AE센서를 이용한 콘베이어 벨트 이물질 감지 장치에 관한 연구(Ⅲ)

- 지능형 콘베이어 벨트 손상 검출 시스템 개발 -

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

A Study on a different Substance Detection system of Conveyer Belt by AE Sensor(Ⅲ)

- 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

Abstract

This paper presents development of a different substance monitoring system base reliable detection between the conveyer belt and hopper used for materials transport line of steel company. Conventional detection method of a piece of iron separation system 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 a different substance detection system using the acoustic emittion sensor and one chip microprocessor which is available for bad surroundings and inexpensive. The reliability of the system was estimated by experiment.

* 여수대학교 전기공학과
** 세명대학교 물리학과
*** 세명대학교 전기공학과
**** 여수대학교 반도체,응용물리학과

1. 서 론

오늘날 산업 설비의 운전과 감시형태가 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 철편등과 같은 이물질에 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 각각 채택되고 있으나 이는 손상 조기 감지장치로는 미흡한 실정이다.

이와같은 문제를 해결하기 위하여 1차적으로 벨트의 사행에 의한 손상을 감지하는 시스템으로는 적외선 센서 배열을 이용한 감지 장치를 개발하고 그 신뢰성에 대한 연구 결과를 보고한바 있다[1]. 따라서 본 연구에서 전술한 2가지의 손상중 원료 속에 포함된 이물에 의해 발생되는 콘베이어 벨트의 손상을 조기에 감지하여 사전에 사고의 영향을 최소화할 수 있는 이물 감지 시스템을 개발하고자 한다[2-4].

Ⅱ. 감시장치의 개발과 실험 방법

2.1 감시 장치의 설계

본 실험에 사용되어진 장치는 콘베이어 벨트와 호퍼사이의 이 물질을 초기 단계에 신뢰성 있게 검출하여 콘베이어 벨트의 손상을 방지하기 위하여 라인의 정지 및 경보 신호, 연계된 시스템의 제어 신호를 제공하기 위한 시스템을 설계한다. 이 시스템은 신호 취득부와 처리부로 크게 구분되어 질 수 있고, 시스템 구성의 개략도는 그림 1과 같다.

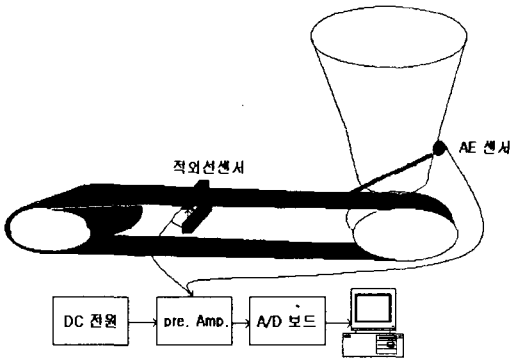


그림 1. 감시 시스템 개략도
Fig. 1 Block diagram of system

그림 1에서와 같이 감시시스템은 적외선센서를 이용한 사행감시 시스템과 AE센서를 이용한 이물질 감시시스템으로 구성되어 있다[5-8].

이중 본 논문에서는 AE센서를 이용한 이물질 삽입 감지시스템에 대하여 연구하였다. 신호취득부는 AE센서와 센서 구동부, 센서출력신호로부터 직류신호를 제거하는 필터, 아나로그신호를 디지털신호로 변환하는 A/D변환기로 구성되었다. 콘베이어 시스템의 경우 이송물질의 운송중 원료의 계속적인 충격으로 발생하는 신호의 중심 주파수가 1000Hz정도의 낮은 주파수 대역에서 형성된다. 본 연구의 목적은 호퍼와 벨트사이에 삽입된 이 물질에 의하여 호퍼에서 발생되는 고주파성분 잡음이

벨트에 흡수되는 현상을 이용하여 이물질 삽입 상태를 감시하는 것이다. 그러므로 이들 중심주파수보다는 높은 주파수의 감쇠를 감시하기 위하여 model SE9125-M인 AE센서를 이용하였다. HPF는 저주파 잡음을 제거하기 위하여 차단 주파수를 150Hz로 그리고 5차인 디지털필터로 설정하였으며, A/D변환기의 Sampling 주파수는 10,000Hz로 설정하였다.

