머신비전을 이용한 리모컨 외관검사 자동화 시스템 개발

Development of Automatic Remocon Inspection System using Machine Vision

송 기 현*, 허 경 무**
(Ki-hyun Song and Kyung-Moo Huh)

Abstract - In this study, we develop a remocon inspection automatic system using machine vision technique. By our proposed inspection system, the inspection accuracy and processing time was considerably improved.

Key Words : color, edge, image processing

1. 서론

현재 리모컨은 대다수의 가전제품에 많이 쓰이고 있다. 생산 공정에서 리모컨 버튼의 유무 및 글자, 색깔 불량 검사는 인간의 시각에 의해 이루어지고 있다. 사람에 의한 검사는 육체적, 정신적 상태에 따라 일정하지 않은 검사를 하게 된다. 규격화 되지 않은 검사로 인하여 제품의 신뢰성 및 정확성을 떨어뜨리고 있다. 따라서 인간에 의한 검사 대신 자동화된 머신 비전 시스템에 의해 검사하면 이러한 단점을 보완할 수 있고, 일정한 검사의 성능을 유지할 수 있다. 또한 현재 비전 검사장비들은 작업장의 조명에 아주 큰 영향을 받아왔다. 리모컨의 품질을 일정하게 유지하기 위해서 많은 연구가 이루어지고 있다. 그래서 본 논문에서는 밝기변화에 의한 영향을 줄일 수 있는 리모컨의 외관검사 시스템과 처리속도 향상을 위한 리모컨의 외관검사 시스템을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 정확성은 향상되면서 특수한 장비 없이 개인용 컴퓨터와 CCD 카메라를 이용하여 불량검사를 할 수 있는 시스템을 제안한다. 또한 장비를 갖추지 못하는 곳에서 유용하게 쓰일 수 있도록 조명 조건을 일반적인 환경으로 설정하고 시스템을 구성하였기 때문에 별도의 조명이 필요하지 않다.

2. 전체 리모컨 검사 시스템

2.1 시스템 구성 및 리모컨의 검사 내용

본 리모컨 검사시스템에서 개발할 구체적 내용을 살펴보면 다음과 같다. 리모컨 버튼의 유무 모양 색깔 판별 그리고 리모컨 1대당 처리시간을 1초 이내로 한다. 또한 정확도와 신뢰성을 향상시킨다. 위의 내용을 개발하기 위해서 본 시스템에서는 다양한 리모컨의 종류와 새로 개발되는 리모컨을 일정하게 검사하기위한 시스템을 개발하기 위해서 일단 리모컨의 색깔로 된 부분의 컬러불량을 검출한다. 다음으로 리모컨의 문자나 버튼의 모양의 외관 불량을 기하학적 모델을 이용하여 한번에 검사하는 시스템을 개발한다. 또한 리모컨의 처리시간을 단축시키고 정확도 및 신뢰성을 향상 시키는 시스템을 개발한다. 아래 그림 1 은 리모컨의 불량검사를 위한 시스템의 대략적인 흐름도를 나타내고 있다.

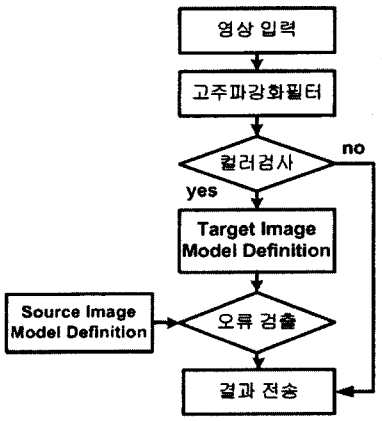


그림 1. 리모컨 검사 시스템 흐름도

2.1 컬러 영역 불량 검출

검사하려는 리모컨에는 버튼이나 리모컨의 표면에 컬러로 된 문자나 버튼이 있다. 컬러 문자나 버튼의 검사 방법과 컬러문자나 버튼의 객관적인 판단 기준을 세우는데 중점을 두었다. 인간은 R, G, B의 3색 조합으로 방사된 빛을 인식한다. 이 때문에 컬러 시스템들은 세 개의 숫자를 기반으로 한다. 본 시스템에서는 RGB 컬러공간을 이용한다. RGB는 삼원색인 빨강, 초록, 파랑으로 구성되어있다. 이들 컬러의 분광 요소들이 부가적으로 복합되어 결과적인 컬러를 만들어낸다. 본 시스템에서는 RGB데이터를 가지고 경계 값을 적용하여 색상 판정을 한다.

