

요구사항의 추적성 향상을 위한 데이터 분석 및 의사결정 방법론

박희성, 김호동
 한국원자력연구원 핵연료주기시스템공학기술개발부
 e-mail: parkhs@kaeri.re.kr

A Data Analysis and Decision-Making Methodology for an Advanced Traceability of Requirements Engineering

Hee-Seong Park, Ho-Dong Kim
 Fuel Cycle System Engineering Technology Development Division

요 약

요구공학에서 추적성은 최상위 설계요건과 하부 컴포넌트 설계도면과의 논리적인 연관성을 극명하게 나타내는 지표이다. 핵연료주기 시설인 파이로 시스템의 신뢰성을 증진시키기 위해 데이터 분석 및 의사결정 방법을 제안한다. 샘플 데이터를 입력하여 실험한 결과 파이로시스템의 최상위 설계요건부터 컴포넌트 설계도면까지 요구사항을 충족시킴으로써 추적성의 논리근거를 마련하였다.

1. 서론

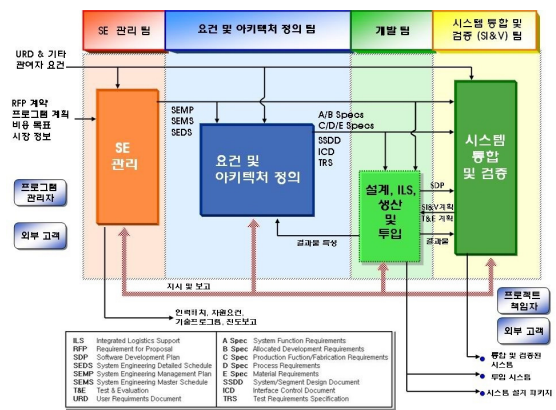
한국 원자력연구원에서는 사용후핵연료의 저장관리 문제를 완화하고, 처분부지 규모를 감소시키며, 소듐 고속로(SFR: Sodium Fast Reactor) 연계 시 방사성 독성을 저감시킬 수 있는 파이로프로세스 공학규모 공정 시험시설(PRIDE: Pyroprocess Integrated Demonstration Facility)을 구축하고 있다. 핵연료주기 시험시설은 연구보다는 사업 중심이기 때문에 인력/예산/일정과 관련한 연구의 효율성과 연구 결과의 활용성을 극대화하기 위해 기술관리 체계를 수립하고 있다.

본 논문에서는 파이로 시스템에 적합한 시스템엔지니어링을 구축하기 위해 가장 먼저 현존하는 시스템엔지니어링 프로세스를 검토한 후 파이로 시스템에 적합한 프로세스를 수립하는 절차를 설명한다. 다양한 요구사항들을 체계적으로 관리하기 위해서는 추적성이 보장되어야 하는데, 현재 사용되고 있는 추적성을 한 단계 향상시킬 수 있는 방법을 제안한다. 제안한 방법의 타당성 검토를 위해 PRIDE 시설의 중요한 공정 중 하나인 아르곤(Ar) 시스템을 대상으로 실험한 과정을 설명한다.

2. 파이로 시스템엔지니어링 프로세스

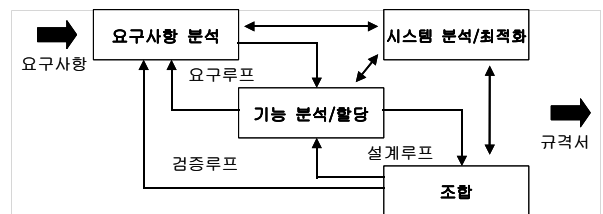
시스템엔지니어링 프로세스는 일반적으로 시스템엔지니어링의 "Vee" 모델을 기반으로 하고 있다.[1] 즉, 분해 및 정의 단계와 통합 및 시험 단계가 기술적인 활동이 되고 이러한 기술적 활동을 관리하는 시스템엔지니어링 관리 단계가 추가된다. Martin은 이와 같은 개념의 시스템

