

얼굴추적 카메라 구동에 사용된 스텝모터의 속도제어에 관한 연구

이종배[○], 성하경^{○○}, 김영옥[○], 정재훈[○], 범진환[○]
전자품연구원[○], 아주대학교[○]

A study on the speed control of the step motor
for driving face-tracking camera

J.B. Lee[○], H.K. Sung^{○○}, Y.O. Kim[○], J.H. Jeong[○], J.H. Bom[○]
Korea Electronics Technology Institute(KETI)[○], Ajou University[○]

Abstract

The camera system we researched has two stepping motors for the pan and tilt operation, and the human face tracking algorithm. Recently, this kind of the camera is used in PC communication, telecommunication vision meeting and tele-lecture.

This paper discusses the smooth speed control method of this camera when the face is moved to up, down, left and right direction. We used a mean shift algorithm for the face - tracking, proposed the speed control algorithm using a fuzzy logic and certified this characteristics with the experiment.

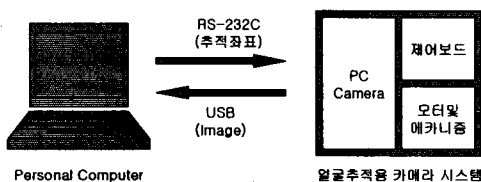
1. 서 론

최근 컴퓨터 및 H/W기술의 발달과 기기와의 휴먼인 터페이스 수요로 인하여 물체를 인식하여 추적하는 카메라의 수요도 증가되고 있다. 이 추적카메라는 최근 감시 분야, 원격데이터 전송 분야 등에 활용이 대두되고 있어 중소 벤처기업을 중심으로 관련제품들이 개발되고 있다. 이러한 카메라는 추적을 위한 알고리즘과 이를 추적하는 구동 시스템이 핵심기술이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 인간의 얼굴을 추적하는 카메라 시스템에서 추적 알고리즘에 의하여 실시간으로 목표물을 제어하는 것을 목표로 하였다. 추적 알고리즘에 의하여 보내어지는 좌표를 피드백 받아 Pan, Tilt 메카니즘을 제어하여 원하는 영역(중심)으로 카메라를 이동시킨다. 피드백 되는 좌표를 PC에서 통신으로 전송 받아 카메라 구동용 스텝모터의 속도를 Fuzzy Logic을 이용하여 최대한 빠르고 부드럽게 제어하는 알고리즘을 제시하였다. 그리고 이를 평가하기 위하여 모터속도를 전압으로 표시할 수 있게 F/V 컨버터를 제작하여 실험으로 증명하였다.

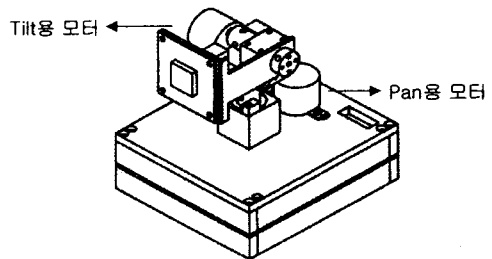
2. 카메라 시스템

2.1 시스템 구성



(그림 2.1) 시스템 구성도

본 연구에서 사용된 시스템의 구성은 그림 2.1과 같다. USB전송이 가능한 PC 카메라에서 데이터를 받아 PC에서 추적 알고리즘을 이용하여 인간의 얼굴을 추적한다. 추적된 X,Y 좌표를 RS-232C로 제어보드에서 받으면 Fuzzy제어기에서는 스텝모터의 속도와 위치명령으로 바꾸어 얼굴이 원하는 중심영역으로 제어하게 된다. 여기서 Image 의 크기는 320×240이며 Pan, Tilt용 스텝모터는 저가격의 Claw-Pole형을 사용하였다.



(그림 2.2) 카메라 시스템의 메커니즘

본 연구에서 사용되어진 메커니즘의 구조는 그림 2.1과 같은데 본 카메라는 PC용이므로, Pan의 각도 90°, Tilt의 각도 45°로 설계되었다.

2.2 얼굴추적 및 PC 인터페이스

얼굴추적을 위하여 USB 포트를 거쳐서 취득된 영상은 마이크로소프트의 Video for Windows 라이브러리를 통하여 영상을 화면에 보여 주었고 추적을 위한 S/W는 계산량이 적고 Color-based인 Mean shift algorithm을 사용하여 Pentium III기준으로 초당 30frame을 처리할수 있게 하였다.



