WSAN에서 로봇을 활용한 능동 생활지원 시스템

Active assisted-living system using a robot in WSAN

김 홍 석[1], 이 수 영[2], 최 병 욱†

Hong Seok Kim[1], Soo Yeong Yi[2], Byoung Wook Choi†

Abstract This paper presents an active assisted-living system in wireless sensor and actor network (WSAN) in which the mobile robot roles an actor. In order to provide assisted-living service to the elderly people, position recognition of the sensor node attached on the user and localization of the mobile robot should be performed at the same time. For the purpose, we use received signal strength indication (RSSI) to find the position of the person and ubiquitous sensor nodes including ultrasonic sensor which performs both transmission of sensor information and localization like global positioning system. Active services are moving to the elderly people by detecting activity sensor and visual tracking and voice chatting with remote monitoring system.

Keywords: WSAN, Service Robot, Assist-Living, Localization, Practical Service

1. 서 론

WSN(Wireless Sensor Network) 또는 USN(Ubiquitous Sensor Network)이란 필요한 모든 곳에 센서를 설치하여 사물 및 환경 정보를 감지, 가공하여 실시간으로 네트워크에 연결하여 정보를 관리하는 것을 말한다. 이것은 궁극적으로 모든 사물에 컴퓨팅 및 커뮤니케이션 기능을 부여하여 언제, 어디에서나, 모든 통신이 가능한 환경을 구현하기 위한 것이다[1]. 이러한 WSN은 근래에 스마트 홈, 환경오염 감시, 군사 등의 여러 분야에 확대, 적용되고 있다 [2-4].

근래에는 건강에 대한 관심이 증대되면서 헬스케어 비용이 증대하고 있다. 이에 많은 기관과 단체들이 유비쿼터스 헬스케어 프로젝트가 활발이 이루어지고 있다. 그 중 센서네트워크를 기반으로 하여 진행되고 있는 헬스케어 프로젝트에는 하버드대학에서 추진중인 Code Blue 프로젝트[5]와 영국 임페리어대학의 UbiMon[6] 프로젝트와 미국의 UIUC에서 진행하는 Assisted-living 프로젝트[7] 등이 있다. 독거 노인을 지원하기 위하여 스마트 환경을 이용하고 있으며, 무선 센서 네트워크 기술을 의료영역까지 확장한 것으로 환자의 생체 정보를 PC/PDA를 통해 실시간으로 확인할 수 있도록 발전하고 있다[8-9].

Received: 20.April.2009, Reviewed: 3.June, Accepted: 9.July
† 교신저자 : 서울산업대학교 전기공학과 교수 (bwchoi@snut.ac.kr)
[1] 서울산업대학교 전기공학과 석사과정(hsktech@snut.ac.kr)
[2] 서울산업대학교 전기공학과 부교수(suylee@snut.ac.kr)

한편, 긴급신호 발생이나 서비스 호출과 같은 수동적인 대응에서 벗어나 센서 네트워크를 통해 수집한 데이터 정보를 바탕으로 사용자에게 능동적인 서비스를 지원하기 위하여 이동성이 있는 서비스 로봇을 적용한 연구가 활발히 진행되고 있다.[9-12] 연구 결과 중 이동 로봇과 분리된 고정 형 홈 서버 형태의 싱크 노드가 데이터 수집과 외부 네트워크와 통신을 위한 게이트 역할을 동시에 수행하도록 하는 연구가 발표되었다[11]. 또한 별도의 게이트웨이를 통하지 아니하고 로봇을 싱크노드로 활용하여 정보의 수집과 함께 능동적인 서비스를 동시에 진행하는 연구도 진행되었다[12].

USN 환경에서 센서 정보를 이용하는 문제와 로봇의 자기위치추정은 별개의 문제이다. 로봇의 위치추정을 위하여 스마트 환경을 이용하거나 별도의 초음파 위성을 이용한 연구가 활발히 진행되어 왔다[11,13]. 본 논문은 기본적으로는 WSN 환경에서 사용자에게 능동적인 서비스를 지원하기 위하여 서비스 로봇을 구동 장치(actor)로 하는 WSAN(Wireless Sensor Actor Network) 시스템을 기본으로 하여 능동적 생활지원시스템에 대한 연구이다. 그러나 일반적인 WSAN에서와는 다르게 로봇을 능동적 서비스를 지원하는 구동장치로 활용하기 위하여서는 앞서도 지적한 로봇의 자기위치추정이 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 전체 시스템의 구성에서 중계노드가 단순히 센서정보를 싱크노드에 전달하는 것에 그치는 것이 아니라 초음

파센서를 부착하여 로봇의 위치추정장치로도 활용하고자 한다. 즉 중계노드가 기존의 무선통신의 중계노드 역할을 수행함과 동시에 초음파 인공위성의 역할도 수행함으로써 진정한 의미에서 WSN 환경에서의 능동적 생활지원 시스템을 구현하였고, 그에 따른 성능과 가능성을 연구하였다. 이러한 목적을 위하여 서비스 로봇은 데이터 수집을 위한 싱크노드를 가지고 있으며 초음파 발신 장치를 동시에 가지고 있다. 중계노드를 이용하여 센서노드의 위치를 파악하고, 로봇은 중계노드에 부가된 초음파 센서를 이용하여 위치추정에 의하여 센서노드 위치로 이동하게 되며, 환자의 상태를 파악할 수 있는 화상 서비스와 채팅 등을 이용하여 생활지원시스템을 구현하였다.

