

컬러정보처리를 이용한 차선이탈경보시스템의 연구

신 천 우[†]

요 약

본 논문에서는 주행차량의 차선이탈상태를 경보해 주는 차선이탈경보시스템을 제안하였다. 도로상의 황색 차선의 컬러값을 흑백레벨로 변환한 후 원래의 그 픽셀에 대한 흑백레벨과 더함으로서 황색차선에 대해 강조하는 방법을 이용하여 특정의 유색정보에 대한 인식률을 향상시킬 수 있다. 이에 본 연구의 컬러정보처리를 이용한 차선이탈경보시스템은 차량의 도로 주행 시 황색차선에 대한 강조처리로 차선인식률을 향상시킬 수 있으며, 컬러영상정보를 처리함에 있어서 실시간 고성능으로 처리하는 고속의 시스템을 얻을 수 있게 되었다. 따라서 본 시스템을 이용한 차선이탈경보장치는 도로주행 차량의 안전주행을 보장할 수 있을 것이다.

A Study on the System for Lane Departure Detection Using Color Data Processing

Cheon Woo Shin[†]

ABSTRACT

In this paper, we developed lane departure warning system for lane departure situation of vehicle, accidentally. Color level of yellow lane of road side is changed to black and white level. And black and white level value of relevant pixel of original and yellow lane through added process of this are emphasized. In lane departure detection system, color image data processing method could improve the recognition of the yellow lane(central lane). We could get a system performance of the high-speed image data processing. Therefore, lane departure warning system will be utilized at the device for the safety going of the vehicle.

Key words: Lane Departure Detection(차선이탈경보), Color Image Data Processing(컬러영상정보처리)

1. 서 론

산업혁명이후 많은 일들을 기계를 이용하여 수행하기 시작하였으나, 컴퓨터가 발명된 이후 인간은 인간이 기계를 운전, 조작할 수 있는 능력, 즉 지능까지 기계에 부여하게 되었다. 그러나 인간의 발명품 중 비교적 긴 역사를 지니고 일상생활에서 가장 많이

쓰이는 기계중의 하나인 자동차만은 아직까지도 인간의 운전, 조작을 요구하고 있다. 이를 극복하고자 자율주행시스템에 관한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다.

특히 전자공학기술의 응용으로 차량을 지능화하고 안전성을 단계적으로 높이려는 연구가 각 방면에서 진행되고 있다. 이에 운전자의 사고 기능을 보조할 수 있도록 하기 위해 영상처리보드를 이용하여 차량의 도로주행시의 차선이탈 정도를 확인하는 시스템이 일반적으로 널리 연구되고 있다. 이러한 영상처리보드를 이용한 차량의 차선이탈 정보를 확인하는 시스템은 차량의 저속 주행 뿐만아니라 고속 주행시에도 차량의 차선이탈정보의 정확성을 유지해야

※ 교신저자(Corresponding Author): 신천우, 주소: 부산광역시 남구 대연3동(608-736), 전화: 051)607-5151, FAX: 051)625-1402, E-mail: cwshin@star.ks.ac.kr

접수일: 2004년 3월 2일, 완료일: 2004년 10월 6일

[†] 중신회원, 경성대학교 멀티미디어공학과 부교수

※ 이 논문(저서포함)은 2001학년도 경성대학교 학술지원 연구비에 의하여 연구되었음.

하는 필요성이 있다[1-5].

일반적으로 차선추출 알고리즘은 자율주행차량의 연구의 활성화와 함께 많이 개발되어졌다. 그러나 대부분의 알고리즘은 너무 복잡하고 긴 처리시간을 요구하여 고성능의 영상처리 시스템에서만 실시간으로 구현이 가능하고, 복잡하지 않은 알고리즘들은 자연광의 변화, 그림자의 발생, 도로형태의 변화 등 전역적인 환경보다는 제한적인 환경에서만 적용이 가능하다.

또한 현재 영상입력수단인 CCD 카메라를 통한 차선이탈경보장치에 있어서 차선 또는 마커(marker)등에 대한 인식을 위해 흑백정보를 가지고 일반도로의 표면과 도로 위 차선을 그레이 레벨에서 그 차이를 기준으로 구분하는 것이 기존의 기술이다[6,7]. 특히, 흑백영상에서는 특정한 상황에서 황색 차선이 도로 표면과 거의 구별할 수 없거나 흰색차선과 유색차선과의 구별이 어려울 경우가 발생한다. 또한 이러한 방법을 이용할 경우 실제 도로상황에서는 흰색을 포함한 황색, 청색 등의 유색차선에 대한 색상과의 구분이 그레이 레벨(Gray level)만으로는 정확하게 구분되지 않는다는 단점이 있다. 또한 기존의 영상처리 보드들은 하드웨어가 시스템에 내장되어 있고, 소프트웨어를 ISA(Industry Standard Architecture)나 PCI(Peripheral Component Interconnect)를 통해 구현한 방식이기 때문에 사용자 조작이 불편하며, 저속 주행에도 처리속도가 느려, 기존의 하드웨어 제어방식은 지연신호 및 알고리즘의 변경에 많은 제약이 따르는 문제점이 있다[8-10]

따라서 앞서 기술된 문제점을 해결하기 위해서는 영상입력수단을 통해 컬러정보를 추가적으로 처리하여 도로상의 차선을 인식함으로써 도로 주행상황에서 중요시되는 황색(중앙선) 차선의 인식률을 높여 최종적으로 차선이탈경보시스템의 성능을 향상시켜야 한다. 또한 차량의 저속 및 고속 주행시 필요한 안전주행을 위해서는 사용자 위주로 하드웨어를 수정, 변경, 보완이 가능하고, 주프로세스와 분리된 독립적인 모듈로 동작하고, 차선이탈에 관한 영상정보처리를 실시간, 고성능으로 처리하는 전용의 영상처리보드가 필요하다.

