
무선 센서 네트워크를 위한 자원 적응형 데이터 확산 프로토콜

김현태* · 최낙선* · 정규수* · 전영배** · 나인호*

A Resource Adaptive Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks

Hyun-tae Kim* · Nak-sun Choi* · Kyu-su Jung* · Yeong-bae Jeon** · In-ho Ra*

이 논문은 2005년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된
연구임(KRF-2005-041-D00639)

요 약

본 논문에서는 무선 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드들을 위한 자원 적응형 데이터 확산 프로토콜을 제안하였다. 무선 센서 네트워크의 각 센서 노드들은 배터리 전력에 의존하여 센싱, 연산, 통신 등 협업 작업을 통해 최종 목적지에 요구된 정보를 전달한다. 따라서 센서 노드들이 수집한 정보를 사용자에게 전달하기 위해 사용되는 프로토콜들은 센서 노드의 전력 소비를 최소화 할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 특히 브로드캐스트와 같은 전송 방식 때문에 발생하는 내부 네트워크 내파, 데이터 중첩 전송, 과다한 메시지 전송 등의 문제를 해결하여 전체 전력 소비를 최소화하는 것이 매우 중요하다. 각 센서 노드들 간의 최단 경로 유지와 네트워크 생존 시간의 연장 및 통신비용 절감을 위해 본 논문에서는 이벤트 지역에서의 협의를 통한 전송 노드 선출, 흡과 에너지 정보를 이용한 최적의 전송 경로 유지 기법을 제안하였다. 마지막으로, 본 논문에서는 제안된 기법을 기준의 방향성 확산 및 SPIN 프로토콜과 비교하기 위해 이벤트 발생 주변에 이웃한 센서 노드 수의 증가에 따른 에너지 소비율, 네트워크에 유포되는 메시지 비율, 센서 노드 수의 증가에 따른 전체 네트워크 에너지 소비율 측면에 대한 성능 평가를 수행하여 이것들의 성능이 향상됨을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, it proposes a protocol of resource adaptive data dissemination for sensor nodes in a wireless sensor network. In general, each sensor node used in a wireless sensor network delivers the required information to the final destination by conducting cooperative works such as sensing, processing, and communicating each other using the battery power of a independent sensor node. So, a protocol used for transferring the acquired information to users through the wireless sensor network can minimize the power consumption of energy resource given to a sensor node. Especially, it is very important to minimize the total amount of power consumption with a method for handling the problems on implosion, data delivery overlapping, and excessive message transfer caused by message broadcasting. In this paper, for the maintaining of the shortest path between sensor nodes, maximizing of the life time of a sensor node and minimizing of communication cost, it presents a method for selecting the representative transfer node for an event arising area based on the negotiation scheme and maintaining optimal transfer path using hop and energy information. Finally, for the performance evaluation, we compare the proposed protocol to existing directed diffusion and SPIN protocol. And, with the simulation results, we show that the proposed protocol enhances the performance on the power consumption rate when the number of overall sensor nodes in a sensor network or neighbor sensor nodes in an event area are increased and on the number of messages disseminated from a sensor node.

키워드

wireless sensor networks, data dissemination, resource adaptation, directed diffusion, SPIN

* 군산대학교

** 충남교육연구정보원

접수일자 : 2006. 10. 31

I. 서 론

무선 센서 네트워크는 수천, 수만 개의 센서 노드들이 센싱 지역을 구성하여 주변 환경으로부터 획득한 이벤트 정보를 사용자에게 전달한다. 센싱 지역을 구성하는 센서 노드들은 초경량, 초소형, 저전력 등의 한정된 하드웨어 자원으로 통신 및 연산 기능을 실시간에 처리할 수 있어야 한다[1][2]. 일반적으로 센서 노드들은 배터리 전력을 사용하여 사람이 직접 정보를 수집하기 힘든 곳에 배치되며 때문에 한 번 배치된 센서 노드들은 재배치하기가 어렵다. 따라서, 센서 네트워크를 설계할 때에는 각 노드들의 에너지 소모를 줄여 센서 네트워크의 전체적인 수명을 연장할 수 있도록 고려하는 것이 매우 중요하다[3].

