



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105701558 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 22

(21) 申请号 201510920784. 4

(22) 申请日 2015. 12. 11

(30) 优先权数据

14/567, 458 2014. 12. 11 US

(71) 申请人 SAP 欧洲公司

地址 德国瓦尔多夫

(72) 发明人 吴昊 程羽 黎文宪

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邵亚丽

(51) Int. Cl.

G06Q 10/04(2012. 01)

G06Q 10/06(2012. 01)

G06Q 50/06(2012. 01)

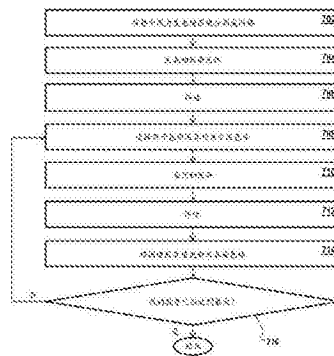
权利要求书2页 说明书19页 附图11页

(54) 发明名称

在受限的地理区域中对交互对象的布局优化

(57) 摘要

本公开描述了用于在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案的方法、系统和计算机程序产品。代表风力发电场的地理区域被分割为多个网格。生成初始的染色体，其中特定的染色体是二进制序列，其用来代表多个网格的布局中风力涡轮机的存在。评估关联于与初始的染色体相关联的每个风力涡轮机的成本。选择用于基因运算的亲本染色体，并且在基因运算之后，评估与每个风力涡轮机相关联的成本。使用适应度值来更新亲本染色体。



1. 一种计算机实施的方法,包括:
  - 将代表风力发电场的地理区域分割为多个网格;
  - 生成初始的染色体,其中,特定的染色体是用来代表风力涡轮机在多个网格的布局中的存在的二进制序列;
  - 评估与关联于初始的染色体的每个风力涡轮机相关联的成本;
  - 选择用于基因运算的亲本染色体;
  - 在基因运算之后,评估与每个风力涡轮机相关联的成本;以及
  - 使用适应度值更新亲本染色体。
2. 如权利要求1所述的方法,其中,所述基因运算包括杂交运算或变异运算中的至少一个。
3. 如权利要求1所述的方法,包括确定所生成的值是否已经达到最大阈值。
4. 如权利要求1所述的方法,包括:
  - 建立与风力发电场相关联的可行的网格的候选池;
  - 在可行的网格的池中随机选择网格;
  - 在所选择的网格上安装风力涡轮机;
  - 计算来自所选择的网格的风力效应;
  - 更新与相邻网格相关联的风速;
  - 从候选池中去除所选择的网格;以及
  - 对候选池中的网格的风速进行排序。
5. 如权利要求4所述的方法,包括确定候选池中的多个网格是否具有相等的最大风速。
6. 如权利要求5所述的方法,包括从具有相等的最大风速的候选池中的多个网格当中确定和选择最佳网格,或者从具有相等的最大风速的候选池中的多个网格当中随机选择最佳网格。
7. 如权利要求6所述的方法,包括利用风力涡轮机更新所选择的网格。
8. 一种非瞬时计算机可读介质,存储可由计算机运行的计算机可读指令并且被配置为:
  - 将代表风力发电场的地理区域分割为多个网格;
  - 生成初始的染色体,其中,特定的染色体是用来代表风力涡轮机在多个网格的布局中的存在的二进制序列;
  - 评估与关联于初始的染色体的每个风力涡轮机相关联的成本;
  - 选择用于基因运算的亲本染色体;
  - 在基因运算之后,评估与每个风力涡轮机相关联的成本;以及
  - 使用适应度值更新亲本染色体。
9. 如权利要求8所述的介质,其中,所述基因运算包括杂交运算或变异运算中的至少一个。
10. 如权利要求8所述的介质,被配置为确定所生成的值是否已经达到最大阈值。
11. 如权利要求8所述的介质,被配置为:
  - 建立与风力发电场相关联的可行的网格的候选池;
  - 在可行的网格的池中随机选择网格;

在所选择的网格上安装风力涡轮机；  
计算来自所选择的网格的风力效应；  
更新与相邻网格相关联的风速；  
从候选池中去除所选择的网格；以及  
对候选池中的网格的风速进行排序。

12. 如权利要求11所述的介质，被配置为确定候选池中的多个网格是否具有相等的最大风速。

13. 如权利要求12所述的介质，被配置为从具有相等的最大风速的候选池中的多个网格当中确定和选择最佳网格，或者从具有相等的最大风速的候选池中的多个网格当中随机选择最佳网格。

14. 如权利要求13所述的介质，被配置为利用风力涡轮机更新所选择的网格。

15. 一种系统，包括：

存储器；

至少一个硬件处理器，可互相操作地与存储器耦合，并且被配置为：

将代表风力发电场的地理区域分割为多个网格；

生成初始的染色体，其中，特定的染色体是用来代表风力涡轮机在多个网格的布局中的存在的二进制序列；

评估与关联于初始的染色体的每个风力涡轮机相关联的成本；

选择用于基因运算的亲本染色体；

在基因运算之后，评估与每个风力涡轮机相关联的成本；以及

使用适应度值更新亲本染色体。

16. 如权利要求15所述的系统，其中，所述基因运算包括杂交运算或变异运算中的至少一个。

17. 如权利要求15所述的系统，被配置为确定所生成的值是否已经达到最大阈值。

18. 如权利要求15所述的系统，被配置为：

建立与风力发电场相关联的可行的网格的候选池；

在可行的网格的池中随机选择网格；

在所选择的网格上安装风力涡轮机；

计算来自所选择的网格的风力效应；

更新与相邻网格相关联的风速；

从候选池中去除所选择的网格；以及

对候选池中的网格的风速进行排序。

19. 如权利要求18所述的系统，被配置为确定候选池中的多个网格是否具有相等的最大风速。

20. 如权利要求19所述的系统，被配置为：

从具有相等的最大风速的候选池中的多个网格当中确定和选择最佳网格，或者从具有相等的最大风速的候选池中的多个网格当中随机选择最佳网格；以及

利用风力涡轮机更新所选择的网格。

## 在受限的地理区域中对交互对象的布局优化

### 技术领域

[0001] 本发明涉及在受限的地理区域中对交互对象的布局优化。

### 背景技术

[0002] 布局优化是用于在受限的地理区域中找到用于交互对象的集合的最佳位置方案的过程。一般地,在对整个系统的利益和成本方面,每个交互对象受到其他附近对象的影响,并且优化的布局能够最大化总体利益并最小化总体成本。由于一个交互对象的优化的位置可以取决于所有其他的交互对象,因此布局优化问题的解决方案并非微不足道。缺乏准确解决布局优化问题的能力可能导致将被优化的系统的低效;收入损失;市场、销售、和/或商业机会的损失;和/或系统故障等等。

### 发明内容

[0003] 本公开涉及用于在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案的计算机实施的方法、计算机可读介质、以及计算机系统。代表风力发电场的地理区域被分割为多个网格。生成初始的染色体(chromosomes),其中特定的染色体是用来代表风力涡轮机在多个网格的布局中的存在的二进制序列(binary series)。评估与关联于初始的染色体的每个风力涡轮机相关联的成本。选择用于基因运算的亲本染色体,并且在基因运算之后,评估与每个风力涡轮机相关联的成本。亲本染色体使用适应度值来更新。

[0004] 一个计算机实施的方法包括:将代表风力发电场的地理区域分割为多个网格;生成初始的染色体,其中,特定的染色体是用来代表风力涡轮机在多个网格的布局中的存在的二进制序列;评估与关联于初始的染色体的每个风力涡轮机相关联的成本;选择用于基因运算的亲本染色体;在基因运算之后,评估与每个风力涡轮机相关联的成本;以及使用适应度值更新亲本染色体。

[0005] 其他实施方式可以包括相应的计算机系统、装置、以及记录在一个或多个计算机存储设备上的计算机程序,每一个被配置为执行方法的动作。一个或多个计算机的系统可以被配置为通过将软件、固件、硬件、或者软件、固件、或者硬件的组合安装在系统上来执行特定的操作或动作,所述软件、固件、硬件、或者软件、固件、或者硬件的组合在操作中使得或使得系统执行动作。一个或多个计算机程序可以被配置为通过包括指令来执行特定操作或动作,所述指令当由数据处理装置运行时使得装置执行动作。

[0006] 前述以及其他实施方式可以每一个都可选择地包括(单独地或者组合地)以下特征的一个或多个:

[0007] 第一方面,可与一般实施方式组合,其中,基因运算包括杂交运算或变异运算中的至少一个。

[0008] 第二方面,可与前述方面的任何一个组合,包括确定所生成的值是否已经达到最大阈值。

[0009] 第三方面,可与前述方面的任何一个组合,建立与风力发电场相关联的可行的网

格的候选池,在可行的网格的池中随机选择网格,在所选择的网格上安装风力涡轮机,计算来自所选择的网格的风力效应,更新与相邻网格相关联的风速,从候选池中去除所选择的网格,并且对候选池中的网格的风速进行排序。

[0010] 第四方面,可与前述方面的任何一个组合,包括确定候选池中的多个网格是否具有相等的最大风速。

[0011] 第五方面,可与前述方面的任何一个组合,包括从具有相等的最大风速的候选池中的所述多个网格当中确定和选择最佳网格,或者从具有相等的最大风速的候选池中的多个网格当中随机选择最佳网格。

[0012] 第六方面,可与前述方面的任何一个组合,包括利用风力涡轮机更新所选择的网格。

[0013] 在本说明书中描述的主题可以以特定的实施方式实施,以便实现以下优点中的一个或多个。第一,在逐个情况的基础上考虑因素(例如,道路建设、地理限制等)的特定值,而不是相对于风力涡轮机的特定数量来大致估计(approximate)风力发电场建设成本和维护成本。第二,建议了贪婪初始化方案,其改进了遗传算法(genetic algorithm,GA)的效率并提供了具有较小时间成本的若干良好的初始解(solution)。第三,根据风力涡轮机的给定布局 and 现有公共道路,提议了最优道路建设方法/成本。这个提议准许相对于具体的风力发电场条件、因素、情形等来评估风力发电场布局。第四,对于禁区的阻碍限制被考虑以帮助减轻禁区的影响。其他的优点将对于本领域技术人员是清楚的。

[0014] 在附图和以下描述中阐述了本说明书的主题的一个或多个实施方式的细节。本主题的其他特征、方面、以及优点将从描述、附图、以及权利要求中变得清楚。

## 附图说明

[0015] 图1是根据实施方式的示例风力发电场的例示。

[0016] 图2A示出了根据实施方式的分割成网格的风站(windy site)的例示。

[0017] 图2B示出了根据实施方式的风站的例示。

[0018] 图3是示出根据实施方式的用于在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案的示例分布式计算系统(EDCS)的高级体系结构框图。

[0019] 图4示出了根据实施方式的尾流效应(wake effect)的例示。

[0020] 图5是根据实施方式的示例风站的例示。

[0021] 图6A示出了根据实施方式的所生成的平面图(即,道路网络,在图5中示出的风站中)的例示。

[0022] 图6B示出了根据实施方式的在给定在图6A中示出的道路网络时计算的  $R_{p_s}$  的例示。

[0023] 图7是示出根据实施方式的用于在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案的遗传算法的流程图。

[0024] 图8示出了根据实施方式的编码的染色体的例示。

[0025] 图9是示出根据实施方式的用于在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案的替换的示例遗传算法的流程图。

[0026] 图10A示出了根据实施方式的杂交运算的例示。

- [0027] 图10B示出了根据实施方式的变异运算的示例。
- [0028] 图11是根据实施方式的在图3的EDCS中使用的示范性计算机的框图。
- [0029] 各种附图中的相似的参考标号和标识指示相似的元素。

### 具体实施方式

[0030] 呈现以下详细描述以使得任何本领域技术人员能够做出、使用、和/或实践所公开的主题,并且所述详细描述被提供在一个或多个特定实施方式的上下文中。对所公开的实施方式的各种修改将是本领域技术人员容易清楚的,并且这里定义的一般原理可以应用到其他实施方式和应用而不脱离本公开的范围。因此,本公开并不意图受限于所描述和/或所示出的实施方式,而是为了符合与这里所公开的原理和特征相一致的最宽范围。

[0031] 布局优化是在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案的过程。一般地,在对整个系统的利益和成本方面,每个交互对象受到其他附近对象的影响,并且优化的布局能够最大化总体利益并最小化总体成本。由于一个交互对象的优化的位置可以取决于所有其他的交互对象,布局优化问题的解决方案并非微不足道。

[0032] 如将被本领域普通技术人员所理解的,存在有这个问题的若干个真实世界的应用,诸如集成电路的布局设计、电厂中发电单元(例如,诸如风力涡轮机和潮汐涡轮机)的放置、和/或传感器网络的分布平面。虽然以下描述集中在风力发电场布局优化、风力发电、和相关的交互对象、计算机实施的方法、计算机可读介质、以及计算机系统,但是所述描述仅仅是为了示出和增强对所描述的概念的理解,而不意味着将所描述的概念的应用仅仅限制在所描述的示例。本领域普通技术人员将理解为了其他应用的实用性而对概括所描述的概念所必需的对至少所描述的系统和方法的修改。