본 논문은 2장에서는 시스템 구조에 대해 설명하고, 3장에서는 시스템 설계 부분으로 하드웨어부분과 소프트웨어부분으로 나누어 설명하였다. 4장에서는 능동적인 서비스가 가능함을 보여준 실험결과와 좀 더 필요한 작업들에 대해 기술하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 시스템 구조

그림 1은 본 논문에서 구현한 능동적인 WSAN 시스템의 구성도를 보여주고 있다.

구성은 사용자의 행동을 감시하는 센서노드와 데이터를 중계하는 무선 중계노드가 9개 설치되어 있다. 그리고 통합 싱크노드인 로봇이 WSAN 환경에 존재하게 된다. 이동로봇은 싱크노드로서 센서네트워크의 센서 정보를 통합처리하게 된다. 또한 로봇이 자율이동함으로써 구동장치로서의 역할을 수행하고 있다. 그런데 본 논문에서는 중계노드에 초음파 센서를 추가로 부착하고 싱크노드인 로봇에도 초음파 발신 장치를 부착하였다. 따라서 로봇은 데이터 통합 처리를 위한 싱크노드의 역할과 자율 주행 기능 그리고 자기위치추정을 위한 초음파 센서의 역할을 동시에 수행하고 있다. 또한 WSAN의 정보는 무선 LAN을 이

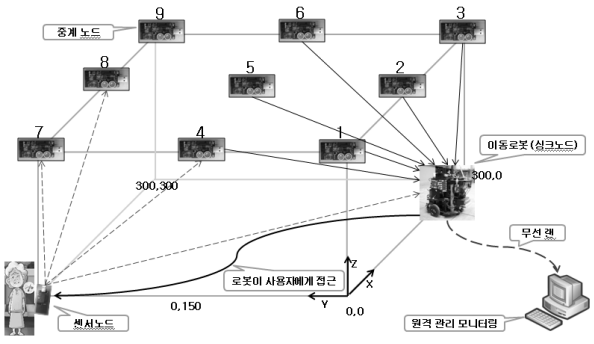


그림 1. 시스템 구성도

용하여 외부에 설치된 원격모니터링 시스템과 연동되어 있어서 다양한 능동형 서비스를 제공하도록 구성하였다.

본 논문에서 그림 1과 같은 시스템을 이용하여 구현한 시나리오는 다음과 같다. 평상시에는 사용자의 몸에 부착되어 있는 센서 노드를 통하여 사용자에 대한 정보가 모니터링 되고 중계노드를 통하여 로봇에 부착된 싱크노드로 데이터가 전송되며, 무선 LAN을 통하여 원격 모니터링 시스템에 전달된다. 이 시스템을 통해 사용자의 이상을 감지하거나 사용자의 요청이 발생하게 되면 로봇이 센서위치를 파악하여 능동적으로 사용자에게 접근하게 된다. 그런 다음에는 로봇에 부착된 영상장비를 통해 사용자의 상태를 확인할 수 있으며, 사용자와 관리자와가 채팅을 통하여 의사소통을 함으로써 능동적인 서비스가 가능하게 된다. 이와 같은 서비스가 이루어지기 위해서는 센서 위치의 파악과 로봇의 자기 위치 인식 기술이 동시에 이루어져야 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 RSSI(Received Signal Strength Indication) 신호를 이용한 개략적인 센서의 위치 추정을 수행하게 된다. 그리고 중계노드와 로봇에 설치된 초음파 센서를 이용하여 이동 로봇의 자기 위치를 추정하게 된다. 또한 방향 제어를 위하여서는 자이로 센서를 이용하고 있어서 원하는 위치로 로봇이 능동적으로 이동하게 된다.

WSAN 시스템에 대한 각각의 구성요소와 그 구성간의 연결과정을 살펴보자. 사용자에게 부착된 센서 노드는 센서에 의해 사용자의 생체 데이터를 측정하여 그 데이터를 단일 홉, 또는 멀티 홉 방식으로 로봇에 설치된 싱크노드에게 전달하게 된다. 이러한 통신 방법은 중계노드에 설치된 CC2420(무선통신모듈)에 의해 이루어진다. 기본적으로 통신 프로토콜에 무선 신호에 대한 RSSI와 LQI(Link Quality Indication)가 정의되어 있다. 그러므로 수신 모듈에서는 이러한 신호 데이터를 이용하여 간접적으로 센서노드의 위치 추정이 가능하나 환경에 영향을 많이 받으며, 같은 위치를 측정하더라도 데이터의 값이 일정하지 못하다. 그렇지만, 센서노드의 위치를 추정하기 위해 별도의 센서를 사용하지 않고, 통신이 이루어지는 과정에서 측정될 수 있기 때문에 매우 유용한 데이터이다. 센서위치는 데이터 중계를 위하여 중계노드를 이용하게 되는데 센서위치도 고정된 위치에 설치되어 있는 중계노드를 활용하여 개략적인 위치를 측정하였다. 따라서, 서비스 로봇은 사용자의 이상이 감지될 경우 사용자와 가장 가까운 중계노드의 위치로 이동하게 된다. 그런 다음 서비스 로봇에 장착된 카메라를 이용하여 사용자의 위치를 파악한 뒤 원격지에서 원격으로 로봇을 제어하여 사용자에게 접근할 수 있도록 설계되었다. 로봇의 자기 위치 추정을 위해서

