

퍼지추론을 이용한 실내환경에서의 주행신호인식

Navigation Sign Recognition in Indoor environments Using Fuzzy Inference

°김 정호*, 유 범재**, 조 영조**, 박 민용***, 고 범석*

*LG전자(주) 리빙시스템 연구소(Tel:(02)818-3598; FAX:(02)856-0315; E-mail: jungho@lsl.lge.co.kr)

**한국과학기술연구원 정보전자연구부(Tel:(02)958-5758; FAX:(02)958-5709; E-mail:ybj@amadeus.kist.re.kr)

***연세대학교 전자공학과(Tel:(02)361-2868; FAX:(02)361-2333; E-mail:mignpark@bubble.yonsei.ac.kr)

Abstracts : This paper presents a method of navigation sign recognition in indoor environments using a fuzzy inference for an autonomous mobile robot. In order to adapt to image deformation of a navigation sign resulted from variations of view-points and distances, a multi-labeled template matching(MLTM) method and a dynamic area search method(DASM) are proposed. The DASM is proposed to detect correct feature points among incorrect feature points. Finally sugeno-style fuzzy inference are adopted for recognizing the navigation sign.

Keywords : Behavior based control architecture, Navigation Sign, Multi-labeled template, Dynamic search area, Fuzzy Inference

1. 서론

지능형 자율이동로봇의 제어시스템으로 이동중 환경의 인식과 주어진 태스크(task)수행을 병렬적으로 수행하기 위하여 태스크들을 기능적 모듈들로 분리하고 각각의 모듈에 대하여 입력-처리-출력의 순으로 동작하도록 구성한 다음 전체적 태스크모듈들을 상위계층의 제어부에서 총괄적으로 제어할 수 있도록 구성되는 행동기반제어구조(Behavior-based control architecture)가 연구되어왔다[3]. 본 연구의 대상이 되는 이동로봇HULK(Human Like)역시 [2]에서 기술된 바와 같이 행동기반 제어구조로 구성되어 있다. 복잡한 태스크를 수행하기 위하여 각각의 태스크들은 DFL(Data Flow Layer)라는 최상위의 제어부에 소속되고, 최하위 레벨의 제어를 담당하는 DPU(Data Processing Units)들은 각각의 태스크를 구성한다. 이때 DPU를 구성하는 단위들은 복잡한 태스크를 수행하기 위한 기본적인 동작들로 이루어지며 이 단위들은 상위나 중간의 제어부에서 우선순위에 의하여 공용으로 제어 가능하도록 구성되어 있다. 여기서 각각의 센서들은 최하위 제어부인 DPU에 소속되고 접속된 센서에 따라 고유한 기능을 수행하도록 되어 있다. 예로써, 초음파 센서는 장애물에 대한 감지 및 회피와 주행의 기능을 수행하도록 구성되고, 비전센서인 카메라는 로봇주행시 행동방식에 대한 정보를 주행신호를 통하여 인식하도록 하였다. 즉, 랜드마크인식을 통하여 이동로봇의 절대위치인식을 수행하는 방식과는 다르게 이동방향인식을 통한