센서 네트워크의 수명을 연장하기 위한 기존 연구에서는 센서 네트워크 내의 모든 노드들에게 데이터를 분산시켜 전달하고 데이터 전달 과정에서 중복된 데이터를 제거하는 방법으로 에너지 소비를 절감하는 방법들을 제시하였으나, 이 방법은 과다한 메시지 전송으로 인하여 효율성이 감소되는 문제점을 지니고 있다[4]. 따라서 무선 센서 네트워크의 전체적인 수명을 고려한 데이터 전달은 다음과 같은 조건을 만족시킬 수 있도록 설계되어야 한다. 첫째, 사용자에게 데이터를 전달하기 위해 최적의 라우팅 알고리즘을 제공해야 한다[5]. 둘째, 무선 통신 방식에 따른 과다한 메시지 전송을 최대한 줄일 수 있어야 한다[6]. 셋째, 하나의 이벤트에 대해서 데이터 획득 노드가 다른 노드에 불구하고 서로 같은 데이터를 전송하는 중첩전송 문제가 발생하지 않도록 해야 한다. 넷째, 내부 네트워크의 내파문제를 최소화해야 한다. 마지막으로, 일부 전송 노드에서 전송 실패가 발생하더라도 획득된 데이터는 사용자에게 정확히 전달될 수 있도록 다중전송 경로를 구성해야 한다[7].

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 각 센서 노드의 자원 상태를 이용한 다중 라우팅 전송 경로 구성 방법과 이벤트 발생 지역을 중심으로 센서 노드가 감지한 데이터를 그들 간의 메시지 협상을 통해 하나의 데이터 전송 노드를 선출하여 획득한 데이터가 사용자에게 최종적으로 전달되도록 하는 자원 적용형 데이터 확산 기법을 제안하였다. 제안된 기법에서는 응용 계층에서 센서 노드들 간의 전송 메시지를 제어하여 네트워크 내부의 데이터 증가 문제와 감지한 데이터의 일부분이 겹치는 중복 전송 문제를 이벤트 발생 지역에서의 협상을 통하여 동시에 처리

리하도록 하였으며, 각 센서 노드의 사용 가능한 자원을 고려한 데이터 전송 노드의 선출을 통하여 전체 센서 네트워크의 생존시간을 연장시킬 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 관련 연구에 대해 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하고자 하는 자원 적용형 데이터 확산 프로토콜에 대해서 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션에 의한 성능 평가 결과에 대해 기술하고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 논의한다.

II. 관련 연구

2.1. SPIN

SPIN(Sensor Protocols for Information via Negotiation) 프로토콜은 이벤트 발생 지역에 위치한 각 센서에게 협상과 적응적 자원 사용이라는 방식을 적용하여 기존 데이터 확산 프로토콜이 지난 문제점들의 일부를 보완하기 위해 제안되었다[6]. SPIN의 협상기법은 메타 데이터를 이용하여 네트워크 내부에서 발생하는 데이터 증가 현상과 감지 데이터의 중복 전송 문제를 개선하였고 노드가 보유한 에너지 자원을 기반으로 네트워크를 관리하여 자원이 효율적으로 활용될 수 있도록 하였다. SPIN 프로토콜을 사용하면 협상과정의 복잡성, 에너지 소비, 연산 및 통신 등의 평가측면에서 볼 때 전체적인 비용은 줄어들면서 성능은 높아진다고 보고된 바 있다. 그러나 이 프로토콜은 이동 노드에 관한 문제를 고려하지 않고 있으며, 노드의 트리 구조가 깊은 경우에는 데이터의 양이 증가되어 전체 네트워크 관리가 어렵다는 문제점을 지니고 있다.

2.2. 방향성 확산

방향성 확산(directed diffusion)은 싱크(sink) 노드의 질의 방송(interest broadcasting)에 기반을 둔 데이터 중심적 라우팅 프로토콜로서 질의의 유포 및 처리과정이 요구되는 응용에 적합하다[5]. 방향성 확산 기법을 적용한 응용에서 질의는 속성과 값의 쌍으로 구성되어 있다. 방향성 확산을 위한 질의의 유포단계에서는 먼저 싱크 노드에서 작성된 질의가 네트워크 전체에 유포되고, 그 이후 각 센서 노드들은 질의에 부합하는 데이터를 전송하기 위한 방향(gradient)을 설정한다. 각 센서 노드는 설정된 방향을 통해 자신이 감지한 데이터를 싱크 노드로 전송하기 위해서

다중 경로를 확립하고 이것을 통해 데이터를 전송한다. 방향성 확산 기법의 데이터 수집 및 전송 단계에서는 플리딩(flooding)에 의한 과다 전송 트래픽이 발생하지 않도록 전송 가능 경로들 중에서 전송 품질이 높은 경로를 강화(reinforcement)하고 그 강화 경로를 통하여 감지된 데이터를 싱크 노드에 전달하는 방식을 사용하고 있다[8].

