

무선 센서 네트워크에서 에너지 효율적 노드 관리 기능 구현 및 성능평가

지경복¹ · 김상경^{1†} · 김창화¹

Implementation and Performance of Energy-efficient Node Management in Wireless Sensor Networks

Kyoungbok Ji · Changhwa Kim · Sangkyung Kim

ABSTRACT

Many researches have been actively performed to increase energy efficiency in wireless sensor networks. In these researches communication has been the most important target for reducing energy consumption. In fact, in most cases, the frequencies of communication and sensing in a sensor node affect its energy consumption. Therefore, sensing period and transmission period need to be controlled to increase energy efficiency. This paper proposes on energy efficient and restricted query flooding mechanism using service discovery. Further, we implement node management system based on the mechanism and evaluate its performance.

Key words : Sensor network, Energy efficiency, Service discovery, Sensor node management

요 약

무선 센서 네트워크 시스템에서 에너지 효율을 증가시키기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 그중에서도 통신과 관련된 에너지 소모를 감소시키는 연구가 가장 많이 진행되어 왔다. 실제로 각 노드에서는 통신 및 센싱이 빈번하게 일어난다. 그러므로 통신에서의 에너지 효율을 증가시키기 위해서는 센싱 주기와 전송 주기를 제어하는 기능이 요구된다. 또한 질의에 해당하는 노드에게만 질의를 전파함으로써 전송횟수의 감소를 통하여 에너지 소비를 감소할 수 있다. 본 논문에서는 질의어를 통해 센싱 주기와 전송 주기를 제어할 수 있는 노드 관리 기능과 서비스 디스커버리 기술을 응용하여 질의에 해당하는 노드에게만 질의 전파 제한 메커니즘을 제안하고, 구현하며 성능을 평가한다.

주요어 : 센서 네트워크, 에너지 효율, 서비스 디스커버리, 센서 노드 관리

1. 서 론

무선 센서 네트워크에서 노드들은 독자적으로 네트워크를 구성하여 주변 환경을 센싱하고 데이터를 목적지에 전달하는 것을 목표로 하며^[1], 열악한 환경에서 주변 상황을 모니터링하고 필요한 정보를 수집하는 용도로 사용된다^[2]. 또한 무선 센서 네트워크는 네트워크 내부에 주어지

는 질의를 처리할 수 있으며 각 노드는 연산능력 및 메인 메모리, 무선 채널, 대역폭, 에너지, 센싱 등에서 많은 제약을 가지는 특징이 있다^[3,4].

무선 센서 네트워크에서 에너지를 소모하는 작업은 프로세싱, 센싱, 통신 등이 있으며 통신 작업에서 가장 많은 에너지를 소모한다^[5]. 그러므로 통신 횟수를 줄이거나 패킷 크기를 줄여 에너지 효율을 증가시키는 연구가 가장 많이 진행된다. 실제로 각 노드에서 통신 및 센싱이 가장 빈번하게 일어난다. 그러므로 통신에서의 에너지 효율을 증가시키기 위해서는 센싱 주기 및 전송 주기를 제어하는 기능이 요구된다.

에너지 효율적 무선 센서 네트워크 시스템에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있지만, 노드 관리 방법을 통한 에너지 효율적인 무선 센서 네트워크 시스템의 구축

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 2008년도 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-C1090-0801-0044)

2008년 10월 27일 접수, 2008년 11월 30일 채택

¹⁾ 강릉대학교 컴퓨터공학과

주 저 자 : 지경복

교신저자 : 김상경

E-mail: jkb23@paran.com

방안은 명확하게 제시되지 않았다.

본 논문에서는 무선 센서 네트워크의 에너지 효율을 증가시키기 위해 질의어와 노드 관리 기능을 제안하며, 서비스 디스커버리 기술을 응용한 질의어 전파 제한을 통하여 전송횟수를 감소시켜 에너지 효율적인 노드 관리 기능을 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구를 기술하고, 3절에서는 센서 노드 관리에 사용되는 질의어를 제시한다. 4절에서는 무선 센서 네트워크에 적용한 서비스 디스커버리와 메타데이터에 대하여 기술한다. 5절에서는 구현한 시스템에 대하여 기술하며, 6절에서는 성능 평가, 7절에서는 결론과 향후 연구 내용을 기술한다.

