2002년 춘계학술발표회 논문집
한국원자력학회

안전심사지원 전문가시스템 개발
Development of Web-based Safety Review Advisory System

김만웅[1], 이헌철[1], 박순옥[1], 이계휘[1], 허균영[2], 이성진[2], 강창무[3], 최성수[2]

[1] 한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 구성동 19번지
[2] 한국과학기술원 원자력공학과 대전광역시 유성구 구성동 373-1
[3] Atomic Energy Technology: 1411 Main Street, Ste. 1, Montara, CA. USA

요 약

본 연구에서는 원전 안전심사를 지원할 수 있는 전문가시스템 개발을 위하여, 필요한 이론적 배경과 실무적 측면의 요구 사항을 수집하고, 이를 토대로 웹 브라우저에서 수행이 가능한 디지털 업무환경을 구현하였다. 우선 안전규제 실무자와의 협의 하에서 전문가시스템의 개발을 위한 일반 기능요건과 상세 기능요건이 정립되었다. 안전심사 전산지원 전문가시스템(Safety Review Advisory System; SRAS)은 이러한 요건에 따라 웹 서버 환경에서 작동되는 업무지원 시스템이다. 원전의 안전심사지침서를 표준화된 형태로 변환하여 데이터베이스에 입력하고, SRAS는 이를 기반으로 안전심사를 진행시킴으로써 사용자는 개개인의 전문 분야 또는 심사 경험의 유무와 관계없이 심사를 수행할 수 있다. SRAS를 이용한 안전심사가 수행되면, 심사의 결과물들은 데이터베이스에 축적되어 향후 심사경험 자료로서 유용하게 활용할 수 있으며 심사 진행 통계 등도 일목요연하게 파악된다. SRAS에서는 사용자 그룹을 최상위 관리자, 프로젝트 관리자, 프로젝트 검토자, 심사자의 4개 그룹으로 분류하고 각 그룹에 적합한 웹 사이트에 대한 접근 권한이 부여되었다. 개발된 프로그램의 기능 설명과 주요 화면을 첨부하였다.

ABSTRACT

For the development of an expert system supporting the safety review of nuclear power plants, the application was implemented after gathering necessary theoretical background and practical requirements. The general and the detail functional specifications were established, and they are investigated by KINS (Korea Institute of Nuclear Safety). The Safety Review Advisory System(SRAS), this application on web-server environment was developed according to the above specifications. Reviews can do their safety reviewing regardless of their speciality or reviewing

experiences because SRAS is operated by the safety review plans which are converted to standardized format. When the safety reviewing is carried out by using SRAS, the results of safety reviewing are accumulated in the database and may be utilized later usefully, and we can grasp safety reviewing progress. Users of SRAS are categorized into four groups, administrator, project manager, project reviewer and general reviewer. Each user group is delegated appropriate access capability. The function and some screen shots of SRAS are described.

I. 서 론

우리 나라의 원전은 1978년 고리 원전이 상업운전을 시작한 이래로 사업자의 효과적인 안전 확보 활동과 규제기관의 공정하고 객관적인 안전규제 수행의 결과로 일반 대중과 환경에 영향을 미칠만한 사고 없이 안전하게 가동 중이다. 그 동안 한국원자력안전기술원에서는 국내 다수 기의 원전에 대한 안전성분석보고서 검토로 이에 대한 상당한 양의 심사경험이 누적된 상태이다. 하지만, 이전 발전소에 대한 질의사항 등 누적된 심사경험이 다음 발전소의 심사에 적절히 이용되고 있지 못하고 있으며, 누적된 심사경험에 대한 지식이 체계화되어 있지 않고 주로 개개인의 전문성에 의존하고 있어 인력의 이동과 신규 인력의 유입 등에 따라 누적된 심사경험 지식의 관리에 문제가 있을 가능성이 있다. 또한 아직 한국원자력안전기술원 내에 심사이력 등의 데이터베이스가 구축되어 있지 않고, 대부분 하드카피 형식의 지침서에 심사를 의존하고 있어 안전심사의 효율성을 저하시키고 있다. 이러한 상황을 감안할 때 체계적인 안전심사 전산지원 전문가시스템이 웹사이트의 형태로 개발되었을 경우 안전심사 분야에서 효율적, 성능적, 속도적 측면에서 기존 업무보다 향상될 것으로 기대된다.

국내 원자력 관련 분야를 살펴보면 경보진단 및 처리, 주요 계통에 대한 고장진단, 운전원 지원 등의 분야에서는 여러 형태의 전산지원 전문가시스템이 개발된 사례를 볼 수 있으나, 안전심사와 관련한 전문가시스템에 대한 연구는 현재까지는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 원전 안전심사를 지원할 수 있는 전문가시스템 개발을 위하여 필요한 이론적 배경과 실무적 측면의 요구 사항을 수집하고, 이를 토대로 웹 브라우저에서 수행이 가능한 프로그램을 개발하고, 이를 한국원자력안전기술원의 안전심사에 활용해 보도록 한다.

II. 현황 분석 및 개발 전략

1. 현황 분석

전술한 바와 같이 원자력과 관련한 많은 분야에서 전문가시스템이 개발되었으나, 안전심사와 관련해서는 국내의 연구 개발 사례는 없으며, 미국의 Sargent & Lundy에서 개발된 SAfety Review Advisor(SARA)가 안전심사와 관련한 거의 유일한 전문가시스템으로 파악되고 있다.

SARA는 원자력발전소의 변화에 대한 10CFR 50.59의 만족 여부 검토를 지원하는 것을 목적으로 개발된 전문가시스템이다. 10CFR 50.59는 사업자가 US NRC의 사전 승인 없이도 특정 상황 하에서 발전소 시설, 운전, 시험 등에 변화를 허용하도록 규정하고 있다. 여기서

말하는 특정 상황이란 해당 변화가 해결되지 않은 안전 문제를 가지고 있는지, 기술지침에 부합하는지 여부를 만족하는 것이다. 구체적으로 SARA는 10CFR 50.59를 만족시키기 위해 작성된 NSAC-125에 제공된 상세한 검토절차들을 규칙화하여 구현한 것으로 지식베이스, 추론기관, 사용자접속부 등으로 구성되어 있다.

