

Vision 을 이용한 실시간 모서리 가공부재의 에지검출 자동화

박종현*, 함이준*, 노태정* (동명정보대학교), 김경환**, 손상익**(솔텍㈜)

Real Time Edge Detection for Rounding Machines Using by CCD Vision

J. H. Park*, L. J. Ham*, T. J. Lho*(TIT), K. H Kim**, S. I. Son** (Soltec)

ABSTRACT

Round-cornering machines are mainly used for cornering of stiffeners for ship buildings. In the present time they have been operated manually by operators. So they are need to be operated automatically without regard to any shapes of stiffeners. We developed the automatic round-cornering system which consists of CCD Camera, PC and laser diode to detect automatically the edge of stiffeners to be processed

Key Words: Round-Cornering Machine, Edge Detection, Real Time Image Processing, USB CCD Camera

1. 서 론

모서리 라운딩 가공기계 (round-cornering machine)는 선박이나 교량 구조물의 보강재등의 모서리를 라운딩하는 설비로서 현재는 주로 일정한 가공부재의 라운딩을 수동으로 조작하고 있으나, 각 가공부재의 형상에 관계없이 에지를 자동으로 검출하여 가공부재를 자동으로 라운딩할 수 있는 설비의 자동화가 시급히 필요한 실정이다.

디지털 영상처리는 개인용컴퓨터(PC)를 이용하여 영상을 처리하는 것으로서 기계 자동화에 많이 응용되고 있는 추세이다. 이때 영상의 획득은 CCD 카메라, USB 카메라, 사진기일 수도 있으며 인터넷에서 얻은 그림 파일일 수도 있다.

영상처리의 기본적인 분류 방법은 알고리즘에 따라 포인트 처리, 영역 처리, 기하학적 처리, 그리고 프레임 처리가 있다. 포인트 처리는 화소의 원래 밝기 값이나 위치를 기반으로 화소의 밝기 값을 변경시키는 것이며, 영역처리는 하나의 화소를 그 화소의 인접 화소들의 값들에 따라 변경하는 것이며, 기하학적 처리는 영상에서 화소들의 밝기 값이 아니라 위치를 변화시키는 과정이며, 프레임 처리는 2개 이상의 영상에서 화소들에 대한 작업을 통해 화소 값을 만드는 과정을 말한다

본 논문에서는 모서리의 라운드 가공을 자동화하기 위하여 CCD 카메라와 레이저 다이오드(laser diode)를 이용하여 자동으로 에지(edge)를 검출하는 시스템을 개발하였다. 따라서 PC 를 이용하여 영

상정보를 실시간으로 처리함으로써 생산성 향상, 납기단축, 품질 향상등의 효과를 가져왔다.

2. 영상 인식과 에지검출

2.1 컬러(color)의 RGB 표현

인간의 컬러 지각 능력은 3가지 콘(cone)들의 반응에 의해 발휘되므로 컬러 시스템들은 삼중자극(tri-stimulus)이라는 3개의 숫자로서 표현한다. 여기서 RGB, CMY, HIS, YcbCr 컬러 모형을 알아 보면, 삼중자극 값에 기반한 많은 컬러 공간들이 존재한다. YIQ 컬러 공간은 TV 방송에서 사용되며, XYZ 공간은 물리적인 원색과 관계는 없지만 컬러 표준으로 사용되며 간단한 행렬 곱으로 다른 컬러 공간으로 쉽고 완벽하게 변환된다. 모든 컬러 공간에 대해 설명할 때, 모든 컬러들이 0 과 1 사이의 값으로 정규화 되었다는 가정을 할 수 있다.

RGB 컬러 공간은 서로 가산될 수 있는 삼원색인 빨강(red), 초록(green), 파랑(blue)으로 구성된다. 이들 컬러의 분광 요소들이 부가적으로 복합되어 결과적인 컬러를 만들어 낸다.

RGB 모형은 그림 1과 같이 각 축의 모서리가 빨강(R), 초록(G), 그리고 파랑(B)인 3차원 입방체로 표현된다. 검정색은 원점이며, 흰색은 입방체의 반대쪽 끝이다. 명암도는 검정색에서 흰색으로 이어지는 선을 따라 표현된다. 컬러 채널 당 8비트를 가지는 24 비트 컬러 그래픽스 시스템에서 빨강색은 (255,0,0)이며, 컬러 입방체 상에서는 (1,0,0)이다.