방향성 확산의 이러한 정보 검색 과정은 사용자가 일정한 기간 동안 지속적으로 질의에 부합하는 데이터를 요구하는 응용에 적합하며, 동적 네트워크 환경에서 감지한 데이터를 싱크 노드에게 정확히 전송할 수 있는 다중 경로를 제공하는 장점이 있다. 그러나 질의에 의해 설정된 데이터 전송 경로가 일시적으로 필요한 경우에는 방향성 확산을 위한 다중 경로의 설정이 불필요하다. 또한, 센서 노드에 의해 수집된 데이터를 싱크 노드에게 보낼 때 서로 인접한 노드들로부터 획득한 데이터를 중간 노드가 중복해서 수신할 가능성이 높으며, 동일한 데이터를 각기 다른 경로를 통하여 싱크 노드에게 전달할 가능성이 높아진다. 이와 같이 중복된 데이터의 전달과 다른 경로를 통한 동일 데이터의 전달은 센서 네트워크의 비효율적인 에너지 소비를 유발하는 문제점을 지니고 있다.

III. 자원 적응형 데이터 확산 프로토콜

일반적으로 데이터 확산 프로토콜은 사용자가 요구한 정보에 대한 질의를 작성하여 싱크 노드를 통해 유포하며, 질의를 수신한 센서 노드들은 관련된 데이터를 수집하거나 자신이 보유하고 있는 데이터를 싱크 노드에 전달함으로써 사용자가 요구한 데이터를 제공한다[9].

본 논문에서 제안한 자원 적응형 데이터 확산 프로토콜에서는 각 센서의 흡 정보와 에너지 정보를 이용한 최단의 경로 선정 기법을 통하여 센서 데이터의 안정적인 전달을 보장하고, 이벤트를 감지한 센서에서의 중복 및 중첩(implosion & overlap) 가능성을 제거하기 위해 센서 노드들 간의 메시지 협상을 통한 단일 메시지 전송으로 불필요한 에너지 낭비를 제거할 수 있도록 하였다. 다시 말해, 제안된 프로토콜에서는 질의 유포 단계와 감지 데이터 전송 단계 모두에서 에너지의 효율성을 최대화하는 데 역점을 두었다.

본 절에서는 각 센서 노드의 흡과 에너지 정보를 이용하여 데이터 전달 방향을 결정하는 경사 설정 부분과 노드들의 경사 상태 정보를 이용하여 전송 노드를 선출하는 협상 부분으로 나누어 제안된 프로토콜의 기능에 대해 기술한다.

3.1. 경사 설정

사용자는 무선 센서 네트워크를 통해 수집할 데이터에 대한 질의(interest)를 작성한다. 작성된 질의는 싱크 노드를 통해 각 센서 노드에게 유포되고, 질의에 관련된 데이터를 획득한 센서 노드들은 이것을 싱크 노드에게 전달함으로써 사용자가 요구한 데이터를 제공한다. 이때, 사용자 질의를 싱크 노드가 유포하는 단계에서 센서 노드에 대한 흡 정보와 에너지 정보 속성들을 질의 메시지 내에 추가하면 데이터 전달을 위해 필요한 전송 경로를 효율적으로 설정할 수 있을 뿐만 아니라 정확한 데이터 전달을 위한 다중 경로를 구성할 수 있다. 그림 1-(a)에 나타낸 것과 같이, 흡 정보와 에너지 정보가 포함된 질의를 센서 노드들에게 유포시키면, 이것은 데이터 전달 과정에서 최단

