

PSA 통합 데이터베이스 구축에 관한 연구
A study for the development of PSA Integrated Database

김승환, 한상훈, 민경란
한국원자력연구소

대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

한국원자력연구소에서는 중장기 과제의 하나로 PSA 통합 데이터베이스를 구축 중에 있다. PSA 통합 데이터베이스는 원자력 발전소 PSA와 관련된 각종 정보들을 데이터베이스화하여 통합 저장하여 PSA 정량화는 물론 검토 및 QA등에 사용하기 위한 데이터 집합체이다. 본 연구에서는 PSA 통합 데이터베이스를 크게 PSA 모델 DB와 PSA 정보 DB로 구분하여 구축하고 있는데, PSA 모델 DB는 PSA 정량화 수행에 필요한 PSA 모델과 관련 데이터를 저장하는 데이터베이스이고, PSA 정보 DB는 PSA 모델이외의 기타 중요한 자료 등을 저장하기 위한 데이터베이스이다. 본 논문에서는 PSA 통합 DB의 역할 및 인터페이스 그리고 개발 절차에 대하여 기술하였고, 첫 단계로 PSA 모델 DB를 구축하기 위하여 수행한 자료의 수집 및 분류 그리고 이를 통한 데이터베이스 테이블 구조를 도출에 대한 연구 사항을 기술하였다. 현재는 데이터베이스 스키마를 작성 중에 있으며, 관련 데이터를 가공하고 검색하기 위한 PSA 모델 DB 검색기를 설계 중에 있다.

Abstract

KAERI is constructing the PSA Integrated database for UCN 3, 4 nuclear power plant. PSA Integrated DB includes PSA Model Database and PSA Information Database. PSA Model DB consists of PSA models and data which are used for PSA quantification. PSA Information DB consists of the other PSA Related information such as PSA Reports, supporting documents, calculating sheets, etc. This paper defines the PSA Integrated Database and describes the data collection, classification, schema design and overall development procedure for database construction. Recently, we have developed the PSA Model Database schema and we are trying to design the PSA Model DB Browser.

1. 서론

PSA는 원자력 설비에서 발생 가능한 모든 사고에 대하여 사고 경위를 모델하고 그 발생 빈도를 추정함으로써 원전의 안전성을 정량적으로 평가하는 방법이다. PSA는 원전의

설계, 운전, 보수 등을 종합적으로 모델하기 때문에, 종합적으로 원전의 안전성을 평가하고 취약점을 도출하여, 그 대처방안을 체계적으로 마련할 수 있는 중요한 발전소 안전 확보 체계라 할 수 있다.

최근 국내에서도 위험도 정보 활용 분야가 활성화되면서, PSA 전문가뿐만 아니라, 준전문가도 PSA 모델 수정 및 재평가를 수행하여야 할 필요성이 증대되고 있다. PSA 모델 및 결과를 정보화하는 PSA 통합 DB는 PSA 평가를 쉽게 수행할 수 있는 기반을 제공하여, 국내 위험도 정보 활용 및 PSA의 기반을 확대시키고, 결과의 신뢰성을 증진시키는데 기여할 것이다.

또한, PSA 모델 및 결과, 관련 정보는 매우 방대하여 PSA 수행 및 검토에 많은 장애가 되고 있으며, 따라서 국내외적으로 PSA 관련 정보를 DB화하려는 노력을 시작하는 중에 있다. 이렇게 구성될 PSA 통합 DB는 방대한 PSA 모델 및 정보의 DB화 및 검색 기술은 위험도 정보 활용 분야의 적용을 지원하게 된다.

이러한 필요성에 맞추어, 원자력연구소에서는 중장기 연구 과제로서 위험도 정보 활용에 필수적인 국내의 PSA 종합 DB 체계를 구축하고 있다. 본 논문에서는 PSA 통합 DB 구축의 첫 단계로서, PSA 통합 DB의 역할 및 인터페이스에 대하여 정의하였고, 구축을 위한 연구 절차를 기술하였다. 그리고 PSA 종합 DB의 정량화 모델 및 데이터 부분의 구조를 결정하기 위해 연구한 내용에 대하여 서술하였다.

