



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106846920 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(21)申请号 201710052588.9

(22)申请日 2017.01.24

(71)申请人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(72)发明人 卢朝阳 杨昱昕 沈志远 孙樊荣

(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所
(普通合伙) 32249

代理人 严巧巧

(51) Int. Cl.

G08G 5/00(2006.01)

G08G 5/04(2006.01)

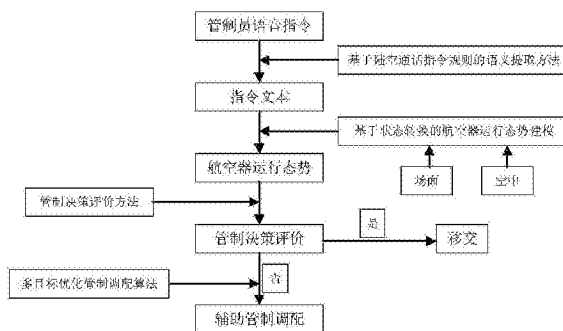
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种基于自然语义提取的空管辅助决策方法

(57)摘要

本发明通过利用日渐成熟的语音识别技术,对管制员的语音指令进行自然语义提取;再结合理论与管制实际提出基于语音识别的管制决策合理性评价方法,根据识别提取出的管制指令确定航空器的运行态势,并根据运行态势分析管制指令的合理性;最后当分析出管制员发布了不合理管制决策时,对其告警并辅助管制员发布调配指令,尽量避免因此产生的不安全事件。从而充分保障高密度交通流量下的空中交通运行安全和效率。



1. 一种基于自然语音提取的空管辅助决策方法,其特征在于:包括自然语义提取模块、空管决策分析模块、空管辅助调配模块;

所述自然语义提取模块中内嵌有语音识别数据库,通过基于陆空通话指令规则的语义提取方法对管制员通话过程中的管制指令进行提取并发送给空管决策分析模块;

所述空管决策分析模块通过接受管制指令,结合航空器运动方程建立航空器运行态势模型,预测航空器在该管制指令下的运行态势包括航空器的运行高度、速度和航向,结合管制指令评价指标和所预测的航空器的运行态势判断对应的管制指令是否合理,若合理则将管制指令发送给航空器,若不合理则触发空管辅助调配模块运行;

所述空管辅助调配模块根据动态路径规划算法提供动态最优路径并发送管制员,管制员根据接收到的动态最优路径发送相应的管制指令给航空器。

2. 根据权利要求1所述的基于自然语音提取的空管辅助决策方法,其特征在于:所述语义提取方法如下:将管制员的语音录入并转化成文本,使用PHP语言中PCRE库提供的正则表达式preg_match函数将文本按照陆空通话句式结构进行关键词的匹配,若匹配成功则获得管制指令。

3. 根据权利要求1所述的基于自然语音提取的空管辅助决策方法,其特征在于:所述管制指令评价指标如下:

- (1) 当前管制指令能避免造成航空器运行冲突;
- (2) 当前管制指令能保证航路运行的通畅;
- (3) 当前管制指令能保证终端扇区交通流量的均匀分布;

若上述3条评价结果均满足,则认定当前管制指令合理,否则认定当前管制指令不合理。

4. 根据权利要求1所述的基于自然语音提取的空管辅助决策方法,其特征在于:对于空中运行航空器所对应的航空器运行态势模型按照如下方法建立:建立笛卡尔空间直角坐标系,根据牛顿运动定理综合航空器受力、航空器加速度、航空器速度以及航空器在笛卡尔空间直角坐标系中的初始位置,获得航空器运动方程;通过航空器初始位置、航空器运动方程以及航空器当前状态,预测航空器的位置,并将预测出的航空器的位置用航迹点标示在笛卡尔空间直角坐标系中,对航迹点进行直线拟合并获得如下表达式:

$$f(a,b) = \sum_{i=1}^N (z_i - at_i - b)^2$$

$$g(a,b,c) = \sum_{i=1}^N (v_i - a(t_i - b)^2 - c)^2$$

其中,

a为拟合直线的斜率;b,c为拟合直线的截距;N为拟合直线上航迹点总数; z_i 为航迹点i处的飞行高度; v_i 为航迹点的飞行速度; t_i 为航迹点i处对应的时间;