2. 관련연구

데이터베이스 관점에서 무선 센서 네트워크 시스템을 분산 데이터베이스 시스템으로 정의할 수 있기 때문에 무선 센서 네트워크에서의 효율적인 질의처리를 위해 질의 모델, 질의수집등 질의최적화 방법을 무선 센서 네트워크 시스템에 적용하는 방안들이 제안되었다^[6-8].

무선 센서 네트워크의 운영체제인 TinyOS를 기반으로 센서 네트워크에서의 질의처리 효율을 높이기 위한 TinyDB가 제안되고 구현되었다^[5]. TinyDB는 센서 네트워크로부터 데이터를 추출하기위한 질의 처리 시스템으로 사용자가 원하는 데이터를 추출하기 위해서 프로그램 코드를 작성하는 대신에 간단한 질의를 이용한다. 그리고 TinyDB는 SRT(Semantic Routing Tree)를 이용하여 질의 전파를 제한한다. SRT는 노드에서 센싱된 데이터를 이용하여 트리를 생성하며 생성된 트리의 정보를 이용하여 질의 전파를 제한하게 된다. SRT의 단점으로 각 노드에 센서 종류가 2개 이상일 경우 센서 종류별로 주기적으로 센싱을 하여 SRT를 유지해야 한다. 또한 센싱된 범위 값이 중첩(overlap)될 경우 SRT를 통해 질의 전파 제한을 하는 의미가 없게 된다.

질의를 네트워크 내부에 전송함에 있어서 질의에 해당하는 노드에게만 선택하여 전송한다면 에너지 효율을 증가시킬 수 있다. 또한, 무선 센서 네트워크의 모니터링중 온도 센서가 일정 기간 동안 사용할 필요가 없다면 온도 센서에서 소비되는 에너지를 차단하여 에너지를 보존할 수 있다. 그리고 무선 센서 네트워크가 비균일 네트워크일 경우 센서 노드에서 불필요한 전송으로 인한 에너지를 소비가 발생하게 된다. 이러한 문제는 선택적으로 질의를 전파함으로써 에너지를 보존할 수 있다.

서비스 디스커버리란 네트워크상에서 운용되는 서비스의 정보를 제공해 주는 미들웨어 기능으로서 분산 네트워크 환경에서 각종 서비스 혹은 장치들의 주소, 서비스 정보, 상태에 대한 기술을 지원한다^[9-10]. 인터넷 상에서 수많은 서비스 중에서 사용자가 원하는 서비스를 찾기는 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 서비스 디스커버리를 사용하며, 서비스 디스커버리 기술은 유비쿼터스 네트워크 환경에서 더 중요한 역할을 하게 되는데 일정공간 내에 동시에 위치하는 수많은 센서 노드들이 존재하는 상황에서 서로 필요한 기능과 정보를 찾고 실행 시키는데 중요한 역할을 하게 된다^[11].

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에 서비스 디스커버리 기술을 적용하여 질의어 전파를 제한하고, 노드 관리 기능으로 센서 노드를 제어함으로 에너지 효율적인 노드 관리 기능을 구현하였다.

3. 질의어

본 절에서는 센서 노드 관리 기능에 사용된 질의어에 대하여 기술한다. 질의어는 SQL 기반으로 정의하며, 무선 센서 네트워크 환경에 적합하도록 수정하여 사용한다.

3.1. 질의어 기본 형식

질의어는 SQL에서의 SELECT-FROM-WHERE 절로 구성되며 센싱 주기 및 범위형, 지역형 질의를 구성할 수 있다. 질의어의 기본 형식은 다음과 같다.

```
SELECT [NODEID, TEMP, OXY, BAT]
FROM [node address, NETWORK]
WHERE [Condition]
AND SENSINGPERIOD Xsec
AND SENDPERIOD
```

위에서 사용된 예약어는 표 1과 같다.

“SENSINGPERIOD” 구문을 새로 추가하여 무선 센서 네트워크상에서 주기적 센싱을 통한 모니터링이 가능하도록 하였으며, “SENDPERIOD” 구문을 이용하여 무선 네트워크상에서 전송 주기를 제어하는 것이 가능하도록 하였다. 각 센서에 해당하는 식별자는 노드에 부착된 센서의 종류에 따라서 추가 또는 수정하여 사용할 수 있다. “NETWORK”는 노드의 주소가 아니라 브로드캐스트(Broadcast) 주소로서 사용되며, 개별노드 하나에게만 질의를 전송할 경우에는 해당 노드 주소를 사용한다.

