

WSN 기반 복지 관리 시스템 설계 및 성능분석[☆]

Design and Performance Analysis of Welfare Management System based on WSN

김 지 성* 김 강 회** 황 호 영*** 서 효 중****
Jiseong Kim Kanghee Kim Hoyoung Hwang Hyo-Joong Suh

요 약

저 전력 기술에 기반한 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Networks, WSN)는 유비쿼터스 시대의 중요한 핵심 요소로 자리 잡고 있다. 본 논문은 이러한 WSN에 기반한 응용으로서 복지 관리 시스템을 제시하였다. 특히 저가격과 저 전력을 달성할 수 있도록 S-MAC(Sensor Medium Access control) 프로토콜을 적용하여 구현하였으며, TOSSIM 시뮬레이터를 이용해 성능을 평가하였다. 복지 대상자의 집에는 여러 센서와 소형 데이터베이스 서버를 설치하여 집안의 환경을 조사하고 저장하였다. 소형 서버는 무선 애드혹 네트워크를 구성하여 상호간 연결하였다.

Abstract

Wireless sensor networks (WSN) based on low-power technologies become important portion of ubiquitous systems. In this paper, we introduce a WSN-based welfare management system as one of the WSN applications. Especially, we implement S-MAC (Sensor Medium Access control) protocol on our system that saves both cost and power consumption, and we evaluate system performances using the TOSSIM simulator. Sensors and a small database server are placed in the house of participant, which collects and stores some environment conditions of the house. The small servers are connected to each others by wireless ad-hoc network.

☞ keyword : Welfare management system, WSN, zigbee, mobile terminal, 복지관리시스템, WSN, 지그비, 모바일 터미널

1. 서론

무선 센서 네트워크 (Wireless Sensor Network, WSN)[1] 기술은 계산과 무선통신 능력을 갖춘 센서 노드를 자연 환경이나 전장 등에 분산시켜 자율적인 네트워크를 형성하고, 상호간 획득한 정보

를 무선 통신으로 송수신하며, 원격지에서 감시/제어 용도로 활용할 수 있는 기술을 말한다. 센서 네트워크의 궁극적인 목적은 모든 사물에 계산 능력 및 무선 통신 능력을 부여하여 언제, 어디서나 사물들끼리의 통신이 가능한 유비쿼터스 환경을 구현하는 것이라 할 수 있다. 이때 사용되는 센서 모듈은 저 전력 통신 기능이 중요한 요구사항이 되고 있다. 저 전력 무선 센서 네트워크 장치는 무선의 장점과 오랫동안 동작할 수 있는 저 전력의 특성을 가지고 있어 환경감시에 유용하게 적용할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 이러한 특성을 활용하여 군사, 교통, 환경감시, 의료, 홈 네트워크, 빌딩 제어 등 다양한 방면으로 활용되고 있다. 본 논문은 이와 같은 저 전력 무선 네트워크의 특성을 이용한 시스템 구현 사례로서 복지

* 준 회 원 : 가톨릭대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학(석사)
js_kim@cuk.ac.kr

** 정 회 원 : 삼성전자 책임연구원
khkim@archi.snu.ac.kr

*** 정 회 원 : 한성대학교 멀티미디어공학과 조교수
hyhwang@hansung.ac.kr

**** 정 회 원 : 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 조교수
hjsuh@catholic.ac.kr(교신저자)

[2008/01/14 투고 - 2008/01/24 심사 - 2008/07/31 심사완료]

☆ 본 연구는 2008년도 한성대학교 교내연구비 지원으로 수행되었음

대상자의 환경 감시 및 관리 시스템의 설계와 성능 분석을 제시하고자 한다.

본 논문의 관리 시스템은 복지 대상자의 집에 센서를 설치하여 집안의 환경을 조사하고 조사한 자료를 복지 대상자의 집에 설치한 소규모 서버의 데이터베이스에 저장한다. 또한 서버는 자신에게 부착된 RF (Radio Frequency) 모듈을 이용하여 지그비 통신을 통해 서버 모듈간의 애드혹 네트워크를 구성하게 된다. 그리고 복지사는 자신의 모바일 터미널을 이용하여 애드혹 네트워크 안에서 언제 어디서나 원하는 집의 데이터를 받아오고 이를 분석하여 효율적으로 많은 복지대상자를 관리 할 수 있게 된다. 본 논문에서는 WSN의 장점인 저가격과 저 전력을 극대화 할 수 있도록 S-MAC (Sensor Medium Access control) 프로토콜 [2]을 적용하여 설계하였으며, 그 성능분석 결과를 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 현재 복지 시스템의 문제점을 통해 본 논문 시스템의 필요성을 설명하고 유사한 적용사례를 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 구현한 시스템의 서술 및 기술적 해결점에 대해 설명한다. 4장 및 5장에서는 3장에서 언급한 시스템의 구현 결과 및 시스템 성능 분석을 제시하고 마지막으로 6장에서는 본 논문의 결론과 앞으로의 연구방향에 대하여 언급한다.

