

某型指挥信息系统有线远传接口自动识别方法

王晓波, 谭业双, 孙慧贤, 袁 扬

(军械工程学院 信息工程系, 石家庄 050003)

摘要: 为提高对指挥信息系统有线远距离传输接口测试的自动化水平, 提出一种基于信号特征提取的信号类型自动识别方法; 在对各类接口信号时域和频域特性分析的基础上, 采用限幅滤波法实现对信号峰峰值的准确判断, 通过基于 Burg 算法 AR 模型的谱估计方法实现信号频谱准确估计; 依据提取到的信号峰峰值和频带宽度, 采用双阈值判决方法对接口类别进行自动识别; 实验结果表明, 基于信号时域特征差异的自动识别方法, 能够有效区分 3 种类型 15 个接口, 识别准确度达到 87% 以上。

关键词: 接口信号识别; 特征提取; 限幅滤波法; 谱估计

Wired Remote Interface Automatic Identification Method for A Type Command Information System

Wang Xiaobo, Tan Yeshuang, Sun Huixian, Yuan Yang

(Department of Information Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: To improve the long-distance transmission of command information systems wired interface test automation level, proposed the signal automatic identification method based on the type of signal feature extraction. On the basis of various types of interface signals in time domain and frequency domain characteristics analysis, the use of limiting filtering method to achieve peak to peak signal accurate judgment, for signal spectrum by Burg spectral estimation method based on AR model algorithm for accurate estimates. Based on the extracted signal peak to peak and bandwidth, dual threshold decision method for automatic recognition interface categories. Experimental results show that the automatic recognition method characterized in the frequency domain based on the difference signal, can effectively distinguish three types of 15 interfaces, recognition accuracy reaches 87%.

Keywords: interface signals recognition; feature extraction; limiting filtering; spectral estimation

0 引言

某型指挥信息系统设备内部结构复杂, 具有繁多的外部接口, 手工测试速度慢、准确性差^[1]。当前, 针对某型设备接口进行测试, 必须首先知道接口的类型, 然后相应的选取测试方案进行测试。使用人员在不熟悉设备接口的情况下, 可能会连接错误接口或者存在大量通信线缆时, 无法快速准确识别线路传输何种信号连接何种接口。因此, 迫切需要实现接口识别技术的自动化。

接口自动识别技术就是将采集到的接口信号作为样本, 通过提取样本特征参数, 并且借助相应的信号处理手段, 实现对接口的自动识别^[2], 代替传统人工对接口判断, 具有测试速度快、精确性高的特点。本文通过采用限幅滤波法和基于 Burg 算法 AR 模型的谱估计方法分别对信号峰峰值和频带宽度特征进行提取, 利用双阈值判决方法实现了对接口的自动识别。最后通过具体实验, 验证了接口自动识别方法的可靠性。

1 接口特征分析

指挥信息系统有线远距离传输接口包括单路有线用户接口和远传群路接口, 多以二线平衡方式进行全双工传输, 主要用

于野战地域网设备接入, 数字终端接入交换设备, 以及远距离传输设备之间数据通信。本文以有线远距离传输接口中的单路有线用户中的数字接口(K接口)、远传群路接口中的高速率数字用户线路接口(HDSL技术体制)和单对线高速数字用户线路接口(G.SHDSL技术体制)三类为例, 具体接口特征参数如表1所示。通过对接口时频域特性进行深入分析, 发现三类接口时域峰峰值电压和频域频带宽度区别明显, 在正常通信情况下, 可以作为进行接口识别的特征参数。

表1 接口特征参数表

名称	阻抗/ Ω	电压/V	频带宽度/kHz
HDSL	130	7	0~390
G.SHDSL	135	2	0~850
K	130	1	80~160

2 自动识别方法

2.1 总体方案设计

接口自动识别包括接口信号采集与处理、接口信号特征提取和接口信号识别3个部分。接口自动识别流程如图1所示, 接口信号采集与处理是对采集到的接口信号进行模数转换, 并且进行预处理, 为后续特征分析提供合适的的数据。接口信号特征提取是从数据中提取合适的特征参数。接口信号识别是根据判决规则, 利用所得的特征参数将接口信号识别出来。

