

내부전반사를 이용한 플리커 없는 조명장치 메커니즘에 대한 연구

홍민정¹, 강필성^{1,*}

구미전자정보기술원

* indrakps@geri.re.kr

A Study on the mechanism of a flicker-free lighting device using total internal reflection

Hong Min Jeong, Kang Pilsung

Gumi Electronic & Information Technology Research Institute(GERI)

요 약

본 논문은 기존의 전압을 제어하여 광량을 조절하는 조명 방식보다 플리커 발생에 있어서 이점을 취할 수 있는 방식에 대해서 고안하였다. 전력 변화로 인한 플리커의 발생을 예방하기 위해 내부전반사를 이용하여 구조 내부에서 반사와 투과 광량을 조절하는 방식을 설계하였다. 그 결과, 기존의 방식보다 플리커가 적게 발생하였음을 확인하였다.

I. 서 론

플리커(Flicker)란 급격한 전압의 변동 등의 광원의 내부적 요인이나 외부적 요인 등에 의해 발생하게 되는 미세한 깜빡임을 일컫는 말이다. 이는 육안으로 관측되지 않더라도 장시간 노출되면 두통을 유발하며, 현기증 및 구토를 야기할 수 있다. 이러한 현상은 전압을 제어하여 조명의 조도를 조절하는 과정에서 또한 발생하게 되는데, 본 과제는 내부전반사를 통해 밝기를 조절하는 과정에서 플리커를 억제하는 것을 목표로 하여 진행되었으며 이를 달성하기 위하여 시뮬레이션과 설계 및 제작을 진행하고 실제 플리커 정도를 확인하였다.[1]

II. 본론

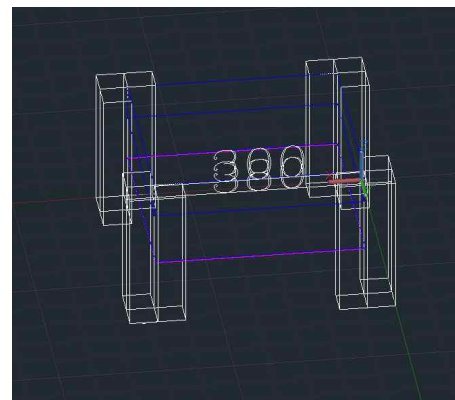
1. 광학계 설계를 통한 실현 가능성 확인

빛은 굴절률이 서로 다른 매질을 진행할 때 스넬의 법칙(Snell's law)을 따라 광경로가 변하게 되며, 스넬의 법칙은 다음과 같다.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

여기서 각각 굴절률 n , 입사각 θ_1 , 굴절각 θ_2 을 의미한다. $n_1 > n_2$ 의 조건에서 θ_2 가 90° 가 되는 입사각 θ_1 을 임계각이라고 하며, 임계각보다 큰 입사각으로 빛이 입사하게 될 경우 두 매질의 계면에서 투과 없이 완전 반사되는 현상을 내부전반사(Total internal reflection)라 한다. 해당 과제에서는 내부전반사 현상을 이용하기 위해 입사광이 수직이 아닌 측면으로 입사되도록 광원을 edge 형으로 배열하여 설계를 진행하였다.

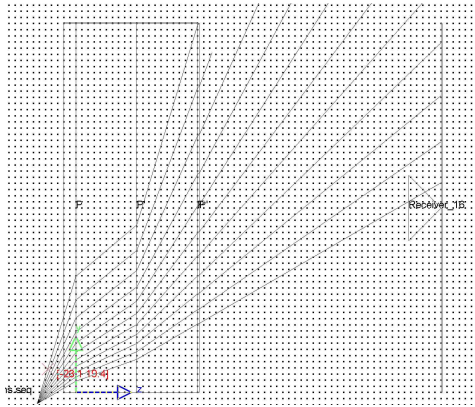
우선, 3D CAD를 이용하여 제작하고자 하는 형태를 구상하였다. 이 과정을 통해 제작에 필요한 재료들의 규격을 대략 파악하였다.



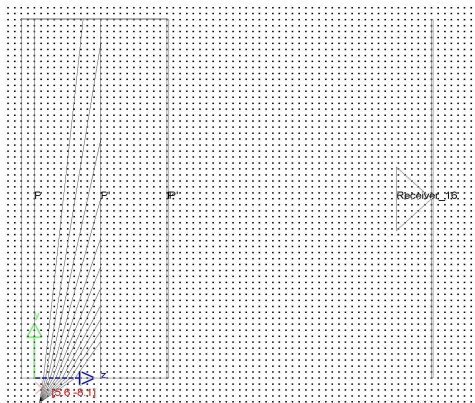
<Fig 1. 3D CAD를 이용하여 제작된 도면>

도면을 바탕으로 CodeV 및 Light Tools 프로그램을 이용하여 조명장치의 각 layer에 대한 데이터를 입력하고 광선 추적을 실행하여 동작 가능성을 확인하기 위한 시뮬레이션을 진행하였다. 이를 통해 광원의 위치 변화에 따른 내부전반사 현상과 최종적으로 센서에 도달하는 광량이 유의미한 변화를 확인하였다.

