

CAN BUS의 기반의 전력계측 및 감시 프로그램 구현

허윤영, 이광하, 이종주, 신명철
성균관대학교

Embodiment Remote Electrical Power Monitoring and DAQ Program based on CAN BUS

Yoon-Young Heo, Kwang-Ha Lee, Jong-Joo Lee, Myong-Chul Shin
Sungkyunkwan University

Abstract - 본 논문에서는 CAN(Controller Area Network) 통신 기능을 갖는 전력계측 장치와 이를 통해 계측, 분석된 전력신호를 모니터링과 제어할 수 있는 시뮬레이터 서버 응용프로그램으로 구성된 CAN BUS 기반의 전력계측 및 감시 시스템을 모의 구현하였다. CAN 통신은 기존의 전력감시 제어시스템에서 사용되는 RS-232기반의 통신방식보다 시스템 유지정비 및 확장이 쉽고 데이터의 신뢰도가 뛰어나다.

본 논문에서 전력신호는 PSCAD/EMTDC등에서 시뮬레이션한 파형을 이용 DAQ Device를 이용하여 출력된 아날로그 파형을 입력하여 계측하였고, 전력계측 장치의 하드웨어는 64Kbyte 마이크로 컨트롤러를 이용하여 두 개의 노드로 구성하였고, 원격감시 시뮬레이터 서버 프로그램은 GUI 기반의 윈도우즈 응용프로그램인 LabVIEW7.1을 사용하여 제작하여 입력된 신호를 샘플링한 데이터로 시뮬레이션을 수행하였다.

1. 서 론

오늘날 전기, 전자, 정보통신 산업의 발전으로 전력수요는 대형화·고용량화가 되고 있고, 수용가들의 안전검침 및 고품질의 전력공급 요구로 인하여 전기품질을 개선하기 위한 노력이 계속되고 있으며 미국, 일본 및 선진 기술국들의 전력회사에서는 일반 수용가 편의와 고품질의 전력공급을 위해 안전검침은 물론 정전관리, 손실관리, 부하관리, 전압관리 등의 관리목표를 정하고 그 목표를 달성하기 위해서 학계, 산업계, 연구소 등을 중심으로 많은 노력을 기울이고 있다. [1-3]

최근에는 이동통신이나 인터넷기술의 급속한 발전으로 원격검침 및 원격관리기법에 대한 연구가 활발히 진행되어 현재 고압 수용가에 대한 원격 검침은 CDMA 통신방식을 통해 실현되고 있으나, 일반 저압 전기 수용가에 대한 자동검침 문제는 경제성 문제로 실현에 어려움을 겪고 있고 있어, 경제성을 지닌 원격 전력 감시 시스템 개발에 노력을 기울이고 있다. [3] 또한 기존 제어시스템에서 사용되는 RS-232기반의 통신방식은 분산형 제어시스템에서 사용할 경우 설치비용이 늘어날 뿐 아니라 전체 시스템을 복잡하게 만들게 되어 시스템 유지정비 및 확장을 어렵게 만들 수 있으므로 이 같은 문제점을 해결하기 위해 Ethernet, ControlNet, CAN(Controller Area Network)등의 네트워크를 이용하는 연구가 활발히 진행 중에 있다.[4-5] 이 중에서 CAN은 다른 자동화 통신망들에 비하여 가격 대비 성능비가 우수하며, 지난 수년간 차량 내의 열악한 환경에서 통신성능 및 신뢰도가 검증된 통신망이다. CAN BUS는 공장자동화와 공정의 분산 제어 등의 각종 산업 설비에서 제어 및 자동화 관련 장비들 간에 데이터 교환을 위한 통신망으로 널리 사용되고 있다.[4-6]

따라서 본 논문에서는 전압관리 데이터, 부하관리 데이터, 역률, 고조파 등을 통합 기록하는 통합형 전력 계측 장치를 구현하고, 이 장치를 이용하여 수집된 데이터를 데이터 송신의 안정성과 제어 성능이 뛰어난 CAN 인터페이스를 이용해 원격 감시 모니터링 프로그램으로 전송하는 CAN BUS에 기반한 전력계측 및 감시 시스템을 모의하고자 한다.

