

실내환경 모니터링시스템을 위한 무선 센서네트워크에서의 플러딩 방식의 질의모델 설계 및 구현

이승철 · 정상중 · 이영동 · 정완영*†

Design and implementation of flooding-based query model in wireless sensor networks for indoor environmental monitoring system

Seung-Chul Lee, Sang-Joong Jung, Young-Dong Lee, and Wan-Young Chung*†

Abstract

An indoor environmental monitoring system using IEEE 802.15.4 based wireless sensor network is proposed to monitor the amount of pollutant entering to the room from outside and also the amount of pollutant that is generated in indoor by the building materials itself or human activities. Small-size, low-power wireless sensor node and low power electrochemical sensor board is designed to measure the condition of indoor environment in buildings such as home, offices, commercial premises and schools. In this paper, two query models, the broadcasting query protocol and flooding query protocol, were designed and programmed as a query-based routing protocol in wireless sensor network for an environment monitoring system. The flooding query routing protocol in environment monitoring is very effective as a power saving routing protocol and reliable data transmission between sensor nodes.

Key Words : environment monitoring, wireless sensor network, indoor air quality monitoring system, gas sensor, ad-hoc network

1. 서 론

최근 삶의 질에 대한 관심이 증대되면서 가정, 사무실, 공장 등에서의 실내공기질(indoor air quality)^[1]에 대한 관심이 높아지고 있으며, 무선통신 및 초소형, 초경량인 센서기술의 발전으로 인해 무선 실내환경 모니터링 시스템^[2]의 필요성이 지속적으로 부각되고 있다.

기존의 실내환경 모니터링 시스템은 주로 유선으로 연결된 센서소자 또는 센서모듈을 이용하여 실내환경을 모니터링하고 이상 신호가 발생 시 알람신호를 발생시키는 방식으로 개발되어 왔으나, 실내환경 모니터링을 위해 사용한 반도체형 센서^[3,4]는 특성상 여러가스를 동시에 감지를 하기 때문에 가스에 대한 선택성

을 가지기가 쉽지가 않으며, 전력소모가 많은 단점을 가지고 있다.

최근 들어 이러한 기존 시스템의 단점을 해결하기 위해 무선통신기술과 소형 센서모듈의 장점을 살려 기존의 유선시스템을 무선화하여 손쉽게 설치할 수 있을 뿐만 아니라 실내에 배치된 다수 센서노드의 저전력소모와 무선데이터 송수신에 있어서의 데이터 효율성과 신뢰성에 초점을 맞춘 무선센서네트워크^[5]를 기반으로 한 실내환경 모니터링 시스템에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있다.

본 논문에서는 사용자가 가능한 에너지를 보존 및 효율성을 높이기 위해서 센서노드를 질의기반으로 센서네트워크에 전송하게 될 조합 질의(query)를 허용하기 위해서 일반적인 조합 인터페이스(SQL style query language, query router)^[6,7]를 제공하여 효율적 센서노드를 관리하고자 하였다. 기존의 플러딩 방식(브로드캐스트 방식의 질의 모델)은 특별한 경로 없이 네트워크를 포위당하는 방식으로 패킷을 무작정 전달만 하다

동서대학교 디자인&IT전문대학원(Dept. of Ubiquitous IT, Graduate School of Design & IT, Dongseo University)

*동서대학교 컴퓨터정보공학부(Division of Computer & Information Engineering, Dongseo University)

†Corresponding author: wychung@dongseo.ac.kr

(Received : January 7, 2008, Accepted : February 14, 2008)

보면 같은 패킷을 다시 전송하는 문제를 가지고 있다. 이런 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 패킷 전송 부분이 개선된 플러딩 방식의 질의 모델을 제안한다. 네트워크로부터 필요로 하는 센서 데이터를 추출하기 위해서 제안한 플러딩(flooding) 방식의 질의처리기(query processor)를 구현하여 SQL 질의 방식과 비슷한 질의 명령을 주어 높은 신뢰성을 갖는 실내환경 모니터링 시스템을 구현하였다. 또한, 전기화학식 가스^[8] 및 온도 모듈과 연결된 각 센서노드들은 Ad-hoc 라우

팅 토폴로지를 형성하도록 하였고, 사용자는 터미널 PC를 통해 실시간으로 가스 및 온도 데이터의 모니터링 및 효율적인 센서노드 관리가 가능하도록 구현하였다.

2. 연구 내용 및 방법

질의기반 무선센서네트워크는 각 센서 노드들에서의 에너지 보존 및 소모율을 최소화시키기 위해서 사용자가 질의를 이용하여 센서노드들을 효율적으로 관리하

