



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103944259 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 23

(21) 申请号 201410062231. 5

(22) 申请日 2014. 02. 24

(71) 申请人 北京科东电力控制系统有限责任公司

地址 100192 北京市海淀区清河小营东路
15号

(72) 发明人 张毅 林昌年 冯斌 张鹏
魏建功 潘正魁 章健 马晓伟
魏明达 韩佳兵

(74) 专利代理机构 北京汲智翼成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11381
代理人 陈曦 景志

(51) Int. Cl.

H02J 13/00 (2006. 01)

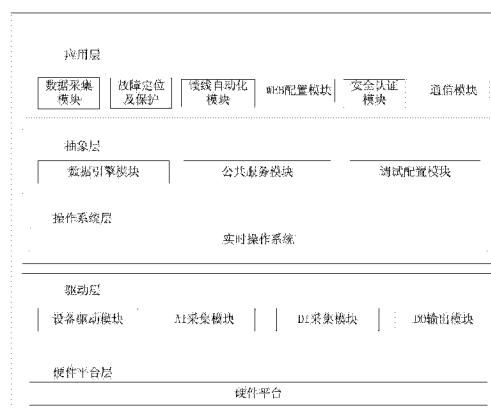
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

一种用于配电终端的控制系统

(57) 摘要

本发明公开了一种用于配电终端的控制系统，包括硬件平台层、驱动层、操作系统层、抽象层以及应用层，由操作系统层的实时操作系统进行统一调度；其中，抽象层包括数据引擎模块、公共服务模块和调试配置模块；数据引擎模块包括实时数据子模块和历史数据子模块；实时数据子模块用于配电终端的数据实时存储以及分析；历史数据子模块用于记录由保护、测控功能模块形成的运行信息，供调试配置模块检索使用；公共服务模块为其它模块提供常用的公用接口；应用层基于公用接口、实时数据库子模块和历史数据库子模块进行配电终端的测控和保护。本发明以强内聚、低耦合原则进行分层设计，数据与应用分离，具有安全、高效、可靠的特点。



1. 一种用于配电终端的控制系统,其特征在于包括硬件平台层、驱动层、操作系统层、抽象层以及应用层,由操作系统层的实时操作系统进行统一调度;

其中,抽象层包括数据引擎模块、公共服务模块和调试配置模块;

数据引擎模块包括实时数据子模块和历史数据子模块;

所述实时数据子模块用于配电终端的数据实时存储以及分析;

所述历史数据子模块用于记录由保护、测控功能模块形成的运行信息,供调试配置模块检索使用;

所述公共服务模块为其它模块提供常用的公用接口;

所述应用层基于所述抽象层的公共服务模块提供的公用接口,数据引擎模块的实时数据库子模块和历史数据库子模块进行配电终端的测控和保护。

2. 如权利要求 1 所述的控制系统,其特征在于:

所述应用层包括数据采集模块;

所述数据采集模块的采集数据分为数据直采、通信采集和虚拟数据三种来源;

其中,所述数据直采是 FPGA 通过板间总线通信获得 AD 分板、DI 分板、IO 分板实时数据,经过分析处理后将数据保存到抽象层的实时数据库中;

所述通信采集是接收其他外接装置数据,完成数据转发功能;

所述虚拟数据是通过 WEB 维护界面模拟产生开入变位信息、交流模拟量等。

3. 如权利要求 1 所述的控制系统,其特征在于:

所述应用层包括故障定位及保护模块;

所述故障定位及保护模块包括故障检测子模块和逻辑判定子模块;

所述逻辑判断子模块包含多种逻辑图,根据逻辑图提供的逻辑转换关系进行各种状态的转变。

4. 如权利要求 1 所述的控制系统,其特征在于:

所述应用层还包括通信模块;

所述通信模块包括通信处理子模块;

所述通信处理子模块用以进行外围通信用任务,并以中断的方式触发串口进行读写操作。

5. 如权利要求 1 所述的控制系统,其特征在于:

所述历史数据子模块记录的信息保存在掉电不丢失的文件系统中。

6. 如权利要求 1 所述的控制系统,其特征在于:

所述驱动层包括设备驱动模块;

所述设备驱动模块中的设备驱动负责将实时操作系统的请求转换为硬件设备能够理解的命令,传送给硬件设备。

一种用于配电终端的控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于配电终端的控制系统，属于配电自动化技术领域。

背景技术

[0002] 配电终端是安装在配电网现场的各种远程监测、控制单元的总称，主要包括馈线终端、站所终端、配变终端等。其功能主要包括：数据采集、控制、数据传输、维护、对时、事件顺序记录(SOE)、馈线故障诊断、单相接地检测、一次重合闸等。

[0003] 配电自动化作为提高供电可靠性的有效技术手段，越来越被电力部门所重视。配电终端是配电自动化建设的必要设备，它与配电自动化主站系统的通信网络也是配电自动化建设的必备条件。为了实现配电线路和分布式电源的监控，需要在配电线路沿线和分布式电源处安装大量的配电终端，并将配电终端采集的信息通过通信系统汇集到位于控制中心的配电网自动化主站系统，配电主站通过下发遥控命令到配电终端完成对配电网一次设备和分布式电源的控制。

[0004] 近几年来，随着配电自动化技术的发展，各厂家纷纷将精力投放在配电终端的研发设计上。然而，由于缺乏统一的配电终端设计标准，各厂家在设计水平上也参差不齐，导致生产出的配电终端并不具有统一的规格和管理标准，对配电终端的管理控制也存在着一定的困难。例如在实际生产设计中，部分厂家采用无实时操作系统的中断加循环结构设计模式对配电终端进行管理。当故障发生时，配电终端不能实现对中断的实时处理，安全稳定性较差。

