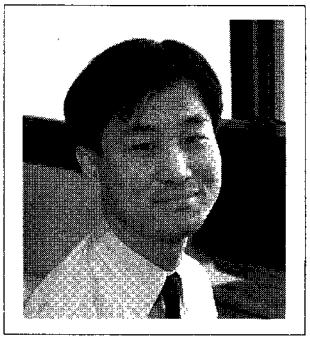
발전소 정비지원시스템의 개발과 운영

김 동 근
한전기공(주) 전산정보실 부장



발전소 정비지원시스템 MAPS는 발전소의 가동률 향상과 안정적 운영에 직결되는 정비분야에 있어서, 발전소의 정비기록을 보다 효율적으로 유지하고 활용하기 위한 시스템으로, 기기데이터 관리, 결함보고서(TR) 및 작업의뢰서 관리, 예방점검 관리, 정비이력 관리 등의 기능모듈로 구성되어 있다.
93년 11월부터 연차적으로 국내 각 원자력발전소에 설치하기 시작한 MAPS는 금년 1월 월성원전을 끝으로 전 원전에 설치되어 운용되고 있다.
MAPS의 개발경위와 기능, 그간의 운영현황 등을 들어본다.

발전소 가동률은 요즘과 같은 저예비율 시대에서 경제적인 측면 뿐만 아니라 국가산업의 원활한 운영을 위해서도 매우 중요한 요소로 대두되고 있다.

급격히 증가하고 있는 전력수요에 비해 공급능력은 그 뒤를 따르기에도 바쁜 실정이므로, 이러한 환경에서는 운전중인 발전소의 가동률을 높이는 것이 신규 투자억제와 기 투자분의 효율적인 운영이라는 일석이조의 효과를 얻을 수 있는 바람직한 방법이라고 하겠다.

원자력발전소의 가동률 향상은 장주기 핵연료의 사용이라든가, 계획예방정비 공사기간의 단축 등의 방법이 시행되고 있지만, 이러한 것들은 예정된 발전정지에 대해 그 기간이나 횟수를 줄임으로써 효과를 추구하는 방법이다.

이에 반해 중요설비의 고장으로 인한 불시정지는 미처 대비할 틈을 주지 않고서 닥치는 일이 많기 때문에, 특히 저예비율을 보이고 있는 여름철의 피크타임에는 큰 타격을 줄 수 있다.

따라서 이를 예방하고 또한 최대한 빠른 시간 내에 복구하는 것은, 곧 발전소 가동률 향상과 발전소의 안정적 운영에 직결되는 중요한 요소이다.

이렇게 고장을 사전에 예측하거나 빠르게 복구하기 위해서는 매일매일 발생하는 정비기록을 적절히 활용함으로써 달성할 수 있다.

그러므로 운전이나 정비와 관련된 각종 기록의 유지·관리의 중요성에 이의를 제기할 사람은 없을 것이다.

이러한 종류의 기록으로는, 고장을 발견하고 문제의 제기를 위해 작성되는 결함보고서(Trouble Report), 작업을 시행하기 위해 작성되는 작업의뢰서, 그리고 작업의 결과를 기록하기 위한 정비이력카드 등 수없이 많은 종류가 있으며, 주요 고장의 경우에는 발생부터 조치에 이르기까지 일련의 상세한 내용을 담은 기술정산서 등을

따로 작성하기도 한다.

정비기록의 문제점

그러나 여기에도 몇 가지 문제점은 남아 있다.

1. 기록유지 방법의 문제

대부분의 경우 전통적인 방법대로 종이에 기록하여 보관 · 활용하고 있는데, 이러한 방법은 무수히 많은 서류함과 사무실 공간을 필요로 할 뿐만 아니라 정보가 필요한 모든 사람들의 편의를 위해 동일한 정보를 계속 생산해야만 한다.

또한 문서의 제목이나 종류에 따라 서로 다른 문서철에 관리됨으로써 관련된 정보를 유기적으로 참조한다는 것이 사실상 불가능하며, 이에 따른 당연한 귀결이겠지만 필요한 정보를 즉시 찾아내어 활용할 수 없는 경우가 대부분이다.

