

외관 검사의 정확도 개선을 위한 멱함수 변환 기법 개발

Power-Law Transformation Method Development for Accuracy Improvement of Appearance Inspection

박 세 혁*, 강 수 민**, 허 경 무***
(Se-Hyuk Park, Su-Min Kang and Kyung-Moo Huh)

Abstract ~ 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 power-law transformation in this paper for improvement of vision inspection accuracy and could increase inspection accuracy of vision system. Also this system has been developed only using PC, CCD Camera and Visual C++ for universal workplace.

Key Words : inspection, vision, illumination, accuracy

1장. 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 오류 뿐만 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 머

신 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, 멱함수 변환(Power-Law Transformation)을 제안하였다. 멱함수는 입력이미지의 픽셀값에 따른 출력이미지의 픽셀값을 지수함수의 형태로 변환시키는 것으로, 검사 환경 조명에 의해 발생한 입력이미지 변화에 대해 일정대역을 강조 혹은 감소시킴으로써, 조명 변화에 대응할 수 있도록 했다.

또한 본 논문에서 제안한 멱함수 변환에 의한 조명 영향의 감소를 실제 비전 검사 환경에서 검증해 보고자, 리모컨 외관 검사를 실시하였다.

2장. 멱함수 변환

2.1 멱함수 변환의 개요

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.

$$y = cx^\gamma \quad (2.1)$$

여기서 c 와 γ 은 양의 상수들이고, y 는 출력, x 는 입력을 나타낸다. 이러한 형태의 함수는 γ 의 값에 따라서 밝은 입력 값의 좁은 범위를 넓혀서 출력시킬 수 있고, 그 반대의 경우도 가능하다. 즉 검사 환경의 조명 변화에 의해 변형된 입력

저자 소개

* 박세혁 : 檜國大學 電子 컴퓨터 工學科 博士課程

** 강수민 : 檜國大學 電子 컴퓨터 工學科 博士課程

*** 허경무 : 檜國大學 電子工學科 教授 · 工博

이미지 픽셀값을 좁은 범위, 혹은 넓은 범위의 출력값으로 매핑할 수 있는 것이다.

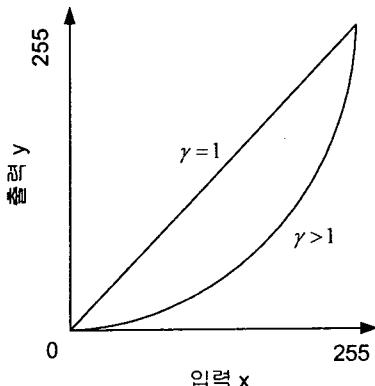


그림 2.1 벽함수 변환 그래프

위 그래프에서 보는 바와 같이 γ 값을 변화시킴으로써, 변환 곡선을 간단히 얻을 수 있다. $\gamma=1$ 인 경우, 입력과 출력은 완전히 같은 값이 된다. 또한 $\gamma>1$ 인 경우는 입력값이 작을 때는 넓은 범위를 좁혀주고, 입력값이 클 때는 좁은 범위를 넓혀 주는 동작을 수행한다. 만약 검사장의 조명이 밝게 변한 경우, 위 함수를 적용한다면 밝은 픽셀값의 출력범위를 넓혀 줌으로써 물체 인식의 가능성을 높일 수 있다.

2.2 제안된 벽함수 변환

이미지를 비전 검사 시스템 상에 정확하게 표시하는 것은 상당히 중요하고, 이미지 프로세싱의 핵심 과정이다. 적절하게 교정되지 못한 영상은 너무 밝거나 혹은 너무 어둡게 표시된다. 이 때 식 2.1의 γ 에 변화를 줌으로써 영상을 교정할 수 있는 것이다. 하지만 영상을 부분적으로 어둡게 하거나 밝게 강조하는 과정은 단일 γ 값에 의해서는 불가능하다.

즉 입력 이미지의 픽셀값에 따라 다른 γ 값을 적용함으로써, 해당 머신 비전 시스템에 적합한 이미지를 만들어 낼 수 있는 것이다. 비전 검사 대상이 밝은 조도에서 촬영됐다면, 일정 레벨 이상의 입력 픽셀에 대해서 큰 γ 값을 적용해서 대비를 향상시키고, 일정 레벨 이하의 입력 픽셀에 대해서는 작은 γ 값을 적용함으로써, 하나의 γ 값이 적용됐을 경우의 부작용을 해결할 수 있다.

$$y = \begin{cases} cx^{\gamma_1} & \text{if } 255 \geq x \geq I \\ cx^{\gamma_2} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.2)$$

위 식에서 I 는 상수이고, γ_1 과 γ_2 의 적용기준이 된다. 이때 해당 머신 비전 시스템의 응용 분야에 따라서 $\gamma_1 > \gamma_2$ 가 될 수도 있고, $\gamma_1 < \gamma_2$ 가 될 수도 있을 것이다.

