

## 임베디드 교육용 라우터 실습장비의 구현

박균득\*, 정중수\*\*, 정광욱\*\*\*

# Implementation of Embedded Educational Router System

Gyun Deuk Park\*, Joong Soo Chung\*\*, Kwang Wook Jung\*\*\*

### 요약

본 논문에서는 교육용 임베디드 라우터 실습장비 설계를 제시하였다. 교육용 임베디드 라우터 실습장비는 사용자가 인터넷 환경에서 네트워크 구성과 임베디드 라우터 프로그래밍 실습 교육을 할 수 있도록 설계 및 구현되었다. 정적 및 동적 라우팅 프로토콜과 방화벽을 지원하는 라우터 기술 교육용 시스템 설계를 임베디드 환경에서 이더넷 인터페이스를 바탕으로 제시하였다. 개발 환경으로는 CPU는 PXA255, 디버깅 환경은 ADS 1.2, RTOS는 uC/OS-ii, 개발 언어는 C 언어를 사용하였다. 교육 과정으로는 제공된 정적 및 동적 라우팅 프로토콜과 방화벽 프로그램을 컴파일 및 로딩이후 데모 동작의 ping 처리과정으로 이들 기능의 점검 후 ping 패킷 처리의 성능도 살펴 보았다. 이후 데모 기능과 유사하게 동작하는 프로그래밍을 하도록 기술 교육을 단계별로 진행시키도록 하였다. 즉, 정적 및 동적 라우팅 프로토콜과 패킷 필터링에 따른 프로그래밍의 완성 및 이의 검증을 수행하도록 하였다.

▶ Keywords : 임베디드 시스템, 정적 라우팅, 동적 라우팅, RIP, OSPF, ADS 1.2

### Abstract

This paper presents the design of the educational router system. This system is designed and implemented to support network configuration and embedded programming technology of the user on Internet. Not only Static routing protocol but also a kind of dynamic routing protocols such as OSPF and RIP and firewall have been programmed for education based on ethernet interface. ADS 1.2 as debugging environment, uC/OS-ii as RTOS and C language as development language are used. The educational procedures is compile, loading of static routing protocol, a kind of dynamic routing protocols such as OSPF and RIP and firewall program already supplied. Thereafter the

•제1저자 : 박균득 •교신저자 : 정중수

•투고일 : 2012. 6. 21, 심사일 : 2012. 12. 3, 게재확정일 : 2013. 4. 14

\* 안동대학교 정보통신공학과(Dept. of Information & Communication Engineering, Andong University)

\*\* 안동대학교 정보통신공학과(Dept. of Information & Communication Engineering, Andong University)

\*\*\* 구미대학교 정보통신공학과/(주)맨애텔 대표이사(Dept. of Information & Communication Engineering, Kumi University / CEO of Man&Tel Co, Ltd)

※ 본 연구는 안동대학교 학술연구과제지원 사업으로 수행되었습니다.

verification is checked by using "ping" test to allow for demo operation such as hands-on training procedure. Finally programming procedure similar with demo operation of static routing protocol, a kind of dynamic routing protocols such as OSPF and RIP and packet filtering function is educated step by step.

▶ Keywords : Embedded System, Static Routing, Dynamic Routing, RIP, OSPF, ADS 1.2

## 1. 서 론

최근 인터넷을 기반으로 한 임베디드 시스템이 많이 개발되고 있어 이를 이용한 다양한 네트워크에서의 프로그래밍 및 실습이 요구되고 있다. 그러나 임베디드 시스템을 이해하고 라우터 기반의 네트워크 기술들을 학습할 수 있는 교육용 장비는 부족한 실정이다. 기존의 임베디드 네트워크 관련 실습 장비로는 시스코 라우터 시리즈 제품(Cisco 2600 series)[1] 등이 있다. 그러나 현재 출시되고 있는 장비들은 내장된 OS를 이용하며, TCP/IP 기반의 라우팅 프로토콜을 포함하고 있다. 따라서 이를 활용하여 단순히 응용 가능한 구동 프로그램만을 실습해 볼 수는 있기 때문에 TCP/IP를 이용한 라우터 기반의 임베디드 네트워크 프로그래밍을 직접 실습하기에는 어려움이 있다. 또 상용화된 라우터의 프로그램은 성능 향상 등 현장에서 원활한 동작이 목표이므로 실습생들이 이해하기에는 어려움이 많다.