이와는 달리 산업체에서 사용되는 각종 절차적인 행위들을 재구성하여 전산화가 가능하도록 만들어주는 전문가시스템 기술을 기반으로 한 시스템으로서 Process Manager가 있다. 이 시스템은 절차를 이용하는 각종 산업체에서 사용될 수 있으나, 원자력에 적용할 것을 목적으로 Sargent & Lundy가 개발했다. C언어를 이용하여 개발되었으며 IF-THEN-ELSE 형식의 규칙베이스를 갖는 규칙기반시스템으로 역방향 추론을 이용하고 있다. Sargent & Lundy에서는 Process Manager를 이용하여 다음과 같은 안전 관련 검토 전문가시스템을 개발하였다.

- FIRE : 화재방어 설계검토
- ADRA : ALARA 설계검토 지원
- DECA : 설계변경 지원
- DEMINXPRT : Demineralizer Operation Troubleshooter
- HEATXPRT : 열출력 감소 진단
- CYCLEXPRT : Cycle Chemistry 진단

2. 개발 전략

① 목표 및 내용

본 연구는 규제기관의 심사자가 사업자가 제출한 안전성분석보고서를 심사할 때, 이를 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하는 안전심사 전산지원 전문가시스템(Safety Review Advisory System; SRAS)을 개발하는 것을 목표로 한다. 따라서 전문가시스템은 심사자가 하드카피 형식의 문서의 도움 없이 심사를 수행할 수 있도록 하며, 안전심사와 관련된 경험적인 지식의 축적, 심사절차의 규칙화, 안전심사 관련 문서의 지능적 데이터베이스화 등을 통해 안전심사의 초보자라 하더라도 효과적인 심사를 수행할 수 있도록 개발되어야 한다.

이를 위해 SRAS에서는 사용자 그룹을 “최상위 관리자”, “프로젝트 관리자”, “프로젝트 검토자”, “심사자” 등 네 개의 그룹으로 분류하였다. 최상위 관리자는 신규 안전심사 프로젝트를 생성하고, 해당 프로젝트의 관리자를 설정할 수 있는 권한을 가진다. 아울러 기존 프로젝트를 수정하거나, 종료된 프로젝트를 삭제할 수 있는 권한도 가진다. 프로젝트 관리자는 자신이 담당한 프로젝트에 실제 투입할 심사자들과 각 심사자가 담당할 심사항목들을 할당하는 기능을 가진다. 아울러 프로젝트에 대해 전체적인 진행 상황을 감독할 수 있는 권한을 가진다. 프로젝트 검토자는 프로젝트 관리자의 권한에서 심사자 관리를 하는 부분을 제외한 것이며, 주요 업무는 각 프로젝트들의 진행 상태나 각 심사자의 업무 진행 상황을 통계하는 것이다. 심사자는 자신이 담당한 심사항목들에 대해 SRAS를 이용하여 상세 검토를 수행하는 업무를 담당한다. 표 1은 사용자 그룹에 따라 구분한 연구 내용을 정리한 것이다. 본 연구는 심사 프로젝트 관리 및 심사경험 축적 등에 적합한 웹 서버 체제를 기반으로 하였으

며, 개발된 안전심사 전산지원 전문가시스템의 원활한 운용을 위해 안전심사지침서를 지식베이스화하는 절차를 확립하였다.

② 기능요건

SRAS의 세 개의 사용자 그룹인 “최상위 관리자”, “프로젝트 관리자”, “프로젝트 검토자”, “심사자”에 대한 기본적인 기능요건은 표 2에 요약되어 있다.

③ 시스템 구조

SRAS의 웹 서버 체제는 최근 가장 일반적으로 개발되는 분산 시스템의 구조를 따르고 있으며, 개략적인 구조는 그림 1과 같다. 클라이언트와 서버로 분리된 시스템은 다수의 사용자가 동시에 다량의 작업을 할 수 있으며, 추후 시스템을 유지 및 보수하는 작업은 서버에서만 수행되므로 효율적인 관리가 가능하다. 이번 연구에서는 한국원자력안전기술원 데이터베이스와의 연계가 필요한 관계로 웹 서버 체제의 핵심이 되는 데이터베이스는 한국원자력안전기술원의 오라클 데이터베이스를 사용하였으며, 웹 서버로는 MS Windows 2000이 사용되었다. 또한 사용자 접속부의 구현을 위해서 웹 페이지를 기술하는 언어로는 ASP(Active Server Page)가 사용되었다.

SRAS의 소프트웨어 구성은 그림 2와 같다. 전문가시스템은 사용자접속부, 데이터베이스 관리 모듈, 추론기관, 지식베이스, 데이터베이스의 5가지 주요 모듈로 구성되어 있다.

- 사용자접속부: ASP로 구현되었으며, 사용자로부터 시스템의 제어, 탐색, 질문에 대한 대답 등을 요구하며, 사용자에게 검토과정, 결과, 관련자료 등을 제시한다. 또한 사용자접속부 모듈은 전문가시스템 전체를 제어하는 역할도 수행하여, 데이터베이스의 관리 및 규칙의 추론을 제외한 디스플레이의 기능은 이 모듈에서 수행된다.

- 데이터베이스 관리 모듈: 상황에 따라 데이터베이스 내의 적합한 데이터들을 사용자접속부로 전달해주는 역할을 수행한다. 데이터베이스에 내장되어 있는 각종 문서 데이터 중 현재 수행하고 있는 검토항목과 관련된 것은 사용자에게 제공하고, 아울러 사용자의 요구에 따라 데이터베이스를 탐색하여 필요한 데이터들도 사용자접속부로 전달해 준다.

- 추론기관: 지식베이스에 저장되어 있는 IF-THEN-ELSE 형식의 규칙들과 질문들, 사용자로부터 입력된 대답, 데이터베이스 내에 저장되어 있는 자료 등을 이용하여 안전심사지침서의 검토절차를 수행하는 모듈이다. 추론기관의 최종 목표는 안전성분석보고서의 해당 항목이 안전심사지침서의 모든 검토절차 항목에 부합하는가를 판단하는 것으로 이를 위해 지식베이스에 내장되어 있는 지식들을 이용해 추론하게 된다.

- 지식베이스: 각 검토항목이 IF-THEN-ELSE 형태로 변환된 규칙과 질문들을 포함하는 의사규칙들, 그리고 해당 검토 항목과 데이터베이스내의 문서 데이터들과의 관계를 나타내는 지식 등이 저장되어 있다.

