

23 WAN Concepts

WAN概念



23.1 Purpose of WANs

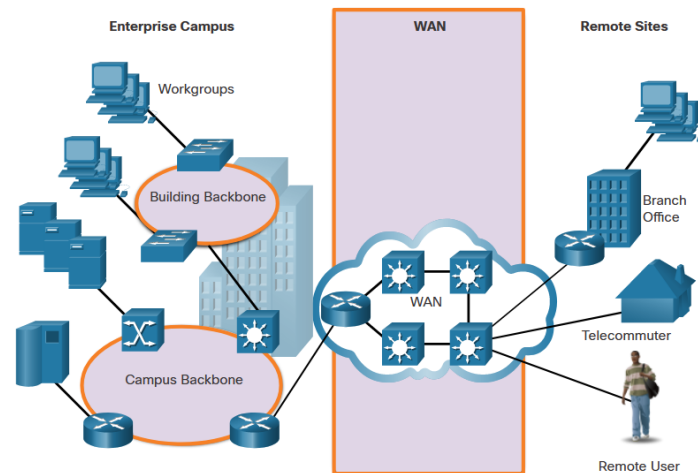
WAN目标

WAN目标

LANs 和 WANs

- WAN 连接 LAN
- WAN 用于将远程站点连接至企业网络。
- WAN 将家庭用户连接至互联网。

Local Area Networks (LANs)	Wide Area Networks (WANs)
局域网在一个小的地理区域内提供网络服务。	广域网在大的地理区域提供网络服务
局域网用于连接本地计算机、外设和其他设备。	广域网用于连接远程用户、网络和站点。
局域网由组织或家庭用户拥有和管理。	广域网由互联网服务、电话、电缆和卫星提供商拥有和管理。
除了网络基础设施成本，使用局域网不收费。	广域网收费
局域网使用有线以太网和Wi-Fi服务提供高带宽速度。	广域网提供商提供长距离的低到高带宽速度。



WAN目标

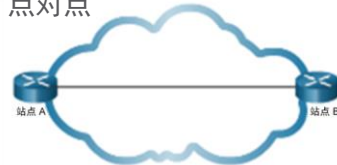
Private and Public WANs

- 专用广域网是专用于单个客户的连接。
- 专用WAN提供:
 - Guaranteed service level（保证服务水平）
 - Consistent bandwidth（一致的带宽）
 - Security（安全）
- 公共广域网连接通常由使用因特网的ISP或电信服务提供商提供。在这种情况下，服务级别和带宽可能会有所不同，并且共享连接不能保证安全性。

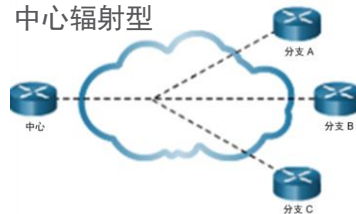
WAN 拓扑

- 常见的 WAN 拓扑为：
 - **点对点** (Point-to-Point Topology) - 通常为专用的租用线路连接，例如 T1/E1
 - **中心辐射型** (Hub-and-Spoke Topology) - 单宿主的点对多点拓扑，在这种拓扑结构中，可通过使用虚拟接口与多个分支路由器共享中心路由器上的单个接口
 - **全网状** (Fully Meshed Topology) - 每台路由器都可以与其他路由器互相连接；需要大量虚拟接口
 - **双宿主** (Dual-homed Topology) - 通过提供连接至分支路由器的第二个中心，为单宿主和中心辐射型拓扑提供冗余
 - **部分网状** (Partially Meshed Topology)

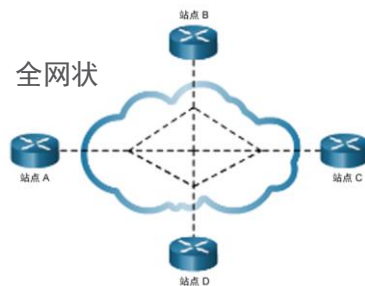
点对点



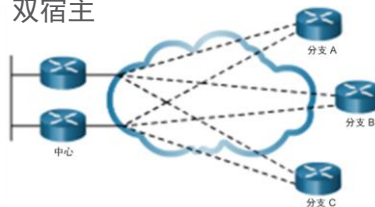
中心辐射型



全网状

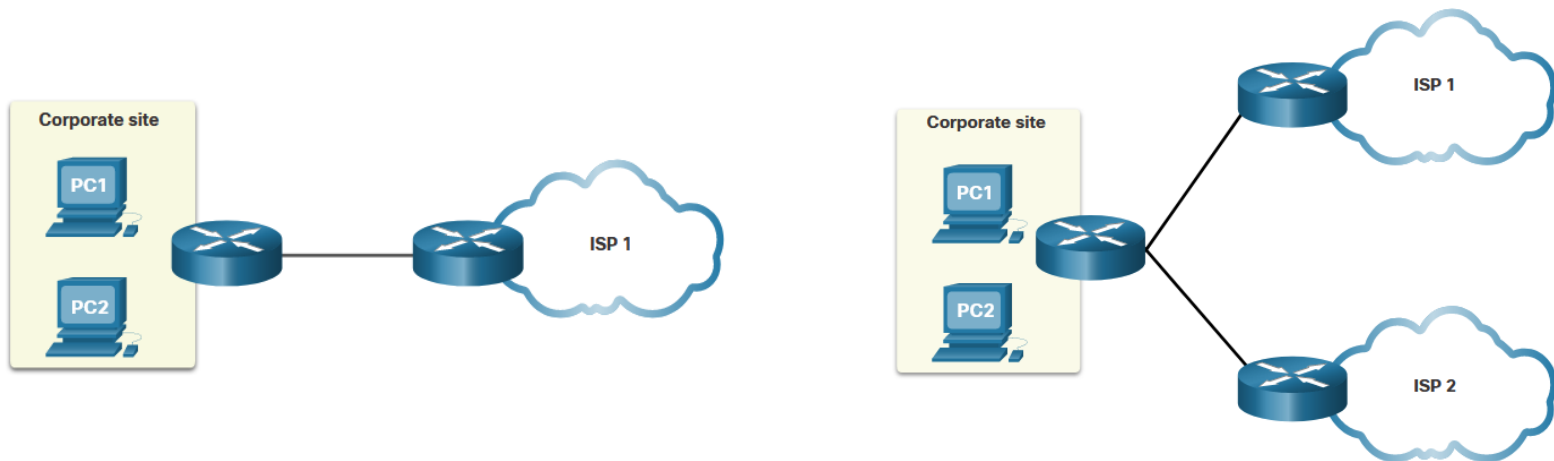


双宿主



WAN目标 载波连接 (Carrier Connections)

- 广域网设计的另一个方面是一个组织如何连接到互联网。组织通常与服务提供者签署服务水平协议（SLA）。SLA概述了与连接的可靠性和可用性相关的预期服务。
- 服务提供者可以是也可以不是实际的承运人。运营商拥有并维护供应商和客户之间的物理连接和设备。通常，组织将选择单载波或双载波广域网连接。
- 单载波连接是指一个组织仅连接到一个服务提供商。SLA在组织和服务提供者之间协商。
- 双载波连接提供冗余并提高网络可用性。该组织与两个不同的服务提供商协商不同的SLA。

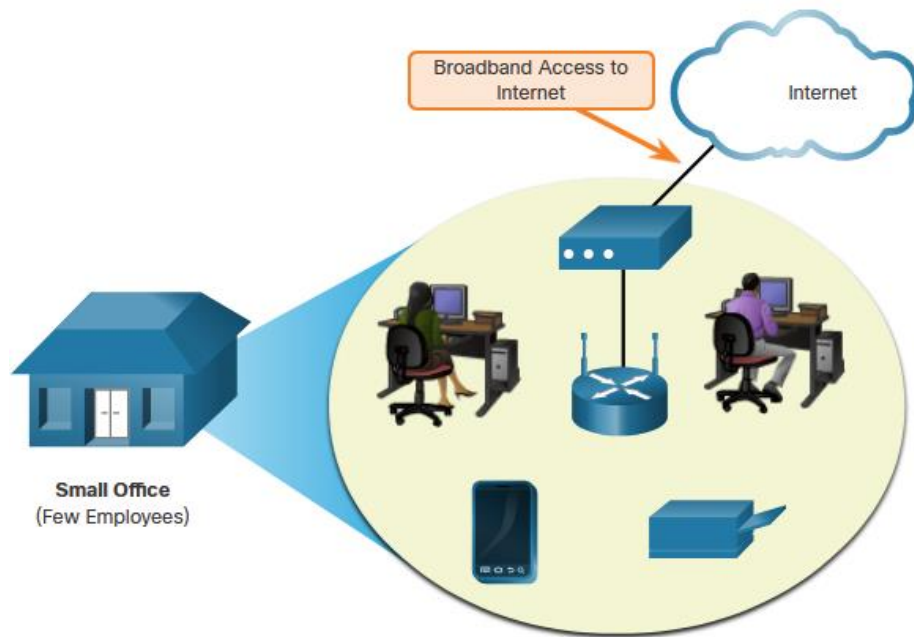


随着时间的推移，公司的网络需求会发生巨大的变化.

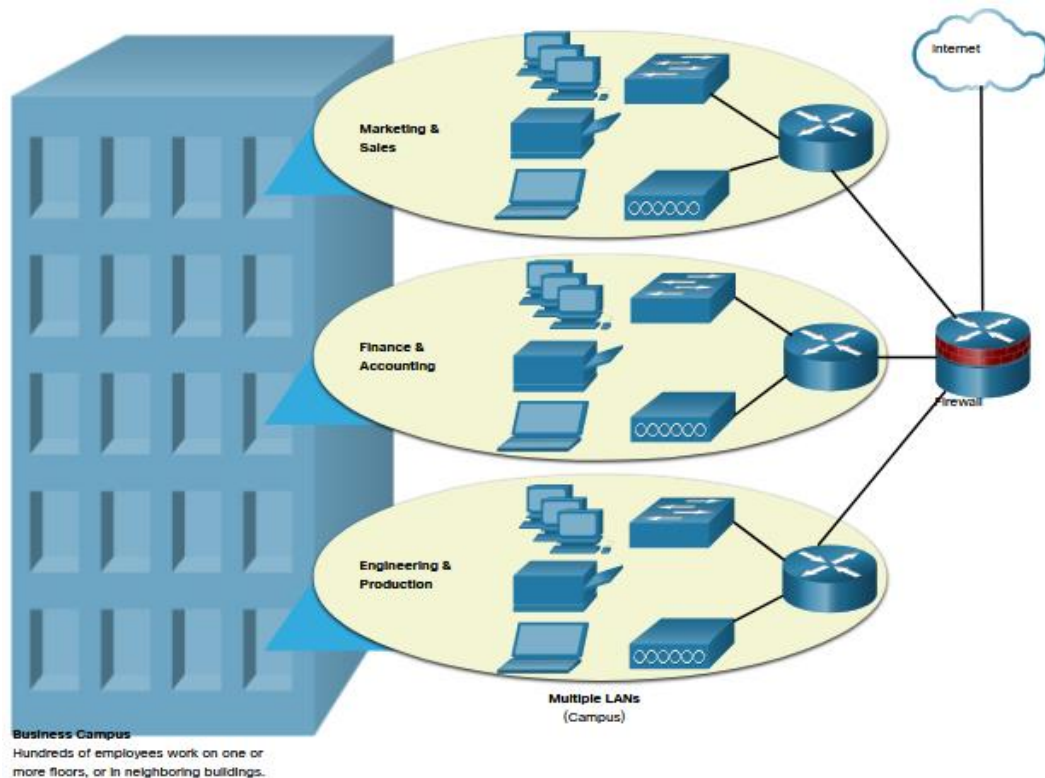
- 网络必须满足业务的日常运营需求，并且必须能够随着公司的变化而适应和发展.
- 网络设计师和管理员通过仔细选择网络技术、协议和服务提供商来应对这些挑战.
- 可以使用各种网络设计技术和体系结构来优化网络.

