

카메라를 이용한 리모컨 외관검사 자동화 시스템 구현

Automatic Visual Inspection System of Remocon using Camera

허경무*, 강수민, 박세혁
(Kyung-Moo Huh, Su-Min Kang, and Se-Hyuk Park)

Abstract : The visual inspection method that depends on human's eyes has some problem that a lot of variations happen in examination according to bodily, spiritual state of the checker. We automate remocon inspection process using CCD camera. Our developed inspection system can be used in any remocon production line without the user's big handling. Our inspection system was developed using PC, CCD Camera, Visual C++ for universal work place. The accuracy of proposed system was improved about 3.2[%] than the conventional pattern matching method and the processing time was decreased about 119[ms]. Also we showed that our inspection system is more robust to lighting circumstances.

Keywords : visual inspection, image processing, remocon

I. 서론

현재 리모컨은 대다수의 가전제품에 많이 쓰이고 있다. 대부분의 생산 공정에서 리모컨 버튼의 유무 및 글자, 색상 불량 검사는 사람의 시각에 의해 이루어지고 있다. 사람에 의한 검사는 사람의 육체적, 정신적 상태에 따라 일정하지 않은 검사결과를 초래하게 된다. 즉 구체화되지 않은 검사로 인하여 제품의 신뢰성 및 정확성을 떨어뜨리고 있는 것이다.

따라서 사람에 의한 검사 대신 자동화된 머신 비전 시스템으로 리모컨 외관의 이상 유무를 검사한다면 이러한 단점을 보완할 수 있고, 일정한 검사 성능을 유지할 수 있다.

본 논문에서는 밝기변화에 의한 영향을 줄일 수 있는 리모컨 외관검사 시스템과 처리속도 향상을 위한 리모컨 외관검사 시스템을 제안하였다. 즉 기존의 검사 대상물 전체를 검사 기준으로 하는 방법 대신 실제 외관 검사가 적용되어야 하는 부분들인, 리모컨에 있는 버튼과 숫자들을 기준으로 검사하는 알고리즘을 제안함으로써, 검사 속도 및 정확도 향상을 가져왔다.

제안하는 시스템은 검사 정확도는 향상되면서 특수한 장비 없이 개인용 컴퓨터와 CCD 카메라를 이용하여 불량검사를 할 수 있는 시스템이다. 또한 별도의 조명장비를 갖추지 못하는 곳에서 유용하게 쓰일 수 있도록 조명 조건을 일반적인 환경으로 설정하고 시스템을 구성하였기 때문에 별도의 조명이 필요하지 않다[1,2].

II. 전체 리모컨 검사 시스템

1. 시스템 구성 및 리모컨의 검사 내용

본 리모컨 검사 시스템에서 구현할 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다. 리모컨 버튼, 글자, 색깔의 이상 유무를 판별하고, 리모컨 한 개의 검사 처리시간을 1초 이내로 한다. 또한 검사 정확도와 신뢰성을 향상시킨다.

앞의 내용을 만족시키고, 다양한 종류의 리모컨을 신뢰성

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 3. 22., 채택확정 : 2007. 9. 10.

허경무 : 단국대학교 전자공학과(huhkm@dgu.edu)

강수민, 박세혁 : 단국대학교 대학원 전자컴퓨터공학과

(wybuns@naver.com;segur214@nate.com)

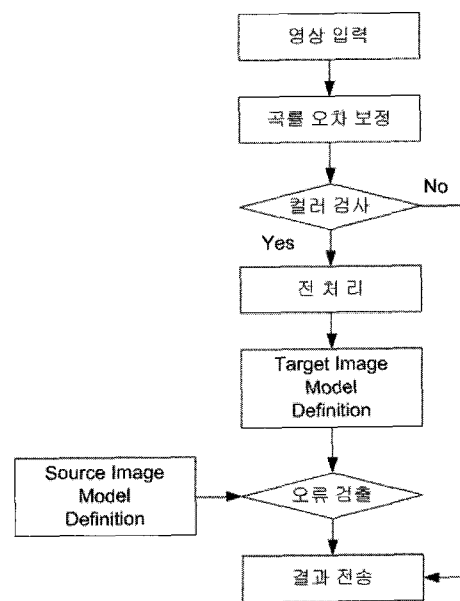


그림 1. 리모컨 검사 시스템 흐름도.

Fig. 1. Remocon inspection system flowchart.

및 정확성 높게 검사하기 위해, 일단 리모컨에서 컬러로 도색된 부분의 불량인 컬러불량을 검출한다. 다음으로 리모컨의 문자나 버튼 모양의 불량인 외관 불량을 에지(edge)값으로 정의한 모델을 이용하여 검사하는 시스템을 개발한다. 그림 1은 리모컨 불량검사 시스템의 전체적인 흐름도를 나타내고 있다.

