

□ 특 집 □

산업체 응용을 위한 자동 시각검사 기술 : 표면검사†

포항공과대학 한 준 희*

● 목

차 ●

I. 개 요	IV. 특성계산 및 분류
II. 구성요소	4.1 특징추출
III. 감지장치	4.2 분류
3.1 조명장치	V 사용자인터페이스
3.2 조명방법	VI 시스템 소개
3.3 센서	VII 결 론

I. 개 요

인간의 감각중 가장 신속하게 많은 정보를 얻을 수 있고 따라서 가장 중요한 것이 시각이다. 이 시각 정보를 컴퓨터가 처리 하도록 하는 것은 매우 어려운 인공지능의 한 문제였다. 그러나 컴퓨터의 성능 향상과 감지장치의 발달로 제한된 환경의 특수한 문제에서는 컴퓨터 시각을 응용할 수 있게 되었고, 응용가능성의 확대와 함께 그 필요성이 점차 많아지고 있다. 이러한 컴퓨터 시각(또는 기계시각)의 여러가지 응용중 산업에 적용할 수 있는 자동검사, 특히 제품의 표면검사에 중점을 두고 기술하고자 한다.

기계가 인간처럼 물체를 볼 수 있다면 그 응용성은 대단히 클것이다. 인간처럼 다양한 조건, 많은 종류의 물체를 신뢰성 있게 인식한다는 것은 현재의 과학기술로는 물론이고 가까운 장래의 기술로도 달성하기 어렵다. 그러나 제한된 분야에서 응용은 많은 사람들이 예측을 해 왔고

산업체에서도 관심을 가져왔다[1-5]. 우리나라에서도 여러회사에서 이 분야에 대해 연구하고 생산라인에 장치를 설치하고 있으나[6] 아직은 선진국에 비해 매우 뒤져 있다. 임금상승, 3D 기피현상, 소비자들의 품질에 대한 요구조건의 향상으로 인한 자동화의 필요성은 더욱 높아지고 있다. 기계시각은 이러한 자동화의 한 부분중 작업자의 시각을 기계로 대처 하도록 하는 것이 응용목적이다. 전자산업에서 인쇄회로 기판이나 회로의 검사는 오래전부터 응용되어오는 분야이고[7], 제품의 상표검사, 식품의 품질검사, 포장상태검사 등 시각에 의해서만 판단을 내릴 수 있는 분야에 컴퓨터 시각의 필요성이 대두되고 있다. 농산물 및 식품에서는 대상물의 규격에 따른 선별, 색깔과 결함에 따른 등급판별 등의 문제를 해결해야 할 필요가 있다[7]. 이러한 필요성은 그밖의 여러분야 에서도 요구되고 있으며, 각 국의 실정에 따라 응용분야도 다양하다. 표면 검사문제[9,10]로 국한하여 보면 검사 대상은 필름, 금속, 목재, 직물, 종이, 유리, 반도체 표면, 콤팩트 디스크 등이며, 검사의 목적은 제품표면의 결함검사, 결함의 유무 판별, 결함의

† 한국 과학재단 지정 지능자동화 연구센터(ARC)와 정보통신연구소의 포항종합제철 계약과제로부터 지원을 받았음.
*중신회원

종류 판별이다. 이러한 검사는 '물론' 실시간에 처리되어야 하며 결함의 크기, 대상물의 이동속도 등에 따라 단위 시간당 처리해야 할 정보의 양이 결정된다.

II. 구성요소

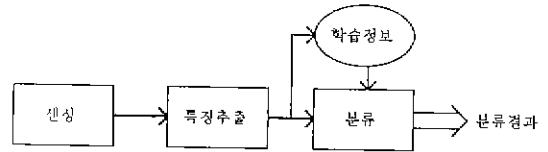
표면검사에서 필요한 과정을 대략적으로 보면 다음 (그림1)과 같다. 센싱은 대상물체와 검사의 기능에 따라 조명 및 감지장치로서 대상물체로부터 결함에 대한 영상을 형성하는 과정이다. 특징추출은 이러한 영상으로부터 계산될 수 있는 특징을 계산하고 이 결과로 학습시에는 학습데이터를 만들고, 분류시에는 영상으로부터 들어오는 특징과 학습된 결과를 비교하여 분류를 하게 된다. 결함검사의 결과는 결함의 종류 및 위치, 기타 통계적 정보를 사용자에게 또는 다른 컴퓨터에 제공하여 적절한 조치를 취하게 한다.

표면검사의 기능을 수행하려면 시스템이 갖추어야 할 여러가지 기능이 있다. 본 단원에서는 이상적인 표면검사 시스템이 갖추어야 할 조건들을 기술해 본다. 여기에 나열하는 조건들을 모두 만족시키는 시스템을 만들려면 매우 어렵다. 그러나 응용분야에 따라서 특수한 기능을 갖도록 할 수는 있다고 본다.

감지기능 : 시각 시스템에서의 감지 시스템은 사람의 눈에 해당하는 기능으로서 가장 중요한 부분의 하나이다. 대부분의 경우 움직이는 대상물체의 영상을 취득하여야 하므로 흐림이 없이 감지를 하여야 한다. 인간의 시각은 매체가 가시광선에 국한되나 컴퓨터 시각에서는 다른 종류의 매체도 사용될 수 있다.