표 1. SELECT절에서의 예약어

식별자	의미
NODEID	노드의 주소
NETWORK	센서 네트워크 전체 노드
TEMP	온도 센서
OXY	산소 센서
BAT	잔여 배터리
SENSINGPERIOD	센싱 주기(초단위)
SENDPERIOD	전송 주기(초단위)

다음 질의는 센서 네트워크의 전체 노드들 중에서 온도 센서의 센싱 값이 20도 이상인 센서 노드의 노드ID와 온도 값을 2초 간격의 주기로 센싱하여, 4초의 전송 주기로 센싱 데이터를 싱크 노드로 전송한다.

```
SELECT NODEID, TEMP
FROM NETWORK
WHERE TEMP > 20
AND SENSINGPERIOD 2sec
AND SENDPERIOD 4sec
```

위 질의에서 센싱 주기 및 전송 주기는 생략가능하며, 온도 센서가 부착되지 않은 노드에게는 질의가 전파되지 않는다. 이것은 4절에서 보다 자세히 설명한다.

3.2. 지역 질의

특정 지역에 대한 모니터링을 지원하기 위해 다음과 같은 질의어를 사용한다.

```
SELECT [NODEID, TEMP, OXY, BAT]
FROM [node address, NETWORK]
WHERE [Condition]
AND SENSINGPERIOD Xsec
AND X="pointx", Y="pointY"
AND X="pointx", Y="pointY"
```

사용자 입력에서 위치정보를 이용하여 해당 영역에 대한 질의처리기능을 제공하며 질의 영역에 해당하지 않는 노드에게는 질의 전파가 이루어지지 않는다.

3.3. 노드 관리 기능 질의

현재 동작하고 있는 질의에 대한 동작을 중지 시키거

표 2. UPDATE절에서의 예약어

식별자	의미
stop	질의 중단
restart	질의 재시작
SENSINGPERIOD	센싱 주기 설정
SENDPERIOD	전송 주기 설정
TempActCon	온도센서 동작제어
OxyActCon	산소센서 동작제어
BatActCon	잔여배터리 동작제어

나 센싱 주기의 변경, 중단된 질의의 재시작, 센서 노드의 센서에서 소비되는 에너지를 감소시키기 위하여 센서의 ON/OFF 기능을 수행할 수 있다. 질의는 다음과 같은 구조를 가지게 된다.

```
UPDATE [node address, NETWORK]
SET [stop, restart, SENSINGPERIOD,
SENDPERIOD, TempActCon,
OxyActCon ,BatActCon]
WHERE [Condition]
```

위에서 사용된 예약어는 표 2와 같다.

다음은 네트워크에서 현재 센싱을 하고 있는 모든 노드의 센싱 주기를 5초로 변경하는 질의이다. 이와 같이 네트워크 전체의 노드에 대하여 센싱 주기를 한번에 변경이 가능하며 노드 한개의 센싱 주기를 변경할 경우에는 "NETWORK" 대신에 변경할 노드의 주소를 사용한다. 전송 주기의 변경도 센싱 주기 변경 방법과 같다.

```
UPDATE NETWORK
SET SENSINGPERIOD = 5sec
```

또한, UPDATE 질의를 사용하여 사용자는 노드에서 수행중인 질의를 중단 및 재시작, 센서의 동작 상태를 변경할 수 있다.

```
UPDATE NETWORK SET stop
```

위의 질의의 경우 네트워크내의 모든 노드의 센싱 동작을 중지시키게 된다. 센서 노드는 대기상태로 전환하게 되며 질의 정보는 그대로 유지한다.

다음과 같은 질의를 통하여 센싱 동작을 재 시작할 수

있고, 새로운 질의를 수행할 수도 있다.

UPDATE NETWORK SET restart

사용자는 이와 같이 관리기능 질의를 이용하여 센싱의 중지, 재시작, 주기의 변경을 통하여 효율적으로 센서 네트워크를 관리할 수 있으며, 다음 질의를 이용하여 센서의 ON/OFF 기능을 수행할 수 있다.

UPDATE NETWORK
SET TempActCon = FALSE

위의 질의는 센서 네트워크상의 모든 노드의 온도 센서의 동작을 중단시키는 것으로 센싱을 중단시키는 것과는 의미가 다르다. 센싱 중단은 센서에 전원 공급은 계속되고 센싱을 하지 않는다. 동작제어는 센서의 전원 공급을 차단하여 센서에서 소모되는 에너지를 보존할 수 있도록 한다.

