

이미지 처리 이용한 차선 검측 시스템

I. 서론

도로를 주행하는 차량의 흐름을 원활하게 유지해 주는 기술은 다양하게 연구되어지고 있다. 이러한 연구 중 차선의 마모 정도를 영상으로 인식하여 그 정도를 도로보수의 척도로 사용되어지도록 하는 것이 본 연구의 목적이다.

차선은 이동하는 도로에 그어진 선으로 2차선, 3차선과 같이 도로의 폭을 일정한 간격으로 나누어진 선을 말한다. 현재 차선에 대한 검측 시스템은 레이저를 이용하여 편위나 마모도 정도를 검측하여, 검측 된 자료를 사람의 판단에 의하여 시스템의 정도를 판별하고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서는 디지털 영상으로 촬영된 차선 영상을 이용하여 차선의 마모나 이상 유무를 검측할 수 있는 차선 검측시스템에 대하여 연구한다.

영상에 대한 처리 기법으로는 전처리 작업 및 침식, 연산기법을 이용하였으며, 이것을 차선의 소모도, 이상도를 처리할 수 있는 차선 검측 시스템에 기본 알고리즘으로 채택하여 최종적으로는 ALD(Abnormal Line Detection) 시스템에 대한 구조를 연구하였다.

II. 관련 연구

1. 디지털 영상처리 기술

디지털 영상처리 기술은 영상 개선, 영상 복원, 영상 변환, 영상 분석, 영상 인식, 영상 압축으로 분류된다. 그리고 구현 알고리즘은 화소 점 처리, 영역 처리, 기하학적 처리, 프레임 처리로 분류할 수 있다.



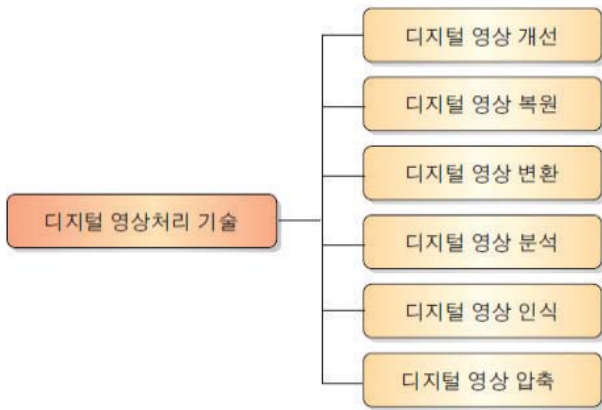
김 장 권
대림대학



김 지 윤
광운대학교



김 영 선
대림대학



〈그림 1〉 디지털 영상처리 기술의 분류

(1) 디지털 영상 분석

컴퓨터를 이용해 디지털 영상을 분류하거나 판독할 수 있다. 이것을 하려면 디지털 영상이 지닌 속성을 수치화하거나 디지털 영상에서 특정 영역 등을 추출하는 작업이 필요한데, 이 작업을 디지털 영상 분석(Digital Image Analysis)이라고 한다. 디지털 영상을 분석하는 데는 디지털 영상의 크기나 특정 영역의 크기를 알아내는 과정과 디지털 영상의 형태를 파악하는 과정이 필요하다. 이 밖에 디지털 영상의 윤곽선을 찾고, 색상 및 무늬를 구별하며, 질감을 알아내는 작업도 해야 한다. 이렇듯 디지털 영상을 분석하는 방법은 여러 가지다.

(2) 디지털 영상 인식

디지털 영상 인식(Digital Image Understanding)은 인식하려는 객체나 형상에서 주요속성을 추출하여 식별할 수 있는 클래스나 카테고리로 분류하는 기술을 말한다. 디지털 영상 인식을 수행하려면 디지털 영상 입력, 전처리, 영상 분할, 특징 추출, 인식의 처리 단계과정을 거쳐야 한다.

