

첨단공연장치 스마트 스테이지의 신뢰성 확보를 위한 검증방안 연구

유정훈, 임정호, 박진규, 김상현
 한국산업기술시험원
 e-mail:legend@ktl.re.kr

Research on the Verification Method for Securing the Reliability of Smart Stage in Advanced Performance Equipment.

Jeong Hoon Yu, Jung Ho Lim, Jin Kyu Park, Sang Hun Kim
 Korea Testing Laboratory

요약

뮤지컬, 오페라 등 대형 공연의 다양하고 화려한 연출 효과를 위해서 사물이나 사람을 싣고 승강, 회전, 플라잉 등을 연출 목적에 맞춰 설계하고 제작하여 공연에 적용되고 있다. 하지만 공연연출용 공연장치의 개발시 요구사항, 검증할 수 있는 플랫폼, 절차가 전무한 상태이며, 시간과 비용문제로 시험검증에 대한 고려가 이루어지지 않는 실정이다. 본 논문에서는 공연에 적용되는 첨단공연장치의 안전, 기능, 성능을 시험·검증할 수 있는 방안에 대한 연구를 수행하였다.

1. 서론

공연장치란 공연의 연출을 위해 장식 소품부터 수동 또는 자동으로 이동할 수 있는 기기나 기구를 말한다.

대형 공연(뮤지컬, 오페라 등)은 점점 다양하고 화려한 연출 효과를 위해 사물이나 사람을 싣고 승강, 회전, 플라잉 등을 연출 목적에 맞춰 설계하고 제작하여 공연에 적용하고 있다. 대표적으로 무대면에서 이동하며 승강하거나 회전하는 이동무대 형태이거나, 구조물에 고정하여 와이어로프 등에 매달아 움직이는 플라잉 시스템, 드론, 로봇 기술 등을 접목시킨 첨단 공연장치의 활용도가 높아지고 있다.



그림 565 회전승강무대 복합 연출



그림 566 와이어로프 플라잉

이러한 첨단공연장치는 공연 계획 단계에서부터 요구사항에 따라 설계되고 제작되어야 하며, 공연연출의 적용을 위해 안전, 기능, 성능이 검증되어야 한다.



그림 567 공연장치 시험검증 프로세스(예)

본 연구에서는 첨단공연장치인 스마트 스테이지가 공연적용시 요구되는 사항을 바탕으로 시험·검증 플랫폼 제작 및 시험절차 개발을 통해 공연장치의 신뢰성 확보를 위한 검증방안에 대하여 연구하고자 한다.

2. 첨단공연장치 시험·검증 플랫폼 개발

첨단공연장치를 공연에 적용하기 위해 요구사항 도출하여 성능을 확인할 수 있는 S/W,H/W를 개발하여 실증시 적용할 예정이다.

2.1 첨단공연장치 시험·검증 플랫폼 요구사항

첨단공연장치 스마트 스테이지를 공연에 적용하기 위해 무대장치 안전진단 실무 경력자 및 공연장치 개발자, 공연연출자들이 시험·검증시 요구되는 사항에 대하여 아래와 같이

조사되었다.

