

# 공연연출용 공연장치의 안전성 검증을 위한 검증 프로세스 도출 및 적용방안 연구

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

## Research on the development and application of a verification process for the safety verification of stage set for performing performances

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

### 요약

시각적, 기능적으로 단순했던 공연연출이 점점 화려하고 특수효과를 사용하는 연출로 변화되어 공연에 사용되고 있다. 하지만 공연연출용 공연장치의 개발시 검증할 수 있는 기준과 절차가 전무한 상태이며, 시간과 비용문제로 시험검증에 대한 고려가 이루어지지 않는 실정이다. 본 논문에서는 선진국들의 국가표준, 기술기준 확인 및 VVT 프로세스를 분석 및 적용하여 공연연출용 공연장치의 안전성을 검증할 수 있는 프로세스에 대한 연구를 수행하였다.

### 1. 서론

4차 산업혁명시대를 맞이하여 공연산업에서는 콘서트, 판타지 뮤지컬, 퍼포먼스, 오페라, 창작극, 미디어 아트, 홀로그램 등 관객의 체험과 초현실적인 소재와 배경 등을 표현하기 위해 융복합자동화장치들의 사용이 증가되고 있다.

공연 연출에는 관객의 체험을 통해 참여도를 높일 수 있는 영상 기법(AR/VR 등), 공연 배우들의 급변하는 상황, 심경 등을 표현하는 조명, 음향 기술, 배우들이 직접 무대장치에 탑승하여 상황 연출을 해야 하는 기계기술이 있다.

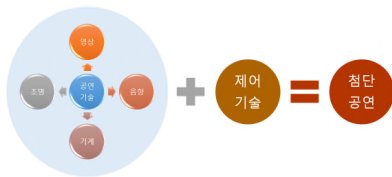


그림 1 공연연출용 융복합자동화 기술(예)

이 공연연출용 공연장치는 '90년대 후반 부터<레미제라블> 같은 대형 해외 투어 팀의 내한공연이 빈번해지고, '20년대에<오페라의 유령>의 라이선스 공연이 성황을 이루게 되면서 시각적으로나 기능적으로 단순했던 공연 무대가 화려함을 원하는 제작자와 관객의 기대에 부응하고자 화려한 공연장치기술의 사용이 점점 증가되고 있는 추세이다.

표 2 공연장치기술이 적용된 공연사례

No.	공연명	사용 기술
1	죽은 나무 꽃피우기	3D 홀로그램
2	신타지아	음향 기술, 영상 기술, 로봇 기술, 인터랙션 기술
3	한 여름밤의 꿈	로봇, 드론, 무대 조명
4	태양의 서커스	무대 제어
5	노면 : 노면 맥라렌을 위한 현장	홀로그램
6	하즈네 미쿠'라이브 콘서트	CG
7	리액테이블	음향, 영상
8	드론 라이트 쇼	드론, LED조명, 통합 컨트롤 콘솔
9	플라이	드론, 프로젝션 매핑
10	스카이매직 후지산 라이브	드론, 무대 음향, 무대 조명
11	너의 창조주를 만나라	드론, 영상 제어

하지만 이에 비해 공연장의 무대시설은 2001년 안전진단제도가 법제화되어 시설의 설치 및 관리기준이 규정되어 있으나 공연/전시에 연출을 위해 설치하여 사용하는 장치에 대해서는 안전 및 성능, 신뢰성을 검증할 수 있는 기준과 절차가 국내에 없어, 첨단기술의 현장 활용도와 연출의 완성도가 낮다. 또한 공연연출용 공연장치의 안전 및 신뢰성을 확보하기 위해서는 국내 시험평가 및 검증 절차가 요구되어 있고 있으나 실제 현장 및 제작사에는 시간 및 비용의 문제로 고려되지 않고 있는 실정이다. 이로 인해 공연 뮤지컬<스파이더맨 : 턴

오프 더 다크>의 배우 추락사고, 코지판 투테, K-POP 공연 중 무대장치 고장 등의 사고가 발생했었다.

본 연구에서는 공연연출용 공연장치를 검·인증을 위해 확인할 수 있는 프로세스에 대하여 연구하고자 한다.

## 2. 공연장치의 검증을 위한 기준 조사·분석

국내에서는 공연연출용 공연장치에 대해 안전, 성능, 신뢰성을 검증하는 절차가 없어 벤치마킹을 위해 국외 선진국들의 국가표준 및 기술기준을 조사 분석하며, 전 산업분야에서 사용 중인 VVT 프로세스를 공연 장치 검증에 적용할 수 있는 방안에 대하여 분석 및 적용하였다.