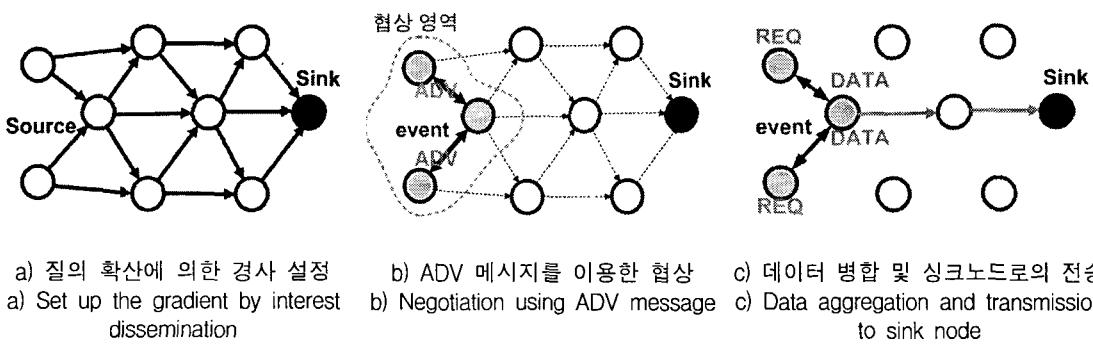


그림 1. 자원 적응형 데이터 확산 프로토콜
Fig. 1. Resource adaptive data dissemination protocol

경로를 설정하기 위한 방향 정보로 사용된다.

이벤트를 획득한 각 센서 노드들은 방향 정보를 유지하고 있으며, 획득된 데이터를 병합하면서 싱크 노드로 전송하기 위해 최적의 강화 경로를 구축한다. 최적의 강화 경로는 흡과 에너지 정보의 조합에 의해 계산된 우선순위에 따라 설정 가능한 여러 경로 중에서 최적의 경로로 설정된다.

싱크 노드에서 유포되는 질의는 전송 노드간의 흡 정보와 각 센서 노드의 에너지 정보에 관한 속성들을 기록 또는 생신하면서 전체 센서 네트워크에 유포된다. 전송 경로의 다중성을 높이기 위해 흡이나 에너지 속성과 같은 다차원적인 결정요인을 사용하는 것은 다음과 같은 장점을 제공한다.

첫째, 흡 정보를 사용하여 데이터의 전송경로를 단축 시킴으로써 전체 네트워크의 전력 소비량을 줄이고 응용에 대한 응답시간을 줄일 수 있다.

둘째, 에너지 정보를 통해 전체 네트워크의 에너지 소비를 균등하게 분배하고 특정 노드의 고장으로 네트워크의 성능이 저하되는 것을 방지하며, 결과적으로 전체 네트워크의 수명시간이 증가되는 효과를 얻을 수 있다.

3.2. 이벤트 협상

무선 센서 네트워크 내의 모든 센서들은 질의 유포 과정을 통하여 방향 정보를 설정한다. 이러한 방향 정보는 각 센서가 획득한 데이터를 싱크 노드에게 전달할 때 라우팅 정보로 사용된다. 무선 센서 네트워크에서 이벤트가 발생하면 그 이벤트 발생 지역 주변의 센서 노드들이 데이터를 수집 및 병합하고 라우팅 정보를 이용하여 싱크 노드에 전달한다.

만약 어떤 지역에서 이벤트가 발생하면 그 지역 주변의 센서들은 이벤트를 획득하여 싱크 노드에게 전달해야 하는데, 이 과정에서 이벤트를 획득한 각각의 센서 노드들이 동일한 이벤트에 대한 획득 작업을 수행함으로써 서로 비슷한 데이터가 중복되어 전달될 수 있다. 따라서 각 센서 노드들이 어떠한 문제해결 절차를 거치지 않고 서로 비슷한 데이터를 싱크 노드로 전달한다면 전체 네트워크의 에너지 소비가 증가하여 결국에는 네트워크의 수명이 단축된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 데이터 병합 및 데이터 전송 단계에서 이벤트 발생 지역에 근접한 노드들이 획득한 데이터를 싱크 노드로 전송하기 이전

에 이벤트 발생 지역을 중심으로 메시지 협상을 통하여 중복 및 중첩된 데이터를 병합하도록 하였다. 이렇게 병합된 데이터는 질의 유포 단계에서 미리 설정된 방향 정보에 의거하여 병합 메시지 형식으로 전송되기 때문에 네트워크의 전체 수명 시간을 증가시킬 수 있다.

센서 노드들 간의 데이터 병합을 위한 협상 과정은 데이터 공지(ADV), 전송 노드 선출 및 요구(REQ), 데이터 병합 및 전송(DATA)의 단계로 수행된다.

