

임베디드 시스템 기반의 센싱 데이터 관리 시스템 구현

임지언¹, 최신행^{2*}

¹경남대학교 컴퓨터공학부, ²강원대학교 제어계측공학과

An Implementation of Sensing Data Management System based on Embedded System

Ji-Eon Lim¹ and Shin-Hyeong Choi^{2*}

¹Division of Computer Engineering, Kyungnam University

²Dept. of Control & Instrumentation Engineering, Kangwon National University

요 약 현대 정보시대의 다양한 정보의 발생으로 업무처리 등의 전산작업이외에 우리 주변에 널려있는 각종 센서 장비들로부터의 수많은 양의 수집된 정보가 존재한다. 본 논문에서는 환경정보를 수집할 수 있는 센서노드로부터 전송된 정보를 수집하고 저장할 수 있는 임베디드 시스템 기반의 센싱 데이터 관리 시스템을 구축한다. 메인 시스템에서는 BerkeleyDB와 질의처리기 함수를 사용하여 보다 정확한 정보만을 호스트 서버에 전송함으로써 수집된 센서정보의 신뢰성을 높일 수 있다.

Abstract In the modern information society, computational tasks such as business processes in addition to numerous amounts of information from various sensor devices exist. In this paper, an embedded system based on sensing data management system which can collect and store sensing data from sensor node is developed. Berkeley DB and the query processor is installed in the main system, by using this we can send the more accurate information to the host server and can increase the reliability of sensor information.

Key Words : Sensing Data, Embedded System, Database

1. 서론

현재 우리 주위에는 다양한 정보가 존재하며, 그 정보의 가치로 인해 정보화 사회에서의 경쟁력을 가질 수 있다. 조직에서 중요한 의사결정을 내리기 위해서는 정보를 수집해야 하며, 이들 수집된 정보는 컴퓨터 시스템을 활용하여 분석 및 가공된다. 이러한 정보자원을 관리하고 활용하기 위해 필수적으로 사용되는 데이터베이스는 전통적 자료 관리에서 검색엔진까지 다양한 환경에서 필수적인 도구이다. 이러한 데이터베이스의 활용은 하드웨어와 소프트웨어 측면에서 많은 비용을 수반한다. 일반적으로 발생된 정보는 업무처리 등의 전산작업뿐만 아니라 각종 센서와 같은 장비들로부터 발생한 빛, 소리, 온도, 움직임 같은 물리적인 데이터를 센서노드에서 감지하고

측정하여 중앙의 기본 노드로 전달하는 구조로 되어 있다. 이와 같이 수많은 센서정보들을 효과적이고 오류 없이 관리할 수 있는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 센서 네트워크 상의 각종 센서로부터 전송된 온도, 습도, 조도 등의 센서 정보관리를 효과적으로 하기 위해 임베디드 시스템 상에서의 기본적인 센서 정보를 Berkeley DB와 질의 처리기(Query Processor)를 이용하여 관리하는 시스템을 제시하고자 한다.

2. 관련연구

2.1 임베디드 시스템

임베디드 시스템이라 함은 특정한 기기에 주어진 작업

*교신저자 : 최신행(cshinh@kangwon.ac.kr)

접수일 09년 08월 16일

수정일 10년 08월 25일

게재확정일 10년 09월 08일

을 수행하도록 구동시키는 시스템으로 TV, 냉장고, 세탁기 등과 같은 다른 시스템의 일부로 내장된 마이크로프로세서 시스템, “어떤 시스템의 특정 목적을 위하여 동작하는 컴퓨팅 시스템”이라고 정의할 수 있다[1,7]. 이러한 임베디드 시스템은 하드웨어와 하드웨어 자원의 효율적 관리를 위한 소프트웨어로 구성되며, 그 하드웨어와 소프트웨어는 특정한 기능의 수행에 초점이 맞춰져 있다. 특정한 기능을 수행할 수 있도록 설계되는 임베디드 시스템은 다양한 기능을 수행할 수 있도록 설계되는 PC와 같은 범용 시스템과 대비된다[2].

임베디드 시스템에 사용되는 임베디드 소프트웨어는 다양한 디지털 제품에 내장되어진 하드웨어의 제어와 통신, 멀티미디어, 게임, 인터넷 접속, 유비쿼터스 컴퓨팅 등의 기능을 제공하는 특징을 가지고 있다. 임베디드 소프트웨어는 일반 패키지 소프트웨어와 달리 기존 하드웨어의 부가 기능 제어의 역할을 하고, 특정 제품에서만 동작하는 소프트웨어이며, 실시간, 고신뢰성 및 자원제한성을 지원해주는 특징이 있다.