지문인식을 예로 들어보자. 첫 번째 단계에서 스캔한 지문의 디지털 영상은 지문인식기에 입력된다. 두 번째 단계에서는 입력한 디지털 영상에서 보이는 잡음 등의 데이터를 제거하려고 필터링 기술을 적용하는데, 이것이 전처리 과정에 해당한다. 세 번째 단계에서는 주요 속성을 쉽게 추출하려고 디지털 영상을 분할한다. 분할한 영상에 각각 추출 알고리즘을 적용하면 처리 속도

및 저장 용량 면에서 유리하다. 네 번째 단계에서는 분할한 디지털 영상데이터에서 지문의 특징을 추출한다. 그리고 마지막 단계에서는 카테고리나 클래스 내에서 분류되었던 지문의 특징과 추출된 지문의 특징을 서로 비교하여 지문을 인식한다.

2. HSV(High Speed Video)

A고속 디지털 비디오 카메라는 엔지니어들이 연구자 고속 프로세스를 분석 진단 도구로 사용할 수 있다. 그것은 매우 높은 프레임 속도로 기록되고 관찰자가보고 측정하고 남의 도움이 없는 눈으로 봐서 너무 빠르게 일어날 사건을 이해할 수 있도록 슬로우 모션으로 재생되는 이미지의 연속 시리즈를 캡처할 수 있다. 고속 동영상은 단순히 높은 프레임 속도로 이벤트를 기록하고 훨씬 느린 속도로 다시 영상을 재생하고 실제로 무슨 일이 일어나는지 볼 수 있도록 함으로써 이벤트를 늦추는 기술이다.

고속 비디오는 고유의 모션 분석 응용 프로그램을 이해하는데 도움이 되고, 작품이 제품 디자인, 연구, 기계 유지 보수, 고속 동영상 등은 분석에 가장 중요한 도구 중 하나이다. 사물을 사람의 눈으로 모든 것을 잡으려고 하면 너무 빠르게 이동한다. 초당 프레임 수백 또는 수천의 동작 시퀀스를 캡처하는 대신 표준 캠코더 초소형 고속 비디오 카메라를 사용하는 경우 해당 고속 이벤트 내에서 발생하는 세부 사항을 볼 수 있다. 초당 500 프레임에서는 표준(30 프레임) 동영상에 잡힌 것이다. 초당 3,000 프레임은 각 표준의 비디오 프레임에 100의 이미지가 있다. 고속 비디오를 통해 의미있는 분석을 위해 허용하는 방식으로 중요한 고속 애플리케이션을 볼 수 있다. 500 프레임에 모션 시퀀스를 캡처하여 30 프레임에서 그것을 볼 수 있다면, 그것은 부드럽고 지속적인 운동을 참조하듯이 고속 동영상을 실제 움직임에 대한 이해를 제공한다.

3. 검측 영상처리 알고리즘

최근의 도로교통 분야의 화두는 자동 항법 장치의 안정성 증가 방법론의 확장이다. 이러한 환경에서 도로교

통 인프라에 대한 지속적인 유지보수가 이루어져야 함은 물론이려니와 이에 대한 신뢰성의 안정화 요인이 크게 증대되고 있다. 또한 차선의 형태가 다양하고 이에 대한 검측을 위한 국외 특정 측정 시스템을 적용이 어려우므로 국내의 환경에 적합하며 실적인 유지보수를 위한 시스템 개발이 요구된다.^[8]

영상의 어떤 한점(x, y)에서 영상F(x, y)의 에지는 벡터 $\nabla f = [G_x, G_y]^T = [\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}]^T$ 로 표현한다. 이 벡터의 중요한 물리량은 크기 $\nabla f(x, y) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2}$ 와 방향 $\alpha(x, y) = \tan^{-1}(G_y/G_x)$ 이다. 영상에 보인 차선의 방향을 얻기 위하여 에지에 기반한 ID 함수 H(d)를 (1)과 같이 정의한다. 함수 구축을 위해 에지추출시 에지의 방향 $\alpha(x, y)$ 를 0°부터 180°사이에서 1°단위로 나타낸다. 함수구축은 영상에서 보이는 차선이 소실점 이상의 영역에 존재하므로 이 영역의 에지픽셀들만을 대상으로 한다.

$$H(d) = \sum_{(x,y) \in A \text{ and } \alpha(x,y) = d} \nabla f(x,y) \quad (1)$$

