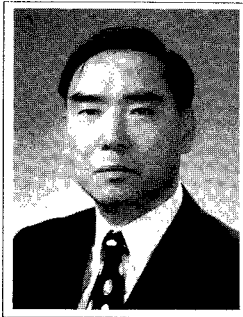


환경 방사선 감시 시스템의 개발

하 달 규

삼창기업(주) 중앙연구소 소장



화 경 방사선 감시 시스템이란 환경 방사선의 미세한 변화를 연속적으로 감시하여 방사선에 의한 환경 오염을 예방하고 원자력발전소 주변 지역 주민의 건강과 안전을 도모하기 위한 시스템을 말한다.

현재 원자력발전소에서는 원자력 관계 법령(과기처 고시 제85-5호)에 의거하여 원전 주변 지역의 환경 방사선 감시용으로 방사선의 측정에 표준으로 사용되는 이온 전리함 검출기를 사용하고 있다.

환경 방사선은 지구 탄생과 더불어 존재하는 자연 방사선과 핵실험 및 원자력 관련 시설에서 방출되는 인공 방사선으로 나눌 수 있는데, 이온 전리함 검출기의 경우 인공과 자연 방사선 핵종에 관계없이 전체적인 양을 표시한다.

본 연구 개발은 기존의 이온 전리함 센서의 기능을 포함하고 인공과 자연 방사선의 분리 측정에 초점을 맞추어 NaI(Tl) 섬광 검출기를 도입하였으며, 중앙 컴퓨터 시스템은 Unix 운영 체제의 워크스테이션과 LAN 네트워크의 구축으로 호환성과 확장성을 고려한 시스템을 설계하였다.

95년 6월부터 총 27개월의 연구 기간 동안 방사선 계측 알고리즘 개발, 회로 설계 및 시제품 개발, 현장 설치 시험 등의 과정을 거치면서 성능 향상 및 수정 보완을 거듭한 결과, 인공 방사선과 자연 방사선 분리 측정 및 순수 국내 기술을 이용한 환경 방사선 감시 시스템을 개발하였다.

개발 시스템은 측정 방법에 있어서 이온 전리함 검출기와 NaI(Tl) 섬광 검출기를 함께 사용하여 선량률을 동시에 이중으로 측정하여 신뢰성을 향상시키고, 인공 방사선과 자연 방사선을 분리 검출할 수 있어 효율성을 증대시켰으며, 중앙 컴퓨터 시스템은 Unix 운영 체제의 워크스테이션과 GUI를 통한 운영 극대화와 LAN 네트워크의 구축으로 호환성·확장성을 높였다.

환경 방사선 감시 시스템 구성

개발된 환경 방사선 감시 시스템은 원격지 감시 시스템(remote radiation monitoring system)과 중앙 컴퓨터 시스템으로, <그림 1>과 같이 크게 두 개의 시스템으로 구성되어 있다.

1. 원격지 감시 시스템

감시 시스템은 크게 검출부, 신호 처리부, 전원부, 제어부(remote

control unit)로 구성되어 있다.

개발 시스템은 검출기의 이중화와 16비트 마이크로프로세서 중심의 방사선 측정 장치를 통해서 신뢰성 있는 데이터의 취득과 인공·자연 방사선 분리 측정이 가능하여 효율적인 감시 업무를 도모한다.

세부적인 구성 내용은 <그림 2>와 같다.

2 중앙 컴퓨터 시스템

개방형 시스템을 지향하는 중앙 컴퓨터 시스템은 데이터 처리의 효율성과 신속성을 고려한 Client/Server 방식을 채택하였고, 감시소로부터의 실시간 데이터와 기상 관측 데이터를 받아들여 관계형 데이터 베이스 관리 시스템에서 다각도의 데이터 분석을 가능케 한다.

