

主題

# UTP 케이블상의 기가비트 이더넷 : 1000BASE-T

한국통신 류명주, 서태석

차 례

1. 서론
2. UTP Cat5급 동케이블 상의 기가비트 이더넷 구현
3. 결론

## 1. 서론

인터넷의 보급과 기업에서의 네트워크 컴퓨팅 발전, 그리고 PC와 같은 소형 컴퓨터의 고성능화와 멀티미디어화됨에 따라서 LAN(Local Area Network)의 고속화가 급진전되고 있다.

특히 멀티미디어 시대를 맞아 인터넷/인트라넷에서 취급하는 정보가 화상, 또는 동화상으로 급속히 변화하고 있고 의료 데이터나 출판 데이터 등 대용량 파일 전송, 또는 데이터 웨어하우스의 보급에 의한 수 G(109)바이트에서 수 T(Tera, 10<sup>12</sup>)바이트에 이르는 대용량 파일 전송, 더욱이 데스크탑에서의 비디오 회의 등의 보급에 의한 연속적인 데이터 스트림 사용에 이르기까지 네트워크 대역폭의 증대 요구는 급속히 높아지고 있다.

이러한 시대의 흐름을 반영하여 100Mbps의 전송속도를 갖는 100BASE-T(팩스트 이더넷)가

IEEE 표준으로 승인(1995년 6월)된지 5개월 뒤인 1995년 11월, IEEE 802.3(CSMA/CD)에서 이더넷의 고속화를 목표로 하는 HSSG(High Speed Study Group, 고속 LAN 기술 연구 그룹)가 조직되어 기가비트 이더넷의 표준화 활동이 시작되었다. 다음 해인 1996년 3월에는 IEEE 802 위원회 안에 「802.3z 기가비트 이더넷 표준 프로젝트」의 설립을 승인하였고, 같은 해 5월에는 11개 사에 의해 GEA(기가비트 이더넷 Alliance)가 결성되어 기가비트 이더넷의 표준화는 가속화되어 왔으며 1998년 6월에는 803.3z의 표준이 승인되었고 1999년 6월 802.3ab 표준이 승인되기에 이르렀다[5].

기가비트 이더넷은 리피터와 CSMA/CD 액세스 방법을 사용하여 공유연결을 위한 반이중 동작모드와 스위치간 그리고 스위치와 스테이션간 연결을 위한 전이중 동작모드를 지원한다. 기가비트 이더넷은

초기에는 광케이블상에서 동작하도록 설계되었지만 현재는 Cat5급 동케이블상에서도 동작할 수 있다. (그림 1)은 이상과 같은 기가비트 이더넷 기술의 기능적인 요소들을 나타내고 있다(2).

(그림 1)에 나타난 바와 같이 IEEE 802.3z 에서는 광케이블상에서 기가비트 이더넷을 위한 물리적 계층에 대한 표준화에 많은 노력을 기울여 몇 개의 물리적 계층의 표준을 통합시켰다. 두 개의 물리적 표준은 광케이블상의 기가비트 전송을 지원하는데, 첫째로 1000BASE-SX는 짧은 구간의 백본이나 수평케이블링 응용을 위한 저비용의 멀티모드 화이버상에서의 동작을 목표로 하고, 둘째로 1000BASE-LX는 장거리의 멀티모드 백본과 싱글모드 캠퍼스 백본을 목표로 하였다. 한편, 동케이블상의 기가비트 전송을 위한 두 가지 표준이 있다. 그 중 한가지는 802.3z에서 다룬 1000BASE-CX로써 25m 이내의 짧은 구간의 전송을 위한 것으로 STP나 동축케이블(Twinax)에 대한 것이다. 두 번째의 동케이블 표준은 수평케이블 응용을 위한 CAT-5 동케이블을 위한 것이다. 1999년 6월 802.3ab 표준으로 승인된 이 표준은 이미 설치된 수평배선계(Horizontal Cabling) 및 간선배선계

(Backbone Cabling)용 전송매체중 가장 많은 전송매체가 UTP Cat5급이라는 이유 때문에 매우 커다란 의미가 있다.

