**无线传输距离计算**

Pr(dBm) = Pt(dBm) - Ct(dB) + Gt(dB) - FL(dB) + Gr(dB) - Cr(dB)   
  
Pr：接受端灵敏度  
Pt: 发送端功率  
Cr: 接收端接头和电缆损耗  
Ct: 发送端接头和电缆损耗  
Gr: 接受端天线增益  
Gt: 发送端天线增益  
FL: 自由空间损耗  
  
FL(dB)=20 lg R (km) +20 lg f (GHz) + 92.44  
  
R是两点之间的距离  
f是频率=2.4

**自由空间通信距离方程**

自由空间通信距离方程  
  
  
设发射功率为PT，发射天线增益为GT，工作频率为f . 接收功率为PR，接收天线增益为GR，收、发天线间距离为R，那么电波在无环境干扰时，传播途中的电波损耗 L0 有以下表达式：   
L0 (dB) = 10 Lg（ PT / PR ） = 32.45 + 20 Lg f ( MHz ) + 20 Lg R ( km ) - GT (dB) - GR (dB)  
[举例] 设：PT = 10 W = 40dBmw ；GR = GT = 7 (dBi) ； f = 1910MHz   
问：R = 500 m 时， PR = ？   
解答： (1) L0 (dB) 的计算 L0 (dB) = 32.45 + 20 Lg 1910( MHz ) + 20 Lg 0.5 ( km ) - GR (dB) - GT (dB)= 32.45 + 65.62 - 6 - 7 - 7 = 78.07 (dB))   
（2） PR 的计算   
PR = PT / ( 10 7.807 ) = 10 ( W ) / ( 10 7.807 ) = 1 ( μW ) / ( 10 0.807 ) = 1 ( μW ) / 6.412 = 0.156 ( μW ) = 156 ( mμW ) # 顺便指出，1.9GHz电波在穿透一层砖墙时，大约损失 (10~15) dB

# 无线传输距离估算

传输距离估算   
无线网络系统的传输距离或覆盖范围受多种因素的影响，除了信号源的发射功率、天线的增益、接 收设备的灵敏度、频率、自由空间衰减、噪声干扰外，还有现场环境的影响，例如建筑物、树木和墙壁的遮挡，人体、气候等对电磁波的衰减，纯粹自由空间的传输环境在实际应用中是不存在的。  
由于无线网络系统是一个实际应用的工程，必须在实施前进行设计和预算，必须事前对无线网络系统的传输距离或覆盖范围进行估算，进而对系统部署规模有一个估计，下面的表格就是对一个“基站”的覆盖能力进行估算的办法。  
第一步：计算无线通信系统上下行总增益。  
第二步：计算最大视距传输距离。计算公式为：  
最大视距传输距离(m)＝10(系统总增益－40）/30  
第三步：估算现场实际覆盖距离。  
例如：   
  
传输距离估算   
总增益(dBm) 最大距离(m) 实际距离(m)   
91　　　　　 50 　　　　　 43   
100 　　　　100 　　　　　80   
109 　　　　200 　　　　　149   
121 　　　　500 　　　　　342   
125 　　　　700 　　　　　463   
130 　　　　1000  　　　　639   
139 　　　　2000  　　　　1194   
148 　　　　4000  　　　　2233   
153　　　　 6000  　　　　3220   
160 　　　　10000  　　　5106   
169 　　　　20000  　　　9548   
181 　　　　50000  　　　21838   
  
通过上述三个步骤可以对每个基站所覆盖的范围有一个初步的估计，进一步估算出所要覆盖区域的基站数量和网络规模。

**无线通信距离的计算**

这里给出自由空间传播时的无线通信距离的计算方法：所谓自由空间传播系指天线周围为无限大真空时的电波传播，它是理想传播条件。电波在自由空间传播时，其能量既不会被障碍物所吸收，也不会产生反射或散射。

    通信距离与发射功率、接收灵敏度和工作频率有关

**﹝Los﹞(dB)=32.44 +20lgD(km) +20lgF(MHz)**

    式中Lfs为传输损耗，D为传输距离，频率的单位以MHz计算。

由上式可见，自由空间中电波传播损耗（亦称衰减）只与工作频率f和传播距离D有关，当F或D增大一倍时，﹝Lfs﹞将分别增加6dB.

