



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108701283 B

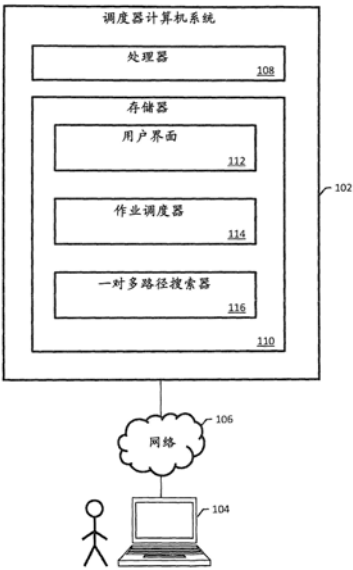
(45) 授权公告日 2021.12.14

(21) 申请号 201780015792.1  
(22) 申请日 2017.01.06  
(65) 同一申请的已公布的文献号  
    申请公布号 CN 108701283 A  
(43) 申请公布日 2018.10.23  
(30) 优先权数据  
    14/991,557 2016.01.08 US  
(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
    2018.09.07  
(86) PCT国际申请的申请数据  
    PCT/US2017/012518 2017.01.06  
(87) PCT国际申请的公布数据  
    W02017/120458 EN 2017.07.13  
(73) 专利权人 甲骨文国际公司  
    地址 美国加利福尼亚  
(72) 发明人 C·P·万特韦斯泰因德  
(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
    有限公司 11038  
    代理人 边海梅

(51) Int.Cl.  
    G06Q 10/06 (2006.01)  
    G06Q 50/30 (2006.01)  
(56) 对比文件  
    WO 02082720 A3,2002.12.12  
    CN 103226581 A,2013.07.31  
    CN 103837154 A,2014.06.04  
    CN 104266656 A,2015.01.07  
    CN 103828296 A,2014.05.28  
    US 8786605 B1,2014.07.22  
    US 6785608 B1,2004.08.31  
    A. Gupta 等.Real Time Routing for  
Road Networks.《2014 IEEE Fourth  
International Conference on Big Data and  
Cloud Computing》.2014,第9-16页.  
    金保华,霍鸣震.应急资源调度管理系统的设计与实现.《郑州轻工业学院学报(自然科学版)》.2014,第88-91页.  
    审查员 谢珊珊

权利要求书3页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称  
    用于使用作业位置之间的行驶成本进行作业调度的方法、系统和计算机可读介质  
(57) 摘要  
    用于通过基于作业位置之间的行驶成本使用一对多最短路径搜索来调度作业的方法、系统和计算机可读介质。在一些示例中，系统包括被配置为基于从地理原点到每个作业的相应地理作业位置的行程来调度作业的一个或多个计算机。该系统还包括在一个或多个计算机上实现的一对多路径搜索器。一对多路径搜索器通过使用行驶成本遍历原点节点和目的地节点之间的中间节点来搜索沿着图形的边缘从原点节点到目的地节点的路径，包括基于与中间节点对应的中间地理位置和初始地围绕地理作业位置的边界之间的地理距离来确定启发式行驶成本。



1. 一种系统,包括:

一个或多个计算机,被配置为基于从地理原点到每个作业的相应地理作业位置的行程来调度多个作业;以及

一对多路径搜索器,在所述一个或多个计算机上实现并且被配置为执行包括以下的操作:

在包括与地理位置对应的多个节点和在节点之间通过所述地理位置之间的行驶成本加权的多个边缘的图形中,识别与所述地理原点对应的原点节点和与所述地理作业位置对应的多个目的地节点;

通过使用所述行驶成本遍历所述原点节点和所述目的地节点之间的多个中间节点来搜索沿着所述图形的边缘从所述原点节点到所述目的地节点的路径,包括至少在所述中间节点的子集的每个中间节点处基于与所述中间节点对应的中间地理位置和初始地围绕所述地理作业位置的边界之间的地理距离来确定启发式行驶成本;

在搜索沿着所述图形的边缘从所述原点节点到所述目的地节点的路径期间,找到所述多个目的地节点中的节点;以及

响应于找到所述目的地节点中的一个来调整所述边界,使得所述边界围绕除了找到的与所述目的地节点中的所述一个对应的地理位置之外的地理作业位置,并且继续搜索和调整所述边界,直到找到所述目的地节点中的所有目的地节点为止。

2. 如权利要求1所述的系统,其中所述操作包括将所述中间地理位置和所述边界之间的所述地理距离确定为所述中间地理位置和所述边界之间的最短直线距离。

3. 如权利要求1所述的系统,其中初始地围绕所述地理作业位置的所述边界包括矩形,并且其中所述操作包括在开始搜索之前通过确定一组目的地节点来确定所述边界,所述一组目的地节点在四个基本方向中的每个基本方向上包括相应的边界边缘目的地节点,所述相应的边界边缘目的地节点具有在所述基本方向上距离所述地理原点最远的地理作业位置。

4. 如权利要求3所述的系统,其中调整所述边界包括仅响应于找到所述边界边缘目的地节点中的一个来调整所述边界。

5. 如权利要求1所述的系统,其中遍历所述中间节点包括在每个中间节点处存储从所述原点节点到所述中间节点遍历所述图形的实际行驶成本。

6. 如权利要求5所述的系统,其中遍历所述中间节点包括在第一中间节点处,基于到第一中间节点的所述实际行驶成本和针对所述第一中间节点的所述启发式行驶成本为所述第一中间节点的一个或多个相邻节点确定总成本估计。

7. 如权利要求6所述的系统,其中遍历所述中间节点包括从具有最低总成本估计的所述一个或多个相邻节点中选择第二中间节点,以及遍历所述图形到所述第二中间节点。

8. 如权利要求1所述的系统,其中搜索路径包括仅当地理原点在所述边界外部时才在遍历所述中间节点时确定所述启发式行驶成本。

9. 如权利要求1所述的系统,其中所述图形表示道路网,所述边缘表示地理位置之间的道路,所述节点表示道路交叉口,并且所述行驶成本表示沿着道路交叉口之间的道路的估计行驶时间。

10. 如权利要求1所述的系统,其中所述一个或多个计算机被配置为通过首先调度如由

所述一对多路径搜索器确定的具有最低行驶成本的第一作业并且然后使用所述一对多路径搜索器利用所述第一作业的作为所述地理原点的第一地理位置进行搜索来调度所述多个作业,并且然后重复所述调度直到所述作业中的所有作业已经被调度为止,并基于所述调度向用户供应调度表。

11. 一种用于基于从地理原点到每个作业的相应地理作业位置的行程来调度多个作业的方法,所述方法包括:

由一个或多个计算机的系统,并且在包括与地理位置对应的多个节点和在节点之间通过所述地理位置之间的行驶成本加权的多个边缘的图形中,识别与所述地理原点对应的原点节点和与所述地理作业位置对应的多个目的地节点;

由所述一个或多个计算机的系统,通过使用所述行驶成本遍历所述原点节点和所述目的地节点之间的多个中间节点来搜索沿着所述图形的边缘从所述原点节点到所述目的地节点的路径,包括至少在所述中间节点的子集的每个中间节点处基于与所述中间节点对应的中间地理位置和初始地围绕所述地理作业位置的边界之间的地理距离来确定启发式行驶成本;

由所述一个或多个计算机的系统在搜索沿着所述图形的边缘从所述原点节点到所述目的地节点的路径期间,找到所述多个目的地节点中的节点;以及

响应于找到所述目的地节点中的一个,由所述一个或多个计算机的系统调整所述边界,使得所述边界围绕除了找到的与所述目的地节点中的所述一个对应的地理位置之外的地理作业位置,并且继续搜索和调整所述边界,直到找到所述目的地节点中的所有目的地节点为止。