2. 리모컨의 컬러불량 검출

검사하려고 하는 리모컨에는 컬러로 도색된 버튼과 컬러로 된 문자가 있다. 리모컨의 컬러 불량 검출 단계에서는 컬러 버튼이나 문자의 검사 알고리즘과 컬러문자나 버튼의 오류를 판별하는 객관적인 판단 기준을 세우는데 중점을 두었다.

인간은 R, G, B 삼원색의 조합으로 방사된 빛을 인식한다. 또한 이들 컬러의 분광 요소들이 부가적으로 복합되어 컬러를 만들어낸다.

따라서 본 시스템에서는 R, G, B 삼원색 컬러공간을 이용하여 컬러불량을 검출한다. 즉 R, G, B 데이터의 경계 값을 적

용하여 컬러불량을 판정하는 것이다.

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

(1)에서 $g(r, g, b)$, $f(r, g, b)$ 는 각각 영상 내에서 컬러의 R, G, B 값을 나타내고, t 는 경계값을 나타낸다. 경계값을 통해 컬러 불량을 검출하는 방법에 있어서 R, G, B 데이터 차이의 정량적인 값을 설정함으로써, 컬러불량 판별 기준을 객관화 하는데 중점을 두었다.

현재 리모컨의 생산 공정에서는 컬러 문자에 대한 검사 기준이 정확하지 않다. 즉 외관오류 판별 기준이 대단히 모호한 것이다. 검사자의 시력이나 건강상태 또는 작업장의 환경에 따라 그 판별결과는 상당히 많이 변하게 된다.

따라서 본 시스템에서는 그 판별 기준을 $t = 50$ 으로 정하고, R, G, B 값의 데이터 차이가 판별 기준인 "50" 이상 일 때를 불량으로 판별함으로써, 컬러불량 판별기준을 객관화 하는데 중점을 두었다.

실제 공정에서 사람이 컬러불량을 판별할 경우는 R, G, B 데이터가 "80" 이상 차이가 있어야, 즉 $t = 80$ 이상 차이가 있어야 불량으로 인식할 수 있다. 본 시스템에서 불량 판별 기준을 $t = 50$ 으로 정한 이유는 조명의 영향을 고려하였고, 또한 많은 실험을 해본 결과 정상으로 보이는 문자의 판별 기준으로 $t = 50$ 이 가장 적당하였기 때문이다. 또한, 컬러 검출의 경우 단순히 카메라를 통해 입력되는 R, G, B 값만을 기준으로 컬러 불량을 검사하는 방법이므로 특별히 별도의 검증이 필요하지 않았다[3].

3. 리모컨의 외관불량 검출

일반적으로 패턴 매칭이라 함은 서치 영상에서 미리 저장된 패턴영상과 똑같은 패턴의 위치를 찾는 것을 말한다. 이 방법은 물체의 세부적인 내용에 관한 깊은 지식이 없어도, 원하는 패턴의 위치를 신뢰성 있게 찾아내는 방법으로서, 현장에서의 그 활용도가 크게 늘어 가고 있다. 세부적인 내용에 관계없이 사용할 수 있다는 것은 범용적인 성격이 강하다는 것을 의미하므로, 기존 머신 비전의 전용성 한계를 어느 정도 극복할 수 있는 방법이라 할 수 있다.

이로 인하여, 반도체 제조공정을 비롯하여, PCB제조 산업 분야 등 활용분야의 제한을 받지 않고 그 활용영역이 점점 넓어지게 되어, 머신 비전의 활용도 증가에 중대한 기여를 하고 있는 방법이라 할 수 있다.

Normalized correlation에 의한 패턴 매칭이 도입되면서, 현장에서의 조명 변화에 신뢰성 있는 패턴 검출이 가능한 장점을 가지게 되었다. NC란 두 패턴의 상관관계를 구하는 것으로 구현방법은 여러 가지가 있다. 이진영상과 같은 단순한 영상인 경우, 가장 쉽게 접근할 수 있는 방법이 패턴 간의 빼기 연산을 해서 "0"이 아닌 픽셀 수를 계산하는 것이다. 만약 두 패턴이 완전히 일치한다면 두 패턴의 차이는 "0"이 될 것이고 다를수록 그 값은 증가할 것이다. 이렇게 두 패턴의 차이로부터 이들의 상관관계를 구할 수 있다.

