

능동 건강/생활지원 USN 기반 서비스 로봇 시스템의 실시간 싱크 노드 구조

Real-Time Sink Node Architecture for a Service Robot Based on Active Healthcare/Living-support USN

신 동 관, 이 수 영, 최 병 옥*
(Dong-Gwan Shin, Soo-Yeong Yi, and Byoung-Wook Choi)

Abstract : This paper proposes a system architecture for USN with a service robot to provide more active assisted living services for elderly persons by monitoring their mental and physical well-being with USN environments at home, hospital, or silver town. Sensors embedded in USN are used to detect preventive measures for chronic disease. Logged data are transferred to main controller of a service robot via wireless channel in which the analysis of data is performed. For the purpose of handling emergency situations, it needs real-time processing on gathering variety sensor data, routing algorithms for sensor nodes to a moving sink node and processing of logged data. This paper realized multi-hop sensor network to detect user movements with biometric data transmission and performed algorithms on Xenomai, a real-time embedded Linux. To leverage active sensing, a mobile robot is used of which task was implemented with a priority to process urgent data came from the sink-node. This software architecture is anticipated to integrate sensing, communication and computing with real-time manner. In order to verify the usefulness of a proposed system, the performance of data transferring and processing on a real-time OS with non real-time OS is also evaluated.

Keywords : assisted living, ubiquitous sensor network, sink node, real-time processing, service robot

I. 서론

USN(Ubiquitous Sensor Network)은 어느 곳이나 부착된 다수의 센서 노드로부터 사물 및 환경 정보를 감지, 가공하여 네트워크를 통해 전송함으로써 일상 생활에 있어서 사물과 물리적 대상간, 그리고 사람간의 협력 네트워크를 구성하는 것을 말한다. 센서 노드들은 주변환경에 분포 설치되어 주변환경의 물리상태를 관찰, 측정하고, 이 데이터를 기지국(base station)으로 호핑 방식(Hop-by-Hop)을 통해 전달하는 역할을 한다. 기지국은 여러 센서 노드로부터 전달되어 온 데이터들을 수집, 분석하고, 필요한 경우 상세 분석과 모니터링, 데이터베이스 구축을 위하여 주 시스템으로 데이터를 전송하는 역할을 한다. 데이터 수집, 전송의 중요성을 감안하여 기지국을 단순히 싱크 노드(sink node)라고 부르기도 한다[1].

이러한 USN은 근래에 스마트 홈[2], 환경오염 감시[3], 군사[4]등의 여러 분야에 확대, 적용되고 있다. 특히 USN은 최근의 고령화 사회에 따라 병원 및 실버 타운에 거주하는 노인이나 병약자들에게 상시 건강관리 서비스를 제공하기 위한 건강/생활지원 용으로 성공적으로 적용될 수 있다. UIUC에서는 노약자들의 상시 생활지원을 위해 개방형 구조의 소프트웨어 및 하드웨어 I-Living 시스템을 제안하였으며[5], 가정 내 거주자가 착용하고 있는 센서를 통하여 거주자의 생체 신호나 활동 패턴을 상시 모니터링 함으로써 건강관리 서비

스를 제공할 수 있는 AlarmNet이 제안되기도 하였다[6]. I-living 시스템은 사용자 편의성, 장치들의 통신 간섭 완화와 전달되는 데이터의 보안유지에 주안점을 두고 있으며, 각 노드들로부터 들어오는 정보들을 손실 없이 처리하기 위해 게이트웨이가 작동하지 않을 경우에도 WLAN과 블루투스 통신 모듈을 이용하여 외부로 정보를 전송할 수 있는 구조를 구현하였다[7]. 그러나, 블루투스는 고가이며 소비전력이 크므로 센서노드로 사용하기에는 어렵다는 문제점이 있다. 센서 노드는 다수가 주변환경에 설치되어 독립적으로 데이터를 수집하여 전송하므로, 인프라 구축에 소요되는 비용을 줄이고, 유지 보수의 편의성을 위하여 노드들의 전력소모량이 최소가 되는 통신 방식을 채택해야 할 필요가 있다.

한편, 긴급신호 발생이나 서비스 호출과 같은 수동적인 대응에서 벗어나, 센서 네트워크를 통해 수집한 데이터 해석을 바탕으로 사용자에게 보다 능동적인 서비스를 제공하기 위해, 센서 네트워크와 이동성이 있는 서비스 로봇을 연동하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[8,9].

이러한 센서 네트워크 기반 서비스 로봇 시스템은 센서 노드에서 수집한 정보의 전달과 싱크 노드에서 제공하는 서비스 종류에 따라 적절한 네트워크 및 소프트웨어 구조를 필요로 한다. 이동로봇과 분리된 고정형 홈 서버 형태의 싱크 노드가 데이터 수집과 외부 네트워크와의 통신을 위한 게이트웨이 역할을 동시에 수행하도록 하는 연구가 발표되었다[9]. 이 연구에서는 센서 노드들간, 그리고 고정 서버와 이동로봇간의 통신은 광대역의 블루투스 방식을 갖는다. 한편 RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 이용한 서비스 로봇의 위치 인식을 위해 Zigbee 통신방식으로 연결된 센서 네트워크가 제안된 바 있다[10].

본 논문에서는 건강/생활지원 USN 기반 서비스 로봇을 대상으로 사용자의 각종 생체신호들을 중요 순위에 따라 처리

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 2. 19., 채택확정 : 2008. 4. 8.

신동관 : ㈜로보스타 연구소 (shingun@robostar.co.kr)

이수영, 최병옥 : 서울산업대학교 전기공학과

(suylee@snut.ac.kr / bwchoi@snut.ac.kr)

* 이 논문은 2007 년 정부의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2007-013-D00034)과 서울산업대 해외유명기관 파견 연구교수의 지원을 받아 수행된 연구임.

할 수 있고, 또한 사용자의 응급상황에 실시간으로 대응할 수 있으며, 서비스 로봇을 통해 능동형 서비스를 제공하기 위한 싱크 노드 구조를 제안하고자 한다. 별도의 고정형 서버를 두지 않고, 이동 로봇의 주 제어 보드가 센서 노드들로부터 데이터를 수집하고 외부 네트워크에 전달하는 싱크 노드 및 게이트웨이 역할을 할 수 있도록 하였다. 실시간성이란 원하는 작업이 주어진 시간 내에 이루어지는 것을 의미한다. 이와 같은 목적을 위하여 실시간 운영체제가 사용되며, 최근에는 공개 소프트웨어를 이용한 연구가 활발하다. 또한 성능면에서 실시간 운영체제 보다 더 나은 결과를 보이고 있다. 본 논문에서는 실시간성을 보장하기 위해 최신의 오픈 소스 프로젝트인 실시간 임베디드 리눅스 Xenomai를 포팅하여 주 제어 장치의 운영체제로 활용하였다[11,12].

