

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.2.63>

IIBC 2017-2-10

거리계산 보정 알고리즘을 이용한 LED 거리 인식 측정에 관한 연구

A Study on LED Distance Recognition Measure Using Distance Measurement Correction Algorithm

김지성*, 정대철**, 김용갑***

Ji-Seong Kim*, Dae-Chul Jung**, Yong-Kab Kim***

요약 본 논문에서는 거리계산 보정 알고리즘을 이용하여 거리 인식 측정을 LED 디밍제어를 통해 구현하였다. 원거리에서 측정되는 RSSI 값의 오차를 줄이기 위해 RSSI 평균 필터링과 Feedback 필터링에 대한 계산 값을 산출 적용시켰다. 평균 필터링을 통한 RSSI 값과 Feedback, 필터링의 계수 값을 0.5로 설정하여 측정한 RSSI 값이 일반적인 측정에 비해 최대 -61dBm에서 최소 -52.5dBm으로 약 -2dBm에서 -6dBm 정도로 불규칙하고 높은 값이 다소 감소하는 것을 확인하였다. 정확도 향상을 위한 거리계산 보정 알고리즘을 응용하였으며 이를 통하여 거리가 증가함에 따라 오차의 범위가 감소하는 것을 확인하였다. 최종적으로 RSSI 측정결과 필터링을 이용해 불안정한 신호를 보정하였으며, 오차 범위를 줄이기 위해 거리계산 보정 알고리즘을 적용 시행하였다. 또한 거리관별과 신호의 안정도를 표시하기 위해 LED로 RGB 색상을 구현하였다.

Abstract In this paper, Distance recognition measurement using distance calculation correction algorithm, was realization through LED dimming control. The calculation values for the RSSI average filtering and the RSSI feedback filtering were calculated and applied to reduce the error of the RSSI value measured from a long distance. It was confirmed that the RSSI values through the average filtering and the RSSI values measured by setting the coefficient value of the feedback filtering to 0.5 were ranged from -61 dBm to -52.5 dBm, which shows irregular and high values decrease slightly as much as about -2 dBm to -6 dBm as compared to general measurements. A distance calculation correction algorithm to improve the accuracy was applied, which confirmed that as the distance increases, the range of errors decreases. In conclusion, unstable signals were corrected using the RSSI measurement result filtering, and the distance calculation correction algorithm was applied and performed to reduce the range of errors. In addition, RGB colors were implemented by LED to indicate the distance determination and the signal stability.

Key Words : Location based service, Bluetooth4.0, Measurement result filtering, Distance measurement correction algorithm, LED

*정회원, 원광대학교 정보통신공학과

**정회원, 원광대학교 전기공학과

***중신회원, 원광대학교 정보통신공학과(교신저자)

접수일자 2016년 12월 22일, 수정완료 2017년 3월 4일

게재확정일자 2017년 4월 7일

Received: 22 December, 2016 / Revised: 4 March, 2017 /

Accepted: 7 April, 2017

***Corresponding Author: ykim@wku.ac.kr

Department of Information and Communication Engineering,
Wonkwang University, Korea

I. 서 론

실외 위치측위 방식으로 사용되고 있는 GPS는 육상 운송, 민간 항공, 해상상거래, 측량 및 건설, 농업, 통신 등의 응용프로그램에서 사용되고 있다^[1]. GPS는 인공위성에서 발사하는 전파를 이용하여 수신기의 위치까지 도달하는 전파의 시간을 측정하여 현재 위치를 측정한다. 위치 측위에 이용되는 GPS의 경우 5m 내외의 정확도를 보장하지만 별도의 네트워크가 필요하다^[2]. 하지만 GPS는 실외 환경이 아닌 건물과 같은 실내 환경에서는 정확한 위치 측위에 어려움을 가진다. ICT(Information and Communications Technologies) 기술들이 발전하여 실내 공간이 복잡해짐에 따라 건물 내에 특정 위치를 찾기 위한 실내내비게이션 서비스에 대한 관심이 커지고 있다^[3]. 스마트 기기와 무선통신 기술의 발전으로 인해 위치 기반 서비스(LBS: Location Based Service) 시장이 확대되고 있다. 위치 기반 서비스는 GPS나 이동통신망을 통해 얻은 위치 정보를 바탕으로 하여 사용자에게 여러 서비스를 제공하는 서비스 시스템이다. 다양한 서비스를 언제 어디서나 받을 수 있게 다양한 방식을 이용한 실내 위치 측위 기술 연구가 이루어지고 있다. 실내 위치 측위 기술은 실내 공간의 특징에 따라 Cellular, UWB, 무선랜, Wi-Fi, Bluetooth LE 등의 무선 네트워크를 이용하여 다양한 연구가 이루어지고 있다^[4].

