

이미지 처리기술을 이용한 펜터그래프 섭판 측정장치 개발

Measurement System of Pentagraph Slider with Image Processing

김기택*
Kim, Gi-Taek

임기택**
Lim, Kee-Taek

김봉택***
Kim, Bong-Taek

ABSTRACT

Pentagraphs are used to supply electric power to train via trolley lines. The higher train speed is, the higher voltage and current levels are. Since electric power is supplied with slinding contact, localized abrasion is inevitable. It is difficult and dangerous to measure their shape manually. Measurement system of pentagraph slider with ultrasonic processing has been reported. In this paper, measurement system with image processing is proposed. The system consists of CCD cameras, image grabber board, and PC operated on Windows'95. Image processing algorithms are presented and some results are illustrated.

1. 서론

트롤리선으로 공급되는 고압 대전력을 전동차로 인입시키기 위한 장치인 펜터그래프는 접촉식 이므로 시간이 지남에 따라 접촉에 의한 마모와 트롤리선과 펜터그래프의 접촉부분의 이탈로 인한 아크발생으로 마모가 발생하게 된다. 전동차의 주행시 펜터그래프에서 발생하는 소음으로 인해 펜터그래프의 수를 줄이는 동시에 각 펜터그래프가 수용해야 하는 인입 전력이 증가하면서 펜터그래프의 마모가 심하게 되었다. 이로 인한 펜터그래프 부분마모가 심하면 교체가 필요한 상황이 발생하고 따라서, 펜터그래프의 정밀측정이 요구된다. 하지만 현재의 측정방식을 보면, 트롤리선에 인가된 고압 대전력으로 인해 검사원이 직접 측정하기 어렵고 계속의 정밀도가 떨어지는 결과를 초래하게 된다. 또한 검사원의 측정치 오류와 반복적 정밀측정을 기대하기 어렵다.

영상처리기술은 여러 분야에서 폭넓게 사용되며 특히 패턴인식, 물체측정(Object Measurement) 분야 등에 뛰어난 성능을 보인다. 영상은 매우 정밀하고 정확한 데이터를 제공해주고 있으며 처리 속도가 빠른 카메라와 이미지 처리 보드와 알고리즘의 개발로 머신비전(Machine Vision)의 응용분야가 확대되고 있다.

본 논문에서는 위에 기술된 문제점들을 해결하기 위한 방식으로 현재 개발된 시스템 중 초음파를 사용한 경우와는 다른 방식인 영상처리기술을 적용하였다. 영상처리방식을 이용하여 펜터그래프 마모의 정도를 측정하고 필요한 데이터를 수집하여 분석할 수 있는 머신비전시스템을 개발하였으며, 이 시스템에 대해 기술하려 한다.

* 강원대학교 제어계측공학과 부교수
** 강원대학교 제어계측공학과 석사과정
*** 살림엔지니어링(주) 대표이사

2. 시스템 개요

2.1 CCD(Charge-Coupled Device) 카메라

본 시스템에 적용된 CCD 카메라 2대로 펜터그래프 십판의 측면부와 명면부를 측정하기 위해 설치하였다.

표 1. CCD 카메라 제원

항 목	성 능
화 소	1/2" 41만
최저조도	2 Lux
감도조절	AGC(자동감도기능)내장
S/N 비	50dB
동기신호	외부/ 내부동기 선택기능

2.2 이미지 보드 (DT-3152)

입력된 영상을 고속으로 PC에 전송하는 장치로서 PC의 PCI 슬롯에 설치할 수 있도록 되어 있다. 이 보드의 장점은 PCI 버스를 사용하여 영상을 고속으로 전송할 수 있도록 설계되어 있다는 점이다. DT-3152는 흑백용 PCI 가변스캔 프레임 그래버(Variable Scan Frame Grabber)로서 NTSC 카메라나 가변스캔카메라(Variable Scan Camera)로부터 영상을 입력할 수 있으며, 입력되는 영상 데이터를 실시간으로 시스템 메모리에 빠르게 전송할 수 있다.