[0033] 风能已经成为最重要的和快速成长的可更新能源的来源之一。风力到电力的转换由风力涡轮机执行,风力涡轮机通常聚集在称为“风站”的一定地理区域内的风力发电场中。为了高效地获得风能,优化风站中的风力涡轮机的布局的风力发电场布局优化问题是风力发电场的设计的重要阶段。在优化过程中必须同时考虑到若干因素,诸如涡轮机安装的成本、道路建设的成本、维护成本、以及总体电力生产的效率。我们称这个问题为风力发电场布局优化问题。

[0034] 图1是根据实施方式的示例风力发电场100的例示。每个风力涡轮机102被期望以最大化的功率输出来高效率地工作。然而,随着风力涡轮机102的数量增加,较大的风力发电场面临着由风力涡轮机产生的湍流(尾流效应)导致的潜在功率损耗,所述湍流顺风传播穿过风力发电场并影响其他风力涡轮机102。在尾流区域中,风速和所生成的电功率减少。在这个示例中,风力发电场的另一个困难是各种禁区,诸如住宅104、农作物田地106、水体(例如,湖泊)108、以及商业区110,其点缀在风力发电场地理区域的周围和当中。为了最大化效率,风力涡轮机102不应该被放置在这样的禁区中或者被放置在靠近这样的禁区,以便防止例如打扰当地居民、商业活动等。在示例中,道路(这里指公共道路)112也存在于风力发电场100中。道路(公共道路和/或私人道路)应该连接到每个风力涡轮机102以允许安装、维护、和/或其他的目的。道路建设的成本被设法最小化,但是拥有联接(link)风力发电场100的各方面的道路的完整网络被认为是有必要的。

[0035] 遗传算法(GA)已经被传统地用来解决风力发电场布局优化问题。然而,GA是基于

种群的(population-based)方法,其易受以下两方面影响:延迟的结果时间(delayed result times),和在运行期间要求较高的计算负担。此外,风力发电场建设和维护成本通常相对于风力涡轮机102的特定数量来大概地表示。在现实中,一些真实世界的因素(例如,道路建设、地理限制等)对于每种情况都是不同的,并且应当被具体地对待,否则不能保证生成最优解,即使是可行的。

[0036] 以下详细说明描述了对GA在风力发电场布局优化问题中的使用的各种改进。第一,并非相对于风力涡轮机的特定数量来大致估计风力发电场的建设和维护成本,而是在逐个情况的基础上考虑因素(例如,道路建设、地理限制等)的特定值。第二,建议了贪婪初始化方案,其改进了GA效率并提供了具有较小时间成本的若干良好的初始解。第三,根据风力涡轮机的给定布局和现有公共道路,提议了最优道路建设方法。这个提议准许针对特定的风力发电场条件、因素、情形等来评估风力发电场布局。第四,考虑到对于禁区的阻碍限制来帮助减轻禁区的影响。

[0037] 在高等级,描述了一种考虑到道路建设成本来解决布局优化问题,特别是,风力发电场布局优化问题的方法。为了高效率,GA方案还被提议以便以好的初始状态和适应性评估功能来解决风力发电场布局优化问题。

[0038] GA是模拟基因的行为以便找到对于特定问题的接近最优解的算法。在自然世界中,基因能够彼此杂交、变异、或者由于其不适应自然而从种群中去除。在几代之后,最佳基因可以从自然选择中幸存。利用GA解决问题的过程是类似的。

[0039] 每个潜在解(例如,在受限的区域上的交互对象的布局)能够被认为是用于本公开目的的基因(也就是,染色体、或个体),其是指示在特定网格单元中风力涡轮机的不存在和存在的阵列(例如,“0”的阵列或“1”的阵列)。

[0040] 该算法首先生成基因的初始种群(即潜在解)然后进入迭代循环以创建最佳基因(即最优解)。在每次迭代中,最适应基因(即,具有最高适应度分数)的集合被选择,并且允许与组内的随机基因配偶(gene mate)杂交(crossover)。这些杂交然后可以生成另一组新的基因。这个新的基因组然后被添加到原始种群,原始种群中具有最低适应度分数的那些基因被去除。在若干轮迭代之后,最佳基因(即最优解)能够被确定。

[0041] 在一些实施方式中,风力发电场布局优化通过将目标土地均匀分割成网格(lattice)来开始。具有任何禁止因素的网格被剔除(eliminate)。图2A示出了根据实施方式的分割成网格202的风站200a的示例。在所示的风站200a示例中,存在至少两个水体108(例如,禁止因素)和从南到北的一条道路112。

[0042] 在实施GA以解决风力发电场布局优化问题之前,若干潜在解(即,可能的对象布局)被生成,作为由GA使用的一组初始个体解的一部分。存在许多用于生成初始种群的方法。为了本公开的目的,所使用的典型的方法是完全随机生成和贪婪生成。完全随机方法完全随机地(即,将n个风力涡轮机随机地放置在区域中以做出可能解)生成每个基因(即,解)。贪婪生成方法通过将n个风力涡轮机逐一放置到最佳位置来生成每个基因。在其他实施方式中,如本领域普通技术人员将理解的,与本公开相一致的其他方法能够被用来生成初始种群。用于生成初始种群的其他方法被认为在本公开的范围内。

[0043] 然后,特定的GA被实施以搜索最佳解,其中,考虑到利益方面的尾流效应以及成本方面的最优道路建设方法,每个个体解被评估。为了效率目的,在GA适应度评估的开始阶段

一般的和简化的成本表示被使用,该成本表示在后面的阶段被所提议的成本表示取代以提高准确度。

[0044] 问题描述

[0045] 在一些实施方式中,所有风力涡轮机被假设放置在给定网站上, $(S) \triangleq (B, R_0, A, W)$ ,其中每个组件被定义为:

[0046] ●  $B$ -整个区域的边界矩形框。

[0047] ●  $R_0$ -可以用于运输风力涡轮机的装配部件(assembly unit)的现有道路的集合。所述集合中的每条道路被建模为没有宽度的曲线。

[0048] ●  $A$ -其上不能放置风力涡轮机或建设道路的禁区的集合(例如,包含如图1中所示的湖泊、农作物田地、建筑等)。在一些实施方式中,每个禁区被建模为多边形。

[0049] ●  $W$ 是指风站的风廓线(wind profile)。假设风站中的每个位置在任意特定时间都具有相等的风速和风向。以这个假设,整个站的风廓线可以通过一年中风速和风向的组合的概率分布来简单地建模,(例如, $w \triangleq P(s, d)$ )。实际上,风速和风向的可能值能够被离散化并且所提及的分布函数能够被转换为简单的表格。

[0050] 图2B示出了根据实施方式的风站200b的示例。这里,风站200b与图2A中所示的相同而没有网格结构例示。在图2B的示例中,考虑到三个可能的风速值(每秒8米、每秒12米、以及每秒17米)以及四种可能的风向( $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 和 $270^\circ$ )。风廓线表格204显示了每个方向的每种风速的百分比。

[0051] 在一些实施方式中,风力涡轮机102的总数( $N$ )是预先固定的。由 $\mathcal{P}_S = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ 表示的风力涡轮机102的布局是 $N$ 个点的集合,每个点与放置在风站200b上的所有风力涡轮机102的风力涡轮机102相对应。在一些实施方式中,风力涡轮机的不同的布局能够对应于不同的期望的年度电力生产,其由下式表示:

[0052]  $E_{total}(\mathcal{P}_S)$ ,

[0053] 以及不同的总成本,其由下式表示:

[0054]  $C_{total}(\mathcal{P}_S)$ 。

[0055] 因此,风力发电场布局优化问题是找到风站 $(S)$ 上的布局 $(\mathcal{P}_S)$ ,从而目标函数 $F(\mathcal{P}_S)$ (即,“适应度”)的值:

[0056] 
$$F(\mathcal{P}_S) = \frac{E_{total}(\mathcal{P}_S)}{C_{total}(\mathcal{P}_S)}$$

[0057] 被最大化。

[0058] 系统体系结构

[0059] 图3是示出根据实施方式的用于在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案的示例分布式计算系统(EDCS)300的高级体系结构框图。在高等级上,所示出的EDCS 300包括或者由一个或多个可通信地耦合的计算机组成(见图11),所述计算机通过网



络330通信。在一些实施方式中,EDCS 300的一个或多个组件能够在基于云计算的环境内操作/作为基于云计算的环境的一部分来操作。虽然只存在网络330的三个专门的实例,但是EDCS 300的组件之间的一个或多个其他示出的连接还可以被认为是网络330的一部分。所示出的EDCS 300包括数据库302、计算处理器304、优化处理器310、以及显示设备320。

[0060] 输入数据

[0061] 在典型的实施方式中,输入数据被存储在数据库302中。在提供的示例中,数据库是列存储、内存数据库。在其他实施方式中,行存储和/或传统数据库能够被使用。输入数据包括地理信息、风力涡轮机信息以及其他电力输出计算必须的参数。

[0062] 例如,在一些实施方式中,用来描述风力发电场100中的土地的性质的地理信息可以被存储在数据库302中,存储在存储数据的单独的地理信息数据库表格(表1)中:

<u>列名称</u>	<u>描述</u>
位置	地理坐标。
标签	位置内的目标的特性,例如,可用或禁止。
[0063] 风廓线	风速和风向的统计信息。
现有道路	我们可以用来运输风力涡轮机组件的现有道路。
进入点	进入网站的位置。
表面粗糙度	地形特征。

[0064] 表1

[0065] 在示例地理信息表格中,一定地理区域中的每个位置通过风力发电场布局的特性来标记(例如,该地理区域上的风速的统计数据)。在一些实施方式中,网格单元的可用性指示在表1中的“标签”列中被指示。当且仅当应用的标签被设置为“可用”(或等同物)时,地理区域适合于风力涡轮机安装。标签“禁止”(或等同物)被用于,例如,湖泊、建筑、牲畜等(即,禁区)的情况中,并且指示涡轮机不能被放置在其中。禁区影响GA中生成初始解、杂交、变异、以及选择的过程。

[0066] 在一些实施方式中,用于计算目的的风力涡轮机的技术参数可以存储在数据库302中,存储在存储数据的单独的风力涡轮机信息表格(表2)中,类似于:

[0067]

<u>列名称</u>	<u>描述</u>
转子直径	风转子的直径。
轮毂高度	轮毂的高度
切入速度	扇叶旋转并产生电力的风速的低阈值。
切出速度	扇叶关闭以避免损坏的风速的高阈值。
额定功率	当风力达到额定速度时，输出功率是常数。
推力系数 (Thrust Coefficient)	常数值，风穿过涡轮机的扇叶时捕获的能量的比例。

[0068] 表2

[0069] 在示例风力涡轮机信息表格中，提供了风力涡轮机的若干参数。特别关注的是对与特定风力涡轮机102相关的尾流效应计算有用的转子直径和轮毂高度值。

[0070] 在一些实施方式中，用于成本评估和算法调优(algorithm tuning)的必需参数能够被存储在数据库302中，存储在存储数据的单独的算法参数表格(表3)中，类似于：

<u>列名称</u>	<u>描述</u>
CMP-1	$\lambda$ ，用于成本模型。
CMP-2	$\mu$ ，用于成本模型。
CMP-3	$\rho$ ，用于成本模型。
CMP-4	$\varepsilon$ ，用于成本模型。
ALGO-1	$\beta$ ，用于基因算法的杂交运算。

[0072] 表3

[0073] 输出数据

[0074] 在典型的实施方式中，输出数据也被存储在数据库302中。输出数据能够使用图形用户界面(GUI)322(例如，视觉/图标驱动的界面等)通过显示设备320(例如，计算显示器、投影仪等)被可视化。例如，GUI 322能够示出风力发电场100中风力涡轮机的位置。由于网格分割被用于处理，所以可以提供网格位置而不是地图上的实际地理位置。GUI 322还可以包含特别的用户界面设计以示出优化结果(例如，风力发电场布局的图形可视化和/或各种仪表板)。

[0075] 在一些实施方式中，描述风力发电场200布局的输出数据可以存储在数据库302中，存储在存储数据的单独的输出数据表格(表4)中，类似于：

<u>列名称</u>	<u>描述</u>
风力涡轮机 ID	风力涡轮机的 ID。
位置	安装风力涡轮机处的网格的坐标。
[0076] 输出功率	风力涡轮机的输出功率。
总输出	来自风力发电场的总输出功率。
总成本	风力发电场的总成本。

[0077] 表4

[0078] 在一些实施方式中,计算处理器304是管理输出计算函数和成本计算函数的计算模块。在这些实施方式中,输出计算306模块包括理论输出评估307a模块和互动效应评估307b模块,理论输出评估307a模块用于评估风力发电场的布局及其理论值而不考虑风力涡轮机当中的尾流效应,而互动效应评估307b模块用于评估风力涡轮机之间的尾流效应影响。成本计算308模块被用来计算风力发电场的成本,并管理主成本309a函数和杂项成本309b函数。主成本309a模块确定/包含风力涡轮机的成本,而杂项成本309b模块确定/包含杂项成本(例如,道路建设成本、安装成本、运输成本等等)。