2.2 임베디드 리눅스

리눅스(Linux)는 1991년 핀란드 헬싱키 대학의 학생이었던 리누스 토발즈(Linus Torvalds)가 Unix 운영 체제를 토대로 만든 운영 체제로서 인터넷을 통해 무료로 배포되었다. 그 이후에 전세계 개발자들에 의해 지속적으로 개선되고 있으며, 특히 낮은 사양의 프로세서와 적은 용량의 메모리를 가지는 임베디드 시스템을 위하여 리눅스가 개발되었다.

기존의 상용 임베디드 운영 체제는 커널(kernel)의 재구성이 용이하지 않아 다양한 플랫폼에 적용한 것이 어렵고, 초기 구입비와 사용료가 매우 비싸며, 커널 소스가 오픈되지 않아 기술 축적에 한계가 있다는 단점을 가지고 있다. 이에 비해서 임베디드 리눅스는 많은 장점들을 가지고 있기에, 점점 더 많은 임베디드 시스템들이 임베디드 리눅스를 운영체제로서 채택하고 있다.

2.3 유비쿼터스 센서 네트워크

유비쿼터스 센서 네트워크(USN:Ubiquitous Sensor Network) 기술은 인간의 생활환경에 존재하는 사물에 센서를 장착하여 그 사물을 지능화시키고, 사물 간의 네트워크를 형성시켜 다양한 정보를 주고받을 수 있도록 하는 기술을 의미한다. USN 기술에 따라 매우 작은 크기의 독립된 무선 센서들을 건물, 도로, 의복, 인체 등과 같은 물리적 공간에 배치하여 측정 대상의 온도, 습도, 조도, 가속도, 자기장 등에 관한 정보를 원격으로 감지 및 관리

할 수 있다. USN은 인간에게 편리함을 제공하는 동시에 보안 및 프라이버시 문제를 수반한다. 즉, 언제 어디서나 컴퓨팅을 이용할 수 있다는 것은 반대로 언제 어디서나 개인 정보가 누출될 수 있다는 것을 의미한다. 안심하고 USN을 이용할 수 있도록 하려면 기밀성, 인증, 무결성 등이 보장되어야 한다[3,6,8,9,10].

2.4 센서 데이터베이스

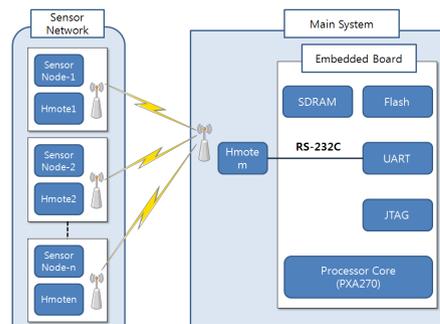
센서 데이터베이스 시스템의 주요 목적은 센서 네트워크 환경에 흩어져 있는 센싱 정보들에 대하여 센서 노드들의 제한된 리소스들-저능능의 CPU, 저용량 메모리, 저용량의 통신 대역폭-을 고려하면서 효율적으로 사용자의 질의를 만족시켜 주는 것이다. 다시 말하면, 각 센서 노드들에서의 에너지 소모율을 최소화 시키면서 질의에 대한 정확성 및 신속성을 최대화 시킬 수 있는 질의 처리기를 만드는 것이다[4].

3. 시스템의 구조 및 설계

본 장에서는 임베디드 리눅스 기반의 센싱 데이터 관리 시스템 개발 배경과 설계 과정에 대하여 기술하고자 한다.

일반적으로 센서 네트워크 환경에서는 노트북과 같은 고급사양의 호스트 PC를 활용하여 센서노드로부터 전송된 센싱 데이터를 관리하지만, 본 논문에서는 장소가 한정되거나 적은 종류의 센싱 데이터를 수집 및 관리하기 위해서 호스트 PC가 아닌 임베디드 시스템을 활용하고자 한다. 이를 통해 보안을 비롯하여 관리 및 비용적인 측면에서 유리하게 시스템을 구축할 수 있다.

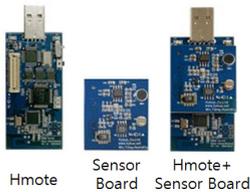
센싱 데이터 관리 시스템은 크게 센서 네트워크와 메인 시스템으로 구성되며 전체적인 시스템은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.