12. 如权利要求11所述的方法,包括将所述中间地理位置和所述边界之间的所述地理距离确定为所述中间地理位置和所述边界之间的最短直线距离。

13. 如权利要求11所述的方法,其中初始地围绕所述地理作业位置的所述边界包括矩形,并且其中所述方法包括在开始搜索之前通过确定一组目的地节点来确定所述边界,所述一组目的地节点在四个基本方向中的每个基本方向上包括相应的边界边缘目的地节点,所述相应的边界边缘目的地节点具有在所述基本方向上距离所述地理原点最远的地理作业位置。

14. 如权利要求13所述的方法,其中调整所述边界包括仅响应于找到所述边界边缘目的地节点中的一个来调整所述边界。

15. 如权利要求11所述的方法,其中遍历所述中间节点包括在每个中间节点处存储从所述原点节点到所述中间节点遍历所述图形的实际行驶成本。

16. 如权利要求15所述的方法,其中遍历所述中间节点包括在第一中间节点处,基于到第一中间节点的所述实际行驶成本和针对所述第一中间节点的所述启发式行驶成本为所述第一中间节点的一个或多个相邻节点确定总成本估计。

17. 如权利要求16所述的方法,其中遍历所述中间节点包括从具有最低总成本估计的所述一个或多个相邻节点中选择第二中间节点,以及遍历所述图形到所述第二中间节点。

18. 如权利要求11所述的方法,其中搜索路径包括仅当地理原点在所述边界外部时才在遍历所述中间节点时确定所述启发式行驶成本。

19. 如权利要求11所述的方法,其中所述图形表示道路网,所述边缘表示地理位置之间

的道路,所述节点表示道路交叉口,并且所述行驶成本表示沿着道路交叉口之间的道路的估计行驶时间。

20.如权利要求11所述的方法,包括首先调度具有最低行驶成本的第一作业并且然后利用所述第一作业的作为所述地理原点的第一地理位置重复搜索,并且然后重复所述调度直到所述作业中的所有作业已经被调度为止,并基于所述调度向用户供应调度表。

21.一种存储可执行指令的非瞬态计算机可读介质,所述可执行指令在由一个或多个计算机执行时,使得所述一个或多个计算机基于从地理原点到每个作业的相应地理作业位置的行程通过执行如权利要求11-20中任一项所述的方法来调度多个作业。

22.一种包括用于执行如权利要求11-20中任一项所述的方法的组件的装置。

23.一种设备,包括:

处理器;以及

存储器,耦合到所述处理器并且所述存储器包括存储在其上的指令,所述指令在由所述处理器执行时,使得所述处理器执行如权利要求11-20中任一项所述的方法。

## 用于使用作业位置之间的行驶成本进行作业调度的方法、系统和计算机可读介质

[0001] 优先权声明

[0002] 本申请要求于2016年1月8日提交的序列号为14/991,557的美国专利申请的权益，本申请的公开内容通过引用全文并入本文。

### 技术领域

[0003] 本文描述的主题一般而言涉及调度作业(scheduling job)。更具体地，本文描述的主题涉及用于通过基于作业位置之间的行驶成本使用一对多(one-to-many)最短路径搜索来调度作业的方法、系统和计算机可读介质。

### 背景技术

[0004] 道路测绘(road-mapping)程序提供数字地图，通常用下至城市街道层面的详细道路路网完成。通常，用户可以输入位置并且道路测绘程序将显示所选位置的屏幕上地图。一些道路测绘程序供应计算两个位置之间的“最佳路线”的特征。在这些程序中，用户可以输入两个位置，并且道路测绘程序将计算从源位置到目的地位置的行驶方向。可以基于距离、行驶时间和某些用户优选项(诸如优选的驾驶速度或高速公路和当地道路之间的优选项)来确定方向。计算位置之间的最佳路线可能需要大量的计算时间和资源。

[0005] 一些道路测绘程序采用Dijkstra方法的变体来计算位置之间的最佳路线。可以为每个路段分配可能与路段长度相关或不相关的成本或权重。通过改变为每条道路计算成本的方式，可以针对最快、最短或优选路线生成最佳路线。一些道路测绘程序使用Dijkstra方法的启发式变体，包括作为启发式搜索的A\*搜索。使用A\*搜索尝试在正确的总体方向上引导最短路径计算。这种启发式变体通常涉及估计中间位置和目的地之间的路径的权重。例如，一些启发式变体使用下界估计技术，诸如位置之间的直线欧几里德(Euclidean)距离。

[0006] 作业调度程序的输入之一可以是基于将由程序调度的多个作业之间的距离或行驶时间或两者的行驶成本。可以使用利用将一个作业的位置作为原点并将剩余作业的位置作为目的地的Dijkstra或A\*算法来确定行驶成本，并且为每个作业重复该过程。在必须调度许多作业的情况下，确定作业的行驶成本可能需要大量的计算资源，并且总的计算时间可能由于花费太长的时间而阻止了有效的作业调度。

[0007] 因此，鉴于这些困难，需要通过基于作业位置之间的行驶成本使用一对多最短路径搜索来调度作业的方法、系统和计算机可读介质。

### 发明内容

[0008] 本文描述的主题涉及用于通过基于作业位置之间的行驶成本使用一对多最短路径搜索来调度作业的方法、系统和计算机可读介质。通过使用图形搜索，例如，A\*搜索，从原点节点开始并使用到围绕尚未到达目的地节点的边界的距离作为启发式行驶成本，计算机系统可以减少计算与各种作业相关联的行驶成本所花费的时间。计算机系统可以减少所需

的计算资源的数量,这可以减少例如调度器初始化时间和预约预订等待时间。

[0009] 在一些示例中,系统包括被配置为基于从地理原点到每个作业的相应地理作业位置的行程来调度作业的一个或多个计算机。该系统还包括在一个或多个计算机上实现的一对多路径搜索器。一对多路径搜索器被配置为在与地理位置对应的节点和在节点之间通过地理位置之间的行驶成本加权的边缘的图形中,识别与地理原点对应的原点节点和与地理作业位置对应的目的地节点。一对多路径搜索器被配置为通过使用行驶成本遍历原点节点和目的地节点之间的中间节点来搜索沿着图形的边缘从原点节点到目的地节点的路径,包括在中间节点的至少子集的每个中间节点处基于与中间节点对应的中间地理位置与初始地围绕地理作业位置的边界之间的地理距离来确定启发式行驶成本。一对多路径搜索器被配置为响应于找到目的地节点中的一个节点而调整边界,使得边界围绕除了找到的与该目的地节点中的一个节点对应的地理位置之外的地理作业位置,并且继续搜索和调整边界,直到找到所有目的地节点为止。

[0010] 在一些示例中,一对多路径搜索器将中间地理位置与边界之间的地理距离确定为中间地理位置与边界之间的最短直线距离。在一些示例中,最初围绕地理作业位置的边界包括矩形,并且一对多路径搜索器在开始搜索之前通过确定一组目的地节点来确定边界,该边界在四个基本方向(cardinal direction)中的每个基本方向上包括相应的边界边缘目的地节点,该相应的边界边缘目的地节点具有在基本方向上距离地理原点最远的地理作业位置。调整边界可以包括仅响应于找到边界边缘目的地节点中的一个来调整边界。