根据上述表达式f(a,b)判断航空器飞行高度的变化为水平、上升和下降其中的一种:若a的值大于0表示航空器呈上升状态;若a=0表示航空器呈完全水平状态;若a的值小于0表示航空器呈下降状态;

根据上述表达式g(a,b,c)判断航空器飞行速度的变化为加速、匀速和减速其中的一

种:当 a 、 b 、 c 全大于0时表示航空器呈加速状态;当 a 、 b 小于0且 c 大于0时表示航空器呈减速状态;当 a 等于0时航空器呈匀速飞行状态;

航空器航向由管制指令中的航向角指令直接获得。

5. 根据权利要求1所述的基于自然语音提取的空管辅助决策方法,其特征在于:对于场面航空器所对应的航空器运行态势模型按照如下建立:利用节点-路段建立场面交通系统网络模型,其中对于滑行道交叉口区域采用虚拟节点和实际节点进行描述:对于滑行道交叉口,以相交叉区域道路的中线交点作为虚拟节点并作为该交叉口区域整体描述,以交叉口区域实际滑行路线的交点作为实际节点,将各实际节点以及对应所形成的滑行路线作为该交叉口区域的细化描述;在上述场面交通系统网络模型中,设定航空器在直线路段或转弯路段的滑行速度恒定;航向为滑行路径;高度恒定不变。

6. 根据权利要求1所述的基于自然语音提取的空管辅助决策方法,其特征在于:所述空管辅助调配模块在静态路径规划算法所用航空器运行系统模型的基础上,若不合理管制指令会造成运行冲突,则根据冲突区域地理位置以及冲突出现时间,在交通态势数据库中将与上述冲突相关的区域、航路信息进行标注;接着在静态路径规划算法所提供的备选路径的基础上按照设定的如下优化目标进行动态路径规划:

(1)、优先满足对于经过冲突区域的航班,其占用冲突区域的时间窗发生重叠的次数最少;

(2)、其次满足所有航空器在单位时间内到达指定地点的运行时间最短;

将获得的规划结果作为动态最优路径。

一种基于自然语义提取的空管辅助决策方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种空管领域,尤其涉及一种自动化空管辅助决策方法。

背景技术

[0002] 航空业务量的持续高速增长为航空运输系统带来了巨大的运行和管理压力,航班延误和机场拥堵现象日益严重,带来了经济、社会及环境等的多重负面影响。整个航空运输系统承载的空中交通压力不断增加。

[0003] 在大型繁忙的机场,航空器起降频繁,地面滑行路径复杂,极易发生场面安全事故。场面安全事故的发生有很多因素,包括机场构造的复杂性、航空器运行路径、机场终端区的交通流量、管制员和飞行员之间的错误通信、管制员和飞行员之间的执行和判断错误等。据统计,最严重的场面安全事故中有超过1/3是空管人员的失误造成的,主要集中在管制员的决策错误。这就需要采取有效措施减少管制员的决策失误从而保障机场运行安全。在大交通流的航路或终端扇区中,为了保障飞行的安全和高效,飞行冲突探测在空中交通管理系统中的地位也越来越重要。而由于高空中管制员无法对航空器进行有效监控,因此存在着诸多不确定性,流量的大幅增加也就给管制员的工作带来了极大的负荷。所以以判断管制决策合理性为基础的飞行冲突探测方法的研究具有重要的意义。

发明内容

[0004] 发明目的:基于现有技术的不足,本发明提供一种自动化的管制辅助决策方法,用于解决管制员发生决策错误的技术问题。

[0005] 技术方案:

[0006] 一种基于自然语音提取的空管辅助决策方法,包括自然语义提取模块、空管决策分析模块、空管辅助调配模块;

[0007] 所述自然语义提取模块中内嵌有语音识别数据库,通过基于陆空通话指令规则的语义提取方法对管制员通话过程中的管制指令进行提取并发送给空管决策分析模块;

[0008] 所述空管决策分析模块通过接受管制指令,结合航空器运动方程建立航空器运行态势模型,预测航空器在该管制指令下的运行态势包括航空器的运行高度、速度和航向,结合管制指令评价指标和所预测的航空器的运行态势判断对应的管制指令是否合理,若合理则将管制指令发送给航空器,若不合理则触发空管辅助调配模块运行;

