

최종연구보고서

**방사선 스펙트럼분석기능의 환경방사선  
감시시스템 개발**

**Development of Environment Radiation Monitoring  
System with Radiation Spectrum Analysis**

**삼창기업(주)**

**과 학 기 술 부**

## 제 출 문

### 과 학 기 술 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “방사선 스펙트럼분석기능의 환경방사선 감시시스템 개발”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004. 8. 25.

연 구 기 관 명 : 삼창기업(주)

연 구 책 임 자 : 손 창 호

연 구 원 : 박 기 현

김 윤 구

정 유 철

정 광 민

류 재 규

임 훈

이 동 환

송 두 고

장 영 태

김 성 훈

유 택 근

## 최종연구보고서 초록

과제관리 번호		해당단계 연구기관		단계구 분	(해당단계) /(총단계)
연구사업명	중사업명				
	세부사업명	원자력실용화연구사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	방사선 스펙트럼분석기능의 환경방사선 감시시스템 개발			
연구기관명 (연구책임자)	삼창기업(주) (손창호)	해당단계 연구인력	내부 : 3.47 M·Y	연 구 비	정부 : 144,000 천원
			외부 : 1.75 M·Y		민간 : 170,378 천원
			계 : 5.22 M·Y	계 : 314,378 천원	
위탁연구	연구기관:		연구책임자:		
국제공동연구	상대국명:		상대국연구기관명:	참여기업	삼창기업(주)
색인어 (각5개 이상)	한글 : 방사선 스펙트럼분석, 환경방사선, 방사선 감시기, 선량환산, 인공방사능 구분, 방사선 측정				
	영어 : Radiation Spectrum Analysis, Environment Radiation, Radiation Monitoring System, Dose Conversion, Artificial Radiation Detection, Radiation Detection				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				면수	172
<p>1. 연구개발목표 및 내용</p> <p>방사선 스펙트럼을 측정하고 분석할 수 있는 기능의 환경 방사선 감시 장치 개발. 이는 환경 방사능의 세기뿐만 아니라 그 성분을 측정할 수 있는 시스템으로 디지털 선량환산 장치의 개발로 공기중 공간 선량률을 측정할 수 있으며 인공 방사능 구분기능으로 측정된 환경 방사능중의 인공방사능 포함 여부를 분석할 수 있다.</p> <p>2. 연구결과</p> <p>4,096Ch 이상의 분해능을 가지는 MCA 측정 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어를 개발하였으며 이를 이용한 방사선 스펙트럼 분석기능의 환경 방사능 감시 장치를 개발하였다. 개발된 시스템은 실시간으로 환경 방사능의 공간 선량률과 방사선 스펙트럼을 측정하고 분석하여 송신하는 기능을 가지고 있다.</p> <p>3. 기대효과 및 활용방안</p> <p>개발된 시스템은 현재 발전소 주변이나 전국토의 환경 방사선 감시망에서 운용중인 기존의 시스템을 대체할 수 있다. 기존의 시스템은 공간 선량률만 측정하는 반면 개발된 시스템은 방사선 스펙트럼을 측정하여, 방사선 유출 사고시 사고의 원인을 분석할 수 있는 기능을 가지고 있으므로 보다 상세하고 정확한 환경 방사선의 감시가 가능하다.</p>					

# 요 약 문

## I. 제 목

방사선 스펙트럼분석기능의 환경방사선 감시시스템 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

재난 및 테러의 감시에 대한 필요성이 커지고 있는 가운데 국내에는 원전 주변의 환경 방사선 감시 시스템의 중요성과 그 측정의 정확성에 대한 검토가 이루어지고 있다. 환경 방사선은 강우나 기후에 따라 그 준위가 크게 변동하는데 이로 인해 원전의 방사선 누출이나 인접국가의 방사선 누출 사고시에 그 구별과 조기 감지가 어렵다. 이를 구분하고 보다 정확한 환경 방사선 분석을위해서 MCA가 적용된 환경 방사선 감시장치 개발의 필요성이 대두되고 있다.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

방사선 스펙트럼 분석기능의 환경 방사선 감시장치를 개발하였다. 방사선 스펙트럼 측정을 위해서 MCA(Multi Channel Analyser)를 개발하였으며 측정된 스펙트럼으로부터 환경 방사선의 공기중 공간 선량률을 계산하는 알고리즘과, 실시간으로 인공방사선의 감지 여부를 판단할 수 있는 기능을 설계하였다. 선량률 계산 알고리즘 개발을 위하여 Monte Carlo Simulation을 통한 검출기의 반응함수와 공간 선량률 환산인자를 계산하였으며 인공 방사선 감지를 위하여 Zero by Zero 방법을 구현하였다. 또한 독립적으로 설치 사용가능한 환경 방사선 감시장치를 개발하였고 이는 자체 데이터 베이스와 주 컴퓨터로의 통신 기능을 갖추었다.

## IV. 연구개발결과

4,096 Ch 이상의 성능을 가지는 MCA를 개발하였으며 이를 적용한 환경 방사선 감시 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 NaI(Tl) 섬광검출기의 신호를 측정하고 고전압을 공급하는 기능을 가지고 있고 신형과 구형의 HPIC(High Pressure Ion Chamber)검출기의 신호를 측정하고 고전압을 공급하는 기능을 가지고 있다. 또한 방사선의 측정과 분석 알고리즘을 가지고 있으며 실시간으로 방사선을 측정 감시하는 기능을 가지고 있다. 구현된 방사선 분석 알고리즘은 방사선 스펙트럼으로부터 공간 선량률을 계산하는 기능과 인공 방사선의 측정여부를 감시하는 기능으로 구성되어 있다. 또한 연구결과로 1건의 논문발표와 2건의 특허출원을 하였다.

## V. 연구개발결과의 활용계획

개발된 알고리즘과 시스템은 원전 주변에 사용중인 환경 방사선 감시망을 대체할 수 있으며, 보다 정확한 환경 방사선 감시에 이용될 수 있다. 또한 전 국토 환경 방사선 감시망에도 보다 자세한 방사선 정보를 측정하여 제공할수 있다. 삼창기업(주)은 원전 주변의 환경 방사선 감시망을 제작 납품한 경험이 있으므로 보다 적극적으로 현장 적용이 가능할것으로 예상된다.

# S U M M A R Y

## I. Title

Development of Environment radiation monitoring system with radiation spectrum analysis

## II. The object and need of research and development

In the situation that the monitoring of disaster and terror is more necessary, the role and importance of environmental monitoring system around nuclear power plant and the accuracy of radiation measuring are reviewed actively. Because of that environmental radiation is affected by the rain and weather, it is difficult to detect early the absence of artificial radiation release, from nuclear power plant and nuclear experiment form neighbor country. To distinguish this accident to detect radiation more precisely, it is necessary that development of environmental radiation monitoring system with radiation spectrum analysis which use MCA(Multi Channel Analyser).

## III. The contents and scope of research and development.

Environment radiation monitoring system was developed. MCA is developed for detection of radiation spectrum and the algorithm for calculation of doserate from spectrum and the algorithm for distinguish of absence of artificial radiation release were developed. For development of doserate conversion, Monte carlo simulation was used, and for distinguish of artificial radiation release, Zero by Zero method was applied. All this monitoring result is stored local independent data base and transfer to main computer by various communication method.

## IV. The result of research and development.

MCA with 4,096 Channel was developed and environment radiation monitoring system was also developed. The system has the function of measuring signal from NaI(Tl) scintillation detector, high voltage generation for NaI(Tl), measuring old and new type of HPIC(High Pressure Ion Chamber) signal and high voltage generation for HPIC. Also it has the algorithm for radiation measuring and analysis, and it can preform realtime monitoring of radiation. The developem algorithm consist of calculation of doserate from radiation spectrum and artificial radiaton monitoring. As a result of research 1 paper was published and 2 patent application was submitted.

## V. Research and development utilization plan

The developed algorithm and system can be used as substitute of existing radiation monitoring system of nuclear power plant and more precise and detail monitoring is possible. Also, it can generate radiation spectrum information to the entire radiation monitoring network. Because of that Samchang Enterprise co., ltd. has the experience of formal radiation monitoring system, it is expected that more active application can be performed.

# CONTENTS

Chapter 1. Introduction .....	17
Section 1. Needs of Research Project .....	17
Section 2. Importance of Research Project .....	17
1. Technical Aspect .....	17
2. Economical and Industrial Aspect .....	17
3. Social and Cultural Aspect .....	18
Section 3. Contents and Scope .....	18
Chapter 2. Present Condition of Technology .....	19
Section 1. Recent Domestic Technologies .....	19
1. Environmental Radiation Monitoring System around Nuclear Power Plant .....	19
2. Environmental Radiation Monitoring Network of KINS .....	20
3. MCA Systems and their Applications in Environmental Radiation Monitoring System .....	20
Section 2. Recent Oversea Technologies .....	21
Chapter 3. Content and Result of Research Project .....	22
Section 1. Radiation Measurement Theory .....	22
1. Radiation Measurement .....	22
2. Digital Dose Conversion Algorithm .....	26
3. MCNP Simulation for detector response function .....	28
4. Zero by Zero Method .....	30
Section 2. System Configuration .....	34
Section 3. Hardware Configuration .....	37
1. AIB(Analog Input Board) .....	37
2. PAB(Pulse Analysis Board) .....	42
3. PC104 I/F Board .....	58
4. SBC(Single Board controller) .....	64
5. Other peripherals .....	66
Section 4. Software Configuration .....	75
1. Introduction to Software .....	75
2. Software Design .....	77
3. Software Development .....	81
Section 5. Communication .....	101
1. Internal Communication .....	101
2. External Communication .....	101
3. Comparison of RS-232/422/485 .....	101



Section 6. Research Results .....	103
1. Paper .....	103
2. Patent .....	103
3. Environmental Test .....	103
4. Calibration Test .....	104
5. Developed System .....	107
6. Software Registration .....	108
Chapter 4. Project Achievement and Contribution .....	109
Section 1. Project Achievement .....	109
1. Final Object .....	109
2. Detail Object and Achievement .....	109
3. Main Content and Result in Detail Object .....	109
Section 2. Project Contribution .....	112
Chapter 5. Application of Research Project Result .....	113
Section 1. Environmental Radiation Monitoring System areound NPP .....	113
Section 2. Application to Radiation detector development .....	113
Chapter 6. Reference .....	114
Section 1. Oversea Paper Reference .....	114
Section 2. Oversea Information Summary .....	115
Attachment 1. Environmental Test Procedure Sheet (EMI) .....	116
Attachment 2. Environmental Test Procedure Sheet (Reliability) .....	124
Attachment 3. Calibration Test Report .....	142
Attachment 4. Windows Device Driver Program Source .....	146
Attachment 5. Comparison with similar domestic works .....	171

# 목 차

제 1 장 개요 .....	17
제 1 절 연구개발의 필요성 .....	17
제 2 절 연구개발의 경제·사회·기술적 중요성 .....	17
1. 기술적 측면 .....	17
2. 경제·산업적 측면 .....	17
3. 사회·문화적 측면 .....	18
제 3 절 연구개발의 범위 및 내용 .....	18
제 2 장 국내·외 기술개발 현황 .....	19
제 1 절 국내 기술개발현황 .....	19
1. 원전주변 환경 방사능 감시 시스템 .....	19
2. KINS의 환경 방사선 감시망 .....	20
3. MCA 및 이를 이용한 환경 방사선 감시 시스템 .....	20
제 2 절 국외 기술개발현황 .....	21
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과 .....	22
제 1 절 방사능 측정 알고리즘 .....	22
1. 방사능 측정 일반 .....	22
2. 디지털 선량 환산 인자 계산 알고리즘 .....	26
3. 반응함수 계산을 위한 MCNP Simulation .....	28
4. Zero by Zero Method .....	30
제 2 절 시스템 구성 .....	34
제 3 절 하드웨어 구성 .....	37
1. AIB(Analog Input Board) .....	37
2. PAB(Pulse Analysis Board) .....	42
3. PC104 I/F 보드 .....	58
4. SBC(Single Board controller) .....	64
5. 주변장치 .....	66
제 4 절 소프트웨어 구성 .....	75
1. 소프트웨어 개요 .....	75
2. 소프트웨어 설계 .....	77
3. 소프트웨어 개발 .....	81
제 5 절 통신 .....	101
1. 내부통신 .....	101
2. 외부통신 .....	101
3. RS-232/422/485 비교 .....	101

제 6 절 연구결과 성과물 .....	103
1. 논문 .....	103
2. 특허 .....	103
3. 환경시험 .....	103
4. 검 교정시험 .....	104
5. 개발 완제품 .....	107
6. 소프트웨어 등록 .....	108
제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도 .....	109
제 1 절 목표 달성도 .....	109
1. 최종 목표 .....	109
2. 세부 연구 목표 및 달성도 .....	109
3. 세부연구목표별 주요연구내용 및 결과 .....	109
제 2 절 관련분야에의 기여도 .....	112
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획 .....	113
제 1 절 원전 주변의 환경 방사선 감시장치 .....	113
제 2 절 방사선 측정 장치 개발 기술에 적용 .....	113
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학기술정보 .....	114
제 1 절 해외 수집 관련 논문 .....	114
제 2 절 해외 수집 과학기술 정보 요약 .....	115
별 첨 1. 환경시험 성적서(전자기파 내성시험) .....	116
별 첨 2. 환경시험 성적서(신뢰성시험) .....	124
별 첨 3. 검교정 성적서 .....	142
별 첨 4. 윈도우즈 디바이스 드라이버 프로그램 소스 .....	146
별 첨 5. 국내 유사 개발품 비교 .....	171

## 표 목 차

표 1.3.1 시제품 개발사양 및 목표 .....	18
표 3.1.1 CZT 센서의 장단점 .....	23
표 3.1.2 SCA1 과 SCA2 측정 범위 .....	31
표 3.2.1 시스템 사양 .....	35
표 3.3.1 외부신호 Interface Connector 구성 .....	50
표 3.3.2 PCI칩 메모리 맵 구성 .....	60
표 3.3.3 PC104 I/F 보드의 디지털 I/O 설계 .....	61
표 3.3.4 NaI 센서 사양 .....	67
표 3.3.5 Ion 센서 규격 .....	68
표 3.3.6 온도 및 습도센서 .....	69
표 3.3.7 풍속센서 제원 .....	71
표 3.3.8 풍향센서 제원 .....	72
표 3.4.1 환경방사선 감시시스템 소프트웨어 구성 .....	75
표 3.4.2 ERM table의 구성 .....	78
표 3.4.3 MCA table의 구성 .....	79
표 3.4.4 Setup table의 구성 .....	79
표 3.4.5 Calib table (Calibration Data Table)의 구성 .....	80
표 3.4.6 Alarm table의 구성 .....	80
표 3.4.7 NormalSpectrum table의 구성 .....	81
표 3.4.8 MCA Spectrum table의 구성 .....	81
표 3.4.9 화면구성 및 주요기능 .....	86
표 3.5.1 RS-232/422/485 비교표 .....	102
표 3.6.1 Ion Chamber 및 NaI(Tl) 조사선량률 시험 .....	105
표 3.6.2 MCA 에너지 선형성 시험결과 .....	107
표 3.6.3 Nuclear Characteristics .....	107
표 3.6.4 Digital Characteristics .....	108
표 3.6.5 Interface Characteristics .....	108

여 백

## 그 립 목 차

그림 2.1.1. 원전 주변 환경 방사선 감시 시스템 .....	19
그림 2.1.2 KINS의 전국토 환경 방사선 감시망. ....	20
그림 3.1.1 CZT 검출기 신호 증폭회로 .....	23
그림 3.1.2 Pre-amp Signal from CZT and Amp Signal from CZT .....	23
그림 3.1.3 활성화된 NaI(Tl) 검출기의 에너지띠 구조 .....	24
그림 3.1.4. 광전자증배관의 구조 .....	26
그림 3.1.5 방사선과 NaI(Tl) 검출기의 검출 함수 .....	27
그림 3.1.6 Monte Carlo Simulation을 위한 Geometry 설계 .....	29
그림 3.1.7 1Mev 감마선에 의한 검출기 반응함수 .....	29
그림 3.1.8 각에너지에 따른 검출기 반응함수 .....	30
그림 3.1.9 3인치 NaI(Tl) 섬광 검출기의 선량 환산 함수 G(E) .....	30
그림 3.1.10 SCA1, SCA2 의 범위 .....	31
그림 3.1.11 SCA1과 SCA2와 Doserate의 상관관계 .....	32
그림 3.1.12 인공방사능 식별 실험 .....	33
그림 3.2.1 시스템 구성도 .....	34
그림 3.2.2 시스템 상세 기능 구성도 .....	36
그림 3.3.1 AIB 구성도 .....	37
그림 3.3.2 AIB 회로도 .....	39
그림 3.3.3 AIB 배치도 .....	40
그림 3.3.4 AIB 사진 .....	41
그림 3.3.5 PAB 구성도 1/2 .....	42
그림 3.3.6 PAB 구성도 2/2 .....	42
그림 3.3.7 Peak Holder 회로의 동작파형 .....	46
그림 3.3.8 Peak Timming Detector 회로 동작파형 .....	47
그림 3.3.9 A/D Conversion Timming 동작파형 .....	48
그림 3.3.10 PCI Card Interfacing 회로 동작파형 .....	49
그림 3.3.11 PAB 회로도 1/5 .....	51
그림 3.3.12 PAB 회로도 2/5 .....	52
그림 3.3.13 PAB 회로도 3/5 .....	53
그림 3.3.14 PAB 회로도 4/5 .....	54
그림 3.3.15 PAB 회로도 5/5 .....	55
그림 3.3.16 PAB 배치도 .....	56
그림 3.3.17 PAB 사진 .....	57
그림 3.3.18 PC104 I/F Board 설계 및 구성 .....	58

그림 3.3.19 PCI 칩 내부 블록선도 .....	59
그림 3.3.20 PCI I/F 보드의 회로도 .....	62
그림 3.3.21 PC104 I/F 보드의 배치도 .....	62
그림 3.3.22 PC104 I/F 보드의 실물외형사진 .....	62
그림 3.3.23 Single Board Computer의 외부장치연결 구성도 .....	64
그림 3.3.24 채택한 Single Board Computer의 배치도 .....	65
그림 3.3.25 Ion 챔버 .....	68
그림 3.3.26 온·습도 센서 .....	69
그림 3.3.27 강우량계 사진 .....	69
그림 3.3.28 풍속계 사진 .....	71
그림 3.3.29 풍향센서 사진 .....	72
그림 3.3.30 환경방사선 감시시스템의 조립도면 .....	73
그림 3.3.31 환경방사선 감시시스템의 외형도 .....	73
그림 3.3.32 환경감시시스템의 설치모습 .....	74
그림 3.4.1 환경방사선 감시시스템 소프트웨어 구성도 .....	76
그림 3.4.2 환경방사선 감시시스템의 소프트웨어 주요 순서도 .....	83
그림 3.4.3 소프트웨어 화면 구성 맵 .....	86
그림 3.4.4 Booting Window(초기화면) 구성 .....	87
그림 3.4.5 메인창(Main Window) 구성 .....	88
그림 3.4.6 메뉴창(Menu Window) 구성 .....	89
그림 3.4.7 DB 데이터 그래프 출력(DB Search Window) .....	90
그림 3.4.8 경보 및 이벤트 이력 열람창(Alarm Log Window) .....	91
그림 3.4.9 방사선 스펙트럼 상세화면(MCA Window) .....	92
그림 3.4.10 방사선 스펙트럼 상세화면 기능 .....	92
그림 3.4.11 에너지교정작업창(Energy Calibration Window) .....	93
그림 3.4.12 ROI Window 구성 .....	94
그림 3.4.13 경보설정창 구성 .....	95
그림 3.4.14 MCA 설정창 구성 .....	96
그림 3.4.15 시간설정창 구성 .....	97
그림 3.4.16 통신설정창 구성 .....	98
그림 3.6.1 Ion Chamber 및 NaI(Tl) 조사선량률 시험 .....	105
그림 3.6.2 NaI(Tl) 섬광검출기 조사선량률 시험 .....	106
그림 3.6.3 NaI(Tl) 섬광검출기 MCA 에너지 선형성 시험 .....	106

# 제 1 장 개 요

## 제 1 절 연구개발의 필요성

현재 원자력 발전소가 전국 4개 지역에서 상용 운전되고 있고 발전소 지역마다 환경 방사선 감시 시스템을 가동 중이다. 환경 방사선 감시 시스템은 대기 중의 공간 선량률을 실시간으로 측정하는 설비로서 원전에 의한 주변 환경 방사선의 변화를 감시한다.

이러한 환경 방사선 준위는 자연환경방사선에 의한 변동이 심하고, 원전에 의한 방사능 영향은 거의 없어서, 그 측정이 용이하지 않다. 특히 강우나 기후에 따른 자연 방사선의 변화는 사고 시에 원전에 의한 방사선 영향과 구분하기 힘들다. 이를 구분하고 분석하기 위한 방법으로 삼창기업(주)에서는 SCA1, SCA2, DCU, Zero by Zero Method 등으로 인공방사선 영향 분석 방법을 개발하여 현재 환경 방사선 감시기에 적용하여 응용하고 있다.

그러나 전자산업의 발달로, 보다 간편한 디지털화가 가능해짐에 따라 기존의 파형을 윈도우로 걸러내는 아날로그방식보다 직접적으로 파형의 크기를 측정하여 그 정보로 인공 방사선 영향을 분석하는 방법이 가능해지게 되었다. 이는 보다 자세한 환경방사선 정보를 측정할 수 있고, 디지털화로 장비의 여러 부분을 소프트웨어적으로 해결할 수 있다. 또한 장비의 간소화로 전체 시스템 제작 가격의 절감 효과가 있다.

## 제 2 절 연구개발의 경제·사회·기술적 중요성

### 1. 기술적 측면

방사선 측정 및 분석 기술에 대한 관심과 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 특히 점차 발전하는 전자 및 IT 기술의 방사선 측정에의 응용이 요구되어지고 있다. 그간 방사선 측정 기술은 국내 원전 산업의 규모에 비해 개발의 필요가 대두되고 있으며, 세계적으로도 첨단 기술의 반영이 더디게 이루어지고 있는 분야중 하나이다. 따라서 본 연구에서는 그간 고가의 장비로 인식되어온 MCA(Multi Channel Analyser)의 국산 기술 개발과 소형화 개발 및 방사선 측정 알고리즘을 개발 하였다. 이는 환경 방사능 분석 장비뿐만 아니라 소형 서베이미터, 발전소내 방사선 감시 시스템, 휴대용 핵종분석 장치 등으로 그 연구 결과가 활용 및 응용 될수 있다. 또한 개발된 인공 방사능 감시 기능은 현재 원전 주변의 환경 감시 시스템의 성능 개선 및 전 국토의 방사선 감시에 진일보한 기술로 기여 할 수 있다.

### 2. 경제·산업적 측면

재난 및 테러의 감시에 대한 필요성이 커지고 있는 가운데 국내에는 원전 주변의 환경 방사선 감시 시스템, 전 국토 환경 감시망 운영, 연구용 원자로 등 방사선 관련 시설의 중



가로 인하여 이러한 시설물들에 의한 환경 방사능 영향평가는 날로 중요성을 더하고 있다. 본연구의 개발결과는 보다 개선된 기술로 이러한 요구를 수용할 수 있으며 국산 기술의 개발로 외화 절감, 해외 수출 및 국내 기술 개발 축적의 효과가 예상된다.

### 3. 사회·문화적 측면

지난 원전 수거물 관리센터 등의 입지 선정에 있어서 국민대중이 보여준 원자력 및 방사선 시설에 대한 우려는 사회 전반의 안정성에 악영향을 미칠 정도로 심각하다. 이에 보다 정확하고 개선된 기술의 환경 방사능 감시는 방사능 안전에 대한 대 국민의 이해를 증진하며, 원전 및 관련 시설의 신뢰도 향상에 기여할 것으로 예상되며 환경 친화적인 원자력 시설의 계획 추진에 기여할 것이다.

## 제 3 절 연구개발의 범위 및 내용

본 실용화 연구의 범위 및 내용으로 시제품 개발사양 및 목표를 표 1.3.1에 정리하였다.

표 1.3.1 시제품 개발사양 및 목표

구분	개발 항목	개발 목표
I. NaI(Tl) 센서 응용	Size	3 inch
	Energy Range	50 keV ~ 2.8 MeV
	Activity Range	0 ~ 1000 $\mu$ R/hr
	방사능 선형성	$\leq 5\%$
II. MCA	채널수	$\geq 4096$ channel
	Dead Time	$\leq 25 \mu$ sec
	에너지 선형성	$\leq 5\%$
III. 분석기능	방사능 스펙트럼 측정	환경 방사능 스펙트럼 분석
	감마 공간선량률 계산	Digital Dose Conversion
	감시기능	인공방사능 구분
	분석기능	핵종 구분
	선량률	Dose Conversion
IV. 기타기능	데이터저장	$\geq 1$ 년
	통신기능	Serial 통신
V. 시험 및 인증	온도조건	0 $^{\circ}$ C ~ 45 $^{\circ}$ C
	습도조건	상대습도 18% ~ 86%
	진동조건	공진주파수에서 0.1G
	전압변동	190Vac ~ 250Vac
	전자파/버스트/서지 내성시험	산업용 기기 판정등급이상
	절연저항/내전압 시험	산업용 기기 판정등급이상

## 제 2 장 국내 · 외 기술개발 현황

### 제 1 절 국내 기술개발현황

국내의 환경 방사선 감시는 한수원이 운영하는 원전 주변의 환경 방사선 감시 시스템과 KINS에서 운영하는 전국토 환경 방사능 감시 시스템이 있다.

#### 1. 원전주변 환경 방사능 감시 시스템

전자의 경우 본사인 삼창기업(주)에서 1997년에 연구 개발하여 납품 운영중에 있으며 그 구성은 아래의 그림2.1.1 과 같다.

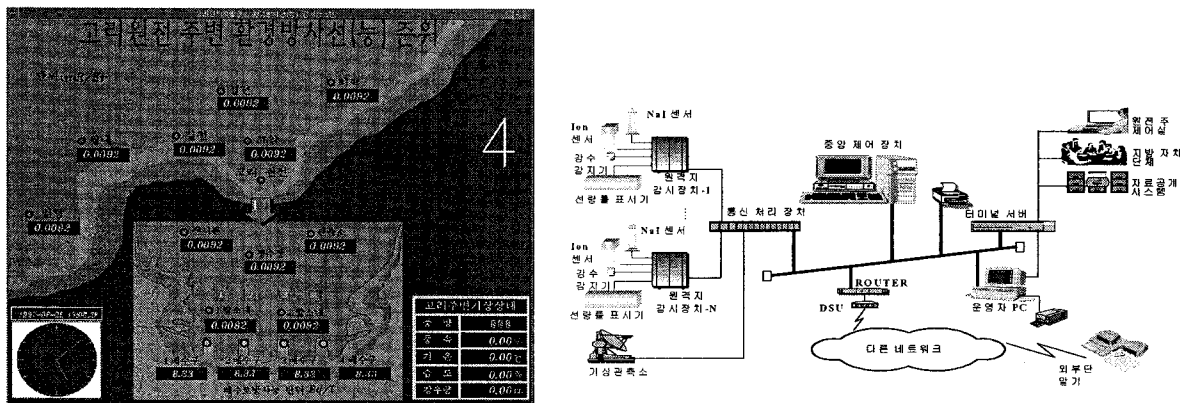


그림 2.1.1 원전 주변 환경 방사선 감시 시스템

이러한 시스템이 현재 고리, 영광, 월성, 울진에서 운영중에 있으며, 각 시스템은 NaI(Tl) 검출기와 HPIC(High Pressure Ion Chamber) 검출기를 사용하고 있다. 측정된 결과는 DCU(Dose Conversion Unit)에 의해 공간 선량률도 변환되고, 그 결과는 중앙컴퓨터에 유선통신망을 통하여 송신되며, 중앙컴퓨터에서는 각 감시위치에서의 값들이 시간에 따라 연속적으로 데이터 베이스에 저장된다.

## 2. KINS의 환경 방사선 감시망

KINS에서도 환경 방사선 감시망을 전국에 설치하여 운영중이며, 그 구성은 아래의 그림 2.1.2 와 같다.

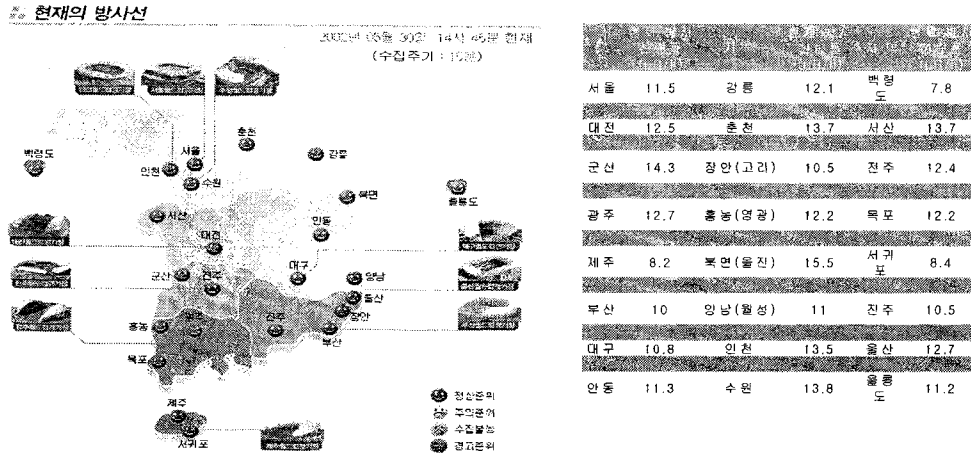


그림 2.1.2 KINS의 전국토 환경 방사선 감시망

전국토 환경 방사선 감시망에서는 HPIC를 검출기로 사용하고 있고 공간 선량률을 측정하여 감시에 활용하고 있다. 이는 방사선의 준위를 감시하는 기능이며, 사고시 원인분석에 필요한 방사선 스펙트럼 정보는 실시간으로 측정되고 있지 않다.

## 3. MCA 및 이를 이용한 환경 방사선 감시 시스템

MCA의 경우 국내의 한 두 업체에서 개발하였으나 그 분해능이 높지 않으며 환경 방사선 감시를 고려하여 개발되어 있지 않다. 즉 방사선 측정 기술과 방사선 스펙트럼 측정 기능의 MCA에 대한 국내 기술은 아직 개발 단계이다.(별첨 5. 국내 유사 개발품 비교 참조) 또한 측정된 방사선 스펙트럼의 실시간 분석 및 인공방사선 감시 기능에 대한 기술은 전무한 상태이며 본 개발은 국내 방사선 측정 기술뿐 아니라 센서 측정기술에 크게 기여할 것으로 예상된다.

## 제 2 절 국외 기술개발현황

세계적으로 방사능 측정 시스템에 대한 연구는 오래전부터 그 기술의 축적이 되어 온 상태이며 MCA도 여러 가지 형태의 개발이 완료된 상태이다. 그러나 이러한 MCA를 이용한 환경 방사선의 실시간 감시 시스템은 아직 적용 초기단계에 있고 그 한 예로 독일의 전국 환경 방사선 감시망의 일부가 사고시 방사선 규명을 위하여 몇 개의 MCA 기능의 환경 방사선 감시 시스템을 운영하고 있다. 또한 일본에서는 그동안 NaI(Tl) 검출기를 사용하여 공간선량률을 측정하는 시스템을 운용하고 있으나 이는 MCA를 이용한 것이 아니라 가변성 Single Channel Analyser를 사용하고 있다.

## 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 제 1 절 방사능 측정 알고리즘

#### 1. 방사능 측정 일반.

##### 가. 방사선 검출 방법

방사선은 인간의 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각으로 감지할 수 없는 것이 특징이다. 그러므로 방사선의 검출 및 강도의 측정과 방사선 종류의 구분은 다음과 같은 여러 가지 방법을 이용하여 측정되고 있다.

- (1) 이온화작용에 의한 기기
- (2) 섬광작용에 의한 기기
- (3) 감광작용에 의한 기기
- (4) 화학작용에 의한 기기

이러한 방법 중 방사선에 대한 응답속도가 빨라야하는 휴대용 방사선 서베이미터에는 이온화작용에 의한 기기 중 G-M 계수관과 섬광작용에 의한 기기 중 NaI(Tl) 검출기가 많이 사용되고 있다. 본 연구에서 사용된 NaI(Tl)검출기는 G-M계수관에 비해 다음과 같은 장점이 있다.

- (1) 감마선에 대한 계수효율이 높고 그 측정이 쉽다.
- (2) G-M 계수관과 같은 본질적 수명이 없다.
- (3) 분해시간 이 짧다.
- (4) 방사선의 에너지를 직접 측정할 수 있다.
- (5) G-M 계수관에서는 계수효율이 낮은 C-14 및 에너지가 작아서 측정 할 수 없는 H-3 등도 높은 계수율로 쉽게 측정할 수가 있다.

##### 나. 검출기 선정

환경 방사선의 방사선 스펙트럼 감시를 위하여 다음의 두가지 방사선 검출기가 고려되었다.

- (1) Cadmium Zinc Telluride (CZT).

최근 상온 반도체에 대한 연구가 활발히 진행중이고 그 하나로 CZT검출기가 검토되었다. CZT 반도체 방사선 검출기는 다음 표 3.1.1과 같은 장단점을 가지고 있다.

표 3.1.1 CZT센서의 장·단점

내용	
장점	상온 반도체 센서 FWHM이 NaI(Tl)보다 작다 (고해상도) NaI(Tl)에 비해 저에너지 방사선 구간에서의 측정이 용이하다.
단점	고에너지 측정효율이 나쁘다 아직 그신뢰성이 확보되지 않았다.

CZT의 이용을 위해서 다음의 증폭회로를 개발하였다. 회로에서는 검출기의 프리앰프 출력을 OP앰프로 증폭하는 기능을 가지고 있으며 그림3.1.2에 프리앰프 신호와 앰프 출력 신호를 측정하였다.

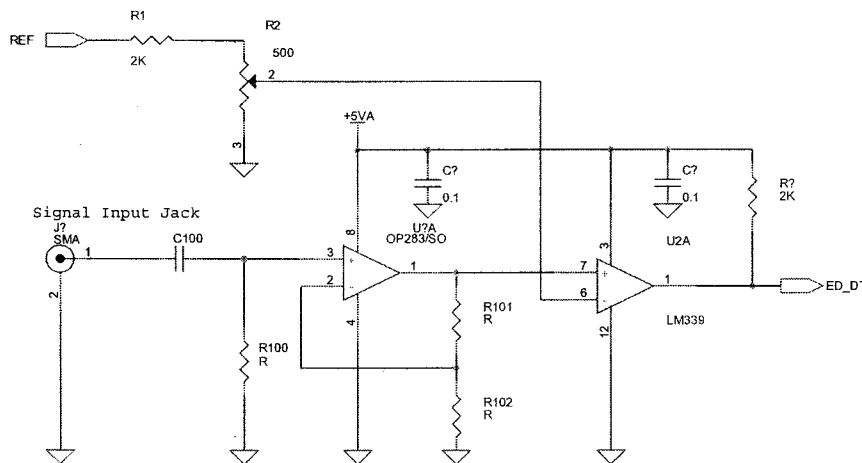


그림 3.1.1 CZT 검출기 신호 증폭회로

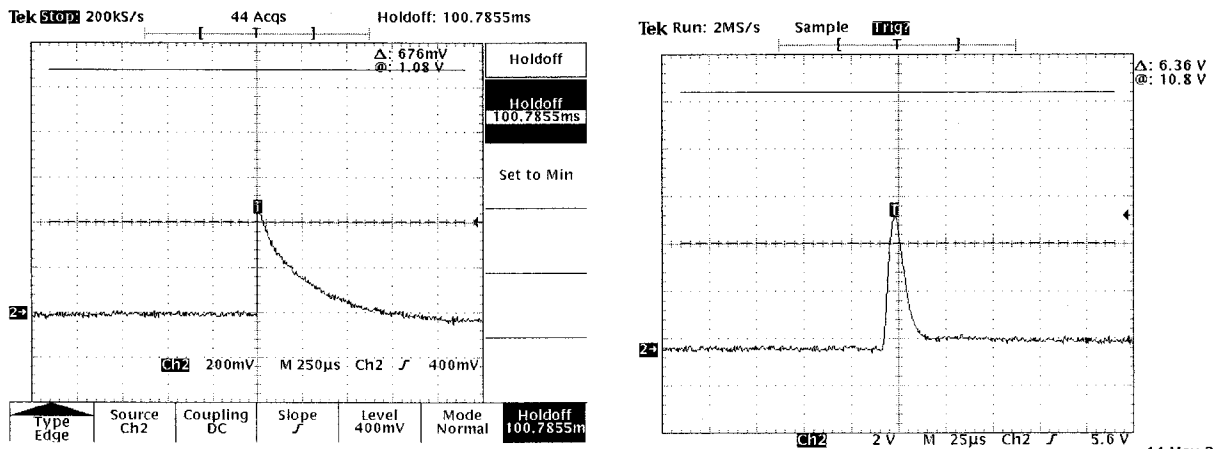


그림 3.1.2 Pre-amp Signal from CZT and Amp Signal from CZT

분석 결과 저에너지 환경방사선 측정에 용이하나 측정효율과 신뢰도 문제로 인하여 적용이 적절치 않음으로 판정되었다.

(2) NaI(Tl) 섬광 검출기

NaI(Tl) 검출기는 물질에 방사선이 입사하면 흡수된 방사선의 일부가 섬광으로서 방사되는 것을 이용하는 측정장치로서 미약한 섬광을 광전자증배관으로 증폭하여 계수한다. 방사선 측정효율이 높은 3인치 검출기가 검토되었으며 이는 현재 원전 주변의 환경 방사선 감시 시스템에 적용되어 있고 일본에서 십수년간 환경 방사선 감시시스템에 사용하고 있다.

따라서 본 연구과제에서는 3인치 NaI(Tl)섬광 검출기를 선정하였다.

(3) NaI(Tl) 섬광 검출기 측정 원리

섬광 메카니즘은 물질의 결정입자에 의해서 결정되는 에너지 상태에 의존한다. 그림 3.1.3에서 나타낸 바와 같이 전자는 절연체 또는 반도체로서 분류된 물질 중에서는 띄엄띄엄(discrete) 에너지띠(band of energy)만을 갖게된다. 아래쪽의 에너지띠는 원자가 전자띠라고 불리고, 이중에 전자는 격자위치에서 전적으로 속박되어있음을 나타내고 있다. 한편 전도띠는 전자가 결정체들을 자유롭게 이동하는데 부족하지 않고 충분한 에너지를 갖고있음을 나타내고 있다. 이들 사이에 금지띠라고 불리는 에너지간격이 있고 순수한 결정에서는 전자는 이 안에 존재하지 않는다. 에너지를 흡수하면 원자가 전자띠중의 정상위치로부터 금지간격을 넘어서 전자가 전도띠 쪽으로 주행한다. 이 경우 원래 원자가 전자띠 중에서 전자가 충족되어있는 장소가 양공(hole)으로서 남게된다. NaI(Tl) 검출기의 경우 활성화제(activator)라고 불리우는 불순물, Tl을 첨가하는데 이는 결정격자내에 특정한 장소를 만들고, 순수한 결정의 정상적인 에너지띠의 구조를 약간 변화시킨다. 그 결과 금지간격의 내부에서 원자가전자띠에 전자의 전이가 가능한 새로운 에너지 상태를 형성한다.

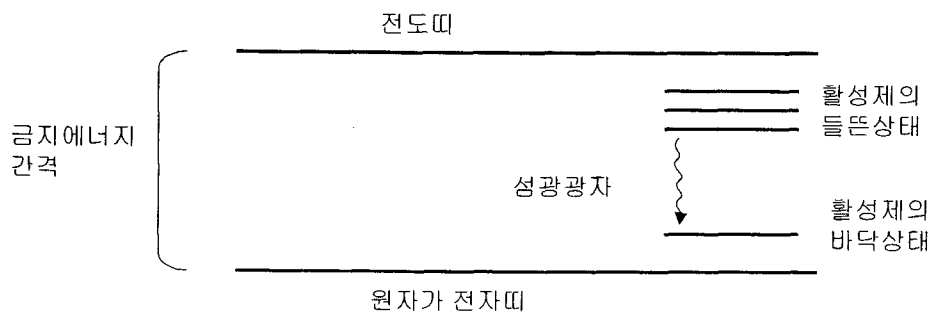


그림 3.1.3 활성화된 NaI(Tl) 검출기의 에너지띠 구조

이 에너지는 전 금지 에너지 간격의 폭 보다 작기 때문에 이 전이는 가시광자를 발생할 수 있으며, 때문에 섬광과정의 기초로서의 역할을 할 수 있게 된다. 검출매질중을 통과한 하전입자는 전자를 원자가 전자띠로부터 전도띠까지 올려서 많은 전자-양공쌍을 생성한다. 불순물의 이온화 에너지는 보통의 격자위치의 이온화 에너지 보다 작기 때문에 양공은 신속히 활성제의 위치로 이동해 그것을 이온화한다. 한편, 전자는 결정중을 자유롭게 이동해서 이온화된 활성제와 조우할 때까지 이동한다.

이 위치에서 전자는 불순물 위치로 갑자기 떨어져서 독자적인 들뜨기 에너지상태가 된 중성의 불순물 배위를 형성한다. 이 상태는 그림 3.1.3 에서 금지간격 내에서 선으로써 나타내고 있다. 형성된 활성제의 상태가 바닥상태에로 이동이 가능한 들뜬 배위인 경우에는 이 전이는 신속히 생겨서 이에 대응하는 광자방출의 확률이 높게 된다.

적절한 활성제가 선택된 경우라면, 이 전이에서 방출된 빛은 가시에너지 영역이 된다. 이 들뜬 상태의 반감기는  $10^{-7}$ s 정도이다. 전자의 이동시간은 이 보다 훨씬 짧기 때문에 모든 들뜬 불순물의 배위는 실제적으로는 동시에 형성되며, 들뜬 상태의 반감기 특성을 갖고 이어서 전이된다. 따라서, 이들 상태의 감쇠시간이 방출된 섬광의 빛의 시간특성을 결정한다. 섬광과정의 효율은 간단한 에너지 계산으로 구해진다. 대부분의 물질에서는 한 쌍의 전자-양공쌍을 생성하는 에너지가 금지간격의 에너지 폭의 3배정도 이다. NaI의 경우, 약 20eV의 하전입자의 에너지가 한 쌍의 전자-양공쌍을 생성하는데 소모된다. 따라서, 섬광체 중에 1 MeV의 입자 에너지가 부여되면 약  $5 \times 10^4$ 개의 전자-양공쌍이 생성된다.

각종의 실험결과로부터 Tl,탈륨(thallium)으로 활성화된 요오드화 나트륨의 절대 섬광 효율은 약 12%임을 알 수 있다. 따라서, 1 MeV의 에너지 흡수는  $1.3 \times 10^5$  eV의 광에너지를 만든다. 즉, 이것은 평균 에너지가 3 eV의 광자를  $4.3 \times 10^4$ 개 나오게 한다.

이 수율은 최초로 생성된 전자-양공쌍당 1 광자에 매우 가까우며, 활성화 위치에서의 에너지 전달은 아주 효율성이 있게 이루어져야 함을 나타내고 있다.

#### (4) PM-Tube의 원리와 특징

방사선의 검출과 분광학에서의 섬광계수의 광범한 응용은 극히 미약한 섬광펄스의 광 신호를 이것에 대응하는 전기신호로 전환시키는 장치를 사용하지 않고는 불가능하게 되었다. 광전자증배관(photomultiplier(PM) tube)은 불규칙한 잡음을 신호에 그다지 많이 가하지 않고도 수백개 이하의 광자로부터 이룬 광신호를 이용이 가능한 전류펄스로 전환시키는 역할을 충분히 다해왔다. 비록 섬광체로서 사용하기 위한 반도체 광다이오우드의 개발에 있어 최근에 어느 정도의 진전이 있었다 할지라도 광전자증배관은 이 목적으로 가장 광범위하게 사용된 장치로서 남아있다. 이와 같은 각종의 광전자증배관은 전자기파 스펙트럼중에서 자외선, 가시광선 및 적외선에 가까운 영역의 방사에너지에 민감하다. 그것은 광학분광학, 레이저 측정, 천문학등 많은 응용면에서 찾아볼 수 있다.

전형적인 광전자증배관의 구조의 개요를 그림3.1.4에 나타내었다.



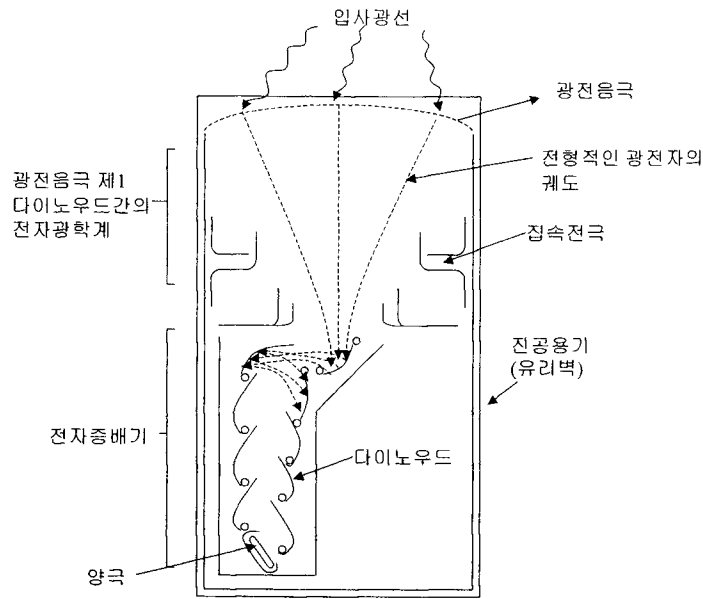


그림 3.1.4 광전자증배관의 구조

광전자증배관의 두 중요한 요소는 광음극(photocathode)이라 불리우는 감광층과 이것이 결합된 전자증배기(electron multiplier)의 구조로써 이루어져 있다. 광음극은 될 수 있는 한 많은 입사한 광자를 저에너지 전자로 전환시키는 작용을 한다.

만일, 빛이 섬광결정으로부터의 펄스로 이루어진 경우라면 생성된 광전자도 또한 같은 시간동안의 펄스로 될 것이다. 전형적인 펄스에 포함되는 광전자는 수백개에 불과하므로 이들 전하는 이 점에서 이것을 전기신호로서 감지하기에는 너무 작다. 광전자증배관의 전자증배기는 효율에 좋은 광전자수집의 배치를 하고 있으며, 또 그 수를 대폭적으로 증가하기 위해서 이상에 가까운 증배기로써 작동하고 있다. 이 증배기를 통해서 증폭된 후 전형적인 섬광펄스는 107~1010개의 전자로 증가되고 당초의 섬광사상을 감지하는데 충분한 전하신호(charge signal)가 되고 있다. 이 전하는 양극 또는 증배기의 출력단(output stage)에 쉽게 수집된다.

거의 모든 광전자증배관의 전하증폭은 비례성(또는 선형성)이 아주 좋기 때문에 진폭의 광범위에 걸쳐 초기의 광전자 수에 대한 비례성을 유지시키는 출력을 생성한다. 다시 말하면 처음의 광펄스의 타이밍정보(timing information)의 대부분이 남아 있게 된다. 매우 짧은 시간 동안의 광펄스에 의해서 조사받을 전형적인 광전자증배관은 20-50 ns의 지연시간(delayed time)이 지난 후 수 ns의 시간폭을 갖는 전자펄스를 생성한다.

## 2. 디지털 선량 환산 인자 계산 알고리즘

환경 방사선 감시 시스템은 우선적으로 환경 방사선의 양을 계산해야한다. 전통적으로 이는 공기중 조사선량으로 대표되고 주로 이온챔버 검출기를 통하여 구해진다. 본 시스템에서는 낮은 에너지에서 더 좋은 검출 효율을 가지는 NaI(Tl)섬광검출기를 이용하여

공간선량률을 측정하고 이는 방사선 스펙트럼을 측정함으로 계산되어 진다.

NaI(Tl)로 측정한 방사선 스펙트럼으로부터 공간선량률 계산은 아래의 식 (1) 에 의해 나타낼수 있다.

$$X_{air} = \int_{E_{min}}^{E_{max}} S(E) \times G(E) dE \quad (1)$$

where

$X_{air}$  : 공간선량률

$S(E)$  : 스펙트럼 : MCA 로 측정

$G(E)$  : 주어진 에너지(E)에 대한 선량환산인자

또한 위의 식의 MCA로 측정한 스펙트럼  $S(E)$ 는 다음의 식 (2)로 나타낼수 있다.

$$S(E) = \int_0^{\infty} \phi(E') \times R(E, E') dE' \quad (2)$$

where

$R(E, E')$  : 검출기의 반응 함수 (에너지  $E'$ 을 가지는 하나의 감마선이 검출기에 입사할 때 얻어지는 펄스파고 스펙트럼)

$\phi(E')$  : 입사하는 감마선의 에너지 스펙트럼

즉 주어진 에너지(E)에 대한 선량환산인자를 구해야만 공기중 공간 선량률을 구할수 있다. 일반적으로 위의 과정을 포함하는 NaI(Tl)검출기의 동작은 아래의 그림3.1.5와 같이 나타낼 수 있다. 에너지 스펙트럼  $\phi(E')$ 을 방사선에 대해서 검출기는  $S(E)$ 로 나타낼수 있는 측정된 스펙트럼을 측정한다. 이는 각 에너지에 따른 검출기 반응 함수로 계산적으로 구할수 있다.

