ciena | Essentials

캐리어 이더넷

Ciena의 Essentials 시리즈:
아는 것이 힘이다

작성자: John Hawkins
및 Earl Follis

캐리어 이더넷 네트워크 기본 안내서
사업자 및 최종 사용자를 위한
이더넷 서비스 활용

캐리어 이더넷

작성자: John Hawkins
및 Earl Follis

발행자의 감사 인사
우리는 이 책에 대해 자부심을 갖고 있습니다. expertbooks@ciena.com에 의견을 남겨 주십시오.
다음은 이 책을 시장에 출판할 수 있도록 도움을 주신 분들의 명단입니다.

선임 프로젝트 편집자:
Erin Malone

레이아웃 및 그래픽:
Susan MacLeod

편집자:
Nancy Sixsmith
Wil McLean

캐리어 이더넷 네트워크
발행:
Ciena
7035 Ridge Rd.
Hanover, MD 21076

Copyright © 2016 by Ciena Corporation. All Rights Reserved.

본 발행물의 어떠한 부분도 Ciena Corporation의 사전 서면 동의 없이 사진, 녹화, 스캔 또는 모든 정보 저장 시스템이나 검색 시스템을 포함하여 어떠한 전자적 또는 기계적 형태나 수단으로도 재배포하거나 전송할 수 없습니다. 허가를 받으려면 Ciena Experts Books 7035 Ridge Rd Hanover, MD 21076으로 허가 신청서를 보내십시오.

상표: Ciena, 모든 Ciena 로고, 기타 관련 상표 및 로고는 미국 및 미국 이외 국가에서 Ciena Corporation의 상표 및/또는 등록 상표이며, 서면 동의 없이 사용할 수 없습니다.

책임의 제한/보증 거부 조항: 발행자 및 작성자는 본 발행물을 통해 제공되는 모든 내용의 정확성 또는 완성도와 관련하여 어떠한 종류의 진술이나 보증도 제공하지 않으며, 특별한 목적에의 적합성에 대한 보증을 포함하되 그에 국한되지 않는 모든 보증을 배제합니다. 어떠한 보증도 영업 또는 홍보 자료에 의해 새로 생성되거나 확장되지 않습니다. 본 문서에 포함된 조언 또는 전략이 모든 상황에 적합한 것은 아닙니다. 본 문서에서 발행자는 법률, 회계 또는 기타 전문 분야에 대한 의견이나 조언을 제시하는 것은 아닙니다. 전문가의 도움이 필요할 경우 자격을 갖춘 전문가의 서비스를 요청해야 합니다. 발행자와 작성자는 본 문서로 인해 발생하는 손실에 대해 책임지지 않습니다. 본 문서에서 조직 또는 웹 사이트가 인용문으로 언급되며 추가 정보의 잠재적 출처와 관련하여 작성자 또는 발행자는 조직 또는 웹 사이트에서 제공하는 정보 또는 권장 사항을 보증하지 않습니다. 또한 본 문서가 작성되어 독자에게 읽히는 그 사이 시간에 본 문서에 언급된 인터넷 웹 사이트가 변경되거나 사라질 수 있다는 점을 알아야 합니다.

미국에서 제작

목차

요약 6

이더넷 이야기 7

LAN을 넘어 확장되는 이더넷 지점 8

이더넷과 IP의 관계 10

이더넷 기술 입문 11

이더넷 공동 회선 11

CSMA/CD와 교환 이더넷 13

브리지 기능 14

가상 LAN 16

LAN에서 이더넷의 경쟁력 17

MEF와 캐리어 이더넷의 등장 18

MEF 활동 목표 및 목적 18

캐리어 이더넷의 특성 및 가치 제안 19

MEF 표준 및 서비스의 구조 21

캐리어 이더넷 기술의 주요 요소 23

캡슐화 및 전송 기술 23

SONET/SDH/OTN 23

MPLS 24

MPLS-TP/PBB/PBB-TE 24

운영, 관리 및 유지 보수 기능 26

서비스 품질 31

뛰어난 확장성 33

캐리어 이더넷 애플리케이션 및 사용 사례 33
에테르 은행: 금융 기관/은행 34
바이오에테르 헬스케어: 병원/다중 사이트 진료 기관 40
에테르 주 대학: 성장하는 다중 사이트 교육 기관 48
캐리어 이더넷의 미래 54
관련 이더넷 개발 55
Precise Timing Distribution 55
Power over Ethernet 56
소프트웨어 정의 네트워크 및 네트워크 기능 가상화 56
용어/머리글자어 59

요약

이더넷은 수십 년간 널리 이용되어 왔으며, 뛰어난 LAN(근거리 통신망) 기술의 대명사로 불리어 왔습니다. 이더넷 기술의 편재성과 대중성은 이더넷 구성 요소의 가격을 계속 하락시켜 왔으므로 그 경제적 이점과 시장 수용성은 앞으로도 몇 년 동안 지속될 것입니다. CE(캐리어 이더넷)는 이러한 편재성, 대중성 및 경제적 이점을 기반으로 기업과 통신 사업자 모두에게 이상적인 고성능 네트워크를 위한 유연한 프레임워크, 범용적인 프레임 형식, 간단한 설계 및 향상된 OAM(운영, 관리 및 유지 보수)을 제공할 것으로 기대됩니다.

이더넷 비트 전송률은 새로운 전송률이 정의될 때마다 10배로 성장하면서 지속적으로 증가해 왔습니다. GbE(기가비트 이더넷) 인터페이스는 PC와 서버에 광범위하게 구축되어 있으며 LAN 백본에서는 10Gb/s를 지원합니다. 수백 Gb/s의 비트 전송률과 MEF 및 IEEE(미국전기전자학회)에서 지속적으로 개발되는 표준의 확장을 통해 이더넷은 침체될 기미를 보이지 않고 있습니다. CE는 이더넷을 기반으로 하기 때문에 다른 유형의 WAN(광역 통신망) 프로토콜과의 변환이 필요 없습니다. WAN 기술인 CE는 ATM(비동기 전송 모드), SONET(동기식 광 네트워크) 및 프레임 릴레이와 같은 기존 기술보다 빠르고 저렴합니다. 또한 CE는 통신 사업자와 기업에 증가된 관리 기능을 제공하는 동시에 향후 몇 년간 속도 증가를 지원할 로드맵을 제시합니다.

이 안내서에서는 CE가 이더넷 표준으로 성장해 온 과정, CE와 기존 이더넷의 차별성, MEF를 통한 CE의 발전, CE 가치 제안, CE 환경에서 SDN(소프트웨어 정의 네트워킹) 및 NFV(네트워크 기능 가상화)로의 진화 등 CE의 역사에 대해 알아봅니다. 또한 서비스 공급자가 운영하든 기업이 운영하든 상관없이 이더넷이 대규모 네트워크를 위한 견고하고 확장 가능한 솔루션으로 진화해 온 과정을 설명합니다. 몇 가지 사용 사례는 CE 솔루션 구현을 고려할 수 있는 경우 및 위치를 정의하는 데 도움이 될 것입니다. 모든 궁금증을 해소해 줄 수 있는 안내서는 없지만 이 안내서는 CE의 과거, 현재 및 미래에 대해 어느 정도 알 수 있는 기회를 제공할 것입니다.

이 안내서의 내용:

- 이더넷이 진화한 방식
- 이더넷 네트워킹의 기초
- 이더넷의 경쟁 우위
- 광 네트워킹 기술과 이더넷의 통합
- MEF와 CE에서 MEF의 지속적인 역할
- CE가 통신 사업자, 네트워크 사업자 및 기업 고객에게 가치 있고 유망한 옵션인 이유
- CE의 미래

이더넷 이야기

이더넷은 한때 자기파 전송을 지원하는 동시에 지구 상의 모든 '빈 공간'을 채우는 것으로 여겨진 신화 속의 매개체인 에테르(aether)라는 라틴어에서 유래한 용어입니다. 이 용어는 Bob Metcalfe의 박사 논문과 Bob Metcalfe가 1970년대 초 PARC(Xerox Palo Alto Research Center)에서 근무하는 동안 동료 연구원인 David Boggs, Butler Lampson 및 Chuck Thacker와 함께 출원한 특허 원문에서 사용되었습니다.

오늘날의 네트워크는 로컬, 원격 및 클라우드 기반 환경에서 업무 필수 데이터에 대한 빠른 속도의 고대역폭 액세스를 제공합니다. LAN의 가장 일반적인 네트워킹 기술은 이더넷입니다. 전 세계 기업 LAN의 대다수가 이더넷에서 실행되고 있습니다. 그러나 늘 그랬던 것은 아닙니다. 예를 들어 1980년대와 1990년대 초에는 ARCNET, StarLAN, FDDI(Fiber Distributed Data Interface, 초기 광 케이블 기반의 LAN 링 기반 기술), 토큰 버스, 토큰 링 등 경쟁적인 여러 LAN 기술이 있었습니다. 이더넷은 IP(인터넷 프로토콜) 네트워크와의 고유한 구조적 호환성, 플러그 앤 플레이 단순성 및 비교적 저렴한 비용 때문에 1990년대 중반 LAN 기술의 진정한 승자가 되었습니다.

원래 LAN 중심적 정의에서 이더넷은 동일한 일반 지역(일반적으로 단일 건물)에 있는 장치를 연결하는 기술로 전망되었습니다. 즉, 프로토콜 자체가 100미터 범위로 제한되었기 때문에 상호 연결할 장치 수가 적고 둘 사이의 거리가 비교적 짧은 경우에 사용될 것으로 예상되었습니다.

LAN을 넘어 확장되는 이더넷 지점

인터넷이 성장함에 따라 이더넷은 애초에 예상된 단일 건물 및 단거리 애플리케이션을 뛰어넘는 역할을 할 태세를 갖추었습니다. 수백 또는 수천 대의 컴퓨터, 서버, 프린터 및 관련 장치가 있는 전체 캠퍼스가 이더넷 연결성을 위한 회선을 구축하고 있었습니다. 보다 최근에는 WiFi 네트워크('무선 이더넷'이라고도 함)가 범용화되었습니다. 상호 연결된 장치 수 및 장치 간의 거리에 대한 초기의 예측이 크게 확대되었습니다. 몇 가지 혁신적인 조정(예: VLAN(가상 LAN) 및 보다 빠른 버전의 STP(스패닝 트리 프로토콜) 추가)을 거친 후 이더넷은 비용 효과적이면서도 뛰어난 성능의 네트워킹 기술로서, 적응성이 탁월한 것으로 검증되었기 때문에 이러한 확장된 요구 사항과 함께 진화할 절호의 기회를 맞이하게 되었습니다.

다른 프로토콜은 보다 장거리에 걸쳐 이러한 성장하는 이더넷 '섬'을 상호 연결하기 위해 개발되었습니다. X.25, ISDN, 프레임 릴레이 및 ATM과 같은 데이터 통신 프로토콜은 통신 사업자들이 장거리 연결을 제공하기 위해 고안하고 판매한 기술이었습니다. 2000년대 초에는 WAN(광역 통신망) 연결성을 제공하기 위해 이더넷 프로토콜을 확장하는 자연스러운 방법으로 캐리어 이더넷이 도입되었습니다. 이름에서 알 수 있듯이 통신 사업자들은 CE가 다른 통신 사업자(도매) 및 최종 사용자(소매)에게 판매할 수 있는 다양한 네트워크 서비스를 지원하기 때문에 그 가치를 높이 평가합니다. 여기에는 모바일 백홀, 비즈니스 서비스 및 데이터 센터 상호 연결이 포함됩니다. 그러나 CE는 통신 사업자만을 위한 것이 아닙니다. 최종 고객에게 액세스를 제공하는 모든 네트워크 사업자들을 위한 풍부한 기능을 갖춘 솔루션입니다. 이 안내서에서는 네트워킹 기술로서 CE의 확립 및 오늘날의 네트워크 맥락에서 CE 기반 네트워크로 마이그레이션할 경우의 장점을 소개합니다. 그림 1에서는 광 네트워킹 기술과 함께 이더넷이 발전해 온 연대표 및 몇 가지 다른 중요한 기술 이정표를 보여 줍니다.

이메일, 웹 브라우징, 음성 및 동영상 트래픽과 같은 대역폭 요구가 높은 애플리케이션의 지속적인 증가는 LAN 및 WAN의 속도 향상을 위한 초기 원동력을 제공했습니다. 보다 최근에는 스토리지 가상화 및 클라우드 컴퓨팅과 같은 새롭게 등장한 기술이 네트워크 사업자와 기업 고객의 대역폭 요구 사항을 심화시켰습니다. 사용자(특히 기업)의 클라우드 의존성이 증가하면서 네트워크가 사회에 더욱 중요해졌으며 데이터 센터 액세스를 위한 공용 인터넷에 대한 의존도가 하이브리드(공용 및 사설) 인프라로 대체되었습니다. 이러한 추세는 당분간 꺾이지 않을 것이며 끊임없이 증가하는 대역폭에 대한 수요가 지속될 것입니다. 다시 말씀 드리지만, 이더넷은 이 중요한 요구를 해결하기 위한 핵심 솔루션으로 진화했습니다.

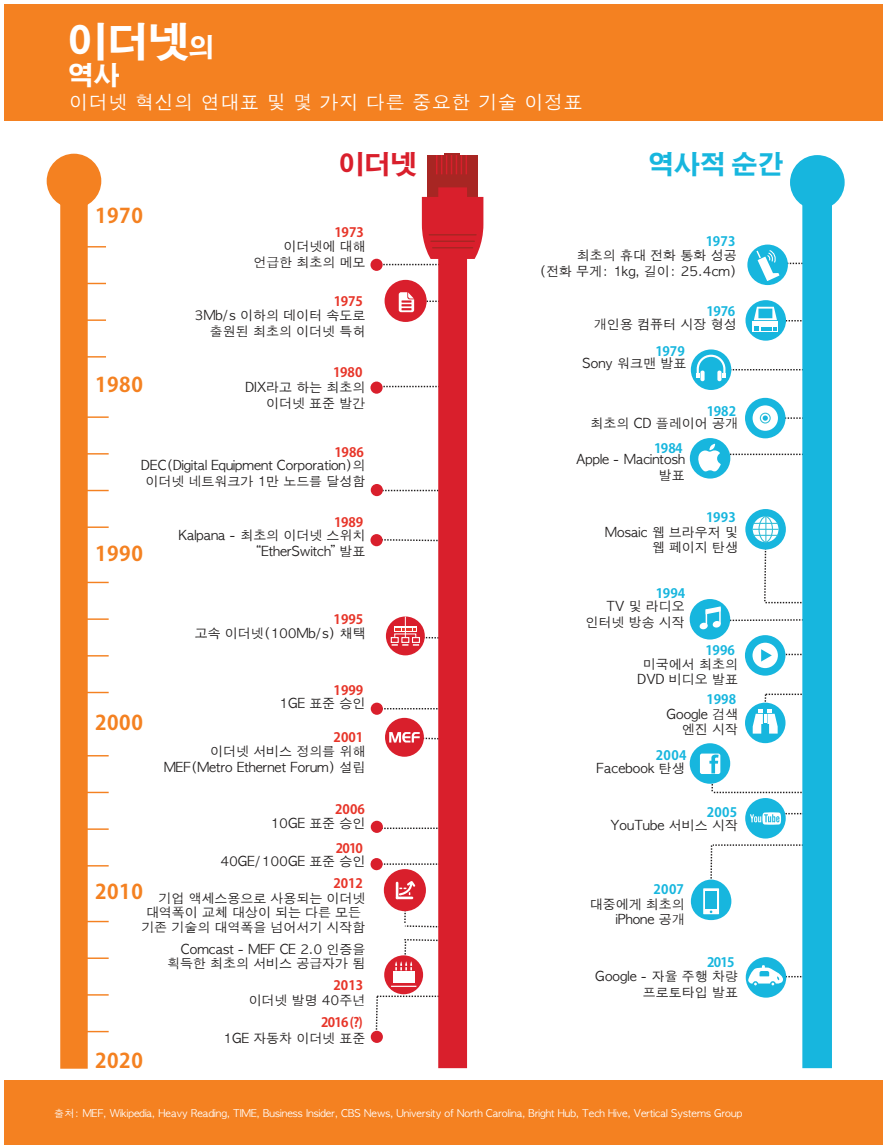

이더넷의
역사
이더넷 혁신의 연대표 및 몇 가지 다른 중요한 기술 이정표
이더넷
역사적 순간
1970
1980
1990
2000
2010
2020
1973
이더넷에 대해
언급한 최초의 메모
1975
3Mb/s 이하의 데이터 속도로
출원된 최초의 이더넷 특허
1980
DIX라고 하는 최초의
이더넷 표준 발간
1986
DEC(Digital Equipment Corporation)의
이더넷 네트워크가 1만 노드를 달성함
1989
Kalpana - 최초의 이더넷 스위치
"EtherSwitch" 발표
1995
고속 이더넷(100Mb/s) 채택
1999
1GE 표준 승인
2001
이더넷 서비스 정의를 위해
MEF(Metro Ethernet Forum) 설립
MEF
2006
10GE 표준 승인
2010
40GE/100GE 표준 승인
2012
기업 액세스용으로 사용되는 이더넷
대역폭이 교체 대상이 되는 다른 모든
기존 기술의 대역폭을 넘어서기 시작함
Comcast - MEF CE 2.0 인증을
획득한 최초의 서비스 공급자가 됨
2013
이더넷 발명 40주년
2016(?)
1GE 자동차 이더넷 표준
1973
최초의 휴대 전화 통화 성공
(전화 무게: 1kg, 길이: 25.4cm)
1976
개인용 컴퓨터 시장 형성
1979
Sony 워크맨 발표
1982
최초의 CD 플레이어 공개
1984
Apple - Macintosh
발표
1993
Mosaic 웹 브라우저 및
웹 페이지 탄생
1994
TV 및 라디오
인터넷 방송 시작
1996
미국에서 최초의
DVD 비디오 발표
1998
Google 검색
엔진 시작
2004
Facebook 탄생
2005
YouTube 서비스 시작
YouTube
2007
대중에게 최초의
iPhone 공개
2015
Google - 자율 주행 차량
프로토타입 발표
출처: MEF, Wikipedia, Heavy Reading, TIME, Business Insider, CBS News, University of North Carolina, Bright Hub, Tech Hive, Vertical Systems Group

