(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105584910 B
(45)授权公告日 2017.11.10

(21)申请号 201510754087.6

(22)申请日 2015.11.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105584910 A

(43)申请公布日 2016.05.18

(30)优先权数据
14/536,806 2014.11.10 US

(73)专利权人 三菱电机株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 丹尼尔·N·尼科夫斯基

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 吕俊刚 刘久亮

(51)Int.Cl.
B66B 1/30(2006.01)
B66B 1/36(2006.01)

审查员 廖文浪

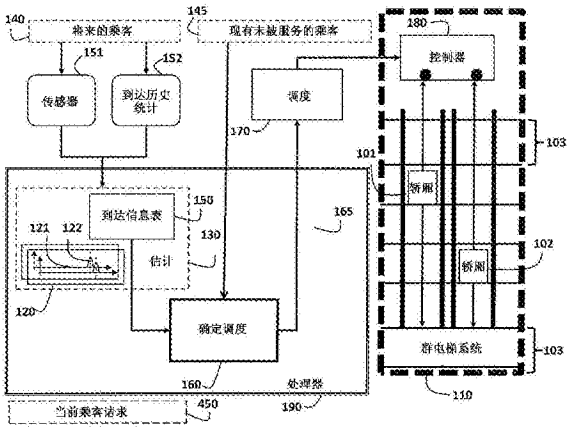
权利要求书1页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

在群电梯系统中调度电梯轿厢的方法和系统

(57)摘要

在群电梯系统中调度电梯轿厢的方法和系统。一种方法通过首先为将来的乘客在大楼的任何楼层处的到达生成一组概率分布来调度楼内的群电梯系统中的电梯轿厢，其中，所述一组概率分布由指定将来的乘客的到达信息的概率变量来表征，其中，到达信息包括将来的乘客的服务请求的概率和服务请求的可能时间的概率。对电梯轿厢的调度基于所述一组概率分布。随后，向群电梯系统的控制器提供该调度以根据该调度来移动电梯轿厢。



CN 105584910 B

1.一种用于调度大楼内的群电梯系统中的电梯轿厢的方法，该方法包括以下步骤：

为将来的乘客在所述大楼的任何楼层处的到达生成一组概率分布，其中，所述一组概率分布由指定将来的乘客的到达信息的概率变量来表征，其中，所述到达信息包括将来的乘客的服务请求的概率和所述服务请求的可能时间的概率；

基于所述一组概率分布来确定对所述电梯轿厢的调度；以及

向所述群电梯系统的控制器提供所述调度，以根据所述调度来移动所述电梯轿厢，其中，所述步骤在连接至所述控制器的处理器中执行。

2.根据权利要求1所述的方法，其中，所述到达信息从传感器获得。

3.根据权利要求1所述的方法，其中，所述到达信息基于存储器中的表中存储的到达历史统计。

4.根据权利要求1所述的方法，其中，所述调度被实时执行。

5.根据权利要求2所述的方法，其中，所述传感器包括运动检测器。

6.根据权利要求2所述的方法，该方法还包括：

将所感测的数据与实际服务请求关联起来。

7.根据权利要求1所述的方法，其中，所述调度使平均等候时间最小。

8.根据权利要求1所述的方法，其中，所述调度包括已对服务做出请求的乘客。

9.根据权利要求1所述的方法，其中，将来的乘客的到达时间的所述概率分布由高斯-伯努利变量来表征。

10.根据权利要求1所述的方法，其中，将来的乘客的到达率的所述概率分布由泊松变量来表征。

11.根据权利要求1所述的方法，该方法还包括：

对所述到达信息进行采样以生成多个连续集合，其中，每个连续集合都包括关于已分配的等候乘客、当前请求乘客和将来的乘客的信息，并且其中，从所述一组概率分布中采样将来的乘客到达的到达。

12.根据权利要求11所述的方法，该方法还包括：

针对在所述多个连续集合中表示的乘客的所有可能分配，针对所有连续集合确定最佳累计等候时间。

13.根据权利要求11所述的方法，其中，当前请求乘客和将来的乘客全部以即时分配模式调度。

14.根据权利要求11所述的方法，其中，当前请求乘客以即时分配模式调度，并且将来的乘客以重新分配模式调度。

15.根据权利要求11所述的方法，其中，当前请求乘客和将来的乘客全部以重新分配模式调度。

16.一种用于调度大楼内的群电梯系统中的电梯轿厢的系统，该系统包括：

处理器，所述处理器用于为将来的乘客在所述大楼的任何楼层处的到达生成概率分布，其中，所述概率分布由指定将来的乘客的到达信息的概率变量来表征，其中，所述到达信息包括将来的乘客的服务请求的概率和所述服务请求的可能时间的概率，并且所述处理器用于基于所述概率分布来确定对所述电梯轿厢的调度；以及

所述群电梯系统的控制器，所述控制器用于根据所述调度来移动所述电梯轿厢。

在群电梯系统中调度电梯轿厢的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及在群电梯系统中调度电梯轿厢，并且更具体地，涉及借助于关于将来的乘客的到达的不确定信息向乘客分配电梯轿厢。

背景技术

[0002] 群电梯调度(GES)是一种针对两部或更多部电梯的群组的组合最优化问题。该问题的最常见实例处理向利用上(UP)或下(DOWN)按钮请求电梯轿厢的乘客分配电梯轿厢。响应于接收到该请求，调度器向每个乘客分配轿厢，使得例如所有乘客的平均等候时间(AWT)的性能指标最小化。该AWT被定义为从乘客做出请求的时刻起直到轿厢到达的时间间隔(针对多个请求进行平均)。已知大量的调度方法。然而，存在显著的障碍来获得最优AWT。

[0003] 第一障碍是调度问题的组合复杂性。如果大楼拥有具有C个轿厢的电梯组并且N个乘客必须被分配到轿厢，那么存在C^N种可能的分配，各自产生不同的AWT。即使对于少量的轿厢和乘客而言，通过对所有C^N种分配的穷举式搜索来确定最优的分配也是不可行的，尤其是在给定相对较短的响应时间的情况下。为此，多种启发式和近似的方法已被开发出，参见Nikovski的US7,546,905，“System and method for scheduling elevator cars using pairwise delay minimization”；US7,484,597，“System and method for scheduling elevator cars using branch-and-bound”；US7,014,015，“Method and system for scheduling cars in elevator systems considering existing and future passengers”；以及US20030221915，“Method and system for controllng an elevator system”。在US7,014,015中，Nikovski描述了一种调度方法，其中，预测主楼层处的将来请求，并且将这种将来的请求的等候时间包括在决策过程中。该方法的不足在于仅考虑主楼层处的将来请求。

