

영상처리를 통한 접합면 검사 시스템

Joint Aspect Inspecting System Using Image Processing

姜 園 贊* · 金 永 炯**

(Won-Chan Kang · Young-Dong Kim)

Abstract - In this paper, we present the new method for joint aspect inspecting system. We use the image processing and laser maker for light source. We can find the matrial joint status through processing the line pattern which is made by laser maker. To get the line pattern, in first, we did the preprocess of threshold. If the shape of line had over two segments, then the joint status is abnormal. We show our system efficiency by experiment on tire facility.

Key Words: Image Processing, Joint Aspect Inspecting, Laser Marker.

1. 서 론

부품 검사시스템에서 영상처리를 이용한 자동검사시스템의 연구가 많이 진행되고 있다. 이들 방법은 다양한 영상처리 기법을 통해 양호한 변환특성을 나타내어 많은 산업시스템에 이용되고 있다[1-6]. 하지만 이런 영상처리 기법들은 대부분 카메라에 들어온 영상 그 자체를 변환하여 결과를 도출하나, 타이어 원단의 접합 검사 시스템의 적용에는 몇가지 문제를 나타내고 있다. 이는 원단이 모두 흑색을 나타내고 있으므로 일반적인 영상처리 기법을 통해 처리 하기는 무척 곤란한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 레이저빔을 원단에 간접 조사하고 이를 영상처리 시스템에서 레이저빔의 선형 상태를 조사함으로써 원단의 접합 유무를 판단하는 시스템을 개발하게 되었다. 본 연구에서는 접합부의 검사방법 및 그 장치에 관한 것으로, 더 상세하게는 일정한 두께를 가지는 재료들이 맞대어 접합된 접합부를 검사하는 방법 및 그 시스템에 관한 것이다. 타이어 제조공정에서는 고무재 또는 소정의 두께와 폭을 가지는 합성수지재, 목재, 피혁 등을 맞대기 접합(butt joint)하여 제작된 제품은 상기 접합부위의 접합상태가 제품의 품질 및 특성에 영향을 미치는 경우가 많다. 따라서 접합부의 접합상태의 관리가 필요한데, 자동화 생산라인에 의해 제품이 생산되는 경우에는 접합상태를 자동으로 감시하는 시스템이 필요하다. 그러나 맞대기 접합에 따른 접합부의 상태는 양 단부가 상호 겹쳐지거나, 양 단부가 상호 소정간격 이격되는 등 그 접합형태가 다양하므로 접합상태의 불량 여부를 정확하게 판단하는 것이 용이하지 않다. 종래에는 이러한

점을 감안하여 접합부와 대응되는 부위에 변위센서를 설치하여 접합면의 굴곡상태 및 요철상태를 감지함으로써 맞대기 접합부의 접합상태를 감지하여 왔다. 상기와 같이 변위센서를 이용하여 접합부의 접합상태를 감지하는 것은 접합부 주위의 돌기나 요철이 있는 경우 정확한 감지가 어렵고, 특히 접합부의 길이가 상대적으로 긴 경우 상기 변위센서를 접합부와 평행을 이룬 상태에서 이동시켜야 하는데, 이 경우 접합부의 접합상태 검사에 따른 신뢰성이 저하된다. 따라서 본 연구는 위와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 맞대기 접합부의 검사에 따른 신뢰성 향상과, 자동화 생산라인에 적용하는데 그 목적이 있다. 개발된 시스템은 허용오차 범위가 0.7[mm]인 시스템으로 20[fps] 속도로 검사를 수행할 수 있다.

2. 접합면 검사의 및 원리 검사시스템

본 연구에서 제안하는 검사 방법은 빔의 발생원으로부터 조사된 빔을 장방형 또는 스트라이프 상으로 조정하는 빔경 조정단계와, 장형형 또는 스트라이프 상으로 변형된 빔을 제품의 접합부에 빔을 조사하고, 이때 접합부에 조사된 빔의 왜곡상태를 촬영하여 입력된 영상을 처리하여 접합부의 접합상태를 판단하고 접합상태의 가부를 결정하는 시스템이다.

