

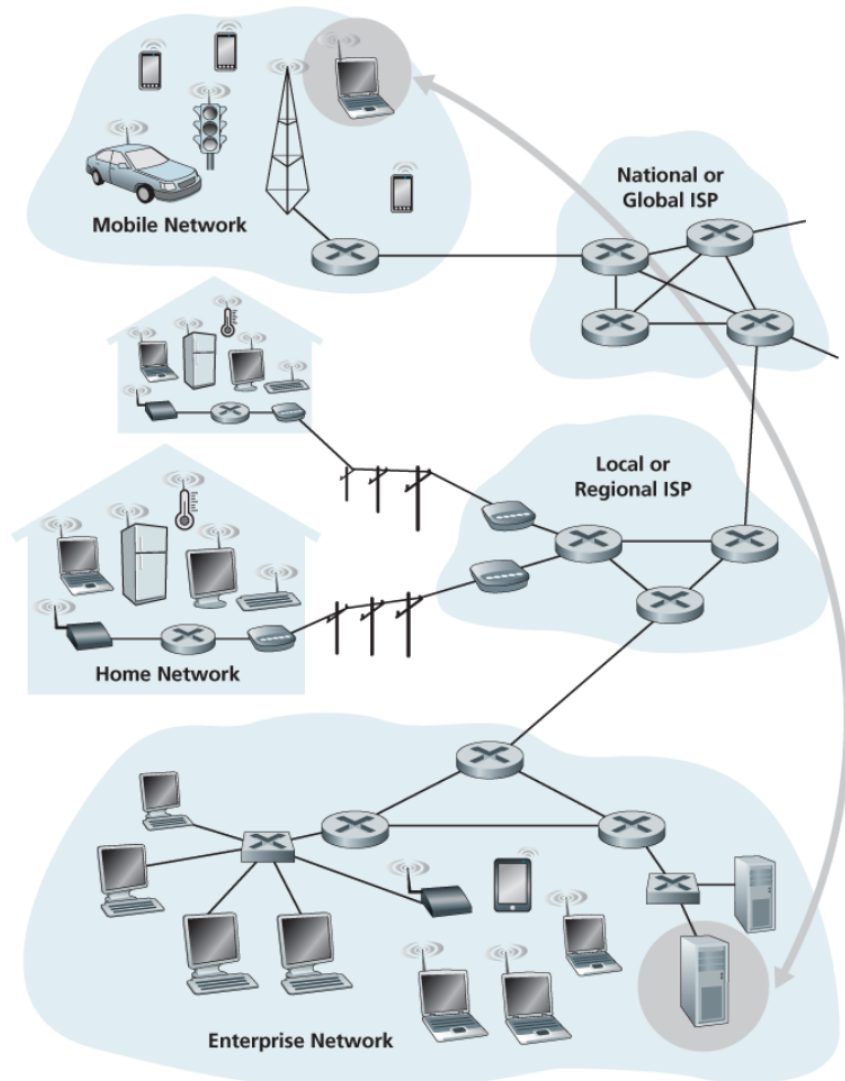
1.2 접속 네트워크

컴퓨터 네트워크(특히 인터넷)의 구성요소에 대하여 자세히 살펴보자.

호스트(host), 종단 시스템(end system)

- 인터넷에 연결되는 컴퓨터와 그 밖의 장치들
- 인터넷의 가장 자리를 차지하고 있기 때문에 ‘종단’ 시스템이라고 부른다.
- 종단 시스템은 애플리케이션을 수행하므로 **호스트**라고도 부르며, 호스트는 **클라이언트(client)**와 **서버(server)**로 구분된다.

아래는 종단 시스템의 상호작용을 나타낸 그림이다.

