

비전 시스템을 이용한 이동로봇 Self-positioning과 VRML과의 영상오버레이

Self-Positioning of a Mobile Robot using a Vision System and Image Overlay with VRML

권방현*, 정길도**
(Kwon Bang Hyun, Chong Kil To)

Abstract - We describe a method for localizing a mobile robot in the working environment using a vision system and VRML. The robot identifies landmarks in the environment and carries out the self-positioning. The image-processing and neural network pattern matching technique are employed to recognize landmarks placed in a robot working environment. The robot self-positioning using vision system is based on the well-known localization algorithm. After self-positioning, 2D scene is overlaid with VRML scene. This paper describes how to realize the self-positioning and shows the result of overlaying between 2D scene and VRML scene. In addition we describe the advantage expected from overlapping both scenes.

Key Words : robot localization, VRML, triangulation, robotics, Landmark navigation.

1. 소 개

로봇의 대리 임무 수행, 특히 원자로나 폭발물 처리와 같이 인간의 접근이 어려운 위험한 작업 환경 내에서 로봇의 역할은 어느 때 보다도 크게 요구되고 있다. 이동 로봇이 이러한 작업환경 내에서 보다 정확하고 안전하게 임무를 수행하기 위해서는 그 자신의 위치 파악이 무엇보다도 선행되어야 한다. 그 동안 많은 연구들을 통해 로봇의 효율적인 자가측위(self-positioning) 기법이 개발되어 왔으며, 특히 비전 시스템과 Landmark를 이용한 Triangulation 기법은 그 알고리즘의 구현이 쉽고 비교적 정확한 계산이 가능한 장점 때문에 오랫동안 이 분야에서 널리 사용되어 왔다[1][2]. Landmark란, 로봇이 쉽게 인지 할 수 있는 작업 환경 내의 구조물들(벽면의 수직선, 문고리, 천장의 배기구 등)을 말하는데, Triangulation 기법은 주위 환경에 분포된 Landmark들의 상대적인 위치 관계에 따라 현재 자신의 좌표를 계산하는 방법이다. Landmark들의 고정된 좌표 값과 현재 위치에서 이들 사이 각을 알면 Triangulation 알고리즘을 통해 현재 위치 계산이 가능하다. 그러나 Landmark의 잘못된 인식이나 사이 각의 잘못된 측정에 의해 위치 계산결과는 항상 에러를 포함한다[3]. 이러한 에러를 보상 또는 방지하기 위해 가장 인식률이 좋은 최적의 Landmark만 선택하여 자가측위를 수행하는 방법이나 통계학적인 접근을 통해 에러를 줄이는 방법들이 제안되어 왔다[2][4].

본 연구의 최종 목표는 비전 영상과 VRML(Virtual Reality Modeling Language) 영상의 매칭을 이용한 이동로봇의 위치 보정에 있으며, 본 논문은 이동로봇 자가측위 구

현과 비전 이미지와 VRML 이미지 간의 오버레이에 대해 다루고 있다. 이들의 구현을 위해 다음과 같은 절차를 수행한다.

- 1) 주위 환경 내의 Landmark 인식
- 2) 인식된 Landmark의 절대좌표를 Database로부터 참조
- 3) 인식된 Landmark들 사이 각 측정
- 4) 위치 계산
- 5) VRML영상에 4)의 결과를 적용
- 6) 비전 영상과 VRML 영상의 오버레이

1)과 3)의 과정이 무결하게 실행된다면 정확한 위치계산이 가능하지만, 실제로는 이 절차에 많은 어려움이 포함되기 때문에 계산된 위치가 정확한지에 대한 검증이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 비전 영상과 VRML영상과의 오버레이를 통해 검증하고 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장은 본 논문에서 구현된 전체적인 기술 구성에 대해서 설명한다. 3장에서는 영상처리와 신경망 패턴인식 그리고 이동 로봇의 자가측위 기법에 대해 설명하며, VRML의 소개와 오버레이 과정에 대해서는 4장에서 기술한다. 5장에서는 시뮬레이션 결과를 설명한다. 마지막으로, 6장에서 결론과 추후과제를 논한다.

2. 구현 내용

본 논문에서는 그림 1과 같은 시스템을 구현하였다. 시스템은 크게 세 부분으로 나뉘어 진다 : 로봇 비전 시스템, 로봇 자가측위 시스템, VRML 연동 시스템.

로봇 비전 시스템에서는 영상으로부터 Landmark의 추출과 인식에 관련된 기술들이 적용되었다. Landmark 추출을 위해 다양한 영상처리 기법들이 적용되었으며 Landmark의 인식을 위해 신경망 패턴인식 기술이 사용되었다.