$$g(r,g,b)=\begin{cases}1 & f(r,g,b)-t<f(r,g,b)<f(r,g,b)+t \\ 0 & otherwis\end{cases}$$

* 단국대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정
** 단국대학교 전자컴퓨터공학부 교수, 공학박사

여기에서 $g(r,g,b)$, $f(r,g,b)$는 각각 영상에서 컬러의 RGB값을 나타내고, t 는 경계 값을 나타낸다. RGB데이터를 경계 값을 통해 불량 문자의 검출 방법에 있어 정량적인 값을 설정함으로써 그 판별 기준을 객관화하는데 중점을 두었다. Color 문자에 대한 검사 기준이 정확하지 않기 때문에 현재 리모컨의 생산 공정에서는 컬러 문자에 대한 판별 기준이 대단히 모호하다. 검사자의 시력이나 건강상태에 또는 작업장의 환경에 따라 그 판별에 대한 여부는 상당히 많은 부분 변하게 된다. 따라서 본 시스템에서는 그 판별 기준을 t=30으로 정하여 RGB값의 데이터가 차이가 날 때를 불량으로 판별하여 객관화 하는데 중점을 두었다. 실제 공정에서는 RGB 값의 경계 데이터 t=80 정도가 차이가 있어야 사람은 문자 불량으로 인식할 수 있다. t=30으로 정한 이유는 조명에 영향을 고려하였고, 또한 실험을 해본 결과 정상으로 보이는 문자의 판별 기준이 t=30이 가장 적당하였다.

2.2 리모컨의 외관 불량 검출

일단 컬러로 된 문자나 글자 등은 앞의 컬러 처리를 이용하여 검사하였다. 다음으로 리모컨의 외관불량을 검사하여야 하는데 여기서 리모컨의 외관불량이라는 것은 리모컨의 버튼의 유무 및 모양 그리고 글자 불량을 이야기한다. 현재 머신 비전 시스템에서 물체의 세부적인 내용에 관한 깊은 지식 없이도, 불량을 신뢰성 있게 찾아내는 방법으로 패턴 매칭 검사 방법이 있다. 현 리모컨 생산 공정에서는 작업장의 조명 환경은 그다지 일정하지 않기 때문에. 본 자동 리모컨 외관검사시스템에서는 외관 검사를 패턴 매칭을 통하여 시스템을 개발하려 하였으나 이를 통해 검사시스템을 만들 경우 밝기에 따라서 정확성에 문제가 생겼고, 또한 처리속도 면에서도 수많은 패턴을 정의 해주어야 하기 때문에 시스템의 처리속도가 대단히 늦어지는 단점을 보였다. 이에 본 논문에서는 이러한 처리속도와 조명에 영향을 줄이고자 리모컨의 외관을 기하학적 형태 모델을 이용하여 외관을 검사하기로 하였다. 기하학적 형태 모델이란 에지를 기반으로 하나의 수학적 모형으로 세우고 이를 하나의 모델로 인식하게 된다. 에지에 기초하기 때문에 조명에 영향을 줄이면서 정확한 결과를 얻을 수 있었고, 실제 리모컨을 검사하였을 경우 처리속도 면에서도 패턴 매칭보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 본 제안 방법은 정상 리모컨의 표준 영상(Source Image) 한 프레임을 고주파 필터링으로 처리한다. 고주파 필터링의 이유는 영상안의 고주파 성분을 강화하기 때문에 출력영상은 더 날카로운 영상이 되어 더 낳은 에지를 추출할 수 있고 또한 시각적으로는 더 좋은 영상을 생성할 수 있기 때문이다.

