

센서 네트워크를 위한 클러스터 기반의 효율적인 데이터 전송 라우팅 프로토콜

박형순[○] 홍상렬 김시관
금오공과대학교 소프트웨어 공학과
{roora99[○], hongkit, sgkim}@se.kumoh.ac.kr

A Cluster-based Efficient Data Transmission Routing Protocol for Sensor Networks

Hyungsoon Park[○] Hong S.E. Kim S.G.
Department of Software Engineering,
Graduate School of Kumoh National Institute of Technology

요 약

센서 네트워크는 지정된 지역 내에서 출어져 있는 센서 노드들에 의해 주변 현상을 감지하여 싱크 노드로 전송한다. 하지만, 센서 노드들은 제한된 배터리 용량을 가지기 때문에 영구적인 수명을 보장할 수 없다. 따라서 에너지 효율적인 라우팅을 통한 네트워크 수명의 최대화가 매우 중요하다.

이 논문에서 우리는 클러스터 기반의 효율적인 데이터 전송 라우팅 프로토콜을 제안한다. 이 프로토콜은 여러 개의 유동성 싱크가 존재하는 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 데이터 전송을 지원한다. 기존의 제안된 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜(CBPER)은 위와 같은 네트워크 환경에서 두 계층 데이터 전송 라우팅 프로토콜(TTDD)의 단점인 과도한 컨트롤 패킷 사용을 보완하여 제안되었다. 하지만, 데이터 전송 과정에서 최적의 경로로 전송하지 않기 때문에 네트워크의 에너지를 효율적으로 사용하지 않는다. 이에 본 논문에서는 클러스터 기반의 효율적인 데이터 전송 라우팅 프로토콜을 기반으로 데이터 전송 경로를 최적 경로로 선택하여 데이터를 전송함으로써 센서 노드들의 배터리 소모를 줄이고 전체 네트워크의 수명을 연장시킨다. 제안한 프로토콜과 CBPER의 비교 실험을 통해 제안한 프로토콜의 성능이 더 에너지 효율적임을 검증한다.

1. 서 론

Ad-Hoc 통신 기술과 더불어 무선 센서 네트워크(sensor network) 통신 기술은 최근 관심이 집중되고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 시대의 핵심 기반기술로서 그 중요성이 점차 대두되고 있다. 센서 네트워크는 센싱(sensing) 기능과 함께 통신(communication) 기능을 가진 수많은 초소형 스마트 센서들로 이루어진다. 또한 센서 네트워크는 많은 분야에서 활용되고 있으며, 그 연구 또한 다양하게 이루어지고 있다. 센서 네트워크는 어떤 현상을 감지하기 위해서 관찰 지역 내에 뿌려진 센서 노드(sensor node)들로 구성된다. 센서 필드(sensor field)에서 감지된 정보는 싱크 노드(sink node)로 전송되고 싱크 노드는 인터넷이나 인공위성 등을 통해서 사용자에게 정보를 전송한다[1].

하지만, 센서 노드들은 제한된 배터리 용량을 가지기 때문에 영구적인 수명을 보장할 수 없다. 이러한 특징에서 각 노드들의 수명은 네트워크 전체 능력에 영향을 끼친다. 따라서 에너지 효율적인 라우팅을 통한 네트워크 수명의 최대화가 매우 중요하다. 센서 노드의 에너지 소비는

크게 세 가지로 분류된다. 센싱, 통신, 데이터 처리(data processing)이다[2]. 에너지 소비에서 가장 큰 부분을 차지하는 것이 통신 분야이다[1]. 따라서 각 센서 노드들의 에너지 소비를 적게 하기 위해서는 최소 통신으로 데이터를 전송하는 것이다.

본 논문에서 고려하는 센서 네트워크에서는 여러 개의 유동성을 가진 싱크 노드들과 위치가 고정되어 있는 센서 노드들이 배치된다. 각 센서 노드들은 자신의 위치를 알고 있으며 또한 자신의 이용 가능한 에너지양도 감지하고 있다.