[0009] 所述空管辅助调配模块根据动态路径规划算法提供动态最优路径并发送管制员,管制员根据接收到的动态最优路径发送相应的管制指令给航空器。

[0010] 本发明在评价管制员所发布管制指令合理性的基础上,还实现了管制辅助决策的实时自动化。自然语义提取模块,通过利用日渐成熟的语音识别技术,对管制员的语音指令进行自然语义提取;空管决策分析模块,结合理论与管制实际提出基于语音识别的管制决策合理性评价方法,根据识别提取出的管制指令确定航空器的运行态势,并根据运行态势分析管制指令的合理性;空管辅助调配算法模块,在分析出管制员发布了不合理管制决策

时,对其告警并辅助管制员发布调配指令,尽量避免因此产生的不安全事件;最后根据前文的研究内容和方法,设计基于自然语义提取的管制辅助决策系统。从而充分保障高密度交通流量下的空中交通运行安全和效率。

[0011] 进一步的,在本发明中,所述语义提取方法如下:将管制员的语音录入并转化成文本,使用PHP语言中PCRE库提供的正则表达式preg_match函数将文本按照陆空通话句式结构进行关键词的匹配,若匹配成功则获得管制指令。

[0012] 进一步的,在本发明中,所述管制指令评价指标如下:

[0013] (1) 当前管制指令能避免造成航空器运行冲突;

[0014] (2) 当前管制指令能保证航路运行的通畅;

[0015] (3) 当前管制指令能保证终端扇区交通流量的均匀分布;

[0016] 上述指标按照民航规章中的要求进行具体量化判断,若上述3条评价结果均满足,则认定当前管制指令合理,否则认定当前管制指令不合理。

[0017] 进一步的,在本发明中,对于空中运行航空器所对应的航空器运行态势模型按照如下方法建立:建立笛卡尔空间直角坐标系,根据牛顿运动定理综合航空器受力、航空器加速度、航空器速度以及航空器在笛卡尔空间直角坐标系中的初始位置,获得航空器运动方程;通过航空器初始位置、航空器运动方程以及航空器当前状态,预测航空器的位置,并将预测出的航空器的位置用航迹点标示在笛卡尔空间直角坐标系中,上述预测方法可通过编程实现,属于现有技术,对航迹点进行直线拟合并获得如下表达式:

$$[0018] \quad f(a,b) = \sum_{i=1}^N (z_i - at_i - b)^2$$

$$[0019] \quad g(a,b,c) = \sum_{i=1}^N (v_i - a(t_i - b)^2 - c)^2$$

[0020] 其中,

[0021] a为拟合直线的斜率;b,c为拟合直线的截距;N为拟合直线上航迹点总数; z_i 为航迹点i处的飞行高度; v_i 为航迹点的飞行速度; t_i 为航迹点i处对应的时间;

[0022] 根据上述表达式f(a,b)判断航空器飞行高度的变化为水平、上升和下降其中的一种:若a的值大于0表示航空器呈上升状态;若a=0表示航空器呈完全水平状态;若a的值小于0表示航空器呈下降状态;

[0023] 根据上述表达式g(a,b,c)判断航空器飞行速度的变化为加速、匀速和减速其中的一种:当a、b、c全大于0时表示航空器呈加速状态;当a、b小于0且c大于0时表示航空器呈减速状态;a等于0时航空器呈匀速飞行状态;

[0024] 航空器航向由管制指令中的航向角指令直接获得。

[0025] 进一步的,在本发明中,对于场面航空器所对应的航空器运行态势模型按照如下建立:利用节点-路段建立场面交通系统网络模型,其中对于滑行道交叉口区域采用虚拟节点和实际节点进行描述:对于滑行道交叉口,以相交叉区域道路的中线交点作为虚拟节点并作为该交叉口区域整体描述,以交叉口区域实际滑行路线的交点作为实际节点,将各实际节点以及对应所形成的滑行路线作为该交叉口区域的细化描述;对于跑道交叉口,以相交叉区域道路的中线交点作为跑道虚拟节点并作为该交叉口区域的描述;在上述场面交通系统网络模型中,设定航空器在直线路段或转弯路段的滑行速度恒定且符合民航局规定,

