

# 웹기반 원격 검·교정 시스템을 위한 임베디드 네트워크 모듈 설계에 대한 연구

김민근\* · 이상훈\*\* · 이혁재\*

경남대학교

## A study on The Design of Embedded Network Module for Web-based Remote Verification and proofreading

Min-Geun Kim\* · Sang-Hun Lee\* · Hyuek-Jae Lee\*

Kyungnam University

E-mail: mingeunkim@kyungnam.ac.kr, hyuek@kyungnam.ac.kr, sanghoon@kyungnam.ac.kr

### 요 약

디지털 계측기를 인터넷에 접속하여 원격지에서 검·교정을 하기 위해서는 계측기의 CPU 사용률이 많은 일반 서버와는 다른 임베디드 운영체제를 이용한 고속 전용서버가 필요하다. 본 연구는 웹 기반 원격 검·교정 시스템을 위한 고속 네트워크 모듈을 구현하는 목적이며 인터넷을 통해 디지털 계측기를 원격으로 검·교정을 하고, 고속 네트워킹을 위해 TCP/IP Offload Engine 처리와 임베디드 TCP/IP 스택인 LwIP를 개선하였다.

### ABSTRACT

The necessity of the high speed exclusive use server that connect digital measure instrument flag to internet and CPU use rate of measure flag uses other imbedded operating system with many general servers to verification & proofreading system in remoton. This research is objective that embody high speed network module for Site-Based remote verification & proofreading system and through internet digital measure instrument flag to remote verification & proofreading, TCP/IP Offload Engine processing and improved that is Imbedded TCP/IP stack for high speed networking.

### 키워드

Embedded , Network , Web Server, TCP/IP

### 1. 서 론

최근에 널리 사용되고 있는 디지털 계측기기의 원격 검·교정 시스템을 가진 네트워크 모듈 개발을 위해서는 실시간 운영체제와 함께 TCP/IP 프로토콜과 인터넷을 활용한 원격 검·교정 시스템을 가진 네트워크 모듈이 요구된다. 하지만 이러한 시스템을 고속 처리 하기 위하여 디지털 계측기기 외 별도의 서버 컴퓨터를 이용하기에는 너무 크고 비효율적이다. 따라서 디지털 계측기의 고속처리에 적합하도록 프로토콜 스택의 크기가 소형화된 고속 마이크로 TCP/IP 프로토콜의 개발이 요구되며 인터넷을 통하여 디지털 계측기의 원격 검·교정을 하기 위해서는 네트워크 모듈 내장형 웹서버 또한 필요하다.

본 논문에서는 웹을 기반으로 디지털 계측기를 원격에서 검·교정하기 위한 개선된 TCP/IP 프로토콜 및 웹서버를 구현했다. 이를 위해서는 우선 내장형 네트워크 모듈과 인터넷의 연동 및 디지털 계측기의 웹 기반 검·교정에 필요한 요구 사항을 조사하였고, 기존의 마이크로 TCP/IP 프로토콜과 개선된 TCP/IP 프로토콜을 가진 네트워크 모듈의 성능을 비교했다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절에서는 임베디드 TCP/IP 대해 기술한다. 제 3절에서는 본 논문이 구현한 원격 검·교정과 네트워크 모듈 설계에 대하여 기술한다. 제 4절에서는 본 논문에서 구현한 웹 기반으로 하는 원격 검·교정 시스템과 데이터 처리 성능을 분석하고, 마지막으로 제 5절에서 결론에 대하여 기술한다.

## II. 임베디드 TCP/IP

### 2.1 Lightweight TCP/IP

TCP/IP를 처리하기 위해서 운영체제를 사용하는 것과는 달리 시스템에 독립적으로 순수 TCP/IP 계층만을 처리하기 위한 소프트웨어들이 개발되어 있다. 그중에서, LwIP(Lightweight TCP/IP)는 스웨덴의 Adam Dunkels에 의해 2000년에 개발되어 현재까지 업데이트 되고 있는 공개 소프트웨어이다. LwIP는 자원이 제한된 소형 임베디드 시스템을 위하여 개발이 되었다. 그러므로 LwIP의 주요 목적은 메모리 사용량의 최소화에 있다. 하지만 LwIP에서는 많은 인자를 통하여 시스템의 설계자에게 융통성을 제공하고 있다[1].

### 2.2 TCP/IP Offload Engine

[그림 1]에서 보는 바와 같이 OSI(Open system interconnect) 계층 중 하위 4개 계층(트랜스포트, 네트워크, 데이터링크, 물리 계층)에 대한 처리를 호스트 CPU가 아닌 다른 전용 하드웨어에 분담하는 것을 오프로드(Offload)라 하며 이러한 전용 하드웨어를 TOE(TCP/IP Offload Engine)라 한다. TOE를 구현하는 방법은 크게 TCP/IP를 처리하는 방식에 따라 두 가지로 구분한다. 먼저 TCP/IP 처리를 전용하는 ASIC 칩을 이용하는 하드웨어 기반의 TOE와 임베디드 프로세서를 이용하는 소프트웨어 기반 TOE가 있다. 본 논문에서는 주로 임베디드 프로세서를 이용하는 소프트웨어 기반 TOE로 구성되어 있어 소프트웨어