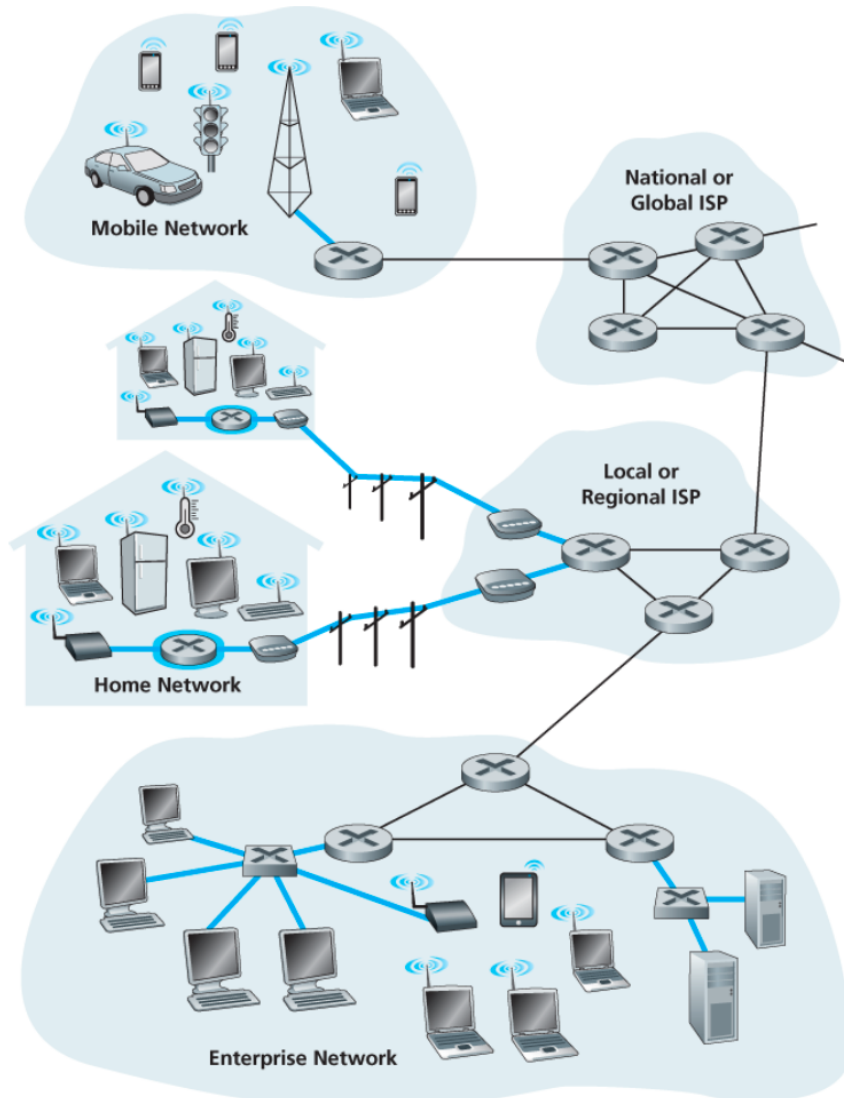


1.2.1 접속 네트워크

접속 네트워크(access network)

종단 시스템을 먼 거리에 위치한 다른 종단 시스템까지의 경로 상에 있는 첫 번째 라우터 즉, **가장자리 라우터(edge router)**에 연결하는 네트워크를 말한다.

아래 그림에서의 굵은 선들은 여러 종류의 접속 네트워크들을 나타낸 것이다.



네트워크 접속 기술들에 대하여 차례대로 알아보자.

- 가정 접속 : DSL, 케이블, FTTH, 5G 고정 무선 기술
- 기업(그리고 가정) 접속 : 이더넷, 와이파이
- 광역 무선 접속 : 3G, LTE 4G, 5G