[0079] 在一些实施方式中,优化处理器310是通过使用GA并且管理染色体生成器312、适应度评估器314、基因运算器316、以及染色体选择和更新运算器318函数,来应对布局优化的计算模块。在这些实施方式中,染色体生成器312模块将潜在解编码为染色体。适应度评估器314模块在所包括的染色体解码315a模块和适应度函数评估315b模块(例如,使用图2B的描述中的目标函数)的帮助下评估每个染色体。在典型的实施方式中,染色体解码315a模块被用来将用“0”和“1”填充的染色体的阵列表示变换为实际的风力涡轮机布局(即,风力涡轮机位置的集合)。基因运算器316模块包括杂交317a模块和变异317b模块,其用来随机交换或改变染色体的元素。染色体选择和更新运算器318模块被用来选择染色体和/或更新染色体以选择更高性能染色体作为生成子代(children)的亲本(parents),以及更新下一代的种群。对于选择和更新标准,这里“选择和更新”典型地意味着在杂交之后从种群(例如,染色体的集合)中选择具有最高适应度分数的染色体的集合,然后通过去除所有其他未选择的染色体来更新种群。

[0080] 目标函数计算

[0081] 在典型的实施方式中,目标函数计算使用上述输出计算函数和成本计算函数的结果。

[0082] 电力生产

[0083] 对于功率输出的计算,存在若干现有方法来对期待的工业上年度电力生产值进行建模,诸如Jensen模型和CFD(计算流体动力学)模型。为了本公开的目的,Jensen模型被使用并假设风力涡轮机被放置得离彼此足够远,并且通过线性方程计算尾流效应(即,由于逆风涡轮机而造成的风速损失),从而总体电力产量是:

$$[0084] \quad E_{total}(\mathcal{P}_S) = \sum_d \sum_s P(s, d) \cdot \sum_{i=1}^N E \left( s \cdot \left( 1 - \sqrt{\sum_{j \in W_d(i)} v_{ji}^2} \right) \right)$$

[0085] 其中 $E(s)$ 表示风力涡轮机针对给定风速能够产生的电力, $W_d(i)$ 表示由于风力涡轮机 $i$ 生成的尾流效应而被影响的所有下游风力涡轮机,而 $v_{ji}$ 表示由风力涡轮机 $i$ 导致的风力涡轮机 $j$ 的速度亏损(即风速损失)。

[0086] 尾流效应计算

[0087] 图4示出了根据实施方式的尾流效应400的示例。在图4中,(从左指向右的、代表风的移动方向的)箭头表示风速( $S_0$ ),左侧矩形代表风力涡轮机( $i$ )102,而阴影区域代表尾流锥(wake cone)404。风以速度 $s_0$ 从左边吹向右边,并冲击转子半径为 $r_0$ 的风力涡轮机 $i$  102。在顺风的距离 $x$ 处,风速变为 $s_x$ ,而尾流半径变为,例如:

$$[0088] \quad r_x = \alpha \cdot x + r_0,$$

[0089] 其中 $\alpha$ 确定尾流扩展多快。尾流效应的受影响区域中的每个下游风力涡轮机102应该被包括在 $W_d(i)$ 中。

[0090] 受风力涡轮机 $i$  102的尾流影响的风力涡轮机 $j$ 的速度亏损值通过下式确定:

$$[0091] \quad v_{ji} = \frac{2 \cdot A}{1 + \alpha \cdot \left( \frac{x_{ij}}{r_d} \right)^2}$$

[0092] 其中 $A$ 被称为轴向诱导因子(axial induction factor),而 $r_d$ 被称为下游转子半径。上述三个中间变量 $\alpha$ 、 $A$ 、以及 $r_d$ 分别通过下式确定:

$$[0093] \quad \alpha = \frac{0.5}{\ln \frac{z}{z_0}}, \quad A = 0.5 \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - C_T} \right), \quad \text{以及} \quad r_d = r_0 \cdot \sqrt{\frac{1-A}{1-2A}}$$

[0094] 其中 $z$ 是风力涡轮机的轮毂高度, $z_0$ 是称为表面粗糙度的常数,而 $C_T$ 是称为推力系数(thrust coefficient)的常数。在典型的实施方式中,这三个值是预定义的参数。

[0095] 成本模型

[0096] 对于成本模型,可以使用两个不同的成本模型。第一成本模型相对更简单——其仅仅是涡轮机数量的函数,例如:

$$[0097] \quad C_{total}(\mathcal{P}_S) = N \cdot \left( \lambda + (1 - \lambda) \cdot e^{-\mu \cdot N^2} \right)$$

[0098] 其中 $\lambda$ 和 $\mu$ 是两个凭经验预定义的参数。这个函数的值可以被高效地计算,因此这个成本模型被典型地用于遗传算法的早代(early generation)的快速计算。

[0099] 相反,当基因的种群(即,个体或者潜在解)变得稳定时,更加准确但是计算昂贵的第二成本模型被使用。在第二成本模型中,总成本由两部分组成:1)安装成本,类似前述模型;以及2)在风力发电场100站点处建设道路的成本,例如:

$$[0100] \quad C_{total}(\mathcal{P}_S) = N \cdot \left( \lambda + (1 - \lambda) \cdot e^{-\rho \cdot N^2} \right) + C_{roads}(\mathcal{P}_S)$$

[0101] 其中 $\rho$ 是另一个凭经验预定义的参数。建设道路的成本被认为是与应当被建设以

连接风力涡轮机102的每一个的道路的总长度成比例。鉴于风站和可能的风力发电场布局，生成其中道路建设成本被最小化的、由  $\mathcal{R}_{\mathcal{P}_s}$  表示的新道路的集合(以下讨论的代)的成本通过下式给出：

$$[0102] \quad C_{roads}(\mathcal{P}_s) = \varepsilon \cdot \sum_{r \in \mathcal{R}_{\mathcal{P}_s}} \text{Length}(r)$$

[0103] 道路规划

[0104] 在典型的实施方式中，对于给定风力发电场布局的道路规划是风力发电场优化问题的子问题。给定风站中风力涡轮机102的布局规划，计算能够达到以下各项的道路网络：

[0105] 1)连接所有的风力涡轮机，

[0106] 2)使用尽可能多的现有道路，

[0107] 3)避免穿过任何禁区，以及

[0108] 4)最小化总体建设成本。

[0109] 在典型的实施方式中，道路规划包括三个步骤：

[0110] 1. 新点采样，

[0111] 2. 网络生成，以及

[0112] 3. 网络优化。

[0113] 道路规划-新点采样

[0114] 图5是根据实施方式的示例风站500的例示。对于  $R_0$  中的每条现有道路，点504以给定间隔  $\delta$  沿着道路502被均匀地采样(多边形的顶点和道路线路典型地也被包括在采样集合中)。这些点504是新的道路和现有道路的候选的接合点，并且在规划最终的道路网络时提供使用现有路段的机会。类似地，采样点506沿着每个禁区508的边缘以同样的方式被使用。如果两个风力涡轮机102之间(例如，风力涡轮机1和风力涡轮机2之间)的直接连接道路被放置成穿过禁区，则采样点506能够帮助为该道路改变线路(reroute)以便在所述区域之外。

[0115] 因此在风站中获得由  $N$  表示的新的点的集合。实际上，采样间隔  $\delta$  能够被设置为一值(例如，相对更小的粒度，诸如100米)。在图5中，风站500包括一个禁区508、一条现有道路502、以及三个风力涡轮机102(风力涡轮机1、2和3)。去风站500的进入点510由三角形表示。

[0116] 道路规划-网络生成

[0117] 平面图  $\mathcal{G} = \langle \mathcal{V}, \mathcal{E} \rangle$  被生成，其中  $\mathcal{V} = N \cup \mathcal{P}_s \cup \{p_0\}$  是顶点的集合，而  $\mathcal{E}$  是所有可能的边缘的集合。这里， $p_0$  表示在风站500的边界上的预定义的进入点510，建筑车辆能够从进入点510进入风站500。这样，可以为风站500获得可能的道路网络，即使建设成本非常高。为了生成这样的平面图，在一些实施方式中，Delaunay三角剖分(triangulation)被生成。对于平面中点的集合的Delaunay三角剖分是这样一种三角剖分：所述集合中没有点在任何三角形的外接圆中，并且最大化三角剖分中三角形的所有角度中的最小角度，以及倾向于避免瘦(skinny)三角形。在一些实施方式中，对于点集合  $\mathcal{V} = N \cup \mathcal{P}_s \cup \{p_0\}$ ，Delaunay三角剖分通过以下步骤被生成：使用熟知的Fortune的算法将点集合的Voronoi图转换为其对偶图，然后将与现有道路相对应的所有的边缘添加到该图，并且去除那些穿过禁区的边缘。

在其它实施方式中,生成平面图的其他方法可以被使用并被认为是在本公开的范围内。

[0118] 表5示出了根据实施方式的网络生成方法的示例:

[0119] 函数GeneratePlanarGraph(V):

[0120] %输入:V-点的集合

[0121] %输出:G-平面图

[0122] 使用Fortune的算法生成V的Voronoi图D。

[0123] 通过连接其相应的Voronoi单元相邻的每一对点,将D转换为其对偶图G。

[0124] For 风站中的每条现有道路:

[0125] 连接沿着道路的每一个采样点,并且将所有的边缘添加到G。

[0126] For G中的每条边缘:

[0127] If 这条边缘越过禁区:

[0128] 从G中去除这条边缘。

[0129] Return G。

[0130] 表5

[0131] 图6A示出了根据实施方式的所生成的平面图600a(即,道路网络,对应于在图5中示出的风站500的元素)的示例。

[0132] 道路规划-网络优化

[0133] 网络优化之后,  $G$  中连接的子图形  $G'$  保留,其中包括了风力涡轮机102和进入点510的所有点,同时边缘长度的总和被最小化。这个任务等同于在图形  $G$  中找到最小Steiner树  $M$ , 其中  $N$  中的所有点是Steiner点(即,它们不被要求包括在  $M$  中), 而  $\mathcal{P}_s \cup \{p_0\}$  中的所有点是终端(即,它们被要求包括在  $M$  中)。

[0134] 在典型的实施方式中,边缘的长度被定义为以下:

$$[0135] \quad \text{Length}(e) = \begin{cases} \text{两个端点的距离, 如果 } e \text{ 不是现有道路的一部分} \\ 0, & \text{如果 } e \text{ 是现有道路的一部分} \end{cases}$$

[0136] 在典型的实施方式中,在  $G$  中找到最小Steiner树的算法可以如下所示:

[0137] 函数FindMinimumSteinerTree(S,T,E):

[0138] %输入:S-Steiner点

[0139] %T-终端

[0140] %E-边缘

[0141] %输出:M-最小Steiner树

[0142] 从由T中的一个终端组成的初始树M开始。

[0143] While M并不跨过所有终端时:

[0144] 选择靠近M中的顶点的不在M中的终端x。

[0145] 将连接x与M的最短路径添加到M。

[0146] Return M。

[0147] 在最小Steiner树的计算之后,每条边缘被添加到所计算的Steiner树来设置  $\mathcal{R}_{T,S}$ ,

如果它不是现有道路的一部分的话。

[0148] 图6B示出了根据实施方式的鉴于图6A中示出的道路网络而计算的 $R_{\text{pe}}$  600b的示例。在图6B中,厚边缘(例如,602b)表示要建设的道路,而虚线边缘(例如,604b)表示包括在道路网络中的现有路段。由于以上是解决NP-hard最小Steiner树问题的近似算法,可以证明其近似比率至多为2。此外,在平面图上找到的优化的道路网络将不如在完整图上找到的好。然而,平面化可以大大地减少整个算法的计算成本,并且其结果可以被证明为在极限情况下差将近2.5倍。因此,所描述的方法是与典型实例中的实用性的折衷。

[0149] 优化算法

[0150] GA被用来优化风力发电场布局以同时最大化功率输出和最小化成本。GA是用于基于模仿生物学进化(遗传算法)的自然选择过程解决优化问题的方法。遗传算法重复地修改个体解的种群。在每个步骤,遗传算法从当前种群中随机选择个体,并且使用它们作为亲本来产生用于下一代的子代。通过连续的代,种群向最优解“演进”。

[0151] 图7是示出根据实施方式的用于在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案的遗传算法700的流程图。图7反映了对已知GA算法做出的修改。已经在至少初始化(例如,并不是所有的染色体都被随机生成;一些染色体使用贪婪方法生成)以及在适应度评估(例如,在一开始利用简化的经验公式来评估成本,其仅仅针对涡轮机的数量;当适应度(例如,由适应度函数评估315b模块执行的)大于一些预定义的阈值时,如上所述,更加准确的成本评估方法被替换地实施)中做出了修改。

