

# 센서네트워크에서 다수의 모바일 싱크를 지원하기 위한 라우팅 프로토콜

조지은\*, 최종원\*

\*숙명여자대학교 컴퓨터학과

e-mail: jieun@sookmyung.ac.kr , choejn@sookmyung.ac.kr

## A Routing Protocol for Supporting Multiple Mobile Sinks in Sensor Network

Ji-Eun Cho\*, Jong-Won Choe\*

\*Dept of Computer Science, Sookmyung Women's University

### 요 약

센서 네트워크는 어떠한 현상을 인식하고 측정하여 수집된 데이터를 싱크(sink)노드에 전송하는 역할을 한다. 이러한 센서네트워크에서 고려해야 하는 중요한 사항 중 하나는 제한된 자원을 가진 센서 네트워크에서 주어진 에너지 소모를 최소화 하여 네트워크 수명을 연장하는 것이다. 그러나 기존에 제안된 프로토콜은 다중 모바일 싱크가 존재할 경우에 싱크 노드의 잦은 위치 업데이트와 다수의 컨트롤 패킷으로 인하여 많은 배터리 소모를 야기 하게 되었다. 그러므로 본 논문에서는 그리드와 클러스터 개념을 이용하여 다수의 모바일 싱크 존재 시 발생하는 문제점을 해결하고자 한다.

### 1. 서론

센서 네트워크는 다수의 센서 노드로 이루어진 네트워크로서 센서 노드들이 배치된 센서 필드(sensor field)와 싱크로 구성되어 있다. 각 센서 노드들은 주변의 어떠한 현상을 인식, 측정하며, 싱크노드는 이렇게 측정된 데이터를 수집하는 역할을 한다. 센서 네트워크는 군대, 가정, 산업 등 다양한 분야에서 정보를 수집하고 처리하기 위해서 널리 사용되고 있다. 예를 들어 침입 탐지 시스템, 화학 물질이 감염된 지역 등 직접 사람이 현상을 관찰 할 수 없는 곳에 설치되어 데이터를 수집한다. 이와 같이 다양하게 사용되는 센서 네트워크는 기존의 ad hoc 네트워크와 달리 센서 노드들이 제한된 에너지를 갖기 때문에 에너지 소모를 최소화 하여 네트워크 수명을 연장 하고자하는 연구가 주요 연구 이슈 중에 하나이다. 현재 센서 네트워크에서는 다양한 라우팅 프로토콜이 제안 되었으며, 이러한 프로토콜에는 Directed Diffusion[1], GRAB[2] 등이 있다. 그러나 이들 프로토콜은 기본적으로 고정된 위치에서 정보를 수집하는 센서 노드를 바탕으로 연구되었고, 모바일 싱크를 가진 큰 규모의 센서 네트워크에서는 효율적이지 않다.

이렇듯 모바일 싱크문제를 해결하기 위해서 제안된 대표적인 프로토콜이 TTDD(Two-Tier Data Dissemination approach)[3] 이다. 그러나 TTDD 역시 센서 노드에서 현상을 발견 할 때마다 그리드 구조를 만들게 됨으로써 그에 따른 제어 패킷의 수가 증가한다는 문제점이 발생하게 되었다. 따라서 다중의 소스 노드 또는 다중의 모바일 싱크가 존재하는 경우 그리드 형성에 따른 제어 패킷 수의 증가로 인하여 에너지의 효율성이 떨어지게 된다. 이에 따라 본 논문에서는 그리드(Grid)와 클러스터(Cluster)개념을 이용하여 다중 모바일 싱크가 존재하는 센서 네트워크에서 패킷의 수를 줄임으로써 에너지의 효율성을 높이는 방안에 대해서 연구하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 기존의 제안된 프로토콜을 살펴보고 3절에서는 제안된 프로토콜을 설명하고 4절에서는 결론 및 향후 과제를 살펴본다.