가정 접속

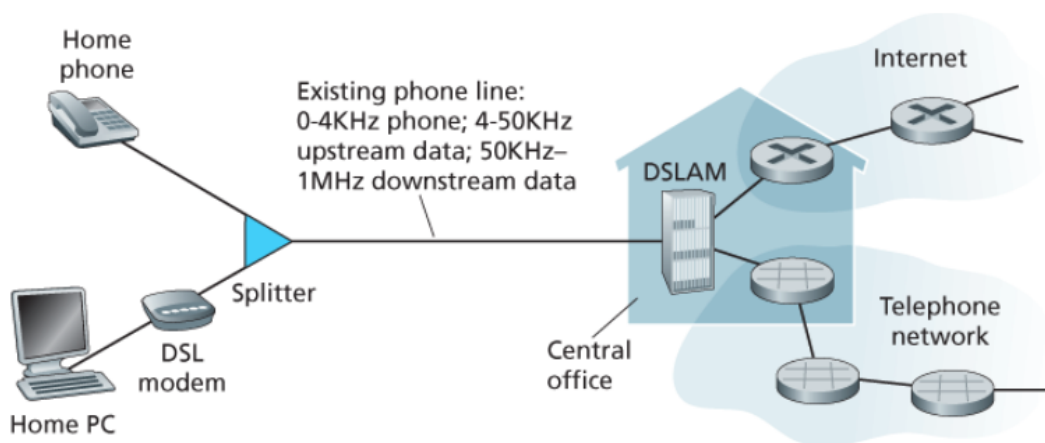
- 오늘날(2020년) 가장 널리 보급된 광대역 가정 접속 유형들

- **DSL** : 지역 전화 회사(telco)의 기존 로컬 전화 인프라스트럭처를 이용
- **케이블** : 케이블 TV 회사의 기존 케이블 TV 인프라스트럭처를 이용
- **FTTH** : 위의 접속 유형들보다 빠른 속도를 제공하는 미래 기술

DSL(Digital Subscriber Line) 인터넷 접속

가정은 유선 로컬 전화 서비스를 제공하는 같은 지역 전화 회사(telco)로부터 DSL 인터넷 접속 서비스를 받는다.

DSL 모뎀



가정의 DSL 모뎀은 텔코의 지역 중앙국(Central Office, CO)에 위치한 **DSLAM(Digital Subscriber Line Access Multiplexer)**과 데이터를 교환하기 위해 기존 전화 회선을 이용한다.

1. 가정의 DSL 모뎀은 수신한 디지털 데이터를 전화선을 통해 CO로 전송하기 위해, 해당 데이터를 고주파 신호로 변환한다.
2. 여러 가정으로부터의 아날로그 신호는 **DSLAM**에서 디지털 포맷으로 다시 변환된다.

주파수 분할 다중화(Frequency-Division Multiplexing, FDM)

이는 1.3.2절에서 자세히 다룰 예정이다.

가정 전화 회선은 데이터와 전통적인 전화 신호를 동시에 전달하며, 이들은 다른 주파수 대역에서 인코딩된다.

주파수 분할 다중화를 통해 단일 DSL 링크가 3개의 분리된 링크인 것처럼 보인다.

이를 통해서 하나의 전화 회선과 인터넷 연결이 동시에 DSL 링크를 공유할 수 있게 된다.

- 고속 다운스트림 채널 : 50 kHz ~ 1 MHz 대역
- 중간 속도의 업스트림 채널 : 40 ~ 50 kHz 대역
- 일반적인 양방향 전화 채널 : 0 ~ 4 kHz 대역

스플리터 (splitter)

- 가정 쪽에 존재한다.
- 역할
 1. 가정에 도착하는 데이터와 전화 신호를 분리
 2. 데이터 신호를 DSL 모뎀으로 전송

DSLAM(Digital Subscriber Line Access Multiplexer)

