

논문 2010-47IE-1-3

로봇을 위한 위치 인식 및 경로 안내 시스템에 관한 연구

(A Study on Location Recognition and Route Guide System for Service Robots)

김 용 민*, 최 인 찬**

(Yong-Min Kim and In-Chan Choe)

요 약

본 논문에서는 센서 네트워크를 이용하여 로봇 자신의 위치를 인식할 수 있는 위치인식 시스템을 제안하였다. 그리고 센서 네트워크에서 얻은 정보와 사용자의 운행 정보를 이용하여 사용자의 선호도 및 성향과 주변의 환경 상태를 판단하여 사용자에 게 적합한 경로를 추천하는 지능형 네비게이션 시스템을 제안하였다. 이 시스템은 소프트 컴퓨팅 기법을 사용하여 인간의 선호도와 성향을 학습 및 추론하였다. 그리고 사용자와 모바일 로봇을 중계자 역할을 담당하고 휴대가 가능한 지능형 보조 모듈(IAM)을 정의하고 제안하였다. 마지막으로 제안한 알고리즘을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

Abstract

In this paper, we suggest Location Recognition System using Sensor Network; it distinguishes locations. Furthermore, this paper proposes Intelligent Navigation System which presents the proper route for the user. INS evaluates the user's preference, tendency and environmental state using Sensor Network Module and current driving information. This system also uses Soft-computing method to learn and infer the person's preference and tendency. This paper defines Intelligent Assistance Module (IAM) which is a connector in between a user and a robot; it is portable. All in all, we created a basic intelligent robot, Location Recognition System, and Environment Sensor Modules; we verified the proposed algorithm through computer simulations.

Keywords : Location Recognition, Intelligent Navigation System, person's tendency, Intelligent robot

I. 서 론

1950년대부터 로봇은 인간을 대신하여 공장이나 산업현장에서 일의 능률과 생산성을 높이는데 큰 몫을 했다^[1]. 그러나 요즘 로봇은 인간의 명령을 이해하고 스스로 학습하며 감정을 갖는다. 또한 인간의 모습을 모방한 로봇이 개발되어 다양한 행동 패턴과 기능들이 연

구되고 있다. 이러한 로봇의 목표는 인간을 도와주고 이해하며 인간과 친구가 될 수 있는 인간 친화형 로봇이다^[2~3].

인간 친화형 로봇이 다양한 기능을 수행하기 위해서는 자신의 위치인식과 이동경로의 인식이 기본이다. 특히, 네비게이션 시스템이 로봇의 이동에 응용되고 있다. 네비게이션 시스템의 기능은 출발지에서 목적지까지 경로를 추천하는 것이며, A* 알고리즘을 많이 이용한다^[4~5]. 현재 네비게이션 시스템은 사용자가 목적지까지 얼마나 빨리 도착할 수 있는 것에만 중점을 두고 있다. 또한 경로 안내는 개발사에서 개발된 맵 엔진에 의해 결정되고 사용자의 상황과 주변 환경이 거의 무시되고 있다. 그러나 앞으로의 많은 기기가 인간 친화적으로 개인화 및 특성화 되어가는 추세를 볼 때 개인의 성향

* 평생회원, 충청대학 디지털전자통신과
(Department of Electronic Communications, Chung Cheong University)

** 정회원, 한국기술교육대학교 정보기술공학부
(School of Information Technology Engineering, Korea University of Technology and Education)

※ 본 연구는 2008년도 충청대학 교내연구비 지원에 의해 수행되어진 결과임

접수일자: 2009년11월5일, 수정완료일: 2010년3월8일

이나 특성을 추가하는 것이 반드시 필요하다^[6].

본 논문에서는 지능형 로봇이 인간에게 다양한 서비스를 할 수 있도록 센서를 이용하여 로봇 자신의 위치를 인식하고, 센서의 정보와 사용자의 정보를 통해 사용자의 선호 및 성향을 판단하고 사용자에게 적합한 경로를 추천하는 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 센서 네트워크의 환경 센서를 이용하여 로봇이 주행하는 경로의 환경 상태와 지형상태를 평가하고, 인간의 선호도와 성향을 적용한 지능형 경로안내 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 소프트웨어 컴퓨팅 기법을 사용하였다.

본 논문은 시스템의 구성과 로봇의 위치 인식 알고리즘, 경로 안내 알고리즘, 제안한 알고리즘을 사용한 시뮬레이션 그리고 결론 및 향후 과제로 구성된다.

II. 시스템 구성

사용자에게 편의를 제공하고 다양한 임무를 수행하는 지능형 로봇, 실내의 천장에 설치되어 로봇의 위치를 인식할 수 있는 랜드마크, 건물의 주요 위치에 설치되어 환경상태를 측정하는 환경 센서모듈, 환경 센서모듈의 정보를 로봇에게 알려 주는 서버가 있다. 그리고 사용자는 자신의 속도에 대한 성향과 감정 상태를 측정하고 평가할 수 있는 지능형 보조 모듈(Intelligent Assistance Module; IAM)을 가지고 있다(그림 1).

로봇은 2개의 엔코더 모터로 구동되고 8개의 초음파 센서, 11개의 거리측정 센서, USB 카메라, 위치 특정을 위한 3개의 랜드마크 수광부로 구성된다. 제어 장치는 메인제어기와 서브제어기를 구성되어 있다. 메인제어기

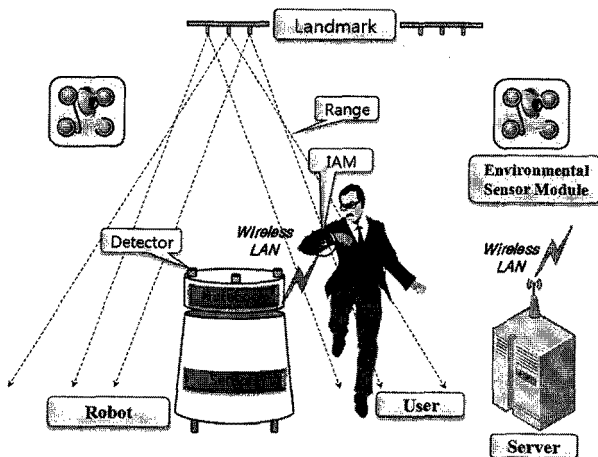


그림 1. 실내에서의 시스템 구성도
Fig. 1. Structure of the indoor system.