이의 보완으로 Intel PXA255 400MHz(ARM RISC Chip)CPU를 사용하고 임베디드 시스템을 제어하기 위한 RTOS(Real Time Operating System)인 공개용 uC/OS-ii를 이용하여, 임베디드 네트워크 실습장비를 설계 및 개발하여 이더넷/IP/ICMP의 ping 프로토콜의 교육용 임베디드 프로그래밍을 실습하도록 구현하였다[2]. uC/OS-ii에 비하여, VxWorks, Embedded Linux등의 RTOS는 TCP/IP 프로토콜 슈트가 OS내부에 포함되어 있어 이더넷/IP/TCP 등의 프로토콜 구현 프로그래밍 실습이 불가능하다. 그러나 uC/OS-ii는 이더넷의 프리앰블, 시작 프레임 분리, FCF 필드만 처리함으로 이더넷/IP/TCP 등의 프로토콜 구현 프로그래밍 실습이 가능하다. 본 논문에서는 참고문헌 [2]에서 설계된 하드웨어와 소프트웨어를 활용하여 static/RIP/OSPF/BGP의 라우팅 프로토콜과 방화벽 기능을 독자적으로 설계 개발하였고, 이의 교육적 개발을 위한 템플릿을 제공하고 프로그래밍 기법을 제시하였다. 따라서 본

논문에서는 라우팅 프로토콜의 임베디드 프로그래밍을 교육용 관점에서 모듈화하여 알기 쉽게 설계 및 구현하였다. 아울러 템플릿을 제공하여 설계 환경을 제시함으로써 실습생들이 이를 바탕으로 하여 임베디드 라우팅 프로그래밍 능력의 숙지를 목표로 한다.

표 1. Cisco 라우터와의 비교

구분	Cisco 2600 Series	교육용 라우터 실습장비
Router Configuration	가능	가능
Router 기능	가능	가능
교육용	일부 적합	적합
OS	내장된 OS	RTOS를 이용한 uC/OS-ii
라우팅 프로토콜	구현	구현
Embedded Router Programming	불가능	가능

설계 및 구현된 시스템은 임베디드 네트워크 환경에서 정적 및 동적 라우팅 프로토콜과 방화벽의 구동 실습을 먼저 수행한다. 이 후 실습 경험을 바탕으로 이의 프로그래밍을 작성하도록 환경을 구축하였다. 이와 같이 구축된 환경에서 프로그래밍하여 포팅한 다음 ping 테스트 등을 실행해 봄으로써 한층 더 깊이 있는 라우팅 프로토콜의 동작을 기반으로 네트워크 실습이 가능하도록 구현되었다.

본 논문의 구성은 2장에서 임베디드 시스템과 라우팅 프로토콜의 실습 방법에 대하여 간단히 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안한 교육용 시스템을 이용한 라우팅 프로토콜의 구현 프로그램의 실현 방법과 데모 동작과정의 실습 과정을 제시하였다. 이후 실습경험을 바탕으로 이의 프로그래밍을 작성하도록 환경 구축을 위한 실습장비의 전반적인 소프트웨어 구조에 대하여 설명하였다. 4장에서는 제안한 시스템의 기능 점검에 대하여 기술하였다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의

결과와 향후 연구 방향에 대하여 간략히 기술하였다.

## II. 교육용 라우터 시스템 구조

### 1. 하드웨어 구조

임베디드 시스템이란 미리 정해진 특정 기능을 수행하기 위해 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어가 조합된 전자 제어 시스템을 말한다[3][4]. 본 논문에서 설계된 임베디드 라우터 시스템은 그림 1과 같다. 구현한 CPU는 인텔 XSCALE 계열의 프로세서인 PXA255를 이용하였다. ARM10구조를 기반으로 한 RISC 프로세서인 PXA255를 이용하여 저 전력 소비와 400MHz 클럭을 이용한 고성능 처리가 가능하도록 하였다. 또한 64MB 램을 내장하여 많은 양의 메모리를 요구하는 프로그램도 손쉽게 구현할 수 있도록 하여 임베디드 프로그램 실습에 적합하도록 하였다. 또한 외부 인터페이스로는 TCP/IP 패킷 송, 수신을 위한 CS8900 칩을 이용한 네 개의 이더넷 포트, 사용자 명령을 처리하는 콘솔포트로 구성된다 [5][6].

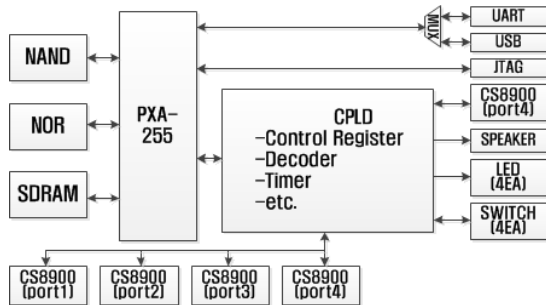


그림 1. 교육용 라우터 하드웨어 구조

### 2. 네트워크 구성

본 논문에서 제안된 교육용 라우팅 시스템을 이용하여 정적 및 동적 라우팅 프로토콜과 방화벽의 구동 실습을 위한 시스템의 구성의 일반적인 데모 형태는 그림 2와 같다. PC와 라우터는 콘솔모드로 접속되어 프로그래밍된 라우터를 정적 및 동적 라우팅 프로토콜과 방화벽으로 동작하도록 한다.