- 데이터베이스: 여기에 저장되는 데이터들은 그 속성에 따라 영구적 데이터베이스와 동적

데이터베이스에 나뉘어 저장된다. 영구적 데이터란 장시간 변하지 않을 데이터들을 의미하며, 동적 데이터베이스란 데이터가 갱신되는 속성을 가지고 있다.

④ 지식베이스 및 데이터베이스의 구축

SRAS의 오라클 데이터베이스에 저장된 내용에는 크게 두 가지가 있다. 하나는 안전심사지침을 표준화된 형태로 입력해 두고 이를 필요한 경우에 꺼내 사용할 수 있도록 구성된 지식베이스와, 지식베이스를 사용하여 안전심사를 수행하는 동안 안전심사를 보조해 주는 자료를 저장해 놓은 데이터베이스로 나뉜다. 지식베이스는 앞에서 언급한 소프트웨어 구성 요소에서 '지식베이스'에 해당하며 심사 지원 데이터베이스는 '데이터베이스' 요소에 해당된다.

표준화된 방법으로 안전심사 전문가시스템의 지식베이스에 입력하기 위해서는 실제 안전심사지침서의 구성을 살펴보고, 이를 전문가시스템에 적합한 형태로 변환하는 작업이 요구된다. 현재 사용중인 경수로형 원전의 안전심사지침서는 미국 NRC에서 개발한 Standard Review Plan을 기반으로 국내 실정에 맞도록 개발된 것으로서 안전성분석보고서의 심사 에 사용되고 있다. 현재는 중대사고 검토 초안까지 포함하여 총 19장으로 구성되어 있으며, 각 장, 절의 순서는 안전성분석보고서와 일치하도록 되어 있어 안전성분석보고서의 각 항목들의 심사에 대한 지침을 제공하고 있다. 안전심사지침서는 다음의 사항을 기술하고 있다.

- 목차: 장, 절, 항, 목을 나타내는 숫자 배열.
- 제목: 검토하고자 하는 분야에 대한 제목.
- 검토 책임부서: 한국원자력안전기술원내에서 이 항목의 검토를 책임지고 있는 부서. 필요한 경우 이를 지원하는 지원부서도 기술됨.
- 검토분야: 개요 및 고려해야 하는 분야들과 다른 부서와의 협조 등 해당 항목의 검토에 필요한 제반 사항.
- 허용기준: 사업자가 안전성분석보고서의 해당 항목을 작성함에 있어 사용한 값 등의 허용되는 기준.
- 검토절차: 해당 항목의 안전성을 검토하기 위한 절차.
- 검토결과: 검토결과에 따라 검토결과서를 작성할 수 있도록 작성 지침이 주어짐.
- 이행: 본 항목의 심사지침서의 이행방법.
- 참고문헌: 해당 항목에 대한 안전심사지침서를 작성할 때 사용된 참고문헌들의 목록.

SRAS에서는 안전심사지침서의 사항 중에서 전문가시스템 구성의 중심이 되는 검토절차만을 표준화된 형식으로 변환하여 지식베이스화한다. 검토절차는 상위규칙과 하위규칙의 이중 구조를 가지고 있으며, 상위규칙들간에는 논리적인 연결관계가 없는 체크목록 형태를 가지고 있다. 즉, 상위규칙들간에는 전후관계나 논리적인 관계가 제공되지 않고, 서로 독립적으로 검토를 수행할 수 있다. 각각의 상위규칙들은 경우에 따라 다수의 하위규칙들을 가지고 있을 수 있다. 이들 하위규칙들은 상위규칙의 참, 거짓을 판별하기 위한 보다 상세한 질문들을 포함하고 있으며, 하위규칙들 사이에는 논리적인 관계가 있다. 일반적으로 검토자가 하나의 상위규칙에 대해 답변하기 위해서는 논리적인 구조를 가지고 있는 하위규칙들에 먼저 답변을 해야 한다. 만일 검토자가 해당 분야에 깊은 지식을 가지고 있는 경우라면, 하위규칙에 일일이 답변하지 않고도 상위규칙에 대답할 수 있을 것이다. 하지만, 본 연구에서는 해당분

야에 깊은 지식을 가지고 있지 않은 검토자가 검토를 수행한다는 가정 하에 검토자가 모든 하위규칙에 대해 대답을 해야만 최종적으로 상위규칙의 참, 거짓 여부를 판단할 수 있도록 하였다. 그림 3은 상위규칙과 하위규칙간의 구조를 나타내고 있다. 그림 3에서 보듯이 상위규칙 1과 상위규칙 2는 각각 4개의 하위규칙들을 가지고 있다. 어떤 상위규칙들은 하위규칙을 가지고 있지 않은 경우도 있고, 단일 또는 다수의 하위규칙을 가지고 있는 상위규칙들도 있다. 이러한 이중적인 구조를 가지고 있을 경우 검토를 수행하면 다음과 같은 장점이 있다.

○ 상위규칙들간에는 논리적인 관계가 없기 때문에 어떤 상위규칙에 답변을 하지 않은 상태에서 다른 상위규칙에 대한 검토를 수행할 수 있다.

○ 상위규칙에 대한 하위규칙들이 있으므로, 하위규칙들에 대한 답변을 통해 상위규칙에 대한 답변을 결정할 수 있다.

○ 규칙들간의 논리 관계가 부분적이어서 지식베이스의 수정, 추가, 삭제가 비교적 용이하다. 실제로 이 부분은 한국원자력안전기술원의 안전성분석보고서 심사 지식의 체계화 및 지식베이스화에 있어서 유용하게 활용될 것으로 보인다.

안전심사시 필요한 관련 문서들을 적절한 때에 제시하는 기능을 지원하기 위하여 필요한 문서에는 어떤 것이 있는지 파악되었으며, 이들은 '데이터베이스'라 칭하는 요소로 SRAS 내에 구성되었다. 안전심사지침서의 참고문헌을 분석하여 검토를 수행하는데 참고로 사용되는 문서의 목록을 도출하면 다음과 같다.