현재까지 센서 네트워크를 위한 다양한 종류의 라우팅 프로토콜들이 제안되었다. 이러한 프로토콜에는 Directed Diffusion, Declarative Routing Protocol, GRAB, TTDD[3], CBPER[4] 등이 있다. TTDD와 CBPER 프로토콜은 모바일 싱크 노드를 가진 센서 네트워크 환경을 배경으로 제안되었다. 먼저, TTDD 프로토콜은 관심사건(interest event)이 발생하면, 가장 먼저 관심 사건을 감지한 노드가 소스 노드가 되어 전체 네트워크에 걸쳐 그리드(grid)를 형성하게 된다. 또한 그리드를 통해 싱크 노드에서 소스 노드로 데이터를 요청하게 되고, 그리드를 이용해

서 데이터를 전송하게 된다. 하지만, TTDD는 관심 사건이 여러 곳에서 자주 발생하게 되면, 그리드를 형성하기 위한 제어 패킷의 과다 전송으로 센서 노드들의 과다한 에너지 소모를 야기한다. 이런 문제점을 보완해서 제안한 알고리즘이 클러스터 기반 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜(Cluster-Based Power-Efficient Routing)이다. CBPER 알고리즘에서는 고정 그리드와 클러스터(cluster) 개념을 라우팅 프로토콜과 접목 시켜, 관심사건 다중 발생 문제를 해결하였다. 이 방식에서는 고정 그리드 구조만을 사용하며, 센서 노드들의 과다한 에너지 소모를 방지하였다. 또한 센서 노드가 현상을 감지하면 능동적으로 데이터 회송 정보(forwarding information)를 자신이 포함된 세로축에 있는 클러스터 헤더 노드(cluster header node)들에게 저장한다. 싱크 노드가 데이터를 전송 받기 원한다면 자신이 포함되어 있는 클러스터의 헤더 노드에게 데이터 요구 쿼리 패킷만 전송하면 된다. 두 패킷이 전송되는 경로를 따라 소스 노드에서 싱크 노드로 데이터가 전송되어 진다. 하지만, 클러스터 헤더 선출 간에 불필요한 에너지 소모가 생기며, 데이터 전송 간에 최적 경로를 활용하지 못하고 있다.

본 연구에서는 이와 같은 문제점들을 개선하여 무선 센서 네트워크를 위한 클러스터 기반의 효율적인 데이터 전송 라우팅 프로토콜(Cluster-based Efficient Data transmission Routing)을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 클러스터 기반 에너지 효율적인 전송 방식에 대하여 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하고 있는 클러스터 기반의 효율적인 데이터 전송 라우팅 프로토콜에 대하여 설명한다. 4장에서는 기존의 라우팅 프로토콜과 본 논문에서 제안한 라우팅 프로토콜 성능 평가 결과를 기술한다. 마지막으로 5장에서 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 (Cluster-Based Power-Efficient Routing)

클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅(CBPER) 프로토콜[3]은 그리드와 클러스터 개념을 사용함으로써 특정 센서 노드에게만 회송 정보를 전송함으로써 센서 노드들의 에너지를 절약한다. CBPER에서는 아래의 항목들을 가정한다.

- 하나의 그리드 구조만을 사용한다.
- 각 센서 노드와 싱크 노드는 자신의 위치를 안다.

- 각 센서 노드들의 이동성은 없다.

- 각 센서 노드들은 자신의 배터리 양을 알고 있다.