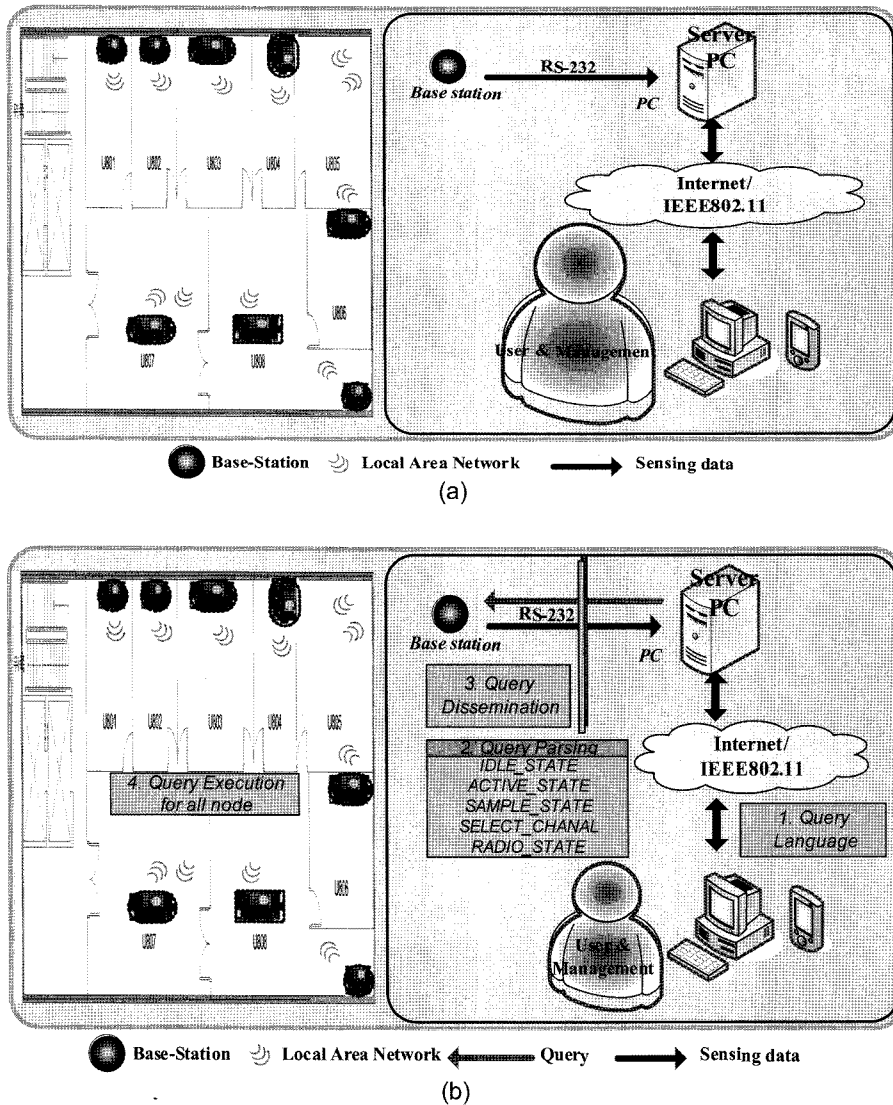


그림 1. 무선센서네트워크 기반의 실내환경 모니터링 시스템; (a) 일반적인 실내환경 모니터링 시스템, (b) 질의기반 실내 환경 모니터링 시스템

Fig. 1. System architecture for indoor environment monitoring using wireless sensor network; (a) General indoor environment monitoring system, (b) Query-based indoor environment monitoring system.

고자하는 시스템이다. 실내 센서네트워크 환경에 흩어져 있는 노드를 관리하기 위해서 센서 노드의 제한된 리소스(저성능 CPU, 작은 용량의 메모리, 저용량의 통신 대역폭, 배터리)를 최대한 활용하여 넓은 실내 공간에 사용자가 직접적으로 관리하기 힘든 부분을 관리함으로써 효율적으로 센서노드의 배터리 수명을 연장할 수 있다.

2.1. 질의기반 실내환경 모니터링 시스템

넓은 실내 공간에 센서노드를 배치하여 효율적으로 센서노드에서의 데이터 모니터링 및 센서노드를 관리하기 위해서는 신뢰성을 갖춘 질의기반 실내환경 모니터링 시스템의 구현이 요구된다. 그림 1은 기존의 Ad-hoc 네트워크를 형성하여 사용하는 실내환경 모니터링 시스템과 본 논문에서 제안한 신뢰성 질의 기능을 갖춘 실내환경 모니터링 시스템의 구성도를 보여주고 있다. 기존의 실내환경 시스템 (a)은 실내 곳곳에 배치된

센서노드가 실내의 CO, CO2, Dust 등의 실내 유해 공기를 무선센서네트워크를 적용하여 베이스스테이션(base-station)로 실내환경 데이터를 일정한 시간 간격을 두고 연속적으로 전송하였다. 이로 인하여 사용하지 않는 센서노드나 또는 불필요한 센서노드를 이용함으로써 제한된 전력을 효율적으로 이용하는데 문제점을 갖고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 시간 간격을 1회로 변경할 경우 센서노드의 에너지는 보존할 수 있으나, 실시간으로 수집되는 정보의 정확도는 낮아지는 단점이 발생한다. 그리고, 실내에 장착된 센서 노드들은 설치 이후에는 사용자의 관리가 어려운 특징을 가지고 있다. 또한, 센서노드에 장착된 유해측정센서모듈(CO, CO2, Dust)을 다양하게 관리하는데 문제점도 갖고 있다.

본 논문에서 제안하는 질의기반 환경모니터링 시스템 (b)은 실내에 배치된 센서노드가 Ad-hoc을 형성하여 실시간으로 유해 공기 데이터를 베이스스테이션으로

