

공개 소프트웨어 기반 인터넷 시스템 실습 플랫폼 설계

김태준, 유시영
공주대학교 정보통신공학부
e-mail:tjkim@kongju.ac.kr

Design of Open Software based Internet System Practice Platform

Tae-Joon Kim, Si-Yeong Ryoo
Dept. of Inform. and Commun., Kongju National University

요약

4차 산업혁명 시대의 핵심 인프라로 자리 매김하는 인터넷 시스템을 실제 구축, 시험 및 운영하면서 공부한 내용을 확인하고 이해하는 것은 네트워크 입문자들에게 매우 중요하다. 인터넷 시스템은 인터넷 계층 이하의 기능을 담당하는 IP 네트워크 자체와 DNS, DHCP, email, Web 서버 및 방화벽으로 기본적인 네트워크 서비스를 제공하는 기본 네트워크 시스템, 그리고 VoIP와 IPTV같은 응용 서비스 시스템으로 구성된다. 본 논문에서는 개인용 컴퓨터에 탑재할 수 있는 공개 소프트웨어 기반의 최소한의 실습 네트워크 형상으로 인터넷 시스템의 제반 기능을 실습해볼 수 있는 실습 플랫폼을 설계하고 중요한 실습 결과를 제시한다.

1. 서론

인공지능, 사물인터넷, 빅 데이터, 모바일 등의 첨단 정보통신 기술이 경제·사회에 융합되어 혁신적인 변화를 불러오는 4차 산업혁명이 시작되고 있다. 이러한 산업혁명의 핵심은 초연결성으로 이는 인터넷 시스템에 의해 실현되고 있다. 따라서 4차 산업혁명 시대를 이끌어갈 첨단 기술에 능동적으로 대응하기 위해서는 인터넷 시스템을 이해하는 것이 매우 중요하며, 특히 실제 구축, 시험 및 운영의 실습을 통해 시스템의 동작을 이해하고 학습하는 것은 네트워크 입문자들에게 필수적인 과정이라 할 수 있겠다.

많은 시장 수요와 그 중요성으로 인해 여러 교육용 IP(Internet Protocol) 네트워크 실습장치가 개발되어 왔다 [1][2][3][4]. [1]은 임베디드 실습장비로 실습환경을 구축해야 하므로 일반 입문자들이 사용하기에는 어려움이 있고, [2]는 IP 네트워크 실습을 위해 별도로 개발된 에이전트 소프트웨어를 사용해야 하는 제약이 있다. [3]에서 실습 파트너를 대신하는 동료 대리자 소프트웨어를 개발하여 UML(User Mode Linux) 기반 가상환경에서 다수의 학생이 상호 협력하면서 네트워크를 구축하는 실습 환경을 보다 효과적으로 제공하려는 시도를 하였다. [4]에서는 클라우드 기반 IP 네트워킹 실습환경에서 실습하는 학생을 원격지에서 지원할 수 있는 강사 지원 기능을 개발하였다. 그러나 [1]~[4]는 모두 IP 네

트워크 자체의 구성에 그 실습범위가 한정되어 있다.

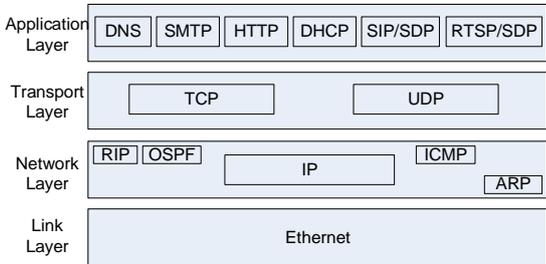
인터넷 시스템은 인터넷 계층 이하의 기능을 담당하는 IP 네트워크 자체와 기본적인 네트워크 서비스를 제공하는 기본 네트워크 시스템, 그리고 응용 서비스 시스템으로 구성된다. 본 연구에서는 이러한 인터넷 시스템 전체를 실습할 수 있는 플랫폼을 설계하고 중요한 실습 결과를 제시한다.