표 1 시험·검증 플랫폼 요구사항 분석

No.	요구사항	내용	비고
1	이동사용이 용이 할 것	실제 첨단융합공연장치는 무대 위 또는 상하부 그리드, 객석 등 여러 위치에 설치 및 사용되므로, 필드테스트 까지 고려하여 이동사용이 용이할 수 있는 구조를 가지는 것이 필요	
2	가벼울 것	시험·검증 플랫폼이 사용되어 지는 환경을 고려하면, 잦은 이동이 예상되어 지므로 이동사용을 용이성과 사용자의 편의성을 고려해 최대한 가볍게 개발할 것	
3	조작이 간편할 것	시험·검증 플랫폼을 사용하기 위해 여러 입력장치가 필요하거나, 복잡한 설치나 설정이 동반되지 않도록 하여 사용상의 편의성을 높일 것	
4	다양한 종류의 측정이 가능할 것	첨단융합공연장치는 형태나 작동방식, 사용위치 등이 굉장히 다양하기에 확인이 필요한 요소 (ex. 동작범위, 온도, 전력, 속도, 가속도 등)도 다양하므로 최대한 많은 종류의 요소들을 측정할 수 있는 능력이 필요	
5	센서 등의 주변장치 연결이 용이할 것	시험·검증 플랫폼의 입력이 되어 줄 여러 센서와의 탈부착이 용이할 수 있어야 함	
6	다양한 형태의 공연장치에 적용할 수 있을 것	동일한 측정요소라도 첨단융합 공연장치의 형상이나 작동방식 등에 의해 그 측정방안이 달라질 수 있으므로 다양한 측정환경에 대응할 수 있어야 함	
7	배터리를 이용하여 사용할 수 있을 것	상용전원을 이용하여 장시간 운용을 할 수 있어야 하며, 설치 위치가 상용전원을 이용하기 어려운 곳인 경우를 대비하여 배터리 구동을 할 수 있어야 함	
8	센서의 작동 전원을 위해 추가적인 전원장치를 요구하지 않을 것	센서의 설치 및 사용 용이성을 위해 센서 구동을 위한 전원 공급을 시험·검증 플랫폼 자체적으로	
9	실시간 모니터링 상태를 표시해 줄 것	첨단융합공연장치의 작동상태 분석 시, 작동 시작 시점부터 완료되기 까지 현재 상태를 실시간으로 나타낼 수 있는 기능이 필요함	
10	측정 및 분석한 저장데이터가 일반적인 S/W로 열람이 가능할 것	측정상태의 데이터나 분석한 결과 데이터가 일반적으로 사용되는 S/W(ex. MS_excel)로 열람이 가능하도록 하여 시험·검증 플랫폼에서 수행하는 분석내용 이외의 추가적인 분석도 가능할 수 있도록 하여야 함	

11	동시에 같이 측정 및 분석을 수행하면 유용한 대상은 동시에 수행할 수 있도록 할 것	첨단융합공연장치의 구동 시, 구동 소음이나 구동 모터의 전류, 진동상태 등은 한번에 같이 모니터링 및 분석할 수 있도록 구성되면 상태분석 시 용이함
12	확장성을 고려할 것	초기 연구개발 완료된 시험·검증 플랫폼에서 추가적으로 센서 및 기능을 적용할 수 있도록 H/W 및 S/W 모두 고려된 상태로 개발될 수 있도록 할 것

2.2 첨단공연장치 시험·검증 플랫폼 S/W 및 H/W 개발

공연 관계자들이 공연장치 적용시 요구되는 사항 중 성능을 확인하기 어려우므로 성능검증을 위해 시험·검증 S/W와 H/W를 개발하여 요구사항 및 보유 성능에 대한 검증을 실시 할 예정이다.

(1) 시험·검증 플랫폼 S/W

공연장치 시험·검증 플랫폼 S/W는 개별 시험·검증 항목별 S/W 구성은 데이터수집장치 설정과 센서데이터 설정, 항목별 시험·검증 실행 3파트로 구성하도록 한다. 많이 사용하는 시험·검증 항목은 미리 설정값을 입력해 놓도록 하고 임의의 설정을 통해 시험·검증 수행할 항목 입력을 자유롭게 할 수 있도록 하였다.

또한 시험·검증 항목을 선택하여 실행시키는 메인 프로세스를 기반으로 필요에 의해 선택된 항목을 개별 프로세스로 실행 후, 완료가 되면 해당 프로세스를 종료 하고 다시 항목 선택의 메인 프로세스로 돌아오는 형태로 구성하여 여러 시험·검증 항목을 순서에 상관없이 실시 할 수 있는 구조가 되도록 설계하였다.

