

基于 WIFI/GPRS 的嵌入式 Internet^①

王晓华, 李 萍

(西安工程大学 电子信息学院, 西安 710048)

摘 要: 针对物联网系统中移动硬件设备接入 Internet 困难的问题, 设计了一种将嵌入式软硬件技术和 WIFI/GPRS 无线通信技术相结合嵌入式 Internet 系统, 通过 WIFI 模块构建自组网络、通过 GPRS 模块实现 sink 节点入网和远距离数据传输. 该系统解决了跨网络视频数据传输的问题, 同时也解决了无线专用网络投资大、维护困难的问题.

关键词: 嵌入式 Internet; ARM-Linux; WIFI 技术; GPRS 技术; 物联网

Embedded Internet System Based on WIFI/GPRS

WANG Xiao-Hua, LI Ping

(College of Electronic and Information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: Aiming to solve the puzzle of the mobile equipment connecting to the Internet, an embedded Internet system, which combines the embedded technology and WIFI/GPRS wireless communication technology and achieves the goals of the far-distance communication and the sink node access network with the help of the WIFI and GPRS module, has been designed. The problems, occurring in the process of the video data communication, have been resolved. Meanwhile, the difficult problem of the investment and maintenance the wireless private network has also been settled.

Key words: embedded internet; ARM-Linux; WIFI technology; GPRS technology; the Internet of things

传统物联网中传感网络中网络互连, 文献[1]使用 WIFI 无线控制器, 通过 WIFI 热点接入互联网, 但该方法受限于有限的 WIFI 热点覆盖区域; 文献[2]使用 ZigBee 模块与嵌入式设备通过 SPI 总线相接, 用于无线节点间数字类信息的传输和控制, 但是 ZigBee 技术传输速率低, 对于图片、视频等监控数据的高速传输并不合适, 容易造成传输多媒体信息时存在网络吞吐量低、延时、丢包率较高, 接收到的画面质量较差等问题; 通用分组无线业务(general packet radio service,即 GPRS)是在现有 GSM 系统上发展起来的一种承载业务, 为 GSM 用户提供分组形式的数据业务^[3], 文献[4]在每个硬件传输硬件设备都是通过配备一个 GSM/GPRS 或 CDMA 数据模块接入网络, 用于电能表数据的传输, 这样不仅设备部署成本高, 而且需要大量的运输商的号码资源, 无形中增加了网络运营的负担, 有可能对正常的语音和数据服务造成影响.

GPRS 的使用费用低廉, 按流量收费, 即使用户一直在线, 若不进行传输数据, 不会产生使用费用, 资费也合理^[5]; 而 WIFI 可移动性强、价格低廉、速率高等特点, 使得它被定为高速有线接入网络的补充, 在有线网络不便接入的领域如临时会场等场所赢得了一席之地. 因此, 通过将 WIFI 组网技术和 GPRS 入网方案^[6]相结合, 可以弥补传统物联网自身数据传输速率不足和无法接入 Internet 的缺陷. 进入 21 世纪后, 一个全方位嵌入式系统应用的时期即将到来^[7]. 嵌入式 Internet 技术解决了物联网系统中硬件设备入网问题, 从而也扩展了 Internet 的覆盖范围.

本文采用短距离传输的 WIFI 接入技术和可以应用在长距离传输中的 GPRS 接入技术相结合的方法在 ARM-Linux 平台上完成嵌入式 Internet 系统的设计, 实现了物联网中移动硬件设备互联、设备通信, 有线与无线无缝融合等功能.

① 收稿时间:2013-06-21;收到修改稿时间:2013-07-15

1 嵌入式Internet关键技术研究

GPRS 是在现有 GSM 系统上发展起来的一种承载业务,为 GSM 用户提供分组形式的数据业务^[8].它允许每个用户可同时使用多个无线信道同一个无线信道也可以被多个用户共享,可有效的利用信道资源,理论带宽最高可达 171.2KB/s. GPRS 基于 IP 协议,可以方便的实现和外网的无缝连接,具有网络接入速度快、通信质量稳定可靠、费用低等优点,非常适合突发、少量、频繁数据应用业务,能高效利用信道资源.因此, GPRS 可应用实时性高、数据量较大的远程数据检测和数据传输.

