

PXI모듈을 이용한 랩뷰 기반 시간-주파수 영역 반사파 실시간 계측 시스템 구현

Implementation of a Labview Based Time-Frequency Domain Reflectometry Real Time System using the PXI Modules

박 태근*, 광 기석**, 박 진배***, 윤 태성****

(Tae Geun Park*, Ki-Seok Kwak**, Jin Bae Park***, Tae Sung Yoon****)

Abstract - One of the important topics concerning the safety of electrical and electronic system is the reliability of the wiring system. The Time-Frequency Domain Reflectometry(TFDR) is a state-of-the-art system for detection and estimation of the fault on a wiring/cable. The purpose of this paper is to implement a Labview based TFDR Real Time system though the instruments of PCI eXtensions for Instrumentation(PXI). The TFDR Real Time system consists of the five parts: Reference signal design, signal generation, signal acquisition, algorithm execution, results display part. In the signal generation and acquisition parts we adopt the Arbitrary Waveform Generator(AWG) and Digital Storage Oscilloscope(DSO) PXI modules which offer commonality, compatibility and easy integration at low cost. And execution of the PXI modules not only is controlled by the Labview programing but also the total system process is executed by the Labview application software.

Key Words : Time-Frequency Domain Reflectometry(TFDR), Labview, PXI, Real Time System, AWG, DSO

1. 서 론

오늘날 전기, 전자 배선 시스템(electric, electronic wiring system)은 전화선이나 초고속 인터넷, 방송 통신 케이블뿐만 아니라 송전선로의 저,고압 케이블로부터 항공기나 선박, 발전소의 전기 배선에 이르기까지 복잡하고 다양하게 우리 생활에서 쓰이고 있다. 이러한 전기, 전자 배선 시스템은 공공안전에 직접적으로 미치는 영향과 송전선로의 경우 안정적인 전력 서비스 제공 및 유지 보수와 비용 절약을 고려해 볼 때 고도의 안정성(stability)과 신뢰성(reliability)을 요구하므로 정밀한 진단과 점검이 필요하며, 배선 진단 기술에 대해 다양한 연구가 필요한 실정이다.

특히 여러 배선 진단 기술 중 최신 기술이면서 신속하고 정확하며 비용 측면에서도 유리한 신호처리 기법을 많이 이용한다. 이 방법은 일정한 신호를 도선에 인가한 후 반사되어 오는 신호를 분석하여 진단하는 반사파 계측방법으로써, 반사파 계측 방법 중에는 크게 시간 영역 반사파 계측 방법(Time Domain Reflectometry), 주파수 영역 반사파 계측 방법(Frequency Domain Reflectometry), 시간-주파수 영역 반사파 계측 방법(Time-Frequency Domain Reflectometry)이 있으며 이 중 시간-주파수 영역 반사파 계측 방법은 나머지 두 방법보다 진보된 최신 기술로서 시간과 주파수 각각의 영

역에서만 분석하는 방법의 단점과 한계를 극복하여 더 높은 해상도(resolution)와 정확도로 도선의 이상 유무 및 결함 위치(fault location)를 측정한다.

시간-주파수 영역 반사파 계측 방법은 시간과 주파수 두 영역에서의 특성을 모두 분석하기 때문에 기준 신호를 삼각형 포락선(triangle envelop)으로 지역화된(localized) 칩 신호(chirp signal)를 사용한다. 여기서 삼각형 포락선은 시간 영역을 지역화 하고 칩 신호는 도선 감쇠 특성(frequency attenuation property)을 고려하여 관심 있는 주파수 대역을 지역화하는 것으로 시간과 주파수 모두에 따라 정보를 가진다는 장점이 있으므로 시간-주파수 영역 반사파 계측 방법의 기준 신호로 적절하다. 이 방법은 기준 신호(reference signal)를 대상 도선에 인가한 후 반사된 신호(reflected signal)를 습득하여 분석하는데, 시간-주파수 영역 반사파 계측은 위그너 시간-주파수 분포 함수(Wigner time-frequency distribution function)와 정규화된 시간-주파수 상호 상관 함수(normalized time-frequency cross correlation function)를 이용한 알고리즘을 통하여 더 정확한 도선의 결함 유무와 결함 위치를 계산 할 수 있다.[1]

본 논문에서는 위에서 언급한 배선 진단 시스템의 가장 최신 기술인 시간-주파수 영역 반사파 알고리즘을 이용하여 실시간(real time)으로 이루어지는 진단 계측 시스템을 구현한다. 이것은 NI(National Instrument)에서 개발한 그래픽얼(graphical) 프로그래밍 언어인 랩뷰(Labview)와 PXI(Pci eXtensions for Instrumentation) 장치 모듈(module)을 이용하여 PC기반 실시간 시스템을 구현함으로써, 도선에 적합한 기준 신호 설계와 PXI모듈인 임의 파형 발생기(arbitrary waveform generator)와 디지털 오실로스코프(digital storage oscilloscope) 제어, 시간-주파수 영역 반사파 알고리즘 처리