[0152] 为了表示清楚,以下描述在图1、图2A-2B、图3-5、图6A-6B、图8-9、图10A-10B、以及图11的上下文中一般地描述方法700。然而,将理解,方法700可以根据情况由例如任何其他适当的系统、环境、软件、以及硬件、或者系统、环境、软件和硬件的组合来执行。在一些实施方式中,方法700的各种步骤可以并行运行、组合运行、循环运行、和/或以任意次序运行。

[0153] 在702,整个地理区域被首先分割为网格(例如,25平方千米区域中的50x50的网格),其中风力涡轮机可以被放置在网格中。从702,方法700进行到704。

[0154] 在704,初始的染色体被生成(例如,随机地-见图9,图9是针对用于生成染色体的贪婪方法的示例)。在一些实施方式中,风力涡轮机102可以初始分配在每个网格的中心。如果任何禁区位于网格中,则该网格(基因)应该被从染色体中剔除以避免不可行的解。在一些实施方式中,风力涡轮机可以坐落于网格内以便尽可能地避开禁区(即,不是坐落在中心)。

[0155] 转到图8,图8示出了根据实施方式的编码的染色体800的示例。在图8中,二进制序列被用来代表涡轮机的布局。例如,在所示出的染色体800中,“1”表示涡轮机被分配(例如,在网格1中),而“0”表示没有涡轮机被设置在相关联的网格中(例如,网格2、3、……和N)。这里,网格2、3或N中的一个或多个可以与禁区相关联。每个染色体800代表布局优化问题的一个解。返回图7,从704,方法700进行到706。

[0156] 在706,针对每个解来评估适应度。例如,针对上述图2B定义的目标函数被设置为用于评估的适应度函数,其中基因的适应度分数反映了解的“良好度”。在GA的过程期间,只有具有足够适应度分数的基因能够幸存下来以用于将来的迭代循环。这样,若干次迭代之后,只有最佳基因、或最佳解被留下。从以上图2B的描述中:

$$[0157] \quad \text{适应度} = \frac{E_{total}(P_s)}{C_{total}(P_s)}$$

[0158] 从706,方法700进行到708。

[0159] 在708,就“适应度”而言值最高的解被选择为用于杂交运算和变异运算的亲本染色体,以生成子代染色体(参考以下图10A和图10B)。从708,方法700进行到710。

[0160] 在710,杂交运算和变异运算使用从708选择的亲本染色体来执行。从710,方法700进行到712。

[0161] 在712,针对子代评估“适应度”(例如,见针对图2B的目标函数)。从712,方法700进行到714。

[0162] 在714,使用从712确定的、值最高的解来更新来自708的亲本染色体。这里,良好的解被选择以替换它们的亲本。这样,新的(更好的)一代被形成,最终解被从所述新的(更好的)一代中选择。从714,方法700进行到716。

[0163] 在716,确实是否达到代的最大数量。在一些实施方式中,代的最大数量是预定义参数并且可以取决于特定应用。例如,在解决风力发电场布局优化问题中,代的最大数量可以被设置为1000或一些其他值。在其他实施方式中,这个值可以被动态地生成。如果还没有达到代的最大数量,方法700进行到708。如果已经达到最大值,则方法700结束。

[0164] 图9是示出根据实施方式的用于在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案的替换的示例遗传算法900的流程图。请注意,图9使用贪婪方法算法生成初始的染色体(虽然图7,如上所述,使用随机方法)。这样,不同的解可以被生成(图7的随机vs.图9的贪婪),并且(多个)最优解可以从两种类型的解中选择。

[0165] 为了表示清楚,以下描述在图1、图2A-2B、图3-5、图6A-6B、图7-8、图10A-10B、以及图11的上下文中一般地描述了方法900。然而,将理解,方法900可以根据情况由例如任何其他适当的系统、环境、软件、以及硬件、或者系统、环境、软件、和硬件的组合来执行。在一些实施方式中,方法900的各种步骤可以并行运行、组合运行、循环运行、和/或以任意次序运行。

[0166] 在902,候选的风力发电场被选择并分割成网格(例如,在25平方千米区域中的50x50的网格),其中风力涡轮机可以被放置在网格中。从902,方法900进行到904。

[0167] 在904,网格被随机选择,并且风力涡轮机被安装。如果任何禁区位于网格中,则该网格(基因)被典型地从染色体中剔除以避免不可行的解。例如,在一些实施方式中,如果禁区覆盖特定网格单元的中心,则没有涡轮机可以被放置在这个单元中。在其他实施方式中,风力涡轮机可以精确地坐落于网格中以便尽可能地避开禁区(例如,将涡轮机移动到网格单元的侧面以避免侵入网格单元中的禁区)。从904,方法900进行到906。

[0168] 在906,确定涡轮机的数量是否已经达到阈值。例如,在一些实施方式中,阈值可以被预定义并设置到33或一些其他值。在其他实施方式中,这个值可以被动态地生成。如果涡轮机的数量还没有达到阈值等级,则方法900进行到908。如果达到了的话,则方法900结束。

[0169] 在908,在所选择的网格上执行风力效应计算。从908,方法900进行到910。

[0170] 在910,基于908的所计算的风力效应计算来更新相邻网格的风速。从908,方法900进行到912。

[0171] 在912,从候选池中去除所选择的网格。从912,方法900进行到914。



[0172] 在914,与候选池中剩余网格相关联的(多个)风速被排序。从914,方法900进行到916。

[0173] 在916,确定是否存在具有相同的最高风速的多个网格。如果是,则方法900进行到918。如果不是,则方法900进行到922。

[0174] 在918,“最佳”网格被从具有相同的最高风速的多个网格中选择。从918,方法900进行到920。

[0175] 在920,利用风力涡轮机来更新所选择的“最佳”网格。从920,方法900进行回到906。

[0176] 在922,使用可用的标准,“最佳”网格被从具有相同的最高风速的多个网格中选择。典型地,本质良好的(或“最佳”)网格由领域专家预定义并且是输入参数。在其他实施方式中,不同的因素(例如,位置、输出功率、总输出、总成本、和/或其他因素)能够被用来确定哪个网格被认为“最佳”(例如,通过动态计算,可能包括作为计算的一部分的、由领域专家预定义的良好度参数)。从922,方法900进行到920,在920中利用风力涡轮机更新所选择的“最佳”网格。从920,方法900进行回到906。

[0177] 杂交和变异

[0178] 在一些实施方式中,有可能使用被引入GA的一个或多个基因运算器将分配给特定网格的涡轮机移动到不同的网格。

[0179] 图10A示出了根据实施方式的杂交运算的示例。杂交运算的目的是生成新的染色体,以便可以最终确定“最佳”染色体。然而,随机生成新的染色体并不是好的选择,因为它至少是耗费计算时间的。为了提高效率,两个现有的染色体被允许杂交以生成一个或两个新的染色体(例如,类似于两个DNA串的合并)。所提议的这个杂交方法的关键在于两个子代染色体应当尽可能地类似于它们的亲本之一,从而可以得到它们的亲本的良好特性。在这种情况下,典型地执行(交换 $2 \cdot \beta \cdot$ (涡轮机数量)对的亲本的比特)。这样,两个新的染色体被生成,并且它们全都类似于它们的亲本。请注意,在杂交运算中考虑到诸如禁区的属性,以便风力涡轮机不被,例如,切换到禁区中。

[0180] 如图10A中所示,两个亲本染色体,亲本1和亲本2(分别为1002a和1004a)从可用的染色体中被选择。在一些实施方式中,亲本染色体可以由于存在于另一个亲本染色体中的图案(布局单元)而移动涡轮机。例如,在图10A中,在第一网格(网格1 1006a)中,涡轮机被分配在亲本1中而不是分配在亲本2中;相反的情形在第四网格(网格4 1008a)中找到。这形成了这样的一对可变网格:其中,涡轮机能够根据与另一个染色体相关联的信息来改变位置。这个操作能够保证在染色体中的涡轮机的数量是固定的。通常,杂交能够使用以下步骤来实施:

[0181] 1. 找到所有可变网格对(如图10A中所示),例如,存在n对。

[0182] 2. 确定多少涡轮机希望使用参数(beta)改变它们的位置:

[0183]  $\beta(0 < \beta < 1)$

[0184] 即,将要移动的涡轮机的数量等于  $\lfloor N \cdot \beta \rfloor$ 。在一些实施方式中,beta是客户定义的参数。beta的值越大,将在特定解的变异过程中随机移动的涡轮机越多,并且GA的融合状态(convergence state)将越快实现。请注意,在典型的实施方式中,“希望改变”意味着亲本与子代之间的相似度。例如,如果存在越多的涡轮机“希望”改变它们的位置,则在杂交的过

程中将有越多对比特被交换。因此,子代染色体不那么类似于它们的亲本。在这种情况下,更快地找到最佳染色体的可能性更高。

[0185] 3. 随机选择可变基因对,并且交换它们的值。

[0186] 图10B示出了根据实施方式的变异运算的示例。变异运算的目的类似于杂交运算的目的。差异在于,杂交运算需要两个染色体被执行,而变异运算只需要一个。将变异引入所述算法的理由在于防止所述算法被困在所有的亲本以及所有子代都具有低质量的恶劣情形。变异给予了所述算法创造非预期的染色体的机会,所述非预期的染色体可能远远好于当前种群中的染色体。如图10B中所示,风力涡轮机在染色体1002b内随机地从一个网格移动到另一个网格(这里,从第一网格1004b到第五网格1006b)。

[0187] 图11是根据实施方式的在图3的EDCS 300中使用的示范性计算机1102的框图1100。所示出的计算机1102是典型移动设计,但是意图包含任何计算设备,诸如服务器、台式计算机、膝上型计算机/笔记本计算机、无线数据端口、智能电话、个人数字助理(PDA)、平板计算设备、这些设备中的一个或多个处理器,或者任何其他适当的处理设备,包括计算设备的物理实例和/或虚拟实例两者。另外,计算机1102可以包括计算机,该计算机包括:输入设备,比如小键盘、键盘、触摸屏、或者能够接受用户信息的其他设备;和输出设备,其传达与计算机1102的操作相关联的信息,包括数字数据、可视的和/或音频信息、或GUI。

[0188] 计算机1102能够处理/用作本公开中描述的EDCS 300(无论是否示出)或其它系统、组件等的任何组件。所示出的计算机1102可通信地与网络330耦合。在一些实施方式中,计算机1102的一个或多个组件可以被配置为在基于云计算的环境中操作。

[0189] 在高等级,计算机1102是可操作以接收、发送、处理、存储、或者管理与EDCS 300相关联的数据和信息的电子计算设备。根据一些实施方式,计算机1102还可以包括或可通信地耦合云计算服务器、应用服务器、电子邮件服务器、网络服务器、高速缓存服务器、流数据服务器、商业智能(BI)服务器、和/或其他服务器。

[0190] 计算机1102能够通过网络330从客户端应用(例如,在由客户使用的另一个计算机1102上运行的移动UI和/或基于网络的应用UI)接收请求,并且通过在适当的软件应用中处理所述请求响应接收到的请求。此外,请求还可以从内部用户(例如,从命令控制台或通过其它适当的访问方法)、外部或第三方、其它自动应用、以及任何其它适当的实体、个体、系统、或计算机发送到计算机1102。

[0191] 计算机1102中的每一个组件能够使用系统总线1103进行通信。在一些实施方式中,计算机1102的任何和/或所有的组件,硬件和/或软件两者,可以使用API 1112和/或服务层1113通过系统总线1103彼此接口和/或与接口1104接口。API 1112可以包括对于例程、数据结构、以及对象类的规范。API 1112可以是独立或依赖计算机语言的,并且是指完全的接口、单一功能、或甚至API的集合。服务层1113为计算机1102和/或EDCS 300提供软件服务。计算机1102的功能可以由所有的服务消费者使用这个服务层来访问。软件服务,诸如由服务层1113提供的软件服务,通过定义的接口提供可重复使用的、定义的商业功能。例如,接口可以以JAVA、C++、或者以可扩展标记语言(XML)格式或其他适当的格式提供数据的适当的语言来编写。虽然示出为计算机1102的集成组件,但是替换的实施方式可以将API 1112和/或服务层1113示出为相对于计算机1102和/或EDCS 300的其他组件独立的组件。此外,API 1112和/或服务层1113的任何或所有部分可以被实施为另一个软件模块、企业应

用、或硬件模块的子类或子模块，而不脱离本公开的范围。

[0192] 计算机1102包括接口1104。虽然在图11中示出为单一接口1104，但是根据特定需要、要求、或者计算机1102和/或EDCS 300的特定实施方式，可以使用两个或更多个接口1104。接口1104由计算机1102使用以与分布式环境中的其它系统通信——包括EDCS 300中——连接到网络330(无论是否示出)。通常，接口1104包括编码在适当组合的软件和/或硬件中的逻辑，并且可操作以与网络330通信。更具体地说，接口1104可以包括支持与通信相关联的一个或多个通信协议的软件，以便网络330或者接口的硬件可操作以在所示出的EDCS 300的内部或外部通信传达物理信号。

