
클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜

김영수* · 서정석**

Mobile Sink Supporting Routing Protocol using Agent of Cluster Node

Young-soo Kim* · Jung-seok Suh**

요 약

센서 네트워크는 무선 네트워크에 비해 데이터 혼잡과 핫 스팟에 취약하다. 이는 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜이 다수의 제어 패킷을 사용하고 단일 노드를 통해 모든 패킷을 전송하기 때문이다. 따라서 패킷의 수를 감소시키고 패킷을 분산시키는 라우팅 프로토콜이 필요하다. 이를 위해서 본 논문에서는 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜을 제안한다. 이의 프로토콜은 기존 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜보다 패킷의 수를 줄임으로써 통신 오버헤드와 에너지 소비를 감소시킨다.

ABSTRACT

Sensor networks are vulnerable to data congestion and hot-spot compared with wireless networks. Mobile sink supporting route protocol has such problems as hot-spot and data congestion because agent of cluster node transmits all data packet. Therefore, mobile sink supporting route protocol needs to reduce the number of packets and keep the packets from concentrating on a single node. To solve these problems, we propose mobile sink supporting routing Protocol using agent of cluster node. Cutting down on the number of packets compared with the existing mobile sink supporting routing Protocol, our proposed protocol has reduced both communication overhead and energy consumption.

키워드

센서네트워크(Sensor Network), 이동 싱크(Mobile Sink), 클러스터 노드의 에이전트(Agent of Cluster Node),
라우팅 프로토콜(Routing Protocol)

I. 서 론

최근 유비쿼터스에 대한 많은 연구가 진행되고 있으며, 이로 인해 무선 센서 네트워크가 그 핵심 기술로 부각되고 있다. 무선 센서 네트워크는 다수의 소형 센서 노드들로 이루어져 있으며, 센서 노드들이 자가 구성한 네트워크를 통해 서로 협력하여 싱크 노드에게 유용한 정보를 제공하는 시스템이다. 최근 다양한 센서 기능을 가진 노드들이 개발되어 군대, 가정, 산업, 교통, 의료 등 다양한 분야에서 사용되고 있다[1].

센서 네트워크는 싱크 노드와 센서 노드들로 구성되어 있다. 싱크노드는 하나 또는 여러 개가 존재하고 센서 노드가 전송한 데이터를 수집하는 역할을 수행한다. 센서 노드는 센싱 기능, 센싱된 데이터 처리하는 기능, 센서 노드들 간의 단거리 무선 통신 기능 그리고 전력을 공급하는 기능을 수행한다. 센서 노드들은 싱크노드에게 센싱된 데이터를 전송할 뿐 직접 사용하지 못한다. 그러나 싱크 노드는 수집한 데이터를 직접 사용하거나 다른 네트워크를 통해 수집된 데이터를 필요로 하는 사용자에게 전송하는 게이트웨이(Gateway) 역할을 수행한다. 센서 노드들은 넓은 지역에 걸쳐 분포되어 있기 때문에 한번 뿌러지면 다시 전력을 공급받지 못한다. 또한 센서 노드들이 협력하여 데이터 전송을 하기 때문에 센서 노드들 중 일부분에서 에너지 소모로 인해 동작이 멈출 경우 네트워크가 분리될 수 있다[2,3]. 그러므로 센서 노드들은 에너지 소모를 줄이고 균등한 에너지 사용 방안이 필요하다.

센서 네트워크에서 라우팅 프로토콜은 라우팅 경로를 설정할 때 패킷의 전송 시간보다 에너지가 적게 소모되는 경로를 선택하여 센서 노드의 에너지를 고려해야 한다[4,5].

