

---

# 초고속 네트워크 구현을 위한 Gigabit Ethernet 트래픽 분석

서석철\* · 고남영\*\*

A traffic analysis of Gigabit Ethernet high-speed network design

Suk-Chul Seo\* · Nam-Young Ko\*\*

---

이 논문은 2002년도 군산대학교 두뇌한국 21 사업에 의하여 일부 지원 되었음.

---

## 요 약

인터넷 사용자와 다양한 응용의 발전에 힘입어 인터넷이 활성화되고 네트워크를 이용한 어플리케이션이 점점 더 많은 대역폭을 요구함에 따라 네트워크의 고속화를 필연적으로 수반하게 됨으로써 Gigabit Ethernet이 등장하게 되었다. Gigabit Ethernet은 기존 Ethernet 환경에서 네트워크에 대용량을 제공하고 고성능을 발휘할 수 있는 점등 여러 가지 면에서 장점을 지니고 있어 인터넷 사용자당 요구 트래픽을 해소할 수 있는 대안으로 제시되고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 Gigabit Ethernet 기술과 관련하여 개념 및 특징을 살펴보고 경쟁 관계에 있는 FDDI 기술과 트래픽 분석을 통해 Gigabit Ethernet의 안정성과 효율성을 제고하였다.

## ABSTRACT

Gigabit Ethernet was advented as Internet's activation from owing to Internet user and the development of its various application and as inevitability the high-speed network as its demand for more and more the bandwidth by much application using the network.

This Gigabit Ethernet makes an alternative plan to solve the request traffic by Internet user, because it holds several merits as providing great capacity with the network in the existing Ethernet environment and as displaying highly efficient ability.

This paper researches into a concept and characters about Gigabit Ethernet technology and raises the stability and efficiency of Gigabit Ethernet with regard of competing against FDDI technology and using Traffic analysis.

---

\* 군산대학교 공과대학원 전파공학사 석사

\*\* 군산대학교 공과대학 전자정보공학부 교수

접수일자: 2002. 2. 16

## I. 서 론

인터넷 확산으로 인해 이용자, 호스트수 및 인터넷 서비스 공급자수의 증가는 국내 뿐 아니라 전 세계적으로 폭발적이며 이러한 추세는 초고속 통신망의 활성화와 더불어 더욱 가속화 되고 있다. 정보화의 급속한 진행으로 인터넷 사용자가 매년 증가하고 있는 가운데 인터넷 사용자당 요구 트래픽도 점차 광대역화 되고 있어 보다 많은 정보를 신속하게 획득하고자 하는 요구가 증대하게 되었다. 따라서 이러한 트래픽 범람은 현재 세계에서 가장 많이 사용되고 있는 LAN의 고속화를 필연적으로 수반하게 되었다.

이와 같이 LAN의 고속화를 요구함에 따라 대학이나 중대규모 회사의 사내망 구성을 위하여 내부의 여러 LAN을 상호 연결시켜주는 고속의 백본망에 대한 중요성이 대두되었다. 지금까지는 LAN의 내부 트래픽이 대부분을 차지하고 LAN간의 트래픽이 일부를 차지하고 있었지만, 월드와이드웹(WWW : World Wide Web)등의 어플리케이션을 이용한 인터넷 트래픽의 증가와 가상 LAN과 같은 기술이 발전함에 따라 LAN간의 트래픽 비중이 80% 이상을 점유할 정도로 크게 증가되고 있다. 이는 LAN 자체의 고속화와 함께 LAN을 상호 연결하는 백본망의 중요성이 더욱 확대됨을 의미하며 선진 외국의 관련 업체들도 효율적인 고속 백본망 개발에 주력하고 있다. 기본적으로 가장 보편화되어 사용되고 있는 LAN은 10Mbps Ethernet에 이어, 100Mbps Fast Ethernet 그리고 '98년에 IEEE에서 표준화된 802.3z Gigabit Ethernet은 현재 ATM, FDDI와 경쟁하면서 급격히 관련 기술이 발전하고 있다.[1]

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본론에서는 LAN 패러다임의 변화를 통한 FDDI와 기가비트 이더넷에 대해 살펴보고, 3장에서는 시뮬레이션 모델링을 이용한 기가비트 이더넷과 FDDI의 트래픽을 분석하여 4장에서 결론을 맺도록 한다.