저자 소개

- * 박 태 근 : 延世大學 電氣電子工學科 碩士課程
- ** 광 기 석 : 延世大學 電氣電子工學科 博士課程
- *** 박 진 배 : 延世大學 電氣電子工學科 教授 · 工博
- **** 윤 태 성 : 昌原大學 電氣工學科 教授 · 工博

및 결과 디스플레이까지 랩뷰 프로그래밍으로 개발한 어플리케이션 소프트웨어(application software)를 통해 실시간 자동화 시스템(real time automation system)을 구현하였다.

2. 본 론

2.1 시간-주파수 영역 반사파(TFDR) 계측 알고리즘

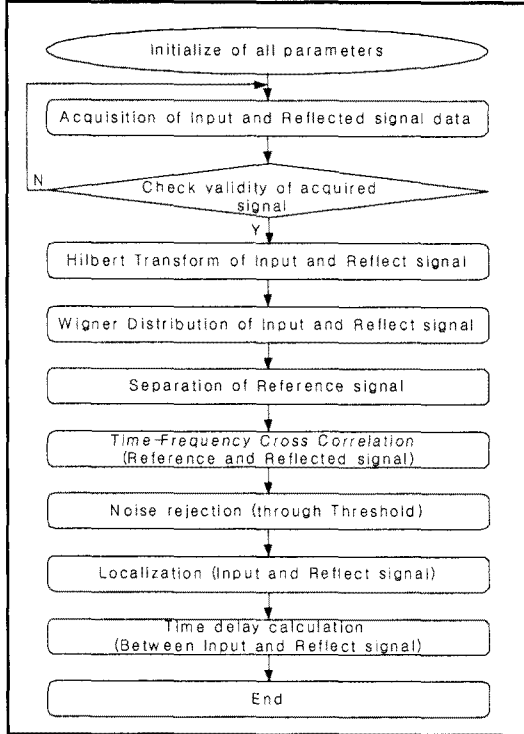


그림 1 시간-주파수 영역 반사파 계측 알고리즘 순서도
(Flow chart of Time-Frequency Domain Reflectometry Algorithm)

본 절에서는 배선 진단 시스템의 가장 최신 기술인 시간-주파수 영역 반사파 계측 알고리즘에 대해 설명한다.

그림1은 알고리즘의 순서도를 나타낸 것으로 먼저 임의 파형 발생기의 샘플링 레이트와 대상 케이블의 전파 속도등 기본적인 파라미터를 설정, 초기화 시킨 후 임의 파형 발생기로부터 시간과 주파수 영역에서 지역화된 삼각형 포락선 모양을 가진 칩 신호를 발생시킨다. 그러면 직접 통과되는 신호와 대상 케이블을 통해 반사된 신호가 디지털 오실로스코프의 아날로그-디지털 변환(ADC)을 통해 데이터화 되면서 습득하게 된다. 그 후 힐버트 변환(Hilbert Transform)을 거치게 되는데 알고리즘에서 힐버트 변환의 역할은 기준 신호인 칩 신호를 주파수 영역에서 보면 좌,우 대칭인 형태로 나타나게 된다. 이때 힐버트 변환을 취하면 한 쪽 면의 스펙트럼을 제거함으로써 신호처리를 하는데 효율적인 방법으로 유용하게 쓰인다. 이렇게 힐버트 변환된 입력 신호와 반사 신호는 시간과 주파수 영역의 관찰을 위해 위그너 분포 함수를 통해 시간-주파수-값 데이터로 변환 시킨다.

여기서 기준 신호를 분리하고 이 기준 신호와 반사된 신호 간의 정규화된 시간-주파수 상호 상관 함수를 취함으로써 입

력신호와 대상 케이블로부터 반사된 신호가 0과1사이에 정규화된 크기로 뚜렷이 나타나게 되어 두 신호간의 시간 지연(time delay)를 계산하는데 더 정확하게 구할 수 있게 된다.