4. 서비스 디스커버리

본 논문에서는 질의의 전파 제한을 통해 통신 에너지를 감소시켜 에너지 효율 증가를 위한 서비스 디스커버리 기술을 적용하였다. 사용자가 질의를 통하여 데이터를 요청하였을 경우 서비스 디스커버리를 통하여 질의에 해

당하는 노드를 검색, 질의를 전파할 노드를 선택한다. 이때 메타데이터를 이용하여 질의에 해당하는 센서가 부착된 노드를 찾거나 지역 질의에 해당하는 노드를 판별하여 해당 노드에게만 질의의 전파가 가능하도록 한다. 해당 노드만 선택하여 질의의 전파를 함으로써 전송 횟수 감소가 이루어질 수 있으며 이로 인해서 에너지 효율을 증대시킨다.

4.1. 메타 데이터 구조

서비스 디스커버리를 적용하기 위하여 표 3과 같은 구조의 메타데이터(meta data)를 이용한다.

메타데이터는 노드 주소와 부착된 센서 정보, 위치 정보로 이루어지며, 부착된 센서 정보(Sensor_Flag)는 센서 종류 1개당 1비트를 할당하여 표현하며, 해당 센서가 있을 경우 1로 설정하고, 해당 센서가 없는 경우에는 0으로 설정된다. 위치 정보는 최소값과 최대값을 이용하여 영역에 대한 좌표를 저장할 수 있도록 한다.

4.2. 메타 데이터 테이블 구성

무선 센서 네트워크상에 존재하는 모든 노드는 자신의 센서 정보 및 위치 정보를 가지고 있다고 가정하며, 해당 정보를 이용하여 메타데이터 테이블을 구성한다.

그림 1은 메타데이터 테이블이 구성된 형태의 예이다. 메타데이터 구성 알고리즘은 그림 2와 같다. 그림 2의 알고리즘은 새로운 이웃 노드가 나타났을 경우 해당 노드가 라우팅 경로상 상위 노드인지 하위 노드인지 판별한다. 라우팅 경로상 상위 노드라면 자신의 압축된 메타데이터

표 3. Meta data

Node ID	Sensor_Flag	Location_X	Location_Y
2Byte	1Byte	4Byte	4Byte

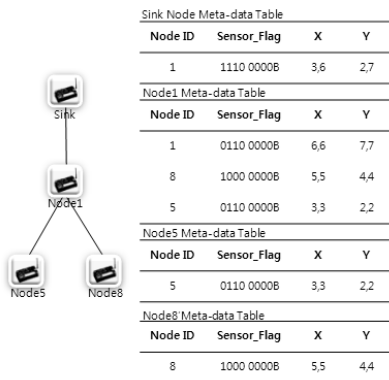


그림 1. Meta data table 구성

```
Function OrganizationMetadata ( )
/* When new neighbor node appears */
if ( new neighbor node is downstream node )
then
    InsertMetadata ( neighbor node's meta-data )
    CompressMetadataTable ( )
    Update CompressedMetadata
    Transmit CompressedMetadata to upstream
else if ( new neighbor node equal upstream node )
then
    if ( CompressedMetadata exists )
    then
        Transmit CompressedMetadata to upstream
    else
        Transmit Metadata to upstream
    end if
end if
end Function
```

그림 2. Meta data 구성 알고리즘

```

Function CompressMetadataTable ( )
  while (The number of MetadataTable's records)
  begin
  Carry out OR operation on values of Sensor_Flag in
  MetadataTable
    Search MIN_X from Location_X in MetadataTable
    Search MAX_X from Location_X in MetadataTable
    Search MIN_Y from Location_Y in MetadataTable
    Search MAX_Y from Location_Y in MetadataTable
  end
  Create new CompressedMetadata
end Function
    
```

그림 3. Meta data 압축 알고리즘

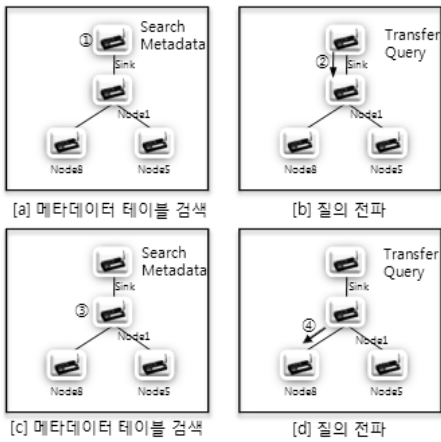


그림 4. 질의 전파 순서

```

Function SearchMetadata (SensorType, LocationInfo)
  while (The number of MetadataTable's records)
  begin
  if (SensorType is equal to value of Sensor_Flag in
  MetadataTable)
  then
    return Nodeid of MetadataTable
  end if
  if ( LocationInfo exists within MetadataTable)
  then
    return Nodeid of MetadataTable
  end if
  end
end Function
    
```

