

데이터 중심적 형상 관리

통합된 형상 관리 정보 시스템은 원전의 허가에서부터 설계, 조달, 건설, 시험 가동, 운영, 유지보수와 원자로의 폐기까지 원전 수명의 전 과정을 아우르는 모든 데이터와 정보들을 총괄하여 관리하는 것이다. 최신 형상 정보 관리 시스템을 도입하면 원전 수명의 전 단계에 걸쳐 운영상의 이점과 경제적인 수익을 기대할 수 있다.

일반적인 장치 산업 분야에서는 기본적으로 자산의 관리를 종래의 문서 중심적 관리에서 데이터 중심적 관리 시스템으로 전환하는 것이 확실히 이롭다는 점을 인식하고 있는 반면 원전업계에서는 아직도 그런 변화를 받아들이지 못하고 있는 실정인데, 미국 전력연구소(Electric Power Research Institute)는 최근 발표한 연구보고서를 통해 원전업계도 이제는 그 변화를 받아들일 때가 되었다고 권유하고 있다.

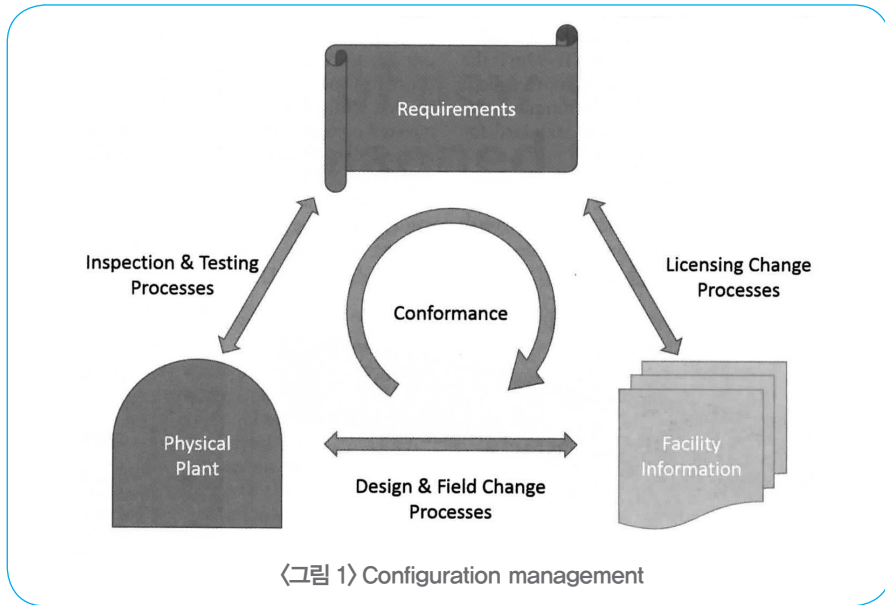
원자력발전소 같은 대형 산업 시설에서 물리적 설비를 구성하는 형상 요소의 기능적 특성과 관련된 모든 분야의 다양한 정보를 관리하고 유지 보수하는 업무 자체가 쉬운 일이 아니지만, 최신의 형상 관리 정보 시스템(CMIS, Configuration)을 도입하고 잘 시행한다면 상당한 운영상의 이점과 경제적인 수익을 기대할 수 있다.

통합된 형상 관리 정보 시스템은 원전의 허가에서부터 설계, 조달, 건설, 시험 가동, 운영, 유지보수와 원자로의 폐기까지 원전 수명의 전 과정을 아우르는 모든 데이터와 정보들을 총괄하여 관리하는 것이다. <그림 1>은 시스템의 필수적 지정 조건, 포함한 설비의 정보와 데이터,

그리고 물리적 발전플랜트의 데이터가 서로 조화를 이루고 있는 것을 나타내고 있다. 그런데 여기서 원전 설비의 형상을 구성하는 이 요소들에 어떤 변화가 생기면 그 변화가 통합 과정을 통해 원전 수명의 전 기간에 걸쳐 일어나게 된다.

