



第2章 无线传输技术基础

主要内容



- 2.1 无线传输媒体
- 2.2 天线
- 2.3 传播方式
- 2.4 直线传输系统中的损伤
- 2.5 移动环境中的衰退
- 2.6 多普勒效应
- 2.7 信号编码技术
- 2.8 扩频技术
- 2.9 差错控制技术

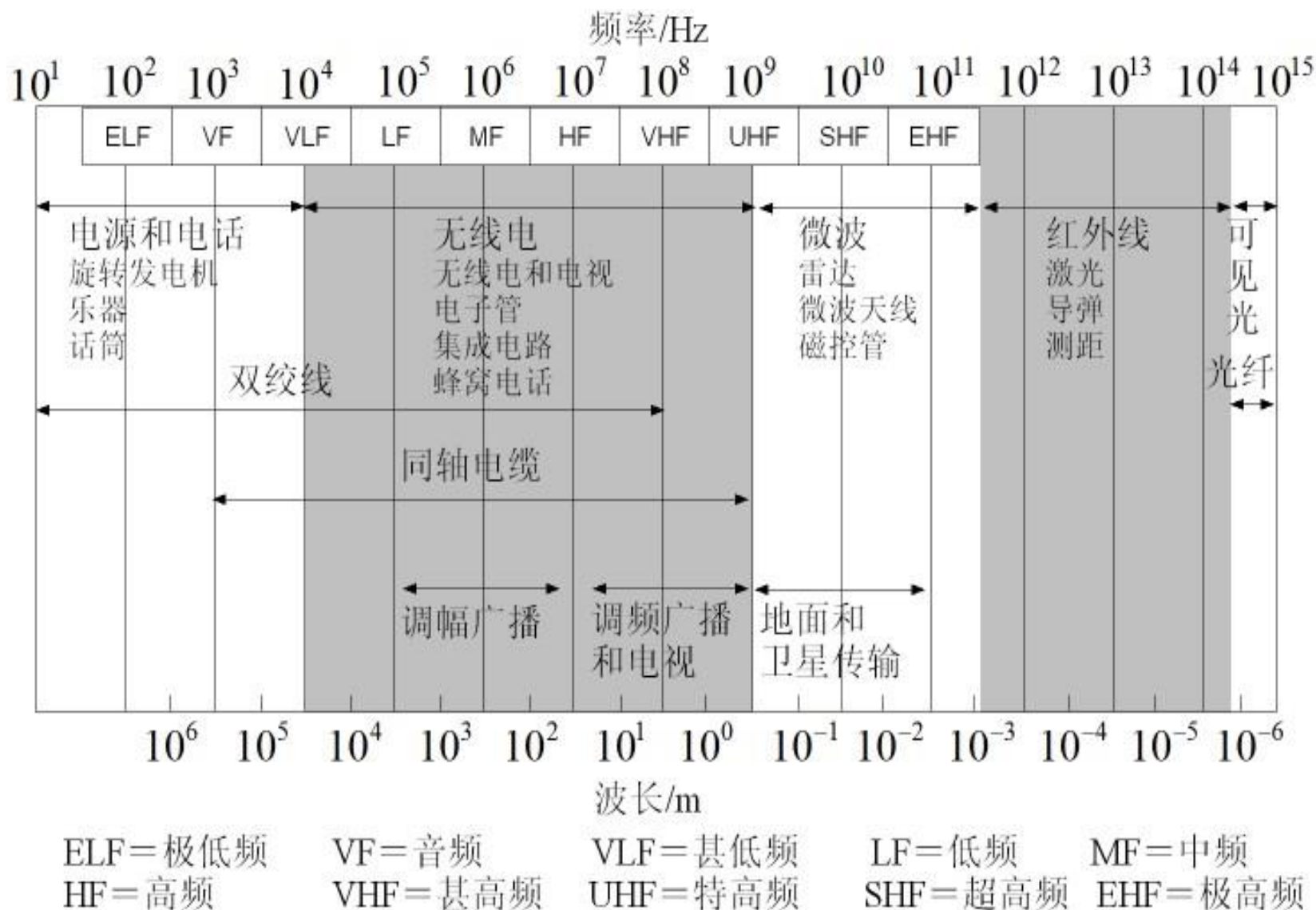
2.1 无线传输媒体



- 传输媒体是数据传输系统中发送器和接收器之间的物理路径。
- 传输媒体可分为导向的和非导向的两类。
 - 对导向媒体而言，电磁波被引导沿某一固定媒体前进，例如双绞线、同轴电缆和光纤。传输性能主要取决于媒体自身性质。
 - 非导向媒体的例子是大气和外层空间，它们提供了传输电磁波信号的手段，但不引导它们的传播方向，这种传输形式通常称为无线传播。传输性能主要取决于信号带宽。

定向、非定向

电信用的电磁波频谱



无线频谱的分配

❑ 频率统一分配（FCC/ITU-R/各个国家）

- 根据信息类型分配频谱 (AM/FM无线电台、TV、蜂窝电话...)

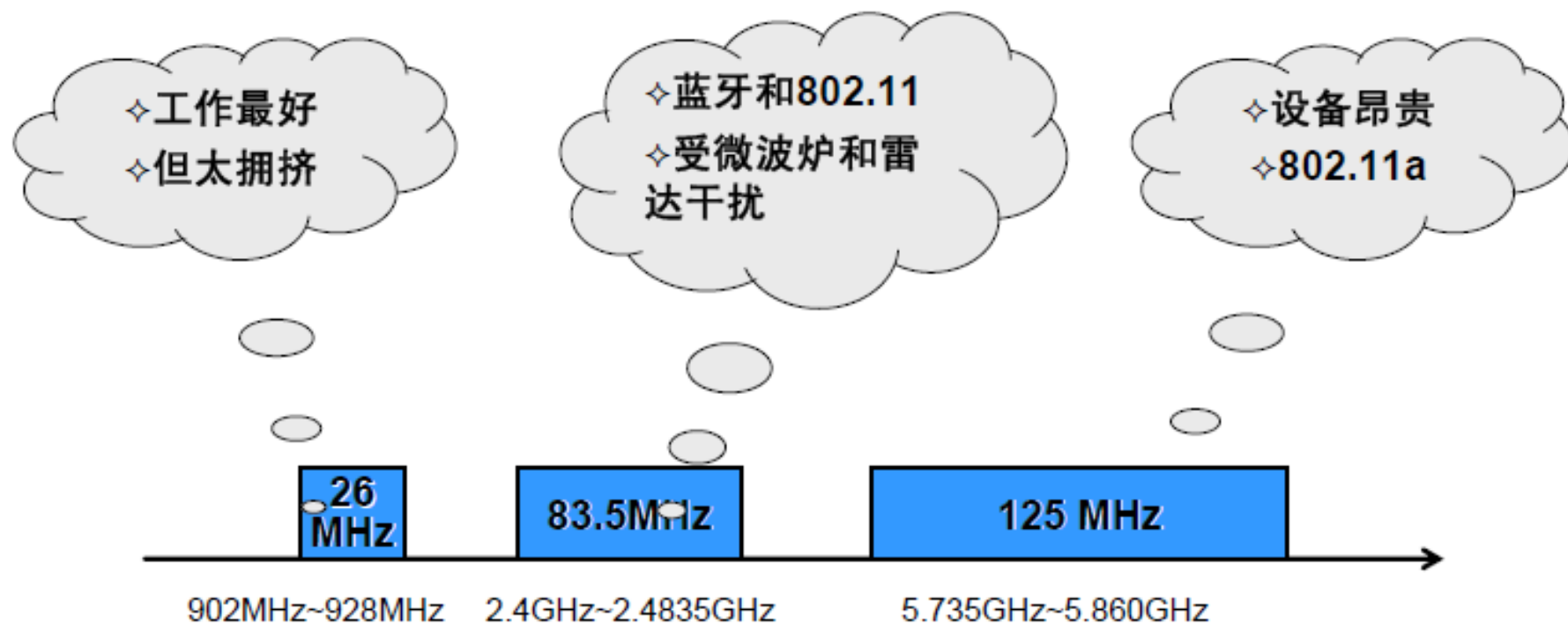
❑ 工业科学医学频段（ISM）

- 可自由使用但限制功率
- 专用于非许可的商业用途

✧ 救护车、警察、出租车、无线遥控玩具、无线电家用设备等)



工业科学医学频段



感兴趣的3个频段



- **微波**：1GHz~100GHz，可实现**高方向性**的波束，而且非常适用于点对点的传输，也可用于卫星通信。
- **无线电广播频段**：30MHz~1GHz，适用于**全向**应用。
- **红外线频段**： $3 \times 10^{11}\text{Hz} \sim 2 \times 10^{14}\text{Hz}$ ，适于**本地应用**，在有限的区域(如一个房间)内对于局部的点对点及多点应用非常有用。

微波



- ❑ 频率较高的无线电波(电磁频谱较低GHz级频率)
- ❑ 不能很好地穿透建筑物
- ❑ 微波按照直线传播
- ❑ 发射端和接收端的天线必须精确地对准
- ❑ 中继器之间的最大距离可为80km（假设塔高为100m）



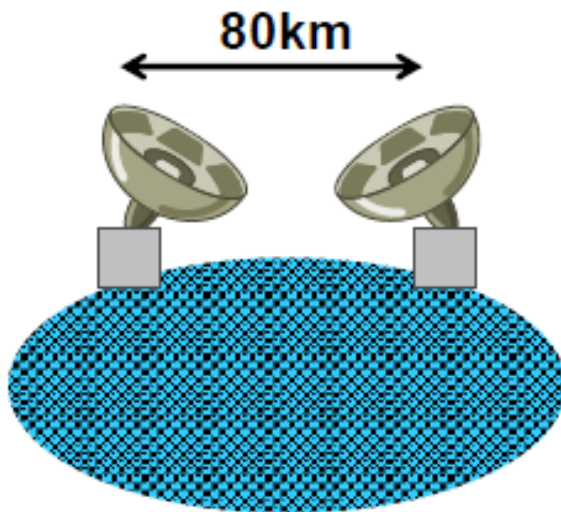
- ❑ 定向传播 (directional)
 - 天线把所有的能量集中于一小束电磁波

微波系统



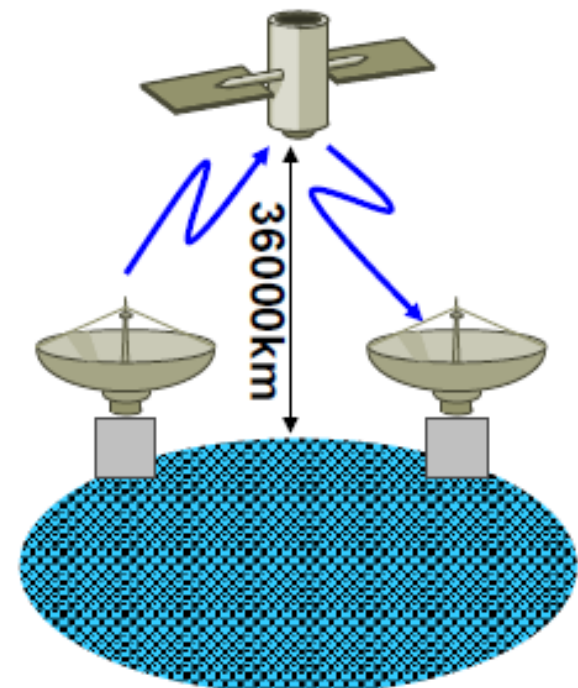
□ 地面系统

- 利用定向抛物线在较低的GHz范围内收发信号。



□ 卫星微波系统

- 在定向抛物线天线和卫星之间传输信号。



2.1.1 地面微波



- 地面微波系统主要用于长途电信服务，可代替同轴电缆和光纤，通过地面接力站中继。
- 建筑物之间的点对点线路，用于闭路电视或局域网之间的数据链路。
- 也可用于旁路应用、蜂窝系统或固定无线接入。
- 常见的用于传输的频率范围为2GHz~40GHz。频率越高，可能的带宽就越宽，因此可能的数据传输速率也就越高。
- 采用呈抛物面的“蝶形”天线，并置于较高的位置，有时也会使用微波中继塔台。

典型的数字微波性能



波段/GHz	带宽/MHz	数据率/Mb/s
2	7	12
6	30	90
11	40	135
18	220	274

地面微波（续1）



- 微波传输的主要损耗来源于**衰减**。
- 微波（以及无线电广播频段）的损耗公式

$$L = 10 \lg \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$$

- 微波的损耗随距离的平方而变化，而双绞线和同轴电缆的损耗距离呈指数变化。
- 下雨会增加衰减，对高于10GHz频段尤为明显。
- 损伤的另一个原因是**干扰**，随着微波应用的不断增多，传输区域重叠，干扰始终是一个威胁。因此，频带的分配需要严格控制。

地面微波（续2）



- 频率越高衰减越大，较高的微波频率对长途传输没有什么用处，但却非常适用于近距离传输。
- 频率越高，使用的天线就越小、越便宜。

2.1.2 卫星微波



- 通信卫星实际上是一个微波接力站，用于将两个或多个称为地球站或地面站的地面微波发送器/接收器连接起来。
- 卫星使用上下行两个频段：接收一个频段(上行)上的传输信号，放大或再生信号后，再在另一个频段(下行)上将其发送出去。
- 卫星主要应用：电视广播、长途电话传输和个人用商业网络

卫星微波（续）



- 卫星传输的**最佳频率**范围为1GHz~10GHz。
- 卫星通信**距离远**，一个地面站发送到另一个地面站接收，约有1/4s传播延迟。在差控和流控方面，也带来一系列问题。
- 卫星微波是**广播设施**，许多站点可以向卫星发送信息，同时从卫星上传送下来的信息也会被众多站点接收。

2.1.3 广播无线电波



- 广播无线电波是**全向性**的，不要求使用碟形天线，天线也无需严格地安装到一个精确地校准位置上。
- **无线电波** (Radio) 是笼统术语，频率范围为3KHz-300GHz。
- 非正式术语**广播无线电波** (broadcast radio) 包括VHF频段和部分的UHF频段：30MHz~1GHz。
- 对电离层透明，因此限于视距传输。
- 下雨影响小。
- 广播无线电波衰减情况与微波相同，损伤的另一个主要来源是**多路径干扰**。

2.1.4 红外线



- ❑ 利用红外光波传送信号。采用电磁频谱的**THz**范围。发光二极管或激光二极管用于发射信号；光电管则能接收信号。
- ❑ 信号不能穿透墙壁等固体物体
- ❑ 易受强烈光源的影响

