

## 교육용 임베디드 네트워크 실습 장비의 설계 및 구현

김 대 회\*, 정 중 수\*\*, 박 희 정\*\*\*, 정 광 옥\*\*\*\*

# Design and Implementation of Educational Embedded Network System

Dae-Hee Kim \*, Joong-Soo Chung \*\*, Hee-Jung Park \*\*\*, Kwang-Wook Jung \*\*\*\*

### 요 약

본 논문에서는 임베디드 네트워크 기술 교육용 시스템 설계를 제시하였다. 본 논문에서 제시한 교육용 임베디드 네트워크 실습장비는 사용자가 인터넷 환경에서 네트워크 구성과 임베디드 네트워크 프로그래밍 실습 교육을 할 수 있도록 설계 및 구현되었다. 네트워크 기술 교육용 시스템 설계를 임베디드 환경에서 인터넷 인터페이스를 바탕으로 제시하였다. 개발 환경으로는 PXA255를 CPU로, 디버깅 환경은 ADSv1.2를, RTOS는 uC/OS276를, 개발 언어는 C 언어를 사용하였다. 교육 환경으로는 ping 프로그램을 제공하여 실습생으로 하여금 컴파일 및 로딩이후 데모 동작을 우선 실행하도록 하였다. 이후 이의 데모 기능의 프로그래밍 기술을 교육하기 위해 단계별로 교육시키도록 하였다. 즉, ARP 프로그래밍 기법을 다룬 후 IP 기반위에서 ICMP 프로그래밍 기법의 프로그래밍을 완성하도록 하였다.

### Abstract

This paper presents the development of embedded network educational system. This is an educational equipment which enables user to have training over Network Configuration and Embedded network programming practice on Internet environment. The network education system is developed on embedded environment, based on using ethernet interface. On the development environment, PAX255 VLSI chip is used for the processor, the ADSv1.2 for debugging, uC/OS276 for RTOS. The system software was developed using C language. The ping program provided an educational environment for the student to compile and load it to run after doing practice of demonstration behavior. Afterwards programming procedure starts the step-by-step training just like the demonstration function. In other words, programming method how to design the procedure of ARP operation and ICMP operation is explained.

▶ Keyword : 임베디드 네트워크 시스템(Embedded Network System), 네트워크(Network), uC/OS

• 제1저자 : 김대회

• 투고일 : 2009. 09. 14, 심사일 : 2009. 10. 05, 게재확정일 : 2009. 10. 15.

