

# 이더넷 위상 변환과 성능 분석

## (Ethernet Topology Transformation and Throughput Analysis)

권정국\* 백의현\*\* 이동길\* 이상호\*\*\*

(Jeong-Gook Kwon) (Eui Hyun Paik) (DongGill Lee) (Sangho Lee)

**요약** 기존 Local Area Network(LAN) 환경의 문제점을 명확히 분석하지 않은 상태에서 새로운 LAN 환경으로의 변환은 성능 향상은 다소 가져올 수 있으나 일반적으로 기대치 이하의 결과를 초래할 수도 있다. 또한 가까운 미래에 새로운 트래픽이나 응용 프로그램이 추가될 경우 기존과 유사한 트래픽 과다 현상을 유발할 수 있다. 따라서 LAN 환경의 변환은 기존 환경의 문제를 해소해야 함은 물론 미래의 망 확장에 유연하게 대처할 수 있도록 추진되어야 한다.

이 논문은 이러한 관점에서 현재 많은 기관에서 주로 사용중인 버스 구조의 10/100Mbps 공유 이더넷 상에서 발생하는 프로토콜과 트래픽의 문제점을 살펴보고, 망 운용, 관리와 활용 측면에서 효율성을 높이기 위한 환경으로의 변환이 실제의 운용환경에서 적합한가를 사례를 들어 구현하고 그에 따른 결과를 분석하였다.

**키워드** : 이더넷, LAN 위상, 트래픽 분석, 프로토콜 분석, IP/ MAC 엔트리

**Abstract** The conversion into a new Local Area Network (LAN) environment without clear analysis of the problems with the conventional LAN environment may bring about some improvement of performance, but in general, the result would not be as good as expected. Besides, in case new traffic or application programs are added in the near future, traffic overload similar to the past may incur. Therefore, the conversion into a new LAN environment should not only relieve the problems with the conventional environment but also be able to cope with future expansion of the network flexibly.

In the present paper, in view of the above, the problems with protocols and traffic that may occur in the Bus-structured 10/100 Mbps shared Ethernet that has been widely used by many institutions are reviewed, and as a case study whether such conversion into a new LAN environment in order to increase the efficiency in the operation, management, and utilization of the network would be proper for the actual operational environment is implemented, and the results are analyzed.

**Key words** : Ethernet, LAN topology, Traffic analysis, Protocol analysis, IP/ MAC entry

### 1. 서론

근간에 인터넷의 변화와 함께 망 접속 장비들의 급격한 발전과 더불어 기존의 10/100Mbps 공유 이더넷 환경

에서 100/1000Mbps Ethernet[1], 155/622Mbps Asynchronous Transfer Mode(ATM)[2] 또는 Multiprotocol Label Switch(MPLS)[3] 망 환경으로 급속히 변화하고 있고 그 규모도 방대해져 가고 있다. 그러나 대부분의 망 운용자들은 효율적인 망 운용 관리를 목적으로 기존의 망의 물리적, 논리적 구조와 트래픽 현황은 별로 고려하지 않은 상태에서 라우팅 분야에 주로 관심을 두고 있다.

LAN은 망내의 자원 관리에 대한 개방성과 환경 변화에 유연하게 대처하는 융통성이 필수적으로 요구된다. 이러한 특성에 기반을 둔 라우팅 프로토콜의 문제점으로는 인접한 라우터와 노드들이 LAN을 통해 새로운 경

\* 비회원 : 한국전자통신연구원 네트워크기술연구소 연구원  
jgk@etri.re.kr

\*\* 종신회원 : 한국전자통신연구원 네트워크기술연구소 연구원  
ehpaik@etri.re.kr

\*\*\* 종신회원 : 충북대학교 컴퓨터학과 교수  
shlee@cbucc.chungbuk.ac.kr

논문접수 : 2002년 1월 10일  
심사완료 : 2002년 11월 19일

로 정보를 끊임없이 주고 받는다. 현재까지 여러 종류의 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 수행되어 왔다. 이들은 크게 정적 라우팅과 동적 라우팅 프로토콜로 구분되는데 동적 라우팅은 Autonomous System(AS) 내의 라우팅을 위한 Interior Gateway Protocol(IGP)와 AS간의 라우팅을 위한 Exterior Gateway Protocol(EGP)로 구분된다[4]. AS는 좁은 의미로 한 개의 IGP로 작동하는 라우터와 노드로 정의할 수 있고, 넓은 의미로는 하나의 영역내에서 관리되는 여러대의 라우터와 노드의 집합체로 정의된다. 라우팅 프로토콜은 기존에 보유하고 있는 경로 정보를 새로운 경로 정보와 비교하여 라우팅 테이블을 새로이 구성한다. 노드간에 경로 정보의 교환이 많아지면 망 부하는 가중되어 메시지 전달이 지연되거나 손실되고 경로 정보의 불일치성을 가져와 메시지 경로의 루프를 유발하여 LAN의 전반적인 성능을 저하시킨다. 이러한 문제점에 대처하기 위한 기존의 라우팅 프로토콜은 대기(hold-down), 수평분할갱신(split horizon update) 등의 기법으로 경로 루프 방지와 망내 데이터의 신속한 전송 경로를 보장하고 있다[5].

하지만 망의 규모가 커지고 기 설정된 경로가 변경될 경우 라우팅 프로토콜은 인접한 라우터로부터 얻은 경로 정보에 의해서 새로운 경로를 설정하는데 이때 각 라우터와 노드들은 새로운 경로 설정을 위해 시스템 자원과 시간을 소모하기 때문에 데이터 전송을 위한 경로 정보 처리에 지연을 주게 된다. 또한 LAN의 물리적 구조에 문제가 있을 경우는 더욱 심각한 영향을 준다. 하나의 이더넷에 수 많은 이 기종의 노드들이 연결되어 다중 프로토콜을 사용할 경우 Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect(CSMA/CD) 방식으로 물리적 전송 매체를 공유하는 이더넷의 특성상 collision이 발생한다[6]. 이것은 모든 전송 메시지들의 전송지연을 초래함은 물론 규정된 시간내의 경로 정보 교환을 불가능하게 하고, 발신지로부터 착신지로 메시지 전송도 어려워져 궁극적으로 망 전체의 사용을 불가능하게 한다. 따라서 이더넷에서도 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안이 요구된다.