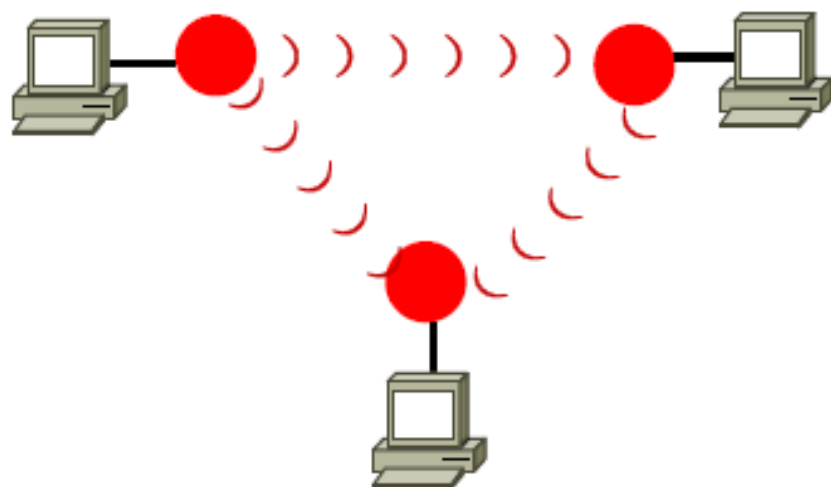
- ❑ 应用与优点
 - 短距离通信（**TV**、录像机、**DVD**、音响等）
 - 不同房间内的红外系统互不干扰
 - 防窃听安全性比无线电系统好

2.1.4 红外线



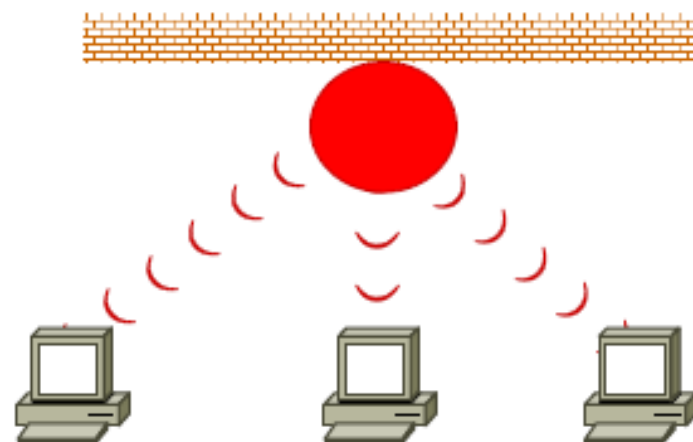
□ 点一点

光束可高度集中，并朝特定的方向发射；



○ 广播

将信号扩展到一个更广的区域，允许信号由几个接收器同时接收。



2.1.5 光波



- 频率更高的光波，主要指**非导向**光波，而非用于光纤的**导向**光波。
- 提供**非常高的带宽**，成本也很低，相对容易安装，而且与微波不同，不要求FCC许可。
- 激光的**强度**（非常窄的一束光，毫米级）是它的弱点，不易瞄准。
- 激光束不能穿透雨或者浓雾，白天太阳的热量使气流上升也会使激光束产生偏差。

主要内容



2.1 无线传输媒体

2.2 天线

2.3 传播方式

2.4 直线传输系统中的损伤

2.5 移动环境中的衰退

2.6 多普勒效应

2.7 信号编码技术

2.8 扩频技术

2.9 差错控制技术

2.2 天线



- 天线是实现无线传输**最基本的设备**。
- 天线可看作一条电子导线或导线系统，该导线系统或用于将电磁能**辐射**到太空或用于将太空中的电磁能**收集**起来。
- 发送：将无线电频率电能转换为电磁能
- 接收：将电磁能转化为电能并合成到接收器中
- 同一天线可用于双向通信中的发送或接收，且特性相同。

2.2 天线



2.2.1 辐射模式

2.2.2 天线类型

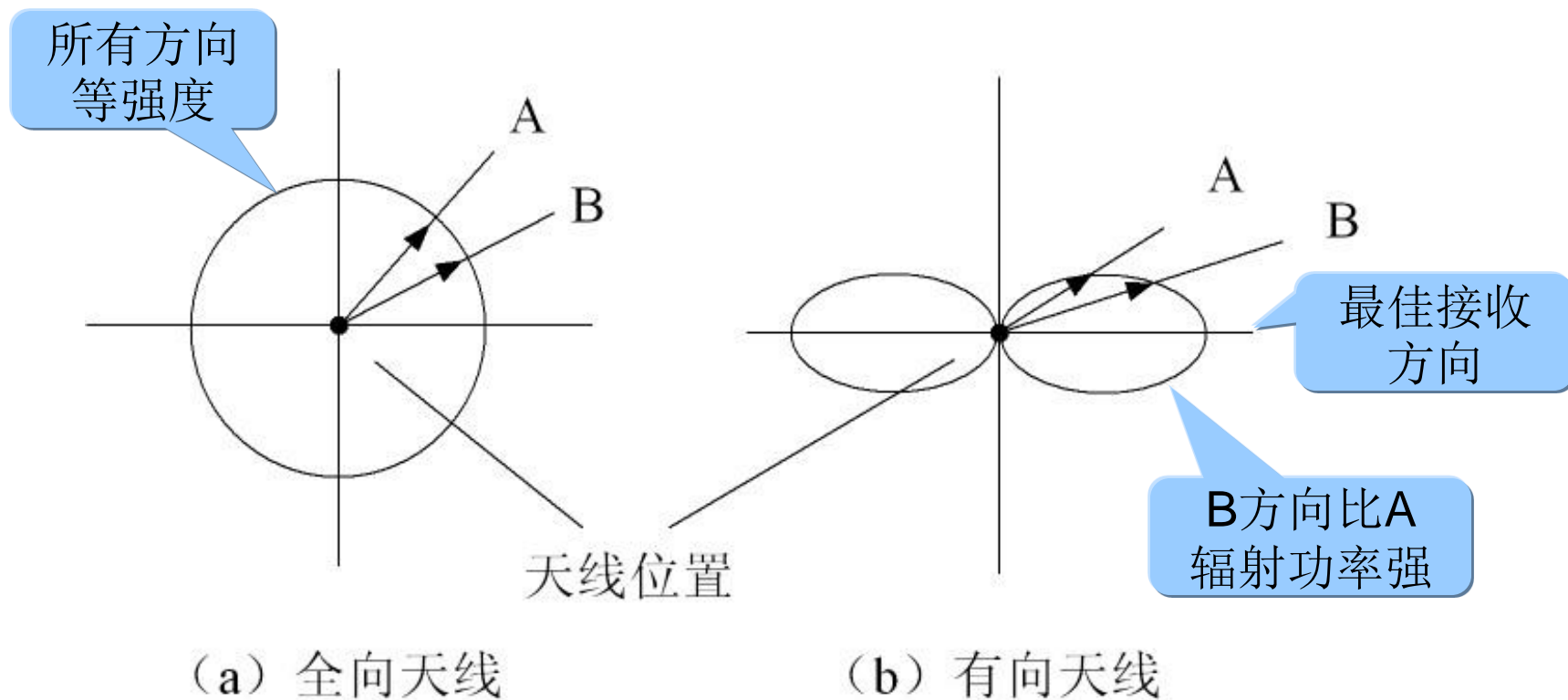
2.2.3 天线增益

2.2.1 辐射模式



- 一个天线辐射出去的功率是**全方位**的，然而并非在所有方向上辐射出的功率都是相等的，因此需要描述不同方向上的**相对功率**。
- 描述天线性能特性的常用方法是辐射模式，它是作为空间协同函数的天线的**辐射属性**的图形化表示。
- 辐射模式一般被描绘成三维模式中的**二维剖面**。
- 当天线用于接收时，辐射模式变为**接收模式**。

理想的辐射模式

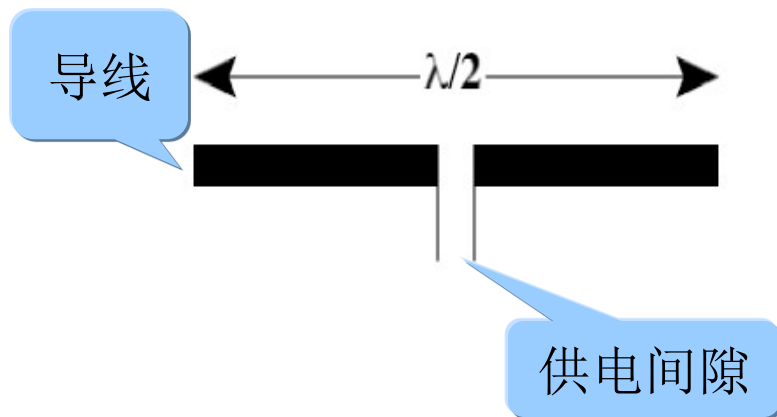


2.2.2 天线类型

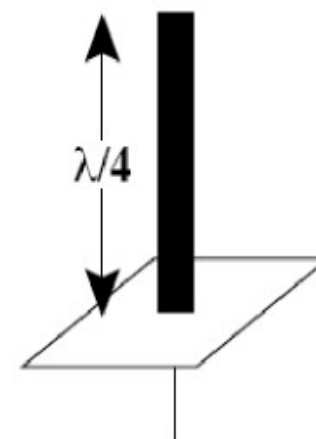


- 偶级天线
- 抛物反射天线

简单（偶级）天线



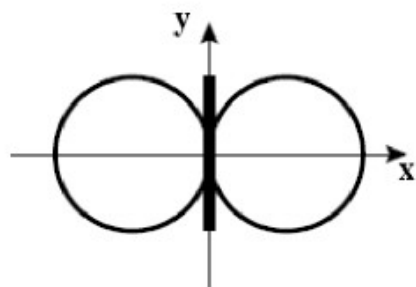
(a) 半波偶级



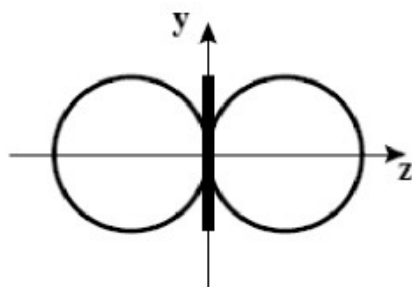
(b) 1/4波偶级

一个维度上具有全向性，另外两个维度8字型

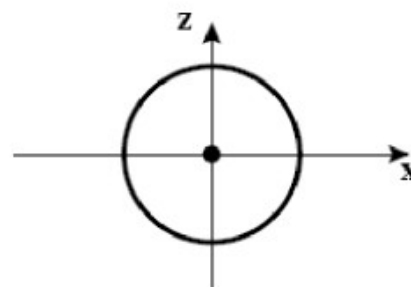
偶极天线散射模式



侧视图(xy平面)

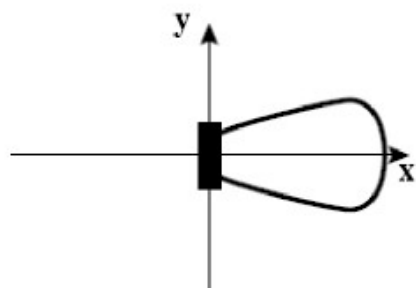


侧视图(yz平面)

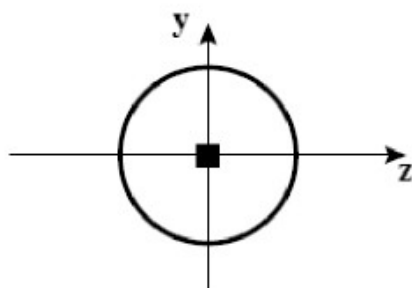


顶视图(xz平面)

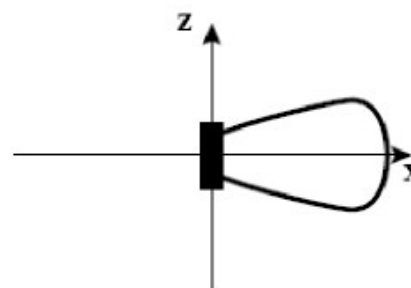
(a)简单偶级



侧视图(xy平面)



侧视图(yz平面)

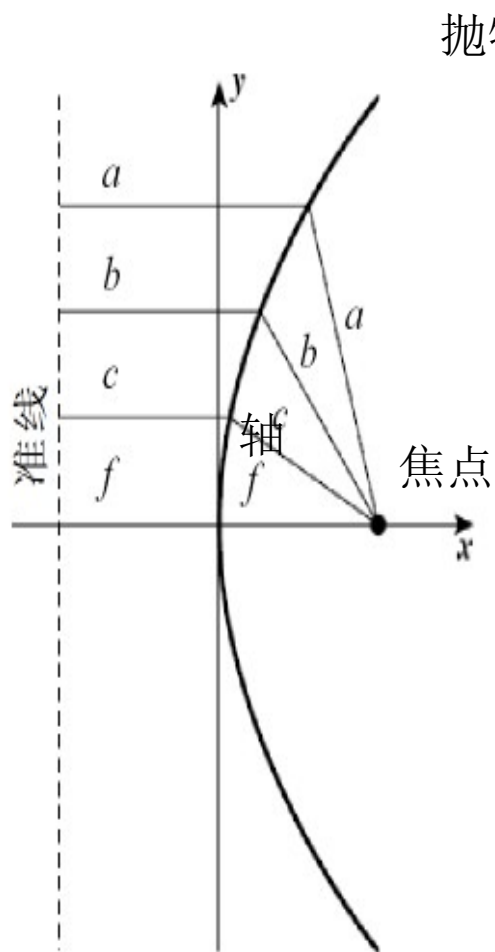


顶视图(xz平面)

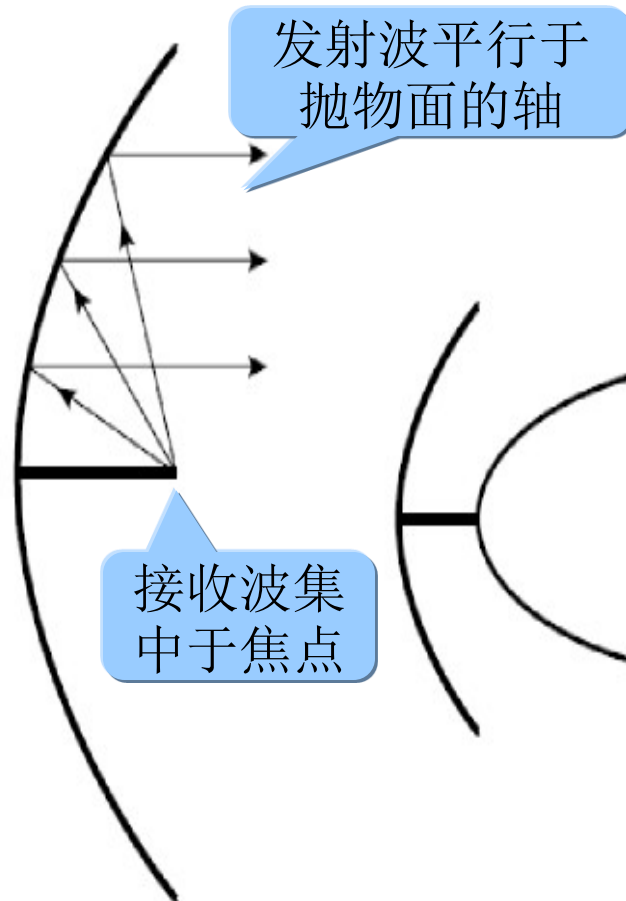
(b)有向天线

需要更加复杂的
天线配置

抛物线反射天线



(a) 抛物线



(b) 抛物天线的横截面显示了反射属性



(c) 抛物天线的横截面显示了辐射模式

2.2.3 天线增益



- 天线增益是天线定向性的度量。
- 与由理论的全向天线（各向同性天线）在各个方向所产生的输出相比，天线增益定义为在一特定方向上（通常为产生最大增益方向）的功率输出。
- 天线增益不是为了增加输出功率，而是为了定向性。
- 天线增益与有效面积的关系：

