

조명장치의 이동과 자동 교체가 가능한 LED 무대조명 시스템

(Shifting and Automated Replacement of Lighting Devices for LED Stage Lighting)

유인환* · 이보희** · 송현선**

(In-Hwan You · Bo-Hee Lee · Hyun-Sun Song)

Abstract

A performance delivers the contents and feeling through human bodies and stage settings in the limited space of a stage. Among the stage settings, the lighting creates overall atmospheres effectively according to the situations of the performance such as a time flow, a change of seasons, an expression of the mental state of the performer. As the LED lighting is used more widely, the number and the size of the lighting is being decreased, which makes it possible for various devices to be used. However, just as conventional lighting devices, most of them are fixed. So it is difficult to use them at a blind spot and to replace them. To solve this problem, this article suggests a system which replaces lighting automatically and moves. As it can moved to a spot we want on a rail, and the lighting system can be replaced by itself, it can have various lighting effects, increasing the effectiveness of the performance. Additionally, it can also decrease the danger of a worker operating the lighting device located at a high place. At the mock-up experiment, its mobility and stability on a rail were tested using the wheel of the Modular Robot.

Key Words : Stage Lighting System, Modular Structure, Structure of Lighting Devices, Locking Process

1. 서 론

1.1 연구의 배경

무대 조명은 공연에서 의사 전달의 수단이다. 공연은 공연자를 통해 무대라는 한정된 공간에서 신체와

주변장치들을 이용해 내용과 느낌을 전달한다. 무대 장치는 안무, 연출, 의상, 음악, 조명 등을 의미하며 연기의 움직임과 느낌을 효과적으로 표현해주는 역할을 한다[1-2]. 특히 조명은 시간의 흐름과 계절의 변화, 공연자의 심리 상태 표현 등 공연의 상황에 따라 전체 분위기를 효과적으로 조성한다. 따라서 시각적, 심미적, 심리적 표현을 위한 중요한 매개체 역할을 한다[3].

조명을 효과적으로 표현하기 위해 연기구역을 설정해 조명장치를 배치한다. 무대에서 관객이 볼 수 있는 바닥 부분을 의미한다. 주로 사용하는 장치의 평면도

* 주저자 : 세명대학교 대학원
** 교신저자 : 세명대학교 전기공학과
Tel : 02-354-1323/4, Fax : 02-388-1321
E-mail : tough0507@hanmail.net
접수일자 : 2011년 6월 8일
1차심사 : 2011년 6월 14일, 2차심사 : 2011년 8월 10일
심사완료 : 2011년 8월 16일

와 배우의 동선에 의해 결정된다. 보통은 6개의 구역을 나누며 무용의 경우 12구역으로 설정해 사용한다. 분할된 구역은 시간과 공간성 표현을 위해 조명에 유연성을 부여하고, 배우가 연출을 자유롭게 표현할 수 있도록 도와준다[3-4]. 대표적인 조명장치로는 스폿 라이트(Spot Light), 무빙 라이트(Moving Light), 파 라이트(PAR light) 등이 있다. 광원은 할로젠, 아크, 수은, LED 등을 이용한다. 조명장치는 내구성과 효율성이 좋은 LED 램프로 광원이 대체되어지고 있다. 효율성은 백열전구와 할로겐램프에 비해 광효율이 5.6~7.3배 좋을 뿐만 아니라 전력 소모도 약 80~89[%] 적게 소비한다. 내구성에 있어서는 동작시간이 최소 35,000시간으로 길며, 유리관이 없어 깨질 염려가 없으며 떨어져도 다시 사용이 가능하다[5-7]. 또한 하나의 조명으로 다양한 색상을 표현할 수 있고 크기가 작다. 이러한 장점은 조명을 운영하는데 필요한 전력소모와 램프교체에 따른 유지비용, 초기 램프 설치비용을 절약할 수 있으며, 경제적 효과가 매우 커서 시장이 확대 되고 있다. 현재는 초기 시장이기 때문에 앞으로 기술개발을 통해 비싼 가격이나 회로의 효율성 등 개선이 되면 격차는 더 커질 것으로 예상된다. LED 조명에 맞게 무대 조명의 배치방법도 달라져야 한다. 전통적인 무대 조명방법은 여러 가지 색상을 표현하기 위해서는 최소 3개의 조명이 필요했다. 무게도 무겁고 부피가 크기 때문에 다양한 조명을 장착하는데 제약이 많다. 특히 많이 사용하는 6구역으로 된 연기구역에 조명장치가 고정되어 있어 사각지역이 발생한다. 하지만 LED 조명 장치는 하나의 조명으로 여러 개의 색상을 표현할 수 있으며, 부피와 무게가 작아 적은 수의 조명으로도 기존 조명과 비슷한 효과 연출할 수 있다. 즉 조명이 설치되는 공간을 더 효율적으로 사용할 수 있다. 본 논문에서는 모듈러 로봇의 결합 매커니즘과 레일을 이용한 조명 시스템을 제안했다. 모듈러 로봇은 단위 모듈을 결합해 환경에 따라 결합 매커니즘을 이용해 자유롭게 구조를 변경할 수 있는 로봇을 의미한다. 이를 응용해 만든 탈·부착하는 시스템을 사용해 조명장치를 교체 또는 옆 레일로 이동할 수 있게 했다. 레일은 조명기구를 원하는 지점으로 빠르게 이동함으로써 연기구역 내 사각지역을 없애고

