

홈 웰니스 로봇의 사물인터넷 기반 지능형 자기 위치 및 자세 제어

IoT Based Intelligent Position and Posture Control of Home Wellness Robots

이 병 수*, 현 창 호**, 김 승 우**

Byoungsu Lee*, Chang-Ho Hyun**, Seungwoo Kim**

Abstract

This paper is to technically implement the sensing platform for Home-Wellness Robot. First, self-localization technique is based on a smart home and object in a home environment, and IOT(Internet of Thing) between Home Wellness Robots. RF tag is set in a smart home and the absolute coordinate information is acquired by a object included RF reader. Then bluetooth communication between object and home wellness robot provides the absolute coordinate information to home wellness robot. After that, the relative coordinate of home wellness robot is found and self-localization through a stereo camera in a home wellness robot. Second, this paper proposed fuzzy control method based on a vision sensor for approach object of home wellness robot. Based on a stereo camera equipped with face of home wellness robot, depth information to the object is extracted. Then figure out the angle difference between the object and home wellness robot by calculating a warped angle based on the center of the image. The obtained information is written Look-Up table and makes the attitude control for approaching object. Through the experimental with home wellness robot and the smart home environment, confirm performance about the proposed self-localization and posture control method respectively.

요 약

본 논문에서는 스마트 홈 환경 내에서 웰니스 로봇의 이동을 위한 로봇의 사물인터넷 기반 지능형 자기위치인식 및 자세제어 방법을 제안한다. 먼저, 자기위치인식 방법은 스마트 홈, 홈 환경 내 위치하고 있는 물체, 홈 웰니스 로봇 간의 사물인터넷을 기반으로 하는 방법을 제안한다. 스마트 홈에 RF태그를 설치하고 환경 내 물체에 RF 리더를 내장하여 환경 내 물체의 절대좌표 정보를 획득하고, 물체와 홈 웰니스 로봇간 블루투스 통신을 이용하여 물체의 절대좌표 정보를 홈 웰니스 로봇에 제공한 후, 홈 웰니스 로봇에 장착되어 있는 스테레오 카메라를 통해서 물체를 기준으로 한 홈 웰니스 로봇의 상대 좌표를 알아내어 로봇의 스마트 홈 환경에서의 자기위치인식을 한다. 둘째로, 홈 웰니스 로봇의 물체 접근을 위한 비전센서 기반의 피치 자세 제어 방법을 제안한다. 홈 웰니스 로봇의 정면에 장착된 스테레오 카메라를 기준으로 물체까지의 깊이 정보를 추출하고 영상의 중앙을 기준으로 틀어진 각을 계산하여 물체와 홈 웰니스 로봇 정면과의 각도차를 알아낸다. 얻은 정보를 피치 순람표(Look-Up table)로 작성하여 물체에 접근하기 위한 홈 웰니스 로봇의 자세제어를 하도록 한다. 이렇게 제안한 각각의 자기위치인식 및 자세제어 방법의 성능은 실제 구축한 스마트 홈 환경과 웰니스 로봇을 가지고 실험하여 확인한다.

Key words : Home Wellness Robot, Self-localization, Triangulation, Posture control, Fuzzy control.

* Dept. of Electronic and Information Engineering, Soonchunhyang University
seungwo@sch.ac.kr TEL: 041-530-1369

★ Corresponding author

※ Acknowledgment

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2011-0009541)

Manuscript received Dec. 11, 2014; revised Dec. 26, 2014 ; accepted Dec. 29, 2014

I. 서론

미래의 가정에서 홈 서비스로봇은 복잡한 가정환경에서 실제적으로 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 특히, 홈 서비스 로봇의 큰 관심과 기대는 사회에 점점 고령화 되고 생활지원의 사회적 요구가 확대되면서 이를 위한 지능형 서비스 로봇의 필요성이 증가하고, IT의 발전과 더불어 더욱 폭넓은 지능형 로봇의 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다.[1] 이러한 지능형 로봇은 현재 가정용 서비스 로봇의 주류를 이루고 있으며 로봇이 가정에 구성원으로 자리잡을 수 있게 하였다. 지능형 가정 서비스 로봇이 구현되기 위해서는 자기위치인식 및 장애물 형상 인식을 해야 한다. 인간 공존형 서비스 로봇은 인간 친화적인 통신과 안전한 인간 지원 그리고 정교한 조작능력을 갖추어야 한다. 그러나 대부분의 로봇 연구는 엔터테인먼트 응용로봇 또는 휴머노이드 로봇기술에 치우쳐 있다.[1,2]. 하지만 홈 서비스로봇에 대한 연구는 미흡한 실정에 있다. 현재 실내의 위치 추정기술은 이동통신, 홈네트워크, 지능형 로봇, 의료, USN(Ubiquitous Sensor Network)등 산업 전 분야의 핵심 기술로 활용되고 있으며 다양한 연구가 활발히 진행 중이다. [3,4] 이러한 네트워크 로봇은 광범위한 지역의 표적 추적, 위치추적 및 실시간 환경 모니터링 등의 강점을 사용한 자율 이동로봇이 가능하게 되었다. 이러한 네트워크 이동로봇이 센서 네트워크의 정보를 이용하여 정해진 공간에서 임의의 경로로 자율적으로 주행하기 위해서는 실내에서의 위치 인식 방법이 핵심적인 기술이다. 최근 들어 센서 네트워크와 다양한 센서들을 이용하여 로봇의 위치인식의 정확성을 개선하려는 연구가 이루어져 왔다. 이동 로봇의 위치인식 기술은 사용되는 센서에 따라 상대 위치인식 기법과 절대 위치인식 기법으로 분류 된다. 상대 위치인식 기법의 대표적인 예는 로봇에 부착된 엔코더나 베이스 필터를 이용하는 방법이다.[5] 이러한 상대위치인식 기법은 시스템의 구현이 용이하다는 장점이 있다. 하지만 엔코더 정보만 이용하는 데드레코닝 센서의 경우는 시간이 흐름에 따라 오차가 누적되는 문제가 있다. 데드레코닝 센서처럼 주행량이 증가하게 되면 바퀴의 슬립으로 인한 오차가 발생하고 이러한 오차들이 누적되어 정확한 위치인식이 어렵다. 절대 위치인식 기법들은 GPS, 비전센서, 초음파센서, RFID등의 거리, 방향, 시각정보를 이용하는 것이

