

☒ 연구논문

칼라화상 검사 자동화시스템 Automatic testing system for a color image

구 영 모
Koo, Young Mo
이 노 성
Lee, Noh Sung

Abstract

The objective of this paper is to provide an automatic color image testing system capable of synthetically testing a color element like a color tone and a luminance for a color image displayed on the screen, using a CCD camera and a microprocess. The system consists of a CCD camera, a line conveyor, a camera driving part, a remocon, a remote sensing part, a display and a PC including a color vision board and a CPU board. By applying the system to a process, reliability for a testing result can be improved and the absolute criterion to judge a part can be made.

1. 서론

본 연구는 칼라 텔레비전 수상기나 칼라모니터에 장착되는 음극선관 또는 이와 같은 칼라 화상표시수단의 화질을 검사하는 검사자동화시스템에 관한 것으로, CCD카메라를 이용하여 제품화면에 표시되는 칼라화상의 색상과 휘도 등의 색 요소를 종합적으로 검사하는 자동화된 칼라화질검사장치를 제시한다.

칼라 텔레비전 수상기나 칼라모니터에 사용되는 음극선관은 전자총에서 나온 전자빔이 형광면에서 광점을 만들고, 수평, 수직 양방향의 편향전극 혹은 편향코일에 의한 전계 또는 자계의 작용에 의해서 전자빔을 편향시켜 그에 따른 광점의 궤적을 관측할 수 있도록 한 것이다. 이러한 음극선관은 주어진 화상을 보다 보기 좋게 하기 위해 열화된 화상에 대하여 콘트라스트(contrast)를 강하게 한다든지, 흐림이나 광학적 잡음 그리고 기하학적 일그러짐을 줄인다는 지 하여 화질을 개선하는 조정작업이 필수적이다. 이와 같은 화질개선을 위한 조정작업이나 최종 출하시의 품질보증을 위해서는 조정된 화질을 종합적으로 검사하여 그 양부를 정확히 가릴 필요가 있는 것이다. 화질검사, 특히 칼라화질검사에는 색의 종류로서 빛의 파장에 따라 구분되는 색상과 색의 밝기를 나타내는 휘도 등 색의 요소들을 종합적으로 검사하는 것이 바람직하다.

일반적으로 칼라 텔레비전 수상기와 같은 음극선관을 가지는 제품의 생산라인에서 행해지는 조정공정 및 포장출하 전 최종적인 검사공정에 있어서, 포커스(focus), 화이트밸런스(white balance), 콘버전스(convergence), 색순도(purity)의 조정과 검사를 위한 개별장비는 연구되어 왔으나 색 요소들을 종합적으로 분석하여 검사하는 연구는 행하여지지 않았다. 따라서 텔레비전의 생산과정에서 수상기의 불량률을 검출하기 위하여 작업자가 육안으로 직접 확인하여 검사하는 원시적인 방법으로 화질을 검사하여 왔다, 이러한 종래의 칼라화질검사는 절대적인 기준이 아닌 사람의 주관적인 판단에 의해 이뤄지는 것이므로, 칼라 텔레비전 수상기 등의 제품에

대한 칼라화상품질을 수치에 의한 정확한 표시가 불가능하며, 작업자의 숙련도와 컨디션에 따라 판정되므로 품질이 일정하지 않게 되는 등 그 검사결과에 신뢰성이 낮은 결과를 초래하게 된다. 실제적으로 불량품을 가려내지 못하고 그대로 출하하게 되는 문제가 자주 발생되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 검사결과에의 신뢰도를 높이는 동시에 불량제품을 정확히 가려내고자 칼라화상의 색 요소들을 종합적으로 검사하고 절대적인 기준에 의거하여 양부를 판정할 수 있는 칼라화질검사 알고리즘과 이를 이용한 자동화된 칼라화질검사시스템을 개발한다.

2. 검사 자동화시스템의 구성

본 검사자동화시스템의 구성은 그림 1과 같이 CCD카메라와 라인컨베이어와 카메라 구동부 와 리모콘과 원격 감지부 와 퍼스널컴퓨터와 표시부 로 이루어진다.