[0005] 为解决上述问题，部分厂家尝试将实时操作系统用作配电终端的控制系统。当发生故障时，实时操作系统能够接收并以足够快的速度予以处理，但现有的实时操作系统存在结构设计混乱、实时性差的缺点，无法满足配电终端长期、稳定运行的需求。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题在于提供一种用于配电终端的控制系统(也称配电终端控制系统)。

[0007] 为实现上述的发明目的，本发明采用下述的技术方案：

[0008] 一种用于配电终端的控制系统，包括硬件平台层、驱动层、操作系统层、抽象层以及应用层，由操作系统层的实时操作系统进行统一调度；

[0009] 其中，抽象层包括数据引擎模块、公共服务模块和调试配置模块；

[0010] 数据引擎模块包括实时数据子模块和历史数据子模块；

[0011] 所述实时数据子模块用于配电终端的数据实时存储以及分析；

[0012] 所述历史数据子模块用于记录由保护、测控功能模块形成的运行信息，供调试配置模块检索使用；

[0013] 所述公共服务模块为其它模块提供常用的公用接口；

[0014] 所述应用层基于所述抽象层的公共服务模块提供的公用接口，数据引擎模块的实

时数据库子模块和历史数据库子模块进行配电终端的测控和保护。

- [0015] 其中较优地，所述应用层包括数据采集模块；
- [0016] 所述数据采集模块的采集数据分为数据直采、通信采集和虚拟数据三种来源；
- [0017] 其中，所述数据直采是FPGA通过板间总线通信获得AD分板、DI分板、IO分板实时数据，经过分析处理后将数据保存到抽象层的实时数据库中；
- [0018] 所述通信采集是接收其他外接装置数据，完成数据转发功能；
- [0019] 所述虚拟数据是通过WEB维护界面模拟产生开入变位信息、交流模拟量等。
- [0020] 其中较优地，所述应用层还包括故障定位及保护模块；
- [0021] 所述故障定位及保护模块包括故障检测子模块和逻辑判定子模块；
- [0022] 所述逻辑判断子模块包含多种逻辑图，根据逻辑图提供的逻辑转换关系进行各种状态的转变。
- [0023] 其中较优地，所述应用层还包括通信模块；
- [0024] 所述通信模块包括通信处理子模块；
- [0025] 所述通信处理子模块用以进行外围通信任务，并以中断的方式触发串口进行读写操作。
- [0026] 其中较优地，所述历史数据子模块记录的信息保存在掉电不丢失的文件系统中。
- [0027] 其中较优地，所述驱动层包括设备驱动模块；
- [0028] 所述设备驱动模块中的设备驱动负责将实时操作系统的请求转换为硬件设备能够理解的命令，传送给硬件设备。
- [0029] 本发明提供的配电终端控制系统以强内聚、低耦合原则进行分层设计，使数据与应用分离，易于版本升级与功能优化，并采用中断加抢占式应用任务的调度机制，满足精确到毫秒级的故障定位、实时数据响应需求。同时，丰富的功能应用使得本发明适用于变电站、配电室、环网柜、馈线柱等多种配电终端，具有很好的安全性和可靠性。

附图说明

- [0030] 图1为本发明提供的用于配电终端的控制系统的整体逻辑架构图；
- [0031] 图2为本发明所提供的控制系统中，中断处理的时序图；
- [0032] 图3为本发明所提供的控制系统中，数据采集的流程图；
- [0033] 图4为本发明所提供的控制系统中，定时限过流保护的逻辑框图；
- [0034] 图5为本发明所提供的控制系统中，状态转换的逻辑图；
- [0035] 图6为本发明所提供的控制系统中，实时数据库的功能结构图；
- [0036] 图7为本发明所提供的控制系统中，通信过程的流程图；
- [0037] 图8为Web交互界面的操作流程图。

具体实施方式

- [0038] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明。
- [0039] 图1是本发明所提供的配电终端控制系统的整体逻辑架构图。在本发明中，以高可靠实时嵌入式系统为支撑，整个控制系统以嵌入式方式安装在配电终端，采用面向对象思想设计各模块，模块设计以强内聚、低耦合原则进行分层设计，数据与应用分离。不仅提

高了整体系统的安全性,而且易于版本升级与功能优化。按其层次结构分为硬件平台层、驱动层、操作系统层、抽象层以及应用层。

[0040] 其中,硬件平台层包括系统的硬件平台,为整个控制系统提供硬件设备支撑。驱动(BSP)层包含设备驱动模块、AI 采集模块、DI 采集模块以及 DO 输出模块,设备驱动模块中的设备驱动是实时操作系统和硬件设备间的粘合剂,设备驱动负责将实时操作系统的请求传输、转化为特定硬件设备能够理解的命令,AI 采集模块主要是模拟数据采集设备的驱动,DI 采集模块是数字数据采集设备的驱动,DO 输出模块是数字数据输出设备的驱动,驱动层的相关模块保证了硬件平台层中硬件设备的正常操作。

[0041] 在本发明的一个实施例中,操作系统层主要是实时操作系统,实时操作系统是当外界事件或数据产生时,能够接收并以足够快的速度予以处理,其处理的结果又能在规定的时间之内来控制生产过程或对处理系统做出快速响应,并控制所有实时任务协调一致运行的操作系统。因而,实时操作系统能够提供及时响应,并具有高可靠性。

