

基于云技术的区域调控技术支撑系统

徐春雷, 余 璟

(江苏省电力公司, 江苏 南京, 210024)

摘 要:针对目前各地区调度独立建设的调度自动化系统,其模型、计算、存储资源无法在更大区域内优化配置的现状,利用云技术具有的弹性伸缩、全局资源管理、高可靠性特点,设计了基于两层混合云架构的区域调控技术支撑系统,第一级公有云服务中心包含全省共享的模型云、数据云,服务于全局集中的非实时分析类业务。第二级为全省设置的若干个区域私有云,服务于区域的分布式实时调控业务。详细阐述了该系统架构、功能和实现方式,对系统性能提升、功能完善进行分析。

关键词:云技术;区域调控;自动化系统;系统架构

中图分类号:TM73

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2015)03-0005-05

调度自动化系统是电力系统安全稳定运行的重要支撑。从上世纪 70 年代发展至今,已先后经历了 4 代^[1,2],从最早的基于专用机和专用操作系统的第一代单机版,到目前采用面向服务(SOA)和安全分区架构的智能电网调控系统,在结构上越来越稳定并具有良好的可扩展性,在功能上包含了一批近期发展成熟的电力系统分析应用,在运维管理上适应了各级调度机构的一体化模式,系统的综合性能水平不断提高。然而,随着我国一体化互联大电网的快速发展,大电网运行和管理面临更多、更复杂的挑战,对电网调度控制支撑系统提出了更高的要求^[3-8]。同时,信息与通信技术的发展、自动化硬件和网络条件提高,为开发新一代调控技术支撑系统提供了良好条件^[9,10]。

1 新一代系统的要求

新一代调度自动化系统需要支撑广域特高压交直流混合输电系统的安全稳定运行,提升对多层次、多尺度、多对象的复杂电网的调控能力,满足以下新的要求。

(1) 灵活可定制。目前各级调度自动化系统,均以行政区域为单位,单独建设和运维。调度自动化系统的划分,与电网电气拓扑分区并不一致,难以实现大范围的电网优化调度。新一代系统应具备更灵活的系统架构,适应电网结构和运行管理机制的变化。

(2) 高可伸缩性。适应自动化系统规模和应用的变化,可以自动为用户提供柔性扩展,提升自动化系统软硬件的弹性伸缩能力,满足调控高级应用业务增加的需要。

(3) 高可靠性。采用模型和数据多副本备份、计算节点同构可互换等措施,满足自动化系统容错和灾备要求,提高自动化系统服务的可靠性。

(4) 全局资源管理。在全球范围(目标为全省、若

干年后可能为全国)内,实现计算、网络、存储资源的整合与共享,合理优化运用自动化系统资源,促进分布式协同工作,提升系统“应需服务”的能力。

(5) 突破大数据瓶颈。适应调控系统数据规模的成倍增长,通过分布式数据处理、并发控制策略,提高系统的实时处理能力,解决因电网规模、采集点量不断增加而导致的系统处理速度、响应速度下降的问题。

(6) 提升调控业务应用水平。对电网调控业务应用进行优化整合,解决目前受制于硬件、系统划分、数据吞吐量,造成传统业务性能受限的问题。同时便于新业务的高效开发与部署应用。

2 系统架构

云计算以虚拟化和分布式技术为基础,通信网络为载体,提供基础架构、平台、软件等服务,具有计算和存储能力强、可动态扩展、便于计算资源共享和优化配置、便于用户使用等诸多优势^[11-13]。电网调控业务具有分布广、一体化程度高的特点,基于云技术的调度自动化系统,可以整合大规模可扩展的分布式计算资源进行协同工作,充分发挥分布式和并行技术的优势,满足当前调控业务发展的要求。同时,云技术具有很强的规模效应,选择 2 个或多个地区调度自动化系统,聚合形成一个新的区域调控系统,作为第一步目标,成熟后可以考虑推广到全省一套自动化系统。

基于云技术的区域电网调控系统采用公有云(服务于全局的集中式分析型业务)、私有云(服务于区域的分布式实时业务)相结合的混合云体系结构,如图 1 所示。这种体系架构融合了局部与集中 2 个层面,兼顾了功能与效率,可同时满足监控类业务的实时性和分析类业务全网计算的要求,实现了调控体系的全局与局部的协调统一,可以有效整合现有自动化系统的软硬件资源,为各种应用提供强大的计算和存储支持,支持异构计算资源,扩展性强,便于信息集成与共享。

