

論文2003-40SC-3-5

퍼지제어를 이용한 얼굴추적 카메라 구동 시스템의 설계 및 구현

(Design and Implementation of Driving System for Face Tracking Camera using Fuzzy Control)

李宗培*, 林俊弘*

(Jong-Bae Lee and Joon-Hong Lim)

요약

본 논문에서는 퍼지제어를 이용하여 사람의 얼굴을 추적하는 카메라를 구동하는 시스템을 구현한다. 팬틸트(Pan Tilt)구조를 가진 카메라 시스템은 먼저 영상을 PC로 보내고 PC에서는 추적알고리즘에 의한 추적 좌표를 다시 카메라에 전송하면 카메라는 목표 얼굴을 실시간으로 추적하는 방식으로 되어 있다. 카메라를 구동하는 2축의 스텝모터는 PC에서 전송된 목표 좌표로 최대한 빠르고 또한 부드럽게 제어되어야 한다. 이를 위해서 본 논문에서는 퍼지제어기를 제안하여 구동용 가·감속 주파수를 만들고 두 축의 스텝모터를 빠르면서도 부드럽게 제어한다. 그리고 본 제안 방식의 효율성을 검증하기 위하여 실험 장치를 제작하고 실험을 수행한다.

Abstract

In this paper, the speed control problem of moving camera is investigated for tracking the movement of the human-face. The camera system with pan-tilt mechanism sends an image to PC and PC sends back tracking coordinate to the camera. Then the camera tracks a human face in real time. The speed of the stepping motors for moving the camera must be controlled to the target region fast enough and smoothly. In this paper, a fuzzy logic controller is proposed for driving step motors. By creating driving acceleration and deceleration speed profile, the speed of the motors is controlled fast and smoothly. Experiments are performed to show the effectiveness of the proposed method.

Keyword : Fuzzy Control, Face Tracking, Step Motor, Dome Camera

I. 서론

최근 컴퓨터 및 H/W기술의 발달과 기기와의 휴먼인터페이스 수요로 인하여 물체를 인식하여 추적하는 카메라의 관심도 증가되고 있다. 이 추적카메라는 최근 감시분야, 원격데이터 전송 분야등에 활용이 대두되고

어 중소 벤처기업을 중심으로 관련제품들이 개발되고 있다. 특히 감시분야중 최근 관련 제품이 많이 출시되고 있는 DVR(Digital Video Recorder)의 경우는 다수의 카메라가 필요하게 되는데 이 시스템에 얼굴을 추적하는 카메라를 이용한다면 더욱 부가가치가 높고 효율적인 시스템이 될 수 있을 것이다. 이러한 카메라는 추적을 위한 알고리즘과 이를 추적하는 구동 시스템이 핵심기술이라 할 수 있다. 감시분야 및 원격 데이터 전송분야등에서 사용할 때 영상데이터의 흔들림 및 노이

* 正會員, 漢陽大學校 電子컴퓨터工學部

(School of Electrical Engineering and Computer Science, Hanyang University)

接受日字:2002年11月28日, 수정완료일:2003年5月6日

즈등은 시스템의 성능을 저하 시키는 요소로 작용한다. 추적을 위해 카메라가 움직이게 되면 이러한 원인으로 성능이 저하될 수 있다. 추적카메라는 보통 스텝모터를 많이 사용하는데 일반적인 오픈루프 제어방식을 사용하면 움직임이 딱딱하여 영상이 매우 흔들리는 요인이 되고 또한 이를 없애려고 속도를 느리게 세팅한다면 움직이는 물체를 놓칠 확률이 커지게 된다^[1]. 또한 이 시스템에 있어서 사람의 움직임은 그 사람의 성격 및 현재 환경에 따라 일정하지 않고 예측하기 힘든 조건 일 때가 많다.

본 연구에서는 얼굴을 추적하는 카메라 시스템의 속도를 제어하기 위하여 퍼지제어기를 제안한다. 퍼지 제어는 수학적인 모델링이 어렵거나 선형이 아닌 시스템에 효과적으로 적용이 가능하다^[2]. 이는 인간의 경험을 바탕으로 언어적인 표현을 이용하여 제어하는 방법이므로 정밀제어 등에는 적절하지 않지만 사람의 얼굴이 화면의 중심에 적당히 위치할 수 있게 하는 본 카메라 시스템에는 효율적인 방법이다^[3].