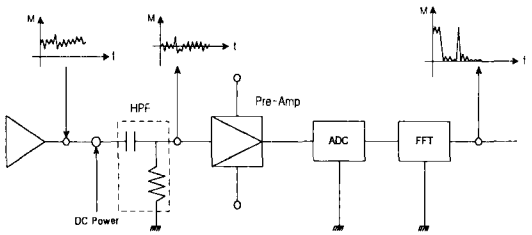


그림 2. 이물질 감지시스템 동작구성도
Fig. 2 Movement configuration of detect system

Pre-Amp.단을 거친 아나로그 신호는 마이크로프로세서에 입력되어 FFT신호 처리후 특징 신호를 분석하여 제어 시스템 프로그램에서 제어신호를 발생하도록 설계하였다. 또한 삽입된 이물질의 종류에 따른 신호 특징의 변화를 조사하여 이물질 삽입에 따른 초음파의 크기값의 변동과 주파수의 변화 형태를 감시하여 허용 한계를 넘으면 벨트 구동이 중단됨과 동시에 경보신호를 전송할 수 있도록 프로그램화하였다.

2.2 실험방법

콘베이어 벨트의 호퍼와 벨트사이에 삽입된 이물질에 의하여 호퍼에서 발생되는 고주파성분 잡음이 벨트에 흡수되는 현상을 이용하여 이물질 삽입 상태를 감시하기 위하여 AE센서로 구성된 신호취득부를 호퍼의 끝단에 설치하였으며, 이 때 벨트의 구동 모터는 저속 모터를 이용하였으며 호퍼의 고유진동을 생성하기위하여 가변속직류모터를 사용하였다.

AE센서를 구동하기 위하여 15V의 DC Power Supply을 적용하였으며 잡음에 따른 전압 변동폭을 고려하여 필터를 사용하여 잡음을 제거하였다. 이와같은 실험 구성도를 그림 3에 나타내었다. 제철소에서의 원료 운송중 발생하는 다양한 잡음을 생성하기위하여 이물질의 주류를 이루는 나무 또는 철재 등으로 다양한 랜덤신호를 생성하도록 하였다. 이 경우 이 물질의 종류에 상관없이 신호의 크기 및 주파수의 변화를 감시하면 이물질 삽입상태를 신뢰성 있게 계측할 수 있을 것으로 판단된다.

실험 방법으로는 벨트의 3분의 1지점에 위치한 호퍼에 이물질을 투입하여 콘베어벨트를 가동하고 투입전과 투입후의 취득된 신호 변동을 확인하였다. 이들로부터 얻어진 신호 처리 결과를 공정제어 시스템에 적용하였다. 또한 잡음 조건하에서의 신호 신뢰성을 확인하기 위하여 먼저 호퍼의 고유진동이 포함된 경우에 대한 이물질 삽입 전후의 신호를 관찰하고 이물질로써 목재와 철편을 이용하여 호퍼 노이즈 유무에 따른 주파수 및 전압 변동폭을 비교하고 그 결과를 평가하였다.

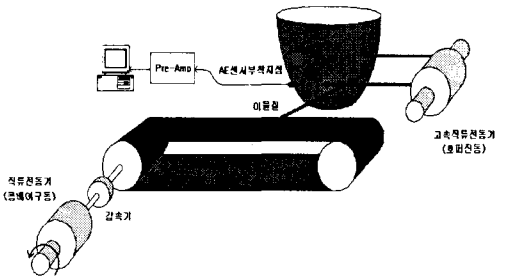


그림 3. 실험 구성도
Fig. 3 Configuration of experiment

이와같은 이물종류 및 잡음의 조건하에서 실행된 결과를 평가함으로써 본 시스템의 현장적용성을 확인하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

호퍼에 설치된 AE센서를 이용해서 취득된 신호의 변화를 측정하여 분석한 결과를 그림 4에 나타내었다.