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} = \frac{4\pi f^2 A_e}{c^2}$$

缩窄波瓣宽度
智能天线技术
MIMO技术

主要内容



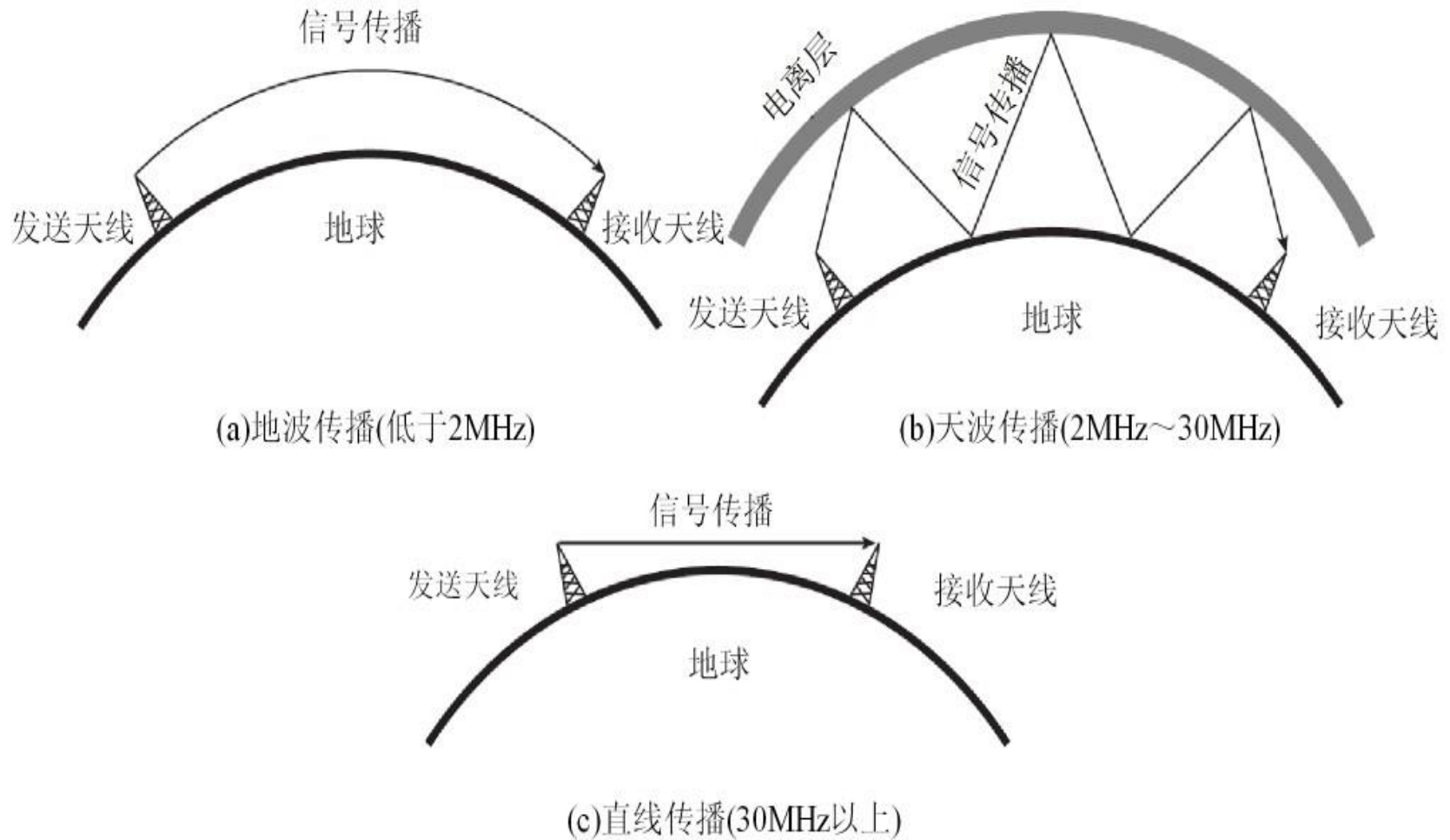
- 2.1 无线传输媒体
- 2.2 天线
- 2.3 传播方式
- 2.4 直线传输系统中的损伤
- 2.5 移动环境中的衰退
- 2.6 多普勒效应
- 2.7 信号编码技术
- 2.8 扩频技术
- 2.9 差错控制技术

2.3 传播方式



- 由天线辐射出去的信号以三种方式传播：
 - **地波** (ground wave)：地波传播或多或少要沿着地球的轮廓前行，且可传播相当远的距离，较好地跨越可视的地平线。由波前倾斜及衍射造成，例如调幅无线电。
 - **天波** (sky wave)：天波信号可以通过多个跳跃，在电离层和地球表面之间前后反弹地穿行。例如民用波段CB以及国际广播。
 - **直线** LOS (line of sight)：当要传播的信号频率在30MHz以上时，不会被电离层反射，天波与地波的传播方式均无法工作，通信局限于视距范围，必须用直线方式。

无线传播类型



频带	频率范围	自由空间中的波长范围	传播特性	典型的应用
ELF (极低频)	30Hz～300Hz	10000km～1000km	地波	功率线频率；用于某些家庭控制系统中
VF (音频)	300Hz～3000Hz	1000km～100km	地波	用于电话系统中使用的模拟用户线路
VLF (甚低频)	3KHz～30KHz	100km～10km	地波；白天夜晚低衰减；高大气噪声级	长距离导航；航海通信
LF (低频)	30KHz～300KHz	1000km～1km	地波；比VLF的可靠性略差；白天会被吸收	长距离导航；航海通信中的无线电信号
MF (中频)	300KHz～3MHz	1km～100m	地波和晚上的天波；晚上的衰减低，白天的衰减高；有大气噪声	海事无线电；定向查找
HF (高频)	3MHz～30MHz	100m～10m	天波；质量随一天的时间、季节和频率而变化	无线电业余爱好者；国际广播，军事通信；长距离飞机和轮船通信
VHF (高频)	30MHz～300MHz	10m～1m	直线；由于温度倒置出现散射；宇宙噪声	VHF电视；调频广播和双向无线电，调幅飞机通信；飞机导航
UHF (特高频)	300MHz～3GHz	100cm～10cm	直线；宇宙噪声	UHF电视；蜂窝电话；雷达；微波链路；个人通信系统
SHF (超高频)	3GHz～30GHz	10cm～1cm	直线；100Hz以上，下雨会带来衰减；由于氧气和水蒸气带来人气衰减	卫星通信；雷达；陆地微波链路；无线本地环
EHF (极高频)	30GHz～300Gz	10mm～1mm	直线；由于氧气和水蒸气带来大气衰减	实验；无线本地环
红外线	300GHz～400THz	1mm～770nm	直线	红外局域网；客户电子应用
可见光	400THz～900THz	770nm～330nm	直线	光通信

主要内容



- 2.1 无线传输媒体
- 2.2 天线
- 2.3 传播方式
- 2.4 直线传输系统中的损伤
- 2.5 移动环境中的衰退
- 2.6 多普勒效应
- 2.7 信号编码技术
- 2.8 扩频技术
- 2.9 差错控制技术

2.4 直线传输系统中的损伤



任意一种传输系统均存在传输信号的损伤。

- 衰减和衰减失真 (attenuation and attenuation distortion)
- 自由空间损耗 (free space loss)
- 噪声 (noise)
- 大气吸收 (atmospheric absorption)
- 多径 (multi path)
- 折射 (refraction)

2.4.1 衰减



- 一个信号的强度会随所跨越的任一传输媒介的距离而降低。
- 对于导向媒介，这种强度上的降低也称衰减，通常是一个指数值，因而常表示为每单位距离一个固定的分贝数。
- 对于非导向媒介，衰减是一个更为复杂的距离函数，且充满整个大气层。

无线直线传输系统衰减带来的影响

- 接收的信号必须有**足够的强度**，以使接收端的电子线路能够检测并解释信号。
- 与噪声相比，信号必须维持一种足够高的水平以便被无误差地接收。
- 高频下的衰减更为严重，会引起**失真**。可采用使跨一频带的衰减均等化的技术。

中继器
放大器

放大器更
多的放大
高频部分

2.4.2 自由空间损耗



- 任一种无线通信中，信号都会随距离**发散**，因此，具有固定面积的天线离发射天线越远，接收的信号功率就越低。
- 在卫星通信中这是一种主要的信号损耗方式。

全向天线自由空间损耗



- Power density flux at the receiver

$$\Phi = \frac{P_t}{4\pi d^2} \times G_t = \frac{P_t G_t}{4\pi d^2}$$

- Receiver's effective aperture
- Power received

$$A_r = \frac{G_r \lambda^2}{4\pi}$$

$$P_r = \Phi A_r$$

Friis free space equation: **(Important!)**

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t}{4\pi d^2} A_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2}$$

$$\text{for } d > d_f = \frac{2D^2}{\lambda}$$

天线增益可以补偿频率增加引起的功率损耗，且带来净增益

where D is the largest physical linear dimension of the antenna.

2.4.3 噪声



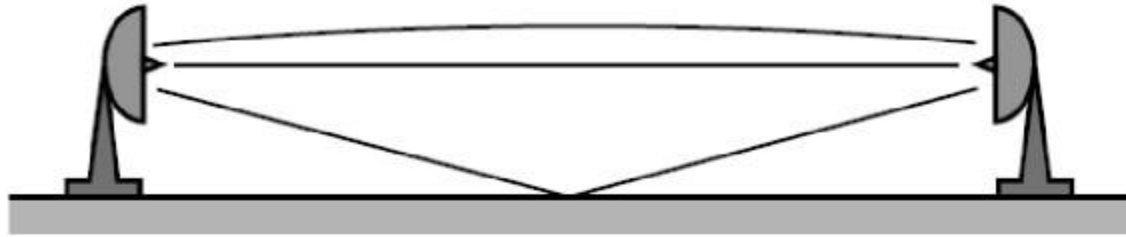
- 任一接收信号都是由**传输信号**构成。
- 传输信号可能会被传输系统所产生的各种失真修改，还包括在传输端和接收端之间的某些地方插入的不希望有的**额外信号**，这些不希望有的信号就是**噪声**。
- 噪声是对通信系统性能带来影响的**主要限制因素**。
- 噪声可以分为如下四类：
 - 热噪声(thermal noise)：电子热搅动引起，也称为白噪声
 - 互调噪声(intermodulation noise)：多个频率叠加
 - 串扰(crosstalk)：信号路径之间电子耦合或错误接收
 - 脉冲噪声(impulse noise)：电磁干扰

2.4.4 大气吸收

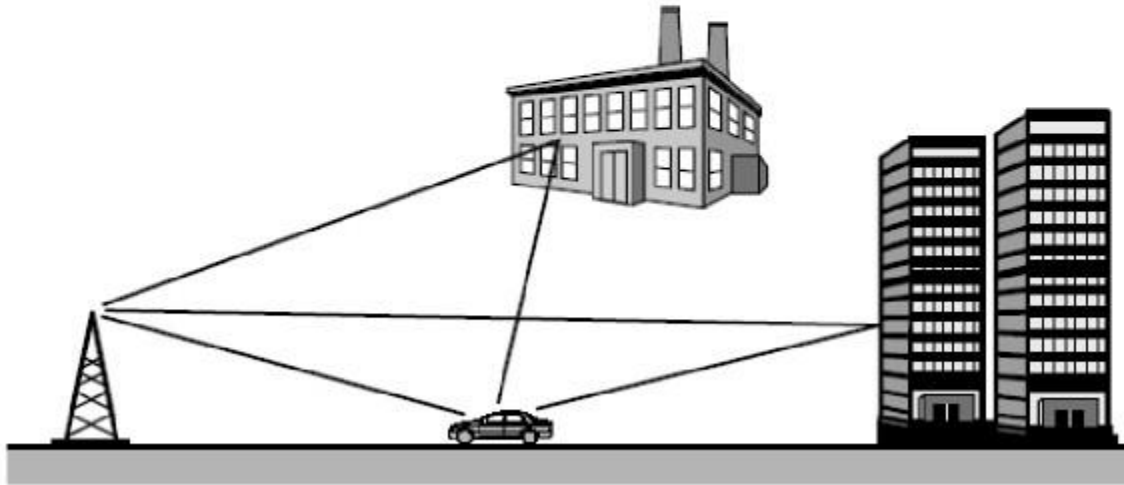


- 水蒸气和氧气是产生这种衰减的主要因素
 - 水蒸气所产生的衰减的峰值在22GHz附近，在低于15GHz的频率处，衰减会减少。
 - 氧气的存在会导致在60GHz附近的吸收峰值，而在低于30GHz的频率处，这种影响会减少。
- 雨和雾(有悬挂的小水滴)会引起无线电波的散射，从而导致衰减，这有可能是引起信号损耗的主要原因。
- 要减少这种损耗，在有较大降水量的地区，或者是将路径的长度变短，或者是使用低频带。

2.4.5 多经



(a)直线微波



(b)移动无线电

2.4.6 折射



- 当通过大气传播时，无线电波会被**折射**(或弯曲)。
- 信号速度随信号高度而增加，从而**导致无线电波向下弯曲**。
- 复杂的大气条件导致**只有一小部分直线波或没有直线波抵达接收天线**。

主要内容



- 2.1 无线传输媒体
- 2.2 天线
- 2.3 传播方式
- 2.4 直线传输系统中的损伤
- 2.5 移动环境中的衰退
- 2.6 多普勒效应
- 2.7 信号编码技术
- 2.8 扩频技术
- 2.9 差错控制技术