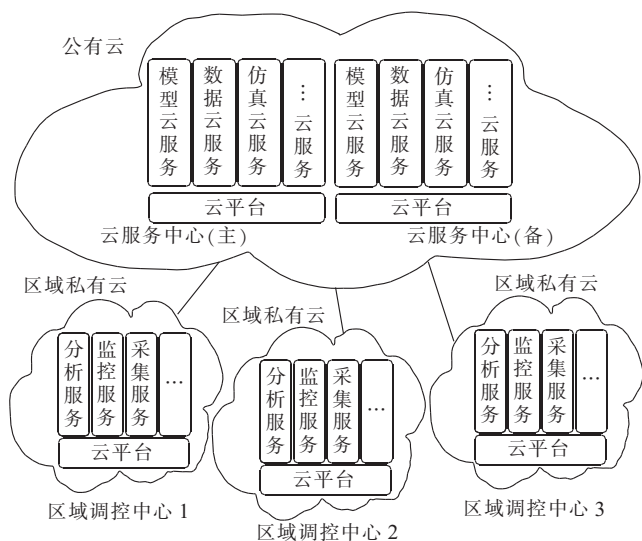


图1 系统架构

3 公有云服务中心

如图1所示,建设全省统一的公有云服务中心,采用一主一备方案,形成第一级集中式业务架构。云服务中心的主要管理对象为模型云和数据云,并通过统一资源调配实现全省范围内的计算资源优化,向各地区调控提供非实时分析应用类服务。

3.1 模型云

传统的省、地模型共享一般通过模型拼接的方式进行^[14,15],模型拼接虽然是一种较成熟的解决方案,但缺点是维护复杂,效率较低。采用全省共同的模型云可解决这一问题,模型云服务是公有云服务中心的一部分,主要完成全省范围内电网模型的存储和管理,并向省内各级调度技术支持系统提供定制化的模型服务。

省调和各区域调度按照调管范围在各自的系统上维护模型,通过模型云服务自动将模型同步到模型云服务中心进行统一存储,各调度管辖区域的模型在模型云服务中心进行合并,形成全省统一的大模型(如图2所示)。省调和各区域调度的私有云除了存储本区域内的电网模型外,可以通过模型定制,从模型云服务中心按需获取其他区域的电网模型,以满足本地各种应用对模型的差异化需求。

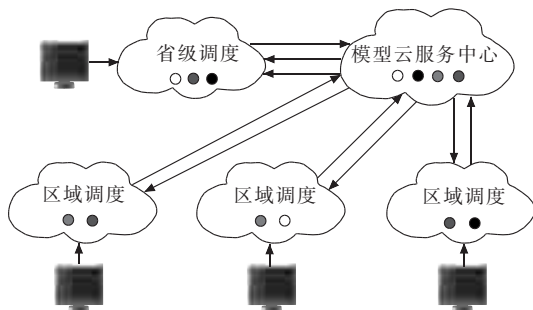


图2 模型云服务中心

(1) 模型分类。根据调度自动化系统中模型的特点,将其分为两类:一是公有模型,主要是与物理电网保持一致的设备模型,比如断路器、母线、线路等一次设备及统一的保护硬节点二次信号。边界厂站、边界设备会有重叠,在设备表中完全对应同一条记录,保证公有模型的唯一性。二是私有模型,主要是各区域调控私有云中独立数据处理与分析计算的模型,私有模型设备没有重叠部分。

(2) 模型维护。在模型分类的基础上,省调、各区域调度及地县调都将维护的公有模型统一存放在公有云中,模型云的全省大模型经过模型验证无误后,同步到备用云、省调及各区域系统,由于省调、各地调与模型中心统一设备ID,因此模型同步过程无需经过裁剪、转换、拼接等复杂的过程,直接同步模型云的SQL语句到省调及各个地调系统,大大提高了模型共享的实时性和准确性。

(3) 模型验证。为提高模型修改的准确性,模型维护服务可采用离线形式维护模型数据,修改后的数据不会立即在运行系统中生效,需在数据验证无误后,通过动态下装将修改后的模型装载到运行系统实时库;若模型验证未通过,可回退到初始状态或再次进行修改,保证实时运行系统的安全。具体流程如图3所示。