[0042] 抽象层设置了数据引擎模块、公共服务模块和调试配置模块。其中,数据引擎模块是整个控制系统中各模块相互沟通的纽带,为应用层功能模块提供服务。数据引擎模块包括实时数据子模块和历史数据子模块。其中,实时数据子模块包括实时数据库,实时数据库在内存中维护一个高速的数据缓冲,通过采样节拍来索引当前时间以前若干个周期内的输入输出数据。如图 6 所示,实时数据库不仅可以保存已定义的数据结构(遥测、开入、事件数据)的实时数据,还保留有可自定义的设备数据表,以便于后续扩展使用或接入其他设备使用,同时,还定义了外部访问接口函数(打开、关闭、读写操作)以供其他应用功能模块调用。如有事件、告警、SOE 等突发消息,会调用应用层的数据采集模块,将变位信息分发给以太网通信任务、串口通信任务、Web 维护任务等。

[0043] 历史数据子模块主要记录由保护、测控功能模块形成的运行信息,这些信息保存在掉电不丢失的文件系统中,供调试配置模块检索使用。

[0044] 调试配置模块,主要通过应用层通信模块的调试接口子模块、通信接口子模块完成本控制系统和外界的所有联系,主要包括配置文件解析、定值管理以及实时工况等子模块。配置文件解析子模块用来管理各种配置文件,包括装置子板 I/O 配置、用户信息、通信接口规约设置等配置文件。在使用 IEC61850-80-1 规约时,根据 SCD 等配置文件解析生成装置使用的配置数据结构。定值管理子模块通过应用层的调试接口子模块完成定值(包括软压板)的召唤、修改、切换等功能。实时工况模块通过应用层的调试接口子模块或通信接口子模块完成开关量、模拟量、事件报告、计算中间量的实时传输供调试分析。调试配置模块使用的实时信息来自于数据引擎模块的实时数据子模块。

[0045] 公共服务模块包括初始化子模块、错误处理子模块、日志子模块、日期时间服务子模块及基础函数库子模块等,提供其它模块一些常用的公用接口,还负责把整个控制系统所有模块串联起来。其中,初始化子模块负责在实时操作系统引导下依照一定的次序将各功能模块启动起来。错误处理子模块为其它模块提供初始化的全面硬件检查和运行时的循环软硬件自检的出错处理接口。日志子模块负责为其它模块分类记录各种用户操作和系统运行信息,供调试配置模块进行事后分析。日期时间服务子模块为控制系统提供高效率、高精度(微秒级)的实时时钟,采用日历时钟和计数器时钟相结合的方式,供不同时间分辨率的应用调用。基础函数库子模块由若干个函数组成,提供给其它模块经常使用的各种常用

操作。主要功能有常用数学运算、重启动、CRC 计算、位操作、程序调试打印等。

[0046] 应用层基于抽象层提供的公用接口、实时数据子模块、历史数据子模块，可以实现配电终端的测控和保护功能，并提供主站通信规约、安全加密认证和 WEB 配置等应用功能。在本发明的一个实施例中，应用层包括数据采集模块、故障定位及保护模块、馈线自动化模块、WEB 配置模块、安全认证模块和通信模块。用以实现该控制系统对配电终端的测控、保护功能，并提供主站通信规约、安全加密认证和 WEB 配置等应用功能。这样能很好地满足对配电终端的监测和保护，保证其长期、稳定的运行。

[0047] 如图 3 所示，数据采集模块的采集数据分为数据直采、通信采集和虚拟数据三种来源。其中，数据直采是 FPGA（现场可编程门阵列）通过板间总线通信获得 AD 分板、DI 分板、IO 分板实时数据，经有效性判断后放入相应的采样缓冲区和开入缓冲区中，再进行傅里叶变换、防抖处理等操作后，将数据保存到抽象层的实时数据库中；通信采集是接收其他外接装置数据，例如故障指示器数据、电表数据、TTU（配电变压器监测终端）数据或其他配电终端数据，完成数据转发功能；虚拟数据是通过 WEB 维护界面模拟产生开入变位信息、交流模拟量等。实时数据库最大支持 16 个句柄并发访问，可以满足配电终端大量数据交互要求。

[0048] 在本发明的一个实施例中，该控制系统采用中断加抢占式应用任务的调度机制，满足精确到毫秒级的故障定位、实时数据响应需求。中断处理是整个系统运行中具有最高的优先级，可以抢占任何应用任务运行。中断机制是多任务环境运行的基础，是系统实时性的保证。如图 2 所示，中断处理分为硬中断、软中断和应用任务。其中，硬中断包括采样中断、定时中断、以太网通信中断、串口通信中断及 CPU 异常中断，具有最高的处理优先级且不可打断；软中断为保护计算和逻辑判断中断，运行优先级仅次于硬中断，当线路故障时可以打断任何应用任务，执行相应的保护动作和产生告警信息；应用任务采用抢占式多任务调度机制，且可以被任何中断任务打断，该调度机制下运行的应用程序不用担心独占系统，因为系统会合理地给每个运行的任务分配时间块，实时操作系统完全决定进程调度方案，实时操作系统可以剥夺耗时长的任务的时间片，提供给其它任务，应用任务主要包括主轮询任务、测量任务、Web 连接维护任务、频率跟踪任务等。

[0049] 故障定位及保护模块包括故障检测子模块和逻辑判定子模块。其中，故障检测子模块以回线为单元，实现三段式电流检测、零序检测、故障跳闸、一次重合闸、过负荷告警、PT 断线、告警、过流脉冲上报等功能。

[0050] 配网现场应用很复杂，有些场合需直接跳闸，如电缆和分界符开关，采用断路器方式。有些场合需控制负荷开关，只能过流失压后跳开关，当带重合闸时还需要考虑一次重合闸以及二次过流失压跳闸。为此，逻辑判定子模块包含多种逻辑图，根据逻辑图提供的逻辑转换关系完成各种状态的转变，完成过流检测、跳闸、重合闸、故障检测信息上报功能。

