
Zigbee 모듈을 이용한 실시간 센서 모니터링 시스템 구현

김광현*

Implementation of Real-time Sensor Monitoring System on Zigbee Module

Gwang-hyun Kim*

요약

향후 USN 기술은 가정, 물류, 교통, 행정, 보건, 복지 및 환경 등의 다양한 분야에 적용될 것이고, 다가올 미래 사회의 기반 인프라로 자리 잡게 될 것이다. 본 논문은 IEEE 802.15.4 기반 센서네트워크 구조를 분석하고, Zigbee 모듈을 이용한 센서 데이터를 실시간으로 감지하는 모니터링 시스템을 구현하였다. 센서 데이터를 실시간으로 모니터링하는 시스템을 구현하기 위해 리눅스 기반 개발 환경을 구축하여 센서별 컴포넌트를 설계하였다. 본 논문의 연구 결과는 조명 시스템, 침입탐지, 화재 감지, 그리고 비정상 상태의 감지 및 통보 등의 분야에 활용할 수 있을 것이다.

ABSTRACT

USN technology will be applied to various fields such as logistics, transportation, government, health, welfare and environment and will be settled down by basic infrastructure of a future society. In this study, we analyzed sensor networks structure based on IEEE 802.15.4 and implemented the sensor monitoring system using Zigbee modules. For implementation of real-time sensor monitoring system, we designed Linux-based development environment and the sensor-specific component. The result of this paper may be utilized in such areas lighting system, intrusion detection, fire detection, detection and notification of abnormal conditions.

키워드

USN, Zigbee, Sensor, IEEE802.15.4

I. 서론

USN(Ubiquitous Sensor Network) 환경에서 사용하는 기존의 모바일 폰, PDA 및 텔레메틱스 단말기 등의 다양한 단말기를 이용하여 센서 노드와의 정보 교환을 수행할 것으로 예측된다. 여기서 USN 환경에서의 단말기들은 검색, 쇼핑, 엔터테인먼트, 텔레메틱스 등 그 고유 목적에서는 조금씩 차이가 있다 하더

라도 무선통신을 이용하여 표준화된 방식으로 다양한 센서 노드들과의 접속이 가능해야 한다. 따라서 표준 단말 플랫폼 기술의 개발이 요구되며 센서 노드 하드웨어와 이를 운영하기 위한 운영체제 등의 소프트웨어 플랫폼 기술개발을 포함하고 있다. RFID, CCD 카메라, 속도 감지기와 같은 현재의 센서보다 발전된 형태로, 정보를 수집하는 센싱기능, 정보를 분석하는 컴퓨팅기능, 정보를 제공하기 위한 무선통신 기능을 내

* 광주대학교 정보통신학과(ghkim@gwangju.ac.kr)

접수일자 : 2011. 02. 16

심사(수정)일자 : 2011. 03. 15

게재확정일자 : 2011. 04. 12

장하고 있다. 스마트 센서 네트워크 상에서 실시간으로 수집된 정보들을 효율적으로 상호 공유하고 분석하여 제공할 수 있는 센서 데이터베이스 기술 개발이 필요함을 의미한다. 현재 센서 데이터베이스 분야에서는 스마트 센서 네트워크를 기반으로 각 센서 노드들의 에너지 소모량은 최소화하면서 수집 정보들을 색인, 분석, 저장, 제공하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2].