센서 네트워크에서 큰 문제점은 센서 노드들의 에너지 소모를 줄이는 것이다. 기존에 제안된 라우팅 프로토콜에서의 문제점을 살펴보고 그것을 해결할 수 있는 효율적인 방법을 제안한다. 이는 4개의 클러스터 노드의 에이전트를 이용하여 핫스팟(hot-spot) 문제와 데이터 혼잡 문제를 해결하고, 싱크 노드로부터 선정된 클러스터 노드의 에이전트는 소스 노드까지의 최단거리 라우팅 수행과 기존 방법에서 하나의 노드에게 집중되었던 패킷의 양을 여러 개의 노드로 분산시킬 수 있는 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜이 필요하다. 이를 위

해서 싱크 노드가 데이터 요청 이후 이동한 경우 싱크 노드가 직접 해결할 수 없다[6]. 따라서 싱크 노드 주변에 위치한 센서 노드를 이용하여 데이터를 전달받고 싱크 노드가 이동할 경우에는 소스 노드와의 라우팅을 지속적으로 유지하여 데이터 손실을 지양할 수 있는 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 프로토콜을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 기존 TTDD(Two-Tier Data Dissemination)의 문제점을 분석하고, 3장에서는 이 문제점을 해결하기 위해서 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜에 대하여 설명한다. 4장에서는 기존의 이동싱크 지원 라우팅 프로토콜과 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜을 비교하고 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 과제에 대해서 살펴본다.

II. 관련연구

초기 센서 네트워크 라우팅 방식은 고정 싱크 노드를 고려한 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 대부분이었다. 그러나 최근 센서 네트워크에서 이동 싱크 노드에 대한 관심이 증대되고 있다. 이동 싱크 노드와 관련된 가장 대표적인 라우팅 프로토콜로 TTDD를 들 수 있다[7]. TTDD의 라우팅 구조는 (그림 1)과 같다.

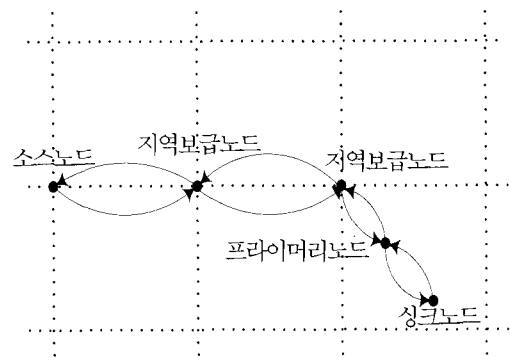


그림 1. TTDD모델의 라우팅 구조
Fig. 1 Routing Architecture of TTDD Model

TTDD는 센서 네트워크에서 모든 센서 노드가 데이터 전송에 참여하기 때문에 에너지 효율성이 떨어진다는 단점을 보완하기 위해 제안된 프로토콜이다. TTDD는 이벤트를 감지한 소스 노드를 중심으로 그리드가 생성되고 교차점에 위치한 센서 노드들을 통해 데이터를 전송한다. 이는 싱크 노드가 데이터를 필요로 할 때 먼저 주변에 있는 지역 보급 노드(Immediate Dissemination node)를 찾게 된다. 이를 위해 싱크 노드는 지역적 플러딩을 수행한다.

지역 보급 노드는 교차점에 위치한 상류 보급 노드들을 통해 쿼리 패킷을 소스 노드에게 전송하고 소스 노드도 교차점에 위치한 하류 보급 노드(Downstream Dissemination Node)를 통해 싱크 노드에게 데이터 패킷을 전송한다. 그리고 싱크 노드는 두 개의 에이전트 노드를 이용하여 싱크 노드가 이동하였을 때에도 요청했던 데이터를 손실 없이 전송받는다. 초기 싱크 노드는 한 홉에 있는 노드 중 가까운 노드 하나를 선택하여 프라이머리 에이전트 노드(Primary Agent Node)로서의 역할을 담당하게 한다. 싱크 노드가 소스 노드에게 전송하는 데이터 요구 쿼리 패킷에는 프라이머리 에이전트 노드의 위치 정보도 포함되어 있기 때문에 소스 노드로부터 전송되는 데이터 패킷은 프라이머리 에이전트 노드를 통해 싱크 노드로 전송되어진다. 싱크 노드가 프라이머리 노드와 통신할 수 없는 거리까지 벗어나게 되면 중계 에이전트 노드(Immediate Agent Node)를 선정하여 프라이머리 에이전트 노드와 싱크 노드와의 다리 역할을 수행하기 때문에 싱크 노드는 데이터를 안전하게 전송받게 된다[8].

