

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680019094.0

[51] Int. Cl.

G01S 13/93 (2006.01)
G01S 13/536 (2006.01)
G01S 13/56 (2006.01)
G01S 13/58 (2006.01)
G01S 13/34 (2006.01)
G01S 13/72 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 6 月 18 日

[11] 公开号 CN 101203774A

[51] Int. Cl. (续)

G01S 13/42 (2006.01)

H01Q 21/06 (2006.01)

H01Q 21/20 (2006.01)

[22] 申请日 2006.5.31

[21] 申请号 200680019094.0

[30] 优先权

[32] 2005. 6. 1 [33] EP [31] 05076271.5

[86] 国际申请 PCT/NL2006/000272 2006.5.31

[87] 国际公布 WO2006/130004 英 2006.12.7

[85] 进入国家阶段日期 2007.11.30

[71] 申请人 荷兰应用自然科学研究组织

地址 荷兰德尔夫特

[72] 发明人 A·G·休津格

R·N·H·W·范根特

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 卢江 王小衡

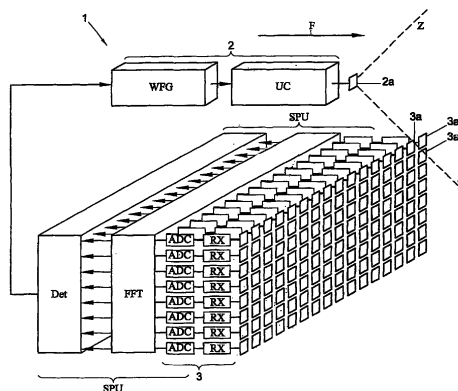
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

[54] 发明名称

飞行器的雷达系统

[57] 摘要

一种雷达系统，为飞行器提供在使用中至少探测该飞行器周围区域内的至少一个可监控地域内的另外的飞行器的功能，其中该系统对每个可监控地域包括至少一个子系统，该子系统包括用于发射电磁探测信号的发射机，和至少一个用于接收该探测信号反射的接收机，其中该发射机安排为在相对于该飞行器静止的方向上发射该探测信号。



1、一种用于飞行器的雷达系统，在使用中至少探测该飞行器周围区域内的另外的空中物体，其中，该系统包括至少一个子系统，该子系统包括：至少一个发射机，用于发射电磁探测信号；相控阵接收机，用于同时接收所发射的探测信号的反射和用于产生接收信号，每个接收信号代表接收的探测信号的反射；和信号处理单元，用于处理每个接收信号，以获得关于在该飞行器周围区域内探测到的空中物体的信息，其中该子系统安排为通过该发射机发射所述探测信号，使得该探测信号覆盖相对于该飞行器静止的感兴趣地域，以及其中该子系统安排为通过所述相控阵接收机和信号处理单元来探测感兴趣地域内的空中物体。

2、根据权利要求1的雷达系统，其中，所述子系统安排为发射所述探测信号，使得该探测信号连续覆盖所述感兴趣地域。

3、根据权利要求1或者2的雷达系统，其中，所述信号处理单元安排为与在感兴趣地域内探测到的空中物体的位置无关地确定相对于所述飞行器的、接收的探测信号反射所来自的方向，从而将感兴趣地域视为一个整体。

4、根据权利要求1、2或者3的雷达系统，所述信号处理单元安排为当所述接收机和/或所述信号处理单元控制不扫描感兴趣地域时确定相对于所述飞行器的、接收的探测信号反射所来自的方向，由此将感兴趣地域视为一个整体。

5、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述信号处理单元安排为利用数字多波束形成确定相对于所述飞行器的、接收的探测信号反射所来自的方向。

6、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述信号处理单元安排为对接收信号执行快速傅立叶变换以形成数字多波束。

7、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述探测信号的方向相对于所述飞行器静止。

8、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述信号处理装置安排为在至少一维中获得探测到的空中物体相对于所述飞行器的方向的信息。

9、根据权利要求8的雷达系统，其中，所述信号处理装置安排为在至少二维中获得探测到的飞行装置相对于所述飞行器的方向的信息。

10、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述至少一个子系统安排为发射具有恒定频率的探测信号。

11、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述至少一个子系统安排为发射具有频率调制连续波（FMCW）的探测信号。

12、根据权利要求 11 的雷达系统，其中，所述信号处理装置安排为确定探测到的空中物体相对于所述飞行器的位置。

13、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述信号处理装置安排为在探测信号的反射中的多普勒信息的基础上，获得关于探测到的空中物体相对于所述飞行器的速度的信息。

14、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述至少一个子系统的发射机包括固态发射机。

15、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述至少一个子系统的每个接收机包括单片接收机。

16、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述至少一个子系统如此安排，使得在第一模式中发射至少一个具有恒定频率的探测信号，并且在第二模式中发射至少一个具有频率调制连续波的探测信号。

17、根据权利要求 16 的雷达系统，其中，所述子系统如此安排，使得如果在第一模式中探测到空中物体，则进一步在第二模式中探测所述空中物体。

18、根据权利要求 17 的雷达系统，其中，所述子系统如此安排，使得如果在第一模式中探测到靠近所述飞行器的空中物体，则进一步在第二模式中探测所述空中物体，以从所述第一模式转换为第二模式。

19、根据权利要求 11、12、16、17 或者 18 的雷达系统，其中，所述至少一个子系统安排为发射包含频率调制连续波的探测信号，其中所述频率调制连续波包括时间上重复自身的频率模式。