그림 5. Meta data 검색 알고리즘

를 전송하게 된다. 압축된 메타데이터가 없다면 관리하는 하위노드가 없는 경우이므로 자신의 메타데이터를 전송한다. 발견된 노드가 하위 노드라면 발견된 노드의 메타데이터를 자신의 메타데이터 테이블에 추가하고 메타데

이터 테이블을 압축하여 압축된 메타데이터를 상위 노드로 전송하게 된다.

무선 센서 네트워크의 특성상 센서 노드는 메모리의 제한이 따르게 된다. 메타 데이터 관리 노드가 자신이 관리하는 메타데이터 전체를 상위 노드로 전송하게 되면 싱크 노드 측으로 갈수록 더 많은 양의 메타데이터를 관리해야하고, 메타데이터 전송으로 인한 오버헤드(Overhead)가 커진다. 또한, 제한된 메모리로 인하여 오버플로우(Overflow) 문제가 발생할 수 있다. 이 문제를 방지하기 위하여 메타데이터를 상위 노드로 전송할 경우 메타데이터를 압축하여 전송하며 메타데이터의 크기는 일정하도록 한다.

메타데이터 압축 알고리즘은 그림 3과 같다.

그림 3에서 메타데이터 압축 알고리즘은 메타데이터 테이블의 센서 정보 필드를 OR 연산하며 위치 정보는 최소값과 최대값을 이용하여 압축을 수행한 노드ID를 기록하여 압축된 메타데이터를 생성한다.

4.3. 서비스 디스커버리를 통한 질의 전파

메타데이터의 Sensor_Flag에 할당은 7번 비트 온도 센서, 6번 비트 산소 센서, 5번 비트 배터리 센서이고 네트워크의 메타데이터 테이블이 그림 1과 같을 경우 다음 질의의 전파 순서는 그림 4와 같은 순서로 전파된다.

```

SELECT NODEID, TEMP
FROM NETWORK
WHERE TEMP > 20
AND SENSINGPERIOD 2sec
    
```

- 싱크노드에서 질의에 해당하는 센서를 가지는 노드를 메타데이터 테이블에서 검색한다.
- 싱크 노드는 검색된 노드에게만 질의 전파를 수행한다. 질의에 해당하는 센서가 없는 노드에게는 질의 전파를 제한한다.
- 질의를 전달 받은 Node1은 질의에 해당하는 센서를 가지는 노드를 메타데이터 테이블에서 검색한다.
- 검색된 노드에게만 질의 전파를 수행한다. 질의에 해당하는 센서가 없는 노드에게는 질의 전파를 제한한다.

4.4. 메타데이터 알고리즘

메타데이터 검색 알고리즘은 그림 5와 같으며, 메타데이터 삽입 알고리즘은 그림 6, 메타데이터 삭제 알고리즘

```
Function InsertMetadata (newMetadata)
  Insert newMetadata into MetadataTable
  CompressMetadataTable ( )
  Update CompressedMetadata
  Transmit CompressedMetadata to upstream
end Function
```

그림 6. Meta data 삽입 알고리즘

```
Function DeleteMetadata (nodeid)
  Search nodeid from MetadataTable
  Delete record of Metadata
  CompressMetadataTable ( )
  Update CompressedMetadata
  Transmit CompressedMetadata to upstream
end Function
```

그림 7. Meta data 삭제 알고리즘

표 4. 노드 정보

구성요소	종 류
Node	CrossBow Micaz
Power	AA(1.5V) × 2
RF Module	Zigbee CC2420 2.4GHz
Serial Communication	RS-232
Node Program Language	TinyOS 2.0.2

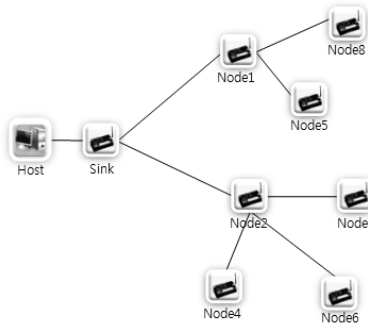


그림 8. Sensor Network 구조

은 그림 7과 같다.

