

# 홈 네트워크 기반의 지능형 홈 로봇의 연구

정병찬<sup>†</sup>·박진현\*·최동석\*·김훈모\*\*

## A study on intelligent robot based on home network

Byungchan Jung, Jinhyun Park, Dongsuk Choi and Hunmo Kim

**Key Words:** Home network(홈 네트워크), Mobile robot(모바일 로봇), Home server(홈 서버), Fuzzy control(퍼지 제어)

### Abstract

This paper is about implementation of intelligent robot based on home network. Existing robots are mainly stand alone type. Home network is spreading rapidly and can play an important role as a path for informations between appliances in home. Robot can be more intelligent and have versatile functions with a junction of home network. By distribution of tasks through home network, robot doesn't have to process every task. In addition, robot can access to appliances through network as appliances are added continuously. In the future, smart space in which robot behaves on various types of network is in expectation. In this research, home network based system which consists of home server, embedded robot, and intelligent robot is proposed and implemented.

### 기호설명

- $v$  : 선속도  
 $\omega$  : 각속도  
 $\delta$  : 샘플링 주기  
 $\Delta_R$  : 오른쪽 바퀴의 이동 거리  
 $\Delta_L$  : 왼쪽 바퀴의 이동 거리  
 $\Delta_\theta$  : 방향의 변화량

### 1. 서론

네트워크가 빠르게 가정으로 확산되고 있으며 인터넷의 이용률은 계속 증가 추세에 있다. 네트워크는 다양한 정보를 전송하는 통로의 역할을 하고 있으며, 앞으로는 이러한 네트워크와 로봇이 결합될 것으로 전망되고 있다. 지금까지의 대부분의 로봇은 독립적으로 동작하는 형태였다. 하지만, 홈 네트워크의 환경에서는 이미 설치된 네트워크를 통해 로봇에게 필요한 정보를 주고받으며 다양한 기능을 구현할 수 있다. 또한, 로봇이 모든 일을 처리하던 방식에서 탈피하여, 네트워크를 이용한 작업의 분산이라는 이점을 얻을 수 있다. 로봇자체에 데이터 저장, 환경감지와 같은 작업을 집중시키는 대신 홈 서버, 감지장치를 별도로 분리하여 네트워크에 연결하는 방식으로 로봇의 작업 부하를 덜어주는 것이다. 이러한 경향은 여러 곳에서 찾아 볼 수 있지만, 우리가 늘

---

† 성균관대학교 기계공학부 제어공학연구실

E-mail : [comic96@hanafos.com](mailto:comic96@hanafos.com)

TEL : (031)290-7500 FAX : (031)290-5849

\* 성균관대학교 기계공학부 제어공학연구실

\*\* 성균관대학교 기계공학부

---

접하는 자동차에서도 발견할 수 있다. 자동차의 다양한 상태를 감지하기 위한 센서와 전자제어 장치인 ECU를 CAN(Controller Area Network)과 같은 필드버스로 연결함으로써 실시간성을 만족하고 분산 제어를 수행하며 확장의 용이성을 제공하고 있다. 향후에는 다양한 방식의 홈 네트워크를 기반으로 로봇이 행동하는 지능형 공간(Smart Space)의 형태로 발전할 것으로 예상된다. 이러한 측면에서 본 연구는 지능형 공간에 대한 선행연구의 효과를 가진다고 볼 수 있다.

지능형 공간에서 지능형 로봇은 홈 네트워크의 홈 서버, 임베디드 시스템과의 연동을 통해 가정 내의 TV, 오디오 등의 가전제품과 냉난방기기, 커튼 등을 통합적으로 관리, 운영하게 된다. 또한, 주거자에게 현재 가정의 상태와 작업 수행 결과를 보고하는 가정 내의 집사 역할을 하게 된다.