\* 안동대학교대학원 정보통신공학과 \*\* 안동대학교 정보통신공학과 교수 \*\*\* 안동과학대학 컴퓨터정보과 교수

\*\*\*\* 구미1대학 정보통신공학과 교수

## I. 서론

오늘날 전기, 전자, 컴퓨터 기술들이 발달하면서 이들 기술을 이용한 다양한 기기들이 우리의 생활 주변에 들어오게 되었다. 특히 네트워크 기술의 발전으로 많은 기기들이 인터넷으로 연결되어 우리 생활에는 컴퓨터, 통신, 가전기기 등의 융합이 이루어지고 있다. 이러한 기술들의 융합은 IT Soc(System On Chip) 기술의 발전을 가져 오고 있다. Soc 기술은 칩 자체가 하나의 시스템으로 기능 할 수 있도록 마이크로프로세서와 디지털 신호 처리장치, 메모리, 임베디드 소프트웨어 등을 집적시키는 반도체 기술이다. 이러한 반도체 기술의 발전을 통해 임베디드 시스템(Embedded System)은 첨단 산업으로 발전하고 그 활용도도 여러 가지로 쓰이고 있다. 임베디드 시스템은 임베디드 소프트웨어 응용 프로그램과 함께 사용되어 전용 동작 또는 전문화된 기능을 수행하는 장치이다. 최근 인터넷을 기반으로 하는 이러한 임베디드 시스템들이 네트워크로 상호 연결되어 미래 정보화 사회 환경에서 그 효용성이 커짐에 따라 전문화된 기능을 수행하는 시스템의 수는 날로 증가하고 있다. 이에 따른 임베디드 네트워크 장비들도 많이 등장하고 있다. 그러나 임베디드 시스템을 이해하고 네트워크 기술들을 학습할 수 있는 교육용 장비가 부족한 실정이다. 기존의 임베디드 네트워크 관련 실습 장비인 시스코 라우터 시리즈 제품[1], 한백전자의 임베디드 시스템 교육장비[2] 등은 대부분 리눅스 운영체제의 포팅이나 간단한 I/O 실습 정도를 할 수 있는 장비이거나 라우터를 이용하여 네트워크 구성 정도의 실습이 가능한 제품들이며, 또한 TCP/IP를 이용한 인터넷 관련 각종 장비들은 개발되고 있지만 네트워크 개념이나 라우팅 프로토콜을 교육하는 장비는 많지 않다. 따라서 본고에서는 Intel PXA255 400MHz(ARM RISC Chip)CPU를 사용하고 임베디드 시스템을 제어하기 위한 RTOS인 uC/OS를 이용하여 임베디드 네트워크 실습 장비를 설계하였다. 본 논문에서 제시한 교육용 임베디드 네트워크 실습장비는 임베디드 네트워크 프로그래밍 실습(이더넷 환경에서 TCP/IP 프로토콜 프로그램 제작과 검증이 가능한 실습)과 인터넷 환경에서 네트워크 구성 실습을 위하여 개발된 장비이다. 기존의 실습장비가 단순한 라우터를 이용한 네트워크 구성(라우터 Configuration) 교육이 가능한 것에 비교하여 본 장비는 직접 임베디드 네트워크 프로그램을 작성하여 포팅한 다음 ping 테스트 등을 실행해 봄으로써 한층 더 깊이 있는 네트워크 실습이 가능하도록 구현되었다.

본 논문의 구성은 2장에서 임베디드 시스템과 임베디드 네트워크에 대하여 간단히 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제

안한 교육용 시스템의 설계 및 구현한 실습장비의 하드웨어 구조, 데모 프로그램의 구성과 ping 처리 프로그래밍 실습을 위한 프로그램을 포함하고 있는 실습장비의 소프트웨어 구조에 대하여 설명하였다. 4장에서는 제안한 시스템의 기능점검에 대하여 기술하였다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결과와 향후 연구 방향에 대하여 간략히 기술하였다.

## II. 관련연구

### 2.1 임베디드 시스템

임베디드 시스템이란 미리 정해진 특정 기능을 수행하기 위해 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어가 조합된 전자 제어 시스템을 말한다[3][4]. 이러한 임베디드 시스템을 구현하기 위해서는 마이크로프로세서와 DSP(Digital Signal Processing)칩이 일반적으로 사용됨에 따라 사용 영역이 넓어지고 그에 따른 소프트웨어도 발달하고 있다. 임베디드 시스템은 일반적인 시스템과는 달리 특정한 작업만을 하도록 설계되며, 초기의 임베디드 시스템은 비교적 단순해서 운영체제가 필요 없이 사용되는 경우가 많았으나 최근엔 시스템 자체가 커지게 되고, 네트워크나 멀티미디어가 시스템에 장착되면서 운영체제의 개념이 필요하게 되었고 임베디드 시스템의 특성상 실시간이라는 요소를 만족해야 하므로 실시간 운영체제가 임베디드 시스템에 도입되었다. RTOS(Real Time Operating System)는 임베디드 시스템이 가지는 특성 중 실시간적 요소를 충족하기 위해 나온 운영체제이다[5]. 현재 국내에서 많이 사용되는 RTOS는 마이크로텍의 VRTX, WindRiver사의 VxWorks, uC/OS등의 운영체제가 사용되고 있다. 본 논문에서 설계한 임베디드 시스템에는 다음과 같은 여러 가지 장점을 가지고 있는 uC/OS(Micro-C Operating System)를 운영체제로 사용하였다. 실시간 운영체제 중의 하나인 uC/OS는 Jean J.Labrosse가 개발한 내장형 시스템용 실시간 커널로서 C언어로 작성되어 있고 다양한 종류의 프로세서용 코드가 공개되어 있으며, 작고 강력한 실시간 운영체제이다[6][7][8][9]. uC/OS는 다른 시스템으로 이식하기 쉽고, 어플리케이션에 따라 메모리 크기를 자유로이 결정할 수 있어서 롬(ROM)화하기 쉬우며, 멀티태스킹이 가능하다. uC/OS를 이용하여 스케줄(Schedule), 태스크(Task) 관리를 수행하여 멀티 태스킹과 같은 역할을 수행하고, 몇 개의 태스크들은 이더넷(Ethernet)접속에서 응답 처리까지의 작업을 수행할 수 있다. 시스템이 필요한 기능들은 TCP/IP Stack 함수와 OS관련 함수들을 이용하여 만들었다.

