



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97197627.9

[43] 授权公告日 2003 年 5 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1108670C

[22] 申请日 1997.7.11 [21] 申请号 97197627.9

[30] 优先权

[32] 1996. 9. 3 [33] US [31] 08/706,881

[86] 国际申请 PCT/US97/14126 1997.7.11

[87] 国际公布 WO98/10532 英 1998.3.12

[85] 进入国家阶段日期 1999.3.3

[71] 专利权人 摩托罗拉公司

地址 美国伊利诺斯

[72] 发明人 卡兹米茨·思维克

审查员 马志远

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

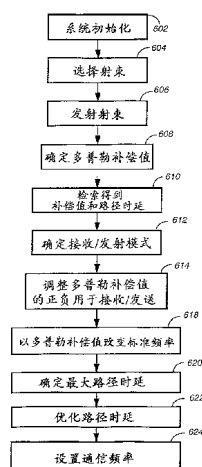
代理人 陆立英

权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 6 页

[54] 发明名称 补偿多普勒频移的方法

[57] 摘要

卫星通信系统(100)包括一颗预定轨道上的卫星(102),它发射多个射束(1—48)指明覆盖区域(115)。卫星(102)具有通信设备(200),频率合成器(222),用以设置通信设备通过多个射束(1—48)中的一个射束进行通信的频率,以及一个连接到频率合成器(222)的控制器(216),用以补偿与该射束相关联的多普勒频移。



1. 一种卫星通信系统，其特征在于，包括：

至少一颗卫星，在预定椭圆轨道上发射射束以指明某个覆盖区域，
前述至少一颗卫星包括：

一个无线通信设备；

一个频率合成器，用以设置无线通信设备的频率；

一个控制器，连接到所述的频率合成器，用以补偿与射束相关联的多普勒频移，其中所述的控制器在与椭圆轨道时间相关的多个预定点上生成多个多普勒补偿值，所述的控制器计算与多个预定点相关联的路径时延；

一个判决器，确定最大路径时延；以及

所述的控制器施加一个均衡时延，该时延等于将路径时延与最大路径时延减去与当前预定点相关联的路径时延的结果相加得到的路径时延。

2. 根据权利要求 1 所述的卫星通信系统，其特征在于，所述的控制器包括：

一个存储器，用以存储多个多普勒补偿值，以将多个预定点上的多普勒频移最小化；以及

其中所述的控制器检索得到某个确定的多普勒补偿值，该值使得某个预定点上的多普勒频移最小化。

3. 根据权利要求 2 所述的卫星通信系统，其特征在于，所述的控制器将多普勒补偿值与接收机相关联，如果判定该多普勒频移与无线通信设备的发射机相关联，则将多普勒补偿值转换成它的负值。

4. 根据权利要求 2 所述的卫星通信系统，其特征在于，所述的控制器检索得到沿非对称椭圆轨道的多个预定点上的多普勒补偿值。

5. 一种卫星通信系统，其特征在于，包括：

一颗卫星，在预定轨道上发射多个射束以指明某个覆盖区域，该卫星包括：

一个通信设备;

一个频率合成器, 用以设置通信设备通过多个射束中的一个射束进行通信的频率;

一个控制器, 连接到所述的频率合成器, 用以补偿与该射束相关联的多普勒频移;

所述的控制器确定与多个射束中的每个射束相关联的路径时延;

一个判决器, 确定最大路径时延; 以及

所述的控制器将路径时延与最大路径时延减去与当前射束相关联的路径时延的结果相加, 以均衡路径时延。

6. 根据权利要求 5 所述的卫星通信系统, 其特征在于, 所述的控制器包括:

一个存储器, 用以存储多个多普勒补偿值, 以使得与多个射束中的每个射束相关联的多普勒频移最小化; 以及

其中所述的控制器检索得到某个确定的多普勒补偿值, 该值使得与多个射束中的某个射束相关联的多普勒频移最小化。

7. 根据权利要求 6 所述的卫星通信系统, 其特征在于, 所述的控制器还包括:

一个判决器, 确定何时多普勒补偿值与发射机或接收机相关联; 以及

控制器响应于判决器, 提供一个负的多普勒补偿值, 以使得与发射机相关联的多普勒频移最小化。

8. 一种用以在卫星通信系统中使得与预定轨道中的卫星相关联的多普勒频移最小化小的方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

投射多个射束, 以指定一个覆盖区域;

设定经由所述的多个射束中的一个射束进行通信的频率;

改变所述的频率, 以补偿与该射束相关联的多普勒频移, 其中所述的改变步骤还包括以下步骤:

计算与所述的多个射束中每个射束相关联的路径时延;