추적 알고리즘에 의하여 PC에서 보내어지는 좌표를 피드백 받아 팬 틸트 메카니즘을 제어하여 원하는 영역(중심)으로 카메라를 이동시킨다. 피드백 되는 좌표를 PC에서 통신으로 전송 받아 카메라 구동용 스텝모터의 속도를 퍼지로직을 이용하여 최대한 빠르고 부드럽게 제어하는 방법을 제시한다. 설계된 구동 및 제어 회로는 최근 8Bit RISC 마이크로 컨트롤러로 많이 사용되는 AVR계열인 AT90S8515를 사용하고 이를 통하여 제어 알고리즘을 수행하게 한다. 그리고 이 시스템의 특성을 평가하기 위하여 스텝모터의 움직임을 펄스 형태의 주파수로 출력시키고 이 주파수를 전압으로 표시할 수 있게 하는 F/V (Frequency /Voltage) 컨버터를 제작하여 실험적으로 증명한다.

II. 얼굴추적 카메라 시스템

1. 시스템 구성

본 연구에서 사용된 시스템의 구성은 <그림 1>과 같다. 돔 형태를 갖춘 카메라에서는 영상 신호를 PC의 Frame Grabber로 전송시킨다. PC에서는 Grabber를 통하여 디지털로 변화된 영상신호를 이용하여 얼굴 추적 알고리즘이 수행되어 인간의 얼굴을 추적한다. 추적된 얼굴의 중심 X,Y 좌표는 다시 RS-232C 통신을 거쳐 카메라로 전송되면 카메라 시스템은 퍼지제어기를 이

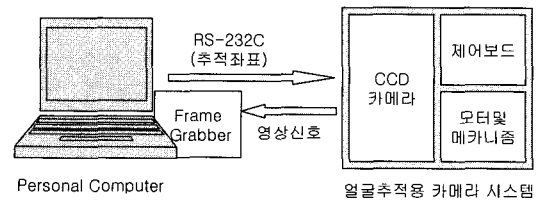


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System Block Diagram.

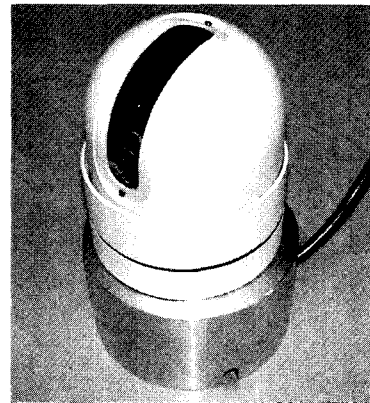


그림 2. 돔 카메라 사진
Fig. 2. Picture of Dome Camera.

용하여 속도와 위치명령으로 바꾸고 2축의 스텝모터를 구동시켜 얼굴이 원하는 중심영역으로 움직이도록 제어하게 된다. 여기서 영상 데이터의 크기는 320×240이며 Pan, Tilt용 스텝모터는 3상 Hybrid형 스텝모터를 사용한다.

본 연구에서 사용되어진 카메라의 구조는 <그림 2>와 같이 돔 형태로 되어 있고 카메라의 운전범위는 Pan 각도 360°, Tilt의 각도 120°이다.

2. 얼굴추적 및 PC 인터페이스

얼굴추적을 위하여 Frame Grabber를 거쳐서 취득된 영상은 마이크로소프트 Direct Show 라이브러리를 통하여 화면에 보여 준다. 그리고 추적을 위한 알고리즘



그림 3. 320×240 30fps 추적화면
Fig. 3. 320×240 30fps Tracking Image.

은 계산량이 적고 Color-based인 Mean Shift Algorithm을 사용하고 Pentium III기준으로 초당 30frame을 처리할 수 있게 한다

<그림 3>은 사람의 얼굴이 움직였을 때 추적되는 중심점을 도식화하여 보여주고 그 좌표를 나타낸다. 또한 이 좌표를 RS232C를 통하여 제어보드로 초당 5번 즉 200ms마다 1번씩 전송시켜 주며 그 통신 프로토콜은 다음과 같다.

