

# 칼라 영상을 이용한 FMS Landmark의 인식

°이 창현\*, 권 호열\*, 엄 진섭\*, 김 용일\*\*

\*강원대학교 전자공학과, \*\*KIST 로보트응용 및 유공압 연구실

## A Study on FMS Landmark Recognition Using Color Images

°Changhyun Yi\*, Ho-Yeol Kwon\*, Jinseob Eum\*, Yong-Yil Kim\*\*

\*Dept. of Electronics Eng., Kangwon Nat'l Univ.

\*\*Robotics & Fluid Power Control Lab., KIST

### ABSTRACT

In this paper, we proposed a new FMS Landmark recognition algorithm using color images. Firstly, a NTSC image frame is captured, and then it is converted to a field image in order to reduce the image blurring from the AGV motion. Secondly, the landmark is detected via the comparison of the color vectors of image pixels with the landmark color. Finally, the identification of FMS landmark is executed using a newly designed landmark pattern with a set of reference points. The landmark pattern is normalized against its translation, rotation, and scaling. And then, its vertical projection data are tested for the pattern classification using the standard data set. Experimental results show that our scheme performs well.

### 1. 서론

최근 증가하고 있는 국내외적 경쟁과 변화하는 수요자의 요구는 생산업체에게 제조단계에 대한 심각한 압박을 유발할 뿐 아니라 다양하면서도 좋은 품질의 제품을 더욱 짧은 기간내에 만들도록 하고 있으며, 이것은 제조공장이 최대의 생산성(productivity)을 유지하면서 충분한 유연성(flexibility)을 가져야 한다는 것을 의미한다. 이러한 점에서 제품의 주문에서부터 설계, 제작, 출하까지 제조업체에서 일어나는 전공정을 컴퓨터를 이용하여 자동화한 컴퓨터통합생산(Computer Integrated Manufacturing)은 재래의 생산요소인 토지, 노동, 자본외에 정보의 요소를 추가적으로 활용하여 생산성과 유연성을 동시에 달성하고자 하는 것으로서 모든 공장이 추구하는 미래공장의 유일한 형태로 받아들여지고 있다.[1,2]

이와 같은 CIM을 실현하기 위한 하부구조로서의 유연생산체계(Flexible Manufacturing System)에서는 생산라인들 사이에 가공물, 가공재료, 완제품의 운반을 효율적으로 수행하기 위해서 무인반송차(Automatic Guided Vehicle)의 사용이 필수적이며, 이 무인반송차에게는 작업물의 적탈(Load/Unload) 기능, 주행(Driving)기능과 더불어, 목표위치를 인식하고 이에 도달하는 경로를 얻기 위한 항법기능(Navigation)이 요구된다.

본 논문에서는 무인반송차를 위한 항법기능의 구현을 위하여 비디오 카메라를 이용하여 FMS 공장내의 작업셀(Cell)을 나타내는 표지(Landmark)를 인식하는 방법에 대하여 연구하였다. 서론에 이어, 제 2 장에서는 비디오카메라에서 얻어진 칼라영상을 이용하여 먼저 화면내 표지의 존재 유무를 판별한 후, 검출된 표지내의 패턴에 대하여 위치이동, 회전, 크기변화에 무관하게 문자열을 판별할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 제 3 장에서는 앞에서 제안된 알고리즘에 의한 영상처리 결과를 과정 별로 설명하였다. 끝으로, 제 4 장의 결론에서는 본 연구의 결과를 종합적인 평가와 함께 차후의 연구과제에 대하여 논하였다.

### 2. FMS Landmark 인식알고리즘

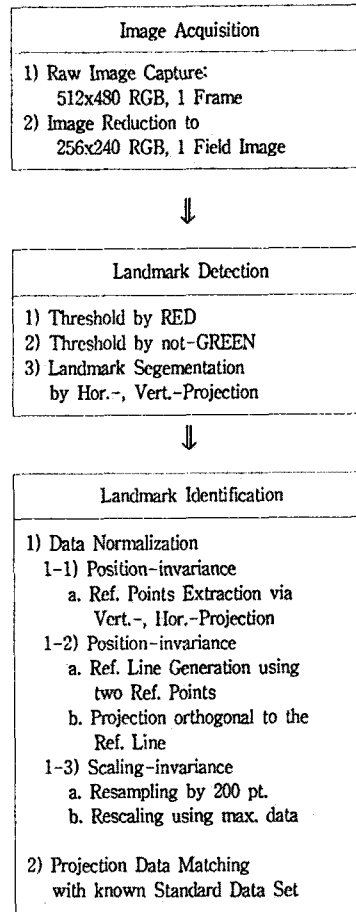


그림 1. FMS Landmark 인식과정

본 논문에서 사용한 Landmark인식 알고리즘의 전반적인 구성은 그림 1 과 같으며, 이 것은 영상입력과정, 표지검출과정, 표지판별과정의 세 부분으로 크게 나눌 수 있다.