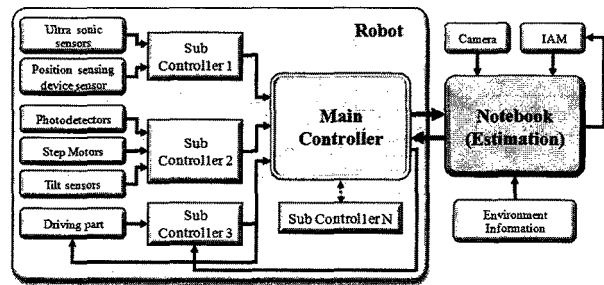


그림 2. 로봇의 데이터 흐름도
Fig. 2. Flowchart of robot.

는 시리얼 통신을 통해서 노트북과 연결된다(그림 2).

랜드마크의 발광부와 수광부는 각각 천장과 모바일 로봇에 부착한다. 사용한 발광 다이오드의 측정범위는 3가지이며, 고유주파수를 발생시키는 발광다이오드는 일정한 지역에서만 수광다이오드에 영향을 주고, 이를 통해 모바일 로봇은 자신의 위치를 인식할 수 있다.

환경센서 모듈은 온도센서, 가스센서, 조도센서와 카메라를 사용한다. 이 모듈은 설치된 곳의 환경 상태를 측정하고 감시할 뿐만 아니라 카메라로 이동하는 사람들을 인식한다. 이 환경정보는 환경 상태를 판단하고 사용자의 성향을 결정하는데 도움을 주며, 사용자의 성향을 고려한 적합한 경로를 설정하는데 도움을 준다.

IAM은 사용자의 성향을 판단하는 모듈과 감정 상태를 평가하는 모듈로 구성된다. 사용자의 성향은 속도에 대한 성향으로 사용자가 네비게이션 이용하여 목적지까지 이동할 때 사용자의 성향에 적합한 경로를 추천할 수 있도록 한다. 그리고 사용자의 감정 상태는 IAM의 센서를 통해 얻은 측정된 맥박과 체온 정보로 현재 사용자의 심리상태를 판단한다. 로봇과 환경 센서에서 사용된 센서는 다중이며, 많은 동일한 센서를 사용하고 있다. 그래서 센서융합을 통해 필요한 센서 정보만을 이용하도록 한다.

III. 로봇을 위한 위치 인식 알고리즘

로봇이 위치를 인식하는 방법으로 상대위치 인식법과 절대위치 인식법으로 나눌 수 있다^[7-8]. 상대위치 인식은 주행거리계, 초음파 센서와 레이저 센서 등을 이용한 추측방법이다. 절대위치 인식은 GPS를 이용한 Active Beacon 방식과 인공표식 및 자연표식의 랜드마크를 이용한 방법이 있다.

초기의 위치 인식 방법은 로봇의 주행계를 이용하였

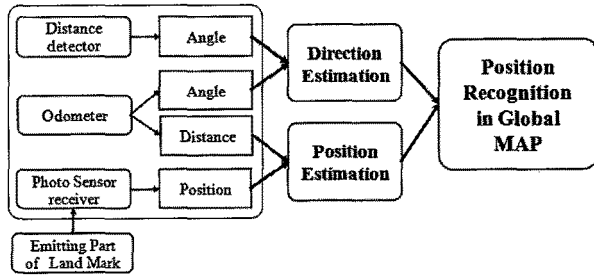


그림 3. 위치인식 처리 과정
Fig. 3. Process for position recognition.

다. 그러나 로봇이 이동 중 바퀴의 미끌어지는 현상으로 오차가 발생한다. 이를 해결하기 위해 다양한 방법들이 사용되고 있지만 아직 확실한 방법이 없는 상태이다.

그래서 본 논문에서 모바일 로봇의 위치 인식을 상대 인식 방법과 절대인식 방식을 통합하여 정확성을 높였다. 먼저 랜드마크를 이용하여 전체적인 지도에서 모바일 로봇의 위치를 파악하도록 하고 로봇의 주행계와 거리추정 센서를 이용하여 랜드마크와 상호작용하여 오차를 보정한다. 전체 공간에서 모바일 로봇의 위치를 인식하는 방법은 그림 3과 같다.

1. 랜드마크(Landmark)를 이용한 위치 측정

발광 다이오드의 특성을 고려하여 각각의 공간을 지역화 하였다. 로봇에 설치된 3곳의 수신부에서 받은 신호에 대한 로봇의 위치는 식 (1)과 같다.

$$P_R = \sum_i^n \sum_j^m S_{i,j} \quad (1)$$

i : 수신부의 센서번호,
 j : i 번째 수광부에서 받은 발광부의 신호 번호

랜드마크의 발광부에 의해 지역화된 범위는 식 (2)와 같이 나타낸다.

$$P_L = \sum_i^n \sum_j^m L_{i,j} \quad (2)$$

i : 발광부의 지역 번호,
 j : 발광부 내의 지역 번호

그림 4는 로봇의 위치 인식을 위한 신경회로망의 구조이다^[9~10]. 신경망 학습은 역전파 학습 알고리즘을 이용한다^[11]. 신경회로망의 입력은 3곳의 랜드마크 수신부

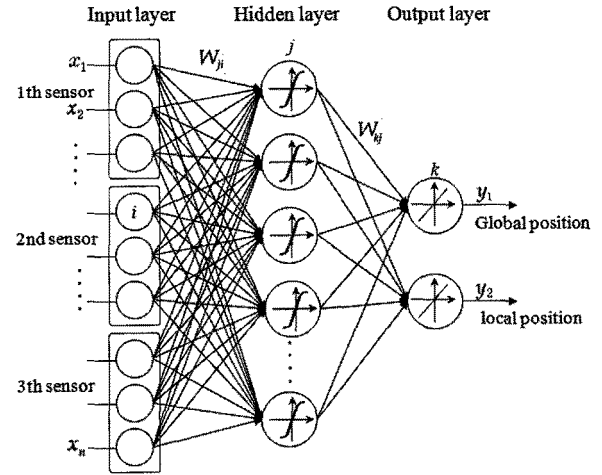


그림 4. 위치 인식을 위한 신경회로망 구조
Fig. 4. Neural network for estimation of location.