센서 필드에 센서 노드들이 배치되면 각 센서 노드는 자신의 위치 정보를 가지고 자신의 셀을 결정한다. 최초의 헤더 노드를 선출하기 위해서는 각 센서 노드들이 최초의 노드 위치에 배치된 후 랜덤 시간 경과 후에 각 센서 노드들은 헤더 공고 패킷(header announcement packet)을 지역적으로 플러딩(flooding)한다. 지역적 플러딩은 헤더 공고 패킷을 받은 센서 노드들이 자신의 셀 아이디(cell ID)와 패킷의 셀 아이디를 비교함으로써 실현된다. 헤더 공고 패킷에는 패킷이 전송된 시간과 헤더 지속 시간이 있어서 가장 먼저 패킷을 전송한 센서 노드가 헤더 지속 시간 동안 헤더 노드 역할을 한다. 헤더 지속 시간의 자신의 남아 있는 배터리 파워에 따라서 달라진다. 헤더 지속 시간 이후에는 다시 헤더 노드를 선출하게 된다.

처음 관심 사건이 발생하면 그 사건을 제일 처음 감지한 센서 노드는 소스 노드(source node)가 되어 데이터를 생성한다. 데이터 공고 패킷(data announcement packet)을 생성하여 해당 셀(cell)의 헤더 노드까지 전송한다. 데이터 공고 패킷에는 소스 노드의 위치, 셀 아이디 그리고 데이터를 생성한 시간이 기록되어 있다. 헤더 노드가 데이터 공고 패킷을 전송 받으면 패킷을 자신의 캐쉬에 저장하고, 상위 계층 통신을 이용하여 자신의 위, 아래 셀에 있는 헤더 노드에게 데이터 공고 패킷을 전송한다. 결국 소스 노드를 포함하고 있는 셀의 세로축에 있는 헤더 노드는 데이터 공고 패킷을 전부 자신의 캐쉬에 저장한다.

싱크 노드가 데이터가 필요하다면 자신의 한 이웃 센서 노드를 이미디이트 에이전트 노드로 선정하여 데이터 요구 패킷(data request packet)을 전송한다. 데이터 요구 패킷에는 이미디이트 에이전트 노드의 위치 정보와 셀 아이디를 포함하고 있다. 헤더 노드는 패킷을 자신의 캐쉬에 저장하고 상위 계층 통신을 통해서 자신의 셀 좌측, 우측에 있는 헤더 노드에게 데이터 요구 패킷을 전송한다. 결국 싱크 노드가 있는 셀의 가로축에 있는 모든 헤더 노드는 데이터 요구 패킷을 자신의 캐쉬에 저장한다.

데이터 공고 패킷을 가진 헤더 노드가 데이터 요구를 받게 되면 자신의 캐쉬에 있는 데이터 공고 패킷을 보고 소스 노드에게 데이터 요구를 한다. 소스 노드는 데이터를 포함한 데이터 패킷(data packet)을 생성하여 헤더 노드에게 전송한다. 헤더 노드는 데이터 요구 패킷에 있는 셀 아이디를 보고 데이터 패킷을 싱크 노드가 있는

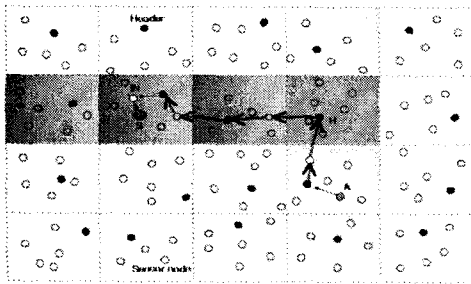


그림 2 CBPER의 데이터 전송

셀의 헤더 노드에게 상위 계층 통신을 통해서 전송한다. 데이터 패킷을 받은 헤더 노드는 패킷을 이미디어트 에이전트 노드에게 전송하여 싱크 노드가 데이터를 받게 된다. 싱크 노드가 이동을 하여 새로운 이미디어트 에이전트 노드를 선정하여, 이전 이미디어트 에이전트 노드에게 알려줘서 예전 이미디어트 에이전트 노드에게 온 데이터 패킷을 새로운 이미디어트 에이전트 노드에게 재전송하게 한다.