### 2. 관련 연구

기존에 제안된 Directed Diffusion과 같은 flooding based routing protocol 같은 경우, 싱크 노드는 모든 센서 노드들에게 지속적으로 자신의 위치 정보를 전송해야 하고 센서 노드들은 싱크 노드가 보낸 위치 정보를 가지고 자신이 싱크 노드에 보낼 데이터가 있을 경우 전송 방향을 결정하게 된다. 그러나 다수의 모바일 싱크가 존재 하는 경우에는 모바일 싱크들로부터 전송되는 잦은 위치 정보 업데이트로 인하여 센서 노드들의 배터리 소모뿐만 아

※ 본 연구는 서울시 산학협력사업의 일환으로 추진되고 있는 서울특별시의 전략 산업 혁신 클러스터 육성 지원사업의 지원에 의한 것임

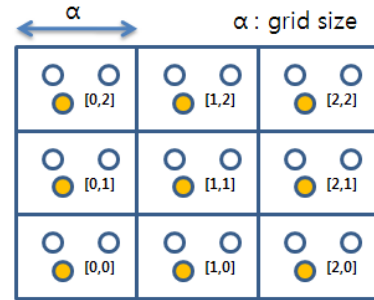
나라 대역폭의 낭비를 초래 하게 되므로 이러한 방식은 다수의 모바일 싱크가 존재하는 네트워크에서는 적합하지 않다. 비록 이러한 문제를 해결하기 위해서 TTDD(Two-Tier Data Dissemination approach)[3]가 제안 되어 낮은 위치 업데이트로 인한 에너지의 낭비는 해결 하였지만, 센서 노드가 관심 현상을 발견할 때 마다 그리드 구조를 형성함에 따라 다수의 소스가 존재 하는 환경의 경우 그리드 구조 형성에 따른 오버 헤드가 발생하는 문제가 발생하였다. 그러므로 본 연구에서는 센서 노드가 자신의 위치를 알고 있고 또한 위치가 변하지 않는다는 점을 이용 [4], 센서 네트워크에 영구적인 그리드 구조를 형성함으로써 그리드 형성에 따른 오버 헤드를 줄이고, 또한 Data Dissemination 및 데이터 전송을 효과적으로 제공하기 위해 클러스터 개념을 이용하여 TTDD에서 Dissemination node의 역할을 클러스터 헤더가 하도록 한다.

### 3. 센서네트워크에서 다수의 모바일 싱크를 지원하기 위한 라우팅 프로토콜

본 연구에서 제안한 프로토콜에서는 전송되는 패킷의 수를 줄여서 에너지를 절약하고 보이드(void) 그리드에 의한 전송이 끊어짐을 해결하여[5][6] 지속적인 데이터의 전송을 제공하고자 한다. 이를 위해 센서 네트워크에 고정적인 그리드 구조를 형성하고 각각의 그리드를 클러스터로 인식한다. 그리고 각 클러스터 헤더(Cluster Header)는 Data dissemination, 패킷 전송 등의 기능을 수행함으로써 특정 센서 노드에게만 포워딩 정보를 전송한다. TTDD는 현상이 발견 될 때 마다 동적으로 그리드를 생성하기 때문에 여러개의 사건이 동시에 발견되면 그 수만큼의 그리드가 필요하게 된다. 따라서 센서 네트워크에서 그 만큼의 그리드를 형성하고 유지하기 위해서 많은 제어 패킷을 플러딩 해야 한다. 따라서 제안된 프로토콜에서는 영구적인 그리드를 사용함으로써 동시 다발적으로 현상이 발견되더라도 하나의 그리드 구조만을 사용하기 때문에 그리드 형성과 유지를 위한 제어 패킷의 수를 줄일 수 있다. 또한 센서 네트워크상에 하나이상의 보이드 그리드 발생[5]에 의해 데이터가 더 이상 전송되지 못하는 경우가 발생하게 되는데 이를 해결하기 위해서 제안된 프로토콜에서는 1-hop 포워딩을 클러스터의 상하 좌우에 허용함으로써 보이드 그리드에 의한 문제를 해결하고자 하였다. 제안된 프로토콜은 현상이 발견하면 이를 센서 네트워크에 알리는 데이터 광고, 싱크 노드가 데이터를 요청하면 이를 센서 네트워크에 알리는 데이터 요청, 마지막으로 요청된 데이터를 전송하는 데이터 포워딩 이렇게 크게 3가지 기본 동작을 가진다.

#### 3.1 클러스터 구성방법

전체 센서 네트워크를 가상의  $M \times N$  형식의 그리드로 나눈다. 또한 각 그리드는 그리드 ID를 가지게 된다. 다음 [그림1]은 그리드를 인덱싱한 것이다.