2. 기록유지 목적의 간과

기록은 왜 하는가?

이 당연한 물음에 정확한 답변이 곧바로 생각나지 않는다면 어쩌면 우리는 그저 관례에 따라 기록이라는 행위를 하고 있지 않은지 자성해 보아야 할 것이다.

과거의 기록은 현재나 미래를 알 수 있는 거울과도 같은 것이며, 우리는 과거의 경험을 토대로 시간과 자원을 크게 절약할 수 있는 것이다.

다시 본다는 것이 전제되지 않은 기록은 아무런 의미를 갖지 못하며, 공연한 정력의 낭비라고 할 수 있다.

이렇듯 기록의 의미를 다시 생각해 본다면, 무릇 모든 기록은 다시 참조할 가치가 있도록 구성되어야 하며, 또한 필요한 때에 쉽게 찾아 볼 수 있도록 유지되어야 할 것이다.

기존방식에서도 이를 위해 각종 색인표를 만들거나 분류체계를 만드는 등의 노력이 있었지만, 수년 또는 수십년 동안 축적된 방대한 양의 데이터를 이러한 방법으로 처리하는 데는 한계가 있기 마련이다.

그 동안의 개선 노력

물론 그 동안 이런 문제를 해결하고자 하는 노력이 전혀 없었던 것은 아니다.

컴퓨터의 발명과 그 이용이 활발해지면서 데이터베이스를 이용하여 이 문제를 풀어보려는 노력이 꾸준히 지속되어 왔다.

초창기의 컴퓨터 이용방식은 대형 전산기를 도입한 뒤 사용자들이 단말기를 통해 데이터베이스내의 정보를 공유하는 형태였다.

그러나 이 또한 명쾌한 해결방법은 되지 못하였고, 오히려 각 계층에 있는 사람들 모두에게 서로 다른 종류의 불만을 안겨다 주기 일쑤였다.

경영자나 고위 관리자 입장에서는 회수에 대해 뚜렷한 보장도 없는 곳에 많은 돈을 쏟아 부어야만 했으며, 그렇다고 해서 사용자 입장에서 좋아진 것도 없었다.

전산화 초기에 업무량은 오히려 2배 이상으로 늘어난 데다 새로운 업무환경에 적응하기 위한 각종 교육이 그들을 괴롭혔음에도 불구하고, 늦은 응답속도와 문자 위주의 정보만을 제공하는 시스템은 늘 만족스럽지 못한 상태였다. 소프트웨어 개발자들 또한 그들 나름대로 많은 양의 유지 · 보수 요구에 허덕여야 했다.

대량의 데이터 처리를 컴퓨터를 통해 해결하려던 노력은 십수년간 이렇게 위태롭고도 힘겹게 진행되어 왔다.

개선 방법

컴퓨터를 이용해서 이 문제를 해결하자는 접근방식은 아직까지 달라지지 않았다.

다만 관련된 모든 사람들, 즉 관리자에게도, 컴퓨터 엔지니어에게도, 무엇보다 정보를 생산하고 직접 이용하는 위치에 있는 최종 사용자에게 실익을 주는 정보화를 추구하자는 점이 과거와 다를 뿐이다.

수 년 전만 해도 거의 모든 전산시스템은 mini-computer급 이상의 주전산기를 운영환경으로 하는 것을 당연한 것으로 여겼다.

그러나 최근 워크스테이션이나 PC 등의 급격한 성능향상에 힘입어, 소형

컴퓨터 여러 대를 LAN으로 한데 묶어, 각각의 computing power를 하나 또는 그 이상의 목적을 위해 집중시켜 운영하는 Down-sizing이 범세계적으로 유행처럼 번져가고 있다〈그림 1〉.

