

이미지 처리기술을 이용한 차륜형상 측정장치 개발

Profile Measurement System of Train Wheel with Image Processing

김기택*
Kim, Gi-Taek

김만배**
Kim, Man-Bae

김봉택***
Kim, Bong-Taek

ABSTRACT

Train wheels tend to wear abrasion due to frequent startings and brakings. They are important factors of train safety and noise. However, it is difficult and inaccurate to measure their shape and profile manually. Profile measurement system of train wheel with image processing is proposed. The system consists of CCD cameras, PCI image grabber board, and PC operated on Windows'95. Image processing algorithms such as filtering, histogram equalization, and edge detection are presented, and some processing results are illustrated.

1. 서론

철도가 계속 고속화하고 있으며, 움직이는 열차와 고정된 레일을 연결하는 부분이 철도 차륜이다. 차륜은 레일과의 마찰로 인해서 차량이 구동력을 가지게 하며, 제동력을 전달하기도 한다. 또한 승차감과 열차의 안정성에 중요한 영향을 미친다.

열차의 큰 하중과 고속회전 및 제동 등으로 인한 차륜의 마모는 직접적으로 승객의 안전과 승차감에 큰 영향을 주며, 운행비용과 결부된다. 일반적으로 차륜의 마모정도를 판단하는 일은 어려울 뿐만 아니라 기존의 검사방법은 손으로 좁은 곳의 작업으로 힘들고, 측정공구를 대는 방법이나 그 방향, 힘의 가감 등 숙련을 필요로 함으로 검사원에 따라 측정치의 차이가 생기는 등 부정확하고 예측에 있어 정밀도가 낮았다. 따라서, 차륜의 마모정도를 컴퓨터와 외부 장치를 이용하여 자동적으로 측정하여 얻을 수 있는 시스템이 필요하다.

본 시스템은 차량 진입검지 센서로 열차를 검지한 후, 차륜 위치 검출 센서로 차륜의 검출과 동기하여 차륜영상을 CCD(Charge Coupled Device) 카메라로 촬영하고 화상 데이터를 사무실에 설치되어 있는 주제어장치(PC)에서 수신 받아 차륜의 마모 및 찰상 정도를 측정한다. 특히 열차의 주행 중에 비접촉으로 차륜영상을 자동 계속하는 시스템이다.

* 강원대학교 제어계측공학과 부교수

** 강원대학교 정보통신공학과 조교수

*** 삼륜엔지니어링(주) 대표이사

본 시스템에서 CCD 카메라에서 얻어진 영상을 PCI 이미지 그레버 보드로 읽어들이며, Windows'95 환경의 PC를 사용한다. 디지털 이미지 처리(Digital Image Processing)를 통하여 차륜의 마모정도를 측정한다.

2. 시스템 구성

주행중인 열차의 차륜형상을 좌우레일의 양쪽에 설치되어 있는 2대의 CCD카메라를 사용하여 비접촉으로 측정하고, 실내에 설치되어 있는 주제어관리장치(PC)에 전송함으로써 차륜의 마모 및 찰상을 검출하며, 차륜의 관리 및 수명관리를 할 수 있도록 한다. 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

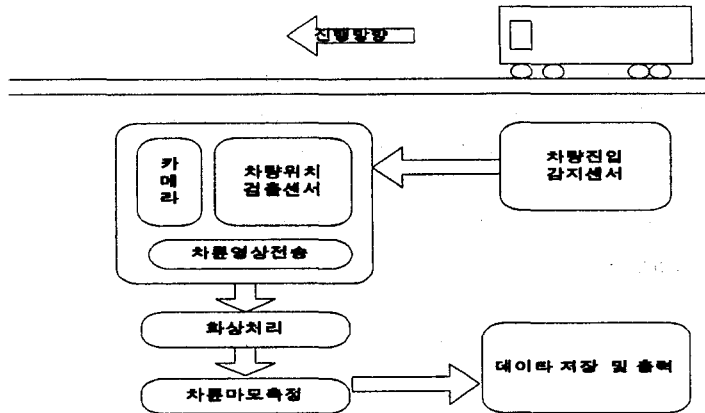


그림 1. 시스템 구성

2.1 차량진입검지

차량 진입검지 센서로 차량의 진입을 검지하여 시스템을 준비하도록 한다.