본 프로그램에서는 라우팅 프로토콜로 설정된 실습장비 형태는 R1,R2,R3,를 통하여 PC1에서 PC2로 ping 요청/응답 처리 과정을 실습한다.

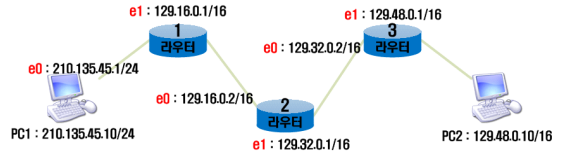


그림 2. 실습 네트워크의 구성 예

## III. 설계 및 구현

### 1. 설계 개념

이더넷 인터페이스를 지닌 임베디드 라우터 환경에서 정적 및 동적 라우팅 프로토콜과 방화벽 구축에 초점을 맞추고 이후 이들의 프로그래밍 기법의 템플릿을 제공하도록 설계하였다. 이의 설계 특징은 uC/OS-ii 커널을 활용하여 이더넷/IP(Internet Protocol)라우팅 프로토콜을 직접 프로그램하고, 이의 프로그램 능력을 교육시키는데, 초점을 맞추어 설계하였다.

즉, 라우터 교육용 소프트웨어 구조는 라우팅 프로토콜 데모용과 프로그램 제작용 소프트웨어 패키지로 분류되며, 그림 3에서는 이더넷과 TCP/IP의 계층적인 설계 및 구현 과정을 제시하였고, 교육자 입장에서 프로그래밍 하여야 하는 구성 부를 나타내었다.

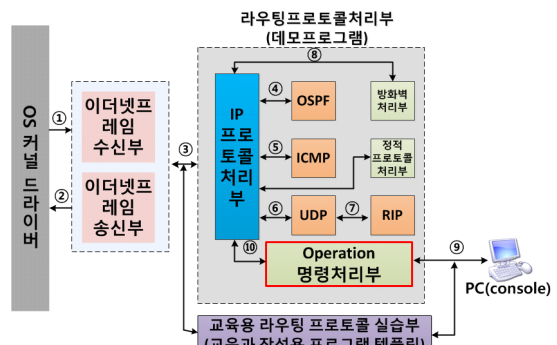


그림 3. 교육용 소프트웨어의 구조

위 그림 3에서 두꺼운 사각형의 의미는 교육자가 직접 프로그래밍 하여야 하는 부분이며, 얇은 사각형은 그 기능을 제공하기 위하여 이미 개발된 프로그램의 데모 동작이다. 라우팅 프로토콜 동작 실습의 데모용 소프트웨어 처리는 static과 default 라우팅 처리인 정적 및 RIP(Routing Information Protocol)와 OSPF(Open Shortest Path First) 라우팅 프로토콜의 동적 라우팅 프로토콜과 방화벽 구축용 프로그램이다.

①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧은 각 기능 간 시그널 전달을 의미한다. ①, ②는 커널의 패킷 송, 수신을 위한 OS 커널 드라이버 루틴과 사용자 프로그램 간 데이터 송, 수신시 호출되는 프리미티브로 ①은 OS 커널 드라이버 루틴으로부터 사용자 프로그램에 있는 이더넷 계층으로 패킷이 전달될 때 호출되며 그 형식은 tx(unchar \*ptr, uint len)이다. \*ptr는 정보를 전달하는 데이터의 시작주소이고, len은 그 정보의 길이이다. ②는 rx(unchar \*ptr, uint len)이며, ①과 반대과정이다. ③은 이더넷 프레임과 IP패킷 간 ④는 IP 패킷과 OSPF 패킷 간, ⑤는 IP와 핑 패킷을 처리하는 ICMP(Internet Control Message Protocol) 패킷 간, ⑥는 IP와 UDP패킷 간, ⑦은 UDP(User Datagram Protocol)와 RIP 패킷 간 송, 수신 과정의 인터페이스이다. ⑧은 IP 패킷 수신 후, 이의 라우팅 시 방화벽에 의해 처리될지 여부를 알아보는 경우이다. ⑨는 사용자의 콘솔로부터 라우팅 프로토콜 처리 명령을 수신하여 라우팅 테이블을 갱신하는 과정이다. ⑩은 라우팅 프로토콜 동작 시 라우팅 테이블을 점검하는 과정이다. 교육용 실습자가 프로그래밍할 경우에는 ⑨의 사용자의 콘솔로부터 명령 처리와 ①, ②의 이더넷 프레임 송, 수신시 호출되는 프리미티브를 활용하여 프로그래밍 한다.

