

2024 环球网校一级建造师《通信与广电工程管理与实务》考点精讲-第 2 讲

第 1 篇 通信与广电工程技术

第 1 章 通信与广电工程专业技术

1.1 通信网

1.1.2 业务网、传送网和支撑网

2. 传送网

传送网独立于具体业务网，负责为交换节点/业务节点之间的互连分配电路，为节点之间信息传递提供透明传输通道，它还具有电路调度、性能监视、故障切换等相应的管理功能；

传送网的主要技术要素包括传输路由、复用技术、传送网节点技术等。

1) 传输路由

传输介质是指信号传输的物理通道，传输介质分为有线介质和无线介质两大类。

有线介质：双绞线、同轴电缆和光纤等；

无线传输：无线电、微波、红外线等。

信息能否成功传输则依赖于两个因素：传输信号本身的质量和物理介质的特性。



2) 复用技术（口诀：食品鸡脖）

(1) 基带传输

基带传输是在短距离内直接在传输介质传输模拟基带信号。在传统电话用户线上采用该方式。

优点是线路设备简单；

缺点是传输媒介的带宽利用率不高。

(2) 频分复用（FDM）

是将多路信号经过高频载波信号调制后在同一介质上传输的复用技术。每路信号要调制到不同的载波频段上，且各频段保持一定的间隔，这样各路信号通过占用同一介质不同的频带实现了复用。

缺点是：传输的是模拟信号，需要模拟的调制解调设备，成本高且体积大，由于难以集成，工作的稳定度不高，过多的模数转换，用于微波链路和铜线介质。



(3) 时分复用（TDM）

将模拟信号经过调制后变为数字信号，然后对数字信号进行时分多路复用的技术。

TDM 中多路信号以时分的方式共享一条传输介质，每路信号在属于自己的时间片段中占用传输介质的全部带宽。

相对于频分复用技术，时分复用技术具有差错率低、安全性好、数字电路高度集成以及更高的带宽利用率等优点。



(4) 波分复用 (WDM)

本质上是**光域上的频分复用技术**。WDM 将光纤的**低损耗**窗口划分成若干个信道，每一信道占用不同的光波频率（或波长），在发送端采用波分复用器（合波器）将不同波长的光载波信号合并起来送入一根光纤进行传输。在接收端，再由波分解复用器（分波器）。**WDM 是网络扩容的理想手段**。

3) 送网节点技术

传输网节点设备主要有**终端复用设备 (TM)、分插复用设备 (ADM) 和交叉连接设备 (DXC)**等。（口诀：终插叉），它们是构成传输网的**核心要素**，传输网节点具有**交换**功能。

传输网节点的基本交换单位本质上是**面向一个中继方向的**，因此**粒度很大**，交换单位可以是**虚容器**（最小是**2Mbit/s**），也可以一个波长的**光波**（目前骨干网上多是**100G**）。

传送网节点之间的连接则主要是通过管理层面来控制建立或释放，每一个连接需要长期维持和相对固定。

数字光纤传输系统可以分为两类，基于时分复用技术的传输系统，包括**SDH、MSTP、ASON、PTN、IPRAN**等，基于波分复用技术的传输系统，包括**DWDM、OTN**（包括 ROADM）等。

微波中继通信系统和卫星通信系统，采用的是频分**复用技术**，都是利用微波作为载波并采用中继方式进行的无线电通信，区别在于微波中继通信是在地面上设置多个微波中继站进行接力通信，卫星通信则是把中继站设置在卫星上。