홈 로봇의 센서부로는 근거리를 위한 적외선, 센서 원거리를 위한 초음파 센서가 주로 사용된다.[1] 초음파만을 이용한 방법[2]과 함께 여러 종류의 센서를 이용하여 주행을 하는 형태[3]가 많아지고 있다. 본 연구에서 구현한 전체 시스템은 자율이동로봇, 홈 서버, 임베디드 시스템으로 나누어진다. 홈 로봇은 초음파 센서와 레이트 자이로를 이용하여 위치를 추정하고, 퍼지 알고리즘을 적용한 충돌회피[5][6]를 구현하였다. 임베디드 시스템은 가정의 온도, 조도 데이터를 측정하여 홈 서버에 전달하는 역할을 하게 된다. 홈 서버는 지정된 스케줄과 사용자의 설정값에 따라 로봇에게 작업 명령을 내리며 외부에서 현재 가정의 상태를 모니터링 할 수 있는 환경을 제공한다.

## 2. 시스템의 구성

홈 네트워크 기반의 지능형 홈 로봇 시스템을 구현하기 위한 하드웨어 구성으로는 크게 지능형 홈 로봇, 홈 서버와 네트워크, Embedded Robot이 있으며 이들의 연동으로 다양한 가전제품을 제어한다. 이들을 유기적으로 묶어 사람이 생활하기 편리한 환경을 만드는 것이 지능형 홈 로봇

시스템의 목적이라 할 수 있다. 전체적인 환경과 구성을 Fig. 1에 나타내었다.

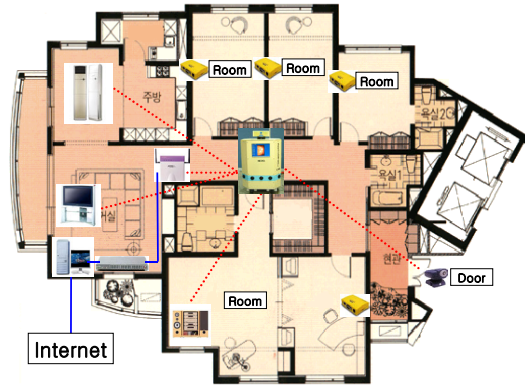


Fig. 1 Configuration of system

### 2.1 홈 로봇의 구성

#### 2.1.1 하드웨어

구동부에는 DC 모터를 사용하였으며, 기본적으로 2 wheel을 구성한다. 나머지 보조 바퀴의 경우 2개의 ball caster 방식을 사용하였다. 로봇의 외형을 Fig. 2에 나타내었다.

하부 베이스 프레임은 10T의 알루미늄을 사용하였고, 바디 프레임은 알루미늄 프로파일을 사용하여 확장성과 장착 편의성을 높였다. 외부 바디는 추후 가공의 편의성을 위해 10T의 아크릴을 사용하였다. 구동부와 센서의 위치를 Fig. 3에 나타내었다.

메인CPU는 펜티엄3 1.2GHz를 사용하였으며, 센서는 30cm 이상의 거리 감지를 위해 polaroid 6500 초음파 센서 모듈을 사용하였으며, 총 7개가 전면과 옆면에 설치되어 있다. 적외선 센서는 근거리의 물체를 감지하며 총 8개가 전, 후, 좌, 우에 설치되어 있다. 센서신호처리를 위해 PIC 마이크로 컨트롤러를 사용하였으며 메인보드와의 통신을 위해 시리얼 통신을 이용하였다.

전원부는 Ni-Cd 배터리를 이용하였으며, 모터부 전원은 메인보드 및 회로부 전원과 분리하였다. 메인보드와 회로부 전원은 DC-DC 파워서플라이

를 사용하였다. 부가적인 장치로 모터, 모터 드라이브, 배터리 등의 온도를 표시하며 설정 온도를 초과 했을 때 알람을 띄우는 장치를 갖추었으며 Fig. 4 에 나타내었다.

사용자 인터페이스를 위해 터치스크린 방식의 LCD를 사용하였으며, 네트워크는 IEEE802.11b 규격의 11Mbps 무선랜을 사용하였다. 무선 액세스 포인트(AP)를 통해 로봇과 홈 서버, 원격조종부 등이 통신을 한다.

