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

김민근* · 이상훈** · 이혁재*

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*

이 논문은 2007년도 경남대학교 연구비를 지원받았음

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 remotion. 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

Ⅰ. 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 고속처리 하기 위하여 디지털 계측기기 외 별도의 서버 컴퓨터를 이용하기에는 너무 크고 비효율적이다. 따라서 디지털 계측기의 고속처리에 적합하도록 프로토콜 스택의 크기가 소

* 경남대학교 정보통신공학과
** 경남대학교 전자공학과

접수일자 : 2007. 6. 1

형화된 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 개선 된 TCP/IP 프로토콜 및 웹서버를 구현했다. 이를 위해서는 우선 내장형 네트워크 모듈과 인터넷의 연동 및 디지털 계측기의 웹기반 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 TOE 와 임베디드 프로세서를 이용하는 소프트웨어 기반 TOE가 있다. 본 논문에서는 주로 임베디드 프로세서를 이용하는 소프트웨어 기반 TOE로 구성되어 있어 소프트웨어 TOE를 간략히 기술한다.

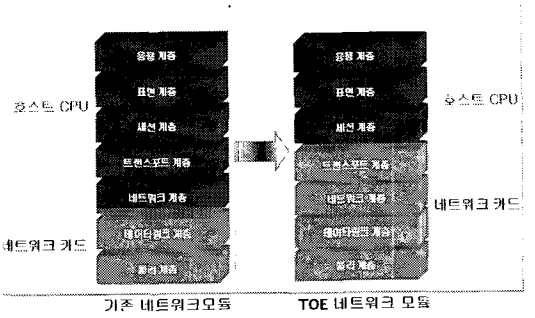

그림 1. TCP/IP Offload Engine 개념
Fig. 1. A concept of TCP/IP Offload Engine

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.

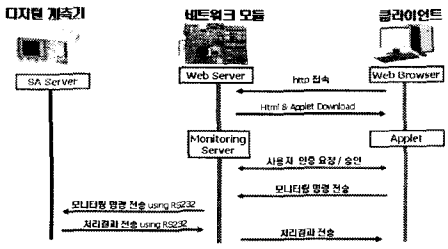

그림 2. SA와 클라이언트 간의 검증 절차
Fig. 2. Verification formality between measure device and client

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 처리기가 이것이 특정 패킷인지 판별하게 되고, 특정 패킷일 경우 파리메터와 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
Table 1. Establishment command At verification process

명령어	설 명
CF 40MHZ;	Center frequency를 40MHz로 설정함
SP 1MHZ;	Span를 1MHzfh 설정함
AUTOCPL;	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 그림3와 같은 화면이 만들어진다.

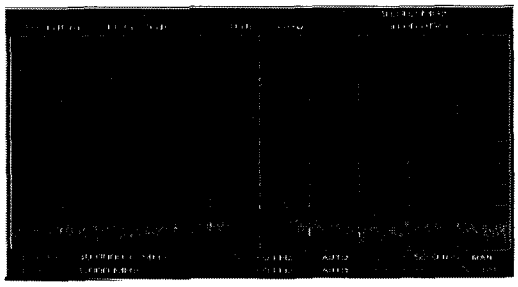

그림 3. 디지털 계측기의 내부 파형 화면
Fig. 3. Waveform of Digital measure device

설정 커맨드와 상태읽기 커맨드를 전송하면 디지털 계측기 측에서는 그에 대한 설정 값을 저장하고 상태읽기 커맨드에 대한 처리결과를 임베디드 네트워크 모듈에 전송하게 된다. 그 값들은 다음 표4와 같다[3][4].

표 4. 상태 읽기 커맨드 전송 후 일반적인 처리
Table 2. After Command transmission to read state general processing

상태 읽기	값
RB?;	0.010000MHz(AUTO)
VB?;	0.010000MHz(AUTO)
ST?;	50.000000 ms (AUTO)
AT?;	10.00 dB(AUTO)
MKA?;	-30.88 dBm
MKN?;	40.002 MHz
TRAALL?;	NS-30V1.03:[367,319,404,501,346, 294,415, ...

결과 값을 받은 임베디드 네트워크 모듈은 내부 처리 과정을 거쳐 값을 검증하게 되고 그 검증 결과를 클라이언트 측에 전송하게 된다. 클라이언트에서는 디지털 계측기가 올바르게 동작하고 있는지의 여부를 보여주게 된다.

3.2. 임베디드 네트워크 모듈 설계

본 논문에서 제안하는 네트워크 모듈은 기존의 단순한 네트워크 데이터 송수신만 처리하는 것이 아니라 웹서버까지 지원하고 있다. 따라서 기존의 서버를 별도로 사용하지 않고 임베디드 네트워크 모듈만을 이용하여 원격에서 검·교정이 가능하다[5].