따라서 본 고에서는 먼저 UTP Cat5급 동케이블의 유용성과 UTP Cat5급 동케이블상의 기가비트 전송기술을 위한 802.3ab 표준을 분석하였고 UTP Cat5급 동케이블상의 기가비트 전송을 위하여 추가되는 성능시험 파라미터들을 고찰하였다. 또한 기존에 설치되어 있는 UTP Cat5급 동케이블상에서 기가비트 전송을 실현하기 위하여 필요한 수정된 배선시스템 설치지침과 새로운 설치공사상의 권고사항에 대해 고찰하였다.

## 2. UTP Cat5급 동케이블 상의 기가비트 이더넷 구현

### 2.1 UTP Cat5급 동케이블의 유용성

네트워크 설계 및 관리자는 수평배선계의 수명이 길다는 점, 즉 이동 및 변경이 어려운 점을 고려하여 수평배선계를 설계하여야 한다. 최근 수평배선계에

Gigabit Ethernet Layers

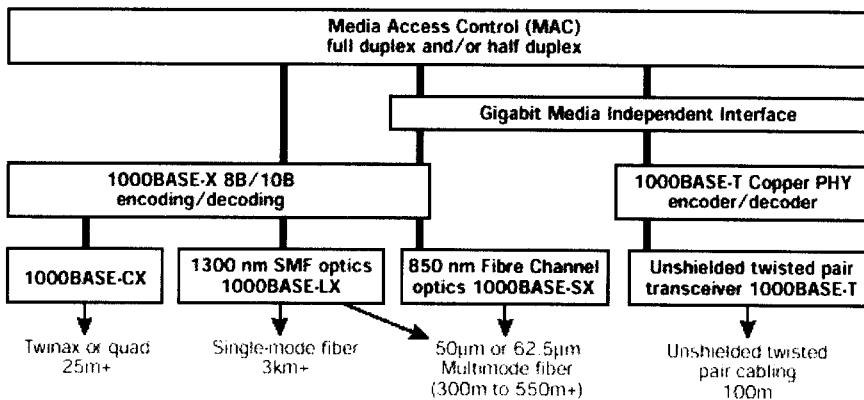


그림 1. 기가비트 이더넷 기술의 기능적인 요소들(기가비트 이더넷 계층)

있어서의 관심사는 UTP Cat5급 동케이블상의 기가비트 이더넷 구현 문제이다. 왜냐하면 Cat5급은 (그림 2)와 같이 현재 가장 많이 설치된 수평배선계용 전송매체임과 동시에 (그림 3)의 조사자료와 같이 건물내 백본(간선배선계)의 가장 적절한 전송매체이므로 기존 건물이나 기존 LAN에 기가비트 이더넷을 도입하기 위해서는 UTP Cat5급상의 기가비트 전송기능이 가능하여야 한다(3).

### 2.2 1000BASE-T 기술(시그널링)

네트워크 관리자나 설계자는 UTP Cat5급 배선 시스템상에 기가비트 이더넷을 설치, 운용할 수 있다. IEEE는 기존에 ANSI/TIA/EIA 568A를 준수하여 설치된 카테고리 5 케이블을 교체하지 않고 기가비트 이더넷을 운용하기 위한 1000BASE-T

규격을 제시하였다.

카테고리 5상의 기가비트 이더넷 대역폭을 확보하는 방법은 다음과 같다. 먼저 패스트이더넷(100BASE-TX)은 125 Mbaud 에 링크를 통하여 3-레벨로 이진 코딩된 심볼을 전송함으로써 100 Mbps를 얻고 있다. 여기서 125 Mbaud 는 100BASE-TX 가 4B/5B 코딩을 사용하기 때문이다. 1000BASE-T 또한 125 Mbaud 의 심볼을 사용하지만 링크를 위하여 4 페어 모두를 사용하고 추가적으로 복잡한 5-레벨의 코딩구조인 PAM-5를 사용한다. 또한 1000BASE-T는 각 페어상에 동시에 양방향 전송(전이중통신)을 지원한다. 각 신호펄스의 1 바이트를 병렬로 보내기 위하여 1000BASE-T는 5-레벨 코딩과 4페어를 조합하고 있다. 1Gbps의 전송은 각 페어상에 250 Mbps를 처리하는 4페어의 꼬임페어 링크를 사용하