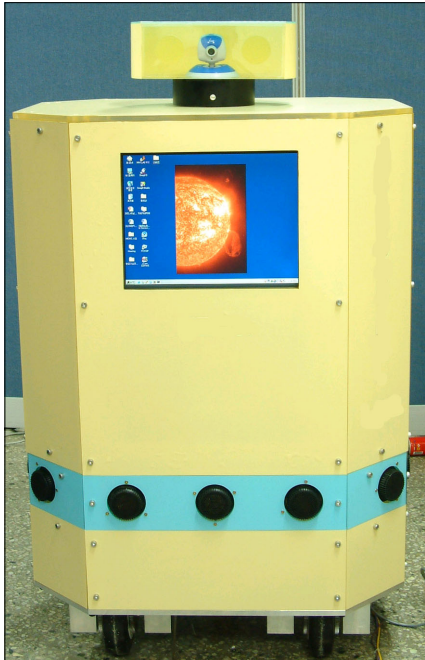


Fig. 2 Home robot

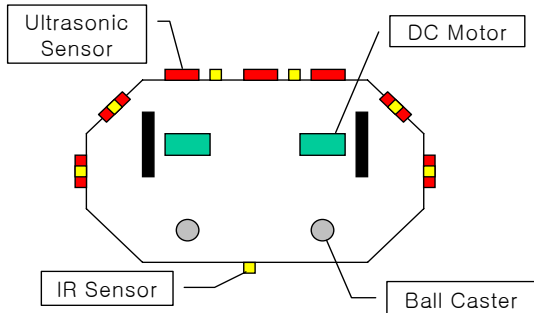


Fig. 3 Schematic of driving and sensor parts

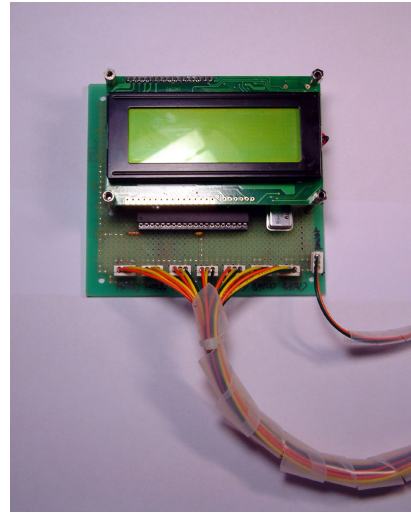


Fig. 4 Temperature monitoring module

2.1.2 기구학 모델

구동바퀴는 두 개의 모터를 사용하였고 이들의 상대 속도를 제어함으로써 이동로봇을 구동할 수 있다. 이동로봇은  $x-y$ 평면상에서 이동하므로 위치와 방향을 표시하려면 두 개의 위치변수  $x, y$ 와 방향변수  $\theta$ 가 필요하다. 두 구동바퀴에 각각 인크리멘탈 엔코더(Incremental encoder)를 사용하므로 이동로봇은 직접 기준좌표계의 절대 위치를 추종할 수는 없고 기준 좌표계로부터 몸체 좌표계까지의 상대 좌표로 제어된다. 인코더의 정보를 이용하여 이동로봇의 자세와 속도를 추정하는 추측항법(dead reckoning)을 사용하게 된다. 이동로봇의 선속도와 회전속도는 식(1.1)과 같으며,

$$v = \frac{(\Delta_R + \Delta_L)}{2\delta}, \omega = \frac{\Delta_\theta}{\delta} \quad (1.1)$$

여기서  $\Delta_R$  과  $\Delta_L$  은 샘플링주기(Sampling period) 동안 변화한 각 바퀴의 주행거리이고  $\Delta_\theta$  는 샘플링주기( $\delta$ ) 동안의 이동로봇의 방향변화이다. 임의의 시간에서의 vehicle의 자세벡터의 각 벡터 성분은 다음과 같다.

$$\theta = \theta_{old} + \Delta\theta \quad (1.2)$$

$$x = x_{old} + \frac{(\Delta R + \Delta L)}{2} \cos\left(\theta_{old} + \frac{\Delta\theta}{2}\right) \quad (1.3)$$

$$y = y_{old} + \frac{(\Delta R + \Delta L)}{2} \sin\left(\theta_{old} + \frac{\Delta\theta}{2}\right) \quad (1.4)$$

여기서  $(x_{old}, y_{old}, \theta_{old})$ 는  $\delta$  시간 이전의 이동로봇의 자세이다.

