

무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율을 위한 프록시 시스템†

윤필중^o, 김세기, 김창화, 김상경
강릉대학교 컴퓨터공학과

{winipc^o, bultanuenso}@cs.kangnung.ac.kr, {kch, skkim98}@kangnung.ac.kr

Proxy System for Energy Efficiency in Wireless Sensor Networks

Phil-Jung Yun^o, Se-Ki Kim, Changhwa Kim, Sangkyung Kim
Department of Computer Science & Engineering, Kangnung National University

요 약

무선 센서 네트워크 시스템에서의 각 노드의 에너지는 제한적이기 때문에 에너지 효율적인 무선 센서 네트워크 시스템에 대한 연구가 활발하게 이루어져왔다. 무선 센서 네트워크는 목적에 따라 무선 센서 네트워크 기반의 모니터링 시스템과 질의처리 시스템으로 분류할 수 있다. 모니터링 시스템은 각 센서노드에서 센싱 데이터의 값이 변화가 없더라도 각 주기마다 전송하기 때문에 모니터링 주기가 짧아질수록 더 많은 양의 에너지가 낭비된다. 또한 모니터링 주기가 길어질수록 생성된 데이터에 대한 신뢰도가 감소하는 문제가 발생한다. 질의처리 시스템의 경우 중복질의 처리를 위해 많은 양의 에너지가 낭비된다. 본 논문에서는 분산 데이터베이스 개념을 기반으로 무선 센서 네트워크에 프록시 시스템을 적용하여 에너지 효율적인 모니터링과 질의처리 방법을 제안한다.

1. 서 론

무선 센서 네트워크 시스템은 각 노드들이 독자적으로 네트워크를 구성하여 주변 환경을 센싱하고 센싱 데이터를 목적지에 전달하는 것을 목표로 하며[1] 열악한 환경에서 주변 상황을 모니터링하고 필요한 정보를 수집하는 용도로 사용된다[2]. 또한 무선 센서 네트워크는 해당 정보를 분석하고 필요한 정보를 저장하여 관리할 수 있으며 네트워크 내부에 주어지는 질의를 처리할 수 있다[7].

무선 센서 네트워크에서의 각 노드는 연산능력, 메인 메모리, 에너지 등에서 많은 제약을 가지며[3][4][5][6] 무선 센서 네트워크의 특징은 다음과 같다.

- 연산능력 : 무선 센서 네트워크의 각 노드에 장착된 마이크로 컨트롤러의 성능이 제한되어 있다.
- 메인 메모리 : 무선 센서 네트워크의 각 노드의 메인 메모리는 제한적이며 적은 양만이 지원된다.
- 에너지 : 무선 센서 네트워크의 각 노드는 배터리를 장착된 형태로 배치되며 배터리의 교환이 어렵다.
- 대역폭 : 무선 센서 네트워크에서 사용가능한 채널의 수가 제한적이기 때문에 제한된 대역폭을 가진다.

무선 센서 네트워크에서의 제한된 에너지는 좁게는 각 노드의 생존기간을 결정하고 넓게는 센서 네트워크 전체의 생존기간을 결정한다. 때문에 에너지 효율적인 무선 센서 네트워크 시스템에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

무선 센서 네트워크에서의 연산, 센싱, 통신작업 중 통

신작업에서 가장 많은 에너지가 소모된다[8]. 때문에 에너지 효율적인 무선 센서 네트워크에 대한 연구는 통신작업에서의 비용을 절감시켜 무선 센서 네트워크의 에너지 효율을 향상시키는 것을 목표로 한다. 통신작업에서의 비용을 절감시킨다는 것은 통신 횟수나 메시지의 크기를 줄여서 전송되는 메시지의 양을 줄이는 것을 의미한다.

무선 센서 네트워크 시스템은 시스템의 목적에 따라 무선 센서 네트워크 기반의 모니터링 시스템과 질의처리 시스템으로 분류할 수 있다. 각 무선 센서 네트워크 시스템에서의 에너지 효율을 위한 연구가 많이 이루어졌음에도 불구하고 해결해야할 과제가 아직 많이 남아있다.

무선 센서 네트워크 기반의 모니터링 시스템에서 각 센서노드의 센싱 데이터 값의 변화율은 모니터링 주기에 의해서 결정된다. 모니터링 주기가 짧아질 경우 각 센서노드에서의 센싱 데이터 값의 변화율은 낮아진다. 즉 모니터링 주기가 몇 초 단위로 결정된다면 각 센서노드에서의 센싱 데이터의 값의 변화율은 거의 미비할 것이다. 때문에 각 센서노드의 센싱 데이터 값이 연속적으로 중복될 확률이 높아진다. 이때 연속적으로 중복된 센싱 데이터가 센서 네트워크로 전송되며 때문에 많은 양의 에너지가 불필요하게 소모된다.