분류기능 : 분류기능은 결함의 존재 유무, 존재시 그 종류를 판단하는 역할이다. 가장 간단한 경우에는 대상품목 또는 대상물의 불량/양호만을 판단하는 것이며, 불량률의 경우, 또는 결함이 존재한다고 판단되는 경우에 그 종류를 분류하여 조업자로 하여금 그 원인을 파악하는데 이용할 수 있다.

자료분석 및 통계기능 : 어떠한 품목, 제품에 대해서 어떠한 결과가 나왔는가, 하루의 검사 결과, 일주일의 결과, 또는 한달의 결함 발생양상



(그림 1) 표면검사의 개략적인 구조.

등을 분석함으로써 여러가지 판단을 내릴 수 있다. 이러한 자료를 사용자에게 그래프 형태로 등으로 표시 해 줌으로서 결함의 발생추세 등을 분석할 수 있게 하고, 그 원인을 파악하게 할 수 있다.

학습기능 : 인간과 마찬가지로 컴퓨터 시각 시스템도 어떠한 종류의 대상물에 대한 정보를 가지고 있어야 그에 대한 인식 및 분류가 가능하다. 이러한 정보를 유연성 있게 취득할 수 있는 기능이 학습기능이다. 이 학습은 실제 시스템이 이용되면서도 수행 될 수 있고, 실제 조업과는 달리 OFF-LINE으로 실시될 수도 있다.

사용자 학습기능 : 대부분의 사용자들은 복잡한 사용 방법을 기피한다. 따라서 새로운 시스템이 도입되었을 때, 그러한 시스템을 쉽게 사용할 수 있도록 사용자가 배울 수 있는 기능이 있어야 한다.

사용자 인터페이스 : 사용자 인터페이스를 위해서는 간단한 조작으로 편리한 기능을 수행할 수 있게 되어있어야 한다.

실시간처리기능 : 시스템이 조업에 쓰이게 되기 위해서는 적용 분야에서 주어진 시간내에 처리 할 수 있어야 한다. 특히 고속으로 움직이는 대상물에 대한 검사에서는 단위 시간에 처리해야 할 정보의 양이 엄청나게 많으므로 실시간처리는 상당히 어려운 문제로 된다.

유연성 : 검사대상의 변화나 결함형태의 변화 등에 쉽게 적용할 수 있는 유연성을 가져야 한다.

영상자료 저장 : 결함영상을 저장하여 데이터 베이스를 구축하고 분류결과를 숙련된 조업자가 재검토 할 수 있게 한다.

다른 시스템과의 정보교환 : 검사 시스템은 그 시스템만 독립적으로 동작되지 않고 생산라인의 다른 컴퓨터 또는 다른 기계와 상호 정보를 교환하여야 한다. 결함검사의 결과를 생산제어 시

시스템에 ON-LINE으로 제공함으로써 빠른 시간 내에 원인에 대한 조치를 하여 손실을 줄이도록 한다.

III. 감지장치

감지장치는 검사 대상물체의 영상을 획득하는데 필요하다. 기능에 따른 다양한 감지장치와 그들의 특성을 살펴본다[1].

3.1 조명장치

대상물체의 정확한 영상을 획득하기 위해서는 에너지 매체가 필요하며 많은 경우 가시광선에 속하는 파장의 조명을 사용한다. 다음에 나열하는 것은 대부분의 경우에 사용되는 조명장치들이다. 조명은 검사대상물체의 이동속도, 센싱의 속도, 응용목적 등에 따라 변화될 수 있다.

백열등 : 가장 쉽게 이용할 수 있는 것이 보통의 백열등이라 하겠다. 센싱의 속도가 빠르지 않고, 조명상태의 균일성이 크게 문제되지 않는 경우에 값싸게 이용할 수 있다.

보통의 형광등 : 일반용 형광등은 비교적 균일한 영역을 조명할 수 있으나 눈에 보이지 않는 깜빡임 때문에 고속 센싱의 경우에는 적합하지 않다.

특수 형광등 : 연속적으로 움직이는 제품으로부터 고속으로 영상을 획득할 경우에는 하나의 CCD 소자가 받는 빛의 양이 극히 적다. 따라서 밝은 조명이 필요하게 되며, 특히 Line scan 카메라를 이용하는 경우, 선상으로 균일한 빛을 조명하여야 한다. 이러한 목적을 위해서는 고주파, 고표량 형광등이 사용된다.

광섬유를 이용한 조명장치 : 조명의 대상이 위에서 언급한 조명장치를 설치하기 곤란한 경우, 공간이 제약되거나, 균일한 조명이 요구되는 경우에는 광섬유를 이용한 조명장치를 이용한다. 이 조명장치는 Halogen lamp 등을 광원으로 사용하고, 광섬유를 통하여 빛을 보낸다. 이를 이용한 조명 형태는 Line scan 카메라를 위한 선형, 판넬형, 부품을 조명하기 위한 고리형태 등 다

양하다. 크기도 여러가지이며, 생산업체에서 사용자의 요구에 맞게 제작하여 공급하기도 한다.

