

LINE SCAN CAMERA와 P.L.C.를 이용한 화상처리 자동화

이기성, 정태원
한국타이어, 충남대학교 전기공학과

FACTORY AUTOMATION USING LINE SCAN CAMERA & P.L.C.

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

Abstract - 자동차용 타이어중 측면에 백색문자가 들어가는 제품은 몰류이송 및 유통과정에서의 오염방지를 위해 수성페인트를 도포한다. 이 작업을 라인스캔 카메라와 P.L.C를 이용하여 문자 위치 및 크기를 인식하여 노즐을 통해 자동 도포하는 설비개발을 목표로 시스템의 설계 및 시운전을 실시하였으며 인식 알고리즘의 개발로 화상인식 정도의 향상 및 PLC제어에 따른 유지보수성을 높일수 있었으며, 설비투자비용 역시 현저히 줄일수 있었다.

국산화 개발을 시도하였고 유사한 성능을 가진 설비를 개발하는데 성공하였지만 안정화 하는데 실패하였다. 이는 유는 환경적 제약조건인 진동과 분진에 의해 카메라에 오염 및 미세 위치 변화등이 발생하였고 이를 조정하기 위해 렌즈청소 및 위치를 재설정 하는 것 등이 제조 현장에서 소화하기 힘들었으며, 또한 상이한 높이 및 외경에 따라 카메라에 의한 인식 오차가 발생하였고 이에 따른 도포위치의 부정확함 때문에 안정화되지 못하였다.

본연구에서는 분진과 진동에 영향을 적게 받으며, 피사체인 타이어의 높이와 외경차에 의한 인식오차를 최소화하며, 유지보수를 위해 최소한의 장치에 의한 시스템 개발을 목표로 하였다.

백색 문자의 위치인식은 LINE SCAN CAMERA를 이용 회전하는 타이어의 문자를 인식케하고 회전각은 회전축에 ROTARY ENCODER를 설치하여 각도를 인식하여 백색 문자의 크기와 위치를 인식 할수 있도록 하였으며 기존의 비전시스템(VISIONSYSTEM)에 구성되는 프레임그래버(FRAME GRABBER), COMPUTER를 본 시스템에서는 사용하지 않았으며 모든 신호처리는 PLC에 의해 전부 처리 하였다.

1. 서 론

타이어 제조공정중 타이어 측면에 백색문자가 들어간 타이어는 일반 흑색 타이어와 달리 별도의 추가 처리공정을 거치게 된다.

돌출된 백색문자부위를 연삭하게 되면 내부의 백색 고무가 나타나게 되어 흰색의 문자를 형성하게 되며, 연삭된 백색 부위는 몰류이송이나 유통중에 쉽게오염이 될수 있다. 이를 방지하기 위해 백색 연마부위를 수성페인트로 도포하며 이 페인트는 자동차에 장착되기까지 유지되며 세차나 빗물에 의해 쉽게 벗겨진다.

2. 본 론

2.1 기존설비의 인식방법 및 발생오차

그림 2의 기존 설비의 주요 구성은 타이어를 이송하는 콘베이어 시스템, 화상 취득을 위한 AREA CAMERA, FRAME GRABBER와 컴퓨터 그리고 인식된 정보에 의해 작업을 수행하는 수평다관절 로봇과 PLC 제어반으로 구성되어 있다.



그림 1. 백색문자 타이어

이 공정은 연마장치 및 페인트 장치등이 가동되기 때문에 분진 및 진동등이 특히 심하다. 수성 페인트 도포를 자동화하기 위한 설비개발을 꾸준히 해왔으나 이러한 환경적 제약조건때문에 번번히 실패할수밖에 없었다.

페인트 도포공정의 자동화를 위해서는 공정특성상 상이한 규격의 타이어들이 불규칙(RANDOM)하게 인입되므로 백색문자의 크기와 위치를 인식하여야 하며, 인식된 정보에 따라 문자의 위치에 페인트분사가 필요하다.