## 2.2 임베디드 네트워크

일반적으로 임베디드 라우터는 본체와 랜(LAN) 및 콘솔 포트(Console Port)등의 하드웨어와 본체 내에서 패킷 전달 기능과 라우팅정보 교환기능을 하는 RTOS로 이루어져 있다. 본체는 전원장치 및 시스템보드가 장착되어 있으며, 시스템보드에는 CPU 및 ROM, Flash ROM, RAM과 같은 다양한 메모리 등이 장착되어 있다. 랜 인터페이스(LAN Interface)의 형태는 이더넷, 시리얼 통신 케이블 등이 있다. 시리얼 인터페이스는 V.35 Cable, RS232C Cable등을 이용하여 DCE 장비로 접속된 후 전용회선 혹은 공중 데이터네트워크와 통신할 수 있는 경로를 제공한다. 콘솔 포트는 직접 터미널을 접속하여 라우터를 조작할 수 있도록 한다. 라우터의 초기 셋업, 장애시 처리 등은 모두 콘솔 포트에 터미널을 접속하여 수행한다. OS는 ROM, Flash ROM에 저장되어 있으며, 구성 내용은 RAM에 저장되어 있다. 이들은 라우터가 부팅된 후 RAM으로 읽혀진 다음 작업을 수행하는데, 하드웨어의 성능은 작업수행 속도 정도에만 영향을 미치나, OS는 어떤 네트워크 프로토콜의 패킷을 전달할지, 어떤 라우팅 프로토콜을 지원할지, 패킷을 어떻게 제어할 것인지, 그리고 랜 인터페이스를 어떻게 설정해 이용할 것인지 등 주요 역할을 한다(10)(11).

## III. 교육용 시스템의 설계 및 구현

본 논문에서는 앞의 관련연구의 기술들을 기반으로 하여 임베디드 네트워크 프로그래밍 실습과 이더넷 환경에서 네트워크 구성을 통한 네트워크 구성 실습이 가능하도록 교육용 임베디드 네트워크 시스템을 설계 및 구현하였다. 본 논문에서 개발된 실습장비는 인텔 XSCALE 계열의 프로세서인 PXA255를 이용하였다. PXA255는 ARM10 구조를 기반으로 한 RISC 프로세서로서 저 전력 소비와 400MHz 클럭을 이용한 고성능 처리가 가능한 프로세서이다(12). 또한 임베디드 시스템을 제어하기 위한 RTOS인 uC/OS를 이용하여 임베디드 네트워크 프로그래밍 실습 장비를 설계하였다.