- 수백 ~ 수천 개의 가정들이 DSLAM에 연결된다.
- 역할
 1. 데이터와 전화 신호를 분리
 2. 데이터를 인터넷으로 송신

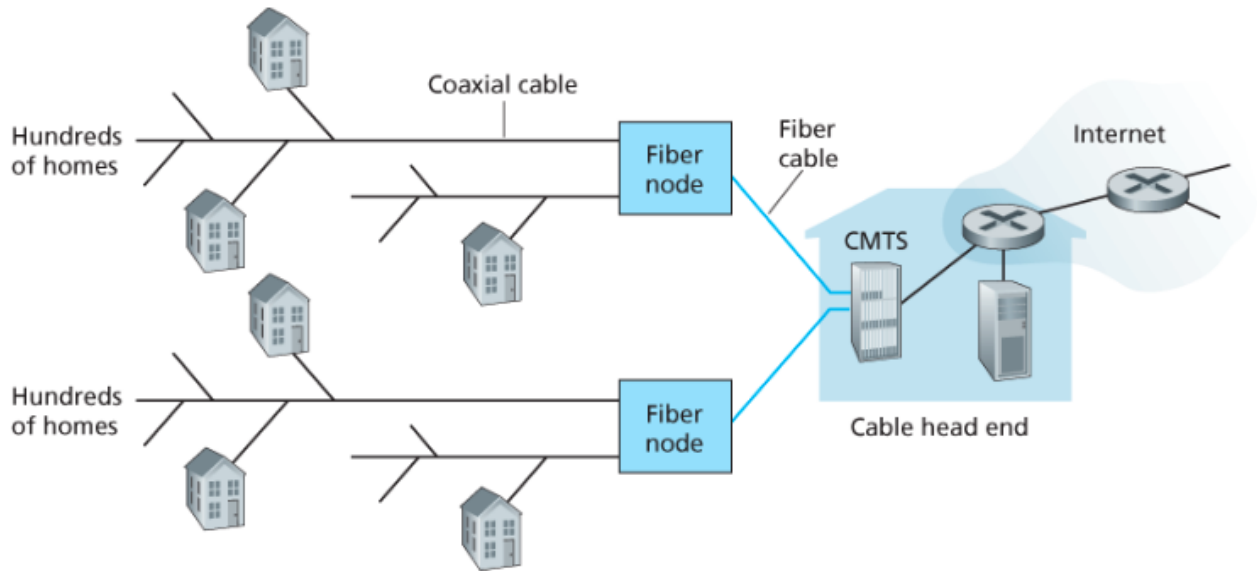
DSL 표준

- DSL 표준은 여러 **전송률**을 정의하며, 이 전송률에는 업스트림과 다운스트림을 포함된다. (**다운스트림 채널이 업스트림 채널보다 빠른 전송률이 할당됨**)
 - **업스트림** 속도 : 3.5 Mbps, 16 Mbps
 - **다운스트림** 속도 : 24 Mbps, 52 Mbps
- 최신 표준 : 업스트림과 다운스트림을 결합한 1 Gbps 속도를 정의 (ITU 2014)
 - 다운스트림과 업스트림의 속도가 다르기 때문에 이 접속 방식을 **비대칭(asymmetric)**이라고 한다.

케이블 인터넷 접속, HFC(Hybrid Fiber Coax)

가정은 **케이블 TV** 서비스를 제공하는 **같은 회사로부터** 인터넷 접속 서비스를 받는다.

광케이블은 **케이블 헤드엔드**를 이웃 레벨 정션(junction)에 연결하며, 이로부터 가정들에 도달하는 데에는 전통적인 **동축케이블**이 사용된다.



헤드엔드(head-end)

- (유선 TV의) 전파 (조정) 중계소, 중계국 / 주전송장치(분배센터)
- 각 데이터 국으로부터 수신된 신호를 많은 세대가 시청할 수 있도록 **신호를 가공, 증폭한 다음 분배**해주는 시설
- 유선 TV 방송을 위해 전파를 증폭, 조정, 변환, 투입차단 또는 혼합하여 선로로 송출하는 장치들과 신호를 간선 케이블로 송출하는 모든 설비를 말한다.

케이블 모뎀

- 케이블 인터넷 접속을 위한 모뎀
- **이더넷 포트**를 통해 가정 PC에 연결된다.
- 케이블 헤드엔드에서 **CMTS(Cable Modem Termination System)**가 존재
- 이는 HFC 네트워크를 다운스트림과 업스트림 채널 2개로 나눈다. (*DSL과 똑같은!*)
 - 비대칭 접속
 - 다운스트림 채널이 업스트림 채널보다 빠른 전송률이 할당된다.

CMTS(Cable Modem Termination System)

- 많은 다운스트림 가정에 있는 **케이블 모뎀**으로부터 송신된 **아날로그 신호**를 다시 **디지털 포맷**으로 변환하는 역할
- 즉, 이는 DSL 네트워크의 DSLAM와 유사한 기능을 한다.