确定一个最大路径时延; 以及

通过施加一个时延来均衡路径时延，该时延等于最大路径时延减去与当前射束相关联的路径时延所得结果的累加和。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述的改变步骤还包括以下步骤：

存储多个多普勒补偿值，以使得与所述的多个射束中的每个射束相关联的多普勒频移最小化；以及

检索得到与所述的多个射束中的某个射束相关联的多普勒补偿值。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述的改变步骤还包括以下步骤：

确定所述的多普勒补偿值是否与正在发送的信号相关联；

将所述的多普勒补偿值转换成为一个负值，以在所述的多普勒补偿值与正在发送的信号相关联时将所述的与该射束相关联的多普勒频移最小化。

11. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述的设定频率的步骤包括以下步骤：扫描所述的多个射束。

补偿多普勒频移的方法

本发明一般涉及卫星通信系统，尤其涉及一种补偿卫星通信系统中多普勒频移的方法。

现有技术卫星系统包括安装在地球同步轨道卫星上的固定位置天线。一般在这种系统中，天线是固定的，信号束射点或“足印(footprint)”所覆盖的地球部分对卫星而言是“可见”的。

在这些现有系统中，因为距地球同步轨道的距离甚远，天线所发送的信号的地平面强度非常微弱。即使对最大功率的地球同步轨道卫星，这也是一个问题，因为地平面信号太弱，无法进行室内覆盖。例如，对一个具有 400 瓦辐射功率的地球同步轨道卫星而言，比特速率为 512 比特每秒的采用现有技术选择呼叫信令协议的选择呼叫设备仅具有 2 dB 信令边界。即地面平均信号强度仅比激活选择呼叫设备所需的最小值大 2 dB。因此，考虑到大多数建筑物天线(射频) RF 信号是 20 dB (分贝)，这些系统无法用于发送信号给建筑物内的选择呼叫用户。

某些卫星通信系统位于较近的轨道，因而通过以重复模式控制天线射束覆盖不同的地理区域，可以得到大得多的地平面信号强度，从而达到较大的区域覆盖。这些较低的轨道必然会引起地面观察者和卫星之间的较大相对速度，从而导致了变化的多普勒频移和变化的传输时延，这降低了接收机的灵敏度，使得信号识别极为困难。

因此，需要一种方法和装置使得多普勒频移尽可能的小，均衡与卫星通信系统相关联的路径时延。

图 1 是按照本发明优选实施例的卫星通信系统的框图；

图 2 是按照本发明优选实施例的卫星通信系统的电气框图；

图 3 说明了卫星的覆盖区域，示出的多个射束导致了按照图 1 的多个足印；

图 4 说明了相似轨道上相邻卫星之间的重迭覆盖区域；

图 5 说明了按照本发明第二实施例的椭圆形轨道上的卫星；

图 6 的流程图说明了按照本发明优选实施例补偿多普勒频移的一种方法。

参看图 1，示出了按照本发明优选实施例的卫星通信系统的框图。按照本发明优选实施例的卫星通信系统 100 包括一个安装在卫星 102 上的可移动或可控多射束天线（天线）104，卫星 102 最好位于环地球或月球的圆形或椭圆形轨道上。天线 104 的移动或操作由卫星 102 控制，用以向位于例如地球表面的通信设备发送信号或接收信号。

天线 104 能够收发至少一个信号射束，但是按照本发明的优选实施例，天线 104 能够收发多个信号射束 1 - 48，这些信号射束具有足够小的射束区域，对应于覆盖区域 115 内的地点区域，下面予以详细描述。为便于说明，该天线能够收发 48 个不同点，它们重迭构成了覆盖区域 115。天线 104 最好以预定顺序在预定时刻扫描地点区域的每个地理位置。控制器可以改变该预定顺序和预定时刻，跳过通信行为很少或者没有的特定地点区域，而重复拥有较多通信行为的那些地点区域，从而改善空时效率。在天线领域中实现电控天线的技术众所周知。卫星 102 也具有第二天线 106，它接收地基站 140 和天线 142 之间的通信信号。

参看图 2，来自地基终端 202 的通信信号和来自地面站卫星控制器 204 的控制信号都被输送到上行发射机/接收机 206。上行信号 210 包括控制卫星 102 的操作所需的数据信号和控制信号。通信信号从上行接收机/发射机 206 通过天线 208 和天线 106 发送到卫星 102 的通信设备 200 的上行接收机/发射机 212，或者上行接收机/发射机 206 通过天线 208 和天线 106 接收来自卫星 102 的通信设备 200 的上行接收机/发射机 212 的通信信号。

