

## ITC 자동조정을 위한 제어기법에 관한 연구

김 성 락<sup>o</sup> 이 중 운<sup>o</sup> 변 중 남<sup>o</sup> 장 태 규<sup>\*</sup>

<sup>o</sup>한국과학기술원  
전기및전자공학과

<sup>\*</sup>중앙대학교  
계측제어공학과

### A Study on The Control Strategy for Automatic Adjustment of ITC(Integrated Tube Components)

Sung-Rak Kim<sup>o</sup> Jong-Woon Lee<sup>o</sup> Zeungnam Bien<sup>o</sup> Tae-Gyu Jang<sup>\*</sup>

<sup>o</sup>Dept. of Elect. Eng.  
KAIST

<sup>\*</sup>Dept. of M&C. Eng.  
Joong Ang University

#### ABSTRACT

We are developing an automatic adjusting system for ITC. ITC(Integrated Tube Components) has a large set-by-set variability in its characteristics. And it also has nonlinearities. It requires not only a fast vision process but also an efficient control algorithm to meet the need for high productivity.

In this paper, the description of an adjusting system and the modelling of ITC will be presented. And also the concept of a new rule based hierarchical algorithmic approaches will be suggested.

#### 1. 서론

최근 제어투프에 인간이 포함되는 시스템의 자동화에 대한 요구가 날로 증대됨에 따라 종래의 제어기법과는 달리, 인간의 사고 및 인식방법에 근거한 새로운 제어방법에 관한 연구의 필요성이 부각되고 있다. 특히 대상시스템에 대한 입출력 모델링에 불확실성(Uncertainty)이 존재하는 경우에는 시스템의 수학적 모델에 근거한 기존의 제어알고리즘을 적용하는데는 현실적으로 한계가 있다. ITC은 이와 같은 시스템의 한 예로서, 전문가의 지식과 숙련을 기초로 한 규칙베이스에 의해 조정되는 시스템이다.

ITC(Integrated Tube Components)조정은 컬러 브라운관(CPT)생산의 필수공정으로서, 화면상의 색순도(Color Purity)와 R.G.B. 3개의 전자빔이 1개의 화소(Pixel)에 집중되도록 하는 컨버전스(Convergence)및 수평도(Tilt)등을 조정하는 공정이다.

기존의 컬러브라운관의 조정및 검사공정은 수동으로 행해지고 있고 따라서 그 품질은 전문 숙련작업자에 의해 결정된다. 그러나 현재 대형브라운관의 수요가 증가되고 있고 고화질TV(HDTV) 및 컴퓨터 그래픽 터미널등과 같이 고분해능이 요구되는 브라운관의 조정작업을 수동으로 하는 것은 매우 어렵게 되었다. 따라서 이 ITC조정작업은 풍부한 경험을 가진 숙련자가 요구되며 검사자의 피로에 의한

조정결과와 불균일성 및 검사정확도의 저하를 극복하는 한편, 조정 소요시간(Index Time)을 단축시켜 생산성을 제고하기 위한 조정공정 자동화가 절실히 요구되고 있다.

#### 2. ITC의 색순도 조정

##### (1) 개요

컬러 브라운관은 일반적으로 전자총(Electron Gun), 섀도우마스크(Shadow Mask), 형광막(Phosper Screen)및 유리벌브(Glass Bulb)와, 브라운관 후면에 부착되어 있는 CPM(Convergence Purity Magnet), 편향전자석(Deflection Yoke)으로 구성되어 있다. 그림2.1에 그 구조를 보인다. 여기서 편향전자석은 공간상의 전자빔 궤적을 편향시키는 수직, 수평자계(Magnetic Field)를 공급하며, 2극, 4극, 6극마크네트링으로 구성된 CPM은 R.G.B. 각각의 전자빔의 극부적인 궤적변화를 일으켜 편향전자석과 함께 명확한 영상을 화면상에 맺게 한다. 한편, 컬러브라운관 조립시 전자총 배열의 불일치와 편향전자석의 특성변화 및 마스크의 불균일성으로 인하여 실제 전자빔이 설계된 궤적에서 벗어나게 되므로 이 궤적이탈의 수정을 위한 조정이 필요하다.

