

침식, 팽창기법을 이용한 전차선 검측 시스템의 설계

Dilation and Erosion Technique using a Inspection of the Catenary System Design

김지윤[†] · 김우생* · 정민영**

Ji-Yoon Kim · Woo-Sang Kim · Min-Yong Jung

Abstract

The catenaries must guarantee the constant electricity to the trains, so that the safety and the estimate of fatigue degree and the inspection of abrasion degree should be done rapidly. This thesis proposes the system that can manage the performance/failure of the catenaries using the image process as the solution for the weak points of the existing inspection such as the decrease of immediateness and the lack of constancy in the human resources. This study simulates the ALD using VHSV (Virture HSV) which is the unreal HSV images, not getting the real HSV images to the image processing technique that repeats the erosion and the expansion of the images as the methods that can monitor the slight/critical defects of the catenaries as dealing with the result of the catenaries inspection images. The final ALD (Abnormal Line Detection) system is designed based on this simulation. I have demonstrated it with the VHSV (Virture HSV) virtual images as the materials of the test and inspected it through testing the defects of the catenaries for the thesis.

Keywords : Catenary System(카테너리 시스템), Inspection system(검측 시스템)

1. 서론

전차선로는 이동하는 열차에 전력을 공급하는 시스템으로 전차선, 조가선 등으로 구성[7]되어 있다. 현재 전차선로에 대한 검측 시스템은 레이저를 이용하여 편위나 마모도 정도를 검측하여, 검측된 자료를 사람의 판단에 의하여 시스템의 정도를 판별하고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서는 디지털 영상으로 촬영된 전차선 영상[6]을 이용하여 전차선의 마모나 이상 유무를 검측할 수 있는 전차선로 검측시스템에 대한 설계를 제안 한다.

전차선 영상의 획득에 많은 물질적 요소가 개입되어 있는 한계로 인하여 임의의 테스트 영상을 샘플로 하였고 이에 대한 영상처리를 하였다.

샘플 영상에 대한 처리 기법으로는 전처리 작업 및 침식, 연산기법을 이용하였으며, 이것을 전차선의 마모도, 이상 도를

처리할 수 있는 전차선 검측 시스템에 기본 알고리즘으로 채택하여 최종적으로는 ALD(Abnormal Line Detection) 시스템에 대한 구조를 설계하였다.

2. ALD 시스템

2.1 ALD 시스템의 개요

KTX의 이상 전차선로를 검출하기 위해 본 논문에서는 ALD 시스템을 제안 하였다. 제안된 시스템은 이상 전차선로의 검출을 위해 HSV(High Speed Video) Camera로부터 영상을 획득하고 획득한 영상의 정확도 증가와 처리속도 향상을 위해 그레이 레벨로 변환한 뒤 콘트라스트 보정[1]과 노이즈 제거[2]를 통해 전차선로의 이상 판별이 용이하도록 전처리를 수행한다. 그리고 전 처리된 영상을 영상의 형태학적 처리 기법 중 하나인 Dilation(팽창)과 Erosion(침식)[3]을 사용하여 최종구분 영상을 생성하며, 영상의 일부에 검지 영역을 설정하고 이상 선로를 구분해 낸다. 그림 1은 ALD 시스템의 아키텍처를 나타내며, 그림 2는 전체적인 시스템의 흐름도를 나타낸다.

[†] 책임저자 : 회원, 광운대학교, 컴퓨터과학과 박사과정
E-mail : techmr@kornet.net
TEL : (031)460-4275 FAX : (031)462-2944