엔지니어링 프로세스를 그림 1과 같이 제시하였다.[2] 본 논문에서는 시스템엔지니어링의 전 과정을 다루지 않고 그림 2와 같이 파이로 시스템 요구사항 및 아키텍처 정의 단계로 표현되는 설계 프로세스에 집중하였다. 파이로 시



(그림 1) 파이로 시스템엔지니어링 프로세스

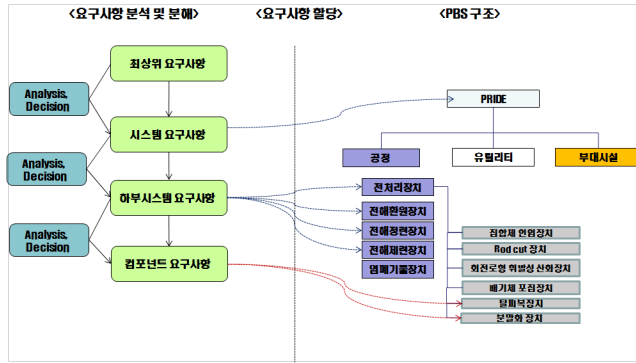
스템 설계 프로세스는 크게 요구사항 분석, 기능 분석 및 할당, 조합, 그리고 분석 및 최적화 4단계로 구분된다(그림 2).



(그림 2) 파이로 시스템 설계 프로세스

3. 데이터 분석 및 의사결정

파이로 시스템 엔지니어링 추적성의 개념도를 그림 3에 나타내었다. 이 그림에서 요구사항 분석 및 분해부분은 일반적으로 요구사항 추적성으로 부르는 부분이다. 즉 최상위 요구사항이 어떤 하부의 요구사항으로 전개되었는지를 나타내는 것이다.



(그림 3) 파이로 시스템의 기술추적성 개념도

기술추적성은 단순히 요구사항이 분해된 내용 뿐 아니라 분석 및 의사결정(Analysis, Decision) 부분도 포함되어야 한다. 이 분석 및 결정 부분은 요구사항이 어떤 분석이나 결정을 통해 분해되었는지를 나타내는 부분으로서 연구 개발의 노하우를 포함하고 있는 부분이다. 이렇게 분해된 요구사항은 각 수준에 맞도록 시스템, 하부시스템 및 컴포넌트에 할당되게 된다. 이런 할당과정을 통해 각 컴포넌트에 어떤 요구사항을 만족해야 하는지 알 수 있게 되는 것이다.

4. Case Study

파이로 시스템의 추적성 향상을 위한 데이터 분석과 의사결정 실험을 위해 파이로 시스템 최상위 설계요건과 파이로 시스템 요구사항을 입력하였다. 최상위 요구사항은 사용자가 제시하는 요구사항이나 임무 등을 기술하는 것으로 PRIDE를 대상으로 총 13개의 최상위 요구사항(그림 4)이 정의되었다. 시스템 요구사항은 최상위 요구사항에 대한 분석 및 결정을 통해 작성된다. 즉 최상위 요구사항을 만족시키기 위하여 시스템이 갖추어야 할 요건이 무엇인지를 정의하는 것이다. 본 논문에서는 정의된 최상위 요구사항에 대해 선별적으로 이러한 분해과정을 입력하여 기술추적성을 확보하였다. 데이터 분석 및 의사결정의 실험 대상으로 아르곤(Ar) 시스템을 선정하였다. 공기중에서 조해된 염은 액체 상태에서 핫셀 구조물을 부식시켜, 핫셀 제염을 거의 불가능하게 만든다. 이런 문제를 해결하기 위해서 아르곤(Ar) 분위기를 만들어야 하며, 고조해성의 LiCl 염 및 장치재료의 건전성을 확보하는 것이 목적이다. 실험 결과 그림 4로부터 “분리: 전해환원, 정련, 제련”에 대한 최상위 요구사항의 분해 사례를 확인할 수 있다. 최상위 설계 요구사항은 “시스템은 전해환원, 전해정련, 전