본래 타이어 제조공정에서는 30만 픽셀의 해상도를 지닌 라인스캔 카메라가 사용되는데 이는 원단의 폭 등을 측정하는데 사용된다. 따라서 본 연구 목적에 부합되지 않는다. 따라서 NTSC 규격의 CCD 카메라를 이용하여 검사하는 방법을 고안하게 되었다.

2.1 레이저빔 조사를 통한 접합면 검사의 원리

레이저 빔의 조사는 접합부의 길이 방향에 대해 직선 형태의 빔이 직각을 이루도록 그림 1처럼 구성한다. 하지만 ±3 0°범위 내에서는 검출이 가능하다. 프레임에 설치되는 빔 발생원과, 빔 축선상에 설치되는 CCD 카메라는 빔의 단면변

* 正 會 員 : 朝鮮大 情報·制御計測工學科 講師·工博

** 正 會 員 : 朝鮮大 情報·制御計測工學科 教授·工碩
 接受日字 : 2003年 10月 15日
 最終完了 : 2004年 2月 17日

화 및 빔의 포커싱을 위한 광학렌즈군을 구비하여 제품의 접합부에 조사된 빔의 패턴을 촬영하여 영상처리를 통해 처리한다[7].

접합부의 접합여부 검사방법은 레이저 다이오드로 이루어진 빔 발생원으로부터 조사된 빔의 단면이 제품의 접합부에 tm트라이프 상으로 조정하기 위한 빔 단면 조정단계를 거쳐 스트라이프 상으로 변형된 빔을 제품의 접합부에 조사한다.

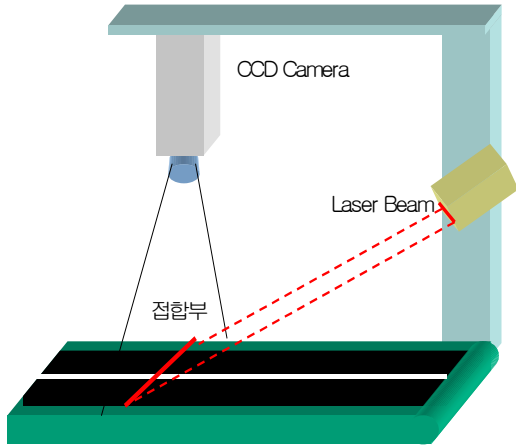


그림 1 레이저 빔의 조사원리
Fig. 1 Lighting principle of laser beam

빔 단면조정단계는 광학계의 플라이 아이 렌즈를 이용하여 이를 통과하는 빔속의 에너지 밀도를 균일하게 할 수 있으며, 슬릿을 이용하거나 X축과, Y축 방향으로 렌즈의 배율이 다른 렌즈를 이용하여 스트라이프 상으로 빔의 단면을 가변시킬 수 있다. 여기에서 에너지 밀도 또는 조도는 각 영역에서 균일한 값을 갖도록 함이 바람직하다. 빔 조사단계는 빔의 단면변화가 완성된 시점에서 제품의 접합부에 조사하는 것으로 접합부의 길이 방향에 대해 직각에 가깝도록 조사한다. 이는 접합부의 길이 방향과 스트라이프 상의 빔이 직각이 아닌 경우는 패턴의 인식이 용이하지 않기 때문이다. 부연 설명하자면 조사되는 빔이 접합면과 수직하게 놓인 것이 좋으나 영상처리 알고리즘에서 빔을 2차 방정식으로 선형 변환하여 사용함으로써 빔이 수직으로 놓일 필요는 없지만, 접합 면과의 각도가 30도 이내가 되도록하는 것이 처리 시간을 줄일 수 있다.