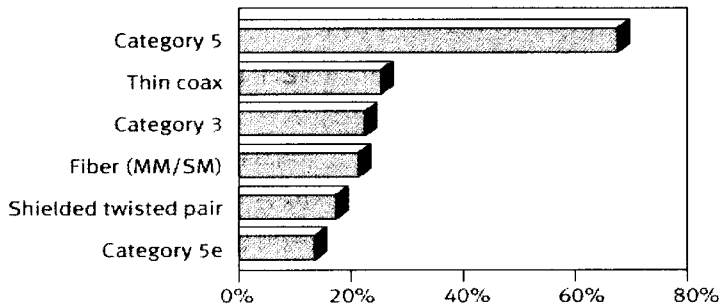


그림 2. 북미지역에서의 수평배선계용 전송매체 설치현황('98년 현재)

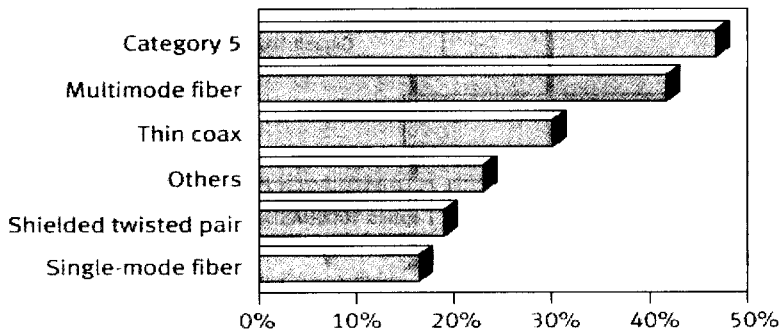


그림 3. 북미지역에서의 건물내 간선배선계용 전송매체 설치현황('98)

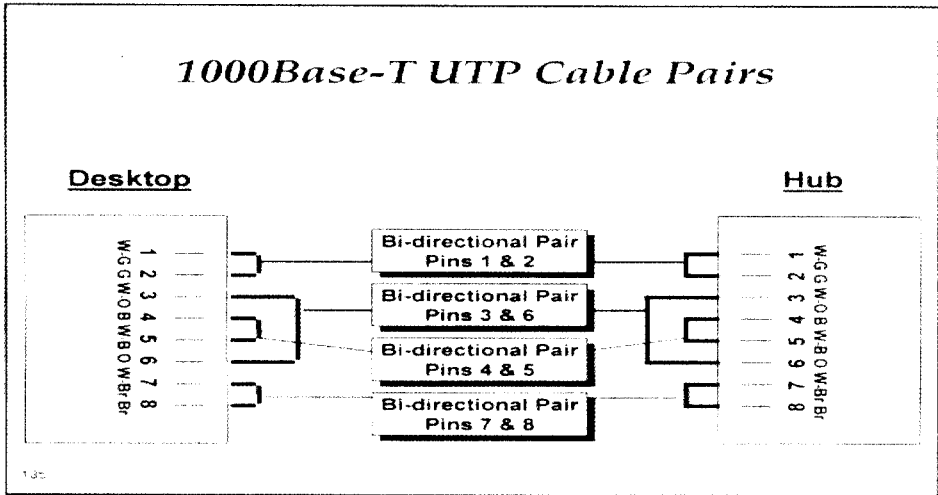


그림 4. 1000Base-T용 4페어 UTP 케이블 페어 할당

는 것에 의하여 가능하다( $250\text{Mbps} \times 4 = 1\text{Gbps}$ ). (그림 4)는 250Mbps를 처리하는 각 페어의 케이블 연결방법이다.