[그림 1] 센싱 데이터 관리 시스템 구성

3.1 센서 네트워크

센서 네트워크는 지정한 장소의 환경 데이터를 수집하는 센서 보드와 센싱 데이터를 수집해서 전달하는 Hmote 노드로 구성된다. 센서 보드에는 온도, 습도, 조도 등의 데이터를 인식할 수 있는 센서들이 장착되어있으며, Hmote는 Texas Instruments사의 MSP430 microcontroller 와 IEEE 802.15.4를 지원하는 CC2420 RF Chip(2.4GHz), 그리고 실내 50m, 실외 125m까지 전송할 수 있는 안테나가 내장되어 있어 무선 전송이 가능하다[12].



[그림 2] 센서노드

3.2 메인 시스템

메인 시스템은 센서 네트워크로부터 전송되는 센싱 데이터를 전달하는 센서제어모듈이 설치되어있다. 또한, 수집된 센싱 데이터를 저장하고 관리하기 위한 임베디드 데이터베이스가 설치되어있다. 본 논문에서는 앞서 언급한 것처럼 관리 시스템으로서 호스트 PC가 아닌 임베디드 시스템을 사용하는데 본 연구에서 사용한 임베디드 시스템은 하이버스의 X-Hyper270TKU를 사용하였다.

X-Hyper270TKU의 주요 시스템 구성은 다음과 같다 [12].

- CPU : FWPXA270 (520MHz)
- SDRAM : K4S561632 4EA (128MB)
- Flash ROM : TE28F128 2EA (32MB)
- Nand Flash : K9F1208U0M-YCB0(64MB)
- Audio : AC'97 CODEC Chip (CS4299)
- Ethernet : 10Base-T 1Port (CS8900)
10/100Base-T 2Port (LAN91C111)
- Display : 6.4"TFT LCD Interface
(Touch panel included)
- VGA : VGA Controller (THS8135)
- Touch Screen : Touch Screen Controller
(ADS7843)

이와 같이 Processor는 저전력, 초소형이며, 터치스크린을 채택함으로써 임베디드 리눅스 기반의 X윈도우 환경에서 다양한 응용 프로그램을 쉽게 조작할 수 있다. 센

서제어모듈을 통해 전달된 센싱 데이터는 질의처리를 통해 저장 및 관리되는데, 본 논문에서는 오라클사의 Berkeley DB라는 임베디드 데이터베이스를 사용한다. Berkeley DB는 애플리케이션에 직접적으로 연결되기 때문에 임베디드라고 할 수 있다. 즉, Berkeley DB는 애플리케이션과 같은 주소공간에서 운영된다. 그 결과 프로세스 간 통신(IPC), 네트워크 등이 필요하지 않다. Berkeley DB는 C, C++, Java, Perl, Tcl, Python, 그리고 PHP 등의 프로그래밍 언어를 위한 간단한 function-call API를 제공하며, 모든 데이터베이스 작업은 라이브러리 안에서 이뤄진다. 또한, Berkeley DB 라이브러리는 매우 이식성이 좋으므로 모든 유닉스 및 리눅스, 윈도우즈, 그리고 수많은 실시간 임베디드 운영체제에서 작동한다[5,11]. 하지만 Berkeley DB는 SQL 같은 쿼리 언어는 지원하지 않으므로 본 논문에서는 함수형태의 질의처리를 통해 센싱 데이터를 저장 및 관리한다.

4. 시스템의 구현 및 구동

4.1 시스템 구성 및 동작 흐름도

본 논문에서의 시스템 구현 목표는 다음과 같다.

첫째, 기존의 호스트 PC에서 수행하였던 처리기능을 임베디드 시스템이 대신한다.

둘째, 저전력, 초소형이라는 특성에 최적화된 임베디드 DB를 활용하여 센싱 데이터를 처리한다.

셋째, GUI와 같이 사용자에게 편리한 환경을 제공한다.

시스템 구현을 위한 개발 환경을 다음의 표 1에서 간단히 나타낸다.