유비쿼터스 센서 네트워크는 각종 센서에서 수집한 정보를 무선으로 수집할 수 있도록 구성된 네트워크를 말한다. USN 기술은 가정, 물류/유통, 교통, 행정, 보건, 복지, 그리고 환경 등의 다양한 분야에 적용될 것이고, 다가올 미래 사회의 기반 인프라로 자리 잡게 될 것이다. WPAN(Wireless Personal Area Network) 기술 및 초소형 네트워크 디바이스 기술 등이 발전함에 따라 센서 네트워크 기술이 매우 활성화되고 있다. USN이 구축된 사회에서는 모든 사물의 지능화로 자율적으로 주변 환경을 센싱하여 주변 상황을 인식하고 이들을 제어할 수 있는 센서 데이터를 실시간으로 감지하고 모니터링 하는 시스템이 상용화 될 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 센서네트워크 구조와 응용사례를 살펴보고, 3장에서는 센서 모니터링 시스템을 설계 및 구현결과를 보여주고 4장에서는 연구결과 및 향후 연구방향을 제시하고 한다.

II. 센서네트워크 구조 및 응용사례

WSN은 많은 수의 작고 이질적인 센서 노드들 간의 네트워크를 의미하는데, 각 센서 노드들은 전원 유닛, 센싱 유닛, 컴퓨팅 유닛, 그리고 통신 유닛을 포함하고 있다. 이질적인 노드들 간의 무선 통신을 지원한다는 면에서 Ad-Hoc 네트워크와 유사한 성격을 가진 센서 네트워크는 Ad-Hoc 네트워크와 비교하여 각 노드들이 제한된 리소스의 단순한 구조를 가졌다는 점, 범용의 목적을 위한 네트워크가 아니라는 점, 그리고 통신에 있어서 데이터 중심(Data Centric)이라는 점에서 차이점을 가지고 있다. USN은 먼저 인식정보를 제공하는 전자태그를 중심으로 발전하고 이에 센싱 기능이 추가되고 이들 간의 네트워크가 구축되는 형태로 발전하고 있다[3,4,8].

센서 네트워크에 사용되는 센서는 무인으로 동작되거나 사람이 접근하기 힘든 환경에서 동작 하는 경우가 대부분이다. 또한 다량의 센서를 유포하여 센서 네트워크를 형성하는 경우가 많아 센서 노드의 크기가 작고 가격이 저렴해야 하므로 노드의 에너지양과 데이터 처리 능력에 제한이 있게 된다. 이런 센서의 제약 사항들과 센서 네트워크의 용도에 따라 네트워크에서 원활한 통신을 위해 충족되어야 할 설계 요구조건 및 적합한 라우팅 알고리즘이 다르게 된다. 센서 네트워크의 주요 특징인 네트워크 토폴로지와 센서노드의 제한된 자원(배터리 등) 등으로 인해 대부분의 경우에 1홉(hop)간의 통신이 아니라 멀티 홉 라우팅을 통하여 산재해 있는 센서들 간 통신이 이루어지게 되고, 최종적으로 싱크노드(Sink Node)를 통해 센서로부터 취득한 데이터를 취합하게 된다. 여기서 싱크노드는 센서네트워크에서 이루어지는 센싱 정보를 위한 통신의 최종 목적지로서, 기존의 전통적인 유무선 네트워크와 센서 네트워크의 게이트웨이 역할을 한다 [6,7].

2.1. IEEE 802.15.4 기술동향 분석

IEEE 802.15.4는 2003년 표준화된, 저속, 저전력의 PAN(Personal Area Network) 기술로서 센서네트워크를 중요한 응용 분야로 고려하고 있다. 스타, 클러스터 트리, 그리고 메시 등 다양한 토폴로지를 지원하여 다양한 센서네트워크 응용에 사용될 수 있으며, 무엇보다도 중요한 특징으로서 비컨을 사용하고 슈퍼프레임이라고 하는 프레임 구조를 가진다는 것인데, 슈퍼프레임은 비컨 주기 동안 일정 시간만 활성화되고 나머지 시간은 비활성화됨으로써 배터리 기반의 센서노드의 전력 소모를 최소화시킬 수 있다. 또한 ZigBee 컨소시엄에서는 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 IEEE 802.15.4 기반의 네트워크 및 응용 계층의 규격을 제안하고 있고, 100여 개 이상의 많은 참여 회사들이 직간접적으로 사업에 참여함으로써 기술 발전이 매우 빠르고, 다양한 응용기술이 개발될 것으로 보인다. 특히, 유통분야에서는 물품관리를 위해 바코드가 일반적으로 사용되어 왔으나 가격이 매우 싼 반면에 기본적으로 다량의 물품을 동시에 처리하는데 한계가 있고, 시간이 많이 걸리며, 실시간 정보 파악이 불가하며, 근접한 상태에서만 정보를 읽을 수 있는 단점이

