

상용전원 특성 감시를 위한 원격 계측기 개발

김경남, 백윤기, 이건영, 장용무*
 광운대학교 전기공학과, *이엠디

Development of a Remote Power Measurement System to Monitor the Characteristics of a Commercial Power

Kyung Nam Kim, Yoon Ki Baek, Keon Young Yi, Yong-Moo Chang*
 Dept. Electrical Eng. Kwangwoon Univ., *EMD Lab.

Abstract - The majority of sensors currently being used for measuring current need to contact with conductor carrying current. Therefore it is not easy to measure and insulate. In order to figure the solution out, the remote power measurement system is introduced in this paper. The system developed here enables us to measure the current of the commercial power without contact by using Rogowski Coil and wireless communication method. Measured current is processed for the wireless transmission, then is transferred to the computer through wireless receiver. The data arrived at the computer is displayed on the screen as waveform.

수신기에 있는 LCD에 입력 신호의 실효치를 보여줌과 동시에 구현된 유선 통신 프로토콜을 이용하여 PC에 이 신호를 전송하여 신호입력의 실효치 및 순시치, 파형 등의 정보를 제공한다.

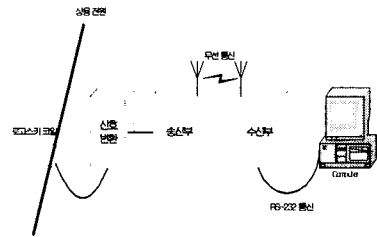


그림 1. 시스템 구성도

1. 서론

산업 및 가정의 소비급증에 따른 전력수요를 충족시키고, 전력 계통의 안정적인 운영을 도모하기 위하여 전력 계통 및 전력 설비들의 공급 전압 규모는 초고압화로 승압되고 있으며, 설비의 규모는 대형화로 되는 것이 현재의 추세이다.[1]. 이러한 전력설비들의 사고를 예방하고 안정적으로 운영할 수 있도록 정확하고 신뢰성이 확보되는 상시 및 예방진단을 위한 온라인 전류·전압 측정 등, 각종 파라미터의 측정 및 진단기술의 확보가 절대적으로 필요하다. 최근에 기존의 철심형 변류기의 여러 문제점들을 해결할 수 있고 광대역의 전류 측정범위 및 주파수 대역을 가지며, 전 측정대역에서의 우수한 선형성과 정밀성이 보장되면서 소형 경량으로 제작이 가능한 로고스키 코일 [2]형 ECT(Electronic Current Transformer)가 변전소 자동화 및 전력 IT화의 핵심기술로 대두되고 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 독자적으로 설계 제작된 로고스키 ECT[1]를 이용하여 RF 무선 원격 전류계측시스템을 연구하였다.

본 논문에서는 개발된 2000A급 로고스키 ECT의 측정 신호를 RF 무선 통신으로 송수신하여 측정전류에 대한 여러 가지 정보를 사용자가 확인할 수 있는 원격 계측 시스템을 연구한다. 이를 위하여 계측 시스템의 사양 및 구성 정보를 밝히고, 측정전류에 대한 정보를 무선으로 전송하여 원격 계측이 원활히 이루어지기 위한 각종시험 결과를 발표한다.

2. 원격계측 시스템

본 논문에서 언급하고자 하는 원격 계측 시스템은 전력이기 1차 전류에 대한 ECT의 출력신호를 RF 무선통신 방식으로 ECT측인 송신기에서 수신기로 전송하여 이를 사용자의 PC 또는 수신기의 LCD로 현재 흐르는 전류의 실효치 및 순시치, 파형을 확인할 수 있게 해주는 것이다. 이 계측 시스템은 송신기와 수신기로 이루어져 있으며 송신기는 ECT의 아날로그 출력신호를 입력받아 이를 A/D 변환시킨 후, 각 데이터를 본 논문에서 구현된 무선 통신 프로토콜을 이용하여 수신기로 보내주는 역할을 하며 수신기는 송신기의 데이터를 받아 이를

2.1 하드웨어 구성

본 논문에서 구성하고자 하는 원격 계측 시스템의 하드웨어 구성을 보인다. 기본적으로 송신기와 수신기로 나누어져 있으며, 이 두 부분의 기능, 및 각 부분을 이루는 특정 구성들을 설명한다.

