

무선센서 네트워크에서의 다중 가상 그리드를 이용한 데이터 전송 메커니즘

진민숙^{*}·이의신^{*}·박수창^{*}·김상하^{**}

요약

무선 센서망은 전력공급이 제한적인 센서 노드들로 구성됨으로, 에너지 비용의 최소화는 망의 수명 연장을 위해 매우 중요하다. 그러나 다수의 사건(event)과 싱크(sink)가 이동하는 환경에서 에너지 비용이 증가한다. 이는 센서 노드들과 싱크들간의 데이터 전달을 위한 라우팅 정보가 빈번히 갱신되어야 하는 문제가 있다. 즉, 싱크의 이동성을 지원하기 위한 라우팅 방안은 이동 싱크에게 끊임없이 데이터를 전달해 주어야 할 뿐만 아니라, 망 내 센서 노드들의 에너지비용을 충분히 고려해야 한다. 하지만 기존 연구들은 싱크와 소스의 이동성을 고려하지 않는 환경에서의 에너지 평균화에 초점을 둔다. 본 논문은 다중 가상 그리드 기법을 이용하여 이동성을 고려한 에너지비용 및 데이터 전송률에 있어 효율적인 라우팅 프로토콜을 제안한다. 그리고 실험을 통해 제안한 프로토콜이 데이터 전송률, 시간지연, 그리고 에너지 비용에 있어서 기존 연구된 프로토콜들에 비해 성능의 우수함을 입증한다.

키워드 : 그리드, 이동 싱크, 라우팅 프로토콜, 센서 망

Data-Dissemination Mechanism used on Multiple Virtual Grids in Wireless Sensor Networks

Min-Sook Jin^{*} · Euisin Lee^{*} · Soochang Park^{*} · Sang-Ha Kim^{**}

ABSTRACT

Sensor networks are composed of a great number of sensor nodes. Since all sensor nodes are energy-restricted and hard to recharge, it is very important. However, the energy consumption may significantly increase if mobile sources or sinks exist in sensor networks. The reason is that the routing information for mobile sources and sinks needs to be update frequently for efficient data delivery. The routing algorithm supporting mobile sinks should consider not only continuous data delivery but also the energy consumption of sensor nodes. However, most of the existing research focuses on even energy consumption while the mobility of sinks and sources is rarely consider. In this paper, we propose an efficient routing protocol with multiple virtual grids to reduce energy consumption and improve packets delivery efficiency. Then this paper considers the mobility. Simulation results show that our algorithm can guarantee high data delivery ratio and lower average delivery delay, while consuming lower energy than existing routing protocols in sensor networks.

Keywords : Grid, Mobile Sink, Routing Protocol, Sensor Networks

1. 서론

센서 노드들은 낮은 계산 능력과 제한된 에너지를 가지고 있다. 따라서, 임무수행 시에 에너지 고갈의 문제가 생긴다. 그런 문제에 따른 물리적인 해결 방안은 다음과 같다. 첫 번째는 망 내에 센서 노드들을 밀집되게 분포시킨다. 두 번째는 에너지가 충전된 새로운 노드들을 기존 센서 망 내에

분포시킨다. 하지만 이런 방법들은 에너지 비용 문제에 대해 근본적인 해결방법이 아니다. 그래서 본 논문은 물리적인 방법이 아닌 라우팅 알고리즘을 통한 제어 기법으로 에너지 비용 문제를 해결하고자 한다. 센서 망은 노드들의 에너지 고갈 또는 고장 등이 발생하면 기능유지를 위해 망의 위상을 동적으로 바꿔야 한다. 위상이 변경되기 위해서 노드들은 라우팅 정보를 가지고 있어야 한다. 그 정보를 통해 라우팅 경로가 동적으로 바뀐다. 이때, 노드들의 에너지 소모가 커지는데, 에너지를 재충전하기 어려운 센서 망에서의 주요 관심사는 에너지 절약과 수명 연장이다.

따라서, 광범위한 무선 센서 망에서 다수의 사건과 이동 싱크에 대한 연구가 되고 있지만, 에너지 비용 측면도 고려

* 본 연구는 충남대학교 컴퓨터공학과 BK21 차세대정보기술SW인력양성사업단 지원으로 수행하였습니다.

