



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112241575 A

(43) 申请公布日 2021.01.19

(21) 申请号 202011068939.3

(22) 申请日 2020.09.28

(71) 申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72) 发明人 许鹏 肖桐 顾洁帆 李泓名

陈智博 戴明坤

(74) 专利代理机构 上海科律专利代理事务所

(特殊普通合伙) 31290

代理人 叶凤

(51) Int.Cl.

G06F 30/18 (2020.01)

G06F 30/20 (2020.01)

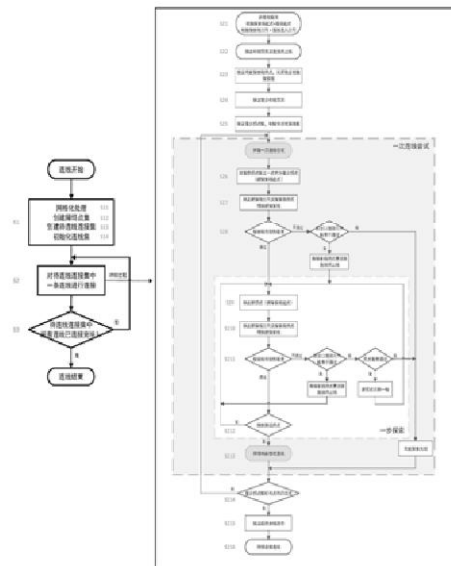
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于障碍的自动绘图线探索算法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于障碍的自动绘图线探索算法,该算法可解决矩形对象间的连线问题,可用于空调水系统原理图的连线,分为以下步骤:S1.网格化待连线图,确定连线限制区域,定义障碍点矩阵,待连线连接集,确定各待连线连接的特征属性;S2.根据障碍集,进行待连线连接集中一条线的连接;S3.将该连接的最佳连线存入连接点集;S4.重复S2,S3步至所有连线完成连接。与现有算法相比,本发明可以解决现有算法不能解决的暖通空调水系统原理图的实际连线问题,具有较好的实际意义。



1. 一种基于障碍的线探索算法,其特征在于,包含步骤:

S1. 网格化待连线图,确定连线限制区域;同时,定义障碍集、连线集和待连线连接集,确定各待连线连接的特征属性;

S2. 根据S1步定义的障碍集,对S1步待连线连接集中的一条线进行连接,存储该连接的最佳连线于S1步定义的连线集中;

S3. 重复S2步至所有连线完成连接。

2. 根据权利要求1所述的基于障碍的线探索算法,其特征在于,所述的步骤S1具体为:

S11. 全局网格化处理:将绘制图纸范围视为连线限制区域,对其进行离散网格化处理,得到二维网格;

S12. 障碍点集:对任意待连线的矩形对象整体网格化,将密实矩形网格化离散为一系列的点;对每个网格点进行编码,将网格化后的障碍点存储于障碍点集中;

S13. 待连线连接集:每一个连接由连线和其两端的连接点组成;将所有连接赋予对应的连接点信息和初始化连线信息,所有连接组成的集合为待连线连接集;

S14. 初始化连线集:建立一个集合用以存放S2步生成的连接线。

3. 根据权利要求1所述的基于障碍的线探索算法,其特征在于,所述的步骤S2具体为:

S21. 参数初始化:将连接起点作为布线起点(即初始探索线起点),根据连接进入方向确定初始探索线的方向;

S22. 确定布线范围及连接终止线:根据连接入口点、连接出口点、连接进出方向及图纸范围,确定布线范围;根据连接出口点及连接出口方向,确定连接终止线,连接终止线具有穿过连接出口点,并与出口方向垂直的特征;

S23. 确定初始探索线:根据布线范围及当前布线起点、探索线方向,确定当前探索线终点,由起点和终点确定探索线;

S24. 确定首步布线范围:定义首步布线范围作为首步布线尝试范围;S23步所确定探索线上有点存在于S12确定的障碍点集中,则确定首步布线范围为起点至最近障碍点之间的线段(不包括端点);S23步所确定探索线上的点均不存在于S12确定的障碍点集中,则确定首步布线范围为起点至探索线终点的线段;

S25. 确定首步拐点集及尝试连线集:定义首步拐点集存放首步布线范围上的点,集合中的点按离起点从近到远顺序存放;初始化一个空集合作为尝试连线集,用以存放当前连接经计算得到的所有备选连线;

S26. 确定首步拐点:按顺序从S25所述首步拐点集中取点作为首步拐点,也作为新探索线的起点;

S27. 确定新探索线:首步拐点确定为新探索线起点,根据布线范围、及终点位置,确定新的探线方向及探索线终点;

S28. 进行当前探索线有效性检查:当前探索线有效,则继续下一步;当前探索线无效但仅有出口连接方向检查不通过,将当前探索线终点更改到S22步确定的连接终止线上,并确定该点为新拐点,继续下一步,否则跳转至第S214步,选取下一个首步拐点;

S29. 确定新拐点:当新拐点已确定,跳过该步;否则在障碍点集中查找探索线上的点,存在,则确定探索线上最近障碍点之前的一点为当前探索线终点,并确定为新拐点;不存在,则确定探索线终点为新拐点;

S210. 确定新探索线:将新拐点作为新探索线起点,根据布线范围、及终点位置,确定新的探线方向及探索线终点;

S211. 进行当前探索线有效性检查:当前探索线有效且未到达终点,则继续下一步;当前探索线无效但仅有出口连接方向检查不通过,将当前探索线终点更改到S22步确定的连接终止线上,并确定该点为新拐点,继续下一步;当前探索线无效且出口连接方向检查通过但死点检查不通过,返回第S26步,选取下一个首步拐点;否则,返回第S29步,并将S29步确定的新拐点向后退一格;

S212. 重复S29、S210、S211步探索直至探索到达终点;

S213. 存储布线尝试:将该布线存储在S25确定的尝试连线集中,返回第S26步,选取S25首步拐点集中下一个点作为新的首步拐点;

S214. 连线结束判断:当S25所述首步拐点集中所有点均已作为首步拐点,并尝试布线完毕时,进行下一步;否则返回第S26步,选取S25首步拐点集中下一个点作为新的首步拐点;

S215. 确定最终走线路径:比较S25所述尝试连线集中所有布线尝试路径的拐点数,取拐点数最少的一个为最终走线路径;存在拐点数相同情况时,比较首步拐点与连接起点的距离,取最短的一个为最终走线路径;

S216. 存储最佳连线:S215步骤获得的该连接的最佳走线方式所走成的线为该连接的最佳连线,将其上所有点的编号存入S14初始化的连线点集。

4. 根据权利要求3所述的基于障碍的线探索算法,其特征在于,所述的步骤S28及S211中的当前探索线有效性检查具体为:

共线检查:新探索线与S14所述连线集中存储的连线共线,共线检查不通过,当前探索无效;新探索线与S14所述连线集中存储的连线不共线,共线检查通过;

出口连接方向检查:当前探线方向与连接出口方向相同且当前探索线未经过连接终点,则出口连接方向检查不通过;其他情况则出口连接方向检查通过;

死点检查:新拐点与终点不相同,且当前探索线终点为终点,则当前布线已进入死点,死点检查不通过;新拐点与终点不相同,且当前探索线终点不为终点,死点检查通过;新拐点与终点相同,死点检查通过,但已经到达终点,跳转至S213进行存储;

当且仅当共线检查、出口连接方向检查、死点检查均通过,当前探索线可判断为有效。

5. 根据权利要求3所述的基于障碍的线探索算法,其特征在于,所述的步骤S28及S211中的当前探索线有效性检查中的共线检查具体为:

将已有的连线上所有的点存入连线点集;对每一次探索确定的拐点,取此时拐点至下一探索线终点线段,对线段上的每一点在连线点集中查找,取出所有于连线点集中存在的点,形成交叉点集;对交叉点集中的每一点,查找与下一探索方向(拐弯后探索方向)垂直的方向上的两个相邻点是否均存在于连线点集中,均存在,则确定为交叉,有一个不存在,则可判断为共线;共线判断为真时,拐点应退格,以避免共线。

6. 根据权利要求1所述的基于障碍的线探索算法,其特征在于,所述的步骤S3具体为:

当S13中待连线连接集完全遍历,算法结束。

## 一种基于障碍的自动绘图线探索算法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及可视化数据技术领域,涉及一种基于障碍的线探索算法,可用于暖通空调领域的水系统原理图的连线。

### 背景技术

[0002] 在自动成图问题中,确定了图形的布局后,需要将不同存在连接关系的图形用正交的线连接起来,这一过程称为连线。图形的连线问题可看作是寻路问题或者是单纯的连线问题。目前寻路问题已经有了许多比较成熟的算法,但由于自动成图的连线问题需要保证较少的弯折,寻找合适的连线算法显然更加有效。

[0003] 1969年线探索算法的提出让人们看到了自动成图连线问题减少计算量的曙光。早期的线探索算法是一种无网格布线算法,基本思想是假设不存在障碍,从起点A及目标点B出发分别画一条探索线,其中过A的线垂直,过B的线水平,遇到障碍则转向做逃避线,直到二者直线相交,此时路径为所寻路径。该方法保证了较少的弯折,同时计算量大大减少。

[0004] 空调系统是现代建筑不可缺少的组成部分,为人们创造舒适的居住办公环境。与早早实现标准化的家用空调不同,集中式空调系统受限于建筑的复杂性,其设计过程仍需定制,自动化程度很低。近几年,随着人工智能技术的不断发展,在暖通空调领域,人工智能方法开始被广泛应用,但目前关于自动绘制暖通空调相关二维图纸的研究尚属空白。

### 发明内容

[0005] 本发明就是为了克服上述面向具体自动成图过程的新困难而提供的一种基于障碍的线探索算法,其目的在于综合考虑图形的大小和图形与连线点间的关联等具体问题,解决暖通空调领域的水系统原理图连线中出现的障碍与待连接图形存在关联的问题,推动需要解决类似问题的领域自动绘图技术的发展。

[0006] 技术方案

[0007] 一种基于障碍的线探索算法,其特征在于,包含步骤:

[0008] S1. 网格化待连线图,确定连线限制区域;同时,定义障碍集、连线集和待连线连接集,确定各待连线连接的特征属性;

[0009] S2. 根据S1步定义的障碍集,对S1步待连线连接集中的一条线进行连接,存储该连接的最佳连线于S1步定义的连线集中;

[0010] S3. 重复S2步至所有连线完成连接。

[0011] 所述的步骤S1具体为:

[0012] S11. 全局网格化处理:将绘制图纸范围视为连线限制区域,对其进行离散网格化处理,得到二维网格;

[0013] S12. 障碍点集:对任意待连线的矩形对象整体网格化,将密实矩形网格化离散为一系列的点;对每个网格点进行编码,将网格化后的障碍点存储于障碍点集中;

[0014] S13. 待连线连接集:每一个连接由连线和其两端的连接点组成;将所有连接赋予



对应的连接点信息和初始化连线信息,所有连接组成的集合为待连线连接集;

[0015] S14.初始化连线集:建立一个集合用以存放S2步生成的连接线。

[0016] 所述的步骤S2具体为:

[0017] S21.参数初始化:将连接起点作为布线起点(即初始探索线起点),根据连接进入方向确定初始探索线的方向;

[0018] S22.确定布线范围及连接终止线:根据连接入口点、连接出口点、连接进出方向及图纸范围,确定布线范围;根据连接出口点及连接出口方向,确定连接终止线,连接终止线具有穿过连接出口点,并与出口方向垂直的特征;

[0019] S23.确定初始探索线:根据布线范围及当前布线起点、探索线方向,确定当前探索线终点,由起点和终点确定探索线;

[0020] S24.确定首步布线范围:定义首步布线范围作为首步布线尝试范围;S23步所确定探索线上有点存在于S12确定的障碍点集中,则确定首步布线范围为起点至最近障碍点之间的线段(不包括端点);S23步所确定探索线上的点均不存在于S12确定的障碍点集中,则确定首步布线范围为起点至探索线终点的线段;

[0021] S25.确定首步拐点集及尝试连线集:定义首步拐点集存放首步布线范围上的点,集合中的点按离起点从近到远顺序存放;初始化一个空集合作为尝试连线集,用以存放当前连接经计算得到的所有备选连线;

[0022] S26.确定首步拐点:按顺序从S25所述首步拐点集中取点作为首步拐点,也作为新探索线的起点;

[0023] S27.确定新探索线:首步拐点确定为新探索线起点,根据布线范围、及终点位置,确定新的探线方向及探索线终点;

[0024] S28.进行当前探索线有效性检查:当前探索线有效,则继续下一步;当前探索线无效但仅有出口连接方向检查不通过,将当前探索线终点更改到S22步确定的连接终止线上,并确定该点为新拐点,继续下一步,否则跳转至第S214步,选取下一个首步拐点;

[0025] S29.确定新拐点:当新拐点已确定,跳过该步;否则在障碍点集中查找探索线上的点,存在,则确定探索线上最近障碍点之前的一点为当前探索线终点,并确定为新拐点;不存在,则确定探索线终点为新拐点;

[0026] S210.确定新探索线:将新拐点作为新探索线起点,根据布线范围、及终点位置,确定新的探线方向及探索线终点;

