

基于嵌入式Web Server的PLC物理层参数监测系统设计实现

为了实现对电力线载波（Power Line Communication, PLC）关键技术的自主研发，基于ARM架构搭建了一套完整的点对点PLC通信系统，物理层依托嵌入式ARM、FPGA和DSP等硬件模块实现对关键技术的自主开发，但是针对PLC物理层参数的实时监控需求，提出了一种基于Apache和CGI的嵌入式Web服务器的思想。客户端通过HTTP协议可以实时请求数据，对于大量数据采用基于PHP的JpGraph开源库进行图形化处理以及实时展示，为系统的监测与控制提供了方便。同时，使用嵌入式数据库SQLite作为系统的数据存储与共享工具，为第三方软件的使用与二次开发等提供了开放性接口。

赵勇 李建岐 陶锋 赵涛/国网智能电网研究院



赵勇/工程师

0 引言

电力线载波（Power Line Communication, PLC）技术作为电网特有的通信方式，具有天然的网络通道资源和应用的便利性。随着智能电网业务多样化的新需求，许多新的技术，如跨频带技术、频率认知及频谱聚合等不断涌现，推动了PLC技术的不断发展，在PLC网络中，物理层（Physical Layer, PHY）技术是影响通信质量的首要因素，因此，为了满足对PHY各项性能参数及指标的实时监控与管理，有必要研发PLC技术PHY监测系统。

PLC通信核心技术验证平台（UTS）是对物理层关键技术进行实验室以及现

场验证的硬件载体，其硬件架构采用现场可编程门阵列（Field Programmable Gate Array, FPGA）、数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）和嵌入式处理器ARM为核心元件搭建。通过软硬件编程对PLC核心技术进行实现，具有较强的灵活性，针对平台对PHY参数的实时获取和监控的需求，本文提出了基于Apache HTTPD和通用网关接口（Common Gateway Interface, CGI）的嵌入式Web服务器，搭建基于B/S的通信架构，客户端主机通过HTTP协议实现与Web服务器的信息交互。

在对PHY参数监测的过程中，通常会产生和处理大量的动态数据，而对数据的存取一般采取两种方式：基于文件方式和基于数据库方式。基于文件方式来存取数据有以下缺点：①增加了开发的难度与代价；②数据共享性差；③独立性、语义性及移植性差，从而使得软件的重用性差。而基于数据库方式的数据存取可以通过事务进行调度与并发控制，可有效地对数据进行存取、查询、删除和修改等操作，提高系统的开发效率和系统的可移植性。PHY参数检测系统采用SQLite数据库。SQLite作为一款专为嵌入式打造的轻量级数据库，具有如下的众多优点：①独立性，SQLite数据库的核心引擎不需要依赖第三方软件，也不需要所谓的“安装”；②开放性。任何人可自由获得和使用SQLite，包括其源码。③非服务式。多数SQL数据库是以服务的形式实现的，这要求客户程序必须通过某种中间接口来连接数据库。

关键词/Keywords

PLC ·
嵌入式Web Server ·
物理层 ·
CGI ·
SQLite ·
JpGraph ·

与此相反, SQLite 直接访问数据库文件本身, 没有任何中间媒介。

1 系统架构

PLC PHY性能监测系统的整个架构体系如图1所示, PLC核心技术验证平台(UTS)分为主站节点与从站节点, 每个主站节点可以连接多个从站进行通信, 每个UTS平台上通过运行PHY监测软件, 与之连接的客户端便可以通过Web浏览器实时地获取UTS PHY的各类性能参数, 包括PHY通信的误码率、丢包率、最大通信速率、时域或频域噪声、接收功率和信噪比等参数。除此之外, 客户端还可以对PHY参数进行配置, 例如发射功率、调制方式、发射频点及带宽等。

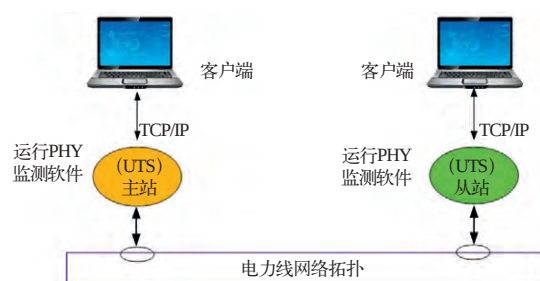


图1 电力线载波通信点对点拓扑图

1.1 系统硬件架构

系统整个硬件架构由UTS(通用试验系统)单元组成, 每个UTS单元可以配置成主站或节点。基于系统的设计目标与原则, 针对PLC系统的特点, UTS单元的硬件总体架构如图2所示。