为了说明网络规模之间的差异，我们将使用一个名为**SPAN Engineering的虚拟公司**，它从一个小型的本地企业成长为一个全球企业.

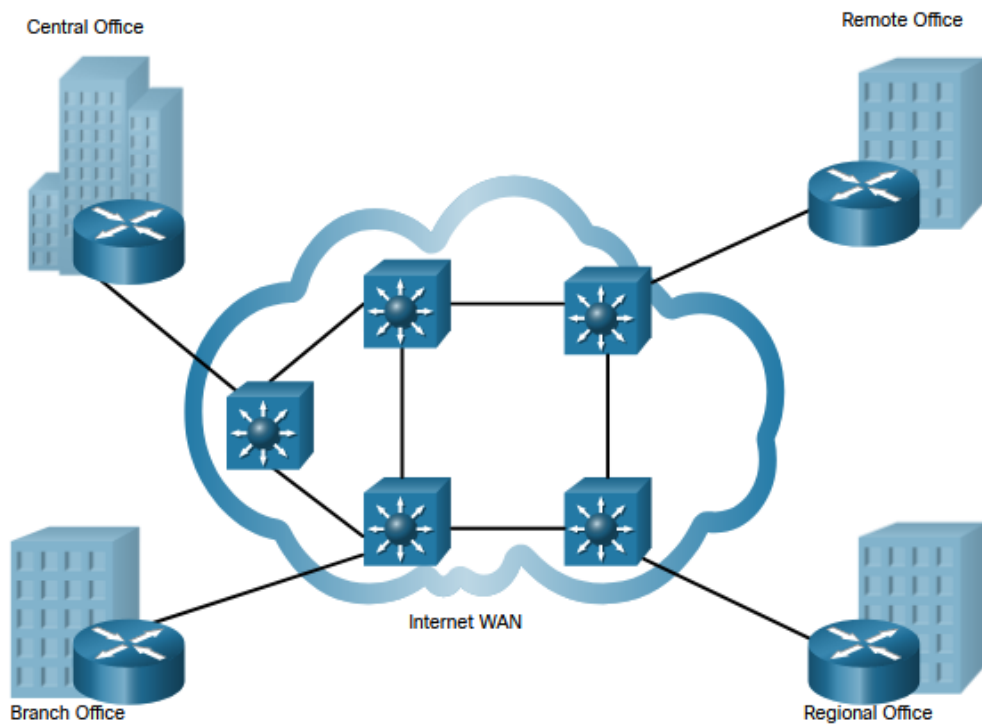
- **小型办公室** - 这些企业通常在通过宽带技术连接至互联网的某个位置有一个LAN。



- **园区网络** - 有一个位置和多个 LAN 的中小企业，使用专门的设备和技术连接至互联网。



- **分支机构网络** - 随着企业发展，它会增加更多分支机构，而且每个分支机构都有自己的园区网络。协商 WAN 合同以连接远程网络。



- **分布式网络** - 跨国企业的网络遍布全球。这些企业通过复杂的 WAN 策略安全连接至区域办公室、分支机构、合作伙伴和远程工作人员。



23.2 WAN Operation

WAN 的工作方式

现代广域网标准由许多公认的权威机构定义和管理，包括：

- **TIA/EIA** - Telecommunications Industry Association and Electronic Industries Alliance
- **ISO** - International Organization for Standardization
- **IEEE** - Institute of Electrical and Electronics Engineers

WANs in the OSI Model

WAN 运营主要集中在物理层（OSI 第 1 层）和数据链路层（OSI 第 2 层）。

第 1 层协议描述如何提供电气、机械、操作和功能连接

第 2 层协议定义数据封装方式

Layer 1 Protocols

- 同步数字分级结构（SDH）Synchronous Digital Hierarchy
- 同步光纤网络（SONET）Synchronous Digital Hierarchy
- 密集波分复用（DWDM）Dense Wavelength Division Multiplexing

Layer 2 Protocols

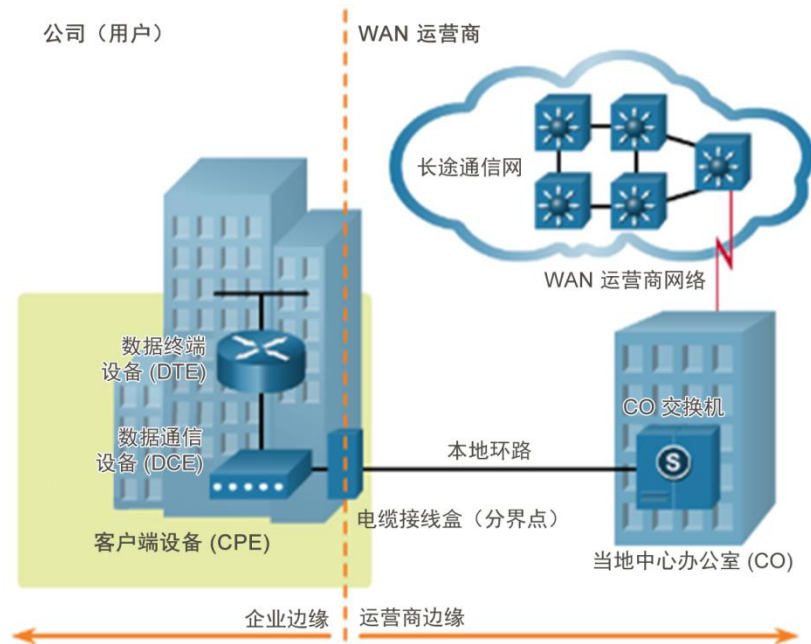
- 宽带（即 DSL 和电缆）
- 无线
- 以太网WAN（城域以太网）
- 多协议标签交换（MPLS）
- 点对点协议（PPP）（应用较少）
- 高级数据链路控制（HDLC）（应用较少）
- 帧中继（已过时）
- 异步传输模式（ATM）（已过时）



WAN 的工作方式

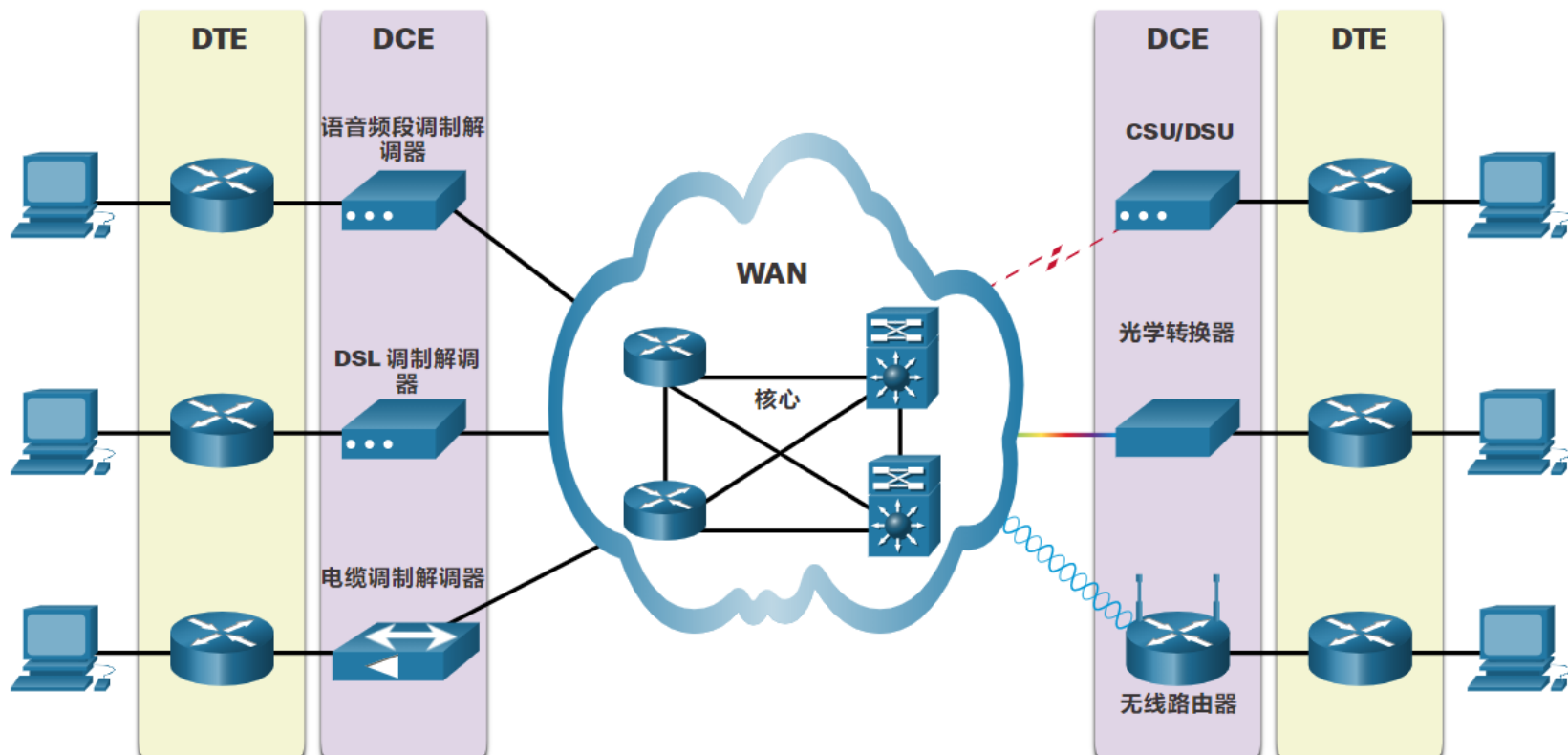
WAN 常见术语

- **客户端设备 (CPE)** - 归企业所有或向运营商租用。
- **数据通信设备 (DCE)** - 提供一个接口，用于将用户连接到 WAN 网云上的通信链路。
- **数据终端设备 (DTE)** - 通过 DCE 连接至本地环路。
- **分界点** - 区分客户设备和运营商设备且连接责任由用户转向运营商的临界位置。
- **本地环路** - 将 CPE 连接至运营商 CO 的电缆（最后一公里）。
- **中心办公室 (CO)** - 将 CPE 连接至运营商网络的本地运营商设施或大楼。
- **长途通信网** - WAN 运营商网络内的所有布线和设备。
- **回程网络**：连接服务提供商网络的多个访问节点
- **骨干网**：用于互连服务提供商网络的大容量网络和创建冗余网络。



