计算机网络复习整理（第二章）

###### 物理层

本章重要内容：

1. 物理层的内容
2. 几种常用的信道复用技术
3. 几种常用的宽带接入技术，主要是ADSL和FTTx

2.1 物理层的基本概念

物理层考虑的是怎样才能在连接各种计算机的传输媒体上传输数据比特流，而不是指具体的传输媒体。物理层的作用是尽可能屏蔽掉传输媒体和通信手段的差异，使物理层上面的数据链路层感觉不到这些差异，使其只需考虑如何完成本层的协议和服务，而不必考虑网络具体的传输媒体和通信手段。用于物理层的协议也称**物理层规程**。

将物理层的主要任务描述为确定与传输媒体接口有关的一些特性：

1. **机械特性**：指明接口所用接线器的相关规定。
2. **电气特性**：指明接口电缆的各条线上出现的电压范围。
3. **功能特性**：指明某条线上出现的某一电平的电压的意义。
4. **过程特性**：指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

数据在计算机内部多采用**并行**传输，但在通信线路（传输媒体）上的传输方式一般都是**串行**传输，即逐个比特按照时间顺序传输。因此物理层还要完成传输方式的转换。

物理层协议种类较多，因为物理连接方式很多，而传输媒体的种类也很多，学习物理层时，重点放在掌握基本概念上。

2.2 数据通信的基本知识

一个数据通信系统可划分为三大部分，**源系统**（**发送端、发送方**）、**传输系统**（**传输网络**）和**目的系统**（**接收端、接收方**）。

源系统一般包括以下两部分：

1. **源点（source）** 源点设备产生要传输的数据，源点又称源站，或信源。
2. **发送器** 源点生成的数字比特流通过发送器编码后才能够在传输系统进行传输，典 型的发送器是调制器。
3. **接收器** 接受传输系统传送过来的信号，并把它转换为能够被目的设备处理的信息。 典型的接收器是解调器，它把来自传输线路上的模拟信号解调，提取出在发送端置入的 消息，还原出数字比特流。
4. **终点（destination）** 终点设备从接收器获取传送来的数字比特流，然后把信息输 出。终点又称为**目的站**，或**信宿**。

源系统和目的系统之间的传输系统可以是简单的传输线，也可以是连接在两系统之间的复杂网络系统。

通信的目的是传送**消息（message）**。**数据（data）**是运送消息的实体，数据是使用特定方式表示的信息，通常是有意义的符号序列。信号（signal）是数据的电气或电磁的表现。

根据信号中代表消息的参数的取值方式不同，信号可分为以下两大类：

1. **模拟信号，或连续信号** 代表消息的参数的取值是连续的。用户家中的调制解调器到电话端局之间的用户线上传送的就是模拟信号。
2. **数字信号，或离散信号** 代表消息的参数的取值是离散的。用户家中的计算机到调制解调器之间，或在电话网中继线上传送的就是数字信号。在使用时间域的剥削表示数字信号时，代表不同离散数值的基本波形称为码元。二进制编码时，只有两种不同的码元，一种代表0状态一种代表1状态。

信道（channel）和电路并不等同，信道一般都是用来表示向某个方向传送信息的媒体。因此一条通信电路往往包含一条发送信道和一条接收信道。

从通信双方的信息交互方式来看，有以下三种基本方式：

1. **单向通信** 又称单工通信，即只能有一个方向的通信而没有反方向的交互。例如：无线电广播、有线电广播，电视广播。
2. **双向交替通信** 又称半双工通信，即通信双方都可以发送信息，但不能双方同时发送。一方发送而另一方接收，过一段时间后可以再反过来。
3. **双向同时通信** 又称全双工通信，即通信的双方可以同时发送和接收信息。

