

PC based X-Ray Inspection system 개발에 관한 연구

이기성, 정태원
한국타이어, 충남대학교 전기공학과

A Development of PC based X-Ray Inspection system

LEE KI SEONG, JEONG TAE WOON
HANKOOK TIRE, CHUNGNAM UNIVERSITY

Abstract - X-ray inspection of tires is now feasible and commercially available. The enabling technologies are economical yet powerful computing systems and high-resolution, high-dynamic range X-ray imaging systems customized for tire inspection. The key advantages of reduced inspection labor, highly consistent inspection and yield improvement are now realizable.

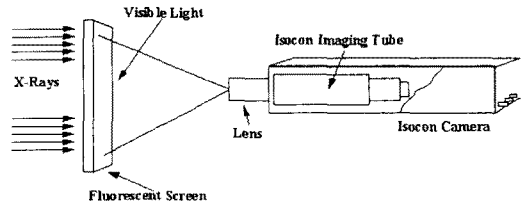


그림 1. 초기 X-Ray 영상 시스템

1. 서론

제조공정에서 제품을 생산하여 품질을 검사하고 판정하는 작업은 생산과정 못지않게 중요한 일이다. 타이어 제조공정에서도 마찬가지로 제품의 품질검사과정을 거치게 되는데 육안예외한 외관검사와 기계설비에 의한 균일성 검사, Balance 검사와 타이어의 내부 구조를 검사하는 X-ray설비가 있다.

본 연구에서는 타이어 내부구조의 결함, 즉 공기인입, 스탬벨트 불균일 분포 또는 이물질 삽입을 검사할수 있는 X-ray test machine을 개발하고자 하였다. X-ray source에서 방사된 방사선을 타이어를 거쳐 detector인 Thomson사의 LDA module (Linear Diode Array)를 통해 타이어의 부분별 밀도에 의해 검출된 X-ray 밀도 영상을 "비표준 rs-422"로 시그널화된 신호를 입력으로 하여 Real time converter를 통해 pci interface에 의한 PC based Image grab system의 메모리로 전송되며 이 image는 grap.merge.resize한 후 frame단위로 들어온 입력을 실시간으로 scroll image를 display할수 있는 시스템을 개발 하였다.

개발의 중점 목표는 기존의 NTSC 신호에 의한 비디오 모니터에 표현하던 방식 대비 보다 해상도가 높고 선명한 화면을 표현하는데 두었다.

따라서 기존 방식 대비 2배이상의 해상도와 면적 대비 4배이상의 범위를 동시에 검사할수 있는 시스템 개발을 추진 하였다.

2. 시스템 구성

2.1 타이어 X-Ray 검사설비

타이어는 수많은 재료의 적층 성형에 의해 만들어지기 때문에 내부 구조물의 균일한 배치 또는 공기나 이물질 삽입등의 제품 불량 요인을 X-Ray에 의해 검사를 한다. 여기서의 X-Ray검사란 모니터에 투영된 타이어 내부구조 화면을 사람의 시각적인 검사에 의존하므로 선명하고 정확한 영상의 제공은 본 설비의 성능을 결정짓는 기준이 된다.

X-Ray 검사장비는 3가지로 나눌수 있다. 첫째 X-Ray 발생원과 Detector 부 그리고 모니터에 투영화상을 표현해 주기까지의 영상처리부로 구성이 된다.

초기 즉 80년대까지의 X-Ray 검사설비는 CCD 카메라를 이용한 단순한 방법이 사용되었다. 그림1의 구성

과 같이 엑스선이 피사체를 투과하여 형광스크린을 발광시키면 반대편에 설치된 CCD카메라와 모니터에 의해 영상을 표현해 주었다. 그러나 당시 CCD기술과 해상도는 그리 만족할만한 수준은 아니었다.

그러나 최근에는 처리속도가 빠르고 성능좋은 컴퓨터의 등장에 따라 영상을 실시간으로 처리하고 고해상도의 처리가 가능하게 되었다.