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

III. 제어 시스템

본 연구의 제어시스템의 개념도는 <그림 4>와 같다. 마이크로 컨트롤러는 8Bit RISC칩인 AVR계열의 AT90S8515를 사용하고, 스텝모터 드라이브 모듈은 전용칩인 SANKEN社의 SLA6020을 사용한다. BNC케이블에 의하여 PC로 보내지는 영상의 크기는 320×240이므로 이 영상의 중심좌표는(160, 120)이 된다. 추적중심좌표가 항상 이 중심점으로 갈 수 있도록 제어를 해주어야 하는데 실제로 추적알고리즘을 수행하면 물체의 움직임이 없을 때에도 미세한 좌표변화가 있게 된다. 이러한 움직임을 보완하기 위하여 중심점을 기준으로 사각영역을 지정하여 이 영역 내를 추적 목표로 삼는다. 이 영역을 가로 40, 세로 30의 직사각형으로 정한다.

1. 퍼지 제어기

퍼지 제어는 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^[4].

본 논문에서는 입력변수를 2개, 출력변수를 1개로 설정하고 Mamdani방법의 퍼지추론을 사용하여 스텝모터

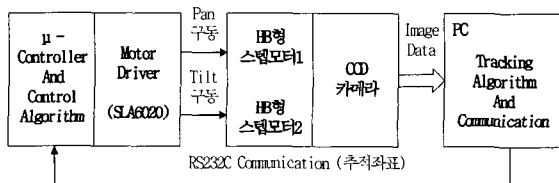


그림 4. 제어를 위한 개념도
Fig. 4. Concept Diagram for Control.

의 속도를 제어한다. 일반적으로 퍼지 추론엔진에 의한 제어에서 입력 및 출력 변수의 결정하는 것 그리고 이 변수들의 Membership Function 범위를 정하는 것은 가장 중요하다^[1,5].

여기서 퍼지추론 엔진의 입력변수 및 출력변수를 다음과 같이 정의한다.

[입력]

- 1) Distance -> 목표영역의 끝 좌표에서 현재 위치와의 거리
- 2) Velocity -> 카메라와 목표 얼굴간의 상대속도
 $Velocity = (D_{new} - D_{old}) / t_c$
 t_c : PC와의 통신 시간(Constant:200ms)
 D_{new} : 현재 Distance
 D_{old} : t_c 시간 전의 Distance

[출력]

- 1) Delay -> 스텝모터의 로직 수행시간으로 모터속도와 반비례한다.

<그림 5>는 변수설정을 도식화하여 표현한 것으로 t_c 시간동안에 이동하는 얼굴에 대하여 목표영역(40×30)까지의 거리인 Distance와 D_{new} , D_{old} 의 개념에 대하여 나타낸다.

추적하려는 물체(얼굴)의 움직임은 아주 불규칙적이므로 이 움직임에 따라 정확히 모터의 속도를 제어하는 것은 아주 힘들다. 본 연구에서는 기본적으로 추적이 시작될 때 가속 그리고 원하는 위치에 물체가 가까이 오면 감속하여 제어하는 것을 목표로 한다. 그리고 현재 물체를 쫓아가는 카메라의 입장에서 물체가 멀어