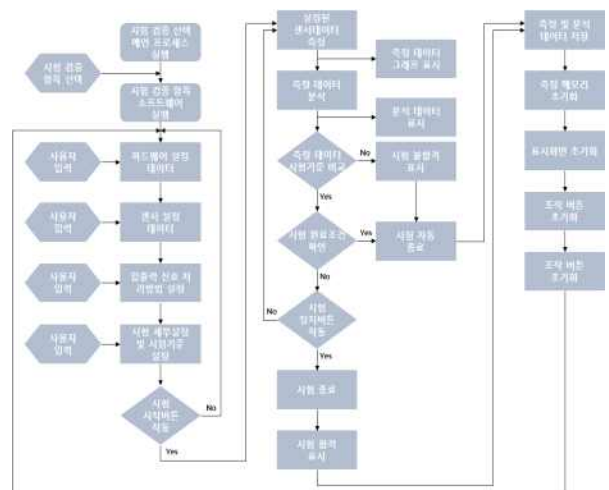


그림 568 시험·검증 플랫폼 S/W 작동 흐름 구상도

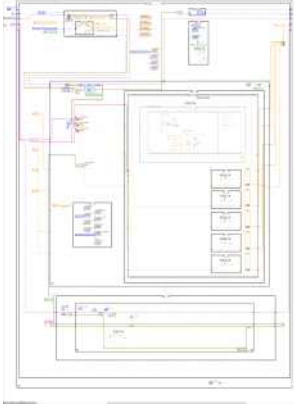


그림 569 개별항목의 시험·검증 실행부 설계



그림 570 개별항목의 센서 설정화면 설계



그림 571 개별항목의 시험·검증화면 설계

(2) 시험·검증 플랫폼 H/W

시험·검증 플랫폼 H/W의 경우 시험·검증 플랫폼의 센서연결부 및 터치컨트롤러 브래킷 등의 보조부속의 제작과 주요부속의 결합 및 결선을 통해 시험·검증 플랫폼 조립을 수행하여 기존 제작된 S/W와 결합하여 검증 플랫폼을 완성하였다.



그림 572 시험·검증 플랫폼 부속품 제작상태 및 조립, 외함 가공



그림 573 시험·검증 플랫폼 주요 부속의 결합 및 결선, 터치컨트롤러 조립



그림 574 시험·검증 플랫폼-터치컨트롤러



그림 575 시험·검증 플랫폼-S/W 구동

2.3 첨단공연장치 스마트 스테이지 시험절차서 개발

첨단공연장치 스마트 스테이지의 시험·검증 플랫폼 S/W, H/W 적용가능한 시험절차서를 개발하여 성능을 검증하고자 한다.

(1) 첨단공연장치 스마트 스테이지

첨단공연장치 스마트 스테이지는 윗면에 무대세트를 고정 시키거나 사람이 올라간 상태에서 평면이동(전후, 좌우, 대각선, 회전), 승강 작동이 가능한 장치이다.

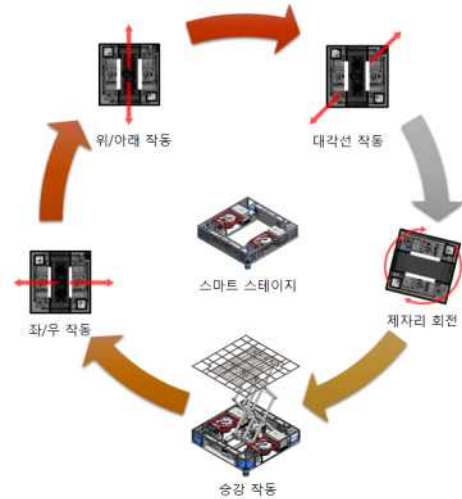


그림 576 스마트 스테이지 기능

(2) 기능 및 성능 요구사항

첨단공연장치 스마트 스테이지가 공연 연출시 요구되는 기능 및 성능은 다음과 같다.

- ① 스마트 스테이지 시스템은 이동 경로를 지정하고 이동 시간을 입력하여, 속도 및 가속도를 제어하여 작동한다.
- ② 스마트 스테이지는 지정 구역 내에서만 이동 하며, 설정에 따라 구역 내에서 위치 확인이 되지 않을 경우 정지한다.
- ③ 스마트 스테이지가 설정 높이 이상일 경우, 수평 이동을 제한한다.

(3) 시험항목 및 절차

① 시험항목

공연연출시 안전을 위해 공연 전 확인할 사항은 기능, 성능, 안전, 신뢰성으로 그에 대한 시험항목 및 기준은 다음과 같다.

