

IEEE 802.3 이더넷 기술 표준화 동향

강태규 · 주범순(한국전자통신연구원)

I. 서론

1973년대 고안된 2.94Mbps 속도의 이더넷 기술은 다른 경쟁 기술에 비해 가격이 저렴하고, 설치가 쉬우며, 관리가 편리한 장점을 바탕으로 10Gbps 속도까지 발전하였고 현재 100Gbps급 속도의 이더넷 기술 및 기능 확장 등에 관해 논의 중에 있다.

근거리 통신망의 제한된 영역에서만 적용되던 다양한 LAN 기술은 성능대 가격 경쟁력이 우수한 이더넷 방식으로 통일되고 저가화 됨에 따라 캠퍼스, 기업 및 산업체는 물론 일반 가정의 가전제품, 홈 네트워킹 분야에 이르기까지 광범위하게 확산되어 사용되고 있으며, 오늘날 전 세계 인구수에 비례하는 약 60억 개의 LAN 노드가 구축되어 인류 생활을 윤택하게 해주는 주요 수단이 되고 있는 등 점차 LAN 기술이 사회 전반에 미치는 영향력은 커져 가고 있다. 이미 기업 및 소규모 사업자용 인터넷 전용선 서비스 시장은 기존의 ATM/SDH 등의 방식에서 대부분 저렴한 메트로 이더넷 기반 방식으로 전환되었으며, 초기 xDSL 기반 기술로 시작한 일반가입자용 인터넷 서비스시장 역시 최근에는 VDSL,

FTTH, 아파트 광랜 등 이더넷 기반 광대역 액세스망 기술로 급속히 수렴되고 있다. 이더넷은 이제 명실 공히 기업 및 일반 대내망 서비스를 위한 표준 액세스 수단으로 자리를 굳힘에 따라 본 기술의 표준화가 범국민적인 공중 통신 서비스에 미치는 의미와 영향력은 매우 중대하다.

본 고에서는 이더넷 기술표준화를 수행하고 있는 IEEE 802.3 이더넷 워킹 그룹에서 현재 표준화가 진행중인 기술들의 전반적인 표준화 동향을 간략히 살펴보고자 한다.

II. 이더넷 기술 개요¹⁾

이더넷은 1973년에 제록스사에서 2.94Mbps 전송 속도를 가지는 최초의 이더넷이 발표된 이후 제록스사와 DEC(Digital Equipment Corporation), 인텔사가 연합하여 표준을 개발 “DIX 이더넷”라하고 1980년에 10Mbps의 이더넷을 개발하게 되었고 저렴한 가격과 당시의 10Mbps라는 고속 전송 능력 때문에 많은 발전을 거듭해 왔다. DIX(Dec-Intel-Xerox) 그룹과 병행하여 IEEE에서는 현재의 유명한 802 프로젝트를 결성하고 첫 회의를 1980년에 미국 샌프란시스코

에서 개최하였다. IEEE 802 위원회는 모든 LAN을 포함하는 단일 표준안의 도출이 어렵다고 보고 여러 개의 워킹 그룹으로 분할하여 각각의 표준안을 도출하도록 하였으며 802.3은 이더넷 기반의 LAN 표준화를, 802.4는 토큰버스, 802.5는 토큰링을 표준화하였다.

이더넷이 발전해온 역사를 기술해 보면 다음과 같다.