    下面的公式说明在自由空间下电波传播的损耗

**Los = 32.44 +20lg D(Km) +20lg F(MHz)**

    Los 是传播损耗，单位为dB

    D是距离，单位是Km

    F是工作频率，单位是MHz

    下面举例说明一个工作频率为433.92MHz，发射功率为＋10dBm(10mW)，接收灵敏度为-105dBm的系统在自由空间的传播距离:

    1. 由发射功率 10dBm，接收灵敏度为-105dBm

      Los = 115dB

    2. 由Los、F计算得出D =31公里.

    这是理想状况下的传输距离，实际的应用中是会低于该值，这是因为无线通信要受到各种外界因素的影响，如大气、阻挡物、多径等造成的损耗，将上述损耗的参考值计入上式中，即可计算出近似通信距离。

    假定大气、遮挡等造成的损耗为25dB，可以计算得出通信距离为: D =1.7公里

Los = 32.44 +20lg D(Km) +20lg F(MHz)

F=433MHz

Los=接收灵敏度 LNA Gain Tx power 天线增益–大气衰减

NRF905接收灵敏度 -100dBm

LNA Gain: 25dB

TX power 26dBm

天线增益2dB

大气衰减: 35dB(根据目前市场上的模块实际传输距离算出的)

Los=100 +25 +26 +2-35=32.44 +20lg D(Km) +20lg 433

D=45.34Km

实际测试结果: D=1.3Km

代入上面公式可算出实际大气的衰减量:

Los = 32.44 20lg 1.3 20lg 433

Los=接收灵敏度 LNA Gain Tx power 天线增益–大气衰减

NRF905接收灵敏度 -100dBm

LNA Gain: 25dB  
TX power 26dBm

天线增益2db

大气衰减: 35dB(根据目前市场上的模块实际传输距离算出的)

Los=100 +25 +26 +2-x=32.44 +20lg 1.3 +20lg 433

X=65.55dB

从而可以推算出如果D=20Km，至少需要输出Power多大:

Los=100 +25 +Tx +2-65.55=32.44 +20lg20 +20lg433

Tx=49.74dBm

若用三菱公司的RD06HVF1和RD15HVF1作放大，最大输出约20W，转换成dBm后为10lg20000mW=43dBm；则可以传输的实际距离为:

Los=100 +25 +43 +2-65.55=32.44 +20lgD +20lg433

D=9.2Km

无线传输距离和发射功率以及频率的关系

 功率 灵敏度  （dBm  dBmV   dBuV）

dBm=10log(Pout/1mW)，其中Pout是以mW为单位的功率值

dBmV=20log(Vout /1mV)，其中Vout是以mV为单位的电压值

dBuV=20log(Vout /1uV)，其中Vout是以uV为单位的电压值

换算关系：

Pout＝Vout×Vout/R

dBmV=10log(R/0.001)+dBm，R为负载阻抗

dBuV=60+dBmV

应用举例

无线通信距离的计算

       这里给出自由空间传播时的无线通信距离的计算方法：所谓自由空间传播系指天线周围为无限大真空时的电波传播，它是理想传播条件。电波在自由空间传播时，其能量既不会被障碍物所吸收，也不会产生反射或散射。

       通信距离与发射功率、接收灵敏度和工作频率有关。

       [Lfs](dB)=32.44+20lgd(km)+20lgf(MHz)

       式中Lfs为传输损耗，d为传输距离，频率的单位以MHz计算。

       由上式可见，自由空间中电波传播损耗（亦称衰减）只与工作频率f和传播距离d有关，当f或d增大一倍时，［Lfs］将分别增加6dB.