[0051] 图 4 为本发明所采用的定时限过流保护的逻辑框图。图中 I_p 代表过流保护电流启动值； T_{dz} 为延时定值。“使能”指装置某项功能投入 / 禁止，如过流保护使能，指过流保护投入。控制系统根据图中的状态转换规则进行相应的操作。

[0052] 在本发明的一个实施例中，该控制系统包括失压失流态、涌流态、正常态、过流态、故障跳闸态、断路器跳开态和重合闸闭锁态等多种状态。其中，失压失流态是检出失压和失流时进入失压失流态。涌流态是当空投线路出现大的谐波时，进入涌流态。正常态是线

路正常电压电流时的状态。过流态是检出各段过流故障。故障跳闸态是当设定过流故障跳闸，发生过流时，进入故障跳闸态。断路器跳开态是故障跳闸、变电站出口动作 / 过流失压后进入。重合闸闭锁态是线路一次重合闸失败后闭锁。如图 5 所示，控制系统的各个状态之间在一定的条件下可以进行相互转化。例如，当检出各段过流故障时，控制系统进入过流态，当控制系统检测出过流故障信息，并且变电站出口跳闸后，控制系统由过流态变为故障跳闸态。

[0053] 馈线自动化是指变电站出线到用户用电设备之间的馈电线路自动化，其内容可以归纳为两大方面：一是正常情况下的用户检测、资料测量和运行优化；二是事故状态下的故障检测、故障隔离、转移和恢复供电控制。在本发明的一个实施例中，馈线自动化模块用于实现对馈电线路的检测以及保护。

[0054] 如图 8 所示，WEB 配置模块实现网页的异步交互功能，实现系统信息浏览、实时数据浏览、历史数据查看、装置测试、参数整定、板卡设置、装置设置、系统管理、装置帮助、装置复位等功能。Web 交互界面实现流程如图 8 所示，首先，客户端发送一个 HTTP 请求，Web 服务器端响应 HTTP 请求，返回数据给客户端的回调函数，回调函数获取服务器端返回的数据并进行响应处理，最终显示在 Web 浏览器页面中。其中，Web 服务器端收到客户端发送的 HTTP 请求后，会调用安全认证模块对用户的身份以及权限进行验证，以防止用户的误操作，保障配电终端的安全性。

[0055] 通信模块包括通信接口子模块、调试接口子模块和通信处理子模块（Communication Processor Module, CPM）。其中，控制系统的各模块通过调试接口子模块对自身的功能进行调试、修改；通过通信接口子模块完成彼此之间以及各模块与外界之间的通信。而通信处理子模块能够分担 PowerPC 内核大部分的外围通信用任务，并以中断的方式触发串口进行读写操作，如图 7 所示。

[0056] 接收中断会实时扫描串口是否有数据交互，并通过规约帧判断回调函数（不同规约对应的帧判断函数不同）检测报文宣称帧长度是否与实际帧长度一致、帧校验和是否正确，从而判断是否为一帧完整、有效帧报文。如果该帧报文为有效帧，则放入到接收缓冲区中同时更新通信计数器，并进行报文解析，更新规约标志位及实时数据库；如果该帧报文无效，则放弃该帧报文，不进行处理。

[0057] 发送中断会实时判断规约标志位，如果该标志位已更新，则组织相应的回复报文放入到发送缓冲区中，每帧报文发送前都会判断发送缓冲区是否为空，防止出现报文错帧现象。同时，定义了外部访问接口函数以供其他应用功能模块调用，执行串口操作。

[0058] 以太网通信处理与串口通信处理类似，同样以中断的方式触发，发送和接收前都需要经过规约帧判断回调函数检测，实时更新通信计数器、规约标志位，保证以太网通信的正确性和稳定性。

[0059] 下面以中断检测处理过程为例对本配电终端控制系统的工作原理进行详细说明。

[0060] 在本发明的一个实施例中，用于配电终端的控制系统按其层次结构分为硬件平台层、驱动层、操作系统层、抽象层以及应用层，由操作系统层的实时操作系统进行统一调度，应用层的数据采集模块定时采集配电终端的数据信息，传送到抽象层的数据引擎模块的实时数据库中进行分析，当发现中断故障信息时，通过公共服务模块的公共借口将信息传送到操作系统层的实时操作系统，实时操作系统调用应用层的故障定位及保护模块根据终端

的优先级对终端进行处理,同时应用层的数据采集模块会定时采集相应数据信息,并将其传送到抽象层的数据引擎模块的历史数据库中进行保存,便于后期的查询分析。整个检测处理过程中,数据和应用分离,不仅提高了整个系统的安全性,而且易于系统版本升级与功能优化。

[0061] 综上所述,本发明以高可靠实时嵌入式系统为支撑,采用面向对象思想设计各模块,模块设计以强内聚、低耦合原则进行分层设计,数据与应用分离。同时,采用中断加抢占式应用任务的调度机制,满足精确到毫秒级的故障定位、实时数据响应需求。丰富的功能应用使得本发明适用于变电站、配电室、环网柜、馈线柱等多种配电终端,具有安全、高效、可靠的特点,能有效满足配电自动化发展的需求。

[0062] 以上对本发明所提供的用于配电终端的控制系统进行了详细的说明。对本领域的技术人员而言,在不背离本发明实质精神的前提下对它所做的任何显而易见的改动,都构成对本发明专利权的侵犯,将承担相应的法律责任。