- 원자력법
- 원자력법 시행령
- 원자력법 시행규칙
- 과학기술부 고시
- 기타 국내 자료(지형도, 통계 자료, 논문, 저서, 보고서)
- 10CFR
- Regulatory Guide
- NUREG
- Code and Standard(ANSI, ASME, ANS)
- 기타 자료(Technical notes, 논문, 미국 정부 자료, 보고서)
- 안전심사지침서(검토분야, 허용기준, 검토결과, 이행)
- 안전성분석보고서(현재 검토를 진행중인 안전성분석보고서는 제외)
- 이전 발전소에 대한 질의 및 답변 사항

SRAS에서는 검토자가 안전심사지침서의 해당 항목을 검토하면서 필요한 문서를 보기를 원할 경우에, 직접 그 문서로 접근할 수 있도록 설계되었다. 이를 위해서 각 안전심사지침서의 참고문헌 목록을 지식베이스에 포함시키고 이를 데이터베이스와 연결시켰다.

III. 소프트웨어 개발

개발된 프로그램은 한국원자력안전기술원의 오라클 데이터베이스와 연결된 웹 서버에 접속된 환경에서 웹 브라우저를 통해 작동할 수 있도록 구현되었다.

1. 최상위 관리자용 프로그램

최상위 관리자는 심사에 직접 참여하는 사람은 아니지만, 심사에 참여하는 사람 및 심사의 대상이 되는 프로젝트를 관리하는 제반 기능을 수행할 수 있는 권한을 가진다. 최상위 관리자를 위한 기능은 그 목적에 따라 두 개의 프로그램에 분산되어 있다. 첫 번째는 심사 프로젝트, 심사대상 안전성분석보고서, 심사자를 등록/수정/삭제하는 기능을 가지고 있는 최상위 관리자용 프로그램이며, 두 번째는 안전심사지침서의 지식베이스를 오라클 데이터베이스로 업로딩하는 작업을 하는 지식베이스 생성 프로그램이다. 그림 4는 최상위 관리자용 프로그램의 화면(사용자 관리가 선택된 화면)이며, 그림 5는 심사할 프로젝트를 새로 등록하는 모습이다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 각 기능은 메뉴 및 버튼으로 제공되어 있다. 주화면에서는 현재까지 등록되어 있는 프로젝트에 대한 정보가 표시된다. 각 메뉴의 구성 및 기능은 다음과 같다.

- 사용자관리: 이 메뉴는 SRAS를 사용하는 모든 사용자에 대한 로그인 아이디 및 암호를 발급하고, 사용자에서 제외된 아이디는 삭제할 수 있는 기능을 갖는다. 단, 기존에 심사수행의 경험이 있는 사용자는 삭제할 수 없다. 또한 현재까지 등록된 모든 사용자의 목록을 볼 수 있는 기능이 제공된다.

- 발전소/심사대상관리: 이 메뉴는 모든 심사관련 발전소 및 심사대상의 설정을 다루는 기능을 제공한다. 새롭게 추가되는 발전소를 생성하고, 더 이상 관련이 없는 발전소를 삭제하는 기능을 가지고 있다. 기존에 심사가 수행된 경험이 있는 발전소는 삭제할 수 없다. 발전소와 마찬가지로 심사대상도 새롭게 생성하거나 삭제할 수 있는 기능을 제공한다. 심사대상으로는 일반적으로 예비안전성분석보고서와 최종안전성분석보고서가 해당된다. 기존에 심사경험 기록이 있는 심사대상은 삭제할 수 없다.

- 추가: 이 기능은 이미 등록된 발전소/심사대상, 심사자를 중심으로 새로운 프로젝트를 생성하는 기능을 갖는다. 추가기능을 선택했을 때 제공되는 화면은 그림 5와 같다. 최상위 관리자는 프로젝트명을 입력할 수 있으며, 프로젝트 관리자는 이미 등록된 사용자 중에서 택일한다. 발전소명과 심사대상도 마찬가지로 이미 등록된 정보에서 선택할 수 있다.

- 수정: 이 기능은 이미 등록된 프로젝트의 정보를 바꿀 수 있는 기능을 가지고 있는데, 프로젝트명은 바꿀 수 없다. 또한 심사기록이 있는 프로젝트에 대해서는 수정이 불가능하다.

- 삭제: 이미 등록된 프로젝트를 삭제하는 기능을 가지고 있다. 그러나 심사기록이 있는 프로젝트에 대해서는 삭제가 불가능하다.

지식베이스 생성 프로그램은 새롭게 구성되었거나 수정된 지식베이스를 오라클 데이터베이

스에 추가하는 기능을 갖고 있다. 이 프로그램은 최상위 관리자만이 사용할 수 있으며, 데이터베이스 시스템과 직접적으로 연결되어 있으므로 프로그램의 구동에는 사용자의 확인 절차가 필요하다. 그림 6은 지식베이스 생성 프로그램의 작동 모습이다. 지식베이스 생성 프로그램은 크게 '파일 지정' 방식과 '디렉토리 지정' 방식이 있는데, 한두 개 정도의 지식베이스를 수정하는 경우에는 '파일 지정' 방식으로 빠르고 간단하게 작업을 수행하며 다량의 지식베이스를 추가하거나 바꾸는 경우에는 '디렉토리 지정' 방식이 용이하다. 지식베이스가 데이터베이스에 업로드되는 동안에 화면의 상단부분에는 변환되어 처리중인 지식베이스의 내용이 표시되며, 하단부분은 지식베이스 파일의 간략한 정보와 함께 변환과정 중에 오류가 있다면 이를 알려주는 역할을 한다. '읽기 전용' 버튼은 '파일 지정' 방식에서만 보여지며, 기능은 해당 지식베이스 파일의 원본의 내용을 사용자에게 보여준다.

2. 프로젝트 관리자, 검토자, 심사자용 프로그램 개발

SRAS의 사용자 그룹 중에서 프로젝트 관리자와 일반 심사자는 자신의 권한에 부여된 작업만을 수행할 수 있도록 SRAS는 구성되었다. 즉 프로젝트 관리자는 1) 자신이 일반 심사자가 되어 자신에게 할당된 안전심사를 수행할 수도 있으며, 2) 다른 심사자가 수행한 작업내용을 검토하고, 3) 자신이 관리자로 있는 프로젝트의 심사 진행상황을 나타내는 통계 정보를 확인할 수 있다. 프로젝트 검토자는 프로젝트 관리자의 업무중 1), 3)을 수행할 수 있다. 일반 심사자는 자신에게 할당된 심사절차만을 수행할 수 있다. 프로젝트 관리자와 일반 심사자의 구분은 로그인할 때, 최상위 관리자가 입력한 데이터베이스의 정보를 이용하여 수행된다.

