

---

# 적외선 센서 배열을 이용한 콘베이어 벨트 사행 감지 장치에 관한 연구( I )

- 지능형 콘베이어 벨트 손상 검출 시스템 개발 -

정양희\*, 김이곤\*, 배영철\*, 김경민\*, 유일현\*\*, 이보희\*\*\*, 강성준\*\*\*\*

## A Study on the Meandering Detection system of Conveyer Belt by Infrared Sensor Array( I )

- Development of Intelligent Conveyer Belt Defect Detection system -

Yang-Hee Joung, Yi-Gon Kim, Young-Chul Bae, Kyoung-Min Kim,  
Il-Hyun You, Bo-Hee Lee, Seong-Jun Kang

### 요 약

본 연구에서는 제철소의 원료운송라인의 가장 핵심인 콘베이어 벨트의 사행을 신뢰성 있게 감지할 수 있는 콘베이어 벨트 사행 감지장치를 개발하는 것이다. 원료생산 라인은 먼지 및 습도 진동 등, 외부에 완전히 노출되어 있어 계측 환경이 대단히 열악하므로 기존의 감지방식은 신뢰성을 갖기가 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 가격이 저렴하고 열악한 환경에서도 잘 동작할 수 있는 적외선 센서어레이와 원칩 마이크로프로세서를 이용한 적외선 사행감지 시스템을 개발하였으며, 실험을 통해 동작의 신뢰성을 확인하였다.

### Abstract

This paper presents development of meander monitoring system base reliable detection at conveyer belt

---

\* 여수대학교 전기공학과 조교수

\*\* 세명대학교 컴퓨터응용과학과 조교수

\*\*\* 세명대학교 전기공학과 조교수

\*\*\*\* 여수대학교 반도체·응용물리학과 전임강사

접수일자 : 1999년 11월 18일

used for materials transport line of steel company. Conventional detection method is losed the confidence, because of the place with bad surroundings of measurement so much that materials production line are completely exposed to dust, moisture and vibration. For the solution of this problem, we developed infrared meander detection system using the infrared sensor array and one chip microprocessor which is available for bad surroundings and inexpensive. The reliability of the system was estimated by experiment.

### I. 서 론

오늘날 산업 설비의 운전과 감시 형태가 점차 무인화 및 자동화의 추세로 진행됨에 따라 이들 중요 설비의 신뢰성 있고 안정성 있는 동작 유지를 위한 관심이 매우 높아지고 있다. 또한 시스템 운전중의 미세 결함이나 손상은 대형사고의 유발 가능성과 함께 장치의 효율성과 생산성 감소라는 경제적 측면에서 그 손실이 상당히 크기 때문에 최근 설비의 안정적 운전 및 손상을 조기에 발견하고 대처함으로써 적절한 부품 교체 및 보수 유지가 이루어질 수 있도록 하는 노력들이 이루어지고 있다.

산업 설비 중에서 제철소 생산공정의 원료 운송 설비인 콘베이어 벨트의 손상은 복구를 위한 경제적 손실과 많은 시간이 소요된다. 그러나 제철소 생산라인의 경우 원료의 특성 때문에 동작환경이 매우 열악하여 신뢰성 있는 벨트의 손상정도를 검출하기 위한 전자계측기의 개발이 많지 않은 실정이다. 따라서 이러한 열악한 환경에서도 신뢰성 높은 동작이 가능한 콘베이어 벨트의 손상을 검출하는 계측기의 개발이 필요하다.

콘베이어 벨트 손상은 원료 속에 포함된 철편에 의한 표면 손상과 벨트의 사행, 즉 벨트가 한쪽으로 치우쳐 진행됨에 따른 측면 손상으로 크게 분류되고 있다. 이와 같은 손상에 대한 대책으로 철편 분리기 및 사행시 가이드를 설치하는 방식이 채택되고 있으나 이는 손상 조기 감지장치로는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서 최종적으로는 전술한 2가지의 손상을 조기 검출하는 시스템 개발에 목적을 두고 있으나 본 논문에서는 우선 벨트의 사행에 의한 손상을 조기에 감지하여 사전에 사고의 영향을 최소화할 수 있는 사행 감시 시스템을 개발하

고자 한다[1-4].

