칼만필터 기반의 도로표지판 추적을 이용한 차량의 횡방향 위치인식

이 재 홍¹⁾ · 김 학 일^{*2)}

인하대학교 전자공학과¹⁾ · 인하대학교 정보통신공학부²⁾

Lane Positioning in Highways Based on Road-sign Tracking by Kalman Filter

Jaehong Lee¹⁾ · Hakil Kim^{*2)}

¹⁾Department of Electronic Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

²⁾School of Information and Communication Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

(Received 31 October 2013 / Revised 2 February 2014 / Accepted 8 March 2014)

Abstract : This paper proposes a method of localization of vehicle especially the horizontal position for the purpose of recognizing the driving lane. Through tracking road signs, the relative position between the vehicle and the sign is calculated and the absolute position is obtained using the known information from the regulation for installation. The proposed method uses Kalman filter for road sign tracking and analyzes the motion using the pinhole camera model. In order to classify the road sign, ORB(Oriented fast and Rotated BRIEF) features from the input image and DB are matched. From the absolute position of the vehicle, the driving lane is recognized. The Experiments are performed on videos from the highway driving and the results shows that the proposed method is able to compensate the common GPS localization errors.

Key words : Localization(위치인식), Road sign recognition(도로표지판 인식), Feature(특징점), Kalman filter(칼만 필터), Trajectory analysis(궤적분석), Location-based service(위치기반서비스)

1. 서 론

최근 자동차 분야에서 IT기술을 융합한 지능형 안전기술 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이러한 기술은 주로 운전자 보조 시스템에 초점이 맞춰져 있으며 차선 이탈 경보나 주차 지원 시스템은 이미 상용화 되어 있다. 또한 운전자의 편의성을 위해 GPS를 이용한 위치 기반 서비스(local based service)를 제공하기도 한다.

신뢰도가 높은 DGPS를 이용하면 정밀한 위치를 알아 낼 수 있으나¹⁾ 일반적으로 사용되는 GPS는 정

밀한 위치를 알려주지 못하며 특히 주행 중인 차량의 횡 방향 위치를 제공할 수 없다는 단점이 있다. 비전 센서로 위치 인식에 주로 사용되는 스테레오 카메라는 고가의 장비로 상용화하기 어렵다. 단안카메라를 이용하여 차선인식을 수행한 방법이 연구되었지만 현재 주행 중인 차선이 몇 차선인지 알려주기 위해서 도로 내 차선을 모두 인식해야 하며 대부분 다른 차량에 의해 가려지므로 어렵기는 마찬가지이다.

카메라 영상에서 검출되는 도로표지판을 이용하면 차량과 도로표지판의 상대적인 위치를 구할 수 있다. 표지판의 인식과 관련된 연구로 검출, 특징점, 분류에 대한 다양한 방법들이 조사되어 있고,²⁾ 표지판 네 꼭지점의 사영변환으로 구해진 호모그래피를 통해 차량과의 거리를 구하는 방법에 대해 해외와

*A part of this paper was presented at the KSAE 2013 Annual Conference and Exhibition

*Corresponding author, E-mail: hikim@inha.ac.kr

국내에서 모두 소개되었다.^{3,4)} FFT(Fast Fourier Transform)를 이용한 표지판 인식과⁵⁾ 다양한 조명 환경에서의 표지판 색 변화에 대한 연구도 진행되었다.⁶⁾ 이미 개발된 여러 가지 주행지원 시스템의 검증을 위해서 또한 도로시설물의 관리를 위해서 실 도로의 영상DB를 구축하는 방법에 대한 연구에^{7,8)} 기반하여 도로표지판의 실제 위치 정보를 알고 있으면 자차의 상대적인 위치와 더불어 절대적인 위치도 계산할 수 있다.