单向通信只需要一条信道，而双向交替通信或双向同时通信都需要两个信道（每个方向各一条）。双向同时通信的传输效率最高。

来自信源的信号常称为**基带信号**（基本频带信号）。计算机输出的代表各种文字或图像文件的数据信号都属于基带信号。基带信号一般包含较多低频成分，甚至直流成分，许多信道不能传输这种低频分量或直流分量，为解决该问题必须对基带信号进行**调制**。

调制可分为两大类。一类仅对基带信号的波形进行变换，使它与信道特性相适应，变换后的信号仍是基带信号，这类调制叫**基带调制**。由于这种调制时把数字信号转换成另一种形式的数字信号，也成为**编码（coding）**。另一类调制则需要使用**载波（carrier）**进行调制，把基带信号的频率范围搬移到较高的频段，并转换为模拟信号。经过载波调制的信号为**带通信号**，使用载波的调制称为**带通调制**。

常用编码方式：

1. **不归零制** 正电平=1，负电平=0
2. **归零制** 正脉冲=1，负脉冲=0
3. **曼彻斯特编码** 位周期中心的向上跳变=0，位周期中心的向下跳变=1，也可反过来定义
4. **差分曼彻斯特编码** 每一位的中心处始终有跳变，位开始边界有跳变=0，位开始边界没有跳变=1

基本的带通调制方法：

1. **调幅（AM）**载波的振幅随基带数字信号变化，例如1或0分别对应无载波和有载波输出。
2. **调频（FM）** 载波的频率随基带数字信号变化，例如1或0分别对应频率f1或f2。
3. **调相（PM）** 载波的初始相位随基带数字信号变化，例如1或0分别对应相位0度或180度。

为达到更高信息传输速率，必须采用技术上更为复杂的多元制的振幅相位混合调制，如**正交振幅调制QAM**。

数字通信的优点：虽然信号在信道上产生失真，但接收端只要从失真的波形中识别出原来的信号，那么对通信质量就没有影响。码元传输速率越高，信号传输的距离越远，或噪声干扰越大，传输媒体质量越差，在接收端的波形失真就越严重。

限制码元在信道上传输速率的因素有以下两个：

1. **信道能通过的频率范围**

在接收端收到的信号波形失去了码元之间的清晰界限，这种现象叫做**码间串扰**。1924年内奎斯特推导出了奈式准则。**在任何信道中，码元传输的速率是有上限的，传输速率超过此上限，就会出现严重的码间串扰问题，使接收端对码元的判决（识别）成为不可能**。

信道频带越宽，能通过的信号高频分量越多，那么就可以用更高速的速率传送码元而不出现码间串扰。

1. **信噪比**

噪声存在于所有电子设备和通信设备中，由于噪声随机产生，它的瞬时值有时会很大，因此噪声会使接收端对码元的判决产生错误（1误判为0或0误判为1）。噪声影响是相对的，信号较强噪声的影响就较小。**信噪比**即信号的平均功率和噪声的平均功率之比，记为S/N，用分贝（dB）作为度量单位。

信噪比（dB）=10 log10(S/N)（dB）

1948年，香农推导出了**香农公式**，香农公式指出**信道的极限信息传输速率C**是

C=W log2（1+S/N）

W为信道的带宽（以Hz为单位），S为信道中所传信号的平均功率，N为信道内部的高斯噪声功率。香农公式表明，**信道的带宽或信道中的信噪比越大，信息的极限传输速率就越高**。该公式的意义在于：只要信息传输速率低于信道的极限信息传输速率，就一定存在某种方法来实现无差错的传输。

若频带宽度已确定的信道，如果信噪比也不能提高，可让**每个码元携带更多比特的信息量**以提高信息的传输速率。

2.3 物理层下面的传输媒体

**传输媒体**也称传输媒介或传输介质，它是数据传输系统中在发送器和接收器之间的物理通路。传输媒体可分为两大类，即**导引型传输媒体**和**非导引型传输媒体**。在导引型传输媒体中，电磁波被导引沿着固体媒体（铜线或光纤）传播，而非导引型传输媒体就是指自由空间，在非导引型传输媒体中电磁波的传输称为无线传输。

