論文93-30B-6-3

애매논리를 이용한 칼라 텔레비젼의 백색균형 자동조정에 관한 연구

(A study on automatic adjustment of white-balance for color television by using the fuzzy logic)

蔡 錫*, 吳 英 碩*, 李 相 允*, 李 志 弘*

(Seog Chae, Young Suk Oh, Sang Yun Lee and Ji Hong Lee)

要 約

5입력-5출력 비선형 프로세스인 칼라 텔레비젼의 백색 균형 조정을 위한 퍼지제어기 설계 문제를 다룬다. 두손을 사용하는 숙련 작업자의 지식을 기반으로 하는 퍼지제어기와 다변수를 동시에 제어하는 다변수 퍼지제어기를 제안한다. 사람은 두손밖에 없으므로 동시에 제어 가능한 변수의 수는 2개이므로 시스템의 제어 변수가 3개 이상인 경우 숙련자의 제어 규칙은 다변수 동시 제어 규칙과는 다르다. 숙련자의 경험적 지식과 제어 대상의 특성을 활용하여 다변수 퍼지제어기를 설계할 수 있음을 실험을 통하여 보인다.

Abstract

The white-balance system for color tevision is characterized by 5 input-5 output nonlinear process. A design strategy of fuzzy control rules is treated in which it can be adopted to the white balance adjustment for color television. A fuzzy rule based on an expert 's knowledge is constructed, and then a multivariable fuzzy control rule is designed. Since human has just two hands, he can manipulate two variables simutaneously. In case when the process to be controlled has more than three control variables, expert' s control rule is much different from the multivariable control rule. A multivariable fuzzy control rule is constructed by utilizing the expert ' knowledge and rough relations between input and output variables, and its usefulness is shown by experiments.

Ⅰ. 서론

Mamdani가 퍼지이론을 스팀엔진 제어에 적용한 이래 성공적인 적용 사례가 많이 보고 되었으며[1-8], 복잡하고 비선형인 프로세스의 제어에 퍼지 제어 기법이 효과적으로 적용될 수 있다고 알려져 있다.

퍼지제어 기법을 제어에 적용할 경우 다변수 비선형시스템 제어에 필요한 제어규칙을 작성하기가 단일변수 시스템 제어일 때보다 훨씬 어려우며 지금까지 제시된 방법은 두가지이다. 한 방법은 부정확한 근사모델을 기반으로 하여 퍼지 제어 규칙을 작성하는 방법이고[5], 다른 한 방법은 숙련자의 경험적 지식과 제어 전문가의 지식을 기반으로 퍼지 제어 규칙을 작성하는 방법이다.[6-8]

*正會員, 金烏工科大學 電子制御工學科,
(Dept. Control Eng., Kumoh National Univ. Of Technology)

(※ 이 논문은 1990년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 대학부설연구소 지원 학술연구조성비에 의하여 연구되었음)
接受日字: 1992年 10月 2日

전자의 방법은 제어대상의 근사 모델을 얻는 것 자체가 쉽지 않은 단점이 있으나 근사 모델로 부터 어느 정도 제어에 필요한 정보는 얻을 수 있어 제어대상에 관한 아무런 정보가 없을 때에는 유용하게 사용될 수 있다.

후자의 방법은 충분한 경험적 지식을 보유하고 있는 전문가가 중심이 되어 시스템을 운전하는 전문가 중심의 시스템을 자동화할 때 많이 사용되는 방법이다. 사람은 두손밖에 없으므로 동시에 제어 가능한 변수의 수는 2개이며 시스템의 제어 변수가 3개 이상인 경우 숙련자의 제어 규칙은 다변수 동시 제어 규칙과는 다르고 순차적으로 또는 선택적으로 2입력을 제어하는 규칙이다. 이 경우 숙련자의 제어 규칙은 최적이라고 말할 수 없으므로 3개 이상의 제어 변수를 동시에 제어할 수 있는 퍼지제어 규칙에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 5입력-5출력 프로세스인 칼라텔레비젼의 백색 균형 조정을 위한 퍼지 제어기 설계문제에 대하여 다룬다. 먼저 숙련 작업자의 경험적 지식을 기반으로 하는 퍼지 제어시스템을 설계한 후, 숙련자의 지식과 백색 균형 시스템의 특성을 이용하여 5개의 제어 변수들을 동시에 제어하는 다변수 퍼지 제어 시스템을 설계한다.

본 논문의 2절에서는 칼라 텔레비젼의 백색 균형과 숙련 작업자의 조정 규칙에 대하여 기술하고, 3절에서는 백색 균형 조정을 위한 퍼지 제어 규칙에 대하여 기술하고, 4절에서는 하드웨어 구성과 실험 결과를 기술하고, 5절에서는 결론을 기술한다.

