

연속 생산 라인에서의 고속 라인 스캔 검사 시스템 구축

임청, 이종민, 김용득아주대학교 전자공학부전화 : 031-219-2372 / 핸드폰 :
016-782-4453

A Implementation of a Line Scan System for Continuous Manufacturing Process

Cheung Lim, Jong Min Lee, Yong Deak Kim
Dept. of Electronics, Ajou University
E-mail : dust@comnet.ajou.ac.kr

Abstract

Under a continuous manufacturing process, two dimension inspection system causes problems as blurring effect and low resolution and requires position calibration between frames. One dimension inspection system is, therefore, being researched as a substitution. In this paper, we implement mechanism of switching memory and processing data for reasonable one dimension inspection system. Redundant weft image and noise was suggested to be reduced by new method using modified morphological process and masked erosion process. From resulting image, line data and possible error information were obtained and constructed as a structure. Finally, error detecting algorithm was performed with this data structure. Processing time of error detecting was 0.625ms per line in applied system and experiment showed 94.7% of error detecting ability. This method is 20% faster in speed and 2.7% higher in error detecting ability comparing with the present method.

I. 서론

대부분의 생산라인이 모두 자동화되어 있는데 반해, 검사공정은 육안 검사에 의존하는 실정이고, 생산 라

인에 적용되고 있는 검사 시스템조차도 반도체등의 고부가가치 상품에 편중되어 있다. 특히 대부분의 검사 시스템이 2차원 영상처리를 이용한 시스템으로 되어 있는데, 제품이 계속적으로 생산하는 단계에는 짧은 시간이지만 멈춰 서는 공정이 생길 수밖에 없었다. 따라서 이러한 2차원 영상처리방법으로 끊임없이 연속적으로 흘러가는 제품의 공정에는 적용하는데 어려움이 따른다. 철강이나 섬유분야 제품들은 공정상의 특성상 멈출 수 없고, 또 길게 이어져 있는 형태이므로 2차원 영상을 얻어 알고리즘을 적용하는데 어려움이 따른다. 국내외에서 라인 스캔 카메라를 이용한 전용 시스템이 부분 개발되고 있으나, 매우 고가이고 라인 스캔 카메라에 적합한 알고리즘의 성능부족, 검사대상의 특성 무시, 검사영역에 대한 정보부족, 검사시스템의 속도부족등의 여러 가지 이유로 적절한 적용 결과를 얻지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 2차원 검사 시스템의 문제점을 분석하고, 검사 대상에 대한 특징을 분석하여 적합한 시스템 구성과 알고리즘을 구현해, 생산 공정상에서 연속적으로 흘러가는 제품의 미세 결점 검사공정을 자동화하는 시스템을 설계한다.

II. 2차원 검사 시스템의 분석

2차원 검사 시스템은 에리어 카메라를 이용하여 검사 대상을 정지시킨 후 2차원 영상을 얻어 영상 인식을 한다. 위와 같은 방법으로 검사 시스템을 구성하여 좋은 검사를 얻을 수 있으나 연속 생산 공정상에서는 문제점이 발생한다. 연속 생산 공정 상에서 움직이는 대

상으로 에리어 스캔 카메라로 영상을 얻을 경우 번짐 현상이 발생하며 번짐현상을 줄이기 위해 셔터 속도를 증가 시키면 같은 조명하에서 영상이 전체적으로 어두워진다.

원단같은 연속적으로 이동하는 제품의 경우 전체 생산 라인의 속도가 늦어지게 되면 정확히 구획을 나누어 영상을 얻기 어려워진다. 에리어 카메라가 한 프레임임을 얻은 후 다음 프레임을 얻게 되면 두 영상사이에 놓치는 부분이 발생할 수 있고 약간씩 겹치는 부분이 발생하면 프레임간의 위치 보정이 필요한데 이 위치 보정을 위한 알고리즘을 구현해야 하므로 시스템의 속도가 느려지게 된다. 게다가 속도가 가변적일 경우 프레임간의 셔터 속도를 미세 조절하기가 어렵다.