다.[7] 하지만 기존의 RF센서를 이용한 거리기반 방법은 위치인식의 정확도는 전파 전달 수단 및 사람, 건물 형태, 물건 등 주위 환경 변화에 민감하게 반응하며 별도의 하드웨어가 필요하게 된다. 또한 실시간 이동로봇의 위치를 추정하기 위해 삼변 측량방법을 사용하는데 센서 정보의 불확실성에 따른 문제와 센서 설치의 어려움 등으로 인해 정확한 위치인식이 어렵다.[6] 이렇듯 실내위치추정에서 문제점을 최근 비전 센서를 이용하여 위치 추정하는 방법에 대한 연구가 진행되고 있다.[8]

비전센서를 사용하여 대상과 위치를 인식 하는 방법에 대한 장점으로는 영상을 통해 확인할 수 있다는 것이다. 이렇듯 대상을 인식 하는 방법에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 대상을 인식하는 방법은 여러 가지 방법이 있는데 물체 고유의 모양을 인식하는 예지 검출, 마커 알고리즘, 칼라 패턴매칭 등이 존재한다. 예지 검출은 거리가 멀어지면 대상의 인식이 힘들다. 칼라 패턴매칭은 기존 이미지의 이진화를 하지 않고 32비트의 값을 다 받기 때문에 고속 처리가 힘들다. 또한 주변동일 색상을 인식한다는 단점이 있다.

비전에서 인식된 대상을 이용하여 로봇의 위치를 인식하는 연구가 진행되어 왔다. 대다수의 연구는 로봇이 동작 초기의 위치를 모르거나, 또는 지역적 지역 위치추정에 실패했을 경우 스스로 현재 위치를 복구해 내는 문제들이 있다. 스테레오 비전센서의 경우 두 개의 영상을 얻게 되어 영상의 깊이를 통한 영역의 거리를 알 수 있다. 스테레오 비전의 경우에는 두 개의 영상을 얻어 하나의 출력을 내는 정합과정을 거쳐야하는데 실시간으로 처리할 때 정확도가 높은 반면 반복적인 연산으로 수행해야하므로 일반 비전센서로 처리하기에 어렵다는 단점이 있다.

본 논문에서는 스마트 홈 환경에서 RFID와 비전센서들의 협업을 통한 위치인식과 자세보정에 대해 제안한다. 스마트 홈 환경에서 웰니스 로봇이 센서들간의 네트워크를 통해 자기 위치를 인식하게 된다. 스마트홈에서 대상은 천장의 RF 센서들로 부터 정보를 받아 자기 위치를 알게 된다. 그리고 대상의 정보를 로봇에게 블루투스 통신을 이용하여 보내줄 수 있다. 대상의 절대위치가 인지된 로봇은 스테레오 비전센서를 통해 원하는 대상을 마커 알고리즘으로 인식하고 퍼지 추론기를 사용해 대상과의 틀어진 각도를 가지고 웰니스 로봇의 자세보정을 하게 된다. 직선상에 존재하게 되는 대상은 맵스맵을 이용하여 대상과의 거리를 측정하게된다. 이렇게 얻어진 거리값과 각도값 그리고 대상의 절대위치를 가지고 삼각측량방법

을 이용하여 웰니스로봇의 초기위치 및 실시간 자기 위치를 인식 하게 될 것 이다.

본문에서는 웰니스 로봇의 환경설정에 대해 설명한다. 첫번째로 웰니스 로봇이 구현될 수 있는 실내 환경에 대해 설명하고 두번째로 웰니스로봇 플랫폼에 대해 설명한다. 2절에서는 웰니스 로봇의 인식 방법인 자기위치를 인식과 자세인식에 대해 설명한다. 3 절에서는 실험 및 고찰로서 환경을 구성하고 본 논문에서 제안한 방법을 가지고 결과를 얻게 된다.

II. 스마트 홈 및 로봇의 위치와 자세제어

1. 스마트 홈 및 웰니스 로봇 환경설정

1장에서는 스마트 홈 플랫폼 및 웰니스 로봇의 플랫폼 환경설정에 대해 제안한다. 1.1 절에서는 본 연구에서 제안하는 스마트 홈 조건과 IoT환경 구축에 대해서 소개 한다. 1.2절을 통해 제안한 스마트 홈 환경 내에서 서비스 활동이 가능하도록 하는 웰니스 로봇 플랫폼을 소개 한다.

1.1 스마트 홈 플랫폼

본 논문에서는 그림. 1에서 보여주고 있는 것처럼 스마트 환경을 구성하였다.