## II. 본 론

### 2.1 LAN 패러다임의 변화

초기의 LAN은 동축케이블을 이용하는 공유 매체를 사용하였으나 트위스트페어에 의한 전송매체가 등장하게 되어 따라 각 단말에 전용 매체를 제공하는 형태로 옮겨가게 되었다. 공유매체의 이더넷에서도 한 단말이 네트워크를 점유하고 사용하는 순간에는 다른 단말이 사용하지 못하는 전용의 개념이 이미 존재하여 자연스럽게 전용 매체를 사용하는 구조적 배선(Structural Cabling)의 개념이 도입되게 되었다.[2] 또한 전용 매체를 사용하여 각 단말에 전용 선을 공급하는 구조에서의 LAN으로의 패러다임 변화는 스위칭 기능의 허브와 단말 사이를 전이중 방식이 가능하게 하였다. 즉 LAN이 단지 단거리 로컬 망을 의미하던 것으로부터 장거리의 광역망으로 개념이 변화하고 있다.[2]

### 2.2 FDDI(Fiber Distributed Data Interface)

FDDI는 1980년대 초반 ANSI에 의해서 개발되기 시작한 고속 LAN기술로써 Token Ring 접속방법을 기반으로 하여 이더넷보다 10배 빠른 100Mbps의 전송속도를 사용하고 최대 200Km 거리까지 네트워크를 구성할 수 있다.[3]

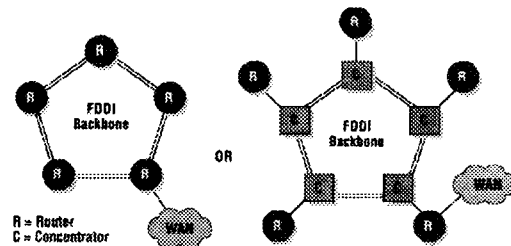


그림 1. FDDI 네트워크  
Fig 1. FDDI network

FDDI는 그림 1과 같은 구조로서 fiber(광섬유)를 사용하는데 주링(Primary ring)과 부링(Secondary ring)의 이중 링(Dual ring)과 이 링에 연결되는 스테이션(station)들로 구성된다. 링에는 최대 1,000개 정도의 스테이션을 연결할 수 있으며, 링의 최대 길이는 약 100~200Km 정도이다. 다중 모드 광케이블을 이용할 경우, 리피터를 사용하지 않고 연결할 수 있는 스테이션간의 최대 거리는 약 2Km이다. FDDI

는 모두 Ring관리 프로토콜인 SMT(Station Management)를 탑재하게 되는데 SMT는 FDDI Ring 상의 스테이션이나 링크의 오류를 감지하고 이때 Backup ring을 사용하여 망 전체가 영향을 받지 않게 한다.[4] FDDI가 좋은 성능을 내기 위해서는 이더넷에 맞추어진 MTU 값보다 훨씬 큰 값이 필요하다. FDDI는 최대 4,500 바이트의 가변적 길이를 갖는 패킷을 전송할 수 있다. 따라서 음성이나 동화상 등과 같은 회선 교환형 데이터 전송 서비스를 지원하기 어렵다. FDDI도 동기 데이터 전송 기능을 갖고 있지만 이 기능은 사용자에게 단순히 최소한의 데이터 전송만을 유지시켜 주며, 고정된 전송 지연(fixed delay)을 지원하지는 못한다. 예를 들면, 사용자는 FDDI를 이용하여 평균 5Mbps의 속도로 데이터를 전송할 수는 있지만, 패킷 단위로 전송되는 데이터들을 반드시 1/16초에 한번씩 도착하게 할 수는 없다는 것이다.