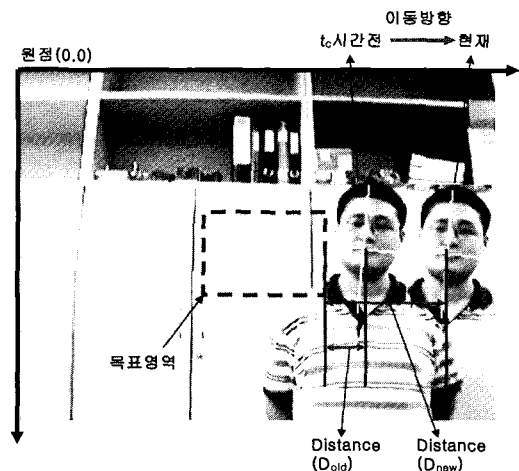


그림 5. 퍼지제어를 위한 변수
Fig. 5. Variables for Fuzzy Control

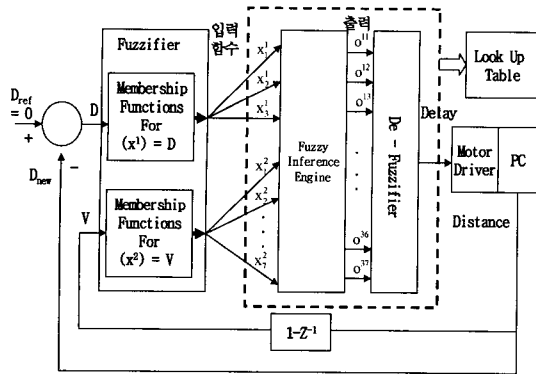


그림 6. 추적카메라를 위한 퍼지제어 블록도
Fig. 6. Block Diagram of Fuzzy Control for Tracking Camera.

저 가는가와 가까워 지는가를 판단하고 또한 그때의 물체(얼굴) 속도등을 고려하여 현재 추적하는 카메라를 구동하는 스텝모터 속도를 제어하려고 하는 것이다.

추적카메라를 제어하기 위한 퍼지제어의 블록도는 <그림 6>과 같다. 여기서 제안한 퍼지제어의 입력 중 Distance는 목표(사각)영역의 끝 좌표에서 현재위치와의 절대 거리이다. 이 입력변수에 대한 함수개수는 3개($x_1^1, x_1^2, x_2^1, x_2^2$)로 정한다^[1,4]. 그리고 Velocity는 카메라와의 상대적인 속도인데, 일정시간(PC와 프로토콜 전송시간)동안 거리(Distance)의 변화량이므로 즉 이는 같은 Distance라도 물체(얼굴)의 움직이는 방향과 속도를 판단할 수 있는 입력 값이다. 그리고 이 변수에 대한 함수의 개수는 7개($x_1^2, x_2^2, \dots, x_7^2$)로 정한다. 이 입력변수의 Membership Function은 퍼지추론 엔진을 통과하여 출력으로 이끌어 진다. 이 출력들은 다시 De-Fuzzify과정을 거쳐 단일 출력변수의 값으로 정해진다^[8]. 본 연구에서는 퍼지추론엔진 연산 및 De-Fuzzify과정을 PC의 MATLAB프로그램을 이용하여 연산하고 이를 Look-Up Table화 하여 제어보드 프로그램에서 이용한다. 퍼지추론에 의하여 제어하려는 대상은 스텝모터의 속도이다. 마이크로 컨트롤러에서 속도제어를 하기 위해서는 모터구동신호 시간의 변화를 가지고 구현하는데 이를 Delay로 표현한다. 그러므로 이 Delay가 크면 속도가 느려지는 반비례의 관계에 있다.

2. MATLAB을 이용한 시뮬레이션

각 입력변수의 Membership function과 그 범위는 <그림 7>과 같다^[6]. 여기서 두 가지 변수 모두 x축은

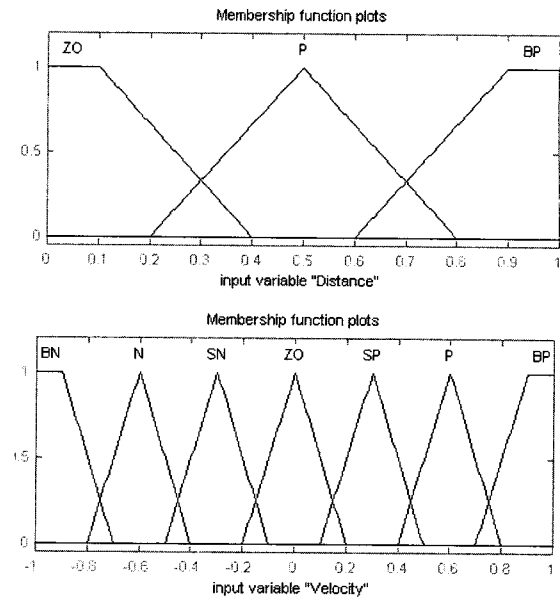


그림 7. 입력변수의 Membership function
Fig. 7. Membership Function of Input Variable.