반대로 모니터링 주기가 길어질 경우 각 센서노드에서의 센싱 데이터 값의 변화율은 높아진다. 즉 모니터링 주기가 몇 시간 단위로 결정된다면 각 센서노드에서의 센싱 데이터의 값의 변화율은 매우 높을 것이다. 때문에 각 센서노드의 센싱 데이터 값이 연속적으로 중복될 확률이 낮아지며 연속적으로 중복된 센싱 데이터의 전송에 의한 불필요한 에너지 소모 문제는 발생하지 않는다. 하지만 모니터링 주기가 길어질수록 모니터링 데이터에 대한 신뢰도는 감소한다.

† 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 2007년도 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2007-C1090-0701-0044)

무선 센서 네트워크 기반의 질의처리 시스템에서는 중복질의에 의한 문제가 발생된다. 즉 중복질의에 응답하기 위해서 해당 시스템은 불필요한 에너지를 소모하게 된다. 중복질의문제를 해결하기 위한 방안으로 일정시간 동안 질의를 수집하여 중복질을 하나의 질의로 묶어서 처리하는 방법이 제시되고 있지만 이 경우 질의를 수집하는 시간에 따른 문제가 발생하게 된다. 질의를 수집하는 시간이 짧아진다면 사용자의 질의에 대한 응답시간은 빨라지겠지만 중복질의문제를 충분히 해결할 수 없다.

반대로 질의를 수집하는 시간이 길어진다면 질의에 대한 응답시간이 증가한다. 즉 질의를 보낸 시간과 응답시간과의 차이가 평균적으로 증가하기 때문에 응답에 대한 신뢰도가 감소한다.

무선 센서 네트워크 시스템은 분산 데이터베이스 시스템으로 정의 할 수 있다. 때문에 무선 센서 네트워크 시스템을 분산 데이터베이스 시스템의 개념으로 접근하여 무선 센서 네트워크 시스템에서의 효율적인 질의처리를 위한 방법들이 연구되고 있다. 또한 분산 데이터베이스 시스템의 개념을 토대로 무선 센서 네트워크에서 발생하는 문제점들도 해결할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 프록시 시스템을 제안한다. 프록시 시스템은 분산 데이터베이스 시스템의 개념을 기반으로 무선 센서 네트워크에서의 모니터링 그리고 질의처리에서 발생하는 문제들을 해결하여 에너지 효율적인 무선 센서 네트워크 시스템을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 관련 연구를 기술하고, 3장에서는 프록시 시스템 구조를 제시한다. 4장에서는 프록시 시스템의 연산에 대해서 소개하고, 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구 내용을 기술한다.

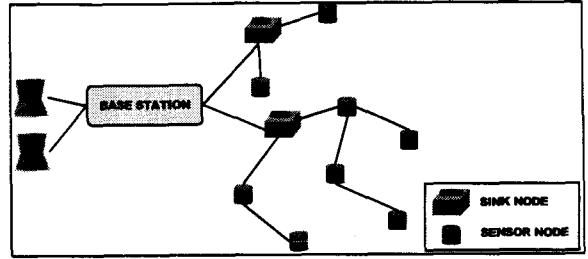
2. 관련연구

무선 센서 네트워크 시스템은 분산 데이터베이스 시스템으로 정의 할 수 있다. 무선 센서 네트워크에서 각 센서노드의 센싱 데이터는 분산 데이터베이스에서의 하나의 튜플(Tuple)로 정의될 수 있다. 또한 각 노드에서의 센싱 데이터 즉 각 튜플의 집합을 릴레이션(Relation)으로 정의 할 수 있다[9].

무선 센서 네트워크 시스템을 분산 데이터베이스 시스템으로 정의할 수 있기 때문에 무선 센서 네트워크에서의 효율적인 질의처리를 위해 질의모델(Query model), 질의수집(Query aggregation)등의 질의최적화(Query Optimization)방법을 무선 센서 네트워크 시스템에 적용하는 방안들이 제안되었다[11][12][13][14].

Y. Yao와 J. Gehrke는 무선 센서 네트워크를 하나의 분산 데이터베이스로 정의하고 미들웨어 형식의 질의계층을 이용하여 무선 센서 네트워크에서의 질의를 처리하는 방안을 제안하였으며 또한 에너지 효율적인 무선 센서 네트워크에서의 질의처리를 위한 방안으로 네트워크 내부에서 질의를 처리하여 응답 메시지의 크기를 줄이는 방법을 제안하였다[10].

