

## 로봇의 위치보정을 통한 경로계획

### Path finding via VRML and VISION overlay for Autonomous Robotic.

손은호\* 박종호\*\*, 김영철\*\*\*, 정길도\*\*\*

Eun-Ho Sohn\*, Jong-Ho Park\*\*, Young-Chul Kim\*\*\*, Kil-To Chong\*\*\*

**Abstract** - In this paper, we find a robot's path using a Virtual Reality Modeling Language<VRML> and overlay vision. For correct robot's path we describe a method for localizing a mobile robot in its working environment using a vision system and VRML. The robot identifies landmarks in the environment, using image processing and neural network pattern matching techniques, and then its performs self-positioning with a vision system based on a well-known localization algorithm. After the self-positioning procedure, the 2-D scene of the vision is overlaid with the VRML scene. This paper describes how to realize the self-positioning, and shows the overlap between the 2-D and VRML scenes. The method successfullv defines a robot's path.

**Key Words** : landmark navigation, path finding, robot localization, robotics, triangulation, VRML

#### 1. 소개

자율 이동로봇은 서비스로봇의 연구와 더불어 활발히 연구되고 있다. 그러나 경로계획 기법에 있어서 기존의 방법 이외에 획기적인 기법이 제시 되지 않고 있다. 기존 경로계획의 문제점들은 다음과 같다. 국부최소를 회피하지 못하거나, 많은 계산량으로 인해 넓은 범위에 적용시킬 수 없다는 점, 오프라인으로 경로의 최적성에만 치중하여 실시간으로 적용하기가 쉽지 않으며 돌발적인 상황에 대처하기 어렵다는 문제점 등을 가지고 있다. 또한 로봇은 장애물에 의해 로봇이 이동중에 큰 피해를 입을 수 있으므로 로봇은 이들 장애물을 회피해야만 한다. 따라서 이동로봇이 이같은 문제점을 보완하고 주행중 장애물을 완벽히 회피하기 위해서는 정확한 위치파악능력이 선행되어야 할것이다.

실내에서 로봇의 자기 위치 인식은 실제 이미지와 목표 이미지 사이의 모델 매칭 기술을 활용한 맵 기반 이동 (Map-Based Navigation), 맵 형성 기반 이동 (Map-Building-based Navigation), 맵없는 이동 (Mapless Navigation) 방법 등이 연구되어 지고 있다[1][2].

맵 기반 위치 인식 기술은 로봇 이동 중에 CCD 카메라를 통해 입력되는 Landmark의 정보와 실제 영상 정보와의 오차를 비교하여 위치 인식을 수행하나, 카메라와 Landmark사이의 거리, 조명의 밝기 등에 의하여 위치 오차가 커지는 문

제점과 Landmark의 잘못된 인식이나 Landmark 사이 각의 잘못된 추정으로 인해 로봇 위치 계산결과는 항상 에러를 포함하고 있다[3]. 또한 위치 계산을 위해 제안된 기존의 Triangulation 알고리즘은 비선형 방정식의 복잡한 폐쇄형해(closed-form solution)로부터 로봇의 위치를 찾을 수 있으나 이와 같은 비선형 방정식을 다루는 계산 알고리즘은 실시간 이동로봇 위치 추적이 적용되기에는 처리 시간이 너무 오래 걸리는 문제점이 있다[2][4].

따라서 본 논문에서는 선형방정식의 최소제곱법을 적용한 Linear Position Estimation 기법을 도입하여 기존의 제안된 Triangulation 알고리즘의 계산 시간 문제를 해결하고, 최적의 Landmark의 정보를 얻기 위하여 신경망 패턴인식 방법을 적용한다. 또한, 실제 비전영상과 가상현실 공간 내의 이미지 정보를 비교 분석하여 이동로봇의 위치 인식오차를 최소한으로 하기 위하여 가상현실 구현 언어인 VRML(Virtual Reality Modeling Language)을 사용하여 가상공간을 구축하고, 입력 영상과 가상공간과의 오버레이를 통한 이동 로봇의 효율적인 위치보정 알고리즘을 제안하므로써 이동로봇이 주행 중 장애물을 회피할수 있는 능력을 갖추도록 하였다.

#### 2. 영상처리와 패턴인식

이장에서는 이동로봇의 위치추적과 구현내용에 대해서 설명한다. 비전 시스템을 이용한 위치인식을 위해서는 먼저 주위 Landmark의 식별이 선행되어야 한다.