[표 1] 시스템 구현을 위한 개발 환경

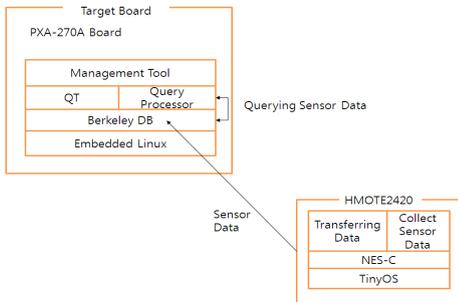
구분	소프트웨어명	버전	제공회사
OS	Embedded Linux	Kernel 2.4	Redhat
DB	Berkeley DB	4.5.20	Oracle
PL	Qt	Qt-embedded-free-3.3.3	Trolltech

개발도구는 임베디드 리눅스 환경에서 GUI를 구현하기 위해서 C++ 기반의 GUI Library로서 Windows, Unix, Linux, Mac 모두를 지원하며 소스코드의 호환을 보장하고 현재의 윈도우 기반의 소스를 리눅스나 유닉스로 포팅하는 시간을 절약해 줄 뿐 아니라, 향후 동일한 소스로 윈도우즈와 X-윈도우 실행 프로그램을 생산할 수 있는 강점을 가지고 있는 Qt를 사용하였다. Qt 프로그램은 다양한 플랫폼을 제공하는데 본 논문에서는 Qt-embedded-

free-3.3.3 버전을 가지고 진행하였다. 물론 시리얼 통신을 비롯한 DB 핸들링과 같은 소스부분은 C/C++언어를 기초로 작성하였다.

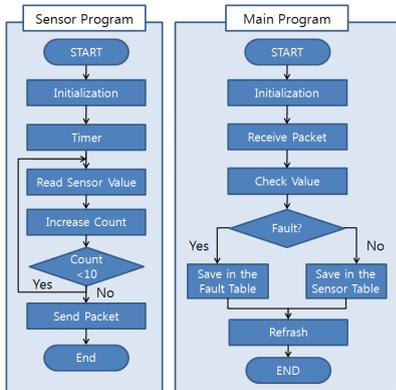
가. 시스템의 구성

그림 3에 전체 시스템의 구성을 나타내었다. 임베디드 시스템 기반 센싱 데이터 관리 시스템은 여러 개의 센서 제어 모듈을 가지고 이들은 메인 시스템과 무선 통신으로 연결된다. 센서 제어 모듈은 센서 보드와 전송노드로 구성되는 하이버스의 Hmote2420을 사용하여 수집한 데이터를 메인 시스템에 전달하는 역할을 한다. 임베디드 리눅스가 설치된 메인 시스템은 타겟보드라고 할 수 있으며 여기에는 사용자 인터페이스 부분은 QT/E 라이브러리를 이용하고, 데이터 관리부분은 Berkeley DB를 이용한 센싱 데이터 처리 및 저장용 프로그램이 설치된다. 이를 통해 메인 시스템에 있는 TFT/LCD 상에 센싱 데이터가 모니터링 되는 화면이 나타나고 터치스크린 디스플레이를 이용하여 메인 애플리케이션과 동작하도록 구성된다.



[그림 3] 전체적인 시스템 구성

나. 시스템의 동작 흐름도

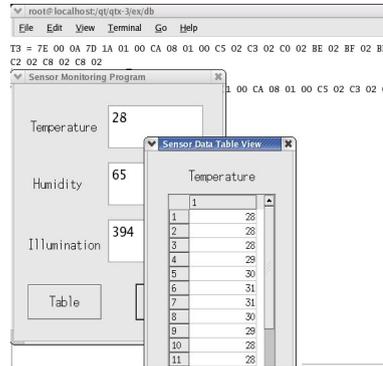


[그림 4] 시스템의 동작 흐름도

그림 4에 임베디드 시스템 기반의 센싱 데이터 관리 시스템의 동작 흐름을 나타내었다. 센서 제어 모듈은 메인 시스템과 동기화를 통해 구동하며 센서의 값을 읽어 온 횟수가 10번 이하이면 10번의 센싱이 마칠 때까지 계속 동작한다. 메인 시스템에는 시리얼포트를 통해 연결된 수신 노드 즉 BaseStation을 통해 전송받은 센싱 데이터를 처리하기 위한 모듈과 Berkeley DB를 기반으로 이들 데이터를 저장 및 관리하는 모듈이 동작한다.

4.2 시스템 구동

그림 5에서는 메인 시스템인 임베디드 시스템에서 구동되는 화면으로 센서노드인 Hmote2420으로부터 전송되어 수집된 센싱 데이터를 10초 단위로 보여주며, 이들 데이터는 Berkeley DB를 사용하여 저장된다.



[그림 5] 구현화면

표 2는 데이터베이스 테이블 정의 및 메인함수의 일부분을 나타낸다.