또한 센서 네트워크 운영체제인 TinyOS를 기반으로



[그림 1] 프록시 시스템 구조

센서 네트워크에서의 질의처리 효율을 높이기 위한 TinyDB가 제안되고 구현되었다[8].

하지만 질의가 네트워크 내부에 전송되었다는 것은 그만큼의 에너지가 소모되었다는 것을 의미한다. 때문에 네트워크 외부에서 처리할 수 있는 질의 즉 네트워크 외부에 질의를 처리할 정도의 센싱 데이터가 존재하고 질의를 처리할 수 있는 조건이 충족될 때는 네트워크 외부에서 처리하는 것이 무선 센서 네트워크의 에너지 효율을 증가시키는 방법이다.

네트워크 외부에서 질의를 처리할 수 없을 때는 네트워크 내부에서 질의를 처리하여 응답 메시지의 크기를 줄이는 방법이 효율적이다.

위의 접근방법들에서는 중복질의에 대한 해결책이 제시되지 않았다. 하지만 해당 문제는 센서 네트워크에서의 에너지 효율적인 측면에서 해결되어야 하는 문제이다.

분산 데이터베이스에서의 실제화된 뷰는 질의에 대한 응답을 뷰의 형태로 저장하는 것을 의미한다. 하지만 가상의 테이블인 뷰와는 달리 실제적인 저장장이 이루어지며 데이터베이스가 갱신 될 때 갱신된 데이터와 관련된 실제화된 뷰 또한 갱신된다. 실제화된 뷰를 이용하여 질의 처리에서의 효율을 높일 수 있으며 또한 중복질의문제를 에너지 효율적으로 해결할 수 있다.

본 논문에서는 분산 데이터베이스에서의 뷰, 실제화된 뷰, 프록시의 개념을 기반으로 무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율적인 모니터링, 질의처리 방법을 제안한다.

3. 프록시 시스템

본 논문에서 제안한 프록시 시스템의 구조는 [그림 1]과 같다. 프록시 시스템은 무선 센서 네트워크로부터의 센싱 데이터를 사용자에게 전달하거나 사용자로부터의 질의를 무선 센서 네트워크로 전달한다. 프록시 시스템은 모니터링, 질의처리에서 발생할 수 있는 문제들을 해결하여 에너지 효율적인 무선 센서 네트워크 시스템을 구축하는 것을 목표로 한다. 프록시 시스템은 센서노드, 싱크노드, 베이스 스테이션으로 구성된다.

센서노드는 모니터링 주기나 싱크노드로부터 요청에 의해 주위의 환경을 센싱한다. 모니터링 주기에 의한 센싱의 경우 센싱 데이터가 연속적인 중복 센싱 데이터인지를 판단하기 위해서 현재 센싱 데이터와 저장된 센싱 데이터의 값을 비교한다. 두 센싱 데이터의 값이 일치한

다면 해당 센싱 데이터는 연속적인 중복 센싱 데이터이기 때문에 센싱 데이터를 싱크노드로 전송하지 않는다. 하지만 두 센싱 데이터의 값이 일치하지 않는다면 해당 센싱 데이터는 연속적인 중복 센싱 데이터가 아니기 때문에 센싱 데이터를 싱크노드로 전송한다. 그리고 저장된 센싱 데이터의 값을 현재 센싱 데이터의 값으로 갱신한다.

싱크노드로부터의 요청에 의한 센싱은 사용자의 질의에 의해서 발생한다. 때문에 센싱 데이터가 연속적인 중복 센싱 데이터가 아니고 질의의 조건을 충족할 때 싱크노드로 전송된다. 싱크노드는 센서노드를 관리한다. 또한 모니터링에서의 연속적인 중복 센싱 데이터문제를 해결하고 네트워크 내부에서의 에너지 효율적인 질의처리를 위해 자신이 관리하는 센서노드들의 센싱 데이터를 뷰의 형태로 저장한다.