2. 관련 연구

현재 다양한 프로젝트 들이 저 전력 무선 센서 네트워크를 이용하여 군사, 교통, 환경감시, 의료 등 다방면의 활용방안을 제시하고 있다. 본 장에서는 이러한 프로젝트와 본 논문에서 제시하고 있는 시스템을 비교하여 살펴본다.

Glacs Web 시스템은[3] 대기압, 온도 기울기 센서 노드를 빙하 안에 넣어 빙하가 녹는 형태를 파악하였다. 이 시스템은 지구온난화에 따라서 빙

하가 어떻게 변화하는지 측정하였다. 또 다른 예로 인텔의 지원을 받아 진행되고 있는 Habitat Monitoring on Great Duck Island(HMGDI)[4]는 저 전력 기반의 무선 센서 네트워크의 특징을 잘 응용한 프로젝트이다. HMGDI는 미국 메인주 앞바다의 작은 섬(Great Duck Island)에서 서식하고 있는 바다제비의 무리를 원격지에서 모니터링이 가능하도록 거대한 무선 센서 네트워크의 테스트베드를 구축한 것으로써 섬의 여러 곳에 센서를 설치하여 데이터를 수집하고 수집한 데이터를 서버에 저장하며 인터넷 연결이 가능한 서버를 두어 섬의 환경을 모니터링 하는 시스템이다. Caredell-Oliver[5] 시스템은 비가 많이 내리는 지역에 센서를 측정하여 언제 홍수가 발생하는지를 알아보는 프로젝트로써, 습도와 온도의 변화를 통해 우기가 시작되기 전의 상황과 끝난 후의 상황의 데이터를 모아 관리하여 환경변화에 따른 우기의 변화를 측정하였다.

본 논문에서는 이러한 센서 네트워크의 환경감시를 집안의 환경에 응용하여 센서를 통해 복지 대상자의 집안 환경을 관찰하고 이에 대한 데이터를 저장하여 분석함으로써 현재 직접 방문을 통해 파악하고 있는 방법보다 더 효율적으로 복지 대상자의 환경을 파악할 수 있는 시스템을 구현하였다.

3. 구현 시스템의 서술 및 기술적 해결점

본 논문에서 제안한 시스템은 복지대상자의 집에 몇 가지 유형의 센서를 두어 집안의 환경의 데이터를 수집하고 이를 저장할 수 있는 서버를 두었다. 그리고 이 서버를 통해 복지대상자의 집과 집 사이를 연결할 수 있는 지그비[6] 네트워크를 구축하였고 이 네트워크 안에서는 복지사가 모바일 터미널을 가지고 언제 어디서나 원하는 집의 데이터를 모니터링 할 수 있도록 구성하였다. 또한 복지대상자의 집에 있는 전화기를 연동

하여 위급상황 발생시 이를 감지하여 즉각적으로 연락을 취할 수 있도록 구성 하였다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 지그비, 즉 IEEE 802.15.4 WPAN 기술이 가지는 저 전력, 저 비용, 사용의 용이성 등 장점을 이용하여 각각의 집에 센서를 설치하여 집안의 환경을 자동적으로 파악하고 집과 집 사이를 연결하는 하나의 네트워크 형태로 구축하여 관리하려는 목적을 가지고 있다. 본 시스템은 표 1과 같이 센서, 서버, 모바일 터미널의 3개의 구성요소들로 이루어져 있다.

〈표 1〉 구성 시스템

구성요소	설명
센서	복지대상자의 집안의 환경 데이터를 수집
서버	센서로부터 데이터를 받아 저장하고 모바일 터미널로부터의 요청이 있을 시 데이터를 전송
모바일 터미널	서버에 데이터 요청하고 수신 받은 데이터를 표시한다.