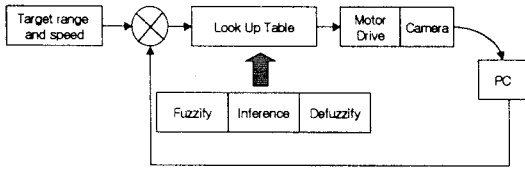
(그림 2.3) 320×240 30fps Tracking

그림 2.3은 사람의 얼굴이 움직였을 때 추적되는 중심점을 도식화하여 보여주고 그 좌표를 나타낸다. 또한 이 좌표를 RS232C를 통하여 제어보드로 전송시켜주는 데 그 통신 프로토콜은 다음과 같다.

STX	X좌표	Y좌표	Checksum	ETX
-----	-----	-----	----------	-----

3. 제어 시스템

본 제어시스템의 H/W를 살펴보면 AT89C51의 마이크로 컨트롤러, RS232C모듈, ROM, RAM, 스텝모터 드라이버 모듈등으로 구성되어 있다[4].



[그림 3.1] 제어 Block Diagram

그리고 제어를 위한 Block Diagram은 그림 3.1과 같다. 추적을 위하여 먼저 PC로부터 좌표를 피드백 받고 이를 기준으로 두 개의 입력을 퍼지화, 추론, 디퍼지화를 하는데 이는 MATLAB를 이용하여 수행하였다. 이를 Table로 구성하여 실시간 제어를 하는데 데이터로 사용하였다.

여기서 영상의 크기가 320×240이므로 이 영상의 중심좌표는(160, 120)이 된다. 추적중심좌표가 항상 이 중심점으로 갈 수 있도록 제어를 해주어야 하는데 실제로 추적알고리즘을 수행하면 물체의 움직임이 없을때도 미세한 좌표변화가 있게 된다. 그러므로 이점을 중심으로 영역을 지정하여 이 영역내를 추적의 목표로 삼았다. 그리고 실제 이 영역은 가로 40, 세로 30의 직사각형으로 정하였다.

3.1 Fuzzy 제어기

Fuzzy제어는 복잡한 수학적인 모델링 보다는 전문가의 지식이나 경험을 바탕으로 하여 제어를 수행함으로써 계산속도를 단축 할 수가 있고, 제어의 환경이 수시로 변하는 대상에 있어서는 적당한 제어방법이라고 할 수 있다[5].

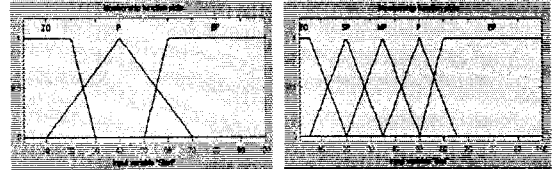
본 논문에서는 입력변수 2개, 출력변수 1개로 구성된 Mamdani방법의 퍼지추론을 사용하여 스텝모터의 속도를 제어하였다. 일반적으로 퍼지 추론엔진에 의한 제어에서 입력 및 출력 변수의 결정 그리고 이 변수들의 Membership Function 범위를 정하는 것은 가장 중요하다[1]. 여기서 퍼지추론엔진의 입력변수 및 출력변수는 다음과 같이 정의 하였다.

- 입력]
- 1) Start -> 정지후 물체의 움직임이 있을 때 시작점.
 - 2) Dist -> 영역의 끝 좌표에서 현재위치와의 차. 출력]
 - 1) Delay -> 스텝모터의 로직 수행시간 (Delay는 모터속도와 반비례)

퍼지추론에 의하여 제어하려는 출력은 스텝모터의 pps(pulse per second) 즉 속도이다. 마이크로 컨트롤러에서 속도제어를 하기 위해서는 모터구동신호 시간의 변화를 가지고서 구현하는데 이를 Delay로 표현하였다. 그러므로 이 Delay가 크면 속도가 느려지는 것이다.

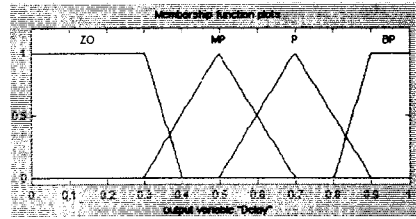
추적하려는 물체의 시작점과 실시간으로 변하는 중심영역과의 거리를 입력으로 하여 스텝모터의 속도제어를 하였는데, 본 논문에서 제안한 방법은 다음과 같다. 스텝모터의 특성 중에서 기동할 수 있는 최대 주파수를 최대 자기동 주파수라고 한다. 물체가 움직여서 정지하고 있을 때 원하는 위치까지 모터를 구동하여 제어하는데 있어서 출발은 최대 자기동 주파수로 출발하고 정지하는 현재 관성을 고려한 후 거리에 따른 감속을 하여 부드럽게 정지하는 것을 목표로 하였다[2]. 결국은 이동해야 할 거리와 남아있는 거리에 따라서 적당히 감속 프로파일을 Fuzzy Logic을 이용해 결정하려고 하는 것이

다.