미 전력연구소의 한 연구에 따르면, 2014년 현재 가동 중인 미국의 원전 100개를 향후 20년 동안 데이터 중심적 형상 관리 정보 시스템을 적용하여 가동하게 되면 80억 달러 가량의 비용을 절약할 수 있으며, 현재 건설 중인 원전들의 경우에는 예정된 80년 간의 가동 기간을 통해 10억달러 이상을 절감할 수 있다고 추정하고 있다.

현재의 전형적인 원전에서는 데이터를 여러 군데의 데이터베이스에 저장하여 보존하고 있는데 각각의 데이터베이스는 각기 다른 변경 제어 단계로 유지되고 있다. 예를 들면, 유동가속부식(FAC) 프로그램을 관리하는 데이터베이스는 발전 설비의 신뢰성 프로그램을 관리하는 데이터베이스와 레벨이 서로 다른 식이다. 또 많은 데이터가 중복되기 때문에 원전의 설계나 운영 방식이 바뀌어도 따로 저장되어 있는 데이터를 일관성 있게 갱신하는 것도



쉽지 않은 일이다. 동일한 데이터를 여러 곳의 데이터베이스에 저장하게 되면 그 데이터를 사용하기에 앞서 해당 데이터가 맞는 것인지 확인하는데도 추가적인 시간이 소요될 뿐 아니라 저장된 각각의 데이터가 일치하지 않는다면 전체 데이터의 신뢰성에 큰 문제가 생기게 된다.

데이터 중심 형상 관리 시스템의 기본 전제는 의사 결정이 서류가 아닌 데이터에 근거하여 이루어져야 한다는 것이다. 물론 서류도 데이터의 근거 자료가 되는 기록으로서 여전히 보존되어야 하지만, 보다 나은 의사 결정을 뒷받침하기 위해서는 중요한 데이터들이 보다 집중화되고 정확해야 하며, 변경 제어로 관리되면서 검색이 쉬워야 한다.

전형적인 원전 한 곳에서는 약 30만 건의 서류가 관리되고 수백 만 건의 플랜트 기록물이 존재하는데, 현대적인 데이터 중심적 객체 관계형 데이터베이스로 바꾸게 되면 단위당 25만 건의 설비 기록을 추가로 관리할 수 있게 될 뿐 아니라 변경 제어 관리도 가능하게 된다.

형상 관리 정보시스템이 데이터 중심이 아닌 경우에는 원하는 정보를 해당하는 서류나 저장되어 있는 데이터베이스에서 찾아야 할 뿐더러 찾아낸 정보가 가장 최신의 정확한 것인지도 일일이 가려내야 한다. 또한 그 데이터를 실제로 사용하기 위해서는 찾아낸 서류들의 수정된 사항이나 상호 불일치 여부를 확인하고 설계 기준과의 일관성이 유지되고 있는지, 그리고 허가 조건을 준수하는 것인지 따위를 반드시 재확인해야만 하는 상황이 수시로 발생한다.

미 전력연구소는 원전 직원들이 복잡한 서류들을 찾아내고 찾아낸 그 데이터가 원전 가동을 위해 쓰이거나 기술적인 평가 적용에 정확히 맞는 것인지를 가려내는 데 근무 시간의 30~40%를 쓰고 있다는 사실을 밝혀냈다.

관건은 해당 데이터가 실험, 검사, 엔지니어링, 유지보수, 그리고 원전을 유지시키는 운영 절차를 설계 기준으로 준수할 수 있도록 지원할 때 꼭 필요한 것인지 확인하는 데 있는 것이다. 서류 중심적인 원전을 좀 더 나은 정

보 처리 기능을 가진 정보 중심적인 원전으로 바꾸기 위해서는 소프트웨어 도구의 도움이 필수적인 요소인데, 그러한 도구들은 기존의 규례에 근거한 서류들을 수작업으로 찾아내는 데 비해 데이터를 상호 참조하면서 확인해내는 데 소요되는 시간을 대폭 줄여주기 때문이다.

그 밖에도 최신 소프트웨어 도구들은 설비의 식별 표지와 서류의 색인 번호를 인식할 수 있으므로 서류를 더 신속하게 확인하고 검색할 수 있게 해준다.

