

## 유비쿼터스 센서 네트워크에서 효율적인 에너지 분산을 위한 동적인 다중 라우팅 기법에 관한 연구

이 광겸<sup>o</sup> 윤미연 손상철 신용태  
승실대학교 일반대학원 컴퓨터학과  
{goodwin77<sup>o</sup>, myyoon, yelhorse, shin}@cherry.ssu.ac.kr

### An Efficient Dynamic Routing Algorithm through Distributing Energy for Wireless Sensor Network

Kwangkyum Lee<sup>o</sup> Miyouon Yoon Sangchul Son Yongtae Shin

Dept. of Computing, Soongsil University

#### 요약

본 논문은 센서 네트워크에서 효율적인 에너지 분산을 위한 동적인 다중 라우팅 기법을 제안한다. 센서 노드는 수집된 데이터의 처리에 사용되는 에너지에 비해서 데이터를 전송하는데 대부분의 에너지를 소비한다. 또한, 환경적인 영향 및 에너지의 고갈로 인한 센서 노드의 고장이 전체 네트워크의 통신에 영향을 주지 않아야 한다. 따라서 본 논문은 일정 노드에 수집된 데이터의 전송이 가중되어 센서 네트워크 노드의 활용성이 떨어지는 것을 지양하기 위해서 이웃 노드의 잔존 에너지량을 고려하고 데이터의 이동을 위해 싱크까지의 방향성 벡터 정보를 사용한 에너지 분산 라우팅 기법을 제안한다.

#### 1. 서론

유비쿼터스 센서 네트워크는 여러 센서들과 센서들에서 감지된 데이터를 수집하는 싱크로 구성되는 데이터 수집을 위한 무선 네트워크이다. 센서 네트워크는 에드혹 네트워크와 성향이 비슷하지만 센서를 이용하는 네트워크의 특성상 에너지의 보존이 중요한 이슈라고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 에너지 분산을 고려하여 특정 노드로의 트래픽이 집중되는 것을 줄이고 노드의 정보를 교환하는 메시지의 주기를 유동적으로 하기 위해 이웃 노드의 에너지 정보가 변할 때마다 정보를 교환하도록 하는 기법을 제안한다. 2장에서는 센서 네트워크에서 에너지를 고려한 라우팅 알고리즘의 연구 [1, 2, 3]에 대해 소개하고, 3장에서는 제안하는 알고리즘에 대해 설명한다. 마지막으로 4장에서는 결론과 향후 연구 과제를 제시한다.

#### 2. 관련연구

[1]은 에너지 자원을 절약하기 위해 모든 노드가 감지 정보를 교환하지 않고 소량의 데이터를 교환하여 감지 정보를 요구한 노드들만이 감지 정보를 전달받는다. 또한, 저전력 임계값을 설정해 에너지가 이 값에 도달할 경우 휴면 상태로 전환하여 에너지 완전 소모 상태가 되지 않도록 한다.

[2]는 수집된 데이터의 전달을 하기 위해 인터레스트

(interest)와 그래디언트(gradient)의 메시지를 사용하는 데이터 중심의 통신 방법이다. 인터레스트와 그래디언트를 사용하여 경로가 설정되면 인포스먼트(inforcement) 단계를 거쳐 최단 경로로 수집된 데이터를 싱크까지 전달하도록 한다.

[3]은 플라딩을 센서 네트워크 환경에서 좀 더 효율적으로 수행하려는 시도로서 센서 노드가 자신의 이웃 노드 중 두 홉 내에서 모든 노드들에게 패킷을 포워딩 할 수 있는 이웃 노드 집합을 설정해 집합에 속한 노드들에게만 패킷을 전달하여 포워딩 횟수를 줄이는 방법이다.