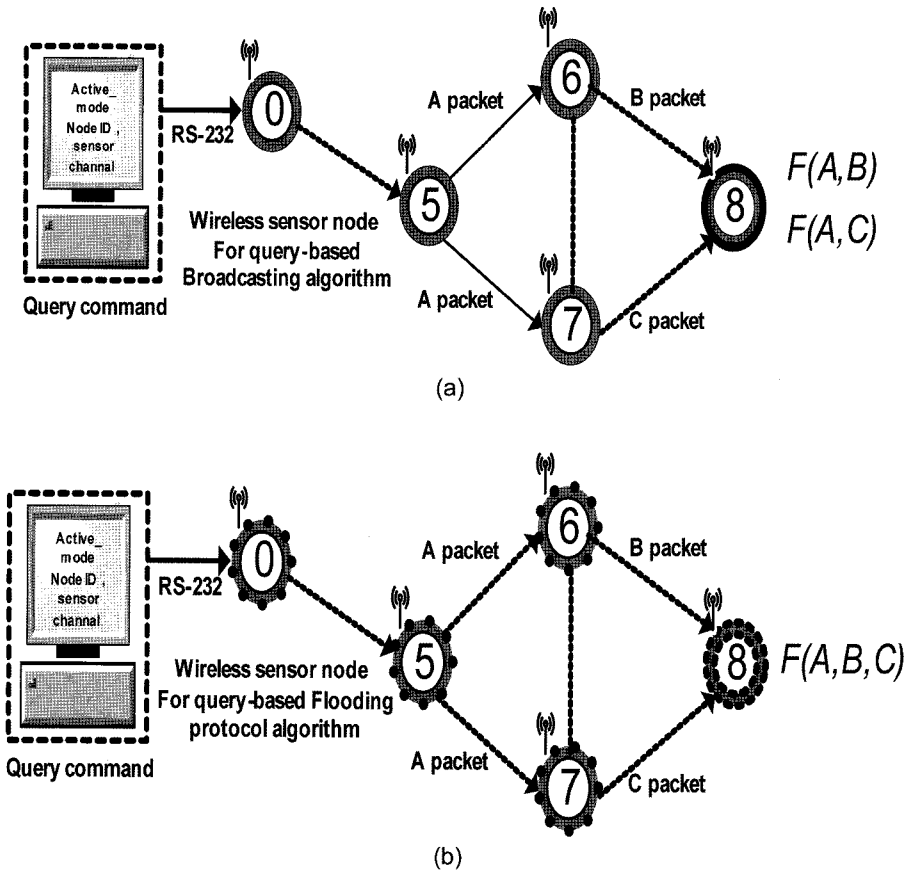


그림 2. 제안한 질의 모델; (a)브로드캐스팅을 이용한 질의모델, (b) 플러딩 프로토콜을 이용한 질의모델
 Fig. 2. Proposed query model; (a)query model using broadcasting, (b) query model using flooding protocols.

로 전송할 뿐만 아니라 실내에 배치된 불필요로 하는 센서노드를 질의기반으로 관리하기 때문에 전력을 효율적으로 관리할 수 있다. 또한, 실내환경 측정에 요구된 센서모듈을 센서노드에서 통합 관리하기 때문에 사용하지 않는 환경 센서 모듈을 쉽게 제어하고 관리할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 질의기반 실내환경 시스템(b)은 4단계^[9]의 질의처리기로 구성하였다. 첫 번째로 터미널 PC 응용 어플리케이션에서는 CO, CO₂, Dust 등의 각 센서와 센서노드에 대해 수행할 SQL 같은 정보 타입을 데이터베이스화 시켜놓고 사용자가 지정한 기간 동안 반드시 질의를 성공적으로 수행하도록 구성하였다. 두 번째로 문장단위의 질의 명령을 파싱과정을 거쳐서 베이스스테이션으로 질의를 전송한다. 세 번째로 베이스스테이션에 사용자가 파싱된 질의를 주었을 때, 플러딩 프로토콜은 질의기법을 구현하여 질의하고자 하는 센서노드에 신뢰성 있게 질의를 전송한다. 그리고, 마지막으로 실내공간에 배치되어 있는 센서노드에 질의를 부여하여 센서노드의 제한된 리소스를 최대한

활용하여 효율적인 질의를 수행하여 다른 이웃 센서노드를 거쳐 베이스스테이션으로 질의응답 패킷을 전송한다.

2.2. 브로드캐스트 방식의 질의 모델

본 논문에서는 질의기반 실내환경 모니터링 시스템을 위해 실내에 다수 존재하는 센서노드를 신뢰성 있게 질의를 성공적으로 제어 및 수행하기 위해서 두 가지의 질의기법을 제안하고자 한다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 질의 모델로서 중앙 집중화된 호스트 PC에서 네트워크 토폴로지를 형성하는 모든 센서노드에게 질의 명령을 보내는 모습을 보여주고 있다. 특히, 질의는 공간적으로 분산된 센서로부터 데이터를 요구하며, 이는 무선센서네트워크에서 센서 기록을 배달하기 위해 적당한 통신구조로 놓여서 조합된 언어로 목적 노드 기록을 배달 할 수 있다. 그림 2(a)는 브로드캐스팅 방식^[10]만으로 조합된 질의를 네트워크 토폴로지를 형성하여 질의를 보내는 것을 나타낸다. 베이스스테이션에서 질의를 분산하여 보낼 경우 노드 5번의 패킷은