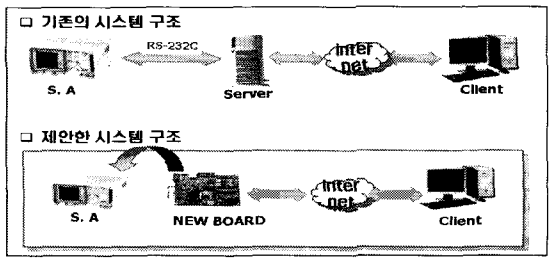

그림 4. 제안한 시스템 구조
Fig. 4. Proposed System structure

이러한 처리 시스템을 구현하기 위해서는 그림 5와 같이 임베디드 네트워크 모듈 내부에 물리계층에서부터 웹 어플리케이션까지 모든 계층을 처리 가능해야 한다.

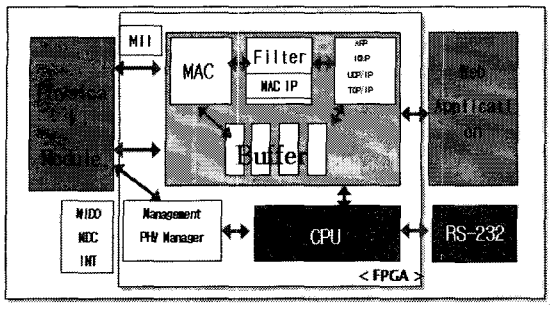

그림 5. 네트워크 모듈 블록다이어그램
Fig. 5. block diagram of Network Module

이 모든 시스템을 다 포함하기 위해서 본 논문에서는 ALTERA사의 FPGA를 이용하였다. 그림 6은 위의 그림 5에서 필요한 부분은 모듈화 하여 구성된 네트워크 모듈 하드웨어 부분이다.

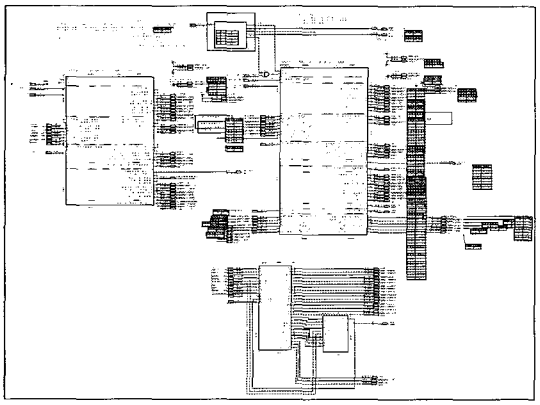

그림 6. 구현된 네트워크 모듈
Fig. 6.Embodied network module

Ⅳ. 네트워크 모듈 분석 및 실행 결과

임베디드 네트워크 모듈을 이용하여 디지털 계측기를 원격에서 검・교정이 가능한 시스템으로써 많은 데이터 처리를 요하는 디지털 계측기의 CPU의 부담을 줄임으로써 고속 처리가 가능하게 하고 있다.

본 연구에서는 임베디드 시스템을 구현하기 위하여 Altera Stratix-II FPGA 프로세서 기반의 개발 보드에 MicroC/OS-II 실시간 운영체제로 네트워크 모듈을 구성했다.

4.1. 네트워크 모듈의 웹 연동 테스트

그림 7을 보면 임베디드 네트워크 모듈에서 지원하는 원격 검・교정이 가능한 웹서버를 통하여 네트워크 모듈에 접속되는 사용자 관리 모니터링 시스템이다.

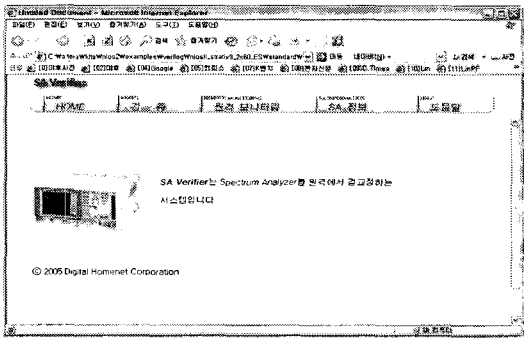

그림 7. 검교정 시스템 실행 결과
Fig. 7. User interface System performance result

디지털 계측기의 이상 유무를 원격지에서 판별하기 위해서는 디지털 계측기가 네트워크 접속이 가능해야 한다. 그림7에서 디지털 계측기의 검・교정 시스템화면은 중심 주파수(Center Frequency)와Reference Level에 대하여 디지털 계측기를 검증하는 UI(User Interface)를 나타내고 있다. 위 그림에서 검증시작 버튼을 누르면 두 개의 값이 스마트 패킷으로 변환 되어 임베디드 네트워크 모듈로 전송되어 처리 절차를 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 인자값을 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.