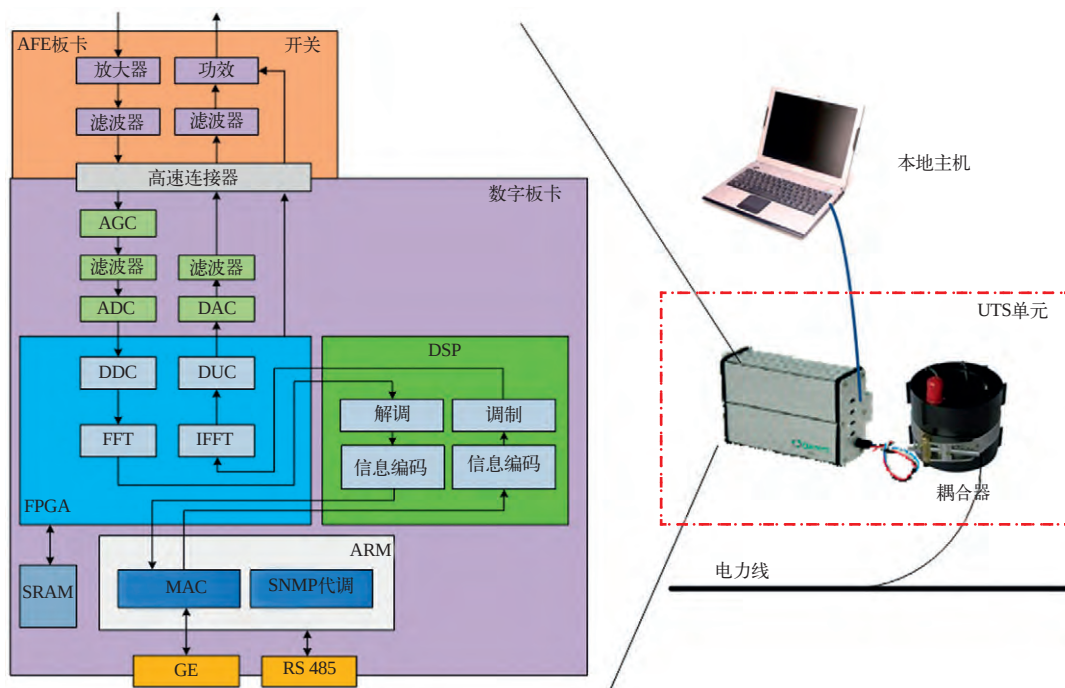


图2 系统硬件架构图

UTS单元由UTS数字板卡与UTS模拟前端组成。其中UTS模拟前端包括模拟前端板卡和耦合器, 耦合器负责将电力线上的载波信号耦合至低压, 模拟前端板卡负责对模拟信号进行放大、滤波等处理。UTS数字板卡负责信号的D-A与A-D转换、数字信号的中频与基带处理以及MAC协议处理。