REQ.1	처리 용량	시스템은 기존 부지 및 설비를 고려하여 공정의 유효성을 확인하기에 적절한 용량을 갖도록 해야 한다.
REQ.2	핵연료 인입 저장 및 인출	시스템은 처리 대상 핵연료를 인입, 저장 및 인출할 수 있어야 한다.
REQ.3	전처리	시스템은 인입된 핵연료를 분말하여 분해 형태로 가공할 수 있어야 한다.
REQ.4	분리: 전해 환원, 정련, 제련	시스템은 전해환원, 전해정련, 전해제련 등의 PYRO 공정을 거쳐 U와 TRU를 분리할 수 있어야 한다.
REQ.5	분리물질: 처리, 저장	시스템은 분리된 용출을 처리 및 저장할 수 있어야 한다.
REQ.6	일회 생산	시스템은 용출염을 일회 형태로 생산할 수 있어야 한다.
REQ.7	폐기물 처리 및 저장	시스템은 발생하는 폐기물을 분석, 인출, 처리, 포장, 검사 및 모니터링하고 저장할 수 있어야 한다.
REQ.8	부대설비	시스템은 원격 운전 장치, 방사능 측정 장치, 냉각 장치 등의 부대설비를 갖추어야 한다.
REQ.9	회수 U, Pu-NP AM CM 혼합물	시스템은 혼합물을 고속도로 연료로 재활용할 수 있어야 한다.
REQ.10	안전 조치 및 핵 확산	시스템은 IAEA의 안전조치성과 핵확산저항성을 준수하고 이를 위한 설비를 갖추어야 한다.
REQ.11	I&C 인프라	시스템은 데이터 수집 및 관리, 시스템 제어 등을 위한 I&C 인프라를 갖추어야 한다.
REQ.12	안전	시스템은 원자력법에 명시된 안전규정을 준수해야 한다.
REQ.13	품질 보증	시스템은 DOE Order 414.1C, Quality Assurance, Section 4B 및 10CFR 830 Subpart A, Quality Assurance Requirements, Section 930.122에 기술된 Criteria를 만족해야 한다.

(그림 4) PRIDE 시스템의 최상위 설계 요건

해제련 등의 PYRO 공정을 거쳐 U와 TRU를 분리할 수 있어야 한다.”이다. 이러한 기능을 수행하기 위하여 아르곤 분위기가 적합한지에 대한 분석 및 의사결정내용이 그림 5의 가운데 부분에 나타나 있다. 이를 통하여 시스템 요구사항 “시스템은 핫셀 장치의 부식방지를 위해 아르곤 분위기에서 모든 공정이 수행되도록 해야 한다”는 신뢰할 수 있는 정보를 확인할 수 있다.

REQ.4	분리: 전해 환원, 정련, 제련	시스템은 전해 환원, 전해 정련, 전해 제련 등의 PYRO 공정을 거쳐 U와 TRU를 분리할 수 있어야 한다.	REQ.3	원료도양 및 배양 산화	원료도양 및 배양 산화	REQ.15	방사능 측정 모니터링	방사능 측정 모니터링	시스템은 방사능 측정 모니터링 장비를 갖추어야 한다.
			REQ.4	AR 분위기	* AR 분위기 유지 시 방사능 측정 장비의 정확도가 떨어질 수 있음. * AR 분위기 유지 시 방사능 측정 장비의 정확도가 떨어질 수 있음. * AR 분위기 유지 시 방사능 측정 장비의 정확도가 떨어질 수 있음.		REQ.16	AR 분위기	AR 분위기

(그림 5) 아르곤 분위기의 데이터분석 및 의사결정

5. 결론

핵연료주기시설 건설과정에서 생산된 연구내용 및 설계 자료간의 추적성을 향상시킬 수 있는 방안을 검토하였다. 선정된 파이로 시스템 엔지니어링 프로세스 환경에서 최상위 설계요건과 파이로 시스템 요구사항들 간 데이터 분석과 의사결정 단계를 만들어 실험에 임했다. 본 논문에서 제안한 데이터 분석 및 의사결정 실험결과는 한 단계 진보된 추적성의 좋은 사례가 될 것이다.

참고문헌

[1] System Engineering Handbook "A Guide for System Life Cycle Processes and Activities" INCOSE-TP-2003-002-03
 [2] Martin, "Early Functional Analysis and Allocation in the System Engineering Process" Published Sept. 24, 2002