1987년 미국의 RAM사에서 개발한(타이어 회사인 BRIDGE STONE에 납품)설비는 VISION SYSTEM을 응용 AREA CAMERA로 백색 문자의 크기 및 위치 정보를 인식하고 수평다관절 로봇에 페인팅 노즐을 장착하여 백색문자의 위치에 자동으로 페인팅하는 장치가 개발되었다.

이 설비를 사진으로 입수하여 이설비를 모델로 1991년



그림 2. 로봇을 이용한 기존 설비

콘베이어(CONVEYOR)에 의해 인입된 타이어는 정지 스톱퍼(Stopper)에 도달하면 광센서에 의해 감지되어 정지하고 콘베이어 상부에 위치한 카메라를 통해 1개 화면의 화상을 취득한다. 취득된 화상데이터는 컴퓨터를 통해 백색문자의 반경과 위치를 산출하게 되며 제어용 컴퓨터는 페인트 노즐이 부착된 로봇의 툴(TOOL)을 백색문자 위치에 이동하여 작업반경으로 회전하며, 이때

문자가 존재하는곳에만 노즐을 개폐시켜 페인팅을 하게 된다. 그러나 이설비는 타이어의 외경 및 폭의 차에 의한 인식오차를 피할수 없었다.

2.1.1 외경 차이에 의한 인식 오차

그림 3의 외경에 의한 오차발생은 스톱퍼에 의해 정지하는 크기가 다른 타이어의 중심 위치와 카메라의 중심 위치가 일치하지 않음으로서 결과적으로 타원형으로 인식될수 있다.

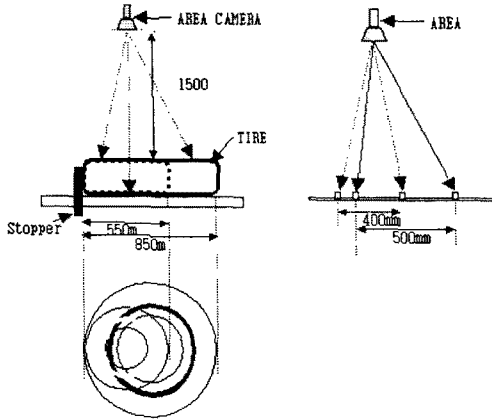


그림 3. 외경차이에 따른 인식오차

카메라의 위치는 타이어 표면으로부터 약 1500mm 상단에 설치되어있으며 외경이 작은타이어의 경우 문자 내경이 약 400mm로 카메라에서의 투사각은 중심을 기준으로 약 7.6도가 되며 타이어의 중심위치가 카메라의 중심위치가 일치하게 카메라 위치가 설치되어 있으므로 오차는 발생하지 않는다. 그러나 외경이 큰타이어의 경우 그림3에 도시된 것과 같이 중심위치가 우측으로 약 100mm가량 카메라의 중심위치와 차이가 발생한다. 따라서 좌측의 인식거리와 우측의 인식거리는 투사각의 차에 따른 오차가 발생하며 실제의 500mm의 크기를 약 493mm로 인식을 하게되어 7mm정도의 오차를 갖게 된다. 이는 외경이 상대적으로 큰 타이어를 기준으로 카메라의 중심을 맞췄을 경우 외경이 작은 타이어에서도 같은 유형의 오차가 발생할 수밖에 없다.

2.1.2 높이 차이에 의한 인식 오차

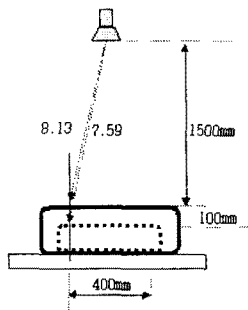


그림 4. 피사체 높이에 따른 인식오차

높이가 약 100mm 차이가 있는 타이어의 경우 카메라에서 타이어까지의 거리가 각각 1,500mm와

1,600mm가 되며 피사각은 각각 8.13도와 7.59도로 문자내경이 같지만 높이만 차이가 있는 타이어는 약 0.54도의 차이가 발생하며 실제 인식차이는 약 14.2mm 정도로 큰오차를 갖게된다.