vision-based-navigation이 가능하게 하였다. 그러나 자율이동로봇에서 비전센서를 통하여 실내 주행환경에 있는 주행신호를 인식하는 경우 다양한 영상잡음 및 외부조건변화의 변화가 상존하고 실내환경에 존재하는 주행신호와 유사한 형태의 텍스처등에 의한 영향으로 인식상의 어려움이 있게 된다. 이러한 변화를 지닌 영상을 처리하는 과정에 있어서 정확한 주행신호인식을 하기 위하여 여러단계의 처리과정을 거치게 되면 계산상의 시간이나 메모리가 많이 소요되고 그렇지 않은 경우에는 정확한 인식이 용이하지 않은 trade-off가 발생하게 된다. 패턴인식과 얼굴인식같은 분야는 시간이 다소걸리더라도 정확한 인식이 요구되지만 자율적이고 지능적으로 이동하는 로봇의 경우에는 주행신호를 정확하게 인식하는 것 뿐만이 아니라 빠르게 인식하는 기능이 요구된다. 특히, 행동기반 제어구조를 갖는 로봇의 경우에는 주행을 위한 태스크 수행모듈이 별도로 존재하고 비전센서를 이용하는 주행신호 인식태스크의 수행모듈 또한 별도의 모듈로 존재하므로 주행신호 인식모듈들은 순수하게 로봇이동방향에 대한 정보 및 행동에 대한 정보만을 인식한다. 인식된 정보는 상위제어부에 의하여 주행중 적절한 시기에 주행 태스크 모듈로 전해져 제어를 위하여 사용되는데, 인식기능을 구현하기 위하여 사람이 주행신호를 빠르게 인식할 때 주로 특징점을 통하여 인식하고 유사한 특징점이 많이 존재하는 경우 좀 더 자세히 살펴서 주행신호를 인식하는 것에 착안해서 본 연구에서는, MLTM(Multi Labeled Template Matching)에 의하여 특징점을 추출하고 여러개의 특징점이 존재하는 경우에는 동적으로 변화되는 탐색영역을 설정

하여 정확한 특징점 추출이 되도록 하였다. 기존의 템플릿매칭(template matching)방법은 인식하고자 하는 물체의 특징점을 정의하고 그 특징점이 미리 입력된 템플릿과 얼마나 유사한가에 대한 상관계수를 가지고 인식의 여부를 결정하기 때문에 인식하고자 하는 패턴을 바라보는 위치, 각도 및 거리의 변화에 대한 적응성이 현저히 떨어진다. 본 연구에서는 이동로봇이 주행신호를 바라보는 위치, 각도 및 거리의 변화에 따른 영상의 변화에 강인하게 적용할 수 있도록 하기 위하여 MLTM방법을 제안하여 사용하였고, 보다 지능적인 인식 능력을 갖도록 하기 위하여 sugeno-style의 퍼지추론[5][6]을 통한 인식을 하였다.

2. 본론

주행신호 인식을 위해서 여러단계의 영상처리를 거치게 되는 데 먼저 어떻게 하면 인식할 대상을 이미지내에서 쉽고 정확하게 인식할 것인가를 고려하여 주요 특징점들을 모델로 표현하고, 특징점들은 실제영상과의 템플릿매칭을 통하여 찾게 된다. 매칭 과정을 통하여 얻어진 특징점들에는 실제로 찾고자하는 특징점 뿐만이 아니라 특징점을 닮은 의사특징점들도 존재하기 때문에 실제 특징점과 의사특징점이 혼재하는 속에서 실제의 특징점을 찾아내고 그것을 통하여 인식해야 할 주행신호를 가려내기 위해 가설을 세우는 단계와 실제 주행신호인가를 판단하는 단계들이 필요하게 되는데 크게 아래와 같이 5 단계로 구분할 수 있다[4].

- a. object에 대한 model 표현
- b. 특징점 추출
- c. model matching
- d. 가설정립
- e. object 입증

2-1. 주행신호의 특징점

지능이동로봇인 HULK가 인식할 주행신호는 그 주행신호를 통하여 자신의 위치정보를 추출하기 위한 수단이 아니고 자신이 행동해야 할 방향 및 내용에 대한 정보를 제공하는 수단이다. 따라서, 로봇의 이동방향 설정을 위하여 (그림 1)과 같이 일반적인 사람들도 실내환경에서 쉽게 인지할 수 있는 좌/우 지점의 화살표 및 정지를 표시하는 다이아몬드를 사용하였다. 이 주행신호에 대한 특징점들은 방향의 성분을 나타내는 꼭지점 및 두 개의 직선성분이 서로 만나는 점들중 화살표의 특징을 가장 잘 나타내는 점들로 정하였다.