### 1.1 정적 라우팅 프로토콜의 설계개념

라우팅 프로토콜 동작 실습의 데모용 소프트웨어 처리는 크게 정적 라우팅 프로토콜과 동적 라우팅 프로토콜로 분류된다. 정적 라우팅 프로토콜 동작 실습은 static과 default 라우팅 개념의 프로토콜 실습 교육용, 동적 라우팅 프로토콜 동작 실습은 RIP(Routing Information Protocol)와 OSPF(Open Shortest Path First) 라우팅 개념의 프로토콜 실습 교육을 처리한다. 또한 패킷의 IP 주소만을 가지고 필터링 처리하여 실습생들의 방화벽 구축 구축의 기본 개념을 돕고자 하였다.

### 1.2 동적 라우팅 프로토콜의 설계개념

교육용 라우팅 프로그램이 동적 라우팅 프로토콜로 동작하는 경우, 상대측 라우터로부터 RIP와 OSPF 라우팅 패킷 수신 시 처리와 자신의 라우터에서 RIP와 OSPF 라우팅 프로토콜 동작시키는 경우로 분리하여 살펴보았다. 그림 4는 상대측 라우터로부터 RIP와 OSPF 라우팅 패킷 수신 시 처리과정을 나타내었으며, 나머지 처리과정도 이와 유사하다.

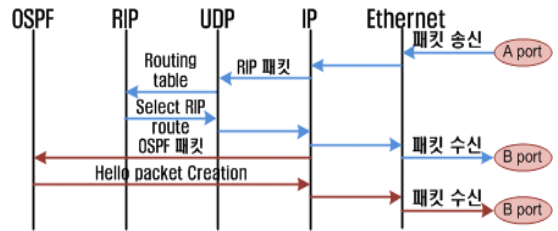


그림 4. 라우팅 처리 기법

콘솔포트를 통해 자신의 라우터에서 라우팅 프로토콜을 구동시킨 이후 그 처리과정은 다음과 같다.

#### 1) RIP로 동작하는 경우

RIP 패킷을 수신하는 경우의 라우팅 테이블을 갱신과 그렇지 않는 경우가 있다.

- 네 개의 이더넷 인터페이스 중 임의로 A port로 수신되면, IP패킷의 프로토콜 형태가 UDP이다.
- 라우팅 테이블을 갱신한 이후 A port를 포함한 다른 3개의 포트(B ports 라 칭함)로 RIP 패킷을 전송하게 된다.
- 그렇지 않는 경우는 네 개의 이더넷 인터페이스로 갱신된 라우팅 정보를 RIP 패킷으로 전송하게 된다.

#### 2) OSPF로 동작하는 경우

OSPF 패킷을 수신하는 경우의 라우팅 테이블을 갱신과 그렇지 않는 경우가 있다.

- 수신된 IP 패킷의 프로토콜 형태가 OSPF이므로 OSPF 메시지 형태에 따라 라우팅 테이블을 갱신한다.
- 이후 A port를 포함한 다른 3개의 포트(B ports 라 칭함)로 OSPF 패킷을 전송하게 된다.
- 그렇지 않는 경우는 네 개의 이더넷 인터페이스로 갱신된 라우팅 정보를 OSPF 패킷으로 전송하게 된다.

#### 1.3 IP 패킷 필터링

패킷의 IP 주소만을 가지고 필터링할 경우 사용되며, 이는 운용자 명령처리부에 의해서 테이블이 갱신된다. 교육용의 목적으로 패킷의 IP 주소를 확인하여 불필요한 트래픽을 차단시켜 실습생들의 방화벽 구축의 기본 개념을 돕고자 하였다.

#### 1.4 기능 점검을 위한 설계개념

설계된 프로토콜의 기능 점검을 위해 ping 패킷 처리를 위한 ICMP를 설계하였다. 이때 운용자 명령에 의한 ping 패킷의 발생과 다른 라우터로부터 ping 패킷 수신시 처리과정으로 분류하여 설계하였다.

## 2. 소프트웨어 설계

### 2.1 데모프로그램의 설계

데모 프로그램의 구성은 그림 5와 같이 개발된 uC/OS-ii 을 커널로 하여 커널에 링크된 디바이스 드라이버의 기능을 수행하기 위하여 헤더파일의 묶음인 include 폴더와 소스 파일의 묶음인 source폴더를 기본적으로 제공하였다.

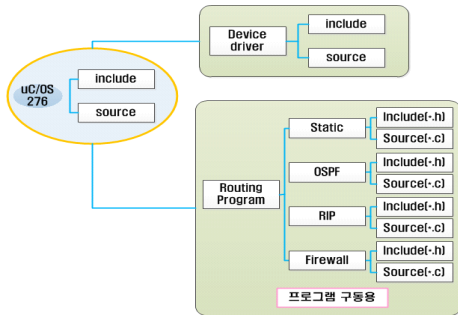


그림 5. 데모 프로그램의 구성

데모 프로그램의 구성은 그림 6과 같이 초기화된 라우팅 테이블의 변경은 사용자 명령과 수신된 동적 라우팅 패킷에 의해서 변경된다. 주요 파일과 기능은 다음과 같다.

