

컴퓨터 비전을 이용한 표면결함검사장치 개발

이종학, 정진양
포항종합제철 기술연구소

Development of Automated Surface Inspection System using the Computer V

Jonghak Lee and Jinyang Jung.
POSCO Technical Research Laboratories

Abstract - We have developed a automatic surface inspection system for cold Rolled strips in steel making process for several years. We have experienced the various kinds of surface inspection systems, including linear CCD camera type and the laser type inspection system which was installed in cold rolled strips production lines. But, we did not satisfied with these inspection systems owing to insufficient detection and classification rate, real time processing performance and limited line speed of real production lines. In order to increase detection and computing power, we have used the Dark Field illumination with Infra_Red LED, Bright Field Illumination with Xenon Lamp, Parallel Computing Processor with Area typed CCD camera and full software based image processing technique for the ease up_grading and maintenance. In this paper, we introduced the automatic inspection system and real time image processing technique using the Object Detection, Defect Detection, Classification algorithms. As a result of experiment, under the situation of the high speed processed line(max 1000 meter per minute) defect detection is above 90% for all occurred defects in real line, defect name classification rate is about 80% for most frequently occurred 8 defect, and defect grade classification rate is 84% for name classified defect.

각 단계는 이전 부분의 정보를 활용한다. 코일 표면 영상은 CCD 카메라에 의해서 전송되어지며 미세한 결함까지 검출하기 위하여 다중 카메라와 다중프로세스를 사용하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

진행중인 철판의 표면흠을 검출하기 위한 표면흠검출시스템은 고속(1000 mpm: meter per minute)생산환경에서 작업중인 코일(폭: 2 meter)에 발생된 표면결함(최소: 300 μ m x 300 μ m)을 연속적으로 영상취득이 가능한 조명과 카메라로 구성되는 광학계, 취득된 영상을 실시간으로 처리하여 흠의 검출유무를 판단하고, 흠의 분류를 수행하는 신호처리부, 검사결과와 저장과 관리를 하는 데이터베이스부, 이들 검사결과를 조업에 활용하기 위한 프로세스컴퓨터와의 통신을 담당하는 통신부분 등으로 구성된다. 이들 구성요소들은 다음과 같은 특징이 있다.

1. 서 론

제품의 검사를 목적으로 하는 시각 검사 시스템은 1 차원 혹은 2 차원의 데이터를 이용하여 제품의 흠을 검출, 분류하고, 흠의 등급을 평가하며 철강 공정뿐만 아니라, 유리, 섬유, 반도체 등의 생산 공정에 적용되고 있다. 철강 공정에서 표면 흠을 검출하기 위한 기기는 열연공정, 냉연공정, 스텐레스공정 등에 적용되고 있으며, 이들은 폭 2m, 강판의 이송속도는 15 - 18m/s 이며, 검사의 자동화를 위해서는 0.2 - 0.4mm 정도의 검출해상도가 요구되며, 고속에 적합한 광학계와 취득된 데이터를 실시간으로 처리할 수 있는 프로세서 및 알고리즘이 필요하다. 표면 흠 검사기는 크게 나누어 레이저를 이용한 방법과 CCD소자를 이용한 방법으로 나눌 수 있으나, 최근 레이저를 광원으로 사용하고, CCD를 수광소자로 사용하는 기기도 개발되고 있다[1].

본 연구에서는 CCD수광소자와 단속광(Pulsed Light)을 사용하여 고속으로 진행중인 대상체에서 정지영상을 획득하여 이를 실시간으로 검출, 분류할 수 있는 표면흠 검사기에 사용된 주요 알고리즘과 온라인 상에서 제안된 알고리즘으로 검출한 결과와 분류성능을 분석하고자 한다. 제안된 영상처리 알고리즘은 코일 표면 영상 내에 존재하는 표면결함을 검출하는데 초당 30장의 영상을 처리할 수 있다. 영상처리 부분은 각 단계별로 나누어지며,