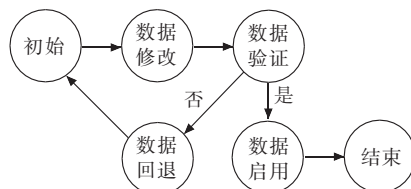


图3 模型验证

3.2 数据云

调度自动化系统中,集聚了超大规模的海量数据,分别以关系数据库、实时数据库、时间序列数据库、非结构化数据存储等形式并存^[16]。目前的设计中,这些数据未按照统一的规范进行整合,极大地限制了信息共享的广度和深度。因此从电网调度运行控制信息层面上说,数据云成为不可或缺的重要手段。

数据云主要的设计理念是通过分布式技术、网络通信中间件,整合分布在网络中的不同数据,对各类信息进行深度集成与融合,实现信息的“按需共享”和“需则可用”。数据云服务的实现主要体现在以下几点。

(1) 逻辑统一的集中调度。数据云整合现有的调度数据服务,提供集中统一的服务平台,为需要进行数据存取的上层应用提供存储查询服务。统一数据服务构建于调度数据中心的若干存储设备之上,直接面向客户提供存储服务,用户无需关心存储数据的具体位置,也无需关心存储系统的网络结构等内部细节,通过访问统一的服务平台,即可顺畅地获取各类数据。

(2) 物理分布的存储管理。数据云通过引入分布式存储技术,实现对异构数据的完全存储,不仅满足电网海量调度数据存储的需求,而且保障了数据存储的可靠性、可用性和一致性。通过建设物理数据云和逻辑数据云,实现数据分布备份、自容灾,具备海量数据处理能力。此外,在保障数据可靠存储的同时,用户通过简单增加硬件设备即可实现存储系统的线性扩容,满足电网数据的海量持久化需求,避免信息资产流失。

(3) 整合现有数据资源及设备。现有的电网调度业务系统,已经包含大量实时数据和历史数据、结构化数据与非结构化数据。数据云通过分布式数据管理及统一数据访问层,整合现有数据资源及设备,向外提供逻辑统一的数据访问接口。

3.3 资源监视与管理

在资源广域分布、资源按需全局共享的情况下,资源监视与管理是云体系架构中最为底层和核心的模块,只有充分掌握全局的计算能力、存储能力、通信状况等信息后,才能进一步为广域分布式计算、全局信息共享合理分配各类资源,在全省调控系统内实现大范围资源优化配置,支撑集中和分布协作的各类应用。资源监视与管理有以下2种不同方式。

(1) 分级资源代理。分级资源代理机制下,每个服务器节点上均运行资源监视代理节点,该节点负责监视本机的CPU、内存、磁盘的使用情况,并汇总到本地调度系统数台资源监管服务器中。这几台监管服务器同时对本调度系统内的网络设备、储存设备等资源进行监视,形成本地调度系统局部的资源监视与管理中心。在公有云内,存在一个顶层的资源管理中心,它同样由几台互备的资源监管服务器组成,顶层资源管理中心与各个调度中心(私有云)中的资源管理中心进行信息交换,在顶层资源管理中心形成资源监视的全集。各个调度中心(私有云)的资源管理中心可以向顶层资源管理中心获取所需要的资源信息及资源使用情况。

(2) 对等资源代理。对等资源代理机制下,类似于分级资源代理机制,每个服务器节点上均运行资源监视代理节点,该节点负责监视本机的CPU、内存、磁盘的使用情况,并汇总到本地调度系统数台资源监管服务器中。这几台监管服务器同时对本调度系统内的网络设备、储存设备等资源进行监视,形成本地调度系统(私有云)局部的资源监视与管理中心。公共云中也有这样一个资源监视与管理中心,但是它的地位与各个私有云的资源监管中心地位是平等的。公有云与私有云的资源监管中心通过召唤或者推送的方式将本地资源的状况告诉其他公有云或者私有云,最终公有云和各个私有云(调度中心)都拥有全局的资源信息。

可以根据自动化系统的容量和通信网络条件来选

择资源监管方式。在具备全局资源监管能力后,对于部分计算密集等类型的应用,可在全局范围内搜索资源,在综合计算能力、存储能力、通信能力后,进行最为合理的资源分配,增强调控业务应用的处理能力。