고주파 필터로 처리한 영상을 기하학적 형태 모델로 정의한 후 버퍼에 저장시켜 놓는다. 그런 다음 카메라로 들어오는 검사하려고 하는 리모컨 이미지(Target Image)도 고주파 필터 처리와 기하학적 형태 모델로 정의한다. 버퍼에 저장된 리모컨의 표준영상(Source Image)과 검사하려는 리모컨의 영상(Target Image)간 차이를 비교 분석하는 방법으로 리모컨의 외관의 불량을 검출하였다. 본 리모컨의 가장 작은 문자의 크기가 최소 145픽셀 이상이 고 사람이 불량을 판별하는 크기는 이보다 큰 300픽셀이상 이었다. 따라서 본 제안한 리모컨 불량 시스템에서는 불량을 검출하려는 경계 값 m을 72픽셀로 객관적인 기준으로 정규화 시켜 불량을 검출하였다.

$$T(x)=\begin{cases}1 & Y(x)>m\\ 0 & otherwise\end{cases}$$

3. 실험 결과 및 고찰

기본적으로 머신 비전 시스템은 프레임 그레버, PC, 카메라, 기타 I/O장치로 구성되어 있다. 본 시스템에서는 컴퓨터는 개인용 컴퓨터, 그리고 프레임 그레버는 Matrox 사용 하였고, 카메라는 CIS사 Color VCC-8850CL를 사용 하였다. 본 시스템에서는 Visual C++를 사용하여 Windows 응용프로그램으로 작성하였다. 다른 환경에서의 리모컨 검사 시스템에 프로그램이 활용 가능할 것이다. 시스템의 개발 시간 단축을 위하여 MIL(Matrox Image Library)를 사용하였다. 본 실험에서 쓰인 이미지의 해상도는 1600*1200픽셀의 컬러 카메라를 사용하였다. 실험에 사용된 카메라의 CCD소자의 크기, 렌즈의 초점거리와 물체의 크기를 고려해 카메라와 실제 리모컨의 거리를 44Cm로 하였다. 일반적인 머신비전 에서 사용하는 패턴 매칭을 이용한 검사 시스템 방법과 본 논문에서 제안한 리모컨 검사 시스템 방법과 비교함으로써 제안한 리모컨 검사 시스템을 검증해 보았다.

	정확도	처리시간(ms)
Image1	96.21	570.14
Image2	96.24	563.26
Image3	95.45	581.33
Image4	96.84	558.15
Image5	96.54	567.28
Image6	96.39	572.73
Image7	95.27	550.86
Image8	96.68	576.90
Image9	96.28	569.27
Image10	96.01	574.65

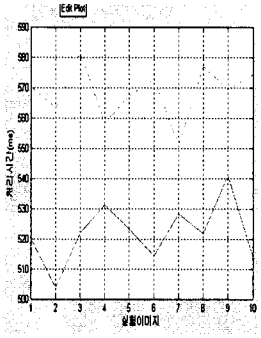
표 1. 기존 패턴매칭을 통한 시스템의 정확도 및 처리시간

위의 표 1 결과는 현재 비전 검사 시스템에서 가장 많이 쓰이고 있는 패턴매칭을 이용한 검사 시스템을 리모컨에 적용하였을 때의 처리 시간과 정확도를 실험한 결과이다. 위의 표 1 에서 볼 수 있듯이 리모컨 한 개당 검사 평균 처리시간은 568.46ms 정도로 나오는 것을 볼 수 있었고, 정확도는 약 96.19이다. 아래 표 2 는 제안한 불량 검출 시스템을 이용한 검사를 수행 하였을 때 처리시간과 정확도를 실험한 결과이다. 아래 표 2 에서 볼 수 있듯이 제안한 검사시스템으로 검사하였을 경우 리모컨 한 개당 검사 평균 처리시간은 521.86ms 나오는 것을 볼 수 있었고, 평균 정확도는 98.74이다.

