

광전(光電)센서를 활용한 핀홀의 영상검출시스템

Image Detecting System for Pinhole with Photoelectric Sensors

강민구* 조문신** 전종서***
Min-goo Kang Moon-shin Zo Jong-suh Jeon

요약

본 논문에서는 APD(Avalanche photodiode)센서와 LED조명 및 광섬유 도파관(Fiber optic waveguide)를 이용한 광전(Photoelectric) 영상 검출시스템을 제안한다. 제안한 핀홀(Pinhole) 검출시스템은 100미크론의 핀홀을 1,000mpm(meter per minute)의 속도로 검출할 수 있다. 아울러, 영상검출 알고리즘을 통해 검출된 핀홀의 위치와 크기 별로 분류할 수 있는 SQL기반의 DB결과를 분석함으로써 영상검출시스템의 검출성능이 개선되었다.

ABSTRACT

In this paper, a photoelectric image detection system is proposed using an APD(Avalanche Photodiode) sensor, a LED illuminator, and fiberoptic waveguides. This proposed pinhole detection system can detect the pinholes of 100 micron with the speed rate of 1,000mpm(meter per minute). And detecting performance of image system is improved by the SQL based DB analysis of classifying pinhole's detected location and size using image detection algorithms.

□ keyword : APD, 핀홀(pinhole), 광섬유 도파관(fiberoptic waveguide), 광전(photoelectric), 영상검출시스템(image detection system)

1. 서론

최근 영상인식 기반의 검출시스템의 발전으로 알루미늄 박 산업과 2차전지용 필름 등으로 다양한 영상 검출시스템의 활용되고 있다.

영상검출과 분류의 영상 검출시스템은 CCD센서, CMOS센서, 소프트 X-선 검출 및 코로나방전 방식 등 다양한 영상검출 소자를 활용한다. 영상검출의 성능은 RGB 비율, 히스토그램 등을 이용한 컬러와 에지를 추적하는 영상검출 방식이 중요하다[1,2].

코로나방전 기반의 영상검출시스템은 UV파장대역을 선택적으로 투과하는 코로나 영상과 방전 횡수를 분석할 수 있는 광학계와 광증폭기를 거쳐 나오는 코로나 방전 영상과 가시광 영상을 동시에 확인할 수 있는 영상합성 제어기의 설계함으로써 코로나 방전 기반의 영상시스템

을 제안한다[1].

본 논문에서는 알루미늄 박막에 생성된 핀홀(Pinhole)을 검출하기 위해 CCD 라인스캔 카메라가 영상처리속도 한계와 MD(Machine Direction) 방향으로 해상도의 한계로 인한 초소형 핀홀을 검출(Micro Pinhole Detecting)하는 방식을 제안한다.

이를 위해 APD(Avalanche Photodiode) 센서와 LED 조명 및 선로안내(Line Guide)를 사용하여 광섬유 도파관을 이용한 광전검출하는 방식으로 100미크론의 미세한 핀홀을 1,000mpm의 고속 운전 중에 검출하고, 검출된 핀홀의 위치와 크기를 분류하는 초소형 핀홀용 검출시스템의 설계방식을 제안한다.

2. 영상검출 시스템 설계분석

초소형 핀홀용 영상검출시스템은 자동적으로 객체와 비객체 영상으로 분류하는 방법으로 객체 영상은 객체를 포함하는 영상이고, 객체는 영상의 중심 부근에 위치하고 주변 영역과는 상이한 칼라 분포를 가지는 영역들로 정의한다.

* 종신회원 : 한신대학교 정보통신학부 교수
kangmg@hs.ac.kr(교신처)

** 정회원 : 카사테크(주) 대표이사
michael@casatech.co.kr

*** 정회원 : 이노디지털(주) 연구원
charlie@inmodigital.net

[2012/01/19 투고 - 2012/01/31 심사 - 2012/04/18 심사완료]

2.1 영상검출 알고리즘 분석

영상검출 시스템에서 입력된 영상으로 부터 영상을 검출하는 방법으로 입력 영역과 에지 정보의 결합을 특정 벡터로 이용하여 입력 영상의 여부를 판별하기 위해 4단계로 구성하였다[3].

첫 번째 단계에서는 입력영상으로부터 기존의 검출 방법들을 적용하여 얻은 모든 결과 영상들에 대해서 논리곱 연산을 통해 초기 영역을 검출한다. 두 번째 단계에서 초기영역의 화소정보를 기반으로 확률분포 모델을 생성하고 이를 통해 확률 영상을 생성한다.