위의 빔조사 단계에 의해 제품에 빔의 조사가 완료되면 이 조사된 빔의 패턴을 촬영하여 접합부의 접합상태를 판단한다. 고체 촬상소자를 이용한 CCD카메라를 이용하여 촬영하고, 전기적 신호로 변환하여 맞대기 접합부의 불량여부가 결정되면 작업자에게 이를 인식시키기 위해 알람을 발생시키거나 램프를 점멸시킬 수 있다. 이와 같이 접합부의 접합이 불량인 것으로 판정되면 접합부가 불량인 제품을 취출시키는 불량 제품 취출단계를 더 구비할 수 있다. 접합부의 접합상태 검사방법은 제품의 형상에 구애받지 않고 적용이 용이하다. 또한 제품의 접합부의 접합상태를 짧은 시간에 검사할 수 있으므로 자동화 생산라인에 적용이 용이하며 단위공정의 설비 자동화를 가능하게 한다.

2.2 검사시스템

검사시스템은 레이저 빔 조사장치와 CCD 카메라를 설치하고, 촬영된 영상을 디스플레이 하기 위한 모니터와, 촬영된 영상을 처리하기 위한 시스템을 설치하여 구성한다[8]. 그림 2에는 본 연구에 따른 접합부의 검사시스템의 실시예를 개략적으로 나타낸 블록도이다.

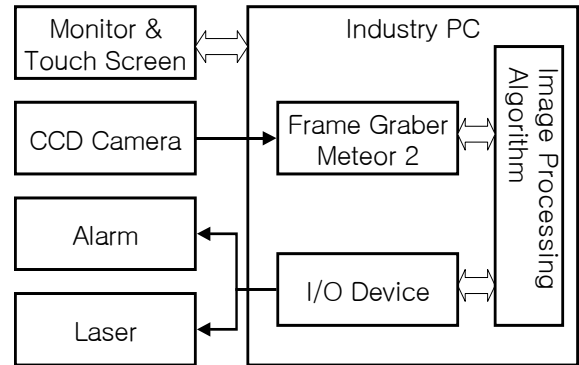


그림 2 검사시스템의 구조
Fig. 2 A structure of inspection system

그림 2에서와 같이 시스템의 구성은 산업용 PC를 이용하여 처리하는 형태로 시스템을 구축하였다. 산업용 PC는 터치 패널 일체형의 TFT LCD를 이용하여 파라미터 입력 및 영상처리 상태를 실시간으로 모니터링 할수 있도록 구성하였다. 영상처리를 위한 영상의 입력은 LG하니웰에서 제작된 CCD 카메라를 이용하여 접합면에 비추진 레이저빔의 형상을 촬영한다. 입력된 영상은 메트로릭사의 프레임 그래버인 Meteor2를 이용하여 NTSC 영상을 640* 480 32비트 포맷으로 입력받은 다음 이영상을 이용하여 알고리즘에서 처리한다. 처리 속도는 20[fps]로 처리 가능하다. 이때 입력영상은 주변 광원과의 간섭을 최소화하기 위해 RGB포맷 대신 YUV 포맷으로 변환하여 사용함으로써 주변광원의 영향을 줄일수 있다. 실험부분에서도 알수 있듯이 주변광원에 따라 쓰레폴드 필터링 된 빔폭이 증감함으로써 빔의 중심점을 구해 처리하는 방식을 사용함으로써 주변광의 왜란을 보상할수 있다.

영상처리 알고리즘에서 타이어 원단의 접합 허용치인 2[mm]를 초과하는 경우에 접합 불량상태로 판단하여 작업자에게 알릴수 있도록 내장된 I/O 디바이스를 통해 알람을 한다. 현재 탑재된 시스템은 I/O 장치를 통해 부저를 구동하나, 각기 다른 통신방식에 의해 중앙으로 상태를 전송할 수도 있다.

레이저 조사는 내장된 I/O 디바이스를 통해 영상처리를 시작할 때 자동으로 온오프 할 수 있다. 사용된 레이저 빔원은 DC24V로 I/O 디바이스의 온오프 신호에 의해 사용됨으로 초기에 한번 셋팅하면 변경이 불필요하다. 빔 발생원은 레이저 다이오드가 이용될 수 있으나 이에 한정되지는 않고, 제품을 손상할 주지 않을 정도의 열에너지를 가진 레이저빔을 발생할 수 있는 구조이면 어느 것이나 가능하다.