3.1 가정 내 지그비 네트워크

본 논문의 시스템에서 센서와 수집한 데이터를 저장하는 서버는 지그비 네트워크로 연결된다. 가정 내 네트워크를 구성할 때 가장 중요하게 고려한 사항은 네트워크의 수명과 데이터의 체계적인 저장이다. 이를 위하여 S-MAC 프로토콜과 sqlite[7] 데이터베이스를 사용하였다.

(1) 네트워크 수명

본 논문의 시스템에서 다수의 복지대상자의 집에 센서가 설치되므로 센서의 배터리 수명은 가장 중요한 문제이다. 따라서 본 논문에서는 에너지 효율에 초점을 맞춘 S-MAC (센서 Medium Access Control) 프로토콜을 사용하여 통신이 이루어지도록 센서를 프로그램 하였다.

S-MAC은 다음에서 제시하는 4가지 에너지 소비를 해결함으로써 에너지 소비를 최소화 하였다.

- idle listening:

센서노드가 데이터를 받기위해 계속적으로 대기하는 상태를 주기적인 sleep/listen의 형태로 바꾸어 전력의 손실을 줄였다. 따라서 센서노드는 자신만을 스케줄을 선택하고 SYNK 패킷을 이용하여 주변의 센서노드 들과 자신의 스케줄을 동기화하게 된다.

- overhearing:

센서네트워크에서 각각의 노드는 패킷을 방송하게 됨으로 자신에게 필요하지 않은 패킷도 받아들이게 된다. 따라서 S-MAC에서는 RTS, CTS, ACK 후에는 패킷을 받아야 하는 노드 이외의 다른 노드들은 sleep상태로 빠지게 구성하여 overhearing을 해결 하였다.

- collision:

S-MAC에서는 network allocation vector (NAV) 을 두어 센서의 busy상태를 확인하여 충돌을 피하도록 하였다.

- transit packet control:

S-MAC에서는 긴 메시지의 길이를 여러 개로 분할하여 메시지를 보내는 방식을 취하고 있다. 따라서 메시지를 재전송해야 하는 경우 전체가 아닌 부분적인 메시지를 전송함으로 재전송에 관한 에너지의 효율을 증진 시켰다.

(2) 수집된 데이터의 체계적인 저장

본 시스템에서는 6개의 센서를 사용하여 집안의 환경을 측정한다. 이 중 화재센서와 바이오센서를 제외하고 온도, 습도, 조도, 음식량(압력센서를 이용하여 무게를 측정)은 실시간으로 데이터를 측정하여 서버에 전송하게 된다. 따라서 서버에서는 전송받은 데이터를 날짜별, 시간별, 센서별로 구분하여 체계적으로 저장하기 위해 sqlite를 사용하였다. sqlite의 사용으로 인한 또 하나의 장점은 모바일 터미널로부터 데이터 요청이 왔을 때 쿼리를 사용하여 데이터를 검색하여 전송할

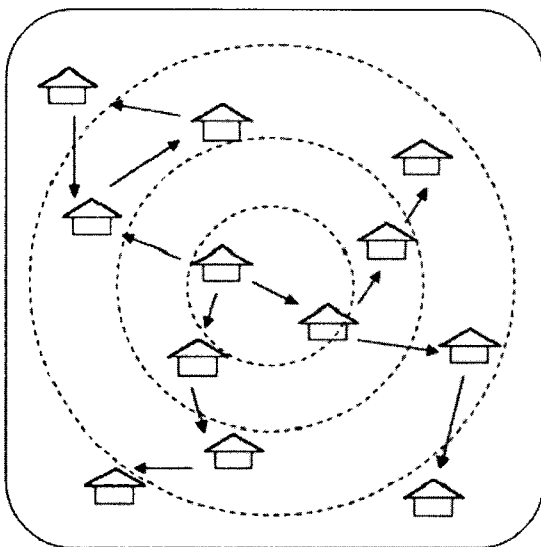
수 있다는 것이다.

