

초음파 센서를 이용한 건널목 지장물 검지장치에 관한 고찰

조봉관
한국철도기술연구원

A consideration on obstacle detector at level crossing using by ultrasonic sensor

B.K. Cho
KRRI

Abstract - Accidents at level crossing where railways and roads cross cause many casualties because of collision of cars etc and it also has a risk of the 2nd accident of trains. it is the most vulnerable point in the railway safety.

Fundamental solution for accidents at level crossing is making the crossings cubic. but it can't be easily progressed because of environmental and financial difficulties. every kind of anti-accident measures are being strived for. one of the strived results is level crossing obstacle detector which automatically detects obstacles like defected cars etc in the middle of level crossing and transmits the information of obstacles to the approaching train.

However present level crossing obstacle auto detector needs high expenses to be installed and has difficulties that lenses of beam transmitter, beam receiver should be cleaned in snowing winter. this document reviews level crossing obstacle auto detector using ultrasonic sensor to measure these difficulties.

1. 서 론

철도건널목은 자동차, 행인과 열차가 충돌사고를 일으킬 우려가 있는 취약지점이다. 따라서, 여러 가지 건널목 보안장치를 설치, 운영하고 있으나 설치나 유지보수에 많은 비용이 소요되고 있다. 본 논문에서는 기존의 건널목 지장물 검지장치의 문제점을 보완하는 초음파 센서를 이용한 건널목 장애물 검지장치에 대해 고찰하였다.

2. 본 론

2.1 현행의 건널목 장애물 검지장치

현재 건널목 장애물 검지장치로는 레이저 등의 빛을 이용한 것과 루프코일을 이용한 것이 있다. 레이저방식은 그림 1과 같이 광선망을 배광하여 자동차 등이 이 광선을 일정시간 차단함으로써 장애물을 검지 하는 방식으로 많이 사용된다. 그러나, 동절기 적설로 인하여 투광기와 수광기가 눈에 묻혀버리면 물체를 인식할 수 없는 문제를 갖고 있다.

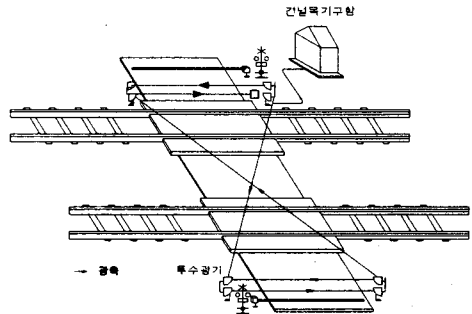


그림 1 레이저식 건널목 장애물 검지장치

루프코일 방식은 그림 2와 같이 지면에 루프코일을 매설하고 신호주파수를 흘려 자동차의 접근을 검지하고 있다. 그러나, 루프코일의 형상변화가 일어나지 않도록 건널목에 콘크리트 포장을 하는 등 설비 비용이 많이 드는 등 문제가 있다. 따라서, 검지성능이 우수하고 이러한 현행장치의 문제점을 해결할 수 있는 새로운 건널목 장애물 검지장치의 개발이 요구되고 있다.

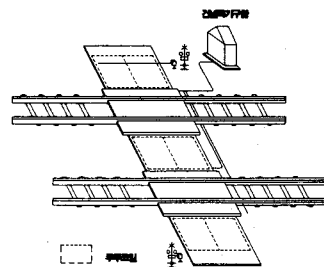


그림 2 루프코일식 건널목 장애물 검지장치

2.2 초음파 센서를 이용한 건널목 장애물 검지장치

초음파는 20KHz 이상의 음파로 지향성, 직진성이 강하고 기체와 액체 또 액체와 고체 등의 경계면에서 반사 손실이 적다. 따라서, 물체 검지나 거리 측정 등에 많이 이용되고 있다.

