**技术交底书格式**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 专利名称 | | 一种基于LoRaWan的物联网系统 | | 所属技术领域 | | 计算机技术 |
| 专利发明人或设计人 | | 林进挚、赵希敏 | | 技术交底书撰写人 | | 林进挚、赵希敏 |
| 技术问题联系人 | 姓名 | | 电话 | | E-mail | |
| 林进挚 | | 13751167593 | | jz.lin@siat.ac.cn | |

单位：中国科学院深圳先进技术研究院

摘要

本发明公开了一种基于GraphX的电网系支路搜索技术，适用于大型电网系统的拓扑分析。通过Spark框架下的大规模并行图计算组件GraphX构建电网拓扑图，并且通过基于内存的并行计算对拓扑图进行分析处理，计算出电网的支路，得到电网系统中的母线-支路模型。GraphX并行图计算框架能能够实现大规模拓扑图的并行计算分析，对于复杂的大型电网系统，采用GraphX能够快速建立电网厂站分析与系统分析，构建潮流计算通用的母线-支路模型，并且能快速识别电网中的电气岛。

1. 本发明要解决的技术问题是什么？

本发明属于电气工程技术领域，特别是涉及一种基于GraphX的电网系统支路搜索技术

1. 详细介绍技术背景,并描述已有的与本发明最相近似的实现方案。

（包括两部分：背景技术及现有技术方案，应详细介绍，以不需再去看文献即可领会该技术内容为准，如果现有技术出自专利、期刊、书籍，则提供出处）

电力系统拓扑分析是电力能量（生产、传输、使用）流动过程中，对用于转换、保护、控制这一过程的元件在电力系统分析中认为阻抗近似为0的元件状态的分析，目的是形成便于电网分析与计算的模型，它界于底层和高层之间。就调度自动化而言，底层信息（如*SCADA*）是拓扑分析的基础，高层应用（如状态估计、安全调度等）是拓扑分析的目的。可见，电力系统在实时运行中，这些元件的状态变化决定了运行方式的变化。如何依据厂站实时信息、快速、准确地跟踪这些变化，是电力系统运行控制和风险分析中需要解决的一个基础而关键的问题。

电网拓扑分析可分为电网厂站分析与电网系统分析，进行厂站拓扑分析时厂站内双端元件表示为图的边，单端元件处理为图的顶点，分析后厂站划分为若干母线节点，双端元件如断路器开关等为支路；电网的系统拓扑分析是以厂站作为母线节点，交流线路作为支路，分析后得到的母线-支路模型是厂站拓扑分析之后的进一步分析。

目前对电力系统拓扑分析的方法主要有深度搜索法，广度搜索法，关联矩阵法等。深度/广度搜索原理简单，但是对复杂网络略显不足；关联矩阵计算量大，对于大型电网计算效率偏低。

Apache Spark是一个基于内存的分布式并行计算框架，对于大规模数据，能实现快速迭代处理。其中GraphX是Spark中的一个图计算组件，能够实现大规模拓扑图的并行计算分析，对于复杂的大型电网系统，采用GraphX中的Preagel框架，能够实现支路模型的快速建立，实现厂站拓扑分析与系统拓扑分析的并行处理。

3、现有技术的缺点是什么？针对这些缺点，说明本发明的目的。

（客观评价，现有技术的缺点是针对于本发明的优点来说的，本发明不能解决的缺点不必写；基于本发明能解决的问题写出发明的目的）

现有的电力系统拓扑分析技术大多都是采用深度/广度搜索法与关联矩阵法，关联矩阵法是将电网各个器件以顶点和支路的的形式存在矩阵再进行计算的方法，关联计算量较大，对于大型电网系统的解析效率偏低，广度/深度搜索法是根据节点的连接关系沿支路依次搜索的方法，对于复杂结构的电网的解析能力不足。

本发明目的在于针对解析效率低与解析复杂电网能力不足的问题，针对电网拓扑的结构特点，提出一种基于GraphX的电网系统支路搜索技术。本发明一方面通过电网CIM/E文件解析构建基于GraphX的电网拓扑结构，一方面通过GraphX组件中的相关算法对电网拓扑中的支路进行计算分析。

4、本发明技术方案的基本内容。

本发明公开了一种基于GraphX的电网系统支路搜索技术，首先对描述电网拓扑的CIM/E文件进行解析处理，然后将解析结果进行提取分析构建Graph拓扑图，然后根据Spark框架中的GraphX组件，对电网拓扑图进行分割，然后发布到分布式系统上进行并行计算，得到系统中的支路模型。本发明通过基于内存并行计算的图计算方法，以并行计算的方式对电网拓扑进行高速的拓扑分析，能够实现动态快速的支路分析。