[0027] S211.进行当前探索线有效性检查:当前探索线有效且未到达终点,则继续下一步;当前探索线无效但仅有出口连接方向检查不通过,将当前探索线终点更改到S22步确定的连接终止线上,并确定该点为新拐点,继续下一步;当前探索线无效且出口连接方向检查通过但死点检查不通过,返回第S26步,选取下一个首步拐点;否则,返回第S29步,并将S29步确定的新拐点向后退一格;

[0028] S212.重复S29、S210、S211步探索直至探索到达终点;

[0029] S213.存储布线尝试:将该布线存储在S25确定的尝试连线集中,返回第S26步,选取S25首步拐点集中下一个点作为新的首步拐点;

[0030] S214.连线结束判断:当S25所述首步拐点集中所有点均已作为首步拐点,并尝试布线完毕时,进行下一步;否则返回第S26步,选取S25首步拐点集中下一个点作为新的首步

拐点;

[0031] S215. 确定最终走线路径:比较S25所述尝试连线集中所有布线尝试路径的拐点,取拐点数最少的一个为最终走线路径;存在拐点数相同情况时,比较首步拐点与连接起点的距离,取最短的一个为最终走线路径;

[0032] S216. 存储最佳连线:S215步骤获得的该连接的最终走线方式所走成的线为该连接的最佳连线,将其上所有点的编号存入S14初始化的连线点集。

[0033] 所述的步骤S28及S211中的当前探索线有效性检查具体为:

[0034] 共线检查:新探索线与S14所述连线集中存储的连线共线,共线检查不通过,当前探索无效;新探索线与S14所述连线集中存储的连线不共线,共线检查通过;

[0035] 出口连接方向检查:当前探线方向与连接出口方向相同且当前探索线未经过连接终点,则出口连接方向检查不通过;其他情况则出口连接方向检查通过;

[0036] 死点检查:新拐点与终点不相同,且当前探索线终点为终点,则当前布线已进入死点,死点检查不通过;新拐点与终点不相同,且当前探索线终点不为终点,死点检查通过;新拐点与终点相同,死点检查通过,但已经到达终点,跳转至S213进行存储;

[0037] 当且仅当共线检查、出口连接方向检查、死点检查均通过,当前探索线可判断为有效。

[0038] 所述的步骤S28及S211中的当前探索线有效性检查中的共线检查具体为:

[0039] 将已有的连线上所有的点存入连线点集;对每一次探索确定的拐点,取此时拐点至下一探索线终点线段,对线段上的每一点在连线点集中查找,取出所有于连线点集中存在的点,形成交叉点集;对交叉点集中的每一点,查找与下一探索方向(拐弯后探索方向)垂直的方向上的两个相邻点是否均存在于连线点集中,均存在,则确定为交叉,有一个不存在,则可判断为共线;共线判断为真时,拐点应退格,以避免共线。

[0040] 实施例技术方案

[0041] 一种基于障碍的自动绘图线探索算法,应用于空调水系统原理图环路团块拓扑的连线及部件拓扑的连线,包含如下步骤:

[0042] S1. 网格化待连线图,确定连线限制区域,确定连线过程需要避开的图形为障碍,并根据网格化离散为若干障碍点,定义障碍点矩阵并存储;确定需要完成连线的连接关系为待连线连接,定义待连线连接集并存储,确定各待连线连接的特征属性;初始化连线集用以存放S2步骤即将生成的连接线。

[0043] S2. 根据S1步骤定义并存储的障碍点矩阵,对S1中确定待连线连接集中的每一个连接进行连线尝试,并将该连接的最佳连线根据S1网格化离散为若干点后存入S1初始化的连线集。(核心算法步骤)

[0044] S3. 重复S2步至所有连线完成连接。

[0045] 进一步的,步骤S1的具体方法如下:

[0046] S11. 全局网格化处理:将绘制图纸范围 $[x_1, x_2] \times [y_1, y_2]$  (其中 $x_1 < x_2, y_1 < y_2$ ) 视为连线限制区域,对其进行离散网格化处理,得到二维网格Net ( $N_x, N_y$ )。

[0047] S12. 障碍点矩阵:任意待连线的对象,其连线前均已经过布局,且大小已知,可将其等效为矩形框,则等效矩形框位置大小已确定,可进行整体网格化,离散为一系列的点。设横轴向网格间距为 $d_x$ ,纵轴向网格间距为 $d_y$ ,计算网格列数 $N_x$ 及网格行数 $N_y$ 并对每个网格

点进行编码,从图的左下角起编,第*i*行*j*列的网格点*k*编码为: $pt_k = (j-1) \times N_y + (i-1)$ 。将网格化后的障碍点存储于障碍点矩阵 $N_{pt}$ 中。

[0048] S13.待连线连接集:每一个连接由连线和其两端的连接点组成。连接点具有位置对应的连接点编号属性以及连接的方向属性。将所有连接赋予对应的连接点信息和初始化连线信息,所有连接组成的集合为待连线连接集。

[0049] S14.初始化连线集:建立一个集合*L*用以存放S2步骤即将生成的连接线。

[0050] 进一步的,步骤S13中所述的方向定义如下:

[0051] 对图上任意点 $(x_0, y_0)$ ,其有向连线/有向探索线上存在另一点 $(x_1, y_1)$ ,定义方向*D*,有:

$$[0052] \quad D = \begin{cases} 1, & x_1 > x_0, y_1 = y_0 \\ -1, & x_1 < x_0, y_1 = y_0 \\ 2, & x_1 = x_0, y_1 > y_0 \\ -2, & x_1 = x_0, y_1 < y_0 \end{cases}$$

[0053] 进一步的,步骤S2的具体方法如下:

[0054] S21.参数初始化:将连接起点*A*作为布线起点*C*,根据连接进入方向确定当前探索线的方向。

[0055] S22.确定布线范围及连接终止线:根据连接入口点、连接出口点、连接进出方向及图纸范围,确定布线范围。连接终止线*end*线具有穿过连接出口点,并与出口方向垂直的特征;

[0056] S23.确定初始探索线:根据布线范围及当前布线起点、探索线方向,确定探索线终点*D*及探索线*CD*。

[0057] S24.确定首步布线范围:定义首步布线范围作为首步布线尝试范围;在S12确定的障碍点集中 $N_{pt}$ 查找S23步所确定探索线上的点,若存在,则确定首步布线范围*BeginRange*为起点至最近障碍点*P*之间的线段*CP*(不包括*C, P*);若不存在,则确定首步布线范围*BeginRange*为起点至探索线终点*D*的线段*CD*(不包括*C*)。

[0058] S25.确定首步拐点集及尝试连线集:定义首步拐点集存放首步布线范围*BeginRange*上的点,集合中的点按离起点从近到远顺序存放;初始化一个空集合作为尝试连线集,用以存放当前连接经计算得到的所有备选连线;