“RouTable.c”: 라우팅 테이블의 초기화 함수 및 설정 함수를 구현한다.

“route.c”: 실습장비에 설정된 정적 및 동적 라우팅 프로토콜의 처리 함수를 호출한다.

“static/default.c”: 수신 패킷의 IP 주소로 패킷을 전송하기 위하여 스테틱/디폴트 경로를 결정하는 함수를 구현한다.

“rip.c”: 수신된 RIP 정보 패킷의 메시지를 비교하여 새로운 네트워크 주소나 기존의 네트워크 주소라도 홉 카운트 수가 적은 경로를 찾는 기능을 수행한다.

“ospf.c”: OSPF동작의 초기화 및 이웃과정을 맺는 Hello 패킷, DBD패킷, LSR패킷, LSU패킷, LSA패킷의 수신처리와 송신 기능을 제공한다.

“firewall”: 실습장비에 패킷이 수신될 때 이더넷 타입의 분석 후 'IP' 인 경우 액세스 리스트 테이블에 수신된 포트 번호와 IP 주소를 비교하여 일치하는 값이 있으면 패킷 전송을 중지한다. 일치하는 값이 없을 시에는 경로 결정 함수를 호출하여 패킷을 전송하게 된다.

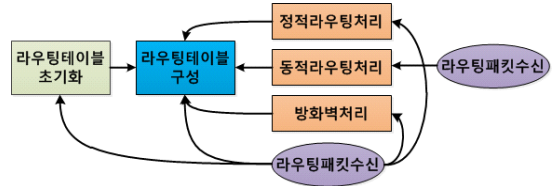


그림 6. 데모 프로그램의 구성

### 2.2 교육용 소프트웨어 설계

임베디드 교육용 소프트웨어는 실습생들이 III절 2.1항의 데모 프로그램의 설계처럼 프로그래밍 작성을 할 수 있도록 템플릿을 제공 한다. 동적 및 정적 등 라우팅 프로토콜에 대한 프로그래밍을 직접 제작 할 수 있는 환경을 제공하였다. 프로그래밍 환경은 교육생들이 라우팅 프로토콜 동작의 명확한 이해와 그에 따른 프로그래밍 기술을 학습할 수 있도록 하였다.

이는 그림 3의 ④의 사용자의 콘솔로부터 명령 처리와 ①, ②의 이더넷 프레임 송, 수신시 호출되는 프리미티브를 활용하여 프로그래밍 하도록 템플릿만 제공한다.

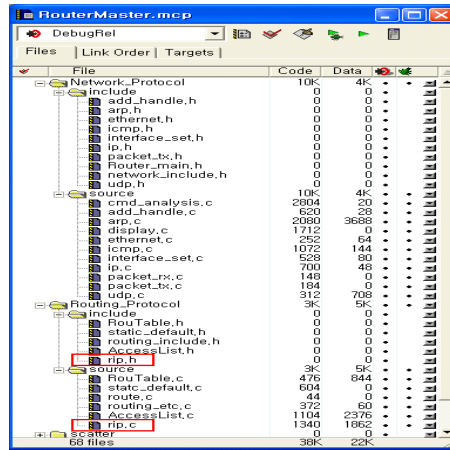


그림 7. 프로그래밍 샘플

- ethernet.c ethernet 프레임 구조 정의 및 송신을 위한 패킷 형성과 수신된 패킷 처리함수
- ethernet.h
- arp.c ARP 프레임 구조 정의 및 송신을 위한 패킷 형성과 수신된 패킷 처리함수
- arp.h
- ip.c IP 프레임 구조 정의 및 송신을 위한 패킷 형성과 수신된 패킷 처리함수
- ip.h

그림 7에서와 같이 샘플 프로그램을 보면 헤더파일인 \*.h 와 소스파일인 \*.c의 수정으로 간단히 프로그래밍할 수 있게 된다.

#### IV. 기능점검 및 성능분석

그림 6에서와 같이 기능 점검은 설계된 정적 및 동적 라우팅 프로토콜과 방화벽 기능이 점검이 있을 수 있다. 본 논문에서는 그 양이 많고 점검 과정이 매우 유사하여 대표적인 동적 라우팅 프로토콜인 RIP와 OSPF 처리과정의 점검과정과 그 결과를 제시하였다.