2. 본론

2.1 인터넷 시스템 실습 플랫폼

먼저 실습 플랫폼이 커버할 실습범위에 대해 살펴본다. 인터넷 시스템은 그림 1과 같이 링크, 네트워크, 수송 및 응용의 4 계층으로 모델링되며, 그림에 도시된 프로토콜들이 모두 플랫폼에서 취급할 실습 대상이다. 구체적으로 살펴보면 링크 계층에서는 널리 사용되는 이더넷 프로토콜, 네트워크 계층에서는 IP와 이의 동작을 도와주는 ARP(Address Resolution Protocol), RIP(Routing Information Protocol), OSPF(Open Shortest Path First) 및 ICMP(Internet Control Message Protocol), 그리고 수송계층에서는 TCP(Transport Control Protocol)과 UDP(User Datagram Protocol)가 실습 대상이다. 응용계층에서는 네트워크가 동작하기 위해 필요한 기본적인 서비스를 제공하는 DNS(Domain Name System),

SMTP(Simple Mail Transfer Protocol), HTTP(Hyper Text Transfer Protocol) 및 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)와 최근에 널리 보급되고 있는 인터넷 전화를 위한 SIP(Session Initiation Protocol)/SDP (Session Description Protocol)와 인터넷 TV를 위한 RTSP(Real Time Streaming Protocol)/SDP가 실습대상에 포함된다.

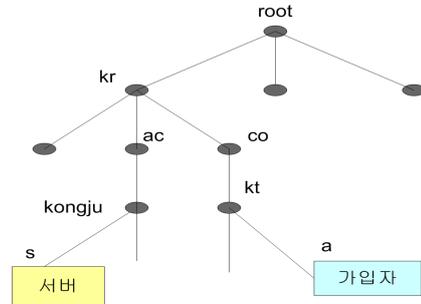


[그림 1] 인터넷 계층 모델과 플랫폼의 실습대상

실습 플랫폼을 설계함에 있어 우선적으로 고려한 사항은 추가적 비용 없이 학생들이 소지한 노트북이나 보급형 개인용 컴퓨터에 플랫폼을 탑재하여 실습을 할 수 있도록 해야 한다는 것이다. 이를 위해 앞에서 살펴본 대상 프로토콜들을 모두 실습할 수 있으면서 최소한의 플랫폼 네트워크 형상을 갖도록 해야 한다. 인터넷 시스템은 크게 서비스를 이용하는 가입자 부분과 서비스를 제공하는 서버 부분으로 나눌 수 있다. 가입자 부분은 1인 가구부터 대규모 기업까지 다양하고, 서버 역시 소규모 서버부터 대규모 서버까지 광범위하다. 이러한 가입자 부분과 서버 부분을 실습할 수 있는 융통성 있으면서도 간단한 실습 도메인 체계의 설계가 매우 중요하다. 또한 공중 인터넷과 동일한 환경에서 실습할 수 있어야 하나 기존 인터넷의 루트 네임서버와 도메인 체계를 함부로 이용할 수 없다. 따라서 공중 인터넷 도메인과 동일한 도메인 체계를 플랫폼이 갖도록 해야 한다. 본 연구에서는 편의상 서비스를 제공하는 서버 사이트를 kongju로 하였고, 가입자 사이트의 ISP(Internet Service Provider) 사업자를 kt로 하였다. 실습 플랫폼에 탑재할 도메인 체계는 광범위한 서버를 대표할 수 있는 s.kongju,ac.kr과 다양한 가입자를 대표할 수 있는 c.kt.co.kr을 수용하는 간단한 체계로 설계하였으며 구체적으로 그림 2와 같다.

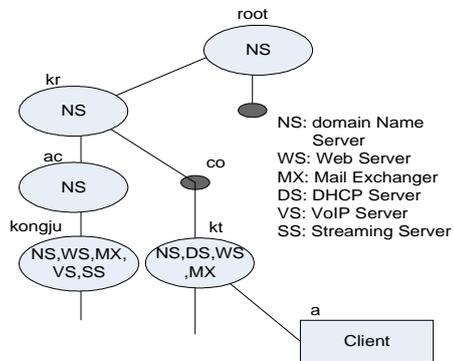
인터넷 시스템은 크게 가입자 호스트, 서버 시스템 및 이들을 상호 접속해주는 라우터의 세 부분으로 나눌 수 있다. 호스트들은 링크, 네트워크 및 수송 계층 프로토콜들을 내장하고 있는 운영체제와 응용 계층의 클라이언트 소프트웨어를 탑재하고 있고, 서버 시스템 역시 마찬가지로 운영체제와 응용 계층의 서버 소프트웨어를 탑재하고 있으며, 라우터는 네트워크 계층 이하 프로토콜을 탑재하고 있다. 따라서 그림 1에 도시된 실습 대상들을 실질적으로 구분해보면 네트워크

계층 이하의 기능을 담당하는 IP 네트워크 자체와 IP 프로토콜의 환경변수의 공급 및 도메인 네임 해석으로 URL(Uniform Resource Locator) 기반 네트워크 시스템이 동작하도록 해줄 뿐만 아니라 웹과 메일 등의 기본적인 서비스 기능을 제공하는 기본 네트워크 시스템, 그리고 인터넷 전화나 스트리밍 서비스 같은 정보통신 서비스를 제공하는 응용 서비스 시스템으로 나눌 수 있다.