별도의 고가 시스템을 사용하지 않고, 기본 중계노드에 초음파 센서를 부착하여 로봇이 사용자에게 접근할 수 있는 초음파 GPS(Global positioning system) 개념을 활용하였다.

그리고 서비스 로봇과 싱크노드가 RS-232 인터페이스를 통해 연결되어 있다. 이러한 구조는 원격 관리 모니터링 시스템과의 무선 네트워크를 구성하기 위한 게이트웨이 역할을 로봇의 제어 보드가 할 수 있게 된다. 다시 말하면, 로봇에 부착된 싱크노드는 센서노드로부터 전송되는 생체 데이터를 수신하고, 중계노드에 부착된 초음파 센서를 이용하여 거리 데이터를 수신하여 삼각 측량법에 의해 계산되는 서비스 로봇의 위치 데이터를 시리얼 통신을 통해 로봇의 제어보드로 전송된다. 로봇의 제어보드는 이 데이터를 무선 LAN 통신망을 통해 원거리에 있는 외부 모니터링 시스템에 전송이 된다. 그러므로 서비스 로봇은 영상장비를 통해 능동적인 서비스를 지원하는 역할과, 외부 모니터링 시스템과의 네트워크 구축을 위한 게이트 역할을 할 수 있게 된다.

3. 시스템 설계

이번 장에서는 WSAN 시스템을 구축하기 위하여 설계한 하드웨어와 소프트웨어에 대해 기술 하고자 한다. 우선 하드웨어 부분은 사용자의 생체 데이터를 측정하고 전송하는 센서 모듈, 센서 모듈로 부터의 데이터와 로봇의 자기 위치 추정을 위한 거리 데이터의 두 데이터를 서비스 로봇에게 전송하는 중계노드 모듈과 능동적인 서비스를 가능하게 하는 로봇으로 구성되어 진다. 소프트웨어 부분에서는 무선 센서 모듈의 운영체제로 사용한 TinyOS와 통신에 사용된 메시지 구조, 로봇의 자기 위치 추정을 위해 사용한 초음파에 의한 위치 인식과 RSSI를 이용한 사용자의 위치 추정 방법, 게이트웨이의 역할과 능동적인 서비스를 지원하기 위한 서비스 로봇의 프로그램으로 구성되어 있다. 그리고, 사용자의 상태를 확인할 수 있고 이상이 감지되면 사용자에게 접근하여 능동적인 서비스를 할 수 있는 원격 모니터링 시스템으로 구성된다.

3.1 무선 센서 모듈

무선 센서 모듈은 센서노드와 중계노드의 기본 모듈로서 부착된 센서에 의하여 기능이 변화하게 된다. 그러나 무선 데이터 통신은 동일한 구조를 가지게 된다. 본 논문에서는 네트워크 환경을 구축하기 위해 Telos 계열의 모트를 사용하였다. 이 모트는 16비트 RISC 형태의 MCU인 MSP430을 기반으로 구성되며, 그림 2는 무선센서모듈의 구조이다.

기본적으로 무선 센서 모듈은 센서가 지원하는 인터페이스에 따라 ADC, I^2C 등으로 MCU와 연결이 되어 있다. 따라서, 사용되는 헬스 케어 센서 종류에 따라 혈압, 맥박, 심전도, 가속도(활동성) 등 의 헬스 정보를 검출할 수 있다. 또한 초음파 센서를 센서 부분에 인터페이스하게 되면 초음파에 의한 위치인식의 데이터로 사용된다. 따라서 본 논문에서는 두 개의 센서모듈이 구현된 것이다. 그리고 MCU는 응용 프로그램을 구현하게 되는데 센서노드에서는 활동성 센서를 측정하는 소프트웨어가 구현되었으며, 중계노드에서는 초음파 센서를 처리하고 처리된 데이터를 삼각 측량법에 의한 거리를 계산함으로써 로봇이 자기 위치 인식과 같은 기능을 수행하도록 하였다. 또한, MCU와 무선 통신 모듈인 CC2420이 연결되어 있어 처리된 데이터가 모트간의 무선 네트워크를 형성 할 수 있게 된다. 따라서, 무선 센서 모듈들은 하드웨어적으로 동일하며 단지 센싱 인터페이스에 따라 그 역할이 나뉘게 된다.