Figure 2~Figure 3은 Light Tools로 구현한 광선 추적도는 광원의 위치에 따른 투과되는 광선의 변화를 나타낸다. 시뮬레이션 결과, 광원의 위치 변화에 따라 최종적으로 투과되는 광량의 변화가 유의미함을 확인하였다. 이를 통해 구현하고자 하는 조명장치가 내부전반사 현상을 이용하여 광원의 밝기를 조절할 수 있을 것으로 판단하였다.



<Fig 2. 빛이 전부 투과할 때의 광선 추적도>



<Fig 3. 빛이 전부 차단되었을 때의 광선 추적도>

2. 광학계 제작 및 결과 데이터 비교



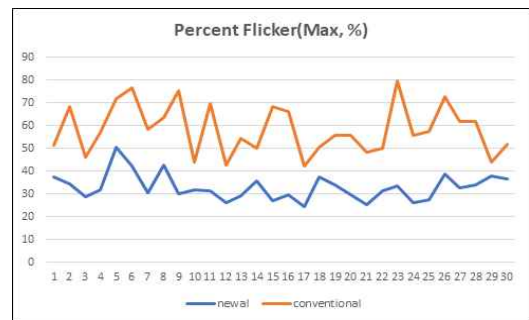
<Fig 4. 제작한 조명장치의 사진>

Figure 4는 제작한 조명장치의 사진이다. 양 대각의 리니어모터를 이용하여 조명장치의 움직임을 구현했다. 본 연구를 통해 실제 플리커 발생을 측정하고, 전압을 이용하여 밝기를 제어하는 조명과 비교하여 플리커 억제 측면에서 강점을 확인하였다.

플리커를 측정하여 표기하는 방식으로는 IES(Illuminating Engineering Society)가 제정한 Percent Flicker이 있으며 본 과제에선 이 지표를 이용하여 플리커 수치를 비교하고자 한다.

Figure 5는 Percent Flicker를 나타낸다. Percent Flicker는 $100 \times (A - B) / (A + B)$ 로 정의되며 A와 B는 각각 단일 사이클 동안 광원 출력의 최대값과 최소값을 나타낸다.

장치에 인가되는 전압을 통해 출력 광을 조절하는 방식(conventional)과 본 과제에서 고안한 방식(newal)을 정해진 시간 동안 가장 밝은 상태에서 어두운 상태까지 변화시킨 후 다시 가장 밝은 상태로 변화시키는 것을 1회 측정의 기준으로 잡았고(1회당 5초) 광원과 측정 장비와의 거리는 4cm로 동일하게 설정하였다.



<Fig 5. Percent Flicker>

Figure 5에서 가로축은 실험 횟수를, 세로축은 각각 Percent Flicker의 최대치를 나타낸다. 실험 결과 conventional이 newal의 수치보다 전체적으로 높은 것을 확인할 수 있다. 지표의 증가는 Flicker가 큼을 의미하며 따라서 이를 통해 전반사 효과를 이용한 방식이 인가되는 전압을 조절하는 방식 대비 Flicker 발생 측면에서 개선되었다고 해석할 수 있다.

III. 결론

본 연구에서는 기존의 광원에 인가되는 전압을 제어하여 광량을 조절하는 방식의 조명계와 내부전반사 현상을 이용하여 구조 내부에서 반사와 투과 조절을 통한 방식에 대해 비교 및 분석을 시행하였다. 실험을 통해, 기존의 전압을 제어하는 방식보다 내부전반사를 이용한 방식의 조명계에서 플리커가 더욱 적게 발생함을 확인할 수 있었다. 반면, 내부전반사 현상을 이용한 조명계의 경우 밝기를 조절하기 위해 Linear motor를 사용하여 전력의 소비 및 부피가 큰 구조이기 때문에 이에 대한 개선이 필요할 것으로 보인다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00864, 홀로그래프 기반 비접촉 비파괴형 제품 내외부 변형/결함 검출 기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] Heo, Min, et al. "A Study on the Condition of LED Lights Flicker." Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, vol. 29, no. 11, 한국전기전자재료학회, Nov. 2016, pp. 729 - 735, doi:10.4313/JKEM.2016.29.11.729.