영상용 RGB 컬러에서 명암도 등급으로 변환하기 위해서는 다음과 같은 수식을 사용한다.

$$\text{명암도} = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

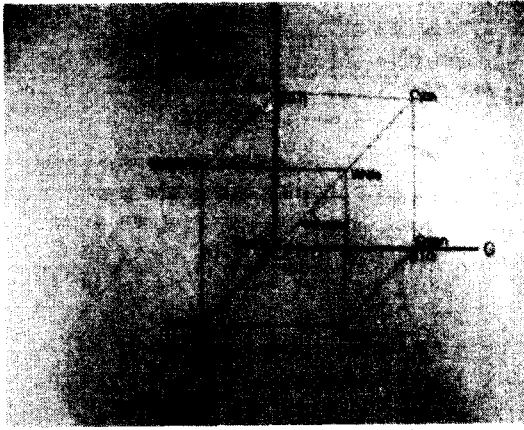


그림 1. RGB 컬러 입방체

이 수식은 명도에 대한 NTSC 표준에서 비롯된 것이다. RGB 컬러를 명암도 등급으로 변환하는 또 하나의 일반적인 변환은 간단하게 평균을 취하는 것이다.

$$\text{명암도} = 0.333R + 0.333G + 0.333B$$

이 수식이 대부분의 어플리케이션에서 사용된다.

2.2 룩업 테이블(Look-Up Table: LUT)

포인트 처리 알고리즘은 배열의 인덱스로 화소값을 사용하는 룩업 테이블을 이용할 경우 가장 효율적으로 실행될 수 있다. 새로운 값은 배열의 인덱스에 의해 지시되는 배열의 요소이며, 새로운 영상은 각 화소에 대해 이런 작업을 반복함으로써 생성된다. 룩업 테이블을 사용한다면 불필요한 계산을 피할 수 있다.

예를 들어, 그림 2 에서와 같이 3 비트 영상으로 작업한다면 영상의 크기와 무관하게 8 개의 요소를 갖는 테이블만이 필요하게 된다.

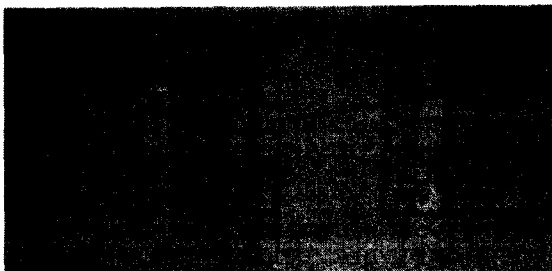


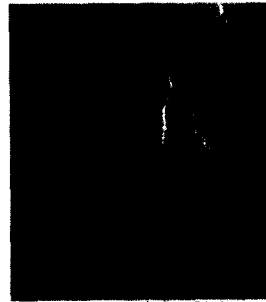
그림 2. 3비트 룩업테이블 이용한 연산

2.3 조명의 역할

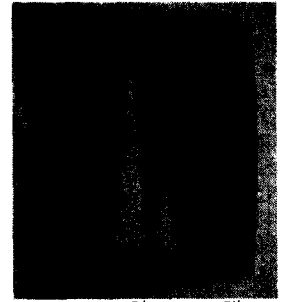
영상 $f(x,y)$ 의 형성은 반사 성분 $r(x,y)$ 와 조명성분 $i(x,y)$ 의 곱으로 볼 수 있다.

그림 3(a)에 보인 반사율 함수에 그림 3(c)에 보인 조명함수를 곱하면 그림 3(d)에 보인 영상 $f(x,y)$ 가 된다. 비록 반사율 함수 자체를 가지고 처리해야 할 일은

거의 없지만, 그림 3에서 보는 바와 같이 물체들과 배경의 반사 성질이 쉽게 분리될 수 있어야 한다.



