

정확한 비전 검사를 위한 히스토그램 지정 기법 개발

박 세 혁, 강 수 민, 한 광 희, 허 경 무
단국대학교, 전자공학과

Histogram Specification Method Development for Accurate Visual Inspection

Se-Hyuk Park, Su-Min Kang, Kwang-Hee Han, Kyung-Moo Huh
Dankook University, Electronic Engineering

Abstract - The appearance inspection of various electronic products and parts has been executed by the eyesight of human. But inspection by eyesight cannot bring about uniform inspection result. Because the appearance inspection result by eyesight of human is changed by condition of physical and spirit of the checker. So machine vision inspection system is currently used to many appearance inspection fields instead of the checker. However the inspection result of machine vision is changed by the illumination of workplace. Therefore we proposed histogram specification in this paper for machine vision inspection accuracy. As a result of histogram specification algorithm, we could increase the exactness of visual inspection and prevent system error from physical and spirit condition of human. More specifically, average inspection error rate was 7.5[%] in existing inspection method but we could see 0.6[%] error rate after applying the algorithm which is presented in this paper.

Keywords - Inspection, Machine vision, Illumination, Histogram

1. 서 론

생산 현장에서 각종 전자 부품과 제품의 외관 검사는 사람의 시각에 의해 이루어지고 있다.

이러한 외관 검사는 LCD Panel, Flexible PCB 등과 같은 전자 부품과 전자 제품에 사용되는 리모컨 등 거의 모든 전자 제품 및 부품에 적용되고 있다. 또한 크기가 미세하고 복잡한 구성을 가지고 있는 전자 제품 일수록 외관 검사의 중요성은 크다고 할 수 있을 것이다. 크기가 미세하고 복잡한 구성을 가지고 있을수록, 제조 공정에서 불량품이 만들어질 가능성이 높기 때문이다. 현재 사람이 의한 외관 검사 대신 머신 비전에 의한 검사 방법이 광범위하게 적용되고 있으며, 사람의 시각에 의해 검사가 수행됐을 때 발생할 수 있는 많은 문제점들이 머신 비전 환경에서는 발생하지 않고 있다. 결과적으로 전자 제품의 신뢰성 및 생산성이 향상되고 있는 것이다.

하지만 자동화된 머신 비전에 의한 검사는 작업장의 환경, 특히 조명에 아주 큰 영향을 받고 있다. 미세한 조명의 변화는 머신 비전 시스템에 입력되는 이미지의 픽셀값 변화로 나타나고, 이런 이미지를 분석하는 비전 시스템은 불량 판정의 오류를 일으킬 수밖에 없는 것이다.

이에 본 논문에서는 머신 비전 검사의 정확도를 개선하기 위해서 저해상도 히스토그램 지정 기법을 제안하였다. 히스토그램은 히스토그램의 고유한 특성에 따라 영상 내의 픽셀 위치 정보를 가지고 있지 않다. 따라서 히스토그램 기반의 영상 처리는 영상의 해상도에 따라 처리 결과가 다르게 나타나고, 이 문제를 해결하기 위해 영상의 해상도에 변화를 준 저해상도 히스토그램 지정 기법을 제안한 것이다.

마지막으로 본 논문에서 제안한 저해상도 히스토그램 정합 기법이 실제 비전 검사 환경에 미치는 영향을 관찰하기 위해서 리모컨 외관 검사를 실시하였다. 즉 인위적으로 조명이 변화를 주면서 기존 검사 방법, 히스토그램 정합을 적용한 검사 방법 그리고 본 논문에서 제안한 저해상도 히스토그램 지정 방법의 검사 정확도를 측정 및 비교했다.

2. 기존 검사 알고리즘

거의 대부분의 머신 비전 검사 시스템은 시스템 구성 초기에 정상적인 검사 모델의 이미지를 저장해 놓는다. 그런 다음 계속 생산되고 있는 검사 모델을 카메라로 캡처하고, 시스템 구성 초기에 저장해 놓은 이미지와 카메라로 캡처한 이미지의 차이를 비교, 분석하는 방법으로 외관을 검사한다. 이때 분석하는 방법은 에지 기반 방법이 많이 사용된다.