여기에서 (x, y)∈A의 A는 입력 영상에서 소실점 이상의 영역을 가리키며 d는 에지의 각도를 가리킨다. 이 함수는 에지픽셀들의 크기를 그 픽셀 각각의 각도에 대하여 누적시킨 것이다. 영상에 나타난 차선의 방향은 급격한 변화없이 일관성을 유지한다. (1) 정의된 함수의 최대값에 대응되는 각도로부터 차선방향을 유추할 수 있지만 영상에 존재하는 여러 가지 잡음 때문에 단일 프레임만 가지고는 신뢰성 있는 검출이 어려울 때가 많다.^[9]

Ⅲ. 차선 검측 시스템 설계

전차선로 시스템은 각 나라에 따라 전차선의 두께, 높이, 구조가 다르므로 각 나라의 철도시스템에 적합하게 기술을 개발하고 전차선 선종 및 시스템에 대한 검측시스템을 체계적으로 개발하여 독자적이고 독립적인 원천 기술을 개발하여 객관적인 검증을 실시하여야 한다.

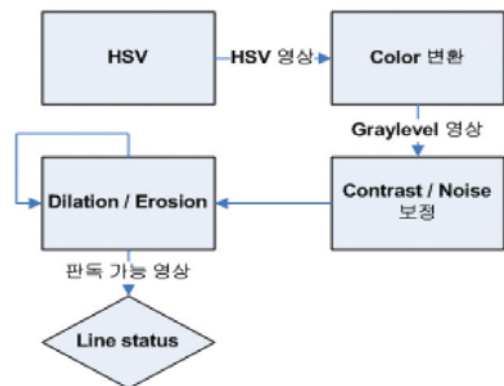
1. ALD 시스템

도로상의 차선을 검출하기위해 본 논문에서는 ALD 시스템을 제안 하고자 한다. 제안된 시스템은 이상 차선의 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 제거를 통해 차선의 이상 판별이 용이하도록 전처리를 수행한다. 그리고 전처리된 영상을 영상의 형태학적 처리 기법 중 하나인 Dilation(팽창)과 Erosion(침식)을 사용하여 최종구분 영상을 생성하며, 영상의 일부에 검지 영역을 설정하고 이상 선로를 구분해 낸다. <그림 2>은 전체적인 시스템의 흐름도를 나타낸다.^[1]

2. 전처리 작업

획득된 HSV영상을 통해 영상 분석을 수행할 때 컬러 영상은 필요치 않으므로 전처리 작업의 첫 단계로 컬러 HSV 영상을 흑백 영상으로 변환 한다.

두 번째 단계는 변환된 흑백 영상을 통해 영상의 오인식률을 낮추기 위하여 영상의 대비를 높이는 단계로써, 영상의 대비를 높여주었다. 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 시도 한다.



<그림 2> ADL 시스템의 흐름도

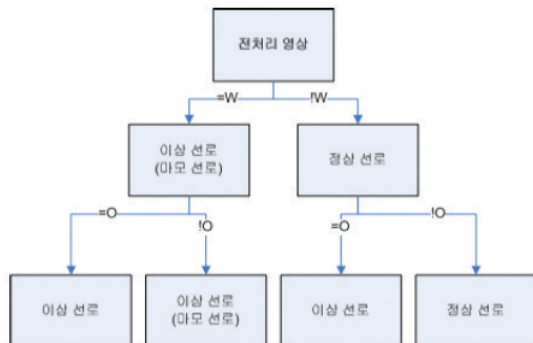
3. 이상 선로 검출

이상 선로는 과도한 운행에 의해 외관상 차선의 면적이 적정수준 이상 마모된 차선, 이물질이나 기타 환경적 변수에 의해 외관상 너비가 적정 수준 이상의 면적을 갖는 선로로 정의할 수 있다.