스마트조명 시스템이란 자연광과 부합되는 색온도 및 조도를 변화시킴으로써 인간의 감성을 반영하고 동작 감응을 통하여 사용자 편의를 제공하며 작업 환경에 따른 조도 조절로 에너지를 절감하는 지속가능 발전을 위한 21세기 첨단조명이다^[5]. 기존의 조명 제어 방식을 고효율 광원으로 한 조명제어시스템을 설계함으로써 조명에너지를 활용할 수 있다. 환경 친화적이고, 에너지를 저감하는 고효율 인공 조명 기기의 필요성이 요구 되고 있다^[6]. 현재의 조명은 기능적인 측면 외에도 인간의 감성적인 측면에도 영향을 주어 조명에 따라 편안함, 안정감, 능률 향상 등의 여러 역할을 한다. 인간의 활동 영역이 실외에서 실내로 바뀌게 되면서 조명의 비중이 커지게 되고 조명 제어 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 기존의 GPS 기술 대신 Wi-Fi, 적외선, Bluetooth 등 무선통신과 멀티 센서를 이용한 사용자가 원하는 조명 환경을 제공하는 것을 목적으로 한다^[7]. 에너지 절감 사업을 통해 실내조명이 LED로 변화되고 있어 가시광 통신, 카메라를 이용

한 위치 측위에 대한 연구가 이루어지고 있다^[8]. 저전력 조명에 대한 관심이 커지면서 LED 조명의 대중화가 본격화되었다. LED의 장점은 에너지의 소모가 적고 수명이 길어 경제적인 점, 인체에 유해한 물질을 사용하지 않아 친환경이면서 다양한 파장대를 사용하여 색채를 자유롭게 연출 할 수 있다. 조명은 단순히 빛을 내거나 주요 신호를 알리기 위한 용도로 사용되었지만 현재는 사람들의 편의, 욕구 등을 위하여 조명 장치의 다양한 기능들이 개발되고 있다. 현재 LED 조명시스템은 MCU와 LED Driver를 이용하여 PWM(Pulse Width Modulation) 제어를 함으로써 밝기와 색을 구현하고 있다.

본 논문에서는 거리계산 보정 알고리즘을 이용하여 거리 인식 측정을 위해 LED 디밍제어를 통해 구현하였다. 거리 및 장애물에 따른 실내 환경적인 요소들로 인해 수신감도의 차이가 있고 원거리에서 위치 측위에 대한 오차율을 줄이기 위한 연구를 하였다. 거리를 측정하기 위해 블루투스4.0의 주요 송출 신호인 RSSI 값을 이용하여 거리계산 보정 알고리즘을 구현한다. 거리계산 보정 알고리즘을 통해 측정된 거리판별과 신호의 안정도를 표시하기 위해 LED를 이용하여 RGB 색상 구현에 대해 연구한다.

II. 거리계산 보정 알고리즘

1. RSSI 측정결과 필터링

블루투스 비콘과 같은 무선통신 기반의 실내 위치 측정 기술은 RSSI를 이용한다. RSSI(Received Signal Strength Indicator)는 수신 신호 세기를 의미한다. 신호 세기와 거리 간의 1: 1 관계를 이용하여 거리를 측정하는 방법이다. RSSI 측정 방식을 이용하기 위해서는 다양한 지점에서의 신호 세기들을 RSSI 표본 수집을 통해 측정해야 한다^[8]. 실내 환경 요소들로 인해 거리 측정오차가 매우 클 수 있다. 실내에서 전파신호의 강도는 사람의 움직임 등에 의해 왜곡된 신호를 가지게 된다^[9]. RSSI 신호 특성상 환경에 대한 영향을 받아서 정확도가 떨어지기 때문에 정확도를 높이기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 거리에 따른 신호 세기 감쇠 모델에 적용시키기 위해 RSSI 측정값을 필터링 하는 과정을 제안한다. 측정값을 필터링 하는 과정에는 크게 두 가지 방법이 있다.