본 논문에서는 시스템 구성 초기에 저장된 이미지를 Reference Image라고 정의했고, 검사하기 위해서 카메라로 캡처된 이미지를 Input Image라고 정의했다.

만약 조명의 변화 등 외적 요인에 의해서 이미지의 에지가 변한다면 머신 비전 시스템은 검사 오류를 일으킬 것이다.

그림 1 (a)는 시스템 구성 초기 버퍼에 저장된 Reference Image 모델을 나타낸다. 또한 그림 1 (b)는 조명 변화 때문에 약해진 Input Image 모델 에지의 예를 보여준다.

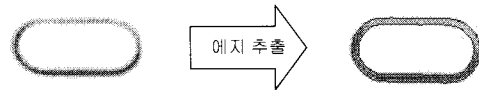
그림 1 (a)와 (b)를 에지 기반으로 비교한다면, 정확한 검사를 할 수 없

는 것이다. 즉 실제 검사 모델의 외관에는 문제가 없지만, 변화된 에지 때문에 외관에 결함이 있는 것으로 판단할 것이다.

이런 문제는 머신 비전 분야의 전통적인 문제이고, 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 저해상도 히스토그램 정합 기법을 제안하였다.



(a) Normal edge of Reference Image model.



(b) Abnormal edge by Illumination change.

〈그림 1〉 Reference Image와 Input Image의 에지 상태.

3. 제안하는 검사 알고리즘

3.1 히스토그램 정합의 개요

히스토그램이란 영상의 밝기(Intensity)값을 수평축으로 하고, 그 값에 대응되는 픽셀수가 영상 내에서 몇 개나 되는지 나타내는 빈도수(Frequency)를 수직축으로 만든 그래프로서, 일반적인 흑백영상의 경우 수평축은 "0"부터 "255"의 범위를 가지며 수직축은 영상의 크기와 밝기의 분포에 따라 달리 나타나게 된다. 히스토그램은 영상분석을 위한 중요한 도구로써, 입력되는 영상의 히스토그램을 분석해서 영상의 밝기 구성, 명암의 대비 등에 대한 정보를 알 수 있으며, 이러한 분석 정보를 이용하여 영상개선 및 화질 향상을 위한 출발점으로 사용할 수 있다.

또한 처리된 영상이 우리가 바라는 히스토그램의 형태로 명시할 수 있는 것은 때때로 매우 유용하다. 즉 머신 비전 시스템에서 미세한 조명 변화에 의한 영상 변화는 히스토그램의 변화로 수치화 할 수 있고, 이렇게 변화된 히스토그램을 우리가 원하는 형태로 지정한다면 미세한 조명의 변화에 대응할 수 있는 검사 시스템을 구성할 수 있다.

다시 말하자면, 검사 환경 때문에 변화된 Input Image의 히스토그램을 Reference Image의 히스토그램과 똑같이 정합시킨다면 검사 정확도를 높일 수 있는 것이다.

3.2 저해상도 히스토그램 지정 기법

거의 대부분의 머신 비전 시스템에 사용되는 이미지의 크기는 상당히 큰 편이다. 이미지의 크기가 클수록 검사 대상의 미세한 부분까지 화면에 표시할 수 있고, 그만큼 정확한 검사가 가능하기 때문이다.

본 논문에서 제안한 알고리즘을 검증하기 위해서 실시한 리모컨 외관 검사에 사용되는 이미지의 크기는 1600×600 픽셀로써 상당히 큰 이미지이다. 따라서 히스토그램 정합 연산의 정확도를 높이기 위해서, 연산을 적용하기 전에 이미지의 해상도를 800×300 픽셀로 조정했다.

즉 Reference Image와 Input Image의 해상도를 800×300 픽셀로 만든 후, 히스토그램 정합 연산을 수행하고 다시 이미지의 해상도를 1600×600 픽셀로 높여 주었다. 이 과정을 통해서 큰 해상도 이미지에서 낮아지는 히스토그램 정합 연산의 정확도를 개선할 수 있었다.