건널목 경보기 근처에 지지주를 건설하여 암을 취부하고 암 끝에 초음파 센서를 설치하고 초음파 센서로부터는 노면에 대하여 수직방향으로 초음파를 방사한다. 이 결과 초음파 센서 하부의 건널목 노면 또는 자동차등의 장애물이 있을 때에는 그 장애물로부터의 반사파를 얻을 수 있다. 초음파 센서의 설치간격은 검지하고 싶은 장애물의 크기에 맞추어 적절하게 배치한다. 또한, 초음파를 노면에 대하여 수직방향으로 조사하고 장애물이 없을 때에는 노면으로부터의 반사파를 반드시 얻도록 하여 초음파 센서 등의 고장을 조기에 발견한다.

초음파의 송신제어나 반사파에 의한 장애물의 유무 판정은 건널목 기구함 내에 설치한 처리기가 시행한다. 처리기는 최대 8조까지의 초음파 센서를 제어 할 수 있다. 처리기에서는 장애물을 검지하였을 때에 기존 건널목 제어장치에 대하여 장애물 검지 신호를 출력하고 이것에 의하여 특수신호기가 동작하여 건널목으로 접근하는 열차의 승무원에게 건널목의 위험을 알린다.

초음파 센서의 취부 높이는 전철화구간에는 열차에 전기를 공급하기 위한 각종 급전선 등이 설비되어 있음으로 이러한 구조물과의 절연 이격을 확보할 필요가 있어 노면에서 높이 8m~8.5m를 확보한다. 또한, 비전철화 구간에서는 각종 급전선 등이 없으므로 5.0m~6.0m 가 취부 높이를 확보한다. 그림 3은 초음파 방식의 장치 구성을 나타낸다.

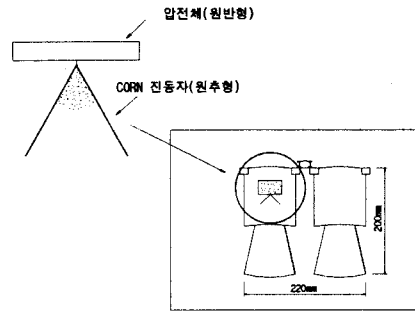


그림 4 초음파 센서의 구조

2.3 지장물 검지 방법

초음파의 공기중에서 전파속도는 식(1)로 표시할 수 있다.

$$C = 331.5 + 0.61T \text{-----(1)}$$

C : 전파속도(m/s), T : 기온(℃)

따라서, 초음파를 송신하고부터 반사파를 수신하기까지의 시간을 계속하면 초음파 센서에서 반사물체까지의 거리를 알 수 있으나 건널목 장애물 검지장치의 주목적은 장애물까지의 거리보다도 장애물의 유무가 중요하다.

반사파는 노면의 것인지 차량의 것인지 구별할 수 있게 별도의 노면/차량 검지게이트 신호를 사용한다.

차량검지 게이트 개시시간은 자동차 최대 차고인 차량이 검지될 수 있도록 센서의 설치 높이에 맞추어 설정한다. 차량검지 게이트의 종료시간은 노면 반사파가 얻어진 시간에 의해 갱신한다. 노면 검지게이트의 개시시간은 노면 반사파가 얻어진 시간보다 1.5ms이전으로 하여 차량 검지게이트신호와의 분리하면서 동시에 게이트내에서 확실하게 노면 반사파가 얻어질 수 있도록 한 것이다. 또한, 불필요한 반사파를 처리하지 않도록 노면 검지 게이트 시간은 안정된 상태에서 6ms로 고정할 수 있다.

게이트 시간을 결정하기 위한 갱신량 제한 파라메타(N)의 값은 처리기 구동시 등의 노면위치가 알 수 없을 경우는 N값을 작게함으로서 정확한 노면위치를 조속히 검출할 수 있도록 하고 있다. 또한, 처리개시로부터 충분한 시간이 경과한 후에는 N값을 크게 하여 각 게이트가 상기 설정시간이 될 수 있도록 하였다.