[0004] 用于使该AWT最小化的第二障碍是由于不完整、不合时宜和不准确的信息导致的。例如，大部分的大厅呼叫请求不包括目的地楼层，而是仅有上或下的方向。通常，目的地楼层仅在乘客进入轿厢之后被指示。一种处理该问题的方法是假设特定的目的地(例如，所请求方向上的最后楼层)。一种不同的方式使用用于相对于任意地选择单个目的地楼层而减小AWT的方法来确定所有可能的目的地的AWT，参见Nikovski等的“Method and system for controlling an elevator system”，US 6,672,431。然而，该方法仍不能补偿精确信息的缺乏。已考虑更先进的信令机制，包括利用电梯外的用于目的地控制(DC)调度的输入板对目的地楼层的直接指定。作为显著的劣势，这增加了系统的成本，并且通常也仅被用在主楼层处。

[0005] 第三障碍是不能预测将来的请求和目的地。通常，调度器仅可以服务已知请求和目的地。结果，大部分调度器使用清空系统算法(ESA)，参见Bao等的“Elevator dispatchers for down-peak traffic,”Technical report,University of Massachusetts,1999。在ESA调度器中，忽略所有将来乘客的到达，这相对于电梯系统实际将发生的情况显然是不准确的。ESA的主要问题是不能预测将来的请求。实际上，该ESA做出

可以导致所有轿厢仅被放置在楼中的一小部分的调度，而留下大部分未被覆盖。这样的原因在于只要没有乘客正在等候，轿厢的所有终点位置被认为同样良好，因此没有理由比另一个位置更偏好一个位置。

[0006] 常规GES系统通常通过简化最优化问题来处理信息和有限计算资源的缺乏。可以使用几种简化。

[0007] 在一种方法中，忽略由于向相同的轿厢分配两个或更多个乘客h导致的相互延迟。所选择的轿厢为$c^* = argmin_c W_c(h|\varnothing)$，其中，$W_c$为表示在另一组零个或更多个乘客被分配给同一轿厢的情况下一个或更多个乘客的等候时间的函数，并且$\varnothing$是空集。该简化将调度问题减少到选择最小化乘客h的等候时间W的轿厢，而不管其它乘客是否已被或将被分配到该同一轿厢。该方法忽略了被分配给同一轿厢的现有乘客将对当前乘客造成的延迟以及进行请求且将被调度的当前乘客将对现有乘客造成的延迟。

[0008] 在常规GES系统中使用的最常用的调度方法说明了被分配的乘客的相互依赖，但是忽略了将来的乘客。该方法为已请求服务但尚未登上轿厢的乘客确定最佳可行的分配。由于AWT最小化减少到寻找将尽快将现有乘客载入轿厢内的分配，所以这种方法也被称为清空系统方法(ESA)。使H(t)表示已在时间t前到达但尚未被服务并且仍在等候的一组乘客。那么，目标是为H(t)中的乘客找到使他们的累积等候时间W(H(t))最小化的分配。

[0009] 在即时分配模式下，针对当前乘客h的分配被立即进行并且不再重新考虑。在该模式下，足以针对每个轿厢c确定边际等候时间

[0010] $\Delta W_c(h) \doteq W_c(h \cup H_c(t) | h \cup H_c(t)) - W_c(H_c(t) | H_c(t))$。

[0011] 并且将h分配给具有最短边际等候时间$\Delta W_c(h)$的轿厢。即，调度器尝试地将乘客h依次分配到每个轿厢，并且选择使等候时间轻微增加的轿厢。等候时间的轻微增加可以被写作：

[0012] $$\Delta W_c(h) = W_c(h | H_c(t)) + \sum_{g \in H_c(t)} [W_c(g | H_c(t) \cup h) - W_c(g | H_c(t))],$$

[0013] 其中，g涉及(ranges over)集合H_c中的所有乘客。

[0014] 轻微增加中的第一项是用轿厢c服务乘客h所需要的时间。它也解释了轿厢由于集合$H_c(t)$中的其它乘客已被分配给轿厢c而必须进行的停止。所述和中的其它项解释了当也被分配给c时，乘客h对已经在集合$H_c(t)$中的乘客造成的等候时间的增加。

[0015] 在重新分配模式下，任何乘客的分配可以在接收到新信息(包括但不限于新的到达)时的任何时刻被重新分配。有效地，重新确定每种可能的分配的总等候时间W(H(t))，但是对于集合H(t)中的乘客，忽略过去和将来的乘客。尽管所产生的集合远小于集合H，但是穷举式搜索仍几乎不可行。

[0016] 一些方法考虑主楼层处的将来的到达。例如在早晨峰值业务时间期间，即使对将来的到达的有限的考虑也可以导致AWT的明显减小，参见US7,014,015“Method and system for scheduling cars in elevator systems considering existing and future passengers”。作为限制，该方法仅考虑单个(主)到达楼层(诸如，大楼大堂)处的将来的到达。

[0017] 用于考虑将来的到达的另一实际上有益的方法被Suzuki等在US20130186713中描

述。电梯系统在具有高使用频度的楼层处停泊空轿厢。该系统包括远程呼叫设备以在远离该电梯处执行大厅呼叫登记。从停泊的楼层移动电梯轿厢的时间与到电梯的步行时间相比较。基于该时间的比较结果来做出是否执行待机操作的判定。

[0018] Suzuki等的"Elevator supervisory control system with cars cooperative method,"Proceedings of the ELEVCON'06 World Elevator Congress,pp.338-346,1206仿真了每个楼层处每个真实请求的想象的附加请求,并且选择了可以处理真实和想象的请求的最佳调度(即使对于想象的请求的最不利的楼层)。尽管该方法在ESA方法上有显著提高,但是该方法仍仅考虑一个将来的请求,并且想象和实际的请求的时间是一致的。

[0019] 在US 8,220,591中,Attala等描述了使用预先业务信息针对电梯群的调度方法。该预先业务信息被用于限定"快照"问题以提高针对乘客的性能。为解决该快照问题,目标函数被变换以利于将该问题分解为单个轿厢的子问题。使用两级调配(formulation)独立地解子问题,其中乘客到轿厢的分配处于较高的级别,而单个轿厢的分派处于较低的级别。该方法的主要劣势在于将来的到达被假定完全确定地发生,例如,在远离电梯设置的键盘上进行请求,通向电梯的走廊中的摄像机或其他传感器检测接近的乘客,识别卡读取器或酒店会议日程系统提供到达信息,结果增加了成本。然而,在实际实践系统中,完整的确定性仍不可能被合理地预期。

