

## 유전자 알고리즘과 퍼지규칙을 기반으로한 지능형 자동감시 시스템의 개발

장석윤, 박민식, 이영주, 박민용

연세대학교 전기전자공학과

전화 : 02) 2123-2868 / 팩스 : 02) 312-2333

### A Fuzzy Logic System for Detection and Recognition of Human in the Automatic Surveillance System

Sukyun Chang, Minsik Park, Youngju Lee, Myeonghwan Do, Mignon Park

Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

E-mail : sukyun@yeics.yonsei.ac.kr

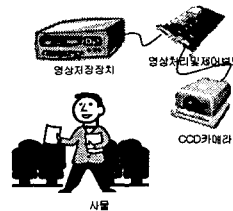
#### Abstract

An image processing and decision making method for the Automatic Surveillance System is proposed. The aim of our Automatic Surveillance System is to detect a moving object and make a decision on whether it is human or not. Various object features such as the ratio of the width and the length of the moving object, the distance dispersion between the principal axis and the object contour, the eigenvectors, the symmetric axes, and the areas of the segmented regions are used in this paper. These features are not the unique and decisive characteristics for representing human. Also, due to the outdoor image property, the object feature information is unavoidably vague and inaccurate. In order to make an efficient decision from that information, we use a fuzzy rule base system as an approximate reasoning method. The fuzzy rules, combining various object features, are able to describe the conditions for making an intelligent decision. The fuzzy rule base system is initially constructed by heuristic approach and then, trained and tested with input/output data. Experimental results are shown, demonstrating the validity of our system.

본 논문에서는 유전자 알고리즘과 퍼지 규칙을 기반으로 한 지능형 자동 감시 시스템을 DSP를 이용하여 구현하였다. CCD 카메라를 통해 움직이는 사물이 포착 되면 이 사물의 윤곽선과 가상적인 축 간의 거리, 고유

벡터, 대칭축, 분할 영역의 면적, 가로와 세로의 비율 등을 포함한 다양한 특징을 추출하여 판단의 기준으로 사용하였다. 그러나 이러한 입력정보들은 인간의 특징을 대표하는 유일하거나 고유한 특징이 아니기 때문에 판단의 기준이 되는 정보들은 불가피하게 애매 모호하며 부정확할 수 있다. 다양한 정보들로부터 효과적인 판단을 내리기 위하여 논리적 추론방법으로써 퍼지 규칙에 근거한 시스템과 효과적인 학습을 위하여 잘 알려진 유전자 알고리즘(GA)을 사용하였다. 알고리즘은 시뮬레이션 과정을 거쳐 TMS32062X DSP를 이용하여 구현하였다.

#### 1. 개요



현재 지능형 자동화 빌딩과 군용 시스템에서 자동 감시 장치는 매우 중요하게 이용되고 있다. 그림 1)로부터 기본적인 동작 원리를 이해할 수 있다. 카메라는 컴퓨터의 주기적인 이미지 처리과정으로부터 움직임이 제어된다. 샘플링된 이미지는 이동물체를 검출하고 물체의 특징을 알아내기 위해 특별한 처리과정을 밟게된다. 물체의 특징을 이용해서 컴퓨터는 검출된 물체가 인간인지 아닌지를 결정하게된다. 만약 인간이 검출된다면 CCD 카메라는 물체를 추적하고 영상을 확대하며 이동 중인 표적물체의 영상을 기록하게된다.

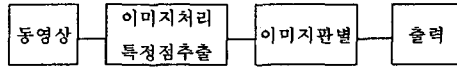


그림 2) 초기이미지 확인과정

지금까지는 사물의 특징점들 중 단 몇 가지의 단서를 기반으로 단순한 판정을 내리는 머신 비전 시스템이 주로 이용되어왔다<sup>7, 15, 19</sup>. 그러나, 판단이 어려운 여러 특징점들이 많아짐에 따라서 보다 체계적인 판정 구조가 필요하게 되었다. 따라서 다양한 사물의 특징으로부터 융통성 있고 최적화된 판단을 할 수 있는 지식기반 구조로서 퍼지 추론 시스템을 도입하였다.

본 논문에서는 퍼지 입력 변수로서 사용된 사물 특징들은 이동체의 가로와 세로의 비율, 주축과 사물의 윤곽선간의 거리분포, 고유벡터, 대칭축, 분할 영역의 면적 등이다. 각 소속함수들과 규칙들은 경험을 바탕으로 제작하였고 주어진 성능을 얻기 위하여 유전자 알고리즘(GA)에 의하여 최종적으로 변수를 조정한 후 완성하였다. 퍼지 규칙에 근거한 시스템의 출력은 최종적인 판단을 하기 위하여 역치 값을 기준으로 두개의 클래스로 분류하였다. 역치 수준은 일정한 인식률을 얻기 위하여 조절할 수 있다.