#### 3. 효율적인 에너지 분산을 위한 동적인 다중 라우팅 기법

본 논문은 에너지 분산을 위한 동적인 다중 라우팅 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 라우팅 기법은 어떠한 센서의 배치구조에서도 적용될 수 있으며 전체 센서 네트워크의 효율을 증대시킬 수 있다. 센서 네트워크의 효율성을 증대시키기 위해서 특정 센서 노드들로만 수집된 자료들의 이동 경로로 설정되어 트래픽이 집중되는 것을 지양하고, 센서 네트워크 전체 에너지의 잔존량을 균등하게 조절하는 라우팅 기법을 제안한다. 각각의 센서 노드들은 수집된 정보를 처리하여 싱크까지 전달하는 역할을 담당하는데, 이러한 과정이 수행되는 동안 각 센서노드들은 에너지의 대부분을 소비하게 된다. 따라서 본 논문은 각 센서 노드들이 자신의 이웃 노드들에 대한 에너지 정

보를 수집하여 에너지 우선순위로 경로를 설정하는 기법을 제안한다. 또한 싱크까지의 경로 설정 시 에너지의 잔존량 뿐만 아니라 싱크까지의 방향성을 고려한 라우팅 기법을 제안한다. 그림 1은 제안하는 네트워크 모델을 나타내고 있다.

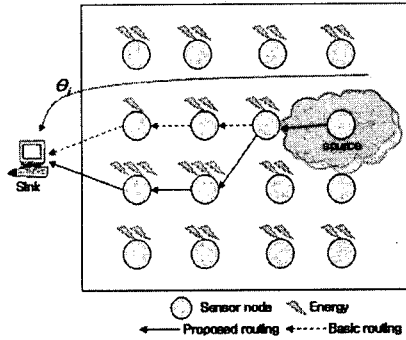


그림 1. Proposed Network

3.1 센서 노드의 에너지 수준 비교

본 논문의 제안에서는 각각의 센서 노드들은 노드들 간의 유동적인 정보교환을 통하여 이웃 노드들의 잔존 에너지 량을 캐시한다. 정보를 교환하는 주기 T는 각각의 센서 노드들의 총 에너지 량에 대해서 사용하려는 응용 서비스에 따라서 N등급으로 나누어진다. 에너지 등급이 변화할 경우에만 이웃 노드로 자신의 정보를 알리기 때문에 동적으로 주기가 변할 수 있다. 에너지의 등급은 네트워크의 변화가 많을수록 세부적으로 나누고 네트워크의 변화가 적을수록 크게 나눈다. 전달되는 정보에는 잔존 에너지 량을 포함하는데 수집된 센서 노드들의 에너지 정보는 소스 노드로부터 싱크까지의 경로 설정에 사용이 된다. 에너지 수준을 경로의 설정에 사용하면 높은 에너지를 가진 노드들이 먼저 선택되어 경로를 설정하게 된다. 높은 에너지 수준으로 경로를 설정했던 노드들의 에너지 수준이 낮아져 이웃 노드들의 에너지 수준이 높아지게 되면 경로를 재설정한다. 일정 주기로 정보를 보내는 것이 아니라 에너지 수준이 변할 경우에만 자신의 상태정보를 보내기 때문에 전체적인 에너지 소비 효율은 증가한다. 이 때 선택되는 주기는 어플리케이션에 따라서 에너지 소비의 효율을 최대화 하는 주기를 선택하는데, 본 논문에서는 이러한 주기를 유동적으로 하기 위한 동적인 라우팅 기법을 제안한다.

3.2 에너지 수준과 방향성 벡터를 이용한 경로 설정

본 논문은 경로 설정을 위해서 중간 노드들이 캐시하고 있는 에너지 수준 정보  $\mathcal{E}_i$ 와 싱크까지의 방향성 벡터  $\theta$ 를 사용한다. 노드들의 정보는  $(\mathcal{E}_i, \theta_i)$ 의 쌍으로 이루어진다. 에너지 수준은 수집된 정보  $\mathcal{E}_i$  중 가장 높은 노드를 기준으로 내림차순 정렬되며  $\theta_i$  정보는  $\mathcal{E}_i$ 와 매핑되어 수집된 자료의 전달경로를 구성하는데 사용된다. 센서 네트워크가 구성되는 초기 단계