[0059] S26.确定首步拐点:按顺序从S25所述首步拐点集中取点作为首步拐点,也作为新探索线的起点*C*;

[0060] S27.确定新探索线:根据布线范围、及终点*B*位置,确定新的探线方向及探线终点*D*。

[0061] S28.进行当前探索线有效性检查:当前探索线*CD*有效,则继续下一步;当前探索线*CD*无效但仅有出口连接方向检查不通过,将当前探索线终点*D*更改到S22确定的连接终止线*end*线上,并确定该点为新拐点,继续下一步,否则跳转至第S214步,选取下一个首步拐点;

[0062] S29.确定新拐点:当新拐点已确定,跳过该步;否则在障碍点集中 $N_{pt}$ 查找探索线上的点,存在,则确定探索线上最近障碍点*P*之前的一点为当前探索线终点*D*,并确定为新拐点;不存在,则确定探索线终点*D*为新拐点;

[0063] S210.确定新探索线:将新拐点作为新探索线起点*C*,根据布线范围、及终点*B*位置,



确定新的探线方向及探索线终点D;

[0064] S211.进行当前探索线有效性检查:当前探索线CD有效且未到达终点,则继续下一步;当前探索线CD无效但仅有出口连接方向检查不通过,将当前探索线CD终点D更改到S22步确定的连接终止线上,并确定该点为新拐点,继续下一步;当前探索线无效且出口连接方向检查通过但死点检查不通过,返回第S26步,选取下一个首步拐点;否则,返回第S29步,并将S29步确定的新拐点向后退一格;

[0065] S212.重复S29、S210、S211步探索直至探索到达终点B;

[0066] S213.存储布线尝试:将该布线存储在S25确定的尝试连线集中;

[0067] S214.连线结束判断:当S25所述首步拐点集中所有点均已作为首步拐点,并尝试布线完毕时,进行下一步;否则返回第S26步,选取S25首步拐点集中下一个点作为新的首步拐点;

[0068] S215.确定最终走线路径:比较S25所述尝试连线集中所有布线尝试路径的拐点数,取拐点数最少的一个为最终走线路径;存在拐点数相同情况时,比较首步拐点与连接起点的距离,取最短的一个为最终走线路径;

[0069] S216.存储最佳连线:S215步骤获得的该连接的最佳走线方式所走成的线为该连接的最佳连线,将其上所有点的编号存入S14初始化的连线点集。

[0070] 进一步的,步骤S22中所述的连接终止线end线定义如下:

[0071] 为了使实现符合出口方向的连线形式,预留出的拐弯终点线end线。当探索方向与出口方向一致但探索线和出口点不在同一直线上时,仍需两次拐弯,end线预留空间以完成最后一次拐弯。

[0072] 进一步的,步骤S24中所述的首步布线范围定义如下:

[0073] 受到连接进出口方向的限制,连接的第一段探索线无法指向目标,会导致路径偏长,引起不必要的交叉。对第一段探索引入逐点探索,设第一段探索至最近障碍点距离为d格,则对第一步探索走[1,d)格分别求线,最后取拐弯最少且第一步走线最短的走线方式为解。

[0074] 进一步的,步骤S28及S211中的当前探索线有效性检查具体为:

[0075] 共线检查:新探索线与S14所述连线集中存储的连线共线,共线检查不通过,当前探索无效;新探索线与S14所述连线集中存储的连线不共线,共线检查通过;

[0076] 出口连接方向检查:当前探线方向与连接出口方向相同且当前探索线未经过连接终点,则出口连接方向检查不通过;其他情况则出口连接方向检查通过;

[0077] 死点检查:新拐点与终点不相同,且当前探索线终点为终点,则当前布线已进入死点,死点检查不通过;新拐点与终点不相同,且当前探索线终点不为终点,死点检查通过;新拐点与终点相同,死点检查通过,但已经到达终点,跳转至S213进行存储;

[0078] 当且仅当共线检查、出口连接方向检查、死点检查均通过,当前探索线可判断为有效。

[0079] 进一步的,步骤S28及S211中当前探索线有效性检查中的共线检查定义如下:

[0080] 将已有的连线上所有的点存入连线点集L。对每一次探索确定的拐点,取此时拐点至下一探索线终点线段CD,对线段CD上的每一点在连线点集L中查找,取出所有于连线点集中存在的点,形成交叉点集N'。对交叉点集N'中的每一点,查找与下一探索方向(拐弯后探



索方向)垂直的方向上的两个相邻点是否均存在于连线点集中L,若均存在,则确定为交叉,若有一个不存在,则可判断为共线。若共线判断为真,拐点应退格,以避免共线。

[0081] 进一步的,步骤S3的具体方法如下:

[0082] 当S13中待连线连接集中的待连线连接全部完成连线,并存入S14定义的连线集中,算法结束。

[0083] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0084] 解决了现有算法中无法解决的障碍与待连接图形相互关联的问题,具体为连接线从待连接图形的任一位置出发;各图形大小互不相同,且在连线过程中互为障碍;连接点所基于的图形可能成为到达本连接点的连接线生成的障碍等问题。与现有算法相比,本发明解决了现有算法不能解决的实际连线问题,具有较好的实际意义。

### 附图说明

[0085] 图1为基于障碍的线探索算法流程示意;

[0086] 图2-1为一般单线图连线问题示意;

[0087] 图2-2为本算法解决的单线图连线问题;

[0088] 图3为连接点连线方向示意;

[0089] 图4-1为连接、连接点、矩形关系示意;

[0090] 图4-2为连接、连接点、矩形相互关联关系示意;

[0091] 图5为基于障碍的线探索算法基本原理示意;

[0092] 图6为未设连接终止线的情况示意;

[0093] 图7为首步改进的基于障碍的线探索算法基本原理示意;

[0094] 图8为死点处理方式示意;

[0095] 图9为共线判断示意,其中1表示交叉,2表示共线。

### 具体实施方式

[0096] 下面结合附图对本发明的实施例作详细说明。

[0097] 本发明公开的算法适用于设计暖通空调领域空调水系统原理图自动成图技术的应用实践中。在空调水系统原理图的自动成图中,水系统图的环路拓扑模型及部件拓扑模型均需要连线,它们的连线问题除了满足常规自动成图问题连线问题,连线较短,连线弯折较少,交叉较少的特征外,还有以下现有算法无法解决的障碍与待连接图形相互关联的问题,具体如下:

[0098] (1) 连接线并不是从矩形中心出发,而是从矩形的任一位置出发;

[0099] (2) 相连的各矩形大小互不相同,且在相连过程中互为障碍;

