

什么是多径

原创 皮诺曹 射频通信链 2025年12月8日 17:18



射频通信链

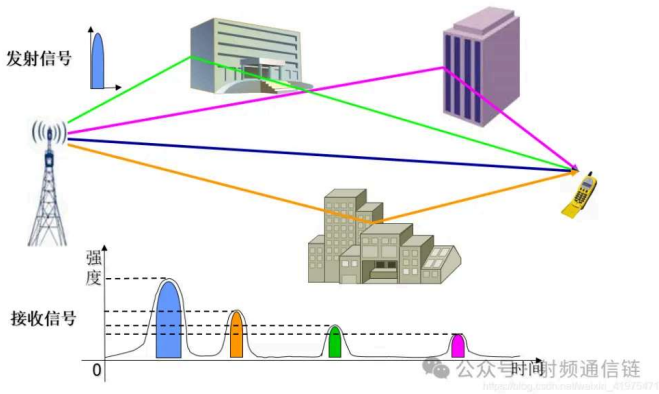
让射频学习不再困难，学射频，学通信，就看射频通信链。

411篇原创内容

公众号

什么是多径

多径（Multipath）是指无线信号在传播过程中，由于遇到建筑物、地形、水体等障碍物发生反射、折射、散射，导致同一信号通过多条不同路径到达接收端的现象。这些路径的长度不同，信号到达时间存在差异（时延差），形成多个延迟的"副本"。



多径产生的原因

反射：信号遇到光滑表面（如墙壁、玻璃）发生反射。

衍射：信号绕过障碍物边缘（如建筑物角落）发生弯曲。

散射：信号遇到不规则表面（如树木、粗糙墙面）向多个方向散开。

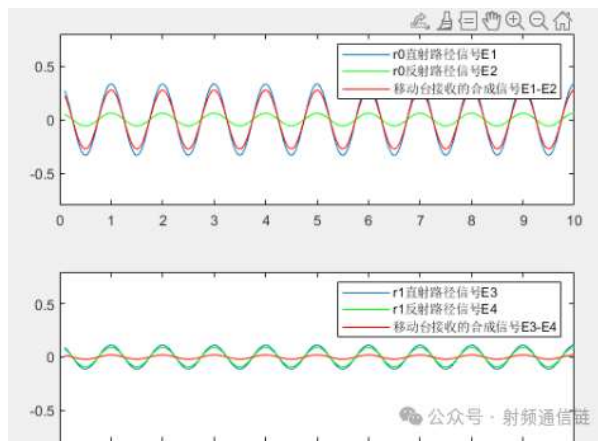
多径有什么影响

多径效应主要产生以下负面影响：

不管什么方式的现象，在通信上最终落到的是SNR的下降，表现形式有多种。

1. 信号衰落

破坏性干涉：不同路径信号相位相反时相互抵消，导致信号强度严重衰减甚至消失



瑞利衰落：当无主导路径时，信号包络服从瑞利分布

2. 码间干扰 (ISI)

不同时延的信号叠加，导致比特重叠、波形失真，接收端解码错误

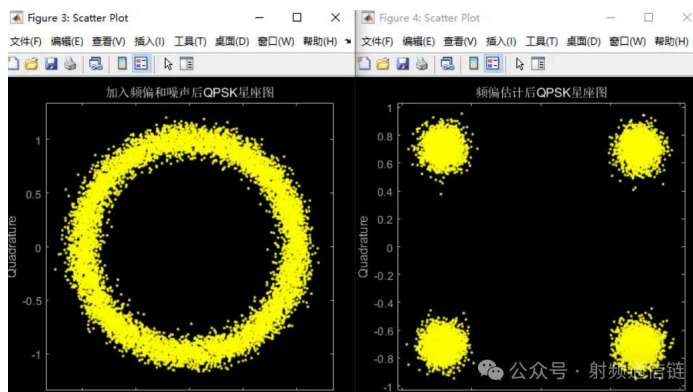
严重时会造成数据损坏，引发第二层重传，降低吞吐量、增加延迟

3. 通信质量下降

误码率增加：多径严重的城市环境，误码率可能比开阔环境高数倍至数十倍

相位畸变：不同路径信号相位差导致相移畸变

频率选择性衰落：不同时延导致不同频率分量衰减不一致



应对措施是什么

现代通信系统采用多层次技术对抗多径效应：

多径本质上说是波到达终点的时间不同，造成叠加。处理方式也是从源头着手，让信号达到的时间尽量相同。

信号处理层

OFDM技术：正交频分复用，将带宽分割成许多副载波片段。从每个信道取得编码以后使用快速傅里叶逆变换 (IFFT) 由每个子信道的振幅产生一个组合波形，OFDM接收机使用快速傅里叶变换 (FFT) 从所得到的波形中取得每个副载波的振幅。802.11g带宽为20MHz，有64个副载波，48个用于数据传输，12个用于降低邻道干扰，其余4个用于发送导频进行信道估计。

抗多径原理：

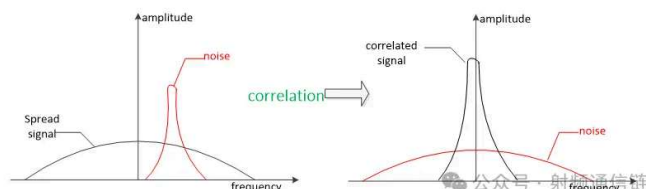
20MHz单载波 $T_s = \frac{1}{f} = \frac{1}{20 \times 10^6} = 50ns$

640FDM $T_s = \frac{64}{f} = \frac{64}{20 \times 10^6} = 3.2us$

均衡技术：在接收端使用均衡器补偿信道失真，恢复原始信号

均衡的本质是通过滤波器的时延控制，来达到降低延时的目的。

扩频技术：通过扩展频谱带宽降低多径影响，CDMA系统中的Rake接收机可分离并合并多径分量



信道编码：采用纠错码对抗衰落导致的误码

天线技术层

分集接收：使用多个天线接收不同路径信号，通过最大比合并（MRC）提高信噪比

MIMO技术：802.11n/ac等现代系统利用多径而非抑制它，多天线并行传输不同数据流，将多径转化为信道容量增益

定向天线：在旧系统（802.11a/b/g）中，使用贴片天线、面板天线减少反射，降低多径强度

总结

多径本质：信号经多条路径传播，由反射/衍射/散射引起。

核心矛盾：既是干扰源（导致衰落、误码），也是资源（MIMO利用多径提升性能）。

射频关键作用：通过天线设计、波束成形、跳频等技术直接优化信号传播路径。

系统级方案：需结合物理层（OFDM、均衡）、链路层（HARQ）、网络层（MIMO）协同解决。

最后的话

射频的学习不再是孤立的器件调试，而是从整体的角度去理解系统，理解器件，理解指标。

射频收发系统的指标设计与分解已经300+人加入了，如果你也想提升射频能力，系统的学习射频，学习射频通信，课程介绍 [戳链接](#)，除了课程视频，还有课件PPT，一群一起学习的人，遇到问题解决不了，需要咨询，可以和群友一起讨论，也可以咨询我。

相信能帮助你走的更快、更稳、更远！

感兴趣扫码咨询。





皮诺曹

“ 射频工程师加油 ”

钟意作者