ARM是UTS平台的操作系统, 可以通过ARM

实现各种应用程序的安装与嵌入, 实现与底层FPGA、DSP等单元模块的通信。在ARM架构上安装嵌入式Web服务器, 即可实现与客户端进行通信。

1.2 系统软件架构

PHY监测系统应用于计算机系统的应用层, 用于实时展示系统PHY各项性能指标。整个系统的层次结构如图3所示。

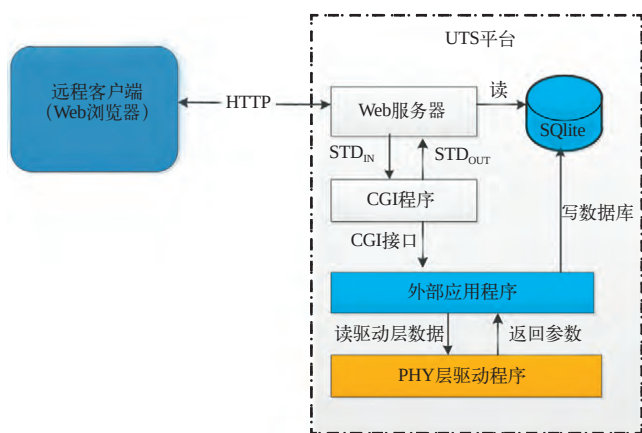


图3 PHY性能分析软件层次结构图

如图3所示，本系统是基于Web的开发，远程客户端通过浏览器下达请求给Web服务器，Web服务器根据请求执行特定的操作，最后向用户返回响应值。Web服务器通过CGI通用网关接口与CGI程序进行数据交互，通过编写特定的CGI程序完成向底层数据的交互功能。另外，Web服务器根据用户请求向数据库查询数据，并向浏览器返回特定的页面。Web服务器也可以将底层提供的数据插入数据库中。

2 嵌入式Web服务器的设计与实现

2.1 Web页面设计

Web页面是实现人机交互的关键，图4为Web页面设计架构图，系统分为系统状态、系统参数配置、PHY性能展示与系统管理四个模块，其中系统状态主要展示系统的软硬件版本信息，当前节点的基本信息，包括节点类型、运行模式、工作带宽、工作频率、调制方式、PHY理论及实际速率、丢包率、误码率和系统参数配置主要对系统基本参数以及发射端参数进行配置；PHY性能展示主要对PHY各项性能参数通过图形化展示；系统管理包括对用户密码方面的管理。

2.2 编写CGI程序实现与PHY数据的交互

CGI是一个外部应用与信息服务器(如HTTP或Web服务器)之间的标准接口。CGI是Web服务器与外部应用程序之间的窗口，当客户端的用户向Web服务器发出HTTP请求(称为CGI请求)，客户向服务器的请求只要属于CGI范围，就启动Web服务器的一个CGI程序。它的任务是把客户的请求从环

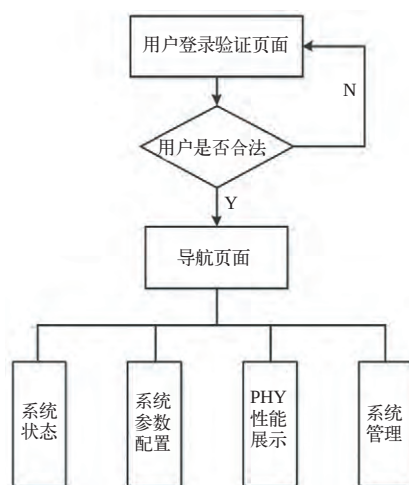


图4 PLC PHY监测系统示意图

境变量和标准输入STD_{IN}中取出，并进行相应的加工处理。待处理结束后，由CGI程序通过标准输出决定如何对客户的请求做出应答，将处理结果以HTML格式回送到客户端浏览器。

CGI定义的接口规范，包括环境变量、标准输入和标准输出三部分。环境变量是Web服务器与CGI程序进行数据传递的途径，定义了CGI程序的运行环境。Web服务器为CGI程序设置的环境变量主要有：REQUEST_METHOD(定义Web服务器向CGI程序传递数据所采用的方法)、QUERY_STRING(Web服务器向CGI程序传递的数据)、CONTENT_LENGTH(向CGI程序传递的数据长度)和REMOTE_HOST(浏览器所在机器的域名)等。

标准输入STD_{IN}是指CGI程序获取Web服务器信息的一种规范。通常，CGI程序可以通过以下两种调用方式来获取客户请求的内容：①通过URL直接调用；②通过交互式Form来调用。使用交互式Form向CGI接口提交数据有两种模式：GET和POST。选择何种模式取决于环境变量REQUEST_METHOD的值。

标准输出STD_{OUT}是CGI的输出方式，是指CGI程序处理结束后将结果(应答信息)送给Web服务器的一种方式。应答信息由应答头和应答数据两部分组成，应答头信息指定了输出给Web服务器数据类型。

2.3 基于JpGraph的图形绘制

JpGraph是开源的PHP统计图表生成库，基于

PHP的GD2图形库构建,把生成统计图的相关操作封装,隐藏了部分复杂的操作,使在PHP页面上输出统计图表变得更加容易。JpGraph能根据用户的需要绘制任意图形。只需要提供数据,就能自动调用绘图函数的过程,把处理的数据输入自动绘制。JpGraph提供了多种方法创建各种统计图,包括折线图、柱形图和饼形图等。它完全使用PHP语言编写的类库,并可以应用在任何PHP环境中。