20、根据前面任一权利要求的雷达系统，其中，所述雷达系统包括多个用于监控所述飞行器前面的第一地域和飞行器后面、飞行器上面或者飞行器下面的至少一个第二地域的子系统。

21、一种飞行器，尤其是无人驾驶的飞行器，具有根据前面任一权利要求的雷达系统。

飞行器的雷达系统

[0001] 本发明涉及用于飞行器的雷达系统，用于至少探测该飞行器周围区域内的另外的空中物体。

[0002] 这种雷达系统是公知的并由空军的军用飞行器使用。该公知的雷达系统能够彻底搜索距离使用该系统的飞行器达 150 海里的区域。该系统用于尽可能早地探测另外的飞行器，并不是为了防撞的目的，而是允许尽可能早地确定探测到的飞行器例如是需要作为目标的敌方飞行器，还是可忽视的飞行器。该公知雷达系统的发射机能够发射强信号，该信号到达很长的距离并在反射后仍能够检测到。该发射机的天线可进行机械运动，例如旋转，从而通过天线的扫描运动将信号发送到所有感兴趣的地域。发射机也可布置为无需天线自身的物理旋转而电子地扫描所有感兴趣的地域。但是，两种情况下的感兴趣地域都是仅在临时处理的扫描区域内。如果需要扫描所有感兴趣的地域，需花费一定的时间来获取关于在该飞行器的周围区域内可能存在另外飞行器的信息。这通常是超过几秒钟的时间。结果是，该公知系统例如不能取代对正在飞行的飞行器周围的飞行安全容量的直接视觉观测。

[0003] 本发明的目的是提供一种雷达系统，其能够以比上述现有技术的系统提供的反馈方式更快的方式向飞行员提供反馈。

[0004] 这个目的利用根据本发明的雷达系统来实现，该雷达系统用于飞行器，在使用中至少探测该飞行器周围区域内的另外的空中物体，其中，该系统包括至少一个子系统，该子系统包括：至少一个发射机，用于发射电磁探测信号；相控阵接收机，用于同时接收所发射的探测信号的反射和生成接收信号，每个接收信号代表接收的探测信号的反射；以及信号处理单元，用于处理每个接收信号，以便获取关于在该飞行器周围区域内探测到的空中物体的信息，其中该子系统布置成通过发射机发射探测信号，使得该探测信号覆盖相对于该飞行器静止的感兴趣地域，其中该子系统布置成通过相控阵接收机和信号处理装置来探测该感兴趣地域内的空中物体。这允许开发根据本发明的雷达系统，使得该雷达系统能够取代视觉观测。

[0005] 信号处理单元可安排为确定相对于该飞行器的接收的反射所来自的方向，而与探测空中物体在感兴趣地域内的位置无关。由此可知，信号处理单元可几乎瞬时确定该方向，从而排除接收机扫描该感兴趣地域的需要，这导致该方向的缓慢确定。

[0006] 更具体地，为了能够确定相对于该飞行器的接收的反射所来自的方向，信号处理单元安排为使用数字多波束形成 (digital multiple beam forming)，这是一个安排该信号处理单元与被探测到的空中物体在感兴趣地域内的位置无关地确定该方向的非常适合的方法。

[0007] 具体地，安排至少一个子系统来发射探测信号，使得该探测信号连续地覆盖感兴趣的地域。这提供的优点是一直监控感兴趣地域中是否存在另外的飞行装置。这种系统能够向飞行员不断地提供信息。因此，以比公知雷达系统提供这样的信息快得多的方式提供这些信息。

[0008] 如今，商用飞行器周围的安全容量 (safety volume) 由人类空中交通控制员为了避免碰撞的目的而控制着。向这些空中交通控制员提供关于空间的预定地域内存在飞行器的信息。这个信息基于经由雷达系统对空中飞机的探测，这些雷达系统位于地面上并监控感兴趣地域。在给定的时间时刻，一个有经验的人类空中交通控制员能够监视大约 30 个飞行器的飞行环境。这已经达到在给定空间地域内允许的飞行器的最大数目。

[0009] 研究表明，如果飞行器自身能够保卫它们在给定空间内的分离，空间的效率可显著改善。

[0010] 已经计划开发一种系统，其中所有的飞行器都具有连续发射包含关于该飞行器位置信息的信号的发射机。当所有的飞行器也具有接收由其他飞行器发射的这些信号的接收机的时候，在任一时间，所有的飞行器都应注意到使用同一空间的所有其他飞行器的位置。基于该信息，每个飞行器都应能够避免与其他飞行器相撞。这个系统的缺点是，每个飞行器都依赖其他飞行器。这个系统仅在所有飞行器都配备这样的系统时才能够满意地工作。因此，不能逐渐实施这样的系统。这严重阻碍了这个系统的发展。

[0011] 根据本发明的雷达系统能够与这个雷达系统应用到其他飞行器中的时间无关地用于每个飞行器。

[0012] 实际上，由于根据本发明的雷达系统可原则上取代对飞行器周围区

域内的感兴趣地域的视觉观测，因此这种飞行器还可根据视觉飞行规则在由于例如恶劣天气环境的原因而不能正常应用视觉飞行规则的环境下飞行。由此得出，配备根据本发明的雷达系统的飞行器可例如降落在仅基于应用视觉飞行规则并且因此仅在天气允许应用视觉飞行规则时才可靠近的机场上。换句话说，本发明的结果是现在在天气环境正常情况下不允许的时候也可靠近大量的机场。