2.5 移动环境中的衰退



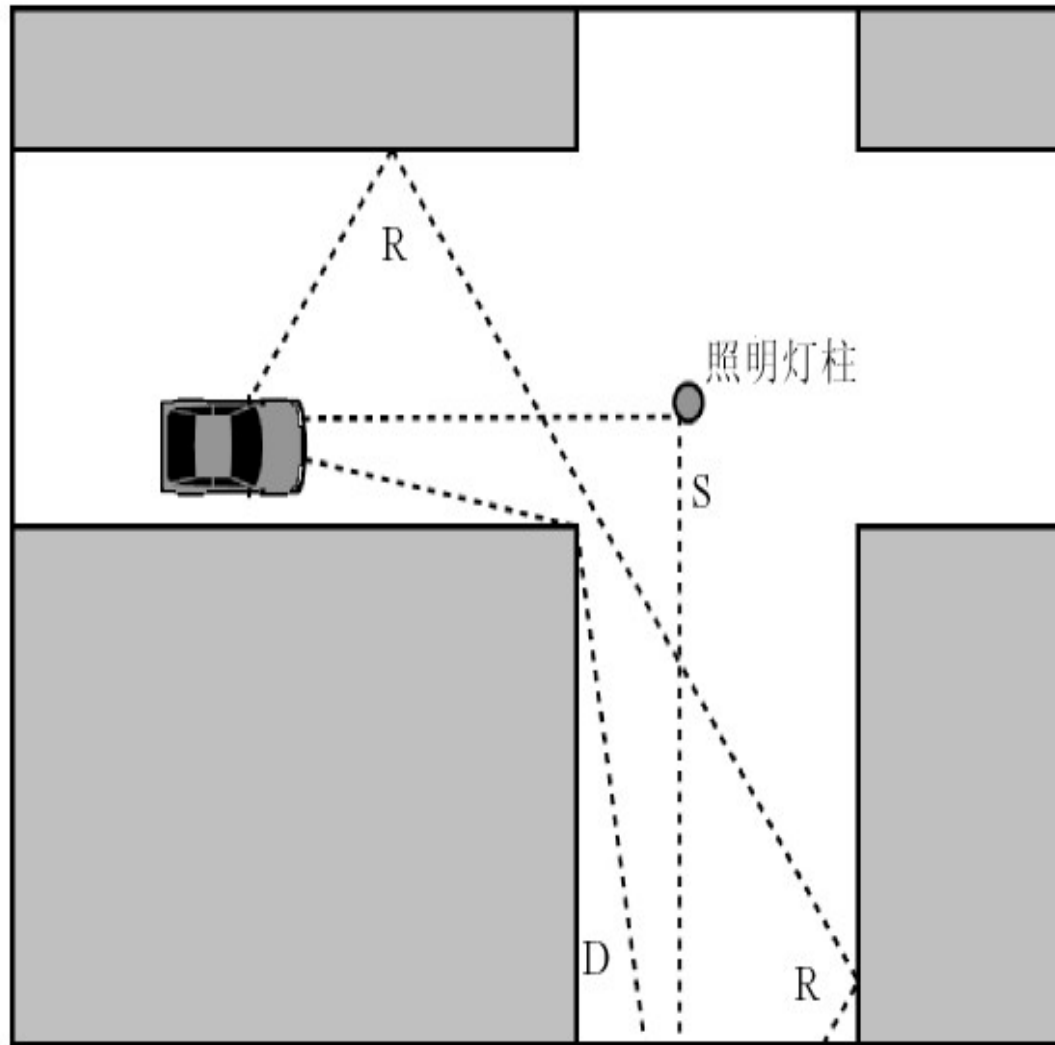
衰退 (fading)：传输介质或者路径使得接收信号的能量发生变化

❑ 在固定环境下：大气层条件的变化

- ✧ 低频具有更强的穿透力，可以传输更远的距离；
- ✧ 频率越高，衰减越严重，发射机需要更大的功率，传输范围更短；

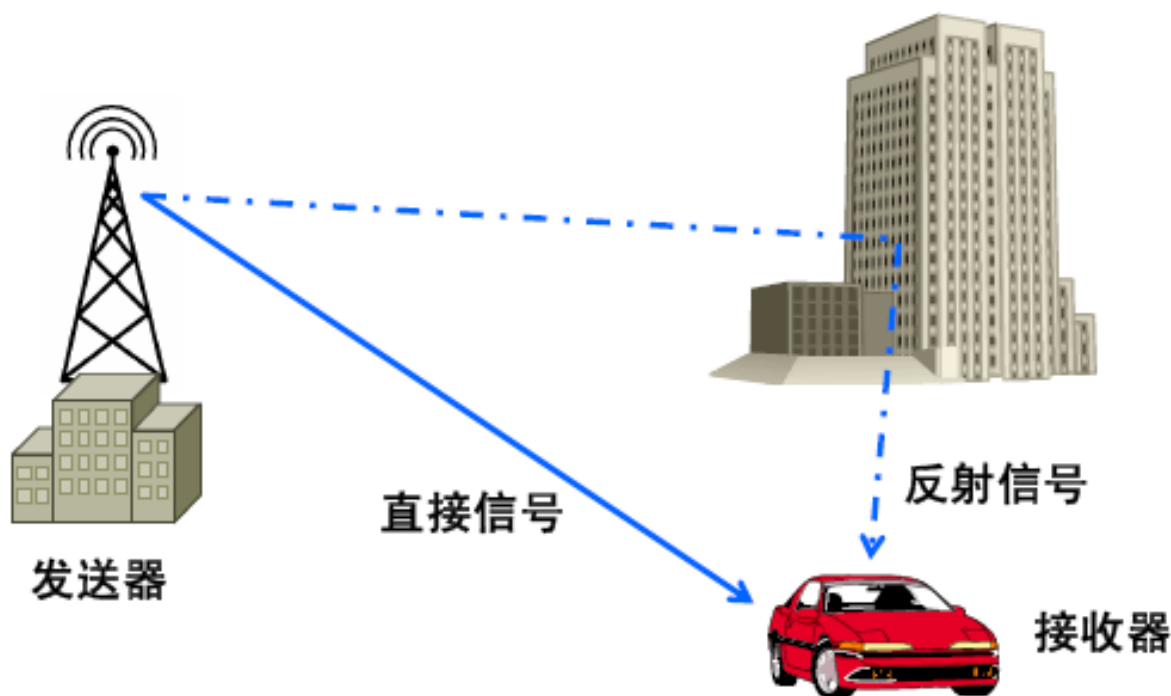
❑ 在移动环境下：障碍物的相对位置随时间发生变化，造成复杂的传输效果——多径传播

反射 (R)、散射 (S) 和衍射 (D)



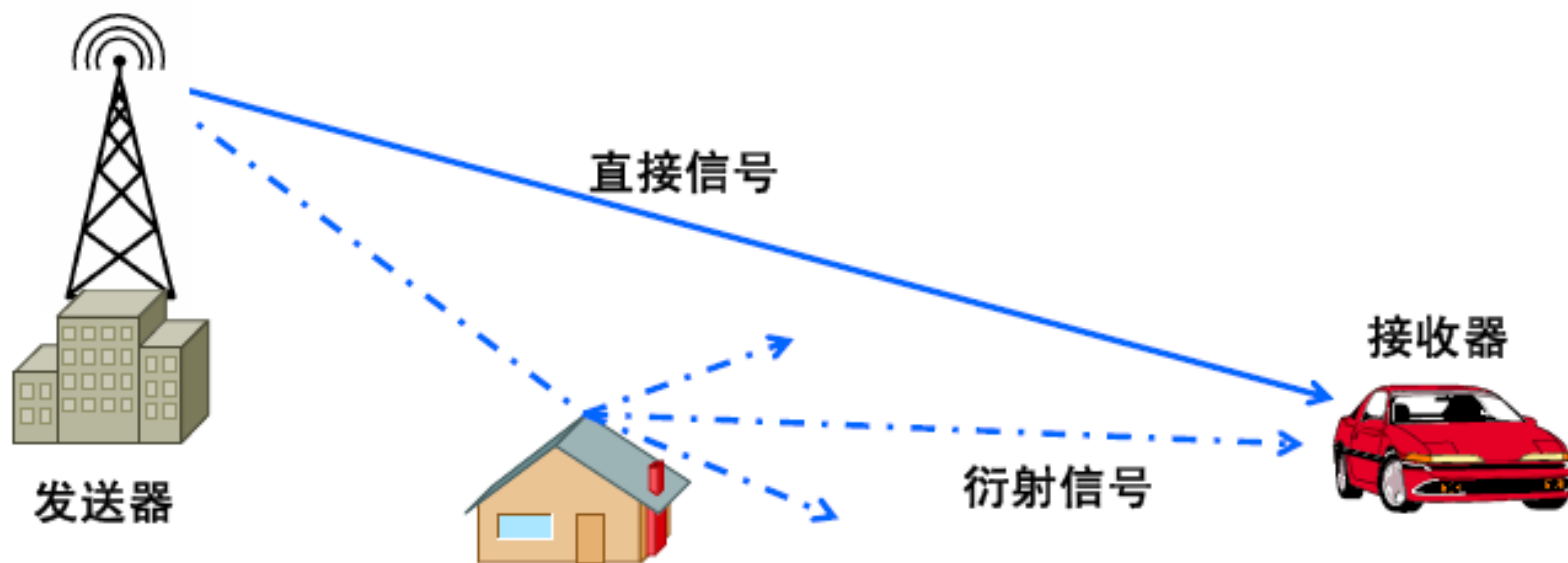
反射

反射 (Reflection)：当信号遇到表面大于信号波长的障碍物（地球表面、高建筑物、大型墙面）导致信号的相位发生漂移



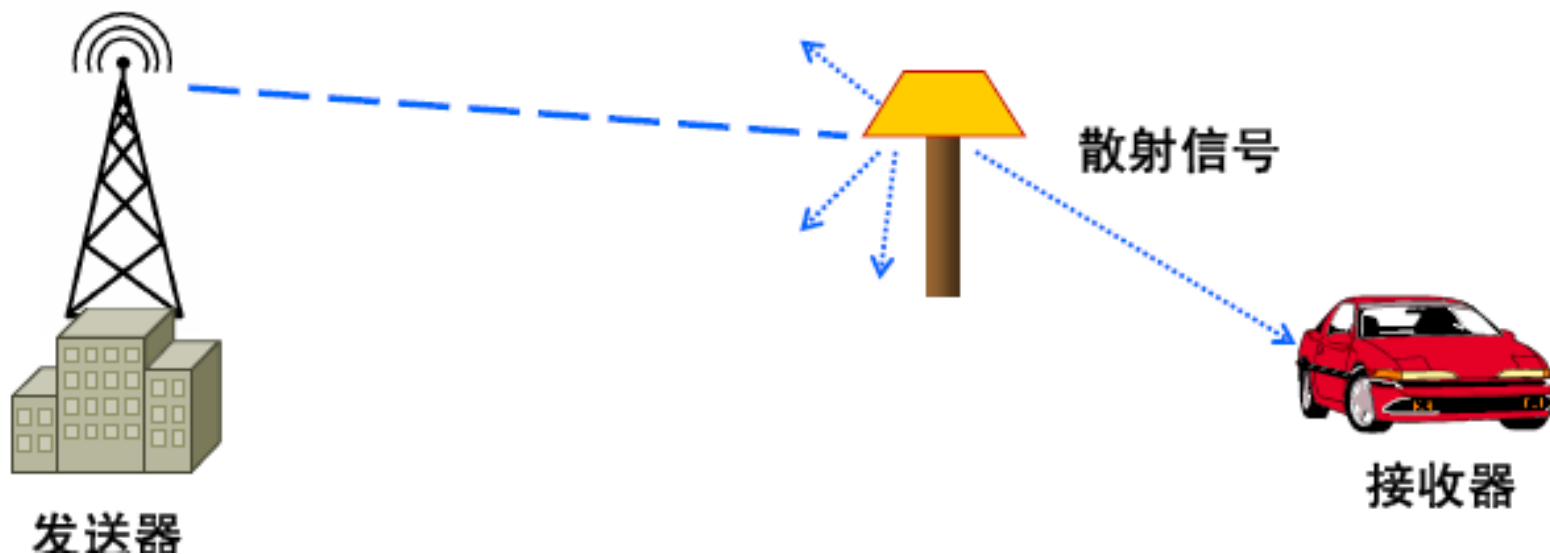
衍射

衍射 (Diffraction)：当信号遇到大于波长的不可穿透物的边缘（例如无线电波中途遇到尖锐不规则的边缘物），即使没有来自发送器的视线信号(LOS)也可接收到信号。



散射

散射 (Scattering)：当入境信号遇到波长小的物体（树叶、街牌、灯柱）就发散成几个弱的出境信号



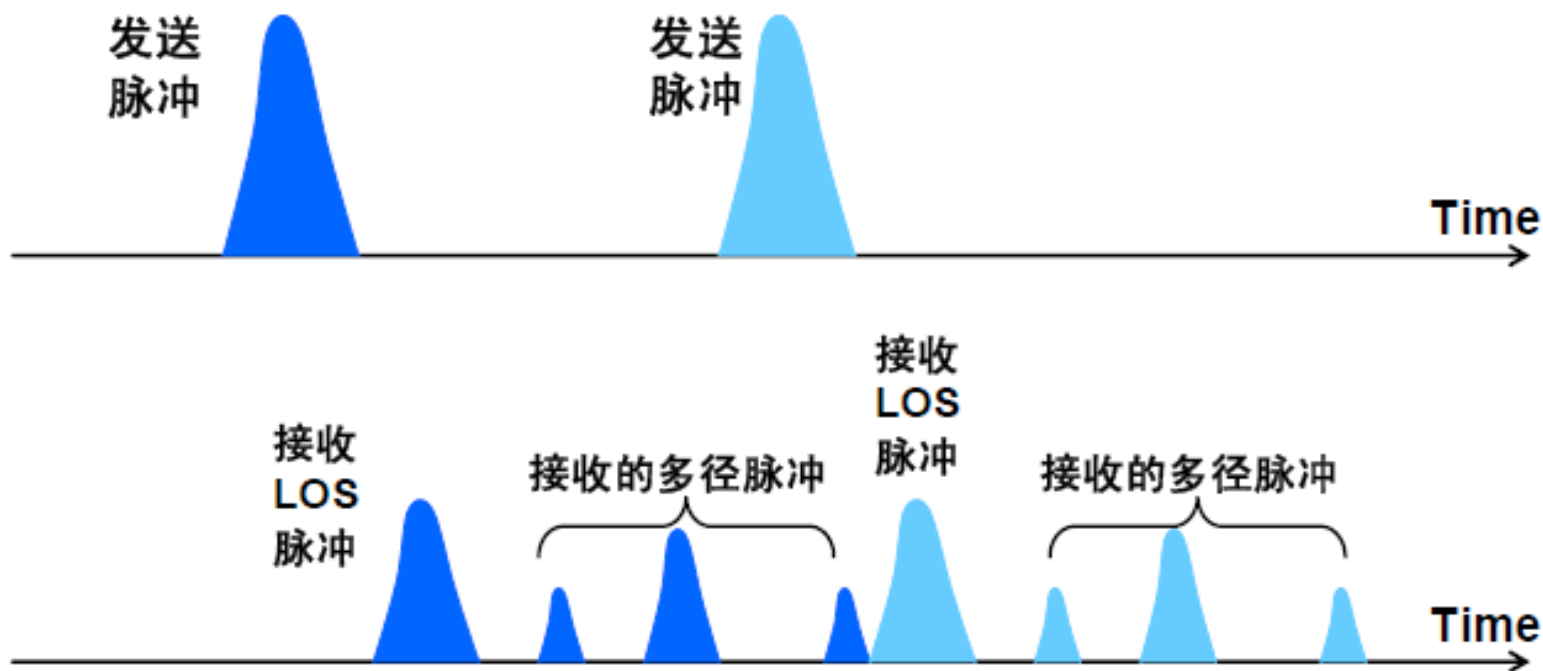


多径 (Multipath)：障碍物反射信号，使得接收端收到多个不同延迟的信号。

- ❑ 一个信号的多个拷贝以不同的相位到达
 - 如果相位破坏性地叠加，则相对噪声来说信号的强度就会下降（信噪比减小），导致接收端检测困难。
- ❑ 信号串扰（Intersymbol interference）
 - 一个脉冲的一个或多个延迟的拷贝在一个比特时间内到达