10Mbps 이더넷 시대(1982~1990) : IEEE 802.3 에서는 이더넷 표준을 1983년에 승인하였는데 이 표준은 DIX 표준과 거의 유사한 형태로 별 차이가 없었으나 단지 리피터, 물리매체 옵션을 데스크탑용의 동축케이블과 빌딩간 접속을 위한 광선로 등으로 세분하여 규격을 확장하였다. 따라서 초기의 이더넷은 동축케이블에 의한 매체 공유 형태로 구성되었다. 초기에 동축케이블을 선호하게 된 이유로는 첫째 트위스트 페어 보다 외부 잡음의 영향을 적게 받고, 대역폭이 넓었으며 특히, 임피던스특성이 좋아 저가의 송수신 소자를 만들기가 용이하였기 때문이다. 둘째로 대역폭을 공유하는 초기 LAN에 적합하였기 때문이다. 초기의 LAN은 허브를 이용한 집속시 스템이나 브리지, 스위칭 기능의 LAN 등을 고려하지 않았다. 세번째로 1980년대에는 데이터 통신용으로 기존에 설치된 트위스트페어가 없었기 때문이다. 이러한 동축망은 성형망과 호환이 되지 않았으며 SynOptics Communications사에서 개발한 트위스트페어 기반의 10Mbps 이더넷이 IEEE 802에서 10BASE-T 표준으로 승인되고 시장에서의 호응이 높아짐에 따라 트위스트페어로 이더넷의 전송매체가 1990년부터 급격하게 변화되기 시작하였다.

LAN 브리지와 스위치(1984~1997) : 브리지는 1984년 DEC가 상용화를 시작하였고 초기에는 성능에 비해 고가였으나 당시에 증가하는 컴퓨터를 용이하게 접속 시켜주는데 라우터를 사용하는 것보다는 브리지가 훨씬 가격이 저렴하였으므로 브리지의 사용이 확산되게 되었다. 브리지를 사용하게 되면 공유 LAN(Shared LAN)을 전용 LAN(Dedicated LAN)으로 변환하게 되어 트래픽이 효율적으로 운용되며 단말의 수를 늘려가기가 용이한 이점이 있다. 1991년에 Kalpana사가 LAN 스위치라는 새로운 개념의 브리지를 출시하였는데 여러 개의 접속포트를 사용하여 각 포트에서 동시에 최대 속도를 지원할 수 있도록 한 것이었다. 스위칭 기능을 브리지가 수행하게 되면 미디어 한 단말 전용으로 대역을 할당할 수 있게 되고 따라서 미디어 공유를 위한 액세스 제어가 필요 없게 되어 이른바 전이중방식(Full-Duplex) 이더넷을 가능하게 한다. IEEE 802.3 에서는 전이중방식 형태의 이더넷 표준을 1995년에 시작하여 1997년에 완료하였다.

고속 이더넷(1992~1997) : 컴퓨팅 능력 향상 및 광대역 어플리케이션의 등장에 따라 광대역의 네트워크가 필요하게 되었고, 스위치 LAN은 이러한 요구를 충족시켜 줄 수 있도록 각각의 데스크탑에 전용 선로를 제공하게 되었다. 아직도 서버를 공유하기 위한 공유 네트워크의 필요성이 존재하고 있고 각 단말의 속도가 높아짐에 따라 서버용 네트워크의 대역 요구도 급속하게 증가하게 되었다. 이러한 요구에 부응하기 위하여 1992년에 Grand Junction Networks사에서 서버와 같은 공유 리소스를 고속으로 백본에 연결할 목적으로 이더넷 구조와 동일하면서도 속도

가 10배 빠른 100Mbps 고속 이더넷을 개발하였고 곧이어 IEEE 802.3에서 1995년 고속 이더넷 표준으로 설정되게 되었으며 10Mbps 이더넷 출현 이후 15년 만에 처음으로 전송 속도를 증가시키는 계기가 되었다.

기가비트 이더넷(1996~1999) : 고속 이더넷이 15년간 잠재되어 있던 광대역 네트워크 수요를 충족시키기 위하여 폭발적으로 수요가 증가하고 있는 한편으로 스위칭 기능과 고속 이더넷의 결합에 따른 서버와 캠퍼스 백본 등에서의 네트워크가 다시 병목현상이 초래되기 시작하였는데 이를 해결하기 위한 방법으로 고속 이더넷의 표준화가 완료된 후 채 1년이 되지 않아 기가비트 이더넷 표준화가 시작되었다. 기가비트 이더넷 표준은 1996년에 시작되어 1999년에 완료되었다.