* 광운대학교 컴퓨터과학과 교수

** 광운대학교 컴퓨터과학과 석.박 통합과정

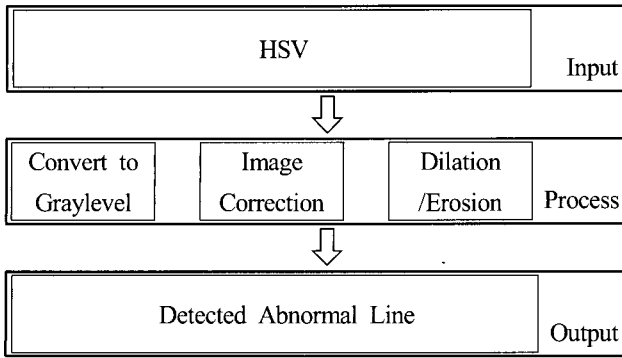


그림 1. ALD 시스템 아키텍처

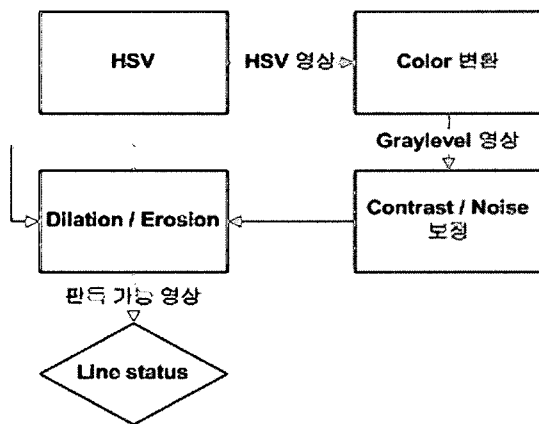


그림 2. ALD 시스템의 흐름도

2.2 전처리 작업

획득된 HSV영상을 통해 영상 분석을 수행할 때 컬러영상은 필요치 않으므로 전처리 작업의 첫 단계로 (1)과 같이 컬러 HSV 영상을 흑백 영상으로 변환해 주었다. 식 (1)에서 $HSV(x,y)$ 는 출력영상이며 R, G, B 값은 각각 입력영상의 Red, Green, Blue값을 뜻한다.

$$HSV(x,y) = 0.29R + 0.59G + 0.11B \quad (1)$$

두 번째 단계는 변환된 흑백 영상을 통해 영상의 오 인식을 줄이기 위하여 영상의 대비를 높이는 단계로써, 식 (2)를 적용시켜 영상의 대비를 높여주었다. 식 (2)에서 S_i 는 개선된 영상을 뜻하고 g_i 는 원본 영상을 뜻하며, c 는 대비의 정도를 조절하는 계수 값으로, 영상에 따라 달라질 수 있다. avg 는 원 영상의 평균값으로서 식 (3)과 같이 구할 수 있다. 식 (3)에서 N_x 와 N_y 는 각각 영상의 x 크기와 y 크기이며, $P(X, Y)$ 는 흑백 영상에서의 X, Y 픽셀을 가리킨다.

$$S_i = c \cdot (g_i - avg) + avg \quad (2)$$

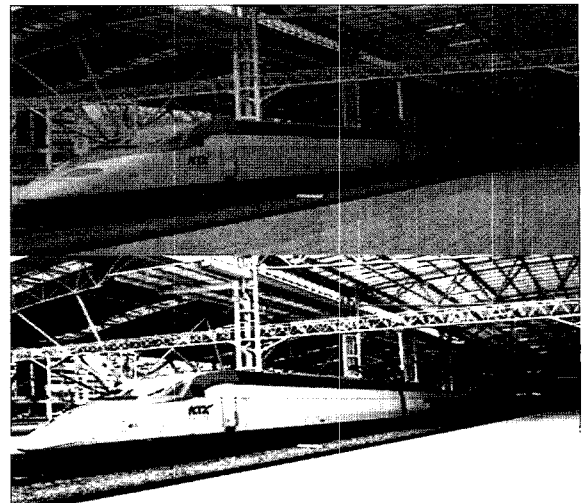


그림 3. 원본 영상(위)과 개선된 영상(아래)의 예

$$avg = \frac{1}{N_x N_y} \sum_{x=0}^{N_x} \sum_{y=0}^{N_y} P(X, Y) \quad (3)$$

대비 조절을 통한 개선 뒤에는 좀 더 확실한 영상을 위해 식 (4)와 같이 영상의 히스토그램을 균등화[4] 시켜주었다. 식 (4)에서 n_i 는 영상의 이미지 총 합을 뜻하며, n_i 는 흑백 레벨 i 의 픽셀의 수, 그리고 M 은 가능한 흑백 레벨의 총 수를 뜻한다. 그림 3은 영상의 개선 효과를 잘 나타내 주고 있다.