본 논문에서는 도로표지판 인식과 이미 구축된 도로표지판 DB 정보를 이용하여 주행 중인 자차의 횡 방향 위치정보를 추정하고 현재 차선을 알아내는 방법을 제안한다. 전체적인 과정은 Fig. 1과 같다.

먼저 주행 중 단안카메라로 들어오는 영상에서 환경에 적응적인 이진화 방법으로 배경과 분리시키고 표지판의 색정보를 이용하여 표지판 영역을 검출한다. 검출된 표지판의 중심좌표는 자차의 주행속도와 관련지어 이동하기 때문에 칼만필터를 이용하여 추적하고, 표지판에서 특징점을 추출하여 이미 알고 있는 도로표지판 DB내에서 추출된 특징점과 매칭과정을 거친다. 매칭에 성공하면 해당 표지판의 정보를 읽어오고, 표지판 중심좌표의 궤적을 이용한 거리정보와 결합하여 자차의 횡 방향 위치

와 더불어 주행 중인 차선 정보를 알려주게 된다. 평가를 위해 실제 고속도로 주행영상과 도로표지규칙에 의거한 설치 규정을 참고하여 거리 정보를 추정하였다.

2. 표지판 분석 및 영상 전처리

2.1 도로표지 설치 규정

도로표지는 도로표지규칙에 의해 계획적으로 설치된다. 설치 방법으로 단주식, 복주식, 편지식, 현수식, 문형식 등이 있으며 본 논문에서 주로 다루는 표지는 Fig. 2와 같은 문형식으로 설치되어 있다. 높이는 지면으로부터 5m 높이에 설치하도록 규정되어 있다. 제안하는 방법에서 사용되는 표지판의 중심위치는 이보다 높지만 차량 내부에 설치되는 카메라의 높이를 고려하여 카메라와 표지판 중심의 높이도 5m로 고정한다.

Fig. 2 Gate-type of road sign

2.2 DB구성

본 논문에서 제안하는 위치인식을 수행하기 위해서는 크게 표지판DB 정보와 카메라 캘리브레이션 정보를 알아야 한다. 캘리브레이션 데이터는 미리 구한 것으로 가정하고, 표지판DB는 다음과 같이 구성한다.

- 표지판 이미지
- 표지판 이미지에서 추출된 특징점
- 표지판 설치 위치 정보
  - 설치 높이
  - 중앙 차선으로부터 횡 방향 거리
- 표지판이 설치된 도로의 전체 차선 수

표지판의 설치 높이는 2.1절에서와 같이 5m로 고정되어 있고 중앙 차선으로부터 횡 방향 거리 및 전

Fig. 1 Overall process of proposed method

체 차선수를 알아야 자차의 표지판과 자차의 상대 위치로부터 절대 위치를 계산하고 주행 차선을 알 수 있다.

2.3 도로표지 인식 환경

실제 도로 주행 영상에서 표지판은 다양한 환경에서 인식되어야 한다. 이때 주로 고려해야 할 조건은 Photo. 1과 같이 거리에 따른 크기, 시간에 따라 변하는 조명환경이 대표적이다.

Photo. 1 (a) Size changes of road sign according to the distance (b) Color changes of according to the illumination

2.4 환경에 적응적인 영상 전처리

본 논문에서는 Photo.1 (b)처럼 변하는 배경을 처리하기 위해 우선 전체 영상에서 도로 윗부분 영역을 ROI(Region of Interest)로 설정하고 이진화 과정에서 Otsu 방법⁹⁾을 사용하였다. Otsu 방법은 클래스 간 분산을 최대화시킨다는 점에서 최적이라 할 수 있고 물체를 검출¹⁰⁾하는데 응용되는 이진화 방법이다.