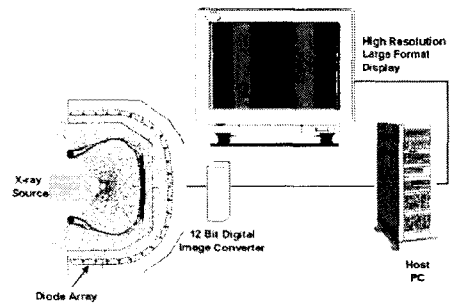


그림 2. X-Ray System 구성도

고해상도의 영상을 얻기위한 시스템은 그림2과 같이 엑스선 Tube에서 방사된 엑스선이 피사체인 타이어의 내부를 통과하여 LDA(Linear Diode Array)에 의해 1024개의 pixel을 256 gray level로 얻어지게 된다. 이 데이터는 라인스캔 카메라와 동일한 형태의 출력신호를 갖게 되므로 타이어의 회전에 따라 취득된 각 라인의 조합에 의해 2차원의 형상상의 구성하게 된다.

따라서 이미지 프로세싱 보드(Frame Grabber)를 이용하여 타이어의 1회전까지의 취득영상을 저장하여 디지털 영상처리를 거쳐 최종적으로 선명한 화면을 제공할수 있다.

2.2 X-Ray 검사설비 구성요소

2.2.1 X-Ray 발생원

X-Ray 발생원인 Tube는 Thomson사의 MCT-160를

사용하였고 anode Voltage 는 30~120kV, Current 는 max.10mA이다. 방사 각도는 35° x 300° 로 파사 체인 타이어를 충분히 투영할수 있는 범위를 갖는다.부 속 장치로 이를 구동하기 위한 고전압 발생기와 냉각장 치가 추가적으로 구성된다.

2.2.1 Linear Diode Array

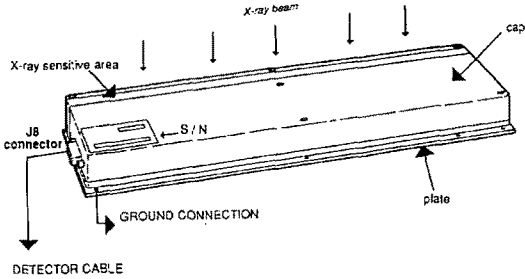


그림3. Linear Diode Array

1024개의 포토 타이오드가 0.45mm간격으로 일직선 으로 배열되어 있으며 길이는 460.8mm가 된다. 각 데 이터는 750kHz의 라인주파수를 가지며 한 개의 라인당 약 1.5ms의 데이터 발생이 가능하다.화면과의 배칭을 위해서 세로폭 768pixel은 283mm의 실제의 타이어 2 차원 배열과 동일하게 된다.이에 따라 타이어회전시 라 인스피드를 결정할수 있다.

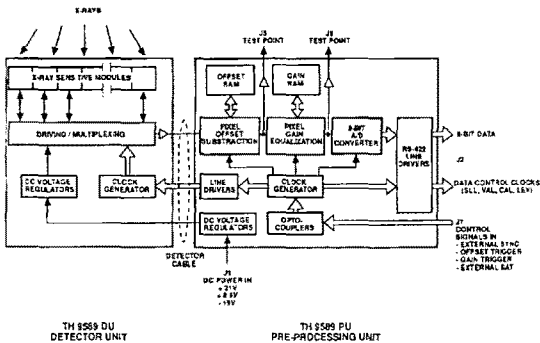


그림4. Detector block diagram

LDA는 데이터의 발생과 변환등을 위한 별도의 프로세 서 유니트와 접속이 되며 여기서는 외부 트리거 신호에 의한 라인데이터 발생 및 외부와의 clock신호를 주고받 게 된다. 여기에서는 외부 트리거 신호는 구형파를 발생 시킬수 있는 function generator를 사용하였다.

