

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01Q 3/26

H01Q 1/28 H01Q 1/24

H04B 7/185 H04Q 7/36



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99803618.8

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1143409C

[22] 申请日 1999.3.3 [21] 申请号 99803618.8

[30] 优先权

[32] 1998.3.3 [33] US [31] 60/076,666

[32] 1998.3.3 [33] US [31] 60/076,610

[32] 1999.1.8 [33] US [31] 09/227,371

[86] 国际申请 PCT/US99/04769 1999.3.3

[87] 国际公布 WO99/45609 英 1999.9.10

[85] 进入国家阶段日期 2000.9.4

[71] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 J·A·F·罗斯

J·E·赫尔舍伊

R·A·科尔科斯基

N·M·W·阿尔-达希尔

审查员 徐 刚

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

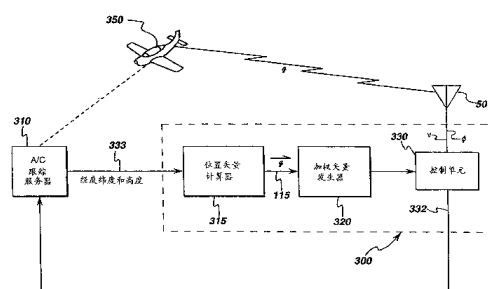
代理人 王 勇 陈景峻

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称 用于引导自适应天线阵列的系统和方法

[57] 摘要

用于将一个自适应天线阵列的接收波瓣引导指向一个飞行中的飞行器的一种系统包括一个飞行器位置矢量计算器和一个天线加权矢量发生器。飞行器位置矢量计算器从一个飞行器跟踪服务器接收飞行器位置信息并根据它接收的该飞行器的位置信息计算飞行器位置矢量 g 。天线加权矢量发生器从该飞行器位置矢量计算器接收该飞行器位置矢量 g 并根据该飞行器位置矢量 g 产生天线单元加权矢量 W 。天线加权矢量 W 加到一个自适应天线阵列的单元,以引导该阵列的接收波瓣指向一个飞行中的飞行器。



1. 一种用于引导自适应天线阵列的一接收波瓣指向一飞行中的飞行器的系统包括:

5 一个位置矢量计算器, 用于从一个飞行器跟踪服务器接收位置信息, 并根据所说位置信息计算位置矢量 g ;

一个天线加权矢量发生器, 适合于从所说位置矢量计算器接收所说位置矢量 g , 并根据所说位置矢量 g 产生天线单元加权矢量 w ; 以及

10 一个自适应天线阵列, 包括多个天线单元, 这些单元适合于接收所说天线单元加权矢量 w , 并按照所说加权矢量 w 调整所说单元的各自的加权, 使得所说自适应天线阵列的一接收波瓣引向所说飞行中的飞行器。

2. 权利要求 1 的系统, 其中所说飞行器位置信息包括所说飞行器的纬度, 经度和高度。

15 3. 权利要求 1 的系统, 其中所说飞行器位置信息是由一个基于因特网的飞行器跟踪服务器提供的。

4. 权利要求 1 的系统, 其中所说天线阵列适合于接收 ISM 频段的射频通信。

20 5. 权利要求 1 的系统, 其中所说位置矢量计算器和所说加权矢量发生器在一个数字信号处理器 (DSP) 上实施。

6. 权利要求 1 的系统, 其中天线阵列包括 M 个阵列单元, 用于接收 ISM 频段的射频能量, 其中第 M_i 个阵列单元的增益正比于加权 w_i 。

7. 一种用于将一个自适应天线阵列的一接收波瓣引向一个飞行中的飞行器的方法包括步骤:

25 提供一个飞行器跟踪服务器并从中得到飞行器位置信息;

根据所说位置信息计算位置矢量 g , 所说飞行器位置矢量 g 代表一个飞行器偏离所说自适应天线阵列的方向;

根据所说位置矢量 g 计算加权矢量 w ; 以及

30 将所说加权矢量 w 提供到所说自适应天线阵列的单元, 使得所说自适应天线阵列的一接收波瓣引向所说飞行器。

用于引导自适应天线阵列的系统和方法

交叉参考相关申请

- 5 本发明要求根据协议申请 60/076,666 (申请日 3/3/98) 和 60/076,610 (申请日 3/3/98) 的优先权, 两者由此均作为参考。

发明背景

- 10 本发明涉及用于射频遥测应用的天线, 特别涉及用于按飞行中的飞行器的方向引导一自适应天线阵列的系统和方法, 以便在飞行中的飞行器和一接收机之间建立射频 (RF) 通信链路。