### 3.1 실습장비의 하드웨어 구조

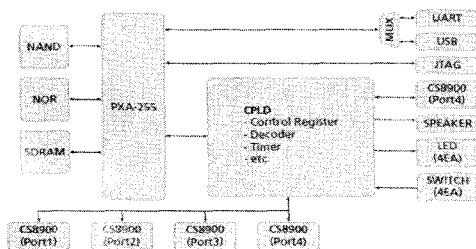


그림 1. 하드웨어 구조  
Fig. 1. Hardware Structure

본 논문에서 제안한 시스템의 하드웨어 구조는 그림 1과 같다. MCU는 인텔 XSCALE 계열의 프로세서인 PXA255를 이용하였다. ARM10구조를 기반으로 한 RISC 프로세서인 PXA255를 이용하여 제안한 시스템이 저전력 소비와 400MHz 클럭을 이용한 고성능 처리가 가능하도록 하였다. 또한 64MByte 램을 내장하여 많은 양의 메모리를 요구하는 프로그램도 손쉽게 구현할 수 있도록 하여 임베디드 프로그램 실습에 적합하도록 하였다. CPLD를 이용하여 각 I/O를 메모리에 맵핑하며, 이를 통하여 각 종 I/O를 제어할 수 있는 구조이다. 또한 본 시스템에서는 프린트 케이블을 이용하여 프로세서인 PXA-255의 JTAG 포트를 컨트롤할 수 있게 설계하여 고가의 다운로드 장비를 사용하지 않고도 실행 이미지를 메모리로 다운로드 할 수 있도록 하였다. UART와 USB는 선택적으로 이용할 수 있도록 하였으며, 2개의 포트를 동시에 사용할 수는 없는 구조이다. LED Control은 읽고 쓰기가 가능하며, '0'으로 쓰여질 경우 LED가 ON이 되도록 하였다. SW Status는 읽기만 가능하며 전면 판넬에 부착된 스위치의 현재 상태를 읽을 수 있다. LCD Control은 전면 판넬에 부착된 그래픽 LCD의 각 제어 신호와 연결되어 있으며, 모든 신호는 Latch된다. LCD Data는 전면 판넬에 부착된 그래픽 LCD의 데이터 버스이다. CS8900 Reset Control은 4개의 이더넷 포트를 담당하는 CS8900 하드웨어의 리셋 기능을 위한 레지스터이다. 각각의 비트를 제어함으로써 해당 포트를 하드웨어적으로 리셋 할 수 있다. Timer Control은 타이머의 출력이 스피커를 통해 출력할지 결정한다. 개발된 시스템은 4개의 이더넷 포트를 가지며 각 포트는 CS8900을 이용하여 구현하였다. CS8900은 IEEE 802.3 이더넷 표준을 완전하게 적용하고 있으며, 이더넷 프레임 송·수신의 모든 측면을 핸들링할 수 있다. 4개의 CS8900은 데이터의 충돌을 피하기 위하여 각기 고유의 주소를 갖는다. CS8900은 기본적으로 메모리 모드와 IO모드로 동작할 수 있다. 하지만 개발된 시스템에서는 I/O모드만을 이용하도록 하였다.



성과 생성된 패킷을 전송하기 위한 함수가 구현되는 과정이다. 세 번째로 수신된 패킷을 처리하는 함수가 구현되는 과정이다. 이러한 프로그래밍 실습을 위해 ping 처리 프로그램은 다음과 같은 ping 프로그래밍을 하게 된다. ping 명령어 처리를 위해 목적지 IP 주소에 대한 MAC 주소가 보드의 ARP 테이블에 존재하느냐, 존재하지 않느냐에 따라 흐름이 다르다. 목적지 IP 주소에 대한 MAC 주소가 존재하면, ICMP, IP, 이더넷 프레임을 형성하여 송신하면 된다. 만일 목적지 IP 주소에 대한 MAC 주소가 존재하지 않으면, ARP 프레임의 구조를 정의하고 ARP 프레임을 생성하여 송신한다.

- 하이퍼터미널에서 입력되어지는 Ping 명령어 처리
- 입력되어진 Ping 주소로 Request 처리 함수와 그에 대한 응답(Reply) 처리
- HOST에서 Ping 요청(Request)에 대한 응답 처리

이런 프로그래밍 실습을 위해 다음과 같은 프로그램 소스를 구축하여 제공하였다.

가) 패킷 수신시 사용되는 함수

Main.c파일의 Task\_main() 함수의 CS8900Resive(1,Port1RxBuffer,0)와eth\_rx(1,Port1RxBuffer,Port1RxLen)을 사용하며, 매개변수는 다음과 같은 값으로 사용되었다.