에서 각 센서들은 에너지를 최대 가지고 있다. 이 단계에 끼는 각 노드가 가지고 있는 방향성 정보  $\theta_i$ 의 모든 방향으로 플러딩을 사용하여 수집 데이터를 싱크까지 전달한다. 이때의 방향성 정보는 처음에 싱크에서 트랜잭션이 이루어질 때 싱크로의 방향성이 고려되어 설정된다. 각각의 노드들은 싱크와 차신의 위치정보를 GPS좌표 시스템을 적용한 기법으로 이미 알고 있다고 가정한다. 싱크의 위치좌표가  $(0, 0)$ 일 때 소스 노드의 좌표를  $(x_1, y_1)$ 로 알게 되었을 경우, 좌표상의 거리  $\sqrt{x_1^2 + y_1^2}$  보다 작아지면 싱크까지의 방향성을 정방향인 1로 설정하고, 좌표상의 거리가 커질 경우에는 역방향인 0으로 설정한다. 경로가 설정되어 데이터의 이동이 이루어지면 자신위 에너지량을 계산하는 프로세스를 시작한다. 에너지량의 변화가 있을 경우 이웃노드로 자신의 에너지 정보와 위치 정보를 광고하여 이웃노드들의 캐시 정보를 갱신하도록 한다. 이 때, 노드가 가지는 방향성 벡터  $\theta_i$ 의 정보는 노드가 가지고 있는 캐시 정보 중 에너지수준이 높은 노드를 통해 싱크까지 전달되는 주 방향성 벡터와 나머지 부 방향성 벡터로 이루어지며, 부 방향성 벡터들은 노드의 급작스런 변화에 대응하여 우회경로를 설정하기 위해 캐시에 저장한다. 그림 2는 잔존 에너지량과 방향성 벡터를 사용하여 경로를 설정하는 알고리즘이며 표 1은 알고리즘에 사용된 변수와 함수의 명세이다.

입력 : 트랜잭션 신호  $i$  or 이웃 노드의  $Adv$   
 출력 : 이웃 노드로의 경로  $grad\ path$

Procedure Data delivery ( $i$ )

```

k := 1
If receive Adv ( $\mathcal{E}_i, \theta_i$ ) from direct neighbors then
Begin
Direct := Compare location ( $\theta_i$ )
If Direct = 1 then
Begin
k := k+1
cache (k) := cache initialization ( $\mathcal{E}_i, \theta_i$ )
sort cache
grad path := max (cache)
Delliver packet data through grad path
recent-energy := calculate current energy
If pre-energy > recent-energy then
Begin
Advertis Adv ( $\mathcal{E}_i, \theta_i$ ) to its neighbors
End
End
Else
Listen Adv ( $\mathcal{E}_i, \theta_i$ )
    
```

( $grad\ path$  is the path that towards the next neighbor node)

그림 2. 경로 설정 알고리즘

그림 3은 단계별로 경로를 설정하는 과정을 나타낸 그림이다. 그림 3-(a)에서는 센서 네트워크를 구성하는 초기 단계에서 각 노드들의 에너지가 최대이기 때문에 에너지 수준을 사용한 경로 설정을 사용하지 못하는 경우이다. 트랜잭션 신호를 전달

받은 소스노드는 수집된 자료를 방향성 벡터  $\theta_i$ 의 모든 경로로 싱크까지 전달한다. 그림 3-(b)는 통신과정에서 에너지의 소비가 일정치 않게 되어 각각의 노드의 에너지 수준이 구별되어 질 때를 나타낸 그림이다. 에너지 정보와 방향성 벡터의 쌍으로 가지는 캐시정보들 중 에너지 수준이 높고 방향성 벡터가 1로 설정되어 있는 경로를 따라 수집된 데이터가 이동한다.