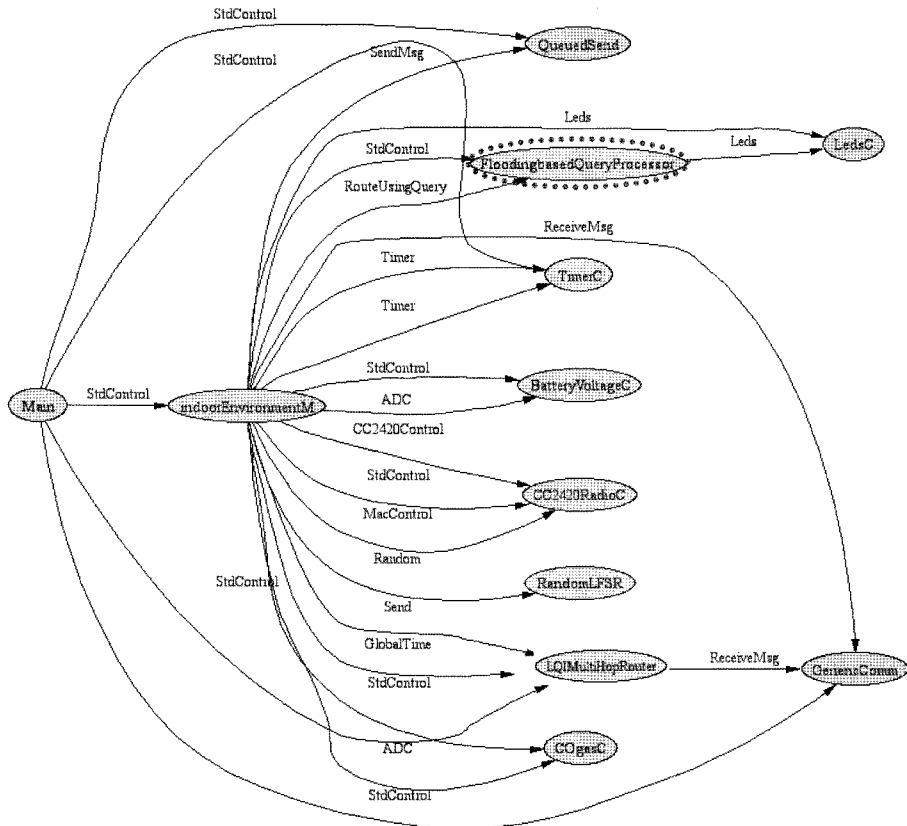


그림 3. 플러딩 프로토콜을 이용한 질의기반 TinyOS 어플리케이션
Fig. 3. Query-based TinyOS application using flooding protocol.

노드 6, 7, 8에게 자신 패킷(A packet)을 전송을 한다. 이로 인하여 노드 6, 7, 8은 노드 7의 같은 패킷(A packet)을 받게 되며, 브로드캐스팅 질의방식 모델인 노드 8은 질의 패킷 F(A, B), F(A, C)와 같이 2번 이상 질의 명령의 A packet을 받을 수 있기 때문에 같은 질의 명령을 2번 이상 수행할 수 있는 문제를 안고 있다. 그림 2(b) 모델은 구현한 브로드캐스팅 질의의 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서 제안한 질의 모델이다. 노드 5번의 패킷은 노드 6, 7, 8에게 자신 패킷을 전송하여, 노드 6, 7, 8은 노드 5번의 같은 패킷(A packet)을 받는 것은 브로드캐스팅 모델 질의 전달 방식과 같다. 플러딩 방식^[11]의 질의 모델인 노드 8은 F(A, B, C)와 같은 1번의 질의 명령을 받을 수 있기 때문에 질의명령을 1번만 수행할 수 있다. 따라서, 호스트 PC 상에서 분산된 센서 노드까지 조합 질의에 대해서 신뢰성 있게 질의를 성공적으로 수행할 수 있다.

2.3. 플러딩 방식의 질의 모델

플러딩 방식의 질의 모델은 앞서 제안한 브로드캐스팅 방식의 질의 모델에 대한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서 제안한 질의 모델로서, 무선센서네트워크에 적합하게 설계된 초소형 운영체제인 UC Berkeley에서 개발한 TinyOS에서 제공하는 Minimum Cost Value Router 알고리즘을 사용하여 플러딩 방식의 질의 모델 프로토콜 엔진을 설계하고 구현하였다. 이 프로토콜은 센서 네트워크에서 각 센서노드가 질의를 운행할 수 있도록 일종의 질의 프로세서이며, 그림 3은 TinyOS에서 구성한 컴포넌트 트리로서 nesC를 이용하여 구현된 Main 컴포넌트와 Sub 컴포넌트 그리고 컴포넌트끼리의 연결에 필요한 인터페이스를 보여주고 있다.

본 논문에서는 무선 실내환경 모니터링 시스템 구현을 위해 센서노드로서 TelosB(Maxfor Co. Ltd., Korea) 플랫폼에서 응용 어플리케이션을 구현하고 적용하였다. 그림 3에서의 'GenericComm' 컴포넌트는 2 가지의 시

그럴인 질의(PC->센서노드, 센서노드->센서노드)와 센서 데이터 그리고 라우팅 정보(센서노드->PC, 센서노드->센서노드)를 받는다. 질의 정보는 'Main' 컴포넌트인 상의 컴포넌트에 'indoorEnvironmentM'에 전달하여 다시 'FloodingbasedQueryProcessor' 컴포넌트 엔진에서 질의에 부여된 목적 센서노드를 찾고 그 정보를 저장을 한다. 만약, 목적 질의가 자신노드의 질의와 맞지 않으면 질의 정보를 자신노드에 저장을 하고 그 질의가 'QueuedSend' 컴포넌트를 통해 다른 목적노드에 질의를 전달하도록 설계하였다.

그림 4는 'Query command Msg'의 질의 명령을 받아 센서노드의 'Flooding Msg'와 패킷이 결합된 모습을 보여주고 있다. 플러딩 프로토콜은 특별한 경로 없이 네트워크에 있는 모든 노드가 패킷을 포워딩한다. 패킷을 연속적으로 계속 전달만 하다 보면 같은 패킷을 다시 전송하는 문제가 발생 할 수 있다. 따라서, 패킷 전송의 무한 루프가 생성되어 필요 이상의 데이터가 네트워크에서 끊임없이 전달되는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 패킷의 무한 루프를 방지하기 위해서 시퀀스 번호를 부여하고 한번 받은 패킷의 무한 루프를 방지하기 위해서 본 패킷에서 시퀀스 번호를 부여하고 한번 받은 패킷은 두 번 다시 전송하지 않도록 질의 포맷을 설계하였다. 'Sending node'은 질의를 목적노드에게 보내고자 하는 필드로 센서노드끼리 포워딩을 담당하는 필드이다. 그리고 'Original node'는 목적노드의 질의를 부여할 경우 자신의 노드의 질의인지 아니면 다른 노드의 질의인지 판단하는 필드이다. 그리고 마지막으로 'HopCount'는 목적노드 질의의 홉 경로를 알려주어 홉의 상태를 알려주는 필드이다.