다양한 연출을 할 수 있다. 그리고 사람이 많이 모이는 공연장의 특성상 고장이나 조명기구의 낙하 등은 재해로 이어질 수 있으므로 안전가이드를 추가했다. 논문의 구성은 첫 번째로 제안하는 무대에서 조명 사용하는 조명디자인과 방법에 대해 설명하고, 자동으로 탈·부착이 가능한 조명시스템을 소개했다. 두 번째 제안하는 이동과 자동 교체가 가능한 무대 조명시스템을 소개했다. 마지막으로 모듈러 로봇의 자동 도킹 실험을 통해 검증했다.

1.2 조명 방법과 디자인

조명디자인은 관객의 시각을 조절한다. 조명에서 디자인은 빛의 특성을 사용해 극의 기능을 만족시킬 수 있도록 상황에 따라 구체적으로 계획한다. 조명 디자인은 계획할 때 공연의 대상이 되는 관객의 입장에서 생각해야 한다. 즉 단순한 시각적 매커니즘뿐만 아니라 빛이 시각을 통해 관객의 마음이 동작하는 심적 부분도 이해를 해야 한다[8]. 일반적인 조명방법은 연기구역을 설정해 조명한다. 연기구역은 공연과 연기자에 맞는 다양한 시각적 효과를 표현하기 위해 사용한다. 보통은 6등분 하여 사용한다. 하지만 무용의 경우 6등분으로 하게 되면 사각지역이 발생하고, 표현 주의적인 방법이 적용되어야 하기 때문에 입체감이 많은 조명이 필요해 12등분해 사용한다. 조명장치의 개수는 기본적으로 6구역은 12개가 필요하며, 12구역은 최소한 15개가 있어야 한다[4,8].

1.3 LED조명 특성

LED조명은 다양한 색온도와 고유색을 표현할 수 있다. 기존의 램프는 일출, 일몰 느낌의 나트륨램프(2,000[K]) 맑은 하늘 느낌의 형광램프(6,000[K]) 등과 같이 조명에 따라 색온도가 나누어져 있다. 색을 표현하기 위해서는 색상필름을 사용해야 한다. 하지만 LED조명은 3,000[K]대 영역부터 6,000[K]대 영역까지 다양한 색온도를 같이 사용할 수 있으며, 하나의 조명으로 다양한 느낌을 표현할 수 있다. 그리고 하나의 LED칩으로 RGB색상을 구현할 수 있다. 다만 아직 색

상배합이 어색하고 직진성이 강하다. 현재 LED 조명은 상용화를 위해 발광효율을 높이는 연구가 진행 중이며, LED 조명이 상용화되기 위해서는 백색 LED의 성능지수가 형광등의 효율인 100[lm/W]보다 좋은 150[lm/W]가 되어야 하며 빛 추출효율이 90[%] 이상이 되어야 한다. 또한 연구배경에서 밝혔듯이 LED조명의 내구성과 효율성에 대하여 다른 조명장치와의 교체 시 특성에 대하여 설명하였다.