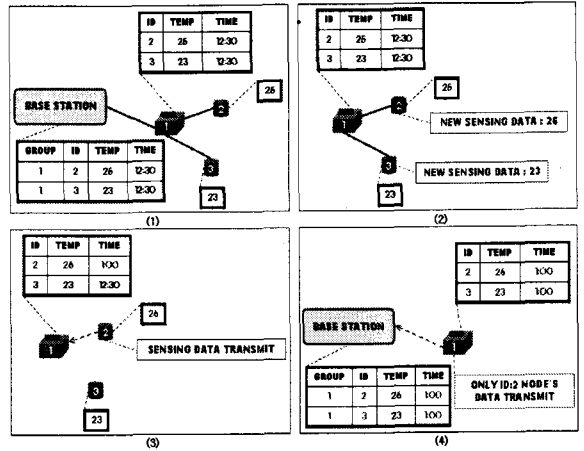
싱크노드는 센서노드로부터 센싱 데이터를 수신해야 할 상황 즉 자신이 센서노드들에게 센싱을 요청했거나 모니터링 주기에 의해 센서노드들이 센싱작업을 수행할 때 센서노드들로부터의 센싱 데이터가 모두 송신될 수 있을 만큼의 시간동안 대기하며 센서노드들로부터의 센싱 데이터를 수신한다. 각 센서노드로부터의 센싱 데이터가 수신되면 해당 센싱 데이터를 이용해 뷰를 갱신한다. 싱크노드의 대기시간이 모두 종료되었을 때 새롭게 수신 받은 센싱 데이터만을 베이스 스테이션으로 송신한다. 송신이 종료되었을 때 현재 갱신된 뷰의 갱신되지 않은 튜플들은 센서노드가 센싱 데이터를 연속적인 중복 데이터라고 판단하여 송신을 하지 않은 것이기 때문에 현재 뷰에서 갱신되지 않은 튜플들도 새롭게 갱신된 튜플에 해당한다. 따라서 뷰에서 현재 갱신되지 않은 튜플들의 갱신 시간을 현재 자신의 시스템 시간으로 갱신한다.

베이스 스테이션은 사용자와 무선 센서 네트워크를 연결한다. 즉 무선 센서 네트워크에서 수집된 모든 정보는 베이스 스테이션을 거쳐서 사용자에게 전달되며 사용자로부터의 질의 또한 베이스 스테이션을 거쳐서 무선 센서 네트워크로 전달된다. 또한 베이스 스테이션은 영속적인 에너지를 공급받을 수 있다고 가정한다.

베이스 스테이션이 무선 센서 네트워크와 사용자의 접점에 위치하기 때문에 무선 센서 네트워크로부터의 모든 모니터링 데이터는 베이스 스테이션에 전달되게 된다. 때문에 무선 센서 네트워크에서의 질의처리의 효율을 위해 베이스 스테이션에 무선 센서 네트워크에서의 데이터에 대한 데이터베이스가 구축된다.

효율적인 질의처리를 위해서 질의에 대한 실체화된 뷰 또한 베이스 스테이션에 위치한다. 처리된 질의에 대한 실체화된 뷰가 베이스 스테이션에 위치하기 때문에 중복 질의에 대한 문제를 에너지 효율적으로 해결할 수 있으며 실체화된 뷰가 존재하지 않더라도 특정질의를 제외하고는 데이터베이스의 데이터를 통해 처리될 수 있다.

모니터링 주기에 의해서 데이터베이스가 갱신의 경우 먼저 싱크노드들로부터 수신된 센싱 데이터들에 의한 데이터베이스의 갱신작업이 이루어진다. 모든 싱크노드들로부터의 수신이 종료되었을 때 수신되지 않은 센서노드들로부터의 센싱 데이터들은 싱크노드가 연속적인 중복 데이터라고 판단하여 전송하지 않은 것이기 때문에 현재



[그림 2] 프록시 시스템에서의 모니터링 데이터 수집

데이터베이스에서 갱신되지 않은 모든 튜플들도 새롭게 갱신된 튜플에 해당한다. 따라서 갱신되지 않은 튜플들의 갱신 시간을 현재 자신의 시스템 시간으로 갱신한다.

모니터링 주기에 의한 데이터베이스의 갱신이 종료되었을 때 해당 데이터베이스의 데이터를 이용하여 실체화된 뷰들이 갱신된다.

베이스 스테이션에서의 데이터베이스나 실체화된 뷰의 데이터로 질의를 처리할 수 없을 경우 베이스 스테이션은 네트워크 내부로부터 질의를 전달하고 해당 질의는 네트워크 내부에서 처리되게 된다. 베이스 스테이션이 네트워크 내부로부터 질의에 대한 응답을 수신하였을 때 해당 응답의 센싱 데이터를 이용하여 데이터베이스와 실체화된 뷰를 갱신한다.

4. 프록시 시스템에서의 연산

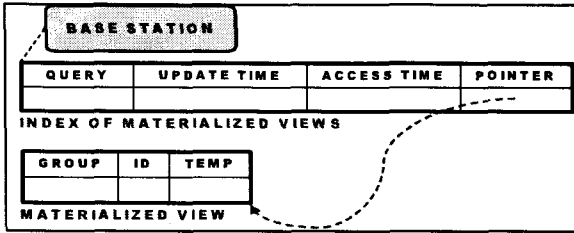
본 장에서는 프록시 시스템에서 발생하는 연산들의 처리과정을 기술한다.