그림 1: 이더넷의 역사

이더넷과 IP의 관계

물론 인더넷 세계는 많은 애플리케이션에서 IP가 주도하고 있습니다. 이러한 애플리케이션(예: 이메일 애플리케이션)에서 네트워크를 요청하는 즉시 해당 스테이션의 프로토콜 스택에서 일련의 데이터 조작이 발생합니다. 이러한 애플리케이션은 자체 프로토콜을 사용하여 인터넷에서 멀리 떨어진 곳에 있는 호스트(예: SMTP, FTP, 및 HTTP)와의 정보 교환을 조정하지만 IP는 다른 동등 계층, 주변 장치 등과의 통신을 위한 네트워크 계층(3 계층이라고도 함)으로 범용적으로 사용됩니다. 그림 2에 표시된 OSI 모델은 스택의 계층을 요약합니다.

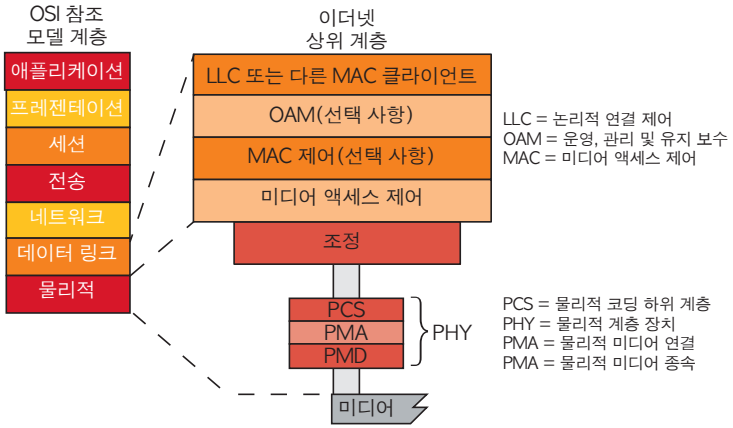


그림 2: OSI 스택 및 이더넷 모델 계층

이더넷은 1 계층(PHY(물리적) 계층)과 2 계층(MAC(미디어 액세스 제어) 계층) 둘 다에 속합니다. PHY 구성 요소는 10BASE-T(10Mb/s 연동선) 또는 10GBASE-LR(10Gb/s 장거리 광 케이블)과 같은 이더넷의 다양한 물리적 구현을 정의합니다. 이러한 물리적 구현은 각 데이터 속도 및 미디어 유형(IEEE 사양에 수십 가지가 규정됨)에 대해 정의됩니다. 2 계층 프로토콜인 이더넷은 3 계층에서 클라이언트라고 할 수 있는 IP의 '서버 계층'으로 간주됩니다. 이더넷은 상위 IP 계층으로부터 요청을 받고 이 계층에 응답을 제공합니다. 따라서 이더넷과 IP는 긴밀하게 함께 작동합니다.

이 관계는 CE로 전환되면서 이더넷에 효과적으로 작용했습니다. CE 서비스의 가용성은 프레임 릴레이 및 ATM과 같은 기존 통신 서비스에 IP 데이터를 매핑하는 작업에 수반되는 상당한 복잡성을 방지하고, CE 서비스의 개발을

지속적인 이더넷 개발과 보다 밀접하게 연결합니다. 이 안내서에서는 MEF의 역할을 상세히 설명하면서 이 개념에 대해 보다 자세히 알아볼 것입니다.

이더넷 기술 입문

이 시점에서 물어볼 수 있는 자연스러운 질문은 "이더넷이 정확히 무엇인가요?" 일 것입니다. 대답은 다양합니다. 근본적으로 이더넷은 일종의 PHY, 즉 물리적 미디어(예: 연동선, 동축, 광 케이블 및 무선 스펙트럼)를 데이터 통신에 쉽게 사용할 수 있도록 해주는 네트워킹 프로토콜입니다. 이 프로토콜은 IEEE LAN/Metropolitan Area Network Standards Committee에서 발표한 IEEE 802라는 일련의 표준으로 표현됩니다. 이 위원회는 오늘날의 네트워킹 애플리케이션에서 이더넷의 활용을 확대하고 표준을 확장하기 위해 계속 노력하고 있습니다.

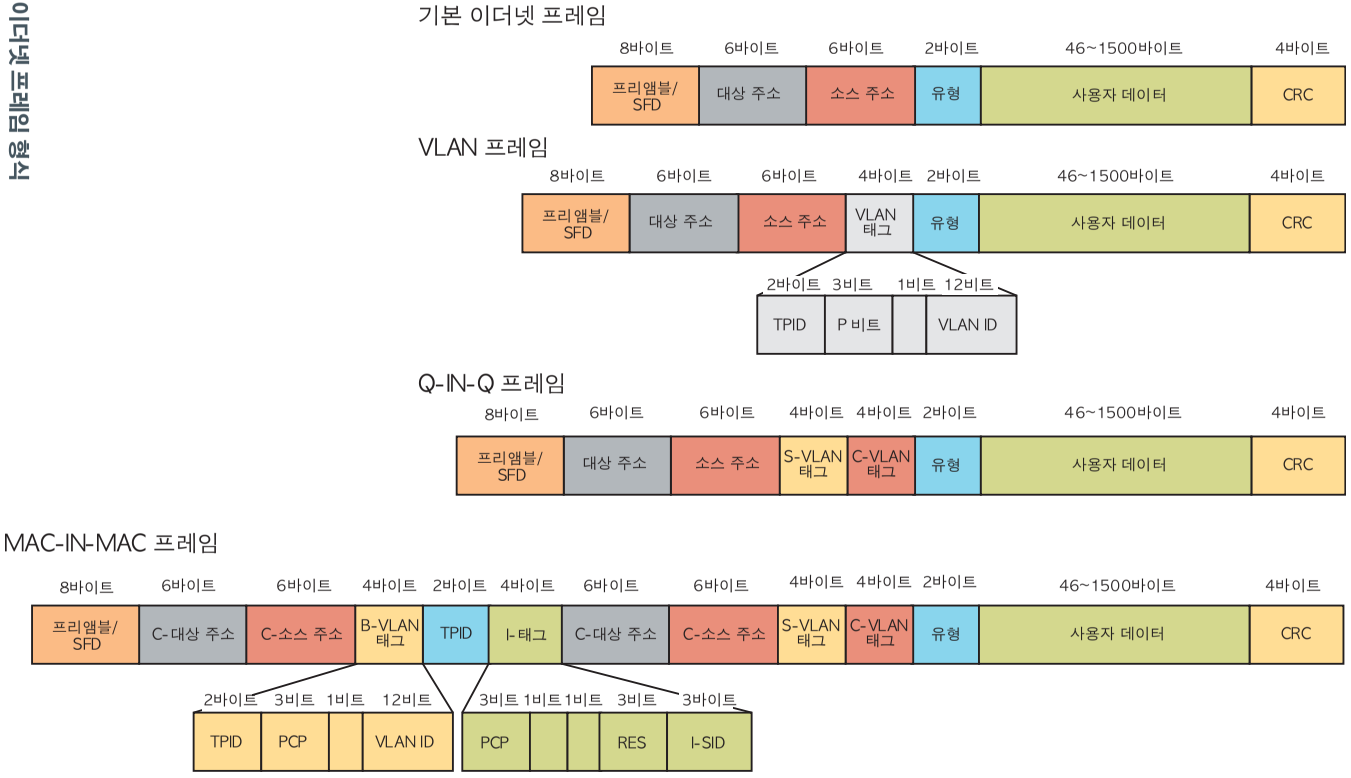
현재 사용되는 기본 이더넷 프레임 유형은 Ethernet Type II라고 합니다. 그림 3에서는 이더넷 프레임이 헤더(DA(대상 주소), SA(소스 주소) 및 프로토콜 유형 포함), 사용자 데이터 또는 페이로드 및 프레임 검사 순서 또는 CRC(순환 중복 검사)로 구성된 방식을 보여 줍니다.

이더넷 헤더는 6바이트 DA(의도된 패킷 수신자), 6바이트 SA(패킷을 전송한 장치) 및 2바이트 프로토콜 유형 필드를 포함합니다. CRC는 길이가 4바이트이고 모든 스위치에서 검사되며, 형식이 잘못되거나 손상된 프레임이 분기됩니다. 802.3 표준에 따라 이더넷 프레임은 길이가 64바이트 이상이어야 하므로 페이로드 길이는 최소 46바이트여야 합니다. 실제 사용자 데이터가 46바이트보다 짧은 경우 PHY는 최소 크기를 구성하기 위해 패킷을 '추가' 합니다. 이더넷 패킷의 최대 길이는 1,518바이트이고, 사용자 데이터의 최대 페이로드는 1,500바이트입니다. 이후 구현에서는 파일 전송 및 동영상 링크와 같은 특정 유형의 대규모 트래픽 흐름을 용이하게 하기 위해 최대 9,000바이트 길이의 소위 '점보' 프레임을 허용했습니다.

이더넷 공동 회선

초기 이더넷은 50년 전에 보편적이었던 공동 회선 전화 시스템이라고 생각하면 됩니다. 이 시스템에서는 여러 가구가 단일 전화선을 공유했으므로 한 번에 하나의 전화 사용자만 통화할 수 있었습니다. 인구가 적어 각 가구에 별도의 전화선을 공급하는 데 과도한 비용이 소요되는 시골에서는 공동 회선 전화 시스템이 타당한 솔루션이었습니다. 공동 회선 전화를 사용하려면 발신자는 먼저 전화기를 들고 발신음을 듣습니다. 발신음이 들리지 않거나 다른

그림 3: 이더넷 프레임 형식



사람의 대화가 들린 경우 발신자는 전화를 끊고 전화선을 사용할 수 있을 때까지 기다립니다. 발신자가 발신음을 듣지 않고 다른 사람이 통화 중인지 확인하지 않은 경우 이미 진행 중인 다른 대화와 충돌할 수 있습니다. 발신자가 다른 사람이 이미 통화 중인 것을 인식한 경우에는 다른 통화가 종료되기를 기다렸다가 전화를 걸어야 합니다.

초기 이더넷은 다음과 동일한 방식으로 작동했습니다. 먼저 네트워크 장치에서 데이터를 전송한 다음 네트워크 세그먼트의 다른 활동과 충돌하는지 확인하기 위해 수신 대기합니다. 충돌이 감지된 경우 송신기는 임의의 시간(1~2밀리초) 동안 자동으로 대기한 다음 네트워크에서 데이터를 전송할 수 있는지 다시 확인합니다. 이 네트워크 액세스 체계를 CSMA/CD(Carrier Sense, Multiple-Access, Collision Detection)라고 합니다(아래 설명 참조).

- **Carrier Sense**는 누군가 네트워크에서 이미 '통화' 중인지 여부를 확인하기 위해 이더넷 회신을 수신하여 네트워크 트래픽 간격을 감지함을 의미합니다.
- **Multiple Access** 란 여러 대화가 동시에 발생하지 않도록 각 장치가 교대해야 하지만 많은 이더넷 장치가 동일한 물리적 네트워크 회선에서 수신 및 전송할 수 있음을 의미합니다.
- **Collision Detection**은 잠재적 발신자가 이후에 이전 대화가 여전히 진행 중임을 감지할지라도 이전 통화자의 통화가 완료되기 전에 전송을 시작했음을 의미합니다. 따라서 발신자는 이전 대화가 완료될 수 있도록 하기 위해 통화를 중지합니다.

CSMA/CD와 교환 이더넷

CSMA/CD는 링크 및 노드 수가 적은 경우 네트워크 액세스 체계의 역할을 합니다. 그러나 더 많은 장치가 CSMA/CD 네트워크에 추가되거나 이러한 장치 간의 물리적 거리가 증가할 경우 CSMA/CD는 효과적인 네트워크 액세스 메커니즘을 제공하지 못합니다. 동시에 데이터를 전송하려는 장치가 너무 많으면 각 장치가 데이터를 전송하려고 시도한 후 충돌을 감지하여 임의의 시간(밀리초) 동안 대기한 다음 데이터 전송을 재시도해야 하므로 네트워크 액세스 경합이 발생합니다. 이러한 유형의 경합은 네트워크가 증가함에 따라 네트워크 지연 시간을 발생시킵니다. 마찬가지로 장치 간의 거리가 증가하면 링크의 지연 시간으로 인해 지속적인 충돌 및 백오프 기간이 발생할 수 있으며, 이로 인해 처리량이 감소하고 지연 시간이 증가합니다. 이러한 문제를 해결하기 위해

오늘날의 교환 이더넷 네트워크가 등장했습니다. 이 새로운 모델에서는 필요에 따라 버퍼를 사용하여 프레임을 큐에 넣어 충돌을 없애고 그로 인한 지연 시간 문제를 해결하는 이더넷 스위치 포트에 연결할 수 있는 자체 네트워크 세그먼트가 각 장치에 있습니다. 따라서 이전 공동 회선 전화가 이제 각 전송 장치와 전화 스위치(최종 사용자를 분리하여 회선을 사용할 수 있을 때 이들을 연결함)를 전용 회선으로 연결하는 오늘날의 전화망으로 업그레이드되었습니다.

마찬가지로, 교환 이더넷 네트워크를 사용하면 장치가 연결된 교환 네트워크 세그먼트를 다른 장치에서 사용할 수 없으므로 더 이상 충돌 문제가 발생하지 않습니다. 각 장치는 이더넷 스위치의 개별 포트에 연결되며, 각 포트에 하나의 장치만 연결됩니다. 이더넷 LAN의 모든 장치가 수신 대기하고 충돌을 처리해야 하는 대신, 이더넷 스위치가 해당 스위치에 연결된 모든 장치에 대한 교통 경찰의 역할을 하면서 스위치에 상주하는 장치와의 모든 트래픽에 대한 통합을 처리합니다. 스위치는 연결된 각 장치의 MAC 주소 및 연결된 포트를 인식합니다. 하나의 장치가 동일한 스위치의 다른 장치와 통신하는 경우 스위치는 중단 없이 대화가 진행될 수 있도록 두 장치 간의 연결을 완료합니다. 스위치가 해당 스위치에 연결되지 않은 MAC 주소를 대상으로 하는 네트워크 트래픽을 발견한 경우 이 트래픽은 스위치 업링크 포트를 통해 라우팅됩니다. 스위치 업링크 포트는 해당 스위치를 데이터 센터의 다른 스위치에 연결하거나 WAN 링크를 통해 다른 네트워크에 접속하는 라우터에 연결합니다.