따라서 이를 해결하기 위한 방법으로 타이어의 높이를 측정하여 높이에 따른 차를 보상하여야할 필요가 있다.

2.2 개발 시스템구성 및 인식방법

2.2.1. 시스템 구성

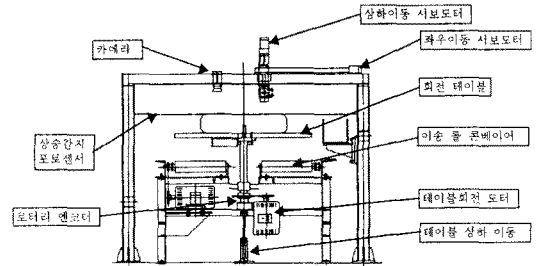


그림 5. 설비 측면도

그림5는 설비 측면도를 나타낸것이다. 콘베이어에 의해 이송된 타이어가 중앙에 도착하면 회전 테이블이 타이어와 함께 상승하며, 상승감지 광센서에 타이어가 감지되면 상승이 정지하게 된다. 이는 폭이 다른 다양한 타이어가 항상 카메라와의 거리가 일정한 위치에 정지하게 되는 것이다.

이때 타이어는 회전하게 되며 백색문자의 거리와 문자의 위치를 카메라와 PLC에 의해 인식하며 인식된 정보를 좌우 이송 서보모터에 전달되어 노즐이 부착된 틀은 반경위치로 노즐을 이송한다.

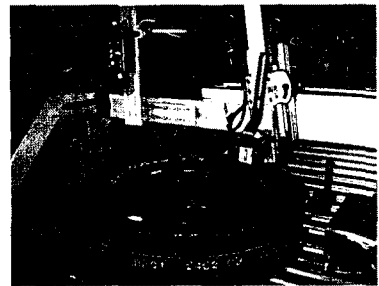


그림 6. 설비 동작 상태

타이어는 고무로 만들어진 제품이므로 회전시 톨과의 거리가 항상 일정하지 않게된다. 따라서 상하 이송 서보모터와 거리감지용 레이저 센서에 의해 회전시 변화되는 거리차를 자동으로 조정하며 항상 일정하게 유지한다. 로터리 엔코더에 의해 타이어의 회전각을 피드백 받아 문자가 있는 위치에 도달했을때 노즐을 개폐하면서 문자 위치에만 페인팅을 할수가 있다

주요 구조는 페인트 틀을 좌우 상하로 이송할수 있는 서보모터에 의해 제어되는 리니어 이송 장치와 콘베이어에 도착한 타이어를 상승시켜주는 실린더장치 그리고 회전을 시켜주는 AC모터가 장착되어 있으며 회전축에는 회전각을 감지할수 있는 로터리 엔코더가 부착되어 있다. 여기에 사용된 카메라(A.B.제품, 2804 SMART LINEAR SENSOR)는 2개의 아나로그 출력 포트를 가지고 있으며 사용자 정의에 의해 출력 형태를 지정할

수 있는 기능을 가지고 있다. 본 실험에서는 그림과 같이 흑색 바탕에 백색이 나타날 경우 백색의 중심까지의 거리를 1번째 채널에 지정하고 백색의 폭을 2번째 채널로 지정하였다.

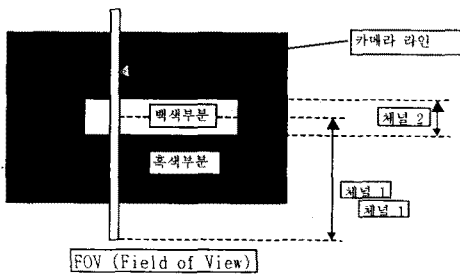


그림 7. 카메라 출력 채널지정

카메라의 응답속도는 약 20ms로 1초에 약 50회의 데이터 갱신속도를 가지고있기 때문에 만족할만한 수량의 데이터 취득이 되지않으므로 타이어의 회전속도가 빠를 경우 출력 파형의 찌그러짐이 예상 되었으며 실험을 통하여 적정속도 산출이 필요 하였다.