导引型传输媒体

1. **双绞线**

双绞线也称双扭线，是最古老但又是最常用的传输媒体。把两根互相绝缘的铜导线并排放在一起，然后用规则的方法**绞合**起来就构成了双绞线。绞合可减少对相邻导线的电磁干扰，使用双绞线最多的是电话系统。从用户电话机到交换机的双绞线称为用户线或用户环路。

模拟传输和数字传输都可使用双绞线，通信距离一般为几到十几公里。距离太长时要加放大器将衰减信号放大（模拟传输）或加上中继器对失真的数字信号整形（数字传输）。导线越粗，通信距离越远，价格越高。

为提高双绞线抗电磁干扰能力，可在双绞线的外面再加一层用金属丝编织成的屏蔽层。这就是**屏蔽双绞线**，简称STP，价格高于**无屏蔽双绞线UTP**。

对传送数据来说，最常用的UTP是5类线，相比3类线大大增加了每单位长度的绞合次数，具有更高的绞合度，提高了线路的传输速率。

无论是哪种双绞线，衰减都随频率的升高而增大，使用更粗的导线可以降低衰减，但却增加了导线的重量和价格。信号应有足够大的振幅，以便在噪声干扰下能被接收端正确地检测出来。双绞线的最高速率与数字信号的编码方式有关。

1. **同轴电缆**

同轴电缆由导体铜质芯线、绝缘层、网状编制的外导体屏蔽层以及保护塑料外层所组成。由于外导体屏蔽层的作用，同轴电缆有很好的抗干扰性，被广泛用于传输速率较高的数据。

局域网发展初期广泛使用同轴电缆，现在多用双绞线。同轴电缆主要用在有线电视网的居民小区中。同轴电缆的贷款取决于电缆的质量。

1. **光缆**

光纤通信就是利用光导纤维传递光脉冲来进行通信。有光脉冲相当于1，没有相当于0。由于可见光频率非常高，因此光纤通信系统的传输带宽远远大于目前其他传输媒体的带宽。

光纤是光纤通信的传输媒体，发送端有光源，可采用发光二极管或半导体激光器，它们在电脉冲的作用下能产生光脉冲，在接收端利用光电二极管做成光检测器，检测到光脉冲时还原出电脉冲。

光纤通常由非常透明的石英玻璃丝拉成细丝，主要有纤芯和包层构成双层通信圆柱体。利用光的折射实现传输。

可以存在多条不同角度入社的光线在一条光纤中传输，这种光纤叫**多模光纤**。光脉冲在多模光纤中传输时会逐渐展宽，造成失真。因此多模光纤只适合近距离传输。若光线的直径减小到只有一个光的波长，则光线可一直向前传输，不会发生多次反射，这样的光纤称为**单模光纤**，成本较高，损耗小，可在高速率下传输远距离而不使用中继器。

光纤通信常用三个波段的中心分别位于850nm，1300nm和1550nm。后两种衰减较小，850nm衰减大但其他特性较好。所有三个波段都具有25000-30000GHz带宽，可见光纤通信容量非常大。

光纤除通信容量大，还有其他优点：

1.传输损耗小，中继距离长，对远距离传输经济。

2.抗雷电和电磁干扰性能好。

3.无串音干扰，保密性好，不易被窃听或截取数据。

4.体积小，重量轻。

（4）**架空明线**

铜线或铁线，在电线杆上架设地互相绝缘的明线，安装简单，通信质量差，已淘汰

非导引型传输媒体

当通信距离很远，敷设电缆既昂贵又费时，利用无线电波在自由空间的传播可较快地实现多种通信，由于该通信方式不使用各种导引型传输媒体，因此将自由空间称为非导引型传输媒体。