- 15 在飞行遥测技术中的遇到的一个重要问题涉及频率, 而特别涉及遥测设备能发射 RF 信号的功率。直到由联邦通信委员会 (FCC) 颁布 FCC 规则和细则的 15,247 部分, 飞行器遥测系统首先限制到 VHF 频段 (174-216MHz), 并且仅仅可以工作在低于 0.1 毫瓦 (mw) 的非常低的发射功率 (FCC 部分 15.241)。这种限制发射功率已经明显地限制了飞行器遥测设备的传输范围 (即发射机和接收机之间的最大距离)。

- 20 例如那些用在常规 RF 通信接收机中的有方向性的天线具有前向波瓣或波束, 其代表了接收机最大增益的范围。当这些波束对准信号源方向时, 接收机增益通常最大, 这种天线也有零点, 或最低增益范围, 例如处在其旁边。零点能按它们到达的方向配置对不需的信号起降低灵敏度作用。在这种天线中的波瓣和零点的位置根据安装通常是固定的并不随时间变化。

- 25 但是一个飞行着的飞行器的位置相对一个给定的地基接收天线是不断改变的。因此, 在遥测技术中存在着在一个飞行着的飞行器和一个地基接收机之间关于建立可靠通信链路问题, 特别是在飞行中的飞行器仪表上的发射天线的输出功率受到限制的情况下。

发明的简要概述

- 30 本发明将通过按飞行中的飞行器方向提供电控一个接收机天线阵列方向图的主波瓣而同时使对来自其他方向的信号, 包括来自其他方向的干扰信号和其他方向的背景热噪声信号的接收机灵敏度减至最小的系统和方法来克服这个问题。在本发明的一个示例性实施例

中，用于将一个自适应天线阵列的一主接收波瓣对准一个飞行着的飞行器的一个系统和相关方法包括一个飞行器位置矢量计算器和一个天线加权矢量发生器。飞行器位置矢量计算器从一个飞行器跟踪装置例如一个飞行器跟踪服务器接收对一个飞行器的飞行器位置信息。飞行器位置矢量计算器对选择的一个飞行中的飞行器计算一个飞行器位置矢量 g ，并在一个输出端提供位置矢量 g 。天线加权矢量发生器从该飞行器位置矢量计算器接收飞行器位置矢量 g ，并基于位置矢量 g 产生一个天线加权矢量 w 。该加权矢量发生器对该自适应天线阵列的天线单元提供天线加权矢量 w ，使得该自适应天线阵列的一个接收波瓣对准飞行中的飞行器。

附图简要说明

图 1 表示按本发明一实施例的用于引导一个自适应天线阵列的系统的方块图。

图 2 是按本发明一实施例的用于计算飞行器位置矢量 g 的方法步骤的流程图。

图 3 表示示例性说明按本发明一实施例的通信链路。

发明的详细说明

图 1 说明按本发明一实施例的一个自适应天线阵列 50 和用于引导该自适应天线阵列系统（在以下称作天线引导系统 300）的方块图。如在此所使用的，术语“自适应天线阵列”系指能电控一个波束指向一个要求的信号从而使要求的信号的信噪比最大的一个天线阵列。对于普通自适应阵列的一般性讨论，参见 Antennas, John D. Krauss, 二版，11-13 部分，标题“Adaptive Arrays and Smart Antennas（自适应阵列和智能天线）”。

本发明的天线引导系统 300 包括一个飞行器位置矢量计算器 315，连接到一个加权矢量发生器 320。一个控制单元 330 连接到加权矢量发生器 320 使得控制单元把加权矢量发生器 320 的输出 W 分配到阵列 50 的单个元件。为此，说明书黑体字是用来指示矢量值的。矢量值 W 包括 n 个复元素（ n 是阵列 50 中的单元数），即， n 个幅值和相位对，其中每对相应阵列 50 的单个元件。例如， w_i 控制阵列 50 的单元 i 。以这种方式，天线引导系统 300 使天线阵列 50 能够电改变或自适应其辐射图并全天候地使在一个飞行器 350 的方向的信号接收

最佳化。

飞行器位置矢量计算器 315 是一个可编程计算器，或处理器，可以编程计算由控制单元 330 所选择的飞行器的位置矢量 g 。一个位置矢量 g 在此定义成为沿一条轴从天线阵列 50 指向所选飞行器 350 的一个矢量。位置矢量 g 是根据指示所选飞行器 350 位置的位置数据进行计算的。这里所使用的术语“飞行器”包括所有航空飞行器。例如直升机，飞机，滑翔机，靶机以及探测气球。