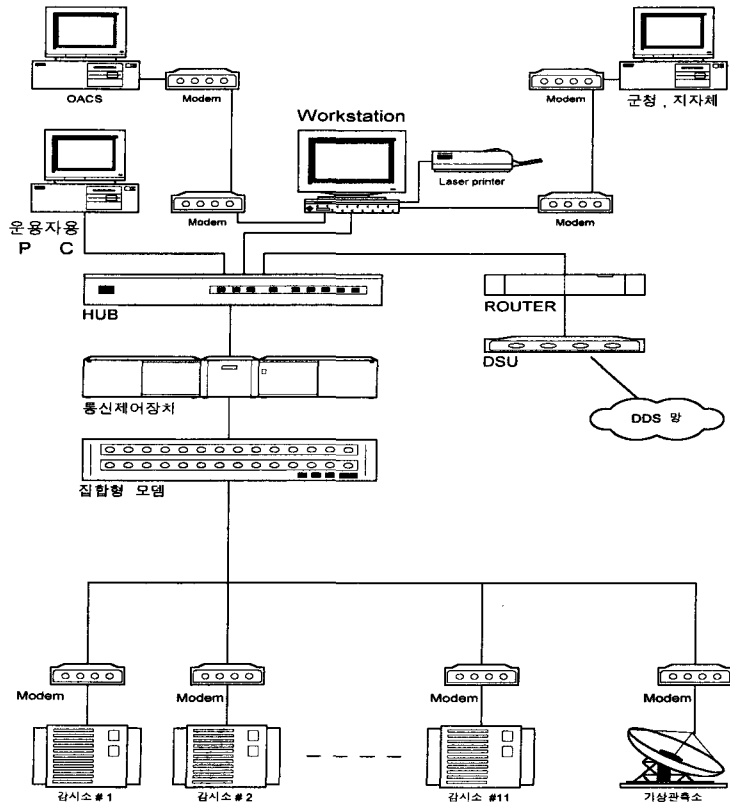
Nal(Tl) 섬광 검출기를 이용한 조사 선량을 측정

Nal(Tl) 섬광 검출기는 일반적으로 인공 핵종의 방사능 측정에 사용되고 있다.

그러나 개발 시스템에서는 Nal(Tl) 섬광 검출기와 DCU를 이용하여 일반 환경의 조사 선량을 측정할 수 있도록 개발하였다.

1. Nal(Tl) 검출기

Nal(Tl) 섬광 검출기는 입사 방사선이 Nal(Tl) 센서에 조사될 때 흡수된 에너지에 비례하게 빛을 생성하



<그림 1> 환경 방사선 감시 시스템 전체 구조도

고, 생성된 빛은 광증배관, 전치증폭기, 증폭기를 거쳐서 흡수된 에너지에 비례한 높이의 전압 펄스를 생성하며, 입력에 대한 출력의 불감 시간 (dead-time)이 $0.23\mu s$ 이기 때문에 방사능 핵종 분석이 가능하다.

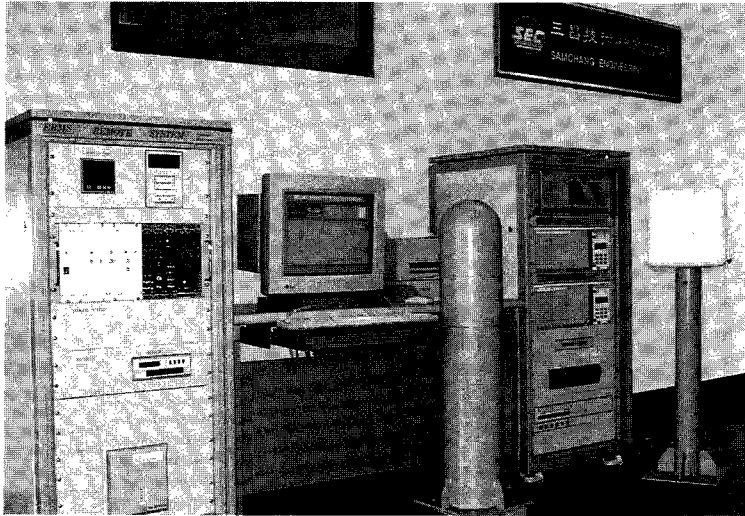
2. 선량 변환 함수

선량 변환 함수($G(E)$ -Function)는 에너지 스펙트럼-조사 선량을 환산 인자로서, DCU에서 발생하는 비교

파형을 구하는 데 중요한 역할을 한다.

선량 변환 함수는 입사 방사선의 에너지와 검출기의 크기·재질 등의 기하학적인 구조에 따라 고유한 특성을 갖는다.