이에 본 논문은 FPGA(Field-Programmable Gate Array)를 이용하여 고속의 영상처리보드를 설계하였다. 이는 차량의 도로 주행시에 전방에 나타나는 차선의 영상을 카메라를 통해 인식하고, 차선의 유색

(황색 및 청색계열) 또는 흑백정보뿐만 아니라, 컬러정보를 포함하는 차선의 인식성능을 향상시키도록 하여 전체적인 차선이탈경보시스템의 효율을 높이고, 컬러정보의 추가적인 처리로 인한 데이터 양이 증가하는 부분을 실시간으로 신속하게 처리하는 차선이탈경보시스템을 개발하는 데 그 목적을 두었다.

2. 시스템 구성 및 기능

도로에서의 차선인식의 주요방법은 차선이탈 판정의 앞 단계인 차선위치 인식 단계를 위한 차선의 경계선 탐색 알고리즘에 관한 것으로 「유색차선 강조처리법」과 「유효차선에 대한 국소영역탐색지정법」 및 「지정된 탐색영역 내에서 차선위치를 지속적이고 신속하게 검출하는 방법」등이 있다. 또한 아날로그 및 디지털영상데이터의 신호처리를 하는 부분인 전처리프로세스의 효율적인 메모리관리와 후처리프로세스의 속도향상과 알고리즘의 최적화 과정을 통하여 차선이탈경보시스템이 제공된다.

현재 영상입력수단인 CCD 카메라를 통한 차선이탈경보장치에 있어서 차선 또는 마커등에 대한 인식을 위해 흑백정보를 가지고 일반도로의 표면과 도로 위 차선을 그레이 레벨에서 그 차이를 기준으로 구분하는 것이 기존의 기술이다. 특히, 흑백영상에서는 특정한 상황에서 황색 차선이 도로 표면과 거의 구별할 수 없거나 흰색차선과 유색차선과의 구별이 어려울 경우가 발생한다. 황색 차선의 경우, 아스팔트 도로와 같이 어두운 색을 가지는 도로 표면에서는 흑백영상에서도 그 밝기 차이가 분명하나 콘크리트 표면과 같이 밝은 도로표면에서는 황색 차선의 밝기와 도로표면의 밝기가 거의 같이 나타난다. 실제로 콘크리트 도로를 촬영한 흑백영상을 관찰하면 황색 차선이 나타나지 않는다는 것이 관찰된다. 또한, 이러한 방법을 이용할 경우 실제 도로상황에서는 흰색을 포함한 황색, 청색 등의 유색차선에 대한 색상과의 구분이 그레이 레벨(Gray level)만으로는 정확하게 구분되지 않는다는 단점이 있으며, 이러한 영상입력수단은 차선을 인식하여 이탈여부를 판정하고 차량의 차선이탈을 경보하는 시스템에 있어서 중요한 부분이 된다.

따라서 본 논문은 앞서 기술된 문제점을 해결하기 위해 영상입력수단을 통해 컬러정보를 추가적으로

처리하여 도로주행상황에서 중요시되는 황색(중앙선) 차선의 인식률을 높여 최종적으로는 차선이탈경보시스템의 성능을 향상시키도록 하였다.

본 논문은 개발된 차량의 차선이탈경보시스템에 대한 구성도를 그림 1에 나타내었다.

그림 1에 나타난 바와 같이 차량의 차선이탈경보시스템의 구성도는 컬러영상정보데이터를 입력받아 흑백정보 및 컬러정보를 분리, 변환하는 디코더부와 이에 대한 영상 신호처리를 담당하는 전처리프로세서부 및 차선이탈경보장치시스템에서 컬러정보를 추가적으로 강조하여 처리할 수 있는 후처리프로세서부, 컬러정보를 변환하여 차선 인식된 결과와 원래영상을 이용하여 디스플레이용 컬러영상정보데이터로 변환하기 위한 엔코더부로 구성된다.

또한 전처리프로세서부는 전처리프로세서와 전처리프로세서 메모리로 구성되며, 후처리프로세서부는 후처리프로세서용 ROM 후처리프로세서 메모리, 후처리프로세서로 구성된다. 특히 디코더부는 카메라로부터 들어온 컬러영상정보데이터에 관해 16bit의 크기로 $Y_1(8bit) + C_b(8bit)$, 그리고 $Y_2(8bit) + C_r(8bit)$ 로 교번적으로 변환되며, 이것이 한 픽셀에 대한 구성이 된다. 여기에서 Y_1 과 Y_2 는 동일한 값이며, C_b 는 컬러정보의 Blue계열 값, C_r 는 컬러정보의 Red계열 값이 되며, 기타 컬러 계열의 색값 값은 Y_1 혹은 Y_2 또는 C_b , C_r 의 조합으로 결정되는 CCIR601 포맷(format)을 사용하였다.