그러나 TTDD에는 몇 가지 단점이 존재한다. 첫 번째는 이벤트가 발생할 때마다 소스 노드를 중심으로 그리드가 생성되기 때문에 이벤트가 동시 다발적으로 발생할 경우 그리드를 생성하는 제어 패킷(Control Packet)의 수가 증가하며 이로 인해 센서 노드들의 에너지가 급격하게 소모된다. 두 번째는 그리드가 생성된 이후 교차점에 위치한 센서 노드들을 통해 통신하기 때문에 교차점에 위치한 센서 노드들의 에너지 소모가 크다. 마지막으로 싱크 노드는 이동성 지원을 위해 두 개의 에이전트 노드를 사용하지만 대부분 프라이머리 에이전트 노드(Agent Node)를 통해 싱크 노드에게 데이터가 전송되게 된다. 이때 여러 방향에서 많은 이벤트가 발생할 경우 프라이머리 에이전트 노드에 많은 양의

데이터가 집중되는 핫스팟(hot-spot) 문제가 발생되고 프라이머리 에이전트 노드에서 싱크 노드까지 데이터 혼잡 문제가 발생하기 때문에 에이전트 노드들의 에너지 소모가 커진다.

본 논문에서 제안하는 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜에서는 TTDD가 가지고 있는 문제점을 해결하기 위해 클러스터 노드의 에이전트를 사용한다.

III. 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜

TTDD는 동시 다발적으로 이벤트가 발생할 경우 이벤트를 감지한 센서 노드를 기준으로 그리드가 생성되기 때문에 그리드 생성을 위한 제어 패킷의 수가 증가한다. 제안한 모델은 초기 단 한 번의 그리드만을 생성하여 제어 패킷을 줄인다.

TTDD은 두 개의 에이전트 노드를 통해 이동 싱크 노드에게 데이터 전송을 지원한다. 그러나 싱크 노드가 장시간동안 이동하지 않거나 모든 방향에서 많은 이벤트가 발생할 경우 이벤트에 의해 발생된 모든 데이터들은 에이전트 노드를 통해 이동 싱크 노드에게 전송된다. 이때 에이전트 노드는 핫스팟(hot-spot) 문제가 발생되고 싱크 노드까지 데이터 혼잡 문제가 발생하게 된다[9]. 이에 따라 제안 모델은 클러스터 노드의 에이전트를 이용하여 문제점을 해결한다.

또한 새로운 클러스터 노드의 에이전트가 발생할 경우 인접한 클러스터 노드에게만 정보 패킷을 전달하기 때문에 패킷의 수를 줄인다. 클러스터 노드의 에이전트를 기준으로 처음 모든 센서 노드의 에너지가 동일할 경우 최단거리 라우팅을 통해 데이터 전송이 이루어진다.

클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜은 모든 노드는 자신의 위치와 자신의 배터리 양을 알고 있고 센서 노드는 이동성이 없는 반면 싱크노드는 이동성을 지원한다고 가정한다.

클러스터 노드의 에이전트 선정 모델은 (그림 2)와 같다.