2.2 PXI모듈을 이용한 시간-주파수 영역 반사파 시스템 구성

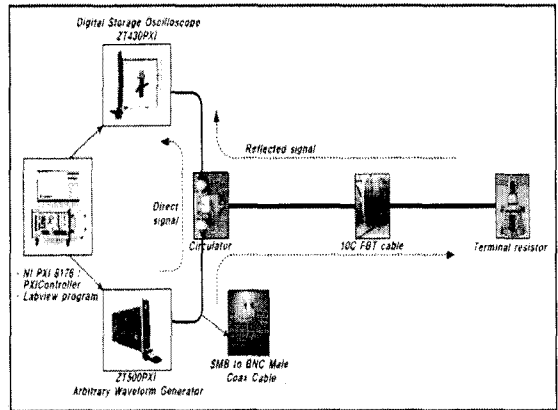


그림 2 PXI모듈을 이용한 TFDR 시스템 구성도
(Configuration of the TFDR System using the PXI Modules)

본 논문에서 구현하는 시간-주파수 영역 반사파 실시간 계측 시스템은 PC기반이기 때문에 PCI버스 구조를 가진 PXI 모듈의 사용이 실시간 시스템 구현에 적합하며, 범용 계측기에 비해 저사양이긴 하지만 낮은 가격으로 신뢰성과 훌륭한 성능을 보장하기 때문에 실험 환경에서 많이 쓰이고 있다.

그림2는 PXI모듈을 이용한 시간-주파수 영역 반사파 계측 시스템 구성도로서 신호 발생부인 ZT500PXI 임의 파형 발생기는 랩뷰에서 설계된 기준 신호를 발생시키고, 발생된 기준 신호는 신호 분배부인 순환기를 통해 두 갈래로 나뉘어져 하나는 신호 습득부로 직접 들어가고 또 하나는 대상 케이블의 결함에서 반사되어 신호 습득부인 ZT430PXI 디지털 오실로스코프로 들어가게 된다. 또한 메인 컴퓨터인 NI PXI 8176 PXI컨트롤러와 랩뷰 프로그램은 기준 신호 설계 및 PXI모듈 제어, 시간-주파수 영역 반사파 알고리즘을 수행하는 기능을 담당한다.

2.3 랩뷰 프로그래밍(Labview Programing)

2.3.1 기준 신호 설계

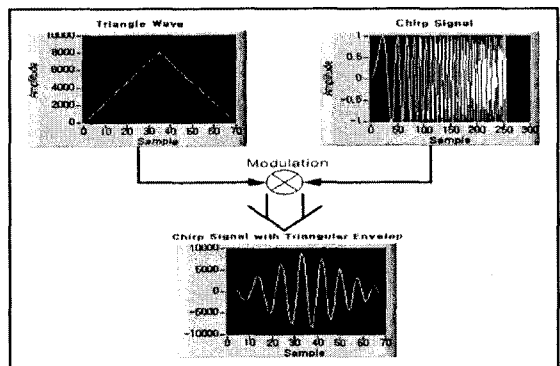


그림 3 기준 신호 설계 프론트 패널
(Front Panel of Reference Signal Design)

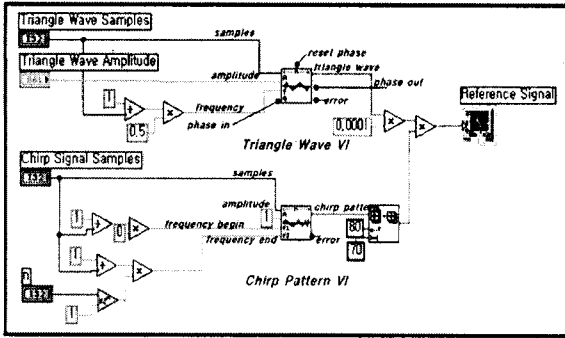


그림 4 기준 신호 설계 블록 다이어그램
(Block Diagram of Reference Signal Design)

TFDR시스템에서 사용될 기준 신호는 시간과 주파수 영역 모두에서 지역화 할 수 있는 파형이면 사용이 가능하다. 즉 가우시안 포락선 모양이나 삼각형 포락선 모양 모두가 시간을 지역화 할 수 있고, 이 파형에 주파수 영역을 지역화 할 수 있는 칩 신호를 변조시키면 기준 신호로서 가능하다.

그림4는 랩뷰에서 함수와 같은 역할로 제공하는 Triangle Wave.VI와 Chirp Pattern.VI 객체 아이콘을 이용하여 기준 신호를 설계한다. 본 논문에서는 70개 샘플로 반 주기의 삼각파형을 생성하고 그 안에 8주기의 칩 신호가 들어가도록 각 VI입력단에 주파수와 샘플수를 넣었다.

2.3.2 AWG와 DSO 랩뷰 프로그래밍 제어

위에서 설계한 기준 신호를 발생 시키고 반사된 신호를 습득하기 위한 PXI모듈은 랩뷰 프로그래밍을 통해 제어한다.

