

도시철도 승강장 스크린도어의 시스템보증 사례 연구

이환덕 · 정원[†]

대구대학교 산업경영공학과

A Case Study on System Assurance for Platform Screen Door in Urban Transit

Hwan-Deok Lee · Won Jung[†]

Department of Industrial and Management Engineering, Daegu University

Abstract

This paper presents a case study of PSD(Platform Screen Door) system assurance based on EN50126 life-cycle stage. By applying this system assurance, the accidents related to urban light transit railway especially that caused casualties could be reduced tremendously. This case study contributes significantly to the reliability, availability, maintainability and safety of the PSD system. Request For Proposal (RFP) of a rail road operator in which required by RAMS is prepared in which to ensure all system assurance activity and safety assessment are compulsory. The step-by-step activities and related deliverables are used which include functional analysis, FMECA, hazard identification analysis, system hazard analysis, maintainability analysis, FRACAS, and finally verification and validation of the system.

Keywords : system assurance, PSD(Platform Screen Door), Reliability, availability, maintainability, safety

[†] 교신저자 : wjung@daegu.ac.kr

논문접수일 : 2013년 10월 26일 논문수정일 : 2013년 11월 27일 게재확정일 : 2013년 12월 13일

1. 서론

우리나라의 철도는 1899년 노량진과 제물포를 잇는 33.2km의 경인선 개통으로 철도 역사가 시작되어 경부선, 경의선, 군산선 그리고 호남선이 차례대로 개통되었고 1974년에는 서울역~청량리 구간의 서울시 지하철 1호선을 개통하였다. 그 후 KTX가 2004년 영업최고속도 300km/h의 운행을 시작하였으며 차세대 고속열차로 불리는 해무(HEMU-430X: HighSpeed Electric Multiple Unit-430km/h eXperiment)는 영업최고속도 370km/h를 목표로 2015년 실용화를 위해 10만km 이상 시험 주행거리를 계획하고 있다.

기술의 발달과 더불어 고객들의 기능, 성능 및 안전에 대한 요구사항은 점점 높아지고 있어 고객들은 시스템의 높은 신뢰성 및 안전성을 확보하기 위한 차원에서 RFP(Request for Proposal)에 시스템 보증, 안전성 활동 및 제 3의 독립적인 기관으로부터의 인증 획득 등을 필수 항목으로 요구하고 있어 시스템 보증 및 안전성의 활동이 필수적이다 (백영구 외(2010)). 철도산업의 발달 이면에는 이로 인한 철도사고(열차, 건널목 및 사상사고)가 발생하고 있으며 국토해양부(2012) 자료에 의하면 지난 2003년부터 2012년까지 최근 10년간 총 3945건의 철도사고가 발생되었으나 이 기간 연평균 13.8%씩 감소하는 경향을 보이고 있다. 경인일보(2012)가 보도한 역사 내 사상사고 현황을 보면 수도권 광역철도 역사 내에서 2010년 64건, 2011년 33건, 올해도 9월 말까지 31건의 사고가 발생했다. 3년간 사망자만 69명, 부상자는 59명에 달하였으나 이에 반해 PSD(Platform Screen Door)가 100% 설치된 서울도시철도 역사의 경우 같은 기간 사망자는 단 2명(자살)에 그쳤다. PSD가 없는 곳에서는 투신자살 외에도 연평균 10회 가량의 실족사고가 발생하는데 반해 PSD가 설치된 곳에서는 지난 3년간 단 한 차례의 실족사고도 발생하지 않았다. 하지만 수도권 광역전철 역사 223개 중 PSD가 설치된 역사는 26%인 58개역에 불과하여 PSD의 설치는 앞으로도 늘어날 전망이다.

본 연구는 철도 사고의 사상을 줄이는데 크게 기여하고 있는 도시철도 승강장의 스크린도어의 시스템 보증에 대한 사례 연구이다. 연구의 목적은 승강장 스크린도어의 시스템 보증 활동에 적용할 수 있도록 고객이 요구하는 신뢰성, 가용성, 보전성 및 안전성 목표 값을 달성하는데 필요한 보증 활동 사항을 기술하여 이를 실무적으로 적용 할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구 동향