4.1 모니터링 데이터 수집

프록시 시스템에서 모니터링 데이터의 수집과정은 [그림 2]와 같으며 모니터링 데이터의 수집은 정해진 모니터링 주기에 따라 주기적으로 이루어진다.

[그림 2]에서 (1)은 모니터링 주기에 의해 센싱하기 전의 무선 센서 네트워크의 상황을 보여준다. 센서노드인 2번과 3번 노드에 각각 마지막으로 센싱했던 센싱 데이터의 값인 25와 23이 저장되어 있으며 싱크노드인 1번 노드에는 자신의 그룹의 센서노드들로부터의 센싱 데이터 즉 2번과 3번 노드의 센싱 데이터가 뷰 내에 튜플의 형태로 저장되어 있다. 베이스 스테이션은 현재 네트워크 전체의 센싱 데이터 즉 2번과 3번 노드에 대한 센싱 데이터가 데이터베이스 내에 튜플의 형태로 저장되어 있다.

(2)는 현재 모니터링 주기가 되었기 때문에 각 센서노드가 주위의 환경을 센싱하는 모습을 보여준다.



[그림 3] 실제화된 뷰의 인덱스와 실제화된 뷰 구조

2번 센서노드가 센싱한 결과는 26이며 3번 센서노드가 센싱한 결과는 23이다. 이때 각 센서노드에서 해당 센싱 데이터가 연속적인 중복데이터인지를 판단한다. 2번 센서노드의 경우 저장된 센싱 데이터가 25이고 현재 센싱 데이터가 26이기 때문에 두 값은 일치하지 않는다. 때문에 2번 센서노드의 현재 센싱 데이터는 연속적인 중복데이터가 아니다. 3번 센서노드의 경우 저장된 센싱 데이터가 23이고 현재 센싱 데이터가 23이기 때문에 연속적인 중복데이터에 해당하게 된다.

(3)은 연속적인 중복데이터가 아닌 센싱 데이터를 자신의 싱크노드 즉 1번 싱크노드로 전송하는 모습을 보여준다. (2)에서 2번 센서노드의 센싱 데이터만 연속적인 중복데이터가 아니기 때문에 2번 센서노드만 1번 싱크노드로 센싱 데이터를 전송하고 자신의 저장된 센싱 데이터 값을 26으로 갱신한다. 2번 센서노드로부터 센싱 데이터를 수신 받은 1번 싱크노드는 자신의 뷰를 갱신한다.

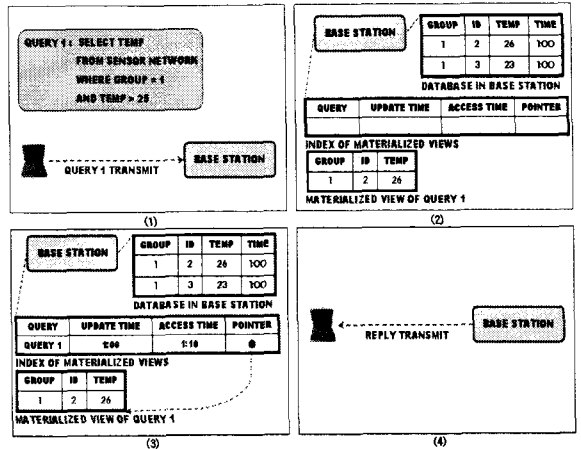
(4)는 1번 싱크노드가 모니터링 주기에 의한 대기시간이 모두 종료 되었을 때의 상황을 보여준다. 1번 싱크노드는 베이스 스테이션에 현재 뷰에서 갱신된 데이터 즉 2번 센서노드에 대한 센싱 데이터만을 베이스 스테이션으로 전송한다. 1번 싱크노드가 뷰에서 갱신된 데이터를 모두 전송했을 때 뷰에서 갱신되지 않은 튜플들의 갱신 시간을 현재 시스템 시간으로 갱신한다. 베이스 스테이션은 1번 싱크노드로부터 수신 받은 센싱 데이터를 이용하여 데이터베이스를 갱신한다. 즉 2번 센서노드에 대한 튜플을 갱신한다. 갱신이 종료되었다는 것은 현재 모든 싱크노드로부터의 수신 작업이 종료되었다는 것을 의미한다. 이때 베이스 스테이션은 데이터베이스에서 갱신되지 않은 튜플들의 갱신 시간, 즉 3번 센서노드에 대한 튜플에서의 갱신 시간을 현재 자신의 시스템 시간으로 갱신한다. 하지만 현재 생성된 실제화된 뷰가 없기 때문에 실제화의 뷰에 대한 갱신은 이루어지지 않는다.