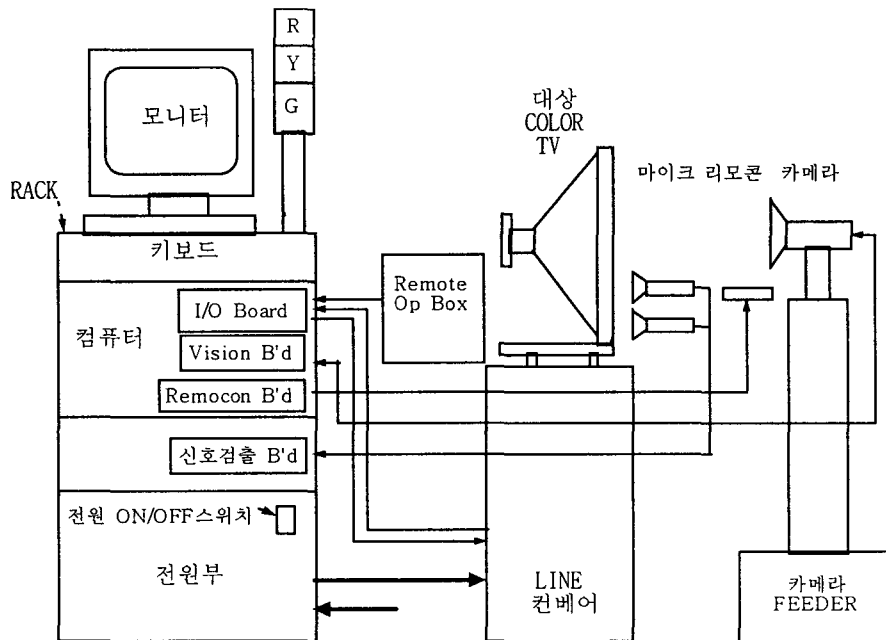


그림1 칼라화질 검사 자동화시스템 외관

상기 CCD카메라는 PULNIX사 제품으로 NTSC신호와 PAL신호에 따라 각각 별도의 해당 칼라 카메라(모델명 ; TMC-7 or TMC-6)를 사용하였으며, 비전보드에 연결되어 텔레비전 수상기의 화면을 화상신호로 바꾸어 준다. 리모콘에서는 텔레비전 수상기를 검사하고자 하는 상태로 원격조정 시키기 위한 동적 명령신호를 발생시키며 라인 컨베이어와 I/O보드는 텔레비전 수상기의 검사위치 도착을 감지하여 감지신호를 발생시킨다.

검사위치에 이송되고 검사용 패턴이 입력되는 검사대상 칼라 텔레비전 수상기의 전방에서 일정거리 떨어진 장소에 위치한 CCD카메라를 퍼스널컴퓨터와 연결하여 칼라화질을 평가할 수 있게 구성한다. 이때 퍼스널컴퓨터는 칼라화질을 평가하기 위한 적절한 하드웨어와 소프트웨어를 내장한다. 즉, CCD 카메라에서 검출되는 아날로그신호를 전송 받아서 퍼스널컴퓨터가 읽을 수 있는 디지털 신호로 변환하는 칼라 비전보드가 장착되어 있으며, CPU보드는 장착된 칼라 비전보드의 출력으로부터 칼라화질의 평가에 필요한 색 요소, 구체적으로 색상과 휘도 값을 계

산하고, 그 계산된 색상과 휘도 값을 내장메모리에 미리 저장한 각각의 기준 값과 상호 비교하여 칼라화질에 대한 양부를 판정하는 알고리즘을 수행하는 프로그램이 탑재된 것이다. 이 퍼스널컴퓨터는 모니터를 통해 판정결과를 표시하는 기능도 수행하며, 검사대상 텔레비전 수상기의 채널을 변경, 검사용 패턴을 바꿔가면서 화질평가 알고리즘을 수행할 수 있도록 외부장치의 라인제어를 위한 장치제어기를 장착하고 있다. 즉, 작업자는 검사대상 칼라 텔레비전의 채널을 변경하면서 여러 가지 검사용 패턴을 화면에 띄우는 것이 가능하다.

그림 2는 검사 자동화시스템의 전체 하드웨어 구성도를 나타내고 있다.