[그림 2] 플랫폼의 도메인 체계

IP 네트워크 부분을 담당하는 프로토콜들은 모두 운영체제에 내장되므로 이의 실습을 위해서 별도의 작업이 필요 없고 프로토콜 분석기로 통신 프로토콜을 분석하는 실습만 필요하다. 기본 네트워크와 응용 서비스 시스템 실습을 위해서 서비스를 제공하는 서버를 탑재해야 한다. 그림 2에 정의된 플랫폼의 각 도메인에 탑재할 서버는 그림 3과 같다.

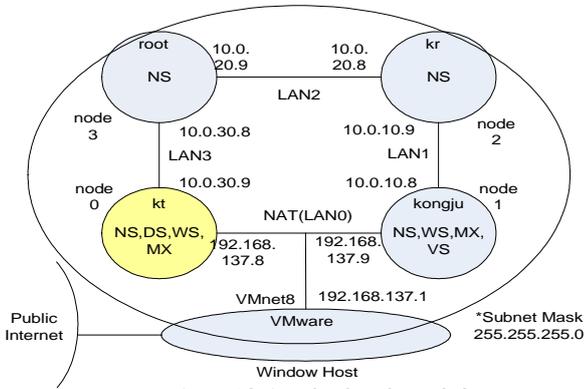


[그림 3] 플랫폼의 도메인별 서버 배치

그림 2의 도메인 체계를 수용하기 위해서는 도메인 네임을 해석하는 네임 서버를 탑재해야 하는데, 본 연구에서는 혼란을 방지하기 위해 네임서버가 커버하는 서비스 범위인 존(zone)을 도메인과 동일하게 하므로 그림 3과 같이 루트 도메인부터 모든 도메인 각각에 별도의 네임서버, 즉 NS를 탑재한다. 가입자를 수용하는 kt 도메인에는 가입자들에게 IP 프로토콜 환경 변수를 제공해주는 DS, 메일 서비스를 제공해주는 MX 및 자체 웹서비스를 위한 WS를 탑재한다. 그리고 서비스를 제공하는 kongju 도메인에는 WS와 MX 및 인터넷 전화 서버인 VS와 스트리밍 서버인 SS를 탑재한다.

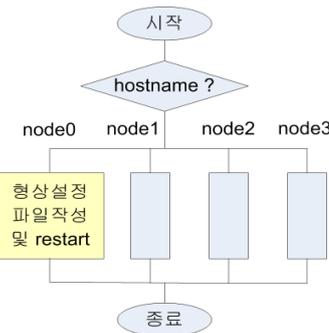
그림 3과 같이 배치된 서버들은 가상운영체제 환경을 이용

하여 실현한다. 본 연구에서는 윈도 호스트에 가상운영체제를 지원하는 shareware인 VMware를 설치하고 여기에 리눅스 가상머신을 탑재하여 구축한다. 본 논문에서는 없어도 실습에는 무관한 ac 도메인을 생략하여 4개의 리눅스 가상머신과 클라이언트를 수용할 윈도 호스트로 플랫폼을 구성한다. 설계된 플랫폼의 네트워크 형상은 그림 4와 같다.



[그림 4] 플랫폼의 네트워크 형상

플랫폼에 사용되는 리눅스 머신은 범용 컴퓨터 시스템으로 실습 플랫폼의 용도로 사용하기 위해서는 필요한 공개 소프트웨어를 다운받아 설치하고 설치한 소프트웨어의 형상설정 파일의 수정과 restart를 통해 네트워크 장치로 동작시켜야 한다. 이를 위해 pnet.init라는 셸 스크립트를 사용한다. 이를 수행시키면 그림 5와 같이 hostname을 읽어 해당 node의 형상설정 파일을 작성하고 형상 변경된 소프트웨어를 restart를 시킨다. 형상설정 파일은 “echo” 구문을 사용하여 쉽게 작성할 수 있다.