있다. 이에 비해 전자태그 가격은 다소 비싼 편이나 동시에 많은 물품을 처리할 수 있고, 식별시간이 짧으며, 실시간 정보 파악이 가능하고, 수m 거리에서도 정보를 읽을 수 있으며, 보안성도 뛰어나 세계적으로 바코드를 대체할 수 있을 것으로 전망되고 있다. 그림 1은 센서네트워크의 기본 구조를 보여주고 있다.

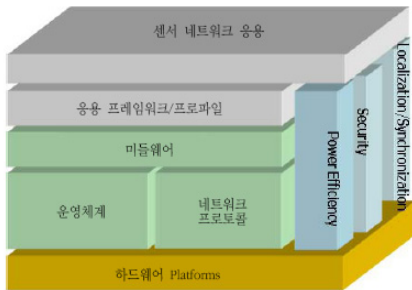


그림 1. 센서 네트워크 아키텍처
Fig. 1 Sensor network architecture

2.2. TinyOS 구성요소 분석

TinyOS는 미국 버클리대(UC Berkeley)에서 개발한 현재 가장 널리 쓰이고 있는 컴포넌트 기반, 이벤트 구동 방식의 센서 네트워크 운영체제로서, 제한된 자원을 가진 작은 크기의 센서 노드에서 효율적인 자원의 사용과 프로세싱 동시성을 지원해 준다. 센서 네트워크의 제약 사항과 새로운 요구 사항을 만족시키기 위해서 TinyOS는 다음 3가지 큰 특징들을 가지고 있다. 하드웨어 추상화(Hardware Abstraction)부터 고수준(High Level) 소프트웨어까지 모두 재사용 가능한 컴포넌트들로 구성되어 있다. 하위 컴포넌트가 제공하는 서비스를 이용하기 위해 상위 컴포넌트는 자신의 출력 커맨드를 통해서 해당 함수를 호출하면, 하위 컴포넌트는 자신의 입력 커맨드를 통해 호출된 함수의 기능을 수행한다. 하위 컴포넌트는 자신의 출력 이벤트를 통해 신호를 전달하면, 상위 컴포넌트는 자신의 입력 이벤트를 통해 신호를 전달받는다. 또는 입력 이벤트를 통해서 특정 이벤트의 발생이 알려지면 해당 컴포넌트의 이벤트 핸들러에 의해 처리된다 [5]. 이러한 컴포넌트들의 인터페이스를 연결함으로써 하나의 응용 프로그램을 구현할 수 있다. 이때, 이미 구현된 컴포넌트는 재사용 가능하며 기존에 없는 새

로운 컴포넌트들만 구현하게 되는데, 경우에 따라서는 기존의 컴포넌트들만을 사용해서 손쉽게 새로운 응용 프로그램을 구현할 수도 있다. 상태 머신 프로그래밍 모델을 기반으로 함으로써 전체 시스템은 여러 상태 머신들로 구성되어 있다. 여기서, 각각의 컴포넌트가 해당 상태를 나타내며, 컴포넌트의 커맨드 또는 이벤트 핸들러들은 한 상태에서 다른 상태로 빠르게, 그리고 적은 부가처리와 논-블록킹의 특성을 가지며 전이시킨다. 제한된 자원만을 가진 노드들로 구성된 센서 네트워크의 가장 큰 문제인 저 전력 소모를 위해서 TinyOS는 CPU가 사용되지 않을 동안 휴지 상태로 들어가게 함으로써 불필요한 전력 소모를 줄인다. 실제 센서 네트워크의 설치 및 유지, 관리를 고려해 볼 때, 변화하는 요구 사항을 반영하기 위해서 무선 인터페이스를 이용해 응용 프로그램을 교체하는 네트워크 프로그래밍이 센서 네트워크 운영체제 연구에 있어 최근 이슈 중의 하나이다.