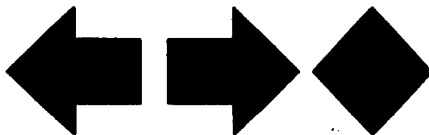


그림 1 주행신호의 형태
Fig. 1. Shapes of landmarks

2-2. 특징점 추출

주행신호에 대한 특징점 추출을 위한 전처리 과정으로써 에지(edge)추출은 영상의 밝기에 대한 미분값이 가장 큰 값을 선택하므로서 에지를 추출하는 Sobel Operator를 사용하였고[4], 실내환경에 존재하는 주행신호에 대한 이미지는 (그림 2)에 나타나는 바와 같다. 추출된 주행신호 영상에지의 특징점들은 (그림 3)와 같이 각도나 거리의 변화에 따라서 형상이 다르게 보이게 된다. 이러한 특징점들을 (식 1)을 평가함수로 사용하는 기존의 템플릿매칭방법에 의하여 인식하는 경우 주행신호를 보는 각도나 거리 변화 또는 주행신호의 어느 부분만이 보이는 경우등에 따라서 형상이 다르게 보이게 되어 매칭에 대한 상관계수값도 변하기 때문에 특징점 추출이 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 MLTM방법을 제안하여 사용하였다.

$$M[i, j] = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m g[k, l] * f[i+k, j+l] \quad (1)$$

$M[i, j]$: 영상좌표 (i, j) 에서의 상관계수
 $g(k, l)$: 좌표 (k, l) 에서의 템플릿픽셀
 $f(i+k, j+l)$: 좌표 $(i+k, j+l)$ 에서의 이미지픽셀



그림 2. 거리와 각도에 따른 주행신호의 변형

Fig. 2. distortion with distance and angle

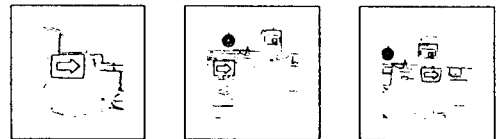


그림 3. 경계선 추출

Fig. 3. extraction of edge

-Multi Labeled Template Matching(MLTM)

카메라로부터 얻어지는 주행신호의 영상은 이동로봇의 주행신호에 대한 자세에 따라 (그림 4)에서 나타난 x축, y축, z축 각각에 대해 회전된 모양을 가질 수 있고 거리의 변화에 따라 그 크기가 변화한다. 또한 주행신호 부착시 수평으로 부착하지 못하는 경우가 빈번히 발생하게 된다. 이러한 경우에도 보다 특징점추출이 신뢰도 있게 수행될 수 있도록 (그림 5)와 같은 MLTM이 제안되었다. 템플릿내에 있는 같은 숫자들의 길이는 주행신호에 대한 각도변화의 허용한계를 결정하는 허용한계구간으로써 템플릿

내에 $p \times 1$ 또는 $1 \times p$ 의 형태로 랜드마크의 특징점과 일치하도록 배치된다. 이미지면에서의 주행신호 예지의 매칭여부를 판단하기 위해서 (그림 5)에서 숫자로 표현되고 있는 것과 같이 여러 개의 레이블(multi label)들을 부여하고 실제영상에 대하여 매칭시 (식 2)와 같이 각각의 레이블에 대하여 특징점을 이루고 있는 픽셀이 하나라도 매칭이 되면 매칭된 것으로 인식한다. 또한 템플릿중 레이블부 이외의 영역에서 픽셀이 인식되면 (식 3)에 의해서 인식오류점(mismatching point)로 인식하고 (식 4)의 관계로부터 특징점후보를 결정한다.

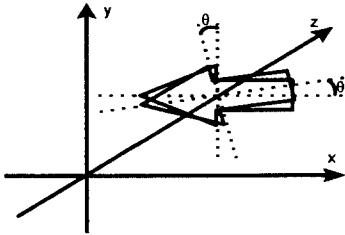


그림 4. 주행신호의 변형각도
Fig. 4. angle variation with view-point

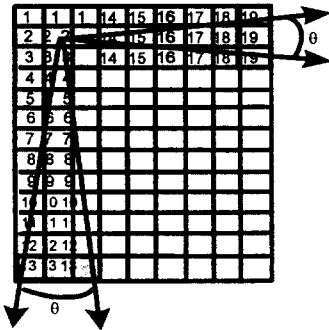


그림 5. multi-labeled template에
Fig.5. example of multi-labeled template

$$TMC = \sum_{i=1}^{Maxlabel} MC(i)$$

$$\text{단, } MC[g(m, n)] = 1 \text{ if } (g(m, n) \neq 0 \wedge f(i+m, j+n) = 1) \quad (2)$$