LAN 설계의 주요 목표는 단순한 설계, 정확한 동작, 망 부하의 최소화, 망의 안정성, 향후 확장성에 대한 대응 방안 등이 있는데 이들을 충분히 고려한 물리적 설계와 논리적 설계가 이루어져야 한다[7,8]. 물리적 설계는 망 데이터를 실제로 전달하는데 사용되는 전송매체, Network Interface Card(NIC), repeater, bridge, router, hub, switch, switched-router 등 망 관련 장비들이 포함된 하드웨어적 설계를 말하며, 논리적 설계는 물리적 설계를

기반으로 발신지와 착신지 간의 메시지 전송에 필요한 경로를 설정하는 소프트웨어적인 설계를 말한다. 지금까지 연구된 이더넷의 물리적 형태로는 버스, 링, 스타, 트리, 메시형, 점대점 등의 구조가 연구 발표되었으나 버스나 스타형 또는 여러가지 형태가 조합된 복합구조가 주로 사용된다[6]. 이더넷은 사용 목적과 용도에 따라 망 구조를 선택하여 물리적 설계를 하고 이를 기반으로 논리적 설계를 한다.

이 논문에서는 이더넷 상에서 발생하는 문제점을 망 분석 도구를 이용해 분석하고 이를 개선하기 위해 여러 개의 이더넷으로 분할하는 기법과 기존의 동적 라우팅을 정적 라우팅으로 변환한 실제의 적용 기법을 제안 하였다. 이 기법은 첫째로 이더넷 상의 프로토콜을 계층별로 분리함으로써 각 프로토콜의 방송모드 메시지를 축소하고, 둘째로 동적 라우팅 프로토콜의 메시지 교환 문제를 해결 하였다. 효율적인 설명을 위해 이 논문을 다음과 같이 구성하였다. 제 2장에서는 프로토콜의 종류, 제 3장에는 기존 이더넷 모델상의 문제점을 정리하였고, 제 4장에는 모델 시스템의 망 변환 설계 및 구현을 정리하였으며, 제 5장에는 성능 분석과 결과를 정리하였고, 6장에는 결론과 앞으로의 연구과제에 대하여 기술하였다.

## 2. 노드간 통신과 프로토콜

### 2.1 LAN 세그먼트와 ARP

Virtual LAN(VLAN)은 물리적으로 분리된 여러 개의 LAN 세그먼트를 논리적으로 하나 또는 그 이상의 LAN 세그먼트로 구성하여 물리적 위치나 장소와 무관하게 통신하는 기술이다[9]. 이는 기존에 LAN에서 멀티캐스트와 방송모드 트래픽이 전달되는 도메인을 제한하여 전체 네트워크의 효율성을 증대 시킨다. 또한 가상 도메인을 만들어 그 도메인 내에서만 데이터를 전송하게 하여 보안성을 강화한다. 이러한 VLAN의 구성은 2계층과 3계층에서 구현이 가능하다. 2계층에서는 스위치 포트나 이더넷 주소를 기반으로 VLAN을 구성할 수 있고, 3계층에서는 IP주소 또는 프로토콜의 종류에 따라 VLAN을 구성할 수 있다.

3계층인 IP계층에서 발신지로부터 착신지로 전송되는 메시지의 구분을 IP 주소로 하는데 2계층인 이더넷 환경에서는 IP 주소에 대응되는 이더넷 주소(MAC 주소)를 사용한다. 2계층에서는 IP 주소를 사용할 수 없고 IP 계층에서는 MAC 주소를 사용할 수 없다. 따라서 이 두 계층 상호간에는 주소 번역 작업이 필요하다. 이러한 주소 번역 작업을 Address Solution Protocol(ARP)이라 한다[10]. 실제적으로 동일한 물리적 망에 연결된 노드

간에는 IP 주소가 아닌 MAC 주소로 통신함으로 원격 지 노드와 통신을 하기 위해서는 먼저 동일한 망에 연결된 라우터로 패킷을 전송하면, 라우터는 그 패킷을 분석한 후 목적지 네트워크로 전달한다[11]. 이와 같이 작동하는 이더넷 상의 모든 노드와 라우터는 동일 망에 연결된 노드를 관리하는 ARP 테이블은 IP 주소와 MAC 주소가 1:1로 매핑되어 있다[6].

## 2.2 IP

Internet Protocol(IP)은 인터넷 망에 연결된 시스템의 발신지로부터 착신지로의 패킷 전송을 목적으로 개발되었다[12]. IP는 네트워크 계층의 프로토콜로서 주로 비연결형 구조이다. 비연결형이라는 의미는 망에 연결된 두 노드간에 데이터를 전송하기 전에 발신지와 착신지간에 연결이 없음을 의미한다. 또한 IP는 필요할 경우에 패킷을 절단하고 데이터를 제외한 헤더 부분만 checksum하며 필요에 따라 요구되는 프로토콜 필드는 선택적으로 지정한다. 그러나, 종단간에 전송되는 메시지의 안정성이나 흐름 제어에 대해서는 책임이 없다. 단지, 패킷을 목적지로 전달하기 위해 최선을 다할 뿐 전달되었는지에 대해서는 보장하지 않는다.