### 2.1 국외 국가표준 및 기술기준

국외 선진국들 공연장치에 대해 국가표준 및 기술기준은 다음과 같이 조사되었다.

#### (1) 유럽 표준(prEN 17206 Entertainment)

##### 1) 안전장치 및 안전기능

- 안전 기능 수행에 필요한 기술적 조치는 E/E/PES 고장 상태에서의 기능에 따라 다르며, 위험평가를 기반으로 선택해야 한다.
- 안전장치가 활성화되면 기계가 정지해야 한다. 위험 요인을 제거하는 추가 동작이 허용될 수 있다.
- 각 안전장치의 기능을 점검할 수 있어야 한다.
- 안전장치가 작동할 때에는 작동 중이라는 사실이 표시되어야 한다.
- 기계와 안전 관련 센서 간의 기계적 연결에 유의해야 한다. 기계적 연결의 단일 고장이 위험을 초래하지 않아야 한다.
- 위험한 상태를 초래하거나 기계 설치물을 손상시킬 수 있는 지정된 이동 경로 이탈, 속도, 하중의 초과, 지정된 레도에서 허용할 수 없는 편차의 초과를 기록하는 안전회로는 활성화되었을 때 안전 정지를 개시해야 한다.

##### 2) 공연장치의 평가

기계를 처음 사용하기 전이나 상당한 변경 후에는 특정 국내 안전 법규에 따라 테스트를 해야 하며, 명시된 표준을 충족해야 한다. 처음 사용하기 전의 테스트는 다음 부분들로 구성된다.

- a) 예비 테스트 : 예비 테스트에는 기술 문서의 검토가 포함될 수 있다. 일반적으로 다음 문서가 제공되어야 한다.
- b) 구조(제작) 테스트 :

- 장치가 설계·제조 문서와 일치하는지 여부의 판단
- 구성 요소에 대한 증명서, 자격과 기술을 입증하는 필수 서류가 제공되어야 한다.
- 제조 회사의 품질 관리 시스템의 증거가 제공되는 경우, 구조 테스트 절차가 제한될 수 있다.
- c) 승인 테스트 : 승인 테스트는 작동 준비가 끝난 장치에서 행해야 한다. 작동 설명서를 제공해야 한다. 승인 테스트는 다음 사항을 평가해야 한다.
  - 적절한 어셈블리
  - 사양에 따른 테스트 가동에 의한 기능적 시퀀스
  - 안전 장비
  - 테스트 하중의 결과
  - 필요한 특성, 비교, 안전 마킹에 관한 정보의 완전성
- d) 재확인 테스트(필요한 경우) : 주요 수정 및 대규모 수리와 같은 중대한 변경의 경우 작동되기전에 테스트를 수행해야하며, 테스트의 종류와 정도는 시험관이 판단한다.

장비에 관해 우려할만한 사유가 있거나 테스트에 불합격한 경우, 시정 조치를 취하고 검사 및 테스트 과정을 반복해야 한다. 이 프로세스를 전부 문서화해야 하며, 모든 관련 당사자에게 사본을 제공해야 한다.

#### (2) 미국표준(ANSI E1.43)

##### a) 리밋

- 정상 및 최종 리밋은 이동의 양쪽 끝에서 통합되어야 한다.

##### b) 비상 정지

- 공연 플라잉 시스템은 카테고리 0 또는 카테고리 1 정지를 통해 각 운동 축을 정지시키는 비상 정지 기능을 갖추어야 한다. 카테고리의 선택은 위험요소 감소(RA/RR) 및 공연 플라잉 시스템에서 요구하는 기능에 따라야 하며, 플라잉 공연자 및 기계, 지지대에 미치는 영향을 고려한다.
- 비상 정지 시스템은 각 비상 정비 장치의 신호에서 중복을 포함해야 한다.
- 비상 정지 시스템은 개별 구성 요소 또는 구성 요소 그룹의 단일 고장이 안전하지 않은 상태로 시스템을 고장내지 않도록 설계되어야 한다.
- 비상 정지로 인해 발생한 고장 조건은 플라잉 오퍼레이터가 별도의 조치를 취하고 비상 정지 장치를 재설정함으로써 리셋 되어야 한다.
- 각 플라잉 오퍼레이터의 통제실에는 비상 정지 장치가 설치되어야 한다.
- 비상 정지를 활성화하면 공연 플라잉 시스템의 모든

기계가 멈춰야 한다.

- 안전 기능이 통합된 가변 주파수 드라이브(VFD)를 드라이브 부품 제조업자의 지침에 따라 활용해야 한다.