선량 변환 함수 계산에 필요한 Nal(Tl) 섬광 검출기의 에너지별 광전 효과 확률을 구하기 위해 증성자 및 γ -선의 확률론적 수송 프로그램인 MCNP(monte carlo code for



삼창기업(주)에서 개발한 환경 방사선 감시 시스템.

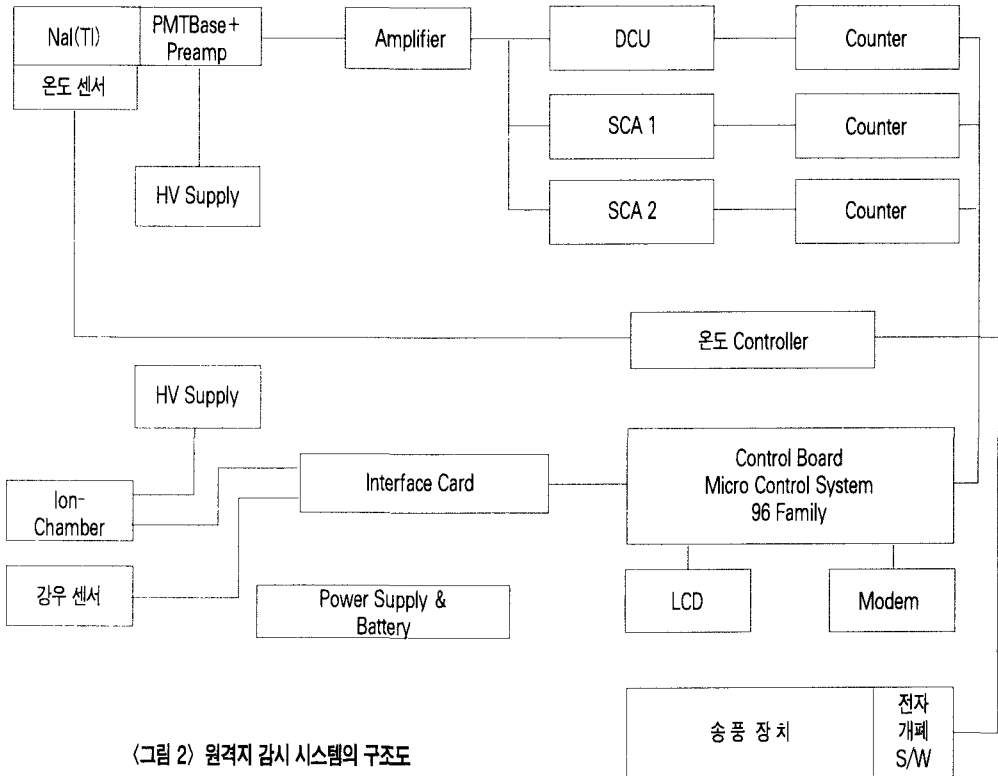
photon transport)를 이용하였다.
 계산된 $G(E)$ -함수는 <그림 3>과 같다.

3. DCU

DCU는 스펙트럼-선량 환산 함수의 역함수[$G(E)^{-1}$]를 주기적으로 발생시키는 신호 발생기(V_{ref})와 비교기, 펄스트리거로 구성되어 있다.

조사 선량률은 DCU의 단위 계수율에 최대 선량 환산 인자값을 곱한 값이 된다.

$$\text{조사선량률} (\mu\text{R/hr}) = \text{DCU의 계수율} (\text{cps}) \times \text{최대 선량 환산}$$



<그림 2> 원격지 감시 시스템의 구조도

함수값($G(E_{Max})$)

ERMS의 방사선 측정 시험 결과

개발된 감시 시스템의 평가를 위하여 다음과 같이 측정 시험을 하였다. 첫째 표준 선원을 사용한 거리별 조사 선량률을 측정하였고, 둘째 고리 원자력발전소 주변 환경 방사선의 연속 측정을 하였으며, 셋째 인공 방사선원을 조사하여 인공 방사선원에 의한 조사 선량의 미세 변화량을 분리 측정하였다.