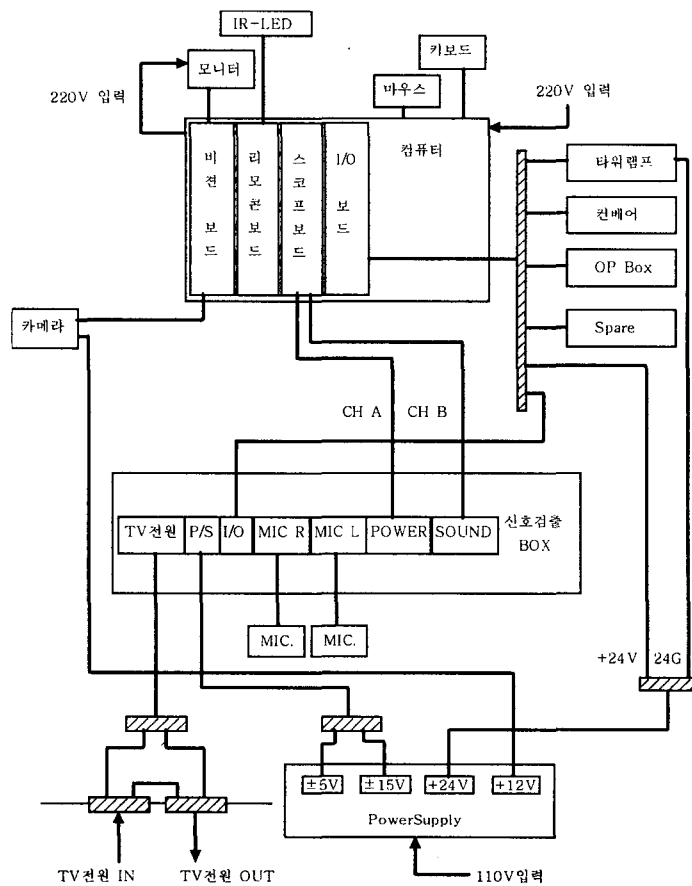


그림2 칼라화질 검사 자동화시스템 하드웨어 구성도

검사 자동화시스템을 구성하고 있는 구성요소들의 기능은 다음과 같다.

- 1) Operation Box
작업자가 키보드를 사용하지 않고 자동화시스템에 명령을 입력시킬 수 있도록 함.
- 2) 타워램프
생산현장에서 모니터와 병행하여 시스템의 현재상태를 표시함.
- 3) 비전보드
카메라에서 출력되는 화상신호를 디지털 값으로 변환하여 화면상태의 계측할 수 있게 함.

4) 스코프보드

신호검출 Box에서 출력되는 스피커출력신호를 디지털 값으로 변환하여 스피커출력상태를 계측할 수 있게 함.

5) I/O 보드

시스템과 생산현장 주변기기 혹은 Operation Box와의 접점을 구성하여 연속된 검사 동작이 수행될 수 있게 함.

3. 칼라화상 검사 알고리즘

색상과 휘도를 검사하는 구체적인 방법은 다음과 같다.

1) 색상검사

칼라브라운관의 각 전자총의 그리드에 가하는 전압을 E_R, E_G, E_B 라고 할 때 수상측에서 Y, I, Q신호를 조합하여 E_R, E_G, E_B 를 만드는 매트릭스회로는 다음과 같은 식으로 나타난다.

$$\text{적 전자총에 들어가는 신호 } E_R = 0.96E_I + 0.63E_Q + 1.0E_Y \quad (1)$$

$$\text{녹 전자총에 들어가는 신호 } E_G = -0.28E_I - 0.64E_Q + 1.0E_Y \quad (2)$$

$$\text{청 전자총에 들어가는 신호 } E_B = -1.11E_I + 1.72E_Q + 1.0E_Y \quad (3)$$

상기 식들로부터의 신호들은 브라운관을 발광하여 목적하는 색으로 나타나게 한다. 따라서 칼라화상은 적색과 녹색 그리고 청색으로 되는 3원색의 조합으로 표현된다. 그러므로 3원색의 조합으로 표현된 칼라화상에서의 각 색상을 화상총합에 대한 각 색의 비로써 표시할 수 있다. 즉 적색과 녹색에 대한 색상비율을 다음과 같이 구한다.

$$\text{적색비율: } x = R / (R + G + B) \quad (4)$$

$$\text{녹색비율: } y = G / (R + G + B) \quad (5)$$

여기서 R, G, B는 상기한 칼라 비전보드에서 받은 적, 녹, 청의 화상 값이다.