위 식이 머신 비전 시스템에 적절하게 사용된다면, 입력변량 증가의 초기에는 출력변량이 둔감하나, 갈수록 출력변량이 급격하게 증가하는 벽함수 고유의 성질은 유지하면서

각종 머신 비전 시스템의 특성에 맞는 이미지를 생성할 수 있다.

다음 그림 2.2는 정상적인 조명환경에서 촬영된 리모컨 이미지를 보여준다. 이 이미지는 비전 검사 시스템의 구성 초기 단계에 저장되고, 검사 대상 리모컨의 이미지는 계속 입력받게 된다. 그리고 컴퓨터에 저장된 이미지와 입력되는 검사 대상 이미지를 비교, 분석하는 방식으로 오류판별을 하게 되는 것이다.

이때 만약 작업 환경의 조명 변화에 의해서 그림 2.3과 같은 리모컨 이미지가 검사 시스템에 입력된다면, 실제 리모컨에는 오류가 없지만 머신 비전 시스템에서는 오류 판정을하게 될 것이다.

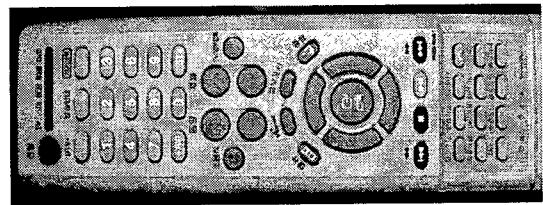


그림 2.2 정상 리모컨 이미지

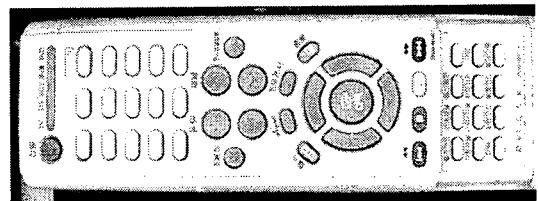


그림 2.3 5200[LUX] 조명에서 촬영된 리모컨 이미지

그림 2.3의 이미지가 비전 검사 시스템에 입력된 후, 적절히 조정된 γ_1 과 γ_2 을 가지는 벽함수 변환 과정을 거친다면 주변 조명 환경 변화에 의한 이미지의 전체적인 밝기 정도 변화를 수정할 수 있고, 결과적으로 판별 오류의 가능성성이 그만큼 줄어들 것이다.

다음 그림은 식 2.2에 $c = 1$, $\gamma_1 = 3$, $\gamma_2 = 2$, $I = 200$ 을 적용한 벽함수 변환 그래프이다.

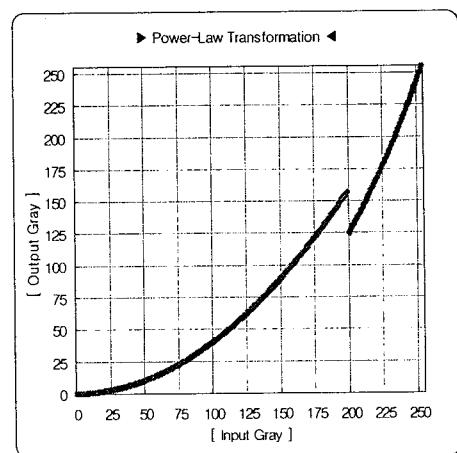


그림 2.4 제안된 벽함수 변환

3장. 리모컨 검사 시스템

본 논문에서 제안한 벽함수 변환을 실제 마신 비전 시스템에서 검증하기 위해 리모컨 외관 비전 검사를 실시하였다. 리모컨 검사 시스템에서 검사할 구체적 내용은 리모컨 버튼의 이상 유무, 글자 및 숫자의 이상 유무이다. 이런 외관 불량검사에서는 Reference Image의 리모컨 외관을 버튼과 문자로 각각 모델링하고 버퍼에 저장한다. 그리고 검사 대상인 Input Image와 버퍼에 저장된 모델들을 비교하고 분석하는 방법으로 외관 불량을 검사하였다.