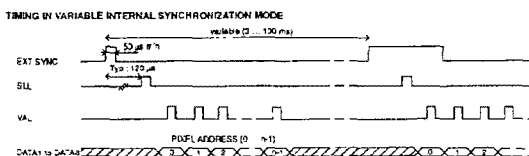


그림5. 프로세서 유니트 Timing Chart.

2.2.3 디지털 영상 처리장치

LDA와 프로세싱 유니트에 의해 디지털 신호로 변환된 데이터를 Matrox사의 디지털 데이터 capture 보드를 통해 수집하여 2차원의 image를 컴퓨터에 저장할수 있 고 디지털 영상처리 기법에 의해 전처리 과정을 거쳐 선 명하고 고해상도의 화면을 제공하도록 하였다. 요즘 기능이 강력해진 컴퓨터는 이 모든 과정을 실시간 으로 구현하는데 충분한 성능을 발휘하였다.

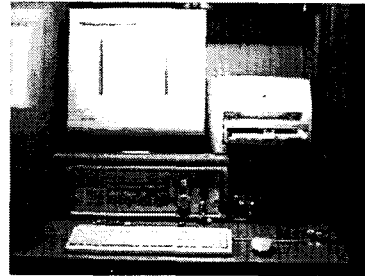


그림6. 디지털 영상 처리시스템

또한 저장된 영상데이터는 프린트는 물론 품질 분석을 위한 비휘발성 자료로 영구적으로 보존할수도 있다.

3. 시스템 시험

X-ray 시스템은 방사성 방출시스템으로 외부로의 누출 을 차단하기 위한 납성분의 차폐막 처리되어 있는 Room 내부에 X-ray Tube와 타이어 그리고 타이어를 구동하기 위한 구동 기구장치가 있고 투영된 화상을 1 개의 line 단위로 입력받는 LDA가 위치하고 있다.

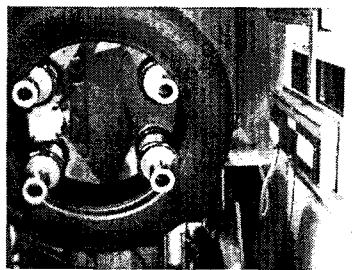


그림7. 기구장치와 가동 준비상태

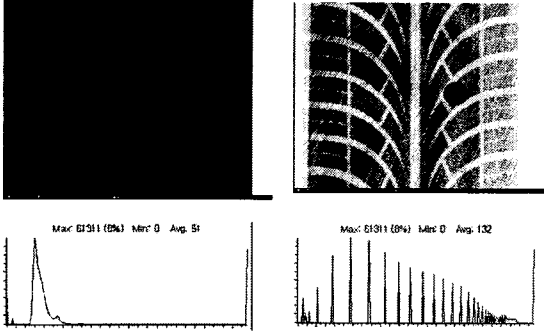
타이어의 회전 선속도는 시각적으로 검사하기 위해 필요 한 시간과 설비 가동률에 따라 적정수준으로 판명된 17M/sec로 구동시켜 타이어 표면에 동전을 부착 외부 트리거 신호의 적정 주파수를 설정하였다.



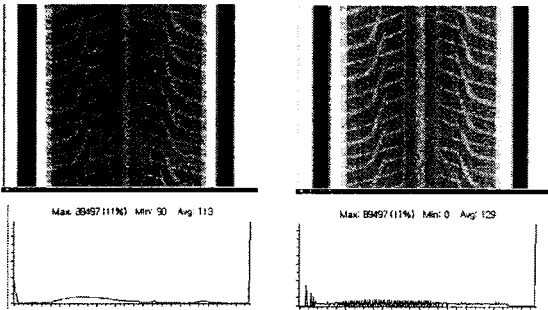
a)200Hz b)375Hz c)600Hz

그림8. 외부 트리거 주파수 변화에 따른 취득영상

라인영상 취득을 위한 외부 트리거 신호의 주파수가 느릴 경우 회전하는 피사체에 부착된 동전이 세로로 좁게 표현되며 반대로 빠를 경우에는 길쭉한 모양으로 영상데이터가 취득된다. 이는 일반 라인스캔 카메라의 원리와 동일한 것이다.



