

화상처리를 이용한 철도 건널목의 물체 감지 알고리즘

유 광균*, 한 승진***, 이 기서**

* 철도전문대학 전기신호과, ** 광운대학교 제어계측공학과

Object Detection Algorithm in a Level Crossing Area Using Image Processing

Yoo Kwang-Kiun*, Han Seung-Jin***, Lee Key-Seo**

* National Railroad College, ** Kwangwoon University

Abstract

An object detection algorithm using a modified IDM(Image Differential Method) is proposed for detecting an object in a level crossing area. The conventional object detection method using LASER light has the deadzone that it cannot detect small objects, while the object detection method using image data in a level crossing area can detect such small objects. But the image data in a level crossing area can be changeable easily because the data is outdoor and sensitive to such surrounding environments as the change of the sun beam, the shadow of cars, and so on.

So we resolve these problems by adding the normalization and the process for shadow of the image data in a level crossing area to the basic IDM(Image Differential Method).

1. 개요

철도라는 교통수단은 정시운전과 안전한 수송 및 대량수송을 목표로 하여 고속으로 운전하는 교통수단이다. 최근 열차의 고속화와 운행회수의 증가 그리고 건널목을 통행하는 차량이나 보행자의 통행량의 증가로 인하여 건널목 사고도 증가 추세에 있다. 일반적으로 열차사고는 한번 일어나면 대형사고로 이어지기 때문에 건널목 사고를 미연에 방지하는 일은 매우 중요한 일이다. 90년도에 들어서면서 건널목의 수는 감소하지만 건널목당 발생하는 사고건수는 증가하고 있다. 이러한 건널목 사고를 이상적으로 해결하는 방법은 지하차도나 고가차도와 같은 입체교차이다. 따라서 고속철도에서는 입체교차 설비를 건설하고 있다. 그러나 이러한 입체교차는 시설 투자비가 많이 드는 단점이 있다[6].

건널목의 지장물을 탐지해 내려면 여러가지 방법이 있겠으나 대표적인 몇가지 방법을 살펴보면 건널목의 선로 근처에 복수의 Loop Sensor 를 설치해 놓고 그 Loop Sensor의 임피던스의 변화를 탐지하는 방식과, 발광원으로서 LED를 사용하여 지장물이 검지되었을 경우 Switching의 동작에 의한 방법, 그리고 검지 센서로 레이저광을 이용하여 투광기와 수광기를 건널목내에 설치하는 방식 등이 있다[7].

외국에서 제품화로서 이루어진 레이저 건널목 지장물 감지장치는 그림 1과 같이 발광기와 수광기를 설치하고 건널목 내의 지장물을 감지할 수 있도록 레이

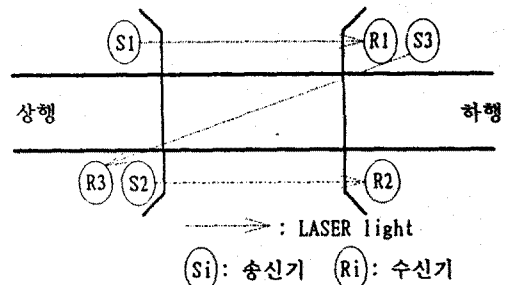


그림 1. 레이저 광선을 이용한 건널목 감지장치 도면

저광선을 배치한다. 열차가 건널목의 경보 개시 구간에 진입하지 않을 때는 발광기는 발광동작을 중지하여 있고 수광기는 수광 가능하게 되어있다. 열차가 건널목에 접근하여 경보 개시 구간에 진입하면 발광기가 동작하여 지장물 탐지가능 상태로 된다. 이때 건널목 도상에 지장물이 있어서 레이저 광선이 일정시간 차단 되면 제어회로에서는 장애물이 있음으로 판단하고 발보 제어 동작을 행한다. 그러나 이러한 레이저 광선을 이용한 지장물 감지장치는 사람과 같은 작은 물체에 대한 감지율은 떨어지고 설치공간상의 문제와 높은 설치비용과 같은 문제점들이 있다[7].