图 1

中断

应用任务（抢占式）

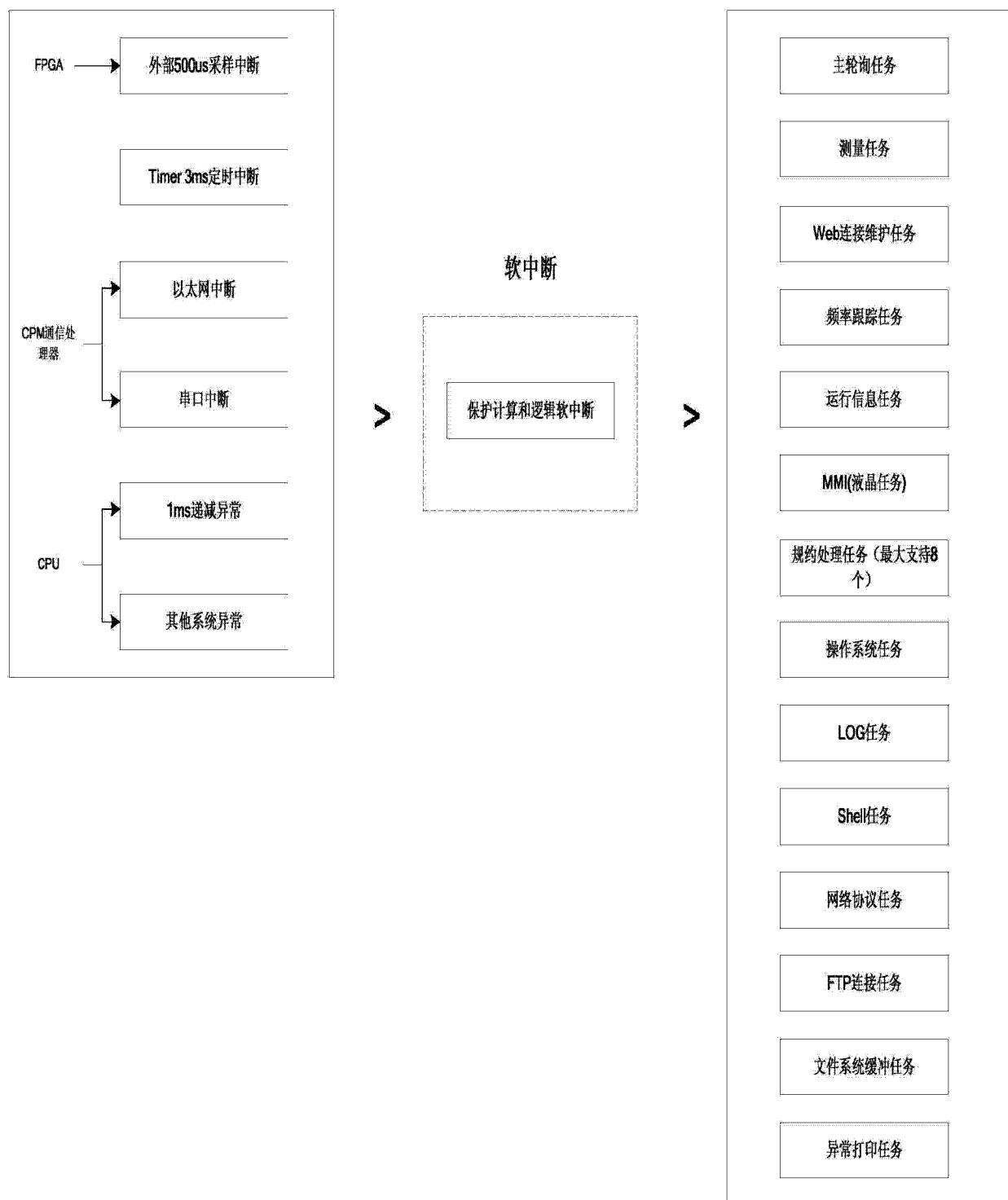


图 2