일반적으로 그레이 영상에서 사용하는 방법이 바로 NC이다. 이 방법은 패턴의 변화 유형을 비교하는 것으로 NC 계산식은 다음과 같다.

$$NC = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2] [N \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (2)$$

NC값은 "-1"과 "1" 사이의 값을 가지며 가장 잘 일치할 때에 그 값은 1이고 일치 정도가 낮을수록 그 값은 낮아진다. 이 방법은 저장시킬 이미지 데이터량을 크게 줄일 수 있고 노이즈의 민감도를 어느 정도 줄일 수 있으며, 시간적인 효율성이 높다[4].

이러한 원리를 이용하여 기존의 검사방법은 검사 대상 전체에 대한 기준 이미지를 형성한 후, 이를 서로 일대일로 비교, 분석함으로써 외관 불량을 검사하였다.

하지만, 이러한 방법은 우선, 검사 대상의 기준 이미지를 생성할 경우, 그 기준 이미지 크기가 카메라의 최대 해상도 크기를 가지게 되어, 기준 이미지 크기가 크게 증가하게 된다. 결과적으로 검사 시간의 증대라는 단점을 초래하게 된다.

예를 들어 카메라의 해상도가 1024×768일 경우 생성한 기준 이미지 또한 1024×768의 해상도를 가지는 이미지로 생성되어, 기준 영상의 크기가 상당히 커지는 결과를 가져온다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 검사대상체 전체가 아닌 검사의 중요한 기준이 되는 부분들만을 에지를 이용하여 정의 하고, 이러한 기준 영상들의 집합을 검사에 사용하는 방법을 제안하였다.

이 방법은 입력 받은 검사 대상 리모컨과 기준 리모컨의 패턴의 화소를 하나씩 직접 비교하지 않고, 표준 영상과 검사대상에서 각각 특징들을 추출하고 이 특징들만을 비교함으로써 결함을 검출해 낸다. 특징으로는 에지의 길이나 폭등을 이용하게 된다. 이들 두 특징의 크기 차를 판단해서, 설정된 기준치를 초과하면 그 특징을 결함으로 검출한다.

이 방법은 저장시킬 이미지 데이터의 양을 크게 감소시키고 노이즈에 대한 민감도를 줄이며, 시간적인 효율성을 높일 수 있다[5,6].

두 영상간의 차이를 계산하는 수식은 다음과 같다.

$$M.E = \frac{\sum_{All\ pixels} (Error\ X)^2 + (Error\ Y)^2}{Number\ of\ common\ pixels} \quad (3)$$

만약 두 영상이 일치한다면, M.E(Matching Error)는 "0"이 될 것이다.

결과적으로 에지를 기반으로 하기 때문에 조명의 영향을 줄이면서 정확한 결과를 얻을 수 있었다. 실제 리모컨을 검사하였을 경우, 처리속도 면에서도 패턴 매칭을 통한 방법보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

본 논문에서 제안하는 검사 방법은 우선, 정상 리모컨의 표준 영상(source image) 한 프레임을 sharpen 필터링으로 처리한다. Sharpen 필터링을 하는 이유는 영상 안의 에지 성분을 강화함으로써, 출력영상은 더 날카로운 영상이 되어 더 좋은 에지를 추출할 수 있고, 또한 시각적으로도 좋은 영상을 생성할 수 있기 때문이다[7,8].

Sharpen 필터로 처리한 영상을 기하학적 특징 모델로 정의한 후 버퍼에 저장시켜 놓는다. 그런 다음 카메라를 통해 들어오는, 검사하려고 하는 리모컨 이미지(target image)도 sharpen

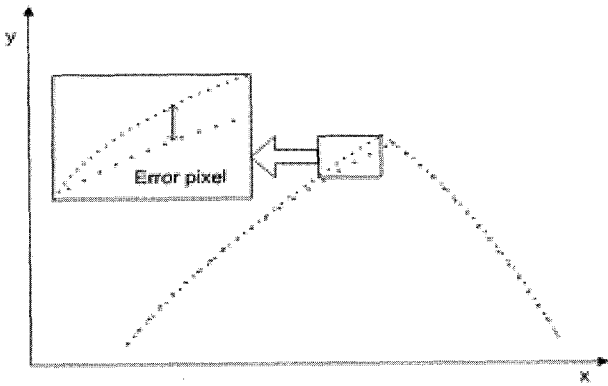


그림 2. M.E(Matching Error)그래프.
Fig. 2. M.E(Matching Error) graph.

필터 처리 후, 기하학적 특징을 모델로 정의한다. 그 다음 비퍼에 저장된 리모컨의 표준영상(source image)과 검사하려는 리모컨의 영상(target image)간 차이를 비교 분석한다.

이러한 알고리즘을 거쳐 처리된 결과는 기존의 패턴 매칭을 이용한 검사 방법보다 처리속도가 빠를 뿐만 아니라, 주변 조명의 영향을 더 적게 받는 장점을 가지고 있다. 그러나 주변 조명의 영향으로부터 완전히 자유로워질 수는 없었다. 따라서 조명 변화가 검사 결과에 미치는 부정적 영향을 줄여 보자 히스토그램 매칭을 적용하였다[9,10].

