(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2017 年 3 月 9 日 (09.03.2017)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2017/036244 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 17/50 (2006.01) *G06F 17/30* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/087819

(22) 国际申请日: 2016 年 6 月 30 日 (30.06.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201510561160.8 2015 年 9 月 6 日 (06.09.2015) CN

(71) 申请人: **中国电力科学研究院 (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 **国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA)** [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。

(72) 发明人: **刘科研 (LIU, Keyan)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 **盛万兴 (SHENG, Wanxing)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 **刁赢龙 (DIAO, Yinglong)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 **唐建岗 (TANG, Jiangang)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 **叶学顺 (YE, Xueshun)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 **何开元 (HE, Kaiyuan)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 **贾东梨 (JIA, Dongli)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。 **胡丽娟 (HU, Lijuan)**; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。

(74) 代理人: **北京派特恩知识产权代理有限公司 (CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE)**; 中国北京市海淀区海淀南路 21 号中关村知识产权大厦 B 座 2 层, Beijing 100080 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,

[见续页]

(54) **Title**: DIGITAL SIMULATION SYSTEM OF POWER DISTRIBUTION NETWORK

(54) **发明名称** : 配电网数字仿真系统

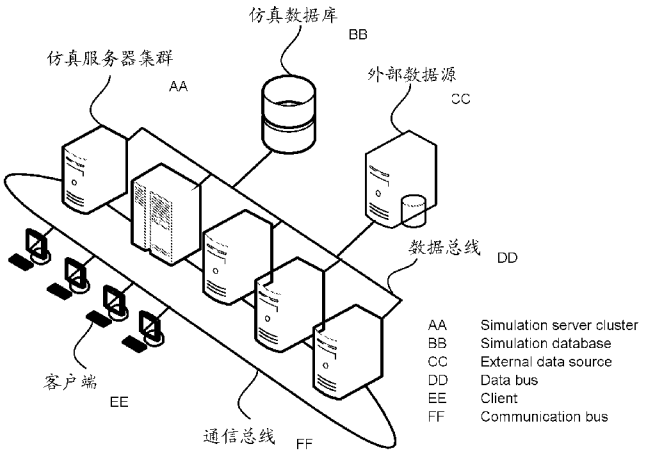


图 1

(57) **Abstract**: A digital simulation system of a power distribution network, comprising: a client and a server end. The server end is a simulation server cluster composed of several simulation servers; the simulation server cluster and the client are mutually connected through a communication bus, wherein the client is configured to use a DCOM component to invoke a simulation service provided by the server end, and the server end is configured to distribute a task to be processed to each cluster node. Constructing the above-mentioned digital simulation system facilitates an optimal planning and operation of a smart power distribution network, thereby improving the utilization efficiency and reliability of the smart power distribution network and reducing the loss of a power outage.

(57) **摘要**: 一种配电网数字仿真系统，包括：客户端和服务器端，所述服务器端为若干仿真服务器组成的仿真服务器集群；所述仿真服务器集群通过通信总线与所述客户端相互连接；其中，所述客户端配置为使用 DCOM 组件调用服务器端提供的仿真服务；所述服务器端配置为将待处理任务分发到每一个集群节点上。通过构建上述数字仿真系统，有利于智能配电网的优化规划和运行，由此提高智能配电网的利用效率和可靠性，减少了停电损失。

WO 2017/036244 A1

RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) **指定国** (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

配电网数字仿真系统

技术领域

本发明涉及电领域的配电网仿真技术，具体涉及一种基于分布式组件对象模式（DCOM，Distributed Component Object Model）的配电网数字仿真系统。

背景技术

配电网是处于电力系统的末端，在电力网中主要起电能分配作用的网络，具有地域分布广、电网规模大、设备种类多、网络连接多样、运行方式多变等鲜明特点。配电网络的结构庞大且复杂，网络结构由于故障或负荷转移操作中开关的开合而频繁发生变化。随着城镇化建设和用电需求的增长，配电网一直在不断改造和扩建，其规模也不断扩大，同时各种类型分布式电源的大量接入和自动化程度的不断提高导致其控制和分析变得日益复杂。

为了使配电网始终处于安全、可靠、优质、经济、高效的最优运行状态，提高配电系统电能质量，最大限度增加电网企业的经济效益，从而提升整个配电系统的管理水平和工作效率，配电网仿真已成为贯穿配电系统研究、规划和运行的一项重要工作。只有通过对配电网的深入仿真分析，才能使配电网规划和调度人员的预测更加准确，决策更加科学。

目前配电网的数字仿真系统较少，仿真更多停留在理论分析和培训仿真方面，缺乏对配电网的安全生产、经济运行起到指导作用；或作为高级应用与配电自动化、规划发策等系统深度耦合，功能单一不能全面覆盖整个配电网仿真体系，支持的模型匮乏，算法效率低且计算结果不精确无法反应现场实际状态，难以应对大规模复杂多变的配电网络，给现代配电网

的发展带来相当不利的影响。

因此设计并实现一种配电网仿真系统以提高配电网研究、设计和规划水平，保障配电网安全稳定运行尚无有效的解决方案。

发明内容

为了解决上述问题，本发明提供一种基于 DCOM 的配电网数字仿真系统，通过智能配电网数字仿真平台的分析计算，可以有效减少电网故障时非故障段线路的停电时间，整体提升电网的供电可靠性水平，避免高新技术工业、商业金融等重要行业因停电造成巨额的经济损失。