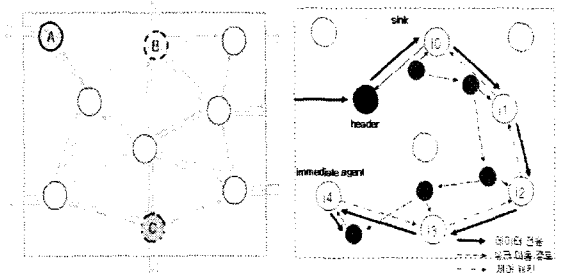
그림 2는 CBPER의 데이터 전송을 보여준다. 소스 노드 A에서 처음 관심 사건이 발생하여 센서 네트워크에 알리기 위해서 데이터 공고를 그리드의 세로축으로 한다. 싱크 노드 S가 데이터가 필요하면 데이터 요구를 그리드의 가로축으로 한다. 데이터 공고 패킷을 가진 헤더 노드 H가 데이터 요구를 받게 되면 자신의 캐쉬에 있는 데이터 공고 패킷을 보고 소스 노드 A에게 데이터 요구를 한다. 소스 노드 A는 데이터 패킷을 생성하여 싱크 노드 S에게 전송하게 된다.

2.2 CBPER 프로토콜의 문제점

클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜은 기존의 TTDD 방식과 비교하여 우수한 성능을 보여준 라우팅 프로토콜 방식이다. 하지만, 그 세부 사항에 있어서 몇 가지 개선해야 할 사항을 가지고 있다.

먼저, 그림 3(a)는 클러스터 헤더 선출의 문제점에 대해서 보여주고 있다. 노드 A, B, C 순으로 적은 랜덤 수를 가지며, 그 외의 노드들은 클러스터 헤드 후보 노드에게 필요한 에너지 량보다 적을 경우 각 노드들이 전달하게 되는 헤더 공고 패킷의 전송량이다. 또한 셀 외각에는 각 한 노드만이 있다고 했을 경우이다. 전송 거리에 내에 더 많은 노드가 있다면, 그 만큼씩 더 전송하게 된다.

클러스터 헤더를 이용하는 이유가 노드들의 패킷의 송수신을 적게 하여 노드들의 에너지를 절약하기 위해 사



(a) 헤더노드선출 간 전송되는 패킷 (b) 싱크노드 이동 간 데이터 전송
그림 3 CBPER에서의 비효율성

용한다. 또한 클러스터 헤더 노드의 과다한 에너지 소모를 예방하기 위해 클러스터 내에서 역할을 바꾸어가며 실시를 한다. 하지만, 클러스터 헤더 선출에 있어서 이 같이 많은 제어 패킷 사용과 그 패킷의 송수신으로 인해 센서 노드들의 불필요한 에너지 소모까지 야기한다.

그림 3(b)은 싱크 노드가 이동하게 되면 발생하는 이미디어트 노드의 문제점을 보여준다. 최초 싱크 노드가 S0 위치에서 쿼리 요청하기 위해 센서 노드 i0에게 쿼리 요청 패킷을 전송하면, 센서 노드 i0은 이미디어트 에이전트 노드가 되어 쿼리 요청 패킷에 자신의 위치를 저장하여 헤더 노드로 전송하게 된다. 하지만, 이동성 있는 싱크 노드이기 때문에 싱크 노드가 이미디어트 에이전트 노드 i0로 1출 거리 이상의 위치인 S1 위치로 이동하게 되면 새로운 이미디어트 에이전트 노드를 선출하게 된다. 그래서 새로운 이미디어트 에이전트 노드 i1은 이전 이미디어트 에이전트 노드 i0에게 자신의 위치를 송신하게 된다. 이런 식으로 싱크 노드가 S2, S3, S4까지 이동한다면 각 위치마다 새로운 이미디어트 에이전트 노드 i2, i3, i4가 선택될 것이고, 자신의 위치도 이전 이미디어트 에이전트 노드로 전송하게 된다. 그러므로 싱크 노드가 이동을 하더라도 데이터 전송을 보장받게 된다. 하지만, 헤더 노드로부터 싱크 노드까지의 경로가 너무 길어지게 되어 비효율적으로 데이터를 전송한다.