2.2 接口信号采集与处理

上述3类二线接口信号的最高频率为850 kHz, 根据分

收稿日期: 2015-06-16; 修回日期: 2015-09-06。

基金项目: 总装科研项目。

作者简介: 王晓波(1988-), 男, 江苏大丰人, 硕士研究生, 主要从事电子与通信装备保障技术方向的研究。



图 1 接口自动识别流程

析, 数据采集卡的采样速率至少要大于 8.5 MHz。通过对采样速率、动态范围、灵敏度以及分辨率等需求的分析, 选用阿尔泰科技公司的 PXI-8514 数据采集卡。它具有四路模拟量同时输入通道, 每个通道输入信号的电压幅度范围为 $-1 \sim 1$ V, $-5 \sim 5$ V。在数模转化方面, 具有 14 位的连续 A/D 转换器; 最大采样速率为 40 Ms/s, 能够保证对上述 3 类有线远传接口信号进行无失真采集。

由于开关闭合等原因, 在信号传输过程中, 易于产生抖动和毛刺。为了获得更加准确的信号特征参数, 需要对信号进行去抖处理, 从而减弱干扰的影响, 提高测试数据的可靠性和准确性。常用的方法有限幅滤波法、中位值滤波、递推平均滤波、加权平均滤波和惯性滤波等, 限幅滤波法(削波法)是当中最简单实用的算法。限幅滤波算法的思想是^[3]: 在相同采样时间间隔内, 认为最大变化量增量的绝对值总是在一定范围内变化, 增量的具体值需要根据实际情况确定。若实际相邻两次采样值均超出此偏差值 Δe , 则表明发生了干扰, 此时就应该忽略掉本次采样值, 并用前一次采样值作为本次采样值; 若小于此偏差值 Δe , 就认为此次采样值有效。

由于限幅滤波算法总是对单一相邻点进行比较, 如果干扰连续出现, 则此时只有干扰的初始点可以滤除, 后续的干扰点则无法滤除。根据上述思想对限幅滤波法进行改进, 即将采样点与前后两个相邻点同时进行比较, 如果偏差均超过标准值, 则为干扰点; 如果偏差均不超过, 则为有效点; 如果偏差只有一个超过标准值, 则需要进一步分析防止干扰连续出现, 具体算法如下所示:

(1) 首先根据具体情况, 确定相邻两次采样之间的偏差值 Δe ;

(2) 依次比较所有数据, 若有 $|x(i) - x(i-1)| > \Delta e$ 且 $|x(i) - x(i+1)| > \Delta e$, 表明 $|x(i)|$ 是无效点; 若有 $|x(i) - x(i-1)| > \Delta e$, $|x(i) - x(i+1)| < \Delta e$ 且 $|x(i) - x(i+2)| > \Delta e$, 表明 $|x(i)|$ 和 $|x(i+1)|$ 都产生干扰;

(3) 若 $|x(i)|$ 是无效点, 则将 $|x(i)|$ 和 $|x(i+1)|$ 的平均值赋给 $|x(i)|$; 若有 $|x(i)|$ 和 $|x(i+1)|$ 都是无效点, 将 $|x(i)|$ 和 $|x(i+1)|$ 的平均值分别赋给 $|x(i)|$ 和 $|x(i+1)|$ 。

以 G. SHDSL 接口信号为例, 如图 2 所示, 上图是未经过处理的接口信号波形, 下图是经过限幅滤波处理之后的接口信号波形。显然经过限幅滤波处理之后, 能够获得更加准确的信号电平值信息。

2.3 信号特征提取

信号特征提取的基本任务, 就是从众多特征之中找出最能够有效反映信号本质的最优特征参量。最优特征参量的提取, 对于后续的分类识别具有重要作用, 是自动识别中的关键环节。