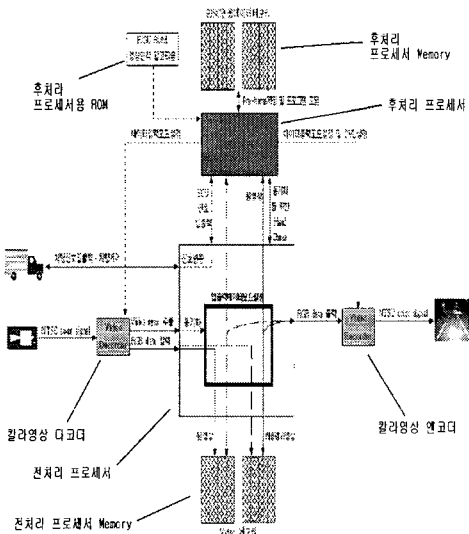


그림 1. 차량의 차선이탈경보장치의 구성도

2.1 전처리프로세서

전처리프로세서는 CCIR601 포맷의 영상데이터를 전처리프로세서 메모리에 적는 기능과 디코더부에서 동시에 출력되는 동기신호(수직동기, 수평동기)를 입력받아 한 화면에 대한 구분신호인 필드동기(30Hz)신호를 생성시킴으로서 후처리 프로세서와의 교번적인 메모리 사용을 수행하는 기능을 한다.

또한 외부 디바이스로부터 입력되는 신호의 안정화 및 정확도를 높이기 위해 그림 2의 필터를 사용함으로써 시스템의 성능을 향상시키는 기능을 수행하며, 컬러엔코더가 영상출력시에 필요로 하는 동기신호(수직동기, 수평동기) 및 동작을 위한 클락(LLC)을 전달하고, 최종 출력되는 컬러영상정보를 CCIR601 포맷으로 전달하는 기능을 수행한다. 전처리 프로세서 메모리는 16bit 크기의 256×192 픽셀의 데이터를 저장하는 기능을 한다. 후처리프로세서용 ROM은 후처리프로세서의 알고리즘이 들어가는 부분으로서 8bit 또는 16bit를 사용하여 전원 ON시 후처리프로세서의 동작을 시작하도록 지시하는 역할을 한다.

또한 컬러정보를 강조처리하여 획득된 차선인식 결과 및 차량으로부터 들어오는 ECU신호정보, 비의도적인 이탈여부 및 정도, 차선과의 거리, 현재 주행 중인 차차의 차선과의 거리 및 도로폭등을 전처리프로세서를 경유하여 전처리프로세서 메모리에 기록된다. 그림 1에서 후처리프로세서 메모리는 컬러영상정보의 임시결과 값의 저장, 동작 알고리즘의 벡터테이블(vector table)등을 저장하는 것으로 사용하였다.

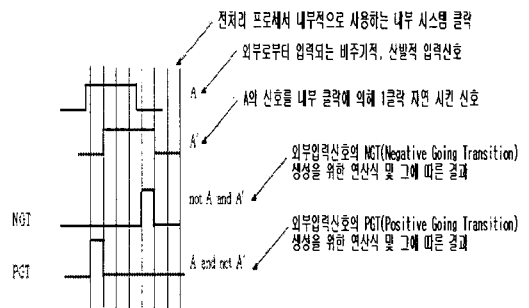


그림 2. 필터의 원리 및 구성도

2.2 후처리프로세서

본 논문에서 후처리프로세서는 전처리 프로세서 메모리에 적힌 컬러정보데이터를 읽어와 유색(황색,

청색)차선 강조 처리과정과 이전 프레임의 차선이 나타난 국소적 영역을 탐색영역으로 지정하는 방법, 그리고 지정된 탐색영역 내에서 차선위치를 지속적으로 신속하게 검출하는 방법 등을 적용하여 차선에 대한 인식의 성능을 향상시키는 알고리즘 기능을 수행하며, 차량용 외부 ECU(감박이로부터 들어오는 Turn left/Right 신호, Brake 신호, Speed 신호)로 부터 들어오는 신호를 입력받아 일정속도 이상의 상황에 출력경보를 발생시키고, Turn left/right 또는 Brake 신호가 발생할 때는 출력경보를 하지 않도록 하는 등의 기능을 수행하도록 하였다.

또한 흑백영상에서 문제가 된 유색정보에 대한 강조처리를 위해 그림 3과 같이 원영상 입력수단에서 황색 성분을 강조하는 단계, 수직성분을 강조하기 위해 미분필터로 원영상을 미분 처리하는 단계, 차선경계선 국소적으로 탐색영역을 지정하는 단계 및 탐색영역 내에서 차선경계선을 검색하는 단계 등을 거치도록 하였다.