인터넷에 연결된 노드를 구분할 목적으로 IP 주소를 사용한다. IP 주소는 32비트(IPv4의 경우) 주소체계를 사용하며 주 임무는 노드의 주소 지정 (Addressing)과 패킷의 전달이라 할 수 있다. IP 헤더에 표기되는 IP 주소는 자신만의 유일한 값을 가지며 패킷은 IP 주소에 따라 착신지로 전달된다. IP 주소는 32비트를 네트워크 주소와 노드의 주소로 나누어 표기한다[13]. 인터넷상의 각 물리적 망에는 유일한 IP 주소가 할당되며 물리적으로 동일한 망에 연결된 모든 노드는 동일한 네트워크 주소를 사용해야 한다. IP주소 부분의 값이 모두 0인 경우는 자신의 노드를 의미하고, 모두 1인 경우는 모든 노드로 메시지 전달하는 방송모드를 의미한다. 이러한 IPv4가 전세계 인터넷에 수용되어 서비스가 되고 있으나 인터넷 이용자의 폭발적인 증가로 IPv4 주소는 고갈 위기에 처해있다. 이를 해결하기 위해 128비트의 IPv6 주소체계가 만들어져 배포되고 있다[14].

## 2.3 라우팅 프로토콜

망에서 발신지로부터 목적지로 패킷을 전송하기 위해서는 경로 정보가 필요하고 라우터를 통한 이더넷 간에는 경로 설정을 위한 라우팅 프로토콜이 필요하다. 지금까지 연구된 대표적 라우팅 프로토콜은 정적/동적, 영역 내/영역간, 분산형/집중형, 링크상태/거리벡터 등으로 구분된다. 그중 대표적 라우팅 프로토콜에는 RIP, OSPF, IGRP, EGP, BGP 등을 들 수 있다[4].

LAN에서 주로 사용하는 RIP은 AS내에서 사용하는 라우팅 프로토콜로서 라우터 간의 hop count에 따라 최적 경로가 결정되는 거리벡터 라우팅 프로토콜로서 UNIX 기반으로 널리 사용되고 있지만 소규모 망을 위해 설계되었기 때문에 대규모 망에서는 전송 지연 및 부하 과중으로 적합하지 않다. BGP와 EGP는 AS간에 경로를 설정하는 라우팅 프로토콜로서 라우팅 루트를 해결하고자 제안되었다. 인접 라우터들의 비 주기적 라우팅 테이블 변경 메시지를 통해 최근 라우팅 정보를 저장하고 망의 안정성을 제공하는 특성을 갖는다.

통신망에서 라우팅 정보가 급속히 변하면 라우팅의 불안정으로 패킷손실, 전송지연, 서비스 중단과 같은 망의 불안정에 영향을 미친다. 이러한 것은 망 구성의 결합, 링크의 상태 변화 등의 이유로 발생하는데 이것은 망에서의 메시지 과다가 주 원인으로 망 전체에 확산되면 패킷 전달 능력을 저하시킨다.

## 3. 대상 이더넷 시스템 모델

버스 구조의 이더넷을 다른 구조로 변환하기 전에 기존 환경의 현황과 문제점을 분석하고 해결 방안을 연구한 후 모델링하여 시뮬레이션하고 그 결과에 따라 실제 환경에 적용하는 것이 바람직하다. 이 논문에서는 실제 국내 특정 기관에서 약 4,500노드 이상이 접속하여 사용하는 전산망의 형태 중 컴퓨팅 파워와 네트워크 사용율이 높은 부서의 이더넷 환경을 모델 시스템으로 채택하였다.

### 3.1 모델 시스템의 환경

모델 시스템은 그림 1과 같이 라우터 A에 버스 구조 이더넷 E1/2/3가 연결되어 있고, E1/2/3에는 워크스테이션 100대와 PC 450 대가 client로 분산되어 연결되어 있다. UNIX 서버 시스템 B와 C는 TCP/IP 프로토콜을 기반으로 NFS[15]를 사용해 150GB의 대용량 파일 시스템을 상호 공유하고 있으며, 서버 C의 150GB 데이터를 E1을 통해 매일 주기적으로 서버 B로 원격 백업 작업을 수행하고, E1/2/3 상의 client 요구 사항을 서비스하고 있다. 특히 E1에는 UNIX 계열의 중대형 컴퓨터 시스템 5대와 워크스테이션 30대가 연결되어 TCP/IP를 기반으로 150GB 이상의 데이터를 상호 공유하고 있으며, 각 PC 에는 NetBIOS, NetBEUI, Net Ware, IPX/SPX 프로토콜이 탑재되어 상호간의 파일을 공유하고 있다[16]. 또한 E2/3에는 80여개의 연구개발 및 실험용 시스템이 직접 연결되어 수 많은 방송모드 메시지를 발산하고 있다.

E1/2/3에 접속된 client들은 telnet, rlogin, rsh, ftp

등을 사용해 E1 상의 서버들의 시스템 자원을 사용하고, ftp와 email 그리고WWW을 이용해 내외부 망과의 데이터를 송수신하고 있다. 또한 E1/2/3 상의 PC는 전자결재용 그룹웨어 서버 C와 client/server 환경으로 구성되어 전자결재용 서버와 필요한 파일을 수시로 업로딩 또는 다운로드하고, 전자결재용 그룹웨어 서버의 정보가 변경되면 E1/2/3에 접속된 모든 PC들이 40MB 데이터를 비 주기적으로 다운로드 하기도 한다.