[표 2] DB관련 코드

```
#define DB_NAME "SENSORDB"
typedef struct s_struct
{
    uint16_t dest_addr;
    uint8_t hand_id;
    uint8_t group_id;
    uint8_t msg_len;
    uint16_t source_addr;
    uint16_t cnt;
    uint16_t ch;
    uint16_t data[20];
} S_STRUCT;
S_STRUCT sensordb;

void db_open(DB **, char *, int);

int main()
{
    DB *dbp;
    DBC *dbc;
    DBT key, data;
    db_reco_n_t index;
    int i;
    int ret=0;
    char keyvalue, idxnum;
    db_open(&dbp, DB_NAME, 0);
```

5. 결론

현대 정보시대에는 다양한 정보의 발생으로 업무처리 등의 전산작업이외에 우리 주변에 널려있는 각종 환경정보를 센서 장비를 이용하여 수집할 수 있다. 일반적으로 센서 네트워크 환경에서는 노트북과 같은 고급사양의 호스트 PC를 활용하여 센서노드로부터 전송된 센싱 데이터를 관리하지만, 본 논문에서는 센서 네트워크 상의 각종 센서로부터 전송된 온도, 습도, 조도 등의 센서 정보관리를 효과적으로 하기 위해 임베디드 리눅스 기반의 센싱 데이터 관리 시스템을 구축한다. 관리 시스템은 임베디드 시스템 기반의 메인 시스템과 센서노드들로 구성된 센서 네트워크 부분으로 구성되며, 기존에 데이터저장 및 관리를 호스트서버에서 수행한 방식과 달리 임베디드 리눅스가 설치된 메인 시스템에는 Berkeley DB를 이용한 센싱 데이터 처리 및 저장용 프로그램이 설치되어 센서노드로부터 전송된 데이터를 효과적으로 관리할 수 있다.

참고문헌

- [1] 최성호, "실버타운의 U-healthcard를 위한 유비쿼터스 센서 네트워크 시스템 설계 및 구현에 관한 연구", 한경대학교 석사논문, 2009.
- [2] 한백전자 기술연구소, "ZigbeX를 이용한 유비쿼터스 센서 네트워크 시스템", ITC, 2006.
- [3] 권중원, "유비쿼터스 헬스 시스템의 구현을 위한 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜 성능분석", 서울시립대학교 석사논문, 2007.
- [4] 김민수, 이은규, "유비쿼터스 환경에서의 센서 데이터 베이스 기술", IITA 주간 기술동향 통권 1187호 3월, 2005.
- [5] 이호택, "Berkeley DB를 이용한 내장형 데이터베이스 관리 시스템 구현", 선문대학교 석사논문, 2006.
- [6] 이찬영, "유비쿼터스 무선 센서를 이용한 임베디드 홈네트워킹 시스템 구현에 관한 연구", 숭실대학교 석사논문, 2005.
- [7] 노방현 외 3인, "임베디드 시스템을 이용한 감시시스템 구현에 관한 연구", 한국산학기술학회, 한국산학기술학회 춘계학술대회논문집, pp.240-243, 2004.
- [8] 양승현, 이석원, "지그비 무선통신과 웹 기반의 임베디드 시스템을 이용한 자동차 센서신호 감시 및 제어에 관한 연구", "한국산학기술학회논문지, v.10, no.1, pp.67-74, 2009.
- [9] I.F.Akyildiz, W.Su, Y.Sankarasubramaniam, E. Cayircy, "Wireless Sensor networks: a survey, Computer

Networks:", The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, v.38n. 4, 2002.

- [10] Samuel Madden, Michael J. Franklin Joseph M. Hellerstein, "The Design of an Acquisitional Query Processor for Sensor Networks", ACM SIGMOD, 2003.
- [11] <http://www.oracle.com>
- [12] <http://www.hybus.net>

임 지 언(Kwang-Youn Jin)

[정회원]



- 1990년 2월 : 경남대학교 전자계산학과(공학사)
- 1992년 8월 : 경남대학교 교육대학원 전자계산교육(교육학석사)
- 1998년 2월 : 경남대학교 대학원 컴퓨터학과(박사과정수료)
- 1995년 8월 ~ 현재 : 경남대학교 컴퓨터공학부 강사

<관심분야>

정보보안, 임베디드시스템, USN

최 신 형(Shin-Hyeong Choi)

[중신회원]



- 1993년 2월 : 울산대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1995년 2월 : 경남대학교 전자계산학과 (공학석사)
- 2002년 8월 : 경남대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 제어계측공학과 부교수

<관심분야>

정보보안, USN, 임베디드시스템