그림 2와 같이 FDDI 프로토콜은 데이터링크계층, 물리계층, 그리고 이 두 개의 계층을 관리하는 SMT(Station Management)로 구성된다.

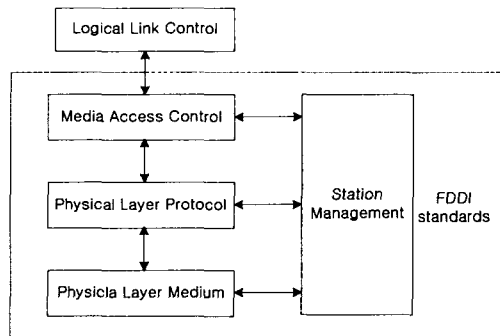


그림 2. FDDI 프로토콜 구조  
Fig 2. Structure of FDDI protocol

물리계층은 전송매체에 독립적인 부분(PHY, Physical)과 매체에 종속적인 부분(PMD, Physical Layer Medium Dependent)으로 구성된다. PMD 부계층은 전송매체에 종속적인 부분으로 전송매체는 광케이블을 사용하고, 호스트간 최대 거리는 멀티모드 광케이블의 경우는 2km이고 단일모드 광케이블의 경우는 40km이다.[3] 이러한 FDDI기술은 표준과 제품에 많은 투자가 있었다. 사용자와 산업계로부터

의 폭발적인 지원으로 인해 초기에 성공을 거뒀으나 표준을 제정하는데 10년이 소요되어 많은 비난을 받았으며 FDDI에서 제공하는 대역폭은 장기적으로 적절하지 않다. 또한 공중망과의 호환성 문제라든지 비용면에서 FDDI 시장은 예상했던 것보다 느린 발전을 보여 한계에 도달했다고 보고 있다.

### 2.3 기가비트이더넷

IEEE 802.z 워킹그룹(Working Group)의 지원을 받고 있는 기가비트 이더넷은 고속 이더넷 보다 10 배 빠른 1,000Mbps의 속도를 제공한다. 고속 이더넷의 주요 특징 중의 하나는 네트워크 관리자의 필요에 따라 용이하게 10Mbps또는 100Mbps의 속도를 제공할 수 있도록 설계 및 구현이 가능한 데 있으며, 기가비트 이더넷도 이와 유사하게 10Mbps, 100Mbps 및 1,000Mbps를 제공할 수 있는 이점을 지니고 있다. 또한 기가비트 이더넷은 기존의 이더넷 기술을 이용하기 때문에 최종 이용자들은 기존의 지식을 활용하여 기가비트 이더넷 네트워크를 관리하고 유지할 수 있다.

그동안 기가비트 이더넷의 장애가 되고 있었던 많은 요인들이 IEEE 802.3 이더넷과 ANSI X3T11 FC(Fibre Channel)의 융합에 의해 해결되었다. FC 변/복조 집적회로와 광소자는 쉽게 이용할 수 있으며, 이들은 비교적 저가의 고성능 네트워킹에 적합한 요소들이다. 또한 기존의 검증된 FC의 고속 물리 인터페이스 기술을 이용하는 한편 IEEE 802.3 이더넷 프레임 포맷을 유지하고 있어, 이미 설치되어 있는 매체와 호환성을 가지고 있으며, 아래와 같이 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 알고리즘을 사용한다.[5]

```

while(Attempts<BackoffLim)do
begin
k := Min(Attempts, 10)
r := Random(0, 2k)
delay := r*Slot Time
end
    
```

이러한 사실은 복잡성을 최소화하는데 도움을 주어 기가비트 이더넷이 신속하게 표준화될 수 있는

기틀을 마련하였다. 따라서 고속 이더넷의 표준화가 완료된 후 채 1년도 되지 않아 IEEE802.3 그룹에서는 1996년 기가비트 이더넷 표준화가 시작되었고 1999년에 완료되었다.[1][6]

기가비트 이더넷은 물리계층의 매체로는 광섬유(fiber-optic cable) 및 구리선(copper cable) 두 가지를 지원하며, 또한 각 매체의 인코더/디코더 부분과 MAC(Media Access Control), GMII(Gigabit Media Independent Interface)로 구성되어 있다. 그림 3은 기가비트 이더넷의 기능별 구성 요소를 나타내었다.