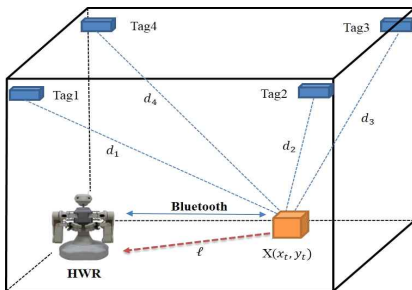


Fig. 1. Smart Home Platform

그림 1. 스마트 홈 플랫폼

그림 1에서 볼 수 있듯이 실내 환경에서 로봇의 통신을 볼 수 있다. 공간의 절대좌표를 인식하기 위하여 RF태그는 각 천장 모서리 네 곳에 설치하게 된다. RF태그와의 간격은 각 태그간의 간섭을 최소화 하도록 하였다. [6] 또한 홈 웰니스 로봇의 자기위치인식에 필요한 정보제공을 위하여 스마트 홈 환경내 모든 물체에는 RF리더를 장착하였다. 이를 통하여 각 환스마트 환경내에 위치한 모든 물체는 자신의 절대좌표 정보를 갖게 된다.

1.2 홈 웰니스 로봇 플랫폼

1.1절에서 구축한 스마트 홈 환경에 최적화 되어 서비스 활동을 수행할 수 있는 4세대 홈 웰니스 로봇

을 제안한다. 기존 연구에서 옴니휠 기반으로 한 1세대 홈 웰니스 로봇에 해당하는 이동로봇을 개발하였으며, 서비스 임무 수행이 가도록 매니플레이터를 접목 시킴으로써 현재 4세대 홈 웰니스 로봇의 모습을 갖춘 2세대 홈 웰니스 로봇을 구현하였다. [9,10] 이후, 실내 환경에서 자율주행이 가능하도록 하기 위하여 RFID 통신 모듈을 내장한 3세대 홈 웰니스 로봇이 개발되었다.[6] 본 논문에서는 자기위치인식 뿐만 아니라 자세인식을 하가 위하여, 3세대 RFID기반의 자기위치인식 방법이 아닌 환경 내 물체에 RF리더를 내장하고 홈 웰니스 로봇과 블루투스 통신을 하는 방식을 제안함으로써 스마트 홈, 환경 내 물체 그리고 홈 웰니스 로봇이 연결된 IoT기반의 4세대 웰니스 로봇을 개발한다. 또한, 4세대 웰니스 로봇은 비전센서를 가지고 있어 비전 센서로부터 얻는 정보를 자세위치인식에 사용한다.

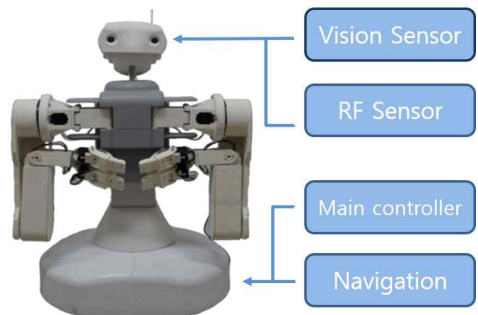


Fig. 2. Home Wellness Robot Platform

그림 2 홈 웰니스 로봇 플랫폼

그림 2는 웰니스 로봇의 플랫폼을 보여준다. 웰니스 로봇의 플랫폼은 크게 3가지로 나누어진다. 첫 번째 자기위치인식시스템은 주변의 센서간의 네트워크를 통한 실시간 자기위치인식을 하는 시스템이다. 두 번째 대상인식 시스템은 웰니스 로봇의 비전센서를 이용하여 대상을 인식하고 주행시 틀어진 자세를 보정하는 역할을 한다. 마지막으로 웰니스 로봇의 구동 시스템은 웰니스 로봇이 홈 서비스 임무를 수행하기 위한 정밀하고 정확한 움직임을 할 수 있는 시스템이다.

웰니스 로봇의 메인 컨트롤러는 ARM사의 cortex M3를 사용하며 블루투스 4.0을 장착해 스마트 홈 환경에서 센서간의 네트워크를 지원한다. IoT 기반의 홈 웰니스 로봇의 자기위치인식 및 제어를 위해선 센서들의 협업이 필요하다.

2. IoT기반 홈 웰니스 로봇의 위치 및 자세 제어

2장에서는 IoT 기반 홈 웰니스 로봇의 위치인식 및 자세 제어에 대해 제안한다. 2.1절에서는 비전센서와

RFID 통신을 통한 웰니스 로봇의 자기위치인식방법에 대해서 소개하고, 2.2 절에서는 제안된 환경 내에서 대상인식 및 물체 접근경로 생성을 위해 비전센서를 사용하며 퍼지추론기를 통한 자세인식을 제안한다.

2.1. 홈 웰니스 로봇의 자기 위치 인식

본 절에서는 스마트 홈 웰니스 로봇 과 물체간 RFID 및 블루투스 통신으로 이루어진 IoT환경 기반의 위치인식방법에 대해서 제안한다. 기존 3세대 웰니스 로봇이 가지고 있던 자기위치인식 방법은 스마트 홈과 웰니스 로봇간의 직접적 RF통신을 통한 자기위치인식을 했는데 주행시 신호들의 간섭과 파장의 회절 요인으로 인하여 실시간 위치 인식시 신호의 부정확한 문제점이 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 고정된 대상에 RF리더를 설치하고 대상의 실시간 위치인식을 하여 대상의 절대좌표를 블루투스를 사용해 웰니스 로봇에서 대상의 정보와 위치를 보내준다. 그리고 웰니스 로봇의 비전센서를 통해 대상을 인식하고 깊이 정보를 통해 대상과의 거리를 측정하여 웰니스 로봇의 자기 위치를 인식한다.