一般取直线滑行速度20节,转弯滑行速度10节;航向为滑行路径,具体通过滑行路径上经过的实际节点串联而成;高度恒定不变,因此不需要考虑高度因素。

[0026] 进一步的,在本发明中,所述空管辅助调配模块在静态路径规划算法所用航空器运行系统模型的基础上,若不合理管制指令会造成运行冲突,则根据冲突区域地理位置以及冲突出现时间,在交通态势数据库中将上述冲突相关的区域、航路信息进行标注;接着在静态路径规划算法所提供的备选路径的基础上按照设定的如下优化目标进行动态路径规划:

[0027] (1)、优先满足对于经过冲突区域的航班,其占用冲突区域的时间窗发生重叠的次数最少;

[0028] (2)、其次满足所有航空器在单位时间内到达指定地点的运行时间最短;

[0029] 将获得的规划结果作为动态最优路径。

[0030] 有益效果:

[0031] 本发明将日渐完善的语音识别技术应用于空中交通管制指挥自动化系统研究中,构建了基于陆空通话规则的自然语义提取方法,能够准确的按照一定格式从管制员语音中提取管制指令;结合空中交通管理模式与管制员指挥工作调研所提出的管制决策评价方法,较为准确的反映一条管制指令的科学与否,当前管制工作的高效与否;本发明所提出的动态管制调配方法可在探测出管制指令不合理的第一时间进行告警并自动为管制员提供最优的调配指令,避免不合理指令所产生的不良后果。

附图说明

[0032] 图1为本发明的总体流程示意图;

[0033] 图2为进行语音识别的流程示意图;

[0034] 图3为基于陆空通话指令规则的自然语义提取流程示意图;

[0035] 图4为航空器飞行态势模型示意图;

[0036] 图5为航空器空中运行态势模型示意图;

[0037] 图6为航空器场面运行态势模型示意图。

具体实施方式

[0038] 下面结合附图对本发明做更进一步的解释。

[0039] 本发明的基于自然语义识别的空管辅助决策方法,如图1所示,包括自然语义提取模块、空管决策分析模块、空管辅助调配算法模块。以下对各个部分的具体实施方式分别进行详细的描述。

[0040] 自然语义提取模块

[0041] 自然语义提取模块是将管制员发布的语音指令转化为文字,并按照陆空通话规则以一定格式提取管制员语音中的指令信息。

[0042] 如图2和图3所示,其具体实施方案如下:

[0043] 首先是,在PC端联网登录到服务器端后,根据设置好的参数,开始录音。经过设定的录音时间后,程序不断读取录入的语音信息记录到音频文件,然后将音频文件发送至服务器端,短暂延迟后,将接收到的服务器端返回的识别结果显示在命令窗口中并且写入文

本文件。识别结果的准确度主要取决于发音的清晰度、环境噪音的影响,除此之外,说话的语速过快也会影响识别的准确率,可以通过提高程序中的音频采样率来适应不同人的不同语速,本程序中的音频采样率设置为16KHz,已经能够识别大多数人的正常说话语速。

[0044] 然后是,使用PHP语言中PCRE库提供的正则表达式preg_match函数将文发明按照陆空通话句式结构进行关键词的匹配,若匹配成功则获得管制指令。

[0045] preg_match函数介绍如下:

[0046] 函数原型:int preg_match(string\$pattern,string\$content[,array\$matches])

[0047] preg_match函数在\$content字符串中搜索与\$pattern给出的正则表达式相匹配的内容。如果提供了\$matches,则将匹配结果放入其中。\$matches[0]将包含与整个模式匹配的文本,\$matches将包含第一个捕获的与括号中的模式单元所匹配的内容,以此类推。该函数只作一次匹配,最终返回0或1的匹配结果数。

[0048] 以航路管制指挥背景下的语义提取方法为例:针对航路上的航空器的管制指令结构主要为:航班号+高度+航向+速度+从X点+进入航路Y+高度上升/下降+到Z

[0049] 上述语法中,每一项均进行规则匹配识别,匹配成功返回符合匹配规则的结果,匹配失败返回NULL。各项的含义见下面说明。

[0050] (1) 航班号由航空公司的缩写加上4位阿拉伯数字表示。

[0051] (2) 高度根据飞行基本规则划定的飞行高度层来进行分配。

[0052] (3) 航向是指从所取基准线(磁北或真北经线)北端沿顺时针方向至飞行器纵轴在水平面上的投影间的夹角,取值是0-359°。

[0053] (4) 速度是指飞行器水平飞行速度,一般用马赫数来表示,即飞行器速度与音速的比值。

[0054] (5) 从X点进入航路Y中的X、Y是变量,Y用于表示管制员所管制的空域中的航路代号,航路代号使用字母前缀加数字来表示,部分航路代号还有字幕后缀;X用于表示进行航路的切入点。