데이터 중심적 종결 상태의 단계

미 전력연구소는 현재 가동중인 원전과 새로 건설되는 원전 양쪽 모두에서 전자 정보 시스템으로 변환시키는 데이터의 범위, 그리고 문서 중심에서 데이터 중심으로 전환하는 작업의 개시부터 완료까지의 전체 상황을 조사하는 프로젝트를 수행한 바 있다.

이번 조사에서는 특히 최상위 단계로까지 개선시키는데 소요되는 비용과 관련하여 데이터 중심으로 전환 시킴으로써 예상되는 잠재적 수익을 아래와 같이 정의되는 단계별로 알아보았다. 이번 연구를 위해 입수한 데이터는 20개 이상의 원전들과 그 밖의 규제 산업체들의 생산 설비에서 적용하고 있는 기준에 맞게 준용한 것이며, 데이터를 각 단계별로 변환한 시점의 순수가치로 비교가 가능하도록 확률적 투자 수익(ROI) 모델에 입력하여 산출하였다.

이 연구는 1단계의 종결 상태가 이루어진 다음에야 2단계로 진입하는 방식으로 하여 이전 단계의 기반 위에서 완료되는 모두 6단계의 종결 상태를 평가했다. 예를 들면 중요한 모든 데이터를 집중화하는 3단계로 진입하려는 발전소는 1단계의 이행 사항인 서류의 전자 문서화 작업을 반드시 선행하여 완료해야 하는 것이다.

△ 1단계 - 전자문서 집중화 : 중요한 서류를 식별하

고 위치를 확인하여 전자 문서화 한다. 또한 전자 문서, 영상 자료, 서류 등 다양한 색인을 정리하여 중요 문서 목록(MDL)화 하여 통합시킨다.

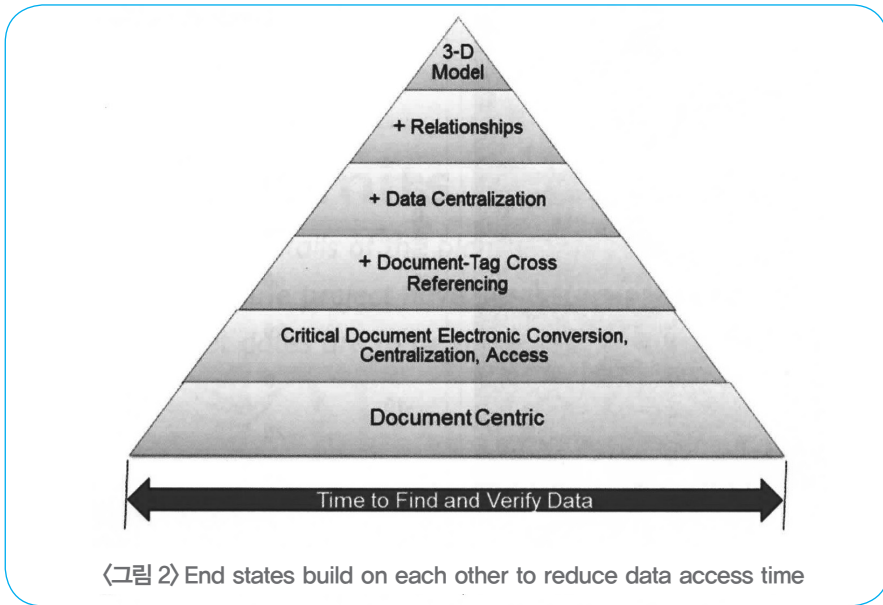
△ 2단계 - 중요한 서류의 교차 확인과 각 설비의 식별 표지 : 중요 설비 목록(MEL)의 범위를 넓혀 퓨즈 목록, 중계기 목록, 용접번호 목록 등 그룹별로 나누어 식별 표지 작업을 하는데 이를 뒷받침하는 서류상의 식별 표지 번호를 교차 확인한다.

△ 3단계 - 데이터의 집중화 : 현재 가동중인 기존의 전형적인 원전들이 보유하고 있는 보통 20~30여 개의 데이터베이스를 없애는 대신 집중화된 데이터들을 'single source of truth'라고 불리는 하나의 중앙 데이터베이스에 저장한다.

