

一种电力线载波路由远程升级方法

陈艳 刘宏立 刘述钢

(湖南大学电气与信息工程学院 长沙 410082)

摘要 提出一种电力线载波路由软管理平台远程升级方法,以实现路由管理平台的安全可靠、低廉成本的远程管理。该方法设计了一套完整的通信协议和升级流程,并提出了避免盲目升级、断点续传、可靠加载维护等机制,已经在实验室和现场通过测试,实现了载波路由平台的远程实时更新,大大降低了维护成本。该方法具有一定的通用性,可以应用于电力线载波通信自动抄表领域由主站、集中器、GPRS模块、载波路由管理平台组成的系统中,可提高载波路由系统的可维护性和可扩展性。

关键词 路由管理平台,实时更新,电力线载波通信,自动抄表,安全,可靠

中图分类号 TP391 **文献标识码** A

Method of Real-time Update for PLC Routing Management Platform

CHEN Yan LIU Hong-li LIU Shu-gang

(Department of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract This paper provided a method for remote update for routing management platform of power line carrier communication. It designs a complete set of communication protocol, and puts forward several mechanisms to assure the update of real-time and efficient. So secure, reliable and low-cost remote management can be achieved. It is generic and can guide practice to deal with the related problems. This described method has been tested at the laboratories and in the fields which can achieve real-time update for routing management platform, save a lot of manpower and material resources, greatly reduce the maintenance costs of L-PLC routing software. It can be applied for Automatic Meter Reading system in low-voltage power line carrier communication, especially for the system which consists of master station, concentrator, GPRS module and routing management platform.

Keywords Routing management platform, Real-time update, L-PLC, AMR, Secure, Reliable

1 引言

低压电力线载波通信是用电信息采集系统中最基本的一种新型通信方式。利用配电网建立数据通道存在不少困难,信号传输衰减大,噪声电平高,耦合阻抗随时会有不可预测的变化,但是由于它不需单独架设线路和维护线路,而且电力公司可以直接控制这些传输设备,不需依靠第三方,可以节省增设通信介质的费用或很多运行费用,因此低压电力线载波通信成为电力企业最受欢迎的通信方式。低压电力线载波通信现已广泛应用于集中抄表,并开始在远程抄表系统、高速电力线载波、智能家居、智能楼宇等领域应用^[1-3]。目前国家正在大力推动智能电网的建设,而低压电力载波通信作为一种解决智能电网中存在的“最后一公里”问题的重要技术手段,在集中抄表领域发挥着越来越大的作用。

电力线载波通信自动抄表系统^[4]由主站、集中器、载波路由管理平台共同组成,但是在对载波路由更新时,主站与集中

器上的路由管理平台是无法直接进行通信的,如果路由管理平台出现任何异常,只能去现场修复,这使得平台的更新升级非常麻烦,而且耗费大量人力物力资源,增加了维护成本。因此,提出一种用于集中器上路由管理平台的远程升级方法,该方法对于载波路由系统的实时更新、保证路由正常工作、提高低压电力线载波通信集中抄表的可靠性具有极其重要的作用。

2 系统简介

2.1 系统架构

电力线载波路由系统都是由主站、集中器、路由管理平台和载波表组成。路由管理平台在集中器上工作,自身没有通讯模块,要实现载波路由的远程升级,需要借助集中器上的本地接口和GPRS通信模块才能实现通信^[5-7]。本文提出的升级方法是基于这个系统提出的,旨在解决以下几个问题:(1)适应当前载波路由系统;(2)设计协议和流程保证更新可靠;

到稿日期:2013-01-11 返修日期:2013-04-08 本文受国家863项目(2011AA05A120),国家自然科学基金项目(61172089),湖南省高等学校科学研究(11C1338)资助。

陈艳(1987-),女,硕士,主要研究方向为电力载波通信、嵌入式系统,E-mail:chenyan_hnu@163.com;刘宏立 男,教授,博士生导师,主要研究方向为通信与网络技术、智能化信息处理;刘述钢 男,博士,主要研究方向为嵌入式软件。

(3)保证文件更新安全高效。该系统数据传输总体方案如图1所示。

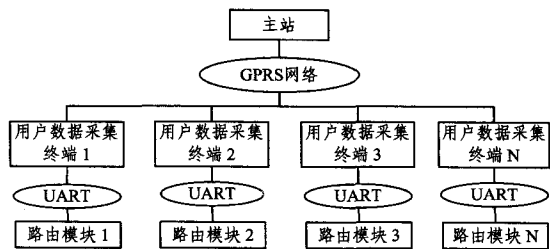


图1 电力线载波路由远程升级系统

路由管理平台分布在各个集中器上,每个集中器都有GPRS模块,其负责监测GPRS网络参数信息。该远程升级系统数据下行传输过程如下:

