DBpia

논문 15-40-10-24 The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '15-10 Vol.40 No.10
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2015.40.10.2062

이미지 센서 기반 실내 측위 알고리즘

후인탄팟◆, 유 명 식°

Indoor Positioning Algorithm using Image Sensors

Phat Huynh◆, Myungsik Yoo◆

요 약

본 논문에서는 LED 패널의 신호를 받아 모바일 단말기에 장착된 이미지 센서를 통하여 임의의 위치에 있는 모바일 단말기의 위치를 추정하는 실내 측위 알고리즘을 제안하였다. 측위 성능평가를 위하여 실내에 존재하는 잡음 환경을 고려하였고, 제안한 알고리즘은 잡음환경에 무관하게 높은 측위 성능을 보임을 입증하였다.

Key Words : positioning, indoor, image sensor, noise, accuracy

ABSTRACT

In this paper, we propose indoor positioning algorithm performed at the image sensor equipped in mobile station, which receives the light signal from LED panels. To evaluate the performance of positioning algorithm, we consider the ambient noise existing indoor environment, and it is found that the proposed algorithm estimates the position of mobile station with high accuracy regardless of existence of ambient noise.

Ⅰ. 서 론

PD (Photodiode)의 높은 수신 감도로 인하여 많은 가시광 기반 실내 측위 연구에는 LED 전송기와 PD(Photodiode) 수신기를 고려하고 있다[1]. 그러나 PD는 통신거리의 제한성 및 모바일 단말기 장착 시 별도의 하드웨어 장치를 필요로 하는 단점이 있다[2,3].

최근 이미지 센서 기술의 발전으로 인하여 대부분의 스마트폰 등의 이동 단말기에 고 해상도의 이미지 센서가 장착되어 있다[4]. 본 논문에서는 이러한 이미지 센서를 이용하여 실내의 임의의 위치에 있는 단말의 위치를 추정할 수 있는 측위 알고리즘을 제안하고자 한다.

Ⅱ. 제안 측위 알고리즘

본 논문에서 고려하는 시스템 구조를 그림 1에 도시하였다. 천정 네 개 구석에 네 개의 LED 패널이 부착되어 있고, 각각의 LED 패널은 LED ON/OFF 신호 변조 방법을 이용하여 자신의 지리적인 좌표를 전송한다. 임의의 위치에 있는 이미지 센서는 각 LED 패널에서 송신하는 지리적 위치 정보를 복조하여 파악한다.

임의의 위치에 있는 단말의 위치를 추청하기 위하여 단말은 천정의 LED 패널과 평행으로 위치한다고 가정한다. 단말의 위치가 LED 패널과 임의의 각도에 위치한 경우는 Accelemeter 센서를 사용하여 측위할 수 있으며 본 논문의 범위에서는 제외한다.

A, B, C, D를 네 LED 패널로 표기하고, 이들에 대한 지리적 위치를 (x_A, y_A, z_A), (x_B, y_B, z_B), $(x_C, y_C,$

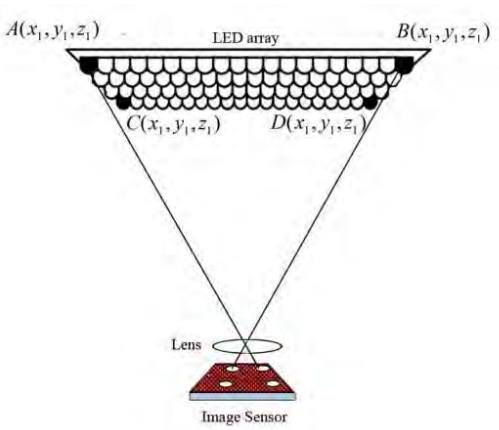

그림 1. 제안 시스템 구조
Fig. 1. Proposed system architecture

※ 본 연구는 한국연구재단 지원을 받아 수행되었음 (NRF-2015R1A2A2A01006431)
◆ First Author : Soongsil University, School of Electronic Engineering, phathuynhvn@gmail.com, myoo@ssu.ac.kr, 학생회원
° Corresponding Autho : Soongsil University, School of Electronic Engineering, myoo@ssu.ac.kr, 종신회원
논문번호 : KICS2015-10-331, Received October 11, 2015; Revised October 14, 2015; Accepted October 14, 2015