△ 4단계 - 객체 관계형 데이터베이스 : 데이터 중심적 형상 관리 정보시스템의 구축을 위해 객체 관계형 데이터베이스를 개발한다. 관련지식을 데이터에 추가시켜 줌으로써 발전소 설비의 형상에 변화가 있을 때 변화로 인한 영향을 철저하게 조사하는 데 그 데이터베이스를 활용할 수 있게 한다.

△ 5단계 - 2-D/3-D 모델의 통합 : 2-D와 3-D 모델이 있는 경우 형상 관리 정보시스템과 통합시켜 줌으로써 설계도면상의 식별 번호로 확인이 가능한 데이터에 시각적 접근을 할 수 있게 한다. 3-D 모델이 없는 경우, 중요 설비 목록(MEL)과 레이저 스캔으로 3-D 모델의 데이터 파일을 생성하여 연결시키는 데 소요되는 비용으로써 종결 상태를 확인한다.

△ 6단계 : 2-D/3-D 모델과 분석적 소프트웨어 Tool의 통합 : 발전소들이 가동에 들어간 이후에는 2-D/3-D 모델들을 분석적 tool과 통합시켜서 유지하는데, 예를 들면 3-D 모델을 배관 또는 공기 조화 계통(HAVC)을 분석해 놓은 데이터베이스와 직접 연결시킬 수 있다. 이 6단계는 5단계에서 레이저 스캔으로 생성한



3-D 모델이 아닌 기존의 '지능형' 3-D 모델을 가지고 있는 발전소에만 적용할 수 있다.

단계별 진행 과정은 <그림 2>로 확인할 수 있는데 도표상 피라미드 모양의 폭은 데이터를 입수하고 확인하는데 소요되는 시간을 나타낸다. 피라미드 상층부로 진입하는 비용은 투자 수익률 (ROI) 분석의 근거와 유사한데, 여기서 투자는 시스템을 적용하고 유지하는 데 소요되는 비용을 나타내고 수익은 적용한 시스템을 운영하고 유지하는 비용 중에서 절감되는 부분을 말한다.

단계별 상황을 분석함에 있어 투자와 비용 절감 과정에서 생길 가능성이 있는 변수들을 반드시 고려해야 한다. 미 전력연구소는 이 단계별 분석을 실행하는 데 사용할 수 있는 수익률 모델 소프트웨어를 개발했다. 이 확률적 수익률 모델은 투입하는 부분에 대한 추정치가 어느 정도의 신뢰성이 있느냐에 따라 각 투입 요소 별로 변수를 적용할 수 있게 허용해서 사용자들이 각자의 변수를 규정하여 비용과 수익을 추정하는 데 융통성 있게 적용

할 수 있도록 만들었다.

전력연구소는 각 단계 별로 주어진 사항을 완료하는데 필수적인 중요한 조치에 소요되는 비용들을 분석했는데 각 비용(회당 하드웨어, 소프트웨어, 용역비), 착수 인건비(단계별로 개발을 지원하는 업무에 발전소 직원이 투입되는 시간 임금), 사용중인 소프트웨어 비용(소프트웨어 구매와 업그레이드에 소요되는 연간 비용), 그리고 고정적으로 지급되는 인건비(시스템 유지를 지원하는 업무에 투입되는 발전소 직원의 연간 시간 임금)을 자본비로 나누어서 계산하였다.

절감할 수 있는 비용도 단계별 종결 상태에 따라 달라지는데 hard saving과 soft saving 두 가지로 분류할 수 있다. Hard saving은 업무를 수행하는 데 필요한 시간을 줄여서 절감되는 비용으로 정의할 수 있으며, soft saving은 간접적인 비용 절감 요소를 말하는데 계획된 단전이나 예기치 못한 정전 시간을 단축시켜 절감하는 비용과 규제 사항에 대한 감독 기관 평가에

대비하여 리스크를 미리 감축시켜 절감되는 비용도 포함시킬 수 있다.

