

CCFL 검사를 위한 촬영환경 및 불량판별 알고리즘¹⁾

문창배*, 정운국*, 이홍수*, 이준영* 이해연*, 김병만*, 양한석**

*금오공과대학교 컴퓨터공학부 소프트웨어전공

** (주)유비전

e-mail : dalbaekor@naver.com

CCFL Defects Detection Algorithm with Shooting Environment

Chang Bae Moon*, Un-Kuk Jung*, Hung Su Lee*, Jun Young Lee*,

Hae-Yeoun Lee*, Byeong Man Kim*, Han Suk Yang**

*Dept. of Computer and Software Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**U-Vision Co. Ltd

요 약

LCD 모니터의 백라이트로 CCFL 형광체를 많이 사용하고 있으나 그 불량여부는 육안에 의존하고 있다. 그러나 육안 검사는 CCFL 형광체의 불량에 대한 일관성 있는 기준이 결여되고, 노동집약적인 검사로 인해 산업적 재해가 발생할 수 있다. CCFL 불량유무를 자동 판별하기 위해서는 물리적 촬영환경과 자동검출 알고리즘이 필수적이다. 본 논문에서는 CCFL 형광체의 불량을 자동으로 검사하기 위한 촬영환경을 설명하고, 그 촬영환경에 알맞은 대표적인 불량검출 알고리즘을 제안한다. 실험결과에 따르면, 알고리즘은 불량 판별율 98.86%와 과검율 3.34%의 성능을 보였다.

1. 서론

백라이트는 MONITOR, TV, NOTEBOOK, TFT-LCD 등의 광원으로 사용되고 백라이트 종류는 EEFL, CCFL, LED로 3가지로 나뉜다. 이중 현재 가장 많이 사용되어지고 생산되어지는 백라이트는 CCFL이다. 그 이유는 EEFL보다 제작 과정이 단순화 되어 있고, 가격면에서 LED보다 저렴하기 때문이다. 또한 CCFL은 가전제품 이외 전광판과 같이 광원이 필요한 제품에서도 이용되어지고 있다.

완제품에 불량 부품을 사용하면 부품의 불량이 아닌 완제품의 불량으로 판정된다. 능숙한 검사자가 검사한 부품을 사용한다면 완제품의 불량이 감소하지만 모든 검사자는 능숙하지 않다. 또한 A라는 불량을 잘 검출하는 검사자가 있는 반면 B라는 불량을 잘 검출하는 검사자가 있다. 이렇게 능력의 차이가 발생하는 이유는 제품을 육안으로 검사하기 때문에 시각적 차이가 발생하며 이로 인하여 일관성이 결여된다. 또한 육안검사의 경우 눈에 대한 피로를 증가시키고, 노동집약적이기 때문에 산업적 피해도 불가피 하다. 완제품의 신뢰성을 높이고, 산업적 피해를 줄이기 위해서 불량판별 자동화 검사가 필요하다.

CCFL은 불을 이용하여 제작되고, 이때 발생 가능한 불량항목은 총 41가지이다. 불량을 촬영하기 위해 적절한 조명조건은 필수인데, 본 논문에서는 물리적 환경으로 5가지 조명들을 소개하고, 5가지 조명을 조합한 3가지 조합조명을 소개한다. 또한, CCFL 불량유무를 자동으로 판별하기 위한 자동검출 알고리즘에 대하여 설명하고, 이의 성능

을 비교 분석 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 물리적 촬영 조건, 3장에서 CCFL 불량검출 알고리즘, 4장에서 실험 및 성능평가, 마지막으로 5장에서 본 논문을 결론짓는다.

2. CCFL 백라이트 구조 및 불량판별 시스템

CCFL은 (그림 1a)에서 보는 것과 같이 음극에서 전자를 방전시켜 가시광선을 발생시키는 광원으로 가시광선이 LCD 백라이트로 사용되어진다. CCFL에서 주로 불량이 발생하는 부분은 양끝 부분이고, (그림 1b)는 금속 부분의 세부 명칭이다[1].