[0193] 计算机1102包括处理器1105。虽然在图11中示出为单一处理器1105，但是根据特定需要、要求、或者计算机1102和/或EDCS 300的特定实施方式，可以使用两个或更多个处理器。通常，处理器1105执行指令和操作数据以执行计算机1102的操作。具体地，处理器1105执行在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案所要求的功能。

[0194] 计算机1102还包括为计算机1102和/或EDCS 300的其他组件保持数据的数据库302和存储器1108。虽然在图11中示出为单一数据库302和存储器1108，但是根据特定需要、要求、或者计算机1102和/或EDCS 300的特定实施方式，可以使用两个或更多个数据库302和存储器1108。虽然数据库302和存储器1108被示出为计算机1102的集成组件，但是在替换的实施方式中，数据库302和存储器1108可以在计算机1102和/或EDCS 300的外部。在一些实施方式中，数据库可以是传统的数据库或者内存数据库，或者两者的混合。在一些实施方式中，数据库302和存储器1108可以组合成一个组件。

[0195] 应用1107是提供根据特定需要、要求、或者计算机1102和/或EDCS 300的特定实施方式的功能——特别是针对在受限的地理区域中找到交互对象的集合的最佳位置方案所要求的功能——的算法软件引擎。例如，应用1107能够用作EDCS 300的任何组件(无论是否示出)。而且，虽然示出为单一应用1107，但是应用1107可以实施为计算机1102上的多个应用1107。此外，虽然示出为集成到计算机1102，但是在替换的实施方式中，应用1107可以在计算机1102和/或EDCS 300的外部。

[0196] 可以存在与EDCS 300相关联的或者在EDCS 300外部的并且通过网络330通信的任何数量的计算机1102。而且，术语“客户端”、“用户”以及其它适当的术语可以根据情况互换使用，而不脱离本公开的范围。而且，本公开预期到了许多用户可以使用一个计算机1102，或者一个用户可以使用多个计算机1102。

[0197] 在本说明书中描述的本主题的实施方式和功能运算可以实施在数字电子电路中、有形地具体实现的计算机软件或固件中、计算机硬件中，包括在本说明书中公开的结构以及它们的等同结构，或者实施在它们中的一个或多个的组合中。在本说明书中描述的本主题的实施方式可以实施为一个或多个计算机程序，即，编码在有形的、非瞬时计算机存储介质上的计算机程序指令的一个或多个模块，以便由数据处理装置运行或者控制数据处理装置的操作。可替换地或者另外地，程序指令可以编码在人工生成的传播信号上，例如，机器生成的电、光学、或电磁信号，所述信号被生成以编码要被发送到适当的接收器装置以便由数据处理装置运行的信息。计算机存储介质可以是机器可读存储设备、机器可读存储基体、随机或串行存取存储器设备、或者它们中一个或多个的组合。

[0198] 术语“数据处理装置”、“计算机”、和/或“电子计算机设备”(或本领域普通技术人

员所理解的等同物)是指数据处理硬件,并且包含用于处理数据的所有种类的装置、设备、以及机器,包括,举例来说,可编程处理器、计算机、或者多个处理器或计算机。所述装置还可以是或者还包括专用逻辑电路,例如,中央处理单元(CPU)、FPGA(现场可编程门阵列)、或ASIC(专用集成电路)。在一些实施方式中,数据处理装置和/或专用逻辑电路可以是基于硬件和/或基于软件的。所述装置可以可选择地包括创建用于计算机程序的执行环境的代码,例如,构成处理器固件、协议栈、数据库管理系统、操作系统、或者它们中一个或多个的组合的代码。本公开预期到了有或者没有传统的操作系统的情况下的数据处理装置的使用,例如,LINUX、UNIX、WINDOWS、MAC OS、ANDROID、IOS、或者任何其他适当的传统操作系统。

[0199] 计算机程序,其还可以被称为或者描述为程序、软件、软件应用、模块、软件模块、脚本、或代码,可以以任何形式的编程语言来编写,包括编译或解释语言,或者说明或程序语言,并且其可以以任何形式来部署,包括作为独立程序或者作为模块、组件、子例程、或者适于在计算环境中使用的其它单元。计算机程序可以、但不必,对应于文件系统中的文件。程序可以被存储在保持其他程序或数据的文件的一部分(例如,存储在标记语言文档中的一个或多个脚本)中,存储在专用于被讨论的程序的单一文件中,或者存储在多个协调的文件(例如,存储一个或多个模块、子程序、或代码部分的文件)中。计算机程序可以被部署为在一个计算机或多个计算机上运行,所述多个计算机位于一个站点或者分布在多个站点并通过通信网络互连。虽然在各个附图中示出的程序的部分被示出为通过各种对象、方法或其它过程来实施各种特征和功能的单独模块,但是所述程序根据情况可以取而代之地包括若干子模块、第三方服务、组件、库等。反过来,各种组件的特征和功能可以根据情况被组合到单一组件中。

[0200] 在本说明书中描述的过程和逻辑流可以由运行一个或多个计算机程序以通过对输入数据进行运算并生成输出来执行功能的一个或多个可编程计算机来执行。所述过程和逻辑流还可以由专用逻辑电路来执行,并且装置还可以实施为专用逻辑电路,所述专用逻辑电路例如,CPU、FPGA、或者ASIC。

[0201] 适于运行计算机程序的计算机可以基于通用或专用微处理器、两者、或者任何其它种类的CPU。通常,CPU将从只读存储器(ROM)或随机存取存储器(RAM)、或者从两者接收指令和数据。计算机的基本元件是用于执行或运行指令的CPU和用于存储指令和数据的一个或多个存储器设备。通常,计算机还将包括或者可操作地耦合到一个或多个用于储存数据的大容量存储设备,从所述一个或多个大容量存储设备接收数据或向其传送数据,或者全部两者,所述大容量存储设备例如,磁盘、磁光盘、或光盘。然而,计算机不必具有这样的设备。而且,计算机可以被嵌入另一个设备,例如,移动电话、个人数字助理(PDA)、移动音频或视频播放器、游戏机、全球定位系统(GPS)接收器、或便携式存储设备,例如,通用串行总线(USB)闪存驱动,仅举数例。

[0202] 适于存储计算机程序指令和数据的计算机可读介质(根据情况,瞬时的或非瞬时的)包括所有形式的非易失性存储器、介质和存储器设备,包括,举例来说,半导体存储器设备,例如,可擦可编程只读存储器(EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、以及闪存设备;磁盘,例如,内部硬盘或移动盘;磁光盘;和CD-ROM、DVD+/-R、DVD-RAM、以及DVD-ROM盘。存储器可以存储各种对象或数据,包括高速缓存、类、框架、应用、备份数据、作业、网页、网页模板、数据库表、存储商业和/或动态信息的储存库、以及任何其它适当的信息,所述任

何其它适当的信息包括任何参数、变量、算法、指令、规则、约束、或对它们的引用。另外，存储器还可以包括任何其他适当的数据，诸如日志、策略、安全、或存储数据、报告文件、以及其它数据。处理器和存储器可以通过专用逻辑电路来补充，或者并入专用逻辑电路。

[0203] 为了提供与用户的交互，在本说明书中描述的本主题的实施方式可以实施在具有显示设备以及键盘和指示设备的计算机上，所述显示设备例如，CRT(阴极射线管)、LCD(液晶显示器)、LED(发光二极管)、或等离子体监视器，其用于向用户显示信息，所述指示设备例如，鼠标、轨迹球、触控板，用户可以通过它们向计算机提供输入。输入还可以使用触摸屏提供给计算机，诸如具有压力敏感度的平板计算机表面、使用电容感应或电感应的多点触摸屏、或者其它类型的触摸屏。其它种类的设备也可以用来提供与用户的交互；例如，提供给用户的反馈可以是任何形式的传感反馈，例如，视觉反馈、听觉反馈、或触觉反馈；并且来自用户的输入可以以任何形式来接收，包括声音、语音、或触摸输入。此外，计算机可以通过向用户使用的设备发送文档和从用户使用的设备接收文档来与用户进行交互；例如，通过响应于从用户的客户端设备上的网络浏览器接收的请求，向该网络浏览器发送网页。

[0204] 术语“图形用户界面”或“GUI”可以单数或复数使用来描述一个或多个图形用户界面和特定图形用户界面的显示中的每一个。因此，GUI可以表示任何图形用户界面，包括但不限于，处理信息并将信息结果高效地展示给用户的网络浏览器、触摸屏、或命令行接口(CLI)。通常，GUI可以包括多个用户界面(UI)元素、一些或全部与网络浏览器相关联，诸如交互字段、下拉列表、商务套房用户可操作的按钮。这些以及其他UI元素可以与网络浏览器的功能相关或者可以表示网络浏览器的功能。

[0205] 在本说明书中描述的本主题的实施方式可以实施在计算系统中，所述计算系统是包括(例如，作为数据服务器的)后端组件的计算系统，或者是包括中间件组件(例如，应用服务器)的计算系统，或者是包括前端组件(例如，具有图形用户界面或网络浏览器的客户端计算机，用户可以通过其与本说明书中描述的本主题的实施方式进行交互)、或者一个或多个这样的后端、中间件、或前端组件的任何组合的计算系统。所述系统的组件可以通过任何形式或媒介的有线和/或无线数字数据通信，例如，通信网络来互连。通信网络的示例包括局域网(LAN)、无线接入网(RAN)、城域网(MAN)、宽域网(WAN)、全球微波接入互操作性(WIMAX)、使用例如802.11a/b/g/n和/或802.20的无线局域网(WLAN)、互联网的全部或部分、和/或在一个或多个位置的任何其它通信系统。网络可以以，例如，网际协议(IP)分组、帧中继帧、异步传输模式(ATM)小区、语音、视频、数据、和/或其他适当的信息在网络地址之间进行通信。

[0206] 计算系统可以包括客户端和服务端。客户端和服务端通常彼此远离，并且典型地通过通信网络进行交互。客户端和服务端的关系依靠在各个计算机上运行并且彼此之间具有客户端-服务端关系的计算机程序来产生。

[0207] 在一些实施方式中，计算系统的任何或全部组件，硬件和/或软件两者，可以彼此接口和/或使用应用编程接口(API)和/或服务层来接口。API可以包括对于例程、数据结构、以及对象类的规范。API可以是独立于或依赖于计算机语言的，并且是指完全的接口、单一功能、或甚至API的集合。服务层向计算系统提供软件服务。使用这个服务层，计算系统的各种组件的功能可以对于所有服务消费者是可访问的。软件服务通过定义的接口提供可重复使用的、定义的商业功能。例如，接口可以是以JAVA、C++、或者以可扩展标记语言(XML)格式

或其他适当的格式提供数据的其它适当的语言来编写的软件。API和/或服务层可以是相对于计算系统的其他组件而言整体和/或独立的组件。而且,服务层的任何或所有部分可以被实施为另一个软件模块、企业应用、或硬件模块的子类或子模块,而不脱离本公开的范围。

[0208] 虽然本说明书包含许多具体的实施细节,但是这些细节不应被解释为对任何发明的范围或所请求保护的范围的限制,而是应该被解释为对可以专用于特定发明的特定实施方式的特征的描述。在本说明书中在分别的实施方式的上下文中描述的一定特征还可以组合地实施在单一的实施方式中。反过来,在单一实施方式的上下文中描述的各种特征也可以在多个实施方式中分开实施或者以任何适当的子组合来实施。而且,虽然特征可以在以上描述为以一定的组合来起作用,甚至最初也是这样请求保护的,但是来自所请求保护的组合的一个或多个特征有时也可以从该组合中排除,并且所请求保护的组合可以指向子组合或子组合的变型。

[0209] 类似地,虽然操作在附图中以特定次序描绘,但是这不应被理解为要求这样的操作以所示的特定次序或以连续的次序来执行,或者所有示出的操作都应该被执行以实现期待的结果。在一些环境中,多任务和并行处理可能是有益的。而且,上述实施方式中的各种系统模块和组件的分离和/或集成不应被理解为在所有的实施方式中均要求这样的分离和/或集成,并且应当理解,所描述的程序组件和系统一般可以一起集成到单一的软件产品中或者封装到多个软件产品中。

[0210] 已经描述了本主题的特定实施方式。所描述的实施方式的其他实施方式、变更、以及置换也在权利要求的范围内,这对于本领域技术人员来讲是清楚的。例如,在权利要求中列举的动作可以以不同的次序执行,并且仍然实现期待的结果。