종합해 보자면 접합부에 조사되는 빔이 접합부의 길이 방

향으로 스캐닝 되는 동안 빔 단면의 변화가 발생되지 않으면 접합부의 접합상태는 양호한 것으로 인식 및 판단하게 된다. 만약 조사되는 빔의 단면이 어긋난 경우에는 접합부의 양단부가 겹쳐져 접합된 상태가 되므로 맞대기 접합이 제대로 이루어지지 않은 상태가 된다. 따라서 접합부에 조사되는 빔이 어긋나지는 않지만 특정부분에서 퍼지는 경우에는 접합부의 양 단부가 소정간격 이격되거나 벌어진 상태로 인식되어 불량판정을 하게 된다.

3. 접합면 검사 알고리즘

프레임 그래픽에서 실시간으로 캡춰된 영상은 백퍼에서 32비트 RGB 포맷을 YUV포맷으로 변환하여 영상처리를 한다. 캡춰된 이미지는 적용대상이 타이어 원단임으로 모두 흑색면으로 나타난다. 따라서 이를 구별하기 위해 적색 레이저를 사용함으로 흑색표면에 적색 라인이 나타나게 된다. YUV 포맷 특성광 주변광의 영향을 줄일수 있으므로 캡춰된 영상에서 적색 부분만을 추출하여 쓰레졸드 필터링을 한다. 따라서 영상처리 알고리즘의 첫 번째 단계는 시스템의 상태에 따른 기본 설정을 필요로 한다. 이 기본 설정에서는 전체 영역을 검사하게 되면 수행시간이 길어지게 됨으로 이를 줄일수 있는 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 영상의 중심부분에 근접되게 레이저의 빔이 맺히게 됨으로 검사할 영역을 윈도우 영역으로 지정하고, 그 지정된 영역만을 검사하도록 설정하였다.

초기화 단계에서는 검사할 범위 지정, 최적화된 쓰레졸드 값, 에러로 처리할 접합면의 이격거리등의 정보를 지정한다. 한번 지정된 정보는 다시 값을 갱신하기 전까지 유지한다. 그림 3에 전체 알고리즘을 도시하였다.

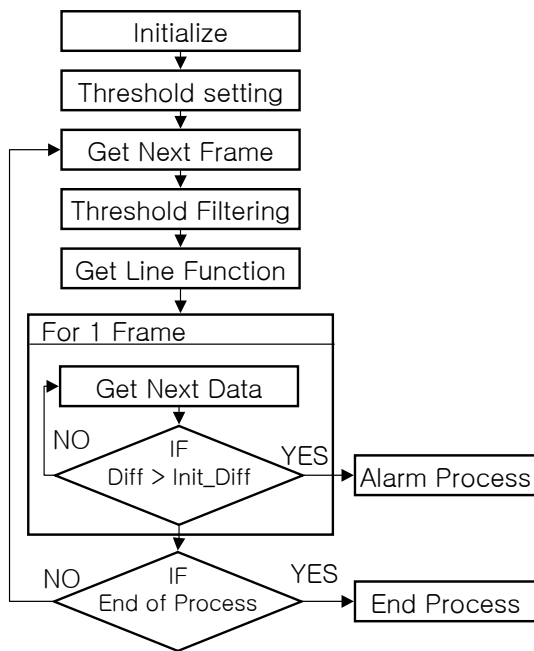


그림 3 영상처리 알고리즘
Fig. 3 Image processing algorithm

두 번째 단계는 가장 중요한 쓰레졸드 값의 설정후 작업할 프레임을 읽어들인다. 다음단계에서 입력된 영상의 한 프레임 중 윈도우로 지정된 영역에 대해 쓰레졸드 처리를 한다. 적색 8비트 레벨은 0~255의 범위를 나타내지만 적용된 공장의 조명환경에서는 120정도가 적정하였다.