(1) 대상의 절대좌표 측정

삼각 측량은 타겟의 위치를 추정하기 위해 거리대신 각도를 사용하는 기법이다. 삼각형의 내각의 합은 180도 이기 때문에 두각을 알고 있으면 구하고 자 하는 위치의 각도를 알 수 있고 나머지 두변의 길이를 대수적으로 구할 수 있는 방법이다.

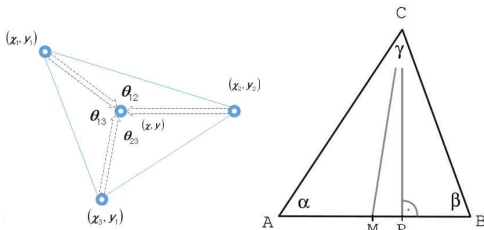


Fig. 3. Triangulation
그림 3. 삼각 측량법

기본적인 삼각측량 방법은 기선 AB의 길이와 양쪽 각 α, β 를 측정한다. α, β 는 Vision 센서에서 출력되는 값을 가지고 측정하게 된다. 이때 C의 위치는 RC를 가지고 구하게 된다. C의 끼인각 γ 는 $180 - (\alpha + \beta)$ 을 이용해 구한다. 삼각함수의 사인법칙에 의해 AC와 BC의 길이를 다음 식을 사용해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} d_1^2 &= (x_i - x)^2 + (y_i + y)^2 \\ d_2^2 &= (x_2 - x)^2 + (y_2 + y)^2 \\ d_n^2 &= (x_n - x)^2 + (y_n + y)^2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$AC = \frac{AB \cdot \sin\beta}{\sin\gamma}, BC = \frac{AB \cdot \sin\alpha}{\sin\gamma} \quad (2)$$

$$RC = AC \cdot \sin\alpha, RC = BC \cdot \sin\beta \quad (3)$$

피타고라스의 정리에 의해 식(1)과 같이 거리를 구하고 좌표로 변환 할 수 있다.[6] 이러한 삼각측량 방법을 사용하여 실시간 대상의 절대 좌표를 구하게 되고 3세대 웰니스 로봇 보다 더 뛰어난 위치인식을 기대 할 수 있다.

(2) 웰니스 로봇의 위치인식

영상처리를 이용한 방법으로는 지도 현지화를 통한 위치인식을 많이 사용한다. 본 논문에서는 웰니스 로봇의 스테레오 비전센서로 대상과의 거리와 틀어진 정도, 그리고 대상의 RF 절대좌표를 가지고 개선된 실시간 자기위치인식에 대해 제안한다.

웰니스 로봇의 스테레오 비전시스템에서 획득된 이미지로 대상과 틀어진 각도를 알 수 있다.. 그리고 비전시스템의 깊이정보를 이용하여 대상과의 떨어진 거리를 측정한다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 대상과 로봇의 거리와 각도 그리고 대상의 절대 좌표를 가지고 실시간 자기위치인식을 할 수 있다.

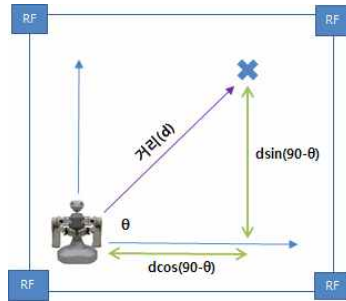


Fig. 4. Wellness robot self-localization
그림 4. 웰니스 로봇의 자기위치인식 구현 방법

그림 4. 는 본 논문에서 제안한 웰니스 로봇의 자기 위치인식 구현 방법에 대해서 설명하고 있다. 위에서 얻은 정보들을 이용하여 좌표값을 얻을 수 있는데 좌표는 $(RFID(x) - d\cos(90-\theta), RFID(y) - d\sin(90-\theta))$ 로 표시 된다. 블루투스 통신을 통해 대상의 좌표를 얻고 비전을 통해 거리와 각도를 알기 때문에 로봇의 자기 위치를 알 수 있게 된다.

2.2. 홈 웰니스 로봇의 자세 제어

본 절에서는 물체 접근 경로생성을 위해서 로봇의 자세 제어가 필요하다. 그렇게 하기 위해서 본 논문에서는 다음과 같이 비전 센서를 이용한 자세 제어방법을 제안한다. RF리더로 부터 받은 대상의 정보들을 웰니스 로봇에 저장된 마커들과 비교하게 된다. 대상이

인식 되면 비전 센서로 부터 이미지를 수집하고 수집된 이미지로부터 얻은 각도를 가지고 퍼지 추론기를 통해 각도에 따른 자세를 보정 및 경로생성을 한다.

자세인식 및 경로생성을 위해서는 비전을 통한 대상인식이 진행된다. 이를 위하여 본 논문에서는 비전 센서를 이용하여 대상의 마커를 인식하는 마커 알고리즘을 사용한다.

(1) 마커 알고리즘

본 논문에서는 로봇이 대상을 인식하기 위한 방법으로 마커 알고리즘을 사용하였다. 마커들은 다음의 몇 단계에 따라 검출 및 인식한다.

- 1) 마커 이미지를 알아본다.
- 2) 스테레오 카메라에서 이미지를 수집한다.
- 3) 색상 기반의 이미지를 보정한다.
- 4) 이미지를 binary값으로 전환한다.
- 5) HOG(Histogram of Oriented Gradients) 알고리즘을 사용하여 마커를 추출한다.