의 센서 번호이고, 출력은 랜드마크 발광부 번호와 발광부 내의 지역화된 번호이다. 은닉층과 출력층의 활성화 함수는 바이폴라 시그모이드 함수와 선형 함수를 이용하였다.

2. 로봇의 주행계를 사용한 위치 인식

로봇에 장착된 주행계에서 얻은 주행거리와 각도 정보를 이용하면 로봇의 위치를 결정하는데 정확성을 높인다^[12]. 그림 5에서 모바일 로봇의 모델링을 통해 주행 거리와 각도를 구할 수 있다. 식 (3)과 (4)는 주행 거리를 구하는 식이고, 식 (5)는 각도를 구하는 식이다.

$$x_{k+1} = x_k + \Delta t \frac{R}{2} (\dot{\theta}_r + \dot{\theta}_l) \cos(\phi_k) \quad (3)$$

$$y_{k+1} = y_k + \Delta t \frac{R}{2} (\dot{\theta}_r + \dot{\theta}_l) \sin(\phi_k) \quad (4)$$

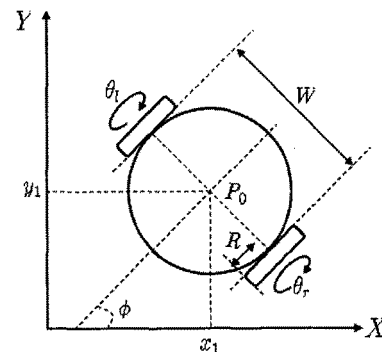


그림 5. 모바일 로봇의 구동 모델
Fig. 5. Model of mobile robot.

$$\phi_{k+1} = \phi_k + \Delta t c (\dot{\theta}_r - \dot{\theta}_l), \quad \left(c = \frac{R}{W} \right) \quad (5)$$

3. 거리측정 센서에 의한 로봇의 각도측정
 로봇에 장착된 거리측정 센서를 이용하여 로봇의 현재 위치에서 진행 각도를 측정할 수 있다.

거리측정 센서는 전방, 우측, 좌측에 세트로 구성되고, 세트당 3개의 센서를 가지고 있다. 거리측정 센서는 전·좌·우의 중심에 있는 센서에서 각각 ±15도 간격으로 배열하였다(그림 6).

각도 측정은 벽면과 가장 가까운 거리측정 센서를 선택하고, 각 세트 내에 있는 센서를 이용하여 각도를 계산한다. 거리측정 센서 선택은 식 (6)과 같다.

$$S_{sel} = \min \left(\sum_i^m \sum_j^n DS_{ij} \right), \left(\left(\sum_i^m \sum_j^n DS_{ij} \right) \leq 170 \text{ cm} \right) \quad (6)$$

i : 센서 세트 번호, j : 세트 내의 센서 번호

식 (7)은 그림 6을 통해 각 세트의 좌·우측 두 개의 거리측정 센서를 이용하여 θ_m 을 구하는 공식이다.

$$\begin{aligned} \overline{OC} &= \overline{OL} \cos(\theta_m) = \overline{OR} \cos(\theta_m - 30) \\ \overline{OL} \cos \theta_m &= \overline{OR} (\cos \theta_m \cos 30 + \sin \theta_m \sin 30) \\ \overline{OL} \cos \theta_m &= \overline{OR} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \theta_m + \frac{1}{2} \sin \theta_m \right) \\ \theta_m &= \tan^{-1} \left(\frac{\overline{OL} - \frac{\sqrt{3}}{2} \overline{OR}}{\frac{1}{2} \overline{OR}} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

ϕ 와 θ_m 의 관계는 식 (8)과 같으며, 이 식을 통해 벽

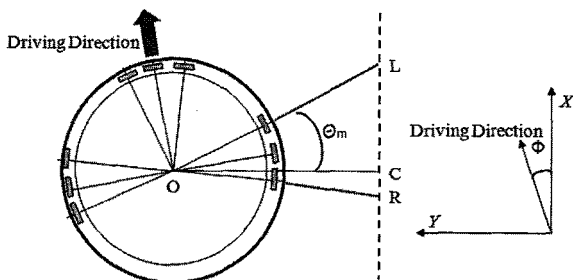


그림 6. 거리측정 센서를 이용한 각도 측정
 Fig. 6. The angle measurement using distance sensors.

면과 모바일 로봇의 각도를 측정할 수 있다.

$$\phi = \theta_m - 15 \quad (8)$$

IV. 경로 설정 및 안내 시스템

네비게이션은 사용자에게 경로를 안내하는 방법은 일반적이고 수동적인 네비게이션 시스템의 한계를 벗어나지 못하고 사용자의 기호, 성향과 경로의 주변의 환경에 대한 상황에 거의 반영되지 않고 있다. 본 장에서는 기존의 시스템을 기반으로 환경센서 모듈에서 얻은 정보, IAM에 판단되어 있는 사용자의 성향과 감정 정보를 네비게이션 시스템에 추가함으로써 사용자마다 선호하는 환경과 성향 등을 고려하여 경로를 추천하는, 넓고 독립된 공간이 많은 장소에서 사용할 수 있는 실내용 지능형 경로 추천 알고리즘을 제안한다. 또한 제안한 네비게이션 알고리즘은 각각의 상황 특성들을 모듈화하여 각 특성 알고리즘을 쉽게 갱신할 수 있도록 계층적 구조로 구성하고 소프트웨어 컴퓨팅 기법을 이용하여 사용자에게 적합한 경로를 추천한다^[13].

