

移动通信环境噪声的测量

余锡存

( 南京师范大学控制科学与工程系, 南京, 210042)

[ 摘要] 为保护和发展数字移动通信, 需对环境无线电噪声进行测量. 在讨论了表征无线电噪声功率参数——等效天线噪声温度的测量方法后, 根据环境无线电噪声强弱的不同, 采用了两种方法进行测量, 即对较强信号的真有效值测量和对微弱信号的迪克测量.

[ 关键词] 等效天线噪声温度; 真有效值测量; 迪克测量

[ 中图分类号] TN914. 3; [ 文献标识码] B; [ 文章编号] 1008-1925( 2001) 03- 0034- 04

0 引言

数字移动通信以其灵活方便而迅速发展, 然而环境无线电噪声对其通信质量有一定的影响. 有关资料表明, 汽车点火脉冲使 FM 数字移动通信系统的误码率高达 20%. 为保护和发展 900MHz 及 1800MHz 频段的数字移动通信, 很有必要对该频段的环境无线电噪声进行测量. 本文讨论以等效天线噪声温度作为表征无线电噪声功率参数的测量系统.

1 等效天线噪声温度的测量原理

1.1 等效天线噪声温度  $T_a$

能直接反映环境无线电噪声功率大小的参数——等效天线噪声温度  $T_a$ , 其定义式为:

$$T_a = P_n / kb \tag{1}$$

式中:  $P_n$  为等效天线噪声功率(W);  $k$  为玻尔兹曼常数( $1. 38E- 23J/K$ );  $b$  为接收机的等效噪声带宽(Hz). 等效天线噪声系数  $f_a$  与等效天线噪声温度  $T_a$  之间的关系为:

$$f_a = 1 + T_a / T_0 \tag{2}$$

其中, 参考温度  $T_0 = 288K$ . 习惯上, 等效天线噪声系数  $F_a$  以分贝表示:

$$F_a = 10 \log f_a \quad (dB) \tag{3}$$

根据(2)和(3)式,  $F_a$  与  $T_a$  可以相互换算, 下面列出了  $f_a$ 、 $F_a$  与  $T_a$  三者的对应数值.

$f_a$	1	1. 03	1. 05	1. 1	1. 2	1. 5	2	5
$F_a$ (dB)	0	0. 01	0. 21	0. 41	0. 79	1. 76	3. 01	6. 99
$T_a$ (K)	0	8. 64	14. 4	28. 8	57. 6	144	288	1 152

收稿日期: 2001- 03- 02

作者简介: 余锡存, 1965 一, 硕士, 南京师范大学控制科学工程系讲师, 从事电子技术、计算机应用机电一体化等方面的教学与研究.

由表 1 中可以看出,表征低噪声性能时,等效天线噪声温度  $T_a$  比等效天线噪声系数  $F_a$  更为直观、明确。

## 1.2 $T_a$ 测量原理

图 1 为测量  $T_a$  原理框图。 $g$ 、 $T_s$  分别为接收系统的增益和等效输入噪声温度; $l_c$  为传输线的损耗因子; $l_d$  为衰减器的衰减因子; $T_d$  为二极管噪声源的噪声温度。则测量出的噪声功率为:

$$P = gkb(T_{in} + T_s) \quad (4)$$

式中: $T_{in}$  为外部等效输入温度(K)。另外,由图 1 可推得:

$$T_{ind} = T_d/l_d + (1 - 1/l_d)T_0 \quad (5)$$

$$T_{ina} = l_c T_{in} - (l_c - 1)T_0 \quad (6)$$

$T_{ind}$  为噪声源等效输入温度(K),  $T_{ina}$  为天线接收到的等效输入温度(K)。

将开关 A 接到 2, 调节  $l_d$  可测出一系列  $P$  值。利用最小二乘法, 拟合出  $T_{ind}$  与  $P$  之间的曲线。据之, 测量时将 K 打到 1, 可由测得的  $P$  值确定  $T_{in}$ , 进而由式(6)求出  $T_{ina}$ 。

被测点的天线的噪声温度:

$$T_a = T_{ina}/Gr \quad (7)$$

式中:  $Gr$  为接收天线的增益(功率比), 其分贝表示:

$$Gr(\text{dB}) = 10\log Gr \quad (8)$$

$Gr(\text{dB})$  与测量频率  $f(\text{MHz})$  和天线因子  $G(\text{dB/m})$  之间的关系:

$$(\text{对数周期天线}) \quad Gr(\text{dB}) = 20\log f - G - 29.8(\text{dB}) \quad (9)$$

对于接到输入电阻为  $50\Omega$  的测量仪上的天线, 在被测频率上的  $T_a$  由(7)、(8)、(9)式算得。

## 2 $T_a$ 测量系统

本系统由天线、频谱分析仪、真有效值电压表、数据采集器、迪克辐射计、微型计算机、基准噪声源等部分, 构成了一个智能化的测试系统, 具体组成见图 2。车载测试仪可对被测频点的噪声进行定时测量, 测量值暂时存入其内部的数据存储器。测量数据可通过串行口传送到微型计算机, 计算机对此进行数据处理后建立相应的数据库。测量仪工作原理分成两个不同的部分: 真有效值测量和迪克测量。