3.2.1 데이터 공지

센서 노드들이 질의와 일치하는 데이터를 획득하면, 그림 1-(b)와 같이 각 센서 노드들은 획득된 데이터에 대한 공지 메시지를 작성하여 이웃 노드들에게 알린다. 공지 메시지는 표 1과 같이 데이터 및 전송 경로에 관한 간단한 테이블 형태로 구성한다. 공지 메시지를 받은 각 센서 노드들은 자신의 데이터와 일치할 경우 자신의 전송 경로와 비교한다. 또한, 공지 메시지가 이벤트와 관련 있는 노드로 전송되는 것을 방지하기 위하여 region 속성을 추가함으로써 이벤트 주위의 소스 노드들만 수신할 수 있도록 제한한다.

표 1. ADV Message 형식
Table. 1 ADV Message Type

식별자	형식	내용
node	node007	공지 노드의 식별자
hop	3	싱크 노드로의 흡 수
energy	94	에너지 값
data	count	공지되는 데이터 형식
region	2	ADV의 전송 범위

3.2.2 데이터 전송 노드 선출 및 데이터 요구

소스 노드들이 공지 메시지를 수신한 다음에는, 데이터를 사용자에게 전송하기 위해 전송 노드를 선출하기 위한 협상을 수행한다. 전송 노드 선출은 각 센서 노드의 흡 정보와 에너지 정보를 기준으로 결정한다. 이벤트를 획득한 각 센서 노드들은 공지 메시지의 흡 및 에너지 정보를 자신의 정보와 비교하여 전송 여부를 판단한다. 전송 노드의 선출은 다음의 수행 조건에 의해 이루어진다.

- 조건 1: 흡 정보를 이용한 전송 노드 선출

각 센서 노드는 자신의 캐시에 저장된 흡 정보와 공지

된 메시지의 흡 정보를 비교한다. 이벤트 발생 영역의 각 센서 노드들은 이와 같은 흡 정보 비교를 통해 최단의 흡을 가진 노드를 전송 노드로 선출한다. 최단의 흡 수를 가진 노드가 전송 노드로 결정되면 이웃 노드들에게 획득한 데이터의 전송을 요청하고 차후 이것들을 병합하여 싱크 노드에 전달한다.

• 조건 2 : 에너지 정보를 이용한 전송 노드 선출

만약 조건 1을 수행할 때, 흡 정보가 동일하면 에너지 정보를 비교하여 에너지 수준이 높은 노드를 전송 노드로 선택한다.

Message Types

interest,	// 사용자 질의
event,	// 검출 데이터
adv,	// 데이터 공지
req,	// 데이터 요구
data	// 실제 데이터

Operations

1. Interest dissemination Phase

```

Forward interest message to sink
if(exist(interest) && exist(gradient))
    drop(interest)
else if(new(gradient))
    set gradient(sent node id, hop, energy)
else if(new(interest))
    set interest cache
end if
Update Interest Field :
    set hopCount+1
    set this node energy field
Forward interest message other source node

```

2. Event

```

if(exist(data))
    Advertisement(adv message for data)
end if

```

3. Negotiation :

receive adv message :

```

for gradient list
    if(Gradient(hopCount) < neighbor(hopCount))
        send request message to adv node
    else if>equals(hopCount)
        if gradient(energy) > neighbor(energy)
            send request message to adv node
        else
            send data message to adv node
        end if
    end if
end for
receive req message :

```

```

for gradient list
    if(gradient(hopCount) < req(hopCount))
        set sending node = min(hopCount)
    else if>equals(hopCount)
        if gradient(energy) > neighbor(energy)
            set sending node = max(energy)
        end if
    end if
end for
notice, request data message to sending node
4. Data transmission Phase
receive data message
if(exist(data))
    aggregation(data)
end if
set gradient = find(gradient)
Send data message to Gradient

```

그림 2. 자원 적응형 데이터 확산 알고리즘

Fig. 2. Algorithm for resource adaptive data dissemination

그림 2는 제안된 프로토콜을 이용하여 질의를 유포하는 과정, 조건 1과 2에 따라 흡 정보와 에너지 정보를 순차적으로 적용하여 최종 전송 노드를 결정하는 협상 과정 그리고 싱크 노드로 획득한 데이터를 전송하는 전체 과정에 대한 알고리즘을 나타낸 것이다.