[†] 준 회원 : 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정

^{**} 종신회원 : 충남대학교 정보통신공학부 교수(교신저자)

논문접수: 2009년 1월 9일
수정일: 1차 2009년 3월 3일
심사완료: 2009년 3월 4일

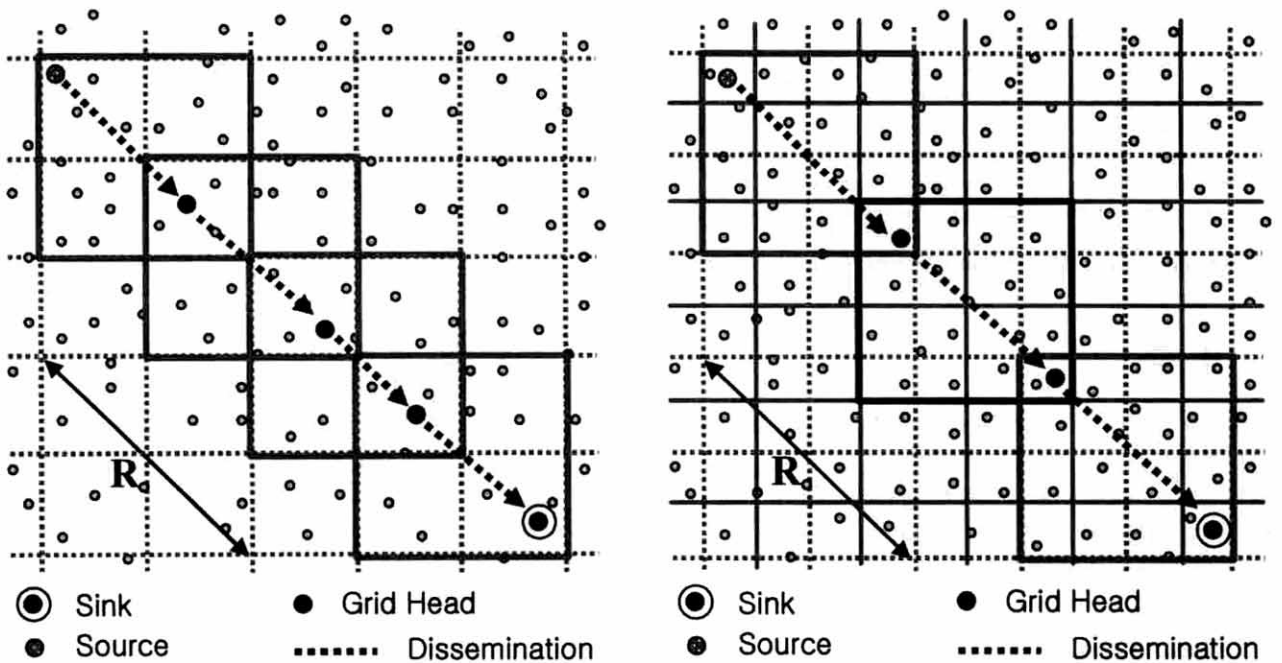
해야 한다. 본 논문에서, 소스(source)는 사용자가 요구하는 쿼리(query)에 대한 응답을 위해 데이터 메시지를 발생시키는 노드로 간주한다. 싱크는 센서 망으로부터 확보된 데이터 기록을 모으는 사용자의 에이전트(agent)이다. 예를 들어, 소방수는 싱크 노드를 통해 얻고자 하는 정보에 대한 데이터 기록을 찾는다. 재난지역 역시 인접한 센서 노드를 소스로 한다. 소스 노드는 재난지역에서 발생한 데이터 기록을 싱크 노드에게 보낸다. 이때, 소방수가 이동할 수 있고, 사건 역시 이동할 수 있다. 즉, 싱크와 소스의 빈번한 이동은 지속적으로 라우팅 정보를 갱신시킨다. 이로 인해, 제한된 에너지를 가진 센서 노드들에게 에너지 비용증가와 전송 충돌을 유발시킨다. 이러한 이동성에 대해 최근에 몇 가지 데이터 전달 프로토콜이 제안되었다. TTDD[2]는 소스 기반 그리드 구조를 사용하여 싱크가 이동하는 동안 과부하를 줄이고자 했다. 그러나 사건이 움직일 때마다 사건 주변의 소스 노드들 역시 바뀐다. 그러므로 관리가 어렵다. 또한 TTDD는 설계에서 망 내 에너지의 균등적인 사용에 중점을 두었기 때문에, 에너지 비용 문제에 대한 제안방안이 없다. EEDD[3]는 TTDD에서 다루지 않은 에너지 비용 문제에 대한 방안을 제시한다. EEDD는 가상 그리드가 기반이 되어 두 계층 구조를 적용했다. 그래서 센서 망의 수명을 연장하고자 한다. 그리드 내에서 사건의 움직임에 따라 셀내에서 센서 노드 선택 계획이 이루어지는데, 그 선택의 범위대상이 적다. 즉, 센서 노드의 선택범위가 적다는 것은 소스의 데이터 기록이 정확하다거나 또는 소스에서 싱크까지 가는 경로가 최적의 최단거리라고 볼수 없다는 것이다.