II. 제안 시스템 구조

본 절에서는 먼저 서비스 로봇과 연계된 건강/생활지원 USN 시스템의 전체적인 구조를 설명한다. 전술한 바와 같이 건강/생활지원 USN 기반 서비스 로봇 시스템은 (1) 센서 노드에서 취득된 정보가 네트워크를 통한 원활한 데이터 통신이 가능하고, (2) 센서 노드들의 전력 소모가 적고, 경제성이 높으며, (3) 센서 노드들로부터 전송되는 다양한 센서 데이터들을 취득하여 주 제어장치로 전달하는 싱크 노드, (4) 전달된 데이터를 우선순위에 따라 처리하고, 긴급상황에 능동적으로 대응하기 위해 실시간성을 갖는 구조의 실시간 소프트웨어 타스크가 필요하다. 이러한 설계조건에 따라 본 논문에서는 다음과 같은 구조의 건강/생활지원 USN 기반 서비스 로봇 시스템을 제안한다: 센서 노드는 고정된 위치에서 노인의 건강 상태를 체크하며, 이동 로봇에 위치한 싱크 노드로 통신이 이루어진다. 전달된 데이터는 주 제어장치로 전달되어 실시간 운영체제 하에서 동작하는 실시간 타스크에 의하여 처리된다. 이러한 과정에서 이동 로봇은 전달된 데이터의 센서 위치를 파악하고 필요한 경우, 해당 위치로 이동하여 이동 로봇에 설치된 카메라 등의 영상장비를 이용하여 더 능동화된 모니터링 시스템을 구축할 수 있다.

생활공간에 존재하여 주변환경 정보 및 사용자의 생체 데이터를 측정하는 센서 노드들은 측정된 데이터를 단일 홉, 또는 멀티 홉 방식으로 싱크 노드에게 전달하게 된다. 본 시스템에서는 서비스 로봇을 통해 보다 능동적인 서비스를 제

공하기 위해, 싱크 노드 제어를 별도로 두지 않고, 이동로봇의 제어보드가 싱크 노드의 역할을 할 수 있는 통합 제어 구조를 채택하였다. 싱크 노드에서는 무선통신을 통해 전달 받은 정보를 제어보드에게 RS-232 인터페이스를 통해 전달하고, 제어보드는 이렇게 전달되는 정보를 실시간으로 파악하여 처리한다. 제어보드에 수집된 정보는 그 중요성에 따라 우선 순위를 달리하여 처리한다. 즉, 맥박신호와 같은 긴급한 메시지에 대해서는 우선적으로 처리하고, 상대적으로 중요도가 낮은 정보는 후 순위에 따라 처리한다. 데이터 처리 결과에 따라 만일 위급한 상황이 발생하였을 경우에는 로봇이 사용자에게 접근하여 영상을 획득하여, 외부 모니터링 시스템 관리자에게 전송하거나, 대화를 시도하는 등의 능동적인 서비스를 제공한다. 수집된 센서 데이터와 위급 상황에서 획득한 사용자(노약자) 영상은 광대역의 WLAN 통신망을 통해 원거리에 있는 외부 모니터링 시스템에 전송되며, 사용자(노약자)의 건강이력 데이터베이스를 구축하는데 사용된다.

이러한 시스템이 효과적으로 동작하기 위해서는 정보를 수신하여 처리하는 과정이 매우 중요하다. 데이터의 처리가 지연될 경우 위급상황 발생 시 신속한 대처를 하지 못하여 사용자가 위험한 상황에 처할 수 있을 것이고, 로봇의 경우 상황 인지가 늦어져 제공해야 할 서비스를 제대로 수행하지 못하는 결과를 가져올 수 있기 때문이다.

III. 멀티홉 네트워크와 실시간 싱크 노드 구조

본 절에서는 센서 네트워크에서 원활한 데이터 통신을 위해 사용한 멀티 홉의 구조 및 통신 방식에 대해 알아보도록 한다. 또한 센서 네트워크를 통해 수집한 정보를 실시간으로 처리하기 위해 실시간 싱크 노드 구조를 제안하였다.

1. 멀티홉 센서 네트워크

센서 노드에서 수집된 데이터의 원활한 전달을 위해 Zigbee 프로토콜을 갖는 멀티 홉 전송 방식을 채택하였다. Zigbee 통신 방식은 PHY/MAC 계층에서 정의된 자체의 프로토콜을 가지므로 노드들간의 통신 RF 신호 충돌 방지와 원활한 데이터 전송이 가능한 방식이다. 또한 각 노드들은 유지보수의 편의성을 위해 전력 소모량을 최소화해야 하므로 통신전력을 낮춰야 하고, 이에 따라 데이터 전송 거리가 짧아지게 된다.

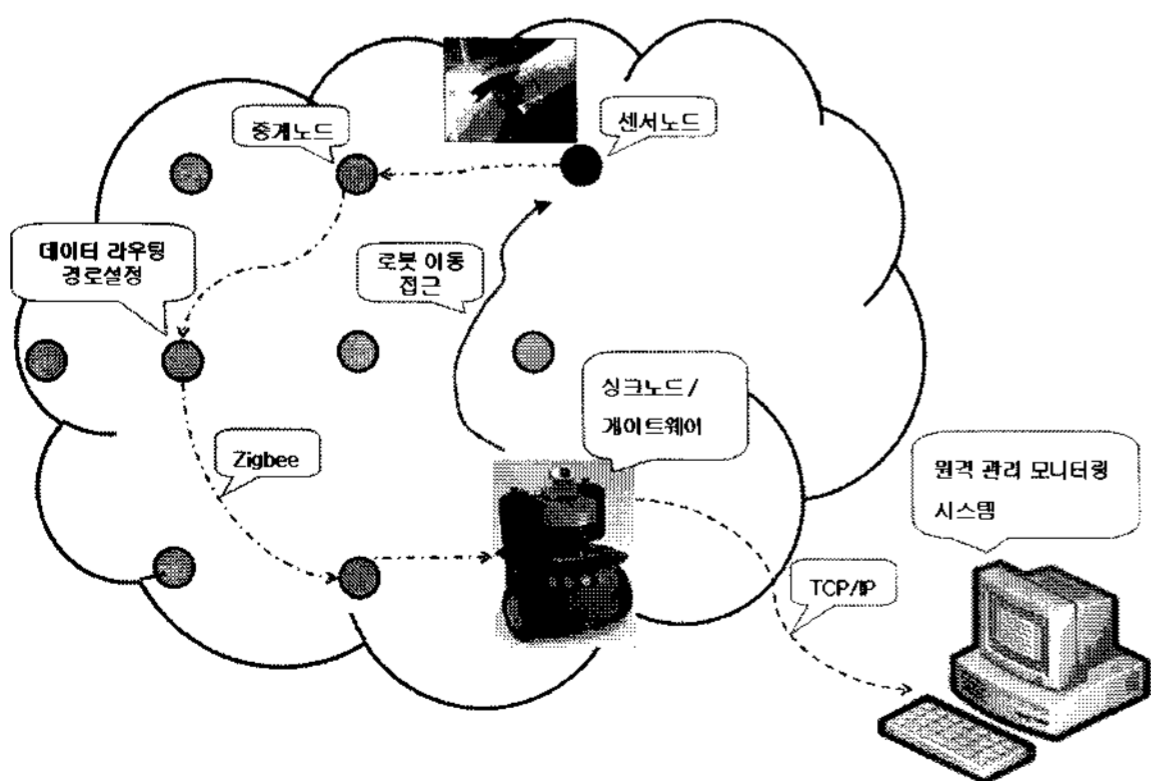


그림 1. 시스템 구성도.
Fig. 1. System configuration.

