

# Fingerprinting 기반의 실내조명 제어 시스템 개발

조경우\* · 한병훈\* · 오창현\*

\*한국기술교육대학교

## Development of Indoor Lighting Control System based on Fingerprinting

Kyoung-woo Cho\* · Byung-hun Han\* · Chang-heon Oh\*\*

\*Korea University of Technology and Education

E-mail : pinokio622@koreatech.ac.kr

### 요 약

대형 건물에 설치된 조명의 경우, 야간 통행자를 위해 인체 감지센서나 재실 감지센서를 이용하여 통행자가 존재할 때 조명기구를 점등하고 통행자가 없을 시 자동적으로 조명기구를 소등하여 불필요한 전력 소모를 줄인다. 하지만 부적절한 센서 위치로 인한 오작동의 문제가 있으며, 통로의 경우 통행자 통과 후에도 장시간 조명기구가 점등되어 효율적으로 전력 소비를 감소시키지 못한다. 본 논문에서는 실내 위치 측위 기술 중 하나인 fingerprinting 기법을 이용, 통행자의 위치를 추정하여 조명기구를 제어하는 방안을 제안한다. 1개 통로를 대상으로 한 실험 결과 통행자 이탈 후 조명이 점등되어 있는 시간이 기존방식에 비해 약 7분정도 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

### ABSTRACT

Lighting that installed in large buildings detects a movement of passer using human-detecting sensor or occupancy sensor. It can turn on lighting automatically using sensor when there is any movement and turn off when there is no movement to reduce unnecessary power consumption. However, there is a problem of malfunction due to improper location of the sensor. Also the case of passage, even after passing through the passage, lighting is turned on for a long time. It does not reduce the power consumption efficiently. In this paper, we propose a method to control lighting by estimating the position of the passer. According to the result simulated in one passage, it is confirmed that the time of turning on the lighting is reduced about 7 minute compared to existing methods.

### 키워드

Location Based System(LBS), Lighting control system, Energy saving, Fingerprinting

### I. 서 론

전력의 수요는 산업의 발달 및 지구 온난화와 같은 이상기온으로 인해 소비전력이 높은 냉·난방기 사용량이 높아지며 매년 급격하게 증가하고 있다[1]. 이에 따라 소비전력을 줄이는 방안 및 스마트 그리드와 관련한 많은 연구가 진행되고 있으며, 실질적인 에너지 소비를 감소하기 위해 가정이나 대형 건물 등에는 인체 감지센서 혹은

재실 감지센서를 활용하여 조명의 불필요한 전력 소비를 줄이고 있다. 그러나 센서를 사용하여 실내조명을 제어할 경우, 부적절한 센서 위치 선정, 잘못된 센서 장비를 선택하는 등의 문제로 조명이 제대로 동작하지 않는 상황이 존재하며, 이로 인해 불필요한 전력소비가 발생하는 문제는 계속적으로 존재한다[2]. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 실내 위치 측위 기술 중 하나인 fingerprinting 기법을 통해 통행자의 존재여부

를 파악하여 실내조명을 제어, 기존 방식에서의 센서 오작동으로 인한 불필요한 전력소비 시간을 줄일 수 있는 실내조명 제어 시스템을 제안한다.

## II. Fingerprinting 기반 실내 위치 측위

위치측위 시스템은 위치인식과 상황인지 컴퓨팅을 가능케 하며, fingerprinting 기술은 ToA, AoA와 같은 다른 기술과 비교하여 비교적 배치가 간단한 장점이 있다[3]. Fingerprinting은 경험적 데이터를 기반으로 하며, 측위 하고자 하는 지역을 셀 형태로 나누어 각 셀의 RSSI 데이터를 저장하는 off-line 단계, 실제 측위 시 DB에 저장된 RSSI 데이터와 비교하여 위치를 결정하는 on-line 단계로 나뉜다[4]. 본 논문에서는 90cm의 격자를 설정하여 1개 통로의 RSSI 데이터를 DB에 축적하여 측위를 진행하였다.