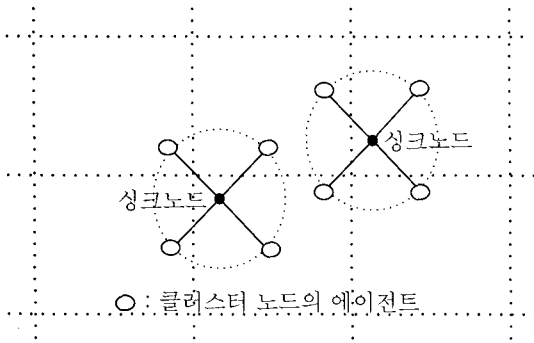


그림 2. 클러스터 노드의 에이전트 선정 모델
Fig. 2 Selection Model of Agent for Cluster Node

센서 필드에 센서 노드들이 뿌러지면 그리드가 생성되고, 센서 필드에 배치된 모든 센서 노드들은 GPS 장치를 통해 자신의 위치정보 및 위치정보에 따른 자신의 그리드 아이디를 저장한다. 클러스터는 그리드 아이디를 기반으로 형성된다. 초기 클러스터 노드는 랜덤으로 선출한다. 클러스터 노드가 일정한 에너지를 소비하면 자신과 클러스터 내의 노드 중 에너지가 큰 노드를 새로운 클러스터 노드로 선정한다. 이동 싱크 노드는 홉 수를 통해 최대 4개의 클러스터 노드의 에이전트를 선택한다. 초기에 선택된 클러스터 노드의 에이전트는 자신과 관련된 모든 클러스터 노드에게 클러스터 노드의 에이전트의 위치정보 패킷을 전송한다. 싱크 노드는 클러스터 노드의 에이전트 테이블을 관리하며, 클러스터 노드의 에이전트에게만 자신의 위치정보가 저장된 컨트롤 패킷을 전송한다. 만약 싱크 노드가 이동하여 클러스터 노드의 에이전트가 변경이 될 경우 싱크 노드는 홉 수를 통해 새로운 클러스터 노드의 에이전트를 선택하고 클러스터 노드의 에이전트 테이블을 갱신한다. 이때 새로운 클러스터 노드의 에이전트를 포함한 4개의 클러스터 노드의 에이전트는 자신과 인접해 있는 2홉의 클러스터 노드까지 위치정보를 전송한다.

클러스터노드의 에이전트 패킷전송 모델은 (그림 3)과 같다.

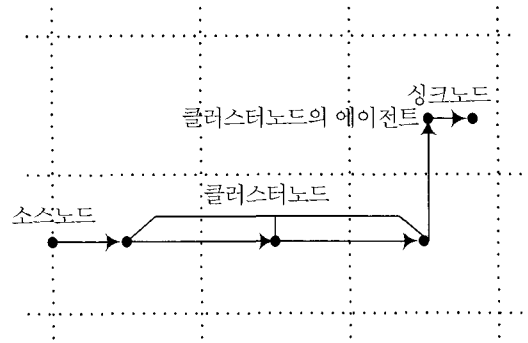


그림 3. 클러스터 노드의 에이전트 패킷전송 모델
Fig. 3 Packet Transmission Model of Agent for Cluster Node

동일한 클러스터 내에서 소스 노드가 전송한 동일한 데이터 공고 패킷을 클러스터 헤더 노드의 통제에 의해 하나의 데이터로 병합한다. 그리고 싱크 노드는 자신의 위치 정보를 클러스터 헤더 노드들에게만 전송한다. 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜은 (그림 4)와 같다.

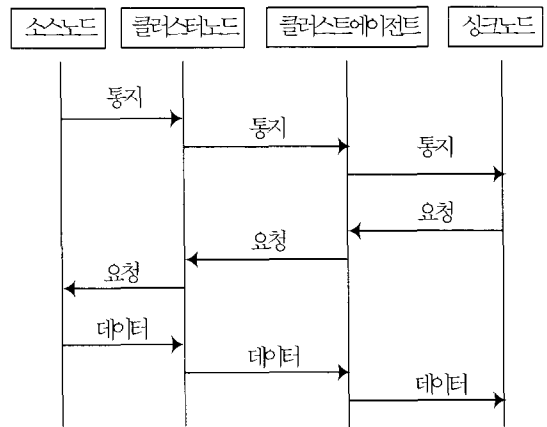


그림 4. 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜
Fig. 4 Mobile Sink Supporting Routing Protocol using Agent of Cluster Node