2. PSA 통합 DB 소개

가. PSA 통합 DB 의 소개 및 목적

PSA 통합 DB는 PSA 모델 및 결과 등의 PSA 관련 자료들을 정보화하여 데이터 베이스에 저장하는 것으로, PSA 평가에 필요한 모든 입력 사항들을 제공하여 PSA 평가를 더욱 쉽게 수행할 수 있는 기반을 제공하여, 국내 위험도 정보 활용 및 PSA의 기반을 확대시키고, 결과의 신뢰성을 증진시키는데 기여하기 위하여 개발되는 PSA 정보화 모델이다.

다음 표는 PSA 통합 DB를 구축에 따른 기대효과이다. 표에서 보는바와 같이 PSA 통합 DB 구축 후에 많은 이점을 볼 수 있는데, 기존 방법은 PSA 모델 및 자료가 방대하여, 관리 및 운영이 어렵고, 또한 PSA 전문가일지라도 수행 당사자가 아닐 경우 전반적인 내용 추적이 곤란하다. 따라서 PSA 재평가 혹은 민감도 분석에 있어서도 PSA 당사자가 아니면 수행이 곤란하였다. 그러나 PSA 통합 DB를 구축하게 되면 PSA 관련 모델들과 자료들을 통합하여 DB화하여 유지하게 되므로, 우선적으로 관리와 운영이 수월하며, PSA 분석 및 검토의 경우에 원하는 관련 자료를 수월하게 검색 할 수 있도록 지원해주므로, PSA 수행 당사자가 아닐지라도 관련 PSA 내용의 추적이 용이하게 된다. 따라서 최종적으로 PSA 모델 및 분석이 통합된 시스템의 구축이 가능하게 되어, PSA 및 위험도 정보 활용의 기반이 확대될 것이다.

표 1 PSA 통합 DB 구축에 따른 기대효과

기존 PSA 방법	PSA 통합 DB 기대효과
<ul style="list-style-type: none"> • PSA 모델, 자료, 관련 정보가 방대함 • PSA 전문가도 전반적인 내용 추적 어려움 • 수행 당사자 이외 PSA 재평가, 민감도 분석, 검토 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> • PSA 모델/정보 DB화 • PSA 분석/검토 지원 • PSA 및 위험도 정보 활용의 기반 확대 • 최종적으로 모델 및 분석이 통합된 System 구축

나. PSA 통합 DB 개발 절차

PSA 통합 DB를 구축하기 위하여 본 연구에서 확립한 개발 절차는 다음과 같다.

PSA 통합 DB는 그 목적과 성격에 따라서 PSA 모델 DB 와 PSA 정보 DB의 두 가지 시스템으로 구분되어 질 수 있다. PSA 모델 DB는 PSA 정량화 수행에 직접적으로 필요한 PSA 모델과 데이터를 저장하는 시스템이며, PSA 정보 DB는 PSA 모델 이외의 각종 자료 즉 관련 PSA 보고서, 도큐먼트, 계산결과, 발전소 정보 등의 PSA 관련 정보들을 저장하여 놓은 시스템이다. 따라서 이 두 가지 시스템은 각각의 구분된 개발 방법에 의하여 개발되어야 하는데 먼저 PSA 모델 DB의 개발 절차는 다음과 같다.

PSA 모델 DB의 구축을 위해서 우선적으로 수행하여야 할 연구 항목은 PSA 모델 DB에 저장될 모델과 데이터들을 수집하여 분류하는 것이다. 또한 분류된 자료를 기준으로 PSA 모델에 대한 DB 구조 스키마를 개발하는 것이 다음 단계이며, 개발된 모델 DB 스키마의 형식에 맞도록 데이터를 가공하여 저장하는 것이 그 다음 단계의 필요 사항이다. 이렇게 개발된 모델과 데이터를 기초로 PSA 모델 DB 기반의 개선된 PSA 정량화 방법을 개발하는 것이 그 다음 단계이다. 본 연구에서는 울진 3,4호기 PSA 모델을 DB화할 계획이며, 이렇게 입력된 PSA 모델과 해당 데이터를 검색하는 모델 검색 S/W를 개발할 계획이다. 이 단계까지가 PSA 모델 DB의 개발 단계라 할 수 있다.

