

基于GMSK调制终端的相位误差测试中的算法研究

唐彦波, 葛万成

(同济大学 电信学院, 上海 200092)

【摘要】文章采用优化最小二乘算法实现基于GMSK调制终端中相位、频率误差的测试。对GSM测试终端的频率和相位误差特性进行了详细分析。在分析罗德施瓦茨综合测试仪CMU200的相位误差测试原理和方法的基础上,结合GSM突发脉冲的特性,提出了采用分段式最小二乘法来计算相位误差的算法。仿真表明分段最小二乘方法是测试射频终端相位误差的快速、准确的方法。

【关键词】高斯最小频移键控; 分段式最小二乘法; 相位误差; 频率误差

【中图分类号】TN911

【文献标识码】A

【文章编号】1002-0802(2008)08-0007-02

Algorithm for Phase Error Measurement based on GSMK Modulated Terminal

TANG Yan-bo, GE Wan-cheng

(School of Electronics and Information of Tongji University, Shanghai 200092, China)

【Abstract】This article describes the realization of optimized least square method in measuring phase error and frequency error based on GMSK modulated terminals. The characteristic of frequency error and phase error on GSM terminals is analyzed. The paper also demonstrates how to test phase error in Rohde & Schwarz CMU200. The disjunction LSM algorithm has been employed for calculating frequency error based on the special GSM burst. Simulation result indicates that the LSM algorithm is a good choice for precise phase error measurement.

【Key words】GMSK; Disjunction LSM; Phase error; Frequency error

0 引言

曲线拟合其目的是根据实验获得的数据去建立因变量与自变量之间有效的经验函数关系,人们根据对不同仪器仪表及被估值的统计特性,提出了以下拟和的方法:最小二乘法,极大似然法,线性最小均方误差法等。其中极大似然法,线性最小均方误差法需要知道被估计值的数学期望,方差或概率分布函数。但最小二乘法不要求用户知道被测值的统计特性。

射频测试仪器对的频率误差和相位误差的测试是一项最基本的要求,GSM手机要求在900M频段其相位误差小于20度,频率误差小于90赫兹^[1],文章重点阐述了仪表如何测量其频率误差和相位误差。

1 最小二乘法(Least square method)原理

给定平面上的点 (x_i, y_i) , $(i=1,2,\dots,n)$,进行曲线拟合有多种方法,其中最小二乘法是解决曲线拟合最常用的方法^[2]。

最小二乘法的原理是:求 $f(x)$,使 δ 达到最小。

$$\delta = \sum \delta_i^2 = \sum [y_i - f(x_i, a_0, a_1, \dots, a_m)]^2, (i=1,2,\dots,n), \quad (1)$$

其中 δ_i 为点 (x_i, y_i) 与曲线 $y=f(x)$ 的距离。曲线拟合的实际含义是寻求一个函数 $y=f(x)$,使 $f(x)$ 在某种准则下与所有数据点最为接近,即曲线拟合得最好。现在要确定系数 a_0, a_1, \dots, a_m ,使 d 达到极小。就可令 δ 对 a_j 的偏导数等于零,

$$\frac{\partial \delta}{\partial a_j} = 0 \text{ 或 } \sum_{i=1}^n (y_i - \sum_{k=0}^m a_k x_i^k) x_i^j = 0, (j=0,1,\dots,m), \quad (2)$$

于是得到 $m+1$ 个方程组,从中求解出 a_j 。对于线性一元拟和 $y = f(x) = a_0 + a_1 x$,

$$a_0 = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, \quad a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, \quad (3)$$

除此之外,常用的一元曲线拟合函数还有双曲线 $f(x) = a + bx^{-1}$,指数曲线 $f(x) = ae^{bx}$ 等,对于这些曲线,拟合前须作变量代换,转化为线性函数。

收稿日期:2008-01-30。

基金项目:德国罗德与施瓦茨公司资助。

作者简介:唐彦波(1979-),男,博士研究生,主要研究方向为移动通信中的信号与信息处理;葛万成(1964-),男,教授,博士,博士生导师,主要研究方向为通信中的信号与信息处理。