[그림 5] pnet.init의 플로차트

2.2 실습 시나리오 및 실습결과

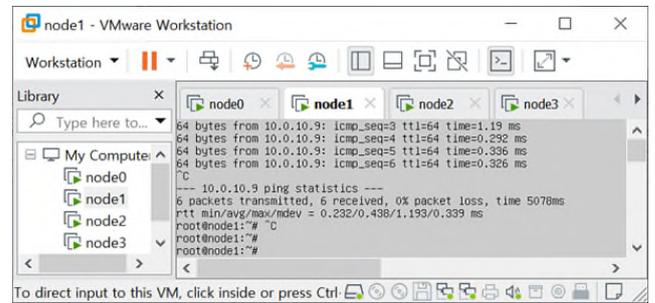
플랫폼에서의 수행할 실습은 그림 6과 같이 4 단계로 나누어 수행할 수 있다. 실습 대상이 아주 많으므로 중요한 몇몇 기능에 대해서만 실습 시나리오와 결과를 기술한다. 먼저 윈도 호스트에 VMware를 설치하고 4개의 리눅스 가상머신을 만든다. 구축된 플랫폼의 화면 모습은 그림 7과 같다.

pnet.init으로 각 node별로 IP 환경을 설정하면 각 LAN 내

에서만 통신이 가능한 인트라넷 실습을 수행할 수 있다. 실습 결과 그림 8과 같이 ARP 동작으로 192.168.137.9의 LAN 주소가 00:0c:29:65:3e:f5임을 알 수 있고, 프레임 헤더는 목적지와 근원지 주소 및 type부분으로 구성됨을 확인할 수 있다.



[그림 6] 실습 단계



[그림 7] 구축된 플랫폼의 화면

Protocol	Length	Info
ARP	...	Who has 192.168.137.9? Tell 192.168.137.8
ARP	...	192.168.137.9 is at 00:0c:29:65:3e:f5

a) ARP Request and Reply

```

Ethernet II, Src: Vmware_65:3e:f5 (00:0c:29:65:3e:f5), Dst:
> Destination: Vmware_20:7a:49 (00:0c:29:20:7a:49)
> Source: Vmware_65:3e:f5 (00:0c:29:65:3e:f5)
Type: ARP (0x0806)
Address Resolution Protocol (reply)
    
```

b) Ethernet Frame Head

[그림 8] ARP 실습결과 및 Ethernet 헤더구성 확인

정적 라우팅 테이블 작성 구문을 추가하고 리눅스를 라우터로 동작시켜 IP 및 ICMP 프로토콜의 인터넷 통신 실습을 해볼 수 있다. IP 통신은 간단한 비연결 및 비확인형 통신으로서 단편화 과정에 대해서만 실습한다. node 0에서 “ping 10.0.20.9 -i 5000 -t 1”시 ethernet의 MTU(maximum transfer Unit)가 1500 바이트 이므로 3개의 데이터그램으로 단편화 되어 전달되는 과정을 그림 9와 같이 확인할 수 있다.

```

IPv4 ... Fragmented IP protocol (proto=ICMP 1, off=4440, ID=cd41)
IPv4 ... Fragmented IP protocol (proto=ICMP 1, off=2960, ID=cd41)
IPv4 ... Fragmented IP protocol (proto=ICMP 1, off=1480, ID=cd41)
ICMP ... Echo (ping) request id=0x840c, seq=1/256, ttl=64 (reply)
    
```

[그림 9] 데이터그램 단편화 실습결과

대표적인 목적지 도달불가와 경로재지정 ICMP 메시지에 대한 실습절차와 결과를 살펴본다. node0의 라우팅 테이블에서 10.0.10.0/24와 0.0.0.0/32 레코드를 삭제하고 윈도 호스트의 라우팅 테이블에서 목적지 10.0.10.0/24 에 대한 다음 홉을 비최적 경로인 192.168.137.8로 변경한 후 ping 10.0.10.8을 시행하면 이 메시지를 받은 node0는 라우팅 테이블에 해당되는 레코드가 없어 목적지 도달불가 메시지를 반송하는데, 그림 10의 a)와 같은 메시지를 확인할 수 있다. node0의 라우팅 테이블을 원상복구 한 후 ping 10.0.10.8을 다시 입력하면 윈도 호스트에게 비최적 경로이므로 10.0.10.0/24 에 대한 다음 홉을 최적경로인 192.168.137.9로 경로를 재지정하라는 메시지를 그림 10의 b)와 같이 보내게 됨을 확인할 수 있다.

```

Internet Control Message Protocol
Type: 3 (Destination unreachable)
Code: 0 (Network unreachable)
Checksum: 0xfcff [correct]
[Checksum Status: Good]
Unused: 00000000
> Src: 192.168.137.1, Dst: 10.0.10.9
a) Destination Unreachable

Internet Control Message Protocol
Type: 5 (Redirect)
Code: 1 (Redirect for host)
Checksum: 0xb14c [correct]
[Checksum Status: Good]
Gateway address: 192.168.137.9
b) Route Redirection
    
```

