

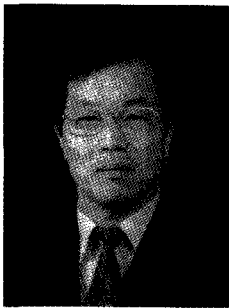


은 상

핵설계보고서 자동화 프로그램 개발

조 범 진

한전원자력연료(주) 노심설계처 노심핵설계 2실 선임연구원



이번에 원자력기술상을 받게 된 분야는 노심 설계 분야이고 수상 동기는 핵설계보고서 자동화 프로그램 개발이다. 먼저 노심 설계 분야에 대하여 간략히 설명을 하겠다.

한전원자력연료(주)는 원자력발전소에서 발전에 필요한 핵연료를 설계하고 제조하는 회사이다.

일반적으로 설계라 함은 건축물 설계 또는 기계적인 설계 등을 연상하게 되지만, 노심 설계는 그 개념이 약간 다르다(물론 한전원자력연료(주)는 핵연료의 기계적인 설계도 한다).

즉 발전소에 장전될 핵연료의 농축도를 결정하고 발전소 운전성과 안전성·경제성 등을 고려한 장전 모형을 선정하는 일련의 컴퓨터 계산 작업이 주가 된다.

이러한 설계 작업은 크게 다음의 4개 분야에 걸쳐 수행된다.

먼저 원자로에 장전될 핵연료의 농축도와 원자로심 내의 장전 위치 등을 결정하고 노심의 모든 핵적인 평가 작업을 수행하는 핵설계 분야, 이를 기반으로 원자로심의 열수력적인 평가를 담당하는 열수력 설계 분야, 핵연료와 연료봉의 기계적 건전성을 평가하고 확인하는 기계 설계 분야, 그리고 가상적인 사고 및 설계 제한치, 1·2차 계통과의 관계를 설정하고 최종적인 안전성을 평가하는 안전 해석 분야이다.

핵설계보고서 개발 동기

내가 속한 분야는 핵설계 분야로서 노심 내 장전될 핵연료의 농축도 결정과 이를 기본으로 한 장전 모형 선

정, 선정된 장전 모형의 안전성 평가 자료 생산 및 확인, 발전소에 제공될 핵적 인자들이 수록된 핵설계보고서 작성, 그리고 최종적으로 발전소 운전에 절대적으로 필요한 운전 지원 자료를 생산하고 있다.

이러한 재장전 핵설계 작업은 각 원자력발전소의 주기 길이에 따라 약 12~15개월에 걸쳐 수많은 컴퓨터 계산을 통해 수행된다.

이번에 원자력기술상을 받게 된 동기는 재장전 핵설계 과정 중 핵설계 보고서 작성 분야를 자동화시킨 프로그램을 개발한 것이다.

핵설계보고서는 발전소에 제공하는 노심 핵설계 분야의 종합 보고서로 핵연료의 장전 모형, 핵연료의 노심 내 연소 거동, 다양한 노심 내 반응도 계산 결과 및 제어 반응도 계산, 그리고 원자로 특성 시험에 사용될 원자로 특성 시험 자료 등이 약 70개의 그림과 약 35개의 도표, 각각의 그림 및 도표를 설명한 문장들로 구성된다.

따라서 이 작업은 장시간을 필요



로 하기 때문에 적어도 해당 발전소의 선행 주기가 정지되기 1개월 전부터 4명 정도의 설계자가 투입되어 설계 자료의 생산 작업이 수행되어야 한다.

따라서 그 동안 핵설계보고서에 수록되는 설계값들은 선행 주기까지의 운전 이력이 충분히 반영되지 못하여 그 내용의 정확성이 떨어지는 실정이었으며, 중요한 계산은 핵설계보고서가 발행된 이후에 개정본으로 정확성을 보충하는 번거로움이 있었다.

만일 핵설계보고서 생산을 크게 단축시킬 수 있는 자동화 프로그램이 있다면 선행 주기가 정지된 이후에 계산을 수행함으로써 설계 생산성 및 품질 향상은 물론이고 그 신뢰성 및 활용성을 높이는 획기적인 프로그램이 될 것이라는 생각은 3번의 핵설계보고서 생산을 경험한 나로서는 매 작업 때마다 절실히 느끼는 생각이었으나, 예상되는 시간과 어려움이 만만치 않았기에 쉽게 시도하질 못했다.