영상이 이진화 되면 상대적으로 밝은 부분인 하늘 영역을 제거하고 나머지 영역에만 접근할 수 있다. 다음으로 표지판의 색정보를 이용하여 사각형 영역을 검출한다. 이때 영상을 RGB 채널로 각각 분리시킨 후, 식 (1)의 비율관계를 이용해 표지판 영역의 테두리를 검출하게 된다.

$$\frac{I_G}{I_R} > \tau_{GR} \quad (1)$$

$$\frac{I_G}{I_B} > \tau_{GB}$$

여기서, I_G 는 G 채널에서의 픽셀 밝기, I_B 는 B 채널

에서의 픽셀 밝기, τ_{GR}, τ_{GB} 는 각각 문턱치이다.

색의 특성을 이용하여 표지판 영역을 분리시켜내면 사각형 영역 내에서 중심점을 찾아내고 추적을 시작한다.

3. 칼만 필터를 이용한 표지판 추적

3.1 핀홀 카메라 모델

영상에 표시되는 도로표지판의 움직임을 파악하기 위해서 먼저 실제 표지판이 어떻게 영상에 투영되는지 알아야 한다. 이는 핀홀 카메라 모델을 따르며 기본원리는 Fig. 3과 같고 다음 식을 만족한다.

$$f \times h = D \times H \quad (2)$$

여기서, f 는 초점거리, h 는 투영된 물체의 높이, D 는 카메라와 물체간 거리, H 는 물체의 실제높이를 의미한다. 식 (2)에서 f, H 는 미리 알고 있는 것으로 가정하고 영상 내에서 h 를 측정하면 실제거리 D 를 구할 수 있다.

Fig. 3 The basic pinhole camera model

3.2 표지판 이동 모델

3.2.1 상태 정의

칼만 필터를 이용하여 물체의 이동을 추적할 때 먼저 대상의 상태를 정의해야 한다. 표지판의 중심점은 자차의 주행속도와 표지판과 자차가 이루는 각도에 의해 이동하게 되므로 다음과 같이 상태를 정의할 수 있다.

$$X_t = [x_t, y_t, v_t, \theta_t]^T \quad (3)$$

여기서, x_t, y_t 는 검출된 표지판의 중심 좌표, v_t 는 자차의 속도, θ_t 는 표지판과 자차, 즉 카메라의 중심이 이루는 각도를 의미한다.

3.2.2 거리에 따른 모델링

주행 중 입력되는 영상에서 도로표지판은 무한히

Fig. 4 Relation of road sign and its projected image

먼 거리에 있을 때 영상 내 소실점에 위치하게 되고 가까워질수록 영상의 윗부분에 표시가 된다. 차량이 표지판과 수직을 이루면서 이동할 때의 관계를 Fig. 4와 같이 나타낼 수 있으며 다음 식 (4)를 만족시킨다.

$$\begin{aligned} F &= \overline{P_V P_P} \\ H_L &= \overline{H_t} = H_{t+1} \\ D_L &= \overline{P_P P_L} \\ D_t &= \overline{P_P P_t} = D_L + tv_t \\ D_{t+1} &= \overline{P_P P_{t+1}} = D_L + tv_t - v_t \end{aligned} \quad (4)$$

여기서, F 는 초점거리로 카메라 렌즈의 중심 P_P 와 영상 평면에서 소실점 위치 P_V 의 거리라고 할 수 있다. 표지판의 실제 높이 H 는 어느 시점에서 관계없이 항상 같은 값을 가진다. 이때 표지판의 높이는 표지판 설치 규정에 명시된 바와 같이 5m이다. 표지판이 최대로 검출 가능한 지점을 P_L 이라고 하면 이때 P_L 과 P_P 의 거리는 D_L 이다. 그리고 t 라는 시점에서 표지판과의 실제거리 D_t 는 식 (4)에서와 같이 표현할 수 있고 $t+1$ 시점에서 거리 D_{t+1} 는 D_t 에서 단위시간에 이동하게 되는 거리 v_t 를 빼준 것과 같다.

t 라는 시점에서 영상에 표시되는 표지판 중심의 높이 y_t 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$y_t = \frac{FH}{D_L + tv_t} \quad (5)$$