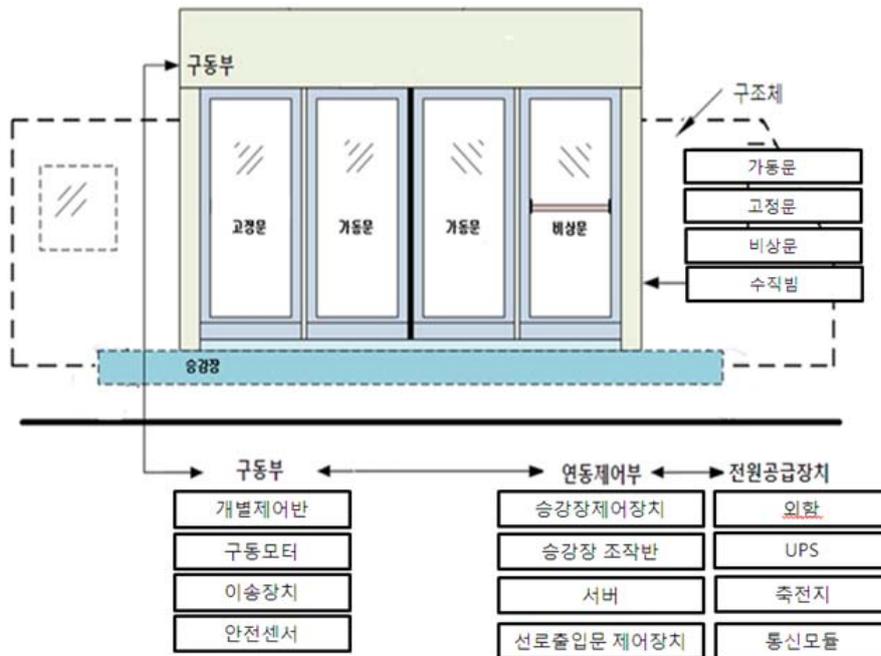
국내의 시스템 보증에 관련된 연구를 살펴보면, 윤학선 외(2011)는 도시형자기부상열차의 열차제어시스템의 RAMS 분석에 관한 연구를 하였고 백영구 외(2010)는 IEC 규격에 기반한 도시형자기부상열차 열차제어시스템 보증 및 안전성 평가 활동에 대한 연구를 하였으며, Tae Keun Park et al(2012)은 IEC 61058에 의한 열차 도어 시스템의 안전을 달성하기 위한 분석을 실시하였다. PSD와 관련된 연구로는 열차 출입문과 PSD간 연동제어 및 인터페이스 안전성 확보에 대한 연구 (김경식 외(2007)), 김철수와 박민홍(2012)의 철도차량의 저

상 및 고상 승강장 겸용 승강문 스텝에 대한 내구성 평가에 대한 연구가 있고, 우친희 외(2011)의 철도승강장 스크린도어용 제어장치의 시제품 제작 및 현장적용이 있으나 PSD의 연구에 대한 상당수의 주제가 풍압과 관련된 내용으로 송문석과 이승일(2012)은 승강장 스크린 도어의 내풍압을 예측하기 위하여 소사역사, 반밀폐형 스크린도어 및 전동차를 모델링하고 해석하였으며, 김유성 외(2008)는 PSD에 대한 비정상 풍압수준을 정확하게 예측하기 위하여 이동격자법을 활용한 전산유체역학 기법을 적용하였고, 강운재 (2010)는 스크린도어의 기술적 해결을 통한 위험관리의 가능성과 한계를 연구 하였으나 PSD 시스템 보증에 대한 연구는 아직 이루어지지 않고 있는 실정이다.

3. PSD의 구성

PSD는 차량과 승강장 사이에 설치되어 승객의 안전한 이동과 보호 기능의 역할을 하는 설비로서 승객과 승강장을 차량 및 선로와 분리시키는 기능을 수행한다. 또한, 승객이 차량 혹은 선로에서 승강장으로 이동할 수 있도록 다음과 같은 장치로 구성되어 있으며 PSD시스템 구조도의 사례는 <그림 1>과 같다.

- ① 가동문
- ② 비상문
- ③ 선로출입문 (승강장 스크린도어 양쪽 끝부분에 위치)



<그림 1> PSD 시스템 구조의 예

4. PSD 시스템보증 사례

4.1 시스템보증 요구사항

A 프로젝트에서의 PSD 시스템보증을 위한 항목 및 고객의 요구사항은 <표 1>과 같다.