[0011] 在一些示例中,遍历中间节点包括在每个中间节点处存储从原点节点到中间节点遍历图形的实际行驶成本。在一些示例中,遍历中间节点包括在第一中间节点处基于到第一中间节点的实际行驶成本和用于第一中间节点的启发式行驶成本为第一中间节点的一个或多个相邻节点确定总成本估计。在一些示例中,遍历中间节点包括从具有最低总成本估计的一个或多个相邻节点中选择第二中间节点,并且遍历图形到第二中间节点。在一些示例中,搜索路径包括仅当地理原点在边界外部时才在遍历中间节点时确定启发式行驶成本。

[0012] 在一些示例中,图形表示道路网,边缘表示地理位置之间的道路,节点表示道路交叉点,并且行驶成本表示沿着道路交叉点之间的道路的估计行驶时间。在一些示例中,一个或多个计算机被配置为通过首先调度如由一对多路径搜索器确定的具有最低行驶成本的第一作业并且然后使用一对多路径搜索器利用作为地理原点的第一作业的第一地理位置进行搜索来调度多个作业,并且然后重复调度直到所有作业都已被调度为止并基于该调度向用户供应调度表。

[0013] 本文描述的主题可以以硬件、软件、固件或其任何组合来实现。因此,本文使用的术语“功能”、“节点”或“模块”指的是用于实现所描述的(一个或多个)特征的硬件、软件和/或固件组件。在一些示例中,本文描述的主题可以使用其上存储有计算机可执行指令的非瞬态计算机可读介质来实现,计算机可执行指令在被计算机的一个或多个处理器执行时使得计算机执行操作。

[0014] 适于实现本文描述的主题的计算机可读介质包括非瞬态计算机可读介质,诸如盘存储器设备、芯片存储器设备、可编程逻辑设备、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、光学读/写存储器、高速缓存存储器、磁读/写存储器、闪存和专用集成电路。另外,实现本文

描述的主题的计算机可读介质可以位于单个设备或计算平台上,或者可以分布在多个设备或计算平台上。

### 附图说明

- [0015] 图1是示例调度器计算机系统的框图;
- [0016] 图2是示例作业调度器的框图;
- [0017] 图3是示例一对多路径搜索器的框图;
- [0018] 图4A-图4D是图示路径搜索到三个示例地理作业位置的示例场景的图表;
- [0019] 图5是图示在遍历图形时确定中间节点处的启发式行驶成本的示例场景的图表;
- 以及
- [0020] 图6是用于使用一对多路径搜索器基于从地理原点到地理作业位置的行程来调度作业的示例方法600的流程图。

### 具体实施方式

[0021] 图1是示例调度器计算机系统102的框图。调度器计算机系统102通过数据通信网络106(例如互联网)与至少一个用户设备104进行通信。调度器计算机系统102包括一个或多个处理器108和存储指令的存储器110,指令在由处理器108执行时,使得处理器108基于从地理原点到地理作业位置的行程来调度作业。存储器110可以存储包括用户界面112、作业调度器114和一对多路径搜索器116的程序模块。

[0022] 在操作中,调度器计算机系统102调度作业并且可以提供各种其它软件服务,例如,与调度和计划有关的企业服务。在一些示例中,调度器计算机系统102具有模块化、可配置的设计,该设计允许企业客户选择满足独特企业需求的组件。调度器计算机系统102的可配置性使其能够部署在广泛的供应链行业中,诸如送货上门、现场服务和设施管理。

[0023] 例如,调度器计算机系统102可以用于服务递送企业中的任务,范围从容量规划、通行车辆、技术人员和客户调度到分派管理和移动操作。调度器计算机系统102可以由服务递送企业使用以提高操作效率和客户满意度,例如,通过使用以下特征:

[0024] • 通过更好的规划工具和许多现场和资源通信任务的自动化,提高运营和分派管理效率;

[0025] • 通过更好的工作负载分配提高资源效率,从而最小化行驶里程并基于实时更新最佳地重新分配一天内的作业;以及

[0026] • “一键式”调度和主动异常管理,以最小化延迟到达和客户通知。

[0027] 调度器计算机系统102可以用于适应企业目标,诸如优先化紧急作业、自动通知客户取消、以及高效地重新调度其服务递送预约。在一些示例中,调度器计算机系统102提供移动资源当前在其中可用的实时视图以及提供这些移动资源位于何处,用于当客户在电话上时预订服务或递送预约。在一些示例中,调度器计算机系统102被配置为最小化行驶时间以节省燃料成本和车辆磨损。调度器计算机系统102可以被配置为根据现场技术人员的特定技能和资格向其分配服务呼叫。调度器计算机系统102可以被配置为实时报告递送和服务呼叫的状态,以使客户了解任何延迟或取消。

[0028] 调度器计算机系统102可以被实现为服务器,例如,向用户设备104提供云计算服

务的服务器。用户设备104可以是包括显示器和用户输入设备的任何适当的计算机系统。例如,用户设备104可以是个人计算机、智能电话或平板电脑。

[0029] 用户可以使用例如在用户设备104上执行的web浏览器与用户界面112进行交互。用户可以输入由调度器计算机系统102托管的网页的统一资源定位符(URL),并且调度器计算机系统102可以向用户设备104提供用户界面112以与用户进行交互。可以使用任何适当的用户界面技术(例如,超文本标记语言(HTML)或异步Java和XML(AJAX))来实现用户界面112。

[0030] 用户使用用户界面112向作业调度器114供应信息。所供应的信息包括作业调度器114可以用于识别多个作业的地理作业位置的信息。例如,用户可以将具有地址列表的文件或直接作业调度器114供应给另一个服务器,该服务器可以供应可以用于确定作业的地理作业位置的地址列表或其它信息,例如企业名称。所供应的信息可以包括其它可选信息,例如,表征用于调度作业的可用时间或其它调度限制的信息。下面参考图2进一步描述作业调度器114。

[0031] 作业调度器114使用一对多路径搜索器116来确定行驶到地理原点的每个地理作业位置的行驶成本。地理原点可以是作业中的一个作业的地理作业位置。行驶成本可以是例如估计行驶时间、行驶距离、估计成本、估计燃料消耗或因素的组合。例如,行驶成本可以基于道路网上行驶的汽车或卡车、或铁路网络上行驶的火车。

[0032] 一对多路径搜索器116被配置为在与地理位置对应的节点和在节点之间通过地理位置之间的行驶成本加权的边缘的图形中,识别与地理原点对应的原点节点和与地理作业位置对应的目的地节点。一对多路径搜索器116被配置为通过使用行驶成本遍历原点节点和目的地节点之间的中间节点来搜索沿着图形的边缘从原点节点到目的地节点的路径。

[0033] 遍历中间节点包括在中间节点的至少子集的每个中间节点处基于与中间节点对应的中间地理位置与最初围绕地理作业位置的边界之间的地理距离来确定启发式行驶成本。一对多路径搜索器116被配置为响应于找到目的地节点中的一个节点而调整边界,使得边界围绕除了找到的与该目的地节点中的一个节点对应的地理位置之外的地理作业位置。一对多路径搜索器116继续搜索和调整边界,直到找到所有目的地节点为止。下面参考图3进一步描述一对多路径搜索器116。

[0034] 图2是示例作业调度器114的框图。作业调度器114包括信息收集器202、作业排序器204和调度器导出器206。

[0035] 信息收集器202被配置为例如从用户设备104接收用于作业调度的信息。信息包括作业调度器114可以用于识别多个作业的地理作业位置的信息。例如,信息收集器202可以接收具有地址列表的文件。信息收集器202可以与服务器进行通信,该服务器可以供应可以用于确定作业的地理作业位置的地址列表或其它信息,例如企业名称。