卫星 102 的通信设备 200 包括天线 106、连接到卫星控制系统 214 和卫星控制器 216 的上行接收机/发射机 212。控制器 216 包括存储器 218，用以存储多个多普勒补偿值 D 以使得与多个射束 B 的每一个相关联的多普勒频移和与 48 个射束 B 相关联的多个时延 T 尽可能小。

存储器 216 例如具有表 1 所示信息，该信息由地球上某一点所观察到的卫星预定轨道运动和多普勒频移之间的众所周知的联系确定：

射束数, B 多普勒补偿值 D , kHz 时延 T ms

1, 39	-32	5.8
2, 38	-30	6.4
3, 37	-27	7.0
4, 36	-19	7.2
5, 35	-6	6.6
6, 34	2	6.6
7, 33	9	5.5
8, 44	-20	4.6
9, 43	-22	4.6
10, 42	-14	4.9
11, 41	-6	5.1
12, 40	6	4.6
13, 47	-20	3.3
14, 46	-12	3.5
15, 45	2	3.3
16, 48	-4	2.7
17, 23	20	5.4
18, 22	28	6.4
19, 21	32	7.0
20	32	7.0
24, 28	24	4.1
25, 27	30	4.9
26	34	4.8
29, 31	18	3.3
30	22	3.3
32	10	2.7

控制器 216 检索到确定的多普勒补偿值,使得与多个射束 1 - 48 中的某个射束相关联的多普勒频移尽可能小。控制器 216 向频率合成器 222 提供与该射束相关联的多普勒频率值,以补偿与所用射束相关联的多普勒频移。合成器 222 可以替换成振荡器或能够在输出信号中产生频移的其它适当的设备。多普勒补偿值导致合成器 222 在频率上相对于多普勒频移偏移一个量,从而使得跨覆盖区域 115 内多个射束 1 - 48 的多普勒频移的影响尽可能小。控制器 216 还包括一个判决器 220,判决何时发射机/接收机 228 正在特定射束内发送或接收。表 1 中的多普勒补偿值表明了卫星 102 接收信号所需的补偿。如果从卫星 102 发送到移动无线通信设备 250,则判决器 220 应用表 1 所示多普勒补偿值,但其符号相反(负值)。

通过说明,假定地面上观察者所看到的卫星在靠近该观察者。因为多普勒频移,从卫星到观察者的信号比标准频率要高,因此卫星必须以多普勒补偿值降低发射频率来予以补偿。卫星上的接收机同样观察来自地基通信设备的信号,向上频移一个多普勒量。

通信设备 200 的信号产生器 224 接收来自控制器 216 的信息和控制信号,并通过下行发射机/接收机 228 和天线 104 将信息发送到例如移动通信设备 250,或者从移动通信设备 250 接收信息。天线 104 的方向由连接到卫星控制器 216 的天线控制系统 226 确定,天线控制系统 226 以预定顺序在预定时间段内将射束定向到地球表面的地理位置。当天线 104 射束定向到某个特定位置时,发射机/接收机 228 将与移动通信设备 250 通信,移动通信设备 250 例如是一个选择呼叫设备或蜂窝电话。

本领域中一般技术人员熟知,选择呼叫设备 250 利用适当信号的同步码,将其节电设备同步到来自卫星的通信信号 1 - 48 中适当的一批信号。一旦选择呼叫设备 250 已经同步并定址,它即开始解码射束 1 - 48 所承载的卫星通信信号。

参看图 3,示出了卫星覆盖区域 115,说明了 48 个地点 (spot) 射束 1 - 48。如上所述,天线 104 顺次扫描 48 个射束,在至少一个射束中产生通信信号。多种用户接入和扫描技术包括下述技术中的一个或多个:时分多址 (TDMA)、频分多址 (FDMA) 或者码分多址 (CDMA),

这些是本领域中一般技术人员所熟知的。在所有情况下都可以根据卫星通信系统的业务需求，同时使用多个射束的任何子集。多普勒频移轮廓由轮廓线 402 - 422 表示，它描述了与每个轮廓相关联的实际多普勒频移。点线 430 描述了本卫星和下一颗卫星之间的重迭，点线 440 描述了多卫星通信系统中前一颗卫星和本卫星之间的重迭地区。

为便于说明，如图所示，在 IRIDIUM™ 卫星系统中，每颗卫星在其地理覆盖区域 115 中发射多个射束或者足印。在该例中，卫星工作在 1640 MHz 附近，在距离地球约 780 km 的接近极性轨道的圆形轨道上。在极性轨道上，卫星轨道包括北极和南极。极性平面大致有 6 个，每个轨道具有 11 颗卫星以提供覆盖全球的通信。