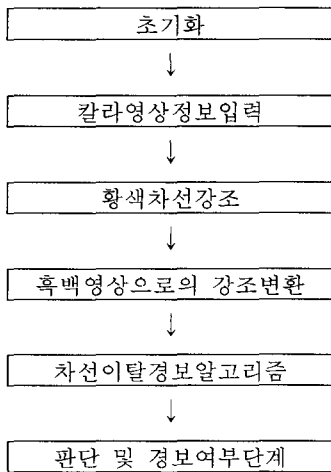


그림 3. 차량이탈경보시스템의 순서도

2.2.1 황색차선강조

일반적으로 황색차선영역을 콘크리트 도로영상에서 확대관찰하면 픽셀들이 정확히 황색으로 나타나지 않는다. 즉 디지털 영상에서 황색차선은 여러 가지 색의 점들이 모여 차선이미지를 형성하기 때문에 단순한 황색 색상만의 강조로는 황색 차선 강조 효과를 얻을 수 없는 것이다.

따라서 본 논문은 Y, Cb, Cr의 색공간에서 Cb 컬

리요소에 대해 아래와 같은 식 (1)에 의해 영상처리를 하였다.

$$A_{yellow} = (113 - Cb) \times 3 \quad (1)$$

식 (1)에 의해 계산된 색상강조 영상과 흑백영상을 합산하기 위해 아래와 같은 식을 적용하였다.

$$Pixel = A_{yellow} + Y \quad (2)$$

식 (2)에 의해 황색 차선영역이 강조된 흑백영상이 얻어진다. 이렇게 컬러정보에 대한 강조처리를 통하여 얻어진 결과는 흑백영상에서의 이미지와는 달리 황색차선에 대해 강조 처리되어 얻어진 결과가 된다.

2.2.2 차선추출알고리즘

흑백영상정보만을 이용하여 차선을 인식하는 알고리즘을 수행하였으며, 흑백영상정보만을 이용하여 차선을 인식하는 과정을 다음과 같이 구성하였다.

FPGA에서는 입력단을 통해 A/D를 거쳐 들어온 디지털 영상신호에서 에지추출을 하기위해 mean filter, 미분필터, memory access, external interface connection, 영상신호의 판독과 디스플레이에 대한 중앙제어등의 기능을 내장하도록 설계하였다. 즉, 영상에서 생길 수 있는 불필요한 자료인 잡음을 없애기 위해서 median filter를 이용하여 제거하고, 차선의 에지(edge)를 인식하기 위해 영상에서 에지점을 찾아야 하는데, 이를 위해 1차 미분 Sobel Mask를 사용하였다. 전체 256×256의 원영상에서 상하좌우 차선이 위치가능한 유효한 영역에서 디스플레이 모듈조정이 가능하도록 하고, TRNR/L(turn signal right/left), STP(stop lamp), SPD(speed sensor), ALRM(alarm switch on/off), BB(break), CC(클러치)등의 차량과의 인터페이스를 통하여 실제 제어를 담당한다. 도로주행시의 차선추출을 위한 알고리즘에서 중요한 것은 직선 및 곡선도로에서 유효한 에지점들만 추출하는 것이다. 그리고 선택된 에지점을 가지고, 직선 또는 곡선 형태로 차선을 그을 수 있어야 하는데, 이를 위해서 Least Square 방식을 이용해서 처리하였다. Least square 방식은 영상에서 각 점들의 기울기의 평균을 구해서 점들의 공통점을 구하기 때문에 직선이나 곡선의 라인을 그을 수가 있다. 이렇게 되면, 차량의 현재 위치, 차선의 이탈여부를 판단할 수 있게 된다. 또한 차선 주위의 유효한 에지점과 불

필요한 에지점의 판단은 기울기 방정식을 이용하여 다음과 같이 선택한다.

① 첫번째 에지점과 다음 에지점과의 기울기를 반복해서 계산한다.

② 각 점들의 기울기를 구한 후 ±0.4의 오차 범위 내에서 이 값들의 평균을 구한다.

③ 각각의 에지 점들 중 기울기의 범위 안에 들어가는 것이 기준 값 이상이면, 일단 에지 점으로 인식한다.

이렇게 적합한 에지 점을 추출한 뒤, 식 (3)의 Least square 방식을 이용하여 직선이나 곡선의 라인을 구한다.

$$g(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_Nx^N \quad (3)$$

여기에서 각각의 자료들로부터 얻은 곡선의 편차는 식 (4)와 같고,

$$r_i = y_i - g(x_i), \quad i = 1, 2, 3, 4, \dots, L \quad (4)$$

L은 데이터의 개수이다. 편차의 제곱의 합은 다음 식 (5)와 같다.

$$R = \sum_{i=0}^L (r_i)^2 \quad (5)$$

R을 최소화하기 위해서 다항식의 계수에 대한 R의 편도함수를 0으로 놓으면,

$$\frac{\partial R}{\partial a_k} = 0, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots, N \quad (6)$$

식 (6)과 같이 된다.

실제로 계수에 대한 방정식을 행렬로 표현하면 식 (7)과 같다.

$$\begin{bmatrix} 6.00 & 3.30 & 2.21 \\ 3.30 & 2.21 & 1.60 \\ 2.21 & 1.60 & 1.22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7.5400 \\ 4.8440 \\ 3.5102 \end{bmatrix} \quad (7)$$

식 (7)를 통해 먹급수의 계수들은 다음 표 1과 같다. 따라서, 일반적인 직선과 곡선을 추출하기 위해 사용된 Least square equation은 다음 식 (8)과 같다.

$$y = 0.587114 + 0.059102x + 1.729537x^2 \quad (8)$$

2.2.3 에지 추출

2×1 마스크 및 Thershold를 적용하여 수직 성분

표 1. 먹급수의 계수

Power n	Coefficient a_n
0	0.587114
1	0.059102
2	1.729537

이 있는 에지 추출하였다. 계산방법은 P(n+1,m)의 광도값을 P(n,m)-P(n+1,m) 연산하여 부호를 포함해서 미분영상의 D(n,m) 픽셀에 저장한다. 이 값의 부호가 +이면 왼쪽에서 오른쪽으로 광도가 감소한다는 것을 의미하고 -이면 반대의 경우를 표시하게 된다. 그림 4는 y=k에서의 좌우측 광도변화를 나타낸 그래프이다.