또한 PSA 정보 DB는 PSA 모델 DB 이외의 PSA의 수행에 직간접적으로 필요한 추가 자료들을 정보화하는 것이다. 즉 PSA 모델 DB의 모델 및 데이터의 근거 및 참고 자료들을 PSA 정보 DB에 구축하여 필요시 연계하여 참조할 수 있도록 개발하는 것이다. PSA 정보 DB의 개발은 우선적으로 PSA 정보로 분류 될 수 있는 각종의 비정형 자료들, 즉 PSA 보고서, 관련 문서, 각종 계산 결과, 관련 도면 등의 자료들을 수집하여 분류하고, 분류된 자료를 근거로 PSA 정보 DB 구조 스키마를 작성하며, 개발된 스키마의 형식에 맞도록 데이터를 가공하여 저장하는 것이다. 또한 이렇게 저장된 정보를 검색하는 PSA 정보 DB 검색 S/W를 개발하는 것이 PSA 정보 DB 구축의 다음 단계로서의 필요사항이다.

이 단계까지 개발된 PSA 통합 DB를 이용하면 PSA 정량화를 자동화 등을 고려한, 효

올적인 수행 방법을 개발할 수 있는 기초가 마련되었다고 볼 수 있는데, 본 연구에서는 PSA 통합 DB를 올진 3, 4호기를 기준으로 시범 구축할 예정에 있다.

다음 그림은 PSA 통합 DB 개발 절차를 그림으로 나타낸 것이다.

그림에서 보는바와 같이 PSA 통합 DB의 개발은 PSA 모델 DB 와 PSA 정보 DB의 개발의 두 단계로 구분되어 순차적으로 개발되어질 예정이다.

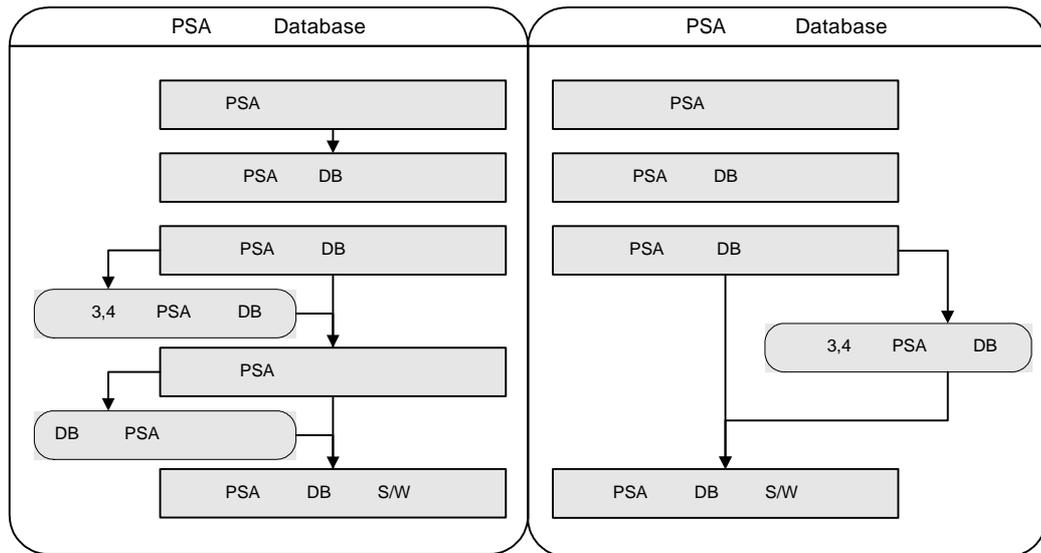


그림 1 PSA 통합 DB 개발 절차

3. PSA 통합 DB의 구성 및 인터페이스

PSA 통합 DB는 데이터베이스에 저장된 PSA 모델 DB 와 정보 DB를 기초로 각 각의 PSA 관련 수행 단계들과 연계되어 해당 자료를 제공하여야 한다. 즉 PSA 통합 DB는 다음과 같은 단위 모듈(시스템)들과 인터페이스가 개발되어 정보의 제공을 담당하여야 하는데 그 상세한 내용은 다음과 같다. PSA 통합 DB는 다음과 같은 분야에 정보 및 인터페이스를 제공한다.