### II. 감시장치의 개발과 실험 방법

#### 2.1 감시 장치의 설계

본 실험에 사용되어진 장치는 콘베이어 벨트의 사행(meandering)을 초기 단계에 신뢰성 있게 검출하여 콘베이어 벨트 라인의 정지 및 경고 신호, 연계된 시스템의 제어신호를 제공하기위한 시스템을 설계한다. 이 시스템은 신호 취득부와 처리부로 크게 구분되어 질 수 있다. 시스템 구성의 개략도는 그림 1과 같다.

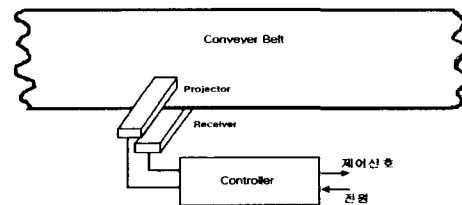


그림 1. 시스템 개략도

Fig. 1 Block diagram of system

그림 1에서와 같이 신호취득부는 발광부와 수광부로 구성되어 있으며 이들은 가격이 저렴하고 열악한 환경에서도 비교적 잘 동작하는 적외선 센서를 이용하였다. 또한 외부에 노출되어 가동되고 있는 콘베이어 벨트의 경우 태양광등 여러 가지의 고주파 잡음을 제거하기 위하여 발광주파수를 250Hz로 하였고, 수광부 감쇠를 감안하여 저주파 필터의  $f_c$ 를 350Hz로 설정하였다. 발광부에서는 고정주파수 발진기와 발광부로 구성되며 발진은 수정발진기를 이용하였으며, 발광부에서 사용된 발광소자는 OLD122, 수광부는 포토 TR(PT510)와

741 증폭기로 구성된 센싱부분과 LPF(저주파 필터)와 RMS소자로 구성된 신호변환부와 제어신호를 발생하는 신호처리부로 구성되었다[5-8]. 또한 미세의 벨트 사행에도 민감하게 반응 할 수 있도록 센서부에 각각의 센서 간격을 1cm로한 1열 어레이로 배열하였으며, 외부 태양광에도 영향을 받지 않도록 가공된 특정주파수의 광신호를 이용하므로써 발광부에서 발생시킨 광신호 이외에는 영향을 받지 않도록 설계하였다[9]. 신호 취득부의 구성은 그림 2와 같다.

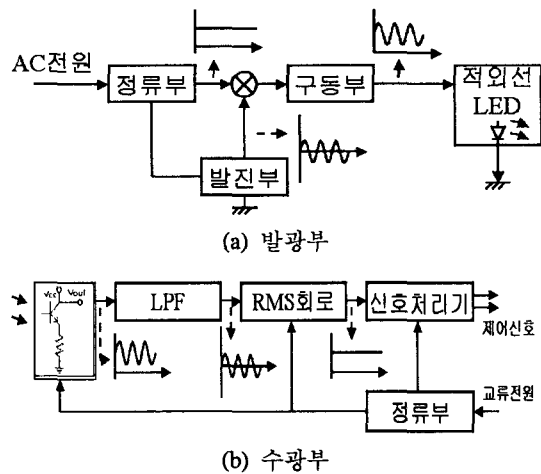


그림 2. 감지시스템의 동작 구성도  
Fig. 2 Movement configuration of detect system

수광부를 거친 아날로그 신호는 마이크로프로세서(80196)에 입력되어 신호 처리부의 공정제어 시스템 프로그램에서 제어신호를 발생하도록 설계하였다. 또한 사행의 정도에 따른 전압값의 변동 폭이 허용 한계를 넘으면 벨트 구동이 중단됨과 동시에 경고신호를 전송할 수 있도록 프로그램화 하였다.