III. 1차원 검사 시스템의 하드웨어 설계

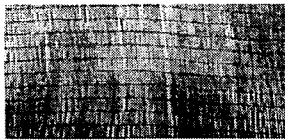


그림 3. 타이어 코드의 영상

표 1. 결함의 종류

결함 종류	내 용
경사 단절	- 경사가 끊어진 상태 - 중요 결함이므로 모두 검출
간격 불량	- 경사간의 간격이 균일하지 않고 늘어남 상태 - 5cm 이상 검출
이물질 혼입	- 이물질이 붙어 있는 상태 - 5mm×5mm 이상의 크기만 검출

검사대상은 타이어의 내부에서 장력을 유지시켜 주는 타이어 보강재인 타이어 코드이다. 고무와의 접착성을 높이기 위한 접착성 용액을 묻힌 직물 형태를 가진 제품으로 공장 출하시 약 1.5~2.5Km의 길이에 너비는 약 160cm이다.

그림 1에서 보는바와 같이 가로와 세로 방향으로 규칙적인 형태를 가진 것으로 가로방향의 원사를 '위사'라 하고 세로방향의 원사를 '경사'라 하며 경사의 불량과 이물질 혼입을 검사한다.

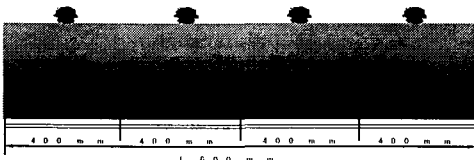


그림 4. 4대의 카메라를 이용한 일렬 배치

전체 시스템은 영상을 입력받는 영상 입력 장치와 알고리즘을 수행하는 메인컴퓨터, 그리고 제품이 흘러가는 동안 그 길이정보를 제공해주는 인코더부로 나눌

수 있다.

시스템에 사용한 라인 스캔 카메라는 5000화소 라인 스캔 카메라로 아날로그 방식을 선택하였으며 그림과 같이 4대의 카메라를 일렬로 배치해 사용했다. 검사 대상의 폭이 160cm이므로 화소당 길이는 0.08(mm/pixel)이다, 경사의 두께는 최소 약 0.55mm이므로 이미지상에서는 6~7개의 화소로 경사가 나타나게 된다.

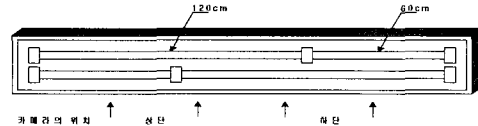


그림 5. 제작된 조명 장치

조명종류는 뒤에서 조명을 비추는 투과조명을 사용하였으며 경제성을 고려하여 저가의 고주파 형광등을 사용하였다. 양쪽 2개씩의 카메라를 긴 형광등과 같은 높이에 위치하도록 시스템을 구성했다.

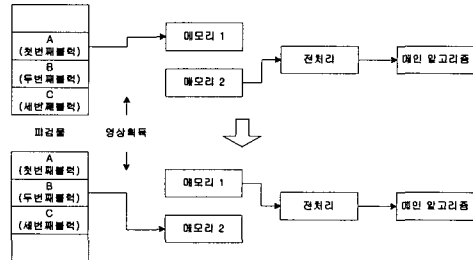
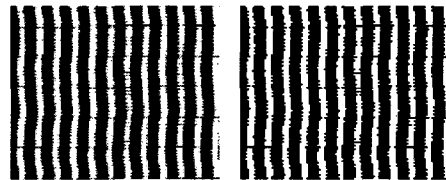


그림 6. 영상 처리기의 메모리 전환

기존의 시스템은 정지상태에서 영상의 획득과 한 프레임의 영상에 대한 처리가 순차적으로 이루어지기 때문에 특수한 처리구조가 필요치 않았으나, 연속처리공정상의 피검물은 계속 이동하는 이유로 계속적으로 라인 단위의 영상이 입력되므로 순차적 처리기능을 수행할 경우 처리시간 동안은 영상 손실을 가져올 수밖에 없으므로 처리 및 영상 획득을 병행하는 기법이 필요하고 이것이 가능한 처리기를 사용해야 한다.