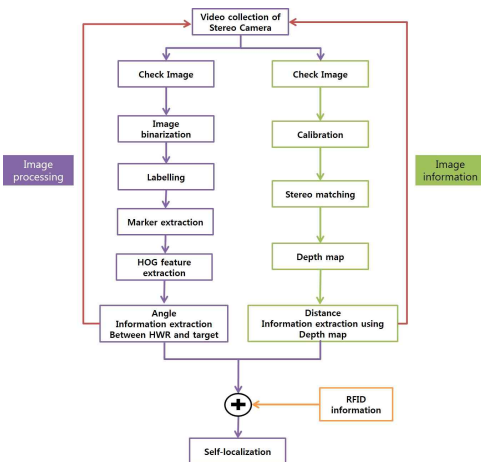


Fig. 5. Vision sensor based Marker Algorithm
그림 5. Vision 기반 마커 인식 알고리즘 순서도

그림 5에서 도시 한 바와 같이 마커 인식 알고리즘을 이용하여, 초기에 검출되고, 마커로부터 얻어지는 방향 및 각도 정보를 웰니스 로봇에 제공한다.

(2) 퍼지 추론기를 통한 웰니스 로봇의 자세 보정

퍼지 시스템은 사용자의 지식 또는 경험을 수학적 정의로 정의 한 것이다. 이런 퍼지 시스템은 퍼지화기, 비퍼지화기, 퍼지 룰, 퍼지 추론으로 크게 나눌 수 있다. 퍼지화기는 수학적 집합으로 표현하여 그 가중치를 부여한다. 비퍼지화기는 퍼지 집합으로 구현된 것을 실제 수치로 변환하는 것이다. 퍼지 추론은 퍼지화기로 표현된 것을 퍼지 규칙을 기반으로 출력값을 추론한다. 본 논문에서는 비전 센서를 이용하여 아홉 개의 각도 간격을 설정하여 웰니스로봇의 휠 속도를

퍼지 시스템을 통해 제어하고 자세 인식을 한다.

그림 6에서 볼 수 있듯이 좌우 대칭 형태의 각 단계로 나타낸다. 각 단계는 15도 간격으로 설정되어있다. A0는 0°부터 10°이고 A1은 10°부터 25°이다. A4는 55°부터 70°까지 설정됐다. 각도에 따른 웰니스 로봇의 퍼지를 베이스는 다음 표.1 과 같다.

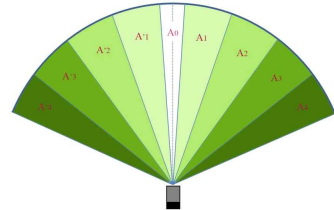


Fig. 6. Wellness robot and target angle intervals

그림 6. 웰니스 로봇과 대상의 각도 간격

Table 1. Posture control of Home Wellness Robot fuzzy Look-up table

표 1. 홈 웰니스 로봇의 자세제어 퍼지 순람표

		ψ		
		NE	ZE	PE
ω	NE	PB	PS	NS
	ZE	PS	ZE	NS
	PE	PS	NS	NB

표 1.는 홈 웰니스 로봇의 자세제어를 위한 퍼지 순람표이다. 홈 웰니스 로봇의 속도는 대상의 마커와 로봇의 중심 점 사이의 각도에 기초하여 선택된다. A0 점에 위치하면 ZE에 속하게 됨으로 직선상에 존재함으로 좌우로 틀어짐 없이 직진만 하면 된다. A1부터 A4의 단계는 각도가 점점 커질수록 직선을 맞추기 위해 각 방향에 맞는 옴니휠을 회전 시켜준다.

출력값을 얻기 위해 비퍼지화로 무게중심법을 사용하였으며, 이러한 과정으로 틀어진 각도와 웰니스 로봇의 위치에 따라 옴니휠이 좌측이나 우측으로 얼마나 빠른 속도로 회전할지 결정한다.

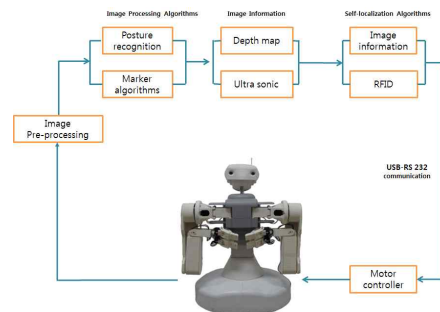


Fig. 7. Wellness robot self-localization and posture system
그림 7. 웰니스 로봇의 자기위치 인식 및 자세인식 시스템

이러한 웰니스 로봇의 자기 위치인식 및 자세제어의 수행 알고리즘은 그림 7.과 같은 제어 S/W 순서도에 의해 동작 하도록 프로그래밍 되어 진다.

3. 실험 및 결과

3.1. 실험 환경

본 절에서는 실내 환경의 크기 7000×7000×3000mm에서 제안된 방법의 자기위치인식과 자세인식을 구현한다. 2장에서 언급한 IoT기반의 방법으로 비전센서와 RFID 그리고 블루투스를 통한 자기위치인식과 자세인식을 구현한다. 본 논문에서 MFC를 기반으로 구현하였으며 비전과 대상의 절대위치 좌표를 콘솔에 표현 가능 하게 하여 실시간 확인이 가능하도록 하였다.