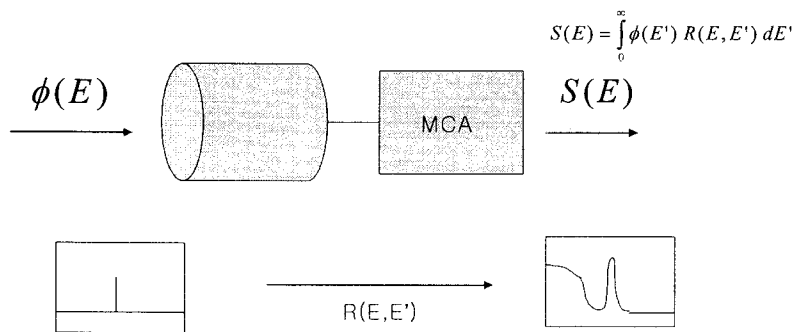


그림 3.1.5 방사선과 NaI(Tl) 검출기의 검출 함수

식(2)를 식 (1)에 대입하면 공간 선량률을 아래의 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_{air} = \int_0^{\infty} \left[ \int_{E_{min}}^{E_{max}} R(E, E') \times G(E) dE \right] \times \phi(E') dE' \quad (3)$$

대괄호 내의 적분식은  $x_{air}(E')$ 로 쓸 수 있고 이는 에너지  $E'$ 을 가지는 하나의 감마선에 의한 공간선량률(이하 선량환산상수)이다.

여기에 사용될 공기에 대한 질량-에너지 흡수 계수 및 평균 이온화 에너지(~ 34 eV)의 관계는 다음의 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\dot{x}_{air}(E') = \left( \frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_{air} \times \frac{q}{W} \times E' \quad (4)$$

where

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulombs.}$$

실제로 환경방사선 에너지 영역 모두에 걸쳐 검출기 반응함수,  $R(E, E')$ 을 구하는 것은 불가능하므로 에너지 구간을 정하고 행렬로 표시하면 다음과 같다.

$$G_i = R_{ij}^{-1} \times \dot{x}_j \quad (5)$$

여기서, 행렬 지수  $i, j$ 는 각각 펄스파고 구간, 감마선 에너지 구간을 나타낸다. 이러한 반응함수 행렬을 Monte Carlo 전산코드를 사용하여 구할수 있다. 또한 구해진 반응 함수에 NaI(Tl) 검출기의 응답특성 및 Preamp 와 Amp의 펄스 성형의 효과로 Gaussian shape 의 펄스로 형성되는점을 보정하기위해 Gaussian broadening 함수를 중첩시켜 보정하였다.

$$\sigma(E) = 10.2 + 0.0134 \times E \quad (\text{단위 keV}) \quad (6)$$

따라서 Monte Carlo 전산코드를 사용하여 구한 행렬화한 검출기 반응함수  $R_{ij}$ 와 측정 한 방사선 스펙트럼  $S(E)$ 을 통하여 공기중 공간선량률을 계산할수 있는 알고리즘을 개발 하였으며 소프트웨어에 그 기능을 탑재하였다.

### 3. 반응함수 계산을 위한 MCNP Simulation

#### 가. 개요

앞 절의 계산을 위해서 Monte Carlo 전산코드를 사용하여 감마선의 에너지에 따른 NaI(Tl)과의 반응함수를 계산한다.

#### 나. MCNP Simulation

정확한 simulation을 위하여 실제 검출기 사양 및 케이스를 모사하였으며 그 Geometry는 다음 그림3.1.6과 같다.

방사선원은 0.1 Mev에서 3Mev 까지 0.05 Mev 간격으로 실험하였으며 그중 1MeV 감마선에 의한 검출기 반응함수는 그림3.1.7과 같다. 이는 전형적인 NaI(Tl) 검출기의 반응 스펙트럼으로 Photoelectric 효과, 콤프턴 산란 으로 구성되어 있다. 또한 각 에너지에 따른 검출기 반응 함수 ( $R_{ij}$ ) 는 그림3.1.8과 같다.

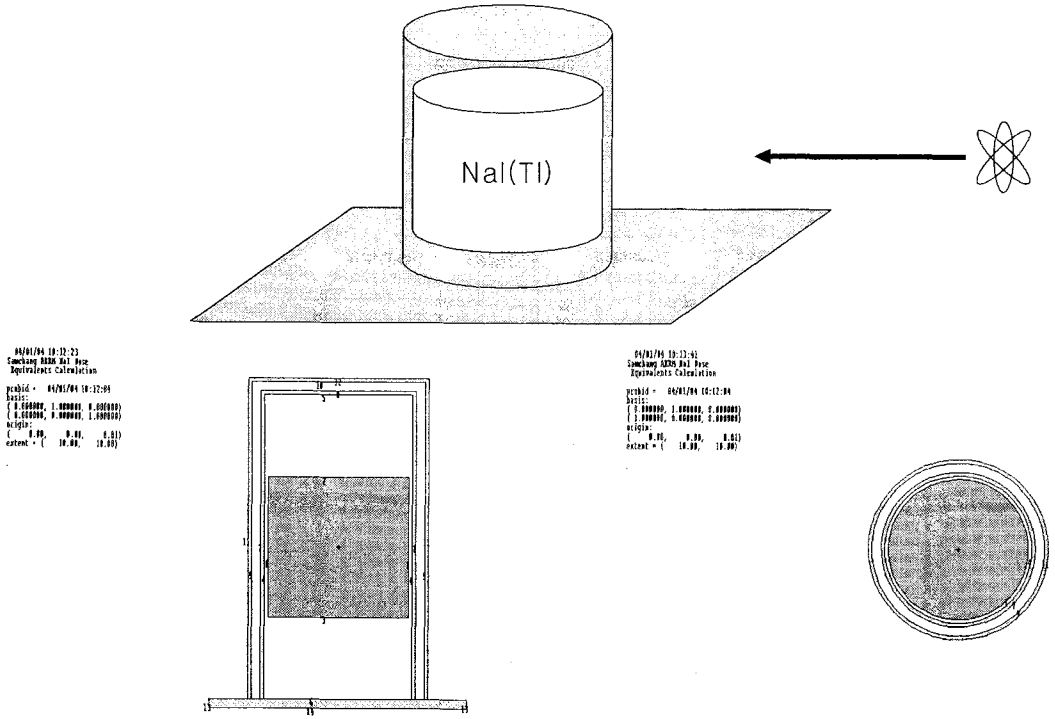


그림 3.1.6 Monte Carlo Simulation을 위한 Geometry 설계

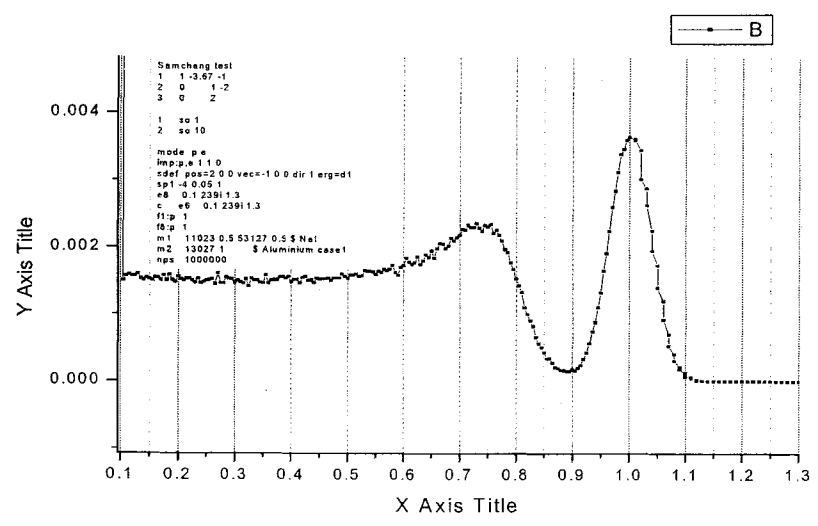


그림 3.1.7 1MeV 감마선에 의한 검출기 반응함수

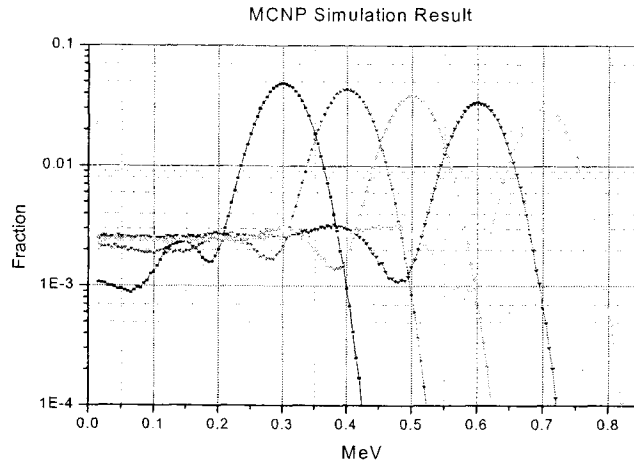


그림 3.1.8 각에너지에 따른 검출기 반응함수

다. 공간 선량률 계산을 위한 선량 변환 함수 계산

Monte Carlo simulation으로 구한 위의 결과들을 종합하여, 이전 식에 대입하고 매트릭스 방정식을 풀면 3인치 NaI(Tl) 섬광 검출기의 선량 환산 함수  $G(E)$ 를 그림3.1.9와 같이 계산할 수 있다. 이로서 측정된 방사선 스펙트럼을 공기중 공간 선량률로 계산하는 과정을 수행할 수 있다.

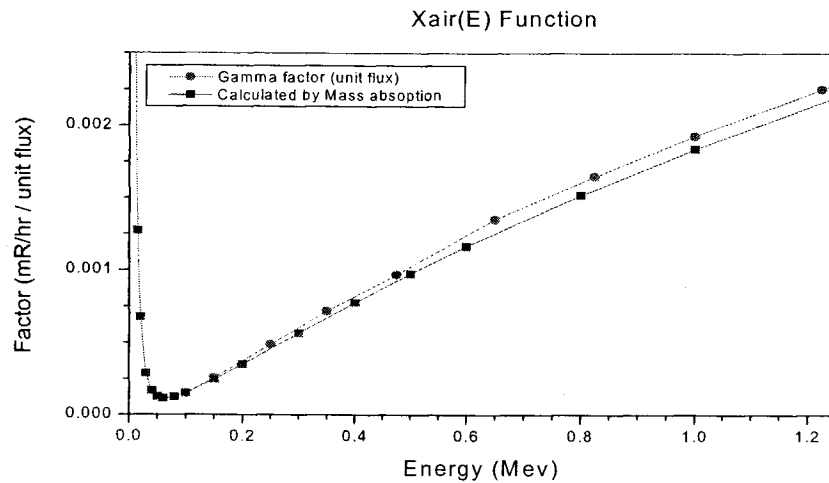


그림 3.1.9 3인치 NaI(Tl) 섬광 검출기의 선량 환산 함수  $G(E)$

#### 4. Zero by Zero Method.

적은 양의 인공방사선의 변화를 보다 쉽게 판단할 수 있도록 하는 방법으로, 두개의 SCA와 하나의 DCU를 이용하여 적은 양의 인공방사선과 자연방사선 구분하는 방법이다.

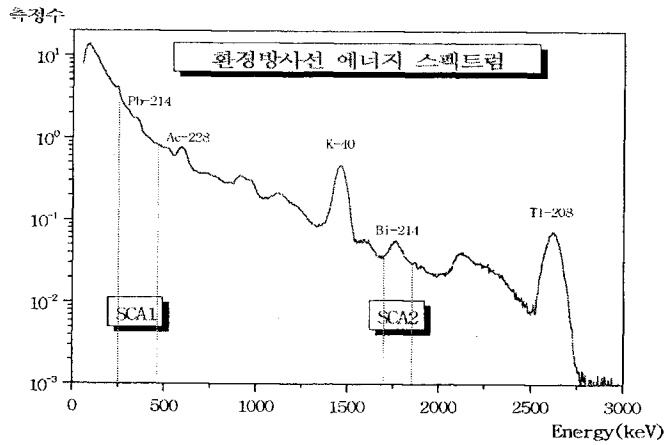


그림 3.1.10 SCA1, SCA2 의 범위

자연방사선은 기후나 여러 가지 환경요인에 따라 어느 정도의 변화가 있다. 따라서 자연방사선량만을 감시하여서는 인공방사선의 누출을 감시할 수 없다. SCA는 표 3.1.2에 설명된 대로 자연방사선 구간만을 측정하는 SCA2와 자연방사선과 인공방사선을 동시에 측정하는 SCA1으로 되어있다. 따라서 그 비율이 일정한지를 감시하면 인공방사선의 변화를 감시할 수 있다. 이를 위하여 Zero By Zero 라는 방법을 사용한다.

표 3.1.2 SCA1 과 SCA2 측정 범위

구 분	에너지 측정범위(단위 : keV) 와 검 출 핵 종(단위 : keV)
SCA1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 측정범위:250~450</li> <li>- 평상시 : 자연방사선 측정               <ul style="list-style-type: none"> <li>① U-238 계열                   <ul style="list-style-type: none"> <li>· Pb-214(295, 300, 351)</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 이상시 : 자연방사선 &amp; 인공방사선 동시 측정               <ul style="list-style-type: none"> <li>· I-131(284, 364)</li> </ul> </li> </ul>
SCA2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 측정범위:1,690~1,840</li> <li>- 평상시 : 자연방사선 측정               <ul style="list-style-type: none"> <li>① U-238 계열                   <ul style="list-style-type: none"> <li>· Bi-214(1,693, 1,729, 1,764, 1,838)</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 이상시 : 인공방사선 측정 못함</li> </ul>

위의 두가지 측정 값을 통하여 구한 값들은 다음과 같이 나타낼수 있다.

- SCA1  $C1=C1b +\Delta C1$

$C1$  : SCA1

$C1b$  : Pb-214 (자연 방사선)

$\Delta C1$  : I-131 (인공 방사선)

- SCA2  $C2 : Bi-214$  (자연 방사선)

여기서 Pb-214와 Bi-214는 어미핵종과 딸핵종 관계로 Transient Equilibrium 관계에 있어서 그림3.1.11과 같이 선형성을 가지고 있다.

즉,  $C1b=a\times C2 + b$  과 같이 나타낼 수 있다.

따라서 SCA1의 변화율은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta C1 = C1-(a\times C2+b)$$

또한 공기중 공간선량률도 아래와 같이 나타낼 수 있으며,

- Dose Rate (공간 선량률)  $D=Db+\Delta D$

$Db$  : 자연방사선

$\Delta D$ : 인공방사선

이는 자연방사선인  $C2$ 와 그림3.1.11과 같이 선형적인 관계에 있다.

$$Db=e\times C2+f$$

따라서 공기중 공간선량률도 아래와 같이  $C2$ 의 함수로 나타낼수 있다.

$$\Delta D=D-(e\times C2+f)$$

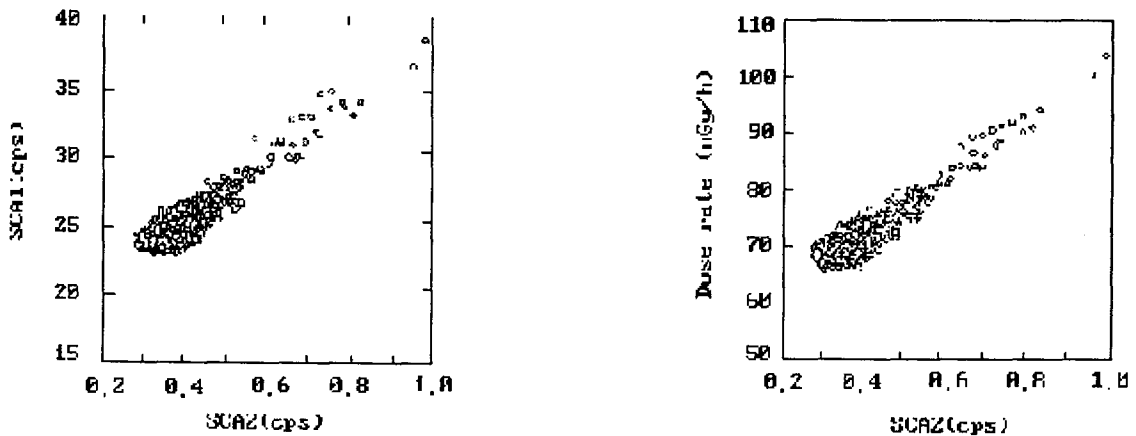


그림 3.1.11 SCA1과 SCA2와 Doserate의 상관관계

만약 인공방사선이 존재하지 않을때에는  $\Delta C1$  과  $\Delta D$ 는 측정때 따른 오차이지만 인공방사능이 존재할때에는 상관 관계가 존재하게 된다.

- 즉  $\Delta C1$  과  $\Delta D$ 의 비값 은.

- 인공방사선이 없을 때

Zero를 중심으로 크게 변화하고

- 인공방사선이 있을 때

특정 상수값에 안정적으로 접근하는 모양을 나타낸다. 이를 통하여 인공방사선의 존재여부를 그 양이 적을 경우에도 [ 최소 : 5nGy/hr 이상 ] 식별할 수 있다. 그림 에 인공 방사능 식별 실험에 대한 결과를 나타내었다. 공기중 공간선량률은 강우나 환경요인에 따라 어느정도 변화하는 값을 나타내는데 인공방사선의 누출이 미약할 경우 이와 구분되기 어려우나 위의 계산법을 통하여 인공방사선에 의한 공기중 공간선량률의 변화를 감지해 낼수 있다.

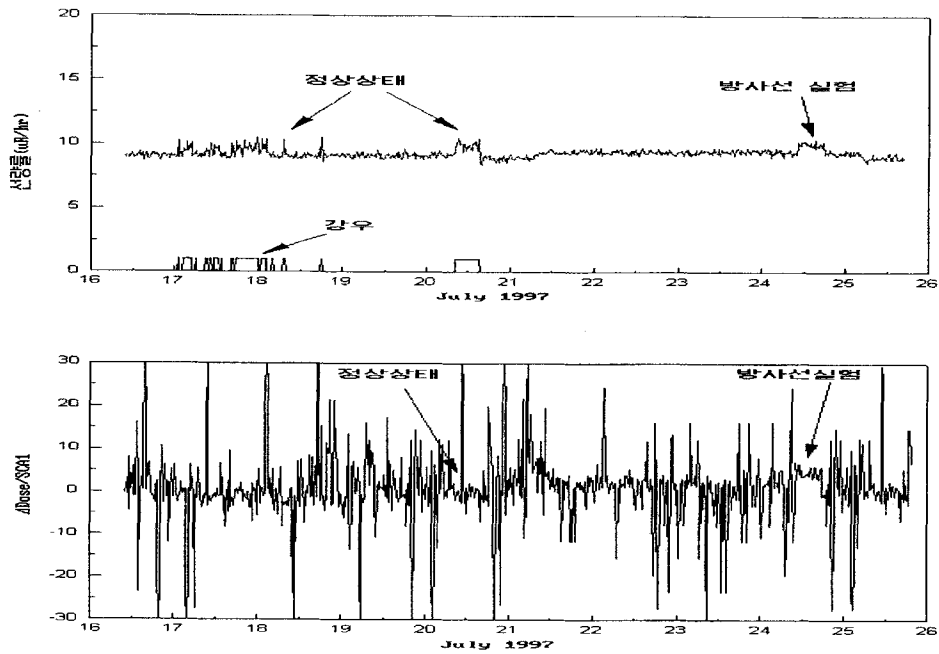


그림 3.1.12 인공방사능 식별 실험



## 제 2 절 시스템 구성

본 연구에서는 방사선 스펙트럼 측정을 이용한 환경 방사능 감시 시스템 개발을 목표로 하고 있다. 따라서 다음과 같은 사항을 고려하여 시스템을 구성하였다.

방사선 검출기는 방사선 스펙트럼을 측정할 수 있고 상온에서 운영할 수 있는 NaI(Tl) 섬광 검출기를 사용하였다. 또한 기존에 사용하고 있는 HPIC(High Pressure Ion Chamber)센서도 사용가능하게 하였다. 특히 국내에서 많이 사용하고 있는 Reuter Stokes 사의 제품과의 호환성을 고려하여 개발하였다. 국내 Reuter Stokes사의 제품은 기존의 전압 신호로서 방사능 감지값을 나타내주는 방식과 RS-232C 통신 방식으로 측정값을 전송하는 방식을 모두 다 연결할 수 있도록 개발하였다. 이는 국내 사용처에 따라 두 가지 센서중 한 가지를 이용하고 있음에 기인하며 또한 구형 모델의 단종으로 인한 제품 교체의 어려움이 없도록 설계하였다.

Main System 에서는 이전에 설명한 MCA기능의 보드를 개발하였으며 현재 개발된 사양은 4,096ch 이상의 Dead Time이 5micro sec의 특성을 가진다.

방사선 준위는 환경의 변화에 민감하므로 보통 방사선 주위와 함께 환경 변수 즉 강우량, 온도, 습도, 풍향, 풍속 등을 측정한다. 본 시스템에서는 이러한 환경 변수들을 직접 측정할 수 있도록 설계하였으며 기존의 강우센서가 강우량의 정보 없이 강우의 여부만 측정하는 것에 반해 강우량을 측정 가능하게 설계 하였다.

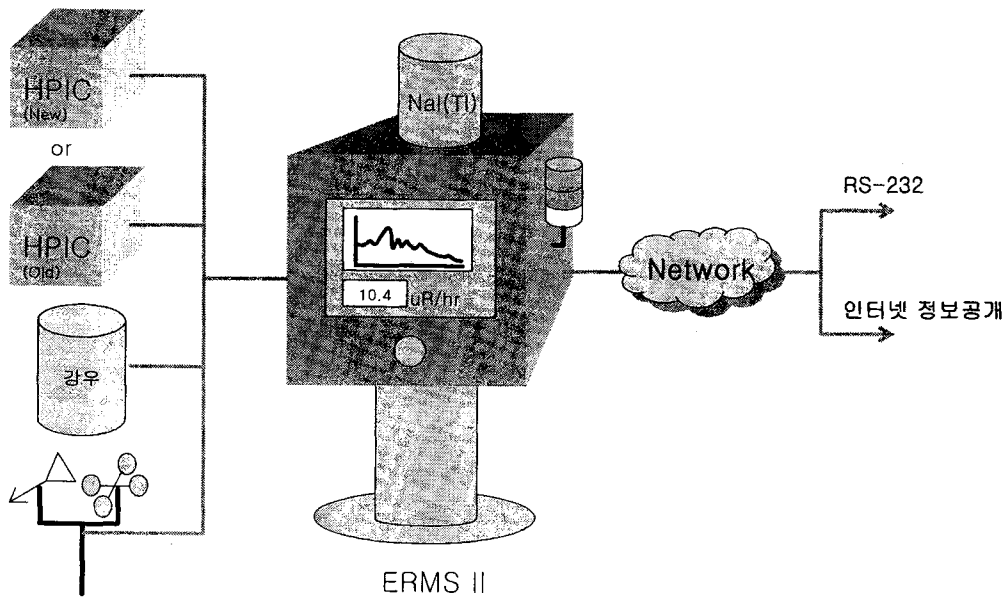


그림 3.2.1 시스템 구성도

측정된 값은 MicroSoft Access Data Base에 저장되어지고 통신 라인을 통하여 송수신되어진다. 데이터의 송수신을 위하여 RS-232c 포트가 설계되었고 TCP/IP기반의 통신 기능도 설계되었다. 향후 인터넷 망이 접속 가능한 곳에 설치할 경우 원격으로 모니터의

정보를 확인 할수 있도록 설계 하였다.

컨트롤러는 산업용 PC 기반이고 PC/104+를 데이터 송수신으로 설계하였다. PC 기반 이어서 다양한 인터페이스가 가능하고, 디스플레이로 8인치 터치 스크린을 채용하였다. 구성도는 그림 3.2.1과 같다.

개발된 시스템의 개략의 사양은 표3.2.1과 같다.

표 3.2.1 시스템 사양

항 목	사 양	비고
Sensor	3 inch NaI(Tl) Detector (Bicron) HPIC Detector (Reuter stokes) 기상 센서 (온,습도, 강우, 풍향 풍속)	
H/W 사양	MCA (Multi channel analyzer) : 4,096ch High Voltage supply (-300V, 800V) Amplifier 및 Peak Detector 6 Serial Port TCP/IP Port LCD with Touch Screen (8 inch 800*600)	
S/W 사양	디지털 선량 변환(DCU) 인공 방사능 핵종 감지 기능 Zero By Zero, 방법을 사용한 인공 방사능 감지 MS Access DB Color User Interface 인터넷을 통한 정보 공개 기능	

▶PAB(Pulse Analysis Board) :

▶NaI로부터 펄스를 받아서 분석 처리(MCB) 및 Analog 신호 A/D 변환

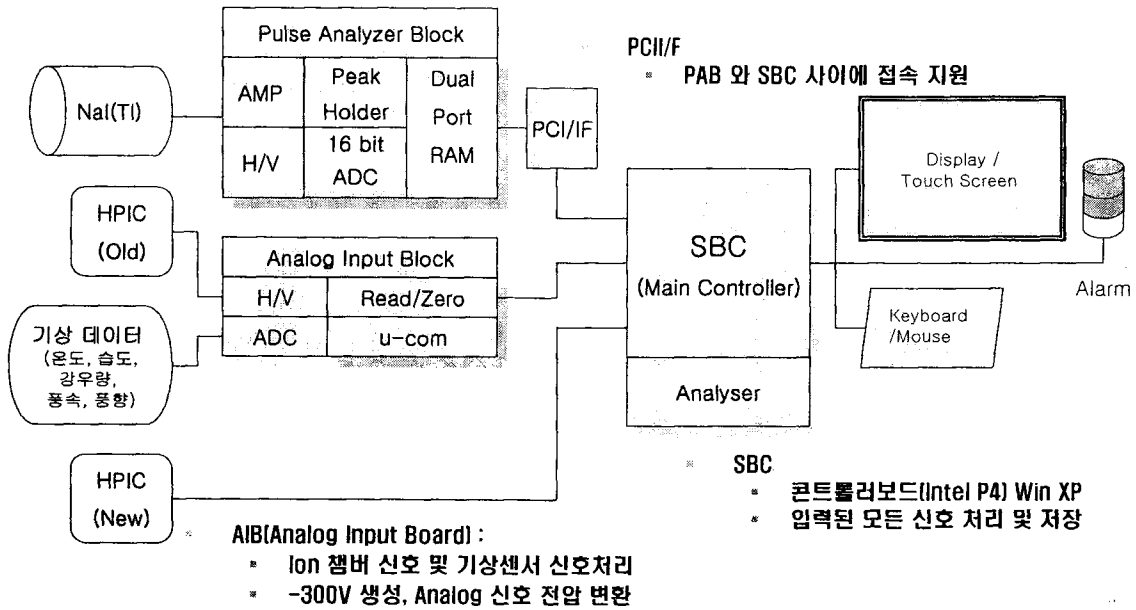


그림 3.2.2 시스템 상세 기능 구성도

그림3.2.2에 각각 모듈의 상세한 구성을 나타내었고 각각의 기능은 다음절에 설명하였다.

### 제 3 절 하드웨어 구성

#### 1. AIB(Analog Input Board)

##### 가. 구성도

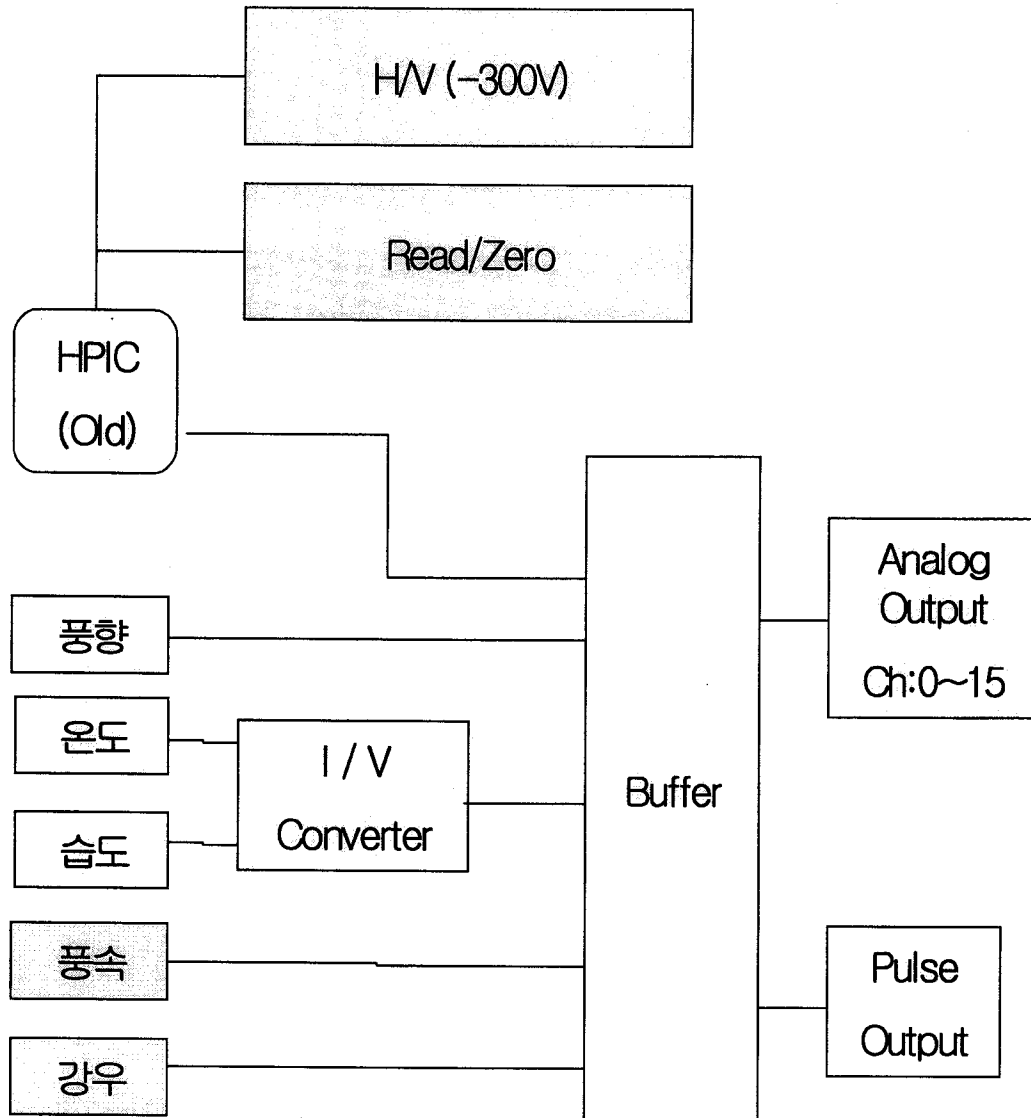


그림 3.3.1 AIB 구성도

## 나. 동작설명

### (1) H/V(-300V)

DC-DC Converter를 적용하여 0 ~ -1,250V까지 조정 가능하도록 구성하였으며, VAR1(10KR)을 가변하여 출력전압을 원하는 값으로 조정 할 수 있다. 입력전압은 =12VDC 이다. 여기서 생성된 -300VDC는 Ion챔버의 이온화 전원으로 공급 된다.

### (2) Read/Zero

Ion 챔버 내부의 전자회로가 정상적으로 작동되기 위해서는 Read/Zero 회로에 의해 구동전원이 공급 되어야 한다. Zero로 Setting 되면 HPIC에 전원이 공급되지 않으므로 전자회로가 작동되지 않아 시그널을 읽어 들이지 않으며, Read로 Setting 되었을 때만 챔버의 전자회로가 정상 작동되고 Ion챔버로 부터 오는 신호를 읽어 들임. Ion 챔버 연결 상태에서 Zero일 때는 0.1~0.2V, Read일 때는 0.8~0.9V가 공급되면 정상이다.

Ion 챔버로 부터 오는 신호레벨은 통상 0.2V정도이며, 최소~최대는 0~10V이다.

### (3) I/V Converter

현장의 온도센서와 습도센서에서 보내져오는 전류신호를 전압신호로 변환하여 내부회로에서 신호 처리를 용이하게 한다.

### (4) Buffer

각종센서에서 유입되는 다양한 신호5~12V를 후속 회로의 입력규격에 적합한 안정된 전압인 5V로 변환함, 현장에 설치된 센서에서는 Noise 또는 임펄스 등이 섞여서 입력될 수도 있기 때문에 사전에 방지하여 내부회로를 보호하기 위한 기능이다.

다. 회로도

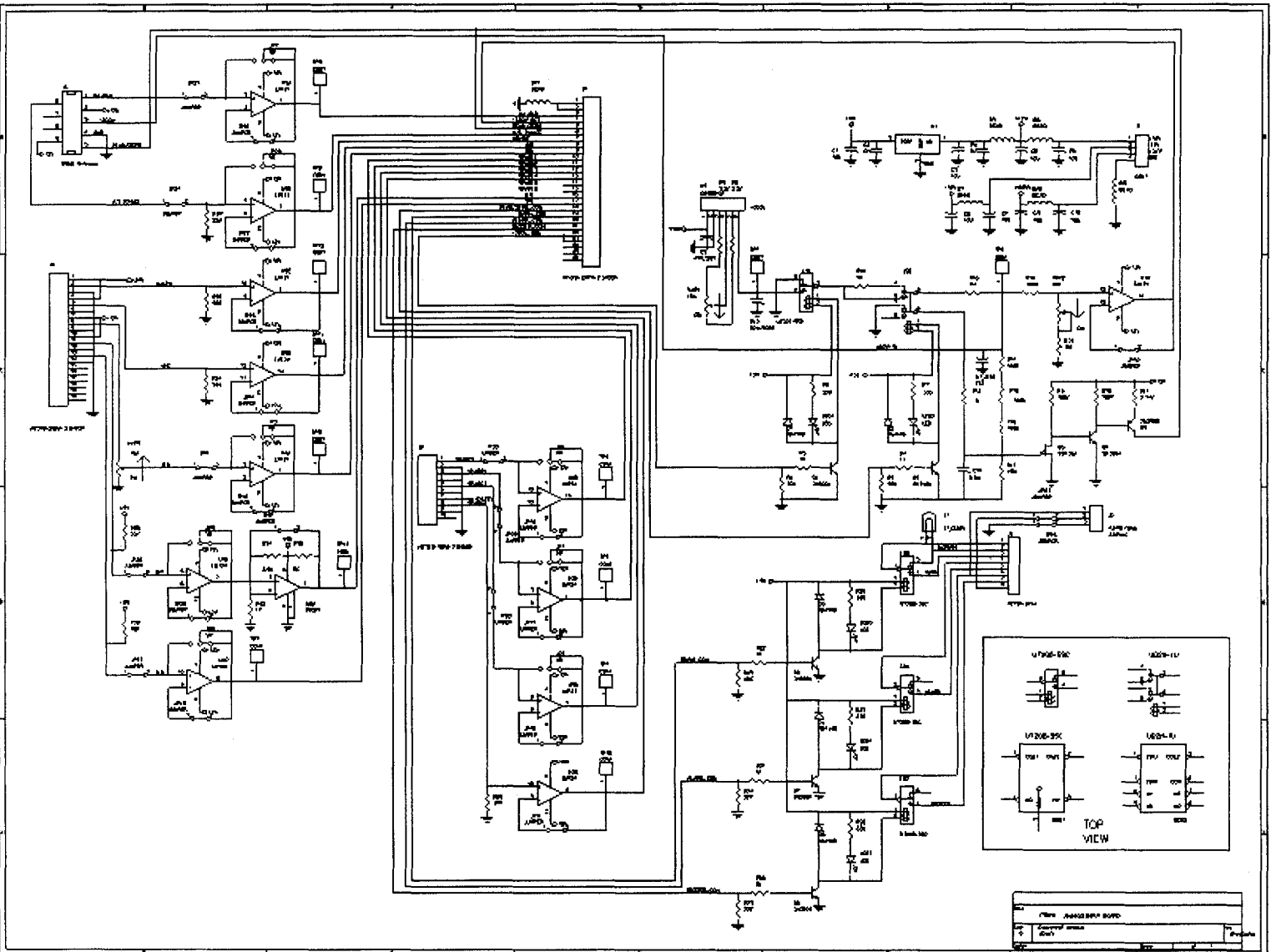


그림 3.3.2 AIB 회로도

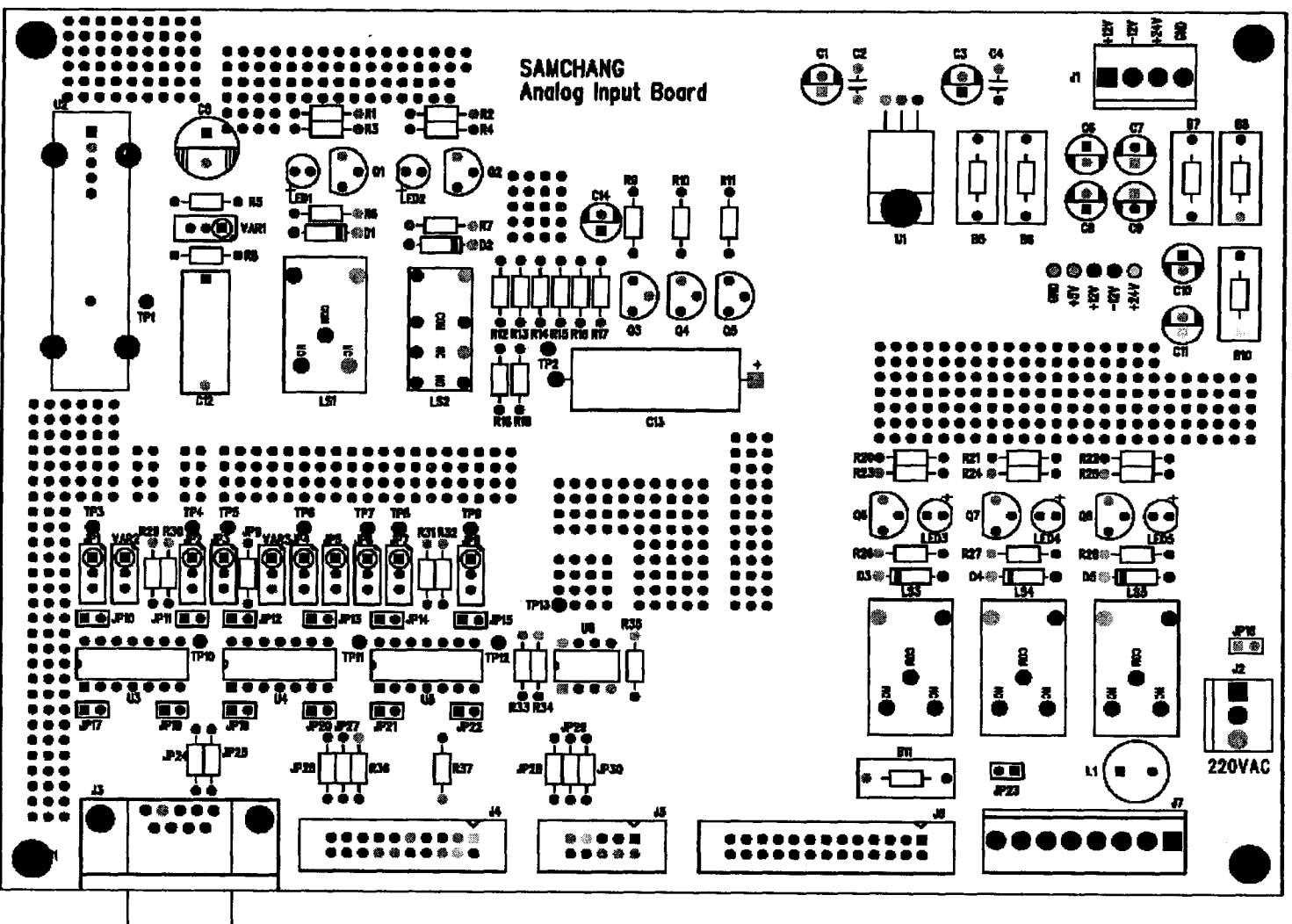


그림 3.3.3 AIB 배치도

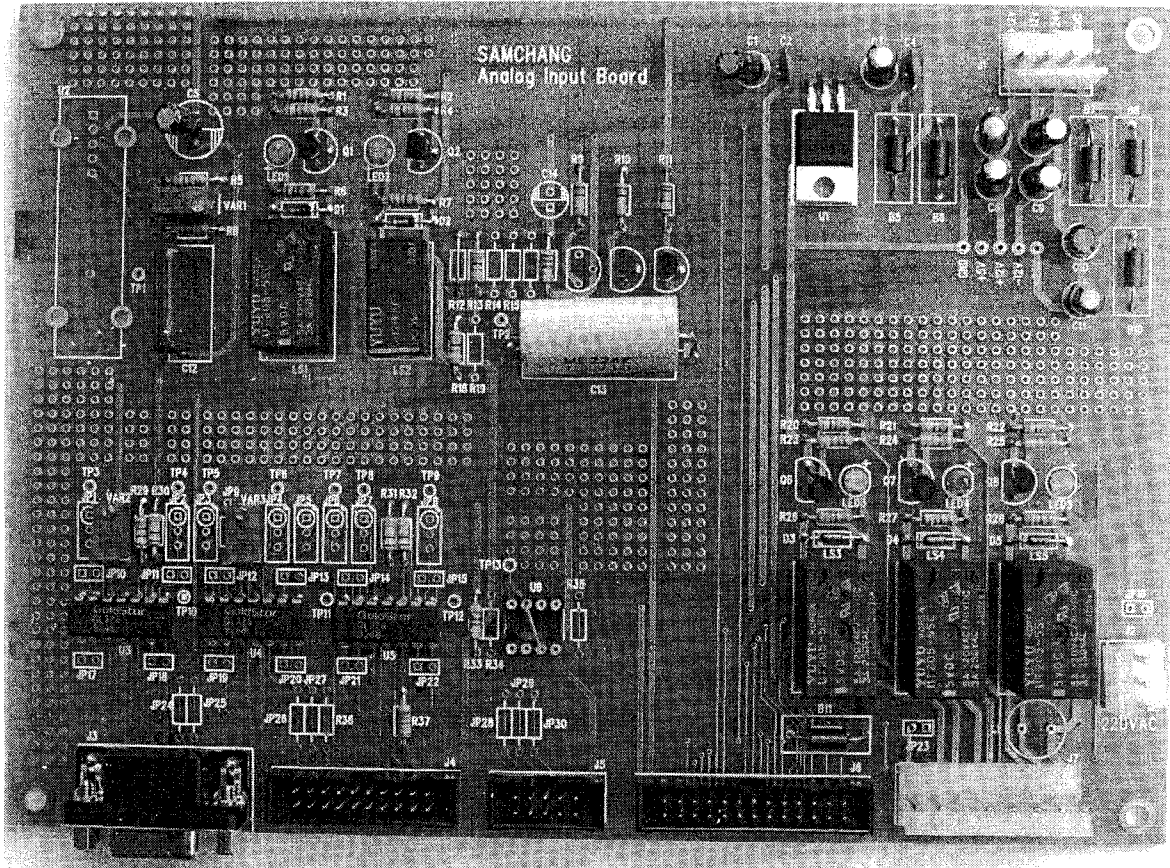


그림 3.3.4 AIB 사진



## 2. PAB(Pulse Analysis Board)

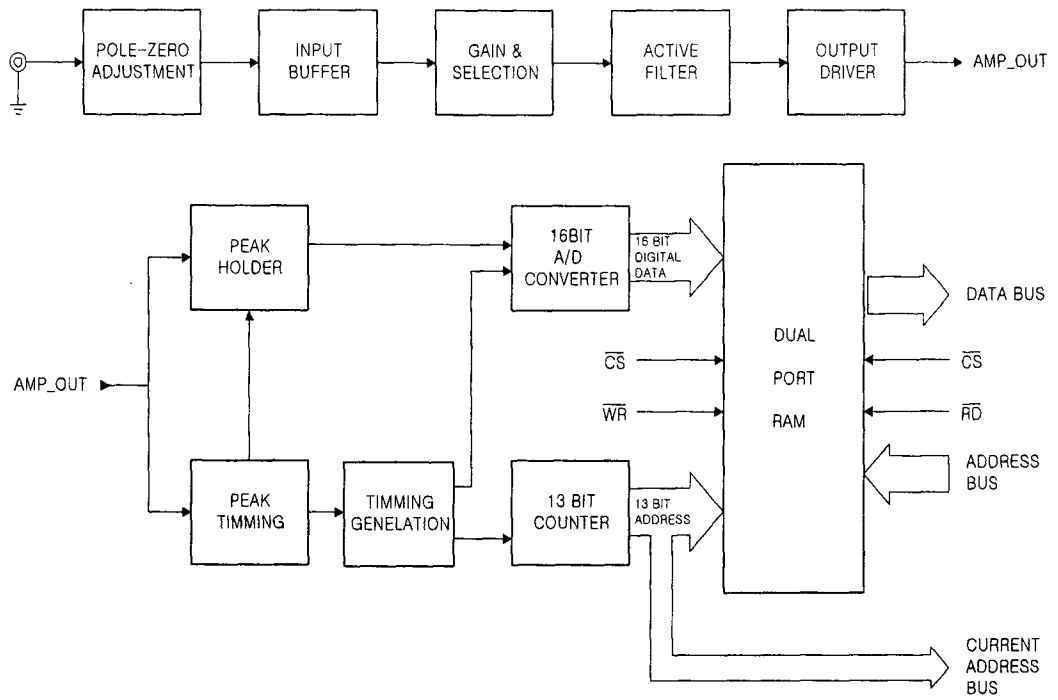


그림 3.35 PAB 구성도 1/2

가. 구성도

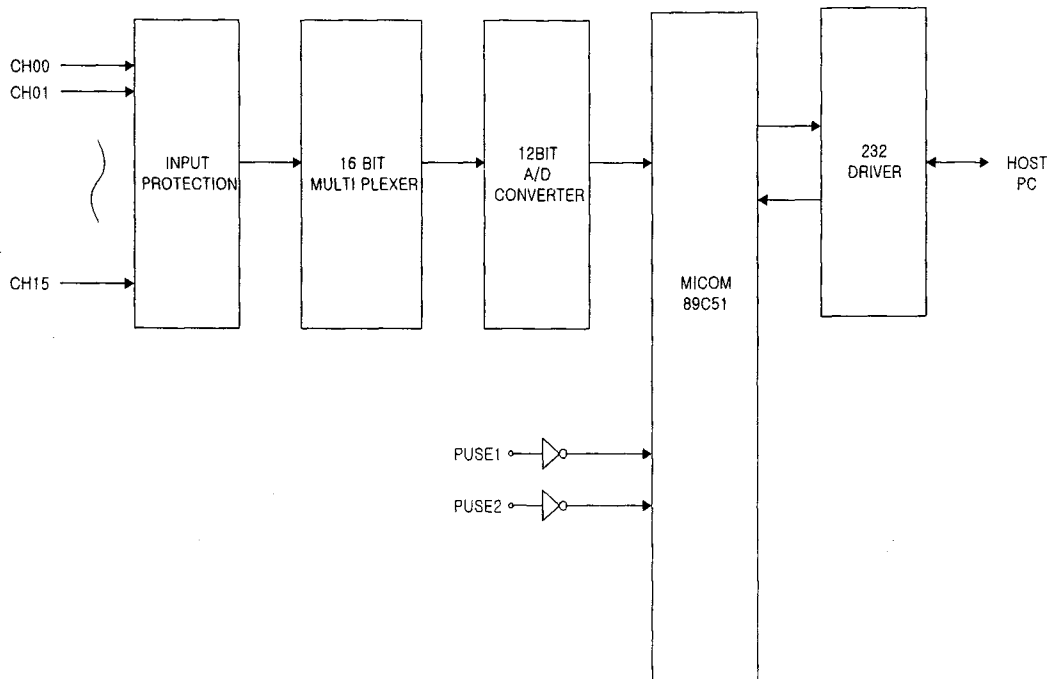


그림 3.36 PAB 구성도 2/2

나. 동작설명

(1) Amplifier

(가) Pole-Zero Adjustment Parts

Pole-Zero Adjustment 회로는 R1, R2, C1, C2, VR1으로 구성된 부분이며 미분출력 파형의 Undershoot를 조정하기 위한 회로이며 VR1을 이용하여 조정한다.

(나) Input Buffer Parts

U1으로 구성된 반전증폭기로서 Pole-Zero Cancellation에 의하여 Undershoot가 조정된 출력은 Gain = 4로 증폭한다.

$$\begin{aligned} U1 \text{ Gain} &= -\frac{R3}{R7} = -\frac{4.4K}{1.1K} \\ &= -4 \end{aligned}$$

(다) Gain Selection Parts

$$\begin{aligned} U2 \text{ Gain} &= 1 \text{ (SW1\_4 ON)} \\ &= 10 \text{ (SW1\_4 OFF)} \end{aligned}$$

U2는 Dip Switch에 의하여 ×1, ×10을 선택 할 수 있다. 즉 SW1\_4를 ON시키면 U2는 Voltage follower(Buffer)로서 동작하므로 U2 Gain는 1이된다.