1000BASE-T 시그널링 방법인 5-레벨 신호는 100BASE-T2에서 이미 구현된 Pulse Amplitude Modulation 5(PAM-5)로써 심볼 세트는 -2, -1, 0, 1, 2 이다. 이 기술은 반사 및 누화 제거 알고리즘을 실행하는 매우 복잡한 DSP 기술을 사용하고 있다. 100BASE-T에서 사용하는 3-레벨 시그널링(MLT-3)과 비교하면 (그림 5)와 같다.

(그림 5)에 나타난 것처럼 1000BASE-T는 100BASE-T에 비하여 잡음여유도(Noise Margin)가 작지만 PAM-5 는 컨볼루션 코드를 사용하여 에러를 검출, 수정하고 있다. 1000BASE-T에서 구현된 컨볼루션 코딩은 Trellis 코딩이라고 불리며 Viterbi 디코딩을 통하여 수신기에서 에러의 검출과 수정을 가능하게 한다. 이와 같이 1000BASE-T에서는 100BASE-T의 기술을 대부분 그대로 사용한다. <표 1>은 1000BASE-T에 사용된 100BASE-T 기술들이다.

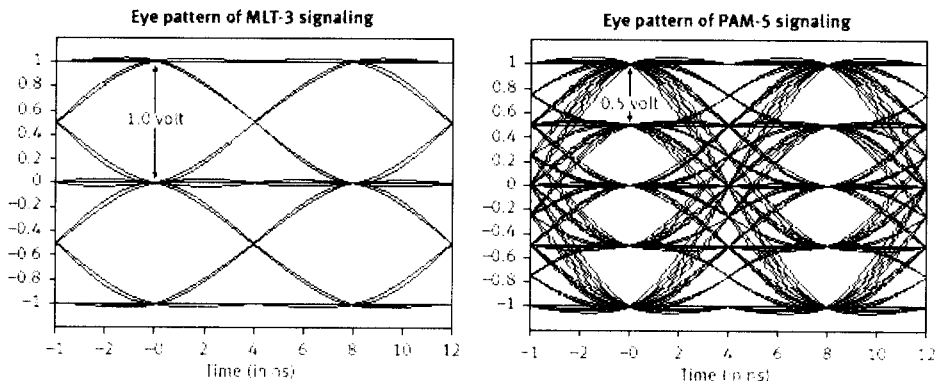


그림 5. 100BASE-T와 1000BASE-T 시그널링의 아이패턴

Technology/Method	1000BASE-T	100BASE-TX	100BASE-T2
Multi-level signaling	5-레벨 PAM		5-레벨 PAM
Symbol clock rate	125 MHz	125 MHz	
Transmit spectrum	MLT-3와 유사	MLT-3	
Digital signal processing	채용	채용가능	채용
Transmission	양방향		양방향

표 1. 1000BASE-T에 사용되는 100BASE-T 기술들

### 2.3 카테고리 5급 배선시스템의 성능시험

CAT-5 동케이블상에서 1000Mbps 전송을 실현하기 위해서는 근단누화(ELFEXT)와 원단누화, 신호감쇠와 삽입손실, 전자파 방출, 그리고 임펄스성 잡음에 대한 면역성능의 케이블 성능 파라미터를 고려하여야 한다.

ANSI/TIA/EIA TSB-67에 지정된 UTP Cat5급에서의 현장시험 규격에 추가적으로 1000BASE-T를 위하여 추가적인 반사손실 및 등가 원단누화(ELFEXT)를 측정하여야 한다. 이러한 권고사항은 TIA/EIA TSB 95(UTP Cat5급 배선시스템을 위한 추가적인 전송성능)에 발표되어 있다. 반사손실과 원단누화는 10BASE-T 신호를 전송할 때는 Cat5급 케이블에서 무시할 수 있는 정도이지만 1000BASE-T에서는 커다란 영향을 미친다. 그러므로 배선시스템 설치기술자는 고속 데이터를 전송하기 전에 TSB 67의 기본적인 전송성능 시험과 TSB 95에 지시된 추가적인 전송성능 시험이 요구된다.