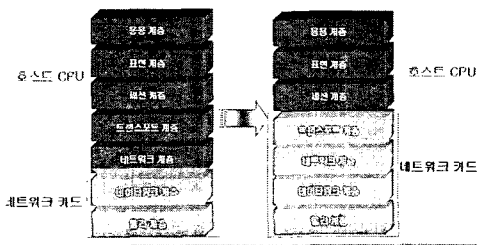


그림 1. TCP/IP Offload Engine

TOE를 간략히 기술한다. 우선 하드웨어 기반의 TOE는 TCP/IP를 처리하는 전용 ASIC 칩을 이용하는 것이다. 소프트웨어 기반의 TOE는 네트워크 인터페이스 카드에 임베디드 프로세서를 장착하고 소프트웨어로 구현된 TCP/IP를 이용하여 오프로드 하는 방식으로 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째, 임베디드 프로세서를 사용하여 시스템을 구현하기 때문에 개발이 용이하다. 둘째, 높은 유연성을 가진다. 빠른 기술 변화에 따라 언제든지 능동적으로 변화가 가능하기 때문이다. 이러한 장점뿐만 아니라 단점도 있다. 하드웨어 기반 TOE에 비하여 처리 성능이 떨어진다는 것이다. 이러한 점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 고성능의 프로세서를 이용하여 이러한 단점을 보완한다[2].

## III. 임베디드 네트워크 모듈 설계

### 3.1 원격 검·교정 시스템

네트워크 모듈은 디지털 계측기에 탑재된다. 네트워크 카드를 통해 원격지에서 디지털 계측기의 상태를 확인할 수 있으며, 또한 디지털 계측기에 새로운 값을 설정하기도 하고 디지털 계측기가 측정한 값을 읽기도 할 수 있다. 다음 그림2는 디지털 계측기와 임베디드 네트워크 모듈과 클라이언트 사이에서 원격 검증을 위한 절차를 나타내고 있다.

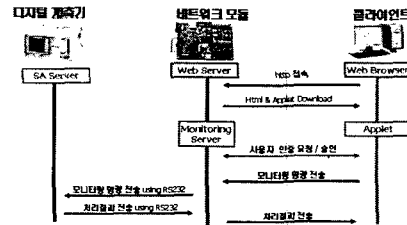


그림 2. SA와 클라이언트 간의 검증 절차

먼저 클라이언트는 임베디드 네트워크 모듈에 이 데이터가 확실한 데이터가 맞는지 검증하기 위해 쿼리를 포함한 특정 Header와 함께 패킷을 전송한다. 패킷을 받은 임베디드 네트워크 모듈은 패킷 처리가 이것이 특정 패킷인지 판별하게 되고, 특정 패킷일 경우 파라미터와 함께 Veri\_Task()를 호출하게 된다. Veri\_Task()는 Verify를 수행하기 위해 우선 표1에 나타나 있는 설정 커맨드를 디지털 계측기에 보내게 된다. 그 후 디지털 계측기의 설정 상태를 읽어 오기 위한 커맨드를 다시 전송 한다.

표 1. 검증 과정에서의 설정 커맨드

명령어	설 명
CF 40MHZ;	Center frequency를 40MHz로 설정함
SP 1MHZ;	Span를 1MHz로 설정함
AUTOCP;	RBW, VBW, ATT, Sweep time을 Auto로 설정함
RL -10DBM;	Reference Level을 -10 dBm로 설정함
CALSIG ON;	40MHz, -30dBm의 내부 신호를 on 함
MKPK HI;	신호의 Peak에 Marker를 놓음

위의 Setting 순서에 따라 설정하고 상태 읽기에 따라 읽혀진 값을 보여주면 그림3과 같은 화면이 만들어진다.

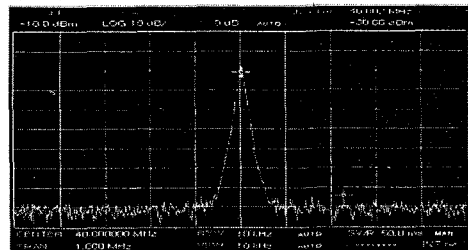


그림 3. 디지털 계측기의 내부 파형 화면



거치게 된다. 원격 모니터링은 디지털 계측기의 상태를 모니터링하기 위한 화면이며, 디지털 계측기 정보는 원격지에서 검증하고 있는 디지털 계측기의 기본적인 정보를 나타낸다.

#### 4.2 데이터 처리 테스트

임베디드 네트워크 모듈을 성능 측정을 하기 위해 2.4GHz Intel Xeon Processor, 256MB 메인 메모리, 66MHz/66bit PCI 슬롯을 가진 클라이언트 PC를 사용하였고, 클라이언트 컴퓨터의 운영 체제로는 Window XP를 사용하였다.