3.2 지그비 클러스터 네트워크

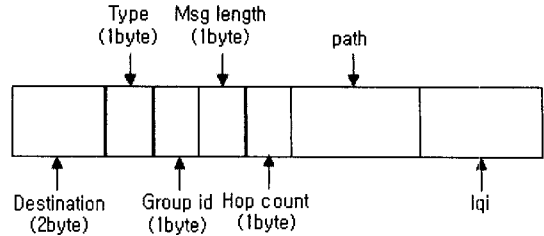
본 논문의 시스템에서는 복지대상자의 집에 설치된 서버는 집 내의 센서와의 연결 뿐 아니라 인접한 집과 집사이의 라우팅 테이블을 구성하여 유기적인 네트워크를 형성하였다. 이 네트워크 영역 안에서는 모바일 터미널을 이용하여 네트워크 연결 상에 있는 집의 서버 데이터를 받아 볼 수 있다.

각각의 집의 서버는 자신의 고유 ID를 가지고 있고, 주기적으로 자신의 고유 ID를 담은 패킷을 방송하게 된다. 지그비 통신 거리 안에 있는 다른 서버들은 이 패킷을 받아서 네트워크 전체의 라우팅 테이블을 구성하게 되고 자신의 동일한 패킷에 자신의 아이디를 담아서 다시 방송하게 된다. 다음의 그림 1은 지그비 클러스터 네트워크가 구성되는 방식을 도식화 한 것이다.

이러한 네트워크를 구성하기 위해 문제점은 지그비의 짧은 통신거리와 네트워크 전체에서 각각의 집들 사이의 최단 라우팅 경로의 구성이다. 지



(그림 1) 지그비 클러스터 네트워크 구성도



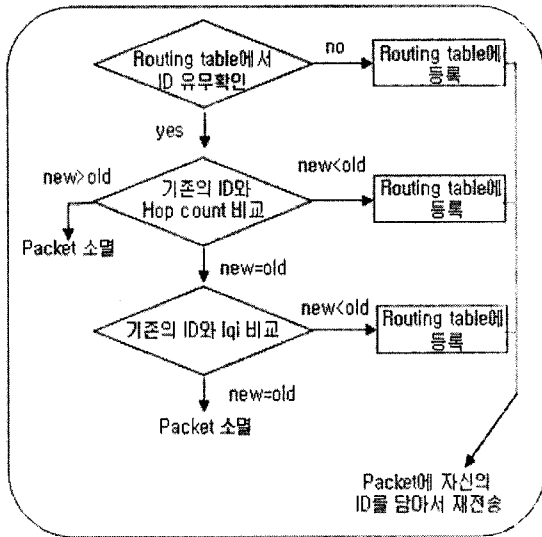
(그림 2) 라우팅 테이블을 위한 패킷 정의

지그비의 일반적인 통신거리는 30~50m정도의 거리 내에서 250kbps의 통신 속도로 패킷을 송수신하기 때문에 그림과 같은 네트워크를 구성하기에는 부족한 무선 성능을 가지고 있다. 하지만 무선 통신에 필요한 전력을 높이면 동일한 통신 속도로 지그비의 통신 거리를 확대할 수 있으며, 실제로 Jennic사의 JN5121[8] 모듈은 TX current 120mA와 RX current 55mA를 공급하여 약 4km 정도의 통신가능 거리를 가지고 지그비 통신을 수행한다. 본 시스템에서 서버에 장착된 지그비 모듈은 건전지가 아닌 가정 내의 전력을 사용하게 됨으로써 공급되는 전류의 양을 높여 비교적 원거리 통신이 가능하도록 하였다.

패킷의 방송을 통해 집과 집사이의 효율적인 네트워크를 구성하기 위해서는 라우팅 테이블의 중복을 제거해야 한다. 따라서 본 시스템에서는 TinyOS[9] 메시지 구조체를 응용하여 라우팅 테이블 생성을 위한 패킷을 생성하였다. 다음의 그림2는 이러한 패킷 구조를 보여주고 있다.

네트워크의 라우팅 테이블을 생성하기 위해 서버는 그림 2와 같은 형식으로 패킷을 방송하게 된다. 이러한 패킷이 전달 될 때 중간 경로상의 홉에 의한 지연을 줄이기 위하여 홉 수는 4로 제한하였다. 이에 대하여는 5장의 시스템 평가에서 보다 자세히 다루도록 하겠다.