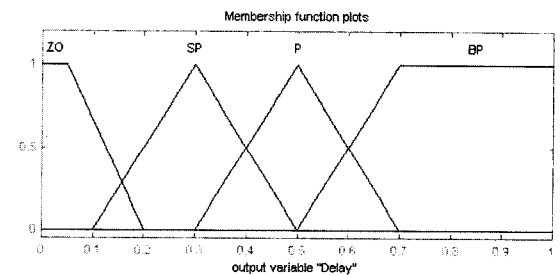


그림 8. 출력변수의 Membership function
Fig. 8. Membership Function of Output Variable.

표 1. 퍼지 룰
Table 1. Fuzzy rule.

Dist \ V	ZO	P	BP
BN	BP	BP	P
N	BP	BP	SP
SN	BP	P	SP
ZO	BP	P	SP
SP	BP	P	ZO
P	P	SP	ZO
BP	P	SP	ZO

0~1로 정하고 실제 적용할 때는 Pan, Tilt로 움직이는 좌표가 다르므로 각각 Scaling하여 사용한다.

<그림 8>는 출력변수의 Membership Function이다. 이도 마찬가지로 0~1까지의 상수로 정하고, 이 출력을

이용하여 실제 Delay값은 실험을 하여 계산으로 결정한다.

<표 1>은 퍼지 룰을 표시한 것이다. 입력변수 Distance의 함수 3개, Velocity의 함수 7개로 구성되어 있으며 출력 변수의 함수는 4개로 구성되어 있다. 그리고 이 Rule을 문법으로 표현하면 다음과 같고 21개로 정한다.

1. If (Distance is ZO) and (Velocity is BN) then (Delay is BP)
2. If (Distance is P) and (Velocity is BN) then (Delay is BP)
3. If (Distance is BP) and (Velocity is BN) then (Delay is P)
4. If (Distance is ZO) and (Velocity is N) then (Delay is BP)
5. If (Distance is P) and (Velocity is N) then (Delay is BP)
6. If (Distance is BP) and (Velocity is N) then (Delay is SP)
7. If (Distance is ZO) and (Velocity is SN) then (Delay is BP)
8. If (Distance is P) and (Velocity is SN) then (Delay is P)
9. If (Distance is BP) and (Velocity is SN) then (Delay is SP)
10. If (Distance is ZO) and (Velocity is ZO) then (Delay is BP)
11. If (Distance is P) and (Velocity is ZO) then (Delay is P)
12. If (Distance is BP) and (Velocity is ZO) then (Delay is SP)
13. If (Distance is ZO) and (Velocity is SP) then (Delay is BP)
14. If (Distance is P) and (Velocity is SP) then (Delay is P)
15. If (Distance is BP) and (Velocity is SP) then (Delay is ZO)
16. If (Distance is ZO) and (Velocity is P) then (Delay is P)
17. If (Distance is P) and (Velocity is P) then (Delay is SP)
18. If (Distance is BP) and (Velocity is P) then (Delay is ZO)
19. If (Distance is ZO) and (Velocity is BP) then (Delay is P)
20. If (Distance is P) and (Velocity is BP) then (Delay is SP)
21. If (Distance is BP) and (Velocity is BP) then (Delay is ZO)

여기서 ZO는 Zero, SP는 Small Positive, SN은 Small Negative, P는 Positive, N은 Negative, BP는 Big Positive, BN은 Big Negative를 의미한다^[5]. 이 Rule을 정할 때 기본적으로 Distance가 가까운 점에서는 Delay가 작게, 그리고 먼 점에서는 Delay가 크게 되도록 결정한다. 또한 Velocity에 있어서는 빨리 멀어져 가는 방향(BP방향)에서는 상대적으로 Delay가 작게, 빨리 가까워지는 방향(BN방향)에서는 상대적으로 Delay가 크게 되도록 결정한다. 예를 들어 1번 Rule을 보면, Distance가 ZO이고 Velocity가 BN이므로 거리는 가까우면서 가까워지는 방향으로 빨리 움직이고 있는 상태이다. 이는 Delay값을 제일 크게 즉 모터의 속도를 제일 느리게 주는 것이다. 이와 같이 입력, 출력, Rule을 정하고 MATLAB을 이용하여 Mamdani추론 방법에 의하여 입력변수에 대한 출력 값들을 결정한다.

