

인터넷 상에서 원격지 공동설계를 위한 원자로계통설계 전산시스템 구축

Internet Based Remote Cooperative Engineering System for NSSS System Design

김연승, 이식림

한국전력기술(주)
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

부지선정에서부터 설계, 건설, 운영, 폐로에 이르는 원전 수명 5단계 전과정에 대한 정보체계 구축의 필요성은 1980년대 후반부터 NIRMA¹⁾, INPO²⁾, NUMARC³⁾, USNRC⁴⁾, EPRI⁵⁾ 등 원자력 관련기관으로부터 보고서나 가이드라인으로 꾸준히 제기되어 왔으며, 부분적으로는 독립된 전산화시스템을 구축하여 이미 실무에 적용하고 있는 사례가 속속 보고되고 있다. 하지만, 원자력발전소 설계의 가장 상위업무인 NSSS (Nuclear Steam Supply System) 계통설계 (System Design) 부문에서는 아직 전산화시스템 구축에 대한 사례가 보고되지 않는 가운데 국내에서는 1995년도 원자력연구소 (KAERI)의 NuIDEAS (Nuclear Integrated Database and Design Advancement System)를 비롯하여 1997년도 KNGR (Korean Next Generation Reactor) IMS (Information Management System) 사업 등의 정보시스템 구축에 대한 시도가 있었다. 본 논문에서는 이같은 선행 시스템의 구축방법론을 검토한 후 실제 설계업무 수행에 적합하고 인터넷 상에서 원격지 공동설계가 가능한 전산시스템 개발 사례에 관하여 기술한다. 본 시스템 구축을 통해 지난 10여년간 하드카피로 처리되던 원자로계통설계를 전산시스템으로 전환함으로써 업무효율화 및 생산성 향상을 기대할 수 있을 뿐만 아니라 전자결재 과정에서 등록되는 원본파일 및 각종 검토의견을 데이터베이스화하여 설계데이터의 신뢰성을 제고할 수 있는 계기를 마련하였다.

Abstract

Implementation of information technology system through the nuclear power plant life cycle which covers site selection, design, construction, operation and decommission has been suggested continually by the reports or guidelines from NIRMA, INPO, NUMARC, USNRC and EPRI since late 1980s, and some of it has been actually implemented and applied partially to the practical design process. However, for the NSSS system design, a high level activity of nuclear power plant design phase, none of the efforts has been reported with regard to implementing the information system. In Korea, KAERI studied NuIDEAS (Nuclear Integrated Database and Design Advancement System) in 1995, and KEPRI (Korea Electric Power Research Institute) worked with CENP (Combustion Engineering Nuclear Power) for KNGR IMS (Information Management System) in 1997 as trials to adopt information system for NSSS system design. In this paper, after reviewing the pre-studied two information systems, we introduce an implementation of the information system for NSSS system design which is compatible with the on-going design works and can be used as means of concurrent engineering through internet. With this electronic design system, we expect increase of the design efficiency and productivity by switching from hard copy based design flow to internet based system. In addition, reliability and traceability of the design data is highly elevated by containing the native document file together with all the review, comment and resolution history in one database.

1. 서론

원자로계통설계업무는 지난 10여년 동안 하드카피 방식을 탈피하지 못하고 있는 가운데 정보화에 대한 개념도 아직 이론적 수준에 머물고 있는 실정이다. 원자로계통설계 정보화에 관한 모델로서는 EPRI에서 작성한 PIN (Plant Information Network)과 이를 기반으로 한 KNGR (Korean Next Generation Reactor) IMS (Information Management System)⁶⁾가 있으나, 이들은 모두 원자력발전소 전 라이프사이클을 대상으로 개발되는 EDB (Engineering Database) 모델로서 실무수준에서 만족할만한 시스템 개발은 좀더 많은 시간을 필요로 하고 있다. KNGR IMS 업무를 통해 CENP (Combustion Engineering Nuclear Power) 사의 Data Centered EDB 등 원자로계통설계에 관한 전산화 구현자료를 조사한 결과 현실적으로 구현 가능성이 희박하다는 결론을 내리게 되어 원자로계통설계의 경제적이고 실무적용이 가능한 전산시스템을 개발하기 위해 원자로계통설계 EDB 구축을 위한 방법론적 고찰⁷⁾에서 설계전산화에 대한 가능성 즉, 설계문서에 사용된 모든 데이터를 텍스트, 데이터, 테이블, 그림 등 4가지 요소로 분류하여 데이터베이스화 함으로써 각 레코드의 사양관리와 함께 데이터간의 연계성을 부여한 EDB 시스템 구축을 고려하였으나, 웹브라우저 특성상 워드프로세서에서 제공하는 페이지네이션과 같은 기능구현이 어려움에 따라, 현재의 사업계약에서 요구되는 하드카피 설계결과물 제출 요건을 만족시키기 위해 설계문서파일을 첨부한 전자결재 방식의 전산시스템 구축방법을 선택하였다. 본 논문에서는 하드카피를 중심으로한 기존 설계업무 처리단계를 전산화함으로써 업무효율 및 생산성 향상을 추구함과 동시에 원전수출시 인터넷 상에서 원격지 국제공동설계가 가능한 설계전산화 시스템 (그림 1) 구축에 관하여 기술하고자 한다.

2. 설계문서 전산처리에 대비한 원자로계통설계 업무흐름

하드카피 방식으로 수행해 오던 원자로계통설계 과정을 전산화하기 위해 문서등록에서부터 내부검토, DDA (Document Distribution for Agreement), 승인, 접수 등 5단계로 구분하였으며, 각 단계별 수행업무 내용은 다음과 같다.