본 논문에서는 다중 가상 그리드 기법을 통해 에너지비용

및 데이터 전송률에 있어 효율적인 라우팅 프로토콜(routing protocol)을 제안한다. 라우팅 구조인 다중 가상 그리드는 위치정보를 기반으로 그리드를 형성한다. 기본적인 그리드에 라우팅의 효율성을 위해 다중 가상 그리드를 사용한다. 즉, 위치정보 (1, 1)의 위치를 기준으로 x와 y축에 1씩 증가하여 생성되는 그리드를 기본으로 한다. 그리고 (1.5, 1.5)의 위치를 기준으로 x와 y축에 1씩 증가하여 다중의 그리드를 형성한다. 위와 같이 쿼리와 데이터를 전달할 때 두 계층의 방법으로 구성한다. 상위 계층은 쿼리와 데이터를 전달하고, 하위 계층은 쿼리 전달과 싱크가 있는 경로로 데이터를 전달한다. 이때, 기존 그리드만을 사용하였을 경우는 주어진 셀(cell) 내에서 센서 노드 선택이 이루어진다. 그러나 다중 가상 그리드 경우에는 그리드의 위치 점이 다르기 때문에 같은 크기의 셀 상태에서 그리드 헤드의 선택 시에 셀 내에서 싱크 노드에 가장 먼 것을 선택한다. 그래서 셀은 선택된 그리드 헤드(grid head)를 기점으로 구성되어 소스 노드와 싱크 노드간의 최소의 홵(hop)으로 (그림 1)과 같이 데이터 기록 전송이 이루어진다. 소스 노드로부터 싱크 노드까지 4홵에서 3홵으로 줄어든다는 것은 데이터 기록 전송 시에 빠르게 전송이 가능하고, 적은 센서 노드를 사용하여 사용하지 않는 센서 노드의 에너지를 절약할 수 있는 장점을 볼 수 있다.

본 논문은 다중 그리드를 사용하여 적은 수의 홵으로 데이터 기록을 전송할 수 있다. 이러한 제안을 성능평가를 통해 다중 그리드를 사용함으로써 기존의

그리드를 적용한 다른 프로토콜과 비교하여 망 수명이 약 20%정도 연장이 되었고, 패킷의 전송이 빨라졌음을 입증하



(a) 기존 그리드 방식

(b) 다중 그리드 방식

(그림 1) 기본 그리드 방식과 다중 그리드 방식의 비교

였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본 논문과 관련된 연구 현황을 2장에서 살펴보고, 주어진 문제를 해결하기 위한 제안 방안을 3장에서 설명한다. 4장에서 제안 방안에 대한 성능을 평가한다. 그리고 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구 방향에 대해서 다룬다.

2. 관련 연구

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 다중 가상 그리드 기법을 통해 보다 에너지비용 및 데이터 전송률에 있어 효율적인 라우팅 프로토콜을 이해하기 위해 필요한 배경 지식인 TTDD와 EEDD에 대하여 소개한다.