2. 본 론

2.1 CAN BUS를 이용한 전력계측 및 감시 시스템

본 논문에서 통신 네트워크의 방안으로 활용하고자 하는 CAN BUS는 입력선(RXCAN)과 출력선(TXCAN)으로만 구성되어 장치간의 연결선을 최소화 할 수 있을 뿐만 아니라 데이터 링크 계층의 오류 검사와 수정 기능으로 데이터 신뢰도가 높아 자동차, 항공기, 철도 차량 및 산업 자동화 부문과 같이 전기적 잡음이 심한 환경에서도 널리 이용된다.

본 논문에서는 기존의 RS-485를 대체해 데이터 전송의 안정성이나 네트워크 제어에 강인한 CAN BUS에 통합형 전력 계측 장치를 연결한 전력 감시 시스템을 설계 하고자 한다. 표 1은 각 통신방식의 성능을 비교한 것이다.

표 1. 통신방식의 비교

Specification	RS232C	RS423	RS422	RS485	CAN
동작모드	Single-Ended	Single-Ended	Differential	Differential	Differential
최대 Driver / Receiver 수	1 Driver / 1 Receiver	1 Driver / 10 Receiver	1 Driver / 32 Receiver	32 Driver / 32 Receiver	64 Driver / 64 Receiver
최대 통달거리	약 15 m	약 1.2 km	약 1.2 km	약 1.2 km	5 km
최고 통신속도	20 Kb/s	100 Kb/s	10 Mb/s	10 Mb/s	1 Mb/s
최대 입력전압	±15V	±12V	-7V to +7V	-7V to +12V	-7V to +12V

그림 1은 본 연구에서 구현할 CAN BUS 기반의 전력 감시 장치를 이용하여 구성된 시스템을 나타낸 것이다.

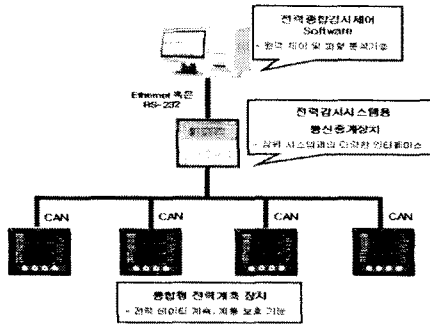


그림 1. CAN BUS를 이용한 전력감시 시스템

2.2 전력계측 장치 설계 및 구현

본 절에서는 원격감시이나 제어시스템에 사용하기 위해서 계측장비의 정밀도를 높이면서 동시에 시스템의 다기능적인 면을 보완하고 시스템의 새로운 회로 도입과 동시에 복잡한 아날로그 회로와 디지털 회로를 소규모화 및 단일칩(one chip)화 하는 설계기술을 도입하여 전력계측 뿐만 아니라 전력 품질까지 고려한 CAN BUS기반의 통합형 전력계측 및 제어장치를 구현하고자 한다.

2.2.1 구성장치의 계측 신호

전력계측 장치에서 측정되어 분석된 데이터는 CAN BUS를 통해 원격지 서버 프로그램으로 전송된다. 아래의 표 2는 구성된 장치에서 측정되는 전력신호의 특성값들을 나타낸 것이다.