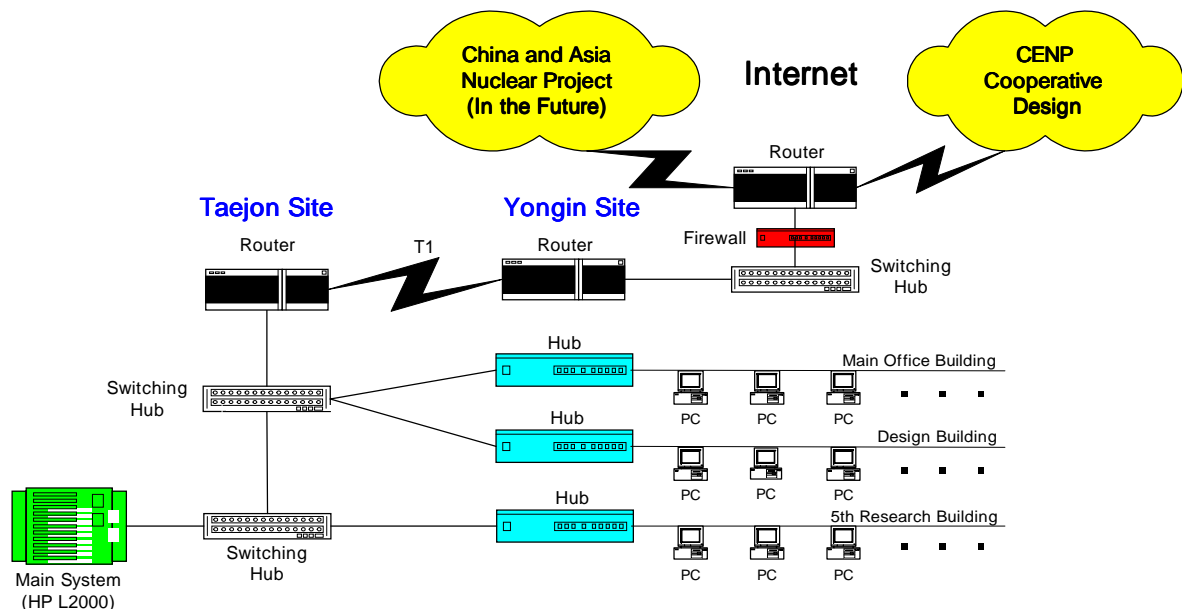


그림 1 인터넷 상에서 원격지 공동설계를 위한 네트워크 개념도

2.1 문서등록

설계자는 자신에게 부여된 설계업무를 워드프로세서 및 관련툴을 이용하여 문서로 작성한 후 첨부파일 형태로 전산시스템에 등록하며, 설계문서 등록시 전산처리를 위해 설계문서 인덱스를 비롯한 검토 및 승인과정에서 필요한 정보를 기록한다. 등록된 인덱스 및 설계문서는 내부검토와 DDA 수행이 완료된 시점 및 문서승인 과정중 기각된 시점에서 검토내용 반영을 위한 수정을 할 수 있으나, 그 외에는 데이터 유지를 위해 수정을 할 수 없도록 하였다.

2.2 내부검토

문서등록이 완료되면 설계자는 내부검토를 요청한다. 내부검토는 예비검토와 본검토로 구분되며, 예비검토는 필요시 검토를 의뢰하는 옵션과정으로 본검토 시간절약을 위한 방안으로 구축하였으며, 예비검토과정을 거치지 않고 바로 본검토 수행도 가능하다. 예비검토는 검토자에게 동보되나 본검토는 독립검토자를 포함한 검토자, 소분야책임자, 분야책임자에게 순차적으로 검토요청이 진행된다.

2.3 DDA

설계자는 내부검토시 검토의견이 있는 경우 이를 반영하여 DDA를 요청한다. DDA 과정은 설계부서 간 인터페이스 상의 문제점 및 설계내용을 확인하는 절차로서 원자로계통설계 설계관리절차서 (Engineering Procedure)에 정의된 DDA 매트릭스와 내부검토시 결재한 소분야책임자 및 독립검토자에게 송부되며, 필요시 검토자를 추가할 수 있다. DDA 검토요청이 송부되면 DDA 검토자는 이를 접수하여 부서내 검토자에게 내부배포할 수 있으며, 부서내 검토자는 또 다른 검토자에게 재배포 할 수 있다. 내부배포과정에서 이미 검토자로 선정된 설계자가 재지정되지 않도록 하였으며, 사업공정에 따른 문서의 회신일 준수를 고려하여 부서내 검토자의 검토의견 회신여부와 관계없이 DDA 검토자는 검토의견을 검토요청자인 설계자에게 회신할 수 있다. 또한, 부서내 내부배포시 상위배포자는 검토자가 반송한 검토의견에 대해 첨삭할 수 있는 권한이 부여된다. DDA 검토내용은 None, Editorial Comment, Resolution Required 등 3가지로 분류되며, None은 검토의견을 기록하지 않을 경우 자동 생성되고, 검토의견을 기록할 경우는 3가지중 하나를 선택하도록 하였다. Resolution Required인 경우 설계자는 검토의견이 반영되지 않으면 반드시 Resolution Agreement 승인을 DDA 검토자로부터 득해야 하나, 검토의견이 반영되었을 경우는 Editorial Comment 처리과정과 동일하게 수행한다. ALARA (As Low As Reasonably Achievable) 검토대상 문서는 해당 부서장에게 ALARA 검토요청을 하게 되며, ALARA 검토자는 ALARA 점검목록을 작성하여 회신한다. 설계자는 회신된 검토의견을 DDA 검토자별로 종합하여 확인할 수 있으며, 검토의견에 대한 처리여부를 반영, 미반영, 부분반영을 기록으로 남겨 검토자가 검토의견 반영여부를 확인할 수 있도록 하였다.

2.4 문서승인

문서승인은 크게 설계부서 승인과 사업부서 승인으로 구분할 수 있으며, 설계부서 승인과정은 설계자를 비롯하여 독립검토자 (필요시), 소분야책임자, 분야책임자, RPE/KEPIC (필요시) 승인을 순차적으로 득한 후 사업부서 설계문서 접수담당자에게 송부한다. 사업부서 접수담당자는 설계문서를 접수하여 승인 워크플로를 설정한 다음 결재를 신청한다. 사업부서 승인이 완료되면 설계문서는 접수담당자에게 반송되고 접수담당자는 설계문서 DDS (Document Delivery Schedule)에 따른 승인날짜를 검토한 후 문서관리부서인 DDCC (Document Distribution and Control Center)로 송부한다.

2.5 접수

DDCC 접수담당자는 접수된 문서의 표지 및 내용을 확인한 후 승인 완료된 내용을 DDA 검토부서에 배포하며, 배포가 완료되면 QA 기록사항 및 DDCC 관리정보를 입력한다. 접수문서가 대외문서인 경우 관련기관 배포를 위해 문서복사 및 배포업무를 수행한다.

3. 원자로계통설계 전산시스템 구축을 위한 데이터베이스 구조

데이터베이스를 이용한 전산시스템 개발에 있어서는 관리하고자 하는 데이터의 정규화 과정을 거쳐 엔터티와 어트리뷰트를 정의한 다음 데이터베이스의 설계도에 해당하는 ERD (Entity Relationship Diagram)⁸⁾를 작성하여야 한다. 원자로계통설계 전산시스템 구축에서는 일반 전산시스템 구축에서와 마찬가지로 사용자, 프로젝트, 문서체계 등의 관리를 위한 참조 엔터티와 설계문서 검토, 배포, 승인, 이력관리 등 전산시스템 구축을 위한 데이터 엔터티로 구성하였으며, 여기서는 데이터 엔터티 구조에 관하여 기술하고자 한다.

3.1 설계문서 등록

설계문서 등록과 관련한 데이터 처리를 위해 설계문서 인덱스 관리 엔터티를 비롯하여, 개정목록 관리 엔터티, 텍스트 데이터 관리 엔터티, 첨부파일 관리 엔터티 등 4개 엔터티로 구성하였으며 주요 내용은 다음과 같다.

1) 설계문서 인덱스 관리 엔터티

설계문서 인덱스 관리 엔터티는 원자로계통설계 전산시스템 구축의 중추역할을 하는 엔터티로서 설계문서 등록 및 전자결재에 필요한 인덱스를 포함하고 있으며, 각 어트리뷰트는 설계자가 설계문서 등록, 검토, 승인시 필요한 정보를 입력하는 부분과 설계문서 보관시 필요한 정보를 입력하는 부분으로 구성되어 있다. 본 엔터티는 참조 엔터티와는 M:1의 관계를 형성하여 상대 엔터티의 Primary Key를 Foreign Key로 받고 있으며, 나머지 설계문서 전자결재 처리와 관련한 데이터 엔터티와는 1:M의 관계를 형성하여 인덱스 관리 엔터티의 Primary Key를 상대 엔터티의 Foreign Key로 제공한다. 인덱스 엔터티 중 주요 어트리뷰트는 다음과 같다..

