

임베디드 프로그램으로 재구성한 윈도우 기반 지하관망 모니터링 시스템의 구현

박준태[†], 홍인식^{**}

요 약

사회의 발전과 함께 사회 기반을 구성하는 시설물들의 관리에 대한 연구가 지속되고 있으며, 사회 각 분야에서는 다양한 아이디어를 바탕으로 새로운 시스템을 구축하여 왔다. 그 중 상수도 관망 관리를 위해서 현재 시공되어 운영되고 있는 RTD-1000은 누수 및 파손 등을 원격으로 감지하는 기기로서, PC 기반의 시스템 형태를 가지고 있다. 하지만 PC 기반에서 오는 리소스 소비, 발열, 소비전력이 크다는 취약점이 있다. 본 논문에서는 RTD-1000의 취약점을 보완한 개량된 시스템인 RTD-2000을 제안한다. 이 시스템은 WinCE 기반의 ARM9 개발 키트와 LCD가 제거된 TDR만으로 설계 및 구현되었다. RTD-1000에 탑재되었던 윈도우 기반의 각종 감지 프로그램들은 ARM9 기반의 전용 임베디드 S/W로 대체하였고, 성능 비교를 위하여 시뮬레이션 및 평가를 수행하였다.

Implementation of Windows Based Underground Pipe Network Monitoring System Reproduced with Embedded Program

Jun-Tae Park[†], In-Sik Hong^{**}

ABSTRACT

According to the development of society and infrastructure, effective underground facility management is growing more important than ever. In the process various monitoring systems are studied and developed for water works pipe-network. Especially, RTD-1000 system with the based on PC. Reflector-monitoring device is constructed and steered by several local governments. But, this system have to be improved result from based on PC system structure at the point of resource management, heat, power consumption and size. In this paper, RTD-2000 is proposed are a substitution of improved RTD-1000 with many respect and portable one. This system is designed and implemented with ARM-9 development kit based on WinCE and LCD eliminate TDR(Time Domain Reflector-Meter). Various surveillance programs based on windows are mounted on RTD-1000 are replaced with dedicated embedded application softwares. Simulation and evaluation for performance comparison are performed for the prove of effectiveness of RTD-2000.

Key words: Miniaturization(소형화), Low Cost(저비용), RTD-2000

※ 교신저자(Corresponding Author): 홍인식, 주소: 충남 아산시 신장면 읍내리 순천향대학교 멀티미디어관 604호, 전화: 041) 530-1321, FAX: 041) 530-1321, E-mail: ishong@sch.ac.kr
접수일: 2011년 3월 8일, 수정일: 2011년 4월 29일

완료일: 2011년 7월 12일

[†] 준회원, 순천향대학교 일반대학원 컴퓨터학과
(E-mail: jtpark@sch.ac.kr)

^{**} 정회원, 순천향대학교 공과대학 컴퓨터공학과
(E-mail: ishong@sch.ac.kr)

1. 서 론

최근 10여 년간 인터넷의 보급과 함께 관련 기술이 빠르게 발전하면서 국가적 차원에서 RFID/USN, GIS, WiFi 기술 등을 활용한 사회 기반 시설물의 관리 서비스 제공이 가능해졌다. 현재 사회 기반 시설물들의 유지 보수 장비들은 서비스별로 시스템이 분산 설치되기 때문에 초기 설치비용이 높다[1]. RTD-1000은 누수 감지관, 모니터링 프로그램, TDR(Time Domain Reflectometer)로 구성되어 있으며, 핵심적 역할을 하는 TDR은 누수 감지관에 삽입된 감지도선에 펄스파를 보내고 반사파를 받아서 고장점의 거리를 측정하고, 측정된 데이터를 모니터링 프로그램으로 보내는 원격 제어 감시 장치이다[2,3]. RTD-1000은 누수 감지 전용관이 매설된 곳에 따라 지상에 설치되는데, 최초 설치 지점에 따라 측정 경로가 결정된다. 이러한 환경에서 구동되는 RTD-1000은 하드디스크와 같은 보조기억장치 사용으로 리소스 낭비가 크고 고장 발생률이 높으며 장치의 외양이 커지고 전력 소비가 크다. 발열량도 커서 별도의 냉각 장치를 필요로 하며, 결과적으로 임베디드 프로세서 기반의 컨트롤러에 비해 구축비용이 높아지고 한여름과 겨울에 내구성의 문제가 발생한다[4]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존 시스템을 분석하고 임베디드 기반의 개발 킷으로 컨트롤러 보드를 재구성하며, 그 위에 전용 프로그램을 구동하기 위한 소프트웨어 모듈을 구현하였다. 이로 인해 필수 기능은 유지되되 제작 단가는 낮출 수 있는 RTD-2000을 설계하고 구현하였다.