<표 1> A 프로젝트의 PSD 시스템보증 요구사항

항 목	요구사항 (목표치)
신뢰성	MTBF : 중대고장 44,00,000 hr MTBF : 주요고장 1,360,000 hr MTBF : 경미고장 : 2,600 hr
가용성	99.00%
유지보수성	MTTR : 0.080 hr
안전성	헤저드 리스크 수준 : 용인가능 이하

*MTBF (Mean Time Between Failure)

*MTTR (Mean Time To Repair)

신뢰성 항목의 요구수준은 열차운행에 중요한 서브시스템들을 이중화하거나 다른 추가기능을 반영할 때 비록 서브시스템의 일부가 운영되지 못할 때에도 열차운행은 전체적 또는 부분적으로 지속하도록 필요한 설계대책을 반영하도록 목표치를 요구하고 있다. PSD 서브시스템의 가이드라인은 주요 열차장애를 일으키는 고장 빈도를 감소시키기 위한 설계방안으로써 1개 기능을 수행하는 장치를 이중화 하거나 다른 장치를 이용하여 해당기능을 이중화로 수행하는 것을 고려할 수 있다. 운행에 영향을 미치는 장애를 최소화하기 위하여 다음 사항들의 설계 반영이 필요하다.

- ① 고장 시 경보발생 및 실시간 고장 감시 기능 반영
- ② 고장운행 절차를 관리하기 위한 운영 및 유지보수 절차 수립
- ③ 고장현장에 신속하게 도착할 수 있는 운영 및 유지보수 조직 구성
- ④ 고장 정비가 완료될 때까지 승객 안전성이 유지되는 열차운행 절차 수립

가용성은 계획된 열차출발 횟수와 실적출발횟수의 비교 값을 기초로 한 기술의 수준 및 서비스 질의 관점에서 평가되며 시스템 성능을 보다 더 효율적으로 평가하기 위한 것이다. 시스템 서비스에 대한 가용성 산출 공식은 아래와 같다.

$$\text{서비스 가용성} = \frac{\text{계획열차 출발} - \text{열차출발실패}}{\text{계획열차 출발}} \times 100$$

열차출발실패는 정해진 시간 동안 각 승강장에서 시스템 고장으로 인한 운행열차 지연의 결과로서 나타난다. 각 승강장에서 일어나는 열차운행지연 시간이 현재 시격 보다 길 경우 열차출발실패로 산출된다. 열차운행지연으로 발생하는 열차출발실패 횟수는 지연시간, 고장영향 범위 및 현재의 운전시격에 따라 다르다. 예비열차출발은 운영자의 열차운영지연 회복계획에 따라 다르기 때문에 서브시스템의 RAMS(Reliability, availability, maintainability & safety) 목표를 설정할 때 예비열차출발을 고려하지 않는다. 본 프로젝트의 가용성 모델은 각각의 역사에서 계획된 출발횟수 누적과 실적 출발횟수 누적을 연속적 타임 슬롯 단위로 비교하는 원리를 근거로 한다.

유지보수성은 물류시간을 제외한 기술적 서비스 수리시간의 평균시간으로 다음을 고려하여야 한다.

- ① 접근성 : 서브시스템의 장치는 공구의 크기를 고려하여 검사, 고장수리, 보정 및 대체품 사용이 용이하도록 설계해야 한다. 이를 위해 보호커버 및 액세스 판넬은 신속히 제거할 수 있으나 권한이 없는 일반인의 접근을 방지할 수 있도록 설계되어야 하며, 액세스 판넬 제거에는 한 개의 표준 공구만이 필요 하도록 한다.
- ② 세척용이성 : 모든 장치는 청소가 용이하도록 설계되어야 한다. 외부에 노출된 장치의 경우 청소 및 수리를 쉽게 하도록 설계 및 자재선정을 고려해야 한다.
- ③ 분리용이성 : 조립품목 혹은 서브 조립품목을 분리/제거하기 위해 다른 조립품목을 제거, 교체 또는 분리시킬 필요가 없게 설계되어야 한다. 분리 용이성의 평가에는 장치에서 분리될 부품과 부품분리에 사용될 표준공구 절감 수량을 고려해야 한다.
- ④ 취급성 : 분리된 각 장치의 중량은 1인 운반 시 25Kg, 2인 운반 시 50Kg을 넘지 않아야 한다. 운반되는 부품에는 운반에 사용될 지지대 또는 앵커볼트용 지지대를 설치한다.
- ⑤ 모듈화 : 서브시스템의 확장이 가능하도록 조립품목은 모듈화를 강화하는 설계가 되어야 한다.
- ⑥ 설치용이성 : 부품이 부적절하게 조립될 가능성을 방지하는 조립방안을 수립한다. 이를 위해 키, 비대칭 조립 브라킷, 못, 스테드 또는 위치고정 핀 등의 사용을 고려해야 한다.
- ⑦ 작업공간 : 고장정비작업 시 주변 부품이나 와이어 선을 옆으로 치우지 않아도 되도록 고장품목 수리에 충분한 공간이 제공되어야 한다. 유지보수직원이 고장정비작업 중 운동부품(예:회전운동), 60V 이상의 전압, 독성물질, 과열, 좁은 공간에 간힘 등 관련 hazards에 노출되지 않도록 설계되어야 한다.