本系统采用JpGraph库完成对PHY各类参数的图形化绘制,便于对数据的直观认识。图5为本系统中对信噪比参数的曲线绘制图。

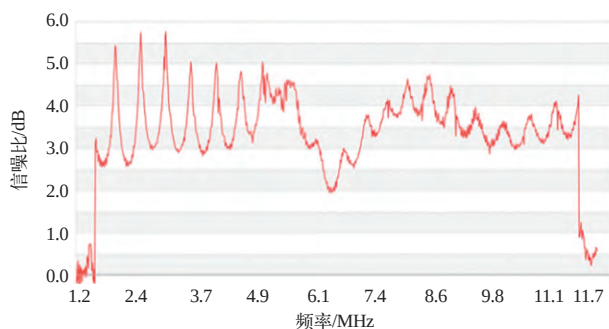


图5 信噪比曲线图

3 PLC PHY参数监测系统测试实例

以本系统中对物理层时域噪声的请求为例,Web浏览器通过HTTP的表单请求<form name="form1"action=" ../.. /cgi-bin/TD_noise.cgi" method="get">,向服务器请求访问TD_noise.cgi程序,服务器收到该请求后通过CGI接口向Td_noise.cgi程序传递标准输入(STD_{IN})参数,CGI程序收到标准输入后启动相关的处理机制实现与外部应用程序的交互,请求外部应用程序向底层驱动获取物理层时域噪声参数,外部应用程序调用Linux系统的标准Read函数与Linux的底层驱动进行数据交互,底层驱动将获取的时域噪声实时地向返回外部应用程序,外部应用程序将数据存入数据库,CGI定向实现网页跳转,跳转的网页即可向更新的数据库获取最新的PHY时域噪声参数,并通过JpGraph库绘制时域噪声曲线图,如图6所示。

4 结束语

本文针对PLC设备对PHY参数的监测需求,提出了一种基于Apache和CGI的嵌入式Web服务器

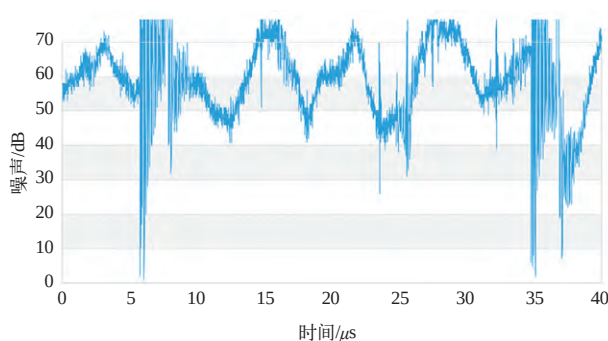


图6 时域噪声曲线图

架构。为了实现与系统底层驱动的交互,编写了外部应用程序,一方面用于与CGI程序进行通信,另一方面与底层驱动进行数据交互,以及向数据库写入数据。采用上述解决方案,为设备的使用与系统调试提供了极大方便,同时使用基于数据库的数据存储与共享,为系统第三方软件与二次开发等提供了开放性接口。

参考文献

- [1] 杨冰,陶锋,褚广斌,等.基于USRP的电力线载波技术验证平台设计与实现[J].电测与仪表,2014,51(12).
- [2] 王宝忠,马成.基于CGI技术的嵌入式动态Web的研究与实现[J].电子设计工程,2012,20(18).
- [3] 刘琼,马海波,姜薇.SQLite在嵌入式Web服务器中的应用研究[J].微计算机信息,2010,26(3-2).
- [4] 黄涛,李彤,高嵩岩.嵌入式Web Server在电能质量数据采集终端中的应用[J].计算机系统应用,2011(1).
- [5] 李波,关沫.一种基于ARM的嵌入式Web服务器的研究与实现[J].计算机技术与发展,2013(7).

(收稿日期:2015-05-15) EA

作者简介

赵勇(1989.3-),男,工学硕士,工程师,主要研究方向为电力通信及其应用技术等。

李建岐(1969.1-),男,高级工程师,主要研究方向为电力线通信等。