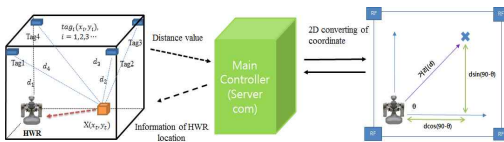


Fig. 8. Wellness robot self-localization algorithm
그림 8. 웰니스 로봇의 자기위치인식 알고리즘

그림 8에서는 태그로부터 온 정보를 좌표형태로 위치 추정하는 것을 보여준다. 실내 환경에서 웰니스 로봇의 자기위치인식 구현에 대해 설명 한다. 천장에 RFID태그를 설치하여 웰니스 로봇이 더 넓은 공간에서 움직일 수 있게 하였다.

대상의 절대 좌표는 RFID를 통해 알 수 있고, 비전을 이용해 대상을 인식 하고 인식된 대상의 거리를 Depth map을 통해 알 수 있다. 위 센서들의 정보를 융합하여 웰니스 로봇의 자기위치를 알 수 있다.

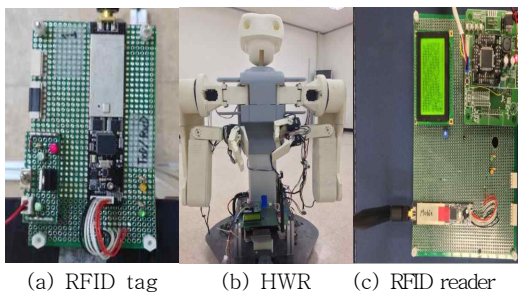


Fig. 9. Implemented RFID and tag
그림 9 구현된 RFID와 태그

그림 9에서 (a)는 RFID 태그를 보여준다. 전원은

4.3V를 인가하며 능동형 태그로서 무지향성 안테나를 사용한다. (b)는 홈 웰니스 로봇으로써 매니퓰레이터의 자유도는 6자유도를 가지고 세 개의 옴니휠을 사용한 홀로노믹 이동로봇으로서 자유자재로 움직일 수 있다는 장점을 가지고 있다. (c)는 RFID 리더로서 각 태그들로부터 받아온 거리값을 가지고 로봇의 현재 위치를 실시간적으로 알려준다.



Fig. 10. Using stereo vision target recognition
그림 10 스테레오 비전으로 대상인식

그림 10.는 Stereo vision 으로부터 받은 영상을 이진화 하여 마커를 인식하고 중심 좌표를 측정해 틀어진 각도를 측정하게 된다. 스테레오의 특성상 2개의 화면이 나오게 되는데 Depth map을 얻기 위해서는 두 영상을 정합하는 과정이 필요하다. 정합을 하면 영상의 왜곡이 생기는데 이러한 왜곡을 보정하는 작업이 필요하다.

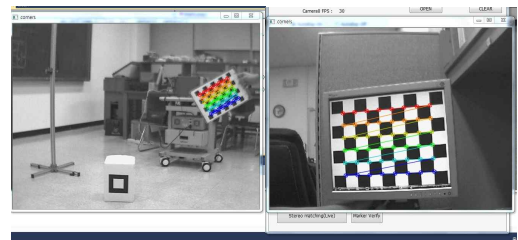


Fig. 11. Stereo vision image calibration
그림 11 스테레오 영상 보정

그림 11 은 스테레오영상을 보정하는 것을 보여준다. 좌우 번갈아가며 측정하게 되고 위의 과정을 통해 왜곡된 영상을 보정하게 된다.

3.2. 결과 및 고찰

본 절에서는 구현된 시스템의 동작 결과를 확인하기 위하여 위치인식 및 자세제어 실험을 실시한다. 첫 번째로 RFID를 이용하여 대상의 절대위치를 확인

하고, 두 번째 실험에서는 비전센서를 이용해 대상을 인식하고 깊이정보를 통한 거리를 확인한다. 마지막으로 실험을 통해 얻은 정보를 통한 웰니스 로봇의 위치인식 정보를 3세대 웰니스 로봇 자기위치인식 정보와 비교 한다. 첫 번째로 삼각 측량방법을 사용한 대상의 절대 위치인식을 실험 하였다.

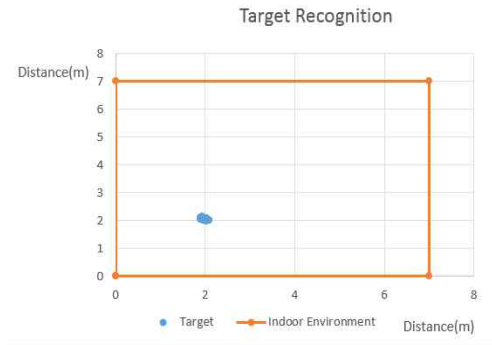


Fig. 12. Absolute coordinates of the target using RFID
 그림 12. RFID를 이용한 대상물체의 절대좌표

그림 12는 RF센서를 이용하여 대상의 절대좌표를 출력한 결과이다. 지난 3세대 웰니스 로봇은 이동시 발생하는 잡음에 의해 정확성이 떨어졌지만 고정된 대상에 설치 하였을 때 센서의 정확성이 많이 향상되어 정확한 위치인식이 가능하였다. 두 번째로 비전시스템의 마커 알고리즘을 이용하여 영상을 가지고 목표대상을 정확히 인식하는지 실험하였다.

