

LED 가로등 및 롤링 셔터 CMOS 센서를 이용한 차량 측위 기법

당광히엔*, 유 명 식°

Vehicle Positioning Using LED Street Light and Rolling Shutter CMOS Sensors

Quang-Hien Dang*, Myungsik Yoo°

요 약

본 논문은 LED 가로등 및 2개의 Rolling Shutter CMOS 센서 카메라에 기반한 차량 측위 시스템을 제안한다. 차량이 고속 주행 중일 때에도 높은 측위 정확도를 달성할 수 있도록 CMOS 센서의 Rolling Shutter에 의해 발생하는 이미지 왜곡(Artifact)을 보완하는 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하였다.

Key Words : visible light communication, vehicle, positioning, rolling shutter

ABSTRACT

This paper proposes a vehicle positing system using LED street lights and two rolling shutter CMOS sensor cameras. A method to compensate for the rolling shutter artifact of the CMOS sensor is proposed to achieve a high positioning accuracy even when the vehicle is moving at high speeds. The proposed algorithm is verified through simulations.

I. 서 론

본 논문에서는 LED를 사용한 가시광 통신(Visible Light Communication : VLC) 기반 차량 측위 시스템을 제안한다¹⁾. 제안된 시스템에서 LED 가로등은

LED의 실제 좌표를 얻을 수 있는 식별 코드를 전송하는 데에 사용된다. CMOS 이미지 센서²⁾는 이미지 데이터를 캡처하는데 사용되며 LED의 실제 좌표와 영상의 좌표 사이의 기하학적 관계는 차량의 위치를 결정하는데 사용된다.

이 논문에서 고려되는 차량 측위 문제를 해결하기 위한 기존의 이미지 처리 알고리즘에는 두 가지한계점이 있다. 첫째, 기존 알고리즘은 위치 파악에 필요한 물체가 동일 선상 위치하지 않아야 한다. 그러나 LED 가로등은 대부분의 경우 동일 선상에 있기 때문에 기존의 알고리즘은 차량의 위치 파악에 어려움이 있을 수 있다. 둘째로, LED의 배치에 관계없이 기존 알고리즘의 측위 정확도는 Rolling Shutter에 의해 발생하는 이미지 왜곡(Artifact)에 영향을 받는다³⁾. 특히, 물체가 고속으로 움직이는 경우 Rolling Shutter 이미지 왜곡은 측위 정확도에 크게 영향을 줄 수 있다. 따라서 본 논문에서는 위에서 언급한 두 가지 문제점을 해결하기 위한 방법을 제안하고자 한다. 우선, 동일 선상의 LED 배치 문제를 해결하기 위해서 차량 안 다른 위치에 배치된 두 대의 카메라를 활용한 방식을 제안한다. 또한 Rolling Shutter 이미지 왜곡 문제를 해결하기 위한 보정 방법을 제안한다. 제안된 알고리즘의 성능검증을 위해 Matlab 시뮬레이션을 수행하였다.

II. 제안하는 알고리즘

2.1 LED Collinear 문제 해결 방법

동일 선상의 LED 배치 문제를 해결하기 위해 두개의 카메라를 그림 1과 같이 서로 다른 위치에 배치하여 LED의 이미지를 캡처한다. 그러면 두 이미지는 12개의 LED로 구성된 단일 이미지로 융합될 수 있으며, 그 중 6개 이상의 LED가 비 동일선상에 있다. 이렇게 선정된 6개의 비 동일선상 LED는 이미지를 통한 측위 방정식⁴⁾에 적용하여, 측위 방정식이 요구하는 물체의 비 동일선상 조건을 만족하게 된다.

2.2 Rolling shutter 이미지 왜곡 보정 방법

Rolling shutter 이미지 왜곡 보정을 위하여 C 가 현재 프레임의 카메라 위치이고, Δc_i ($i = 1, 2, 3, \dots$)가 i 번째 프레임의 카메라 위치와 C 와의 차이라고 가

* 본 연구는 한국연구재단 지원을 받아 수행되었음 (NRF-2015R1A2A2A01006431)

• First Author : Soongsil University, Department of ICMC convergence technology, dangquanghienitc@gmail.com, 학생회원

° Corresponding Author : Soongsil University, School of Electronic Engineering, myoo@ssu.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2017-10-301, Received October 11, 2017; Revised October 18, 2017; Accepted October 18, 2017