[그림 3.2] 입력변수의 Membership function

각 입력변수의 Membership function과 그 범위는 그림 3.2와 같다. 여기서 x-축은 범위인데 이것은 목표 영역 끝에서 한쪽방향으로의 실제 좌표차이를 표현한 것이다.



[그림 3.3] 출력변수 'Delay'의 Membership function 위 그림은 출력변수의 Membership function인데 이는 0 ~ 1까지의 상수로 정하고, 이 출력을 이용하여 실제 Delay값은 실험으로 결정을 하였다.

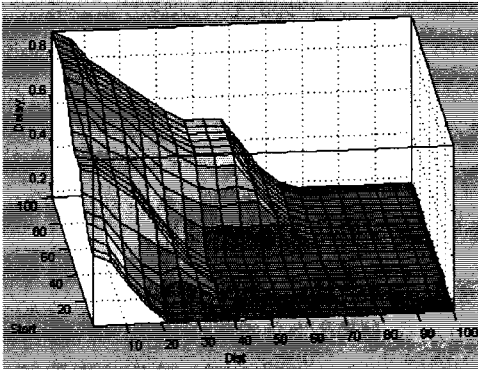
[표 3.1] Fuzzy Rule

Start	ZO	P	BP
Dist			
ZO	MP	P	ZO
SP	ZO	MP	P
MP	ZO	ZO	MP
P	ZO	ZO	MP
BP	ZO	ZO	ZO

1. If (Dist is ZO) and (Start is ZO) then (Delay is MP)
2. If (Dist is ZO) and (Start is P) then (Delay is P)
3. If (Dist is ZO) and (Start is BP) then (Delay is BP)
4. If (Dist is SP) and (Start is ZO) then (Delay is ZO)
5. If (Dist is SP) and (Start is P) then (Delay is MP)
6. If (Dist is SP) and (Start is BP) then (Delay is P)
7. If (Dist is MP) and (Start is ZO) then (Delay is ZO)
8. If (Dist is MP) and (Start is P) then (Delay is ZO)
9. If (Dist is MP) and (Start is BP) then (Delay is MP)
10. If (Dist is P) and (Start is ZO) then (Delay is ZO)
11. If (Dist is P) and (Start is P) then (Delay is ZO)
12. If (Dist is P) and (Start is BP) then (Delay is MP)
13. If (Dist is BP) and (Start is ZO) then (Delay is ZO)
14. If (Dist is BP) and (Start is P) then (Delay is ZO)
15. If (Dist is BP) and (Start is BP) then (Delay is ZO)

표 3.1은 Fuzzy Rule을 표로 표시한 것이며 그 밑의 표현 방법은 MATLAB 문법이다. 여기서 ZO는 Zero, SP는 Small Positive, MP는 Medium Positive, P는 Positive, BP는 Big Positive를 의미한다[5]. 예를 들어 1번 Rule을 보면, Start가 ZO이고 Dist가 ZO이면 현재 거리가 가깝지만 시작점이 가까우므로 다른 시작점인 경우보다는 조금더 Delay가 작은(속도가 빠른, MP)값으로 결정하였다. 이와 같이 입력, 출력, Rule을 정하고 MATLAB을 이용하여 Mamdani추론 방법에 의하여 입력변수에 대한 출력 값들을 결정하였다. 이와 같은 관계는 그림 3.4에서 3차 원으로 보여진다. 입력변수(Dist, Start)의 변화에 대한 출력(Delay)을 볼 수 있는데 제일 바닥 면이 Delay가 가장 작으므로 가장 빠른 모터속도라고 할 수 있다. 이 결과를 살펴보면 어떤 점에서도 가속하는 구간은 없

고 스텝모터의 출발은 일정속도로 하며 시작점과 현재의 거리에 따라서 감속하는 프로파일들이 모두 다르다는 것을 알 수 있다. 그러므로 시작점이 목표 영역에서 가까우면 기구부의 관성에 영향을 덜 받으므로 감속을 많이 할 필요가 없고 시작점이 멀 경우에는 관성의 영향을 많이 받으므로 감속을 충분히 하여 부드러운 프로파일을 형성해 줄 필요가 있다.