本系统采用的 GPRS 模块为华为的无线网络模块 GTM900-C,通过 GPRS 模块接入互联网的方法和通过有线 Modem 拨号上网方法类似,通过串口发送 AT 指令到 GPRS 无线网络模块上,无线模块会对接收到的指令做出响应并向串口返回结果码.

这里通过 GPRS 模块内置的 TCP/IP 协议栈接入网络,需要用到的 AT 指令如下: (1)利用 AT 测试 GPRS modem 是否就绪(即与 ARM 开发板是否正常连接),如果就绪就返回 OK. (2)AT+CREG? 查询网络是否注册,如果已经注册,返回“+CREG:0, 1”或“+CREG:0, 5”,分别表示已注册本地网络和已注册漫游. (3)ATE0 用于关闭回显,成功返回 OK. (4)AT%TSIM 测试 SIM 卡是否在位,若 GPRS 模块已经插入 SIM 卡,返回 OK. (5)AT+CGCLASS="B",设置模块的工作模式,如果正常,返回 OK. (6)AT+CGDCONT=1, "IP", "CMNET", 设置模块的 APN, 这里使用移动网络,需要 SIM 卡开通 GPRS 功能,设置成功返回 OK. (7)AT+CSQ 测试信号的质量,如果信号值在 2~99 之间说明信号强度很好,可以继续模块的设置. (8)AT%IOMODE=0,2,0 设置数据传输格式(对输入输出数据不进行编码),并使用接收缓存. (9)AT%ETCPIP 激活 PDP 上下文,成功,返回 OK. (10)AT%ETCPIP? 查看 GPRS 模块由移动网络动态分配的 IP,成功,返回移动网络动态分配的 IP. (11)使用 AT%IPLISTEN="TCP",8080 开启模块的 TCP 服务器功能,并设置服务器端口号为 8080,成功,返回 OK. (12)AT%IPLISTEN? 查询服务器的状态,主要是用于查询是否有上位机发出建立连接请求,并成功建立连接,若成功,返回 connect. 通过以上的成功操作后, GPRS modem 成功地与远程服务器建立了连接,进入数据通讯状态.

2 嵌入式Internet系统设计与实现

典型的物联网应用体系架构如图 1 所示,主要分为 3 级,由上到下依次为应用层、传输层和感知层. 嵌入式 Internet 位于传输层.

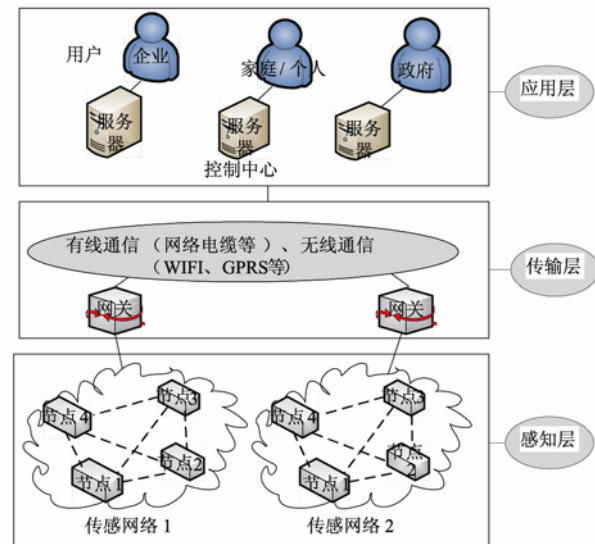


图 1 典型的嵌入式 Internet 网关应用体系架构

其中,感知层主要由多个传感网络组成,每个传感网络都是由许多个在空间上分布的传感节点等数据采集设备组成的一种无线自组织网络,以便于协作监控不同位置的物理或环境状况;传输层主要解决感知层所获取的数据在一定范围内的数据传输问题(通常解决的是长距离数据传输问题);应用层主要解决传输层传输而来的信息数据的处理,并通过各种设备为各类用户提供服务的目的,是物联网发展的目的.