2. 관련 연구

2.1 RTD-1000(Remote TDR Device-1000)

RTD-1000의 외함은 가로 540mm, 세로 330mm, 높이 920mm 크기로 내함, 전원 장치, 전류 안정기를 포함하며, 내함에는 TDR, 컨트롤러가 구성되어 있다. 외함은 지상에 설치되기 때문에 훼손이나 파손의 우려가 높고 보안상 문제점이 있다[4,5]. TDR을 이용해 감지도선의 관리가 가능하지만, 온도, 변위 등의 여러 요소로 인해 데이터가 변할 수 있기 때문에 사용자가 노이즈를 필터링해 보다 정확한 데이터를 추출할 필요가 있다[6].

2.2 WinCE 기반의 ARM9 개발킷

일반적인 시스템에서 소형화의 핵심은 저비용, 저전력, 소형, 경량이다. 이를 달성하기 위한 최적의 조건은 임베디드 전용 OS인 Windows CE가 탑재된 저가의 임베디드 기기를 이용하는 것이나, Windows XP 기반에서 C언어로 작성된 기존의 RTD-1000 구동 프로그램은 여러 이유로 임베디드 개발킷에서 동작하지 않는다[7]. 그러므로 H/W 구성 변경만으로 RTD-1000을 쉽게 소형화 할 수 없으며, 몇 가지 주요 이유는 아래 그림 2와 같다.

그러나, 개발킷에 탑재된 WinCE는 Visual Studio 2005의 통합 개발 환경을 지원하고 있기 때문에 UI와 제어 로직의 구현 및 테스트가 용이하다는 특징을 갖고 있다. 그러므로 C언어로 제작된 기존의 RTD-1000 구동 프로그램은 축소된 클래스 라이브러리를

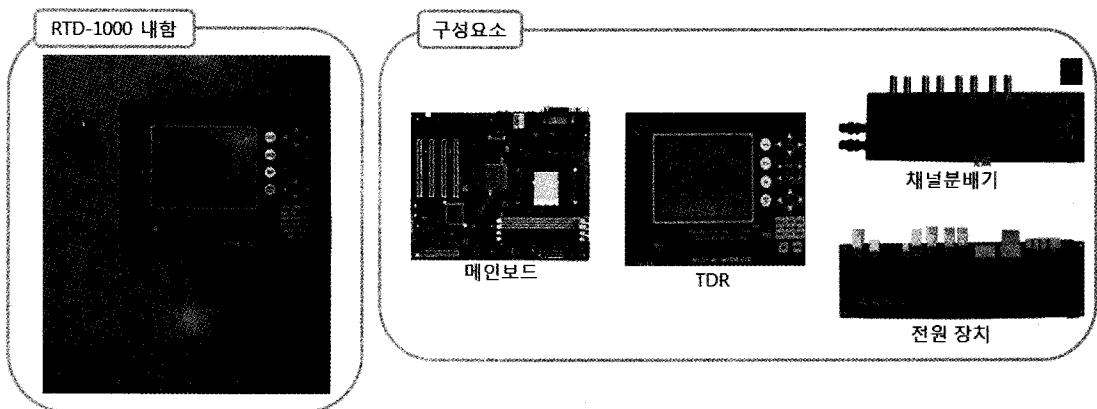


그림 1. RTD-1000의 내함과 구성요소

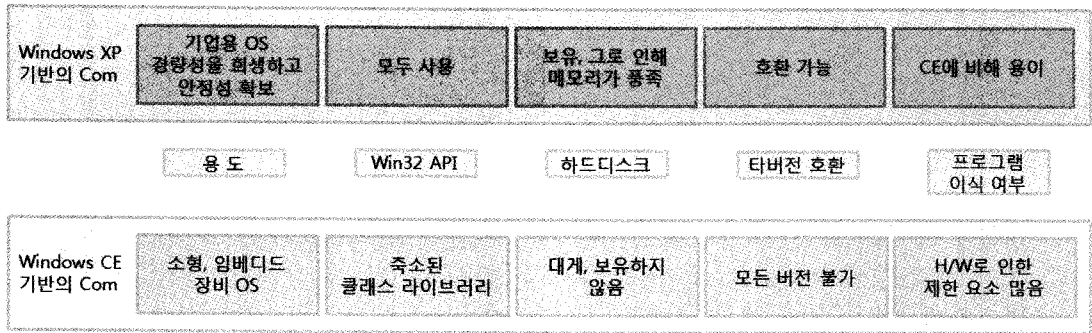


그림 2. Windows XP와 Windows CE의 비교

에서 완벽하게 사용이 가능하도록 다시 제작되어야 한다[8]. 개발킷은 하드 디스크 대신 NAND 플래시 메모리를 사용하기 때문에 페이지 스와핑이 용이하지 않고, 다시 쓰기(Rewrite) 성능이 낮으며 잦은 쓰기 작업으로 인해 수명이 짧아질 우려가 있다[9]. 그래서 임베디드 시스템에서는 플래시 메모리에 대한 잦은 쓰기 작업을 발생시키는 페이지 스와핑 대신 프로세스 강제 종료 기법을 주로 사용해야하는데 이런 특징은 모바일 기기나 PDA와 같은 응용 시스템에 중점이 되는 요구사항이기도 하다[10,11]. 개발킷은 아래 그림 3과 같다.