无线传输可使用的频段很广，紫外线和更高的波段目前还不能用于通信。

短波通信（高频通信）主要靠电离层的反射，但电离层的不稳定产生的衰落现象和电离层反射产生的**多径效应**（同一信号经过不同反射路径到达同一个接受点，但各反射路径的衰减和时延都不同，使得合成信号失真很大），使得短波信道的通信质量较差。使用短波无线电台传送数据时，一般都是低速传输，除非采用复杂的调制解调技术才能提速。

无线电微波通信在数据通信中占有重要地位，微波在空间主要是直线传播，传统的微波通信主要有两种，**地面微波通信接力通信**（由于微波直线传输而地球是曲面，传播距离受限，为实现远距离通信必须在一条微波通信信道的两个终端之间建立若干中继站，中继站把前一站送来的信号放大后再发送到下一站，称为接力）和**卫星通信**。

微波接力可传输电话、电报、图像、数据等信息，主要特点是：

1. 波段频率高，频段范围宽，通信信道容量很大
2. 传输质量高（工业干扰和天电干扰的主要频谱成分比微波频率低很多）
3. 与电缆载波通信比，建设投资小，见效快，易于跨山区，江河

微波缺点：

1. 相邻站之间必须直视（常称为视距LOS）不能有障碍物，否则会失真
2. 有时也会受恶劣天气影响
3. 与电缆通信比，屏蔽性和保密性较差
4. 中继站需要大量人力物力维护

卫星通信是利用人造同步地球卫星作为中继器的一种微波接力通信。主要优缺点和微波接力通信相似，最大特点是通信距离远，且费用和距离无关。另一特点是**有较大的传播时延（不等同于传送数据的时延大）**。适合偏远处的通信，还非常适合广播通信，覆盖面很广，但保密性较差。

红外通信、激光通信也使用非导引型媒体，可用于近距离的笔记本电脑相互传送数据。

2.4 信道复用技术

**复用（multiplexing）**是通信技术中的基本概念。

最基本的复用就是**频分复用FDM**和**时分复用TDM**。频分复用最简单，用户在分到一定频带后，在通信过程中始终占用这个频带，可见**频分复用的所有用户在同样的时间占用不同的带宽资源**。时分复用则将时间划分为一段段等长的时分复用帧（TDM帧），每个时分复用用户在每个TDM帧中占用固定序号的时隙。每个用户占用的时隙周期性出现，TDM信号也称等时信号，**时分复用的所有用户在不同的时间占用同样的频带宽度**。这两种复用的优点是技术成熟，缺点是不灵活。时分复用更有利于数字信号的传输。

在进行通信时，**复用器**总是和**分用器**成对使用，复用器和分用器之间的是用户共享的高速信道，分用器的作用和复用器相反，它把高速信道中的数据进行分用，交送到相应用户。

由于计算机数据的突发性质，当用户在某一端时间无数据传输时，已经分配到的子信道是空的且其他用户也无法使用，因此时分复用可能会造成线路资源的浪费。**统计时分复用STDM，**一种改进的时分复用，能明显提高信道利用率。**集中器**常使用STDM。

统计时分复用使用STDM帧传送复用数据，但每个STDM帧中的时隙数小于连接在集中器上的用户数。各用户有了数据就发往集中器的输入缓存，集中器按顺序依次扫描输入缓存，把缓存中输入的数据放入STDM帧，没有数据的缓存就跳过，满了就发送，因此STDM帧并非固定分配资源，而是动态按需分配，STDM可以提高线路的利用率。在输出线路上，某个用户的时隙不是周期性出现，因此STDM又称为**异步时分复用**，而普通的时分复用称为**同步时分复用**。集中器正常工作的前提是各用户都是间歇性工作，否则缓存将溢出。

由于STDM帧动态分配，因此每个时隙中必须又用户的地址信息。使用STDM的集中器也叫做智能复用器，它能提供对整个报文的存储转发能力。TDM帧和STDM帧都是在物理层传送的比特流中划分的帧，并非数据链路层的帧。