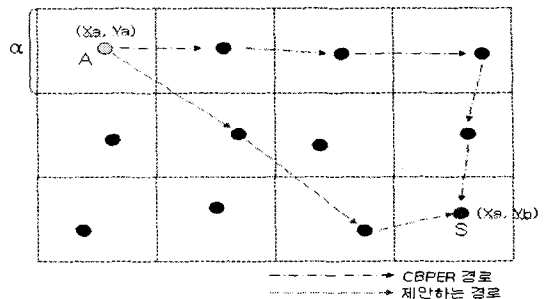


그림 4 데이터 전송 경로 선택

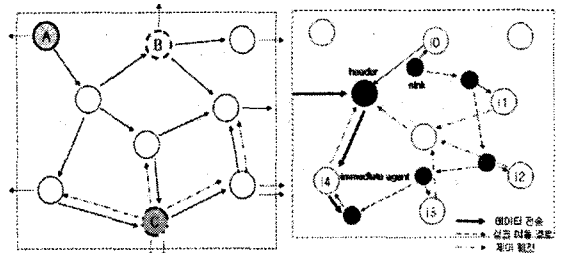
그림 4는 데이터 전송 경로의 비효율성을 보여주고 있다. 소스 노드 A에서 싱크 노드 S까지 데이터를 전송할 때 데이터 요구 패킷의 역 경로를 이용해서 데이터를 전송한다. 이 경로는 항상 가로축/세로축을 이용한다. 왜냐하면, 데이터 광고 패킷과 데이터 요구 패킷의 역 경로를 이용하기 때문이다. 그렇기 때문에 최적의 경로를 통하지 못하고 돌려서 전송을 하기에 노드들의 불필요한 에너지 소모가 생긴다.

3. 클러스터 기반의 효율적인 데이터 전송 라우팅

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 클러스터 기반의 효율적인 데이터 전송 라우팅 프로토콜에 대해 설명한다. 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜의 문제점에 대한 해결책 및 발전방향을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 프로토콜은 라우팅을 위해 전송되는 패킷의 수를 줄이고, 데이터 전송 경로를 최적화하여 센서 노드들의 에너지를 절약한다.

3.1 헤더 노드의 선출

먼저, 각 센서 노드는 자신의 위치 정보를 가지고 자신의 셀을 결정한다. 각 셀에 있어 헤더 노드를 선출하게 된다. 최초의 헤더 노드를 선출 때에는 각 센서 노드들은 전개 된 후 랜덤 시간이 지난 후 헤더 광고 패킷을 지역적으로 플러딩한다. 지역적 플러딩은 헤더 광고 패킷을 받은 센서 노드들이 셀 아이디와 전송 시간, 라운드를 비교함으로써 실현된다. 센서 노드가 헤더 광고 패킷을 수신하게 되면, 패킷을 캐쉬에 저장 후 플러딩한다. 다른 헤더 광고 패킷을 수신한 경우, 해당 셀과 라운드를 확인하고 캐쉬에 저장된 패킷보다 수신한 패킷의 전송시간이 빠른 시간이면 수신한 패킷을 캐쉬에 저장하고 전송한다. 나머지 경우는 패킷 드랍(drop)한다. 다른 패킷을 수신한 노드는 자신의 랜덤 시간이 지나더라도, 헤더 광고 패킷을 플러딩 하지 않는다. 결국 가장 빠른 시간에 전송한 센서 노드의 패킷만이 모든 센서 노드에게 전송이 될 것이고, 일정시간이 후 캐쉬에 저장된 패킷이 없으면 그 센서 노드는 헤더 지속 시간 동안 헤더 노드 역할을 하게 된다. 헤더 지속 시간은 헤더 노드가 가지고 있는 에너지양에 비례한다. 헤더 노드의 헤더 지속 시간이 만료되기 전, 센서 노드들 중 배터리 파워 값이 일정 값 이상인 노드들은 헤더 지속 시간을 계산하여 헤더 광고 패킷을 만들어 지역적으로 플러딩한다. 헤더 노드의 선출은 최초 헤더 노드를 선출하는 방식과 같다.