本发明实施例技术方案是这样实现的:

根据本发明的一方面，提供一种配电网数字仿真系统，包括：客户端和服务器端，

所述服务器端为仿真服务器组成的仿真服务器集群；所述客户端通过通信总线与所述仿真服务器集群相互连接;

所述服务器端配置为：在单位时间内离线运行信息，预估配电网状态并离线仿真所述单位时间的运行态势，获取各项运行指标，包括潮流分布、电压、无功和线损;

在单位时间内实时运行信息，预估配电网状态并在线仿真所述单位时间的运行态势，获取所述各项运行指标;

计算配电网短路电流;

根据配电网络结构和设备信息，计算配电网的可靠性水平、趋势仿真、预想事故仿真和可靠性仿真，获取故障可靠率、系统平均停电频率和停电持续时间;

计算无功补偿装置的电容器容量和位置；提供满足配电网负荷的接线方案;

实现图形数据和属性数据的统一维护。

优选的，所述客户端，配置为使用 DCOM 组件调用服务器端提供的仿真服务；所述服务器端，还配置为将待处理任务分发到仿真服务器集群的每一个节点上。

优选的，所述服务器端，包括数据层、封装层和服务层；其中，

所述数据层，配置为从仿真数据库和外部数据源中抽取仿真数据；

所述封装层，配置为将所述服务层的仿真模块封装为服务；

所述服务层，配置为为客户端提供统一调用所述封装层的仿真服务。

优选的，所述仿真服务器集群通过双数据总线分别与仿真数据库和外部数据源相连。

优选的，所述封装层包括：

拓扑模块，配置为将仿真数据载入仿真服务器集群共享内存；

内存计算模块，配置为调用内存数据库的 DCOM 组件计算内存；

接口模块，配置为传输 XML 格式数据；

通信解析模块，配置为解析所述客户端发来的 XML 文件；

数据过滤模块，配置为通过开放式仿真接口对接收到的数据进行筛选，过滤非法请求。

优选的，其中，所述服务层包括仿真模块；

所述仿真模块包括：

离线运行仿真单元，配置为在单位时间内离线运行信息，预估配电网状态并离线仿真所述单位的运行态势，获取各项运行指标，包括潮流分布、电压、无功和线损；

在线运行仿真单元，配置为在单位时间内实时运行信息，预估配电网状态并在线仿真所述单位的运行态势，获取所述各项运行指标；

故障仿真单元，配置为计算配电网短路电流；

可靠性仿真单元，配置为根据配电网络结构和设备信息，计算配电网

的可靠性水平和趋势仿真、预想事故仿真和 N-K 可靠性仿真，获取故障可靠率、系统平均停电频率和停电持续时间；

优化仿真单元，包括无功优化仿真子单元和选址定容仿真子单元；所述无功优化仿真子单元，配置为计算无功补偿装置的电容器容量和位置；所述选址定容仿真子单元，配置为提供满足配电网负荷的接线方案；

图模库维护单元，以实现图形数据和属性数据的统一维护。

优选的，所述所务层为所述为客户端提供统一调用所述封装层的仿真服务，通过以下方式实现：

从分布式集群中选取一台协调服务器，配置为响应客户端访问请求，维持待处理任务队列 $A=\{a_1,a_2,a_3...\}$，并采用动态轮询法分配仿真任务；

读取数据库任务队列中的目标网络，进行统一拓扑并共享到每一台仿真服务器上；同时利用协调服务器对各个服务器持续监控，并不断更新；通过对每一台仿真服务器进行实时分析，将仿真任务分配到集群中；

若其中某个任务网络节点数量超过阈值：

则将网络规模复杂、节点多的仿真任务进行切割，分发至空闲仿真服务器，同时维持一个协调通信进程，整合各个节点的中间值，生成仿真结果；

否则仿真计算结束，返回仿真结果。

优选的，所述服务层还配置为通过以下方式采用动态轮询法分配仿真任务：

对 N 个仿真节点进行轮询，获取各节点实时性能和当前任务量，预估当前任务量时间为 $t_i\ (i<N)$；N 为大于等于 1 的整数

计算所有节点的当前任务预估时间 $T=\{t_1,t_2,t_3...\}$ 和性能系数 $\partial=\{\partial_1,\partial_2,\partial_3...\}$，获取待分配任务节点集合 $\mathrm{Re}=f_{\min}(T\times\partial,m)$；其中，$f_{\min}(S,m)$ 为集合 S 中最小的 m 个数。

根据所述集合Re分配*m*个任务，更新待处理任务队列。

本发明实施例至少具有以下有益效果:

（1）提供配电网仿真系统分布式部署方式，包括对多用户不同功能的仿真请求实现并行计算和对大网络进行纵向任务切割实现分布式计算，平衡任务负载，共享网络拓扑数据，提高仿真系统的整体计算吞吐量和计算效率。