本系统采用硬件和软件组合的设计方法,主要完成物联网中嵌入式 Internet 系统的设计和实现.该系统作为互联网与传感网络间的桥梁,应该能够完成数据的正确转发功能、协议转换和管理控制功能.具体指:应该确保能够正确接收传感网络、互联网端发送的数据,并正确的向上述网络发送对应的数据;同时,这里的传感网络采用 IEEE 802.11/WIFI 协议进行通信,而互联网网络采用 TCP/IP 协议进行通信,因此,该系统与传感节点通过 WIFI 协议进行数据通信,向上通过 2G/3G 等方式接入移动网络与上位机交互;还应该能够对传感节点进行部分管理和控制功能.

2.1 嵌入式 Internet 系统的硬件设计

嵌入式 Internet 系统由 ARM 处理器、sink 节点和 GPRS 无线通信三大模块组成,具体由嵌入式 ARM 微

处理器、WIFI 通信模块、GPRS 无线通信模块及外围部件组成。

嵌入式 Internet 系统采用 ARM11 架构 32 位 RISC 处理器，处理器和存储器芯片分别采用 S3C6410JZF-S 667MHz CPU 和 2G nand Flash. 感知节点均采用 ARM11、RT3070 作为处理器、无线通信模块和数据采集模块，实现了传感网络子节点间数据的传输，如图 2 所示. GPRS 采用 GTM900-C 作为无线通信模块，充当传感网络与物理世界间的桥梁. 传感节点采集的数据发送给 sink 节点，再由 sink 节点处理后，将需要发送的数据通过异步串行通信接口 UART 发送给 GPRS 模块，再由该 GPRS 模块发送给服务器。

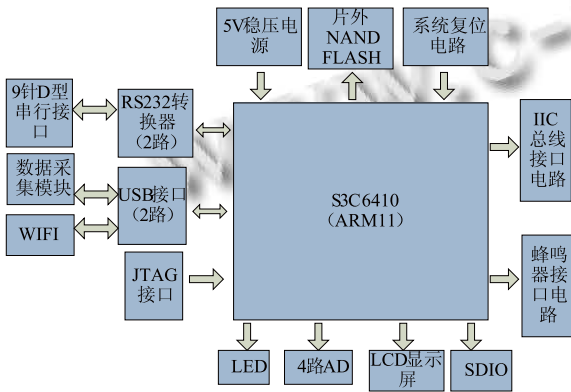


图 2 传感节点组成方框图

因感知节点中数据采集模块可以有多种实现方法，这里不再详细介绍。

该嵌入式 Internet 通过与之相接的 WIFI 模块，接收传感节点采集的数据，存储到 SD 卡中；显示部分采

用 4.3 寸 LCD 触摸屏，用于显示来自传感网络节点的数据，并允许与用户进行交互；GPRS 使用串行口 UART1 与监控终端设备(这里 ARM 开发板)连接，GPRS 采用华为公司的一款 GTM900C 模块，该模块支持 900MHz/1800MHz 双频自动选择，内置 TCP/IP 协议栈，借助该模块可将该监控终端接收到的数据传输给控制中心的服务器进行相应的处理. 嵌入式 Internet 系统硬件框架图如图 3 所示。

其中：

(1) CPU 对 GPRS 的控制主要是通过串行口 UART1 发送 AT 命令实现. 同时，在该系统设计中，还可以通过 GPRS 模块上的电源开关，对 GPRS 进行硬件复位，以防意外情况下的不可恢复性死机。

(2) CPU 对 WIFI 模块的控制主要是通用串行总线 USB0 进行，首先初始化无线网卡(使用 bash shell 脚本命令完成关闭以太网、打开无线网络、无线网卡工作模式及 IP 地址配置等)，与传感网络节点 1、传感网络节点 2 构建自组网络；主要通过该 Ad-hoc 网络接收来自两个传感网络节点的图片数据。