3.4 实时数据管理

为了支撑公有云中的网络分析、安全校核及联合仿真培训等服务,在模型云中需要同时具备实时数据,实时获取各区域调度和省调系统的数据,主要包括遥信、遥测数据。

数据映射因为系统通过公有模型云统一管理,模型对应在公有云与各区域调度私有云有唯一的ID对应关系。通过量测映射自动生成功能,对两侧全遥测遥信自动定义量测映射关系,可免去手工逐条定义量测映射的繁琐过程。数据获取的方式可采用多种方式。

(1) E格式实时数据接口。各区域系统及省调系统全数据导出SCADA实时断面,导出间隔可根据应用情况调整,公有云中心根据唯一ID映射进行解析。

(2) 数据采集通信。通过公有云与省调、区域调度建立数据通信链路,采用DL476规约对已映射的遥测遥信自动生成点号,可以实现免维护的实时数据通信。

(3) 私有获取实时数据接口。公有云根据唯一ID映射通过跨系统实时库接口访问省调及区域调度系统的实时数据,快速获取所需的遥测、遥信值。

3.5 云应用服务中心

模型云与数据云构成的基础云服务平台,在此基础上,建设基于服务方式的云应用服务中心,与基础云服务一同构成云服务中心,整体系统框架如图4所示。

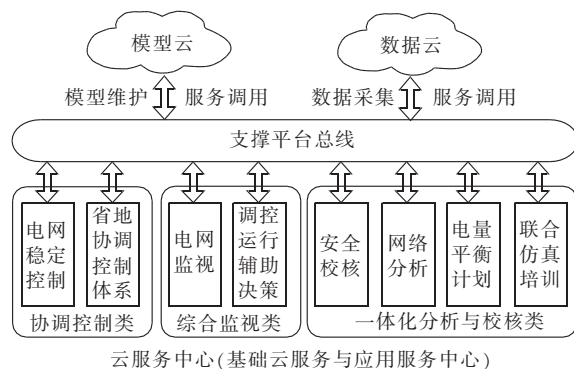


图4 云应用服务中心

云应用服务中心中的数据与模型,来源于模型云与数据云,在全网范围内提供一体化分析、计算、校核与综合监视功能,构建省地一体化协调控制系统,为省调与区域调度中心提供统一服务。按照应用需求与功能的不同,云应用服务主要分为三类:综合监视类应用、一体化分析与校核类应用与协调控制类。

4 区域私有云

区域调控中心的私有云属于图1所示的第二级分

布式业务架构,主要服务于区域的分布式实时业务。

4.1 与公有云的关系

公有云中的全省模型来源于各区域调控私有云的模型维护,同时私有云所需的其他区域模型,可来源于公有云的模型共享服务,并可以从公有云服务的数据服务中获取各类实时数据、历史数据及统计数据等。

通过建设区域调控技术支持系统,实现与模型云、数据云等公有云服务中心的纵向贯通,实现区域内2个或多个地区电网的监控、分析与应用,满足区域内电网调控联合分析、功能互备的要求,并可以为全省多级调度联合应用与电网结构灵活调整提供技术基础。

4.2 分布式数据采集

数据采集是数据源收集、识别、选取数据的过程。数据采集处于系统内外网边界,是系统数据输入输出的中心,是实现本区域系统与厂站、与其他区域系统、与外部系统之间的各类数据采集和交换的桥梁^[17]。

区域调控中心内部按需要部署分布式数据采集功能模块以及相应的采集设备,用以处理本区域内部私有数据的采集任务,处理后的数据只送往本区域。区域内采集可以尽量利用已有数据网布局,在2个地调骨干网结点采集该区域内的所有厂站数据。区域内的数据采集服务器可以根据需要部署在一处或者分布在多处,数据采集服务器间采用按口值班、负载均衡的方式运行,当任何一台数据采集服务器故障时,其上的数据采集任务会自动分配到剩下的其他机器上,保证数据处理的可靠和高效。

4.3 分布式数据处理

分布式数据处理是基于分布式采集功能,对传统主备冗余模式的变革与提升,突破传统数据处理时,数据处理都是在监控与数据采集系统(SCADA)主机上完成的局限性,将单个节点上完成的任务均衡分配到多个节点上完成,从而提高数据处理的速度和性能。