3. 시스템 구현 및 실험결과

3.1. 시스템 구현

본 논문에서는 실내환경 모니터링을 위하여 무선센서네트워크에서의 질의기반 플러딩 프로토콜을 사용하

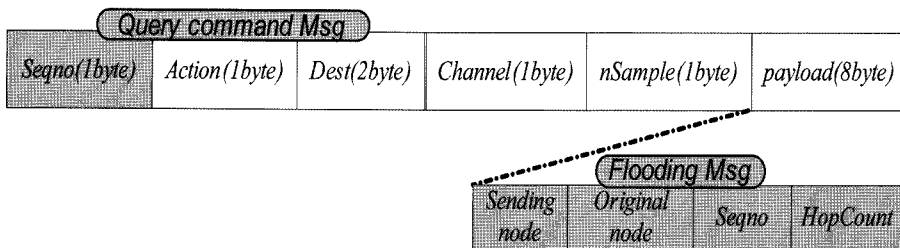


그림 4. 질의 라우팅의 패킷구조
Fig. 4. Packet structure of query routing.

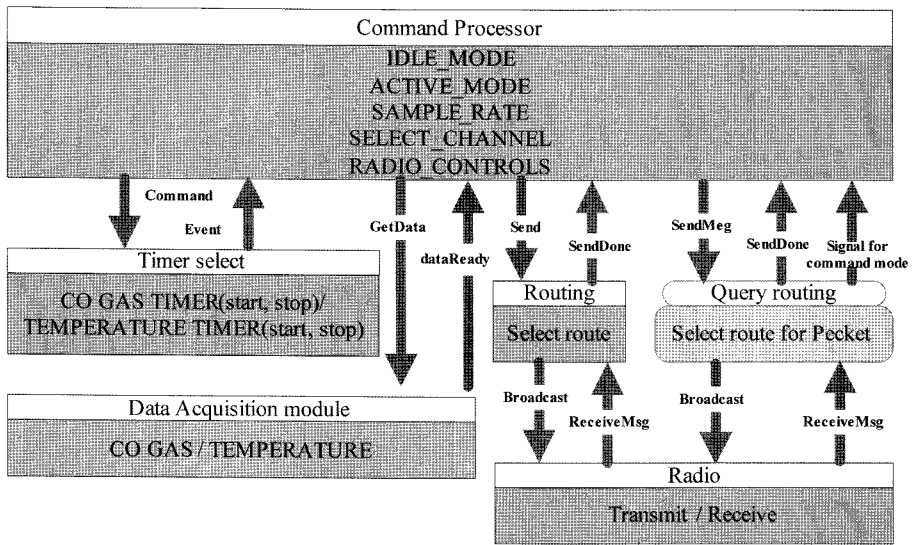


그림 5. 질의처리 시스템
Fig. 5. Query processing system.

여 효율적인 노드 할당과 각 센서 디바이스(가스, 온도 센서)를 제어하기 위하여 시스템을 설계하였다. 질의 응답의 패킷 구조는 자바언어로 구현하였고, 베이스스테이션과 RS-232로 연결되어 PC에서는 각 센서노드를 모니터링 및 관리 할 수 있도록 하였다. PC에서 보내는 질의는 무선센서네트워크에서 센서노드끼리 상호작용을 하고, 질의에 반응하는 센서노드는 Ad-hoc 네트워크 토폴로지를 사용하여 베이스스테이션으로 데이터를 전송한다.

본 논문에서 구현한 실내환경 모니터링을 위한 질의 프로세싱 시스템은 5가지의 할당된 명령어를 가지고 있다. 센서노드의 전력소모를 최소화 하기위해 센서노드는 'Idle_mode' 명령 질의를 전송하여 SLEEP 상태로 전환할 수 있다. 또한, 센서노드는 'activity_mode' 명령을 사용하여 센서노드를 활성화(ACTIVITY) 할 수 있으며, 사용자가 실내환경에서 정밀한 측정을 위하여 'sample_rate' 모드를 사용하여 센서 노드의 센서채널에 몇몇의 샘플을 요구할 수도 있도록 하였다. 또한,

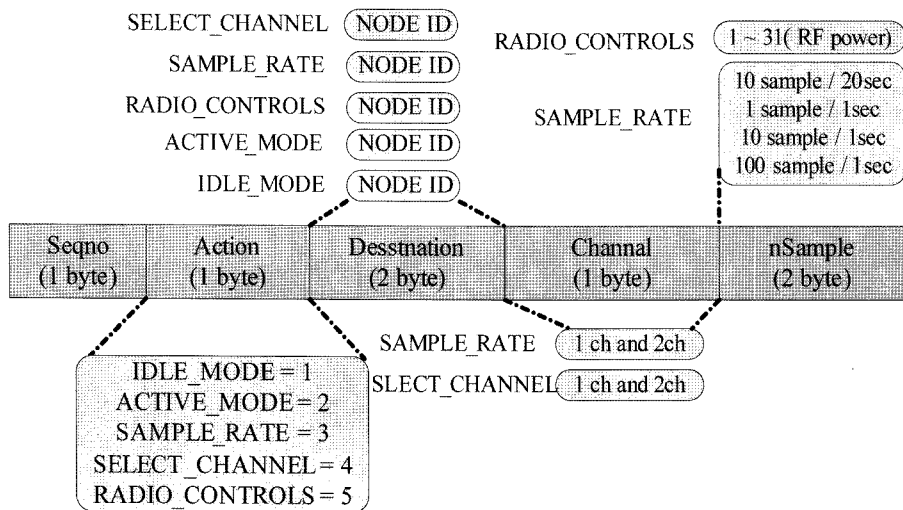


그림 6. 질의명령의 패킷 구조
Fig. 6. Packet structure of query command message.

‘select_channel’ 모드의 질의를 목적노드에게 보낼 경우에는 지정된 센서노드로부터 선택된 센서의 획득된 데이터는 확인할 수 있도록 하였으며, ‘radio_control’ 모드 명령은 RF 파워 세기를 변경이 가능하도록 하였다.