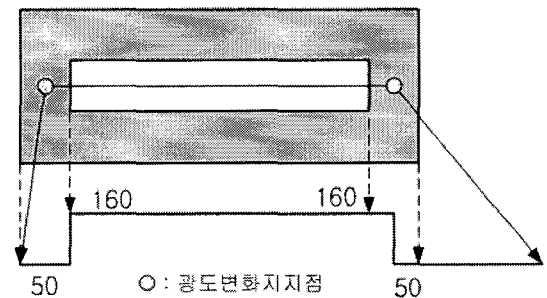


그림 4. y=k에서의 좌우측 광도 변화

2.2.4 탐색영역 지정

전 프레임에서 추출된 차선의 방정식이 이미지 평면에서 지나가는 궤적을 중심으로 좌,우 10 픽셀 이내를 현재 프레임의 에지 탐색 구간으로 정하였다. 방정식의 궤적이 이미지의 크기 범위를 벗어나는 수직 위치들은 기본 탐색영역이 주어진다. 기본 탐색영역은 이전 프레임에서 차선을 찾지 못했거나 차선을 변경할 때 화면의 중심에서부터 새로운 차선을 찾기 위해서이다. 그림 5는 탐색영역을 나타낸 것이다.

2.2.5 추정 차선 폭에 맞는 물체 분리

y 수직 위치별로 차선이 나타날 경우 화면상에 나타나는 픽셀 폭을 미리 추정한 값을 사용하여 그 폭에 맞는 물체의 에지점들을 차선 에지 후보 리스트에 기록한다. 폭에는 좌측 점과 우측점이 있는데 영상에서 한 라인에 나타나는 수많은 에지점들 중 어떤 두 개의 점을 찾아 서로 대응시켜 그 사이 폭을 알아낼

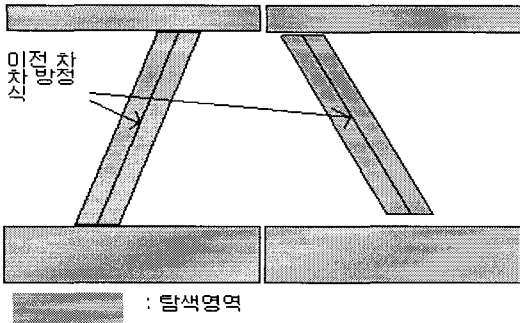


그림 5. 탐색영역

것 인지의 문제가 나타난다. 본 논문에서는 물체를 좌측과 우측 사이의 광도가 주변의 광도보다 밝은 경우 이를 물체라고 규정하였다. 이 물체 영상을 에지 추출 방법에 적용하면 좌측에는 -부호를 가진 에지가 나타나고 오른쪽에서는 +부호를 가지는 에지가 나타난다. 따라서 간단히 미분영상에서 우측에서부터 좌측으로 검사하여 +부호가 나왔을 때부터 -부호가 나올때 까지의 픽셀 거리가 바로 물체의 폭이라고 단정할 수 있다. 이 폭에 y축 위치별로 미리 추정한 차선 폭과 비교하여 비슷하면 차선 에지 후보 리스트에 기록한다. 이때 각 y축 위치별로 좌,우 각각 하나씩 두개의 위치만 기록한다. 그림 6은 차선폭을 검사를 위한 추정차선폭을 나타낸 것이다.

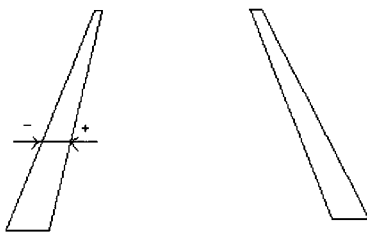


그림 6. 차선폭 검사

2.2.6 Adapted 임계값 조정

잡음 에지 및 불필요한 에지 제거를 위해 에지 추출 단계에서 사용하는 임계값을 조정하였다. 이는 지정된 탐색영역내의 평균 미분값으로 지정된다. 이는 도로의 차선을 도로 하는데 사용된 Paint의 반사특성이 운전자의 시야에서 주변 광도 분포와 어울리면서 명료한게 나타나도록 맞추어져 있다는데 착안했다.

2.2.7 에지 그룹

서로 연관이 있는 에지점끼리 그룹화하고 차선폭

이 없는 그룹을 제거한다. 그룹화 하는 기준은 차선 에지 후보 리스트에서 서로 4픽셀 이내에 모여있는 에지점들을 하나의 그룹으로 하였다. 다음으로 에지점을 10개 이하를 가지는 그룹들을 제거한다. 마지막으로 그룹별로 최소의 오차로 설명할 수 있는 1차 방정식을 각각 추출하여 기울기가 왼쪽 에지 리스트에서는 음, 오른쪽 에지 리스트에서는 양의 기울기를 가지는 차선 에지 후보 리스트에서 제거한다. 그림 7은 부적합한 기울기 및 잡음 제거를 위한 에지그룹을 나타낸 것이다.