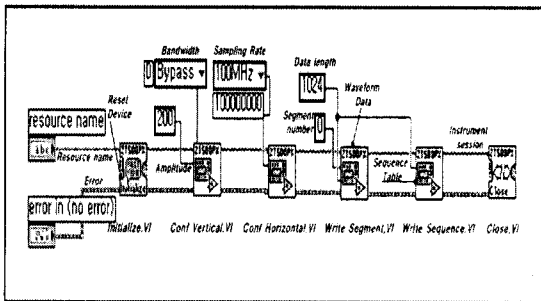


그림 5 임의 파형 발생기(ZT500) 제어를 위한 랩뷰 프로그래밍
(Labview Programming for AWG(ZT500) Control)

임의 파형 발생기(AWG)는 그림5에서 보는 바와 같이 6개의 VI 아이콘을 이용하면 파형을 발생 시킬 수 있다. 먼저 Initialize.VI를 통해 PXI장치와 통신을 설정한 후 Conf Vertical.VI와 Conf Horizontal.VI를 통해 크기와 대역폭, 샘플링 레이트를 설정하게 된다. 그런 다음 Write Segment.VI를 이용하여 우리가 설계한 기준 신호 파형을 다운로드 하여 세그먼트(Segment)에 저장을 시키고 시퀀스(Sequence)의 순서 명령에 따라 파형을 발생시키게 된다.

디지털 오실로스코프(DSO)는 그림6과 같이 5개의 VI 아이콘을 이용하여 반사된 신호를 습득하고 분석하며, 아날로그 신호를 데이터 배열로 저장 시켜 표시해준다. 즉 처음 PXI장치의 통신을 개통한 후 Config Input.VI를 이용하여 채널과 입력 임피던스, 필터링 선택 사항을 거쳐 신호를 습득하고

Config Acquisition.VI에서 신호를 디지털화 하기 위한 샘플 크기와 샘플링 레이트를 설정한 후 Wave Data.VI를 통해 데이터 배열로 저장되고 그래프를 통해 표시해준다.

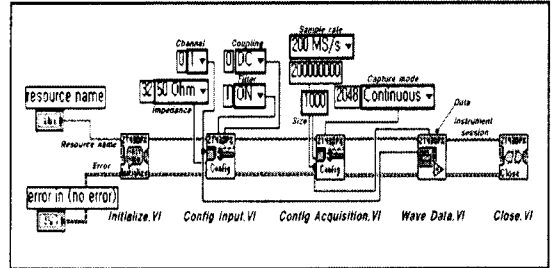


그림 6 디지털 오실로스코프(ZT430) 제어를 위한 랩뷰 프로그래밍
(Labview Programming for DSO(ZT430) Control)

2.3.3 실시간 시스템 구현

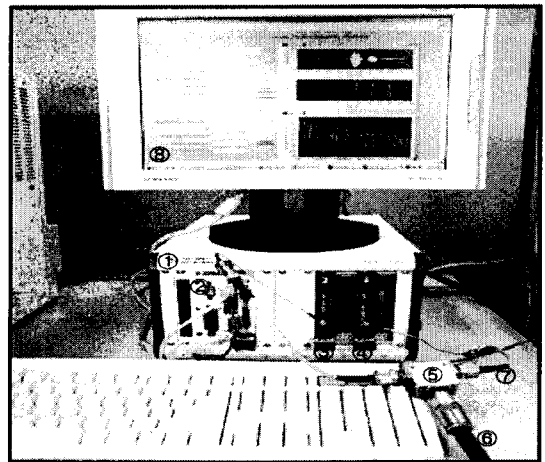


그림 7 PXI모듈을 이용한 TFDR 실시간 계측 시스템
(TFDR Real Time System using PXI Module)

그림7은 PXI모듈을 이용한 TFDR 실시간 계측 시스템으로서 ③,④은 PXI모듈이고, ⑤는 순환기로 입력 신호와 반사 신호가 방향성을 가지고 통과되도록 제작된 것이다. 또한 ⑥은 랩뷰 프로그램으로 기준 신호 설계 및 PXI모듈을 실시간으로 제어를 할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 고가의 범용 계측기 사용과는 달리 가격대비 성능이 우수한 PXI모듈을 이용하였고 기준 신호 설계 및 PXI모듈 제어를 위한 랩뷰 프로그램으로 TFDR 실시간 계측 시스템을 구현하였다.

4. 참 고 문 헌

- [1] T. Choe, C. Hong, E. Song, J. Yook, J. Park, Y. Shin, Powers, E.J, "Detection and estimation of a fault on coaxial cable via time-frequency domain reflectometry." Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2003. IMTC '03. Proceedings of the 20th IEEE, Vol.1, pp.190-195,20-22 May 2003