2. 사물의 인식과 특징점 추출

2.1 이동 물체의 검출

일반적으로 이동 물체는 시공간적 필터링에 의하여 검출될 수 있다. 즉, 움직이는 물체가 존재할 경우에는 순차적으로 영상 정보가 입력되면 시간적으로 뒤에 이어지는 영상에서 앞서있는 영상을 뺀 경우 움직임을 추출할 수 있게 된다. 이것은 순차적 영상의 공간적 추출에 대한 근사치가 된다. 이 근사치에 절대값이 취하고 영상을 동적인 부분과 정적인 부분으로 분리하기 위하여 적당한 역치값을 이용하여 처리하였는데, 수식으로 나타내면 식(1)과 같다.

$$I_m(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } |I(x, y, t) - I(x, y, t - \delta t)| > T_h \\ 0, & \text{if } |I(x, y, t) - I(x, y, t - \delta t)| \leq T_h \end{cases}$$

$T_h$  : 역치값 (1)

2.2 사물 윤곽선을 이용한 판단

시간적으로 연이은 (t 와 t-δ) 두 개의 영상에 대하여

1단계 : 시간적으로 차이가 있는 두개의 영상의 차를 역치값을 이용하여 이진 영상을 얻고

2단계 : 1단계의 결과로부터 영상 전처리 기법으로서 모폴로지를 이용하여 노이즈를 제거하고

3단계 : 시간 t에서의 이진 윤곽영상과 2단계로부터 얻어진 영상을 논리곱 (AND) 연산을 수행하여 사물의 외곽선 영상을 얻어낸다.

4단계 : 외곽선 영상을 후처리한다. 사물의 외곽선을 판정하기 위하여 이동물체의 외곽선 영상 중 불 연속된 부분들은 컨벡스헐(convex hull)을 취하여 보간(interpolation)하고 다각형으로 근사화 한다. 이에 대한 전 과정을 그림 3에 요약하였다.

2.3 사물의 특징점 추출

2.3.1 주축과 사물의 윤곽선간의 거리분포

주축과 사물의 윤곽선간의 거리분포는 사물 폭의 변화를 나타낸다. 그림 4는 주축과 사물 윤곽선간 거리를 나타낸다. 거리 측정점은 주축을 따라 이동한다. 거리 측정점에서 사물 윤곽선에 대한 거리들이 측정되었다. 인간의 모습이 좌우 대칭이라는 점에 착안하면 주축으로부터 한 쪽만 측정할 수도 있다. 만약 인접한 두 측정점간에 급작스런 변화가 검출된다면 거리 측정값도 변화하게 된다.

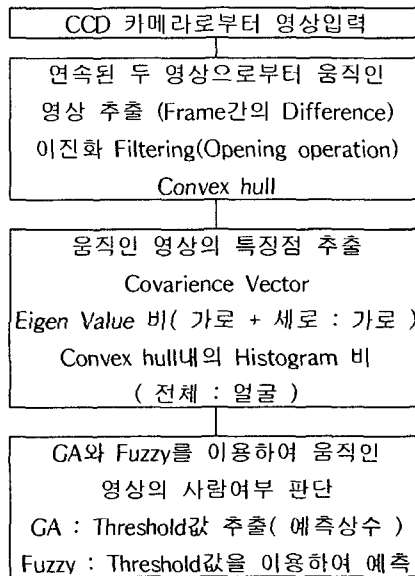


그림 3) 전체적인 처리 순서

## 유전자 알고리즘과 퍼지규칙을 기반으로 한 지능형 자동감시 시스템의 개발

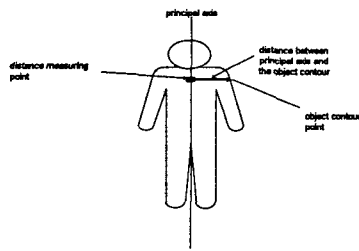
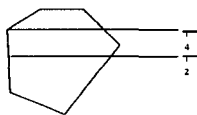


그림 4) 주축과 윤곽선 간의 거리

### 2.3.2 주축(eigenvectors)

사물 영역의 주축은 랜덤 변수로서 영역내의 픽셀을 이용하여 얻어진 공분산 행렬(covariance matrix)의 고유벡터(eigenvector)이다. 영상이 최대 분포한 방향으로 서로 수직인 두 개의 공분산 행렬에 대한 고유벡터를 구하고 주축의 분포와 방향은 가장 큰 고유값과 이에 대한 고유 벡터를 통해 구할 수 있다.

### 2.3.4 이동 사물의 분할



이동된 사물의 영역은 음영의 강도에 기초해서 몇 단계로 분할 할 수 있다. 일반적으로 인간은 3부분으로 구분된다 (그림 5). 즉, 얼굴과 손 같은 노출된 피부의 영역과 신체의 상반신과 하반신으로 구분할 수 있다. 그러나, 특별한 피부를 갖는다거나 복잡한 색의 옷을 입을 경우에는 이러한 세 단계로의 구분은 어렵게 된다. 이동물체의 삼 단계 구분은 다음과 같은 단계에 의하여 처리된다.

1단계 : 이동 물체의 영역에 대한 히스토그램을 계산한다.