접합 검사를 위해서 어떤 경우에 에러로 처리할지를 결정을 해야한다. 따라서 본 연구에서는 고무원단이 평평한 상태에서 라인은 일정하게 유지되기 때문에 수직해석 기법중에서 호프변환의 라인 검출 기법을 적용할 필요는 없어지게 된다. 따라서 가장 간단한 라인 비교 기법이나 직선의 방정식을 이용하는 방법 등이 가능 할 것이다. 본 연구에서는 쓰레졸드 필터링 처리된 데이터의 중심점을 구해 이점들을 잇는 직선의 방정식을 구한다.

다음 단계에서 구해진 직선의 방정식에 X축의 중심점부터 좌우로 한스텝씩 이동하면서 Y축의 값과 직선방정식의 해와의 차이값 Diff가 허용 오차값 Init_Diff을 초과하는 경우에 접합이 잘못 된 경우로 가정하여 경고 프로세서로 컨트롤을 넘긴다. 오차가 발견되지 않을 경우는 정상적인 접합 상태임으로 다음 프레임을 캡춰하여 위 작업을 반복시킨다.

허용오차의 범위는 렌즈의 배율과 카메라와 피사체와의 거리에 의존적이나 이들 관계식에서 오차범위를 지정할 수 있다. 기본 렌즈를 사용하여 50[Cm] 거리를 유지할 경우 0.7[mm]의 분해능을 얻을수 있다. 본 연구에서 사용되는 타이어용 원단의 두께가 2[mm]일 때 충분히 처리가 가능하였다. 높은 분해능 요구시는 렌즈의 배율과 거리를 조정함으로써 원하는 분해능을 얻을수 있다.

4. 실험 및 고찰

그림 4는 본 시스템에서 사용되는 영상처리 프로그램이다. 사진에서는 원단이 접합되지 않고 겹쳐진 상태에 레이저 빔을 조사한 경우이다. 레이저 빔이 겹쳐진 부분에서 다른 위치에 나타나고 있음을 알 수 있다. 역설적으로 레이저 빔이 직선을 이루 않을 때는 접합이 불량 상태인 것이다. 따라서 본 실험에서는 다양한 조건에서 시스템의 상태를 검증하였다.

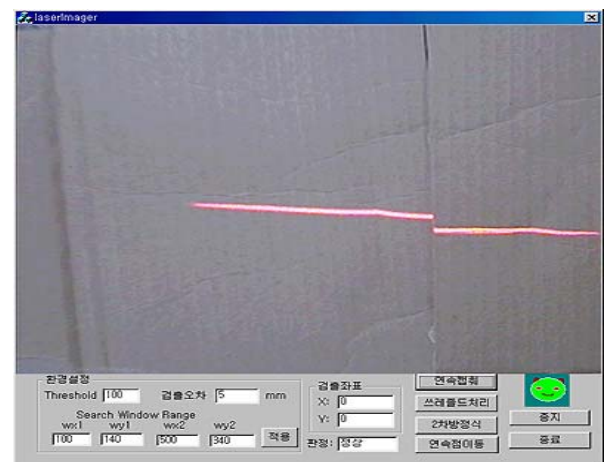
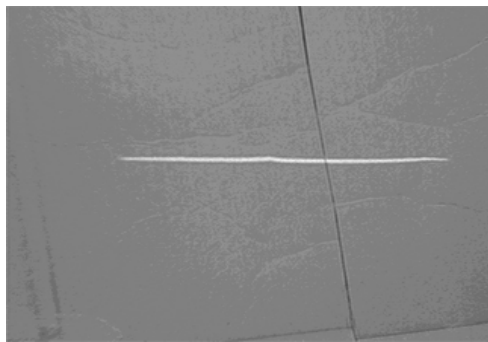
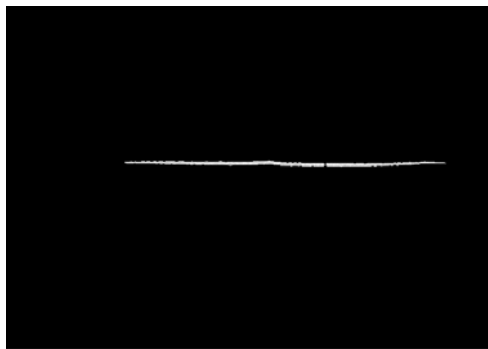