2.2 차륜검출센서 및 CCD 카메라의 위치

전자식 차륜검출센서를 카메라의 촬영위치의 앞쪽에 설치한다. 이 센서에서 차륜이 검출되면 조명용 라이트가 켜지며 카메라가 동작하면서 차륜의 단면형상 및 기준구를 촬영한다. 촬영은 좌우에서 각각 일어나며 차륜이 차륜검지 센서를 통과할 때 마다 위의 동작이 되풀이 된다. CCD 카메라로 입력된 차륜의 영상 데이터는 곧바로 송신선을 통하여 실내의 컴퓨터로 전송된다.

이미지 그레버 보드는 아날로그 이미지를 디지털 이미지로 변환시켜 주는 장치이다. 이것은 이미지의 픽셀 및 주소 정보를 획득하고 각 픽셀의 gray-level을 측정하여 실수값인 gray-level을 정수값으로 바꾸어주며, 이 데이터를 저장한다.

그림 2는 CCD 카메라의 위치와 차륜검출센서의 위치를 알려준다.

2.3 주제어장치 (호스트 컴퓨터)

화상 검출장치와 실내의 PC와의 사이는 BNC 케이블을 이용한 데이터의 전송이 이루어지며, Windows'95 환경의 PC를 사용한다. 실시간으로 차륜화상 데이터를 처리하기 위해서 MMX급의 컴퓨터를 사용한다. PC는 측정의 지시 및 측정결과의 편집 및 차륜화상의 소프트웨어적 처리에 의해 차륜마모를 산출하며, 데이터의 관리 및 저장 등을 처리한다.

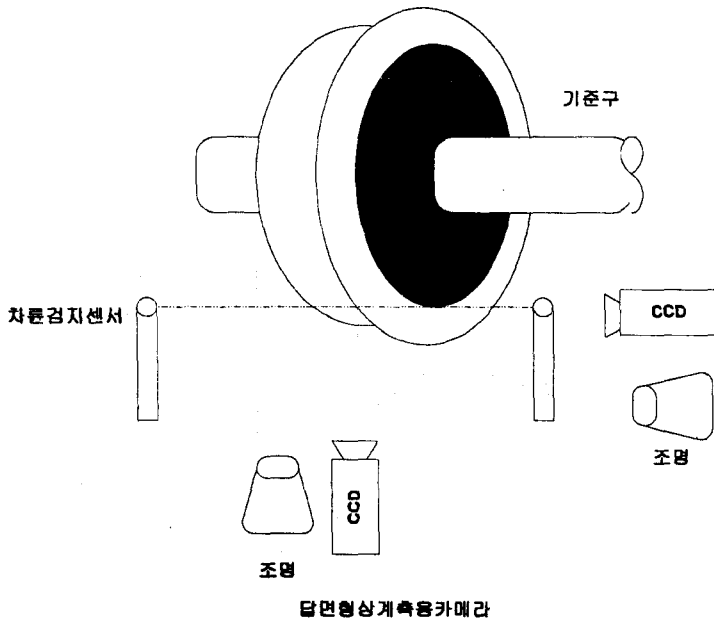


그림 2. 차륜답면형상계측을 위한 카메라의 위치 및 차륜검지센서

2.4 이미지 보드(DT-3152)

DT-3152는 입력된 영상을 고속으로 PC에 전송하는 장치로서 PCI 슬롯에 설치되어 있다. 이것은 NTSC나 가변스캔카메라(Variable Scan Camera)로부터 영상을 입력받을 수 있으며, 실시간으로 입력 데이터를 메모리에 전송할 수 있다. 중요한 기능으로는 Sync Sentinel기능과 외부 트리거, 디지털 출력 기능이 있으므로 각종 기기들을 제어하는 데에 사용된다.

3. 차륜형상 측정

움직이고 있는 열차의 차륜을 CCD 카메라로 촬영하며 데이터를 PC로 수신한다. 중요한 것은 알맞은 조명과 데이터의 전송 중에 발생할 잡음을 최소화하는 것이다. 직접화상촬영법을 사용하여 되는데 이 방식은 광절단법과는 달리 화상표시가 가능하다는 장점이 있다.

2대의 CCD 카메라로 그림 2와 같이 촬영을 한 후 영상을 처리한다.

3.1 차륜형상 및 계측항목

촬영된 차륜의 이미지는 실내의 PC의 DT-3152 Board를 통하여 실시간으로 입력된다. 차륜의 형상 및 계측항목은 그림 3과 같으며, 차륜형상 계측항목 및 정도에 대해서는 표 1과 같다.