이와 같이 노면 반사파가 얻어진 시간을 기초로 하여 노면 검지게이트와 차량 검지게이트를 항상 갱신하고 있기 때문에 실외기온의 변화와 적설 등에 의한 노면높이의 변화에도 자동적으로 따라갈 수 있다. 이 결과, 정기적인 보수와 조정은 일체 필요 없다.

경보기와 차단기가 설치되어 있는 건널목에서는 열차가 접근하면 경보가 울리고 일정시간 경과하면 차단기가 내려와 도로를 차단한다. 따라서 처리기에서는 차단기가 강하 후에 장애물 검지동작을 개시하여 1조의 센서가 일정시간 이상 연속하여 장애물을 검지한 경우와 각 센서중 어느 1조 이상에서 장애물을 검지한 상태가 합쳐하여 일정시간 이상 연속하였을 때 기존 건널목제어장치에

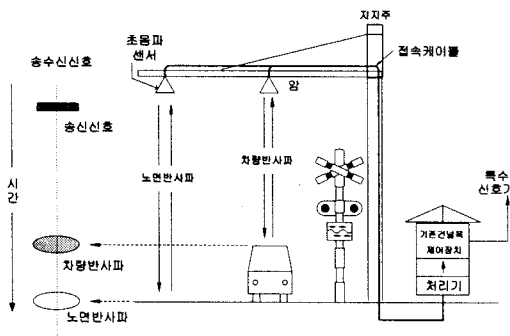


그림 3 초음파식 건널목 장애물 검지장치 구성

이와 같이 취부 높이가 8.5m에 이르면 바람에 의한 초음파의 확산과 눈에 의한 감쇄 영향이 크기 때문에 초음파의 송신출력을 높일 필요가 있으며 그림 4와 같은 특수한 구조를 취한다.

1조의 초음파 센서는 구조 및 사양이 동일한 송신용과 수신용의 초음파 소자(발진부)로 구성된다. 초음파 소자의 구조는 원반형태의 세라믹이라 불리는 압전체에 원추형의 Cone 진동자를 붙인 구조로 된다. 압전체부에 전압을 인가하면 압전체부 및 Cone 진동자가 진동을 일으켜 초음파 센서에서 1m 떨어진 점에서 132dB의 높은 음압을 얻을 수 있다.

대하여 장애물 감지신호를 출력한다.

2.4 초음파 센서의 감지 영역

장애물은 처리기의 비교회로 설정치보다 높은 반사파가 차량 감지게이트에서 얻어진 경우에 장애물로서 판단된다. 개발한 초음파 센서에서는 그 설치 높이가 8.5m로 자동차가 있을 경우 처리기의 비교회로 설정치보다 높은 반사파가 얻어지는 것은 센서 직하의 반경 1.5m의 원내로 되어 초음파 센서의 설치 높이가 그것보다 낮은 경우에는 다시 넓어지는 결과가 얻어지고 있다.

한편, 차량 감지게이트의 내려가는 시간은 노면 반사파의 수신시간 보다 2.0ms전에 설정되어 있으므로 이 설정시간에 의하여 초음파 센서의 감지영역은 물리적으로 한정된다. 이 결과, 초음파 센서의 설치 높이가 8.5m인 경우에는 0.36m 이상의 장애물로부터의 반사파만 수신하지 못하는 것이 된다. 따라서, 초음파 센서의 설치 높이가 8.5m인 경우에는 장애물로부터의 반사파가 차량 감지게이트 내에 들어가는 것은 그림 7에 표시한 것과 같이 반경 1.5m의 원내가 된다. 또한, 그림 5에 표시한 바와 같이 대형 자동차와 같이 차의 높이가 높은 차인 경우에는 더 먼 곳으로부터 감지할 수 있다.