(1)主站首先按照 Q/GDW 376.1-2009 将升级文件的数据打包,通过 GPRS 等方式传送至集中器;

(2)集中器解析数据,并通过 UART 透明传输至路由软件的应用层,按 Q/GDW 376.2-2009 解析;

(3)路由模块按设计的通信协议解析数据并作相应处理;数据上行时,与上述过程相反。路由模块将对应的报文按照约定的协议组帧,写到 UART 口,集中器在规定时间内将从 UART 接收的报文透明转发给主站进行解析;若超过规定时间,集中器将报文当作超时数据丢弃。

2.2 升级流程

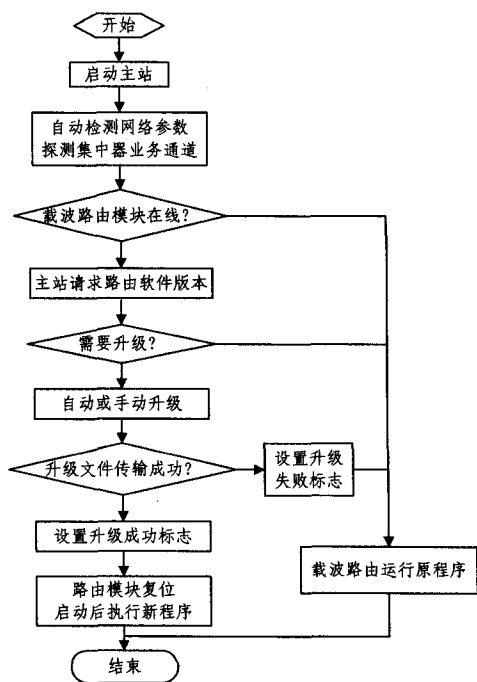


图2 升级流程图

3 升级方法设计

3.1 主站与路由交互流程设计

升级启动后,主站与集中器之间要完成以下步骤:建立网络连接、建立会话、建立文件连接、设置通讯属性、发送数据包、请求升级块信息、关闭文件连接、关闭会话。过程简要描述如下:

(1)请求建立会话:主站产生一个会话号,作为升级标识,维持整个升级会话。

(2)建立文件连接:主站设置升级文件存放的绝对路径等。

(3)请求升级信息:在数据包全部发送完毕或者进入续传模式时,主站主动请求读取掩码信息,以判断升级是否结束,若结束,执行下一个流程;否则,进行断点续传。

(4)设置通讯属性:主站设置每包数据大小,并计算块数目等。

(5)发送数据包:主站将升级文件的数据分包。

(6)关闭文件连接:获取升级结果,对整个升级文件进行循环冗余校验。

(7)关闭会话:清除升级标识,结束升级。

主站与路由交互流程图如图3所示。

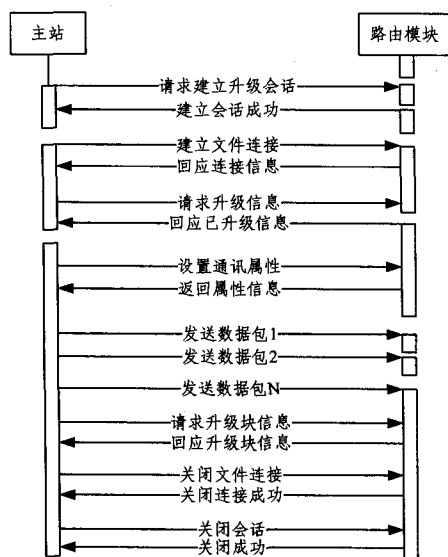


图3 主站与路由升级交互流程图

升级启动后,工作流程如下:

步骤1 启动主站,与路由建立GPRS连接;

步骤2 主站获取路由版本信息,检测是否需要更新升级,如是,启动升级;

步骤3 主站请求建立会话,路由将升级状态切换为非空闲状态,设置会话标志,并给出建立会话应答;

步骤4 主站请求建立文件连接,路由模块保存相应信息并给出文件连接响应;