[0036] 例如,假设用户正在调度多个递送。对于每次递送,信息收集器202可以接收可以用于查找地址的企业的地址或名称。在一些示例中,信息收集器202将企业名称转换成地址或将地址转换成精确的位置数据,例如纬度和经度数据或全球定位系统(GPS)坐标。

[0037] 所供应的信息可以包括其它可选信息,例如,表征用于调度作业的可用时间或其它调度限制的信息。例如,信息收集器202可以接收指定正常企业营业时间的日历文件或数据。在另一个示例中,信息表征器可以接收优选项信息,例如,指示对于在本地道路上行驶



的优选项或者用于基于距离而不是估计行驶时间来对作业排序的优选项。

[0038] 例如,考虑用户正在调度多个递送的示例。递送司机在周一至周四从9点-3点有时。用户可以上传具有这些日期的日历文件,或者用户可以使用在用户界面112中实现的日历小窗口(widget)来指定递送作业的可用递送时间。

[0039] 作业排序器204被配置为将作业以用于调度的顺序进行排序。作业排序器204使用一对多路径搜索器116来确定与每个作业相关联的行驶成本。然后,作业排序器204可以基于行驶成本对多个作业进行排序,例如,按照从最低行驶成本到最高行驶成本的顺序以及按照在用户调度表(schedule)中针对作业的可用时隙的顺序。

[0040] 例如,考虑用户正在调度多个递送的示例。作业排序器204使用一对多路径搜索器116来确定第一递送位置具有从递送原点(例如仓库)起始的最低行驶成本。作业排序器204在用户的最早可用时隙中调度第一递送位置。

[0041] 然后,作业排序器204从将被调度的递送列表中移除第一递送位置,并将剩余的递送位置供应给一对多路径搜索器116,其中第一递送位置作为原点。作业排序器204使用一对多路径搜索器116确定第二递送位置具有最低行驶成本并在用户的下一个可用时隙中调度第二递送位置。作业排序器204重复该处理,直到所有作业已经被调度或达到另一个结束条件为止。

[0042] 调度表导出器206输出作业排序器204的结果。例如,调度表导出器206可以格式化所调度作业的日历文件并将日历文件发送到用户设备104。在另一个示例中,调度器导出器206格式化所调度作业以便在由用户界面112实现的日历小窗口中呈现。

[0043] 可以定制调度表导出器206以满足特定企业的需要。例如,考虑用户正在调度多个递送的示例。调度表导出器206可以将调度表发送到仓库处的计算机系统和递送卡车上的移动计算机。仓库处的工人可以开始准备用于递送的货物,并且递送卡车可以使用该调度表来绘制卡车司机的方向。

[0044] 图3是示例一对多路径搜索器116的框图。一对多路径搜索器116包括图形搜索器302、行驶成本确定器304和边界管理器306。一对多路径搜索器116存储用于在搜索路径时使用的各种数据,包括地图数据308、访问节点数据310和行驶成本数据312。

[0045] 图形搜索器302被配置为使用图形来搜索从地理原点到多个作业的地理作业位置的路径。图形搜索器302创建或接收包括节点和节点之间的边缘的图形。节点与地理位置对应。边缘由与节点对应的地理位置之间的行驶成本进行加权。

[0046] 例如,假设一对多路径搜索器116正在搜索用于递送卡车在道路网上行驶的路径。图形可以表示道路网。边缘表示地理位置之间的道路。节点代表道路交叉点。行驶成本可以表示沿着道路交叉口之间的道路的估计行驶时间,或诸如距离的其它行驶成本。图形搜索器302可以使用地图数据308来构建图形。

[0047] 图形搜索器302在图形中识别与多个作业的地理原点对应的原点节点和与地理作业位置对应的目的地节点。图形搜索器302被配置为通过使用行驶成本遍历原点节点和目的地节点之间的中间节点来搜索沿着图形的边缘从原点节点到目的地节点的路径。遍历中间节点包括从当前节点访问相邻节点并确定相邻节点的行驶成本并跟踪访问节点数据库310和行驶成本数据库312中的行驶成本和访问节点。

[0048] 例如,图形搜索器302可以使用Dijkstra算法的元素、A\*算法的元素或其它图形搜

索算法的元素来遍历中间节点。行驶成本确定器304确定每个节点处的行驶成本。行驶成本可以包括如通过遍历图形确定的实际成本,以及基于与中间节点对应的中间地理位置和边界之间的地理距离的启发式行驶成本。行驶成本确定器304可以确定中间地理位置和边界之间的最短直线距离。

[0049] 当图形搜索器302遍历图形时,边界管理器306初始化边界并调整边界。边界初始地(即,在图形搜索器302开始遍历中间节点之前)围绕所有地理作业位置。一些地理作业位置可能位于边界上;如该文档中所使用的,边界“围绕”这样的边缘位置。然后,当图形搜索器302访问目的地节点时,边界管理器306响应于访问目的地节点而调整边界,使得边界仅围绕剩余的未访问的目的地节点。

[0050] 通常,图形搜索器302仅在地理原点在边界外部时才使用边界来确定启发式行驶成本。当地理原点在边界内部时,使用启发式行驶成本不太可能提供益处,因为在距离地理原点的所有方向上都存在未访问的目的地节点。仅当地理原点在边界外部时才使用边界确定启发式行驶成本可以节省计算资源并减少一对多路径搜索器116使用的时间。

[0051] 边界可以是任何适当的形状,例如矩形或椭圆形。在一些示例中,边界管理器306在开始搜索之前通过确定一组边界边缘目的地节点来确定边界。该组边界边缘目的地节点在四个基本方向中的每个基本方向上包括相应的边界边缘目的地节点,该相应的边界边缘目的地节点具有在基本方向上距离地理原点最远的地理作业位置。

[0052] 例如,边界边缘目的地节点可以包括东、西、北和南的最多四个边界边缘目的地节点。然后,边界管理器306将边界初始化为在地理作业位置的最远位置处具有四条边。如本文档中所述,边界被描述为初始地“围绕”边界边缘目的地节点,即使它们在边界的边缘上。

[0053] 在一些示例中,边界管理器306仅响应于访问边界边缘目的地节点中的一个来调整边界。这可以通过避免在访问目的地节点的任何时间调整边界来减少与调整边界相关联的计算开销。对于不在边界边缘上的目的地节点,不需要边界调整,因为边界将仍然必须扩展到与边界边缘节点一样远。

[0054] 遍历中间节点包括在每个中间节点处存储从原点节点到中间节点遍历图形的实际行驶成本。例如,遍历中间节点可以包括在第一中间节点处基于到第一中间节点的实际行驶成本和针对第一中间节点的启发式行驶成本为第一中间节点的一个或多个相邻节点确定总成本估计。然后,遍历中间节点可以包括从具有最低总成本估计的一个或多个相邻节点中选择第二中间节点,并且遍历图形到第二中间节点。下面参考图4A-图4D和图5进一步描述搜索图形和遍历中间节点。

[0055] 图4A-图4D是图示路径搜索到三个示例地理作业位置的示例场景的图表。图4A-图4D描绘了X-Y坐标空间中的四个地理位置A、B、C和O。地理位置由图中的节点表示,并且地理位置之间的路线由图中的节点之间通过行驶成本加权的边缘表示。一对多路径搜索器116被配置为找到具有从原点地理位置O到地理作业位置A、B和C的最低成本的路线。