Ⅱ. 칼라 텔레비젼의 백색 균형과 숙련 작업자의 조정 규칙

1. 칼라 텔레비젼의 백색 균형 [9,10]

칼라 텔레비젼에는 적, 녹, 청 3개의 전자총이 있으며 전자총으로 부터 나오는 전자가 형광막에 충돌하여 브라운관에 화면이 나타난다. 적, 녹, 청 전자총으로 부터 나오는 전자의 에너지 세기에 따라 화면의 색상이 다르며 표준화면 입력 신호에 대하여 모든 TV의 색상이 동일하도록 하기위하여는 TV 회로내의 저항값들을 조정해야한다. 표준화면으로는 백색화면을 사용하며 칼라 브라운관의 백색은 적, 녹, 청의 3원색을 적당한 비율로 혼합하면 얻을 수 있다. 브라운관의 밝기가 변해도 화면이 일정한 색온도의 백색을 유지할 때 백색 균형이 되었다고 말한다. 실제의 칼라 TV의 백색 균형 조정은 루미넌가 약할 때(어두운 화면)와 루미넌스가 강할 때(밝은 화면)의 두 경우만 고려하여 조정한다. 적, 녹, 청의 전자총에 인가되는 색신호의 세기는 C.P.T.(Color Picture Tube) 증폭단의 트랜지스터 드라이브 저항값들과 바이어스 저항값들을 변화시켜 조정한다.

루미넌스가 약한(Low) 표준 신호에 대하여는 3개의 바이어스용 r, g, b 반고정 저항값들을 조정하여 백색 균형을 맞추고, 루미넌스가 강한(High) 표준 신호에 대하여는 3개의 드라이브용 R, G, B 반고정 저항값들을 조정하여 백색 균형을 맞춘다. 실제로는 G 저항값을 기준으로하여 r, g, b, R, B의 5개의 반고정 저항값들을 조정함으로써 어두운 표준화면과 밝은 표준화면에 대하여 백색 균형이 이루어지도록 한다.

모든 색은 적, 녹, 청 3원색의 합성이므로 화면의 색상은 5개의 가변 저항값 모두에 종속이다. 만약 적색 전자총 증폭단의 트랜지스터 드라이브용의 반고정 저항값 하나만 변화시켜도 C.P.T의 6가지 색상 성분 모두가 변화되기 때문에 숙련 작업자가 아니면 백색 균형을 맞추기가 어렵다.

숙련작업자가 백색 균형을 조정하는 시스템의 블록 다이아그람은 그림1과 같다. 어두운 백색 표준화면의 적, 녹, 청 색상 성분의 전압을 각각 ν^*_r, ν^*_g ν^*_b 밝은 백색 표준화면의 적, 녹, 청 색상 성분의 전압을 각각 ν^*_R, ν^*_G, ν^*_B라 하고 $V^* = [\nu^*_R \nu^*_B \nu^*_r \nu^*_b]^T$라 하자. 백색 표준 신호발생기는 설정된 ν^*_r, ν^*_g, ν^*_b 의 전압 크기에 따라 어두운 화면의 백색 신호 LOW와 설정된 ν^*_R, ν^*_G, ν^*_B의 전압 크기에 따라 밝은 화면의 백색 신호 HIGH를 RF 신호로 출력한다. RF 신호가 텔레비젼에 인가되면 TV 화면의 상부는 밝은 화면이 되고 TV 화면의 하부는 어두운 화면이 된다. 어두운 화면을 검출하는 칼라센서 L의 적, 녹, 청 색상 성분 전압을 각각 ν_r, ν_g,ν_b, 밝은 화면을 검출하는 칼라센서 H의 적, 녹, 청 색상 성분 전압을 각각 ν_R, ν_G, ν_B라 하자. 또한 e_i 를 아래와 같이 정의하고

$$e_i = \nu^*_i - \nu_i, \quad i = R,G,B,r,g,b, \tag{1}$$

$E = [e_R\ e_B\ e_r\ e_b]^T$ 라고 하자. 숙련 작업자가 조정하는 적, 청 전자총의 드라이브 저항값의 변화분을 각각 $\triangle\theta_R$, $\triangle\theta_B$, 적, 녹, 청 전자총의 바이어스 저항들의 변화분을 각각 $\triangle\theta_r$, $\triangle\theta_g$, $\triangle\theta_b$라 하고, $\triangle\Theta = [\triangle\theta_R\ \triangle\theta_B\ \triangle\theta_r\ \triangle\theta_b]^T$라고 하자.

허용 최대 편차를 ε이라 하면 숙련 작업자는 $|e_i| < \varepsilon$, $i = R, B, r, g, b$이 되도록 5개의 R, B, r, g, b 저항값들을 조정한다.