따라서 레이저 광선을 이용한 지장물 감지장치의 이러한 단점을 보완하기 위해 최근에 소개된 방법이 화상처리를 이용한 지장물 감지장치이다[3]. 이 방법은 건널목의 화상정보를 이용하여 건널목 도상에 위치한 물체가 정지해 있는지를 감지하여 일정한 시간동안 물체가 정지하여 있으면 이 사실을 다가오는 열차에 통보하여 경고하는 장치이다. 그러나 건널목의 화상 데이터는 실외에 존재하므로 태양광이나 그림자의 영향으로 존재하지 않는 물체에 대한 오판을 할 가능성이 있다[1]. 따라서 본 논문에서는 기본적인 IDM(Image Differential Method)에 균준화와 그림자 처리 과정을 더하여 이러한 문제들을 해결한다.

2. 건널목 화상 데이터의 특징

건널목의 화상 데이터는 어떤 물체가 감독 영역(Supervised Area) 내에 있을 때 크게 변하게 된다. 심지어는 건널목에 아무런 물체가 없을 때에도 화상 데이터가 변하게 되는 경우가 있는데 그것은 다음과 같은

이유 때문이다.

- 태양광의 밝기와 방향의 변화
- 건물목 밖에 있는 물체에 의해서 드리워지는 그림자
- 비나 눈에 의한 변화
- 자동차의 조영

이러한 영향을 극복하기 위해서 철도 건물목의 화상 데이터를 측정하여 명암도(Intensity)의 평균과 분산값을 이용한다. 어떤 물체가 감독 영역에 나타나면 명암도의 평균과 분산값은 크게 변한다. 감독 영역에 물체가 없으면 평균과 분산값은 미비하게 변한다. 그러나 구름이 지나가거나 하는 이유로 감독 영역 전체에 그림자가 드리워지면 평균과 분산값은 낮아진다. 그리고 감독 영역에 부분적으로 그림자가 드리워지면 분산값은 높아지고 평균값은 낮아진다.

따라서 하루동안의 건물목 화상 데이터를 처리할 때 그림자의 효과와 변화하는 태양광의 효과를 제거하는 일은 실외에서 물체를 감지하는 경우에 있어서 매우 중요한 일이다.

3. 물체 감지 알고리즘

3.1 알고리즘 윤곽

물체를 감지하기 위한 화상처리 방법 중에서 가장 널리 사용되는 방법은 Image Differential Method(IDM)이다. 이 방법은 배경화면과 대상화면의 차이를 이용하는 방법으로 간단한 알고리즘 때문에 널리 사용된다. 그러나 실외의 화상 데이터는 환경적인 요소로 인하여 쉽게 변할 수 있기 때문에 IDM만을 이용한 물체 감지 방법은 실제의 경우에 있어서 물체가 존재하지 않아도 존재하는 것처럼 판단하는 오류를 범할 수 있다.

이러한 오류를 극복하기 위해서 기본적인 IDM에 규준화(Normalization)와 그림자 처리 과정(Process for shadow)을 추가한 새로운 물체 감지 알고리즘을 제안하고자 한다.

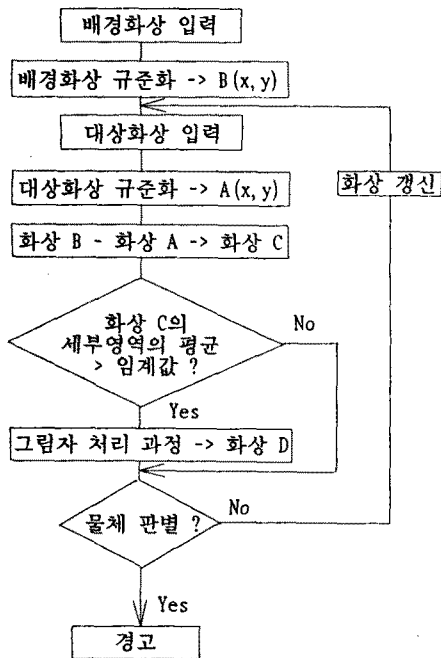


그림 2. 물체 감지 알고리즘

3.2 규준화(Normalization)