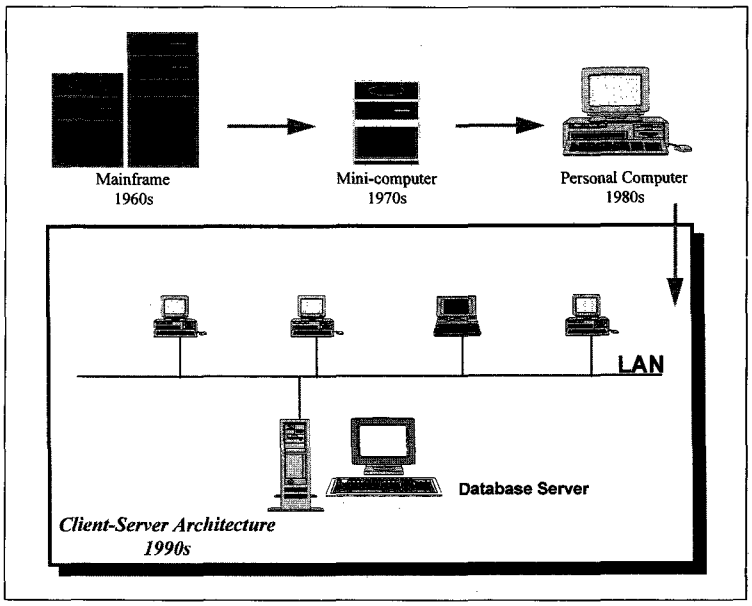
주전산기 위주의 시스템은 그 동안 시스템관리자나 운영자 및 사용자들에게 많은 희생을 강요해 왔다.

엄청난 도입가격 및 유지보수료를 지불하면서도, 제공받을 수 있는 기능이 늘 불만족스러운 시스템은 이제 머지않아 역사의 뒤안길로 사라지게 될 것이다.

물론 이러한 경향은 발전소 운영부문에서도 예외일 수 없다.

이러한 환경 아래서 한전기공(주)는 발전소의 정비기록을 보다 효율적으로 유지하고 활용하기 위하여 MAPS(Maintenance Assister for Power Stations)라는 시스템을 개발했다.

93년말에 고리 3·4호기를 대상으로 개발된 이 시스템은 기존의 그것과는 몇가지 다른 접근방식을 채택하고 있다.



〈그림 1〉 The Down-sizing/Right-sizing Trend

MAPS의 주요 기능

MAPS는 발전소 정비를 위한 제반 활동을 지원하는 컴퓨터 소프트웨어로서, 다음과 같이 크게 네가지 기능 모듈로 구성되어 있다.

- ○ 기기데이터 관리
- ○ TR 및 작업의뢰서 관리
- ○ 예방점검 관리
- ○ 정비이력 관리

1. 기기데이터 관리

발전소 안전성이나 이용률에 중대한 영향을 미치는 기기를 집중 관리한다는 취지에서, 철저한 사전분석을 통해 기기형태를 총 30여 가지 종류로 나누고, 각각의 특성에 맞도록 데이터베이스를 설계한 것이 특징이며, 저장된 정보는 〈그림 2〉에 나타나 있는 바와 같이 다양한 검색조건을 이용하여 쉽게 찾아볼 수 있다.

2. TR 및 작업의뢰서 관리

고장이 발생한 기기에 대해 조치한 일련의 과정을 발생부터 종결까지 추적 관리할 수 있도록 설계하여, 매일 매일의 정비업무에 대한 관리가 쉽게 이루어질 수 있으며, 축적된 정보의 분석을 통하여 고장 다빈도 기기 및 결함원인 등을 쉽게 분석해 낼 수 있다.

3. 예방점검 관리

기기상태를 주기적으로 점검하여 고장을 사전에 예측함으로써 발전소 가동률을 향상시킬 수 있도록 하기 위해, 중요 회전기기의 예방점검 결과에 분석기능을 제공한다.

특히 진동분석의 경우, 측정위치와 분석기간 중의 trend graph, 그리고 예측추이 등을 제공하므로, 기기의 상태가 악화되는 경과와 향후의 예상추이를 한눈에 파악할 수 있다.

4. 정비이력 관리

작업이 끝나면 그와 관련된 정비이력을 체계적으로 보존할 수 있으며, 특히 그림이나 사진 등의 정보까지 취급할 수 있어 관련된 정보를 한 곳에서 모두 볼 수 있다〈그림 3〉.