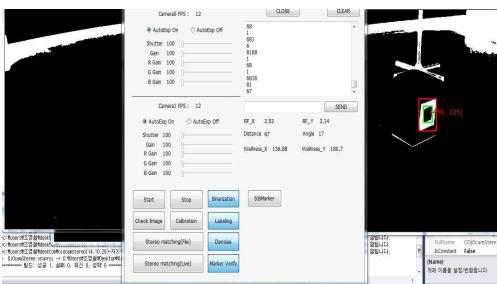


Fig. 13. Target recognition using the Marker algorithm
 그림 13. 마커 알고리즘을 이용한 대상인식

그림 13은 마커 알고리즘을 적용하여 대상을 인식한 영상과 블루투스로 받은 RFID 좌표값을 출력한 창을 보여준다. 대상을 인식하고 인식된 대상의 픽셀좌표를 가지고 틀어진 각도를 확인하여 나타내었다. 실제 측정된 결과와 비교 하였을 때 오차는 약 3~5° 내에 있다는 것을 확인 할 수 있었다. 세 번째 실험으로 깊이 정보를 이용한 대상과의 거리측정실험이다.



Fig. 14. Implemented stereo image registration using depth map
 그림 14. 스테레오 영상정합을 통한 깊이정보지도 구현

그림 14은 스테레오 영상정합을 통한 깊이정보를 구현한 것이다. 보기와 같이 획득한 이미지 면적의 깊이를 알 수 있다. 지난 3세대 로봇의 주행부에 달려있는 초음파 센서를 통해 정확한 거리를 비교한 결과 10cm내의 오차가 있지만 웰니스 로봇의 폭보다 작은 오차였다.

끝으로 제안한 알고리즘을 적용하여 웰니스 통합구동 실험 사진을 그림 15에서 볼 수 있다.

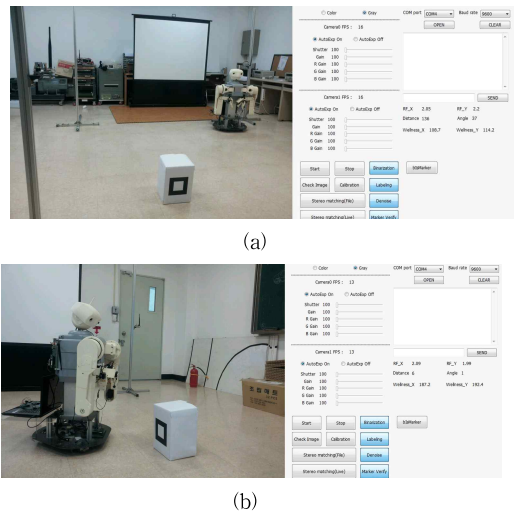


Fig. 15. Implemented of Home Wellness Robot self-localization and posture control
 그림 15. 홈 웰니스 로봇의 자기위치인식 및 자세제어 구현

그림 15는 웰니스 로봇의 자기위치 인식 및 자세제어를 구현 하였다. 그림(a)는 초기 위치에서 웰니스 로봇의 위치와 각도 값을 출력하게 된다. 이를 통한 웰니스 로봇의 자기 위치는 그림에서와 같이 출력된

다. 그림15 (b)에서는 대상 가까이 이동한 뒤 각도 값과 거리를 산출한 결과이다. 웰니스 로봇의 거리 오차는 3cm 이내이며 자세 보정을 통한 주행개선 및 접근경로를 확인하였다.

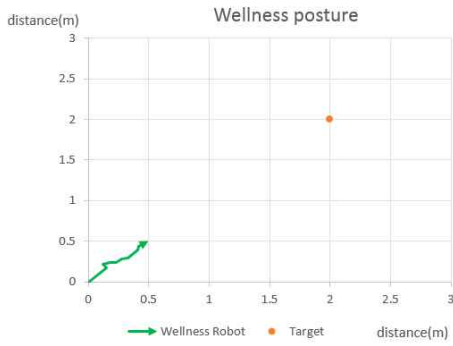


Fig. 16. Posture control in realtime of Wellness robot
 그림 16. 웰니스 로봇의 자세 보정시 실시간 자기위치좌표

그림. 16은 웰니스 로봇의 초기위치에서 자세 보정시 자기위치를 나타낸 것이다. 읊니휠의 특성상 체자리에서 회전이 가능하다. 하지만 바닥의 미끄러짐에 의해 회전시 50cm 정도 움직이는 것을 확인 하였다.

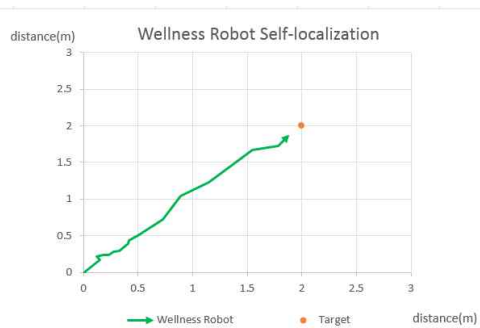


Fig. 17. Proposed realtime self-localization of Wellness robot
 그림 17. 제안된 웰니스 로봇의 실시간 자기 위치인식

그림. 17은 제안된 웰니스 로봇의 실시간 자기위치인식이다. 초기 위치에서 움직이 틀어진 것은 센서의 잡음 때문이 아닌 주행 할 때 자세 보정시 바닥의 미끄러짐에 의해 발생된 것이다. 그림에서 보듯이 지난 3세대 웰니스 로봇의 결과[6]와 비교 하였을 때 현저히 좋아진 실시간 자기위치인식을 확인 할 수 있었다.