식(4),(5)에 의해 적색비율과 녹색비율을 구한 후 이 값들을 기준 값의 상, 하한 값과 비교하여 검사대상 색상의 양부를 판정한다.

2) 휘도검사

휘도는 색의 밝기로써 백, 적, 녹, 청을 보았을 때 눈이 느끼는 밝기를 크기에 대응하여 나타내게 된다. 적, 녹, 청에 대해 3개 화상 활상관의 출력전압의 합계를 흑백의 화상 활상관과 같아지게 했을 때 적, 녹, 청의 출력전압의 비율을 각각 적은 30%, 녹은 59%, 청은 11%로 분압 하여 크기가 얻어진다. 따라서, 휘도 값은 다음과 같이 구한다.

$$\text{휘도: } Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad (6)$$

식(6)에 의해 일정영역의 평균 휘도 값을 구한 후 이 값을 기준 휘도 값의 상, 하한 값과 비교하여 검사대상 영역의 휘도검사 결과를 판정한다.

3) 칼라화상검사 알고리즘

색상검사, 휘도검사를 이용한 칼라화상검사방법의 알고리즘은 다음과 같은 단계로 이루어진다.

1단계) 검사대상 칼라 텔레비전 수상기가 라인컨베이어에 의하여 검사위치에 이송되면 첫 번째 단계로 패턴발생기 또는 라인방송시스템으로부터 검사용 패턴을 발생시켜 검사대상 칼라 텔레비전 수상기 내의 음극선관 화면에 그 패턴의 화상이 표시되게 된다. 이 단계에서는 장치 제어기를 통해 원격제어기를 제어하여 칼라 텔레비전 수상기의 채널을 변경, 정해진 채널로 정해진 검사용 패턴화상이 표시되게 된다.

2단계) 칼라 텔레비전 수상기의 음극선관 화면에 검사용 패턴이 나타나면 CCD 카메라를 작동시켜 그 화면에 나타난 검사용 패턴의 화상을 촬상한다. 이때, 칼라카메라는 촬상된 화상, 즉 음극선관화면에서 발광되는 명암을 읽어서 광전변화한 전기적 화상신호를 생성하고 그 생성한 화상신호를 퍼스널컴퓨터에 장착된 칼라 비전보드에 전송한다.

3단계) 칼라 비전보드는 칼라카메라의 화상신호를 받아서 화면 색상의 파장으로 구분되는 적, 녹, 청의 R, G, B 신호를 디지털 신호로 변환하여 퍼스널 컴퓨터의 CPU보드로 전송한다.

4단계) 퍼스널컴퓨터의 CPU보드는 칼라 비전보드로부터 전송된 R, G, B 값을 근거로 색상과 휘도를 계산한다.

5단계) 퍼스널컴퓨터의 CPU보드는 계산된 색상값 및 휘도값을 미리 기억되어 있는 각각의 기준 값의 상, 하한 값과 비교하여 각각의 불량여부를 판정한다. 이때 판정에 사용되는 기준 값과 이 값의 상, 하한 값은 기존의 경험에 의한 수동 검사 때 사용한 값으로 한다.

6단계) 판정된 칼라화질의 색상과 휘도 각각에 대한 판정결과들을 모니터를 통해 표시한다.

