

Li-Fi 통신을 기반으로 삼각측량법을 이용한 측위 시스템 설계

사공병일 · 천봉원 · 김남호*

부경대학교

Design of Positioning System using Trilateration Method based on Li-Fi Communication

Byung-Il Sagong · Bong-Won Cheon · Nam-Ho Kim*

Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 발광 다이오드(LED)를 이용한 가시광통신(VLC)을 통해 삼각측량기법을 사용하여 위치 측정 시스템을 위한 새로운 알고리즘을 제안한다. 각각 LED로부터 센서까지의 길이를 도출하고, 도출된 길이를 바탕으로 삼각측량법을 이용해 위치 정보를 찾아낸다. 기존의 가시광통신을 이용한 측위 시스템과는 달리, 제안된 측위 시스템은 송신기와 수신기 사이의 동기화가 필요하지 않으므로 더욱 간단하고 비용 효과적이다.

ABSTRACT

This thesis is to propose a new algorithm for a position measurement system using a trilateration method through visible light communication(VLC), by light emitting diode(LED). The length from each LED to the sensor is derived, and location information is found using trilateration method based on the derived length. Unlike the existing positioning system using visible light communication, the proposed positioning system is simpler and more cost effective because it does not require communication between the transmitter and the receiver.

키워드

발광 다이오드(LED), 가시광통신(VLC), 삼각측량기법, 측위 시스템

1. 서 론

최근 무선통신 기술의 발달로 전자파 영향이 거의 없는 가시광선(380nm~780nm)영역을 이용해서 정보 전달하는 통신 기술이 있다. 이는 Li-Fi(light fidelity)라고 한다. 여기에서 Light는 LED(light emitting diode)의 가시광선을 뜻한다. Li-Fi는 빛 차단 시 데이터 전송이 중단되기 때문에 정보가 실외로 새어날 염려가 없어 무선 LAN에 비해 안정성이 높으며, 여러 대의 컴퓨터를 동시에 사용해도 전송속도가 크게 줄어들지 않는다. 또한, 인체에 유해 논란이 있는 전자파와 달리 친환경 ICT 녹색기술이라는 점에서 주목을 받고 있다. 하지만

장애물, 빛의 난반사 등 개선해야 할 사항이 여전히 많다는 것 또한 고려해야 한다. 개선이 필요한 점들도 많이 있지만, 최근 LED의 발광 효율이 개선되고 가격이 내려감에 따라 휴대기기, 디스플레이, 자동차, 신호등, 광고판 등의 특수 조명 시장뿐만 아니라, 기존 형광등, 백열등과 같은 일반 조명 시장에서도 LED가 보편화 되고 있다.

LED 조명을 이용하여 통신환경을 조성한다면, 경제적 이득 효과를 발생시키고, 실생활 조명과 함께하는 융합 멀티미디어 통신 서비스를 제공하게 될 것이다[1-2].

* corresponding author

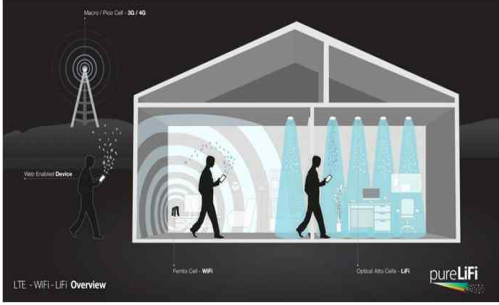


그림 1. Li-Fi의 개념도

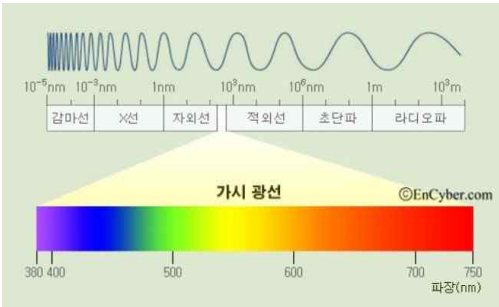


그림 2. 가시광선 영역

위치 추적시스템에는 초음파 시스템, 적외선 시스템 또는 비디오 기반 위치 확인 시스템 등이 있다. 대부분은 위치 추적의 정확도 향상, 시스템 인프라 설치의 비용 절감 및 서비스 영역 확장 등이 요구된다. 따라서 이러한 요구 사항을 충족시키는 새로운 위치 추적시스템이 요구됨에 따라 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히, 친환경 분야인 LED 조명과 무선기술의 융합으로 새로운 서비스를 개선하기 위한 가시광 통신에 관한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다[3-6]. 일반적으로 실시간 위치 추적시스템(real time location system)에서 평면상 이동하는 개체의 실시간 위치를 측정하는 가장 보편적인 방법은 삼각측량법이다.

II. 삼각측량법

위치 측정을 위해서 최소 세 개의 기준점이 필요하다. Li-Fi 환경에서는 LED의 위치가 기준좌표가 된다. 각각의 LED가 가지는 좌표를 다음과 같이 정의한다.

$$L_1 = (x_1, y_1, z_1) \tag{1}$$

$$L_2 = (x_2, y_2, z_2) \tag{2}$$

$$L_3 = (x_3, y_3, z_3) \tag{3}$$

그리고 임의 개체 위치를 $S_e = (x_e, y_e, z_e)$ 라고 한다. 이 개체로부터 각 LED 간의 거리를 d_1, d_2, d_3 라고 정의한다. 이때 d_1, d_2, d_3 을 다음과 같이 나타낼 수 있다[7].