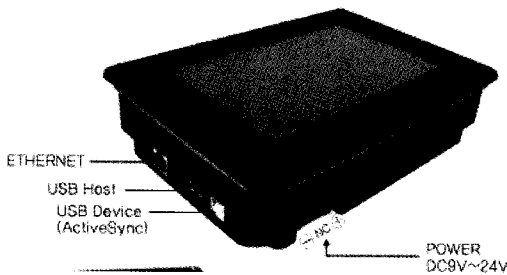


그림 3. WinCE 기반 ARM9 개발킷

3. RTD-2000의 설계 및 구현

3.1 개발 환경 및 요구 사항 분석

RTD-2000의 구동 프로그램은 VS2005에서 C# 언어로 개발되었으며, 개발킷은 터치 컨트롤러가 장착되어 있고 RS232 통신으로 TDR과 통신이 가능하다.

3.2 RTD 2000의 설계 및 구성

RTD-2000의 개발킷은 RTD-1000의 PC를 대체

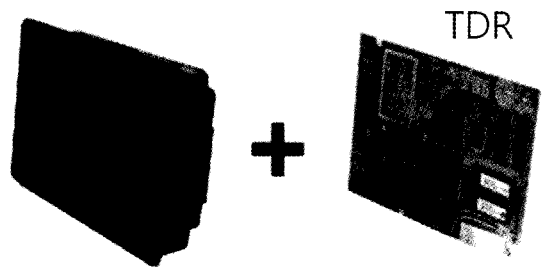


그림 4. RTD-2000의 하드웨어 구성

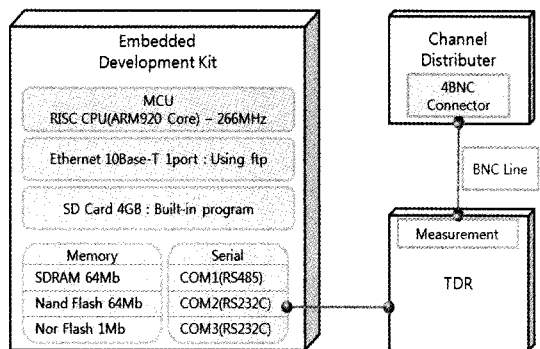


그림 5. RTD-2000의 시스템 구성도

하고, 가격은 약 70%대이며, RTD-1000에 비해 제작 단가, 메인 메모리 크기, 저장 장치가 감소하였고 사용하지 않는 포트들을 제거해 표 1로 크기, 무게, 소비 전력이 감소한 것을 확인할 수 있다.

3.3 RTD-2000의 구동 프로그램 구현

RTD-2000의 WinCE 기반 프로그램 코드는 기존 RTD-1000의 WinXP 프로그램 보다 구조적이고 직관적이어야 한다. 이는 다소 제한적인 리소스를 가진 ARM9 기반의 임베디드 시스템에 적합하도록 간략

표 1. RTD-1000과 RTD-2000의 비교

	RTD-1000	RTD-2000
CPU	· PentiumIII(800MHz)	· S3C2410(ARM920T-266MHz)
주 저장 장치	· HDD (40GB)	· SD Card(2GB)
지원 포트	· D-DUB, RS-232, RF-45, USB	· Ethernet, RS-232
공급 전력	· 5V 또는 12V DC	· 9V~24V DC
소비 전력	· 300W	· 12W

하고 명확한 프로그램을 만들기 위함이다[4]. RTD-2000 구동 프로그램은 컴파일 후 개발 키트에 탑재된다 [8]. 프로그램에는 TDR이 파형 측정 전에 사양들을 설정하는 모듈, 전용 감지관을 통해 파형을 측정하는 모듈, LCD에 그래프를 그리는 모듈 그리고 측정된 데이터를 분석해 이상 발생 시 측정된 데이터 파일을 FTP 서버로 전송하는 모듈 등 총 4가지 주요 모듈이 존재하며, 이외에 주요 모듈이 실제 동작하기 전, 개발 키트의 설정 모듈 등이 별도로 존재한다.