세 번째 단계에서 확률영상에 임계값을 적용하여 이진화 함으로서 이진영역과 에지의 결합영상을 생성하고 영역을 확산하여 최종영역을 검출한다.

마지막 단계에서 최종영상과 최종영역 안에 있거나 인접한 에지들의 결합영상을 특정 벡터로 생성한다. 생성된 특정 벡터를 생성된 분류모델로 입력영상을 검출하고 분류한다[3].

2.2 영상분류 알고리즘 분석

영상검출시스템에서 영상분류 방법으로 객체의 특징에 기반을 두고 네 가지 기준을 정의한다[4].

첫 번째 기준인 중심 영역의 특이성은 중심 영역과 주변영역간의 칼라분포의 차이를 통해 계산된다.

두 번째 기준은 영상 내의 특이 픽셀의 분산이다. 특이 픽셀은 영상의 주변영역보다 중심 부근에서 더욱 빈번하게 나타나는 상호 인접한 픽셀들의 칼라 쌍에 의해 정의된다.

세 번째 기준은 중심 객체의 평균 경계강도이다. 세 번째 기준은 분류 기준들중에서 가장 우수한 분류 성능을 나타내지만 특징 값을 추출하기 위해서는 중심객체를 추출해야 되는 많은 연산이 필요하다.

이와 비슷한 특성을 나타내는 네 번째 기준으로 영상 중심 영역에서의 평균 경계강도를 선택한다. 네 번째 분류 기준은 세 번째 분 기준에 비해 분류성능은 조금 낮지만 빠르게 특징 값을 추출할 수 있어 많은 데이터를 신속히 처리해야 되는 대규모 영상 데이터베이스에 적용한다[4].

2.3 자동 핀홀영상 검출 및 분류시스템 설계분석

핀홀의 객체검출과 분류를 위한 것으로서, 입력된 동영상에서 배경 이미지와의 차분영상을 통해 핀홀의 객체 영역을 검출하고, 검출된 객체 영역에서 핀홀 즉 핀홀 영

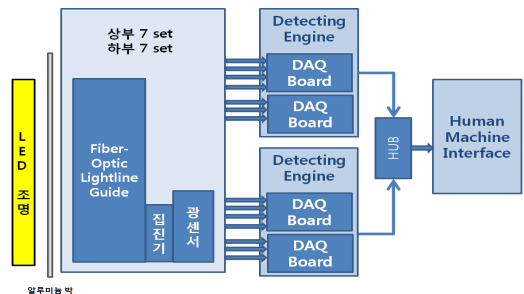
역을 검출한다.

실시간 녹화 동영상에서 핀홀 객체를 검출하기 위해서는 핀홀의 크기 등을 고려하여 핀홀 영역의 모양으로 1차 검출하고, 검출되지 않은 영역에 대해서는 히스토그램 기반의 핀홀 영역을 검출한다[5].

이를 위해 APD센서와 LED조명, 라인가이드를 사용하여 광섬유 도파를 이용한 광전검출 방식으로 100미크론의 미세한 핀홀을 1,000mpm의 고속운전 중에 검출하고, 검출된 핀홀의 위치와 크기를 분류할 수 있는 초소형 핀홀 검출시스템을 설계한다.

3. 초소형 핀홀 영상검출 시스템 설계

(그림 1)과 같은 핀홀 영상검출시스템은 알미늄 박의 초소형 핀홀을 광센서를 통해 영상을 검출하기 위해 LED조명, APD센서, 광섬유도파관, 데이터 획득 보드 등으로 구성한다. LED 조명으로부터 핀홀을 통과한 빛을 광도파관을 통해 광 센서로 부터 광량을 전압으로 변환하는 모듈설계를 통해 광 센서로 부터 광량에 대한 전압 신호를 생성한다. 이때, 전압신호는 핀홀 발생 시의 특성 분석과 신호를 변환함으로서 핀홀검출과 분류를 통해 핀홀을 검출한다.

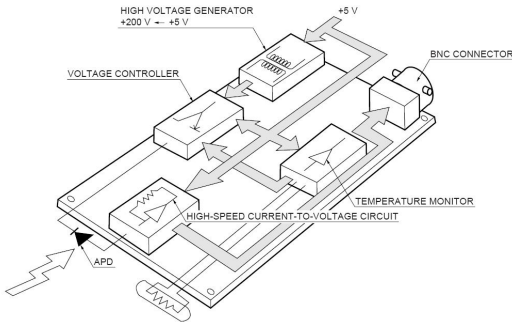


(그림 1) 핀홀 영상검출을 위한 시스템 설계도

3.1 핀홀 영상획득과 검출시스템 설계

3.1.1 APD 센서활용 설계

(그림 2)와 같은 APD센서는 광다이오드에 빛을 입사시켜 역 바이어스 전압을 증가시키면, 발생된 전자가 높은 전계에서 가속되어 원자와 충돌하여 새로운 전자와 정공이 발생하는 눈사태현상(Avalanche Phenomenon)으로 광신호가 전기신호로 변환된다.