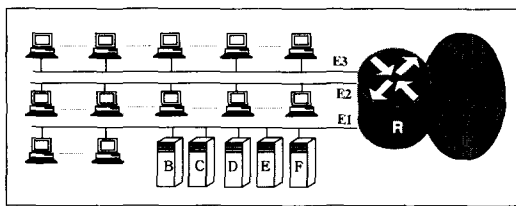


그림 1 모델 시스템의 환경

그림 1 모델 시스템에는 수 많은 이 기종의 노드들이 하나의 이더넷에 연결되어 다중 프로토콜을 사용함으로써 데이터링크 계층 및 네트워크 계층의 방송 모드 메시지와 주기적인 라우팅 정보 교환하고 있으며 서버 B~F간의 NFS 데이터가 망 부하 과다로 이어져 실제 데이터 전송에 약 7배 정도의 전송 지연을 미치고 있다. 특히 E1 상의 서버 B와 C는 NFS를 이용해 150GB 이상의 파일 시스템을 상호 공유하고 있으며, 서버 C의 이 데이터를 E1을 통한 서버 B로의 원격 백업은 34% 이상의 collision을 유발해 망 부하 과다를 유발한다. 또한 라우터 A의 bridge 기능 사용으로 E1/2/3에 연결된 모든 노드의 데이터링크 계층의 정보들이 E1/2/3에 연결된 모든 노드에게 전송되어 망 부하를 더욱 가중시키고 노드의 성능 저하에 대한 원인이 된다. 이러한 원인으로 서버 간의 파일 시스템 공유에 대한 안정성 보장에도 문제가 있고, E1/2/3 상의 client 들이 telnet, rlogin, ftp 등을 사용하여 E1에 연결된 서버 B~F로의 접속이 어려워지며, 이들이 사용중이던 접속 프로그램들이 종종 절단되고 있다.

따라서 이 논문에서는 기존 망 환경의 문제점을 4 가지로 분석하였다. 첫째, 물리적 구조 측면에서 기존 이더넷의 구성 상태는 하나의 이더넷에 필요 이상으로 많은 노드들이 연결되어 있고, 둘째, 논리적 구성 측면에서는 라우터의 bridge 기능 사용으로 야기되는 메시지와 잘 못된 IP netmask 사용으로 불필요한 방송 모드 메시지들이 모든 망과 노드로 전송되며, 셋째 라우터와 UNIX 노드들의 IGMP, RIP 등 동적 라우팅 프로토콜

사용으로 불필요한 라우팅 정보가 주기적으로 교환되고 있으며, 마지막으로 프로토콜 측면에서는 하나의 이더넷에 TCP/IP, NetBEUI, Netware, IPX/SPX 등 다중 프로토콜 사용으로 각 노드들이 불필요한 수신 메시지를 처리하는데 시스템 자원을 낭비하고 있다.

## 4. 모델 시스템의 위상 변환 설계

### 4.1 모델 시스템의 설계 조건

LAN을 설계할 경우 수 많은 고려사항이 있으나 모델 시스템의 설계에서는 기존의 E1/2/3 이더넷 상에서 발생하는 문제점을 가능한 해결하고, 각 이더넷과 노드에게 최적의 대역폭을 제공할 수 있도록 크게 물리적 설계 요소와 논리적 설계 요소로 구분하였다. 모델 설계에 있어 주요 고려 사항으로는 첫째 프로토콜 계층에 따른 망 분리로 물리 계층의 망 부하를 최소화, 둘째 각 이더넷과 노드에게 최적의 대역폭 제공, 셋째 프로토콜의 방송 모드 메시지 최소화, 넷째 방송 모드 도메인의 최적화, 다섯째 동적 라우팅 정보 메시지의 최소화, 여섯째 인접 망과 노드간의 트래픽 간섭의 최소화, 마지막으로 망 장애 대책 및 향후 망 확장시 유연성 제공 등이 목적이다.

### 4.2 위상 변환 방법

그림 1 대상 모델 시스템의 위상 변환은 bridge, switch, router등 망 접속 장비의 특성과 3.2 모델 시스템의 특성과 문제점을 고려하여 그림 2,3,4,5의 4가지의 방안을 연구하였다.

**방안 1:** 버스, 스타 및 링 구조가 혼합된 그림 1의 대상 Ethernet 시스템에 버스 구조의 Ethernet E4를 추가하는 방안으로 그림 2와 같이 구성하여 E1상의 서버가 E4로 이동하고 E4에 bridge 기능을 제거한다. 이 방안은 하나의 논리적 망 E1을 E1과 E4두개로 분할한 것으로 서버 시스템 B~F와 E1/2/3 간의 트래픽 간섭은 방지할 수 있으나 NFS를 사용하는 E4의 성능 개선은 기대할 수 없다. 즉, E4에 접속된 서버간의 대용량 파일 시스템 공유에 따른 트래픽 과다를 방지할 수 없다.

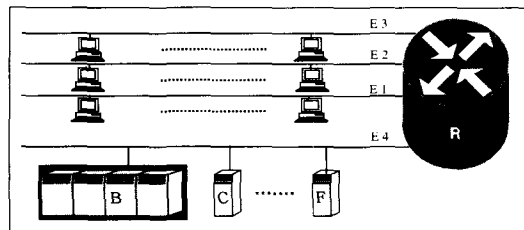


그림 2 위상 변환 방안 1도

**방안 2:** 그림 2의 E4에 서버 B~F를 연결하는 스위치 S를 추가하고, 라우터 A의 장애 발생에 대비하여 주 서버 B를 이용해 그림 3과 같이 이중화망을 구성하는 것이다. E1상의 서버들을 스위치 S로 이동하고, 라우터 A의 bridge 기능을 제거한다. E1/2/3상의 client와 서버 간은 1 hop 경로가 제공되고, 주 서버 B와는 0 hop을 유지한다. E4상의 서버들은 E1/2/3 상의 노드들에게 서버B를 통해 이중 경로를 제공한다. 즉, E1/2/3 상의 노드들이 서버로의 접속은 라우터 A나 주 서버 B를 경유해 접속할 수 있다. 그리고 각 서버는 독자적인 전용망을 사용함으로써 대역폭을 개선할 수 있다. 이 방안은 트래픽을 분산시키고 프로토콜 분리 효과를 가져온다. 서버 시스템들은 E1/2/3에 연결된 client노드와 트래픽 간섭은 방지할 수 있으나 스위치 S는 과부하를 유발할 수 있다.