레이저 광 : 레이저 광은 빛의 직진성이 좋고, 파장이 균일하다는 좋은 특성을 가지나, 광원이 점이므로 선 형태나 면적을 조명하기에는 회전 거울 등을 이용하여야 한다. 점 광원으로 위치를 측정하거나 반사하는 빛을 분석하여 표면의 정보를 얻는데 주로 사용된다.

3.2 조명 방법

이러한 조명장치와 대상물체, 그리고 카메라 등의 감지장치의 위치와 배열에 따라 여러가지 조명형태를 만들 수 있다. 이러한 조명의 방법은 다음과 같다.

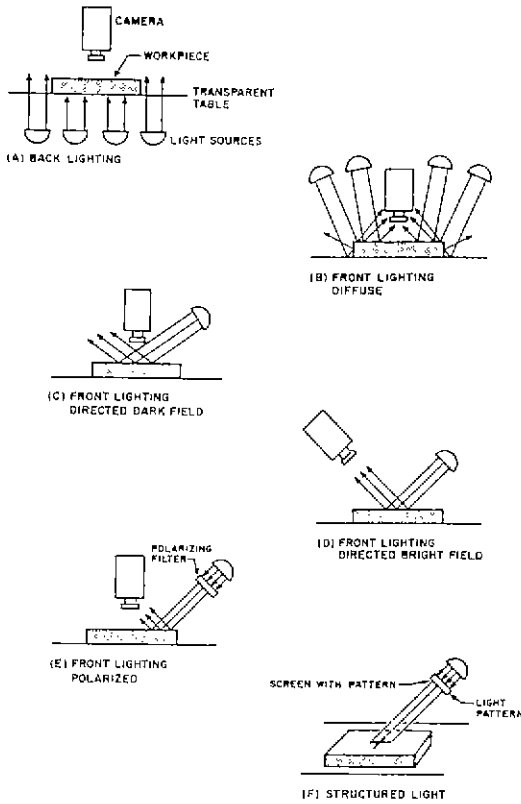
후면조명 : 대상물체의 뒷면에서 조명하고 앞에서 영상을 형성하는 것으로 강한 명암의 대조를 이루기 때문에 Threshold값을 쉽게 설정하여 2진 영상을 형성한다. 이 방법으로는 얇은 테이프, 금속박, 콤팩트 디스크 등에 존재하는 홀이나 찢어짐을 찾아내는데 사용된다. 또한 2차원 물체를 인식하고자 하는 경우 물체와 배경을 쉽게 구분하는 방법으로도 이용된다.

정면조명

* Diffuse : 형광등이나 광섬유를 이용한 원형 형태의 조명과같이 빛이 분산 되도록 정면에서 조명하는 방법으로서 표면의 명암에 대한 영상을 형성할 때 이용된다. 대상물체의 표면의 구조에 의한 결함을 탐색하는 방법으로는 적합하지 않다.

* Directed dark field : 물체표면의 명암 보다는 구조적 상태를 알기위한 조명방법으로 표면에 이상이 있을때 반사하는 특성이 다른 점을 이용하여 결함을 탐색하는데 이용된다. 레이저 광을 광원으로하고 이 방법과 Directed bright field 정보를 이용하여 고속으로 움직이는 표면의 결함을 분류하는 시스템이 오래전에 개발되었다.

* Directed bright field : 빛이 대상물체에서 반사하는 각도에 맞추어 카메라 또는 광센서를 설치하는 방법으로 표면의 구조적 이상 상태를 검사하는데 사용한다. Line scan 카메라와 고출



(그림 2) 조명방법 (Sensors[1]).

력 형광등, 또는 선형 Fiber optic 조명장치를 사용하여 고속으로 표면의 결함영상을 얻는데 사용되며, 최근 표면의 결함을 탐색하는 시스템에 많이 이용되는 방법이다.

*Polarized lighting : 필터를 이용하여 특수한 형태의 조명이 필요한 경우에 사용한다.

Structured light : 이 방법은 대상 물체에 대한 3차원의 구조적 특성을 측정하는데 이용된다. 선, 망, 기타 특수한 형태의 빛을 물체위에 조명하여 물체의 표면에 따라 이들 형태가 달라짐을 관측함으로써 형태에 대한 정보를 계산하는 방법이다.

(그림 2)는 각종 조명방법을 나타낸다.

3.3 센서

여기에서 말하는 센서는 빛을 감지하는 감지 장치를 뜻한다. 물체표면에서 반사되거나 후면

조명의 경우 물체의 터진곳을 통하여 들어오는 빛을 감지하여 전기적 신호로 바꾸어 주는 장치이다. 결함검사에서 사용하는 것은 CCD(Charge Coupled Device)소자를 가지고 구성하는 CCD 카메라와 레이저광을 주사하여 Photomultiplier 튜브로 받아 처리하는 형태가 있다. 최근에는 여러개의 소자에 들어오는 빛을 모아 한 화소의 밝기로 만들어 주는 TDI(Time Delay and Integration)감지장치도 사용되고 있다. 이들 장치의 특성과 응용에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

CCD 카메라 : CCD 카메라는 CCD 소자에 들어오는 광자에 의한 전류로서 영상을 형성하는 방법으로 최근 가장 많이 사용되는 영상형성용 카메라의 하나이다. CCD 소자의 배열에 따라 Area scan 카메라와 Line scan 카메라가 있다.