경로 설정 알고리즘의 구조는 그림 7과 같다. 여기에서 이동 용이성은 모바일 로봇의 이동 속도에 관련되고, 경로의 환경상태는 이동 경로의 안전성에 해당하게 된다. 이 값들은 사용자의 속도 성향과 감정 정보를 결합하여 최종 경로를 결정한다.

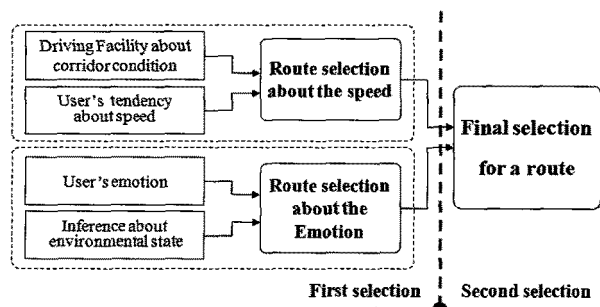


그림 7. 실내에서 경로 설정 알고리즘 구조
 Fig. 7. Algorithm structure for a route selection indoors.

1. 속도에 대한 경로 선택 모듈

속도에 대한 경로 선택은 로봇이 이동하는 복도의 이동 용이성과 사용자의 속도 성향으로 나누어지고, 이 결과들로 경로를 판단하고 선택한다. 복도의 이동 용이성은 로봇이 이동하는 복도의 경사 및 폭 정보로 지형

평가와 복도의 혼잡도를 측정하고 추천된 경로를 판단하는데 사용한다. 사용자의 속도 성향은 저장된 속도 성향 값을 이용하고 평가된 속도 성향 값이 없을 때는 보통으로 한다. 성향 값을 얻지 못한 경우는 최종 선택된 경로의 이동 용이성 값으로 대체하고 그 값으로 속도성향 값을 업데이트 한다. 이동의 용이성은 복도의 경사 및 복도의 폭과 혼잡도에 따라 가중치를 두어 보다 환경에 적합한 시스템을 구성하였다. 경사도와 복도는 10단계로 구분하여 가중치를 부여한다. 혼잡도는 환경센서 모듈에 있는 카메라 정보를 이용하여 각 기준점에서의 이동 인원수를 체크하여 측정하게 된다.

로봇의 이동에 대한 용이성 판단은 퍼지이론을 이용하였다. 복도의 경사와 폭으로 계산된 지형상태는 {나쁨, 중간, 좋음}으로 3개의 언어변수로 나누고(그림 8-(a)), 이동에 장애가 되는 혼잡도는 3개의 {낮음, 중간, 높음}으로 언어변수를 구분하였다(그림 8-(b)). 그림 8-(c)는 지형상태와 혼잡도를 이용한 이동에 대한 용이성을 표현한 후건부의 소속 함수이다. 그리고 그림

8-(d)는 이들에 대한 관계를 표현한 그래프이다.

사용자 속도 성향은 식 (9)에 의해 업데이트 된다.

$$T_u(t) = \frac{T_u(t-1) \times w_{Tu} + DF_r(t-1) \times w_{DFr}}{2} \tag{9}$$

w_{Tu} 와 w_{DFr} 은 각 값을 설정하는 가중치

속도에 대한 경로는 추천된 경로에서 이동의 용이성과 사용자의 속도 성향이 가장 비슷한 경로를 선택한다. 이동의 용이성을 판단하는 모듈의 출력값을 DF_r , 속도에 대한 사용자 성향 값을 T_u 로 정의하면 속도에 대한 경로 선택(SR)은 식 (10)에서 구할 수 있다.

$$SR = \min \left\{ \sum_{i=1}^n (T_u - DF_{ri})^2 \right\} \tag{10}$$

n : 추천되는 경로의 개수

속도에 대한 경로 선택은 이동의 용이성 값(DF_r)과 사용자 성향 값(T_u)이 가장 가까운 경로가 1차 경로로 선택한다.

2. 감정 상태에 대한 경로 선택 모듈

감정 상태에 대한 경로 선택은 사용자의 감정 모듈과 환경 상태 판단 모듈로 이루어져 있다. 사용자의 감정 평가는 신경회로망으로 학습한 모듈을 사용한다.

(1) 사용자 감정 평가 모듈

인간의 감정은 다양한 생체 정보를 활용하더라도 개연성이 너무 크기 때문에 인간의 감정을 평가하는 것이 어렵다. 그래서 규칙베이스를 통해 구현하는 방법을 제안한다. 사용자의 감정인지 모듈은 센서에서 얻은 생리학적 정보를 사용하여 사용자의 감정 상태를 판단한다. 이 모듈은 사용자의 감정과 상호 작용하여 경로 선택에 영향을 주어 사용자의 감정 상태를 보완해 줄 수 있다.