표 2. DT-3152 제원

Board	DT-3152
Input Signal	흑백(아날로그)
A/D변환	8 bits, 256 Levels
Channel	1 Active, 4 Muxed
Resolution	Programmable 4096 Pixels/ Line 4096 Lines/ Frame (4M Pixel)
Scaling	1, 1/2, 1/6
I/O	8 Outputs(TTL)
Pixel Acquire Rate	0~20MHz
Video Transfer Rate	85 MBytes/s
O/S 지원	Windows 3.1 Windows 95 Windows NT
Input Signal Type	RS-170, NTSC, CCIR, Variable Scan Interlaced / Non-Interlaced 방식 모든 프레임 그래버에서 External Trigger Input 지원.

2.3 Language Visual C++

현재 시스템의 영상처리 알고리즘을 구현하였으며 영상처리 결과 이미지를 화면에 디스플레이 하는 기능을 구현했다. 사용언어는 Visual C++이다.

2.4 Windows'95를 탑재한 PC

영상처리의 고속화를 위한 MMX 200Mhz의 PC로서 Windows95를 사용하고 결과확인을 위한 화면을 제공한다. 처리된 데이터를 HDD에 저장하도록 구현되어 있다.

3. 시스템의 측정원리

3.1 시스템 동작원리

우선 CCD를 트롤리션의 상단에 수직으로 설치하고 CCD에 연결된 BNC 케이블을 통해 영상이 이미지 그래버 보드를 통해서 PC의 메모리에 고속으로 전송된다. 이때 이미지 그래버 보드에서 동기신호가 송출되며 영상처리 알고리즘을 처리하게 된다. 영상처리하여 얻은 결과를 파일에 저장하고 얻은 결과를 분석하여 펜타그래프를 교체시기를 결정하게 된다. 이 때 마모의 정도와 교체시기를 결정하는 기준 값을 사용자가 설정이 되어 있어야 한다.