* 權芳鉉 : 全北大學 制御計測學科 碩師課程

**丁吉道 : 全北大學 電子情報工學部 副教授 · 工博

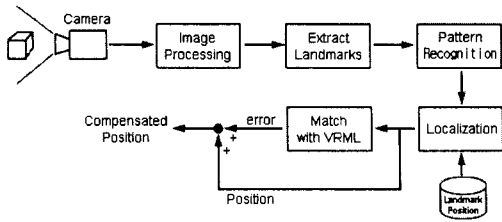


그림 1 로봇 Localization 시스템 다이어그램

로봇 위치판정 시스템에는 널리 알려진 Triangulation 알고리즘 대신 Linear Position Estimation 기법을 사용하였다 [3]. 전체적인 시스템은 Visual C++ 6.0에 의해 시뮬레이션 되었으며, Visual C++과 VRML의 연동을 위해 JavaScript와 Java가 사용되었다.

3. 패턴인식과 이동 로봇의 자가측위(Self-positioning)

이 장에서는 이동 로봇의 자가측위 구현 내용에 대해서 설명한다. 비전 시스템을 이용한 자가측위를 위해서는 먼저 주위 Landmark의 식별이 선행되어야 한다. 이를 위해 영상처리 기법과 신경망 패턴인식 기술이 적용되었다.

3.1 영상처리

본 논문에서는 그림 2와 같은 간단한 패턴들이 Landmark로 사용되었다. 눈에 잘 띄는 배경색 가운데에 식별 마크가 표시되어 있는 형태이다. 영상으로부터 Landmark의 특정한 배경색을 분리해냄으로써 Landmark를 추출한다. 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 추출하고, 이를 지정된 크기로 변환

3.2 신경망 패턴인식

3.2.1 패턴의 특징(feature) 정의

추출된 마크는 신경망에 의해 인식이 되며, 신경망 패턴인식을 위해 마크의 특징을 정의해야 한다. 본 논문에서는 신경망의 입력으로 17개의 특징들을 정의하였다.

처음 8개의 특징은 영상처리에서 사용되었던 경계추적 알고리즘에 의해 정의된다. 현재 추적 중인 픽셀과 전 단계에서 추적된 픽셀의 위치 관계를 8-방향(→, ↓, ↘, ↙, ↗, ↖, ↑, ←)으로 정의하고, 이들 각 8방향에 속하는 픽셀들의 수를 처음 8-특징으로 한다. 표 1에 포함된 이미지를 예로 들면

표 1 특징 정의 예 1

번호	픽셀 수
1(→)	b
2(↘)	a+c
3(↓)	0
4(↙)	0
5(←)	d+f
6(↖)	0
7(↑)	e
8(↗)	g



그림 2 적용된 Landmark

첫 8-특징은 b, a+c, 0, 0, d+f, 0, e, g로 정의된다. 여기서 알파벳 기호는 같은 방향으로 연속된 픽셀들의 개수를 나타낸다. 그러나 앞의 8개의 특징만으로 모든 마크를 구별하기에는 불충분하다. 실제로 삼각형(▲)과 역삼각형(▼)은 같은 결과 값을 갖기 때문에, 다른 특징을 나타내는 값들이 필요하다. 나머지 9개의 특징은 그림 3과 같이 이미지 상단으로부터 마크까지의 픽셀 수로 정의된다.

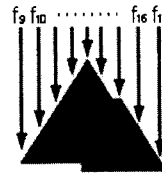


그림 3 feature 정의 예 2

종합하면, 예제에서 제시된 마크의 특징 값은 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.

3.2.2 신경망

패턴인식을 위해 다층퍼셉트론(Multi-layer perceptron) 구조의 역전파(back-propagation) 알고리즘을 적용하였다[6]. 신경망은 그림 4와 같이 18개의 입력층과 6개의 은닉층 1개의 출력층으로 구성하였다. Bias는 -1로 설정하였으며, 활성화 함수로는 식(2)를 사용하였다.

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

3.3. 자가측위(Self-positioning)

로봇의 자가측위는 Linear Position Estimation 기법을 사용하였다[3]. 이 알고리즘은 기존의 Triangulation 알고리즘이 비선형 방정식들의 최소제곱 해를 이용하기 때문에 연산