(a) CCFL (b) 명칭

(그림 1) CCFL 구조

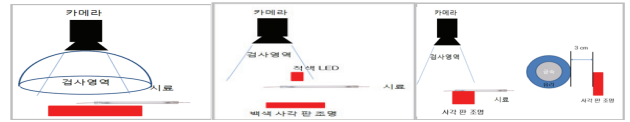
불량을 촬영하기 위한 전체적인 시스템 구조는 [1, 2]에서 사용한 방법과 유사하고, 물리적 실험환경은 (그림 2)와 같다. 시료가 입력되면 본 논문에서 설정된 조명조건을 이용하여 촬영하고, CCFL불량 유무를 판별한다.

3. CCFL 촬영을 위한 조명조건

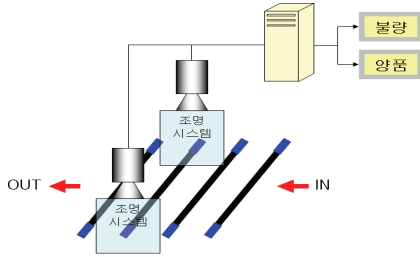
본 알고리즘에서 영상을 획득하기 위해 71가지의 다양한 조명환경을 실험하였고, 가장 좋은 촬영조건은 다음과 같이 5개로 요약할 수 있다.

* 본 논문은 2009년도 교육역량강화사업의 KIT 가족연구실 지원 사업으로 연구 되었습니다.

- ▶ 돔 조명 : 유리 내부에 위치한 금속을 촬영
- ▶ 점광원 조명 : 유리 끝단에 발생되어지는 불량을 촬영
- ▶ 원거리 조명 : 유리 외형을 촬영
- ▶ 근거리 조명 : 유리표면에 발생되는 불량을 촬영
- ▶ 측면 조명 : 유리표면에 발생되는 미세 불량을 촬영



(a) 돔 근거리 조명 (b) 점 원거리 조명 (c) 측면 조명
(그림 3) 선택한 조합 조명 구성도



(그림 2) 불량 판별 시스템 구조도



(a) 돔 근거리 (b) 점 원거리 (c) 측면
(그림 4) 각 조합조명에서 촬영한 이미지

5가지 조명조건으로 거의 모든 불량을 촬영할 수 있지만 5가지 조명조건을 사용하면 개발비용이 증가한다. 비용을 줄이기 위해 <표 1>과 같이 다양한 조합실험을 하였다. <표 1>의 근거리, 원거리, 점광, 측면의 의미는 각 조명에서 촬영 가능한 불량들의 집합이다. 예를들어, 근거리 조명에서 촬영 가능한 불량과 돔형 조명에서 촬영 가능한 불량 모두를 돔 근거리 조명에서 100 % 촬영할 수 있다. 이에 근거하여 다음의 두가지 가능조합을 고려할 수 있는데, 본 알고리즘에서는 첫 번째 방법을 적용하였다.

- ▶ 돔 근거리, 점 근거리, 측면 조명 사용
- ▶ 돔 원거리, 점 근거리 측면 조명 사용

<표 2> 돔근거리 조명에서 촬영가능한 불량

돔 근거리		
이물B	크랙A_B	형광체 입자 잔존B
깨짐A	도포기포A	크랙(A)코바르A
기포A	주름기포A	형광체 입자 잔존A
전극산화	붉은점A	전극킵푸른띠
붉은점B	도포기포B	전극킵푸른띠
푸른색	전극킵적힘	친밀성부족B
산화	비드깨짐A	실링기포B
깨짐B	비드깨짐B	이물A
기포B		

<표 1> 조합조명 실험 결과

	근거리	원거리	점광	측면
돔형	100%	100%	H/W 불가능	50%이하 100%
근거리	중복	H/W 불가능	100%	불가능 50%이하
원거리	중복	중복	100%	불가능 50%이하
점광	중복	중복	중복	50%이하 100%

본 논문에서 선택한 조명의 구성은 (그림 3)과 같다. (그림 3a)는 돔 근거리 조합조명이고, (그림 3b)는 점 원거리 조합조명, (그림 3c)는 측면 조합조명이다. 각 조합조명을 이용하여 촬영한 영상은 (그림 4)과 같다. (그림 4a)는 돔 근거리 조명에서 촬영한 이미지 이고, (그림 4b)는 점 원거리 조명, (그림 4c)는 측면 조명조건에서 촬영한 이미지이다. (그림 4)의 붉은색 사각형은 불량이 발생하는 위치를 표기한 것이다.