2.3. 센서네트워크 구성

Zigbee는 센서 모듈을 통해 센싱 정보를 실시간으로 전달하는 것을 목표로 하고 있으며, 센싱 정보에 따른 환경들을 제어 및 관리하기 위해 주로 사용된다. Zigbee는 868MHz, 902-928MHz 및 2.4GHz에서 동작하는 무선 개인영역 통신망 규격이다. 무선 개인 영역 통신망 내에서 통상 50m 이내의 거리에 떨어져 있는 주변 장치들 간에 최고 250Kbps의 속도로 데이터를 주고 받을 수 있다.

TinyOS는 센서 네트워크와 같은 임베디드 네트워크 시스템들을 위해 특별히 고안된 아주 간단한 운영체제이다. 이는 이벤트 기반의 애플리케이션, 소형의 코어(400 바이트 정도의 코드), 작은 데이터 메모리를 갖는 초소형 용량의 운영체제를 만들기 위해 고안되었다. TinyOS는 재사용이 가능한 컴포넌트 기반의 구조이다. 즉, 애플리케이션들이 구현에 필요한 각각의 컴포넌트들을 와이어링으로 연결한다. 이와 같이 컴포넌트 기반으로 이루어진 구조에서는, 다른 OS 서비스들로 구분된 컴포넌트들을 다른 애플리케이션에서 반복적으로 사용하지 않아도 되는 장점을 갖는다. 그리고 센서 네트워크 노드들은 무선 통신 데이터를 실시간으로 처리해야 하기 때문에 동시성이 지원되어야 하는데, TinyOS는 이벤트 기반의 동시성을

확보하기 위해 태스크와 이벤트 개념을 사용한다. 이 두 가지 요소들의 차이는 "선점"에 대한 가능 여부이다. 즉, 태스크들은 서로를 선점하지 않는 반면, 이벤트들은 태스크나 이벤트의 실행에 대한 선점이 가능한 차이점이 있다. TinyOS는 이벤트 발생에 의한 상태 천이 방식을 채택한 상태 기계 기반의 프로그래밍 개념을 사용한 운영체제으로써, 제한된 메모리 공간의 효율적인 이용과, 프로세싱의 동시성 등을 지원해주는 운영체제이다. TinyOS에서는 시스템 자원의 제약들 때문에 기존의 IP 프로토콜, 소켓, 쓰레드 개념들을 사용하지 않는다. 본 논문에서는 시스템 구현을 위해 TinyOS 2.x Sensor network 기반으로 설계와 Platforms/Hardware Abstraction에 맞춘 포팅 기술을 필요로 한다. Scheduler 및 Booting/Initialization을 이용한 컴포넌트 설계하여 Timers에 의한 제어 컴포넌트 제작하여 NesC 인터페이스 종류별 컴포넌트 형태와 구조를 설계하여 호환 개발 환경 구축이 필요하다. 연구 결과를 검증하기 위해 설계와 실제 구현을 위해 oscilloscope 뷰어라는 외부 프로그램을 제작하여 설계된 센서 컴포넌트의 작동여부와 트리 라우팅 프로토콜이 정상적으로 작동되는 것을 확인할 수 있도록 구현하고자 한다.