2.3.1 信号峰峰值提取

信号峰峰值指的是信号电平最大峰值和最小峰值的差值^[4]。具体提取步骤如下: 首先, 选一帧波形内任一点作为最

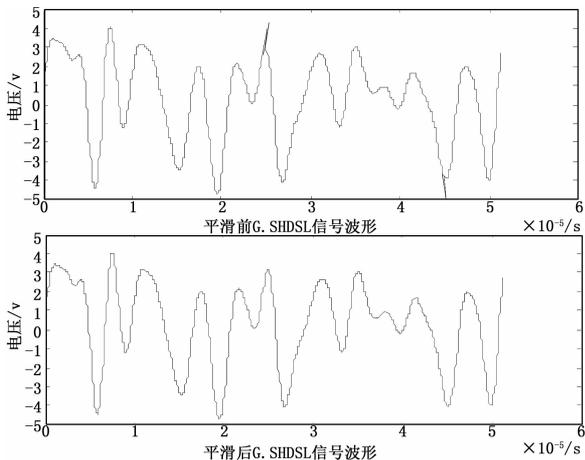


图 2 平滑前后 G. SHDSL 接口信号波形图

大值电压 V_{max} 和最小值电压 V_{min} 的初始值。其次, 利用 V_{max} 和 V_{min} 与一帧波形内其余采样点 V_i 进行依次比较。如果 V_i 大于 V_{max} 时, 将 V_i 值赋给 V_{max} ; 如果 V_i 小于 V_{min} 时, 将 V_i 值赋给 V_{min} , 直至完成与整帧波形所有数据的比较。最后, 将所得的 V_{max} 与 V_{min} 相减求出峰峰值。为提高信号峰峰值的准确性, 重复上述流程, 进行多组帧波形峰峰值提取, 并且取结果的平均值, 即为所得信号峰峰值。峰峰值提取方法流程图如图 3 所示。

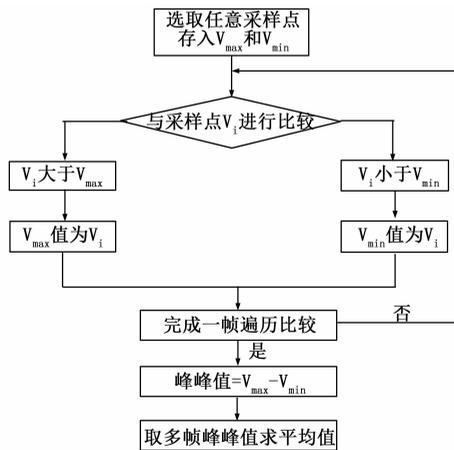


图 3 峰峰值提取方法流程图

2.3.2 信号频带宽度提取

功率谱估计是从频域分析随机信号的一种方法, 利于判断信号占据的频带宽度^[5]。其中, 利用模型进行谱估计是以随机过程的参数模型为基础, 能够基于有限数据从频域内提取出淹没在噪声中的有用信号。当前比较常用的模型谱估计包括: AR 模型、ARMA 模型、MA 模型等。Burg 算法递推过程建立在数据序列基础上, 避开了序列的自相关函数估计。所以, 与自相关法相比具有较好的频率分辨率。其基本思想是直接从观测的数据利用线性预测器的前向和后向预测的总均方误差之和为最小的准则来, 先估计反射系数, 进而通过 Levinson 递推公式求出 AR 模型优化参数, 在谱分辨率方面有着良好的性能。假设观察到的 $x(0), x(1), \dots, x(N-1)$ 个数据, 具体算法实现如下:

①取 $m=1$, 初始化:

$$e_0^f(n) = e_0^b(n) = x(n), n = 0, 1, \dots, N-1$$

$$\delta_{w0}^2 = R(0) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x^2(n)$$

②计算反射系数:

$$\rho_m = \frac{-2 \sum_{n=m}^{N-1} e_{m-1}^f(n) e_{m-1}^b(n-1)}{\sum_{n=m}^{N-1} \{ [e_{m-1}^f(n)]^2 + [e_{m-1}^b(n)]^2 \}}$$