**波分复用WDM**就是**光的频分复用**，由于光的频率很高，所以习惯用波长而不使用频率来表示所使用的光载波。最初人们只能在一根光纤上复用两路光载波信号，叫做波分复用WDM，现在已能做到在一根光纤上复用几十路或更多路数的光载波信号，于是就使用了**密集波分复用DWDM**。

波分复用的复用器为**光复用器**（又称**合波器**），分用器为**光分用器**（又称**分波器**），光信号传输时会衰减，通过**掺铒光纤放大器EDFA**将光信号转换成电信号，经过电放大器放大后再转换成光信号。

**码分复用CDM**是另一种共享信道的方法。更常用的名词是**码分多址CDMA**，每个用户可在同样的时间使用同样的频带通信，由于**各用户使用经过特殊挑选的不同码型，因此个用户之间不会造成干扰**。码分复用最初用于军事通信，因其**信号具有很强的抗干扰能力，其频谱类似于白噪声，不易被敌人发现**。现已广泛民用，特别是无线局域网中，CDMA可提高通信的话音质量和数据传输的可靠性，减少干扰影响，增大通信系统的容量等等。

CDMA中，每个比特时间再划分为m个短的间隔，称为**码片**。通常m=64或128。使用CDMA的每一个站被指配一个唯一的m bit码片序列。若要发送比特1，则发送自己的m bit**码片序列**。若要发送比特0，则发送该码片序列的二进制反码。码片中的0写为-1，1写为+1。假定S站要发送信息的数据率为b bit/s，由于每个比特要转换成m个比特的码片，则发送速率提高至mb bit/s，所占用的频带宽度也提高到m倍。这种通信方式是扩频通信中的一种，扩频通常有两大类，一种是**直接序列扩频DSSS**，如上述的使用码片序列就是这一种，另一种是**跳频扩频FHSS**。

CDMA系统的一个重要特点即这种体制给每一个站点分配的码片序列不仅必须各不相同，还必须相互**正交**。在使用的系统中是使用**伪随机码序列**。

令向量S表示站S的码片序列，T表示其他任何站的码片向量。两个不同站的码片序列正交，就是向量S和向量T的规格化**内积**都是0。任何一个码片向量和自己的规格化内积都为1，和自己反码的规格化内积为-1。

2.5 数字传输系统

早期电话网中，从市话局到用户电话机的用户线采用双绞线，而长途干线采用频分复用FDM的模拟传输方式。由于数字通信相比模拟通信无论质量还是经济上都有优势，目前长途干线大多采用时分复用PCM的数字传输方式。模拟线路基本只剩用户电话机到市话交换机之间的几公里长的用户线上。

数字化的同时，光纤开始成为长途干线最主要的传输媒体。光纤的高速带宽是用于承载高速率数据业务和大量服用的低速率业务。早期的数字传输系统存在许多缺点，主要是以下两个：（1）**速率标准不统一**。（2）**非同步传输**。为节约经费，各国数字网主要采用准同步方式，准同步系统中各支路信号时钟频率存在一定偏差，给时分复用和分用带来许多麻烦。为解决该问题，1988年美国推出了一个数字传输标准，同步光纤网SONET。

2.6 宽带接入技术

用户要连接到互联网，必须先连接到某个ISP，以获得上网所需的IP地址。从宽带接入的媒体看，可划分为有线宽带接入和无线宽带接入，此处讨论前者。

ADSL技术

**非对称数字用户线ADSL技术**使用**数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造**，使它能够承载带宽数字业务。ADSL将低端频谱留给传统电话使用，把原来没有利用的高端频谱留给用户上网使用。由于用户上网主要是下载而非上传文件，因此ADSL的下行带宽（从ISP到用户）都远远大于上行（从用户到ISP）带宽，因此称为“非对称”。