브리지 기능

하나 이상의 네트워크 세그먼트가 단일 집선 네트워크에 연결된 경우 브리징이 발생합니다. IEEE 802.1d 표준에 따르면, 브리징은 라우팅과 다릅니다. 즉, 라우팅은 별도로 유지되는 개별 네트워크 간의 트래픽을 연결하고 라우팅하는 반면, 브리징은 하나의 통합된 MAC 계층 네트워크를 생성합니다. 브리징의 가장 대표적인 예는 이더넷 스위치에서 발생합니다. 스위치는 물리적 스위치 포트와 이 포트에 상주하는 소스 MAC 주소를 학습한 다음 전달하는 테이블에 있는 주소에 따라 트래픽을 전달합니다. 스위치가 DA를 인식할 수 없는 경우 데이터는 해당 스위치의 모든 포트로 플러딩됩니다. 다중 포트 브리징이라는 이 개념이 바로 오늘날 이더넷 네트워크 스위치의 기초입니다. CE의 가장 중요한 5가지 브리지 개념인 학습, 전달, 필터링, 플러딩 및 STP에 대해 좀 더 자세히 알아보면 다음과 같습니다.

- **학습:** 학습은 스위치가 SA 및 각 SA가 발견된 해당 포트 번호를 모니터링할 때 발생합니다. 스위치 소프트웨어 내에서 SA/포트 번호 상관 관계가 설정되면 향후 참조를 위해 이 매핑이 전달 테이블(FIB(Forwarding Information Base)라고도 함)에 저장됩니다. 트래픽이 스위치를 통해 이동할 때 특정 주소의 위치가 스위치의 포트 간에 변경되는 경우 스위치는 전달 테이블을 지속적으로 업데이트합니다. 지정된 기간 동안 MAC 주소에서 전송되는 패킷이 없는 경우 테이블이 과도하게 증가하는 것을 방지하기 위해 시간이 지남에 따라 FIB의 주소 항목이 "상실"됩니다.

- **전달:** 전달은 FIB에서 들어오는 이더넷 프레임의 DA를 조회하여 이 주소에 해당하는 포트로 프레임을 전송하는 이더넷 스위치로 구성됩니다. 이더넷 스위칭의 기초인 전달은 스위치에 있는 포트 간의 고속 처리량을 지원하는 동시에 포트별 네트워크 세분화를 허용합니다.

- **필터링:** 이더넷 스위치가 동일한 포트에 있는 소스 및 대상 주소를 표시하는 패킷을 발견한 경우 트래픽이 해당 소스 세그먼트로 다시 전송되는 것을 방지하기 위해 필터링이 발생합니다. 동일한 포트에 있는 모든 클라이언트가 해당 포트의 MAC 주소 간에 전송되는 모든 트래픽을 볼 수 있으므로 전달이 필요 없습니다. 필터링은 이러한 패킷뿐만 아니라 다른 모든 잘못된 형식의 패킷 또는 부분 패킷을 폐기합니다.

- **플러딩:** 스위치는 알 수 없는 DA의 패킷을 발견한 경우(즉, FIB에 DA에 대한 주소 항목이 없는 경우) 해당 네트워크 트래픽을 의도된 수신자에게 배달하기 위해 스위치의 모든 포트(시작 포트 제외)로 패킷을 전송합니다. 그 밖에 브로드캐스트 패킷(하나의 패킷이 모든 포트로 배달되도록 설계됨) 및 멀티캐스트 패킷(패킷이 FIB에 없는 하나 이상의 DA로 전송됨)을 사용하는 경우에도 플러딩이 발생할 수 있습니다.

- **스패닝 트리 프로토콜:** STP는 브리징 네트워크에서 루프를 방지하기 위해 도입되었습니다. 루프는 임의의 두 네트워크 노드 간에 둘 이상의 활성 네트워크 경로가 있는 경우에 발생할 수 있습니다. 이러한 이중화는 프레임이 무한히 순환되도록 하여 브리징 기능을 방해(또는 완전히 무효화)합니다. STP는 이중 경로 중 하나를 '차단'하므로 이 순환이 발생할 수 없습니다. 네트워크 복원력을 고려하여 STP는 기본 경로에 장애가 발생한 경우 차단된 경로를 자동으로 다시 활성화함으로써 이중 경로가 백업 경로의 역할을 하도록 지원합니다. 그러나 원래 STP는 '재통합'하는 데 대략 수십 초 내지 수백 초가 걸리는 경우가 많아 상당히 비효율적이었습니다. 보다 최근에는 이 프로세스의 속도 향상을 위해 RSTP(Rapid STP) 및 MSTP(Multiple STP)라는 변형이 정의되었습니다.

가상 LAN

네트워크가 성장하면서 플러딩의 영향을 제한하고 STP 기능을 단순화하기 위해 물리적 스위치를 가상 스위치로 세분화하는 것이 바람직해졌습니다. 4바이트 VLAN 태그(또는 802.1Q 표준에서 정의한 이후에는 Q 태그)가 이더넷 헤더에 삽입되었습니다. 2바이트는 프레임이 이제 Q 태그 프레임이라는 것을 식별하고, 나머지 2바이트는 최대 8개의 서비스 등급(3비트, PCP(Priority Code Point) 비트라고도 함) 및 4092 VLAN(12비트, VLAN ID라고도 함)을 정의하는 데 사용됩니다. 마지막 1비트는 프레임이 '폐기 가능'(DEI(Discard Eligibility Indicator))한 경우에 사용됩니다(극히 드문 경우).

여기서 흥미로운 것은 알 수 없는 DA가 있는 트래픽을 주어진 VLAN ID로 식별된 포트로만 전달하거나 플러딩하도록 스위치 기능을 제한하는 4094 VLAN입니다. 이는 대역폭 및 네트워크 리소스를 소비하기만 하고 필요 없는 종단점으로의 불필요한 데이터 브로드캐스트('브로드캐스트 스톰'이라고도 함)를 제한합니다. 이후 버전의 802.1 표준에서는 고유한 VLAN ID 및 P 비트가 있는 두 번째 VLAN 계층용으로 두 번째 Q 태그가 정의되었습니다. Q-in-Q(그림 2 참조)라는 이 접근법은 최종 사용자가 '고객' VLAN ID(CVID 또는 '내부 태그')를 정의하도록 허용하는 동시에 공급자 VLAN ID(PVID 또는 '외부 태그')를 사용하여 통신 사업자 인프라에서 개별 고객 또는 서비스를 식별하는

사업자들에게 널리 사용되었습니다. 이후, PBB(프로바이더 백본 브리징)라는 IEEE 802.1ah 표준은 프레임에 MAC 헤더를 추가하도록 지원(그림 2 참조)함으로써 거의 무제한적으로 확장되는 대규모 이더넷 네트워크에서 탁월한 유연성을 제공했습니다. 또한 PBB는 서비스 공급자 네트워크와 고객 네트워크 각각에 전용 MAC 주소 세트(및 관련 FIB)가 있으므로 두 네트워크를 명확히 구분합니다. 이더넷 프레임이 이더넷 UNI(사용자 네트워크 인터페이스)에 도달한 경우 서비스 공급자 MAC 주소가 고객의 이더넷 프레임에 추가됩니다. 그러면 서비스 공급자 네트워크 스위치가 해당 FIB에 대해 이 MAC 주소를 검사하고 전달, 필터링, 학습 등을 평소대로 진행합니다. 따라서 공급자 네트워크의 종단부에 있는 스위치만 PBB를 지원하면 되기 때문에 추가적인 이점이 있습니다. 네트워크 코어에 있는 스위치는 표준 MAC 헤더(이 예에서는 서비스 공급자 헤더)에서 스위칭되므로 IEEE 802.1 이더넷 스위치만으로 충분합니다.

LAN에서 이더넷의 경쟁력

이더넷 장비의 한 가지 주요 장점은 대부분의 네트워킹 장비와 원활하게 연동된다는 점입니다. 이더넷의 다양한 변형(예: 두 가지 PHY 데이터 속도)이 상호 연결된 경우 이더넷이 최상의 성능을 제공할 수 있는 가장 강력한 기능을 사용하도록 보장하는 기능이 내장되어 있습니다. 전문화된 협상 및 감지 프로세스는 서로 다른 하드웨어 구성 및 프로토콜 형식 간의 공통 분모를 식별합니다. 이더넷은 네트워크 상호 운용성 면에서 최고의 '플러그 앤 플레이'라는 명성을 얻었습니다.

이더넷 조기 도입의 또 다른 핵심 요소는 경쟁 기술에 비해 저렴한 비용입니다. 프로토콜 단순성 및 일상적인 관리 편의성은 전 세계 IT 부서의 호응을 얻었으며 토큰 링, 토큰 버스, FDDI 등의 기술로 조기 '프로토콜 문제'를 해결하도록 도와주었습니다. PC 산업이 등장하면서 비독점 규격 솔루션인 이더넷의 시대가 열렸습니다. 이때부터 이더넷은 '선순환' 구조로 알려지게 되었습니다. 이더넷이 보편화되면서 구성 요소 및 PC 제조업체의 칩셋, 모듈 및 카드 생산량이 증가했습니다. 이러한 생산량 증가로 인해 R&D 비용과 제조 시작 비용이 수백만 대의 장치로 분산될 수 있어 장치 단가가 인하되었습니다. 또한 가격 인하로 인해 가정, 데이터 센터 및 다중 터넌트 애플리케이션을 포함하여 이더넷의 도입이 더욱 확대되었습니다.

MEF와 캐리어 이더넷의 등장

MEF[1]는 주로 기업 LAN을 연결하는 데 사용되는 광 기반 대도시 통신 사업자 CE를 위한 새로운 표준 세트 개발에 대한 네트워킹 산업 공급업체들의 요구에 따라 2001년에 설립되었습니다. MEF의 활동 범위는 여러 해를 거치면서 초기에 중점에 둔 메트로 네트워크를 넘어 자연적으로 전 세계로 진화했지만 회선 속도가 증가하고 기능이 추가됨에 따라 여전히 CE 표준을 개발하고 수정하는 데 매우 활발히 참여하고 있습니다. 또한 MEF는 표준 준수를 보장하기 위해 CE 제품 및 서비스에 대한 인증 프로그램을 제공합니다. 마지막으로, MEF는 CE 제품 및 서비스를 지원하기 위해 지식과 기술을 확장하려는 네트워킹 전문가들을 위한 인증 프로그램을 제공합니다.

MEF 활동 목표 및 목적

MEF의 사명은 "전 세계의 캐리어 등급 이더넷 네트워크 및 서비스 도입을 촉진"하는 것입니다. MEF는 다음 4개의 상임 위원회에서 감독하는 네 가지 특정 활동 목표를 통해 이러한 사명을 추진합니다.

- **기술 위원회**(Technical Committee): CE 하드웨어 및 소프트웨어의 상호 운용성을 보장하는 아키텍처와 CE 서비스에 대한 기술 사양 및 구현 프로세스를 개발합니다. MEF 기술 위원회는 CE 상호 운용성 및 구현과 관련된 50여 가지의 사양을 지속적으로 개발하고 관리합니다. 이러한 사양은 대부분 MEF의 지속적인 CE 사양 및 표준 개선의 일부로 두 번째 또는 세 번째 되풀이되고 있는 상태입니다.
- **인증 위원회**(Certification Committee): CE 관련 하드웨어, 소프트웨어, 서비스 및 네트워킹 전문가를 위한 인증 프로그램을 개발합니다. MEF 인증 위원회는 MEF 기술 위원회에서 개발한 장비 및 서비스 사양에 따라 CE 테스트를 관리합니다.

[1] 원래 'Metro Ethernet Forum'이라고 했지만 현재는 메트로를 뛰어넘는 글로벌 역할을 반영하여 간단히 'MEF'라고 함

- **서비스 운영 위원회**(Service Operations Committee): CE 서비스 구매, 판매, 전달 및 관리에 대한 표준화된 프로세스를 개발합니다. MEF 서비스 운영 위원회는 이 중요한 업무를 이행하기 위해 2013년에 구성되었습니다.

- **마케팅 위원회**(Marketing Committee): CE 사용 사례 연구, 마케팅 자료, 오디오 및 비디오 클립, MEF의 목표를 명확히 전달하는 백서 등의 개발을 통해 이해 관계자들을 교육하고 MEF의 인지도를 높입니다. MEF 마케팅 위원회는 CE 사양과 MEF의 활동에 대해 이해 관계자들을 교육하는 CE 온라인 세미나, 동영상 및 회의를 주관합니다.

캐리어 이더넷의 특성 및 가치 제안

MEF의 중요한 초기 업적 중 하나는 이더넷 서비스 및 특성을 설명할 때 사용되는 어휘를 파악하여 공식화하는 것이었습니다. 예를 들어 '캐리어' 또는 '캐리어 등급' 이더넷이 정확히 무엇인지 또는 서비스 품질, 안정성 등의 측면에서 제공해야 하는 것이 무엇인지에 대한 많은 정의가 있었습니다. 그림 4에서는 CE의 5가지 특성을 설명하는 데 사용되는 일반적인 다이어그램을 보여 줍니다.

그림 4: 5가지 캐리어 이더넷 특성

- **표준화된 서비스**: 예측 및 반복 가능한 서비스 사용을 이끄는 표준 기반 솔루션에 대한 요구입니다. 예를 들어 MEF 서비스는 IEEE 표준을 기반으로 회선 속도, 인코딩, 패킷 크기 등의 물리적 세부 정보를 정의합니다.

- **확장성**: LAN을 넘어 매우 긴 거리에 걸쳐 있고 기술적으로 실현 가능한 경우 데이터 속도가 훨씬 더 빠른 다양한 용도(기업, 가정, 모바일)에서 이러한 서비스를 지원하는 기능입니다.

- **안정성**: 장애를 감지하고 복구하며, 가장 까다로운 가용성 요구 사항(업계에서 확립된 지표는 50밀리초의 복구 시간)을 충족하는 네트워크의 기능입니다.

- **서비스 품질**: 음성, 동영상, 데이터 및 모바일 서비스에 적절한 성능 지표를 포함하여 SLA(서비스 수준 계약)를 충족하는 데 필요한 성능 지표 면에서의 다양한 옵션을 지원합니다.

- **서비스 관리**: 인프라를 시각화하고, 서비스를 출시하고, 문제 영역을 진단하고, 일상적인 네트워크 관리를 수행하는 기능입니다.

그러나 CE 서비스로 적합한 것을 설명하는 기본 어휘를 넘어 실제 서비스 정의(MEF 6가지 사양으로 표현)와 해당 특성(MEF 10가지 사양으로 표현)은 각 서비스의 명칭과 동작 방식을 훨씬 명확하게 정의합니다. 처음부터 MEF는 구체적인 구현 정보의 기술을 피하고 이를 공급업체와 사업자들에게 맡기려고 애써 왔습니다. MEF의 주요 역할은 CE 서비스의 동작 방식과 이를 구축, 운용 및 구매/판매하는 데 필요한 특성에 대한 업계의 공감대를 형성하는 것이었습니다. MEF 인증은 MEF 서비스 도입의 위험을 줄이고 전체 통신 서비스 스펙트럼에서 균일한 사용을 촉진하기 위한 것입니다.

CE 도입의 영향 요소에는 기업, 가정 및 무선 트래픽을 결합하여 규모의 경제를 실현하는 통합 네트워크를 구현함으로써 캐리어 네트워킹 비용을 절감하기 위한 노력이 포함됩니다. 기업 및 기타 네트워크 사업자도 CE가 캐리어 네트워크 통합을 지원하는 것과 동일한 방식으로 기업 네트워크를 통합하여 비용을 크게 절감할 수 있습니다.

MEF 표준 및 서비스의 구조

MEF 이더넷 서비스 모델(그림 5)은 다양한 CE 서비스를 조합하는 데 사용되는 일련의 구성 요소를 정의합니다. 예를 들어 UNI는 공식적으로 해당 특성(예: 고유 ID, 물리적 계층 유형 등)과 함께 정의됩니다. 또한 EVC(Ethernet Virtual Connection)는 VLAN 태그 유지, CoS(서비스 등급) 유지 및 여러 가지 성능 특성과 같은 특성으로 정의됩니다. EVC를 통해 두 UNI를 연결하면 E-Line(이더넷 가상 사설 회선 데이터 서비스) 서비스 유형이 생성됩니다. 이러한 방식으로 구성 요소를 사용할 경우 서비스 공급자는 일관성 있고 표준화된 명명법을 사용할 때와 마찬가지로 구매자와 판매자가 이해할 수 있는 다양한 CE 서비스 세트를 구성할 수 있습니다.