기가비트 이더넷의 물리계층은 4개의 표준이 출현하게 되었는데 기존 이더넷에서 사용하던 기술과 ANSI X3T11 Fiber Channel 규격을 혼용해서 사용하고 있으며, 802.3z(1000Base-X)와 802.3ab(1000Base-T)에서 규정되어 졌다.[7][8]

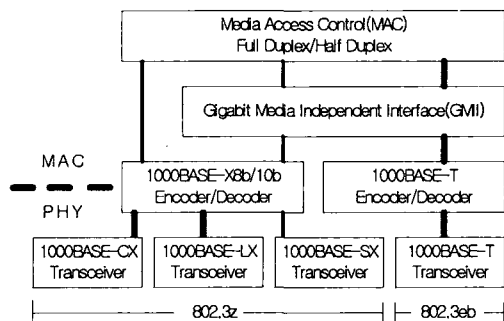


그림 3. 기가비트 이더넷 구성요소  
Fig 3. Structure elements of Gigabit Ethernet

1000Base-T 표준은 장거리 비차폐 구리선(long haul copper UTP)을 사용하는 것으로 25~100m의 4가닥 Category 5 UTP를 사용하는 것을 목표로 하고 있다. 1000Base-X 표준은 1000 Base-CX, SX, LX의 3가지 타입으로 나뉘어지며, 1000 Base-SX는 단거리 백본용이며, 1000Base-LX의 경우에는 멀티모드는 빌딩 백본을, 싱글모드는 캠퍼스 백본을 대상으로 하고 있다.

기가비트 이더넷의 MAC 계층은 이더넷의 CSMA/CD 프로토콜을 사용한다. 이더넷의 최소 프레임(frame) 크기는 64 바이트이다. 이것은 어떤 국(station)에서 프레임의 첫 비트가 케이블의 끝에 도달하기 전에 한 프레임을 완전히 전송해 버리는 것을 막기 위함이다. 따

라서 충돌(collision)을 감지(detection)하기 위하여 slot time을 정의하게 되는데 이더넷 프레임의 첫 번째 preamble 데이터를 송신한 후 네트워크에서 충돌을 감지할 수 있는 충분한 시간을 말한다. 따라서 10Mbps Ethernet에서 64 octets의 최소 프레임은 충돌을 감지하기 위한 slot time에 의하여 결정되었다. 10Mbps 이더넷이 100Mbps와 1Gbps의 고속의 이더넷으로 발전하면서 충돌 감지를 위한 방법이 달라지게 되었는데 100Mbps 이더넷은 slot time을 유지하고 케이블 길이를 줄이는 방법을 적용하였다. 그러나 기가비트에서는 케이블 길이를 유지한 채 slot time을 늘리는 방법을 적용하였다.

GMII는 물리 계층과 MAC 계층 사이에 존재하는 것으로 어떤 물리 계층에서도 MAC 계층을 사용할 수 있게 해 준다. 이것은 고속 이더넷에서 사용하고 있는 MII(Media Independent Interface)를 확장한 것으로 10, 100, 1000Mbps의 데이터 처리 속도를 지원한다. 또한 GMII는 독립된 8 비트의 데이터 송·수신 경로를 가지고 있어서 full-duplex와 half-duplex를 공히 지원할 수 있다. GMII는 캐리어의 존재를 표시하는 것과 충돌이 없다는 것을 표시하는 2개의 상태를 가리키는 신호를 제공한다. 조정 서브레이어(Reconciliation Sublayer)는 이러한 신호들이 MAC 서브레이어에게 물리신호(PLS: Physical Signaling)의 인자(primitive)로 이해하도록 한다. GMII는 같은 MAC 컨트롤러를 사용하면서도 다양한 형태의 매체를 사용할 수 있게 해준다. GMII는 그림 4와 같이 PCS, PMA, PMD 3개의 서브레이어로 구성되어 있다.[9]