SW1\_4를 OFF시키면

$$\begin{aligned} U2 \text{ Gain} &= 1 + \frac{R12}{R11} = 1 + \frac{9.09K}{1K} \\ &= 10 \end{aligned}$$

만일 가변저항 VR3 = 2K 라고 가정하면

1) SW1\_1만 ON 한 경우

$$\begin{aligned} U3 \text{ Gain} &= -\frac{R17 + VR3 + \frac{R17 * VR3}{R16}}{R13 + R14 + R15} \\ &= -\frac{6.81K + 2K + \frac{6.81K * 2K}{562}}{4.99K + 2.87K + 1.96K} \\ &= -3.36 \end{aligned}$$

2) SW1\_2만 ON 한 경우

$$\begin{aligned} U3 \text{ Gain} &= -\frac{R17 + VR3 + \frac{R17 * VR3}{R16}}{R14 + R15} \\ &= -\frac{6.81K + 2K + \frac{6.81K * 2K}{562}}{2.87K + 1.96K} = -6.84 \end{aligned}$$

3) SW1\_3만 ON 한 경우

$$U3 \text{ Gain} = -\frac{R17 + VR3 + \frac{R17 * VR3}{R16}}{R14 + R15}$$

$$= \frac{6.81K + 2K + \frac{6.81K * 2K}{562}}{1.96K}$$

$$= -16.8$$

계산결과를 종합하면

SW1\_1 ON 경우 입력신호 × 2

SW1\_2 ON 경우 입력신호 × 4

SW1\_3 ON 경우 입력신호 × 10

(라) Active Filter Parts

2차 Low pass filter 의 전달함수는

$$G(s) = \frac{Go \times Wo^2}{S^2 + \frac{Wo}{Q}S + Wo^2} = \frac{Go \times b}{S^2 + as + b}$$

$$(Wo = \sqrt{b}, Q = \frac{\sqrt{b}}{a})$$

여기에서 Go, a,b(Wo,Q) 는 상수이고 a,b(Q, Wo)는 양수임

$$|G(w)| = \frac{|Go|}{\sqrt{1 + (\frac{W}{Wo})^2(\frac{1}{a^2} - 2) + (\frac{W}{Wo})^4}}$$

$$\phi(w) = -\tan^{-1}\left[2Q\frac{W}{Wo} + \sqrt{4Q^2 - 1}\right]$$

$$-\tan^{-1}\left[2Q\frac{W}{Wo} - \sqrt{4Q^2 - 1}\right] \quad Go > 0 \text{ 일때}$$

$$I(w) = \frac{2Q}{Wo} \sin^2\phi - \frac{\sin^2\phi}{2W}$$

$$= \frac{A}{A^2 + (W+B)^2} + \frac{A}{A^2 + (W-B)^2}$$

$$= \frac{1}{A\left\{1 + \left(\frac{1+B}{A}\right)^2\right\}} + \frac{1}{A\left\{1 + \frac{(W-B)^2}{A}\right\}}$$

$$A = \frac{Wo}{2Q}, \quad B = \frac{Wo}{2Q} \sqrt{4Q^2 - 1}$$

$$G(s) = \frac{Gob}{S^2 + as + b}$$

$$Go = K = 1 + \frac{R28}{R27}$$

$$a = \frac{1}{C7} \left( \frac{1}{R21 + R22} + \frac{1}{R23 + R24} \right) + (1 - K) \frac{1}{C6 \times (R23 + R24)}$$

$$b = \frac{1}{C6 \times C7 \times (R21 + R22) \times (R23 + R24)}$$

실제값을 대입하면

$$Go = K = 1 + \frac{1.6K}{3.16K} = 1.5$$

$$a = \frac{1}{560 \times 10^{-12}} \left( \frac{1}{4.37K} + \frac{1}{4.37K} \right) + (-0.5) \frac{1}{560 \times 10^{-12} \times 4.37K}$$

$$= 817,260 + (-204,315)$$

$$= 612,945$$

$$b = \frac{1}{560 \times 10^{-12} \times 560 \times 10^{-12} \times 4.37 \times 10^3 \times 4.37 \times 10^3}$$

$$= 1.67 \times 10^{11}$$

전달 함수는

$$G(s) = \frac{2.5 \times 10^{11}}{s^2 + 612,945s + 1.67 \times 10^{11}}$$

이다.

## (2) Positive High Speed Peak-Detector Circuit

아날로그 신호의 피크 전압을 유지하는 회로이며, 순간적으로 변화하는 신호의 최대값을 홀드 콘덴서에 저장하는 회로이다.

OP-Amp. U7,D1,D3,R39는 비반전형 이상적인 다이오우드(반파정류)회로이며, 다이오우드에 의한 순방향 전압 강하VF를 무시할 수 있도록 귀환회로를 구성하며,U8은 Voltage Follower(Buffer)로서 동작한다. 입력전압(AMP\_OUT)이 계속 증가하면 U7의 출력전압은 계속증가하며 D3가 순방향 바이어스가 되어 ON이되며 홀드콘덴서 C10에 입력전압과 같아 질 때까지 충전동작이 계속된다.

입력전압(AMP\_OUT)이 홀드전압보다 약간 저하하면 D2가 OFF되며 D3의 양단에는 전위차가 없으므로 OFF되어 홀드콘덴서C10에 충전된 전하는 유지된다. 홀드콘덴서C10에 충전된전하는 U8 Buffer를 통하여 A/D Converter에 입력되어 A/D Conversion이 이루어진다. 또한 홀드콘덴서C10에 충전된 전하는 A/D변환과정이 끝나면 방전시켜야 한다. 그렇지 않으면 피크전압보다 낮은피크 신호가 들어와도 응답할수 없으므로 방전스위치Q1을 이용하여 콘덴서C10에 충전되어 있는 전하를 방전시킨다.

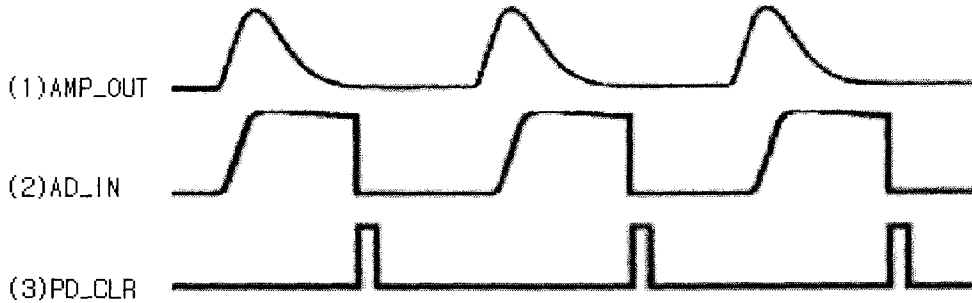


그림 3.3.7 Peak Holder 회로의 동작파형

그림3.3.7은 Peak-Holder 회로의 동작파형을 표시한 것이다. (1)AMP\_OUT은 Gaussian형태의 출력 파형으로서 Amplifier의 출력파형이다. (2)AD\_IN 파형은 Peak-Holder된 파형을 나타낸 것이며 A/D Conversion이 완료되면 (3)PD\_CLR 신호를 이용하여 축적된 파형을 클리어 시켜 다음 신호에 대하여 Peak-Hold를 위한 대기상태가 된다.

### (3) Peak Timing Detection Circuit

아날로그 신호의 최대값을 구하기 위해서는 Peak-Holder회로가 사용되나, 피크값에 도달했을때 최대값을 검출하기 위해서는 신호의 최대값에서 A/D변환을 지령하기 위한 Peak Timing Detection회로가 필요하다.

검출 방법에는, 입력신호와 입력신호를 지연시킨 파형을 Comparator에서 비교하는 방법과, 입력신호의 피크점에서 미분값이 Zero가 되는 원리를 이용하는 방법이 있다. 후자의 경우 입력신호레벨이 변하거나 주파수변화 변화에 대하여, 강한 특성을 가지고 있어 본 회로에서는 후자의 방법을 이용하여 Peak Timing을 검출한다.

U9,D4,D5,R39로 구성된 반전형 반파정류회로이다. 입력전압(AMP\_OUT)이 부(-)이면 U9는 반전증폭기 이므로 출력전압은 정(+)이 된다. 따라서 D5에 순방향 전압이 가해져 ON상태로 되기위해 반전단자에 부귀환으로 작용하고 출력전압은 약-0.7[V]의 일정전압으로 된다. 이전압에 의해서 D4는 OFF상태로 되기 때문에 출력전압은 Zero가 된다.

입력전압(AMP\_OUT)이 정(+)이 되면 U9의 출력은 부(-)가 된다. U9의 출력전압이 D4의 순방향 전압강하분(+0.7[V])으로 될 때까지 D4는 ON되지 않으므로 U9는 부귀환에 U9의 이득은 OP-Amp.자체의 이득이 된다. 따라서 D4가 ON상태로 되는 전압(+0.7[V])을 입력전압 이라고 하면  $0.7[V]/OP\text{-}Amp.$ 이득으로 대단히 작은 입력전압이된다. 그러므로  $0.7[V]/OP\text{-}Amp.$ 이득 보다 작아도 입력전압이 커지면 D4는 ON상태로 되어 부귀환이 관계되며 R49/R47 의 페루프 이득을 가진 반전 증폭기가 되어 이상다이오드의 반파정류가 된다.

반파정류회로의 출력신호는 미분 회로U10에 입력하여 미분동작을 행하고 Zero전위

와 교차되는 타이밍을 검출한다.

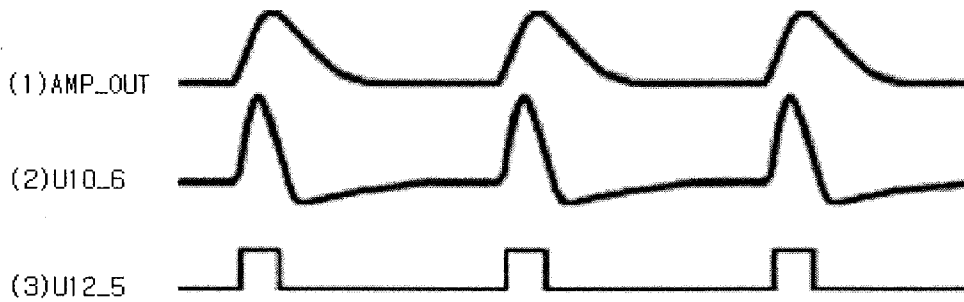


그림 3.3.8 Peak Timing Detector 회로 동작파형

그림3.3.8은 Peak Timing Detector 회로의 동작파형을 표시한 것이다. (1)AMP\_OUT은 Gaussian형태의 출력 파형으로서 Amplifier의 출력파형이다. (2)U10\_6은 미분회로의 출력 파형을 나타낸 것이며 (3)U12\_5는 비교기의 출력 파형으로 Falling Edge를 기준으로 동작한다.

#### (4) A/D Conversion & Address Gen. Count Circuit

Peak-Holder를 이용하여 피크점을 검출한 신호는 A/D Converter의 입력으로 인가되어 16bit Digital Data로 변환된다. A/D Conversion은 Peak Timing Detection회로에서 출력되는 타이밍에 따라 A/D Conversion Start 신호가 발생한다.

그림3.3.9는 A/D Conversion Timing도를 나타낸 것이다. (1)AMP\_OUT은 Gaussian 형태의 출력 파형으로서 Amplifier의 출력파형이다. (2)U12\_5은 미분회로의 출력 파형을 나타낸 것이며 (3)CNT\_CLK는 매번 A/D Conversion동작을 할 때 마다 Falling Edge에서 13bit Counter를 +1씩 증가시켜 A/D Conversion Data를 DPRAM(Dual Port RAM)에 기록하기위한 Address를 생성한다. (4)AD\_RC 신호는 Falling Edge에서 A/D Converter에 Conversion을 Start시키는 신호이다. (5)AD\_BUSY 신호는 A/D Converter에서 Conversion중임을 표시하는 신호이다. 이신호가 Logic'0'일 때 에는 A/D Converter의 Data를 읽을수 없으므로 Logic'1'상태에서 A/D Data를 Read한다.또한 이 신호는 Host PC에서 현재의 Address를 Read할 때 현재 Address가 유효한지를 결정하는 Flag로서도 이용한다. (6)R\_CS 신호는 A/D Conversion이 완료된후 DPRAM에 Data를 기록하기 위하여 DPRAM을 선택하는 신호이며 Active Logic'0'이다. (7)RWR 신호는 A/D Converter에서 출력되는 16bit Data를 DPRAM의 Right-Side에 저장하기 위한 Write 신호이며 Active Logic'0'이다. (8)PD\_CLR 신호는 Peak-Holder회로의 홀드콘덴서에 충전되어 있는 전하를 방전시키는 신호이다.

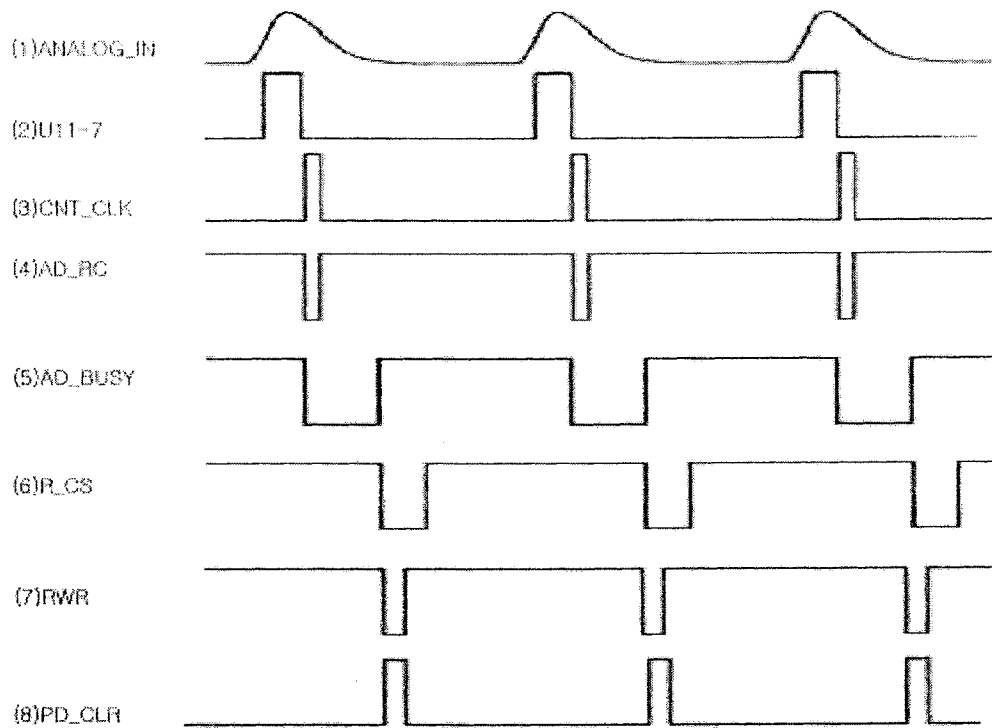


그림 3.3.9 A/D Conversion Timing 동작과형

#### (5) PCI Interfacing & DPRAM Circuit

16bit의 Digital Data로 변환된 데이터는 매 입력 신호마다 Counter를 이용하여 Address를 증가시키면서 A/D Conversion Data를 DPRAM(Dual Port RAM)에 저장한다. A/D 신호는 고속으로 입력되기 때문에 Data를 A/D변환된 Data를 손실없이 처리하기 위해서는 고속의 인터페이싱이 필요하며 또한 A/D Data의 처리중에도 입력되는 신호에 대해서도 실시간으로 A/D Conversion이 필요하기 때문에 Dual Port RAM을 활용하였다.

현재사용 하는 DPRAM(Dual Port RAM)의 특성을 간략히 정리하면 다음과 같다.

- True Dual-ported memory cell which allow simultaneous reads of the same memory location.
- High speed operation 15ns(max).
- Lower power operation standby(1mW).
- Separate upper-byte and lower-byte control for multiplexed bus compatibility.
- IDT7025 easily expands data bus width to 32bits or more.
- Interrupt flag
- On chip port arbitration logic.
- Full on-chip hardware support of semaphore signaling between ports.
- Fully asynchronous operation from either port.
- TTL-compatible, single +5V operation.

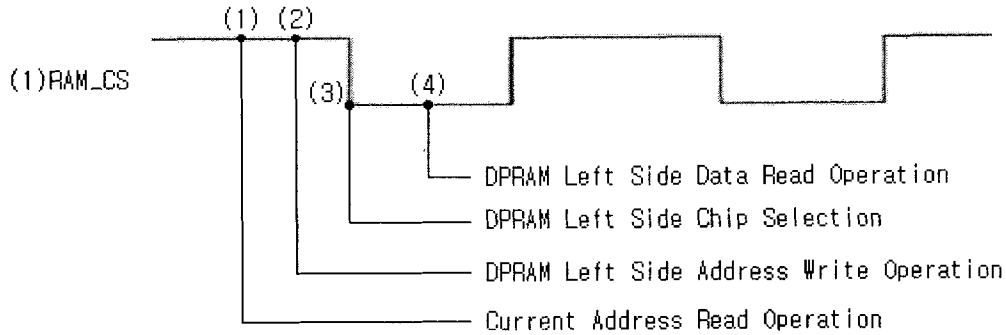


그림 3.3.10 PCI Card Interfacing 회로 동작파형

그림3.3.10은 PCI Card Interfacing 회로의 동작 파형을 나타낸것이다. (1)RAM\_CS 신호는 PCI Card(Host PC)에서 DPRAM의 Left-Side에서 Data를 Read 하기위하여 DPRAM을 선택하는 신호이다. 그림\_4내부에 표시된 번호 (1)은 현재 A/D Conversion Data를 저장하는 번지를 Read한다. 이것은 DPRAM에 현재 저장하는 번지를 Read함으로써 바로전 Data까지를 Host PC에서 Read할 수 있기 때문이다. 그림\_4내부에 표시된 번호 (2)는 현재 Read할 DPRAM Address를 지정한다. 그림\_4내부에 표시된 번호 (3)는 DPRAM Chip Selection 신호며 (4)는 DPRAM의 선택된 Address의 Data값을 Read한다.

표1은 PCI Card와 연결되는 Connector의 구성을 나타낸 것이다.

#### (6) External Signal A/D Conversion Circuit

16\_Channel의 Analog Signal을 12bit A/D Conversion 회로이며, 16Channel의 Mux.를 이용하여 16 Channel중 1Channel을 선택한 후 12bit A/D Converter를 이용하여 Digital Data로 변환한다. 변환된 Data는 1[sec]주기로 Host PC로 전송한다.

표2는 외부 신호와 접속되는 Connector의 구성도이다.

외부에서 입력되는 신호의 물리적인 값으로 변환시키는 수식은 다음과 같다.(x)는 입력되는 신호에 연결된 채널을 나타낸다.

##### 1) 내부온도 측정

$$\text{내부온도}[^{\circ}\text{C}] = (\text{Rx\_Data} \times 150) / 4095$$

##### 2) 800[V] 전압측정

$$\text{전압}[V] = (\text{Rx\_Data} \times 1000) / 4095$$

##### 3) 12[V] 전압측정

$$\text{전압}[V] = (\text{Rx\_Data} \times 15) / 4095$$

##### 4) ~ 16)

$$\text{전압}[V] = (\text{Rx\_Data} \times 10) / 4095$$

##### 17) 풍속

$$\text{풍속}[CPS] = (\text{Rx\_Data})$$

##### 18) 강우



강우[CPS] = (Rx\_Data)

표 3.3.1 외부신호 Interface Connector 구성

P No.	Name	Description	P No.	Name	Description
1	GND		2	GND	
3	AIN-4	0~10V	4	AIN-5	0~10V
5	AIN-6	0~10V	6	AIN-7	0~10V
7	AIN-8	0~10V	8	AIN-9	0~10V
9	AIN-10	0~10V	10	AIN-11	0~10V
11	AIN-12	0~10V	12	AIN-13	0~10V
13	AIN-14	0~10V	14	AIN-15	0~10V
15	AIN-16	0~10V	16	PULSE-1	T시
17	PULSE-2	T시	18	Read/Zero_con	Signal Pass
19	Warn_Con	Signal Pass	20	Alarm_Con	Signal Pass
21	Buzzer_Con	Signal Pass	22	Spare	Signal Pass
23	300V_Con	Signal Pass	24	-	
25	-	-	26	-	-

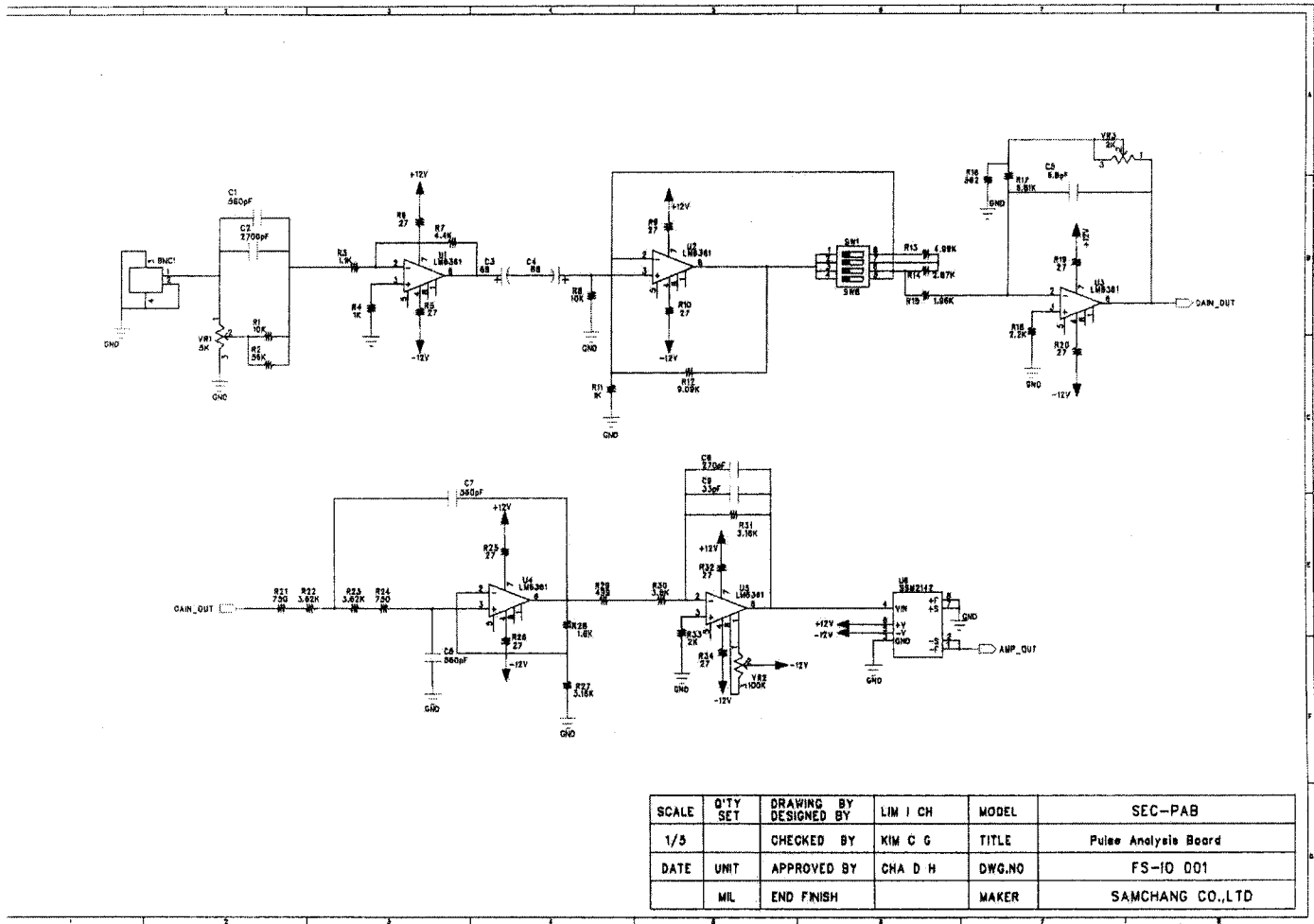
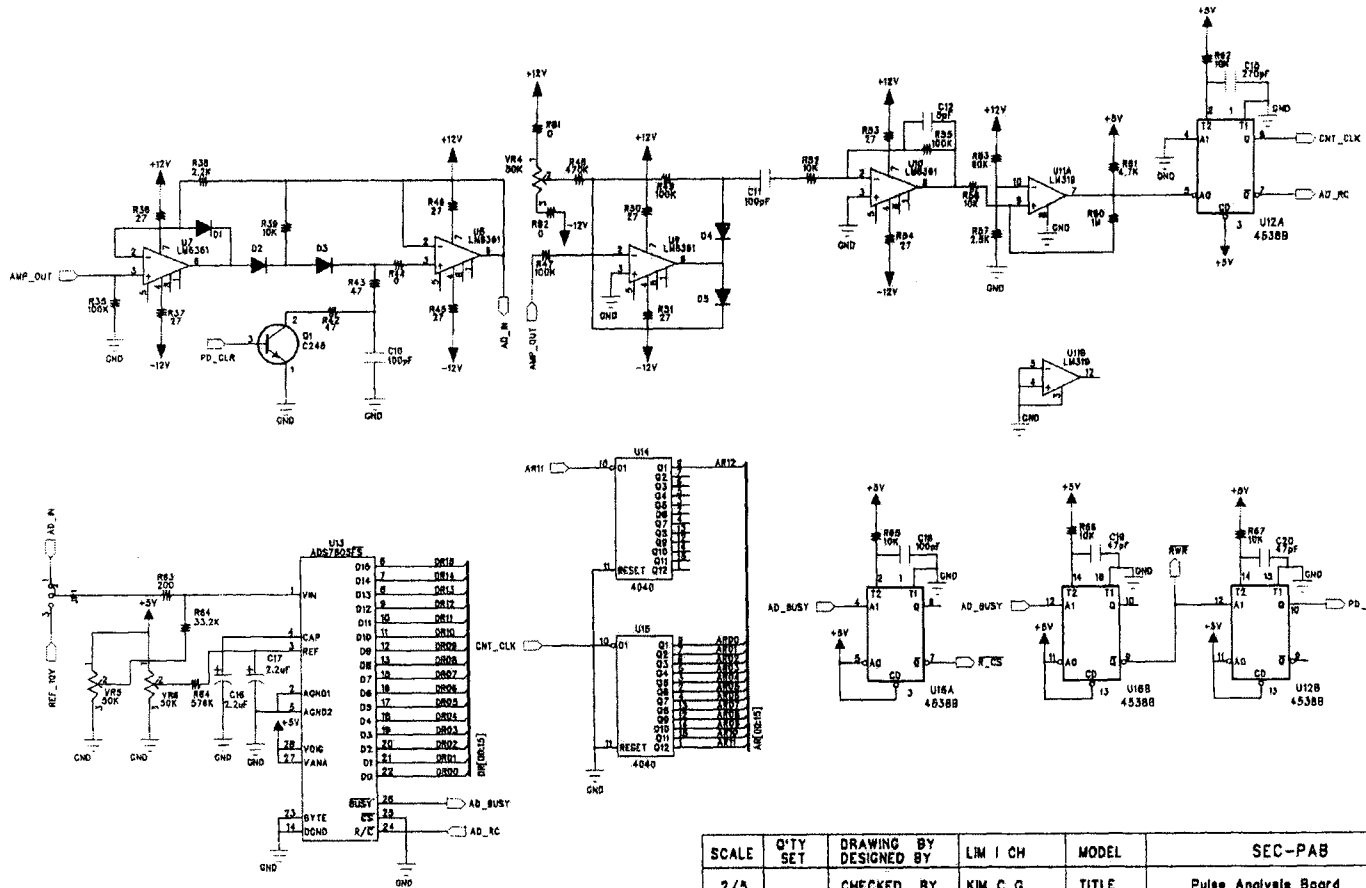


그림 3.3.11 PAB 회로도 1/5

그림 3.3.12 PAB 회로도 2/5



SCALE	QTY SET	DRAWING BY	LIM I CH	MODEL	SEC-PAB
2/3		CHECKED BY	KIM C G	TITLE	Pulse Analysis Board
DATE	UNIT	APPROVED BY	CHA D H	DWG.NO	FS-10 001
	MIL	END FINISH		MAKER	SAMCHANG CO.,LTD

그림 3.3.13 PAB 회로도 3/5

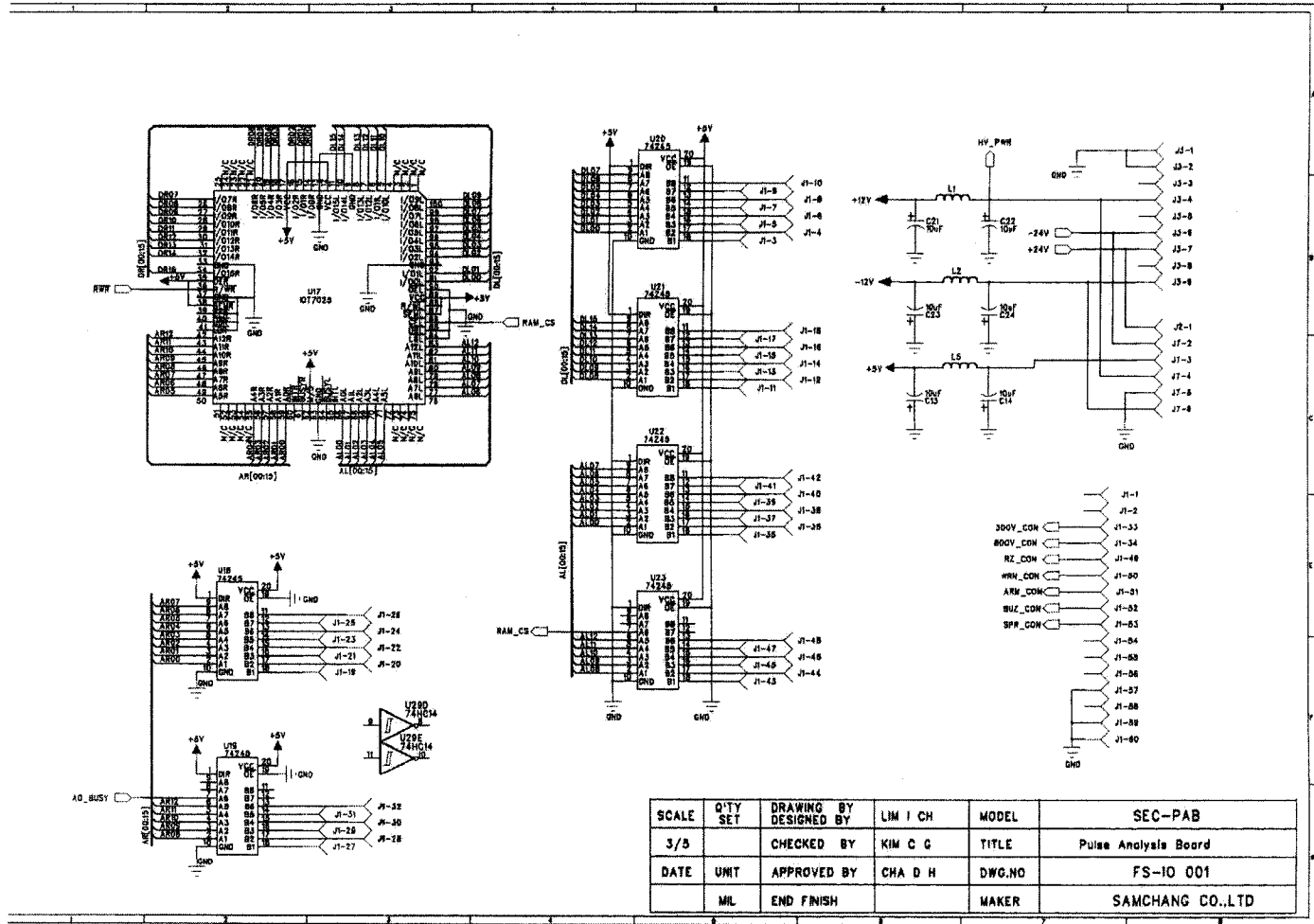
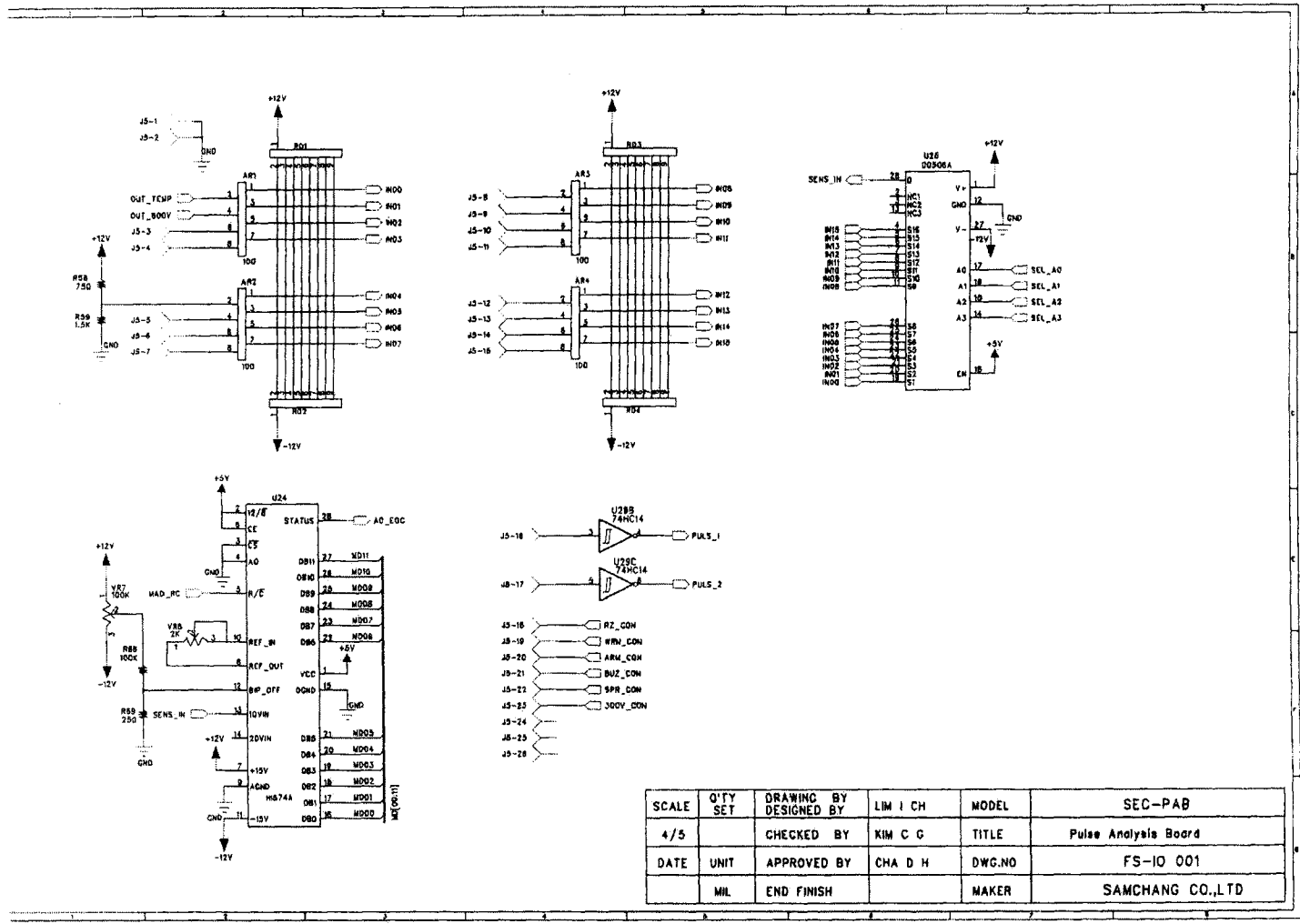
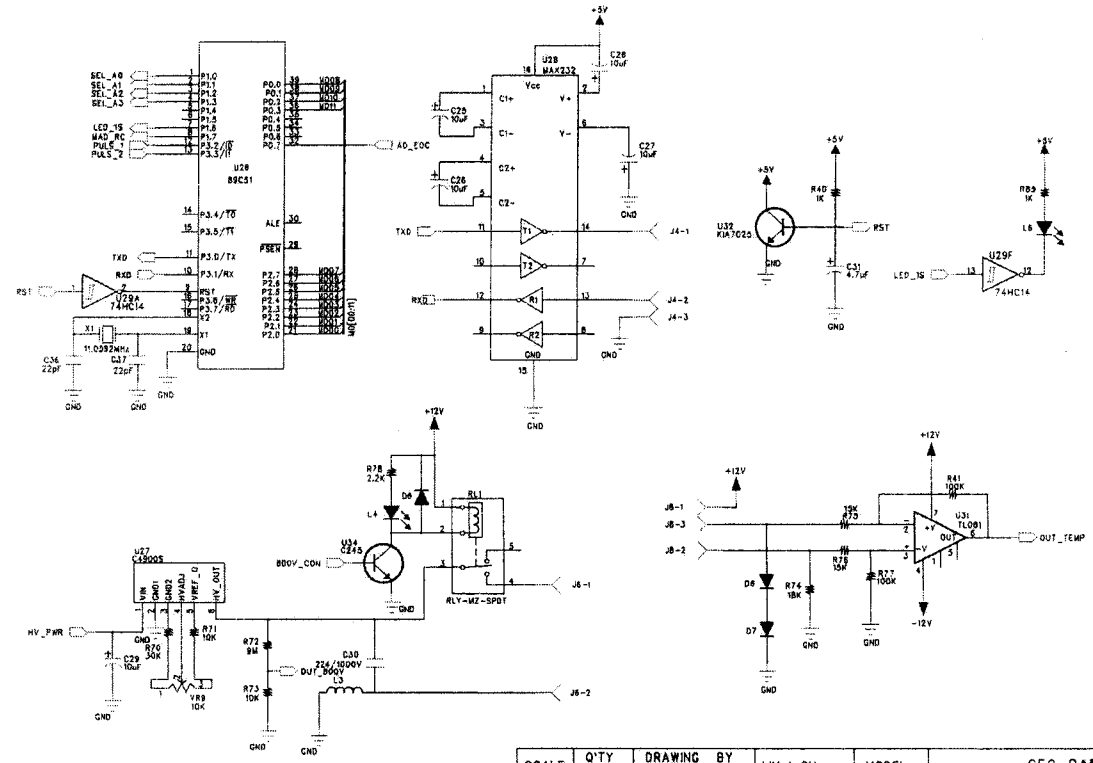


그림 3.3.14 PAB 회로도 4/5



SCALE	Q'TY SET	DRAWING BY	LIM I CH	MODEL	SEC-PAB
4/5		CHECKED BY	XIM C G	TITLE	Pulse Analysis Board
DATE	UNIT	APPROVED BY	CHA D H	DWG.NO	FS-10 001
	MIL	END FINISH		MAKER	SAMCHANG CO.,LTD

그림 3.3.15 PAB 회로도 5/5



SCALE	Q'TY SET	DRAWING BY	LIM I CH	MODEL	SEC-PAB
5/5		CHECKED BY	KIM C G	TITLE	Pulse Analysis Board
DATE	UNIT	APPROVED BY	CHA D H	DWG.NO	FS-10 001
	MIL	END FINISH		MAKER	SAMCHANG CO.,LTD.

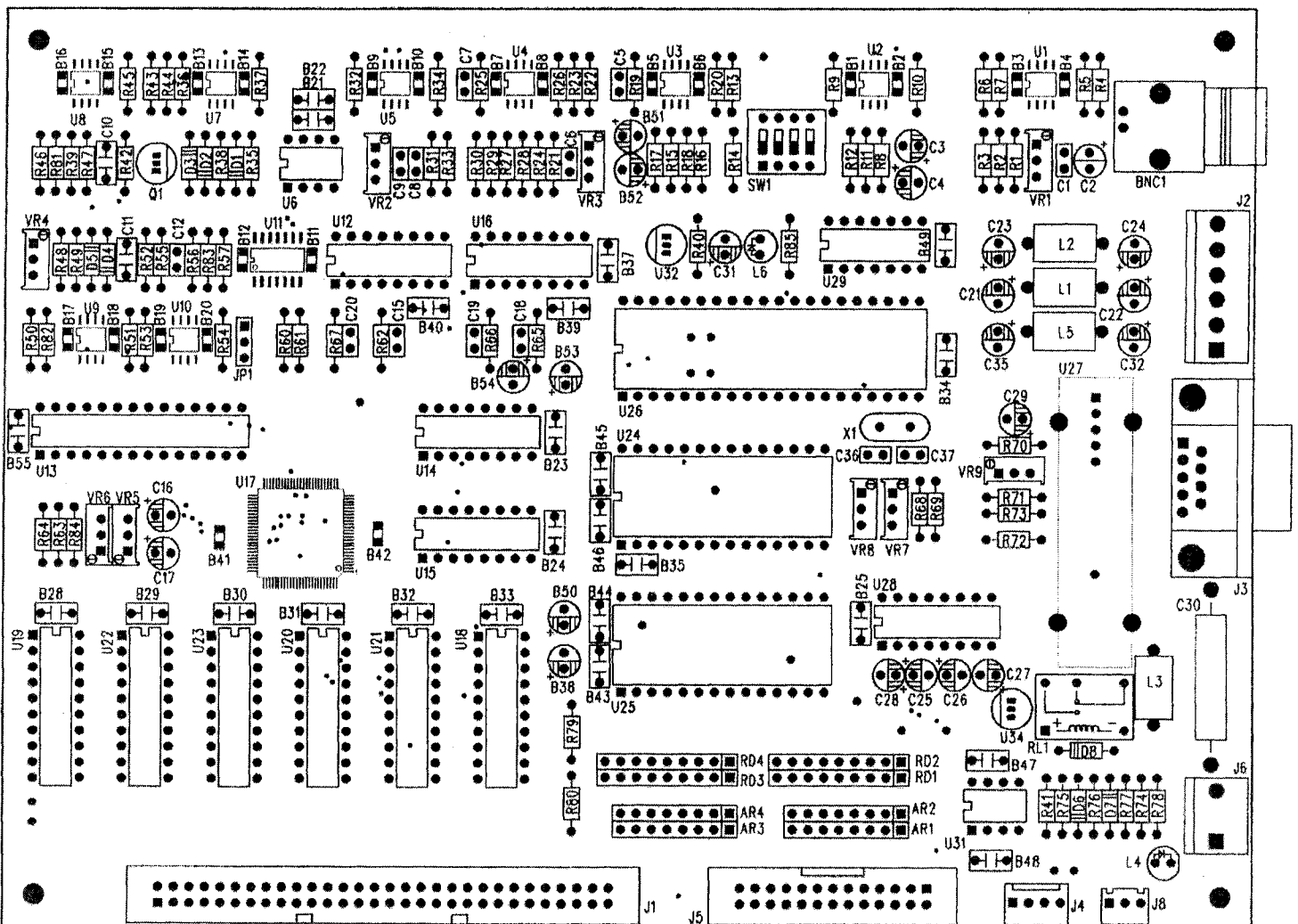


그림 3.3.16 PAB 배치도

마. PAB 사진

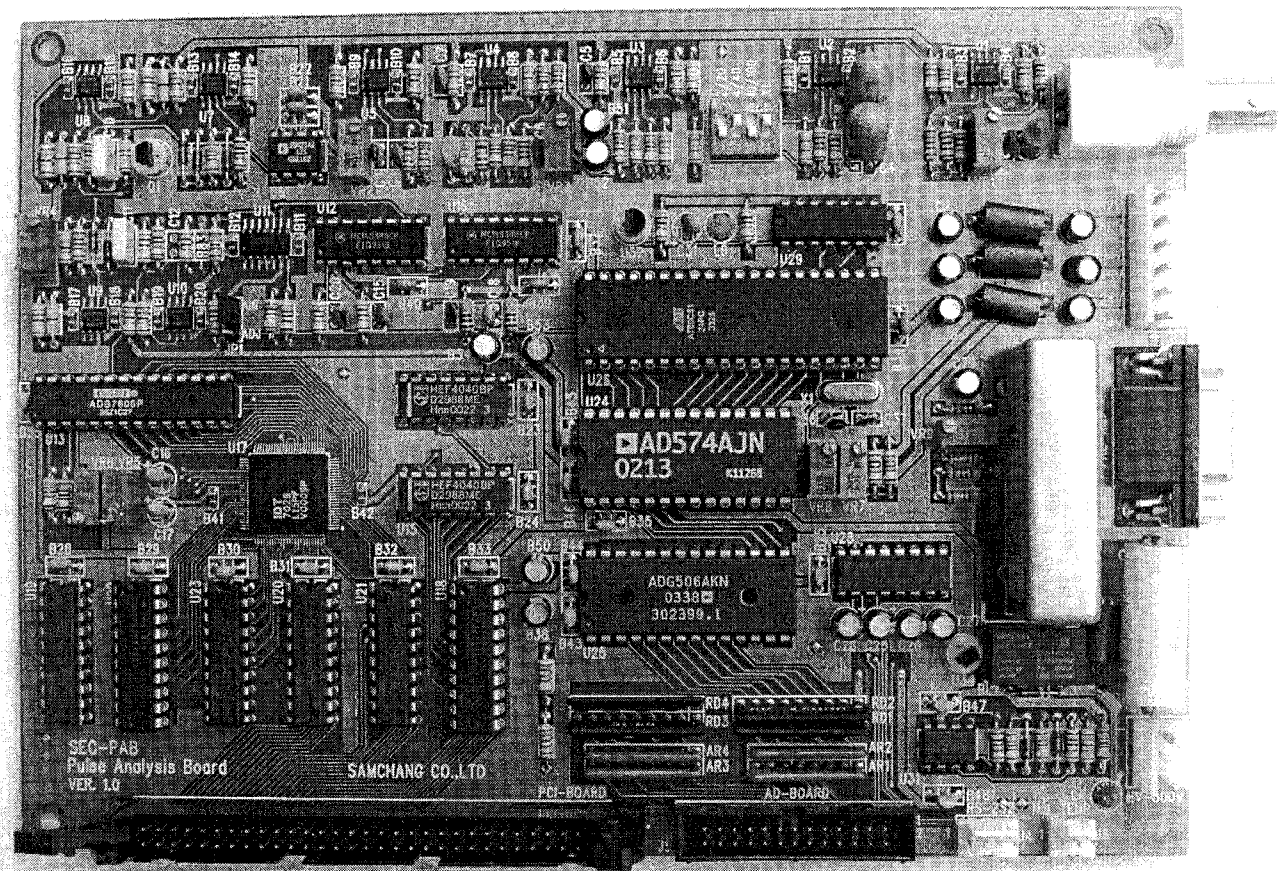


그림 3.3.17 PAB 사진



### 3. PC104 I/F 보드

환경방사선 감시시스템은 PC기반의 x86-Base Controller(SBC)에 자체 개발한 아날로그 및 디지털보드(AIB, PAB)의 인터페이스를 위하여 PC104 plus 규격의 인터페이스보드를 설계한다. PC104plus 인터페이스는 전기적 신호가 PCI 규격과 호환이다. 다른 점은 PCI 소켓이 120핀이 양면구조로 컨트롤러보드에 수직으로 설치되어지는 반면에, PC104plus는 120핀이 30핀씩 4열구조로 컨트롤러보드에 적층시킬 수 있는 구조를 제공한다. 그러므로 보드 조립은 적층구조를 갖는 소형화를 꾀할 수 있다. 보드 설계는 상용의 PCI 칩인 EZ-target PCI 칩을 사용하였다.

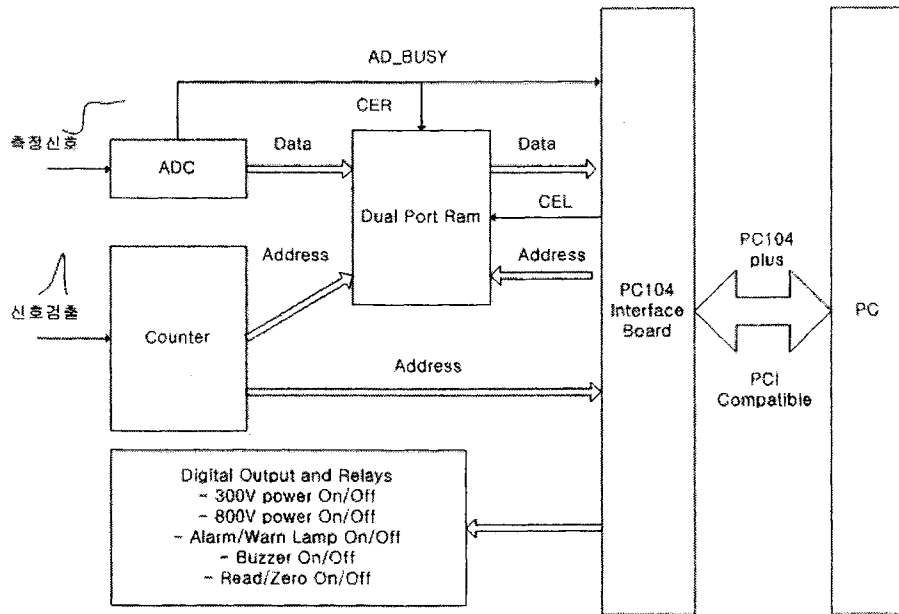


그림 3.3.18 PC104 I/F Board 설계 및 구성

#### 가. 인터페이스 보드 설계

PC104 I/F 보드는 PCI 칩과 디지털 I/O, PC104plus 소켓으로 구성된다. PCI칩은 PCI 인터페이스를 제공하는 칩으로 외부로의 디지털 입출력을 담당하는 포트가 2개(A포트, B포트)이고 A포트는 32비트, B포트는 19비트로 모두 51개의 입출력 포트를 지원한다. 51개 디지털 I/O 포트를 이용하여 PC104 I/F 보드에서는 듀얼포트램 읽기 루틴을 수행하기 위한 어드레스버스(13bit)와 데이터버스(16bit), 램 선택비트(1bit)에 디지털 입출력을 위한 I/O와 듀얼포트램 쓰기루틴의 현재 어드레스읽기(13bit)를 위한 디지털 I/O가 필요하다. 그리고 NaI 센서 전원(800V) On/Off 제어비트(1bit), HPIC 센서 전원(300V) On/Off 제어비트(1bit), HPIC 센서에 대한 Read/Zero 제어비트(1bit), Alarm/Warn Lamp On/Off 제어비트(2bit), 그리고 경보음발생 제어비트(1bit)에 I/O 포트를 할당한다.