[0013] 此外，由于根据本发明的雷达系统可原则上取代视觉观测，因此该雷达系统可适用于无人驾驶飞行器。由于本发明的应用，甚至可很好地控制这种无人驾驶飞行器，使得这种飞行器允许在常规空域中行驶。

[0014] 如下面要进一步讨论的，可根据对探测信号反射的接收得到在感兴趣地域内出现并反射该探测信号的飞行器的相对速度。

[0015] 在根据本发明的雷达系统的实施方式中，探测信号的方向相对于飞行器来说是静止的。这保证被探测信号覆盖的地域具有连续的预定形状。因此，雷达系统能够连续监控相对于飞行器静止的感兴趣的地域。

[0016] 在根据本发明的雷达系统的实施方式中，至少一个子系统安排为发射具有恒定频率的探测信号。这允许基于众所周知的多普勒效应来探测出现在感兴趣地域内的飞行器。

[0017] 在根据本发明的雷达系统的实施方式中，至少一个子系统安排为发射具有频率调制连续波（FMCW）的探测信号。这使得可以基于该探测信号的反射来确定出现在感兴趣地域内的正在靠近的飞行器的距离。

[0018] 当探测信号是频率调制连续波（FMCW）信号时，可估计正在靠近的飞行器的距离。当执行多次所谓 FMCW 搜索时，可能会得到正在靠近的飞行器的轨迹。然后可计算靠近最近点（Closest Point of Approach, C.P.A.），和需要出现这个的时间，飞行员可执行防撞操纵。

[0019] 优选地，根据本发明的雷达系统的至少一个子系统的发射机包括固态发射机。与需要高压和通常很昂贵的微波或者电子管（tubes）来说，固态发射机相对便宜并可通过相对低的供电电压来供能。

[0020] 此外可能的是，在根据本发明的雷达系统的实施方式中，至少一个子系统的每个接收机包括单片接收机。这种单片接收机的使用还允许相对便宜的根据本发明的雷达系统。这种单片接收机例如用于诸如移动电话的便携电信

装置中，和用于可在无线 LAN 网络中运行的装置中。

[0021] 在根据本发明的雷达系统的优选实施方式中，该雷达系统包括多个子系统，这些子系统用于监控飞行器前面的第一感兴趣地域以及在飞行器后面、飞行器上面、飞行器下面或者飞行器侧面的至少一个第二感兴趣地域。换句话说，在飞行器周围区域内可提供一个安全地域，从而该安全地域覆盖围绕飞行器的最易受攻击的地域，并且另外的飞行器可在其中飞行。

[0022] 本发明还涉及具有这样的雷达系统的飞行器。

[0023] 本发明基于典型视图进行进一步的解释，其中：

[0024] 图 1 示意性示出根据本发明的雷达系统的实施方式；

[0025] 图 2 示意性示出根据本发明的方法的实施方式；

[0026] 图 3 示意性示出图 1 中所示雷达系统的实施方式的变型；

[0027] 图 4 示意性示出图 3 中所示雷达系统的实施方式的使用；和

[0028] 图 5 示意性示出具有根据本发明的雷达系统的实施方式的飞行器的效果。

[0029] 在附图中相似的部件用相似的标记表示。

[0030] 图 1 示意性示出用于飞行器的雷达系统的实施方式，该雷达系统用于至少探测该飞行器周围区域内的另外的空中物体。

[0031] 飞行器可能是飞机、直升机、齐柏林飞艇等。空中物体可能是反射电磁辐射并可能导致与该飞行器相撞的事故的任意结构或者装置。

[0032] 该系统包括至少一个子系统 1。该子系统 1 包括发射机 2，用于向感兴趣的地域发射电磁探测信号，和相控阵接收机 3，用于同时接收该发射的探测信号的反射和用于产生接收信号，每个接收信号代表接收的探测信号的反射。该子系统安排为通过该发射机发射探测信号，使得该探测信号覆盖相对于该飞行器静止的感兴趣地域。例如，可能发射机天线 2a 连接在该飞行器的前端，该飞行器在方向 F 上飞行，以及发射机天线 2a 在使用中发射基本上向前指向感兴趣地域的探测信号，例如由线 Z 限定的锥形。一旦发射机天线在工作中，发射机天线 2a 不相对于该飞行器进行机械移动。如由线 Z 限定的感兴趣地域相对于该飞行器是静止的。虽然从图 1 中无法看到，使用中的该探测信号的方向相对于该飞行器是静止的。该子系统安排为发射探测信号，使得该探测信号连续覆盖该感兴趣地域。

[0033] 图 1 中示意性示出的雷达系统包括子系统 1，该子系统包括布置为 8 行 16 列的相控阵接收机。该子系统还包括后面要讨论的信号处理装置。所示的接收机 3 包括接收天线 3a，用于传递接收信号的电子部件 RX 也在该子系统中。很清楚，在每个子系统中应存在至少一个接收机 3，以使该子系统能够探测感兴趣地域内空中物体的存在。但是，为了确定出现在感兴趣地域内的空中装置的方向，应存在至少两个接收机。后面要讨论的信号处理装置安排为在至少一维的空间内，为该飞行器获得探测到的空中物体的信息。优选地，每个子系统包括至少三个接收机，用于接收由该子系统的发射机天线 2 所发射的探测信号的反射。后面要讨论的信号处理装置安排为在至少二维空间内获得检测到的空中物体相对于该飞行器的信息。如图所示，接收机 3 根据在至少二维空间内延伸的预定模式相对于彼此地布置。可能的是，每个接收机 3 在该预定模式内关于每个最邻近的接收机 3 等距离布置。优选地，这个距离或多或少地与由该子系统的发射机天线 2 发射的探测信号的半波长相对应。