각 조합조명에서 촬영할 수 있는 불량항목을 정리하면 <표 2>, <표 3>과 같고, 일부 불량들은 두가지 이상의 조명조건에서 모두 촬영가능하다. 예를들어 기포는 돔근거리, 측면 조명조건에서 모두 촬영가능하다.

<표 3> 점원거리 및 측면조명에서 촬영가능한 불량

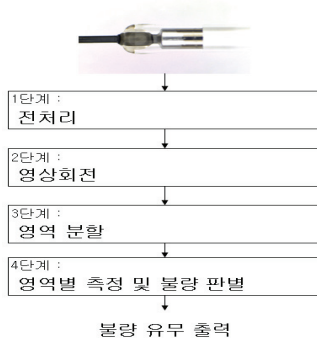
점 원거리	측면	
봉지부버A	기포A	주름기포A
형태A	기포B	도포기포B
머리형상A	이물B	실링기포B
목불음A	붉은점A	붉은점B
형태B	이물A	도포기포A
머리형상B	깨짐B	형광체 입자 잔존B
융착면좁음B	깨짐A	형광체 입자 잔존A
목불음B	크랙A_B	크랙(A)코바르A
	비드깨짐A	친밀성부족B
	비드깨짐B	

3. CCFL 불량검출 알고리즘

본 절에서는 CCFL 백라이트의 불량을 검출하기 위한 알고리즘을 설명한다. 전체적인 알고리즘 흐름은 (그림 5)와 같고, 4단계로 구성된다. 본 논문에서는 측면조명을 제외한 돔 근거리, 점 원거리 조명조건에서의 알고리즘만 설명한다.

각 단계의 처리는 다음과 같다.

- ▶ 1단계 전처리 : CCFL영상 이진화
- ▶ 2단계 정규화 : 영상의 회전판별 및 영상 회전
- ▶ 3단계 영역분할 : 불량을 판별할 수 있도록 영역분할
- ▶ 4단계 영역별 측정 및 불량판별 : 불량이 포함되어 있는지 측정 및 판별



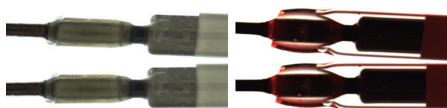
(그림 5) 자동 불량검출을 위한 알고리즘 흐름도

3.1 전처리

배경과 객체(CCFL)를 분리하기 위해 히스토그램을 분석하였다. 분석결과 돔 근거리 영상의 경우 바탕 영역의 밝기값은 항상 1.0을 유지하고, 객체의 도포부분도 바탕과 유사한 밝기 값을 가진다. 그래서 돔 근거리 영상의 경우 0.85~0.98사이의 임계값으로 이진화 후 배경과 객체를 분리한다. 점 원거리 영상의 경우 0.5~0.98사이의 임계값을 이용하여 이진화 하여 영상의 배경과 객체를 분리한다.

3.2 정규화

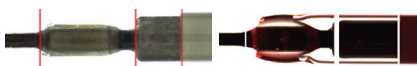
촬영 시 시료의 방향은 항상 일정하기 때문에 획득되는 영상 또한 일정 방향으로 정렬되어있지만 시료의 수평은 보장을 하기 힘들다. 그러한 원인은 검사장비에 의하여 발생 할 수 있는데 검사 영역까지 운반을 하는 벨트가 존재하고 검사를 목적으로 회전하는 벨트가 존재 한다. 검사 영역까지 시료가 운반되면 검사를 목적으로 하는 벨트로 시료를 회전시키기 위하여 시료를 상단으로 올리는 과정에서 각도가 틀어질 수 있다. 검사 영역을 정확하게 분할하기 위하여 시료를 평형하게 유지하기 위하여 [1]의 정규화 알고리즘을 사용한다. (그림 6)은 [1]의 알고리즘으로 전처리 후 정규화한 영상이다.