10기가비트 이더넷(1999~2002) : 기가비트 이더넷이 캠퍼스나 빌딩의 백본으로 대체됨에 따라 이를 수용할 수 있는 차기의 이더넷 기술에 대한 필요성이 대두되어 1999년 기가비트 이더넷의 표준화가 완료되자마자 10기가비트 이더넷에 대한 표준화가 시작되어 2002년 파이버 표준, 2006년 트위스트 페어 표준이 완료되었다. 10기가비트 이더넷은 기존의 이더넷 기술과 달리 전이중 방식만을 지원하도록 하여 이더넷 고유의 CSMA/CD 기술을 지원하지 않게 되었으며 오직 이더넷 프레임 형식만을 그대로 유지하도록 하였다.

퍼스트 마일 이더넷(2001~2003) : 인터넷을 비롯한 광대역 멀티미디어의 수요가 폭발적으로 증가함에 따라 네트워크 구간 중 가입자망이 병

목구간으로 지적되어 가입자망의 고도화가 점차 이슈화됨에 따라 그동안 주로 LAN에서만 사용되어 왔던 이더넷 기술을 가입자망에서도 적용하기 위한 EFM(Ethernet in the First Mile) 표준화가 2001년 시작되어 2003년 완료되었다.

퍼스트 마일 이더넷의 표준화가 완료된 이후 이더넷 기술은 그동안의 속도 중심의 표준화를 탈피하여 성능 개선에 대한 많은 프로젝트를 추진하고 있다. 다음의 표는 기가비트 이더넷 이후의 IEEE 802.3 이더넷 워킹 그룹의 표준화 대상 기술 목록을 정리한 것이다.

〈표 1〉 IEEE 802.3 워킹 그룹 표준화 대상 기술 목록

TF/SG 명칭	기술	상태
802.3 SG	Energy Efficient Study Group	SG
802.3 SG	Higher Speed Study Group	SG
802.3av	10Gb/s PHY for EPON	TF
802.3at	DTE Power Enhancements	TF
802.3ar	Congestion Management	TF
802.3ap	Backplane Ethernet	TF
802.3as	Frame Expansion	Done('06)
802.3aq	10Gbase-LRM	Done('06)
802.3an	10GBASE-T	Done('06)
802.3REVam-2005	Maintenance #8(Revision)	Done('05)
802.3ak	10GBASE-CX4	Done('04)
802.3aj	Maintenance #7	Done('03)
802.3ah	Ethernet in the First Mile	Done('04)
802.3ag	Maintenance #6(Revision)	Done('02)
802.3af	DTE Power via MDI	Done('03)
802.3ae	10Gb/s Ethernet	Done('02)
802.3ad	Link Aggregation	Done('00)
802.3ac	VLAN TAG	Done('98)
802.3ab	1000BASE-T	Done('99)
802.3aa	Maintenance #5	Done('98)
802.3z	Gigabit Ethernet	Done('06)
1802.3-2001	Conformance Test Maintenance #1	Done('01)

III. IEEE 802.3 이더넷 기술 표준화 동향^{15, 16)}

1. 802.3ap 백플레인 이더넷 기술

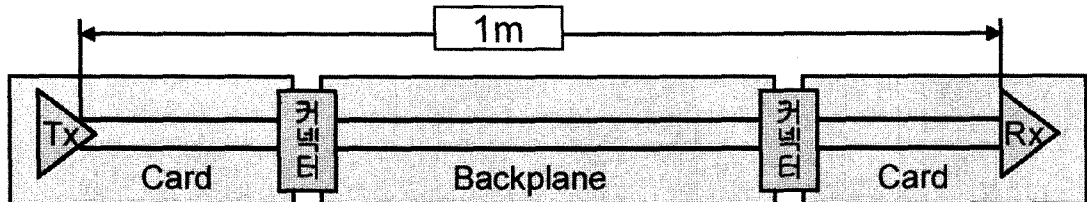
백플레인 이더넷(Backplane Ethernet) 기술이란 단일 레인으로 1Gbps, 10Gbps 속도 또는 4 레인으로 10Gbps 속도로 FR-4 재질의 PCB 상의 2개의 커넥터를 통과하여 최대 1m 배선 길이를 지원하는 것을 목표로 하고, 단일 레인의 경우 1Gbps와 10Gbps 속도를 결정하기 위한 자동협상 기능을 지원하도록 정의하는 모듈러 컴퓨팅(예: 블레이드 서버) 및 네트워크 플랫폼(예: 스위치, 라우터) 내부의 백플레인 인터페이스로 이더넷 적용을 위한 기술이다.