步骤5 全新升级跳到步骤6执行;若断点续传,主站先请求升级信息,路由给出升级信息响应,数据发送完毕,执行步骤8;

步骤6 主站请求设置通讯属性,设置升级方式,创建文件记录已升级块信息,路由模块给出相应回答;

步骤7 主站发送未传输的数据块,全新升级时主站从第1块数据开始发送;若断点续传,主站先读取块掩码信息,从未传输的数据块开始传送,数据发送完毕,返回步骤5;

步骤8 主站请求关闭连接,校验升级文件,设置升级成功标志,路由给出相应的回答;

步骤9 主站请求关闭会话,清除会话标志;路由给出应答,并复位CPU;

步骤 10 路由模块的加载模块根据是否有升级成功标志加载程序,若有,加载新程序;否则加载原程序;

步骤 11 主站获取路由版本信息,检测新程序启动与否,如是,升级成功;否则升级失败需要重新升级。

3.2 通信帧设计

前导符	长度域	控制域	地址域	数据域	校验域	结束符
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

3.2.1 建立会话帧

主站通过公网的 GPRS 通道发送建立会话帧,集中器收到会话帧以后通过 UART 口将数据透明传输给路由模块。会话帧数据域格式如下所示。

厂商编号	操作码	会话号	升级密码	版本	超时时间
1Byte	1Byte	4Byte	3Byte	1Byte	1Byte

其中厂商编号可自行约定用以区别不同厂家,操作码用以区分不同环节,会话号在路由模块升级过程中必须被设定,作为维持会话的依据,升级密码用来保证数据安全地进行更新,版本号是新程序的版本号,超时时间在会话超时的时候关闭会话。

路由模块解析数据后,通过 UART 口向集中器发送应答帧,集中器将规定时间内收到的数据发送回主站解析。肯定或否定应答帧数据域格式如下所示。

厂商编号	操作码	会话号	对应操作码	结果码
1Byte	1Byte	4Byte	1Byte	1Byte

3.2.2 建立文件连接帧

主站发送建立文件连接帧,响应帧数据域格式同肯定或否定应答。建立文件连接帧的数据域格式如下所示。

厂商编号	操作码	会话号	文件路径	文件名称
1Byte	1Byte	4Byte	64Byte	32Byte

其中厂商编号、操作码、会话号含义同上。文件路径表示新文件在路由模块中的存储路径,长度不足 64BYTE 时高字节补 00H,文件名称是新文件的名称,长度不足 32BYTE 的在高字节补 00H。保留位默认 0x99。

3.2.3 设置通讯属性帧

主站发送设置通讯属性帧,响应帧数据域格式同肯定或否定应答。设置通讯属性帧的数据域格式如下所示。

厂商编号	操作码	会话号	文件大小	传输属性	文件版本
1Byte	1Byte	4Byte	4Byte	2Byte	1Byte

其中厂商编号、操作码、会话号含义同上。传输属性设置块大小和块数目,文件版本表征当前文件信息。传输属性字节格式如下所示。



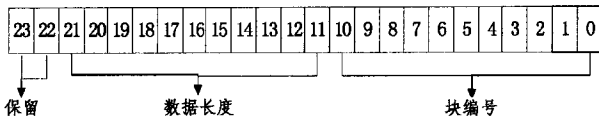
3.2.4 发送数据包帧

主站连续发送数据包,响应帧数据域格式同肯定或否定应答。数据包的数据域格式如下所示。

厂商编号	操作码	会话号	块编号	数据长度	数据	CRC
1Byte	1Byte	4Byte	3Byte	nByte	nByte	1Byte

其中厂商编号、操作码、会话号含义同上。块编号、数据

长度分别表示第 x 个数据包和该数据包的长度,数据为主站分包传送的数据块,采用 CRC-16 检错。块编号、数据长度用两个字节表示,对文件等分割并进行编号。其字节格式如下所示。



3.2.5 请求升级块信息帧

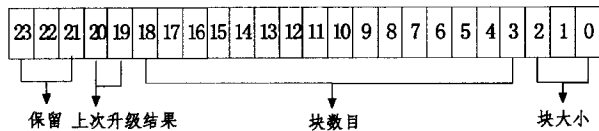
主站发送请求文件块信息帧,其数据域格式如下所示。

厂商编号	操作码	会话号
1Byte	1Byte	4Byte

其响应帧数据域格式如下所示。

厂商编号	操作码	会话号	文件版本	文件大小	升级状态	块掩码
1Byte	1Byte	4Byte	1Byte	4Byte	3Byte	nByte

其中厂商编号、操作码、会话号含义同上。文件版本表示 flash 新写入文件的版本,文件大小以字节为单位表示,升级状态包括上次升级结果、块总数、块大小。已升级的块掩码给已升级的块进行标识,字节由升级状态中块总数来定,其字节数=块总数/8+1。由低字节到高字节,由低位到高位顺序分别来表示第 1 块,第 2 块,第 3 块...第 n 块。升级状态字节格式如下所示。