표 2 첨단공연장치 스마트 스테이지의 시험항목 및 기준

No.	시험항목	기준	비 고
1	전동기 부하	리프트 모듈 : 9.94 A 이하 웨건 모듈 : 27 A 이하	시험 · 검증 플랫폼 적용
2	전동기 절연저항	1 MΩ 이상	
3	제어정밀도	수평이동 : ±20 mm 회전 : ±1 °	시험 · 검증 플랫폼 적용
4	승강 수평 유지도	±0.5 °	시험 · 검증 플랫폼 적용
5	연동 제어정밀도	±55 mm	시험 · 검증 플랫폼 적용
6	용량 산정 및 안전을 확인	해당 규격에 따름	

② 시험절차

전동기 절연저항 및 외관 상태(용량산정 및 안전을 확인)는 국가표준 규격을 인용하여 해당하는 사항에 대하여 적용하였으며, 성능확인 하는 시험항목에 대해서는 다음과 같이 시험 절차를 정의하였다.

표 3 시험항목 및 절차

No.	시험항목	시험절차 내용	비 고
1	전동기 부하	- 전동기의 부하 전류는 전동기 인입단에서 측정하는 것을 원칙으로 하며, 불가피한 경우에는 배전반의 출력단에서 측정한다. - 전동기의 전류는 작동 중 정격 전류 이하이어야 한다.	
2	제어정밀도	- 시스템을 이동 거리와 이동 시간을 입력하여 작동 시킨다. - 스테이지가 이동한 실제 거리를 측정하여 입력값과 비교하여 오차 범위를 확인한다. - 5회 반복 측정하여 평균값과 입력값의 차를 확인한다.	
3	승강 수평 유지도	- 승강작동을 중 무대면이 얼마나 수평을 유지하는지 확인한다. - 작동 중 수평(x축), 수직(y축)에 대한 최대 기울어짐을 확인한다. - 5회 씩 반복 작동하여 측정한다.	
4	연동 제어정밀도	- 두 대의 스마트 스테이지를 일정 간격을 두고 동일하게 작동한다. - 두 대의 스마트 스테이지가 작동 중 초기 간격과 비교하여 간격 변화를 확인한다. - 좌우, 전후 등 왕복 5회 반복 측정한다.	

(4) 시험 · 검증 결과

시험시 스마트 스테이지에는 최대 적재 하중을 적용 후 시험을 진행하였으며, 시험항목별 시험 결과는 다음과 같다.

표 4 첨단공연장치 스마트 스테이지 시험결과

No.	시험항목	기준	시험 결과	
1	전동기 부하	9.94 A 이하 (리프트)	상승	(Max) 8.7 A
			하강	(Max) 2.3 A
		27 A 이하 (웨건)	좌측 전진	(Max) 10.8 A
			우측 후진	(Max) 4.3 A
		좌측 전진	(Max) 12.5 A	
		우측 후진	(Max) 9.5 A	
2	전동기 절연저항	1 MΩ 이상	2,000 MΩ 이상	
3	제어정밀도	±20 mm 이내 (수평이동)	(Max)(좌측) +16.7 mm (Max)(우측) +20.7 mm	
		±1° 이내 (회전시)	(Max) 0.95°	
4	승강 수평 유지도	±0.5 °이내	상승	(Max) x 축 -0.37 ° (Max) y 축 +0.26 °
			하강	(Max) x 축 -0.37 ° (Max) y 축 +0.26 °
			전진시	11.4 mm
			후진시	54.1 mm
5	연동 제어정밀도 (간격유지)	±55 mm이내	좌측이동시	-49.6 mm
			우측이동시	41.9 mm
6	용량 산정 및 안전을 확인	해당 규격에 따름	제품 외관상태 결함 미발생	

3. 결론

공연 연출을 위해 사전에 제작된 제품에 대하여 공연 적용 시 사전 검증하는 방안에 대하여 기능 및 성능에 대한 요구사항 도출, 시험 · 검증 플랫폼 개발, 시험절차서 개발을 통해 시험품의 안전, 기능, 성능에 대한 검증을 수행한 결과 설계 기준을 모두 만족하는 것으로 확인되었다.

본 연구에서는 공연 전 제작된 공연장치의 검증 방안에 대하여 확인하였으며, 추후 공연 계획, 설계 및 제작, 설치, 철거 등 단계별 기술검증이 가능한 프로세스 적용을 통해 보다 안전한 공연장치가 사용될 수 있도록 지속적인 연구를 추진할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2021년 문화기술연구개발 지원사업(R2019050038)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.