(그림 6) 전처리 후 정규화 영상

3.3 영역구분

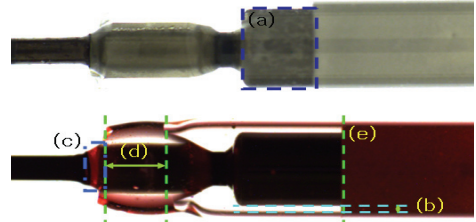
검출되는 불량 종류와 판별기준은 영역마다 다르기 때문에 영역분할은 필수적이다. 본 논문에서 불량을 판별하기 위한 영역구분 알고리즘으로 [1]의 알고리즘을 사용한다. (그림 7)은 [1]의 알고리즘으로 영역을 나눈 결과이다.



(그림 7) 영역구분 영상

3.4 불량판별 알고리즘

불량은 금속, 유리, 도포 3구역에서 발생하고, 이중 가장 많은 비중을 차지하는 불량은 유리 관련 불량이라 할 수 있다. CCFL에서 발견되는 불량 수의 41가지이고, 본 논문에서는 41가지 중 대표적인 불량을 처리하기 위한 알고리즘을 설명한다. 각 불량별 측정위치는 (그림 8)과 같다.



(그림 8) 각 불량별 측정위치

● 전극킵푸른띠 (촬영환경 : 돔 근거리 조명, 그림 8a)
전극킵푸른띠는 CCFL 제작 과정에서 불의 영향이 전극부에 미쳐서 발생하는 불량으로 전극부에 청색이 발생하는 특징을 가지고 있다. 전극킵푸른띠의 불량검출하기 위한 알고리즘은 RGB영상에서 HSI영상으로 변환 후 H 모델을 이용하여 청색 영역만을 추출한 이진화 영상과 그레이 영상을 히스토그램 평활화 후 이진화 과정을 거쳐 검정색 라인1)만을 추출한 이진화 영상과의 차를 이용하여 불량을 판별 한다.

● 형태A (촬영환경 : 점 원거리 조명, 그림 8b)
형태A 불량인 경우는 2가지 유형으로 불량유무를 파악한다. 첫 번째는 전극과 유리외벽이 닿으면 전극의 각도가 발생한다. 전극부분을 획득하고 전극부분의 3곳(전극의 시작부, 전극의 가운데, 전극의 끝단)을 확인하여 전극이 유리 외벽과 붙었는지 여부를 확인한다. 두 번째로 전극의 각도를 계산한다. 전극의 각도는 전극의 시작부(위치 X)와 전극의 끝단(위치 Y)을 이용하여 각도를 계산하고, 각도를 이용하여 불량을 판별한다.

● 머리형상A (촬영환경 : 점 원거리 조명, 그림 8c)
머리형상A 불량은 점 원거리 조명을 이용하여 불량을 판별한다. 점광 조명을 붉은색을 이용하기 때문에 시료의 끝부분이 붉게 빛난다. HSI에서 S값의 색상 농도를 이용하여 붉은 영역을 획득하고, 붉은 영상을 이진화 시킨 영상과 이미지 전체를 기본 이진화 시킨 영상을 AND 연산시켜 불량을 판별하기 위해 이진 영상을 획득한다. 불량을 판별하기 위한 영상의 누적 히스토그램을 구하고, 누적 히스토그램의 패턴을 분석하여 불량유무를 판별한다.

1) 카메라의 렌즈 부분이 전극킵에 반사되어 발생되어지는 검정색 띠

● **용착면좁음** (촬영환경 : 점 원거리 조명, 그림 8d)
 용착면좁음 불량을 판별하는 방법은 코바르 영상에서 용착면의 끝부분 검색, 비드글라스 끝부분 검색, 비드글라스 시작부 검색, 용착면의 비율을 이용하여 불량을 판별 한다.