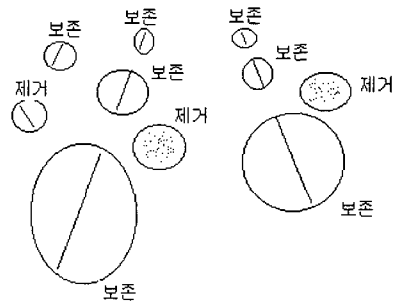


그림 7. 부적합한 기울기 및 잡음 제거

2.2.8 바깥 편향 에지그룹 제거

여러 차선 중 주행 차선을 추출하기 위한 목적으로 가장 안쪽으로 위치하는 1차 방정식을 가지는 그룹들만 남겨두고 바깥쪽에 위치하는 그룹들은 제거한다. 그림 8은 바깥편향 에지 제거를 위한 그룹을 나타낸 것이다.

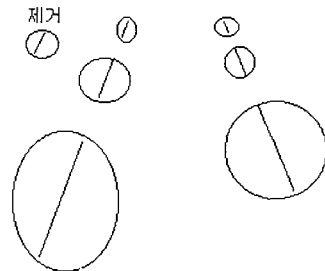


그림 8. 바깥 편향 에지 제거

2.2.9 Polynomial fitting

차선 에지 후보 리스트에서 최종적으로 남아있는 에지점들을 하나로 그룹화하여 이들을 최소의 오차로 설명할수 있는 방정식을 추출한다. 본 논문에서는 1차 방정식에 적합시켰다. 적합 방법은 Least square

method를 사용하였다.

2.2.10 도로 모델링

차선의 방정식이 도로의 형태에 적합한가를 판정한다. 추출된 도로 폭이 가능한 도로 폭 범위를 벗어날 경우, 차선이 왼쪽과 오른쪽중 한쪽만 추출된 경우 기울기가 도로의 바깥쪽으로 향한 경우에는 현재 프레임에서 차선 추출이 실패하였다고 규정하고 경보로직을 중단시키고 다음 프레임 처리로 넘어간다.

2.2.11 차선이탈 판정

최종적으로 추출된 차선의 방정식으로 차폭계산 및 이탈정도를 계산하여 경보로직을 작동시킬 것인지 판단한다. 이탈 여부 판정 기준선을 화면의 가장 아래에서 수행한다. 주행차선의 폭을 계산하기 위해 $y=191$ 인 직선과 왼쪽과 오른쪽 차선의 방정식이 만나는 점을 각각 차선의 위치라 정하고 그 사이의 중간점을 화면좌표계에서의 차선 중앙 점으로 정한다. 다음으로 차선에 대한 차의 위상을 고려하여 EOF와 차선 중앙점을 지나는 직선에 수직이면서 차선 중앙점을 지나는 방정식을 구하여 이 방정식이 좌우 차선의 방정식과 만나는 두 개의 점을 각각 좌측위상보정점, 우측위상보정점으로 하여 이 두 점 사이의 거리를 현재 차선의 폭에 대한 픽셀 거리로 정한다. 식(9)는 차선 이탈정도계산을 나타낸 식이고, 이탈 정도가 경보폭 이하로 줄어들 때 경보가 울린다. 그림 9는 차선폭 계산이 이루어진 그림이다.

$$\text{이탈 정도} = \text{주행차선폭}/2 - (\text{화면중심} \times \text{좌표} - \text{차선중앙점} \times \text{좌표}) \quad (9)$$

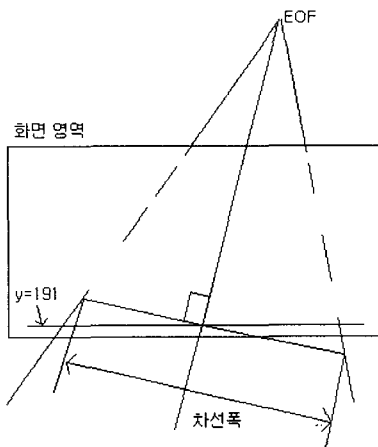


그림 9. 차선폭 계산

3. 엔코더(Encoder)

엔코더부는 최종적으로 전처리프로세서 및 후처리프로세서의 컬러정보를 이용하여 추출된 차선인식에 대한 결과를 그림 1의 전처리프로세서가 전처리프로세서메모리로부터 읽어들이고 앞전 프레임에 대한 차선인식결과와 현재 프레임의 컬러정보데이터를 OR연산함으로써 현재 진행되는 영상에 차선인식결과를 출력해주는 데이터와 동기신호를 이용해 최종적인 결과를 디스플레이 장치에 출력하는 역할을 수행하도록 하였다.

4. 실험 및 결과

본 논문에서 컬러정보처리를 이용하여 개발된 차선이탈경보장치시스템 보드를 그림 10에 나타내었다. 컬러정보처리를 이용한 차선이탈경보시스템을 이용하여 실제 차량에 장착한 후 도로 주행시에 나타나는 차선의 실제영상에 대한 차선이탈 판정 절차에 대한 결과영상을 살펴보았다.