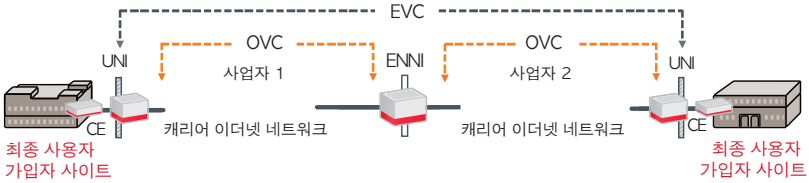
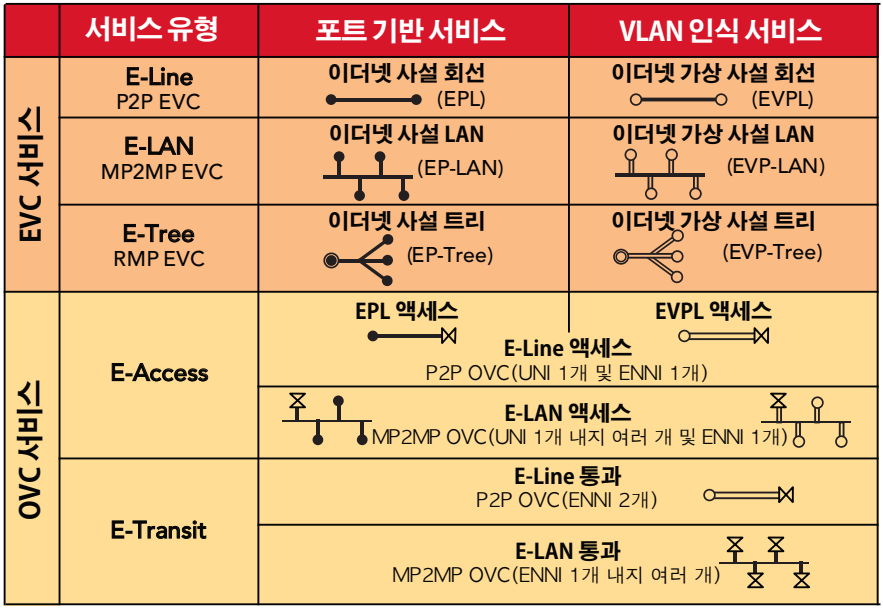


그림 5: MEF 서비스 모델

또한 MEF 문서에서는 사업자와 서비스 공급자를 구분합니다. 사업자는 CE 네트워크를 관리하지만 다른 사업자에게 서비스를 판매합니다. 반면, 서비스 공급자는 최종 사용자에게 서비스를 판매합니다. 경우에 따라 이들을 각각 도매업체와 소매업체라고도 합니다. EVC와 비교한 OVC(Operator Virtual Connection)의 공식 정의는 ENNI(External Network-to-Network Interface)를 정의하는 MEF 26.1과 OVC를 정의하는 MEF 51에 표현되어 있습니다. 이러한 추가 구성 요소를 통해 CE 메뉴에서 창의적이고 유연한 서비스를 제공할 수 있습니다(그림 6).



EVC: Ethernet Virtual Connection
OVC: Operator Virtual Connection
P2P: 지점 간
MP2MP: 다지점 간
RMP: 루트 다지점
EPL: 이더넷 사설 회선
EVPL: 이더넷 가상 사설 회선

그림 6: MEF 서비스 유형

그러나 MEF 활동의 궁극적인 장점은 인증 프로그램과 관련이 있습니다. CE 장비와 서비스 모두 수백 가지의 테스트 사례를 사용하는 타사 기술 평가에 따른 다양한 사양을 준수하는 것으로 인증될 수 있습니다. 공급자는 자사 서비스를 인증함으로써 표준 준수 서비스 제공에 대한 약속과 이러한 약속을 중립 기관에 검증하겠다는 의지를 보여 주는 등 여러 가지 목표를 성취할 수 있습니다. 고객이 최종 사용자든 다른 사업자든 상관없이 인증된 서비스를 구매하고 판매하면 복잡한 일대일 계약 협상을 피할 수 있습니다.

필수는 아니지만 사업자 간의 RFP(Requests for Proposal)에 인증이 요청되는 경우가 증가하고 있습니다. 장기적인 비용 방지("맞춤형" 서비스에서 발생하는 비용) 및 시장 출시 시간 면에서 상당한 장점이 있습니다. 구매자와 판매자는 업계에서 인정된 MEF 서비스 정의 및 관련 특성을 사용하여 요구 사항을 신속하게 식별함으로써 비즈니스를 빠르고 효율적으로 진행할 수 있습니다.

서비스 수준 인증을 달성하는 방법 중 하나는 서비스 수준에서 사용되는 것과 동일한 테스트 절차를 사용하여 장비에 대한 인증을 획득한 시스템 공급자와 협력하는 것입니다. MEF를 통해 이러한 협업이 쉬워지면서 업계에서 점점 보편화되고 있습니다.

캐리어 이더넷 기술의 주요 요소

캐리어 이더넷은 다양한 기술 요소를 기반으로 앞서 설명한 5가지 주요 특성을 실현하는 일련의 서비스로 진화해 왔습니다. 특성이 특정 구현을 정의하는 것은 아니지만 그 중 몇 가지에 대해 알아보겠습니다.

캡슐화 및 전송 기술

특정 인프라(예: SONET/SDN, OTN(광 전송 네트워킹) 또는 MPLS)를 통해 이더넷 서비스(E-Line 또는 E-LAN)를 전송하기 위해 이더넷 프레임을 다양한 유형의 전송 인프라로 캡슐화하는 많은 기술이 존재합니다. 이를 통해 이더넷 사용자 데이터 및 헤더를 인프라별 프로토콜 데이터 단위에 맞게 조정할 수 있습니다. 네트워크 인프라를 통과한 후에는 이더넷 프레임의 캡슐화를 해제하고 네이티브 형식으로 대상에 전달할 수 있습니다.

SONET/SDH/OTN

캐리어 인프라로 대중화된 1 계층 프로토콜(예: SONET/SDH 및 OTN)은 많은 사업자 네트워크에서 CE 서비스를 전송하는 데 사용되어 왔습니다. GFP(Generic Framing Procedure)와 같은 기술을 통해 이더넷 및 기타 클라이언트 프로토콜을 이러한 동기식 전송 인프라에 매핑할 수 있습니다. OTN은 여러 이더넷 회선 속도에 적합한 ODU(광 데이터 단위) 유형을 정의하여 투명하게 전송될 수 있도록 합니다. 이 접근법은 이더넷 서비스가 동영상, 음성 및 FC(Fiber Channel)와 같은 다른 네이티브 서비스와 함께 이러한 인프라에서 다중화되도록 지원하는 동시에 이더넷 서비스가 급증한 경우에도 '대폭적인 업그레이드'를 방지합니다. 또한 기본 1 계층 프로토콜에서 제공하는 50밀리초 이하의 복원으로 이더넷 서비스를 완전히 보호합니다.

MPLS

MPLS(다중 프로토콜 라벨 스위칭)는 코어 라우터 간에 패킷 기반 트래픽을 전송하기 위해 코어 네트워크에 널리 구축되었습니다. MPLS는 IP에 필요한 대부분의 주소 조회 절차를 단순화하고 TDM 전송 링크에서 패킷 기반 링크로의 전환을 가속화했습니다. 또한 MPLS는 2 계층 네트워크(L2VPN) 또는 3 계층 라우팅 네트워크(L3VPN)를 에뮬레이션하여 이더넷 프레임을 전송하는 데 사용되었습니다. MPLS는 빠른 복원 시간, 다중 서비스 다중화 및 효율적인 대역폭 엔지니어링을 지원하기 때문에 이 전송 방법이 점점 보편화되었습니다. 일부 사업자는 MPLS '클라우드'를 네트워크 종단부로 확장하기 시작했지만 프로토콜의 복잡성 및 특정 관리 도구(OAM 섹션 참조)의 부재가 주요 문제라는 것을 알았습니다.

MPLS-TP/PBB/PBB-TE

최근에는 일부 MPLS 구성을 단순화하고 사업자가 네트워크를 일상적으로 관리하는 데 필요한 관리 도구를 생성하기 위해 MPLS-TP(MPLS-전송 프로토콜)가 고안되었습니다. 여기에는 연결 확인, 장애 모니터링, 대역 내 제어/관리 등의 기능이 포함됩니다.

앞서 설명했듯이, QinQ 및 PBB 기술 덕분에 네트워크 사업자와 최종 사용자가 다루는 도메인을 구분할 수 있게 되었습니다. 이 두 기술은 브리징 기능을 단순화하고 브로드캐스트 스톰 및 네트워크 장애의 영향을 제한했습니다. 그러나 주요 사업자가 사용하는 전송 시스템의 기본 특성은 네트워크를 통과하는 패킷의 적절한 경로 선택과 관련이 있습니다. 대부분의 경우 연결 지향 경로가 선호되는 데, 이는 특히 대규모 네트워크에서 안정적이고 예측 가능한 동작을 제공하기 때문입니다. PBB-TE(프로바이더 백본 브리징-전송 엔지니어링)와 MPLS-TP는 알 수 없는 패킷의 플러딩 및 STP(보안 및 확장성 면에서 문제가 될 수 있음)라는 개념을 제거하는 메커니즘을 제공합니다. 대신, FIB 테이블이 중앙화된 관리 또는 제어 엔터티에 의해 명시적으로 채워집니다. 따라서 사업자는 예정된 경로를 생성할 수 있으므로 네트워크 동작을 완전히 예측할 수 있습니다. 이러한 프로토콜은 수십 년간 전송 네트워크에서 SONET/SDH가 프로비저닝된 것과 동일한 방식으로 서비스를 프로비저닝하는 추가적인 장점이 있습니다. SONET/SDH의 성공 덕분에 이 친숙한 운영 모델은 서비스 공급자에게 네트워크 활용을 극대화하고 전송 비트당 비용을 최소화할 수 있는 상당한 이점을 제공합니다. 또한 잘못된 구성이나 프레임 누수가 최소화되고 네트워크의 일부로 국지화되기 때문에 보안이 증가합니다.

복원성 강화를 위한 접근법

앞서 설명했듯이, STP는 이더넷 네트워크에서 브리지 루프를 방지하기 위해 고안되었습니다. 이러한 루프는 무한한 프레임 순환을 일으켜 기본 이더넷 플러딩 및 학습 알고리즘 내에서 총체적인 혼란을 야기할 수 있습니다. STP는 네트워크의 예비 링크가 링크 장애 시 자동으로 백업 링크가 되도록 허용합니다. 이는 이론적으로 원활하게 작동하지만 이러한 장애가 발생한 경우 알고리즘의 '통합'이 느려지는 경향이 있습니다(스패닝 트리의 크기에 따라 대략 수십 초 내지 몇 분이 지연될 수 있음). 이로 인해 트래픽이 손실되고 QoS(서비스 품질)가 저하됩니다. IEEE는 이에 대한 대안으로 Rapid Spanning Tree 및 Multiple Spanning Trees 등을 마련했습니다. 이러한 스패닝 트리는 통합 시간을 단축했지만 기존 SONET/SDH 네트워크에서 볼 수 있었던 50밀리초 이하의 복원에 대한 기대를 여전히 충족하지 못합니다.

또 다른 대체 복원성 기술은 여러 포트에서 여러 이더넷 물리적 미디어를 병렬로 사용하여 링크 이중화 및 가용성을 높이는 LACP(Link Aggregation Protocol, IEEE 802.3ad)를 활용하는 것입니다. LACP는 단일 연결로 관리되는 장치 간의 보다 빠른 연결, 부하 공유 및 논리적 연결 내 개별 링크 간의 부하 분산을 지원합니다. 링크 중 하나에서 장애가 발생한 경우 나머지 정상 링크를 통해 부분 연결성이 유지됩니다(다만, 전체 대역폭 용량이 감소함). 그러나 LACP 장애 조치 시간은 1초 이하일 수 있지만 이는 일반적인 전송 네트워크 사업자가 기대하는 기존 50밀리초 이하 벤치마크를 충족하지 못합니다.

여러 접근법이 이더넷 서비스에 대한 이러한 보호를 제공할 수 있습니다. 하나는 앞서 설명한 것과 같이 이더넷 프레임을 SONET/SDH 또는 OTN 프레임에 매핑하는 것입니다. 이더넷 PDU(프로토콜 데이터 단위)는 해당 SONET/SDH/OTN 프레임 구조에 클라이언트 프레임으로 매핑되고 이 TDM 인프라에서 투명하게 전송될 수 있습니다. 따라서 SONET/SDH/OTN 프로토콜에 내재된 기본(1 계층) 보호 메커니즘은 장애 시 50밀리초 이하의 보호를 제공할 수 있습니다.

PBB-TE 및 MPLS-TP와 같은 연결 지향 프로토콜을 사용할 경우 하나 이상의 보호 터널(이 역시 연결 지향임)로 연결 지향 터널을 백업할 수 있습니다. 기본 터널에서 백업 터널로의 장애 조치는 누락 시 연결성 손실을 나타내는 '하트비트'를 통해 신호가 전달될 수 있습니다(IEEE 802.1 ag에 대한 다음 설명 참조). 이 장애 조치는 전송 사업자들이 기대하는 예정된 50밀리초 이하에서 원활하게 실현될 수 있습니다.

하지만 또 다른 접근법에서는 링 기반 연결성 및 보호를 제공하는 ITU-T G.8032를 사용합니다. ITU-T G.8032는 고유한 방식으로 루프를 방지하므로 루프 방지를 위해 STP에 의존하지 않습니다. 링 기반 토폴로지는 특히 메트로 네트워크 시나리오에서 보편화된 기술이며, G.8032는 신속한 서비스 복원을 위한 간단하고 비용 효과적이며 확장 가능한 솔루션을 제공하는 이더넷 링 보호 기술로서, 적절한 비용으로 SONET/SDH 등급의 복원성을 제공합니다. 또한 G.8032 기술을 통해 서비스 공급자는 네트워크의 미래 경쟁력을 보장함으로써 자본 지출을 크게 절감할 수 있습니다. G.8032 기술은 다음과 같은 이점을 제공합니다.

- 접속, 메트로 및 코어 네트워크 세그먼트에서 링, 하위 링, 이러한 링 또는 하위 링 간의 여러 연결 등 유연한 구축 모델을 지원합니다.
- 링을 통해 전송되는 모든 서비스 및 서비스 유형에 대해 예측 가능한 50밀리초 이하의 서비스 복원을 지원합니다.
- 서비스 공급자의 SLA 요구(예: 장애, 성능 및 보호 허용 오차)를 충족합니다.
- MPLS, MPLS-TP, VPLS, PBB-TE, PBB 등의 기존 네트워킹 솔루션과 연동할 수 있습니다.
- 여러 서비스 유형(예: ELINE, E-TREE 및 E-LAN) 및 주요 애플리케이션을 효율적으로 지원합니다.
- 효율적인 리소스 대역폭 활용을 지원합니다.
- 강제 스위칭 및 되돌리기 금지와 관련된 기존 전송 운영 절차를 지원합니다.

운영, 관리 및 유지 보수 기능

OAM(운영, 관리 및 유지 보수) 기능은 오늘날의 네트워크에서 점점 CE로 대체되는 기존 TDM 기반 서비스의 특징입니다. 따라서 이더넷 OAM은 올바른 기능 및 서비스 성능에 대한 가시성 및 확신을 제공하기 위해 이러한 기능을 갖추어야 합니다. WAN을 통과하는 이더넷 서비스는 수백 내지 수천 킬로미터에 이를 수 있기 때문에 CE의 서비스 관리 특성이 특히 중요한데, 이러한 기능은 이 특성을 실현하는 데 핵심적인 요소입니다.

따라서 원래 LAN 기술의 일부가 아니었던 장애 및 성능 관리 도구를 OAM 기능에서 제공할 수 있도록 최근에 다양한 OAM 도구 키트가 이더넷 프로토콜 표준에 추가되었습니다. 표 1에는 몇 가지 중요한 새로운 OAM 기능이 나와 있습니다.

OAM 표준	표준 기구	설명
802.1ag CFM(Connectivity Fault Management)	**IEEE(미국전기전자학회)**	네트워크 장애를 감지, 발견 및 분리하는 연속성 확인, 루프백 및 루프 추적 프로토콜을 지정합니다. 이는 최종 사용자, 서비스 공급자 또는 사업자에 해당하는 여러 가지 유지 보수 도메인에 적용될 수 있습니다. CCM(연속성 확인 메시지)은 네트워크 내 정의된 지점(종단점 또는 중간점) 간의 장애를 감지하는 데 사용될 수 있습니다. 마찬가지로, LBM(루프백 메시지)은 특정 유지 보수 지점에 연결할 수 있는지 확인하는 데 사용되고, LTM(링크 추적 메시지)은 장애가 발생한 곳을 분리하는 데 사용될 수 있습니다.