2. 숙련 작업자의 조정 규칙

숙련 작업자가 백색 균형을 조정하는 과정은 다음과 같이 3개의 과정으로 기술할 수 있다.

과정1: 적, 녹, 청 색상중 녹색을 제일 먼저 조정한다. 녹색 전자총의 드라이브 저항은 고정되어 있으므로 바이어스 반고정저항 g를 돌려서 $|e_G| < \varepsilon$, $|e_g| < \varepsilon$ 이 되도록 한다.

과정2: 적색, 청색 성분의 조정은 적색, 청색중 편차가 큰 색을 먼저 조정하며 두 손으로 드라이브 저항과 바이어스 저항을 조정한다. $|e_B| > |e_R|$인 경우 청색 성분을 먼저 조정하기 위하여 청색 전자총의 C.P.T.의 드라이브 저항 B와 바이어스 저항b를 조정한 후, 적색 전자총의 C.P.T.의 드라이브 저항 R과 바이어스 저항 r를 조정한다.

과정3: 화면의 색상은 적, 녹, 청 신호의 합성이므로 과정1과 과정2의 조정 결과 서로 영향을 미쳐 허용 편차를 벗어날 수 있다. $|e_i| < \varepsilon$ $i = R, B, r, g, b$를 만족시키지 못하면 과정1로 되돌아가 모든 i에 대하여 $|e_i| < \varepsilon$ 이 될 때까지 반복한다.

어두운 백색과 밝은 백색 두개의 표준 화면에 대하여 적, 녹, 청 색상성분이 주어진 허용범위 내에 들어가도록 5개의 R, B, r, g, b 저항들을 조정할 때 숙련 작업자가 기술하는 조정 규칙은 다음과 같다.

1) 녹색 성분을 조정할 때의 조정 규칙

녹색성분은 5개의 가변저항중 어느것을 돌려도 변하나 그중 가장 관계가 큰 것은 녹색 바이어스 반고정 저항 g이다. 녹색 바이어스 반고정 저항g의 값을 변화시켜 e_G, e_g 가 허용범위 내에 들어가도록 할 때의 조정규칙은 다음과 같다.

만일 e_g가 positive 이면 그 때는 반고정 저항을 시계방향으로 돌리고, 만일 e_g가 negative 이면 그 때는 반고정 저항을 반시계방향으로 돌린다. 이때 $|e_g|$ 가 크면 많이 돌리고 적으면 조금 돌린다.

2) 청색 성분을 조정할 때의 조정 규칙

청색성분 역시 5개의 가변저항중 어느것을 돌려도 변하지만 숙련 작업자는 그중 가장 관계가 깊은 청색 전자총의 C.P.T.의 드라이브 반고정 저항 B와 바이어스 반고정 저항b를 양손으로 조정하여 e_B와 e_b가 허용범위에 들어가도록 한다. e_B 는 드라이브 반고정 저항 B의 값에 가장 영향을 많이 받고, e_b는 바이어스 반고정 저항 b와 드라이브 저항 B에 영향을 많이 받으므로 조정 규칙은 다음과 같다.

만일 e_B 가 positive 이면 청색 드라이브 반고정 저항 B를 시계방향으로 돌리고, 만일 e_B가 negative 이면 청색 드라이브 반고정 저항 B를 반시계방향으로 돌린다. 이때 $|e_B|$ 가 크면 많이 돌리고 적으면 조금 돌린다. 만일 e_B가 zero 이고 e_b 가 positive 이면 청색 바이어스 반고정 저항 b를 시계방향으로 돌리고, 만일 e_B가 zero 이고 e_b가 negative 이면 그때는 청색 바이어스 반고정 저항 b를 반시계방향으로 돌린다. 이때 $|e_b|$ 가 크면 많이 돌리고 적으면 조금 돌린다.

3) 적색성분을 조정할 때의 조정 규칙

청색성분을 조정할 때와 같은 조정규칙으로 조정하며 이때는 적색 드라이브 반고정 저항 R과 적색 바이어스 반고정 저항 r을 조정한다.

Ⅲ. 백색 균형 조정을 위한 퍼지 제어 규칙

그림1에서 백색 균형 조정시스템은 입출력 변수가 각각 5개인 다입력 다출력 시스템임을 알 수 있으며 두가지의 특징을 갖고있다. 하나는 녹색을 기준으로 조정하기 때문에 5개의 변수중 $e_g = v_g^* - v_g$가 허용편차내에 들어가도록 녹색 전자총 증폭단의 바이어스 저항 g를 먼저 조정하는 것이고, 다른 특징의 하나는 사람은 두손밖에 없기 때문에 동시에 조정할 수 있는 변수의 수는 2개 뿐이라는 점이다. 숙련 작업자의 경험적 지식에 기반한 퍼지 조정 규칙을 작성한 후, 다입력 다출력 시스템을 위한 퍼지 조정 규칙을 생각하자.