[그림 1] 그리드 인덱싱

다음과 같이 그리드를 인덱싱 한 후 각 인덱스 넘버는 그리드를 기반으로 형성 될 클러스터의 ID가 된다. 이 클러스터 ID를 패킷 전송 시에 함께 전송함으로써 전송중 문제가 생긴 클러스터를 알 수 있으며 또한 각 클러스터 헤더가 포워딩 후에 이웃 클러스터의 ID를 기억하도록 하여 경로를 형성 할 수 있도록 한다.

#### 3.2 헤더 노드 선출

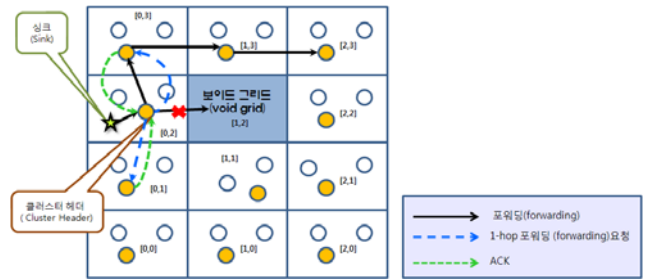
앞서 형성된 그리드에 의해서 각 클러스터는 클러스터 ID를 가지게 되며 모든 센서 노드들은 클러스터 ID를 기억 한다. 최초 클러스터 헤더 노드를 선출하기 위해서는 먼저 랜덤 시간동안 헤더 광고 패킷을 지역적으로 플러딩 하고 각 센서노드는 전송 받은 패킷의 클러스터 ID가 자신의 클러스터 ID와 다른 경우 패킷을 드랍(drop) 시키고, 클러스터 ID가 같은 경우에는 전송 받은 패킷 중에서 가장 먼저 패킷을 전송한 노드가 클러스터 헤더가 된다. 이렇게 선출된 노드는 헤더가 일반 노드에 비해서 에너지 사용량이 크기 때문에 일정 시간이 지난 후에는 헤더 노드의 교체가 필요 하다. 따라서 최초 헤더 선출 이후에 헤더노드의 선출은 현재 헤더 노드를 제외한 나머지 노드들의 배터리 값을 측정하여 배터리 값이 가장 큰 노드를 다음 클러스터 헤더로 선출한다.

#### 3.3 데이터 광고(Data Announcement)

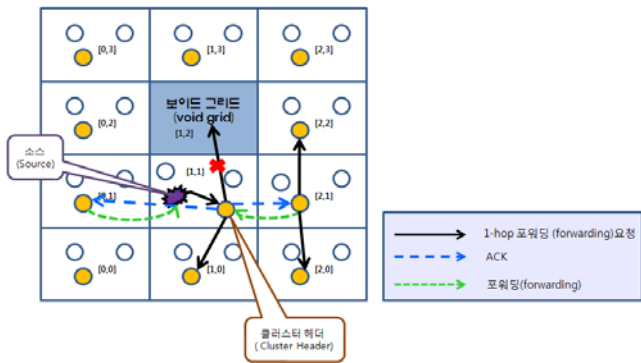
기본적으로 관심 사건이 발생하면 이를 제일 처음 발견한 센서 노드가 소스노드가 되고, 이 소스노드는 소스노드의 위치, 클러스터ID와 같은 정보를 포함하여 데이터 광고 패킷을 만든다. 이렇게 만들어진 데이터 광고 패킷을 소스노드는 자신이 속한 클러스터의 헤더 노드에게 전송하고 이를 받은 헤더 노드는 자신의 캐쉬(cache)에 데이터 광고 패킷을 저장하게 된다. 그런 후 센서 네트워크에 이를 알리기 위해서 자신의 상하에 위치한 클러스터에게 데이터 광고 패킷을 포워딩하게 된다. 즉 자신의 세로축에 있는 헤더 노드에게 패킷을 전송 하고 이를 받은 헤더들은 다시 자신의 캐쉬에 광고 패킷을 저장 하게 된다. 그러나 이때 중간에 하나 이상의 보이드 그리드가 발생 하게 되면 더 이상 패킷을 포워딩 할 수 없으므로 보이드 그리드 이후에 위치한 클러스터 헤더들은 패킷을 전달 받을