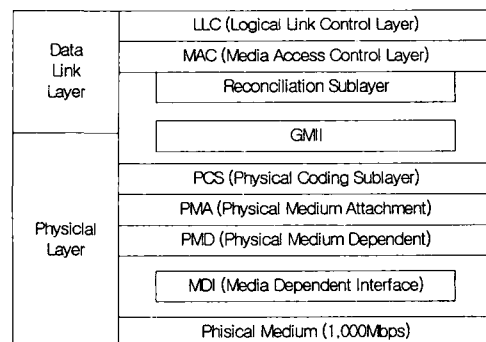


그림 4. 기가비트 이더넷 프로토콜 구조  
Fig 4. Structure of Gigabit Ethernet protocol

앞서 설명한 것을 정리해보면 기가비트 이더넷은 사용자에게 대역폭을 보장하여 더 나은 서비스를 가져오게 하기 위해 기존에 사용하는 매체 공유 방식에서 벗어나 정해진 대역폭을 보장해 주며 기존의 네트워크와 호환성 측면, 경제적인 측면, 네트워크 유지보수 측면에서 장점을 가지고 있다고 말할 수 있다. 즉 기존의 이더넷 기술을 이용하여 Giga bps의 대역폭을 제공할 수 있을 뿐만 아니라, 기존의 이더넷 설비, 단말기 및 망 관리 기술을 그대로 활용할 수 있다. 따라서 기가비트 이더넷은 향후 통신망으로 가장 적합한 대안이라 할 수 있다.

### III. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 기가비트 이더넷과 FDDI의 개요 및 특성에 대하여 알아보았는데 이를 실제 네트워크에서 발생하는 트래픽을 분석하기 위해 Comnet III 시뮬레이터를 이용, 그림 5와 같이 가상네트워크를 구성하고 기가비트 이더넷과 FDDI의 응답시간과 링크사용효율에 대해 측정하였다.

가상 네트워크는 3곳의 LAN환경으로 각각 30개의 Number group을 통해 Router를 거쳐 응답까지의 처리조건들로 구성하였으며, 기가비트 이더넷은 1Gbps, FDDI는 100Mbps의 대역폭을 설정하였다. 각 그룹노드는 10초의 트래픽 생성기의 평균 내부 도착 시간을 사용하여 1분당 6개의 메시지가 생성되도록

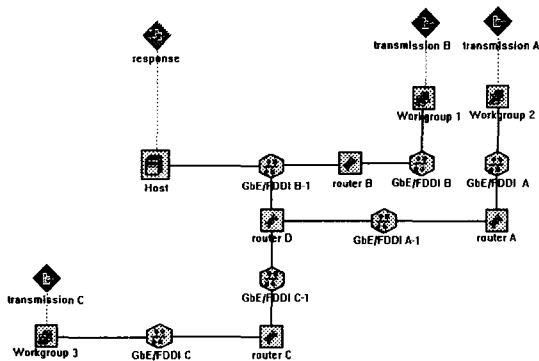


그림 5. 네트워크 구성도  
Fig 5. The construction of network

표 1. 입력파라미터 값 및 입력값  
Table 1. Input parameter value and input value

분 류	입력파라미터값	입 력 값
Sources	Transmission A	분당6개메세지생성
	Transmission B	분당6개메세지생성
	Transmission C	분당6개메세지생성
Links	Gigabit Ethernet	IEEE 802.3z 1Gbps
	FDDI	X3T9.5 100Mbps
Nodes	Workgroup A,B,C	Computer group
	Router A,B,C	Default
	Host	Processing node

표 1과 같이 입력하였고 Transmission A, B, C의 메시지를 Host(Processing node)로 전송하여 이 메시지의 지연시간 및 응답시간, 링크사용효율 등을 측정하였다.