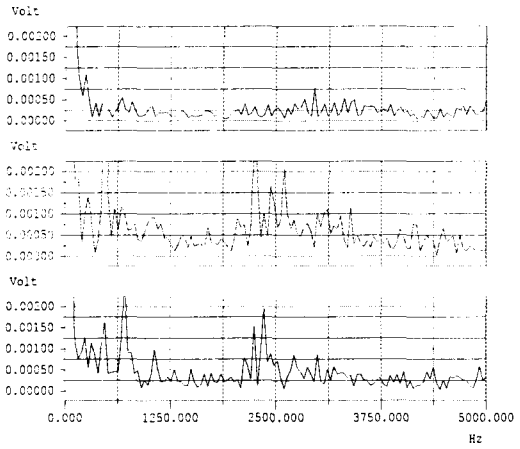
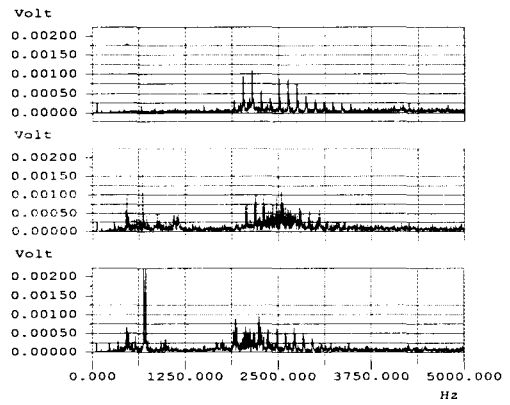


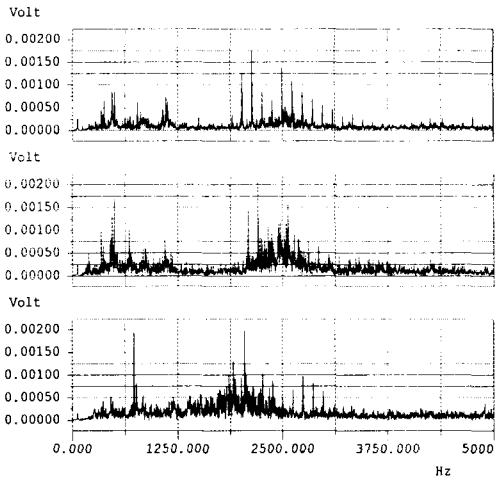
그림 4. 전대역 주파수 변화(상:배경잡음, 중:삽입전, 하:삽입후)

Fig. 4 Fluctuations of frequency and voltage

그림 4는 벨트구동, 이물질 삽입 전,후의 주파수 대역 변동을 나타낸 것으로써 호퍼와 벨트사이에 이물질이 삽입된 경우 주파수 대역에 따라 크기 변화가 나타남을 확인 할 수 있다. 즉 1000Hz 주변에 나타나는 호퍼의 충격주파수 성분과 2500Hz 고주파 부근에 분포된 호퍼 고유진동 주파수 성분의 크기가 특별히 감쇠함을 관측할 수 있으며, 2500Hz부근의 중심주파수가 낮은 대역쪽으로 시프트 되었음을 관측할 수 있다.