III. 센서 모니터링 시스템 설계 및 구현

모니터링 시스템 구현을 위해 TinyOS의 통신 전달 과정과 구조를 파악해야 하며 RF(Radio Frequency)통신과 시리얼 통신에 쓰이는 구조를 확인한다. TinyOS 에서는 PC로 시리얼 통신을 통해 데이터를 전달할 경우, 데이터의 시작에서는 항상 0x7E 값이 먼저 PC로 전달되고, 그 후 ACK가 없는 데이터 type 인 0x45 값이 전달된다. 그다음으로 시리얼 메시지를 의미하는 DispatchID 0x00이 들어온다. 다음으로는 TinyOS가 정의하는 시리얼 메시지 포맷에 해당하는 데이터들과 2bytes CRC 필드가 들어온다. 마지막으로 데이터 통신을 마친다는 의미로서 0x7E가 전달된다. 그림2 는 Zigbee의 통신 메시지 전달과정을 나타내며 해당 컴포넌트들의 전달과정을 보여주고 있다.

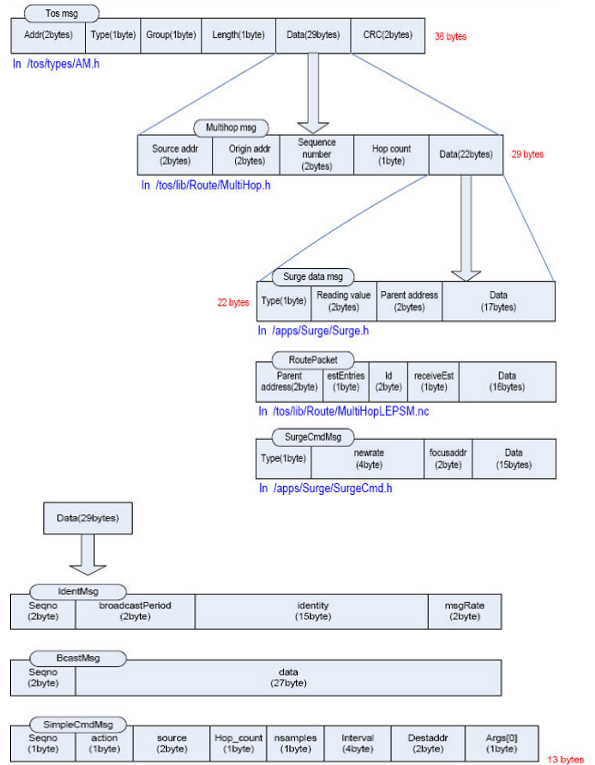


그림 2. TinyOS 패킷 흐름 구조
Fig. 2 TinyOS packet flow

TinyOS는 통신 메시지를 전달하기 위해 RF 통신과 시리얼 통신 모두에서 사용될 수 있도록 만들어진 공통적인 사용구조체가 있으며 컴포넌트 형식으로 제공되어 하위 컴포넌트에서 사용을 위해 맞춰 삽입하면 된다.

3.1. 센서 컴포넌트 시스템 설계

모니터링 시스템 구현전 모트에 연결된 각 센서의 컴포넌트를 설계한다. 각 센서들은 TinyOS의 컴포넌트에 의해 상호간 통신이 이루어지며 컴포넌트 형식으로 프로그래밍이 되어 재조립이 가능하다. 실험 환경 구축에 있어 3종류 LED를 사용하며 TinyOS-2.x에서 제공하는 기본적인 컴포넌트에 태스크 방식으로 컴포넌트를 수정하였다. LED 컴포넌트 동작은 Red LED는 모트의 작동유무 상태를 나타내며 Yellow LED는 RF통신으로 송신할 경우 점등되며 Green LED는 RF통신으로 데이터를 수신할 때 사용하게 된

다. LED는 mote의 상태 작동유무 확인을 위한 기초적인 컴포넌트이다. LED 컴포넌트는 단독으로 사용되는 경우는 없으며 다른 센서 컴포넌트와 복합적으로 사용된다.