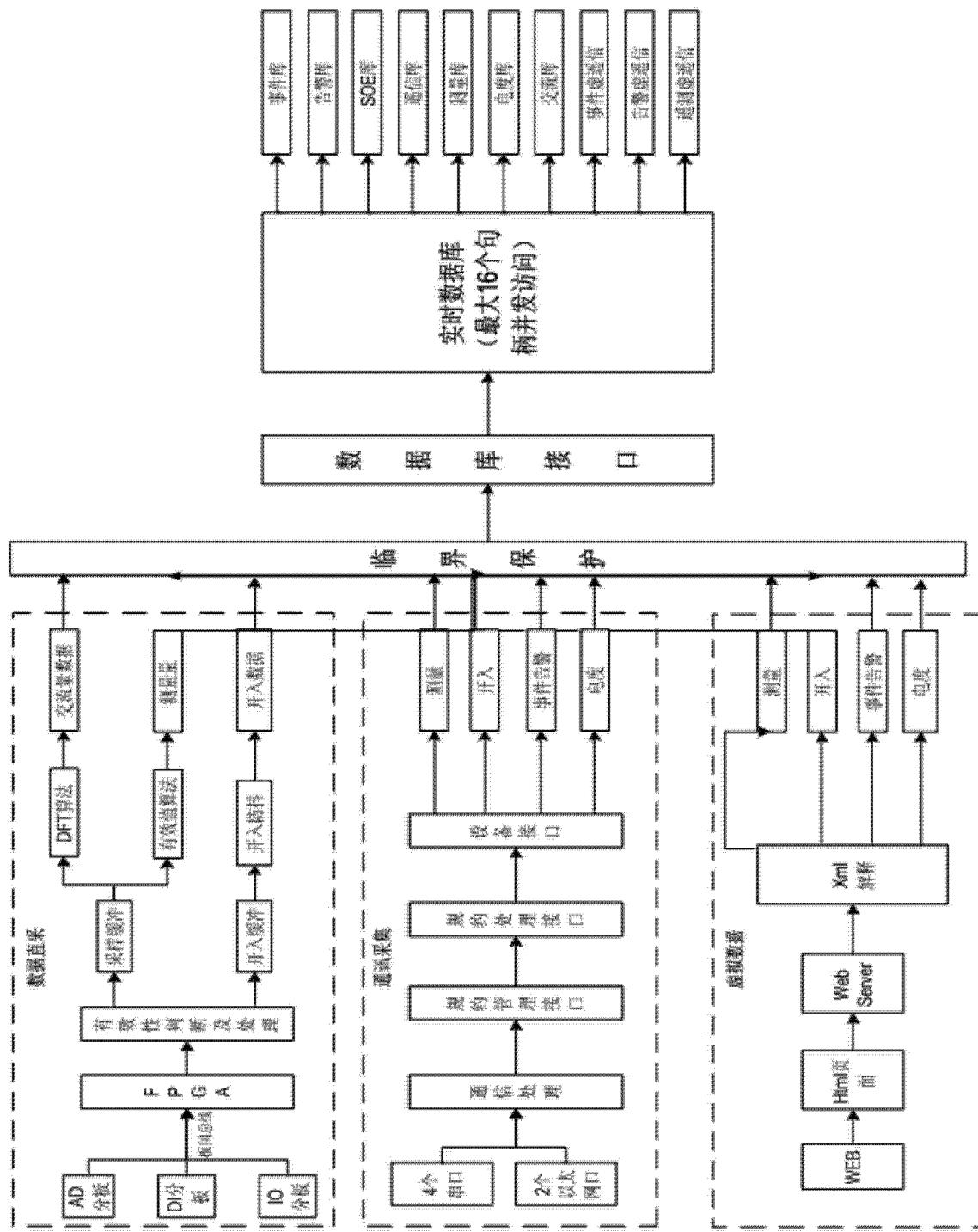


图 3

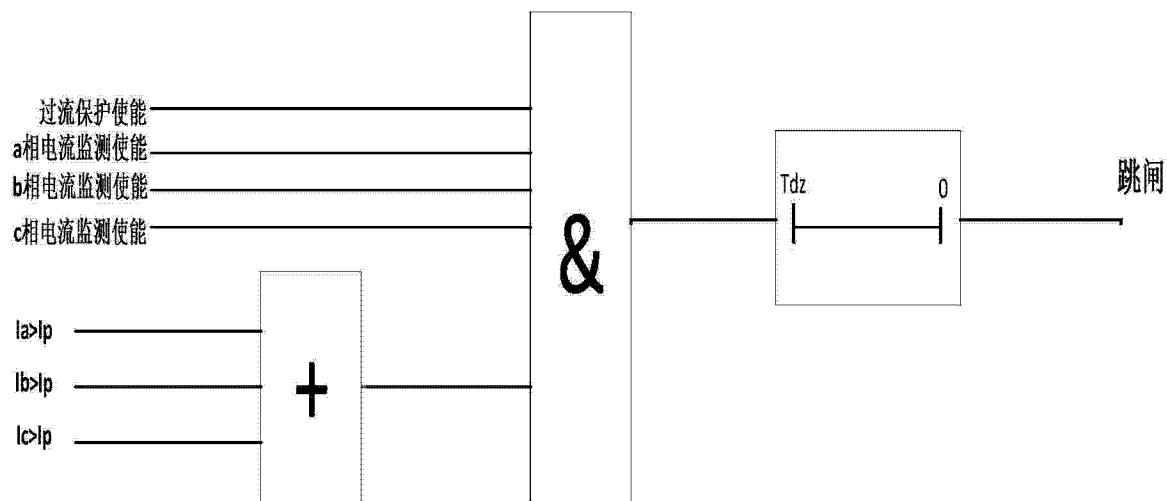


图 4