[0211] 因此,示例实施方式的上述描述并不定义或限制本公开。其他改变、替换、以及变更也是可能的,而不脱离本公开的精神和范围。

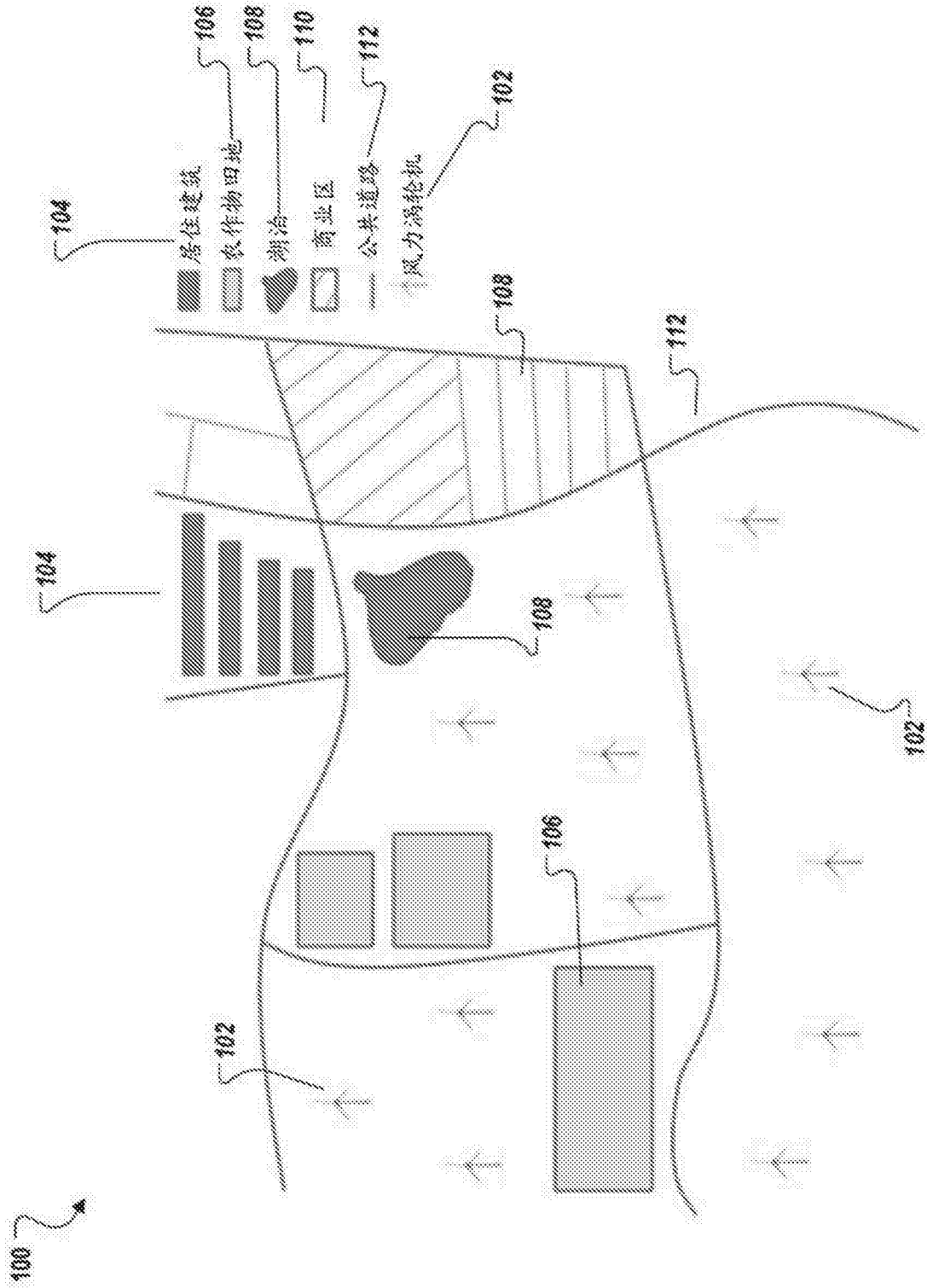


图1

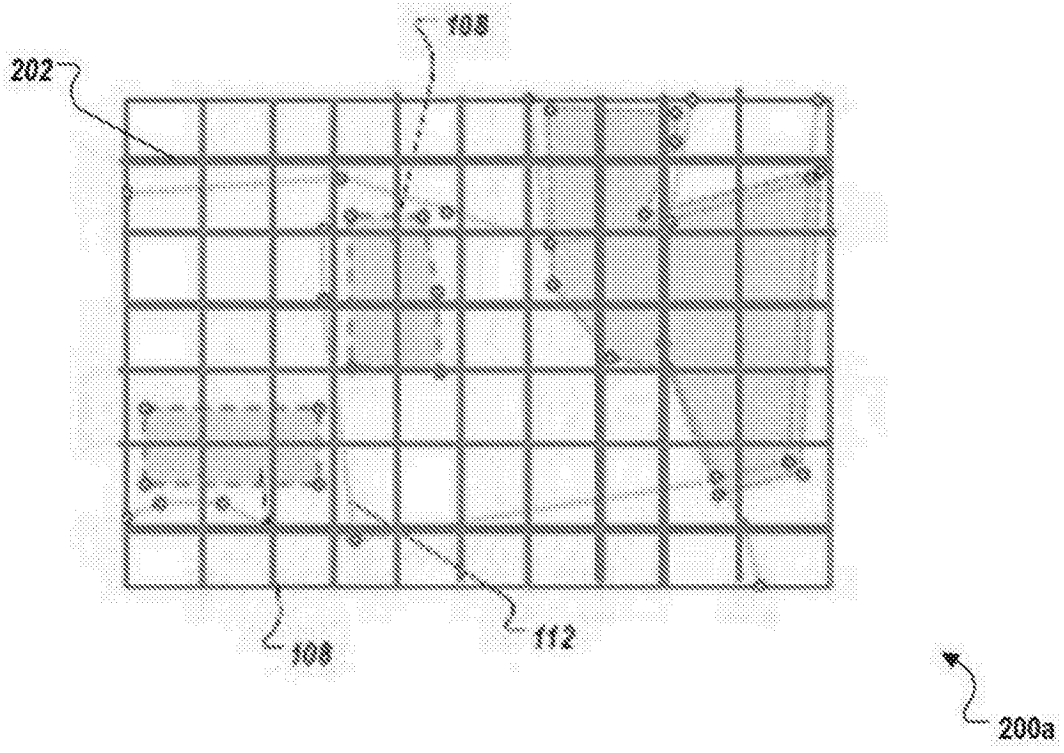


图2A

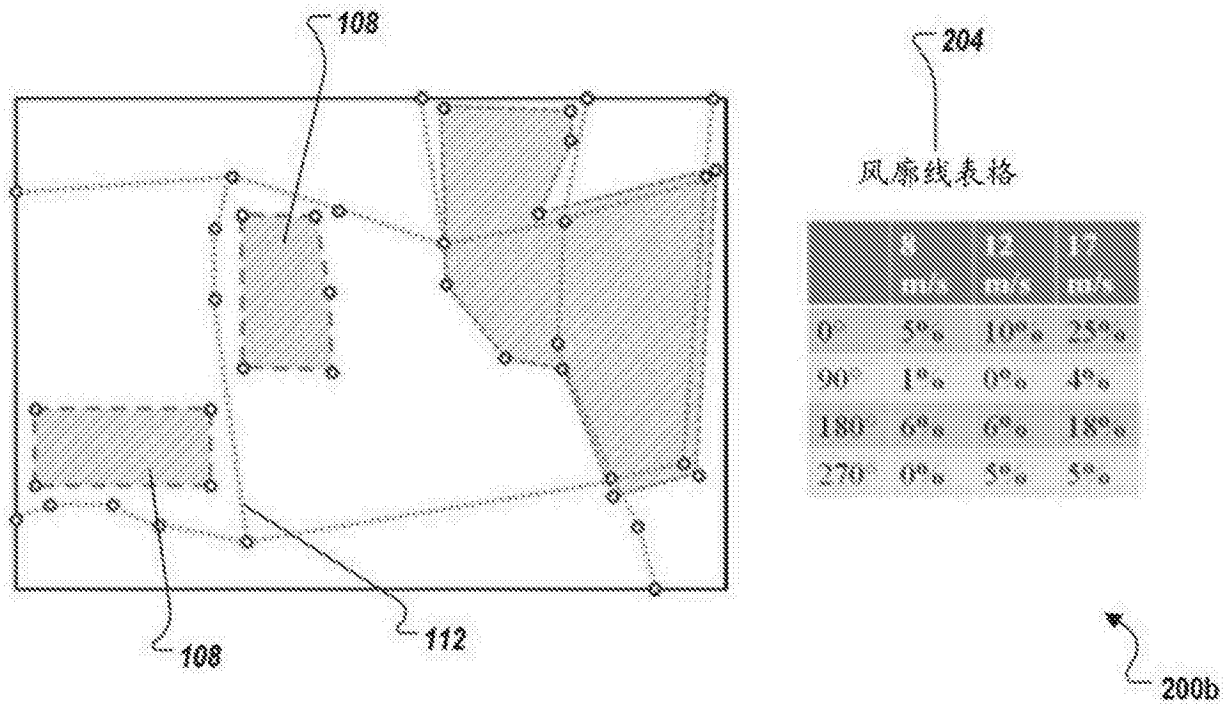


图2B



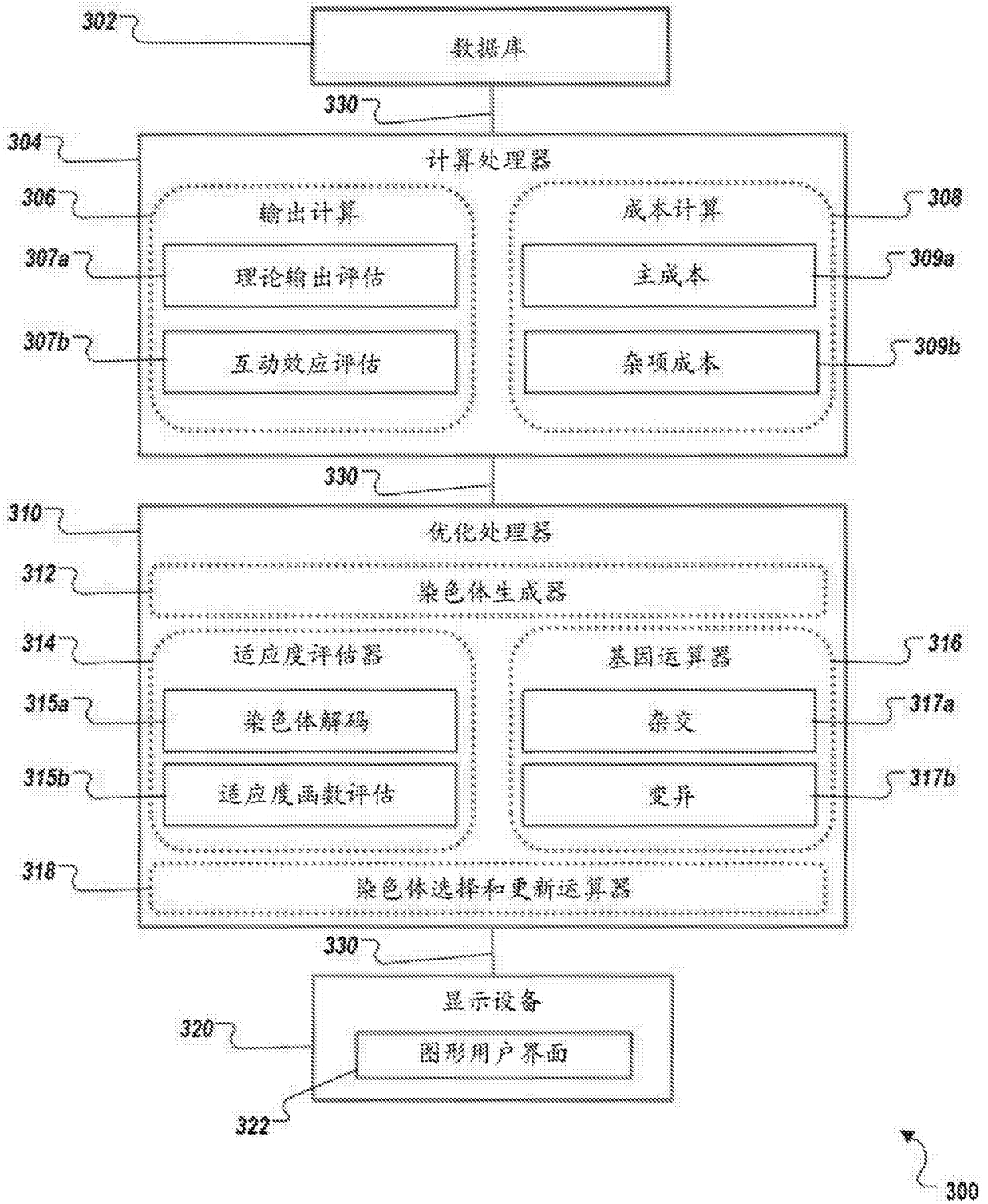