3.3.1 초기 설정 모듈과 측정 모듈

초기 설정 모듈에서는 아래 그림 6과 같이 사양 설정 프로토콜을 수행해, RTD-2000에 내장된 TDR이 측정을 할 수 있는 상태로 설정한다[12].

TDR이 파형을 측정하기 위한 경로 채널은 총 4개로서 RTD-2000은 후면에 전용 감지선과의 접촉부를 제공하는데, 현재는 프로토타입으로 채널 분배기를 탑재하지 않아 수동으로 채널들을 선택해 측정한다. 개발키트에 배포된 프로그램은 실행 시점의 날짜, 시간, FTP 정보, 설정된 채널들에 대한 값 등을 설정한 후 측정한다. 개발키트에서 측정 요청을 통해 얻게 되는 측정 정보들은 DataProcessing 메소드가 특정

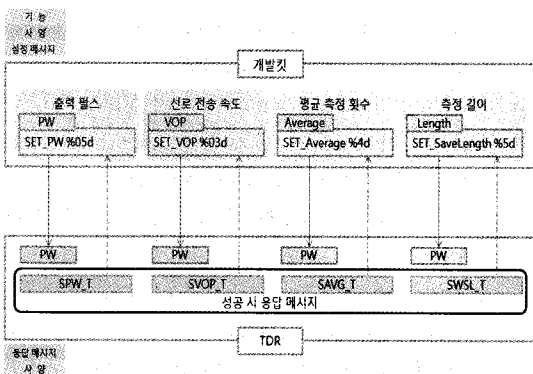


그림 6. 초기 설정이 필요한 사양 설정 프로토콜

변수에 그 정보들을 모두 저장했다가, 송신 종료 메시지를 수신하게 되면, ASCII 형으로 미리 생성된 Binary 파일에 옮겨 쓴다. 아래 그림 7은 그 일련의 과정을 나타낸다.

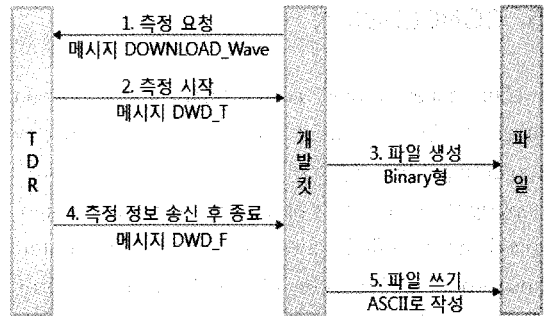


그림 7. 파형 측정과 파일 관리 프로토콜

3.3.2 그래프 모듈

그래프를 개발키트의 LCD에 표현하기 위해선 그래프의 근거가 되는 데이터를 준비하는 과정이 선행되어야 하는데, TDR에서 얻을 수 있는 그래프 데이터는 파형 측정 요청을 통해서 얻게 되는 응답 정보이다. 이 정보는 TDR이 파형을 측정해 시리얼 포트를 통해서 응답 주체에게 전송하는 정보로 개발키트 TDR에서 얻을 수 있는 유일한 그래프 데이터이기도 하다. 개발키트에서 명령어가 시리얼 포트를 통해서 TDR에 전달되면, TDR에선 수신된 명령어의 의미를 해독해서 다음 수행 과정을 선택한다. DOWNLOAD_Wave 명령어를 수신하면, 접촉부에 연결된 케이블은 감지도선에 펄스파를 보내 아날로그 반사파를 돌려받는다. TDR은 신호의 시각화를 위해 LCD의 커넥터로 재송신하지만, RTD-2000의 TDR은 LCD를 제거했기 때문에 이 과정은 생략된다. 대신, 수신된 명령어에 대한 응답으로서 아날로그 신호를 ASCII로 변환한 뒤 시리얼 포트를 이용해 개발키트로 전송