（2）提供一种面向服务的配电网仿真计算框架，利用统一的开放式仿真接口和协议实现仿真客户端的透明调用，使得各仿真功能之间实现松耦合，具有高扩展性和灵活性。

（3）提出基于大规模复杂配电网的仿真功能体系并开发完成配电网数字仿真系统，全面覆盖配电网研究、规划和运行过程中的各种仿真需求。

（4）通过智能配电网数字仿真平台的分析计算，可以有效减少电网故障时非故障段线路的停电时间，整体提升电网的供电可靠性水平，避免高新技术工业、商业金融等重要行业因停电造成巨额的经济损失；具有显著的经济与社会效益。

附图说明

图 1 为本发明提出的配电网数字仿真系统分布式部署方式示意图;

图 2 为配电网数字仿真系统服务器端架构示意图;

图 3 为配电网数字仿真系统图模维护示意图;

图 4 为仿真系统服务器端数据流图;

图 5 为配电网数字仿真流程图。

具体实施方式

如图 1 和图 2 所示，本发明实施例提供一种基于 DCOM 的配电网数字仿真系统，针对配电网研究、规划、运行等工作的仿真需求，同时考虑配

网本身设备类型多地区差异大，数据源多量测点缺失严重，网络规模大高维计算困难，网架频繁更新等特点，提出了全面覆盖当前配电网的数字仿真功能体系，使其可以应用于发策、规划设计、调度运检等多个部门；从而实现配电网运行仿真、故障仿真、可靠性仿真和优化仿真等仿真技术。包括：客户端和服务器端，所述服务器端为若干仿真服务器组成的仿真服务器集群；所述仿真服务器集群通过通信总线与客户端相互连接。

客户端，配置为使用 DCOM 组件调用服务器端提供的仿真服务；服务器端，配置为将待处理任务分发到每一个仿真服务器集群的节点上。基于 DCOM 的配电网数字仿真系统分布式集群部署方式，既可以将多用户不同功能的计算请求分布到仿真服务器集群上，增加仿真吞吐量，提高整个仿真服务器集群的灵活性和可用性。又可以针对大规模电网计算维数过高、计算量过大且求解效率偏低等问题，纵向切割配网网络，实现并行仿真计算。

如图 2 所示，服务器端，包括数据层、封装层和服务层；其中，所述数据层，配置为为封装层提供计算需要的基础数据，从仿真数据库和外部数据源中抽取仿真数据；实现配电网异构数据的融合与清洗；所述封装层，配置为将服务层的仿真模块封装为各种仿真服务；

所述服务层，配置为为客户端提供统一调用所述封装层的仿真服务，使用传输控制协议（TCP，Transmission Control Protocol ）和操作系统底层应用程序接口（API，Application Programming Interface）实现不同主机间（也就是仿真服务器集群与客户端之间）程序的调用。

仿真服务器集群通过双数据总线分别与仿真数据库和外部数据源相连。

封装层包括：

拓扑服务（模块），配置为将仿真数据库的仿真数据载入仿真服务器集

群共享内存；避免对仿真数据库的反复调用影响计算效率，通信解析程序负责解析客户端发来的可扩展标记语言（XML，Extensible Markup Language）文件，数据过滤功能基于开放式仿真接口对接收到的数据进行筛选，抛弃非法请求。

内存计算模块（图 2 中未示出），配置为调用内存数据库（维护在内存中的数据库）的 DCOM 组件计算内存；计算方法包括潮流计算、故障计算、可靠计算和优化计算；从而提高内存数据库的运行速度。

接口模块，配置为传输 XML 格式数据；使得仿真系统客户端可以透明调用仿真算法，同时仿真系统服务器端可以通过服务的方式灵活地扩展功能。

通信解析（模块），配置为解析客户端发来的 XML 文件；

数据过滤（模块），配置为通过开放式仿真接口对接收到的数据（也就是 XML 文件）进行筛选，过滤非法请求。

服务层包括仿真模块；仿真模块通过服务松耦合定义，独立于实现服务的硬件平台、操作系统和编程语言，客户端只要采用预定义的接口和协议连接就可以透明的提交仿真请求并获得结果。通过服务器端统一的服务层，可灵活的横向/纵向扩展功能以适应不断升级的业务。

所述仿真模块包括:

离线运行仿真单元，配置为在单位时间内离线运行信息（也就是配置数据），预估配电网状态并离线仿真该时间段（也就是前述的单位时间）的运行态势，获取各项运行指标，包括潮流分布、电压、无功和线损；

在线运行仿真单元，配置为在单位时间内实时运行信息，预估配电网状态并在线仿真该时间段（也就是前述的单位时间）的运行态势，获取所述各项运行指标；

离线运行仿真单元和在线运行仿真单元构成配电网运行仿真，它是是

潮流计算时电力系统最基本最常用的算法，根据系统给定的运行条件、网络接线及元件参数，通过潮流计算可以确定各母线的电压幅值和相角，各负荷的有功无功功率，整个系统的线损和其他运行指标。配电网运行仿真技术包括离线仿真和在线仿真，在线仿真从一区配电自动化系统、用电信息采集系统等数据源采集实时数据，对整个配网的运行状态进行实时分析。