메타데이터 검색 알고리즘은 질의 전파를 수행하기 위하여 메타데이터 검색을 수행하며, 메타데이터 테이블의 수만큼 반복하여 질의의 센서 정보 및 위치 정보를 메타 데이터와 비교를 수행한다.

메타데이터 삽입 알고리즘은 새로운 이웃 노드가 라우팅 경로상 하위 노드의 경우 수행되며, 메타데이터 테이블에 메타데이터를 추가한다. 추가된 메타데이터는 메타

데이터 압축 알고리즘을 통하여 압축을 수행하여 압축된 메타데이터를 생성한다.

메타데이터 삭제 알고리즘은 라우팅 경로상 하위 노드가 없어졌을 경우 수행되며, 메타데이터 테이블에서 해당 노드의 메타데이터를 삭제하고 메타데이터 압축 알고리즘을 수행하여 상위노드에게 전송한다.

5. 구현

본 절에서는 구현한 센서 노드 관리 기능에 대하여 기술한다. 에너지 효율적 모니터링 및 노드 관리 기능을 위하여 SQL을 기반으로 질의를 정의하며 노드 관리 기능 질의를 이용하여 센서 노드에서의 센싱의 주기 조절 및 센서의 동작 제어가 가능하도록 한다. 또한 서비스 디스커버리 기술을 적용하여 무선 센서 네트워크에서의 질의 전파를 제한하여 에너지 효율적 모니터링 및 노드 관리 기능을 목표로 구현하였다.

5.1. 구현 환경

각 센서 노드는 TinyOS 2.0.2 기반 NesC로 작성되었으며, 센서 노드 관리 기능에 사용된 센서 노드는 Micaz 플랫폼기반의 노드로 표 4와 같다.

센서 종류는 온도, 산소, 잔여 배터리 센서를 사용하였다.

5.2. 구현 네트워크 토폴로지

네트워크 토폴로지는 그림 8과 같으며, TinyOS의 CTP (Collection Tree Protocol)를 사용한다¹²⁾.

CTP는 트리 기반 수집 프로토콜로서 1개의 수집 루트를 가지는 방법으로 높은 성능을 나타낸다.

5.3. 응용프로그램

다음 그림 9는 구현한 응용 프로그램 화면이며, Visual C#을 이용하여 작성하였다.

응용 프로그램은 질의를 작성 및 센싱 데이터, 관리 노드의 메타 데이터 테이블, 그리고 질의에 응답한 노드를 확인할 수 있도록 작성되었다.

6. 성능평가

본 절에서는 센서 네트워크 모니터링 및 노드 관리 시스템의 성능 측정 결과를 기술한다. 표 4와 같은 Crossbow사의 MicaZ 노드를 사용하여 측정하였다.

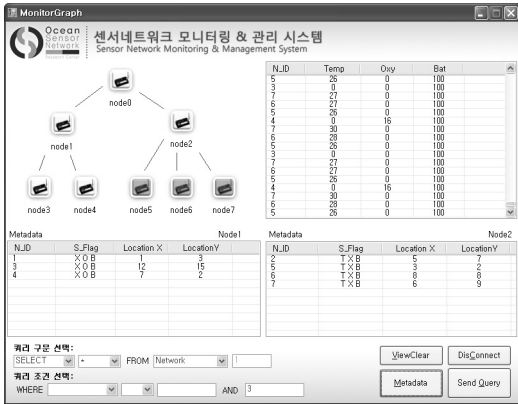


그림 9. 응용 프로그램

표 5. 성능평가 질의

질의	
Select *	from NETWORK where SensingPeriod = 2
Update NETWORK	set SensingPeriod = 5
Select *	from NETWORK where TEMP >= 0 and SensingPeriod = 2
Update NETWORK	set stop
Select *	from NETWORK where OXY >= 0 and SensingPeriod = 2

표 6. 노드별 센서

Node	종 류
Node 1, 5, 8	산소, 배터리 센서
Node 2, 4, 6, 7	온도, 배터리 센서

메타데이터를 관리하는 중간 노드에 대하여 에너지 효율과 총 전송 횟수를 측정하였다. 이 때 사용된 질의는 표 5와 같으며 호스트 컴퓨터에서 매 10초 간격으로 생성하여 전송한다. 각 노드의 센서는 표 6과 같으며, 네트워크 토폴로지는 그림 8과 같은 형태로 구성하였다.