- PSA 모델 DB

- PSA 모델링 : PSA정량화 수행에 필요한 기본사건, 고장수목, 사건수목 데이터 등의 기본정보를 제공한다.
- 정량화 모듈 : PSA 정량화 (CDF, LERF) 계산에 필요한 각종 자료를 제공하고, 자동화에 필요한 기능을 제공한다.
- 민감도분석 모듈 : 민감도 분석의 수행에 필요한 각종 자료(PSA모델, 기기정보 등)을 제공한다.

- 보조분석 SW
 - HRA 분석 : 인적 오류 분석 관련 데이터를 제공한다.
 - CCF 분석 : 공통 원인 고장 관련 데이터를 제공한다.
- PSA 모델 검색 S/W : PSA 모델과 데이터를 검색하기 위한 모듈을 제공한다.

• PSA 정보 DB

- 통합 검색 S/W : PSA 통합 DB에 저장된 각종 자료를 검색할 수 있는 기능을 제공한다.
- QA 지원 : 품질 보증 지원의 한 방법으로 각종 PSA 자료를 제공한다.
- 원전 기기 신뢰도 DB연동 : 원전 기기 신뢰도 DB 와 유기적으로 연동되어 각 기기/기기종류, 기본 사건 등에 필요한 신뢰도 고장을 데이터를 제공한다.

다음 그림은 PSA 통합 DB의 구성 및 관련 모듈과의 인터페이스를 그림으로 나타낸 것이다.

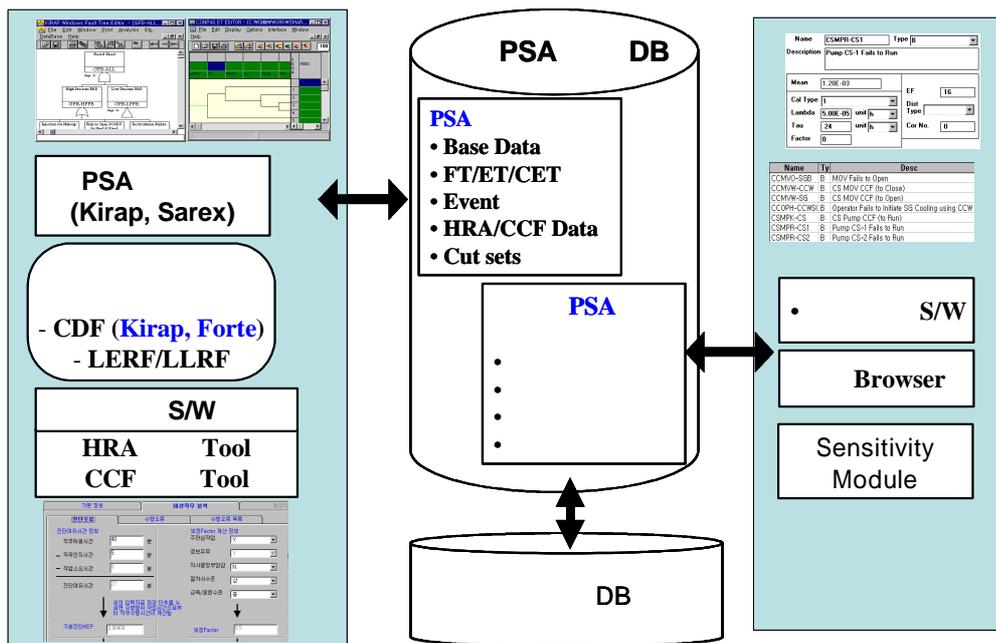


그림 2 PSA 통합 DB 인터페이스

그림에서 보는바와 같이 PSA 통합 DB는 PSA 모델 DB 와 PSA 정보 DB로 통합되어 구성되어 있으며, PSA모델링, 정량화 모듈, HRA 분석 Tool, CCF 분석 Tool, PSA 통합 DB통합 검색 S/W, 민감도 분석, 원전 기기 신뢰도 DB등과 유기적으로 연동되어 정보 요구에 대하여 해당 자료를 제공하여준다.