표 2. 전력 계측 장치의 측정 항목

	측정 항목	비고
전압, 전류	순시전압(V), 순시전류(A)	True RMS
전력	유효전력(kW), 무효전력(kVAR), 피상전력(kVA)	True RMS
전력량	유효전력량(kWh), 무효전력량(kVARh)	
전력 품질 (Power Quality)	주파수(Hz)	10-100kHz
	역률(Power Factor)	0.01-1-0.01
	고조파	8차 까지
	순간전압 강하(Sag), 순간전압 상승(Swell)	감시

2.2.2 전력계측 장치의 하드웨어 설계

전력 계측장치는 기능에 따라 데이터 수집부, 전력 신호 처리부, 컨트롤러 장치, 표시 및 동작 신호처리부의 4가지의 하드웨어 구조로 세분화 할 수 있으며, 전체 하드웨어는 계전기 컨트롤러에 의하여 제어된다.

전력 계측 장치의 각 하드웨어의 기능을 표 3에 요약하였다.

표 3. 전력 계측 장치의 각 하드웨어기능

하드웨어	기능
컨트롤러 장치	전체 계측기의 하드웨어 제어, 전력계측 알고리즘 및 연산 처리 기능
데이터 수집 장치	전력계측상의 CT, PT, 아날로그 입력신호 수집 및 저장
전력신호 처리 장치	CT, PT로부터 받은 전압, 전류 신호의 전처리
표시 및 트립신호 장치	계측량 표시 및 계측기 동작 상태, 계측기의 트립(trip) 신호 발생 장치

본 논문에서는 Microchip사의 PICF6880과 PIC18F8680 마이크로프로세서로 구성된 두 개의 노드를 가진 전력계측

하드웨어를 구성하였다.

아래 그림 2는 제안된 전력 계측 장치의 하드웨어를 블록 다이어그램으로 나타내었다.

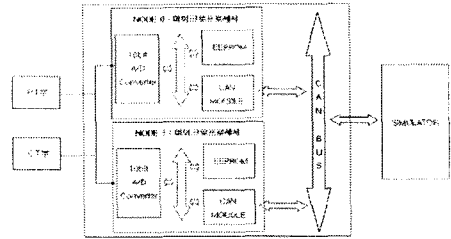


그림 2. 전력계측 장치 하드웨어의 블록 다이어그램

2.2.3 A/D 컨버터와 Timer 기능의 데이터 샘플링

본 논문에서는 메인 컨트롤러인 PICF6680에 내장된 A/D 컨버터를 통해 입력된 아날로그 신호를 디지털 값으로 변환하고, 변환된 값을 timer2의 인터럽트 기능을 이용하여 샘플링 하였다.

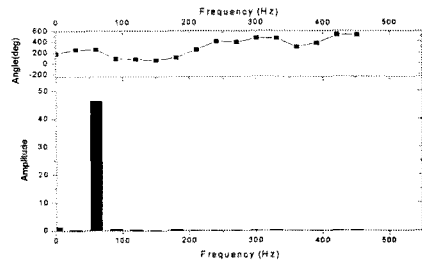


그림 3. 샘플링된 데이터값을 이용한 그래프

또한, 위의 그림 3은 샘플링된 데이터값으로 FFT(Fast Fourier Transform)를 통해 검출된 주파수 그래프이다. 이 그래프에서 offset 전압으로 인한 주파수를 제외하면 60Hz가 검출됨을 확인할 수 있다.

2.3 전력계측 및 감시 시스템의 동작

2.3.1 전력계측 및 감시 시스템의 구성

본 논문에서 구성한 전력 계측 및 감시 시스템은 PSCAD/EMTDC등에서 시뮬레이션을 실행한 파형으로 샘플링된 데이터를 아날로그 신호 출력 장치인 National Instruments의 NI-6733 DAQ Device를 이용하여 아날로그 파형으로 출력하여 전력신호로 입력해 계측을 수행하였고 그 device의 특성은 아래의 표4와 같고 전력계측 장치의 하드웨어는 리스크 타입의 64Kbyte 마이크로 컨트롤러인 PIC18F6680과 PIC18F8680을 사용, 2개의 노드로 구현하였고, 원격감시 시뮬레이터 서버 프로그램은 GUI 기반의 윈도우즈 응용프로그램인 LabVIEW7.1을 사용하여 제작하였다.

