

전력기기 부분방전 온라인 감시를 위한 진단 플랫폼 개발

전진홍*, 김광수**, 이상화**, 김광화**

*한국전기연구원 전력연구단, **한국전기연구원 산업전기연구단

Development of a Platform for Partial Discharge On-line Monitoring of Power Apparatus

JEON Jin-Hong, KIM Kwang-Su, LEE Sang-Hwa, KIM Kwang-Hwa
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - 본 논문에서는 전력기기의 온라인 진단을 위하여 개발된 모니터링 시스템에 대하여 소개하고자 한다. 개발된 진단 플랫폼은 전력기기의 온라인 진단을 위해 측정된 부분방전 신호를 이용하여 진단을 위한 파라미터를 추정하고 추정된 결과를 인터넷을 통해 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 제작되었다. 개발된 진단 플랫폼은 연산처리를 위한 DSP 신호처리 부분과 웹서비스를 위한 VM부분으로 구성되어 있다. VM부분은 스트롱암 기반의 플랫폼을 적용하였으며 리눅스 환경에서 자바 가상머신을 이용하여 웹 서비스를 구현하였다. 본 논문에서 제시된 기술은 향후 산업용 장치들의 웹 기반 진단 및 모니터링 기술에 이용될 예정이며 또한 스마트 센서 모듈 및 분산 제어 시스템 모듈 개발에 응용될 수 있다.

시스템 모듈 개발에 응용될 수 있다^[1-5].

2. 본 론

2.1 진단 플랫폼

본 논문에서는 GIS 및 변압기와 같은 전력기기의 온라인 진단을 위한 VM(virtual machine) 기반 모니터링 시스템 개발 연구의 중간 결과에 대하여 제시하고자 한다. 개발된 플랫폼은 전력기기의 부분방전 파형을 측정하고 측정된 부분파형의 결과를 분석하여 전력기기 상태를 온라인 상태에서 인터넷을 통해 실시간으로 모니터링이 가능하도록 설계하였다. 진단 플랫폼의 개념적인 동작 개요를 그림으로 나타내면 그림 1과 같다^[3-5].

1. 서 론

전력기기 부분방전 광역감시 및 진단 기술은 전력공급의 핵심인 변압기, GIS 등과 같은 전력기기의 고성능화, 신뢰성 확보, 보수 및 유지의 경제성 향상과 적정시기의 교체를 확보하는 기술로서 산업설비, 전력계통설비, 지하철, 고속철도 등의 교통 및 수송설비와 하수종말처리장, 배수펌프장과 같은 환경 및 재해방지설비에 대해서 안정적이고 신뢰성이 있는 전력공급을 위한 핵심기술이다. 전력기기의 고성능화, 신뢰성 확보와 보수, 유지 및 교체의 경제성 향상을 위해서 운전 중인 기기에 대한 감시와 진단 기술이 필수적이고 많은 전력기기의 시스템이 자동화 및 무인화가 되므로 광역감시진단 체제를 구축하는 기술이 필요하다. 전력기기 진단기술은 초기에 오프라인(off-line) 진단기술을 중심으로 개발되었으나, 최근에는 온라인(on-line) 종합 진단기술의 중심으로 개발되고 있으며, 미래에는 고도화된 개방형 광역 온라인 진단기술로 발전할 것이다. 지금까지 발전된 온라인 진단기술에서는 전력기기에서 결합의 유무 및 종류를 파악하는 수준까지 발전되어 있으나 미래의 자동화된 개방형 광역전력 시스템에서는 전력기기의 결합 유무 및 종류뿐만 아니라 결합위치, 결합 위험 상태를 분석할 수 있는 수준의 진단기술이 개발되어야 할 것이다. 따라서 본 논문에서는 전력기기의 온라인 진단을 위하여 개발된 모니터링 시스템에 대하여 소개하고자 한다. 개발된 진단 플랫폼은 전력기기의 온라인 진단을 위해 측정된 부분방전 신호를 이용하여 진단을 위한 파라미터를 추정하고 추정된 결과를 인터넷을 통해 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 제작되었다. 개발된 진단 플랫폼은 연산처리를 위한 DSP 신호처리 부분과 웹서비스를 위한 VM부분으로 구성되어 있다. VM부분은 스트롱암 기반의 플랫폼을 적용하였으며 리눅스 환경에서 자바 가상머신을 이용하여 웹 서비스를 구현하였다. 본 논문에서 제시된 기술은 향후 산업용 장치들의 웹 기반 진단 및 모니터링 기술에 이용될 예정이며 또한 스마트 센서 모듈 및 분산 제어