그림 7은 프로젝트 관리자 및 심사자용 프로그램의 초기 메뉴들을 나타내고 있다. SRAS의 대표적인 주요 기능과 관련한 메뉴의 구성은 다음과 같다.

- 상위메뉴: '안전심사지침탐색'(키워드별, 참고문헌별 안전심사 지침서 탐색 기능), '심사자료검색'(심사가 완료된 업무들을 참고하기 위한 검색기능), '심사통계'(사용자별, 프로젝트별 심사 업무 현황), '심사자관리'(담당 프로젝트에서 심사자에게 업무 할당이나 업무 삭제 기능), '도움말'(웹 사이트 사용에 대한 전체적인 도움말 지원), '로그아웃'(화면 접근 권한 반환 기능)의 메뉴들이 나열되어 있다. 각 사용자 등급별로 이 메뉴에 나오는 기능들이 다르게 나타난다.

- 정보메뉴: 이 메뉴는 화면 하부 왼쪽에 위치하는데, 접속한 사용자의 정보와 현재 작업 위치를 알려준다. 또한 심사항목을 검토하고 있는 경우에는 해당 심사항목에 대한 간략한 정보 및 이전의 작업 진행 상황을 간략히 보여준다. 참고문헌, 심사결과, 심사메모, 심사질의에 대한 기능 버튼들이 있다.

    - 참고문헌: 이 메뉴는 다시 원자력법, 원자력법 시행령, 원자력법 시행규칙, 과학기술부 고시, 표준안전심사지침, 10CFR, NUREG, Reg. Guide 등의 하부 메뉴로 구성되어 있으며 검토항목이 선택되기 전에는 활성화되어 있지 않는 상태이기 때문에 사용자는 선택할 수 없다. 검토항목이 선택되면, 이 하부메뉴 중에서 그 검토항목과 관련이 있는 문서가 자동으로 활성화되어 선택할 수가 있게 되며, 검토항목과 관련이 있는 문서들을 선택하여 그 내용을 웹 브라우저를 통해 볼 수 있다.

- 심사결과: 사용자가 검토를 완료했을 때 그 결과를 보여주기 위한 메뉴이다. 지우기 기능은 현재 표시된 심사결과를 지우는 기능을 갖는다.
- 심사질의: 질의서 생성은 검토중 사용자가 입력한 질의 내용을 모아서 텍스트 파일로 만들어 주는 기능이다.
- 심사메모: 검토중 사용자가 입력한 심사메모의 내용을 텍스트 파일로 만들어 준다.

- 심사화면: 이전에 개발되었던 SRAS에서는 하위규칙별로 심사자에게 제공되어 전체적인 업무 흐름에 대한 파악이 힘들었던 단점을 극복하기 위해 간략화를 중점적으로 고려하여 설계된 화면이다. 화면에서 보면 중요하게 다루어져야 하는 상위규칙들이 보이며 하위규칙은 업무 흐름에 따라 자동 혹은 수동적으로 표시된다. 각 규칙별로 사용자는 추가의견을 저장할 수 있으며 질문에 대한 답변이 이루어지며 데이터베이스에 저장되고 동시에 추론기관에 의해 다음 업무를 수행할 수 있게 된다. 추가의견에 텍스트 이외에 그림이나 도표 같은 내용이 있을 경우에는 해당 파일을 첨부시킬 수 있다. 심사 업무를 종료하려고 할 경우에는 정보메뉴에 있는 '닫기' 버튼을 눌러 지금까지 심사된 업무시간을 데이터베이스에 갱신하게 된다.

사용자가 검토할 항목을 선택한 후에 제공되는 화면은 그림 8과 같다. 사용자는 이 대화상자를 이용해서 지정한 검토항목에 대한 검토를 수행하게 된다. 그림 8에서 검토항목 부분에는 사용자가 선택한 검토항목의 제목이 도시된다. 책임부서 부분에는 이 항목의 검토를 책임지고 있는 부서의 이름이 표시되며, 지원부서에는 이 항목의 검토를 지원하는 부서의 이름들이 표시된다. 지원부서는 하나 이상이 될 수 있다.

그림 8에서 "[*.0]"이라고 지정된 구역이 상위규칙에 해당하는 질문을 표시하는 구역이며, "[*.*]"이라고 지정된 구역이 하위규칙에 해당되는 질문이 표시되는 구역이다. 사용자는 상위규칙 또는 하위규칙 중 하나에 대해서만 대답할 수 있다. 즉, 어떤 검토규칙에 상위규칙이 있고 이에 포함되는 하위규칙들이 있을 때, 프로그램은 사용자가 우선 하위규칙들에 먼저 대답할 것을 요구한다. 즉, 하위규칙들에 대답을 하지 않으면, 상위규칙에는 대답할 수 없다. 화면 하단의 설명 구역에는 현재 시스템이 대답을 요구하고 있는 규칙에 대한 설명이 도시된다. 사용자는 해당 질문을 읽고 해당 질문 구역 오른쪽에 있는 '예', '아니오', '무시', '보류'의 중 하나의 답변을 이용할 수 있다.

상위규칙의 경우에는 체크목록 구조를 가지고 있기 때문에 사용자의 답변과 관계없이 순차적으로 상위규칙들이 도시된다. 하위규칙의 경우에는 '예'나 '아니오'를 선택함에 따라 그에 알맞는 다음 규칙들이 실행된다. 하위규칙에 대답할 때 '무시'를 선택하면 바로 다음의 규칙이 실행된다. '무시'는 심사 상황에 비추어 해당 질문이 관련이 없는 경우에 선택된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구를 통해 원전의 안전심사를 지원할 수 있는 전문가시스템이 개발되었다. 본 전문가시스템의 개발을 위해 먼저 일반 기능요건과 상세 기능요건이 정립되었으며, 이러한 기능요건들은 한국원자력안전기술원의 검토를 받아 확정되었다.