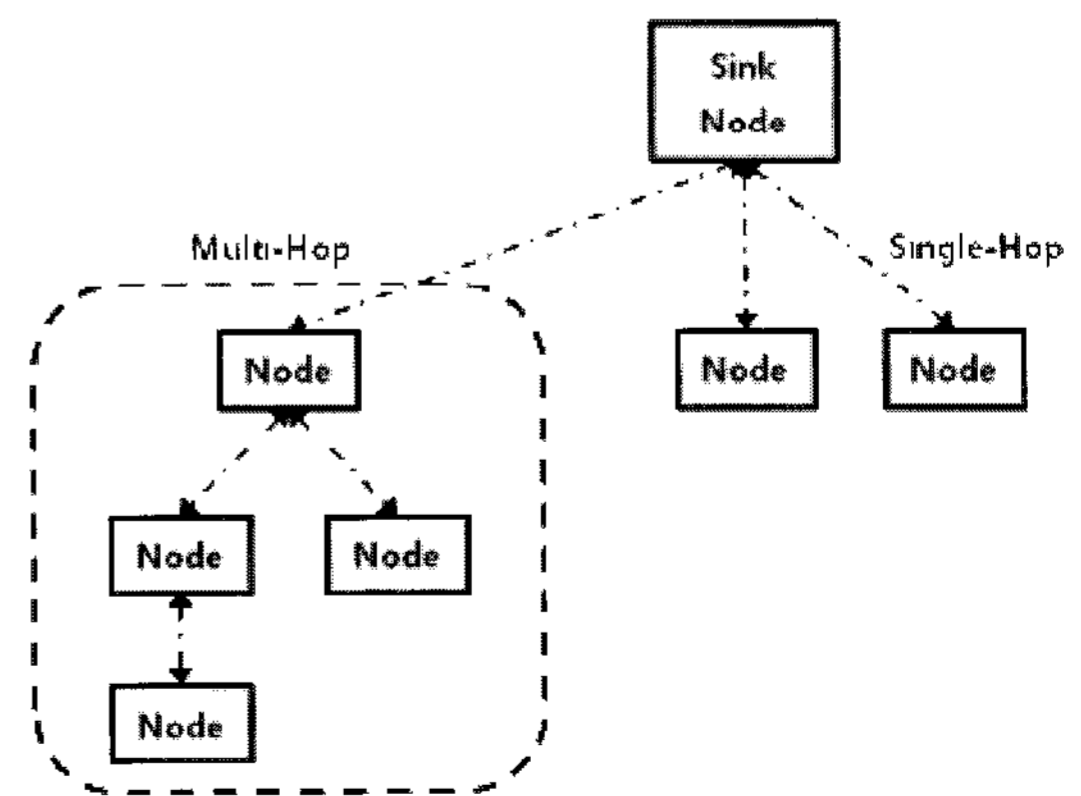


그림 2. Hop-by-Hop 데이터 전송방식.
Fig. 2. Hop-by-Hop data transmission.

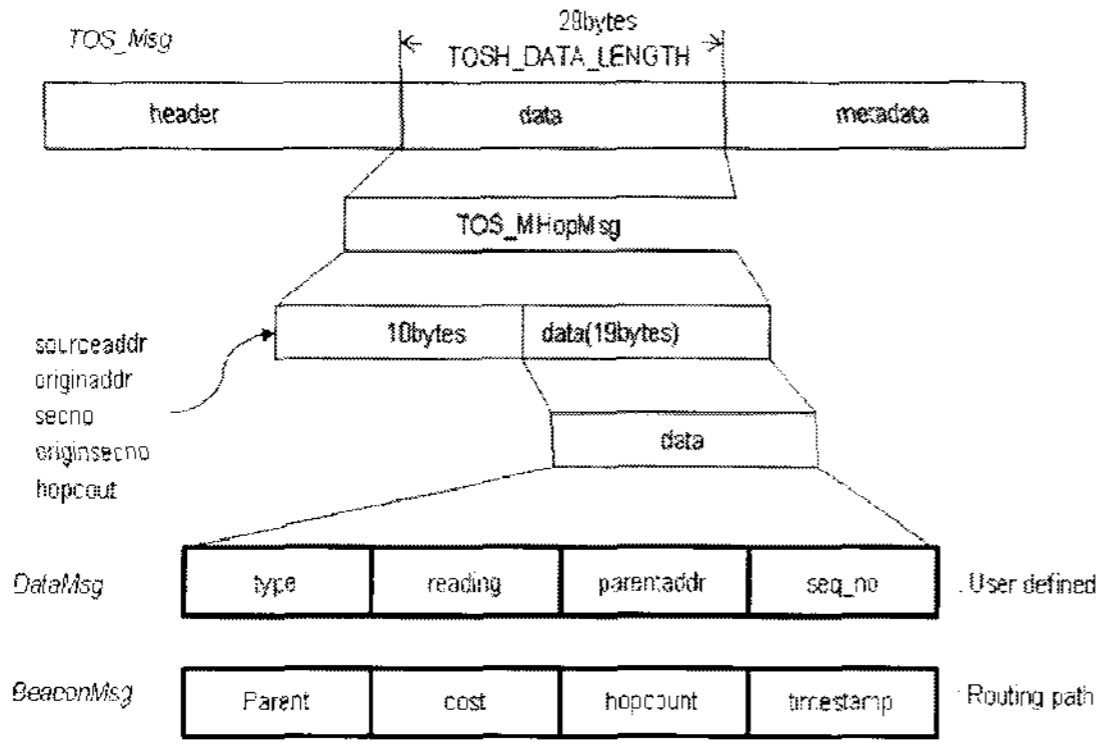


그림 3. TinyOS 패킷 구조.
Fig. 3. TinyOS packet structure.

표 1. 메시지 패킷 구조.
Table 1. Message packet structure.

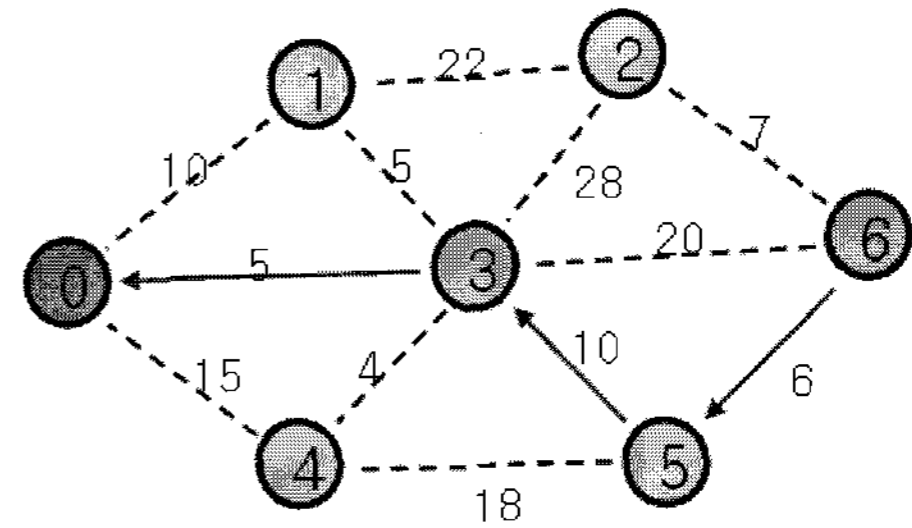
구분	용도	발생주기
BeaconMsg	싱크노드에서 네트워크 경로설정용	4096ms
DataMsg	센서노드에서 데이터전송용	800ms

따라서 센서 노드의 무선통신 거리는 한계가 있기 때문에 단일 홉으로 싱크 노드까지 정보를 전달할 수 있는 거리는 제한되며, 싱크 노드로부터 먼 거리에 있는 센서 노드의 정보를 수신하기 위해서는 그림 2와 같이 멀티 홉을 통한 정보 전달 기술이 필요하게 된다.