<그림 9>에서는 입력변수(Distance, Velocity)의 변화에 대한 출력(Delay)을 볼 수 있다. 제일 바닥 면이 Delay가 가장 작으므로 가장 빠른 모터속도라고 할 수

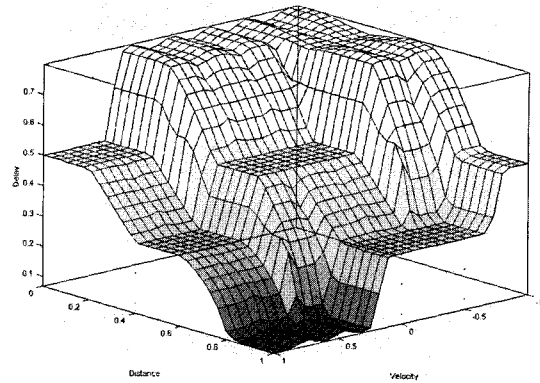


그림 9. 퍼지 추론에 의한 결과
Fig. 9. Results of fuzzy inference.

있다. 이 결과를 살펴보면 Distance의 영향으로 거리가 가까울 때는 항상 Delay가 0.5이상으로 속도가 느리게 나타남을 알 수 있고 또한 가장 앞쪽 바닥 면에서는 일단 거리가 멀고 또한 빨리 멀어져 가는 방향이므로 가장 모터 속도가 빠른 출력으로 나옴을 알 수 있다. 이와 같이 제어를 하면 모터의 속도는 항상 가·감속 프로파일을 가지게 되므로 부드러운 움직임을 가지게 되며, 움직이는 물체(얼굴)에 대하여 효율적으로 가·감속을 할 수가 있어 원하는 목표로 빠르게 도달할 수가 있다.

IV. 실험 및 평가

1. F/V 컨버터

본 논문에서는 추적 카메라의 특성을 평가하기 위하여 스텝모터의 구동주파수를 측정할 수 있는 F/V(Frequency to Voltage)보드를 추가로 설계 제작한다. F/V 컨버터 전용 칩인 LM331을 이용 하고 사용 주파수 구간에 맞게 적절한 R, C 주변회로를 선정하여 사용한다.

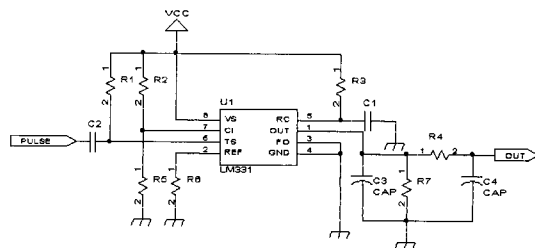


그림 10. F/V 컨버터 회로
Fig. 10. F/V Converter Circuit.

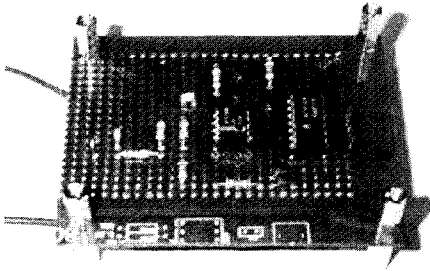


그림 11. F/V 컨버터 보드
Fig. 11. F/V Converter Board.

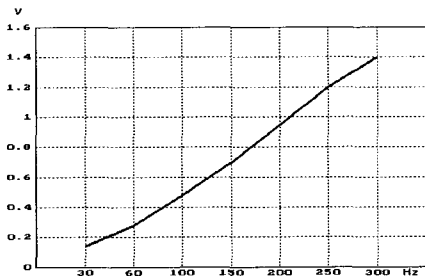


그림 12. F/V컨버터의 특성 곡선
Fig. 12. Characteristic Curve of F/V Converter.

<그림 10>과 <그림 11>은 본 논문에서 설계한 F/V 컨버터회로와 제작된 보드이다.