- 문서번호 (Document ID) 관리 어트리뷰트

Document ID는 설계문서 등록, 검토, 승인, 이력관리 등 전자결재 처리 과정에서 설계문서 고유번호로 사용된다. 원전사업과 중소사업에 따라 Document ID의 조합방법이 다르며, 원전사업일 경우 Project Code, Document Function, Document Type, System Identifier를 조합한 설계문서번호에 Revision Number와 DDS Number를 추가하여 생성되도록 하였고, 중소사업일 경우는 임의 입력이 가능한 설계문서번호에 Revision Number와 DDS Number를 추가하여 생성되도록 하였다. 예를 들어, Project Code가 N0696, Document Function이 Fluid System, Document Type이 Design Requirement, System Identifier가 210-C이고, Revision Number가 00, DDS Number가 2인 경우 Document ID는 N0696-FS-DR210-C-00-2로 표기된다. 또한, Document Type과 System Identifier를 조합한 값을 DDA 테이블의 Primary Key와 비교하게 함으로써 설계문서 생성시 원자로 계통설계와 관련한 QA 매뉴얼 및 설계관리절차서의 요건에 위배되지 않도록 제약조건 (Business Rule)을 프로그램으로 처리하여 일치하지 않을 경우 경고 메시지를 보여주도록 하였다. 설계문서 초기등록시에는 기본적으로 Revision Number가 00으로부터 선택하도록 하였고, 개정시 동일문서에 대해서는 Revision Number가 자동 증가하게 하여 문서번호가 중복되지 않도록 하였다.

- 전자결재에 따른 진행상태 (Job Status) 관리 어트리뷰트

설계문서 전자결재 진행상태를 11 단계로 구분하여 인덱스 검색시 Job Status 항목에 약어로 표기하며, 설계문서 등록단계인 WORKING에서부터 전자결재 진행상태에 따라 INTERNAL, DDA, APPROVAL, ISSUE로 표기한다. 각 단계별 약어 및 구분내용은 표 1과 같다.

2) 설계문서 개정내용 관리 엔터티

설계문서 개정내용을 관리하는 엔터티로서 해당 설계문서의 개정사항을 레코드로 분리하여 등록하며, 개정사항 중 텍스트 데이터에 해당하는 내용은 데이터베이스의 한 레코드가 2,000 Character 이상을 처리할 수 없는 제약으로 인해 별도의 엔터티인 텍스트 데이터 관리 엔터티로 분리하여 최대 32,767 Character까지 저장할 수 있도록 하였다.

표 1. 전자결재에 따른 Job Status

표기	DB 기록	진 행 내 용
W	WORKING	설계문서 인덱스 및 파일 등록단계
W-R	W-ROUTING	설계문서 예비검토가 진행중인 단계
W-F	W-FINISH	설계문서 예비검토가 완료된 단계
I-R	I-ROUTING	설계문서 내부검토가 진행중인 단계
I-F	I-FINISH	설계문서 내부검토가 승인 또는 기각된 단계
D-R	D-ROUTING	설계문서 DDA가 진행중인 단계
D-F	D-FINISH	설계문서 DDA가 완료된 단계
A-R	A-ROUTING	설계문서 승인이 진행중인 단계
A-F	A-FINISH	설계문서 승인과정에서 기각되어 반송된 단계
A	APPROVED	설계문서 승인 완료 후 DDCC에 접수된 단계
I	ISSUED	설계문서 대내외 배포처리가 완료된 단계

3) 설계문서 텍스트 데이터 관리 엔터티

본 엔터티는 전자결재 과정에서 기록해야 하는 개정내용과 검토의견을 관리한다. 데이터 구분을 위해 개정내용은 입력항목에 따라 개정색선에 RS, 개정사유에 RR, 개정 Note에 RN의 값을 부여하며, 검토의견 작성내용은 검토의견의 종류에 따라 예비검토는 CW, 내부검토는 CI, DDA 검토는 CD, 승인검토는 CA, 상위자 지시내용은 CG로 구분하였다.

4) 첨부파일 관리 엔터티

설계문서 파일 및 검토의견 파일 등을 관리하는 엔터티로서 파일명 관리 어트리뷰트인 NAME을 비롯하여 MIME TYPE, IMAGE SIZE, IMAGE 등의 주요 어트리뷰트로 구성되어 있으며, 이 외 전자결재상 필요한 어트리뷰트를 추가하였다. NAME은 입력창에서 기입한 파일명 앞에 설계문서 구분자인 N과 문서생성 순차번호를 합성하여 저장한다.

3.2 설계문서 전자결재

설계문서 검토 및 승인과정은 원자로계통설계업무의 품질보증 요건 및 설계관리절차서의 관련규정에 따른 설계검증 절차로서 전산시스템 구축시에도 이같은 요건을 만족시켜야 하며, 이를 위해 10개의 엔터티를 설정하였고 주요 내용은 다음과 같다.

1) 설계문서 검토 및 승인관련 엔터티

설계문서 내부검토, DDA, 승인과정에 따른 문서배포 및 전자결재 상태를 기록관리하는 엔터티로서 설계문서 검토 및 승인관련 데이터는 내용적으로 두가지 경우에 데이터가 생성된다. 하나는 설계문서 검토요청이 이루어 질 때 데이터를 생성하며, 다른 하나는 검토 요청된 설계문서에 대하여 검토의견을 기술할 때마다 검토의견에 대한 이력정보를 포함하는 데이터가 생성된다. 설계문서 검토의견은 3.1절에서 기술한 텍스트 데이터 관리 엔터티에 저장되며, 검토의견 기술과 함께 검토내용 파일을 송부할 경우는 3.1절의 첨부파일 엔터티에 저장된다. 주요 어트리뷰트 내용은 다음과 같다.

- Work Action 관리 어트리뷰트

설계문서 전자결재 수행내용에 따라 Work Action을 구분하였으며, 상세 내용은 표 2와 같다.

- Work Status 관리 어트리뷰트

설계문서 전자결재 Work Action에 따른 설계업무 진행상태를 표시하며 Work Action 항목과 함께 설계자가 수행해야 할 진행상태 및 수행한 진행상태를 나타낸다. Work Status의 상세 내용은 표 3과 같다.