2.1 TTDD (Two-Tier Data Dissemination Routing)

TTDD 라우팅 프로토콜[2]은 사용자가 요구하는 사건이 발생했을 때 데이터 기록을 싱크 노드에 전송하기 위해 소스 노드가 능동적으로 그리드를 생성한다. 그리드의 각 교차 점에는 전송 정보(forwarding information)를 가진 보급 노드(dissemination node)가 있다. 두 계층 데이터 전송 라우팅은 데이터 기록을 전송하기 위해 두 개의 전송 계층을 사용한다. 상위 계층(high-tier) 전송은 셀과 셀 사이의 통신을 위해 사용한다. 그리고 하위 계층(low-tier) 전송은 한 셀 내에서 지역적인 통신을 위해 사용한다.

싱크 노드는 데이터를 받기 위해 데이터 요구 패킷(data request packet)을 싱크 노드가 속한 셀 내에 플러딩(flooding)한다. 보급 노드는 받은 데이터 요구 패킷을 자신의 상류 보급 노드(upstream dissemination node)에게 재전송한다. 이런 방법으로 데이터 요구 패킷은 찾고자 하는 데이터 기록을 가진 소스 노드까지 전송된다. 찾은 데이터 기록은 소스 노드로부터 데이터 요구 패킷이 전송된 경로의 역 방향으로 싱크 노드까지 전송한다.

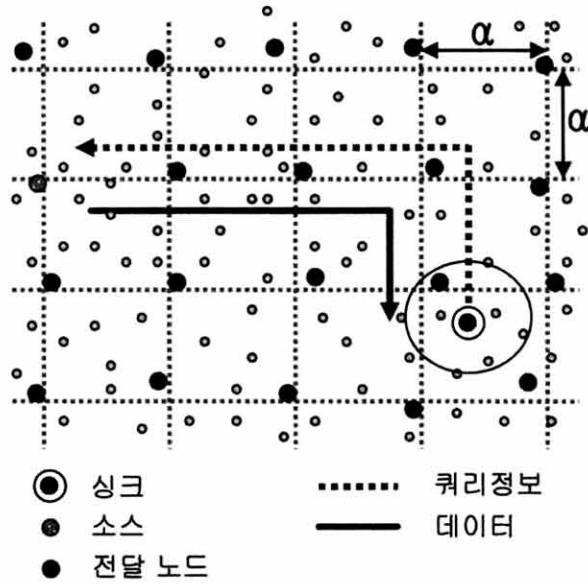
TTDD는 다음 장과 같이 그리드 구조와 데이터 및 쿼리의 두 계층 전송방법으로 설명한다.

2.1.1 그리드 구조(Grid Construction)

사건이 발생했을 때 소스 노드는 그리드를 생성한다. 그리드를 생성하기 위해 소스 노드는 데이터 공고 패킷(data announcement packet)을 그리드의 각 교차점(dissemination point)에 보낸다. 소스 노드의 위치가 $L_s = (x, y)$ 라고 하고, a 는 셀 한 변의 길이라고 했을 때, 각 교차점의 위치는 다음과 같다.

$$L_p = (x_i, y_j) \quad (x_i = x + i \cdot a, y_j = y + j \cdot a; i, j = \pm 0, \pm 1, \pm 2 \dots)$$

사건을 감지한 소스 노드는 지리적 전송(geographical forwarding)을 통해서 각 교차점으로 데이터 공고 패킷을 전송한다. 그러면 각 교차점에서 인접한 노드가 보급 노드가 된다. 보급 노드들은 데이터 공고 패킷과 자신의 교차점 위치 그리고 자신에게 데이터 공고 패킷을 전송해준 상류 보급 노드의 위치를 저장한다.



(그림 2) 소스 노드와 싱크 노드의 그리드 구성

소스 노드가 생성한 그리드는 (그림 2)와 같다. 셀 한 변의 길이는 a 이다. 그리드의 각 교차점에는 보급 노드들이 존재한다. 그 보급 노드들은 쿼리 정보를 알고 있고, 소스에서 싱크까지 경로로 데이터 전송에 필요한 정보를 알고 있다. 싱크 노드에서 소스 노드로의 방향은 다음과 같이 상류(upstream)라하고 역방향은 하류(downstream)로 정의된다.