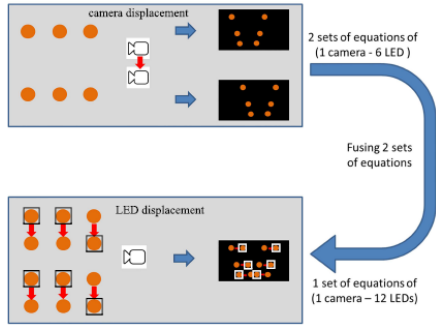


그림 1. 비 동일선상 해결 방법
Fig. 1. Solution for non-collinearity

정한다. 차량의 속도가 $v = (v_x, v_y, 0)^T$ 라고 가정하면, Δc_i 는 다음과 같이 결정될 수 있다.

$$\Delta c_i = \Delta t_i v \tag{1}$$

Δc_i 를 기반으로 다음 수식을 구할 수 있다.

$$\begin{cases} \lambda_1 x_1 = P(X_1 - \Delta c_1) \\ \lambda_2 x_2 = P(X_2 - \Delta c_2) \\ \lambda_3 x_3 = P(X_3 - \Delta c_3) \\ \vdots \end{cases} \tag{2}$$

여기서, $P = K[R - RC]$, λ 는 임의의 scale, x 는 LED의 이미지 좌표, X 는 LED의 세계 좌표, R 은 카메라 회전 행렬, C 는 카메라의 위치이다. 이후 특이 값 분해(Singular Value Decomposition : SVD)^[3]기법을 사용하여 수식(2)를 계산하면 카메라의 위치인 C (즉, 차량의 위치)를 계산할 수 있다.

III. 성능평가

차량 속도가 알고리즘의 정확도에 미치는 영향을 보여 주기 위해 시뮬레이션은 차량 속도가 0에서 100 km/h까지 변하는 상태에서 수행되었다. 차량은 0m에서 100m까지 주행한 것으로 가정하고, 0.1m 이동 후에 위치를 추정했다. 그림 2는 차량의 속도에 따른 측위 오차에 대한 성능을 도시하고 있다. 그림2에 보인 바와 같이 Rolling Shutter 이미지 왜곡에 대한 보정이 없는 측위는 차량 속도가 증가함에 따라 오차가 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 차량의 속도가 증가함에 따라 Rolling Shutter 이미지 왜곡에 대한 영향이 증가하기 때문이다. 그러나 제안된 보정 알고리즘을 사용한 측위는 이미지 왜곡 영향을 제거하여 차량의 속도

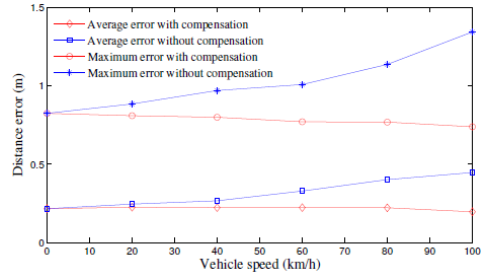


그림 2. 차량 속도에 따른 측위 오차
Fig. 2. Positioning error vs. vehicle speed

에 무관하게 높은 측위 정확도를 보인다.

IV. 결론

본 논문에서는 CMOS 카메라가 부착된 차량이 LED 가로등에서 전송된 신호를 사용하여 위치를 결정하는 가시광 통신 기반 측위 기법을 제안하였다. 두 개의 카메라를 사용하여 LED 가로등의 동일 선상 배열 문제를 해결하는 방법을 제안하였고, 또한 CMOS 센서의 Rolling Shutter로 인한 이미지 왜곡을 보정하는 방법을 제안하였다. 시뮬레이션을 통하여 제안된 방식은 차량이 고속으로 움직이는 경우에도 높은 측위 정확도를 달성할 수 있음을 보여주었다.

References

- [1] T. H. Do and M. Yoo, "An in-depth survey of visible light communication based positioning systems," *Sensors*, vol. 16, no. 5, May 2016.
- [2] T. H. Do and M. Yoo, "Performance analysis of visible light communication system using rolling shutter CMOS sensor," *J. KICS*, vol. 40, no. 10, pp. 2065-2067, Oct. 2015.
- [3] T. H. Do and M. Yoo, "Performance analysis of visible light communication using cmos sensors," *Sensors*, vol. 16, no. 3, Feb. 2016.
- [4] R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple view geometry in computer vision*, 2nd Ed., Cambridge University Press, Cambridge Univ. UK, 2000.