그러나 나날이 치열해지는 경쟁 시대에서 핵설계보고서 생산의 자동화 필요성은 모든 실원들이 크게 느끼는 바였기에 평소에 머릿속에 구상하고 있던 계획에 대한 제안을 구체적으로 설명함으로써 핵설계 자동화 프로그램 개발이 착수될 수 있었다.

다행히 핵설계보고서에 수록되는 그림과 도표의 수치는 매 주기 변경되지만 그 형태는 정형화되어 있기 때문에 자동화가 가능하였다.

개발 경위

먼저 어떠한 도구를 이용해 프로그램을 개발할 것인가를 생각했다. 수많은 그림들은 각 호기와 주기에 따라 그림의 범위가 변경될 수 있기 때문에 이를 자동으로 설정하는 routine들이 필요했고 그림 형식 또한 문장과 결합되기 위한 특정 형식으로의 작성이 필요했다.

도표 작성도 그림과 문장 모두와 결합되어야 하기 때문에 문장을 처리할 특정 프로그램과의 호환이 필요했다.

다행히 이 모든 필요성을 만족시킬 수 있는 도구가 정보의 바다 인터넷에 있었다. 바로 LaTeX라는 text formatter이다. LaTeX는 미국 스탠포드 대학의 Knuth 교수가 개발한 TeX라는 문서 처리용 소프트웨어를 기반으로 하는 TeX의 명령어 정의 패키지의 하나로서, 수식 처리가 뛰어나며 다양한 형태의 문서를 편집할 수 있는 확장성이 뛰어난 프로그램이다.

그림은 LaTeX와 결합할 수 있는 PostScript라는 graphic language를 이용하고 테이블은 LaTeX 형식으로 생산하기로 했다. 그림과 테이블을 생산하기 위한 routine들은 모두 C language로 작성되었다.

95년 3월에 시작한 coding 작업은 9월까지 계속되었다. 설계용 code 입력 생산 routine group, code 결과 처리 routine group, PostScript 형식의 그림 생산 처리 routine group,

LaTeX 형식의 테이블 생산 처리 routine group, 그리고 마지막으로 LaTeX과의 결합 routine group으로 분류되어 프로그램이 작성되었다.

프로그램 작성 중 막히는 부분이 생기면 때로는 일주일 이상 진척되지 못한 때도 있었다. 이부자리에 놓는 순간 갑자기 해결책이 떠오르면 다시 회사에 가서 프로그램을 작성하기도 했다.

드디어 10월에 draft version의 핵설계보고서가 작성되었다. 우리 실원 모두가 투입되어 문제점들을 지적하며 보완하여 96년 1월에 드디어 고리 2호기 12주기 핵설계보고서가 완성되었다. 정말 가슴 뚫듯한 순간이 아닐 수 없었다.

그러나 이때의 초기 프로그램은 현재 version 만큼 시간을 단축시키지는 못했다. 그 이유는 비록 핵설계보고서 생산을 위한 모든 계산이 수행되고 보고서 또한 생산되었으나 각 계산마다 작성되어야 할 설계 노트가 병목 현상으로 나타났기 때문이다.

또한 자동화된 프로그램을 처음 이용하였기 때문에 철저한 검토가 필요하기도 했다. 그래서 첫번째 핵설계보고서가 발간된 직후, 설계 노트까지 자동으로 생산하는 routine을 추가하였다.

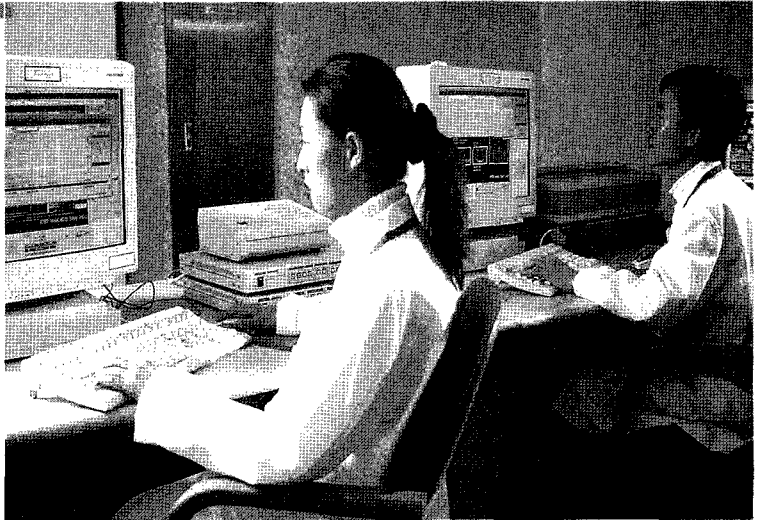
이로써 모두 170개의 routine으로 구성된 커다란 프로그램이 탄생되었으며, 핵설계보고서 작성의 전 과정을 자동화시킴으로써 설계에 투입되는 인력을 1인/월 이하로 단축시킬 수 있게 되었다.