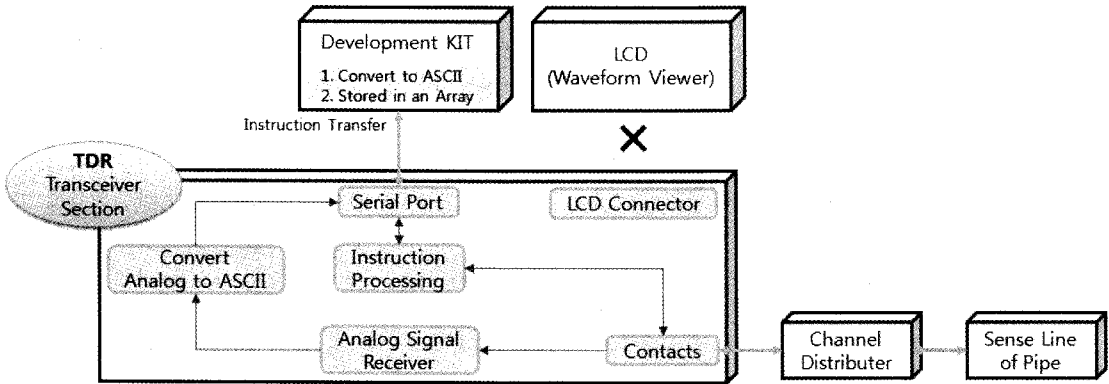


그림 8. 송신할 파형을 측정하는 TDR 송수신 과정

하고, ASCII로 변환된 파형 정보는 개발킷의 구동 프로그램을 통해 바이너리 파일에 저장되며, 분석을 위해 길이 정보가 배열에 저장된다. 다음 그림 8은 그 과정을 나타낸다.

위 과정으로 TDR로 얻게 되는 아날로그 신호는 기존의 LCD에 표현하기 위해 사용되었으나, 한 번 변환 후 개발킷의 구동 프로그램이 이용하기 때문에, 비록 정보를 토대로 데이터 생성 후 파형 표현 방법이 다르지만 기본 데이터는 동일해 TDR의 파형을 개발킷의 LCD에 표현할 수 있다. 개발킷은 함께 내장된 TDR로 파형 측정 메시지를 송신해 수신된 데이터 분석 후 변곡점 검출을 통한 파손 위치를 알아낸다. TDR에서 송신하는 두 감지도선의 측정 데이터는 이상이 없으면 순차적으로 최대 데이터 길이만큼 전송을 하지만 단선, 단락의 이상이 발생하면 고장점까지만 측정한다. 이때, 감지선의 일부 측정만 이뤄져 정상일 경우보다 데이터 길이가 짧다.

제작 과정에서 RTD-2000이 높은 정확도와 짧은 측정 시간을 만족하는 측정 요청 횟수가 26회임을 파악했고 26회를 기준으로 단선일 경우 짧은 데이터 수신은 4회 이하, 단락은 12회 이상, 정상의 경우 고정된 최대 크기의 데이터만 수신됨을 확인하였다. 여기서 짧은 데이터는 그래프에 반영할 수 있는 의미 있는 데이터로서, 그래프 변동의 근거가 되는 변곡점의 위치를 추출할 수 있다. 데이터 한 개는 이상이 발생한 위치를 나타낼 뿐, 단락이나 단선과 같은 상태 이상 유무를 나타내진 못하기 때문에, 위와 같은 분석을 통해 변곡점이 나타내는 위치에서의 이상 여부를 가려내 그래프로 표현이 가능하다. TDR을 통해서 얻은 파형 정보와 이를 토대로 생성한 데이터들

을 개발킷에 안정적으로 적용시켜 기기간 호환성이 높고 안정적인 RTD-2000을 구현할 수 있고, 아래 그림 9는 일련의 과정을 나타낸다.

프로그램에서 데이터 분석 후 그래프에 반영될 거리 계산 시, 잡음으로 인한 의미 없는 데이터는 처리 과정에 포함하지 않는다. 100m 이하의 단거리 측정 시 발생할 수 있는 블라인드 스팟 때문인데, 초기 파형을 상하로 매우 급격하게 변동시켜 모든 측정 데이터를 배열에 저장시킬 경우 변곡점 대부분이 100m 이하로 형성된다. 개발킷의 그래프용 속성들은 정확한 측정을 위해 지속적 동기화가 필요하며, 그래프를 갱신시키는 DrawGraph 메소드는 측정 데이터를 실시간으로 분석해 반영한다. 그래프 도구는 지정된 갱신 속도와 그래프 도구를 이용하는 스레드에 따라 동작 속도가 결정되며, 그래프에서 파형을 나타내는 하나의 직선은 double형 배열의 가중치 값을 바탕으로 상하로 진행 방향을 바꾸며 단락, 단선을 표현하

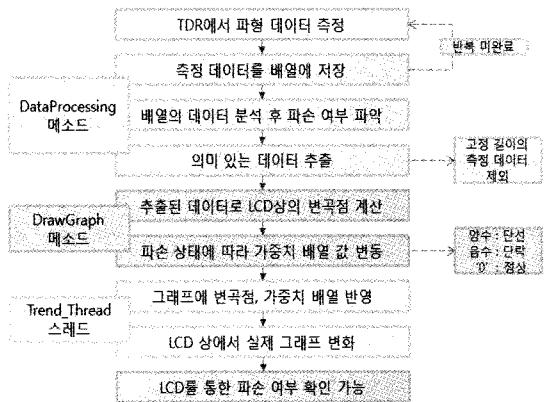


그림 9. 그래프 설정 프로토콜

는데 이 배열은 위에서 다른 의미 있는 데이터 분석을 통해 LCD 상에서 변곡점을 기준으로 변동하는 근거가 된다. 아래의 그림 10은 DrawGraph 메소드의 순서도를 나타낸다.