OAM 표준	표준 기구	설명
Y.1731 OAM Functions and Mechanisms for Ethernet-based Networks	**ITU-T**	802.1ag와 거의 동일한 장애 관리 기능을 지원하지만 FLR(프레임 손실률), 프레임 지연(지연 시간이라고도 함) 및 FDV(프레임 지연 변동, 지터라고도 함)를 비롯한 성능 모니터링 도구를 추가합니다. 이는 고객 SLA를 확인하고 고성능 서비스(예: VoIP, 동영상 전달 및 데이터 센터 상호 연결)를 지원하는 데 중요한 지표입니다.
802.1ah EFM(Ethernet in the First Mile)	**IEEE(미국전기전자학회)**	이더넷 액세스 링크를 모니터링하고 문제를 해결하는 메커니즘을 정의합니다. 특히 검색, 원격 장애 표시, 로컬 루프백, 상태 및 성능 모니터링용 도구를 정의합니다. 흔히 노드에서 복구 불가능한 지역 장애(예: 장애)가 발생했음을 나타내는 메시지 업스트림을 신속하게 전송할 수 있는 '다잉 개스프'라는 특정 기능과 연관이 있습니다.

OAM 표준	표준 기구	설명
RFC 2544/Y.1564 Ethernet Service Activation Test Methodology	**IETF/ITU-T**	두 표준 모두 서비스 설정 시 주요 서비스 특성을 확인할 수 있는 이더넷 관련 테스트 방법론(서비스 '출생 신고서'라고도 함)을 정의합니다. SLA에 중요한 처리량, 지연 시간, 지터 및 대역폭 프로파일 측정을 허용하기 위해 가상 테스트 생성기 및 반사기 기능을 정의합니다. 생성기 기능은 네트워크에 주입되는 테스트 패턴을 생성하고, 반사기는 양방향 측정을 허용하도록 루프백을 생성합니다. 두 표준이 서로 유사하지만 Y.1564가 보다 최근에 등장하고 향상된 표준이며, 최신 장비에 광범위하게 채택됩니다. 이러한 기능을 네트워크 요소에 기본 제공('내장') 하거나 현장에서 사용되는 전용 테스트 장비(종종 휴대용)에 통합할 수 있습니다.

표 1: 오늘날의 다양한 캐리어 이더넷 OAM '도구 키트' (다음 페이지에 계속)

OAM 표준	표준 기구	설명
RFCs 4379, 6371, 6428(및 기타) Label Switched Path (LSP) Ping/TR, + OAM Framework for MPLS-based Transport	**IETF(국제 인터넷 표준화 기구)**	이 RFC 시리즈는 MPLS 수준에서 연결성을 확인하는 MPLS 관련 OAM 기능을 생성합니다(예: 경로 장래 또는 라벨 불일치 감지 및 분리). MPLS-TP는 경로를 모니터링하고, 결함을 식별하며, 중요 이벤트 발생 시 NMS(네트워크 관리 시스템)에 알리기 위해 이러한 기능을 도입했습니다.
RFC 5357 TWAMP(Two-Way Active Measurement Protocol)	**IETF(국제 인터넷 표준화 기구)**	기존 Ping/경로 추적 기능보다 정확한 타임스탬프 기술 및 TCP/IP로 양방향 성능 측정을 지원합니다. 특히 TWAMP는 패킷 손실, 지 연 시간, 지터, 중복 및 고장 시나리오를 측정할 수 있습니다.

표 1: 오늘날의 다양한 캐리어 이더넷 OAM '도구 키트'

OAM 표준	표준 기구	설명
IEEE 802.1AB LLDP(Link Layer Discovery Protocol)	**IEEE(미국전기전자학회)**	이더넷 네트워크에서 네트워크 장치의 ID 및 기능을 발견하는 역할을 수행합니다. 발견할 수 있는 정보로는 노드 이름, 포트 이름/설명, VLAN 이름, 관리 IP 주소 및 기타 지원되는 시스템 기능이 있습니다. 그런 다음 네트워크 및 요소 관리 시스템에서 장치를 쿼리하여 정보를 노출하고 작업을 수행할 수 있습니다.

서비스 품질

이상적인 상황에서의 서비스 동작을 설명하는 것은 문제가 없습니다. 문제는 네트워크에 압박이 가해지는 경우에 발생합니다. 예를 들어 인프라의 여러 섹션에 트래픽 부하가 가중되는 경우입니다. 네트워크는 과도한 트래픽 부하에 어떻게 반응하며 최종 사용자와의 계약 SLA를 어떻게 유지할까요? 네트워크가 이러한 상황을 처리하도록 설계되지 않은 경우에는 트래픽이 손실되고 과도한 지연이 발생할 수 있습니다.

기존 이더넷의 홉 간(hop-by-hop) 동작은 예측을 불가능하게 합니다. 즉, 서비스 공급자가 네트워크에서 프레임의 이동 방식을 알지 못하기 때문에 트래픽 정체의 영향을 예측할 수 없습니다. CE 환경에서는 QoS 및 트래픽 엔지니어링 기술(예: 연결 지향 이더넷에서 제공되는 기술)이 네트워크에서 SLA 매개 변수를 유지할 수 있도록 트래픽 스트림의 우선 순위 지정을 지원합니다.

이는 CIR(Committed Information Rate), 프레임 손실, 지연 및 지연 변동 목표에 따라 종단 간 성능을 제공함을 의미합니다. 네트워크에서 정체가 발생한 경우 이더넷 스위치는 대상에 전달되도록 예약할 수 있을 때까지 패킷을 큐에 저장해야 합니다. 다양한 기술 및 접근법을 통해 우선 순위가 높은 프레임을

결정할 수 있지만 대부분 몇 가지 정책(트래픽 유형, SLA 등을 기반으로 함)에 따라 프레임을 분류해야 합니다. 각 트래픽 유형이 별도의 큐에 저장된 다음 WRR(Weighted Round Robin), RAD(Random Aarly Discard), WFQ(Weighted Fair Queuing) 등의 예약 '규칙'에 따라 적절한 출력 포트에 예약됩니다.

따라서 서비스 공급자는 기업 및 가정용의 통합 네트워크에서 음성, 동영상 및 데이터에 대한 요구 사항을 충족할 수 있습니다. QoS 수준의 계층을 생성하면 서비스 수준 및 애플리케이션 수준 모두에 적절한 리소스를 제공할 수 있습니다. 예를 들어 주어진 고객 서비스(예: E-Line) 내에서 음성 동영상 및 HTTP 트래픽을 종단 간 지연 또는 대역폭 용량에 대한 애플리케이션 수요에 적합하게 구분하여 처리할 수 있습니다(그림 7).

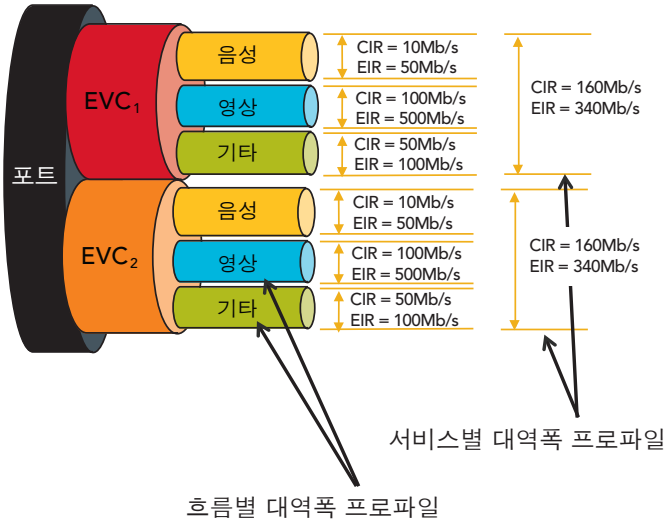


그림 7: 이더넷 서비스 대역폭 프로파일

연결 지향 이더넷은 네트워크에서 프레임 경로를 지정하는 데 사용될 수 있기 때문에 서비스 공급자는 네트워크를 트래픽 엔지니어링하거나 대역폭을 예약하고 리소스를 큐에 지정할 수 있습니다. MPLS-TP 및 PBB-TE는 네트워크 용량을 과도하게 프로비저닝하지 않고도 대역폭 예약 및 고객 SLA를 충족하는 '하드 QoS'를 제공합니다.

뛰어난 확장성

이러한 다양한 도구 및 기술을 통해 CE 공급자는 효율적이고 복원성이 뛰어나며 관리하기 쉬운 견고한 인프라를 구축할 수 있습니다. 하지만 이 인프라가 장거리에 걸쳐 수천 개의 서비스 인스턴스로 확장될까요? 또한 네트워크가 지속적으로 증가하는 대역폭 용량을 감당할 수 있을까요?

프로토콜 수준의 확장성 문제는 대부분 QinQ, PBB, 계층적 QoS 및 연결 지향 이더넷 기술과 같은 기술을 통해 해결되었습니다. CE는 주소-공간 제한 문제(수백만 가지에 있을 수 있음)가 없으므로 오늘날의 실리콘 기술에 대한 제한 요소가 아닙니다. CPU 소비가 심한 기능(테이블 조회, 주소 변환)은 제한 요소일 수 있지만 오늘날의 확장 제한은 CE 서비스의 신속한 구축을 방해할 수 있는 운영 절차 및 인적 요소와 관련이 있습니다. 이러한 문제를 위해 서비스 활성화 및 지속적인 관리에 자동화, 스크립트로 작성된 절차, 소프트웨어 기반의 지능형 정책을 사용하는 새로운 세대의 네트워크가 등장하고 있습니다. 예를 들어 완전 자동화 프로비저닝(ZTP)과 같은 기술은 비용이 많이 드는 현장 파견 없이 짧은 기간에 수천 대의 스위치와 관련 서비스를 구축할 수 있도록 해줍니다. 스위치는 절차에 따라 전원이 켜지면 네트워크에서 자체를 식별하고, 보안 서버에서 최신 구성 및 서비스 특성을 다운로드하며, 수초 내에 온라인 상태로 전환합니다.

최신 클라우드 기반 애플리케이션의 동적 특성과 일치하는 서비스 수준 및 주문형 서비스를 생성하여 CE 네트워크에서 가능한 서비스 옵션 목록에 SDN이 추가되었습니다. 이러한 자동화되고 창의적인 서비스 구성의 예로는 주문형 대역폭, 경로 최적화, 네트워크 '조각 모음' 등이 있습니다. 각 구성은 서비스 공급자에게 중대한 운영 문제를 방지함으로써 향후 네트워크 확장의 장애물을 제거합니다.

캐리어 이더넷 애플리케이션 및 사용 사례

시장에서의 지속적인 도입만큼 CE의 성공을 잘 나타내는 것은 없을 것입니다. 특별하지 않은 몇 가지 가상의 샘플 비즈니스 사례를 살펴보겠습니다. 제시된 CE 기반 솔루션도 예제에 불과합니다.

에테르 은행: 금융 기관/은행

회사 현황:

에테르 은행은 가상의 은행으로 두 개의 사설 데이터 센터를 관리하며, 대도시 시장에서 지점 수를 늘려 가고 있습니다. 에테르 은행에는 기본 데이터 센터와 보조 데이터 센터 간에 데이터를 교환하고 액티브-액티브 데이터베이스 애플리케이션에서 중복된 고객 레코드 이미지를 유지 관리하기 위해 대규모 연결이 필요합니다. 또한 일상적인 은행 활동을 관리하기 위해 애플리케이션이 내장된 데이터 센터에 대한 지점 수준의 액세스가 필요합니다.

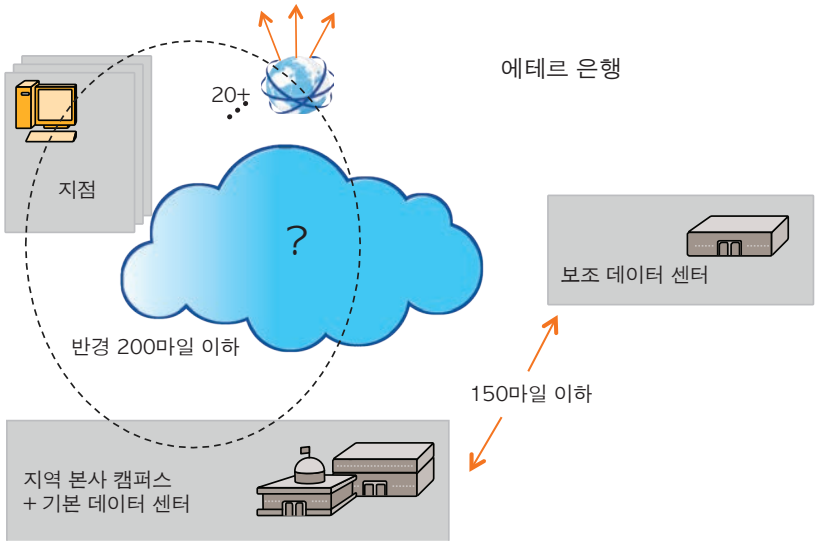


그림 8: 에테르 은행 현황 분석

표 2에는 에테르 은행 IT 담당 이사의 우려 사항이 나와 있습니다.

요구 사항	세부 정보
물리적 액세스/위치	• 최대 500명의 직원이 있는 본사 캠퍼스 • 지역적으로 분산된 20개의 지점(본사에서 반경 200마일 이내) • 본사 캠퍼스(기본 데이터 센터)의 중앙화된 데이터 처리 및 본사에서 50마일 이내에 있는 이중 미러링 사이트(보조 데이터 센터) • 현재 T3/SDH 인프라를 통한 연결성은 비용 문제로 인해 150Mb/s 미만으로 제한됨
애플리케이션 지원	• 실시간 금융 거래/보고(빠른 속도의 일별 은행 거래, 연방 준비 은행으로의 외부 핸드오프, 월별/분기별 보고 사용)를 위한 데이터베이스 액세스, 낮은 지연 시간의 데이터 전송이 필요한 애플리케이션 • 은행 고객 계정 액세스 애플리케이션을 위한 타사 웹 호스팅 인프라 • 내부 HR/교육 네트워크에 많은 동영상이 사용됨(모든 지점에서의 화상 회의 및 원격 학습 애플리케이션 지원 포함) • 운영/백 오피스 보안 인프라(파일 교환, 내부 보고)

요구 사항	세부 정보
보안	• 모든 금융 기관과 마찬가지로 사용자 및 기업 금융 데이터 보안이 최우선 - 주요 우려 사항: o 금융/사용자 데이터 또는 자산의 손실/도난 o 내부 손실/도난으로부터 보호 o 의도적이거나 의도적이지 않은 데이터 액세스 중단
성장 잠재력	• 예로부터 인수 중심적 비즈니스, 지점 및 개발 사이트 추가

표 2: 에테르 은행 IT 담당 이사의 우려 사항

에테르 은행에는 까다로운 애플리케이션 세트를 지원하는 지능형 네트워크가 필요합니다. 그러나 IT 부서가 작고 항상 예산이 부족하므로 간편한 운영이 최우선입니다. CE 서비스와 관리형 서비스(예: VoIP 지원, 방화벽 유지 보수 및 메일 서버 지원)는 IT 부서에 과중한 부담을 줄 수 있는 많은 기능을 아웃소싱하도록 도와주므로 이러한 시나리오에서 주목을 받는 경우가 많습니다. 이 예에서는 지점, 본사(및 기본 데이터 센터) 및 보조 데이터 센터를 온라인 및 상시 가동 상태로 유지하는 네트워크 연결성 서비스에 중점을 둡니다.

물론 가장 중요한 고려 사항은 서비스 가용성입니다. 이 예에서는 필요한 물리적 위치의 대부분을 지원할 수 있는 공급자가 하나 이상 있다고 가정합니다. 늘 그런 것은 아닐지라도 실제 시나리오에서 기존 서비스(TDM 기반) 및 DSL 또는 HFC 기반 서비스를 도입할 수 있는 옵션이 있습니다. 하지만 가능한 모든 변형을 다루는 것은 이 문서의 범위를 벗어납니다. CE 서비스는 물리적 미디어 또는 전송 기술에 대해 정의됩니다.

표 3에는 주요 구매자 고려 사항이 나와 있습니다.