그림 4와 같이 RIP와 OSPF 라우팅 프로토콜 동작 시 이의 검증으로 ping 패킷 처리과정의 시나리오를 살펴보았다. 그림 8처럼 ping 패킷에 대한 처리는 ping 패킷 수신 시 처리와 자신의 라우터에서 ping 패킷의 발생과정으로 분리하여 살펴보았다. ping 패킷 수신시에는 수신되는 패킷의 목적지 주소가 수신된 패킷의 인터페이스에 설정된 네트워크 주소와 동일한 경우와 다른 경우로 나뉜다. 동일하면, 수신된 포트로 ping 패킷에 대한 응답을 전송한다. 다르면, 라우팅 테이블을 점검한 후 선택된 또 다른 임의의 포트로 ping 패킷을 그대로 릴레이 시켜준다. 콘솔포트를 통해 자신의 라우터에서 ping 처리를 수행하면, 라우팅 테이블을 참조하여 그에 해당하는 포트로 ping 패킷을 전송한다.

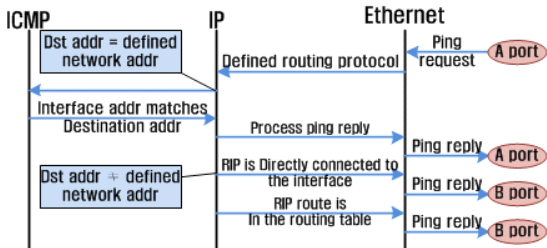


그림 8. ping 처리 기법

#### 1. RIP 기능 점검

##### 1.1 R1의 라우팅 테이블

그림 2에서 실습장비의 네트워크 주소를 선언하면 라우팅 테이블에 선언된 네트워크 주소를 저장하고 자신의 경로 정보를 RIP 패킷으로 생성하여 인접 실습장비에 전송하게 된다. RIP 패킷을 수신한 실습장비는 자신의 라우팅 테이블과 비교하여 hop count가 기존의 테이블 보다 적거나 새로운 경로인 경우, 라우팅 테이블에 등록하게 된다.

설정된 경로를 확인하는 명령어 “sh ip route”를 입력하면 현재 연결된 네트워크의 정보를 확인 할 수 있다.

디스플레이 라우팅 테이블(Display Routing Table)에는

목적지 네트워크 주소(Destination Network Address), 다음 홉이 연결된 인터페이스(Out\_Port), 프로토콜 타입 (Protocol), 홉 카운트(Hop Count), 디폴트 경로가 출력된다.

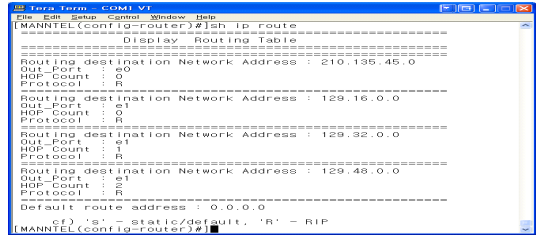


그림 9. R1의 라우팅 테이블

#### 1.2 라우팅 정보 갱신 주기

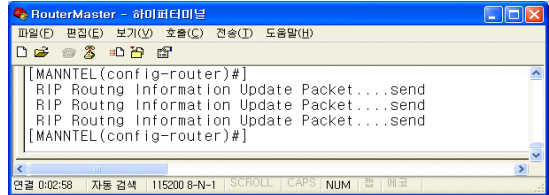


그림 10. 라우팅 정보 갱신

RIP 라우팅 정보 갱신 주기는 약 30초의 간격으로 이루어진다. 실습장비에서는 30초 간격으로 갱신 패킷을 전송하게 되고 하이퍼터미널에 “RIP Routing Information Update Packet... send” 메시지가 출력된다.

#### 1.3. Ping 테스트

ping 테스트는 PC에서 PC, PC에서 실습장비, 실습장비에서 실습장비, 실습장비에서 PC로 테스트가 된다.

##### 1) PC1 → PC2

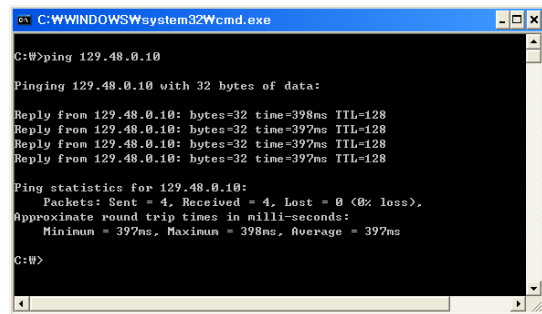


그림 11. PC1에서의 Ping test

PC1에서 PC2로 ‘ping’ 요청 패킷을 수신한 R1은 라우팅 테이블에 등록된 다음 홉 R2로 패킷을 전송한다. R2도 라우

팅 테이블을 검사하여 다음 홉 R3으로 패킷을 전송한다. R3는 수신된 패킷이 자신에게 직접 연결된 네트워크 주소이므로 PC2로 패킷을 전송한다.