다음은 PC104 I/F 보드에 사용한 PCI 칩인 PCI EZ-Target Chip의 제원 및 내부 블록 선도를 보인 것이다.

- PCI 칩 제원

- 모델명 : PCI EZ-Target Chip
- PCI version 2.1 만족
- Transparent 타겟 모드 지원
- PCI 타겟 fast back-to-back 처리 지원
- 범용 I/O : 51 개 (입/출력 프로그램 가능)
- 외부 인터럽트 : 2개 (Rising/Falling Edge 선택가능)
- 최대 동작 주파수 : 입력 50MHz, 출력 50MHz, 정상 33MHz
- 동작전압 : 5V ±5%
- 패키지 : 120핀 QFP
  - 폭, 두께, 높이 : 28mm × 28mm × 4mm
  - 리드 폭/피치 : 0.4mm / 0.4mm
- 게이트 공정기술 : 0.65um

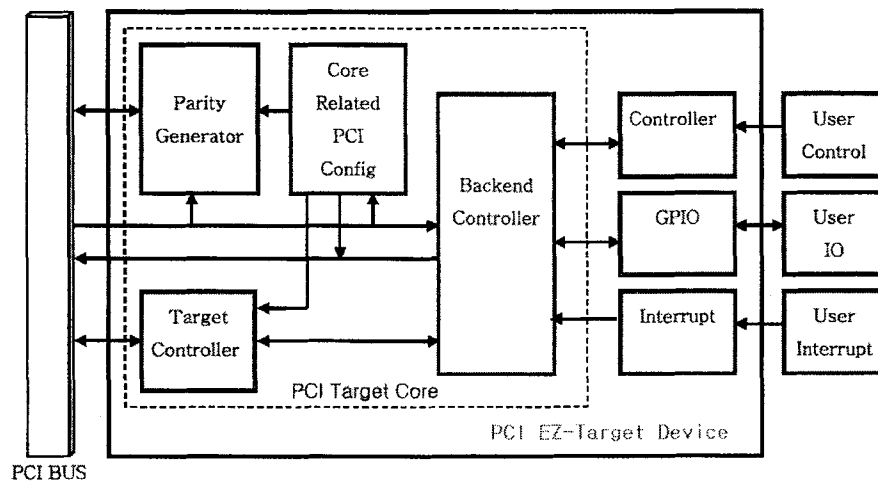


그림 3.3.19 PCI 칩 내부 블럭선도

나. 메모리 맵 및 인터페이스

사용한 PCI 칩의 메모리 맵은 IO A port에 대한 32bit Output/Input Register와 Output Enable Register로 구성되고 IO B port에 대한 19bit Output/Input Register와 Output Enable Register로 구성되며 기타 인터럽트와 관련된 레지스터들로 구성된다.(아래표 참조) 참고로 base address는 O.S.로부터 얻게 되며, 이렇게 얻어진 base 어드레스로부터 4byte씩 증가시켜가며 입출력을 위한 register를 할당한다.

표 3.3.2 PCI칩 메모리 맵 구성

Addr.	Bit	Signal	Default	R/W	Description
0x00	[31:0]	IO_A_o[31:0]	0	W	General Output to Port A
	[31:0]	IO_A_i [31:0]		R	General Input from Port A
0x04	[31:0]	IO_A_oe[31:0]	0	R/W	IO_A_o Output Enable (0 : Input, 1 : Output)
0x08	[18:0]	IO_B_o[18:0]	0	W	General Output to pin Port B
	[18:0]	IO_B_i [18:0]		R	General input from pin Port B
0x0C	[18:0]	IO_B_oe[18:0]		R/W	IO_B_o Output Enable (0 : Input, 1 : Output)
0x0F	[7]	IRQ_2_ack	0	W	Writing with '1' Generate the Ack strobe
	[6]	IRQ_1_ack	0	W	Writing with '1' Generate the Ack strobe
	[5]	IRQ_2_en	0	R/W	1 : Enable, 0 : Disable
	[4]	IRQ_1_en	0	R/W	1 : Enable, 0 : Disable
	[3]	IRQ_2_trg	1	R/W	1 : Pos. Edge IRQ_2 trigger, 0 : Neg. Edge
	[2]	IRQ_1_trg	1	R/W	1 : Pos. Edge IRQ_1 trigger, 0 : Neg. Edge
	[1]	IRQ_2_o	0	R	IRQ_2 Flag Clear
	[0]	IRQ_1_o	0	R	IRQ_1 Flag Clear

PC와의 인터페이스를 위한 Register의 Read/Write정의 및 외부 연결 60핀 커넥터의 배치는 아래의 표에 정리되어 있다.

표 3.3.3 PC104 I/F 보드의 디지털 I/O 설계

P No.	Name	Description	P No.	Name	Description
1	P /RST	-	2	VCC	-
3	IOA_00	Data_Bus_00(R)	20	IOA_01	Data_Bus_01(R)
5	IOA_02	Data_Bus_02(R)	22	IOA_03	Data_Bus_03(R)
7	IOA_04	Data_Bus_04(R)	24	IOA_05	Data_Bus_05(R)
9	IOA_06	Data_Bus_06(R)	26	IOA_07	Data_Bus_07(R)
11	IOA_08	Data_Bus_08(R)	28	IOA_09	Data_Bus_09(R)
13	IOA_10	Data_Bus_10(R)	30	IOA_11	Data_Bus_11(R)
15	IOA_12	Data_Bus_12(R)	32	IOA_13	Data_Bus_13(R)
17	IOA_14	Data_Bus_14(R)	34	IOA_15	Data_Bus_15(R)
19	IOA_16	Addr_Bus_00(R)	4	IOA_17	Addr_Bus_01(R)
21	IOA_18	Addr_Bus_02(R)	6	IOA_19	Addr_Bus_03(R)
23	IOA_20	Addr_Bus_04(R)	8	IOA_21	Addr_Bus_05(R)
25	IOA_22	Addr_Bus_06(R)	10	IOA_23	Addr_Bus_07(R)
27	IOA_24	Addr_Bus_08(R)	12	IOA_25	Addr_Bus_09(R)
29	IOA_26	Addr_Bus_10(R)	14	IOA_27	Addr_Bus_11(R)
31	IOA_28	Addr_Bus_12(R)	16	IOA_29	Addr. Availuble
33	IOA_30	300V_Con(W)	18	IOA_31	800V_Con(W)
35	IOB_00	Addr_Bus_00(W)	36	IOB_01	Addr_Bus_01(W)
37	IOB_02	Addr_Bus_02(W)	38	IOB_03	Addr_Bus_03(W)
39	IOB_04	Addr_Bus_04(W)	40	IOB_05	Addr_Bus_05(W)
41	IOB_06	Addr_Bus_06(W)	42	IOB_07	Addr_Bus_07(W)
43	IOB_08	Addr_Bus_08(W)	44	IOB_09	Addr_Bus_09(W)
45	IOB_10	Addr_Bus_10(W)	46	IOB_11	Addr_Bus_11(W)
47	IOB_12	Addr_Bus_12(W)	48	IOB_13	RAM Select(W)
49	IOB_14	Read/Zero_Con(W)	50	IOB_15	Warn_Con(W)
51	IOB_16	Alarm_Con(W)	52	IOB_17	Buzzer_Con(W)
53	IOB_18	Spare (W)	54	U INT1	-
55	P CLK	-	56	UINT2	-
57	GND	GND	58	P INTA	-
59	GND	GND	60	GND	GND

※ Notes :

- (R) Read / (W) Write 는 CPU B/D 기준임.
- (-) 는 Reserved Pin임.

다. 회로도

환경방사선 감시시스템에 적용된 PC104 I/F 보드의 회로도는 아래의 그림들과 같다.

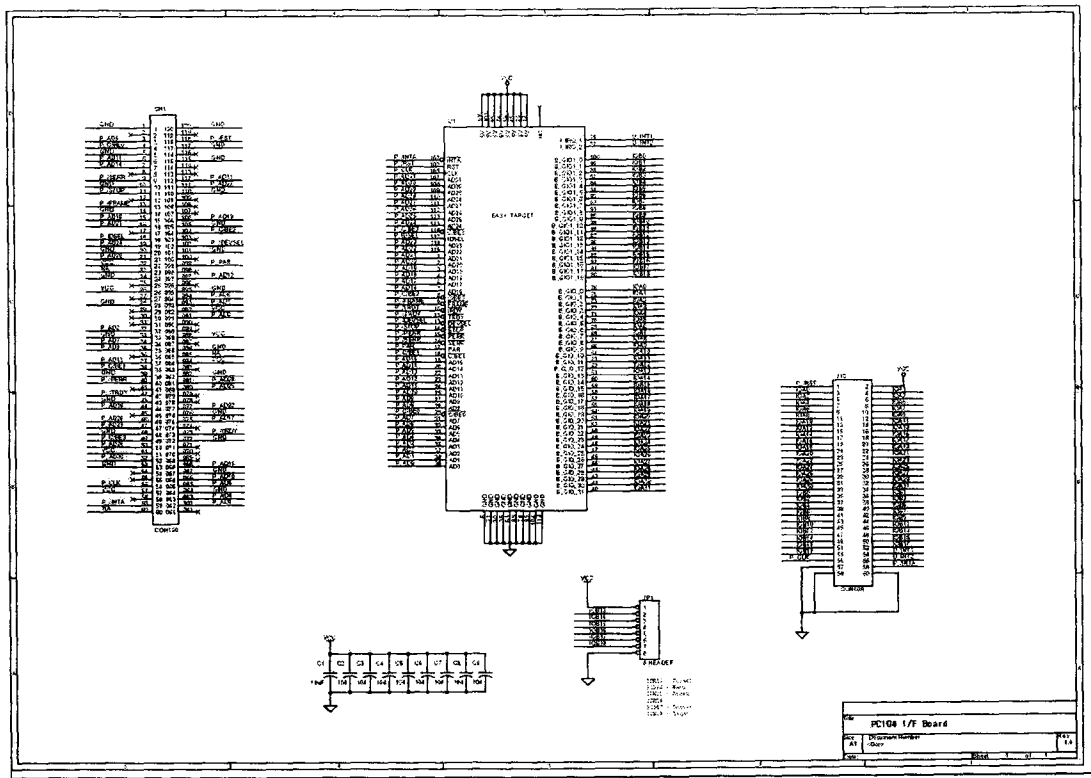


그림 3.3.20 PCI I/F 보드의 회로도

라. 배치도 및 실물외형

환경방사선 감시시스템의 PC104 I/F 보드에 대한 배치도 및 실물외형 사진은 아래와 같다.

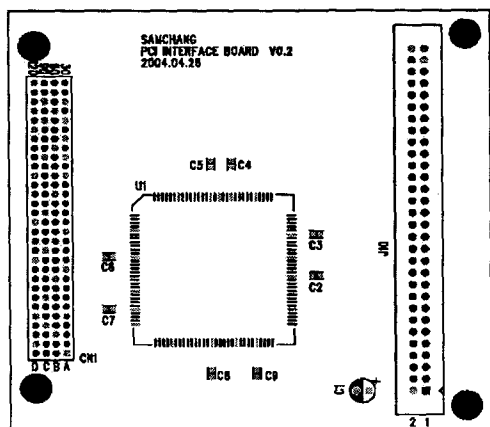


그림 3.3.21 PC104 I/F 보드의 배치도

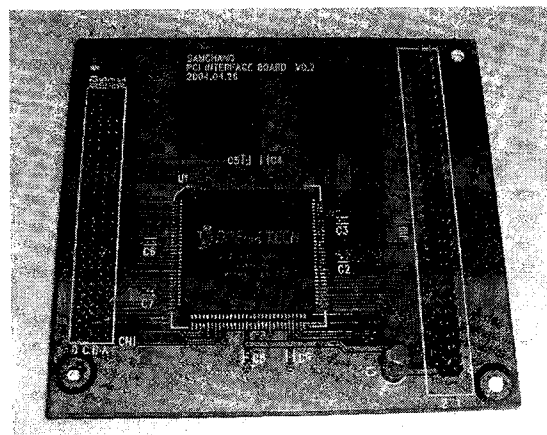


그림 3.3.22 PC104 I/F 보드의  
실물외형사진

#### 마. Windows 2000 Device Driver

Windows 2000 및 XP에 PC104 인터페이스보드의 device driver를 올리기 위해서는 커널 프로그래밍을 해야 한다. Windows 2000과 XP는 동일한 Device Driver 구조를 가지므로 개발된 Device Driver는 호환하여 사용할 수 있다. 개발한 보드로부터 신호를 입출력 하기 위해 pci\_device\_id 구조체에 pci id 관련 정보를 등록하여야 하고, pci\_driver 구조체에 디바이스 관련 정보를 등록하며, file\_operations 구조체에 디바이스의 읽기, 쓰기 등의 동작을 위한 내용을 작성해야 한다. Windows 2000용 PCI 보드의 디바이스 드라이버에서 드라이버 관련된 프로그램을 별첨 4. 윈도우즈 디바이스 드라이버 프로그램 소스에 실었다.

##### -드라이버 관련 소스

- PCL\_IO.H : PCI Device Driver 구조체 정의 및 레지스터 어드레스 맵 정의
- PCILIB.H : 드라이버 함수 라이브러리 헤더파일
- PCILIB.CPP : 드라이버 함수 라이브러리 파일

#### 4. SBC(Single Board Controller)

환경방사선 감시시스템에서 사용한 Controller Board는 PC기반의 x86-Base Controller보드인 산업용 SBC(Single Board controller)를 사용한다. 메인 CPU 칩은 Intel Pentium 4 2.0GHz를 장착하고, 메모리는 512M Byte DDR램을 채택한다.

##### 가. 구성도

환경방사선 감시시스템에 사용한 SBC는 구형 HPIC센서 및 기상센서들의 데이터를 처리하는 마이컴으로부터의 통신을 담당하는 포트(COM2)와 신형 HPIC로부터의 통신을 담당하는 포트(COM4), 중앙컴퓨터와의 데이터 통신포트(COM3), LCD Display 포트(CRT), 터치스크린 입력 포트(COM1), PC104 I/F 보드로부터 데이터입출력을 지원하는 PC/104 plus 인터페이스 소켓(120핀), Window XP O/S 및 운영소프트웨어의 저장용 HDD(80GByte 용량)연결 소켓 그리고 100Mbps급 이더넷 연결 소켓을 포함하고 있다. 아래의 그림은 환경방사선 감시시스템에 사용한 SBC의 외부장치연결 구성도이다.

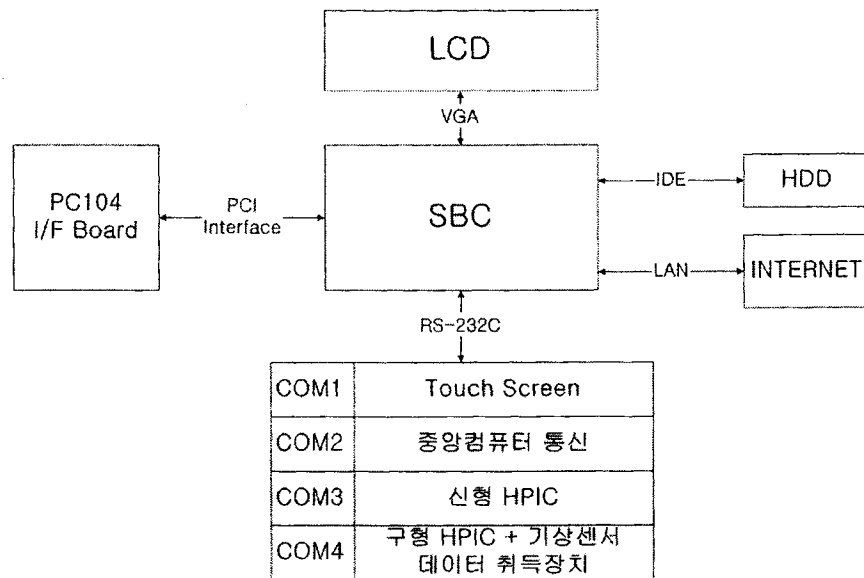


그림 3.3.23 Single Board controller의 외부장치연결 구성도

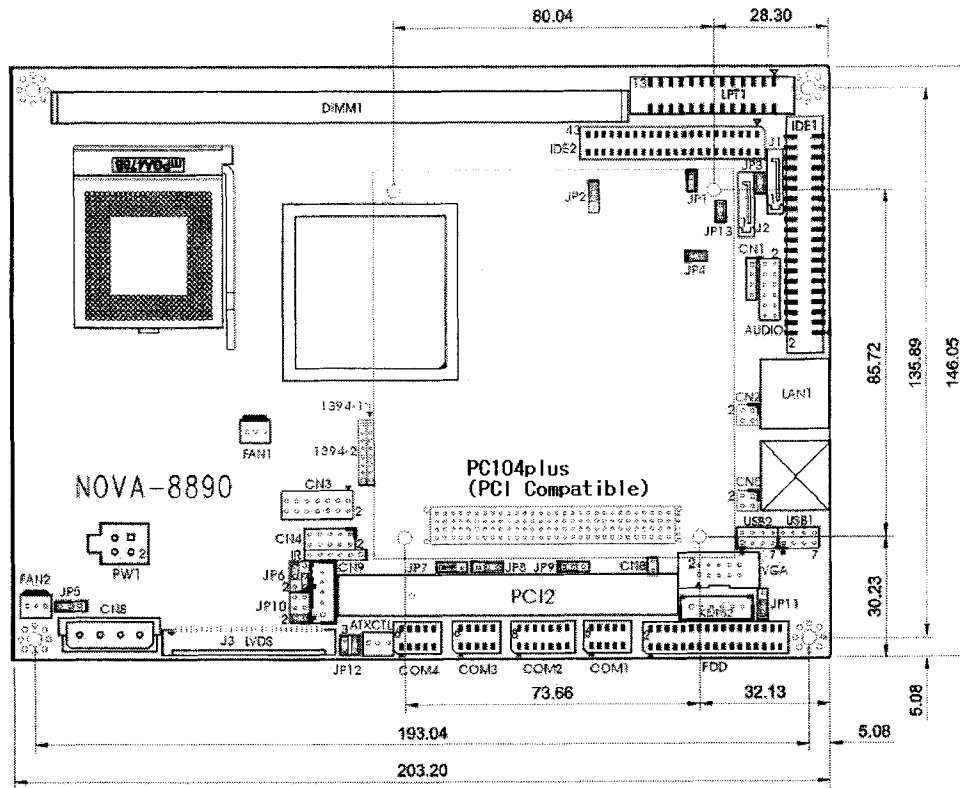


그림 3.3.24 채택한 Single Board controller의 배치도

#### 나. 주요사양

환경방사선 감시시스템에 필요한 SBC의 제원은 다음과 같다.

##### - SBC 제원

- SBC 모델명 : NOVA-8890
- 규격 : 5.25" Embedded Socket-478 CPU Board with LCD/CRT VGA, LAN, GbE, USB2.0, 1394 & Serial ATA
- CPU : Pentium-4 2.0G
- Display : LCD(1400\*1050), CRT(2048\*1536) 지원
- Ethernet : 10/100 Mbps Ethernet onboard (Optional 1Gbps Ethernet)
- SSD : One Compact Flash Type II socket 지원
- IEEE-1394 2EA : 400Mbps
- I/O : RS232(4EA), USB2.0(4EA), LPT, FDD, ATA-100 IDE(2EA), Serial ATA(Optional 2EA)
- Audio : AC'97 Codec
- Digital I/O : TTL Level 4 inputs 4 outputs
- Expansion slot : PCI slot , PC/104 Plus(Only PCI)



- Hardware Monitoring 기능 : CPU 전압, CPU 및 System Fan Speed, 온도측정
- 전력소비 : 5V @4.2A, 12V @4.85A
- 작동온도 : 0 - 60℃
- 작동습도 : 5 - 95%

## 5. 주변장치

### 가. NaI 센서

#### (1) 개요

NaI(Tl) 섬광(Scintillation) 센서는 방사선의 에너지를 광으로 변환하는 섬광체와 빛을 전기적인 신호로 변환하는 광전자 증배관(PMT)으로 구성되어 있다. 섬광 센서는 검출 효율이 높고 출력펄스의 파고가 입사방사선의 에너지에 비례하는 특징을 갖고 있어 핵종 분석이 가능하다.

입사 방사선(감마선)과 검출기의 상호작용은 방사선이 섬광 물질내에 입사하여 입사 에너지를 잃게 되면 입사 에너지에 비례하는 양의 빛을 방출하며 방출된 빛은 광전자 증배관의 광전면에서 발광량에 비례하는 갯수의 전자로 변환된다. 이후 광전자 증배관의 의해 105~106배 증배되며 광전자 증배관에서 나오는 출력 전류신호를 선형증폭기를 통해 전압펄스로 증폭 정형한 후 파고치를 분석하면 입사방사선의 에너지에 대한 정보를 얻을 수 있다. NaI(Tl) 섬광체와 감마선의 상호반응은 세 가지로 광전효과, 콤프턴효과, 쌍생성효과로 반응한다.

#### (가) 광전효과(Photoelectric-Effect)

NaI(Tl) 섬광체에서 에너지  $E_0(h\nu)$ 의 감마선은 광전효과를 통해서 한 원자단으로부터 전자를 방출시킨다. 이때 방출된 광전자는 운동에너지  $E_K = E_0 - 28[\text{keV}]$ 를 갖는다.

여기서 28keV는 Iodine(I) 원자에 있어서 전자의 결합에너지이다. 감마선이 광전 흡수되어 광전자가 방출되면, 전자의 결합에너지는 X-ray나 혹은 Auger-Electron의 형태로 나타난다. 이 X-ray들은 거의 모두가 NaI(Tl) 섬광체에 흡수되어 또 다른 광전자를 발생시킨다. 또 어떤 감마선에 대해서는 Iodine X-ray는 흡수되지 않고 섬광체를 탈출하는 경우가 있다.

#### (나) 콤프턴 효과(Compton-Effect)

입사감마선이 NaI(Tl) 섬광체에서 콤프턴산란을 할 때 그 에너지의 일부를 콤프턴전자에게 준다.

산란각  $\theta$ 에 따라서 콤프턴전자는

최소 : 0 ( $\theta = 0$ ),

최대 :  $E_0 \frac{2\alpha E_0}{1+2\alpha}$  ( $\theta = \pi$ )에 걸쳐 연속적인 에너지 분포를 가진다.

콤프턴전자의 에너지 스펙트럼 최대치를 Compton Edge라고 한다.

#### (다) 쌍 생성효과(Pair Production-Effect)

입사감마선은 그 에너지가 1.02MeV보다 크면 NaI(Tl) 섬광체에서 쌍생성을 한다. 이 과정에서 감마선 에너지  $E_0(h\nu)$ 는 전자와 양전자쌍을 생성하는데 소모되고 이에 전자쌍은  $E_p = E_0 - 1.02(\text{MeV})$ 의 에너지를 가지게 된다. 이렇게 해서 생긴 전자는 섬광체내에서 감지되나 양전자는 주위의 전자들과 결합하여 소멸하게 된다. 이때 소멸로 인해서 생긴 두 감마선이 서로 반대방향으로 0.511MeV의 감마선으로 방사되어 나간다.

(2) 사 양

표 3.3.4 NaI 센서 사양

구 분	규 격
모 델	EG&G ORTEC 905-4
Crystal Size	3 in × 3 in
Tube	3in, 10-Stage PMT
PHR	=< 8.0%(Cs-137)

나. Ion 센서

(1) 개 요

이온 전리함(Ionization Chamber)은 방사선에 의한 기체의 전리작용을 이용한 Detector로서, 방사선이 기체를 전리시켜 생긴 전자·이온쌍을 전극사이에 걸린 전계를 이용하여, 전극으로 전자·이온이 이동할 때의 유도전하로 방사선을 검출, 측정하게 되어있다. 이온 전리함은 직경이 10 인치인 전리함 내부에 25 기압의 순수 아르곤(Ar) 가스가 채워져 있으며 에너지 응답 속도가 아주 빠르고 방향 의존성이 적어 실시간 환경방사선량의 측정에 적합하다. 이온 전리함은 광역의 환경방사선 조사선량률(수 $\mu\text{R/h} \sim \text{mR/h}$ ) 측정이 장점이다. 하지만 감마선 에너지를 분리할 수 없기 때문에 방사선에 대한 핵종 분석이 불가능한 것이 단점이다.

아래 그림은 이온 전리함의 에너지의 응답 특성이다.

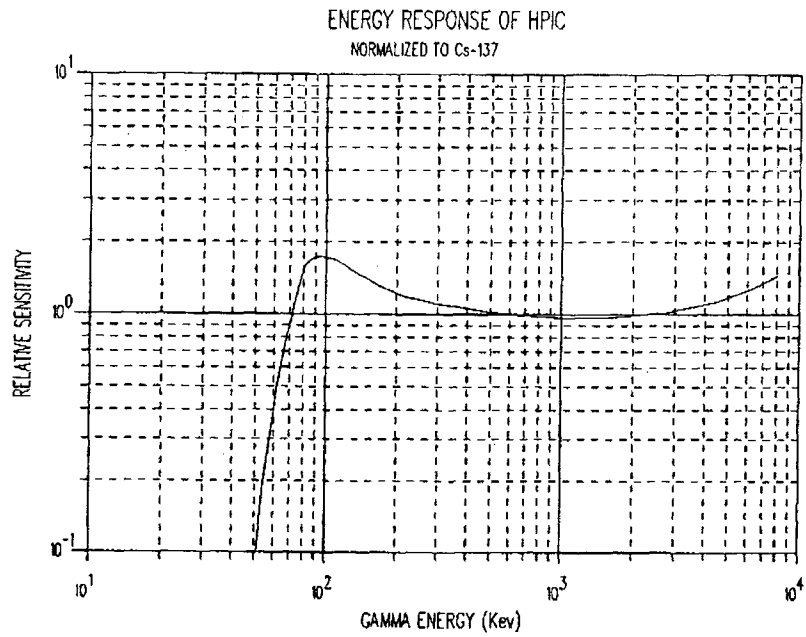


그림 3.3.25 Ion 챔버

(2) 사양

표 3.3.5 Ion 센서 규격

구 분		규 격	
Power Requirements		+12VDC (±10 %)	
		-12VDC (±10%)	
High Voltage		-300VDC	
Output Signal Voltage		0~10VDC	
Output Range Voltage		Low Range	0V DC
		High Range	12V DC
Range	Low Range	0~500μR/hr	
	High Range	0.5mR/hr~100mR/hr	
Electrometer Sensitivity	Low Range	20mV/μR/hr	
	High Range	100mV/mR/hr	
Operating Environmental Limit		-25℃ ~ +55℃	
Background Error		±5%	

다. 온·습도센서

표 3.3.6 온도 및 습도센서

구분	사 양 내 용	
모 델 명	GP-20T	GHP30
형 식	PT-1000 Ω	Resistance sensor
측정범위	-20~ +80°C	20~95%RH (사용권장범위)
정 확 도	±0.2°C	±3%RH
출력범위	-20 ~ +80°C	0~100%RH
운영환경	-5 ~ +55°C	

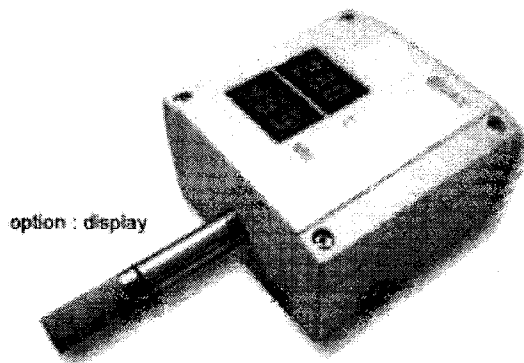


그림 3.3.26 온·습도 센서

라. 강우센서

(1) 사진

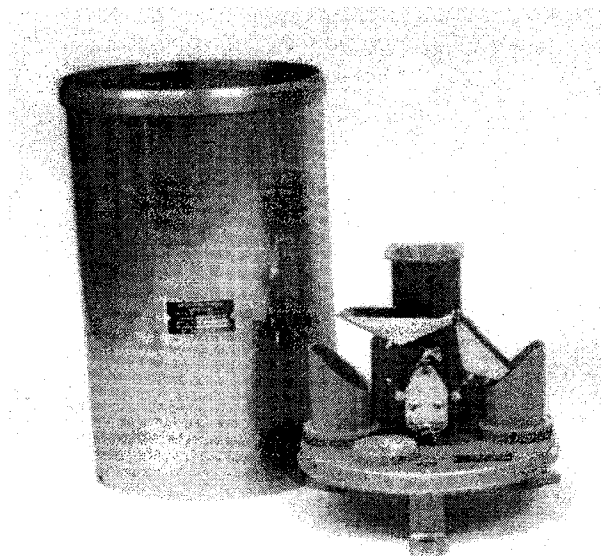


그림 3.3.27 강우량계 사진

(2) 적용

강우량 0.5 mm 때 1 Pulse 출력, 주로 일주일용 기록계에 이용되며, 강우량이 적은 지역(이슬비)에서 사용.

(3) 선택사양

(가) 우량계에 바람막이를 장착하여 설치장소, 측기보호, 사용자의 경제성, 풍속의 정도에 따른 강우의 집적성을 최대화 할 수 있다.

(나) 강우량계에 AC 220V, DC 12V 히팅 장치를 선택하면 강설량계로 사용된다 (기존 사용되고 있는 계측기는 장착 불가).

(4) 동작설명

(가) 직경 20cm 수수구로 우량을 집수, Tipping bucket(계량컵)과 연계된 센서의 Reed switch가 빗물 0.5mm (15.7cc)에서 1 Pulse가 발생하는 우량계이다.

(나) Tipping bucket은 센서의 베어링에 의해서 동작되어 장기간 사용시 이물질로 인한 고장이 없으며 습기 또는 곤충 등에 매우 방어적이다.

(다) Data 보호가 확실한 Recorder에 연결, 사용된다.

(라) 센서의 Reed Switch는 물리적 Analog 변화를 전기적 코드로 직접 변환 될 수 없어 Data 보호 능력은 없다. 다만, 전자기적 변환장치에서만 BCD 코드화가 가능하다.

(5) 제원

(가) 수수구 ----- 20cm (기상검정규격)

(나) 외 형 ----- 20cm H 45cm (스테인레스)

(다) 지지대 -----발 고정식 (알루미늄 재질)

(라) 측정방식 -----강우 0.5 mm 당 1 Pulse용 Tipping Bucket Type

(마) 정밀도 -----1 mm ~ 100 mm / 1 Hour 1% (기상검정규격 3%)

(바) 출력신호 -----Switch 무전압 Make 접점

(사) 부호전환 -----Time 0.5 sec

(아) 중 량 ----- 3Kg

마. 풍속센서

(1) 사진

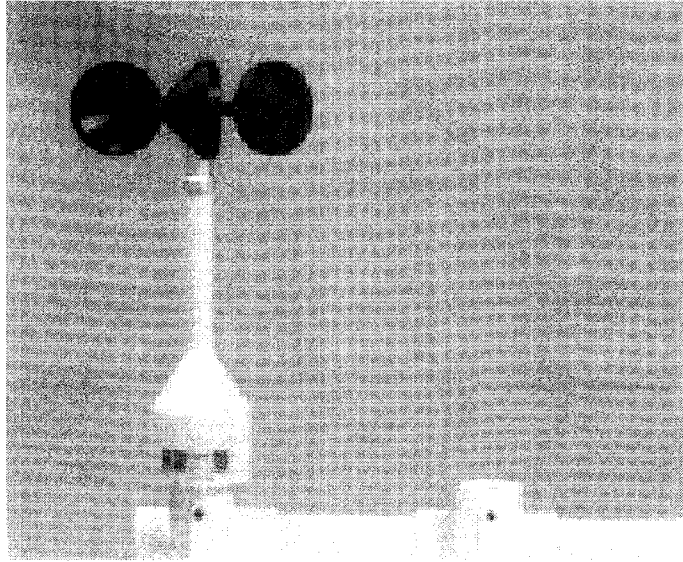


그림 3.3.28 풍속계 사진

(2) 풍속센서 제원

표 3.3.7 풍속센서 제원

구 분	사 양 내 용
모 델 명	A301P
형 식	3-CUP 방식
측정범위	0.4~70 m/s
정 확 도	±3 %
기동풍속	0.4 m/s
한계풍속	70 m/s
출 력	PULSE 방식
운용환경	-50°C ~ +50°C

바. 풍향센서

(1) 사진

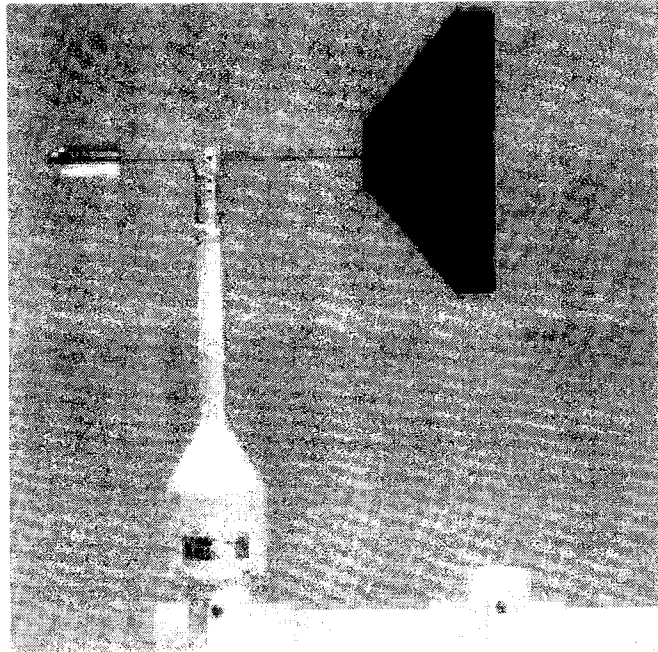


그림 3.3.29 풍향센서 사진

(2) 풍향센서 제원

표 3.3.8 풍향센서 제원

구 분	사 양 내 용
모 델 명	V10KA
형 식	VANE TYPE
측정범위	0°~ 360°
정 확 도	±3°이내
기동풍속	0.5 m/s 이하
한계풍속	70 m/s
출 력	POTENTIOMETER에 의한 전압출력 방식
운용환경	-50°C ~ +50°C

사. 케이스 규격

환경방사선 감시시스템은 NaI 센서를 케이스에 일체형구조로 설계하였다. 환경방사선 감시가 필요한 현장에 포스트바형식의 설치가 가능하도록 장치들을 모두 케이스 내부에 조립이 가능하다. 또한 외기환경에 설치가 가능하도록, IP6 규격을 만족하는 케이스를 채택하였으며 외부에 돌출된 NaI 센서 커버또한 습기나 수분등의 침투가 가능하지 않도록 설계되어있다. 특히 NaI 센서 커버의 두께는 반응함수에 영향을 줄 수 있으므로, 알루미늄 3mm 두께를 유지하도록 설계하였다. 그리고 환경방사선 감시시스템이 설치되는 현장에서 문을 열지 않고 현장 감시기 디스플레이 상태를 볼 수 있도록 전면부를 투명한 강화플라스틱 커버를 채택하였다.

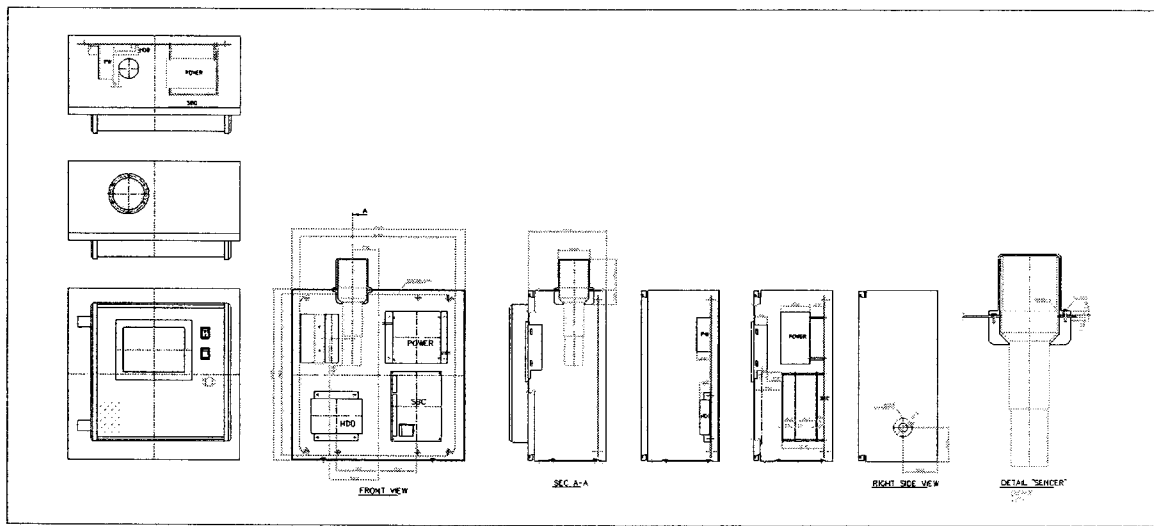


그림 3.3.30 환경방사선 감시시스템의 조립도면

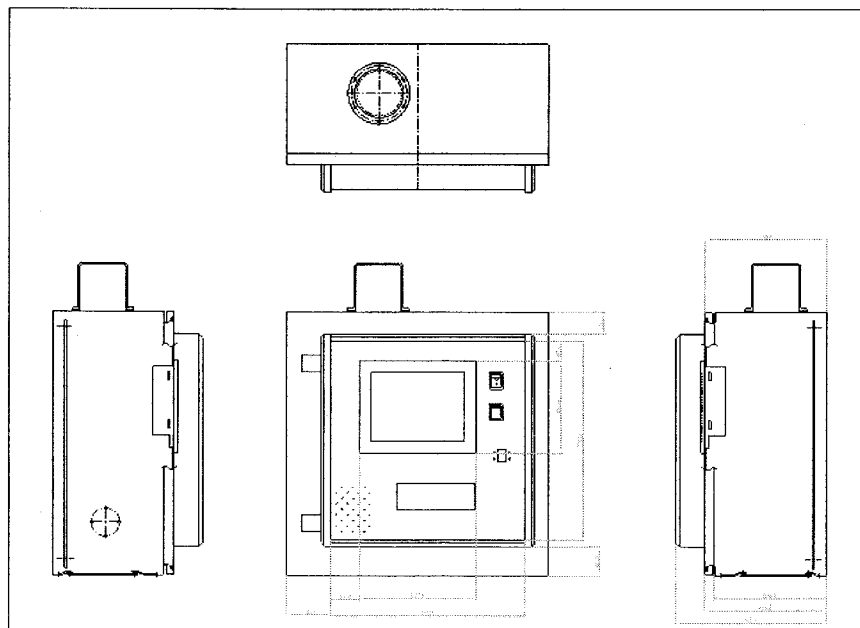


그림 3.3.31 환경방사선 감시시스템의 외형도



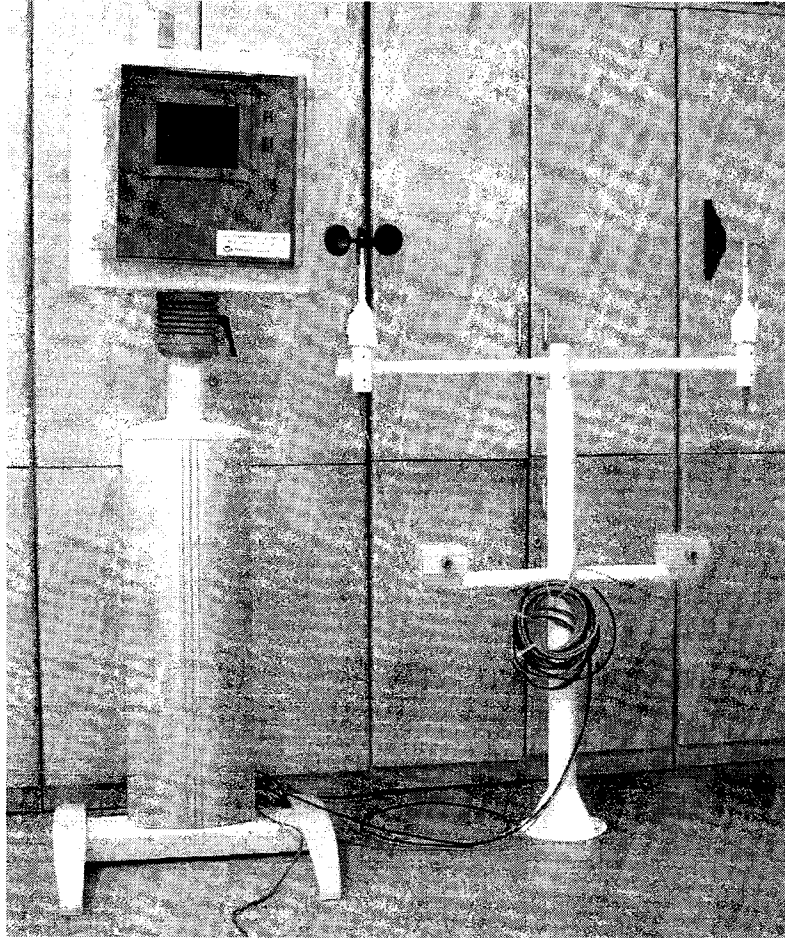


그림 3.3.32 환경감시시스템의 설치모습

## 제 4 절 소프트웨어 구성

### 1. 소프트웨어 개요

ERMII의 소프트웨어는 Windows XP 운영체제상에 ERMS 운용 프로그램과 Data Base 등의 개발도구들로 구성된다.

표 3.4.1 환경방사선 감시시스템 소프트웨어 구성

운영체제		Windows 2000 or XP
Data Base		MS-Access 2003
개발언어		Visual C++
운영프로그램	환경 방사선 모니터링 프로그램	ERMII
	DB Graph View 프로그램	ERMDBII
기타	PC104plus Device Driver	ERM2.sys
	Graphic Chart Class	TChart 5.0 OCX

#### 가. 구성

환경방사능 감시시스템의 구성은 방사능을 측정하는 센서 인터페이스와 데이터의 처리부, DB관리부, GUI 및 그래프 출력부, 통신부 등으로 나뉘어 진다.

방사능 측정 센서는 감마선 측정센서인 NaI 센서와 Ion 센서를 사용한다. NaI 센서로부터의 실시간 방사선 데이터는 PC104 I/F 드라이버를 통해 연속적으로 데이터처리를 하며, Ion 센서로부터 신호는 1초평균 데이터를 RS-232C(422,485) 통신을 통해 데이터를 수집한다.

DB관리는 소규모 DB운영에 적합한 MS-Access를 이용하였다. 4,096채널의 감마선 스펙트럼 데이터를 연속적으로 저장하고 감마선 방사선량, Ion센서환산선량, 각종 기상센서 측정량 및 기타 방사선 관련 데이터 들을 일정시간간격으로 저장 관리한다.

GUI 및 그래프 출력부는 사용자의 요청에 따라 DB의 관리 변경, 각종 설정치 변경이 쉽도록 그래픽환경의 사용자 인터페이스를 구현한다. 측정 중이거나 측정 완료한 방사선 스펙트럼을 표시하며 측정 데이터의 경향 분석 및 스펙트럼 분석을 위해 그래프 화면출력을 지원한다.

통신부는 자체개발한 마이컴으로부터 HPIC(Ion 센서)의 방사선값과 기상정보 데이터의 초당 평균값을 RS232C를 통해 수신한다. 중앙컴퓨터와의 통신을 위해 RS232C(422/485)포트를 이용한 모뎀통신을 지원한다.

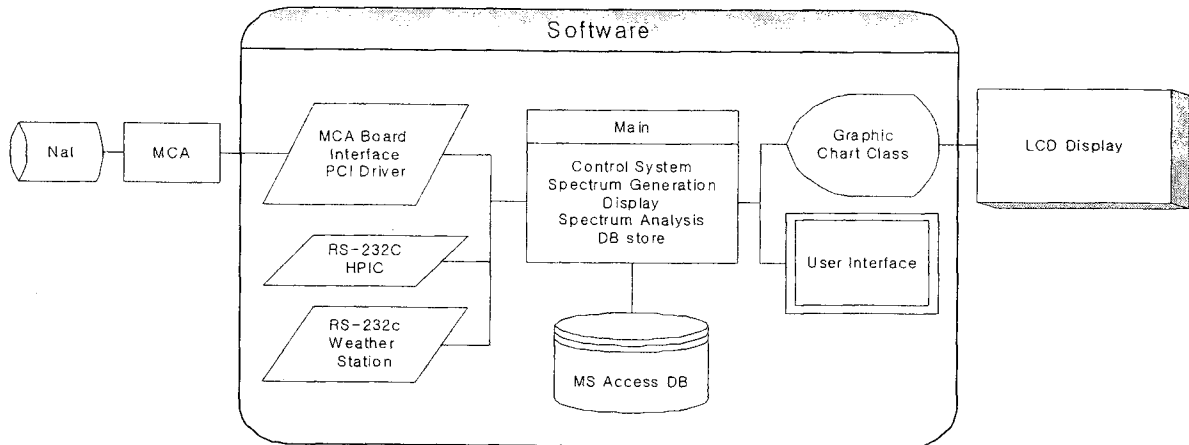


그림 3.4.1 환경방사선 감시시스템 소프트웨어 구성도

- (1) 센서 : NaI(Tl) Scintillator (3x3 inch) and HPIC
- (2) Analog 회로 : Amp, ADC, Multi Channel Buffer
- (3) Controller : SBC(Single Board Controller)
- (4) 입출력 : LCD display, Touch Screen, RS-232 communication port.

#### 나. 소프트웨어의 주요기능

환경방사선 감시시스템의 소프트웨어는 환경방사선을 모니터링하고 DB저장 및 통신 기근을 담당하는 모니터링 운영프로그램(ERM II.exe)으로 구성된다. DB에 저장된 환경 방사선 측정값 및 기상데이터 DB를 검색하고 그래프로 출력하는 DB Viewer 기능또한 수행한다.

- (1) MCA 기능 : 스펙트럼 교정 분석
- (2) Digital DCU 기능 : Digital DCU, Z by Z 계산 , 인공 방사능 기여 분석 기능
- (3) Radiation 감시 및 DB 기능 : 데이터 저장 및 그래프, AI Alarm 기능
- (4) 통신 기능 : 중앙컴퓨터와 통신기능, HPIC 방사선 평균값 및 기상데이터 수신 기능

## 2. 소프트웨어 설계

가. 목적 : 환경 방사능의 온라인 감시를 주된 목적으로 하며, 인공 방사선의 구분 및 감시를 실시간으로 수행할 수 있게 함.

### 나. 범위

- (1) HPIC 를 통한 공간 선량률 온라인 감시 및 저장
- (2) NaI(Tl) 섬광 검출기를 통한 방사선 스펙트럼으로 인공 및 자연 방사능 구별.

### 다. Design Considerations

#### (1) Assumptions and Dependencies

- (가) 향후 중앙 소프트웨어와 연동하여 운영
- (나) 전체 ERMS 시스템은 Main Computer와 10개정도의 Post로 구성되어 있다
- (다) Windows 2000(or XP) 기반에서 사용
- (라) 방사선 전문가 및 훈련된 운영자에 의해 사용
- (마) 대형 시스템 구성시 기능 보완 요구될 수 있음.

#### (2) General Constraints

##### (가) Hardware or software environment

- ① 실외 설치
- ② 24시간 운영
- ③ 온라인 데이터 전송
- ④ Availability or volatility of resources
- ⑤ 1년 이상의 DB 저장 보관 가능
- ⑥ Interface/protocol requirements
  - RS-232C 통신 (HPIC, 기상센서, 중앙컴퓨터)
  - TCP/IP (환경 방사선 정보 공개)

##### (나) Memory and other capacity limitations : 20GB HDD

##### (다) Performance requirements

- ① Portable 및 일반MCA 기능
- ② ERMS Monitoring Post 기능
- ③ ERM Main Computer 기능

#### (3) Goals and Guidelines

- (가) 환경 방사선 스펙트럼 자동 측정 분석
- (나) 인공 방사능 구분 및 알람 발생
- (다) 온라인 환경 방사능 감시

라. DB 설계

환경방사선 감시시스템에 사용한 DB는 MS-Access를 사용하였다. 환경방사선 측정결과값들을 실시간으로 저장하고 검색이 쉽도록 DB를 설계한다. 스펙트럼분석기능을 갖는 환경방사선 감시시스템을 위한 DB는 환경방사선 측정결과를 저장하는 테이블과 스펙트럼측정결과를 저장하는 테이블, 그리고 환경방사선 모니터링과 통신과 관련된 H/W 및 S/W의 설정값들을 관리하는 테이블로 3개의 테이블로 구성된다.