2.1.2 쿼리와 데이터의 두 계층 전송(two-tier query and data forwarding)

싱크 노드는 데이터가 필요할 때 주변에 있는 지역 보급 노드를 찾기 위해 지역적 플러딩을 하여 쿼리 패킷을 보낸다. 지역 보급 노드는 상류 보급 노드에게 쿼리 패킷을 전송한다. 이때, 상류 보급 노드는 쿼리 패킷을 전송해준 하류 보급 노드의 위치 정보를 저장한다. 이런 과정으로 데이터 요구 쿼리 패킷은 소스 노드에게 전달된다. 소스 노드는 데이터 기록을 자신의 하류 보급 노드에게 전송한다. 데이터를 받은 하류 보급 노드는 다시 자신의 하류 보급 노드에게 데이터를 전송한다. 이런 과정을 통해 데이터는 그 데이터를 필요로 했던 싱크 노드가 위치한 셀의 보급 노드까지 온다.

TTDD는 소스 기반 그리드 구조를 사용하여 싱크가 이동하는 동안 과부하를 줄이고자 했다. 그러나 소스의 개수가 많아지거나 사건이 움직일 경우 각 소스 별로 그리드를 구성하는 부담이 있다. 또한, 관리가 어렵다. 그리고 TTDD는 설계에서 망 내 에너지의 균등적인 사용에 중점을 두었기 때문에, 에너지 비용 문제를 고려하지 않는다.

2.2 EEDD (Energy Efficient Data Dissemination Routing)

EEDD는 앞서 기술한 TTDD에서 소스의 개수가 많아지거나 사건이 움직일 경우 각 소스 별로 그리드를 구성하는 과부하를 줄이기 위해 연구되었다. 센서 망에 위치정보를

이용해서 가상 그리드를 만든다. 싱크는 데이터 요구 패킷을 자신이 속한 셀의 그리드 헤드를 통하여 전송한다. 각 셀의 그리드 헤드는 소스가 위치 해 있는 장소를 찾기 위해 다음 세가지 데이터 전송 방법을 사용해서 찾는다.

- 사건 위치 정보를 알고 있는 경우
- 사건 지역 정보를 알고 있는 경우
- 사건 위치 정보를 모르는 경우

사건의 위치 정보를 알고 있는 경우, 소스 노드는 데이터 요구 패킷이 전송 되었던 역방향으로 데이터 기록을 보낸다. 이때 TTDD에서 전송 노드를 이용한 것과 다른 방법으로 사선 경로(Diagonal path)를 사용한다.

EEDD의 그리드 구성은 다음과 같다. 가상 그리드는 위치정보를 기반으로 두 계층 구조를 적용했다. 상위 계층은 깨어 있는 노드들을 활성화로 유지하고, 나머지 노드들은 비활성으로 한다. 하위 계층은 셀 내에서 활성화 노드들 중에서 센서 노드 선택 계획이 이루어진다. 이런 구성으로 TTDD에서 부하가 걸리는 소스 기반 그리드에 대한 방안을 제시해서 센서 망의 수명을 연장하고자 한다. 그러나 그리드 내에서 사건의 움직임에 따라 지정된 셀 내에서 센서 노드 선택이 이루어지는데, 활성화 노드 중에서 그리드 헤드 선택이 비효율적이다. 즉, (그림 1)의 (a)에서 보듯이, 소스 노드에서 싱크 노드까지의 경로가 최적의 최단거리라고 볼 수 없다는 것이다.

이러한 이유로, 본 논문은 다중 가상 그리드 기법을 통해 에너지비용 및데이터 전송률에 있어 효율적인 라우팅 프로토콜을 제안한다. 자세한 사항은 다음 장에서 언급한다.

3. 제안 방안

본 장에서는 서론에서 언급한 바와 같이 위치정보를 기반으로 한 다중 가상 그리드 라우팅을 하고자 한다. 이러한 다중 가상 그리드 기법을 통해 에너지비용 및 데이터 전송률에 있어 효율적인 라우팅 프로토콜에 대해서 자세히 설명한다.

3.1 망의 설계구조

제안 방안의 초기화는 다음과 같다. 기존의 무선 센서 망에 센싱과 전송을 담당하는 일반 노드들은 랜덤하고 밀집되도록 분포된다.