## 2. OSPF 기능 점검

설계된 OSPF기능 점검은 ping 테스트로 분석하였다.

1. PC의 네트워크 주소를 설정하고, 라우터의 인터페이스를 설정한다.

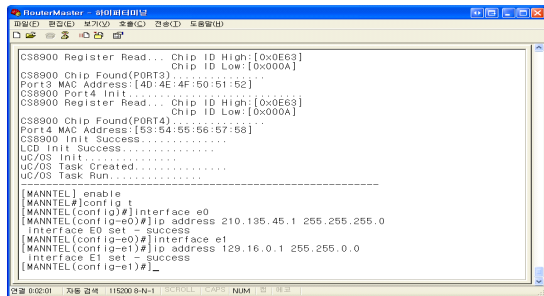


그림 12. 라우터의 인터페이스 설정

2. 라우터의 OSPF를 설정하는데, 먼저 라우팅 프로토콜을 활성화 시켜 주고 인터페이스에 직접 연결된 네트워크 주소를 선언해 주면 된다. 인터페이스 주소를 설정한 후 다음과 같이 OSPF 설정 명령어를 입력한다.

OSPF 활성화 명령어 : router OSPF process-id  
Network Address 선언 : network <ip-network-address> <wildcard-mask> area area-id

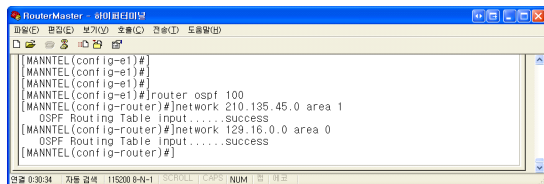


그림 13. 라우터의 OSPF 설정

3. 동작 확인을 위해서 실습장비의 라우팅 테이블을 확인한다. 실습장비에서 네트워크 주소를 선언하면, 라우팅 테이블에 저장된 네트워크 주소와 자신의 경로 정보를 OSPF 패킷으로 생성하여 인접 실습장비에게 전송한다. OSPF 패킷을 수신한 실습장비는 자신의 라우팅 테이블과 비교하여 매트릭이 기존의 테이블보다 작거나 새로운 경로인 경우 라우팅 테이블에 등록한다.

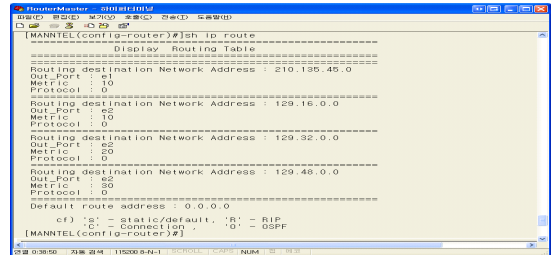


그림 14. 라우터의 라우팅 테이블

## 3. 성능 분석

교육용 라우터 시스템의 개발 이후 성능과약이 매우 중요하다. PC와 PC 상호간, PC와 실습장비 상호간, 실습장비와 실습장비 상호간의 패킷의 흐름을 확인하기 위해서 ping 테스트를 실시한다. ping 패킷의 처리과정은 교육용 라우터를 RIP, OSPF등의 라우팅으로 구동시키고 접속되는 라우터 개수를 고려한 다양한 경우를 생각해 볼 수 있다. 이 절에서는 RIP로 동작시키고 한 개의 라우터에서 서로 다른 인터넷 네트워크에 접속 시 성능 분석을 고려하였다.

이 때 패킷 송·수신시 호출되는 프리미티브 시간과 라우터로부터 패킷이 전달되어 인터넷 프레임, IP 패킷, ICMP 패킷 처리 후 목적지 주소를 파악하여 RIP 라우팅 테이블을 살펴 보아 라우팅한다. 따라서 RIP 패킷의 송·수신 과정에서 처리되는 시간은 프로그램 소스를 기준으로 개략적으로 다음과 같은 파라미터를 계산하여 처리한다.

- uC/OS-ii 프리미티브 송신 처리 시간 : 10ms
- uC/OS-ii 프리미티브 수신 처리 시간 : 10ms
- 인터넷 프로토콜 처리시간 : 1ms
- IP 프로토콜 처리시간 : 3ms
- ICMP 프로토콜 처리시간 : 1ms
- RIP 라우팅 테이블 점검 시간: 1ms

따라서 ping 패킷을 PC에서 한 개의 라우터를 거쳐 다른 네트워크에 접속된 다른 PC로 송신 시 처리되는 시간은 위의 값을 근거로 하면 다음과 같은 계산식이 된다.