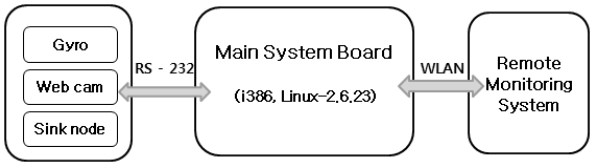


그림 2. 무선 센서 모듈 구조

3.2 통합 싱크노드인 서비스 로봇

이동 서비스 로봇은 주 제어보드로 i386 싱글보드컴퓨터를 사용하였다. 주 제어보드는 그림 3과 같이 데이터 수집을 위한 싱크노드와 RS-232 인터페이스를 통해 연결되어 있어 싱크노드에서 수집한 사용자의 데이터를 수신할 수 있고, 무선 LAN 통신을 통하여 외부 원격 모니터링 시스템과 네트워크를 구축할 수 있어 게이트웨이의 역할을 동시에 수행할 수 있다. 또한 로봇에 부착된 싱크노드의 센서 인터페이스에는 송신의 용도로 초음파 센서가 구현되어 있다. 따라서, 천장에 설치된 중계노드의 센서인터페이스에 구현된 수신 초음파 센서와 초음파 송수신을 하게 된다.

싱크노드와 중계노드의 초음파 간에는 동기를 위한 RF

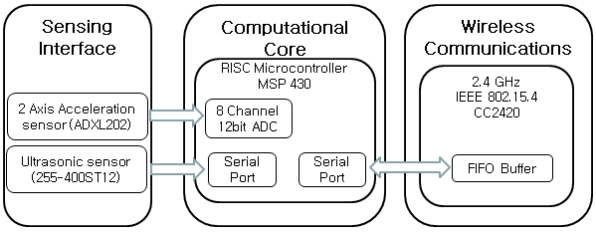


그림 3. 서비스 로봇 제어부 구조

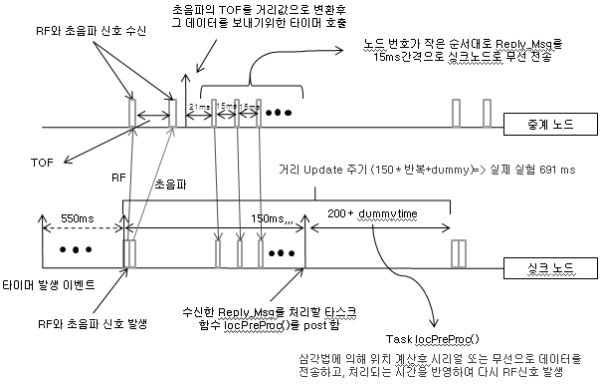


그림 4. 싱크노드와 중계노드간의 초음파 송수신 관계

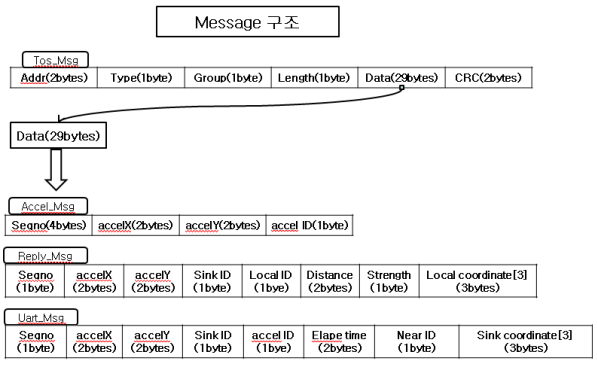


그림 5. 대표적인 메시지 구조

신호와 초음파가 그림 4와 같은 시간적 흐름을 가지고 구현되어 있다.

우선 싱크 노드에서 브로드캐스팅 방식으로 RF신호발생과 동시에 초음파를 발생한다. 각 중계 노드에서는 이 두 신호를 수신하여 초음파 신호의 비행시간 TOF(Time of Flight)을 측정하여 노드간의 거리값을 산출하게 된다. 각 중계 노드는 1번 중계 노드를 시작으로 Reply_Msg(거리값)를 15ms의 간격으로 싱크 노드로 순차적으로 송신하게 된다. 싱크 노드에서는 RF신호를 발생한 후 150ms 후에 각 중계노드에서 수신한 거리 값을 바탕으로 삼각측량법에 의한 위치 산출과 그 위치데이터를 송신할 네트워크 부분이 구현된 타스크를 호출하기 위한 함수를 호출한다. 그 타스크 함수에는 다시 RF 신호를 발생하기 위한 이벤트를 삼각측량법에 의한 위치 계산시간을 고려하여 타이머 간격이 재 설정된 후 호출한다. 이렇게 계산된 위치 데이터 값은 로봇의 제어보드와 인터페이스되어 있는 싱크 노드로 전송된다. 로봇과 싱크노드는 통합되어 있기 때문에 싱크 노드의 위치가 곧 로봇의 위치가 되는 것이다.