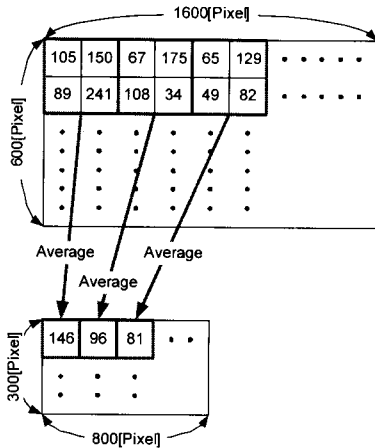
그림 2는 800×300 픽셀 크기의 이미지를 만드는 과정을 나타낸다. 즉 원 해상도 Reference Image의 근접한 4개 픽셀의 평균값으로 저해상도 영상의 한 픽셀값을 만드는 것이다. 주어진 영상에서 저해상도 영상을 만드는 방법에는 여러 가지가 있지만, 근접한 4개 픽셀값의 편차를 보정하기 위해서 평균값으로 저해상도 영상을 만드는 방법을 사용하였다.

이와 같은 과정을 거쳐서 저해상도 히스토그램 정합이 완료되면, 다음 단계에서는 이미지를 원래 크기인 1600×600 픽셀로 복원시켜야 한다.

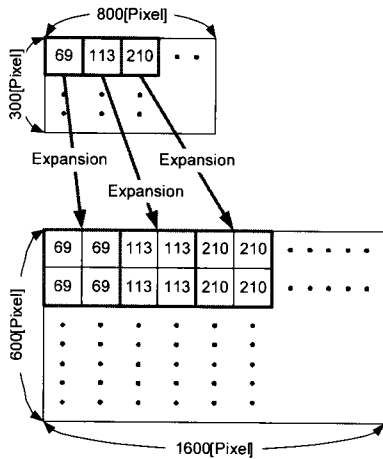
3.3 원해상도와 저해상도 영상의 픽셀값 차이 보상

그림 3은 800×300 픽셀 크기의 이미지를 1600×600 픽셀 크기 이미지로

복원시키는 과정을 보여준다. 그림 3에서 모두가 저해상도 영상의 1개 픽셀이 원해상도에서는 4개 픽셀로 확장된다.

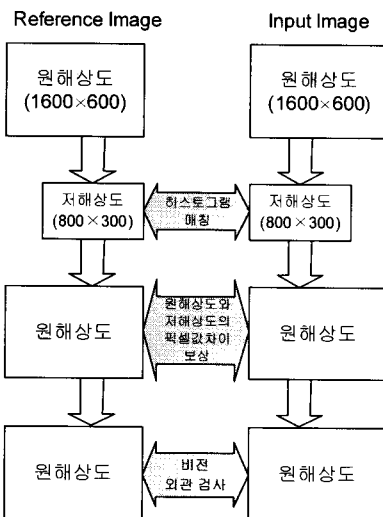


<그림 2> 저해상도 Reference Image 이미지를 만드는 과정.



<그림 3> 히스토그램 정합 후 Input image의 원해상도 복원.

히스토그램 지정을 통해서 Reference Image와 Input Image의 히스토그램이 비슷한 모양을 갖게 됐지만, Input Image의 근접한 4개 픽셀이 같은 값을 가지므로 인해서 발생하는 두 영상의 미세한 차이는 여전히 비전 검사 결과에 영향을 미치게 된다. 따라서 본 논문에서는 원해상도 Reference Image와 저해상도 Reference Image의 픽셀값 차이를 Input Image에 보정해 주는 과정을 추가했다.



<그림 4> 제안한 알고리즘의 흐름도.

4. 실험

본 논문에서 제안한 알고리즘을 검증하기 위해서 리모컨 외관 검사를 실시하였다. 즉 조명 조건에 인위적으로 변화를 주고, 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용했을 경우와 적용하지 않았을 경우의 비전 검사 정확도를 측정 및 비교하였다. 리모컨 검사 시스템에서 검사할 구체적인 내용은 리모컨 버튼의 유무, 모양, 글자 및 숫자의 이상 유무이다. 이러한 외관불량 검사에서는 Reference Image의 리모컨 외관을 버튼과 문자로 각각 모델링하고, 에지를 추출한 후 버퍼에 저장한다.