3.2.6 关闭文件连接帧

主站发送请求关闭文件连接帧,响应帧数据域格式同肯定或否定应答。关闭文件连接帧数据域格式如下所示。

厂商编号	操作码	会话号	升级结果	CRC
1Byte	1Byte	4Byte	1Byte	2Byte

其中厂商编号、操作码、会话号含义同上。升级结果原因用 1 表示成功,0 表示失败。当成功时,1-7 位均为 0,当失败时,1-7 位表示失败原因。当升级成功时,主站对整个升级文件进行 CRC 校验,然后通过 CRC 字段发送给路由模块进行校验。

3.2.7 关闭会话帧

主站发送请求关闭会话帧,响应帧数据域格式同肯定或否定应答。关闭会话帧数据域中厂商编号、操作码、会话号含义同上,格式如下所示。

厂商编号	操作码	会话号
1Byte	1Byte	4Byte

4 安全高效的升级机制

4.1 避免盲目升级机制

为了对各台区路由平台进行管理更新,上位机设置了预先获取路由信息机制。电力线信道具有高噪声、强干扰、高时变的特性,使得各台区的网络拓扑存在差异,不同台区的路由处理机制也不同。通过预先获取信息,可以了解当前路由管

理平台的版本信息和发布日期等,实现针对存在问题的路由平台进行更新,而避免对不需要更新的平台造成干扰。

4.2 断点续传机制

断点续传功能由主站来实现。路由管理平台在远程实时更新过程中,如果出现人工中止升级、供电异常、通讯异常,或者由于路由管理平台出现任务切换、FLASH 读写异常等情况,就会导致平台实时更新时有部分升级文件数据包不能成功写入路由管理平台的 FLASH。可以说,断点续传机制对于路由管理平台的远程更新和维护有着极其重要的作用。其实现方法如下:

(1)主站每发送一个数据包,就对掩码字节进行更新;同时路由管理平台每收到一个数据包,也对掩码字节进行更新。

(2)主站在将全部的数据包发送完毕之后,对掩码进行逐字节逐位的扫描校验。如果检测到任意字节任何一位未置位(比如传输的时候出现丢包,该块编号对应的掩码位就不会被置位),便启动断点续传模式,继续升级。主站将未成功写入 FLASH 的数据包重新发送一次,此时的数据包会带有续传的标志。

(3)路由管理平台的应用程序在数据包中读取续传标识,并进行相关检查,如临时升级文件和记录文件是否存在、数据是否合法、当前文件结构体信息与记录文件当中的文件结构体信息是否匹配等;如果平台此时允许接受续传的数据,则将数据写入 FLASH,并且更新该块编号对应的掩码位。

(4)当所有掩码位均被置位,标志着主站已经从传输中断的地方开始重新传送数据,并将待更新的文件全部分包发送完毕,断点续传得以实现。

4.3 可靠的加载和维护机制

路由管理平台由于供电异常、通讯异常、FLASH 坏死等原因,可能出现文件更新失败的情况。分散加载机制可以选择性地加载应用程序^[8-10],若文件更新成功,加载新程序,反之加载原程序,从而确保路由管理平台能正常工作,提高载波路由系统的可扩展性和可维护性。

该平台采用飞思卡尔 K20 系列芯片作为主控芯片,有 512kB 的片内 FLASH,除去不能编程的固件 BOOT 区,还有 500KB 左右可用空间。将片内 FLASH 进行逻辑分割如下:

0x0000 0000~0x0000 1FFF 作为 BOOT 区,8kB。

0x0000 2000~0x0003 FFFF 作为当前程序执行区,248kB。

0x0004 0000~0x0007 FFFF 作为新程序存储区,248kB。

执行升级流程后,平台通过外部电路进行硬件复位,重新加载时,路由平台的 BOOT 区读取升级结果,然后跳转到相应的人口地址。若升级结果为 1,跳至新程序入口地址;反之,跳至原程序入口地址,以保证路由平台能正常工作。