IV. 검사 알고리즘의 제안

1. 전처리 알고리즘



(a) 그레이 영상 (b) 이진 영상

그림 5. 시스템에 입력되는 타이어 코드 영상

피검물은 경사와 위사로 구성되어 있으며 위사는 검사하려는 대상에서 제외된다. 그러나 위사가 영상에 남아 있어 이진 영상으로 변환된 후에도 위사가 가로방향으로 남아 있게 된다. 또한 카메라의 impulse 노이즈가 발생하게 되는데 라인 정보에 의한 에러 검출을 위해

서 정확한 경사의 정보가 필요로 하므로 전처리 과정에서 위사의 영상 제거가 필수적이다. 노이즈를 제거하기 위한 알고리즘으로는 그레이 영상의 경우 평균 필터와 미디언 필터를 들 수 있고 2진 영상의 경우는 모폴로지 처리가 대표적인 알고리즘으로 알려져 있다.

하지만 평균 필터방법은 위사의 형상은 흐려진 반면 경사와 간격 사이의 에지가 흐려지는 현상이 발생한다. 이런 문제점에 대한 대안으로 미디언 필터가 많이 이용되지만 평균 필터 처리 영상과 마찬가지로 위사로 인해 잘못된 영상이 남는다.

위의 문제 해결을 위해서 일반적인 모폴로지 처리를 변형해서 식(1)와 같은 영상 처리를 한다.

$$M(i, j) = \begin{cases} \text{Black} & \text{if } N_B > N_W \\ \text{White} & \text{if } N_B \leq N_W \end{cases} \quad (1)$$

여기서 N_B 는 이웃화소 N 의 검은 화소수이고 N_W 는 백색 화소수이다.

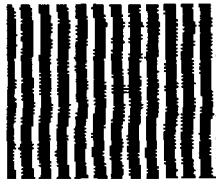


그림 6. 변형된 모폴로지 처리된 영상

그림6에서 보듯이 대부분의 위사가 제거는 되었지만 위사가물려 있는 부분에서는 새로운 위사형태의 영상이 만들어지는 문제를 가지고 있어 완전한 위사 제거를 위해 그림 7과 같은 마스크를 사용한 침식처리(erosion)를 사용한다. O표시가 되어 있는 가운데 화소가 처리되어야 하는 화소이고 빗금으로 표시된 화소는 백색화소이다.



그림 7. 마스크

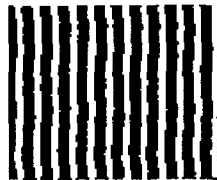


그림 8. 마스크를 이용한 침식 처리된 이미지

표 2. 각 필터의 처리 시간

알고리즘	수행-시간	알고리즘 테스트 환경
평균 필터	0.269ms	CPU : PIII 733MHz OS : Win 2000 Pro. 개발틀 : Visual C++
미디언 필터	9.154ms	
변형된 모폴로지	0.714ms	
마스크를 이용한 침식	0.115ms	

그림 8은 그림 7의 마스크를 사용하여 처리한 영상으로 모든 위사가 제거됨을 알 수 있다. 또한 이러한 처리 방법은 그 처리속도가 빠르기 때문에 실시간 검사 시스템을 위해 좋은 방법이라 할 수 있다. 표 2에 각

노이즈 처리 알고리즘의 실제 처리 시간을 측정하여 비교해 놓았다.