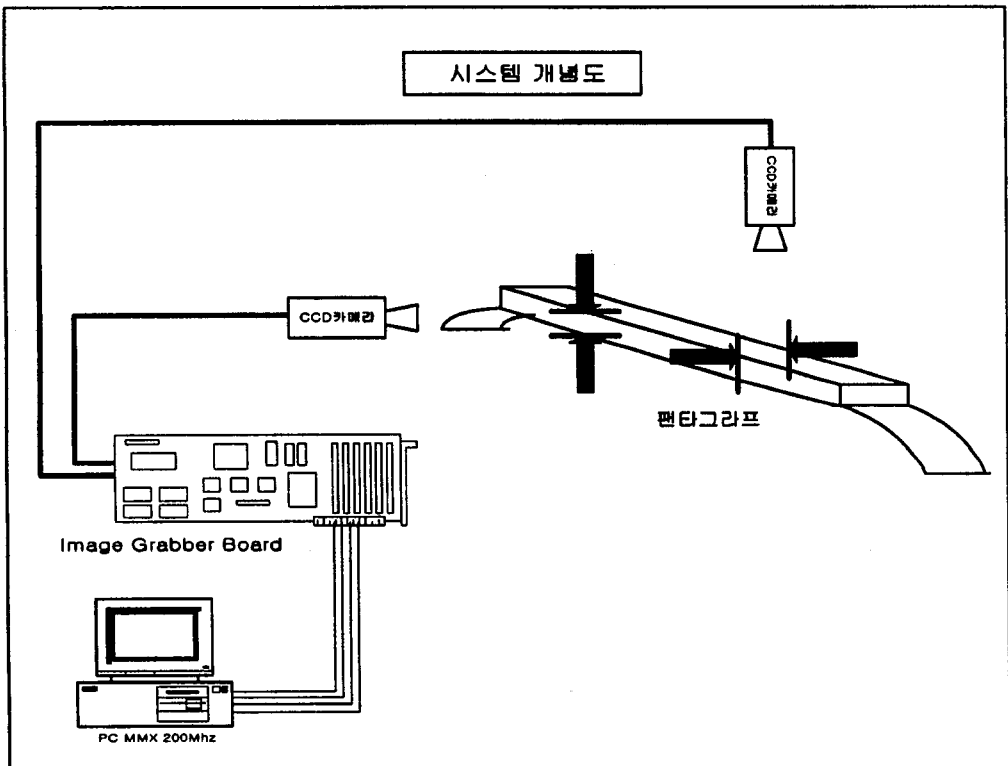


그림 1. 펜타그래프 측정 시스템의 구성 및 개념도

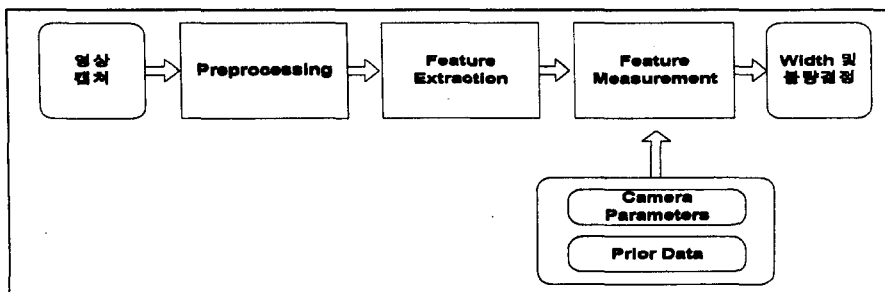


그림 2. 영상처리 순서도

3.2 영상처리 알고리즘 및 영상처리 프로그램

영상처리의 고속화를 위해서 영상처리 알고리즘부분을 PC화면에 영상처리 된 데이터를 디스플레이하는 부분을 제거했다. 본 논문에서는 측정결과를 시각적으로 확인할 필요가 있어 PC화면에 출력했다. 하지만 실제 측정시는 측정결과를 곧바로 파일로 저장할 수 있도록 구현하였다.

3.3 관심영역영상(Region Of Interest)

영상처리 알고리즘은 상당한 시간을 요구한다. 따라서 영상이 캡처된 후에 전체 이미지 중에서 영상처리가 필요한 관심영역(ROI)만을 영상처리하게 된다. 전체 이미지를 모두 영상처리하게 되면 상당한 시간이 요구되며 만족하는 속도를 얻지 못하게 될 수 있다. 따라서 시간절약, 속도향상 등을 꾀할 수 있다.

3.4 잡음 제거(Filtering)

CCD에서 들어오는 영상은 상당히 큰 잡음환경을 통과하게 된다. 고압선에서 발생하는 아크, 전동차의 주행시 진동 등 상당히 큰 잡음들이 영상에 영향을 줄 수 있다. 실제로 영상에서 잡음이 육안으로 식별되지 않지만 주파수 분석을 한 경우 대부분의 경우 상당한 잡음을 확인할 수 있다. 따라서, 잡음에 대한 대책으로 필터링이 필요하며 영상처리 알고리즘 중에 매우 중요한 부분이 된다. 본 논문에서 메디안 필터를 사용하였다.

3.5 밝기 조절(Histogram Equalization)

CCD로부터 얻은 영상이 어두워서 물체의 식별이 어려운 경우 즉 히스토그램이 어두운쪽으로 치우쳐 있게 되는 경우에 전체 이미지에 대해서 GST(Gray-Scale Transform)시킴으로써 영상을 적당한 밝기로 조절한다.

3.6 윤곽추출(Edge Detection)

펜터그래프의 마모정도를 측정하기 위해서 펜터그래프의 윤곽을 추출해야 한다. 추출된 윤곽을 이용하여 거리 측정을 한다. 펜터그래프의 윤곽은 수직 또는 수평의 윤곽이므로 Sobel Operator를 사용하였다.

