**无线信道传输环境**

无线通信信道主要具有如下几个方面的特性[1]:

传播的开放性：无线信号都是在开放的自由空间中以电磁波为载体进行传播的，因此具有开放性。

接收环境的复杂性：接收环境可以主要分为三类:农村、远郊地区，近郊地区和城市地区，接收环境复杂。

用户的随即移动性：用户群体按照移动速率可以分为:车载通信、步行通信和室内通信，即快速、慢速和准静态。

无线通信信道是一种随着时变信道，因为在无线环境中含有各种噪音和干扰以及由反射体引起的各种效应。信号经历其中会引起各种变化，因此信道参数可以说随着时间和空间而变化。

无线信道的信道强度随着时间和频率变化，从统计上来说，我们对这些变化进行分类，这样就分为了大尺度衰落和小尺度衰落，同时存在于实际的无线通信环境中。

大尺度衰落主要包括阴影效应与路径损耗，通常与频率没有关系。阴影效应是指大型障碍物如山脉、建筑物等处于电磁波的传播路径中，这样就会阻挡电磁波而造成的衰落效应。路径损耗则指随着距离的增加，电磁波在强度上会产生衰减而造成的衰落。

小尺度衰落是由于发送端和接收端之间存在的多个信号传播路径造成的干扰引起的，当空间的尺度与载波波长相当时，会出现与频率有关的小尺度衰落。蜂窝通信中需要克服的一个难题就是小尺度衰落。

首先介绍大尺度衰落中的路径损耗和阴影效应。

（1）路径损耗

随着距离的增加，电磁波在强度上会产生衰减。我们可以把路径损耗模型简单的表示为接收与发送功率的比值。如果不采取其它有效的技术手段，路径损耗会给无线通信的数据传输带来问题，影响无线信号的有效覆盖范围。在路径损耗模型中，一般认为对于相同的收发距离，路径损耗也相同。能够简单地将路径损耗模型描述为接受功率与发射功率的比值，即

 （1）

式中，为发射信号的平均功率，为接受功率，表示发送端与接收端的距离，而是路径损耗指数。通常在典型的信道情况下，路径损耗指数一般在2~4之间取值，而平均信噪比（SNR）可以表示为：

 （2）

式中，表示单边噪声的功率谱密度，表示带宽，表示一个和带宽、距离以及功率均无关的常数。囚此，若要获得可靠性接收，需要满足的条件为：，式中表示信噪比门限,因此可知，路径损耗给比特速率所带来的限制条件是：

 （3）

且路径损耗给信号的覆盖区域所带来的限制条件是：

（4）

综上所述，若不采用一些比较有效的技术措施，无线通信系统的数据传输速率和信号的覆盖区域均会受到极大的局限性。

（2）阴影效应

阴影效应是指电磁波受到一些障碍物，比如高楼、雨林等的阻挡，在这些建筑物的后面形成电磁波信号较弱或者无法覆盖的区域，引起衰落。接收端所能够接收到的信号的强度也与信号的频率有很大关系:当信号频率较高时，它能够比低频信号更容易穿透障碍物；当信号频率较低时，能够比高频信号具有更好的绕射能力。

无线电磁波在小尺度区间的传播过程中，传播信号的幅度、相位和场强瞬时值的快速变化，这种变化交做小尺度衰落。这种小尺度区间一般是指几个波长的距离。这种快速变化主要是由以下原因造成:发送端的无线电磁波到达接收端时在空间中经过了多条路径，各路信号相互叠加造成了多径效应；接收端与发送端之间存在相对运动，造成了多普勒频移。