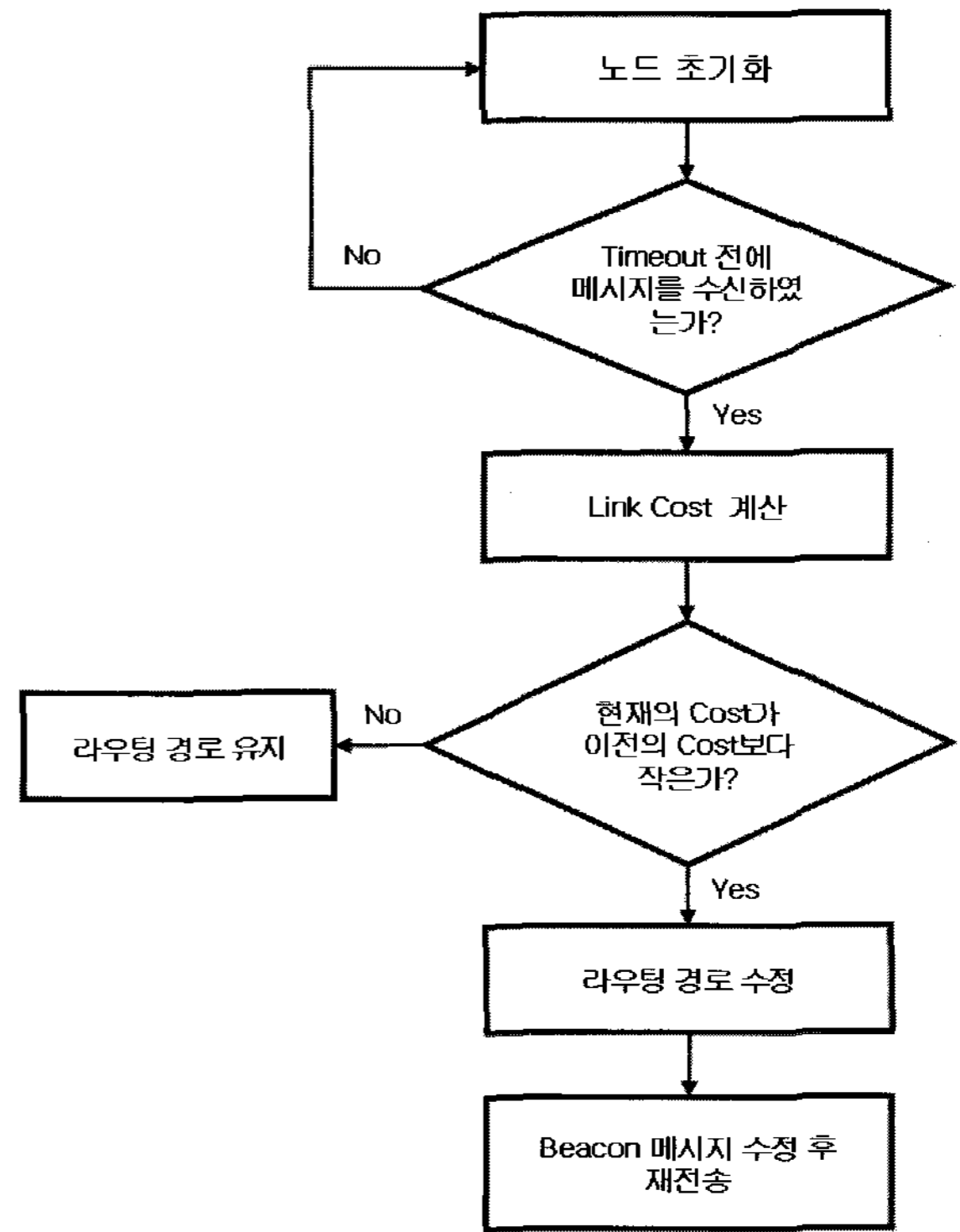
멀티 홉 데이터 전송을 위해서는 센서 노드로부터 데이터가 도달해야 할 목적지, 즉 싱크 노드까지의 네트워크 경로가 설정되어야 한다. 네트워크 경로설정은 사용자와 이동로봇의 위치 이동에 따른 상황변동에 따라 주기적으로 반복되어야 한다. TinyOS에서는 멀티 홉 구성을 위한 컴포넌트를 제공하며 네트워크 경로설정과 데이터 전송에 그림 3과 같은 패킷구조를 사용한다[13,14]. 본 논문에서는 표 1과 같이 네트워크 경로 설정과 데이터 전송에 각각 하나의 패킷에 두어서 효율적 데이터 처리를 실현하였다.

멀티 홉 데이터 통신에 사용되는 메시지 패킷은 네트워크 경로설정, 즉 라우팅을 위해 사용되는 BeaconMsg와 센서 노드에서 측정된 데이터를 전달하기 위해 사용되는 DataMsg로 구분된다. BeaconMsg에는 이 메시지를 수신한 노드의 부모 노드 ID와 싱크 노드로부터 부모 노드까지의 경로비용(Link Cost), 그리고 싱크 노드에서 수신 노드까지의 홉 수에 대한 정보가 수록되고, 수신 노드는 이러한 정보를 가지고 싱크 노드까지의 경로를 설정하게 된다(그림 3). DataMsg는 센서 노드에서 측정된 데이터를 싱크 노드로 전달하기 위해 사용되는 메시지 구조로 응용프로그램에서 사용자 정의에 의해 사용할 수 있다.

TinyOS에서 제공하는 경로설정 알고리즘은 최소경로비용(Minimum Cost Forwarding) 기법으로 노드간의 경로비용이 가장 적은 경로를 설정하는 방식이다. 여기서 경로비용은 RSSI(Received Signal Strength Indication)와 LQI(Link Quality Indication)을 이용해 계산된다. 그림 4(a)는 최소경로비용에 의한 경로설정 알고리즘을 도식화한 것으로, 각각의 원들은



(a) 네트워크 경로 설정 알고리즘



(b) 네트워크 경로설정 알고리즘 순서도

그림 4. 네트워크 경로 설정.
Fig. 4. Network routing.

센서네트워크를 구성하는 노드들을 표현하고, 0번은 데이터를 취합하는 싱크 노드, 6번은 데이터를 측정하는 센서 노드, 1~5번은 싱크 노드부터 센서 노드까지의 경로상에 존재하는 노드들로 측정된 데이터를 중계하는 역할을 한다. 물론 중계 노드와 센서 노드의 특별한 구별은 없으며, 데이터를 측정하는 어떠한 노드도 센서 노드가 될 수 있다.

각 노드들은 네트워크 경로설정을 위해 초기화 과정을 거치며 싱크 노드 이외의 노드들은 독립적으로 경로설정을 위해 사용되는 BeaconMsg를 발생하지 못한다. 싱크 노드에서 BeaconMsg를 전달하면 싱크 노드 주변에 있는 노드들은 이 메시지를 수신하여 부모 노드와의 경로비용을 계산하게 된다. 계산된 비용은 이전에 가지고 있던 비용과 비교하여 작은 값의 비용을 갖는 경로를 라우팅 경로로 설정하고 수신된 BeaconMsg를 수정하여 재전송하며 이러한 과정은 말단 노드에 이르기까지 진행된다. 이러한 방식으로 최소 비용의 네트워크 경로가 설정되면 센서 노드는 측정된 데이터를 DataMsg 패킷의 형태로 싱크 노드에 전달할 수 있게 된다.

본 논문에서는 이동 로봇상에 싱크 노드가 설치되므로 싱크 노드의 이동상황에 따라 주기적으로 네트워크 경로를 새로 설정할 필요가 있다. 로봇의 이동성으로 인해 빠른 시간 간격의 네트워크 경로 갱신이 필요하지만 이럴 경우 센서 노드에서 전달되는 데이터의 전송률이 떨어지므로 적절한 시간 배분이 필요하다.