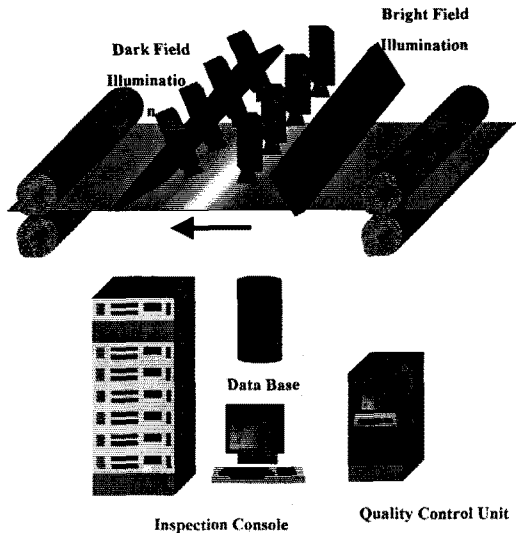


그림 1. 표면흠검사기 구성도

2.1 표면결함 검출을 위한 광학계

표면결함 검출 시스템에서 광학계는 코일 표면을 투사하는 조명과 영상을 받아들이는 영상획득 장치를 의미한다. 광학계는 특히 결함 검출 성능을 결정짓는 중요한 수단으로써 상당히 중요한 부분이다. 본 논문에서는 Xenon Lamp를 이용한 Strobo 조명과 IR(Infra Red) LED를 이용한 적외선 조명을 동시에 사용한다.

먼저 Xenon Lamp 조명은 가시광선 영역의 광대대를 가지며, 그림 2.(위)에 보는 바와 같이 Backlight를 사용

켜 빛을 산란(diffuse)시킨다. 그리고 카메라를 조명과 반사 각도에 위치시킨다. 이를 Bright Field라고 하는 이러한 조명과 카메라 구조를 사용함으로써 코일 표면에 존재하는 착색성 결함에 대한 최대의 검출 효과를 얻을 수 있다.

그림 2.(아래)는 IR LED 조명의 광학계 구조를 나타낸다. IR LED 조명은 평행광(parallel light)을 만들기 위해서 860nm 파장대역을 갖는 적외선 LED를 10 mm의 간격으로 규칙적으로 배열시켜서 만들었다. 그리고 카메라의 위치를 조명의 난반사 각도에 위치시킨다. 이 Dark Field라고 한다. 이러한 조명과 카메라 구조를 융합함으로써 코일 표면에 존재하는 요철성 결함에 대한 최대의 검출 효과를 얻는다.

본 논문에서 코일 표면의 영상을 획득하기 위하여 사용하는 카메라는 Matrix CCD 카메라를 사용하였다.

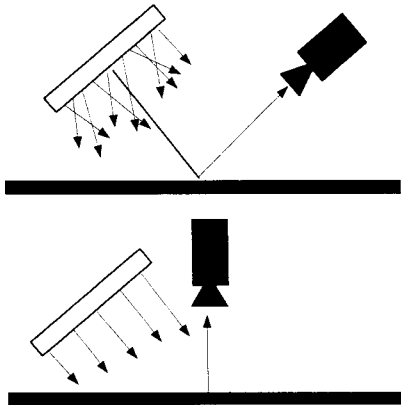


그림2. 표면결함 검출기 광학계 (Bright Field, Dark Field)

3 실시간 검출을 위한 영상처리

본 논문에서는 1000 mpm의 고속으로 주행하는 코일의 표면에 있는 표면결함을 실시간으로 검출할 수 있는 알고리즘을 제시한다. 그림 3은 본 논문에서 제시하는 표면결함 검출을 위한 영상처리 알고리즘의 구성도이다. 이 알고리즘은 크게 OD(Object Detection), DD(Defect Detection), CL(Classification)로 나누어진다.

3.1 OD(Object Detection) 알고리즘

영상의 실시간 검사를 보장하기 위하여 OD 알고리즘이 사용되며, 카메라로부터 취득된 영상에서 흠의 유무를 판단하는 알고리즘이다.

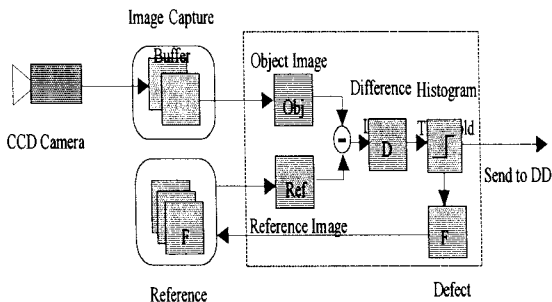


그림 3. OD(Object Detection) 알고리즘

그림 3.에서 Obj는 카메라에서 취득된 영상이며, Ref는

결함이 없는 영상들로 저장된 기준영상이다. 취득된 영상과 기준영상과의 차이영상(Dif)는 이미 설정된 화소 레벨에 대한 임계값과 화소수에 대한 임계값으로 결함의 유무를 판단하여 DD(Defect Detection)부분으로 이들 데이터를 넘겨준다.