그림 5는 제한된 리소스를 가진 센서노드에게 질의 프로세싱 하기 위한 전체적인 질의처리 시스템^[12]을 보여주고 있다. 주입된 질의 패킷 명령은 ‘Query routing’ 모듈에서는 질의 명령을 부여할 분산된 목적노드 경로를 찾아서 질의를 보낸다. 그리고 ‘Command processor’ 모듈에서는 받은 질의에 대한 지정된 데이터베이스 조건을 찾아서 ‘Timer select’를 실행시킨다. 또한 ‘Data Acquisition’ 모듈로부터 데이터를 획득한 후 목적노드는 질의에 부합되는 수행을 멤버 노드의 흡을 거쳐서 베이스 스테이션에게 데이터를 전송한다.

그림 6은 질의명령 모드 패킷 구조 타입을 보여주고 있다. 질의명령에 대한 패킷 구조는 7 Byte로 구성되어 있다. ‘Action’ 필드는 센서 노드에 명령 패킷이 주입 되면 수행될 질의 타입을 정의하고 있다. ‘Destination’ 필드는 ‘Action’ 모드와 함께 센서노드의 ID의 타입을 정의하고 있다. ‘Channel’ 필드는 ‘SAMPLE_RATE’모드와 ‘SELECT_CHANNEL’모드와 같은 명령 패킷에 수행될 채널 파라미터를 포함하고 있다. 몇몇의 채널은 내부 및 외부 ADC(analog-digital convert)인 배터리와 CO 센서를 사용하였다. ‘Channel’ 필드는 1~255까지 ‘RADIO_CONTROLS’와 ‘SAMPLE_RATE’에 대한 명령에 수행될 파라미터를 포함하고 있다. ‘nSample’ 필드에서 ‘RADIO_CONTROLS’와 ‘SAMPLE RATE’은 각각의 센서 디바이스의 샘플율과 센서노드 마다 RF 파워 세기를 제어할 수 있다. 샘플율은 센서노드에 있는 센서 디바이스 마다 1sample/1sec, 10sample/1sec, 100sample/1sec, 10sample/20sec으로 할당하였다.

그림 7은 호스트 PC에서 자바언어로 구현된 어플리케이션으로서 5 종류의 ‘Action’ 명령 모드를 보여주고 있다. ‘Vigor_test’를 실행하면 실행화면에서 베이스 스테이션에게 질의 모드의 패킷을 보낼 수 있다. 그리고 베이스 스테이션은 질의 명령에 따라 센서노드에게 패킷을 포워딩 시킨다.

실내환경에 무선센서노드를 설치 및 배치하여 주변 공간에 대해서 정밀한 유해공기 측정과 각 센서노드를 모니터링 및 관리하기 위해서 질의기반 모델을 제안 및 구현하여 센서노드를 테스트 하였다. 브로드캐스팅 방식으로 질의 명령을 보낼 경우 같은 질의가 목적노드에게 두 번 이상 받아 질의수행 횟수를 증가 시키거나 하드웨어 컴퓨팅 수행 횟수를 증가시켜서 배터리 소모율이 증가하는 문제를 가지고 있었다. 이러한 문제

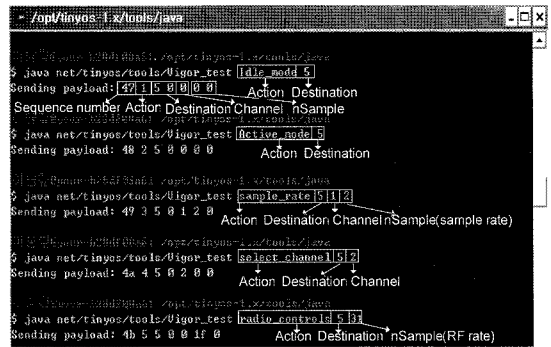
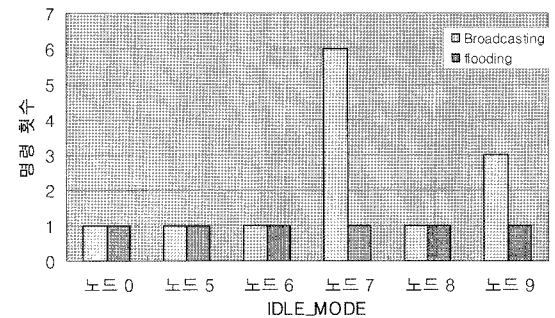
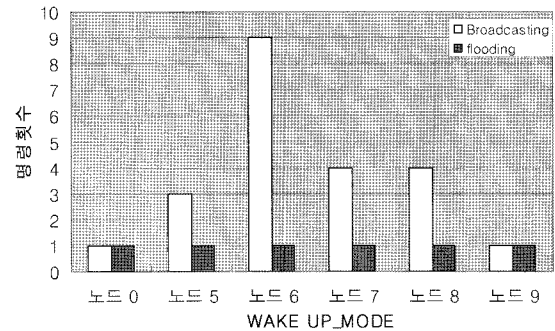


그림 7. 사용자에 의한 질의명령 모드
Fig. 7. Query command mode by user.



(a)



(b)

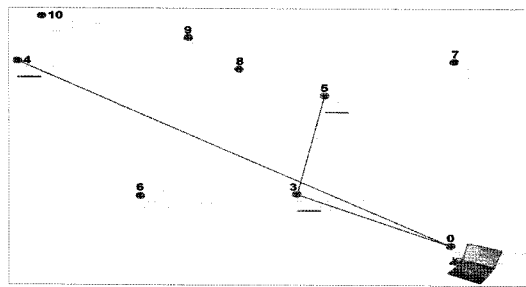
그림 8. 주입된 질의 횟수; (a) 센서노드에서 IDLE_MODE 명령을 수행하기 위해서 같은 질의 반복 횟수, (b) 센서노드에서 WAKE_UP_MODE 명령을 수행하기 위해서 같은 질의 반복 횟수

Fig. 8. Injected query count; (a) Repeat count of same query to execute IDLE_MODE command to sensor node, (b) Repeat count of same query to execute WAKE_UP_MODE command to sensor node.