图3

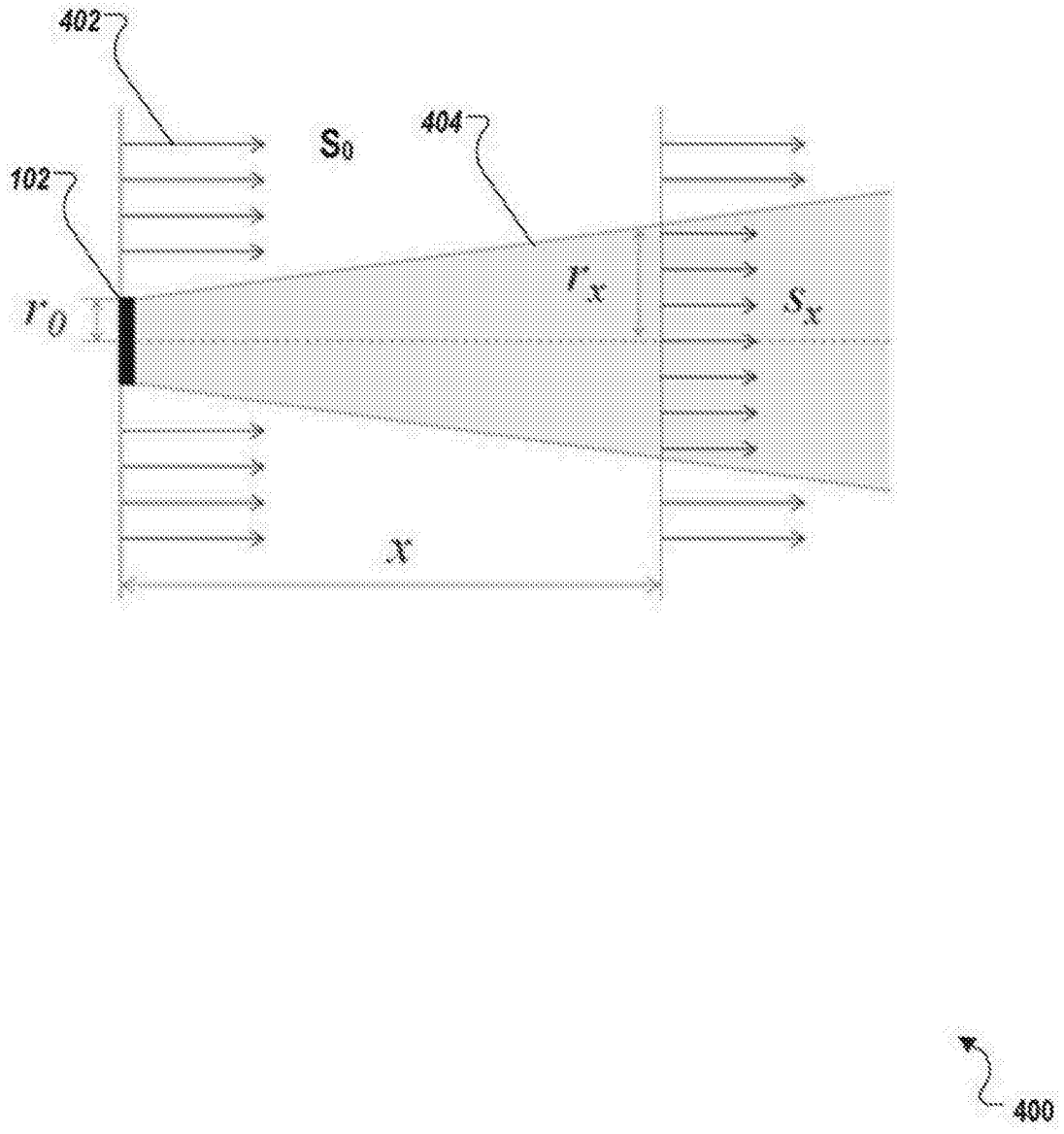


图4

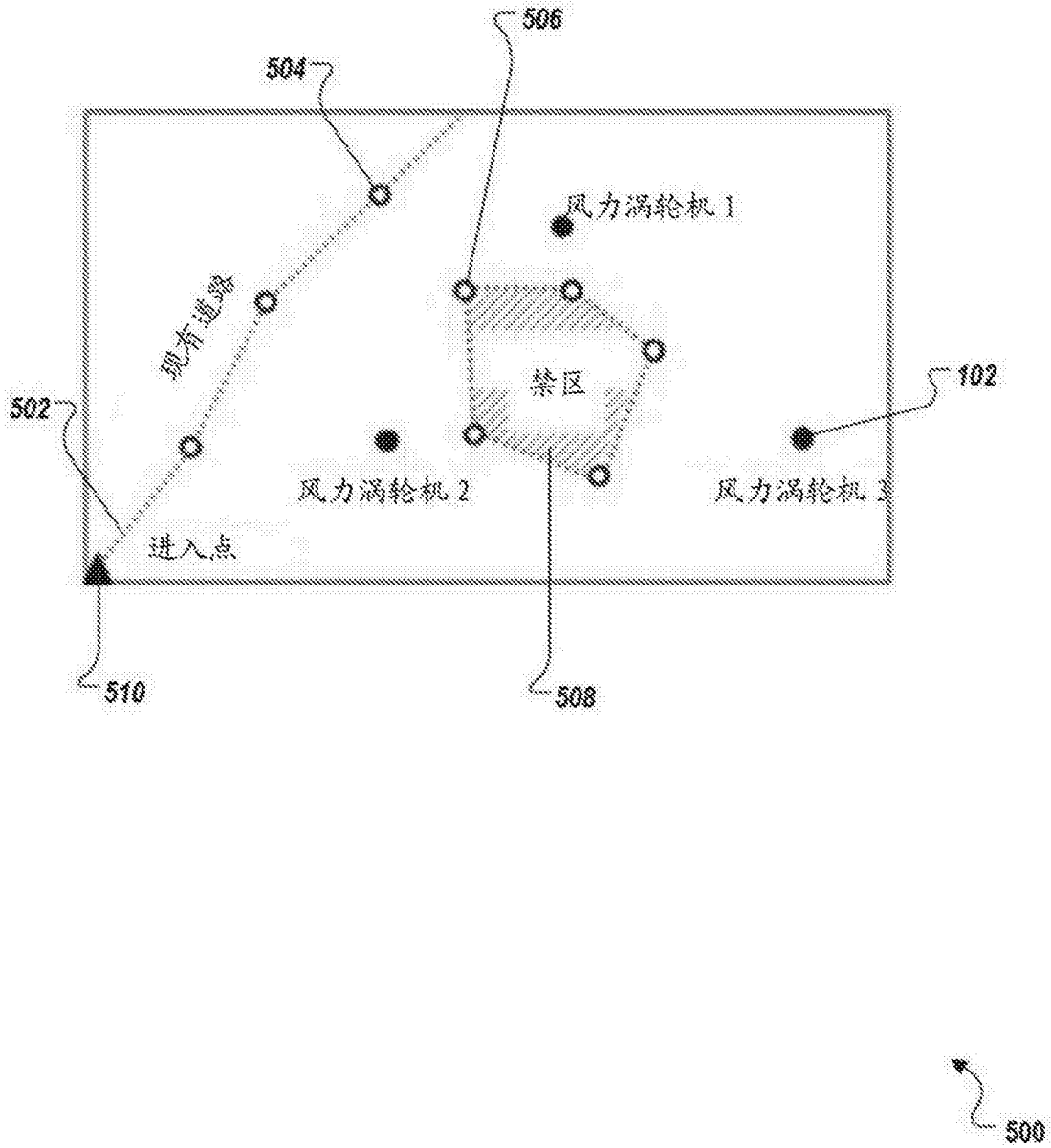


图5

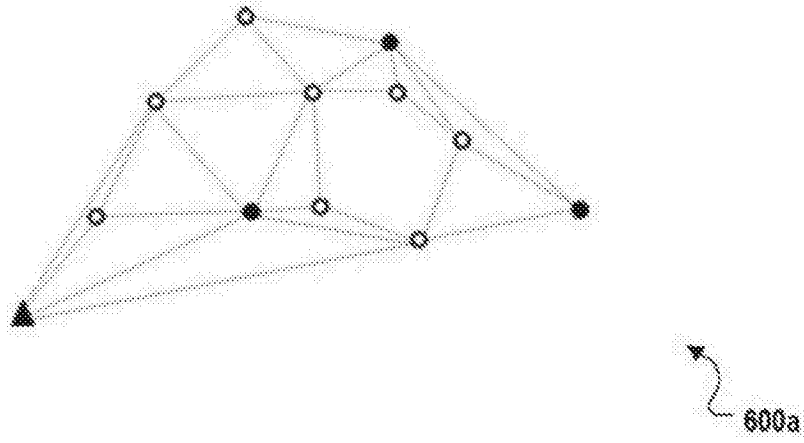


图6A

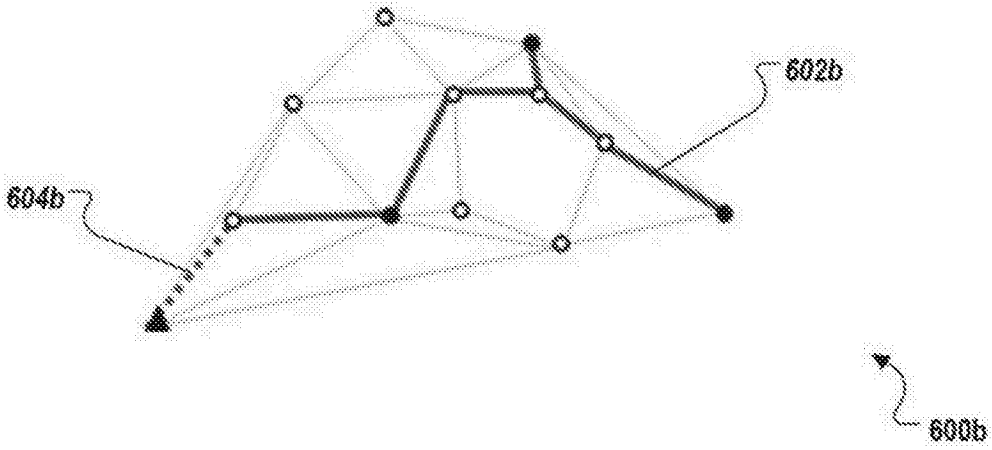


图6B

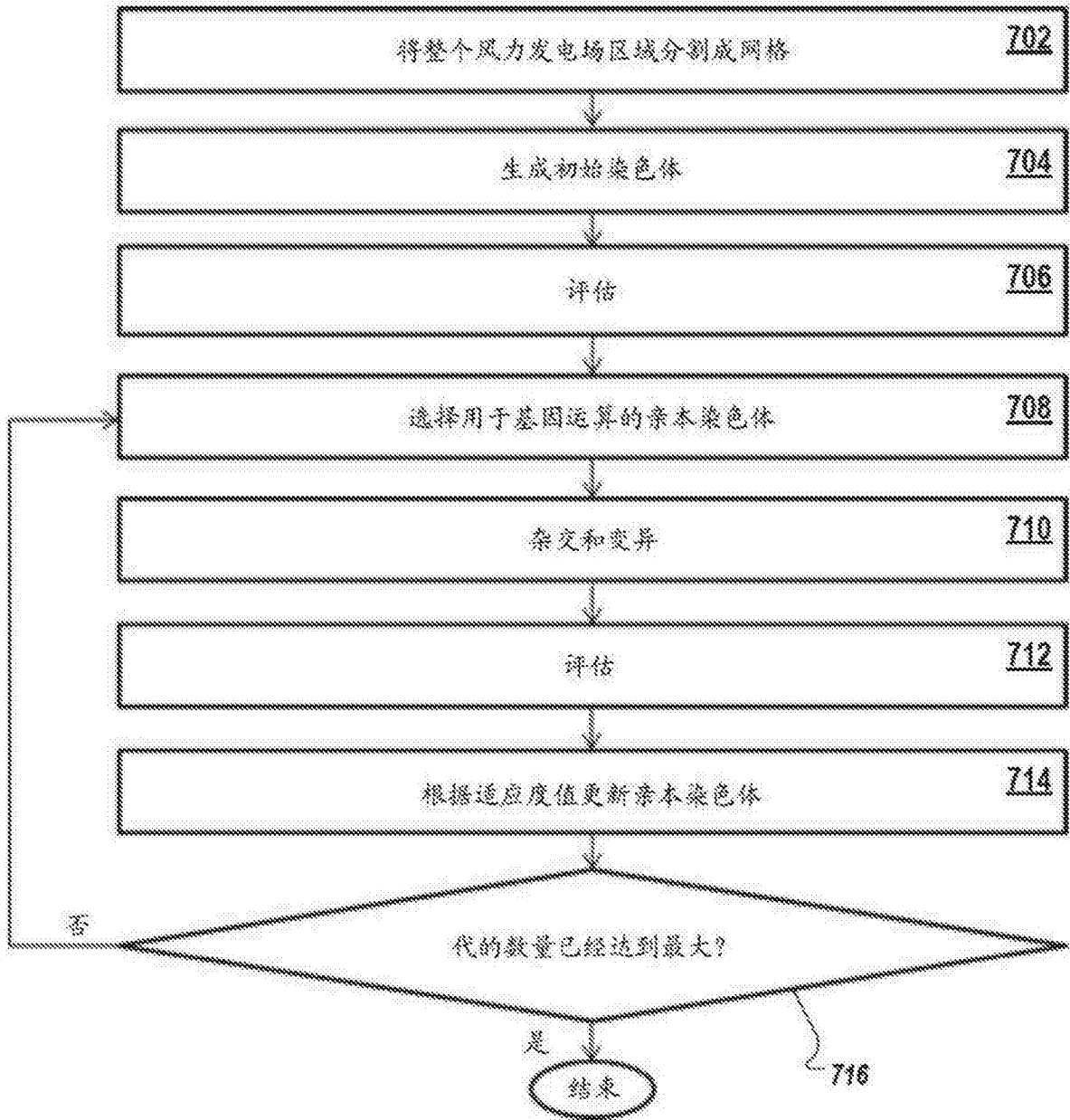