시스템의 안전성을 높이기 위해 그래프의 갱신 횟수를 카운팅해서 주기적으로 개발킷을 재시작해, 그래프 모듈에서 많은 리소스 소비와 측정 상태에 따라 발생할 수 있는 예상치 못한 부분들을 대비하였으며, 본 논문에서는 6회 그래프 순환 시 재시작 되도록 제작하였다.

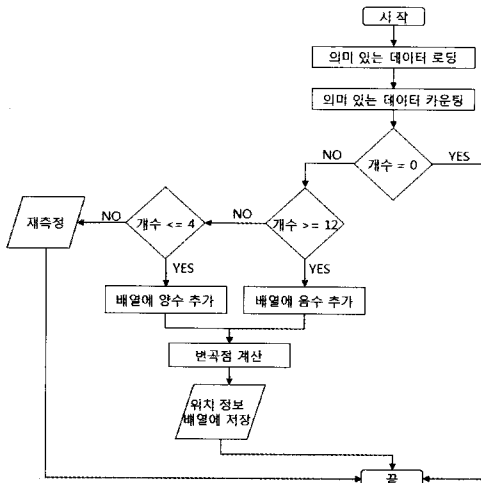


그림 10. DrawGraph 메소드 순서도

3.3.3 FTP 전송 모듈

측정 후 이상을 감지하면 측정 데이터를 서버로 전송하기 위해 사용하는 FTP 프로그램은 소스 코드

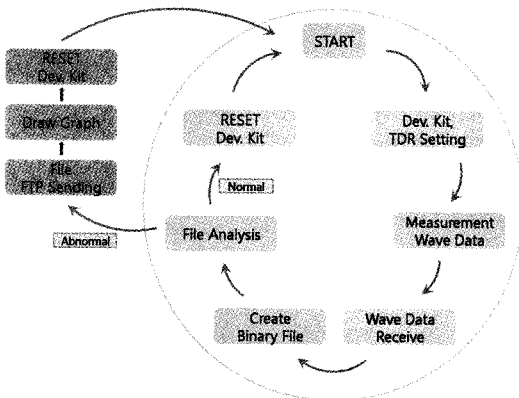


그림 11. 주요 모듈간 실행 과정

가 길고 복잡해 메모리 점유율이 높아 잦은 실행 시 프로그램의 유연성을 해친다. 그래서 이상이 발생할 경우만 전송해 메모리 점유율이 높은 FTP의 사용 빈도를 줄여 구동 프로그램의 유연성을 높인다. 그림 11은 3장에서 다른 사양 설정 모듈, 파형 측정 모듈, 그래프 그리는 모듈, 측정 데이터 분석과 FTP 전송 모듈의 실행 과정을 나타낸다.

4. 구동 프로그램 시뮬레이션

본 논문에서는 RTD-2000 프로토타입을 구현하고 가상 설정을 통한 시뮬레이션을 하였다. 측정을 위해 1번 채널 감지관과 연결하고 400m 길이의 감지 도선을 사용했으며, 감지도선을 고의로 훼손하여 잡음, 단선, 단락을 유발하였다. FTP 서버와의 네트워크 연결을 위해 TCP/IP 프로토콜로서 LAN을 통해 인터넷망에 접속해 테스트하였다.

그림 12의 RTD-2000 프로토타입은 가로 300mm, 세로 125mm, 높이 300mm이며 무게는 2.4kg으로 RTD-1000에 비해 크기는 60%대, 무게는 10%대로 소형화 되었으며, 상용화 시 제작 가격을 낮춰 기존의 시스템 구축비용을 절감할 수 있다. 외부 저장장치와 같은 별도의 주변기기가 요구되지 않기 때문에 내구성 면에서 뛰어나다. 전시회 출품 및 안정성 여부를 확인하기 위해서 케이스의 외양을 의도적으로 늘려서 제작하였는데, 향후 외양의 약 20%를 축소해 추가적으로 무게와 비용을 낮추는 것이 가능하리라 판단한다.