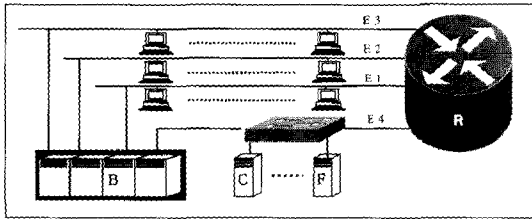


그림 3 위상 변환 방안 2도

**방안 3:** 그림 3의 스위치 S를 제거하고 라우터 A와 서버 B~F들을 Point-to-Point(PTP) 방식으로 그림 4와 같이 구성한다. 라우터 A의 장애 발생에 대비하여 서버 B를 통한 백업 망을 별도로 구성하였다. E1 상의 서버 C~F를 라우터 A와 점대점 방식으로 직접 연결한다. E1/2/3 상의 모든 client와 서버 C~F 간은 1 hop, 주 서버 B와는 0 hop을 유지하며 주 서버 B는 E1/2/3 상의 노드들에게 이중 경로를 제공한다. 즉, E1/2/3 상의 client들과 주 서버 B는 라우팅의 특성상 가장 짧은 경로인 0 hop을 사용하며 장애 발생시 라우터A를 통한 1 hop 경로를 사용하도록 한다. 그리고 각 서버는 독단

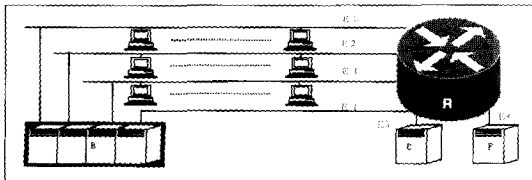


그림 4 위상 변환 방안 3도

적인 전용망을 사용함으로써 대역폭을 개선할 수 있다. 이 방안은 이중 구조 망으로서 client와 각 서버간은 라우팅의 특성상 최단 경로를 제공하며 IP 게이트웨이인 서버 B와 라우터 A를 통한 트래픽과 프로토콜 분리 효과를 가져온다. 또한 서버들의 전용 망은 E1/2/3 망과 트래픽 간섭을 방지할 수 있다.

**방안 4:** 망 형태 중 버스, 트리 및 그물 구조를 혼합한 구조로 그림 5와 같다. 망 접속 시스템의 기능과 종류에 따라 경로 카운터를 다양하게 구성할 수 있고 데이터 링크와 네트워크 계층의 방송 모드 메시지도 다양하게 제어할 수 있는 방안이다. 서버와 서버, 스위치와 스위치, 스위치와 서버간의 경로를 자유롭게 구성할 수 있다.

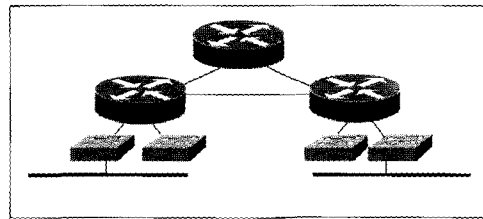


그림 5 위상 변환 방안 4도

4.3 위상 변환 방안 비교 평가

위상 변환 방안 1~4에 대한 비교 평가는 실제 망을 구성하는 물리적 구성 요소와 안정성, 라우팅 경로를 계산하는 홉 수에 기반을 두어 총체적으로 표 1과 같이 비교하였다.

표 1 방안 비교표

구분	방안1	방안2	방안3	방안4
세그먼트 개수	4	4	9	n
노드수/세그먼트	121	121	54	m/n
이중화 경로 수	0	1	1	n
전용 세그먼트 수	0	0	5	n
최대 hop count	1	1	1	0~n

표 1에서 세그먼트는 각 방안에 대한 이더넷 수로서 그 수량 만큼의 라우터 인터페이스와 IP 서브넷이 필요하다. 노드수/세그먼트는 하나의 이더넷 세그먼트에 연결된 노드 수로서 적을수록 트래픽 발생이 적다. 이중화 경로는 장애 대비용으로 주 경로가 차단될시 사용하는 백업 경로로서 최소한 2개 이상은 있어야 한다. 전용 세그먼트는 라우터와 서버, 서버와 서버간을 점대점 방식으로 직접 연결하는 이더넷을 의미한다. Hop count는

노드간 통신에 있어 네트워크 계층의 경로 변환을 발생하는 IP 라우터를 지칭하는데 적을 수록 최단 경로가 된다. 방안4 항목의 n은 네트워크 수, m은 노드 수를 의미한다. 이를 기반으로 각 방안을 비교 평가하면 방안 4, 2, 3, 1의 순으로 우수하다고 할 수 있다. 그러나 방안 4는 새로운 시스템을 도입해야 하는 등의 추가적인 경제적 부담이 요구된다.

#### 4.4 위상 변환 구현

그림 5과 같은 구조의 100/1000Mbps Ethernet, ATM 환경으로의 변환도 연구하였으나 표 1을 기반으로 경제성을 고려하여 현재 환경에서 큰 변화 없이 구성할 수 있는 위상 변환 시스템을 연구하였다. 그림 1 대상 모델 시스템에서 발생하는 방송모드 메시지, 경로 정보 메시지, collision 문제를 축소하면서 성능 향상을 추구하고 향후 망 확장에 유연하게 대처할 수 있도록 방안 3과 방안 4를 조합한 그림 6으로의 위상 변환을 구현하였다.