인간의 감정 변화에 따라 영향을 받은 요소는 체온, 맥박, 혈압과 땀 분비량 등이 있다. 맥박과 혈압의 관계는 명확한 관계가 없고, 땀 분비량은 측정하는데 어려움이 있다. 그래서 생리 심리학에서 인간이 스트레스를 받으면 피부 온도가 저하되고 맥박이 빨라지며 혈압은 높아진다는 사실을 근거로 사용자의 체온과 맥박수를

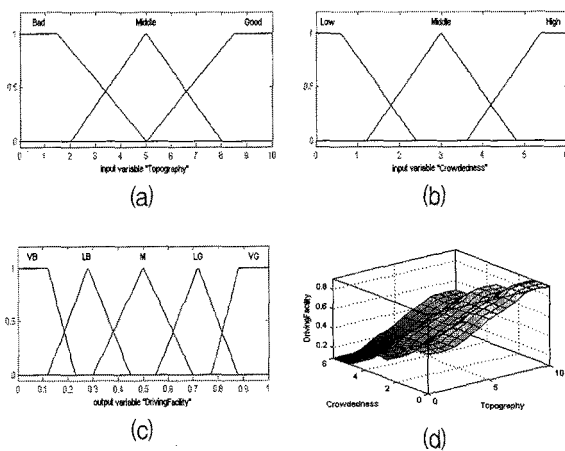


그림 8. 소속함수와 관계
Fig. 8. Membership function and Relation.

표 1. 이동 용이성에 대한 규칙 베이스
Table 1. Rule base for facility of driving.

| Rule | If: 지형 is | and: 혼잡도 is | Then: 이동용의성 is |
|------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 나쁨 | 높음 | 아주 나쁨 |
| 2 | 나쁨 | 중간 | 조금 나쁨 |
| 3 | 나쁨 | 낮음 | 중간 |
| 4 | 중간 | 높음 | 조금 나쁨 |
| 5 | 중간 | 중간 | 중간 |
| 6 | 중간 | 낮음 | 조금 좋음 |
| 7 | 좋음 | 높음 | 중간 |
| 8 | 좋음 | 중간 | 조금 좋음 |
| 9 | 좋음 | 낮음 | 아주 좋음 |

입력으로 사용자의 감정 상태를 신경회로망으로 학습하고 퍼지 추론을 이용하여 패턴을 분류한다.

퍼지 로직의 전건부는 체온(그림 9-(a))과 맥박(그림 9-(b))을 이용하였다. “체온”은 36.5도를 기준으로 {낮음, 보통, 높음}의 3가지 언어 변수로 구성되고, 사람의 맥박은 평상시에 70-80회이므로 {느림, 보통, 빠름}의 3가지 언어 변수로 이루어졌다. 후건부(Consequent)의 “감정상태”는 {아주 나쁨, 조금 나쁨, 보통, 조금 좋음, 아주 좋음}의 5가지 언어 변수로 이루어져 있다(그림

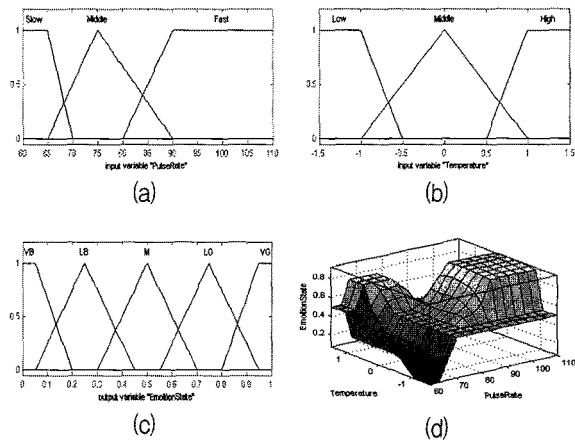


그림 9. 감정상태의 소속함수와 관계

Fig. 9. Membership function and Relation.

표 2. 맥박, 체온, 감정상태의 규칙 베이스

Table 2. Rule base of temperature, pulse rate and emotion state.

| Rule | If: 맥박 is | and: 체온 is | Then: 감정상태 is |
|------|-----------|------------|---------------|
| 1 | 느림 | 낮음 | 아주 나쁨 |
| 2 | 느림 | 보통 | 조금 나쁨 |
| 3 | 보통 | 낮음 | 보통 |
| 4 | 보통 | 보통 | 보통 |
| 5 | 보통 | 높음 | 조금 좋음 |
| 6 | 빠름 | 보통 | 아주 좋음 |
| 7 | 빠름 | 높음 | 아주 나쁨 |

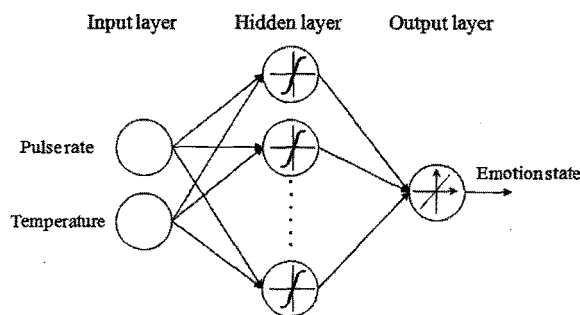


그림 10. 감정 상태 학습 신경회로망

Fig. 10. Neural network for emotion state.

9-(c)). 그림 9-(d)는 사용자의 맥박과 체온 변화에 따라 사용자의 감정 상태의 변화를 나타내는 그림이다.

(2) 경로의 환경상태 판단 모듈

환경상태 판단은 환경센서 모듈의 정보를 입력으로 퍼지이론을 이용한다. 퍼지화기 방식은 싱글톤 방식이며, 퍼지추론 방식은 Mandani의 Min-Max법을 사용하였으며 비퍼지화기는 무게중심법을 사용하였다^[4]. 전건부는 조도센서(그림 11-(a))와 가스센서(그림 11-(b))로부터 얻은 값을 {낮음, 높음}이라는 2개의 소속 함수로,

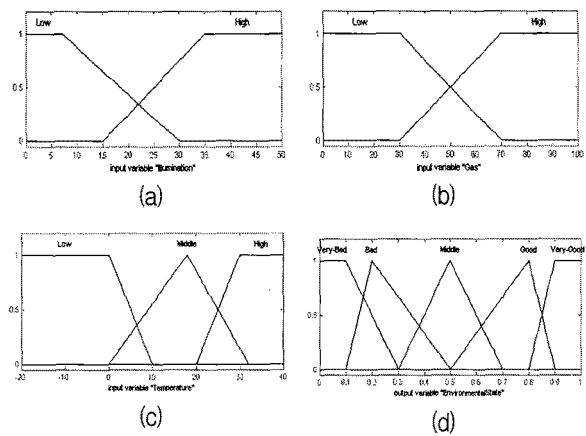


그림 11. 환경상태의 소속함수와 관계

Fig. 11. Membership function and Relation.