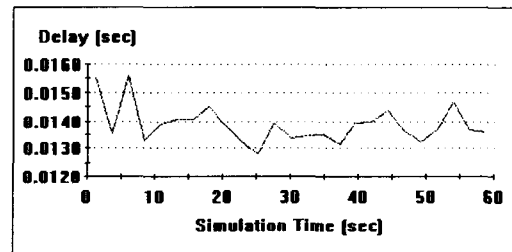


그림 6. 기가비트 이더넷 응답시간  
Fig 6. Responding time of Gigabit Ethernet

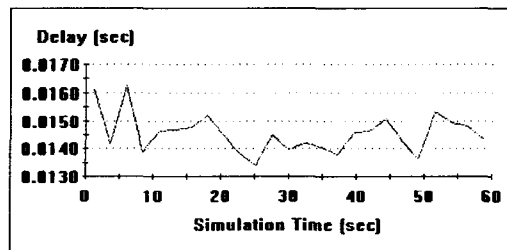


그림 7. FDDI 응답시간  
Fig 7. Responding time of FDDI

그림 5의 네트워크 모델링과 표 1의 입력조건을 통해 Transmission A, B, C에서 Host (Processing node) 까지 메시지의 전송시간과 응답시간의 트래픽

을 분석하였는데 그림 6은 기가비트 이더넷으로, 그림 7은 FDDI로 전송로를 구성했을때의 메시지 응답 시간을 60초 동안 기록한 시뮬레이션 결과그래프이다.

그 결과값은 표 2에 잘 나타나 있는데 Workgroup 1, 2, 3에서 Host까지의 전송시간은 각각 1.411ms, 2.649ms, 2.566ms로 FDDI와 비교하면더 빠른 전송시간을 갖는 것으로 나타났다. 또한 Host로 부터의 응답시간의 경우 기가비트 이더넷은 13.963ms인 반면 FDDI는 14.646ms로 기가비트 이더넷이 더 빠른 응답시간의 결과를 얻었다.

표 3은 기가비트 이더넷과 FDDI의 전송효율에 관한 비교로 모든 트래픽이 집중되는 Link B-1에의 전송 Delay는 FDDI는 0.129ms인 반면 기가비트 이더넷은 0.007ms로 기가비트 이더넷이 더욱 짧기 때문에 속도가 더욱 빠르다는 걸 의미하며 링크사용 효율면에 있어서도 FDDI는 B-1에서 0.2453%를 사용하고 기가비트 이더넷은 0.013%로 기가비트 이더넷이 링크사용을 더 작게 사용하는 것으로 결과가 나왔다. 따라서 기가비트 이더넷과 FDDI의 시뮬레이션 결과는 기가비트 이더넷이 더 효율적으로 네트워크를 구현할 수 있다.

표 2. 메시지 응답시간  
Table 2. Responding time of message

MAC	origin / msg src name: destination list	메시지 전송(ms)	
		평균	최대
Gigabit Ethernet	Workgroup 1 / src Transmission B: Host	1.411	8.974
	Workgroup 2 / src Transmission A: Host	2.649	11.711
	Workgroup 3 / src Transmission C: Host	2.566	11.691
	Host / src response : ECHO	13.963	30.009
FDDI	Workgroup 1 / src Transmission B: Host	1.619	10.013
	Workgroup 2 / src Transmission A: Host	2.930	11.834
	Workgroup 3 / src Transmission C: Host	2.846	11.902
	Host / src response : ECHO	14.646	30.009