4.2 실제화된 뷰 관리

실제화된 뷰의 인덱스와 실제화된 뷰의 구조는 [그림 3]과 같다. 실제화된 뷰의 인덱스와 실제화된 뷰는 생성, 검색, 갱신, 삭제연산에 의하여 관리된다.

사용자의 질의에 대한 실제화된 뷰의 존재여부를 판단하기 위해서 실제화된 뷰의 인덱스에 검색연산이 행해지게 된다.

실제화된 뷰의 인덱스와 실제화된 뷰는 사용자의 질의에 의해서 생성된다. 실제화된 뷰의 인덱스에 대한 검색



[그림 4] 베이스 스테이션의 데이터베이스를 이용한 질의처리

연산에서 질의에 대한 실제화된 뷰가 존재하지 않는다면 데이터베이스나 무선 센서 네트워크 내에서의 연산을 통해 해당 질의에 대한 응답 메시지를 생성한다. 생성된 응답 메시지를 사용자에게 전송하기 전에 실제화된 뷰의 형태로 저장하고 해당 실제화된 뷰의 인덱스를 생성한다. 실제화된 뷰의 인덱스의 갱신시간(Update Time)은 실제화된 뷰의 튜플들의 갱신시간의 평균으로 등록한다. 실제화된 뷰의 인덱스의 접근시간(Access Time)은 사용자가 생성된 실제화된 뷰에 최종적으로 접근한 시간을 의미하며 현재 생성연산도 접근에 해당하기 때문에 현재의 접근시간은 현재 시스템의 시간으로 등록되게 된다.

실제화된 뷰의 인덱스와 실제화된 뷰는 모니터링 주기에 의한 모니터링 데이터나 사용자의 질의에 의해서 갱신된다. 사용자의 질의에 의해서 실제화된 뷰의 인덱스와 실제화된 뷰가 갱신되는 경우는 해당 질의를 데이터베이스의 데이터로 처리하지 못하거나 질의를 처리하는데 필요한 조건을 충족시켜주지 못하기 때문에 해당 질의가 무선 센서 네트워크에 전달되는 경우에 해당된다.

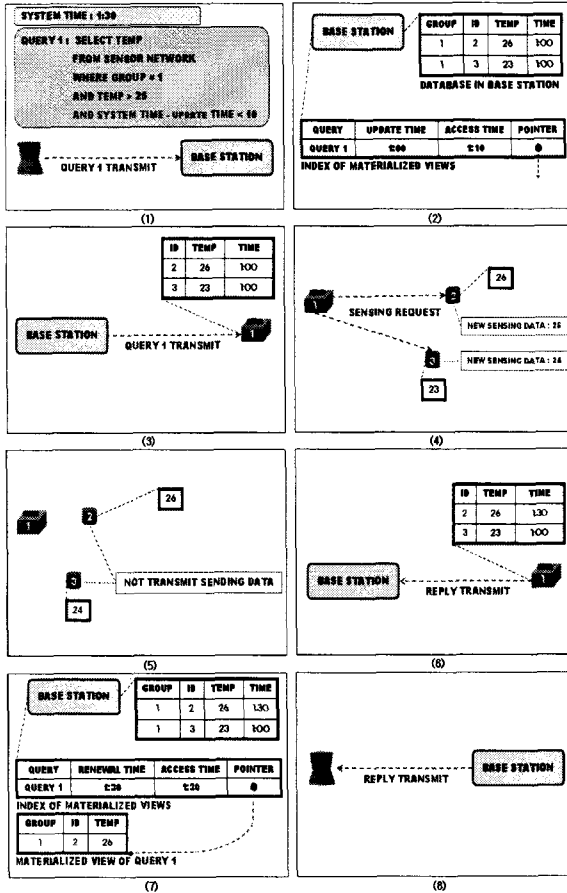
실제화된 뷰의 인덱스와 실제화된 뷰는 사용자가 해당 실제화된 뷰를 일정기간동안 사용하지 않았을 때 삭제된다. 즉 모니터링 데이터에 의해서 데이터베이스가 갱신될 때 실제화된 뷰의 인덱스에 차례대로 접근하여 실제화된 뷰를 갱신하는데 이때 각 실제화된 뷰의 접근시간을 검사하여 해당 실제화된 뷰의 대한 접근이 일정기간 동안 이루어지지 않았을 때 해당 실제화된 뷰가 삭제된다.