$g(m, n)$: 좌표 (m, n) 에서의 템플릿픽셀

$f(i+m, j+n)$: 좌표 $(i+m, j+n)$ 에서의 실제픽셀

$$TMMC = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} \quad (3)$$

$$\text{단, } MMC = [1(0) = 1 \text{ if } g(m, n) = 0 \wedge f(i+m, j+n) = 1(0)]$$

$$TMC \geq TMCth$$

$$TMMC \leq TMMCth$$

(4)

$TMMCth$ 와 $TMCth$ 는 실험에 의하여 결정한다.

MLTM방법을 통하여 인식된 특징점들의 후보는 주행신호의 특징점을 포함하고 있을 뿐만 아니라 자연환경속에 존재하는 주행신호와 유사한 형태의 물체들도 후보로 인식을 하게되므로 이러한 특징점후보들로부터 보다 정확하게 주행신호를 인식하기 위한 인식의 전 단계로써 주행신호 특징점 후보의 크기를 고려하여 탐색영역을 결정할 필요가 있는데, 본 연구에서는 동적인 탐색영역을 3가지 크기로 구분하여 특징점후보를 찾으려 하였다.

- 동적인 탐색영역

주행신호가 확실표인 경우에는 특징점이 5개 존재하고 정지를 나타내는 주행신호인 경우에는 특징점이 4개 존재한다. 방향을 나타내기 위한 주요특징점은 방향을 나타내는 격최모양의 특징점과 그 위/아래 날개모양의 특징점이라는 사실을 주목하여 (그림 6)에서와 같이 3가지의 특징점들의 기하학적 형태에 따라서 탐색영역을 설정하였고, 정지신호인 경우에는 좌/우의 격최모양이 주요한 특징점이 되므로 이 형태에 따라서 탐색영역을 결정하였으며, 최대탐색영역과 최소탐색영역은 이동로봇이 주행신호를 인식하는 데 있어서 허용가능한 최대 및 최소거리로부터 획득된 이미지면상의 픽셀크기로 부터 구하였다.

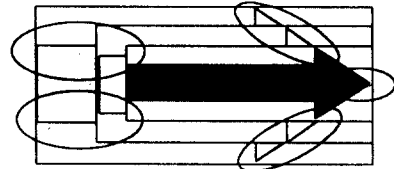


그림 6. 3단계 동적인 탐색 영역
Fig.6. Dynamic search area with 3-levels

탐색영역을 결정하기 위한 주요특징점의 탐색은 의사특징점이 많이 존재하는 것을 고려하여 전체의 image size인 512 x 512에 대하여 16등분하여 찾아가도록 하였는데, 이때 탐색시 탐색시간을 줄이기 위하여 주행신호 인식가능 영역을 설정하여 그 영역에 대하여만 찾아가도록 하였다. 동적인 영역탐색을 통하여 구해진 주행신호의 특징점들이 (그림 7)에 나타나 있다.



그림 7. 동적영역 탐색에 의한 특징점 추출

- 인식

위의 단계를 통하여 특징점들을 찾았지만 아직까지 이동로봇은 특징점들이 주행에 필요한 어떤 의미를 포함하고 있는지 알수 있는 방법이 없다. 따라서 추론과정이 필요한데 이를 위해서 간단하게나마 sugeno type of the fuzzy추론 방법을 적용하였다. 추론은 전건부와 후건부로 나뉘어서 if-then 방식으로 수행되는데, 퍼지 입력 변수로는 (그림 8)과 같이 3가지 형태의 주행신호에 따라 추출된 특징점의 개수가 입력되고 비퍼지화 방법으로서 singleton방법을 적용하여 3가지 주행신호를 의미하는 상수가 출력되도록 하였다. 특히 3가지 신호의 명확한 출력을 얻기 위해서 가중치로 적정상수를 정하였다. 3가지 주행신호의 멤버쉽함수는 (그림 9)에 나타나는 바와 같이 특징점의 개수가 적은가 또는 많은가를 나타내기 위하여 small과 big의 2가지 함수로 설정하였고, 추론을 위한 규칙으로 (식 5)와 같은 3가지의 룰을 적용하였다.