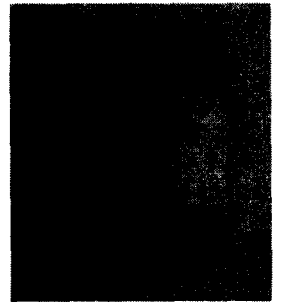
(a) 반사율 함수



(b) 히스토그램



(c) 조명 함수



(d) 조명함수 x 반사함수

그림 3. 조명함수와 영상함수

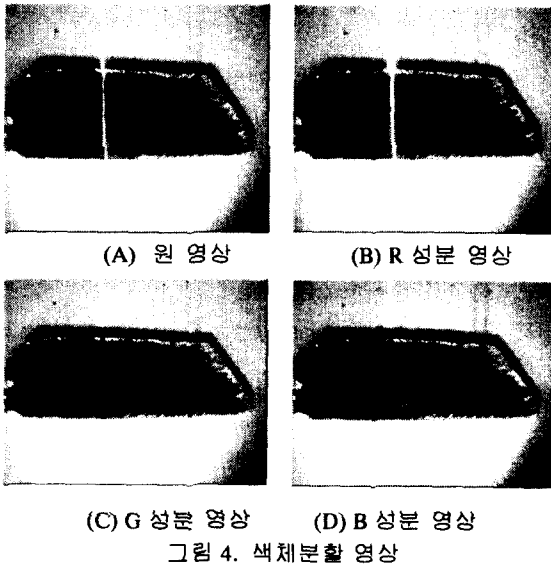
왜곡의 정도는 조명함수 $I(x,y)$ 의 히스토그램의 퍼짐의 정도에 의존한다. 바꾸어 말하면, 조명 함수의 불균일성에 의존한다. 조명 그 자체에 접근이 가능할 때, 불균일성에 대한 보상을 하기 위해 실제로 자주 사용되는 해결책은 조명 형태를 일정하게 흰 반사표면에 비추는 것이다. 이 해결책에 의한 영상은 $g(x,y) = ki(x,y)$ 가 되며, 여기서 k 는 표면에 의해 결정되는 상수이고, $I(x,y)$ 는 조명 형태이다. 이리하면 같은 조명 함수를 사용하여 형성된 어떤 영상 $f(x,y) = I(x,y)r(x,y)$ 에 대해서도 간단히 $f(x,y)$ 를 $g(x,y)$ 로 나누게 되면 정규화된 함수 $h(x,y) = f(x,y)/g(x,y) = r(x,y)/k$ 를 얻는다.

따라서, 만약 $r(x,y)$ 가 단일 문턱치 T 를 사용하여 분할될 수 있으면, $h(x,y)$ 도 단일 문턱치 T/k 를 사용하여 분할되어질 수 있다. 이러한 방법은 $I(x,y)$ 에 의해 만들어진 조명 형태가 영상에 따라 변화되지 않아야 잘 동작한다는 것에 유의해야 한다.

2.4 색채 분할

1 개의 센서가 영상의 각 화소의 특성에 하나의 변수 이상으로 영향을 미칠 수도 있으며, 특히 RGB 컬러의 경우 R, G, B의 성분들이 합성 색채 영상을 형성하기 위하여 사용되었다. 이 경우에 각 화소는 3 개의 값에 의하여 특징지어지며 3 차원 히스토그램 구성이 가능하다. 기본적인 과정은 RGB 성분에 해당하는 3 개의 16 단계 영상에 대해 $16 \times 16 \times 16$ 그리드

(육면체)를 형성하고 육면체의 각 셀에 RGB 성분이 그 특정 셀의 위치를 규정짓는 좌표에 해당하는 밝기를 가진 화소의 수를 대입하면 된다. 그림 4 에서와 같이, 각 셀의 값들은 정규화된 히스토그램을 형성하기 위해 영상의 전체 화소 수로 나누어진다. RGB 성분들이 어떤 한 무리에 가까운 화소에는 어떤 한 명암도를 할당하고 영상의 그 외 다른 화소들에는 다른 명암도를 할당 함으로써 분할될 수 있다. 이것은 더 많은 구성 성분을 가져 더 많은 점들의 무리를 가진 것에도 쉽게 확장할 수 있다.