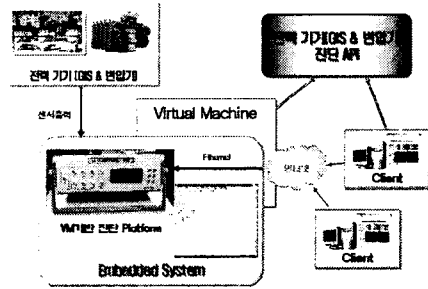


그림 1. VM기반 진단플랫폼의 동작개요

그림 1에서 나타낸 바와 같이 VM기반 진단플랫폼은 전력기기의 센서 출력을 입력으로 하여 입력된 신호를 처리하여 전력기기의 상태를 진단한다. 또한, VM을 기반으로 하여 인터넷에 접속되어 있어 전력기기의 상태 진단 결과를 보고자하는 client들에게 진단된 결과를 진단 API를 통해 서비스할 수 있도록 하였다. 시작품은 신호 처리를 위한 신호처리모듈과 인터넷 서비스를 위한 VM 플랫폼 모듈로 구성되어 있으며 GIS 진단 알고리즘과 변압기 진단 알고리즘에 대한 성능 평가와 VM 모듈 개발을 위한 연구가 병행될 수 있도록 각각의 플랫폼을 개발하여 개발된 모듈을 독립적으로 개발한 후 개발된 모듈을 연계하여 그 전체적인 동작성능을 시험하였다. 개별적으로 개발된 모듈은 향후 진행되는 연구에서 하나의 플랫폼에 적용될 수 있도록 할 계획이다^[3-5].

2.2 시스템 사양 및 시작품

그림 2는 제작된 시작품의 전면부 사진이다. 전면부는 입력신호의 기준을 제시하기 위한 기준신호 입력과 센싱된 PD신호를 읽어 들이기 위한 8개의 입력 등 모두 9개의 아날로그 입력 채널과 시스템 동작을 제어하기 위한 6개의 버튼 입력을 가지고 있으며 시스템의 상태를 표시하기 위한 LCD 패널을 설치하였다.

그림 4는 내부 사진이다. 크게 전원부와 신호처리부, A/D 변환부, VM 모듈부로 구성되어 있다. 전원부는 220V 상용 교류전원을 24V 직류 전원으로 변환한 뒤 각각 직류 5V, ±15V로 변환하는 SMPS 모듈로 구성되어 있다. 5V 직류 전원은 신호처리 모듈과 VM 모듈의 전원으로 사용되며 직류 ±15V 전원은 아날로그 채널의 전원으로 사용된다. AD 변환부는 전면 패널에 부착되어 있으며 입력 아날로그 신호의 변형을 최소화하기 위하여 아날로그 입력채널에 직결되어 있다. AD 변환 결과는 신호처리 모듈의 버스에 접속되어 디지털 형태의 신호로 신호처리 모듈에 전달되도록 하였다. 신호 처리 모듈은 VM 모듈과 직렬 통신 버스로 연결되어 있다. 신호 처리 모듈에서 입력된 센서 신호를 진단 알고리즘에 적용시켜 진단 상태를 결과로 VM 모듈에 전달하게 된다. 전달된 진단 결과는 VM 모듈에서 인터넷을 이용해 볼 수 있도록 서비스 된다. 제작된 시스템의 전체 사양을 표 1과 같다. 시스템 구성 및 프로그램에 대한 상세한 내용은 지면 관계상 생략하며 참고문헌[3]을 참조하길 바란다.

표 1 진단 플랫폼 사양

항목	사양	
입력 전원	220Vac/60Hz	
아날로그 입력	센서 입력	8 채널, 1.25 MS/s, 0V ~ 3.6V
	기준 입력	1 채널, TTL
통신	Ethernet	1 port, 10baseT/100baseT
	Serial	RS-232C 1port, 56000 bps
	Debug	JTAG 1port
User Interface	출력	16 × 4 LCD
	입력	2 × 3 key-in
Case	19inch rack	
Virtual Machine	java JVM	java ME 1.2, 2Mbytes
	OS	Linux Kernel Ver 2.4
	processor	StrongArm SA1110
	protocol	TCP/IP

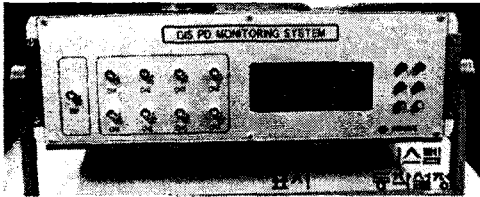


그림 2. 진단 플랫폼 시작품(전면부)

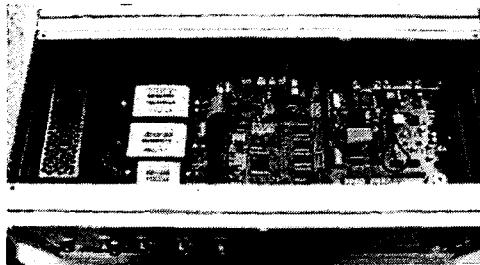


그림 3. 진단 플랫폼(내부)