[0055] (6) 高度上升/下降到Z表示管制员要求飞行器改变飞行高度层,Z为上升/下降后的飞行高度层。

[0056] 空管决策分析模块

[0057] 空管决策分析模块是根据语音识别提取的管制指令,结合航空器运动方程建立航空器运行态势模型。然后根据实际调研建立评价管制指令合理性的管制决策评价方法,不合理的管制决策会导致诸如航空器的运行冲突、航路运行的拥堵、终端扇区交通流量分配不均等问题。依据该评价方法分析航空器运行态势模型,进行管制指令不合理性探测。

[0058] 如图4所示,航空器飞行态势模型构建方法如下:

[0059] 航空器飞行态势可大致分为以下三类:

[0060] 1) 飞行高度态势。分为水平飞行状态和上升、下降飞行状态3种状态。

[0061] 2) 飞行速度态势。分为加速飞行状态、匀速飞行状态和减速飞行状态3种状态。

[0062] 3) 飞行方向态势。分为直线飞行状态和转弯飞行状态2种状态

[0063] 民用航空器在航路飞行阶段是按照高度层飞行的,我国实施的是缩小垂直间隔(Reduced Vertical Separation Minimum,RVSM)标准,即8400m以下同向航路的垂直间隔

为600m。由于空中交通管制等因素的影响,航空器在飞行过程中经常需要向上或向下穿越到另一个高度层,以免发生飞行冲突。

[0064] 如图5所示,对于空中运行航空器所对应的航空器运行态势模型按照如下方法建立:建立笛卡尔空间直角坐标系,它的定义是:将原点选择在大地上某个位置点;X轴处于水平面内,方向指向正右方向;Y轴也处于水平面内,方向指向正前方向;Z轴处于垂直面内,方向指向正方向向上。根据牛顿运动定理综合航空器受力、航空器加速度、航空器速度以及航空器在笛卡尔空间直角坐标系中的初始位置,获得航空器运动方程;通过航空器初始位置、航空器运动方程以及航空器当前状态,预测航空器的位置,并将预测出的航空器的位置用航迹点标示在笛卡尔空间直角坐标系中,对航迹点进行直线拟合并获得如下表达式:

$$[0065] \quad f(a,b) = \sum_{i=1}^N (z_i - at_i - b)^2$$

$$[0066] \quad g(a,b,c) = \sum_{i=1}^N (v_i - a(t_i - b)^2 - c)^2$$

[0067] 其中,

[0068] a为拟合直线的斜率;b,c为拟合直线的截距;N为拟合直线上航迹点总数; z_i 为航迹点i处的飞行高度; v_i 为航迹点的飞行速度; t_i 为航迹点i处对应的时间;

[0069] 本发明根据航空器在不同高度层的穿越情况,定义了上升、平飞、下降三种飞行状态,并利用直线拟合的方法判定航空器飞行高度的变化。根据上述表达式 $f(a,b)$ 判断航空器飞行高度的变化为水平、上升和下降其中的一种:若a的值大于0表示航空器呈上升状态;若a=0表示航空器呈完全水平状态;若a的值小于0表示航空器呈下降状态;

[0070] 飞行速度是判断航空器之间是否会产生冲突的重要指标。由于沿航路飞行时,航空器的飞行高度一般在3000m以上,经常受到天气以及空中交通管制的影响,航空器的速度通常呈现出特定的变化趋势。根据上述表达式 $g(a,b,c)$ 判断航空器飞行速度的变化为加速、匀速和减速其中的一种:当a、b、c全大于0时表示航空器呈加速状态;当a、b小于0,c大于0时表示航空器呈减速状态;a等于0时航空器呈匀速飞行状态;