3. 시스템 구성과 처리과정

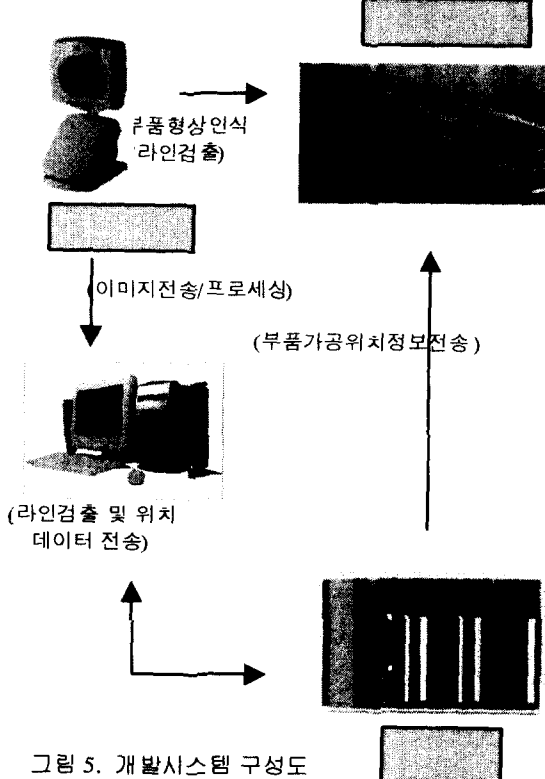


그림 5에서와 같이 개발시스템을 구성하였으며, 부품이송 장치로부터 이송되는 부재를 USB 카메라를 통해 인식하고 레이저 다이오드로 부터 주사된 레이저 라인을 검출한다. 그 후 카메라는 이미지를 PC에 전송하면 PC는 이미지를 프로세싱하여 PLC로 RS232C를 통해 에지 검출 및 위치 결정 데이터를 전송한다. 마지막으로 PLC는 부재 가공 장치로 데이터를 전송하여 모서리를 가공하게 되는 단계를 보여주고 있다.

3.1 에지 검출 시스템 구성

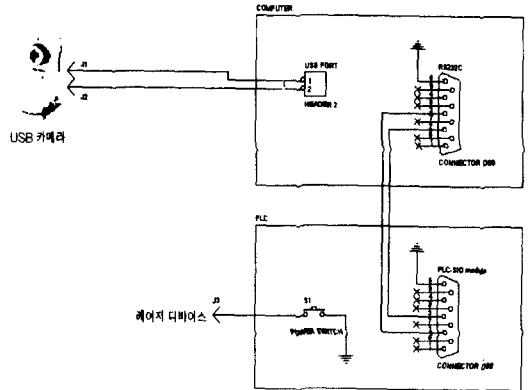


그림 6. 시스템 회로도

그림 6은 USB 카메라, PC, PLC, 레이저 다이오드 간의 회로도이며, 카메라에서 영상을 캡처하여 PC의 USB 포트를 통해 신호를 전송하면 다시 PLC로 가공 부재의 모서리가공 신호를 기계에 전송하는 시스템을 보여주고 있다.

레이저 다이오드는 에지 라인 검출을 위해 사용되는데 적외선을 주사하여 길이방향으로 일정한 속도로 이동하는 가공부재의 폭을 캡처하여 그 이전과 그 이후의 폭을 비교하여 폭이 다른 부분으로서 길이방향의 에지를 검출한다.

3.2 시스템 알고리즘

비트맵(bit map)은 직사각형이며 평면, 즉 2차원을 가지므로 이미지의 폭과 높이가 픽셀 단위로 결정되며, 모서리 가공 시스템의 경우 320 x 240 의 해상도에서 실시간 캡처로서 폭 320픽셀, 높이 240픽셀을 가진다. 비트맵은 직사각형이지만 컴퓨터 메모리는 선형이다. 평면적 차원을 갖는 것 외에도 비트맵에는 색상 차원이 있다. 2차원은 각 픽셀에 요구되는 비트 수이며 비트맵의 각 픽셀은 같은 수의 색상 비트를 갖는다. 윈도우 응용 프로그램에서 사용되는 비트맵 이미지는 DIB 파일 형태로 작성되며 일반적으로 프로그램의 실행 파일에 읽기 전용 자원 형태도 저장되며, 그 파일은 파일 헤더, 정보 헤더, RGB 색상 테이블, 비트맵 픽셀 비트의 기본 섹션 4가지로 구성된다. 처음 두 섹션은 C의 데이터 구조체처럼 생각해도 무방하며, 세번째 섹션은 데이터 구조체의 배열로 구성된다.

8비트 비디오 모드에서 각 픽셀은 8비트를 가진다. 픽셀 값은 록업 테이블을 가리킨다. 이 RGB 값은 24비트 전체이거나 보통 18비트 정도로 더 작을 수도 있

다. 각 색에 대한 값은 디지털/아날로그 변환기에 대한 입력으로 모니터로 전송되게 되는 빨강, 초록, 파랑의 3가지 아날로그 신호에 대한 값이다.

반복되어 호출되는 헤더 정보에 대한 계산을 피하기 위해 비트맵 파일 헤더 데이터를 배열로 저장하였으며 캡처되는 영상을 R,G,B로 분리시켜 테이블에 저장한다.