[그림 10] ICMP 실습결과

기본 네트워크 시스템에서 가장 중요한 DNS실습에 대해 살펴본다. 모든 네임 서버에서 인터넷의 13개 루트 네임서버 중 B ~ M의 12개는 삭제하고 A 루트 네임서버의 IP 주소를 10.0.30.8로 변경한다. 루트 및 kr 네임서버에 각각 kr과 kongju 도메인에 대한 위임내역을 작성하고 각 네임서버의 존 파일 작성 후 네임서비스를 가동시킨다. 그리고 a.kt.co.kr 에 해당하는 윈도호스트에서 "ping www.kongju.kr" 시험을 하면 그림 11과 같은 DNS 메시지가 보여진다. 이는 그림 12와 같이 kt 네임서버가 계층적 질의를 통해 네임을 완전하게 해석한 결과인 10.0.10.11의 IP 주소 값을 a.kt.co.kr에게 반환해주는 재귀적(recursive) 네임해석의 결과임을 알 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 IP 네트워크 자체와 기본 네트워크 시스템 및 응용 서비스 시스템으로 구성되는 인터넷 시스템의 제반 기능을 실습할 수 있는 실습 플랫폼을 설계하였다. 클라이언트-서버 형태의 제반 인터넷 서비스를 실습할 수 있는 간단하고 융통성 있는 실습 도메인 체계를 설계하였고, 각 도메인에 탑재할 서버를 정의하였다. 윈도 호스트와 VMware에서 생성한 리눅스 가상머신 4개로 실습 플랫폼 네트워크를 구

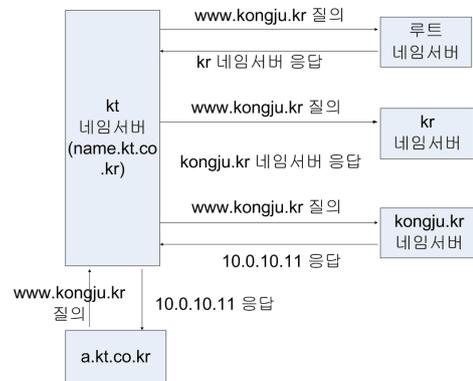
성하였고, 중요한 기능에 대한 실습시나리오와 결과를 제시하였다.

본 연구에서 설계된 실습 플랫폼은 별도의 장비나 비용의 부담 없이 개인용 컴퓨터에서 아주 간편하게 실습을 수행할 수 있어 네트워크 입문자에게 유용하리라 기대된다.

```

DNS .. Standard query 0xf6e3 A www.kongju.kr
DNS .. Standard query 0x7736 A www.kongju.kr OPT
DNS .. Standard query response 0x7736 A www.kongju.kr NS ns.kr A 10.0.20.8 OPT
DNS .. Standard query 0x3b9b A www.kongju.kr OPT
DNS .. Standard query response 0x3b9b A www.kongju.kr NS ns.kongju.kr A 10.0.10.8 OPT
DNS .. Standard query 0xb220 A www.kongju.kr OPT
DNS .. Standard query response 0xb220 A www.kongju.kr A 192.168.137.9 NS kongju.kr OPT
DNS .. Standard query response 0xf6e3 A www.kongju.kr A 192.168.137.9 NS kongju.kr
    
```

[그림 11] DNS 실습결과 메시지



[그림 12] 재귀적 네임 해석 개념도

참고문헌

[1] 박근득, 정중수, 정광욱, "임베디드 교육용 라우터 실습장비의 구현", 한국컴퓨터정보학회 논문지, 18권 5호, pp. 9-17, 2013년.

[2] N. Iguchi, "Virtual IP Network Practice System with Software Agent", In Proceeding of the Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems, pp. 711-720, 2017년.

[3] T. Karasuno, K. Masuga, Y. Taniguchi and N. Iguchi, "A Study on Pseudo Cooperative Practice in a Cloud based Hands-on IP Network Practice System," In Proceeding of the Global Conference on Consumer Electronics, pp. 10-11, 2016년.

[4] S. Hirahata, Y. Taniguchi, and N. Iguchi, "Development of Instructor Support Function for Cloud-based IP Networking Practice System," In Proceeding of the International Conference on Consumer Electronics, pp. 12-13, 2019년.