$$g_i = \frac{M-1}{n_t} \sum_{j=0}^i n_j \quad (4)$$

다음 단계로, 오인식의 원인이 될 수 있는 잡음을 제거해야 하는데, 고속 카메라의 영상에서는 이물질이나 기타 변수에 의한 밝거나 어두운 모든 잡음을 다룰 수 있어야 했다. 이를 위해 ALD 시스템에서는 중간 값 필터(Median Filter)를 사용하여 잡음 제거를 시도하였으며 그림 4는 중간 값 필터를 적용 했을 때의 잡음 제거 효과를 나타내 준다.

2.3 이상 선로 검출

이상 선로는 과도한 운행에 의해 외관상 부피가 적정수준 이상 마모된 선로, 이물질이나 기타 환경적 변수에 의해 외관상 부피가 적정 수준 이상의 두께를 갖는 선로로 정의할 수 있다.

양자 모두 해결을 위해 영상 처리 기법 중 수학적 형태학(Mathematical morphology)기법인 Dilation과 Erosion 연산을 사용하였다. 전자의 경우 외관상의 부피가 줄어들었으므로 정상 선로는 보존 되는 적절한 임계값을 설정하고 임계치를 넘어서지 않는 수위의 식 (5)와 같은 Erosion 연산을 수행

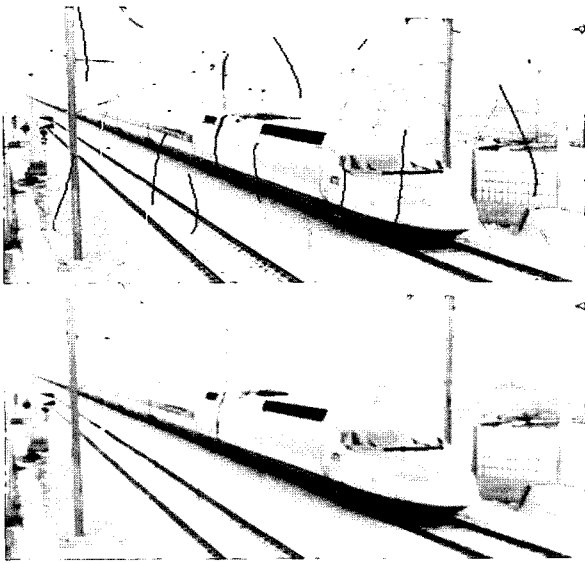


그림 4. 원본 영상(위)과 개선된 영상(아래)의 예

시 마모가 심한 선로는 검지 영상에서 사라지게 되므로 더 이상 연속되지 않는 선로의 영역을 마모가 심각한 이상 선로로 지정할 수 있다.

이때 최소 부피로 줄어든 정상 선로는 인식의 장애를 불러올 수 있으므로 식 (6)과 같이 Dilation 연산을 수행하여 오인식률을 낮춰준다. 식 (5)와 식 (6)에서의 A 는 원본 영상이고, B 는 임계 치에 따른 구조적 요소이며 w 는 이동할 좌표의 점이며 B_w 는 특정 방향으로 이동한 구조적 요소 B 를 의미한다. 또한 후자의 경우 외관 상태가 전자의 반대 경우이므로, 정상 선로가 정확히 사라지는 임계값을 설정하고 임계 치를 넘어서지 않는 수위의 Erosion 연산을 수행하게 되면 외관상 부피가 정상 선로보다 두꺼운 이상선로만 잔류하게 된다.

$$A \ominus B = w : B_w \subseteq A \quad (5)$$

$$A \oplus B = \bigcup_{w \in B} A_w \quad (6)$$

최종적으로 처리된 영상의 중심부에 검지 영역을 설정하고 의사결정 트리[5]를 사용하여 이상 선로를 검출하였으며, 이는 그림 5와 같이 나타낼 수 있다. 그림 5의 W 는 마모 한계치이며 O 는 초과 한계치를 나타낸다.