[0020] 期望提供一种用于考虑关于不确定的将来的乘客到达的预先信息的群电梯系统的最佳调度策略。

发明内容

[0021] 本发明的实施方式提供了一种用于调度大楼的群电梯系统中的电梯轿厢的方法和系统,并且更具体地,用于使用关于大楼的任何楼层处的将来的乘客的到达时间的不确定信息向乘客分配电梯轿厢。本发明的目的是确定电梯轿厢的调度,该调度使性能指标(例如,针对所有乘客的平均等候时间(AWT))最优化。另外,期望实时地执行该调度。

[0022] 实施方式使用关于将来的乘客的预期到达的信息,并且考虑该信息的不确定性。本发明还可以在即时分配模式中操作。这意味着每当接收到对电梯轿厢的请求,就立即确定服务乘客的轿厢,并且不重新考虑该请求。该调度还考虑存储在表中的到达信息。该到达信息可以包括由位于大楼内的传感器获取的数据,并且包括到达统计,诸如由将来的乘客的服务请求的概率和所述服务请求的可能时间的概率。

[0023] 将来的乘客的可能到达时间例如使用诸如高斯-伯努利分布、泊松分布、韦伯分布或另一合适分布的统计分布由概率变量来表示。概率变量可以基于过去的乘客到达信息以及所感测的大楼的其它部分中的潜在乘客的存在。概率变量可以通过到达楼层和到达时间的概率分布被参数化。概率分布可以具有特定参数形式,诸如高斯分布、韦伯分布等。尚未被感测到但是可以在将来的时间间隔内到达的乘客在泊松到达过程的假设下由到达率(arrival rate)来表征,其中,到达之间的时间来自于指数分布。

[0024] 基于到达信息,调度器可以例如通过从针对将来的乘客的高斯-伯努利泊松变量提取样本来生成多个可能的连续集合。随后,在找到针对连续集合中的所有将来的乘客的适当分配之后,该调度器通过对所有连续集合上的所有乘客的AWT求平均来确定刚到达的乘客的最佳轿厢分配。

[0025] 对于最近到达的乘客，被分配给乘客的轿厢在所有连续集合上是相同的，但是对于将来的到达，从在将来的乘客的到达时间的表中的相同条目采样的乘客在所有连续集合上不必被分配给相同的轿厢。

[0026] 在优选实施方式中，使用即时分配模式把将来的乘客分配给轿厢，其中，每个乘客都按照到达顺序被分配，并且分配考虑到目前为止到达的乘客，但是忽略连续集合中后续到达的乘客。在另一实施方式中，所有将来的乘客被共同分配，使得每个乘客的分配考虑所有其它乘客的分配，不管其它乘客是否在该乘客之前或之后到达。

附图说明

[0027] 图1A是为乘客调度在群电梯系统中的电梯轿厢101-102的方法和系统的框图；

[0028] 图1B是由以高斯-伯努利变量形式的概率变量表征的将来的乘客的到达时间的概率分布模型的示意图；

[0029] 图2是根据本发明的实施方式的用于在群电梯系统中调度乘客的方法的流程图；

[0030] 图3是根据本发明的实施方式的用于由泊松到达过程表征的未感测的将来的乘客的到达时间的指数概率分布的示意图；以及

[0031] 图4是根据本发明的实施方式的采用两个连续集合的预测群电梯调度的示意图。

具体实施方式

[0032] 一般调度方法

[0033] 图1A示出了用于在具有多个楼层103的大楼中调度群电梯系统110中的电梯轿厢101-102的方法和系统的框图。估计130所实现的将来的乘客140的到达的一组概率分布120。

[0034] 将来的乘客是尚未通过按上(UP)或下(DOWN)按钮对服务进行请求的那些乘客。在当前请求的时刻，设想所有将来的乘客。该组概率分布120由指定将来的到达的不确定过程的概率变量(例如，将来的乘客的服务请求121的概率和服务请求的可能时间122的概率)来表征。该信息可以从传感器151或到达历史统计152来获得。

[0035] 该组概率分布被存储在到达信息历史表150中。只要针对服务450的新的当前乘客请求被登记，就从存储在表150中的概率分布120提取样本，并且将样本与现有的未被服务的乘客145相结合以生成被用于确定160对于现有乘客和潜在的将来乘客都合适的调度170的连续集合。将理解的是，该调度包括由于已按压上(UP)或下(DOWN)按钮以做出对服务请求而到达时间被知晓的乘客。以下参照图4更详细地描述该连续集合。

[0036] 该方法连续并实时地操作。

[0037] 实现的将来的到达时间

[0038] 以下是根据本发明的实施方式的说明所意识到的将来的到达时间的示例情况。在10:00:00am，在远程位置处感测到具有请求服务的概率p＝0.7的潜在的将来乘客。假设该远程位置与电梯平台之间的距离为20m，并且乘客的平均步行速度为1m/s，但是由于在不同人中的变化，平均步行速度可以改变15％。随后，乘客移动至电梯平台的时间为20秒±3秒。假定一般人群中步行速度的正态(高斯)分布，该乘客的高斯-伯努利变量可以存储在到达信息表150中，其中概率p＝0.7、均值μ＝20s以及标准差σ＝3s。这意味着该乘客到达电梯的

期望时间是10:00:20。

[0039] 然而，该预期时间存在不确定性，例如，±3秒。尽管这可能看似是非常小的时间量，但是注意，现代的电梯可以以超过15m/s的速度运行。因此，该电梯可能在该时间中通过正在等候的乘客的几十个楼层。

[0040] 为了在这种不确定性下调度，通过从高斯-伯努利变量中随机采样形成了n＝3个连续集合。假设在第一连续中，到达时间终止于10:00:22，在第二连续中，该时间为10:00:19，并且在第三连续中，乘客完全没有到达。当在连续集合中调度乘客时，按照他们的采样的(实现的、动作的)到达时间来对集合进行排序。对于在第一连续情况下的乘客，这将是10:00:22，而不是预期时间10:00:20。

[0041] 通过实施该方法，当调度在不久的将来到达的实际乘客时，他们的分配将考虑10:00:20左右该感测到的乘客的可能到达，并且该分配相对于该乘客到达时间的可能变化将是鲁棒的，如在三种连续中不同采样的到达时间中所显示的。

[0042] 传感器

[0043] 传感器151可以被安装在将来的乘客可以到达的区域中。例如，传感器可以是运动检测器。特定类型的运动传感器可以包括诸如通常位于大楼中的各楼层的走廊和大厅内的监控摄像机的摄像机，或者直接检测人的运动的接近传感器。楼层可以包括地上或地下停车楼层。