케이블 인터넷은 공유 방송 매체 ★

1. **헤드엔드가 보낸 모든 패킷**은 / 모든 링크의 **다운스트림 채널**을 통해 / 모든 가정으로 전달된다.
2. **가정에서 보낸 모든 패킷**은 / **업스트림 채널**을 통해 / 헤드엔드로 전달한다.

이에 다음과 같은 상황이 발생한다.

- 여러 사용자가 다운로드 채널에서 **다른** 비디오 파일을 동시에 수신하고 있다면, 각 사용자가 비디오 파일을 수신하는 실제 수신율은 **다운스트림 전송률보다 작아진다**.
- 몇 명만 접속 중이며 모두가 웹을 탐색 중이라면, 각 사용자는 **전체 다운로드 전송률로** 웹 페이지를 수신할 수도 있다.

업스트림 채널도 공유가 되기 때문에, **분산 다중 접속 프로토콜**은 전송을 조정하고 충돌을 피하기 위해 필요하다.

FTTH(Fiber to the Home) 인터넷 접속

- 지역 중앙국(Central Office, CO)로부터 가정까지 **직접 광섬유 경로**를 제공한다.
- 잠재적으로 Gbps의 인터넷 접속 속도를 제공할 수 있다.
- **광신호 분배 기술**: CO로부터 가정까지 광신호를 분해하는 기술들을 말한다.

다이렉트 광섬유(direct fiber)

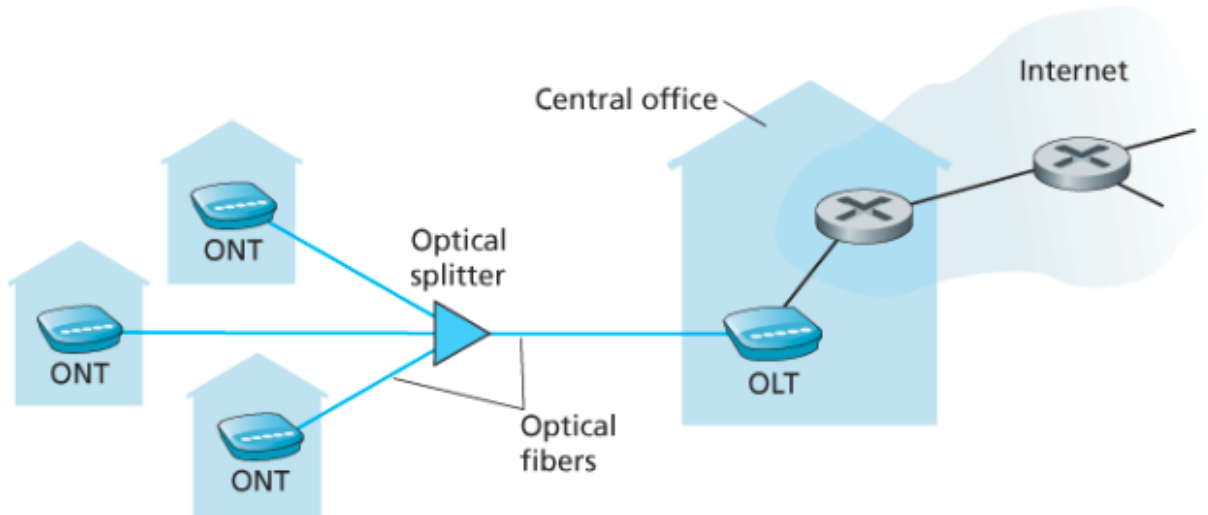
- 가장 간단한 광신호 분배 네트워크
- CO에서 각 가정으로 하나의 광섬유를 제공

AON(Active Optical Network)과 PON(Passive Optical Network)

스플리팅을 수행하는 두 가지 경쟁적인 **광신호 분배 네트워크 구조**들을 말한다.

스플리팅(splitting): 일반적으로 CO에서 시작되는 각 광섬유는 여러 가정이 공유하기 때문에, **가정에 가까운 곳까지 하나의 광섬유로 온 다음 고객별 광섬유로 분리**하는 것

- **AON**: 근본적인 교환(switched) 이더넷
- **PON**: 아래 그림 참고 (PON 분배 구조를 이용하는 FTTH 인터넷 접속)



이처럼 각 가정에서의 사용자는 홈 라우터를 ONT에 연결하고, 그를 통해 인터넷에 접속한다.