1.4 자동 탈·부착이 가능한 조명시스템

모듈러 로봇의 매커니즘 이용해 만든 자동 탈·부착하는 조명시스템이다. 조명장치는 그림 1에서와 같이 LED패키지와 회로부 도킹부로 나누어 구성함으로써 회로나 센서와 같은 부품을 쉽게 교체할 수 있게 했다. 천장에 설치된 결합매커니즘은 결합할 조명장치가 근처에 접근하면 2개의 걸쇠를 사용해 자동으로 고정시키는 장치이다. 그리고 조명장치와 결합매커니즘 사이에 조명장치의 각도조절이나 회전과 같은 기능을 추가한 부가 장치를 설계해 장착할 수 있다.

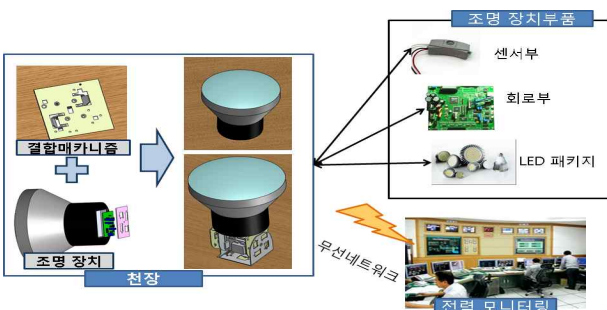


그림 1. 자동 탈·부착 조명 시스템
Fig. 1. Auto Removing and Replacing lighting system

2. 이동과 자동교체가 가능한 LED 무대 조명시스템

2.1 제안하는 무대 조명시스템 개요

조명장치를 자유롭게 이동할 수 있는 시스템을 제안했다. 연기 구역에 따라 조명시스템을 나누기 때문에

모든 공연을 같은 조명으로 표현하기는 어렵다. 무엇보다 조명이 고정되어 있고 위치가 높아 교체 시 안전사고의 우려가 있으며, 이를 해결하기 위해 그림 2와 같이 이동이 가능한 조명시스템을 제안했다. 새로운 조명장치를 옆 레일로도 이동이 가능하기 때문에 다양한 조명상황 연출 뿐 만아니라 자동으로 양끝으로 이동시켜 교체나 수리 등을 할 수 있다. 조명이 이동하는 레일은 공연의 건물에 맞게 설치하면 된다. 예를 들어 바닥이나 관중석의 조명 같이 공간이 협소하거나 적은 경우 1개의 레일만을 사용해 구성할 수 있다. 앞으로 다양한 LED로 조명이 대체 되면서 공연에 사용되는 조명 장치의 수와 이에 따른 부수적인 기구부들이 감소한다. 이와 함께 발생한 여유 공간을 활용해 다양한 조명 연출을 할 수 있다.

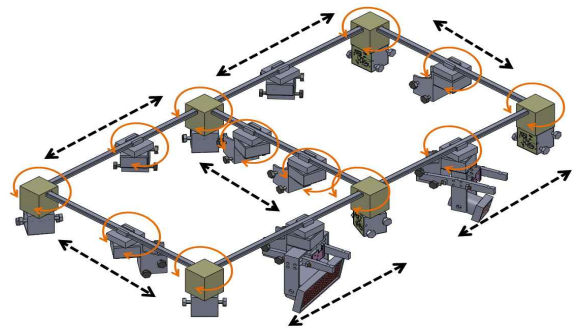


그림 2. 무대 조명 시스템 예
Fig. 2. Stage lighting System Example

구성은 레일과 장치 전송을 위한 모듈, 조명 장치로 구성되며 자세한 내용은 다음과 같다.