본 연구를 통해 개발된 SRAS는 웹 서버 체제하에서 운용될 수 있도록 구현되었다. SRAS를 이용한 심사의 결과물들은 데이터베이스에 축적되어 향후 심사경험 자료로서 유용하게 활용할 수 있으며, 또한 프로젝트 관리자나 프로젝트 검토자가 심사 진행 통계 등도 일목요연하게 파악할 수 있다. SRAS에서는 사용자 그룹을 최상위 관리자, 프로젝트 관리자, 프로젝트 검토자, 일반 심사자 등 4개의 그룹으로 분류되었다. 최상위 관리자는 프로젝트의 생성 기능과 심사대상 발전소, 심사대상 안전성분석보고서 및 심사자 등의 등록 기능을 담당하도록 하였다. 프로젝트 관리자는 자신이 담당한 프로젝트에 투입될 심사자들과 각 심사자가 담당할 심사항목들을 할당해주는 기능 및 프로젝트에 관한 심사통계 등을 감독하는 기능 등을 담당하도록 하였다. 프로젝트 검토자는 프로젝트와 사용자들에 대한 심사통계등을 감독하는 기능을 담당한다. 마지막으로 심사자는 자신이 담당한 심사항목들을 안전심사 전산지원 전문가시스템을 이용해 체계적으로 심사하는 기능을 담당하도록 되어 있다. 안전심사절차를 표준화된 형태로 변환하여 데이터베이스에 입력한 지식베이스는 경수로형 원전의 안전심사지침서가 대상이 되었다.

참고문헌

1. Lawrence Peters, Advanced Structured Analysis and Design, Prentice-Hall International Editions, 1988.
2. 차세대원자로 기술개발(I), 노형평가기술 제 14권, 설계정보관리 전산 프로그램 개발, 한국전력공사 기술연구원 KRC-92N-J11, 1994.
3. Code of federal regulations 10 parts 0 to 50, The Office of the Federal Register National Archives and Records Administration, 1994.
4. 경수형원자력발전소 안전심사지침서 제1권-제5권, 한국원자력안전기술원 한국원자력안전기술원 -G-001, 1992.
5. SARA The Safety Review Advisor Programmer's Manual Version 1.0, EPRI RP3002-1, 1991.
6. J. S. Brtis, “SARA: An Expert System for Assisting in Safety Reviews”, ANS Winter Meeting, 1991.
7. J. S. Brtis and A. C. Dickson, “Process Manager: A Key to Computer Automation Process Reengineering,” Sargent & Lundy Nuclear Generation Conference, 1994.

표 1. 안전심사 전산지원 전문가시스템 연구개발 내용

연구 항목	세부 연구 내용
안전심사 전산지원 전문가시스템의 기능요건 정립	- 최상위 관리자용 프로그램 기능요건 정립 - 프로젝트 관리자 및 심사자용 프로그램 기능요건 정립
안전심사 전산지원 전문가시스템의 클라이언트-서버 체제 구축	- 개발 언어 및 데이터베이스 결정 - 전문가시스템 구조 설계
안전심사 전산지원용 지식베이스 구축	- 안전심사지침서 규칙화 체계 절차화 및 Prototype 지식베이스 구축
최상위 관리자용 프로그램 구현	- 프로젝트 생성기능 구현
프로젝트 관리자, 검토자, 심사자용 프로그램 구현	- 프로젝트 관리기능 구현 - 검토기능 구현 - 기록기능 구현 - 탐색기능 구현 - 통계기능 구현

표 2. 안전심사 전산지원 전문가시스템 기능요건

구분	기능요건	비고
최상위 관리자용	○ 심사 프로젝트를 생성/수정/삭제할 수 있는 기능 ○ 심사대상 발전소 및 안전성분석보고서를 등록/삭제할 수 있는 기능 ○ 심사자를 등록/삭제할 수 있는 기능 ○ 지식베이스를 업로드할 수 있는 기능	지식베이스 업로드는 별도의 프로그램으로 개발됨
프로젝트 관리자용	○ 프로젝트 관리자가 프로젝트에 참여할 심사자들 및 각 심사자가 담당할 안전심사지침서의 심사항목들을 할당할 수 있는 기능 ○ 프로젝트 관리자가 프로젝트별/심사자별 심사 진행 상황을 파악할 수 있는 기능	동일한 프로그램에서 프로젝트 관리자용 기능과 심사자용 기능을 할 수 있도록 구성됨
프로젝트 검토자용	○ 프로젝트 관리자가 프로젝트별/심사자별 심사 진행 상황을 파악할 수 있는 기능	
심사자용	○ 제출된 안전성분석보고서를 검토할 수 있는 검토기능 ○ 안전성분석보고서의 검토 결과에 대한 보고서를 생성할 수 있는 기록기능 ○ 원전 각 계통과 관련된 안전심사지침서 및 법령, 지침 등과 관련된 안전심사지침서 등을 사용자의 요구에 의해 탐색, 제시할 수 있는 탐색 기능 ○ 기타 PC용 소프트웨어가 기본적으로 갖추어야 하는 기능	