단위시간이 지난 후 $t+1$ 일 때 표지판 중심의 높이는 $y_{t+1} = \frac{FH}{D_L + tv_t - v_t}$ 이며, 역수를 취해 정리하면 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{1}{y_{t+1}} &= \frac{D_L + tv_t}{FH} - \frac{v_t}{FH} = \frac{1}{y_t} - \frac{v_t}{FH} \\ &= \frac{FH - v_t y_t}{FH y_t} \\ y_{t+1} &= \frac{K y_t}{K - v_t y_t} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\left(\text{단, } K - v_t y_t > 0, \quad y_{t+1} \leq \frac{h_f}{2} \right)$$

여기서, K 는 FH 를 나타내고 h_f 는 원본 입력 영상의 높이를 의미한다.

식 (6)이 의미하는 바와 같이 다음 프레임에서 표지판의 위치는 현재 속도가 증가하면 더 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

3.2.3 각도에 따른 모델링

본 논문에서 제안하는 횡 방향 위치를 구하기 위해서는 Fig. 4처럼 수직적으로 접근 할 뿐 아니라 횡 방향으로 거리를 유지하면서 주행하는 상태를 모델링해야 하는데 이때의 투영관계를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에서 표지판의 횡방향 거리로 인해 발생하는 각도 θ 는 실제 영상에서 Fig. 6에서와 같이 표시된다. 이때 차량이 표지판에 대한 수직적인 접근으로 직선주행 한다면 θ 는 같은 값으로 유지된다.

Fig. 5 Horizontal distance W in real world and w in image plane

 Fig. 6 θ in the image

영상 좌표계에서 구해지는 소실점의 좌표 P_r 와 표지판 중심의 좌표 P_s 를 알면 영상 내에서의 횡 방향 거리 w 와 높이 h 를 구할 수 있고, (7)의 식을 통해 θ 를 구할 수 있다. 또한 실제 설치 높이 H 를 알면 카메라 모델 관계를 이용하여 표지판으로부터 자차의 횡 방향 거리 W 를 구할 수 있다.

$$\theta = \arctan\left(\frac{w}{h}\right) \quad (7)$$

$$W = H \times \tan(\theta)$$

3.3 표지판 관측 모델

표지판을 추적하기 위해 사용되는 정보 중 관측을 통해서 얻어지는 정보는 z_t 로 정의한다. 그리고 관측단계에서 작용할 수 있는 노이즈를 포함 하고 있다고 가정한다.

$$z_t = h(X_t) + q_t \quad (8)$$

$$= \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ v_t \\ \theta_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_v \\ n_\theta \end{bmatrix}$$

여기서, $h(X_t)$ 는 관측 함수이고, q_t 는 관측 노이즈를 의미한다.

4. 특징점 매칭을 이용한 표지판 분류

4.1 ORB (Oriented Fast and Rotated BRIEF)

검출된 표지판으로부터 상대적인 위치를 구할 수 있지만 자차의 실제 위치를 알기 위해서는 표지판에 대한 정보를 알아야 한다. 본 논문에서는 영상의 특징점 매칭을 통하여 표지판을 분류하고 해당하는 정보를 읽어오는데 이때 특징점을 추출하기 위해 ORB^[11] 알고리즘을 사용하였다.

ORB는 FAST^[12] 코너를 검출하고 BRIEF^[13] 서술자를 이용해서 특징점을 표현한다. FAST코너는 영상 패치 내에서 코너 후보와 16개의 주변 픽셀간의 밝기 차이를 비교하고, 12개 이상의 픽셀이 연속적으로 밝거나 어두우면 코너로 판정한다. 하지만 이 방법만으로는 코너를 수치적으로 표현할 수 없기 때문에 Harris 코너 측정을 통해 강도가 높은 순서대로 코너를 검출한다. ORB에서는 oFAST라는 이름으로 16개 대신 9개의 주변 픽셀을 이용하고 여기에

방향성을 추가했는데, (9)와 같이 패치의 모멘트 mpq와 중심 모멘트C를 이용한다.

$$m_{pq} = \sum_{x,y} x^p y^q I(x,y) \quad (9)$$

$$C = \left(\frac{m_{10}}{m_{00}}, \frac{m_{01}}{m_{00}} \right)$$

여기서, p, q 는 x, y 의 차수를 나타낸다.