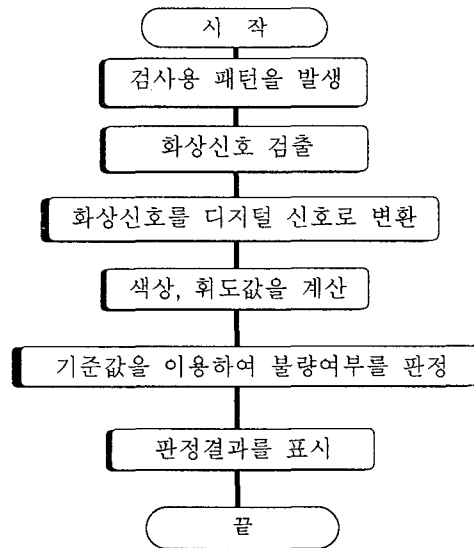


그림3 칼라화질 검사방법의 흐름도

4. 결과 및 고찰

칼라화상 검사 자동화시스템 자체의 성능특성을 평가하기 위하여 시스템 주변온도를 변화시키면서 이에 따른 검사 결과 값의 변화 특성을 고찰하였다. 이는 자동화시스템이 사용되는 검사 공정 이 있는 생산라인 현장의 주변온도가 작업을 시작하는 오전과 한낮 및 오후에 서로 달라 자동화시스템의 성능특성에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 또한 자동화시스템에 일정한 검사대상 칼라화상을 공급하기 위하여 검사대상 칼라화상으로 패턴발생기의 비데오 출력화면을 CCD카메라 출력 화상 값 대신 사용하였다. 이를 위하여 삼성전자 생산기술센터에서 보유한 항온항습조 내부에 칼라화상 검사 자동화시스템을 설치한 후 그림4의 온도변화 사이클을 인가하였으며 패턴발생기는 항온항습조 외부에 설치하여 검사대상 칼라화상으로 사용되는 패턴발생기의 비데오 출력화면이 일정한 출력화면을 유지할 수 있도록 하였다.

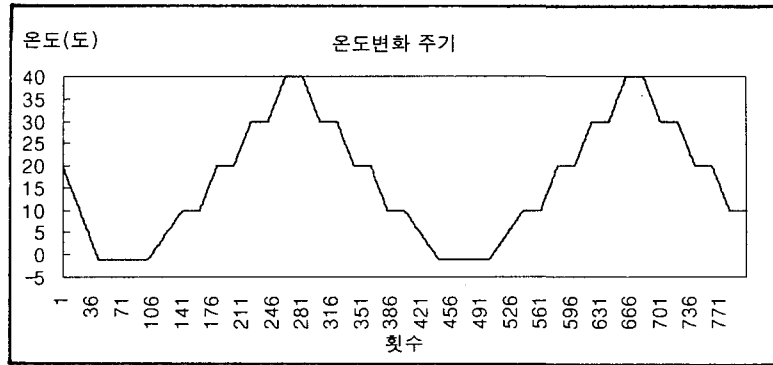


그림4 주변 온도변화 주기

그림4의 온도변화 주기대로 시스템주변 온도를 인가하였을 때 얻어진 R, G, B값을 256계조도 값으로 구하였다. 온도변화에 따른 각 값들의 변화추이를 관찰하기 위하여 매5분마다의 R, G, B값을 그림5에 그래프로 나타내었다. 그림5는 색상검사 및 휘도검사의 기본 데이터로 사용되는 R, G, B값들의 변화추이를 나타내 주기는 하지만 색상 검사 값 및 휘도 검사 값 자체의 변화추이를 나타내지는 못한다. 따라서, 색상검사의 기준 값이 되는 적색비율(x) 및 녹색비율(y)을 식(4), 식(5)에서 각각 구하여 색상검사 결과값(x,y)의 변화추이를 관찰하였으며 이를 그림6에 나타내었다. 또한, 휘도검사의 기준 값이 되는 휘도 값(Y)을 식(6)에서 구하여 휘도검사 결과 값(Y)의 변화추이를 관찰하였으며 그 결과는 그림5에 R, G, B값들과 함께 그래프로 나타내었다. 그림5와 그림6에 의하면 시스템 주변에 온도가 변화하여도 R, G, B값들이 일정한 변화 폭을 유지하는 것을 알 수 있으며 이 값들을 사용한 색상검사 값과 휘도검사 값도 마찬가지로 온도변화에 무관하게 일정한 변화 폭을 유지함을 알 수 있었다.

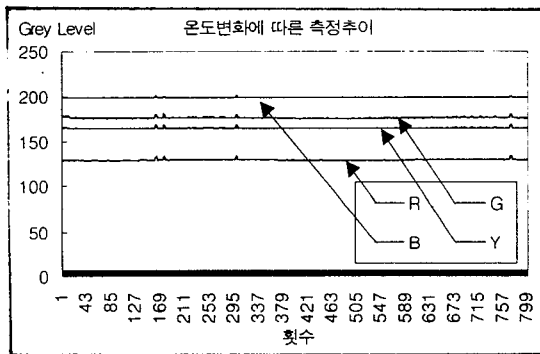


그림5 주변 온도변화에 따른 R,G,B 및 Y값

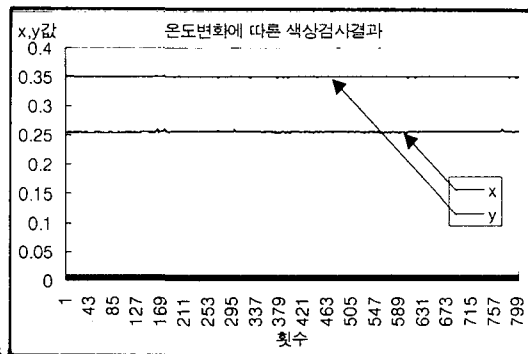


그림6 주변 온도변화에 따른 색상검사 결과값(x,y)