ping 패킷 송신 후 응답받는 계산: uC/OS-ii 프리미티브 송신 처리 시간 + uC/OS-ii 프리미티브 수신 처리 시간 + 2\*(인터넷 프로토콜 처리시간 + IP 프로토콜 처리시간 + ICMP 프로토콜 처리시간) = 32ms이다.

```
C:\Documents and Settings\mini>ping 220.69.240.123
Pinging 220.69.240.123 with 32 bytes of data:
Reply from 220.69.240.123: bytes=32 time=40ms TTL=128
Reply from 220.69.240.123: bytes=32 time=37ms TTL=128
Reply from 220.69.240.123: bytes=32 time=37ms TTL=128
Reply from 220.69.240.123: bytes=32 time=37ms TTL=128

Ping statistics for 220.69.240.123:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 37ms, Maximum = 40ms, Average = 37ms
C:\Documents and Settings\mini>
```

그림 15. PC간의 ping 테스트

실제적으로 실습한 ping 패킷 송·수신할 경우 소요되는 시간은 그림 15와 같이 37ms정도로 처리 속도는 다소 늦거나 근접하게 수행됨을 알 수 있다. 이는 실제적인 환경은 전파 지연 등 다양한 변수가 있으므로 다소 다를 수 있음을 암시한다.

### V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 RTOS인 공개용 uC/OS-ii를 이용한 임베디드 라우터 프로그래밍 실습장비의 설계 및 구현 방법을 제시하였다. 개발 환경으로는 인텔 XSCALE 계열의 프로세서인 PXA255를 CPU로, ADS 1.2를 개발 환경으로, C 언어를 사용하였다.

본 논문의 임베디드 교육용 라우터 실습장비는 인터넷 환경에서 TCP/IP 프로토콜과 라우팅 프로토콜 프로그램 제작 기법을 제시하였다. 제시된 방법을 통하여, 인터넷 환경에서 네트워크 구성 실습은 검증이 가능하였다. 이의 점검으로 ping처리에 의한 라우팅 처리 과정을 수행하였다. 또, 실습생들이 직접 프로그래밍 하도록 인터넷 프로토콜의 인터페이스 상에서 송, 수신되는 패킷의 프리미티브 호출의 제시와 ping 패킷 처리 시 성능을 파악하였다.

향후에는 본 논문에서 제공된 라우터 프로그래밍 실습뿐만 아니라 IPv6와도 연계하여 네트워크 실습장비를 컨트롤하는 프로그래밍 설계과정을 연구하고자 한다.

### 참고문헌

[1] <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps259/index.html>  
 [2] Dae-Hee Kim, Joong-Soo Chung, Hee-Jung Park, Kwang-Wook Jung "Design and Implementation of Educational Embedded Network System", Journal of The Korea Society of Computer and Information Vol.14, No.10, Oct 2009.

[3] Michael Barr ,Anthony Massa "Programming Embedded Systems With C And GNU Development Tools", O'Reilly, 2006  
 [4] Jean J. Labrosse, "Embedded systems building blocks", CMP Books, 1999.  
 [5] "Embedded router Experiments(by using ERT -5000) vol.2," joong soo Chung, Kwang Wook Jung.  
 [6] J.J Labrosse, "MicroC/OS-II The Real-Time Kernel Second Edition," CMP Books, 2002.

### 저자 소개



**박 군 득**  
 1997: 광운대학교 전자재료공학과(학사)  
 2003: 경북대학교 전자공학과(석사)  
 2003: 정보통신기술사 취득  
 2012: 안동대학교  
 정보통신공학과 (박사수료)  
 1997~현재: 안동문화방송 기술팀 근무  
 관심분야: 인터넷통신, 정보통신,  
 이동통신  
 Email : virus@andongmbc.co.kr



**정 중 수**  
 1981: 영남대학교 전자공학과(학사)  
 1983: 연세대학교 전자공학과(석사)  
 1993: 연세대학교 전자공학과(박사)  
 1983~1994: ETRI연구원,  
 선임연구원  
 1987~1989: 벨지움 Alcatel/Bell  
 Tele-phones사  
 객원연구원  
 2000~2001: 미국 UMASS/Lowell  
 전산학과 객원교수  
 1994~현재: 국립 안동대학교 공과대학  
 정보통신공학과 교수  
 관심분야: 컴퓨터 네트워크,  
 인터넷통신, 무선통신  
 Email : jschung@andong.ac.kr





정 광 옥

1982: 경북대학교 전자공학과(학사)

1984: 경북대학교 전자공학과(석사)

1984~1992: 삼성전자 책임연구원

1996: 경북대학교 전자공학과(박사)

1992~현재: 구미대학교

정보통신공학과 교수

2000~현재: (주)맨엔텔 대표

2011~현재: (주)맨엔헬스 대표

관심분야: 무선통신, IT-의료융합기기

Email : kwjung@kumi.ac.kr