WAN 的工作方式

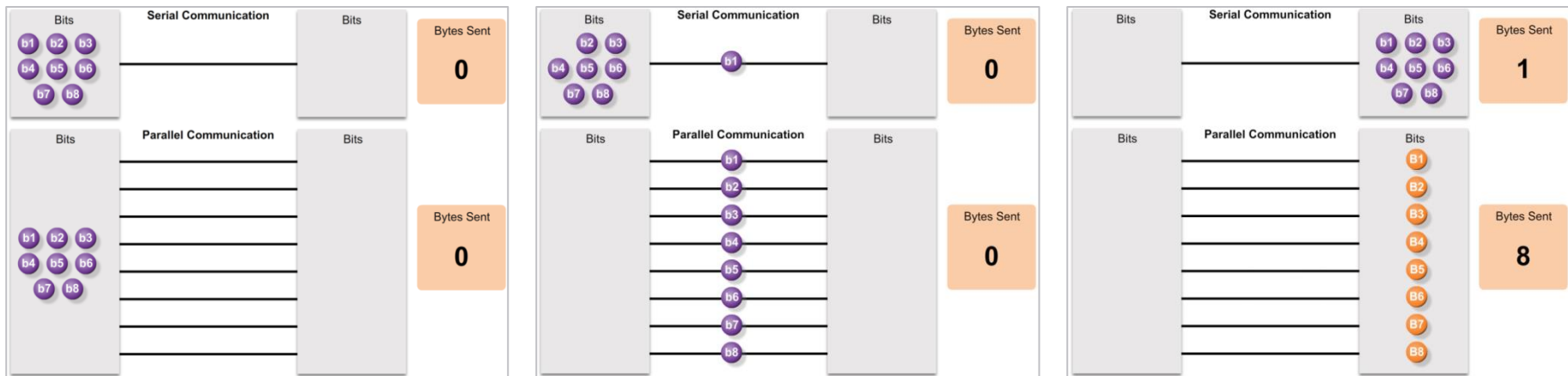
WAN 设备



WAN 的工作方式

串行通信和并行通信

- 点到点连接用于将LAN连接到服务提供商WAN。也称为串行连接或租用线连接。

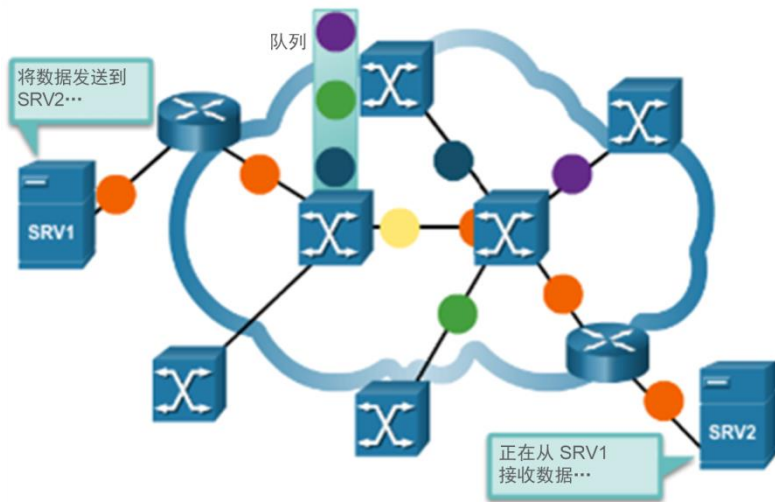
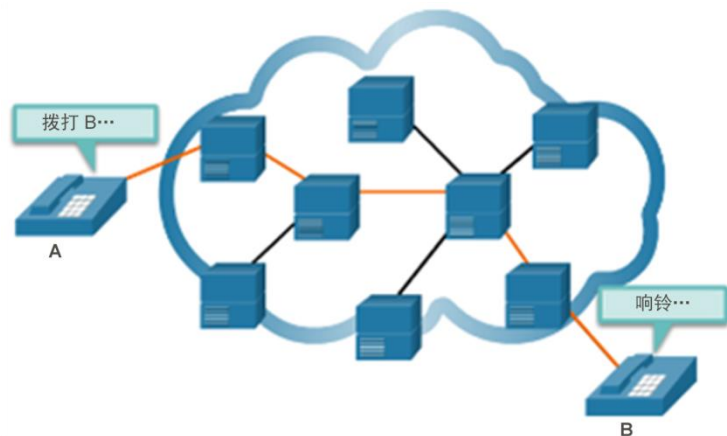


- 在串行通信中，比特通过一条信道顺序传输。
- 在并行通信中，比特通过多根导线同时传输。

WAN 的工作方式

电路交换和分组交换

- **电路交换网络** - 在用户通信（例如拨打电话）之前，在源和目的之间建立专用电路
- **分组交换网络** - 将流量拆分成通过共享网络路由的数据包，无需在源和目的之间建立专用电路



服务提供商网络使用光纤基础设施在目的地之间传输用户数据。在远距离传输中，光纤电缆由于其较低的衰减和干扰而远远优于铜缆。

- **SDH** - Synchronous Digital Hierarchy (SDH)是通过光纤电缆传输数据的国际标准。
- **SONET** - Synchronous Optical Networking (SONET)是提供与SDH相同服务的北美标准。

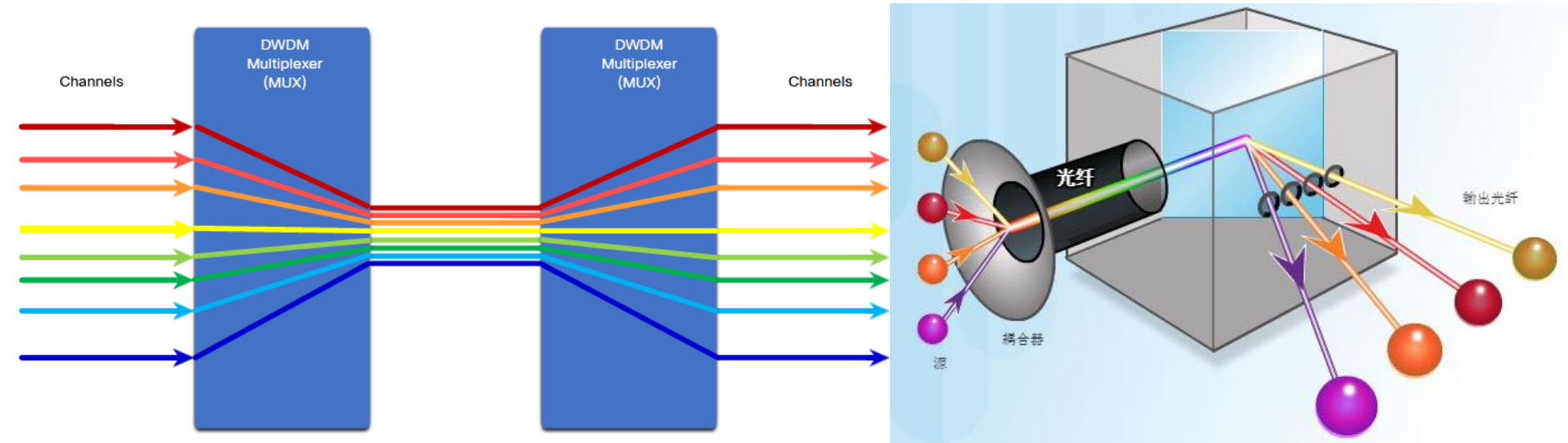
SDH/SONET定义了如何使用激光或发光二极管（led）在光纤上远距离传输多个数据、语音和视频通信。

- **Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)**是一种新的技术，通过同时发送多个数据流（多路复用）使用不同波长的光来增加SDH和SONET的数据承载能力。

WAN 的工作方式

SDH, SONET, and DWDM

- 它支持SONET和SDH标准。
- 它可以在一根光纤上多路传输80多个不同的数据通道（即波长）。
- 每个信道能够承载10Gbps多路复用信号。
- 它将传入的光信号分配给特定波长的光。
- 能够放大这些波长以提升信号强度。
- 在单股光纤上支持双向通信。