ADSL的传输距离取决于数据率和用户线的线径（用户线粤西，信号传输时的衰减就越大）。此外ADSL所能得到的最高数据传输速率还与实际的用户线上的信噪比密切相关。

ADSL在用户线（铜线）的两端各安装一个ADSL调制解调器。我国目前采用的调制解调器实现方案使**离散多音调DMT**调制技术。多音调指多载波和多子信道。DMT调制技术采用频分复用FDM，把高端频谱划分为许多子信道，25个子信道用于上行信道，249个子信道用于下行信道，并用不同的载波（不同的音调）进行数字调制。这种做法相当于在一对用户线上使用许多小的调制器**并行**传送数据。由于用户线的具体条件差异大，因此ADSL采用自适应调制技术使用户线能够传送尽可能高的数据率。ADSL启动时，用户线两端的ADSL调制解调器就测试可用频率，各子信道干扰情况，信号的传输质量。这样ADSL就能选择合适的调制方案以获得较高的数据率，可见**ADSL不能保证固定的数据率**。

基于ADSL的接入网由以下三大部分组成：**数字用户线接入复用器DSLAM**，用户线和用户家中的一些设施。DSLAM包括许多ADSL调制解调器，ADSL调制解调器又称为**接入端接单元ATU**。由于ADSL调制解调器必须成对使用，因此把在电话端局（或远端站）和用户家中的ADSL调制解调器分别记为ATU-C（C表示端局Central Office）和ATU-R（R表示远端Remote）。用户电话通过电话**分离器**和ATU-R连接，经用户线到端局，并再次经过一个电话分离器把电话连到本地电话交换机。电话分离器是无源的（为在停电时不影响传统电话使用），它利用低通滤波器将电话信号和数字信号分开。

ADSL最大的好处即可以利用现有电话网中的用户线（铜线），而不需要重新布线。ADSL借助在用户线两端安装的ADSL调制解调器对数字信号进行了调制，使得调制后的数字信号的频谱适合在原来的用户线上传输。

第二代ADSL的改进：（1）通过提高调制效率得到了更高的数据率。（2）采用了**无缝速率自适应技术SRA**，可在运营中不断通信和不产生误码的情况下，根据线路实时状况，自适应调整数据率。（3）改善了线路质量测评和故障定位功能。

ADSL不适合企业，因为企业需要使用上行信道发送大量数据。为满足企业要求ADSL技术有几种变变型。如对称DSL即SDSL，还有一种使用一对线或两队线的DSL叫做HDSL，是用来取代T1线路的**高速数字用户线**。

**光纤同轴混合网**（**HFC网**）是在目前覆盖范围很广的有线电视网的基础上开发的一种居民宽带接入网，除可传送电视节目外还能提供电话、数据和其他宽带交换业务。最早的有线电视网是树形拓扑结构的同轴电缆网络，采用模拟技术的FDM对电视节目进行单向广播传输。现在的有线电视网进行了改造，变成了光纤同轴混合网（HFC网），HFC的主要特点如下。

为提高传输的可靠性和电视信号的质量，HFC网把元有线电视网中的同轴电缆主干部分换为光纤。光线从头端连接到**光纤结点**，在光纤结点光信号被转换为电信号，然后通过同轴电缆传送到用户家庭。

原来的有线电视网的最高传输速率450MHz且只用于电视信号的下行传输，现在的HFC具有双向传输功能，并且扩展了传输频带。

要使现有的模拟电视机能够接收数字电视信号，需要把一个叫做**机顶盒**的连接设备连接在同轴电缆和用户的电视机之间。为使用户能利用HFC网接入互联网，以及在上行信道中传送交互数字电视所需的一些信息，还需增加一个为HFC网使用的调制解调器，又称**电缆调制解调器**。电缆调制解调器不需要成对使用，只需要安装到用户端。

FTTx技术

**光纤到户FTTH**，即把光纤一直铺设到用户家庭，只有在光纤进入用户家门后，才把光信号转换为电信号，这样做可使用户获得最高上网速率。

两个问题：（1）价格昂贵（2）一般家庭无此高数据率的需求。

因此出现了多种宽带光纤接入方式，FTTx，x表示不同的光纤接入地点。实际上，FTTx就是把光电转换的地方，从用户家中（这时x为H）向外延伸到离用户家门口有一定距离的地方。