확률적 수익률 모델은 투자와 수익 양면에서 모든 변수를 고려해야 하는데, 최초의 추정치보다 좀 많거나 적은 경우도 이 모델로 평가할 수 있게 함으로써 절감한 비용이 투자보다 얼마나 많은지 혹은 적은지를 사용자들이 계산할 수 있도록 하였다.

또한 이 모델을 이용하면 투자의 회수(비용 절감이 투자 금액과 같을 때)가 주어진 기간 안에 실현될 수 있는지 계산이 가능하며, 가동중인 원전의 경우는 15~20년 후 새로 지은 원전은 80년 후의 순 현재가치도 계산해 볼 수 있다.

수익률 모델 활용의 사례

전력연구소는 입수한 벤치마킹 데이터를 이용하여 몇 건의 활용 사례를 분석하고 수익률 모델의 실효성을 입증해 보았다. 분석한 활용 사례에서는 해당 발전소가 전자 문서화의 낮은 단계(1단계)를 거쳐 중요 설비 목록(MEL)의 내용 파악 단계(2단계)에서 시작하여 데이터베이스의 집중화 단계(3단계)로 올라가려는 상황으로 가정하였다.

시작점은 다음과 같은 몇 가지 업그레이드가 완료된 상태, 즉 1단계 + 종료 상태로 가정했다.

△ 사용 빈도가 높은 가동 및 유지보수(O&M) 관련 관리 문서(전체 관리 문서의 약 25%)들을 스캔 작업을 거쳐 광학문자인식(OCR) 방식으로 텍스트 파일로 전환함.

△ 일부 파일들을 디지털화 하는 진전을 이루었으나 관리 문서의 75% 가까이는 여전히 서류나 마이크로필름의 형태로 유지되고 있음.

△ 현장 직원들이 컴퓨터로 검색할 수 없는 정보들은 실제로 가서 찾아 보는 오프라인 도서관은 운영 중임.

△ 일부 설계도를 온라인으로 찾아볼 수는 있으나 아직 종이 도면이나 마이크로필름 카드 상태의 설계도가 더 많은 상태임.

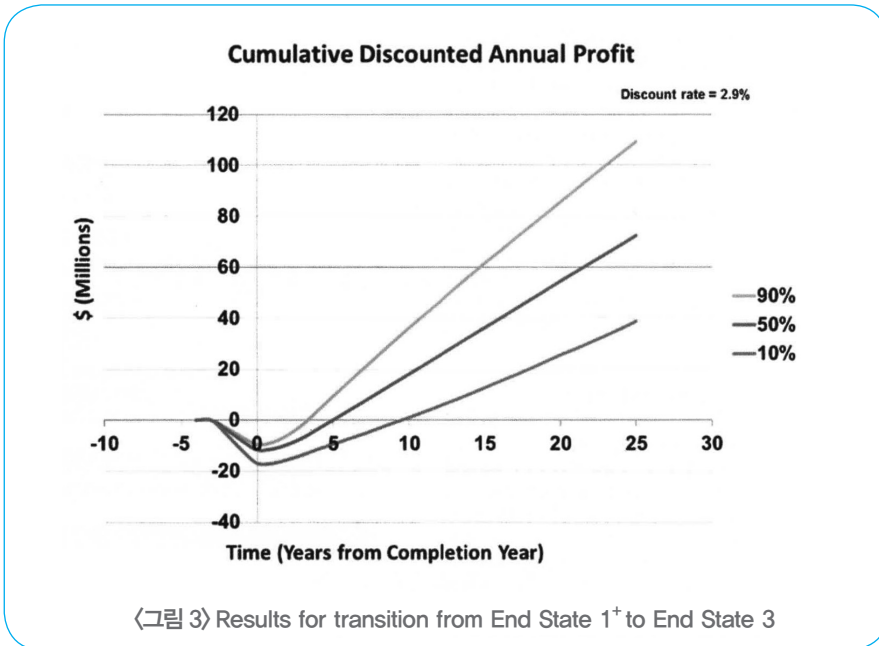
이 밖에도 전자 문서, 종이 문서, 마이크로필름 등의 기록물들이 컴퓨터로 접근이 가능할 수 있게 집중화된 중요 문서 목록(MDL) 상태로 바꾸는 색인 작업이 아직 이루어지지 않은 상태이다.