2.2 조명장치 소개

조명 장치의 구조는 모듈러 로봇을 변형해 그림 3과 같이 만들었다. 도킹부에 해당되는 조명장치는 무거우므로 그림 3과 같이 2개의 도킹 홀을 가지고 있는 2개의 모듈을 사용해 내구력을 높였다. 두 개의 도킹면 중 도킹 A면은 조명의 윗면으로 조명의 빛이 나가는 방향을 기준으로 앞뒤로 결합이 가능하다. 하지만 방향이 바뀔 경우 그림 5와 6에서처럼 B모듈의 결합은 안 된다. 안전 가이드는 공연 중 안전사고에 대비

하기 위한 안전장치로 측면에 부착하였으며, 그림 4의 안전가이드 핀에 걸릴 수 있게 홈이 파여져 있다. 전원 연결을 위한 커넥터는 안전가이드 측면에 부착 예정이며 자세한 위치는 추후에 검토하기로 했다.

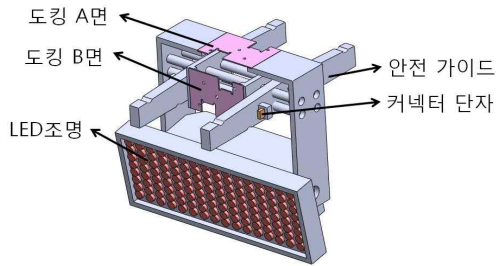


그림 3. 조명 장치 구조
Fig. 3. structure of lighting devices

모듈은 그림 4에서 보듯이 락킹면, 마운트, 안전가이드 핀으로 구성된다. 락킹면은 모듈러 로봇의 결합메커니즘으로 조명장치를 탈 부착할 수 있도록 잠그는 면이다. 마운트는 모듈을 레일이나 천장 등 부착할 수 있도록 해주는 부품으로 좌우회전만 가능하다. 조명장치를 위 아래로 움직이는 것은 장치마다 무게와 크기가 다르기 때문에 모듈러 로봇의 피치 움직임은 적용하지 않았다. 가이드 핀은 실제동작에서 락킹면은 조명장치의 이탈을 방지 역할이며, 실제 조명의 무게는 안전가이드와 안전가이드 핀이 지탱한다. 추가적으로 잠금장치가 고장이나 오작동 등으로 인해 조명장치를 잠그지 못했을 때 떨어지지 않도록 해준다.

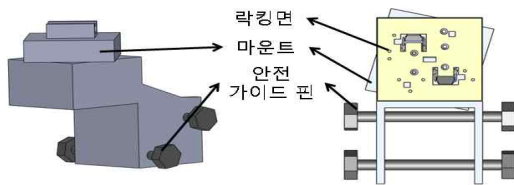


그림 4. 모듈 구조
Fig. 4. Modular structure

옆으로 조명장치를 전송하기 위해 2가지 형태의 모듈을 사용한다. 그림 2와 같이 레일이 수직배치 되어 있는 경우에도 조명 장치를 전송하기 위해 그림 5와 같이 2개의 모듈을 사용했다. 결합하는 면은 그림 5와

같이 위와 옆면으로 분리 배치해 교체 시 필요한 작업반경이 작다.

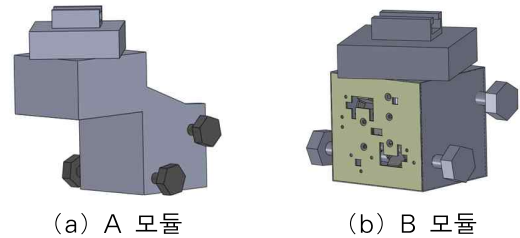


그림 5. 2가지 모듈 형태
Fig. 5. Two kinds of module types

조명장치의 폭이 넓더라도 장착이 가능하다. 안전가이드가 고정되는 원리는 그림 5에서와 같이 조명장치가 중력에 의해 아래로 내려가면 안전가이드의 끝이 올라가게 되면서 된다. 그림 6 (a)와 같이 폭이 같은 경우 장착 예이다. 장치에 따라서 그림 6 (a)처럼 폭이 넓은 경우 중간에 지지 핀을 사용해 장착할 수 있어 다양한 조명장치를 부착할 수 있다.