[그림 3.4] 퍼지 추론에 의한 결과

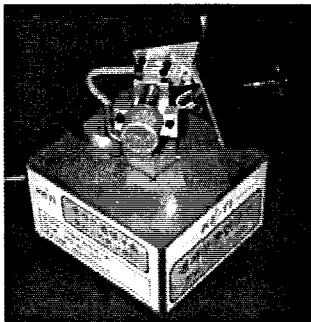
3.2 실험 및 평가

본 연구에서는 이와 같은 시뮬레이션 결과를 이용하여 입력변수들의 구간을 샘플링하여 각 데이터를 Look Up Table로 만들었다. 그리고 출력은 위의 결과가 0.19 ~ 0.78로 되어 있기 때문에 이를 스텝모터의 자기동주 파수와 응답주파수로 결정될 수 있도록 실제 Delay 구간(1 ~ 25)으로 환산하였다. 그리고 이를 Target Board의 ROM에 Writing하여 실시간 제어에 이용하였다. 그래서 Start에서 5개, Dist에서 20개 데이터를 샘플링 하여 총 100개의 데이터를 샘플링 하였고 실제 Delay 데이터를 다음과 같이 계산하였다.

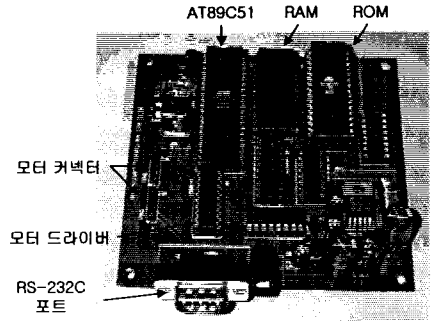
$$\begin{aligned} 0.19x + y &= 1 \\ 0.78x + y &= 25 \end{aligned}$$

위의 연립 방정식을 풀면 $x=40.6$, $y=-6.7$ 이 된다. 이를 각 샘플마다 계산을 하여 정수만을 취하면 실제 프로세서에 사용될 Delay 값을 정할 수 있다[3][4].

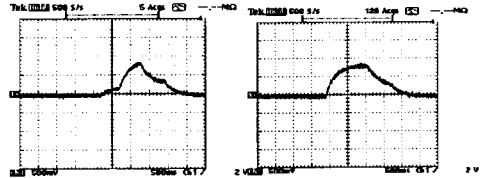
실험은 실제 얼굴을 빠른 속도, 조금 느린 속도 두 가지 경우로 하였고 제작된 F/V 컨버터를 이용하여 이때의 스텝모터 속도를 측정하였다. 본 연구에서는 스텝모터를 프로세서의 포트A를 이용하여 구동하였는데, 이때 출력되는 펄스를 OR-Gate에 통과시켜 2체배 한 후 컨버터에 입력시켜 측정 정밀도를 높였다.



[그림 3.5] 제작된 카메라 시스템



[그림 3.6] 제작된 Pan-Tilt 제어보드



[그림 3.7] 두가지 경우의 속도

그림 3.7은 빠른 경우, 조금 빠른 경우의 속도에서 추적되는 모터속도를 F/V 컨버터의 출력으로 잡은 것이다. 결과를 살펴보면 얼굴 속도에 따른 모터의 감속이 부드럽게 되는 것을 볼 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 PC에서 추적알고리즘에 의한 좌표를 입력받아 원하는 중심영역으로 화면을 이동시키기 위한 모터의 속도제어를 Fuzzy Logic을 이용하여 제어하였다. 거리에 따른 속도 및 시작점에 따른 속도제어를 하여 빠르게 그리고 부드러운 움직임을 구현하였다.

그러나 사용되어진 스텝모터의 자기동 주파수가 느리므로 실제 속도가 빠르지 않아 제어알고리즘의 효과가 크게 나타나지는 않았다. 그러나 본 연구에서 구현된 시스템은 PC용 카메라이므로 이 정도의 속도에서도 충분히 사용이 가능하다. 향후 고속의 스텝모터가 사용된 시스템을 구현한다면 감시 및 원격 강의에서도 사용할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Franck Betin, Daniel Pinchon, "Fuzzy Logic Applied to Speed Control of a Stepping Motor Drive", IEE E Transactions on industrial electronics, vol 47, 200 0
- [2] P. John Clarkson, "Closed-Loop Control of Stepping Motor Systems", IEEE Transactions on industry applications, vol 24, 1988
- [3] Takashi Kenjo, Akira Sugawara "스텝모터와 마이컴 제어", 일진사, 1997
- [4] 차영배, "8051기초부터 응용까지", 통일출판사, 1996
- [5] "MATLAB, fuzzy logic", The MATH WORKS, 1995