2.3.2 DD(Defect Detection) 알고리즘

DD 알고리즘은 먼저 전처리 단계로서 OD 결과에 대한 세그먼트 레벨링(segment labeling) 작업을 수행한다. 즉 결함이 있는 세그먼트들을 8-connected labeling에 따라서 레벨링(화소 단위가 아니라 세그먼트 영역 단위로)한 후, 같은 레벨값을 갖는 세그먼트를 둘러싸는 가장 작은 사각형 영역을 만든다. DD 알고리즘에서 사용하는 각 필터들은 이들 사각형 영역에만 적용함으로써 처리 시간을 단축시킨다.

DD 알고리즘은 4종류의 필터를 사용하여 표면결함을 검출한다. 각각은 Disk Type, Point Type, Area Type, Line Type 필터로 분류한다. 이는 코일의 표면에 발생하는 결함의 형태에 따라서 최적의 검출 효과를 얻기 위해서 각기 특성화된 필터를 사용하는 방법이다.

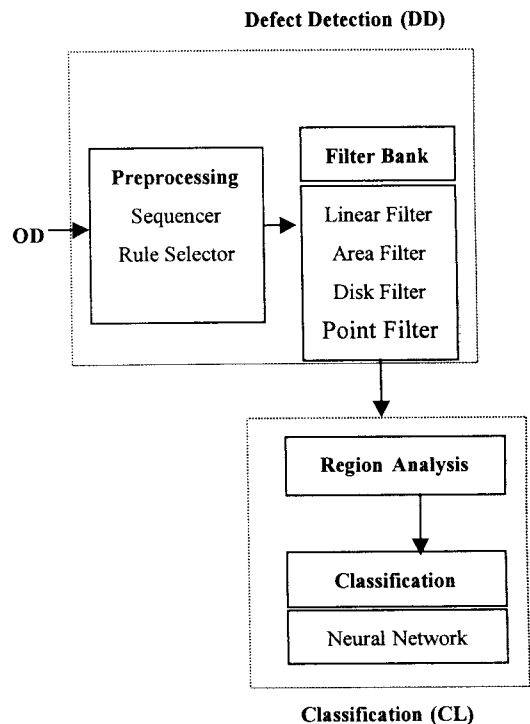


그림 4. 흠 검출(Defect Detection)과 분류 알고리즘

2.3.3 CL(Classification) 알고리즘

CL 알고리즘은 단위결함에 대해서 특징값을 추출하고 결함 종류 및 등급을 분류하는 부분이다. 이 부분은 간단히 설명한다. 특징값은 gray 화소값에 대한 특징과 형태(geometry)에 의한 특징을 포함해서 본 시스템에서는 총 78가지의 특징값을 추출한다. 분류 알고리즘은 역전파 신경회로망을 사용하였다.

2.4 실험 결과

그림 5는 본 논문에서 제시하는 실시간 표면결함 검출 영상처리 알고리즘을 사용하여 실제 온라인 상태에서 코일 표면결함을 검출한 예를 보였다. 여기에 검출 및 분류성능을 위해 사용된 시스템은 10개의 카메라와 20여대의 컴퓨터로 구성된 테스트용 시스템으로 철판 생산라인

에 설치하여 그 성능을 평가하였다.

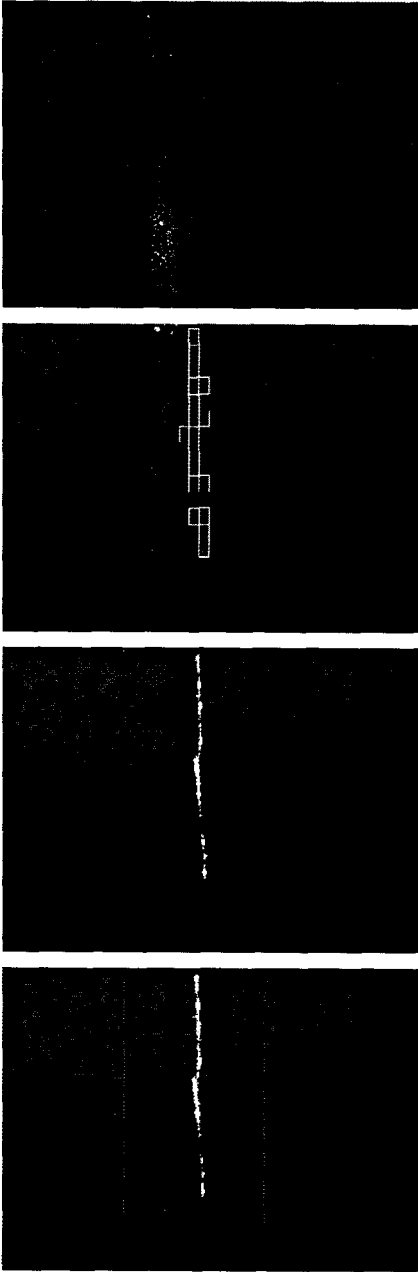


그림 5. 흠 검출을 위한 영상처리결과(위로부터)
 a) Dark Field 영상 b) OD(Object Detection)
 c) DD(Defect Detection) d) RA(Region Analysis)