안전성은 ALARP(as low as reasonably practicable) 원칙을 포함한 ‘헤저드에 대한 리스크 수준’을 모델로 하여 다음의 방법론적인 절차에 따라 관리한다.

- ① 각 서브시스템의 운영 및 유지보수에 관련된 모든 헤저드를 인식하여야 한다.
- ② 반정량적 기준에 따라 각 헤저드의 발생빈도를 평가하여야 한다.
- ③ 반정량적 기준에 따라 각 헤저드로 인한 사고의 심각성을 평가한다.
- ④ 초기위험 형태의 각 헤저드로 인한 리스크 평가결과에 대하여 적절한 예방 및 경감을 위한 실행관리를 확인한다. 고장발생 빈도를 감소시키기 위한 예방조치와 고장결과의 심각성을 감소시키기 위한 경감조치를 확인한다.
- ⑤ 위험분석 결과 할당된 리스크 수준은 허용 가능한 수준이어야 한다.

4.2 시스템보증 활동

A 프로젝트에 대한 PSD의 시스템 보증 활동은 <표 2>와 같이 ‘EN50126(1999)’의 시스템 수명 주기 단계에 근거하여 수명주기 단계별 시스템 보증 활동을 사업단계에 적합하게 통제한다. 시스템 보증 활동들과 PSD 서브시스템 공급업체가 제출/승인 받아야 하는 시스템 보증 성과물들에 대해서도 <표 2>에 개략적으로 언급하였다.

<표 2> 수명주기 단계별 시스템 보증 활동의 예

수명주기단계	사업단계	시스템 보증 활동/성과물
1단계: 개념	시스템 개념설계	시스템 RAMS 계획
2단계: 시스템 정의 및 적용조건		서브시스템 RAMS 요구사항
3단계: 리스크 분석	서브시스템 개념설계	서브시스템 RAMS 계획
4단계: 시스템 요구사항		PBS 및 예비기능분석
5단계: 시스템 요구사항 할당		예비 RAM 분석
6단계: 설계 및 구현	시스템 세부 설계	시스템 RAMS 계획 갱신 시스템 서비스 효용성 계산 (서브시스템의 RAM 분석에 기초하여 개발)
	서브시스템 세부설계	서브시스템 RAMS 계획 갱신
		서브시스템 RAM 분석 (including requirements demonstration)
	제작 및 설치	FMECA 유지보수성 분석 (예방정비, 고장정비)
7단계: 제작	제작 및 설치	서브시스템 RAMS 검증 계획
8단계: 설치		FRACAS 절차 유지보수성 검사 계획 및 규격
9단계: 시스템 검증	개별시험 및 종합시운전	시험 절차서
10단계: 시스템 수용	서브시스템 검증	FRACAS 보고서

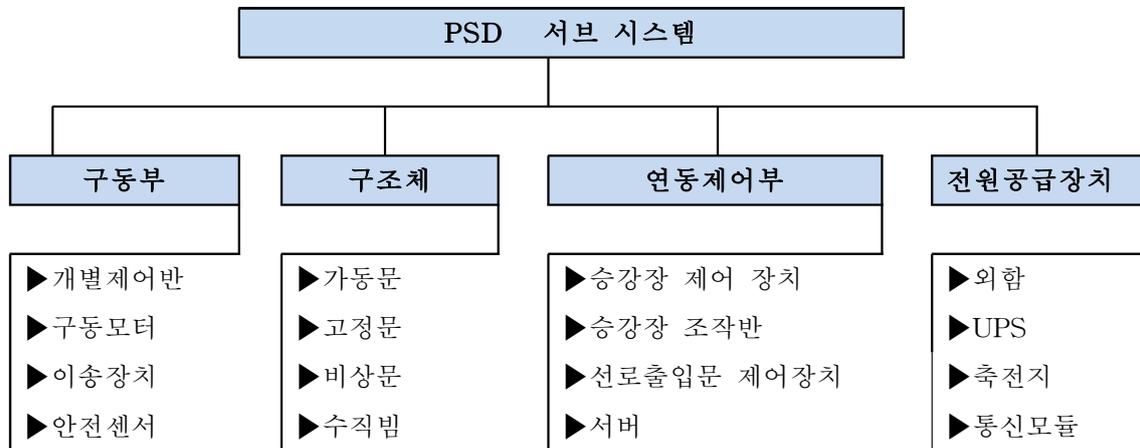
각 설계단계에서 시스템 보증을 위한 중요기능 인식, 서브시스템 보증에 필요한 설계원칙 및 요구되는 시스템 보증 목표달성을 위한 검증활동들이 있으며 관련된 주요활동은 다음과 같다.