센서 망에서 사용자가 요구하는 사건이 발생 했을 때 데이터 기록을 싱크 노드에게 효율적으로 전송하기 위해 그리드를 생성한다. 이때, 다중 가상 그리드는 위치정보를 사용하여 센서 필드의 한 점을 기점으로 그리드를 생성한다. 본 논문에서 제시하는 방안의 그리드는 다중 가상 그리드이기 때문에 다음과 같은 또 다른 그리드를 생성한다. 이전에 생성된 그리드의 기준점과 중복되지 않는 다른 한 점을 기점으로 그리드를 생성한다. 이때, 그리드의 주변 센서 노드들

은 다중의 그리드 위치정보를 알고 있다. 그래서 셀과 셀 사이의 통신을 위해 사용한다.

위에서 언급한 방법으로 형성된 그리드는 오버랩(overlap)으로 구성한다. 초기에 만들어진 그리드는 깨어 있는 노드들을 활성화로 유지하고, 나머지 노드들은 비활성으로 한다. 하위 계층은 그리드 안의 활성화 노드들 중에서 센서 노드 선택 계획이 이루어진다. 이때, 기존 그리드만을 사용하였을 경우는 주어진 셀 내에서 센서 노드 선택이 이루어진다. 그러나 다중 가상 그리드 경우에는 그리드의 위치점이 다르기 때문에 같은 크기의 셀 상태에서 그리드 헤드의 선택 시에 셀 내에서 싱크 노드에 가장 먼 것을 선택한다. 그래서 셀은 선택된 그리드 헤드를 기점으로 구성되어 소스 노드와 싱크 노드간의 최소의 홉으로 (그림 1)의 (b)와 같이 데이터 기록 전송이 이루어진다. 소스 노드로부터 싱크 노드까지 4홉에서 3홉으로 줄어진다라는 것은, 데이터 전달 시에 적은 개수의 센서 노드들을 통해서 전달하므로 전체 망에 영향을 주는 에너지 역시 절약할 수 있는 방안이다. 즉, 망 수명을 연장시킬 수 있는 이점이 있다.

3.2 라우팅 프로토콜과 데이터

본 논문에서 제안한 방안은 전체 망을 가상 그리드 기반으로 앞에서 언급한 두 계층 구조를 적용했다. 싱크는 데이터 요구 패킷을 자신이 속한 셀의 활성화된 노드들에게 플러딩을 한다. 그 활성화 노드 중에서 싱크 노드와 가장 먼 센서 노드가 그리드 헤드가 된다. 선택된 그리드 헤드를 통해 상위 그리드 헤드에게 요구 패킷을 전달하여 소스 노드가 위치 해 있는 장소를 찾는다. 소스 노드는 요구 패킷의 역경로로 싱크 노드까지 경사 경로 방법을 이용해 데이터를 전송한다. 그 경로에 있는 그리드 헤드는 셀 내에서 싱크에서 가장 먼 활성화 노드를 선택 했기 때문에, 홉 수가 적어진다. 이런 이유로 데이터 전송률 및 에너지 비용 절감이 장점으로 부각된다. 이러한 제안으로 이동성과 에너지 비용 문제를 해결하고, 빠르게 패킷을 전송할 수 있다.

4. 성능 평가

이번 장은 실험을 통해 제안 방안의 성능을 평가한다. 앞서, 실험 모델과 성능 평가 환경을 묘사한다. 다음으로 패킷 발생 수에 따른 전송률, 에너지 비용 그리고 시간지연에 따른 TTDD와 EEDD 그리고 제안 방안의 비교분석을 한다.

4.1 시험 모델과 성능 평가 환경

사용한 시뮬레이터는 Qualnet ver.3.8에서 제안 방안을 구현하였다[5]. 센서 노드의 모델은 MICA 2 스펙을 따랐다[6]. 실험 시간은 100 초이고, 각 노드의 전송 반경은 50m이다. 센서 망은 650(m) x 650(m) 의 필드 내에 200개의 노드가 균등하게 분포하도록 센서 노드들이 구성된다. 소스 노드에서 싱크 노드로 패킷을 전달하는 주기는 2초에 한번씩 전송한다. Mac/phy는 802.11b를 이용하였다. 한 개의 소스와 한

개의 싱크가 균등한 속도로 이동하는 환경이다.

