

Fuzzy controller를 이용한 실시간 얼굴 추적하는 방법

사인규 *, 안호석 **, 이형규 *, 최진영 **

삼성전자 *, 서울대학교 **

A real-time face tracking method using fuzzy controller.

In-Kyu Sa *, Ho Seok Ahn **, Hyung-Kyu Lee * and Jin Young Choi **

Samsung Electronics Co. *, Seoul National University **

Abstract - A real-time face tracking is a broad topic, covering a large spectrum of technologies and applications. Briefly face tracking is a kind of tracing technique which follows human face in any directions. It needs some algorithms such as human face detection and motion controller to track face. Moreover, both processing time and calculation time are the most important factors that influence to drive tracking system. In this paper, two algorithms are used to find human face; cam-shift algorithm and face detection algorithm using OpenCV. Fuzzy controller is utilized to move pan-tilt camera system which can move four directions along to x-y axis.

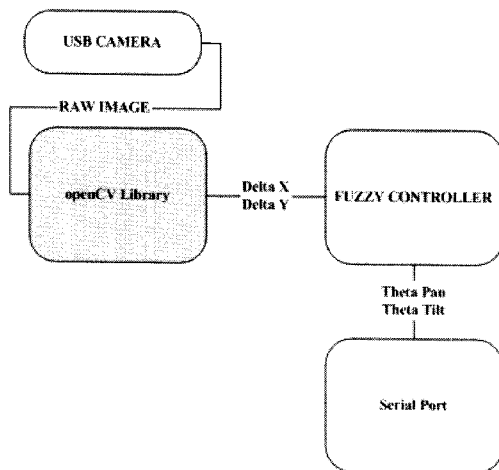
Key words: face tracking, fuzzy controller, cam-shift algorithm.

1. 서 론

본 논문에서는 선형적인 퍼지 추론 방식[1][2]을 이용하여 퍼지 제어 시스템을 제안한다. 퍼지 제어 규칙과 소속 함수를 통해 제어 성능에 미치는 영향을 구체적으로 설명할 수 있는 형태로 출력을 구현하고, 이를 조정하여 단순한 P제어기만을 사용하여 실험한다. 퍼지 시스템을 제공하는 추종 오차 값에 따라 비례 신호와 미분 신호의 가중치가 달라지도록 하며, 이를 통해 추종 성능이 각 이득의 변화와 외부 변수 등의 변화에 대해서 퍼지 제어기에 의해 가중치가 달라지도록 설계하여 정확하고 빠르게 추정하는 효과가 있도록 설계 하였다. 실제 추종 실험을 여러 가지 경우에 대해 선형 P제어기 비교를 통해 성능을 비교하고 분석한다. Mamdani가 처음 2-입력 1-출력의 퍼지 시스템을 적용한 이후 퍼지 제어기는 불확실한 대상이나 비선형적인 대상을 제어하는 효과적인 도구로써 널리 이용되어 왔다.[3] 그 이후로 주로 퍼지 제어기는 2-입력의 퍼지 시스템을 이용하는 제어기 설계 방식이다[3]. 그 이후 많은 2-입력 제어기에 대한 연구가 있었다. 현재는 PID를 복합적으로 사용한 퍼지 PID 제어기를 많이 사용하여 PD형 제어기만으로 사용하면 생기는 정상상태 오차를 줄이는 형태로 응용되고 있다. 본 논문에서는 P제어기만 사용하여 사람의 얼굴을 추적하는 경우와 퍼지 제어기를 사용하여 추적하는 경우에 발생하는 오차의 값을 이용하여 어느 정도 정확하게 추적하는지 판단하였다. 사람의 얼굴을 실시간으로 추적하기 위해 영상상의 intensity 정보 중심 위치를 찾아가는 mean-shift 알고리즘[4]을 사용하였다.