1. 표준 선원을 사용한 거리별 조사 선량률 측정 시험

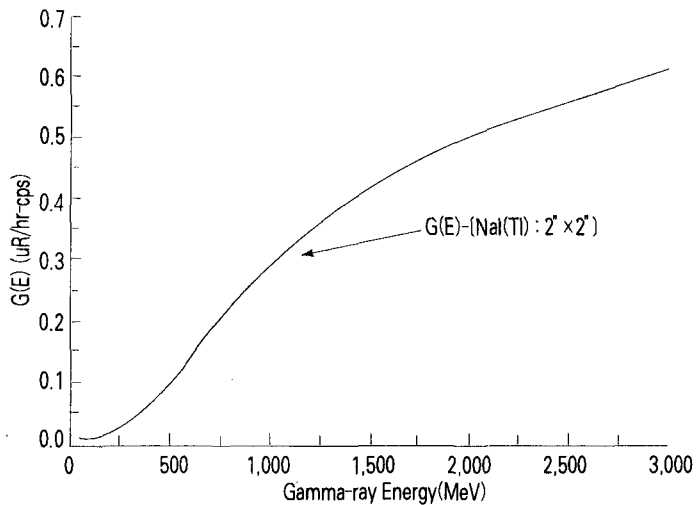
방사선 표준 선원을 검출기 앞에 설치하여 거리별로 조사 선량률을 측정하였다.

그 결과 이온 전리함은 이론치와 평균 6.3%의 오차를 나타내고, NaI(Tl) 섬광 검출기는 평균 3.7%의 오차를 보여 비교적 안정된 성능을 나타내었다.

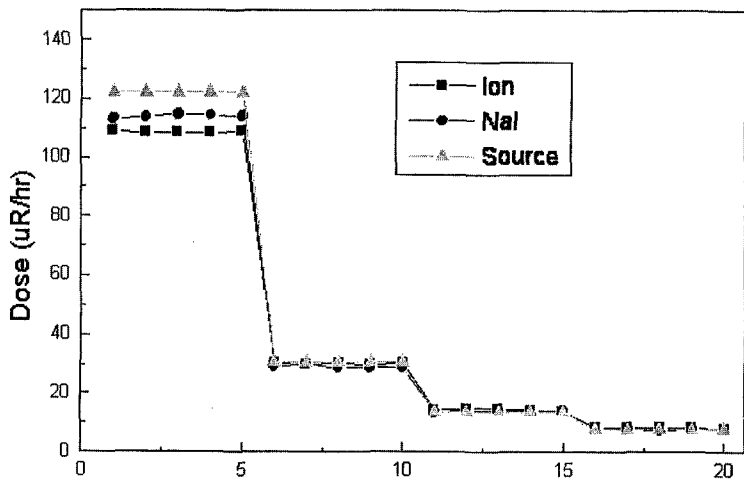
2. 고리 원전 주변의 환경 방사선 연속 측정 시험 결과

고리 원전 주변의 환경 방사선을 1개월간 연속 측정한 후 기존 시스템과 비교 분석하였다.

그 결과 이온 전리함은 평균 97%, NaI(Tl) 섬광 검출기는 95%의 정확성을 나타내었다.



〈그림 3〉 G(E) - 함수의 그래프



〈그림 4〉 환경 방사선 감시 시스템의 방사선 측정

3. 인공 방사선 조사 실험

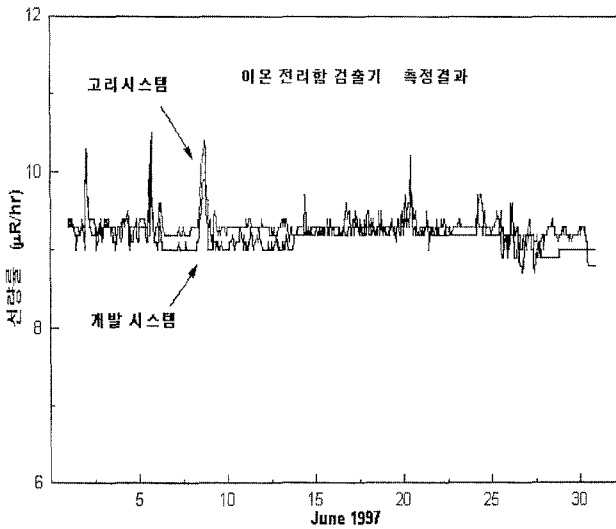
인공 방사선원을 NaI(Tl) 섬광 검출기에 조사한 후 Zero-by-Zero Method를 이용하여 그 결과를 분석하였다.