在本发明的一个实施例中，位置数据包括但不限于纬度，经度以及高度这些与飞行器 350 位置相关的信息。位置数据还应包括飞行器 350 的距离和方位数据，例如它们借助飞行器 350。由在操纵台上的 VHF 全向测距 (VOR) 设备，或其他方向或位置的探测仪器所取得的数据。在本发明的一个实施例中，飞行器 350 的位置数据是由飞行器跟踪服务器 310 向系统 300 提供的。适合用于本发明的飞行器跟踪软件的供应商例是马萨诸塞州波士顿的 RLM 软件。飞行器跟踪服务器 310 的另一例是 Airtrak，飞行器跟踪程序已经容易从英格兰，Y018 8HL, North Yorkshire, Pickering, Cropton 的 METSYS 软件和服务器购买到。该 Airtrak 程序使用户产生用于全球任一地区的地图，用纬/经栅格重叠该地图，报告位置，城镇和机场。

Airtrak 程序标绘请求飞行路线作为飞行进程。但是将意识到，该 Airtrak 只不过是适合本发明的许多可利用的飞行器位置跟踪装置之一。另一些适合装置包括全球定位系统 (GOS) 跟踪装置，卫星跟踪装置。

位置矢量计算器 315 基于纬度，经度和高度信息应用导航技术中应用的普通的计算来计算一个目标相对于另一目标的相对位置。图 2 中说明由本发明一实施例中的位置矢量计算器 315 执行的一例计算。

首先，位置信息 333，即飞行器 350 的高度 (E)，纬度 (L_1) 和经度 (r_1) 从飞行器跟踪服务器 310 得到并储存在如由方框 400 表示的存储器中。同样如由方框 410 表示的天线阵列 50 的纬度 (L_2)，经度 (r_2) 和高度 (A) 也储存在存储器中。天线阵列 50 到飞行器 350 的距离 D 按关系式计算：

$$D = 60 \cos^{-1} [\sin L_1 \sin L_2 + \cos L_1 \cos L_2 \cos (r_1 - r_2)],$$

表示在方框 420 中，其中 L_1 系指飞行器 350 的纬度， L_2 系指阵列 50

的纬度, r_1 系指飞行器 350 的经度和 r_2 系指阵列 50 的经度。

一旦得到 D , 偏离天线阵列 50 的飞行器 350 的方位 H 按关系式计算:

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\sin L_2 - \sin L_1 \cos(D/60)}{\sin(D/60) \cos L_2} \right],$$

5 表示在方框 430 中。

对于南纬和东经的方位调整按方框 440 中所示的进行。最后, 高度角 α 按关系式计算:

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{E - A}{6076 * D} \right],$$

10 如方框 450 中所示的。因此, 位置矢量 g 包括高度角和方位。如在图 2 中所计算的。

如果一架飞机在移动, 其位置矢量 g 在改变。以及最佳阵列加权被反复进行计算以跟踪这些改变。天线引导系统 300 的自适应性质使其能在非静态环境情况下很好地执行。在本发明的一个实施例中, 使用一种可编程数字信号处理器 (DSP) 芯片实时地实现天线引导系统
15 300。本发明的一个实施例使用从得克萨斯仪器公司可得到的 DSP - TMS320C50。

一般应用波束控制计算, 算法和装置通过加权天线阵列的各个单元来按要求方向引导自适应天线阵列的天线波束。参见, 例如, Radar Handbook, Merrill I. Skolnik, 第二版, 七章, “Phased Array Array
20 Radar Antennas”。按在此所使用的, 施加到天线阵列的一个单元的术语“加权”系指施加的一个信号, 该信号包括一个相位移角和幅度, 使得天线阵列的波束按一个要求方向进行电控。

本发明的系统 300 是通过加权天线 50 运行的。按本发明, 系统 300 根据 g , 即关于飞行器 350 的纬度, 经度和高度数据确定这些加
25 权。即, 加权矢量发生器 320 根据飞行器位置矢量 g 提供输出 w , 以便向天线阵列 50 给出要求的辐射特性。这些特性包括方向性和在飞行器 350 的方向 g 的主波瓣位置, 同时沿其他方向的低的旁瓣。在本发明的一个实施例中, 加权矢量 w 包括各个加权 w_i , 即用于自适应阵列 50 的各个单元的各个相位和幅度值, 或者控制值, 使得自适应阵
30 列 50 的一个主接收波瓣或波束按方向 g 引导或控制, 即朝向飞行器