多径传播的影响

- ❑ 假设：以给定频率在固定天线和移动节点之间的链路上发送一个窄脉冲



衰退类型



- 移动环境中的衰退效果可以分为快速或慢速。
 - 移动距离超过波长一半时，信号强度发生剧烈变化，导致快速衰退。
 - 跨越长距离，信号平均强度缓慢变化，导致慢速衰退。
- 衰退效果也可以分为平面的或选择性的。
 - 平面衰退或称非选择性的衰退，接收到的信号的所有频率成分同时按相同的比例波动。
 - 选择性衰退无线电信号的不同光谱成分的影响是不相等的。



- 前向纠错:

增加冗余位, 计算纠错码

- 自适应均衡

- 频域均衡: 使包含均衡器在内的整个系统的总传输特性满足无失真传输的条件, 往往是分别校正幅频特性和群时延特性
- 时域均衡: 直接从时间响应考虑, 使包括均衡器在内的整个系统的冲激响应满足无码间串扰的条件

- 分集技术:

空间分集, 频率分集, 时间分集

主要内容



- 2.1 无线传输媒体
- 2.2 天线
- 2.3 传播方式
- 2.4 直线传输系统中的损伤
- 2.5 移动环境中的衰退
- 2.6 多普勒效应
- 2.7 信号编码技术
- 2.8 扩频技术
- 2.9 差错控制技术

2.6 多普勒效应



- 多普勒效应是为纪念Christian Doppler而命名的。
- 多普勒效应指出，波在波源移向观察者时频率变高，而在波源远离观察者时频率变低。当观察者移动时也能得到同样的结论。
- 假设原有波源的波长为 λ ，波速为 c ，观察者移动速度为 v ，当观察者走近波源时观察到的波源频率为 $(v+c)/\lambda$ ，如果观察者远离波源，则观察到的波源频率为 $(v-c)/\lambda$ 。

多普勒效应（续）



- 多普勒效应不仅仅适用于声波，也适用于所有类型的波，包括光波、电磁波。
- 哈勃“宇宙膨胀说”
- 在无线移动通信中，当移动台移向基站时，频率变高，远离基站时，频率变低，所以在移动通信中要充分考虑多普勒效应。
- 尤其是高速移动宽带接入网络(如IEEE802.20)必须考虑多普勒效应。

主要内容



- 2.1 无线传输媒体
- 2.2 天线
- 2.3 传播方式
- 2.4 直线传输系统中的损伤
- 2.5 移动环境中的衰退
- 2.6 多普勒效应
- 2.7 信号编码技术
- 2.8 扩频技术
- 2.9 差错控制技术

2.7 信号编码技术



2.7.1 数据、信号和传输的模拟与数字之分

- 模拟和数字大致分别 **与连续和离散相对应**。数据、信号和传输经常使用这两个术语。
- **数据** 定义为传达某种意义或信息的实体。
- **信号** 是数据的电气或电磁表示。
- **传输** 是通过信号的传播和处理进行数据通信的过程。

模拟数据和数字数据



- 模拟数据在一段时间内具有连续的值，例如，声音和视频是连续变化的强度样本。
- 数字数据的值是离散的，例如文本和整数。

模拟信号和数字信号

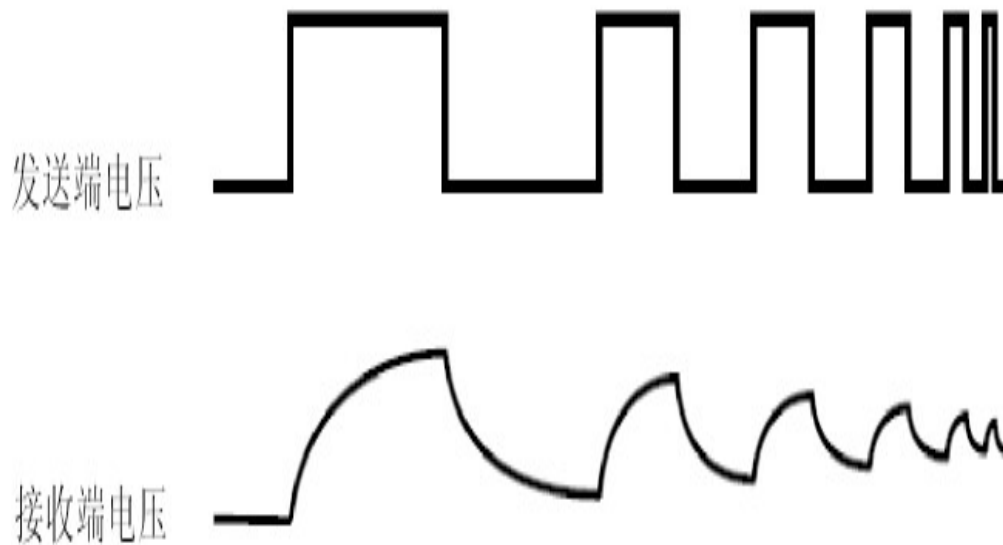


- 数据以电磁信号的方式从一点传播至另一点。
- 模拟信号是一个连续变化的电磁波，根据它的频率可以在多种类型的媒体上传播。如铜线媒体、光纤、无线空间
- 数字信号是一个电压脉冲序列，这些电压脉冲可以在铜线媒体上传输，不适宜直接在无线媒介中传播。

数字信号的优缺点

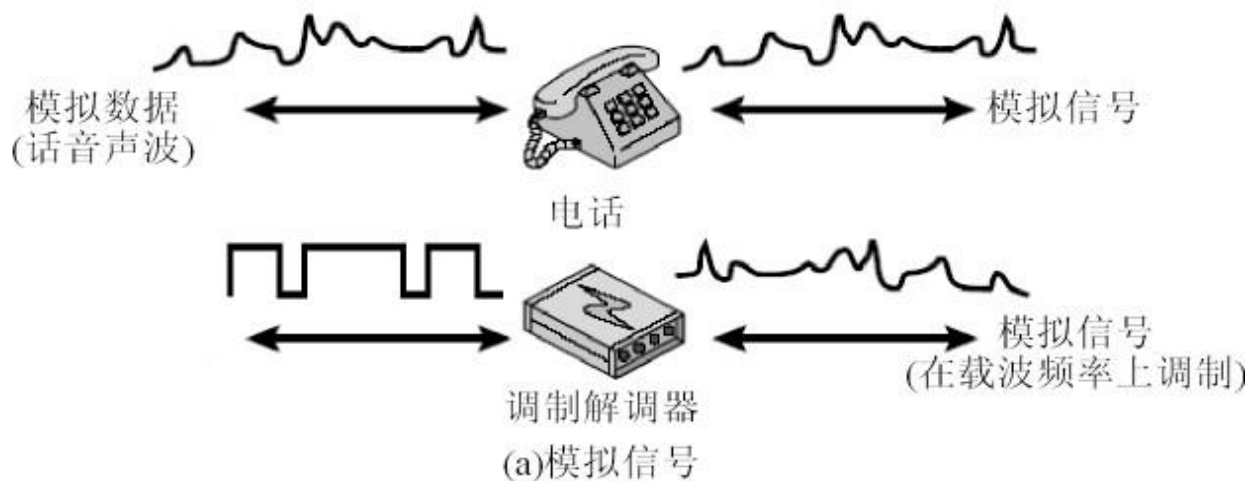


- 优点：通常比使用模拟信号便宜，且较少受噪声的干扰。
- 缺点：比模拟信号的衰减要严重。

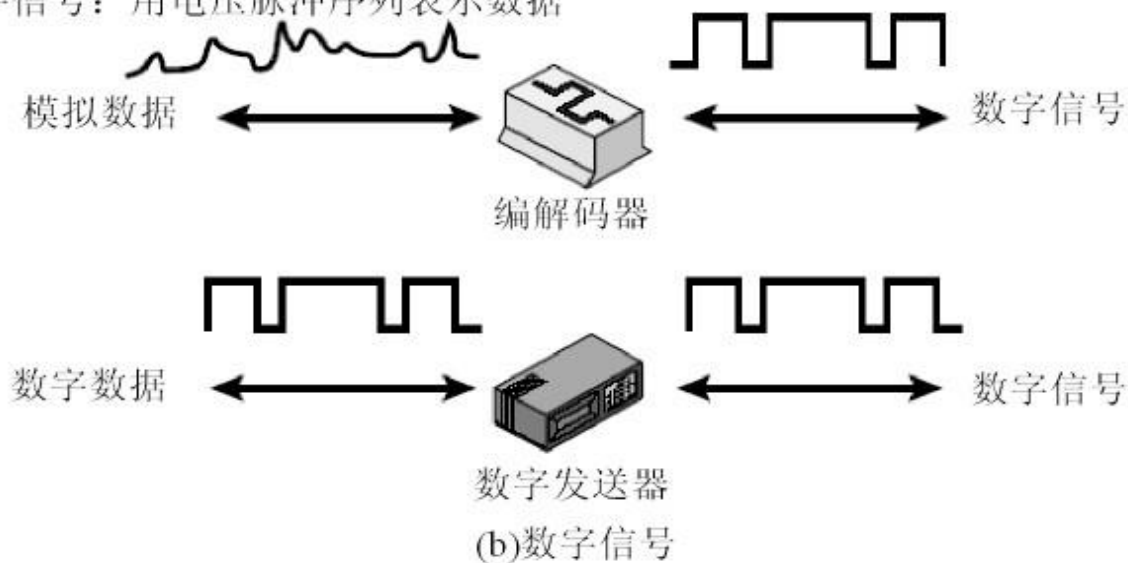


模拟数据和数字数据的模拟信号和数字信号

模拟信号：用连续变化的电磁波表示数据



数字信号：用电压脉冲序列表示数据



数据和信号



	模拟信号	数字信号
模拟数据	(1)信号占据跟模拟数据相同的频谱; (2)模拟数据被编码以占据不同的频谱段。	使用编解码器对模拟数据编码以产生数字位流。
数字数据	数字数据通过调制解调器编码以产生模拟信号。	(1)信号由两个电压电平组成以代表两个二进制的值: (2)数字数据被编码以产生具有所要求的属性的数字信号。

数据的信号表示（4种组合）



使用理由：

- **数字数据，数字信号**：比起将数字数据编码为模拟信号的设备来，将数字数据编码为数字信号的设备不那么复杂且不昂贵。
- **模拟数据，数字信号**：将模拟数据转换为数字形式允许对模拟数据使用现代数字传输和交换设备。
- **数字数据，模拟信号**：有些传输媒体，例如光纤和卫星只传输模拟信号。
- **模拟数据，模拟信号**：模拟数据很容易被转换为模拟信号。

模拟传输和数字传输



- 模拟信号和数字信号都可以在适宜的传输媒体上传输，处理这些信号的方法是传输系统的功能。
- 模拟传输 (analog transmission) 是传输模拟信号的方法，它不考虑信号的内容。
- 数字传输 (digital transmission) 与信号的内容有关。

信号的处理



	模拟传输	数字传输
模拟信号	通过放大器来传播。不论信号是用来表示 模拟数据还是数字数据，处理方式相同。	假设模拟信号表示的是数字数据。信号通过中继器传播。在每个中继器上，从入口信号恢复数字数据，并用它来生成一个新的外出模拟信号。
数字信号	不使用。	数字信号表示的是1和0的位流，它代表了数字数据，或者是经过编码的模拟数据。信号通过中继器传播。在每个中继器上，从入口信号恢复1和0的位流，并用它来生成一个新的外出数字信号。

2.7.2 信号编码准则



- 对任一给定的通信任务来说，选择一种特定的组合的理由是不同的，而后3种技术与无线通信密切相关，因为无线传输系统主要是采用模拟载波信号进行传输。
- 数字到模拟：数字数据和数字信号必须转换成模拟信号进行无线传输。
- 模拟到模拟：基带模拟信号，诸如话音或视频，通常都必须调制到高频的载波上进行传输。
- 模拟到数字：先于传输之前，通常将话音数字化后再在导向的或非导向的媒体上传输，这样可以改进传输质量并可利用TDM方式。对于无线传输来说，结果得到的数字信号必须调制到一个模拟载波上。

数据传输术语



术语	单位	定义
数据元素	位	单个的二进制1或0
数据率	位/秒(b/s)	数据元素传输的速率
信号元素	数字：一个固定振幅的电压脉冲 模拟：一个具有固定频率、相位和振幅的脉冲	在一个信号传输的代码中占据最小间隔的那部分信号
信号传输速率或调制速率	信号元素/秒(baud)	信号元素传输的速率

信号编码准则（续）

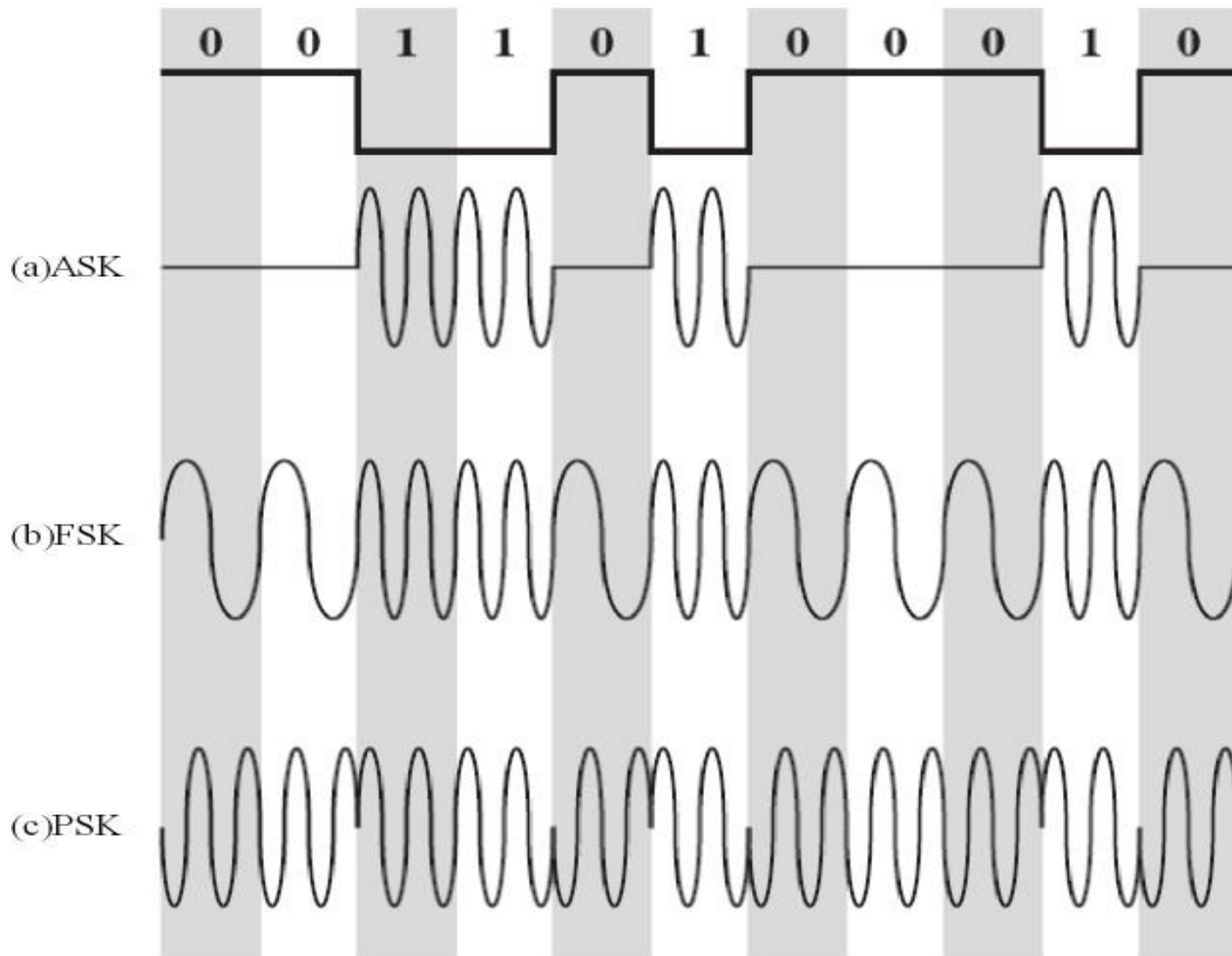


- 决定接收器能够成功解释所收到信号的因素主要有：**信噪比、数据率和带宽**。
- 编码机制也可以用来改进传输性能，是一种简单的从数据位到信号元素的映射关系。
- 编码机制评估
 - (1) 信号频谱：减少高频及直流成分、功率集中在频谱中心
 - (2) 计时：接收端确定每个位的起始和终止时间
 - (3) 信号干扰和抗噪声度：误码率
 - (4) 费用和复杂性：数字逻辑电路价格