## 2.2 실험방법

콘베이어 벨트의 사행을 감지하기 위하여 발광부와 수광부를 한조로 하는 2쌍의 신호취득부를 벨트의 양 끝단에 설치하였으며, 수광부 및 발광부 사이의 거리는 60cm로 하였다. 2쌍의 발광부에 동

일한 전압을 인가하기 위하여 2 채널 regulated DC power supply system을 적용하였고 공급 전원은 9볼트로 하였다. 또한 수광부에서의 잡음에 따른 전압 변동폭을 고려하여 filter를 사용하여 잡음을 제거하였다. 이와같은 실험 구성도를 그림 3에 나타내었다. 콘베이어 벨트폭이 다양하게 있어 1쌍의 신호취득부를 구성하는 것은 벨트폭에 따라 기준 설정치를 가변해야하는 불편함이 예상되어 2쌍의 신호취득부를 구성한 것이다. 이 경우 벨트폭의 변화에 관계없이 두쌍에서의 전압값의 편차로 사행을 신뢰성 있게 예측할 것으로 판단된다. 다음으로 벨트 변동폭에 따른 취득 신호의 변화를 확인하기 위하여 먼저 벨트의 위치를 2쌍의 신호취득부 중앙에 위치하도록 하였고, 이때 각 쌍의 수광부 전압값을 기준으로 하여 벨트를 사행시켰을때 2쌍에서 취득된 전압 변동을 확인하였다. 이들로부터 얻어진 전압 변동 폭을 신호 처리부의 공정제어 시스템에 적용하여 4cm이상의 사행이 되었을 때 콘베이어 벨트 구동 중단 및 경고 신호를 발생시킬수 있도록 구성하였다.

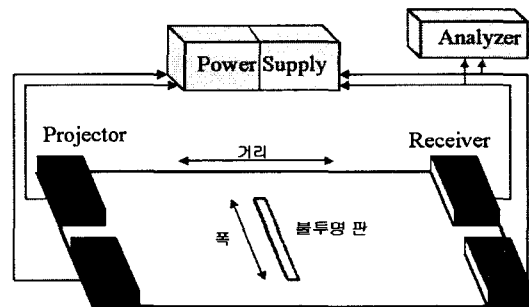


그림 3. 실험 구성도  
Fig. 3 Configuration of experiment

따라서 신호취득부의 센서 배열에 따른 신뢰성을 확인하기 위해 불투명판을 이용하여 판의 변동폭에 해당하는 전압의 변동이 일정한지를 평가하였고, 발광부와 수광부의 거리변화에 따른 전압의 변화를 실험하여 개발된 계측시스템의 성능을 평가하였다. 또한 자연광으로 인한 취득신호의 영향을 평가하였다. 자연광의 영향 실험에서는 태양광을 직접 조사하여 실험하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

2 쌍의 신호취득부 신뢰성을 확인하기 위하여 각쌍의 발광부와 수광부 사이에서 판의 변동폭에 대한 전압의 변화를 측정하여 전압값과 변동폭의 관계를 그림 4에 나타내었다.

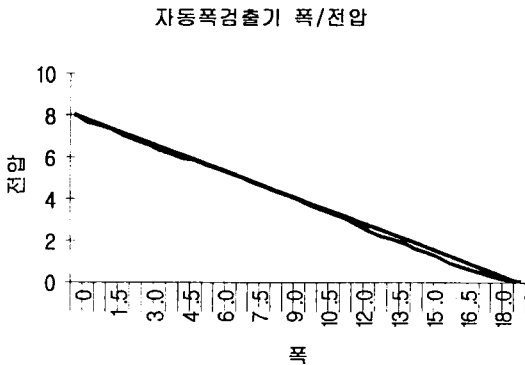


그림 4. 검출폭과 전압  
Fig. 4 Relation of detection width and voltage

그림 4에서 보듯이와 같이 사행 변동의 증가에 따라 전압 변동 편차가 1cm의 사행시 약 0.4 - 0.5 볼트의 전압 변동이 선형적으로 일정하게 증가되는 것으로 보아 2쌍의 신호취득 시스템에 대한 신뢰성을 확인 할 수 있었다. 또한 생산 라인에의 적용에 있어 여러 가지 형태의 콘베이어 벨트 시스템이 있으므로 발광부와 수광부 사이의 거리에 따른 전압과 전압 변동폭을 측정된 결과를 그림 5에 나타내었다.

