

## 외관 검사의 정확도 향상을 위한 영상 분할 평균값 매칭 기법 개발

박 세 혁\*, 강 수 민\*, 허 경 무\*\*  
\*단국대학교 전자컴퓨터공학과, \*\*단국대학교 전자공학과

### Image Separation Average Value Matching Method Development for Accuracy Improvement of Appearance Inspection

Se-Hyuk Park, Su-Min Kang, and Kyung-Moo Huh  
Dept. of Electronic Computer Eng Dankook University, Dept. of Electronic Eng Dankook University

**Abstract** - The goal of this paper is accuracy improvement of appearance inspection by using image separation average value matching method. The appearance inspection of various electronic products and parts has been executed by the eyesight of human. But inspection by eyesight can't 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 have used a average value matching in this paper for improvement of vision inspection accuracy and could increase inspection accuracy of vision system. In other words, we made an effort for elevation of vision inspection accuracy by making the identical image separation average value of reference image and input image. Also this system has been developed only using PC, CCD Camera and Visual C++ for universal workplace.

#### 1. 서 론

생산 현장에서 각종 전자 부품과 제품의 외관 검사는 사람의 시각에 의해 이루어지고 있다. 이러한 외관 검사는 LCD Panel, Flexible PCB, 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 많기 때문이다.

이렇게 미세하고 복잡한 구성을 가지고 있는 전자 제품의 외관을 사람의 시각에 의해 검사한다면, 검사자의 육체적, 정신적 상태에 따라 일정하지 않은 결과를 초래하게 된다. 즉 불량 판정 오류의 가능성이 큰 것이다. 또한 불량 판정 오류뿐만 아니라 검사 시간이 일정하지 않으므로 대량 생산되는 전자 제품의 생산성에도 나쁜 영향을 미치게 된다.

따라서 현재 사람에 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, 결과적으로 전자 제품의 신뢰성 및 생산성이 향상되고 있는 것이다.

하지만 자동화된 머신 비전 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 검사 환경에 영향을 받지 않고, 일정한 검사 결과를 얻을 수 있는 비전 검사 시스템을 만들기 위해서, 영상 분할 평균값 매칭 기법을 제안하였다. 즉 검사 시스템 구성의 초기단계에 저장된 Reference Image와 검사 대상인 Input Image의 영상 픽셀값 평균을 매칭시킴으로써 조명의 변화에 대응할 수 있도록 했다. 그리고 평균값 매칭 후, 미세한 에지들을 강조하기 위해서 라플라시안 필터를 적용하였다.

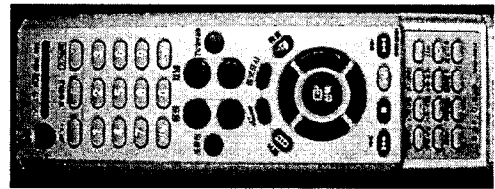
또한 본 논문에서 제안한 영상 분할 평균값 매칭과 라플라시안 필터 적용에 의한 조명 영향의 감소를 실제 비전 검사 환경에서 검증해 보고자, 리모컨 외관 검사를 실시하였다.

#### 2. 영상 분할 평균값

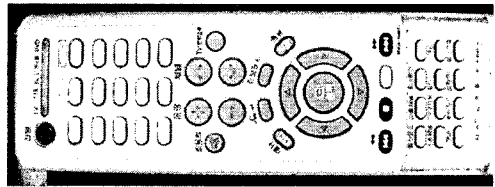
##### 2.1 영상 평균값의 개요

거의 모든 머신 비전 검사 시스템은 Reference Image를 시스템 구성 초기 단계에 저장해 놓은 후, 검사 대상물을 카메라로 촬영한 Input Image와 Reference Image의 차이점을 비교, 분석하는 방법으로 검사 대상의 외관 검사를 실시한다.

