

WCDMA BTS 接收机灵敏度和整机噪声系数的理论计算

1 概述

灵敏度是衡量接收机在一定条件下能够接收小信号的能力，它和诸多因素有关。例如，在不同的误码率、信纳比、信噪比等条件及不同的接收环境（静态、多径信道模型）情况下灵敏度概念和数值可能各不相同。

静态参考灵敏度是指接收机在静态理想传播环境（相当于有用信号直接输入接收机，没有任何外界干扰）下，错误比特率小于某一规定值时接收机可以接收最小有用信号的能力。它是各种传播条件中最高的灵敏度，**也就是说在任何情况下的接收机灵敏度数值都不可能超过静态参考灵敏度**。通常所讲的基站灵敏度一般是指它的静态参考灵敏度。

2 接收机灵敏度计算

基站接收机系统可以分为射频滤波、LNA、混频、中频滤波、放大、A/D 变换、DSP 处理、解调等几部分组成，如图 1 所示。

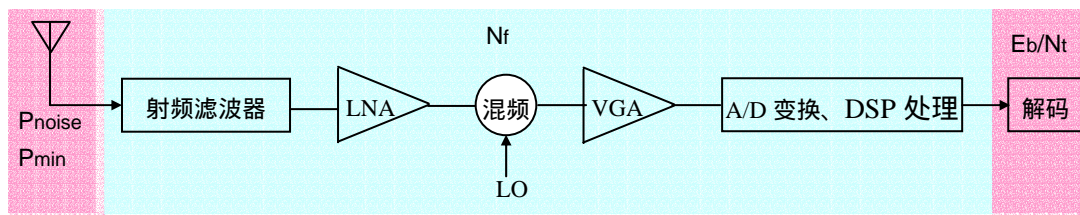


图 1 接收机原理框图

进入接收机输入端的信号有两种，有用信号 P_{min} 和热噪声信号 P_{noise} ，由于接收机通道中电路本身也会产生噪声 N_f ，因而在解调处有用信号和噪声信号的比例为：

$$Eb/Nt = P_{min} - P_{noise} - N_f \quad (1)$$

其中 Eb/Nt 是有用信号平均比特能量与噪声和干扰功率谱密度的比值，又称为解调门限，相当于模拟 FM 调制的 C/I （载干比），是衡量数字调制和编码方式品质因素的标准。 Eb/Nt 的值取决于该系统的调制方式和解调算法。 P_{noise} 为接收机输入口处的热噪声信号，又称本底噪声，其数值为 $P_{noise} = 10\log(KT_0 \cdot BW)$ ，其中 K 是波尔兹曼常数， $K = 1.38 \times 10^{-23} J/K$ ； T_0 为标准噪声温度， $T_0 = 290K$ 。则：

$$P_{noise} = 10\log(KT_0) + 10\log(BW) = -174dBm + 10\log(BW) \quad (2)$$

式中 BW 为系统信道带宽。

对于 WCDMA 系统而言， $BW = 3.84MHz$ ，由式（1）（2）可以推出 WCDMA 基站接收机理论上静态参考灵敏度 P_{min} 为：

$$\begin{aligned} P_{min} &= -174dBm + 10\log(BW) + N_f + Eb/Nt \\ &= -108.15 + N_f + Eb/Nt \end{aligned} \quad (3)$$

静态参考灵敏度是在静态传播情况下测得的数值，是衡量接收机性能好坏的一个重要指标。但在实际工作中，由于接收机所处的环境非常复杂，移动通信信道不可能是一个静态信

道，有用信号不可能无衰减、无干扰地通过空间介质到达接收机。事实上，它是一个多径衰落信道，发射的信号要经过直射、发射、散射等多条传播路径才能到达接收端，而且随着移动台的移动，各条传播路径上的信号幅度、时延及相位随时随地地发生变化，因而接收信号的电平是起伏和不稳定的，这些多径信号相互叠加形成衰落；另外除有用信号能进入接收机外，干扰信号（如同频、邻频干扰信号）也会进入接收机，造成对有用信号的干扰。所有这些不利因素都会降低接收机的接收效果，为了改善接收机在多径、频率干扰传播环境的接收能力，使它能达到静态信道下的接收效果，在移动通信系统中采取了许多措施，例如分集接收、基带跳频、射频跳频、均衡算法等，这一系列措施都是为了保证基站接收机在复杂的多径、频率干扰环境里灵敏度仍能接近或达到静态参考灵敏度的数值。

3 WCDMA BTS 接收机整机静态噪声系数的计算

WCDMA 系统基于直接序列扩频通信技术，具有扩频增益，它的解调门限（ E_b/N_t ）较低，可以为负值，这样有利于提高接收机的灵敏度，同时也降低了对射频前端本身的噪声要求。

WCDMA 系统中，基站和移动台之间的信息交换是以帧为基本单位的。每帧包含业务信道（语音或数据）、寻呼信道、导频信道和同步信道的信息。因此，对于 WCDMA 基站性能的评价都是建立在一定的帧误码率（FER）的基础上。

根据 WCDMA 规范，在采用 BPSK 数据调制及 12.2Kbps 全速率语音编码和静态高斯噪声信道传输条件下，满足输入信号为 $P_{min}=-121\text{dBm}$ 时 $FER=0.01$ 要求的最低 E_b/N_0 为 5.1dB，在此基础上增加 2 dB 的设计余量，则要求 $E_b/N_0>7.1\text{dB}$ 。由扩频系统方程，

$$E_b/N_0 = E_b/N_t + G_p \quad (\text{dB}) \quad (4)$$

其中， G_p 为系统扩频增益

$$G_p = 10\log(BW/R_{INFO}) = 10\log(3.84\text{Mcps}/12.2\text{Kbps}) = 25\text{dB} \quad (5)$$

则解调门限为 $E_b/N_t = -17.9\text{dB}$

由此，为了得到在满足 $FER=0.01$ 条件下接收机输入灵敏度为 -121dBm ，接收机射频模拟前端的最大噪声系数为：

$$N_f = P_{min} - (-108.15) - E_b/N_t = -121 + 108.15 + 17.9 = 5.05 \text{ dB}$$

也就是说，按照 3GPP 规范要求，我们所设计的接收机射频模拟前端的静态噪声系数必须满足

$$N_f < 5.05 \text{ dB}$$

4 讨论

以上计算静态参考灵敏度是在静态传播情况下测得的数值，对我们设计射频前端接收机电路有一定的指导意义。但如前所述，移动通信信道是一个多径衰落信道，此时接收机的解调门限要高于静态传输条件下的值。因此，在多径衰落条件和满足同样误码率和接收灵敏度的情况下，对接收机模拟前端噪声系数的要求要高，即噪声系数要低。