故障仿真单元，配置为计算配电网短路电流；研究限制故障所造成的危害，缩小故障的影响范围；配电网复杂多变，直接在生产现场制造故障来采集数据不但容易造成一定的风险，而且相关的试验费用也比较高，所以一般禁止进行接地试验，导致很难获得大量故障原始数据总结常见故障类型发掘故障原因，为此在本发明实施例中通过建立模型通过数字仿真来进行故障分析。配电网数字仿真系统通过计算短路电流，模拟故障发生的全过程和事后造成的危害，获得相关数据，有效指导运检工作的进行。

现代配电网系统的发展扩张使得电力系统取得了很大的经济效益。但是，与此同时所带来的网架结构的复杂化，以及配电网中元件的故障率的升高，给电网安全正常运行带来了大量的随机性和不确定问题，这直接促进了配电网可靠性技术的研究和发展。配电网数字仿真系统基于配电网中元件和系统的可靠性参数，对系统的可靠性水平进行定量评估，包括系统的历史可靠性水平和在未来时间内的可靠性水平。由于分布式电源系统的接入使得配电网的结构和运行方式发生了很大的变化，加上分布式电源本身的运行方式与传统配电网元件有很大的不同，数字仿真系统考虑分布式电源接入后的配电网网络结构、电网及设备的故障/维修信息，计算配电网在不同运行环境和状态下的可靠性水平和趋势，给出故障可靠率、系统平均停电频率、停电持续时间等指标。

综上，通过可靠性仿真单元，用于根据配电网络结构和设备信息，包括配电网自动化系统、生产管理系统（PMS，Production

Management System）、用电信息采集系统、地理信息系统（GIS，Geographic Information System）等配电网数据源抽取设备台账数据、配电网网架信息、用采信息、负荷信息等，计算配电网的可靠性水平和趋势仿真、预想事故仿真和 N-K 可靠性仿真，获取故障可靠率、系统平均停电频率和停电持续时间；

优化仿真单元，实现在不同运行环境，不同运行状态下的分布式电源的选址定容仿真功能、含分布式电源的配电网无功配置仿真、电压无功优化仿真以及含分布式电源的配电系统运行优化仿真；其包括无功优化仿真子单元和选址定容仿真子单元；无功优化仿真子单元配置为计算无功补偿装置的电容器容量和位置；选址定容仿真子单元配置为提供满足配电网负荷的接线方案；

如图 3 所示，图模库维护单元，以实现图形数据和属性数据的统一维护，实现对图形、数据、台账三项需要维护的数据进行输入，分为数据维护、工程设置、编辑类设置、文件类设置、绘图、数据发布等功能。所有的地理图数据、图形数据和属性数据都是通过图资维护系统录入和维护的，这些数据包括站内接线图（包括变电站内和多回路内），电气系统图，工况图数据，地理图数据，设备属性数据，设备型号表、开放系统的直连式存储（DAS，Direct-Attached Storage）运行用参数等。

如图 4 和图 5 所示，服务层为客户端提供统一调用所述封装层的仿真服务，包括下述步骤：

（1）从分布式集群中选取一台协调服务器，协调服务器配置为响应客户端访问请求，维持待处理任务队列 $A=\{a_1,a_2,a_3\ldots\}$，并采用动态轮询法分配仿真任务；

（2）读取仿真数据库任务队列中的目标网络，进行统一拓扑并共享到每一台仿真服务器上；同时利用协调服务器对各个服务器持续监控，并不

断更新；通过对每一台仿真服务器进行实时分析，将仿真任务分配到集群中；若其中某个任务网络节点数量超过阈值，则跳转至步骤（3），否则跳转步骤（4）;

（3）将网络规模复杂、节点多的仿真任务进行切割，分发至空闲仿真服务器，同时维持一个协调通信进程，整合各个节点的中间值，生成仿真结果；对仿真任务分割还应该注意以下几点：

（1）各子网络独立计算，互不影响，避免串行执行。分解后避免大规模系统的高维算法求解，获取一定的计算效益；

（2）子网络间数据相对保密，只需要交换少量协调信息，尽可能避免大量通信导致网络阻塞。

（4）仿真计算结束，返回仿真结果。

所述步骤（1）采用动态轮询法分配仿真任务包括下述步骤：

a）对 N 个仿真节点进行轮询，获取各节点实时性能和当前任务量，预估当前任务量时间为 $t_i \ (i<N)$，N 为大于等于 1 的整数。

b）计算所有节点的当前任务预估时间 $T=\{t_1,t_2,t_3\ldots\}$ 和性能系数 $\partial=\{\partial_1,\partial_2,\partial_3\ldots\}$，获取待分配任务节点集合 $\mathrm{Re}=f_{\min}(T\times\partial,m)$；其中，$f_{\min}(S,m)$ 为集合 S 中最小的 m 个数，m 为大于等于 1 整数。

c）根据所述集合 Re 分配 m 个任务，更新待处理任务队列。

本领域普通技术人员可以理解：本发明上述集成的单元如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，也可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本发明实施例的技术方案本质上或者说对相关技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机、服务器、或者网络设备等）执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分。而前述的存储介质包括：移动存储设备、

RAM、ROM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1、一种配电网数字仿真系统，包括：客户端和服务器端，其中，