#### 2.1. 영상입력과정

공장내의 작업환경에 대한 영상을 얻는 과정으로서, 먼저 NTSC 규격의 비디오 카메라와 512x512의 해상도를 갖는 영상입력장치를 이용하여 RGB 칼라영상을 받아들인다. 이 때 얻어진 영상의 수직블랭킹구간을

제외한 512x480 의 영상영역만이 유효한 영상신호를 갖고 있다.

그런 후에, 512x480의 해상도를 갖는 입력영상을 256x240의 해상도를 갖는 영상으로 축소시킨다. 이것은 영상 데이터 크기의 축소에 의한 영상처리 속도의 개선효과와 함께, 1/30 초의 영상입력시간을 실질적으로 1/60 초로 단축함으로써 AGV의 이동에 따른 진동에 의하여 AGV에 장착된 카메라에서 필연적으로 발생하는 화면의 떨림을 크게 제거하는 효과를 얻기 위한 것이다. 이 때, 입력 영상신호의 대역폭이 최대 4 MHz인 점을 고려하면 정보량의 손실은 크지않다는 것을 알 수 있다.

## 2.2. 표지검출과정

이 과정에서는 입력 화면내에 표지가 존재하는 지 여부를 결정하고, 존재한다면 표지영역만을 분리하는 작업이 수행된다.

주변 환경으로부터 표지만을 분리해내기 위해서는 영상신호 상에서 표지가 갖는 형태, 위도, 색상등의 특이성이 보장되어야 하며, 기존에 발표되었던 방법들로서는 미리 알려진 패턴을 사용하고 영상의 패턴매칭을 이용하는 방법, 발광소자를 이용하여 제작된 표지를 사용하는 방법, 또는 표지에 특수한 반사체를 도포하고 여기에 조명을 비추므로서 표지를 인식하는 방법등이 있다.[3-6] 본 논문에서는 이러한 기존 방법들이 갖는 표지탐색시간이 길어지거나, 표지제작의 복잡성, 조명기구의 필요성등을 피하기 위하여 칼라표지와 RGB 칼라영상을 이용하였다. 이 때, 표지의 칼라는 공장내의 색상배치와 카메라의 감도특성을 고려하여 RED로 하고, 표지의 형상은 직사각형으로 하였다.

먼저, 얻어진 256x240 RGB영상가운데 칼라표지와 유사한 칼라벡터를 갖는 영상영역을 분리시킨다. 이를 위해, RED 영상에 대하여 2차화를 한다. 그러면, RED 색상이 강한 표지영역은 물론, 밝은 주변환경에 대한 영상영역도 함께 추출된다. 다음에, 앞에서 추출된 영역에 대응하는 GREEN 영상에서 낮은 최소값을 갖는 영역만을 추출해내기 위한 2차화를 함으로써, 표지영역만을 남기고 주변영역을 제거한다. 여기서 얻어진 표지영역은 최종적으로, 수평, 수직방향 부영법을 사용하여 그 위치와 크기를 구한다.

## 2.3. 표지판별과정

이 과정은 표지영역이 분리된 것을 가정하고, 표지내의 문자패턴이 갖는 작업셀의 명칭을 판별하는 과정이다. 문자패턴은 문자들로 이루어져 있으므로, 일반적인 문자인식과정을 직접 이용할 수도 있다. 본 논문에서는 FMS 환경에서 작업셀들과 그에 대응하는 표지패턴들은 20~50종류이면 충분하다는 점을 이용하여 표지패턴내의 각 문자에 대한 개별적인 인식방법 대신, 빠른 처리가 가능하도록 표준 문자패턴들의 문자열(String)에 대한 수직방향 부영 데이터를 미리 계산, 저장해 놓고, 카메라를 통해 들어온 입력문자패턴의 문자열에 대한 부영 데이터를 구한 다음, 이것을 저장되어 있는 표준 데이터와 비교하여 판별하는 방법을 사용한다.