多普勒频移轮廓 402 - 422 由地面的静止接收机或者由卫星上的接收机观察得到。如图所示，每个射束仅占 36 kHz 到 -36 kHz 的全部可能的多普勒频移的一部分。例如，前导射束 20 覆盖约 26 到 36 kHz 之间的多普勒频移。射束 32 覆盖多普勒频移从 2 kHz 至 18 kHz。一般而言，可以看出所有射束的覆盖不多于 16 kHz，卫星上的接收机和发射机可以根据特定射束向地球的发射，预先补偿约 +8kHz 和 -8kHz 内的标准频率。这比 +36 kHz 到 -36 kHz 多普勒频移小 4.5 因子，如该例所示。

卫星的速度矢量由定向箭头 450 指示。因此，相对于卫星最低点而言，例如射束 19、26、21 和 20 是前导射束，而射束 2、1、39 和 38 是尾随射束。覆盖区域 115 由多个射束组成，它们提供了相对于轨道运动方向 450 而言恒定的地理地点区域。多普勒频移的补偿相对于卫星运动和地点区域位置进行。射束 32 靠近最低点射束，从地面上看具有多普勒频移非常小。射束 18、19、20、21 和 22 是前导射束，射束 2、3、38 和 37 是尾随射束，尽管前导射束和尾随射束的多普勒频移是相反的，但从地面上看时，都具有最大的多普勒频移。如上所述，发射和接收也是相反的。因此，每个射束相对于地球具有特定的地理关系。射束 2、3、38 和 37 的信号将被发射得较高，射束 18、19、20、21 和 22 将发射得较低，而最低点射束将具有最小的补偿。总之，在所有尾随或后继射束（最低点之后）中，卫星的发射必须增加所需的多普勒补偿值，其接收必须减小所需的多普勒补偿值，而在所有到达或前导射束（最低点之

前的射束)中,卫星的发射必须减小所需的多普勒补偿值,其接收必须增加所需的多普勒补偿值。因此,跨多个射束覆盖区域的 $\pm 36\text{ kHz}$ 的多普勒频率将被减小到 $\pm 8\text{ kHz}$ 。

为便于说明,在 IRIDIUMTM 卫星系统中,希望接收机灵敏度不会受多普勒频移的影响太大,否则接收机灵敏度边界将恶化,超出适于信号识别的值。因为路径边界与系统用户容量和系统成本直接相关,因此,改进接收机灵敏度是非常重要的。

在圆形轨道多射束卫星系统中,因为发射到地球表面的位置不同,所以每个射束具有不同的传播时延。参看表 1,示出了 48 个射束中的每一个的传播时延,从最大时延 7.2 ms 到最小时延 2.7 ms。这样,如果需要均衡传输时延,则控制器 216 在通信信号上增加一个时延以均衡路径时延,该时延等于表 1 的最大时延 7.2 ms 减去当前射束的实际路径时延。

图 4 说明了卫星通信系统中两颗卫星之间覆盖的重迭。一颗卫星的覆盖区域轮廓 115 的一部分已在前面图 3 中详细示出,它与第二卫星覆盖区域轮廓的一部分 430 重迭。多普勒轮廓 402、404、406 对应于第一卫星的多普勒频移 -36 kHz 、 -32 kHz 、 -24 kHz ,它与对应于卫星通信系统中第二卫星的多普勒频移 $+36\text{ kHz}$ 、 $+32\text{ kHz}$ 、 $+24\text{ kHz}$ 的多普勒轮廓 310、320、330 重迭。如果没有多普勒补偿,地基通信设备需要在最大负多普勒频移 -36 kHz 到最大正多普勒频移 $+36\text{ kHz}$ 范围内调整,总调整量是 72 kHz。如上所述,多普勒补偿将总调整量减少到少于 16 kHz。

参看图 5,示出了具有单个射束的椭圆形或非圆形轨道卫星。在椭圆轨道 500 中,卫星单个射束以变化的角度和变化的距离发射到地球表面,在图中多个预定点 502 - 524 中示出。计算预定点 502 - 524 的多普勒频移和传输时延,控制器 216 能够补偿多普勒频移和传输时延,类似于具有圆形轨道的多射束卫星系统。

图 6 的流程图说明了按照本发明优选实施例补偿多普勒频移的一种方法。步骤 602 系统初始化,在步骤 604 中选择射束,步骤 606 中将射束发射到覆盖区域。步骤 608 中确定多普勒补偿值,在步骤 610 中,从存储器中检索得到适当的多普勒补偿值,同时还有与当前射束相关联的

路径时延。在步骤 612 中，判决器确定卫星处于接收模式还是发射模式，步骤 614 中，调整多普勒补偿值的正负（sense）用于接收和发送模式。步骤 618 中，选择标准频率，加上多普勒补偿值。步骤 620 确定最大路径时延，步骤 622 中优化该时延，如上所述。该频率是预先补偿过的频率，使得与具有最小多普勒频移的卫星的通信成为可能。