이와 같은 라우팅 결과와 미리 알려져 있는 중계 노드들의 고정된 위치를 통하여 사용자가 사용하고 있는 센서 노드의 위치를 파악할 수 있고, 따라서 사용자에게 대한 위치기반 서비스를 제공할 수 있다.

2. 이동로봇의 실시간 싱크 노드 구조

이동 서비스 로봇은 싱크 노드와 주 제어장치가 결합되어 있으며 다음과 같은 역할을 한다.

- 싱크 노드: 센서 노드로부터 얻은 데이터를 취합하여 주 제어 장치로 전달
 - 능동 에이전트: 취합한 데이터를 분석하여 긴급 상황시 사용자에게 접근하여 능동적인 서비스를 제공
 - 게이트웨이: 수집, 분석한 데이터를 WLAN을 통해 외부의 관리 모니터링 시스템에 전송하여 데이터베이스화
- 이와 같은 역할을 수행하기 위해서 서비스 로봇은 다음과 같은 기능을 지원해야 한다.
- 위급상황시 사용자(노약자)의 영상정보를 얻기 위한 네트워크 카메라
 - 원격 모니터링 시스템을 위한 WLAN 통신

본 논문에서는 이동로봇상에 설치된 싱크 노드를 위한 제어기로서 인텔 및 IBM 호환기종인 i386 싱글보드를 채택하고, 무선 통신모듈인 CC2420이 장착된 수신 노드를 연결하여 센서 노드들로부터의 데이터를 취합하며, Ethernet 포트를 통하여 데이터를 통합 관리하는 외부 서버와 연결한다. USN에서 싱크 노드는 다수의 분산된 센서 노드들로부터 감지된 데이터를 무선 네트워크를 통해 취합하고, 분석하여 원격의 관리자에게 전달하며, 또한 센서 노드들의 네트워크 라우팅 상태를 수시로 확인하여 데이터 통신을 원활히 할 수 있도록 관리하는 기능을 수행한다. 또한 각종 디바이스들로부터 데이터를 취합하고 데이터의 중요도로 분리하여 가장 중요한 형태의 데이터를 실시간으로 보고하여야 한다.

데이터 수집 및 처리와 능동 서비스 제공에 필요한 실시간성을 확보하기 위해 본 논문에서는 실시간 임베디드 리눅스인 Xenomai를 싱글보드에 포팅하고 실시간 운영체제로 활용하였다. 그림 5는 실시간 싱크 노드 구조이다.

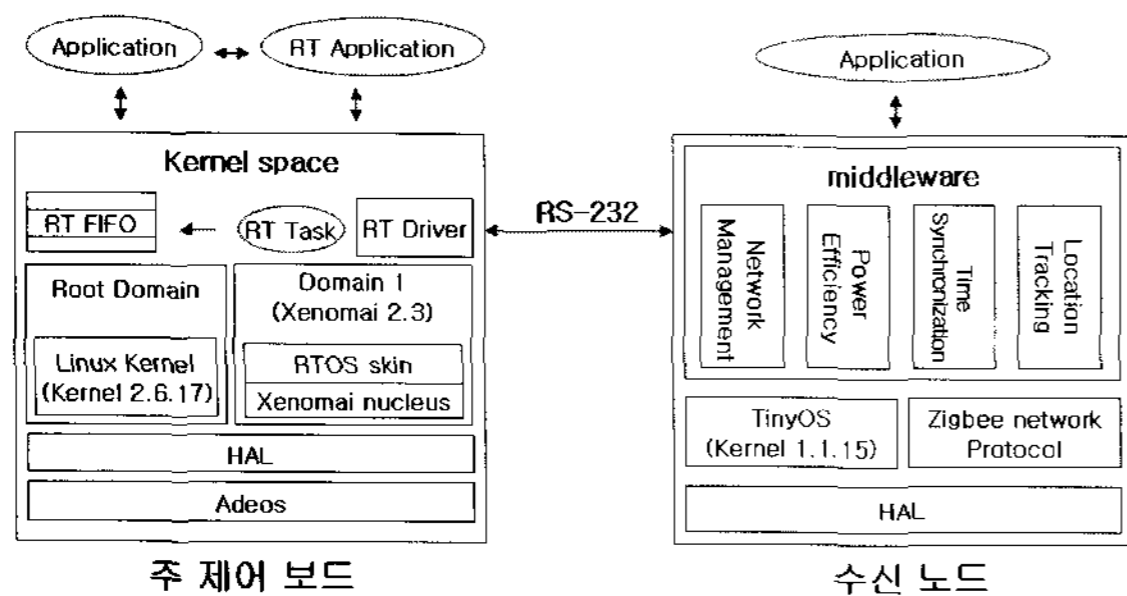


그림 5. 실시간 싱크 노드 구조
Fig. 5. Real-time sink node structure.

제안하는 시스템 구조는 데이터를 처리하는 주 제어보드와 센서 노드들로부터 데이터를 수신하는 싱크 노드로 구성된다. 하드웨어적으로 싱크 노드는 센서 노드와 동일하며, 노드들의 한정된 자원을 효율적으로 관리하기 위하여 TinyOS를 사용하였다. 이벤트 발생 중심의 상태 변화 방식을 채택한 센서 네트워크용 운영체제인 TinyOS는 한정된 하드웨어 메모리 공간에서의 효율적인 성능을 지원하는데 적절한 운영체제로서 병렬처리 기능을 제공한다. TinyOS로 운영되는 싱크 노드는 센서 노드들로부터 Zigbee 무선통신을 통해 전달받은 데이터를 RS-232인터페이스를 통해 제어보드로 전달하게 된다.

그림 5와 같이 리눅스 커널과 Xenomai를 제어장치에 설치하였다. 제어보드에서 사용하고 있는 Xenomai와 리눅스 커널은 HAL(Hardware Abstract Layer)에 의해서 실행되고 하드웨어와 인터페이스 할 수 있다. HAL은 Xenomai와 리눅스를 실행시킬 때 Xenomai에서 실행되는 RT_TASK를 우선 순위에 따라 먼저 실행시킨 후 리눅스 커널을 가장 낮은 우선순위로 동작시킨다. 여기서 RT_TASK는 Xenomai 상에서 실시간 작업으로 등록된 작업함수를 의미한다. 즉 RT_TASK를 우선 순위에 따라 처리하며, 실행될 RT_TASK가 없는 경우에 리눅스에 등록된 일반 타스크에 대한 처리가 이루어진다 [12,14,15]. 일반 리눅스는 모든 타스크에 균일한 시간을 배분하여 스케줄링 함으로써 원하는 작업의 우선권을 보장할 수 없다. 따라서, 제어보드에서는 수신 노드에서 전달되는 데이터를 실시간 시리얼 디바이스 드라이버를 통하여 수신하고 RT_TASK로 처리함으로써, 상황에 따라 즉각적인 대응을 할 수 있게 된다.