첫 번째, 센서 컴포넌트로 조도 센서(Light Sensor) 컴포넌트를 작성하였다. 조도 센서는 cds 의 주변 광량에 따라 저항값이 변하게 되며 저항값의 변화에 따라 변화하는 전압량으로 광량을 감지할 수 있다. 조도 센서에서 전달하는 아날로그 값을 디지털화하여 사용자에게 반환해주는 컴포넌트는 PhotoSensorC 컴포넌트를 작성하였다.

두 번째, 센서 컴포넌트로 온/습도 센서를 사용하였다. 온/습도 센서는 Sensirion사의 SHT11 습도 센서로 실험용도로 사용되는 대표적인 센서다. 센서의 주변 온도 및 습도값을 측정하여 디지털 신호로 변경해 사용자에게 전달해주는 ADC(Analog Digital Convertor) 기능을 자체적으로 가지고 있어 센싱한 데이터를 바로 모트에 전달할 수 있다. 온/습도 센서를 제어하기 위한 명령 코드는 정의되어 있으며 해당 명령 코드를 이용해 컴포넌트를 작성하였다.

세 번째, 센서 컴포넌트로 적외선 센서(Photo Sensor)를 이용하여 작성하였다. 적외선의 강약에 따라 의 출력 값이 변화하기 때문에, 센서의 CPU는 ADCI(Analog Digital Convertor Interface)로 들어오는 전압의 변화량에 따라 적외선 값을 측정할 수 있으며 디지털화해 모트로 전송할 수 있다. 적외선 센서는 UltrasredSensorC 컴포넌트로 작성하였으며 조도 센서를 제어하는 PhotoSensorC 컴포넌트와 매우 유사한 형태를 지니고 있다.

3.2. RF 통신 구성

조도, 온도, 습도 그리고 적외선 값을 모두 센싱한 후, RF 통신을 이용하여 전달하게 된다. 모트의 구성은 센서 데이터를 보내는 다수의 센서노드와 데이터를 받는 싱크 노드로 구성되며 센서 노드의 상호간 전달과 데이터 수집을 위해 트리 라우팅으로 구성된 멀티홉 네트워크로 구성하였다.

트리 라우팅은 싱크 노드가 루트가 되며 주변 노드들과 트리 구조의 네트워크를 형성시켜 주는 라우팅 프로토콜을 의미한다. 트리 라우팅은 무선 센서 네트워크와 같이 최종목적지 노드가 싱크노드로 고정된

네트워크에서 효과적이다. 그림 3 은 트리 라우팅 구조를 도면화한 것이며 싱크노드 중심으로 트리형태로 노드들이 배치되어 노드 상호간 통신을 하며 최종적으로 싱크노드에 데이터가 전달되는 구조이다.

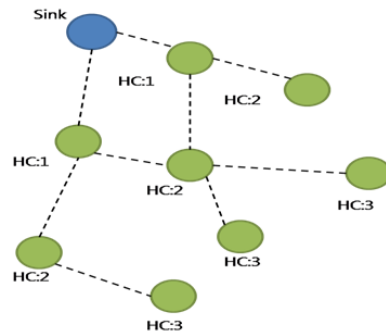


그림 3. 트리 라우팅
Fig. 3 Tree routing

그림 4 는 트리 라우팅을 TinyOS 컴포넌트로 구성되는 것을 보여주고 있다. TreeAppM 컴포넌트는 센서를 사용하는 일반노드에 사용하기 위해 센서 컴포넌트들이 포함되었으며 싱크노드의 컴포넌트는 센서 컴포넌트를 빼고 PC와 시리얼 데이터를 주고받는 컴포넌트를 삽입하였다.