1) PBS 및 예비기능 분석

서브시스템 최상위 레벨에서부터 최하위 LRU(Line-replaceable unit)까지 서브시스템의 구성을 하향식으로 기술한다. 서브시스템의 각각 구성품목은 프로젝트 표준에 따라 코드화 되며, 각 코드는 중복되지 않는다.

제품계통분석은 <표 3>과 같이 분류할 수 있으며 자세한 리스트는 <표 4>와 같다.

<표 3> PBS 제품계통분석의 예



<표 4> 제품계통 상세분석의 예

Item ID					품목명칭	수량	도면번호	비고
품목코드								
서브 시스템	조립품	상위 부품	장비	하위부품				
5					승강장스크린도어			
	5.1				구동부		K22*7738-***	
			5.1.4.3		장애물검지센서	8 EA	K22*7738-****	LRU
				5.1.4.3.1	커버	8 EA	K22*7738-****	LLRU
			5.1.4.4		비상문검지센서	8 EA	K22*7738-****	LRU
				5.1.4.4.1	브라켓	8 EA	K22*7738-****	LLRU
	5.2				구조체		K2257766-*	
		5.2.1			가동문 (SD)	16 EA	K2257766-***	
			5.2.1.1		가로 프레임	32 EA	K2257766-***	
			5.2.1.2		세로 프레임	32 EA	K2257766-***	

2) RAM(Reliability Availability Maintainability) 분석

PSD 서브시스템 공급업체가 주관하여 서브시스템 RAM 분석을 수행한다. RAM 분석을 통해 각 LRU에 대한 신뢰성 데이터를 제공하며 RAM 중요 아이템들의 요구조건에 대한 달성여부를 검증하기 위해 고장계통분석 기법을 활용하여 서비스 가용성과 관련된 상위수준의 이벤트들을 개발한다.

3) FMECA

서브시스템에서의 RAM 중요 아이템들을 인식하고, 고장모드들과 고장 결과들을 인식하기 위한 목적으로 FMECA 분석을 행한다.

<표 5> FMECA 분석의 예

품목 코드	품목명	기능	고장 코드	고장 원인	고장영향				고장평가		고장감지 & 관리		고장 분류 결과
					서브 시스템	시스템	안전성	운영성	발생 빈도 (A-F)	심각도 (1~4)	고장 감지 방법	방지/완화대책	
5.1.1	개별 제어반	조작반과 인터페이스, 고동모터 제어 및 안전센서 감시	FMECA-01	동작 오류	가동문제가 불가하므로 한시적으로 운영중단됨	승객의 이동에 제한이 발생할 수 있으나 인접한 가동문을 통하여 승객이 이동/가능하므로 열차운행지연이 발생하지 않음	Y	Y	D	3	정기적 성능 시험	서버의 Log File 정기점검을 통한 사전교체	Mi
5.1.1.1	위험	개별제어반 내부회로를 보호하기 위함	FMECA-02	파손	개별제어반이 외부 환경에 직접적으로 노출됨	영향없음	Y	Y	F	4	육안 검사	신품교체	Ne
5.1.1.2	하네스	구동모터, 안전센서 간의 전원/통신을 위함	FMECA-03	접촉 불량	개별제어반과 상/하위 인터페이스 불가로 제어가 불가능하게 됨	승객의 이동에 제한이 발생할 수 있으나 인접한 가동문을 통하여 승객이 이동/가능하므로 열차운행 지연이 발생하지 않음	N	N	D	3	정기적 성능 시험	서버의 Log File 정기점검을 통한 사전교체	Mi

4) 예비 헤저드 인식 및 분석 (PHIA)

잠재적인 사고 또는 사고를 초래할 수 있는 모든 상태들을 식별하기 위해, 헤저드, 헤저드 원인요소, 헤저드 사고위험 그리고 서브시스템 안전요구사항을 인식하여, PSD서브시스템 개발의 예비설계단계에서 허용할 수 없는 수준의 리스크를 ALARP수준으로 감소시키는데 그 목적이 있다.