촬영한 화상을 화상처리하여 차륜의 답면형상, 기준구 및 프렌지(Flange)를 추출한다. 그리고 좌우 차륜내면의 위치를 화면상으로 계산하여 BG를 산출한다. 차륜형상 이미지로부터 "C"(기준구에서 프렌지 끝까지의 거리)를 산출하며, 차륜내면에서 "B"의 수직선과 답면형상의 교차점을 답면 위치로 하여, 답면 위치에서부터 프렌지 끝까지의 거리 "H"를 산출한다. 차륜경 "D"는 $D=A+2X(C-H)$ 의 공식으로부터 산출된다. 답면 위치로부터 10mm 내려간 위치의 수평선과 답면형상의 교차점과 차륜내면의 수평거리 "F"를 계산해 내고 F와 BG를 이용하여 "E"를 산출한다. $E=F+BG/2$ 의 공식이 적용된다. 마지막으로 θ 및 S가 산출된다.

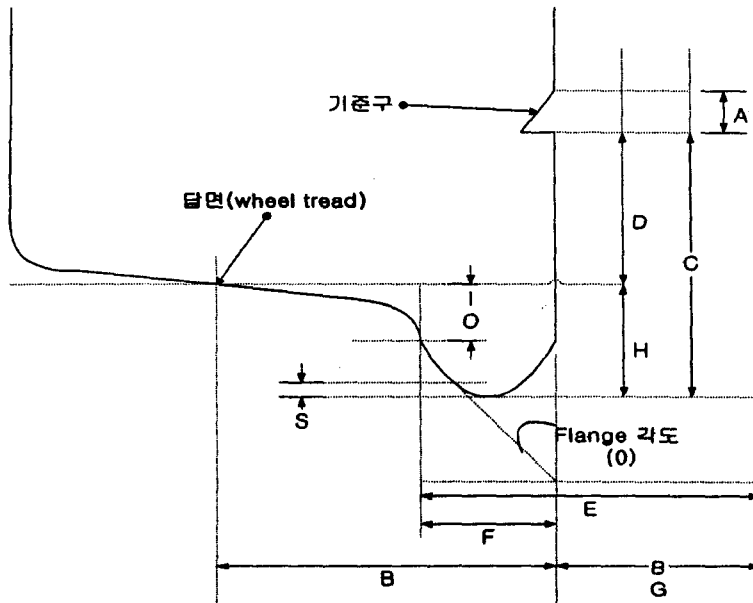


그림 3. 차륜형상 및 계측 대상

표 1. 차륜형상 계측항목 및 정도

차륜항목	기호	정도
차륜경	D	$\pm 0.5\text{mm}$
Bank Gauge	BG	$\pm 1\text{mm}$
Flange 두께	F	$\pm 0.5\text{mm}$
BG/2+F	E	$\pm 1\text{mm}$
Flange 높이	H	$\pm 0.5\text{mm}$
Flange 각도	θ	$\pm 2\text{도}$
Flange 가장자리 치수 (적립 마모한도)	S	$\pm 0.5\text{mm}$

3.2 영상처리 알고리즘

PC로 송신된 영상데이터는 다음과 같은 처리를 통하게 된다.

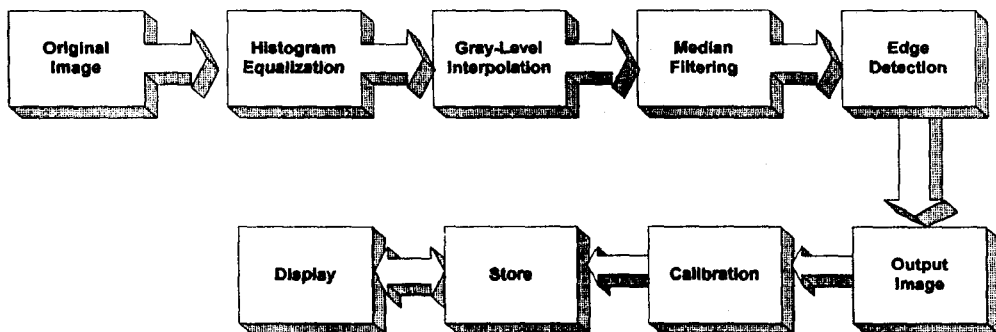


그림 4. 이미지 프로세싱 순서

히스토그램 이퀄라이즈(Histogram Equalization)는 원 이미지는 좋지 못한 밝기(intensity) 분포를 가지고 있게 된다. 이것은 레일 부분의 환경이 좋지 못할 뿐 아니라, 진동이나 먼지 등에 이미지가 많은 영향을 받기 때문이다. 히스토그램 이퀄라이즈는 먼저 입력된 이미지의 히스토그램을 계산한다. 그리고, 히스토그램의 정규화된 합(normalized sum)를 구하고, 출력 이미지로 변환시킴으로 이루어진다. 즉 히스토그램 이퀄라이즈를 통하여 입력된 이미지를 균일(uniform)한 히스토그램을 가진 이미지로 만들게 된다. 아래의 그림 5-b와 그림 6-b는 원이미지의 히스토그램 이퀄라이즈 처리를 가한 출력 이미지이다.