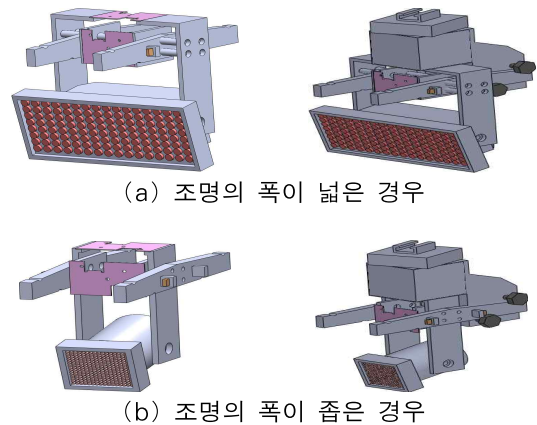


그림 6. 조명 장치의 장착 예
Fig. 6. Mounting examples of lighting devices

2.3 조명 장치 결합과 이동 매커니즘 소개

래치 구조를 사용해 조명시스템을 교체하는 방법을 제안했다. 실내에서 사용되는 조명은 대부분 형광등이나 작은 백열등 형태의 소켓을 사용한다. 따라서 작은 크기의 조명 장치도 장착할 수 있으면서, 형광등과

같은 큰 제품들도 장착할 수 있어야 한다. 또한 장착 후 분리가 되면 사람이 다칠 수 있기 때문에 단단하게 고정되어야 한다. 이를 만족하기 위해서 그림 7과 같이 래치를 사용해 잡는 구조를 사용했다.

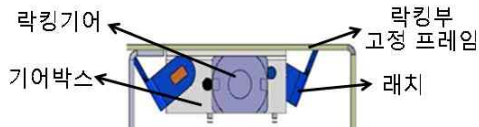


그림 7. 결합 매커니즘
Fig. 7. Locking mechanism

결쇠의 배치를 대칭으로 배치해 부하를 분산시켰다. 그림 8 (a)에서 가운데 화살표의 거리가 너무 짧게 되면 면적이 작아 큰 하중을 견디지 못하고, 반대로 너무 멀게 되면 크기가 커진다. 두 가지 문제를 해결 하기위해 그림 8 (b)와 같이 위 아래로 대칭배치 함으로써 힘이 중심으로 집중되는 것을 막을 수 있다.

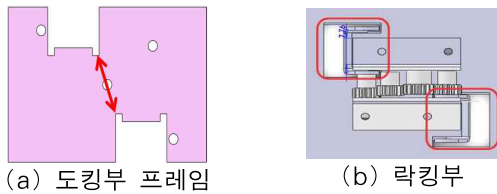


그림 8. 락킹 래치의 위치
Fig. 8. Position of Locking latch

락킹하는 방법은 그림 9와 같이 래치가 안쪽으로 회전하며 모듈을 잡는 단순한 구조이다. 거는 면적이 넓고 대각선으로 잡기 때문에 고정 된 값은 것이 필요없다. 그리고 래치 앞부분을 길게 하여 3~5[mm] 정도 면이 떨어 저있더라도 결합할 수 있게 했다. 래치가 들어가는 홈의 크기도 크게 하여 수평과 수직 위치가 맞지 않아도 결합할 수 있는 여유를 두었다. 따라서 장착할 조명 장치가 락킹시스템의 일정거리 근처에 오게 되면 자동으로 장착된다. 분리과정은 결합과정과 반대이므로 생략했다.

조명장치의 접근과 장착방향을 검출하기위해 Hall 센서를 사용했다. 그림 10 (a)의 사각형은 도킹면의 자석위치를 나타낸다. 윗면은 방향 검출을 할 수 있게 3

개를 사용한다. 감지하는 센서는 그림 10 (b)의 사각형은 자력을 검출하는 센서이다. 래치 옆에 있는 두 개의 센서는 모듈의 접근 유무를 검출하고, 떨어져 있는 센서 한 개는 방향검출을 위해 사용한다.