감독 영역의 화상 데이터는 태양광이 구름에 의해 간섭을 받으면 변화하게 되고 저녁이 되면 명암도가 점차 낮아진다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 규준화 과정(Normalization)이 필요하다. 이것은 명암도의 평균과 분산값을 일정(uniform)하게 하는 것이다. 한 화상 데이터의 규준화 과정은 다음과 같다.

$$N(I(x,y)) = (I(x,y) - \mu_i(I)) \cdot \sigma_i / \sigma_i(I) + \mu_i \quad (1)$$

여기서 $N(I(x,y))$ 는 명암도의 규준화된 값, x,y 는 화상내 위치,

$$\mu_i(I) = \left\{ \sum_{(x,y) \in S_i} I(x,y) \right\} / n_i \quad (2)$$

$$\sigma_i^2(I) = \left\{ \sum_{(x,y) \in S_i} (I(x,y) - \mu_i(I))^2 \right\} / n_i \quad (3)$$

여기서 n_i 는 영역 S_i 의 픽셀 수, S_i 는 감독 영역.

규준화된 배경화면 $B(x,y)$ 와 대상화면 $A(x,y)$ 의 차이에 의한 새로운 화상 $C(x,y)$ 는 다음과 같다.

$$C(x,y) = N(B(x,y)) - N(A(x,y)) \quad (4)$$

만약 화상 $C(x,y)$ 가 식(5)를 만족한다면, 감독 영역에 물체가 존재한다고 판단한다.

$$\mu_i(C(x,y)) > \alpha \quad (5)$$

여기서 α 는 임계값.

3.3 그림자 처리 과정(Process for shadow)

이 과정은 감독 영역내에 존재하는 것이 물체인지 그림자인지를 판별하기 위한 부가적인 과정이다. 여기에서 사용되는 방법은 그림자를 가진 화상의 명암도 분포가 그림자를 가지지 않는 물체와의 명암도 분포와는 그림자의 경계 부분을 제외한 영역에서는 서로 유사하다는 특징을 이용하는 것이다.

그림자 처리과정을 거친 이후의 화상은 다음과 같이 구해진다.

$$D(x,y) = [N^+(B(x,y)) - N^+(A(x,y))] + [N^-(B(x,y)) + N^-(A(x,y))] \quad (6)$$

여기서 N^+ , N^- 는 배경화상과 대상화상의 차이화상 $C(x,y)$ 에서 그 값을 +, -로 구분하여 세부 영역을 S_i^+ 와 S_i^- 로 나눈다. 그리고서 규준화한 뒤 다시 두 화상의 차이를 구하여 식(7)을 이용하여 물체의 유무를 판별한다.

$$\mu_i(D(x,y)) > \alpha \quad (7)$$

3.4 감독 영역의 세분

제안된 알고리즘은 배경화상과 대상화상 사이의 차이화상의 명암도의 평균과 분산값이라는 통계적인 방법을 이용하여 물체를 감지한다. 감독 영역은 사람과 같은 작은 물체를 감지하기 위해서 세부영역으로 나눈다. 몇개의 영역에서 조건(7)을 만족하게 되면 시스템은 그 영역에 물체가 존재하는 것으로 판단한다.

물체감지율은 배경화상의 명암도의 분산값에 따라 높아진다. 반면에 화상데이터 노이즈는 아스팔트만으로 구성된 감독 영역에서의 화상 명암도의 분산값이 표준화로 인하여 의도적으로 커졌을 때 증폭된다. 그래서 감독 영역은 두개의 선로가 존재하고 분산값이 적절한 값보다 높도록 세부영역으로 나눈다.

4. 모의 실험

제안된 알고리즘을 입증하기 위해서 실제 건널목의 화상에 적용하였다. 그림 3과 그림 4는 건널목에 물체가 존재하지 않는 경우와 존재하는 경우를 나타내었다.