5) 시스템 헤저드 분석 (SHA)

PHIA에 근거한 시스템 헤저드 분석은 FTA 기술을 사용하여 바람직하지 않은 이벤트를 평가한다. 안전 원리에 대한 이해와 헤저드에 관한 인식은 설계, 인터페이스 그리고 운영 및 유지보수의 카테고리 나누어져 SSHA, IHA, 그리고 OSHA 에서 추가적인 위험분석에 활용된다.

<표 6> SHA 분석의 예

해저드 ID	해저드 설명	PHIA/FM ECA ID	해저드 원인	발생결과	경감조치	해저드 타입	심각도	발생도	리스크
SHA-01	가동문의 자동개폐가 구현되지 않음	PHA-01	MISC	전동차 및 승강장의 이용, (대기)승객의 승/하차 불가 대기승객의 추락 또는 전동차와 접촉되는 사고발생	통신 Line/ATO 신호처리 프로세서의 이중화 설계 실선제어를 통한 가동문 실시간 수동개폐	ATO 신호기의 동작불능으로 인한 통신에러	1	D	바람직하지 않음
SHA-02	가동문의 개폐가 구현되지 않음	PHA-02	MISC	해당 가동문의 열림 불가로 인해 승객의 승/하차가 불가 해당 가동문의 닫힘 불가로 인해 대기승객의 추락 또는 전동차와 접촉되는 사고발생	외부 충격에 쉽게 손상되지 않고 결속력이 확실한 케이블/하네스 사용 모터의 과부하를 경보로 알림 해당 사고방지를 위한 운영 및 유지보수절차를 적용	구동모터의 단락 및 과부하 등으로 인한 동작불능	1	D	바람직하지 않음
SHA-03	가동문의 개폐가 구현되지 않음	PHA-03	MISC	해당 가동문의 열림 불가로 인해 승객의 승/하차가 불가 해당 가동문의 닫힘 불가로 인해 대기승객의 추락 또는 전동차와 접촉되는 사고발생	외부 충격에 쉽게 손상되지 않고 결속력이 확실한 케이블/하네스 사용 개별제어반의 장애를 시/정각 경보로 알림	개별제어반의 단락 및 시스템/통신 오류 등으로 인한 동작불능	1	D	바람직하지 않음

6) 서버 시스템 해저드 분석 (SSHA)

예비 해저드 분석을 기초로 서버시스템 공급업체는 공급범위에 포함되는 해저드를 공급 회사의 책임으로 상세하게 분석하여 발주처에 제출한다. SSHA는 서버시스템 안전성 관리계획에 기술된 접근방법에 따라 분석한다.

7) 인터페이스 해저드 분석 (IHA)

IHA는 서버시스템과 다른 서버시스템 간에 발생 가능한 인터페이스 해저드의 허용가능여부를 리스크 평가절차에 의해 검증하는 것이다. 주요 해저드가 바람직하지 않음 또는 용인불가로 평가될 경우 리스크를 허용 가능한 수준으로 감소시킬 수 있도록 설계 솔루션 및 서버시스템의 외부적 대책을 제시하고 논의한다.

8) 유지보수성 분석 (예방정비, 고장정비)

고장정비 및 예방정비 활동들에 대한 유지보수성 분석에는 유지보수 유형, 유지보수에 필요한 자원 및 공구, 유지보수 수행간격 및 정비 소요시간이 포함된다.

9) 서버 시스템 안전성 종합보고 계획

서버시스템 공급업체들은 기전시스템의 안전성 프로그램과 안전성 관리계획을 바탕으로 본 사업 수명주기에 따라 수행할 안전성 활동들에 대한 계획을 바탕으로 사업 수명주기에 따라

수행할 안전성 활동들에 대한 계획을 수립한다.

10) 서버 시스템 RAM 입증 계획

서브시스템 RAM 입증계획은 성능검증을 위한 시험활동들의 완료를 보장하기 위한 절차에 대해 기술하며, 제작단계에서 발행되어 RAM 관련 단체들의 검토를 거쳐 시스템 검증단계에서 최종 갱신되어 적용한다.