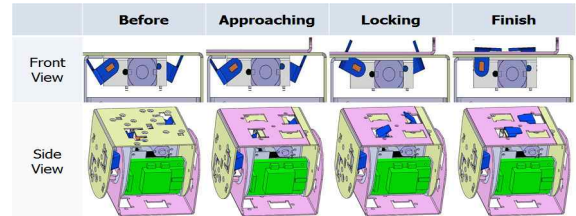
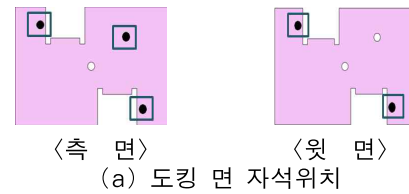
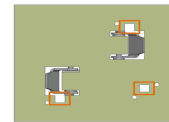


그림 9. 결합 과정
Fig. 9. Locking Process



(a) 도킹 면 자석위치



(b) 락킹 면 홀센서 위치

그림 10. 결합센서 위치
Fig. 10. Coupling-Sensor a connected module

방향검출이 많이 필요 없으므로 센서와 자석의 수를 줄였다. 모듈러 로봇은 결합방향에 따라 형태와 움직임이 다르므로 4개의 면을 모두 감지한다. 이에 비해 조명 시스템은 조명은 방향이 바뀔 수 있는 윗면의 앞 뒤 방향을 검출할 수 있어야 한다. 하지만 접촉면이 정위치 했는지 검출 하는 것은 모듈러 로봇과 같다. 센서를 2개를 사용하면 한 개의 자석을 사용한 면은 정위치 검출이 힘들기 때문에 3개를 사용했다. 래치 옆 2개는 정위치를 확인하는 자석으로 방향에 상관없이 검출이 가능하다. 윗면에는 방향이 바뀌면 센서인식이 안되도록 했다. 조명장치를 전송하는 과정을 설명하기 위해 그림 11과 같이 두 개의 A모듈, 조명장치와 B모듈 1개씩 구성했다. 그림 12에서와 같이 격자로 구성된 레일에서 조명 장치를 전송하기 위해 가운데

B모듈을 두었다. 수평으로 구성할 경우 A모듈만 사용할 수 있다.