표 2. 전자결재에 따른 Work Action

DB 기록	수 행 내 용
FOR_WREVIEW	예비검토요청
REVIEWED_W	예비검토회신
FOR_REVIEW	내부검토요청
REVIEWED	내부검토회신
FOR_DDA	DDA 검토요청
DDA_RETURNED	DDA 검토회신
FOR_RESOLUTION	DDA Resolution 요청
RESOLUTION_AGREE	DDA Resolution 회신
FOR_APPROVE	문서승인요청
APPROVED	문서승인회신 중 승인
REJECTED	문서승인회신 중 기각
FOR_ACONFIRM	DDCC에서 문서배포

표 3. 전자결재에 따른 Work Status

DB 기록	Work Status 설명		
	예비검토단계	내부검토 및 승인단계	DDA 검토단계
S	검토중	검토중	검토중
N	검토의견 미송부	검토의견 미송부	검토의견 미송부
Y	검토의견 송부	검토의견 송부	검토의견 송부
R	검토의견 첨부 검토회신	검토의견 기각 송부	검토의견 첨부 검토회신
F	검토의견 없이 검토회신	검토의견 없이 검토회신	검토의견 없이 검토회신
RK, FK	검토내용 확인	검토내용 확인	검토내용 확인
W	N/A	검토의견 대기중	N/A
E	N/A	검토의견 대기 중지	N/A
AF	N/A	검토의견 승인 송부	N/A
PF	N/A	검토의견 승인 회신	N/A
~Z	N/A	내부검토 완료	DDA 검토 완료
H	N/A	N/A	검토 재배포시 대기중
V	N/A	N/A	검토요청 기각
X	N/A	N/A	상위자 검토내용 기각

- Data Identification

검토의견 기록시 검토내용의 요청종류 및 회신종류를 표 4와 같이 나타내며, Work Status와 함께 검토요청 및 회신상태를 알려준다. 예비검토나 내부검토를 제외한 DDA 검토요청과 문서승인요청은 Data Identification을 점검하여 검토자에 따라 일반검토를 비롯하여 ALARA 검토자의 체크목록작성, 독립검토자의 설계확인, RPE/KEPIC 적용문서의 인증확인 등 수행사항을 달리 부여할 수도 있다.

2) 설계확인 관련 엔터티

설계확인 관련 엔터티는 독립검토자가 수행하는 체크리스트와 ALARA 검토자가 수행하는 체크리스트로 구성되어 있으며, 각 체크리스트는 체크할 내용을 담고 있는 엔터티와 체크된 값을 보관하는 엔터티, 그리고 각 체크리스트에서 작성한 검토의견을 기록하는 엔터티로 구성되어 있다.

표 4. 전자결재에 따른 Data Identification

구분	DB 기록	Data Identification 설명
예비검토	W-Start	예비검토가 진행중인 상태
	NoComment	검토의견 없이 회신한 상태
	CommentReturn	검토의견이 회신된 상태
내부검토	R-Start	내부검토가 진행중인 상태
	R-Wait	내부검토시 대기상태
	RejectReturn	내부검토시 기각한 상태
DDA 검토	D-Start	DDA 검토가 진행중인 상태
	DDA-None	DDA 회신시 검토의견 종류가 None
	DDA-Editorial	DDA 회신시 검토의견 종류가 Editorial
	DDA-Resolution	DDA 회신시 검토의견 종류가 Resolution
	Revoked	분야내 검토중인 상태에서 중지시킨 상태
	DELETED	내부검토완료된 의견을 분야책임자가 삭제한 상태
	G-ResolutionReq	Resolution이 요청된 상태
	G-ResolutionConfirm	요청된 Resolution을 내부배포한 상태
	G-ResolutionAgree	요청된 Resolution을 승인한 상태
승인요청	A-IR	독립검토자에게 승인요청된 상태
	A-SUP	소분야책임자에게 승인요청된 상태
	A-APP	분야책임자에게 승인요청된 상태
	A-RPE	RPE에게 승인요청된 상태
	A-RPECONFIRM	RPE가 승인한 상태
	A-PMCONFIRM	PM에게 승인요청된 상태
	A-RECEIPT	사업부 접수담당자에게 승인요청된 상태
	Internal-APP	사업부 접수담당자가 내부검토자들에게 승인요청한 상태
검토의견	G-ALL	검토의견이 작성된 경우
	G-NONE	검토의견이 없는 경우

3) RPE/KEPIC 관련 엔터티

RPE/KEPIC 관련 엔터티는 RPE/KEPIC 스탬프 내용을 담고 있는 엔터티와 RPE/KEPIC 자격취득 대상자들의 정보를 관리하는 엔터티로 구성하였으며, 스탬프 내용은 적용 프로젝트 및 RPE/KEPIC 종류에 따라 별도의 레코드로 기록 관리하고 자격취득 대상자의 정보에는 등록번호 및 취득 주를 기록 관리한다.

3.3 이력관리

설계문서 이력관리 엔터티는 설계문서 전자결재시 각 단계에서 수행되는 등록 및 수정사항에 대한 프로시저명과 전자결재단계의 수행내용이 자동 등록되도록 구현하였으며, 설계문서 인덱스 삭제시에는 설계문서의 이력도 함께 삭제된다. 수행내용은 인덱스나 검토의견의 작성 및 수정시의 수행정보를 포함하고 있다. 설계문서 인덱스 등록일 경우는 초기등록, 개정등록, 검색후 개정등록, 수정 등으로 수행내용을 분류하고 있으며, 검토 및 승인시 수행내용 종류는 예비검토의견작성, 예비검토의견수정, 내부검토의견작성, 내부검토의견수정, DDA검토의견작성, DDA검토의견수정, 승인검토의견작성, 승인검토의견수정 등과 같다. 프로시저명은 수행한 프로그램 정보를 확보하기 위한 것으로 수행단계와 프로시저명의 조합으로 구성하였으며, 수행단계 중 I는 인덱스, W는 예비검토, R은 내부검토, D는 DDA, A는 승인과정을 나타내고 프로시저명은 PL/SQL 프로시저명을 기록한다.

설계전산화 시스템 구축을 위한 데이터베이스 설계는 CASE 툴인 Power Designer를 사용하여 ERD를 작성하였다. ERD에는 참조 엔티티 및 데이터 엔티티를 포함하여 작성하였으며, 각 엔티티의 어트리뷰트, 데이터 타입, 카디널리티, 릴레이션 등을 그림 2에 나타내었다.