2.3 실험 장치 구성 및 실험 결과

제작된 플랫폼의 성능을 검증하기 위하여 실험 장치를 구성하였다. 실험 장치는 부분 방전 신호를 모의 하기 위하여 기준 입력 신호와 동기 펄스 신호 모의를 위한 신호 발생기를 구성되어 있으며 측정된 데이터는 컴퓨터

로 전송되어 처리된다. 구성된 실험 장치의 구성과 사진은 각각 그림 4와 그림 5에 나타내었다.

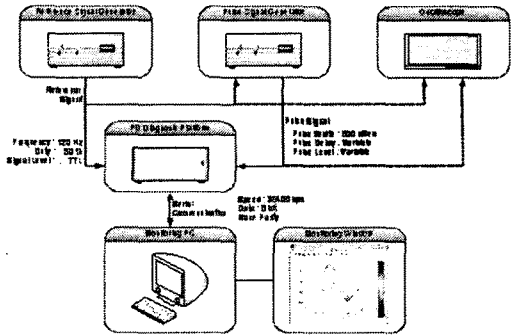


그림 4 실험 장치 구성도

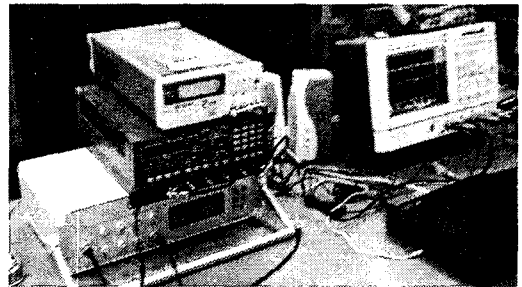
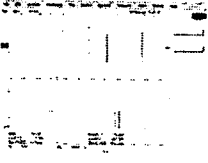


그림 5 구성된 실험 장치

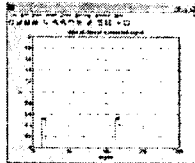
전원 전압 기준 신호는 60Hz의 전원 전압의 zero crossing point에서 rising pulse 형태의 신호가 나오는 것으로 가정하였으며 플랫폼에 인가되는 신호는 120Hz의 주파수를 가지며 duty ration 50%인 TTL level의 전압 신호로 모의하였다. 부분 방전 신호는 부분 방전 측정을 위한 안테나의 출력에서 증폭기를 거쳐 나온 신호를 가정하였으며 120Hz의 기준에 동기되어 일정 지연시간을 가지는 펄스 신호로 모의하였다. 제작된 플랫폼의 성능 검증을 위하여 각각 1ms, 2ms, 3ms의 지연 시간에 대하여 0.5V, 1.0V, 1.5V의 크기를 가지며 신호폭은 500µs 인 펄스 입력에 대하여 실험을 수행하였다. 신호의 측정은 측정 명령으로부터 시작하여 각각 1주기, 10주기, 50 주기로 측정하여 결과를 검토하였으며 측정된 결과는 DSP 보드의 메모리에 저장되어 있다가 통신을 통해 binary 형태의 data file로 모니터링 컴퓨터에 저장된다. 저장된 데이터는 각각 2차원 및 3차원 형태의 데이터로 표시가 된다. 현재 모니터링 컴퓨터에서 실행된 부분은 현재 개발 중인 VM 보드에 탑재될 예정이다.

각 발생 위치와 크기를 달리한 입력 신호에 대한 측정 결과는 그림 6, 그림 7, 그림 8과 같다. 각각의 결과에서 입력파형은 펄스 발생장치로부터 발생되어 플랫폼에 인가되고 있는 신호를 오실로스코프를 이용하여 측정한 결과이며 첫주기 측정 결과는 실제 플랫폼이 읽어 들인 처음 한주기 신호의 순시값을 나타낸 것이다. 50주기 측정 결과는 측정된 전체 50주기 측정값을 각각 전체 파형을 3차원으로 표시하고 측정된 입력값을 주기 별로 모두 중첩하여 입력된 펄스의 위치에 대한 정보를 볼 수 있도록 2차원으로 표시한 부분과 위치와 전압의 크기를 쉽게 알 수 있도록 2차원으로 표시한 그래프로 구성하였다.