350 引导或控制。在本发明的一个实施例中，加权矢量发生器 320 应用执行控制计算的一个数字信号处理器（DSP），这种计算将产生加权矢量 w 。该 DSP 可以是用来实施位置矢量计算器 315 的相同的 DSP。本发明另一些实施例包括另外一些产生加权矢量 w 的计算装置，例如
5 计算器或微处理器。

在运行中，当要求从一个具体的飞行中的飞行器例如飞行器 350 接收通信时，控制单元 330 向飞行器跟踪服务器 310 发送请求与飞行器 350 有关的位置信息的信息 332。在本发明的一个实施例中，如一般应用在航空工业中的标准化航线识别码包括在消息 332 中，以便识
10 别请求位置信息的特定的飞行器。

如上所述，基于接收消息 332，飞行器跟踪服务器 310 开始将包括飞行器 350 的纬度，经度和高度数据的位置信息 333 施加到位置矢量计算器 315。飞行器位置矢量计算器 315 接收位置信息 333 并根据位置信息 333 和已知的阵列 50 的纬度，经度和高度的位置信息计算
15 飞行器位置矢量 g ，所说飞行器位置矢量 g 代表一个飞行器偏离所说自适应天线阵列的方向。加权矢量发生器 320 接收飞行器位置矢量 g 并产生加权矢量 w 。加权矢量 w 通过控制单元 330 加到天线阵列 50，由此导至天线阵列 50 的单元被引导朝向飞行器 350。控制单元 330 的结构在雷达信号处理技术中是已知的，通常使用从矢量的一数组得到的相位和幅度信号对来电控一个阵列的每个单元。
20

根据 1995 年分册 15.247 的规定，FCC 授权使用 902 - 928MHz，2400 - 2483.5MHz 和 5725 - 5850MHz 于工业，科学和医疗（ISM）频段。本发明的一个实施例采用 ISM 频段的优点，要求无需许可的 RF 频谱，以及该频谱是相当不拥挤的并希望保持到合理的时间周期为止。对于本发明的一个实施例，天线阵列 50 适合于同飞行器 350 建立
25 一个 ISM 频段通信链路。

图 3 给出典型的通信链路的技术条件，用于包括适合于同飞行器 350 建立 ISM 频段飞行状态空对地通信链的一个接收机的系统 300 的一个实施例。在本发明的这个实施例中，没有模型化反相链路（地对空链路），以及该模型假定在技术中通常了解的一种数字象限相移键控（DQPSK）调制方案类型。表示出用于本发明一个实施例的典型发射功率，载频波长，发射天线增益和有效全向辐射功率（EIRP）。
30

还表示出接收天线（在图 1 中表示 50）的单元直径，接收天线增益和天线效率。在本发明的这个实施例中，典型自适应阵列 50 包括 16 个单元。如图 3 中所示的，期待数据率在大约 1Mbit/s 的一般范围中。

- 5 本发明另一实施例包括具有标称的和 FCC 允许的参数值的一个地对空链路。该链路建立了除一个空对地链路外的相反链路。该地对空数据链路用来发送遥测命令到飞行器 350。在本发明的一个实施例中，一个典型的控制协议使用已经在使用的窄频段地对飞行器通信链路来实施；本发明的另一实施例使用一个天线和装载在一个地面站上
- 10 用于其他目的一个天线和调制解调器。

本发明的另一实施例展望 5.7GHz 频段的无线电收发机。不管是 2.4GHz 还是 5.7GHz 频段都是所希望的实施例，这是因为目前在这些频段没有多的业务。此外，在 2.4GHz 频段中最成问题的干扰源是微波炉，据此，干扰是可忽略的。

- 15 本专业技术人员将明白，在此按本发明情况已说明和描述了本发明的同时，可以对公开的实施例进行改进和变化而不脱离本发明的真实的精神和范围。由此理解附加的权利要求被认为覆盖所有落在本发明真实精神范围内的这些改进和变化。