2003년 11월 결성된 백플레인 이더넷 스터디 그룹은 약 5개월 동안 기술적 및 경제적 관점에서 실현가능성을 조사 연구하였고 2004년 3월 표준화를 위한 PAR가 승인되어 이후 IEEE 802.3ap 프로젝트라는 태스크 포스 형태로 인정되어 표준화 작업을 진행하고 있다. 2006년 11월 플레너리 회의까지 진행상황으로는 D3.1에 대한 Comment Resolution을 완료하여 D3.2를 만들었고 일부 Comment를 처리한다는 조건하에 2007년 3월 공식 표준을 위한 단계인 RevComm 회의에 상정해 줄 것을 요청하기로 했다.

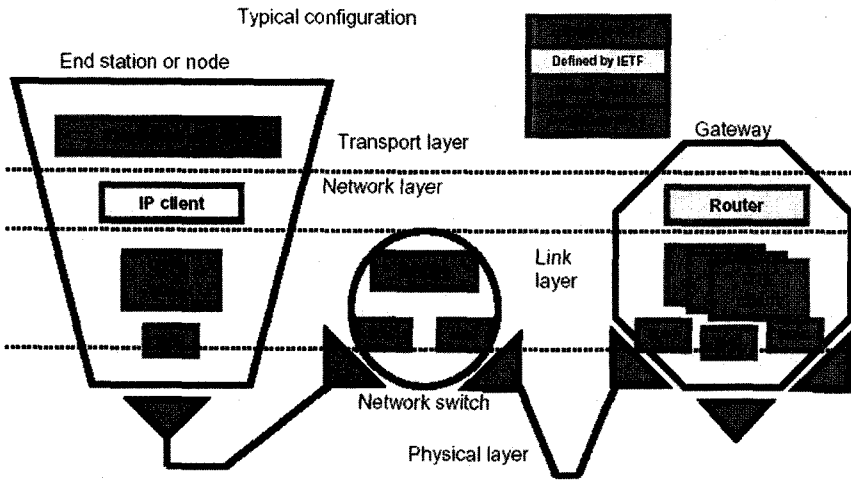
2. 802.3ar 혼잡 관리 기술

혼잡 관리(Congestion Management) 기술이란 프레임 지연, 손실에 민감한 수많은 이더넷 애플리케이션 영역(클러스터링, 백플레인, 스토리지, 데이터 센터 등)에 속도 또는 흐름 제어(Rate/Flow Control) 등의 CM(Congestion Management)를 통해 처리율, 프레임 지연 & 손실을 향상 시킬 수 있도록 하는 기술이다. Congestion Management 기술에서는 IEEE 802.3의 기술 영인 MAC 계층에서 Non-congested 플로우에 영향을 최소화하면서 Congestion Information 교환을 지원할 수 있는 메커니즘과 이더넷 링크상의 송신 데이터 속도를 제어하는 메커니즘을 정의하는 것이 목적이다.

2004년 5월에 결성된 Congestion Management 스터디 그룹은 2004년 12월 표준화를 위한 PAR가 승인되어 이후 IEEE 802.3ar 프로젝트라는 태스크 포스 형태로 표준화를 진행하고 있고, 2006년 9월에 표준안을 완성할 계획이었다. 그러나 IEEE 802.1에서 이와는 별도로 802.1Q Amendment로 Congestion Notification 프로젝트를 추진함에 따라 프로젝트 철회를 두고 논의 중이다.