2 GSM 中相位误差和频率误差测试

测量发射信号的频率和相位误差是检验发信机调制信号的质量。GSM 调制方案是高斯最小移频键控(GMSK), 归一化带宽为 $BT=0.3$ 。在 GMSK 调制里, 数据‘0’会带来 90° 相位递增, 数据‘1’会带来相位 90° 递减, 由于发射机引入的相位误差, 使得相位变化并非正好 90° 。发射信号的相位误差定义为: 发信机发射信号的相位与理论上最好信号的相位之差。理论上的相位轨迹可根据一个已知的伪随机比特流通过 GMSK 脉冲成形滤波器得到。频率误差定义为考虑了调制和相位误差的影响以后, 发射信号的频率与该绝对射频频道号 (ARFCH) 对应的标称频率之间的差。它通过相应误差做线性回归, 计算该回归线的斜率即可得到频率误差(因为 $\omega = \frac{\theta}{t}$) 相位误差峰值 P_{ePeak} 是离该回归线最远的值。相位误差有效值 P_{eRMS} 即相位误差均方根值, 是所有点的相位误差和其线性回归之间的差的均方根值。下面的公式表示理想信号的表达式: A 为信号的幅度, f 为信号频率, ω 是角频率, Φ 为初始相位, 理想经过调制解调后由于器件特性会产生频率和相位误差。 $\Delta\theta$ 表示总的相位误差, Δf 为频率误差, $\Delta\Phi$ 为相位误差^[3]。其中 $\Delta f = \frac{d\Delta\theta}{dt}$;

$$f(x) = A \sin(2\pi f t + \Phi), (\theta = 2\pi f t + \Phi, \omega = 2\pi f) \quad (4)$$

德国罗德与施瓦茨公司的射频测试仪器 CMU200 在测试频率和相位误差时候, 工作原理如下所示。

步骤 (1): 计算 I、Q 信号 GMSK 调制后的实测相位图。

步骤 (2): 根据 GMSK 的相位特性, 可以把相位增加 90° 解调为逻辑“0”, 减少 90° 解调为逻辑“1”, 可以解调出预测的实际的码序列 (逻辑“0”为电平+1, 逻辑“1”为电平-1)。

步骤 (3): 根据预测的码序列可以再生出理想状态下的相位曲线 (初始相位为 0)。

步骤 (4): GMSK 的实测相位图减去预测码序列再生的理想相位图, 得到总的相位偏差 $\Delta\theta$ 。该偏差是由于频率误差和相位误差共同引起的。频率误差导致相位误差一种长期的增大或减少的趋势, 相位误差在频率误差基础上叠加了当前比特的即时误差。

步骤 (5): 相位偏差的长期趋势为频率误差, 去掉频率误差影响后, 可以得到相位误差 $\Delta\Phi$ 。

那么我们是如何从 $\Delta\theta$ 中计算 Δf , 假设总的相位差为 y_i (经过采用以后), 我们采用一元回归的方式用函数 $f(x) = a_0 + a_1 x$ 进行拟和。采用前述方法可以求出拟和因子 a_0, a_1 , 其中 a_1 为频率误差, δ_i 为相位误差。

3 分段式最小二乘法拟合相位误差

如果只采用一种多项式曲线拟合较多的数据点, 特别对于一元曲线拟合的时候, 由于测试误差造成某些测试点上的测试值和实际值差距比较大的时候, 采用常规拟合方式拟合

曲线, 难以取得较好的拟合精度和效果。为有效地解决上述问题, 一般采用分段曲线拟合^[5,6]。在此采用分段最小二乘法来进行逼近。在 GSM 的一个常规突发脉冲 (Normal Burst) 包括 156.25 个比特信息, 其中 112 个比特信息为数据。突发脉冲结构如图 1 所示。

首比特	数据 A	标志	训练序列	数据 B	标志	结束	保护间隔
3	57	符 1	26	57	符 1	符 3	8.25

图 1 GSM 突发脉冲结构 (单位 bit)

其中训练序列 26 个比特是已知的, 对基站和手机来说是透明的, 所以能够准确的知道此时的实际相位信息, 由此可以把这 26 比特信息提前计算其频率误差得到 a_0^+ 。再分别计算 57 比特的频率误差得到 a_0^- 和 a_0^+ 。GSM 的首、尾信息部分是变化比较大的。不单独对它进行最小二乘法的拟合, 为了弥补数据测试上的不完整性, 综合计算所有 156.25 个比特上的频率误差 a_0^- 。对 a_0^+ 、 a_0^- 、 a_0^+ , 根据各段数据在整个数据帧所占比例分别计算权值, 得到由训练序列和发送数据部分的频率误差, 如下式:

$$\tilde{a} = \frac{26}{140} a_0^+ + \frac{57}{140} a_0^- + \frac{57}{140} a_0^+, \quad (5)$$