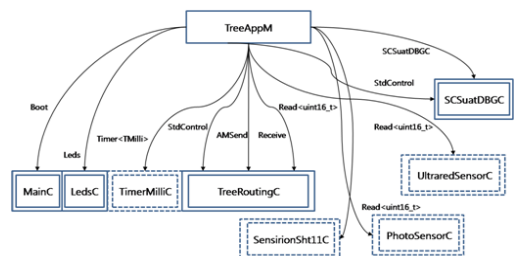


그림 4. TreeAppM TinyOS 컴포넌트
Fig. 4 TreeAppM TinyOS Component

3.3. 시스템 구현 및 분석

싱크노드에 TinyOS 프로그래밍을 업로드하고 PC와 연결하였다. PC에서는 시리얼데이터를 받아 화면에 출력하는 MFC를 이용하여 윈도우 환경에서 동작하는 간단한 모니터링 프로그램을 제작했다.

그림 5 는 Tree 라우팅 구조로 노드간 연결되는 구조를 나타내며 최종적으로 싱크노드에 전달되는 과

정을 모니터링 하고 있다.

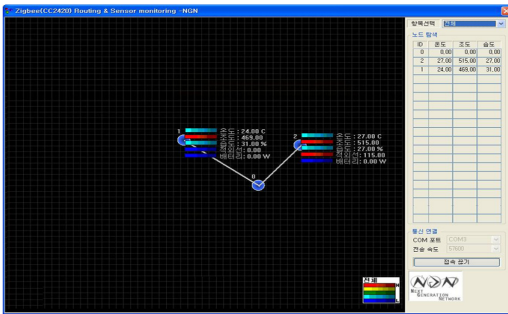


그림 5. Oscilloscope 뷰어 프로그램
Fig. 5 Oscilloscope Viewer program

그림 6 은 Zigbee 모듈에 센서를 추가 연결하여 센서값을 전달하는 과정을 구현했다. 추가된 센서는 수중 탁도를 계산하는 센서로 최소구성요소 자작한 센서이며 수중탁도를 비교하기 위해 잉크를 넣어 비교 분석했으며 추가된 센서를 위해 TinyOS 컴포넌트를 추가 제작하였다.



그림 6. 탁도를 센싱하는 Zigbee 노드
Fig. 6 Zigbee node sensing turbidity

그림 7 은 모니터링을 하기위한 TinyOS로 작성한 컴포넌트 구조의 일부으로써 추가로 장착된 센서를 위해 센서 컴포넌트 작성 후 와이어링 과정 소스만 추가해주면 센싱 데이터 전달이 가능하다. 센싱된 데이터는 MFC 프로그램으로 출력되어 실시간으로 확인할 수 있으며, 탁도의 변화에 따라 값이 변하는 것을 확인했으며, 트리 라우팅 구조로 서로간에 통신을 하며 데이터를 싱크노드에 전달하는 것을 확인할 수 있었다.

```

configuration OscilloscopeAppC()
implementation{
    components OscilloscopeC, MainC, LedsC, new TimerMilliC(),
    new PhotoSensorC() as Sensor, // CDC 센서값 전달
    serialActiveMessageC as Comm, // 시리얼 통신 컴포넌트
    new TurbiditySensorC() as Turb; // 탁도 센서값 전달
    OscilloscopeC.Boot -> MainC;
    OscilloscopeC.Serialcontrol -> Comm;
    OscilloscopeC.AMSend -> CommAMSend[AMOSCILLOSCOPE];
    OscilloscopeC.Receive -> CommReceive[AMOSCILLOSCOPE];
    OscilloscopeC.Timer -> TimerMilliC; // 타이머 연결
    OscilloscopeC.Read -> Sensor; // CDC 센서 연결
    OscilloscopeC.Read -> Turb; // 탁도센서 연결
    OscilloscopeC.Leds -> LedsC; // LED 연결
    
```