수 없게 된다. 이를 해결하기 위해서 상하가 아닌 자신의 클러스터 좌우로 1-hop 포워딩을 허용한다. [그림2]는 1-hop 포워딩을 허용하여 데이터 공고 패킷을 포워딩하는 방법을 설명하고 있다. [그림2]에서와 같이 [1.1] 클러스터 헤더는 패킷을 자신의 상하에 위치한 클러스터 헤더에게 포워딩한다. 이 패킷을 받은 헤더들은 ack를 보낸다. 그러나 일정 시간이 지나도 ack를 받지 못하면 [1.1] 클러스터의 헤더는 보이드 그리드가 존재하는 것으로 간주 하고 자신의 왼쪽 오른쪽인 [0,2], [2,1]의 클러스터 헤더들에게 1-hop 포워딩을 요청하게 된다. 이를 받은 [0,2],[2,1]의 클러스터 헤더들은 [1.1] 클러스터의 헤더에게 ack를 보내고 [1.1] 클러스터의 헤더는 ack를 먼저 보낸 클러스터 헤더를 자신의 이웃으로 여기고 클러스터 ID를 자신의 캐시에 저장한 후 패킷을 포워딩하게 된다. 패킷을 받은 [2,1] 클러스터의 헤더는 자신의 세로축으로 데이터 공고 패킷을 포워딩하게 된다.

리고 패킷을 [0,3] 클러스터 헤더에게 전송하게 된다. 이를 받은 [0,3] 클러스터 헤더는 자신의 좌우로 즉 자신의 가로축으로 데이터 요청 패킷을 전송하게 된다.



[그림 2] 데이터 요청



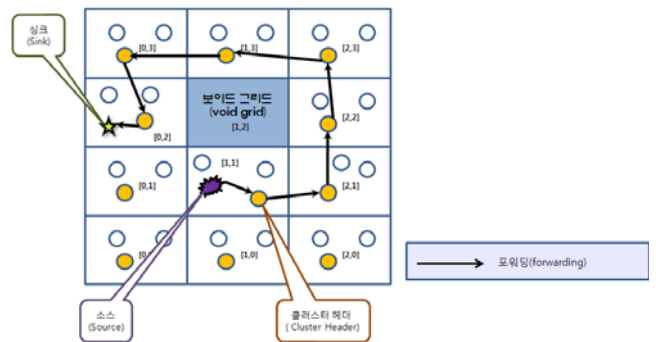
[그림 2] 데이터 공고

3.4 데이터 요청(Data Request)

싱크 노드가 데이터를 필요로 하면 자신이 속한 클러스터의 헤더에게 데이터 요청 패킷을 전송한다. 이를 받은 클러스터 헤더는 자신의 좌우에 위치한 클러스터 헤더에게 데이터 요청 패킷을 포워딩하게 된다. 그러나 이것 또한 데이터 공고와 마찬가지로 중간에 보이드 그리드가 존재한다면 더 이상 패킷을 포워딩할 수 없게 된다. 따라서 [그림 3]같이 상하로 1-hop 포워딩을 허용하여 데이터 요청 패킷을 포워딩하도록 한다.[그림 3] 과같이 [0,2] 클러스터 헤더가 데이터 요청 패킷을 자신의 좌우로 포워딩한다. 이 패킷을 받은 [1,2] 클러스터 헤더는 [0,2] 클러스터 헤더에게 ack를 보낸다. 그러나 일정시간 동안 ack이 도착 하지 않으면 [0,2]의 클러스터 헤더는 보이드 그리드가 존재 한다고 여기고 자신의 상하클러스터 헤더인 [0,1][0,3] 클러스터 헤더에게 1-hop 포워딩 허용을 요청한다. 이 요청을 받은 [0,1], [0,3] 클러스터 헤더는 [0,2] 클러스터 헤더에게 ack를 보내고 둘 중 먼저 ack를 보낸 [0,3] 클러스터 헤더를 [0,2] 클러스터 헤더는 자신의 이웃으로 여기고 자신의 캐시에 클러스터 ID를 저장 한다. 그

3.5 데이터 포워딩(Data Forwarding)

데이터 포워딩은 데이터 공고 패킷을 가지고 있는 헤더 노드가 데이터 요구 패킷을 받으면, 자신의 캐쉬에서 데이터 공고 패킷을 꺼내어 패킷의 클러스터 ID를 보고 소스 노드가 있는 클러스터 헤더에게 데이터 요구 패킷을 전송한다. 소스 노드가 있는 클러스터의 헤더 노드가 데이터 요구 패킷을 전송 받으면 다시 자신의 클러스터 안에 있는 소스노드에게 데이터 요구 패킷을 전송하게 된다. 소스 노드는 데이터를 포함한 데이터 패킷을 형성하여 자신이 포함된 클러스터의 헤더로 다시 전달하게 되고 이를 받은 헤더는 데이터 요구 패킷이 있는 클러스터 ID를 보고 이 패킷을 싱크 노드가 있는 클러스터 헤더로 전송한다.