3.7 Line Fitting (Least Square Method)

이제 원래 영상에서 펜터그래프의 윤곽까지 얻었다. 그러나 윤곽을 이루는 픽셀들을 자세히 보면 완벽한 직선을 이루지 않기 때문에 이를 Line Fitting이 필요하다. 이를 위해서 가상의 완벽한 직선으로부터 각 픽셀들의 거리가 최소가 되게 하는 가상의 직선이 우리가 원하는 라인이 된다. 즉 Line Fitting된 직선을 얻을 수 있다.

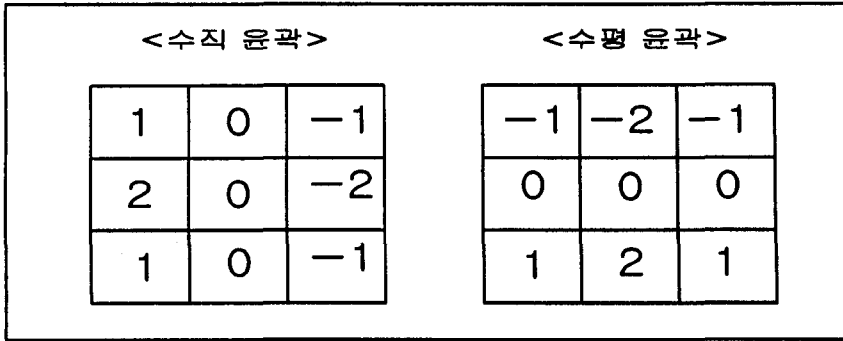


그림 3. Sobel 의 수직 · 수평윤곽 추출 Operator

3.8 측정프로그램

Visual C++로 작성된 펜터그래프 마모측정장치의 프로그램 실행 개념도를 보면 다음과 같다.

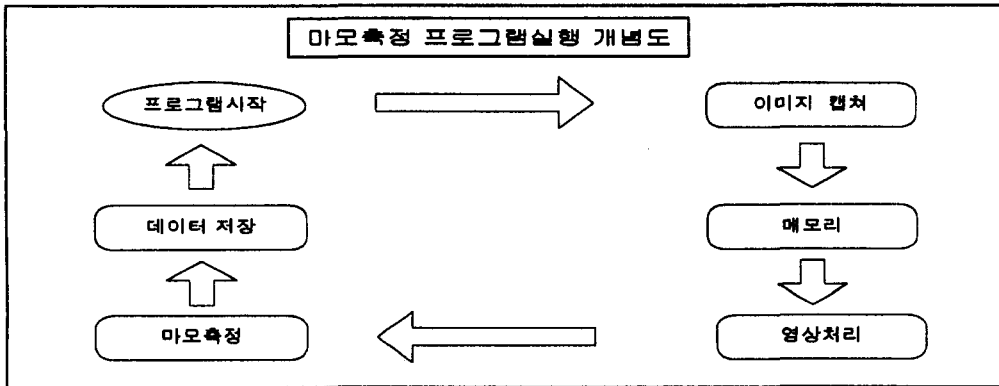


그림 4. 전체시스템과 영상처리 프로그램 수행 개념도

4. 처리결과

실제 CCD에서 들어온 영상은 매우 어두운 이미지이고 이것을 히스토그램 이퀄라이즈 알고리즘을 적용하여 전체적으로 영상의 밝기를 고르게 분포시켰다. 이 영상에서 윤곽추출을 실행하는 과정을 영상을 가지고 확인하도록 하겠다. 다음은 영상처리 프로그램실행 화면을 보여준다. 영상처리 과정중 윤곽추출을 수행한 결과를 보여주고 있다.

아래 그림에서 보면 실제 이미지에 대한 히스토그램 이퀄라이즈를 적용하고 윤곽이 추출된 영상을 보여주고 있다. 이렇게 추출된 영상을 다음과 같은 계산에 의해서 결과치를 얻게 된다. 본 논문에서는 상대적인 계산 방식을 적용한다. 마모되지 않은 펜터그래프의 영상에서 픽셀 개수를 조사한 후 마모가 된 펜터그래프의 비율을 구하게 된다. 이때 마모율(Ratio)은 $0 \leq \text{Ratio} \leq 1$ 이고 Ratio가 0에 가까워야 마모가 거의 없는 상태가 된다. 이때 우리가 펜터그래프를 교체해야 할 정도의 마모가 얼마 이상인가를 설정해 주어야 한다. 그리고 설정치보다 크면 교체시기를 기록하고 교체가 필요가 없는 경우는 기록하지 않도록 하여 파일에 저장할 데이터의 양을 줄이도록 한다. 물론 마모율을 구하기 위해 실제 픽셀 크기가 필요하며 필요한 경우 Subpixel 처리도 하게 된다.

