平均信道损耗 阴影效应 内容 衰落 信道容量 过于简单 自由空间模型 需要射线具体信息 射线追踪模型 信道损耗模型 不能在特定环境下通用 经验模型 有利于高阶分析 简化路径模型 与距离d的平方成反比 接收功率 自由空间模型 波长长的波传播距离远 与波长的平方成正比 高频波路径损耗大 一条直射路径+一条地面反射路径 两条路径模型 在关键距离之上可以化简 接收功率与距离的四次方成反比 反射 射线模型 成分 散射 路径损耗 折射 一般射线追踪模型 需要具体的场地几何和散射特性 电脑包常用来仿真射线追踪模型 经验测量局部平均功率 局部平均衰减 对于特定的场景和频率 Okumura模型 经验模型 对于Okumura模型的分析近似 Hata模型 将Hata模型扩展到高频 Cost231模型 K和指数值依靠经验测量 接收功率 = 发射功率 x K x 距离的指数 简化路径损耗模型 不同场景不同指数 路径损耗指数 频率越高,指数越大 穿过许多障碍物 每个障碍物对无线电波有不同的衰减 众多衰减叠加作用 大规模衰落 阴影作用的总衰减是一个随机变量 均值为O 这个随机变量服从对数正态分布 方差在4-12之间 对数形式的路径损耗是一条随对数距离变化的直 叠加上对数正态分布的阴影效应 路径损耗叠加阴影效应 直线变成了随机过程曲线 阴影效应 均值是路径损耗直线 通过测量数据点估计K和损耗指数参数 模型拟合 使用最小均方误差的思想 使理论值和测量值之间的均方误差最小 在同时考虑路径损耗和阴影效应时,接收功率也 变成了一个随机变量 当接收功率小于门限功率时,系统失效 失效概率 系统失效的概率定义为失效概率 -x = 门限功率 - 路径损耗接收功率 计算 失效概率 = 阴影损耗 < -x 的概率 将x用阴影效应标准差归一化,然后查Q值表 阴影效应 大尺度衰落 信号在波长的100 - 1000倍距离上变化 大小尺度衰落 多径效应 小尺度衰落 信号在波长的10倍距离上变化 用来描述多径产生的时域和频域弥散 随机幅度 随机相位 随机个数的多径分量 随机多谱勒频移 随机时延 随机变量是时变的 时变冲击响应 接收信号 时变冲击响应和发射信号的卷积 时延扩展远小于信号带宽的倒数 信号包络在时延扩展的影响下是不变的 窄带衰落模型 接收信号几乎没有形变 多径只影响复缩放因子 通过欧拉公式将负指数分解 接收信号可以表示为同相分量和正交分量相加的 形式 基带等式乘以余弦载波 同相分量 基带等式是衰减和余弦相位的乘法累加 小尺度衰落 无线信道 同相和正交分量 基带等式乘以正弦载波 正交分量 基带等式是衰减和正弦相位的乘法累加 当多径数量很多的时候,同相和正交分量是联合 高斯分布的 如果随机相位服从均匀分布,则同相和正交分量 都是零均值,独立且稳态的 通过同相和正交分量的平方和开放,计算接收信 分布函数由一次项,指数平方项相乘 信号包络服从瑞丽分布 瑞丽衰落 接收信号的功率服从指数分布 包络的平方是接收信号的功率 分布函数由一次项,指数项相乘 瑞丽分布的信噪比也服从指数分布 在多径中存在一条明显的视线传播信号的时候, 信号包络服从Rician分布 分布函数有一次项,指数平方项和零阶贝塞尔函 Rician分布 没有直射参数 当K=O时 变成瑞丽分布 直射参数K,直射参数功率比 只有直射参数 当K=∞时 变成正态分布 时延对基带信号的影响不能忽略 统计多径模型 多径 时延扩展 宽带衰落模型 时延 多径 频率扩展 多普勒频移 基于经验测量 多径功率延迟截面 平均延迟扩展 延迟扩展的归一化均值 延迟扩展的归一化标准差 rms 将功率延迟截面函数做傅立叶变换 时延扩展 相关带宽 频域的子相关函数的带宽 衰落是相关的 信号带宽小于相关带宽的时候 频谱没有发生剧烈形变 相关带宽 时延扩展小于码元周期的十分之一 平坦衰落 频选衰落 信号的不同频率分量衰落不同 信号带宽大于相关带宽 信号的时域波形由于大时延扩展而导致码间干扰 由于信号收发双方之间的相对运动而产生 频率变化量是速度/波长 相向频率增加,相离频率减小 相干时间于频率扩展成反比 结合多径引起频率扩展 相干时间与最大多普勒频移成反比 多普勒频移 相干时间是对信道冲击响应稳定时间的统计测量 快衰落 信号周期大于相干时间 信号带宽小于频移扩展 慢衰落 信号周期小于相干时间 信号带宽远大于频移扩展 信号的幅度和相位近似于常数 LCR衡量了信号强度单位时间内向下穿过门限电 平的速率 电平穿过率LCR 公式由最大多普勒频移,归一化电平以及归一化 适用于瑞丽分布 电平平方指数项相乘获得 信号强度低于门限电平的平均时间 可以由总衰落时间/衰落次数计算 平均衰落持续时间 AFD为分数形式 分子为归一化电平的平方指数项-1 在瑞丽衰落情况下 分母由常数,最大多普勒频移和归一化电平项相 乘获得 带宽乘以信噪比的对数 传输速率小于信道容量则可以保证任意小差错概 加性高斯白噪声信道容量公式 传输速率大于信道容量,则差错概率不会低于一 信噪比是一个随机变量 因此信道容量也变成了随机变量 平坦衰落 对信道容量取数学期望 使用Jensen不等式可以用信噪比的均值估计信道 容量的上限 在特定失效概率下的信道容量 适用于慢衰落条件 失效信道容量 一个失效概率对应一个最小信噪比 信道容量 使用这个最小信噪比和香农公式计算失效容量 无差错传输率 = 有效概率 x 失效容量 在AWGN信道中达到一定信道容量的信噪比和衰 衰落边界 落信道达到这个水平失效容量的信噪比之差可以 把时不变频选信道的频带划分为很多的子频带 当作平坦衰落来处理 每个子频带的频率响应近似为常数 近似于AWGN信道 总容量是所有子带容量之和 在更好的信道上分配更多的传输功率 最优功率分配 分配功率 频选信道的容量 子带信噪比比拉格朗日乘子高 比例是拉格朗日乘子的倒数减去信噪比的倒数 每个子带的功率 注水法 不分配功率 子带信噪比比拉格朗日乘子低 信道容量 带宽 x 信噪比与拉格朗日乘子之比的对数 已知子带增益 计算 通过归一化条件和迭代求拉格朗日算子 使用统计学分析 时变频选信道 Presented with xmind