첫째로, 카메라에 의해 입력된 문자패턴은 잡음성분에 의해 원래의 문자패턴과 오차를 보일 뿐 만 아니라 위치이동, 회전, 크기의 변화등으로 인해 왜곡되어 있으므로, 입력된 데이터는 미리 저장되어 있는 표준 데이터와 비교 판별하기 전에 적절한 보정과정의 요구된다.[6,7] 본 논문에서는 이러한 보정을 빠르고 정확하게 하기 위하여, 작업셀을 표시하는 문자패턴의 양끝 부분에 기준점(Reference Points)이라고 불리는 작은 점들을 표지에 미리 삽입시켜 놓고, 이 기준점을 먼저 추출하여 기준점들을 잇는 선, 즉 기준선(Reference Line)을 구함으로써 문자 패턴의 회전량을 추출, 보정할 수 있도록 하였다. 또한 기준점간의 거리를 이용하면 문자패턴의 크기의 변화량도 보정할 수 있다. 이 때, 기준점들은 부영법에 의해서 간단히 구할 수 있으므로 표지판별을 위한 영상처리 속도가 크게 개선된다.

먼저, 문자패턴의 위치이동에 대한 보상이 실시된다. 이것은 일차적으로 표지검출과정을 통하여 추출된 표지영역내 문자패턴의 위치를 대략적으로 구할 수 있으며, 표지판별과정의 일부분으로서 문자패턴의 최외곽부를 나타내는 문자패턴 좌우의 기준점을 추출함에 의하여 추가적으로 이루어진다. 이러한 기준점의 추출은 먼저 수직방향 부영법에 의하여 기준점을 나타내는 문자패턴 좌우 최외곽의 고립부영데이터를 구하고, 다음에 이들 고립부영데이터에 대한 수평방향 부영법에 의하여 각 기준점의 중심좌표  $(x_1, y_1)$ 와  $(x_2, y_2)$ 를 구한다.

다음에, 두 기준점을 잇는 기준선을 구하며, 기준선을 직교하는 선을 따라 문자패턴  $f(x, y)$ 에 대한 부영 데이터  $g(s)$ 를 구한다.

$$g(s) = \iint f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - s) dx dy, \quad -\infty < s < \infty \quad (1)$$

이 때,  $\theta = \tan^{-1}((y_2 - y_1)/(x_2 - x_1))$  이다.

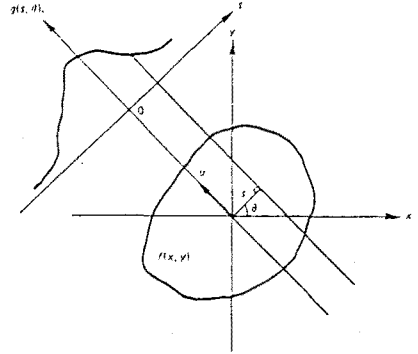


그림 2. 문자패턴에 대한 부영 데이터  $g(s)$ 의 계산

앞에서 얻어진 부영 데이터  $g(s)$ 는 위치이동과 회전방향에 대하여 정규화 되었지만 표지에 대한 카메라의 영상입력시의 거리, 혹은 카메라 렌즈의 줌(Zoom)기능 작동여하에 따라서 크기가 변화되어 있으므로 이에 대한 보정이 필요하다. 이를 위해 앞에서 얻어진 부영 데이터의 수를 표준 데이터와 일치시키는 재표본화(Resampling)와, 부영 데이터의 최대 크기를 표준 데이터들의 최대 크기에 일치하도록 조정하는 과정(Rescaling)이 수행된다.

둘째로, 앞에서 구한 입력표지패턴의 부영 데이터는 미리 저장되어 있는 표준 데이터에 대해서 데이터의 수와 데이터의 최대크기가 같도록 정규화(Normalization)되어 있다. 따라서,  $N$ 개의 표준패턴  $g_i, 1 \leq i \leq N$ 와 입력패턴  $g_{N+1}$ 이 각각  $M$  개의 데이터로 이루어져 있다면, 이들을  $M$  개의  $N+1$ 차원 벡터  $g^m, 1 \leq m \leq M$  로 볼 수 있다.

$$g^m = [g_1^m, g_2^m, \dots, g_N^m, g_{N+1}^m], \quad 1 \leq m \leq M \quad (2)$$