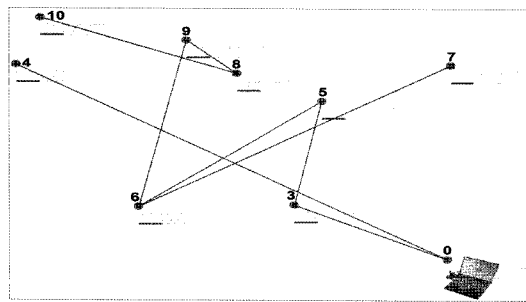
점을 해결하기 위해 본 논문에서는 폴링딩 프로토콜 방식의 질의 모델을 제안하였으며, 브로드캐스팅 방식

과 비슷하게 같은 질의 패킷을 받는다. 하지만, 플러딩 방식의 센서노드는 자체에 따라 버퍼 필드가 존재하여 보낸 질의가 분포된 센서노드에 저장하여 같은 패킷을 두 번 이상 받지 않는다.

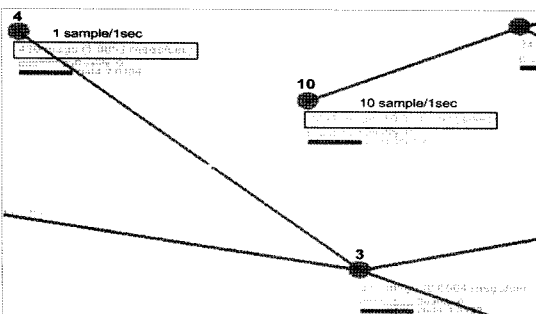
그림 8은 플러딩 프로토콜과 브로드캐스팅 방식의 각 센서노드(베이스 스테이션->5->6->7->8->9)에 'IDLE_MODE' 모드와 'WAKE UP_MODE' 모드의 질



(a)



(b)



(c)

그림 9. 질의기반 센서노드에 대한 네트워크 토폴로지; (a) 질의 명령에 대한 노드 3, 4, 5에 Active_mode 상태, (b) 전체 Active_mode, (c) 'sample_Rate' 질의 모드를 이용한 노드 4, 10에 대한 1 채널과 2 채널 샘플링

Fig. 9. Network topology for query-based sensor node; (a) Active_mode state for node 3, 4 And 5 for query command, (b) Total Active_mode state, (c) 1-channel and 2-channel sample rate for node 4 And 10 Using 'sample_Rate' command.

의 명령을 주입했을 때 센서노드가 질의가 신뢰성 있고, 성공적으로 한 번에 동작하기 위한 같은 질의 명령 횟수를 주입한 모습을 보여주고 있다. 브로드캐스팅 방식의 7번, 9번 노드는 같은 질의를 PC에서 6번 또는 4번 이상 주입했을 때 동작되는 모습을 보여주고 있다. 특히, 브로드캐스팅 방식의 노드는 질의 패킷 손실이 커서 질의 수행에 대한 신뢰성을 보장 할 수가 없었다. Flooding protocol 방식의 센서노드는 'IDLE_MODE' 모드와 'WAKE UP_MODE' 모드를 이용하여 PC 상에서 5홉 경로를 갖는 6개의 센서노드에게 패킷을 주입했을 때 100% 질의 정확성을 보여주는 것을 확인할 수 있었다.

각 센서노드의 네트워크 토폴로지의 확인은 TinyOS 에서 제공하는 Surge java 어플리케이션과 본 논문에서 각 센서를 모니터링 및 관리 할 수 있도록 자바언어로 구현된 'Vigor_test'(호스트 PC 질의 어플리케이션)를 이용하여 그림 9와 같이 질의 명령(Active_mode, Sample_rate)을 수행하여 네트워크에 있는 센서노드를 제어하는 모습을 보여주고 있다. 그림 9(a)는 'Active_mode' 모드 명령을 주입하여 노드 3, 4, 5번이 활성화된 모습을 보여주고 있다. 그림 9(b)는 네트워크 환경에 있는 모든 센서노드에게 활성화 되도록 질의를 부여한 모습을 보여주고 있다. 마지막으로 그림 9(c)는 노드 4와 10번에게 'Sample_rate' 모드 질의명령을 부여 할 경우에 노드 4번은 1-Channel(CO Sensor)에 초당 1 sample로 질의를 부여하여 호스트 PC 상에서 센서 데이터를 받고 있는 모습을 보여주고 있다. 또한 노드 10번은 2-Channel(Battery)에 초당 10 Sample로 데이터를 보여주고 있다.

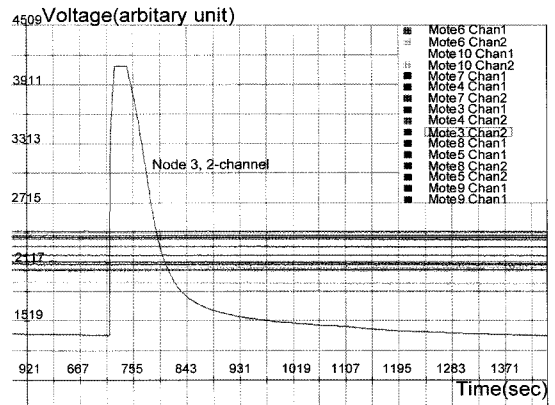


그림 10. 오실로스코프 툴을 이용한 일산화탄소와 온도 그래프

Fig. 10. CO gas and temperature graph using oscilloscope tools.