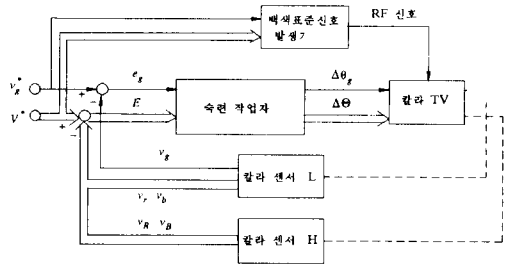


그림 1. 숙련 작업자의 백색 균형 시스템

Fig. 1. Block diagram of expert-centered white-balance adjustment system.

(1) 숙련 작업자의 경험적 지식에 기반한 퍼지 조정 규칙

두손을 사용하는 숙련 작업자의 경험적 조정 규칙을 2절에서 기술하였으며 기술된 지식을 기반으로 다음과 같은 퍼지 조정 규칙을 작성할 수 있다. 아래의 조정 규칙들의 전건부에 나타나는 positive와 negative는 실수의 음과 양을 각각 의미하고, 후건부에 나타나는 positive와 negative는 각각 가변 저

항값을 증가시키는 것(시계방향으로 저항을 돌리는 것)과 가변 저항값을 감소시키는 것(반시계방향으로 저항을 돌리는 것)을 의미한다.

* 녹색 성분 조정규칙

If e_g is positive then $\triangle\theta_g$ is positive^g, also

If e_g is negative then $\triangle\theta_g$ is negative^g.

* 청색 성분 조정규칙

If e_B is positive then $\triangle\theta_B$ is positive^B, also

If e_B is negative then $\triangle\theta_B$ is negative^B, also

If e_B is zero and e_b is positive then $\triangle\theta_b$ is positive^b, also

If e_B is zero and e_b is negative then $\triangle\theta_b$ is negative^b.

* 적색 성분 조정규칙

If e_R is positive then $\triangle\theta_R$ is positive^R, also

If e_R is negative then $\triangle\theta_R$ is negative^R, also

If e_R is zero and e_r is positive then $\triangle\theta_r$ is positive^r, also

If e_R is zero and e_r is negative then $\triangle\theta_r$ is negative^r.

위의 조정규칙의 전건부에 나타나는 e_i, $i = R, B, r, g, b$의 언어값의 이름과 멤버쉽 함수는 그림2와 같고, 후건부에 나타나는 $\triangle\theta_i$, $i = R, B, r, g, b$의 언어값의 이름과 멤버쉽 함수는 그림3과 같다.

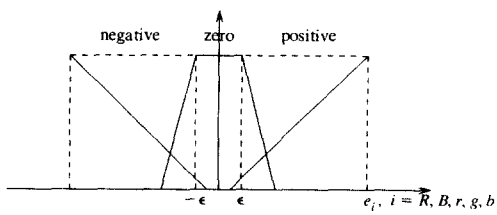


그림 2. 숙련 작업자가 갖고있는 e_i, $i = R, B, r, g, b$의 언어값

Fig. 2. Linguistic values of e_i, $i = R, B, r, g, b$ in expert's knowledge.

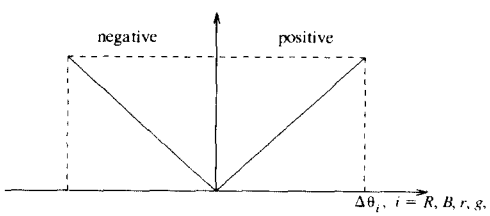


그림 3. 숙련 작업자가 갖고있는 $\triangle\theta_i$, $i = R, B, r, g, b$의 언어값

Fig. 3. Linguistic values of $\triangle\theta_i$, $i = R, B, r, g, b$ in expert's knowledge.

(2) 4-입력 동시 제어 규칙

백색 균형 조정은 녹색을 기준으로 하므로 A에서 기술한 방법으로 녹색 성분을 조정한 후 나머지 적색 성분과 청색 성분을 동시에 조정할 때 필요한 제어 규칙을 생각하여 보자.

한 화면의 색은 적, 녹, 청색 성분의 합성이므로 어두운 백색 화면과 밝은 백색 화면에 대하여 아래의 두식이 성립한다.

$$v_r + v_g + v_b = v_L \tag{2}$$

$$v_R + v_G + v_B = v_H \tag{3}$$

윗 식에서 v_L과 v_H는 각각 어두운 백색 화면과 밝은 백색 화면의 색상에 대응하는 명도 신호의 전압이다.