그림 7. Oscilloscope 응용 코드
Fig. 7 Oscilloscope Application code

IV. 결론

최근 홈 네트워크 시장은 광대역 서비스의 확대 및 정보단말의 보급을 통해 서로 다른 디지털 정보기기 및 정보가전들이 가지고 있는 데이터 및 대역폭의 공유를 통해 시장이 급격하게 확대되고 있다. 이는 사용자에게 음성·영상·데이터 등의 통합 서비스를 제공하고, 다른 장치들 간에 통신이 가능하도록 하는 기능이 요구되고 있다. 본 연구에서는 IEEE 802.15.4 기반 센서네트워크 구조를 분석하고, Zigbee 모듈을 이용한 센서 데이터를 실시간으로 감지하고 모니터링 하는 시스템을 구현하였다. 센서 데이터를 실시간으로 모니터링하는 시스템을 구현하기 위해 리눅스 기반 개발 환경을 구축하여 센서별 컴포넌트를 설계하였다. 구현 결과는 조명 시스템, 침입탐지, 화재 감지, 그리고 비정상 상태의 감지 및 통보 등의 분야에 활용할 수 있을 것이다. 또한 다양한 센서 네트워크의 도입에 따라 그에 적합한 네트워크 구축과 응용서비스 개발이 동시에 진행되어야 할 것이다. 향후 연구과제로는 OSGi 번들을 이용해 센서(온도, 습도, 조도 등)장치들을 활용하여 실내 환경에서 통합 서비스 환경 구축이 필요하다.

감사의 글

이 연구는 2010년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음

참고 문헌

- [1] 소선섭, 은성배 “전송률 최대화를 위한 이중 채널 ZigBee 라우터의 설계 및 구현”, 한국정보과학회 2006년도 가을 학술발표논문집, Vol.33 No.2 (D), pp.64-67, 10월, 2006.
- [2] 허지혁, 유진, 홍충선, “ZigBee 기반의 PAN 간 통신에서 최적 경로 선택 메커니즘”, 한국정보과학회 2007년도 가을 학술발표논문집 Vol.34 No.2 (D), pp.354-359, 10월, 2007.
- [3] 조원근, 유대훈, 최응철, 이승형, 정광수, “센서 네트워크를 위한 ZigBee 네트워크 프로토콜”, 한국정보과학회 2006년도 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 Vol.33 No.1 (D), pp.268-270, 6월, 2006.
- [4] 김용호, 서경석, 김복만, 최홍문, “저속 네트워크 기반의 가전기기를 위한 원격제어시스템”, 한국정보과학회 논문지, 제9권 6호, pp.699-711, 12월, 2003.
- [5] 김광현, “OSGi 기반 홈게이트웨이 시스템의 설계 및 구현”, 한국전자통신학회 논문지, 제5권 1호, pp.74-80, 2월, 2010.
- [6] 이진택, 박선주, 김학진, 한승재, “무선 센서 네트워크의 목표 수명을 만족시키기 위한 에너지 효율적 라우팅”, 한국정보과학회 논문지 : 정보통신 제36권 제6호, pp.505-513, 12월, 2009.
- [7] R. Kay, F. Mattern, "The Design Space of Wireless Sensor Networks," IEEE Wireless Communications, Vol. 11, Issue: 6, pp. 54-61, Dec. 2004.
- [8] Jenna Burrell, Tim Brooke, Richard Beckwith, "Vineyard Computing: Sensor Networks in Agricultural Production, "Pervasive Computing, IEEE, Vol. 3, Issue 1, pp. 38-45, jan. 2004.

저자 소개



김광현(Gwang-hyun Kim)

1989년 2월 광주대학교 전자계산학과 학사

1991년 2월 광주대학교 전자계산학과 석사

1997년 2월 광주대학교 전자계산학과 박사

2001년 8월 ~ 2002년 7월

Pennsylvania State Univ. Post-Doc

1997년 3월 ~ 현재 광주대학교 정보통신학과 교수

2008년 6월 ~ 현재 광주대학교 공학교육혁신센터장

※ 관심분야 : 차세대인터넷, 인터넷 QoS, 네트워크 관리, 센서네트워크