표 4. NI-6733 DAQ Device 특성

Bus	PCI
Analog outputs	8
Output resolution	16 bit
Update rate	1 MS/s
Output range	±10V
Counter/Timers	2, 24 bit

2.3.2 전력계측 장치의 동작

CAN BUS 기반의 전력계측 장치의 Block Diagram은

아래 그림 4와 같다. CAN BUS를 이용한 장치들은 각각의 노드(node)들이 고유번호(id)를 부여 받는다.

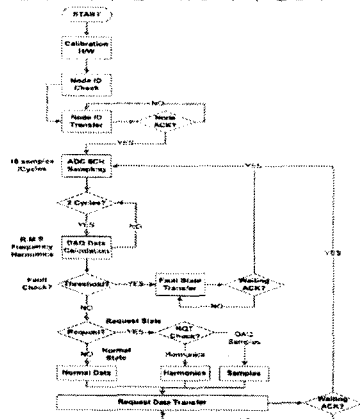


그림 4. CAN BUS 기반의 전력계측 장치의 Block Diagram

본 논문에서 구성한 전력 계측 장치 역시 노드에 따라서 장치의 고유번호를 부여 받고 데이터 전송시 계측된 기기의 고유번호와 전송데이터를 전송함으로써 원격지의 모니터링 소프트웨어가 수신된 데이터를 구분할 수 있도록 하였다.

구성된 장치는 전원인가 후 구성하고 있는 하드웨어 장치의 초기화 및 교정(calibration)기능을 수행한다. 장치 초기화 및 교정에서는 선로의 전압, 전류신호를 계측하는 ADC의 동작유무, CAN BUS 통신장치, 입·출력단자 및 데이터 취득을 위한 타이머(TIMER)등의 상태를 점검한다.

장치의 초기화 후 장치가 부여받은 고유번호(id)를 원격지의 모니터링 프로그램으로 전송하여, 모니터 장치와 연계된 선로에 본 장치의 동작 유·무 및 전력계측을 위한 장치의 동작을 서버에 알리기 된다. 이렇게 전송된 장치의 고유번호는 원격지 서버에 기록(저장)되어 동작하고 있는 장치를 확인하고 관리할 수 있다.

2.3.4 CAN BUS 기반의 계측 및 감시 시스템 연동

앞에서 언급한 CAN BUS 전력계측 장치의 기본적인 동작과 기능은 원격지 서버와 달리 독립적으로 동작할 수 있으며, 여러 개의 CAN 노드가 계통의 분기간선을 감시할 경우 모니터링 프로그램과 연동되도록 구성하였다.

다음의 그림 5은 상기 언급한 바와 같이 CAN BUS 기반의 전력 계측장치와 원격지 감시 프로그램과의 연동동작을 나타낸 것이다.

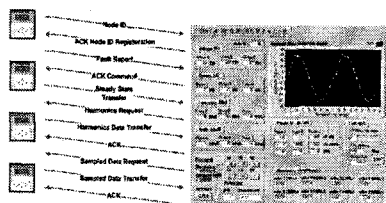


그림 5. CAN BUS 기반의 전력계측 시스템 연동

또한, 감시 프로그램의 요청으로 고유번호 22번인 장치의 C상 전류값의 표본화된 파형이 전송되어 주기당 16샘플을 위한 2주기 신호가 모니터프로그램에 표시된다.

3. 결 론

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC에서 시뮬레이션한 파형을 이용 DAQ Device를 이용하여 아날로그 파형을 출력하여 전력신호로 입력하여 계측하였고, CAN BUS 기반의 전력계측 장치의 하드웨어는 64Kbyte 마이크로 콘트롤러인 PIC18F6680과 PIC18F8680을 이용 두 개의 노드로 구성하였고, 원격감시 시뮬레이터 서버 프로그램은 GUI 기반의 윈도우즈 응용프로그램인 LabVIEW 7.1을 사용하여 제작하였다.