ERMII DB Table 구성

- ERM : 환경방사선 측정결과값 및 기상데이터를 실시간으로 저장
- MCA : MCA 측정결과를 저장·관리
- Setup : H/W 및 S/W 설정값 변경 및 측정시 파라미터 설정값 저장
- Calib : 방사선 에너지스펙트럼 교정 결과 저장
- Alarm : 경보상태 및 시스템 상태 저장
- NormalSpectrum : 평상시 방사능 유출이 없을 때의 평균 방사선스펙트럼 결과
- MCA Spectrm : MCA 스펙트럼 결과를 저장

(1) ERM table (Environmental Radiation Monitoring Table)

본 테이블은 환경방사선 측정결과값 및 기상데이터 등을 연속적으로 저장하도록 만들어진 것으로 다음과 같이 구성된다.

표 3.4.2 ERM table의 구성

항목명	데이터 유형	설명	Index 유무
hIndex	일련번호	Index	Yes
hDate	날짜/시간	측정 날짜와 시간	
hRadAct	Double	HPIC 방사능 측정값	
hHighV	Double	HPIC 측정시 HighVotage 값	
hUnit	Text	HPIC 방사능 측정단위	
hAveTime	Long	HPIC 측정시간간격(msec)	
wTemperature	Double	기상데이터 외기 온도(℃)	
wTemperature2	Double	감시시스템 내부온도(℃)	
wHumidity	Double	기상데이터 외기 습도	
wRain	Double	기상데이터 초당강우량(mm/sec)	
wWindSpeed	Double	기상데이터 풍속(m/sec)	
wWindDirect	Double	기상데이터 풍향(degree)	
hDose	Double	Digital DOSE 환산값	
hSCA1	Double	환산 SCA1	
hSCA2	Double	환산 SCA2	
ZbyZ	Double	Zero-by-zero 값	

(2) MCA table(MCA 측정 table)

본 테이블은 NaI 센서로부터 측정된 신호를 (감마선)스펙트럼해석후 그 결과 테이블을 관리하기 위해 만들어진 것으로 스펙트럼결과인 4,096채널데이터는 MCA table에서 정의된 table명을 새로 생성한다.

표 3.4.3 MCA table의 구성

항목명	데이터 유형	설명	Index 유무
mIndex	일련번호	MCA 측정 인덱스	Yes
mDate	날짜/시간	MCA 측정 날짜/시간	
mChNo	Long	MCA 측정 채널 개수	
mAveTime	Float	MCA 측정 저장간격(sec)	
mDataName	Text	MCA 측정 데이터 저장 테이블 이름 *명명법 : "MCA" + "mData" (ex. MCA2004030111426 )	
mMeasurement	Text	MCA 설정값 참조 테이블 이름 - 기본적으로 Setup 테이블 임.	

(3) Setup table(System Setup Table)

본 테이블은 환경방사선 감시시스템의 H/W 및 S/W의 설정값의 변경·저장 등의 관리를 위해 만들어진 테이블이다. MCA 스펙트럼 측정 및 해석과 관련된 설정, 경보 설정, HPIC 방사선 설정, 기상데이터 수신 프로토콜 설정, 각 측정값의 저장간격, 시간설정 등을 포함하며 소프트웨어에서 설정변경시마다 저장한다.

표 3.4.4 Setup table의 구성

항목명	데이터 유형	설명	Index 유무
sIndex	일련번호	H/W 및 S/W 설정 변경 일련번호	Yes
sDate	날짜/시간	설정변경 날짜/시간	
sEnergyCalib	Text	MCA 에너지교정 테이블 이름 기본적으로 Calib 테이블 참조	
sWarnSetpointNaI	Double	NaI 센서로부터 구한 Digital DOSE값의 Warn 경보 설정값	
sAlarmSetpointNaI	Double	NaI 센서로부터 구한 Digital DOSE값의 Alarm 경보 설정값	
sWarnSetpointHPIC	Double	HPIC 센서로부터 구한 DOSE값의 Warn 경보 설정값	
sAlarmSetpontHPIC	Double	HPIC 센서로부터 구한 DOSE값의 Alarm 경보 설정값	
sAveTimeDOSE	Long	실시간 Digital DOSE 측정 데이터 저장 간격(sec)	
sAveTimeMCA	Long	실시간 MCA 측정데이터 저장간격(sec)	

sAveTimeDetect	Long	실시간 핵종 분석 저장간격(sec)	
sChannel	Long	MCA채널 개수	
sCheckDetect	BOOL	실시간 핵종 분석 여부	
sCheckWeather	BOOL	기상데이터 수신 및 저장 여부	
sCheckNewHPIC	BOOL	신형 HPIC 사용 여부	
sCheckOldHPIC	BOOL	구형 HPIC 사용 여부	

(4) Calib table (NaI 센서 에너지스펙트럼 교정 테이블)

본 테이블은 NaI 센서로부터 측정된 신호를 스펙트럼분석한 후 그 결과 데이터를 실제 방사선 (감마)에너지 스펙트럼으로 환산하기 위한 교정값들이 저장하고 관리하기 위하여 만들어진 테이블이다. 본 연구에서 에너지교정은 일차회귀직선을 이용한다. 본 연구의 개발품인 환경방사선 감시시스템 소프트웨어는 NaI 센서가 설치된 장소에서 교정작업을 사용자가 자동으로 수행할 수 있도록 사용자 교정용 GUI 창을 지원한다.

표 3.4.5 Calib table (Calibration Data Table)의 구성

항목명	데이터 유형	설명	Index 유무
cIndex	일련번호	에너지교정 인덱스	Yes
cDate	날짜/시간	에너지교정 일시	
cValueA	Double	에너지교정 기울기	
cValueB	Double	에너지교정 Y절편	

(5) Alarm table (방사선 경보 상태 및 시스템 상태 테이블)

본 테이블은 환경방사선 감시중 경보의 발생 및 해제, H/W 및 S/W의 이상, H/W 및 S/W의 이상조작 등을 자동으로 모니터링하고 이를 저장하여 환경방사선 감시시스템의 상태를 파악하기 위한 테이블이다.

표 3.4.6 Alarm table의 구성

항목명	데이터 유형	설명	Index 유무
aIndex	일련번호	인덱스	Yes
aAlarmTime	날짜/시간	경보 일시	
aAlarmType	Text	경보 종류 - HPIC 방사선량 경보 - NaI 방사선량 경보 - 인공 방사선 유출 경보 - 시스템 이상 - 시스템 이상조작 등	
aAlarmCritical	Text	경보 수준 - Alarm, Warn 등	

aAlarmStatus	Text	경보 상태 - 발생 - 해제 - 확인 등	
--------------	------	---------------------------------	--

(6) NormalSpectrum table

본 테이블은 평상시 방사능 유출이 없을 때의 스펙트럼 결과물들을 평균하여 저장하기 위해 만들어진 테이블이다. 환경방사선 스펙트럼은 지역에 따라 그리고 환경 및 기후에 따라 다를 수 있으므로 환경방사선 감시시스템을 설치 후 그 지역 특유의 환경 방사선 스펙트럼을 채취할 필요가 있다. 채취한 스펙트럼결과를 이용하여 방사선 유출 및 이상 방사선 동위원소의 출현 등을 판단하는데 활용한다. NormalSpectrum table의 구조는 Channel값과 Spectrum값의 두개의 열로 구성하여 Chanel에 따른 Spectrum결과를 저장한다.

표 3.4.7 NormalSpectrum table의 구성

항목명	데이터 유형	설명	Index 유무
tChannel	Long	Channel 번호	
tValue	Long	각 Channel에 대응하는 Spectrum 값	

(7) MCA Spectrum table

본 테이블은 MCA Spectrum 결과를 저장하기위한 테이블로서 MCA table의 mDataName에 정의된 테이블 이름을 갖는 테이블을 생성한 것이다. 테이블 구조는 Channel과 Spectrum의 두개의 열로 구성하여 Channel에 따른 Spectrum결과를 저장한다.

\* MCA Spectrum 테이블 명명법 := “MCA” + “저장일시”

ex) mca200403111426 := 2004년 3월 11일 14시 26분

표 3.4.8 MCA Spectrum table의 구성

항목명	데이터 유형	설명	Index 유무
Channel	Long	Channel 번호	
Value	Long	각 Channel에 대응하는 Spectrum 값	

3. 소프트웨어 개발

본 연구의 환경방사선 감시시스템 소프트웨어는 NaI 센서와 HPIC 센서, 기상센서들로부터 측정된 데이터의 실시간 모니터링기능, 데이터분석기능, 그래프출력기능 등을 수행



한다.

운영프로그램 개발을 위해 Visual C++를 사용한다. 사용자에게 친숙한 Windows (Microsoft) 환경에서 GUI설계 및 프로그램개발이 용이하도록 프로그래밍 통합환경과 MFC(Microsoft Foundation Class)를 제공하고, 객체지향프로그래밍(Object-Oriented Programming)이 가능하여 코드의 확장이 쉽고 재사용성과 유지보수성이 좋다. 또한 개발기간단축과 효과적인 개발환경을 구축할 수 있도록 개발에 필요한 Libraries가 많은 점이 장점이다. 특히 그래프출력 기능을 수행하기위해 상용의 차트 라이브러리인 TChart의 ActiveX를 적용한다. 그리고 자체개발한 하드웨어 보드에 대한 제어를 포함하고 있어 C언어 환경에서 하드웨어접근이 용이할 뿐만 아니라 Visual C++은 DDK를 이용한 Device Driver Programming을 지원한다. 제공된 통합툴은 그래픽인터페이스 설계와 형상관리, 디버깅 작업, 설계변경이 쉬워 사용자에게 적합한 GUI개발을 꾸준히 발전시킬 수 있다.

#### 가. 주요 기능

##### (1) 기본기능

- (가) 매 30분 간격으로 방사선 스펙트럼 표시 및 저장
- (나) 매 초 간격으로 Ion센서로부터 방사선값 읽고 10초평균값 저장
- (다) 매 초 간격으로 기상 데이터 읽고 10초평균값 저장
- (라) 고방사선량시 경보를 발생시키고 상황 저장
- (마) 매 10초 간격으로 DOSE 환산값 표시 및 저장
- (바) 인공방사선 유출 경보를 발생시키고 상황 저장
- (사) 인공방사선 유출시 자동으로 핵종을 규명하고 상황 저장

##### (2) DB 기능

- (가) Radiation 정보 및 기상 데이터 검색
- (나) Event 이력 검색 및 통신 이력 검색

##### (3) 설정 및 교정 기능

- (가) 하드웨어 설정 및 각종 교정 기능 제공

##### (4) 통신기능

- (가) HPIC센서의 신호를 처리하는 마이컴보드로부터 RS232C 통신
- (나) 기상센서들로부터 신호를 처리하는 마이컴보드로부터 RS232C 통신
- (다) 신형 HPIC로부터 RS232C(422) 통신
- (라) 중앙컴퓨터와의 데이터통신

#### 나. 구현 알고리즘(S/W Sequence and Description)

환경방사선 감시시스템의 운영프로그램은 Booting and Start-Up Window, Setup Window(설정기능), Main Window(Main Routine), Menu Window(메뉴선택화면), MCA Window(MCA 해석 및 상세화면)로 구분된다. 또 메뉴선택화면은 DB Search기능과 Alarm Log기능을 수행하는 Sub-window를 갖는다. Booting and Start-Up Window는 프로그램시작과 함께 각종 설정치를 DB로부터 읽어 들이고 H/W 및 S/W 파라미터를 설정하고 H/W가 정상화되는 시간을 갖는다. Setup Window는 H/W 및 S/W 설정과 관련된 각종 파라미터의 설정과 변경사항에 대해 DB저장한다. Main Window는 운영프로그램의 main routine으로서 각종 센서로부터 측정결과를 저장·표시·분석·통신 기능등을 수행한다. MCA Window는 MCA 스펙트럼결과를 해석하고 에너지 교정 및 MCA에 필요한 해석 툴을 제공한다. 아래의 그림은 환경방사선 감시시스템 소프트웨어의 전체적인 순서도를 보인 것이다.

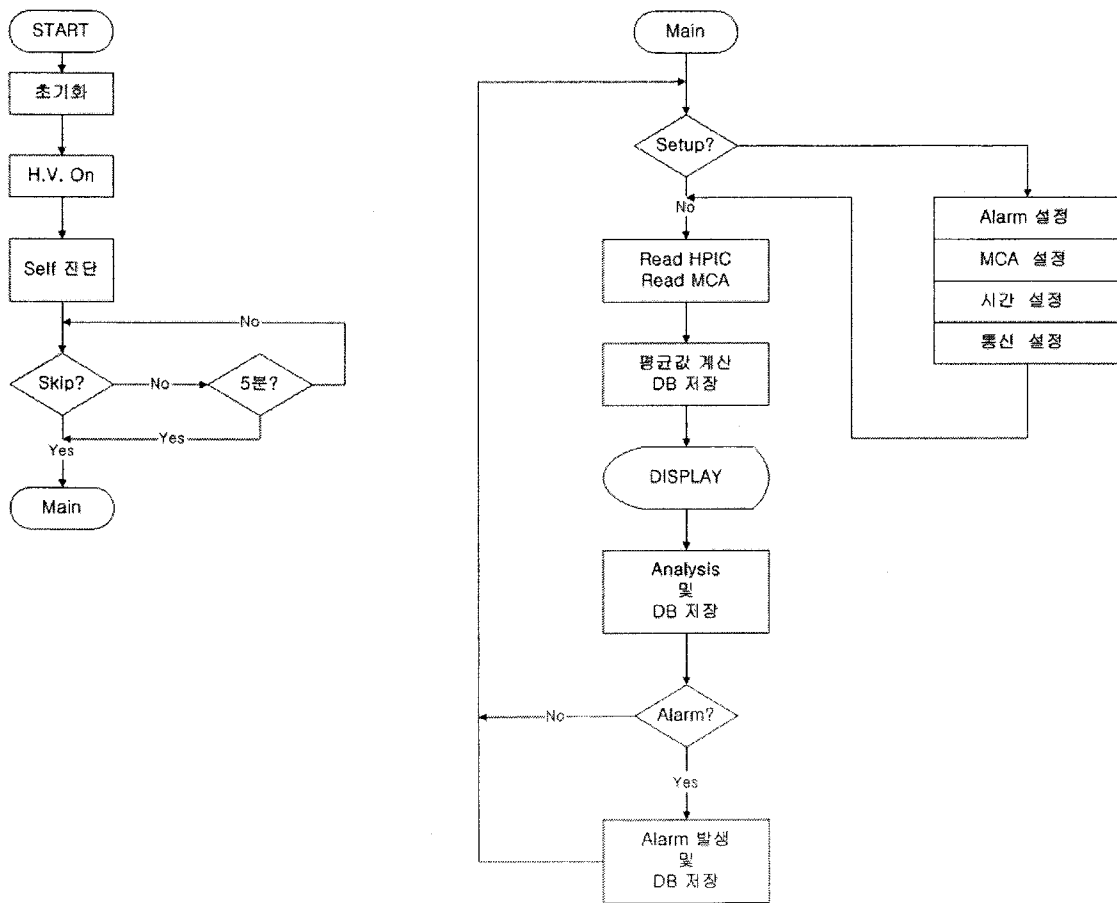


그림 3.4.2 환경방사선 감시시스템의 소프트웨어 주요 순서도

프로그램의 구현 알고리즘 및 각 화면별 기능 및 수행순서를 세부적으로 정리하면 다음과 같다.

(1) Booting and Start up

- (가) 컴퓨터 전원 on
- (나) System booting 및 OS Start
- (다) 자동으로 Software Start
- (라) 부팅화면 표시
- (마) 300V, 800V Power on
- (바) 5분대기
- (사) 자체 진단
- (아) 설정값 로드 및 표시
- (자) 5분대기 skip 버튼
- (차) 설정값 변경 버튼 - 설정값 변경 화면 표시
- (카) 5분 카운터 계속 진행하여 완료 후 해당 시간화면으로 복구
- (타) 5분후 Main 화면표시

(2) 설정기능(설정값 변경 화면)

- (가) 설정화면 표시
- (나) 알람 설정
  - ① HPIC 알람 레벨 설정
  - ② NaI 알람 레벨 설정
  - ③ Z by Z 방법 알람 레벨 설정
  - ④ 인공 알람 기능 설정
- (다) MCA 설정
  - ① 채널설정
- (라) 시간설정
  - ① 현재 시간 설정
  - ② MCA 측정 간격 설정
  - ③ Dose Conversion 시간 설정
- (마) 통신설정
  - ① 구형 HPIC과의 통신
  - ② 신형 HPIC과의 통신
  - ③ 기상측정기와의 통신
  - ④ 중앙컴퓨터와의 통신

(3) Main 화면

- (가) 메인 화면을 표시

- (나) HPIC 방사능값 표시
- (다) 매초 HPIC 방사능 값을 읽어옴.
- (라) 10초 평균을 계산
- (마) DB에 저장하고 화면에 표시
- (바) MCA 측정 : 실시간으로 스펙트럼을 설정에서 정한 MCA측정시간 동안 측정하고 측정후 분석.
- (사) 지난 시간의 Spectrum을 간략하게 표시
- (아) MCA 를 100ms 에 한번 버퍼에 저장된 값을 읽어서 Spectrum을 계산
- (자) Dose Conversion 시간 단위마다 Dose 계산
- (차) 측정이 끝나면 Zero by Zero 분석 후 결과 표시
- (카) 인공방사선 유출 유무 분석 후 알람 표시
- (타) 인공방사선 출현 시 핵종 분석 후 핵종 표시
- (파) DB에 MCA Spectrum 및 분석 자료 저장 및 통신
- (하) 통신 요청시 DB의 해당값 통신
- (가) Internet에 방사선 값 및 현 상황 표시.
- (나) 표시 버튼 및 기능

- ① Menu 버튼 : Menu 화면
  - i. DB Search 버튼 : Radiation 정보 및 기상 정보 그래프 출력 화면
  - ii. Alarm Log 버튼 : Alarm 이력 출력화면
  - iii. Close 버튼 : Menu 화면 끝내고 메인화면으로 돌아가기
- ② MCA 버튼 : MCA 상세화면
- ③ Setup 버튼 : 설정화면
- ④ Close 버튼 :

#### (4) MCA 상세 화면

- (가) 지난 Spectrum 검색
- (나) 현재 Spectrum 표시
- (다) 에너지 교정
  - ① 에너지 대 채널의 선형성 및 오차 교정, 보정 기능
  - ② 알려진 에너지대의 핵종 피크를 이용하거나 Check 소스 사용
- (라) 에너지교정 스펙트럼 표시
- (마) 스펙트럼 분석 기능
- (바) ROI (Region of Interest) 선정
- (사) ROI 설정 해제 조정 기능
- (아) Zoom in , Zoom out
- (자) 로그 좌표기능 Zoom in, Out 기능, Mini Graph로 표시 범위 표시 기능

(참) Spectrum Save and Load 기능

다. 화면구성

환경 방사선 감시시스템 프로그램의 화면구성도는 아래의 그림과 같고 각 화면별 주요기능을 아래 표에 정리하였다.

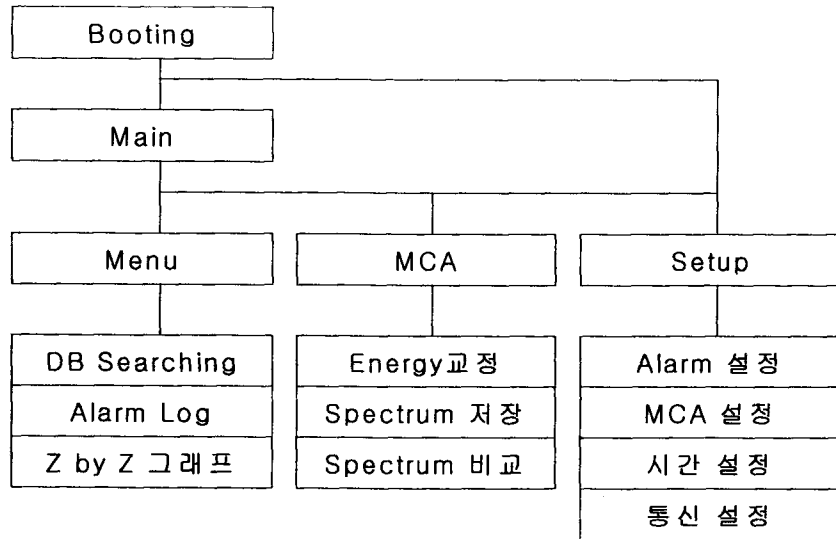


그림 3.4.3 소프트웨어 화면 구성 맵

표 3.4.9 화면구성 및 주요기능

Booting Window	시스템 초기화
	H/W Warming-Up
Main Window	방사선량 지시
	Spectrum 표시
	인공방사선 알람
	핵종분석결과
	기상데이터 표시
Menu Window	방사선량 트렌드
	기상데이터 트렌드
	알람 로그 열람
MCA Window	에너지 교정, ROI 계산
	Spectrum 저장 및 비교
	Spectrum Zoom In/Out
Setup Window	Alarm/MCA/시간/통신 설정

### (1) Booting Window(초기화면)

시스템의 초기화루틴을 수행하는 단계로 5분간 Warming-Up 및 시스템 진단기능을 수행한다. 5분간의 Warming-Up이 필요없는 경우 Skip 버튼을 클릭하여 메인창(Main Window)을 실행할 수 있다. 또한 Setup 버튼을 클릭함으로써 설정창(Setup Window)을 실행하여 하드웨어와 소프트웨어의 설정치를 변경할 수 있다. 5분간의 초기 Warming-Up 시간이 지나면 데이터베이스에 저장된 하드웨어 및 소프트웨어의 최근 설정값으로 업데이트한다.



그림 3.4.4 Booting Window(초기화면) 구성

### (2) Main Window

환경방사선 감시시스템의 메인창은 HPIC와 NaI 센서로부터 신호처리한 방사선량값을 실시간으로 표시하고, 각종 기상센서들로부터 기상데이터를 출력한다. 또한 NaI 센서로부터 구한 MCA데이터를 방사선 에너지에 대한 스펙트럼 결과를 연속적으로 그래프 출력한다. 정상 스펙트럼결과와 다른 스펙트럼결과가 나타날 경우, 본 환경방사선 감시시스템의 소프트웨어는 알려진 인공방사선 핵종에 대한 비교를 통해 방사선원을 감지하는 기능을 수행한다. 메인창은 메뉴를 선택하기 위한 Menu버튼, MCA에 대한 상세화면을 제공하는 MCA버튼, 그리고 설정값변경을 위한 Setup버튼을 제공한다.

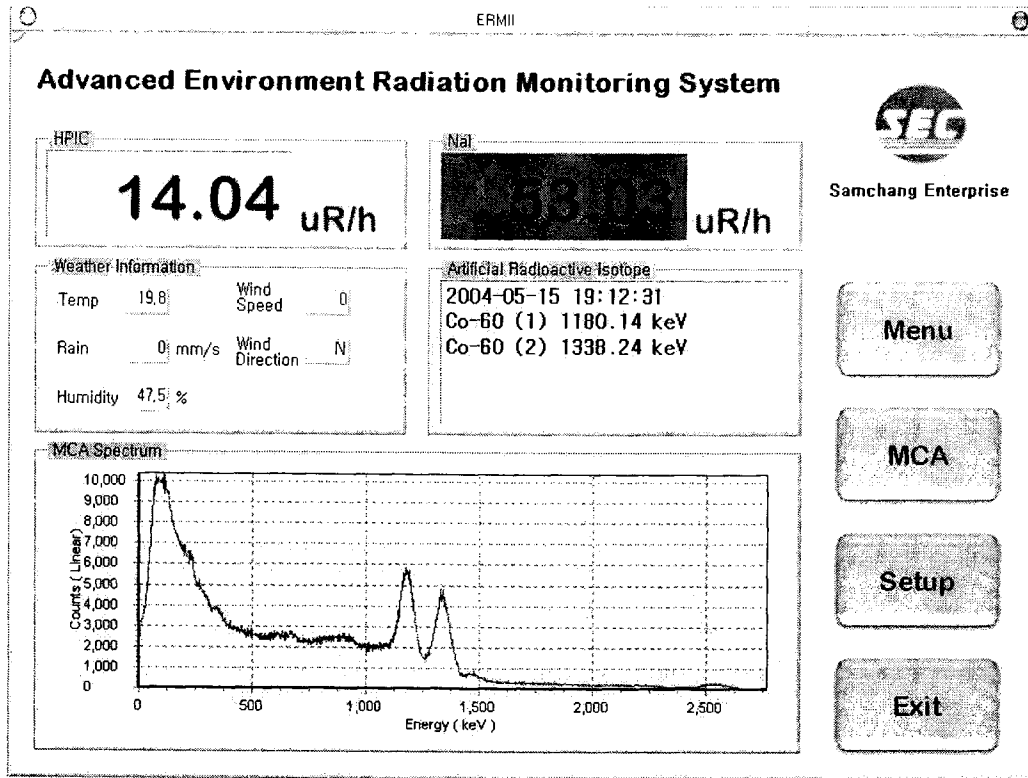


그림 3.45 메인창(Main Window) 구성

(3) Menu Window

환경방사선 감시시스템의 부가적인 기능을 선택하기 위하여 Menu기능으로 DB Search기능과 Alarm Log기능을 제공한다.

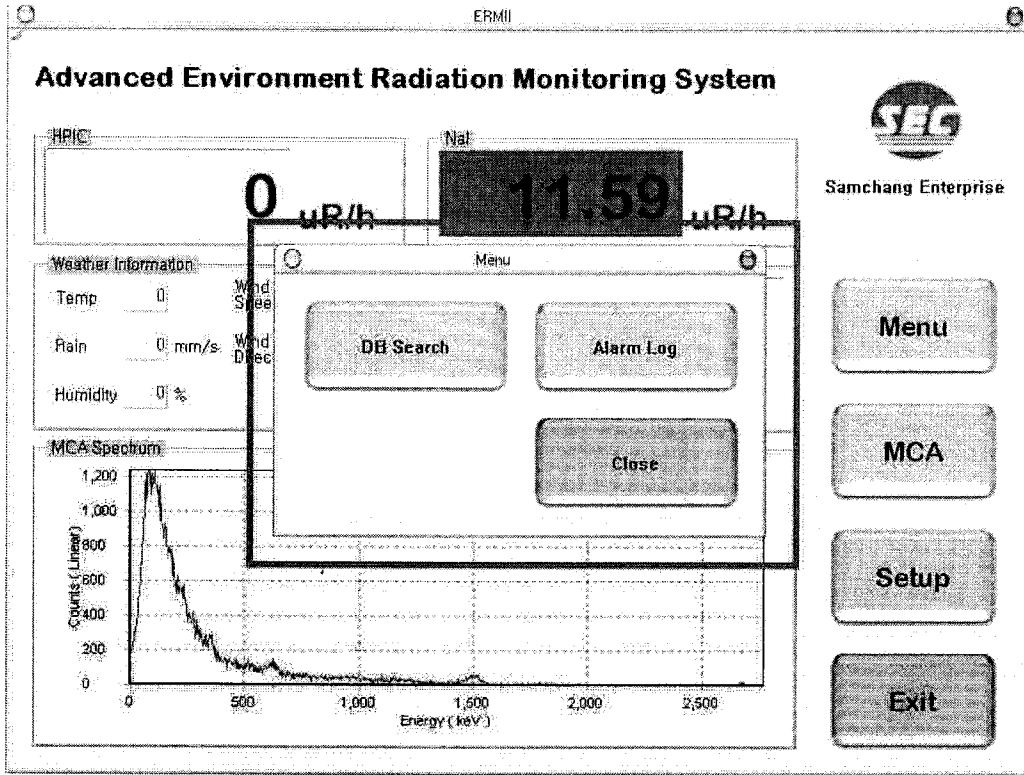


그림 3.4.6 메뉴창(Menu Window) 구성

(가) DB Search Window

DB Search기능은 DB에 실시간으로 저장되는 방사선 값, 각종 기상데이터들, 그리고 Zero-by-zero값을 탐색할 수 있도록 그래프 출력기능과 탐색기능을 제공한다.



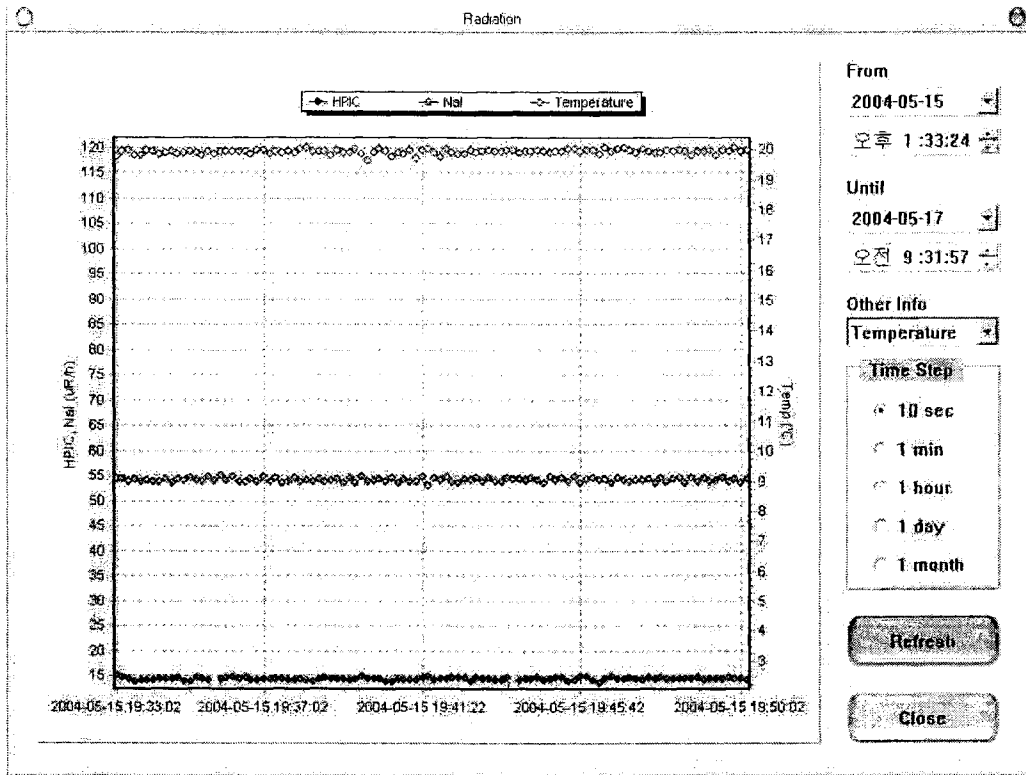


그림 3.4.7 DB 데이터 그래프 출력(DB Search Window)

(나) Alarm Log Window

환경방사선 감시동안 방사선량 경보 상태, 인공방사능 유출 경보, 시스템 고장, 그리고 시스템 이상작동 등의 정보를 실시간으로 감시하고 이를 DB에 저장한다. 저장된 알람 및 이벤트 이력을 Alarm Log Window를 통해 열람할 수 있는 기능을 제공한다.

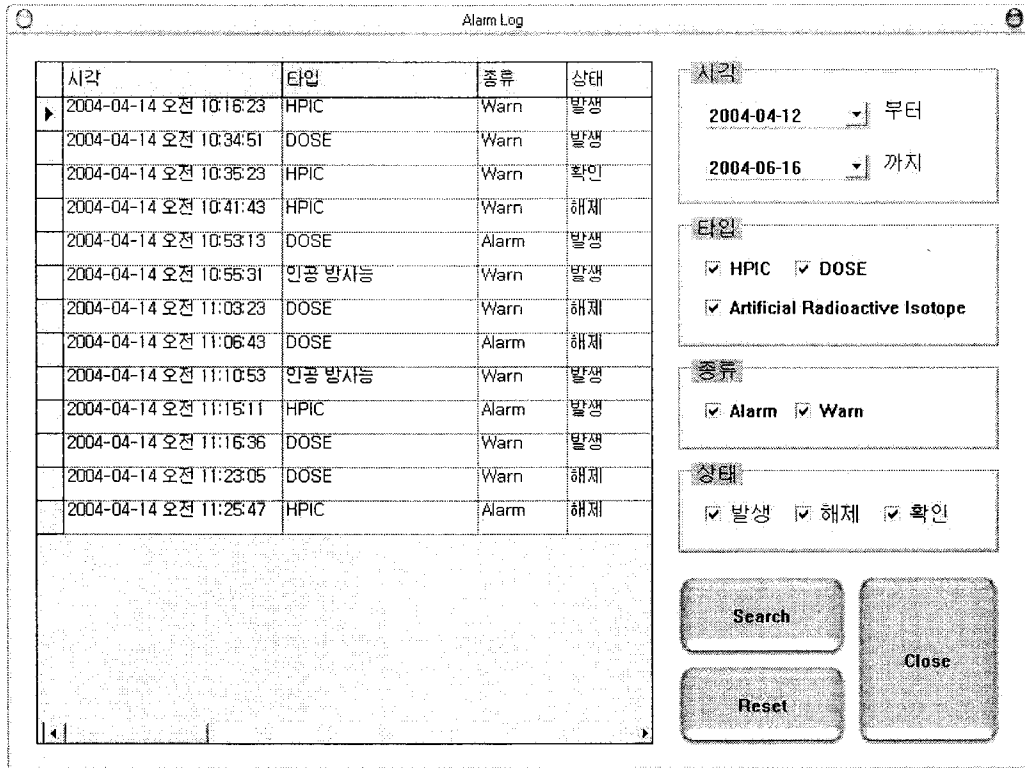


그림 3.4.8 경보 및 이벤트 이력 열람창(Alarm Log Window)

#### (4) MCA Window

환경방사선 감시중 방사선 스펙트럼에 대한 상세화면창을 제공한다. MCA의 채널을 선택할 수 있으며 X축의 단위를 채널이나 에너지보정한 결과를 보일 수 있다. 그리고 Y축을 선형이나 대수좌표로 선택할 수 있다. 스펙트럼 테스트를 수행할 수 있는 툴을 제공할 뿐만 아니라 에너지교정작업을 수행할 수 있으며 ROI(Reason of Interest)구간을 선택하여 백그라운드 값을 제외한 면적을 계산하는 기능을 제공한다. MCA 상세화면에서 제공하는 기능들에 대한 버튼들의 각 기능설명을 그림 9에 나타내었다.

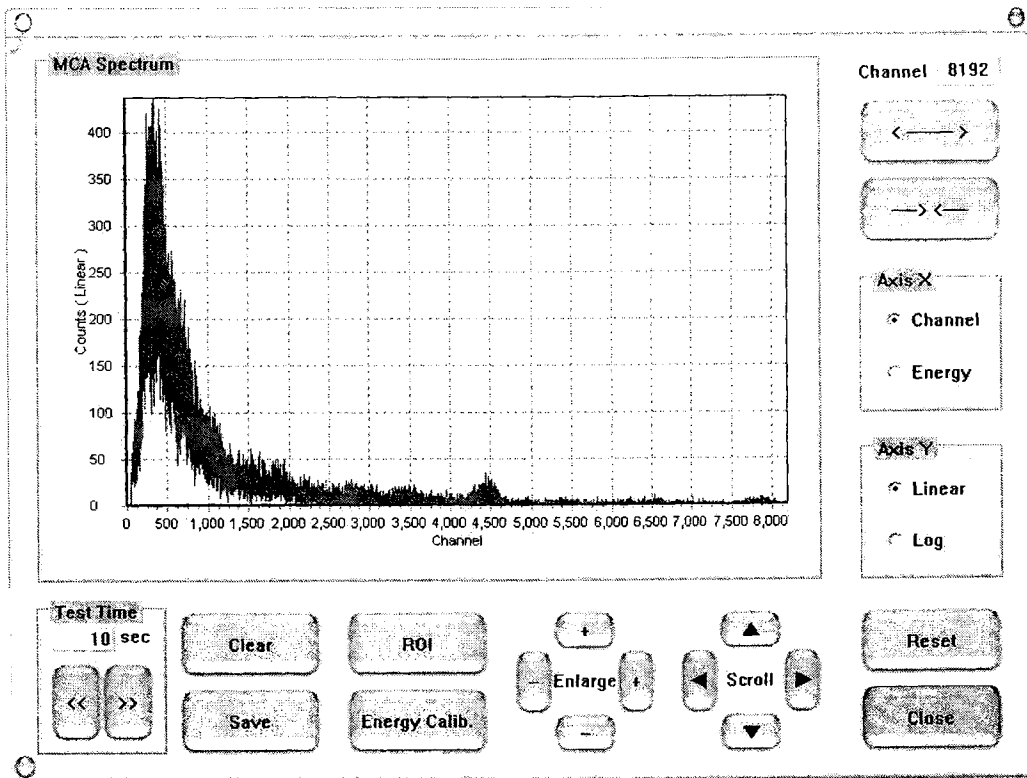


그림 3.4.9 방사선 스펙트럼 상세화면(MCA Window)

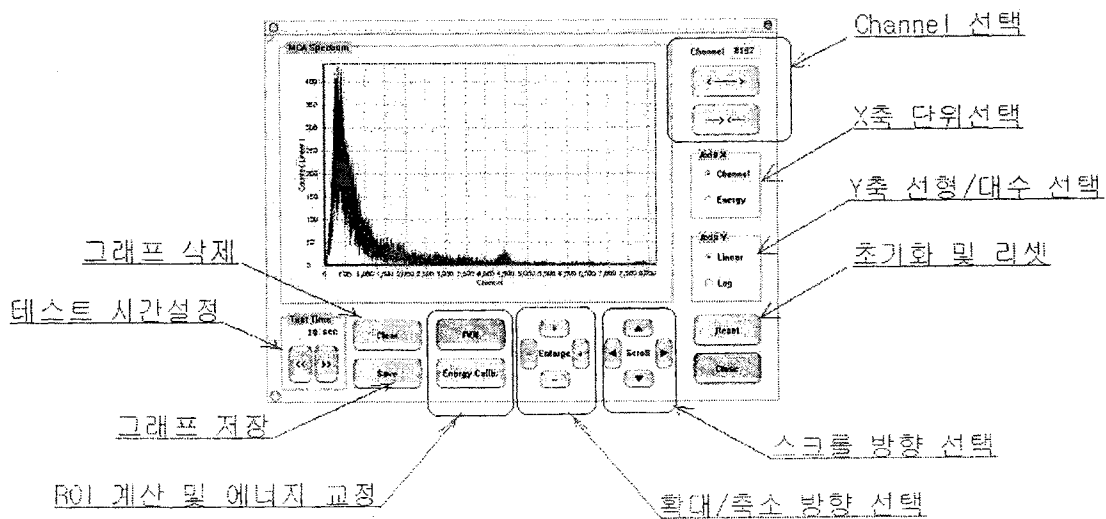


그림 3.4.10 방사선 스펙트럼 상세화면 기능

(가) Energy Calibration Window(에너지교정작업창)

환경방사선 감시시스템은 에너지교정작업을 수행할 수 있도록 에너지교정작업창을 제공한다. 피크에너지대가 알려진 방사선 선원으로부터 시험한 스펙트럼 결과를 이용하여 선형회귀의 에너지 보정곡선을 계산하고 이를 DB에 저장하는 기능을 수행한다.

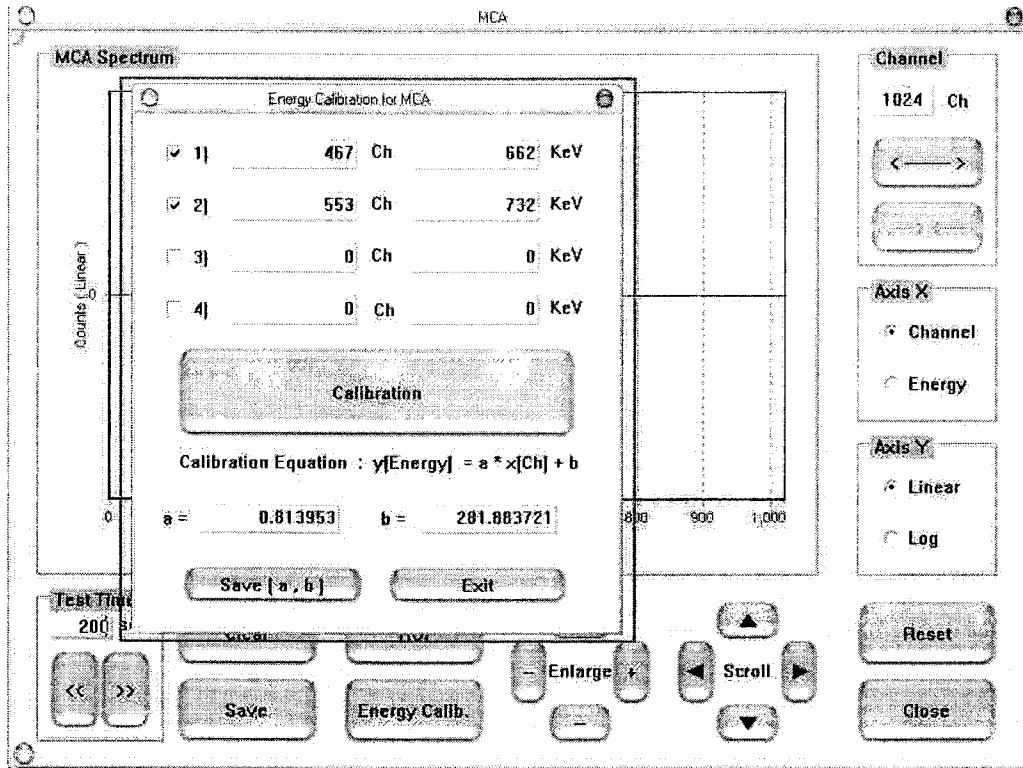


그림 3.4.11 에너지교정작업창(Energy Calibration Window)

(나) ROI(Reson of Interest) Window

환경방사선 감시시스템은 MCA결과 에너지스펙트럼상에 정상시와 다른 에너지에 피크가 발견될 경우, 그 피크대와 관련있는 핵종에 대한 기여도 및 확실성을 평가하기 위하여 환경방사선에 의한 백그라운드를 제외한 관심영역의 면적을 구할 필요가 있다. ROI 창은 관심영역의 시작위치와 끝위치를 입력하면 자동으로 백그라운드를 제외한 면적을 구하여 그 값을 출력한다.

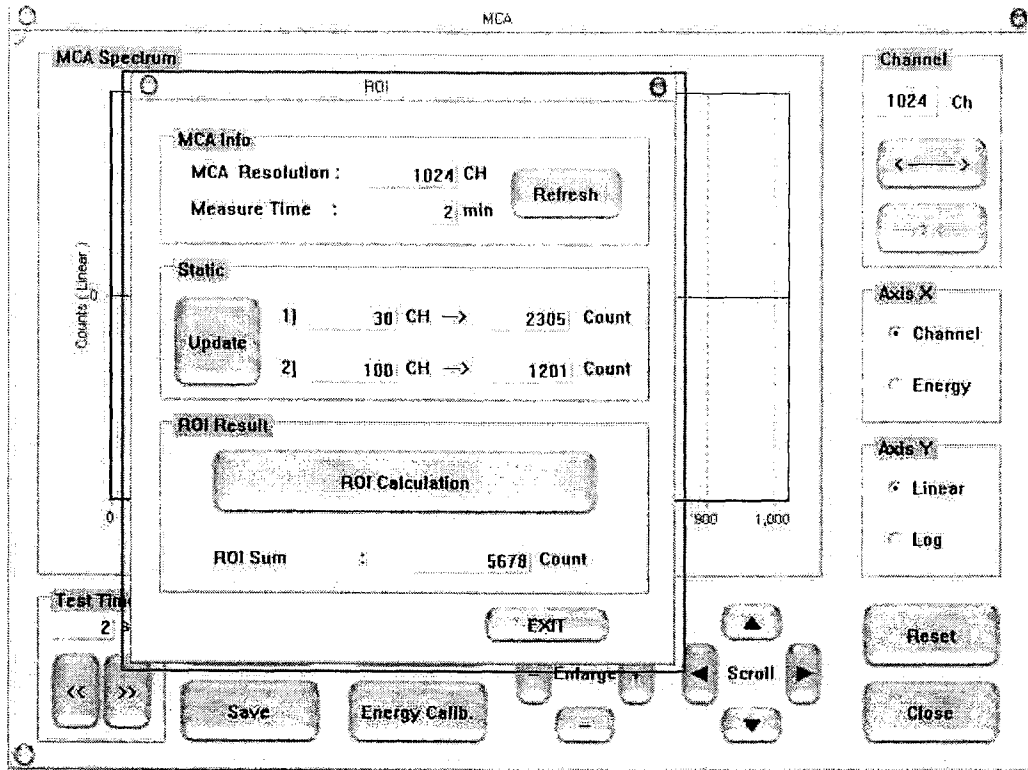


그림 3.4.12 ROI Window 구성

#### (5) Setup Window

환경방사선 감시시스템은 하드웨어 및 소프트웨어 설정과 관련하여 알람설정기능, MCA설정기능, 시간설정기능, 통신설정기능의 4가지 설정기능을 제공한다.

##### (가) 알람설정

알람설정기능창은 HPIC로부터 측정된 방사선량의 경보설정치변경기능, NaI센서로부터 구한 MCA결과로부터 계산한 방사선량의 경보 설정치 변경기능, 그리고 인공방사선 유출시 알람 선택기능을 제공한다. 방사선량이 Warn 설정치를 넘는 경우, 메인창에서 그에 해당하는 방사선량표시가 주황색을 띄며, Alarm 설정치를 넘는 경우 적색을 띄어 외부에 경보를 표시한다.

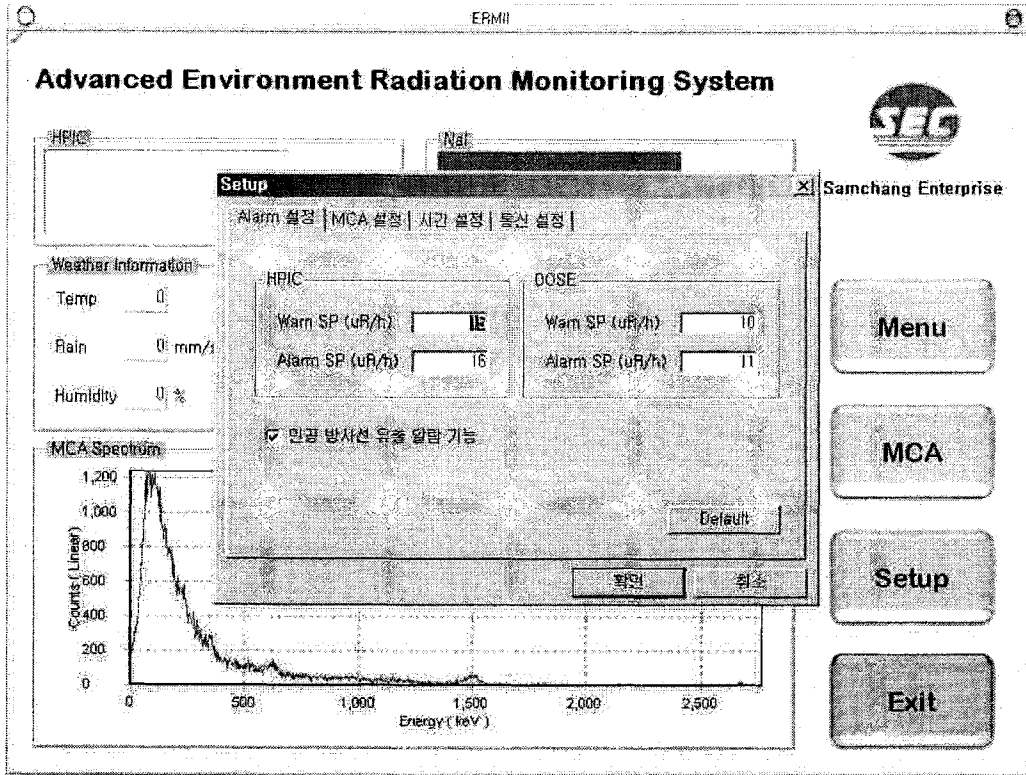


그림 3.4.13 경보설정창 구성

(나) MCA설정

MCA기능설정은 채널을 선택할 수 있다. 환경방사선 감시시스템에서 선택 가능한 채널은 1024, 2048, 4,096, 8192, 16384, 32768을 제공한다.