초음파 센서의 취부 높이가 8.5m보다 낮은 경우에는 반사파의 수신레벨이 높아지나 차량 감지게이트의 제한을 받기 때문에 초음파센서의 감지 영역은 축소된다. 이 결과, 초음파 센서의 감지 영역은 센서 취부 높이에 의존하며, 예를 들어, 초음파 센서 취부 높이가 6.0m인 경우에 초음파 센서의 감지 영역은 반경 1.2m의 원내가 된다.

건널목 장애물 감지장치에 사용하는 초음파 센서의 수량은 적용하는 건널목의 크기에 따르며 예를 들어, 경차 동차의 일부가 초음파 센서의 감지 area내에 들어갈 수 있도록 초음파 센서를 배치하려면 단선구간의 표준적인 건널목에서는 초음파센서 4조로 복선구간 건널목에서는 초음파센서 6조로 감지할 수 있게 된다.

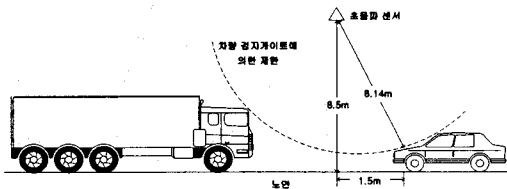


그림 5 초음파 센서의 감지 영역

2.5 초음파식 건널목 장애물 감지장치의 특징

전철화구간에서의 초음파 센서의 설치 높이는 노면에서 높이 8.5m 정도로 전차선 설비의 상단에 설치하게 됨으로 한번 설치하면 교환작업이 곤란하다. 따라서, 초음파 센서는 상당히 높은 신뢰성이 요구된다. 초음파 센서의 신뢰성에 대해서는 가속수명시험을 실시하여 신뢰성이 상당히 높은(현시점에서 17년 이상) 것을 확인하고 있다. 따라서, 초음파 센서에 관해서는 고의적인 파괴가

없는 한 센서가 고장을 일으킬 확률은 극히 낮다. 한편, 처리기에서는 초음파 센서와 내부 회로에 관한 고장진단을 여러 가지로 실시하고 있어 만일, 초음파 센서와 처리기의 불량 상태가 발생하였을 때는 고장정보(경고장 및 중고장)를 출력할 수 있도록 되어 있고 초음파 센서에 관한 조정과 정기보수는 일체 불필요하다.

따라서, 초음파식 건널목 장애물 감지장치에서는 레이저식 건널목 장애물 감지장치에서의 렌즈면의 정기적 청소 및 광축 맞춤과 같은 작업은 일체 필요 없으며 보수 성측면에서 우수하다. 또한, 정기적인 보수와는 별개로 루프코일식에서는 차량통과에 따라 건널목 노면이 마모되어 루프코일이 단선되고 교체작업이 필요한 경우가 있으며, 레이저식에서는 강설시에 열차 통과에 따라 흩날리는 눈이 렌즈 면에 부착하여 오검지를 유발시킨다. 따라서, 추가적인 제설작업이 요구되며 이에 반해 초음파식에서는 이와 같은 문제가 발생하지 않기 때문에 보수성이 양호한 장점을 가지고 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 기존의 건널목 지장물 감지장치의 문제점과 초음파 센서를 이용한 건널목 장애물 감지장치의 구성 개요, 장애물의 감지방식 및 감지 성능에 대하여 고찰하였다. 철도선진국인 일본에서는 이미 시험제작장치를 개발하여 현지시험을 실시하고 있으며 현지시험에서는 다설 지역의 전철화구간에서도 안정된 감지성능 결과를 얻는 등 부단한 노력을 하고 있었으며, 이미 실용화 단계에 접어들었다고 판단하고 있다. 향후, 국내에서도 건널목사고 예방과 경제적인 운영을 위해 시스템 개발을 추진하여야 할 것이며 이러한 새로운 건널목 장애물 감지장치가 건널목사고 방지에 도움이 되리라 예상된다.

【참 고 문 헌】

- [1] Yoshiko inoue, "건널목 장애물 감지장치(LD-K형)", 철도와 전기기술, Vol.13 No.1, 54-58p, 2002.4.