III 결론

본 논문에서는 스마트 홈 웰니스 로봇의 사물인터넷 기반 정밀한 자기위치인식과 자세제어를 제안 및 구현하였다. 실험 환경은 RFID와 스테레오 비전센서 그리고 블루투스를 통한 센서 네트워크 시스템을 가지고 구현하였다. RFID의 절대 좌표로는 측량 방법중 삼각 측량방법을 사용하여 추출하였고, 대상인식은 비전의 마커알고리즘을 이용하여 인식하였다. 그리고 퍼지추론을 통한 홈 웰니스 로봇의 자세제어 시스템이 효율적으로 설계되었다. 이러한 센서 네트워크를 통해 RFID만 사용 하였을 때 발생하였던 위치오차를 비전센서와 협업함으로써 정확한 대상인식과 위치인식을 하였다. 스마트 환경을 구현하여 센서간의 네트워크를 통한 개선된 최종 위치를 얻을 수 있었다. 본 논문에서 설계한 RFID 센서 네트워크 환경과 스테레오 비전 시스템 그리고 스마트 홈 환경을 기반으로 제안한 알고리즘의 적용 및 실험 결과들을 통하여 개선된 성능을 확인 할 수 있었다.

References

- [1] K.Nagasaka, et, al, "Integrated Motion Control for Walking Jumping and Running on a Small Bipedal Entertainment Robot," Proc.of the 2004 IEEE Int Conf. Robotics And Automation(ICRA2004), New Orleans, 2004, pp. 3189-3194
- [2] K. Harada et.al, "Dynamics and Balance of a Humanoid Robot during Manipulation Tasks," IEEE Trans. on Robotics, vol.22, no.3, 2006, pp.568-575
- [3] H.S. Ahn, J.Y. LEE, W.P.Yu, K. S. Han, "Indoor Localization Technique for Intelligent Robotic Space" Electronics and Telecommunications Trends(전자 통신 동향분석), vol. 22, no. 2, pp48-57, 2007.4
- [4] S.H. Kim, J.H. Kim, J.S. Bae, D.S. Kim, "Ubiquitous Network based Service technology" The Magazine of the IEEK, Vol. 30, no. 11, pp. 89-101, 2003.11
- [5] Dong jin Seo, Nak young Ko, Sewoong Jung, Jongbae Lee, "Network Based Robot Simulator Implementing Uncertainties in Robot Motion and Sensing", Journal of Robot Society, vol. 15, no. 1, pp23-31, 2010
- [6] Byongsu Lee, Seungwoo Kim, "A Study on Self-Localization of Home Wellness Robot Using Collaboration of Trilateration and Triangulation",

- Journal of IKEEE, vol. 18. no.1, 1226-7244, 2014
- [7] Quan Nguyen Van, Hyuk-Min Eum, Jeisung Lee, Chang-Ho Hyun, " Vision Sensor-Based Driving Algorithm for Indoor Automatic Guided Vehicles," Internation journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems Vol. 13, No. 2, June 2013, pp. 140-146
- [8] Soon Kwon, Jun-Sub Kim, Young-Hyung Kim, and Yong-Hwan Lee, " Architecture and Design of Real-time Depth Map Extraction Hardware Using Stereo Vision," Journal of KIIT. Vol. 12, No. 2, pp. 163-171, Feb. 28, 2014. pISSN 1598-8619
- [9] Seungwoo Kim and Hi-Jun Kim, " A Study on Implementation of Service Robot Platform for Mess-cleanup", Journal of institute of Control, Robotics and systems, vol.18, no.5, 2012, pp.487-495
- [10] Hijun Kim, JungKeun Sung, Seungwoo Kim, " A Development of Home Service Robot using Omni-wheeled Mobility and Task-Based Manipulation", World Academy of Science, Engineering and Technology Vol. 6, No.2, 2012

BIOGRAPHY

Byoungsu Lee (Student Member)



Feb. 2013 : Soonchunhyang Univ.,
Electrical Information Eng.,
Bachelor
Feb. 2013 ~ current :
Soonchunhyang Univ., Dept. of
Electrical Robotics Eng., Course of
MS

<Main interest> Robot control, Fuzzy control system,
Intelligent robot, Service Robot, Mobile control

Chang-Ho Hyun (Member)



Feb. 1999 : Kwangwoon Univ.,
Dept. of Control and Measurement
Eng., Bachelor
Feb. 2002 : Yonsei Univ., Dept.
of Electronic Eng., MS
Feb. 2008 : Yonsei Univ., Dept.
of Electronic Eng., PhD

Mar. 2008 ~ Aug. 2009 : Samsung Advanced
Institute of Technology, Researcher

2009 ~ current : Kongju Univ.,

Dept. of Control and Measurement Eng., Professor

<Main interest> Intelligent control, Fuzzy control
system, Nonlinear Control, Robot control, Robot
engineering

Seungwoo Kim (Member)



Feb. 1987 : Yonsei Univ.,
Dept. of Electronic Eng., Bachelor
Feb. 1994 : Yonsei Univ., Dept.
of Electronic Eng., MS
Feb. 1994 : Yonsei Univ., Dept.
of Electronic Eng., PhD

1998~1999 : CWRU Post-Doctoral
Program in Robotics.

Jan. 1987 ~ Aug. 1989 : Samsung Advanced
Institute of Technology, Researcher

Feb. 1994 ~ current : Soonchunhyang Univ.,
Dept. of Electrical Information Eng., Professor

<Main interest> Robot control, Fuzzy control system,
SFFS Tech, Ubiquitous Service Robot, Entertainment
robot