* Area scan 카메라 : 우리가 카메라라고 하면 보통 한 순간에 하나의 장면을 찍는 것을 전제로 한다. 이 카메라는 CCD 소자가 2차원으로 배열되어 있어 한 프레임에서 한장의 영상(2차원)을 감지한다. 소자는 64×64에서 2048×2048까지 다양한 제품이 있다. 움직이는 대상물에 대한 영상을 형성할 때에는 흐림이 일어 날 수 있기 때문에 Strobe 조명을 사용하거나, 카메라 자체에 전자셔터가 있는 것을 사용하여야 한다. 보편적으로 많이 사용되며 상용화되어 있는 제품이 많다. 초당 30프레임, 60프레임, 특수한 경우 300 내지 500프레임까지 영상을 취득할 수 있다. 이 카메라의 장점은 영상을 취득하는 대로 관측 할 수 있기 때문에 초점, 조도 등을 조정하기 쉽고, 우리가 생각 하는 영상을 그대로 형성해 준다는 것, 그리고 다양한 제품이 상용화 되어있다는 것이다. 단점으로는 움직이는 물체의 영상을 얻으려고 하는 경우 강력한 스트로브 조명이나 전자셔터를 사용해야 한다는 것이다. 또한 표면의 결함을 검사할 때 결함의 형상에 대한 영상을 취득 하기는 곤란하다. 표면의 색깔 보다 표면의 형태에 따른 영상을 형성하려면 표면의 반사특성을 이용한 영상을 얻어야 하는데 Area scan 카메라로는 이러한 영상을 얻기가 곤란하다.

* Line scan 카메라 : CCD 소자를 선형으로 배열하여 만든 것으로 한 순간에 대상 물체의 한 선분에 해당하는 부분의 정보만을 획득 한다.

따라서 우리가 볼 수 있는 영상을 형성하려면 대상물체가 움직이든지 아니면 카메라가 움직여야 하고 계속해서 입력된 선형태의 영상을 모아 2차원 영상으로 만들어야 한다. 따라서 연속적으로 움직이는 대상물체의 영상을 얻기에 적합하다. 한 Line scan 카메라의 소자는 1024개로부터 10,000개까지 있다. 본 카메라의 용도는 연속적으로 움직이는 금속표면, 직물, 종이, 필름, 테이프 등의 영상을 고해상도로 얻는데 사용된다. 또한 어떠한 제품의 길이를 측정하는데도 이용된다. 이 카메라의 장점은 결합검사의 경우 표면의 반사특성에 따른 영상을 형성할 수 있다는 것이다. 즉, 잘 보이지 않는 표면의 구조적 형태에 대한 영상을 형성할 수 있다는 것이다. 또한 연속으로 움직이는 대상물의 영상을 흐림 없이 취득할 수 있고, 고해상도의 영상을 형성할 수 있다는 것이다. 단점으로는 한 순간에 한 선의 영상만을 형성하기 때문에 2D 영상을 형성하려면 대상물 또는 카메라 자신이 움직이면서 계속 영상을 취득하여야 하고, 빛의 강도, 초점 등에 대한 보정을 하기가 어렵다. 또한 고속으로 영상을 형성할 때는 하나의 소자가 받을 수 있는 빛의 양이 적으므로 강력한 조명이 필요한데 이때, 균일하고 조명의 밝기의 변화가 없도록 할 필요가 있다. 고풍력, 고 주파수 형광등이나 광섬유를 이용한 조명장치가 이용된다. 대부분의 Web 검사에서는 이러한 Line scan 카메라를 이용한다. 조명이 균일 하지 않을 경우 이에 대한 보정이 이루어져야 한다. 조명장치의 온도변화에 따른 조도의 변화를 막기 위해서 조명장치의 일정한 온도유지에도 조심을 해야 한다. 또한 대상물체의 속도와 카메라의 센싱속도와 동기를 잘 맞추어야 움직이는 방향으로의 일정한 해상도를 얻을 수 있다. 센서는 일정한 속도로 영상을 형성하고 대상물체의 속도가 변화하면, 형성된 영상의 한 화소가 나타내는 실제의 길이가 다를 수 있기 때문이다.