[0044] 传感器可以被用于检测大楼中的多个位置处的人，而不必仅检测在电梯门或通向电梯的走廊处的人。在这种情况下，当检测到位置l处(例如，在距离电梯平台五十米的走廊中)的人时，该人将请求电梯服务的概率p_i可以通过使所感测的数据与实际服务请求相关联而确定。

[0045] 历史信息

[0046] 例如在一天中的特定时间、一周中的特定日子在特定的楼层处从上(UP)和下(DOWN)请求获得的历史信息可以被用于调节最近观察到的实际到达率。这种预测信息在与如本文中描述的预测调度器一起使用时可以导致AWT减小。

[0047] 概率模型

[0048] 如图1B中所示，物理模型也可以被用于构成服务请求的可能时间的概率的概率模型。让$\mu_1＝s_1/v$为以速度v(例如，每秒1米)行进介于感测位置1与电梯门之间的长度s_i的距离的时间。随后，对于在位置1处感测到的任何人，乘客的实现的到达时间和对服务的请求可以从合适的分布(例如，具有均值μ的高斯分布$t:N(\mu_l,\sigma_l^2)$)采样的时间Δt内从具有概率p_1的概率分布120确定。方差σ_l^2也可以从由传感器获得的数据中获得。

[0049] 该概率分布被用于生成160调度170。该调度随后可以被提供给群电梯系统110的控制器180以根据该调度来移动电梯。步骤可以由被设计为使用控制器180操作该群电梯系统的处理器190来执行。该处理器和控制器可以由通信链路165连接。

[0050] 作为优势，本发明可以为将来的乘客调度电梯轿厢，使得在各楼层处电梯轿厢的到达和将来的乘客接近一致以最小化平均等候时间。

[0051] 群电梯调度

[0052] 群电梯调度(GES)系统的一个目的是使从当前时间起以及在将来的时间间隔期间

请求电梯的所有乘客的平均等候时间(AWT)最小化。如果该间隔有限并且已知乘客的确切到达顺序,则确定到使AWT最小化的乘客的轿厢的最佳分配至少在理论上是可行的。

[0053] 针对在时间间隔期间到达的乘客$\{h_1,h_2,\cdots,h_N\}$的集合H,乘客h_i可以由元组(t_i,o_i,d_i)表示,其中t_i是到达时间,o_i是到达楼层,并且d_i是目的地楼层。将N个乘客分配到群组中的C个轿厢把集合H划分为C个子集H_c,使得

[0054] $H=H_1\cup H_2\cup\cdots\cup H_C$,且当$i\neq j$时,$H_i\cap H_j$是空集$\varnothing$。

[0055] 当集合A中的所有乘客被分配到轿厢c时,集合A中的被分配到轿厢c的乘客h的等候时间为$W_c(h|A)$。类似地,当集合H中的所有那些乘客被分配给轿厢c时,集合H中的所有乘客的累积等候时间为$W_c(H|A)$。集合H和A不一定相同。

[0056] 通常,等候时间$W_c(H|A)$取决于轿厢c服务集合$H\cup A$中的乘客的预定顺序。大多数电梯系统使用全集策略(full collective policy),其中轿厢按顺序服务一个方向上的所有请求并且随后反转并应答在相反方向上的所有呼叫。当轿厢为空且停止时,对可能的上(UP)和下(DOWN)方向进行比较,并且选择导致较短AWT的一个方向。使AWT最优化的其它可能服务顺序也是可能的。但是无论所选择的方法如何,针对集合H和A以及轿厢c的位置的给定组合,可以完全确定所产生的等候时间$W_c(H|A)$。

[0057] 对于给定的完全分配,集合H中的所有乘客的总等候时间W(H)可以被表达为

[0058] $$W(H)=\sum_{c=1}^{C}W_c(H_c|H_c)=\sum_{c=1}^{C}\sum_{h\in H_c}W_c(h|H_c), \qquad (1)$$

[0059] 并且集合H中的乘客的AWT为W(H)/N。存在将集合H划分成C个子集的C^N种可能。采用不受限制的计算资源和/或适当的组合最优化方法,或许可以确定最佳分配。

[0060] 然而,即使这种计算是可能的,也存在由不足的信息导致的更多严峻的困难。实践中,GES系统仅能使用有限的到达信息。在当前时刻t(时间间隔$(t_1<t<t_N)$内的某处),GES仅具有关于到当前时间t出现的所有请求和群组中C个轿厢的状态的信息。

[0061] 典型的常规技术GES系统不能使用将来的到达事件。在目的地控制(DC)调度中,乘客$h_i$$(t_i<t)$的请求信息包括目的地楼层$d_i$。对于传统的非DC系统,该信息不可用,并且仅乘客$h_i$的期望运动方向$u_i=\mathrm{sign}(d_i-o_i)$是可用的。此外,当乘客到达其他乘客已经在等候的电梯时,如果按钮已被选择,新到达的乘客通常不会按上(UP)或下(DOWN)按钮。这实际上对系统"隐藏了"那些新乘客的到达。

[0062] 将来到达的乘客

[0063] 如图2所示,提高GES的性能的一种方式是预测将来的乘客140的意图。尽管在实践中这是不可行的,但是人们仍能够获取210可用的乘客信息211。到达信息可以包括关于所分配的等候乘客、当前请求乘客和将来的乘客140的历史信息152(例如,由传感器151感测的信息)。

[0064] 对于到达的乘客h_i和h_{i+1}之间的时间$t_i<t<t_{i+1}$,可以生成220已到达并且可能将来到达的乘客的n种可能的连续集合$\breve{H}_j(t)$ 221, $1\le j\le n$,乘客和定时的细节参见图3。

[0065] 如本文中所限定,连续集合221

[0066] $\breve{H}_j(t) \doteq \{h_1, h_2, \ldots, h_i, \breve{h}_{j,i+1}, \breve{h}_{j,i+2}, \ldots, \breve{h}_{j,m_j}\}$ 包括关于以下的信息211：

[0067] 历史上已知的等候轿厢的已被分配的乘客h；

[0068] 做出请求的当前乘客h；以及

[0069] 未知的将来的乘客 $\breve{h}$ 。

[0070] 这里，$\breve{h}_{j,i+k}$ 是连续集合 $\breve{H}_j(t)$ 中的第k个将来的乘客。每个连续集合中的乘客成员 m_j 可以是不同的。注意，所有连续集合中的现有乘客是相同的，即，所有连续共享相同的过去，但是具有不同的将来。