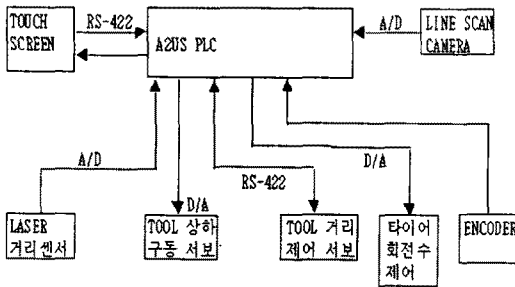


그림 8. 제어장치 BLOCK도

본 개발에 사용된 PLC는 일본 미쯔비전기의 MELSEC PLC를 사용하였고 LINE SCAN 카메라의 아나로그 신호는 PLC의 A/D 컨버터 모듈을 통해 취득하여 백색문자의 크기 및 위치를 산출후 페인트 노즐이 부착된 툴을 서보모터 제어에 의해 정확히 제어하게 된다.

2. 실험

2.2 실험

먼저 백색 문자가 있는 타이어를 회전시켜 카메라로부터 출력파형을 취득하였다. 타이어가 회전함에 따라 백색 문자가 있는 부위에서 상승된 전압이 출력 되었고 그림에서 볼수 있듯이 문자가 위치하는 부위와 없는 부위를 구분할수 있고 파형의 크기에 따라 문자가 위치하는 반경을 측정할수 있다.

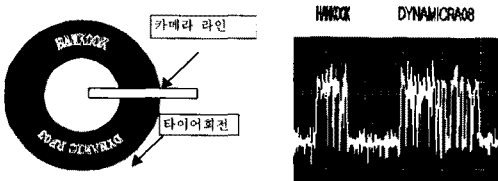


그림 9. 취득 신호 파형

그림 9는 타이어를 한바퀴 회전시킬때 출력되는 문자 거리를 스코프를 통하여 취득한 것이다. 파형에서 문자가 있는 부위만 출력이 상승되어 있음을 알수 있고 또한 문자의 시작과 끝나는 부위를 알수가 있다. 이 데이터를 PLC에서 취득하여 문자의 반경 거리와 시작점 끝점을 산출할 수가 있었다.

본 실험에서 우선 타이어 적정회전속도를 결정해야한다. 속도가 느릴 경우 카메라의 반응속도에 따라 인식정도는 향상될수 있으나 처리시간이 길어질수밖에 없다 따라서 인식정도와 처리시간을 만족할수있는 타이어의 회전속도를 결정해야 한다.

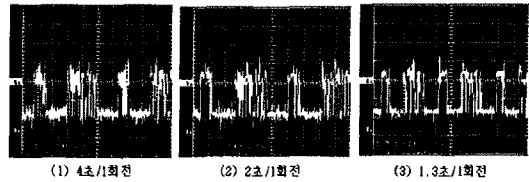


그림 10. 회전속도별 신호 취득 파형

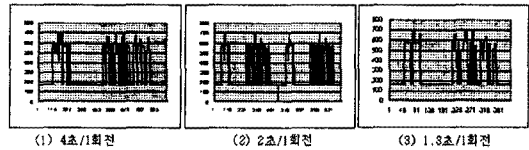


그림 11. PLC의 샘플링 데이터

그림 10은 타이어 회전속도별로 카메라에서 출력되는 신호를 나타낸것이며 그림 11.은 실제 PLC에서 취득한 데이터를 그래프로 도시한 것이다.