[0056] 在图4A中,一对多路径搜索器116创建围绕地理作业位置A、B和C的边界402。边界402在计算机存储器中被创建并且不是实际的物理边界。初始地,边界402也围绕地理原点O,因此当一对多路径搜索器116通过遍历图形开始搜索路线时,一对多路径搜索器116将不使用边界402。

[0057] 当一对多路径搜索器116遍历图形时,它基本上从地理原点向外向所有方向搜索。

当一对多路径搜索器116访问与地理作业位置对应的目的地节点时,一对多路径搜索器116将调整边界402并使用边界402将搜索集中于剩余的未访问的目的地节点以希望减少搜索时间和搜索中使用的计算资源。

[0058] 在图4B中,一对多路径搜索器116找到地理原点O和地理作业位置B之间的路线404。一对多路径搜索器116访问图形中与地理作业位置B对应的目的地节点。一对多路径搜索器116基于路线404将暂定实际行驶成本分配给地理作业位置B。

[0059] 为了确定到剩余的未访问的地理作业位置的启发式行驶成本,一对多路径搜索器116调整边界402以围绕地理作业位置A和C而不是B。由于地理原点O不再在边界402内部,因此一对多路径搜索器116可以使用边界402来确定启发式行驶成本。为了确定地理作业位置B的启发式行驶成本,一对多路径搜索器116确定从地理作业位置B到边界402的距离406。

[0060] 例如,距离406可以是到边界402的最短直线距离。一对多路径搜索器116可以使用任何适当的算法用于确定最短直线距离。例如,由于边界402是矩形并且B在A和C之间,因此一对多路径搜索器116可以通过确定沿着Y轴A和B之间的距离来确定距离406。对于其它形状的边界,一对多路径搜索器116可以使用另一种类型的距离确定算法。

[0061] 在一些示例中,一对多路径搜索器116可以通过进一步处理距离来确定启发式行驶成本。例如,假设一对多路径搜索器116正在使用估计行驶时间作为行驶成本。一对多路径搜索器116可以将启发式行驶成本确定为行驶距离406的估计时间。可以基于例如以车辆的最大速度或平均速度行驶的车辆或在最快类型的路线(例如,高速公路)上以最大速度或平均速度行驶的车辆来确定估计时间。可以通过将距离406除以速度来确定估计时间。

[0062] 在图4C中,一对多路径搜索器116找到地理原点O和地理作业位置A之间的路线。该路线包括遍历经过中间位置D的两条路线408和410。一对多路径搜索器116基于路线408和410向地理作业位置A分配暂定实际行驶成本。

[0063] 为了确定到剩余的未访问的地理作业位置的启发式行驶成本,一对多路径搜索器116调整边界402以包围地理作业位置C。由于C是唯一剩余的未访问的地理作业位置,因此边界402折叠(collapse)到地理作业位置C处的单个点。为了确定地理作业位置A的启发式行驶成本,一对多路径搜索器116确定从地理作业位置A到地理作业位置C的距离412。

[0064] 在图4D中,一对多路径搜索器116找到地理原点O和地理作业位置C之间的路线。该路线包括遍历经过中间位置E的两条路线414和416。一对多路径搜索器116基于路线414和416向地理作业位置C分配暂定实际行驶成本。一对多路径搜索器116可以继续搜索到地理作业位置的更好路线,直到达到结束条件为止,例如如下面参考图6进一步描述的。然后,作业调度器114可以基于到地理作业位置的实际行驶成本来调度作业。

[0065] 虽然在图4A-图4D中仅图示了三个地理作业位置,但在一些情况下,一对多路径搜索器116可能必须在具有许多可能路径的巨大区域上搜索大量的作业位置。在那些情况下,使用启发式行驶成本来指导一对多路径搜索器116可以极大地减少完成搜索所需的时间并减少用于完成搜索的计算资源。

[0066] 图5是图示在遍历图形时确定中间节点处的启发式行驶成本的示例场景的图表。在这种场景下,一对多路径搜索器已从地理原点O的节点到中间地理位置A的节点遍历图形。一对多路径搜索器基于从O到A的路线为该节点分配暂定实际行驶成本4。

[0067] 在访问A的节点时,一对多路径搜索器116确定A的节点具有针对地理作业位置B和

C的两个邻居节点。一对多路径搜索器116基于到A的暂定实际行驶成本(4)和从A到B的行驶成本(3)的总和向B分配暂定实际行驶成本7。一对多路径搜索器116基于到A的暂定实际行驶成本(4)和从A到C的行驶成本(2)的总和向C分配暂定实际行驶成本6。

[0068] 然后,一对多路径搜索器116基于到围绕剩余地理作业位置的边界502的距离504和506向B和C的节点分配启发式行驶成本。然后,一对多路径搜索器116可以针对每个邻居节点B和C将暂定实际行驶成本与启发式行驶成本求和,以确定每个邻居节点的暂定总行驶成本。一对多路径搜索器116可以基于暂定总行驶成本来确定接下来要访问哪个节点,例如,一对多路径搜索器116可以接下来访问具有最低暂定总行驶成本的节点。

[0069] 例如,假设距离504具有值2,使得节点B具有暂定总行驶成本9。进一步假设距离506具有值4,使得C的节点具有暂定总行驶成本10。一对多路径搜索器116可以在访问C的节点之前访问B的节点,因为B的节点具有较低的暂定总行驶成本。

[0070] 在该示例中,一对多路径搜索器116可以在访问C的节点之前访问B的节点,即使C的节点具有较低的暂定实际行驶成本(C为6相比B为7)。使用启发式行驶成本可以引导一对多路径搜索器116通过朝地理位置移动到更靠近边界502内的剩余作业位置来遍历图形。将一对多路径搜索器116引向边界502可以减少在图形中搜索地理原点0和地理作业位置之间的路径所需的总时间。

[0071] 在一些情况下,使用启发式行驶成本可能不导致减少的搜索时间。例如,这可能在地理原点0在多个地理作业位置的中心或附近的情况下发生。在这种情况下,维持边界没有益处。因此,在一些情况下,与不使用启发式行驶成本的类似搜索相比,搜索时间可能增加,因为这样的类似搜索将避免维持边界的计算开销。

[0072] 在各种示例搜索和数据集上测试一对多路径搜索器116对于确定是否应该将启发式行驶成本用于给定系统可能是有用的。在一些情况下,一对多路径搜索器116可以被配置为仅在某些情况下(例如,当在某些地理区域内搜索或在标记的数据集中搜索时)使用启发式行驶成本。

[0073] 图6是用于使用一对多路径搜索器基于从地理原点到地理作业位置的行驶来调度作业的示例方法600的流程图。方法600可以由一个或多个计算机的系统执行。出于图示的目的,将关于执行方法600的系统来描述方法600。

[0074] 系统收集多个地理作业位置和地理原点的地理位置(602)。例如,系统可以如以上参考图2的信息收集器202描述的那样收集信息。

[0075] 系统初始化围绕地理作业位置的边界,并且在与地理位置对应的节点和在节点之间通过地理位置之间的行驶成本加权的边缘的图形中识别与地理原点对应的原点节点(604)。图形可以表示例如公路网或用于飞机或火车或其它车辆的路线网。然后,节点表示交叉口、机场或火车站,并且边缘表示道路、飞行路径或火车轨道。