색순도 조정은 ITC조정 중 컬러 브라운관에서 R.G.B. 3개의 전자총으로 부터 방출된 전자빔(Electron Beam)을 각각의 R.G.B. 형광체에 정확하게 랜딩(Landing)시켜 전술한 이유로 발생한 전자빔 궤적오차를 보상하는 공정이며, 그림 2.2에서 보는 바와 같이, 2극 CPM의 회전과 편향전자석의 전후운동을 통해 형광체 스트라이프(Stripe)의 중심과 해당 전자빔 중심과의 거리( $\delta$ )가 주어진 허용범위( $\delta^*$ )내로 들어 오도록 조정하는 것이다.

$$|\delta| \leq \delta^* \quad (1)$$

##### (2) 조정시 문제점

화면 중심부의 색순도는 2극CPM의 회전에 의해, 그리고 주변부의 색순도는 편향전자석의 직선 전후 운동과 2극CPM의 미세회전으로 조정한다.

그림 2.3(a)는 2극CPM의 회전각도( $\theta$ )변화에 의해 화면 중심부에서의 전자빔의 수평방향 이동량( $y_c$ )을 보인 것이다. 여기서  $\theta$ 와  $y_c$ 의 공칭관계(Nominal Relation)는 sine함수이지만 각 브라운관 세트에 따라 그 특성변화가 크다는 것을 알 수 있다.

그림 2.3(b)는 편향전자석 전후 직선이동량( $x$ )에 대해 주변부 여섯 지점의 전자빔 이동량( $y_i$ )을 나타낸 것으로, 동일한  $\Delta x$ 에 대해  $\Delta y_i (i=1, \dots, 6)$ 의 변화 특성이 모두 상이함을 알 수 있다. 특히 지자계(Earth Magnetic Field)영향으로 인한 국부적인 미스랜딩(Mislanding)이 발생할 수 있으므로 주변부 랜딩의 조정에서 요구되는 것은 주변부 전체가 균형있게 랜딩값을 갖도록 최적화시키는 것이다.

한편 조정자동화를 위해서 전자빔의 랜딩상태를 조정 알고리즘에 제환(Feedback)하기 위한 비전 프로세싱이 필요한데 그 처리에는 일정한 시간이 소요가 된다. 따라서 전체 조정공정을 주어진 시간(Index)내에 완료하기 위해서는 조정시행 횟수( $N$ )에 제한이 가해질 수 밖에 없다.

따라서 일반적으로 컬러브라운관의 자동조정 알고리즘은 다음과 같은 특성을 극복해야 한다.

- 1) 조정대상 시스템의 비선형성(Nonlinearity)
- 2) 조정대상마다의 특성변화(Set by set Variability)
- 3) 계층적인 복수개의 성능지수(Hierarchical Multiple Performance Indices)
- 4) 실시간 처리요구에 의한 조정시행횟수 및 시간의 제한(Limited Trial Number)

### 3. 자동조정시스템의 구성

그림 3.1은 자동조정시스템의 블록 다이어그램을 나타낸다. 이 시스템은 기능별로 센싱부, 조정부 및 관리제어부로 구성되어 있다.

#### (1) 센싱부(Sensing Part)

여기서는 브라운관 화면상의 전자빔의 랜딩상태와 백색균형(White Balance)상태 및 수평도등을 비전센서를 이용하여 검출한다. 효과적인 화상정보를 얻기 위해 CCD카메라와 1차원 이미지센서인 리니어 어레이(Linear Array)를 채택하였다. 1차원 센서는 하드웨어의 복잡도와 영상처리를 위한 계산시간등의 면에서 CCD카메라보다 장점이 있다.