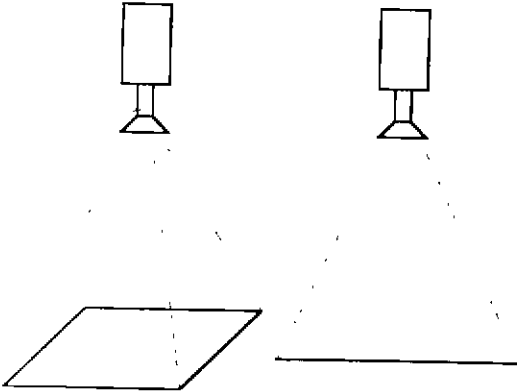
Time Delay and Integrating (TDI) Sensor :

Line scan 카메라가 고속으로 영상을 형성할 때, 한 CCD 소자가 받는 빛의 양이 매우 적게 된다. 따라서 잡음에 의한 영향도 많이 받을 수 있는 단점이 있다. TDI는 한 줄의 CCD 소자 대신

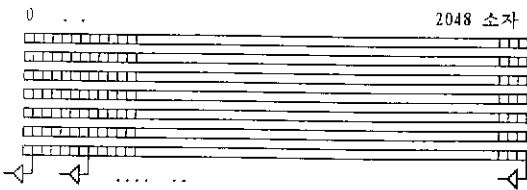
여러줄의 CCD 소자를 사용하여 각 줄이 영상을 감지하는 속도를 대상물체가 움직이는 속도와 동기시켜 놓는다. 예를 들어 96줄의 CCD 소자가 배열 되어 있다면 이 96줄의 소자는 모두 같은 위치의 대상물체에 대한 빛을 받게 되어 적은 양의 조명으로도 영상을 형성할 수 있으며, 여러개의 소자에 입력되는 정보를 종합하므로 잡음에 의한 영향이 줄어진다. 따라서 같은 조명이라면 Line scan 카메라 보다 빠른 속도로 영상을 형성할 수 있다. 이러한 장점이 있는 반면에, 물체의 이동속도와 소자열에 대한 정확한 동기를 해 주어야 하고, Line scan 카메라 보다 폭 넓은 조명을 해 주어야 한다는 단점이 있다[12].

Scanning sensors : Scanning sensor는 Line scan 카메라가 사용되기 전부터 움직이는 표면의 결함을 검사하는데 사용되어 왔다. 이 장치는 고속으로 회전하는 다면경(예를 들면 8면거울)에 레이저광을 투사하여 거울로부터 반사되어 물체의 표면에 조명되며, 물체의 표면에서 반사되는 빛을 감지하여 표면의 상태를 판단하도록 구성 되어 있다. 본 장치의 해상도는 표면에 주사되는 레이저 광의 크기와 다면경의 회전속도에 달려 있다. 상용화되어 있는 시스템의 경우 0.1 mm 의 해상도로 1.5미터의 넓이를 주사할 수 있는 것이 있다. 표면의 이동방향에 따른 해상도는 초당 주사하는 선의 수로 결정된다. 반사된 빛을 감지하는데에는 반도체 다이오드 센서나 Photomultiplier 튜브가 사용된다. 단순하게 회전거울로부터 반사되어 물체의 표면에 투사될 때, 광점간의 거리는 일정하지 않게된다. 따라서 기하학적으로 보정하기 위해서는 포물선형 거울을 이용하여 주사선이 물체의 표면에 항상 같은 각도로 입사되도록 하여야 한다. 본 센서는 빛의 주사각이 매우 중요 하므로 진동에 의해 반사 거울과의 광원과의 각도가 변화하지 않도록 매우 견고하게 만들어져야 한다는 것과, 기계적인 회전에 의존 한다는 것, 그리고 광점의 크기에 해상도가 의존 된다는 것 등이 단점이다.

(그림 3)은 Area scan 카메라와 Line scan 카메라가 취득하는 영상의 영역을 나타내주고, (그림 4)는 TDI 센서의 소자배열 방식을 나타내 준다. 이 그림에서 같은 종축에 있는 소자들은



(그림 3) Area scan 방식(좌)과 Line scan 방식(우).



(그림 4) TDI 센서의 소자배열.

같은 위치의 물체 표면의 광을 감지하고 이들은 하나의 데이터로 모아져 보내진다. 따라서 약한 빛으로도 영상을 형성할 수 있다.

IV. 특성계산 및 분류

영상을 형성하여 이들로부터 결함을 찾고 그 종류를 분류하는 과정에서는 먼저 종류에 따른 특징을 계산하고 그 특징값에 따라 분류를 하게 된다. 본 단원에서는 특징추출과 분류에 대하여 고려해 본다.

4.1 특징추출

표면의 결함을 분류하기 위해서는 각 결함의 영상으로부터 어떠한 특징을 계산하여 이 값으로 분류를 해야 한다. 결함의 모양이 일정하지 않고, 그 발생 형태도 다양하게 나타나기 때문에 이들로부터 정량적인 특성을 계산하지 않고서는 분류할 수가 없다. 이러한 특징이 계산되고 난 후의 분류의 방법은 패턴분류 문제가 되어 많이 사용되는 패턴분류 방법을 이용하거나 인공신경망을

이용한 분류 방법을 적용할 수 있다.

여러가지 특징의 계산시간 및 이들의 분류에 대한 기여도 등은 참고문헌[13,14]을 참고하기 바란다. 여기에서 결함이라 함은 영상에서 일정한 화소의 밝기 기준을 벗어난 화소의 집합을 말한다. 다음에 나열하는 특징들은 상용검사 시스템에서 많이 이용되는 특징들을 나열한 것이다. 여기에서 X는 영상에서 횡축 Y는 종축을 나타낸다.

-X, Y의 위치: 결함의 위치를 나타내는 자료로 이용된다.