4.3 사용자의 질의처리

사용자의 질의가 처리되는 방법은 베이스 스테이션에서의 데이터베이스나 실제화된 뷰에 의해 처리되는 방법과 네트워크 내부에서 처리되는 방법으로 분류된다.

베이스 스테이션에서의 데이터베이스나 실제화된 뷰에 의한 질의처리방법은 [그림 4]와 같다.

[그림 4]에서 (1)은 사용자의 질의와 사용자의 질의가 베이스 스테이션으로 전달되는 모습을 보여준다. 해당



[그림 5] 네트워크 내부에서의 질의처리

질의는 1번 싱크노드의 그룹에서 25도 이상의 온도 값을 가지는 해당 온도 값을 필요로 한다는 것을 의미한다.

(2)는 베이스 스테이션이 사용자의 질의를 수신하여 해당 질의를 처리하는 모습을 보여준다. 베이스 스테이션의 실체화된 뷰의 인덱스를 검색하여 해당 질의에 대한 실체화된 뷰가 존재하는지를 판단한다. 현재 사용자의 질의에 대한 실체화된 뷰가 존재하지는 않지만 해당 질의는 데이터베이스로 처리할 수 있다. 때문에 베이스 스테이션은 데이터베이스의 데이터를 이용하여 해당 질의에 대한 응답을 작성하고 응답을 실체화된 뷰로 저장한다.

(3)은 생성된 실체화된 뷰의 효율적인 관리를 위해 해당 실체화된 뷰에 대한 실체화된 뷰의 인덱스를 생성하고 인덱스에 실체화된 뷰의 정보를 등록하는 모습을 보여준다.

(4)는 질의에 대한 응답을 사용자에게 전송하는 모습을 보여준다.

사용자의 질의가 베이스 스테이션에서의 데이터베이스나 실체화된 뷰를 이용하여 처리될 수 없을 때의 네트워크 내부에서의 질의처리방법은 [그림 5]와 같다.

[그림 5]의 (1)은 사용자의 질의와 사용자의 질의가 베

이스 스테이션으로 전달되는 모습을 보여준다. 해당 질의는 [그림 4]에서의 질의와 동일한 목적으로 작성되었다. 하지만 여기서의 질의는 최근 10분 안에 갱신된 데이터를 이용한 응답을 요구한다.

(2)는 베이스 스테이션에서 해당 질의를 수신하여 베이스 스테이션의 데이터베이스나 실체화된 뷰를 이용하여 처리될 수 있는지의 여부를 판단하는 것을 보여준다. 현재 데이터베이스에 데이터가 최근 10분 안에 갱신된 데이터가 아니며 실체화된 뷰의 인덱스의 검색결과 해당 질의를 처리할 수 있는 실체화된 뷰는 존재하지만 해당 실체화된 뷰 또한 최근 10분 안에 갱신된 것이 아니기 때문에 베이스 스테이션에서 처리될 수 있는 질의가 아니다.

(3)은 베이스 스테이션에서 처리할 수 없는 질의를 네트워크 내부로 전송하는 모습을 보여준다. 해당 질의는 1번 싱크노드에 전달된다. 하지만 1번 싱크노드의 뷰 또한 최근 10분 안에 갱신된 것이 아니기 때문에 1번 싱크노드에서 처리될 수 없다.

(4)는 1번 싱크노드에서 처리될 수 없기 때문에 1번 싱크노드가 자신의 그룹의 센서노드들에 센싱을 요청하는 모습을 보여준다. 2번 센서노드에 저장된 센싱 데이터의 값은 26이며 현재 센싱 한 값 또한 26이기 때문에 연속적인 중복데이터에 해당한다. 3번 센서노드의 경우 저장된 센싱 데이터와 현재 센싱 한 값이 다르기 때문에 연속적인 중복데이터가 아니다.

(5)는 1번 싱크노드의 그룹의 센서노드들이 1번 싱크노드로 센싱 데이터를 전송하는 모습을 보여준다. 하지만 어떠한 센서노드도 1번 싱크노드로 센싱 데이터를 전송하지 않는다. 2번 센서노드의 경우 해당 데이터가 연속적인 중복데이터이기 때문에 전송하지 않으며 3번 센서노드의 경우 연속적인 중복데이터가 아니지만 해당 센싱 데이터가 질의의 조건을 충족하지 못하기 때문에 전송하지 않는다. 즉 질의에서는 25 이상의 온도 값을 요구하지만 2번 센서노드의 갱신된 온도 값은 24 이기 때문에 전송대상에서 제외된다.