# Advanced Environment Radiation Monitoring System



Samchang Enterprise

HFIC: [ ] Nat: [ ]

**Setup** [X] | Alarm 설정 | MCA 설정 | 시간 설정 | 통신 설정 |

채널 설정: [0095]

Weather Information:  
Temp: [0]  
Rain: [0] mm/h  
Humidity: [0] %

MCA Spectrum  
Counts (Linear) vs Energy (keV)

Buttons: Menu, MCA, Setup, Exit

Buttons: 확인, 취소, Default

그림 3.4.14 MCA 설정창 구성

(다) 시간설정

환경방사선 감시시스템은 Digital DOSE Conversion 간격, MCA Spectrum 저장 간격, 인공방사능 핵종분석간격, 그리고 현재시간을 조정할 수 있다.

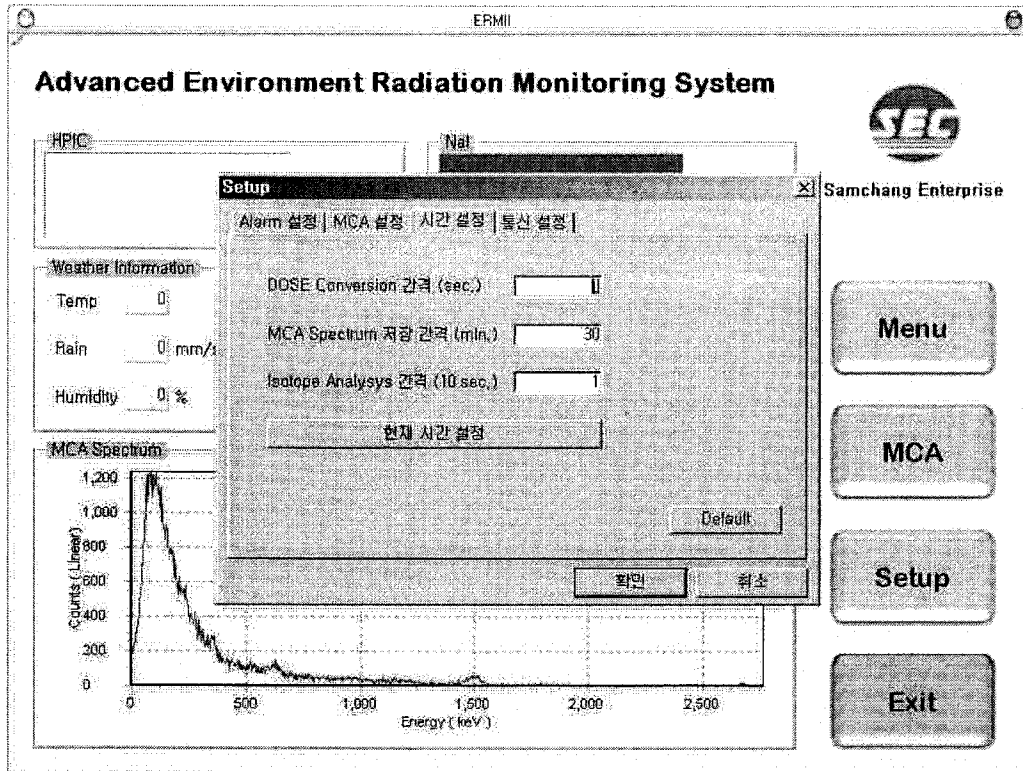


그림 3.4.15 시간설정창 구성

(라) 통신설정

환경방사선 감시시스템은 외부 기기와 RS232C통신을 위해 COM2와 COM4를 사용한다. COM2는 기존 HPIC와 기상센서로부터 데이터를 처리하여 통신을 수행하는 마이컴(8255)으로부터 데이터를 주고 받는데 사용한다. 그리고 COM4는 신형 HPIC와의 통신을 수행하는데 사용한다.



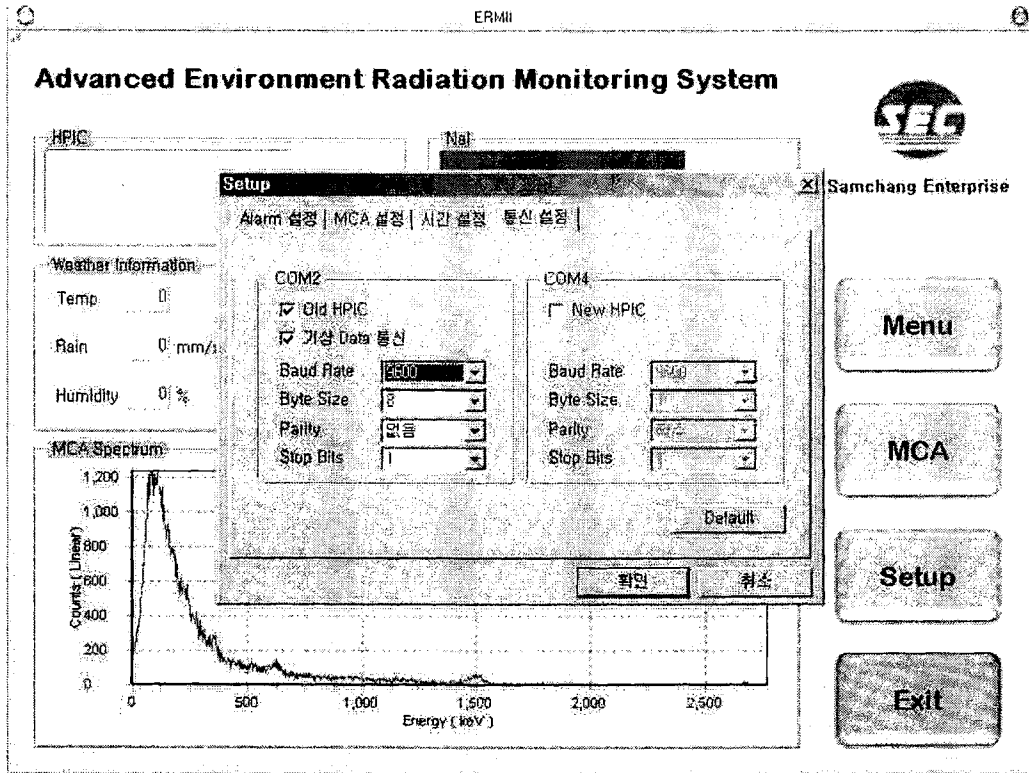


그림 3.4.16 통신설정창 구성

#### 라. 프로그램 개발

환경방사선 감시시스템의 프로그램 개발에 대한 파일구성, 클래스구성, 그리고 각 클래스별 동작설명은 다음과 같다.

##### (1) 파일구성

- (가) ERMII.exe : 프로그램 실행 파일
- (나) ERMDBII.exe : DB 그래프 View 실행 파일
- (다) erm.mdb : 데이터베이스 파일
- (라) intro : 초기화면 이미지 파일
- (마) logo : 회사 로고 이미지 파일

##### (2) 클래스 구성

- (가) CERMIIDlg: 메인 윈도우 클래스
- (나) DlgAlarm : 알람 로그 윈도우 클래스
- (다) DlgDBSearch : 데이터베이스 검색 윈도우 클래스
- (라) DlgEnergycalib : 에너지 보정 윈도우 클래스
- (마) DlgMCA : MCA 상세 화면 윈도우 클래스
- (바) DlgMenu : 메뉴 윈도우 클래스

- (사) DlgSetupSheet : 셋업 윈도우 클래스
  - ① SetupPage1 : [Alarm 설정] 탭 클래스
  - ② SetupPage2 : [MCA 설정] 탭 클래스
  - ③ SetupPage3 : [시간 설정] 탭 클래스
  - ④ SetupPage4 : [통신 설정] 탭 클래스
- (아) DBAlarmset : Alarm 테이블 바인딩 클래스
- (자) DBCalibset : Calib 테이블 바인딩 클래스
- (차) DBERMset : ERM 테이블 바인딩 클래스
- (카) DBMCAset : MCA 테이블 바인딩 클래스
- (타) DBNSset : NormalSpectrum 테이블 바인딩 클래스
- (파) DBSETUPset : Setup 테이블 바인딩 클래스

(3) 클래스 별 동작

(가) CERMIIDlg

- ① 프로그램 시작 시 인트로 화면을 보임
- ② 인트로 종료 후 각종 타이머들을 셋팅
- ③ DB로부터 설정된 셋업 값을 읽음
- ④ DB로부터 NormalSpectrum 로드
- ⑤ 100ms마다 센서로부터 값을 읽음
- ⑥ 1초마다 기상 테이터와 HPIC 값을 읽음
- ⑦ 1초마다 그래프 그림
- ⑧ 지정된 시간마다 스펙트럼 저장
- ⑨ 지정된 시간마다 DOSE 계산
- ⑩ 지정된 시간마다 핵종 분석
- ⑪ 10초마다 SCA1, SCA2 값을 계산하여 다른 데이터들과 함께 저장

(나) DlgAlarm

- ① ADODC와 DataGrid 컨트롤을 연동하여 DB 검색
- ② 사용자에게 의해 제시되는 조건들의 값을 쿼리로 만들어 ADODC에 전달
- ③ DataGrid에 DB 검색 결과 표시

(다) DlgDBSearch

- ① ADODC와 TeeChart 컨트롤을 연동하여 DB 검색
- ② 사용자에게 의해 제시되는 조건들의 값을 쿼리로 만들어 ADODC에 전달
- ③ TeeChart에 DB 검색 결과 그래프로 도시

(라) DlgEnergycalib

- ① 사용자로부터 최대 4개의 채널 대비 에너지 값을 입력받아 회귀 방정식을 구함
- ② 사용자가 있을 경우 DB에 방정식 상수를 저장

(마) DlgMCA

- ① 현재의 MCA 스펙트럼 표시
- ② 동적으로 채널 해상도 증감
- ③ 에너지 보정 윈도우 실행
- ④ MCA 스펙트럼의 저장, 삭제
- ⑤ MCA 스펙트럼의 확대, 축소, 스크롤

(바) DlgMenu : DB Search, Alarm Log, Close 등의 버튼으로 각각의 윈도우 실행

(사) DlgSetupSheet

- ① 클래스 생성 시 Setup 테이블로부터 저장된 값 읽어와 화면에 표시
- ② 확인 버튼 클릭 시 설정된 값 저장

## 제 5 절 통 신

### 1. 내부통신

#### 가. 모듈과 센서

Ion 챔버 신형 과 SBC(Single Board Controller) 간에는 RS-232C 통신방식 적용

#### 나. 모듈과 모듈

PAB(Pulse Analysis Board) 와 SBC(Single Board Controller) 간에도 RS-232C 통신 방식 적용 함

### 2. 외부통신

가. 시리얼통신 : RS-232 1포트, RS-232/422/485 중 어느한가지 방식 선택 1Port 총 2Port 사용가능

나. Ethernet 통신 : TCP/IP 통신 지원가능

### 3. RS-232/422/485 비교

마이크로프로세서는 주변장치를 통해서 외부와 정보를 교환할 수 있으며 일반적으로 정보를 외부와 교환하는 방법으로는 병렬통신과 직렬통신 2가지로 나눌 수가 있다.

일반적으로 컴퓨터내의 장치와 정보교환을 할 때는 통상적으로 고속의 통신속도를 필요로 하여 한꺼번에 많은 정보를 처리할 수 있는 병렬통신 방식을 주로 쓴다. 이는 대량의 정보를 빠른 시간에 한꺼번에 처리함으로써 컴퓨터의 성능을 향상 시킬 수가 있기 때문이다 이러한 방법의 대표적인 것이 마이크로프로세서 자체의 정보처리량을 증가시키는 것이며 이것은 데이터 비트 수로써 나타난다.(80286은 16비트의 외부 데이터 비트, 80386, 80486은 32비트의 외부 데이터 비트, 비록 내부에서는 32비트로 동작되지만 64비트의 외부 데이터 비트를 갖는 펜티엄 계열을 보아도 알 수 있다.) 그외 HDD, FDD, VIDEO 카드 등이 대표적인 병렬통신 방식을 사용하는 장치라 하겠다. 하지만 모든 경우에 병렬통신 방식을 사용할 수는 없다. 그 이유는 통신거리의 제한성, 구현상의 기술적인 어려움과 비용이 너무 비싸다는 데 있다. 또한 어플리케이션 자체가 고속의 통신 속도를 필요로 하지 않을 경우도 많다.

이러한 이유로 컴퓨터가 외부와의 통신을 할 때는 직렬통신 방식을 많이 사용한다. 직렬통신 방식이란 데이터비트를 1개의 비트단위로 외부로 송수신하는 방식으로써 구현하기가 쉽고, 멀리갈 수가 있고, 기존의 통신선로(전화선등)를 쉽게 활용할 수가 있어 비용의 절감이 크다는 장점이 있다. 직렬통신의 대표적인 것으로 모뎀, LAN, RS232 및 X.25 등이 있다.

하지만 크게 직렬통신을 구분하면 비동기식 방식과 동기식 방식 2가지로 나누어진다.

많은 사람들이 비동기식 통신방식을 RS232로 알고 있는데 실질적으로 RS232라는 것은 비동기식 통신컨트롤러에서 나오는 디지털신호를 외부와 인터페이스 시키는 전기적인 신호 방식의 하나일 뿐이다. 일반적으로 RS232를 비동기식 통신방식으로 인식하고 있는 것도 큰 무리는 없다.

비동기식 통신방식을 지원하는 대표적인 컨트롤러는 NS사의 16C450과 16C550이며 그외 호환되는 컨트롤러가 다수의 회사에서 생산되지만 성능상의 차이는 없고 호환은 되지 않지만 비동기 통신의 기능을 갖는 컨트롤러는 수십 가지의 종류가 있다.

비동기식 통신컨트롤러를 일반적으로 UART (Universal Asynchronous Receiver / Transmitter)라 부른다. UART에서 나오는 신호는 보통 TTL신호레벨을 갖기 때문에 노이즈에 약하고 통신거리에 제약이 있다.

이러한 TTL신호를 입력받아 노이즈에 강하고 멀리갈 수 있게 해주는 인터페이스 IC를 LINE DRIVER/RECEIVER라 부르며 이중 대표적인 것이 RS232, RS422 및 RS485가 있다. 이들 인터페이스 방식의 특성은 아래 표에 나타나 있다

표 3.5.1 RS-232/422/485 비교표

Specification	RS-232	RS-423	RS-422	RS-485
동작모드	Single-Ended	Single-Ended	Differential	Differential
최대Driver/Receiver 수	1 Driver 1 Receiver	1 Driver 10 Receivers	1 Driver 10 Receivers	32 Drivers 32 Receivers
최대통달거리	약 15 m	약 1.2 km	약 1.2 km	약 1.2 km
최고통신속도	20 Kb/s	100 Kb/s	10 Mb/s	10 Mb/s
지원전송방식	Full Duplex	Full Duplex	Full Duplex	Half Duplex
최대출력전압	±25V	±6V	-0.25V to +6V	-7V to +12V
최대입력전압	±15V	±12V	-7V to +7V	-7V to +12V

위의 표3.5.1에서 알 수 있듯이 RS-232과 RS-423(Single-Ended 통신방식) 통신방식은 RS422와 RS485에 비해서 통신속도가 늦고 통신거리가 짧은 단점이 있으나 동작모드에서 알 수 있듯이 하나의 신호전송에 하나의 전송선로가 필요하기 때문에 비용절감의 장점이 있다.(RS422인 경우 하나의 신호 전송에 2개의 전송선로가 필요함) 위의 인터페이스 방식중 RS232, RS422 및 RS485에 대해서 각자 설명하겠다. 현재의 RS422 또는 RS485칩의 경우 위의 표에 나와있는 Driver와 Receiver의 수보다도 훨씬 많이 지원하고 있으며 RS485인 경우 최대 256의 노드를 갖는 칩도 있다.

## 제 6 절 연구결과 성과물

### 1. 논문

"실시간 환경선량측정을 위한 감시시스템용 국산보드 개발", 2003 방사선방어학회 춘계 학술발표회, 박기현 김윤구 이완로

### 2. 특허

특허 출원 2건 진행중

특허출원명: 파고분석기, 출원일자 2004.06.11, 출원번호 2004-43162

듀얼포트램을 이용한 데이터전송기법, 출원일자 2004.06.18, 출원번호 2004-45761

### 3. 환경시험

#### 가. 환경 시험 개요

(1) 시험기관 : 산업기술시험원(KTL)

(2) 시험기준 및 시험항목

- 산업용 기기에 대한 전자파내성기준(IEC 61000-6-2)
- 전기적으로 빠른 과도현상/버스트 내성 시험 (IEC 61000-4-4)
- 서지 내성시험(IEC 61000-4-5)
- 신뢰성시험
- 초기기능시험
- 온도 및 전원변화시험  
( 온도변화 : 0℃~45℃, 전압변화 :190Vac~250Vac,  
상대습도변화:18%~86%, 19시간이상 시험 )
- 절연저항시험 ( 케이스 접지에 DC 500V인가시 측정절연저항 10MΩ이상)
- 내전압시험 ( 케이스접지에 AC 1500V를 1분간 인가 )
- 진동내구시험 ( 공진주파수에서 0.1G 가속도로 1시간 동안 진동 )
- 최종기능시험

나. 환경 시험 조건 및 내용 : 별첨 1과 별첨 2의 환경시험 성적서 참조

다. 환경 시험 결과 : 별첨 1과 별첨 2의 환경시험 성적서 참조

(1) 산업용 기기에 대한 전자파내성시험 결과 요약(규격: IEC 61000-6-2)

시험항목	평가 기준	시험 결과	내 용
전기적으로 빠른 과도현상/ 버스트내성시험	B	B	시험중 감시기의 디스플레이가 깜박거림이 발생하 나, 기록되는 데이터는 변화없이 정상적으로 동작 함.
서지 내성시험	B	A	시험중 이상없이 정상적으로 동작함
평가기준(*) (1) 평가기준 A : 시험중이거나 시험후에도 시험품의 사양에서 정한 성능을 유지하는 상태 (2) 평가기준 B : 시험중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험종료후 정상적으로 동작하는 상태 (3) 평가기준 C : 시험중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험종료후 전원개폐 또는 재시동에 의해 정상적으로 복원하는 상태			

## (2) 신뢰성시험 결과 요약

시험 항목	시험 기준	시험결과
초기기능	전기적 기능을 만족할 것.	이상없음
온도 및 전원변화	시험온도 및 전원조건에서 기능시험을 만족할 것.	이상없음
절연저항	10M $\Omega$ 이상일 것.	이상없음
내전압	절연파괴 및 성락이 없을 것.	이상없음
진동	진동 중 정상적으로 동작할 것.	이상없음
최종기능	전기적 기능을 만족할 것.	이상없음

## (3) 환경시험 결과

기개발품인 환경방사선 감시시스템에 대한 전자파 내성시험 및 신뢰성시험의 환경 시험을 KTL에서 수행한 결과 현장 설치시 환경방사선 감시기능을 양호하게 수행할 수 있음을 검증하였다.

## 4. 검교정시험

### 가. 검교정 시험 개요

(1) 기관 : 원자력 연구소 (KAERI)

(2) 시험 내용

- Ion Chamber 조사선량률 시험
- NaI(Tl) 섬광검출기 조사선량률 시험
- MCA 에너지 선형성 시험

(3) 시험 방법

- 조사선량률 시험
- Cs-137을 이용, 세기가 알려진 방사선 장을 구성하여 측정값과 비교
- MCA 에너지 선형성 시험
- 59KeV~1.3MeV 사이의 에너지를 가진 핵종으로 채널 대 에너지 선형성 측정

나. 검교정 시험 조건 및 내용 : 상세내용은 별첨 3의 검교정 성적서 참조

(1) Ion Chamber 조사선량률 시험

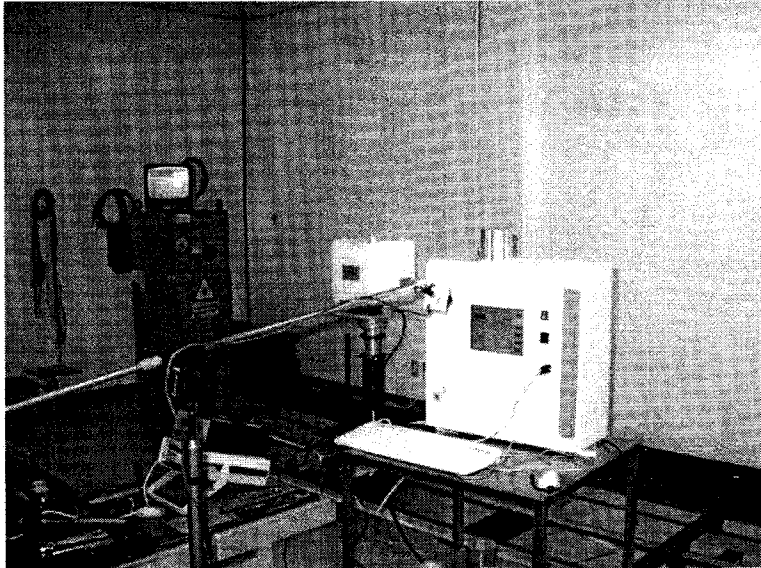


그림 3.6.1 Ion Chamber 및 NaI(Tl) 조사선량률 시험

Cs-137을 이용, 세기가 알려진 방사선 장을 구성하여 그 지점에서 측정값과 비교하였다. 시험 세팅은 그림 3.6.1과 같이 하였고 결과는 표 3.6.1과 같이 나타났다.

표 3.6.1 Ion Chamber 및 NaI(Tl) 조사선량률 시험

조사 방사선량 (uR/hr)	이온챔버		NaI	
	측정값(uR/hr)	오차(%)	측정값(uR/hr)	오차(%)
200	190.18	4.91	203.96	1.98
400	380.22	4.94	413.60	3.40
800	865.08	8.13	800.20	0.02
1000	1085.21	8.52	966.19	3.38

각 측정은 10회 측정 결과를 평균하였으며, 측정 결과 저선량 구간(<500uR/hr)에서는 5% 이하의 오차를 나타내었고 고선량 구간(>500uR/hr)에서는 10% 이하의 오차를 나타내었다.



(2) NaI(Tl) 섬광검출기 조사선량률 시험

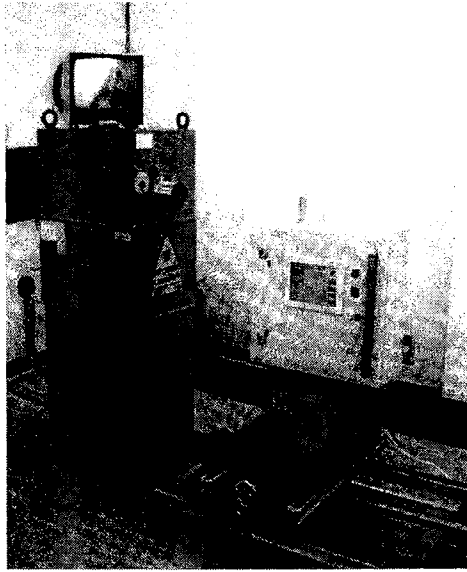


그림 3.6.2 NaI(Tl) 섬광검출기 조사선량률 시험

Cs-137을 이용, 세기가 알려진 방사선 장을 구성하여 그 지점에서 측정값과 비교하였다. 시험 세팅은 그림 3.5.n과 같이 하였고 결과는 표 3.6.2와 같이 나타났다.

(3) NaI(Tl) 섬광검출기 MCA 에너지 선형성 시험

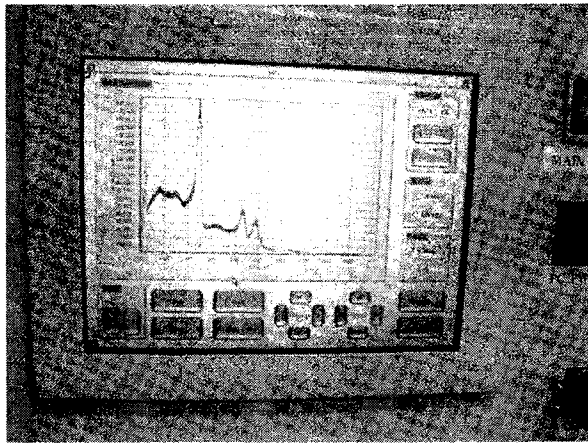


그림 3.6.3 NaI(Tl) 섬광검출기 MCA 에너지 선형성 시험

59KeV~1.3MeV 사이의 에너지를 가진 여러 가지 방사선 핵종으로 채널 대 에너지 선형성 측정하였다. 측정된 방사선 스펙트럼은 그림 3.5.n과 같고 그 결과는 표 3.5.n과 같다. 시험결과 각 에너지에서 5%이하의 오차로 측정이 가능했으며 시험세팅을 보다 정교히 하여 측정된 결과 2%이내의 오차를 나타내었다. 또한 사용된 방사선 핵종은 Am-241, Cs-137, Co-60 이다.

표 3.6.2 MCA 에너지 선형성 시험결과

	기 준 E (KeV)	교정 Ch	Reading (6/9)			Reading(6/10)		
			측정 Ch	측정 E	오차	측정 Ch	측정 E	오차
Am-241	59.5	22	22	57.6	3.19%	23	60	0.84%
Cs-137	661.66	244	238	647	2.22%	248	674	1.87%
Co-60	1173.2	432	420	1143	2.57%	435	1185	1.01%
	1332.5	487	476	1295	2.81%	494	1345	0.94%
	2505.7					915	2495	0.43%

5. 개발 완제품

개발품은 아래 표와 같은 사양을 갖는다.

표 3.6.3 Nuclear Characteristics

항목	내용	
HPIC	Size	12 inch
	Activity Range	0~500uR/hr, 500uR/hr~100mR/hr
	Sensitivity	20mV/uR/hr, 100mV/mR/hr
NaI(Tl)	Size	3 inch
	Energy Range	50KeV~2.8MeV
	Activity Range	0~1000uR/hr
MCA	Resolution	4,096ch 이상
	ADC	16bit
	Dead Time	5.68 usec
	에너지 선형성	5% 이내 오차
	방사능 선형성	5% 이내 (NaI), 5%이내 (500uR/hr 이하 HPIC)
방사능	MCA	환경 방사능 스펙트럼 측정
분석기능	선량률	Dose Conversion
	감시	인공방사능 구분
	분석	핵종 구분

표 3.6.4 Digital Characteristics

항목	내용	
SBC	CPU	12 inch
	Memory	0~500uR/hr, 500uR/hr~100mR/hr
	DB	20mV/uR/hr, 100mV/mR/hr
PAB	ADC	16 bit
	Amp gain	0~100 gain (?)
	H.V	800V (0~1500V)
AIB	ADC	12 bit , 16Ch
	Input	Voltage 2, Current 2, Pulse 2
	Output	Rs-232
	CPU	89c51
	H.V	-300V
PCI/IF	DIO Port	51 ports
	Interrupt	2
	Interface	PC-104 Plus

표 3.6.5 Interface Characteristics

항목	내용	
Communication	Serial	COM1,COM3,COM4 ; RS-232, COM2 : RS-232, RS-422, RS-485
	Ethernet	10/100Base Standard
	USB 2.0	2
Display	Size	8 inch
	Resolution	800 x 600
Input	Keyboard	PS2 , USB
	Pointing Device	Touch Screen, Mouse
Power	Input	190~250 VAC
	Watt	<400 W
부가 기능	HPIC	구형 (RS-1011), 신형 (RS-131) 적용 가능
	내부, 외부온도	-40°C~ 100°C
	습도	0~100%
	풍향, 풍속	0 ° ~360°, 0~70m/sec
	강우량	0~3000mm/hr
	자료저장	10 년

6. 소프트웨어 등록

가. 소프트웨어 등록 준비 중

- (1) MCA 스펙트럼 분석 S/W
- (2) 인공 방사능 구분 S/W

## 제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도

### 제 1 절 목표 달성도

#### 1. 최종 목표

- 환경 방사선 스펙트럼분석기능을 적용한 감시 시스템 개발 (100%)
  - 소형화되고 성능이 향상된 MCA를 국내 개발 적용 (100%)
  - 방사선 스펙트럼으로부터 공간 선량률을 계산하는 알고리즘 개발 적용 (100%)
  - 인공 방사능 구분기술 개발 적용 (100%)

#### 2. 세부 연구 목표 및 달성도

세부연구목표	주요 연구개발 실적	가중치 (%)	연구목표 달성도 (%)
MCA 회로 개발 및 제작	4,096Ch 이상의 분해능을 가지는 MCA 회로 제작	25	100
MCA측정 스펙트럼을 이용한 ERMS 시스템 제작	MCA기능 및 다양한 기능의 ERMS 시스템 제작	20	100
디지털 선량 변환장치 제작	선량환산인자를 계산하였고 이를 이용하여 선량을 자동 계산하는 시스템 개발	20	100
환경 방사선 스펙트럼 분석 소프트웨어 개발	환경 방사선 스펙트럼을 측정 저장 분석 통신하는 소프트웨어 개발	15	100
인공방사능 구분 기술 개발	환경 방사선 스펙트럼으로부터 인공 방사능 유무를 구분하는 기술 개발	15	100
시스템 인증 시험	기능시험 및 공장시험은 수행 환경시험 KTL에서 수행 성능시험 원자력 연구소에서 수행	5	100
총 계		100	100

#### 3. 세부연구목표별 주요연구내용 및 결과

##### 가. MCA 회로 개발 및 제작

- 주요 연구 내용 : 방사선의 에너지는 검출기에서 발생하는 펄스의 크기에 비례한다 이를 정확하게 측정하는 전자회로를 개발하였다. 이는 Peak Holder, Peak Time 측정, AD conversion 등의 기능을 가진 회로로 구성된다.

- 추진 전략 : 고속의 AD converter를 채택하여 Dead Time을 최소로 하였으며 고해상도(64K) AD converter 사용으로 정밀한 측정을 가능하게 하였다. 또한 고속의 OP

amp의 채택으로 펄스의 왜곡을 최소로 하였으며 측정된 방사선 스펙트럼은 Dual port ram으로 저장과 송신을 동시에 일어나게 하였다.

- 연구 결과 : 64K 기반의 4,096 채널 이상의 해상도를 가지는 MCA 회로를 개발하였으며 Dead time을 25usec 이하로 갖는 고성능의 MCA를 개발하였다. 시험결과 기존의 MCA에 비하여 월등히 정밀한 측정을 가능케 하였다.

#### 나. MCA측정 스펙트럼을 이용한 ERMS 시스템 제작

- 주요 연구 내용 : MCA 회로에서 측정된 방사선 스펙트럼을 저장하고 분석하는 기능의 ERMS 시스템을 개발 제작 하였다. 방사선 스펙트럼으로부터 선량을 계산하고 인공 방사능 구분 기술을 개발하였으며 기존의 이온센서와의 연결도 가능하게 하였다.

- 추진 전략 : Single Board controller기반의 컨트롤러를 개발, 사용하였으며, PC-104 Interface를 통한 고속 정보의 송신을 가능하게 하였다. 사용자 친화적인 컬러 디스플레이 및 터치 스크린 적용으로 보다 개선된 User Interface를 개발하였다.

- 연구 결과 : 방사선 스펙트럼의 측정, 저장, 분석 기능의 환경 방사선 감시 장치를 개발하였다. 측정된 환경 방사선 스펙트럼을 실시간으로 표시하고 저장하며 송신하는 기능을 가지고 있다. 또한 인공방사능 분석 등의 방사선 사고시 분석의 기능 및 자료를 제공한다.

#### 다. 디지털 선량 변환장치 제작

- 주요 연구 내용 : 방사선 스펙트럼으로부터 환경 방사능 감시의 기준인 공기중 공간선량률을 계산할수 있는 선량 변환 인자의 계산과 기능을 개발 하였다. 이를 통하여 실시간으로 공간선량률을 NaI(Tl) 검출기로부터 측정할수 있다.

- 추진 전략 : NaI(Tl) 검출기로부터 측정한 방사선 스펙트럼을 선량으로 환산하는 선량 환산 함수의 계산을 위하여 몬테카를로 시뮬레이션을 통한 실험으로 검출기의 에너지에 따른 반응함수를 계산하였다. 또한 에너지 구간이 작은 행렬을 이용한 계산으로 정확한 선량을 계산할수 있게 하였다.

- 연구 결과 : 선량환산 함수를 개발하였으며 이는 본 기기에서 측정 가능한 이온챔버의 측정 값과 비교할 때 정확함을 알수 있다. 또한 검교정 시설의 실험을 통하여 정확한 측정 오차를 산출하였다..

#### 라. 환경 방사선 스펙트럼 분석 소프트웨어 개발

- 주요 연구 내용 : 방사선 사고시 환경 방사선 스펙트럼은 그 원인을 규명할 수 있는 자료이다. 이러한 환경방사선 스펙트럼을 실시간으로 저장하고 분석할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다.

- 추진 전략 : 방사선 스펙트럼의 Calibration 및 분석기능을 개발하였으며 사용자가 특별한 소프트웨어 없이 현장에서 방사선 스펙트럼을 분석할 수 있게 하였다.

- 연구 결과 : 현장에서 사용할수 있는 환경 방사선 스펙트럼 분석 소프트웨어를 개발하였다. 실시간으로 스펙트럼을 DB에 저장하여 일간 월간 경향을 분석할수 있으며 환경 방사능 추이를 분석할 수 있다.

마. 인공방사능 구분 기술 개발

- 주요 연구 내용 : 방사선 스펙트럼은 환경 방사선에 대한 상세한 정보를 가지고 있다. 이를 분석하여 인공 방사능의 공기중 유출에 대한 감시를 실시간 비교 분석 할 수 있는 기능을 개발하였다.

- 추진 전략 : 정상시의 방사선 스펙트럼과 현재 방사선 스펙트럼을 비교하여 발생한 인공 방사능의 핵종을 자동으로 판별할 수 있는 기능을 개발 하였다.

- 연구 결과 : 인공 방사능 구분기술로 실시간 인공 방사능에 대한 감시가 가능해졌으며 인공 방사능 발생시 핵종을 자체적으로 판단하여 표시 및 송신할 수 있다.

바. 시스템 인증 시험

- 주요 연구 내용 : 개발된 시스템의 기능시험 성능 시험 검교정 및 환경 시험을 수행한다.

- 추진 전략 : 방사선 선원을 가지고 있는 검교정 시설을 이용하고 내환경 시험 시설에 시험을 의뢰하였다.

- 연구 결과 : 기능 및 성능 시험을 수행하였고 검교정 시험 및 내환경 시험을 KTL에서 수행하였으며, 검교정 시험 및 성능시험을 원자력 연구소에서 수행하였다.

## 제 2 절 관련분야에의 기여도

본 연구에서 개발된 MCA는 환경 방사선 감시 시스템뿐만 아니라 전반적인 핵종 분석 기기에 응용될수 있다. 또한 개발된 MCA는 64,000ch 기반의 ADC를 사용하여 HPGE 검출기의 방사선 스펙트럼 측정에도 적용될 수 있다.

방사선 검출기의 신호처리 회로 및 고 품질의 고전압 공급장치 등의 개발은 다른 방사선 측정 기기에도 적용되는 기술이며 이를 통하여 고 신뢰도의 방사선 분석 장치나, 소형의 이동형 방사선 측정 장치의 구현이 가능하게 되었다.

또한, 보다 정밀한 환경 방사선 감시 시스템은 환경 방사선의 거동이나 자연현상의 연계등의 연구에 정확하고 다양한 정보를 제공할 수 있는 기반을 마련하였으며, 그 일례로 강우시 환경 방사선 증가의 원인이 되는 핵종을 계절에 따라 분석할 수 있게 되었다.

## 제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

### 제 1 절 원전 주변의 환경 방사선 감시장치

현재 원전을 운영중이며 환경 방사선 감시 시스템(ERMS)를 운영중이 한국 수력 원자력 주식회사의 담당 직원을 초청하여 시연회를 가졌다. 그 결과 현장 적용에 대한 검토가 긍정적으로 이루어졌으며 특히 영광 원전의 방사선 감시 설비에 우선 적용이 검토되었다. 원자력 발전소에는 환경 방사선 감시뿐만 아니라 소내 여러 지점의 방사선 감시가 이루어지고 있는데 그 중 NaI(Tl) 섬광 검출기가 사용되는 경우가 많이 있다. 이러한 방사선 측정에 MCA기능이 포함된 기기의 적용시 그 측정의 정확성이나 자체 교정등의 측면에서 장점이 예상된다. 또한 자체 데이터 베이스 기능이나 자체의 방사선 값 처리기능등은 기존에 측정을 보다 분석적으로 수행할 수 있다. 본 측정 시스템은 신호처리부의 간단한 수정으로 다양한 검출기의 신호를 받아들일 수 있으며 이 또한 적용의 가능성이 크다.

### 제 2 절 방사선 측정 장치 개발 기술에 적용

개발된 측정 시스템은 NaI(Tl) 섬광 검출기에 고전압을 공급하고, 신호를 측정할 수 있으며 HPIC에 고전압을 공급하고 신호를 측정할 수 있다. 이러한 기능은 다양한 방사선 검출기의 신호처리 부분에 적용될 수 있다. 또한 개발된 MCA 기능은 NaI(Tl) 검출기뿐만 아니라 HPGE (High Purity Germanium)에도 적용할 수 있으며 개발된 시스템의 최대 사양은 32,000Ch 이다. 따라서 본 연구과제에서 개발된 시스템은 방사선 측정 시스템 전반에 적용 및 응용될 수 있으며 방사선 계측기 국산화 기술 개발에 크게 기여할 것으로 예상된다.



## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학기술정보

### 제 1 절 해외 수집 관련 논문

1. Radiation environment monitor / Buhler, P. ; Ljungfelt, S. ; Mchedlishvili, A. ; Schlumpf, N. ; Zehnder, A. ; Adams, L. ; Daly, E. ; ( Nuclear instruments & methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment, v.368 no.3, 1996, pp.825-831)

2. Analysis of eighteen years of environmental radiation monitoring data / Shebell, P. ; Miller, K.M. ( Environment international, v.22 suppl.1, 1996, pp.S75-S83)

3. A microcontroller-based data acquisition system for solar radiation and environmental monitoring / Mukaro, R. ; Carelse, X.F. ( IEEE transactions on instrumentation and measurement, v.48 no.6, 1999, pp.1232-1238)

4. Radiation environment monitor / Buhler, P. ; Ljungfelt, S. ; Mchedlishvili, A. ; Schlumpf, N. ; Zehnder, A. ; Adams, L. ; Daly, E. ; ( Nuclear instruments & methods in physics research. Section A, Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment, v.368 no.3, 1996, pp.825-831)

5. Environmental Radiation Monitoring System in JAERI / Tachibana, H. ; Sekita, T. ; Yamaguchi, T. ( Radioisotopes, v.52 no.8, 2003, pp.383-388)

## 제 2 절 해외 수집 과학기술 정보 요약

환경 방사선 감시에 대한 세계적인 추세를 확인하였으며, 관련 장비의 제작사, 적용처 등에 대한 정보를 수집하였다. 환경방사선 감시는 대부분 이온챔버에서 측정하는 공기중 공간선량률을 감시하는 것으로 수행되고 있다. 검출기의 효율 향상을 위하여 대부분 10인치 구형의 챔버에 25기압의 알곤 가스를 충전한 형태의 HPIC(High Pressure Ion chamber)를 사용하고 있다. 반면, 일본은 저선량에서 보다 효율이 좋은 3인치 NaI(Tl) 섬광 검출기를 사용하고 있으며 이를 통하여 공기중 공간선량률을 계산하는 방식을 사용하고 있다. 독일 등 일부 국가에서 MCA를 이용한 환경 방사선 감시에 대한 시도가 이루어지고 있으나 아직 그에 따른 규제나 규격 등은 수립되지 않았다.

또한 일반적인 환경 방사선 감시의 주요 관심 핵종과 세계적인 환경 방사선 거동 추이를 검토하였으며 지역적, 환경적 요인에 의한 분석 결과도 수집하고 분석하였다.

별 첨 1. 환경시험 성적서(전자기파 내성시험)



**KTL**

Korea Testing Laboratory

서울특별시 구로구 구로3동 222-13(우 152-848) 전화: 02-860-1114 팩스: 02-860-1116 http://www.ktl.re.kr

# 시험 성적서

신청자 : 삼창기업(주)

주소 : 울산시 남구 신정동 168-9번지

제조사 : 삼창기업(주)

주소 : 울산시 남구 신정동 168-9번지

시험품명 : 환경방사선감시기

모델번호 : ERMS11

시험규격 : 의뢰자 제시규격

시험결과 : 별첨참조

접수일자 : 2004. 5. 21

시험기간 : 2004. 5. 27

시험자

*T. S. Song*

전자파팀 송태승

승인자

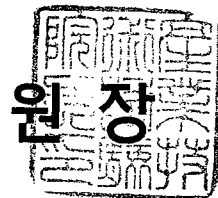
*Joongwon*

전자파팀장 조원선

본 성적서의 시험결과는 신청자가 본원에 제출한 시험품에만 적용되며, 본원의 서면 승인이 없이 성적서의 일부만을 복사하여 사용할 수 없음.

2004 년 6 월 2 일

산업기술시험원



성적서 번호 : 제 04-1342-0232 호  
FG101-01-01

총(7) 페이지 중(1) 페이지

## 1. 일반사항

- 1. 1 제 품 명 : 환경방사선감시기
- 1. 2 모 델 명 : ERMSII
- 1. 3 제조번호 : -
- 1. 4 입력전원 : AC 220 V, 60 Hz (1 $\Phi$ )
- 1. 5 시험품의 I/O 케이블 : (1) 교류 전원입력선(길이 1 m, 3 선, 0.75 m<sup>2</sup>)

## 2. 시험기준 및 시험항목

- 2. 1 시험기준 : IEC 61000-6-2(1999), 산업용 기기에 대한 전자파내성기준
- 2. 2 시험항목(의뢰자 사양)
  - (1) 전기적으로 빠른 과도현상 / 버스트 내성시험, IEC 61000-4-4
  - (2) 서지 내성시험, IEC 61000-4-5

## 3. 시험조건

- 3. 1 시험실환경 : 23  $^{\circ}$ C, 40 %, 100.9 kPa
- 3. 2 시험품의 동작상태 및 확인방법:
  - (1) 시험품은 정상 동작 모드(Operating mode)에서 동작되었음.
  - (2) 시험품의 정상상태 판별 방법
    - ① 기능상 이상이 없고 오동작이 없을 것.
    - ② 시스템 LCD에 표시된 데이터값이 자연방사선량률범위 (5 ~ 30 uR/h) 이내인지 확인.

## 4. 시험 방법

### 4. 1 전기적으로 빠른 과도현상 / 버스트 내성시험

- (1) 버스트 반복률 : 5 kHz(전원입력선)
- (2) 펄스의 상승시간 및 지속시간 : 5 ns / 50 ns
- (3) 버스트 지속시간 및 주기 : 15 ms / 300 ms
- (4) 펄스의 진폭 :  $\pm 1$  kV,  $\pm 2$  kV(전원입력선)
- (5) 결합조건 : L, N, PE, L-N, L-PE, N-PE, L-N-PE
- (6) 결합단자 : 전원입력선
- (7) 시험 장소 : 전자파 차폐실

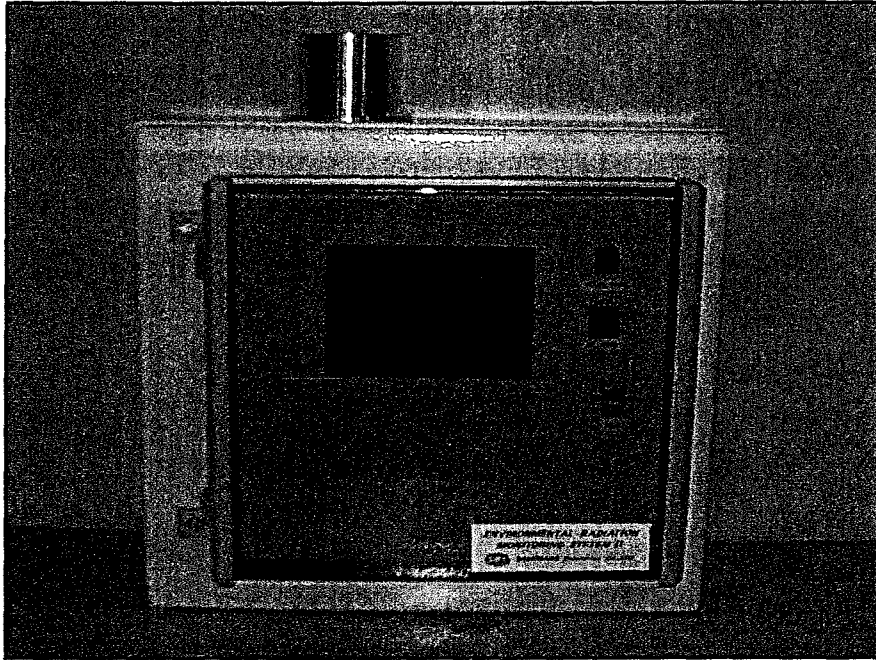
### 4. 2 서지 내성시험

- (1) 인가전압
  - ① 활전부와 중성단간 전압(차동모드) :  $\pm 1$  kV,  $\pm 2$  kV,  $\pm 4$  kV,  $\pm 5$  kV
  - ② 활전부, 중성단과 접지간 전압(공통모드) :  $\pm 1$  kV,  $\pm 2$  kV,  $\pm 4$  kV,  $\pm 5$  kV
- (2) 개방회로 전압파형 : 1.2 / 50  $\mu$ s
- (3) 소오스 임피던스 : 2  $\Omega$  + 18  $\mu$ F, 12  $\Omega$  + 9  $\mu$ F
- (4) 위상각 : 0°, 90°, 180°, 270°
- (5) 시험전압인가시간 : 1 회 / 20 초
- (6) 시험전압인가횟수 : 정(+), 부(-) 각 5 회
- (7) 결합단자 : 전원입력선
- (8) 시험 장소 : 전자파 차폐실

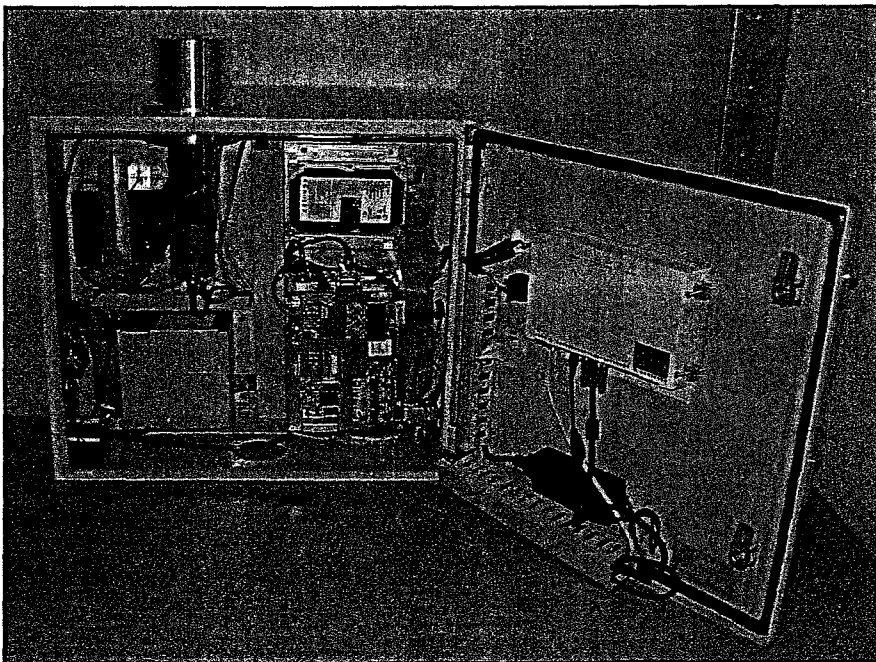
## 5. 시험결과

시험항목	* 평가기준	시험결과	내 용
전기적으로 빠른 과도현상 / 버스트 내성시험	B	B	시험중 감시기의 디스플레이가 깜박 거림이 발생하나, 기록되는 데이터는 변화없이 정상적으로 동작함.
서지 내성시험	B	A	시험중 이상없이 정상적으로 동작함.
<p><b>* 평가 기준</b></p> <p>(1) 평가기준 A : 시험중이거나 시험후에도 시험품의 사양에서 정한 성능을 유지 하는 상태</p> <p>(2) 평가기준 B : 시험중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험종료후 정상적으로 동 작하는 상태</p> <p>(3) 평가기준 C : 시험중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험종료후 전원개폐 또는 재시동에 의해 정상적으로 복원하는 상태</p>			

## 6. 시험장면

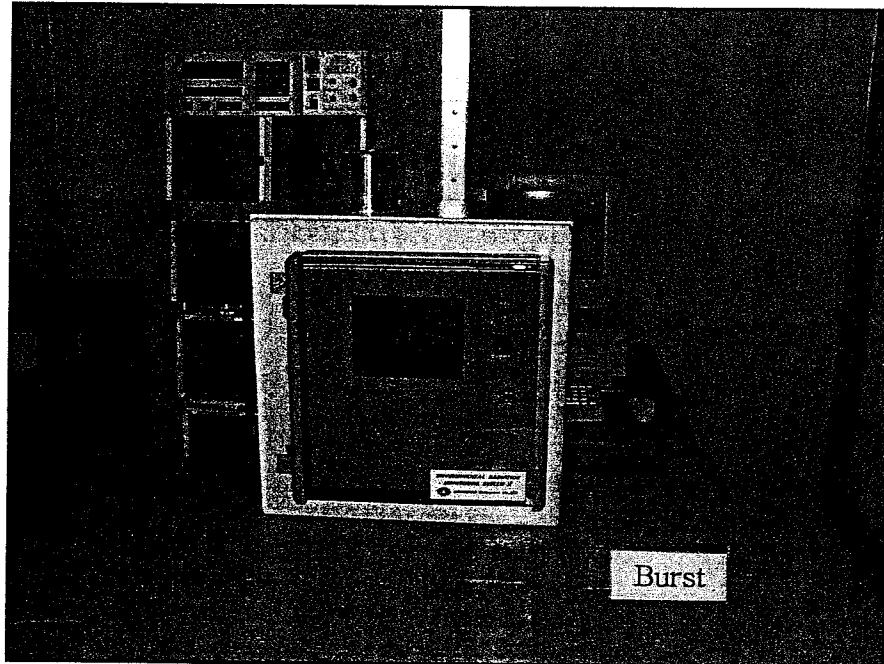


< 시험품 : 환경방사선감시기(ERMSII) >

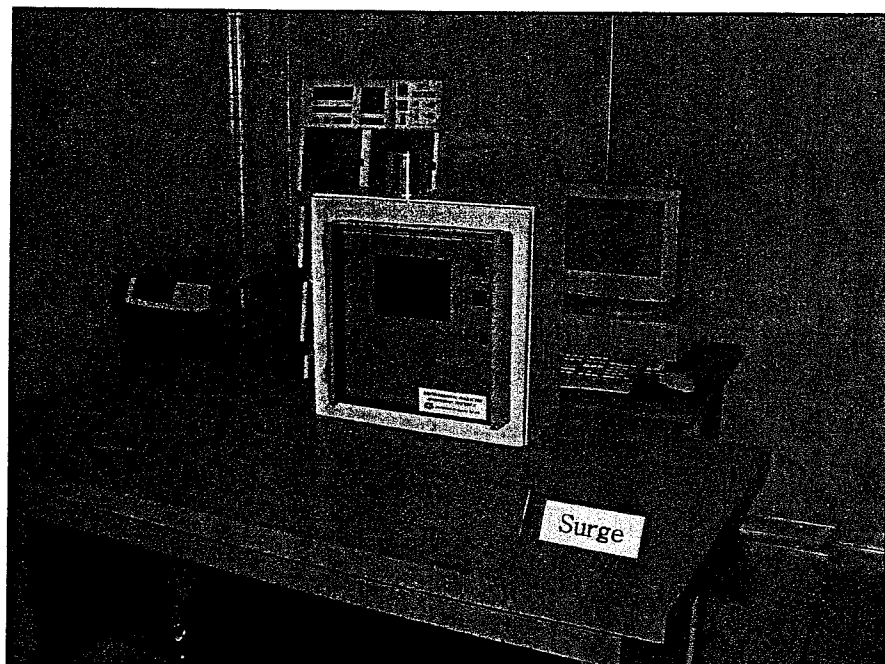


< 시험품의 내부사진 >





< 전기적 빠른 과도현상 / 버스트 내성시험 >



< 서지 내성시험 >

## 7. 시험 장비

<장비명>	<모델명>	<제조회사>
o EFT Source	E433	KeyTek
o Controller	ECAT	KeyTek
o EFT/BURST Source	TRA2000IN6	EMC Partner
o Capacitive Clamp	CNEFT1000-272	EMC Partner
o Ferrite Decoupling Tube	FCC-205ADC	FCC
o Surge Network	E501	KeyTek
o Coupler/Decoupler	E553	KeyTek
o Telecom Coupler/Decoupler	E573	KeyTek
o Controller	ECAT	KeyTek
o Surge Generator	TRA2000IN6	EMC Partner
o Multimeter	79-III	FLUKE

별첨 2. 환경시험 성적서(신뢰성시험)



K T L

Korea Testing Laboratory

서울특별시 구로구 구로3동 222-13(우 152-848) 전화: 02-860-1473 팩스: 02-860-1479 http://www.ktl.re.kr

# 시험 성적서

신청자 : 삼창기업(주)  
 주소 : 울산광역시 남구 신정동 168-9  
 제조자 : 삼창기업(주)  
 주소 : 울산광역시 남구 신정동 168-9  
 시험품명 : 환경방사선 감시시스템  
 모델/형식: ERMS II  
 시험규격 : 의뢰자가 제시한 시험규격  
 시험결과 : 내용 참조  
 접수일자 : 2004. 5. 28  
 발급일자 : 2004. 6. 11

시험자

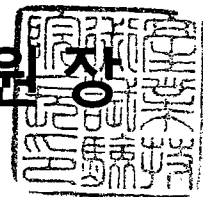
신뢰성평가팀 정민호

승인자

신뢰성평가팀장 함중걸

본 성적서의 시험결과는 신청자가 본원에 제출한 시험품에만 적용되며, 본원의 서면 승인이 없이 성적서의 일부만을 복사하여 사용할 수 없음.