구매자 고려 사항	중요도(1~5, 낮음-높음)	권장 사유
대역폭	4	• 지점에서 동영상 애플리케이션의 사용이 증가한다고 했으므로 100~200Mb/s 범위의 지점 연결성이 필요합니다. • 본사와 오프사이트 데이터 센터 간의 데이터베이스 동기화는 관련 데이터 세트의 크기(5Gb/s로 가정)에 따라 다릅니다. • 애플리케이션 개발 및 테스트에 1Gb/s 이상이 필요할 수 있습니다.
성능/QoS	5	• 지점 연결성에 다중 서비스(데이터베이스 상호 연결부터 기본형 지점 인터넷 액세스까지) 및 구분된 트래픽 유형(보안)의 다중 QoS 지원이 필요합니다. • 실시간 데이터베이스 애플리케이션에는 지연 시간이 중요합니다.

표 3: 주요 구매자 고려 사항(다음 페이지에서 계속)

구매자 고려 사항	중요도(1~5, 낮음-높음)	권장 사유
안정성	4	• 본사와 보조 데이터 센터 간의 기본 링크는 다양하게 라우팅되는 완전히 보호되는 링크여야 합니다. • 지점 연결성은 보호되는 링크로 매우 안정적이어야 하지만 비용을 고려해야 합니다. 중요 애플리케이션은 기존 TDM 서비스를 통해 보호할 수 있습니다.
도달 범위/가용성	3	• 모든 물리적 위치에 서비스가 필요합니다. 지점은 동선 액세스로 지원할 수 있지만 성장 잠재력(대역폭 및 물리적 위치 모두)으로 볼 때 광 케이블 또는 무선 라스트 마일 액세스가 바람직합니다.
보안, 거버넌스, 규정 준수	5	• 최종 사용자 및 애플리케이션 수준 보안이 중요하지만 네트워크는 공격, 중요 데이터의 손실 및 무단 침입(내부자 또는 외부자)의 영향을 최소화하기 위해 트래픽 계층 분리를 제공할 수 있습니다.

구매자 고려 사항	중요도(1~5, 낮음-높음)	권장 사유
비용	3	• 비용은 늘 고려 대상이지만 에테르 은행은 비용보다 성능 및 안정성을 더 중요시하는 경향이 있습니다.
운영 편의성	3	• 에테르 은행은 IT 부서가 되려는 것이 아니라 고객에게 안정적이고 편리한 금융 서비스를 제공하기를 원합니다.

표 3: 주요 구매자 고려 사항

에테르 은행에는 몇 가지 CE 서비스 옵션이 있습니다. 이 예에서는 기본 데이터 센터와 보조 데이터 센터 간에 교환되는 데이터의 중요한 특성 및 은행의 성장 계획에 따라 네트워크의 미래 경쟁력을 보장하려는 요구를 고려하여 그림 9와 같이 기본 데이터 센터와 보조 데이터 센터를 연결하는 10Gb/s 링크의 EPL(이더넷 사설 회선)을 선택했습니다. 완전히 보호되는 다양한 라우터 서비스가 권장됩니다.

지점은 20Mb/s CIR 및 200Mb/s EIR(Excess Information Rate) EVC가 본사 라우터에 연결된 E-Tree 서비스를 통해 연결됩니다. 지원되는 애플리케이션(인터넷 액세스부터 화상 회의 및 중요한 은행 데이터베이스 액세스까지)에 따라 최대 4개의 CoS 매핑을 사용할 수 있습니다. 네트워크 비용을 절감하기 위해 중요하지 않은 애플리케이션에는 보다 낮은 품질의 CoS EVC를 선택했습니다.

본사의 회사 방화벽/라우터와 인터넷 및 지점의 지정된 ISP를 연결하는 서비스로는 500Mb/s CIR 및 1GbE EIR에 대해 구성된 EVPL(E-Line 가상 사설 회선) 서비스를 선택했습니다. 지점과 본사의 인터넷 트래픽은 외부 공급자가 제공하는 여러 관리형 서비스(예: 메일 서버 및 VoIP 서비스)와 함께 이 링크를 통해 전송됩니다. 각각은 VLAN을 통해 기업 내에서 분리되고 필요한 경우 서비스 공급자를 통해 개별 EVC에 매핑될 수 있습니다.

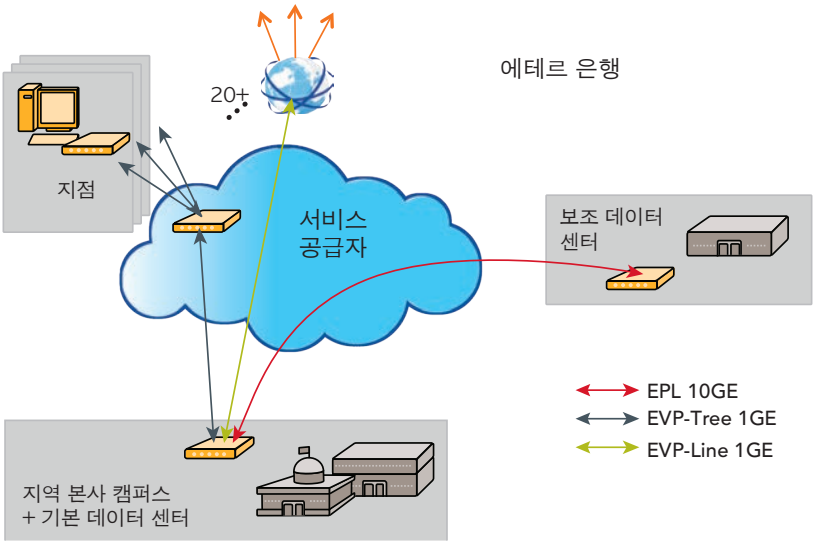


그림 9: 에테르 은행을 위한 솔루션 제안

에테르 은행의 마지막 고려 사항은 관리형 서비스 공급자가 가상 기능을 연결성 서비스와 함께 제공하는 창의적인 네트워크 서비스의 사용 증가입니다. 예를 들어 에테르 은행의 본사 IT 부서에서 관리하는 방화벽을 관리형 네트워크 서비스에 쉽게 포함할 수 있습니다. 이 경우 추가 어플라이언스가 필요 없으며, 일상적인 운영, 정기적인 업그레이드, 라이센스 등을 관리하는 데 소요되는 관련 비용이 절감됩니다. 효율적이고 뛰어난 성능의 CE 네트워크는 최신 애플리케이션을 추적하는 데 필요할 수 있는 2년 단위의 네트워크 업그레이드가 필요 없으므로 이러한 비용 절감에 더욱 유용합니다. 여러 위치로의 동적 대역폭 할당은 예측 가능하고 주기적인 고대역폭 수요(예: 야간 백업 또는 분기별 전체 화상 회의)를 충족하는 또 다른 일반적인 접근법입니다.

바이오에테르 헬스케어: 병원/다중 사이트 진료 기관

크고 분산된 지역에서 의료 서비스를 제공하는 지방의 의료 서비스 공급자인 바이오에테르 헬스케어는 가상의 의료 기관으로, 각각 2~4명의 의사를 두고 소도시 및 인근 지역을 담당하는 진료소 10개와 수십 명의 의사를 두고 인구 밀집 지역에서 운영되는 병원 시설 2개로 구성되어 있습니다. 서비스 지역은 150마일 떨어진 주 병원에서 수백 마일에 이릅니다(그림 10).

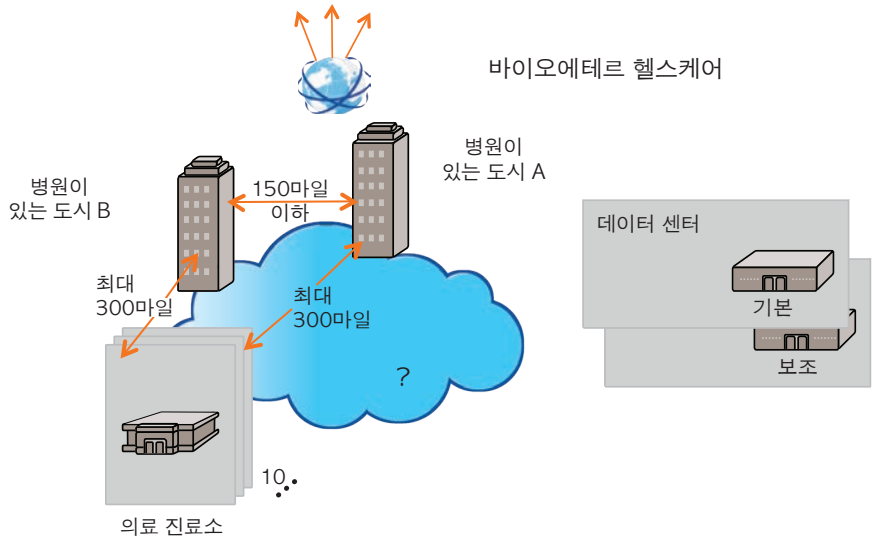


그림 10: 바이오에테르 헬스케어 현황 분석

바이오에테르에는 PC/소프트웨어/프린터 관리부터 IT 애플리케이션 조달까지 일상적인 운영을 담당하는 4명의 IT 부서 직원이 있습니다. 전문 의료 장비는 공급업체와의 서비스 계약으로 지원됩니다. 이 병원의 클라우드 기반 애플리케이션에는 의료 데이터 기록 관리(환자 기록 포함), 청구 시스템, 병원/진료소 관리(조달 등), 통합 통신(VoIP, 이메일, 화상 회의) 및 법률/규정 준수 애플리케이션이 포함됩니다. 이러한 애플리케이션은 두 곳의 이중화 데이터 센터 시설에 있는 사설 클라우드(병원을 대신해 타사에서 운영)에서 호스팅됩니다.

또한 각 진료소는 고화질 이미지/스캔 교환 및 실시간 전문 공급자 컨설팅을 위해 주 병원과의 고대역폭 연결에 의존합니다. 표 4에는 바이오에테르의 요구 사항이 요약되어 있습니다.

요구 사항	세부 정보
물리적 액세스/위치	• 250명 이하의 직원과 30명의 의사/전문가가 있으며 연중무휴로 운영되는 2개의 대형 병원 • 각각 2~4명의 의사와 10명 이하의 지원 인력(간호사, 행정직 등)을 두고 전반적으로 분산 운영됨 평일 오전 7시부터 오후 5시까지 진료하는 10개의 진료소 • 현재 TDM 인프라를 통한 진료소 연결성은 10Mb/s 미만으로 제한됨 • 진료소 간의 연결성은 우선 순위가 높은 것으로 보이지 않음 • 타사에서 관리하는 클라우드 기반 데이터 센터와의 안정적인 연결이 최우선
애플리케이션 지원	• 대부분의 애플리케이션이 환자 기록 유지 관리, 조달, 청구, 백 오피스 시스템 등에 사용되는 다양한 의료 관리 시스템을 호스팅하는 타사 공급자로 아웃소싱되어 있음 대역폭 요구 사항(각각 100Mb/s 미만)은 다양하지만 안정성 및 보안 요구 사항은 높음 • 내부 HR/교육 네트워크에서 낮 시간 동안 진료소와 병원 간에 많은 동영상이 사용됨 • 운영/백 오피스에 보안 인프라 필요(파일 교환, 내부 보고 등)

요구 사항	세부 정보
보안	• 모든 의료 기관과 마찬가지로 환자 데이터 보안이 최우선 - 주요 우려 사항: o 금융/사용자 데이터 또는 자산의 손실/도난 o 규정 준수 o 파트너 조직(진단 랩, 보험 회사 등)과의 데이터 교환 o 의도적이거나 의도적이지 않은 데이터 액세스 중단
성장 잠재력	• 두 군데의 인구 밀집 지역은 조금씩 성장하고 있지만 시골 지역은 안정된 상태로 유지됨

표 4: 바이오에테르의 요구 사항

바이오에테르의 진료 요구 사항은 두 배가 될 것으로 보입니다. 즉, 진료소와 병원 간의 안정적인 고성능 액세스 및 클라우드 서비스 공급자를 통해 저장되는 환자 의료 기록에 대한 데이터 보안 요구 사항이 증가할 것으로 예상됩니다. 병원과의 안정적인 연결성은 업무에 필수적일 수 있습니다. 그렇지 않은 경우 생명을 구하는 활동에 대한 컨설팅을 위해 전문가가 몇 시간에 걸쳐 직접 방문해야 할 수 있기 때문입니다.

아웃소싱된 애플리케이션 호스팅 및 지원의 활용으로 입증된 바와 같이 IT 부서는 소규모이며 해당 능력이 복잡한 네트워킹 환경을 관리하는 것으로 제한됩니다. 따라서 통신사 관리형 서비스가 중대한 관심사입니다.

필요한 연결의 시골적 특성상, 서비스 가용성에 대한 이전 가정은 실용적이지 않을 수 있으며 원하는 연결성을 확보하기 위해서는 여러 사업자가 담당 지역의 서로 다른 부분에 참여해야 할 수 있습니다. 또한 바이오에테르는 일부 진료 상황에서 기존 TDM 기반 서비스 및 DSL 또는 HFC 기반 서비스를 활용해야 할 수도 있습니다.

표 5에는 몇 가지 구매자 고려 사항이 나와 있습니다.

구매자 고려 사항	중요도 (1~5, 낮음-높음)	권장 사유
대역폭	5	• 뛰어난 진료 품질을 제공하는 데 진료소와 병원 간의 동영상 교환이 매우 중요합니다. 따라서 이러한 링크는 약 100Mb/s의 대역폭을 수용해야 합니다. • 진료소와 병원 간에 대용량 이미지/스캔을 신속하게(몇 시간이 아니라 몇 초 이내) 교환할 수 있어야 합니다. 이러한 파일은 크기가 몇 GB일 수 있으므로 1Gb/s 성능이 권장됩니다.

구매자 고려 사항	중요도 (1~5, 낮음-높음)	권장 사유
대역폭	5	• 병원과 클라우드 서비스 공급자 데이터 센터 간의 연결에는 많은 대역폭이 필요 없지만 진료소의 액세스는 병원을 통해 이와 동일한 링크에서 비롯된다는 점을 고려해야 합니다.
성능/QoS	3	• 진료소 연결성에는 다중 서비스 지원(교육/컨설팅을 위한 HD 동영상부터 통합 통신 및 기본형 인터넷 액세스까지)이 필요합니다. 구분된 트래픽 유형(보안)의 다중 QoS 지원이 필요합니다. • 동영상 및 스캔/이미지 교환에는 지연 시간이 중요합니다.
안정성	5	• 병원과의 연결성은 잠재적으로 생명을 구하는 데 중요하므로 이중 연결(각 병원에 하나씩)을 고려해야 합니다. • 호스팅되는 애플리케이션은 필수적인 것은 아니지만 그럼에도 불구하고 병원 시스템의 전반적인 작동에 중요합니다.

표 5: 주요 구매자 고려 사항(다음 페이지에서 계속)

구매자 고려 사항	중요도 (1~5, 낮음-높음)	권장 사유
도달 범위/ 가용성	4	• 모든 물리적 위치에 서비스가 필요합니다. 필요한 연결의 시골적 특성상, 진료소에서 사용 가능한 모든 물리적 연결성을 활용해야 할 수 있습니다. 다른 경우와 마찬가지로 광 케이블 또는 무선 라스트 마일 액세스가 바람직합니다.
보안, 거버넌스, 규정 준수	5	• 규정 준수는 모든 의료 애플리케이션의 주요 고려 사항입니다. • 외부 침입/중단으로부터의 보호 및 데이터 보안이 매우 중요합니다.
비용	3	• 비용은 늘 고려 대상이지만 바이오에테르는 성능 및 안정성을 더 중요시하는 경향이 있습니다.
운영 편의성	5	• IT 리소스가 제한적이기 때문에 가능한 한 많은 호스팅 및 네트워킹 기능을 아웃소싱에 의존합니다.

표 5: 주요 구매자 고려 사항

바이오에테르 헬스케어에는 몇 가지 CE 서비스 옵션이 있습니다. 한 가지 접근법은 각 진료소가 허브 및 스포크 배열로 두 병원 모두에 연결되는 다중 QoS 애플리케이션 매핑의 EVPL 서비스를 채택하는 것입니다. 사업자는 링 기반 토폴로지(사용 가능한 경우)를 활용하여 이 이중화 연결성을 제공할 수 있지만 이는 주로 클라이언트에 투명한 구현 정보입니다. 앞서 설명한 대용량 파일 교환을 포함하여 필요한 여러 애플리케이션을 수용하는 데 1Gb/s EIR의 100Mb/s CIR이면 충분할 것으로 생각됩니다(그림 11).