시스템 운영환경

1. Client-Server Architecture

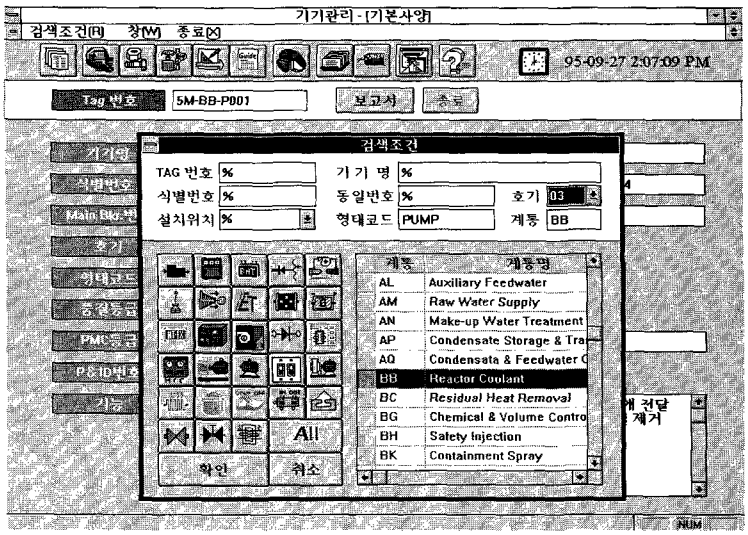
MAPS는 Client-Server 환경에서 운영된다.

이러한 방식은 일반 OA업무 처리용으로 도입된 PC를 com-puting power로 사용하기 때문에, 초기투자가 매우 적으면서도 관련된 업무 담당자들이 데이터베이스를 공유하는 데 있어 주전산기 방식에 비해 여러가지 장점을 제공한다.

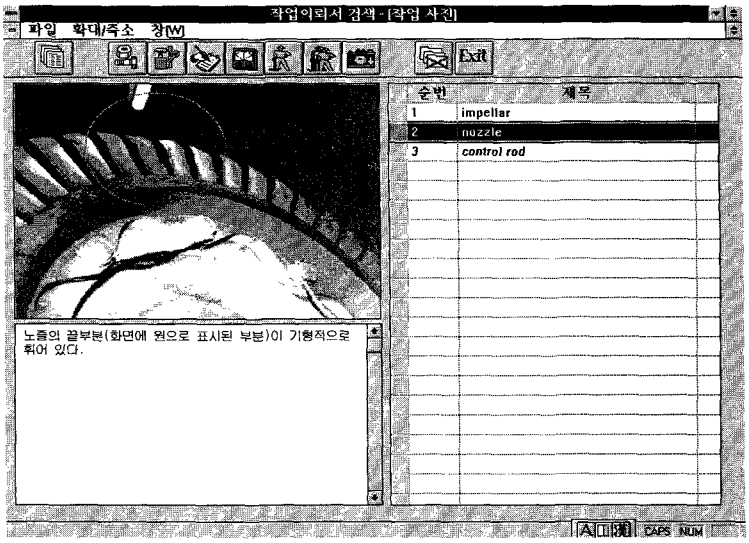
〈그림 4〉에서 보는 바와 같이 Client-Server 방식에서는, 각 사용자들이 실행시키는 응용프로그램은 각자 자신의 PC에 내장된 CPU를 활용하여 처리하고, 데이터베이스에서 입출력되는 부분은 server에서 처리한다.

시스템 사용자 수에 따라 처리효율이 급격히 감소하는 주전산기 방식에 비해 안정된 response time이 보장된다.

이러한 구조를 채용한 결과, 단위 발전소를 위한 데이터베이스는 486DX2급 PC server로 24개 node를 지원하는 경우에도 작업수행면에서 별다른 문제를 느낄 수 없었으며, 심지어(데이터베이스를 relational model로 하였는데도 불구하고) 약 1만여 건의 기기명세 데이터를 검색하는데도 2초 이내의 응답속도를 갖는 등 성능에 대한 우려를 씻을 수 있었다.



〈그림 2〉 기기데이터 관리 예시 화면



〈그림 3〉 정비이력 관리 예시 화면

2. LAN(Local Area Network)

MAPS는 각 부서에서 데이터베이스를 공유하기 위해 LAN을 그 운영 기반으로 설정하였다.