인터넷 접속 절차는 아래와 같이 정리할 수 있다.

1. 각 가정은 **ONT(Optical Network Terminator)**를 가지고 있으며, 이는 지정된 광섬유로 **이웃 스플리터에 연결된다**.
2. **스플리터(Optical Splitter)**는 여러 가정을 **하나의 공유 광섬유로 결합**, 이를 텔코의 CO에 있는 **OLT(Optical Line Terminator)**에 연결한다.
3. OLT는 **광신호와 전기 신호 간의 변환**을 제공, 이는 텔코 라우터를 통해 **인터넷**에 연결된다.

5G 고정 무선(5G Fixed Wireless, 5G-FW) 기술

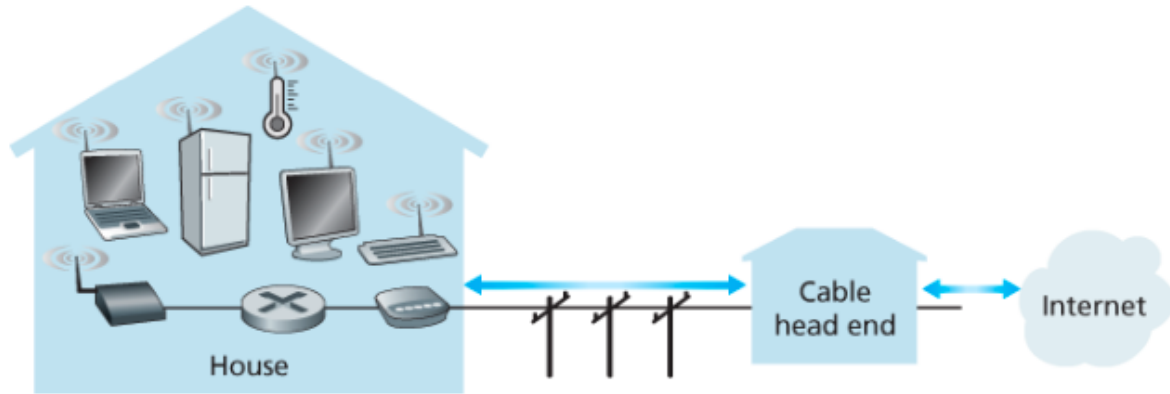
- **빔포밍(beam-forming)** 기술을 이용하여 서비스 제공가의 기지국에서 가정 내의 모뎀으로 데이터를 **무선으로** 전송한다.
- 와이파이(WiFi) 무선 라우터가 케이블 또는 DSL 모뎀에 연결되어 있듯, 5G-FW에서도 와이파이 무선 라우터가 모뎀에 연결되어 있다.
- **5G 셀룰러(cellular) 네트워크** → 7장에서 설명

기업(그리고 가정) 접속

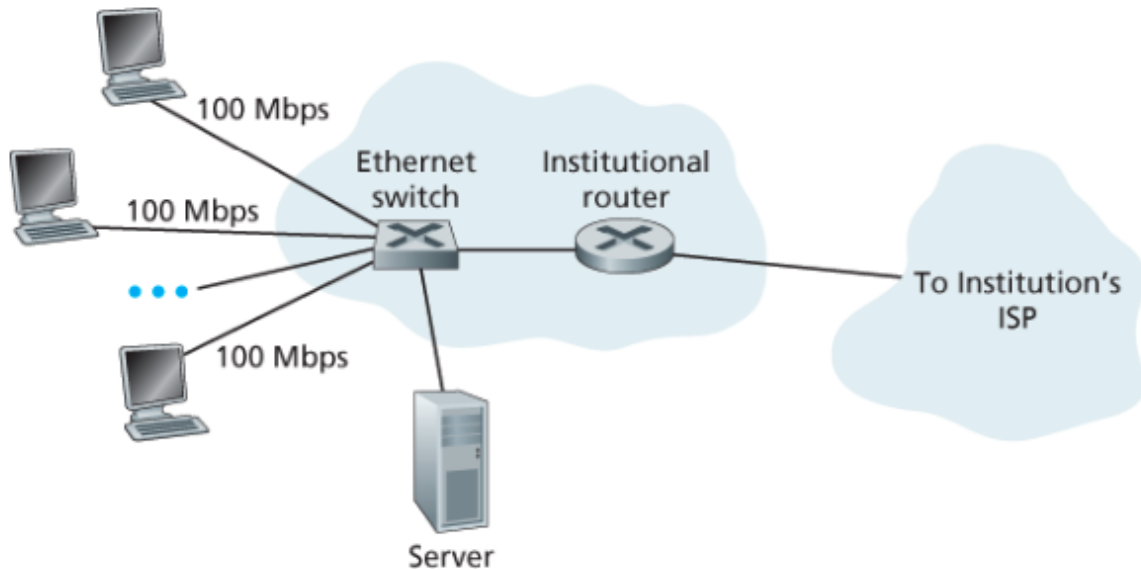
LAN(Local Area Network)