표 1. 함수에 사용된 함수와 변수의 기능

정의된 변수 및 함수	설명
$k$	캐시 정보를 카운트하기 위한 변수
receive	이웃노드로부터 광고 메시지 수신
cache-initialization(x, y)	캐시정보를 저장하기 위한 초기화
Direct	위치정보를 저장하는 변수
Adv(x, y)	에너지와 위치정보의 광고 메시지
Compare-location(x)	위치정보를 비교하는 함수
sort	캐시정보 정렬을 위한 함수
grad path	설정되는 경로를 나타내는 변수
max(x)	정렬된 캐시값중 최대값을 설정
cache	입력받은 정보를 저장하는 변수
Deliver	데이터를 전송하기 위한 함수
recent-energy	현재의 에너지량
pre-energy	이전의 에너지량
calculate	에너지의 변화량 체크
Advertise	이웃 노드로의 광고
Listen(x, y)	정보를 받기 위한 대기 함수

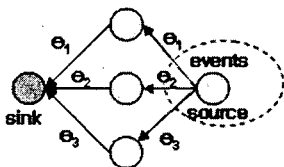
변화할 때마다 에너지 정보와 이웃노드로의 방향성 벡터 정보를 브로드캐스팅한다. 이 때, 각 노드들은 내림차순으로 정리된 에너지와 방향성 정보들 중 제일 높은 에너지 수준을 가지는 방향성 벡터를 사용하여 데이터를 전송하고 나머지 정보들은 캐시한다. 네트워크상의 변화가 생겨 일정 노드가 작동을 하지 못하는 경우에 사용이 되지 않고 있던 나머지 캐시 정보들 중 제일 높은 수준의 에너지를 가지는 정보를 사용하여 이차적인 경로로 데이터를 전송한다. 이차 경로를 통한 데이터 전송으로 전체 네트워크의 효율을 저하시키지 않고 유동적으로 경로의 갱신을 수행한다.

4. 결론 및 향후 과제

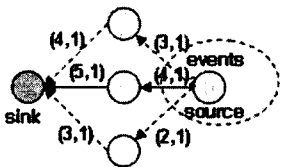
본 논문은 에너지 수준과 방향성을 고려한 라우팅 기법을 제안한다. 에너지 소비의 분산효과를 얻기 위해 노드 정보의 교환시 일정 주기를 사용하는 플러딩을 사용하지 않고 에너지 수준이 변화할 경우에만 자신의 정보를 이웃 노드들에게 전달하도록 하는 기법을 제안하였다. 초기 단계에서는 수집된 자료가 여러 경로를 통해 싱크까지 전달되지만 각 노드들의 에너지 수준이 변하면서 에너지 수준이 높은 노드들을 통하여 데이터 전달이 이루어지도록 하였다. 또한 수집된 데이터의 전달에는 싱크까지의 방향성 벡터 정보를 사용하여 외부로 보내는 중복 메시지를 제한하도록 하였다. 향후 제안하는 라우팅 알고리즘을 보완하기 위해서 세부 성능분석이 추가되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] W. R. Heinzelman, J. Kulik, H. Balakrishnan, "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks," Proc. Mobicom '99, pp 174-185.  
 [2] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan and Deborah Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks," Proceedings of the Sixth Annual International Conference on Mobile Computing and Networks, August 2000.  
 [3] Taek Jin Kwon; Gerla, M.; Varma, V.K.; Barton, M.; Hsing, T.R., "Efficient flooding with passive clustering—an overhead-free selective forward mechanism for ad hoc/sensor networks," Proceedings of the IEEE , Vol. 91 Issue 8 pp. 1210 - 1220, Aug. 2003.



(a) 초기 트랜잭션 경로설정



(b) 캐시정보를 사용한 경로설정

그림 3. 단계별 경로설정 기법

3.3 경로의 갱신

본 논문에서 제안하는 기법에 의해 경로가 설정되어 수집된 데이터의 전송이 이루어지면, 각 노드들은 자신의 에너지 등급이