평균 방식 필터링은 단위시간 동안 수신된 전체 RSSI

값의 합을 수신된 RSSI 값의 개수만큼 나눈 평균 값을 사용하여 식(1)과 같이 표현할 수 있다^[10].

$$RSSI_m = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n RSSI_i \quad (1)$$

Feedback 방식 필터링은 이전에 수신된 RSSI 값이 이후에 수신된 RSSI 값에 의해 변화되는 형태로 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$RSSI_n = a \cdot RSSI_n + (1-a) \cdot RSSI_{n-1} \quad (2)$$

비콘에서 출력되는 송신신호 RSSI 값과 측정결과 필터링한 RSSI 값을 이용하여 거리를 계산할 수 있다. 계수 값 a의 조절을 통해 이론적인 감쇠곡선에 더 근접한 결과 값을 도출할 수 있다^[10].

2. 거리계산 보정 알고리즘

일반적으로 RSSI는 실외에서 Los(Line of Sight)가 보장된 자유공간환경에서는 이상적인 형태로 거리에 비례하여 감소하는 형태에 근접하게 보여준다. 식(3)은 거리에 따른 RSSI 값의 이상적인 형태로 로그함수의 형태로 나타낸다.

$$RSSI = -(10n \log_{10} d + A) \quad (3)$$

하지만 실제 실내에서의 RSSI 값은 여러 가지 오차 발생 요인에 의한 많은 변화가 발생한다. Path Loss를 이용해 거리를 구할 수 있다. Path Loss란 송신신호가 전파됨에 따라 감소하는 신호의 강도를 의미하고 신호 강도의 감소는 거리의 제곱에 반비례한다^[11].

$$Distance = 10^{((Tx Power) - (Rx power))/20} \quad (4)$$

$$RSSI_n = a \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n RSSI_i \right) + (1-a) \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n RSSI_{i-1} \right) \quad (5)$$

식(4)에서 송신신호의 RSSI 값과 수신신호 RSSI 값을 이용하여 송신지점과 수신지점간의 거리를 계산할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 식(5)는 Feedback 필터링을 이용하여 RSSI 값을 얻을 수 있고 이를 이용하여 거리를 계산할 수 있다. 평균 방식 필터링과 Feedback 필터링 방식을 이용하여 얻은 RSSI 값을 식(4)에 수신신호 RSSI 값으로 대입하여 거리를 구할 수 있다.

III. LED 거리 인식 측정

LED(Light Emitting Diode)는 백열전구나 형광등에 비해 크기가 작으며, 높은 에너지 효율, 고시인성, 친환경이라는 장점으로 조명 시장에서 주목 받고 있다. LED는 백열전구나 형광램프와 달리 특수한 구조를 가지고 있으며 전기에너지로 광을 내는 광원이다. LED의 광 출력을 제어하기 위해서는 전류를 제어하는 방법과 전원과 전압을 일정하게 유지하면서 펄스의 폭을 변조하는 두 가지 방법이 있다. 다양한 밝기와 색을 연출해야 하는 복잡한 조명장치는 디지털 기술을 이용한 펄스 폭 변조 방식(PWM: Pulse Width Modulation)을 사용하고 있다^[12]. PWM 제어 방식은 짧은 시간동안 LED에 입력되는 전류를 반복적으로 On/Off 시키는 방법으로 조명 밝기를 제어하는 방식이다.