[0071] 根据计算资源和乘客到达率，连续集合的时间的长度l可以例如从分钟到小时变化。随后，对于每个连续集合 $\breve{H}_j(t)$ ，可以确定230类似于方程(1)的最佳累积等候时间(CWT)231：

[0072] $$W[\breve{H}_j(t)] = \sum_{c=1}^{C} W_c(\breve{H}_{jc}(t) \mid \breve{H}_{jc}(t)) = \sum_{c=1}^{C} \sum_{h \in \breve{H}_{jc}} W_c(h \mid \breve{H}_{jc}(t)), \qquad (2)$$

[0073] 其中，$\breve{H}_{jc}(t)$ 表示被分配给轿厢c的连续集合 $\breve{H}_j(t)$ 中的乘客的集合。该分配的AWT可以被确定240为

[0074] $\sum_{j=1}^{n} W[\breve{H}_j(t)]/m_j)/n$ 241。 (3)

[0075] 尽管该计算是针对n个连续集合，与方程(1)中仅一组乘客相反，将不必花费更多时间。方程(2)涉及可能在非常长的时间间隔内的整个到达流(arrival stream)。然而，可以根据可用的计算资源来调整n个连续集合的持续时间。

[0076] 特别注意，在所有n个连续集合中，在每个连续集合中，具有到达时间 $t_i < t$ 的乘客 h_i 被分配给相同的轿厢。除了该考虑，可以使用使AWT最小化的任何实践方法(例如，清空系统方法)。可以使用即时分配模式和重分配模式。

[0077] 即时分配

[0078] 在该模式下，当前乘客h试验性地被分配250给具有边际等候时间(MWT)251的轿厢c

[0079] $$\Delta W_c(h) \doteq W_c(h \mid H_c(t)) + \sum_{g \in H_c(t)} [W_c(g \mid H_c(t) \cup h) - W_c(g \mid H_c(t))], \qquad (4)$$

[0080] 其中，g涉及试验性地被分配给轿厢c的所有乘客。

[0081] 注意，在第一项中忽略将来的乘客。然而，当将来的乘客的边际等候时间被确定为下式时，该分配对将来的乘客 $\breve{h}_{j,i+k}$ 的等候时间有影响

[0082]
$$\Delta W_c(\breve{h}_{j,i+k}) \doteq W_c(\breve{h}_{j,i+k} \mid \breve{H}_{jc}(t_{i+k-1})) + \sum_{g \in \breve{H}_{jc}(t_{i+k-1})} [W_c(g \mid \breve{H}_{jc}(t_{i+k-1}) \cup \breve{h}_{j,i+k}) - W_c(g \mid \breve{H}_{jc}(t_{i+k-1}))],$$

[0083] 其中，$\hat{H}_{jc}(t_{i+k-1})$表示在时间t_{i+k}之前已到达且已经被分配给轿厢c的将来的乘客的集合。

[0084] 随后，当前乘客h试验性地被分配给连续集合$\breve{H}_{jc}(t_{i+k-1})$中的一个，并且人们可以解决已知乘客h与未知的将来乘客$\breve{h}_{j,i+k}$之间的相互影响。

[0085] 与穷举式搜索相比，该分配模式具有相对较低的复杂性，在将来到达的数量上是线性的，但是不必为连续集合中的所有乘客确定最佳分配，因为该模式仅考虑在分配乘客$\breve{h}_{j,i+k}$之前的时间t_{i+k}处已到达的乘客。由于低复杂性，这是本发明的优选实施方式。

[0086] 具有对将来的乘客的重新分配的当前乘客的即时分配

[0087] 该即时分配模式要求对当前乘客的分配被立即进行并且不再被重新考虑。然而，不存在对将来的乘客的这种分配的限制。这至少在原理上使其可以重新考虑分配。然而，这可能导致计算上的显著增加，并且也可能不对应于执行调度的方式。

[0088] 例如，假设n个连续集合中的一个在将来实际发生，即使这并不是非常可能的，但也不是不可能的。在这种情况下，在即时模式下执行针对请求的分配，并且不允许重新分配。因此，如果已在重新分配模式下确定了良好的划分，那么在即时分配模式下该划分可能被丢失，并且这是为何当调度将来的乘客时重新分配或许不应被使用的原因。

[0089] 重新分配模式

[0090] 当计算上有效的过程可被用于确定乘客的整个连续集合的最佳分配时，其也可以被有效地用于对扩展的连续集合$\breve{H}_j(t)$(在计算时间上具有相关联的增加)的蒙特卡罗估计。

[0091] 无论使用哪种模式，蒙特卡罗调度方法以滚动时域(rolling horizon)方式来操作。在乘客h_i在时间t_i已被(暂时或永久)分配之后，使用n个集合$\breve{H}_j(t_i)$，当下一乘客h_{i+1}在时间t_{i+1}到达时，从信息矢量$I(t_{i+1})$生成新的连续集合$\breve{H}_j(t_{i+1})$。

[0092] 根据感测信息的类型，对于信息矢量I(t)的格式而言，多个选项是可能的。可以被用于生成蒙特卡罗连续集合的一般格式独立于传感器。该格式是随机过程的矩阵，为每对起始和目的地楼层指定到达过程。

[0093] 时变(time dependent)的泊松过程

[0094] 在其最简形式中，在时间t处可用的信息I(t)包括针对每个楼层i的到达率$\lambda_i(t)$的最近估计。这些估计可以通过使用传感器151估计在特定楼层处登上轿厢的人数来获得。传感器可以是电梯中的重力传感器、电梯门处的运动传感器或查看该门的摄像机。为了获

得针对多对起始-目标楼层的到达率$\lambda_{ij}(t)$，也可以从传感器统计和迭代比例拟合来确定登载率。在已确定到达率$\lambda_{ij}(t)$并且到达过程被假设为具有泊松分布300之后，则可以从任何起始时间301为由针对连续集合的泊松变量表征的将来的乘客的到达率生成概率分布120，如图3所示。

[0095] 使用连续集合调度乘客

[0096] 图4是根据本发明的实施方式的具有两个连续集合401-402的预测群电梯调度的示意图。应当理解，可以存在任何数量个连续集合。在图4中，到达时间t 410向下运行。该时间被分割为针对请求已被服务的乘客的时间间隔411、针对具有尚未被服务的分配的乘客的时间间隔412、当前时间413和将来的时间间隔415。实线的上(UP)421和下(DOWN)422符号指示由已到达的乘客做出的请求，并且虚线符号431和432指示将来的乘客的潜在请求。字母A 441和B 442表示轿厢(在该情况下为两个)。在时间间隔411中，对轿厢的连续选择被布置为决策树。在将来的时间间隔415期间，优选在即时分配模式下满足请求。