20.3 Traditional WAN Connectivity

传统广域网连接

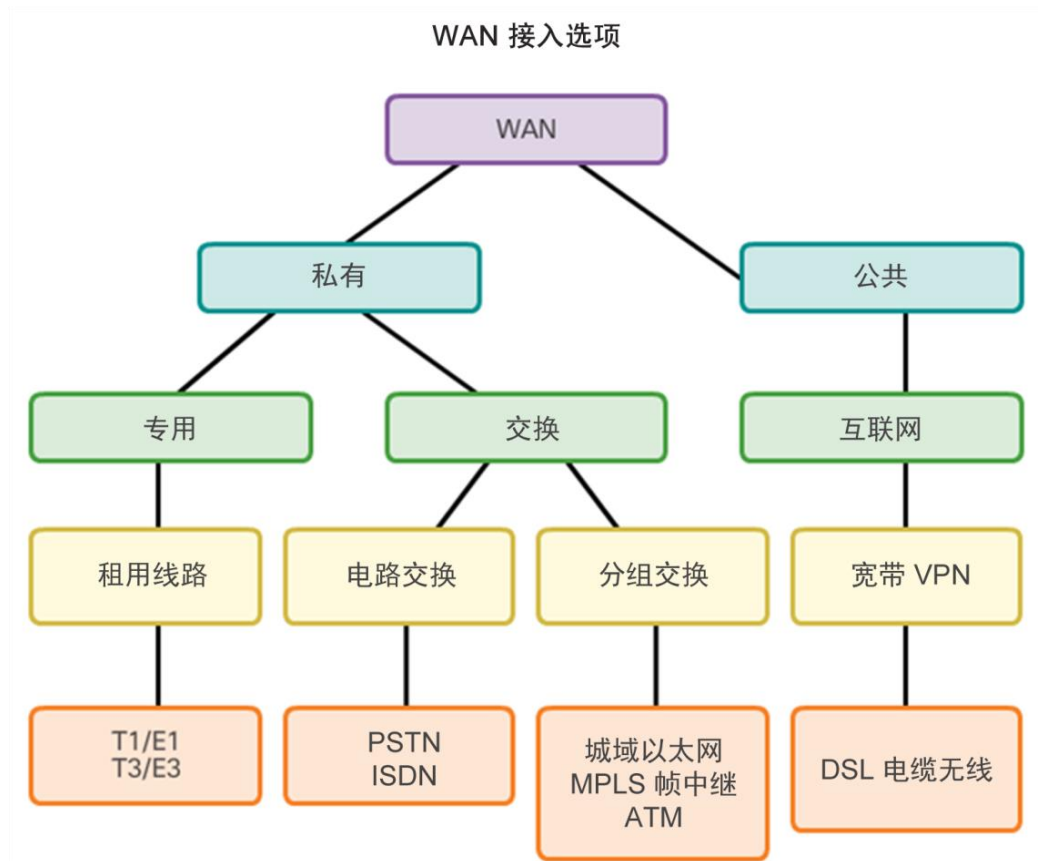
企业接入 WAN 的两种方式：

- 专用 WAN 基础设施

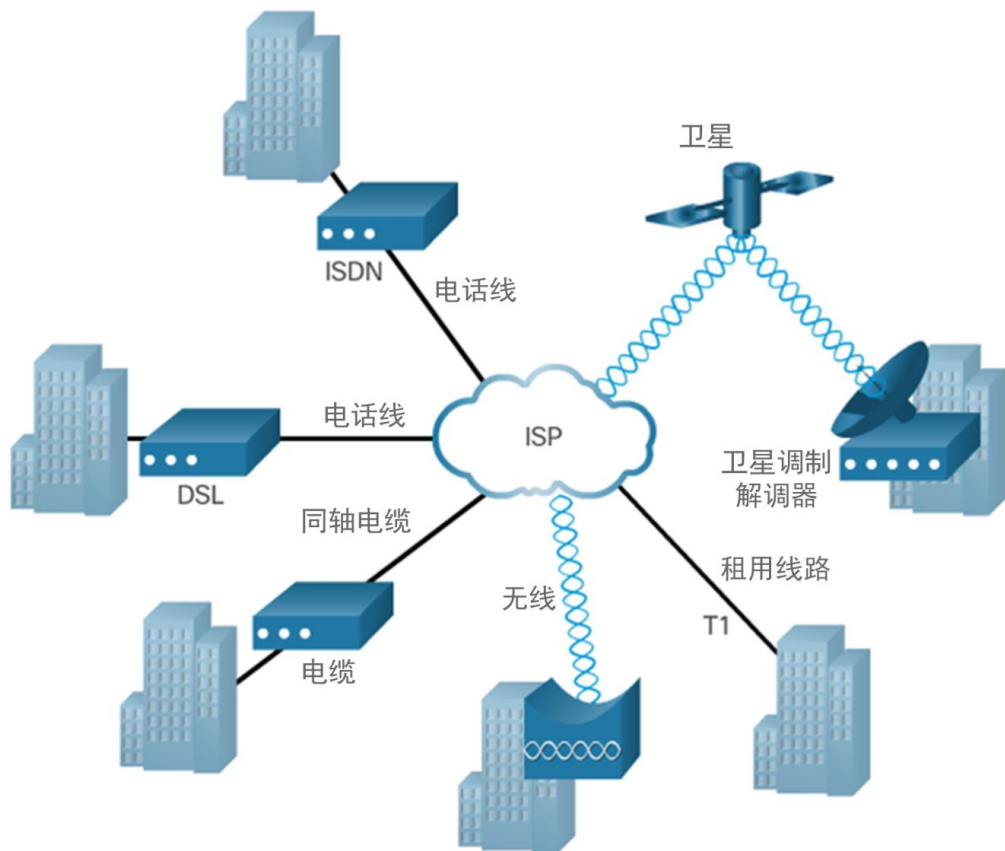
- 企业与运营商就专用或交换 WAN 接入进行协商。

- 公共 WAN 基础设施

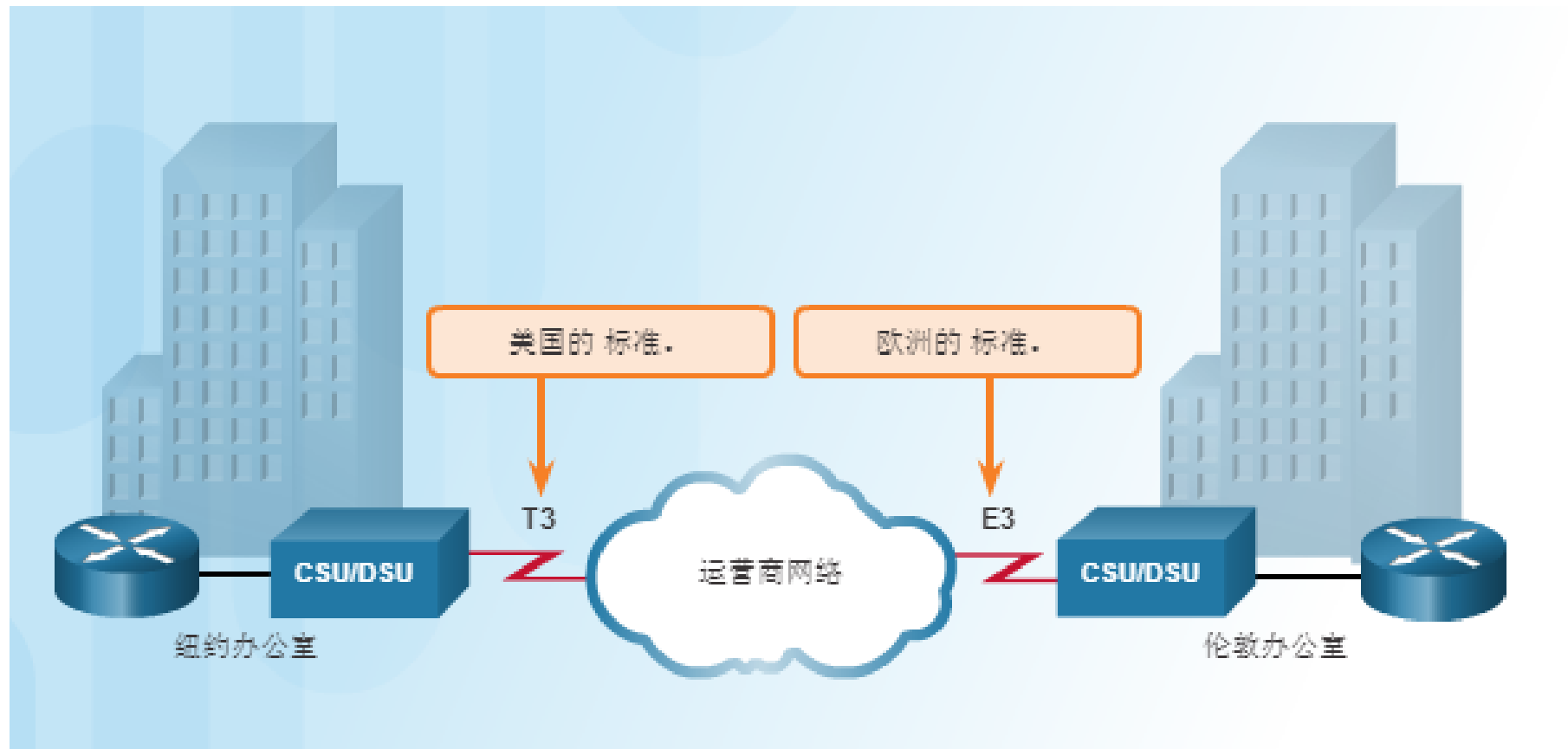
- 使用宽带连接通过互联网实现 WAN 接入。
VPN 为连接提供安全保护。



传统广域网连接 WAN 服务 (续)



传统广域网连接 租用线路



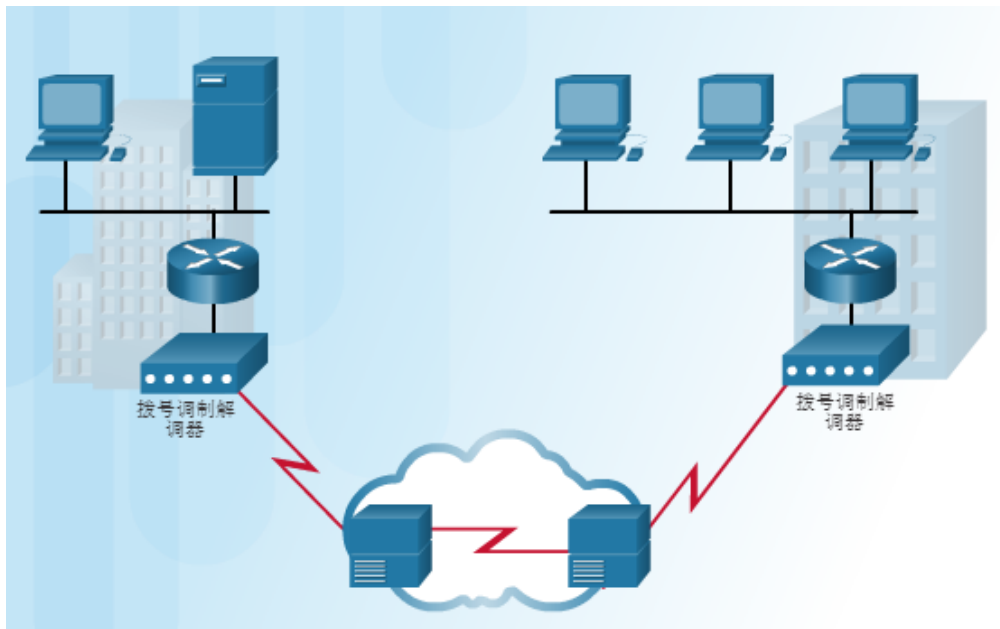
传统广域网连接 电路交换

拨号

使用调制解调器通过语音电话网络传输二进制计算机数据。调制解调器在源位置将二进制数据调制成模拟信号，在目的位置再将模拟信号解调为二进制数据。本地环路及其 PSTN 连接的物理特性将信号的传输速度限制为低于 56 kb/s。

优点：

- 简单
- 可用性高
- 实施成本低



缺点：

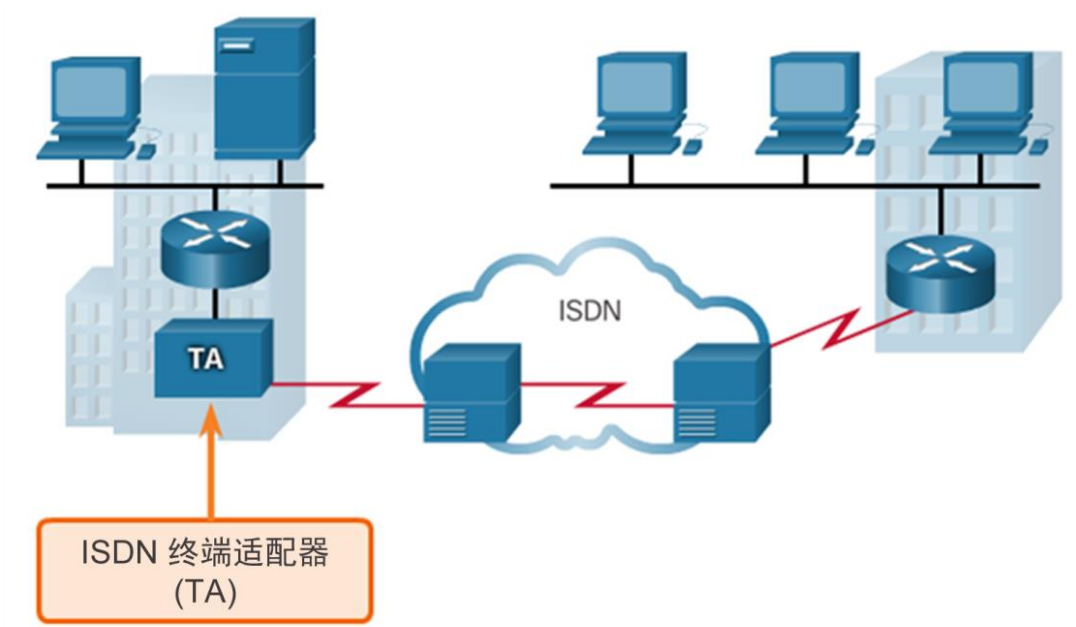
- 数据传输速度慢
- 需要较长的连接时间

传统广域网连接

电路交换

ISDN

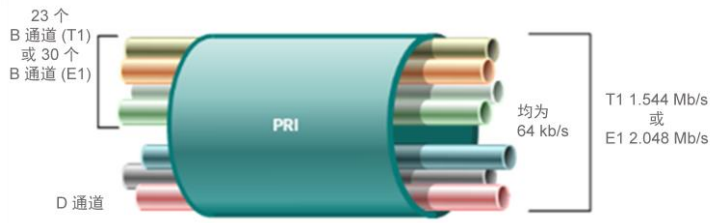
综合业务数字网络（ISDN）是一种电路交换技术，能够让 PSTN 本地环路传输数字信号，从而实现更高容量的交换连接。