(3) CPU 对系统的整体控制主要包括：首先，CPU 完成对 WIFI、GPRS 及外围接口的初始化工作；其次，CPU 通过串行口 UART1 对 GPRS 进行操作，与服务器建立起 TCP 连接，并监听 UART1 端口；然后，在保证与服务器之间的 TCP 连接正常前提下，实现与服务器之间的数据交互控制；然与此同时，该监控终端可以通过已经搭建起来的自组网络接收来自传感节点 1 和 2 的数据并在 LCD 显示，可实现与用户交互控制。

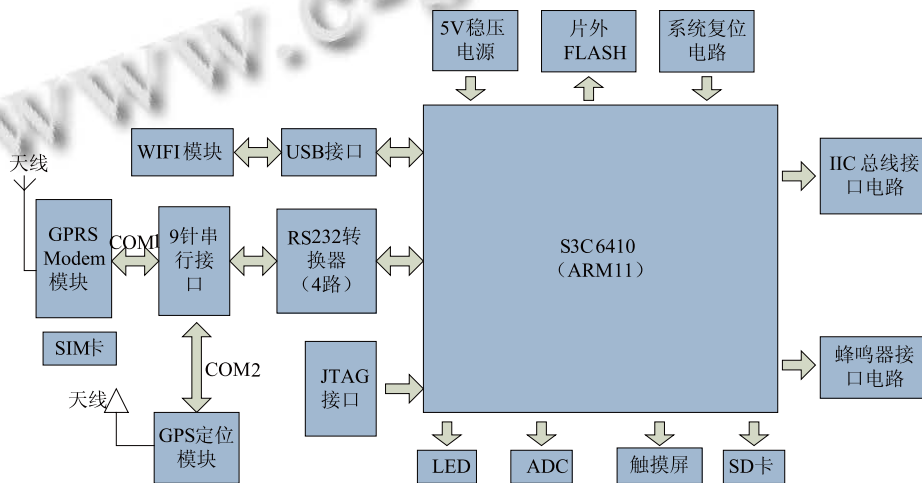


图 3 嵌入式 Internet 硬件设计框架图

2.2 嵌入式 Internet 系统软件设计

嵌入式 Internet 网关系统软件由两部分组成, 一部分为位于核心板为控制器中的嵌入式操作系统—Linux 操作系统, 整个核心板硬件由 Linux 来调度完成各项功能; 另一部分为位于嵌入式 Internet 网关管理平台上的用户软件, 在这里实现接入 Internet, 并向远程服务器上传节点的数据的功能。

2.2.1 嵌入式 Linux 操作系统的移植

本文采用了目前比较稳定的一款 Linux 内核版本—Linux2.6.36. 利用 Busybox1.15.2 来制作 linux2.6.36 所需要的 cramfs 和 yaffs2 根文件系统. 在 PC 机的开发环境下, 对 linux2.6 内核进行配置, 添加了与 S3C6410 相关的架构文件、平台文件, 触摸屏模块, 添加了 RT3070 无线网卡配置等. 然后, 利用交叉编译工具链 arm-linux-gcc4.3.2 重新编译, 并将生成的镜像 zImage 移植到 ARM 平台上, 并利用文件挂载的方法, 挂载自启动根文件系统 yaffs2 根文件系统. 实验表明, 裁剪后的 Linux 在硬件平台上运行良好。

2.2.2 USB WIFI 驱动移植

Linux2.6.36 操作系统提供了对 USB 接口的驱动, 为了实现无线通信模块的通信功能, 需要系统能够正常识别到 RT3070 USB WIFI 模块并能够正常被调用. 因此, 就要在 Linux 操作系统下完成驱动配置, 移植和动态加载。

2.2.3 传感网络节点应用程序设计

传感网络节点与 sink 节点搭建自组网络的时候, 依据 TCP 协议, 节点 1 和节点 2 都充当了客户机的功能, sink 节点负责接收节点 1、2 采集的数据. 在软件设计过程中, 首先创建客户机 socket(), 并主动向监控终端请求建立连接, 如果建立连接成功, 初始化通过 USB1 与

之相接的数据采集设备, 然后采集数据, 并将采集到的数据通过 WIFI 模块发送给监控终端, 并检测数据是否发送成功, 发送成功, 则清空发送缓冲区, 延时 300ms 后再采集一次新的数据, 其工作流程如图 4 中所示。