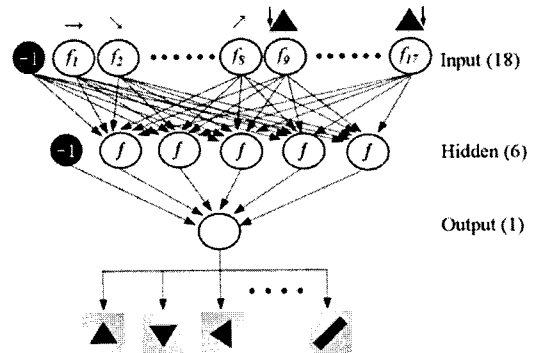


그림 4 패턴인식을 위한 신경망 구조

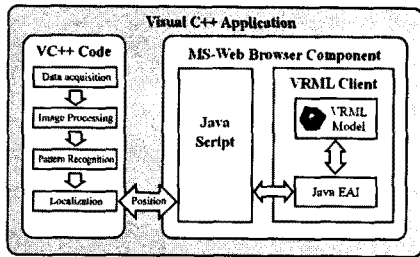


그림 5 Application 구조

시간이 오래 걸리는 단점을 극복하기 위해 제안된 방법이다. Landmark들과 로봇의 위치를 복소평면에서 벡터 형식으로 표현하고 이들의 관계를 선형 방정식으로 표현하여, 이 선형 방정식들의 최소제곱 해로부터 로봇의 위치를 구해낸다.

4. VRML과의 영상 오버레이

VRML은 Virtual Reality Modeling Language의 약자로 웹을 통해 3D정보를 제공하기 위한 목적으로 개발된 Web 3D의 한 종류이다. Localization 알고리즘에 의해 계산된 로봇의 좌표와 진로 방향은 그림 5와 같이 자바 스크립트(Java Script)와 자바 EAI(External Authoring Interface)를 통해 VRML 모델에 적용된다[7]. EAI는 VRML과 자바애플릿(Java Applet)이 서로 연계될 수 있도록 인터페이스를 제공한 것이며, HTML에 삽입된 자바 애플릿에 의해 VRML의 제어를 용이하게 한다. VC++와 자바 애플릿의 데이터 교환은 자바 스크립트를 통한다.

이렇게 로봇의 위치와 진로 방향이 적용된 VRML 장면은 Wire frame으로 설정되어 모델의 외곽선만 나타난 형태로 실제 비전 영상에 오버레이 된다.

5. 시뮬레이션 결과

그림 6은 시뮬레이션 결과를 보여준다. 그림 오른쪽으로 패턴인식과 자가측위 결과를 보여주고 있다. 결과 화면으로 VRML의 Wire frame장면이 오버레이 되어 물체의 외곽선과 일치되고 있다.

6. 결론 및 추후과제

본 논문에서는 이동로봇 자가측위 구현과 비전 영상, VRML 영상 간의 오버레이 과정에 대해 다루고 있다. 두 영상의 오버레이를 통해 자가측위 결과의 정확성을 검증할 수 있으며, 나아가 장애물의 뒤나 내부 모습까지 파악할 수 있어 위험 요소 예측에도 도움을 줄 수 있다. 시뮬레이션 결과에서도 보여주듯이 정확한 자가측위는 실제 비전영상과 VRML 영상간의 정확한 일치로 나타난다. 그러나 화면 노이즈나 다른 여러 요소에 의해 자가측위 결과에 에러를 포함하면 두 장면은 불일치 될 수밖에 없다. 본 연구의 추후과제는 두 영상간의 일치 정도를 통하여 로봇 위치의 오차를 보정하는 데 있다. 이를 위하여 각 영상을 구성하는 선이나 교점들의 비교를 통해 매칭 율을 계산하는 연구가 진행 중

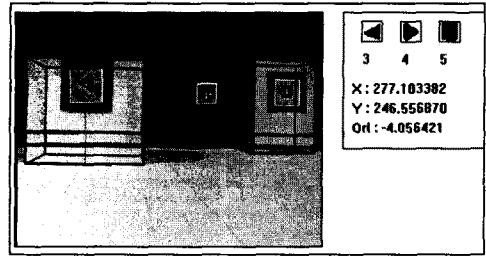


그림 6 시뮬레이션 결과

이다.

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] 강동중, 하종은, "Visual C++을 이용한 디지털 영상처리", 사이텍미디어, Mar 2003.
- [6] Wang, D, "Pattern Recognition : Neural Networks in Perspective", Expert, IEEE, vol 8, Issue 3, pp. 52-60, Aug 1993.
- [7] Jiung-Yao Huang, "Increasing the visualization realism by frame synchronization between the VRML browser and the panoramic image viewer", International Journal of Human-Computer Studies, vol 55, Issue 3, pp. 311-336, Sep 2001.
- [8] Eric Krotkov, "Mobile Robot Localization Using A Single Image", IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol. 2, pp. 978-983, May 1989.
- [9] Charles Cohen, Frank V. Koss, "A Comprehensive Study of Three Object Triangulation", Mobile Robots VII Boston, MA, pp. 95-106, November 1992.
- [10] Antonios Gasteratos, Calos Beltran, Giorgio Metta, Giulio Sandini, "PRONTO:a system for mobile robot navigation via CAD-model guidance", Microprocessors and Microsystems, vol. 26, Issue 1, pp. 17-26, Feb 2002.