ISDN BRI



ISDN PRI

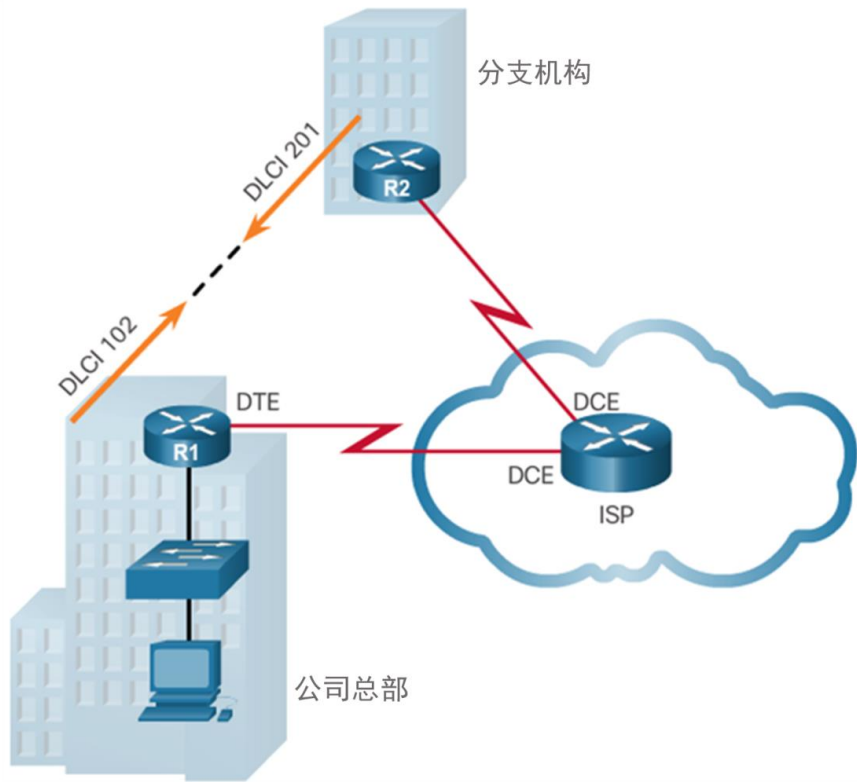


包交换

帧中继

帧中继是一种简单的第 2 层非广播多路访问（NBMA）WAN 技术，用于互联企业 LAN。

- PVC 同时传输语音和数据流量。
- PVC 由数据链路连接标识符 (DLCI) 进行唯一标识。
- PVC 和 DLCI 可以确保从一台 DTE 设备到另一台 DTE 设备之间的双向通信。

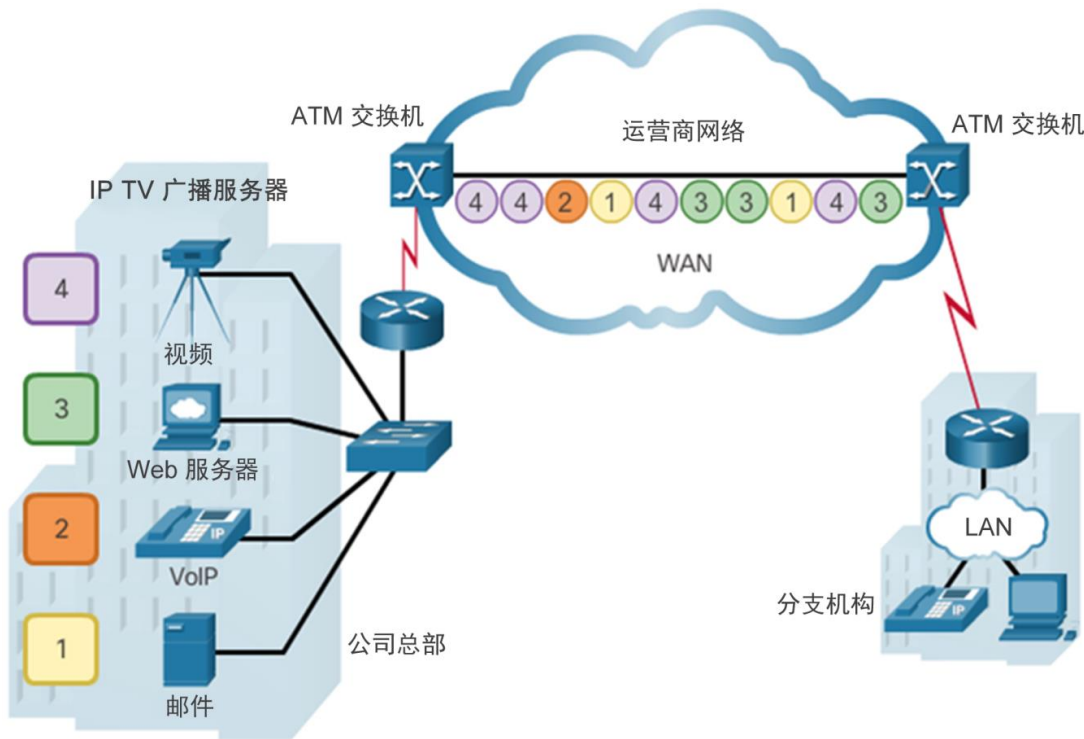


包交换

ATM

异步传输模式（ATM）技术可通过私有和公共网络传输语音、视频和数据。它建立在基于信元的架构，而非基于帧的架构基础之上。ATM 信元的长度总是固定的，即 53 字节。

ATM 具有极佳的可扩展性，可支持 T1/E1 到 OC-12 (622 Mb/s) 乃至更快的链路速度。



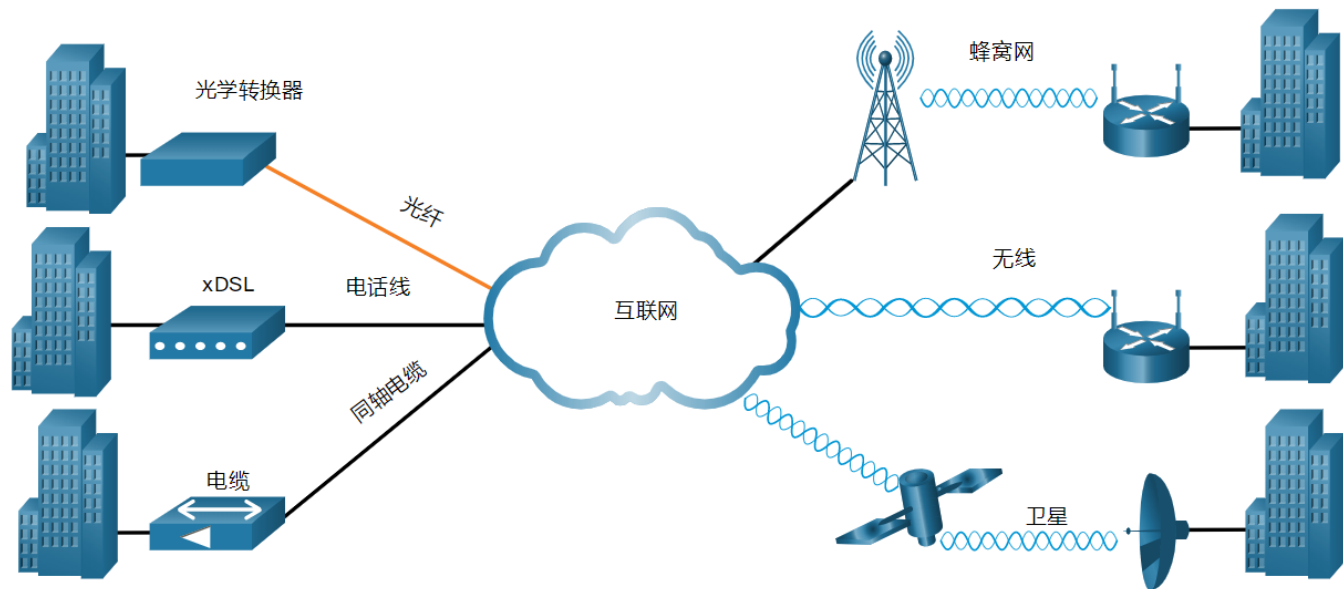
23.4 Modern WAN Connectivity

现代广域网连接

现代广域网连接

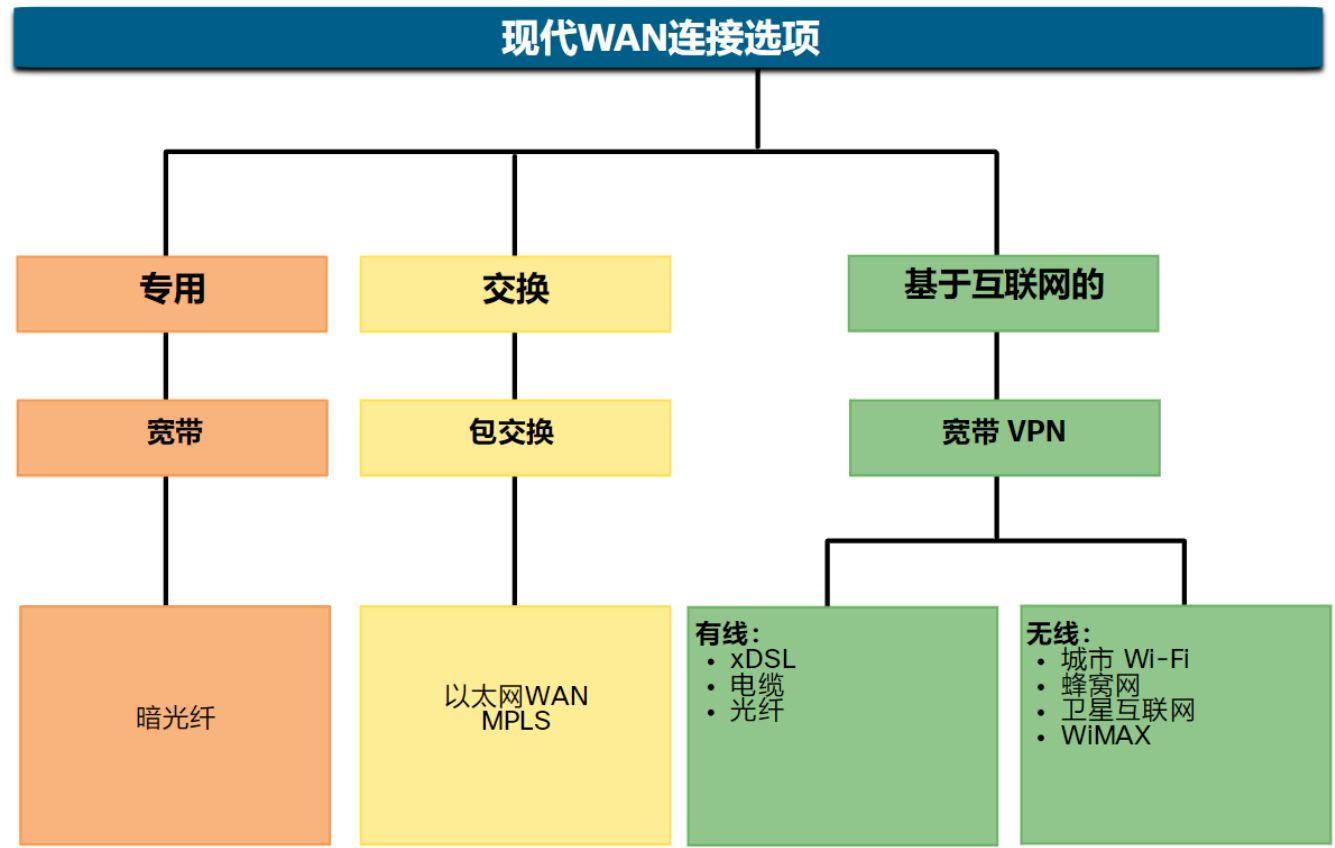
现代WAN

与传统广域网相比，现代广域网具有更多的连接选项。企业现在需要更快、更灵活的广域网连接选项。传统的广域网连接选项在使用中迅速下降，因为它们要么不再可用，要么太贵，要么带宽有限。