한편 녹색 전자총의 C.P.T.의 드라이브 저항은 고정되어 있으므로 (2)식과 (3)식에 있는 v_i, $i = R, B, r, g, b$는 다음과 같은 비선형식으로 기술된다.

$$v_i = f_i(\theta_R, \theta_B, \theta_r, \theta_g, \theta_b),\ i = R, B, r, g, b \tag{4}$$

백색 균형 조정은 $|v_i^* - v_i| < \epsilon$, $i = R, B, r, g, b$이 되도록 5개의 R, B, r, g, b 저항들을 조정하는 것이며, f_i 가 비선형이고 TV 세트마다 다르므로 경험적 지식을 충분히 갖고있는 숙련자가 아니면 백색 균형을 조정하기 힘들다.

(4)식에서 v_B와 v_R이 θ_i, $i = R, B, r, g, b$에 종속이며, 특별히 TV 회로에서는 θ_i를 증가시키면 v_i가 증가되고 θ_i를 감소시키면 v_i가 감소한다. v_B는 θ_i, $i = r, g, b$에는 영향을 적게 받고 θ_B와 θ_R에는 큰 영향을 받으므로 $\triangle\theta_B$와 $\triangle\theta_R$의 제어 규칙을 다음과 같이 작성한다.

*$\triangle\theta_R$의 제어 규칙

$|e_B| < \epsilon$ 으로 하기위한 $\triangle\theta_B$의 i-번째 조정규칙 R_i^B는 아래의 (5)식과 같고 전체의 조정규칙은 표1에 있다.

$$R_i^B: \textit{If } (e_B \textit{ is } A_i \textit{ and } e_R \textit{ is } B_i) \textit{ then } (\triangle\theta_B \text{ is } C_i^B) \tag{5}$$

* $\triangle\theta_B$의 제어 규칙

$|e_R| < \epsilon$ 으로 하기위한 $\triangle\theta_R$의 i-번째 조정규칙 R_i^R는 아래의 (6)식과 같고 전체의 조정규칙은 표2에 있다.

$$R_i^R: \textit{If } (e_B \textit{ is } A_i \textit{ and } e_R \textit{ is } B_i) \textit{ then } (\triangle\theta_R \textit{ is } C_i^B) \tag{6}$$

회로의 특성상 $\triangle\theta_b$의 증가가 v_B에 미치는 영향은 적으며 v_b와 v_r에는 큰 영향을 미치고, 마찬가지로 $\triangle\theta_r$의 증가가 v_R에 미치는 영향은 적으며 v_r와 v_b에는 큰 영향을 미친다. v_b는 $\triangle\theta_B$, $\triangle\theta_b$및 $\triangle\theta_r$에 큰 영향을 받으므로 $\triangle\theta_b$와 $\triangle\theta_r$의 조정 규칙을 다음과 같이 작성한다.

표 1. $\triangle\theta_B$의 조정 규칙
Table 1. Adjusting rule table for $\triangle\theta_B$.

e_R \ e_B	NL	NS	ZE	PS	PL
NL	NM	NS	ZE	PS	PM
NS	NL	NS	ZE	PS	PL
ZE	NL	NS	ZE	PS	PL
PS	NL	NS	ZE	PS	PL
PL	NM	NS	ZE	PS	PM

표 2. $\triangle\theta_R$의 조정 규칙
Table 2. Adjusting rule table for $\triangle\theta_R$.

e_R \ e_B	NL	NS	ZE	PS	PL
NL	NM	NL	NL	NL	NM
NS	NS	NS	NS	NS	NS
ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE
PS	PS	PS	PS	PS	PS
PL	PM	PL	PL	PL	PM

* $\triangle\theta_b$의 제어 규칙

$|e_b| < \epsilon$ 으로 하기위한 $\triangle\theta_b$의 i-번째 조정규칙 R_i^b는 아래의 (7)식과 같고 전체의 조정규칙은 표3에 있다.

$$R_i^b: \textit{If } (e_B \textit{ is zero and } e_b \textit{ is } A_i \textit{ and } e_r \textit{ is } B_i) \textit{ then } (\triangle\theta_b \textit{ is } C_i^b) \quad (7)$$

표 3. $\triangle\theta_b$의 조정 규칙
Table 3. Adjusting rule table for $\triangle\theta_b$.

e_R = ZERO					
e_r \ e_b	NL	NS	ZE	PS	PL
NL	NM	NL	NL	NL	NM
NS	NS	NS	NS	NS	NS
ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE
PS	PS	PS	PS	PS	PS
PL	PM	PL	PL	PL	PM

* $\triangle\theta_r$의 제어 규칙

$|e_r| < \epsilon$ 으로 하기위한 $\triangle\theta_r$의 i-번째 조정규칙 R_i^r는 아래의 (8)식과 같고 전체의 조정규칙은 표4에 있다.