로봇이 현재 위치를 바탕으로 사용자에게 접근하기 위해서는 로봇의 방향 데이터 또한 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 자이로 센서를 로봇과 인터페이스 하여 자율이동에 반영하였다.

3.3 TinyOS 및 메시지 구조

TinyOS는 오픈 소스 운영 체제로서 센서 네트워크와 같은 소형 임베디드 시스템을 위해 고안되었다. 간단히 TinyOS의 특징에 대해 기술 하면 첫 번째로 컴포넌트기반의 구조를 가진다. 이 구조는 이벤트 기반의 동시성을 지원하고, 공유된 데이터의 동시 액세스를 가능하게 한다. 또한, 네트워크 프로토콜, 라우팅, 센서 드라이버, 데이터 수집 등 의 다양한 컴포넌트 라이브러리를 제공하기 때문에 재사용이 가능하여 개발자의 개발 시간이 단축된다. 두 번째는 이벤트 중심적으로 수행된다. 평상시에는 Sleep 모드로 동작하다가 이벤트가 발생하면 그 이벤트의 처리와 관련 태스크를 처리하고 다시 Sleep모드로 전환되기 때문에 저 전력의 운용이 가능해 진다. 마지막으로 프로그래밍 언어로는 NesC를 사용한다. NesC는 C언어의 확장언어로써 한정된 하드웨어 메모리를 효율적으로 사용할 수 있게 된다.[14]

위의 그림은 무선 센서 필드에서의 대표적인 메시지에 대한 구조를 표현한 것이다. TinyOS의 기본적인 통신 패킷 구조는 Tos_Msg를 기반으로 작성된다. 응용 어플리케이션의 메시지 작성은 그중 Data(29byte)내에서 이루어진다. Accel_Msg는 사용자 활동성을 센싱하는 센서노드의 메시지 구조이고, Reply_Msg는 천장에 설치된 중계노드가 싱크노드로 보내는 메시지 구조이다. 이중 Local ID(천장에 설치된 중계 노드 ID)와 Strength가 사용자의 위치 인식 추정을 위해 데이터이다. 마지막으로 Uart_Msg는 싱크 노드에서 로봇으로 전송되는 메시지 구조이다. Strength의 크기를 비교하여 사용자와 제일 가까운 Local ID를 Near ID로 선언하여 전송하였다.

3.4 초음파에 의한 로봇의 위치 추정 기법

초음파는 저전력, 저비용으로 위치 인식 시스템의 구현이 가능하며 위치 오차도 양호하여 위치 인식 시스템으로 많이 사용되고 있다[13]. 본 논문에서는 로봇의 자기 위치 추정을 위한 방법으로 삼각형의 기하학적인 성질을 이용하여 대상의 위치를 계산하는 방법인 삼각측량법이 이용되었다. 그 중 절대 위치를 알고 있는 3개 이상의 기준점으로부터 해당 중계 노드와의 거리를 TOF를 이용하여 측정한 뒤 위치를 계산하는 Lateration 기법이 이용되었다. 이 방법은 별도의 하드웨어 지원 없이도 거리를 측정할 수 있어 많이 이용되는 방법이다. TOF를 측정하기 위한 시간 동기화를 위해 비컨(RF)신호가 사용되어 능동 비컨 시스템이라고도 한다.

우선 Lateration 기법을 이용해 계산하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있다. 본 논문에서는 로봇이 2차원에서만 이동이 가능하므로 로봇에 부착된 싱크 노드와 천정에 설치된 중계 노드간의 높이를 이용하여 Z성분을 제거한 후 삼각 측량법을 이용하여 로봇의 위치를 추정하였다. 로봇과 중계 노드간의 거리를 각각 d_1, d_2, d_3라 하고 높이는 동일하므로 h라 하였으며, Z성분을 제거하여 계산된 서비스 로봇과 중계 노드간의 거리를 각각d_{-1}, d_{-2}, d_{-3}라 하였다. 이와 같이 삼각측량에 의한 위치추정을 하기 위한 3개의 데이터는 각 중계 노드와 싱크노드사이의 거리 데이터들 중 값을 비교하여 가장 작은 값들로 계산된다.

$$d_{-i} = (\sqrt{(d_i)^2 - (h)^2}) \qquad i = 1,2,3 \tag{1}$$

그리고 각 고정된 위치에 설치된 중계 노드의 좌표는 $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3)$이지만 아래 식에서는 새롭게 계산된 거리 값이 이용되기 때문에 Z축은 제외되어 계산된다. 아래 식을 정리하면 서비스 로봇의 좌표 (x, y)를 구할 수 있다.