4.4 提高存储空间利用率和传输效率

主站启动升级后,路由管理平台设置升级标志;升级结束,清除升级标志。路由管理平台根据升级标志启动或退出升级任务,科学使用和释放系统资源可以大大提高系统存储空间利用率^[11]。

另外,该路由管理平台是基于 MQX 操作系统开发的,采用时间片轮转算法进行任务调度,多个任务同时运行时,数据

包发送时间间隔较大,影响升级效率。升级启动后,提高升级任务优先级策略便可提高路由管理平台的数据处理速度,从而提高升级效率。

5 实验结果及分析

5.1 实验室和现场测试

本方法采用威胜公司的升级主站进行测试。采用了一套完整的升级系统,包括低压电力载波通信路由远程升级主站、集中器、GPRS 模块、路由模块。在实验室和现场针对发送错误文件、主站异常退出、终端断电、拔除/插入 GPRS 模块、无异常等情况分别进行多次测试,验证该方法的可靠性和升级效率。测试截图如图 4 所示。

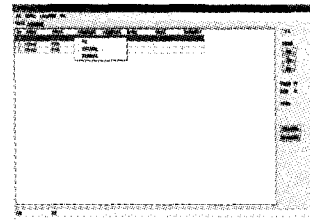


图 4 主站测试

5.2 实验结果及分析

该升级方法能够实现同时对多台设备进行安全升级。实验室及现场测试结果如下所示。

实验场景	模拟状态	次数	实验现象	升级时长	测试结果
发送错误文件	文件错误	50	更新后不启用	约 814s	失败 50 次
主站异常退出	升级中止	50	主站重启后续传	约 824s	成功 50 次
终端断电	供电异常	50	终端上电后续传	约 824s	成功 50 次
拔除/插入 GPRS 模块	通讯异常	50	插入 GPRS 后续传	约 824s	成功 50 次
无异常情况	正常更新	50	正常更新	约 814s	成功 50 次

结束语 本文针对电力线通信领域载波路由系统的实时更新问题,设计了一套完整的协议,并采用断点续传、分散加载等机制保证路由管理平台远程更新安全高效。该升级方法简单实用,应用于由主站、集中器、GPRS 模块、载波路由管理平台组成的系统中,目前已经在飞思卡尔平台上面实现并应用于现场,具有很好的实用价值。而且此远程更新方法可适应当前许多厂家的载波路由系统,具有很强的通用性和工程实践指导意义,可以大大提高载波路由系统的可维护性和可扩展性。

参考文献

- [1] 肖世杰. 构建中国智能电网技术思考[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(9): 1-4
- [2] 谢开, 刘永奇, 朱治中, 等. 面向未来的智能电网[J]. 中国电力, 2008, 41(6): 19-22
- [3] 张勇, 张剑, 吴玉成, 等. 智能电网述评[J]. 科技信息, 2011, (29): 379, 119
- [4] 鲁力, 张波. 嵌入式 TCP/IP 协议的高速电网络数据采集系统[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(2): 405-409
- [5] 张雷. 电力用户用电信息采集系统现状与分析[C]// 中国高等

[6] Li J, Wang J H. Design and research of remote debugger and upgraded system for DSP[J]. Semiconductor Photonics and Technology, 2009, 15(1): 89-93

[7] Dai Zhi-chao, Xiang Ying. Design of Remote Upgrade of Equipment Monitoring System Software[C]//2010 Second International Conference on Information Technology and Computer Science. 2010; 462-465

[8] 何宾, 朱红林. 基于 GPRS 的 DSP 程序远程升级的研究与实现

(上接第 67 页)

献[3,4]中提取的特征值进行对比,以 7 种信号的整体识别正确率为参照,计算机仿真 10 次取平均值,结果如图 5 所示。

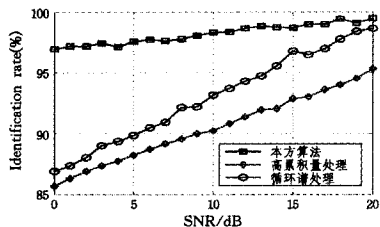


图 5 不同特征提取方法识别率分析

由图 5 可见,稀疏系数表示提取的特征值明显优于其他两种算法,在低信噪比下,其他两种算法的性能大大下降,信噪比为 0dB 时,循环谱处理法识别率为 87%,高阶累积量处理法只有 86%,而本文方法识别率为 97%以上。我们从图中还可以直观地观察到,本文的方法对于高斯白噪声具有很强的抗噪性,其有效性远在传统方法之上,原因在于稀疏性使信号的能量集中在一部分,投影后的数据中噪音减少了,但有用的信息未受影响,将两者各自的优点结合起来,最后得到的特征参数的鲁棒性得到了提高。