표 4. $\triangle\theta_r$의 조정 규칙
Table 4. Adjusting rule table for $\triangle\theta_r$.

e_B = ZERO					
e_r \ e_b	NL	NS	ZE	PS	PL
NL	NM	NS	ZE	PS	PM
NS	NL	NS	ZE	PS	PL
ZE	NL	NS	ZE	PS	PL
PS	NL	NS	ZE	PS	PL
PL	NM	NS	ZE	PS	PM

R_i^r : *If* (e_R *is zero and* e_b *is* A_i *and* e_r *is* B_i) *then* ($\triangle\theta_b$ is C_i^r) (8)

(5)-(8)식에서 e_j , $j \in R,B,r,g,b$ 는 동일한 대집합을 갖고 그림4와 같은 이름과 멤버쉽 함수로 정의하고, $\triangle\theta_i$ $i \in R,B,r,g,b$의 대집합은 다를 수 있고 그들의 언어값과 멤버쉽 함수는 그림5와 같다.

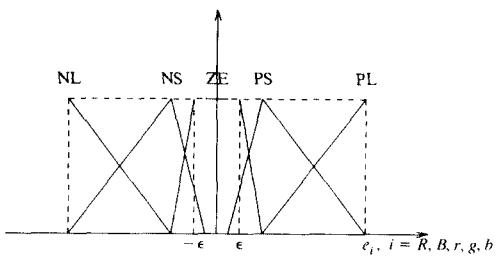


그림 4. 다변수 퍼지 제어규칙에 있는 $e_i, i \in R,B,r,g,b$ 의 언어값

Fig. 4. Linguistic values of e_j , $j \in R,B,r,g,b$.

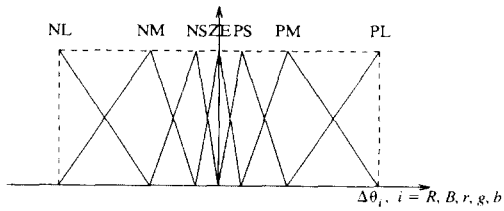


그림 5. 다변수 퍼지 제어규칙에 있는 $\triangle\theta_i = R,B,r,g,b$ 의 언어값

Fig. 5. Linguistic values of $\triangle\theta_i = R,B,r,g,b$.

Ⅳ. 하드웨어 구성및 실험 결과

1. 하드웨어 구성

칼라 텔레비젼의 백색 균형 조정을 위한 퍼지 제어 시스템을 그림6과 같이 구성하였으며 사진1은 실험장치의 사진이다. 실험에서 칼라 텔레비젼은 금성 CRB-1602P 모델을 대상으로 하였으며, A/D 및 P/O 보드는 AXIOM사의 AX5411 모델을 사용하였고, 백색 표준 신호 발생기는 Nihon Tsushiki사의 Model 2842C를 사용하였다. 스텝핑 모타는 Oriental 모타사의 PX245-02B로서 1펄스당 0.1도 회전한다.

2. 실험 결과

숙련 작업자의 지식을 기반으로 퍼지 제어할 때의 추론법으로는 $\triangle\theta_i$ $i \in R,B,r,g,b$ 의 언어값들의 멤버쉽 함수가 그림3과 같으므로 Tsugamoto의 간접 추론법을 채택하였으며[11], 4입력을 동시 제어할 때의 추론법으로는 Mamdani의 추론법을 채택하였고 비퍼지화 방법은 (9)식의 간략화된 COG 방법을 사용하였다.[11]

$$\Delta\theta_i^* = \frac{\int \omega_i^j \Delta\theta_i^j}{\int \omega_i^j}, i = R,B,r,g,b \quad (9)$$

(9)식에서 $\triangle\theta_i^*$ 는 전체의 제어 규칙에 의한 추론 결과의 비퍼지화 결과이고, ω_i^j는 i색 성분의 j번째 조정 규칙의 적합도이고, $\triangle\theta_i^j$는 $\triangle\theta_i$의 j번째 조정 규칙에 의한 추론 결과로서 보통의 COG 방법으로 구하였다.