[0071] 航空器航向由管制指令中的航向角指令直接获得。

[0072] 如图6所示,对于场面航空器所对应的航空器运行态势模型按照如下建立:利用节点-路段建立场面交通系统网络模型,与传统的节点-路段模型不同的是,其中对于滑行道交叉口区域采用虚拟节点和实际节点进行描述:例如对于滑行道交叉口 A_1 ,以相交叉区域道路的中线交点 V_1 作为虚拟节点并作为该交叉口区域整体描述,以交叉口区域实际滑行路线的交点 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 作为实际节点,将各实际节点以及对应所形成的滑行路线作为该交叉口区域的细化描述;在上述场面交通系统网络模型中,由于航空器的跑道占用时间较短,因此本发明仍采用单一节点来描述跑道交叉口,将这些抽象类节点分别称为跑道虚拟节点;设定航空器在直线路段或转弯路段的滑行速度恒定且符合民航局规定,一般取直线滑行速度20节,转弯滑行速度10节;航向为滑行路径,具体通过滑行路径上经过的实际节点串联而成;高度恒定不变,因此不需要考虑高度因素。

[0073] 空管辅助调配算法模块

[0074] 所述空管辅助调配模块在静态路径规划算法所用航空器运行系统模型的基础上,若不合理管制指令会造成运行冲突,则根据冲突区域地理位置以及冲突出现时间,在交通