(3) 독일보협단체규격(DGUV Information 215-320)

운영자는 공연연출용 공연장치를 선택하고, 관련자들을 위하여 작업과 관련된 위험성을 평가를 통해 알리고, 작업중 사고를 예방하고, 직업병 및 작업 관련 건강에 대한 위험성을 대비하기 위한 조치를 취한다. 안전한 비행 장치로서 적합성의 검증을 위한 개별 단계는 아래 도식으로 예시가 제시된다.

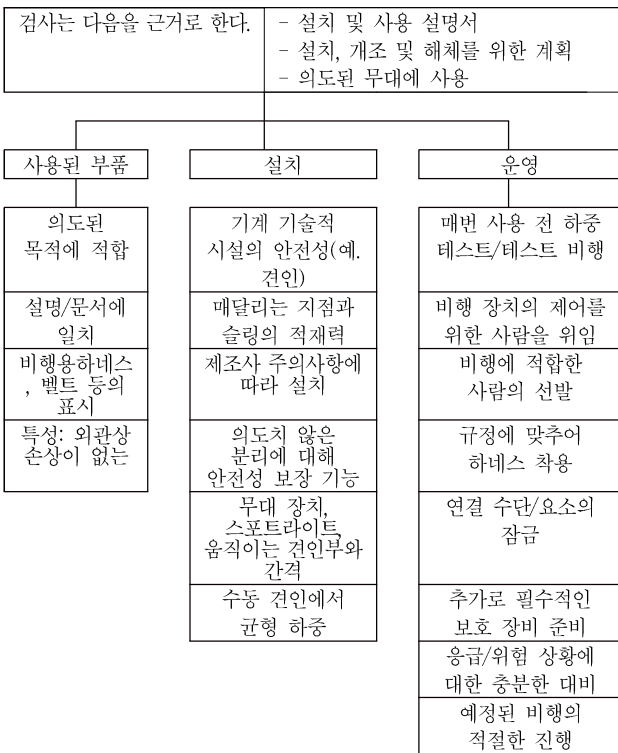


그림 2 공연장치의 검사 항목

2.2 공연장치의 VVT(Verification Validation Testing) 프로세스 적용

공연연출용 공연장치는 해당 공연에 맞추어 정의, 설계, 구현, 통합등의 단계로 구분되며, 시제품 제작 후 기능, 성능에 대한 검증이 되지 않고 무대에 사용되고 있는 실정이다.

따라서 공연장치의 개발 초기에서 완료까지의 시점인 정의, 설계, 구현, 통합, 적합성검증까지의 VVT(VVT는 검증(Verification), (유효성)확인(Validation), 시험(Testing)) 방법(활동) 및 문서에 대하여 중점적으로 적용하였다.

VVT를 적용하여 검증하는 부분에서는 적합여부를 시험적인 방법 또는 비시험적인 방법으로 분류하여 각 단계별 해당 문서를 작성하여 검토하였다.