현재 Daracom(LANcatSystem 6), Fluke(DSP4000), HP(Wirescope 155), Microtest(OmniScanner), 그리고 Wavetek(LT8155) 같은 측정기 회사에서는 반사손실 및 ELFEXT 자동측정기 제품들을 생산하고 있다. 이러한 도구들은

CAT-5, CAT-5e, 그리고 TSB-95 같은 성능표준을 위한 링크의 인증을 위한 모든 시험을 자동으로 수행해준다. GEA 또한 위와같은 5개 회사의 제품을 1000BASE-T를 위한 CAT-5 케이블의 성능시험과 TSB 95 시험을 위한 도구로 인증하고 있다.

〈표 2〉는 TSB 95와 ANSI/TIA/EIA 568A의 추가분에서 요구하는 UTP 카테고리 5급 케이블에 대한 최소한의 케이블 성능 요구사항이다[7].

미국 케이블링 회사에서는 이미 설치된 Cat5급 배선시스템중에는 1000BASE-T는 고사하고 100BASE-TX도 제대로 지원하지 못하는 부적절한 설치현장이 전체 설치현장의 10% 정도는 된다고 파악하고 있다. 이는 물론 설치된 케이블의 자체 성능보다도 링크내의 커넥터들 문제인 것으로 분석되고 있다.

한편, 〈표 3〉은 각 전송매체별 1000Mbps 전송을 지원할 수 있는 거리이다. UTP Cat5급 동케이블의 경우 수평케이블로 더욱 널리 이용되고 있기 때문에 수평배선시스템의 최대거리인 100m를 그대로 지원하고 있음을 볼 수 있다. 물론 1000Mbps를 100m 까지 지원하기 위해서는 수정된 설치지침을 준수하여야 하며 추가적인 측정파라미터들의 권고사항을 준수하여야 한다[6].

전송성능 변수(parameters)	Category 5 및 Class D TIA PN-4292 (TSB-95) 와 SC 25 N 487의 추가적인 요구사항	제안된 Category 5E SP-4197 (A-5)
Specified frequency range	1-100 MHz	1-100 MHz
Attenuation	24 dB	24 dB
NEXT	27.1 dB	30.1 dB
Power-sum NEXT	N/A*	27.1 dB
ACR	3.1 dB	6.1 dB
Power-sum ACR	N/A	3.1 dB
ELFEXT	17 dB(new requirement)	17.4 dB
Power-sum ELFEXT	14.4 dB(new requirement)	14.4 dB
Return loss	8 dB*(new requirement)	10 dB
Propagation delay	548 nsec	548 nsec
Delay skew	50 nsec	50 nsec

표 2. CAT-5 및 CAT-5e 의 TSB-95 요구사항

	이더넷 10BASE-T	패스트 이더넷 100BASE-T	기가비트 이더넷 목표
데이터 속도	10Mbps	100Mbps	1Gbps
카테고리 5UTP	100m(최소)	100m	25-100m
STP/Coax	500m	100m	25m
멀티모드 광 케이블	2Km	412m(hd)* 2Km(fd)**	500m
싱글모드 광 케이블	25Km	20Km	2Km

\* Half Duplex : 반이중 전송

\*\* Full Duplex : 전이중 전송

표 3. 기가비트 이더넷의 전송거리

## 2.4 1000Mbps 전송을 위한 수정된 배선시스템 설치지침

수정된 설치지침은 IEEE 802.3ab(1000 BASE-T 표준)에 기술되어 있다. 수정된 설치지침은 3가지 형태로 적용되는데 이는 (그림 6)과 같이 패치케이블의 고성능 유지를 위한 스위칭, 링크내의 커넥터의 수 감소, 그리고 링크내의 일부 혹은 모든

커넥터의 재접속이다.

TIA/EIA TSB 95는 반사손실과 원단누화 성능을 개선하기 위하여 아래와 같은 5개의 수정작업을 정의하고 있다. 링크는 각각의 수정작업 이후에 재시험을 거쳐야 하며 현장시험(Field Test)을 수행하는 기술자는 정확하고 적절한 시험과정을 반드시 거쳐야 한다.