다음으로 중요한 것은 결과에 대한 오차가 허용오차 안에 있는가에 대한 확인을 거쳐서 실험적으로 여러 번 반복에 의해서 데이터를 수집하여 확인이 필요하다.

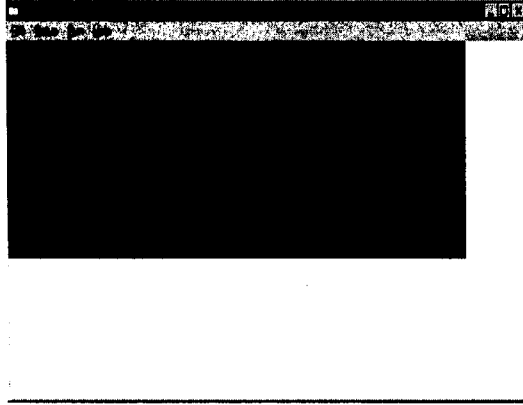


그림 5. 윤곽추출을 수행중인 프로그램 모습

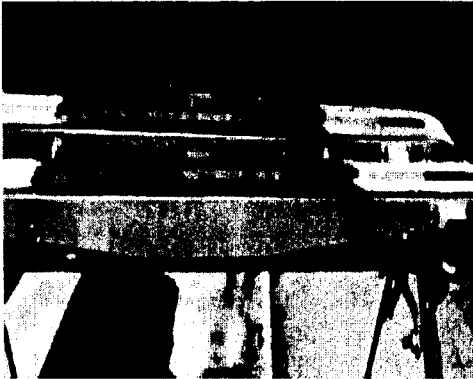


그림 6. 원 영상

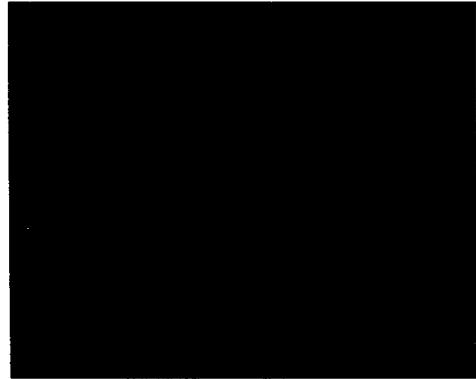


그림 7. 그림 6 에서 윤곽추출된 영상

5. 결론

실제 시스템에서 중요한 조건은 CCD의 성능, PC의 속도, 이미지 보드의 처리능력 그리고 가장 속도 저하의 문제가 될 수 있는 영상처리 알고리즘의 단순화와 고속화를 피하는 것이 가장 중요한 문제다. 그리고 기구적인 문제와 설치상의 문제, CCD 조정, 측정거리 설정 등이 측정오차에 큰 영향을 주게 된다. 실제 전동차에 적용되기 위한 핵심이 되는 시스템은 개발되었으며 실제 기계적인 설치상의 문제, 전동차의 진동에 대한 대책, 기타 외부 환경에 대한 대책들이 연구과제로 남아 있다.

참고문헌

1. Kenneth R. Castleman(1996), "DIGITAL IMAGE PROCESSING", PRENTICE HALL
2. Randy Crane(1997), "A Simplified Approach to Image Processing", PRENTICE HALL
3. Rafael C. Gonzalez, "Digital Image Processing", Addison Wesley
4. Charles Petzold, "Programming Windows 95", Microsoft Press
5. William H. Press, "Numerical Recipes in C", Cambridge University Press