입력파형



첫주기 측정 결과



50 주기 측정 결과

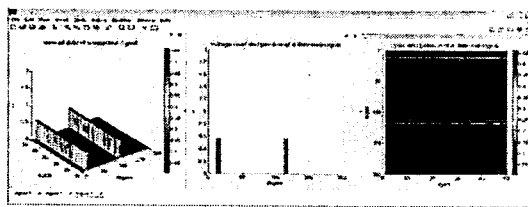
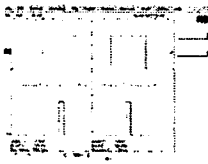
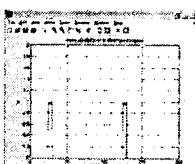


그림 6 1ms-0.5V 입력 신호에 대한 측정 결과

입력파형



첫주기 측정 결과



50 주기 측정 결과

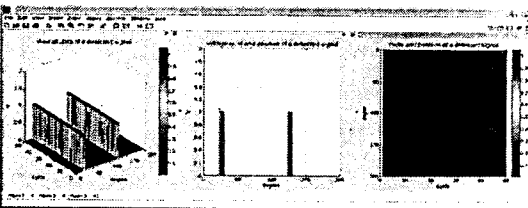
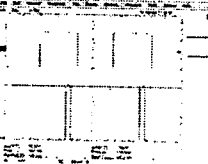
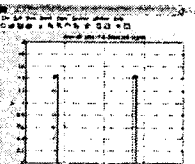


그림 7 2ms-1.0V 입력 신호에 대한 측정 결과

입력파형



첫주기 측정 결과



50 주기 측정 결과

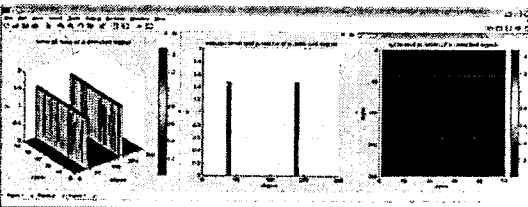


그림 8 3ms-1.5V 입력 신호에 대한 측정 결과

3. 결 론

본 논문에서는 진단 플랫폼 시작품의 기본 구성을 제시하였으며, 기본 구성에 따라 제작된 시작품의 기본 동작을 확인하였다. 진단 플랫폼의 기본 구성은 진단 신호의 처리를 위한 신호처리 모듈과 VM을 이용한 웹 서비스를 위한 VM 모듈의 두 부분으로 하였으며 각 모듈간에는 직렬 통신을 이용하여 주요 데이터를 전송할 수 있도록 하였다. 고속 신호 처리를 위해서 DSP를 사용하였으며 제작된 신호 처리 모듈은 트리거 입력과 8개의 신호 입력이 가능하도록 하였다. 각 신호 입력은 100kHz의 bandwidth를 가지도록 설계되었다. 진단 플랫폼의 user interface를 위하여 각각 입출력 도구로 LCD와 key-in 모듈을 사용하였다. VM 모듈은 하드웨어 플랫폼과 IVM의 소프트웨어 모듈로 구성되었다. VM 모듈의 하드웨어는 스트롱암 기반으로 구성하였으며 IVM 모듈이 설계, 제작되어 포팅되어 그 기본 동작을 시험하였다. VM 플랫폼은 java 기반의 API가 실행되는 기능과 인터넷 게이트웨이의 기능을 수행하도록 설계하였다. 각각의 기능 수행을 확인하기 위하여 테스트용 API를 제작하여 전체 시스템의 동작을 확인하였다.

향후 연구에서는 제작된 시작품에 대한 정밀한 시험을 수행한 후 미진한 부분을 수정한 시작품을 제작할 예정이며 진단 결과를 visual하게 표시할 수 있는 API를 개발할 계획이다. 또한, 정밀한 진단을 위한 진단 알고리즘에 대한 연구가 진행되어 신호 처리 모듈에 포팅하여 진단 결과에 대한 정확도를 높이는 연구가 병행 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, 디지털 첨단 계측기기 개발 사업 1단계 2차년도 보고서, 2002. 9.
- [2] 한국전기연구원, 전력기기 광역 감시진단 시스템 개발 2차년도 보고서, 2003. 12.
- [3] 과학기술부, 전력용 변압기와 GIS의 부분방전 광역감시 및 지능형 진단기술의 개발, 국가지정연구실 1차년도 보고서, 2004년 6.
- [4] 전진홍 외, "네트워크 프로세서(MSC8101)을 이용한 광역 감시 진단용 플랫폼 개발", 대한전기학회 추계학술대회, pp. 503-506, 2003. 11.
- [5] 전진홍 외, "Java VM 기반 DC-DC 컨버터 진단 플랫폼 개발", 에너지공학회논문지 제13권 3호, pp190-195, 2004. 9
- [6] 전진홍 외, "부분방전 광역감시를 위한 JAVA기반 진단 플랫폼 개발", 대한전기학회 정보 및 제어 추계학술대회, pp. 423-425, 2004. 11