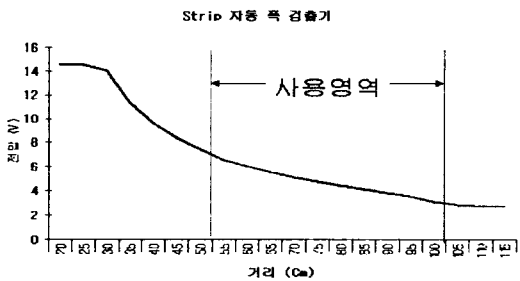
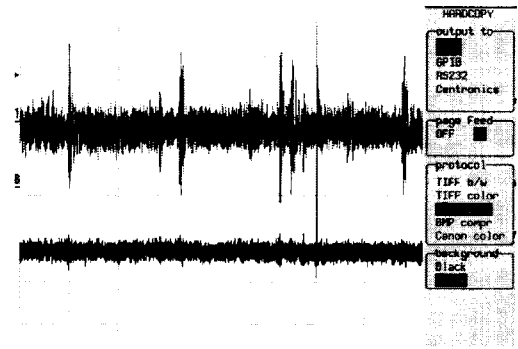
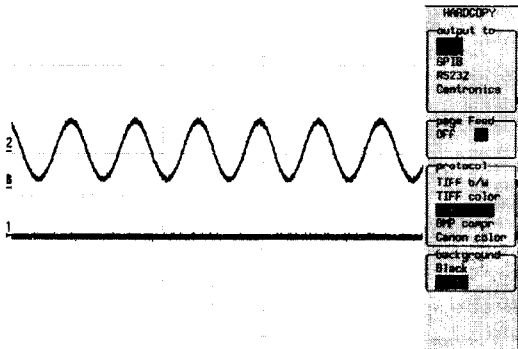


그림 5. 발광부와 수광부거리에 따른 전압 변화  
Fig. 5 Voltage variation as a function of emitter to receiver length

그림 5에서 보듯이와 같이 50cm~100cm 간격까지는 급격한 변화가 없이 거의 선형적으로 변화함을 관측할 수 있다. 따라서 이 구간에서 계측시스템에 사용된 적외선 센서의 동작이 신뢰성 있는 구간으로 사료된다.



a) 발진주파수를 이용하지 않은 경우



b) 발진주파수를 이용한 경우

그림 6. 태양광에 의한 스펙트럼  
Fig. 6 Spectrum due to sun's light

태양광등 외부에서 발생하는 광에 의한 영향을 줄이기 위하여 특정 주파수를 이용한 적외선 광을 이용하였다. 그림 6의 a)와 같이 태양광을 주사한 경우 약 1.5V 정도의 전압 상승을 유발하여 영향이 절대적임을 알 수 있었으나, 250HZ의 주파수의 적외선광을 이용하여 측정된 경우 겨우 0.01~0.02V 정도로 거의 영향을 미치지 않음을 관찰 할 수 있었다. 단, RMS회로와 발진회로를 추가해야하는 비용추가 요인만을 고려하게 된다.

마지막으로 실용성 실험에서 4cm 이상의 사형시 전압 변동 편차에 해당되는 약 2volt이상에서의 추가된 경보 전송 램프의 작동은 정상적으로 이루어졌으며, 전압 변동 편차가 2volt이상시 콘베이어 벨트의 구동 중단신호로 실험한 결과 유용성을 입증할 수 있었다.

#### IV. 결론

적외선 센서를 이용한 본 시스템은 자연광의 조사에서도 신뢰성 있는 동작을 확인하였다. 따라서 열악한 환경에서도 콘베이어 벨트의 사형(Meandering)에 의한 벨트의 손상을 조기에 검출하는 수단으로 제시 하였다. 또한 마이크로프로세서를 이용하여 손상 검출 경보를 작업자에게 다양한 형태로 원활히 전송함으로써 제철소의 원료 운송수단인 콘베이어 벨트 자동화 생산공정에서 안정성과 신뢰성을 개선, 구축할 수 있도록 하는데 필요한 요소기술로 적용될 수 있음을 확인 할 수 있었다. 따라서 본 연구는 콘베이어 벨트의 신뢰성 확보에 따른 설비관리 효율화 및 정비성, 생산성 향상등의 부가적인 기대효과를 나타낼 수 있을 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부, 한국과학재단지정 여수대학교 설비자동화 및 정보시스템 연구개발 센터에 의해 지원되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] J. Peters, P. Vanherck, and M. Sastrodinoto, "Assessment of surface topology analysis techniques," *Annals CIRP*, vol. 28, No. 2, pp.539-554, 1979.
- [2] I. Sherring and H. Smith, "The significance of surface topography in engineering," *Precision Eng.*, vol. 8, No. 2, pp.79-87, 1986.
- [3] E. G. Thwaite, "Measurement and control of surface finish in manufacture," *Precision Eng.*, vol. 6, No. 4, pp. 207-217, 1988.