(a)제한한 헤더 광고 패킷 플러딩 (b)제한한 싱크노드 이동 간 데이터 전송
그림 5 제한한 프로토콜의 예시

그림 5(a)는 헤더 노드 선출 간에 A, B, C 노드가 헤더 광고 패킷이 플러딩되는 것을 보여준다. 랜덤 시간은 $A < B < C$ 노드 순이고, 다른 노드들은 배터리 파워 값이 일정 값 미만이다. A 노드 자신의 헤더 지속 시간을 계산하여 헤더 광고 패킷을 지역적으로 플러딩한다. 하지만, B 노드는 플러딩을 하기 전에 A 노드에게 받은 헤더 광고 패킷이 캐쉬에 저장되어 있기 때문에 자신의 헤더 광고 패킷을 플러딩하지 않는다. C 노드는 같은 방법으로 헤더 광고 패킷을 지역적으로 플러딩을 하지만, 중간 노드에서 A 노드의 헤더 광고 패킷보다 패킷 전송 시간이 늦기 때문에 모두 패킷 드랍된다. 결국, A 노드의 헤더 광고 패킷이 셀 전체 센서 노드에게 전달되고 A 노드가 헤더 지속 시간만큼 헤더 노드가 된다.

3.2 데이터 광고 및 데이터 요구

센서 필드에서 관심 사건이 발생하면 소스 노드가 데이터 광고 패킷을 그리드의 세로축 방향으로 전송한다. 결국 소스 노드를 포함하고 있는 셀의 세로축에 있는 헤더 노드는 데이터 광고 패킷을 전부 자신의 캐쉬에 저장한다. 그리고 싱크 노드가 데이터가 필요할 때 자신의 한쪽 이웃 센서 노드, 즉 이미디어트 에이전트 노드를 선정하여 데이터 요구 패킷을 그리드 가로축 방향으로

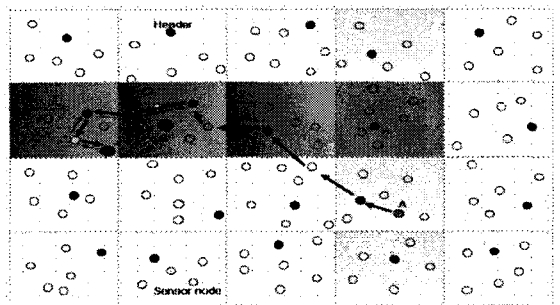


그림 6 제한한 프로토콜의 효율적인 데이터 전송

전송한다. 데이터 요구 패킷 전송 경로 상의 헤더 노드들은 자신의 캐쉬 내용과 비교한다. 만일, 캐쉬 내용이 찾고자 하는데 데이터 내용이 저장되어 있으면, 해당 헤더 노드는 싱크 노드의 위치를 포함한 데이터 요구 패킷을 소스 노드에게 전송한다. 불일치 할 경우는 계속해서 가로축으로 전송한다. 결국 싱크 노드가 있는 셀의 가로축에 있는 모든 헤더 노드는 데이터 요구 패킷을 자신의 캐쉬에 저장하게 된다.

3.3 데이터 전송

데이터 광고 패킷을 가지고 있는 헤더 노드가 해당 데이터 요구 패킷을 전송 받으면, 데이터 광고 패킷의 셀 아이디를 보고 셀의 헤더에게 데이터 요구 패킷을 전송한다. 셀의 헤더는 소스 노드에 데이터 요구 패킷을 전송하면, 소스 노드는 데이터를 포함한 데이터 패킷을 생성하여 헤더 노드에게 전송한다. 헤더 노드는 데이터 요구 패킷에 있는 헤더 노드로 상위 계층 통신을 통해서 데이터 패킷을 전송한다. 데이터 전송 경로는 데이터 요구 패킷이 온 역 경로를 이용하는 것이 아니라, 데이터 요구 패킷에 명시된 헤더 노드의 셀 아이디를 이용해서 최단경로를 통해서 전송한다.