现代广域网连接

现代广域网连接选择

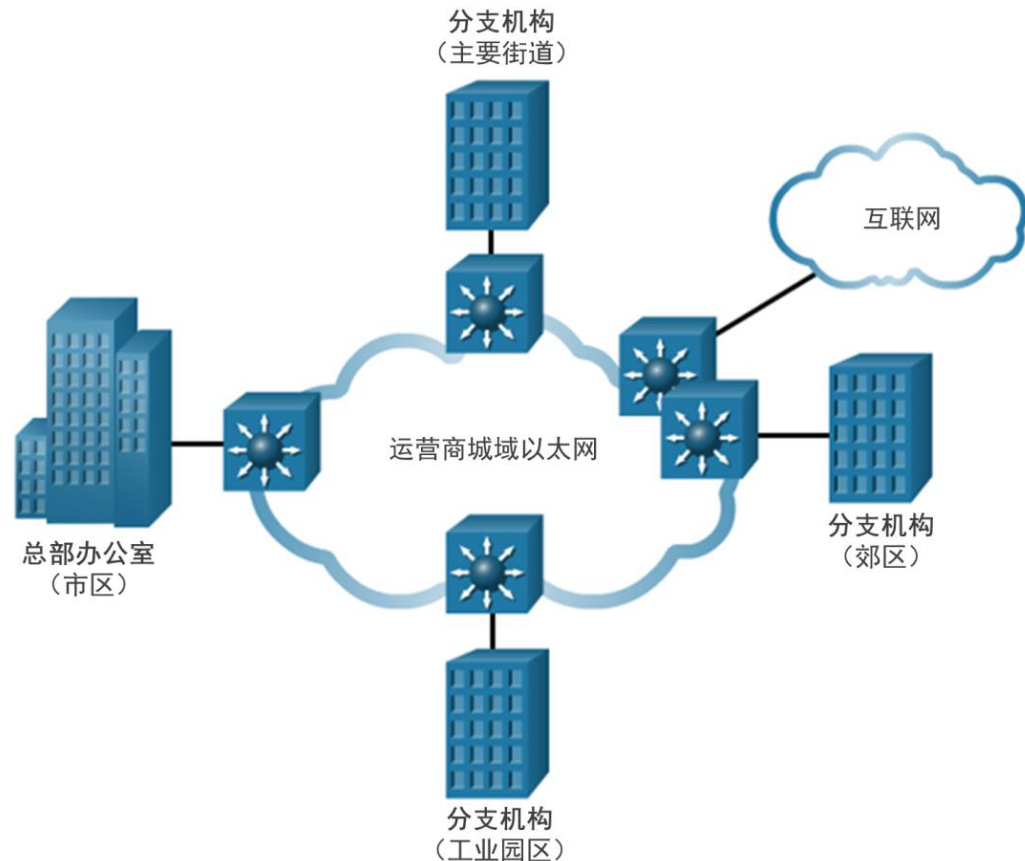


专用 WAN 基础设施

以太网 WAN

以太网 WAN 具有以下特性和优势：

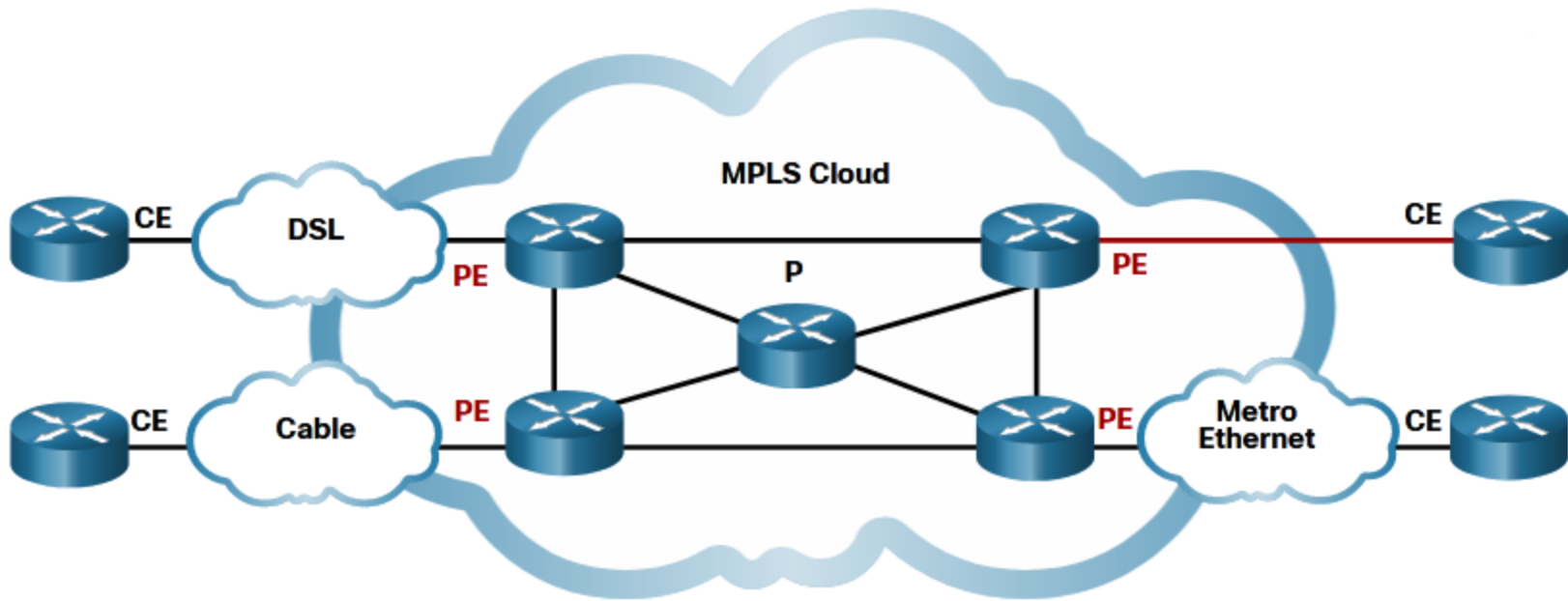
- 降低成本，简化管理
- 可以轻松与现有网络集成
- 提高企业效率
- 运营商现在通过光纤布线提供以太网 WAN 服务。
- 这些服务称为城域以太网 (MetroE)、MPLS 以太网 (EoMPLS) 和虚拟专用局域网服务 (VPLS)。



专用 WAN 基础设施（续）

MPLS

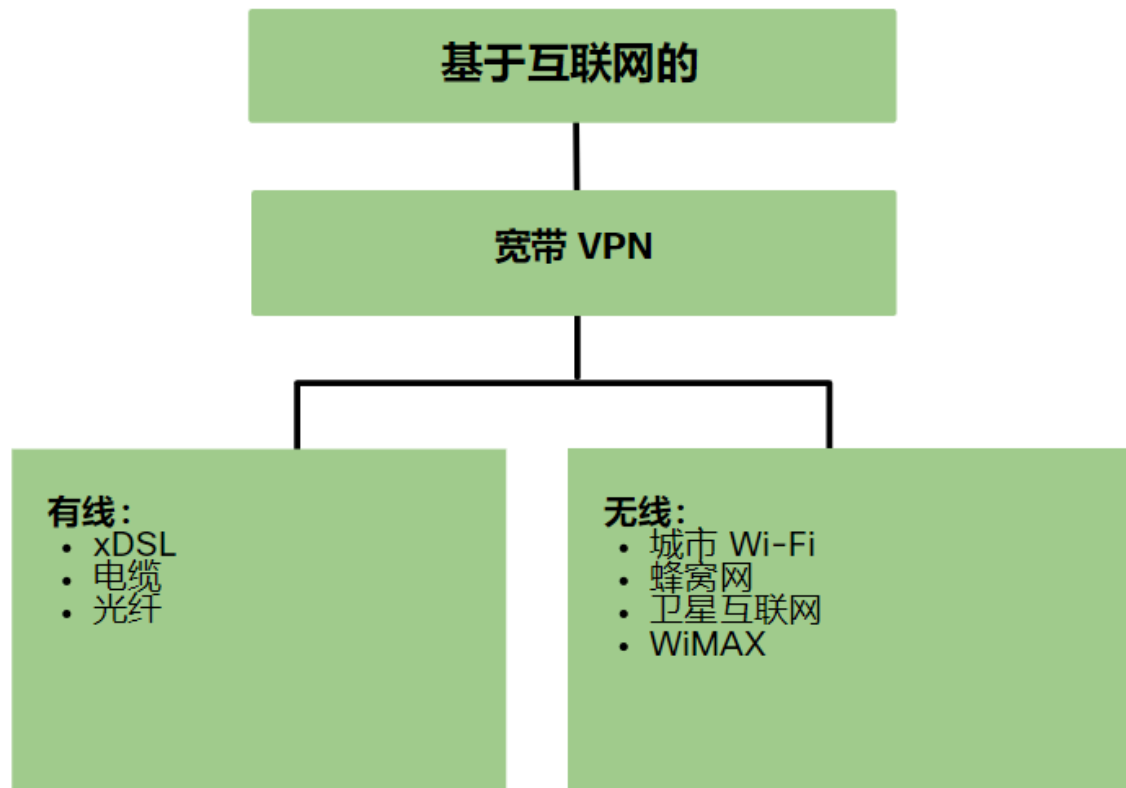
多协议标签交换 (MPLS) 是一种多协议高性能 WAN 技术，可根据最短路径标签而不是 IP 网络地址将数据从一台路由器发送到下一台。MPLS还为QoS支持、流量工程、冗余和vpn提供服务。