Node 1에서 질의 전파 제한 메커니즘과 질의 전파 비제한 메커니즘에서의 에너지 소모량은 그림 10과 같다.

Node 2에서 질의 전파 제한 메커니즘과 질의 전파 비제한 메커니즘에서의 에너지 소모량은 그림 11과 같다.

그림 10과 그림 11은 질의 전파 제한 메커니즘이 질의 전파 비제한 메커니즘에 비하여 에너지 소모율이 작음을 보여준다.

그림 12는 Node 1에서 질의 전파 제한 메커니즘과 질의 전파 비제한 메커니즘에서의 측정된 총 전송횟수(재전

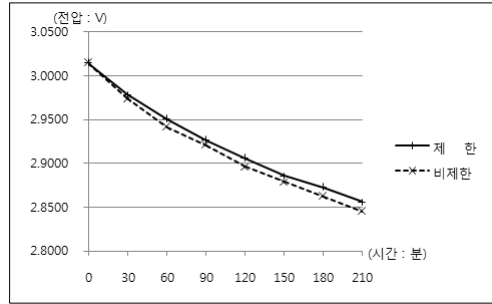


그림 10. Node 1 에너지 소모량

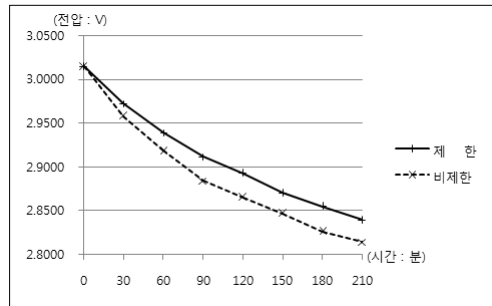


그림 11. Node 2 에너지 소모량

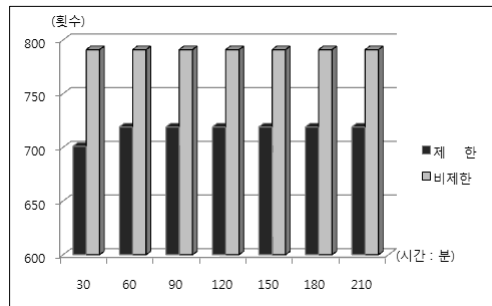


그림 12. Node 1 총 전송 횟수

송 포함)이다.

그림 13은 Node 2에서 측정된 질의 전파 제한 메커니즘과 질의 전파 비제한 메커니즘에서의 총 전송횟수이다.

그림 12와 그림 13에서 나타나는 결과와 같이 질의 전파 제한 메커니즘이 질의 전파 비제한 메커니즘에 비하여 총 전송횟수가 적다.

본 성능평가에서는 실험환경의 제약으로 인해 8개의 노드들로 구성된 네트워크에서 성능측정을 실시하였다. 위 성능평가 결과에서 나타나는 것과 같이 노드 수가 더 많아진다면 질의 전파 제한 메커니즘에서 전송 횟수 감소로 인한 효율은 더 좋을 것으로 예상된다.

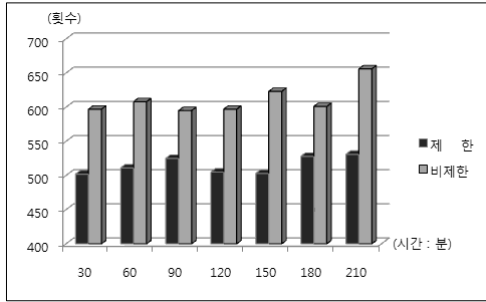


그림 13. Node 2 총 전송 횟수

7. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 센서 네트워크에서 센서 노드 관리 기능을 통해 노드를 제어하고 에너지 효율을 향상시키기 위한 질의 전파 제한 메커니즘을 제안하고 구현하였다. 노드 관리 기능을 통하여 질의를 통한 노드의 제어를 가능하도록 하였다. 질의 전파 제한 메커니즘은 질의 전파 제한 메커니즘과 질의 전파 비제한 메커니즘간의 비교를 통하여 성능평가를 수행하였다. 질의 전파 제한 메커니즘은 메타데이터 관리를 통한 메모리 소비와 연산을 필요로 하게 되지만, 질의에 해당하는 노드에게만 질의를 전파함으로써 전송 횟수를 감소시켜 에너지 효율을 향상시킬 수 있다.