IV. 실험 및 고찰

전술한 바와 같이 능동 건강/생활지원을 위한 USN 기반 서비스 로봇 시스템에서 데이터 수집, 분석 및 대응을 위해 실시간 데이터 처리성능이 매우 중요하다. 실시간 성능은 인터럽트 지연시간과 다수의 작업이 있는 경우에 스케줄링에 의한 원하는 작업의 처리 지연 시간을 가지고 비교할 수 있다[12]. 운영체제 자체의 성능에 의존하는 인터럽트 지연 시간은 참고 문헌12에서 기존의 상용 실시간 운영체제와 유사한 성능을 보임을 나타내었다. 따라서, 본 논문에서는 제안한 구조의 싱크 노드에서 실시간성을 확인하기 위해 다중의 타스크를 사용하여 Xenomai를 이용하는 경우와 일반 리눅스만을 사용하는 경우에 대하여 원하는 작업의 지연시간을 비교하였다. 다중의 타스크에 비교에 집중한 이유는 본 논문에 사용한 제어장치는 사용자 인터페이스, 로봇 제어 그리고 센서 데이터 처리 등 복잡하고 많은 타스크로 이루어지기 때문이다. 실시간성의 보장은 원하는 타스크가 다른 타스크에 영향을 받지 않고 단독으로 동작하는 경우와 같은 경우를 의미하게 된다.

실험 방법은 다음과 같다. 송신 노드에서는 1주기의 정현파 곡선을 그릴 수 있도록 100ms 단위로 샘플링하여 180개의 데이터를 전송한다. 무선통신으로 데이터를 전달 받은 수신 노드는 RS-232인터페이스를 통하여 57,600bps의 전송속도로 제어장치와 통신을 하며, 제어장치에서는 그림 6과 같이 readTask()를 100ms 단위로 구동하여 수신된 데이터를 읽어온

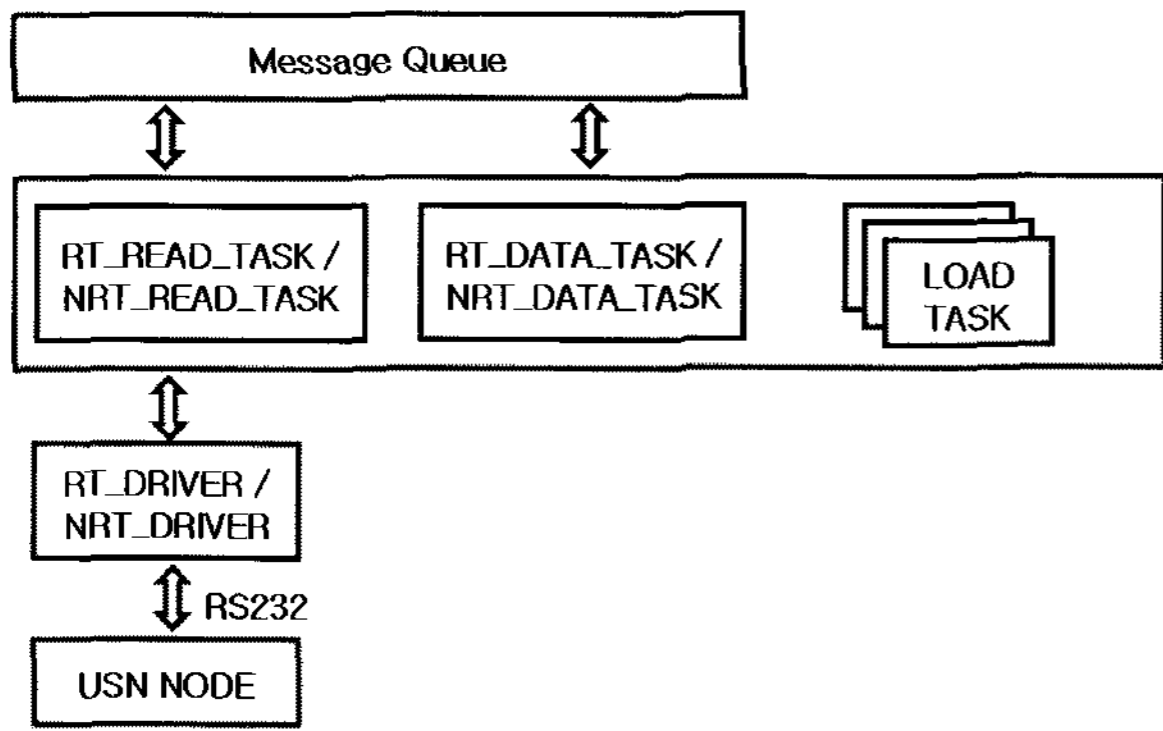


그림 6. 테스트 프로그램.
Fig. 6. Test program.

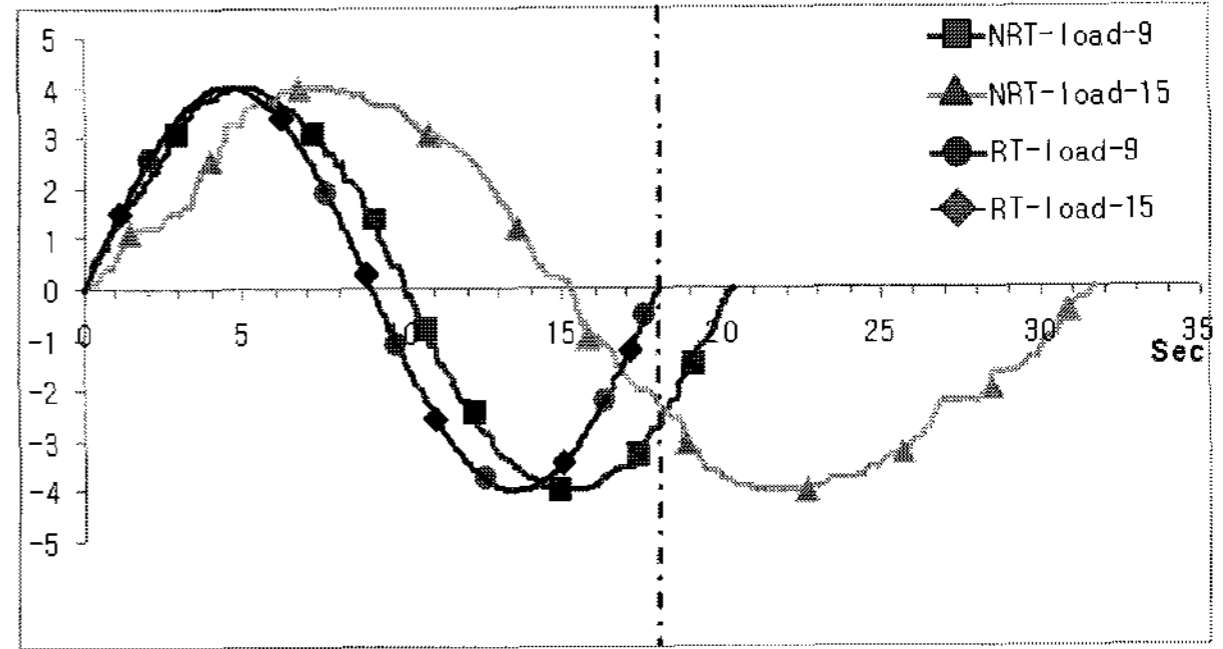


그림 8. 부하 연산작업의 수에 따른 데이터 왜곡.
Fig. 8. Data distortion according to the number of tasks.