## 산업기술시험원장





● 시험 결과 요약

<표 1> 시험 결과 요약

시험 항목	시험 기준	시험결과
초기기능	전기적 기능을 만족할 것.	이상 없음
온도 및 전원변화	시험온도 및 전원조건에서 기능시험을 만족할 것.	이상 없음
절연저항	10M $\Omega$ 이상일 것.	이상 없음
내전압	절연파괴 및 섬락이 없을 것.	이상 없음
진동	진동 중 정상적으로 동작할 것.	이상 없음
최종기능	전기적 기능을 만족할 것.	이상 없음

● 목 차

1. 개요	-----	3	페이지
2. 시험품	-----	3	페이지
3. 시험 기준	-----	4	페이지
4. 시험 결과	-----	10	페이지
5. 시험 장비	-----	14	페이지
6. 시험 사진	-----	15	페이지



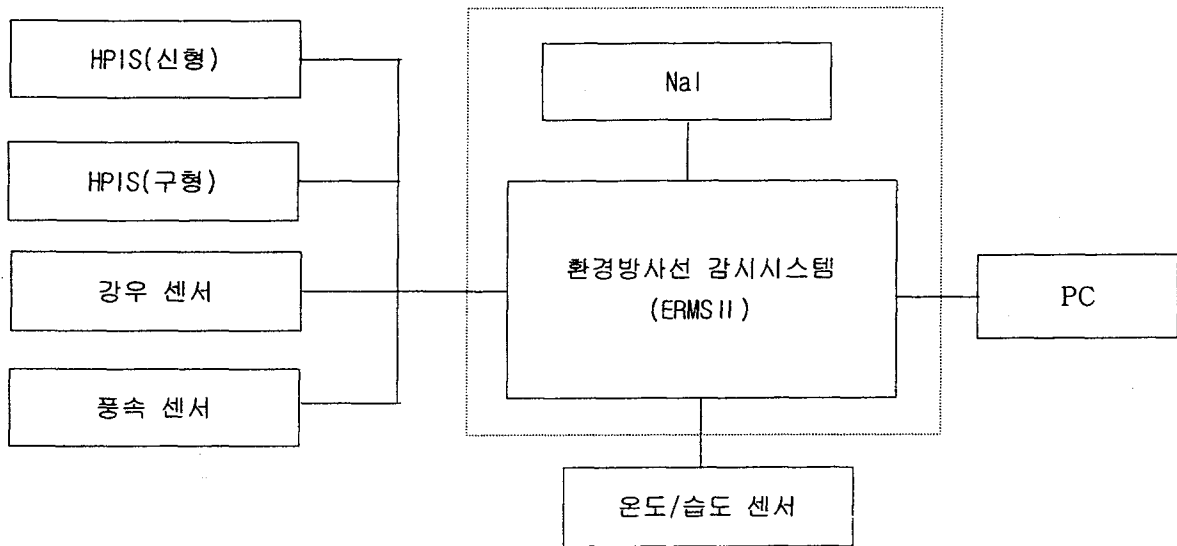
1. 개요

본 시험은 의뢰자가 제공한 시험품에 대하여 의뢰자가 제시한 시험 기준에 따라서 시험을 실시함.

2. 시험품

2.1 품명 : 환경방사선 감시기기시스템

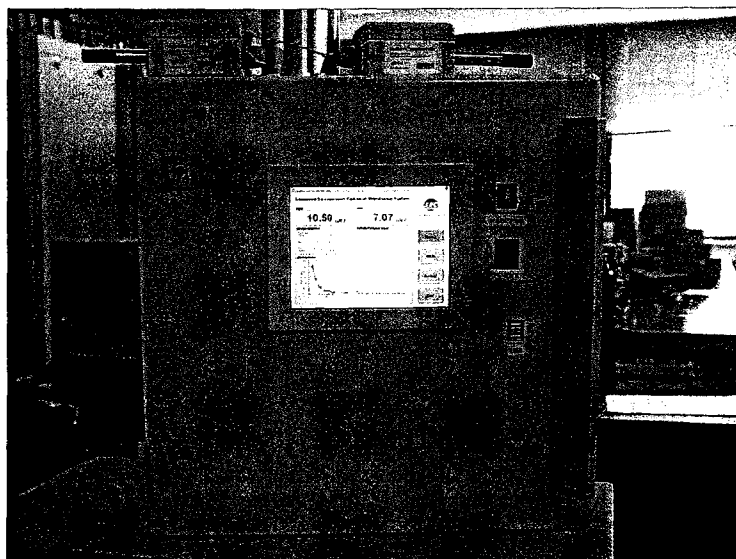
2.2 시스템 구성



[그림 1] 시험품 구성(점선 부분이 시험품임)

2.3 정격 입력 전압 : AC 220V

2.4 사진



[그림 2] 시험품 사진



3. 시험 기준

3.1 표준 대기 조건

3.1.1 시험 및 측정을 위한 표준 대기 조건

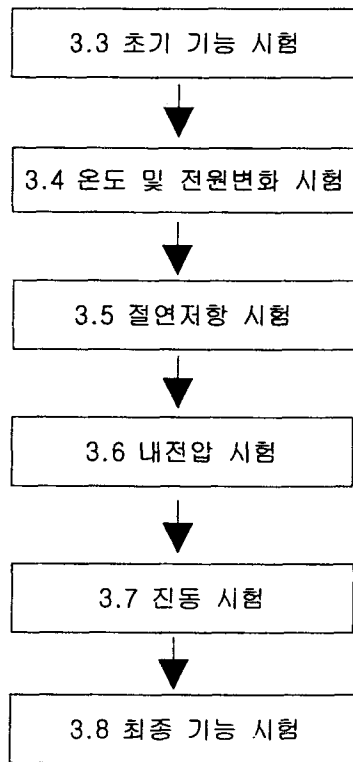
특별히 규정된 조건이 없다면, 시험 및 측정은 다음의 대기 환경에서 실시되어야 한다.

- (1) 온도 : 15 ~ 35℃
- (2) 상대 습도 : 25 ~ 85%
- (3) 대기압 : 86 ~ 106kPa

3.1.2 표준 후처리 조건

특별히 규정된 조건이 없다면, 후처리는 3.1.1항의 대기조건에 1 ~ 2시간 동안 방치한다.

3.2 시험 순서



[그림 3] 시험 순서



3.3 기능시험

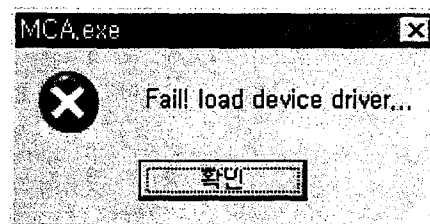
3.3.1 목적

제품이 정상적으로 동작됨을 확인하기 위해 실시한다.

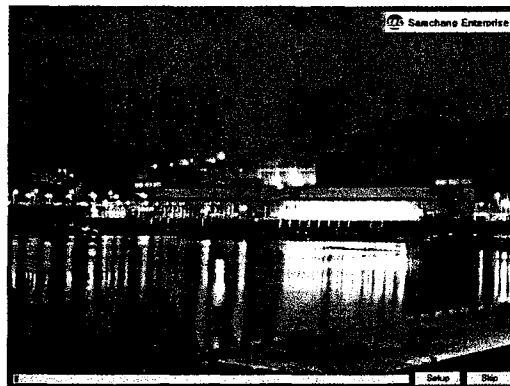
3.3.2 방법

3.3.2.1 시스템 기동

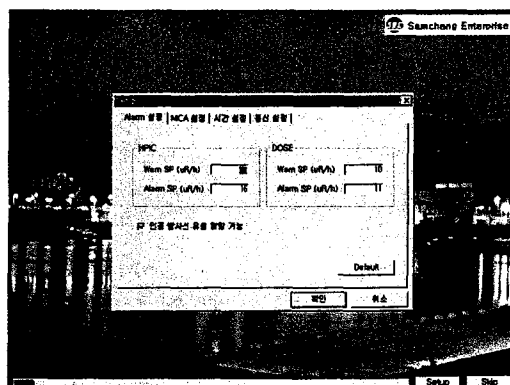
- (1) [그림 1]처럼 환경방사선 감시시스템에 HPIS, 온도/습도센서, PC를 연결한다.
- (2) 시스템에 정격입력전원을 연결한 상태에서 전원스위치를 켜고 컴퓨터 Booting버튼을 누르면 자동 Booting된다. 아래 그림과 같이 Error 창이 나오는 경우 Device Driver의 고장이나 Driver가 옳게 설치되었는지를 확인한다.



- (3) 초기 감시시스템 프로그램 시작시 아래그림과 같은 시작창이 나타나고 프로그래시브바가 시간에 따라 증가하는지를 확인한다.



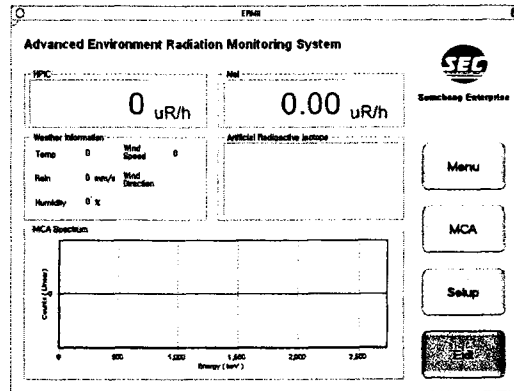
- (4) 시작창에서 Setup버튼을 눌러 Setup창이 나타나는지를 확인한다.





3.3.2.2 감시시스템 출력기능시험

시작창에서 5분 동안 프로그래시브바가 작동하며 3분정도에서 SKIP버튼을 눌러 감시시스템 메인창이 나타나는지를 확인한다.



(1) HPIC 출력

HPIC 출력을 확인하기 위하여 HPIC 항의 값이 1초 간격으로 측정되는지를 확인한다. 이때 HPIC의 데이터는 시뮬레이터를 이용하여 일정한 값을 입력한다.

(2) NaI DOSE 출력

NaI 센서에 의한 DOSE 출력값이 1초 간격으로 측정되는지를 확인한다. DOSE값은 자연에 존재하는 값을 이용한다.

(3) MCA Spectrum 그래프 출력

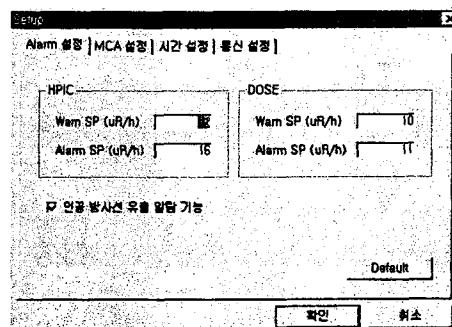
메인창에서 “MCA” 버튼을 누르면 NaI의 측정데이터가 Energy 스펙트럼별 입력수의 형태로 그래프로 출력되는지를 확인한다.

(4) 온도, 습도, 강우, 풍속, 풍향의 출력

- 1) 온도 확인 : 외기온도에 따른 온도출력값(Temp)을 확인한다.
- 2) 습도 확인 : 습도에 따른 습도출력값(Humidity)을 확인한다.
- 3) 강우, 풍속, 풍향에 대한 평가는 시험실에서 실시하기 어려워 실시하지 않는다.

3.3.2.3 알람기능시험

Setup버튼을 선택하고 Alarm 설정항목에서 HPIC Warn/Alarm 설정치, NaI센서로부터 환산한 DOSE Warn/Alarm설정치 및 인공방사선 유출알람기능을 선택하고 설정치를 바꾸어 각각의 알람기능이 동작하는지를 확인한다.





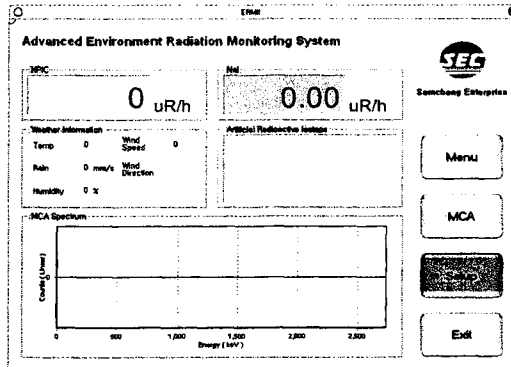
K T L

Korea Testing Laboratory

서울특별시 구로구 구로3동 222-13(우 152-848) 전화: 02-860-1473 팩스: 02-860-1479 http://www.ktl.re.kr

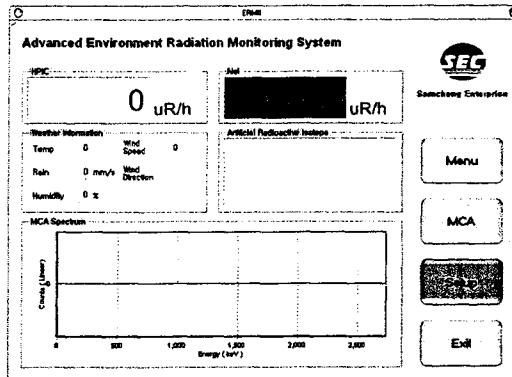
(1) 주의 기능

설정치를 현재 값 보다 낮은 값을 입력하여 아래와 같이 주황색이 나오는지 확인한다.



(2) 경보 기능

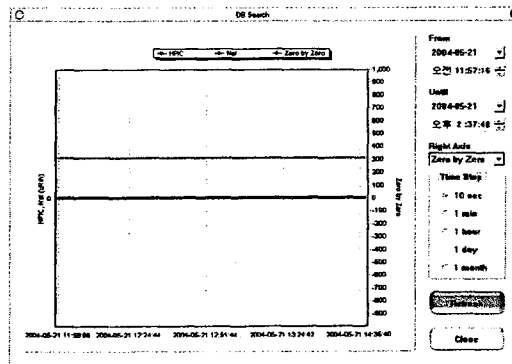
설정치를 현재 값 보다 낮은 값을 입력하여 아래와 같이 적색이 나오는지 확인한다.



3.3.2.4 DB Search 기능시험

(1) DB Search기능을 시험하기위해 10분정도 DB에 저장되도록 한다.

(2) 메인창에서 메뉴버튼을 클릭하고 메뉴창에서 DB Searching 버튼을 클릭하여 DB Search창이 나타남을 확인한다.



(3) DB Searching 하고자하는 기간을 입력하고 Time Step을 선택한 후, Refresh 버튼을 클릭하여 그래프에 HPIC, NaI의 Dose, 내부온도, 외부온도, 외부습도 등이 나타나는지 확인하고 시험기간 10분 동안 DB에 빈칸이 있는지를 확인한다.

(4) Right Axis 선택그룹에서 Temperature, Humidity를 선택하여 그래프에 나타나는지 확인한다.



3.4 온도 및 전원 변화 시험

3.4.1 [그림 4]의 시험그래프를 참고하여 시험을 수행한다.

3.4.1 감시시스템을 환경시험기(이하 Chamber)내에 실장시킨다.

3.4.2 Ion 및 NaI 센서를 감시시스템에 연결한다.

3.4.3 정격전압 220Vac를 공급한다.

3.4.4 감시시스템이 정상 동작되는지 확인하고 Chamber문을 닫는다.

(지금부터 동작상태가 자동 Logging 되고있다.)

3.4.5 Chamber의 온도를 1시간동안에 0℃까지 낮춘 다음 정격하한 전압(190VAC)을 인가하여 5시간동안 유지시킨다.

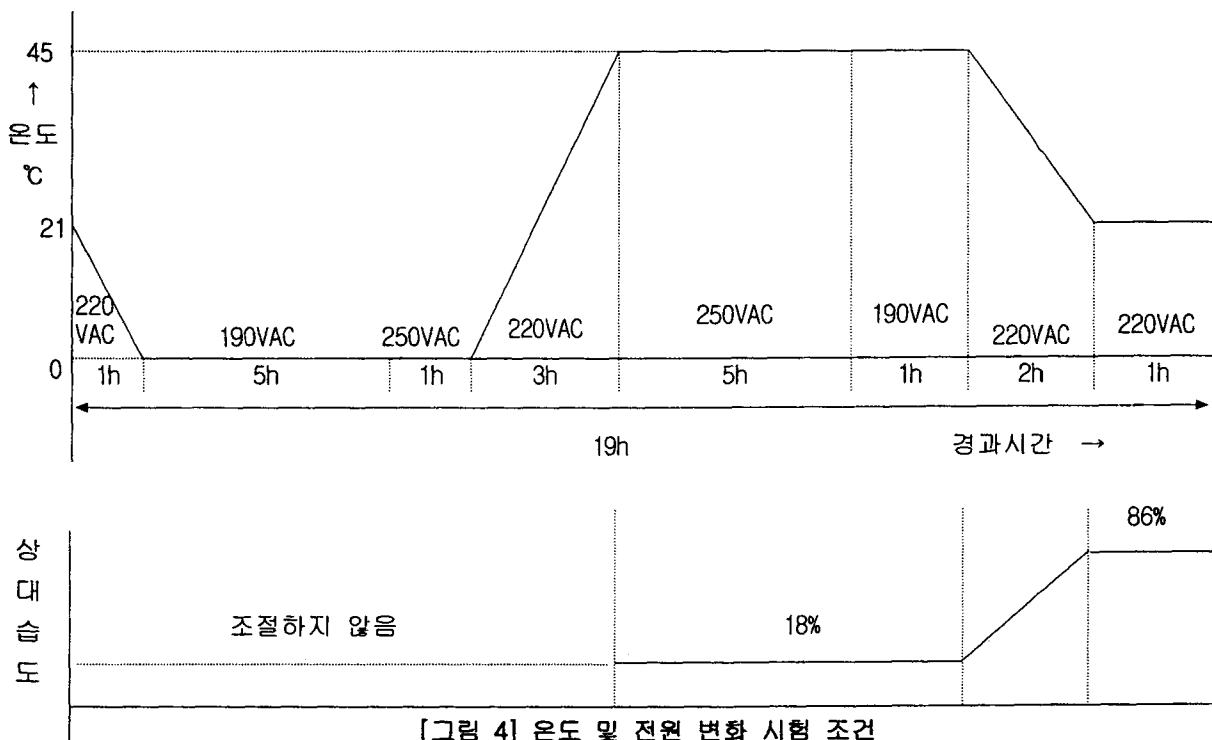
3.4.6 0℃에서 정격상한 전압(250VAC)을 인가하고 1시간 동안 유지시킨다.

3.4.7 온도를 0℃에서 3시간 동안 45℃까지 올리고(이때의 정격전압 220VAC) 상대습도 18%에서 정격상한 전압 (250VAC)을 인가한 상태에서 5시간 동안 유지시킨다.

3.4.8 온도 45℃, 상대습도 18%에서 정격하한전압(190VAC)을 인가하여 1시간 동안 유지시킨다.

3.4.9 온도 45℃에서 2시간 동안 21℃까지 내린 후(이때 정격전압 220VAC) 상대습도 86%에서 정격전압 (220VAC)를 인가하여 1시간 동안 유지시킨다.

3.4.10 시험 종료 후 3.3 기능점검 중 "DB Search" 기능을 활용하여 시험 중 측정하여 저장된 데이터를 분석하여 장비의 정상동작 여부를 판단한다.(Chamber내부의 NaI 데이터는 Chamber로 인해 감소되 기 때문에 판정기준을 4~30uR/h로 적용함.)





3.5 절연저항 시험

- 3.5.1 시스템의 입력전원을 제거하고, 전원입력단과 케이스 접지에 DC 500V를 인가하여 절연저항을 측정한다.
- 3.5.2 측정된 절연저항은 10MΩ 이상이어야 한다.

3.6 내전압 시험

- 3.6.1 시스템의 입력전원을 제거하고, 전원입력단과 케이스 접지에 AC 1,500V를 1분간 인가한다.
- 3.6.2 시험 중 시험품은 섬락 및 절연파괴가 없어야 한다.

3.7 진동 시험

3.7.1 공진검사

시험품을 진동시험기에 [그림 12]와 같이 고정한 후, 가진 주파수 5 ~ 30Hz, 가진 레벨 0.015 "(p-p)의 진폭으로 가진시킨다. 시험 중 공진주파수의 유무를 확인한다.

3.7.2 진동 내구시험

- (1) 시험품을 진동시험기에 고정한 후, 정격입력전압으로 전원을 공급한다.
- (2) 3.7.1항의 공진시험에서 확인한 공진주파수에서 0.1G의 가속도로 1시간 동안 진동을 가한다.
- (3) 진동 시험 후 육안으로 감시시스템의 조립상태를 확인하여 이상이 없어야 하고, 시험 중 3.3항의 "DB Search"기능을 이용하여 장비의 동작상태를 확인하여 이상이 없어야 한다.

3.8 최종 기능 시험

모든 시험 후 3.3항의 기능시험을 실시하여 이상이 없어야 한다.



4. 시험 결과

3항의 시험기준에 따라 이상 없이 시험을 실시하였고, 시험결과는 다음과 같다.

4.1 초기 기능시험

<표 2> 초기 기능시험 결과

시험	세부 항목	판정 기준	시험결과
시스템 기동	프로그래시브바의 동작	프로그래시브바가 정상적으로 동작하여야 한다.	정상
	Set up 창의 동작	Set up 창의 정상적으로 화면에 표시되어야 한다.	정상
출력기능	HPIC 출력	5 ~ 30uR, Up-date	10.75
	NaI DOSE 출력	5 ~ 30uR, Up-date	6.53
	MCA Spectrum 그래프 출력	1초 간격으로 데이터가 정상적으로 Up grade되어야한다.	정상
	내부 온도 출력	시험품 내부 온도가 표시되어야 한다.	31.31℃
	외부 온도 출력	시험품 주위 온도가 표시되어야 한다.	25.48℃
	외부 습도 출력	시험품 주위 습도가 표시되어야 한다.	28.36%
Alarm 기능	Warn	주황색의 경보기능이 정상적으로 동작되어야 한다.	정상
	Alarm	적색의 알람기능이 정상적으로 동작되어야 한다.	정상
DB Search 기능	주요 출력기능들의 데이터 저장, 검색, 그래픽화	HPIC 출력, NaI DOSE 출력, 내부 온도, 외부 온도, 외부 습도의 데이터가 정상적으로 저장, 검색, 그래픽으로 표시되어야 한다.	정상



KTL

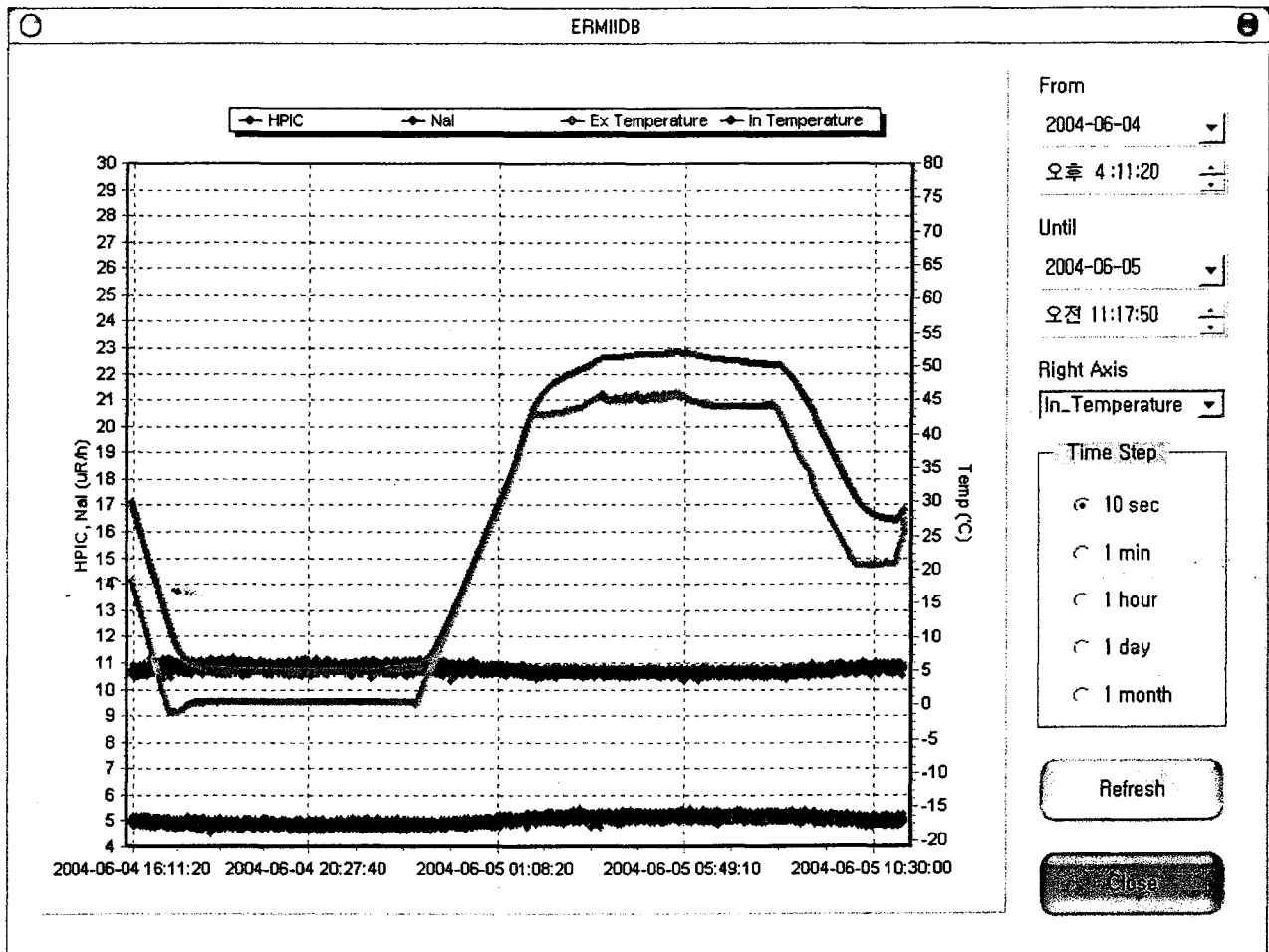
Korea Testing Laboratory

서울특별시 구로구 구로3동 222-13(우 152-848) 전화: 02-860-1473 팩스: 02-860-1479 http://www.ktl.re.kr

4.2 온도 및 전원변화 시험

시험 중 HPIC, NaI, 를 측정한 데이터는 [그림 5]와 같다. 그림에서 시험 중 환경방사선 감시시스템은 정상적인 기능을 수행하였음을 확인할 수 있다.

주요 조건별 특성값은 <표 3>에 나타내었다.



[그림 5] 온도 및 전원 변화 시험 중 기능측정 결과

<표 3> 온도 및 전원 변화시험에서 주요 특성치

시험 조건		판정 기준	시험결과		비고
온도	전압		HPIC	NaI	
0℃	190Vac	4 ~ 30 uR/hr	10.43 ~ 11.16	4.50 ~ 5.16	정상
	250Vac	4 ~ 30 uR/hr	10.38 ~ 11.07	4.58 ~ 5.10	정상
45℃	250Vac	4 ~ 30 uR/hr	10.37 ~ 10.82	4.73 ~ 5.44	정상
	190Vac	4 ~ 30 uR/hr	10.35 ~ 10.77	4.84 ~ 5.41	정상

4.3 절연저항시험

시험항목	판정기준	시험결과
절연저항	10 MΩ 이상일 것	10,000 MΩ 이상

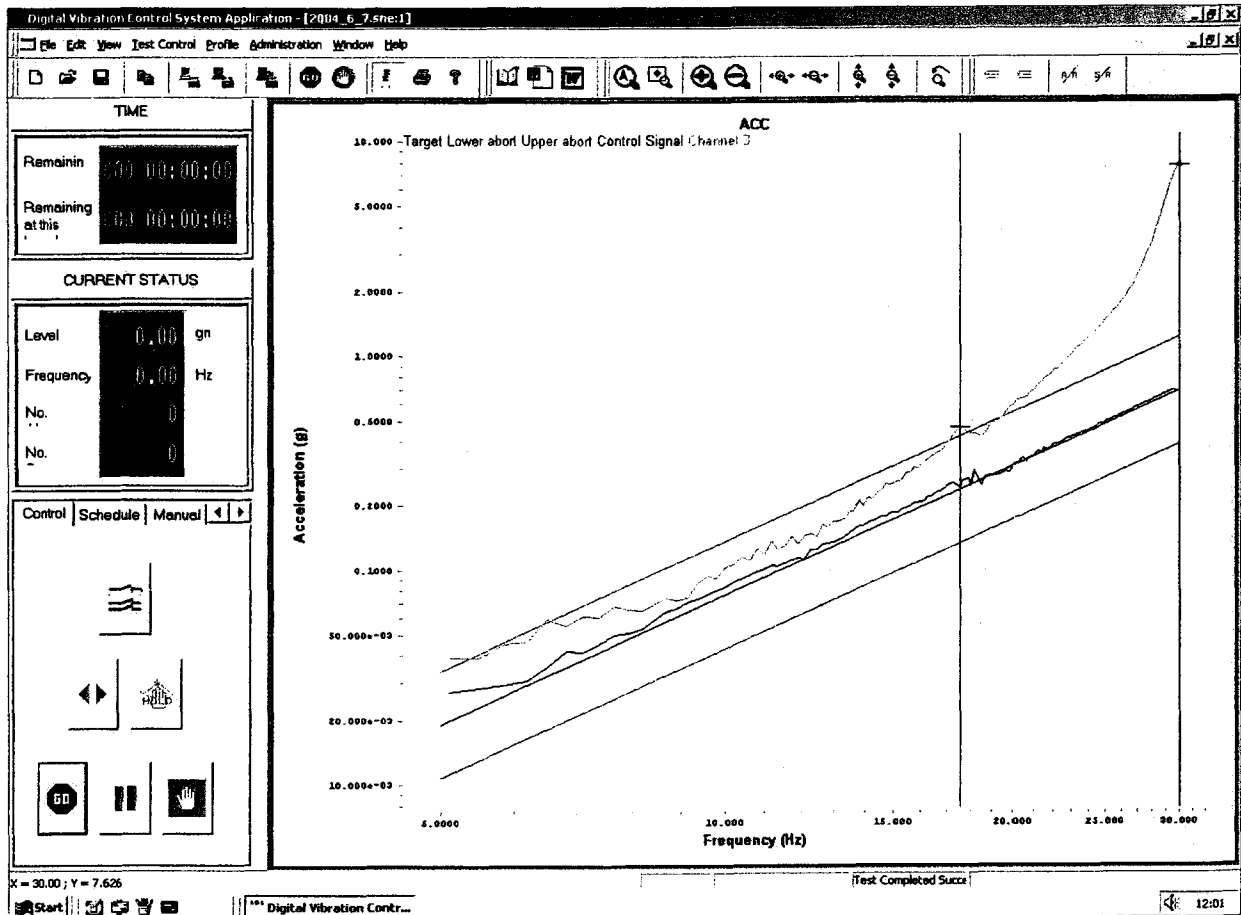
4.4 내전압시험

시험항목	판정기준	시험결과
내전압	섬락 및 절연파괴가 없을 것	이상 없음

4.5 진동시험

4.5.1 공진 검사

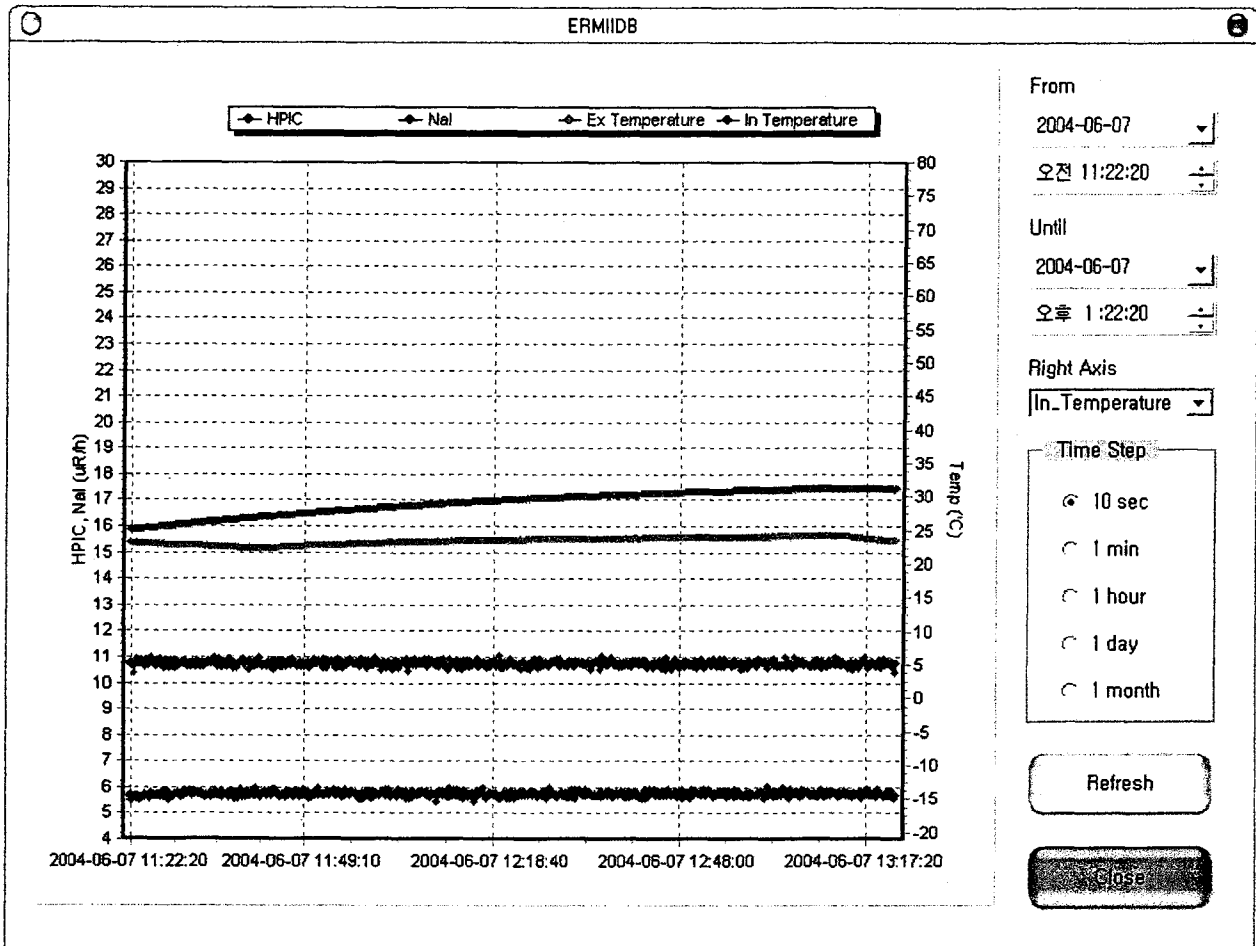
시험기준에 따라 공진검사를 한 결과는 [그림 6]과 같다. [그림 6]에서 진동주파수가 30Hz에서 시험품의 진동크기가 최대로 되어 공진이 발생됨을 알 수 있다.



[그림 6] 공진시험 결과  
(흑색 : 시험 테이블의 진동크기, 녹색 : 시험품의 진동크기)

4.5.2 진동 내구시험

공진검사에서 30Hz에서 공진이 발생하여 진동 내구시험은 진동주파수 30Hz에서 실시하였다. 진동시험 중 제품의 동작상태를 확인한 결과는 [그림 7]과 같다. [그림 7]에서 볼 수 있듯이 진동 중에 정상적으로 기능이 동작되었음을 알 수 있다.



[그림 7] 진동시험 중 기능시험 결과

<표 4> 진동시험 중 주요 특성치

시험 조건		판정 기준	시험결과		비고
진동주파수	진동크기		HPIC	NaI	
30Hz	1G	5 ~ 30 uR/hr	10.33 ~ 10.99	5.37 ~ 5.98	정상





4.6 최종 기능 시험

<표 5> 최종 기능시험 결과

시험	세부 항목	판정 기준	시험결과
시스템 기동	프로그래시브바의 동작	프로그래시브바가 정상적으로 동작하여야 한다.	정상
	Set up 창의 동작	Set up 창의 정상적으로 화면에 표시되어야 한다.	정상
출력기능	HPIC 출력	5 ~ 30uR, Up-date	10.87
	NaI DOSE 출력	5 ~ 30uR, Up-date	6.96
	MCA Spectrum 그래프 출력	1초 간격으로 데이터가 정상적으로 Up grade되어야한다.	정상
	내부 온도 출력	시험품 내부 온도가 표시되어야 한다.	32.23℃
	외부 온도 출력	주위 온도가 표시되어야 한다.	26.86℃
	외부 습도 출력	주위 습도가 표시되어야 한다.	26.25%
Alarm 기능	Warn	주황색의 경보기능이 정상적으로 동작되어야 한다.	정상
	Alarm	적색의 알람기능이 정상적으로 동작되어야 한다.	정상
DB Search 기능	주요 출력기능들의 데이터 저장, 검색, 그래픽화	HPIC 출력, NaI DOSE 출력, 내부 온도, 외부 온도, 외부 습도의 데이터가 정상적으로 저장, 검색, 그래픽으로 표시되어야 한다.	정상

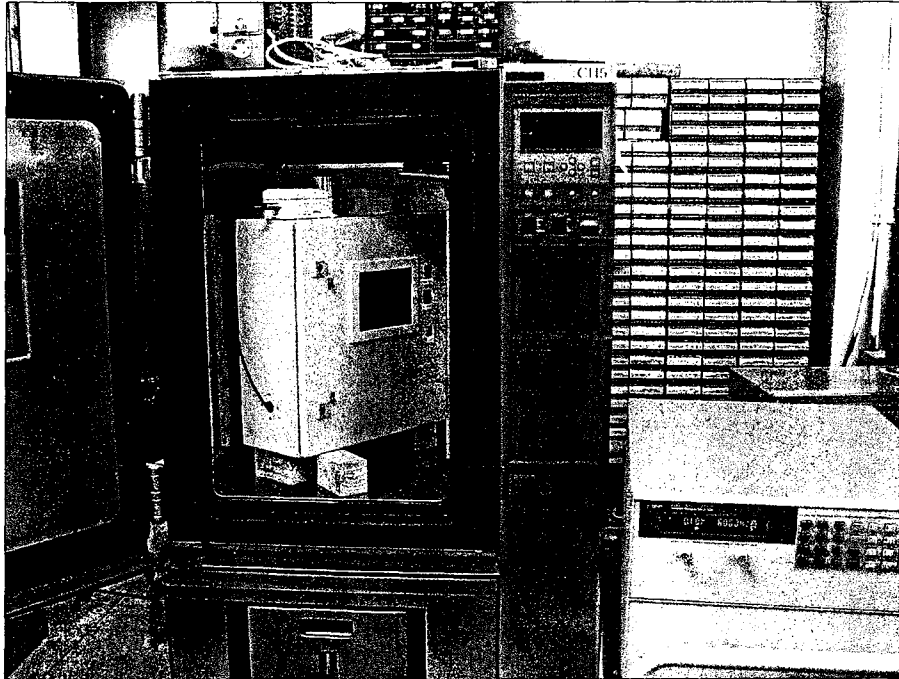
5. 시험 장비

<표 6> 시험장비 리스트

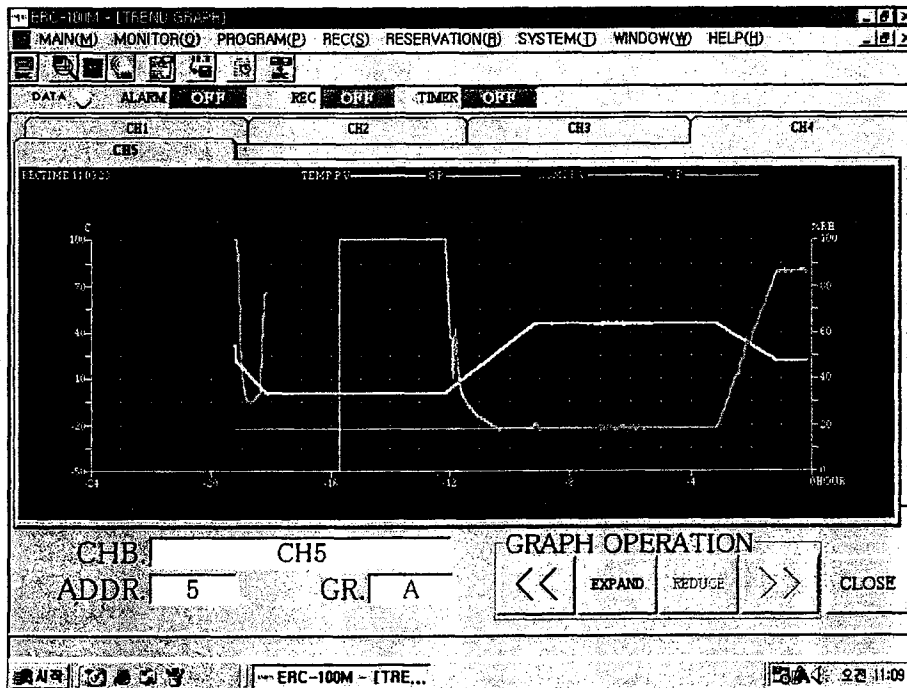
시험 장비	제 조 회 사	모 델 명
항온항습기	ESPEC CORP.	PL-2KTH
AC 전원공급기	Agilent	6843A
내전압시험기	Kikusui Electronics	TOS8750
절연저항기	General Radio	1864
진동시험기	Ling Dynamic System	V870-440, SPA 0/25K, DVC48CE

6. 시험 사진

6.1 온도 및 전원 변화 시험



[그림 8] 온도 및 전원 변화 시험사진



[그림 9] 온도 및 전원 변화 시험의 온습도 시험데이터(황색:온도, 초록색:습도)

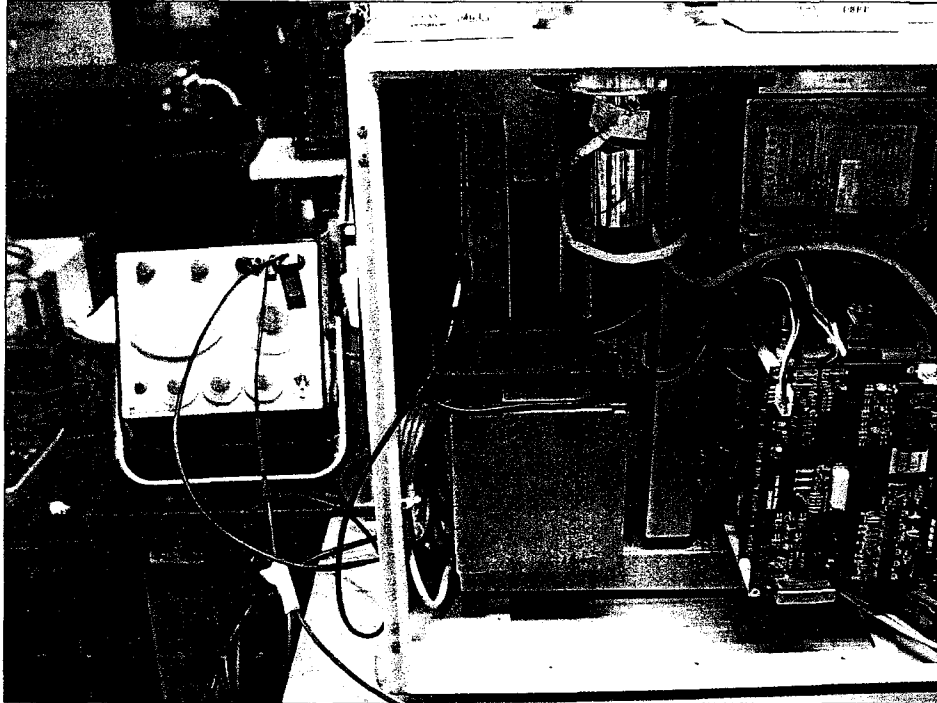


**KTL**

Korea Testing Laboratory

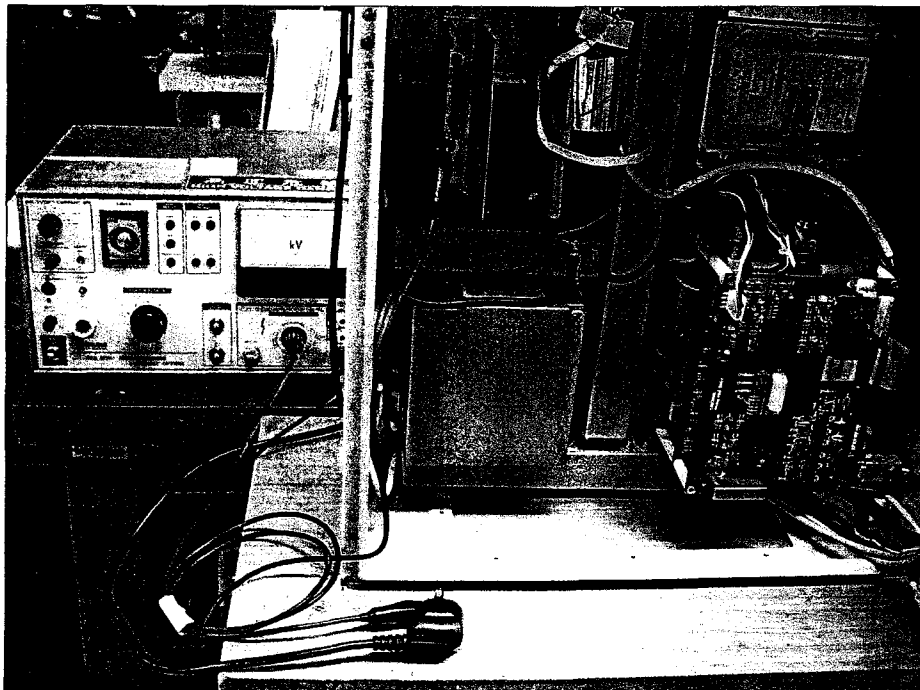
서울특별시 구로구 구로3동 222-13(우 152-848) 전화: 02-860-1473 팩스: 02-860-1479 <http://www.ktl.re.kr>

### 6.2 절연저항 시험



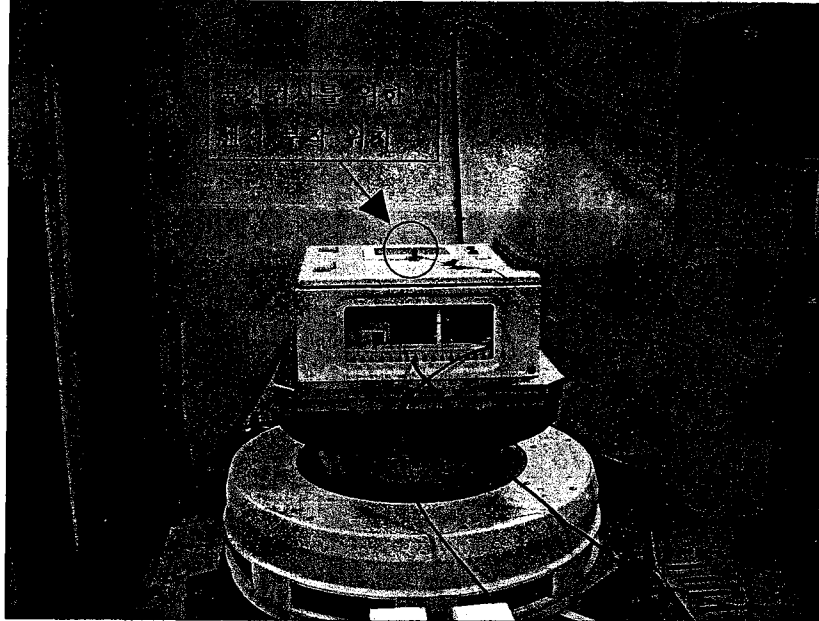
[그림 10] 절연저항 시험사진(시험단자 : 입력과 케이스)

### 6.3 내전압 시험

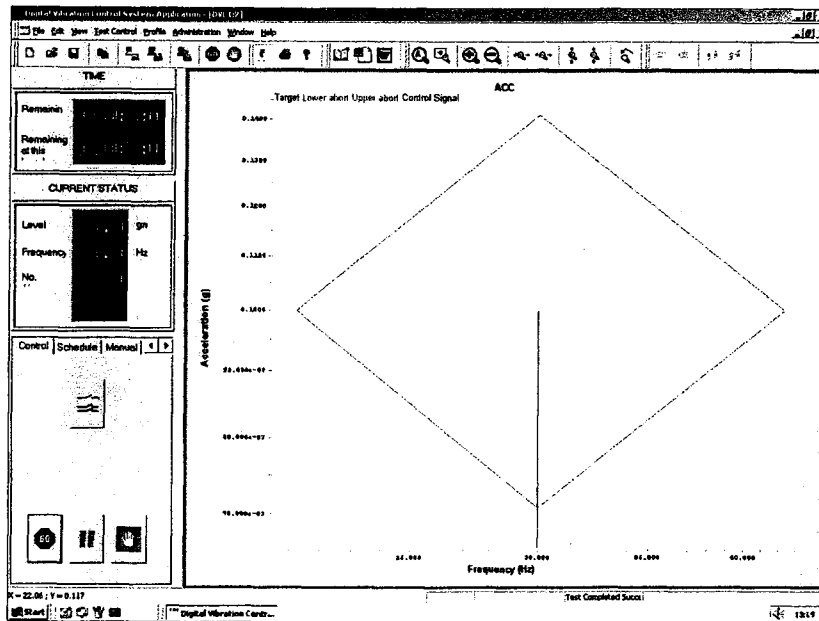


[그림 11] 내전압 시험사진(시험단자 : 입력과 케이스)

6.4 진동 시험



[그림 12] 진동시험 사진



[그림 13] 진동 내구시험 그래프

별 첨 3. 검교정 성적서

# 시험 성적서

한국원자력연구소  
대전광역시 유성구 덕진동 150  
Tel: +82-42-868-8040, Fax: +82-42-862-0252

성적서번호

04-T0027

페이지 (1)/(총 3)

1. 의뢰자

기관명 : 삼창기업(주)  
주소 : 경남 울산시 남구 중정동 168-9

2. 측정기

품명 : ERMS  
제작회사 : 삼창기업(주)      형식 : ERM-II  
기기번호 : SEC-ERM-101

3. 시험일자 : 2004/6/10

4. 시험환경

온도 : (23±2) °C      상대습도 : (50±20) % R.H.  
시험장소 : ■ 고정표준실

5. 측정표준의 소급성

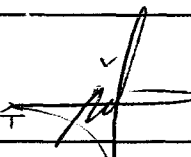

시험방법 : 감마에너지 점검선원을 사용하여 MCA의 채널 대 에너지교정을 하고 기준 선량률 조사후 반응도 확인 (엑스선 및 감마선 서베이미터의 표준 교정절차서 (KASTO 02-26-4030-034) 및 교정지침서(TCI-RC-06)에 따름.)