양자 모두 해결을 위해 영상 처리 기법 중 수학적 형태학(Mathematical morphology)기법인 Dilation과 Erosion 연산을 사용한다. 전자의 경우 외관상의 부피가 줄어들었으므로 정상 선로는 보존 되는 적절한 임계값을 설정하고 임계 치를 넘어서지 않는 수위의 식 (1)와 같은 Erosion 연산을 수행시 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 불러 올 수 있으므로 식 (2)과 같이 Dilation 연산을 수행하여 오 인식을 낮춰준다. 식 (2)와 식 (3)에서의 ω 는 원본 영상이고, n 은 임계 치에 따른 구조적 요소이며 n 은 이동할 좌표의 점이며 n 은 특정 방향으로 이동한 구조적 요소 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.

$$A \ominus B = \omega : B_{\omega} \subseteq A \quad (3)$$

$$A \oplus B = \bigcup_{\omega \in B} A_{\omega} \quad (4)$$



〈그림 3〉 ADL 이상 선로 판단 의사결정 트리

최종적으로 처리된 영상의 중심부에 검지 영역을 설정하고 의사결정 트리^[2]를 사용하여 이상 선로를 검출하였으며, 이는 〈그림 3〉와 같이 나타낼 수 있다. 〈그림 3〉의 W는 마모 한계치이며 O는 초과 한계치를 나타낸다.

IV. 결론

본 논문에서는 VHSV(Virture HSV)를 이용하여 ALD를 시뮬레이션 하여 이상 선로에 대한 영상 검색 기법을 제안하여 차선에 대한 이상영역 검측시스템을 연구하였다. 이 기법은 고속촬영 영상에 대한 이상영역의 검측 및 발견이라는 시스템의 기본 구성 설계와 핵심 알고리즘에 관한 연구에 한정 되어 차후에는 구체적으로 이상 차선 검지가 가능한 시스템의 설계와 구현이 이루어져야 하겠다.

차선의 영상에 대한 획득의 방법론이나 원 영상에 대한 화질의 복구 또는 전처리의 기법도 아울러 연구 되어야 한다는 의의도 제기 될 수 있겠지만 기존의 인적 판단에 의한 차선검측의 한계를 넘어서 영상처리에 의한 차선 검측의 시발을 이루게 하였고 기존의 인물 및 사물을 대상으로 하는 영상처리 기법의 산업 현장에의 적용이라는 의의도 있다고 하겠다.

향후에는 보다 정밀한 영상의 획득을 위한 영상자료 획득의 기법이나 도로교통 발전 속도에 맞는 신속하고 정확한 영상처리 알고리즘의 연구 및 자동항법 시스템과의 연계성 증진방안의 연구도 함께 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

[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 Acustics, 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.
- [6] 안영훈, 현충일(2006), "전철화된 호남선에서의 전기차량에 의한 전차선로 측정 및 평가", 한국철도학회 2006 춘계학술대회논문집, pp. 767-771.
- [7] 임금광, 윤희한(2004), "전차선로 자동 장력 조정 장치의 개선방안" 한국철도학회 2004 추계학술대회논문집, pp. 1328-1333.
- [8] 박영, 조용현, 조철진, 김원하(2010), "고속카메라를 이용한 전차선 마모 검측 영상처리 알고리즘 개발" 전기전자재료학회 2010 전기전자재료학회논문지, pp. 632-637.
- [9] 이준웅(1998), "영상처리기반의 차선인식 알고리즘" 제어자동화 시스템공학 논문지 제4권 제6호



김 장 권

1977년 2월 광운대학교 무선통신공학과 졸업
 1980년 8월 연세대학교 공학대학원 전자공학과 (공학석사)
 1989년 8월 경희대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)
 1977년 1월~1978년 1월 오림포스전자
 1978년 3월~1986년 8월 문일고등학교
 1990년 3월~2012년 현재 대림대학교 전자통신과 교수

<관심분야>
 테이터통신, 통신망, 영상처리



김 지 윤

1995년 2월 한국교육개발원 컴퓨터학과 졸업
 1998년 2월 광운대학교 대학원 전자계산학과(석사)
 2003년 3월~현재 광운대학교 대학원 컴퓨터학과 박사수료
 2000년 1월~2008년 12월 한국철도대학 전자계산소
 2008년 1월~2009년 12월 (주)한기술 철도 개발부

<관심분야>
 DB, 영상처리, 멀티미디어



김 영 선

1985년 2월 광운대학교 컴퓨터공학과 졸업
 1997년 2월 광운대학교 대학원 전자계산학과 (석사)
 2004년 2월 광운대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업 (공학박사)
 2000년~현재 대림대학교 교수
 1987년 1월~1993년 (주) LG CNS

<관심분야>
 DB, 모바일 콘텐츠, S/W 공학, 멀티미디어