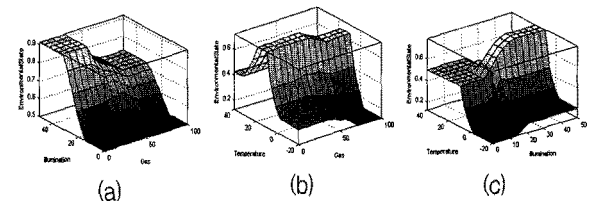


그림 12. 환경 상태의 관계

Fig. 12. Relation for environment state.

표 3. 환경 상태 평가를 위한 룰 베이스

Table 3. Rule base for environment evaluation.

| Rule | If:가스is | and:조도is | and:온도is | Then:환경상태is |
|------|---------|----------|----------|-------------|
| 1 | 낮음 | 낮음 | 낮음 | 나쁨 |
| 2 | 낮음 | 낮음 | 중간 | 보통 |
| 3 | 낮음 | 낮음 | 높음 | 좋음 |
| 4 | 낮음 | 높음 | 낮음 | 나쁨 |
| 5 | 낮음 | 높음 | 중간 | 아주 좋음 |
| 6 | 낮음 | 높음 | 높음 | 나쁨 |
| 7 | 높음 | 낮음 | 낮음 | 아주 나쁨 |
| 8 | 높음 | 낮음 | 중간 | 보통 |
| 9 | 높음 | 낮음 | 높음 | 나쁨 |
| 10 | 높음 | 높음 | 낮음 | 아주 나쁨 |
| 11 | 높음 | 높음 | 중간 | 좋음 |
| 12 | 높음 | 높음 | 높음 | 나쁨 |

온도센서의 값을 {낮음, 보통, 높음}이라는 3개의 소속 함수로 설정하였다(그림 11-(c)). 후견부의 환경을 평가한 정도는 {아주 좋음, 좋음, 보통, 나쁨, 아주 나쁨}이라는 5개의 소속 함수로 표현하였다(그림 11-(d)).

그림 12는 규칙 베이스에 의한 추천된 결과를 3차원 공간으로 나타낸 것이다. 그림 12-(a)는 가스-조도-환경 상태 관계, 그림 12-(b)는 온도-가스와 환경 상태, 그림 12-(c)는 온도-조도와 환경 상태의 관계 그림이다.

(3) 감정 상태에 대한 경로 선택

경로 선택할 때 사용자의 감정 상태가 나쁠 때와 보통 이상일 때로 나누어서 경로를 선택한다. 감정이 좋지 않을 때는 기분이 좋아지도록 하고 보통이상을 때는 그 기분을 계속 유지할 수 있도록 한다.

사용자 감정평가는 신경회로망으로 구성된 시스템에 현재 사용자의 맥박과 체온을 입력으로 하여 결정한다. 감정 상태 모듈의 출력 값을 E_u 로 정의하고 경로의 환경상태 판단 모듈의 출력 값을 ES_{ri} 이라 정의하면 식 (11)을 이용하여 감정 상태에 대한 경로 선택 ER 을 구한다.

$$ER = \begin{cases} \max \left\{ \sum_{i=1}^n |E_u - ES_{ri}| \right\}, & \text{if } E_u < 0.35 \\ \min \left\{ \sum_{i=1}^n |E_u - ES_{ri}| \right\}, & \text{if } E_u \geq 0.35 \end{cases} \quad (11)$$

두 모듈의 값은 소프트 컴퓨팅 기법에 의해 0과 1사이의 값을 가진다. 식 (11)를 만족하는 경로가 감정 상태에 대한 경로 선택 모듈의 1차로 선택한 경로가 된다.

3. 최종 경로 선택

사용자가 경로를 추천받고자할 때 목적지를 입력한 후, 업무상황인지 아니면 비업무 상황인지를 먼저 선택한다. 업무상황을 위한 주행 경로 추천이라면 모바일 로봇의 이동 용이성에 대한 값(DF_r)을 우선적으로 최종 추천 경로에 이용한다. 그러나 업무상 주행이 아니면, 두 모듈의 1차 선택 경로를 이용하여 최종 경로를 판단한다.

속도에 대한 경로 선택 모듈에서 추천한 1차 경로와 감정에 대한 경로선택 모듈에서 추천한 1차 경로가 일치하면 추천한 경로가 최종 추천 경로로 선택이 되지만, 두 모듈에서 선택한 1차 경로가 일치하지 않는다면 두 모듈에서 얻은 값 중 최소인 경로를 선택한다.

업무상황일 때는 식 (12)을 이용하고,

$$R_f = \min \left\{ \sum_{i=1}^n DF_{ri} \right\} \quad (12)$$

비 업무상황이고 속도에 대한 경로선택 모듈에서 추천한 경로와 감정에 대한 경로선택 모듈에서 추천한 경로가 다를 때는 식 (13)을 이용한다.

$$R_f = \min \{SR, ER\} \quad (13)$$

V. 모의 실험

로봇의 위치 인식에 대한 모의실험은 마이크로소프트 트사에게 개발한 프로그램을 이용하였다.

1. 위치 인식모의실험

그림 13은 랜드마크만을 이용하여 모바일 로봇의 위치를 측정하는 모의실험이다.