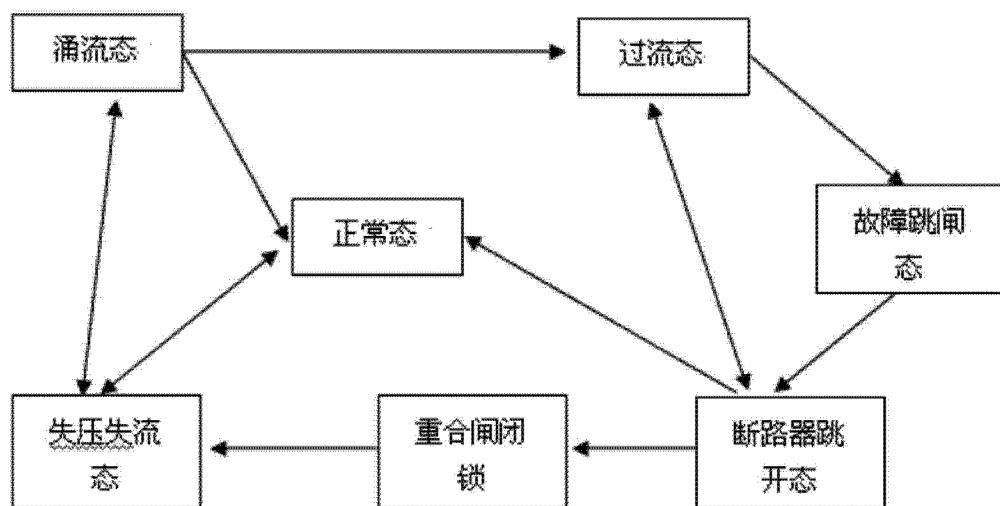


图 5

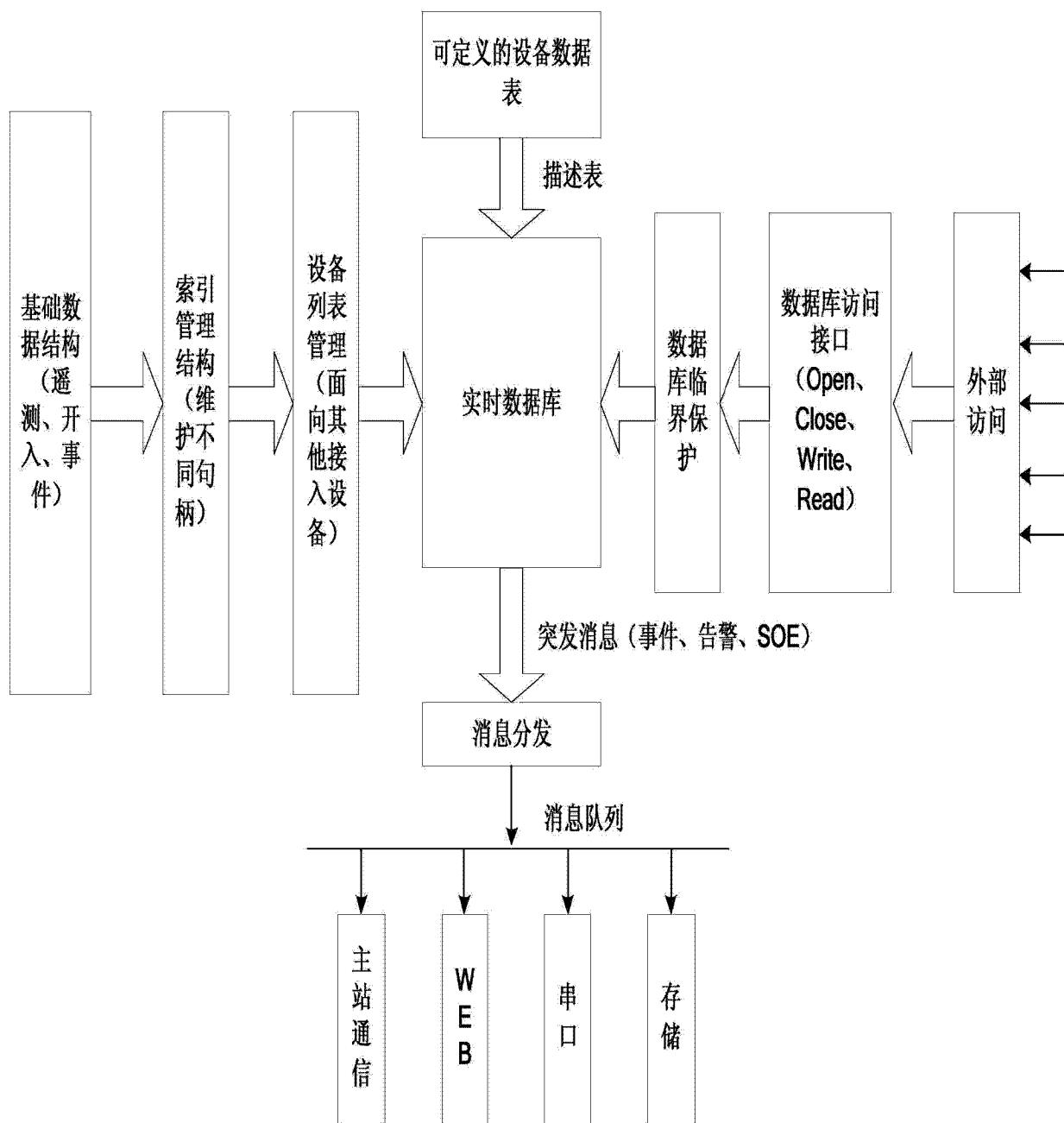


图 6