4. 히스토그램 매칭(histogram matching)

리모컨의 외관불량 검사 시, 같은 모델을 동일한 환경에서 검사할 경우에도 오전과 오후의 검사 결과가 다르게 나타난다. 그 이유는 동일한 환경에서 동일한 모델을 검사하더라도 검사장비 주위의 미세한 조명 변화에 따라 검사 모델의 히스토그램이 달라지기 때문이다.

즉 검사 시스템이 정상 리모컨의 표준 영상과 카메라를 통해 입력되는 검사하려고 하는 리모컨 이미지를 다른 모델로 인식하여 검사의 정확성이 떨어지는 현상을 보이는 것이다. 따라서 이러한 검사 오류를 방지하기 위하여 히스토그램 매칭 과정을 추가하였다.

히스토그램이란 영상의 밝기 값을 수평축으로 하고, 밝기 값에 대응되는 픽셀수가 영상 안에 몇 개나 되는지 나타내는 빈도수를 수직축으로 해서 만든 그래프이다. 거의 모든 흑백 영상의 경우 수평축은 “0”부터 “255”까지의 범위를 가지며, 수직축은 영상의 크기와 밝기의 분포에 따라 달리 나타내어진다.

정상 리모컨의 히스토그램을 추출한 후 이것을 기준 히스토그램으로 정의하고, 검사하려고 하는 리모컨 이미지의 히스토그램을 기준 히스토그램에 맞추는 과정을 거침으로써, 정상 리모컨의 표준 영상과 검사하려고 하는 리모컨 이미지 사이의 오차를 줄일 수 있으며, 결과적으로 전체 시스템의 안정성을 높일 수 있었다.

정상 리모컨의 표준 영상과 검사하려고 하는 리모컨 이미지를 히스토그램 매칭 하는 방법은, 정상 리모컨의 표준 영상과 검사하려고 하는 리모컨 이미지의 히스토그램을 추출한 후, 이를 4등분으로 나누고 4등분된 검사 대상 히스토그램을 정상 리모컨의 기준 히스토그램에 일치시키는 것이다.

이 과정을 거침으로써 본 논문에서 제안한 시스템의 처리

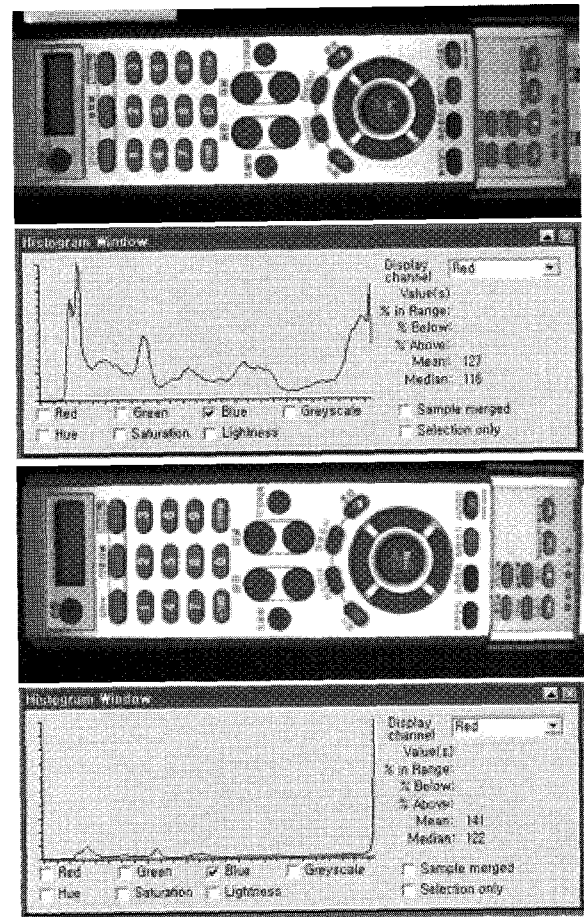


그림 3. 조명환경에 따른 히스토그램의 변화.
Fig. 3. The change of histogram according to illumination environment.

속도가 떨어질 것으로 예상을 하였으나 그 영향은 미미하게 나타났으며, 반면 검사 정확도는 훨씬 높아 졌다[11].

III. 실험결과 및 고찰

본 논문의 실험에 사용된 비전 시스템은 프레임 그래버, 컴퓨터, 카메라, 기타 I/O장치로 구성되어 있으며, 사용된 컴퓨터는 일반 개인용 컴퓨터이고 프레임 그래버는 Matrox사의 제품이다. 또한 카메라는 CIS사의 Color VCC-8850CL를 사용하였다.