데이터 패킷이 데이터 요구 패킷에 명시된 헤더 노드에 전송되면 헤더 노드는 데이터 패킷을 이미디어트 에이전트 노드에게 보낸다. 이미디어트 에이전트 노드는 한 줄에 있는 싱크 노드에게 데이터 패킷을 전송한다. 만약, 싱크 노드가 자신의 위치를 옮겨서 새로운 이미디어트 에이전트 노드를 선택했다면 그 위치를 헤더 노드에게 알려준다. 싱크 노드가 이미디어트 에이전트 노드를 선택할 때, 자신이 데이터 요구 패킷을 최초로 전송한 셀 아이디를 알려준다. 그래서 싱크 노드가 자신의 위치를 다른 셀로 옮겨서 이미디어트 에이전트 노드를 선택했다면, 헤더 노드는 이미디어트 에이전트 노드가 보내는 싱크가 다른 셀에서 옮겨왔는지를 판단하여, 해당 헤더 노드에게 알려준다.

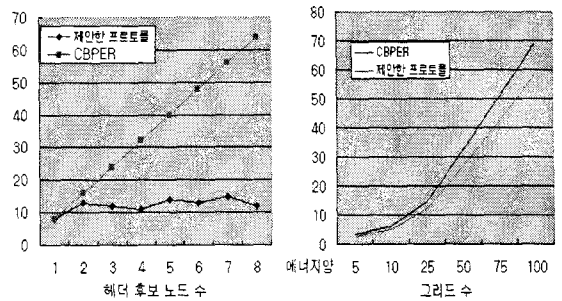
그림 6은 센서 네트워크에서 싱크 노드가 다른 셀로 이동 시에 소스 노드에서 싱크 노드까지 데이터 패킷을 전송하는 것을 보여준다. 데이터 광고 패킷과 데이터 요구 패킷을 모두 받은 헤더 노드는 데이터 요구 패킷을 소스 노드가 있는 셀의 헤더 노드에게 회송한다. 헤더 노드는 데이터를 소스 노드에게 요구하고 소스 노드는 데이터 패킷을 만들어 헤더 노드에게 보낸다. 헤더 노드는 데이터 요구 패킷의 셀 아이디를 이용하여 최단 경로를 통해 데이터 패킷을 싱크 노드가 있는 헤더 노드에게

보내고 그 헤더 노드는 가장 최근에 받은 싱크 정보로 이미디어트 에이전트 노드를 통해서 싱크 노드에게 데이터 패킷을 보내게 된다.

4. 성능 분석

실험은 제안한 프로토콜과 CBPER 프로토콜을 비교 실험하였다. 먼저, 헤더 노드 선출 간에 전송되는 패킷의 양을 비교하였으며, 다른 데이터 전송에 소모되는 에너지량을 비교하여 제안한 프로토콜이 CBPER 프로토콜보다 향상된 성능을 검증한다.

실험 환경은 C언어를 사용하여 구성하였다. 그림 7은 제안 프로토콜과 CBPER 프로토콜을 비교 실험 한 결과이다. 그림 7(a)은 한 그리드, 즉 셀 내에 노드가 8개 존재하는 환경에서 후보 헤더 노드 수에 따른 패킷 전송 수를 비교해 놓았다. 최초 센서 네트워크 환경에서는 모든 센서 노드들이 헤더 후보 노드가 되기 때문에 8개 노드가 모두 후보 노드이고 모든 노드가 헤더 광고 패킷을 전송하게 된다. 그리고 시간이 지남에 따라 센서 노드의 에너지가 소모되고, 일정한 에너지량을 보유하지 못한 센서 노드들은 헤더 후보 노드에서 탈락하게 되어, 헤더 후보 노드는 줄어들게 된다. 각 헤더 후보 노드들은 각 노드마다 다른 랜덤 시간 이후에 헤더 광고 패킷을 전송한다. 이에 따라 CBPER과 제안 프로토콜 간에 비교를 해 보면, CBPER 프로토콜 경우 시간은 다르게 전송을 하게 되지만, 모든 센서 노드들이 헤더 광고 패킷을 전송하게 되며, 전송 완료 후에 가장 빠른 시간의 패킷을 헤더 노드로 인식을 하기 때문에 후보 노드 수만큼 각 노드들이 전송을 한다. 따라서 후보 노드 수가 많을수록 각 센서 노드들은 더 많은 패킷을 전송하게 된다. 하지만, 제안한 프로토콜 같은 경우, 센서 노드가 전송하기 전에 다른 노드로부터 헤더 광고 패킷을 받게 되면 자신의 헤더 광고 패킷은 전달하지 않기 때문에 많은 패킷