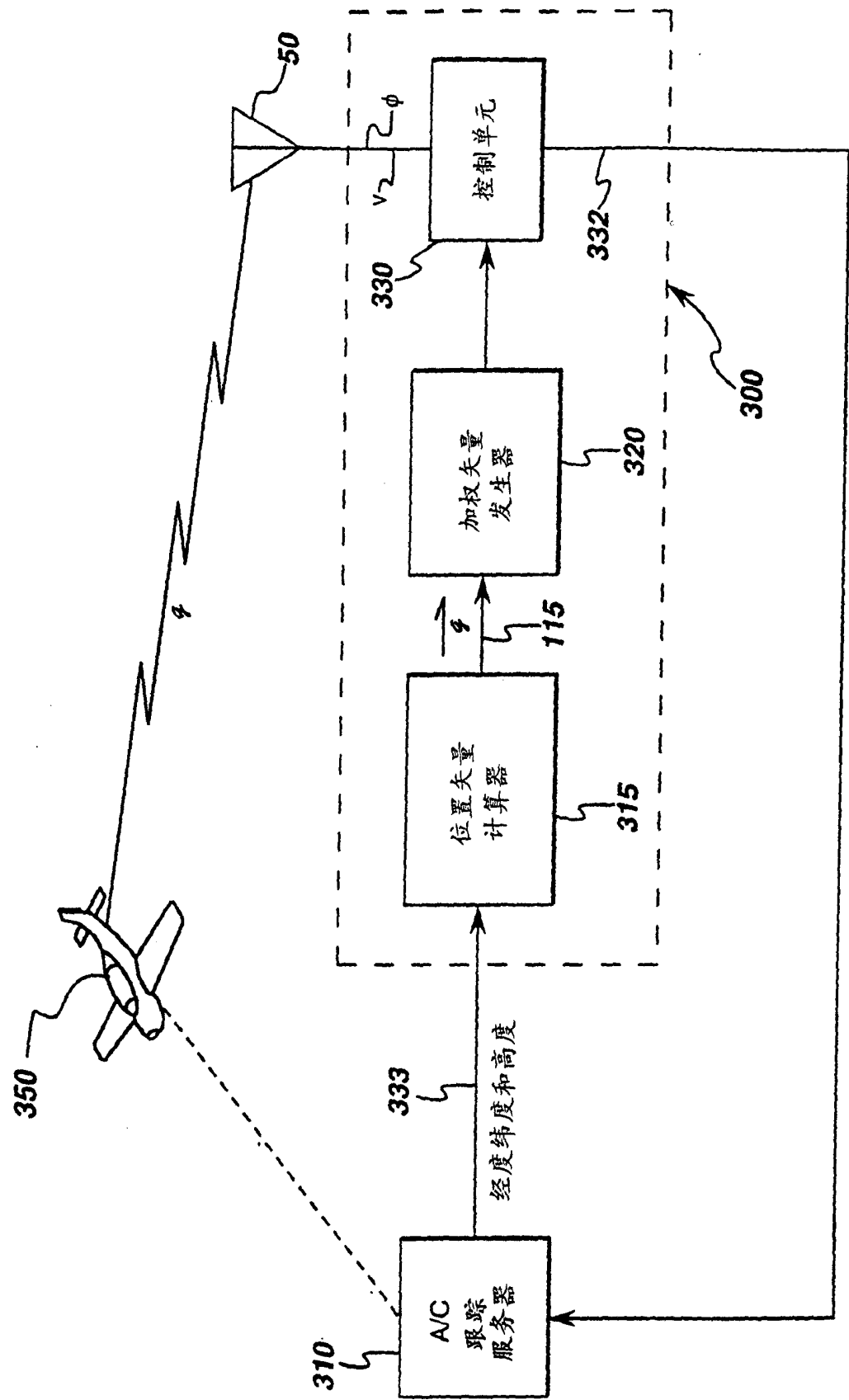


图 1

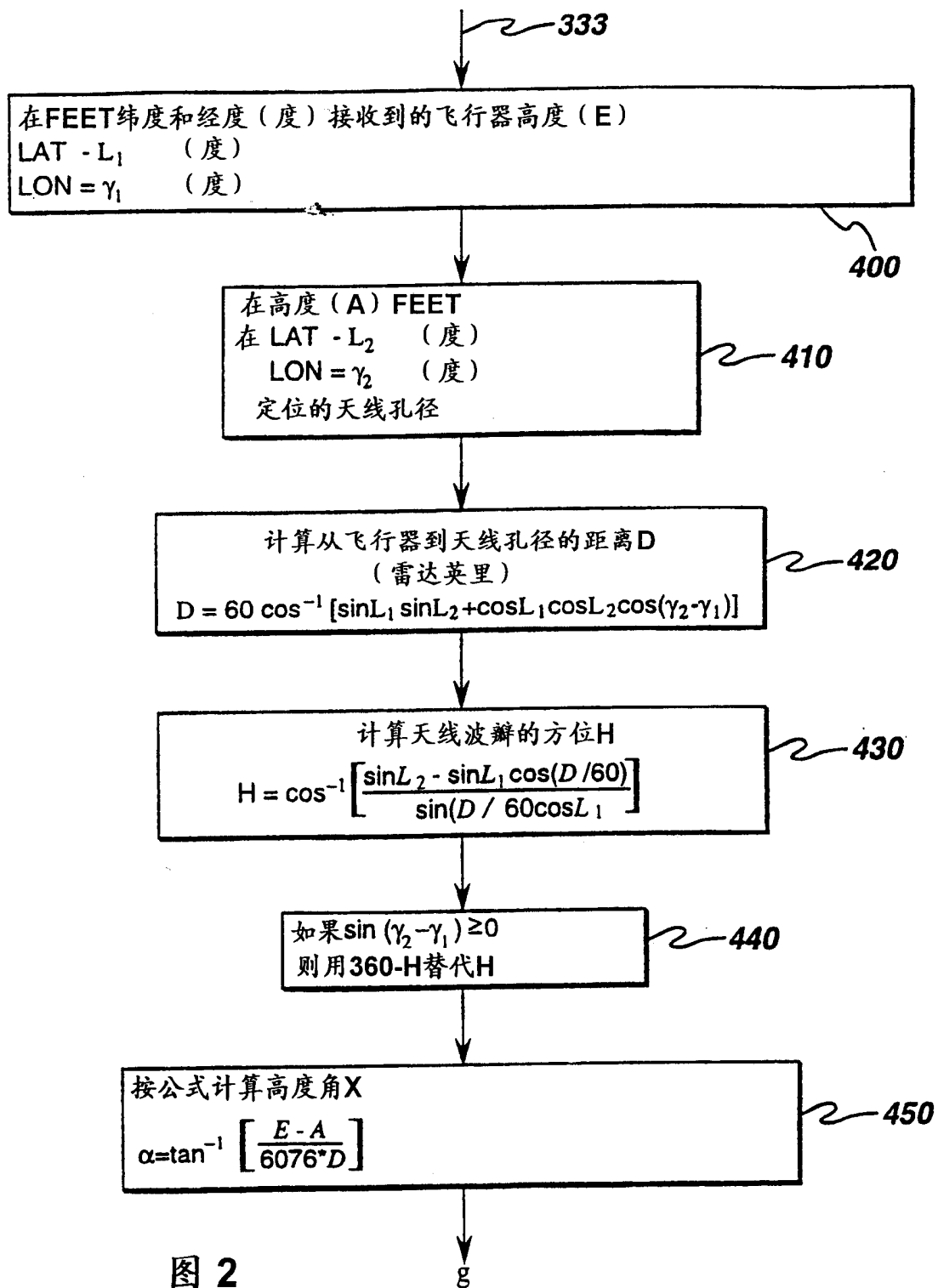


图 2

发射功率(dBm0)	35	
载频(GHz)	2.442	
波长(米)	0.12285	
发射天线增益(dBi)	-2	
发射 ELRP (dBm)	33	FCC允许高达
距离(英里)	200	36 dbm
距离(Km)	321.8	
自由空间损耗(dBm)	-150.348	
波耳兹曼常数	-228.6	
其他链路损耗(dB)	-1	
接收天线单元直径(cm)	20	
接收天线单元效率	0.6	60% 效率
接收天线单元增益(dBi)	11.95759	
接收阵列单元数	16	阵列增益 12 dB
接收天线阵列增益(dBi)	23.99879	
接收机噪声系数(dB)	3	
接收机噪声系数(无量纲)	1.995262	
接收机噪声温度(K)	288.6261	
天线噪声温度(K)	100	T空间=70 T地面=30
系统噪声温度(K)	388.62.61	
系统噪声温度(dB.K)	25.89532	
接收机 G/T (dB/K)	-1.89653	
PR/NO (dB.bps)	78.35507	
数据率(kbps)	1000	1 Mbps
数据率(dB-kbps)	30	
供给器具损耗(dB)	-2	
可得到的Eb/No (dB)	16.35507	
比特误差率	10^{-5}	
调制方案	DQPSK	
需要的 Eb/No (dB)	12	
编码增益(dB)	0	未编码
安全系数(dB)	4.355072	

图 3