4장. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 자동화된 마신 비전 검사 시스템의 검사 정확도에 가장 큰 영향을 미치는 것은 조명이라는 점에 착안하여, 조명의 변화에도 안정적인 검사 결과를 출력할 수 있도록 하기 위해 벽함수 변환 기법을 사용하였다.

마신 비전 시스템에 최적화된 이미지를 만들기 위해서, 입력 이미지의 픽셀값에 따라서 각기 다른 γ 값을 적용해서 벽함수 변환을 적용했다. 이렇게 해서 입력 변량 증가의 초기에는 출력 변량이 둔감하나, 갈수록 출력 변량이 급격하게 증가하는 벽함수 고유의 성질을 유지하면서, 리모컨 비전 검사 시스템에 최적화된 이미지를 만들 수 있었고, 실제 검사 환경에서의 영향을 검증하기 위해서 조명을 3000[LUX]에서 6000[LUX]까지 200[LUX] 단위로 증가시키면서 벽함수 변화를 적용하지 않았을 경우, 벽함수 변환을 적용했을 경우, 본 논문에서 제안된 벽함수 변환을 적용했을 경우, 각각의 검사 정확도를 측정하였다.

표 4.1 리모컨 비전 검사 에러율

조도 [LUX]	검사 에러율[%]		
	벽함수 변환 미적용	벽함수 변환 적용	제안된 벽함수 변환 적용
3000	0	2	2
3200	1	1	2
3400	1	2	2
3600	1	2	2
3800	1	1	2
4000	1	1	2
4200	1	1	2
4400	1	1	2
4600	6	2	1
4800	11	2	1
5000	12	2	1
5200	13	3	0
5400	13	5	1
5600	12	8	2
5800	14	11	6
6000	15	14	13

본 논문에서 제안한 식 2.2에 $c = 1$, $\gamma_1 = 3$, $\gamma_2 = 2$, $J = 200$ 을 적용해서 벽함수 변환을 했을 경우의 평균 검사 에러율은 2.5[%], 식 2.1에 $c = 1$, $\gamma = 2$ 을 적용해서 벽함수

변환을 했을 경우 평균 검사 에러율은 3.6[%], 벽함수 변환을 하지 않았을 경우 평균 검사 에러율은 6.4[%]를 보였다.

결과적으로 본 논문에서 제안한 벽함수 변환 기법을 사용함으로써 비점 검사의 정확도를 향상시킬 수 있었고, 이 알고리즘을 비전 검사에 사용할 경우, 전체 제품 및 부품의 검사 품질 및 생산성 향상을 개대할 수 있을 것이다.

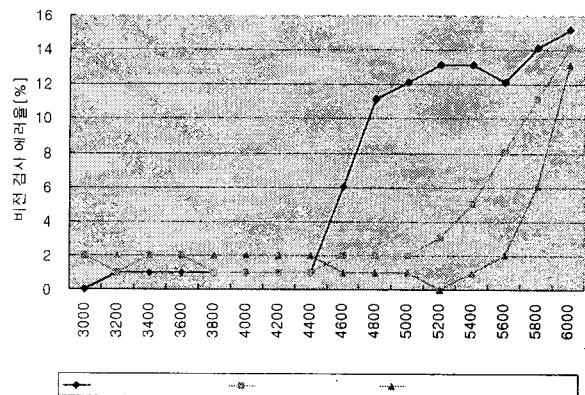


그림 4.1 검사 에러율 그래프

이 연구는 단국대 지역혁신센터(RIC)의 산학공동연구로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] "Matrox Inspector User Guide", Version 4, Matrox Electronic System Ltd, 2002.
- [2] Maria Retrou and Panagiota Bosdogianni, "Image Processing", John Wiley & Sons Inc, Page 265-282, 1999.
- [3] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Prentice Hall, Page 75-88, 2002.
- [4] Scott E Umbaugh, Ph.D, "Computer Vision and Image Processing", Prentice Hall PTR, Page 199-218, 1998.
- [5] Milan Sonka, "Image Processing, Analysis, and Machine Vision", PWS Publishing, Page 68-108, 1999.
- [6] Bernd Jahne, "Digital Image Processing", Springer, Page 79-116, 2002.
- [7] C H Chen & P S P Wang, "Pattern Recognition and Computer Vision", World Scientific, Page 445-480, 2005.
- [8] Tamal Bose, "Digital Signal and Image Processing", WILEY, Page 552-599, 2004.
- [9] Wesley E. Snyder and Hairong Qi, "Machine Vision", Cambridge, Page 298-325, 2004.
- [10] Randy Crane, "A Simplified Approach To Image Processing", Prentice Hall, Page 85-184, 1996.