3. 실험

3.1 HSV 영상 획득

본 논문에서는 HSV 영상을 실제 획득하지 않고 가상의 HSV 영상인 VHSV(Virture HSV)를 이용하여 ALD를 시뮬레이션 하게 되었다. 우선 실제 KTX의 선로를 HSV를 이용

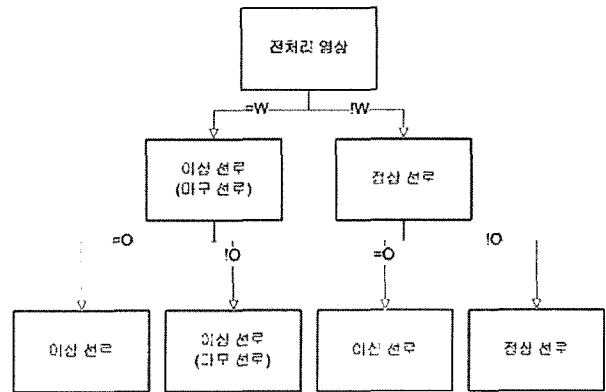


그림 5. ALD 이상 선로 판단 의사결정 트리

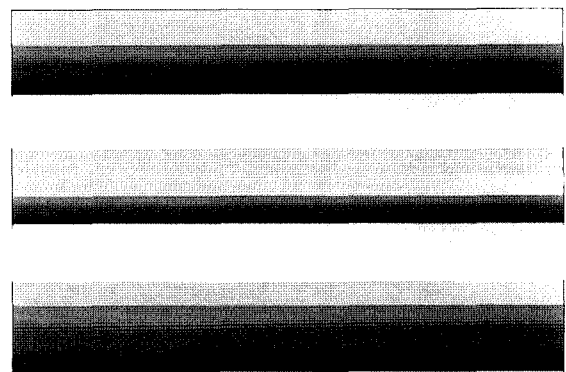


그림 6. 실험용 VHSV 샘플 영상 데이터

해 획득한 것과 유사한 영상을 생성하기 위해 320×240 크기의 동영상을 압축되지 않은 AVI 영상으로 생성 하였다. 생성된 VHSV는 실제 선로의 이상 여부를 재현하기 위해 3가지 구간을 설정 하였는데, 그림 6과같이 정상, 마모가 심한 구역, 비정상적으로 선로가 두꺼운 경우를 설정하였다.

3.2 실험 결과

8000프레임의 정상선로 구간, 2000프레임의 마모에 의한 이상선로 구간, 2000프레임의 이상선로 구간, 총 12000프레임의 VHSV를 이용한 시뮬레이션 실험 결과 그림 7과 같이 100%의 정확도를 나타내었으며 (7)과 같이 Precision을 통해 정확도를 산출하였다. PD(Positive Data)는 정확히 검출되어야 하는 데이터이고 ND(Negative Data)잘못 검출된 데이터이다. 그림 8은 실험에 사용된 각각 구간별 대표적 최종 처리 영상을 나타내며, 중심부의 사각형 영역은 영상에서의 검지 영역을 나타낸다.