[0100] (3) 连接点所基于的矩形可能成为到达本连接点的连接线生成的障碍。

[0101] 以上解释了本发明技术方案中出现的“连线”或者“连接线”等这些“线”在实际应用中所指的对象。需要强调的是,本发明技术方案是针对设计暖通空调领域空调水系统原理图自动成图应用技术,而不是一套算法规则。

[0102] 图2-1、图2-2展示了本发明算法解决的单线图连线问题与一般问题的对比。基于障碍的线探索算法,可用于实现暖通空调水系统原理图环路拓扑模型及部件拓扑模型的连

线。其所解决的连线问题特征有：

[0103] (1) 连接线并不是从矩形中心出发，而是从矩形的任一位置出发；

[0104] (2) 相连的各矩形大小互不相同，且在相连过程中互为障碍；

[0105] (3) 连接点所基于的矩形可能成为到达本连接点的连接线生成的障碍。

[0106] 待连线的暖通空调水系统环路拓扑/部件拓扑模型(见图2-1)意为空调水系统原理图经过隐去一系列细节后生成的代表不同的环路/部件的一系列矩形经过布局后构成的环路拓扑/部件拓扑模型。

[0107] 基于障碍的线探索算法的核心部分为具体连线的生成，在设计具体连线生成方式前，需要对相关概念进行定义。

[0108] (1) 画布网格化及点编号

[0109] 将绘制图纸范围 $[x_1, x_2] \times [y_1, y_2]$  (其中 $x_1 < x_2, y_1 < y_2$ ) 视为连线限制区域，对其进行离散网格化处理，得到二维网格 $Net(N_x, N_y)$ 。

[0110] 设横轴向网格间距为 $d_x$ ，纵轴向网格间距为 $d_y$ ，计算网格列数 $N_x$ 及网格行数 $N_y$ 并对每个网格点进行编码，从图的左下角起编，第 $i$ 行 $j$ 列的网格点 $k$ 编码为： $pt_k = (j-1) \times N_y + (i-1)$ 。

[0111] (2) 障碍点生成及障碍点矩阵 $N_{pt}$

[0112] 待连线模型画布上布置着一系列的中心点经过布局的矩形，待连接点附着于矩形的边上，位置已知但与各自附着矩形的方位关系各不相同。矩形既作为连接点的附着基础，又在连线中对探索线起到阻碍。将画布上的一系列矩形为障碍。为了减少不必要的内部连线交叉，矩形在此处被视作密实障碍，连接线不可能穿过矩形与连接点相连。

[0113] 此时矩形的中心点经过布局，为已知量，而矩形的形状属性亦为已知量，即矩形的位置，大小均已确定，则可以整体网格化，将密实矩形网格离散化为一系列的点。将网格化后的障碍点存储于障碍点矩阵 $N_{pt}$ 中。

[0114] (3) 连接点、方向及连线方向

[0115] 由于将代表环路/部件的矩形看作是密实障碍，连接点是附着于障碍上的，且通过连接点的外部连接线无法穿过矩形内部。亦即此时连接点的连线方向完全受限，需要在算法上予以定义。

[0116] 在明确连线进出方向前，先明确本算法中的方向定义，该方向定义适用于探索线的方向及进出方向。对图上任意点 $(x_0, y_0)$ ，其有向连线/有向探索线上存在另一点 $(x_1, y_1)$ ，定义方向 $D$ ，有：

$$[0117] \quad D = \begin{cases} 1, & x_1 > x_0, y_1 = y_0 \\ -1, & x_1 < x_0, y_1 = y_0 \\ 2, & x_1 = x_0, y_1 > y_0 \\ -2, & x_1 = x_0, y_1 < y_0 \end{cases}$$

[0118] 连接点的连线方向受到其所附着的矩形障碍的限制，则可定义为垂直于连接点所在矩形边，方向向外。图3展示了矩形四边上的连接点的进出方向，位于矩形四角上的点连线方向根据与其相连的连接点方位确定。

[0119] (4) 连接定义

[0120] 连接由两个连接点及将它们连接起来的连线组成，由于连接点附着于代表环路/

部件的矩形上,连接也从属于连接点对应的环路/部件,见图4-1。

[0121] 每个连接都可以访问其两个连接点的连线方向,定义其中任意一个连接点为该连接的入口点,则另一个连接点为该连接的出口点。则连接的进出方向可以完全确定,分别为连接入口点的连线方向,及连接出口点的连线方向,见图4-2。则对一个已知的待连线图,可以获得进出点、进出方向均确定的连接集C。

[0122] 获取障碍点集 $N_{pt}$ ,连接集C后,可以开始进行线探索连线。

[0123] 基于障碍的线探索算法的基本原理是,对任意连接,从连接入口点开始,按照连接进入方向做探索线。于障碍点集 $N_{pt}$ 中寻找阻碍探索线的最近障碍点,使探索线于障碍点前转向,随后向着目标方向继续做探索线。如此不断做探索线直至以规定的连接出口方向的相反方向到达连接出口点,见图5。

[0124] 值得一提的是,虚线end(即连接终止线)是为了使实现符合出口方向的连线形式而预留出的拐弯终点线。当探索方向与出口方向一致但探索线和出口点不在同一直线上时,意味着探索仍需拐两次弯才能到达出口点,在出口点前必须预留空间以完成最后一次拐弯,否则探索线将在一次拐弯后直接指向出口点,会因遇到障碍而不能完成满足出口方向的连线,见图6。

[0125] 由于受到连接进出口方向的限制,连接的第一段探索线无法指向目标,这会导致路径偏长,当连线较多时会引起不必要的交叉。针对这一现象,本发明考虑对第一段探索引入逐点探索,对设第一段探索至最近障碍点距离为d格,则对第一步探索走 $[1, d)$ 格分别求线,最后取拐弯最少且第一步走线最短的走线方式为解,见图7。

[0126] 在上述基本原理的基础上,需要针对一些特殊情况进行处理。

[0127] 当图中障碍较多且连接的起点终点相距较远时,线探索可能出现步入死点,即探索方向终点即为目标但前方已无路可走,此时该路径将被放弃,见图8。

[0128] 以上所有连线都只考虑了单一连线的情况,在实际连线过程中,需要进行多个连接的连线,这些连线可能会出现交叉、甚至共线现象。少量的交叉可以被容忍,但共线是需要坚决避免的。先将已有的连线生成连线点集L。对每一次探索确定的拐点,取此时拐点(下一探索线起点)至下一探索线终点线段CD,对线段CD上的每一点在连线点集L中查找,取出所有于连线点集中存在的点,形成交叉点集 $N'$ 。对交叉点集 $N'$ 中的每一点,查找与下一探索方向(拐弯后探索方向)垂直的方向上的两个相邻点是否均存在于连线点集中L,若均存在,则确定为交叉(见图9中1所示),若有一个不存在,则可判断为共线(见图9中2所示)。若共线判断为真,拐点应退格,以避免共线。