③计算滤波器系数以及预测误差功率:

$$\alpha_m(m) = \rho_m$$

$$\alpha_m(k) = \alpha_{m-1}(k) + \rho_m \alpha_{m-1}(m-k) \quad k = 1, 2, \dots, m-1$$

$$E_m = \delta_{w0}^2 = (1 - \rho_m^2) E_{m-1}$$

④递推高一阶前、后向预测误差:

$$e_m^f(n) = e_{m-1}^f(n) + \rho_m e_{m-1}^b(n-1)$$

$$e_m^b(n) = e_{m-1}^b(n-1) + \rho_m e_{m-1}^f(n)$$

把 m 更新为 $m+1$, 重复②-④直到 δ_p^2 满足要求为止。

以 3 个加入噪声号的正弦信号为例 (频率分别为 40 Hz、100 Hz、300 Hz), 求功率谱估计。如图 4 所示, 可以清晰的观测到, 利用 Burg 算法求解 AR 模型的功率谱估计过程是非常稳定的, 而且具有非常高的分辨率。

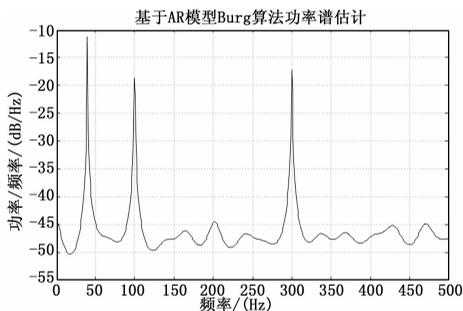


图 4 基于 AR 模型 Burg 算法的功率谱估计图

2.4 接口信号识别

信号识别是依据信号特征的观测值将其分到不同类别中去。决策理论识别是在工程中应用较多的信号识别方法, 其基本思想是通过从原始数据中分析提取的特征参数, 直观或者是间接地统计选择识别方法, 产生判决门限来识别信号。其中, 判决门限的选取对于识别率的影响很大, 是决策理论识别方法的核心^[6]。

根据分析得到信号时域特征峰峰值电压和频域特征频带宽度, 分别设置判决门限, 用于接口的信号识别。接口信号识别流程图如图 5 所示, 其具体步骤为: 首先, 通过提取时域特征峰峰值电压, 与判决门限 V_{ff} 进行比较, 将 HDSL 接口识别出来。K 接口和 G. SHDSL 接口信号标准电压峰峰值分别为 1 V、2 V, 远小于 HDSL 接口信号电压峰峰值 7 V。考虑各种干扰影响, 在实际应用中选取 4.5 V 作为电压判决门限 V_{ff} 。当信号峰峰值大于判决门限 V_{ff} 时, 识别出 HDSL 接口, 小于判决门限 V_{ff} 时, 进入下一轮判决与门限 F 的比较。其次, 通过提取频域特征频带宽度, 与判决门限 F 比较, 区别 K 接口和 G. SHDSL 接口信号。K 接口和 G. SHDSL 接口信号频带宽度

分别为 $[80 \sim 160 \text{ kHz}]$, $[0 \sim 850 \text{ kHz}]$ 。考虑各种干扰影响, 在实际应用中选取 500 kHz 作为频域判决门限 F 。当频带宽度大于频域判决门限 F 时, 判定为 G. SHDSL 接口。当频带宽度小于频域判决门限 F 时, 判定为 K 接口。

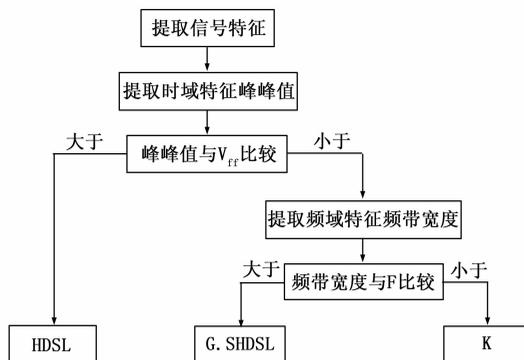


图 5 接口信号识别流程图

3 实验与分析

3.1 实验系统与条件

为了验证本文提出的接口自动识别方法的正确性, 首先, 选取某型指挥信息系统设备的三类远传接口, 利用 PXI-8514 对接口进行信号采集。实验数据仿真在 Matlab7.1 环境中进行, 依次进行时域峰峰值和频域频带宽度提取, 并依据所得特征值进行识别。