## 2.2 Embedded Robot의 구성

가정 내의 온도, 습도, 조도 등의 상태 정보는 로봇과 기기들의 작동에 중요한 요소가 된다. 본 연구에서는 이러한 정보를 얻는 방법으로 Embedded Robot을 구성하였다. 메인 컨트롤러에 각 센서가 연결되는 집중식이 아닌, 계측이 필요한 곳에 설치하여, 네트워크를 통해 데이터를 전송하는 분산식 구조를 가진다. 이러한 분산식 구조는 현재 필드에서도 활발히 사용되고 있다.

네트워크를 통해 전송된 데이터는 홈 서버에 저장 관리되며, 이는 로봇과 가전기기의 작동에 사용된다. 각각의 공간마다 다르게 설정된 온도, 습도를 감시 및 제어하게 된다.

Embedded Robot은 모듈형태로 개발 되었으며, 마이크로 컨트롤러, 센서, 그리고 ethernet-serial converter 로 구성된다. 계측 주기는 사용자가 설정 가능하며, 센서부의 신호는 증폭되어 AD converter를 통해 micro-controller에서 처리된다.

Micro-controller에서 처리된 데이터는 Fig. 5의 ethernet-serial converter를 통해 네트워크로 전송된다.

본 모듈은 단독으로 원격 감시 제어를 수행하는데 응용될 수 있으며, Fig. 6은 계측장치로부터 네트워크를 통해 데이터를 수신하는 JAVA기반의 애플리케이션을 나타내었다.

본 연구에서는 각각의 장비에 사실 IP를 부여하였으며, 무선 랜 기반을 통해 embedded robot 과 홈 서버, 홈 로봇이 연결되는 구조를 가진다.



Fig. 5 Ethernet-serial converter



Fig. 6 Embedded robot

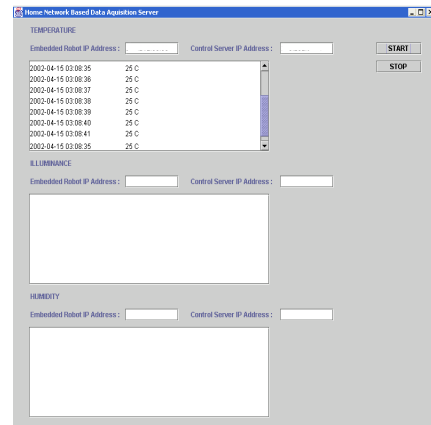


Fig. 7 Data acquisition program

## 2.3 모형 에어컨의 구성

Embedded Robot 으로부터 수집된 데이터는 홈 서버에 저장 관리된다. 이 데이터를 기반으로 홈 로봇은 가전기기를 제어하게 되는데, 본 연구에서는 모형에어컨을 구성하여 실험하였다. 구성된 모형에어컨은 일반 에어컨과 동일한 리모콘 인터

페이스를 가지며, 로봇에 장착된 조종장치로 제어를 하는 구조로 되어 있다.

인터페이스는 마이크로 컨트롤러와 리모콘 신호 데이터 시트를 통해 구성하였으며, 모듈의 사진을 Fig. 8 과 Fig. 9 에 나타내었다. 인터페이스 부분은 시리얼 통신을 수행하며, ethernet-serial converter와 연계되어 데이터를 송수신할 수 있다.

본 연구에서는 홈 서버의 명령에 따라 홈 로봇을 통해 에어컨의 온도 조절 및 전원의 제어를 구현하였으며, 추가적으로 에어컨의 고장 시 로봇을 통한 전원 차단 시나리오를 가지고 실험을 수행하였다.

구성된 모형에어컨은 네트워크를 통해 홈 서버에게 주기적으로 패킷을 전송하게 되며, 홈 서버는 이를 통해 에어컨의 동작 유무를 판단할 수 있게 된다. 즉, 네트워크상의 호스트에게 주기적인 패킷을 전송함으로써 다운의 여부를 판단하는 것과 유사한 방식으로 볼 수 있다.