### 2.1 真有效值测量

由式(4)可知, 测量值  $P$  中包含两部分: 外部输入噪声温度  $T_{in}$  和内部系统噪声温度  $T_s$ 。当  $T_{in} > T_s$  时, 可采用图 3 所示的结构进行测量。

经天线输入的无线电噪声信号, 选频后加到低噪声射频放大器, 由于系统内部的  $T_s$  主要

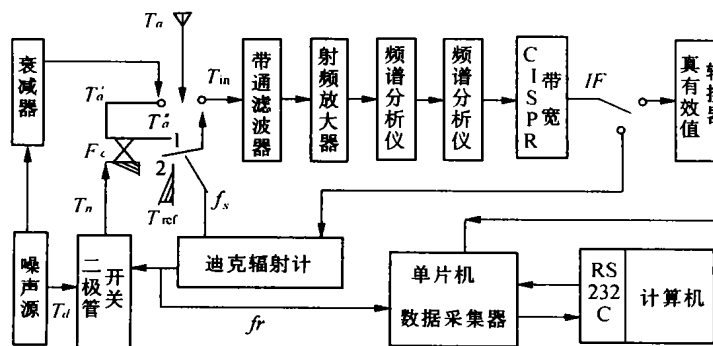


图 2  $T_a$  测量系统

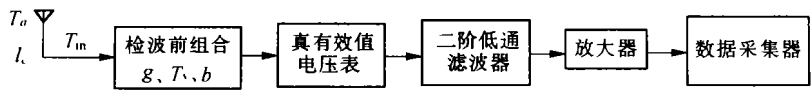


图 3  $T_a$  的真有效值测量系统

取决于该放大器的噪声系数 NF, 设计时 NF 应尽可能的低. 由频谱仪变频输出的中频信号 (CISPR 带宽), 经有效值电压表变成直流信号, 为使测量值符合表头指示值, 加入模拟表头机械常数的二阶低通滤波器, 再经放大调整后进行 ADC 数据采集.

2.2 迪克测量

上面的测量方法不适用于  $T_{in} < T_s$  情况. 对外界微弱噪声信号, 可采用迪克 (Dicke) 测量. 1946 年迪克提出了利用调制解调法消除系统增益变化的影响, 根据这一原理, 我们设计了图 4 所示的结构来检测微弱信号.

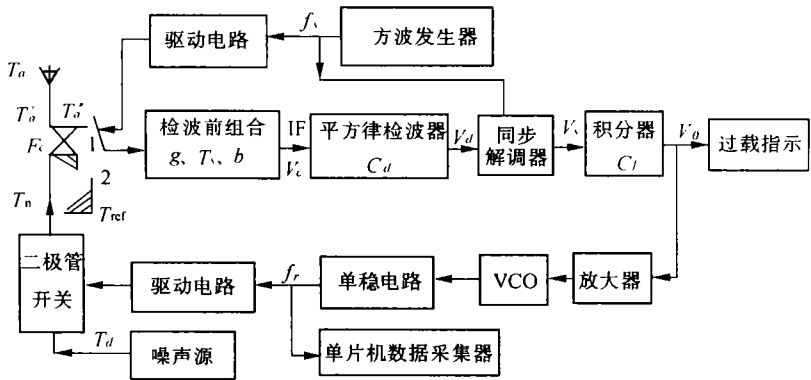


图 4  $T_a$  迪克测量原理图

输入端的迪克开关以高于系统增益变化的速度(开关频率为  $f_s$ ) 交替地接到天线耦合输出端 1' 和基准负载端 2' 上(设  $T_{ref}$  为已知的等效噪声的参考温度), 则在平方律检波器输出端得到的相应直流信号分别为:

(天线)

$$V_{dant} = gkbC_d(T_a'' + T_s), \quad 0 \leq t \leq t_s/2 \quad (t_s = 1/f_s);$$

(参考源)

$$V_{dref} = gkbC_d(T_{ref} + T_s), \quad t_s/2 \leq t \leq t_s;$$

其中,  $C_d = V_d/V_c^2$ , 为平方律检波器功率灵敏度常数(V/W). 经同步解调后的直流输出:

$$V_s = (V_{dant} - V_{dref})/2 = gkbC_d(T_a'' - T_{ref})/2$$

(10)

式中,

$$T_a'' = (1 - 1/F_c) T_a' + T_n/F_c$$

(11)

$F_c$  为定向耦合器的耦合系数( $F_c \geq 1$ )

$$T_a' = T_aGr/l_c + (1 - 1/l_c) T_o$$

(12)

$T_n$  为二极管开关的输出, 波形见图 5.

$$T_n = \begin{cases} T_{on}, & 0 \leq t \leq t_p \\ T_{off}, & t_p \leq t \leq t_r \end{cases} \text{ 则 } T_n \text{ 的平均值}$$

$$T_n = t_p f_r T_{on} + (1 - t_p f_r) T_{off}$$

(13)