이때 Reference Image는 시스템 구성 초기 단계에 저장되어 있으므로, 가장 이상적인 영상이라고 볼 수 있을 것이다. 하지만 Input Image는 검사 대상물을 교체하면서 계속 촬영하게 되므로 주변의 미세한 조명 변화 등에 의해 계속 변하게 된다. 인간은 각기 다른 조명 환경에서 촬영된 두 이미지를 단순히 밝고, 어두운 이미지로 인식할 수 있는 반면, 미세한 픽셀값에 의해서 영상을 인식하는 머신 비전 시스템은 다른 조명에서 촬영된 똑같은 대상물을 전혀 다른 물체로 인식하는 것이다.



〈그림 1〉 정상 리모컨 이미지



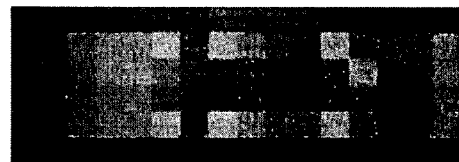
〈그림 2〉 밝은 조명에서 촬영된 리모컨 이미지

이때 그림 1 정상 리모컨 이미지의 특정 영역과 그림 2 밝은 조명에서 촬영된 리모컨 이미지 특정 영역의 평균값을 같게 만든다면 비록 다른 조명 환경에서 촬영된 두 개의 이미지지만, 비슷한 영상으로 만들 수 있을 것이다.

##### 2.2 영상 분할 평균값 매칭

머신 비전 시스템에서 사용하는 영상은 대부분 큰 해상도를 가지고 있다. 해상도가 클수록 대상물의 미세한 부분까지 정확하게 표현할 수 있고, 이것은 검사 결과에 직접적으로 영향을 미치기 때문이다. 본 논문에서 제안한 영상 분할 평균값 매칭 기법을 검증하기 위해서 실시한 리모컨 외관 검사의 이미지는 1600×600 픽셀 크기이다.

영상 분할 평균값 매칭 단계에서는 1600×600 픽셀 크기의 Reference Image와 Input Image를 100×100 픽셀 크기로 분할한 후, 각 100×100 픽셀 영역의 평균을 계산했다.



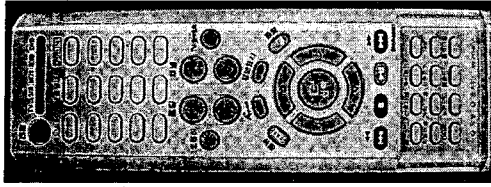
〈그림 3〉 100×100 픽셀 영역의 평균값

만약 검사 환경 주변의 조명 변화에 의해서 Input Image 각각의 픽셀값이 밝아진다면, 결과적으로 100×100 픽셀 영역의 평균값도 밝아질 것이다. 여기서 식 (1)을 사용해 Reference Image와 Input Image의 각 100×100 픽셀 영역 차를 구하면 영상의 변화 정도를 수치화할 수 있고, 수치화된 영상 변화 정도를 Input Image에 보상해주면 조명 변화에 대응할 수 있는 것이다.

$$diff = \frac{1}{10000} \sum_{i=1}^{100} \sum_{j=1}^{100} f(x_i, y_j) - \frac{1}{10000} \sum_{i=1}^{100} \sum_{j=1}^{100} g(x_i, y_j) \quad (1)$$

$f(x, y)$ 는 Reference Image,  $g(x, y)$ 는 Input Image이다. 이런 과정을 통해 구한  $diff$ 를 Input Image  $g(x, y)$ 의 모든 픽셀에 보상에 주변 Reference Image와 비슷한 이미지를 만들 수 있다. 즉 외부 검사 환경 변화에 대응할 수 있는 것이다.

다음 그림은 6300[LUX] 조명에서 촬영된 Input Image를 위와 같은 영상 분할 평균값 매칭 과정에 적용시킨 결과 보여준다. 영상 분할 평균값 매칭 결과 전체적인 영상의 밝기 변화는 보상할 수 있었지만, 밝은 부분의 에지들은 여전히 선명하게 나타나지 않고 있다. 따라서 에지 강도를 위해서 라플라시안 필터를 적용하였다.