- 매개변수 "1"은 포트번호이다.
- Port1RxBuffer는 패킷이 메모리에 저장되는 시작주소의 포인터 값이다.
- 0은 폴링으로 호출된다는 의미이다.
- Port1RxLen는 패킷 길이가 저장되는 매개변수이다.

나) 형성할 패킷의 송신시 사용되는 함수

cs8900.c()파일의 CS8900\_Transmit(int Port, void\*txPktBuf, int len)을 사용하며, 매개변수는 다음과 같은 값으로 사용되었다.

- 매개변수 "Port"는 포트번호이다.
- txPktBuf 패킷이 메모리에 저장되는 시작주소의 포인터이다.
- len는 패킷 길이가 저장되는 매개변수이다.

다) 하이퍼 터미널로부터 명령어 수신시 사용되는 함수

Main.c파일의 Task\_main()함수의 cmd\_analysis (Comman d Buffer.CopytBuffer)을 사용하며, 매개변수는 다음과 같은 값으로 사용되었다.

- 매개변수 "CommandBuffer.CopytBuffer"은 명령어가 메모리에 저장되는 시작 주소의 포인터이다.

### IV. 기능점검

본 논문에서는 임베디드 시스템을 제어하기 위한 RTOS인 uC/OS를 이용하여 임베디드 네트워크 프로그래밍 실습 장비를 개발하였다. 개발한 제작품은 그림 6과 같으며 하드웨어 규격은 표1과 같다. 실험환경으로는 임베디드 프로그램을 작성하여 포팅한 다음 데모프로그램 검증을 위해 ARM Developer suite 가 구축된 윈도우 XP OS 환경의 PC에서 TCP/IP 프로토콜 모니터링 툴인 Wireshark 소프트웨어를 구동하여 arp 점검과 ping command 점검을 하였다.

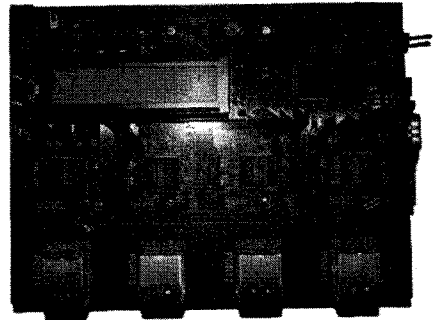


그림 6. 임베디드 네트워크 교육용 장비 (실제 개발품)

Fig. 6. Embedded Network Education System

표 1 하드웨어 규격  
Table 1. Hardware specifications

Items	Specifications
MCU	PXA255 ARM RISC Chip (400MHz)
RAM	64MByte SDRAM(K4S281632D * 2)
ROM1	4MByte NOR Flash(29LV400B)
ROM2	64MByte NAND Flash(K9F1208)
Ethernet	CS8900 10Mbps * 4 Port
Serial	RS-232 115600bps
USB	FT232BL(FTDI) 232 to USB )
기타 I/O	JTAG to Parallel Port1 , LED 4 ea, Switch 4ea, Reset Switch

#### 4.1 arp 점검

arp 점검은 호스트 PC와 보드를 연결하고 호스트 PC에서 보드 방향으로 Ping 명령어를 입력하면, PC에서 보드로 ARP Request 패킷을 전송한다. 그리고 보드에서 그 응답이 수행되는지를 네트워크 패킷 모니터링 프로그램 Wireshark 을 구동하여 점검하였다.