(a)헤더 노드 선출 시 전송되는 패킷 수 (b)그리드 수에 따른 에너지 소모량
그림 7 제안 프로토콜 실험 결과

전송을 줄일 수 있다.

그림 7(b)에서는 그리드 수에 따른 데이터 전송 에너지를 비교한 결과를 보여준다. 그리드가 적을 경우, 즉 네트워크가 작은 경우에는 소스 노드에서 싱크 노드로 데이터를 전송할 경우, 두 노드가 근접해 있기 때문에 직각 경로나 대각선 경로나 크게 차이가 나지 않는다. 하지만, 센서 네트워크가 커져서, 그리드 수가 많아질수록 두 프로토콜의 차이는 생긴다. 따라서 CBPER보다 제안하는 프로토콜이 데이터 전송 간에도 좋은 효율성을 보여주고 있다.

5. 결론

본 논문은 여러 개의 이동성 싱크가 존재하는 센서 네트워크에서 클러스터 기반의 효율적인 데이터 전송 라우팅 프로토콜을 제안한다. 센서 네트워크에서는 센서 노드들의 에너지 소유의 제한성 때문에 효율적인 에너지 소모에 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜보다 패킷 전송 횟수를 줄여 에너지 소비를 줄였다.

실험을 통해 기존의 CBPER 프로토콜보다 제어 패킷 전송 횟수가 헤더 후보 노드 수에 상관없이 일정한 것을 보였다. 그리고 데이터 전송 간에도 최적 경로를 선택하여 데이터를 전송함으로써 CBPER보다 적은 에너지 소비를 한다는 것을 실험을 통해 검증했다. 또한, 이미디어트 에이전트 노드의 역할도 예전 방식의 문제점을 보완하였다. 하지만, 각 그리드 내의 센서 노드 수에 따른 에너지 소모의 공정성이나, 밀물적인 그리드 형성으로 인한 그리드 내 노드 밀집정도에 따른 문제점은 앞으로 개선해야 할 문제이다.

이를 통해 제안하는 알고리즘이 CBPER에서 나타나는 에너지 비효율적 소모를 개선하여 효율적으로 데이터를 전송하고 네트워크의 생존 시간을 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci "Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, Aug. 2002.
- [2] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey", Computer Networks 38, pp. 393-422, December 2001
- [3] Haiyun Luo, Fan Ye, Jerry Cheng, Songwu Lu, and Lixia Zhang, "A Two-Tier Data Dissemination in

Large-scale Wireless Sensor Networks," Wireless Networks 11, pp. 161-175, 2005

[4] 권기석, 이승학, 윤현수, "센서 네트워크를 위한 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜", 정보과학회논문지 : 정보통신 제 33권, 제 1호, pp. 76-90, 2006년 10월

[5] Y. Ko and N. H. Vaidya, "Location-Aided Routing (LAR) in Mobile Ad Hoc Networks," Proceedings of ACM MOBICOM 1998, pp. 66-75, October 1998

[6] C. Siva Ram Murthy, B. S. Manoj, "Ad Hoc Wireless Networks : Architectures and Protocols", PRENTICE HALL, 2004