2. 본 론

2.1 시스템의 구성

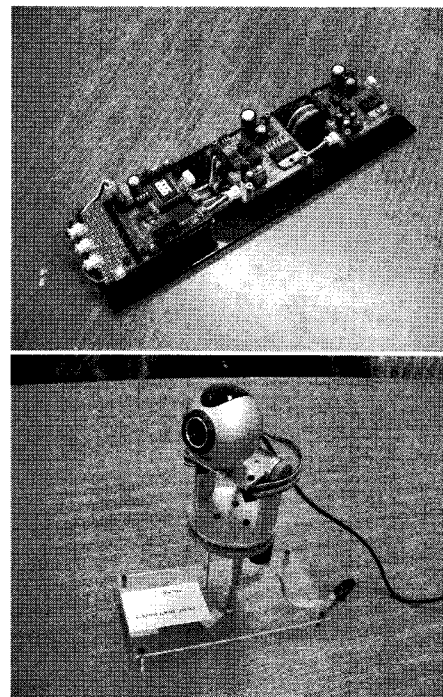


<그림 1> 시스템 구성도

본 논문에서는 그림 1과 같이 시스템을 구성하였다. 영상은 PC에 연결된 USB카메라에 의해서 30 Frame/sec로 PC에 전송된다. PC에서는 OpenCV에서 제공하는 mean-shift 알고리즘을 수정하여 skin color를 가장 빠른 시간에 찾아 낼 수 있도록 최적화 하였다. 초당 30 Frame씩 들어오는 640X480 16bits 영상을 16.6ms이내에 처리해야만 실시간성이 보장되기 때문에, OpenCV에 포함되어 있는 Filter들과 Image processing routine들을 제거했다. 이 과정에서 계산된 사람의 얼굴의 위치 정보가 영상의 중심에서 X축과 Y축으로 얼마나 떨어져 있는지 계산된 후, Fuzzy Controller로 전송된다. Fuzzy Controller에서는 Fuzzy rule에 의해서 미리 정의된 규칙에 의해 알맞은 각속도와 각가속도로 계산되어 진다. 계산된 각속도와 각가속도는 Pan,Tilt로 구성되어진 PID Motor controller에 전달되고, 모터는 이 속도를 따라서 움직이게 된다. 표 1은 본 논문에서 사용한 카메라 및 알고리즘 패키지를 나타낸다. 그림 2는 실험을 하기 위해 제안한 하드웨어 시스템을 보여준다.

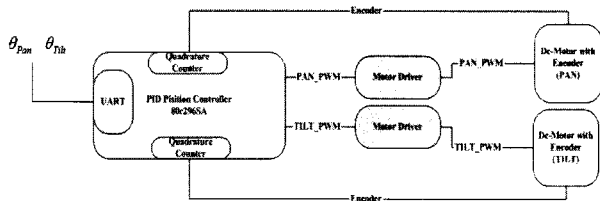
<표 1> 시스템 사양

카메라	Capture camera (USB2.0) ·Logitec "Quick CAM Pro 4000"
알고리즘 패키지	Face Tracker (CAMSHIFT), Fuzzy Inference Engine (FLL)



<그림 2> 하드웨어 시스템

그림 3은 각속도와 각가속도를 PID 컨트롤러를 이용해 PAN/TILT 모터를 제어하는 제어기이다. 모터 컨트롤러는 Intel에서 모터 컨트롤러 전용으로 만든 80c296SA를 사용하였고 두개의 DC모터를 이용해 X축과 Y축 자세 제어를 했다. PID 컨트롤러는 위치 제어를 0.5ms마다 한 번씩 수행하며 움직여야할 각도까지 움직이게 된다.



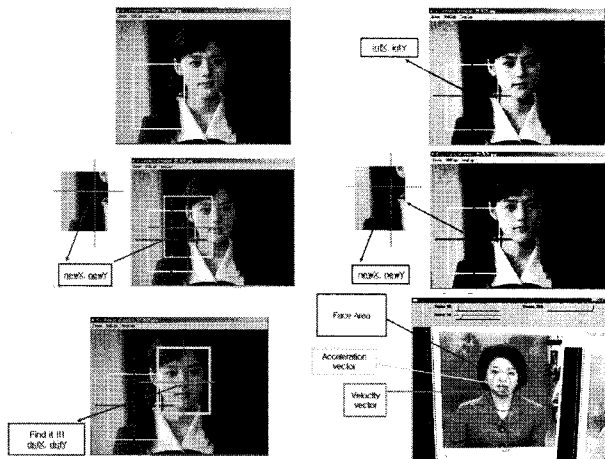
〈그림 3〉 모터 제어기 구성도

2.2 Mean Shift Algorithm

본 논문에서 얼굴을 찾아내기 위해 mean-shift 알고리즘을 사용했다. 그림 4에서 설명하는 것과 같이 개념은 피사의 사탑의 무게중심을 찾듯이 영상의 intensity 정보의 중심으로 계속 이동해 나가며 수렴하여 사람의 얼굴을 찾아낸다. mean-shift 알고리즘은 스킨 컬러를 설정하여 그 색을 빠르게 찾아내기 때문에 실시간성을 보장할 수 있다. 또한 얼굴 인식 방법을 사용하면 누가 현재 시스템에 접근했는지 알아 낼 수 있지만 노이즈에 민감하고 연산 속도가 비교적 느리기 때문에 사용을 배제했다. 그림 5는 mean-shift 알고리즘을 순차적으로 수행하는 방법과 실제 구현한 Windows application을 나타낸다.

$$x_c = \frac{\sum_x \sum_y xI(x,y)}{\sum_x \sum_y I(x,y)} \quad y_c = \frac{\sum_x \sum_y yI(x,y)}{\sum_x \sum_y I(x,y)}$$