3. 支撑网

包括**信令网、同步网、管理网等**，（2016 年单 1）（2017 年单 1、2022 年单 1）（口诀：管同信）

信令网用于传送信令信号，

同步网用于提供全网同步时钟

管理网则对全网进行统一管理。

1) 信令网

按照工作区域可分为**用户线信令和局间信令**，

按照使用信道可分为**随路信令和公共信道信令**。

我国目前使用的标准化公共信道信令系统称作**No. 7 信令系统**。No. 7 信令网是**电话网、移动通信网、智能网**等多种业务网的重要支撑网之一。

No. 7 信令网本质上是载送**其他消息的数据传送系统**，是一个**专用**的分组交换数据网。

2) 同步网

(1) 同步的方式

准同步方式一般用于**国家或地区之间**，各自配有高精度时钟，网内各局的时钟虽不完全相同（频率和相位），**但误差很小，接近同步**。

主从同步方式用于**一个国家或地区内部，只在一个主局配有高精度时钟**，网内各局均受控于该主局，并且逐级下控。

外基准注入方式是利用**全球卫星定位系统**，在网元重要节点局安装卫星接收机，提供高精度定时，形成地区级基准时钟（LPR）。



数字同步网采用由**分区式主从同步网**结构，分4个等级（口诀：13 铯、2 长途、3 高稳、4 一般）

1. 第一级是基准时钟（PRC），由**3 个铯原子钟**组成，是**精度最高**的时钟。

2. 第二级是长途交换中心时钟，设置在长途交换中心，该时钟分为 A 类和 B 类。设置于**一级（C1）和二级（C2）**长途交换中心属于**A 类时钟**；设置于**三级（C3）和四级（C4）**长途交换中心属于**B 类时钟**。

3. 第三级是有保持功能的高稳定度晶体时钟，设置在**汇接局（Tm）和端局（C5）**。

4. 第四级是一般晶体时钟，设置于**远端模块、数字终端设备和数字用户交换设备**。

3) 管理网

管理网主要包括**网络管理系统、维护监控系统（2023 年单 1）**等，由操作系统、工作站、数据通信网、网元组成，其中**网元是指网络中的设备**，可以是交换设备、传输设备、**交叉连接设备**、信令设备等。

1.1.3 核心网

1. 交换技术

1) 电路交换

电路交换是在通信网中任意两个或多个用户终端之间建立电路暂时连接的交换方式，暂时连接独占一条电路并保持到连接释放为止。利用电路交换进行数据通信或电话通信必须经历**建立电路、传送数据或语音和拆除电路**三个阶段，因此电路交换属于电路资源预分配系统。

(1) 工作方式

电路交换系统有**空分交换和时分交换**两种交换方式。



(2) 电路交换的特点（2018 年单 2）

电路交换的特点是可提供**一次性无中断信道**。当电路接通以后，用户终端面对的是类似于**专线电路**，交换机的控制电路**不再干预信息的传输**，也就是给用户提供了完全“透明”的信号通路。

① 电路交换是一种**实时性交换**，适用于实时（全 $\leq 200\text{ms}$ ）要求高的语音通信。

② 在通信前要通过呼叫为主叫、被叫用户建立**一条物理连接**。如果呼叫请求数超过交换网的连接能力（过负荷），**呼叫将被拒绝**。

③ 电路交换是预分配带宽，据统计传送语音时电路利用率仅为**36%**。

④ 在传送信息时，**没有任何差错控制措施**，不利于传输要求可靠性高的**突发性数据业务**。

2) 分组交换

从**报文交换**而来，采用报文交换“**存储—转发**”技术

(1) 虚电路方式的特点

虚电路方式是面向连接的方式；（2020 年多 21）

- ①是逻辑连接，**不独占线路**，在一条物理线路同时建立多个虚电路，以达到资源共享。
- ②虚电路方式的每个分组头中含有对应于所建立的逻辑信道标识，不需进行复杂的选路；传送时，属于同一呼叫的各分组在同一条虚电路上传送，按原有的顺序到达终点，**不产生失序现象**。
- ③虚电路方式适用于**较连续的数据流传送**，如文件传送、传真业务等。

(2) 数据报方式的特点

- ①数据报不需要预先建立逻辑连接，称为**无连接**方式。
- ②数据报方式的每个分组头中含有详细的地址，各个分组独立地进行选路；传送时，属于同一呼叫的各分组可从不同的路由转送，**会引起失序**。由于各个分组可选择不同的路由，对故障的防卫能力较强，**从而可靠性较高**。
- ③数据报方式适用于面向事物的**询问/响应型数据业务**。

(3) 分组交换的主要优点

- ①信息的传输时延较小，而且变化不大，能较好地**满足交互型通信的实时性要求**。
- ②**易于实现链路的统计**，时分多路复用**提高了链路的利用率**。
- ③容易建立灵活的通信环境。
- ④可靠性高；传输误码率，一般可达 10^{-10} 以下。
- ⑤经济性好。

3) ATM 交换

(1) 采用固定长度的数据包，信元由 **53 个字节** 组成，开头 5 个为信头，其余 48 个为信息域，或称净荷。

很短的信元可以减少交换节点内部的缓冲器容量以及排队时延和时延抖动；
长度固定的信元则有利于简化交换控制和缓冲器管理；
简单的信头减少了交换节点的处理开销，提高了**交换的速度**。