图7

网格 1	网格 2	网格 3	.....	网格 N
1	0	0	.....	0



图8

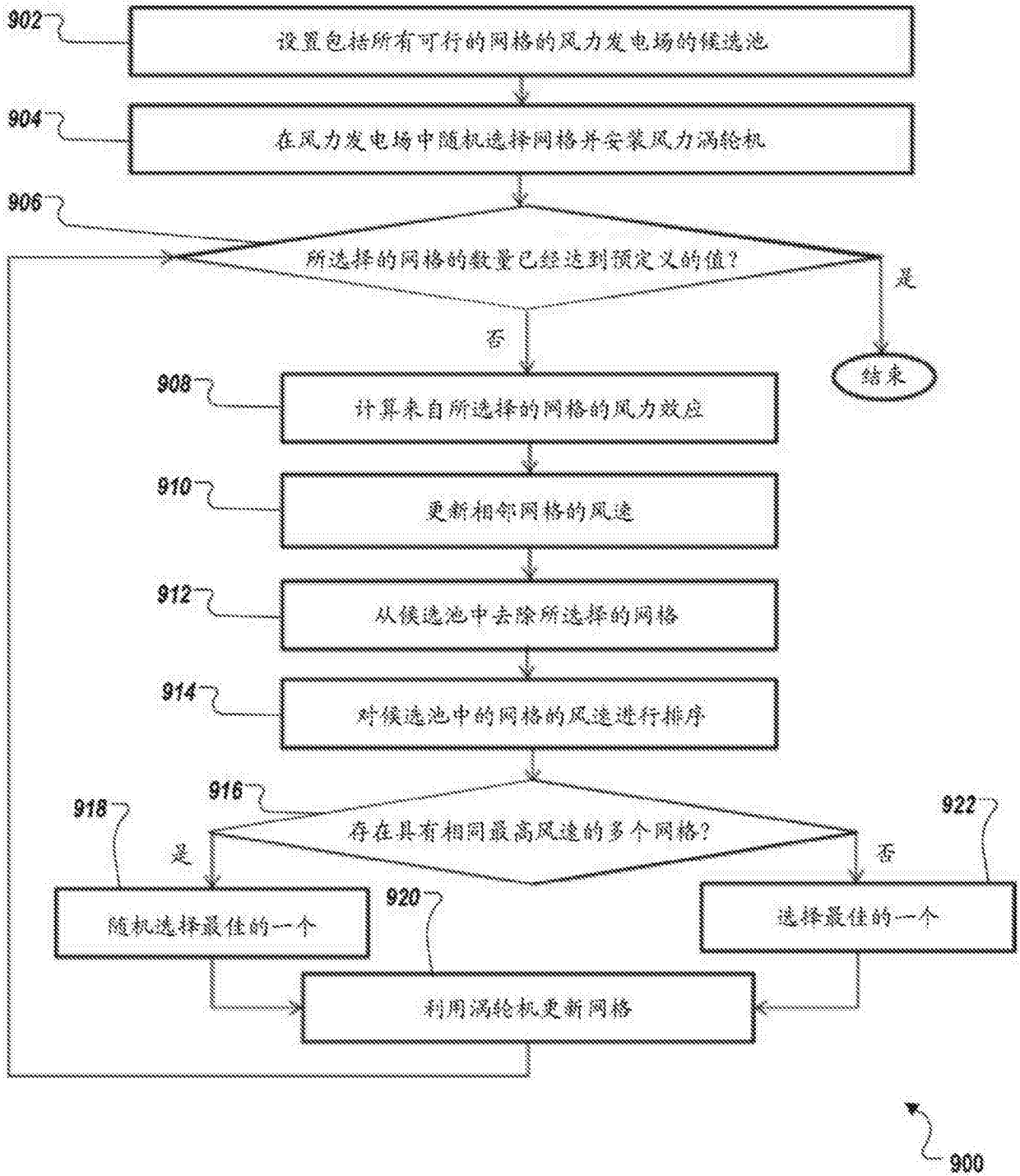


图9

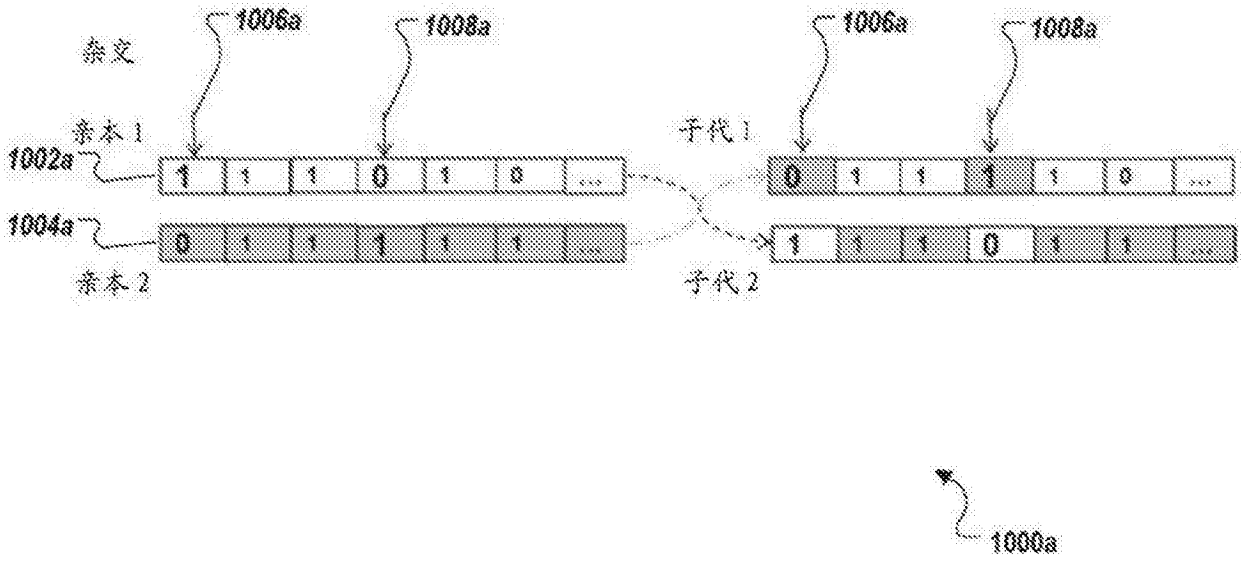


图10A

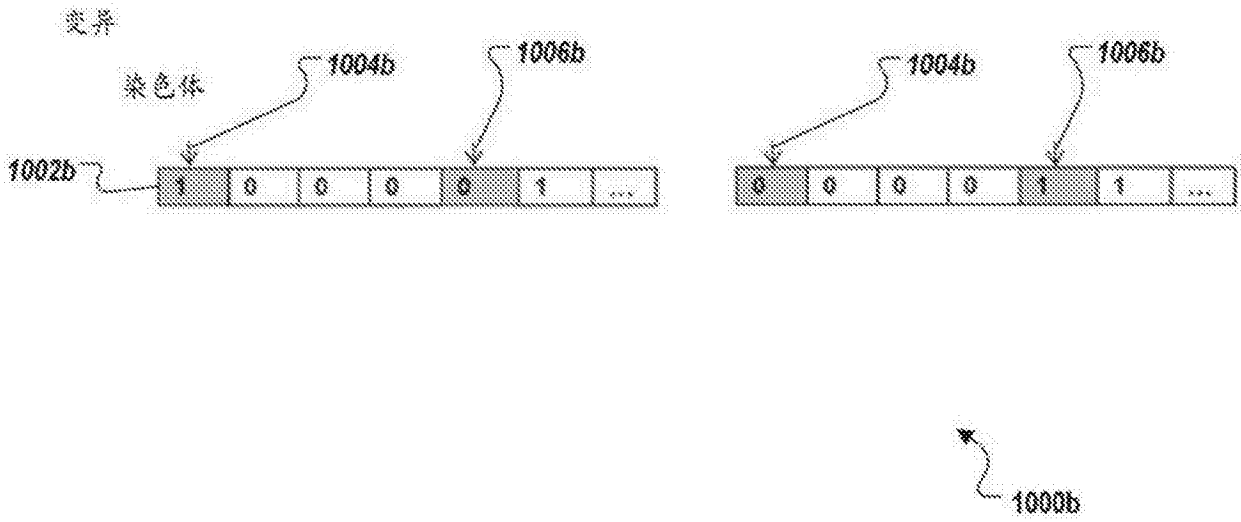


图10B



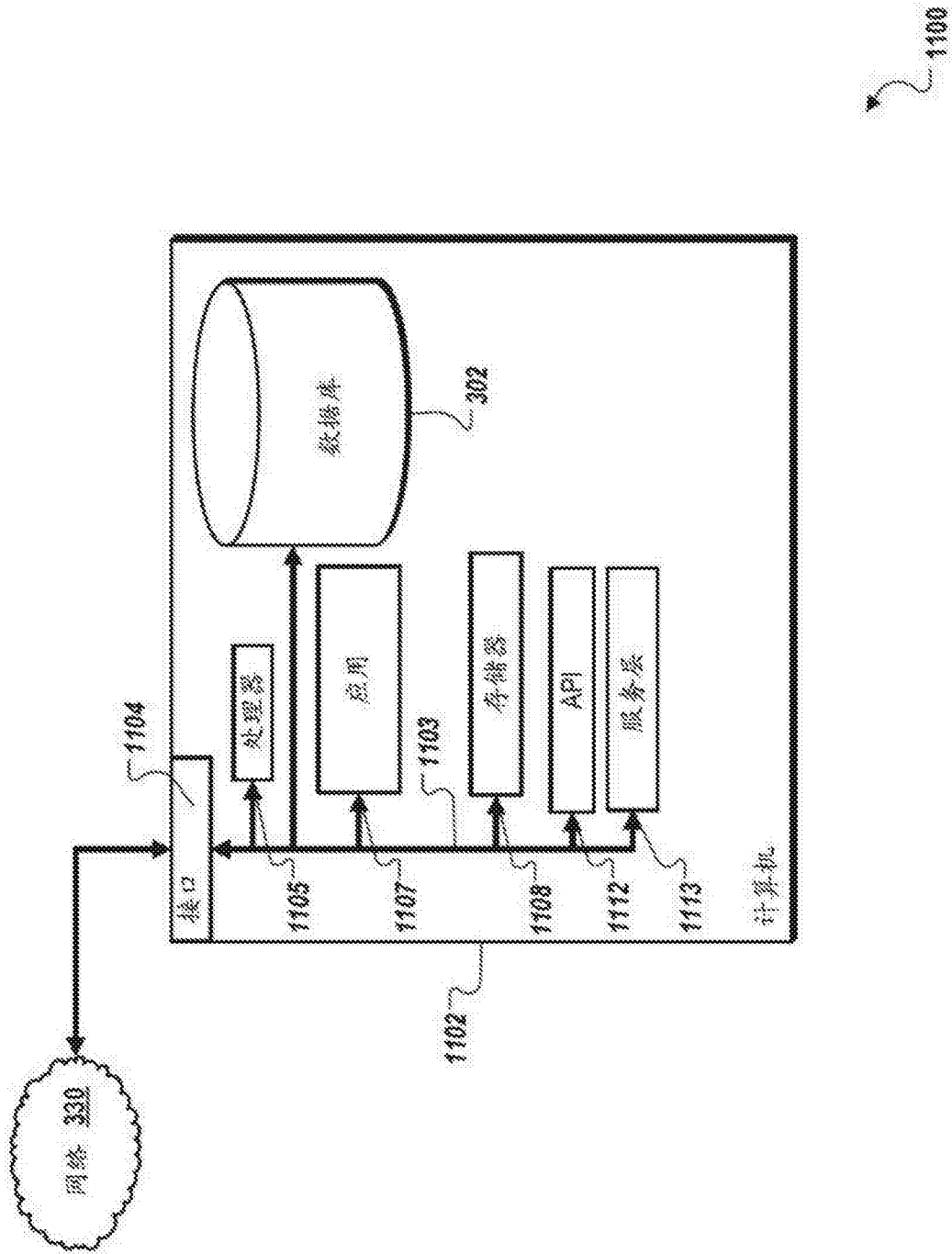


图11