www.dbpia.co.kr

z_C), (x_D, y_D, z_D) 로 각각 표기하자. 또한 측위 대상이 되는 카메라 (이미지 센서)의 위치를 O라 표기하고, 이의 지리적 위치를 (x_O, y_O, z_O)라 표기하자. 그리고 카메라로부터 각 LED 패널까지의 거리를 d_A, d_B, d_C, d_D로 표기하자. 측위 알고리즘 설명을 위하여 위에서 정의한 사항들을 그림 2에 도시하였다. 그림 2는 설명의 간략화를 위하여 LED 패널 A와 B만을 도시하였으며, LED 패널 C, D에 대한 경우도 아래에서 설명하는 과정을 적용하면 쉽게 확장할 수 있다.

제안하는 측위 알고리즘의 목적은 카메라의 위치 O의 (x_O, y_O, z_O)를 추정하는데 있다. 이를 위하여 우선 다음의 수식을 이용하여 d'_A 와 d'_B을 계산할 수 있다. 이때 GA'과 GB'은 획득된 이미지로부터 계산이 가능하고, f는 카메라에 주어진 Focal Length 값 이다.

$$\begin{cases} d_A^{'} = f^2 + GB^{'2} \\ d_B^{'} = f^2 + GA^{'2} \end{cases} \tag{1}$$

획득된 d'_A, d'_B 과 Cosine 법칙을 이용하면 다음의 수식으로 각 α와 β를 구할 수 있다. 이때 α와 β는 LED 패널과 이미지 상과의 각을 의미한다.

$$\begin{cases} \alpha = \arccos\left\{ \dfrac{A^{'}B^{'} + d_B^{'} - d_A^{'}}{2A^{'}B^{'}d_B^{'}} \right\} \\ \beta = \arccos\left\{ \dfrac{A^{'}B^{'} + d_B^{'} - d_A^{'}}{2A^{'}B^{'}d_B^{'}} \right\} \end{cases} \tag{2}$$

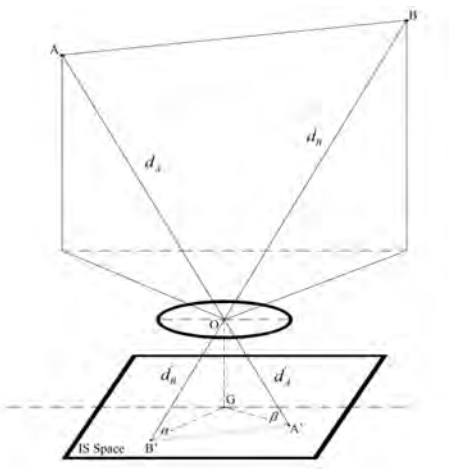

그림 2. 제안 측위 알고리즘
Fig. 2. Proposed positioning algorithm

획득된 α와 β를 이용하여 카메라 위치 O와 LED 패널 A와 B 사이의 거리인 d_A와 d_B를 다음 수식으로 구할 수 있다.

$$\begin{cases} d_A = \dfrac{\cos\beta \sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)\cos(\alpha)} AB \\ d_B = \dfrac{\sin\beta \cos\alpha}{\cos(\alpha+\beta)\sin(\alpha)} AB \end{cases} \tag{3}$$

상기한 절차를 LED C와 D에 적용하면 d_A, d_B, d_C, d_D 를 구할 수 있고, 최종적으로 다음의 수식을 이용하면 측위 알고리즘에서 추정하고자 하는 카메라 위치 O에 대한 지리적 위치인 (x_O, y_O, z_O)를 구할 수 있다.

$$\begin{cases} (x_O - x_A)^2 + (y_O - y_A)^2 + (z_O - z_A)^2 = d_A^2 \\ (x_O - x_B)^2 + (y_O - y_B)^2 + (z_O - z_B)^2 = d_B^2 \\ (x_O - x_C)^2 + (y_O - y_C)^2 + (z_O - z_C)^2 = d_C^2 \\ (x_O - x_D)^2 + (y_O - y_D)^2 + (z_O - z_D)^2 = d_D^2 \end{cases} \tag{4}$$

Ⅲ. 모의실험 및 결과

제안된 측위 알고리즘 성능평가를 위하여 II장에서 제시된 모델을 Matlab을 이용하여 구현하였다. 이미지 센서 해상도는 폭 3267-4160 픽셀과 높이 2448-3120 픽셀로 설정하여 8메가 픽셀에서 13메가 픽셀의 이미지가 획득 되도록 하였다. 모의실험에 필요한 파라미터 값들은 표 1에 정리하였다.