2.2.4 嵌入式 Internet 应用程序设计

监控终端应用程序基于 Qt4.4.3 库进行界面开发, 由于 GPRS 模块在 TCP 服务器建立过程中不允许被打断, 这里使用了 Linux 内核线程创建和调度策略. 在主线程中利用 pthread_create() 创建了两个新的对等线程 func() 和 GPRSServer(), 线程调度策略分别为分时调度策略和实时调度策略, 具体流程图如图 5、图 6、图 7 所示。

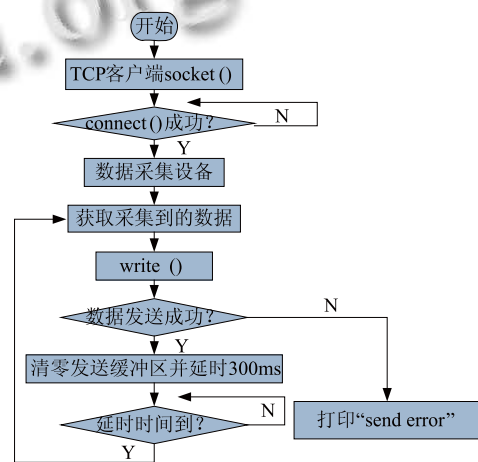


图 4 传感节点软件流程图

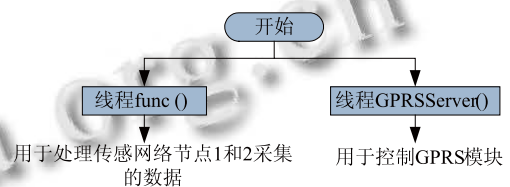


图 5 监控终端主流程图

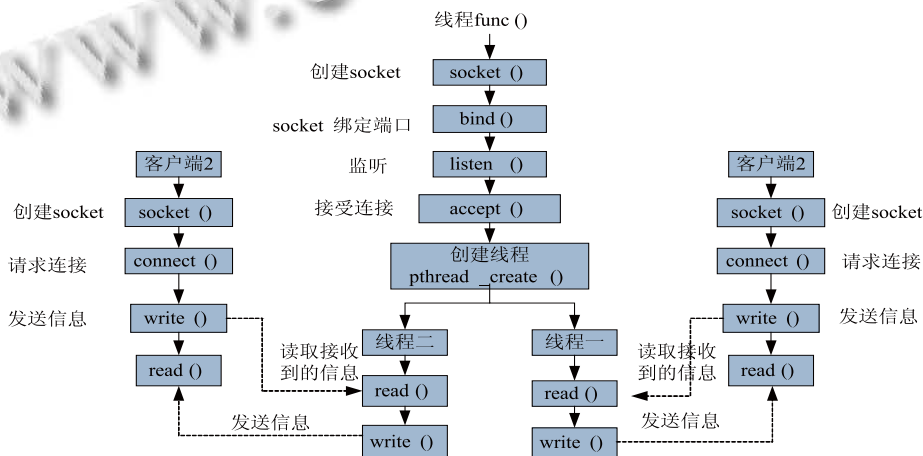


图 6 线程 func()函数实现流程图

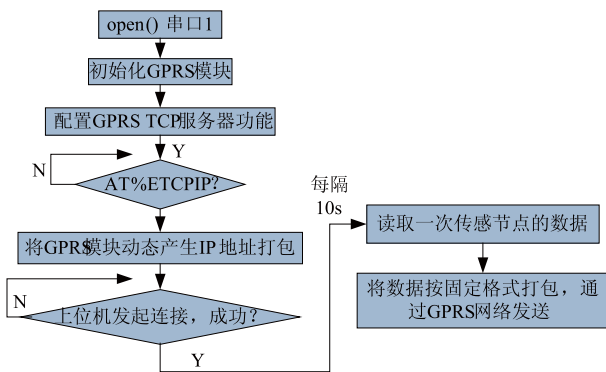


图 7 线程 GPRSServer()函数实现流程图

由于服务器端申请公网 IP 和专用域名, 初期投资比较大. 这里采用了 GPRS 模块的 GPRS 功能和 GSM 短消息相结合的方式, 来解决这一问题. 如图 7 所示, 监控终端的 TCP 服务器功能打开后, 先通过 AT%ETCPIP? 指令获取嵌入式 Internet 接入 GPRS 网络后由移动网络动态分配的 IP 地址, 然后按照约定的格式打包处理好后, TEXT 格式的短消息发送上位机, 服务器端的软件收到 GSM 短消息后解析处理后, 主动向监控终端发起建立 TCP 连接请求, 当监控终端检测到来自 GPRS 模块的 UART1 口缓冲区输出 connect 字符时, 表示链接已经建立, 可以向上位机发送来自传感节点的数据.

在该监控终端软件设计中, 程序采用了模块化设计方法, 软件由一个主程序和两个子程序构成, 每个子程序都是一个线程. 其中, 子程序主要完成一些单一的基本工作, 主程序则主要负责完成对各个子程序的调用和控制, 如图 6 所示. 其中, 线程 func()主要负责与传感网络节点 1 和节点 2 交互, 并接收节点 1、2 的图片数据进行存储和显示, 图 6 中, 利用 socket 编程方法, 基于 TCP 模型, 创建并发服务器, 监听客户端到来, 当有客户端到来时, 建立连接, 同时创建一个新的线程进行处理, 接受相应的客户端通过 WIFI 传输的数据并处理. 