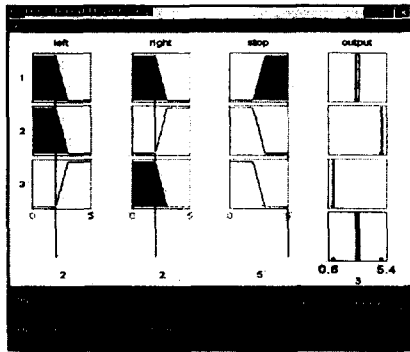


그림 8. 퍼지입력에 따른 추론 과정
Fig. 8. process of fuzzy inference with fuzzy input

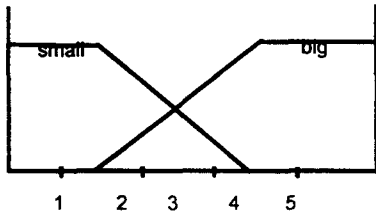


그림 9 퍼지입력 멤버쉽함수
Fig. 9. membership func. of fuzzy input

$$\begin{aligned}
 R1 &= \text{if(왼쪽 is small) and (오른쪽 is small)} \\
 &\quad \text{and (정지 is big) then output is c1} \\
 R2 &= \text{if(왼쪽 is small) and (오른쪽 is big)} \\
 &\quad \text{and (정지 is small) then output is c2} \\
 R3 &= \text{if(왼쪽 is big) and (오른쪽 is small)} \\
 &\quad \text{and (정지 is small) then output is c3}
 \end{aligned} \tag{5}$$

3. 결론 및 향후과제

본 연구를 통하여 카메라로 부터 입력되는 주행신호가 거리에 따라서 크기가 변화되는 경우와 주행신호를 인식하는 위치와 각도 변화에 따르는 주행신호 형상의 변형이, 제안된 MLTM허용한계 블록의 크기가 정의하는 각도내에서 생긴다면 충분히 특징점 인식이 이루어짐을 볼 수 있었다. 그러나 실내환경에는 주행신호와 유사한 형태의 대상체들이 많이 존재하고 또 영상잡음도 무시할 수 없기 때문에 실제 특징점후보 외에도 실제와 유사한 의사특징점들도 특징점으로 많이 인식되었다. 이러한 상황에서 동적인 탐색영역의 활용은 실제의 특징점을 가려내기 위하여 유용한 방법이었으며, 최종적으로 결정된 특징점후보들을 퍼지추론틀에 입력하여 실험해 본 결과 주행신호를 인식하는데 효율적인임을 알 수 있었다. 그러나 이 연구는 단지 3가지 형태의 주행신호에 대한 것으로 추후엔 좀더 다양한 형태의 주행신호에 대한 실험 및 알고리즘의 하드웨어화에 대한 연구가 이루어져야겠다.

참고문헌

- [1]. R.Jain, R.Kasturi and B.G.Schnck " Machine Vision" McGraw-Hill,Inc.
- [2].전윤호, 지능형 이동로봇의 행위기반 제어구조에 관한연구
- [3]. R.A.Brooks,"A Robust Layered Control System for a Mobile Robot." IEEE J of Robotics and Automation, vol.RA-2,no.1 Mar 1986, pp.14-23
- [4]. W.K.Pratt, "Digital Image Processing", Wiley. Interscienc.
- [5]. 김도현외. "핵심 퍼지시스템", 에드텍.1994.
- [6]. J.-S. Roger Jang,"fuzzy logic TOOLBOX",the MATH WORKS Inc.