#### 2.1 영상처리

저자소개

\* 孫 恩 浩 : 全北大學 制御計測學科 碩士課程

\*\* 朴 鍾 皓 : 全北大學 制御計測學科 博士課程

\*\*\*金 永 喆 : 群山大學 器械工學科 教授

\*\*\*丁 吉 道 : 全北大學 電子情報 教授

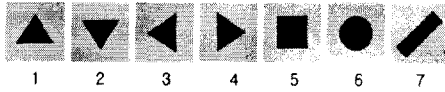


그림 1. 적용된 Landmark

Landmark는 그림 1와 같이 채도가 높은 배경위에 식별 마크를 표시하였다. CCD 카메라로부터 얻어진 영상으로부터 Landmark의 배경색 영역을 추출하고, 이 영역으로부터 Landmark를 분리해 낸다. 이 과정에 적용된 영상처리 절차는 다음과 같다.

- 1) 컬러 히스토그램 스트래칭,
- 2) 컬러 영상 이진화,
- 3) Salt, Pepper 노이즈 제거,
- 4) 경계추적 알고리즘을 이용한 영역추출,
- 5) 원래 이미지로부터 Landmark 분리,
- 6) 중앙의 마크만 추출, 이를 지정된 크기로 변환

## 2.2 Landmark 인식을 위한 신경망 패턴인식

### 2.2.1 패턴의 특징(feature) 정의

추출된 Landmark는 신경회로망 패턴 인식을 위하여 분리된 마크로부터 feature 값들을 찾아낸다. 하나의 마크 당 총 17개의 feature가 정의되며 마크의 회전은 고려되지 않았다. 17개의 feature 값 중 처음 8개를 찾기 위해 경계추적 알고리즘을 사용한다.

현재 추적 중인 픽셀과 전 단계에서 추적된 픽셀의 위치 관계를 8-방향( $\rightarrow \downarrow \swarrow \nwarrow \uparrow \nearrow$ )으로 정의하고, 이들 각 8 방향에 속하는 픽셀들의 수를 처음 8-특징으로 한다. 표 1에 포함된 이미지를 예로 들면, 첫 8-특징은 b, a+c, 0, 0, d+f, 0, e, g로 정의 된다. 여기서 알파벳 기호는 같은 방향으로 연속된 픽셀들의 개수를 나타낸다.

표 1. 특징 정의 예

번호	픽셀 수
1( $\rightarrow$ )	b
2( $\swarrow$ )	a+c
3( $\downarrow$ )	0
4( $\nwarrow$ )	0
5( $\leftarrow$ )	d+f
6( $\searrow$ )	0
7( $\uparrow$ )	e
8( $\nearrow$ )	g

그러나 앞의 8개 특징만으로 모든 마크를 구별하기에는 불충분하다. 실제로 삼각형( $\blacktriangle$ )과 역삼각형( $\blacktriangledown$ )은 같은 결과 값을 갖기 때문에, 다른 특징을 나타내는 값들이 필요하다. 나머지 9개의 특징은 표 안의 아래 그림과 같이 이미지 상단

으로부터 마크까지의 픽셀 수로 정의된다. 따라서 예제에서 제시된 마크의 특징값은 다음과 같이 정의된다.

$$feature = [b, a+c, 0, 0, d+f, e, g, F_9, F_{10}, F_{11}, \dots, F_{16}, F_{17}] \quad (1)$$

이 특징 값은 0과 1사이로 정규화 되어 신경망에 입력된다.

## 2.3 신경망

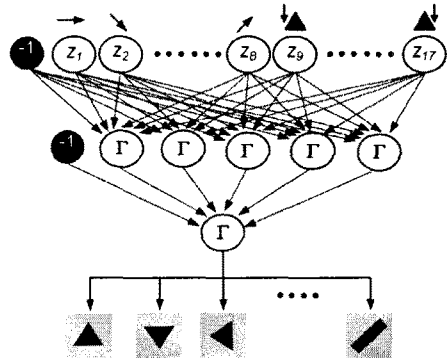


그림 2. 패턴 인식을 위한 신경망 구조

패턴인식을 위해 다층퍼셉트론 구조의 역전파(back-propagation) 알고리즘을 적용하였다[5]. 신경망은 그림 2과 같이 18개의 입력층과 6개의 은닉층 1개의 출력층으로 구성한다. Bias는 -1로 설정하고, 활성화 함수는 다음 식을 사용한다.

$$\Gamma(x) = \frac{1}{1 + \exp(x)} \quad (2)$$

### 2.3.1 Linear Estimation Algorithm 원리

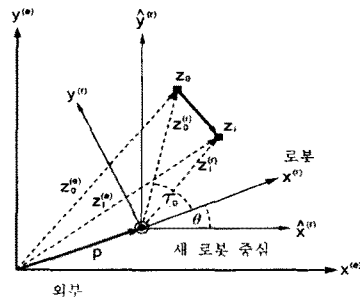


그림 3. Linear Estimation Algorithm 원리

Linear Position Estimation Algorithm은 Margrit Betke와 Leonid Gurvits에 의해 이동 로봇 위치 인식(self-localization)을 위해 제안[3]되었고, 기존에 사용한 triangulation 알고리즘이 비선형 방정식들의 최소 제곱해를 이용하기 때문에 연산시간이 오래 걸리는 단점을 극복하기 위하여 제안된 방법이다. 이 방법은 Landmark를 복소평면

위의 점으로 간주하여, 해가  $p_x, p_y$ 를 갖는  $m$ 개의 선형 벡터 방정식의 집합으로부터 유도한다.