회전속도가 4초/1회전 또는 2초/1회전 속도에서는 비교적 일관된 신호를 취득할수 있었으나 회전속도가 빨라진 1.3초/1회전 이상에서는 신호의 찌그러짐이 발생하여 정확한 산출이 어려웠다. 회전속도 변화 테스트에서 알수 있듯이 1회전당 2.0초 이상 빨라질 경우 신호의 신뢰성이 저하됨을 알수 있다. 이는 카메라의 응답속도와 PLC A/D 컨버터에서의 데이터 취득 속도에 직접적인 영향을 받게 된다. 따라서 본 실험에서는 적정 속도로 판단되는 1회전당 2.0초의 회전속도를 실험 조건으로 하였다.

PLC에 의해 취득된 샘플링 데이터를 근거로 문자의 반경을 산출해 내기위한 방법으로 여러가지 방법을 시도하였다. 파형그래프에서 볼수있듯이 문자가 존재 하는곳이 항상 일관성 있는 파형이 나오지 않았고 이는 카메라의 응답성이 데이터를 취득하기 위한 속도보다 늦기 때문이었다. 그러나 타이어의 회전속도를 느리게 하여 비교적 일관성있는 데이터를 얻으려면 설비에서 처리해야하는 시간이 오래 걸리게 되며 이에 따라 소요되는 설비의 수량이 많아지게 되므로 그리 경제적이지 못하다. 따라서 2초/1회전의 속도를 기준으로 하여 문자가 발생하는 구간의 평균을 취하는 방법과 취득된 데이터의 크기별 분포를 이용 문자반경을 산출하는 방법등을 실험 하였다.

방법1)

신호의 크기가 10(위그래프상의 수치이므로 실제와는 다름)이상일때부터 일정 구간(약 50회 샘플링)의 평균을 구하는 방법으로 테스트 하였다.

$$D = \Sigma(1회 \sim 50회) / 50$$

그러나 출력 크기가 10이상 50이하 사이의 필요없는 성분까지 포함 계산 되므로 인해 오차가 15mm 이상 발생하여 적용이 불가능 하였다.

방법2)

방법1)에 의해 측정된 평균치를 근거로 상한, 하한을 설정하여 다음 스캔에서 범위내에 들어오는 데이터만 취득하여 평균을 내는 방법.

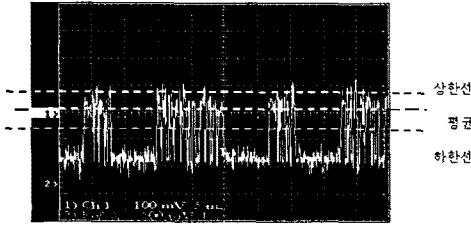


그림 12. 상하한 범위내 평균치 산출

방법1)에서의 오차가 15mm 이상 발생하고 있어 상한과 하한선도 측정할때마다 동일수치만큼 오차를 가지고 있다. 따라서 설정 범위이내의 취득데이터 평균도 다소 오차는 줄었지만 5mm 정도의 오차를 가지고 있었다.

방법3)

타이어 1회전시 2차례의 백색부위가 검출된다. 이중 1개의 구간을 샘플링 구간으로 정하고 취득되어지는 데이터의 크기를 인덱스 레지스터를 이용 저장한다.

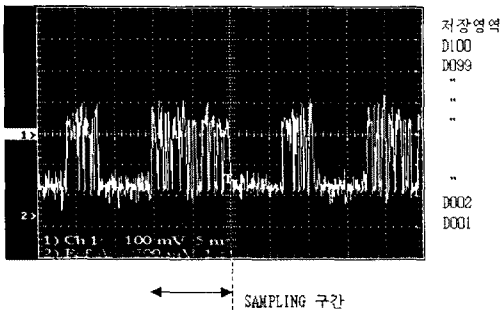


그림 13. 샘플링 구간

즉 샘플링 데이터의 크기가 레지스터 번지가 되도록 하며 레지스터 값을 매 샘플링때마다 가산한다.