〈그림 4〉 영역 분할 평균값 매칭 결과

### 3. 제안하는 라플라시안 필터링

가장 간단한 등방성 미분 연산자는 라플라시안이고, 영상  $g(x, y)$ 에 대해 다음 식과 같이 정의 된다.

$$\nabla^2 g = \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} \quad (2)$$

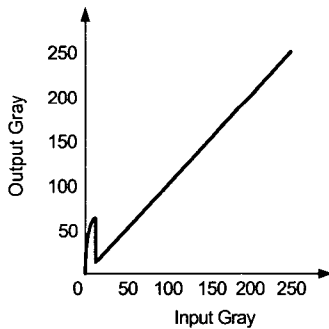
라플라시안은 대표적인 2차 미분 연산자로 방향을 타지 않기 때문에 모든 방향의 에지를 강조한다. 따라서 라플라시안 연산의 결과는 영상의 에지 부분만 표시되고, 에지가 아닌 부분은 검은 색으로 나타나게 된다. 따라서 Input Image에서 라플라시안 처리된 영상을 빼주면 에지가 강조된 영상을 얻을 수 있는 것이다. 본 논문에서는 Input Image에서 라플라시안 처리된 영상을 빼주기 전에 에지를 더욱 강조하기 위해서, 라플라시안 영상에 멱함수 변환을 적용하였다.

멱함수란 지수함수 형태로써, 이 함수의 의미는 입력 변량 증가의 초기에는 출력 변량이 둔감하나, 갈수록 급격하게 증가하는 형태이다. 또한 멱함수 변환은 다음 식과 같은 형태를 가진다.

$$y = cx^\gamma \quad (3)$$

여기서  $c$ 와  $\gamma$ 는 양의 상수들이고,  $y$ 는 출력,  $x$ 는 입력을 나타낸다. 이러한 형태의 함수는  $\gamma$ 의 값에 따라서 밝은 입력값의 좁은 범위를 넓혀서 출력시킬 수 있고, 그 반대의 경우도 가능하다.  $\gamma=1$ 인 경우 입력과 출력은 완전히 같은 값이 되고,  $\gamma>1$ 인 경우는 입력 픽셀값이 작을 때는 넓은 범위를 좁혀주고, 입력 픽셀값이 클 때는 좁은 범위를 넓혀 주는 동작을 수행한다.

본 논문에서는 입력 픽셀값이 "0"에서 "10"사이일 경우에는  $\gamma=0.4$ 를, 입력 픽셀값이 "11"에서 "255"일 경우에는  $\gamma=1$ 을 적용해서, 라플라시안 영상의 에지 부분을 강조하였다.



〈그림 5〉 멱함수 변환 그래프

### 4. 실험

본 논문에서 제안한 영상 분할 평균값 매칭 기법을 검증하기 위해서 리모컨 외관 검사를 실시하였다. 즉 Reference Image의 리모컨 외관을 버튼과 문자로 각각 모델링하고, 에지를 추출한 후 버퍼에 저장한다. 그리고 검사대상인 Input Image와 버퍼에 저장된 에지 모델들을 비교하여 차이를 분석하는 방법으로 외관불량을 검사하였다.

기존의 에지 기반 검사 방법은 조명 변화 등에 의해서 검사 대상 이미지의 에지가 약해진다면, 정확한 오류 검출을 할 수 없는 단점이 있었다. 즉 리모컨 모델에는 문제가 없지만 조명의 영향으로 약해진 영상의 에지 때문에 리모컨 외관에 문제가 있다고 판별을 하는 것이다.

실제 비전 검사 환경에서 본 알고리즘이 검사 결과에 미치는 영향을 관찰하기 위해서 조명을 4800[LUX]에서 6200[LUX]까지 200[LUX] 단위로 증가시키면서 본 논문에서 제안한 검사 알고리즘을 적용하지 않았을 경우, 본 논문에서 제안한 검사 알고리즘을 적용했을 경우의 리모컨 외관 검사 에러율을 측정하였다.

즉 실제 리모컨 외관에는 문제가 없지만 조명이 변함에 따라 리모컨에 있는 버튼, 숫자, 글자 등을 불량으로 판정하는 비율을 검사 에러율로 정의하고 실험하였다.