RS232 시리얼 통신으로 GUI 방식의 개발킷 구동 프로그램에서 측정 요청 등의 명령 메시지 전송이 가능하기에 손쉽게 TDR의 조작 및 제어가 가능하다. TDR에서 표현되는 파형이 개발킷의 LCD에서 동일하게 표현되는지 확인하기 위해 아래 그림 13과



그림 12. RTD-1000의 내함과 RTD-2000 프로토타입

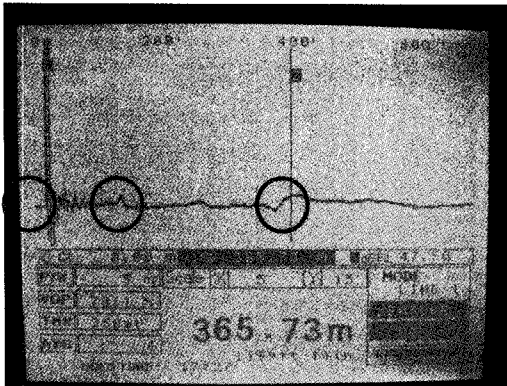


그림 13. TDR로 측정된 후 아날로그 신호를 디스플레이한 화면

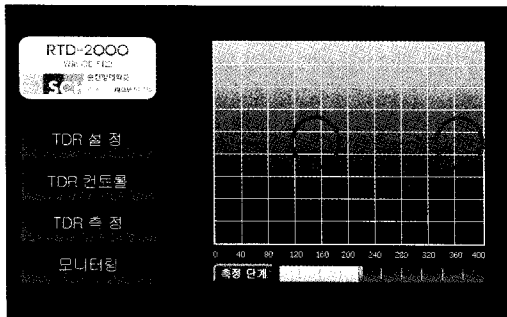


그림 14. RTD-2000 상에서 프로세싱을 거친 후의 화면

그림 14와 같이 TDR LCD를 제거하지 않고 비교했다.

그림 13은 RTD-1000의 TDR 화면으로 좌측 원의 짧은 직선은 파형의 기준선으로 파형이 하락하면 단락이나, 우측 원처럼 상승한 경우는 단선이다. 고장 점은 365.73m이며, 가운데 원처럼 블라인드 스팟으로 인한 잡음도 확인되고, 블라인드 스팟은 파형 상승 후 기준선의 높이로 하락하는 특징이 있다. 단락이나 단선은 우측 원처럼 주변의 파형이 함께 변하며, 그 구간은 측정 시 주변 여건에 따라 조금 다르다. 그림 14는 RTD-2000의 LCD 화면이며, 블라인드 스팟도 확인되나 단락, 단선 시 주변 파형은 두 그림의 우측 원처럼 변곡점을 기점으로 주변이 함께 변하기

때문에 단독으로 변동된 파형은 블라인드 스팟이라 판단한다.

RTD-2000의 측정 정확도 파악을 위해 구간별 단선, 단락을 발생시켜 정확한 측정 여부도 알아보았다. 각 구간별 상황에 대한 측정은 각각 100번씩 실행하였고, 정상인 경우엔 거리에 상관없이 100번의 측정만 이루어졌다. 시뮬레이션은 외부에서 진행되었기 때문에 비관계자의 RTD-2000 조작이나 훼손을 방지하기 위해 수시로 확인을 하였고, 바람, 비, 눈 등의 날씨 변화로 인해 감지도선이 날리거나 물에 젖어 각종 잡음이 TDR로 측정이 되었으나 이 점에 대해선 크게 감안하지 않고 진행해, 시뮬레이션 2일 차에는 모든 감지도선이 눈에 묻히기도 하였다. 실제 시공 시 감지도선은 감지관에 감긴 후 몇 차례 추가 코팅이 되어 외부에 노출되지 않는다는 점을 감안하면, 실제로 발생하기 힘든 극단적인 상황하에서의 시뮬레이션이라 할 수 있다. 또, 구동 프로그램의 성능에 이상을 유발할 수 있는 WinCE가 포팅된 개발킷의 일부 메모리 점유 프로그램들을 제거하였다.

측정 시간은 채널 1을 기준으로 동일한 위치와 동일한 길이의 감지도선으로 측정된 결과로 100번과 200번의 구간별 측정 시간을 구해서 얻은 데이터를 비교한 결과 RTD-1000이 평균 63초의 측정 시간과 9.4MB의 파일 크기를 보이는 것에 비해 RTD-2000은 평균 51초의 측정 시간, 898KB의 평균 파일 크기를 보였고, 정확한 시간 측정을 위해 Textbox에 측정 시작 시간과 종료 시간을 기록하였다. 표 2는 RTD-2000의 측정 정확도를 나타낸다.