패킷을 방송하는 서버는 경로의 배열 맨 앞에 자신의 ID를 담아서 전송한다. 이 패킷을 받은 다른 서버들은 다음 그림 3과 같은 진행 과정을 통해 패킷의 ID를 저장한 후 경로에 자신의 ID



(그림 3) 라우팅 테이블 흐름도

추가하고, 다시 다른 서버에 전송하게 된다. 그림 3은 앞에서 언급한 내용을 흐름도로 표현한 것이다.

여기서 언급한 lqi란 TinyOS 메시지 구조체에서 제공하는 변수의 하나로써 패킷의 수신시 수신 강도를 알 수 있는 지표이다. 따라서 본 논문에서는 라우팅 테이블을 구성할 때 이를 판별하여 최단거리 뿐 아니라 수신강도를 고려하여 최적의 경로를 구축하였다.

3.3 응용에서의 패킷정의

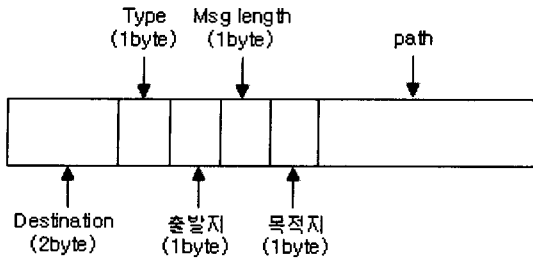
기본적으로 서버에서는 센서로부터 받은 데이터를 실시간으로 주고받고, 또한 각 집에 있는 서버간의 무선 네트워크를 구축하기 위해서 라우팅 테이블을 작성해야 되며, 이 라우팅 테이블을 통해 작업들을 수행할 수 있어야 한다. 또한 복지사의 모바일 터미널은 서버에 있는 라우팅 테이블을 통해 모든 집들과 의사소통을 할 수 있어야 한다. 이와 같은 데이터 전송에 더불어 지그비는 항상 RF를 전송하고 있기 때문에 전체 시스템 상에는 항상 수많은 방송 패킷이 존재하게 된다. 따

라서 각 서버, 센서노드와 모바일 터미널은 자신의 범위 안에 있는 방송 패킷 중에서 정확하게 자신에게 해당되는 패킷만을 받아서 해당 작업을 수행 할 수 있어야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 지그비를 통해 RF로 전송되는 모든 패킷에 이름(type)을 부여하였다. 그리고 그 패킷에 대한 출발지(source), 목적지(target)를 새롭게 정의하여 그 패킷에 대한 소유주를 명확히 하였다. 따라서 서버, 센서노드, 모바일 터미널은 주변에 떠도는 수많은 RF 패킷 중에서 자신에게 보내진 패킷만을 받을 수 있고, 그 이름을 보고 해당 작업을 수행 할 수 있게 된다. 앞에서 언급한 라우팅 테이블을 구성하기 위한 패킷도 본 시스템에서 정의한 패킷중의 하나이다. 표 2는 본 시스템에서 정의한 패킷의 종류 및 역할을 나타낸 것이다.

<표 2> 정의한 패킷의 종류 및 역할

패킷 종류	역할
sensor_data_p	센서가 서버로 데이터 전송 시 사용
hello_p	라우팅 테이블 형성 패킷
emergency_p	대상자의 집에서 응급상황이 발생했을 때 서버 모듈이 주변의 집들로 방송함
request_p	모바일 터미널을 통해 특정 집의 데이터나 화상통신을 요청할 때 사용
response_pt	요청 패킷을 수신한 서버가 그에 대한 초기 응답으로 모바일 터미널에 전송하게 된다.
response_data_p	서버와 모바일 터미널간 데이터 통신 패킷
communication_p	서버와 모바일 터미널간 화상이미지 통신 패킷
destination_search_p	모바일 터미널을 중심으로 지그비통신이 가능한 집을 검색하기 위한 패킷

제안한 시스템에서 서버가 받은 패킷은 여러 센서 노드로부터 받는 패킷, 다른 서버로부터 전달받은 패킷 등 여러 종류가 혼재하게 된다. 따라서 서버가 받은 패킷의 목적지가 자신의 ID가 아닐 경우, 센서로부터 발송된 것이라면 패킷을 버