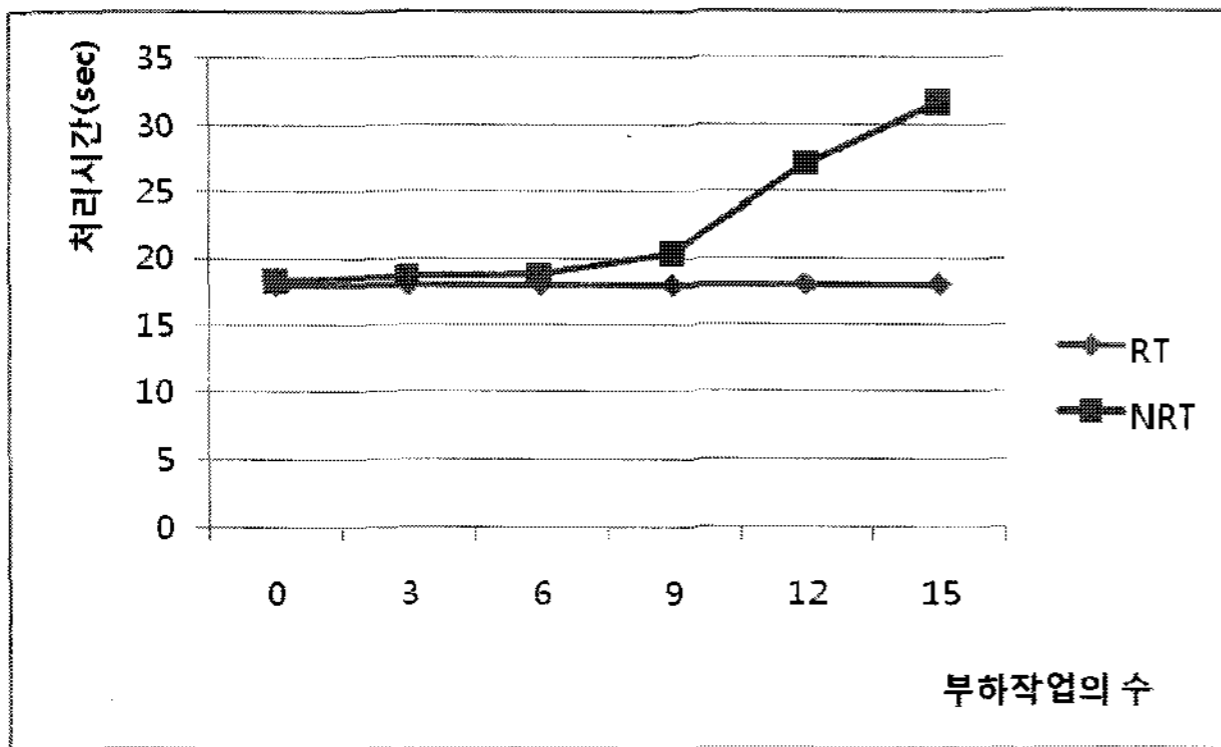


그림 7. 부하 연산작업의 수에 따른 데이터 처리 시간.
Fig. 7. Data processing time according to the number of tasks.

다. 읽어들인 데이터는 메시지 큐를 통하여 `dataTask()`로 전달되며, 수신 데이터를 처리하여 곡선을 그리는 작업을 수행한다. 이러한 작업들이 수행될 때 다수의 부하작업을 동시에 실행한다. 그리고, `readTask()`와 `dataTask()`를 실시간으로 등록하여 처리하는 경우와 비 실시간으로 처리하는 경우에 대한 데이터 수신 및 처리 성능을 비교하였다.

송신 노드에서 100ms 주기로 180개의 데이터를 전송함으로써, 전체 한 주기의 사인 곡선을 생성하는데 소요되는 시간은 약 18초가 된다. 그림 7은 실시간(RT) 환경과 비 실시간(NRT) 환경에서의 한 주기의 사인 데이터 처리 시간을 비교한 것으로, 실시간 환경에서는 부하 연산작업의 수가 늘어나더라도 송신 노드에서 약 18초에 처리된 데이터를 제어장치에서 수행함에 있어서 리눅스의 부하 연산작업에 무관하게 데이터를 처리함을 알 수 있다. 이에 비하여 비 실시간 환경에서는 부하 연산작업의 수가 늘어남에 따라 수행되어야 하는 작업의 처리시간이 늘어남을 볼 수 있다.

그림 8은 센서 노드에서 생성한 진폭 4의 가상 사인 데이터를 제어장치에서 처리한 결과를 부하 작업의 수에 따라 비교한 것이다. 비 실시간 처리의 경우는 데이터 처리시간 및 파형이 부하 작업에 따라 왜곡이 발생하고 있으나, 실시간 처리의 경우는 부하작업의 수에 관계없이 왜곡이 없음을 볼 수 있다. 이와 같은 결과가 나타난 이유는 실시간 시리얼 디바이스 드라이버를 사용하여 실시간 작업으로 데이터를 처리할 경우 해당 작업의 우선순위가 높아 다른 ISR(Interrupt

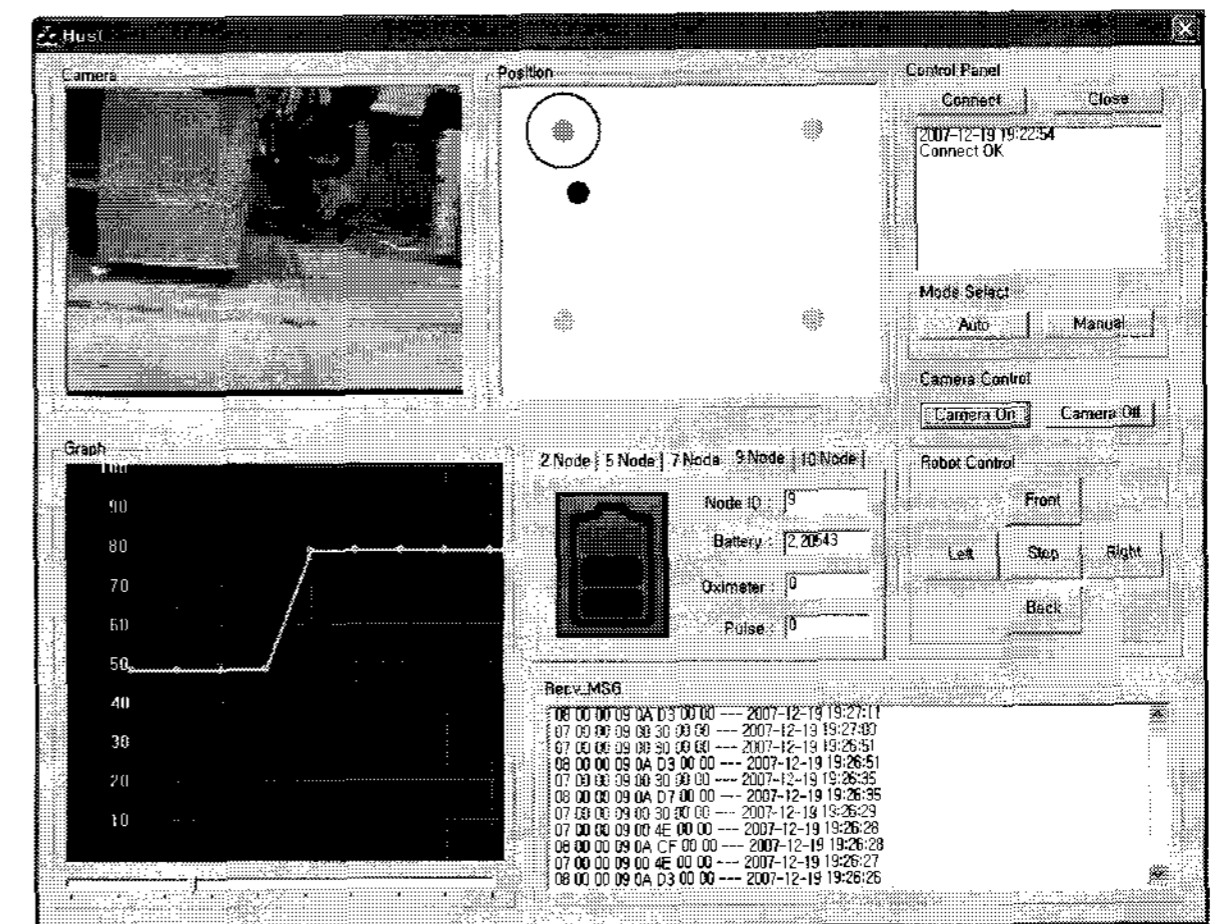


그림 9. 원격 모니터링 시스템.
Fig. 9. Remote monitoring system.