       下面的公式说明在自由空间下电波传播的损耗

       Los = 32.44 + 20lg d(Km) + 20lg f(MHz)

Los=20Lg(4π/c)+20Lg(f(Hz))+20Lg(d(m))=20Lg(4π/3x10^8)+20Lg(f(MHz)x10^6)+20Lg(d(km)x10^3)=20Lg(4π/3)-160+20Lgf+120+20Lgd+60=32.45+20Lgf+20Lgd, d 单位为km，f 单位为MHz

       Los 是传播损耗，单位为dB，一般车内损耗为8-10dB，馈线损耗8dB

       d是距离，单位是Km

       f是工作频率，单位是MHz

例：如果某路径的传播损耗是50dB，发射机的功率是10dB，那末接收机的接收信号电平是-40dB。

       下面举例说明一个工作频率为433.92MHz，发射功率为＋10dBm(10mW)，接收灵敏度为-105dBm的系统在自由空间的传播距离：

       1. 由发射功率+10dBm，接收灵敏度为-105dBm

       Los = 115dB

       2. 由Los、f

       计算得出d =30公里

       这是理想状况下的传输距离，实际的应用中是会低于该值，这是因为无线通信要受到各种外界因素的影响，如大气、阻挡物、多径等造成的损耗，将上述损耗的参考值计入上式中，即可计算出近似通信距离。

       假定大气、遮挡等造成的损耗为25dB，可以计算得出通信距离为：

       d =1.7公里

       结论: 无线传输损耗每增加6dB, 传送距离减小一倍

在遥控钥匙门禁（RKE）系统中，可以用钥匙扣上的发射器从远端开锁，发射器将无线编码发送到汽车内的接收机。遥控钥匙门禁（RKE）系统通常工作在ISM频段，包括315MHz和433.92MHz。随着远程启动和带校验的RKE的出现，设计者希望延长这些短程设备的有效收发距离。影响有效收发距离的关键因素是无线信号的路径损耗。该应用笔记描述了无线信号的“地面反射”对路径损耗的影响，给出了路径损耗的近似式，并给出了在空旷停车场内路径损耗的曲线。另外，本文还给出了多路径信号和阻塞影响的估算。

在RKE系统中，汽车驾驶员利用钥匙扣上的发射器向车内接收机发送无线编码信号，打开车锁。接收机对接收到的信号进行解码，并控制执行装置打开车门。 RKE系统的一个重要指标是它的有效收发距离。该距离由链路预算决定，关键因素是钥匙扣上发射器的发射功率、接收器的灵敏度和路径损耗。本应用只讨论路径损耗，阐述了发射器与接收器的距离、发射信号频率以及发射器与接收器之间的相对高度对路径损耗的影响。

地面反射中的路径损耗

在一个空旷的停车场环境中，几米以上距离的路径损耗与距离的4次方成正比，在自由空间传输中它与距离的平方成正比。实际上，对于增益为1的小天线而言，路径损耗与频率无关，可由一个简单的式表示：

其中，R是发射器和接收器之间的水平距离，h 1 是发射器的高度，h 2 是接收器的高度。这个简单的用于表示路径损耗的公式式是根据“地面反射”原理得出的。在靠近地面的任何位置，无线信号传输都会在发射器和接收器之间选择一条直接路径和一条地面反射路径，如图1所示。地面反射类似于镜面反射。对于常规地形，地面反射会使信号产生180 相移，而且比直接路径传输更远的距离。两条路径信号在接收端重新组合，如果不考虑路径长度的影响，这两路信号可以完全抵消。直接路径和地面反射路径的传输距离由式2和式3表示：

由于R、R1、R2 >> h1、h2，上述表达式可近似为式4和式5：

两者距离之差由式6表示：

地面反射是多径传输的一个简单例子：无线电波在传播过程中，遇到不同的表面反射，形成幅值和延迟均不同的多径信号到达接收机。若在自由空间只有一条传输路径，接收器收到的信号功率由式7表示：