코너의 중심 O 과 무게중심 C 의 벡터를 구성하고 (10)과 같이 방향성 θ_c 를 표현할 수 있다.

$$\theta_c = \arctan\left(\frac{m_{01}}{m_{10}}\right) \quad (10)$$

추출된 코너들은 바이너리 스트링 기반의 BRIEF를 통해 표현된다. 일반적인 BRIEF는 (11)과 같이 영상 패치 p 내에서 이진 테스트 τ 를 통해 구성된다.

$$\tau(p; x, y) := \begin{cases} 1 & \text{if } I(p, x) < I(p, y) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

$$f_n(p) := \sum_{1 \leq i \leq n} 2^{i-1} \tau(p; x_i, y_i)$$

여기서, n 은 바이너리 스트링 길이로 256이다.

영상 패치에서 n 번의 테스트는 미리 정해진 패턴 내에서 수행된다. ORB에서는 rBRIEF라 이름 하여 앞서 구한 θ_c 를 고려한 테스트를 수행하는데 분산과 상관도가 높은 n 번의 테스트를 먼저 골라내는 방법을 적용하였다.

4.2 특징점 매칭

특징점은 입력되는 영상에서의 표지판과 이미 저장되어있는 표지판에서 각각 추출된다. 추출된 특징점은 매칭을 통해 가장 비슷한 영상을 골라내준다. 일반적인 바이너리 서술자의 매칭에서 Hamming 거리를 사용하게 된다. 하지만 단순 거리비교 만으로는 오검출이 많이 발생하기 때문에 정확한 결과를 보장할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 Fig. 7로 나타낸 k -최근접 이웃 기반의 테스트^[14]를 거친다.

4.3 OpenMP를 이용한 병렬처리

앞서 4.2절의 특징점 매칭은 입력 영상으로부터의 표지판 후보와 DB내의 표지판의 일대일 매칭과 정이다. 하지만 일대일의 매칭을 한번 수행한다는

Fig. 7 Feature matching test

Fig. 8 Parallel processing using OpenMP

것은 이미 어느 표지판인지 알고 있다는 가정이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 GPS로부터 얻어지는 대략의 위치 정보를 통해 4개의 표지판 후보를 선정하고 고속 주행시에도 실시간으로 처리할 수 있도록 병렬 처리를 통해 빠른 시간 내에 매칭하는 방법을 제안한다.

본 논문에서 사용한 OpenMP는 공유 메모리 환경에서 다중 스레드 병렬 프로그램을 작성하기 위한 응용프로그램 인터페이스이다. 최근 대부분 컴파일러에 기본적으로 포함되어 있고, 프로그래밍을 쉽게 할 수 있기 때문에 널리 쓰이고 있다. 동작하는 과정은 Fig. 8과 같다. 검출된 표지판과 DB의 후보 표지판이 스레드를 통해서 병렬적으로 매칭을 하고 가장 높은 스코어를 얻은 표지판의 정보를 읽어오게 된다.