그림 11은 CCD 카메라에 의해 촬영되고 인식된 도로의 차선 및 경계를 인식하기 이전의 원본영상이다. 그림 11에서 나타낸 바와 같이 중앙차선 분리대 부근에 황색차선이 나타나 있고, 도로면에는 흰색차선이 나타나 있는 영상을 볼 수 있다.그림 11에서의 CCD카메라가 장착된 실제 차량의 속도는 약 92km/h로써 고속 주행을 유지하였고, 고속도로상 주간에 촬영을 하였다.

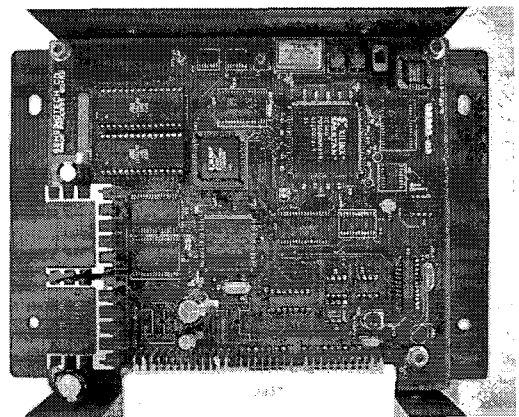


그림 10. 개발된 차선이탈경보시스템 보드의 사진



그림 11. CCD카메라에 의해 촬영된 원본영상

그림 12는 그림 11의 실제 원본영상입력에 대해 흑백영상으로의 변환이 이루어진 결과이다. 그림 12에서 나타낸 바와 같이 흑백영상에서의 변환에 대해 황색차선의 강조처리가 제대로 이루어지지 않는 결과를 볼 수 있다. 이에 대해 차선이탈여부를 판정하는 기준선(흰색실선)이 황색차선에는 잘 나타나지 않은 것을 알 수 있다.

이때 황색차선을 강조하여 나타낸 컬러영상변환에 의한 결과영상을 그림 13에 나타내었다. 그림 13에 나타낸 바와 같이 최종적으로 추출된 차선의 방정식으로 차폭 계산 및 이탈정도를 계산하여 경보를 작동시킬 것인지 판단 또는 차선의 이탈여부를 판정하는 기준선(흰색실선)이 잘 나타나 있음을 알 수 있다.

따라서 컬러정보를 이용한 차선이탈 경보시스템은 차량의 고속도의 주행에 불구하고 차선을 찾아 신속하게 인식하는 것을 볼 수 있었으며, 실시간 처

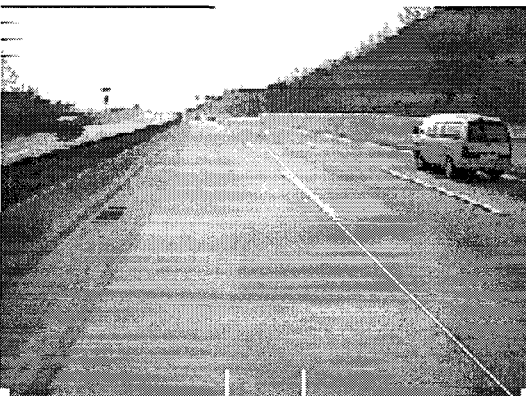


그림 12. 흑백영상변환

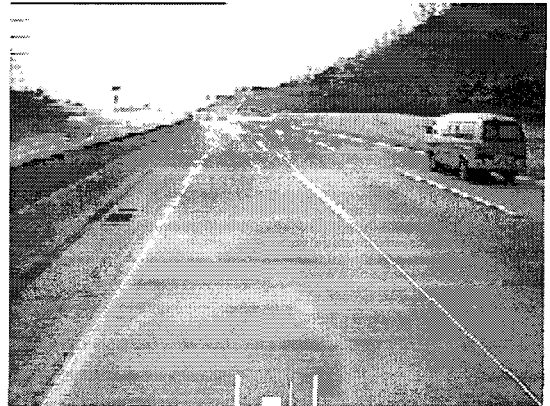


그림 13. 차선이탈여부를 판정하는 기준선이 나타난 결과영상

리의 요건을 만족하고 인식알고리즘의 강인성이 있음을 알 수 있었다.

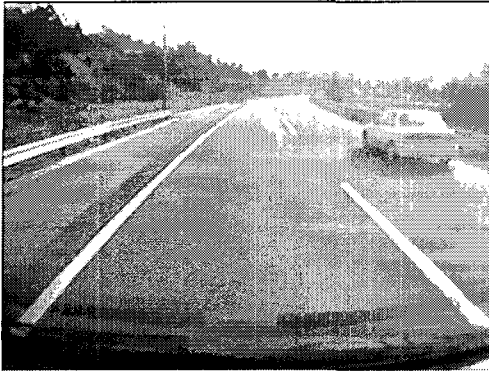
또한 본 시스템은 도로면의 흰색차선에 있어서도 차선인식률이 높게 나타남을 보여주는 영상이 그림 14에 나타내었다. 그림 14의 (a)는 주행시의 원본영상을 나타낸 사진이고 (b)는 차선인식을 나타내는 기준선(점선)이 흰색차선에 대해서도 인식률이 높게 나타남을 보여주는 결과영상이다. 따라서 본 시스템은 도로면의 흰색차선뿐 아니라 흰색차선에 대해서도 높은 차선인식률을 보임을 알 수 있다.