그림 4 영상처리 프로그램
Fig. 4 Image processing program

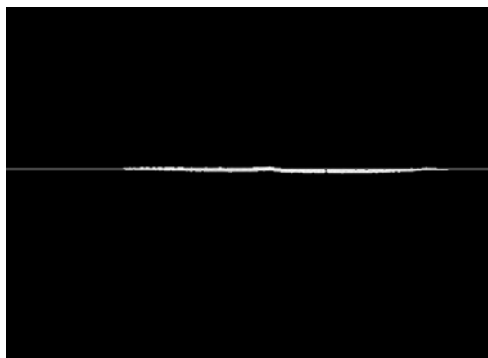
우선 정상 접합일 경우는 그림 5의 (a)에서와 같이 중앙에 레이저빔의 영상이 직선상으로 나타난다. 세로 방향의 검은 선이 바로 접합면이다. 그림 5에서는 YUV 포맷으로 변환한 후의 영상임으로 그림4와 같이 적색이 아닌 백색으로 레이저빔이 나타나고 있다. 접합이 제대로 된 경우는 가운데 검은 선을 기준으로 좌우에 높이 차가 없기 때문에 레이저빔이 투사된 후의 영상은 그림 5 (a)에서와 같이 깨끗한 직선이 나타나게 된다. 그림 5 (b)는 (a)의 영상을 설정된 값으로 쓰레홀드 필터링 한 후의 영상이다. 그림에서 보이듯이 약간의 오차로 인해 깨끗한 직선이 나타나지 않기 때문에 직선의 형태를 유지하기는 하지만 불규칙한 형태로 나타난다. 따라서 영상처리 알고리즘에서는 이를 보상하기 위해 평균값을 통해 중심점을 구하고, 이를 그림 (c)에서처럼 직선의 방정식을 구해 오차 범위 내에 레이저빔이 모두 들어오는가의 검사를 수행한다. 그림 5 (c)의 경우는 모두 오차 범위 안에 들어가기 때문에 정상 접합으로 판정한다.



(a) 원영상



(b) 쓰레홀드 영상

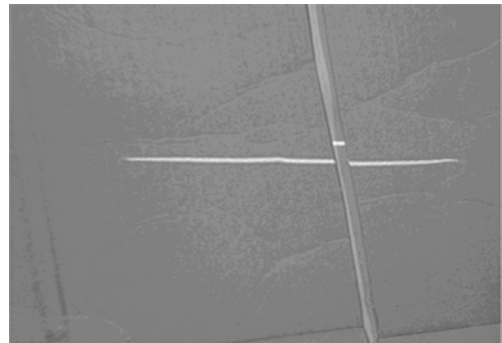


(c) 에러검출 영상

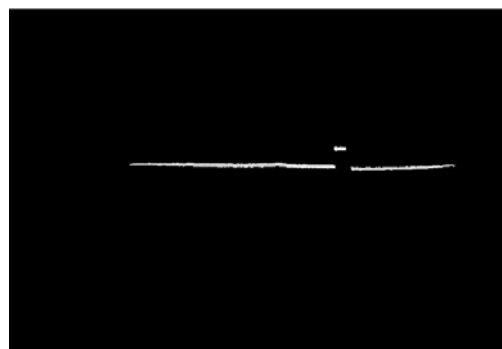
그림 5 정상 접합일 경우
Fig. 5 Normal joint case

그림 6의 (a)에서는 두 원단이 접합되지 않고 일정한 간격으로 이격되어 있음을 나타내고 있다. 따라서 이 경우도 앞서의 경우와 같이 쓰레홀드 필터링후의 영상이 그림 6 (b)이고, (c)는 이를 처리한 상태를 나타내고 있다. 그림 6 (c)에서는 중앙부터 시작하여 좌우로 한 스텝씩 이동하면서 검사를 수행하기 때문에 가장먼저 에러가 나타난 부위에 십자선으로 나타내고 영상 처리 프로그램에서는 에러의 발생위치와 실제 이격된 거리를 계산하여 나타낸다.