总之，在卫星通信系统中，使多普勒频移尽可能小的方法包括步骤：发射多个射束中的至少一个射束以指明覆盖区域；扫描多个射束以设置一个用于多个射束通信的频率；改变频率补偿与某个射束相关联的多普勒频移。改变的步骤还包括步骤：存储多个预定的多普勒补偿值，这些值使得与多个射束中的每个射束相关联的多普勒频移尽可能小；检索得到与多个射束中的某个射束相关联的多普勒补偿值；确定何时多普勒补偿值与发送的信号相关联；将多普勒补偿值转换成一个负值，使得与该射束相关联的多普勒频移最小；计算与多个射束中的每个射束相关联的路径时延；确定最大路径时延；以及通过施加一个时延以均衡路径时延，该时延等于最大路径时延之和减去与当前射束相关联的路径时延。

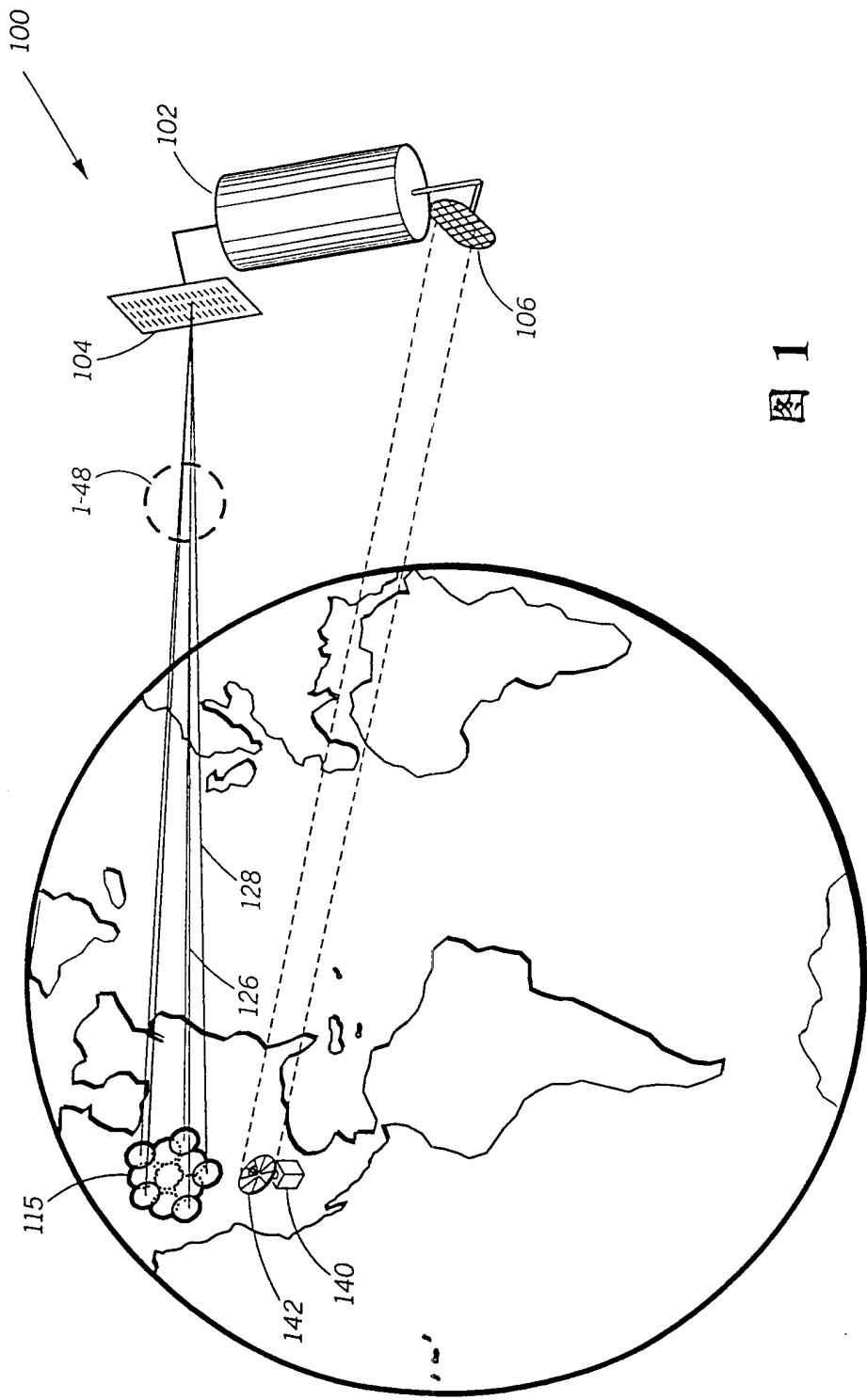


图 1

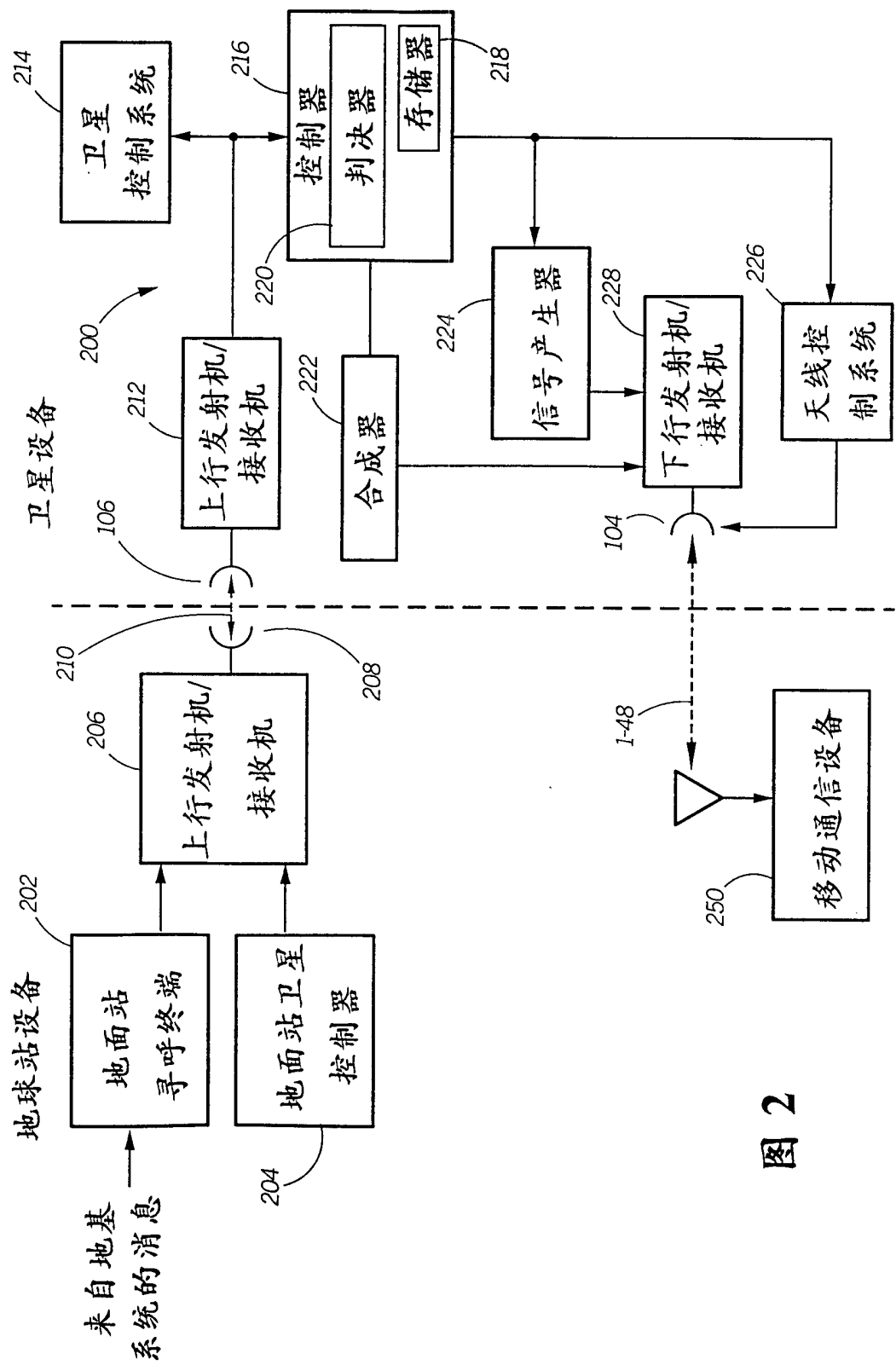


图 2

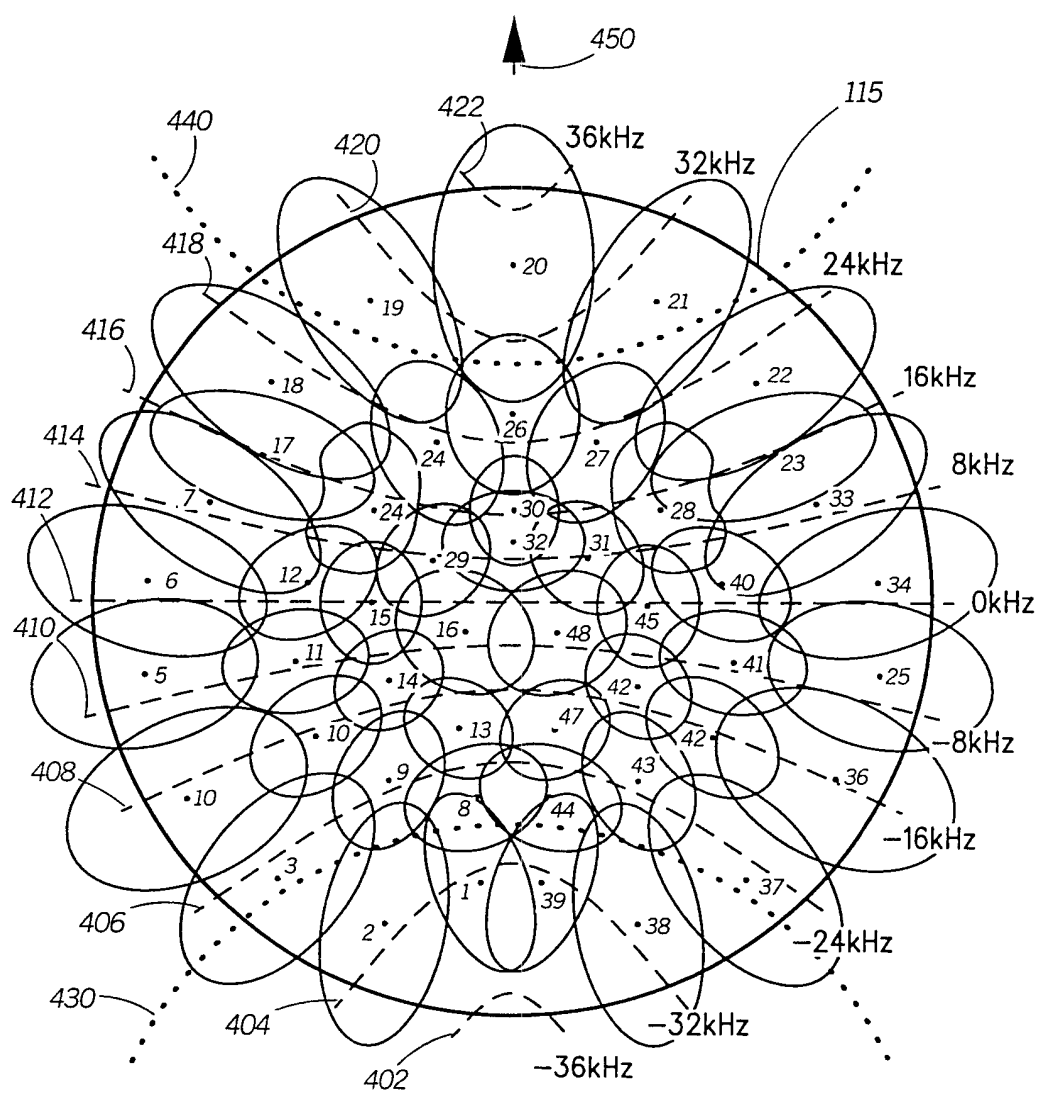