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = (d_{-i})^2 \quad i = 1,2,3 \tag{2}$$

3.5 RSSI를 이용한 사용자의 위치 추정

RSSI를 이용한 위치 인식은 통신 신호의 세기에 의해 이루지기 때문에 별다른 하드웨어가 필요하지 않고, 초음파 센서와 달리 방향성에 영향이 작기 때문에 실내에서의 위치 인식 기법으로 많이 연구되고 있다[10]. 하지만, 주변 환경의 영향을 많이 받으며 같은 위치를 측정하더라도 값이 일정하지 않아 정밀한 위치 추정을 위해서는 아직 부적합하다. 그렇지만 앞서 이야기한 이점과 통신이 이루어지는 과정에서 구현이 가능하기에 사용자의 위치 추정의 방법으로 적합하다. 다만 측정 데이터가 일정하지 않기 때문에 직접적으로 그 데이터를 사용하기보다는 알고 있는 기준 위치들 중 대상이 어디에 가까지 있는가를 찾아내어 대상의 위치를 알아내는 접근법에 이용하면 유용할 것으로 보인다. 따라서, 본 논문에서는 사용자의 센서 노드에서 발생하는 신호를 고정된 위치에 설치된 각 중계 노드들이 수신하여 그 노드에 해당하는 RSSI 값과 노드의 ID 넘버를 초음파의 TOF에 의해 계산된 거리 값의 데이터 패킷에 추가하여 싱크 노드로 전송하였다. 싱크 노드는 수신된 RSSI 값들을 비교하여 가장 가까운 RSSI 값을 가진 중계 노드의 ID 넘버를 갱신하여 로봇이 능동서비스를 하기위한 정보로 이용된다.

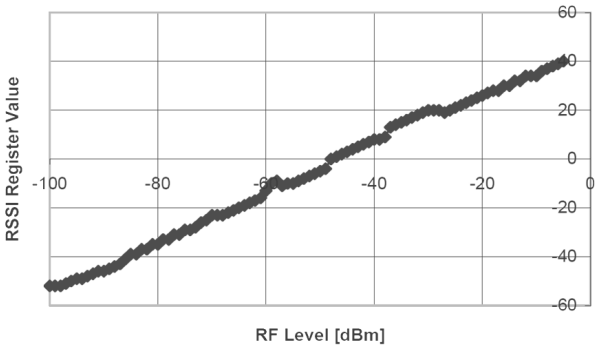


그림 6. RSSI Register 값에 따른 RF Level 값

RF Level값이 높을수록 가까운 거리에서 측정된 것이다. 즉 RSSI 값이 클수록 가까운 거리에서 측정된 것임을 알 수 있다. 그림 6을 보면 RSSI값은 음수 값을 갖는 signed 형태이지만 프로그램 상에서의 컴파일 과정에서 char 값이 unsigned 형태로 되어 있기 때문에 원래 RSSI값으로 변환한 뒤 RSSI값을 비교해야 한다. unsigned RSSI(X), signed RSSI(Y)로 정하고, 아래 연산을 거쳐 원래의 값으로 변환된다.

$$If\ X < 127;\ Y = X$$
$$If\ X > 127;\ Y = X - 256$$

Y 값이 큰 값을 가진 중계 노드가 사용자와 가장 가깝기 때문에 로봇은 사용자가 응급 상황이 발생하게 되면 그 중계 노드의 위치로 자율적으로 이동하게 된다.

3.6 서비스 로봇에 구현된 프로그램

서비스 로봇의 주 제어보드에는 리눅스 운영체제가 설치되었다. 주요한 쓰레드의 역할은 다음과 같다.

- 사용자의 활동정보와 로봇의 위치 데이터 수신
- 로봇의 방향 값 처리를 위한 자이로 데이터 처리
- 로봇 이동을 위한 서보모터 제어
- 수신한 데이터 중 관리자에게 필요한 정보를 원격 모니터링 시스템으로 보내기위한 TCP/IP 송신

위에 구현된 주요한 프로그램을 이용하여 서비스 로봇은 데이터를 수집하여 원격 모니터링 시스템과 네트워크를 형성할 수 있는 게이트웨이 역할을 할 수 있고, 센서 위치 추정에 의하여 사용자에게 능동적인 서비스를 하기 위한 도구로 사용할 수 있게 된다.

3.7 원격 모니터링 시스템

생활지원시스템으로 활용을 위하여 원격지에서 사용자의 상황을 알기 위한 원격 모니터링을 그림 7과 같이 구현

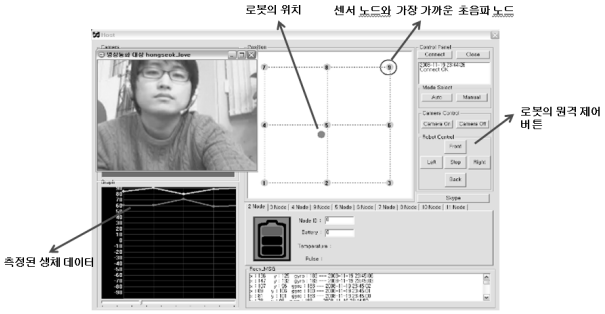


그림 7. 원격 모니터링 시스템

하였다.