[0034] 子系统 1 包括信号处理单元 SPU，用于处理每个接收信号，以获得关于在该飞行器周围区域内探测到的空中物体的信息。信号处理单元和信号处理装置在本说明书中可互换使用。

[0035] 子系统 1 可安排为为该子系统的每个接收机 3 将接收到的模拟反射信号转换为数字反射信号。如图 1 中所示，为了这个目的，至少一个子系统的每个接收机包括一个模拟到数字转换器 (ADC)。子系统 1 还可包括傅立叶变换器 (FFT)，用于对该子系统的所有接收机 3 的数字反射信号进行快速傅立叶变换。FFT 的输出信号包括关于正在靠近的飞行器相对于接收机 3 的方向。子系统还可包括探测器 Det，用于在 FFT 的输出信号的基础上对是否存在正在靠近的飞行器以及正在靠近的飞行器相对于接收机 3 的方向进行探测。因此，子系统安排为通过相控阵接收机和信号处理装置来探测感兴趣地域内的空中物体，而与位于感兴趣地域之内的空中物体的位置无关。在这个实施方式中，信号处理单元可确定相对于该飞行器的、接收的反射所来自的方向，而与感兴趣地域内探测到的空中物体的位置无关。为了实现这点，信号处理单元安排为通过 FFT 使用数字多波束形成。在这个实施方式中，不需要接收机 3 和/或信号处理单元扫描感兴趣的地域。在控制不进行扫描的时候，子系统仅好像“注视”至少几乎整个感兴趣地域。每个接收机可包括单片接收机。这些类型的单片接收机例

如用于无线局域网（LAN）中。这对本领域的技术人员来说是已知的。

[0036] 子系统的发射机 2 可包括可商业购买到并且对本领域的技术人员来说非常熟知的固态发射机。这种固态发射机可安排为发射具有恒定频率的信号，比如说 10GHz。这种固态发射机还可安排为发射具有频率调制连续波（FMCW）的信号。发射机 2 可配备有波形发生器 WFG 和例如增频变频器 UC，它们分别用于确定由发射机 2 发射的信号类型和将该信号适当地寻址（addressing）到该发射机天线 2a。探测器 Det 可安排为控制下面要进一步讨论的波形发生器。子系统 1 可安排为使得在使用中子系统 1 的发射机发射具有恒定频率的信号，直到该子系统指示在感兴趣的地域内出现正在靠近的飞行器。该子系统还可安排为使得当该子系统在使用中指示在感兴趣地域内出现正在靠近的飞行器时，子系统的发射机发射具有频率调制连续波（FMCW）的信号。该子系统还可安排为反复发射具有频率调制连续波的信号，从而可计算该正在靠近的飞行器的轨迹。频率调制连续波包括及时接收其自身的频率模式。优选地，该雷达系统包括至少两个子系统 1，用于监控飞行器前面的第一地域和在飞行器后面、飞行器上面、飞行器下面或者飞行器侧面的第二地域。

[0037] 根据本发明的子系统在图 1 中示出的雷达系统的实施方式按照下面的描述操作。图 2 示意性描述探测配备有根据本发明雷达系统的飞行器周围区域内飞行器的方法。正常操作中，该方法包括发射具有恒定频率的连续探测信号。这是根据本发明的方法的步骤 SI.1。SI 指第一操作模式中的步骤。如图 1 中所示的子系统能够发射这样的连续探测信号。这种频率可以例如为 10GHz，即具有大约 3cm 波长的信号。图 2 中所示方法的实施方式中的下一个步骤包括，接收探测信号的反射（SI.2）。在图 1 示出的实施方式中，接收机 3 包括用于接收这些反射信号的接收部件 3a。图 2 中所示实施方式中的下一个步骤包括，将接收的信号转换为数字接收信号（SI.3）。在图 1 中所示的实施方式中，每个接收机都包括用于这个目的的模拟数字转换器（ADC）。在根据本发明的方法的实施方式的下一个步骤中，每个数字接收信号被输入到 3-D 快速傅立叶变换器中，从而在三维内对每个数字接收信号进行傅立叶变换，该三维是两个空间维和一个时间维。3-D 快速傅立叶变换包括利用用于形成数字多波束的 2-D 快速傅立叶变换器来形成数字多波束的 2-D 快速傅立叶变换器，这些波束的形成由接收天线 3a 之间的相位差产生。因此，2-D 快速傅立叶变换器的输入由接收天线 3a

提供。同样，快速傅立叶变换器包括用于确定多普勒频率的 1-D 快速傅立叶变换器。因此，1-D 快速傅立叶变换器的输入可仅由一个接收天线提供。对于每个接收到的信号来说，根据这个多普勒频谱可探测感兴趣地域内是否存在正在靠近的空中物体（SI.5），已经从该空中物体接收到探测信号的反射。因此，可得到被探测空中装置的速度和方向。信号处理装置安排为在探测信号反射中的多普勒信息的基础上，获得关于探测到的空中物体相对于飞行器的速度的信息。对本领域的技术人员来说会清楚，在多普勒频率的基础上可抑制例如地面的固定反射。如果没有探测到正在靠近的飞行装置，则连续发射具有恒定频率的连续探测信号，直到探测到飞行装置为止。