3.2 结果与分析

通过对 3 类接口信号进行采集, 并分别进行平滑滤波滤除干扰点, 计算得到其峰峰值结果如表 2 所示。根据接口信号识别流程, 通过提取峰峰值与判决门限 V_{ff} 进行比较, 识别出接口 2 为 HDSL 接口。接口 1 和接口 3 进入下一轮与判决门限 F 的比较。

表 2 接口时域特征峰峰值

类型	接口 1	接口 2	接口 3
峰峰值/V	1.415	7.279	2.362

运用基于 AR 模型的 Burg 算法, 分别对接口 1 和接口 3 的信号进行频带宽度判断, 其功率谱估计曲线如图 6 所示。通过提取频带宽度与判决门限 F 进行比较, 很容易识别出信号 1 是 K 接口信号, 信号 3 是 G. SHDSL 接口信号。

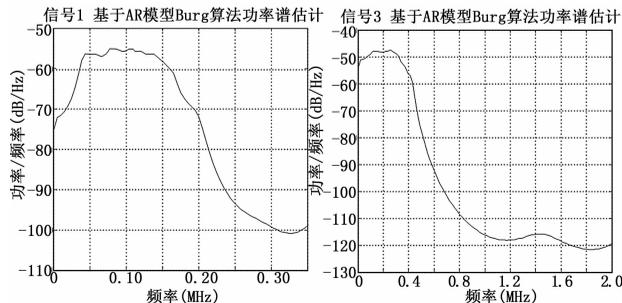


图 6 接口 1 与接口 3 的功率谱估计图

为验证识别方法的通用性, 对 3 种类型 15 个接口进行 150 次测试试验, 测试结果如表 3 所示。

表 3 三类接口测试实验结果

正确识别概率	K	HDSL	G. SHDSL
K	50	0	0
HDSL	0	55	5
G. SHDSL	0	5	35

由表 2 可以看出, 利用本文提出的自动识别方法, 基本上能够有效识别 K、HDSL 和 G. SHDSL 三类接口。其中 K 口识别正确率达到 100%, 可靠性比较高。HDSL 口识别正确率达到 91% 以上, 误识别为 G. SHDSL 接口主要是因为接口阻抗不匹配以及线路衰减导致电平峰值的下降。G. SHDSL 口识别正确率达 87% 以上, 误识别为 HDSL 接口主要是因为测试过程中噪声干扰比较严重, 以及传输速率设置错误导致频带宽度下降。HDSL 口和 G. SHDSL 口信号分别是 2B1Q 编码 (四电平脉冲幅度调制码) 和 16TC-PAM 编码 (十六电平脉冲幅度调制码)。为提高 G. SHDSL 口和 HDSL 口识别的准确性, 下步考虑使用参数均值归一化包络方差 $R^{[7]}$, 利用信号包络变化程度的不同来进一步区分, 确保识别的正确性。

4 结论

本文介绍了一种有线远传接口自动识别方法, 通过对接口特征进行深入分析, 明确了采用限幅滤波法和基于 Burg 算法 AR 模型的谱估计方法, 准确提取信号时域峰峰值和频域频带宽度的特征。通过采用双阈值判决方法, 最终实现了对有线远

(上接第 254 页)

实验 2 分别选择 2、4、6、8 个节点, 对应采用 A、B、C、D 这 4 个数据集计算, 实验结果如图 4 所示。在图中可以看到, 当节点数与数据集的规模同比例增长时, MapReduce 处理数据的水平也基本上保持一致, 这说明了其有良好的扩展性。

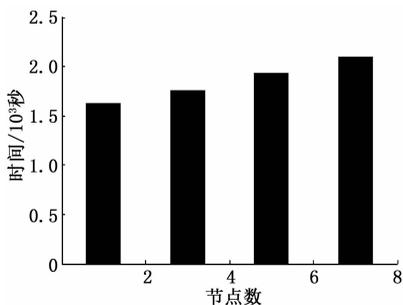


图 4 并行化 ABC_Kmeans 算法的扩展性实验结果图

5 结束语

鉴于基本 K-means 聚类算法过于依赖初始聚类中心, 全局搜索能力较差的原因, 本文将全局搜索能力较好的人工蜂群算法 (ABC) 融入其中, 并改进了人工蜂群算法的初始蜜源, 让 ABC_Kmeans 不再依赖于初始中心。为了提高 ABC_Kmeans 算法的执行效率, 本文将利用 MapReduce 并行化模型实现。实验表明 ABC_Kmeans 并行聚类算法比一般的 K-means 聚类算法, 具有更好的聚类性能和更高的时间效率, 数据量越大, 时间效率的优势越好。随着云计算的兴起, 数据挖