-결함을 포함하는 Box의 길이 및 크기: 결함의 종류에 따라 일정한 방향으로 크기가 다를 수 있기 때문에 이를 측정한다.

-결함의 최대, 최소 밝기: 결함은 종류에 따라 다른 곳 보다 밝을 수도 있고, 어두울 수도 있다.

-결함의 면적, 둘레: 결함의 종류를 판단하는데 하나의 척도로 이용된다.

-최대 연속화소수, 횡축, 종축으로의 최대 길이

-단위 면적당 결함의 화소수

-결함의 주기적 반복도

-X centroid, Y centroid

-평균 폭, 길이

-주축의 방향성

-화소의 평균 밝기

-넓이와 길이의 비율

이러한 특징을 포함하여 25~40개 정도의 특징값을 계산한다. 이상적인 특징은 빠른 시간내에 계산할 수 있는 것으로서, 결함의 모양을 독특하게 나타낼 수 있어야 한다. 어떠한 하나의 특징이 있어 여러종류의 결함이 고유한 값을 갖게 된다면 이 하나의 특징으로만 분류가 가능하다. 그러나 이러한 것은 실제로 존재하지 않는다고 볼 수 있다. 따라서 많은 종류의 특징을 계산하여야 한다.

4.2 분류

특징값이 계산되면 이들이 곧 패턴 벡터를 형성하므로 이로부터 결함의 종류를 분류하는

것은 패턴 분류의 문제가 된다. 실제검사에 들어가기 이전에 알고 있는 결함 영상으로부터 학습을 실시한 후 이로부터 얻은 지식베이스를 근거로 하여 알지 못하는 종류의 패턴이 입력되었을 때 최적의 판단을 내려야 한다. 패턴인식 및 분류의 방법은 여러가지가 있으며[15-17], 결함을 분류하는 데는 이러한 이론을 적용할 수도 있고, 이와 유사한 방법인 인공신경망을 이용할 수도 있다. 대부분의 상용 시스템에서는 특성값의 최대치, 최고치에 근거하여 간단한 판단 알고리즘이 사용되고 있으나 분류의 정확성을 높이기 위한 다른 방법도 모색되고 있다.

V. 사용자 인터페이스

결함검사 시스템은 단순히 결함을 탐색하고 분류할 수 있는 기능 뿐만 아니라 이러한 결함의 발생원인을 분석하는데 도움을 주는 정보도 제공하여야 한다. 사용자가 이용할 수 있는 기능을 그래픽 윈도우를 이용하여 제시해 주고 원하는 경우 결함의 영상을 재검토하고, 일주일, 또는 한달 동안의 결함발생의 통계정보 등을 제공할 수 있어야 한다. 시스템으로 개발 되어 있는 경우 기능을 살펴보면 다음과 같다.

결함영상 재검토기능 : 결함의 영상을 저장하여 사용자가 그 모양을 볼 수 있도록 고속 그래픽 디스플레이를 통하여 볼 수 있게 하는 기능이다. 보고자하는 결함 영상을 스크롤하여 볼 수 있고 확대 및 축소할 수 있도록 한다.

통계자료 보고 : 결함검사의 결과에 대한 자료를 수집하여 통계자료를 만들고 사용자가 이를 이용할 수 있게 한다. 결함의 발생빈도, 종류별 발생량, 장기적인 결함의 경향 등을 도표, 그림 등을 이용하여 보고하고, 프린트할 수 있게하는 기능이 포함된다. 또한 현재 검사되고 있는 제품의 결함이 어디에 존재하는지 그래프로 보여줄 수 있게 한다.

시스템의 상태조정 및 변수선택을 위한 기능 : 영상처리에 있어서 여러가지 Threshold 값이나 변수를 설정한다든지 시스템의 논리적 구성을 바꿀 수 있도록 하는 기능이다.

학습 및 분류를 위한 기능 : 이 기능은 가장

기본적이며 중요한 기능으로서 사용자가 시스템으로 하여금 알고 있는 결함의 종류를 이용하여 Off-line으로 학습을 시키거나 실제 결함검사를 수행하도록 하는데 관련된 여러가지 기능을 설정하고, 결과를 알려줄 수 있는 기능이다.

데이터베이스 관리기능 : 여러가지 데이터베이스를 관리하고, 자료의 backup을 만들며, 외부와의 정보교환, 그리고 다른 응용 프로그램들을 종합하는 역할을 한다.

이러한 기능들은 고해상도 Color 그래픽 윈도우와 프린터, 영상 디스플레이 모니터 등을 이용하여 구현된다.

VI. 시스템 소개

세계 각국의 여러회사, 또는 연구소에서 검사 시스템을 개발하고, 상용화도 하고 있으며, 여러 제조업체에서는 자기회사 제품의 결함검사를 위한 시스템을 개발하고, 설치한 곳도 있다. 미국의 KAISER 알루미늄사는 자기회사의 알루미늄 냉연제품의 표면을 검사하기 위하여 고풍량의 형광등과 여러개의 Line scan 카메라를 이용한 검사시스템을 개발 하였다. 잘 알려진 여러가지의 특성을 계산한 후 이들 특성값으로부터 종류를 분류하고 있다. 미세한 결함을 여러가지 종류로 분류하는 데에는 아직 정확도가 떨어지고 있으나 제품의 불량/양호 만을 판단하는 데에는 상당한 정확성을 갖고 있다. 그러나 아직 많은 개선점이 있고 분류율을 향상시키기 위해 전문 연구원들이 연구하고 있다.