所述服务器端，包括由仿真服务器组成的仿真服务器集群；

所述客户端，配置为通过通信总线与所述仿真服务器集群相互连接；

所述服务器端配置为：在单位时间内离线运行信息，预估配电网状态并离线仿真所述单位时间的运行态势，获取各项运行指标，包括潮流分布、电压、无功和线损；

在所述单位时间内实时运行信息，预估配电网状态并在线仿真所述单位时间的运行态势，获取所述各项运行指标；

计算配电网短路电流；

根据配电网络结构和设备信息，计算配电网的可靠性水平、趋势仿真、预想事故仿真和可靠性仿真，获取故障可靠率、系统平均停电频率和停电持续时间；

计算无功补偿装置的电容器容量和位置；提供满足配电网负荷的接线方案；

实现图形数据和属性数据的统一维护。

2、如权利要求 1 所述的配电网数字仿真系统，其中，

所述客户端，还配置为使用分布式组件对象模型 DCOM 组件调用所述服务器端提供的仿真服务；

所述服务器端，配置为将待处理任务分发到所述仿真服务器集群的每一个节点上。

3、如权利要求 1 所述的配电网数字仿真系统，其中，所述服务器端，包括数据层、封装层和服务层；其中，

所述数据层，配置为从仿真数据库和外部数据源中抽取仿真数据；

所述封装层，配置为将所述服务层的仿真模块封装为服务；

所述服务层，配置为为所述客户端提供统一调用所述封装层的仿真服务。

4、如权利要求 1-3 任一所述的配电网数字仿真系统，其中，所述仿真服务器集群通过双数据总线分别与仿真数据库和外部数据源相连。

5、如权利要求 3 所述的配电网数字仿真系统，其中，所述封装层包括:

拓扑模块，配置为将仿真数据载入仿真服务器集群共享内存;

内存计算模块，配置为调用内存数据库的 DCOM 组件计算内存;

接口模块，配置为传输可扩展标记语言 XML 格式数据;

通信解析模块，配置为解析所述客户端发来的 XML 文件;

数据过滤模块，配置为通过开放式仿真接口对接收到的数据进行筛选，过滤非法请求。

6、如权利要求 3 所述的配电网数字仿真系统，其中，所述服务层包括仿真模块;

所述仿真模块包括:

离线运行仿真单元，配置为在单位时间内离线运行信息，预估配电网状态并离线仿真所述单位时间的运行态势，获取各项运行指标，包括潮流分布、电压、无功和线损;

在线运行仿真单元，配置为在所述单位时间内实时运行信息，预估配电网状态并在线仿真所述单位时间的运行态势，获取所述各项运行指标;

故障仿真单元，配置为计算配电网短路电流;

可靠性仿真单元，配置为根据配电网络结构和设备信息，计算配电网的可靠性水平和趋势仿真、预想事故仿真和 N-K 可靠性仿真，获取故障可靠率、系统平均停电频率和停电持续时间;

优化仿真单元，包括无功优化仿真子单元和选址定容仿真子单元; 所述无功优化仿真子单元，配置为计算无功补偿装置的电容器容量和位置;

所述选址定容仿真子单元，配置为提供满足配电网负荷的接线方案；

图模库维护单元，配置为实现图形数据和属性数据的统一维护。

7、如权利要求 3 所述的配电网数字仿真系统，其中，所述所务层还配置为：

从分布式集群中选取一台协调服务器，配置为响应客户端访问请求，维持待处理任务队列，并采用动态轮询法分配仿真任务；

读取数据库任务队列中的目标网络，进行统一拓扑并共享到每一台仿真服务器上；同时利用协调服务器对各个服务器持续监控，并不断更新；通过对每一台仿真服务器进行实时分析，将仿真任务分配到集群中；

若其中某个任务网络节点数量超过阈值，

则将网络规模复杂、节点多的仿真任务进行切割，分发至空闲仿真服务器，同时维持一个协调通信进程，整合各个节点的中间值，生成仿真结果；

否则仿真计算结束，返回仿真结果。

8、如权利要求 7 所述的配电网数字仿真系统，其中，所述所务层还配置为：

对 N 个仿真节点进行轮询，获取各节点实时性能和当前任务量，预估当前任务量时间为 $t_i \ (i < N)$，N 为大于等于 1 的整数；

算所有节点的当前任务预估时间 $T = \{t_1, t_2, t_3 \ldots\}$ 和性能系数 $\partial = \{\partial_1, \partial_2, \partial_3 \ldots\}$，获取待分配任务节点集合 $\mathrm{Re} = f_{\min}(T \times \partial, m)$；其中，$f_{\min}(S, m)$ 为集合 S 中最小的 m 个数，m 为大于等于 1 整数；