실내 존재하는 잡음을 고려하기 위하여 다음의 잡음 모델링을 모의실험에 포함하였다.

$$c(i,j) = r(i,j) + \delta(r(i,j))\varepsilon(i,j) \tag{5}$$

(5)에서 C는 이미지 센서에 획득된 이미지 신호, r은 잡음이 없는 경우의 이상적인 신호, ε은 zero-mean

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameters

Parameters	***Values***
IS Dimension	4.8 x 3.6 mm
Number of pixels	4000 x 3000 pxs
FOV	24 - 30
Positioning Area	7 x 7 x 3.5 m
Focal length of lens	18-24 mm

www.dbpia.co.kr

independent 랜덤 잡음, δ는 r의 함수로 잡음의 표준 편차를 나타낸다.

그림 3은 상기한 잡음이 존재하는 환경에서 제안한 측위 알고리즘의 성능을 도시하고 있다. 그림 3의 위 그래프는 측위 알고리즘에 잡음 제거 알고리즘이 없는 경우에 대한 성능으로 잡음의 세기에 비례하여 측위 오차가 증가함을 알 수 있다. 그림 3의 아래 그래프는 측위 알고리즘에 잡음 제거 알고리즘을 사용한 경우로, 잡음제거 알고리즘의 영향으로 잡음 세기와 무관하게 일정한 측위 오차를 보임을 알 수 가 있다. 잡음제거 알고리즘에 대한 설명은 지면 관계상 생략하였다. 모의실험 결과를 통하여 제안한 측위 알고리즘은 약 10cm 오차의 측위 정확도를 보임을 확인하였다.

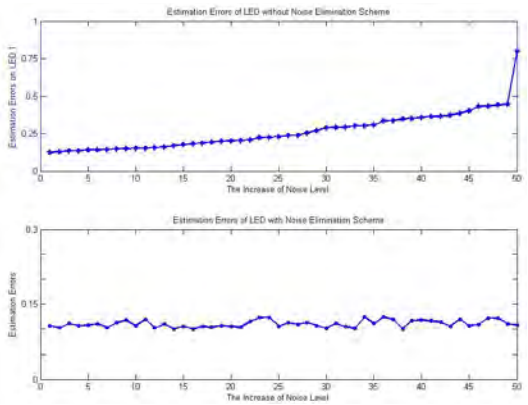

그림 3. 제안 측위 알고리즘 오차 성능
Fig. 3. Estimation error of proposed positioning algorithm

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 임의의 위치에 있는 단말의 위치를 측위할 수 있는 이미지 센서 기반 실내 측위 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘은 이미지 센서를 통해 획득된 LED 이미지를 이용하여 측위를 효과적으로 수행하도록 설계되었다. 성능평가를 통하여 실내에 존재하는 잡음 환경 하에서도 높은 정확도의 측위 성능을 보임을 확인하였다.

References

[1] J. Hightower and G. Borriello, "Location system for ubiquitous computing," *Computer*, vol. 34, no. 08, pp. 57-58, 2001.

[2] C. Sertthin, T. Fujii, O. Takyu, Y. Umeda, and T. Ohtsuki, "On physical layer simulation model for 6-Axis sensor assisted VLC based positioning system," *IEEE GLOBECOM 2011*, pp. 1-5, Houston, TX, USA, Dec. 2001.

[3] M. S. Rahman and K.-D. Kim, "Indoor location estimation using visible light communication and image sensor," *Int. J. Smart Home*, vol. 7, no. 1, pp. 99-114, Jan. 2013.

[4] J.-H. Kim, B.-S. Kim, H.-M. Jeon, and S.-Y. Kang, "An LED positioning method using image sensor of a smart device," *J. KICS*, vol. 40, no. 02, pp. 390-396, Feb. 2015.

www.dbpia.co.kr