이 자신에 할당 된 TDMA 스케줄에서 자신이 수집한 정보와 노드의 이동정보를 클러스터 헤드에 전송한다.



[그림 4] 토폴로지 재구성 요청

멤버노드로부터 노드의 이동 메시지를 수신한 클러스터 헤드는 리치프로토콜의 Set-Up Phase와 마찬가지로 자신의 클러스터 헤드정보를 브로드 캐스팅하여 Join 리퀘스트 메시지를 수신 후 클러스터를 형성한다. 노드가 새로 참여하거나 이탈된 클러스터 헤드 노드는 클러스터 멤버 리스트와 TDMA 스케줄을 갱신하고, 자신에 속한 모든 멤버 노드에 TDMA 스케줄을 전송한다. 새로 참여한 이동 노드를 비롯한 모든 멤버 노드들은 다음 프레임부터 TDMA 스케줄을 갱신한다. 이후 기존에 수집된 정보와 재구성된 클러스터에서 수집한 데이터를 병합하여 싱크노드로 전송함으로써 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 라운드 동작 과정이 종료된다. 본 논문에서 제안하는 방식은 노드에 움직임 감지 센서를 포함하여 리치에서 클러스터 형성 과정이후 노드가 이동하여 해당 클러스터 범위를 벗어나는 경우의 데이터의 전송지연을 방지함으로써 센서가 이동하는 환경에서 기존의 리치 프로토콜의 기능을 보완하였다.

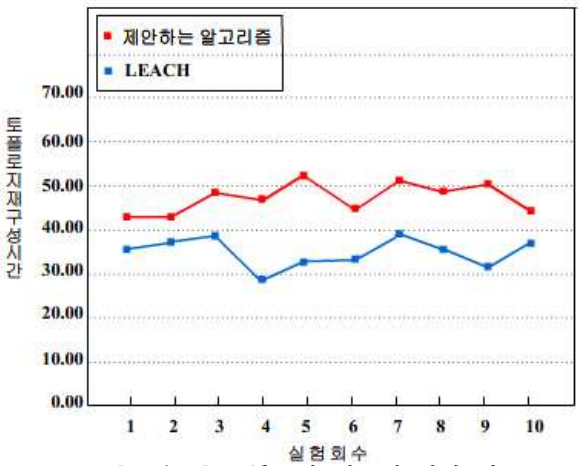
4. 시뮬레이션 결과 및 고찰

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안한 기법의 성능을 분석하기 위해 불 균일 노드 분포를 위하여 노드를 랜덤하게 배치하며 시뮬레이션을 위해 (x=0,y=0) 와 (x=100 , y=100) 사이, 즉 100m * 100m 의 면적에 100개의 노드를 랜덤하게 분포시켰다. 싱크 노드의 위치는 (x=50 , y=200),데이터 패킷의 크기는 1000bits 로 하여 시뮬레이션 하였다.

4.2 네트워크 토폴로지 재구성 시간 비교

[그림 5]는 네트워크의 토폴로지 재구성 시간을 측정한 것으로 노드의 움직임에 따라 네트워크의 토폴로지를 재구성하는데 걸리는 시간을 측정한 것이다. 노드 수를 100개로 하여 총 10회 실험하였다. [그림 5]의 결과와 같이 제안 프로토콜이 기존의 LEACH 알고리즘에 비해 향상된 네트워크 재구성 시간을 보인다.

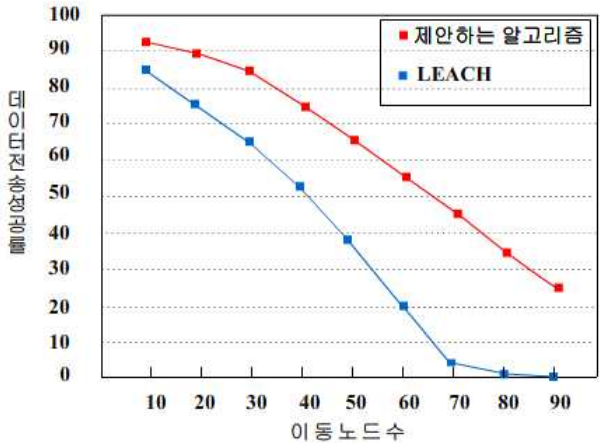


[그림 5] 토폴로지 재구성 시간 비교

이는 기존 LEACH의 클러스터 구성이 이동노드에 대해 타임아웃을 기다리거나 라운드 갱신을 기다린 이후 네트워크를 재구성하기 때문이다.

4.3 데이터 손실율 비교

[그림 6]은 노드가 이동하는 환경에서 기존의 LEACH와 제안하는 방식의 통신 성공률을 비교한 것으로 시뮬레이션 결과 본 논문에서 제안한 알고리즘이 기존의 LEACH 알고리즘에 비해 보다 향상된 것으로 나타난다. 이는 본 논문에서 제안 하는 알고리즘이 기존의 LEACH 방식에 비해 노드가 이동하는 환경에 적합하다는 것을 보여주고 있다.



[그림 6] 데이터전송성공률

5. 결론

본 논문에서는 노드가 이동하는 환경에서 노드에 움직임을 감지하는 센서가 있다고 가정하여 노드가 클러스터에서 이탈하거나 새로운 클러스터에 참여해야하는 상황에 대해서 반응적 네트워크와 같이 동작 가능하도록 기존의 LEACH 프로토콜을 보완하였다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능평가를 위해 네트워크 토플로지 재구성 시간과 통신 성공률을 시뮬레이션 한 결과 네트워크 재구성 시간과 통신성공률 측면에서 기존의 LEACH 방식에 비해 향상된 결과를 구현할 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

[1] http://www.etri.re.kr/ : 무선 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜

[2] 신재욱, 권혜연, 김응배, “이동 ad-hoc 네트워크에서 Flooding기술”, 전자통신동향분석, 제18권, 제6호, pp.8-18, 2003. 12.

[3] I. Akyildiz; W. Su; Y. Sankarasubramani am; E.Cayirci. “A survey on sensornetwork"IEEE Communications Magazine,40(4):102-114, 2002

[4] A. Manjeshwar; D.P. Agrawal, “TEEN: A routing protocol for enhanced efficiency inwireless sensor networks" Parallel and Distributed Processing Symposium., Proc. 15th International 23-27 Apr.2001 Page(s):2009 - 2015

[5] O. Younis and S. Fahmy, “HEED : a Hybrid,Energy-Efficient, Distributed clustering approach for Ad-hocSensor Networks", IEEE Trans. on Mobile Computing,vol. 3, no. 4, pp. 366-379, Oct. 2004.

[6] S. Lindsey and C. S. Raghavendra,PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor informationsystems," in IEEE Aerospace Conference, March2002.