2. 에러 검출 알고리즘

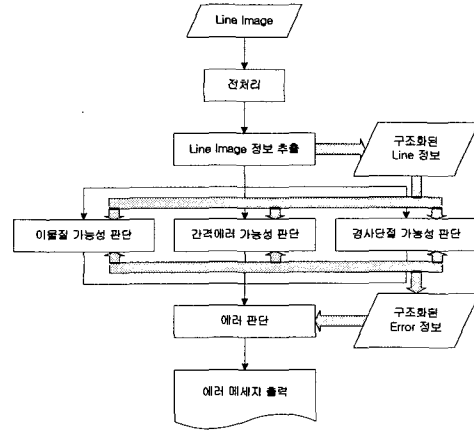


그림 9. 주 알고리즘의 순서도

에러 검출을 위해서 라인 영상에서부터 라인에 대한 정보를 형식화된 데이터로 저장한다. 데이터는 한 개의 라인에 대한 경사의 시작지점과 끝나는 지점의 위치와 경사의 개수를 포함한다. 현재의 라인 영상에 대한 데이터와 그 이전의 데이터만을 저장하고 있으며, 계속적으로 라인정보가 갱신된다.

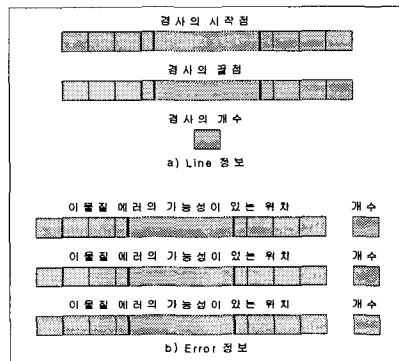


그림 10. 알고리즘을 위한 정보 구조체

구해진 라인 정보를 바탕으로 3가지 에러에 대한 정보를 추출하게 되는데, 각 에러에 대해서 서로 다른 알고리즘으로 에러 정보를 완성한다. 이 에러정보와 이전의 에러정보를 토대로 실제 에러를 판별하고 해당 결과를 출력하게 된다. 또한 계산된 라인수와 화소수를 이용하여 에러의 대략적인 크기를 알 수 있으므로 결과는 에러의 위치와 크기를 포함하게 된다. 앞에서 언급한대로 4대의 카메라로부터 나오는 데이터는 20Kbyte의 크기로 이 안에는 최대 1,500개의 경사를 가지고 있다. 그러나 이를 라인 및 에러정보를 가진 구조체로 바꿀 경우 약 3.2Kbyte의 데이터가 되므로 처리해야 하는 데이터의 크기가 1/6수준으로 떨어지게 된다. 그림 10은 라인 정보와 에러 정보를 가지고 있

는 데이터의 구조이다.

V. 측정 실험

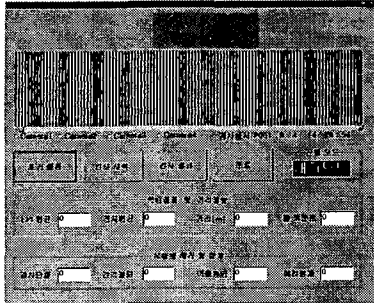


그림 12. 개발된 시스템의 주프로그램

표 3. 라인당 시스템 수행 시간

전처리 방법	수행 시간	주 처리 컴퓨터의 사양
평균 필터	0.785ms	CPU : AMD 1.2GHz OS : Win NT 4.0 개발툴 : Visual C++
미디언 필터	9.551ms	
변형된 모폴로지	1.305ms	
마스크를 이용한 침식	0.625ms	

표 3

은 전처리 방법을 달리 하여 시스템의 라인당 처리속도를 측정한 것이다 라인 정보와 에러 정보를 이용한 처리 방법으로 에러 검출 알고리즘의 수행 시간을 크게 줄였으므로 전처리 수행시간이 시스템의 총 수행시간에 많은 영향을 미치고 있다. 미디언 필터를 사용한 경우는 타이어 코드가 분당 60M의 속도로 이동하고 있는 경우 9.551mm마다 한 라인의 데이터가 처리되며 세로 5mm의 이물질을 검출할 수 없다.