따라서, 이 벡터들의 평균벡터  $\bar{g}$ 와 공분산행렬  $C_{gg}$ 를 아래와 같이 계산한 후, 이  $C_{gg}$  행렬의  $N+1$ 번째 열의 요소 가운데 가장 큰 값을 구하여 입력패턴을 판별할 수 있다. 예를 들어, 앞에서 구한 값이  $c_{k,N+1}, 1 \leq k \leq N$ 이라면, 입력 패턴  $g_{N+1}$ 이 표준패턴  $g_k$ 와 유사도(Similarity)가 가장 크다.

$$\bar{g} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M g^m \quad (3)$$

$$C_{gg} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (g^m - \bar{g})(g^m - \bar{g})^T = \begin{pmatrix} c_{ij} \end{pmatrix}, \quad 1 \leq i \leq N+1, 1 \leq j \leq N+1 \quad (4)$$

## 3. 실험결과 및 검토

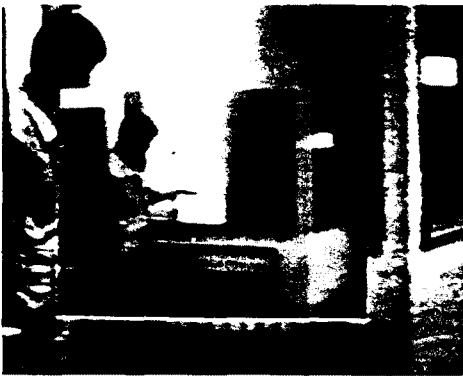
FMS Landmark 인식 시스템의 실험을 위해서 사용한 시스템은 1M RAM의 ATI XL SVGA를 갖춘 IBM호환의 486 DX-33이며, 표준영상 획득을 위해서는 SONY TR-900 에 의해 NTSC TV신호로 수신하여 DT2871 프레임그래버[8]를 사용하였다. C 언어를 사용하여 각 단계에 대응하는 독립된 프로그램 모듈들을 작성하였으며, 영상처리결과를 디스플레이하는 데는 SVGA 256 칼라그래픽과 DT2871을 함께 사용하였다. 최초 입력된 512x512의 해상도를 갖는 영상은 AGV의 진동에 의한 영상 떨림을 제거하기 위하여 256x240 해상도의 영상으로 변환하여 사용하였으며, 표지의 칼라는 공장환경내의 색상배치와 카메라특성을 고려하여 실험한 결과 빨강(RED)을 사용하였다.

그림 3(a)는 카메라에서 얻어진 칼라영상에서 표지영역과 가장 유사한 칼라벡터를 갖는 영상영역이 분리하기 위하여 RED성분의 이치화 과정을 거친 후의 모습을 나타내며, 주변영역이 제거되고 표지영역만을 얻기 위해 GREEN성분이 최소가 되도록 이치화를 g행한 결과가 그림 3(b)

에 나타난 것처럼 밝은 주변영역에 관계없이 표지영역만을 추출하고 있음을 볼 수 있다.



(a) RED에 의한 이치화



(b) not-GREEN에 의한 이치화

그림 3. 표지검출 과정

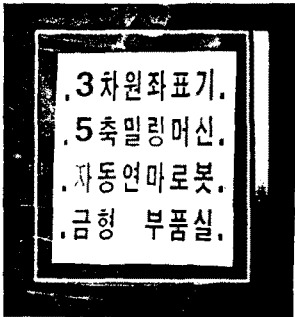


그림 4.