其中，P R 是接收功率、P T 是发射功率、G T 是发射机天线增益、G R 是接收天线增益、 是波长。

在地面传输时，传输信号会选择两条路径：直接路径和地面反射路径。有许多种方法可以模拟这种传输，且大多数都可以作为学术论文的内容。我们采取这样一种合理且直观的方法来模拟第二种路径所产生的影响：假定一半的发射功率进入直接路径传输，而另一半进入地面反射路径。结果会有两路具有微小相位差异的电压信号在接收天线端相减（反射会产生180&#176的相位翻转）。式8是两路电压信号组合后的复数表达式：

实际上，在大多数地面平坦的条件下，两路电压信号V 1 和V 2 的幅值相等。我们可以把V看成是一个“电压” ，等于接收功率的1/2次方（这种情况下，是V/ ，如式9所示：

接收功率刚好是式8电压幅值的平方。

将式9中的V代入该式，整理并转化为三角函数，可得到精确的路径损耗式为：

如果我们将式6中 的近似表达式代入式11，并将近似为x，就可得到如下简化表达式：

对于具有宽角度覆盖范围的小天线来说，其天线增益近似为1。将式12表示为PR/PT的比值，并设置G T =G R =1, 所得到的近似表达式既为式1。图2和图3是天线增益为1时，在315MHz和434MHz下路径损耗的曲线图。包括式7表示的自由空间路径损耗、式11给出的精确路径损耗和式12给出的近似路径损耗。由图可以看出：在距离非常近时，确切的路径损耗会随信号频率不同而发生变化。

从这两幅图我们可以发现，对于图1 所示的典型遥控钥匙信号传输路径，在距离10米远处的路径损耗近似等于自由空间的路径损耗。这是因为在300MHz至400MHz，直接路径传输信号和通过地面反射的信号在距离上相差四分之一波长，产生90 和176 的相位差。这意味着两路信号叠加后既不增强也不抵消。 而在大于10米处，路径损耗以 R -4 变化，这说明在中等或较远距离时，式1是计算路径损耗的一个非常有用、快捷的方法。实际上，在发射和接收高度相等且均为h时，路径损耗（单位：dB）可以简化为：

由该式可知，当发射和接收高度均为1米时，1千米远处的路径损耗为123dB。 路径损耗计算的使用技巧

将发射功率一分为二，一半进入直接路径传输，一半进入地面反射路径传输的传播模型并不精确。这也是根据该模型建立的式12和式13表达式有时会出现2次方因子。但是，重要的是该应用笔记给出的表达式非常近似地估计了可以达到的最远距离。并描述了高度和距离对路径损耗的影响。自由空间损耗模型可用于传输距离在10米以内的情况，因为在相距10米以内时，地面反射会使信号传输发生巨大的变化。而在距离大于10米且无障碍的环境中，可以采用的规律近似估算。 任何散射体的存在都会影响任意距离处的路径损耗。任何障碍物（如停车场的其他汽车、灯柱、低矮的建筑物等）都会造成更多的反射路径，并使无线电波发生绕射，在混凝土建筑物中还会进一步削弱信号。这说明在实际情况中，以R 4 变化的损耗模型比自由空间的损耗模型更准确。实际使用时，考虑到不同表面造成的瞬时衰落，估计路径损耗较好的方法是从式1计算出的空旷停车场的路径损耗中减去20dB。如果钥匙扣发射器在一个建筑物内发送信号（比如一个远程启动装置），则要从式1计算出的路径损耗中减去30dB到40dB。总之，要想得到最远收发距离，最可靠的方法就是进行实际测试。上述近似法只是一种参考，或者说是在测量开始之前进行的一个“可靠检验”。

dBm, dBi, dBd, dB, dBc释义

[dBm](http://dbm.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)

[dBm](http://dbm.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)是一个考征功率绝对值的值，计算公式为：10lgP（功率值/1mw）。