[0129] 则基于障碍的线探索法的在实例上包含以下步骤:

[0130] 在确定了障碍点集 $N_{pt}$ ,定义好连接点及连接方向的连接集C,初始化一个连线点集L后。对连接集中的所有连接,起点为A,终点为B有:

[0131] (1) 参数初始化,将连接起点A作为布线起点C,根据连接进入方向确定当前探索线的方向。

[0132] (2) 根据连接入口点、连接出口点、连接进出方向及图纸范围,确定布线范围。

[0133] (3) 根据布线范围及当前布线起点、探索线方向,确定探索线终点D及探索线CD。

[0134] (4) 在障碍点集中 $N_{pt}$ 查找探索线上的点,若存在,则确定首步布线范围BeginRange为起点至最近障碍点P之间的线段CP(不包括C,P);若不存在,则确定首步布线范围



BeginRange为起点至探索线终点D的线段CD(不包括C)。

[0135] (5) 按离起点从近到远顺序取BeginRange上的点作为首步拐点,也作为新探索线的起点C。

[0136] (6) 根据布线范围,及终点B位置,确定新的探线方向及探线终点D。

[0137] (7) 进行共线检查,若共线判断为真,放弃该布线尝试,转回第(5)步,选取新的首步拐点;若共线判断为假,则根据新探索线的起点,终点和探线方向确定新的探索线CD。

[0138] (8) 检查当前探线方向与连接出口方向是否相同。若相同,则判断当前探索线是否经过连接终点。若未经过连接终点,需将探索线终点D更改到end线上。

[0139] (9) 在障碍点集中 $N_{pt}$ 查找探索线上的点,若存在,则确定探索线上最近障碍点P之前的一点为下一拐点(即新探索线起点);若不存在,则确定探索线终点D为下一拐点(即新探索线起点)。

[0140] (10) 检查新拐点是否与终点相同,若是,已完成一次布线尝试,存储,并返回第(5)步,选取新的首步拐点,若此时所有首步拐点已尝试布线完毕,则跳转第(13)步。若否,判断当前探索线终点是否为终点,若是终点,则布线已进入死点,放弃该布线尝试,转回第(5)步。

[0141] (11) 根据布线范围,及终点B位置,确定新的探线方向及探线终点D。

[0142] (12) 进行共线检查,若共线判断为真,拐点(即新探索线起点)需退格,并转回第(10)步;若共线判断为假,则根据新探索线的起点,终点和探线方向确定新的探索线CD。并返回第(8)步。

[0143] (13) 比较所有布线尝试路径的拐点数,取拐点数最少的一个为最终走线路径;若存在拐点数相同情况,则比较首步拐点与连接起点的距离,取最短的一个为最终走线路径。

[0144] 基于障碍的线探索法的在实例上的主要特征有:

[0145] (1) 全局网格化处理。障碍物网格化处理使得连接线关联于障碍物的同时又与障碍物于计算上独立,还使得障碍物的信息存储更加直观,使得非逐点探索成为可能;连接线网格化处理可以大大减少探索连线计算量。

[0146] (2) 规定出发及到达方向。出发及到达方向原则上垂直于连接点所基于矩形,以应对自身成为障碍的情况,同时避免单线模型变为双线模型时,进出水线发生冲突。

[0147] (3) 首步探索进行多次。由于出发及到达方向受限,首步探索可能并非指向目标,这会导致路径偏长,当连线较多时会引起不必要的交叉。对首步引入多次探索,并最终选择拐点最少的路径,可以有效解决这个问题。同时多次探索也可在一定程度上应对死点现象的发生。

[0148] 以上所述,为本发明易于描述的一种具体实施方式,本发明的保护范围不限于此。本领域的技术人员可以根据本发明公开的这些技术启示做出各种不脱离本发明实质的其它各种具体变形和组合,这些变形和组合仍然在本发明的保护范围内。



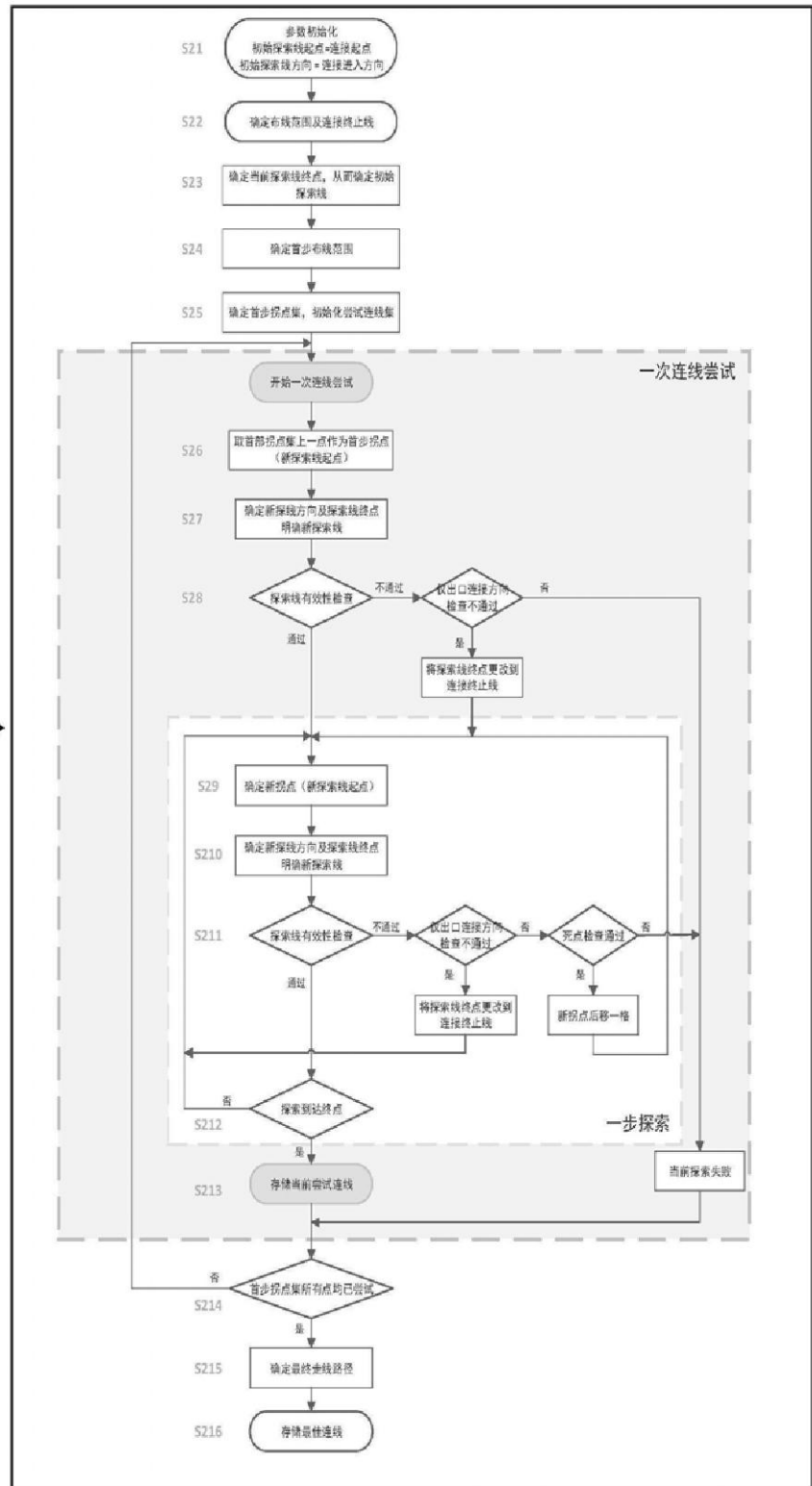
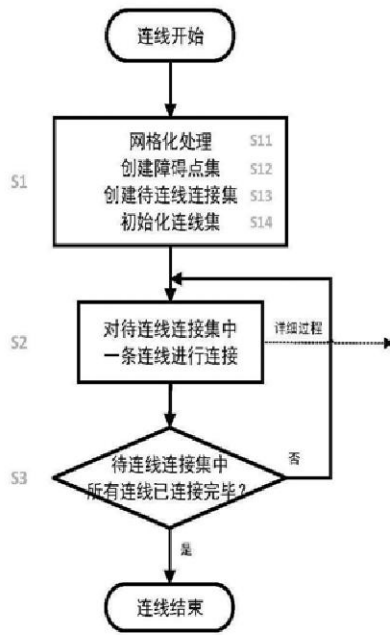