### 2.3.2. VRML과의 영상 오버레이

Linear Position Estimation 알고리즘에 의해 계산된 로봇의 좌표로봇의 위치( $x, y$ )와 진행방향( $\theta$ )를 계산해 낸다. 여기서 계산된  $x, y, \theta$ 는 VRML에 적용되어 Wireframe의 VRML 영상을 생성하며, 이 영상은 비전영상에 오버레이 된다.

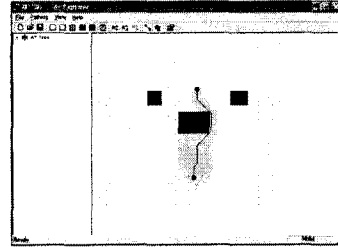


그림 6. 로봇경로 실행화면

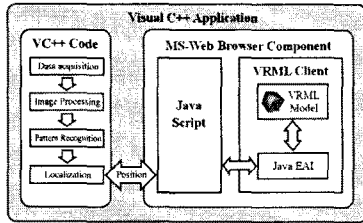
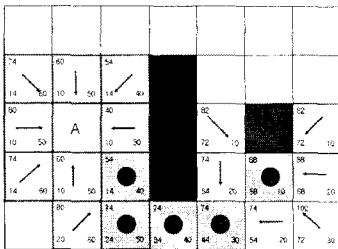


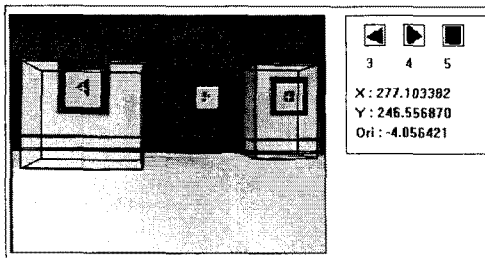
그림 4. Application 구조

### 3. PATH FINDING

우리의 검색지역은 사각형 격자들(Grid) 나누어져 있다. 격자들은 지역을 단순화 시킨다. 이는 3차원의 VRML의 좌표를 단순한 2차원 배열로 만들어준다. 각각의 아이템(시작점, 도착지점, 길 등등)은 사각형 격자위에 하나의 2차원 배열로 묘사된다. 사각형의 길은 사각형의 중앙에서 다음 사각형의 중앙으로 이동 하며 목표에 도착할때까지 반복수행한다



### 4.SIMULATION



### 5.Conclusions

본논문에서는 landmark를 이용한 위치인식과 위치 인식의 오차를 계산된 결과와 VRML3D 영상과의 오버레이를 통해 길찾기를 구현하였다.

구현된 시스템의 수행과정은 다음과 같다. 먼저 비전으로 입력받은 영상으로부터 작업환경 주위에 산개 되어 있는 landmark들을 영상 처리 기법을 통해 추출하고, 이를 신경망 패턴인식 기법을 통해 인식을 한다. 인식된 landmark의 정보와 landmark사이의 시각을 이용해 위치인식을 수행하고 계산된 로봇의 위치와 방향각을 토대로 3차원 영상을 구현한다. 비전영상과 3차원 영상과의 오버레이를 통해 위치좌표를 획득하고 좌표를 토대로 2차원내에서 로봇의 길찾기를 구현한다.

### 참 고 문 헌

- [1]Guilherme N. DeSouza and Avinash C. Kak, "Vision for Mobile Robot Navigation : A Survey," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 2, pp. 237-267, Feb. 2002.
- [2]Claus B. Madsen, Claus S. Andersen, "Optimal landmark selection for triangulation of robot position," Robotics and AutoNomous Systems, Vol. 23, Issue 4, pp. 277-292, July. 1998.
- [3]Margrit Betke and Leonid Gurvits, "Mobile Robot Localization Using Landmarks," IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 13, No. 2, pp. 251-263 Apr. 1997.
- [4]K.Briechle and U. D. Hanebeck, Member, "Localization of a Mobile Robot Using Relative Bearing Measurements," IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 20, No. 1, pp. 36-44 Feb. 2004.
- [5]Jacek M. Zurada, "Introduction to Artificial Neural System," WEST PUBLISHING COMPANY.
- [6]Rohrmeier M, "Web Based Robot Simulation using VRML," Proc. Simulation Conf., pp.1525-1528 Vol 2, Feb. 2000.
- [7] Roland Siegwart and Illah R. Nourbakhsh. "Autonomous Mobile Robots"
- [8] David A. Forsyth and Jean Ponce. "Computer Vision A Modern Approach"