표1은 주변 온도변화에 따른 R,G,B 및 x,y,Y 값 전체의 변화추이를 요약하여 보여준다. 표1에 의하면 패턴발생기로 검사대상 칼라화상을 일정하게 공급한 상태에서는 시스템주변의 온도가 변화하는 경우 본 시스템이 가진 색상검사의 검사정밀도는 정규분포의 경우 전체 모수의 99.7%를 포함하는 3시그마 값을 기준으로 할 때 x는 0.003, y는 0.003 이며, 휘도검사의 검사정밀도는 같은 기준으로 하면 256계조도에 대해 2.3임을 알 수 있다.

표1 주변 온도변화에 따른 R,G,B 및 x,y,Y값의 변화추이 요약

	R	G	B	x	y	Y
최대값	133	180	201	0.259	0.353	168
중간값	129	176	198	0.256	0.349	164
최소값	128	175	198	0.254	0.348	163
표준편차값	0.8	0.8	0.6	0.001	0.001	0.75

생산현장에서 본 자동화시스템이 검사하여야 하는 칼라화상은 패턴발생기의 출력화면처럼 일정한 상태를 유지하고 있는 화상이 아니라 칼라 텔레비전의 CRT에 의해 표현되는 화상을 칼라CCD카메라로 촬상한 칼라화상이다. 따라서, 실제 현장에서 사용하였을 때 본 연구대상인 자동화시스템의 검사정밀도를 관찰하기 위하여 실제 칼라 텔레비전 화상을 통상의 온도에서 약10시간 반복 검사한 결과를 검토하였다.

그림7은 각 값들의 변화추이를 관찰하기 위하여 매 30초마다의 R, G, B값을 그래프로 나타낸 그림이다. 그림7은 색상검사 및 휘도검사의 기본 데이터로 사용되는 R, G, B값들의 변화추이를 나타내 주기는 하지만 색상검사 값 및 휘도검사 값 자체의 변화추이를 나타내지는 못하므로 색상검사의 기준 값이 되는 적색비율(x) 및 녹색비율(y)을 식(4), 식(5)에서 각각 구하여 색상검사 결과 값(x,y)의 변화추이를 관찰하였으며 이를 그림8에 나타내었다. 또한, 휘도검사의 기준 값이 되는 휘도 값(Y)을 식(6)에서 구하여 휘도검사 결과 값(Y)의 변화추이를 관찰하였으며 그 결과는 그림7에 R, G, B값들과 함께 그래프로 나타내었다. 그림7과 그림8에 의하면 상온에서 실제 칼라 텔레비전의 화상을 칼라CCD카메라로 검사할 때, R, G, B값들이 일정한 변화 폭을 유지하는 것을 알 수 있으며 이 값들을 사용한 색상검사 값과 휘도검사 값도 마찬가지로 일정한 변화 폭을 유지함을 알 수 있었다. 그림7에서 R과 B가 임펄스성으로 변화 폭을 벗어난 경우를 나타내기는 하지만 이는 검사대상 칼라 텔레비전 화상자체의 변화에 의한 결과로 볼 수 있다.