2.7.3 编码技术-数字数据与模拟信号

- 最常用的应用是通过公用电话网传输数字数据。
- 电话网并不适用于处理来自用户端的数字信号。
- 数字设备通过调制解调器与网络相连，调制解调器将数字数据转换成模拟信号，或将模拟信号转换成数字数据。
- 调制技术涉及对载波信号的3个特性(振幅、频率和相位)中的一个或多个特性的操作：**幅移键控(ASK)、频移键控(FSK)和相移键控(PSK)**

数字数据调制为模拟信号

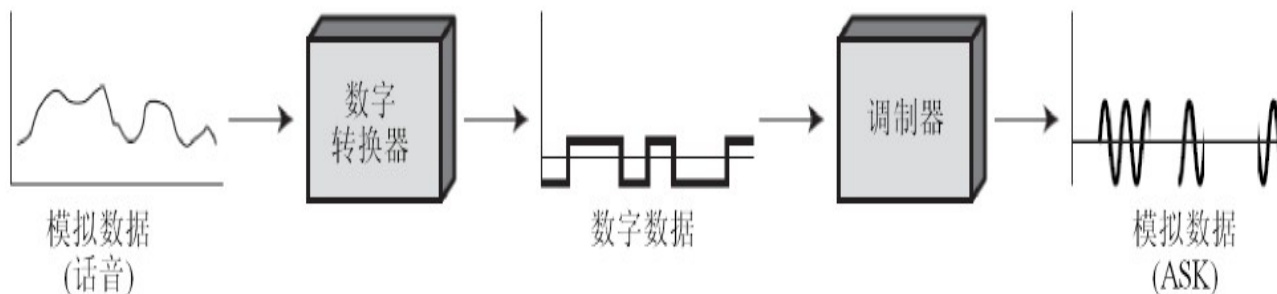


2.7.4 编码技术-模拟数据与模拟信号

- 当数据已经是模拟形式时调制的主要原因：
 - (1)为了实现有效的传输，可能需要较高的频率。对于无导向传输，实际上是不可能直接传输基带信号的，需要使用天线直径为几千米。
 - (2)调制允许使用频分复用技术，可以提高信道的利用率。
- 模拟数据的调制技术：调幅(AM)、调频(FM)和调相(PM)。

2.7.5 编码技术-模拟数据与数字信号

- 准确的说法是把模拟数据转变为数字数据的过程，称之为数字化(digitalization)。
- 一旦数字化后，就可以进行很多的工作：
 - (1) 数字数据可以使用NRZ-L(不归零一电平)。
 - (2) 可以通过NRZ-L以外的其他编码将数字数据变成数字信号。
 - (3) 通过前述调制技术，数字数据也可以转换成模拟信号。



主要内容



- 2.1 无线传输媒体
- 2.2 天线
- 2.3 传播方式
- 2.4 直线传输系统中的损伤
- 2.5 移动环境中的衰退
- 2.6 多普勒效应
- 2.7 信号编码技术
- 2.8 扩频技术
- 2.9 差错控制技术

2.8 扩频技术



- ❑ 在同一个频道内将几十个或者几百个电路和发射机互相堆积
- ❑ 扩频不试图消除干扰而将其设计到系统中
- ❑ 使用非常宽的频道
- ❑ 系统自动平衡、自我调节



扩展频谱是对基于频道划分的颠覆。

发展扩展频谱的实际目的是为了达到阻止通信：

- ✧ 阻止敌人接收和译码；
- ✧ 检测和干扰军队无线通信

第一种扩频技术称为**跳频**(frequency hopping)，更新的一种技术是**直接序列**(direct sequence)。

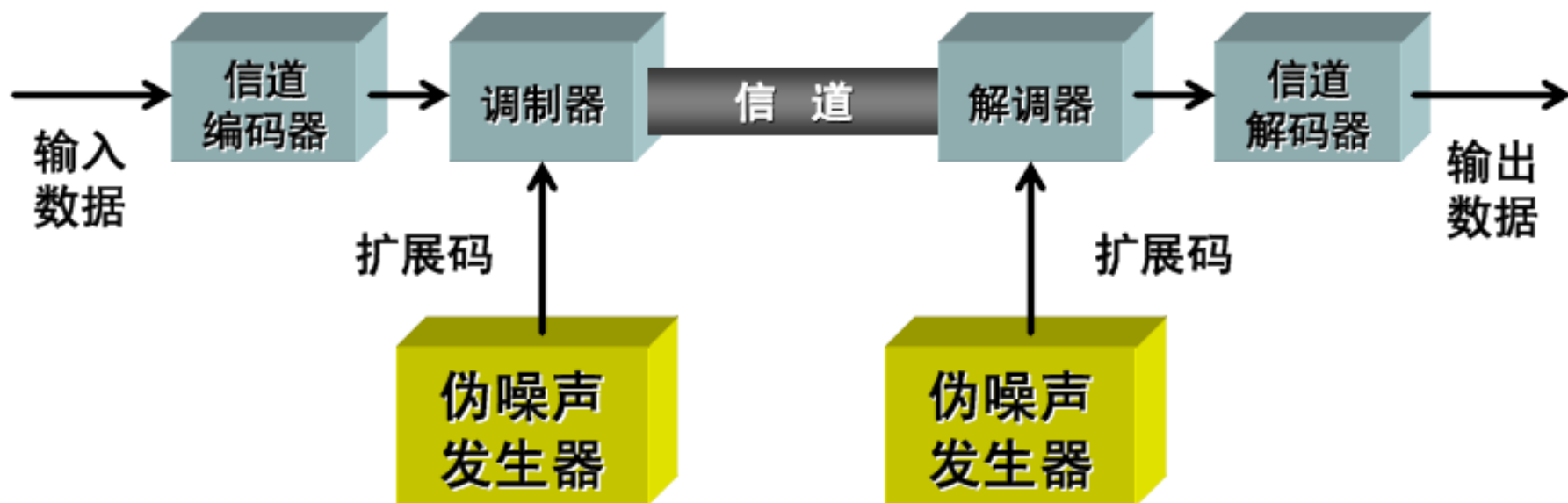
扩频技术在军事上的应用



- 扩展频谱的保密在与其对于军队的重要性
 - 能够承受战时战场上严重的干扰
 - 对于敏感通信它可以提供非常好的保密性，避免中途被截获；
 - 不仅具有技术保密性，还具有操作保密性——即使敌人拥有技术/设备，并且准确了解所用频带仍然不能对传输信号干扰或者译码；
 - 可避免敌人通过无线传输了解部队位置