L_num	x_s	y_s	x_p	y_p	F_ap1	F_ap2	F_ap3
0	46	461	52	635	-44	-50	-56
1	46	427	52	587	-38	-50	-56
2	46	392	52	539	-36	-47	-56
3	46	356	52	491	-33	-56	-53
4	46	320	52	443	-33	-47	-56
5	46	286	52	395	-27	-53	-50
6	46	252	52	347	-39	-50	-53
7	46	219	52	299	-41	-47	-56
8	46	182	52	251	-41	-47	-59
9	46	148	52	203	-47	-47	-56
10	46	113	52	155	-41	-44	-56
11	46	78	52	107	-41	-41	-56
12	81	462	94	635	-39	-50	-53
13	80	427	94	587	-44	-50	-53
14	80	390	94	539	-33	-50	-53
15	80	355	94	491	-30	-50	-53
16	79	321	94	443	-33	-53	-53
17	80	288	94	395	-36	-50	-50
18	81	252	94	347	-39	-41	-47
19	81	218	94	299	-44	-47	-50
20	80	183	94	251	-47	-47	-50
21	80	148	94	203	-39	-41	-50
22	81	117	94	155	-41	-36	-56
23	81	78	94	107	-38	-36	-50
24	81	42	94	59	-41	-39	-50
25	80	8	94	11	-38	-41	-59
26	116	458	136	635	-41	-53	-53
27	117	426	136	587	-47	-56	-53
28	117	391	136	539	-33	-44	-56
29	118	356	136	491	-49	-52	-52
30	118	319	136	443	-43	-46	-49
31	117	289	136	395	-44	-47	-56
32	117	251	136	347	-39	-47	-59
33	117	218	136	299	-41	-47	-47

그림 1. 스마트 디바이스를 이용한 데이터 축적 결과

그림 1은 스마트 디바이스를 이용하여 수집한 RSSI 데이터 축적결과이다. On-line 단계에서 스마트 디바이스를 통하여 위치를 추정 시, 같은 위치에서 수집한 RSSI 데이터라도 신호 세기의 편차가 발생하여 식 (1)과 같은 euclidean distance식을 사용하여 평균값으로 위치를 추정한다.

$$D_i = \sqrt{\sum_{i=1}^k (M\_AP_{n+i} - R\_AP_{n+i})^2} \quad (1)$$

여기서  $M\_AP_{n+k}$ 은 DB에 저장된  $n$ 번째 AP의  $k$ 번째 cell의 RSSI 데이터이며,  $R\_AP_n$ 는 실제 스마트 디바이스로 수집한  $n$ 번째 AP의  $k$ 번째 cell의 RSSI 데이터이다. 해당 식을 사용하여 모든 cell에 대해 거리  $D_i$ 를 구한 뒤, 가장 작은 값을 갖는 Cell을 현재 위치로 추정한다.

## III. 실내조명 제어 모듈 설계

측위 된 위치를 기반으로 실내조명을 제어하기 위해 그림 2의 회로도도와 같은 실내조명 제어 모듈을 설계하였다. 조명제어 모듈은 서버에서 수신한 데이터를 이용하여 자신과 연결된 조명을 점등 혹은 소등하게 된다. 조명 점등 시, 고전압의 서지 노이즈 및 조명의 돌입 전류로 인한 오작동을 방지하기 위해 SSR 릴레이를 사용하여 조명 전원을 제어한다.

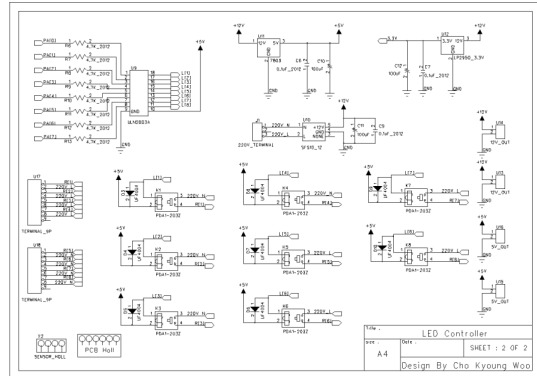


그림 2. 조명제어 모듈 회로도

통신방식은 Wi-Fi를 이용하였으며, 최대 8개의 전등을 제어할 수 있도록 하였다. 상용 조명 제어가 가능하도록 AC 220V의 입력전원을 사용하며, MCU는 ATmega128A를 사용하였다.