结束语 本文针对 7 种常用的数字调制信号进行了仿真,仿真结果表明:利用 K-SVD 算法进行稀疏表示提取的特征值具有更好的特征均值和方差,提高了识别的正确率,充分说明新算法有一定的有效性。但是该算法也有一定的局限性,即该算法在求解稀疏系数时,现有的求解方法计算量庞大而使得算法性能下降,寻找一个性能更好的求解最小范数的优化算法也是今后研究的方向之一。随着稀疏表示研究的深入,越来越多的学者加入到这一新兴方向的研究队伍中,新算法也层出不穷,相信以上问题以后会得到解决。

参考文献

[1] Dobre O A, Abdi A, Bar-Ness Y, et al. Blind modulation classification: a concept whose time has come[C]//IEEE Sarnoff Symposium. 2005; 223-228

[2] Hassan K, Dayoub I, Hamouda W. Automatic modulation recognition using wavelet transform and neural network[C]//Pro-

[9] 姜晓梅, 李祥和, 任朝荣, 等. 基于 ARM 的 IAP 在线及远程升级技术[J]. 计算机应用, 2008, 28(2): 519-521

[10] 邱杰凡, 李栋, 石海龙, 等. EasiCache: 一种基于缓存机制的低开销传感器网络代码更新方法[J]. 计算机学报, 2012, 35(3): 555-567

[11] Thanh T, Nam P N, Vu T H, et al. A framework for secure remote updating of bitstream on runtime reconfigurable embedded platforms[C]//2012 Fourth International Conference on Communications and Electronics. 2012; 471-476

ceedings of the 9th International Conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications. 2009; 234-238

[3] 吕新正, 魏平, 肖先赐. 利用高阶累积量实现数字调制信号的自动识别[J]. 电子对抗技术, 2004, 19(6): 3-6

[4] 郭黎利, 齐琳, 王东凯. 软件无线电中基于谱相关理论的调制模式识别技术[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2004, 125(6): 799-802

[5] 吕铁军, 郭双冰, 肖先赐. 调制信号的分形特征研究[J]. 中国科学(E 辑), 2001, 31(6): 508-513

[6] 王建新, 宋辉. 基于星座图的数字调制方式识别[J]. 通信学报, 2004, 25(6): 166-173

[7] Chen J Z, Grigorieff N. SIGNATURE: a single-particle selection system for molecular electron microscopy[J]. J. Struct. Biol. 2007, 157(1): 168-173

[8] David W, Ben H, Erickson G. The Laplacian of Gaussian and arbitrary z-crossings approach applied to automated single particle reconstruction[J]. Journal of Structural Biology, 2007, 159(1): 122-134

[9] 杨荣根, 任明武, 杨静宇. 基于稀疏表示的人脸识别方法[J]. 计算机科学, 2010, 37(9): 267-278

[10] Batu O, Cetin M. Parameter Selection in Sparse-driven SAR I-magine[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2011, 47(4): 3040-3050

[11] 冯燕, 何明一, 宋江红. 基于独立成分分析的高光谱图像数据降维及压缩[J]. 电子与信息学报, 2007, 29(12): 2871-2875

[12] Aharon M, Elad M, Bruckstein A. K-SVD: an algorithm for designing overcomplete dictionaries for sparse representation[J]. IEEE Trans. On Signal Processing, 2006, 54(11): 4311-4322

[13] 余丰, 奚吉, 赵力, 等. 基于 CS 与 K-SVD 的欠定盲源分离稀疏分量分析[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2011, 41(6): 1127-1131

[14] Zhou G, Yang Z, Wu Z, et al. Non-orthogonal joint diagonalization with diagonal constraints[J]. Progress in Natural Science, 2008, 18(6): 735-739

[15] 何晓琴, 白勇, 冉启阳. 基于支持向量机的 Freegate 软件流量检测研究[J]. 计算机科学, 2012, 39(11): 89-90

[16] 张翔, 田金文, 肖晓玲, 等. 支持向量机及其在医学图像分类中的应用[J]. 信号处理, 2004, 20(2): 208-212