지금까지 고리 1호기 16·17주기, 고리 2호기 12~15주기, 고리 3호기 11·12주기, 고리 4호기 10~12주기, 영광 1호기 10·11주기, 영광 2호기 10·11주기, 울진 1호기 8~10주기, 울진 2호기 8·9주기 등 모두 20주기의 핵설계보고서가 자동화 프로그램을 이용하여 생산되었다.

95년 이 프로그램이 처음 개발된 이후 지금까지 9번의 upgrade를 거치면서 보다 편하고 빠르게 수행될 수 있게 변경되었으며, 지금은 핵설계보고서 생산만을 위한 것이 아니라 핵설계보고서를 PC에서 구동시키는 PC-NDR의 자료 생산, 발전소 현장에서 운전의 편의성을 도모하기 위한 프로그램인 POP-WIN 입력 자료 등도 생산하는 기능까지 갖추고 있어 명실공히 재장전 설계 절차의 일부로서 자리잡게 되었다.

이 핵설계보고서 자동화 프로그램이 WH형 8개 발전소에 성공적으로 적용된 후 97년에 한국 표준형 원전용 자동화 프로그램을 개발하게 되었다. 표준형 원전용 프로그램은 WH형 프로그램을 기본으로 작성되기 때문에 짧은 시간에 개발될 수 있었으나 개발 착수 시점이 늦춰진 관계로 시간에 쫓기며 개발하였다.

다행히 일정에 맞춰 핵설계보고서를 발전소에 제공할 수 있었으나 추석 전날 자정을 넘기며 프로그램을 작성하는 등 어려움이 따랐다. 영광 3호기 3·4주기, 영광 4호기 3주기



핵설계보고서는 발전소에 제공하는 노심 핵설계 분야의 종합 보고서로 핵연료의 장전 모형, 핵연료의 노심 내 연소 거동, 다양한 노심 내 반응도 계산 결과 및 제어 반응도 계산, 그리고 원자로 특성 시험에 사용될 원자로 특성 시험 자료 등이 약 70개의 그림과 약 35개의 도표, 각각의 그림 및 도표를 설명한 문장들로 구성된다.

핵설계보고서가 이 프로그램을 이용하여 생산되었으며, 현재 영광 4호기 4주기 핵설계보고서가 생산될 예정으로 있다.

지금까지 핵설계보고서 자동화 프로그램의 개발 경위 및 과정을 두서없이 적어보았다. 비록 개발 과정은 순탄치 않았으나 이 프로그램이 설계 업무에 크게 도움이 되고 있으며 그 기능이 확장된 것에 크게 만족하고 있다.

그러나 이 프로그램을 개발한 것에만 그치지 않고 설계의 효율성을 높이는 또 다른 프로그램을 개발할 예정이다.

수상 소감

작년 12월, 실장님으로부터 핵설계보고서를 개발한 저를 원자력기술상 후보에 추천하신다는 이야기를 듣고, “글쎄요, 그런 큰상을 제가 받을 수 있을까요?” 속으론 그렇게 생각하

면서 걸으론 고맙다는 말씀만 드리고 말았다. 그 후 몇 개월 동안 소식도 없고 큰 기대도 하지 않았기에 잊고 지내는 중, 지난 3월에 원자력산업회의로부터 은상 수상자로 결정되었다는 소식을 들었다. 원자력기술상이라는 커다란 상을 받게 되다니 그 기쁨은 무어라 표현할 수 없었다.

먼저 이러한 영광을 누리게 된 데 대해 제가 속해 있는 한전원자력연료(주) 설계기술원 노심설계처의 처장님 및 실장님께 고마움을 표시하고 싶으며, 프로그램을 개발하는 동안 제가 했어야 할 설계 업무를 분담해서 수행해 주신 노심핵설계2실 실원 여러분께 각별한 고마움을 전한다.

끝으로 저에게 원자력기술상의 기회를 주신 여러분께 다시 한번 고마움을 표하며 핵설계보고서 자동화 프로그램을 높게 평가하여주신 심사위원 여러분과 원자력산업회의의 관계자분께 깊은 감사를 드린다. ☺