图1

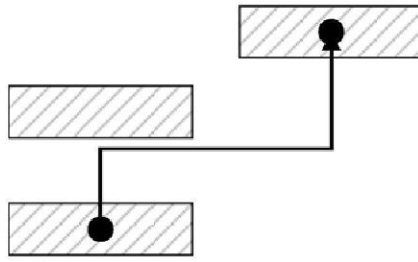


图2-1

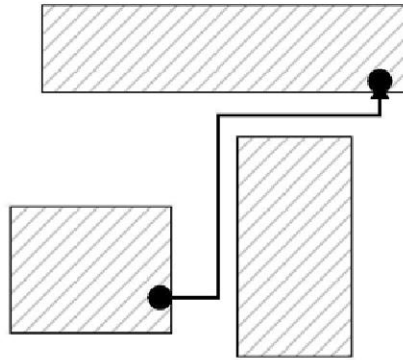


图2-2

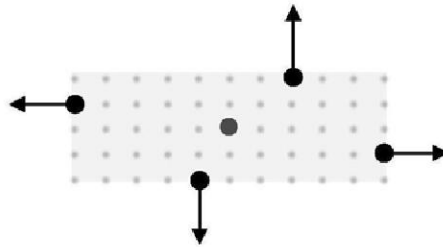


图3

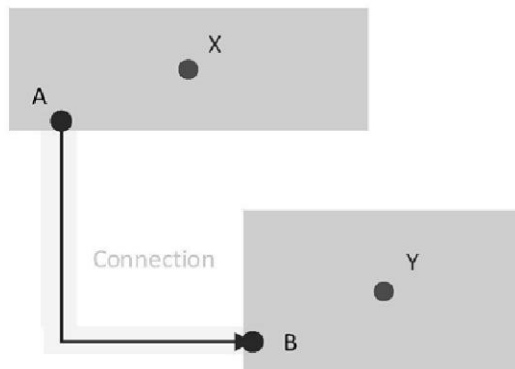


图4-1

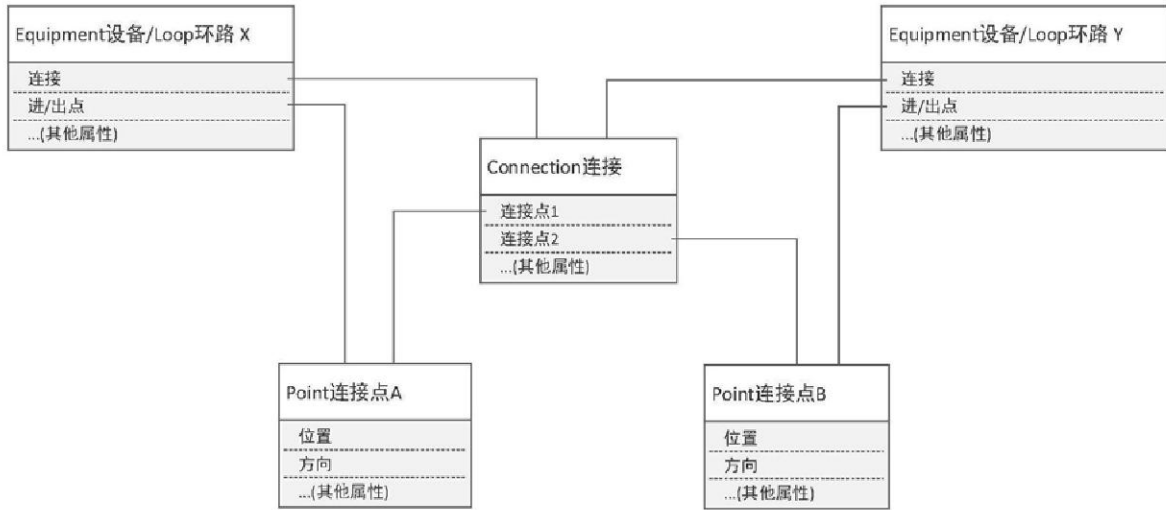