态势数据库中将上述冲突相关的区域、航路信息进行标注；接着在静态路径规划算法所提供的备选路径的基础上按照设定的如下优化目标进行动态路径规划：

[0075] (1)、优先满足对于经过冲突区域的航班，其占用冲突区域的时间窗发生重叠的次数最少；

[0076] (2)、其次满足所有航空器在单位时间内到达指定地点的运行时间最短；

[0077] 将获得的规划结果作为动态最优路径。

[0078] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

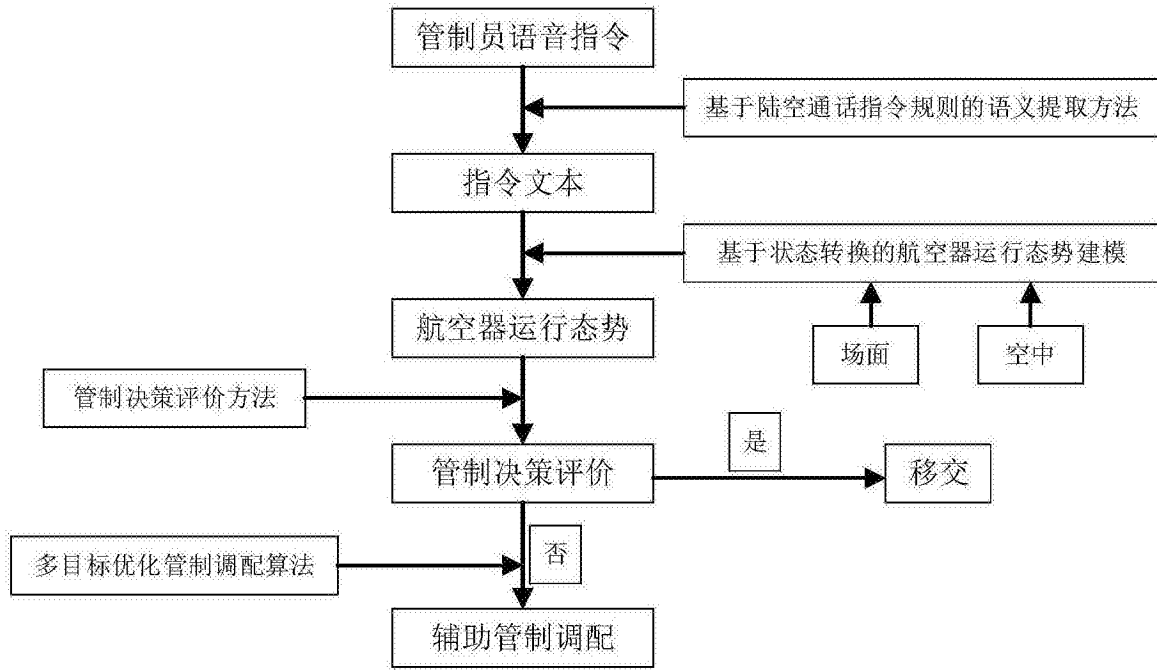


图1

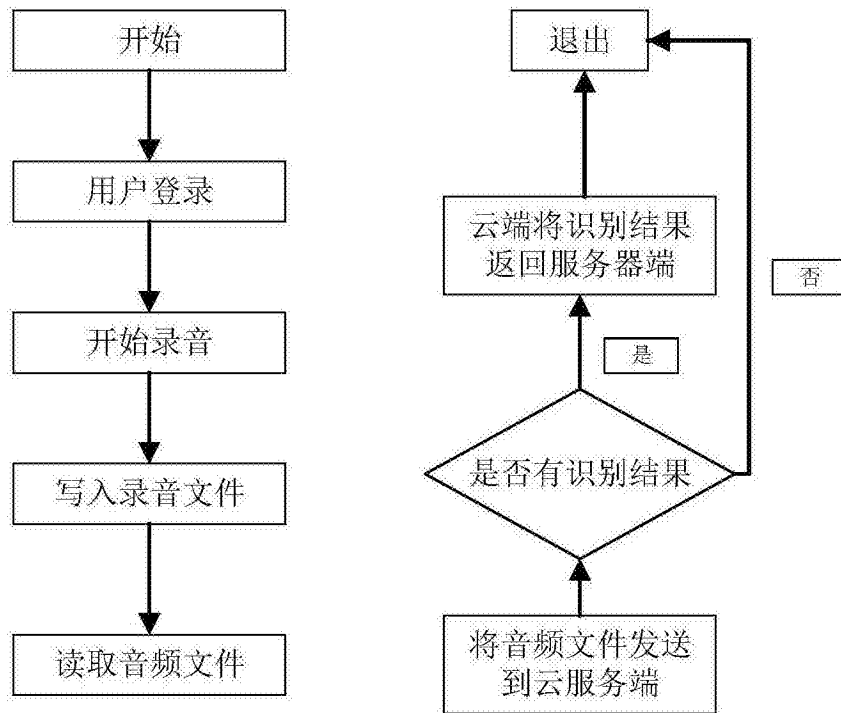


图2

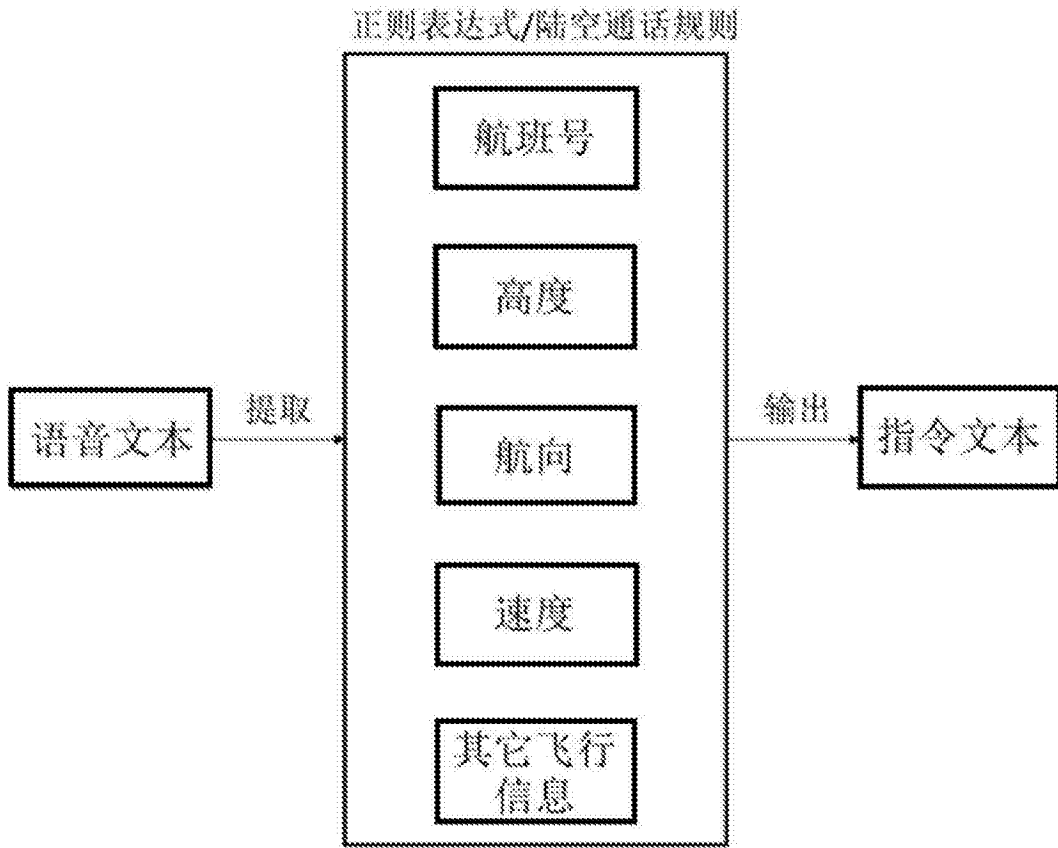


图3

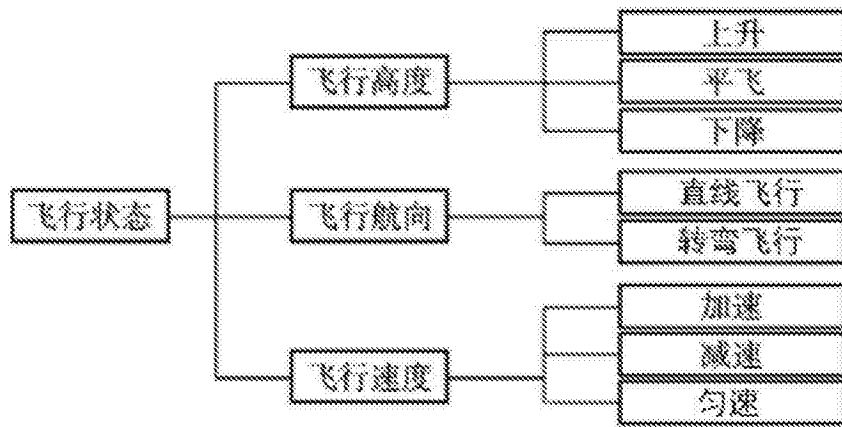


图4

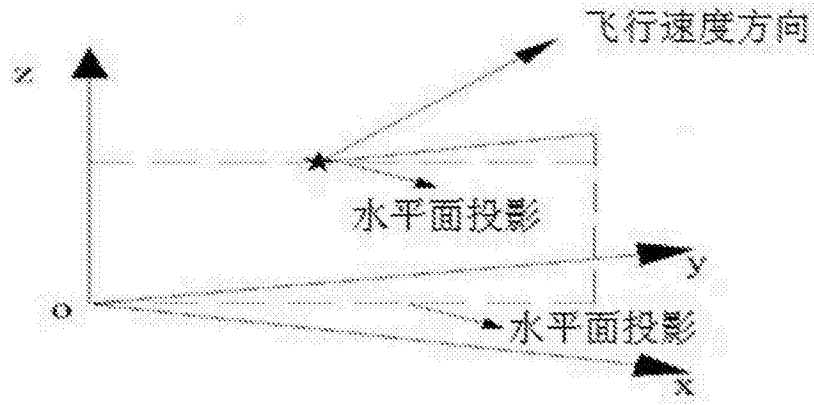


图5

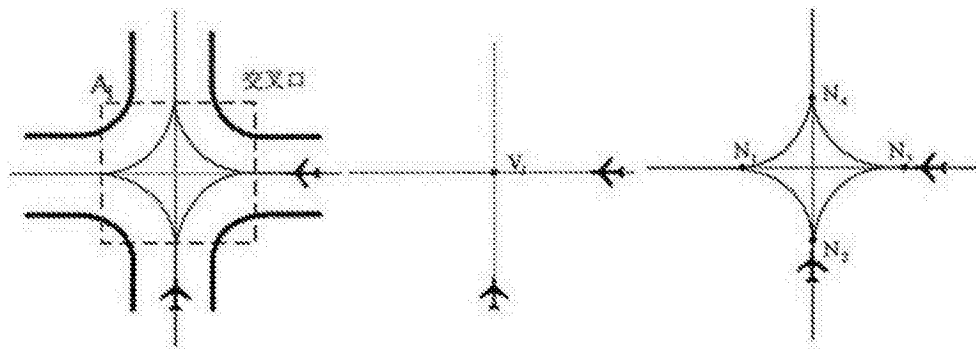


图6