图 7 中, GPRSServer()线程主要完成 GPRS 模块, 包括串口 1 波特率的设置, 利用 AT 指令实现 GPRS 模块的启动、初始化、网络注册和 PDP 上下文激活等操作, 成功后方可与服务器 IP 进行数据通信; 当服务器端接收到监控终端以 GSM 短消息格式的形如 “IP:10.115.100.218” 的短信内容, 并解析出相应的 IP 地址后, 主动请求建立 TCP 连接, 等待握手成功后, 每隔 10s 读取一次传感节点发送的数据, 在监控终端显示

的同时, 并将该数据, 以固定的形式通过 GPRS 网络发送给服务器端, 存入数据库中, 供用户软件调用查看.

3 性能测试

在实验室环境下, 使用一台入网的 PC 机和 GPRS 模块来模拟上位机, 用两个传感节点, 对该嵌入式 Internet 进行了大量测试. 可以看到该嵌入式 Internet 接收来自两个传感节点的数据可以按照固定格式, 无改变的传输到服务器端, 如此反复传输数据, 都能够正确的与上位机进行数据交互; 而且能够同时与两个传感节点建立稳定连接, 并实现与两个节点进行管理和控制. 在嵌入式 Internet 硬件平台上移植了 QtPia4.4.3, 并基于该 GUI 库开发了图 8 所示的应用程序界面, 当传感节点的视频数据传输过来的时候, 在嵌入式 Internet 上实时显示接收的视屏数据, 并能够通过 “Change” 按钮切换查看放大后的视屏; 同时, 该界面上能够实时显示当前车辆的定位信息, 包括日期、时间、速度等信息. 嵌入式 Internet 与两个传感节点交互实物图如图 8 所示.



图 8 嵌入式 Internet 与两个传感节点交互实物图

4 结语

嵌入式 Internet 在物联网的移动终端设备接入网络的实际应用中起着极为重要的作用, 作为感知网络和互联网之间的桥梁. 本文介绍了一种基于 WIFI/GPRS 的嵌入式 Internet 系统, 能够实现传感网络和移动网络、互联网的数据转发、协议转换和交互控制作用. 可以广泛的应用于车载终端、智能电网、工业现场、环境监测等应用领域. 目前, 嵌入式 Internet 网关系统尚处于开发阶段, 仍由许多功能待将来继续完善, 诸如安防管理、路径规划等方面.