실제 적용에서는 타이어 원단을 맞대기 접합으로 처리하기 때문에 그림 6과 같은 경우가 자주 발생하고 있다.



(a) 원영상



(b) 쓰레홀드 영상

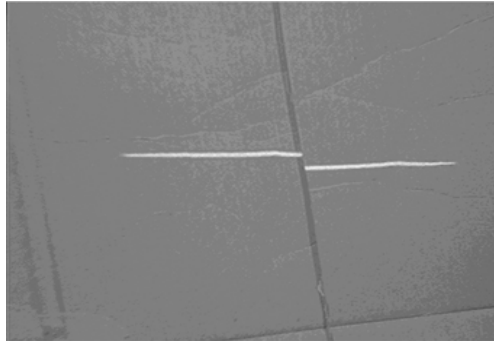


(c) 에러검출 영상

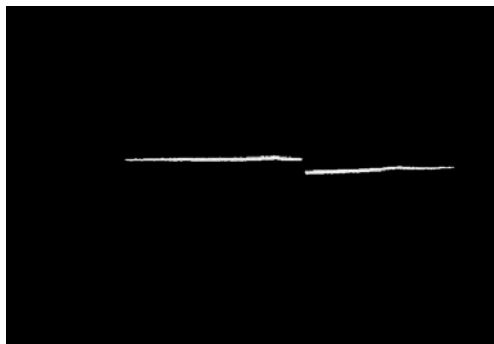
그림 6 비정상 접합일 경우(이격)
Fig. 6 Abnormal joint case(gap)

그림 7의 경우도 비정상 접합일 경우로 이때는 원단이 겹쳐진 상태를 나타내고 있다. 쓰레홀드 필터링 한 후의 영상인 (b)에서 레이저빔의 높이가 서로 다르게 나타남을 알 수 있다. 만약 한쪽이 비스듬하게 놓여 있다면 레이저빔은 사선

으로 나타나게 된다. 그림 6 (c)에서와 같이 직선의 방정식을 구한 후 직선을 그었을 때 방정식과 많이 이격되어 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 중심점으로부터 에러를 조사해 나갈 때 가장 먼저 에러가 검출된 부분에 십자선을 나타내고, 비정상 접합면이 나타났음을 알려주고 있다.



(a) 원영상



(b) 쓰레폴드 영상



(c) 에러검출 영상

그림 7 비정상 접합일 경우(겹침)
Fig. 7 Abnormal joint case(overlap)

이상의 실험에서 정상 접합일 경우에는 레이저빔의 영상이 직선상으로 나타나지만 비정상 접합일 경우는 직선이 아닌 여러 형태로 나타나고 있음을 알 수 있다. 따라서 정상 접합일 경우는 직선일 때임으로 직선이 아닌 경우는 모두 비정상 접합으로 간주해도 좋을 것이다. 다만 허용오차를 얼마로 두고 검사할 것인지는 앞서 제시한바와 같이 파라미터와 시스템 설계시 고려할 사항을 확인함으로써 가능하게 될 것이다.