IV. 실험 및 결과

1. 거리계산 보정 알고리즘 측정결과

실내 환경적인 요소들로 인해 원거리에서 높고 불규칙한 신호를 보다 안정적으로 계산할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 거리에 따른 RSSI의 이론적인 값을 대입하여 거리를 구할 수 있다, 표 1은 거리에 따른 이론적인 RSSI 값을 나타낸다. 표 2와 3은 일반적인 측정을 통한 위치 측정 결과와 Feedback 필터링을 통한 위치 측정 결과를 나타낸다. 각 m 별로 측정 거리의 최대값과 최소값을 비교하였으며, 오차는 실제거리와 측정거리의 차이를 의미한다. 일반적인 측정을 통한 위치 측정 결과는 0.49m에서 10.27m의 오차가 측정되었다. Feedback 필터링을 통한 위치 측정 결과에서 오차는 0.5m에서 3.28m가 측정되었다. 실제거리가 1m일 때에는 일반적인 방법이나 Feedback 필터링을 사용했을 경우 오차의 범위가 크지 않았다. 반면에 Feedback 필터링을 이용한 위치 측정 결과에서는 일반적인 측정 결과에 비해 2m와 3m에서 오차가 최대 7m이상 차이가 나는 것을 확인하였다. 본 논문에서 적용된 거리계산 보정 알고리즘은 실험치 허용범위의 약 5m 이내에서 수신이 좋고 오차가 적기 때문에 사용 적절하였다.

표 1. 거리에 따른 이론적인 RSSI 값

Table 1. RSSI theoretical value based on the distance

Distance(m)	RSSI (dBm)
1.0	-49.48
2.0	-55.02
3.0	-58.54
4.0	-61.04
5.0	-62.97

표 2. 일반적인 측정을 통한 위치 측정 결과

Table 2. Result of Position Measurement Through General Measurement

Actual Distance(m)	Measuring Distance(m)	Error
1	5.97	4.97
1	1.49	0.49
2	4.45	2.45
2	2.81	0.81
3	13.27	10.27
3	5.28	2.28

표 3. Feedback 필터링을 통한 위치 측정 결과

Table 3. Result of Position Measurement Through Feedback Filtering

Actual Distance(m)	Measuring Distance(m)	Error
1	2.29	1.29
1	1.88	0.88
2	3.66	1.66
2	2.50	0.5
3	6.28	3.28
3	5.59	2.59

2. LED 거리 인식 측정 결과

본 논문에서 제안하는 거리계산 보정 알고리즘을 이용한 LED 거리 인식 측정의 목적은 조명제어 방식을 최신 IT 기술을 기반으로 함으로써 조명에너지의 이용을 효율적으로 제어하고 사용자의 상황에 맞게 LED를 연출할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다. LED 디밍 제어를 위하여 PWM 제어방식을 적용하여 짧은 시간동안 LED에 입력되는 전류를 반복적으로 On/Off 시키는 방법으로 제어한다. 그림 1, 2, 3은 거리계산 보정 알고리즘 측정 결과 값을 이용하여 디밍 제어를 통해 거리별로 LED의 RGB 색상을 출력한다. 신호가 매우 안정적이면서 거리

의 오차가 2m 이하일 경우 가깝다는 것을 의미하기 위해 LED의 색상 출력을 파란색으로 하였다. 신호가 안정적이면서 거리의 오차가 3m ~ 5m 이하일 경우 조금 멀다는 것을 의미하기 위해 LED의 색상 출력을 초록색으로 하였고, 신호가 불안정하고 거리의 오차가 5m 이상일 경우 멀다는 것을 의미하기 위해 붉은색으로 하였다.



그림 1. 거리별 LED의 RGB 색상구현 (Blue)

Fig. 1. RGB Color Implementation of LED by Distance (Blue)



그림 2. 거리별 LED의 RGB 색상구현 (Green)

Fig. 2. RGB Color Implementation of LED by Distance (Green)



그림 3. 거리별 LED의 RGB 색상구현 (Red)

Fig. 3. RGB Color Implementation of LED by Distance (Red)

V. 결론

현대사회에서 IoT 기술은 다양한 분야와 더불어 빼놓을 수 없는 핵심적인 기술로 발전함과 동시에 위치기반 서비스 기술도 함께 발전하고 있다.