다음으로 그레이 레벨 보간(Gray-Level Interpolation) 처리를 하게 되는데 이것은 히스토그램 이퀄라이즈된 이미지를 확대하여 한 이미지에 들어가는 픽셀의 수를 늘리며 보다 정밀한 이미지로 만든다.

디지털 이미지가 가지는 잡음을 제거하기 위해서, 특별히 Gaussian noise를 제거하기 위해서 저주파 통과 필터링(Lowpass filtering)을 하게 되는데 이것은 윤곽(edge)을 흐리게 하는 역할도 하게 된다. 따라서 좀더 정확하고 세밀한 윤곽을 얻기 위해서 메디언 필터링(median filtering)을 하게 된다. 메디언 필터링은 또한 임펄스 노이즈(impulse noise)를 제거함에 있어서 매우 유용하다.

결과적으로 차륜의 마모정도를 파악하기 위해서는 차륜영상에서 윤곽을 추출해야 한다. 추출 알고리즘으로 Sobel operator를 사용하였다. 이것은 수직 및 수평선보다도 대각선 윤곽(diagonal edge)에 더 민감하다.

이렇게 윤곽추출(edge detection)까지 처리된 영상은 그림 5-c와 그림 6-c 처럼 얻어진다. 얻어진 출력 이미지의 픽셀을 위의 표 1과 같이 계산하여 실제 차륜의 마모정도를 측정하게 된다. 먼저 첫 번째 CCD 카메라로 입력된 영상의 처리된 결과로부터 프렌지의 높이(H)를 계산한 후 프렌지의 가장자리 치수를 계산한다. 계산된 값은 수직마모도(S)가 된다. 다음으로 두 번째 CCD 카메라의 영상의 윤곽검출 결과로부터 프렌지의 두께(F)와 각(θ)를 산출한다



(a) 원 이미지

(b) Histogram equalization처리

(c) Edge Detection 처리

그림 5. 바깥쪽 차륜 영상의 처리



(a) 원 이미지

(b) Histogram equalization 처리

(c) Edge Detection 처리

그림 6. 안쪽 차륜 영상의 처리

3.3 측정프로그램 및 데이터 관리

Visual C++로 작성된 프로그램으로 차륜의 형상을 측정하도록 하였다. 측정데이터는 기본적으로 차량마다 측정이력으로서 표의 형식으로 보존되어야 하며 차륜의 마모예측에 이용된다.

4. 결론

본 논문에서는 차륜담면형상 자동 측정장치의 개발에 따른 기본적 장치와 함께 실질적으로 가장 중요한 차륜영상의 처리과정에 대해서 논하였다. 대부분 컴퓨터를 이용한 소프트웨어적인 처리가 이루어지며, 정확한 처리를 위해 광원과 카메라의 성능 또한 매우 중요하다. 계측을 위한 검출기의 설치장소는 선형의 직선구간이 적합하며 외부 환경에 가능한 영향을 적게 받는 장소를 택해야 한다. 향후 움직이는 열차의 차륜을 실시간으로 영상을 획득하여 처리할 수 있는 시스템이 추가로 요구되며 외부 기온에 따른 방열 대책이나 먼지 등에 따른 방진 대책을 수립하여야 한다.

본 논문은 정확한 점검이 요구되는 차륜의 기계적 마모 정도를 측정하는 시스템을 설계하는 데에 도움이 될 것이며, 사람이 직접 담당해 왔던 차륜담면의 계측을 기계적 시스템을 사용함으로써 인해 안전성 및 비용절감의 효과를 얻을 수 있으며, 정밀도를 높일 수 있음을 보였다.

참고문헌

1. A Simon & Schuster(1996), "Digital Image Processing", Prentice-Hall
2. Rafael C. Gonzalez & Richard E. Woods(1993), "Digital image Processing", Addison-Wesley Publishing Company
3. Chorles petzold(1996), "Programming Windows 95", Microsoft Press. 1996
4. Mark Andrews(1993),"Visual C++ Object-Oriented Programming", SAMS Publishing
5. Data Translation, Inc(1996), "Global Lab Image"
6. Data Translation, Inc(1995), "Frame Grabber SDK"
7. The MathWorks(1996), "C++ Math Library User's Guide",