5. 결론

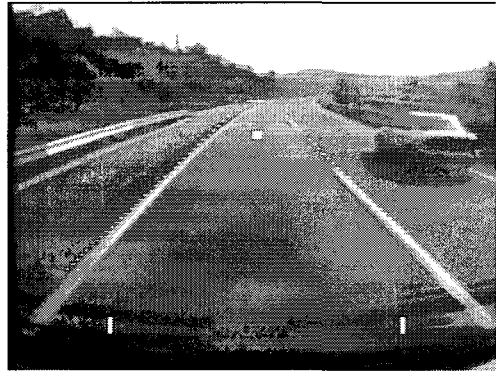
본 논문은 고속도로 주행차량의 비의도적인 차선이탈상태에 대한 상황을 감지하여 사전에 경보해주는 차선이탈경보시스템에 있어서, 황색차선에 대한 차선인식률을 향상시킬 수 있는 컬러정보처리를 이용한 차선이탈경보장치시스템을 제안하였다.

여기서 컬러영상에서의 황색차선의 컬러값을 흑백레벨로 변환한 후 원래의 그 픽셀에 대한 흑백레벨과 더함으로서 황색차선에 대한 강조를 하는 방법을 이용하였으며, 다른 자연계의 모든 컬러영상정보로부터 특정의 유색 값을 흑백레벨로 변환한 후 원래의 그 픽셀에 대한 흑백레벨과 더하는 과정을 거침으로서 특정의 유색정보에 대한 인식률을 향상시킬 수 있었다.

이와 같은 차선이탈경보시스템은 차선에서 인식되는 영상정보가 흑백영상처리만으로의 결과보다도 향상된 성능을 얻을 수 있고, 컬러영상정보를 처리함



(a)



(b)

그림 14. 차량의 도로 주행시 흰색차선인식에 따른 결과영상
(a) 원본영상 (b) 흰색차선 인식을 나타내는 기준선(점선)이 나타난 결과영상

에 있어서 실시간 고성능으로 처리하는 고속의 시스템을 얻을 수 있게 되었다.

따라서 이를 이용하여 차량의 사고예방 및 그에 준하는 상황을 사전에 예방할 수가 있으며, 산업 및 공업적인 용도로 동일 형태에서 색상정보를 통한 물체의 인식 또는 이와 유사한 방면으로 효과를 가져올 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Xian Chen, E.L. Dagless, Sgu-jun Zhang, B. T. Tomas, "A real-time plan view method for following bending roads", *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Tokyo Japan, pp. 219-224, 1993.

[2] Alberto Broggi, "A Massively parallel Approach to Real-Time Vision-Based Road Marking Detection", *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Detroit, USA, pp. 84-89, 1995.

[3] M. Chen, T. Jochem, and D. Pomerleau, AURORA: A Vision-Based Roadway Departure Warning System, IROS 95, pp.243-248, Aug., 1995.

[4] Anthony B. Wil and Stanislaw H. Zak, "Modeling and Control of an Automated Vehicle", *Vehicle System Dynamics*, 27, pp

131-155, 1997.

[5] Jurgen Guldner, Wolfgang Sienel, Han-Shue Tan, Jurgen Ackermann, Satyajit Patwardhan and Tilman Bunte, "Robust Automatic steering control for Look-Down Reference systems with Front and Rear Sensor", *PATH Report* 1997.

[6] Jiang Gabgyi, Chen Yanhua, Yu mei, Zheng Yi, "Approach to Lane Departure Detection", *Proc. of ICSP2000*, pp. 971-974, 2000.

[7] Pau-Lo Hsu, Hsu-Yuan Cheng, Bol-Yi tsuei and Wen-Jing Huang, "The Adaptive lane-Departure Warning System", SICE 2002, Osaka, pp. 2867-2872, Aug. 2002.

[8] Joon Woong Lee, Chang Doo Kee and Un Kun Yi, "A New Approach for Lane Departure Identification", *Poc. of the 2003 IEEE*, pp. 100-105, 2003.

[9] Sukhan Lee, Woong Kwon, Jae Won Lee, "A Vision Based Lane Departure Warning System", *Poc. of the 1999 IEEE/RSJ*, pp. 160-165, 1999.

[10] Woong Kwon, Jae Won Lee, Dongmok Shin, Kyoungsig Roh, Dong Yoon Kim, and Sukhan Lee, "Experiments on Decision Making Strategies for a Lane Departure Warning System", *Poc. of the 1999 IEEE*, pp. 2596-2601, 1999.



신 천 우

1984년 영남대학교 전자통신공학과(공학사)

1987년 영남대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사)

1990년 아주대학교 대학원 통신공학(공학박사수료)

1996년 일본오사카대학교 시스템공학(공학박사)

1996년 3월 1999년 2월 동명정보대학교 조교수(주임교수)

1999년 3월 현재 경성대학교 멀티미디어공학과 부교수

1994년 4월 현재 센싱테크(주) CEO(대표이사)

2000년 9월 현재 엔알디테크(주) CTO(기술이사)

관심분야: 초고주파통신시스템, RF회로설계, 멀티미디어시스템