#### (2) 조정부

조정부는 센싱부로부터 화면상의 각 측정점으로부터 랜딩값( $\delta$ )을 제환받아 지능제어 알고리즘에 의해 제어입력이 계산되고 CPM과 편향전자석의 구동용 시스템모터를 제어한다. 또한 브라운관에 테스트 화상패턴을 공급하기 위한 패턴발생기와 통신기능 및 기구부와외 입출력을 위한 포트가 제공된다.

#### (3) 관리제어부(Supervisory Control Part)

이것은 ITC자동 조정시 화상정보의 그래픽 모니터링, 각종 데이터 및 제어파라미터의 수정기능, 그리고 생산공정 평가를 위한 통계기능을 수행한다. 이를 위해 주제어시스템과 고속통신을 실현할 수 있도록 LAN이 제공되어 있다.

### 4. 색순도 제어 알고리즘

#### (1) 시스템 모델링 및 문제정리

ITC 색순도 자동조정시스템의 설계 및 구현시 제어 알고리즘 관점에서 본다면, 2극CPM 및 편향전자석동의 제어입력과 출력으로서 전자빔의 제적변화량사이의 관계를 수학적으로 기술할 필요가 있다. 그런데 현실적으로 각 제어입력에 대하여 미시적 물리관계에 기초한 전자제적 변화량의 모델링에 어려움이 존재하므로, 실제 브라운관의 입출력을 측정하여 얻을 수 밖에 없다. 즉 2장에서 보인 바와 같이 다음과 같이 모델링할 수 있다.

$$y_c = A(\theta) \cdot \sin(f(\theta_1, \theta_2)) + d_c \quad (2)$$

$$A(\theta) = A_n + \Delta A(\theta)$$

$$A_{\min} \leq \Delta A(\theta) \leq A_{\max}$$

$$y_i = S_i(x) \cdot x + P_i + F_i(\theta) \quad (3)$$

$$S_i = S_{ni} + \Delta S_i(x)$$

$$S_{\min} \leq \Delta S_i(x) \leq S_{\max} \quad i=1, \dots, n$$

단 여기서

$\theta_1, \theta_2$  : 2극CPM 회전각도

$x$  : 편향전자석의 직선이동량

$y_c$  : 중심부 전자빔 수평이동량

$y_i$  : 주변부  $i$ 번째 측정점에서의

전자빔 수평이동량

$A_n$  :  $y_c$ 와  $\theta$ 사이의 공칭모델

$S_{ni}$  :  $y_i$ 와  $x$  사이의 공칭모델

$F_i(\theta)$  : 2극CPM에 의한 커플링함수

이다.

전술한 바와 같이 컬러 브라운관은 세트에 따른 시스템 입출력 특성변화( $\Delta A(\theta), \Delta S_{ni}(x)$ )가 크고, 주변부  $n$ 개의 랜딩값이 균일하게 조정되어야 한다. 따라서 색순도조정은 다음과 같은 2가지 문제로 정리될 수 있다.

첫째, 주어진 시스템 변화범위에 대하여 중심부 랜딩값  $\delta_c$ 가 다음을 만족하도록 2극CPM의 회전각도  $\theta^*$ 를 구하라.

$$|\delta_c| \leq \delta^* \quad (4)$$

둘째, 주변부  $n$ 개의 랜딩값  $\delta_i$ 에 대하여 다음의 성능지수가 최소화되도록 편향전자식의 이동량  $x^*$  및 2극CPM의 미세회전각  $\Delta\theta^*$ 을 구하라.

$$P.I. = G(\delta_1, \dots, \delta_n) = w_1 \sum_i \delta_i^2 + w_2 \sum_i (\delta_i - \delta_j)^2 \quad (5)$$

(2) 알고리즘 접근방법

시스템 세트 별 특성의 가변성으로 인해 수학적인 모델에 기초한 기존의 제어 알고리즘의 적용은 적합하지 않다. 또한 그 가변성에도 불구하고 원하는 제어결과를 얻기위해서는 시스템 세트의 특성에 의존적인 알고리즘(Set Dependent Algorithm)이어야 한다. 따라서 숙련자의 지식과 행동분석에 근거한 다음과 같은 지능제어 알고리즘을 제안한다.