4) 软交换

软交换的核心思想是**业务提供与呼叫控制分离、呼叫控制与承载分离**。

5) IP 交换和 MPLS 技术

IP 交换主要有重**叠模型和集成模型**两大类。集成模型的 IP 交换采用**面向连接**的方式。
多协议标记交换（MPLS）是基于**集成模型的 IP 交换技术**的典型应用。

2. IMS 技术

IMS 已经成为构建核心网的**首选技术**。

(1) 基于 SIP 的会话控制

进行**呼叫控制和业务控制**，这一特点实现了端到端的 SIP 互通，同时顺应了终端智能化的**网络发展趋势**。

(2) 业务和控制**完全分离**

(3) 接入无关性，为**全业务运营**提供了有效保证。

(4) 归属地提供服务

(5) 丰富而动态的组合业务

(6) 统一的用户数据管理：网络融合的基础。

3. 移动核心网的发展

(1) 2G SM 阶段，**只有电路域**。（2018-3）

(6) 4G TER8/R9 阶段，在空中接口方面用**频分多址替代了码分多址**，并且大量采用**多输入输出技术和自适应技术**，提高了数据速率和系统性能。这个阶段的移动核心网不再具有电路域部分，**只有分组域 EPC**，只提供分组业务，通过 IMS 的 VoIP 实现语音业务。（2022 年单 3）

(7) 我国运营商采用**独立组网架构**建设 5G 网络核心网，核心网采用了全云化的网络架构（包括**边缘云、区域云和核心云**）（口诀：边区核），利用**SDN/NFV 和 O&M**技术（2023 年单 2），完全实现控制层面和业务层面分离，根据业务层面需求实现核心网业务下沉功能，充分发挥 5G 核心网的智能高效能力。

在空中接口方面采用新空口（NR）技术，包括 **F-OFDM、mMIMO、高阶调制和新编码技术** 等（口诀：高新 FM），满足了 5G 网络增强移动宽带、超高可靠低时延通信和海量机器类通信等业务要求。

1.1.4 接入网

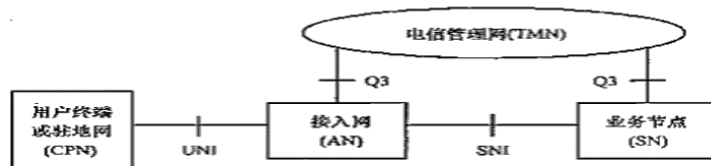


图1L411014-1 接入网界定示意图

接入网所覆盖的范围由三个接口来定界，（2016 年单 6）（2019 年多 21）

网络侧经 **业务节点接口 (SNI)** 与业务节点 (SN) 相连

用户侧经 **用户网络接口 (UNI)** 与用户相连；

管理方面则经 **Q3 接口** 与电信管理网 (TMN) 相连

接入网按垂直方向分解为 **电路层、传输通道层和传输媒质层**（口诀：电道媒）

接入网的主要功能分解为：**用户口功能、业务口功能、核心功能、传送功能、系统管理功能**

（2018 年单 17）（口诀：用荷叶洗船）

接入技术分为 **有线接入和无线接入** 两种。

主流宽带光接入网普遍采用 **无源光网络 (PON)** 技术

1. 有线接入网

1) 铜线接入网

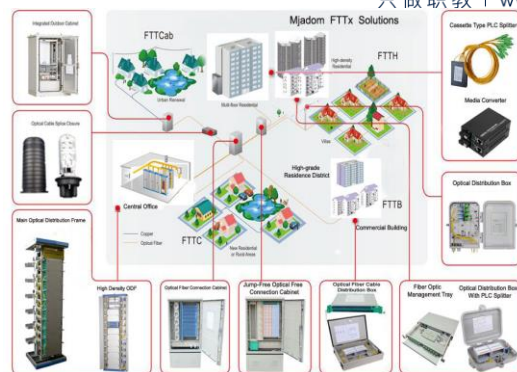
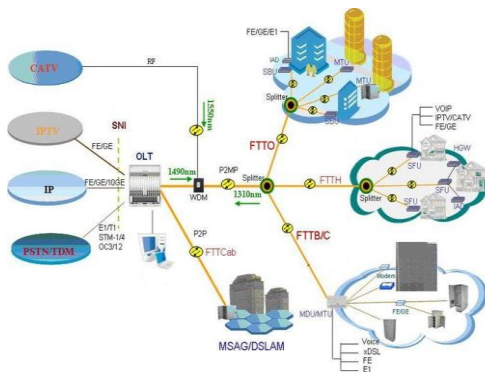
有高速率数字用户线（HDSL）和不对称数字用户线（ADSL）技术（**1.5~6Mbit/s** 速率）