IV. 성능평가 및 분석

4.1 성능평가

클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜의 성능 평가를 위해서 통신비용 (communication overhead)과 에너지 소모량을 수리적으로 분석하고 기존 라우팅 프로토콜과 비교하였다. 통신비용과 에너지 소모량은 동시에 2개 이상의 이벤트가 발생할 경우를 대상으로 분석한다. 단 클러스터 내에서의 데이터 및 광고의 병합은 고려하지 않는다. 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜은 TTDD 라우팅 프로토콜과 동일한 방식으로 상, 하, 좌, 우로 주변 그리드에게 전송한다. 센서 필드의 영역에 센서 노드가 균일하게 분산되어 있다. 그리드 영역에는 $n(= \frac{Nr}{R})$ 개의 센서 노드가 존재하며 한 변의 길이는 \sqrt{n} 이다. 이동 싱크 노드는 1개만을 고려한다. 싱크 노드는 v 의 속도로 T 시간 동안 m 개의 그리드를 지나며 q 개의 데이터 패킷을 소스 노드로부터 받는다. 즉, 싱크 노드가 하나의 그리드에 있는 동안 받을 수 있는 데이터의 양은 $\frac{q}{m}$ 개이다. 센서 노드와 센서 노드 사이의 거리 상수는 하나의 그리드 또는 센서 필드에서 두 노드의 거리가 가깝다고 하더라도 겹치지 않기 때문에 0보다 크고 가장 멀리 있는 경우는 대각선의 직선거리이므로 $\sqrt{2}$ 이다. 제어 패킷의 크기는 모두 1이다. 플러딩(flooding)을 할 때 사용되는 패킷의 수는 전체 센서 노드의 수에 비례한다. <표 1>은 수학적 분석을 통해 통신비용을 측정하기 위한 파라미터를 보여준다.

이벤트가 발생하면 TTDD는 소스 노드를 중심으로 그리드 생성을 위해 모든 센서 노드에게 플러딩한 후 그리드의 교차점에 위치한 노드들에게 광고 패킷을 보낸다 또한 이벤트가 K 번 발생할 때마다 K 번의 그리드를 생성한다.

이에 따른 통신비용은 $(\frac{4N}{\sqrt{n}} + N)lK$ 이다. 그리고 싱크 노드가 데이터 요구 패킷을 소스 노드에게 전송하기 위해 그리드 내에서 플러딩 하여 지역 보급 노드를 찾고 지역 보급 노드는 교차점에 위치한 상류 보급 노드를 통해 요구 패킷을 전송하게 된다. 이때 필요한 통신비용은 $nl + \sqrt{2}(d\sqrt{N})l$ 이다.

표 1. 통신비용 측정 파라미터

Table. 1 Parameters to Measure Communication Overhead

파라미터	내용
R	센서 필드 영역
r	그리드 영역
N	전체 노드 수
n	그리드 영역의 노드 수
v	싱크 노드의 속도
T	시간
m	그리드를 통과한 수
q	데이터 패킷 수
l	제어 패킷의 수
d	노드 간 거리($0 < d \leq \sqrt{2}$)
K	이벤트 발생 수
A	센서 필드가 분할된 수

데이터 전송의 경우 요구 패킷을 받은 소스 노드는 역 경로를 통해 데이터를 전송하게 되고 통신비용은 $(d\sqrt{n} + \sqrt{2}(d\sqrt{N}))\frac{q}{m}$ 이 소비된다.

클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜은 초기 단 한번 그리드를 형성한다. 많은 이벤트가 발생하여도 초기에 생성된 그리드를 이용하고 이후에 클러스터 헤더를 선출한다. 이에 따른 통신비용은 $(\frac{4N}{\sqrt{n}} + n)l$ 이다. 또한 이벤트를 감지한 소스노드가 광고 패킷을 자신이 포함된 클러스터 노드에게 전송하고 클러스터 노드는 클러스터 노드의 에이전트에게 전달한다. 클러스터 노드의 에이전트는 저장되어 있는 싱크 노드의 위치 정보를 통해 싱크 노드에게 전송한다. 싱크 노드가 필요한 데이터라고 판단하면 클러스터 노드의 에이전트를 통해 소스노드에게 요구 패킷을 전송한다. 싱크 노드로부터 요구 패킷을 전송 받은 소스노드는 데이터를 생성한 후 역 경로를 사용하여 싱크 노드에게 전송한다. <표 2>는 K 번의 이벤트가 발생할 경우 TTDD와 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜의 통신비용을 4단계의 동작에 따라 각각 비교한 것이다.