알고리즘은 3계층으로 구성된 언어적 규칙에 근거한 계층적 구조를 가진다. 상위 레벨은 공칭모델( $A_n, S_{ni}$ )을 이용, 역모델에 기초한 제어입력을 계산하여, 구하고자 하는 해공간(Solution Space)을 축소시킨다. 중간레벨에서는 온 라인으로 시스템의 모델링을 하며, 하위 레벨은 축소된 해공간과 대략적 온 라인 시스템모델을 이용하여, 퍼지논리로 스텝 크기를 결정하는 퍼지 서치(Fuzzy Search)알고리즘이다.

또한 최적화문제의 경우 시스템 모델의 불확실성이 크므로 해석적인 방법에 의한 최적해를 구하는 것은 불가능하다. 따라서 언어적 규칙에 기초한 준최적화(Suboptimal) 알고리즘을 제안한다.

5. 결론

본 논문에서는 ITC색순도 자동조정을 위한 시스템설계 및 제어알고리즘의 접근 방법을 제시하였다. 측정에 의한 입력력 모델링을 통해, ITC가 모델링의 불확실성과 플랜트에 따른 특성의 가변성이 큰 제어대상임을 알았고 이를 효과적으로 제어하기 위하여 숙련자의 언어적 규칙에 근거한 계층적 구조를 가진 지능제어알고리즘을 제안하였다.

6. 참고문헌

- [1] Akira Nakamura et al., "Display monitor intelligent adjusting system", Proc. IECON 89
- [2] T.Hibara et al., "Automatic adjustment for color display monitor", Proc. IECON 86
- [3] S.Uno et al., "Automatic evaluation system for CPT picture characteristics", Proc. IECON 84
- [4] Walter H.BARE et al., " Design of a self-tuning rule based controller for a gasoline refinery catalytic reformer ", IEEE Trans. of Automatic Control, Feb, 1990
- [5] M.D.Mesarovic et al., "Theory of hierarchical, multilevel, systems", ACADEMIC PRESS