RTD-1000은 단락에서 99%의 정확도를 나타냈으나 RTD-2000 시뮬레이션시 발생했던 강설이나 강우는 없었으며 나머지 구간의 정확도는 동일하였고, 5일 간의 테스트 시뮬레이션 시, Binary 파일 삭제 뒤 프로그램이 다운되는 현상을 발견해 보완하였다. 시뮬레이션을 통해 개발킷의 LCD로 TDR의 LCD를 대체가 가능하며, RS232 시리얼을 통한 개발킷의

표 2. 각 구간별 측정 정확도

	100m	200m	300m	정확도
이상여부 판단	· 200번 성공	· 200번 성공	· 200번 성공	· 100%
단 선	· 97번 성공	· 100번 성공	· 100번 성공	· 99%
단 락	· 81번 성공	· 89번 성공	· 100번 성공	· 90%
정 상		· 100번 성공		· 100%

GUI 환경에서 TDR의 조작 및 제어가 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

위와 같은 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제안한 RTD-2000은 기존 RTD-1000의 리소스 낭비와 발열을 유발하는 주변 장치를 제거해 내구성이 향상되었고, 효율성과 안전성에서도 우수한 성능을 보였으며, 기존의 모니터링 프로그램에서 요구하는 데이터를 정확하게 처리할 수 있다고 판단된다.

5. 결 론

본 논문에서 제안한 RTD-2000은 임베디드 개발 킷과 LCD가 제거된 TDR이 결합되어 크기가 작으며 시스템 구축비용을 절감할 수 있다. 또한, RTD-2000은 장시간 운용이 가능하기에 큰 외관으로 인해 외부에 노출된 채로 설치되어야 하는 RTD-1000의 안전성 문제에 해결책이 될 수도 있다. 그러므로 본 논문에서 제안한 RTD-2000이 RTD-1000에 비해 리소스 낭비 감소, 시스템 구축비용 절감, 안전성 향상, 보다 쉬운 유지 보수가 가능하다고 판단된다. 향후 연구 과제는 실제 시공되어 운영되고 있는 현장에서의 성능 향상과 RTD-2000의 상용화이다.

참 고 문 헌

- [1] 강병모, 홍인식, "ARM 프로세서를 이용한 USN 기반 지하시설물 모니터링 시스템의 구현," 2011 Water & TECH Symposium, pp. 248-253, 2011.
- [2] 김민호, 홍인식, "ARM 시스템을 이용한 RTD-1000 SoC에 관한 연구," 07 추계학술발표대회 논문집, 한국멀티미디어학회, pp. 623-626, 2007.
- [3] 강병모, 홍인식, "GIS 상에서 TDR을 사용한 누수감지관과 모니터링 시스템에 관한 연구," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.7, No.4, 2004.
- [4] 김민호, "임베디드 시스템 기반 시설물 통합모니터링 시스템의 구현," 순천향대학교 일반대학원 석사 학위 논문, 2008.
- [5] (주)WACON, www.wacon.co.kr
- [6] 이재호, 박민철, 한희수, "TDR 센서를 이용한 사면의 안정해석," 2010 Korean Geo-Environmental Society Fall Conference(10th Anniversary), pp. 155-161, 2010.
- [7] 백낙훈, "OpenGL 상에서 OpenGL SC 에뮬레이션 라이브러리 구현," 멀티미디어학회논문지, 14권, 3호, pp. 440-448, 2011.
- [8] 유신철, 남정민, 이기승, "임베디드 시스템을 적용한 스피드게이트 시험기 개발에 관한 고찰," 한국철도학회지, pp. 860-865, 2009.
- [9] Sangduck Park, Hyunjin Lim, Hoseok Chang, and Wonyong Sung, "Compressed Swapping for NAND Flash Memory Based Embedded Systems," *LNCS-Embedded Computer Systems: Architectures Modeling and Simulation*, Vol.3553, pp. 314-323, 2005.
- [10] 이치영, 홍철호, 유혁, "임베디드 시스템의 가상 머신 확장을 위한 메모리 압축의 필요성," 2010 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, 제37권 제1호, pp. 363-367, 2010.
- [11] A. Sloss, D. Symes and C. Wright, "Arm System Developer's Guide," *SciTech, Printed in Korea*, 2004.
- [12] (주)NANO Tronix, www.nano-tronix.com



박 준 태

2010년 순천향대학교 컴퓨터학부
학사
2010년~현재 순천향대학교 일반
대학원 컴퓨터학과 석사
과정
관심분야 : 임베디드 시스템, 소프
트웨어 공학, 모바일 프로
그래밍



홍 인 식

1981년 한양대학교 전자공학과
학사
1986년 한양대학교 전자공학과
석사
1988년 한양대학교 전자학과 박사
1991년~1995년 순천향대학교 공
과대학 전산학과 전임강사
1995년~1999년 순천향대학교 공과대학 컴퓨터학부 조
교수
1999년~2005년 순천향대학교 공과대학 정보기술공학
부 부교수, 교수
2005년~2010년 순천향대학교 공과대학 컴퓨터학부 교수
2010년~현재 순천향대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, 임베디드 시스템, 유무선
네트워크