표 2. TTDD와 제안프로토콜 통신비용 비교
Table. 2 The Comparison of Communication Overhead in TTDD and the Proposed Protocol

	TTDD	제안 프로토콜
그리드 생성	$(\frac{4N}{\sqrt{n}} + N)lK$	$(\frac{4N}{\sqrt{n}} + n)l$
동지 패킷	$(\sqrt{2}(d\sqrt{N}) + n)lK$	$(2d\sqrt{n} + \frac{\sqrt{2}(d\sqrt{N}) - 1}{A})lK$
요청 패킷	$(n + \sqrt{2}(d\sqrt{N}))lK$	$(2d\sqrt{n} + \frac{\sqrt{2}(d\sqrt{N}) - 1}{A})lK$
데이터	$(d\sqrt{n} + \sqrt{2}(d\sqrt{N}))\frac{qK}{m}$	$(2d\sqrt{n} + \frac{\sqrt{2}(d\sqrt{N}) - 1}{A})\frac{qK}{m}$

4.2 성능분석

싱크 노드가 m 개의 그리드를 지나고 K 번의 이벤트 발생할 경우 통신비용은 다음과 같다.

1) TTDD

$$\begin{aligned}
 & (\frac{4N}{\sqrt{n}} + N)lk + (nl + \sqrt{2}(d\sqrt{N})lm + \\
 & \quad (d\sqrt{n} + \sqrt{2}(d\sqrt{N}))q)K \\
 & = (\frac{4N}{\sqrt{n}} + N)lk + (nml + qd\sqrt{n} + (ml + q)\sqrt{2}(d\sqrt{N}))K
 \end{aligned}$$

2) 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜

$$\begin{aligned}
 & (\frac{4N}{\sqrt{n}} + n)l + (2d\sqrt{n} + \sqrt{2}(d\sqrt{N}))\frac{lm}{A} + \\
 & \quad (2d\sqrt{n} + \sqrt{2}(d\sqrt{N}) - 1)\frac{q}{A}K \\
 & = (\frac{4N}{\sqrt{n}} + n)l + (\frac{2(ml + q)}{A}d\sqrt{n} + \frac{(ml + q - 1)}{A}\sqrt{2}(d\sqrt{N}))K
 \end{aligned}$$

위의 비교에서 보여주듯이 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜은 단 한 번의 그리드 생성과 클러스터 구성으로 TTDD에 비해 제어 패킷의 수가 K 배수만큼 감소하였다. 그리고 센서 필드의 분할을 통해 $A\sqrt{n}$ 만큼 감소하였다. 결론적으로 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라

우팅 프로토콜은 단 한 번의 그리드 생성, 클러스터 구성 그리고 센서 필드의 분할을 통해 센서 노드의 통신비용이 줄어들었음을 알 수 있다.

다음은 TTDD에서 사용하는 에이전트 노드와 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜에서 사용하는 클러스터 노드의 에이전트에 대한 에너지 소모량을 분석한 것이다. 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜은 개의 클러스터 노드의 에이전트를 통해 싱크 노드에게 데이터를 전송한다. <표 3>은 에너지 소모량을 측정하기 위한 파라미터 값이다.

표 3. 에너지소모량 측정 파라미터
Table. 3 Parameters for Measuring the Amount of Energy Consumption

항목	값
Node Initial Energy (E_I)	0.5 kW
Transmit Energy (E_T)	0.66 W
Receive Energy (E_R)	0.395 W

1) TTDD 라우팅 프로토콜에서 에이전트 노드의 에너지 소모량 (E_{TTDD})

$$E_{TTDD} = (K + n) \times 1.055 (W)$$

2) 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜에서 클러스터 노드의 에이전트에 대한 에너지 소모량 (E_P)

$$E_P = (1 + A\sqrt{n}) \times 1.055 (W) \quad (1 \leq A \leq 4)$$

클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 라우팅 프로토콜의 클러스터 노드의 에이전트는 여러 노드들로 패킷들을 분산시켜주기 때문에 TTDD의 에이전트 노드들에게 발생하는 핫스팟 문제와 데이터 혼잡 문제를 해결함으로써 에너지 측면에서 효율적이었다.