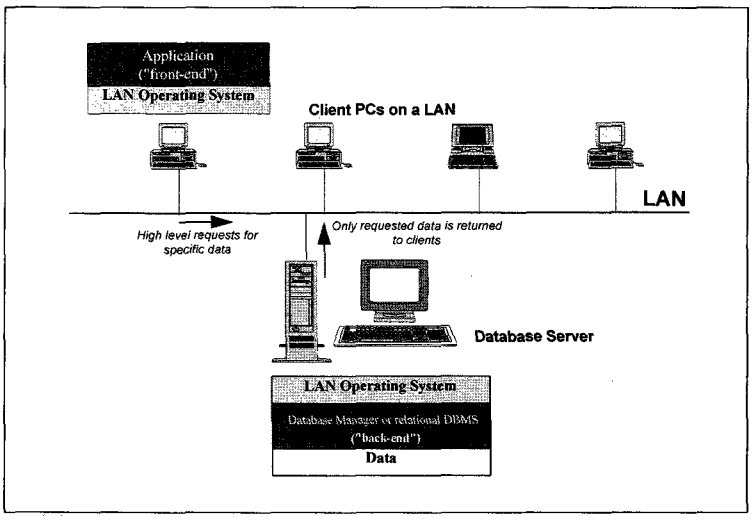
일반적으로 파일이나 장비 및 하드디스크 등을 공유할 목적이라면, 네트워크에 접속된 어떠한 PC라도 경우에 따라서는 server와 client의 역할을 동시에 수행할 수 있는 peer-to-peer 방식이 유리할 수도 있으나, MAPS의 경우 데이터베이스의 안정적인 유지와 신속한 데이터 제공이 주목적이므로, 별도의 database server를 갖는 dedicated server 방식으로 설계했다.

또한 network cabling의 경우에는 UTP cable을 사용함으로써 비용 대비 성능에서 효율이 높아 점차 그 이용이 확대되고 있는 10Base-T를 근간으로 하고, 사무공간이 발전소 전역에 걸쳐 흩어져 있는 경우에는 동축케이블을 이와 병행하여 사용하였다.

3. Server

데이터베이스를 저장하고 시스템의 back-end processor인 database engine을 무리없이 운용할 수 있는 server급 PC를 찾아내는 것이 그리 쉬운 일은 아니다.

개발 당시인 93년도만 해도 국내 PC업체에서 생산되는 PC 중 server로 활용할 만한 것은 거의 없었으며, LAN에 관한 solution vendor를 자처하는 회사들은 안정성을 이유로 대당 미화10,000~20,000달러를 호가하는 외제 PC를 권유하는 경우가 많았다.



〈그림 4〉 Client-Server model의 개념도

그러나 전국 서비스망을 갖춘 외국산 PC딜러가 거의 없는 형편에 지방 중에서도 최고 오지라고 할 수 있는 발전소에서 server가 고장이 났을 때 신속한 지원이 불가능하다는 점이 부담이 되어, 우리는 당시 국내에서 생산된 IBM PC 호환기종으로 최고급 기종인 S사의 tower형 PC를 도입하여 시범 운영해 보기로 했다.

이때 도입한 server의 주요 사양은 다음과 같다.

- CPU : i486DX2 - 66MHz
- Memory : 16MB
- HDD : 1.0GB
- Tape drive
- FDD : 3.5″, 5.25″ 각 1개
- Fast SCSI-II controller
- NIC : 3COM EtherLink III-TP(32bit EISA용)

현재 이 PC는 고리 · 영광 · 울진 · 월성 등 국내의 모든 원자력발전소에 설치되어 운영 중에 있으며, 당초에 우려했던 것보다는 훨씬 안정적인 상태를 유지하면서 아직까지 큰 문제없이 사용하고 있다.

다만 데이터의 양이 늘어나면서 response time이 조금씩 늦어지고 있는 바, 이를 해결하기 위해 금년 내에 펜티엄급 전용 server로 교체하려고 한다.

시스템 개발시 특별히 고려한 사항

MAPS의 성공적인 운영을 위해 시스템 개발시 특별히 고려한 사항들로는 다음과 같은 것들이 있다.

첫째, 사용하기 쉽게 만든다.