考虑先前计算过的整个数据段的一次拟合得到的频率误差 a_0^- , 对 \tilde{a} 和 a_0^- 取算术平均值得到真实的频率误差 a_0 。

4 相位误差仿真分析

频率误差的最小二乘法仿真采用 MATLAB 工具箱中的多项式拟合函数 $a = \text{polyfit}(xdata, ydata, n)$ 拟和, 其中, a 为待求系数矩阵, 为所求的频率误差。 $xdata$ 是测量实际值构成的矩阵, 表示 GSM 一个突发的 156.25 个 bit, 此处采用收发双方都已知的训练序列 (26bits) 作为仿真对象, $ydata$ 在此表示总的相位误差, n 是拟合曲线方程的阶次。把数据代入多项式拟合函数中, 利用 MATLAB 工具计算如图 2 所示。

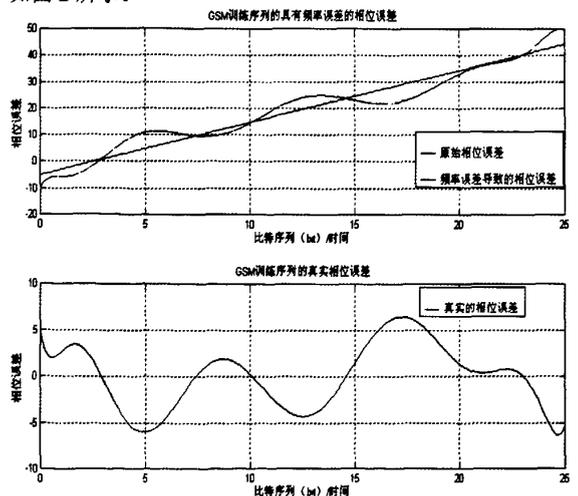


图 2 GSM 26 比特训练序列的相位误差仿真结果

(下转第 11 页)

表示为边缘区域用户分配不同的带宽。

图5既可以用作静态资源分配方式分析,也可以用作动态资源分配方式分析。对图5的分析方法与软频率复用方案中的分析法类似,唯一不同的是在该部分频率复用方案中没有功率比这个参数,所以分析起来也较为容易,这里就不再做详细解析。可以看到,通过调整带宽分配方式可以根据实际业务分布情况满足业务量需求,如果边缘区域业务量比较大则应为其分配较多的带宽,而同时中心区域用户数据速率势必减小,因此,带宽具体分配方式应该综合考虑小区中心用户和边缘用户的业务需求。需要说明的是,在调整带宽分配时,应该注意到当其中一个小区边缘用户有业务需求而需要为其增加一个子带时,无形之中需要消耗掉三个子带,这在某些场合(比如其他两小区边缘用户没有业务需求而中心用户要求有很高的数据速率)就是一种对带宽的浪费,从而直接影响到系统性能。

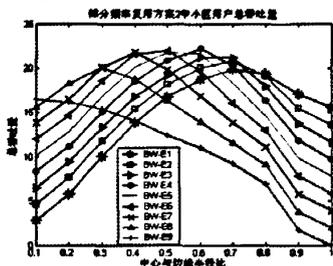


图5 部分频率复用方案2中系统总吞吐量与半径比的关系

3.3 两种方案的比较

通过上面的分析,可以看到,两种方案都各有优缺点。对于软频率复用方案来讲,其最大的优点在于中心用户和边缘用户使用不同的功率级,通过调整功率比即可方便地调整软频率复用因子,从而根据小区业务实际分布情况满足用户需求;此外,在动态调整带宽分配时,每为边缘用户多增加一个子带只需要消耗一个子带,整个小区可用带宽总数不

变;而在部分频率复用方案2中用户没有功率级的区分,且在动态调整带宽分配时,每为边缘用户多增加一个子带需要消耗3个子带,这样整个小区可用的带宽总数就会减少,系统性能就会受到影响,然而在这种方案中,边缘用户不会受到其它小区中心用户的干扰,因而其边缘用户受到的干扰相对较小。在实际网络运营时,运营商可以根据小区自身特点,包括小区业务流量情况、小区地理位置等合理地选择不同的方案,尽可能地在满足用户基本需求的基础上,为用户提供更好、更流畅的服务。