[0076] 其它节点初始地被标记为未访问的,例如,通过向这些节点中的每个节点分配无穷大( $\infty$ )的暂定行驶成本。边界可以是矩形或任何适当的形状。

[0077] 系统通过首先访问地理原点的节点开始遍历图形(606)。系统识别地理原点的节点的邻居节点,并且然后更新每个邻居节点处的暂定行驶成本。对于每个邻居节点,系统确定暂定实际行驶成本。如果地理原点不在边界内,则系统基于从邻居节点到边界的距离来确定启发式行驶成本。

[0078] 例如,系统可以确定从邻居节点到边界的最短直线距离。系统基于暂定实际行驶成本和启发式行驶成本确定邻居节点的暂定行驶成本。

[0079] 此时,每个节点处的行驶成本是暂定的,因为系统稍后将可能发现到邻居节点的更好路线。如果系统稍后确实发现更好路线,则系统将使用稍后发现的更好路线的行驶成本替换节点的暂定行驶成本。

[0080] 如果找到目的地节点,则系统调整边界(610)。系统调整边界,使得边界围绕剩余的未访问的地理作业位置。例如,系统可以如以上参考图3的边界管理器306描述的那样调整边界。

[0081] 系统通过确定是否已达到结束条件来确定是否继续遍历图形(612)。通常,当系统已访问每个地理作业位置的节点时以及当任何进一步的搜索将不可能产生到任何地理作业位置的更好路径时,达到结束条件。在一些示例中,结束条件还可以包括用于停止搜索的时间限制或其它条件。

[0082] 系统通过将行驶到地理作业位置的暂定总成本与到每个访问节点的暂定总行驶成本进行比较来确定进一步的搜索将不产生更好路径。如果任何访问节点具有低于到任何地理作业位置的当前总行驶成本的暂定总行驶成本,则结束条件尚未达到,并且系统将访问这些节点以确定它们是否将产生更好的路径。如果访问节点都没有可以产生更好路径的暂定总行驶成本,则系统可以停止搜索。

[0083] 例如,系统可以维护要遍历的节点的优先级队列。具有较低暂定总行驶成本的节点在队列中被赋予较高优先级。当系统遍历图形时,系统可以从队列中移除具有最低总行驶成本的节点、访问移除节点的邻居节点、并且然后将邻居节点添加到队列中。

[0084] 然后,系统可以继续,直到所有目的地节点具有比队列中的任何节点更低的总行驶成本或者队列为空。在一些情况下,如果仍有其它节点具有较低的总行驶成本,则可以经过目的地节点多次,因为它们可能还会产生更好的路径。

[0085] 如果系统确定继续搜索,则系统选择要访问的下一个节点(614),并且然后访问该节点(返回到606)。例如,系统可以基于被分配给邻居节点的暂定总成本来选择邻居节点中的一个。如果系统确定不继续搜索,则系统可以可选地通过重建到一个或多个地理作业位置的路径来找到到这些地理作业位置的实际路径(616)。

[0086] 例如,如果作业调度器114将地理作业位置中的一个处的作业调度为第一作业,则系统可以使用图形和在搜索图形时确定的行驶成本来重建到该地理作业位置的最佳路径。在一些示例中,系统被配置为使得在搜索时,路径上的每个节点跟踪其处理器。然后,可以快速重建路径,由于目的地节点将指示其前导(predecessor),并且可以通过图形向后遍历节点来确定路径。这可能是有用的,用以例如向用户提供方向以及由搜索和作业调度产生的调度表。

[0087] 系统继续调度和搜索,直到已经调度每个作业为止,并且然后基于该调度向用户提供调度表。然后,用户可以通过按照由调度表指定的顺序并且可能根据基于在搜索时使用的图形提供的方向来行驶或使其它人行驶到每个地理作业位置来遵循调度表。

[0088] 因此,虽然本文已经参考特定实施例、特征和说明性实施例描述了方法、系统和计算机可读介质,但是应该认识到的是,主题的实用性并不因此受到限制,而是扩展到并包含许多其它变型、修改和替代实施例,如基于本文的公开内容对本主题领域的普通技术人员

将建议的。

[0089] 本文描述的结构和特征的各种组合和子组合是预期的,并且对于具有本公开内容的知识的技术人员将是显而易见的。除非在本文中相反指示,否则本文所公开的各种特征和元素任何特征和元素可以与一个或多个其它公开的特征和元件组合。对应地,如下文所要求保护的主题旨在被广泛地认为和解释为在其范围内包括所有这些变型、修改和替代实施例并且包括权利要求的等同物。

[0090] 本文描述的主题可以在通用计算机上实现,这些通用计算机被适当地编程以成为专用计算机,诸如道路测绘服务器和作业调度计算机系统,并且通过减少作业调度和地理作业位置之间的一对多路径搜索中所使用的时间和计算资源来改进这些计算机的功能。减少一对多路径搜索中使用的时间可以提高服务器的可用性和/或在调度的作业或搜索的路径数量方面增加计算机的输出。