[0038] 当探测到正在靠近的飞行装置时，接下来的步骤包括发射频率调制连续波探测信号（SII.1）。SII 指第二操作模式中的步骤。还将接收这个探测信号的反射（SII.2）。这些接收信号将被转换为数字接收信号（SII.3），并且 3-D 快速傅立叶变换器将在三维中对所有的数字接收信号进行变换（SII.4），三维是两个空间维和一个时间维。3-D 快速傅立叶变换器利用 2-D 傅立叶变换器形成数字多波束，这些波束的形成由接收天线 3a 之间的相位差产生。因此，接收天线 3a 提供 2-D 快速傅立叶变换器的输入。变换的信号提供正在靠近的飞行器相对于接收机 3 的方向的信息。因此，信号处理装置安排为确定相对于该飞行器的、接收信号所来自的方向。同样，3-D 快速傅立叶变换器包括 1-D 快速傅立叶变换器，用于确定正在靠近的飞行装置的距离。因此，仅由一个接收天线提供 1-D 快速傅立叶变换器的输入。在重复多次发射频率调制连续波探测信号以及随后的步骤 SII.2、步骤 SII.3 和步骤 SII.4 之后，可得到被探测到的空中物体的距离曲线。频率调制连续波可具有几 MHz 数量级的带宽。可选择频率调制连续波搜索的重复频率，从而固定反射不会干扰该距离测量。根据步骤 SI.1—SI.5 的执行得到探测到的空中物体的速度和方向。根据步骤 SI.1—SI.5 的执行，得到探测到的空中物体的距离曲线。这使得该雷达系统可以计算正在靠近的飞行装置的轨迹，和计算靠近最近点（CPA）和 CPA 的时间。在此基础上，如果需要，飞行员可执行防撞操纵。

[0039] 一旦计算了 CPA，该子系统可再次开始发射具有恒定频率的连续探测信号。

[0040] 清楚的是，每个子系统都可视为“注视雷达系统”，这与现有技术中

公知的“扫描雷达系统”相反。

[0041] 图 3 示意性示出图 1 所示实施方式的变型。相控阵包括与图 1 中所示的相控阵相同数量的接收机 3。但是，为了清楚的目的，在图 3 中仅示出全部三个接收机 3。从图 3 中可以看到，每个接收机 3 包括混频器 4。混频器 4 位于电子部件 RX 和模拟数字转换器（ADC）之间。此外，混频器 4 安排为生成具有一定频率的混频信号作为输出信号，该频率至少大致等于两个输入信号频率之间的差。该子系统安排为向混频器 4 发送参考信号，该参考信号与要由发射机天线 2 发送的探测信号相似。因此，混频信号是频率等于参考信号和接收发射的频率之差的信号。

[0042] 图 4 还对这个改变进行了图解说明，其中增加额外步骤 SI.2a 和 SII.2a。通过在雷达系统中增加混频器 4 以及增加额外步骤 SI.2a 和 SII.2a，将要由模拟数字转换器（ADC）在步骤 SI.3 和 SII.3 进行转换的各信号在一定的范围之内，对这个范围来说，可以以非常合理的价格得到模拟数字转换器。通常，参考信号和接收反射都具有大约 10^{10} Hz 范围的频率。但是，该混频信号可以恰好大约为 10^4 Hz 范围，对该范围可得到相对简单的模拟数字转换器。

[0043] 图 5 示意性示出，如何向诸如飞机的飞行器提供包括多个子系统的雷达系统，使得探测信号覆盖该飞机前面的感兴趣的静止地域。该地域从该飞机开始向外延伸大约 10km。由探测信号覆盖的感兴趣的静止地域出现在飞机的后面，并从该飞机开始向外延伸大约 1km。由探测信号覆盖的感兴趣的静止地域出现在飞行器的上面和下面，并从该飞行器开始向外延伸大约 1.5km。

还可想象出，感兴趣的地域出现在飞机的任一侧。每个感兴趣的地域都需要其自己的子系统。还可能的是，每个子系统包括两个发射机天线，即一个用于连续发射具有恒定频率的探测信号，另一个用于连续发射具有 FMCW 的探测信号。在这种情况下，对飞机的探测和对探测到的飞机的距离确定并不是互相排斥的，而是可以同时进行的，从而当确定已经探测到的物体的距离时也可探测新的空中物体。可能的是感兴趣的区域重叠。这些实施方式都可以理解为落在本发明的框架之内。