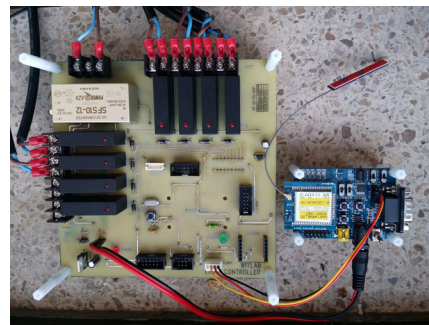


그림 3. 조명제어 모듈

## IV. 실험 및 평가

본 논문에서 제안한 조명제어 시스템의 소비전력 절감 효과를 확인하기 위해 그림 4와 같은 실험 환경을 구축하였다. 실험환경에서 기존방식은 통로 천장에 인체감지 센서 3개를 설치하여 통행자를 감지한다. 건물에 설치된 인체감지 센서 기반 조명제어 방식과 본 논문에서 제안하는 위치측위 방식과의 비교를 위하여 야간에 통로 보행 시, 일정한 속도로 통로를 빠져나가는 상황을 실

정하였다.

참고문헌



그림 4. 실험환경 구축

실험환경에서 일반적인 속도로 보행 시, 통로를 빠져나가는데 걸리는 소요시간은 평균 45초였다. 10회의 반복적인 실험을 통해 조명 점등시간을 비교한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 야간 통로 조명 점등시간

구분	평균 점등 시간
기존 방식	8분 15초
제안 방식	1분 3초

실험 결과, 기존 방식에서는 통행자가 통로를 빠져나온 이후에도 7분 이상 조명이 점등되도록 설정되었다. 이는 통행자가 센서에 감지되지 않는 위치에서 머무는 시간이 존재할 수 있으며, 통행자의 진입과 이탈을 센서로 감지하기 힘들기 때문이다. 제안방식의 경우, 위치 측위를 위한 평균 값을 취하는 과정에서 약 4초의 시간이 걸려 통행자 진입 시에 즉각적으로 점등하지는 못하였으나, 기존 방식에 비해 불필요한 전력 소모 시간을 크게 줄일 수 있음을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 기존 센서를 사용한 실내 조명 제어 방식의 문제점을 해결하기 위해 실내 위치 측위 기술 중 하나인 Fingerprinting을 기반으로 한 실내조명 제어 시스템을 제안하였다. 이를 위해 SSR 릴레이를 사용한 조명제어 모듈을 개발하였으며, 실제 건물에 조명을 설치하여 실험한 결과 제안한 시스템을 사용 시, 불필요하게 조명이 점등되어 있는 시간을 약 7분정도 줄일 수 있어 불필요한 전력소모 시간을 효율적으로 줄일 수 있음을 확인하였다. 또한, 기존 방식의 경우 센서의 위치에 따라 통행자를 감지하지 못하는 문제점이 발견되었으나, 제안하는 방식은 측위 된 위치를 기반으로 조명을 제어하므로 기존 방식의 문제점이 해결됨을 확인하였다.

[1] 임현진, 정수관, 원두환, “지구온난화가 가정부문 에너지 소비량에 미치는 영향 분석: 전력수요를 중심으로”, *에너지경제연구*, 제 12권, 제 2호, pp. 33-58, 2013. 09.

[2] 박창용, 허성국, 임종민, 천석희, 고정배, 김도형, 서정호, “LED센서등기구에 내장된 센서에 관한 조사 연구”, *한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집*, pp. 47-48, 2011. 05.

[3] K. Kaemarungsi, P. Krishnamurthy, “Modeling of Indoor Positioning Systems based on Location Fingerprinting,” *INFOCOM 2004, Twenty third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, Vol. 2, 2004.

[4] 강일우, 김경성, 로네쉬, 배진수, 민상원, 정민아, 이연우, 이성로, “효율적 실내측위를 위한 칼만필터 Fingerprinting”, *한국통신학회 학술대회논문집*, pp. 111-112, 2011. 11.