[그림 4] 데이터 포워딩

위의 [그림 4]는 데이터 포워딩을 설명하고 있는 것이다. 싱크로부터 데이터 요구 패킷을 받은 [0,2] 클러스터 헤더는 이미 [1,1]의 클러스터로부터 데이터 공고 패킷을 받은 상태이다. 즉 자신의 캐쉬에 이미 데이터 공고 패킷이 저장 되어 있는 상태이므로 자신의 캐쉬에서 그 데이터 공고 패킷을 꺼내어 소스노드가 있는 [1,1] 클러스터의 헤더에게 데이터 요구 패킷을 전송하고 [1,1] 클러스터의 헤더는 이것을 받아서 소스노드로 전송한다. 이를 받은 소스 노드는 데이터 패킷을 만들어서 다시 자신이 속한 [1,1]

클러스터 헤더에게 전송한다. [1,1] 클러스터 헤더는 역 경로를 통해서 싱크노드에 데이터 패킷을 전달하게 된다.

#### 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 기존에 제안되었던 프로토콜을 살펴보고 센서네트워크에서 다수의 모바일 싱크를 지원하기 위한 라우팅 방안을 제안 하였다. 센서 네트워크는 센서 노드가 한번 전개된 이후로는 다시 전개 할 수 없기 때문에 디자인시에 에너지 효율성 부분이 중요한 이슈가 되고 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 프로토콜은 다중 모바일 싱크가 센서 네트워크에 존재하는 경우 발생하는 문제를 해결하기 위해서 그리드와 클러스터 개념을 이용하였다. flooding based routing protocol에서의 싱크 노드의 잦은 위치 업데이트와 TTDD에서의 그리드 형성과 유지를 위한 제어 패킷의 생성을 줄이기 위해서 본 논문에서는 영구적인 그리드 구조를 사용하였다. 이를 통해서 동시 다발적으로 현상이 발견 되거나 다수의 모바일 싱크가 존재 하더라도 같은 그리드를 사용함으로써 제어 패킷을 줄일 수 있었다. 또한 각 그리드를 클러스터로 인식함으로써 클러스터 헤더가 Data dissemination, 패킷 전송 등의 기능을 수행하게 하여 특정 센서 노드에게만 포워딩 정보를 전송하도록 하였다. 그리고 영구적인 그리드를 사용하여 생길 수 있는 보이드 그리드에 의한 패킷 전송이 중단 될 수 있는 문제를 해결하기 위해서 1-hop 포워딩을 허용하였다. 결론적으로 제안된 프로토콜은 전체적으로 센서네트워크에서 사용되는 패킷의 수를 줄임으로써 에너지 소모를 줄이고 보이드 그리드 문제를 해결함으로써 센서 네트워크의 지속 시간을 늘리고자 하였다. 향후에는 이 제안된 프로토콜에서 에너지 효율적인 면이 시뮬레이션 통하여 성능평가가 이루어 져야 할 것이다.

컬” 정보과학회 논문지 2006.2

[5] Hung Le Xuan; Sungyoung Lee “A coordination-based data dissemination protocol for wireless sensor networks” Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing Conference, 2004.

[6] Rui Zhang, Hang Zhao, Miguel A. Labrador “The Anchor Location Service (ALS) protocol for large-scale wireless sensor networks ” the first international conference on Integrated internet ad hoc and sensor networks InterSense '06 May 2006

#### 참고 문헌

- [1] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, Deborah Estrin, John Heidemann, Fabio Silva “Directed diffusion for wireless sensor networking” IEEE/ACM Transactions on Networking(TON) February 2003
- [2] Fan Ye, Gary Zhong, Songwu Lu, Lixia Zhang “GRAdient broadcast: a robust data delivery protocol for large scale sensor networks ” Wireless Networks May 2005
- [3] Haiyun Luo, Fan Ye, Jerry Cheng, Songwu Lu, Lixia Zhang “TTDD: two-tier data dissemination in large-scale wireless sensor networks” Wireless Networks January 2005
- [4] 권기석 , 이승학 , 윤현수 “센서 네트워크를 위한 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토