11) FRACAS(고장유형, 영향 및 치명도 분석) 절차

FRACAS는 고장발생을 기록, 분류 및 분석하기 위한 도구로서 이를 활용하여 시험, 기술 시운전, 영업 시운전 및 영업 운전 단계에서 서브시스템 또는 컴포넌트 수준에서 할당, 예측된 신뢰성을 검증할 수 있다. FRACAS 절차는 시범노선 기술시운전 및 영업시운전 단계에서 시스템 RAM 입증 활동을 지원한다.

12) 유지보수 시험규격

고장정비 및 예방정비 활동들에 대한 유지보수성 분석에는 유지보수 유형, 유지보수에 필요한 자원 및 공구, 유지보수 수행간격 및 정비시간 길이가 포함된다.

13) 시험 절차서

시스템 시험의 하나 또는 다수의 시험 사례를 집행하기 위한 상세한 지시를 제공한다.

14) 안전성 시험 규격

안전성 시험의 하나 또는 다수의 시험사례를 판별하기 위해 규격화된 시험방법 및 절차를 제공하는 것이다.

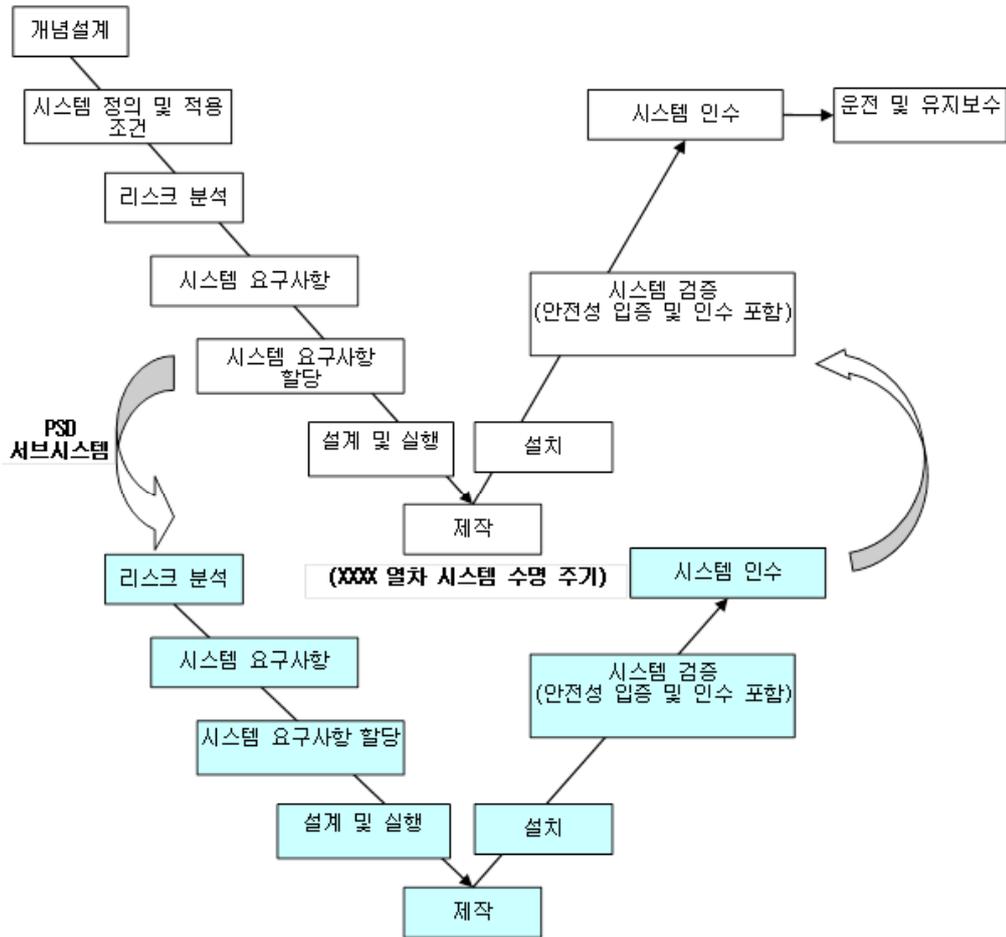
15) FRACAS(고장유형, 영향 및 치명도 분석) 보고서

FRACAS 수행에 대한 정보 및 상태를 제공하는 것이다.