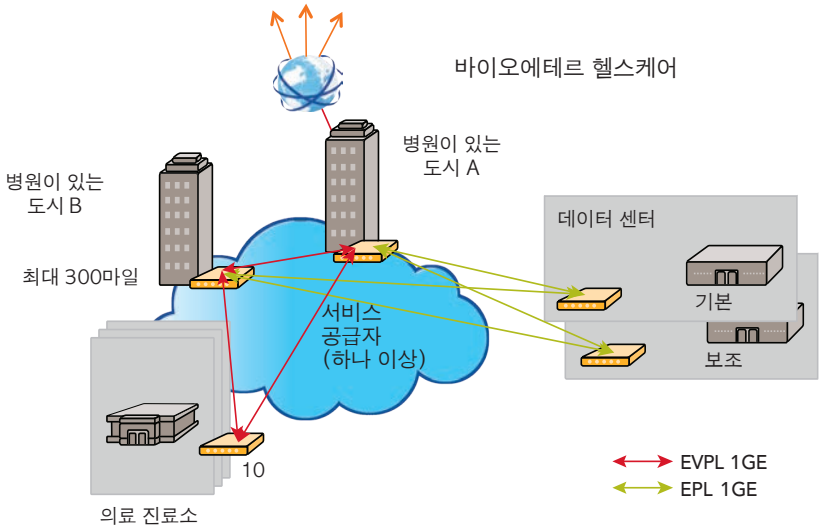


그림 11: 바이오에테르 헬스케어 권장 솔루션

또는 진료소-병원 통신에 E-Tree 서비스를 활용할 수 있지만 단일 사업자가 모든(또는 대부분의) 진료소에 서비스를 제공해야 합니다. 이는 사업자 서비스 지역에 따라 가능 여부가 달라질 수 있습니다. 담당 지역에 따라 E-Tree 및 E-Access 서비스를 결합할 수 있습니다(E-NNI 인터페이스에 걸친 두 사업자 간의 라스트 마일 연결성을 위해). 비용 및 서비스 가용성 정보에 따라 이 의사 결정이 이루어질 수 있습니다.

보다 낮은 QoS 서비스 유형(인터넷 액세스, 일부 호스팅되는 애플리케이션)의 경우 개별 진료소를 인터넷 또는 클라우드 기반 애플리케이션에 직접(주 병원을 통해 다시 라우팅하는 대신) 연결하는 것이 보다 비용 효과적일 수 있습니다. 이 의사 결정도 비용 중심적이지만 병원과의 단일 연결을 통해 일상적으로 관리하는 것이 더 쉬울 수 있습니다.

병원과 클라우드 서비스 공급자 위치 간의 연결은 병원 및 진료소 모두의 일상적인 운영에 중요한 링크입니다. 따라서 완전히 보호되는 이중 1Gb/s(LACP 또는 링 기반 G.8032를 통해)가 바람직합니다. 명시적으로 언급되지는 않았지만 두 병원 간의 연결성도 중요한 것으로 간주됩니다. 여기에는 다중 QoS를 지원하는 약 1Gb/s의 EVPL이 적합합니다(그림 10).

에테르 주 대학: 성장하는 다중 사이트 교육 기관

가상의 교육 기관인 에테르 주 대학은 주요 메트로 권역에 캠퍼스가 분산되어 있는 성장하는 대학입니다. 4개의 위성 시설(한두 동의 건물로 구성되며 수십 명의 직원이 수백 명의 학생들을 지원)과 하나의 대형 캠퍼스(수십 동의 건물로 구성되며 수백 명의 직원이 수천 명의 학생들을 지원)가 주 전역을 아우르는 대학 교육 및 연구 컨소시엄에 연결되어야 합니다(그림 12).

클라우드 호스팅 애플리케이션에는 다양한 인프라 시스템(직원/학생 기록, 입학, 재무, 조달, 연구 데이터베이스, 직원 파일 저장 및 애플리케이션 호스팅)이 포함됩니다. 여러 가지 고성능 컴퓨팅 프로젝트에는 인근 도시에 있는 이 대학의 대규모 슈퍼컴퓨터 랩을 통해 액세스합니다.

위성 위치와 주 캠퍼스 간의 동영상 수업은 주간 및 야간 프로그램 모두에서 점점 중점을 두는 영역입니다. 학생들은 주 캠퍼스에서 실시간으로 전송되거나 클라우드 호스팅 학습 솔루션에서 시간 차이를 두고 스트리밍되는 강의를 지역의 위성 사이트 중 한 곳에서 수강할 수 있습니다.

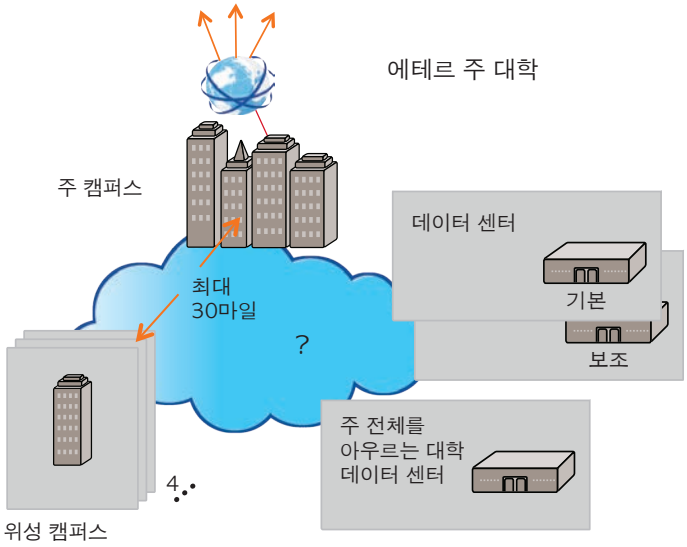


그림 12: 에테르 주 대학 현황 분석

강의실, 도서관, 랩 및 기타 학습 영역에서 학생들의 인터넷 액세스는 점점 많은 장치(대부분 모바일)에서 파일 공유 및 동영상 애플리케이션이 집중적으로 사용되는 경우 현재 인프라에 대한 수요를 증가시킵니다. 이는 캠퍼스 전역의 WiFi 인프라에서 지원됩니다.

표 6에는 에테르 주 대학의 요구 사항이 요약되어 있습니다.

요구 사항	세부 정보
물리적 액세스/위치	• WiFi 기반 액세스 인프라 외에 하나의 대형 캠퍼스 환경에서 여러 건물, 랩 및 도서관 지원. 수백 명의 직원과 수천 명의 학생이 시스템을 매일 사용 • 풀 타임 및 파트 타임 학생 모두의 원격 학습에 사용되는 위성 학습 센터 4개. 모든 위성이 주 캠퍼스에서 30마일 이내에 있음. 각각 소수의 지역 행정직 직원과 방문 교직원을 지원하지만 대부분의 수업이 주 캠퍼스에서 원격으로 발생함. 이러한 수업은 주 캠퍼스에서 여러 위성 시설로 송출되는 방송인 경우가 많음. 위성은 상호 연결성이 필요 없음 • 연구 프로젝트에 고대역폭 및 낮은 지연 시간의 연결성이 필요한 경향이 있으므로 인근 도시(100마일 이내)에 있는 대학 데이터 센터와의 안정적인 연결이 최우선. 이 위치는 주 캠퍼스와 위성을 담당하는 모든 사업자 시설의 외부에 있음. 서비스 제공은 종단 간 서비스를 구성하기 위해 여러 사업자에 의존해야 함

요구 사항	세부 정보
애플리케이션 지원	• 원격 학습은 주 캠퍼스-위성 캠퍼스 연결성이 필요한 주요 애플리케이션임. 이 대학에서는 실시간 수업과 주문형 수업을 모두 제공하며, 원격 학습에 전문화된 타사에서 관리하는 공용 클라우드 데이터 센터에 강의가 저장됨. • 또한 대부분의 애플리케이션이 일반적인 파일 저장, 서버 등과 함께 다양한 학생 기록, 이메일, VoIP 및 대학 행정을 호스팅하는 타사 공급자에 아웃소싱됨. 학생 및 교직원 모바일 장치에서의 인터넷 액세스에 대한 수요 증가로 인해 대학 네트워크의 부담이 점점 가중되고 있음
보안	• 일부 애플리케이션의 경우 안전한 데이터 처리가 중요 - 주요 우려 사항: o 학생 데이터 또는 자산의 손실/도난 o 대학 인프라에 대한 악의적인 해킹 시도 o 의도적이거나 의도적이지 않은 데이터 액세스 중단
성장 잠재력	• 이 대학은 지역 전체와 그 이상으로(제안된 해외 위성 캠퍼스 포함) 프로그램을 끊임없이 확장하고 있음

표 6: 에테르 주 대학에 필요한 특성

구현 고려 사항:

에테르 주 대학의 주요 요구 사항은 원격 학습 애플리케이션을 위한 효율적인 동영상 배포 및 연구 프로젝트를 위한 해당 데이터 센터와의 안정적인 연결성입니다. 원격 학습은 실시간으로 수행되거나 시간 차이를 두고 수행될 수 있습니다.

이 대학의 IT 부서는 규모를 늘릴 수 있지만 이들의 관심은 대부분 여러 캠퍼스의 물리적 인프라를 관리하고 학생, 교직원, 행정 및 연구 직원의 여러 가지 일상적인 수요를 지원하는 데 집중되어 있습니다. 이 대학은 소규모의 예측 가능한 IT 예산을 유지 관리하기 위해 서비스 관리를 아웃소싱하는 것을 선호합니다. 〔참고: 이러한 네트워크에 대해 "자체 구축" 접근법을 선택할 수 있었지만 여기서는 "네트워크 아웃소싱" 접근법을 선택했습니다. 둘 다 CE로 구현 가능합니다.〕

메트로 권역과 이 이상에 걸쳐 여러 공급자를 통해 이더넷 서비스를 사용할 수 있습니다. 표 7에는 몇 가지 구매자 고려 사항이 나와 있습니다.

구매자 고려 사항	중요도(1~5, 낮음-높음)	권장 사유
대역폭	4	• 위성과 주 캠퍼스 간의 동영상 교환은 원격 학습을 제공하는 데 중요합니다. 링크는 양방향 실시간 상호 작용뿐 아니라 단방향 스트리밍 동영상 전송도 가능해야 합니다. 따라서 이러한 링크는 약 100Mb/s의 대역폭을 수용해야 합니다. • 주 캠퍼스와 전체 주를 아우르는 대학 데이터 센터 간의 대역폭은 연구 목적으로 중요하며, 10Gb/s 연결성이 필요합니다. • 학생 및 직원들의 증가하는 인터넷 액세스 요구 사항은 최소 1Gb/s의 트래픽에서 수용되어야 합니다.

구매자 고려 사항	중요도(1~5, 낮음-높음)	권장 사유
성능/QoS	3	• 트래픽 유형이 구분된 다중 QoS 지원은 수업 동영상 애플리케이션의 품질을(예를 들어 인터넷을 통한 스트리밍 동영상에 비해) 극대화하는 데 중요한 것으로 간주됩니다. • 대역폭 및 지연 시간은 원격 학습 동영상 애플리케이션과 전체 주를 아우르는 대학 데이터 센터에서 호스팅되는 연구 애플리케이션 모두에 중요합니다.
안정성	3	• 원격 학습 또는 대학 애플리케이션 액세스가 중단되면 불편할 뿐만 아니라 상당한 고객 불만이 발생할 수 있습니다. • 연구 애플리케이션의 통신 중단은 대학과 주 전역 대학 시스템 모두에 비용을 초래할 수 있습니다.
도달 범위/ 가용성	2	• 여러 공급자의 메트로 권역에서 서비스 범위가 양호한 경우 도달 범위 및 가용성에 문제가 있어서는 안 됩니다.
보안, 거버넌스, 규정 준수	4	• 외부 침입/중단으로부터의 보호 및 데이터 보안이 매우 중요합니다.

구매자 고려 사항	중요도(1~5, 낮음-높음)	권장 사유
비용	3	• 이 대학에서는 가급적 클라우드 기반 애플리케이션을 아웃소싱하려고 합니다.
운영 편의성	3	• 선택할 수 있는 경우 대학 행정부는 가능한 한 많은 호스팅 및 네트워킹 기능을 아웃소싱하는 것을 선호합니다.

표 7: 주요 구매자 고려 사항

선택한 솔루션: 관련된 사이트 수가 적고 애플리케이션 유연성에 대한 요구가 있는 경우 포트 기반 E-LAN 솔루션이 적합합니다. 전체 주를 아우르는 데이터 센터는 별도의 EPL, EVPL 또는 E-LAN 연결을 통해 서비스 공급자 데이터 센터에 연결될 것이므로 클라우드 데이터 센터는 들어오고 나가는 컨텐츠의 방화벽 역할도 합니다. 또한 IT 부서에서 인력이 많이 필요한 기능을 아웃소싱에 의존하는 경향이 있으므로 공급자는 암호화, 방화벽 및 WAN 최적화 도구와 같은 관리형 기능을 포함하여 NaaS(Network-as-a-Service) 솔루션을 제공할 수 있습니다.

이 네트워크는 미래를 염두에 두고 신중하게 설계해야 합니다. 학생들이 생성하는 WiFi 및 모바일 기반 동영상 컨텐츠는 네트워크 수명 동안 지속적으로 증가할 것으로 예상됩니다. 학생들이 생성하는 부하와 별도로 수업 트래픽용 QoS와의 GE 연결을 사용해야 합니다. 이 솔루션은 각 위성 캠퍼스에 대한 개별 1GE 서비스를 포함합니다. 또한 주 전체를 아우르는 대학 데이터 센터에는 대학 내 연구 부서에 매우 중요한 애플리케이션 데이터가 저장되고 그 양이 점점 증가할 것이므로 여러 부서 간에 10GE 링크를 공유하는 것이 좋습니다 (그림 13).

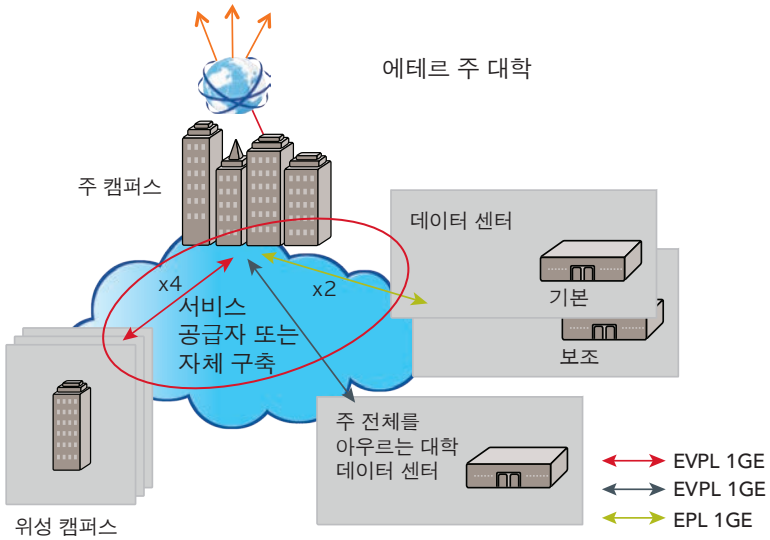


그림 13: 에테르 주 대학 권장 솔루션

공급자에게 링 기반 솔루션(해당 공급자의 물리적 인프라 및 토폴로지에 종속)이 있는 경우 공유 G.8032 솔루션은 장애 시 빠른 복원 및 여러 사이트 간에 동적으로 광 용량을 공유하는 기능 면에서 상당한 장점을 제공합니다. 이 구현 정보는 유연한 인프라 및 토폴로지 유형의 한 가지 예로 나열되었지만 기업의 경우 이를 지정하는 것을 좋아하지 않을 수 있습니다.

캐리어 이더넷의 미래

이미 IEEE는 데이터 센터, 기업 및 사업자 환경의 요구를 지원하기 위해 미래의 데이터 속도를 연구하고 있습니다. 이 로드맵에는 끊임없이 증가하는 동영상 기반 및 클라우드 호스팅 애플리케이션 도입을 지원하기 위한 시장 수요에 따른 데이터 속도가 포함됩니다. 그림 14에서는 Ethernet Alliance(IEEE 표준 제정의 주요 후원자)의 관점을 보여 줍니다. 몇 가지 "비전통적인" 속도(즉, 이더넷 전통에 따른 10의 배수가 아님)가 계획되어 있습니다. 이는 데이터 센터 및 기업 시나리오 내의 증가하는 사용에 따른 비용 요소 및 특정 시나리오를 대상으로 합니다.