a) 히스토그램 평활화가 필요한 영상



b) 히스토그램 평활화가 필요치 않는 영상

그림9. 히스토그램 평활화 기법에 의한 포인트 처리

취득된 영상의 판별력을 높이기 위한 디지털 영상처리 기법중 히스토그램 평활화(histogram equalization)를 통해 변환하였다. 히스토그램 평활화는 출력영상의 히스토그램 분포가 균등하게 되도록 영상대비를 향상시켜 영상을 개선시킨다. 히스토그램 평활화는 다음과 같은 3단계로 이루어진다.

1. 히스토그램을 생성한다.
2. 히스토그램의 정규화된 합을 계산한다.
3. 입력영상을 변형하여 결과영상을 생성한다.

수식화 하면 구간[0,1]에서 연속적인 그레이 레벨 x 에 대한 변환 $y = T(x)$ 를 정의하고 변환 y 가 균일한 분포를 갖도록 한다. y 에 대한 확률 밀도함수가 $P_y(y) = c$ (c : 상수)를 성립하도록 처리하는 것이다

여기서 $0 \leq x \leq 1$ 에 대해 변환함수는: $0 \leq T(x) \leq 1$ 로 정의되고 역변환 함수인 $T^{-1}(y)$ 가 화소 x 에 대해 변환된 y 에 일대일 대응한다면 y 에 대한 확률밀도함수인

$$p_x(y) = P_y(y) = \left[P_x(x) \frac{dx}{dy} \right]_{x=T^{-1}(y)} \text{가 된다.}$$

히스토그램 균등화를 위해 y 에 대한 확률밀도함수가 구간[0,1]사이에서 균등한 밀도함수 $p_y(y) = 1$ 를 갖는다면 이 식은 누적분포함수를 변환함수로 갖게 된다.

$$y = T(x) = \int_0^x p_x(t) dt$$

여기서 t 는 적분을 위한 가변수이며 디지털 영상처리를 위한 이산함수 형태로 수식화 하면

$$y_k = T(x_k) = \sum_{j=0}^k P_x(x_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$$

히스토그램 평활화는 영상이 어두운 영역에서 세밀한 부분을 가질 경우 효과적으로 수행된다. 히스토그램 평활화는 다른 영상처리를 하기전에 모든영상에 대해서 적용할 수 있으나 이런 처리는 바람직 하지 않다. 왜냐하면 화질이 좋은 영상은 히스토그램 평활화에 의해 질이 나빠질 수 있기 때문이다.

그림9에서 보느냐와 같이 히스토그램이 일정영역에 집중된 영상의 경우 화질개선이 이루어지나 고르게 분포된 영상의 경우는 오히려 화질의 왜곡을 불러올수 있었다.

3. 결 론

본 설비의 개발을 통해 기존의 카메라의 NTSC신호를 모니터에 표시해주는 방식대비 선명한 화질의 취득은 물론 어두운측에 그레이 레벨의 분포가 집중된 영상을 디지털 영상처리에 의해 변환된 영상을 통해 판별력을 높일수 있었다. 또한 시각적인 검사에 의존하던 X-ray 품질 검사를 취득된 디지털 이미지를 가지고도 100%는 아니더라도 일정부분 자동화 시킬수 있는 발판을 마련하였다고 볼수가 있다.

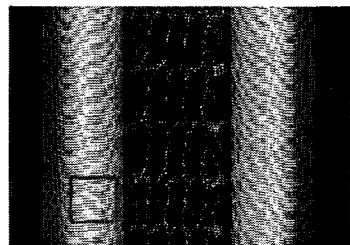


그림10. 불량제품 화면(공기층 형성)

향후 그림10.과 같은 불량요소를 각 부위별 밀도검사등 디지털 영상처리에 의한 자동판별이 어느정도 가능할것으로 기대된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 고성제, "DIPSIM을 이용한 디지털 영상처리" 2002