〈그림 1〉 Backplane Ethernet 적용 모델



〈그림 2〉 계층별 Congestion 영역 분리

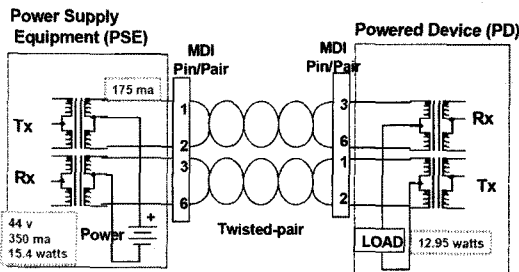
3. 802.3at 파워-오버-이더넷 향상 기술

Power over Ethernet (PoE) Enhancement 기술이란 기존 IEEE 802.3af PoE 기술이 최대 12.95Watt를 제공하는 것에 비하여 보다 많은 30Watt 이상의 전력을 1000BASE-T UTP 케이블상에서 공급할 수 있도록 하는 기술이다. PoE Enhancement 스타디 그룹에서는 현재 2pair로 전원을 공급할 것인지 아니면 4pair 모두를 사용할 것인지, 그리고, 기존 802.3af PoE 장비와의 호환성을 논의 중이다.

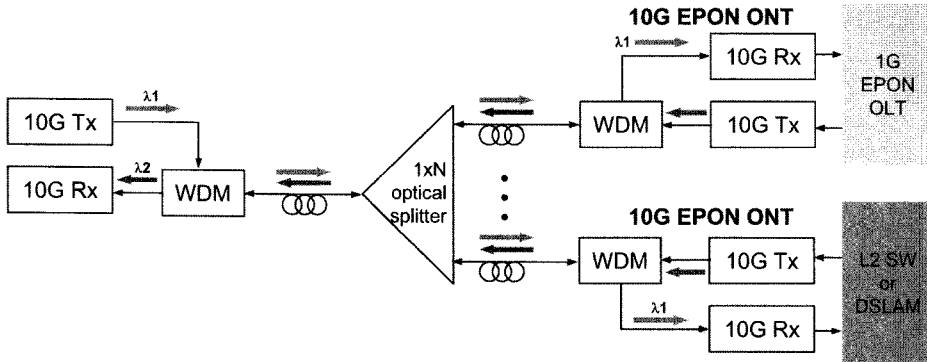
2004년 5월에 결성된 PoE+ SG는 2005년 7월 총회에서 PAR를 통과시켜 2005년 7월22에 802.3at TF를 결성할 수 있게 되어 정식으로 표준화를 진행하고 있으나 2006년 11월 플래너리 회의에서 지원 업체의 부족으로 어려움을 호소하였다.

4. 802.3av 10Gb/s EPON PHY 기술

10Gbit/s EPON 기술은 기존 EPON 기술에서 PHY 전송 속도를 10Gbit/s로 향상시킴으로 수동형 광가입자망에서 보다 많은 전송 대역을 가입자에게 제공하기 위한 기술이다. 기존 EPON에서 마찬가지로 점대다중점의 망구조에서 10Gbit/s 하향 전송 속도와 1.25Gbit/s 상향 전송 속도의 조합을 갖는 비대칭 전송 대역을 제공하거나 10Gbit/s 하향 전송 속도와 10Gbit/s 상향 전송 속도의 조합을 갖는 대칭 전송 대역을 제공하는 PHY 구조 및 규격을 기술하는 것을 목적으로 하고 있다.



〈그림 3〉 PoE Enhancement 모델



〈그림 4〉 10Gb/s EPON 구성 예

2006년 3월에 IEEE 802 Plenary Meeting에서 CFI가 발표되었고, 5월부터 Study Group에서 PAR, 5 Criteria, Objectives가 작성되었으며, 7월 IEEE 802.3 WG의 승인을 얻어 9월부터 802.3av 10G EPON이라는 제목으로 표준 초안을 작성하기 위한 Task Force가 진행 중이다.