독일의 SICK사 에서는 오래전부터 금속 등의 표면검사 시스템을 상용화하여 왔다. 광학분야에서 우수한 기술을 보유하고있던 독일의 회사답게 이 회사의 제품은 광학분야에서 뛰어나다고 볼 수 있다. 레이저 광 주사 방식을 이용한 결함검사 시스템을 상용화하여 판매하여 왔다. 그러나 금속 표면에서 반사되는 반사광을 PMT로 받아 이 정보를 분석하여 결함의 종류를 분석하는 데에는 제약이 많이 있어 여러 종류의 결함을 분류하는 데에는 적합하지 않다. 이러한 결점을 보완하여 최근에는 2-D 영상을 형성하고 이로부터 특성을 계산하는 방식의 새로운 시스템을 개발하여 곧



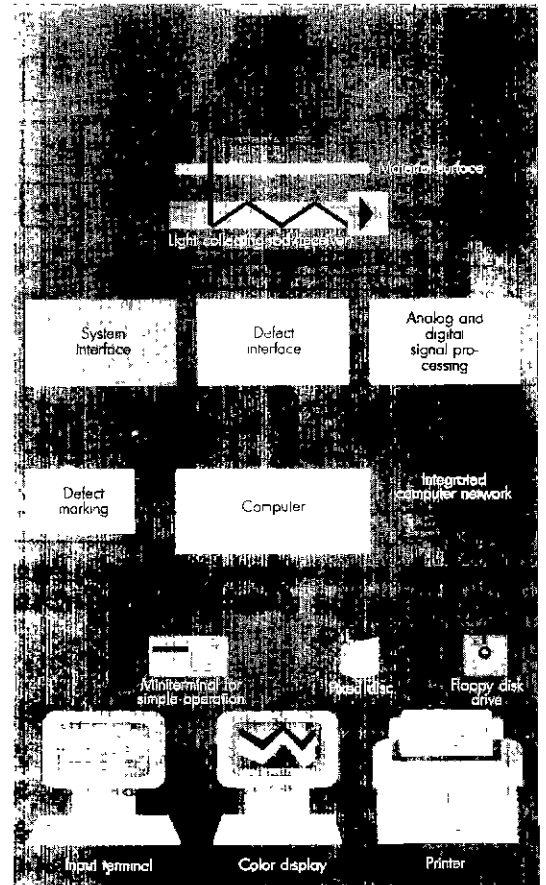
(그림 5) 미국의 KAISER Aluminum사의 표면검사 시스템 : 알루미늄 냉연제품을 고광량 형광등과 line scan 카메라를 이용한 검사 시스템으로 검사한다.

상품화 할 계획을 갖고 있다.

미국의 Isys Controls사가 비교적 최근에 개발한 iS-1 Web 검사 시스템은 좀더 개선된 기능을 보인다. 이 시스템은 고광량의 형광등을 이용한 조명과 고해상도 Line Scan 카메라를 이용하여 한 세트당 5,000화소까지 취득할 수 있으며 한개의 결함당 40개의 특성을 하드웨어로 계산한다.

캐나다의 MVS(Motion Vision Systems)사와 DALSA사, 그리고 워털루 대학이 공동개발한 검사 시스템은 TDI를 사용하여 더욱 빠른 속도로 영상을 취득할 수 있게 하였다[12]. 이들의 시스템은 한 선당 최대 24,000 화소, 초당 최대 20,000선을 취득할 수 있다고 발표하고 있다. 이러한 고해상도는 카메라를 여러대 병렬로 연결하여 얻을 수 있다.

Eastman Kodak사 에서도 필름과 테이프 등을 검사할 수 있는 시스템을 개발하였고 그밖에 IBM사 등에서도 반도체 웨이퍼의 자동 검사를 위한 연구가 수행되고 있다. 우리나라에서도 자동화의 필요성이 높아져 간단한 시각 시스템을 일본등지에서 수입하여 설치한 곳도 있다. 자동

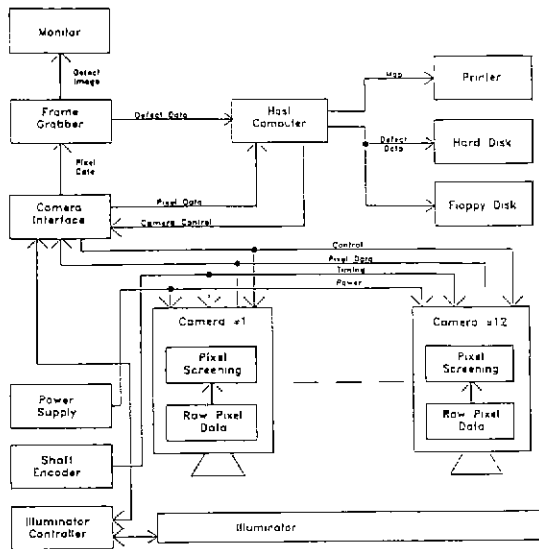


(그림 6) 독일의 SICK사의 검사 시스템의 구조 : 레이저 광을 이용한 주사방식으로 표면의 결함을 탐색한다. 포물선형 반사경을 사용하여 화소간의 거리가 일정하도록 한다.