다음 표는 실험에 사용한 카메라 및 프레임 그래버의 사양이다.

그리고 본 시스템의 응용프로그램은 Visual C++를 사용하여 설계하였으므로, 다른 환경에서의 리모컨 검사 시스템에 쉽게 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 시스템의 개발 시간 단축을 위하여 MIL(Matrox Image Library)를 사용하였다[12].

본 실험에서 쓰인 이미지의 해상도는 1600×600 픽셀이며, 실험에 사용된 카메라의 CCD소자 크기, 렌즈의 초점거리와 물체의 크기를 고려하여, 카메라와 실제 리모컨 모델의 거리를 44[cm]로 하였다. 일반적인 머신 비전에서 사용하는 패턴 매칭을 이용한 검사 방법과 본 논문에서 제안한 리모컨 검사 방법을 비교함으로써, 제안한 리모컨 검사 시스템을 검증해 보았다.

표 1. 카메라 사양.

Table 1. Camera specification.

제조회사	CIS Corporation
모델	VCC-8850CL
S/N 비	4dB
전원	DC 12V+10%
외부동기방식	Trigger 입력
중량	175g
소비전력	4.3W
렌즈마운트	C 마운트
주사면적	8.5(H)×6.8(V)mm
외형크기	44(W)×44(H)×107(L)mm
TV방식	RS232C, RS485
주사 주파수	수평: 30MHz 수직: 15.625kHz
유효 화소	1688(H)×1248(V)화소
주사선	800TV(本)

표 2. 프레임 그래버 사양.

Table 2. Frame grabbers specification.

Camera link Video Source	-2RGB, Monochrome CL Inputs -2Base/ 1Medium Format *single 8/10/12/14/16-bit or dual 8/10/12-bit monochrome, 24-bit RGB *quad 8-bit monochrome -sampling rates up to 50MHz
Features	-Trigger input Timer outputs *Differential/LVDS/TTL trigger input *LVDSpclk,Hsync(LVDS/TTL), Vsync(LVDS/TTL)Output -2 LVDS Inputs, 4LVDS/3TTL Outputs -RS-232 Interface

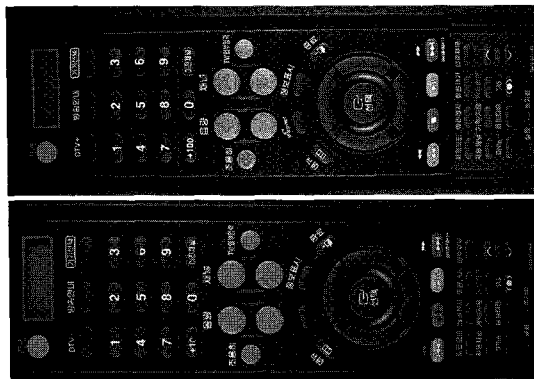


그림 4. 기존 방법의 처리 기준 영상과 오류영상.

Fig. 4. Source image and error image of existing system.

그림 4와 표 3은 기존 방법과 제안한 방법에서 사용하는 기준 영상 및 오류 영상이다. 실험에 쓰인 시료의 수는 표 3에 제시되어 있는 오류 패턴들을 포함하여 임의로 30개를 제작한 후, 검사 시스템에 적용하였다.

처리속도나 정확도의 산출 방법은 특정한 모델을 검사할

표 3. 제안한 방법의 기준 영상과 오류패턴.

Table 3. The edge image and error pattern of proposal system.

	정상이미지패턴	오류이미지패턴
Image 1		
Image 2		
Image 3		
Image 4		
Image 5		
Image 6		
Image 7		
Image 8		
Image 9		
Image 10		

표 4. 검사 정확도와 처리시간의 비교.

Table 4. The comparison of accuracy and processing time.

	기존 검사 시스템		제안한 검사 시스템	
	정확도 [%]	처리시간 [ms]	정확도 [%]	처리시간 [ms]
Image 1	96.3	572.14	98.9	450.03
Image 2	96.2	566.26	99.0	455.87
Image 3	95.6	578.33	98.2	448.22
Image 4	96.8	559.15	98.5	444.25
Image 5	96.8	568.28	99.5	449.97
Image 6	96.4	571.73	98.9	447.87
Image 7	95.3	551.86	99.0	441.55
Image 8	96.8	577.90	99.8	450.25
Image 9	96.2	572.27	99.6	449.72
Image 10	96.0	576.65	98.5	461.05

때 우리가 육안으로 주변 조명의 변화를 느끼지는 못하지만 검사 결과에 영향을 미치는 범위인 5[lux]에서 10[lux]사이의 변화를 반복적으로 20회 측정한 후, 그 평균을 결과 값으로 정의하였다.