3.2.3 데이터 병합 및 전송

최종 선출된 전송 노드는 특정 이벤트에 대한 데이터를 병합하고 싱크 노드로 전송한다. 전송 노드의 병합 작업은 무선 센서 네트워크에 사용되는 특정 응용의 요구에 맞게 수행된다. 이렇게 병합된 단일 데이터는 최단 전송 경로를 통해 최종 사용자에게 전달된다.

IV. 시뮬레이션 및 결과 분석

본 논문에서는 사용자에게 데이터를 전송하는 과정에서 발생하는 송수신 메시지와 센서 노드의 에너지 소비에 초점을 맞추어 제안된 프로토콜의 성능을 분석하였다. 이를 위해, 이벤트 발생 주변에 이웃한 센서 노드 수의 증가에 따른 에너지 소비율, 네트워크에 유포되는 메시지 비율, 네트워크 내 센서 노드 수의 증가에 따른 전체 네트워크 에너지 소비율을 비교 분석하는 시뮬레이션을 수행하였다.

4.1. 시뮬레이션 환경

자원 적응형 데이터 확산 프로토콜의 성능 평가를 위해 JiST/SWANS를 사용하였다[10]. 시뮬레이션을 위한 네트워크 배치를 위해 $N \times N$ 크기의 그리드(grid) 토플로지를 구성하고, 센서 지역의 크기는 1,000m'로 설정하였다. 또한, 최대 200개의 센서 노드를 시뮬레이션을 위해 사용하였으며, 센서 노드의 에너지 소비량을 측정하기 위해 표 2와 같이 Mica2 센서 노드에서 사용되는 전력 소비값을 기준으로 설정하였다[11].

성능 분석을 위해 SPIN, 방향성 확산 그리고 본 논문에 서 제안한 자원 적응형 데이터 확산 프로토콜을 시뮬레이션 대상으로 선정 하였다.

표 2. 시뮬레이션 파라미터
Table. 2 Simulation parameters

구 분	적용 값
전송 전력	33.3mW
수신 전력	30.3mW
대역폭	76800bps
통신 반경	40m

4.2. 시뮬레이션 결과 및 분석

4.2.1 소스 노드 수에 따른 전체 네트워크의 에너지 소비량
자원 적응형 데이터 확산과 방향성 확산 그리고 SPIN에 대해서 각각 소스 노드의 수를 증가 시키면서 네트워크 전체에 소비되는 에너지를 측정한 결과 그림 3과 같은 결과를 도출하였다.

이미 알려진 바와 같이 SPIN 프로토콜은 이웃 모든 노드들과 협상을 수행한 후 데이터를 싱크 노드에게 전달한다.

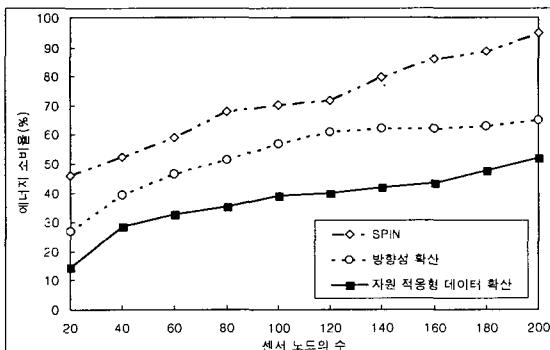


그림 3. 전체 네트워크의 에너지 소비율
Fig. 3. Overall energy consumption rate in sensor network

따라서, 모든 이웃 노드들과 협상하기 위해 주고받는 메시지의 양이 센서 노드의 수가 증가할수록 기하급수적으로 증가하여 결국에는 그림 3에 나타난 것과 같이 에너지 소비량도 더욱 커지는 것을 알 수 있다. 방향성 확산의 경우에는 탐색 경로를 통해서 데이터를 전달하기 때문에 소스 노드의 증가에 따른 에너지 소비량에는 큰 변화가 없다. 그러나 질의와 일치하는 데이터를 모두 수신하여 이웃 노드로 전송하기 때문에 하나의 데이터를 다중 경로를 통해서 전송하는 데이터 중복 수신 문제가 발생하여 네트워크의 전체 에너지 소비가 비효율적으로 이루어진다. 데이터 중복 전송 문제와 메시지 협상을 최소화하도록 설계된 자원 적응형 데이터 확산 프로토콜의 경우에는, 그림 3에 보인 것과 같이 이벤트 발생 주변 노드들 간의 협상과 최소 흡 전송 노드를 선정하는 방법을 통해 전체 네트워크의 에너지 소비량을 줄이고 단일 전송 경로를 통해 중복 전송 문제를 해결함으로써 SPIN 프로토콜보다는 약 30% 이상, 방향성 확산 기법 보다는 15% 이상 전체 에너지 소비량을 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