화 기기전 등에서 Line scan 카메라를 이용하여 영상을 형성하는 장치를 선보이고 있으며, 몇몇 회사에서 이 분야에 연구를 하고 있다. 표면검사를 위해서는 포항공과대학, 산업과학기술연구소에서 금속의 표면검사를 자동화하기 위한 연구가 수행되고 있다.

VII. 결 론

컴퓨터 시각을 이용한 자동 표면검사의 방법과 현황에 대하여 살펴보았다. 감지장치의 발달로 매우 빨리 영상을 취득할 수 있는 기술에 도달하였다. 그러나 아직 다양한 종류의 결함 형태를



(그림 7) TDI를 이용한 MVS의 표면 검사 시스템의 개략적인 그림[12]. 넓은 면적을 다루기 위해서 12개의 카메라를 사용하고 있다.

실시간에 신뢰성 있게 분류하는 데는 미흡하다. 수십종류의 복잡한 형태의 결함을 탐색하고 분류하는 데에는 이들로부터 계산되어야 하는 특성에 대한 연구와, 패턴분류, 또는 인공신경망을 이용한 분류방법들이 더욱 개선되어야 할 것이며 앞으로 수행해야 할 연구의 중요한 대상이 되고 있다.

참 고 문 헌

1. Sensors, vol.3, no. 6, June. 1986.
2. Nello Zuech ed., "Machine Vision : Capabilities for industry", Machine Vision Association of SME, 1988.
3. Nello Zuech, "Applying Machine Vision", John Wiley & Sons, 1988.
4. T. Koezuka, Y. Suto, and M. Ando, "I/O pin solder point inspection system", Proc. SPIE. vol. 1907, Machine Vision Applications in Industrial Inspection, pp. 28~37. Feb., 1993.
5. K. Hendengren, "Methodology for Automatic image-based inspection of industrial objects", in Advances in Machine Vision, J. Sanz ed., Springer-Verlag, 1988.
6. 전자신문 1990년 8월 22일 "비전 시스템 : FA 확산

새기술로 부각".

7. Masakazu Eijiri, "MACHINE VISION A practical technology for Advanced Image processing", Japanese Technology Reviews, Computers and Communications, vol. 10, Grodon and Breach Science Publishers, 1989.
8. T. A. Doney, "Production quality control problems", Proc. SPIE. Vol. 1381, Intelligent Robots and Computer Vision IX : Algorithms and Techniques, pp. 9~20., Nov. 1990.
9. M. Thangavelu, "Review of Automated Surface Inspection Technology", Kaiser Aluminum & Chemical Corp. Center for Technology, Tech. report : MT : 12059101, 1991.
10. R. Sherman, E. Tirosh and Z. Smilansky, "An automatic defect classification system for semiconductor wafers", Proc. SPIE. Vol. 1907, Machine Vision Applications in Industrial Inspection, pp. 72~79. Feb. 1993.
11. 12Th Advanced Technology Symposium : Automated Inspection of Metal Products. Nov. 3~6, 1991, Lake Buena Vista, Florida.(Proceeding은 발간되지 않았음).
12. J. Roberts, D. Rose, G. Jullien, L. Nichols, P. Jenkins, S. Chamberlain, G. Marroscher, R. Mantha, D. J. Litwiller, "A PC-based real time defect imaging system for high speed web inspection", Proc. SPIE. Vol. 1907, Machine Vision Applications in Industrial Inspection, pp. 164~176. Feb. 1993.
13. J. H. Han, D. M. Yoon, and M. K. Kang, "Features for surface inspection", Proc. SPIE Machine Vision Applications in Industrial Inspection, vol 1907. pp. 114~123, Feb. 1993, San Jose, California.
14. 윤두만, "표면흡 검출을 위한 CCL을 기초로 한 기하학적 특징들의 선택과 분류 알고리즘", 포항공과대학 전자계산학과 석사학위 논문, 1993. 2.
15. J. T. Tou and R. C. Gonzalez, "Pattern Recognition Principles", Addison-Wesley Pub. Co. 1974.
16. R. O. Duda and P. E. Hart, "Pattern Classification and Scene Analysis", John Wiley & Sons, Inc. 1973.
17. R. M. Haralick and L. G. Shapiro, "Computer and Robot Vision", Chap. 4, Vol. 1, Addison-Wesley Publishing co., 1992.

한 준 희



1979 한양대학교 전자공학과
학사
1981 을대학교 전자공학과 석
사
1988 Univ. of Michigan, Ann
Arbor 박사(컴퓨터공학)
1988 ~ 현재 포항공과대학 전
자계산학과 조교수, 부교
수

관심분야: Computer vision,
Pattern classification,

Automatic visual inspection.