- [4] T. V. Vorburger and E. C. Teague, "Optical techniques for on-line measurement of topography," *Precision Eng.*, vol. 3, No. 2, pp.61-88, 1981.
- [5] K. D. Donohue and H. Y. Cheah, "Spectral correlation filters for flaw detection," *Proc. of IEEE Ultrason. Symp.*, 1995.
- [6] O. Rioul and M. Vetterli, "Wavelets and Signal Processing," *IEEE Trans. Signal Processing*, pp.14-38, 1991.
- [7] F. Bao, N. Erdol, and Z. Chen, "Scale-transform filtering for wideband correlated noise attenuation," *Proc. SPIE*, vol. 2491, pp.652-660, 1995.
- [8] E. Ferrar, "Fast implementation of LMS adaptive filter," *IEEE Acoust. Speech Signal Process.*, vol. 28, 1980.
- [9] A. M. Flynn, "Combining sonar and Infrared sensors for mobile robot navigation," *Int. Jour. of Robotics Research*, vol. 7, No. 6, pp.5-14, 1988.

#### 정 양 희(Yang-Hee Joung)

1983년 2월 단국대학교 응용물리학과 졸업(공학사)  
 1985년 8월 인하대학교 응용물리학과 졸업(공학석사)  
 1993년 8월 인하대학교 전자재료공학과 졸업(공학박사)

1988-1995 LG반도체 선임연구원

현재 여수대학교 전기공학과 조교수

\*관심분야 : VLSI 공정 및 반도체 물성

#### 김 이 곤(Yi-Gon Kim)

1992년 일본동경공대 객원 연구원

1993년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

1995-현재 여수대학교 전기공학과 조교수

관심분야 : 퍼지 및 신경망, 웨이브렛



**배 영 철(Young-Chul Bae)**  
1984년 2월 광운대학교 전기공  
학과 졸업  
1997년 2월 광운대학교 대학원  
전기공학과 졸업(공  
학박사)

1986-1991 한국전력공사  
1991-1997 산업기술정보원 책임연구원  
현재 여수대학교 전기공학과 조교수  
관심분야 : 퍼지 및 신경망, 카오스 동기화

**김 경 민(Kyoung-Min Kim)**  
고려대학교 전기공학과 졸업(공학사)  
고려대학교 전기공학과 졸업(공학석사)  
고려대학교 전기공학과 졸업(공학박사)  
1997-현재 여수대학교 전기공학과 조교수  
관심분야 : 컴퓨터 비전, 패턴인식

**유 일 현(II-Hyun You)**  
1979년 2월 인하대학교 응용물리학과 졸업(공학사)  
1982년 2월 인하대학교 응용물리학과 졸업(공학석사)  
1991년 2월 인하대학교 응용물리학과 졸업(공학박사)  
현재 세명대학교 컴퓨터응용과학과 조교수

**이 보 희(Bo-Hee Lee)**  
1985년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1992년 8월 인하대학교 기계공학과 졸업(공학석사)  
1996년 8월 인하대학교 기계공학과 졸업(공학박사)  
현재 세명대학교 전기공학과 조교수

**강 성 준(Seong-Jun Kang)**  
1989년 2월 인하대학교 응용물리학과 졸업(공학사)  
1994년 8월 인하대학교 전자재료공학과 졸업(공학  
석사)  
1999년 2월 인하대학교 전자재료공학과 졸업(공학  
박사)  
현재 여수대학교 반도체.응용물리학과 전임강사  
관심분야 : VLSI materials, 강유전체 박막