그림 6은 방안 3 그림 4에서 NFS를 사용하는 서버 전용으로 1000bps PTP 전용망 P7과 스위치 S를 통한 100Mbps 이더넷 P8을 추가한 것이다. 라우터 A와 서버 B~F 사이의 PTP 이더넷 P1/2/3/4/5/6/7을 back-to-back 방식으로 연결하였다. Back-to-back 방법은 null modem 접속과 유사한 방식으로 라우터와 노드간, 노드와 노드간을 라우터, 스위치나 hub 등 망 접속 장비를 사용하지 않고 종단간을 직접 연결하는 전이중 방법이다[17]. 서버 B~F를 라우터 A에 직접 연결하여 P1/2/3/4/5/6은 이기종 프로토콜의 간섭을 받지않는 TCP/IP 전용망으로 구성하였다. P8을 서버 B~F간의 대용량 파일 시스템 공유를 위한 NFS 전용 망으로 구성하고, P7을 데이터 백업 전용 망으로 구성하여 신뢰도와 안정성을 제공하였다. E1/2/3를 서버 B에 직접 연결함으로써 이중 경로를 구성하고 스위치 S를 이용하여 라우터 A의 장애 발생에도 대비하였다. 또한 E1/2/3 상의 노드들이 라우터 A를 경유하지 않고 서버 B로 직접 접속하게 함으로써 라우터 A의 부하를 줄이고 E1상의 트래픽 감소를 유도하였다. E1/2/3에 직접 연결된 노드와 실험실 망은 워크스테이션을 IP 라우터로 활용해 S1~25와 같이 서브넷으로 분리하여 백본으로의 트래픽 유입을 축소하였다. 특히 E1/2/3 상에는 IP 라우팅 기능을 하지 않는 노드의 직접적인 접속은 제한하였다.

논리적 구조 측면에서는 LAN 세그먼트 내에서 메시지 전달이 목적인 데이터링크 계층의 프레임은 라우터 A의 bridge 기능을 제거하여 차단하였다. 모든 이더넷 세그먼트는 B class C masking과 Variable Length

Subnet Masks(VLSM) 기법을 적용하여 네트워크 계층의 방송 모드 영역을 축소하였다[5]. 또한 노드들이 경로 설정을 목적으로 주기적으로 주고 받는 경로 정보는 동적 라우팅 기능을 정적 라우팅 환경으로 변경하여 제거하였다. 각 노드에서 사용하지 않는 불필요한 프로토콜과 망 관리 메시지를 생성하는 프로세스도 제거하였다. 특수 목적이 아니면 모든 PC의 IPX/SPX, Netware 프로토콜은 삭제하였다. 그리고, 내외부 망 간에는 IP forwarding 기능을 보유한 방화벽 시스템 G를 설치하여 외부망으로부터의 메시지 간섭을 차단하고 보안성을 강화하였다

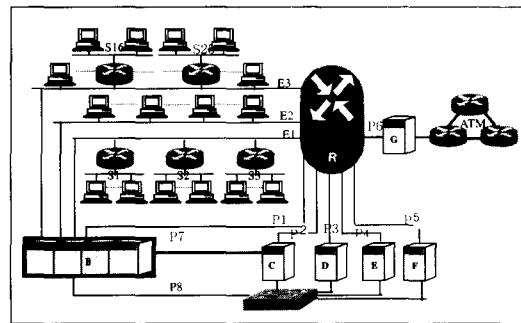


그림 6 망 변환 모델

## 5. 비교 분석

기존의 버스 구조 이더넷은 적은 비용으로 노드의 추가 및 삭제가 용이해 널리 사용되고 있다. 하지만 제한된 대역폭을 사용하는 이더넷의 특성상 많은 노드가 추가될 경우 주기적인 방송 모드 메시지와 라우팅 정보 메시지 교환으로 망의 성능 향상은 기대할 수 없다. 그러나 네트워크를 사용하는 목적과 용도에 따라 분할하고 각 이더넷에 연결하는 노드 수를 제한하여 불필요한 메시지의 송수신을 축소함으로써 망 전체의 성능을 개선할 수 있다.

이 논문에서는 기존에 사용중인 이더넷의 물리적 및 논리적 구성상의 문제점을 분석하고 라우터와 서버 중심으로 변환한 실제 적용 사례와 성능 분석 결과를 기술하였다. 그림 1과 같이 이더넷에 수 많은 이기종의 노드가 연결되고 각 노드가 다중 프로토콜을 사용해 주기적인 방송 메시지와 라우팅 정보 등을 교환하게 되면 망 부하를 가중시켜 노드간의 파일 공유와 응용 프로그램의 서비스 제공에 영향을 미치게 된다. 따라서 기존에 라우터 중심으로 구성된 그림 1의 E1/2/3 상에서 사용되는 Net BEUI, IPX/SPX, TCP/IP 등의 트래픽과 변

환 후 그림 6의 공유 이더넷 E/1/2/3/4와 PTP 이더넷 P1/2/3/4/ 5/6/7/8 상에 가해지는 트래픽을 각 노드의 netstat, arp등의 명령어와 프로토콜 및 트래픽 분석 장비를 사용해 측정 및 분석하였다[18,19]. 망 변환 전.후의 버스 구조 이더넷과 PTP 구조 이더넷상의 프로토콜은 표 2와 같다. 그림 7은 표 2를 그래프로 도식한 것이다.

표 2 프로토콜 분석표

프로토콜명	변환전	변환후	Bus	PTP
Netware	10%	0%	0%	0%
NetBIOS	40%	13%	0%	0%
TCP/IP	48%	85%	100%	100%
기타	2%	2%	0%	0%

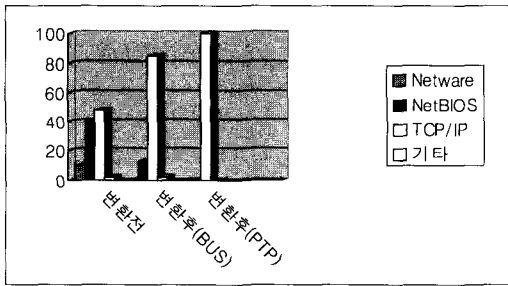


그림 7 프로토콜 분석 결과

표 2의 프로토콜 외에도 Apple Talk, DECNet 등이 사용되고 있었으나 소수(0.02% 이하)라 무시하였다. 모든 PC에서 사용하지 않는 IPX/SPX 프로토콜은 삭제하고, 이더넷을 여러 개의 세그먼트로 분리하고 라우터의 bridge 기능을 제거 함으로서 인접 노드에 대한 Net BEUI 등의 프로토콜 간섭을 억제하고, TCP/IP를 사용하는 대용량 서버들은 전용 이더넷을 구성 함으로서 기존 보다 BUS구조에서는 74%, PTP구조에서는 104%, 평균적으로 89%의 효율을 얻었다. 표 2의 수치들은 망 분석 장비로 측정된 결과를 종합한 내용이다.