임베디드 네트워크 모듈 성능 개선을 효율적으로 알아보기 위해 제시된 두 가지의 성능 개선 요인을 순서대로 나열한다. 다시 말해서 아무런 수정을 하지 않는 lwIP를 이용했을 때의 성능을 측정하고, 여기에 변경된 인자 값을 적용하여 성능을 측정했으며, 지연 ACK 전송 방식을 통한 성능 개선을 측정하였다.

모든 측정은 클라이언트에서 데이터 요청을 Web Server로 하여 다시 클라이언트에서 모든 데이터를 받은 시간을 측정하였다.

그림 8에서는 보이듯이 개선 사항에 따라서

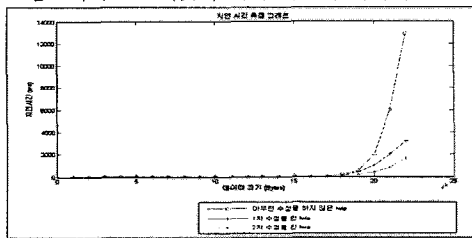


그림 8. 지연시간 측정

최소 지연시간을 살펴보면, 초기의 데이터의 수에 의하면 큰 개선점을 찾을 수가 없다. 하지만 데이터 수가 증가함에 따라 1Mbyte를 수신하면서부터 큰 차이를 보이고 있다. 1Mbyte에서 보면 수정을 하지 않은 인자는 약 3000ms의 지연시간을 보이며 1차 수정한 lwip는 약 1600ms의 지연시간을 가지며 2차 수정을 완료한 lwip는 1200ms의 지연시간을 보였다. 점차 데이터 수가 증가함에 따라 그 차이는 점점 커지는 것을 알 수 있다. 그림 9는 개선된 LwIP를 사용하지 않고 호스트 CPU가 TCP/IP를 처리할 때의 CPU 사용률과 개선된 LwIP를 이용한 때의 CPU 사용률을 비교한 그래프다.

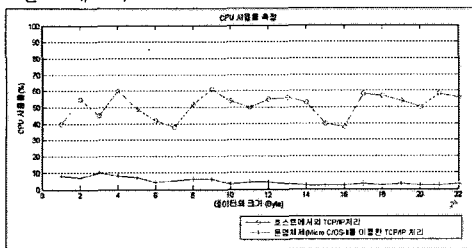


그림 9 CPU 사용률 측정 그래프

그림 9를 통해 결과를 분석해 보면 개선된 LwIP

를 사용하지 않고 호스트 컴퓨터에서 TCP/IP를 처리할 경우 40%에서 60%의 CPU 사용률을 보이고 있다. 이에 반하여 TOE는 데이터 크기가 작을 때는 5% 정도였다가 점점 감소하고 있다. 개선된 LwIP를 사용하는 호스트에서는 매 소켓 함수 호출마다 하는 일이 일정한 반면 기존 LwIP에서 처리하는 시간이 데이터 크기가 증가함에 따라 같이 증가하므로 개선된 LwIP를 사용한 호스트의 CPU 사용률은 감소한다.

## V. 결 론

본 논문에서는 웹을 기반으로 하는 디지털 계측기를 원격에서 검·교정하기 위한 임베디드 네트워크 모듈 및 웹 서버를 구현하였다. 데스크 탑 PC와 비교하였을 때 임베디드 시스템은 낮은 컴퓨팅 성능과 적은 메모리 등 제한적인 환경을 가지고 있다. 그러나 이러한 임베디드 시스템이 인터넷과 연동하고, 인터넷을 통한 디지털 계측기의 원격 검측과 교정을 위해서는 데이터의 처리속도가 무엇보다 중요하다. 이를 위해서는 임베디드 시스템에 사용되는 TCP/IP 스택의 개선 및 웹서버가 지원되어야 한다. 본 논문에서는 임베디드 시스템에 적용 가능한 LWIP(Light weight TCP/IP)의 스택 개선 및 웹서버 그리고 원격 검·교정이 가능한 네트워크 모듈을 구현하였다.

본 논문에서 구현한 LWIP(Light weight TCP/IP)의 인자 변화를 통하여 성능 향상과 소프트웨어로 처리되는 LWIP(Light weight TCP/IP)의 불필요한 메모리 복사 및 무한루프를 제거하여 기존의 네트워크 모듈에 비하여 CPU의 데이터 지연시간과 디지털 계측기의 CPU 사용 의존도를 2/3과 1/3 이상의 정도로 줄일 수 있었다. 웹 서버는 디지털 계측기를 원격에서 검·교정하기 위해서 웹을 통한 IP주소 설정과 클라이언트의 접속을 모니터링이 가능하도록 하였다.

## 참고문헌

- [1] LwIP (Lightweight TCP/IP Stack) overview, <http://savannah.nongnu.org/projects/lwip>
- [2] 권원욱, "TCP Offload Engine(TOE) 제품 동향", 주간 기술동향 통권 1167호, 2004
- [3] (주)넥스원퓨처, 스펙트럼 분석기 사용 설명서, (2004)
- [4] (주)넥스원퓨처, 스펙트럼 분석기 측정가이드, (2004)
- [5] 정명진 외2명, "TCP/IP를 이용한 인터넷 원격제어", 동일출판사, (2004)