传接口的有效识别。此方法基本上能够实现三类远传接口的识别, 但是接口阻抗不匹配、线路衰减以及速率设置错误会导致识别率出现一定程度的下降, 下一步还会有针对做进一步深入研究。该方法可以同样用于其它类型接口信号的特征提取与分类识别, 为下步有线远传接口的智能测试提供了基础和前提, 可以有效提高有线远距离传输接口的自动化测试水平^[8], 在推广和应用上具有一定的实际价值。

参考文献:

- [1] 邵怀宗, 袁祥荆, 吴颖, 等. 小型化通信电台综合测试系统的设计研究 [J]. 兵工学报, 2009, 30 (10): 1389-1395.
- [2] 梁艳, 梁昔明, 廖力清. 模拟信号调制方式自动识别仿真 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (1): 117-119, 127.
- [3] 韦静涵. 接口检测及时域波形分析软件设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2013.
- [4] 杜挺克, 杨俊峰, 宋克柱, 等. 一种计算数据相关性抖动峰峰值的方法 [J]. 中国科学技术大学学报, 2009, 39 (6): 608-611.
- [5] 罗丰, 段沛沛, 吴顺君. 基于 Burg 算法的短序列谱估计研究 [J]. 西安电子科技大学学报: 自然科学版, 2005, 32 (5): 724-728.
- [6] 黄春琳, 邱玲, 沈振康. 数字调制信号的神经网络识别方法 [J]. 国防科技大学学报, 1999, 21 (2): 58-61.
- [7] AAAAM R M A. Division of amplitude photopolarimeter (DOAP) for the simultaneous measurement of all four Stokes parameters of light [J]. Optica Acta, 1982, 29 (5): 685-689.

掘越演越烈, 其中的聚类算法研究也越来越热烈, 本文的研究仅仅起到抛砖引玉的作用。

参考文献:

- [1] 曹永春, 蔡正琦, 邵亚斌. 基于 K-means 的改进人工蜂群聚类算法 [J]. 计算机应用, 2014, 34 (1): 204-208.
- [2] 管玉勇. K-means 算法与智能算法融合的研究 [D]. 合肥: 安徽大学, 2014.
- [3] 李海生. 蜂群算法及其在垂直 Web 检索中的应用 [D]. 广州: 广州大学, 2010.
- [4] 杨国营. 基于 MapReduce 模型文本分类算法的研究 [D]. 沈阳: 辽宁大学, 2013.
- [5] 虞倩倩, 戴月明, 李晶晶. 基于 MapReduce 的 ACO-K-means 并行聚类算法 [J]. 计算机工程与应用, 2013, 49 (16): 117-121.
- [6] 赵卫中, 马慧芳, 傅燕翔, 等. 基于云计算平台 Hadoop 的并行 k-means 聚类算法设计研究 [J]. 计算机科学, 2011, 38 (10): 166-169.
- [7] 喻金平, 郑杰, 梅宏标. 基于改进人工蜂群算法的 K 均值聚类算法 [J]. 计算机应用, 2014, 34 (4): 1065-1069.
- [8] 张石磊, 武装. 一种基于 Hadoop 云计算平台的聚类算法优化的研究 [J]. 计算机科学, 2012, 39 (10): 115-118.
- [9] 莫赞, 罗世雄, 杨清平, 等. 基于 K-means 算法的改进蚁群聚类算法及其应用 [J]. 系统科学学报, 2012, 20 (3): 91-94.
- [10] 江小平, 李成华, 向文, 等. k-means 聚类算法的 MapReduce 并行化实现 [J]. 华中科技大学学报, 2011, 39 (6): 120-124.