5. 실험 및 결과

5.1 위치추정 오류 편차분석 실험

5.1.1 환경 및 조건

실험에서는 차량 전방에 카메라를 설치하고 구간

Table 1 System environment

카메라	Video VBox Lite Camera NTSC 420L
CPU	Intel ®Core™ i7-3770 CPU @ 3.40 GHz
개발도구	MS Visual Studio 2010, C++
라이브러리	OpenCV 2.4.5

고속도로 주행 영상을 획득하였다. 영상 크기는 720×576으로 설정하였으며 기본 ROI는 전체 영상 크기의 45%에 해당한다. 주행은 표지판에 대해 수직적인 접근 및 직선 주행을 가정한다. 동영상을 취득한 후에 PC에서 개발된 프로그램으로 평가를 수행하였다. 실험 환경은 Table 1과 같다.

5.1.2 방법 및 실험 결과

실험에 사용된 영상은 영동고속도로 상행 방향의 8개 구간에서 획득하였다. 구간 내 표지판은 문형식 또는 편지식으로 설치되어 있다. 각 구간을 규정 속도로 주행하면서 영상을 미리 획득하고 실험에서는 입력되는 영상에 대한 표지판 검출 및 매칭을 수행하여 상대거리 및 절대거리를 계산하였다. 특징점 매칭이 성공하기 위해서는 표지판이 일정한 크기 이상이 되어야 하는데 본 실험에서는 30m 이내의 수직 거리에서 특징점 추출이 가능하였다.

매칭이 성공한 표지판은 해당하는 DB영상을 화면에 오버레이 시키고 추정된 주행 차선도 마찬가지로 화면에 표시했다. 실험에 사용된 구간 중 DB # 1, 4에 대한 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 오른쪽 영상에서 중앙선과 점은 소실점이고, 우상단의 점쾌적은 인식된 표지판의 중심을 가리킨다.

Fig. 9 Experimental result images

5.1.3 평가 분석

본 편차분석 실험에 대한 정량적 평가는 Table 2와 같다. 도로 주행 영상에서 각 DB별로 횡방향 거리를 추정하고 프레임마다 구해진 결과의 평균값과 비교하여 표준편차를 구했다. 표에서 검출 후 표지판 인식률이란, 표지판 영역이 검출된 프레임 수와 그 중 특징점 매칭으로 인식이 성공한 횟수를 의미한다. DB #1~5까지의 경우 매칭 성공률이 좋았으나 DB #6~8의 경우 조명 변화로 인해 인식 성공률이 떨어진 것을 볼 수 있다. Fig. 10에서 표준편차의 분포를 살펴보면, 표지판으로부터 횡방향으로 떨어진 거리와 상관없이 결과가 나타난 것을 알 수 있다. 또한 표지판으로부터 좌우 어느 방향에 있는지도 결과에는 큰 영향을 미치지 않았다. 일단 표지판 인식이 성공하면 결과로 구해지는 거리는 안정적으로 나타남을 알 수 있다.

Table 2 Experimental result table

	검출 후 표지판 인식률	횡방향 평균거리 (cm)	표준편차	평균각도 (°)
DB #1	9 / 10	180.02	0.61	19.80
DB #2	9 / 11	140.14	6.89	15.66
DB #3	11 / 11	147.97	1.99	16.49
DB #4	11 / 14	235.67	6.23	25.24
DB #5	8 / 9	147.53	6.61	16.44
DB #6	3 / 12	-129.54	11.83	-14.53
DB #7	4 / 10	617.52	5.57	51.00
DB #8	3 / 12	-85.87	4.03	-9.75

5.2 측정값과 추정값 비교 실험

5.2.1 실험 방법

앞 절의 실험에서 표지판을 이용한 거리 계산에서 절대적인 오차비교 대신 결과의 안정성만을 보여주었다. 따라서 본 절에서는 실제 차량의 위치를

Fig. 10 Experimental result graphs

측정된 결과와 추정된 결과로 비교한다. 실험 장소는 1번 국도 의왕~안양 구간이고 영상획득을 위해 Fig. 11과 같이 카메라를 설치했다. 좌우 측면 카메라는 도어 미러 하단에 장착된 광각 카메라로 차선과의 실제거리 측정을 위해 사용된다. 전방에는 룸미러 바로 아래에 단안카메라를 설치했다.