4 개의 표준 표지패턴

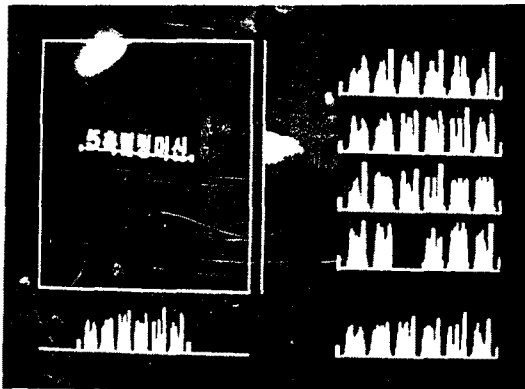


그림 5. 입력 표지패턴과 보정된 투영 데이터

그림 4은 본 연구에서 사용한 표준 표지패턴으로서  $N=4$  이다. 그림 5의 좌상부는 표지인식을 위해 입력된 영상을 나타내며 수직 및 수평 투영법에 의한 데이터가 각각 이 그림의 아래 및 우측에 보여지고 있다. 우상부의 4 개의 데이터는 그림 4으로부터 얻은 표준표지패턴의 수직 투영 데이터이며, 입력패턴의 수직 투영 데이터를 회전 및 크기변화에 대해 보정한 결과를 오른쪽 아래에 나타내었다. 이 때 데이터의 수는 표지가 화면에 가득차는 경우를 고려하여  $M=200$ 으로 하였다. 시각적인 관찰은 입력 패턴이 2번째 표준패턴에 가장 유사하다는 것을 말해준다. 한편, 제안된 표지패턴 판별과정에 의한 표준 표지패턴과 입력표지패턴의 평균 벡터  $\bar{g}$  와 공분산행렬  $C_{gg}$ 은 각각 식(5), 식(6)과 같다. 이 결과 공분산행렬  $C_{gg}$ 의  $c_{k,N+1}$ ,  $1 \leq k \leq N$  항 가운데  $c_{2,5}$  가 222.42 로서 가장 크므로, 입력 패턴  $g_5$  가 표준패턴  $g_2$  에 가장 유사한 것을 알 수 있다.

$$\bar{g} = (18 \ 19 \ 19 \ 18 \ 18)^T \quad (5)$$

$$C_{gg} = \begin{pmatrix} 255.77 & 191.51 & 181.20 & 179.51 & 185.04 \\ 191.51 & 250.74 & 189.84 & 173.35 & 222.42 \\ 181.20 & 189.84 & 239.39 & 186.68 & 173.99 \\ 179.51 & 173.35 & 186.68 & 320.02 & 157.91 \\ 185.04 & 222.42 & 173.99 & 157.91 & 221.81 \end{pmatrix} \quad (6)$$

#### 4. 결론

본 논문에서 제안된 방법은 표지인식을 위하여 보조 조명장치를 사용하지 않을 뿐 아니라 밝은 배경하의 표지를 인식하는 데에도 우수한 성능을 발휘하며, 표지인식 알고리즘이 주로 투영방법에 의존하므로 고속으로 처리될 수 있다는 장점이 있다.

본 논문과 관련하여 앞으로 더 연구되어야 할 부분은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 표지검출과 표지판별에 대하여 각각 분리된 실험을 행하였는데 이 두과정을 연계시킨 실험이 필요하며, 주변환경의 3차원정보 인식을 위한 스테레오 비전의 연구가 필요하다. 둘째, 현재는 목표물의 인식에만 연구가 국한되었으나 이를 확장하여 AGV 자신의 위치 및 자세를 결정하는 방법에 대한 연구가 필요하다. 셋째, 본 연구에서 제안된 방법은 RED 칼라의 표지를 사용하였는데, 효율적인 표지검출을 위하여 다른 칼라성분이 포함된 표지에 대해서도 엄밀한 비교연구가 필요하다.

#### 참고 문헌

- [1] 강 무진, 김 용일외, "금형생산의 CIM 모델 플랫폼", 제4차년도 연차보고서, 과학기술처, 1992. 10.
- [2] 전자과학, "공장 자동화를 위한 CIM", 통권 393호, 제 34 권, pp. 186 - 222, 1992. 12.
- [3] 조 동진, 권 호열, 서 일홍, 변 중남, "시각 장치에 의해 감지된 가이드 마크를 이용한 이동로봇의 효과적인 항법", 전기학회 논문지, 33권 12호, pp.963-970. 1989.12.
- [4] Z. Bien, H. Y. Kwon, J. Youn, and I. H. Suh. "A Closed Form 3D Self-Positioning Algorithm for a Mobile Robot using Vision and Guide-Marks," Robotica, vol. 9, pp. 265-274, 1991. 9.
- [5] 이 상용, 권 승만, "이동로봇의 자세 측정을 위한 표지 인식 시스템의 개발", 전기학회 논문지, 42권 5호, pp.116-131, 1993.
- [6] S.-T. Bow, "Pattern Recognition and Image Preprocessing", Dekker, pp.81-84, 249, 252-253, 1992.
- [7] A. K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall, pp. 457-69, 1989.
- [8] DT2871 User Manual, UM-06946-D, Data Translation, 1990.