4.2.2 네트워크에 유포되는 메시지 비율

두 번째 실험에서는 네트워크 전체에 유포되는 메시지의 비율을 비교 분석하였다. 전체 네트워크에 유포되는 메시지는 네트워크의 수명에 큰 영향을 주며, 많은 양의 메시지는 네트워크의 고장 및 혼잡 또는 노드의 고장에 결정적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 네트워크에 유포되는 메시지의 양을 최대한 줄이면서 사용자에게 데이터를 전달할 수 있도록 해야 한다. 그림 4는 노드 수에 따른 메시지 비율을 측정한 결과이다. 실험 결과, 방향성 확산

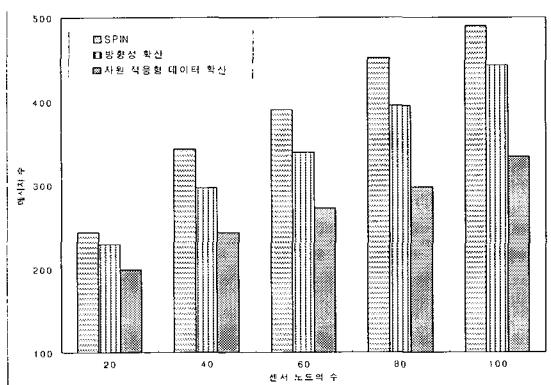


그림 4. 발생된 전체 메시지
Fig. 4. Total number of messages

및 SPIN과 제안된 자원 적응형 데이터 확산 기법을 서로 비교하였을 때, 각각 23%, 15% 이상 메시지 발생량이 감소되는 것을 알 수 있다.

4.2.3 이웃 노드 수에 따른 에너지 소비율

세 번째 실험은 소스 노드에 이웃한 노드의 수를 증가시키면서 SPIN과 자원 적응형 데이터 확산 프로토콜의 에너지 소비율을 측정한 것이다. 이러한 실험에서는 센서 노드가 데이터를 획득한 후 사용자에게 데이터를 전달하기 위해 이웃 노드들과 협상하는 과정에서 협상 메시지의 송수신 횟수를 최소화함으로써 에너지 소비가 절감되는지를 측정하는 것이 중요하다. 그림 5는 이웃 노드 수의 증가에 따른 에너지 소비율을 측정한 결과로 자원 적응형 데이터 확산 프로토콜을 사용하면 에너지 소비량이 약 30% 이상 감소되는 것을 보여준다.

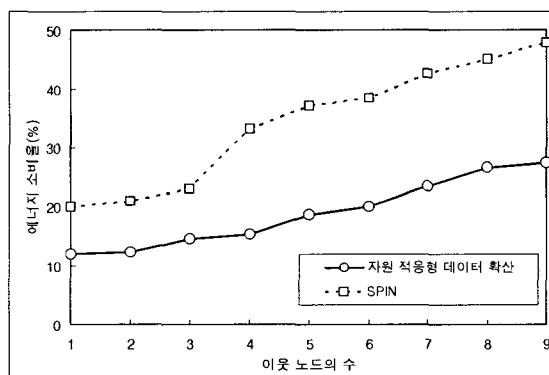


그림 5. 이웃 노드 수에 따른 에너지 소비율
Fig. 5. Energy consumption rate by the number of neighbor nodes

V. 결론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 질의 유포와 데이터 전송 과정에서 에너지를 효율적으로 사용하기 위한 자원 적응형 데이터 확산 기법을 제안하였다. 이 기법은 질의 유포 과정에서 흡과 에너지 정보를 이용하여 다중 전송 경로를 확립하고 이벤트 발생 지역에서 이웃 노드들 간의 협상을 통하여 전송 노드를 결정한 뒤, 획득된 데이터들을 병합하여 최단의 전송 경로를 통해 단일의 병합 데이터를 최종 사용자에게 전달하도록 하였다. 본 논

문에서는 센서 네트워크에서 자원에 대한 적응 특성을 활용하여 사용자에게 전달되는 데이터의 정확성을 높일 뿐만 아니라 전송 횟수를 최소화하여 전체 네트워크 에너지 소비를 균등하게 분배하고 네트워크의 수명 기간을 증가시킬 수 있는 자원 적응형 데이터 확산 프로토콜을 제안하였으며, 시뮬레이션을 이용한 성능 평가를 통해 그 성능을 입증하였다.