根据所述集合 Re 分配 m 个任务，更新待处理任务队列。

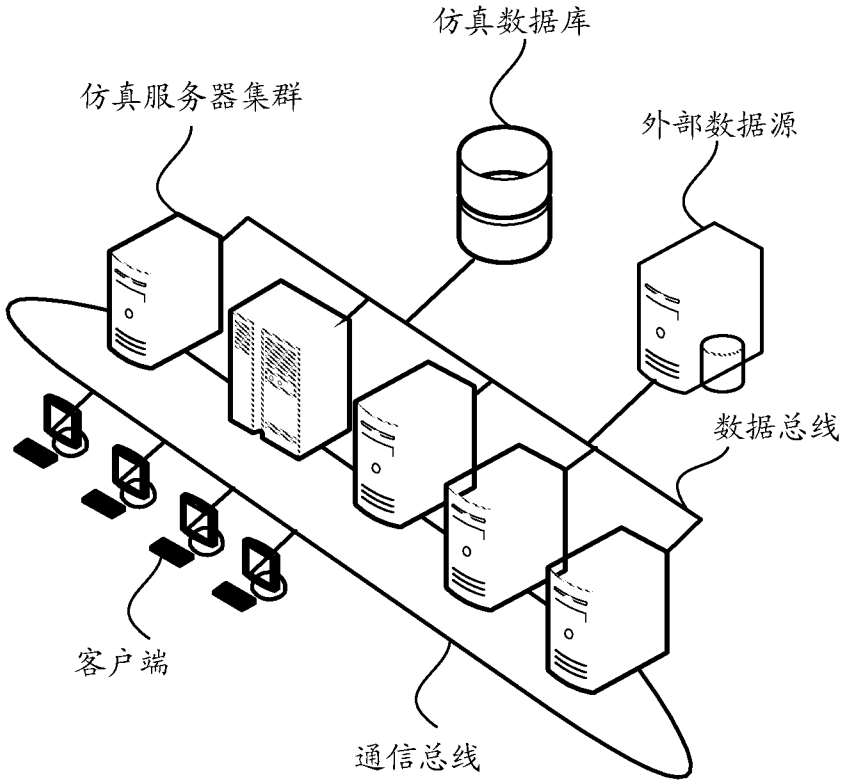


图 1

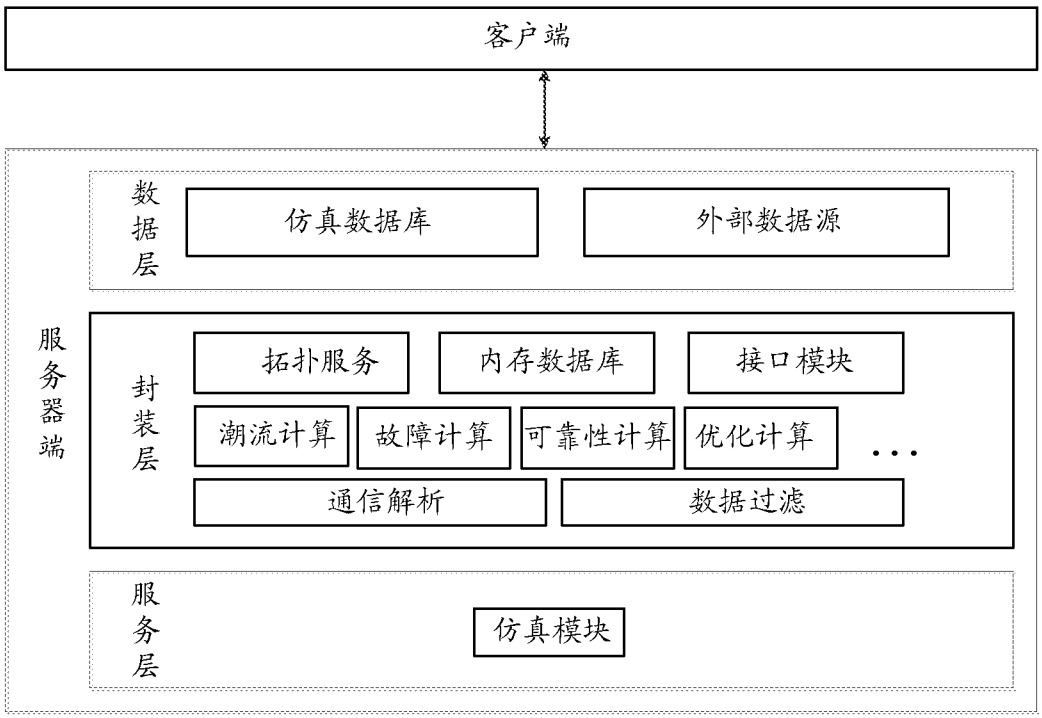

客户端
服务器端
数据层
仿真数据库
外部数据源
封装层
拓扑服务
内存数据库
接口模块
潮流计算
故障计算
可靠性计算
优化计算
...
通信解析
数据过滤
服务层
仿真模块