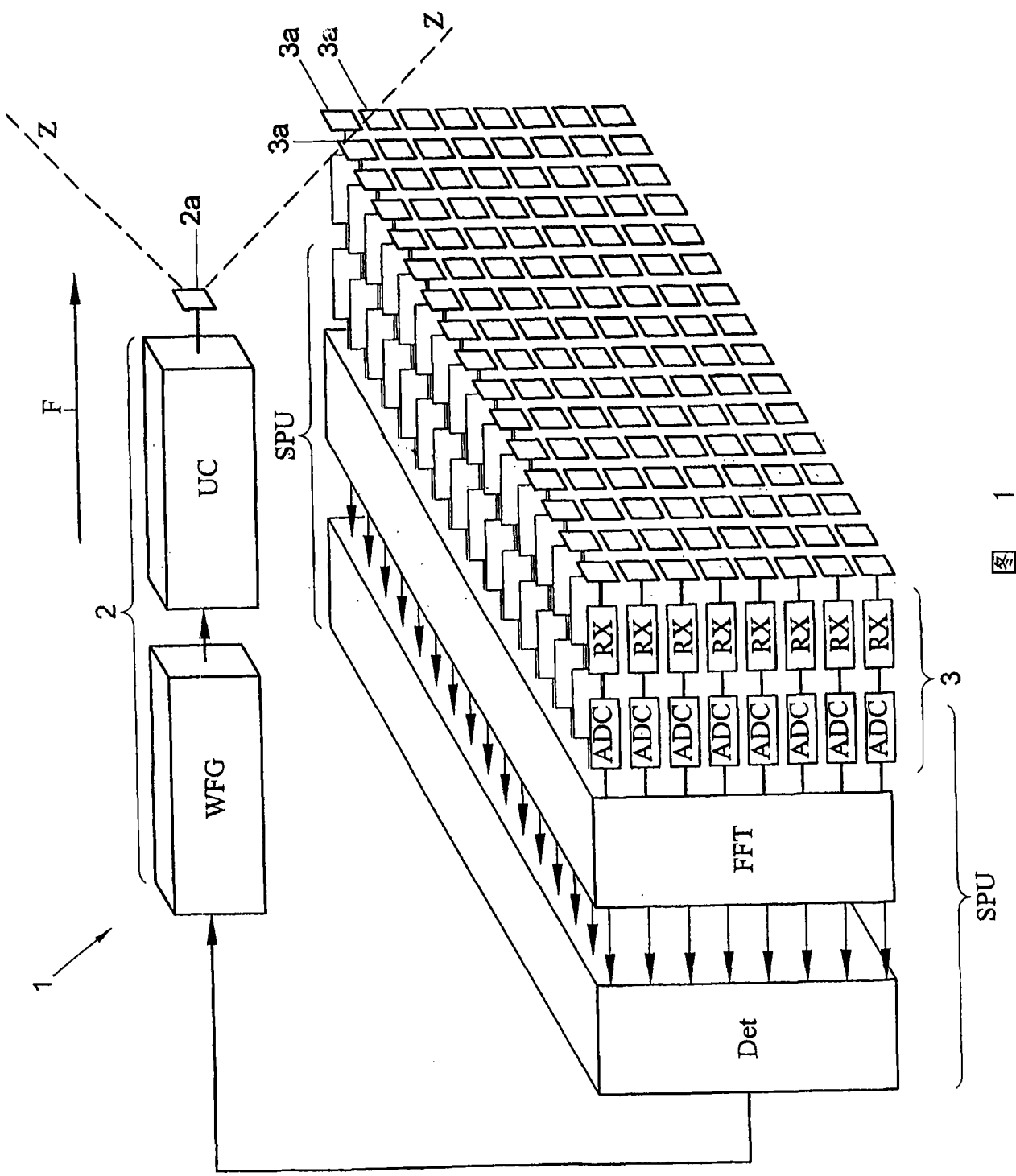


图 1

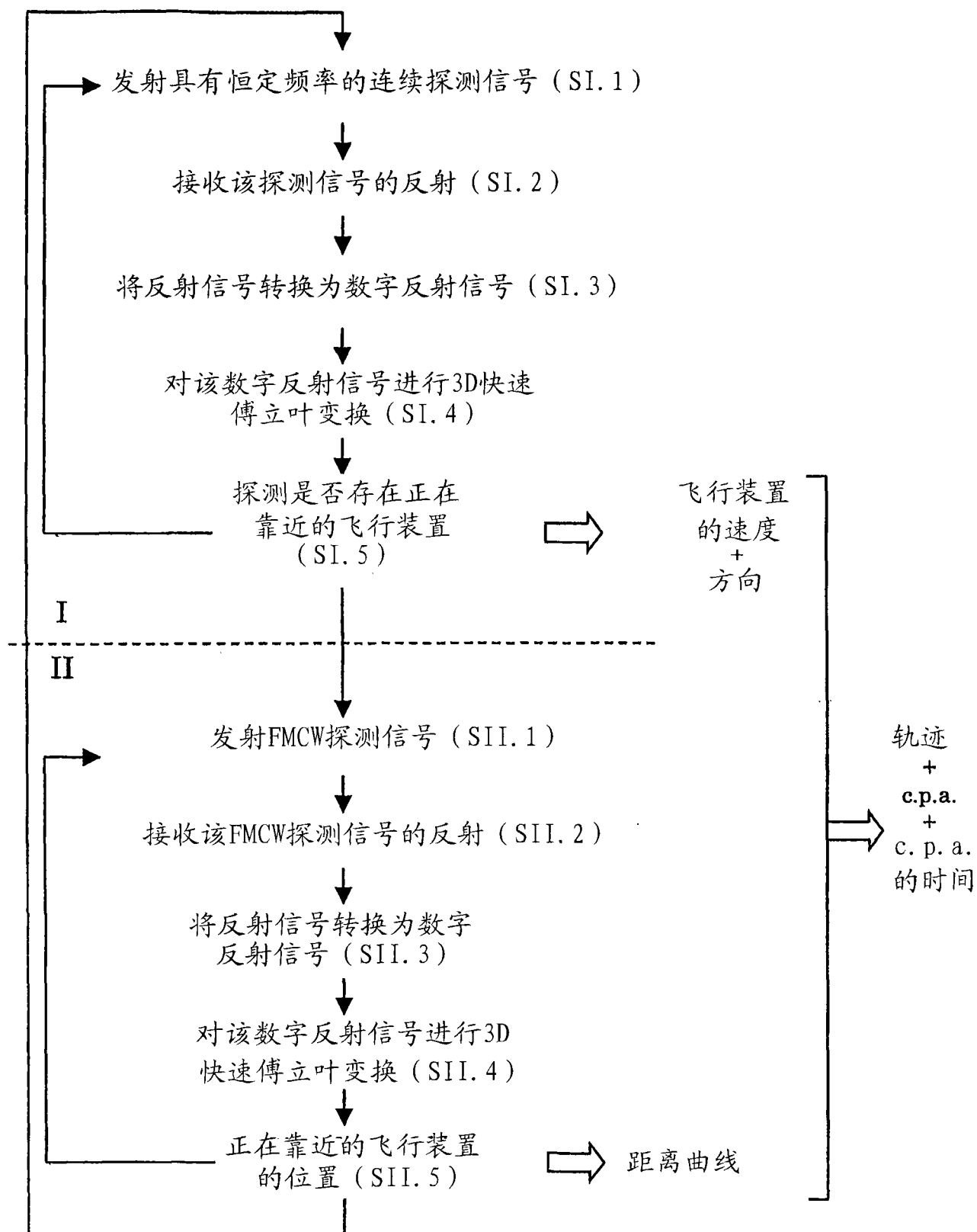