16) 서버 시스템 안전성 종합보고

서브시스템 안전성 종합보고에는 공급될 서브시스템이 안전하다는 것을 선언하기 위해 필요한 서브시스템 안전성 활동과 그 결과를 종합하여 기술한다.

PSD 서브시스템 수명주기를 보여주는 <그림 2>는 각각의 수명주기를 거치면서 수행되어져야 하는 V&V(Verification & Validation)활동 들이 포함되어 있다.



<그림 2> PSD 서브시스템 수명주기

5. 결 론

본 연구논문에서는 PSD 시스템 보증을 위해 단계별로 수행되어야 할 활동 및 작성되어야 할 관련 성과물을 A 프로젝트 사례를 통하여 기술하였다. 전체 내용을 단계별로 정리하였으며, 이를 통하여 PSD의 시스템 검증 활동이 수명주기 동안에 어떻게 적합하게 진행되고, 또한 그 활동들에 대한 결과물이 어떤 것인지를 설명하였다. 본 내용은 고객이 요구하는 신뢰성, 가용성, 보전성 및 안전성의 목표값을 충족하는 절차와 시스템 보증이 어떻게 제3자에 의해 입증되는지에 대한 과정을 보여준다.

A 프로젝트의 PSD의 시스템 보증 활동은 아직 진행 중인 상태로 각 활동단계별 결과물이 모두 예시되어 있지 않으나 향후 각 단계별로 분석, 산출된 값을 통하여 고객 요구사항에 대한 신뢰성, 가용성, 보전성 및 안전성의 목표값을 만족하는 시스템 보증 활동이 검증 될 수 있도록 연구가 지속될 예정이다.

향후 연구과제로는 PSD와 같은 개별적인 열차 서브시스템 보증에 국한하지 않고 서브시스템간의 Interface에 대한 연구가 수행 된다면 신뢰성, 가용성, 보전성 및 안전성에 대한 시스템 보증이 더욱 높은 수준으로 확보되리라 생각한다.

참고문헌

- [1] 강운재 (2010), 기술적 해결을 통한 위험관리의 가능성과 한계: 지하철 스크린도어를 중심으로, 과학기술학연구 10권 2호, pp. 77-105.
- [2] 경인일보 (2012), 스크린 도어 역사 고작 45곳, 경인일보, 2012년 11월 15일자, p. 23.
- [3] 국토해양부 (2012), 2012 국토해양통계연보
- [4] 김경식, 최종목, 이종성 (2007), 열차 출입문과 PSD간 연동제어 및 인터페이스 안전성 확보에 대한 연구, 한국철도학회 2007년도 춘계학술대회 논문집, pp.249-254
- [5] 김유성, 김요한, 신광복, 이은규(2008), 지하철 역사 형상을 고려한 PSD 비정상 풍압 해석, 한국철도학회 논문집 11권, 1호, pp.13-18.
- [6] 김철수, 박민홍 (2012), 철도차량의 저상 및 고상 승강장 겸용 승강문 스텝에 대한 내구성 평가, 한국산학기술학회 제 13권 9호 pp. 3889-3894.
- [7] 백영구, 박희준, 구중서, 서도식, 이기서 (2010), EC 규격에 기반한 도시형자기부상열차 열차제어시스템 보증 및 안전성 평가 활동, 한국철도학회, 2010년도 춘계학술대회 논문집, pp. 1699-1679.
- [8] 송문석, 이승일 (2012), 도시철도 승강장 스크린 도어의 풍압 안정성 해석 철도저널, 15권 1호, pp. 17-22.
- [9] 우천희, 손진근, 김진식 (2011), 철도승강장 스크린도어(PSD)용 제어장치의 시제품 제작 및 현장적용, 대한전기학회 제42회 하계학술대회, pp. 2186-2187.
- [10] 윤학선, 이기서, 류승균, 양동인 (2011), 도시형자기부상열차 열차제어시스템 RAMS 분석에 관한 연구, 한국철도학회 제 14권, 6호, pp. 515-525.
- [11] EN50126(1999), Railway applications-The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS).
- [12] Tae Keun Park, Keun Woo Park, Koyu Uematsu(2012), The Assessment to Achieve Safety of the Train Door System in IEC 61058 (The Case of Busan-Gimhae Light Papid Train), Scientiae Mathematicae Japonicae(SCMJ) Vol. 75, No. 3, pp. 255-266.