图 2

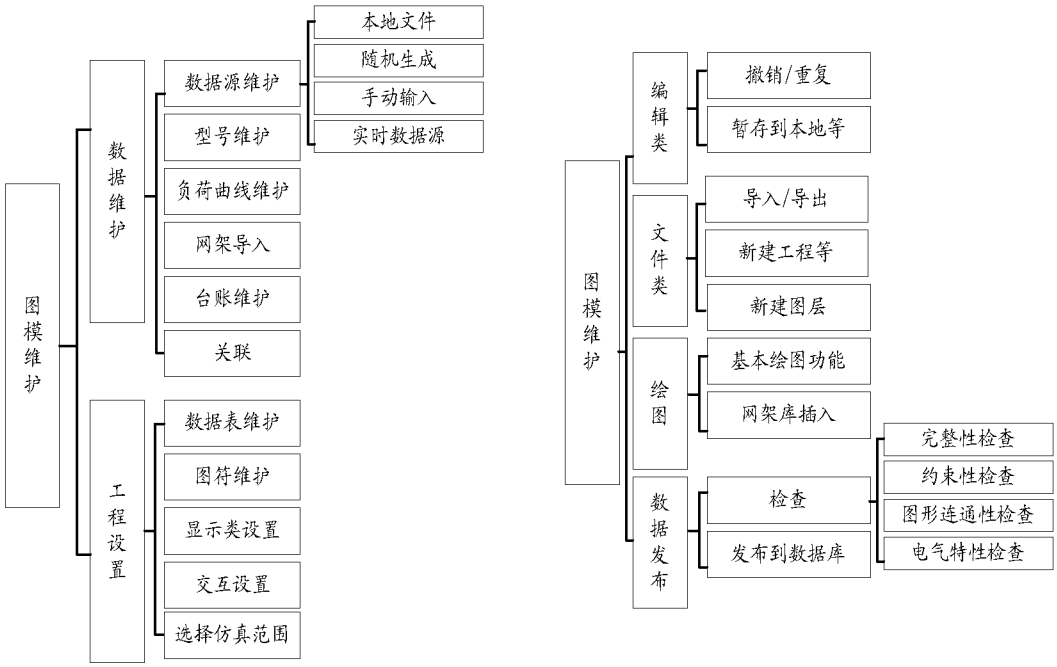

图模维护
数据维护
数据源维护
本地文件
随机生成
手动输入
实时数据源
型号维护
负荷曲线维护
网架导入
台账维护
关联
工程设置
数据表维护
图符维护
显示类设置
交互设置
选择仿真范围
图模维护
编辑类
撤销/重复
暂存到本地等
文件类
导入/导出
新建工程等
新建图层
绘图
基本绘图功能
网架库插入
数据发布
检查
完整性检查
约束性检查
图形连通性检查
电气特性检查
发布到数据库