23.5 Internet-Based Connectivity

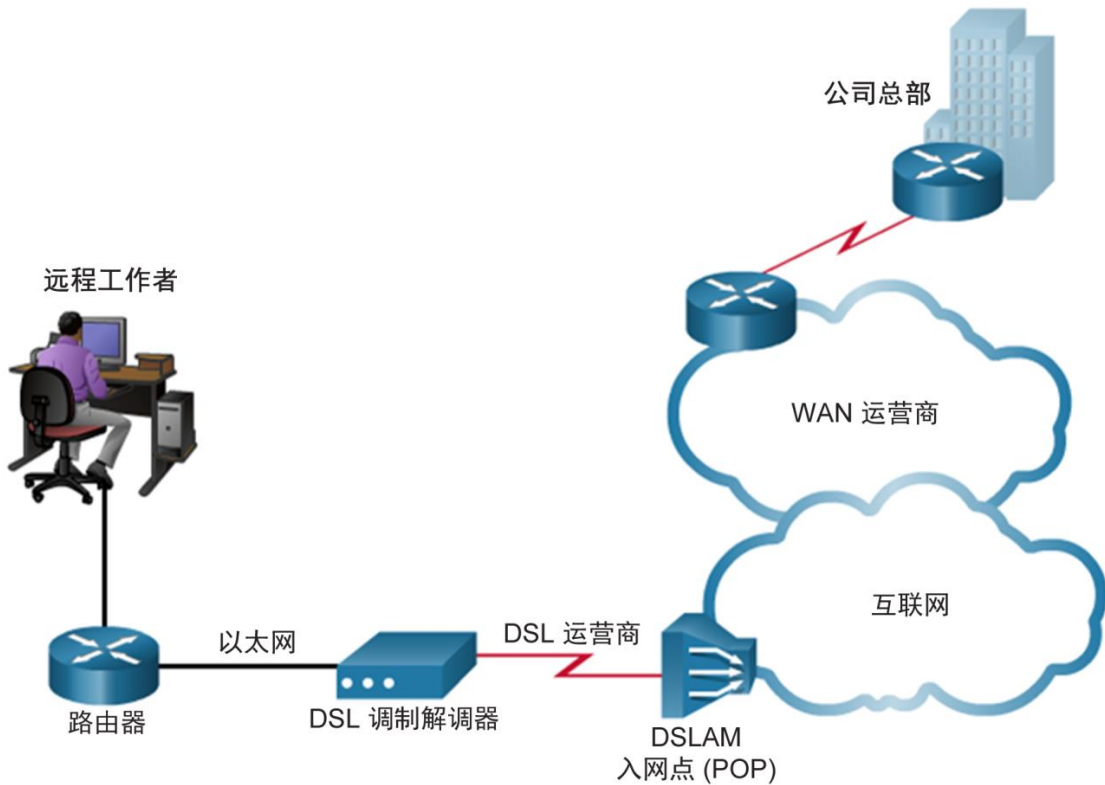
基于Internet连接

基于Internet连接 Internet-Based连接选项



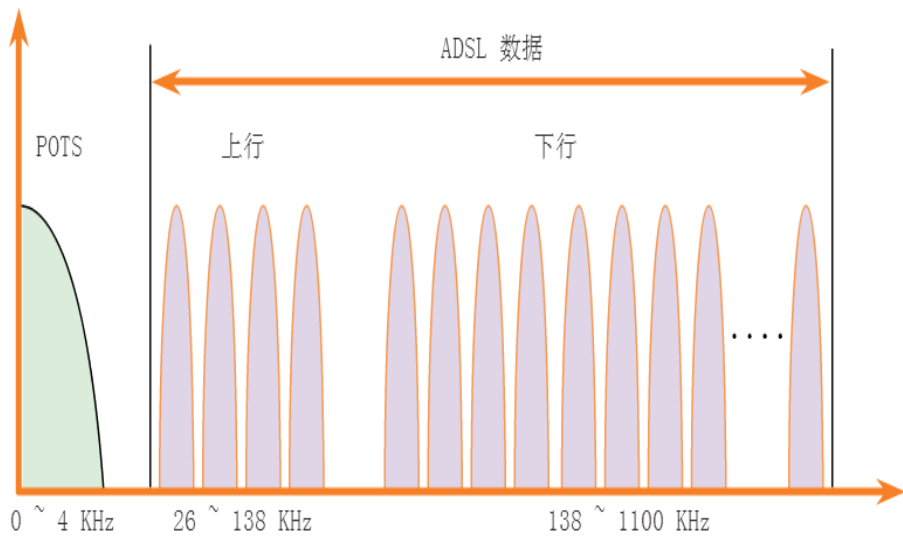
基于Internet连接 DSL

- 永久在线的连接技术，它使用现有的双绞电话线传输高带宽的数据并为用户提供 IP 服务。
- DSL 调制解调器将用户设备发送的以太网信号转换为 DSL 信号，然后再传输到中心局。



基于Internet连接 DSL

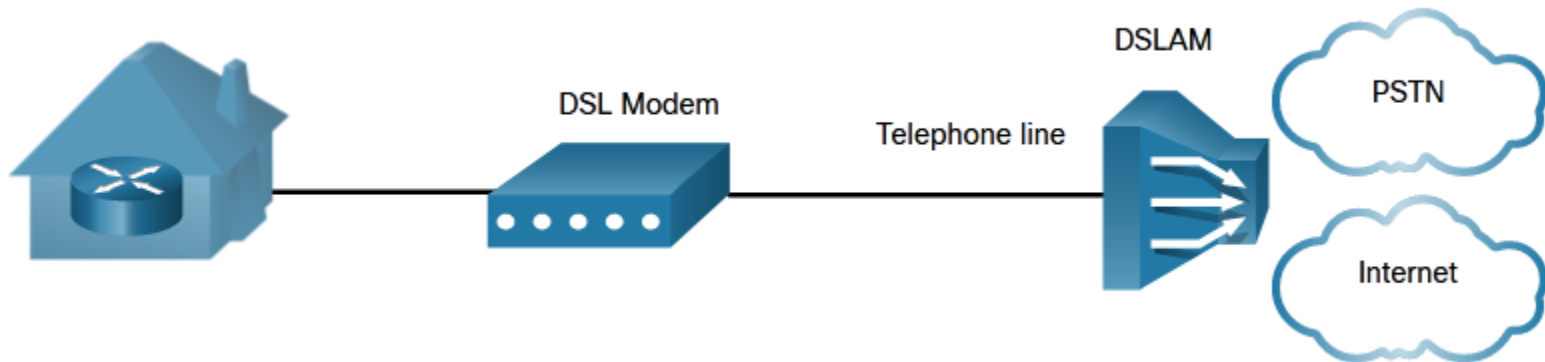
- DSL技术的两种基本类型是非对称（**ADSL**）和对称（**SDSL**）。
 - ADSL 使用的频带范围从**20 kHz** 到**1 MHz**。
 - ADSL 提供的**下行**带宽比**上行**带宽要高。
 - SDSL 提供**相同**的上下行带宽。
 - ADSL 的**本地环路**（ Local loop ）必须低于3.39 mi. (**5.46 km**) 。



DSL连接

DSL连接需要两个重要的组件：

- 收发器 - 连接远程工作者的电脑到DSL调制解调器 (Modem)。
- DSL接入复用器 (DSLAM) - 位于运营商的中心局，它合并来自用户个人DSL到一条连接ISP的高容量链路。
- 相较于电缆技术，DSL 的优势在于 DSL 不是共享介质。每个用户都单独直接连接到 DSLAM。增加用户也不会影响性能，除非 DSLAM 与 ISP 之间的互联网连接或互联网本身变得饱和。

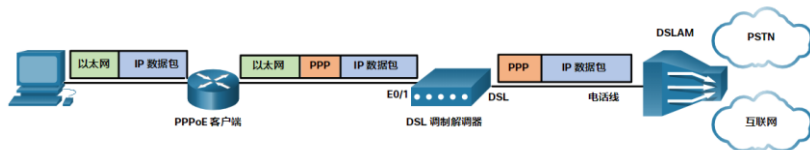
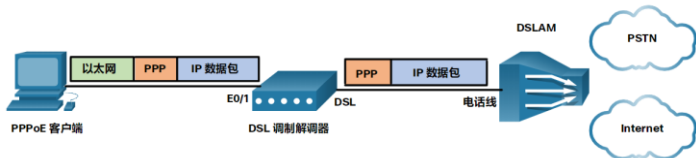


ISP使用PPP作为宽带DSL连接的第2层协议。

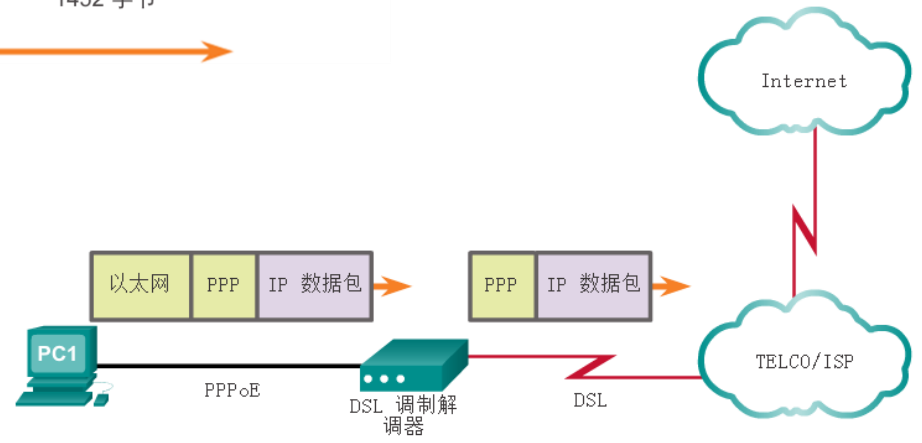
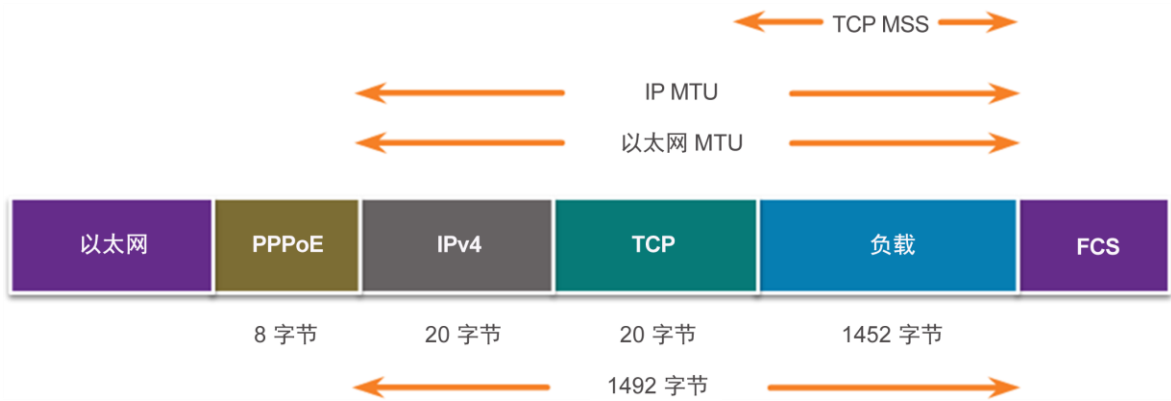
- PPP 能够为 PPP 链路的远程终端分配 IP 地址。
- PPP 支持 CHAP 身份验证。
- PPP提供链接质量管理功能。
- 以太网链路无法为 PPP 提供原生支持。以太网上的点对点协议（PPPoE）提供此问题的解决方案。PPPoE 通过以太网连接创建 PPP 隧道。

有两种方法可以部署以太网上的PPPoE：

- 主机作为PPPoE
- 路由器作为PPPoE Client



基于Internet连接 PPPoE封装



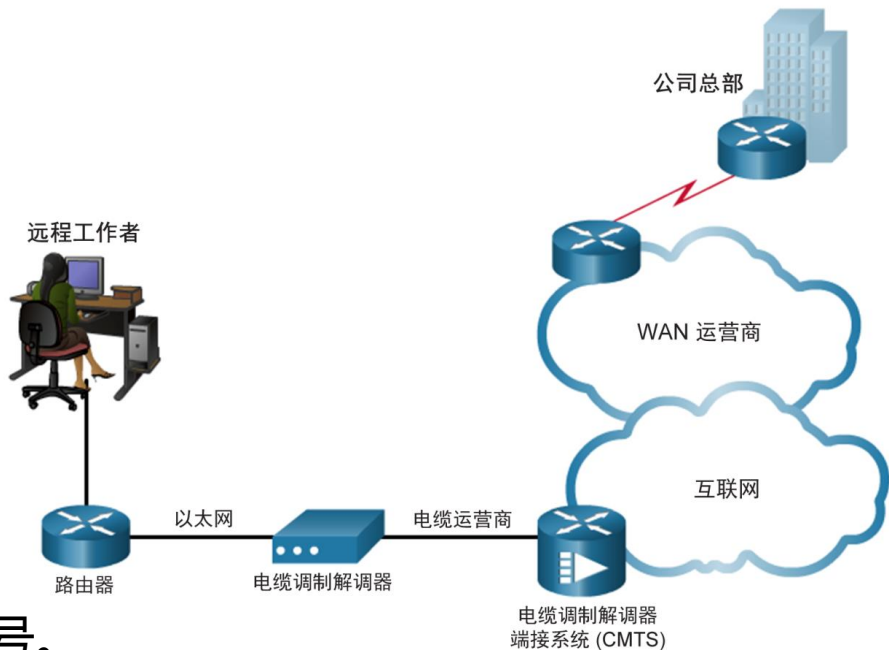
PC1 直接连接到 DSL 调制解调器。通过使用适当的软件（通常是 ISP 提供的 DSL 拨号器或客户端），PC1 可以将 PPP 帧封装在以太网帧中并将其发送到 DSL 调制解调器。

基于Internet连接 电缆技术

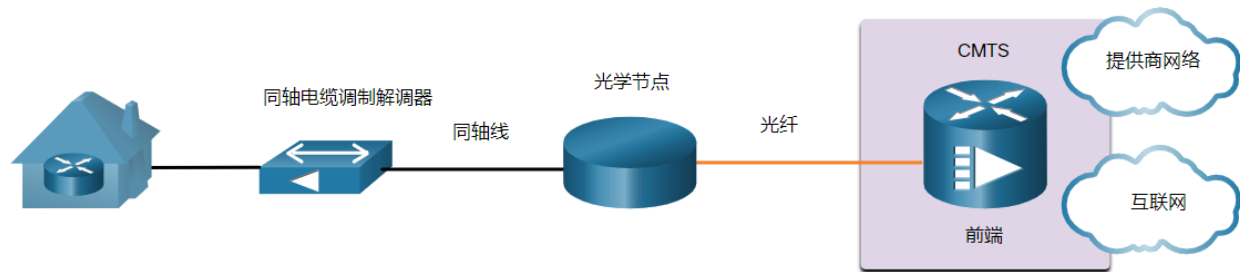
- 某些有线电视网络提供网络访问功能。
- 电缆调制解调器提供永久在线的连接，而且安装非常简单。
 - Cable调制解调器终端系统（**CMTS**）：在**有线电视运营商**的头端
 - Cable调制解调器（**CM**）：在**用户**末端

有线电视网络能够同时在这两个方向上传输信号。

- 下行: 50M to 860 MHz.
- 上行: 5 Mto 42 MHz.