2) 光纤接入网

根据接入光纤的末端的 **光网络单元 (ONU)** 位置不同

类型	ONU 位置	特点、适用
FTTC	路边的交接箱、人孔、电线杆的分线盒	从 ONU 到用户之间采用双绞线、同轴电缆
FTTB	直接放在楼内； 经铜线将业务分送到各个用户 光纤化程度比 FTTC 更进一步	高密度用户区如写字楼 采用点到多点的结构
FTTO	位于大企事业用户的终端设备处	用户业务量大，发展很快
FTTH	ONU 位于用户家	



光纤接入网根据传输设施中是否采用**有源器件**可以分为有源光网络（AON）和无源光网络（PON），

AON 比 PON 传输距离长，传输容量大，业务配置灵活，但不足之处是**成本高、需要供电系统；维护复杂。**

PON 结构简单，易于扩容和维护，**所以 PON 得到越来越广泛的应用。**

3. 混合光纤/同轴电缆（HFC）接入网
广泛应用于**有线电视网中（CATV）**

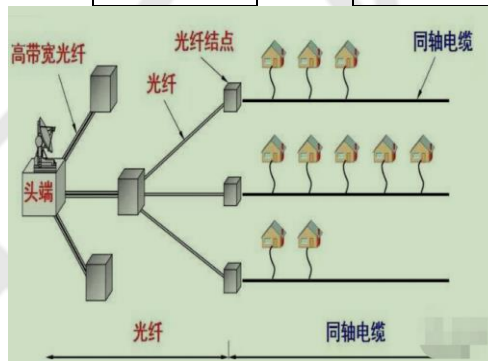
（1）HFC 网络结构

有**前端、干线和分配网络**三部分组成。

HFC 系统有**上行和下行**两种信号，下行信号指前端发送的数据载波，以广播的形式从前端传输到各用户家中，上行信号指用户侧发送的数据载波，是**点对点**的形式从用户回传到前端。

（2）HFC 的频谱划分

采用**副载波频分复用方式**，上行 **5MHz~65MHz**；下行 **87MHz~863MHz**。



2. 无线接入网

1) 固定无线接入

固定无线接入是一种**用户终端固定**的无线接入方式。**无绳电话**是有线接入。

固定无线接入的主要技术有**LMDS、3.5GHz 无线接入、MMDS、固定卫星接入技术、不可见光无线系统**等。

2) 移动无线接入

用户终端移动的无线接入有**蜂窝移动通信系统、卫星通信系统、集群调度系统、无线市话（PAS）以及用于短距离无线连接的蓝牙技术**等。

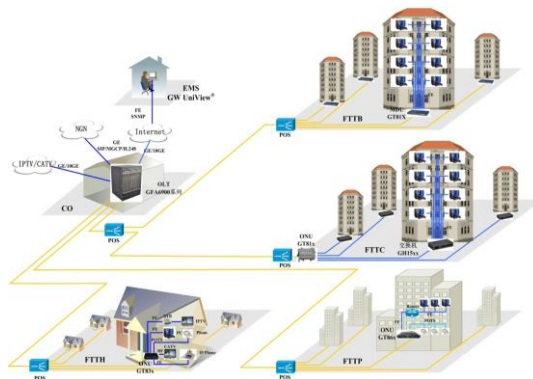
（口诀：锋卫集无蓝）

3. 无源光网络

无源光网络（PON）是指在**OLT 和 ONU**之间的光分配网络，OLT 放置在**中心局端**，分配和控制**信道的连接，并有实时监控、管理及维护功能，**