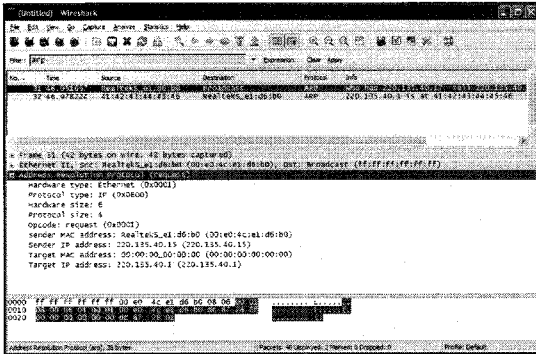


그림 7. arp 송수신 패킷 점검  
Fig. 7. Arp Packet Transmission and Receiving Test

#### 4.2 ping command 기능 점검

ping 점검을 위해서는 개발한 장비와 HOST 컴퓨터를 LAN케이블(크로스케이블)로 연결한다. 이때 장비와 HOST 컴퓨터가 LAN 케이블에 접속되면 동일한 네트워크 주소를 사용해야 한다. 기능점검은 컴퓨터 측에서 검증과 네트워크 실습장비에서 검증으로 나뉜다. 먼저 그림 8과 같이 컴퓨터 측에서의 검증은 호스트 컴퓨터에서 ping 명령을 실행하여 검증하였다.

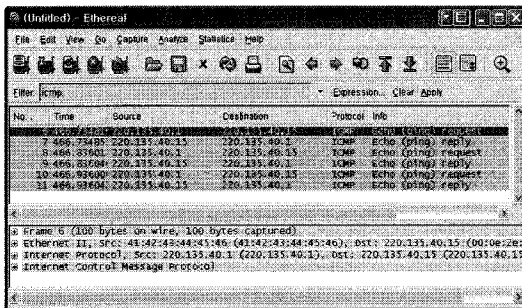


그림 8. Ping 송수신 패킷 점검  
Fig. 8. Ping Packet Transmission and Receiving Test

다음은 그림 9와 같이 HOST 컴퓨터에서 네트워크 실습 장비로 Ping을 실행시킨 검증하고 그 결과를 볼 수 있다. 네트워크 실습장비에서의 검증은 네트워크 실습장비에 접속된 하이퍼 터미널에 명령어 "ping"을 입력하여 검증한다. 다음 그림 10는 네트워크 실습장비에서 HOST 컴퓨터로 Ping을 실행시킨 결과화면이다.

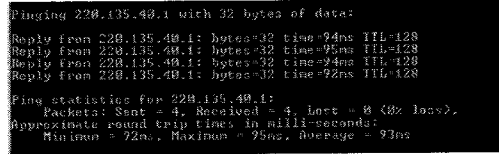


그림 9. ping 실행 화면(Host→실습장비)  
Fig. 9. Ping Execution Display  
(Host→Practice System)

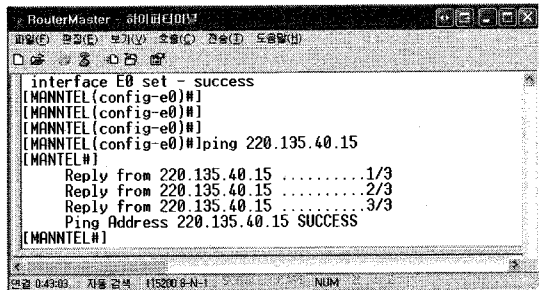


그림 10. ping실행화면(실습장비→Host)  
Fig. 10. Ping Execution Display  
(Practice System→Host)

## V. 결론

본 논문에서 임베디드 네트워크 프로그래밍 실습과 인터넷 환경에서 네트워크 구성 실습을 할 수 있는 임베디드 네트워크 기술 교육용 시스템을 설계하고 구현하였다. 네트워크 기술 교육용 시스템 설계를 임베디드 환경에서 인터넷 인터페이스를 바탕으로 제시하였다. 개발 환경으로는 인텔 XSCALE 계열의 프로세서인 PXA255를 CPU로, 디버깅 환경은 ADSv1.2를 사용하였으며, 임베디드 시스템을 제어하기 위한 RTOS인 uC/OS276을 이용하였고, 개발 언어는 C언어를 사용하였다. 교육 환경으로는 ping 프로그램을 제공하여 실습생으로 하여금 컴파일 및 로딩 이후 데모 동작을 우선 실행하도록 하였다. 이후 이의 데모 기능의 프로그래밍 기술을 교육하기 위해 단계별로 교육시키도록 하였다. 즉, ARP 프로그래밍 기법을 다룬 후 IP 프로토콜 기반위에서 ICMP 기능 중 ping 프로그래밍 기법의 프로그래밍을 완성하도록 하였다. 이러한 기능 검증을 위해 ARM Developer suite 가 구축된 윈도우 XP OS 환경의 PC에서 TCP/IP 프로토콜 모니터링 툴인 Wireshark 소프트웨어를 구동하여 arp 점검과 ping 점검을 하였다. 이를 통하여 기존의 임베디드 네트워크 교육장비가 제공한 네트워크 구성 교육뿐만 아니라 임베디드 네트워크 프로그래밍 실습을 할 수 있도록 하여 한층 더 깊이