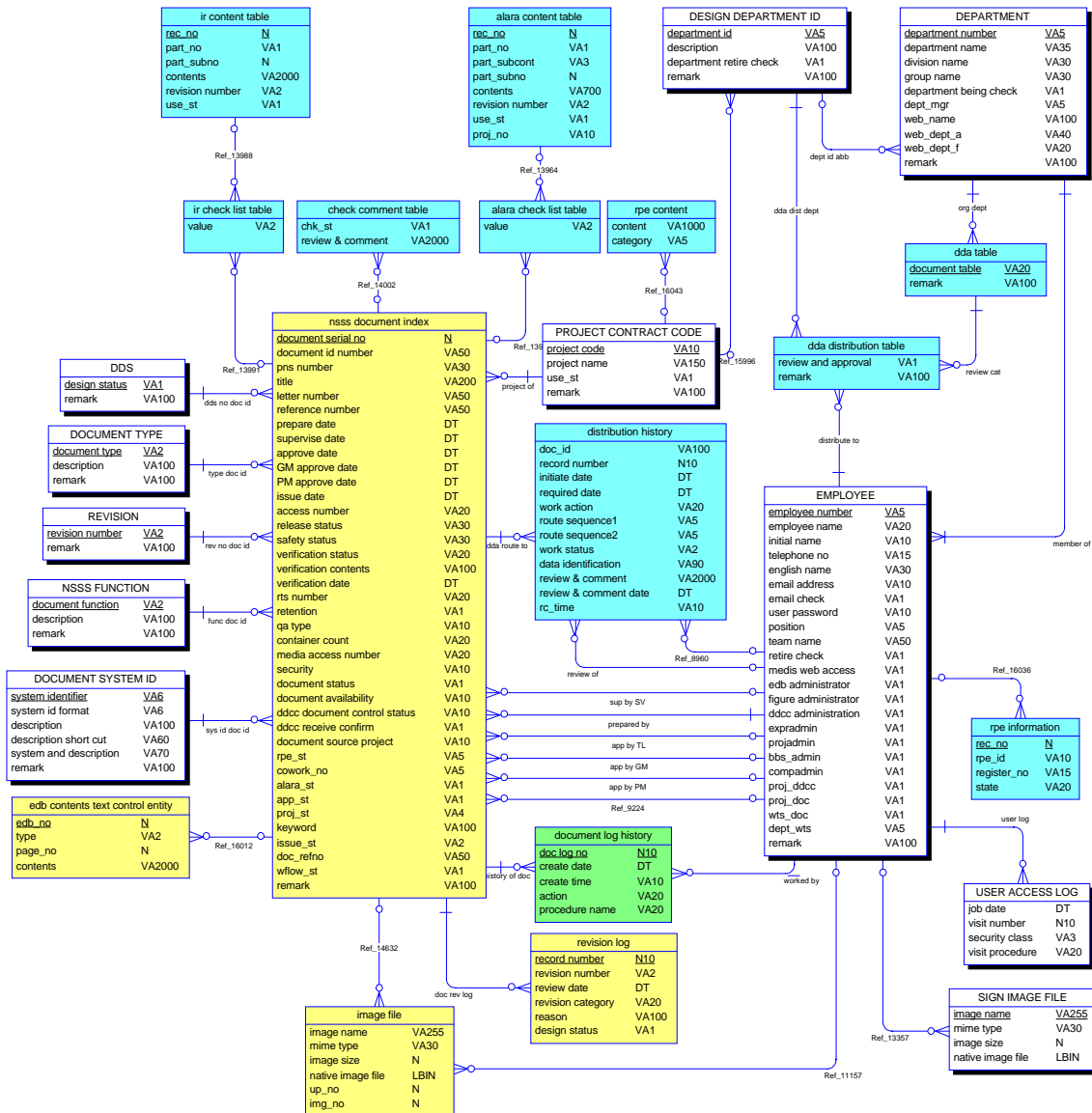


그림 2 원자로계통설계 전산시스템 구축을 위한 ERD

프로그램 개발은 Oracle사에서 제공하는 Oracle WebServer와 PL/SQL 언어로 인터넷 웹브라우저 상에서 데이터를 처리할 수 있도록 구현하였다. 프로그램은 크게 접수보기, 문서등록, 문서배포, 문서검색, 이력보기

등 5개 모듈로 구성하였으며, 각 모듈별 주요 구현 내용은 다음과 같다.

4.1 접수보기

접수보기는 설계문서 전자결재 시스템에서 수행해야 할 업무가 발생할 경우 화면의 접수보기 메뉴 왼쪽에 접수를 알리는 시그널이 나타난다. 설계문서 검토 및 승인을 요청받은 자는 자신에게 요청된 내용들을 확인하여 검토의견을 작성, 회신할 수 있으며, 작성자는 검토 및 승인요청한 설계문서들의 진행상태나 회신내용들을 각 단계별로 온라인 상태에서 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다. 검토의견 회신내용 확인시 검토의견이 있을 경우 의견상태 항목이 빨간색으로 표시되나 확인한 후에는 파란색으로 변경된다. 접수내용은 검토요청과 검토회신 항목으로 분류하였으며, 검토요청 항목은 예비검토요청, 내부검토요청, DDA 검토요청, DDA Resolution, 문서승인요청으로 분류하였고, 검토회신 항목은 예비검토회신, 내부검토회신, DDA 검토회신, 문서승인회신으로 분류하였다. 접수보기의 한 예를 그림 3에 나타내었다.

설계문서 접수보기 - 사용자(박철우) - Microsoft Internet Explorer

파일(F) 편집(E) 보기(V) 유틸리티(T) 도구(D) 도움말(H)

설계문서 접수보기

In Box 내용은 다음과 같습니다.

접수내용	Document ID.	요청자	Job Rtn	발신일	요청일	검토자	Cmt.	File	선택				
문서승인요청	N0696-FS-DR510-01-1	김태한	A-R	1	2000.06.16	2000.06.18	박철우	Req-A	1	표지	내용	접수	배포
	N0696-ME-DS913-01-03-1	맹철수	A-R	2	2000.08.10	2000.08.12	박철우	Req-A	1	표지	내용	접수	배포
DDCC 배포	N0696-FS-DS231-02-1	류경희	I	1	2000.07.18	--	박철우	Dist	1	표지	내용	접수확인	
	N0696-ME-DS913-01-02-1	류경희	I	1	2000.07.18	--	박철우	Dist	1	표지	내용	접수확인	

[I](#) 접수보기
 [W](#) 문서등록
 [D](#) 문서삭제
 [Q](#) 문서검색
 [H](#) 이력보기
 [M](#) 메인

그림 3 접수보기 화면

1) 검토요청

검토요청 항목의 접수보기 표기방법은 설계문서 검토 및 승인관련 엔터티의 Work Action과 Work Status가 예비검토요청은 Work Action이 FOR_WREVIEW 이면서 Work Status가 S인 경우, 내부검토요청은 Work Action이 FOR_REVIEW이면서 Work Status가 S인 경우, DDA 검토요청은 Work Action이 FOR_DDA이면서 Work Status가 S인 경우, DDA Resolution은 Work Action이 FOR_RESOLUTION이면서 Work Status가 S인 경우, 문서승인요청은 Work Action이 FOR_APPROVE이면서 Work Status가 S인 경우를 확인하여 접수보기 모듈에 나타내도록 하였다. 검토요청시 접수보기 목록은 접수내용, Document ID, 요청자, Job status, Return Count, 발신일, 요청일, 검토자, Comment Status, 파일수, 표지, 내용, 의견 및 송부, 배포 또는 이력 등의 정보를 포함하고 있으며, 검토요청일 기한이 경과되었을 경우는 요청일을 빨간색으로 변경시켜 요청일 기한이 경과되었음을 검토자가 쉽게 판별할 수 있도록 하였다. Comment Status는 예비검토요청인 경우는 Req-W, 내부검토요청인 경우는 Req-I, DDA 검토요청일 경우는 Req-D, 승인요청일 경우는 Req-A 등으로 표시하고, DDCC에서의 문서배포인 경우는 Dist로 표시한다.