표 3 메시지 및 대역폭 분석표

항 목	변환전	변환후	Bus	PTP
방송 모드 메시지	13%	1%	0%	0%
Collision	34%	0%	0%	0%
평균 사용율	78%	37%	32%	
최대 사용 대역폭	53%	99%	100%	
데이터 전송시간	3.2Mbps	9.3Mbps	95Mbps	

또한 기존에 하나의 이더넷에서 발생하던 방송 모드 메시지, collision, 대역폭 등에 대한 트래픽 분석 결과는 표 3과 같다. 그림 8은 표 3의 메시지와 대역폭을 그래프로 도식한 것이고, 그림 9는 표 3의 데이터전송시간을 그래프로 도식한 것이다.

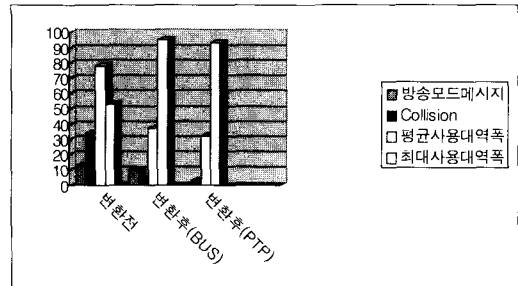


그림 8 메시지와 대역폭 분석 결과

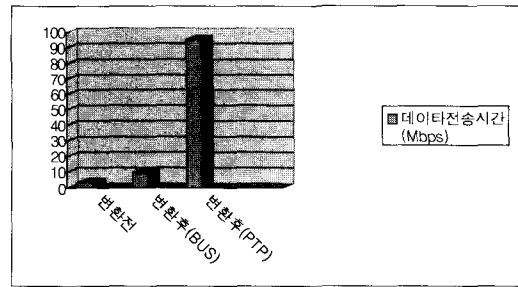


그림 9 데이터 전송 시간

표 3의 항목 이외에도 다양한 분석 요소가 있으나 망 부하와 성능에 가장 영향을 미치는 방송 모드 메시지, Collision, 대역폭 그리고 사용율을 주요 대상으로 하여 분석하였다. 위상 변환 전의 대상 이더넷 시스템에서는 패킷의 충돌과 대역폭이 한계에 이르렀으나 위상 변환 후에 이러한 문제가 축소되었음을 알 수 있다.

위상 변환 전후의 라우터와 각 노드들의 ARP 테이블과 라우팅 테이블의 엔트리 수는 표 4와 같이 변화하였다. 그림 10은 표 4를 그래프로 도식한 것이다

각 노드의 ARP 테이블은 같은 물리적 망에 연결된 모든 노드의 ARP 메시지를 수신하여 5분을 주기로 갱

표 4 노드의 IP/MAC 테이블 엔트리 수

프로토콜명	변환전	변환후	Client/Server	Client	Server
ARP 주소	510	50	50	3	
IP 라우팅	208	4	4		

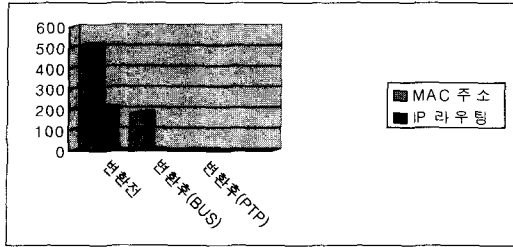


그림 10 노드의 IP/MAC 테이블 엔트리 수

신하고, RIP를 사용하는 라우팅 엔트리는 30초를 주기로 갱신 관리하는데 그림 6 라우터 A의 bridge 기능을 제거하여 E1/2/3와 P1/2/3/4/5/6/7/8 간의 트래픽 간섭을 차단하고, 서버들은PTP 망 구조로 변환하여 위상 변환 후 각 노드에서 발생하는 데이터링크 계층의 ARP 테이블 엔트리 수는 서버가 6/1000로, Client 노드는 1/10으로 축소되었으며, 네트워크 계층의 IP 라우팅 테이블 엔트리 수는 Client/server 모두 19/1000으로 축소되었다. 이는 전송 패킷의 목적지에 대한 검색 시간을 단축하여, 패킷 전달 성능을 향상시키고, 전달지연을 줄이고 시스템의 자원 낭비를 줄여준다.

## 6. 결론

이더넷의 장점은 적은 비용으로 노드의 추가 및 삭제가 용이해 널리 사용되고 있다. 하지만 제한된 대역폭을 사용함으로 많은 노드가 추가될 경우 빈번한 방송 모드 메시지와 라우팅 정보 메시지의 교환 때문에 망 대역폭을 낭비하게 된다. 그러나 망 구조와 각 노드가 사용하는 프로토콜을 분석하여 노드의 사용 목적과 용도에 따라 적절히 분할하고, 각 망의 제한된 대역폭 범위 내에서 노드를 연결하면 망 전체의 성능을 개선하고 안정적으로 사용할 수 있다.