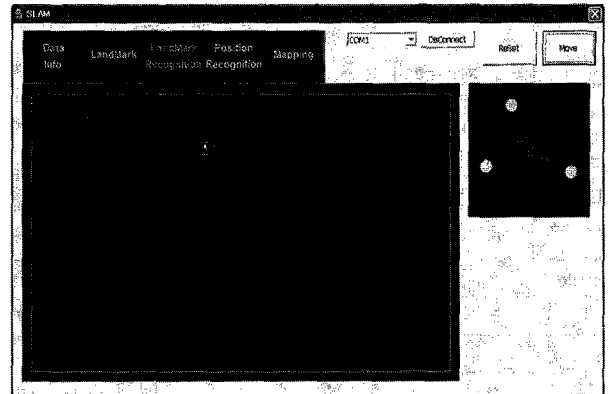


그림 13. 랜드마크만을 이용한 위치인식

Fig. 13. Position estimation using only landmark.

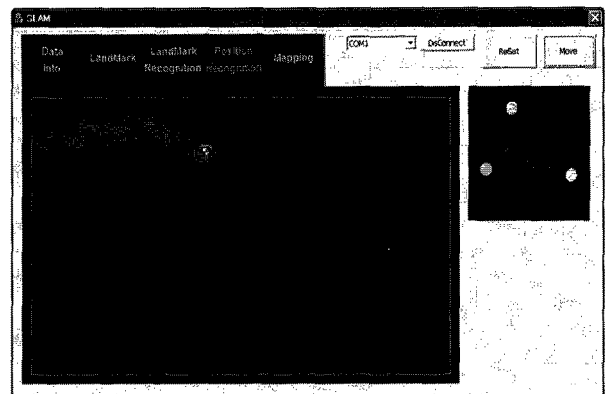


그림 14. 3가지 방법을 사용한 위치인식

Fig. 14. Position recognition using 3 methods.

그림 14는 랜드마크, 로봇의 주행계와 모바일 로봇의 거리측정장치에서 계산한 각도를 이용하여 위치 계산을 실행한 것이다. 절대와 상대적인 위치 인식을 사용한 방법은 랜드마크 경우만을 사용한 위치 인식 방법보다 오차가 적었다. 랜드마크만을 이용한 방법은 랜드마크 중앙으로 이동할 경우에는 오차가 작았으나 랜드마크에서 멀어지면 오차가 많이 발생하였다. 모의실험에서 로봇의 위치의 목표값이 $d=(d_x, d_y)$ 이고, 실제 측정값이 $P=(x, y)$ 일 때, 오차 계산식은 식 (14)과 같다.

$$E = \sqrt{(d-P)^2} = \sqrt{(d_x - x)^2 + (d_y - y)^2} \quad (14)$$

모의실험 각 회수에 대한 평균 오차는 다음과 같다.

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sqrt{(d_i - P_i)^2}) \quad (15)$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sqrt{(d_x - x_i)^2 + (d_y - y_i)^2})$$

그림 15는 각각 50회 시뮬레이션을 수행한 다음 오차의 평균을 나타낸 그래프이다.

지금까지 랜드마크만을 이용하여 지능 로봇의 위치를 측정하는 방법과 랜드마크, 주행계 그리고 거리측정 센서를 이용한 모바일 로봇의 위치를 측정하는 모의실험을 하였다. 그리고 두 방법의 오차를 비교한 본 결과 3가지 방법을 이용한 방법이 오차를 보정할 수 있었다.

모의실험 50회에 대한 평균오차 결과를 표 4에 정리

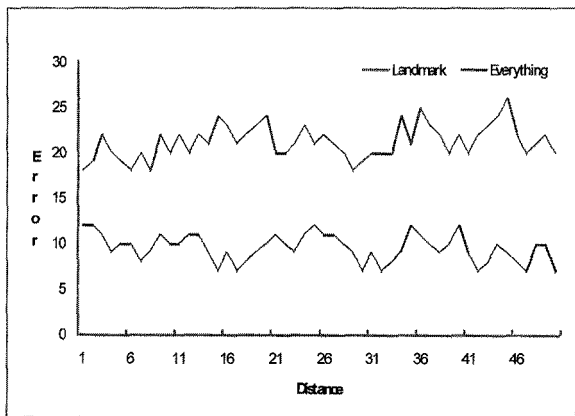


그림 15. 오차 비교
Fig. 15. Errors comparison.

표 4. 평균오차 비교
Table 4. Average error about simulation.

| | | |
|------|----------|--------|
| | Landmark | 3가지 방법 |
| 평균오차 | 21.10 | 10.82 |

하였다. 모의실험을 통해 제안한 방법이 랜드마크만을 사용한 방법보다 약 49% 정도 우수함을 알 수 있었다.

2. 경로 선택 모의실험

경로 추천은 환경 상태를 판단할 수 있는 환경센서 모듈과 지역의 혼잡도, 이동 경로의 경사 및 폭 등의 요소를 가지고 사용자의 성향과 감정을 바탕으로 경로를 추천한다. 그리고 사용자의 성향 및 감정 모듈은 설정되거나 축적된 정보와 학습된 모듈 정보를 이용한다. 그림 16은 경로 선택을 위한 모의실험이다.

속도 성향이 강하고 감정이 보통인 경우, 속도 성향과 감정이 보통인 경우, 속도 성향이 낮을 경우에 도로들에 대해 평가하고 사용자가 원하는 경로를 추천하였는지 모의실험 하였다. 모의실험에 의한 최종경로 선택의 결과를 정리하면 표 5와 같다.

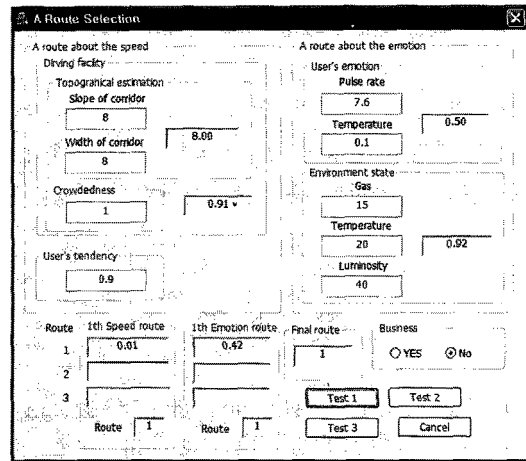


그림 16. 모의실험
Fig. 16. Simulation.