- **종단 시스템을 가장자리 라우터에 연결**하는 데 사용된다.
- 여러 유형의 LAN 기술 중, **이더넷 기술**이 기업, 대학, 홈 네트워크에서 가장 널리 사용되는 접속 기술

아래는 전형적인 홈 네트워크를 나타낸 그림이다.



이더넷(Ethernet)



- 이더넷 스위치에 연결하기 위해 **꼬임쌍선**을 이용 (**꼬임 쌍선**은 1.2.2 절에서 설명)
- 이더넷 스위치 혹은 상호연결된 스위치들의 네트워크는 다시 더 큰 인터넷으로 연결된다.

무선 랜(wireless LAN) 환경

점차 사람들은 인터넷을 '사물(스마트폰, 태블릿 등)'에서 **무선으로** 접속하고 있다.

- 무선 랜 환경에서 무선 사용자들은 기업 네트워크에 연결된 **AP(Access Point)**로 패킷을 송·수신
- AP는 유선 네트워크에 다시 연결된다.
- **와이파이(WiFi)** : IEEE 802.11 기술에 기반한 무선 랜 접속

광역 무선 접속

- **무선 인프라스트럭처를 채택** (이동 전화망 사업자들이 운영하는 기지국을 통해 패킷을 송수신하는 데 사용하는 것과 같은 것임)

- 수십 미터 반경 내에 있어야 하는 와이파이와 달리, 사용자는 **기지국의 수십 킬로미터 반경 내에** 있으면 된다.

1.2.2 물리 매체

인터넷에서 공통적으로 사용하는 물리 매체들과 그 밖의 매체들에 대하여 살펴보자.

물리 매체(physical media)

물리 매체를 정의하기 위해서는 비트에 대해 먼저 알아야 한다.

한 종단 시스템에서 여러 링크와 라우터를 거쳐 다른 종단 시스템으로 한 비트가 전달되는 상황을 생각해보자.

- 이 비트는 여러 라우터를 거치게 된다. (첫 번째 라우터 : 비트를 수신 & 전송 → 두 번째 라우터 : 비트를 수신 & 전송 → 세 번째 라우터 : ...)
- 즉, 비트는 출발지에서 목적지로 전달될 때 여러 번 걸쳐 전송되며, **일련의 송신기-수신기 쌍**을 거친다.

비트는 **물리 매체(physical media)**상에 전자파나 광 펄스를 전파하여 전송한다.

- 물리 매체는 여러 형태이며, **경로상의 각 송신기-수신기 쌍에 대해 같은 유형일 필요는 없다.**
- e.g., 꼬임쌍선, 동축케이블, 다중모드 광섬유 케이블, 지상파와 위성파 등
- 두 가지 종류
 - **유도 매체(guided media)** : 꼬임쌍선, 동축케이블, 광섬유 케이블과 같은 **견고한 매체를 따라 파형을 유도**
 - **비유도 매체(unguided media)** : 무선 랜 혹은 디지털 위성 채널처럼 **야외 공간으로 파형을 전파**