<그림 12>는 제작된 F/V컨버터의 특성곡선을 나타낸다. 사용된 스텝모터는 구동 주파수는 30~300Hz이다^[7].

2. 특성평가

본 연구에서는 III장 2절에서의 시뮬레이션 결과를 이용하여 입력변수들의 구간을 샘플링 하고 이에 해당하는 출력을 Look Up Table로 만든다. 샘플링은 Distance에 대한 고려를 더 중요시하기 위하여 Distance에서 20개, 그리고 Velocity에서 5개를 선택하여 총 100개의 데이터를 샘플링한다. 이 결과로 Matlab의 출력 값은 0.06 ~ 0.79로 나타나 진다. 그리고 실제 제어에 사용할 때에는 실험적으로 산출한 최대속도와 최저속도에 해당하는 Delay값으로 대응 시키는데 실험에 의한 본 시스템의 Delay값 구간은 1500 ~ 3500이다. 그리고 퍼지 출력값을 실제값으로 산출하기 위하여 식 (1)을 이용한다.

$$Delay_{(real)} = Delay_{(Fuzzy_out)} \times C_1 + C_2 \quad (1)$$

여기서 C_1 과 C_2 는 상수이고 이는 각 Delay값의 최대

값과 최소값을 이용하여

$$\begin{aligned} 0.06C_1 + C_2 &= 1500 \\ 0.79C_1 + C_2 &= 3500 \end{aligned} \quad (2)$$

로 주어지는 연립방정식을 풀어서 구한다.

위의 연립 방정식을 풀면 $C_1=2739.7$, $C_2=1335.6$ 이 된다. 그러므로 각 출력 샘플마다 $Delay_{(Fuzzy_out_sample)} \times 2739.7 + 1335.6$ 으로 계산하고 이를 정수만 취한다. 그리고 이를 실제 프로세서에서 스텝모터 하나의 시퀀스에서 다음번 시퀀스까지의 지연시간으로 결정한다^[8].

실험은 실제 얼굴을 제어가 없이 일정 Delay로 실험한 경우와 퍼지제어를 하는 경우로 구분해서 한다. 그리고 퍼지제어를 이용한 경우에도 얼굴의 속도가 빠른 경우와 상대적으로 이보다는 느린 조금 빠른경우로 구분해서 한다. 내부 프로그램에서는 구동 명령이 한 스텝 수행될 때마다 1 포트로 펄스를 내보내고 이 출력을 제작된 F/V 컨버터의 입력으로 받아 스텝모터 속도

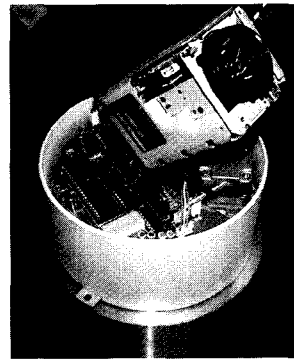


그림 13. 카메라 시스템의 내부
Fig. 13. Inner Picture of Camera System.

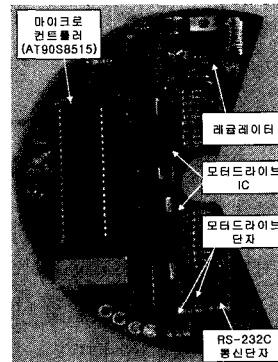


그림 14. 제어보드
Fig. 14. Control board.

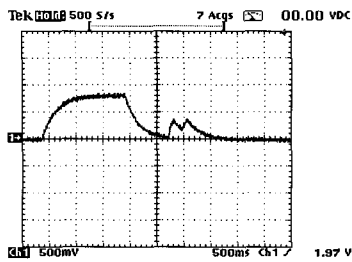


그림 15. 일정 Delay값으로 제어
Fig. 15. Control with Constant Delay Value.

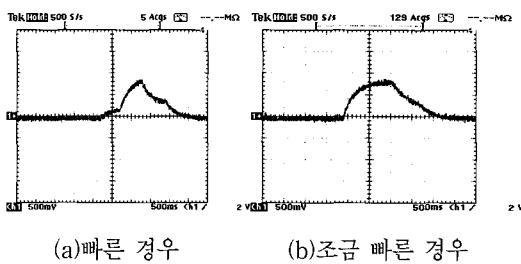


그림 16. 퍼지 제어
Fig. 16. Fuzzy Control.