图 2

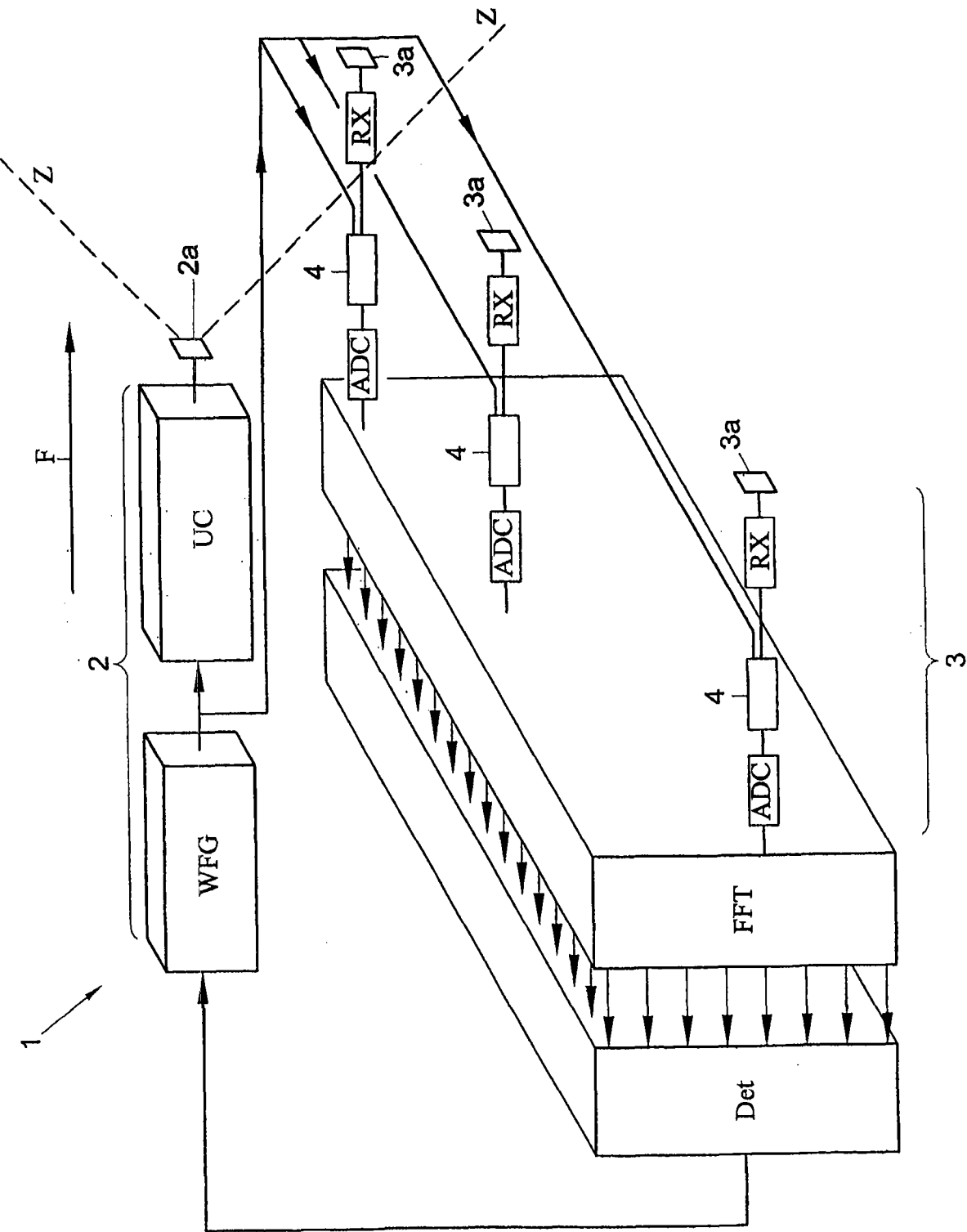


图 3