표 4는 현재 비전 검사에서 가장 많이 쓰이고 있는 패턴 매칭을 이용한 검사 시스템과, 본 논문에서 제안한 불량 검사 시스템을 이용해서 검사를 수행했을 때의 처리 시간과 정확도를 비교 및 정리한 것이다. 검사 기준 조명은 750[lux]로 동일하게 설정하였으며, 검사 시료 개수는 30개를 사용하였으며, 그중 보편적인 값들을 실험의 결과 값들로 채택하였다.

정리된 표에서 볼 수 있듯이 패턴 매칭을 이용한 검사 시스템에서의 리모컨 한 개당 평균 검사 시간은 568.46[ms]이며, 정확도는 96.19[%]이다. 또한 본 논문에서 제안한 불량 검출 시스템을 이용한 검사를 수행하였을 때의 리모컨 한 개당 평균 처리 시간은 9.86[ms]이고, 평균 정확도는 99.02[%]이다.

표 4에 나타난 자료들을 직관적으로 비교하기 위하여, 두

시스템의 정확도와 처리시간을 구분해서 다음과 같이 그래프로 나타내었다.

그림 5와 그림 6에 나타난 것과 같이 제안한 불량 검사 시스템으로 실제 리모컨 검사를 수행하였을 때, 기존의 패턴매칭을 이용한 검사 시스템보다 처리 속도는 14.3[%] 빨라진 것을 볼 수 있으며, 처리속도의 오차가 거의 없어 항상 일정한 검사 시간을 보장 할 수 있었다. 또한 정확도면에서도 2.9[%] 향상된 것을 볼 수 있었다.

기존 검사 시스템에서 검사 회수마다 검사시간의 차이가 생기는 가장 중요한 원인은 조명의 영향을 많이 받기 때문이다. 따라서 제안한 시스템은 이러한 조명의 영향을 받더라도 검사 속도에 영향을 적게 받을 수 있는 방향으로 설계하였다.

그림 7은 정략적으로 표현된 일정한 밝기 변화에 따른 두

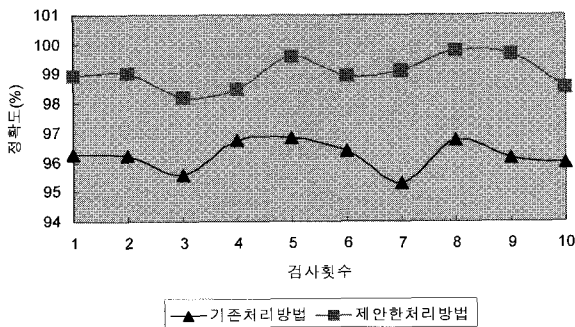


그림 5. 두 시스템의 정확도 비교.
Fig. 5. The accuracy comparison of two systems.

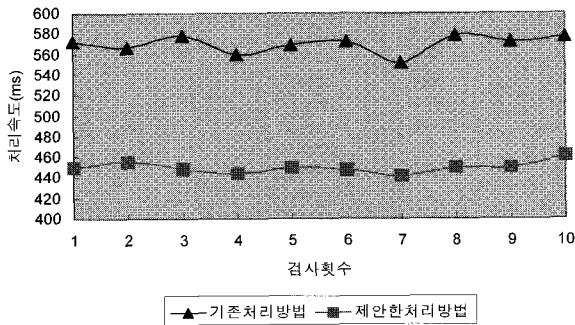


그림 6. 두 시스템의 처리시간 비교.
Fig. 6. The processing time comparison of two systems.

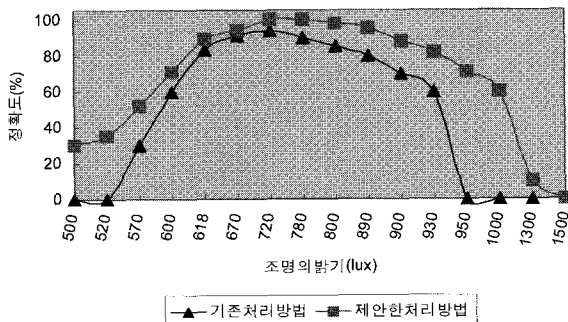


그림 7. 두 시스템의 밝기에 따른 정확도 비교.
Fig. 7. The accuracy comparison which it follows in the illumination of two systems.

검사 시스템의 검사 정확도를 비교 분석한 것이다. 위 그림에서 볼 수 있듯이, 밝기 변화에 따른 검사 정확도에서도 기존의 패턴매칭을 이용한 검사 시스템의 정확도 변화보다 제안한 외관검사 시스템의 정확도 변화가 적다는 것을 알 수 있다.