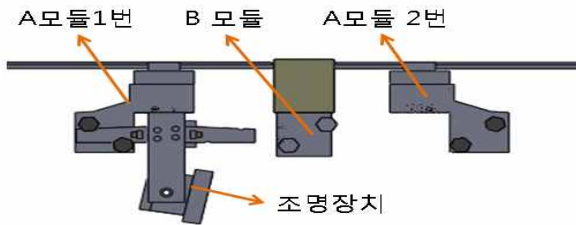


그림 11. 조명장치 구성 예
Fig. 11. Examples of lighting devices configured

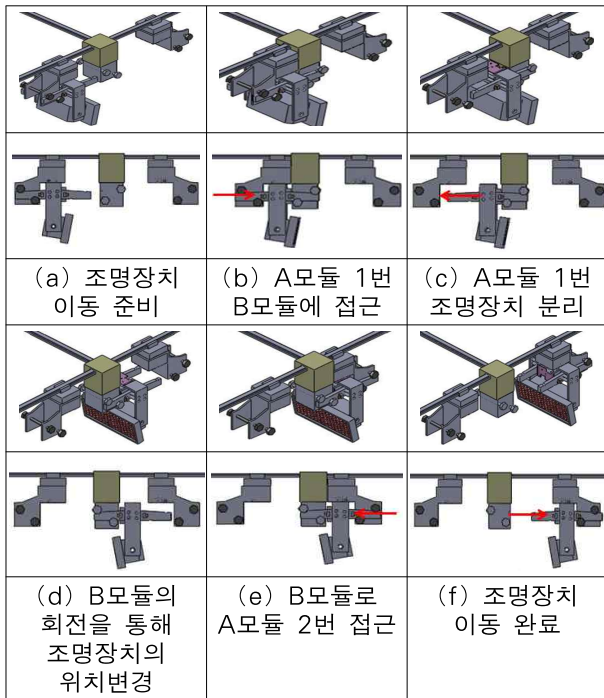


그림 12. 조명장치 전달 과정
Fig. 12. transfer process of lighting devices

조명 장치가 그림 12와 같이 분리 되어 있을 때 옆 레일로 이동 시키는 과정을 살펴보면 조명 장치를 B 모듈로 이동시키기 위해 A모듈 1번이 접근한다. 그림 12 (b) 같이 모듈 끼리 가까이 접근하게 되면 A 모듈은 잠금 장치를 풀고 B모듈은 잠근다. A 모듈 1번의 조명장치가 B모듈에 고정이 되면 A 모듈 1번이 뒤로 이동한다. B모듈은 A모듈 1번에서 분리된 조명 장치를 반대편에 있는 A모듈 2번으로 전송하기 위해 조명

장치의 방향을 전환한다. 반향 전환이 완료되면 A모듈 2번은 결합을 위해 조명장치로 이동한다. A 모듈 1번은 잠금 장치를 잠그고 B모듈은 잠금장치를 해제한다. 조명장치가 고정이 되어 A모듈 2번에 뒤로 이동하게 되면 조립이 완료된다.

3. 모듈러 로봇 동작 실험

제안하는 조명시스템을 적용하기 위해서는 앞서 실제로 적용할 수 있는지 검증실험을 진행했다. 결합 매커니즘을 이용해 레일 위에서 조명장치를 전달하기 위해서는 유격이 있다라도 결합할 수 있어야 한다. 그리고 결합 후에는 견고하게 잡아주어 움직임이나 진동에도 문제없이 동작해야 한다. 이를 검증하기 위해 모듈러 로봇이 가지고 있는 바퀴를 사용해 자동결합한 후 애벌레 동작을 구현 했다. 바퀴이동은 레일보다 결합면을 맞추기 어렵기 때문에 선택했다. 결합을 위해 바퀴이동을 할 경우 면과 면의 거리와 각도, 뒤틀림 정도 등 고려할 사항이 많다. 하지만 레일이라는 정해진 경로를 따라 안정적으로 이동하기 때문에 결합면을 맞추기가 비교적 쉽다. 따라서 바퀴이동에서 원활한 결합이 이루어질 경우 레일에서도 안정적으로 동작할 것으로 예상된다. 가이드 없이 이동해 유격이 발생했지만 도킹면의 모듈을 잡아끌어 결합을 했다. 바퀴를 사용하는 면은 도킹면 쪽이 낮아 결합하는 면의 사이 간격이 그림 13의 5"373초에서처럼 바닥보다 위쪽에 3~4[mm] 정도

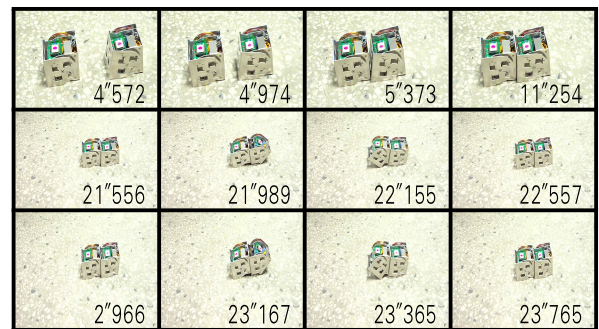


그림 13. 모듈의 자동 결합과 동작 실험
Fig. 13. fifth module of Self-connection and motion1.3 Experiments

로 크다. 결합면의 들러진 정도는 1~2[mm] 정도로 작았으며, 이때 결합 매커니즘의 래치는 문제없이 도킹되었다. 그리고 반대편 모듈을 잡아당김으로써 모듈끼리 견고하게 결합되었다. 결합시간은 약 1초 내외로 빠르게 결합되었으며, 결합이 완료된 후에는 애벌레로 동작 시켰다. 이동주기는 약 1초로 애벌레 동작을 반복하며 이동했다.