基于Internet连接 电缆技术



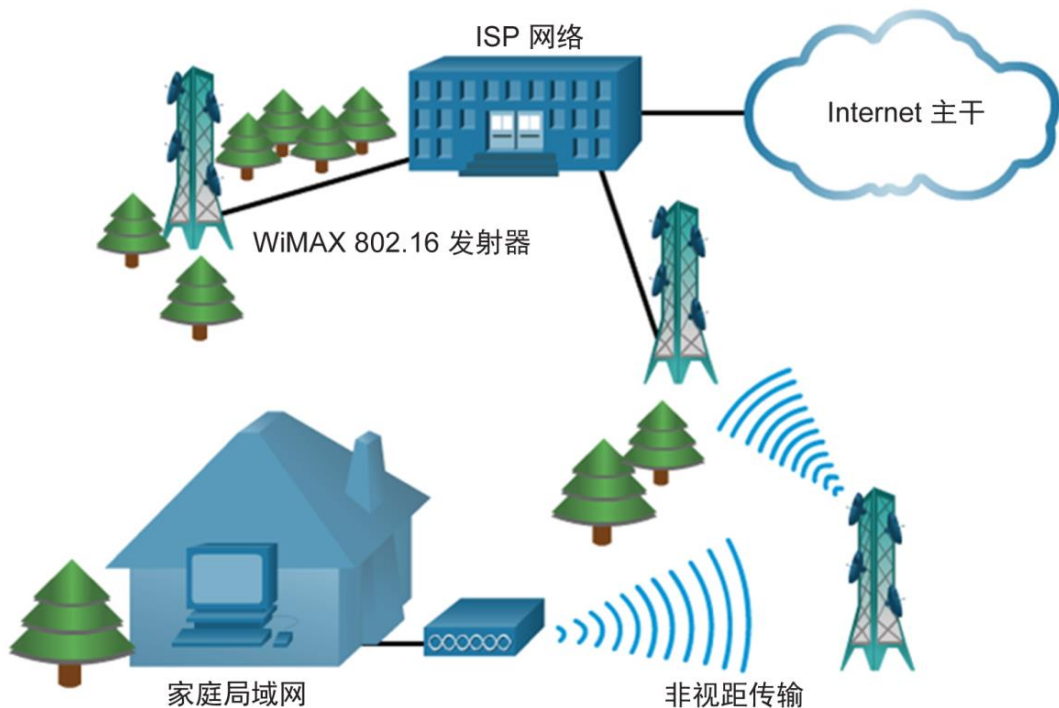
- 有线电视数据服务接口规范 (DOCSIS) 是向现有电缆系统添加高带宽数据的国际标准。
- 电缆运营者通常部署光纤同轴电缆混合 (HFC) 的网络, 来为电缆调制解调器提供高速的数据传输。电缆系统会在终端用户之间使用同轴电缆来承载射频(RF)信号。
- HFC和同轴电缆会被用于网络中的不同位置。
- 光学节点负责执行光信号到射频信号的转换。它会把射频信号转换为光脉冲, 并在光纤电缆上传输。光纤介质可以在远距离上传输信号, 最终把信号传输到提供商头端的电缆调制解调器端接系统(CMTS)上。
- **所有本地用户共享同一根电缆的带宽。**随着越来越多的用户加入此项服务, 可用带宽可能会低于预期速率。

FTTX是以光纤为传输媒介，为家庭和企业等终端用户提供接入到电信局端的服务。

- (1) **FTTH**: 是Fiber To The Home的缩写，是光纤直接到家庭。
- (2) **FTTO**: 是Fiber To The Office的缩写，是光纤到办公室。
- (3) **FTTB**: 是Fiber To The Building的缩写，是光纤到大楼。
- (4) **FTTC**: 是Fiber To The Curb的缩写，是光纤到路边。

基于Internet连接 无线

- **城市 Wi-Fi** - 许多城市已经开始铺设城市无线网络
- **WiMAX** - 微波接入全球互通 (WiMAX) 是一项刚刚开始投入使用的新技术。WiMAX 的工作方式与 Wi-Fi 相似，但速度更高，距离更远，支持的用户更多。它使用类似于手机塔的 WiMAX 塔网络。
- **卫星互联网** - 通常由无法利用电缆和 DSL 的农村用户使用。

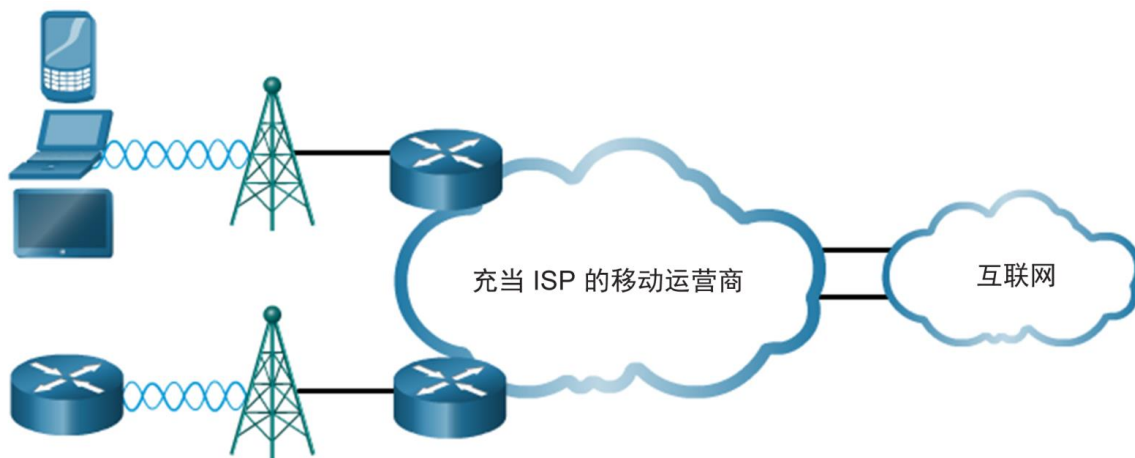


蜂窝

3G/4G/5G

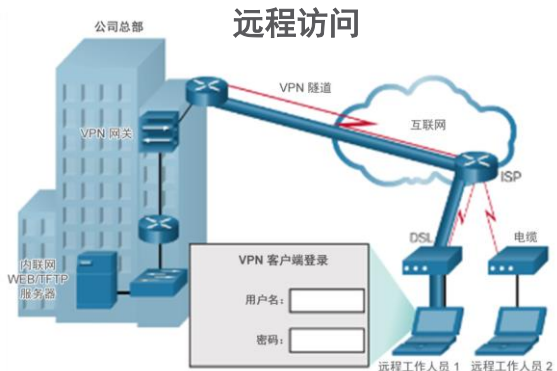
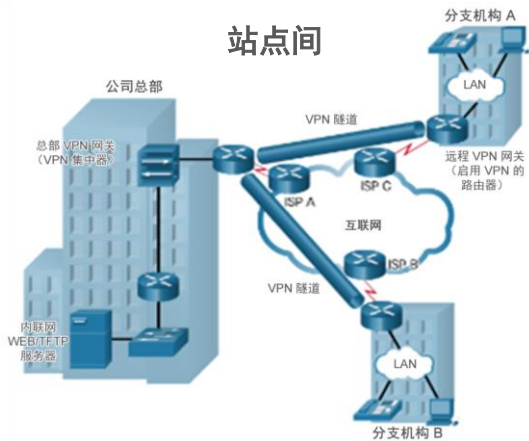
常见蜂窝网行业术语包括：

- **3G/4G/5G无线** - 第 3 代、第 4 代、第5代蜂窝网接入的缩写。这些技术支持无线互联网接入。
- **长期演进 (LTE)** - 第四代 (4G) 技术中公认的更新、更快的技术。



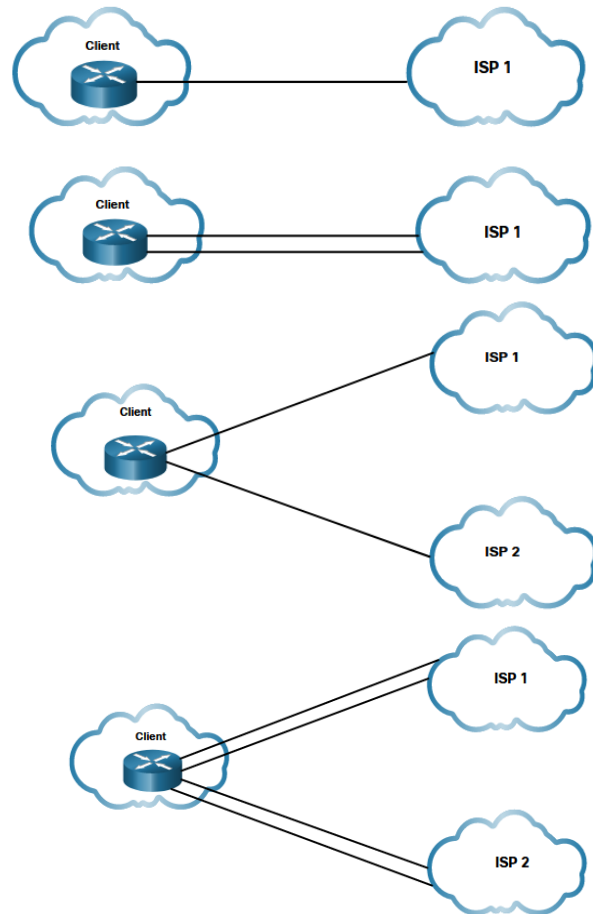
基于Internet连接 VPN

- 当数据通过公共网络（例如互联网）时，公共 WAN 利用 VPN 确保私有网络之间的数据安全。
- 优势：
 - 节省成本
 - 安全
 - 可扩展性
 - 与宽带技术的兼容性
- 两种类型的 VPN：
 - 站点间 VPN
 - 远程访问 VPN



基于Internet连接 ISP连接选项

- Single-homed单宿主
- Dual-homed双宿主
- Multihomed多宿主
- Dual-multihomed双多宿主



基于Internet连接 宽带连接方案比较

每种宽带解决方案都有优势和缺点，在做出决策时要考虑的一些因素包括：

- **电缆** - 许多用户共享带宽，在高峰时段，用户过多的区域的上行数据速率通常较慢。
- **DSL** - 带宽有限且与距离有关（涉及 ISP 的中心办公室），相较于下行速率，上行速率要小得多。
- **光纤到户** - 需要光纤直接安装到家庭。
- **蜂窝/移动网络** - 覆盖范围通常是问题所在，即使在家庭办公室中，带宽也相对有限。
- **城市Wi-Fi** - 大多数城市没有部署网状WI-FI网络；如果服务可用并且范围合适的话，这不失为一种选项。
- **卫星** - 费用昂贵，每个用户的容量有限；通常在没有其他接入方式时提供接入。