본 논문에서는 블루투스4.0을 이용하는 비콘의 송출 신호인 RSSI값을 이용해 움직이는 사용자를 대상으로 하는 실내 위치기반 서비스를 제안하였다. 무선 신호의 수신강도를 이용하는 RSSI 기술은 송신 신호의 강도와 수신 신호의 세기를 측정하여 송신기와 수신기 간의 거리를 측정하는 방법으로 별도의 비용이 들지 않고 측정 구현이 간단한 장점을 이용하였다. 원거리에서 측정되는 RSSI 값의 오차를 줄이기 위해 RSSI 평균 필터링과 Feedback 필터링에 대한 계산 값을 산출 적용시켰다. 비교적 오차가 큰 원거리 측정에 대한 보정값 알고리즘은 최적의 위치파악 설계를 통하여 시행 구현하였으며, 오차의 범위를 줄이기 위해서 측정된 거리에 따른 거리계산 보정 알고리즘을 제안 시행하였다. 거리계산 보정 알고리즘을 통해 위치 측위를 한 결과는 필터링을 사용하지 않았을 경우에 비해 실제 거리 2m, 3m에서 측정거리 간의 오차가 0.3m에서 최대 7m까지 줄어드는 것을 확인하였다. 거리계산 보정 알고리즘을 통해 측정된 거리판별과 신호의 안정도를 표시하기 위해 LED를 이용하였으며, 결과 값을 통해 향후 RGB 색상 구현이 응용 가능하리라 판단된다.

References

- [1] Pratap Enge, Per Misra, "Special issue on global positioning system", Proc. IEEE, Vol. 87, No. 1, pp.3-15, 1999
- [2] Young-ho Song, "Capacity analysis of bluetooth access point for location based service with mobile phones and bluetooth", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 10, no. 5, pp187-192, Sep. 2010
- [3] Deok-weon Song, "Location based service system using illuminance changeable smart LED lighting", Ph. D. Dissertations, Yeungnam University, Feb. 2016
- [4] Hui-chaе Jin, "", The Journal of the korean institute of communication sciences, Vol. 25, No. 7, Jun. 2008
- [5] Kyng-hoon Lee, "Design of LED lighting control system using Zigbee based on USN", Ph. D. Dissertations, Chonnam national university, Feb. 2012
- [6] Kee-hong Um, Soo-yeub Yoo, "A study for designing of intelligent lighting control LED apparatus", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 8, No. 5, pp221-227, Oct. 2008
- [7] Woo-hyeok Choi, "Design of smart lighting system using bluetooth", Ph. D. Dissertations, Hoseo University, Dec. 2013
- [8] Song-ju Kim, "A Study on low power multi-channel wireless communication system possible to estimate location using RSSI", Ph. D. Dissertations, chonnam national university, Feb. 2012
- [9] Myung-gwan Kim, "Implementation of indoor location-aware system based on probability distribution of rssi", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 8, no. 4, pp9-14, Aug. 2008
- [10] Amodt, K, CC2431 Location Engine. Applications Note A N042, Texas Instrument Incorporated, 2006
- [11] Moon-soo Kim, "Identifying location of object using RSSI of beacon signal", Ph. D. Dissertations, Inha University, Jun 2015
- [12] Bong-nam Jung, "", The Proceedings of the korean institute of illuminating and electrical installation engineers, Vol. 20, No. 1, pp.31-37, Feb. 2006

저자 소개

김 지 성(정회원)



- 2013년 원광대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
- 2015년 원광대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정(공학석사)
- <주관심분야 : 블루투스, 실내위치기반 서비스, LED조명제어>

정 대 철(정회원)



- 2017년 원광대학교 전기공학과 학사과정
- <주관심분야 : 전기기기, 전자회로>

김 용 갑(중신회원)



- 1988년 아주대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1993년 엘라바마 주립대학교 (공학석사)
- 2000년 노스캐롤라이나 주립대학교 (공학박사)
- 2003년~현재 원광대학교 정보통신공학과 교수
- 2006년~2013년 공과대학 POST-BK21 사업단장
- 2012년~2015년 원광대학교 창업보육센터장
- 2014년~2015년 원광대학교 창업지원단장
- 2012년~현재 LED 인력양성사업단장(전북)
- <주관심분야 : 가시광통신시스템, 광메모리센서, 전력선통신>

※ 이 논문은 2017학년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행됨