	정확도	처리시간(ms)
Image1	98.38	519.86
Image2	98.71	503.90
Image3	97.58	521.17
Image4	98.49	531.23
Image5	99.59	523.74
Image6	98.64	514.59
Image7	99.08	528.35
Image8	99.10	521.63
Image9	99.31	540.48
Image10	98.56	513.69

표 2. 제안한 불량 검출 시스템의 정확도 및 처리시간

기존의 패턴매칭을 이용한 검사 시스템의 실험 결과와 제안한 불량 검출 검사 시스템의 실험 결과를 비교하였다. 그 결과는 그림 2, 그림 3 에서 보는 바와 같다. 그래프상의 붉은 점선은 기존의 패턴매칭을 이용한 머신 비전 검사 시스템을 나타내고, 파란 실선은 제안한 불량 검출 검사 시스템을 나타내고 있다. 그림 2, 그림 3 에서 볼 수 있듯이 제안한 불량 검사 시스템으로 실제 리모컨을 검사하였을 경우 기존의 팽턴매칭을 이용한 검사 시스템보다 처리 속도는 약 8.2% 향상된 것을 볼 수 있었고, 또한 정확도면에서도 2.6% 정도 향상된 것을 볼 수 있다. 또한 기존의 비전 검사시스템들은 조명에 영향을 많이 받는다. 하지만 그림 4 에서도 볼 수 있듯이 밝기 변화에 따른 정확도에서도 기존의 검사 시스템보다 제안한 불량 검사 시스템이 조명에 영향을 적게 받는 것을 볼 수 있었다.



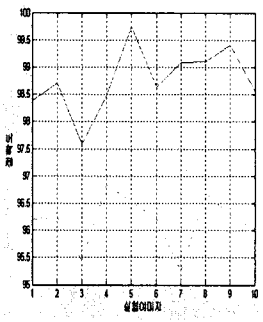


그림 2. 검사 처리속도 비교 그림 3. 정확도 결과 비교

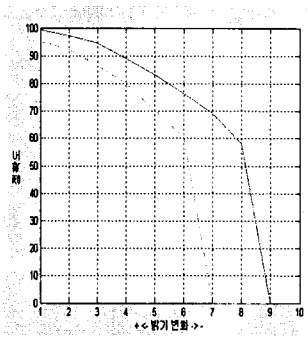


그림 4. 밝기 변화에 따른 정확도 결과 비교

4. 결론

본 논문에서는 칼라 영상 검사방법으로 간단하게 경계 값을 이용하여 칼라 검사를 수행하였다. RGB데이터를 경계값을 통해 정량적인 값을 설정함으로써 그 판별 기준을 객관화하는데 중점을 두었다. 이로 인해 대단히 모호한 컬러 검사에 대한 객관화 및 정량화가 가능하게 되었다. 그리고 불량 검출 방법으로 기하학적 형태 모델을 이용한 검사 시스템을 제안하였다. 제안한 불량 검출 검사 시스템은 기존에 있는 머신 비전 검사 시스템의 패턴 매칭을 이용한 방법보다 많은 장점을 가진다. 특히 기존에 패턴 매칭을 이용한 검사 시스템들이 조명에 영향을 많이 받아 왔다. 하지만 제안한 불량 검출 검사 시스템은 기존에 검사 시스템보다 조명에 적게 영향을 받는 것을 볼 수 있었다. 또한 제안한 불량 검출 검사 시스템으로 검사에 이용할 경우 정확성을 2.6%가량 향상 시킬 수 있었으며, 검사 처리 속도역시 8.2%향상된 것을 볼 수 있었다. 또한 제안한 리모컨불량 검출 시스템을 통해 리모컨의 생산 공정에서 불량 판별의 검사 기준을 객관화 및 정량화함으로써 제품의 품질향상과 신뢰성, 그리고 자동화 고속화 효과를 기대할 수 있을 것이다.

참고 문헌

[1] 엄주진, "머신 비전을 이용한 ALC 블록 생산 공정의 자동 검사 시스템 개발", 단국대학교 석사학위 논문, 2003.

[2] "Matrox Inspector User Guide", version4, Matrox electronic System Ltd. 2002.

[3] Randy Crane "A Simplified Approach To Image Processing" Page 85-184

[4] Maria Petrou and Panagiota Bosdogianni "Image Processing" Page 265-282

[5] 변종은 외, 머신비전응용, 삼성전자, 2001

[6] 김철기, 강이철, 차의영, "정밀계측을 위한 효율적 에지 추출기법 연구" 1999년 한국멀티미디어학회 추계 학술발표 논문집