〈그림 4〉 Mean-shift algorithm



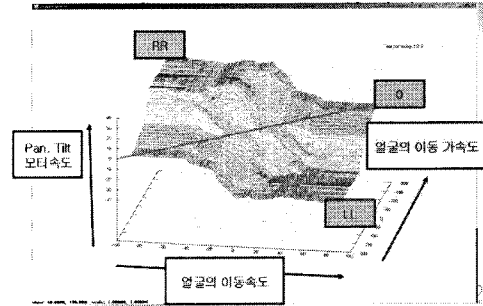
〈그림 5〉 Mean-shift 원리 및 구현

2.3 Fuzzy controller design

퍼지 제어기에 인가된 입력 값을 원하는 출력 값으로 만들기 위해서는 퍼지 룰이 필요하다. 본 논문에서는 그림 6과 같이 퍼지 룰을 만들었다. 이 값은 실험에 의한 값이며, 퍼지 제어기로 인가되는 값은 mean-shift 알고리즘에 의해 찾아진 얼굴이 영상의 중심에서 X축과 Y축으로 각각 벗어나 있는 값이다. 그림 7은 제안한 Fuzzy rule을 사용한 경우 예상 되는 기댓값을 시뮬레이션 한 결과를 보여준다. 빠른 추정을 위해 얼굴의 속도와 가속도 값을 계산하여 실시간 얼굴 추적을 가능하도록 구성하였다.

Pan, Tilt		가속도				
		Left_Pos	Left_Neg	Zero	Right_Pos	Right_Neg
속도	Left_Pos	SS	SS	SS	R	Zero(0)
	Left_Neg	SS	SS	R	Zero(0)	L
	Center	SS	R	Zero(0)	L	
	Right_Pos	R	Zero(0)	L		
	Right_Neg	Zero(0)	L	L		

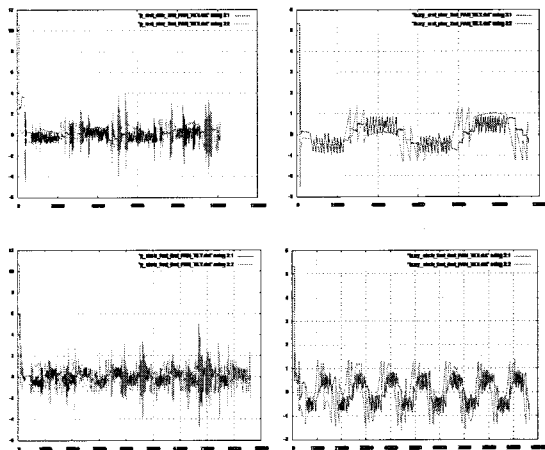
〈그림 6〉 Fuzzy rule



〈그림 7〉 Fuzzy rule 시뮬레이션 결과.

2.4 실험 결과

2.3 에서 제안한 퍼지 룰과 P제어기를 사용한 경우에 어느 정도 오차가 발생하는지 오차의 평균값과 표준 편차를 이용해 비교했다. 그림 8은 실험 결과를 나타내고, 표 2와 표 3은 P제어기와 Fuzzy 제어기의 평균과 표준편차를 나타낸다.



〈그림 8〉 실험 결과

〈표 2〉 P제어기의 평균과 표준편차

Fuzzy제어기	Pan	Tilt
mean	0.018	0.065
stdev	0.672	0.756

〈표 3〉 Fuzzy제어기의 평균과 표준편차

P제어기	Pan	Tilt
mean	0.102	0.072
stdev	0.749	0.838

3. 결 론

Fuzzy제어기를 2.3 에서와 같이 설계하여 P제어기보다 빠르고 정확하게 추정하는 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 P제어기는 얼굴이 빠른 속도로 움직일 경우 추정하지 못하는 현상이 많이 발생 하였는데, 본 논문에서 제안한 Fuzzy controller는 얼굴 움직임의 가속도를 찾아내기 때문에 비교적 얼굴을 빠르게 추정하는 결과를 얻었다. 추후 얼굴 인식 알고리즘과 함께 사용하여 더욱 빠르고 정확하게 사람을 분별하고 추정할 수 있는 시스템을 연구하고자 한다.

[참 고 문 헌]

[1] M. Mizumoto, "Realization of PID controls by fuzzy control methods," Fuzzy Sets System, vol. 70, pp. 171-182, 1995.
 [2] Wu Zhi Quao and M. Mizumoto, "PID type fuzzy controller and d parameter adaptive method," Fuzzy Sets System, vol 78, pp. 23-35, 1996.
 [3] G.K. I. Mann, B, G,Hu, and R.G. Gosine, "Analysis of direct action fuzzy controller structures," IEEE Transaction System, Man s and Cybernatics, vol. 29, no. 3, pp. 371-388, 1999.
 [4] Dorin Comaniciu, et. al., "Kernel-Based Object Tracking," IEE E Transaction on pattern analysis and machine intelligence, vol. 25, no. 5, pp. 564-577, 2003.