[0097] 针对当前乘客请求450的每个试验性分配(在该情况下，分配到轿厢A或轿厢B)计算所有连续集合的AWT，并且随后使用具有最短AWT的轿厢选择对在当前时间413处的当前乘客请求450进行分配。换言之，针对当前时间点处可用的所有可能选项(轿厢)，调度器比较现有乘客和可能的将来乘客集合将等候多长时间。多个数量的连续确保该计算考虑乘客到达流的更多可能的将来实现(源自将来的到达的不确定性)，而不是仅考虑一种。

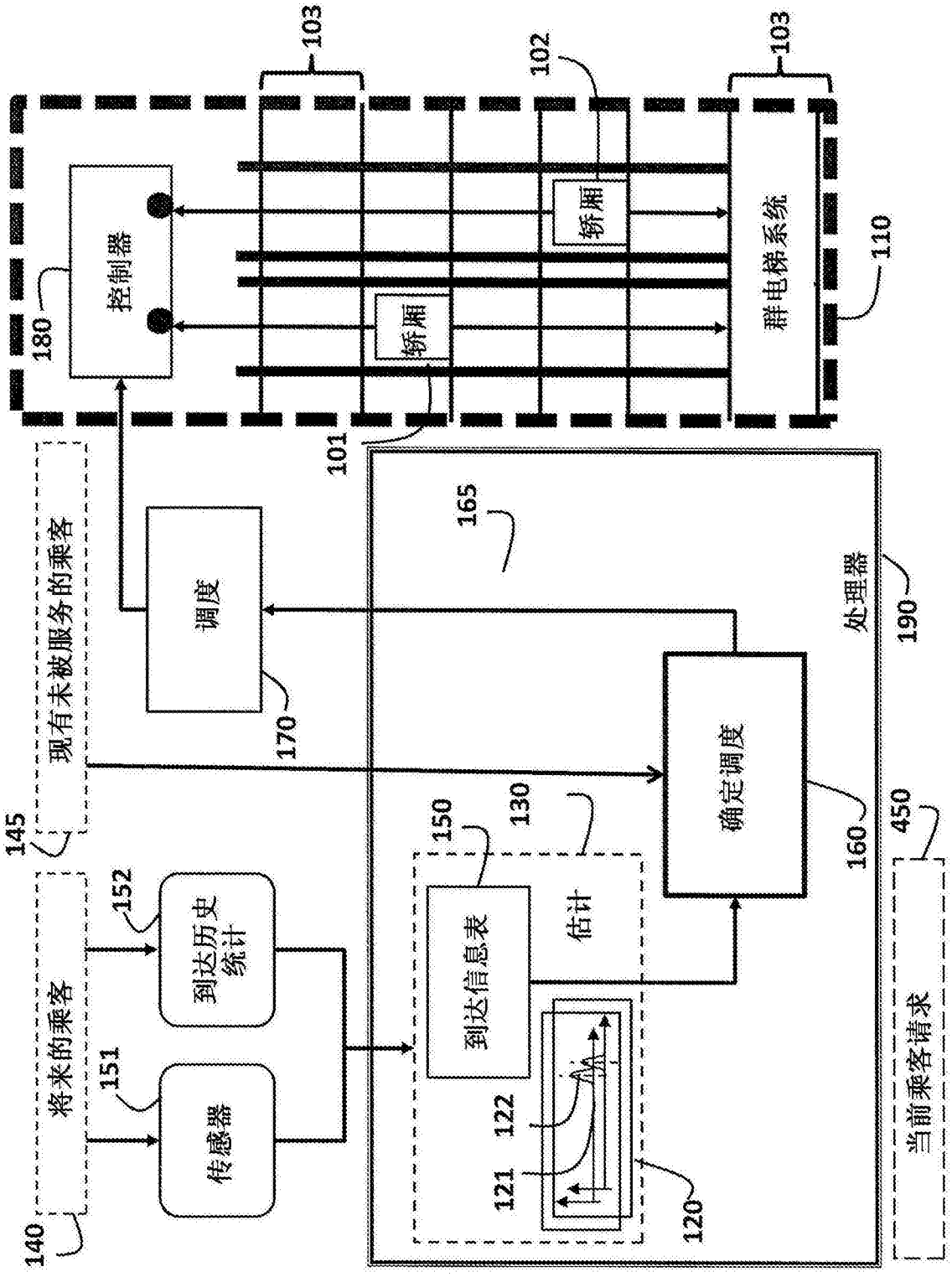

103
102
103
控制器
180
轿厢
轿厢
群电梯系统
110
101
165
调度
170
处理器
190
现有未被服务的乘客
145
确定调度
160
450
150
130
到达信息表
估计
将来的乘客
152
到达历史统计
151
传感器
140
122
121
120
当前乘客请求