이 발전소가 종결 상태 1단계를 완료하기 위해서는 사용 빈도가 높은 모든 문서와 기록들을 전자 문서화 하고 어떤 방식을 채용하든지 중요 문서 목록(MDL)화 하는 색인 작업을 완료해야 한다.

보통 원전은 각 발전소마다 대략 15만건의 식별 표지가 붙은 표준 중요 설비 목록(MEL)을 보유하고 있는데 이 발전소가 종결 상태 2단계를 완료하고 3단계로 올라가기 위해서는 20만 건 이상의 식별 표지가 붙은 중요 설비 목록으로 확장시켜야 한다. 이 확장 작업은 별도의 독자적인 데이터베이스로 유지되고 있는 퓨즈, 중계기, 용접번호 같은 설비들의 식별 표지 목록까지 합병해야 완료될 수 있다. 또한 전자 문서를 통해 식별 표지로 조회가 가능하도록 전산화 작업을 하여 식별 표지 문서의 교차 조회 기능을 중요 설비 목록(MEL)에 부여해야 한다.

이 발전소가 종료 상태 3단계를 달성하려면 보유하고 있는 20개의 저장 데이터베이스를 중요 설비 목록(MEL) 및 중요 문서 목록(MDL)과 통합해야 할 뿐만 아니라 데이터베이스에서 빠져 있는 발전소의 자산에 관한 데이터도 설계 및 설비 납품 업체들과 관련된 문서에서 찾아내 그 데이터를 중요 설비 목록(MEL)에 통합시켜야 한다.

이 활용 사례에서는 데이터를 저장하고 검색하는 업무 과정에서 부수적으로 개선될 수 있는 사항처럼 작업 과정상의 효율 향상으로 얻는 부분은 수익으로 처리하는 대상에서 제외하였는데, 전력연구소는 데이터 중심 관리 시스템으로 전산화하는 작업 과정을 통해 이 활용 사례



에서 습득하게 된 비용 절감 부분을 포함하여 그 밖에 부수적으로 얻은 모든 개선사항을 이 연구를 통해 확인해 놓았다.

이 활용사례에서 전력연구소가 벤치마킹한 하드웨어, 소프트웨어, 그리고 인건비 등에 소요된 초기 총투자는 약 1,140만 달러로 추산하였고 인플레이션과 할인율은 2.9%로 상정하였다.

〈그림 3〉은 이 활용 사례를 모형화한 결과를 보여주는 데 hard saving과 soft saving을 함께 보여주고 있으며 손익 균형을 맞출 수 있는 기간은 여러 가지 가능성에 따라 백분율로 계산해 놓았다. 이 사례에서는 시스템을 완료한 이후에 손익을 맞출 수 있는 가능성이 50%에 도달하는 기간은 5.0년, 10%에 도달하는 기간은 3.3년 그리고 90%에 도달하는 기간은 9.5년이였다.

손익이 균형을 이루게 되어 투자가 회수된 이후에는 수익이 쌓이기 시작하는데 이번에 적용한 활용 사례에서

는 시스템이 완료된 다음 실행된 지 20년 후에 총 수익이 5000만 달러를 넘기게 될 확률이 50%였다.

결론적으로 원전 사업자가 데이터 중심적 형상 관리 정보 시스템을 도입하면 경제적인 인센티브를 얻을 수 있음을 이 분석은 확실히 보여주고 있다. 여기에 사용된 투자 모델 소프트웨어는 원자력발전소는 물론 다른 장치 산업에도 적용하기가 쉽도록 설계되어 있어서 투자와 비용 절감에 대한 특정 데이터를 투입하기만 하면 예상되는 수익을 쉽게 계산해낼 수 있다.

2014년 12월에 발표된 미 전력연구소(EPRI) 보고서 3002003126 '효율성과 비용 절감을 위한 데이터 중심적 형상 관리(Data-Centric Reduction Management for Efficiency and Cost Reduction)'와 이에 사용된 투자 모델 소프트웨어는 EPRI 홈페이지(www.epri.com)에서 검색해볼 수 있다.

— 〈Nuclear News〉 Vol.58 No.4