아무리 많은 기능을 제공하는 시스템이라고 해도, 쓰는 방법이 어려워서 사용자로부터 외면당하게 되면 그 시스템은 성공할 수 없다.

또한 사용자에게 외면 당한 시스템에 충실한 데이터의 축적을 기대할 수 없는 것은 당연하며, 그로 인해 또 다른 사용자가 그 시스템을 외면하게 되는 악순환이 되지 않아야 할 것이다.

별도의 사용자 교육 없이도 쓸 수 있을 정도로 접근하기 쉬운 시스템을 개발해야 한다는 것은 주요 목표 중의 하나였다.

둘째, 자동화보다는 정보화에 초점을 맞춘다. 흔히 전산화라 하면 현행 업무를 자동화하는 것으로 생각하는 경향이 있다.

물론 업무의 성격이나 시스템 개발의 방향에 따라 수작업으로 수행하던 업무가 자동화되는 부분이 없진 않지만, 처음부터 이러한 자동화 부분에 초점을 맞추게 되면 사소한 절차의 변경 등에도 프로그램을 변경해야 하는 등 software maintenance backlog을 견뎌내기 힘들게 된다.

따라서 MAPS에는 절차의 자동화보다는 '중요데이터의 정보화'에 초점을 맞추어 개발하고자 노력하였다.

즉 향후에는 정비업무 뿐만 아니라 운전이나 RCM 등 관련되는 어떠한 분야라도 원하는 방향의 분석이 가능하도록 꼭 필요한 항목이 누락되지 않게 주의하는 한편, 현실적으로 입력되기 힘들거나 활용빈도가 극히 적은 항목은 과감히 배제하였다.

이렇게 함으로써 데이터를 입력해야 하는 사용자들의 부담이 크게 줄었을 뿐 아니라, 사실에 기초한 데이터 축적을 유도할 수 있게 되었다.

기타 특정 업무에 꼭 맞는 report form 등은 일반 OA용 소프트웨어를 이용해서 사용자가 직접 가공해 쓰도록 하는 것을 원칙으로 하였다.

셋째, (처음부터) 필요한 모든 기능을 시스템에 넣으려고 욕심 내지 않는다.

갑자기 엄청난 규모의 시스템을 사용자에게 던져주고 운용하라고 하면 대부분의 사용자는 오히려 포기하는 수가 많으며, 이러한 경향은 전산시스템 개발 프로젝트에 관련되었던 경험이 있는 사용자일수록 더 심하다.

따라서 대규모 시스템보다는 사용자들에게 우선 자그마한 성취감이라도 줄 수 있는 수준에서 출발한다는 원칙을 세웠다.

사용자가 일단 성공에 대한 믿음을 가지게 되면 그 시스템은 절반 이상 성공한 것이라고 보아도 좋을 것이며, 보강되어야 할 기능은 jigsaw puzzle을 만들어 나가는 식으로 나중에라도 얼마든지 추가할 수 있기 때문에 문제가 되지 않을 것이다.

넷째, 이 시스템의 개발을 외부기관에 위탁하지 않고 자체 개발한다.

모든 소프트웨어는 각기 life cycle이 있어서 언젠가는 필연적으로 maintenance가 필요하게 되므로, 자체개발을 통해 축적된 기술로 이에 즉시 대응하고, 나아가 살아있는 시스템으로 발전시켜야 한다는 것이다.

자체 개발하기로 한 또 하나의 이유는, 사용자의 요구조건이 정확히 반영된 시스템을 개발하기 위해서인데, 위탁개발의 경우 일의 범위가 발주자와 개발자 사이에 체결된 계약서에 의해 정해지게 되고, 결국 그로 인해 일을 망치게 되는 경우를 주위에서 흔히 볼 수 있었기 때문이다.

그밖에 설비의 중요도에 따라 차등을 두어 관리하도록 하는 것과, 정비업무에 정통한 사람을 개발팀에 합류시켜 시스템 요구기능 등을 사전에 검증하게 하는 것, 그리고 지속적이고도 원활한 운영을 위해 시스템의 운영절차 등을 절차서에 명시함으로써 활용도를 제고시키도록 하는 것 등이 있다.