4.2 다중 가상 그리드에 대한 영향

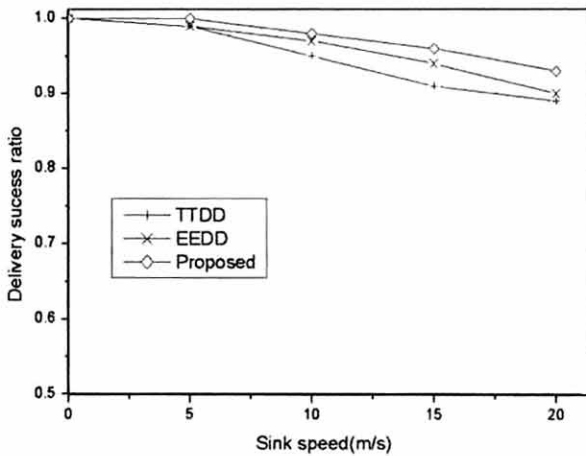
(그림 3)은 그리드를 사용한 다른 프로토콜과 비교 분석하여 싱크 속도에 따른 전송률, 에너지 비용 그리고 시간지연을 보여준다. (그림 3)의 (a)는 전송의 신뢰성을 위해 싱크의 속도를 높이면서 데이터 전송률을 비교하였다. 즉, 소스 노드에서 싱크 노드에게 보낸 데이터 전달하는 전송율을 비교하는 실험이다. 싱크의 속도를 초당 5미터씩 증가하며 소스에서 싱크쪽으로 데이터를 보낸다. (그림 3)의 (a)를 보면, TTDD와 EEDD는 싱크 속도가 증가할수록 전송률이 TTDD가 좋아지는 상황이 진행된다. 그러나 제안알고리즘은 TTDD와 EEDD보다 좀 더 높은 전송률을 보여준다.

(그림 3)의 (b)는 패킷 수에 따른 에너지 비용 차이를 비교하였다. 그림에서 보듯이 TTDD가 전달 노드마다 쿼리정보와 데이터 정보를 알고 있는 상황이기 때문에 에너지를 가장 많이 소비하고 있음을 볼 수 있다. EEDD는 사전 경로를

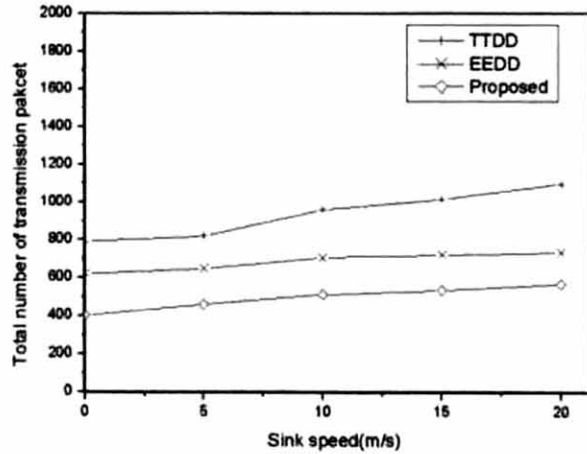
를 이용하므로 그림에서 보듯이 TTDD보다 적은 에너지를 사용한다. 그림에도 불구하고 본 논문에서 제안한 방안은 하나의 패킷이 소스 노드에서 싱크 노드까지 거치는 홉 수가 TTDD나 EEDD보다 적다. 그래서 데이터를 전송하는데 따른 전송률이 높아지고, 에너지 비용이 적게 나옴을 알 수 있다.

(그림 3)의 (c)는 전송 지연을 비교한 그림이다. (c) 그림은 (b) 그림과 연관성이 있는 실험으로서 홉 수에 관계된 실험이다. 데이터 패킷이 소스 노드에서 출발해서 싱크 노드까지 걸린 시간을 계산한 것이다. 제안 방안이 소스에서 싱크까지의 홉 수가 기존의 다른 연구보다 적으면서 경사 경로로 전송되기 때문에 전송 시간을 그만큼 단축 시킬 수 있다는 것이 입증된 실험이다.