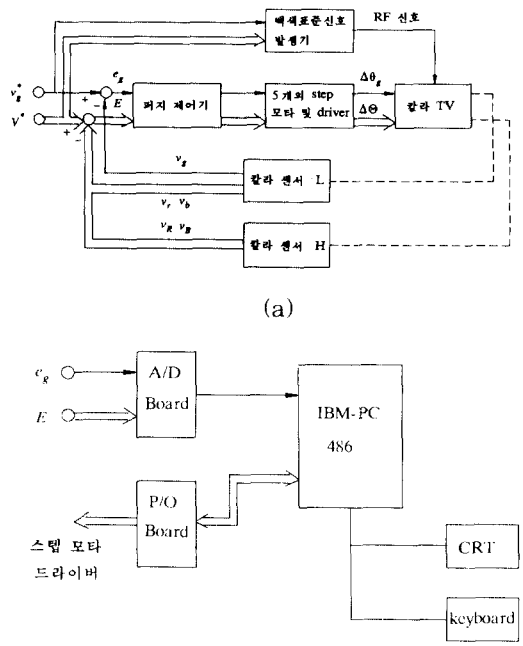
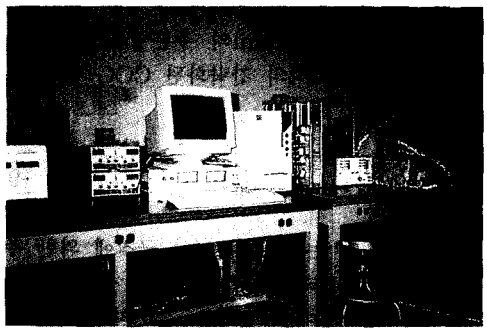


그림 6. 백색균형 퍼지조정 시스템의 하드웨어 구성
(a)하드웨어 구성
(b)퍼지제어기의 구성

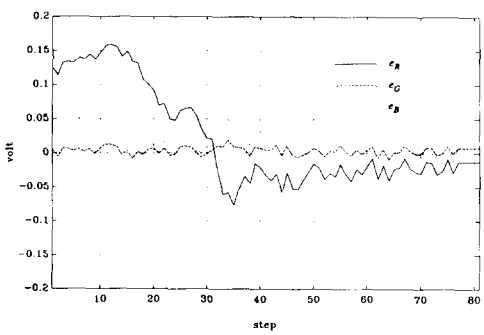
Fig. 6. Hardware for the white-balance adjustment.
(a)Hardware,
(b)Components for the fuzzy controller.

4입력 변수를 동시 제어할 때 e_i , $i \in R,B,r,g,b$의 대집합은 [-0.7V, +0.7V] 로 하고, e_i , $i \in R,B,r,g,b$의 언어값의 멤버쉽 함수를 그림4와 같이하여 정밀 조정이 되도록 하였다.

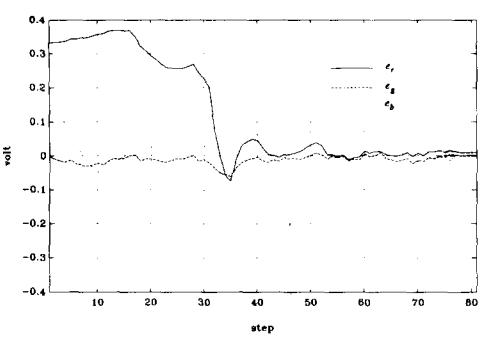
사 진 1. 실험 장치의 사진
Photo. 1. Test scene.



기반한 조정규칙을 사용할 때의 조정결과가 그림7에 있으며, 그림7에서 e_i , $\dot{e}$ R,B,r,g,b가 82 step에 허용 범위 ϵ =0.015 [V] 이내로 조정됨을 알 수 있다. R, B, r, b 4개의 변수를 동시 조정할 때의 조정결과가 그림8에 있으며, 그림8에서 e_i , $\dot{e}$ R,B,r,g,b가 38 step만에 허용 범위 ϵ =0.015 [V] 이내로 조정됨을 알 수 있다. 실제의 조정 시간은 (step 수)× (time interval/step) 이며, 스텝 모타의 속응성이 좋지 않고 퍼지 추론 시간이 길어 time interval/step = 0.5초로 하였다. 고속의 모타와 퍼지 칩을 사용하면 조정 시간을 숙련자의 조정 시간 8초보다 더 작게 할 수 있다.