표 4. 시스템의 검출 결과

부분	실제 에러수	평균 필터	변형된 모폴로지	마스크를 이용한 침식
이물혼입	50	50 (100%)	46 (92.0%)	49 (98.0%)
경사단절	50	45 (90.0%)	44 (88.0%)	45 (90.0%)
간격불량	50	43 (86.0%)	47 (94.0%)	48 (96.0%)
합계	150	138	137	142
총검출율	100%	92.0%	91.3%	94.7%

표 4

에서 보는바와 같이 마스크를 이용한 침식처리를 한 시스템의 성능이 가장 빠르면서 높은 검출율을 보이고 있다. 이물 혼입의 경우 거의 모든 에러를 검출하였으나 경사 단절과 간격 불량간의 잘못된 판단을 하는 경우가 있으며, 경사 단절의 경우 다른 에러에 비해 검출율이 떨어진다. 이는 경사의 밀도에 따라 경사 단절의 형태가 다른 모양을 하고 있는데서 비롯된다. 변형

된 모폴로지는 검출율은 낮은 편이나 제품의 종류에 민감하지 않은 특징을 가지고 있다. 평균 필터는 이물 혼입의 경우 에러가 아닌 부분에서 에러를 표시하는 문제점이 있으며 간격불량의 경우 검출율이 낮다. 이는 경사의 두께가 두꺼워지는 문제에서 발생한다. 따라서 경사의 밀도가 높은 제품에서는 검출율이 많이 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 전체적으로 경사 밀도에 따른 광량의 차이로 영상의 밝기가 약간씩 다르게 나타나게 된다. 이는 영상의 밝기에 따라 다른 임계값을 적용해 해결할 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 연속적으로 흘러가는 제품의 실시간 자동 검사를 위한 시스템을 개발하는데 있어 필요한 하드웨어의 구성과 알고리즘이 제안되었다. 이를 위해 2차원 검사 시스템에서 발생하는 영상획득시의 번짐현상, 프레임간의 위치 보정, 해상도등의 문제점을 제기하고 검사 대상인 타이어 코드의 특징을 분석하여 라인데이터의 블록간의 스위칭을 하는 시스템 처리 구조를 적용하고 수직형 마스크를 이용한 침식처리로 불필요한 영상을 제거하므로 처리가 2~80배 빠른 속도를 구현하였다. 또한 라인 정보와 에러 정보에 의한 통계적 검사 알고리즘을 제안하여 처리해야 하는 데이터의 양을 1/6수준으로 줄였다. 개발된 시스템은 2차원 검사 시스템의 번짐 현상, 프레임간의 맞춤, 낮은 해상도의 문제점을 해결하였다. 또한 본 검사 시스템은 빠른 전처리와 라인 데이터보다 적은 양의 데이터를 이용하므로 라인당 20% 더 빠른 0.625ms의 속도를 나타내고 에러 검출율은 94.7%를 보여준다.

그러나 조명장치의 수명이 짧고 일정한 광량을 제공하지 않는다는 것과 인코더와의 인터페이스가 느린 문제점도 있었으며, 이를 보완한다면 이와 유사한 형태의 공정상 특징을 갖는 다른 제품에도 적용이 예상된다.

VII. 참고문헌

- [1] 최인걸, "미세 결점 인식을 위한 Line Scan 시스템에 관한 연구", 고려대학교 석사논문, pp.7-9, 1994.
- [2] Michael Seul et al., "Practical Algorithms for Image Analysis", Cambridge University Press, pp.68-74 121-131, 2000.
- [3] Mikrotrotron GmbH, "INSPECTA Hardware Reference Rev 1.67", Mikrotrotron GmbH, 1996.
- [4] Mikrotrotron GmbH, "INSPECTA Software Reference Rev 1.33", Mikrotrotron GmbH, 1996.
- [5] Ramesh Jain et al., "Machine Vision", McGraw Hill, 1995.
- [6] Schäfter +Kirchhoff GmbH, "The Schäfter +Kirchhoff fiber optics catalog", Schäfter +Kirchhoff GmbH, 2000.