图1A

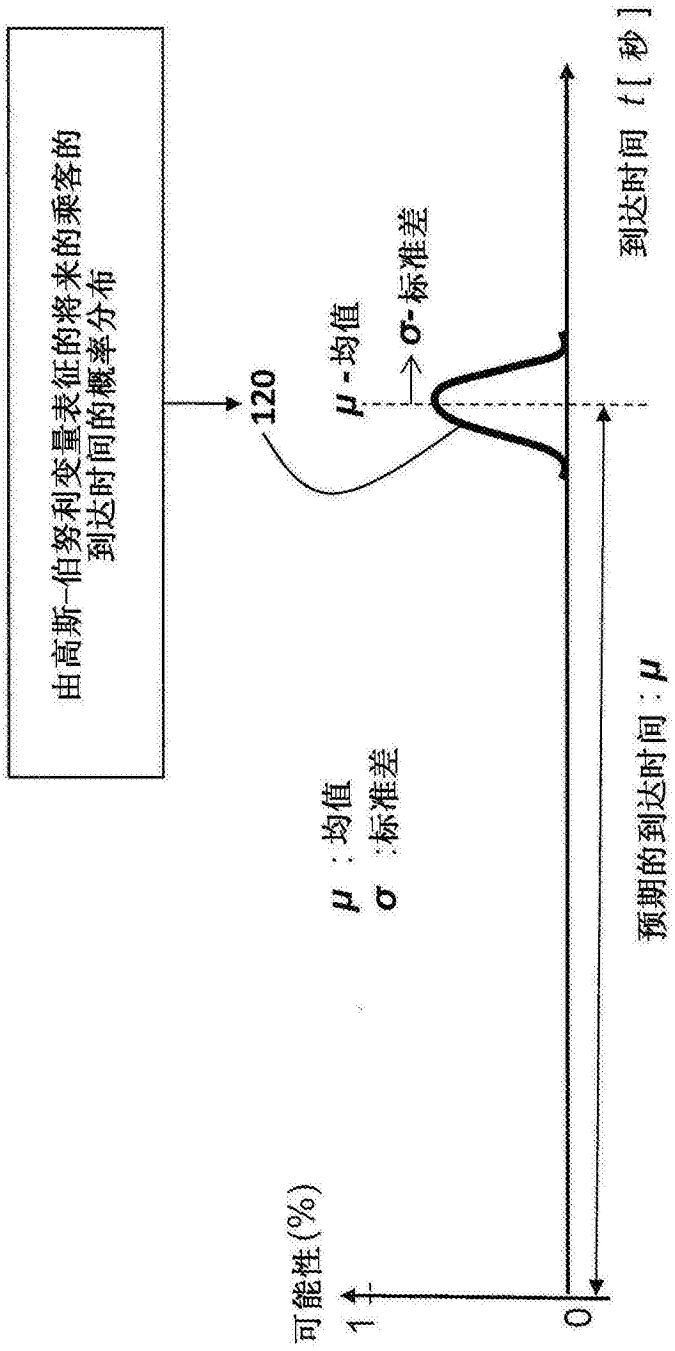

由高斯-伯努利变量表征的将来的乘客的到达时间的概率分布
120
μ-均值
σ-标准差
到达时间 t[秒]
μ :均值
σ :标准差
预期的到达时间 : μ
可能性(%)
1
0

图1B

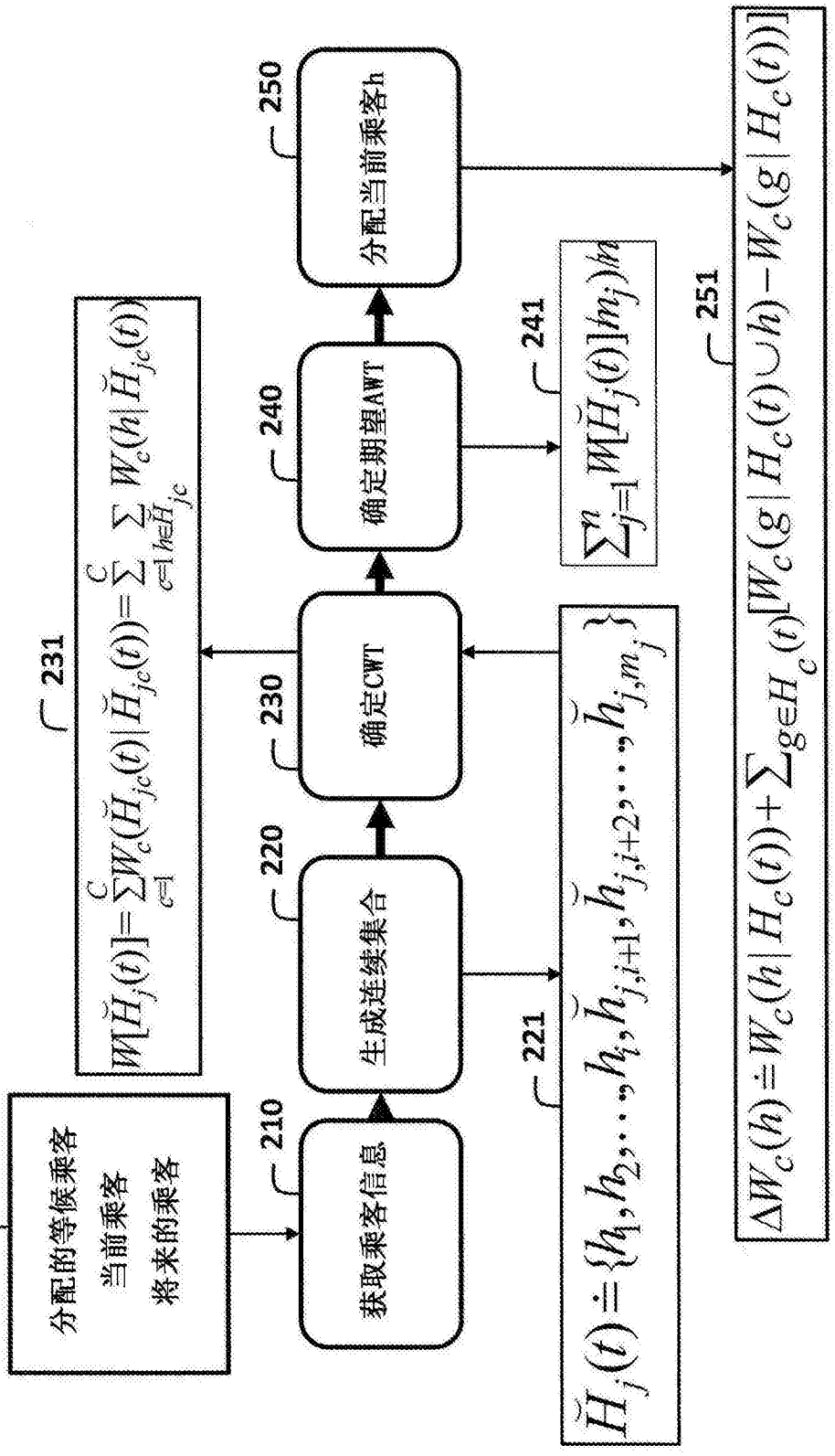

211
分配的等候乘客
当前乘客
将来的乘客
210
获取乘客信息
220
生成连续集合
230
确定CWT
240
确定期望AWT
250
分配当前乘客h
221
231
241
251