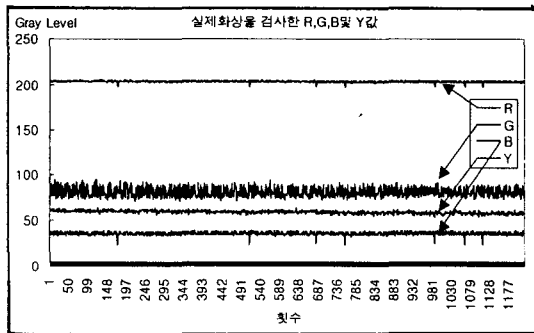


그림7 실제화상을 검사한 R,G,B 및 Y값

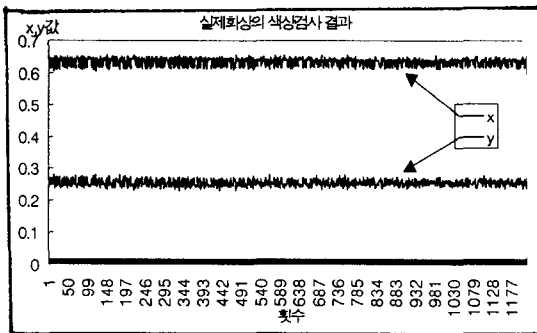


그림8 실제화상의 색상검사 결과값(x,y)

표2는 상온에서 실제 칼라 텔레비전의 화상을 검사하여 관찰한 R,G,B 및 x,y,Y 값 전체의 변화추이를 요약하여 보여준다. 표2에 의하면 실제의 생산현장과 동일한 조건일 때 본 시스템이 가진 색상검사의 검사정밀도는 정규분포의 경우 전체 모수의 99.7%를 포함하는 3시그마 값을 기준으로 할 때 x는 0.036, y는 0.03 이며, 휘도검사의 검사정밀도는 같은 기준으로 하면 256계조도에 대해 5.7임을 알 수 있다.

표2 상온에서 측정한 R,G,B 및 x,y,Y값의 변화추이 요약

	R	G	B	x	y	Y
최대값	206	95	39	0.658	0.282	64
중간값	204	80	35	0.639	0.252	59
최소값	198	72	24	0.605	0.231	53
표준편차값	1	5.2	1.9	0.012	0.010	1.7

5. 결론

본 연구에 따르면 종래의 사람의 시각에 의존하던 원시적인 방법과 달리, CCD카메라로부터 취한 검사대상화면상의 칼라화상에 대한 화상 값을 수치화 하여 칼라화상의 색 요소를 연산하고 그 연산된 색 요소에 대한 값들을 소정의 기준 값과 비교하는 알고리즘으로 칼라화질의 양부를 판단하므로, 작업자의 숙련도 나 컨디션에 관계없이 정확한 검사결과를 얻을 수 있다. 따라서 출하되는 제품의 화질에 대하여 절대평가에 의한 수치적인 품질표시가 가능하며, 이것과 함께 불량제품에 대한 출하를 사전에 방지할 수 있어서 소비자에 대한 신뢰도를 높일 수 있다.

본 연구에서는 검사대상 화면으로서 칼라 텔레비전에 사용되는 음극선관을 예로 들어 설명하였으나, 칼라 액정표시판 등 칼라화상을 표시하는 모든 화상표시수단에 대한 칼라화질검사에 이용될 수 있다.

[참고문헌]

- [1] Connolly C. and Leung T. W. W., "Industrial colour inspection by video camera", Fifth International Conference on image Proceeding and its Application, pp672-676, July 1995.
- [2] Climent J. and Alvarez S., "Low cost vision system for quality control", Journal on Communication Vol 45, pp36-38, July 1994.
- [3] Zeuth N., "Machine vision", Proceedings of the 1994 International Control Engineering Conference, pp247-255, March 1995.
- [4] Geony G. M., and Cowley D. C., "The implementation of automated vision inspection system in a modern manufacturing plant and their effect on efficiency", Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology, pp669-673, Dec 1996
- [5] Shenghua Ye., Fajie Duan., Chunhe Wang., and Jionxim Zhan., "Study on vision inspection technique for meshes", Proceedings of the 3rd interanational Conference Computer Integrated Manufacturing, vol. 2, pp1249-1254, July 1995.
- [6] Winkler G., "Automated visual inspection system", Technique vol. 38, Iss 1, pp13-16, June 1989.
- [7] Casasent D. and Richard J. "Industrial use of a real time optical inspection system", Applied Optics, vol. 27, Iss 22, pp4653- 4659, 1989.
- [8] Petrov D. V., Vesnina V. A., Butenko L. N., Shkol'nikov I. V., Stepin Yu. A., Golubovskii Yu. M., "An automatic TV system for monitor silica tube shape measurement", Technique vol. 32, pp1143-1145, DEC. 1989.
- [9] Kim, Jeong Seon, A study on automatic segmentation of color image, 한국과학기술원 학위논문초록집, p. 58-59, 1987