표 3. Gigabit Ethernet/FDDI 전송효율  
Table 3. Gigabit Ethernet/FDDI transmission rate

Link	전송 Delay (ms)			
	평균	표준편차	최대	사용효율(%)
Gbe A-1	0.007	0.002	0.010	0.0045
Gbe B-1	0.007	0.002	0.011	0.0133
Gbe C-1	0.007	0.002	0.011	0.0040
FDDI A-1	0.128	0.048	0.200	0.0840
FDDI B-1	0.129	0.048	0.217	0.2453
FDDI C-1	0.130	0.047	0.208	0.0743

#### IV. 결 론

LAN 트래픽의 가속적인 증가에 따라 대역폭 문제를 해결하기 위해 고속네트워크 기술에 관심이 집중되어지고 있는 가운데 본 논문에서는 가상 네트워크를 구성하여 시뮬레이터를 이용, 메시지 응답시간 및 링크사용효율을 FDDI와 비교하였는데 기가비트 이더넷이 보다 효율적인 네트워크를 구현하는데 적합하다는 것을 알 수 있다. 또한 기존의 통신망의 변환 없이 고효율의 네트워크로 쉽고 직선적인 미그레이션을 보장하고, 새로운 응용 프로그램과 데이터 형식을 지원하는 호환성, 네트워크 설계상의 비교적 간단한 유연성도 포함하고 있어 고속네트워크 기술로서 다각적인 장점을 지니고 있어 향후 통신망으로 가장 적합한 대안이라 결론을 맺었다.

향후 연구에서는 FDDI/ATM에 비해 기가비트 이더넷의 단점인 접속거리면과 멀티미디어 지원등에 대한 연구가 이루어져야 할 것이며 표준화의 향후 전개와 대응 방안, 타제품과의 상호 호환성도 고려하여야 할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 강태규, 이형호, 정해원, "Gigabit Ethernet 표준화 및 기술개발동향", 한국전자공학회지, Oct.

2000

[2] Lisa Strand, "What Happened in the LAN during 1998", Dataquest, 1999. 2

[3] Anura P. Jayasumana, Priya Werahera and B.Albert, "Performance of FDDI Networks under Normal and Faulty Conditions," ICC'91, pp.748,752, 1991

[4] Token ring users move to Ethernet/Wallace, Bob(computerworld, Vol.30 No.24) 1996

[5] Johnson, "802.3 higher speed CSMA/CD," IEEE802.3 WG document, Denver, July, 1993

[6] 박종원 외, "기가비트 이더넷의 이해", 주간기술동향 제882호, 1999. 2

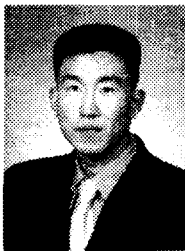
[7] IEEE 802.3z: "MAC parameters, Physical Layer, repeater and management parameters for 1000Mb/s operation".

[8] Rich Seifer Gigabit Ethernet and technology, Addison-Wesley, 1998

[9] IEEE 802.3ab: "Physical layer specification for 1000Mb/s operation on four pairs of Category 5 or better balanced twisted pair cable (1000BASE-T)".

1996년 8월 : Pacific Western Univ. -Communication (Ph.D Com\_ )  
1992년 7월~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수  
2001년 2월 ~ 현재 : 군산대학교 공과대학장  
※관심분야 : 무선통신, 통신정책, 남북통신

### 저자소개



서석철(Suk-Chul Seo)  
1998년 2월 : 군산대학교 전과  
공학과 공학사  
2000년~2002 : 군산대학교 전자  
정보공학부 공학석사  
※관심분야 : 무선통신, 컴퓨터  
네트워크, 남북통신



고남영(Nam-Young Ko)  
1973년 2월 : 광운대학교 무선  
통신공학과 공학사  
1980년 2월 : 건국대학교 통신  
행정학 석사  
1995년 2월 : 국민대학교 통신  
행정학 박사