또한 기존의 패턴매칭 방법으로는 너무 밝아서 검사가 불가능한 조명에서도, 제안한 외관검사 시스템은 비록 정확도가 많이 떨어지지만 어느 정도까지는 검사가 가능함을 알 수 있었다.

조명이 검사 결과에 영향을 미치는 정도가 기존 검사 시스템 보다 작아지기는 하였으나, 카메라를 이용하여 검사 시스템을 구성하기 때문에 조명의 영향에서 완전히 벗어날 수는 없었다. 이러한 조명의 영향을 더욱 줄여보고자 히스토그램 매칭을 적용하였다.

그림 8은 제안한 외관검사 시스템에 히스토그램 매칭을 적용하였을 경우와 적용하지 않았을 경우를 비교한 것이다. 그림 8에서도 볼 수 있듯이 히스토그램 매칭을 적용한 경우가, 적용하지 않은 경우보다 정확도면에서 우수하다는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 히스토그램 매칭은 검사과정 중에 히스토그램 매칭이라는 과정을 더 거쳐서 처리되는 것으로 처리속도에 영향을 미치게 된다.

그림 9는 히스토그램 매칭을 적용하였을 경우와 적용하지 않았을 경우의 처리시간 변화를 보여주는 그래프이다. 처리속도가 크게 증가하지는 않으나, 제안한 시스템의 전체적인 처리속도가 약간 떨어지게 되는 결과를 얻었다. 이러한 히스토그램 매칭의 경우 처리 속도 문제 등 아직 보완해야 할 사항이 남아있는 것으로 판단해서, 작업자가 선택하여 사용할

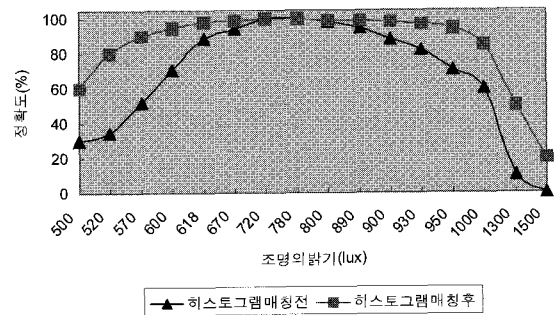


그림 8. 히스토그램 매칭 적용 후 정확도 비교.
Fig. 8. The accuracy comparison after histogram matching.

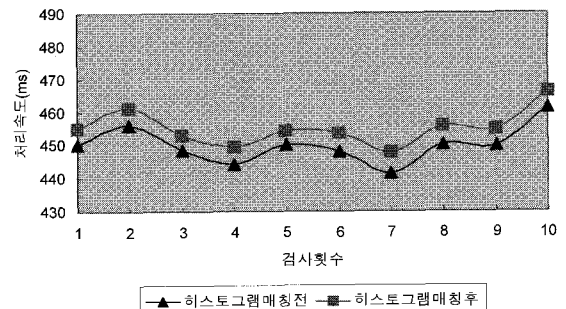


그림 9. 히스토그램 매칭 적용 후 처리 시간 비교.
Fig. 9. The processing time comparison after histogram matching.

수 있도록 하였다.

즉 신속한 처리를 위해서는 히스토그램 매칭을 적용하지 않고, 보다 정확한 신뢰성을 요구하는 작업에서는 히스토그램 매칭을 적용한 상태에서 사용할 수 있게 하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 컬러 영상 검사방법으로 R, G, B 값을 이용하여 컬러 검사를 수행하였다. R, G, B 데이터를 통해 R, G, B 각각의 정량적인 값을 설정하고, 그 오차 판별기준을 $t = 50$ 이라는 정량적인 기준으로 정함으로써, 판별 기준을 객관화 하는데 중점을 두었다. 이로 인해 현재 사람의 시각에 의존하여 검사하는, 대단히 모호한 컬러불량 검사 기준에 대한 객관화 및 정량화가 가능하게 되었다.

본 논문에서 외관불량 검출 방법으로 제안한 불량 검사 시스템은 기존에 있는 비전 검사 시스템의 단점인 검사 기준 모델의 크기가 카메라 해상도에 따라서 증가하는 점과 그로 인하여 처리속도의 증가를 가져오는 점을 개선하고자 노력하였다. 즉 각 특징 모델들을 독립적으로 만들고, 검사 과정에서 이것들을 종합하여 적용하는 방법을 제안하였다.