〈표 1〉 비전 검사 에러율 비교

조도 (LUX)	검사 에러율 [%]	
	제안하는 알고리즘 미적용	제안하는 알고리즘 적용
4800	13	2
5000	12	5
5200	13	8
5400	14	9
5600	15	7
5800	14	8
6000	14	12
6200	22	12

실험 결과 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용하지 않았을 경우의 평균 검사 에러율은 14.6[%], 제안하는 알고리즘을 적용했을 경우는 7.9[%]의 검사 에러율을 볼 수 있었다. 즉 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용했을 경우, 비전 검사 에러율을 많이 낮출 수 있었다.

### 5. 결론

제안한 알고리즘을 적용해서 실험한 결과, 주파수 영역이 아닌 공간 영역에서의 간단한 조작을 통해서 검사 에러율이 많이 낮아진다는 것을 알 수 있었다.

또한 공간 영역에서의 간단한 조작은 전체 시스템의 프로세싱 타임에도 긍정적인 영향을 줬다. 즉 빠른 비전 검사 시간을 보임으로써 검사 대상물의 생산성을 향상시킬 수 있었다.

영역 분할 평균값 매칭 알고리즘의 경우는 단순히 머신 비전 검사 분야 뿐만 아니라 다른 영상처리 분야에도 여러 가지 응용 방법으로 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

특히 영상 다해상도 분석을 한다면 굳이 영역을 분할할 필요가 없을 것이다. 저해상도 영상을 만들고, 저해상도 영상에서 평균값 매칭을 한 후, 다시 원래의 고해상도 영상을 만들어 내는 알고리즘이 연구된다면 적용 가능한 많은 분야가 있을 것이다. 또한 추후 분할할 영역의 크기에 대한 연구도 필요할 것으로 생각된다.

멱함수 변환의 경우 응용 분야에 따라 다양한 변환 함수를 만들 수 있고, 대비 향상 등 많은 분야에 쉽게 적용할 수 있다. 본 논문의 경우 라플라시안 처리된 영상에 멱함수 변환을 적용함으로써, 라플라시안 필터링된 영상의 에지를 더욱 강조할 수 있었다.

결과적으로 본 논문에서 제안한 영역 분할 평균값 매칭 기법과 라플라시안 필터링 알고리즘을 사용함으로써 머신 비전 검사의 정확도를 많이 향상시킬 수 있었고, 이 알고리즘을 실제 생산 현장의 각종 전자 부품 및 제품의 비전 검사에 사용할 경우, 전자 제품 및 부품의 검사 품질 및 생산성 향상을 기대할 수 있을 것이다.

그리고 본 논문에서 제안한 영상 분할 평균값 매칭 기법과 영상 히스토그램 조정에 대한 연구가 주목된다면 더욱 향상된 검사 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

### [참고 문헌]

- [1] Randy Crane, "A Simplified Approach To Image Processing", Prentice Hall, Page 85-184, 1996.
- [2] Maria Retrou and Panagiota Bosdogianni, "Image Processing", John Wiley & Sons Inc, Page 265-282, 1999.
- [3] Milan Sonka, "Image Processing, Analysis, and Machine Vision", PWS Publishing, Page 68-108, 1999.
- [4] C H Chen & P S P Wang, "Pattern Recognition and Computer Vision", World Scientific, Page 445-480, 2005.
- [5] Wesley E. Snyder and Hairong Qi, "Machine Vision", Cambridge, Page 298-325, 2004.
- [6] Scott E Umbaugh, Ph.D, "Computer Vision and Image Processing", Prentice Hall PTR, Page199-218, 1998.
- [7] Tamal Bose, "Digital Signal and Image Processing", WILEY, Page 552-599, 2004.
- [8] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Prentice Hall, Page 94-102, 2002.
- [9] Bernd Jahne & Horst HauBecker, "COMPUTER VISION AND APPLICATIONS", Academic Press, Page517-540, 2000.
- [10] Bernd Jahne, "Digital Image Processing", Springer, Page 79-116, 2002.
- [11] "Matrox Inspector User Guide", Version 4, Matrox Electronic System Ltd, 2002.