4. PSA 모델 DB 구조 설계

본 연구에서는 PSA 통합 DB 구축의 첫 단계인 PSA 모델 DB를 구축하기 위한 연구를 우선적으로 수행하였다. 위와 같은 기반 하에 PSA 모델 DB 분류 체계를 구성하였는데, 우선적으로 PSA 모델과 관련한 정보들을 수집 및 분류하기 위하여 다음 그림과 같은 자료 원으로부터 정보들을 수집할 수 있다.

- FaultTree
- EventTree
- 신뢰도 DB 자료
- 초기사건목록
- 공통원인고장 자료
- 인적오류신뢰도 자료
- 정량화 결과
 - 최소 단절군 집합

본 연구에서는 앞에 언급한 PSA 모델 DB 자료 원을 토대로 하여 조사를 수행하였고, 각 자료 원별로 정보를 추출하여 데이터베이스 구조 설계에 사용하였다. PSA 모델 DB는 크게 PSA 모델과 데이터로 구성하였는데, PSA 모델은 PSA 정량화의 수행에 필요한 PSA 모델을 각 항목별로 분류하여 테이블화 하는 것을 의미하며, 데이터는 각 PSA 모델 테이블에 맞추어 해당하는 자료들을 형식에 맞게 가공하여 저장하는 것을 의미한다. 다음은 PSA 모델 DB 구축을 위한 데이터베이스 스키마 구축에 관한 연구 내용이다.

(1) PSA 모델 & Data

PSA 모델 DB는 크게 PSA의 수행에 필수적으로 필요한 PSA 모델 관련 자료 즉, BaseData, 고장수목(FT), 사건수목(ET), 조건부 사건수목(CET), 기본 사건(Basic Event), 인적오류분석(HRA), 공통원인고장(CCF) 데이터 등의 PSA 분석에 없어서는 안될 필수 자료들을 통합화하여 저장하기 위한 자료들이다. 다음은 PSA 모델 DB의 필수자료들이다. 필수자료는 Basic Event, BaseData, FT, ET, CET, HRA, CCF 데이터 등의 정보를 저장하기 위한 것인데 그 분류항목 및 상세 내용은 다음과 같이 분류하였다.

- Basic Event

Basic Event는 기본사건에 대한 상세한 통합을 저장하기 위한 테이블로 다음과 같은 항목으로 구성하였다.

- Name : 기본사건명
- Description : 기본사건에 대한 상세한 설명
- Type : 기본사건의 종류, BE, Gate 등
- Mean : Mean Value
- CalType
- Lambda/LambdaUnit
- Tau/TauUnit

- EF : 오차인자
- DistType
- CorNo
- Transfer
- Remark

- Base Data

Base Data는 PSA 통합 DB의 각 내용들을 저장하기 위한 기초 데이터로서 다음과 같은 항목들로 구성되어 있다.

- EquipmentType : 기기종류
- Spec : 기기사양
- Source
- SysCode
- EqCode : 기기코드
- FailureMode : 고장모드
- FMCode : 고장코드
- CalType
- FailureRate : 고장율
- FRUnit : 고장율단위
- Tau/TauUnit
- EF : 오차인자
- DistType
- LowerValue
- UpperValue
- GENERIC Data : Generic Data 관련
 - Name
 - MEAN
 - EF

- FaultTree

FT는 고장수목을 저장하기 위한 테이블로서, 다음과 같은 정보들을 저장하고 있다.

- NodeName : 노드 명
- NodeType : 노드 종류
- FailureRate
- TreeInfo : 상/하부 정보
 - Parent : 상위노드정보
 - Children : 하위노드정보
- NoXevents

- EventTree

ET는 사건수목을 저장하기 위한 테이블로서 다음과 같은 정보들을 저장하고 있다.

- HeadInfo
 - IE Name : 초기사건명
 - Head
 - Desc
- BranchInfo : 분기에 관한 정보
 - Event
 - Prob
 - FT
- Head:Brach : Head 와 분기간의 관계정보
 - Head
 - Branch
- EventSeq : Event 발생 순서에 대한 정보
 - IE
 - Sequence
 - EventSequence

- HRA

HRA는 인적 오류 분석을 위한 각종 정보를 저장하기 위한 테이블이다.