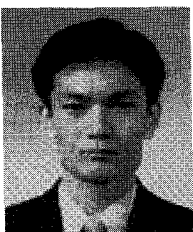
제안한 방법은 기존 검사기준 모델의 단점이었던 카메라 해상도 증가에 따라 기준모델의 크기가 커지는 점을 개선하여, 처리속도를 단축할 수 있었다. 또한, 기존의 방법은 버튼 각각의 큰 오류만 검출할 수 있는 문제가 있었으나, 제안한 방법은 각각의 버튼을 따로 검사함으로써 정확도를 향상할 수 있었고, 결과적으로 안정적인 검사 시스템을 구성할 수 있었다. 특히 기존의 패턴 매칭을 이용한 검사 시스템들은 조명의 영향을 많이 받았으나, 제안한 외관 검사 시스템은 기존의 검사 시스템보다 조명이 밝아지더라도 검사가 가능하게 하였으며, 하나의 모델이 아닌 여러 가지 모델을 별도의 조작 없이 검사할 수 있도록 구성하였다.

또한 외부조명 변화의 영향을 줄이고 검사 신뢰성을 높이기 위하여 히스토그램 매칭 과정을 선택적으로 적용하였다. 이로 인하여 높은 검사 정확도를 확보할 수 있었으나, 처리속도가 히스토그램 매칭 과정을 거치지 않은 시스템보다는 다소 늦어지는 결과를 볼 수 있었다. 따라서 히스토그램 매칭 과정을 선택적인 부가옵션으로 제안하였다.

제안한 불량검출 검사시스템을 검사에 이용할 경우 패턴매칭 방법을 적용하였을 경우보다 정확성을 3.2[%] 향상시킬 수 있었고, 검사 처리 속도 또한 14.3[%] 빨라진 것을 볼 수 있다.

허 경 무

제어·자동화·시스템공학 논문지 제 12 권 제 8 호 참조.



박 세 혁

1972년 2월 14일생. 1998년 단국대학교 전자공학과 학사졸업. 2000년 단국대학교 전자공학과 석사졸업. 2005년~현재 단국대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정 재학중. 관심분야는 로봇트 제어, 검사 자동화, Machine Vision, Image Processing,

시스템 제어.

그러나 제안한 시스템의 기준영상도 아직 보완해야 될 사항이 있다. 우선, 각각의 모델을 기준영상으로 정의함으로써 정확도 및 처리 속도의 향상은 가져왔으나, 기준 영상을 만드는 유저의 능력에 따라서 시스템의 검사 정확도가 결정되어지는 문제점과 검사의 대상이 정지 상태인 경우만 검사가 가능하다는 점이다. 또한, 조명이나 주변의 밝기에 민감한 부분이 완전히 개선이 된 것은 아니므로, 이 부분에 대한 개선 여지도 아직 존재하고 있다.

이러한 부분의 개선을 위해서는, 모델 정의의 기준을 객관화할 필요가 있으며, 검사 물체의 이동 중에도 검사가 가능한 방법을 연구하는 한편, 조명의 영향을 줄일 수 있는 방법을 좀 더 깊이 있게 연구하여 수정 보완을 해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 엄주진, “머신 비전을 이용한 ALC 블록 생산 공정의 자동 검사 시스템 개발,” 단국대학교 석사학위 논문, 2003.
- [2] R. Crane “A simplified approach to image processing” pp. 85-184.
- [3] T. Bose, F. Meyer, Digital Signal and Image Processing, John Wiley & Sons, pp. 599-612, 2003.
- [4] J. Weng, P. Cohen, and M. Herniou, “Camera calibration with distortion models and accuracy evaluation,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 14, no. 10, pp. 965-980, 1992.
- [5] Maria Petrou and Panagiota Bosdogianni “Image processing,” pp. 265-282.
- [6] 안응섭, 장일용, 이재강, 김일환 “Vision system을 이용한 PCB검사 매칭 알고리즘,” 산업기술연구, 제 21 권 pp. 68-71, 2001.
- [7] Scott E Umbaugh, Ph.D, “Computer vision and image processing,” Prentice Hall PTR, pp. 197-218, 1998.
- [8] D. A. Forsyth, *Computer Vision : A Modern Approach*, Prentice Hall, pp. 175-186, 2003.
- [9] Wesley E .Snyder and Hairong Qi Machine Vision, CAMBRIDGE, pp. 312-325, 2004.
- [10] R. Cristi, “Modern digital signal processing,” Thomson-Brooks/Cole, pp. 213-226, 2003.
- [11] CHChen & PSP Wang, Pattern Recognition and Computer Vision 3rd ed, *World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd*, pp. 445-480, 2005.
- [12] “Matrox inspector user guide,” version4, Matrox electronic System Ltd. 2002.



강 수 민

1982년 8월 7일생. 2004년 단국대학교 전자공학과 학사졸업. 2006년 단국대학교 전자컴퓨터공학과 석사졸업. 2007년~현재 단국대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정 재학중. 관심분야는 로봇트 제어, Machine Vision, 시스템제어.