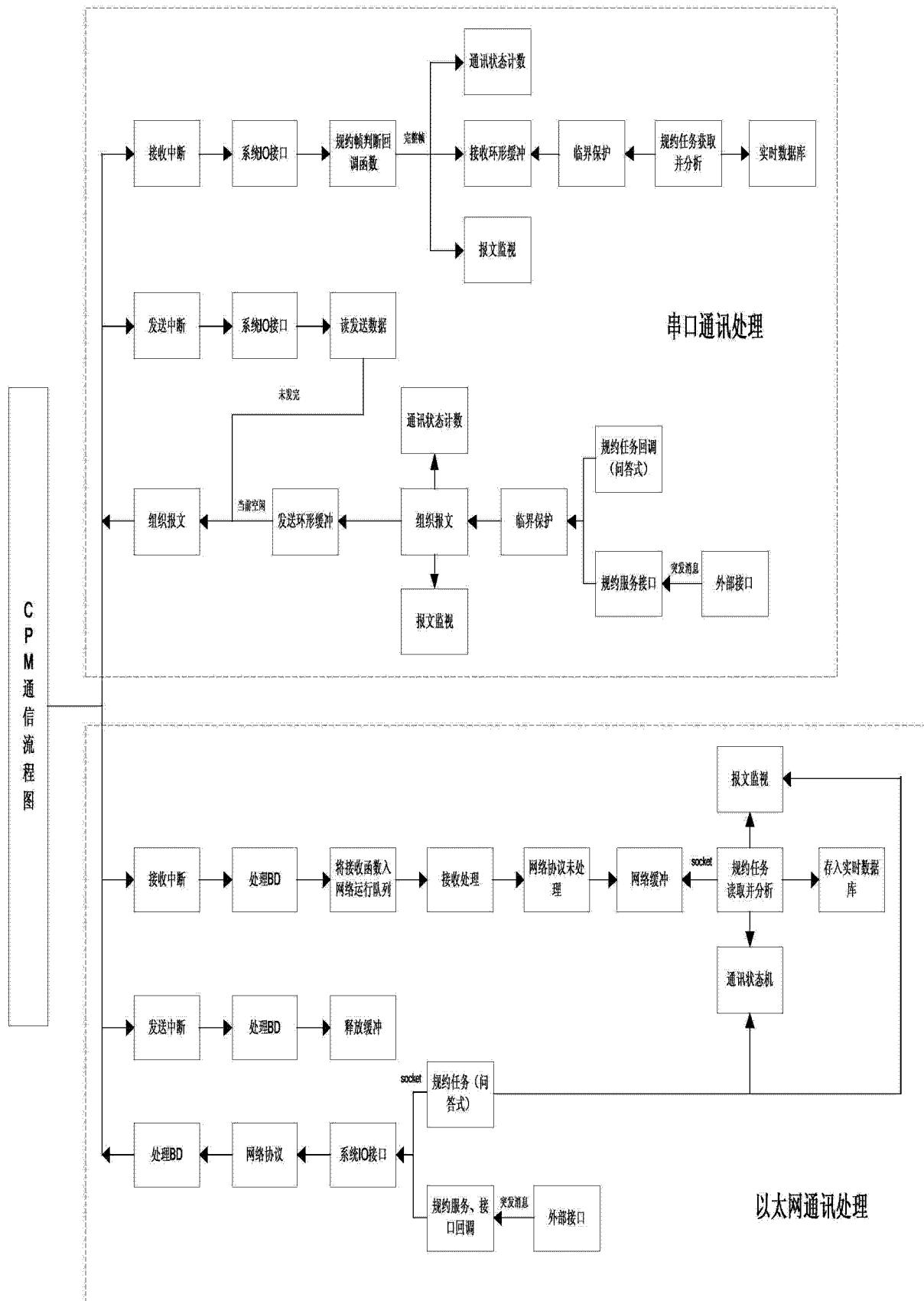


图 7

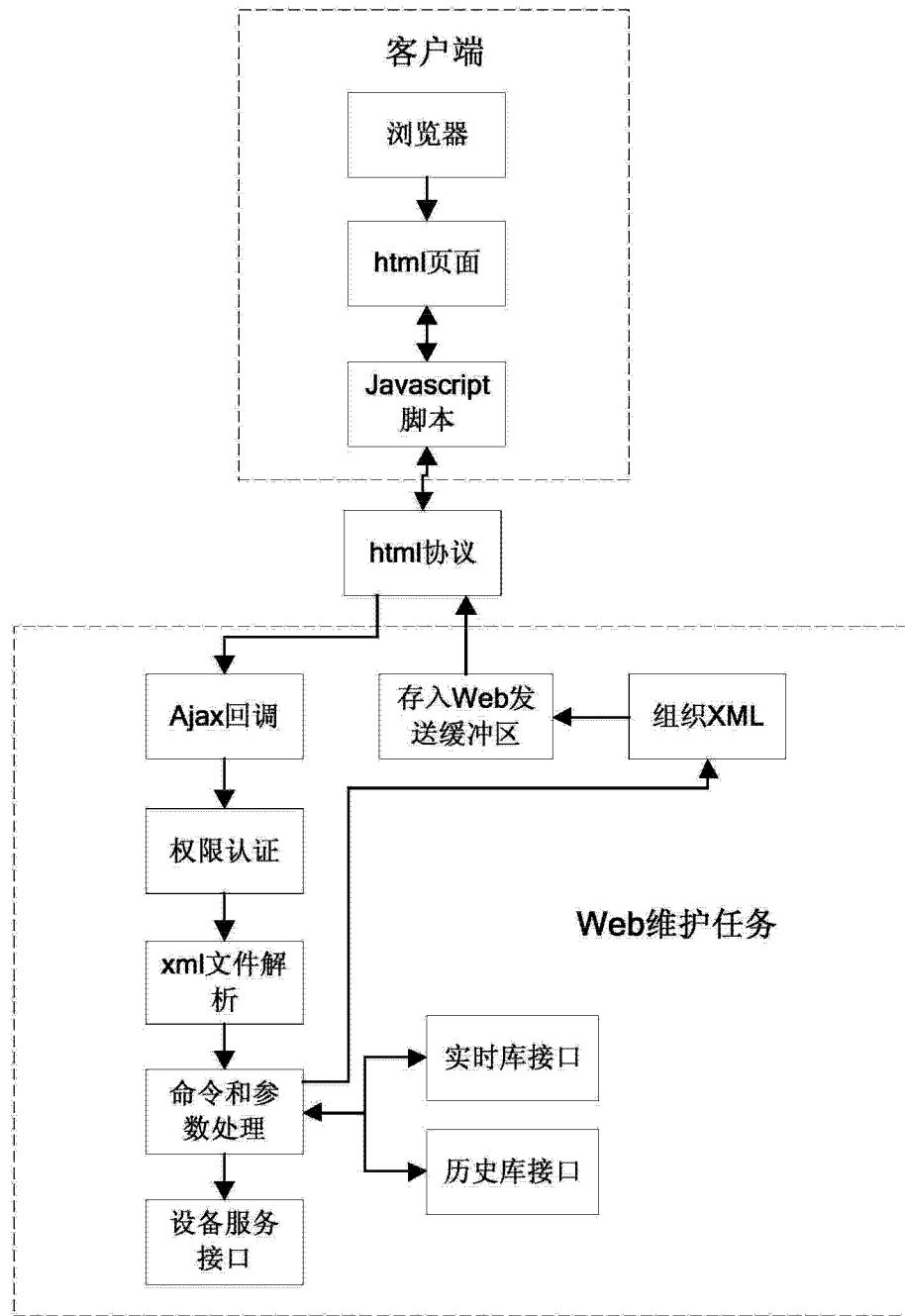


图 8