시스템 설치

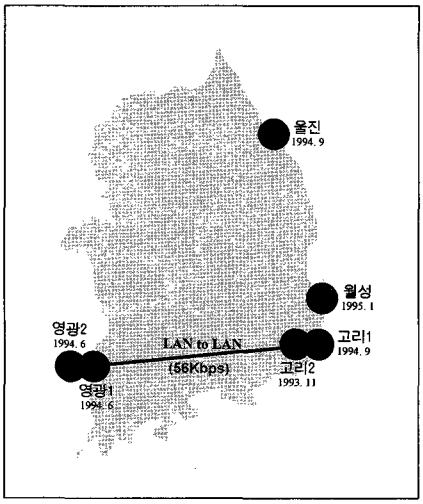
MAPS의 설치에 앞서 한전기공(주)의 각 원자력사업소에 LAN 설치공사를 시행하였으며, 고리2사업소의 경우 server를 포함하여 총 24개의 node를 설치하였다.

또한 필요에 따라 node를 확장하더라도 총 4대까지는 single logical repeater의 기능을 문제없이 수행할 수 있도록 하기 위하여 stackable hub를 사용하였다.

데이터베이스와 주요 icon file들은 server에 설치하고, application은

〈표 1〉 고리 2 발전소 부서별 운영현황

부서명 \ PC등급	386DX	486SX	486DX	486DX2	합 계
소 장			1		1
부 소 장			1		1
기 계 부	1		2	1	4
전 기 부		1	1	1	3
원 자 로 부			2	1	3
기 술 부	1		2	1	4
공 무 부		1	2		3
품 질 부	1		1		2
기 타	3				3



〈그림 5〉 MAPS 운영현황

client마다 따로 설치하였는데, 이를 위한 disk space는 5MB 정도로 큰 부담이 되진 않았다.

application을 client마다 설치한 이유는 network traffic이 순수하게 데이터 이동시에만 발생하도록 함으로써 병목현상을 줄이고자 하는 시도이며, 이를 위하여 client의 disk space와 프로그램 설치 및 유지보수에 대한 노력을 그 댓가로 지불해야 했다.

시스템 운영

MAPS는 93년 11월부터 연차적으로 국내 각 원자력발전소에 설치하기 시작하여 금년 1월 월성원자력발전소를 마지막으로 설치 · 완료되었으며, 96년도까지는 화력발전소에까지 확대하여 국내의 전 발전소에 설치할 예정이다.

시스템은 해당 사업소에 위임하여 운영하고 있으며, 본사 전산부서에서는 향후 기능보완 등을 위해 사용자 의견을 수집하고 기능의 표준화 등에 주력하는 한편, 운영 활성화를 위해 정기적으로 MAPS 워크숍을 개최하여 각 사업소 담당자들 간에 기술교류의 장으로 활용될 수 있도록 추진할 계획도 가지고 있다.

또 단위 발전소용 MAPS의 구축이 완료되면, 고속 전용회선으로 LAN-to-LAN 구축을 통해 전국의 발전소를 하나의 네트워크로 연결할 계획인데, 우선 95년말에는 고리2발전소와 영광1발전소의 LAN을 56Kbps 정도의 속도로 연결하여 데이터를 공유할 수 있게 할 예정이다.

맺음말

미국에서는 원자력발전소 정비활동의 유효성 감시를 위해 maintenance rule이 금년 7월부터 발효되었고, 또한 이를 보완하기 위해 data rule의 제정을 추진하고 있다.

미국의 많은 원자력 사업자들은 maintenance rule을 이행하는 방법론의 하나로 RCM(Reliability Centered Maintenance)을 이용하고 있는데, 이러한 영향은 곧 우리나라에도 미칠 것으로 예상된다.

RCM을 비롯, 정비최적화를 위한 어떠한 방법론에서도 기초자료로 활용될 수 있는 것이 바로 정비이력 데이터베이스이다.

새로운 이론이나 방법론의 도입을 통한 정비활동의 고도화도 중요하겠지만, 그를 위해 기본적으로 요구되는 부분에 대한 지속적인 관심과 실제적인 이행이 사상누각을 방지하기 위해서라도 필요한 것이 아닐까?