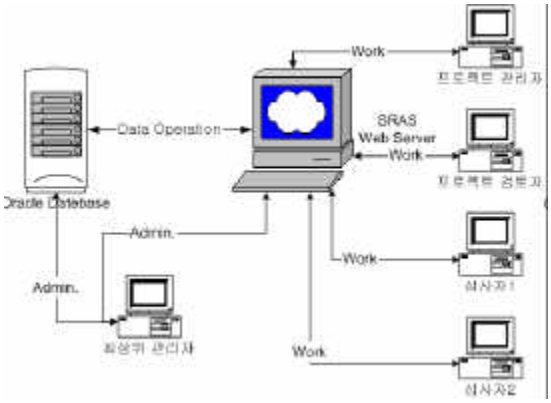

그림 1. 안전심사 전산지원 전문가 시스템의 웹 서버 구조

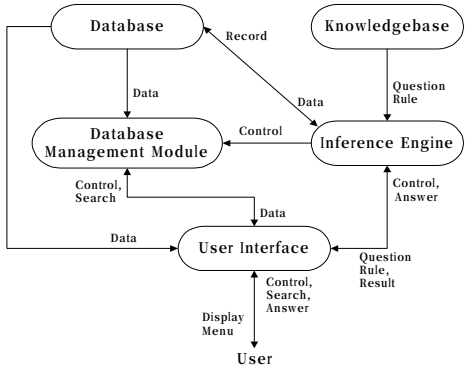

그림 2. 안전심사 전산지원 전문가시스템의 소프트웨어 구조

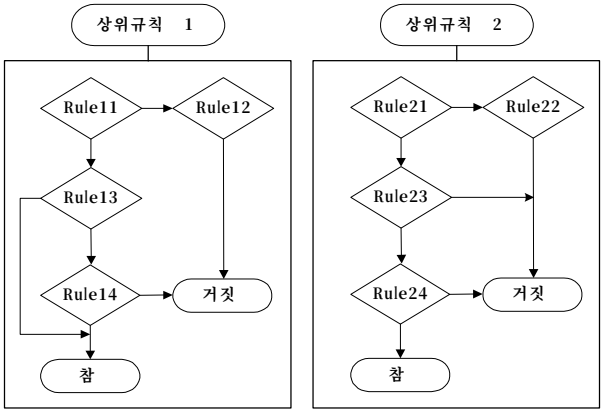

그림 3. 검토절차 지식베이스의 구조

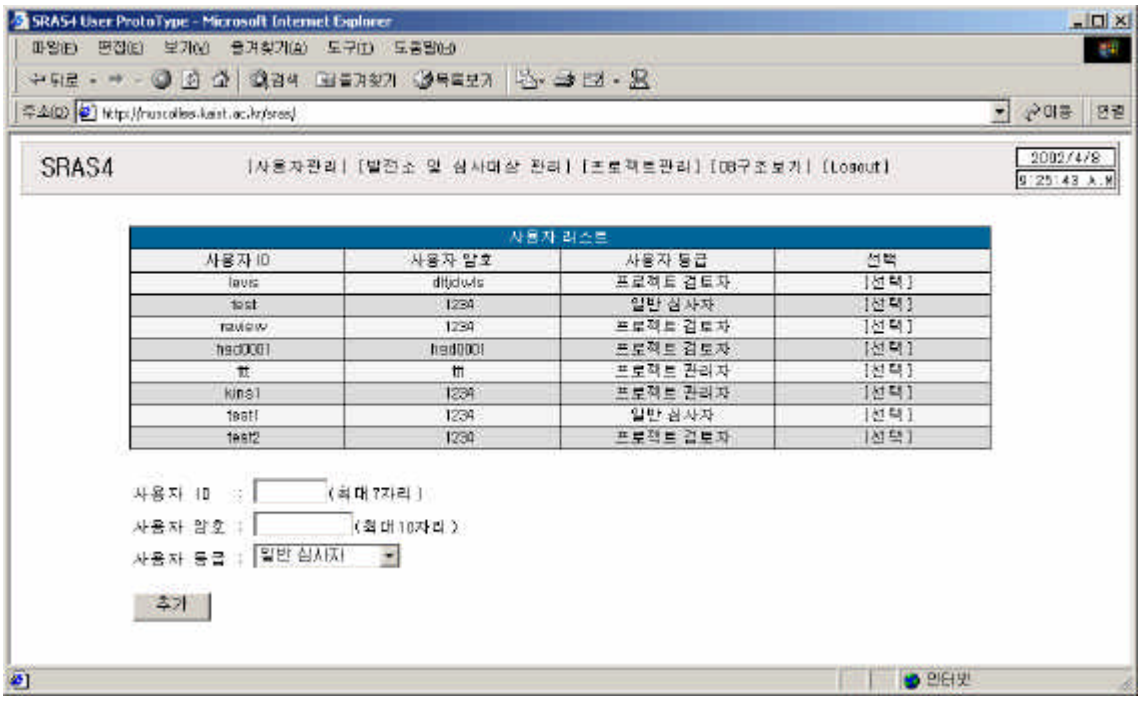

그림 4. 최상위 관리자용 메인 화면