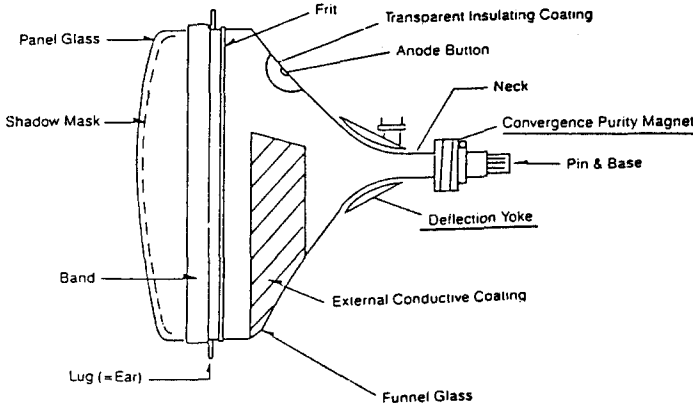


그림 2.1 컬러브라운관의 구조  
Fig. 2.1 Structure of Color Picture Tube

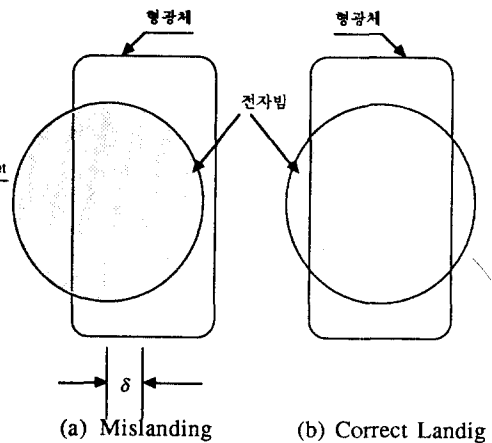
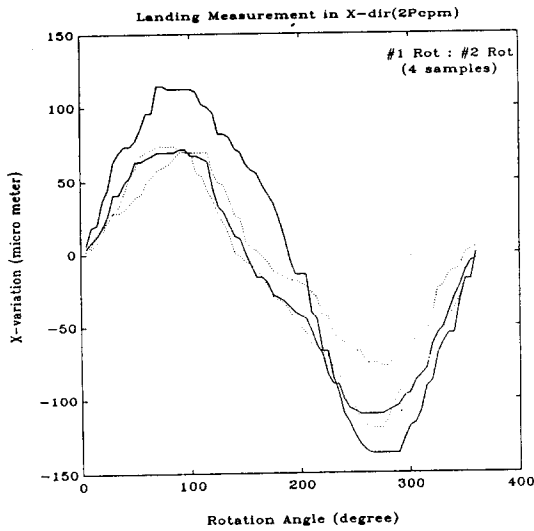
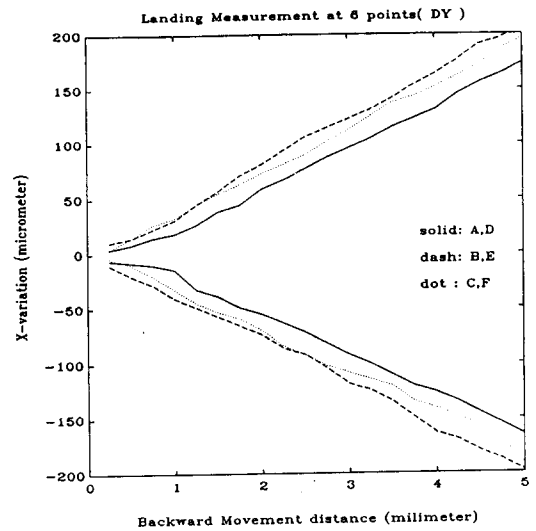


그림 2.2 컬러 브라운관의 색순도  
Fig. 2.2 Color Purity of Color Picture Tube



(a) 2 극 CPM 의 특성 곡선



(b) 편향전자석의 특성

그림 2.3 컬러브라운관 색순도 조정시 시스템 특성

Fig 2.3 System Characteristics of Color Purity Adjustment

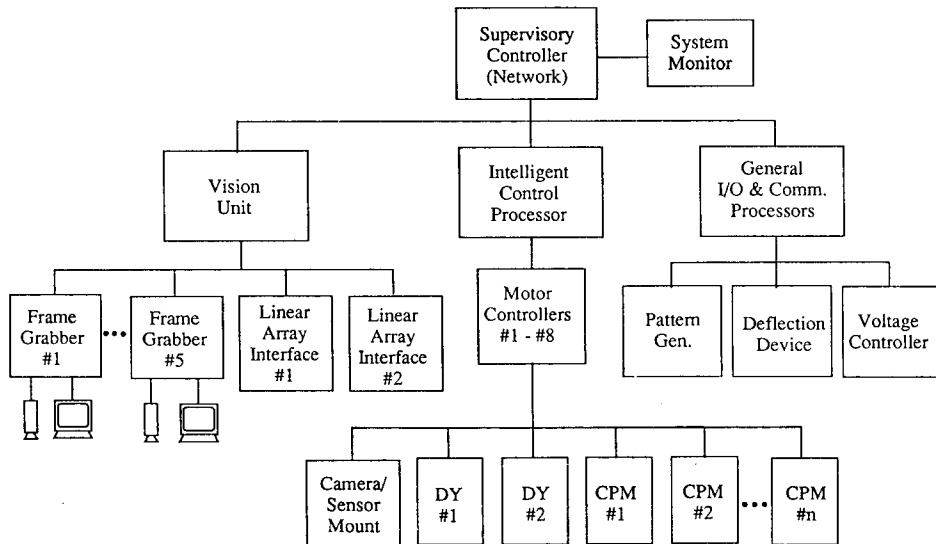


그림 3.1 자동조정시스템의 블럭다이어그램

Fig 3.1 Block Diagram of Automatic Adjusting System