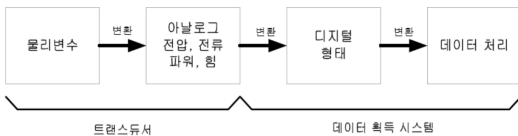


(그림 2) APD 센서의 활용도 설계

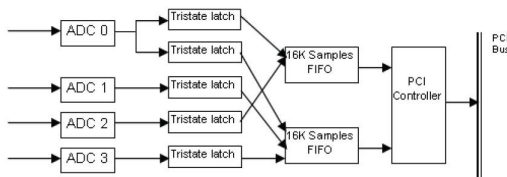
3.1.2 영상데이터 획득보드(DAQ) 설계

데이터획득(DAQ, Data acquisition)장치는 핀홀로 인한 영상신호변화의 아날로그 신호의 변화를 디지털 신호로 데이터를 정량화하고 저장하는 데이터로거(datalogger)기반의 데이터획득시스템이 사용된다.

(그림 3/4)와 같은 영상데이터 획득보드의 목적은 빛과 같은 물리량을 디지털신호 상태로 측정한 후 컴퓨터를 이용하여 분석하고 처리함으로써 APD센서의 광량의 변화를 전기적인 신호로 변환한다.



(그림 3) 영상데이터 획득장치(DAQ) 설계

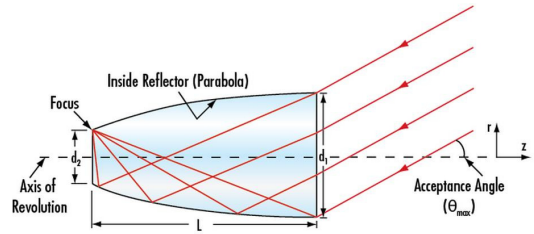
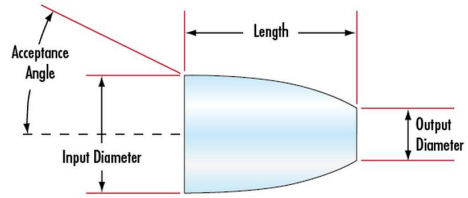


(그림 4) DAQ와 영상검출시스템 연결도 설계

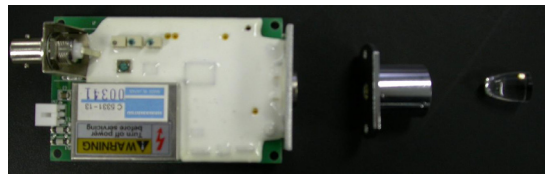
3.1.3 광섬유 도파관과 집진장치의 결합모델 설계

(그림 5)와 같은 집진장치의 설계를통해 핀홀에서 발생하는 광 신호를 광 검출기까지 전달하기 위하여 플라 스틱 광섬유를 1차원으로 배열하여 광 신호를 입력 받고, 광섬유 뭉치로 광 신호를 출력한다.

(그림 6)은 핀홀의 광신호가 출력되는 광섬유 도파관의 광섬유 출광부와 APD 센서의 입광부와 직경의 차이가 있어 빛을 집광시켜주는 집진장치이다. 이때, 빛을 집진 시켜주기 위하여 집광렌즈와 크롬 코팅된 보호막 프레임에 결합하여 빛을 집진시킨다.



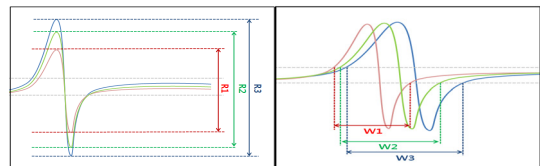
(그림 5) 광신호의 집진장치 설계분석



(그림 6) APD 광센서와 집진렌즈의 결합장치 설계

3.2 핀홀 패턴매칭 알고리즘 설계

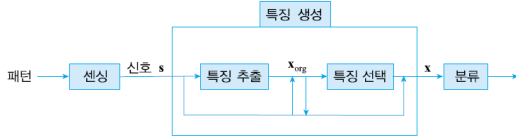
(그림 7)처럼 핀홀이 광섬유 도파관을 투과하면서 센서가 감지한 빛의 변화량 파형에서 최대전압과 최소전압의 차이의 크기가 핀홀의 크기로 결정된다.