꼬임쌍선

- 가장 싸고 가장 많이 이용하는 전송 매체 (전화기에서 전화국 스위치까지 유선 연결의 99% 이상이 이를 이용)
- 구성
 - 2개의 절연 구리선, 각각은 약 1mm 굵기로 **규칙적인 나선 형태로** 배열된다.
 - 이웃하는 쌍들 간에 전기 간섭을 줄이기 위해 선들이 꼬여 있는 것이며, **이러한 한 쌍의 선이 하나의 통신 링크를 구성한다.**
- 데이터 전송률 : **전송선의 두께, 송신기와 수신기 사이의 거리에** 따라 다르다.
- 사용 : UTP(Unshielded Twisted Pair) - 빌딩의 컴퓨터 네트워크, LAN에서 가장 많이 이용하는 매체

동축케이블

- 구조 : 꼬임쌍선처럼 2개의 구리선으로 되어 있으나, 두 구리선이 평행하지 않고 **동심원 형태**를 이룬다.
- 데이터 전송률 : 동심원 형태의 구조와 특수 절연 및 차폐를 가지고 있어 **꼬임쌍선보다 더 높은 데이터 전송률**을 얻을 수 있다.
- 사용 : 케이블 TV 시스템
- 특징
 - **유도 공유 매체(shared medium)**으로 사용할 수 있다.
 - 여러 종단 시스템은 케이블에 직접 연결할 수 있고, 모든 종단 시스템은 **다른 종단 시스템이 전송하는 모든 것을 수신한다.**

광섬유

- 비트를 나타내는 빛의 파동을 전하는 가늘고 유연한 매체
- 초당 10~100기가비트에 이르는 높은 비트율을 지원한다.
- 광 장비는 고가이므로 근거리 전송(LAN, 가정)에는 이용하기 어렵다.
- 특징
 - 전자기성 간섭에 영향을 받지 않는다.
 - 100 km까지는 신호 감쇠 현상이 매우 적다.
 - 태핑(tapping, 도청)하기가 어렵다.
- 사용 : 해저 링크, 광역 전화 네트워크

지상 라디오 채널

- 전자기 스펙트럼으로 신호를 전달한다.
- 특징
 - 물리 선로를 설치할 필요가 없다.
 - 벽을 관통할 수 있다.
 - 이동 사용자에게 연결성을 제공하며, 먼 거리까지 신호 전달이 가능하다
 - 전파 환경과 신호가 전달되는 거리에 많은 영향을 받는다.
 - 주변 환경을 결정하는 요소
 - **경로손실(path loss)**
 - **새도 페이딩(shadow fading)** : 신호가 먼 거리를 지나감에 따라 / 방해 물질을 돌아 가거나 통과함에 따라 신호 강도가 약해지는 현상
 - **다중경로 페이딩** : 간섭 물체의 신호 반사 때문에 발생
 - **간섭** : 다른 라디오 채널이나 전자기 신호 때문에 발생
- 크게 3개의 그룹으로 분류
 - 1~2 m의 매우 짧은 거리에서 동작하는 채널 (무선 헤드셋, 키보드 등)
 - 로컬 라디오 채널 : 십~수백 미터에 걸쳐 근거리 네트워크로 동작하는 채널 (무선 랜 기술)
 - 광역 라디오 채널 : 수십 킬로미터에 걸쳐 광역에서 작동하는 채널 (셀룰러 접속 기술)

위성 라디오 채널

- **지상 스테이션**이라는 둘 이상의 지상 기반 마이크로파 송신기/수신기를 연결한다.
- **과정**
 1. 한 주파수 대역으로 전송 신호를 수신
 2. **리피터(repeater)**를 통해 그 신호를 재생
 3. 그 신호를 다른 주파수 대역으로 전송
- **전송률** : 초당 기가비트
- **두 가지 종류**
 - **정지 위성(geostationary satellite)** : 지상 36,000 km에 쏘아올려져 일정 위치에 영원히 머무름
 - **저궤도 위성(low-earth orbiting(LEO) satellite)** : 지구를 공전하며 지상국뿐만 아니라 서로 통신할 수 있음
→ *미래의 인터넷 접속에 이용될 수도?*