2단계 : 히스토그램을 이용하여 이동 물체의 영역을 3단계로 구분한다. 히스토그램의 분할은 일반적으로 나타나는 3개의 주봉을 근거로 하여 구분한다.

### 3. 퍼지 인식 시스템

판단의 결정과정에서 참조하는 사물의 특징에 대한 상대적 중요도의 판정은 절대적이지 않고 애매 모호하며 경험에 경우가 많다. 이러한 점을 조직적이고 효율적으로 접근하기 위하여 퍼지 규칙에 의거한 근사적 판단 방법을 이용하였다. 퍼지 규칙에 근거한 입력은 이동중인 사물의 이미지로부터 추출된 특징들의 집합이 된다.

이러한 시스템에 대한 출력은 이동중인 물체가 인간일 확률을 나타내는 숫자가 된다. 그림 6은 퍼지 규칙에 근거한 시스템을 보여준다.

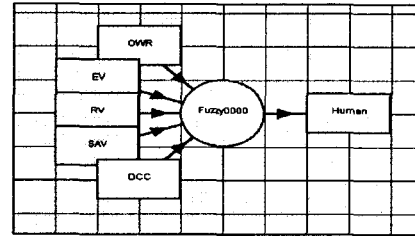


그림 6) Fuzzy Rule Base System 구성

### 4. 결과 및 구현

CCD 카메라에서 출력된 영상 신호들은 PC용 이미지 보드에서 이진으로 변환되고 TMS32062X DSP Test 보드에서 구현하였다. 이미지 보드에서 출력되는 영상은 640\*240 해상도를 갖는 이진 데이터이며 1/2초 간격으로 데이터를 획득하였다. 모의 실험에서는 GA를 이용하여 미리 학습시킨 퍼지 시스템으로 구현하였다. 사람, 모니터, 커튼, 개 등 인간과 비인간을 포함한 50가지의 다양한 사물을 이용하여 실험한 결과 다음과 같은 시스템의 성능을 얻을 수 있었다.

- 1) 사람임을 인식할 확률은 90% 이상이다.
- 2) 인간이 아닌 물체를 비인간으로 인식할 확률은 50% 이상이다.

### 5. 결론

본 논문에서는 검출된 이동물체가 인간인지 아닌지를 판단하기 위하여 퍼지 규칙과 GA를 이용한 지능형 자동 감시 시스템을 제안하였다. 인체가 유동적인 특징과 주변의 환경적인 영향을 극복하기 위한 방법을 제시하였다. 실제적인 자동 감시장치로 구현을 하기 위하여 이미지 캡처 보드와 TMS320C62X DSP를 이용하여 구현하였다.

### 참고문헌

1. R. L. Anderson, "Real-time Gray-scale Video Processing Using a Moment-generating Chip," *IEEE Journal of Robotics and Automation*, vol. RA-1, pp. 70-85, 1985.

2. H. Blum, R. Nagel, "Shape Description Using Weighted Symmetric Axis Features," *Pattern Recognition*, vol. 10, pp. 167-180, 1978.
3. R. C. Bolles, R. A. Cain, "Recognizing and Locating Partially Visible Objects: The Local-Feature Focus Method," *International Journal of Robotics Research*, vol. 1, pp. 57-82, 1982.
4. J. B. Burns, A. R. Hanson, E. M. Riseman, "Extracting Straight Lines," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 8, pp. 425-455, 1986.
5. D. Dubois, H. Prade, "Fuzzy sets in approximate reasoning, part 1: Inference with possibility distributions." *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 40, pp. 143-202, 1991.
6. A. R. Hanson, E. M. Riseman, "VISIONS: A Computer System for Interpreting Scenes," In Hanson A., Riseman E.(eds.): *Computer Vision Systems*, Academic Press, New York, pp. 303-333, 1978.
7. R. M. Hararick, L. G. Shapiro, *Computer and Robot Vision*, Addison-Wesley Pub, 1992.
8. B. Kosko, *Neural Networks and Fuzzy Systems*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1992.
9. D. J. Langridge, "Curve Encoding and the Detection of Discontinuities," *Computer Graphics and Image Processing*, vol. 20, pp. 58-71, 1982.
10. P. A. Maragos, R. W. Schafer, "Morphological Skeleton Representation and Coding of Binary Images," *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and signal processing*, vol. 34, no. 5, 1986.
11. T. Philips, "A Shrinking Technique for Complex Object Decomposition," *Pattern Recognition Letters*, vol. 3, pp. 271-277, 1985.
12. H. L. Resnikoff, *The Illusion of Reality: Topics in Information Science*, Springer Verlag, New York, 1987.
13. H. Rom, G. Medioni, "Hierarchical Decomposition and Axial Shape Description," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 15, no. 10, pp. 973-981, 1993.
14. A. Rosenfeld, "Axial Representations of Shapes," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 33, pp. 156-173, 1986.
15. M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, *Image Processing, Analysis and Machine Vision*, Chapman & Hall Computing Pub, 1993.