만일 패킷이 일정 시간 동안 전송 되지 않으면, 에어컨의 이상으로 판단하고 전원을 차단하여 온도의 저하를 막게 된다. 이와 같은 기능은 가전 기기가 주기적인 상태데이터를 홈 서버에 전송하고, 홈 서버는 탑재된 고장진단 알고리즘을 이용하여 고장검출에 응용될 수 있다.

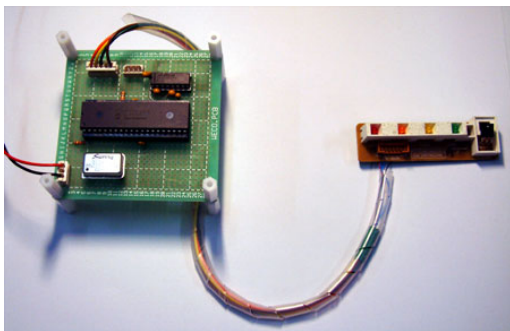


Fig. 8 Receiver module of air conditioner



Fig. 9 Miniatured air conditioner

#### 2.4 Home server 의 구성

홈 서버는 모형 에어컨, Embedded Robot, 홈 로봇과의 통신을 수행하며, 데이터의 수집 및 관리를 담당한다.

Embedded Robot 으로부터 수집한 각각의 데이터를 DB화 하며, 시간대별로 관리하게 된다. 이는 전용 애플리케이션을 통해 검색을 할 수 있으며, 웹을 통한 검색역시 가능 하게 구성 되어 있다. 일반적인 웹 브라우저를 통해 가정의 온도, 조도, 습도의 상태를 일목요연하게 알 수 있다.

Fig. 10 에 웹을 통한 모니터링 화면을 나타내었다.

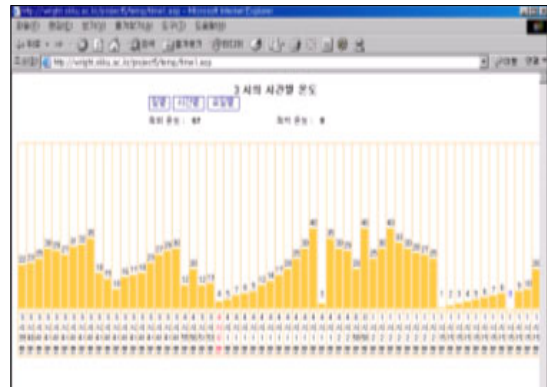


Fig. 10 Web based monitoring

#### 2.5 소프트웨어의 구성

소프트웨어의 구성은 크게 홈 서버 소프트웨어와 지능형 홈 로봇에 탑재되어 있는 소프트웨어로 구성된다.

홈 서버 애플리케이션은 Visual Basic으로 작성되었으며 DB서버는 MS SQL2000, WEB서버는 MS IIS 4.0을 사용하여 Ethernet환경을 기반으로 작동하도록 구성되어 있다. 이들의 역할은 Embedded Robot에서 얻은 데이터를 서버에 축적하고 퍼지 알고리즘을 적용하여 처리, 분석하고 이상 데이터가 들어올 때는 이상을 알리는 것이다.

지능형 홈 로봇에 탑재된 소프트웨어는 충돌회피 및 주행을 위해 퍼지 알고리즘을 사용하였다. 입력 변수로는 장애물과의 거리와 현재속도를 받게 되며 출력으로는 방향과 속도를 사용하였다.

장애물과의 거리는 초음파와 적외선 센서를 통해 얻으며, 주행 방향과 속도는 각각 좌, 우 모터의 속도제어를 통해 이루어진다.

계산상의 이점과 처리속도의 증가를 위해 Look-up Table 기반의 퍼지 제어를 이용하였으며, Table 1 과 Table 2 에 거리와 속도에 대한 양자화를 나타내었다. Table 3 에 rule base을 나타내었다.