있는 네트워크 교육이 가능하도록 하였다. 향후에는 지금 제 공된 임베디드 네트워크 프로그래밍 실습뿐만 아니라 네트워크 장비를 연결하여 라우팅 실습이 가능하도록 라우팅 교육장 비의 개발이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] [http://www.cisco.com/en/US/products/hw/router\\_s/index.html](http://www.cisco.com/en/US/products/hw/router_s/index.html)
- [2] <http://www.hanback.co.kr/products/view/52>
- [3] Michael Barr, 오수형 역, "(C와 GNU 개발 톨로 배우는) 임베디드 시스템 프로그래밍 : 프로그래머를 위한 임베디드 시스템 프로그래밍 입문서," 한빛미디어, 2008년.
- [4] Jean J. Labrosse, 성원호 역, "Embedded systems building blocks," 에이콘, 2008년.
- [5] Siewert, "Real-Time Embedded Components and Systems," Cengage, 2006년.
- [6] J.J Labrosse, "MicroC/OS-II The Real-Time Kernel Second Edition," CMP Books, 2002년.
- [7] Micor C/OS-II Real-Time Kernel
- [8] 백정현, "Atmega128 AVR 프로세서 개발보드를 위한 uC/OS-II 실시간 운영체제 커널 구축," 우송공업대학논문집, 제34집, 349-371쪽, 2005년.
- [9] 신동하, 김지연, "uC/OS-II 실시간 커널의 가상화를 위한 하이퍼바이저 구현," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 12권, 제 5호, 103-112쪽, 2007년 11월.
- [10] 송문빈, 정연모, "Silicon RTOS을 위한 하드웨어 구성에 관한 연구," 전자공학회논문지 SD, 제 43권, 제 11호, 19-25쪽, 2006년 11월.
- [11] Herbert, "Linux TCP/IP Networking for Embedded Systems, 2/E," Cengage, 2006년.
- [12] 황기현, 장원태, 심현준, "PXA255 ARM칩을 활용한 임베디드 RFID R/W 시스템 개발," 전자공학회논문지 SC, 제 43권, 제 6호, 61-67쪽, 2006년 11월.

### 저자 소개



#### 김 대 회

2002년 안동대학교 공학대학 컴퓨터 공학과 석사  
 2005년 안동대학교 공과대학 공과대학 정보통신공학과 박사수료  
 관심분야 : 유비쿼터스 네트워크, 능동형 RFID 시스템, 데이터네트워크



#### 정 중 수

1981년 영남대학교 전자공학과 학사  
 1983년 연세대학교 전자공학과 석사  
 1993년 연세대학교 전자공학과 박사  
 1994년 3월 ~ 현재  
 안동대학교 공과대학 전자정보산업학부 정보통신공학과 교수  
 관심분야 : 데이터네트워크



#### 박 희 정

1990년 충북대학교 전산기공학과 학사  
 1997년 원광대학교 컴퓨터공학과 석사  
 2004년 충북대학교 컴퓨터공학과 박사  
 1997년 9월 ~ 현재  
 안동과학대학 컴퓨터정보과 조교수  
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터네트워크



#### 정 광 옥

1982년 경북대학교 전자공학과 학사  
 1984년 경북대학교 전자공학과 석사  
 1996년 경북대학교 전자공학과 박사  
 1992년 3월 ~ 현재  
 구미1대학 정보통신공학과 교수  
 2000년 7월 ~ 현재  
 (주)맨엔텔 대표이사  
 관심분야 : 무선통신기기, 컴퓨터네트워크