$$Precision = \frac{PD}{PD+ND} \times 100 \quad (7)$$

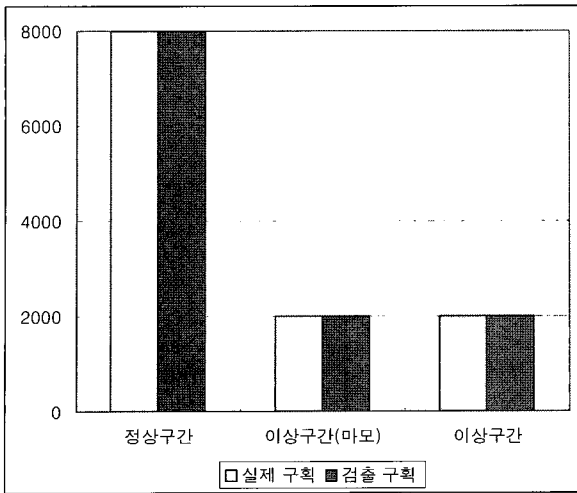


그림 7. ALD 시스템 처리 결과

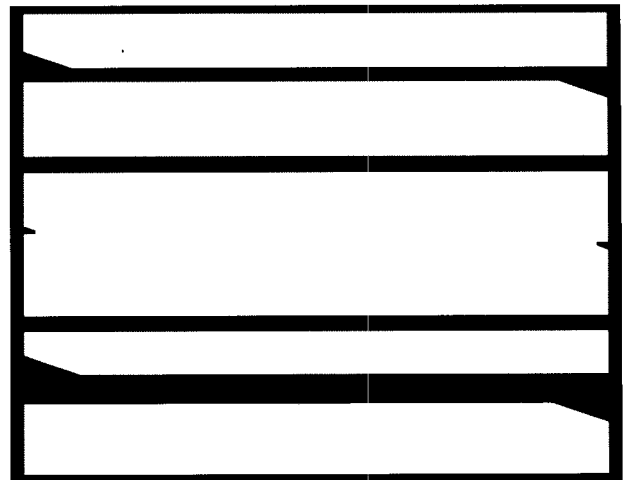


그림 8. 대표적 구간별 VHSV 최종 처리 영상과 검지 영역. 위로부터 순서대로 정상, 이상(마모), 이상 선로

4. 결론

본 논문에서는 VHSV(Virture HSV)를 이용하여 ALD를 시뮬레이션 하여 이상 전차선로에 대한 영상 검색 기법을 제안하여 전차선에 대한 이상영역 검출시스템을 설계하였다. 이 기법은 고속촬영 영상에 대한 이상영역의 검출 및 발견이라는 시스템의 기본 구성 설계와 핵심 알고리즘에 관한 연구에 한정 되어 차후에는 구체적으로 이상 전차선로 검지가 가능한 시스템의 구현이 이루어져야 하겠다.

전차선로의 영상에 대한 획득의 방법론이나 원 영상에 대한 화질의 복구 또는 전처리의 기법도 아울러 연구 되어야 한다는 의의도 제기 될 수 있겠지만 기존의 인적판단에 의한 전차선 검출의 한계를 넘어서 영상처리에 의한 전차선로 검출의 시발을 이루게 하였고 기존의 인물 및 사물을 대상으로 하는 영상 처리 기법의 산업 현장에의 적용이라는 의의도 있다고 하겠다.

향후에는 보다 정밀한 영상의 획득을 위한 영상자료 획득의 기법이나 고속철도의 발전 속도에 맞는 신속하고 정확한 영상처리 알고리즘의 연구도 함께 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

1. Harley R. Myler (1993). "Contrast Correction", The Pocket Handbook of Image Processing Algorithms in C, pp.57-58, Prentice Hall.
2. Fitch. J (1984). "Median filtering by threshold decomposition", IEEE Transaction on Acoustics, Speech, and Signal processing, Vol.32, No.1, pp.145-153.
3. Su Chen (1995). "Recursive erosion, dilation, opening, and closing transforms", IEEE Transaction on Image processing, Vol.4, No.3, pp.335-245.
4. A.K. Forrest (2006). "Colour histogram equalisation of multi-channel images", IEE Proc. -Vis. Image Signal Processing, Vol.152, No.6, pp.677-686.
5. Mohamed Moussa (2004). "Decision tree module within decision support simulation system", Simulation Conference, 2004. Proceedings of the 2004 Winter.
6. 안영훈, 현충일 (2006) "전철화된 호남선에서의 전기차량에 의한 전차선로 측정 및 평가", 한국철도학회 2006 춘계학술대회 논문집, pp.767-771.
7. 임금광, 윤용한 (2004) "전차 선로 자동 장력 조정 장치의 개선 방안", 한국철도학회 2004 추계학술대회 논문집, pp.1328-1333.