를 측정한다.

<그림 15>는 일정한 Delay값 2,000으로 제어한 경우인데 파형에서 멈출 때에 약간의 오실레이션이 일어나는 것을 알 수 있다. 이는 감속이 없으므로 카메라의 무게 때문에 카메라가 흔들리는 현상이다. 그러므로 일정 Delay값으로 제어하는 경우에 이를 제거하려면 Delay값을 더 느리게 해주어야 하는데 이 경우는 또한 추적 시간이 느려진다는 단점을 가지게 되는 것이다. <그림 16>은 모두 퍼지제어기로 제어를 하는 경우로 빠른 경우, 조금 빠른 경우로 상대적으로 구분하여 결과를 출력한 것이다. 결과를 살펴보면 얼굴 속도에 따른 모터의 가·감속이 부드럽게 되는 것을 볼 수 있으며 멈춘 후에도 오실레이션에 의한 카메라의 흔들림이 없는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 PC에서 추적알고리즘에 의한 좌표를 피드백 받아 원하는 중심영역으로 화면을 이동시키기 위한 스텝모터의 속도를 퍼지 로직을 이용하여 제어하였다. 거리와 물체(얼굴)의 방향과 속도에 따른 스텝모터의 속도제어를 하여 카메라의 중심이 원하는 위치에 빠르고 부드러운 움직임으로 갈 수 있는 방법을 제시

하였다.

본 연구에서는 상용 돔 카메라에 제어보드 만을 기구부에 맞게 제작하여 사용하여 알고리즘을 구현하였고 성능을 평가하였다. 향후 실제로 상용으로 적용되기 위해서는 Pan-Tilt 기구부까지 설계 및 제작이 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Kefsi Laid, "Integrated Sensor based Hybrid Stepping Motor Fuzzy Speed Servo System", ICEMS 2001 Proceedings of the Fifth International Conference on Vol. 2, 2001.
- [2] Franck Betin, Daniel Pinchon, "Fuzzy Logic Applied to Speed Control of a Stepping Motor Drive", IEEE Transactions on industrial electronics, vol 47, 2000.
- [3] J. G. Hollinger and R. A. Bergstrom, "A Fuzzy Logic Force Controller for a Stepper Motor Robot", Intelligent Control 1992 Proceedings of the 1992 IEEE International Symposium on 1992.
- [4] Ahmed Rubaai, Daniel Ricketts, "Laboratory Implementation of a Microprocessor-Based Fuzzy Logic Tracking Controller for Motion Controls and Drives, IEEE Trans. on Industry App. vol. 38, 2002.
- [5] P. John Clarkson, "Closed-Loop Control of Stepping Motor Systems", IEEE Transactions on Industry Applications, vol 24, 1988.
- [6] "MATLAB, fuzzy logic", The MATH WORKS 1995.
- [7] Takashi Kenjo, Akira Sugawara "스테핑모터와 마이컴제어", 일진사, 1997
- [8] 차영배, "8051기초부터 응용까지", 동일출판사, 1996

저 자 소 개



李宗培(正會員)

1987년 3월~1992년 2월 : 한양대학교 전자공학 공학사. 1992년 3월~1994년 2월 : 한양대학교 기전공학 공학석사. 1993년 12월~1995년 5월 : LG산전연구소. 1995년 5월~현재 : 전자부품연구원 선임연구원. 2001년 3월~현재 : 한양대학교 전자제어계측공학과 박사과정.



林俊弘(正會員)

1975년 3월~1979년 2월 : 서울대학교 전자공학 공학사. 1979년 3월~1981년 2월 : 한국과학기술원 전자공학공학석사. 1982년 8월~1986년 5월 : Univ. of Iowa 전자공학 공학박사. 1986년 9월~1989년 2월 : 한국항공대학 전자공학과 조교수. 1989년 3월~1996년 2월 : 한양대학교 전자공학과 부교수. 1996년 3월~현재 : 한양대학교 전자컴퓨터 공학부 교수.