图4-2

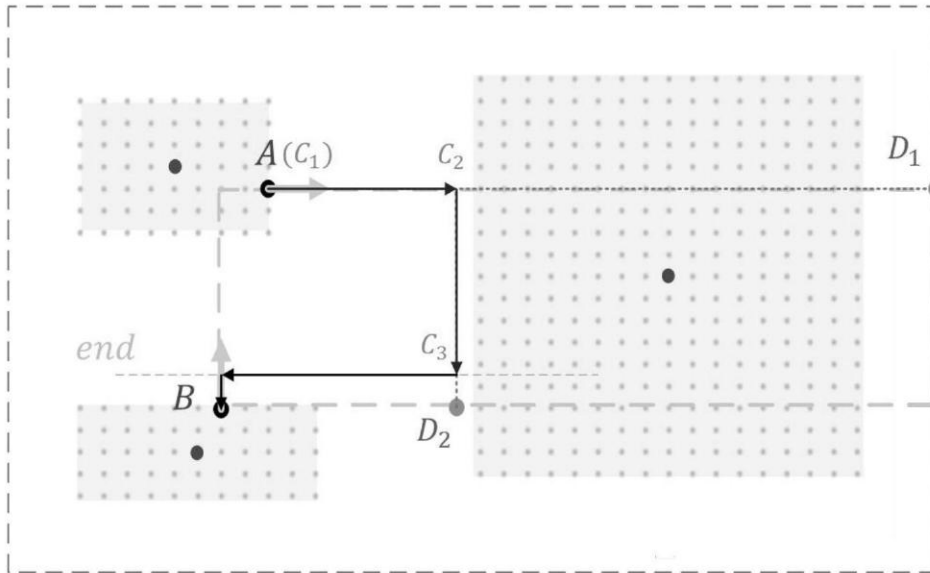


图5

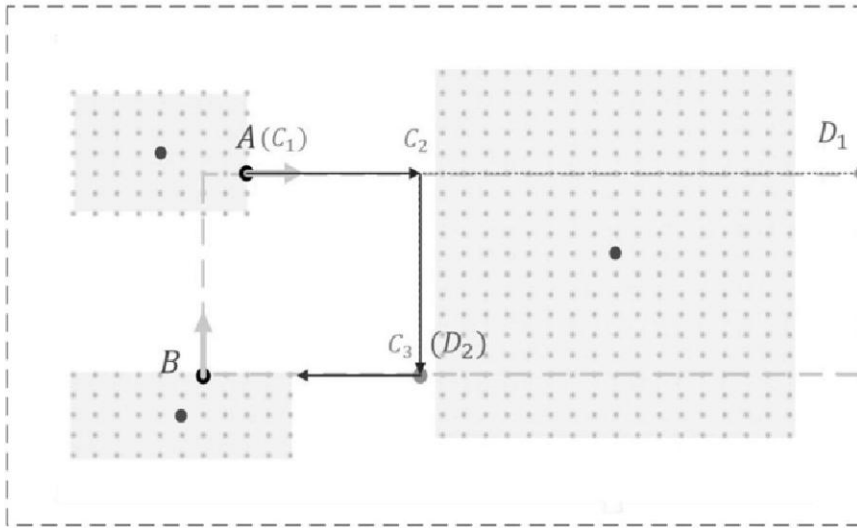


图6

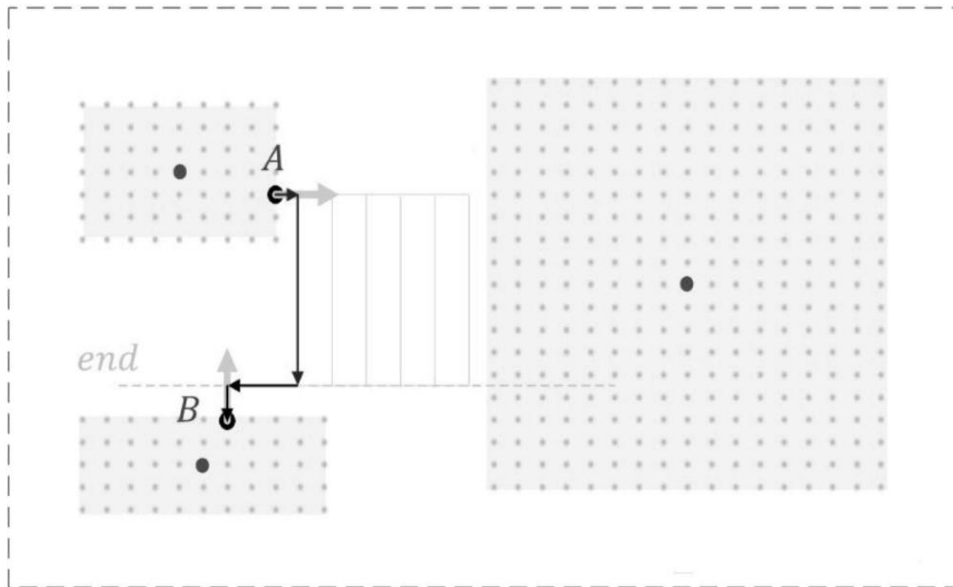


图7



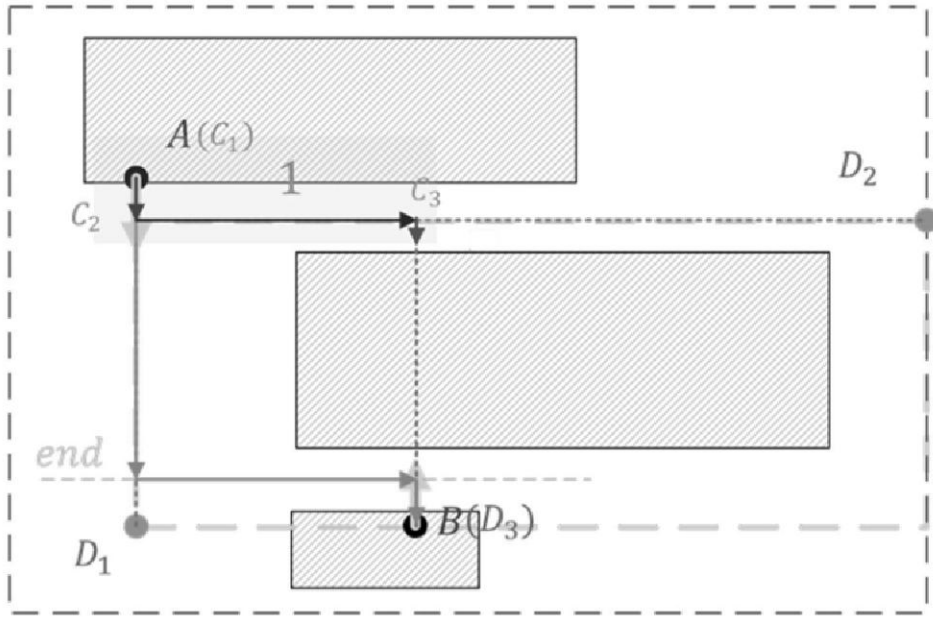


图8

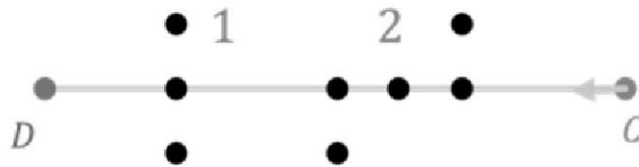


图9