$$(x_e - x_1)^2 + (y_e - y_1)^2 + (z_e - z_1)^2 = d_1^2 \tag{4}$$

$$(x_e - x_2)^2 + (y_e - y_2)^2 + (z_e - z_2)^2 = d_2^2 \tag{5}$$

$$(x_e - x_3)^2 + (y_e - y_3)^2 + (z_e - z_3)^2 = d_3^2 \tag{6}$$

각 LED의 위치 좌표는 Li-Fi를 통해 전송된 각 LED ID에 해당하는 좌표 데이터를 PC에서 불러온다. 임의 개체 좌표 $S_e = (x_e, y_e, z_e)$ 의 위치는 식 (4) ~ (6)의 연립방정식으로 선형의 방정식이 구해진다. L_1, L_2 그리고 L_3 의 높이는 $z_1 = z_2 = z_3$ 이므로 얻어진 두 선형 방정식을 행렬로 표현하면 $A \cdot X = B$ 가 되며, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$A = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} x_e \\ y_e \end{bmatrix} \tag{7}$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{(d_1^2 - d_2^2 + x_2^2 + y_2^2 - x_1^2 - y_1^2)}{2} \\ \frac{(d_1^2 - d_3^2 + x_3^2 + y_3^2 - x_1^2 - y_1^2)}{2} \end{bmatrix} \tag{8}$$

위의 식 (7), (8)에서 측정된 조도 값에 따른 거리 d_1, d_2, d_3 와 L_1, L_2, L_3 의 좌표 정보를 이용해서 행렬 $A \cdot X = B$ 에 대입한다. 임의 개체의 위치 좌표

$X = (x_e, y_e, z_e), X = (A^T \cdot A)^{-1} A^T \cdot B$ 를 이용해서 구할 수 있다[8].

III. 결론 및 향후 연구 계획

LED를 이용한 삼각 측량 기법을 사용하여 가시광통신(VLC) 기반 3차원 실내 위치 측위 시스템의 새로운 알고리즘을 위해, 가상공간 천장의 고정위치에 부착된 세 개의 발광 다이오드(LED)에서 할당된 각각의 고유 ID를 Li-Fi를 통해 전송받는다. 전송된 고유 ID와 임의 점에서의 LED의 조도 값에 대한 정보를 기반으로 길이를 측정하고, 측정된 길이를 바탕으로 조도 값의 변동에 따른 환산된 거리 값을 통해 삼각측량법을 이용해 가상의 공간에서, 비교적 정확한 위치 정보를 찾아낼 수 있다. 기존의 가시광 통신을 이용하는 시내 측위 시스템

과는 달리, Li-Fi를 이용한 측위 시스템은 송신기와 수신기 사이의 동기화가 필요하지 않으므로 간단하고 비용 절감에 효과적이다.

측정한 조도 값과 거리로부터 얻어진 비선형 최소자승식에 의해 환산된 거리가 실제 거리와 비교적 잘 일치할 것이라고 예상된다.

향후 비선형 최소자승식에 의해 산출된 길이의 값 d_1 , d_2 , d_3 를 PC에 전송하고, 전송된 길이의 값을 삼각측량법을 이용해서 좌표를 산출한다. 산출된 좌표를 PC 화면에 x, y 로 표시한다. PC 화면에는 Arduino로부터 전달된 정보가 나타나며, 데이터는 L_1 , L_2 , L_3 의 좌표와 그로부터의 길이 d_1 , d_2 , d_3 를 나타내고자 한다. 또한, 선형 최소자승식에 의한 산출된 길이를 적용한 조도, 거리 관계식을 이용해 더욱 정확한 정확도를 달성하고자 한다.

앞으로 이동 물체의 충돌방지를 위한 측위 시스템에 응용되기 위해서는 더욱 정밀도가 높은 측위 시스템에 관한 지속적인 연구가 필요하리라 판단된다.

References

- [1] Wan-Yong Chung, Yong-Su Seo, Jong-Jin Kim and Tae-Ha Kwon, "LED visible light communication and their application," *Journal of the Korean Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 14, No. 6, pp. 1375-1381, 2010.
- [2] Tae-Kyu Kang, Tae-Wan Kim, Myeong-Ae Jeong, Seung-Won Son, "The Convergence Technology of LED Illumination and Visible Light Communications," *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 23, No. 5, pp. 32-39, 2008.
- [3] Ji-Hun Yun, Geun-Bin Hong and Yong-Kab Kim, "A Study on Realization and Receiving and Characteristic Analysis of Visible Light Wireless Communication System for Power Line Communication Using ATmega16 Microcontroller," *The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol. 59, No. 11, pp. 2043-2047, 2010.
- [4] Tae-Kyu Kang, Gwon-Hyeong Lee, Dae-Ho Kim, Sang-Gyu Lim, "The Ubiquitous Service of Visible Light Communications LED Illumination," *Korean Society for Internet Information*, Vol. 10, No. 1, pp. 85-92, 2010.
- [5] P. Amirshahi and M. Kacehrad, "Broadband access over medium and low voltage powerlines and use of white light emitting diodes for indoor communications," *IEEE Consumer Communications & Networking*, 2006.
- [6] Y. Tanska, T. Komine, S. Haruyama, and M. Nakagawa, "Indoor visible light transmission system utilizing white LED lights," *IEICE Transactions Communications*, Vol. E86-B, pp. 2440-2454, 2003.
- [7] Hyun-Seung Kim, Deok-Rea Kim, Se-Hoon Yang, Yong-Hwan Son, Sang Kook Han, "An indoor visible light communications positioning system using a RF carrier allocation technique," *Journal of Lightwave Technology*, Vol. 1, No. 31, pp. 134-144, 2013.
- [8] D. Tsone, H. Chun, S. Rajbhandari, J. J. McKendry, S. Videv, E. Gu, M. Haji, S. Watson, A. E. Kelly, G. Faulkner, "A 3-Gb/s single LED of OFDM-based wireless VLC link using a gallium nitride μ LED," *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 26, No. 7, pp. 637-640, 2014.