a) case of no noise



b) case of noise

그림 5. HPF을 이용한 후 전대역 주파수 변화

Fig. 5 Fluctuations of frequency after using HPF

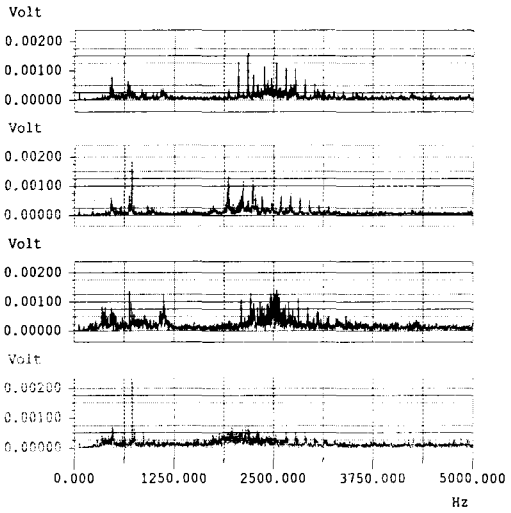


그림 6. 노이즈 유무에 따른 삽입전후 주파수대역 내 분포 변화

Fig. 6 Fluctuations of frequency as function of noise using a piece of iron

그림 5와 그림 6은 삽입 이물질로써 각각 목재와 철편을 이용하고 HPF를 적용한 후 노이즈 유, 무에 따른 전대역 주파수 변화를 관찰한 것이다.

이는 제철소의 생산원료에 포함된 이물의 종류와 원료이송시의 노이즈를 감안한 것으로 이물의 종류나 충격성 연속 노이즈 신호에 대한 실험에서도 그림 5, 6에서와 같이 충격성 AE신호가 전 구간에서 크기의 변화만을 야기하고 주파수 분포에는 영향을 크게 미치지 않음을 확인할 수 있으며 이는 그림 4에서 얻은 결과와 같은 특성을 보여준다.

따라서, 대역별 주파수 신호 분포 및 전압 변동폭의 특징 신호를 이용하여 이물질의 삽입 유무를 감시한다면 본 시스템의 강인한 결과를 얻을 수 있음을 보여주고 있어 감시 시스템에 대한 신뢰성을 확인 할 수 있는 것으로 사료된다.

Ⅳ. 결 론

AE센서를 이용한 본 시스템은 콘베이어 장치의 충격성 잡음하에서도 신뢰성 있는 동작을 확인하였다. 따라서 열악한 환경에서도 콘베이어 벨트와 호퍼사이의 이물질 삽입에의한 벨트의 손상을 조기에 검출하는 수단으로 제시 하였다. 또한 마이크로프로세서를 이용하여 이물질에 의한 손상검출 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] 정양희, 배영철, "적외선센서 배열을 이용한 콘베이어벨트 사행감지 장치에 관한 연구" 한국해양정보통신학회, 4권, 1호, pp. 139-144, 2000.

[2] Y. Zhu and P. Weight, "Ultrasonic nondestructive Evaluation of Hightly Scattering Materials using adaptive Filtering and Detection" IEEE Trans. on Ultrasonics, vol. 41, No. 1 pp. 26-33, 1994.

[3] 정민화, 조용상, "음향 방출을 이용한 저어널 베어링의 조기파손 감지" 비파괴검사학회지, Vol. 16, No. 3, pp. 155-161, 1996.

[4] G. Andria and F. Attivissimo, "Digital measuring Techniques for High Accuracy Ultrasonic Sensor Application" IEEE Instrumentation and Measurement Tech. conf. pp. 1056-1061, 1998.

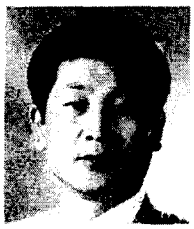
[5] K. D. Donohue and H. Y. Cheah, "Spectral correlation filters for flaw detection," Proc. of IEEE Ultrason. Symp., 1995.

[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.

정 양 희(Yang-Hee Joung)
1983년 2월 단국대학교 응용물리학과 졸업(공학사)
1985년 8월 인하대학교 응용물리학과 졸업(공학석사)
1993년 8월 인하대학교 전자재료공학과 졸업(공학박사)
1998-1995년 LG반도체 선임연구원
1995-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 전기공학과 졸업
1997년 광운대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)
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 비젼, 패턴인식

유 일 현(Il-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(공학석사)
1999년 2월 인하대학교 전자재료공학과 졸업(공학박사)
현재 여수대학교 반도체.응용물리학과 전임강사
관심분야 : VLSI materials, 강유전체박막