그리고 검사대상인 Input Image와 버퍼에 저장된 Reference Image의 에지 모델들을 비교하여 차이를 분석하는 방법으로 외관불량을 검사하였다. 조명을 2600[LUX]에서 6400[LUX]까지 200[LUX] 단위로 증가시키면서 검사 에러율을 측정한 결과, 기존 검사 방법에서는 평균 7.5[%], 히스토그램 정합을 적용했을 경우는 평균 1.9[%], 본 논문에서 제안한 저해상도 히스토그램 정합을 적용했을 경우는 평균 0.6[%]의 검사 에러율을 볼 수 있었다.

<표 1> 비전 검사 에러율

| 조도 [LUX] | 비전 검사 에러율[%] | |
|----------|--------------|----------|
| | 기존 검사 방법 | 히스토그램 지정 |
| 2600 | 0 | 0 |
| 3000 | 1 | 1 |
| 3400 | 0 | 1 |
| 3800 | 1 | 0 |
| 4200 | 2 | 1 |
| 4600 | 9 | 0 |
| 5000 | 12 | 1 |
| 5400 | 14 | 1 |
| 5800 | 14 | 0 |
| 6200 | 15 | 0 |

5. 결론

본 논문에서는 머신 비전 검사 시스템의 검사 결과에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 조명이라는 점에 착안하여, 일정하지 않은 조명 환경에서도 균일한 비전 검사 결과를 얻기 위한 알고리즘을 제안했다.

히스토그램 정합 연산의 경우, 각 픽셀의 영상 내 위치정보를 가지고 있지 않는 히스토그램 고유의 특성을 극복하고자, 저해상도에서 히스토그램 정합 연산을 수행했고 그 결과 향상된 비전 검사 정확도를 볼 수 있었다.

그리고 차후 각 픽셀의 영상 내 위치정보를 포함하는 히스토그램 정합 알고리즘을 개발한다면, 좀 더 정확한 연산을 할 수 있을 것으로 기대된다.

본 검사 알고리즘을 리모컨 외관 검사에 적용했을 경우, 조명의 변화에도 불구하고 항상 낮은 비전 검사 에러율을 볼 수 있었다. 즉 주파수 영역이 아닌 공간 영역에서의 간단한 조작을 통해서 검사 에러율이 많이 낮아진다는 것을 알 수 있었다.

결과적으로 이 알고리즘을 실제 생산 현장의 각종 전자 부품 및 제품의 비전 검사에 적용할 경우, 전자 제품 및 부품의 검사 품질과 생산성 향상을 기대할 수 있을 것이다.

이 연구는 단국대 지역혁신센터(RIC)의 산학공동연구로 수행되었음

[참고 문헌]

- [1] Randy Crane "A Simplified Approach To Image Processing" pp. 85-184.
- [2] Tamal Bose, Francois Meyer, "Digital Signal and Image Processing", John Wiley & Sons, pp. 599-612, 2003.
- [3] Weng, J, Cohen, P. and Herniou, M, "Camera Calibration with Distortion Models and Accuracy Evaluation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.14, No.10, pp. 965-980, 1992.
- [4] Maria Petrou and Panagiota Bostogianni "Image Processing", pp. 265-282.
- [5] 안용섭, 장일용, 이재강, 김일환 "Vision System 을 이용한 PCB검사 측정 알고리즘", 산업기술연구, 제21권 pp. 68-71, 2001.
- [6] Scott E Umbaugh, Ph.D, "Computer Vision and Image Processing", Prentice Hall PTR, pp. 197-218, 1998.
- [7] Forsyth, David A, "Computer Vision : A Modern Approach", Prentice Hall, pp. 175-186, 2003.
- [8] Wesley E. Snyder and Hairong Qi "machine Vision", CAMBRIDGE, p p. 312-325, 2004.
- [9] Roberto Cristi, "Modern Digital Signal Processing", Thomson-Brooks/Cole, pp. 213-226, 2003.
- [10] CHChen & PSP Wang, "pattern Recognition and Computer Vision" 3rd ed, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, pp. 445-480, 2005.