원격 모니터링 시스템은 사용자의 활동성 정보를 그래프 및 텍스트로 표현하였고, 각 노드들의 전원관리를 위하여 노드들이 측정한 배터리 잔여량을 표시하였다. 모니터링 시스템의 중앙 부분에는 9개의 초음파 중계 노드들을 표시하였다. 그리고 공간상에서 사용자와 가장 가까운 중계 노드를 표시할 수 있도록 구현하였다. 이 정보는 이동로봇이 능동적으로 생활지원 서비스를 제공하는데 매우 유용한 정보가 된다. 또한 로봇의 위치도 동시에 표시하였다. 마지막으로 왼쪽 상단은 사용자에게 위급 상황이 발생하여 확인이 필요할 경우 로봇을 통해 획득한 영상을 확인할 수 있도록 CMOS 카메라가 로봇에 설치되어 있어 원격 모니터링 시스템을 통해 확인할 수 있도록 구현되었다. 또한 이동 로봇의 원격조종을 위하여 원격제어 버튼을 구현하여 미세한 조종을 통하여 능동적 서비스를 지원하도록 구현하였다.

4. 실험 결과

기술한 설계 내용을 기반으로 하여 능동 생활 지원 시스템을 구축하여 실험을 하였다. 실험 환경은 7 * 6m 의 넓이와 2.9m 높이의 공간에서 이루어 졌다. 로봇의 위치 인식을 위해 천장에 설치된 중계 노드들은 1.5m의 간격으로 9개를 설치하였다.

사용자의 활동성을 감지할 센서 노드의 센싱 주기는 900ms이며 센싱이 이루어진 300ms뒤에 데이터를 전송하기 위한 타스크 함수를 구성하였다. $50m^2$가 안 되는 공간에서 실험이 이루어져 센서노드의 정보는 로봇의 싱크노드로 전송이 이루어진다. 사용자의 위치를 추정하기 위해 천장에 설치된 중계노드 또한 이 신호를 수신하게 되며, 신호의 정보 중 Strength만 측정하여 로봇의 위치 추정을 위해 전송될 노드간의 거리 값이 계산된 데이터 패킷(Reply_Msg)에 실어 싱크노드로 전송하였다. 이 신호의 간격은 15ms이며 번호가 작은 중계노드 순서대로 싱크노드

그림 8. 천장에 설치된 중계 노드

그림 9. 응급 상황에 자율 이동하는 서비스 로봇

로 전송된다. 싱크노드에서 이 메시지를 수신하여 위치 계산을 한 뒤 로봇의 제어 보드로 보내는 데이터의 업데이트 간격은 691ms였다. 계산된 로봇의 위치는 $\pm 10cm$ 미만의 오차를 보였다. 초음파 센서는 방향각에 따른 데이터의 신뢰도가 영향을 받기 때문에 그에 맞게 설치를 해야 하나 중계노드와 동일하게 인터페이스 되어 있어 데이터 값이 갑자기 오차가 크게 발생하는 경우가 나타났었다. 초음파 설치 시 데이터가 최적화되어 나타나게 설치할 경우 오차는 줄어들 것으로 보인다. 또한 실험 환경이 천정과 바닥이 평행하다는 가정하에 이루어 졌지만, 그렇지 않은 실제 환경에서의 고찰이 필요하며, 로봇의 주행이동 중 흔들거림에 의한 오차발생에 대한 해결 방법이 모색되어야한다.

환자의 위급상황에 대해 로봇이 자율적으로 사용자에게 접근하여 능동적인 서비스를 지원하기 위한 실험을 하기 위하여 사용자의 센서 노드의 데이터 값이 일정한 범위를 넘어서면 로봇이 능동적 서비스를 제공하게 하였다. 로봇으로 센싱되는 센서 데이터 값이 범위를 넘어서게 되어 사용자와 가장 가까운 중계 노드의 위치로 자율적으로 이동하였다. 그 후 외부의 원격 모니터링 시스템의 영상을 통해 사용자의 정확한 위치를 파악하여 간단한 로봇의 원격제어를 통해 좀 더 정확한 사용자의 위치로 이동하였다. 그리고 사용자와 화상 서비스를 통해 능동적인 서비스가 가능함을 실험하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 WSN 기반에서 동작하는 로봇을 이용한 능동적 생활지원시스템의 구현에 관한 것으로 중계노드가 초음파 센서를 이용하여 로봇의 위치 추정을 수행할 수 있도록 구현한 것이다. 또한 능동적 서비스를 위한 시스템을 제안하였다. 일반적인 WSN을 이용한 모니터링 시스템은 사용자의 상태를 모니터링을 할 수는 있지만, 사용자의 요구사항이나 응급상황에 능동적으로 대처를 할 수 없다. 따라서, 본 논문은 서비스 로봇을 actor로 활용하여 WSAN의 개념으로 사용자의 이상이 발생하거나 사용자의 요청이 발생하게 되면 사용자에게 접근하여 능동적 서비스를 제공하는 시스템을 구현하였다. 이를 위해 초음파를 이용한 로봇의 자기 위치 인식, RSSI를 이용한 근접적인 사용자의 위치 추정, Gyro 센서를 이용한 로봇의 자율 이동, 웹캠과 마이크를 이용한 화상 서비스 등의 방법들로 구현하였다.