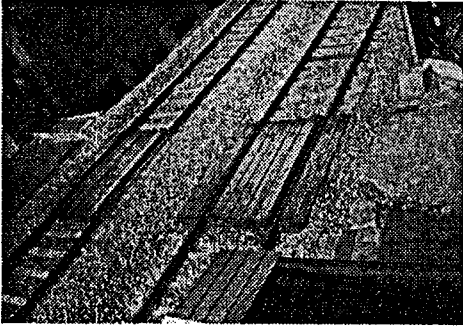


그림 3. 물체가 없는 건널목의 배경화상

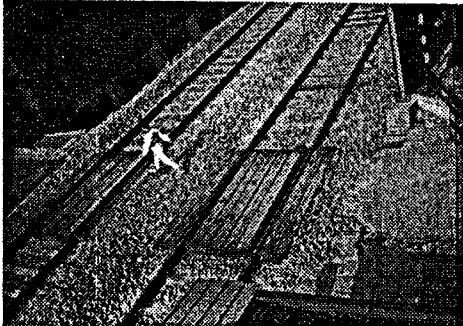


그림 4. 물체가 존재하는 대상화상

다음은 그림 3과 4에서 보여지듯이 실제 건널목에 적용하여 얻어진 표준화된 배경화상과 대상화상 사이의 차이화상의 결과이다.

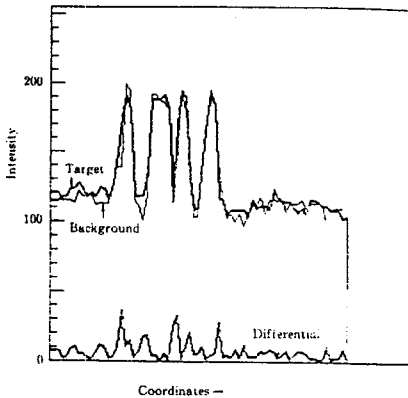


그림 5. 표준화된 이후의 명암도 분포

그림 5에서 알수 있듯이 3곳에서 임계치를 벗어나고 있다. 이는 건널목에 실제로 물체가 존재함을 나타낸다. 이때 임계값의 결정은 알고리즘이 적용되는 곳의 환경을 고려하여 경험적으로 제안한다.

5. 결론

본 논문에서는 화상처리를 이용한 철도 건널목 지장물 감시장치를 위하여 기본적인 Image Differential Method에 태양광과 그림자의 영향을 제거하기 위한 표준화 과정과 그림자 처리과정을 더하여 수정된 화상 처리방법으로 건널목의 지장물을 감지하는 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘을 적용한 물체감지기는 기본적인 IDM만으로 구성된 감지기보다 높은 물체 감지율을 보였다.

제안된 알고리즘은 만약 물체가 감독영역의 경계를 넘어 존재할 경우엔 오류를 범할 수 있으며 건널목의 보판이 태양광의 변화에 민감한 자갈과 같은 요소를 많이 내포하고 있을 경우 감지율이 떨어진다. 일반적인 화상처리 알고리즘과 마찬가지로 제안된 알고리즘 역시 계산시간이 많이 소요된다는 문제가 발생하므로 시스템의 실시간화에 대한 연구가 뒤따라야 하겠다.

6. 참고 문헌

- [1] Miyachi, M. et. al, "The Development of the All Weather Type Crossing Obstruction Detector using the Reflection of Supersonic Wave", Pro. 28th Cybernetics Symp. in Railway, November, 1991.
- [2] Rail. Elec. Eng. Assoc. Japan, "The Development of the Crossing Obstructing Detector using the Laser Light", March, 1993.
- [3] Sasama, H, "Aiming the Intelligent Eyesight", RRR, April, 1987.
- [4] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley.
- [5] K. S. Lee, S. H. Yang and K. K. Yoo, "The Development of an Electronic Interlocking System", Proceeding of the Korean-Germany International Workshop on New Transportation System, KAIST, Daejeon, Korea, October 12-13, 1993.
- [6] 윤 한훈, "건널목 보안장치", 철도신호, Vol. 2, No. 2, 1990.
- [7] 박 한제, "건널목 지장물 탐지장치 개발에 관한 연구", 철도신호, Vol. 3, No. 3, 1990.