[例1] 如果发射功率P为1mw，折算为[dBm](http://dbm.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)后为0[dBm](http://dbm.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)。

[例2] 对于40W的功率，按[dBm](http://dbm.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)单位进行折算后的值应为：

10lg（40W/1mw)=10lg（40000）=10lg4+10lg10+10lg1000=46[dBm](http://dbm.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)。

[dBi](http://dbi.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107) 和[dBd](http://dbd.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)

[dBi](http://dbi.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)和[dBd](http://dbd.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)是考征增益的值（功率增益），两者都是一个相对值， 但参考基准不一样。[dBi](http://dbi.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)的参考基准为全方向性天线，[dBd](http://dbd.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)的参考基准为偶极子，所以两者略有不同。一般认为，表示同一个增益，用[dBi](http://dbi.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)表示出来比用[dBd](http://dbd.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)表示出来要大2.15。

[例3] 对于一面增益为16[dBd](http://dbd.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)的天线，其增益折算成单位为[dBi](http://dbi.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)时，则为18.15[dBi](http://dbi.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)（一般忽略小数位，为18[dBi](http://dbi.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)）。

[例4] 0[dBd](http://dbd.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)=2.15[dBi](http://dbi.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)。

[例5] GSM900天线增益可以为13[dBd](http://dbd.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)（15[dBi](http://dbi.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)），GSM1800天线增益可以为15[dBd](http://dbd.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)（17[dBi](http://dbi.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107))。

[dB](http://db.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)

[dB](http://db.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)是一个表征相对值的值，当考虑甲的功率相比于乙功率大或小多少个[dB](http://db.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)时，按下面计算公式：10lg（甲功率/乙功率）

[例6] 甲功率比乙功率大一倍，那么10lg（甲功率/乙功率）=10lg2=3[dB](http://db.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)。也就是说，甲的功率比乙的功率大3 [dB](http://db.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)。

[例7] 7/8 英寸GSM900馈线的100米传输损耗约为3.9[dB](http://db.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)。

[例8] 如果甲的功率为46[dBm](http://dbm.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)，乙的功率为40[dBm](http://dbm.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)，则可以说，甲比乙大6 [dB](http://db.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)。

[例9] 如果甲天线为12[dBd](http://dbd.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)，乙天线为14[dBd](http://dbd.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)，可以说甲比乙小2 [dB](http://db.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)。

[dBc](http://dbc.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)

有时也会看到[dBc](http://dbc.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)，它也是一个表示功率相对值的单位，与[dB](http://db.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)的计算方法完全一样。一般来说，[dBc](http://dbc.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107) 是相对于载波（Carrier）功率而言，在许多情况下，用来度量与载波功率的相对值，如用来度量干扰（同频干扰、互调干扰、交调干扰、带外干扰等）以及耦合、杂散等的相对量值。 在采用[dBc](http://dbc.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)的地方，原则上也可以使用[dB](http://db.di-an.com.cn/news/article.php?articleid=107)替代。

经验算法：

有个简便公式：0dbm=0.001w 左边加10=右边乘10

所以0+10DBM=0.001\*10W 即10DBM=0.01W

故得20DBM=0.1W 30DBM=1W 40DBM=10W

还有左边加3=右边乘2，如40+3DBM=10\*2W，即43DBM=20W，这些是经验公式，蛮好用的。

所以-50DBM=0DBM-10-10-10-10-10=1mw/10/10/10/10/10=0.00001mw。

波特率

　　波特率是每秒钟传送的信息位的数量。它是所传送代码的最短码元占有时间的倒数。例如一个代码的最短时间码元宽度为20毫秒，则其波特率就是每秒50波特。

　　20毫秒=0.02秒 波特率1/0.02=50波特

在信息传输通道中，携带数据信息的信号单元叫码元，每秒钟通过信道传输的码元数称为码元传输速率，简称波特率。波特率是传输通道频宽的指标。

每秒钟通过信道传输的信息量称为位传输速率，简称比特率。比特率表示有效数据的传输速率。