2) 검토회신

접수보기 내에서의 검토회신 표기방법은 설계문서 검토 및 승인관련 엔터티의 Work Action과 Work Status가 예비검토회신은 Work Action이 REVIEWED_W이면서 Work Status가 Y인 경우, 내부검토회신은 Work Action이 REVIEWED이면서 Work Status가 Y인 경우, DDA 검토회신은 Work Action이 DDA_RETURNED이면서 Work Status가 Y인 경우, 문서승인회신은 Work Action이 APPROVED이면서 Work Status가 Y인 경우를 확인하여 접수보기 모듈에 나타내도록 하였다. 검토회신 내용은 검토요청시와 유사한 목록으로 관리되며, 접수내용, Document ID, 요청자, Job Status, Return Count, 발신일, 회신일, 검토자, Comment Status, 파일수, 표지, 내용, 의견보기 등의 정보를 포함하고 있다. Comment Status는 예비검토, 내부검토, 승인요청일 경우는 Wait, Yes-A, Yes-C, None 중에서 하나의 값을 가지며 Wait는 대기상태, Yes-A는 검토의견 있으면서 승인, Yes-C는 검토의견 있으면서 기각, None은 검토의견이 없음을 의미한다. DDA 검토회신인 경우는 Wait, Yes-E, Yes-R, None, Res., Agree, Reject 중에서 하나의 값을 가지며 Wait는 대기상태, Yes-E는 검토의견이 1건 이상 있으면서 Editorial Comment로 접수되었을 경우, Yes-R은 검토의견이 1건 이상 있으면서 Comment Resolution Required로 접수되었을 경우, None은 검토의견이 No Comment로 처리되었을 경우, Res.는 Resolution이 요청되었을 경우, Agree는 Resolution이 승인으로 완료된 상태, Reject는 Resolution이 기각으로 완료된 상태를 의미한다. Wait는 검정색으로 표현하며 Yes-C, Yes-A, Yes-E, Yes-R, None, Res, Agree, Reject는 처음 회신되었을 경우에만 빨간색으로 표현하여 요청자가 검토의견이 회신되었음을 쉽게 알수 있도록 하였고, 요청자가 회신된 내용을 확인하면 파란색으로 변경되도록 구현하였다.

3) 설계문서 접수 및 배포

설계문서 접수 및 배포는 설계문서 문서승인이 완료된 후에 사업부 접수담당자가 설계문서보관 주관부서인 DDCC로 송부하게 되면 DDCC 접수담당자의 접수보기 메뉴에 DDCC 접수항목으로 보여진다. 설계문서 접수담당자가 해당문서의 처리버튼을 누르면 DDA 검토를 수행하였던 분야책임자 및 사업부 접수담당자에게 자동으로 배포되며, 접수자는 분야내에서 내부 배포를 하거나 내부배포없이 확인하여 접수보기에서 삭제할 수 있다.

4.2 문서등록

설계문서 인덱스 등록은 사업종류 (중소사업, 원전사업)와 문서발행종류 (초기등록, 개정등록)에 따라 인덱스 등록항목 선택이 다르며, 원전사업초기등록, 중소기업초기등록, 모든문서개정등록 등 3개 항목으로 구성하였고, 인덱스 등록시 설계문서파일 및 개정내용도 동일화면에서 등록하도록 구성하였다. 문서등록 입력화면 중 원전사업초기등록 화면을 그림 4에 나타내었다.

1) 원전사업 초기등록

원전설계문서를 신규로 등록하는 경우 사용하며, Project No, Function No, Type No, System No, Revision No, DDS No, 설계자, 작성일, Title, PNS No, Activity, Safety Class, Verification Status, Verification Method, Issue Status, 독립검토자, 공동설계자, 소분야책임자, 분야책임자, 설계처장, 사업책임자, ALARA Check, RPE Check, 전자결재여부, Keyword, 참조내용 등 전자결재시 필요한 인덱스를 입력한다. Safety Class는 선택결과에 따라 Verification Status, Verification Method, 독립검토자를 입력하도록 하였으며, DDS Status가 1이면서 Safety Class가 Safety-Related인 경우는 반드시 독립검토자를 등록하여야 한다. ALARA Check는 YES 값을 선택하였을 경우 DDA 과정시 ALARA 검토부서에서 반드시 ARARA Checklist를 작성하여야 하며, RPE Check는 선택값에 따라 승인과정에서 RPE와 KEPIC 인증자를 선택할 수 있도록 하였다. 설계문서가 신규문서로 등록되었을 경우는 Revision Number는 기본적으로 00가 선택되도록

설계문서 초기등록 - 사용자(미익립) - Microsoft Internet Explorer

파일(F) 편집(E) 보기(V) 즐겨찾기(B) 도구(T) 도움말(H)

설계문서 인덱스를 입력하시기 바랍니다.

▶ Project No.		▶ Function No.		▶ Type No.		▶ System No.	
▶ Revision	00	▶ DDS(DPL)	3	▶ 설계자	미익립	▶ 작성일자	2000.09.21
▶ Title						▶ Activity	
						▶ PNS	
▶ Safety Class	<input checked="" type="radio"/> Safety-Related <input type="radio"/> Non-Safety-Related		▶ 용도		<input checked="" type="radio"/> Internal Issue <input type="radio"/> External Issue		
▶ Verification Status	<input type="radio"/> Complete <input type="radio"/> Incomplete <input checked="" type="radio"/> None		▶ 공동설계자		▶ 독립검토자		
▶ 설계확인방법	<input type="radio"/> Design Review <input type="radio"/> Alternate Calculation - Copy Attached <input type="radio"/> Qualification Test - Test Report No. <input checked="" type="radio"/> None						
▶ 소문아책임자		▶ 문아책임자	조광희	▶ 설계처장		▶ 사업책임자	
▶ ALARA Check	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No		▶ RPE Check		<input type="radio"/> RPE <input type="radio"/> KEPIC <input checked="" type="radio"/> None		
					▶ 전자결재 <input checked="" type="radio"/> 적용 <input type="radio"/> 비적용		
▶ Keyword							
▶ 참조내용							

주 1) ▶ 표시항목은 반드시 입력하여야 합니다.
 2) Safety Class가 "Safety-Related" 문서인 경우는 반드시 독립검토자를 입력하여야 합니다.
 3) 입력된 내용은 [등록/수정]버튼을 선택하여야 저장할 수 있습니다.

등록 종료

개정내용등록 첨부파일등록

그림 4 문서등록 입력화면

하였으며, 필요시 다른 Revision Number를 선택할 수 있도록 하였다. 또한, 설계문서를 개정문서로 등록할 경우 선택할 수 있는 대상문서는 설계자가 처리 완료한 설계문서중 최신의 Revision Number를 가진 문서로 제약되어 있으며, 입력화면의 Revision Number는 자동으로 다음 개정번호로 변경되도록 하였다. 동일한 설계문서의 Revision Number가 순차적으로 입력되지 않았을 경우 오류 메시지를 보내 수정하도록 하였으며, 기 등록된 설계문서가 입력되었을 경우는 저장할 수 없도록 하였다. 설계문서 개정은 현재 진행중에 있는 문서에 대하여는 수행할 수 없도록 하였다. 인덱스 수정은 Job Status가 WORKING, W-FINISH, I-FINISH, D-FINISH, A-FINISH일 경우에 가능하다.