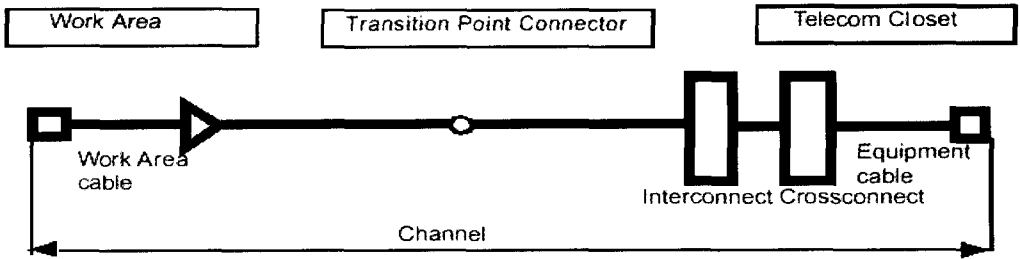


그림 6. ANSI/TIA/EIA 568A에 따른 Cat5급 배선시스템

- 패치코드를 CAT-5e 사양을 만족하는 패치케이블로 구성된 코드로 교환한다.
- 링크가 절체접속을 갖는다면 직접연결로 재구성한다.
- TP(Transition point) 커넥터를 제거한다.
- 업무구역 인출구를 CAT-5e 사양을 만족하는 인출구로 대체한다.
- 직접접속을 CAT-5e 사양을 만족하는 직접접속으로 대체한다.

(그림 7)은 (그림 6)에 나타난 수평배선계에 이와 같은 5개의 수정작업을 거쳐 최적화 시킨 것이다 [1].

### 2.5 새로운 설치공사를 위한 권고사항

GEA는 새로운 배선시스템 공사시에는 ANSI/

TIA/EIA 568A의 추가분에 지정된 Cat5e급 케이블을 설치하도록 권고하고 있다. 물론 Cat6가 표준화되고 가격 경쟁력이 생기면 새로운 설치공사는 Cat6가 될 것이 자명하다. Cat6는 표준화가 진행되고 있지만 250MHz의 고성능을 가지고 있고 Cat7은 개발 단계에 있지만 600MHz의 고성능을 목표로 하고 있다.

Cat5와 Cat5e 규격상의 주된 차이는 반사손실과 등가원단누화(ELFEXT) 성능이다. ANSI/TIA/EIA 568A에 따른 설치공사의 경우는 반사손실과 원단누화(ELFEXT) 성능을 심각하게 고려하고 있지 않으므로 IEEE 802.3ab에 지정된 반사손실과 원단누화(ELFEXT) 측정이 TIA/EIA TSB 95에 의하여 실시되어야 한다.

<표 4>는 카테고리별 수평배선시스템들의 특징을 비교한 것이다.