式中:  $t_p f_r$  是一秒钟内二极管转换至接通位置上的总时间. 积分器的输出:

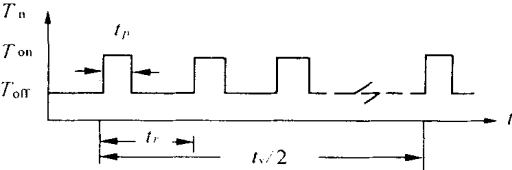


图 5  $T_n$  波形图

$$V_0 = (C_f/ts)[\int_0^{1/2} V_{ant}(t)dt - \int_{1/2}^s V_{ref}(t)dt] = gkbC_dC_f/2(T''_a - T_{ref}) = G_s(T''_a - T_{ref}) \quad (14)$$

式中:  $C_f$  为积分器的电压增益, 系统增益  $G_s = gkbC_dC_f/2$ .  $G_s$  的变化对测量值的影响为:

$$\Delta T_g = (T''_a - T_{ref}) \Delta G_s / G_s \quad (15)$$

为消除  $\Delta T_g$  的影响, 令:

$$T''_a = T_{ref} \quad (16)$$

将式(13)和(16)代入式(11), 可得:

$$f_r = [F_c T_{ref} - T_{off} - (F_{c-1})T'_a] / [t_p(T_{on} - T_{off})] = A - BT_a \quad (17)$$

式中: 常数  $A = (F_c T_{ref} - T_{off}) / [t_p(T_{on} - T_{off})]$ ,  $B = (F_{c-1}) / [t_p(T_{on} - T_{off})] Gr$ .

由式(17)可见, 频率  $f_r$  与等效天线噪声温度  $T_a$  之间是线性关系, 测量  $T_a$  时, 只要对  $f_r$  进行计数, 处理后即可获得所需要数据.

### 3 数据采集和数据处理

测量系统的数据采集部分由 8031 单片机构成, 如图 6 所示. 它对真有效值测量电路的输出电压  $V$  和迪克测量电路的输出频率  $f_r$  分别进行采集, 完成测量数据的转换、存储和显示; 以及对面板键盘进行管理, 实现人机对话. 暂存在仪内 RAM 中的测量数据, 可通过串行口数传到计算机内, 计算机首先对接收到的数据分别建立起相应的数据文件, 然后对之进行计算处理, 最后形成 FoxPro 能够接收的数据库文件.

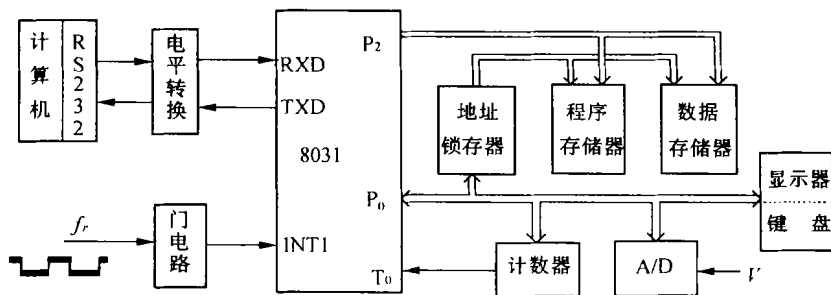


图6 单片机数据采集器原理图

本方案根据移动通信环境噪声强弱的不同, 采用了两种方法进行测量: 即对较强信号的真有效值测量和对微弱信号的迪克测量. 由于测量系统对被测无线电噪声信号进行了数字化处理, 单片机和微机的应用使数据采集和处理成为易事, 实现了测试仪器的数字化和智能化.

### [参考文献]

- [1] CCIR Report 258—4. Man-Made Radio Noise[C]. CCIR XV Plenary Assembly, Geneva, Switzerland, 1982: 177~183
- [2] R. Lauber. Man-Made Noise level Measurements of the UHF Radio Environment[C]. IEEE National Symposium on EMC, 1984

# Measuring of Environment Noise for Mobile Communnication

Yu Xicun

( Department of Control Science and Engineering ,Nanjing Nomal University, Nanjing, 210042, PRC)

**Abstract:** In order to protect and develop digital mobile communication, it is necessary to measure radio noise in the urban environment. The paper discusses the measuremet of effective antenna noise temperature, a characteristic parameter of radio noise power. A system has been developed for the measurement. According to the difference of radio noise power, this system makes two kinds of measurement: ture RMS measument for higher man-made radio noise and Dicke measurement for the smaller one.

**Key words:** effective antenna noise temperature, ture RMS measument, dicke measurement

[ 责任编辑: 刘健]

---

( 上接第 24 页 )

# Extenics— an Effective Means in Analysing Physics of Failure

Dai Lin

( College of Physics Science and Technology, Nanjing Nomal University, Nanjing, 210042, PRC)

**Abstract:** The extenics is a new borderline subject between maths, Physics and engineering. It has seen great advances recent years. Its theoretical basis are the theory of matter elements and extension sets. The principle of extenics is applied to failure analysis in this paper and an engineering case study confirms the effectiveness of the method.

**Key words:** extenics, failure physics, failure analysis

[ 责任编辑: 刘健]