2) 중소기업 초기등록

원전설계사업이 아닌 중소기업 설계문서를 신규로 등록하는 경우에 사용하며, 인덱스 입력은 원전설계사업과 유사하나 Document Number를 임의로 입력할 수 있도록 하였다. 또한, QA를 적용받는 문서가 아닐 경우 해당내용이 없으면 XX나 N/A 값을 선택할 수 있으며, Revision 관리사항이나 인덱스 수정사항은 설계문서초기등록의 경우와 동일하다.

3) 모든사업 개정등록

원전사업 설계문서 및 중소기업 설계문서의 개정은 현재 진행중인 사업에서 설계자가 처리 완료한 문

서중 개정번호가 가장 최신문서이면서, Job Status가 ISSUED로 되어 있는 문서중에서 선택하여 수행할 수 있도록 하였으며, 설계자가 처리한 문서가 아닌 문서를 개정할 경우는 개정할 문서를 검색하여 개정을 할 수 있도록 하였다. 개정문서 등록화면은 입력항목의 내용중 Revision Number를 1 증가시킨 것을 제외하고는 모두 개정 이전의 인덱스 내용이 나타나며, Project No, Type No, System No, Function No, Document No, 설계자는 수정할 수 없도록 하였다.

4) 설계문서 파일등록

설계문서 파일등록관련 프로시저는 등록, 수정, 삭제모듈로 구성되어 있으며, 등록시에는 PC 파일명 및 데이터베이스에서 관리할 파일명을 입력하도록 하였다. 한번 등록된 데이터베이스 파일명은 PC 파일이 다른 파일이라 하더라도 동일한 데이터베이스 파일명으로 등록하면 중복된 파일로 간주하여 추가등록을 할 수 없다.

5) 설계문서 개정내용 등록

설계문서 개정내용 관리 프로시저는 개정내용 등록, 수정, 삭제모듈로 구성되어 있으며, 개정내용 등록 화면에는 Revision Number, Revision Date, Section Page, Reason for Revision, DDS Number를 입력하도록 하였다. 설계문서 인덱스 등록이 초기등록인 경우는 Revision Number와 DDS Number를 선택하여 입력하도록 하였으나, 개정등록인 경우 Revision Number는 인덱스로부터 값을 받아 자동으로 설정되고 DDS Number는 선택하여 입력하도록 하였다. 또한, 동일 설계문서에 한하여 개정내용이 한건이상 등록되었을 경우는 Revision Number, DDS Number는 자동으로 선택되어 수정할 수 없도록 하였으며, Revision Date는 설계문서가 발행되는 시점에 최종 승인자의 승인일로 자동 변경되도록 하였다.

4.3 문서배포

문서배포는 예비검토, 내부검토, DDA 검토, 문서승인 등 4가지 모듈로 구성되어 있고, 설계자가 문서배포를 수행할 수 있는 완성된 설계문서가 존재할 때, 즉 예비검토는 문서등록 완료후, 내부검토는 예비검토 완료후 또는 문서등록 완료후, DDA 검토는 내부검토가 완료된 후, 문서승인은 DDA 검토 완료후에 수행할 수 있도록 하였다.

1) 예비검토

예비검토는 설계문서 인덱스 등록이 완료된 문서에 대하여 Document Status가 F이면서 Job Status가 WORKING이고, 적어도 설계문서 파일 및 개정내용이 1건 이상 등록되어 있어야 예비검토를 할 수 있는 대상이 된다. 예비검토는 설계자가 필요시 분야내 검토를 받기 위한 것으로 검토자를 선택하면 동시에 배포되어 검토과정이 이루어진다.

2) 내부검토

내부검토는 예비검토가 완료된 설계문서 또는 Document Status가 F이면서 Job Status가 WORKING이고 적어도 설계문서 파일 및 개정내용이 1건 이상 등록되어 있는 설계문서중에서 선택이 가능하다. 내부검토 진행순서는 예비검토와는 달리 검토자 입력순서에 따라 순차적으로 검토과정이 이루어지게되며, 독립검토자, 소분야책임자 입력은 옵션이나 분야책임자는 반드시 입력해야 한다. 이때, 독립검토는 해당문서의 설계확인(Independent Review)이 필요한 경우에만 적용하고, 분야내 직원중에서 독립검토자를 선택한다.

3) DDA 검토

DDA 검토는 내부검토에서 마지막 배포된 분야책임자의 Work Status가 F 또는 PF이면서 설계문서의 Job Status가 I-FINISH인 경우 배포할 수 있는 조건이 된다. DDA 검토에서 설계문서 및 검토요청일을 입력

하면 DDA Distribution 엔티티로부터 설계문서의 검토부서를 추출하여 보여주며, 이때 DDA Distribution 엔티티에 정의되지 않은 검토자들도 추가로 입력할 수 있다. DDA 검토는 모든 검토자의 Work Action을 FOR_DDA, Work Status를 S로 함으로써 검토자가 동시에 검토를 수행할 수 있도록 하였다.

4) 문서승인

문서승인은 설계문서의 Job Status가 D-FINISH이면서 DDA 검토가 모두 완료된 경우 배포할 수 있는 대상이 된다. 문서승인은 내부검토와 유사한 방법으로 진행되며, 독립검토자, 소분야책임자, 분야책임자, RPE/KEPIC 인증자 (RPE/KEPIC 인증문서), 설계처장(필요시 선택), 사업부 접수자 순으로 진행되도록 하였고, 사업부 접수자는 사업부서내 내부승인 워크플로를 만들어 배포해야 하며, 설계문서가 사업책임자의 승인을 득해야 하는 경우 반드시 사업책임자를 선택하도록 하였다. 문서승인 과정이 진행되는 경우 Job Status가 A-ROUTING으로 변경되며, 사업부 접수자가 설계문서를 설계문서 보관부서인 DDCC로 송부할 때 Job Status가 APPROVED로 변경된다.

4.4 문서검색

전자결재과정이 완료된 문서는 Job Status가 ISSUED로 변하여 데이터베이스에 저장되며, 사용자들은 문서검색모듈에서 검색할 수 있다. 검색은 Project, Document ID, Title, 설계자, 작성일 중 하나 이상의 검색조건을 입력해야 하며, 검색결과는 No, Document ID, Title, 설계자, 작성일, Job Status, File 수, 선택사항 (표지, 내용, 이력)을 목록으로 제공한다. 목록은 웹브라우저의 캐쉬용량을 고려하여 페이지당 10줄씩 순차적으로 보여주도록 구현하였다. 문서검색의 한 예는 그림 5와 같다.

그림 5 설계문서 검색화면

4.5 이력보기

설계문서 이력보기는 설계자 본인의 문서중 승인되지 않은 문서와 다른 설계자의 문서중 DDA 검토를 수행한 문서에 대해 배포이력을 확인할 수 있으며, 이력내용은 설계문서의 전자결재과정에서 발생하는 예비검

토, 내부검토, DDA 검토, 문서승인에 이르는 전 과정의 요청자, 발신일, 요청일, 검토자, 회신일, 검토의견 상태, 검토의견내용 등을 확인할 수 있다. 이력보기 화면의 한 예를 그림 6에 나타내었다.