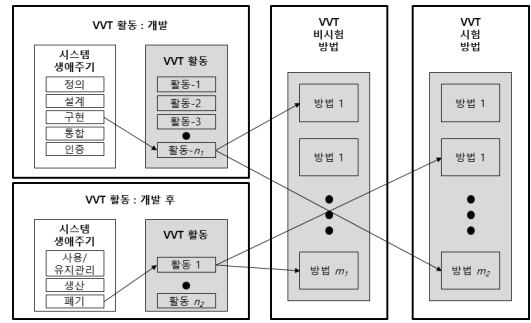


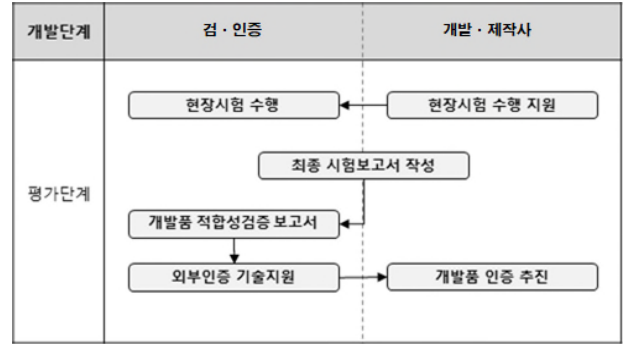
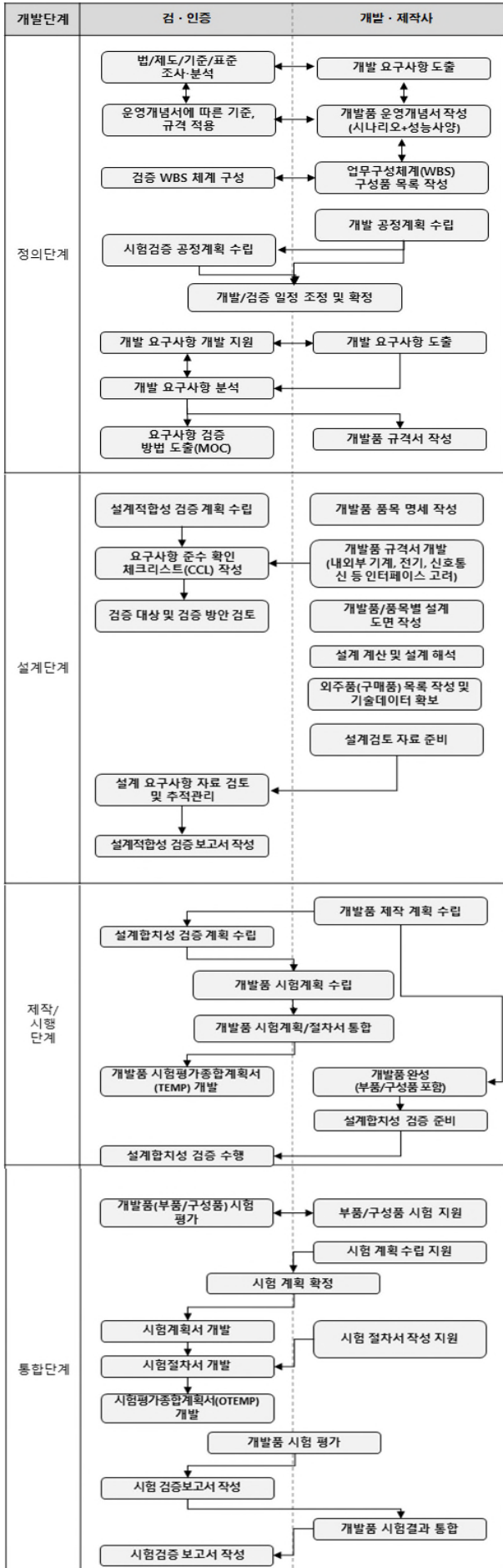
그림 3 VVT 방법(활동) 및 분류(예)

시스템 개발 단계에서의 VVT 방법(활동)을 적용시 다음과 같이 정의하여 진행하였다.

- 정의 : 시스템 운영 개념을 공식화하며, 시스템 요구사항들을 도출하여, 전체적인 VVT 프로세스를 결정
- 설계 : 시스템의 기술적 개념과 아키텍처를 창조한다. 이 단계의 설계적합성 문서 작성 및 평가
- 구현 : 시스템의 각 요소들을 생성한다. 각 요소들은 제작 또는 구매하여 각 요소들이 할당된 요구사항을 독립적으로 준수하는지 확인하기 위하여 제작 합치성 문서 작성 및 평가
- 통합 : 시스템 구현 대상 요소들을 하나의 완전한 시스템으로 결합한다. 통합 과정을 통하여 생성된 시스템의 요구사항과 외부기관(발주처)의 요구사항에 대하여 만족하는지 제작 합치성 문서 작성 및 평가
- 적합성평가 : 완제품 시스템에 대한 공식적 운영시험 (operational test)을 수행하여 시스템 전반적인 품질을 확인한다. 전체 시스템을 요구사항과 외부기관(발주처)의 요구에 대하여 안전, 기능, 성능 검증 문서 작성 및 평가
- 또한, VVT (정의/설계/구현/통합/적합성평가 단계) 수행시 해당 내용에 대하여 문서화하여 제품에 대해 평가한다.

3. 결론

VVT 방법의 적용을 통해 개발시점에서 개발 초기단계(정의)에서 목표로한 개발 요구사항의 준수, 검·인증 등의 적용을 통하여 제품 개발에 따른 기능, 안전, 성능 등의 검증이 가능하였으며, 공연장치 개발을 위한 프로세스는 다음과 같다.



본 연구에서 도출된 검증프로세스를 통하여 공연장치의 설계/제작/시험/검증에 적용하여 안전한 장치를 활용할 수 있을 것으로 기대되며, 본 프로세스를 공연장치 연구개발에 적용할 수 있도록 지속적인 연구를 추진할 계획이다.

감사의 글: 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2020년 문화기술연구개발 지원사업(R2019050038)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 월간<더뮤지컬> 통권 제90호 2011년 3월호
- [2] 한국문화예술위원회, “와이어플라잉시스템”, 융복합 무대 기술 기초연구 - 첨단 무대 자동화 기술을 활용한 융합형 공연사례 연구, pp. 52-59, 12월, 2017년
- [3] AVNER ENGEL, VERIFICATION, VALIDATION, AND TESTING OF ENGINEERED SYSTEMS Volume One, pp 51-175, 2010