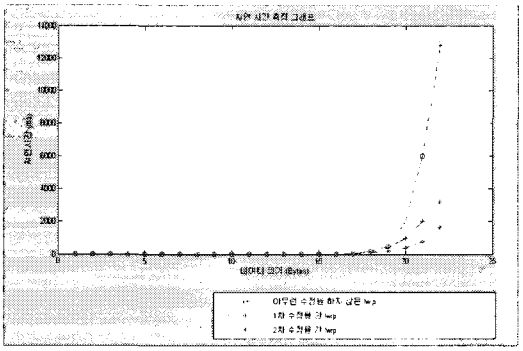

그림 8. 지연시간 측정
Fig. 8. measurement of Delay Time

그림 8에서는 보이듯이 개선 사항에 따라서 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 가 있다. 그림 9는 개선된 LwIP를 사용하지 않고 호스트 CPU가 TCP/IP를 처리할 때의 CPU 사용률과 개선된 LwIP를 이용한 때의 CPU 사용률을 비교한 그래프다.

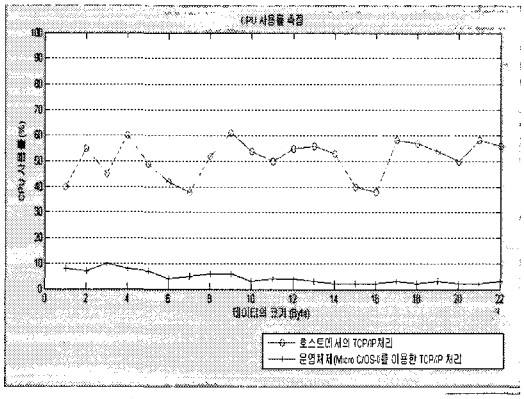

그림 9. CPU 사용률 측정 그래프
Fig. 9. measurement of CPU use rate

그림 9를 통해 결과를 분석해 보면 개선 된 LwIP를 사용하지 않고 호스트 컴퓨터에서 TCP/IP를 처리할 경우 40%에서 60%의 CPU 사용률을 보이고 있다. 이에 반하여 TOE는 데이터 크기가 작 을 때는 5% 정도였다가 점점 감소하고 있다. 개선 된 LwIP를 사용하는 호스트에서는 매 소켓 함수 호출마다 하는 일이 일정한 반면 기존 LwIP에서 처리하는 시간이 데이터 크기가 증가함에 따라 같이 증가하므로 개선 된 LwIP를 사용한 호스트의 CPU 사용률은 감소한다.

표 3. 전체 성능 지표
Table 3 Performance index

제품 / 성능 항목	NIC	임베디드 NIC
전송속도	12Mbps	12Mbps
버퍼메모리	16KB	16KB
패킷 필터링	X	전송계층에서의 필터링 지원
동적실행	X	가능
태스크 프레임 수행속도	X	Max. 10ms
로드스케줄러 관리개수	X	Max. 32
접근제어	X	IP 인증을 통한 접근제어
S/W 크기	X	Max. 2MB

표 3은 일반적인 네트워크 인터페이스 모듈과 본 논문에서 제안된 임베디드 네트워크 모듈의 성능을 비교한 것이다. 고속 네트워크 기능을 가지면서 여러 측면에서 우수한 성능을 보이고 있다.

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 검증과 교정을 위해서는 데이터의 처리 속도가 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 구현

하였다.

본 논문에서 구현한 LWIP(Light weight TCP/IP)의 인자 변화를 통하여 성능 향상과 소프트웨어로 처리 되는 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 1/5 이상의 정도로 줄일 수 있었다. 웹 서버는 디지털 계측기를 원격에서 검·교정하기 위해서 웹을 통한 IP주소 설정과 클라이언트의 접속을 모니터링이 가능 하도록 하였다.

참고문헌

[1] LwIP (Lightweight TCP/IP Stack) overview, http://savannah.nonjnu.org/projects/lwip

[2] 권원옥, "TCP Offload Engine(TOE) 제품 동향", 주간기술동향 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)

저자소개

김 민 근(Min-Geun Kim)

2006년 2월 경남대학교 정보통신공학과 (공학사)
2006년~현재 경남대학교 정보통신공학과 (석사과정)
※관심분야 : 임베디드 시스템, RTOS

이 상 훈(Sang-Hoon Lee)

1984년 고려대학교 전기공학과 (공학사)
1987년 고려대학교 전기공학과 (공학석사)
1998년 고려대학교 전기공학과(공학박사)
2002년~현재 경남대학교 전자공학과 (교수)
※관심분야 : 임베디드 시스템, FPGA 설계

이 혁 재(Hyeuk-Jae Lee)

1994년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사).
1994년~1995년 LG 전자기술원(연구원)
1995년~2000년 한국전자통신 (연구원)
2001년~2003 ROSWIN-USA(CEO)
2003년~현재 경남대학교 정보통신공학부 (교수)
※관심분야 : 광통신시스템, 네트워크 통신