전력신호로 입력된 6채널의 아날로그 파형은 구현된 전력 계측장치에서 A/D Convertor를 통해 디지털 값으로 변환 후, 전력 주파수(60Hz)를 주기당 16샘플을 취해 전압, 전류 신호를 표본화하여 수집된 신호를 2주기의 데이터를 저장하여, 전력신호를 분석하였고, 분석된 데이터는 각각 실효값과 주파수 그리고 푸리에변환(DFT)를 통하여 위상 및 고조파 성분을 계산하며, 계산된 값은 CAN BUS를 통하여 원격 감시 시뮬레이터 서버로 전송하였다.

본 논문에서는 추후 CT/PT를 이용하여 실제 전압, 전류 등의 전력 신호를 입력받아 실제 계통에도 연결할 수 있는 연구 수행이 필요하다. 이와 같이 구성된 CAN BUS 기반의 전력감시 시스템은 CAN 통신 방식의 특성으로 보다 신뢰성 높은 전력 감시 시스템을 사용자에게 제공하여 일반 수용가에 공급되는 전력품질 개선에도 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

The research was supported by the Driving Force Project for the Next Generation of Gyeonggi Provincial Government in Republic of Korea.

[참 고 문 헌]

- [1] Cameron L. Smallwood, "Power Quality Issues Reading to Power Line Carrier Automated Meter Reading", Proceedings of the 2001 Rural Electric Power Conference, BI-1-8, April 2001
- [2] Newbury J. Miller W, "Multiprotocol Routing for Automatic Remote Meter Reading using Power Line", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 16 No.1, pp 1-5, Janu 2001
- [3] 고윤석, "배전원격관리를 위한 차세대 디지털 적산전력계 개발", Trans. KIEE. Vol. 53A. No 6, Jun 2004
- [4] Feng-Li Lian, "Performance Evaluation of Control Network : Ethernet, ControlNet, and DeviceNet", IEEE Control Sys. Mag., Vol 21. no. 1, pp 66-83, Feb 2001
- [5] 정준홍, "CAN을 이용한 발전제조의 제어 및 모니터링 기법 연구", Trans. KIEE. Vol. 52D. No.5, May 2003
- [6] 권대현, "CAN 시스템을 위한 트래픽 분석/생성 시스템 설계 및 구현", 공학기술논문집, Vol. 9 No 1, 2000. 8
- [7] 이성환, "디지털 계전기를 이용한 전력감시 및 분산제어", 한국산업융합학회지, 제4권 제3호, 2001
- [8] 권택락, "디지털 보호계전기를 이용한 SCADA시스템 구현과 경제성 평가에 관한 연구", 연세대학교 대학원 석사학위논문, 2005
- [9] 한동필, "고정밀 디지털 전력량계 구성에 관한 연구", 연세대학교 산업대학원 석사학위논문, 1997
- [10] Microchip Technology Inc, "PIC18F6680/8680 Data Sheet", 2004
- [11] 이종주, "인터넷을 이용한 디지털 계전기 원격제어", 성균관대학교 대학원 석사학위논문, 2000
- [12] 이오걸, "통합형 전력량계의 활용방안에 관한 연구", 동의공업대학 논문집, 2000
- [13] 사근하, "전력품질 분석을 위한 고조파 해석 기법", 호서대학교 대학원 석사학위논문, 2001
- [14] 정학근, "전력설비 고차수 고조파 해석기술 연구", 한국에너지기술연구원
- [15] 김장휘, "웹 서버와 데이터베이스를 이용한 보호계전기 시뮬레이터 개발", 성균관대학교 대학원 석사학위논문, 2005
- [16] 오경원, "PIC마이크로용 C언어 CCS-C 실전가이드", 컴파일 테크놀로지, 2003