5. 802.3SG Higher Speed 이더넷 (100GbE) 기술

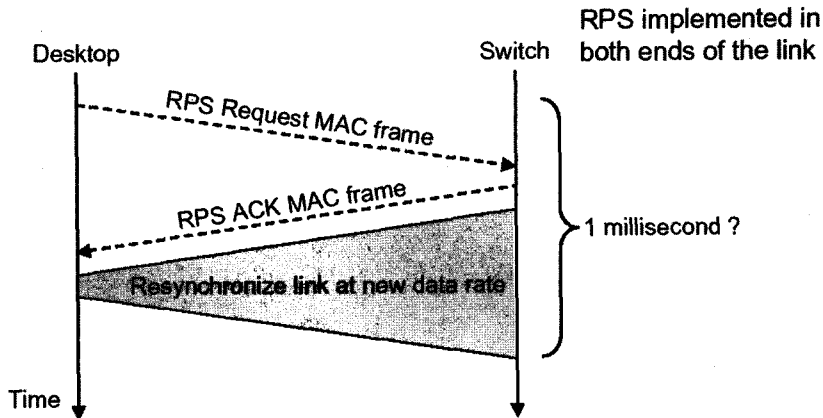
Higher Speed Ethernet 기술은 10기가비트 이더넷 이후의 초고속 이더넷 기술을 의미한다. 이 기술은 인터넷 교환 센터(Internet Exchange), 데이터 센터, 클러스터 컴퓨팅, 엔터프라이즈 등과 같이 데이터 량이 집중되는 지점에서 congestion이 발생하고 있는 상황에서 802.3ad Link Aggregation을 이용하여 10기가비트 이더넷 링크를 복수 개 사용하는 방식을 사용하여 현재의 수요를 충족하고는 있으나 향후에 예상되는 대역폭 요구량을 충족시키기에는 미흡하기 때문에 이를 해결하기 위한 기술로서 대두되었다.

2006년 7월 CFI를 통해 결성된 Higher Speed

Ethernet SG(HSSG)는 정식 프로젝트 승인 요청을 위한 PAR 문서 준비를 위한 토의를 진행하고 있다(PAR 문서에는 Title, Scope, Purpose 등을 기술하고, 추가적으로 기술의 목적-Objective, 5가지 판단 기준-5 Criteria 등이 포함된다). 현재까지 논의된 내용은 관련 SG의 objectives를 정하기 위한 것으로 Higher Speed Ethernet의 MAC rate, PMD, 전송 거리 등이 논의되었다. 특히, 지난 2006년 11월 플레너리 회의에서 MAC rate에 대한 논의가 활발히 이루어졌으며, 40, 80, 100, 120Gb/s 등 다양한 속도가 제기되었으나 투표 결과 100Gb/s가 목표 속도로 최종 결정되었다. 또한 전이중 방식만을 지원하고, SMF상에서 최소 10Km를 지원하고, OM3 MMF상에서 최소 100m를 지원하는 등의 일부 목표를 정의하였다.

6. 802.3SG Efficient Ethernet 이더넷 기술

Energy Efficient Ethernet 기술은 Desktop-to-Switch 이더넷 링크가 대부분 휴지 상태



〈그림 5〉 Rapid PHY Selection 방식 예

(즉, 데이터 전송이 없는 IDLE 상태)인 점을 착안하여 링크 이용률이 낮을 경우 Low-Data-Rate PHY로 동작하고, 링크 이용률이 높을 경우 High-Data-Rate PHY로 동작하여 두 장치에서 소비되는 에너지를 절감하도록 하는 기술이다. RPS(Rapid PHY Selection)는 Desktop-Switch간 물리 링크 속도 변환을 위해 제안된 메커니즘의 예이다.