ONU 放置在**用户侧**，OLT 与 ONU 之间通过无源光合/分路器连接。

PON 中没有任何有源电子设备，即传输设施在 ODN 中全部采用无源器件。



PON 的优点体现在以下几个方面：

(1) 较好的经济性。

(2) 组网灵活。

(3) 安装维护方便。

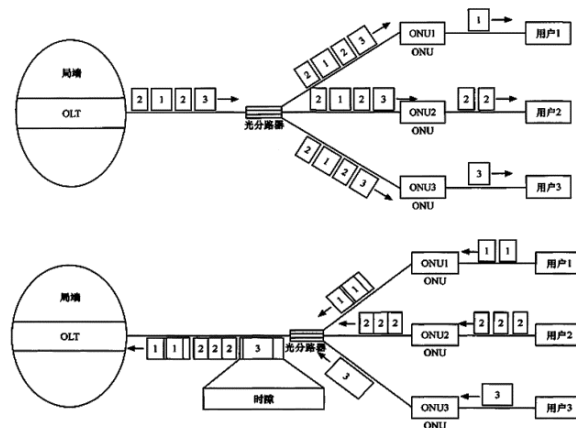
(4) 抗干扰能力强。

2) PON 的复用技术 (2022 单 4、2023 单 3)

PON 采用波分复用 (WDM) 技术，上、下行信号分别用不同的波长在同一根光纤中传送，实现单纤双向传输。OLT 到 ONU 的方向为下行方向，反之为上行方向。

下行方向采用 1490nm 波长，上行方向采用 1310nm 波长。

分类	信息封装	带宽	覆盖半径	分光比	备注
EPON	以太网帧	上下行对称 1.25Gbit/s	20km	1:16、1:32	
GPON	GEM 帧	下行 2.5Gbit/s 上行 1.25Gbit/s		1:64、1:128	用户接口更为丰富，强大的支持多业务和 OAM 能力



1.1.5 互联网及其应用

1. 计算机网络

1) 计算机网络的功能

计算机网络的主要目的是**共享资源**；

2) 计算机网络的分类

计算机网络可分为**局域网、城域网和广域网**三大类。

1) 局域网网络拓扑**总线、环形、星形** (口诀：总环星)

2) 城域网网络拓扑多为**树形**结构

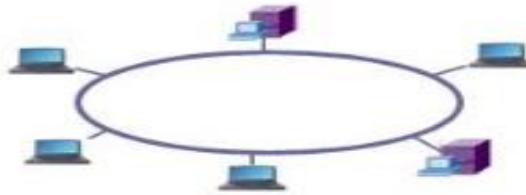
3) 计算机网络的拓扑结构 (2017-21)

(1) 星形结构比较简单，容易建网，便于管理。但由于通信线路总长度较长，成本较高。同时对中心节点的可靠性要求高，中心节点出故障将会引起整个网络瘫痪。



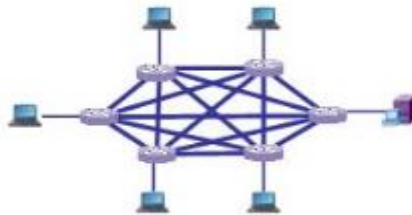
(c) 星型网络

(2) 环形结构没有路径选择问题，网络管理软件实现简单，但信息在传输过程中要经过环路上的许多节点，容易因某个节点发生故障而破坏整个网络的通信。另外网络的吞吐能力较差，适用于信息传输量不大情况，用于局域网。



(b) 环型网络

(3) 网形结构可靠性高，但所需通信线路总长度长，投资成本高，路径选择技术较复杂，网络管理软件也比较复杂。一般在局域网中较少采用。



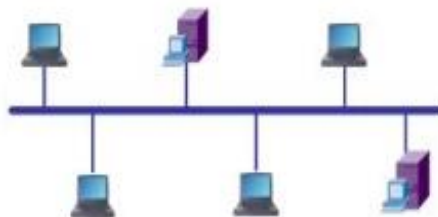
(f) 网状网络

(4) 树形结构是一个在分级管理基础上集中式的网络，适合于各种统计管理系统。但任一节点的故障均会影响它所在支路网络的正常工作，故可靠性要求较高，而且越高层次的节点，其可靠性要求越高。



(e) 树型网络

(5) 总线型结构网络中，任何一节点的故障都不会使整个网络发生故障，相对而言，这种网络比较容易扩展。



(a) 总线型网络

2. TCP/IP 协议

TCP/IP 协议即传输控制协议/互联网协议，**是互联网的基础**。TCP/IP 协议定义了设备如何接入互联网以及数据如何在它们之间传输的标准。TCP 协议把数据分成若干数据包，**给每个数据包写上序号**，以便接收端把数据还原成原来的格式。