시스템적으로 센서 노드들의 정보들을 수집하는 싱크 노드는 사용자의 상태를 측정하는 센서의 종류가 늘어나거나 서비스의 규모가 커지게 되면 많은 전력 소비를 요구하게 되고, 데이터 처리에 한계를 가지게 된다. 이에 싱크 노드와 로봇이 결합된 통합 구조가 해결책이 될 수 있다. 가격에 대한 상호 보완적 상황이 존재하지만, 로봇은 무선 센서 모듈에 비해 고 사양의 프로세스와 외부 네트워크와 연결 할 수 있는 무선 LAN 통신, 용량이 큰 배터리가 있어 무선 센서 모듈의 한계를 해결할 수 있다.

능동적 생활 지원 시스템을 구축함에 있어 로봇을 기반으로한 WSAN을 구축함으로써 사용자에게 능동적인 서비스를 지원할 수 있고, 무선 센서 모듈이 지니는 한계점을 어느 정도 해결할 수 있었다. 이러한 결과는 노약자 및 독거 노인의 생활지원 시스템으로 활용할 수 있을 뿐만 아니라 무선 센서 네트워크 시스템의 응용분야에 능동성을 부여할 것으로 보인다.

참고문헌

[1] Akyildiz, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., “Wireless sensor networks: a survey, Computer Networks”, vol. 38, pp. 393-422, 2002

[2] Manley, Eric D, Deogun, Jitender S, “Location Learning for Smart Homes”, Proc. of IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Application Work shops, pp. 787-792, 2007.

[3] Sensor web Research Laboratory of Washington State University, http://sensorweb.vancouber.wsu.edu

[4] S. M. Diamond, M. G. Ceruti, “Application of Wireless Sensor Network to Military Information Integration”, Proc.of IEEE International Conference on Industrial Informatics, pp.317-322, 2007.

[5] Code Blue proect, .http://fiji.eecs.harvard.edu

[6] Ubimon project, http://ubimon.doc.ic.ac.uk/

[7] Assisted-living project, http://lion.cs.uiuc.edu

[8] Tia Gao, Christopher Pesto, Yin Chen, “Wireless Medical Sensor Networks in Emergency Response: Implementation and Pilot Results”, Proc. of IEEE Conference on Technologies for Homeland Security, pp. 187-192, 2008.

[9] Hou, J., Wang, Q., Ball, L., Birge, S., Caccamo, M., Cheah, C.F., Gilbert, E., Gunter, C., Gunter, E., Lee, C.G., Karahalios, K., Nam, M.Y., Nitya, N., Rohit, C., Sha, L., Shin, W., Yu, Y., Zeng, Z., “PAS: A Wireless-Enabled, Sensor-Integrated Personal Assistance System for Independent and Assisted Living”, in Proc. of Joint Workshop on High Confidence Medical Devices, Software, and Systems and Medical Device Plug-and-Play Interoperability, 2007

[10] Batalin, M.A., Sukhatme, G.S., “Mobile Robot Navigation using a Sensor Network”, Proc.of IEEE International Conference on Robotics an Automation(ICRA’04), pp. 636-641, 2004.

[11] Y. Kim and K. Lee, “Ubiquitous Home Security Robot System based on Sensor Network”, Proc. of IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology, pp. 700-704, 2006.

[12] 신동관, 이수영, 최병욱, “능동 건강/생활지원 USN 기반 서비스 로봇 시스템의 실시간 싱크 노드 구조”, 제어 로봇 시스템학회, 제14권 제7호, pp. 720-725, 2008.

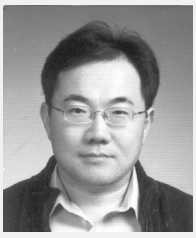
[13] Soo-Yeong Yi and Byoung-Wook Choi, “Autonomous navigation of indoor mobile robots using a global ultrasonic system”, Robotica, vol 22, pp. 369-374, 2004.

[14] TinyOS 홈페이지, http://www.tinyos.net

김 홍 석

2008 서울산업대학교 전기공학과(학사)
2008~현재 서울산업대학교 전기공학과 석사과정

관심분야 : 센서네트워크, 임베디드 SW, 지능형 로봇



이 수 영

1994 한국과학기술원 전기 및 전자(공학박사)
1995~1999 KIST 시스템연구부 선임연구원
1997~1998 Univ. of Southern California, Dept. of CS, 박사후 과정
1999~2006 전북대학교 전자정보공학부 조교수
2007~현재 서울산업대학교, 전기공학과 부교수
관심분야 : 이동로봇 시스템, 보행 시스템, 지능제어

최 병 욱

1992 한국과학기술원 전기 및 전자(공학박사)
1988~2000 LG 산전, 엘리베이터 연구실장 및 임베디드 시스템 연구팀장
2000~2005 선문대학교, 제어계측공학과 부교수
2007~2008 Nanyang Techonological University, Senior Fellow
2005~현재 서울산업대학교, 전기공학과 교수
관심분야 : 임베디드 시스템, 실시간 제어 시스템, 지능형 로봇