그 결과 〈그림 6〉에서 처럼 기상(강우) 등으로 인한 조사 선량의 미

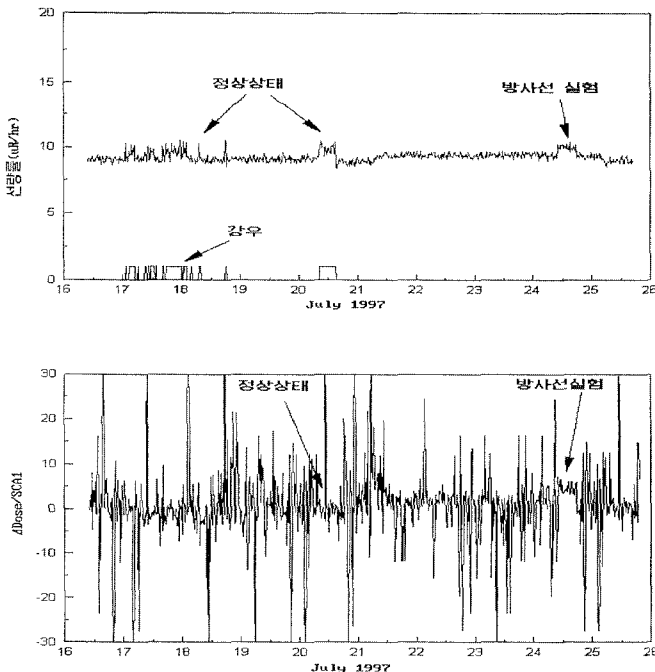
세한 변화량과 인공 방사선의 영향으로 인한 조사 선량의 변화량을 분리 검출할 수 있었다.

결론

기존의 환경 방사선 감시 시스템은



(그림 5) 이온 전리함 검출기의 측정 결과



(그림 6) NaI(Tl) 섬광 검출기의 조사 시험 측정 결과

급한 실정이며, 외국 기술을 이용하였기에 유지 보수도 어렵다는 문제점의 발생으로 본 연구 개발이 진행되었다.

97년 9월, 전체적인 시스템 개발을 마치고 실제 적용을 위한 현장 테스트 및 신뢰성 검증을 위하여 다양한 선량을 측정 시험과 자연·인공 방사선의 분리 검출 시험을 실시하였고, 기존의 시스템과 병행 운전으로 개발 시스템의 성능에 대한 정확성을 검토하였다.

현재까지 측정된 데이터를 분석한 결과는 개발 시스템의 이온 전리함 검출기는 기존 시스템과 3.0%

NaI(Tl) 섬광 검출기는 기존의 이온 전리함 검출기와 비교해서 $-0.5\mu\text{R/hr}$ 의 안정된 데이터가 측정되고 있고, 측정 데이터는 5.0% 이내의 오차를 가지며 자연·인공 방사선 분리 검출의 한계는 $0.58\mu\text{R/hr}$ 로 평가되었다.

이상의 결과를 종합할 때 개발 시스템의 성과는 첫번째, 기술적인 측면에서 환경 방사선 측정 기술 자립으로 국산 기술이 확보되었으며, 특히 NaI(Tl) 섬광 검출기를 이용한 환경 방사선 측정과 인공 방사선 검출 기능이 개발된 점이다.

두번째, 경제적인 측면으로 환경 방사선 감시 측정 기술은 10억원 이상의 무형의 가치가 있으며, 앞으로 4개 원자력발전소에 적용시에는 수입 대체 효과 또한 10억원 이상이 가능하다.

또한 개발 시스템의 적용 분야로는 원자력 발전의 안전성 문제에 대한 평가적인 자료 제시 시스템, 즉 원자력 발전을 주 전력 공급원으로 하는 국내 실정상 원자력 발전의 안전성을 평가하는 인공 방사선 검출 시스템, 인근 국가의 핵실험 및 방사성 폐기물 처리로 인한 오염 조기 경보 시스템, 자연적인 환경 방사선 변화를 연구하는 연구용 시스템 등이 있다.

환경에 대한 국민적 관심이 증대되는 현시점에서 국가적인 차원의 전국 연계망 구축 적용으로의 활용이 기대된다. ☞

80년대에 설치되어 노후화 대책이 시 이내의 오차로 정확성을 나타냈으며,