2.1.1 송신기 구성

송신기 구성은 그림 2와 같다. Controller Unit은 89C51[4]과 FPGA[5]로 구성되며, Data를 각 구성요소로 보내주고 각 구성요소를 제어한다. A/D Converter[6]는 입력 신호를 샘플링하여 CPU부에 입력신호에 대한 Data를 전송하며 12 bit의 분해능을 가진다. Memory는 RAM과 Flash로 구성되며 각각 Data와 프로그램의 저장을 위해 32K byte의 크기를 갖는다. 무선통신 Module은 수신기로 Data를 전송한다.

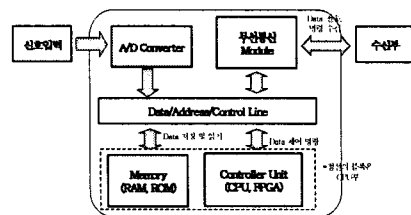


그림 2. 송신기 하드웨어 구성도

2.1.2 수신기 구성

수신기 구성은 그림 3에 보는 바와 같으며, 하드웨어적으로 Controller Unit과 Memory는 송신기와 동일하다. 무선통신 Protocol Frame Module은 송신기로부터 Data를 수신한다. LCD는 송신부기부터 받은 입력의 실효치를 표현하고 Serial 통신부는 PC로 이 입력을 전송한다.

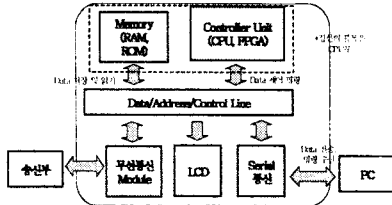


그림 3. 수신기 하드웨어 구성도

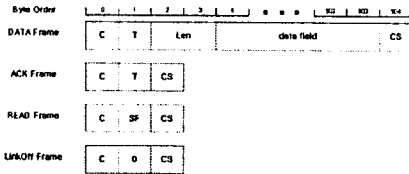
2.2 통신 프로토콜 구현

본 논문에서 구현한 원격 계측기는 송신기와 수신기간의 무선 통신 프로토콜과 수신기와 컴퓨터와 유선 통신 프로토콜이 필요하다. 본 장에서는 원격 계측 시스템에 사용될 유선 통신 및 무선 통신 프로토콜을 프레임 구성 및 전송 절차를 설명한다.

2.2.1 유선 통신 프로토콜

유선 통신 프로토콜은 수신기와 PC 사이의 통신에 사용된다. 수신기는 PC로 샘플 데이터를 전송하고, PC는 수신기로 READ FRAME를 통하여 샘플링 주기 제어 명령을 전달한다.

가) 프레임 정의



C: OPCODE
T: Time Tic
Len: DATA Frame의 크기 [Byte]
SF: Sampling Frequency Code
CS: Check Sum

그림 4. 유선 프로토콜 프레임 정의

DATA FRAME은 수신기에서 PC로 샘플링데이터를 전송하는데 사용되고, READ FRAME는 PC에서 수신기로 샘플링 주파수 명령을 전달하는데 사용된다.

나) 전송 절차

수신기가 최초 READ FRAME를 수신하여 연결이 확립된다. 수신기는 DATA FRAME를 PC로 전송하며, PC는 이에 대한 응답으로 ACK FRAME를 전송한다. 또한 수신기가 PC로부터 LINKOFF FRAME를 수신하면, 연결이 해제된다.

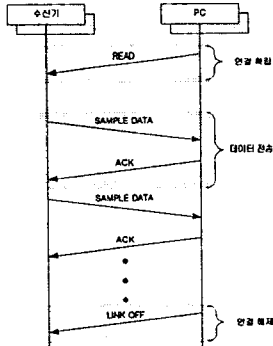


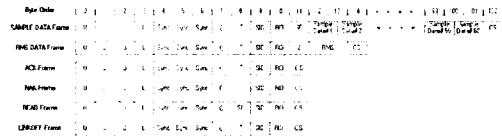
그림 5. 연결 확립, 데이터 전송, 연결 해제 절차

2.2.2 무선 통신 프로토콜

무선 통신 프로토콜은 송신기와 수신기 사이의 통신에 사용된다. 송신기는 수신기로 샘플데이터와 실효치를 전송하며, 송신기는 수신기로 READ FRAME를 통하여 샘플링 주파수 제어 명령을 전달한다.

가) 프레임 정의

각 프레임들의 정의는 그림 6과 같고, 그 길이가 고정되어 있다. SAMPLE DATA FRAME은 12bit 샘플 60개를 전송한다.