(그림 4) 요청 패킷

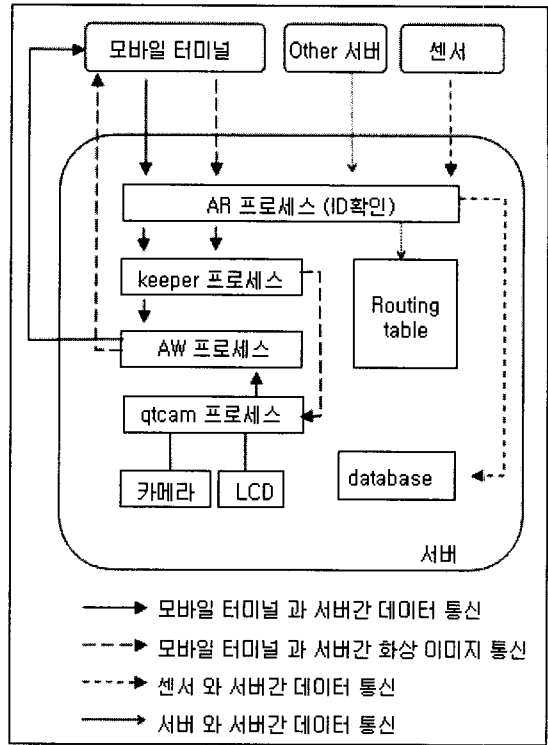
리게 되고 모바일 터미널로부터 발송된 패킷일 경우에는 자신의 라우팅 테이블에 따라 전달 여부를 결정하게 된다. 만약 자신이 중계하여야 하는 패킷일 경우, 서버는 받은 패킷을 재구성하여 다시 발송하게 된다. 이와 같은 중계 및 전송 동작을 위해 본 시스템에서는 모바일 터미널의 요청패킷을 그림 4와 같이 정의하여 사용하였다. 패킷의 전달시 전송 경로 필드에 자신의 ID를 추가하며, 이 경로는 세션이 종료될 때까지 지속적으로 모바일 터미널과 서버 간의 데이터 및 화상 이미지를 송수신하는 경로가 된다.

4. 시스템 구조 및 구현 결과

시스템의 센서노드는 한백전자의 zigbex[10] 모듈을 사용하였다. 이 모듈은 2.4GHz대의 지그비 방식을 지원하며 250kbps의 양방향 통신을 지원한다. 본 센서 모듈의 MCU(Main control unit)은 7.3728Mhz로 동작하는 ATMega 128L로 구성되어 있으며 129Kb의 메모리를 제공한다.

데이터베이스는 sqlite를 사용하여 데이터를 저장관리 하였다. 서버에서는 센서로부터 받은 데이터를 날짜별, 시간별, 센서별로 저장하여 관리하였고 모바일 터미널에서는 복지 대상자의 신상정보와 서버로부터 받은 데이터를 저장하였다.

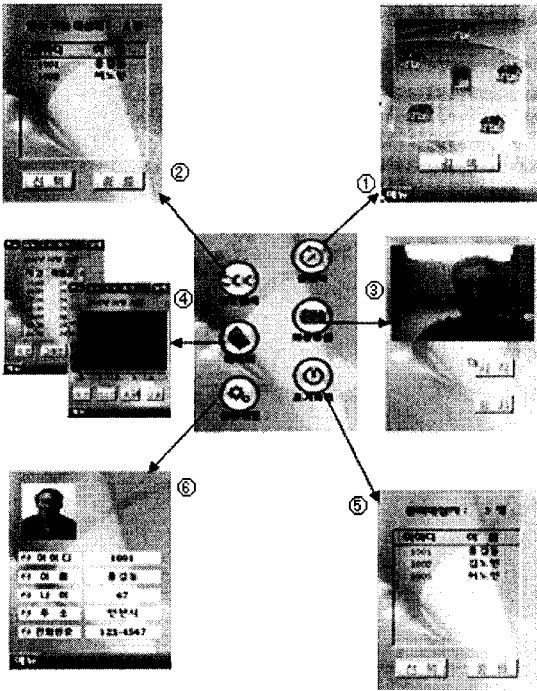
서버는 센서로부터 받은 데이터 저장 및 관리, 서버 간 라우팅 테이블 생성, 모바일 터미널과의 데이터 및 화상 이미지 통신, 위급 상황에 대한 즉각적인 대처를 수행한다. 이와 같은 기능을 수



(그림 5) 서버와 각 구성요소 간의 통신

행하기 위해 PXA255를 탑재한 임베디드 보드에 임베디드 리눅스를 바탕으로 프로그램 작업을 하였고 화상 이미지 통신을 위해 QT/E-3.3.6[11]을 사용하였다. 그림 5는 센서 및 모바일 터미널로부터 발송한 패킷이 목적 서버에 수신될 때 처리하는 동작을 도식화한 것이다.