샘플링된 영상을 분할하여 검출된 라인의 픽셀 수를 카운트하고 길이를 계산하여 비교한 후 길이가 같아지면 가공 시작점을 찾았으므로 PLC에 모서리 가공 제어 신호를 보내어 가공을 시작하도록 하며, 길이가 달라지면 PLC에 가공 종료 신호를 보내어 모서리 가공을 중지시킨다.

그림 7에서 보는 바와 같이, USB 카메라에 적외선 통과 필터를 장착하고 레이저 다이오드를 사용하여 레이저 빔을 가공부재에 주사하여 빛의 굴절을 응용하여 가공 부재의 폭을 계산할 수 있으며 계산된 폭의 길이를 비교하여 모서리 가공의 에지의 위치를 결정하게 되고 RS232C를 통해 PLC로 제어 신호를 보내서 가공을 시작하거나 정지한다.

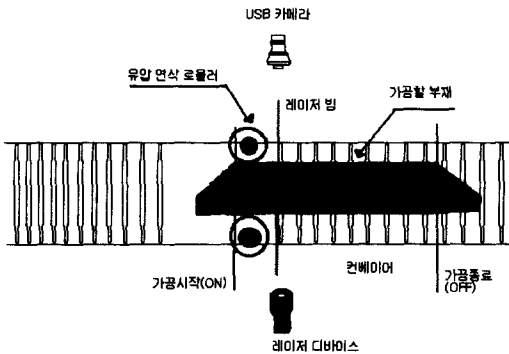


그림 7. 에지검출 개념도

4. 결론

불특정한 다수의 부재의 에지를 자동으로 인식하기 위해 가공부재들의 실시간 이미지 처리를 위해 수행속도를 높이는 데 중점을 두었다.

첫번째로 문제시되는 것이 조명이었으며, 조명의 밝기와 카메라의 렌즈에 들어오는 빛의 간섭으로 인해 잡음이 없는 영상을 얻는다는 것이 어려웠으나, 레이저 다이오드를 설치하고 빛의 굴절을 이용하여 조명의 위치에는 영향을 받지 않도록 하였으며 카메라에 적외선 필터를 설치함으로써 빛의 세기나 명암에는 거의 영향을 받지 않도록 하여 처음 영상에 비해 잡음을 줄일 수 있었다.

두번째로 부재와 카메라의 거리이나, 실험에서 사용할 때와 대상 공구의 영상을 얻을 때의 거리가 같아야만 했다. 특히 카메라는 아주 민감하기 때문에 조명 뿐만 아니라 거리에도 영향을 받기 때문이다. 거리가 조금만 달라져도 영역분할에 의한 값에 약간의 오차가 생기므로 본 실험에서는 카메라와 가공 부재와의 거리를 50cm로 두어 실험을 하였다. 그리하여 실제의 공장과 같은 환경을 조성하기 위해 실시간으로 모든 실험을 하여 처리하였다. 실제로 움직이는

조건에서 카메라로 영상을 입력 받아 본 논문에서 제시된 방법을 통하여 들어오는 부재를 실시간 처리하여 부재인식 및 에지를 검출하는 시스템을 개발하였다.

따라서 본 연구에서는 부재의 크기, 진동, 이동에 불변하는 인식 시스템을 구성하였으며, 부재의 에지를 추출하는 과정에서 본 부재 에지 검출 시스템에 적절한 세그먼트 분할 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘에 따라 실제의 부재 영상을 획득하여 에지를 검출하였고 알고리즘을 검증과 효율적인 부재 인식 및 정확한 에지 검출이 가능하였다.

후 기

본 연구는 주식회사 솔텍의 적극적인 지원에 의해 수행되었으며 이에 대해 깊이 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] Dandy Crane, "A Simplified Approach to Image Processing(Classical & Modern Techniques in C)", 홍릉과학, pp.18-21, 1999
- [2] 이상용, "Artificial Intelligence ", pp. 11-39, 상조사, 1998
- [3] Rafael C. Gonzalez & Richard E. Woods "Digital Image Processing ", Addison Wesley Inc., 1998
- [4] 이상엽, " Windows Programming Bible ", 영진출판사,1997
- [5] 이상운, 강명주, "윈도우 라이브러리"
- [6] Charles Petzold, "Programming Windows"
- [7] 황광일, "Visual C++ Professional Programming Bible "