图 3

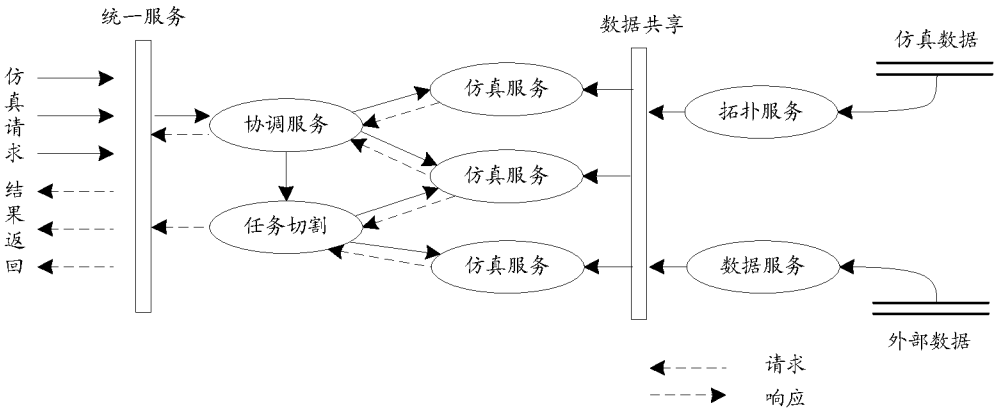

统一服务
数据共享
仿真数据
仿真请求
结果返回
协调服务
任务切割
仿真服务
仿真服务
仿真服务
拓扑服务
数据服务
外部数据
请求
响应

图 4

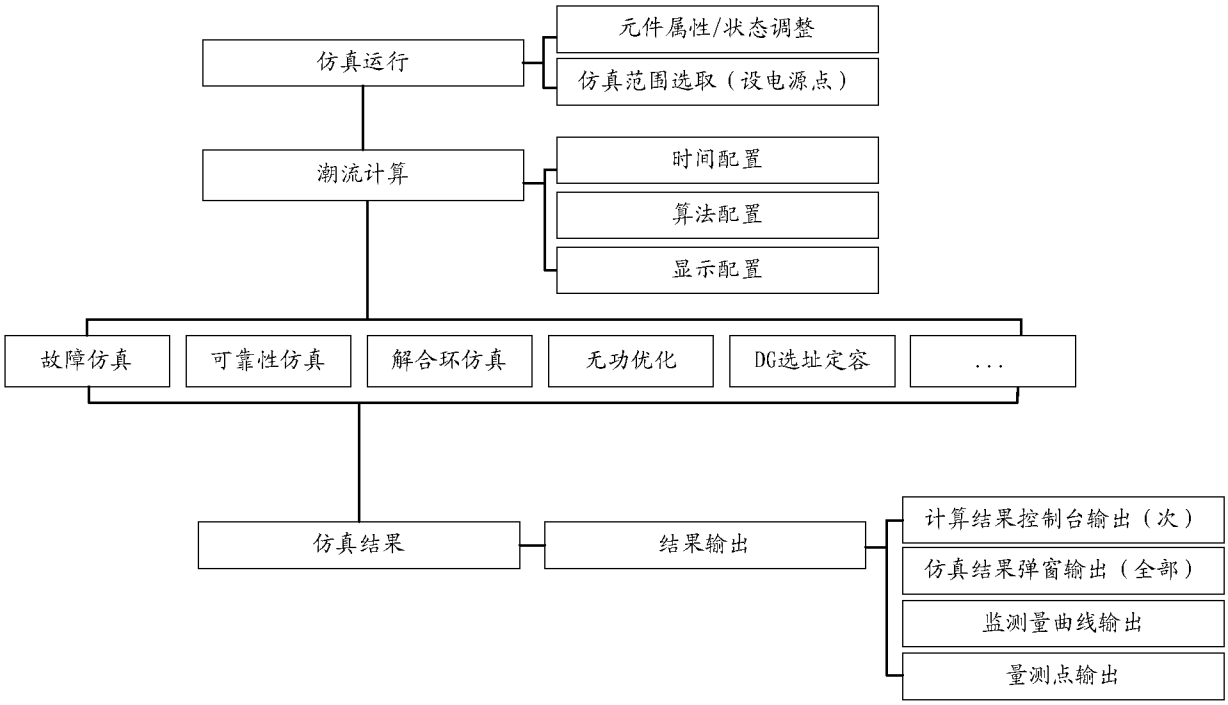

仿真运行
元件属性/状态调整
仿真范围选取（设电源点）
潮流计算
时间配置
算法配置
显示配置
故障仿真
可靠性仿真
解合环仿真
无功优化
DG选址定容
...
仿真结果
结果输出
计算结果控制台输出（次）
仿真结果弹窗输出（全部）
监测量曲线输出
量测点输出

图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/087819

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 17/50 (2006.01) i; G06F 17/30 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI: power grid, power system, power, simulat+, sever, client

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 201298233 Y (NORTHWEST CHINA GRID COMPANY LIMITED et al.), 26 August 2009 (26.08.2009), description, pages 3-4, and figures 1-2	1-6
Y	CN 103873321 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 18 June 2014 (18.06.2014), description, paragraphs 0055-0056, and figures 1-2	1-6
Y	CN 104123675 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 29 October 2014 (29.10.2014), description, paragraphs 0085-0118, and figures 1-3	1-6
PX	CN 105205231 A (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE et al.), 30 December 2015 (30.12.2015), claims 1-8	1-8
A	CN 103248127 A (SHANDONG UNIVERSITY), 14 August 2013 (14.08.2013), the whole document	1-8
A	CN 104462688 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 25 March 2015 (25.03.2015), the whole document	1-8
A	US 2011213606 A1 (SEAMAN, A. et al.), 01 September 2011 (01.09.2011), the whole document	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 September 2016 (20.09.2016)	**09 October 2016 (09.10.2016)**
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer **ZHOU, Xuan** Telephone No.: (86-10) **62413214**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/087819

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 201298233 Y	26 August 2009	None	
CN 103873321 A	18 June 2014	None	
CN 104123675 A	29 October 2014	None	
CN 105205231 A	30 December 2015	None	
CN 103248127 A	14 August 2013	CN 103248127 B	22 October 2014
CN 104462688 A	25 March 2015	None	
US 2011213606 A1	01 September 2011	US 2015149143 A1	28 May 2015
		US 9099866 B2	04 August 2015

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2016/087819

A. 主题的分类

G06F 17/50(2006.01)i；G06F 17/30(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

EPODOC,WPI,CNPAT,CNKI:电网,仿真,电力系统,服务器,客户端,power,simulat+,sever, client

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 201298233 Y (西北电网有限公司 等) 2009年 8月 26日 (2009-08-26) 说明书第3-4页，附图1-2	1-6
Y	CN 103873321 A (国家电网公司 等) 2014年 6月 18日 (2014-06-18) 说明书第0055-0056段，附图1-2	1-6
Y	CN 104123675 A (国家电网公司 等) 2014年 10月 29日 (2014-10-29) 说明书第0085-0118段，附图1-3	1-6
PX	CN 105205231 A (中国电力科学研究院 等) 2015年 12月 30日 (2015-12-30) 权利要求1-8	1-8
A	CN 103248127 A (山东大学) 2013年 8月 14日 (2013-08-14) 全文	1-8
A	CN 104462688 A (国家电网公司 等) 2015年 3月 25日 (2015-03-25) 全文	1-8
A	US 2011213606 A1 (SEAMAN, ADEN 等) 2011年 9月 1日 (2011-09-01) 全文	1-8

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2016年 9月 20日	2016年 10月 9日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 周玄 电话号码 (86-10)62413214

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2009年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2016/087819

检索报告引用的专利文件			公布日（年/月/日）	同族专利			公布日（年/月/日）
CN	201298233	Y	2009年 8月 26日	无			
CN	103873321	A	2014年 6月 18日	无			
CN	104123675	A	2014年 10月 29日	无			
CN	105205231	A	2015年 12月 30日	无			
CN	103248127	A	2013年 8月 14日	CN	103248127	B	2014年 10月 22日
CN	104462688	A	2015年 3月 25日	无			
US	2011213606	A1	2011年 9月 1日	US	2015149143	A1	2015年 5月 28日
				US	9099866	B2	2015年 8月 4日