시험에 사용한 장비 명세

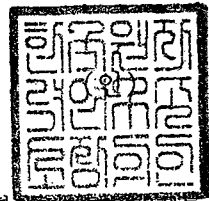
사용장비명	제작자	형식 및 기기번호	차기교정	교정기관
감마선 조사장치	Buchler	OB-40/002	2005/02/03	KAERI
감마에너지 점검선원	IPL	원판선원	-	KAERI

6. 시험결과 : 이면참조

7. 확장불확도(신뢰수준 95 %, k=2) : 이면참조

확 인	작성자		승인자
	성명    김중수		직 위 : 기술책임자 성명 : 김봉환 

한국원자력연구소장



본 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 일정한 경우에는 유효하지 않습니다.

# 시험 결과

## TEST RESULT

( 3 )페이지 중 ( 3 )페이지  
page of page

1. 성적서번호 : 04-T0027
2. 기기명 : ERMS (고압전리함, HPIC, s/n:9410065, 인가전압 : - 300 V)
3. 시험항목 : 감마선량률 의존성
4. 시험일자 : 2004/6/10
5. 시험결과 :

- 방사선질 :  $^{137}\text{Cs}$ , 0.37 GBq

	기준선량률 ( $\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ )	배경선량률 ( $\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ )	측정값 ( $\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ )	순 선량률 ( $\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ )	교정인자	Uncertainty (%, $k=2$ )
1	200	16.0	206	190	1.05	3.5
2	400	15.6	396	380	1.05	3.5
3	800	16.5	882	865	0.92	6.7
4	1,000	16.1	1,101	1,085	0.92	4.4

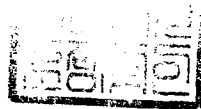
6. 참고 사항 :

.HPIC의 측정값은 ERM-II의 지시값임.

.NaI 의 경우와 동일한 선량률로 반응도 측정.

.당 시험결과는 의뢰자가 제공한 시스템 (2. 기기명 참조)에 한 함.

이하 여백



# 시험 결과

## TEST RESULT

( 3 )페이지 중 ( 2 )페이지

page of page

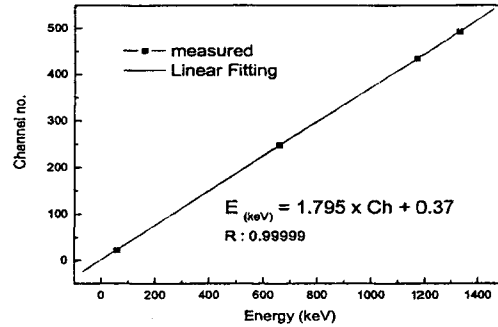
1. 성적서번호 : 04-T0027
2. 기기명 : ERMS (NaI 섬광검출기, s/n:6002-1152-1, 인가전압 : + 800 V)
3. 시험항목 : 감마선량률 의존성
4. 시험일자 : 2004/6/10
5. 시험결과 :

- 방사선질 :  $^{137}\text{Cs}$ , 0.37 GBq

	기준선량률 ( $\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ )	배경선량률 ( $\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ )	측정값 ( $\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ )	선량률 ( $\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ )	교정인자	Uncertainty (%, k=2)
1	200	9.0	213	204	0.98	3.6
2	400	9.1	423	414	0.97	3.6
3	800	9.2	809	800	1.00	3.6
4	1,000	9.2	975	966	1.04	3.6

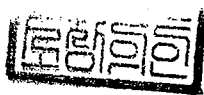
- 내장 MCA channel 교정자료

선원	에너지 (keV)	channel no.
$^{241}\text{Am}$	59.5	23
$^{137}\text{Cs}$	661.7	248
$^{60}\text{Co}$	1173.2	435
	1332.5	494



6. 참고 사항 :
  - .감마에너지 점검 선원을 NaI 검출기에 근접시켜 에너지 교정
  - .시스템 불감시간 : 5.68  $\mu\text{s}$
  - .당 시험결과는 의뢰자가 제공한 시스템 (2. 기기명 참조)에 한 함.

( 이하 계속 )





## 별첨 4. 윈도우즈 디바이스 드라이버 프로그램 소스

## 별첨 4. 윈도우즈 디바이스 드라이버 프로그램 소스

PC104 I/F보드의 PCI Device Driver 구조체 정의 및 레지스터 어드레스 맵을 정의하는 헤더 파일 pci\_io.h는 다음과 같다.

```
////////////////////////////////////
//
// SAMCHANG Enterprise, Co.
// ERMS Software.
// PCI_IO.H
//
// DESCRIPTION: NT DRIVER'S PCL_IO
//
////////////////////////////////////

#ifndef PCL_IO_H_INCLUDED
#define PCL_IO_H_INCLUDED

#ifdef __cplusplus
extern "C" {
#endif

typedef int          BOOL;
typedef unsigned char BYTE;
typedef unsigned short WORD;
typedef unsigned long DWORD;

#define DW_MINUS      0xffffffff

#define MAX_CARD_NUMS          6
#define MAX_BASE_ADDR_NUMS    6

#define MAX_IO_BUF_SIZE      0xFFFF // maximum 1024 words

#pragma pack(1) /* Assume byte packing throughout */

typedef struct tagINFO_PCI
{
    ULONG      irq;
    ULONG      cs[MAX_BASE_ADDR_NUMS];
    ULONG      cs_len[MAX_BASE_ADDR_NUMS];
    ULONG      io[MAX_BASE_ADDR_NUMS];
    ULONG      io_len[MAX_BASE_ADDR_NUMS];
};
```

```

} INFO_PCI,*PINFO_PCI;

typedef struct _IOCTL_DATA
{
    ULONG Addr;
    ULONG Offset;
    ULONG Data;
    ULONG Data2;
    ULONG Count1;
    ULONG Count2;
    ULONG IntFlag;

} IOCTL_DATA, *PIOCTL_DATA;

typedef struct _IOCTL_BLOCK_B
{
    ULONG Addr;
    ULONG Length;
    BYTE Buf[MAX_IO_BUF_SIZE];
    ULONG Return; // read or write length
} IOCTL_BLOCK_B, *PIOCTL_BLOCK_B;

typedef struct _IOCTL_BLOCK_W
{
    ULONG Addr;
    ULONG Length;
    USHORT Buf[MAX_IO_BUF_SIZE];
    ULONG Return; // read or write length
} IOCTL_BLOCK_W, *PIOCTL_BLOCK_W;

typedef struct _IOCTL_BLOCK
{
    ULONG Addr;
    ULONG Length;
    ULONG Buf[MAX_IO_BUF_SIZE];
    ULONG Count;
    ULONG Return; // read or write length
} IOCTL_BLOCK, *PIOCTL_BLOCK;

#pragma pack()

////////////////////////////////////

```

```

#define INT_END_FLAG          0xffff4444
#define INT_PENDING          0x80000000

#define PCI_NT_DEVICE_NAME    L"WWDeviceWWerm2"
#define PCI_WIN32_DEVICE_NAME L"WWDosDevicesWWerm2"

#define DEVICE_USER_TYPE      0xd003

#define PCI_WDM_DEVICE_NAME0  "WWW.WWerm20"
#define PCI_WDM_DEVICE_NAME1  "WWW.WWerm21"

////////////////////////////////////
//  PCI DEVICE REGISTER MAP
////////////////////////////////////

// Easy PCI Target Register Address Map
#define AT_IOA_D0              0
#define AT_IOA_D8              1
#define AT_IOA_D16             2
#define AT_IOA_D24             3
#define AT_IOA_OE0             4
#define AT_IOA_OE8             5
#define AT_IOA_OE16            6
#define AT_IOA_OE24            7
#define AT_IOB_D0              8
#define AT_IOB_D8              9
#define AT_IOB_D16             10 // 0xa
                                // absent
#define AT_IOB_OE0             12 // 0xc
#define AT_IOB_OE8             13 // 0xd
#define AT_IOB_OE16            14 // 0xe
#define AT_IRQ_CTL             15 // 0xf

// define
#define AT_IO_APORT            0
#define AT_IO_BPORT            1

#define AT_IO_INPUT            0
#define AT_IO_OUTPUT           1

#define AT_IRQ_ONE              0
#define AT_IRQ_TWO              1

#define AT_IRQ_DOWNEDGE        0
#define AT_IRQ_UPEDGE          1

```

```
#define AT_IRQ_DISABLE          0
#define AT_IRQ_ENABLE          1
```

```
enum {
    PCL_GET_INFO = 0x800,

    PCL_WRITE_B,
    PCL_WRITE_W,
    PCL_WRITE,

    PCL_READ_B,
    PCL_READ_W,
    PCL_READ,

    PCL_WRITE_PORT_B,
    PCL_WRITE_PORT_W,
    PCL_WRITE_PORT,

    PCL_READ_PORT_B,
    PCL_READ_PORT_W,
    PCL_READ_PORT,

    PCL_WRITE_BLOCK_B,
    PCL_WRITE_BLOCK_B_DW,
    PCL_WRITE_BLOCK_W,
    PCL_WRITE_BLOCK,

    PCL_READ_BLOCK_B,
    PCL_READ_BLOCK_B_DW,
    PCL_READ_BLOCK_W,
    PCL_READ_BLOCK,

    PCL_READ_INT,
    PCL_READ_INT_END,

    PCL_SET_INT,
    PCL_GET_INT,
    PCL_CLR_INT
};
```

```
#define PCL_IOCTL_GET_INFO          CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE
PCL_GET_INFO, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
```

```

#define PCI_IOCTL_WRITE_B          CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,
PCI_WRITE_B, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_WRITE_W          CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,
PCI_WRITE_W, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_WRITE           CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE, PCI_WRITE,
METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)

#define PCI_IOCTL_READ_B          CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,
PCI_READ_B, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_READ_W          CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,
PCI_READ_W, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_READ           CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE, PCI_READ,
METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)

#define PCI_IOCTL_WRITE_PORT_B    CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,
PCI_WRITE_PORT_B, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_WRITE_PORT_W    CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,
PCI_WRITE_PORT_W, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_WRITE_PORT      CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,
PCI_WRITE_PORT, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)

#define PCI_IOCTL_READ_PORT_B     CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,
PCI_READ_PORT_B, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_READ_PORT_W     CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,
PCI_READ_PORT_W, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_READ_PORT       CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,
PCI_READ_PORT, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)

#define PCI_IOCTL_READ_BLOCK_B    CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE, PCI_READ_BLOCK_B,
METHOD_BUFFERED,
FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_READ_BLOCK_B_DW CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE, PCI_READ_BLOCK_B_DW,
METHOD_BUFFERED,
FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_READ_BLOCK_W    CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE, PCI_READ_BLOCK_W,
METHOD_BUFFERED,
FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_READ_BLOCK      CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE, PCI_READ_BLOCK,
METHOD_BUFFERED,
FILE_ANY_ACCESS)

#define PCI_IOCTL_WRITE_BLOCK_B   CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE, PCI_WRITE_BLOCK_B,
METHOD_BUFFERED,
FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_WRITE_BLOCK_B_DW

```

```

CTL_CODE(DEVICE_USER_TYPE,PCI_WRITE_BLOCK_B_DW, METHOD_BUFFERED
FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_WRITE_BLOCK_W
CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,PCI_WRITE_BLOCK_W, METHOD_BUFFERED
FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_WRITE_BLOCK
CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,PCI_WRITE_BLOCK, METHOD_BUFFERED
FILE_ANY_ACCESS)

#define PCI_IOCTL_READ_INT
CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,PCI_READ_INT, METHOD_BUFFERED
FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_READ_INT_END
CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE,PCI_READ_INT_END, METHOD_BUFFERED
FILE_ANY_ACCESS)

#define PCI_IOCTL_SET_INT CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE
PCI_SET_INT, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_GET_INT CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE
PCI_GET_INT, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)
#define PCI_IOCTL_CLR_INT CTL_CODE( DEVICE_USER_TYPE
PCI_CLR_INT, METHOD_BUFFERED, FILE_ANY_ACCESS)

#ifdef __cplusplus
}
#endif

#endif

```

PC104 I/F 보드의 드라이버 함수 라이브러리 헤더파일 pcilib.h는 다음과 같다.

```

////////////////////////////////////
//
// SAMCHANG Enterprise, Co.
// ERMS Software.
// PCILIB.H
//
////////////////////////////////////

#ifndef PCILIB_H
#define PCILIB_H

#include "pci_io.h"
#include "Define.h"

```

```

#define INT_THREAD_PAUSE 0
#define INT_THREAD_RUN 1
#define INT_THREAD_END 2

#define WM_INT_REQ WM_USER + 0x3333

#define DEMO_DIPSW 15
#define DEMO_LED 11

#define MAX_MCA_CHANNEL 32767 // 15-bit Resolution

extern int gCard;

extern HANDLE hSys[MAX_CARD_NUMS];
extern INFO_PCI InfoPci[MAX_CARD_NUMS];
extern INFO_PCI *pInfoPci[MAX_CARD_NUMS];
extern IOCTL_DATA IoData[MAX_CARD_NUMS];
extern IOCTL_DATA *pIoData[MAX_CARD_NUMS];
extern IOCTL_BLOCK IoBlock;
extern BOOL gCardExist[MAX_CARD_NUMS];

extern HWND hMsgWnd;
extern BYTE bitwise[8];
extern BOOL IntSetFlag;

// For MCA Data Acquisiton...
extern unsigned long en_MCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL]; // MCA Data (0x8000
개) for aquisition
extern unsigned long en_dMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL]; // MCA Data for sub
use
extern unsigned long en_pMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL]; // MCA Data for sub
use
extern unsigned long en_pdMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL]; // MCA Data for sub
use
extern unsigned long en_zMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL]; // MCA Data for usb
use
extern unsigned long en_cMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL]; // MCA Data for usb
use
extern unsigned long en_rMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL]; // MCA Data for ROI
use
extern unsigned long en_mMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL]; // MCA Data for MCA
windows

```



```

// JungU
extern float en_t[0x3FFFF];
extern unsigned long en_tC;
extern float en_hpvc;

extern unsigned long en_MCA_Count;           // MCA Data Count
extern unsigned long en_MCA_TCount;        // MCA Data Count Time
extern int en_MCA_Start;                   // MCA Start Flag ( 0:Stop,
1:Start, -1:Pause ... etc)
extern int en_MCA_Resol;                   // MCA Resolution ( 0xffff ~
0x1ff )
extern int en_Old_Addr;    // Memory Old Address
extern int en_New_Addr;    // Memory New Address
extern int en_New_Data;    // Rescent Data form New Address
extern double en_CAL_a;    // Energy Calibration y= ax + b ... [a]
extern double en_CAL_b;    // Energy Calibration y= ax + b ... [b]

////////////////////////////////////

//=====
//          LIBRARY
//=====
BOOL Control_300V(BOOL sw); // 300V Power on/off // IOA31bit : 300V Control -
1(On)
BOOL Control_800V(BOOL sw); // 800V Power on/off // IOA32bit : 800V Control -
1(On)
BOOL Control_ReadZero(BOOL sw); // Read/Zero on/off // IOB15bit : Read/Zero
Control - 1(On)
BOOL Control_WarnLamp(BOOL sw); // IOB16bit : Warn Lamp Control - 1(On)
0(Normal)
BOOL Control_AlarmLamp(BOOL sw); // IOB17bit : Alarm Lamp Control - 1(On)

BOOL Control_Buzzer(BOOL sw); // IOB18bit : Buzzer Control - 1(On)
void Control_NormalLamp(); // IOB16bit : Warn Lamp Control - 1(On) 0(Normal)
BOOL InitialHW(); // Initialize the MCA Hardware
int AtReadAddr(); // READ Current W-Address (13bits)
void AtReadMemory(); // Read Memory for MCA block
BOOL MCAStart(); // MCA Start and Initialization
void MCAEnd();

BOOL GetDeviceInfo(int card);
void AtWrite(int card,DWORD address,DWORD data);
void AtWriteW(int card,DWORD address,WORD data);
void AtWriteB(int card,DWORD address,BYTE data);
DWORD AtRead(int card,DWORD address);

```

```

WORD  AtReadW(int card,DWORD address);
BYTE  AtReadB(int card,DWORD address);

DWORD AtReadBlock(int card, BYTE pci_cs, DWORD offset, ULONG *buf);

void  InterruptProcess(PVOID pvoid);
void  AtIntClr();
void  AtIntSet();
void  DeviceCtrl(int card,DWORD cmd);

void  AtWriteBit(int card,BOOL port, BYTE offset,BOOL bdata);
BOOL  AtReadBit(int card,BOOL port, BYTE offset);
void  AtSetIoMode(int card,BOOL port,BYTE offset,BOOL dir);
BOOL  AtGetIoMode(int card,BOOL port,BYTE offset);
void  AtIrqAck(int card,BOOL which);
void  AtIrqEnable(int card,BOOL which,BOOL onoff);
void  AtIrqEdge(int card,BOOL which,BOOL updown);
BOOL  AtIrqRead(int card,BOOL which);

#endif

```

위의 헤더 파일들을 이용하여 실제로 MCA 데이터를 듀얼포트램에서 읽어오는 등의 기능을 위한 루틴을 포함한 드라이버 파일은 다음과 같다.

```

////////////////////////////////////
//
//      SAMCHANG Enterprise, Co.
//      ERMS Software
//      PCILIB.CPP
////////////////////////////////////

#include "stdafx.h"
#include <winioctl.h>
#include <io.h>
#include <process.h>

#include "pcilib.h"

int  IntThread  = INT_THREAD_PAUSE;
BOOL IntSetFlag = FALSE;

HANDLE      hSys[MAX_CARD_NUMS] = { NULL,NULL,NULL,NULL,NULL,NULL
};

```

```

INFO_PCI   InfoPci[MAX_CARD_NUMS];
INFO_PCI   *pInfoPci[MAX_CARD_NUMS];
IOCTL_DATA IoData[MAX_CARD_NUMS];
IOCTL_DATA *pIoData[MAX_CARD_NUMS];
BOOL       gCardExist[MAX_CARD_NUMS] = { 0,0,0,0,0 };

HWND       hMsgWnd;
BYTE bitwise[8]={0x01, 0x02, 0x04, 0x08, 0x10, 0x20, 0x40, 0x80};
BOOL AtOffsetCheck(BOOL port, BYTE offset);
int  gCard=0;

unsigned long   en_MCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL] = { 0 , }; // MCA Data
(0x8000 개) for aquisition
unsigned long   en_dMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL] = { 0 , }; // MCA Data for
sub use
unsigned long   en_pMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL] = { 0 , }; // MCADData for
sub use
unsigned long   en_pdMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL] = { 0 , }; // MCADData for
sub use
unsigned long   en_zMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL] = { 0 , }; // MCADData for
sub use
unsigned long   en_cMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL] = { 0 , }; // MCADData for
sub use
unsigned long   en_rMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL] = { 0 , }; // MCADData for
ROI use
unsigned long   en_mMCA_Data[MAX_MCA_CHANNEL] = { 0 , }; // MCADData for
MCA Windows

float en_t[0x3FFFF] = { 0 , };
unsigned long en_tC = 0;
float en_hpvc = 0;

unsigned long en_MCA_Count = 0;           // MCA Data Count
unsigned long en_MCA_TCount = 0;         // MCA Data Count Time
int en_MCA_Start = 0;                    // MCA Start Flag ( 0:Stop,
1:Start, -1:Pause ... etc)
int en_MCA_Resol = 0;                     // MCA Resolution ( 0xffff ~
0x1ff )
int en_Old_Addr = 0;    // Memory Old Address
int en_New_Addr = 0;    // Memory New Address
int en_New_Data; // MCA DATA from new Address
double en_CAL_a = 0.0; // Energy Calibration y= ax + b ... [a]
double en_CAL_b = 0.0; // Energy Calibration y= ax + b ... [b]

```

```

////////////////////////////////////

```

```

//          LIBRARY
////////////////////////////////////

int app_start = 0;

BOOL Control_300V(BOOL sw) // 300V Power on/off // IOA31bit : 300V Control -
1(On)
{
    short data = 0;
    short temp = 0;
    data = AtReadW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOA_D16);
    temp = data;
    if( sw == TRUE ) data |= 0x4000;
    else data &= 0xBFFF;

    AtWriteW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOA_D16,data);
    return TRUE;
}

BOOL Control_800V(BOOL sw) // 800V Power on/off // IOA32bit : 800V Control -
1(On)
{
    short data = 0;
    data = AtReadW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOA_D16);
    if( sw == TRUE ) data |= 0x8000;
        else data &= 0x7FFF;
    AtWriteW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOA_D16,data);
    return TRUE;
}

BOOL Control_ReadZero(BOOL sw) // Read/Zero on/off // IOB15bit : Read/Zero
Control - 1(On)
{
    long data = 0;
    data = AtRead(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOB_D0);
    if( sw == TRUE ) data |= 0x4000;
        else data &= 0xFFFFBFFF;
    AtWrite(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOB_D0,data);
    return TRUE;
}

BOOL Control_WarnLamp(BOOL sw) // IOB16bit : Warn Lamp Control - 1(On)
0(Normal)
{
    long data = 0;
    data = AtRead(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOB_D0);
    if( sw == TRUE ) data |= 0x8000;
        else data &= 0xFFFF7FFF;
}

```

```

        AtWrite(gCard,InfoPci[0].cs[0]+ AT_IOB_D0,data);
        return TRUE;
    }
    BOOL Control_AlarmLamp(BOOL sw) // IOB17bit : Alarm Lamp Control - 1(On)
    {
        long data = 0;
        data = AtRead(gCard,InfoPci[0].cs[0]+ AT_IOB_D0);
        if( sw == TRUE ) data |= 0x10000;
            else data &= 0xFFFEFFFF;
        AtWrite(gCard,InfoPci[0].cs[0]+ AT_IOB_D0,data);
        return TRUE;
    }
    BOOL Control_Buzzer(BOOL sw) // IOB18bit : Buzzer Control - 1(On)
    {
        long data = 0;
        data = AtRead(gCard,InfoPci[0].cs[0]+ AT_IOB_D0);
        if( sw == TRUE ) data |= 0x20000;
            else data &= 0xFFDFDFFF;
        AtWrite(gCard,InfoPci[0].cs[0]+ AT_IOB_D0,data);
        return TRUE;
    }
    void Control_NormalLamp() // IOB16bit : Warn Lamp Control - 1(On) 0(Normal)
    {
        Control_WarnLamp(FALSE);
        Control_AlarmLamp(FALSE);
        Control_Buzzer(FALSE);
    }

    BOOL InitialHW() // Initialize the MCA Hardware
    {
        if( !MCASStart() ) return FALSE;
        // IOA31bit : 300V Control - 1(On)
        // IOA32bit : 800V Control - 1(On)
        // IOB14bit : RAM Select - 1 (UnSelect), 0(Select)
        // IOB15bit : Read/Zero Control - 1(On)
        // IOB16bit : Warn Lamp Control - 1(On) 0(Normal)
        // IOB17bit : Alarm Lamp Control - 1(On)
        // IOB18bit : Buzzer Control - 1(On)
        // IOB19bit : Spare Control
        AtWrite(gCard,InfoPci[0].cs[0]+ AT_IOB_D0, 0x00000000);
        AtWriteW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+ AT_IOA_D16,0x0000);
        Sleep(10);
        AtWrite(gCard,InfoPci[0].cs[0]+ AT_IOB_D0, 0x0000E000);
        AtWriteW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+ AT_IOA_D16,0xC000);
        return TRUE;
    }

```

```

}

void AtReadMemory() // Read Memory for MCA
{
    en_New_Addr = AtReadW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOA_D16); // READ
Current W-Address (13bits)
    en_New_Addr &= 0x1fff;
    int datar = 0;
    int tempSet = 0;
    int delta_Addr = en_New_Addr - en_Old_Addr;
    int cur_Addr = en_Old_Addr;
    if( delta_Addr < 0 ) delta_Addr = 0x2000 - en_Old_Addr + en_New_Addr;

    tempSet = AtReadW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOB_D0);
    for(int i=0; i < delta_Addr; i++)
    {
        datar = ( (tempSet) | (cur_Addr+i) ) & 0xDfff;
        AtWriteW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOB_D0, datar ); // Write
R-Address in order to Read Data
        datar = AtReadW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOA_D0); // Read
Data from R-Address
        if(datar < 0x8000)
        {
            en_MCA_Data[datar]++;
            en_dMCA_Data[datar]++;
            en_pMCA_Data[datar]++;
            en_zMCA_Data[datar]++;
            en_cMCA_Data[datar]++;
        }
    }
    datar = tempSet | 0x2000;
    AtWriteW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOB_D0, datar);
    en_Old_Addr = en_New_Addr;
    en_MCA_Count += delta_Addr;
}

int AtReadAddr() // READ Current W-Address (13bits)
{
    int value;
    value = AtReadW(gCard,InfoPci[0].cs[0]+AT_IOA_D16) & 0x1fff; // READ
Current W-Address (13bits)
    return(value);
}

BOOL MCAStart()
{

```

```

int i;
int found;
BYTE devname[40];

if(app_start!=0) return FALSE;
app_start = 1;
for(i=0;i<MAX_CARD_NUMS;i++) {
    gCardExist[i] = FALSE;
    hSys[i] = NULL;
}
for(i=0;i<MAX_CARD_NUMS;i++) {
    wsprintf((char*)devname,"\\\\\\\\\\\\\\\\.\\\\\\\\\\\\\\\\erm2%d",i);
    hSys[i] = CreateFile((const char *)devname, GENERIC_READ
GENERIC_WRITE, FILE_SHARE_READ | FILE_SHARE_WRITE,
NULL,OPEN_EXISTING,FILE_ATTRIBUTE_NORMAL,NULL);
    if (hSys[i] !=INVALID_HANDLE_VALUE) {
        if (GetDeviceInfo(i)==TRUE) {
            gCardExist[i] = TRUE;
        }
    }
}
found =0;
for(i=0;i<MAX_CARD_NUMS;i++) {
    found = found + gCardExist[i];
}
if(found==0) {
    MessageBox(hMsgWnd, "Fail! load device driver... ", "MCA.exe",MB_OK
MB_ICONERROR);
    return FALSE;
}
// first card then gcard
if(gCardExist[0]!=0) gCard = 0;
int j;
// i/o mode set
for(i=0;i<MAX_CARD_NUMS;i++) {
    if(gCardExist[i]==TRUE) {
        //////////////////////////////////////
        for(j=0;j<4;j++) {
            AtSetIoMode(i,AT_IO_BPORT,DEMO_LED+ j,AT_IO_OUTPUT);

            AtSetIoMode(i,AT_IO_BPORT,DEMO_DIPSW+ j,AT_IO_INPUT);
        }
        AtWriteB(gCard,InfoPci[i].cs[0]+ AT_IOA_OE16,0xFF);
    }
}

```

```

        AtWriteB(gCard,InfoPci[i].cs[0]+ AT_IOA_OE24,0xFF);
        // interrupt init
        AtIrqAck(i,AT_IRQ_ONE);
        AtIrqAck(i,AT_IRQ_TWO);
        AtIrqEnable(i,AT_IRQ_ONE,AT_IRQ_DISABLE);
        AtIrqEnable(i,AT_IRQ_TWO,AT_IRQ_DISABLE);
        ///////////////////////////////////////////////////
    }
}

// I/O Mode Setup
// IOA[00 - 29] : READ (Input)
// IOA[30 - 31] : WRITE (Output)
// IOB[00 - 31] : WRITE (Output)
    for(i=0;i<30;i+=2) // IOA[00 - 29] : READ
    {
        AtSetIoMode(gCard,AT_IO_APORT,i,AT_IO_INPUT);
        AtSetIoMode(gCard,AT_IO_APORT,i+ 1,AT_IO_INPUT);
    }
    AtSetIoMode(gCard,AT_IO_APORT,i+ 1,AT_IO_OUTPUT); // IOA[30] :WRITE
    AtSetIoMode(gCard,AT_IO_APORT,i+ 2,AT_IO_OUTPUT); // IOA[31] :WRITE
    for(i=0;i<19;i++) // IOB[00 - 18] : WRITE
    {
        AtSetIoMode(gCard,AT_IO_BPORT,i,AT_IO_OUTPUT);
    }

//_beginthread(InterruptProcess,0,NULL);
return TRUE;

}

void MCAEnd()
{
    int i;

    Control_300V(FALSE); // 300V Power on/off // IOA31bit : 300V Control -
1(On)
    Control_800V(FALSE); // 800V Power on/off // IOA32bit : 800V Control -
1(On)
    Control_ReadZero(FALSE); // Read/Zero on/off // IOB15bit : Read/Zero
Control - 1(On)
    Control_WarnLamp(FALSE); // IOB16bit : Warn Lamp Control - 1(On)
0(Normal)
    Control_AlarmLamp(FALSE); // IOB17bit : Alarm Lamp Control - 1(On)

```



```

Control_Buzzer(FALSE); // IOB18bit : Buzzer Control - 1(On)
Control_NormalLamp(); // IOB16bit : Warn Lamp Control - 1(On) 0(Normal)

if (app_start == 1) {
    IntThread = INT_THREAD_END;
    for(i=0;i<MAX_CARD_NUMS;i++) {
        if (hSys[i] != NULL ) {
            gCardExist[i] = 0;
            CloseHandle(hSys[i]);
            hSys[i] = NULL;
        }
    }
    app_start = 0;
}
}

```

```

BOOL GetDeviceInfo(int card)
{
    unsigned char bret;
    DWORD cb;
    if(hSys[card]==NULL) return FALSE;
    InfoPci[card].irq = 0; InfoPci[card].cs[0] = 0;
    bret = DeviceIoControl((HANDLE)hSys[card],(DWORD)PCI_IOCTL_GET_INFO,(LPVOID)&InfoPci[card],(DWORD)sizeof(INFO_PCI),(LPVOID)&InfoPci[card],(DWORD)sizeof(INFO_PCI),(LPDWORD)&cb,(LPOVERLAPPED)0);
    if(InfoPci[card].cs[0]==0) {
        if (hSys[card] != NULL ) {
            CloseHandle(hSys[card]);
            hSys[card] = NULL;
        }
        return FALSE;
    }
    return TRUE;
}

```

```

void AtIntSet()
{
    int i;
    if(IntSetFlag==FALSE) {
        for(i=0;i<MAX_CARD_NUMS;i++) {
            if(gCardExist[i]==TRUE) {
                IoData[i].Count1 = IoData[i].Count2 = (DWORD)0;
            }
        }
    }
}

```

```

                DeviceCtrl(i,PCI_IOCTL_SET_INT)
            }
        }
        IntSetFlag = TRUE;
        IntThread  = INT_THREAD_RUN;
    }
}

void AtIntClr()
{
    int i;
    if(IntSetFlag==TRUE) {
        for(i=0;i<MAX_CARD_NUMS;i++) {
            if(gCardExist[i]==TRUE) {
                IoData[i].Count1 = 0;
                DeviceCtrl(i,PCI_IOCTL_CLR_INT)
            }
        }
        IntSetFlag = FALSE;
        IntThread  = INT_THREAD_PAUSE;
    }
}

void AtWrite(int card,DWORD address, DWORD data)
{
    IoData[card].Addr = address;
    IoData[card].Data  = (DWORD)data;
    ::DeviceCtrl(card,PCI_IOCTL_WRITE);
}

void AtWriteW(int card,DWORD address, WORD data)
{
    IoData[card].Addr = address;
    IoData[card].Data  = (DWORD)data;
    ::DeviceCtrl(card,PCI_IOCTL_WRITE_W);
}

void AtWriteB(int card, DWORD address, BYTE data)
{
    IoData[card].Addr = address;
    IoData[card].Data  = (DWORD)data;
    ::DeviceCtrl(card,PCI_IOCTL_WRITE_B);
}

```

```

DWORD AtRead(int card,DWORD address)
{
    IoData[card].Addr = address;
    ::DeviceCtrl(card,PCI_IOCTL_READ);
    return (DWORD)IoData[card].Data;
}

WORD AtReadW(int card,DWORD address)
{
    IoData[card].Addr = address;
    ::DeviceCtrl(card,PCI_IOCTL_READ_W);
    return (WORD)IoData[card].Data;
}

BYTE AtReadB(int card,DWORD address)
{
    IoData[card].Addr = address;
    ::DeviceCtrl(card,PCI_IOCTL_READ_B);
    return (BYTE)IoData[card].Data;
}

DWORD AtReadBlock(int card, BYTE pci_cs, DWORD offset, ULONG *buf)
{
    IOCTL_BLOCK          IoctlData;
    IoctlData.Addr = (DWORD)InfoPci[card].cs[pci_cs] + offset;
    DWORD cb;

    if( (hSys[card]!=NULL) && (gCardExist[card]==TRUE) ) {
        DeviceIoControl(
            (HANDLE)hSys[card],
            (DWORD)PCI_READ_BLOCK,
            (LPVOID)&IoctlData,
            (DWORD)sizeof(IOCTL_BLOCK),
            (LPVOID)&IoctlData,
            (DWORD)sizeof(IOCTL_BLOCK),
            (LPDWORD)&cb,
            (LPOVERLAPPED)0);
        IoctlData.Length = MAX_IO_BUF_SIZE;
        for(int i=0; i<MAX_IO_BUF_SIZE; i++)
            buf[i] = IoctlData.Buf[i];
    }
    else return 0;

    return (DWORD)IoctlData.Length;
}

```

```

void DeviceCtrl(int card,DWORD cmd)
{
    DWORD cb;
    if ( (hSys[card]!=NULL) && (gCardExist[card]!=TRUE)) {

DeviceIoControl((HANDLE)hSys[card],(DWORD)cmd,(LPVOID)&IoData[card],(DWORD)
sizeof(IOCTL_DATA),(LPVOID)&IoData[card],(DWORD)sizeof(IOCTL_DATA),(LPDWOR
D)&cb,(LPOVERLAPPED)0);
    }
}

void InterruptProcess(PVOID pvoid)
{
    DWORD iCount1[MAX_CARD_NUMS],iCount2[MAX_CARD_NUMS];
    int i;
    unsigned long mca;

    for(i=0;i<MAX_CARD_NUMS;i++) {
        iCount1[i] = IoData[i].Count1;
        iCount2[i] = IoData[i].Count2;
    }

    do {
        if(IntThread == INT_THREAD_END) _endthread();
        if(IntThread == INT_THREAD_RUN) {
            for(i=0;i<MAX_CARD_NUMS;i++) {
                if (gCardExist[i]!=TRUE) {
                    ::DeviceCtrl(i,PCI_IOCTL_GET_INT);
                    if( IoData[i].Count1 > iCount1[i] ) {

                        iCount1[i] = IoData[i].Count1;
                        AtWriteW(gCard,InfoPci[gCard].cs[0]+AT_IOA_D16, 0x0000);
                        {
                            if( en_MCA_Start == 1 )
                                {
                                    mca = tReadW(gCard,InfoPci[gCard].cs[0]+AT_IOA_D0);

                                    en_MCA_Data[mca]++;
                                    en_dMCA_Data[mca]++;
                                    en_pMCA_Data[mca]++;
                                    en_zMCA_Data[mca]++;
                                }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    } while (IntThread == INT_THREAD_RUN);
}

```

```

en_cMCA_Data[mca]++;
    }
}

AtWriteW(gCard,InfoPci[gCard].cs[0]+ AT_IOA_D16, 0xFFFF);
    }
}
}
} while(1);
}

////////////////////////////////////
//
//      PCI EasyTarget I/O Functions
//
////////////////////////////////////

void AtWriteBit(int card,BOOL port, BYTE offset,BOOL bdata)
{
    int bytepos,bitpos;
    BYTE data;
    DWORD address;
    if(!AtOffsetCheck(port,offset)) return;
    bytepos = offset;      bytepos = bytepos & 0x18; bytepos = bytepos >>3
    if(port==AT_IO_APORT) {      // Aport
        address = InfoPci[card].cs[0]+ AT_IOA_D0+ bytepos;
    } else {      // Bport
        address = InfoPci[card].cs[0]+ AT_IOB_D0+ bytepos;
    }
    data =      AtReadB(card,address);
    bitpos = offset;      bitpos = bitpos & 0x7;
    if(bdata==TRUE) {
        data = data | bitwise[bitpos];
    } else {
        data = data & ~bitwise[bitpos];
    }
    AtWriteB(card,address,data);
    return;
}

BOOL AtReadBit(int card,BOOL port, BYTE offset)
{

```

```

int bytepos,bitpos;
BYTE data;
DWORD address;
if(!AtOffsetCheck(port,offset)) return 0;

bytepos = offset;      bytepos = bytepos & 0x18; bytepos = bytepos >>3
if(port==AT_IO_APORT) {      // Aport
    address = InfoPci[card].cs[0]+AT_IOA_D0+ bytepos;
} else {                    // Bport
    address = InfoPci[card].cs[0]+AT_IOB_D0+ bytepos;
}
data = AtReadB(card,address);
bitpos = offset;      bitpos = bitpos & 0x7;
data = data & bitwise[bitpos];
if(data!=0) return TRUE;
return FALSE;
}

```

```

void AtSetIoMode(int card,BOOL port,BYTE offset,BOOL dir)

```

```

{
    int bytepos,bitpos;
    BYTE data;
    DWORD address;
    if(!AtOffsetCheck(port,offset)) return;

    bytepos = offset;      bytepos = bytepos & 0x18; bytepos = bytepos >>3
    if(port==AT_IO_APORT) {      // Aport
        address = InfoPci[card].cs[0]+AT_IOA_OE0+ bytepos;
    } else {                    // Bport
        address = InfoPci[card].cs[0]+AT_IOB_OE0+ bytepos;
    }
    data = AtReadB(card,address);
    bitpos = offset;      bitpos = bitpos & 0x7;

    if(dir== AT_IO_OUTPUT) {
        data = data | bitwise[bitpos];
    } else {
        data = data & ~bitwise[bitpos];
    }
    AtWriteB(card,address,data);
    return;
}

```

```

BOOL AtGetIoMode(int card,BOOL port,BYTE offset)

```

```

{

```

```

    int  bytepos,bitpos;
    BYTE data;
    DWORD address;
    if(!AtOffsetCheck(port,offset)) return 0;

    bytepos = offset;      bytepos = bytepos & 0x18; bytepos = bytepos >>3
    if(port==AT_IO_APORT) {      // Aport
        address = InfoPci[card].cs[0]+AT_IOA_OE0+ bytepos;
    } else {                      // Bport
        address = InfoPci[card].cs[0]+AT_IOB_OE0+ bytepos;
    }
    data =      AtReadB(card,address);
    bitpos  = offset;      bitpos  = bitpos & 0x7;
    data = data & bitwise[bitpos];
    if(data!=0) return AT_IO_OUTPUT;
    return AT_IO_INPUT;
}

```

```

BOOL AtOffsetCheck(BOOL port, BYTE offset)
{
    if(port==AT_IO_APORT) {
        if(offset>31) return FALSE;
    } else {
        if(offset>18) return FALSE;
    }
    return TRUE;
}

```

```

////////////////////////////////////
//
//   PCI EasyTarget IRQ Functions
//
////////////////////////////////////

```

```

void AtIrqAck(int card,BOOL which)
{
    BYTE data;
    data = AtReadB(card,InfoPci[card].cs[0]+ AT_IRQ_CTL);
    data = data & 0x3f;      // 0011 1111
    if(which==AT_IRQ_ONE) {
        data = data | 0x40;      // 0100 0000
    } else {
        data = data | 0x80;      // 1000 0000
    }
}

```

```

        AtWriteB(card,InfoPci[card].cs[0]+ AT_IRQ_CTL,data);
    }

void AtIrqEnable(int card,BOOL which,BOOL onoff)
{
    BYTE data;
    data = AtReadB(card,InfoPci[card].cs[0]+ AT_IRQ_CTL)
    if(which==AT_IRQ_ONE) {
        data = data & 0xef;    // 1110 1111
        if(onoff==AT_IRQ_ENABLE) {
            data = data | 0x10;    // 0001 0000
        }
    } else {
        data = data & 0xdf;    // 1101 1111
        if(onoff==AT_IRQ_ENABLE) {
            data = data | 0x20;    // 0010 0000
        }
    }
    AtWriteB(card,InfoPci[card].cs[0]+ AT_IRQ_CTL,data);
}

```

```

void AtIrqEdge(int card,BOOL which,BOOL updown)
{
    BYTE data;

    data = AtReadB(card,InfoPci[card].cs[0]+ AT_IRQ_CTL)
    if(which==AT_IRQ_ONE) {
        data = data & 0xfb;    // 1111 1011
        if(updown==AT_IRQ_UPEDGE) {
            data = data | 0x4;    // 0000 0100
        }
    } else {
        data = data & 0xf7;    // 1111 0111
        if(updown==AT_IRQ_UPEDGE) {
            data = data | 0x8;    // 0000 1000
        }
    }
    AtWriteB(card,InfoPci[card].cs[0]+ AT_IRQ_CTL,data);
}

```

```

BOOL AtIrqRead(int card, BOOL which)
{
    BYTE data;

```



```
        data = AtReadB(card,InfoPci[card].cs[0]+AT_IRQ_CTL)
if(which==AT_IRQ_ONE) {
    data = data & 0xfe;    // 1111 1110
    } else {
    data = data & 0xfd;    // 1111 1101
    }
if(data!=0) return TRUE;
    return FALSE;
}
```

## 별첨 5. 국내 유사 개발품 비교

## 별첨 5. 국내 유사 개발품 비교

### ◎ 삼창기업(주) 환경 방사선 감시장치와 국내 타사 환경 방사선 감시장치 주요 사양 비교

항 목		삼창기업(주)	국내 타사
방사능 측정	검출기	Nal(Tl) : 3 Inch Ion Chamber : 저선량 및 고선량 (0~500uR/hr, 500uR/hr~10R/hr) : 공간선량률 5% 오차내로 측정가능	Nal(Tl) GM Tube (Option) : 고선량 대비 (10mR ~ 1000 R/h) : 공간 선량률 측정시 에너지 미고려
		인공방사능 구분 : 자연 기여분과 인공기여분을 구분 : Zero By Zero 방법을 사용 : 미세한 누출 감시가능	자연 기여분과 인공기여분을 구분
	온도 보상기능	K-40 피크 감시	색스펙트럼 이용
	ADC board	16 bit ADC	12 bit ADC
	High Voltage	0 ~ 1000V, adjustable	0 ~ 1000V, adjustable
	컨트롤러	CPU	Intel P4 2.0 GHz (산업용 Single Board Computer사용)
OS		Windows Xp 탑재	마이컴 기반 OS
저장기능		30년 분량 선량 데이터 보관 1년 분량 방사선 스펙트럼 보관 (MS-SQL DB 사용)	30일 분량 선량 데이터 보관
입출력 기능	Communication	Serial Port , TCP/IP, USB1.0, 2.0 : 인터넷 연결 가능 : 인터넷을 통한 정보 공개 가능	: Serial Port
	Display	8inch 칼라 LCD (800x600) 터치 스크린 감시기 자체에서 스펙트럼 표시 및 분석	칼라 LCD
	외장 저장 장치	USB 메모리 , USB 외장 HDD 등 (USB 연결 가능 모든 저장장치)	Smart Media Card
Option 장치	기상센서	강우량, 온도, 습도, 풍향, 풍속	강우, 온도, 풍향, 풍속
	GPS	없음	있음