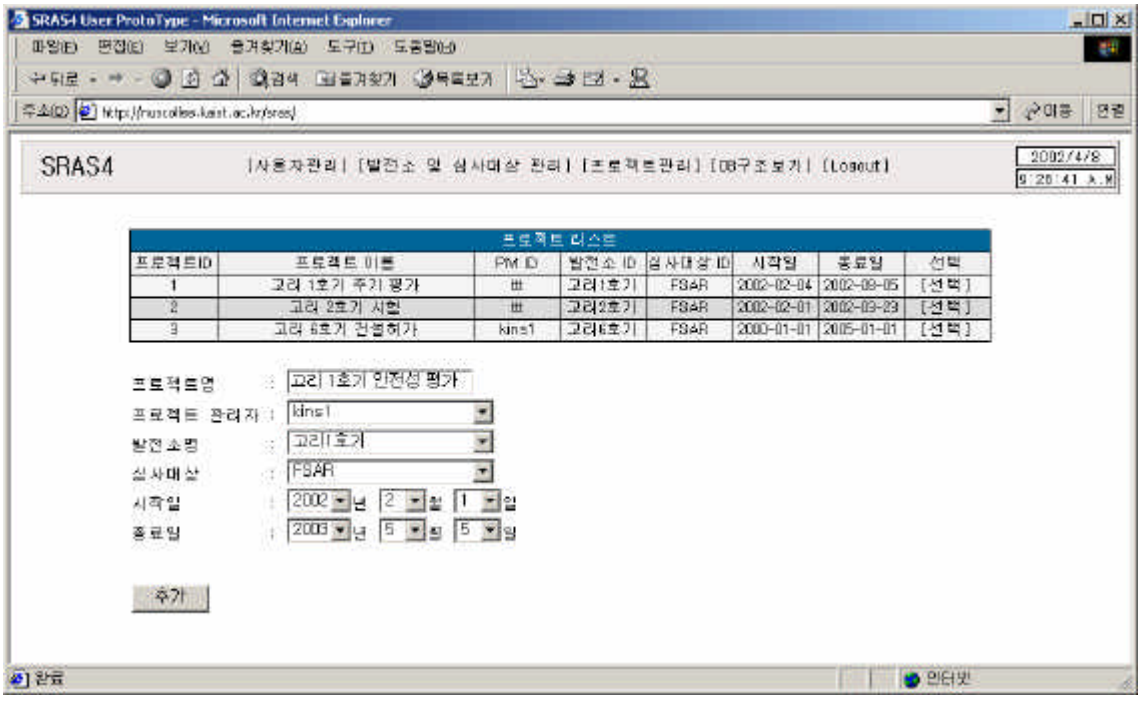

그림 5. 프로젝트 관리 화면

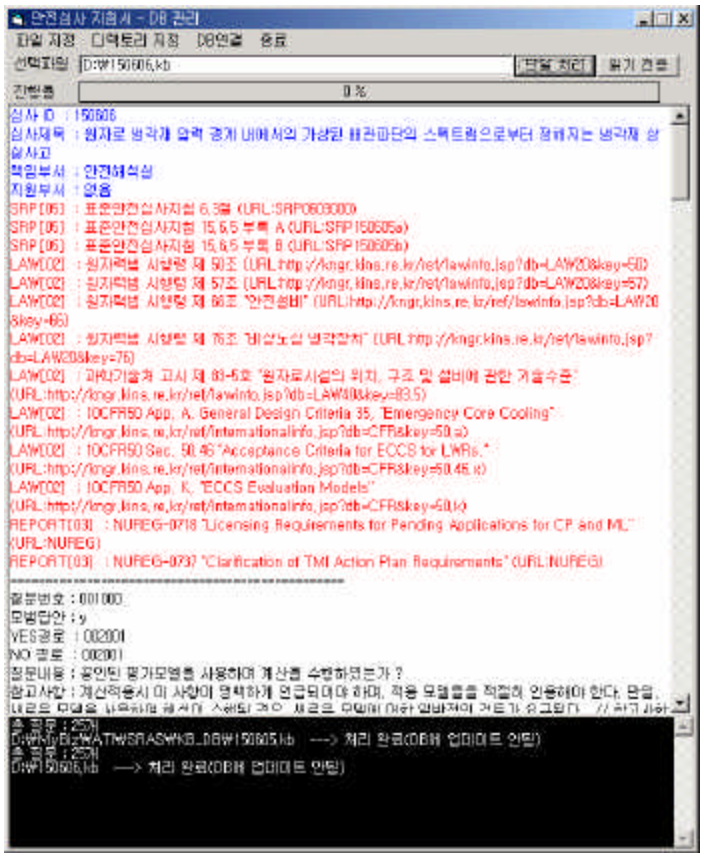

그림 6. 지식베이스 생성 프로그램의 '단일처리' 구동 화면

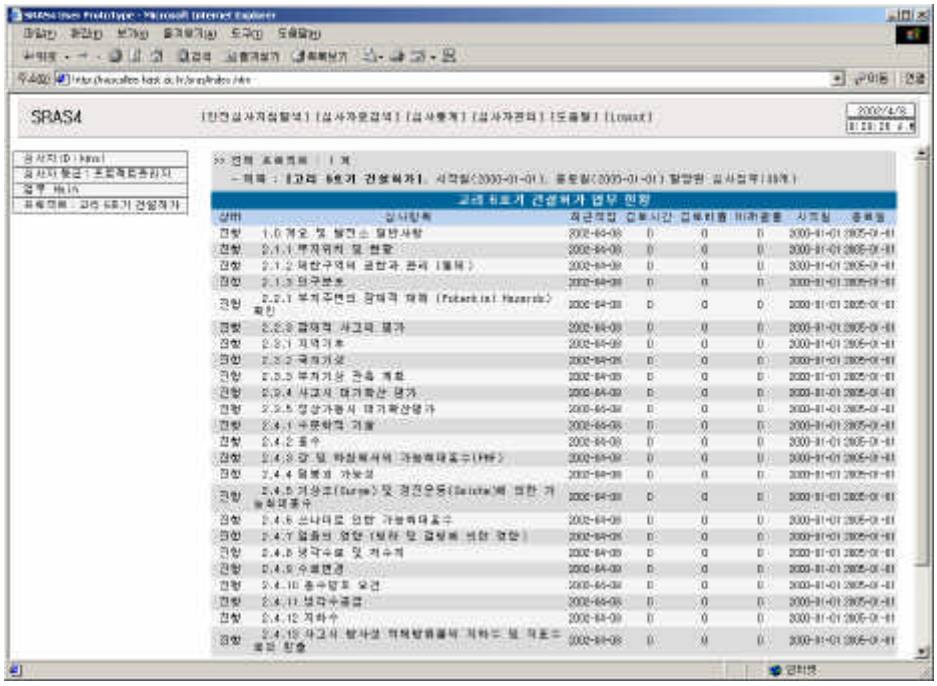

그림 7. 프로젝트 관리자 및 심사자용 프로그램의 주메뉴

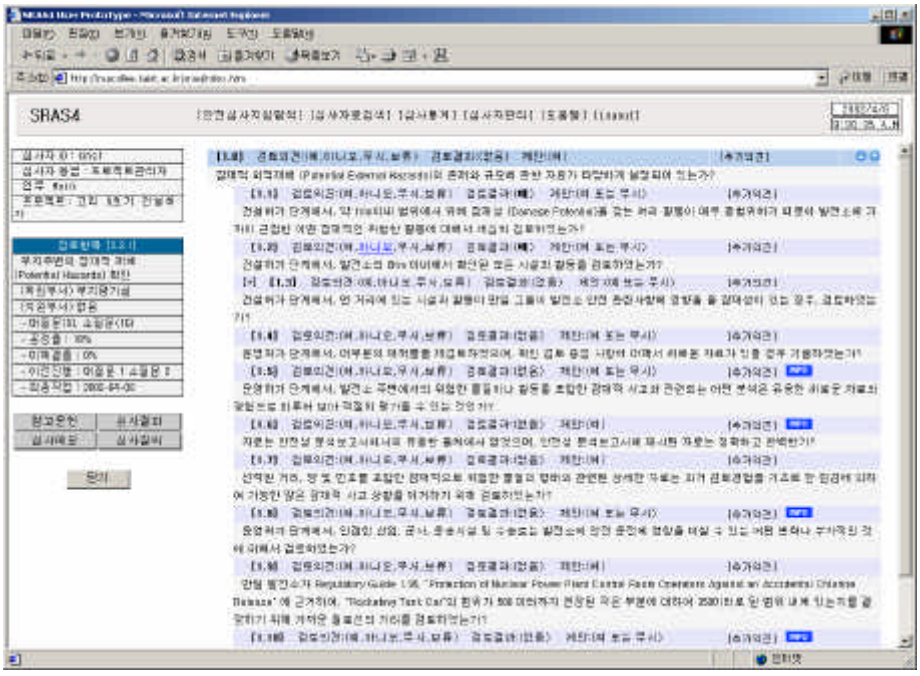

그림 8. 프로젝트 관리자 및 심사자용 프로그램의 검토화면