由于保密，扩展频谱技术在其发明者去世7年之后、在发明者构想出现30年之后的1978年才发表。

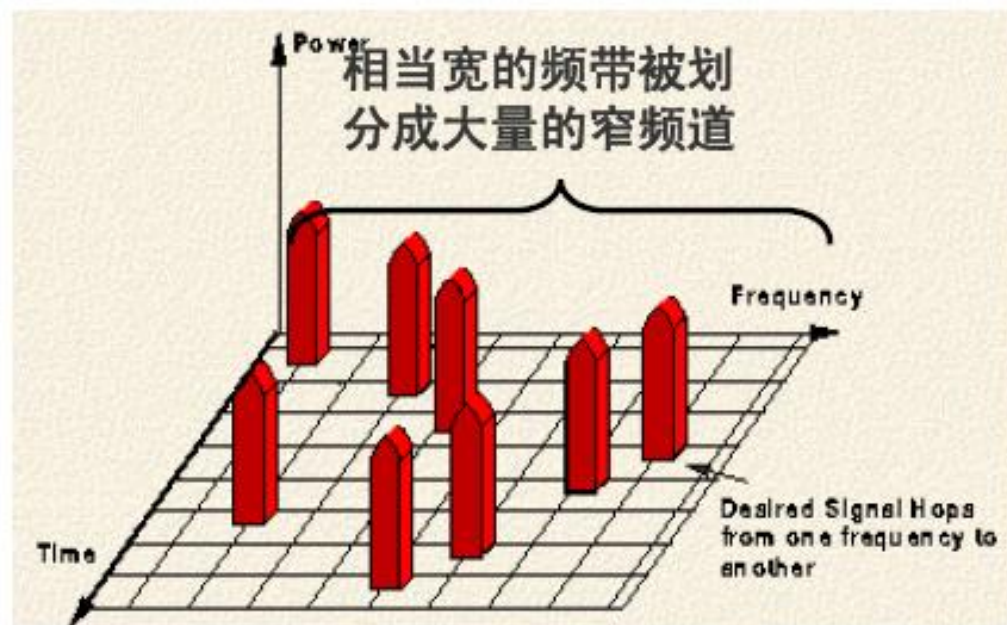
扩频数字通信系统的一般模型



跳频扩频

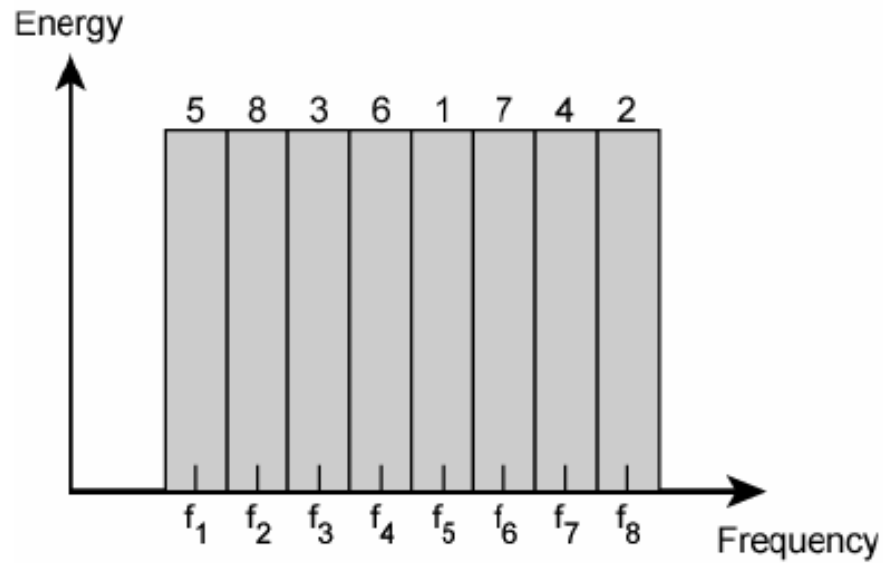


- ❑ 信号在一串随机序列的频率上广播
- ❑ 接收者以与发送者同步的方式跳转频率
- ❑ 窃听者听到的难以理解

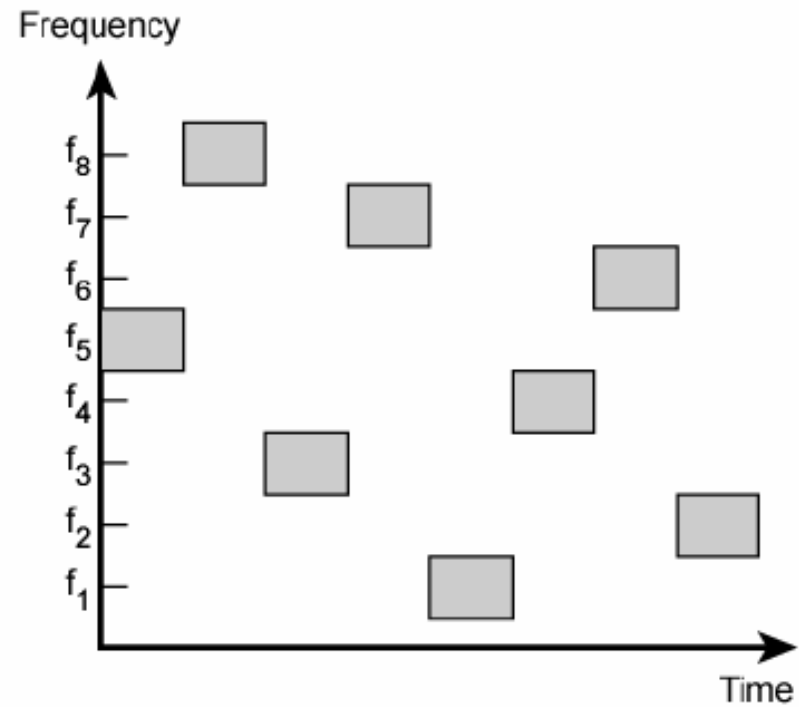


- ❑ 好处
 - 干扰仅影响某个频率上的有限几比特
 - 跳频能克服噪声干扰和多径效果
 - 没有传统意义上的阻塞

跳频扩频实例



(a) Channel assignment

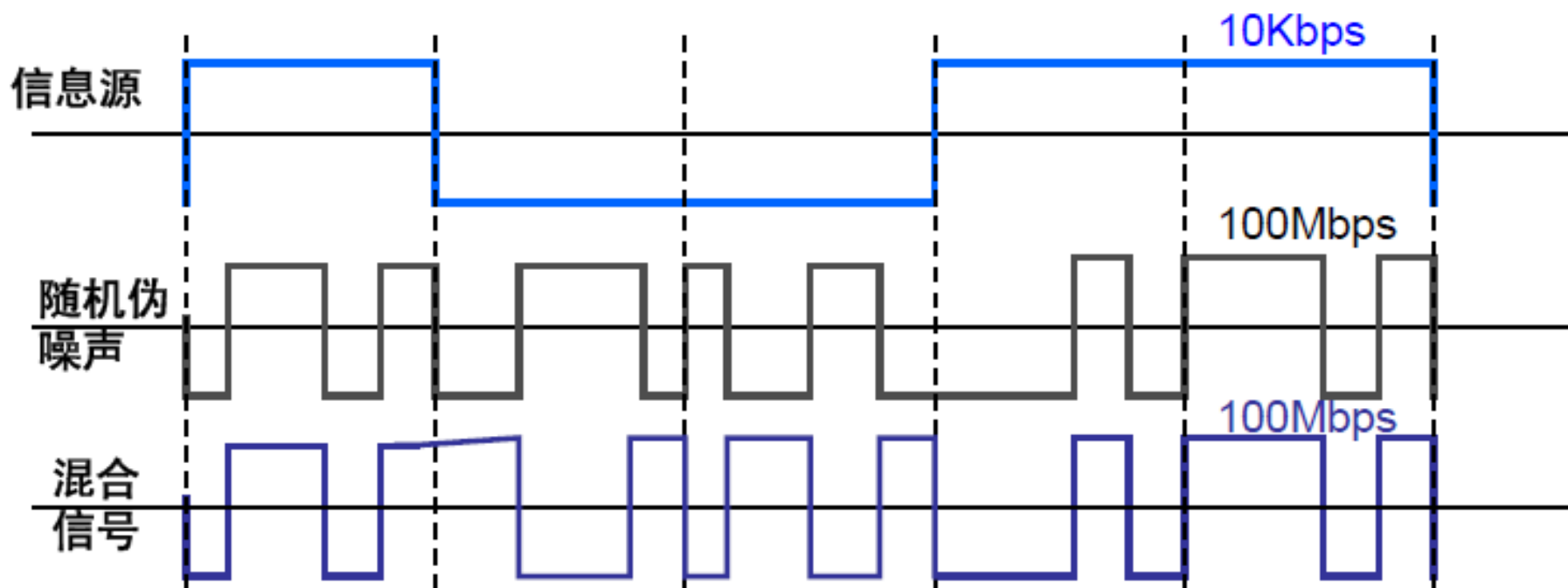


(b) Channel use

直接序列扩频原理



- ❑ 将两个数字信号加到一起得到第三个实际传输比特流；
- ❑ 第一个信号是信息信号；
- ❑ 第二个信号是由随机序列产生器产生的随机比特流；
- ❑ 第三个比特流的速率与第二个信号相同；

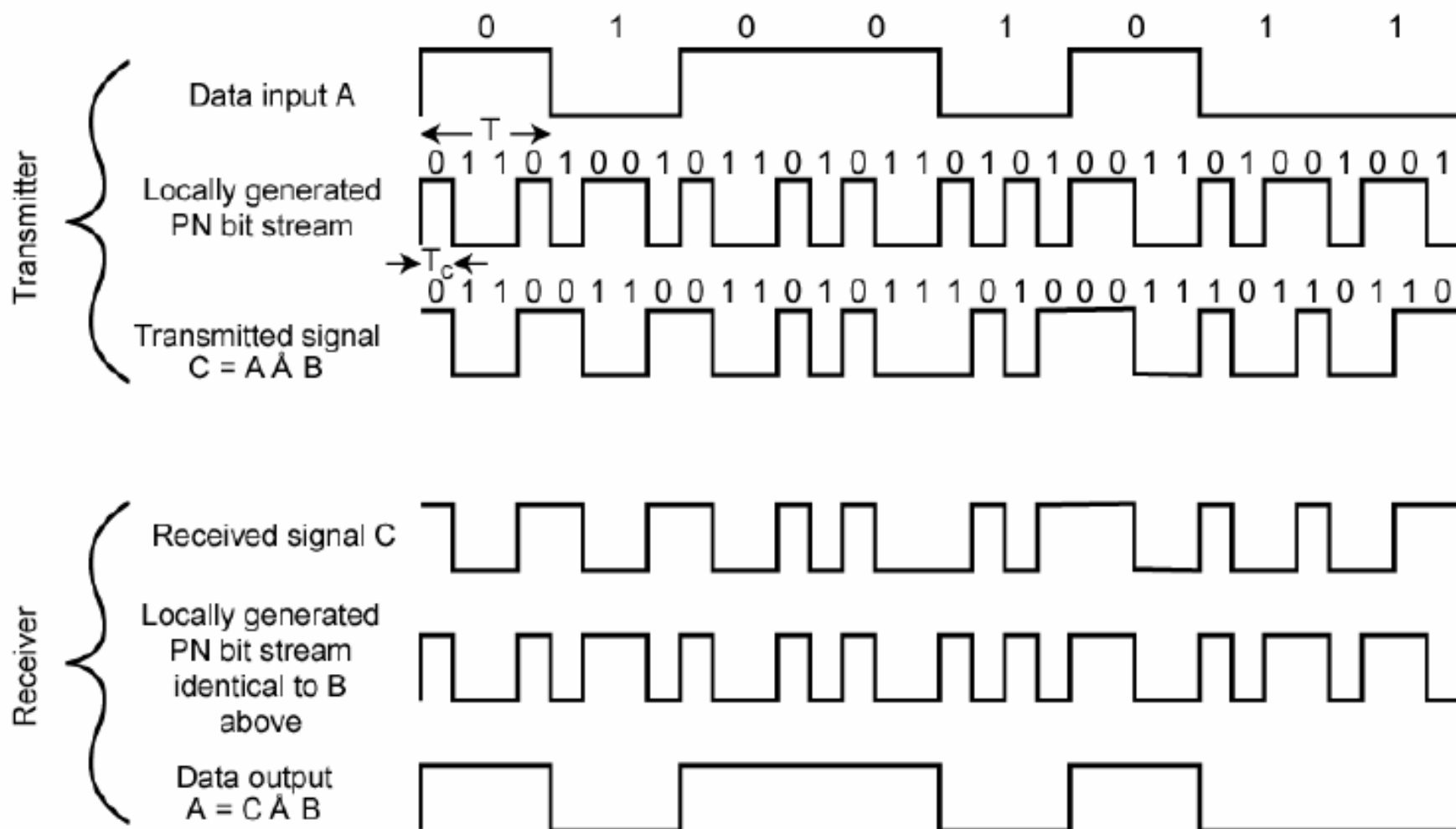


直接序列扩频原理（续）



- ❑ 每个比特由扩展码的多个比特表示
- ❑ 扩展码信号占更宽的频率
 - 扩展与所用的比特成比例
 - 10比特扩展码将信号扩展到10倍宽的频道
- ❑ 一种方法
 - 将输入信号与扩展码进行XOR
 - 数据比特1反转扩展码
 - 数据比特0不改变扩展码
 - 数据率与原始的扩展码速率相同

直接序列扩频实例



主要内容



- 2.1 无线传输媒体
- 2.2 天线
- 2.3 传播方式
- 2.4 直线传输系统中的损伤
- 2.5 移动环境中的衰退
- 2.6 多普勒效应
- 2.7 信号编码技术
- 2.8 扩频技术
- 2.9 差错控制技术

2.9 差错控制技术

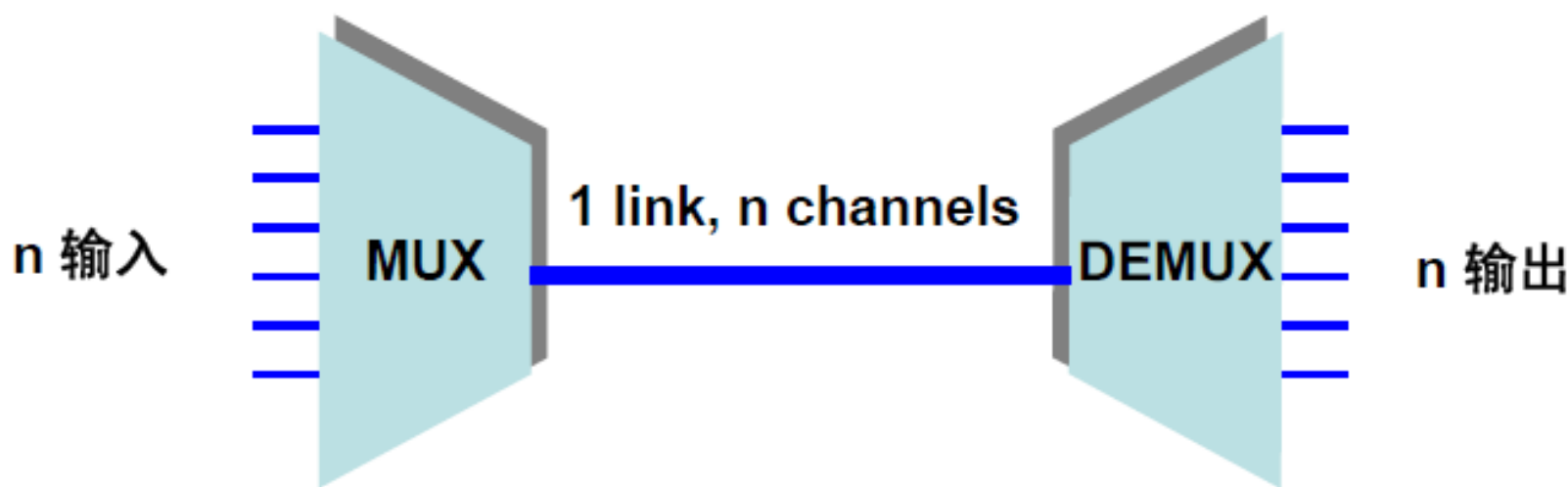


无论传输系统如何设计，差错总会存在，它可能**导致传输的帧中有一个或多个位被改变**，对于无线传输系统更是如此，为了保障可靠的数据传输，必须进行差错控制。

- 差错检测码
- 差错纠错码，也称为前向纠错码
- 自动重发请求协议(不适用于长距离无线传输)