V. 결 론

본 논문에서는 제안한 클러스터 노드의 에이전트를 이용한 이동 싱크 지원 프로토콜은 TTDD보다 패킷의 수를 $K + A\sqrt{n}$ 의 배수만큼 감소하면 센서 노드의 통신비용과 에너지는 동일한 배수의 크기만큼 감소한다. 즉, TTDD는 그리드 생성 및 모든 센서 노드들과 통신하기 위해서 많은 제어 패킷을 사용하였고 에이전트를 통해 이동성을 가진 싱크 노드에게 데이터를 전송기 때문에 많은 이벤트가 발생할 경우 모든 패킷이 에이전트 노드에 집중되어 에이전트 노드의 에너지가 급격하게 소모되었다. 그러나 제안한 프로토콜은 클러스터를 기반으로 패킷의 수를 줄이고 최대 4개의 클러스터 노드의 에이전트를 사용하여 하나의 노드로 집중되는 것을 분산시켰기 때문에 급격한 에너지 소모를 줄일 수 있었다. 4개의 클러스터 노드의 에이전트를 기준으로 구역이 할당되었으며 할당된 각 구역의 최단 거리를 통해 패킷을 전송이 가능하다는 것을 수학적 비교 분석을 통해서 입증하였다. 향후 과제로 제안한 프로토콜에 대해 시뮬레이션을 통해 에너지 효율성에 대한 검증이 필요하다.

참고문헌

[1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", 2002 IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp. 102-114. August 2002.

[2] F. Ordonez and B. Krishnamachari, "Optimal Information Extraction in Energy-Limited Wireless Sensor Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.22, No.6, pp. 1121-1129. 2004.

[3] Hsi-Feng Lu, Yao-Chung Chang, Hsing-Hsien Hu and Jiann-Liang Chen, "Power-efficient scheduling method in sensor networks, Systems, Man and Cybernetics", 2004 IEEE International Conference on, Vol.5, pp. 4705-4710, 2004.

[4] A. Manjeshwar and D.P. Agrawal, "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks", Parallel and Distributed Processing Symposium. Proceedings 15th International, pp.

2009-2015. 2005.

[5] J. Zhand and H. Shi, "Energy-efficient routing for 2D grid wireless sensor networks", Information Technology: Research and Education, Proceedings, pp. 311-315, 2003.

[6] Z. Zhou, X. Xiang and X. Wang, "An Energy-Efficient Data-Dissemination Protocol in Wireless Sensor Networks," IEEE WoWMoM'06, pp. 10-19. 26-29 June 2006.

[7] H. Luo, F. Ye, J. Cheng, S. Lu and L. Zhang, "TTDD: Twotier Data Dissemination in Large-scale Wireless Sensor Networks", ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications(MONET), pp. 148-159. Sept. 2003.

[8] 황미영, "이동 싱크에 대한 섹션 기반 라우팅 기법," 정보과학회논문지 제 14권 제 2호, pp. 360-365, 2008.

[9] 임형석, "ZigBee 네트워크에서 이동 싱크 노드의 효율적인 데이터 수집을 위한 메커니즘," 석사학위논문, 경희대학교대학원, 2008.

[10] 정성영, "센서 네트워크를 위한 그리드 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜," 정보과학회논문지 제 14권 제 2호, pp. 216-220, 2008.

저자소개



김영수(Young-soo Kim)

2003년 2월 : 국민대학교
정보관리학박사
2008년~현재 : 충북대학교 포닥

※ 관심분야 : 인터넷, 정보보안, 보안공학



서정석(Jung-seok Suh)

2000년 8월 : 국민대학교
정보관리학박사
1996년~현재 : 나사렛대학교 교수

※ 관심분야 : 인터넷, 정보관리 및 보안