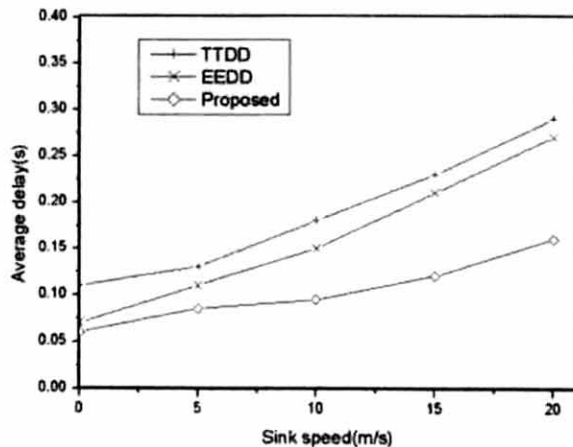
성능 평가에서 보듯이 다중 가상 그리드를 이용해 전송 경로의 적은 홉 수는 데이터 전송률, 에너지 비용 절감 그리고 시간 지연에 영향을 준다는 것을 입증했다.



(a) 싱크 속도에 따른 전송률



(b) 싱크 속도에 따른 전달 패킷수



(c) 싱크 속도에 따른 전송 지연

(그림 3) TTDD, EEDD 그리고 제안 방안에 따른 비교 그래프

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문은 다중 가상 그리드 기법을 통해 보다 에너지비용 및 데이터 전송률에 있어 효율적인 라우팅 프로토콜을 제안했다. 제안된 방안은 망 내에서 소스 노드로부터 출발하여 싱크 노드까지 전송하는 홉 수를 줄임으로써 망의 수명이 연장됨을 알았다. 또한, 그러한 과정으로 데이터 전송률, 시간지연, 그리고 에너지 비용에 있어서 기존 연구된 프로토콜들에 비해 성능의 우수함을 성능평가를 통해 입증하였다. 향후 연구 방향은 제안 라우팅 프로토콜을 응용에 적용하는 방안에 대하여 제안할 것이다.

참고 문헌

- [1] Douglas S. J. De Couto and Robert Morris, "Location Proxies and Intermediate Node Forwarding for Practical Geographic Forwarding," MIT Laboratory for Computer Science technical report MIT-LCS-TR-824, June 2001.
- [2] Fan Ye, Haiyun Luo, et al., "A Two-Tier Data Dissemination Model for Large-scale Wireless Sensor Networks," ACM/IEEE MobiCOM 2002, Sept. 2002.
- [3] Zehua Zhou, Xiaojing Xiang, and Xin Wang, "An Energy-Efficient Data-Dissemination Protocol in Wireless Sensor Networks," IEEE WoWMoM 2006. Jun. 2006.
- [4] 권기석, 이승학, 윤현수, "센서 네트워크를 위한 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜," 정보과학회논문지, 제33권, 제1호, pp.76-90, 2006년 2월.
- [5] Scalable Network Technologies, Qualnet, available: <http://www.scalable-networks.com>.
- [6] J. Polastre, R. Szewczyk, and D. Culler, "Telos: Enabling Ultra-Low Power Wireless Research," IEEE IPSN 2005, 15 April 2005, pp. 364-369.
- [7] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks," MOBICOM 2000.
- [8] C. Lin and M. Gerla, "Adaptive Clustering for Mobile Wireless Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications 1997.
- [9] A. B. McDonald, "A Mobility-Based Framework for Adaptive Clustering in Wireless Ad-Hoc Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications 1999.



진민숙

e-mail : badamul@cclab.cnu.ac.kr
2001년 배재대학교 컴퓨터학과(학사)
2005년 충남대학교 컴퓨터공학과 (석사)
2006~현 재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정
관심분야: 이동통신망, 무선센서망, 인터넷 프로토콜



이의신

e-mail : eslee@cclab.cnu.ac.kr
2005년 충남대학교 정보통신공학부 컴퓨터전공(학사)
2007년 충남대학교 컴퓨터공학과(석사)
2008~현 재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정
관심분야: 이동통신망, 무선센서망, 인터넷 프로토콜



박수창

e-mail : winter@cclab.cnu.ac.kr
2005년 충남대학교 정보통신공학부 컴퓨터전공(학사)
2007년 충남대학교 컴퓨터공학과(석사)
2007~현 재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정
관심분야: 이동통신망, 무선센서망, 인터넷 프로토콜



김상하

e-mail : shkim@cnu.ac.kr
1980년 서울대학교(학사)
1984년 University of Huston(석사)
1989년 University of Huston(박사)
1992~현 재 충남대학교 정보통신공학부 교수
관심분야: 이동통신망, 무선센서망, 인터넷 프로토콜