U: Preamble
Syn: 동기 문자
C: Operation Code
T: Time Tic
SF: 샘플링 주파수 코드
SID: 송신자 ID
RID: 수신자 ID
SampleData#n: Sampling Data (12bit)
RMS: RMS Data
CS: Check Sum

그림 6. 무선 프로토콜 프레임 정의

나) FRAME 전송 절차

수신기에서 1초에 한번씩 LCD에 입력 신호의 실효치를 표시할 수 있도록, 매회 송신기가 DATA FRAME을 10회 전송한 뒤 RMS Frame를 전송한다. 즉, 600 샘플 전송 후 한번의 RMS Frame를 전송한다.

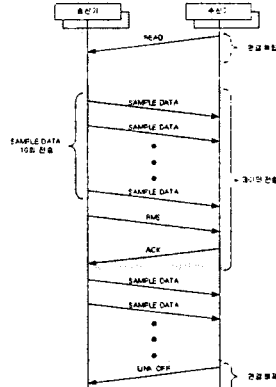


그림 7. 연결 확립, 데이터 전송, 연결 해제 절차

다) 데이터 전송 시간

600 샘플 전송 시간 : (SAMPLE DATA Frame 길이 * 10 + RMS DATA Frame 길이 + ACK Frame 길이) * 10 / 19200 + 2 * 응답지연 시간
= (103 * 10 + 15 + 12) * 10 / 19200 + 2 * 1m
= 552 [ms]

즉, 600 샘플당 552[ms]이 소요 된다.

표1. 샘플링 주파수별 1초 분량 샘플 데이터 전송 시간

주파수[Hz]	데이터 전송 시간[s]
10k	9.2
3k	2.76
1k	0.92
600	0.552

2.3 소프트웨어 구성

송신기와 수신기는 모두 89C51을 이용하였으며, 이는 Keil C 컴파일러[7]를 이용하여 프로그램 하였다. 또한 사용자 접속 프로그램은 Visual Basic[8]를 이용하여 사용자가 쉽게 계측된 정보를 알아볼 수 있도록 구성하였다.

2.3.1 송신기

그림 8.(a)는 송신기 프로그램의 전체 흐름도를 나타낸다. 송신기는 AD컨버터의 데이터를 버퍼에 저장하고, 이를 수신기로 전송한다. 샘플링 한 값에 대한 실효치를 계산하여 수신기로 전송한다. 수신기로부터 샘플링 주파수에 대한 명령을 수신하고, 이에 따라 샘플링 주기를 변경한다.

2.3.2 수신기

그림 8.(b)는 수신기 프로그램의 전체 흐름도를 나타낸다. 수신기는 송신기로부터 샘플 데이터와 실효치를 연

산한 결과를 수신한다. 이때 수신한 샘플링 데이터는 PC로 전송하고, 실패치는 LCD에 표시한다. PC로부터 샘플링 주파수 변경 명령을 수신하며, 이를 송신기로 전송한다.

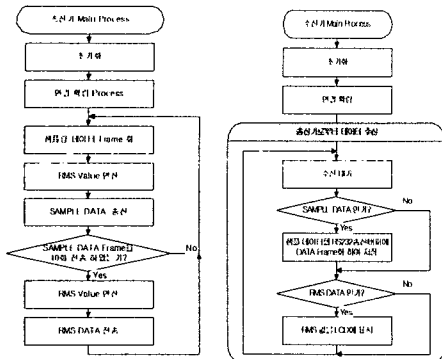


그림 8. (a) 송신기와 (b) 수신기 프로그램 흐름도

2.3.3 사용자 접속

송신기가 표현하는 데이터의 정보는 입력 신호의 실패치로 제한된다. 데이터의 파형, 순시치 등의 좀 더 자세한 입력 신호의 값을 계측하기 위해 송신기로 전송된 데이터를 컴퓨터를 이용한 모니터 프로그램으로 표현한다. Visual Basic를 이용하였으며, 이를 통해 데이터의 파형 및 데이터가 컴퓨터로 전송된 시간 등을 알 수 있었다. 그림 9는 Visual Basic으로 만든 모니터 프로그램의 외형을 보인다.

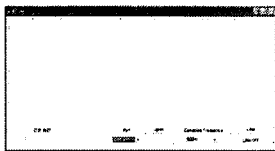


그림 9. 사용자 접속 프로그램 외형

3 실험 및 결과 분석

본 장에서는 앞서 본 논문에서 구성한 계측 시스템을 이용하여 유선 통신 속도 및 전송 데이터의 정확성을 알아보았다. 실험을 하기 위해 송신기와 수신기, 컴퓨터를 유선으로 연결하고, 로고스키 코일을 모사하는 함수 발생기를 이용하여 실험을 행하였고, 실험의 결과는 Visual Basic 프로그램을 이용하여 분석하였다.