图2

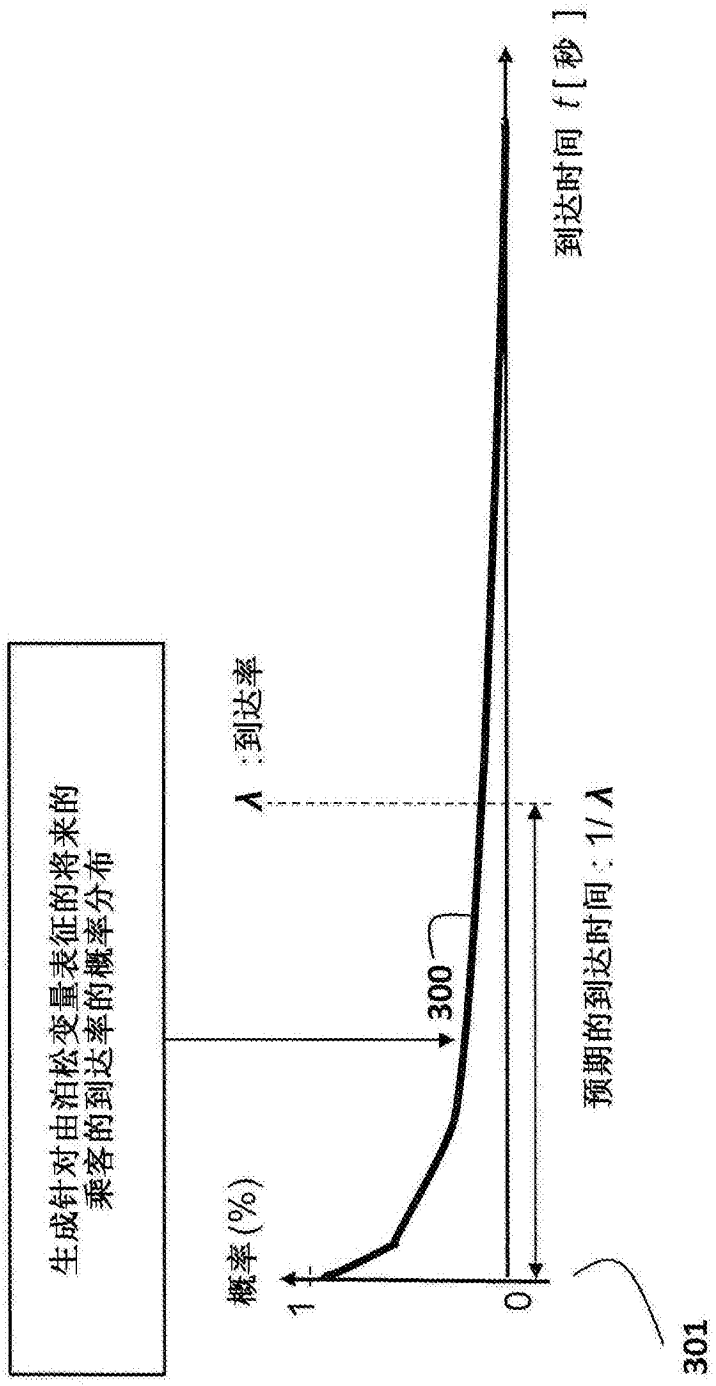

生成针对由泊松变量表征的将来的
乘客的到达率的概率分布
λ :到达率
300
概率(%)
1
0
预期的到达时间 : 1/λ
到达时间 t [秒]
301

图3

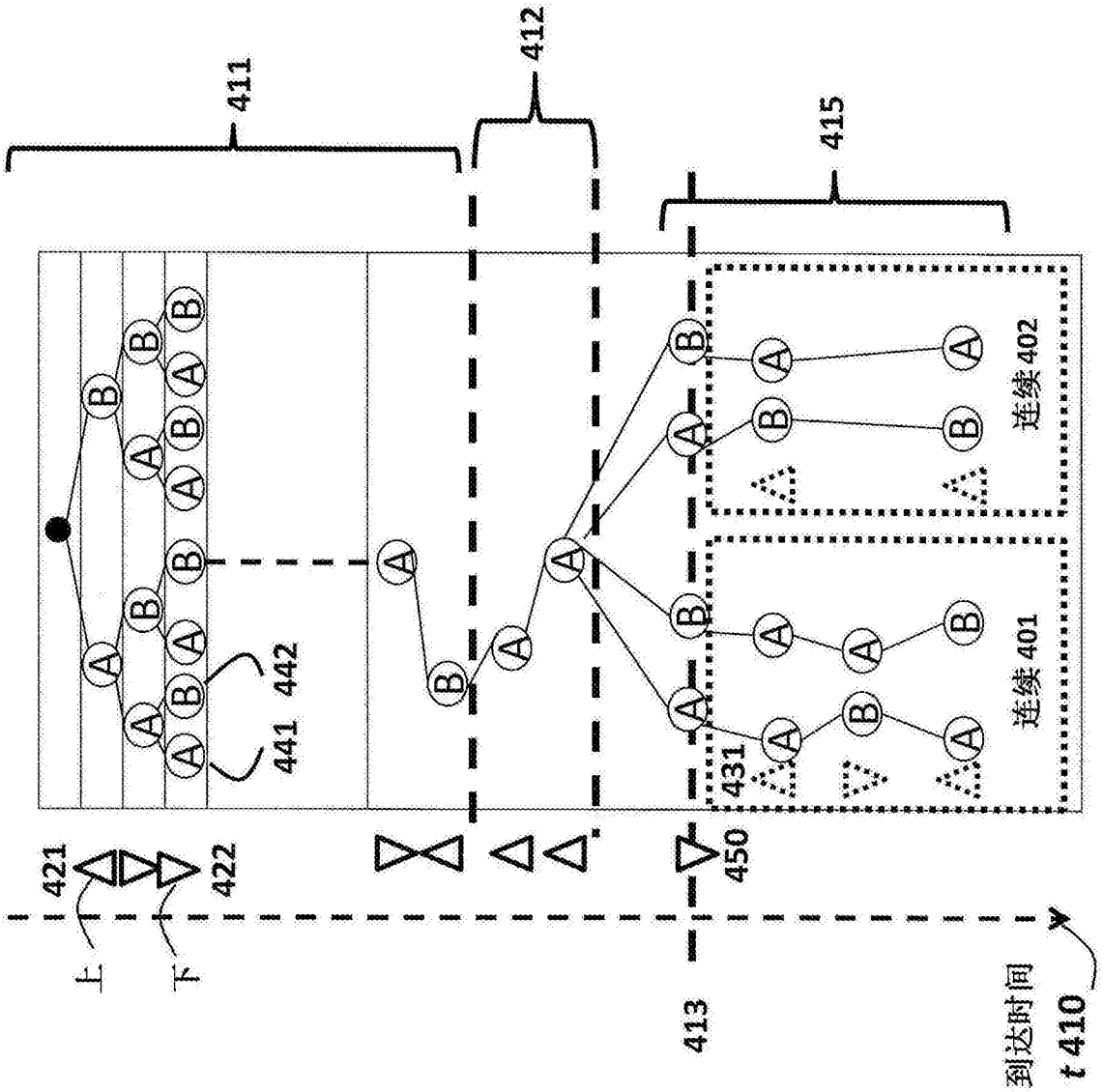

411
412
415
连续 402
连续 401
441
442
431
421
422
450
413
上
下
到达时间
t 410

图4