설계문서 이력검색 - 사용자(최운재) - Microsoft Internet Explorer

파일(F) 편집(E) 보기(V) 출력하기(S) 도구(T) 도움말(H)

N0797-FS-DR210-A-00-3 [A-ROUTING]

No.	요청내용	Route No.	요청자	발신일	요청일	검토자	회신일	Work St.	승인여부	Comment
1	내부승인	A1-1	최운재	2000.06.15	2000.06.15	문석정	2000.06.16	완료	승인	N/A
2		A1-2	최운재	2000.06.15	2000.06.15	백세진	2000.06.19	완료	승인	N/A
3		A1-3	정석환	2000.07.05	2000.06.15	오혁성	2000.07.05	완료	기각	의견보기
4		A1-3	최운재	2000.06.15	2000.06.15	정석환	2000.07.05	완료	승인	N/A
5		A2-1	최운재	2000.07.06	2000.07.08	설영실	2000.07.15	완료	승인	의견보기
6		A2-2	최운재	2000.07.06	2000.07.08	문석정		진행중	-	
7		A2-3	최운재	2000.07.06	2000.07.08	백세진		대기중	-	
8		A2-4	최운재	2000.07.06	2000.07.08	정석환		대기중	-	
9	DDA검토	D1-1	최운재	2000.06.05	2000.06.08	문석정	2000.06.07	완료	DDA-Editorial	의견보기
10		D1-2	최운재	2000.06.05	2000.06.08	백세진	2000.06.07	완료	DDA-Editorial	의견보기
11		D1-3	황해룡	2000.06.07	2000.06.07	배철준	2000.06.07	완료	VOID	N/A
12		D1-3	최운재	2000.06.05	2000.06.08	황해룡	2000.06.07	완료	DDA-Resolution	의견보기
13		D1-4	최택상	2000.06.07	2000.06.07	문기석	2000.06.07	완료	DDA-Editorial	의견보기
14		D1-4	최택상	2000.06.07	2000.06.07	장병일	2000.06.08	완료	VOID	N/A
15		D1-4	최운재	2000.06.05	2000.06.08	최택상	2000.06.08	완료	DDA-Resolution	의견보기
16		D1-5	송희갑	2000.06.05	2000.06.07	배재현	2000.06.07	완료	DDA-Editorial	의견보기
17		D1-5	최운재	2000.06.05	2000.06.08	송희갑	2000.06.07	완료	DDA-None	N/A
18		D1-6	김은기	2000.06.07	2000.06.07	박성찬	2000.06.08	완료	DDA-Resolution	의견보기
19		D1-6	최운재	2000.06.05	2000.06.08	김은기	2000.06.12	완료	DDA-Resolution	의견보기
20		D1-7	최해운	2000.06.08	2000.06.07	김석봉	2000.06.08	완료	DDA-None	의견보기
21		D1-7	최운재	2000.06.05	2000.06.08	최해운	2000.06.09	완료	DDA-None	의견보기
22		D1-3 Res.	최운재	2000.06.08	2000.06.11	황해룡	2000.06.08	완료	승인	의견보기
23		D1-4 Res.	최운재	2000.06.08	2000.06.11	최택상	2000.06.12	완료	승인	의견보기
24		D1-5 Res.	김은기	2000.06.14	2000.06.16	박성찬	2000.06.15	완료	승인	N/A
25	D1-5 Res.	최운재	2000.06.13	2000.06.16	김은기	2000.06.15	완료	승인	의견보기	

그림 6 이력보기 화면

5. 결론

인터넷과 전자상거래가 보편화 되고 있는 시점에 원자로계통설계분야에서도 인터넷을 이용한 원격지 공동 설계를 목표로 설계문서파일을 첨부한 전자결재 방식의 설계전산시스템을 개발하였다. 시스템 구축을 위한 업무흐름은 문서등록에서부터 내부검토, DDA, 문서승인, 접수 등 5단계로 정의하였다. 각 단계별 업무흐름의 정규화과정에서 설계문서인텍스트 엔터티를 비롯한 개정목록 엔터티, 텍스트데이터 엔터티, 첨부파일 엔터티, 검토 및 승인 엔터티, 설계확인 엔터티, RPE/KEPIC 엔터티, ALARA 엔터티, 이력관리 엔터티를 도출하였으

며, 각 엔터티간 연계관계를 적용하여 ERD를 작성하였다. 프로그램은 Oracle 사에서 제공하는 Oracle WebServer 상에서 PL/SQL 언어로 개발하였으며, 프로그램 모듈은 전자결재를 접수하고 검토의견을 송부할 수 있는 접수보기와 원전사업 및 중소기업 설계문서 초기등록, 개정등록을 수행하는 문서등록, 내부검토 및 DDA, 문서승인 과정을 수행하는 문서배포, 전자결재과정이 완료된 설계문서를 검색할 수 있는 문서검색, 그리고 현재 진행중인 문서에 대한 이력검토를 수행하는 이력보기로 구성하였다. 구현된 전산시스템 검증을 위해 각 1개월씩 2차례에 걸친 시범모델 적용 테스트를 실시하였으며, 100여명의 설계자와 관리자가 참여한 가운데 실제 설계시와 동일한 조건하에서 시스템을 검증하였다. 검증결과 시스템 사양이 대체로 만족할 만한 수준이었으며, 검증과정에서 도출된 수정 및 개선사항도 대부분 반영하였다. 본 시스템 구축을 통해 원자로 계통설계의 지난 10여년간 수행된 하드카피 중심의 업무처리단계를 전산화할 수 있게 되었으며, 그 결과 다음과 같은 기대효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

1. 설계문서 및 그와 관련된 근거자료의 전산화에 따른 설계업무의 효율화 및 복사물량 절감
2. 원전 수출에 따른 원격지 국제공동설계시 업무전달 과정의 인적, 시간적 손실비용 감소
3. 설계문서 결재과정에서 등록되는 원본파일 및 각종 검토의견을 데이터베이스화 함으로써 설계데이터의 신뢰성 향상

참고문헌

- 1) Position Paper on Configuration Management Programs (NIRMA PP02-1989)
- 2) Report on Configuration Management in the Nuclear Utility Industry (INPO 87-006), 1987.7
- 3) Design Basis Program Guidelines (NUMARC 90-12), 1990.10
- 4) Fundamental Attributes of a Practical Configuration Management Program for Nuclear Plant Design Control (NUREG/CR-5147)
- 5) Guidelines for Specifying Integrated Computer-Aided Engineering Applications for Electric Power Plants (EPRI NP-5159M), 1987.5, Duke Power Company
- 6) Moon, Chan-Kook etc., Information Management System for KNGR, The 11th KAIF/KNS Annual Conference (1996)
- 7) 김연승 외 4인, NSSS EDB 구축을 위한 방법론적 고찰 (KOPEC/NED/TR/98-009)
- 8) 이화식, 대용량 데이터베이스 솔루션, 1997.5, 대청