IP 协议给每个数据包**写上发送主机和接收主机的地址**，一旦写上源地址和目的地址，数据包就可以在物理网上传送数据了。IP 协议还具有利用路由算法进行路由选择的功能。

这些数据包可以通过不同的传输途径进行传输，由于路径不同，加上其他的原因，可能出现顺序颠倒、数据丢失、数据失真甚至重复的现象。这些**问题都由 TCP 协议**来处理，必要的时候可请求发送端重发。

1) IPv4 的局限

(1) IPv4 中 IP 地址的长度为**32 位**，理论上**可编址 1600 万个网络、40 亿台**主机。采用 A、B、C 三类编址方式。

(2) IPv4 为了解决地址不够的问题，使用**子网划分、地址块切碎等技术**来延长。

(3) IPv4 的报头类型较多、长度不固定，需要用软件来控制，造成数据包转发速度减慢，而且服务质量也得不到保证。

(4) IPv4 是基于电话宽带以及以太网的特性而制定的，降低了传输效率。

2) IPv6 的优势 **(2018 年单 7) (2021 年多 22) (2023 年单 4)**

(1) IPv6 具有充足的地址空间。IP 地址的长度为**128 位，是 IPv4 的 2^{96} 倍**。

(2) IPv6 使用**更小的路由表**。IPv6 的地址分配一开始就**遵循聚类**的原则，减小了路由器中路由表的长度，**提高了路由器转发数据包的速度**。

(3) IPv6 增加了增强的组播支持以及对流的控制。

(4) IPv6 加入了对**自动配置**的支持。

(5) IPv6 具有更高的安全性。

3. 互联网的结构和工作模式

1) 互联网结构

(1) 从网络通信的观点来看，Internet 是一个由**TCP/IP**把各个国家、机构、部门的内部网络连接起来的庞大的数据通信网。

(2) 从信息资源的角度来看，Internet 是一个集合各领域、部门内的各种信息资源，以**共享为目的**的信息资源网。

(3) 从技术的角度来看，Internet 是一个“不同网络互连的网络（网际网）”，是由许多网络互连形成的。

2) 互联网数据中心

互联网内容的主要载体是**互联网数据中心（IDC）**，IDC 为互联网提供基础的服务，包括**主机托管**（把服务器保存在机房并且通过一定带宽连接到互联网上）、**虚拟主机托管**（多个客户把信息存放在同一台服务器里）

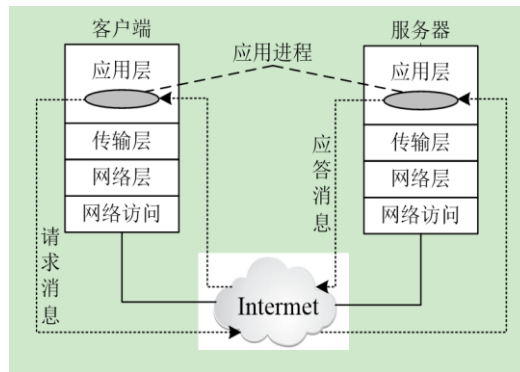
3) 互联网的工作模式

(1) 客户端/服务器模式（C/S）

网络应用软件之间常用、重要的交互模型是**C/S 模式**。

“客户端”和“服务器”**是指通信双方主机上安装的应用程序**。

C/S 模型不但很好地解决了**互联网应用程序之间的同步问题**，而且 C/S 模式的这种非对等相互作用的特点很好地**适应了互联网资源分配不均的客观事实**，因此成为互联网应用程序相互作用的**主要模型**。



(2) 浏览器/服务器模式 (BIT/S)

BIT/S 模式中的 B 指的是 **Web 浏览器**，极少数事务逻辑在前端实现，主要事务逻辑在 **服务器端** 实现，BIT/S 模式的系统 **无须特别安装**，只要有 Web 浏览器即可。

(3) P2P 模式

P2P 是网络节点之间采取 **对等** 的方式，通过直接交换信息达到共享计算机资源和服务的工作模式，其核心思想 **是每个节点既可以充当客户端，又可以充当服务器端**。

4. 互联网的应用

1) 基本应用

2) 扩展应用

(1) 融合通信

“移动智能终端+宽带+云” 所打造的平台终将沉淀为网络社会的 **基础设施**，与其他的能源和公用事业一样，成为整个社会 and 各个行业运转的基础平台。

(2) 物联网 (IoT)

物联网通过二维码识读设备

(3) 互联网+