실험 방법은 다음과 같다. 먼저 좌우 광각카메라의 캘리브레이션을 수행하여 영상에서 검출되는 차선의 실제 거리를 측정 가능하게 한다. 다음으로 다채널 영상 기록장치를 이용하여 세 카메라에서 동기화된 영상을 획득한다. 전방 카메라는 표지판을 이용한 거리 추정 영상획득 용도로 사용된다. 그리고 좌우 카메라의 영상은 차선과의 실제거리를 측정하여 제안방법의 결과를 검증하는 비교자료로 사용된다.

측면 카메라의 캘리브레이션은 Fig. 12와 같이 실제 크기를 알고 있는 체스보드를 이용하여 수행했다. 영상에서 검출되는 패턴의 크기와 실제 크기를 비교 할 수 있는 룩 업 테이블로 구성하였다. 측면 카메라 영상으로부터 차선의 폭을 측정하는 방법은 캘리브레이션의 결과로 차량 좌우 측면으로부터 차선까지의 거리를 측정하고 차량의 폭을 더함으로써 전체 한 차선의 폭을 계산한다. 측정 결과 평균

Fig. 11 Camera installation

Fig. 12 Calibration of fisheye lens

차선 폭은 3.39m로 도로 규정상에 명시된 3~3.5m의 기준에 부합하였다.

5.2.2 실험 결과

실험에 사용된 영상은 세가지 표지판에 대해서 1차선부터 4차선까지 주행하면서 획득하였다. Fig. 13은 각 영상의 캡처 화면을 보여준다. 각 영상은 모두 좌우 측면 카메라와 시간이 동기화되어 저장된다. 실험 결과는 Fig. 14의 그래프로 나타내었다. 측정거

Fig. 13 Samples of DB images on each lane

Fig. 14 Results of measured and estimated distance

리는 측면카메라로부터 차선과의 거리를 측정하는 것이고 추정거리는 제안하는 방법인 도로표지판 검출 후 이동계적 분석을 이용한 표지판과의 상대 거리를 의미한다. 1차선에서 측정한 위치를 기준으로 삼고 2,3,4차선 주행 시 측정거리와 추정거리의 차이를 비교하였다.

5.2.3 평가 분석

실험 결과 그래프를 살펴 보면, 4차선으로 갈수록 측정값과 추정값의 차이가 커지는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 표지판이 대부분 1차선에 가깝게 설치되어 있어서 측면으로 갈수록 영상의 크기가 작아져 표지판이 검출되어도 특징점 매칭에 성공하지 못했기 때문이다. 각 차선별 에러를 이차함수로 근사화하여 Fig. 15에 나타내었다. 그래프에서 점선을 표시한 이유는 실제 주행 차선을 인식할 때 한 차선을 3.5m로 가정하고 에러가 1.75m 이상이면 주행 차선을 판단하기 어렵기 때문에 이를 기준으로 비교하기 위함이다. 결과에 따르면 표지판으로부터 약 10m (3개 차선) 이상의 횡거리를 가질 때 주행 차선을 판단하기 어려울 것으로 보인다. 한편, 도로 중앙에 설치된 표지판을 인식할 경우 전 차선에서 인식이 가능할 것이다.

Fig. 15 Error graph. 1.75 m means the tolerance error

6. 결론 및 향후 과제

본 논문은 단안 카메라를 이용하여 고속도로 주행 차량에서 GPS 위치정보가 제공할 수 없는 차선

의 위치정보를 추정하는 방법을 제시하였고, 제안하는 방법의 절차는, 첫째, 변하는 외부 환경에 적응적인 이진화 방법으로 표지판을 검출하고, 둘째, 칼만 필터를 이용하여 이동하는 표지판을 추적하고 핀홀 카메라 모델을 사용하여 표지판과 차량의 상대 거리를 계산하고, 셋째, 특징점 매칭으로 표지판 DB로부터 표지판의 정보를 불러와서 차량의 실제 위치를 표시하고 주행 차선을 인식하며, 넷째, 병렬 처리 기술 적용으로 고속 주행 시에도 실시간으로 수행할 수 있는 처리속도를 확인하였다.