$$\left. \begin{aligned} \text{특징추출 } x_{\text{org}} &= e(s) \\ \text{특징선택 } x &= s(x_{\text{org}}) \end{aligned} \right\}$$

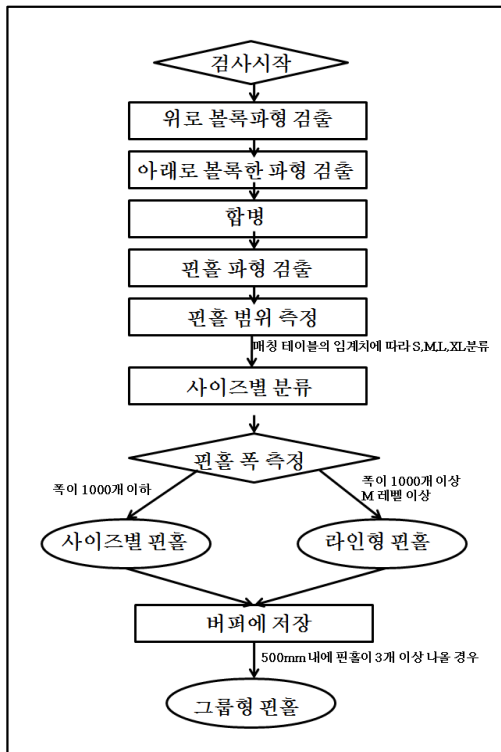
(그림 7) 핀홀 빛변화에 따른 범위별/폭별 파형분석

(그림 8)처럼 각 센서의 사이즈 별로 핀홀의 센싱신호(s)로 부터 특징추출(Extraction, $X_{org}=e(s)$)과 특징선택(Selection, $X=s(X_{org})$)에서 얻은 결과값과 임계값에 따라 핀홀의 패턴을 분류하고 구분한다.



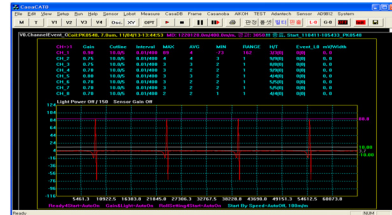
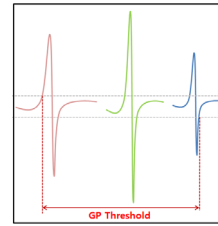
(그림 8) 핀홀의 특징추출위한 패턴인식 개념도

(그림 9)는 핀홀의 패턴매칭 흐름도로 상,하향 블록한 파형을 검출하여 합병함으로써 하나의 핀홀의 파형이 검출되면 핀홀을 측정하여 저장한다.



(그림 9) 핀홀의 패턴인식을 위한 흐름도 설계

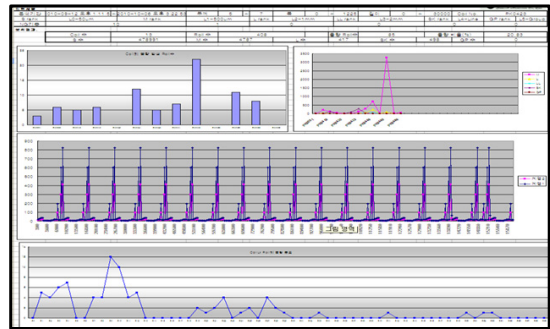
(그림 10)처럼 핀홀의 크기에 따른 분류를 통해 패턴 매칭 테이블의 결과에 따라 각 채널별로 임계값을 기준으로 핀홀의 패턴을 분류한다.



(그림 10) 알루미늄의 균집 핀홀 파형의 분석결과

3.3 핀홀 영상검출시스템의 성능고찰

본 논문에서 제안한 광섬유 도파관을 이용한 핀홀 검출기는 (그림 11)처럼 핀홀의 광량변화를 전압으로 변환하는 핀홀의 파형 데이터분석을 통해 핀홀을 검사하는 CCD 라인스캔 카메라와 비교한다.



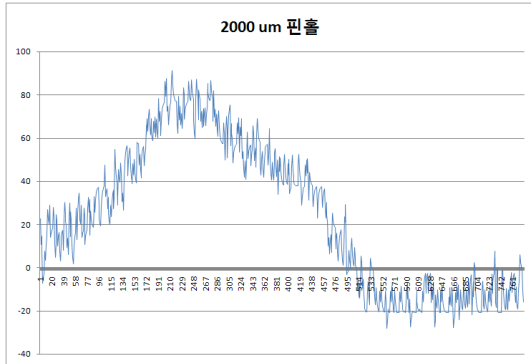
(그림 11) 핀홀검출의 SQL-DB테이블 결과분석결과

(표 1)은 핀홀의 검출 테이블을 토대로 크기별 핀홀의 임계값을 기반으로 알루미늄 박에 2mm의 구멍을 뚫어 라인속도 400M/min으로 돌려 검출한 값과 동일한 최대값/최소값/평균/범위/폭을 검출한다.