Connected Components算法是图论中的一种经典算法，它能够找到拓扑结构中的连通子图即电网系统中的拓扑岛，通常由广度优先搜索法或者深度优先搜索法来进行实现。GraphX中的Connected Components算法采用了改进的Pregel并行图计算框架，它以顶点作为基础进行操作，但它不会在单个顶点上进行消息遍历，而是将顶点的多个Ghost副本收到的消息聚合后，发送给Master副本，再使用vprog函数来更新点值。这种框架避免了传统Pregel框架中超级节点的问题，对于连接情况复杂的电网系统有着较好的适用性。本发明采用Connected Componets算法识别系统拓扑中的母线节点。

Pregel是Google提出的大规模分布式图计算平台，专门用来解决网页链接分析、社交数据挖掘等实际应用中涉及的大规模分布式图计算问题。Pregel在概念模型上遵循BSP模型，整个计算过程由若干顺序执行的超级步（Super Step）组成，系统从一个“超级步”迈向下一个“超级步”，直到达到算法的终止条件，图1描述了一个Pregel算法的标准应用。在厂站拓扑中，本发明通过Pregel框架来实现支路计算即开关合并，将连续相连的若干个开关合并成为一个开关以减少系统中支路的数量；在系统拓扑中，采用Pregel框架能实现线路与线路侧开关的合并，以计算出系统拓扑的支路。

5、本发明技术方案的详细阐述。

（本部分为专利申请最重要的部分，需要详细提供，专利必须是一个技术方案，应该阐述发明目的是通过什么技术手段来实现的，不能只有原理，也不能只做功能介绍；因此发明中每一功能的实现都要有相应的技术实现方案；所有英文缩写都应有中文注释；必须结合流程图、原理框图、电路图、时序图等附图进行说明**，**每个图都应有对应的文字详细的描述，以别人不看附图即可明白技术方案为准；同时附图中的关键词或方框图中的注释都尽量用中文；方法专利都应该提供一个流程图，并提供相关的系统装置。）

电气系统拓扑能够抽象成为母线-支路的分析模型，电力系统中电器元件的状态是随时发生变化的，描述开关通断与元件连接关系的CIM/E文件一般十五分钟更新一次。要对系统进行实时的分析计算，需要在电网状态更新之后对系统拓扑进行迅速的重构与分析。后续的电气岛识别，潮流计算，风险评估等高级电力算法应用，都是在母线-支路模型上进行的，为了达到实时分析的效率与速度，采用Spark框架中的并行图计算GraphX组件能够迅速分析出所需结果。本发明示例的基于GraphX的电网系支路搜索技术的总体流程，包括有以下步骤。

步骤1.1，解析CIM/E文件，得到电网拓扑连接的数据;

CIM/E文件通常是由电网调控中心提供，得到数据后，通过ftp服务器上传到大数据服务器上。由于CIM/E文件通常是十五分钟更新一次，所以可以通过脚本文件shell来定期检测文件的更新，在获取更新状态后立刻执行解析程序。

得到CIM/E的更新结果之后，采用基于Java的Dom4J API，对数据进行分析处理。本发明中所需要数据的主要是CIM文件中的核心包与拓扑包与E文件中描述的开关通断状态。

步骤1.2，整理CIM解析数据，得到所需的单端元件表与双端元件表;

构建GraphX图，需要的数据为顶点与边，顶点代表元器件，边代表的是元件的连接关系。CIM模型中描述拓扑关系的方式是物理节点-电气节点-物理节点的方式。对解析出来的拓扑包和核心包数据进行处理分析，得到器件ID-器件ID的连接关系,以器件ID作为顶点，器件ID-器件ID作为边，构建图。

图的构建过程中，需要剔除掉CIM文件中一些虚拟的电器元件如虚拟厂站中的元件与一些虚拟开关等。对于在E文件中描述为断开的断路器与刀闸，也需要进行剔除与过滤。

步骤1.3，根据顶点与边构建Graph图;

步骤1.3.1,由于GraphX图不支持字符串作为顶点ID，所以对顶点与边进行映射处理，给每个ID映射一个长整形数字，器件的ID作为该顶点的属性。

步骤1.3.2，通过SparkContext与SparkConf进入Spark，读取点和边数据以RDD的方式进行存储。

步骤1.3.3，通过点的RDD和边的RDD构建电网系统拓扑图。

步骤1.4，采用Pregel框架，合并相互连接的开关断路器，计算出厂站拓扑的支路；

步骤1.4.1，设置每个顶点发出的消息为该顶点的类型，进行第一个超步，如果接受到的为双端元器件的顶点，则将该点设置为活跃状态，当接受的消息为单端元件时设置节点为未激活状态，进行下一个超步；