기존에는 포텐션미터를 사용하여 처리하는데 이는 전체의 폭을 기준으로 폭의 허용오차를 측정하는 방법으로 많은 오

차를 내포하고 있다. 그러므로 작업자의 육안검사를 병행해야 했다. 따라서 본 연구에서는 시스템에서 요구하는 허용오차 2[mm]이내에서 실시간 처리를 목표로 개발된 시스템으로 기존 시스템을 대체하고 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 기존의 영상처리 방법에서와 같이 카메라 처리만으로 불가능한 상황에서 레이저 빔 등을 간접광원으로 활용하고, 이 간접 광원의 형상을 분석하여 원단의 접합 검사를 수행하는 방법을 제시하였다. 본 연구에서 제시하듯이 레이저를 간접 광원으로 활용하여 접합여부 등을 검사하는 시스템에 활용할 경우는 특별한 처리를 할 필요없이 직관적으로도 그 결과를 쉽게 알 수 있다. 특히, 본 연구에서 제시한 접합부의 검사방법은 맞대기 용접하는 부위의 접합상태를 짧은 시간에 판단이 가능하므로 자동화 생산라인에 적용이 가능하다. 맞대기 접합이 제품에 영향을 크게 미치는 타이어 제조공정에 적용시킴으로써 제품의 불량률 초기에 발견하여 제품의 불량 발생을 줄일 수 있으며 나아가서는 생산성 향상을 도모할 수 있다. 또한 기존 영상처리 시스템으로 해결하지 못하는 조명이 없는 상황 또는 같은 색 재료만으로 구성된 경우의 검사방법 등에 활용이 기대된다.

본 시스템은 산업용 PC에 탑재된 형태임으로 경제성 면에서는 그리 유리하지는 않다. 따라서 향후 연구에서는 이미 알고리즘 부분에서 언급했듯이 원리가 간단함으로 산업용 PC를 마이크로 프로세서와 FPGA에 영상처리 알고리즘을 탑재시켜 적용하면 처리 시간은 20[fps]에서 50[fps]로 개선될 것이고, 비용은 40[%] 정도로 개선될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2003년도 조선대학교 학술연구비 지원을 받아 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] Altschuler B., "Holodontology: an introduction to dental laser holography," school of Aerospace Medicine AD-758, Vol. 191, pp. 1-29, 1973.
- [2] en-Jean Hsueh, Erik Antonsson, "Automatic high-resolution opto electronic photo grammetric 3D surface geometry acquisition system," Int. of Journal of Machine Vision and Application, Vol. 10, No. 3, pp. 98-113, 1997.
- [3] F. Hartung and M. Kutter, "Multimedia watermarking techniques," Proc. of the IEEE, Vol. 87, No. 7, pp.1079-1107, July 1999.
- [4] choon-suk oh, young-kee ryu, "Video tape recorder head inspection using image processing techniques," optical engineering, Vol. 38, No. 1, pp. 124-130 January 1999.

- [5] R. A. Messner and H. H. Szu, "An Image processing architecture for realtime generation of scale and rotation invariant patterns," computer vision graphics and image processing, Vol. 31, pp.50-66, 1985.
- [6] 오춘석, 임종설, "이동,배율, 회전에 무관한 자동검사장치 개발에 관한 연구", 한국정보처리학회 논문지, 제6권, 제4호, pp. 1136-1142, 1999.
- [7] 강원찬, 김성철 외, "레이저 스캐닝 센서를 이용한 이동 로봇의 지역 장애물회피 방법", 대한전기학회지, 제51P권 제3호, pp. 155-160, 2002.
- [8] 강원찬, 신석두, 김영동, "2대의 CCD 카메라를 이용한 3차원 위치측정과 코핑", 대한전기학회지, 제51P권, 제2호, pp. 87-93, 2002.

저 자 소 개



강원찬 (姜園贊)

1970년 12월 23일생. 1993년 조선대학교 공대 제어계측공학과 졸업(학사). 2000년 동 대학원 제어계측공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 제어계측공학과 졸업(박사)

Tel : 062)230-7764

Fax : 062)230-7106

E-mail : kwc89@shinbiro.com



김영동 (金永炯)

1944년 11월 28일생. 1968년 조선대학교 공대 전기공학과 졸업(학사). 1984년 명지대학교 대학원 졸업(석사). 1993년 일본 에지 공업대학교 객원 연구원, 현재 조선대학교 전자정보공과대학 정보제어계측공학과 교수

Tel : 062)230-7032

Fax : 062)230-7032

E-mail : ydkim@mail.chosun.ac.kr