(표 1) 400M/min속도로 검출한 2000um 핀홀 분석

최대(mV)	평균(mV)	최소(mV)	거리	폭
91.2	23.8	-28.2	119.4	779

(그림 12)는 2000um 핀홀이 검출된 데이터의 그래프로 위로 볼록한 파형, 아래로 볼록한 파형이 합병되었고 최대값/최소값/범위값을 확인 할 수 있다.



(그림 12) 2000um핀홀이 검출된 데이터의 분석결과

제안한 광섬유 도파관을 이용한 핀홀 검출시스템은 고속의 알루미늄 박막 등의 생산라인에서 핀홀을 검출하는 광전검출 방식은 기존의 방식보다 초고속의 초소형의 핀홀의 검출방식으로 검출한 핀홀의 사이즈를 추정 결과가 우수하고, CCD 카메라 대비 주행방향의 해상도가 향상됨을 확인 할 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 알루미늄 박의 핀홀을 통과한 빛을 광도파관을 통해 광 센서의 광량을 전압으로 변환하는 전압 신호의 파형분석에 따라 핀홀의 크기를 검출할 수 있다.

검출된 핀홀을 크기별, 라인형, 군집형의 3 가지로 분류를 하고 분류된 핀홀의 위치를 알 수 있도록 SQL DB 결과를 분석함으로써 알루미늄 박의 핀홀 상태를 고속의 CCD 카메라으로 파악할 수 있다. 이로서 알루미늄과 같은 금속 판에 발생한 핀홀의 고속검출을 위해 LED광원

과 수광소자로 광전센서 및 광도파관의 결합으로 다양한 활용을 기대한다,

Acknowledge

이 논문은 한신대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

- [1] 정경열, “IT융합 UVC대역 코로나방진 영상검출 기술 개발에 관한 연구,” 한국기계연구원자료연구소, 기계와재료 제22권제2호통권84호, pp.82-91, 2010.
- [2] 정명범, 김재경, 장대식, 고일주, “고·저화질 영상 분류를 이용한 유해 영상 검출,” 한국컴퓨터정보학회학술발표논문집, 2009.
- [3] 박찬우, 박기태, 문영식, “적응적 피부색검출과 예지정보를 이용한 유해영상 분류방법,”대한전자공학회지 제48권제1호 통권제337호, pp.127-132, 2011.01.
- [4] 김성영, “관심 객체 검출에 기반한 객체 및 비객체 영상 분류 기법,” 한국컴퓨터정보학회 논문집 제11권제2호 통권제40호 pp.25-33, 2006.05.
- [5] 김건우, 남미영, 한중욱, “실시간 영상에서의 휴먼 검출 및 얼굴분류,” 한국정보보호학회논문지 제20권제3호, pp.48-57, 2010.06. I
- [6] 강민구, 김주황 외, “OpenCV를 이용한 마우스의 손 동작 인식,”2009 한국인터넷정보학회 추계학술발표대회 논문집, 2009-10-31
- [7] 강민구, 조문신, “NGC 영상시스템 기반의 패턴 결합검출기 설계,” 2007년 한국콘텐츠학회 추계 학술발표대회 논문집, 2007-11-17

● 저 자 소 개 ●

강 민 구



1986년 연세대학교 전자공학과(공학사)
1989년 연세대학교 전자공학과(공학석사)
1994년 연세대학교 전자공학과(공학박사)
1985년~1987년 삼성전자 통신연구소 연구원
2000년~현재 한신대학교 정보통신학부 교수
E-mail : kangmg@hs.ac.kr

조 문 신



1987년 연세대학교 물리학과(이학사)
1989년 연세대학교 물리학과(이학석사)
2008년 영남대학교 센서및시스템공학과(공학박사)
1991년~2000년 SKC(주) 시스템개발팀(선임연구원)
2000년~현재 카사테크(주) 대표이사
E-mail : michael@casatech.co.kr

전 종 서



2009년 한신대학교 정보통신학과(공학사)
2012년 한신대학교 정보통신학과(공학석사)
2009년~2012년 카사테크(주) 연구원
2012년~현재 이노디지털(주) 연구원
E-mail : charlie@inodigital.net