多路复用技术

为了提高信道利用率，使多路信号沿同一信道传输而互不干扰的技术。



□ 为什么多路复用？

- 数据速率越高传输设施的成本就越有效；
- 大多数个人数据通信设备要求相对低的数据率；

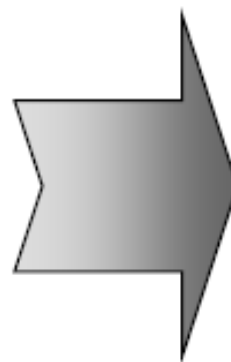


□ 实现多路复用的关键

- 把多路信号汇合到一条信道上之后，在接收端必须能正确地分割出各种信号。

□ 分割信号的依据：信号之间的差别

- 信号频率上的不同
- 信号出现时间上的不同
- 信号码型结构上的不同

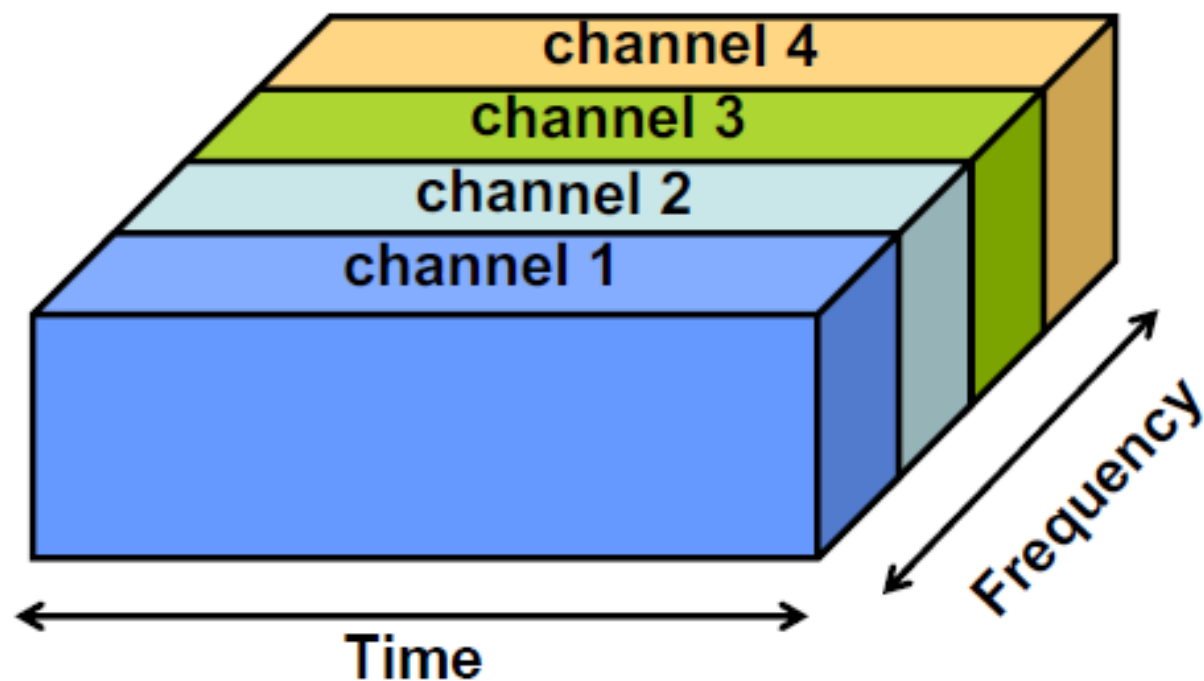


- ✧ 频分多路复用
- ✧ 时分多路复用
- ✧ 码分多路复用

频分多路复用

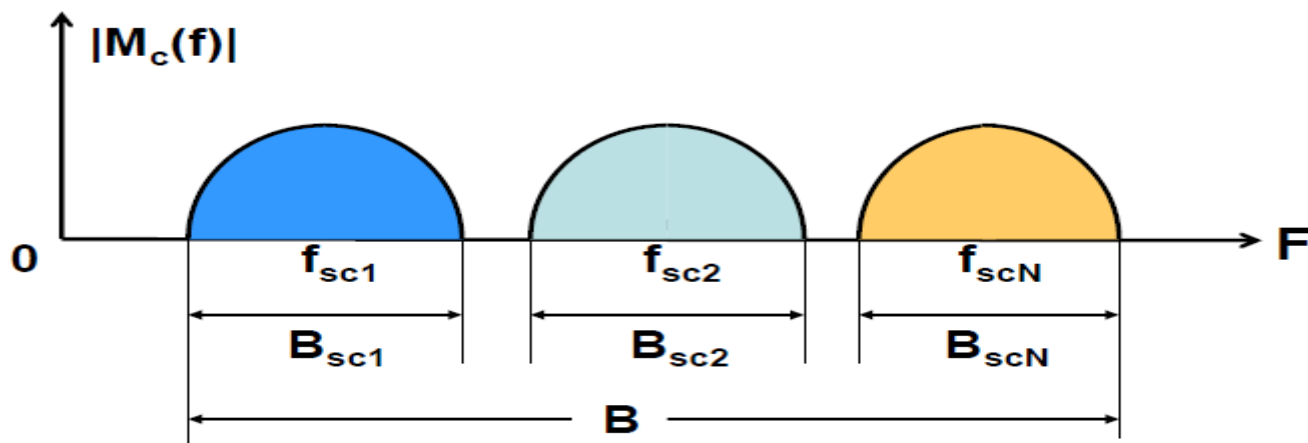
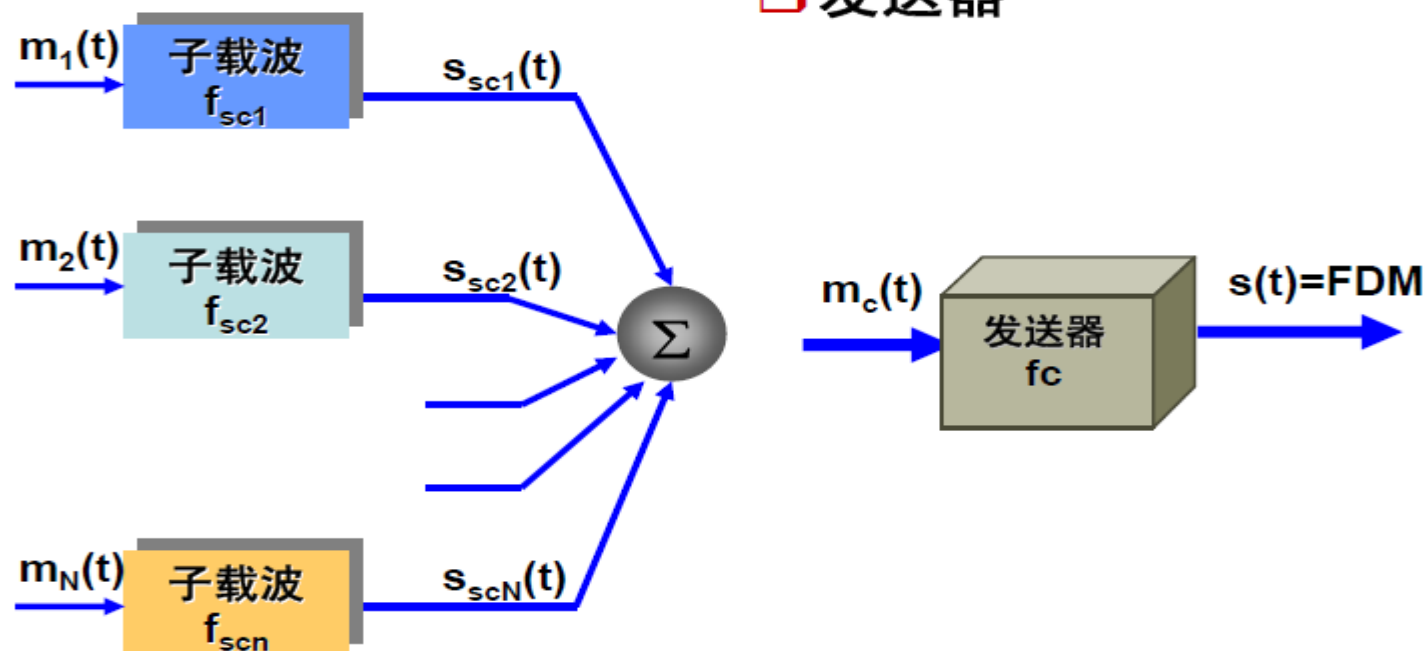
每个数据信号被调制到具有不同频率的载波上，所有的信号在一个信道上同时传送。

宽带模拟
传输技术



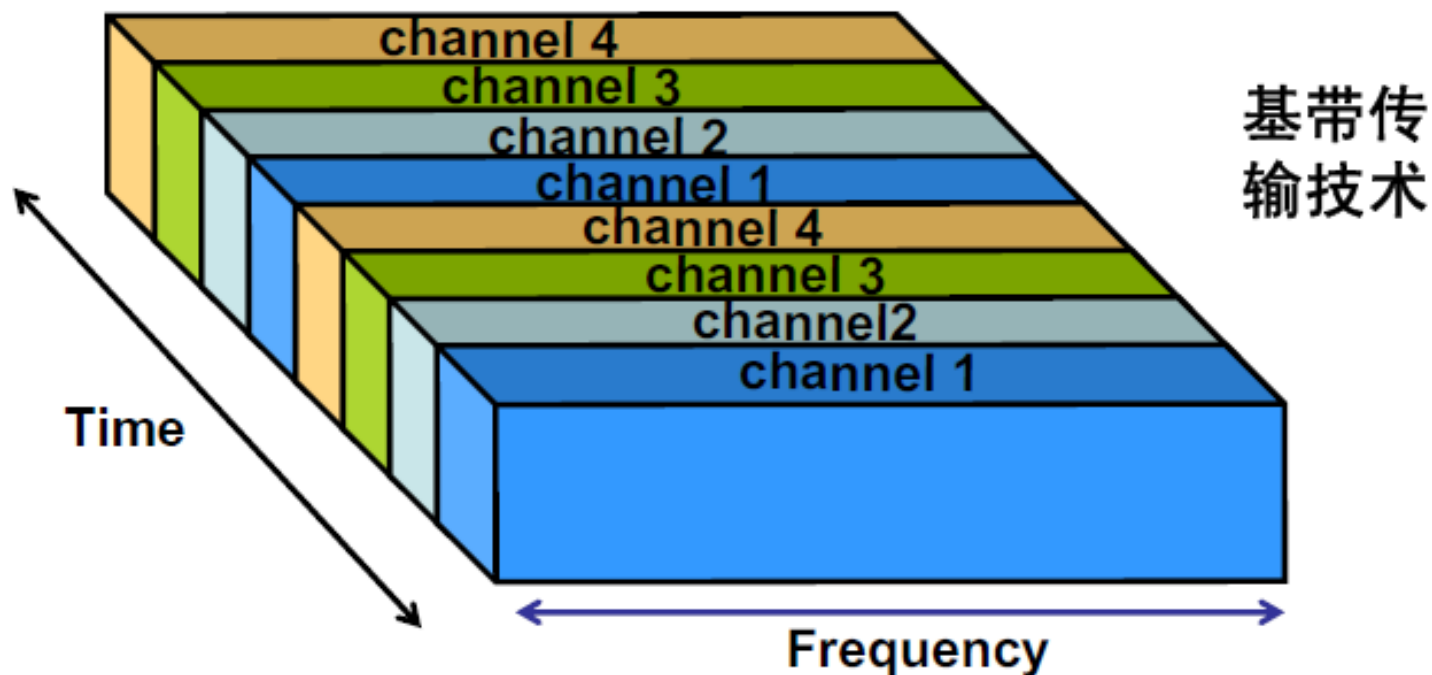
频分多路复用

发送器

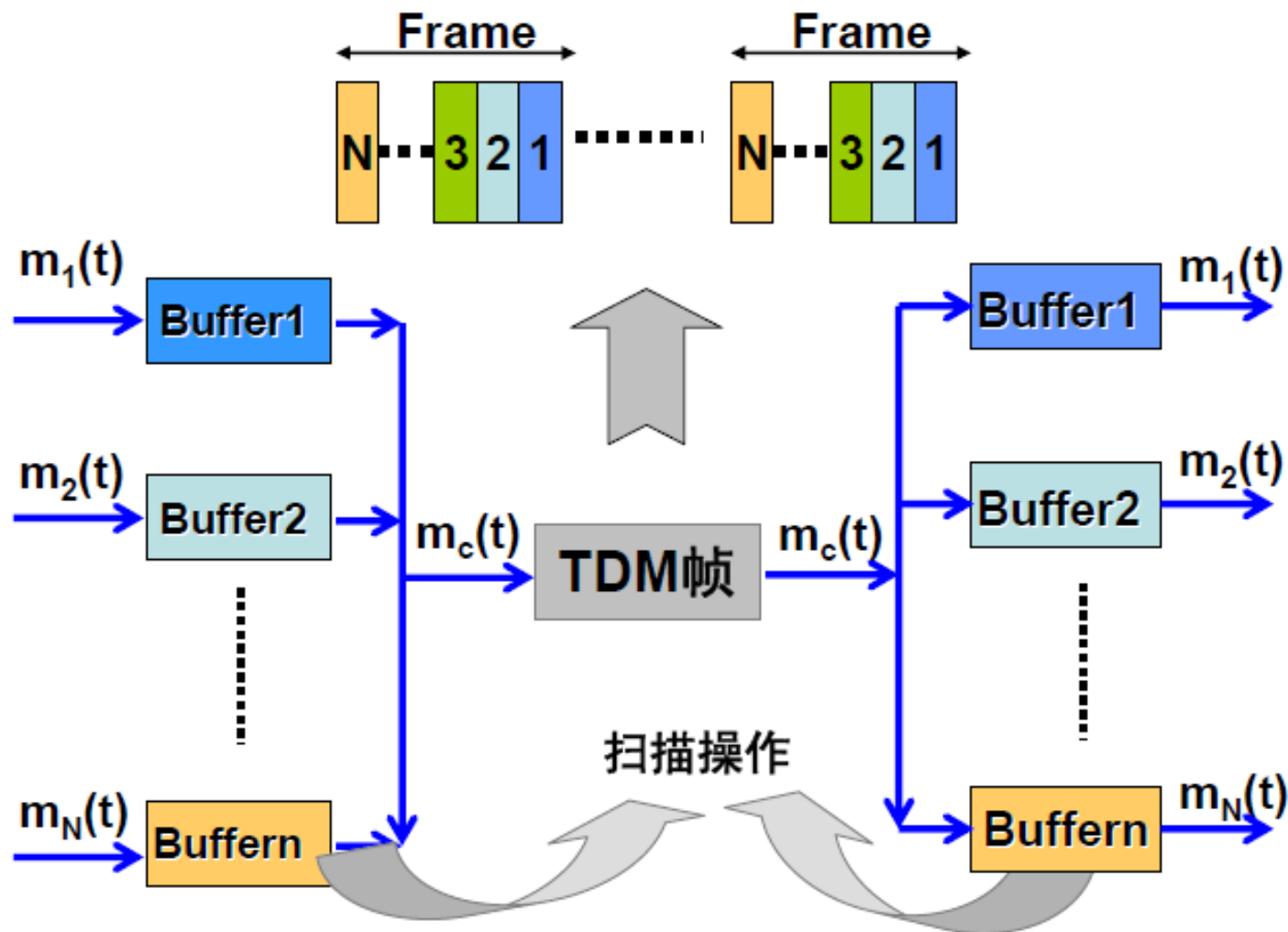


时分多路复用

以时间作为分割信号的依据。它利用每个信号在时间上交叉，可在一个传输通路上传输多个数字信号(或运载数字数据的模拟信号)。



时分多路复用





□ CDMA的特点

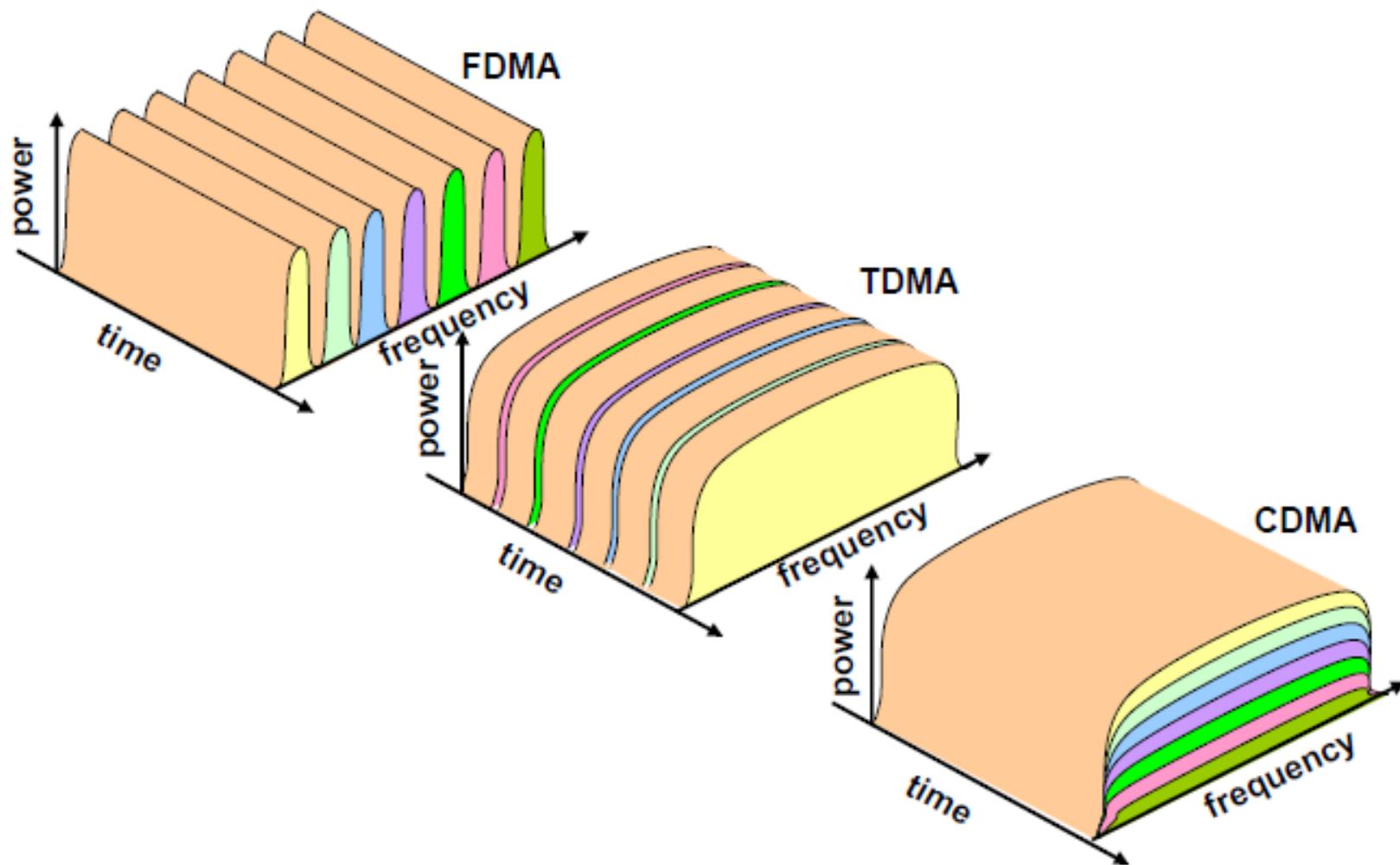
- 每个站使用整个频段发送信号
- 多个站的信号可以线性叠加
- 利用编码技术分离并发的传输

码片序列的正交特性：任何两个不同的码片序列 S 和 T 的归一化内积为0

□ CDMA的关键

- 接收端能提取出期望的信号，同时拒绝所有其他的信号，并把这些信号当作噪声。

三种多路复用技术总结



第2章作业（作业二）



1. 简述天线增益概念及其公式。
2. 说明直线传输系统中损伤的主要类型。
3. 简述多径传播的类型和发生条件。
4. 简述数据、信号、传输各自的模拟与数字区别。
5. 简述直接序列扩频技术的基本原理。
6. 说明多路复用技术的主要类型和其工作原理。