步骤1.4.2，重复第一步的步骤，进行迭代，并在迭代时记录整个路径的节点编号。当所有点都处于未激活状态时，结束迭代。

步骤1.4.3，收集结果，将互相连接的双端元器件作为一条支路。支路两旁的单端元器件作为顶点。转化为边的RDD和点的RDD。

步骤1.5，构建厂站拓扑的Graph图；

步骤1.5.1，对1.4.3中的顶点RDD与边RDD，构建Graph图，采用GraphX框架中的Connected Components算法将网络中的子图进行分类处理，得到每个厂站中的子图，这些子图称为厂站内部的电气岛，在系统拓扑分析中，每个厂站内的电气岛都作为一个母线节点。

步骤1.5.2，收集电气岛的数据，将电气岛中的元件作添加为电气岛的属性。

步骤1.6，以厂站拓扑的电气岛，与交流线路以及交流线路上的开关/断路器，构建系统拓扑；

步骤1.6.1，电气岛的属性中有电气岛的开关与母线等，根据CIM模型中的连接关系，能够得到电气岛与线路的连接关系。

步骤1.6.2，以电气岛，交流线路以及电气岛内部与线路相连的开关作为点，开关与线路，电气岛与开关，电气岛不通过开关与线路的连接关系作为边构建Graph图。

步骤1.6.3，类似于步骤1.3.2与1.3.3，对线路与线路上的开关等双端元件进行合并整合，采用Pregel框架计算出支路。

步骤1.7，基于Pregel的支路计算完毕之后，收集结果。得到系统拓扑的母线-支路模型。其中母线为步骤1.5.1中的电气岛，边为步骤1.6.3中计算出的支路。至此，系统拓扑构的母线-支路模型构建完毕。

步骤1.8，根据系统拓扑模型，计算电气岛，潮流计算等深入分析应用。

6、本发明的关键点和欲保护点是什么？

（发明内容部分提供的是为完成一定功能的完整技术方案，本部分是提炼出技术方案的关键创新点，列出1、2、3...，以提醒代理人注意，便于专利代理人撰写权利要求书。）

1．一种基于GraphX的电网系统支路搜索技术，其特征在于：包括有以下步骤，

（1.1）检测ftp端CIM/E文件的更新，对CIM/E文件进行解析；

（1.2）整理CIM解析数据，得到构建拓扑所需的表格；

（1.3）以器件ID表与连接关系表作为点和边构建图；

（1.4）采用Pregel框架，计算出厂站拓扑的支路；

（1.5）构建厂站拓扑图，并且根据GraphX中的Connected Components算法计算出各个厂站内部的电气岛；

（1.6）根据电气岛，线路侧开关以及线路与他们之间的连接关系。才哦你个Pregel框架，计算出系统拓扑的支路；

（1.7）根据母线-支路模型构建系统拓扑；

（1.8）根据系统拓扑模型，计算电气岛，潮流计算等深入分析应用。

7、与第2条所属的最好的现有技术相比，本发明有何优点？

（效果一定要结合发明内容的技术方案来描述，做到有理有据；也可以对应本发明所要解决的技术问题来描述，一定是采用本发明技术方案带来的效果；效果可以是降低成本，提高了效率等。）

8、本发明是否经过实验、模拟、使用而证明可行，结果如何？

9、本发明的变更设计（替代方案）及其它用途：

（如果有，请尽量详细写明，内容的提供可以扩大专利的保护范围，防止他人绕过本技术去实现同样的发明目的；“替代方案”可以是部分结构、器件、方法步骤的替代，也可以是完整技术方案的替代。）

10、附图及说明

每幅图都应有相应的附图说明



图1 基于Pregel的最大数值传播；



图2 电网拓扑实例；



图3 本发明的总体流程图；

写技术交底书需注意：

1.英文缩写有中文译文，避免使用英文单词。

2.全文对同一事务的叫法应统一，避免出现一种东西多种叫法。

3.专利法规定：

1）专利必须是一个技术方案，应该阐述发明目的是通过什么技术方案来实现的，不能只有原理，也不能只做功能介绍；

2）专利必须充分公开，以本领域技术人员不需付出创造性劳动即可实现为准。