따라서 이 논문에서는 이더넷 상에서 발생하는 문제점을 분석하고, 나타나는 문제점을 개선하기 위한 이더넷의 분할 기법과 동적 라우팅을 정적 라우팅으로 변환한 실제 적용 예를 제시하였다. 이 기법은 기존의 이더넷을 netmask를 사용해 용도에 따라 서브넷으로 분리하여 각 프로토콜의 방송모드 메시지를 줄이고 동적 라우팅을 정적 라우팅으로 변환하여 라우팅 프로토콜의 메시지 교환 문제점을 해소하였다. 또 기존의 버스 구조 이더넷 상에서 발생하는 프로토콜과 트래픽을 UNIX 명령어와 망 분석 도구를 사용해 실제 데이터를 측정하고, 라우터와 서버 시스템을 중심으로 이더넷을 변환 함으로서 성능 향상이 이루어 짐을 실제 적용예를 통하여

확인하였다. 그리고 기존의 망 자원을 적극 활용하여 비용 절감 효과도 얻을 수 있었다. 망 변환의 주요 내용은 라우터를 중심으로 client 노드에 대해서는 버스 구조를 제공하고, 서버에게는 PTP 방식의 전용 이더넷을 제공함으로서 인접 망 간의 프로토콜 간섭을 줄여 종합적으로 볼 때 성능이 향상되었음을 알 수 있다.

망의 위상 변환은 기존의 망을 명확히 모델링하고 simulation하여 그 결과에 따라 변환하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 그러나 이 논문에서는 이러한 절차를 거치지 않아 제시된 방법이 이상적인 방법이라 할 수는 없으며 제안된 방안 외에도 더 좋은 방법이 많이 있을 것이다. 앞으로의 연구에서는 이 연구에서 제시된 이더넷 위상과 성능 분석에 관해 보다 다양한 환경에서의 모델 시스템을 설계하고, 시뮬레이션하고, 성능 평가를 추진하고자 한다. 또한 MPLS 등 다른 형태의 망 환경 변환 방법도 모색해보고자 한다.

## 참고 문헌

- [1] IEEE Draft P802.3z/D3 "Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layer, Repeater and Management Parameters for 1000 Mb/s operation," Jun. 1997.
- [2] The ATM Forum, "LAN Emulation over ATM Version2, LUNI Specification(Straw Ballot)," Feb.1997.
- [3] Rosen and A. Viswanathan and R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture," RFC 3031, Jan. 2001.
- [4] Christian Huitema, "Routing in the Internet," Prentice-Hall Inc. 1995.
- [5] Terry Slattery and Bill Burton, "Advanced IP Routing in Cisco Network, Second Edition," McGraw-Hill, 2000
- [6] Douglas E.Comer, "Computer Networks and Internets," Prentice-Hall Inc., 1997.
- [7] Rich Seifert, "Issues in LAN switching and Migration from a shared LAN Environment," Network and Communications Consulting, Nov., 1995.
- [8] Rich Seifert, "The Effect of Ethernet Behavior on Networks using High-Performance Workstations using an Services," Network and Communications Consulting, Mar, 1995.
- [9] Marina Smith, "Virtual LANs A Guide to Constructons, Operation, and Utilization," McGraw-Hill, 1997
- [10] Plummer, "An Ethernet Address Resolution Protocol," RFC 826, USC, Information Sciences Institute, Marina del Ray, Calif., Nov. 1982.



[11] Radia Perlman, "Interconnections Bridge and Router," Addison-Wesley, Jun.1995.

[12] [ ]Postel, J. (ed.), "Internet Protocol - DARPA Internet Program Protocol Specification," RFC 791, USC/Information Sciences Institute, September 1981.

[13] Postel, J., "Assigned Numbers," RFC 790, USC/Information Sciences Institute, September 1981.

[14] R.hinden, S.Deering, "IP Version 6 Addressing Architecture," Jul. 1998.

[15] Mike Loukides, "System Performance Tuning," O'Reilly & Associates, Inc., 1992.

[16] James Martin, "Enterprise Networking," Prentice-Hall Inc., 1996.

[17] Charles E. Spurgeon, "Ethernet Configuration Guidelines", Peer-To-Peer communication. Inc., Sep. 1995

[18] TEKELEC, "Chameleon Open/Open-X Ethernet monitoring and Analysis Users Manual," TEKELEC Inc., Jan. 1996.

[19] NAI, "Sniffer Pro 4.50 Reference Manual," Network Associates Inc., Jan. 2001.



이 상 호

1976년 숭실대학교 전자계산학과(공학사). 1981년 숭실대학교 대학원 시뮬레이션 석사(공학석사). 1989년 숭실대학교 대학원 컴퓨터네트워크 박사(공학박사) 1981년~현재 충북대학교 교수. 관심분야는 Protocol Engineering, Network Security, Network Management, Network Architecture 등



권 정 국

1991년 한밭대학교 전자계산학과 졸업(공학사). 1999년 충북대학교 대학원 전자계산학과 석사(이학석사). 2003년 충북대학교 대학원 전자계산학과 재학(이학박사과정). 1983년~현재 한국전자통신연구원 네트워크기술연구소 책임기술원. 관심분야는 시스템 운용관리 기술, 통신망 운용관리 기술, 통신망 구조 및 성능분석, 시스템 구조 및 성능분석, 네트워크 구조 등



백 의 현

1984년 숭실대학교 전자계산학과 졸업(공학사). 1987년 숭실대학교 전자계산학과 석사(공학석사). 1997년 숭실대학교 전자계산학과 박사(공학박사). 1987년 2월~현재 한국전자통신연구원 네트워크기술연구소 책임연구원. 관심분야는 평가 입자망 기술, 통신망 관리, 인터넷 프로토콜, 병렬처리, 미들웨어 등



이 동 길

1983년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1985년 한국과학기술원 전산학 석사(공학석사). 1994년 한국과학기술원 전산학 박사(공학박사). 1985년~현재 한국전자통신연구원 네트워크기술연구소 책임연구원. 관심분야는 컴파일러 구성론 프로그래밍 언어론 미들웨어 등