- Name : HRA 항목명
- Mean : 평균값
- EF : 오차인자
- Desc

- CCF

CCF는 공통원인고장과 관련된 각종 정보를 저장하기 위한 테이블이다.

- Name : 기본사건이름
- Mean : 평균값
- EF : 오차인자
- Desc

- Cut sets

PSA 정량화 결과로 저장되는 CutSet을 DB화하여 저장하기 위한 테이블이다.

- Event
 - Event : 기본 사건
 - Mean : 고장율

- F-V : 중요도
- RRW : 중요도
- RAW : 중요도
- CutSets
 - No : 번호
 - Value : 고장율
 - F-V : 중요도
 - Acc : 누적값
 - CutSets : CutSet 집합 정보

이상과 같이 기본적으로 PSA 모델로 분류될 수 있는 자료들에 대하여 분류 및 데이터 필드를 구분하여 보았다. 이 데이터 구조들은 PSA 정량화에 있어서 필수적인 정보들로 각 항목별로 적합한 데이터 형식의 정의가 필요하고, 실제 데이터가 해당 형식에 맞게 입력되어 들어갈 때, PSA 모델 DB의 구축이 완성된다. 또한 구축된 PSA 모델 DB를 검색하기 위한 검색 소프트웨어의 개발이 필수적이다.

5. 결론

PSA 통합 데이터베이스는 PSA 모델 및 각종 관련 정보들을 통합하여 데이터베이스에 저장함으로써, PSA 평가에 필요한 모든 입력 사항들을 제공하고 PSA 평가를 효율적으로 수행할 수 있도록 하는 기반을 제공하여 국내 위험도 정보 활용 및 PSA 기반 확대에 이바지하기 위한 시스템이다.

PSA 통합 데이터베이스는 크게 PSA 모델에 대한 정보를 저장하고 있는 PSA 모델 데이터베이스와 PSA 모델 이외의 기타 관련 정보를 저장하고 있는 PSA 정보 데이터베이스로 구분되어 질 수 있다.

본 논문에서는 PSA 통합 데이터베이스를 구축하기 위한 첫 단계로서, PSA 모델 DB와 PSA 정보 DB의 구성 및 개발 절차에 대한 연구를 기술하였다. 그리고 PSA 통합 데이터베이스의 한 부분인 PSA 모델 데이터베이스를 구축하기 위한 자료의 수집 및 분류 그리고 데이터베이스에 필수적으로 구성되어야 할 주요 항목들을 도출하였다.

현재는 PSA 모델 데이터베이스 구조 스키마 확립 단계에 있으며, 구성된 데이터베이스에 저장될 PSA 관련 데이터의 가공 및 저장하기 위한 연구를 병행 수행 중에 있다. 또한 저장된 PSA 모델 데이터를 손쉽게 검색하고, 다른 PSA 정량화 모듈 등에 적합한 데이터를 제공하기 위한 인터페이스의 개발을 설계 중에 있으며, PSA 정보 데이터베이스 개발 및 구축에 대한 연구도 향후에 수행되어야 할 연구 항목이다.

향후 추가하여야 할 연구 사항으로, 본 논문에서는 언급하지 않았지만, 기기 신뢰도 데이터베이스 등과 같이 PSA 통합 데이터베이스와 유기적으로 연동되어야 할 시스템과의 효율적인 연계 체계확립도 중요한 고려사항인데, 이러한 타 시스템과의 인터페이스 즉 효율적인 자료 전달을 위한 향상된 데이터 전달 기법에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Jaejoo Ha et al., Development of an Integrated Reliabilities Analysis Code Package (KIRAP-Win) Based on the Object-Oriented Programming Technique,
2. KEPCO, "Ulchin Unit 3&4 Final Probabilistic Safety Report"
3. 김승환 등, "영광 3,4호기 비상디젤발전기 신뢰도 데이터시스템 설계 및 구현", '98 추계 학술 발표회, 1998
4. 한상훈 등, "PSA Workstation KIRAP 개발" , KAERI/TR-847/97, 1997.