(下转第 67 页)

成。该平台采用微内核模式，将功能分为核心功能、基本功能和可选功能。核心功能负责实现 Web 应用模块化架构，基本功能提供通用开发框架。所有应用系统基于平台进行开发，不同应用系统可根据需求选择可选功能中的模块，同一个应用系统也可以将功能分成通用和个性化两部分。图 7 为我公司基于平台开发的电力营销系统功能组件图，同一套应用系统部署在北京和天津这两个不同的地点时，把平台核心功能、基本功能、可选功能、通用业务功能和相应的个性化业务功能模块组合起来即可。

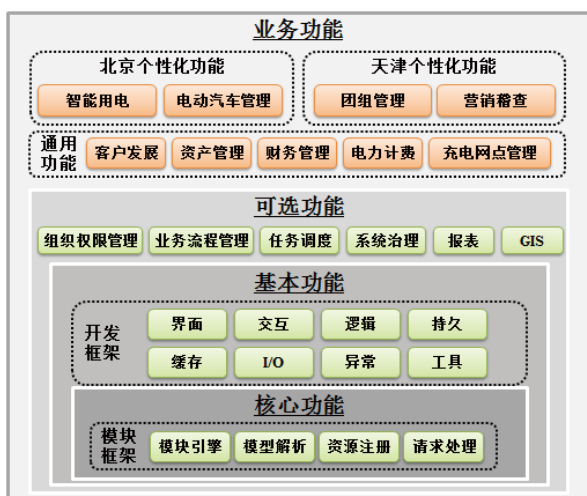


图 7 应用系统功能组件图

4 结语

为了解决 Web 应用在模块化和动态性方面的不足，本文结合当前 Web 应用的关键技术点 Servlet、JSP、

静态资源、请求处理等，基于 OSGi 技术给出了 Web 应用的模块化架构。通过我公司应用系统的实践证明该架构将在不同的开发阶段为 Web 应用带来模块化能力和动态性支持：

(1) 设计阶段：模块的物理隔离使得“模块化”设计思想、“高内聚低耦合”设计原则从技术上得到落实和保障；

(2) 开发阶段：开发人员可以只关注自己负责的模块的代码而不是整个应用的代码，不用被不相关模块的问题所干扰，实现关注分离；

(3) 集成阶段：应用的所有功能都由模块提供，应用集成就是模块的简单叠加。各个模块之间结构清晰，集成过程出现问题时，也很容易定位到具体的模块，节省解决问题的时间；

(4) 运行阶段：可动态的安装、启动、更新、刷新、停止和卸载模块，实现应用运行时的动态更新。

参考文献

- 1 OSGi Alliance. OSGi Enterprise Release 5, 2012. 29-44, 447-460.
- 2 Java Community Process. JSR-315, Java Servlet Specification v3.0, 2009. 97-114.
- 3 OSGi Alliance. OSGi Core Release 5, 2012. 23-112.
- 4 林昊,曾宪杰.OSGi 原理与最佳实践.北京:电子工业出版社, 2009.7-37.
- 5 Java Community Process. JSR-245, Java Server Pages Specification v2.2, 2009. 3-16.

(上接第 72 页)

参考文献

- 1 刘芳华.基于 ARM 的 WiFi 无线通信终端的研究与实现.武汉:武汉科技大学,2010.
- 2 万书芹,魏斌,陈子逢,等.一种无线传感网网关的设计.电子与封装,2012,12(4):38-41,48.
- 3 陈琦,韩冰,秦伟俊,等.基于 Zigbee/GPRS 物联网网关系统的设计与实现.计算机研究与发展,2011,48(S):367-372.
- 4 刘涛,王洋.一种基于 ARM 和 GPRS 的远程抄表集中器的设计.机械管理开发,2011,(5):24-26.
- 5 张闯.基于 ARM/GPRS 的远程水文监测终端设计[学位论文].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2010.
- 6 陈易厅,陈安,胡跃明.LED 生产设备智能信息化平台设计.自动化与仪表,2011,(9):23-26.
- 7 王宝珂.基于 ARM11 的嵌入式视频监控终端的设计.南京:南京理工大学,2012.
- 8 李顺,张小件.基于 PXA322 嵌入式 GPRS 数据采集与传输系统的设计.仪表技术与传感器,2013,(3):69-71,75.