信号在陆地上的长距离传输基本都已实现光线话，ADSL和HFC中，用于远距离的传输媒体也早使用了光缆，在临近用户的地方才转为铜缆（用户的电话线和同轴电缆）。一个家庭元雍布拉一根光纤的通信容量，为有效利用光线资源，在光线干线和广大用户之间还需要铺设一段中间的转换装置即**光配线网ODN**，使得数十个家庭能共享一根光纤。无源的光配线网称为**无源光网络PON**，无源表示在光配线网中无须配备电源，因此基本不用维护。

**光线路终端OLT**是连接到光线干线的终端设备。OLT把收到的下行数据发往无源的1：N**光分路器**，然后用广播方式向所有用户端的**光网络单元ONU**发送。每个ONU根据特有的标识只接收发送给自己的数据，然后转换为电信号发往用户家中。

当ONU发送上行数据时，先把电信号转换为光信号，光分路器把各ONU发来的上行数据汇总后，以TDMA的方式发往OLT。

光配线网采用波分复用WDM，上行和下行分别使用不同的波长。

无源光网络PON主要有以下两种：

（1）**吉比特无源光网络GPON**，采用**通用封装方法GEM**，可承载多业务。

（2）**以太网无源光网络EPON**，在链路层使用以太网协议，利用PON的拓扑结构实现以太网的接入。优点：与现有以太网的兼容性好，成本低，扩展性强，方便管理。

现有很多种FTTx，除光纤到户FTTH外，还有光纤到路边FTTC（Curb），光纤到小区FTTZ（Zone），广信到大楼FTTB（Building），光纤到楼层FTTF（Floor），光纤到办公室FTTO（Office），光纤到桌面FTTD（Desk）等。

2.7 本章的重要概念

物理层的主要任务就是确定与传输媒体的接口有关的一些特性，如机械特性、电气特性、功能特性和过程特性。

一个数据通信系统可划分为三大部分，即源系统、传输系统和目的系统。源系统包括源点（或源站、信源）和发送器，目的系统包括接收器和终点（或目的站，信宿）。

通信的目的时传送消息，话音、文字、图像、视频等都是消息。数据是运送消息的实体，信号则是数据的电气或电磁的表现。

根据信号中代表消息的参数取值方式的不同，信号可分为模拟信号（连续信号）和数字信号（离散信号）。代表数字信号不同离散值的基本波形为码元。

根据双方信息交互的方式，通信可划分为单向通信（单工通信）、双向交替通信（半双工通信）和双向同时通信（全双工通信）。

来自信源的信号叫做基带信号。信号要在信道上传输就要经过调制，调制有基带调制和带通调制。最基本的带通调制方法有调幅、调频和调相。还有更复杂的调制方法，如正交振幅调制。

要提高数据在信道的传输速率，可使用更好的传输媒体，或使用先进的调制技术，但数据传输速率不可能被任意提高。

传输媒体可分为两大类，即导引型传输媒体（双绞线、同轴电缆或光纤）和非导引型传输媒体（无线或红外或大气激光）。

常用的信道复用技术有频分复用FDM、时分复用TDM、统计时分复用STDM、码分复用CDM和波分复用WDM（光的频分复用）。

最初在数字传输系统中使用的传输标准是脉冲编码调制PCM，现在高速的数字传输系统使用同步光纤网SONET（美国标准）或同步数字系列SDH（国际标准）。

用户到互联网的宽带接入方法有非对称数字用户线ADSL（用数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造）、光纤同轴混合网HFC（在有线电视网的基础上开发的）和FTTx（即光纤到...）。

为有效利用光线资源，在光线干线和用户之间广泛使用无源光网络PON。无源光网络无需配备电源，其长期运营成本和管理成本都很低。最流行的无源光网络是以太网无源光网络EPON和吉比特无源光网络GPON。