● **도포치수** (촬영환경 : 점 원거리 조명, 그림 8e)
 도포치수 불량은 도포가 코바르 목부분을 보이지 않게 덮거나 전극을 도포가 전혀 덮지 않을 경우 도포치수 불량으로 판판한다. 도포치수 불량판별 알고리즘은 두 가지로 구성되는데, 첫 번째는 전극영역검사, 두 번째는 코바르 영역을 검사이다. 첫 번째 검사방법은 전극캡을 이진화한 영상에서 백색(1)에서 검정색(0)으로 변하는 패턴을 이용한다. 만약 패턴이 1-0-1로 끝나는 경우 불량으로 판별하였고, 1-0-1-0으로 반복 발생하면 양품으로 판별하였다. 이때 유리 외벽의 두께는 10픽셀 이상이기 때문에 5픽셀 이하의 검정색(0)영역은 잡음으로 무시 한다. 두 번째 방법은 코바르를 이진화한 영상에서 임의의 위치에서 검정색 영역의 사이즈를 계산하여 일정 사이즈 이상인 경우 정상으로 이하인 경우 불량으로 판별 한다.

4. 실험 및 성능평가

본 논문에서는 Pixelink 카메라와 55mm 렌즈, 펜티엄 2GHz, 램 2GBytes 환경에서 영상획득 및 알고리즘 성능을 비교하였다. 성능 결과는 <표 4>와 같고, 성능을 분석하기 위해 총 176개의 시료를 이용하여 불량이미지를 획득하였다. 176개의 시료 중 172개의 시료를 불량으로 검출하여 98.86 %의 판별율을 가지고, 과검율을 판단하기 위해 불량 이외의 시료를 사용하였다. 불량 이외의 시료의 총 수는 1,184개를 이용하여 실험한 결과 48개의 과검이 발생하여 3.34 %의 과검율을 가지고 있다.

<표 4> 돔 근거리, 점 원거리 성능분석

물리 환경	불량명	시료 개수	불량 판별수	판별율	불량의 시료	과검 판별수	과검율
돔 근거리	전극캡푸른띠	20	20	100	123	2	1.63
	전극산화	24	24	100	119	2	1.68
	총계 & 비율	44	44	100	242	4	1.66
점 원거리	도포길이	4	4	100	175	0	0
	용착면좁음B	9	9	100	170	2	1.18
	형태A	36	35	97.22	143	32	22.38
	형태B	29	28	96.55	150	4	2.67
	머리형상B	28	27	96.43	151	0	0
	머리형상A	26	25	96.15	153	6	3.92
	총계 & 비율	132	128	97.73	942	44	5.03
불량 판별율		176	172	98.86	1,184	48	3.34

과검율이 발생하는 원인을 분석하기위해 양품시료를 분석하였다. 분석결과 양품시료에서도 불량시료와 유사한 특징이 발생하기 때문이다. (그림 9)은 양품 시료와 불량 시료의 모호한 예이다. (그림 9a)는 양품시료이고, (그림 9b)는 기포불량시료이다. 양품시료에서도 기포 불량과 유사한 특징이 발생하는 이유는 환경과 기후변화, 온도변화에 민감한 불을 이용하여 제조하기 때문이다.



(a) 양품시료 (b) 기포불량 시료
 (그림 9) 양품시료와 불량시료 비교

5. 결론

완제품에 불량 부품을 사용하면 부품의 불량이 아닌 완제품의 불량으로 판정된다. 또한 육안검사의 경우 눈에 대한 피로를 증가시키고, 노동집약적이기 때문에 산업적 피해도 불가피하다. 완제품의 신뢰성을 높이고, 산업적 피해를 줄이기 위해서 불량판별 자동화 검사가 필요하다.

본 논문에서는 CCFL 불량 항목을 검사하기 위한 물리적 환경으로 5가지 기본 조명 조건에서 3가지 조합 촬영 조건을 도출하였고, 대표적인 불량에 대한 자동검출을 위한 알고리즘에 대하여 제안하였다. 대체적으로 알고리즘은 좋은 성능을 가지고, CCFL공정과 공장의 청결상태 등 외부적 환경조건을 개선한다면 불량검출 알고리즘 성능이 좋아질 것이다.

참고문헌

[1] 정운국, 문창배, 이해연, 김병만, 양한석 “CCFL 불량 판별을 위한 전처리 알고리즘” 한국정보과학회 2009 가을 학술발표논문집 제36권 제2호(C), 2009. 11, pp. 359-362
 [2] 최승태, 허운, 이준형, 최태호, 강진규, 최유화 “ EEFLL 불량검사를 위한 네트워크기반 멀티비전 통합시스템 구현 ” 제어로봇시스템학회지 v.14, no.2, 2008년, pp.21-25