3.1 실험 장치 구성

본 논문에서 실험한 장치들의 구성도는 그림 10과 같다. 우측에서부터 함수발생기, 송신기, 수신기, 컴퓨터를 보여주고 있다. 함수 발생기는 로고스키 코일에서 측정된 데이터를 모사하는 역할로 60Hz에서 $\pm 10V$ 의 입력을 가지며, 송신기 및 수신기, 컴퓨터와 수신기는 유선 통신으로 연결된다. 이를 통하여 유선 환경에서 데이터의 송수신 시간 및 데이터 계측의 정확성을 보일 수 있었다. 또한 전송시간의 측정은 ADC의 샘플링 주파수를

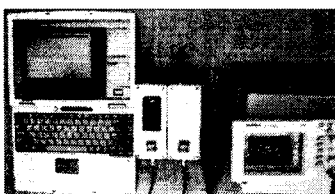


그림 10. 실험 장치 구성

600Hz 과 3kHz로 한 후 일 초 분량의 데이터가 전송되는 시간을 측정하였다. 그림 11은 실험장치 중 합

수발생기로 모사되는 로고스키 코일을 보인다.

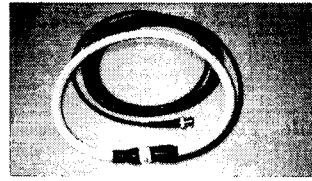
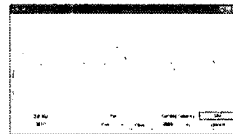


그림 11. 로고스키 코일

3.2 결과 분석

그림 12는 3.1절에서 묘사된 실험장치를 이용하여 확인된 샘플링 주파수별 데이터의 파형 및 데이터 전송 시간을 나타낸 것이다. 입력 파형은 60Hz 의 주파수를 가지는 $\pm 8V$ 이고, 그림 12에 보여지는 파형을 통하여 현재 데이터 송수신 정확성을 알 수 있다. 또한 600Hz 경우는 데이터 전송에 0.59초가 소요됨을 알 수 있고 3kHz에서는 전송 시간이 2.65초가 소요됨을 알 수 있는데 이것은 위에서 언급한 데이터 송수신 계산법에서 약 20%의 오차를 보이는 것이다. 이는 최적의 환경에서 실험을 행하지 못하였기 때문에 약간의 오차를 보이는 것이다. 이를 통하여 무선 통신에서는 600Hz와 3kHz의 경우 약 0.552초와 2.76초 정도가 소요될 것이라는 것을 알 수 있다. 이는 실시간 계측은 아니지만 무선 통신을 통하여 확실한 절연이 보장된 상태에서 정확하게 전원의 상태를 확인할 수 있다는 것을 보인다.



(a) 600Hz

(b) 3kHz

그림 12. 샘플링 주파수에 따른 결과 파형 및 전송 시간

4. 결 론

본 논문에서는 초고압 대용량화되고 있는 전력설비의 안정적인 운영을 위한 고신뢰성의 정밀급 전류측정 장치 개발을 위하여, 전력기기의 1차 전류를 로고스키 ECT로 측정하여 RF 무선 통신방식으로 측정신호를 송수신하는 원격 계측 시스템을 연구하였다. 또한 RF 무선 통신을 위하여 독자적인 프로토콜을 설계함으로써 정확하고 빠른 데이터의 전송을 확인할 수 있었으며, 이를 통하여 우리는 차후 더욱 더 안전하고 신뢰성을 있는 전력 설비의 상태 감시가 가능할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 2004년도 기술혁신과제 및 전력 산업연구개발사업(R-2004-0-170)의 부분적인 지원으로 수행된 일부 연구결과에 대하여 감사드립니다.

[참고 문헌]

- [1] 장용무, 김성일, "전력설비용 계기 및 보호 계용 로고스키 전자식 CT 개발", 전기학회 2004년 고전압방전연구회 춘계학술대회는문지, 2004. 05
- [2] Oates, C, "The design and use of Rogowski coils", Measurement Techniques for Power Electronics, IEE Colloquium on, 5/1 - 5/5, 1991
- [3] www.radiometrix.com, "BIM-433 Datasheet"
- [4] 이용혁 외 7명, "8051 마이크로 컨트롤러" 사이텍 미디어
- [5] www.altera.com, "EPM7064 Datasheet"
- [6] www.analog.com, "AD7854 Datasheet"
- [7] 김형태, "(How to Use)KEL 8051 C Compiler", 양성각
- [8] 이이표, 김병세, "Bible Visual Basic 6.0", 삼양 출판사