Service Routine)이나 프로세서에 의한 지연이 발생하지 않지만 비 실시간 시리얼 디바이스 드라이버를 이용한 경우에는 다른 ISR이나 프로세서에 의해서 정확한 주기로 데이터를 수신 처리하지 못하기 때문이다.

수집된 센서 데이터를 사용자의 건강이력 데이터베이스 구축에 사용하고, 위기 상황에서 이동로봇에 의해 획득한 영상을 원격지에서 확인하며, 또한 상황에 따라 이동로봇을 원격조종하기 위해 관리 모니터링 시스템이 필요하다. 아래 그림 9는 이를 위해 본 논문을 통해 개발한 관리 모니터링 시스템으로서 이동로봇 제어기와 광대역의 WLAN으로 연결된다.

원격 모니터링 프로그램은 사용자의 맥박정보를 그래프 및 텍스트로 표현하고, 데이터를 수신한 시간을 체크하여 정해진 주기로 데이터가 측정되는지 확인한다. 또한 각 노드들의 전원관리를 위하여 노드들이 측정된 배터리 잔여량을 표시한다. 모니터링 프로그램 상단의 가운데 창에서 4개의 녹색 점들은 각 노드들의 공간적 위치를 나타내며, 붉은 색 원은 공간상에서 사용자의 위치 범위를 나타낸다. 사용자가 패용한 센서 노드의 데이터는 중계 노드들을 통해 싱크 노드로 전달되므로, 중계 노드들의 라우팅 정보와 각 노드들의 고정 위치 정보로부터 센서 노드의 위치범위를 파악할 수 있다. 사용자의 위치 정보는 이동로봇이 능동적으로 건강/생활지원 서비스를 제공하는데 필요한 매우 유용한 정보가 된다.

V. 결론

본 논문에서는 능동 건강/생활지원 USN 기반 서비스 로봇 시스템을 위해 이동 사용자의 상시 생체 데이터를 센서 네트워크를 통해 전달하고, 중요 순위에 따라 처리하여 응급상황에 실시간으로 대응할 수 있는 이동 로봇 싱크 노드 구조를 제안하였다. 데이터 수집을 위한 별도의 고정형 서버를 두지 않고, 이동 로봇의 주 제어보드가 싱크 노드 역할뿐만 아니라 외부 네트워크 연결 게이트웨이 역할도 수행할 수 있도록 하였다. 이동하는 싱크 노드의 특성 상 주기적 라우팅 알고리즘을 구현하여 멀티 홉 기반의 센서 네트워크를 구현하였으며, 주 제어보드에서 데이터 처리의 실시간성을 보장하기 위해 임베디드 리눅스 및 실시간 임베디드 리눅스인 Xenomai를 활용하였다. 또한 센서 노드에서 전송한 데이터를 수집, 처리하는 실험을 통해 실시간 싱크 노드의 데이터 처리 성능을 비실시간 환경과 비교 검증하였다.

실시간 운영체제를 활용함으로써 필요한 작업을 정해진 시간에 정확히 수행할 수 있었고, 그로 인해 중요한 정보를 시간지연과 왜곡 없이 처리함을 알 수 있었다. 이러한 성능은 향후 복잡한 서비스로 확장될 때 실시간성의 손실 없이 다양한 확장을 보장하게 된다. 또한, 멀티 홉 센서 네트워크는 사용자의 생체정보 및 주변환경 정보를 수집, 전달함으로써 로봇의 인식영역을 확장시킬 수 있으며, 로봇을 보다 능동적으로 활용할 수 있다는 의미가 있다. 그리고 멀티 홉 정보전송에 있어 중계 노드들의 라우팅 정보와 고정위치 정보를 이용하여 이동 센서 노드의 대략적인 위치를 파악할 수 있음도 보였다. 이러한 결과를 이용하여 사용자의 위치 정보는 이동 로봇이 사용자에게 능동적인 서비스를 제공할 수 있으며 외부의 모니터링 시스템과 연동하여 원격지원시스템의 구현이 가능함을 보였다. 이러한 결과는 노약자 및 독거 노인을 생활지원 시스템으로 활용될 수 있다.

참고문헌

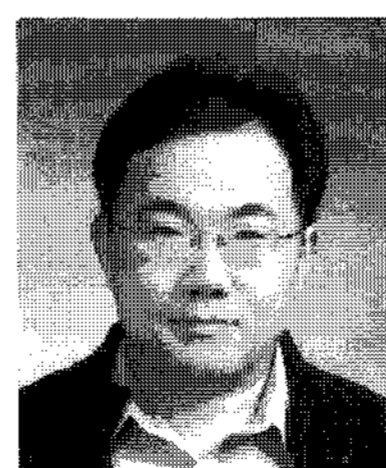
- [1] 남상엽, 송병훈, "MOTE-KIT를 이용한 무선 센서 네트워크 활용," 상학당, 2006.

- [2] Manley, Eric D, Deogun, Jitender S, "Location learning for smart homes," *Proc. of IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Application Workshops*, pp. 787-792, 2007.
- [3] <http://sensorweb.vancouver.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] <http://lion.cs.uiuc.edu/assistedliving/technical.html>
- [6] <http://www.security.honeywell.com/hsce/solutions/alarmpnet/index.html>
- [7] Q. Wang and W. Shin, "I-living: An open system architecture for assisted Living," *Proc. of IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics (ICSMC '06)*, pp. 4268-4275, 2006.
- [8] M. A. Batalin and G. S. Sukhatme, "Mobile robot navigation using a sensor network," *Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA '04)*, pp. 636-641, 2004.
- [9] 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.
- [10] 최형윤, 박진주, 문용선, "서비스 로봇을 위한 유비쿼터스 센서 네트워크 기반 위치 인식 시스템," 한국해양정보통신학회논문지, 제 10 권, 제 10 호, pp. 1920-1926, 2006.
- [11] <http://www.xenomai.org>
- [12] A. Barbalace, A. Luchetta, G. Manduchi, M. Moro, A. Soppelsa and C. Taliercio, "Performance comparison of VxWorks, Linux, RTAI and xenomai in a hard real-time application," *Proc. of IEEE-NPSS Real-Time Conference*, pp. 1-5, 2007.
- [13] <http://www.tinyos.net>
- [14] <http://tinyos.re.kr>
- [15] <http://www.captain.at/xenomai-installation.php>



신 동 관

2006년 선문대학교 기계 및 제어공학부 (공학사). 2006년~2008년 서울산업대학교 전기공학과 대학원(공학석사). 2008년~현재 (주)로보스타 연구원. 관심분야는 유비쿼터스 컴퓨팅, 지능형 서비스 로봇.



이 수 영

1988년 연세대학교 공과대학 전자공학과(공학사). 1990년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사). 1994년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사). 1995년~1999년 한국과학기술연구원 휴먼로봇연구센터 선임연구원. 1999년~2007년 전북대학교 전자정보공학부 부교수. 2007년~현재 서울산업대학교 전기공학과 부교수. 관심분야는 Walking robot system, Gait design and motion control, Robot vision.

최 병 옥

제어 자동화 시스템 공학회 제 12 권 제 2 호 참조.