본 연구의 결과로 고속도로 주행 상황에 대한 안전 시스템으로 갓길 비상정지, 내비게이션 위치 정보 보완, 고속도로 출구 인식 및 유도 기술을 개발할 수 있을 것이다. 향후에는 캘리브레이션 정보를 바탕으로 카메라 왜곡 현상을 보정하고 다양한 환경에서 표지판을 안정적으로 검출할 수 있는 방법을 적용할 계획이다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부의 기술료지원사업 (10043052)의 지원아래 연구되었음.

References

- 1) S. Moon, S. G. Lee, J. J. Kim and B. S. Kim, "Detecting Lane Departure Based on GIS Using DGPS," Transactions of KSAE, Vol.20, No.4, pp.16-24, 2012.
- 2) A. Mogelmose, M. M. Trivedi and T. B. Moelund, "Vision-based Traffic Sign Detection and Analysis for Intelligent Driver Assistance Systems: Perspectives and Survey," IEEE Transactions on Pattern Recognition and Machine Intelligence, Vol.13, No.4, pp.1484-1497, 2012.
- 3) Z. Hu and Y. Tsai, "A Homography-based Vision Algorithm for Traffic Sign Attribute Computation," Computer-aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol.24, No.6, pp.385-400. 2009.
- 4) H. Lim, K. Deb and K. H. Jo, "Geometrical Reorientation of Distorted Road Sign using Projection Transformation for Road Sign Reco-

- gnition," Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol.15, No.11, pp.1088-1095, 2009.
- 5) P. G. Jimenez, S. M. Bascon, H. G. Moreno, S. L. Arroyo and F. L. Ferreras, "Traffic Sign Shape Classification and Localization Based on the Normalized FFT of the Signature of Blobs and 2D Homographies," Signal Processing, Vol.88, No.12, pp.2943-2955, 2008.
- 6) J. Miura, T. Kanda and Y. Shirai, "An Active Vision System for Real-time Traffic Sign Recognition," IEEE Intelligent Transportation Systems Proceedings, pp.52-57, 2000.
- 7) H. Noh, J. Lee, D. Lim and J. Lee, "The Research of Constructing the Real-world Image Data Base for Verifying the Function and Recognition Rate of ADAS Based on Image Sensor," KSAE Annual Conference Proceedings, pp.1398-1402, 2012.
- 8) J. Lee and D. Yun, "The Road Traffic Sign Recognition and Automatic Positioning for Road Facility Management," Int. J. Highw. Engineering, Vol.15, No.1, pp.155-161, 2013.
- 9) N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.9, No.1, pp.62-66, 1979.
- 10) C. Fang, J. Liang, C. Lo and S. Chen, "A Real-time Visual-based Front-mounted Vehicle Collision Warning System," IEEE Symposium on Computational Intelligence in Vehicles and Transportation Systems, pp.1-8, 2013.
- 11) E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige and G. Bradski, "ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF," IEEE International Conference on Computer Vision, pp.2564-2571, 2011.
- 12) E. Rosten, R. Porter and T. Drummond, "Faster and Better: A Machine Learning Approach to Corner Detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.32, No.1, pp.105-119, 2010.
- 13) M. Calonder, V. Lepetit, M. Ozuysal and T. Trzcinski, "BRIEF: Computing a Local Binary Descriptor Very Fast," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.34, No.7, pp.1281-1298, 2012.
- 14) J. Lee, X. Cui, H. Kim, S. Lee and H. Kim, "INHA : Localization of Mobile Robots based on Feature Matching with a Single Camera," IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2013.