4. 결 론

무대 조명은 공연의 내용을 효과적으로 전달하는 중요한 수단이다. 무대조명은 보통 연기구역을 나누어 조명하며, 무용과 같이 입체감이나 사각지역이 없어야 하는 공연은 조명구역을 12구역으로 나누어 사용한다. 현재는 할로겐 같은 조명이 사용되고 있지만 앞으로 LED 조명으로 대체 되고 있다. 본 논문에서는 LED 조명의 장점을 활용할 수 있는 조명 시스템을 제안했다. LED 조명은 무게가 가볍고 크기가 작기 때문에 여유 공간이 많이 발생한다. 여유 공간을 활용하고 다양한 조명 효과를 내기위해 레일과 모듈러 로봇의 결합 매커니즘을 사용해 교체가 가능하도록 했다. 따라서 원하는 위치로 이동시키거나 필요에 따라 조명 장치를 쉽게 교체할 수 있다. 실험에서는 모듈러 로봇의 바퀴이동을 이용해 검증했다. 접촉면간에 간격이 있었지만 래치가 도킹면을 문제없이 걸었다. 그리고 모듈을 잡아당김으로써 견고하게 결합이 되었다. 정해진 경로를 따라 이동하는 레일 위에서는 더 안정적인 동작을 보여줄 것으로 기대된다.

앞으로 실제 무대조명에 적용하기 위해서는 안정성의 검증과 규격화가 필요하다. 기어회전이나 레일이동과 같은 소음은 배경음악이나 연기자의 대사 등의 소리 때문에 큰 문제는 없을 것으로 판단된다. 하지만 조명을 옆 레일로 이동시 낙하나 플러그의 스파크로 인한 화재 등과 같은 안정성에 대한 대비가 있어야 한다. 그리고 조명시스템에 적용할 수 있도록 규격화하고 표준화 하는 작업이 요구된다. 향후 연구에서는 개발된 모듈러로봇의 결합과 분리에 따른 결합력을 강화하고, 빠른 이동성에 대한 연구에 더욱 더 집중하여 공연장에 대한 시스템의 안정성과 장비의 신속한 이

동성 및 교체성에 대한 연구에 집중되어야 할 것으로 생각한다.

References

- [1] SK Langer, "Langer Problem art", Charles Scribner, p.67. 1957.
- [2] 이장원, 이진우, "무용예술을 위한 무대 조명에 관한 연구," 한국조명전기설비학회, 2009 춘계학술대회 논문집, pp. 218-223, 2009.
- [3] 이장원, 이진우, "무대조명을 통한 무용 예술의 무대 공간 시각화 방안 연구", 한국조명전기설비학회, 조명전기설비학회 논문지, 제23권 제4호, pp. 16-28, 2009.
- [4] 이장원, "공연장 무대 형태에 따른 무대 조명 배치 및 디자인," 한국조명전기설비학회, 조명전기설비, 제23권, 제6호, pp. 44-53, 2009.
- [5] 김동준, "녹색성장, LED조명," 신한 스몰캡레이더, pp-5-39, 2011.
- [6] 김치현, "LED 조명, 미래의 빛이 되려면," LGER 리포트, 2009.
- [7] 강태규, 박성희, 장일순, 김인수, 한동원, "녹색성장 LED 융합 기술 동향 분석," 전자통신동향 분석 제24권, 제5호, pp. 30-37, 2009.
- [8] 이장원, "무대조명과 오페라 무대 조명 디자인 비교," 한국조명전기설비학회, 조명전기설비학회 논문지, 제24권, 제4호, pp. 51-59, 2010.

◇ 저자소개 ◇



유인환 (劉仁煥)
1955년 10월 19일생. 1979년 2월 광운대학교 응용전자공학과 졸업. 2008년 2월 세명대학교 대학원 졸업(석사). 2011년 2월 세명대학교 대학원 공학박사 수료.



이보희 (李普熙)
1962년 4월 20일생. 1996년 인하대학교 대학원 자동화공학과 졸업(박사). 1997년 ~ 현재 세명대학교 전기공학과 부교수.



송현선 (宋賢善)
1953년 3월 25일생. 1979년 한양대학교 공대 전기공학과 졸업. 1982년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2011년 8월 현재 세명대학교 전기공학과 정교수.