2006년 11월 LBNL(Lawrence Berkeley National Lab), Cisco, BroadCom 주도로 Energy Efficient Ethernet에 대한 CFI(Call for Interest) 발표가 있었고, 802.3 Closing Plenary에서 802.3 Voter 투표에 의해 Study Group 구성이 승인되어 2007년 1월부터 그 활동을 시작하고 있다.

IV. 맺음말

우리나라는 인터넷 강국이라는 외형적 성장을 달성 했음에도 불구하고 내면에는 코어망을 구성하는 핵심 인프라 장비 및 부품 시장의 대부분

을 외산 벤더에서 잠식당한 상태이다. 특히, 시스코 및 주니터 등 다국적 지배 기업들은 IEEE, IETF 등 표준화 기구에서 기술 표준을 주도하면서 각국의 통신 인프라가 자사 보유 기술에 맞추어 적용되게 함으로써 시장 경쟁에서 유리한 위치를 확보하고 독점화를 고착시키고 있다. 그러나, 최근 코어망 장비 시장의 대안 기술로 급부사하고 있는 캐리어 이더넷 기술은 IP 라우터 기술에 비해 기술 집적도가 덜 요구되고, 가격 경쟁력이 우수한 이더넷 기술을 기반으로 하고 있어 우리와 같은 후발 산업체들도 독창적인 아이디어만 있으면 얼마든지 특화된 기술력으로 세계 시장을 진출하여 경쟁할 수 있는 유망한 분야이다. 이 같은 우리 고유의 독자적인 캐리어 이더넷 망 구조와 서비스 패러다임이 표준화 되고 성공적으로 시장화 되어 국제 표준화를 주도할 수 있을때 비로서 통신 인프라의 국산화를 이루고 국산 장비 기술이 시장으로 진출하게 되는 계기를 열어 줄 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] IEEE LMSC, "IEEE Standard for Information Technology-Telecommunications and Information Exchange Between Systems-Local and Metropolitan Area Networks-Specific Requirements, Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications, IEEE 802.3-2005", 2005.
- [2] Jonathan Thatcher, "Ethernet: Moving from 1 to 10 to 100 Gbps, NGN Conference," May, 2001.
- [3] 한국이더넷포럼, "IEEE 802 사실표준화기구 동향분석서," 2006. 12.
- [4] 윤중호외, "최신 이더넷," 교학사, 2002. 10.
- [5] IEEE 802.3 Working Group, <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/>
- [6] Ethernet Alliance, <http://www.ethernetalliance.org/home>

용 어 예 설

IETF
(Internet Engineering Task Force)

인터넷 아키텍처 위원회(IAB) 산하의 조직으로 인터넷의 운영, 관리 및 기술적인 쟁점 등을 해결하는 것을 목적으로 망 설계자, 관리자, 연구자, 망 사업자 등으로 구성된 개방된 공동체. 분야별로 40개가 넘는 그룹으로 구성되어 있다. IAB의 최종 승인을 얻기 위해 제출되는 통신 규약 표준 제안의 중요한 원천이 되며, 1년에 3회의 모임을 갖는다.

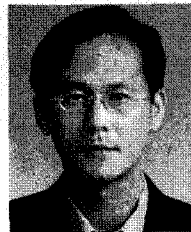
저자소개



강 태 규

1998년 2월 전북대학교 전자공학과 학사
 2000년 2월 전북대학교 전자공학과 석사
 2000년 3월-현재 한국전자통신연구원 광대역통합망 연구단, 선임연구원

주관심분야 : Ethernet, High Speed LAN, Digital Modulation/Demodulation, Error Correcting Code



주 범 순

1983년 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1999년 한국과학기술원 전기및 전자공학과 졸업(석사)
 1983년 한국전자통신연구소 입소
 현 재 한국전자통신연구원 네트워크연구그룹 캐리어이더넷연구팀장

주관심분야 : Ethernet Switch System, ATM Switch System, Network Synchronization, High Speed Interconnection, PLL, CDR,