分布式数据处理要求数据处理对象相对独立,彼此之间的耦合性很小甚至没有逻辑关联性,便于分布式任务的分配与运行。在区域调控系统中,由于数据处理对象规模的增长,分布式数据处理能够提升私有云实时业务的速度与可靠性。

4.4 区域调控系统互备

为提高区域内系统可靠性,在自然灾害、通信网络 and 关键设备故障等突发事件发生时,保证电网调控指挥不间断,需要实现区域内2个地区调度系统的互备功能^[18]。

(1) 电网模型同步。区域调度自动化系统的电网模型来源于公有云服务中心,对于区域内系统,任一地调都保存该区域2个地调的电网模型。对于私有模型,根据不同的功能应用互备需求,进行相关模型同步。

(2) 数据采集独立。区域内位于多个地调的分布式采集集群,可对区域内所有的通道都进行独立采集。当数据通信出现问题,区域系统之间的网络断开,只要数据网正常,任一侧都可以实现全部通道数据的采集。区域内互备系统的实时数据可对比差异,并取出偏差较大的测点预警。

(3) 操作数据同步。对区域内SCADA的操作信息进行双向同步,包括遥信挂牌、封锁、置数,遥测封锁等信息,保持系统SCADA各类数据的完全一致。

(4) 应用功能互备。应用功能互备主要包括2个层级:一是关键备用功能,实现在线互备,具体包括电网实时监控与智能告警类的电网运行稳态监控功能、数据采集与交换功能,满足区域电网的调度与监控。二是全部备用功能,实现区域内调度系统的完全互备,包括电网自动控制、网络分析及调度运行辅助决策、调度员培训模拟、辅助监测、运行分析与评价及调度计划、安全校核等地区电网主要应用。

在模型云的基础上,基于电网模型同步功能可以同步所需的所有电网模型相关信息,但区域内的电网模型共同建模与计算分析规模因各个应用有所差异,需要根据实际情况进一步探索。

5 与现有系统接口要求

目前调度自动化系统中,各类应用程序众多,为了能够优化投资支撑现有系统的正常运行,系统间的数据共享尤为重要,新建设的系统能够共享出内部数据是调度自动化系统的基础功能,提供标准化的接口,方便省调侧的各外部系统和地调侧的相应系统从中获取其所需的各类数据信息。

5.1 电网模型接口

电网模型接口可基于CIM/XML的全模型导出,以XML格式为载体描述整个电网模型,其中包括各类设备的信息描述以及全网的拓扑连接关系的描述。

5.2 电网图形接口

电网图形接口有2种导出方式,一是基于SVG标准的图形导出,遵循IEC 61970标准,将系统内的图形转换为符合标准的SVG格式。二是基于CIM/G标准的图形导出,遵循最新的CIM/G图形标准,向外部系统提供G格式的图形文件。

6 工程应用

基于云技术区域调控技术支持系统于2014年12月在江苏电网建成投运,系统构建了公有云与私有云的混合架构,公有云实现了模型与数据服务实时主备,私有云实现了7个区域调控云,系统运行安全稳定。

公有云构建了江苏全省统一的模型云,包括省调

和 13 个地调的全部电网模型,采用逻辑分布的模型服务技术,实现全网模型统一构建、分布维护,极大提高了模型维护的效率和准确性,也保证了区域调控系统建设中的模型可以灵活组建。数据云存储了全网统一的准实时数据,为全省状态估计计算、一体化分析与校核提供数据基础。

私有云构建了 2 个地区合并运行的区域调控实时系统,采用分布式采集技术首先完成所有厂站数据的可靠采集和均衡负载,并通过分布式数据处理技术使系统规模变大后业务均衡在多台服务器上并行处理。以淮宿区域调控系统为例,淮安电网和宿迁电网调控业务互备,运行过程中实时数据处理速度更快而各服务器负载更低。

7 结束语

基于云技术的区域调控技术支撑系统,在软件架构上,具有灵活可扩展、高弹性伸缩的能力,系统规模可以适应电网一次设备不断发展的要求。在性能上,具有广域分布式资源优化配置的能力,可以提高跨行政区域调控系统的运行协同处理水平,提高各类调控业务应用的响应速度。在可靠性上,省地两级系统分别承担了多重互备功能。在管理上,有利于开展省地一体化的系统运维工作。由于云技术本身不断进步,包括特高压、直流输电在内的电网一次系统也在飞速发展,因此,建设基于云技术的调度自动化系统,既是一项前所未有的机遇,也是一个新的挑战。