향후에는 이웃 노드들 간의 협상과 센서 노드의 연결성에 따른 데이터 병합 처리 기법이 여러 종류의 센서 네트워크 응용에 범용적으로 사용될 수 있도록 하는 적용 방안에 대한 추가 연구를 수행하고, 실제 센서 네트워크 환경에 운용될 수 있는 활용 방안을 연구하고자 한다.

참고문헌

- [1] A. Bharathidasas, V. Anand, "Sensor Networks: An Overview", Technical Report, Dept. of Computer Science University of California at Davis, 2002.
- [2] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramanian, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp. 102-114, August 2002.
- [3] 김재현, 김석규, 이재용, "무선 센서 네트워크에서 에너지 효율성을 고려한 MAC/라우팅 프로토콜", 전자 공학회지 제 32권 제7호, 2005
- [4] 배정숙, 김성희, "무선 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜", 주간기술동향 통권 1140호, 정보통신연구진흥원, 2004
- [5] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks", In Proc. of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, pp. 56-67, August 2000.
- [6] W. Heinzelman, J. Kulik, H. Balakrishnan, "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks", In Proc. of the 5th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom 1999), pp. 174-185, 1999.
- [7] G. Khanna, S. Bagchi, Y. S. Wu, "Fault Tolerant Energy Aware Data Dissemination Protocol in Sensor Networks", published in Dependable Systems and

- Networks (DSN), pp. 795-804, Florence, Italy, 2004.
- [8] J. Heidemann, F. Silva, D. Estrin, "Matching Data Dissemination Algorithms to Application Requirements", In Proc. of the ACM SenSys Conference, pp. 218-229, November 2003.
- [9] J. Kulik, W. R. Heinzelman, H. Balakrishnan, "Negotiation-based Protocols for Disseminating Information in Wireless Sensor Networks", In Proc. of the ACM MOBICOM on Wireless Networks, pp. 169-185, 2002
- [10] Java in Simulation Time/Scalable Wireless Ad hoc Network Simulator - JiST/SWANS, <http://jist.ece.cornell.edu/>.
- [11] Crossbow : Mica2 - wireless measurement system - http://www.xbow.com/Products/New_product_overview.htm.



정 규 수(Kyu-su Jung)

2000년 군산대학교 정보통신공학과 졸업
2002년 군산대학교 대학원 정보통신전
과공학과 공학석사 졸업

2004년 ~ 2006년 (주)미디어신나라 전산실 근무, 통합
물류시스템구축

2002년 ~ 현재 군산대학교 대학원 정보통신전과공학과
박사과정

※ 관심분야 : 데이터베이스, 멀티미디어 통신, 무선 센
서 네트워크, 분산처리 시스템



전영배(Yeong-bae Jeon)

1992년 충남대 전기공학교육학과 졸업
1992년 ~ 2004년 함양제일고, 장항 공
업고 교사

2003년 ~ 현재 군산대 대학원 정보통신전과공학과 박사
과정

2005년 ~ 현재 충남교육연구정보원 과연교사

※ 관심분야 : 멀티미디어 통신, 무선 센서 네트워크



나인호(In-ho Ra)

1988년 울산대학교 전자계산학과 공학사
1991년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학
과 공학석사

1995년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과 공학박사

1995년 ~ 현재 군산대학교 전자정보공학부 교수

※ 관심분야 : 멀티미디어 통신, 무선 센서 네트워크, 유비
쿼터스 컴퓨팅, 텔레메틱스



저자소개

김현태(Hyun-tae Kim)

1996년 군산대학교 정보통신공학과 공
학사

1998년 군산대학교 대학원 정보통신공
학과 공학석사

2006년 군산대학교 대학원 정보통신공학과 공학박사

※ 관심분야 : 멀티미디어 통신, 무선센서네트워크, 분산
처리 미들웨어



최낙선(Nak-sun Choi)

2005년 군산대학교 전자정보공학부 공
학사

2005년 ~ 현재 군산대학교 대학원 전
자정보공학부 석사과정

※ 관심분야 : 무선센서네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅, 미
들웨어