（1）基于多径时延扩展的小尺度衰落

多径传播是指接收机收到的信号是由从不同路径传过来的各路信号所合成的。由于在各个路径上电磁波通过的距离不同，因此在接收端电磁波的到达时间和相位也就不同。实际在接收端所接收的信号是由这些不同路径中的分量叠加合并而成，如果来自两个路径的分量所通过的路程之差为办波长的偶数倍，那么叠加后的接收信号会被加强；如果两路路程之差为半波长的奇数倍，那么接收信号会因叠加而减弱，这样最终会导致实际接收信号强度的急剧变化。由于这种变化是因为信号传播经过多个路径所造成的，因此被称为多径衰落。

在信号在空间中传播所经过的这些路径当中，会存在一条最短的路径，这条最短路径上的信号所用的时间也是最短的，其他信号比这条路径上信号所用时间的延长即称为多径时延。这些多径时延的信号相互叠加会使得信号在时间上展宽，这种信号扩展的现象叫做:多径时延扩展。多径时延扩展会使得接收端所接收的信号在时间上扩展到后面的一个信号，这样就产生了符号间的干扰，我们称作Inter Symbol Interference，即ISI。我们使符号的款多大于多径时延扩展中的最大值(或者是码率小于多径时延扩展中最大值的倒数)，从而避免ISI的发生。

在频域中我们定义最大时延扩展的倒数为相关带宽。

对于无线信号中所包含不同的频率的分量，信道会有不同的响应，因此这些分量的衰落是不一致的，这样就造成了信号的失真，也就是频率选择性衰落。因此，当信号的码率过快时，信号带宽大于相关带宽，这样就造成了针对不同频率分量的信道响应不一致，从而发生频率选择性衰落。而当码率较低，信号带宽小于相关带宽的时候，我们认为相关带宽内信道响应一致，则不会发生频率选择性。衰落，即信号为平坦衰落。

（2）基于多普勒扩展的小尺度衰落

接收端与发送端在通信中存在相对运动时，接收端所观察到的信号频率会发生变化，这就是多普勒效应。

一般多共勒效应会产生附加的频率偏移，亦可将其叫做多普勒频移，即：

 （5）

式中，是接收机(移动台)的移动速度，表示入射信号的到达方向与接收移动方向间的夹角.载波频率，为光速，表示最大多普勒频移。由此知道，多普勒频移与收发端的相对运动速度、接收端的运动方向与信号的到达方向之间的夹角、以及载波所在频率有关。当接收端运动方向与信号到达方向相同时，那么多普勒频移为正；反之，则多普勒频移为负。

与频域中的相关带宽相似，我们在时域中通过多普勒频移最大值的倒数来表示相干时间。相干时间和最大多普勒频移之间成反比的关系，即

（6）

相干时间即为信道保持不变时的最大时间差范围，发射端的同一个信号在相干时间内到达接收端，此时信号的衰落特性几乎一致，由此接收端将其看作是一个信号。若此信号的自相关不是很好，既有可能会引入干扰。相干时间能够用来划分时间非选择性衰落信道以及时间选择性衰落信道，也叫慢衰落信道及快衰落信道的量化参数。若信道的相干时间小于发射信号的信号周期，则可以认为接收信号经历的是快衰落；若信道的多普勒扩展远小于基带信号的带宽，则可认为接收信号经历的是快衰落。

由上面叙述，可以根据无线信号和无线信道特性之间的关系，将无线信道进行如下表1分类：

表1 无线信道的分类

|  |  |
| --- | --- |
| 无线信道的分类 | |
| 无线信道（按时延扩展分类） | 频率平坦衰落信道  发射信号带宽远远小于信道相关带宽  时延扩展远远小于符号周期 |
| 频率选择性衰落信道  发射信号带宽大于信道相关带宽  时延扩展大于符号周期 |
| 无线信道（按多普勒扩展分类） | 快衰落信道  符号周期大于相干时间  信道变化率快于发射信号变化率 |
| 慢衰落信道  符号周期远远小于相干时间  信道变化率慢于发射信号变化率 |

[1] 张明, 张平, 张建华. 4G无线通信系统的信道特性[J]. 北京邮电大学出版社, 2004.