[0091] 应该理解的是,在不脱离本公开主题的范围的情况下,可以改变当前公开主题的各种细节。此外,前面的描述仅出于说明的目的,而不是出于限制的目的。

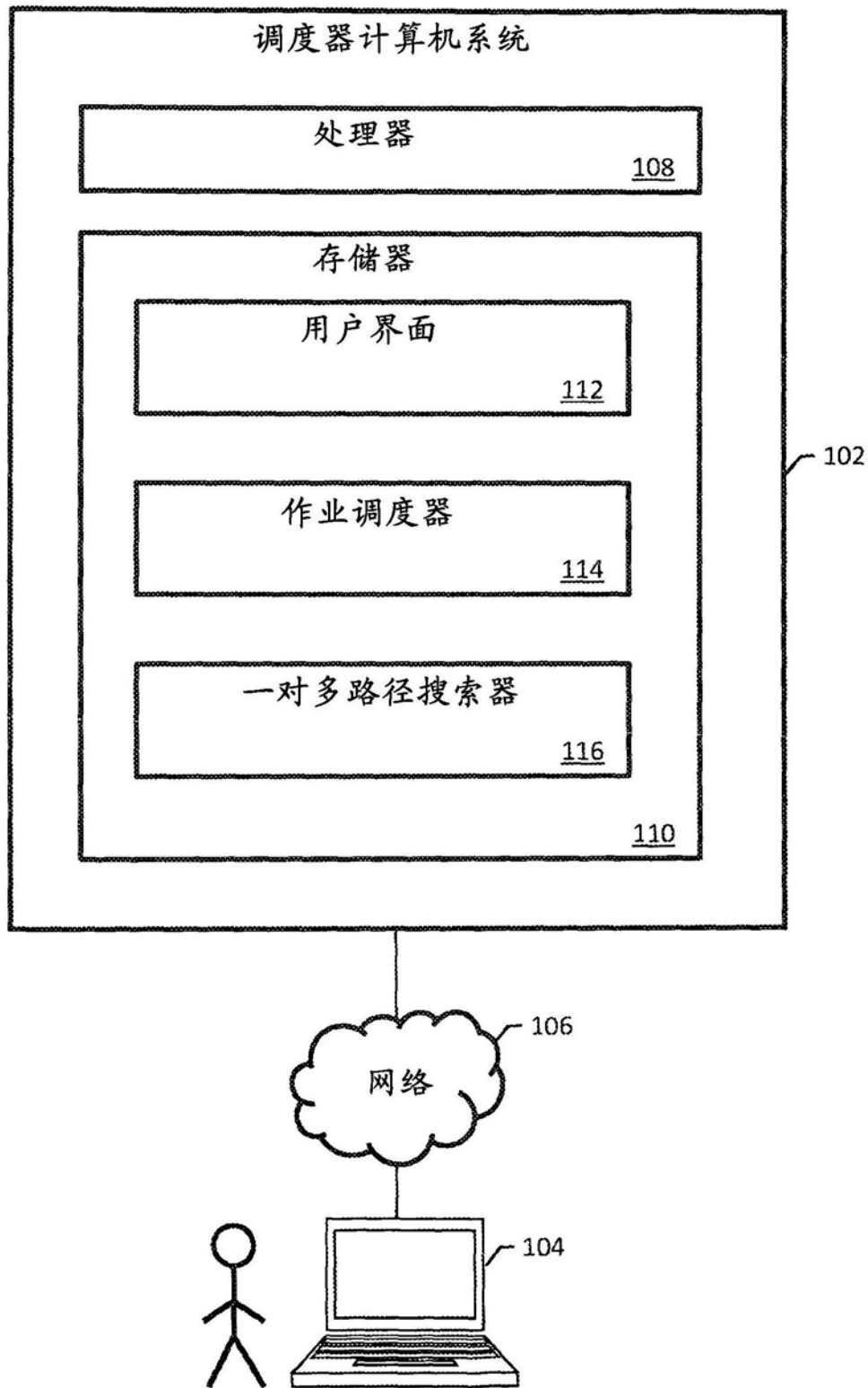


图1

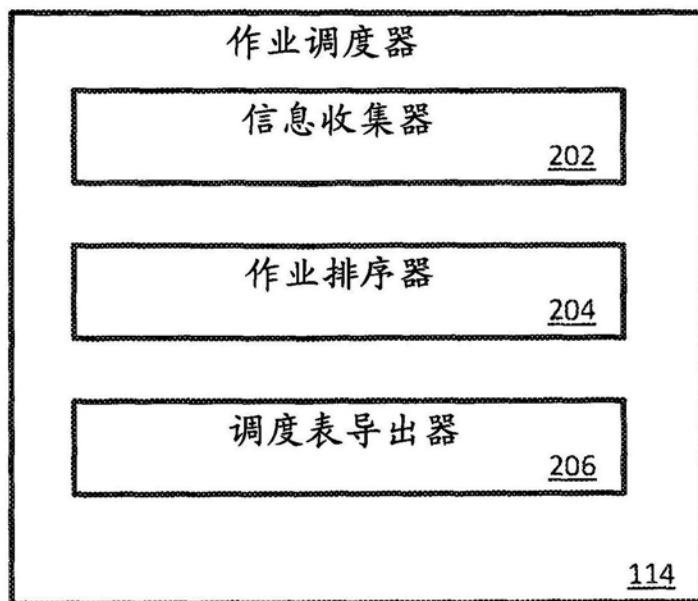


图2

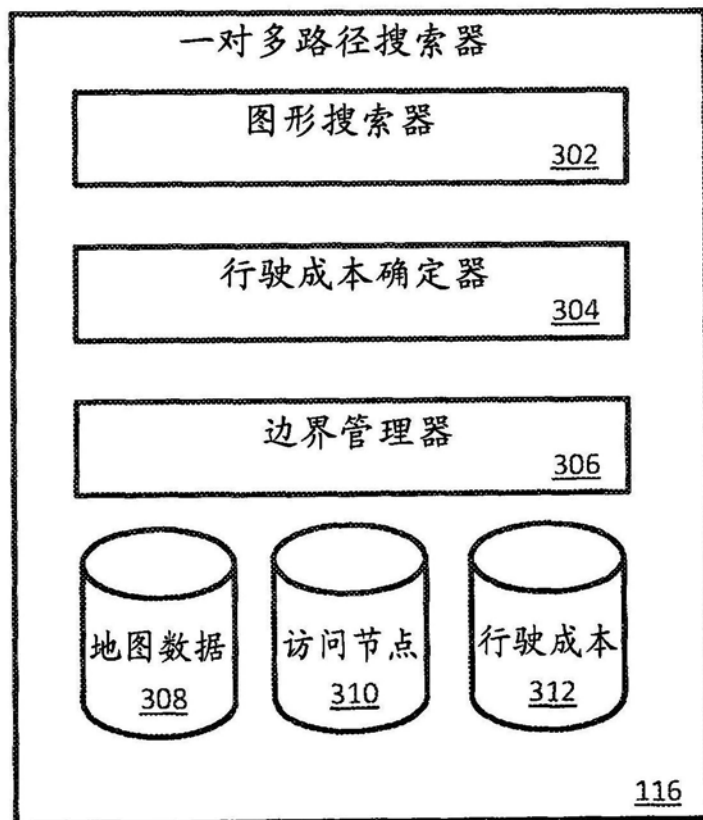


图3



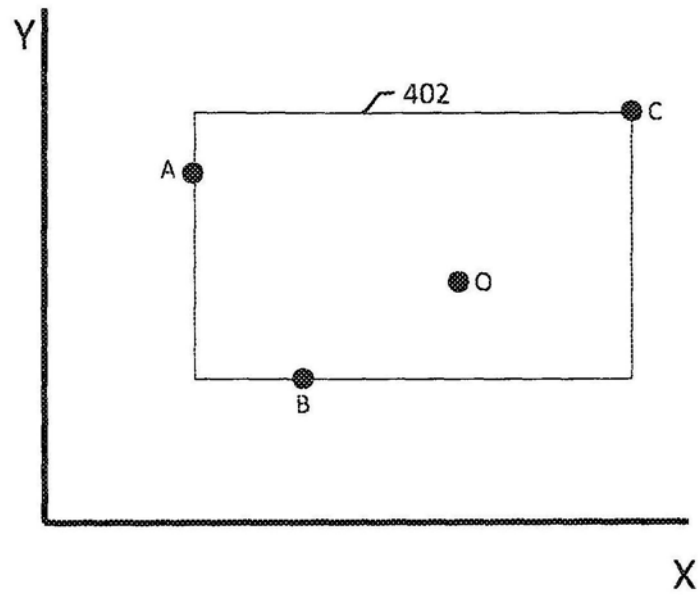