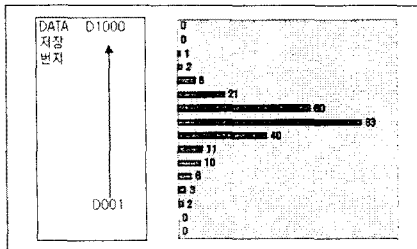


그림 14. 데이터 저장 레지스터

샘플링이 종료되면 취득된 신호는 저장영역 001에서 100사이에 샘플링된 크기별로 가산되어 저장되어 있다. 각 레지스터 저장된 값중 제일 큰값에 해당되는 번지를 구한다. 이는 샘플링되는 크기값의 빈도수가 제일 많았던것에 해당되며 이 크기를 측정데이터로 취한다.

그림 14의 가산 DATA중 제일 큰 값은 83이고 이에 해당되는 DATA의 번지를 D021이라 하면 여기서의

평균치는 21이 된다. 그리고 제일큰값의 전과 후의 DATA 크기가 60과 40으로 무시하기에는 각자 않는 값이므로 다음과 같이 계산한다.

- 20일때의 크기 40 x 20 = 800
 - 21일때의 크기 83 x 21 = 1743
 - 22일때의 크기 60 x 22 = 1320
- 총합은 3863

거리 DATA = 3863 / (40 + 83 + 60) = 21.10928962

따라서 구하고자 하는 거리 DATA는 21.109가 된다. 이를 환산 Factor를 곱하여 실제 거리를 환산한다.

실험결과 데이터의 평균값을 산출하는 방법은 오차커서 실제로 활용하기 어려웠고 샘플링 데이터를 크기별로 저장영역에 저장후 큰값을 취하는 분포에 의한 방법이 오차 1mm 이내의 정밀도를 가질수 있었으며 이오차 또한 기계적 오차에 의한 요인과 복합되어 나타났다.

이에 따라 두가지 방법에 의한 10회의 반복실험을 하여 표 1.에서 볼수 있듯이 평균치 산출에 의한 방법은 8mm정도의 오차를 발생하였으나 분포에 의한 방법은 오차를 발생하지 않았다.

측정횟수	평균치 산출 방법			분포에 의한 방법	비고
	누적합계	누적횟수	평균		
1	7779	118	66	68	2가지 방법에 측정된 결과임
2	5868	88	66	68	
3	4580	75	60	68	
4	5380	84	64	68	
5	6596	96	68	68	
6	4747	77	61	68	
7	8117	127	63	68	
8	5375	83	64	68	
9	6752	106	63	68	
10	7192	114	63	68	
평균	6236.3	96.8	63.7	68	
MIN	4580	75	60	68	
MAX	8117	127	68	68	
MAX-MIN	3537	52	8	0	
표준편차	1241	18.4	2.3	0	

표 1. 10회 반복정도 테스트결과

위 실험결과에 따라 설비의 문자 변경 산출방식을 분포에 의한 산출 방식으로 설정하여 시험가동을 하였고 오 인식에 의한 비정상적인 설비 동작이 발견되지 않아서 안정화 단계에 접어 들어가고 있다

3. 결 론

본 실험을 통해 자동화에 어려움을 겪었던 타이어 제조공정의 백색문자 오염방지 페인팅 공정을 자동화 할수 있었다. 기존에 시도하였던 방법보다 보다 신뢰성 있는 인식정도와 반복신뢰도를 확인할수 있었으며, 기존의 프레임그래버와 화상처리 컴퓨터에 의존하던 인식방법을 PLC에 의해 간단히 구현 함으로서 시스템 구성을 획기적으로 단순화 할수 있었으며 따라서 제작단가 역시 현저히 줄일수 있었다.

또한 제조현장의 열악한 보전기술력에도 불구하고 PLC 프로그램이 일반화 되어 누구나 다룰수 있음을 감안 모든 제어 프로그램을 PLC를 이용 구현함으로써 유지보수성을 높일수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] 해당 없음.