图 3

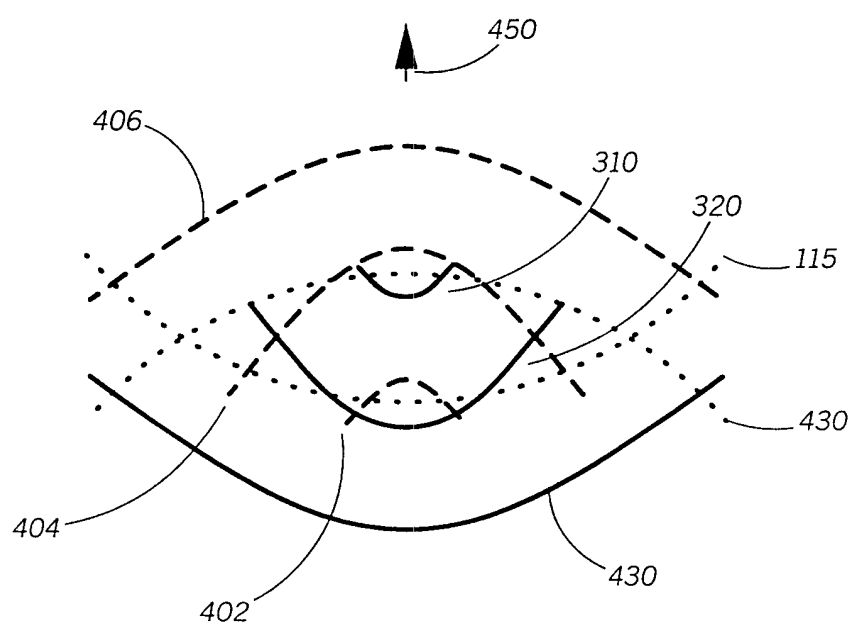


图 4

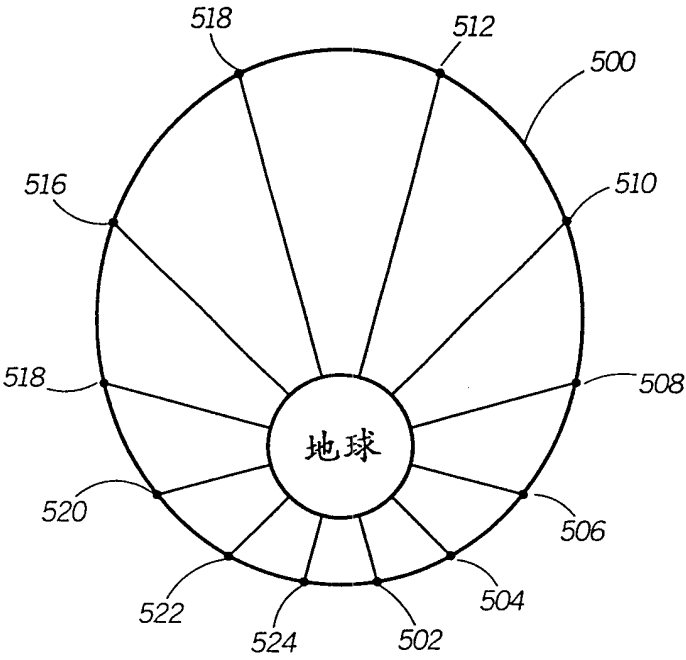


图 5

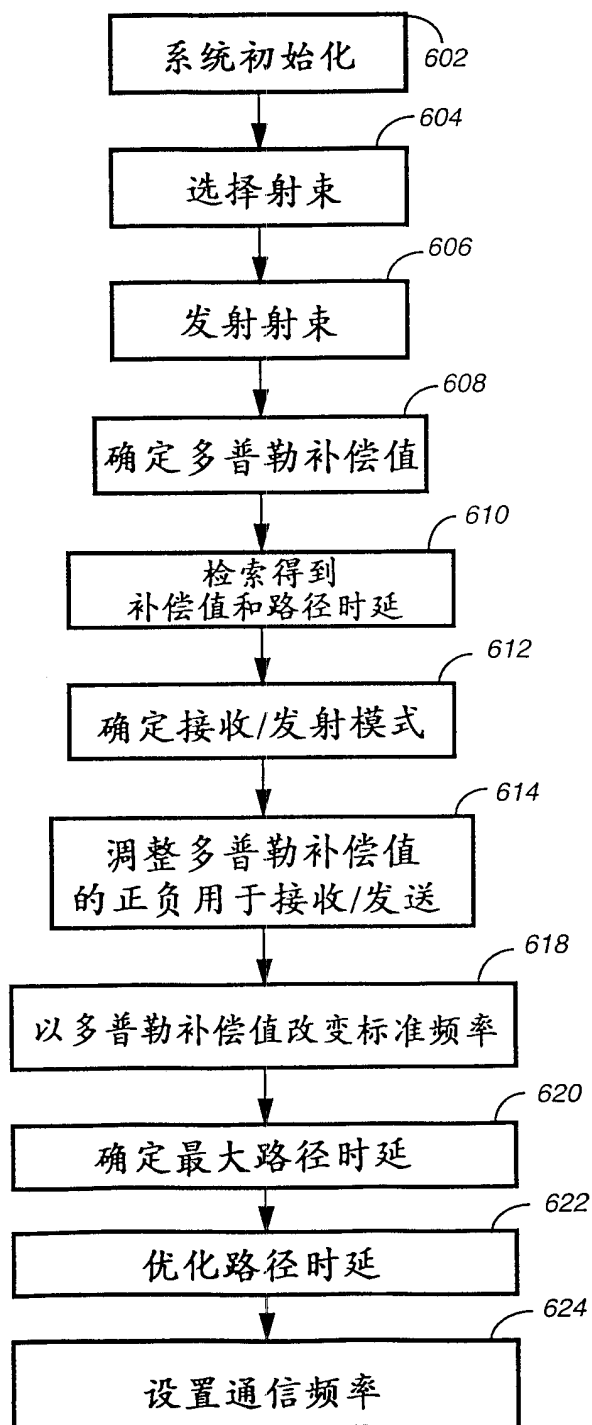


图 6