본 시스템의 모바일 터미널은 복지사의 사용 편의성에 목적을 두고 구성하였다. 모바일 터미널의 사용자 인터페이스(UI)는 QT-3.3.6을 임베디드 보드에 포팅하여 효율성, 편의성, 실용성의 3가지 목적을 두고 구성하였다. 위에서 언급한 목적을 기반으로 하여 복지사가 자신의 모바일 터미널을 가지고 단 한번의 click으로 원하는 결과를 얻을 수 있도록 구현하였으며 여러 가지 불필요한 부가기능을 제거하여 최소한의 기능으로 효율적으로 구현하였다. 다음 그림 6은 본 시스템에서 구현한 UI의 구성도를 나타내 것이다.



(그림 6) 사용자 인터페이스 구성도

5. 시스템 평가

본 시스템의 타당성을 평가하기 위해서는 3.2에서 언급한 지그비 클러스터 네트워크를 구축하는데 걸리는 시간과 이 네트워크 안에서 복지사가 원하는 집의 데이터를 모니터링 하기까지 걸리는 시간을 조사하였다. 본 장에서는 TinyOS에서 제공하는 TOSSIM[12] 시뮬레이터를 사용하여 네트워크를 구성하고 이를 기반으로 시스템을 평가하고자 한다.

5.1 데이터 지연시간 테스트

복지사가 지그비 클러스터 네트워크망 안에서 원하는 집의 데이터를 받아오기 위해서는 기본 모듈을 통한 데이터 relay가 필요하다. 따라서 서버와 모바일 터미널 간의 효율적인 데이터 통신을 위해서는 패킷 지연시간 측정을 통한 적당한

홉 카운트의 설정이 필요하다.

본 논문에서는 이미지 센서를 통해 만들어진 4kb 정도의 이미지 파일을 전송하는 nesC[13] 프로그램을 작성하여 이를 지그비 모듈에 삽입함으로 패킷 지연을 측정하였다. 다음의 표 3은 홉 카운트의 증가에 따른 패킷의 전송시간을 1000회 반복 측정하여 평균값을 제시한 것이다.

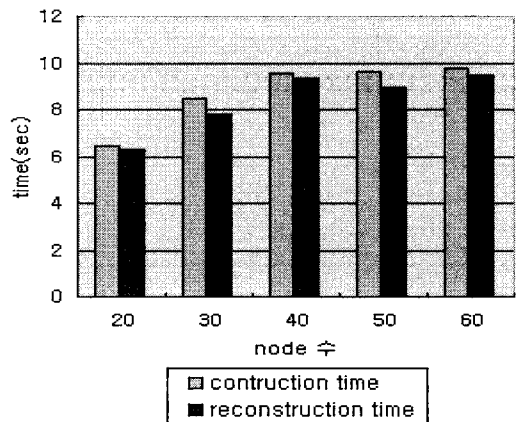
<표 3> 지연 테스트

홉 카운트	1	2	3	4	5
지연시간(초)	2	5	8	11	14

표 3과 같이 패킷의 지연시간은 홉 카운트에 따라 선형으로 증가한다. 모바일 터미널의 가능한 화상 이미지 통신상 적절한 프레임율 유지하기 위해 홉 카운트를 4로 제한하여 구현하였다.

5.2 지그비 클러스터 네트워크 구성

지그비 클러스터 네트워크 구성 시간을 시험하기 위해 TinyOS에서 제공하는 TOSSIM 시뮬레이터를 사용하였다. 그림 7은 앞서 제시한 바와 같이 홉 카운트를 4로 제한하였을 경우, 전체의 라



(그림 7) 네트워크 구성 및 재구성 시간

우팅 테이블이 형성될 때까지의 지연 시간을 1000회 반복하도록 하여 평균값을 제시한 것이다. 그래프에서 나타난 바와 같이 구성된 노드의 수가 30개 이상에서 라우팅 테이블의 구성 및 재구성 시간은 더 이상 증가하지 않는 성향을 나타내고 있다.