본 논문에서는 상용 전기화학식 가스센서를 이용하여 센서모듈을 구현하여 CO 가스와 온도 데이터를 질의 모드에서 각각 채널을 제어할 수 있었다. 분산된 센서노드 패킷은 47 Byte로 구성되어 있으며, 그 중 26 Byte는 오실로스코프 패킷 구조로 구성되어있다. 그림 10은 센서 노드 9개를 배치한 CO 가스와 온도 그래프를 TinyOS의 오실로스코프에서의 모니터링 화면을 나타내며, 그림 10에서와 같이 3번 센서노드의 CO 농도 값이 변화하는 값을 모니터링 할 수 있었다.

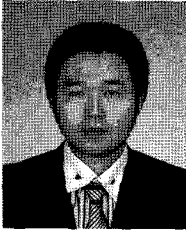
4. 결 론

무선센서네트워크를 질의응답 기반과 전기화학식 가스센서를 이용하여 Ad-hoc 네트워크 토폴로지를 형성하여 CO 가스농도와 온도에 대한 패킷을 모니터링 하였으며, 저 전력인 전기화학식 CO 가스센서와 디지털 온도센서를 이용하여 가스센서 모듈을 설계하였다.

본 논문에서 제안된 질의 처리기는 브로드캐스팅 방식보다 질의 패킷 손실률이 낮아 신뢰성 있게 센서노드를 제어할 수가 있었다. 특히, 질의처리를 이용하면 실내환경에 분산되어 있는 센서노드의 저전력 소모가 가능할 뿐만 아니라 제한된 센서노드의 리소스를 효율적인 관리가 가능하였다. 그리고 멀티 홉 라우팅을 사용하여 다른 실내 공간 측정이 더욱 정밀성을 요구하였으며, 베이스스테이션과 멀리 떨어진 센서노드도 멀티 홉 라우팅을 통해 실내환경 모니터링이 가능하였다.

참고 문헌

- [1] 김보환, 이진하, 김태진 “실내 공기의 다성분 측정시스템 개발에 관한 연구”, *센서학회지*, 제14권, 제2호, pp. 125-130, 2005.
- [2] O. Postolache, M. Pereira, and P. Girao, “Smart sensor network for air quality monitoring application”, *IMTC2005*, Ottawa, Canada, pp. 537-542, 2005.
- [3] W-Y. Chung and S-C. Lee, “Intelligent AQS system with artificial neural network algorithm and ATmega128 chip in automobile”, *Automation and Systems Engineering*, vol. 12, no. 6, pp. 539-546, 2006.
- [4] NIDS sensor device, Available: <http://www.nano-sensor.com>
- [5] 이대석, 정완영, “유비쿼터스 헬스케어를 위한 센서 네트워크 기반의 심전도 및 체온 측정시스템: 2. 생체신호 모니터링 소프트웨어 시스템”, *센서학회지*, 제15권, 제6호, pp. 417-424, 2006.
- [6] P. Bonnet, J. Gaehrke, and P. Seshadri, “Querying the physical world”, *IEEE personal Communications*, vol. 7, no. 5, 2000.
- [7] J. Considine, F. Li, G. Kollios, and J. Byers, “Approximate aggregation techniques for sensor databases”, *In proc. of the 20 International Conf. on Data Engineering*, Washington, USA, pp. 449-460, 2004.
- [8] Nemoto sensor device, Available: <http://www.nemototch.com>
- [9] S. Madden, M. J. Franklin, and J. M. Hellerstein, “The design of an acquisitional query processor for sensor networks”, *In Proc. of the 2003 ACM SIGMOD international conf. on Management of data*, California, USA, 2003.
- [10] S. Bharadwaj, G. Walia, R. Myllyla, and W-Y. Chung, “Query based ECG monitoring and analyzing system via wireless sensor network”, *Pro. of 2nd International Conf. on Wireless Communication & Sensor Networks*, Allahabad, India, pp. 146-153, 2006.
- [11] G. Martin, “An evaluation of Ad-hoc routing protocols for wireless sensor network”, PhD Thesis, University of Newcastle upon Tyne, UK, 2003.
- [12] Y. Yao and J. Gehrke, “Query processing for sensor networks”, *CIDR*, Ithaca, NY, pp. 233-244, 2003.



이 승 철(Seung-Chul Lee)

- 1999년 경운대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
- 2005년 동서대학교 소프트웨어전문대학원 컴퓨터네트워크학과 졸업(공학석사)
- 2006년~현재 동서대학교 디자인&IT전문대학원 유비쿼터스 IT학과 박사과정
- 주관심 분야 : 무선센서네트워크, 가스센서, 환경시스템, 인공지능



정 상 중(Sang-Joong Jung)

- 2007년 동서대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
- 2008년~현재 동서대학교 디자인&IT전문대학원
- 유비쿼터스 IT학과 석사과정
- 주관심분야 : 유비쿼터스 헬스케어, 무선센서네트워크, 반도체설계.



이 영 동(Young-Dong Lee)

- 2004년 동서대학교 정보통신공학과 졸업 (공학사)
- 2006년 동서대학교 소프트웨어전문대학원 컴퓨터네트워크학과 졸업(공학석사)
- 2006년~현재 동서대학교 디자인&IT전문대학원 유비쿼터스 IT학과 박사과정
- 주관심 분야 : 유비쿼터스 헬스케어, 무선센서네트워크



정 완 영(Wan-Young Chung)

- 1987년 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
- 1989년 동 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1992년 동 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1998년 일본 규슈대학 총합이공학연구과(공학박사)
- 1999년~현재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수
- 2004년~현재 u-IT 전문인력양성 누리사업단 단장
- 2006년~현재 BK21 WSN을 이용한 u-헬스케어기술개발팀(핵심과제) 팀장
- 주관심 분야 : 유비쿼터스 센서네트워크, 마이크로센서, 유비쿼터스 헬스케어