4 结语

部分频率复用技术是一种可有效解决小区间干扰问题的技术。文章详细论证了部分频率复用因子的选择准则;深入研究了两种部分频率复用方案的系统性能,并对其进行了比较;重点给出了软频率复用方案实际网络运营时的资源参数选择准则,通过使用该准则系统资源可以更充分的被利用,大大提高频谱利用率。

参考文献

- 1 3GPP Technical Specification Group Radio Access Network, Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN), 3GPP, Tech. Rep. TR 25.913, Mar. 2006[S].
- 2 Huawei, R1-050841, Further Analysis of Soft Frequency Reuse Scheme, London, UK, August 29th - September 2nd 2005[S].
- 3 Huawei, R1-050507, Soft Frequency Reuse Scheme for UTRAN LTE, Athens, Greece, 9 - 13 May, 2005[S].
- 4 Siemens, R1-050738, Interference mitigation - Considerations and Results on Frequency Reuse, London, UK, 2005[S].
- 5 Siemens, R1-050599, Interference Mitigation - Considerations and Results on Frequency Reuse, France, June 20-21, 2005[S].

(上接第8页)

5 结语

最小二乘算法是曲线拟合的一种较好算法。GSM的相位误差和频率误差测试是表征发射机调制特性的一个重要指标。基于频率误差和相位误差的关系只能采用一元函数进行拟合,为了提高拟合的精度和效果,文章采用分段式最小二乘法的算法来拟合。通过和德国罗德与施瓦茨的射频测试仪器CMU200和美国安捷伦公司的仪表8960对比发现,该算法是进行软件仿真的高效、准确算法。

参考文献

- 1 900/1800MHz TDMA数字蜂窝移动通信网通用分组无线业务(GPRS)设备测试方法:移动台[S]. YD/T 1215, 2002.

- 2 同济大学概率统计组. 概率统计[M]. 上海: 同济大学出版社, 1994, 30-40.
- 3 余新平. 频率误差和相位误差在同步解调中的失真分析[J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(03):131-132.
- 4 GSM Measurement with R&S CMU200 and CMUgo. www.rohde-schwarz.com. 2006.
- 5 Roychowdhury S. Fuzzy curve fitting using least square principles[J]. 1998 IEEE International conference on Systems, Man and Cybernetics, 4, 4022-4027.
- 6 蔡山, 张浩, 陈洪辉, 等. 基于最小二乘法的分段三次曲线拟合方法研究[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(3), 352-355.

基于GMSK调制终端的相位误差测试中的算法研究

作者: [唐彦波](#), [GE Wan-cheng](#), [TANG Yan-bo](#), [GE Wan-cheng](#)
作者单位: [同济大学, 电信学院, 上海, 200092](#)
刊名: [通信技术](#)
英文刊名: [COMMUNICATIONS TECHNOLOGY](#)
年, 卷(期): 2008, 41(8)
引用次数: 0次

参考文献(6条)

1. [YD/T 1215-2002. 900/1800MHz TDMA数字蜂窝移动通信网通用分组无线业务\(GPRS\)设备测试方法:移动台](#)
2. [同济大学概率统计组 概率统计](#) 1994
3. [余新平 频率误差和相位误差在同步解调中的失真分析\[期刊论文\]-通信技术](#) 2003(3)
4. [GSM Measurement with R * S CMU200 and CMUgo](#) 2006
5. [Roychowdhury S Fuzzy curve fitting using least square principles](#) 1998
6. [蔡山. 张浩. 陈洪辉. 沙基昌 基于最小二乘法的分段三次曲线拟合方法研究\[期刊论文\]-通信技术](#) 2007(3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_txjs200808003.aspx

下载时间: 2009年9月3日

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

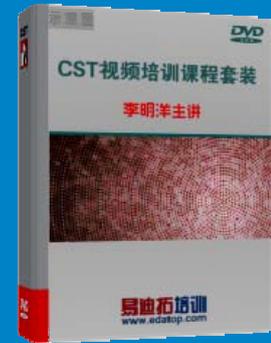
该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>