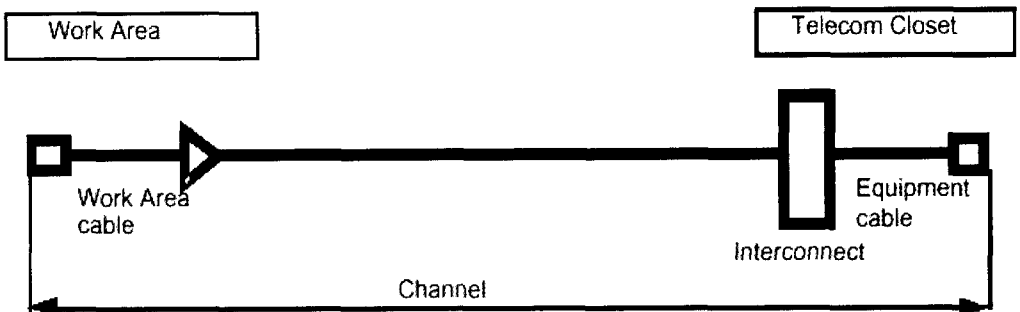


그림 7. 1000BASE-T를 위해 최적화된 Cat5급 UTP 동케이블 배선시스템

케이블 유형	대역폭 (MHz)	커넥터 유형	표준화 상태	Testing	비고
Category 5	100	RJ45	ANSI/TIA/EIA 568-A: 1995에 정의. TSB-67 및 TSB-95에 시험방법 정의	TSB67 TSB 95	1991 최초 표준, 1995에 수정. ANSI/TIA/EIA 568-A: 1995에서 Return Loss 과 ELFEXT 성능을 지정하지 못하였기 때문에 표준화되지 못함. Category 5 설치는 TSB 95 나 IEEE 802.3ab에 의하여 추가적인 요구사항 발생
Category 5E	100	RJ45	4195-A 제안표준으로 TIA TR-42 개발중. TIA/EIA 568-A 추가분.	SP4195-A에 정의	Return Loss 와 ELFEXT 요구사항을 증대시킴
Category 6	200	RJ45	TIA TR-41.8.1에 의하여 개발중.		최종적인 사양이 수용되지 못한 상태임
Category 7	600	RJ-45(2pr), 4 pr TBD	개발중		ISO/IEC 11801-2000 에 개발될 것으로 기대

표 4. 카테고리별 케이블링 시스템의 특징

### 3. 결론

1000BASE-T는 UTP CAT-5 동케이블상에서 1000Mbps를 지원하는 이더넷이다. 그러므로 저비용으로 네트워크를 고속화 시킬 수 있는 적절한 솔루션으로 네트워크 관리자나 설계자들에게 다가오고 있다. 1000BASE-T는 기존의 패스트 이더넷이나 모뎀기술을 수용하는 저비용의 양호한 솔루션이기 때문에 1000BASE-T는 현재의 10/100Mbps 지원 제품을 수 개월내에 100/1000Mbps 겸용 제품으로 변화시킬 것이다.

국내에서도 기가비트 이더넷 설치는 날로 증가하고 있으며 앞으로 성공적인 1000BASE-T 설계와 설치를 위하여 TIA/EIA TSB 95를 기반으로 하는 성능 측정기준과 측정방법 준수, 표준 보완작업, 그리고 케이블링 설치회사에 대한 설계 및 설치 교육훈련이 필수적인 요소가 될 것이다.

따라서 본 연구의 결과는 급속하게 보급되고 있는

국내 기가비트 이더넷 설치공사에 있어서 UTP Cat5급 동배선시스템 공사의 설계, 설치 및 배선시스템의 검수지침으로 활용될 수 있을 것이라 예상된다.

#### ※ 참고 문헌

- [1] Colin Mick and Willem, "Running 1000BASE-T Gigabit Ethernet over Copper Cabling," Gigabit Ethernet Alliance, 30 March 1999.
- [2] Gigabit Ethernet Alliance white paper, Gigabit Ethernet accelerating the standard for speed, 1997.
- [3] 3Com. More connected™ and Mohawk/CDT technical paper. 1000BASE-T:Gigabit Ethernet over Category 5 Copper Cabling, 1999.
- [4] Chris Clark, RCDD and LAN



Specialist, Gigabit Ethernet LANs,  
Net CBT, 1997.

- [5] 3Com Gigabit Ethernet solutions Web page, [www.3com.co.kr/technology/gigabit.html](http://www.3com.co.kr/technology/gigabit.html).
- [6] Gigabit Ethernet Alliance Web site, [www.gigabit-ethernet.org/](http://www.gigabit-ethernet.org/).
- [7] Siemon company Web site, [www.siemon.com/references/tech/clarifying/article.html](http://www.siemon.com/references/tech/clarifying/article.html).



류 명 주

1986년 경북대학교 전자공학과(공학사)  
1988년 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
1991년~1993년 과학기술부 공업연구사  
1993년~현재 한국통신 가입자망연구소 전임연구원  
\*주관심분야:정보통신 표준개발, 가입자망 계획,  
Premises Cabling



서 태 석

1983년 서울대학교 금속공학과(공학사)  
1985년 한국과학기술원:재료공학과(공학석사)  
1985년~현재 한국통신 가입자망연구소 구내통신연구  
구실장(선임연구원)  
1996년~현재 TTA SC1 LAN(구내통신선로설비 연  
구위원회) 의장  
\*주관심분야:정보통신 표준개발, 가입자망 계획,  
Premises Cabling