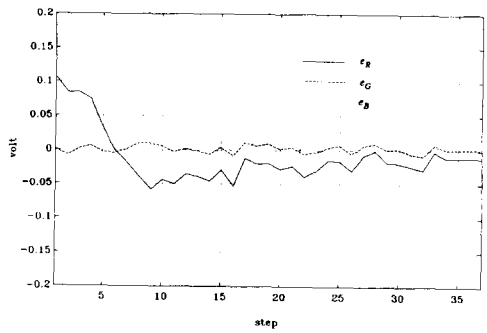
(a) e_R, e_G, e_B



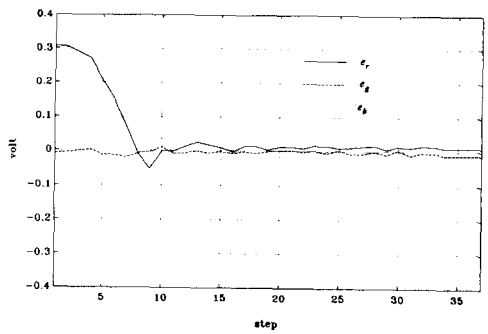
(b) e_r, e_g, e_b

그림 7. 숙련 작업자의 지식을 기반으로 하는 제어 규칙을 때의 조정 결과 e_i , $\dot{e}$ R,B,r,g,b
Fig. 7. e_i , $\dot{e}$ R,B,r,g,b, when the adjusting rules based on expert knowledge are used.

반복 실험에 의하여 $\triangle\theta_i$의 대집합을 위와 같이 정하였다. 3절에서 기술한 숙련작업자의 경험적 지식에



(a) e_R, e_G, e_B



(b) e_r, e_g, e_b

그림 8. 4개의 변수를 동시 조정할 때의 조정 결과 e_i , $\dot{e}$ R,B,r,g,b
Fig. 8. e_i , $\dot{e}$ R,B,r,g,b, when the multi-variable fuzzy rules are used.

제어 대상의 특성과 두손을 사용하는 숙련 작업자의 지식을 활용하여 다변수 퍼지 제어 규칙을 작성할 수 있음을 실험적으로 확인하였다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 5입력-5출력 프로세스인 칼라 텔레비젼의 백색 균형 조정을 위한 퍼지제어기 설계 문제를 다루었다. 두손을 사용하는 숙련 작업자의 경험적 지식에 기반한 퍼지 조정 규칙을 사용할 때에는 조정 완료하는데 82 step이 소요되었며, 제어 대상의 특성과 숙련 작업자의 경험적 지식을 활용하여 작성한 다변수 퍼지 제어 규칙을 사용하였을 경우는 38 step이 소요되었다. 실험결과 조정 시간이 감소되어 제어 대상의 특성과 숙련 작업자의 경험적 지식을 활용하여 다변수 퍼지 제어 규칙을 작성할 수 있음을 확인하였다.

추후의 연구 과제는 다변수 퍼지 제어기가 자기 동조 기능 또는 학습능력을 갖도록 하는 것이다.

參 考 文 獻

[1] E. H. Mamdani Application of fuzzy algorithms for the control of a dynamic plant *in Proc. IEE* vol.121, no. 12 1974

[2] P. J. King " and E. H. Mamdani The application of fuzzy control systems to industrial processes *Automatica* vol. 13 1977

[3] M. Sugeno", T. Murofushi ", T. Mori", T. Ratematsu ", and J. Tanaka Fuzzy algorithmic control of a model car by oral instructions *FSS vol.* 32 1989

[4] I. G. Umbers " and P. J. King An analysis of human decision-making in cement kiln control and the implications for automation *Int. J. Man-Machine Studies* vol. 12 1980

[5] C. P. Pappis " and E. H. Mamdani A fuzzy logic controller for a traffic junction *IEEE Trans. on Sys., Man, and Cyb.* vol. SMC-7, no. 10 1977

[6] H. Ono", T. Ohnishi ", and Y. Terada Combustion control of refuse incineration plant by fuzzy logic *FSS* vol. 32 1989

[7] P.M. Larsen Industrial applications of fuzzy logic control *int. J. Man-Machine Studies* vol. 12 1980

[8] R. M. TongA " and A. Latten Fuzzy control of the activated sludge wastewater treatment process *Automatica* vol. 16 1980

[9] 차 서욱 칼라 텔레비의 기초 라디오 기술사 1973

[10] 금성사 샤시 조정 규격서 G1-1004 금성사 설계실 1991

[11] C. C. Lee Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I, II *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics* vol. SMC-20, no.2 1990

著 者 紹 介

蔡 錫(正會員) 第 29卷 B編 第 7號 參照
현재 금오공과대학교 전자제어공학과 부교수

吳 英 碩(正會員) 第 29卷 B編 第 7號 參照
현재 금오공과대학교 전자제어공학과 조교수

李 相 允(正會員)
1964年 3月 18日生. 1986年 2月 금오공과대학교 전자공학과 졸업(학사). 1991年 2月 금오공과대학교 전자공학과 졸업(석사). 1991年 12月 ~ 1992年 6月 다진 시스템. 1992年 8月 ~ 현재 금오공과대학교 전자제어공학과 시간강사. 주관심분야는 적응제어, 퍼지제어, 마이크로 프로세스 응용.

李 志 弘(正會員) 第 29卷 B編 第 7號 參照
현재 금오공과대학교 전자제어공학과 조교수