향후 노드 관리 기능의 시뮬레이션을 통한 성능평가와 서비스 디스커버리에 대한 연구를 통해 센서 네트워크에 적용에 대한 연구를 진행하고, 질의 처리과정에 있어서 데이터 병합과 질의 최적화에 대한 연구를 통해 추가적인 에너지 효율을 향상시킬 수 있도록 할 계획이다.

참고 문헌

1. D. Estrin, R. Govindan, J. Heidemann, and S. Kumar. "Next Century Challenges : Scalable Coordination in Sensor Networks", Proc. ACM/IEEE MOBICOM'99, pp. 263-270, Aug. 1999.
2. R. C. Shah and J. M. Rabaey, "Energy Aware Routing

- for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks", Proc. ACM/IEEE MOBICOM'98, Oct. 1998.
3. R. Govindan C. Intanagonwivat and D. Estrin. "Directed diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks", Proc. ACM/IEEE MOBICOM'00, Aug. 2000.
4. W. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan. "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks", Proc. ACM/IEEE MOBICOM'99, Oct. 1999
5. S. R. Madden, M. J. Franklin, J. M. Hellerstein, and W. Hong. "TinyDB: An Acquisitional Query Processing System for Sensor Networks", ACM Trans. Database System 30(1):122-173, 2005.
6. W. Yu, T. Nam Le, D. Xuan and W. Zhao, "Query Aggregation for Providing Efficient Data Services in Sensor Networks", Proc. IEEE Mobile and Ad-hoc Sensor Systems (MASS), pp. 31-40, Oct. 2004.
7. N. Shrivastava, C. Buragohain, D. Agrawal, and S. Suri, "Medians and Beyond: New Aggregation Techniques for Sensor Networks", Proc. The 2nd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '04), pp. 239-249, Nov. 2004.
8. N. Sadagopan, B. Krishnamachari, and A. Helmy, Active Query Forwarding in Sensor Networks (ACQUIRE)", 2003.
9. S. E. Czerwinski, B. Y. Zhao, T. D. Hodes, A. D. Joseph, R. H. Katz, "An architecture for a secure service discovery service", Proc. ACM/IEEE MOBICOM'99, pp. 24-35, Aug. 1999.
10. J. Tyan, Q. H. Mahmoud, "A comprehensive service discovery solution for mobile ad hoc networks", Proc. Mobile Networks and Applications, pp. 423-434, Aug. 2005.
11. A. Friday, N. Davies, E. Catterall, "Supporting service discovery, querying and interaction in ubiquitous computing environments", Proc. the 2nd ACM international workshop on Data engineering for wireless and mobile access, pp. 7-13, May 2001.
12. R. Fonseca, O. Gnawali, K. Jamieson, S. Kim, P. Levis, and A. Woo, "The Collection Tree Protocol (CTP)", Draft, TinyOS TEP123, Aug 2006.



지 경 복 (jkb23@paran.com)

2007 강릉대학교 컴퓨터공학과 학사
2007~현재 강릉대학교 컴퓨터공학과 석사과정

관심분야 : 센서 네트워크, 미들웨어



김 상 경 (skkim98@kangnung.ac.kr)

1985 고려대학교 전자공학과 공학사
1987 고려대학교 대학원 전자공학과 공학석사
1989~2004 KT(선임연구원/부장)
1994~1995 TINA-C Core Team Member
2003 고려대학교 대학원 전자공학과 공학박사
2004~현재 강릉대학교 컴퓨터정보공학부 부교수

관심분야 : 컴퓨터네트워크, 무선네트워크 등



김 창 화 (kch@kangnung.ac.kr)

1985 고려대학교 수학교육과 이학사
1987 고려대학교 대학원 전산학 전공 이학석사
1990 고려대학교 대학원 전산학 전공 이학박사
1989~현재 강릉대학교 컴퓨터정보공학부 교수
1994 Post-Doc./Visiting Professor, Toronto 대학 Enterprise Integration 연구소
2002~2004 Visiting Scholar, Dept. of Computer Science, Texas A&M University
2005~현재 강릉대학교 해양센서네트워크시스템기술연구센터(ITRC) 소장
2005~현재 한국시물레이션학회 논문지 편집위원
2007~현재 한국정보처리학회 학회지 편집위원

관심분야 : 분산시스템, 미들웨어, 지능형시스템 등