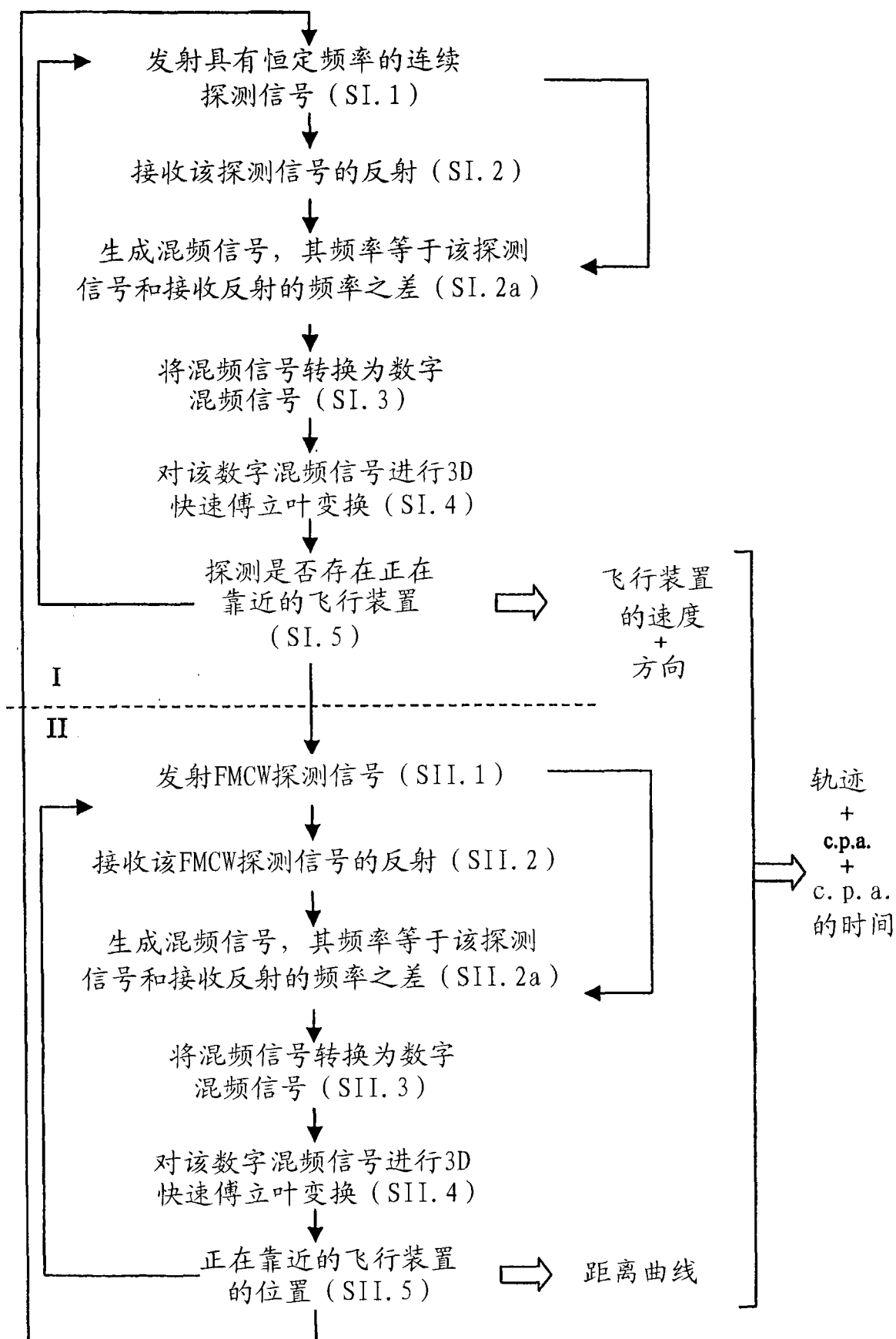


图 4

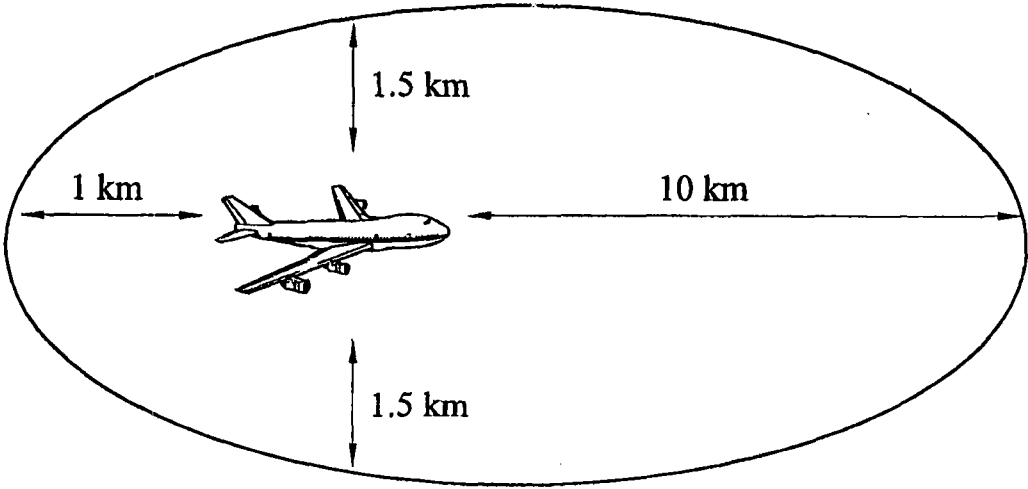


图 5