图4A

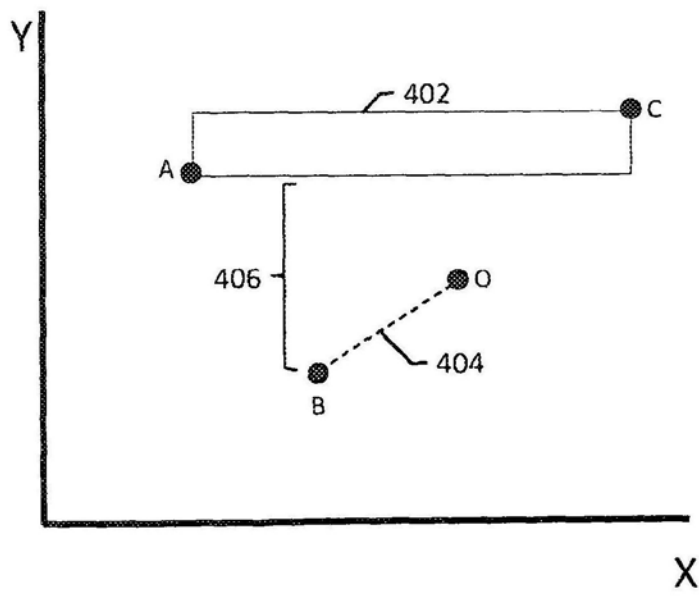


图4B

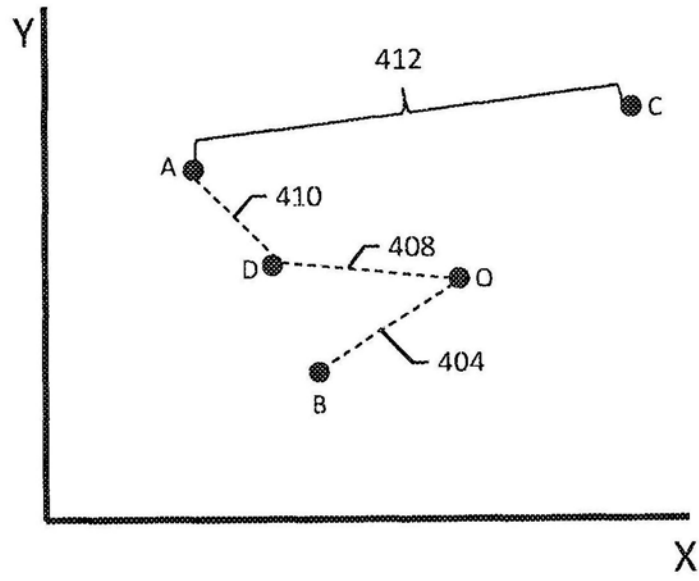


图4C

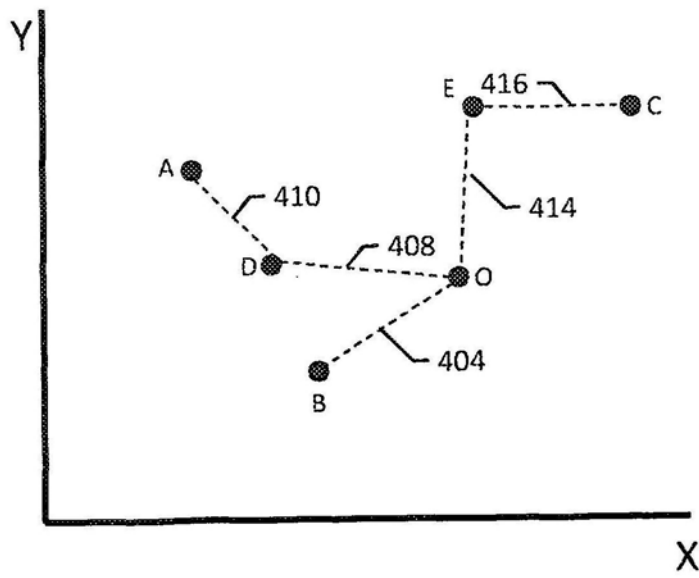


图4D

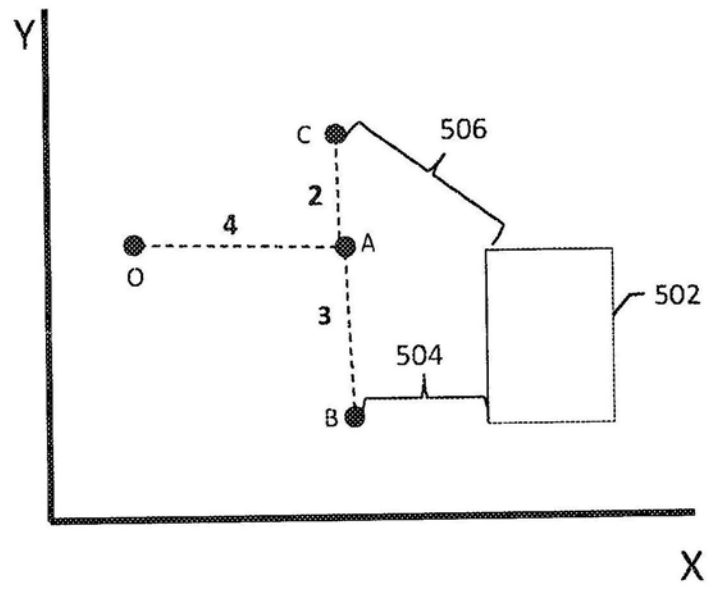


图5

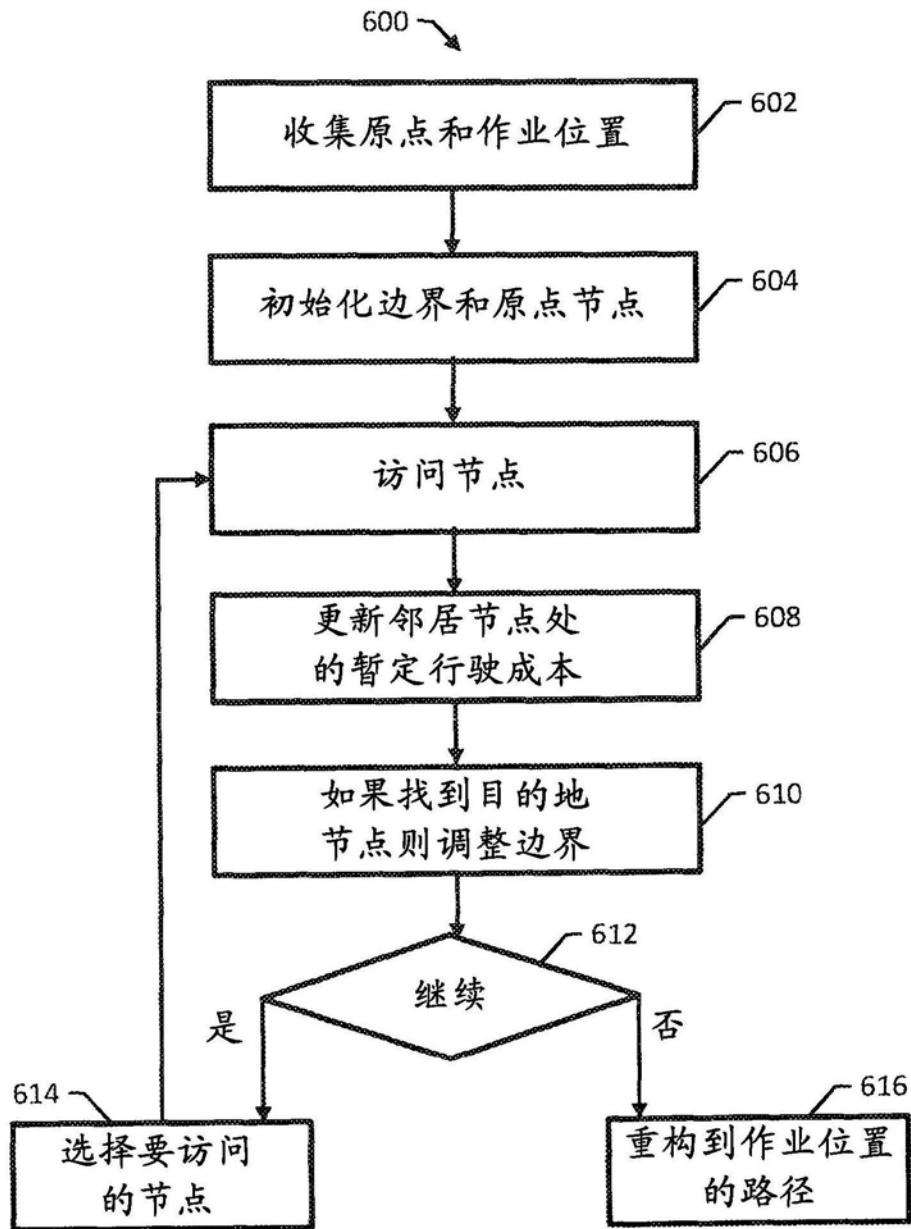


图6