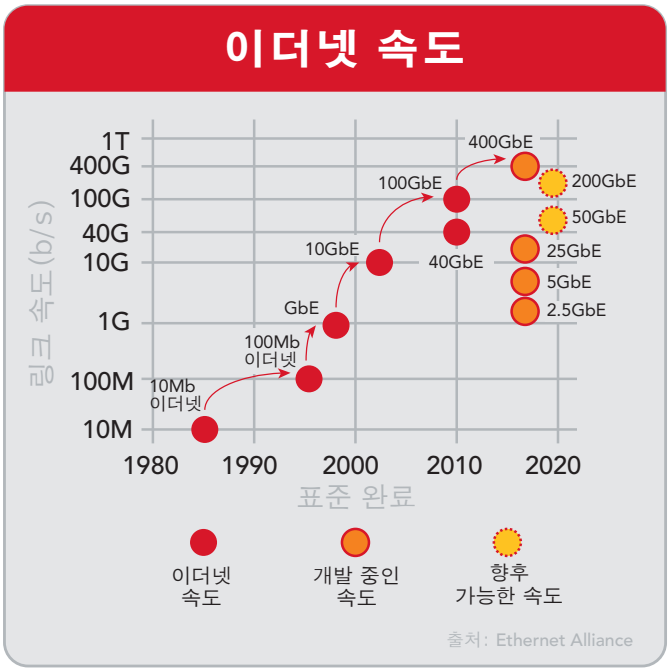


그림 14: Ethernet Alliance의 관점에서 바라본 이더넷 로드맵

관련 이더넷 개발

이 안내서는 CE 개발에 중점을 두었지만 이더넷은 오디오-영상부터 산업용 및 군사용 애플리케이션까지 다양한 영역에 적용되도록 진화해 왔다는 점을 기억해야 합니다. 이러한 애플리케이션은 종종 프로토콜의 변화를 수반하지 않지만 기본 표준에서 제공하는 기본 네트워크 연결성을 능가하는 특정 기능을 추가할 수 있습니다. 기업 및 서비스 공급자의 경우 PTD(Precise Timing Distribution)와 PoE(Power over Ethernet)의 두 가지 이더넷 확장이 특히 유용합니다.

PTD(Precise Timing Distribution)

2G에서 3G 모바일 네트워크로 전환되기 시작하면서 CE는 셀 기지국을 이동 전화 교환국에 연결하는 유망한 접근법이 되었으며 점점 보편화되고 있습니다. 이전의 백홀 기술은 기지국에 대한 연결성 및 정확한 타이밍 참조를 둘 다

제공했으며, 기지국은 이 정보를 사용하여 기지국 간의 통화 핸드오프 및 통화 간의 스펙트럼 조정과 같은 주요 기능을 동기화했습니다. 예를 들어 SONET/SDH는 이전에 널리 사용되던 백홀 기술이었습니다. 이는 동기화 프로토콜이기 때문에 동기화 목적으로 적절한 타이밍 정보를 셀 기지국에 전달할 수 있었습니다.

하지만 백홀에서 이더넷(비동기식 패킷 기술)으로의 전환에 따라 몇 가지 다른 방식으로 동기화 정보를 분산해야 합니다. 일부 지역에서는 이 목적으로 GPS 장치가 사용되었지만 이는 비용이 많이 드는 옵션이므로 사업자들은 다른 접근법을 추구했습니다. SyncE(동기화 이더넷)는 이더넷의 물리적 계층 클로킹을 사용하여 주파수 동기화를 제공하는 ITU-T(International Telecommunications Union-Telecommunication Standards Bureau) 프로토콜입니다. 위상 및 하루 중 시간도 필요한 최신 4G 네트워크에서는 Precision Timing Protocol 또는 IEEE 1588v2를 사용할 수 있습니다. 실제로 GPS, SyncE 및 1588v2의 조합은 애플리케이션 및 사업자 선호도에 따라 보편적이지 않습니다.

PoE(Power over Ethernet)

이더넷 케이블을 사용하여 주변 장치(프린터, 스캐너 등)에 전력을 공급하는 방식은 소비자 환경에서 비롯되었지만 곧 기업 및 캐리어 네트워크에서도 발견되었습니다. 전력과 데이터가 동일한 케이블에서 전송되므로 카메라, 무선 라디오 및 이와 유사한 장치에 비용이 많이 드는 전용 전원이 필요 없습니다. IEEE 802.3at(일반적으로 PoE+라고 함)는 최대 100미터 거리에서 최대 25와트의 전력을 공급합니다.

소프트웨어 정의 네트워킹과 네트워크 기능 가상화

SDN의 등장으로 특히 데이터 센터 맥락에서 네트워크 운영 방식을 다시 생각할 새로운 기회가 마련되었습니다. 네트워크 사업자는 네트워크를 보다 효율적이고 비용 효과적으로 실행할 수 있는 새로운 중앙화된 제어 메커니즘을 제안했습니다(이전에는 STP와 같은 분산된 제어 평면에서 수행됨). OpenFlow와 같은 프로토콜은 중앙화된 알고리즘에서 최적으로 간주하는 알고리즘을 기반으로 라우터 및 스위치 내의 전달 테이블을 프로그래밍하도록 지원합니다. NETCONF 인터페이스 프로토콜과 함께 사용되는 모델링 언어(예: YANG)는 애플리케이션에서 쉽게 감시 및/또는 제어할 수 있도록 네트워크 내 하드웨어 및 소프트웨어 엔터티에 대한 개방형 인터페이스 생성을 허용합니다. 이는 향후 몇 년 이내에 시장에서 혁명을 일으킬 수 있는 수준으로 네트워크를 혁신합니다.

또한 NFV 개념에 따라 이전의 '어플라이언스' 기반 애플리케이션(예: 라우터, 방화벽 및 부하 분산 장치)을 소프트웨어에(또는 '가상으로') 구현하고 데이터 센터에 구축하여 하드웨어, 관련 구축 및 지속적인 유지 보수 비용을 절감할 수 있습니다. 이제 기업과 통신 사업자 모두 SDN과 NFV를 활용하여 비용을 절감할 뿐만 아니라 가까운 미래에 전례없는 수준으로 혁신할 수 있습니다.

용어/머리글자어 섹션

ATM:	Asynchronous Transfer Mode(비동기 전송 모드)
b/s:	Bits per second(초당 비트)
CE:	Carrier Ethernet(캐리어 이더넷)
CEN:	Carrier Ethernet Network(캐리어 이더넷 네트워크). MEF 서비스를 지원하는 네트워크
CCM:	Continuity Check Message(연속성 확인 메시지)
CIR:	Committed Information Rate(인정 정보 속도)
CoS:	Class of Service(서비스 등급)
CRC:	Cyclical Redundancy Check(순환 중복 검사)
CSMA/CD:	Carrier Sense, Multiple Access/Collision Detection
DA:	Destination Address(대상 주소)
DEI:	Discard Eligibility Indicator
EIR:	Excess Information Rate(초과 정보 속도)
EVPL:	Ethernet Virtual Private Line(이더넷 가상 사설 회선) 서비스
EMS:	Element Management System(요소 관리 시스템)
ENNI:	External Network-to-Network Interface
EPL:	Ethernet Private Line(이더넷 사설 회선)
EVC:	Ethernet Virtual Connection(이더넷 가상 연결)
FC:	Fibre Channel
FDV:	Frame Delay Variation(프레임 지연 변동, 일반적으로 “지터”)
FIB	Forwarding Information Base
FLR:	Frame Loss Ratio(프레임 손실률)
G.709:	광 전송 네트워크용 인터페이스에 대한 ITU-T 권장 사항
GbE:	Gigabit Ethernet(기가비트 이더넷, 10GbE = 10기가비트 이더넷, 100GbE = 100기가비트 이더넷)
Gb/s:	Gigabits per second(초당 기가비트)
GFP:	Generic Framing Procedure(일반 프레이밍 절차)
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers (미국전기전자학회)
IETF:	Internet Engineering Task Force(인터넷 엔지니어링 특별 위원회)
IP:	Internet Protocol(인터넷 프로토콜)
ITU-T:	International Telecommunications Union Telecommunication Standardization Bureau(국제 전기 통신 연합 - 전기 통신 표준 부문)
LACP:	Link Aggregation Protocol(링크 집선 프로토콜)
LAN:	Local Area Network(근거리 통신망)
LBM:	Loopback Message(루프백 메시지)
LSP:	Label Switched Path(라벨 교환 경로)
LTM:	Linked Trace Message(링크 추적 메시지)

MAC:	Media Access Control(미디어 액세스 제어)
MAN:	Metropolitan Area Network(메트로 권역 네트워크)
Mb/s:	Megabits per second(초당 메가비트)
MEF:	캐리어 이더넷 추세를 지정하고 해당 서비스 사양을 확립하는 기구 (이전의 "Metro Ethernet Forum"을 현재는 간단히 "MEF"라고 함)
MPLS:	Multi-Protocol Label Switching(다중 프로토콜 라벨 스위칭)
NFV:	Network Functions Virtualization(네트워크 기능 가상화)
NMS:	Network Management System(네트워크 관리 시스템)
OAM:	Operations, Administration, and Maintenance(운영, 관리 및 유지 보수)
OC-n:	Optical Carrier Level(광 반송파 수준) n(1, 3, 12, 48, 192, 768)
ODU:	Optical Data Unit(광 데이터 단위)
Operator:	캐리어 이더넷 네트워크를 관리하는 엔터티
ODU:	Optical Data Unit(광 데이터 단위)
OTN:	Optical Transport Networking((광 전송 네트워킹, G.709 참조)
OVC:	Operator Virtual Connection(사업자 가상 연결)
P2P:	Point-to-Point(지점 간)
PBB:	Provider Backbone Bridging(프로바이더 백본 브리징)
PCP:	Priority Code Point
PDU:	Protocol Data Unit(프로토콜 데이터 단위)
PHY:	Physical(물리적)
QoS:	Quality of Service(서비스 품질)
RFC:	Request for Comment: 표준에 대한 IETF의 명칭
RFP:	Request for Proposal(제안 요청서)
SA:	Source Address(소스 주소)
SDH:	Synchronous Digital Hierarchy(동기화 디지털 계층)
SDN:	Software-Defined Network(소프트웨어 정의 네트워킹)
Service Provider:	최종 사용자에게 종단 간 서비스 제공(네트워크 사업자가 아닐 수 있음)
SLA:	Service-Level Agreement(서비스 수준 계약)
SONET:	Synchronous Optical Network(동기식 광 네트워크)
STP:	Spanning Tree Protocol(스패닝 트리 프로토콜)
Tb/s:	Terabits per second(초당 테라비트)
TDM:	Time-Division Multiplexing(시분할 다중 방식)
TWAMP:	Two Way Active Measurement Protocol(양방향 능동형 측정 프로토콜)
UNI:	User Network Interface(사용자 네트워크 인터페이스)
VLAN:	Virtual Local Area Network(가상 LAN)
VoIP:	Voice over IP
WAN:	Wide Area Network(광역 통신망)

John Hawkins

제품 및 기술 마케팅 담당
수석 고문

John Hawkins 씨는 Ciena의 제품 및 기술 마케팅 담당 수석 고문으로서 회사의 패킷 네트워킹 제품 라인을 지원합니다. 2009년에 Ciena에 입사하여 비즈니스 개발 및 제품 관리 업무를 담당해 왔습니다. 또한 Ciena E-Suite 패킷 스위치 모듈 제품군의 비즈니스 개발 및 프로모션을 주도했습니다. John은 현재 네트워킹 산업 컨퍼런스 및 표준 개발에 활발히 참여하고 있으며, MEF 인증 위원회의 공동 회장을 맡고 있습니다.

Ciena에 입사하기 전에는 Nortel에서 캐리어 이더넷 제품 관리를 담당했습니다. 수행한 프로젝트에는 Nortel의 광 이더넷 포트폴리오 내의 여러 혁신적인 기술 구성 요소가 있습니다. John 씨는 GE에서 IC 설계자로 시작하여 이후 Aerospace Division에서 제품 관리자로 일했습니다.

25년이 넘는 기술 경력을 보유한 John 씨는 Metro Ethernet Forum에 많은 글을 기고하고 있으며 산업 연설가로서 큰 인기를 얻고 있습니다. 노스캐롤라이나 주립 대학에서 BSEE 학위를 취득하고, 서던 메소디스트 대학에서 정보 통신 분야의 MS 학위를 취득했으며, 듀크 대학에서 MBA 과정을 수료했습니다.

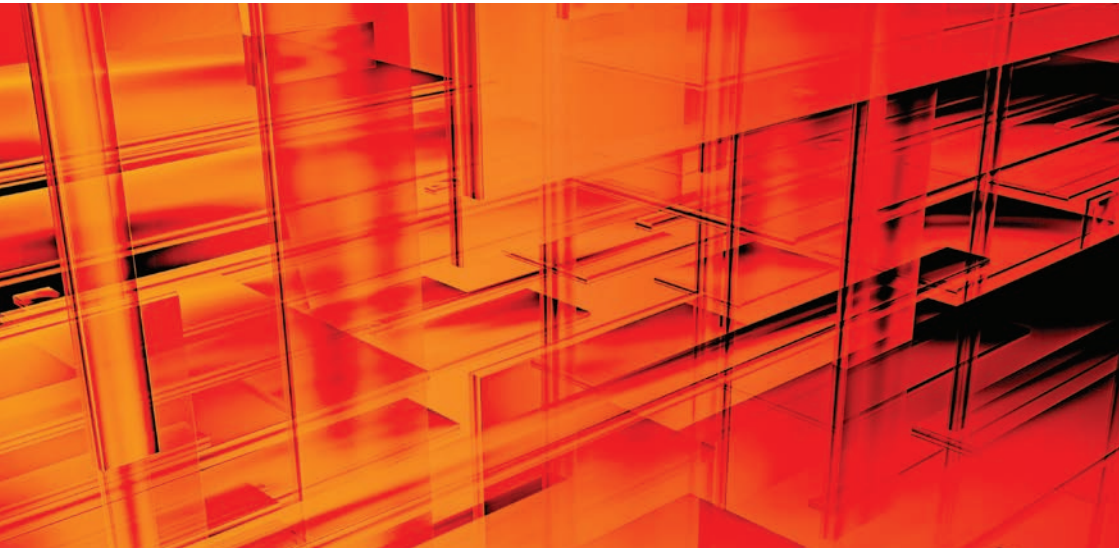
"캐리어 이더넷은 기업, 정부 기관, 사업자 및 서비스 공급자가 네트워크를 구축하는 방법을 근본적으로 변화시켰습니다. 이 안내에서는 기술로서의 캐리어 이더넷을 소개하고 이 산업의 과거와 궁극적인 미래에 대해 설명합니다."

Nan Chem
MEF 대표

기업의 클라우드 서비스 의존성이 증가하면서 네트워크가 기업에 중요한 요소가 되었으며 데이터 센터 액세스를 위한 공용 인터넷에 대한 의존도가 하이브리드(공용 및 사설) 인프라로 대체되었습니다. 끊임없이 증가하는 대역폭에 대한 수요가 조금도 누그러지지 않고 계속 늘어날 것으로 예상되므로 이 추세는 꺾이지 않을 것입니다.

이와 동시에 이더넷은 이러한 중요한 네트워크 요구 사항을 해결하도록 진화했습니다. 2000년대 초에는 WAN(광역 통신망) 연결성을 제공하기 위해 이더넷 프로토콜을 LAN에서 확장하는 자연스러운 방법으로 CE(캐리어 이더넷)가 도입되었습니다. 이제 캐리어 이더넷은 최종 사용자 고객에게 이더넷 액세스를 제공하는 모든 유형의 네트워크 사업자를 위한 풍부한 기능의 솔루션으로서, 모바일 백홀, 기업 및 데이터 센터 상호 연결 서비스 등의 네트워크 서비스에 매우 중요한 역할을 합니다.

이 안내서는 캐리어 이더넷에 대한 초급 수준의 개요를 제공하며, 향후 CE 확장에 영향을 주는 SDN 및 NFV와 같은 첨단 기술에 대한 통찰력과 함께 이 핵심 네트워킹 기술에 대한 이해력을 높여 줍니다.



© Copyright 2016 Ciena Corporation. All rights reserved