양자화	범위
0	$E < 0$
1	$0 \leq E < 10$
2	$10 \leq E < 20$
3	$20 \leq E < 30$
4	$30 \leq E < 40$
5	$40 \leq E < 50$
6	$50 \leq E < 60$
7	$60 \leq E < 70$
8	$70 \leq E < 80$
9	$80 \leq E < 90$
10	$90 \leq E < 100$
11	$100 \leq E < 110$
12	$E \geq 110$

Table 1 Quantization of distance

양자화	범위
0	$E < 0$
1	$0 \leq E < 1$
2	$1 \leq E < 2$
3	$2 \leq E < 3$
4	$3 \leq E < 4$
5	$4 \leq E < 5$
6	$5 \leq E < 6$
7	$6 \leq E < 7$
8	$7 \leq E < 8$
9	$8 \leq E < 9$
10	$9 \leq E < 10$
11	$10 \leq E < 11$
12	$E \geq 11$

Table 2 Quantization of velocity

v \ d	PB	PM	PS	ZO	NS	NM	NB
PB	PB	PB	PB	PB	PM	PM	PB
PM	PM	PM	PM	PM	PS	PM	PM
PS	PS	PM	PS	ZO	PS	PS	PS
ZO	ZO	PS	NS	ZO	ZO	NM	NM
NS	ZO	NM	NS	NS	NM	NM	NB
NM	NB	NM	NM	NM	NM	NB	NB
NB	NB	NB	NM	NM	NB	NB	NB

Table 3 Fuzzy rule base

### 3. 실험 및 결론

Fig. 11 은 본 연구에서 사용된 로봇의 자율주행을 시뮬레이션 한 것이다. 로봇은 장애물을 피해 목적지에 도착 후 지정된 명령을 수행한다.

본 연구에서는 네트워크를 기반으로 한 홈 로봇을 구현하였다. 구현된 시나리오는 홈 서버에 저장된 계측데이터를 바탕으로, 외부에서의 모니터링을 가능케 하며, 로봇에게 에어컨 작동명령내

림으로 온도조절을 수행하게 된다. 본 연구에서는 단일 기기와의 인터페이스만을 구현하였으나, 향후에는 다양한 기기와의 인터페이스 구현을 통해 보다 지능적인 홈 네트워크 기반 시스템을 구현할 것이다.

Automation, Vol.10, No.3

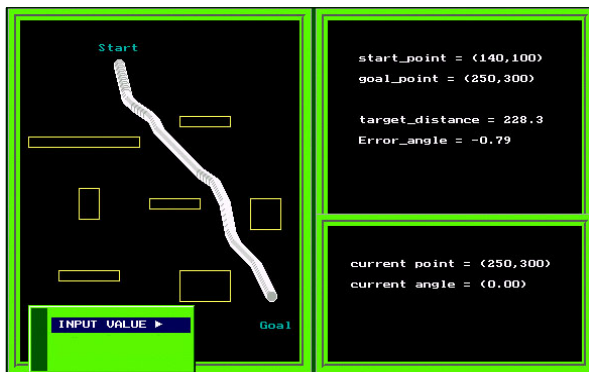


Fig. 11 Simulation of collision avoidance

## 참고문헌

- (1) H.R. Everett, 1995, "Sensor for Mobile Robots Theory and Application", A K Peters
- (2) Borenstein J.,Koren Y., 1998, "Obstacle Avoidance with Ultrasonic sensor", IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol, RA-4, No.2, pp. 213-218
- (3) B.K. Ghosh, Ning Xi, T.J. Tarn, 1999, "Control in Robotics and Automation Sensor-Based Integration", Academic Press
- (4) D. Kortenkamp, R.P. Bonasso, R. Murphy, 1998, " Artificial Intelligence and Mobile Robots ", MIT Press
- (5) T. Takeuchi, Y. Nagai, Y. Enomoto, 1998, "Fuzzy Control of a Mobile Robot for Obstacle Avoidance", Information Sciences, 45(2), pp. 231-248
- (6) B. Beaufreere, S. Zegloul, 1995, "Navigation Method for a Mobile Robot Using a Fuzzy based Method : Simulation and Experimental Aspects", International Journal of Robotics and