그림 5.(a)는 IR LED 조명을 사용 검출된 요철성 흠인 scale대한 영상이다. (b)는 OD 알고리즘 수행 결과로서 결함이 있는 segment를 나타내었다. 그리고 그림 5.(c)와 (d)는 DD와 RA알고리즘 결과를 나타낸다.

이와 같은 방법으로 검출된 흠 데이터에 대하여 분류 알고리즘을 적용한 결과는 그림 6과 같으며, 실험의 대상으로 60여종의 발생결함 중 빈도수가 높은 8종(Scratch, Scale, Roll Mark, Dull Mark, Dirty, Rust, Slip Mark, Dent)의 흠에 대하여 평가하였다. 테스트에

사용된 샘플의 수는 총 588개이며, 이들 중 693(84.8%)개가 종류구분에 성공하였으며, 종류 구분된 대상 중 512(87.1%)가 5개의 평점(심한정도)구분에 성공하였다.

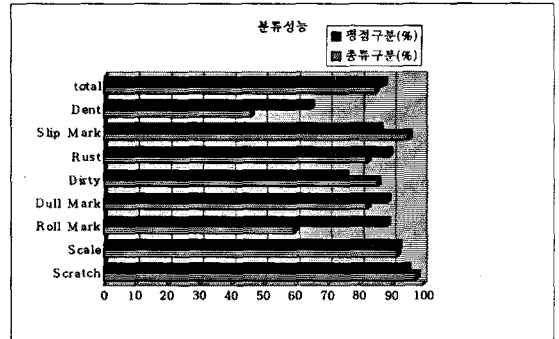


그림 6. 흠 분류 알고리즘 수행결과

3.결론

본 논문에서는 고속의 생산환경에서 발생된 표면 흠을 실시간으로 검출하여 분류할 수 있는 표면 흠 검사기의 광학계 및 영상처리부의 구성에 대한 연구를 타 연구기관과 수년간 수행하여 개발된 알고리즘에 대하여 제안하였다[7][8][9]. 본 논문에 제시된 알고리즘 중 OD 알고리즘은 결함의 판단 유무 및 위치를 실시간으로 판별한다. DD 알고리즘에서는 OD에서의 결함 위치 정보를 사용해서 검출 시간을 줄이고, 결함 종류의 형태에 따른 최적화된 검출 알고리즘을 사용함을 보였다. 또한 온라인 중에 획득된 흠 영상에 대하여 제안된 알고리즘의 주요 성능을 평가하여 우수한 특성을 입증하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이종학, 정진양 “철강제조 공정의 표면 흠 검출 시스템 비교연구”, ICASE합동학술대회논문집, pp 118-122, 1997.
- [2] A.K.Jain, *Fundamental of digital image processing*, Prentice Hall, 1989.
- [3] J.Serra, *Image analysis and mathematical morphology*, Academic Press, 1982.
- [4] I.Pitas, N.Sidiropoulos Pattern recognition of binary image objects by using morphological shape decomposition, *Computer vision graphics and image processing*, pp.279-305, Academic Press, 1992.
- [5] V.Cantoni, S.Levialdi, *Pyramidal systems for computer vision*, Springer Verlag, 1986.
- [6] R.Cypher, J.L.C.Sanz, SIMD architectures and algorithms for image processing and computer vision, *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. ASSP-39, No. 12, pp. 2158-2174, Dec. 1989.
- [7] 김종용, 김경민, 이종학 “냉연 표면 흠 검사를 위한 전처리 알고리즘에 관한 연구”, '96대한전기학회학술대회, pp1240-1242, 1996.
- [8] 김경민, 이종학, 정진양 “냉연 표면 흠 검사 알고리즘 개발에 관한 연구”, CASE, vol. 3, No. 2, pp179-186, April, 1997.
- [9] 송성진, 이종학, “확률신경회로망에 의한 냉연강판 표면결함의 분류”, 비파괴검사학회지, vol. 17, No. 3, pp162-173, 1997.