参考文献:

- [1] 姚建国,杨胜春,高宗和. 电网调度自动化系统发展趋势展望[J]. 电力系统自动化,2007,31(13):7-11.
- [2] 辛耀中. 新世纪电网调度自动化技术发展趋势[J]. 电网技术,2001,25(12):1-10.
- [3] 张伯明,孙宏斌,吴文传,等. 智能电网控制中心技术的未来发展[J]. 电力系统自动化,2009,33(17):21-28.
- [4] ZHANG B M, ZHANG H B, SUN H B. Interaction and Coordination Between Multiple Control Centers: Development and Practice [C]// Proceedings of CIGRE, Paris France, 2006.
- [5] PHADKE A G, DEMORAES R M. The Wide World of Wide-measurement Systems [J]. IEEE Power and Energy Magazine, 2008,6(5):52-65.
- [6] 韩英铎,吴小辰,吴京涛. 电力系统广域稳定控制技术及工程实验[J]. 南方电网技术,2007,1(1):128.
- [7] 杨胜春,姚建国,高宗和,等. 基于调度大二次系统的智能化电网调度辅助决策的研究[J]. 电网技术,2006,30(S):176-180.
- [8] 王明俊. 新一代能量管理系统的开发和分布式问题求解的新途径[J]. 电网技术,2004,28(17):1-5.
- [9] 杨胜春,姚建国,杨志宏,等. 网格技术在电力调度信息化中的应用探讨[J]. 电网技术,2006,30(S):1648-1653.
- [10] 王保义,邱素改,张少敏. 电力调度自动化系统中基于可信度的访问控制模型[J]. 电力系统自动化,2012,36(12):76-81.
- [11] 张少敏,李晓强,王保义. 基于 Hadoop 的智能电网数据安全存储设计[J]. 电力系统保护与控制,2013,41(14):136-140.
- [12] 宋亚奇,刘树仁,朱永利. 电力设备状态高速采样数据的云存储技术研究[J]. 电力自动化设备,2013,33(10):150-156.
- [13] FOSTER I, ZHAO Y, RAICU I. Cloud Computing and Grid Computing 360 Degree Compared [C]// Proceedings of Grid Computing Environments Workshop, Austin, U S A, 2008:1-10.
- [14] 冯永青,李鹏,陈刚. 基于模型拼接与外网等值的南方电网在线模型协调方法[J]. 电力自动化设备,2011,31(7):101-104.
- [15] 孙宏斌,李鹏,李矛,等. 中国南方电网在线分布式建模系统研究与设计[J]. 电力系统自动化,2007,31(10):82-91.
- [16] 黄伟,钱奇,刘军. 调度自动化系统开放式数据维护模型[J]. 电力系统自动化,2008,32(2):63-66.
- [17] 陈宁,徐春雷,庄卫金. 地县一体化调度自动化系统分布式数据采集方法[J]. 电力系统自动化,2011,35(24):89-92.
- [18] 陈国恩,钱啸,吴国庆. 智能电网地县调控一体化异地互备技术支持系统建设[J]. 华东电力,2012,40(4):680-683.

作者简介:

徐春雷(1976),男,江苏南通人,高级工程师,从事电力系统调度自动化研发和管理工作;

余璟(1980),男,江苏宜兴人,高级工程师,从事电力系统调度自动化研发和管理工作。

Regional Dispatching Control Technical Support System Based on Cloud Technology

XU Chunlei, YU Jing

(Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

Abstract: At present, the model, computing and storage resources cannot be configured to optimize the status quo in a larger area due to independent construction of sub-area's dispatching automation systems. Taking the advantages of cloud technology, such as elastic stretch, global resource management and high reliability features, a two-level regional dispatching control support system is designed. The first level, public cloud service center, contains the province's model cloud and data cloud, and services to the global non-real-time analysis business. The second level are private clouds of sub-areas, which services to distributed real-time regulation business. The system architecture, functionality and implementation are elaborated, and the promotion of the performance and function of the system is analyzed.

Key words: cloud technology; regional dispatching control; automation system; system architecture