(6)은 1번 싱크노드의 센싱 요청에 대한 대기시간이 종료된 후 자신의 뷰에서 질의조건을 충족시키는 튜플만을 갱신하는 모습을 보여준다. 때문에 2번 센서노드에 대한 튜플이 갱신된다. 뷰의 갱신이 종료된 후 해당 뷰에서 갱신된 튜플을 베이스 스테이션으로 전송한다.

(7)은 베이스 스테이션에서 1번 싱크노드로부터의 데이터가 모두 수신된 이후의 모습을 보여준다. 베이스 스테이션은 1번 싱크노드로부터 수신된 센싱 데이터를 이용해 데이터베이스를 갱신시키고 해당 실체화된 뷰와 실체화된 뷰의 인덱스를 갱신한다.

(8)은 베이스 스테이션에서 질의에 대한 응답을 사용자에게 전달하는 모습을 보여준다.

5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 분산 데이터베이스 시스템의 개념을 기반으로 무선 센서 네트워크 기반의 모니터링 시스템에서 발생하는 연속적인 중복 센싱 데이터에 대한 문제를 해

결하고 질의처리 시스템에서 발생하는 중복 질의문제를 해결하여 무선 센서 네트워크 시스템에서 에너지 효율적인 프록시 시스템을 제안하였다.

향후연구에서는 제안된 프록시 시스템의 성능을 평가하고 다른 무선 센서 네트워크 시스템과의 비교를 통해 프록시 시스템의 효율성을 증명한다. 또한 무선 센서 네트워크 시스템에 적용 가능한 질의처리기법들에 대한 연구를 바탕으로 무선 센서 네트워크에 적용 가능한 에너지효율적인 질의처리기법을 프록시 시스템에 적용하여 에너지 효율적인 무선 센서 네트워크 시스템을 제안하는 연구를 진행할 것이다.

참고문헌

1. D. Estrin, R. Govindan, J. Heidemann, and S. Kumar. "Next Century Challenges : Scalable Coordination in Sensor Networks". In *MobiCom 99*, Seattle, USA, Aug. 99.
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. Intanagonwiwat and D. Estrin. "Directed diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks". In *Proceedings of 6th ACM/IEEE Mobicom Conference*, 2000.
4. S. Lindsey and C. S. Raghavendra. "PEGASIS: Power Efficient Gathering in Sensor Information Systems". In *Proc. of IEEE Aerospace Conference*, 2002.
5. W. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan. "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks". In *Proceedings of 5th ACM/IEEE Mobicom Conference*, 1999.
6. A. Manjeshwar and D.P. Agrawal. "APTEEN: A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks". *Parallel and Distributed Processing Symposium, Proceedings International (IPDPS 2002)*, pp15-19 April 2002.
7. S. Shekhar et al. "Spatial Databases Accomplishments and Research Needs", *IEEE Tran. on Knowledge and Data Engineering*, Vol 11, No. 1, pp45-55, 1999.
8. Samuel R. Madden, Michael J. Franklin, Joseph M. Hellerstein, and Wei Hong. "TinyDB: An Acquisitional Query Processing System for Sensor Networks". *ACM Trans. Database System* 30(1):122-173, 2005.
9. R. Govindan, J. M. Hellerstein, W. Hong, S. Madden, M. Franklin, S. Shenker, "The Sensor Network as a Database," *USC Technical Report No. 702-771*, September 2002.
10. Y. Yao and J. Gehrke. "The Cougar Approach to In-network Query Processing in Sensor Networks". *Sigmod Record*, 31(3), September 2002.
11. Wei Yu, Thang Nam Le, Dong Xuan and Wei Zhao, Query Aggregation for Providing Efficient Data Services in Sensor Networks, in *Proc. of IEEE Mobile and Ad-hoc Sensor Systems (MASS)*, pp. 31-40, Oct. 2004.
12. N. Shrivastava, C. Buragohain, D. Agrawal, and S. Suri, "Medians and Beyond: New Aggregation Techniques for Sensor Networks," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '04)*, pp. 239 - 249, Baltimore, Md, USA, November 2004.
13. N. Sadagopan, B. Krishnamachari, and A. Helmy, "Active Query Forwarding in Sensor Networks (ACQUIRE)", *SNPA 2003*.
14. Jonathan Beaver, Mohamed A. Sharaf, Alexandros Labrinidis, and Panos K. Chrysanthis. Power-Aware In-Network Query Processing for Sensor Data. In *Proceedings of the 2nd Hellenic Data Management Symposium (HDMS)*, Athens, Hellas, pp 1-17, September 4-5, 2003.