6. 결론

본 논문은 무선 센서 네트워크의 장점을 응용한 사례로 복지관리를 대상으로 한 응용 모델을 제시하였다. 제한한 시스템은 복지관리 대상자의 집에 센서와 서버를 설치하여 집안 데이터를 파악하고 서버로 취합하여 데이터를 저장한다. 또한 서버의 지그비 모듈을 통하여 각각의 집을 애드혹 네트워크로 연결한 클러스터 네트워크 모델을 제시하였다. 복지사는 모바일 터미널을 이용하여 네트워크에 접속하고 원하는 집의 데이터를 전송받게 된다. 시스템 평가를 위하여 패킷 지연 테스트와 TOSSIM을 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 차후 연구로써 지그비 클러스터 네트워크를 특정 지역에 실제로 구축하고, 구축한 시스템에서 나타날 수 있는 여러 가지 문제점 파악하고 해결하고자 한다.

참고 문헌

- [1] Chee-Yee Chong, Kumar, S.P. Booz Allen Hamilton, "Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges", Proc. IEEE, Vol.91 No.8, pp. 1247-1256, Aug. 2003.
- [2] Wei Ye Heidemann, J. Estrin, D, "An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks", INFOCOM, Vol.3, pp. 1567-1576, 2002.
- [3] K. Martinez, J. K. Hart, R. Ong., "Environmental Sensor Networks", IEEE Computer, Vol.37 No.8. pp.50 - 56, 2004.
- [4] Alan Mainwaring, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, David Culler, John Anderson "Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring" WSN, pp.88-97, 2002.
- [5] R. Cardell-Oliver, K. Smettem, M. Kranz, K. Mayer, "Field Testing a Wireless Sensor Network for Reactive Environmental Monitoring", Conf. Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, pp.7-12, 2004.
- [6] IEEE Standard 802.15.4a, IEEE, 2007.
- [7] <http://www.sqlite.org>
- [8] <http://www.jennic.com>
- [9] J. Hill, R. Szewczyk, A. Woo, S. Hollar, D. Culler, K. Pister., "System architecture directions for networked sensors", Intl. Conf. Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, pp. 93-104, Nov. 2000.
- [10] HBE-Zigbex, <http://www.hanback.co.kr>
- [11] <http://www.trolltech.com>
- [12] Philip Levis, Nelson Lee, Matt Welsh, David Culler, "TOSSIM: Accurate and Scalable Simulation of Entire TinyOS Applications", Proc. ACM Conf. Embedded Networked Sensor Systems, 2003.
- [13] D. Gay, P. Levis, R. von Behren, M. Welsh, E. Brewer, D. Culler, "The nesC language: A holistic approach to network embedded systems", ACM Conf. Programming Language Design and Implementation, June 2003.

○ 저 자 소 개 ○



김 지 성(Jiseong Kim)

2007년 가톨릭대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
2008년~현재 가톨릭대학교 대학원 컴퓨터공학과 재학(석사)
관심분야 : 임베디드 시스템, 애드 혹 네트워크
E-mail : js_kim@cuk.ac.kr



김 강 희(Kanghee Kim)

1996년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
1998년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학부 졸업(석사)
2004년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학부 졸업(박사)
2004~현재 삼성전자 책임연구원
관심분야 : 실시간 시스템, 내장형 시스템, 운영체제, etc.
E-mail : khkim@archi.snu.ac.kr



황 호 영(Hoyoung Hwang)

1989년 ~ 1993년 서울대학교 컴퓨터공학 공학사
1993년 ~ 1995년 서울대학교 컴퓨터공학 공학석사
1995년 ~ 2003년 서울대학교 전기컴퓨터공학 공학박사
2003년 ~ 2007년 안양대학교 디지털미디어학부 조교수
2007년 ~ 현재 한성대학교 멀티미디어공학과 조교수
관심분야 : 정보통신, 유무선 네트워크, 센서네트워크, 멀티미디어시스템 등.
email: hyhwang@hansung.ac.kr



서 호 중(Hyo-Joong Suh)

1987년 ~ 1992년 서울대학교 학사
1992년 ~ 1994년 서울대학교 컴퓨터공학 공학석사
1994년 ~ 2000년 서울대학교 컴퓨터공학 공학박사
2000년 ~ 2003년 지씨티 리서치 선임연구원
2003년 - 현재 가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 조교수
관심분야 : 컴퓨터 구조, 컴퓨터 시스템, 내장형시스템
email: hjsuh@catholic.ac.kr