표 5. 경로추천 모의실험 결과
Table 5. Simulation results for a route selection.

| | | | |
|-----------|-------|-------|-------|
| 사용자 속도 성향 | 강함 | 보통 | 낮음 |
| 도로평가/환경상태 | 경로1 | 좋음 | 좋음 |
| | 경로2 | 보통 | 보통 |
| | 경로3 | 나쁨 | 나쁨 |
| 사용자의 감정 | 보통 | 보통 | 보통 |
| 속도경로/감정경로 | 1 / 2 | 2 / 2 | 3 / 2 |
| 최종경로 | 경로 1 | 경로 2 | 경로 2 |

VI. 결론 및 향후 연구 방향

미래 로봇들은 사용자에게 다양한 서비스를 제공하

기 위해서는 로봇 자신의 위치가 현재 어디인지 알아야 하며, 앞으로 움직이는 방향을 알아야 하는 것이 가장 기본적인 문제이고 중요하다. 그리고 인간에게 행하는 서비스 중의 하나가 경로를 안내하는 것이다. 그러나 대부분의 네비게이션 시스템은 최단거리만을 고집하고 있는 실정이며 사용자의 성향이나 생각들은 고려하지 않고 개발되고 있다.

본 논문에서는 랜드마크를 이용하여 로봇 자신의 위치를 인식하는 알고리즘을 제안하였다. 모의실험을 통해 제안한 방법은 오차 범위를 약 49% 정도 줄일 수 있었다. 또한 여러 종류의 센서 정보들을 통해 다양한 사용자의 성향과 감정을 판단하고 경로의 상태와 주변 환경의 상태를 판단하였다. 이를 통해 일괄적인 경로가 아닌 사용자가 원하는 환경의 경로를 추천할 수 있었다. 소프트웨어 컴퓨팅 기법을 이용하여 로봇의 위치를 인식할 수 있도록 학습하고, 사용자에게 적합한 경로를 안내할 수 있는 인간친화형 경로 안내 시스템을 연구하였다.

앞으로의 연구는 위치 인식 하드웨어를 제작하여 실험하고, 복잡한 환경에서도 로봇이 지도를 제작하고 다양한 곳을 매칭시킬 수 있는 시스템을 연구하도록 한다.

참 고 문 헌

- [1] O. Causse and L. H. Pampagnin, "Management of a Multi-robot System in a Public Environment," Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 246-252, 1995.
- [2] Ren C. Luo., "Multisensor Fusion and Integration : Approaches", *IEEE SENSORS JOURNAL*, Vol. 2, No. 2, 2002.
- [3] 최우경, 김성주, 하상형, 전홍태, "인간친화적인 안내 로봇 연구," *대한전자공학회논문지*, 제43권 SC 편 제6호, pp. 9-15, 2006.
- [4] Stout, Bryan, "The Basics of A* for Path Planning," Game Programming Gems, *Charles River Media*, 2000.
- [5] Mark Deloura etc, Game Programming Gems, *Charles River Media, Inc.*, 2001
- [6] W. K. Choi, S. J. Kim, J. Y. Seo, H. T. Jeon, "Human-friendly Robot Control by Estimation and Environmental Recognition," *ITC-CECC*, ISSN 1738-0073, pp. 111-112, 2005.
- [7] M. Betke, L. Gurvits, "Mobile Robot Localization Using Landmarks," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 13, No 2, pp. 251-263, 1997.
- [8] S. Yi, "Global Ultrasonic System for Self-Localization of Mobile Robot", *IEICE Trans. On Communication*, Vol. E86-B, No. 7, pp. 2171-2177, 2003.
- [9] Bunch J. R., Le Borne R. C. and Proudler I. K., "A conceptual framework for consistency, conditioning, and stability issues in signal processing," *IEEE Transactions on*, pp. 1971 - 1981, 2001.
- [10] Harteneck M. and Stewart R. W., "Adaptive signal processing JAVA applet," *IEEE Transactions on*, P. 6, 2001.
- [11] Cang Ye, Yung N. H. C. and Danwei Wang, "A fuzzy controller with supervised learning assisted reinforcement learning algorithm for obstacle avoidance," *IEEE Transactions on*, pp. 17 - 27, 2003.
- [12] Chaomin Luo, Simon X. Yang, "A Bioinspired Neural Network for Real-Time Concurrent Map Building and Complete Coverage Robot Navigation in Unknown Environments," *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 19, No. 7, pp. 1279 - 1298, 2008.
- [13] 이봉우, 최우경, 전홍태, "퍼지 로직을 이용한 지능형 네비게이션 시스템", *대한전자공학회논문지*, 제43권CI편, 제4호, pp. 67 - 72, 2006.
- [14] CHIN-TENG LIN and C. S. GEORGE LEE, *Neural Fuzzy Systems - A Neuro Fuzzy Synergism to intelligent Systems*, *Prentice Hall PTR*, 1996.

저 자 소 개



김 용 민(평생회원)

1982년 중앙대학교 전자공학과
학사 졸업.

1984년 중앙대학교 전자공학과
석사 졸업.

1999년 중앙대학교 전자공학과
박사 졸업.

1984년~1991년 LG전자 중앙연구소 선임연구원

1991년~현재 충청대학 디지털전자통신과 교수

<주관심분야 : 정보통신, 제어공학>



최 인 찬(정회원)

2000년 전남대학교 공학사

2003년 중앙대학교 전자전기
공학부 석사 졸업.

2009년 중앙대학교 전자전기
공학부 박사 졸업.

2009년~현재 한국기술교육대학교

정보기술공학부 대우교수

<주관심분야 : 지능제어, 소프트 컴퓨팅, 모바일
로봇, 웨어러블 컴퓨팅>