



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101793961 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 15

(21) 申请号 200910253496. 2

(22) 申请日 2009. 12. 16

(30) 优先权数据

0807061 2008. 12. 16 FR

(73) 专利权人 塔莱斯公司

地址 法国耐伊市(赛纳河上)

(72) 发明人 O·博 N·奥诺雷

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 郭少俊 王英

(51) Int. Cl.

G01S 13/66(2006. 01)

G01S 13/91(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6922493 B2, 2005. 07. 26,

CN 1234575 A, 1999. 11. 10, 全文.

US 6573858 B1, 2003. 06. 03, 全文.

审查员 郝霏霏

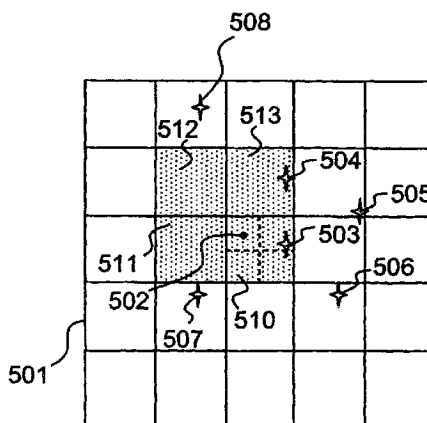
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

具有减少等待时间的多传感器跟踪处理方法

(57) 摘要

一种尤其在空中交通管制系统中实现的多传感器跟踪方法,该方法使得能够减少由跟踪系统引入的等待时间,其特征在于,相关(302)和关联(303)函数基于探测(502)和航迹(503,504)与单元(510,511)的从属关系来工作,单元(510,511)限定表示在立体投影平面上的监视区域的网格(501)的细分。



1. 一种处理在由多个传感器所探测的所关注空间中移动的空中目标的跟踪的方法，以单个虚设雷达的探测的形式合成源于所述传感器的所述探测，所述雷达通过多个确定持续时间的内部虚拟时间区段同步，

所述方法包括建立所关注空间的立体投影平面的二维网格的预备步骤，所述二维网格被分成多个矩形单元，

无线电跟踪系统将在至少一个内部虚拟时间区段期间产生的所有源于所述传感器的探测存储在缓存中，

在包含源于所述传感器的所述探测的二维网格的单元和航迹之间，相关函数基于第一接近标准对源于所述传感器的所述探测与所述航迹应用相关，所述第一接近标准使得能够挑选与对应于探测的给定点迹相关的候选航迹，所有所述候选航迹位于包含所述给定点迹的单元以及与包含所述给定点迹的单元毗邻的单元中。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述相关函数由指示所述内部虚拟时间区段末端的 SVI 消息进行触发，所述相关是基于在所述内部虚拟时间区段期间存储的探测进行的。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，还包括关联函数基于附加标准将源于所述传感器的所述探测与航迹相关联，所述附加标准基于所述点迹的接收时间与触发相关 - 关联处理操作的 SVI 消息的接收时间之间的时间差，如果所述时间差大于确定的阈值，则所述附加标准允许源于所述传感器的所述探测与所述候选航迹的关联的验证、所述候选航迹的更新和源于所述传感器的所述探测从所述缓存的删除，或者如果所述时间差小于所述确定的阈值，则在所述缓存中保留源于所述传感器的所述探测用于随后的处理操作。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述矩形单元为方形，其边具有预定的长度。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述第一接近标准使得能够挑选与对应于探测的给定点迹相关的候选航迹，所有所述候选航迹位于包含所述给定点迹的单元以及与包含所述给定点迹的所述单元毗邻的 8 个单元中。

6. 根据权利要求 5 所述的方法，其中，包含所述给定点迹的每个单元被细分成四个相同子单元，所述第一接近标准使得能够挑选与对应于探测的给定点迹相关的候选航迹，所有所述候选航迹位于包含所述给定点迹的单元以及与包含所述给定点迹的子单元毗邻的单元中。

7. 一种空中交通管制系统，用于处理所关注空间中移动的空中目标的跟踪，所述空中交通管制系统包括：

用于探测所述跟踪的多个传感器，以单个虚设雷达的探测的形式合成源于所述传感器的所述探测，所述雷达通过多个确定持续时间的内部虚拟时间区段同步，所述空中交通管制系统被配置为：

建立所关注空间的立体投影平面的二维网格，所述二维网格被分成多个矩形单元，

其中所述空中交通管制系统还包括：

无线电跟踪系统的缓冲存储器，用于存储在至少一个内部虚拟时间区段期间产生的所有源于所述传感器的探测，以及

无线电跟踪系统的核，所述核被配置为在包含源于所述传感器的所述探测的二维网格的单元和航迹之间，基于第一接近标准对源于所述传感器的所述探测与所述航迹应用相

关,所述第一接近标准使得能够挑选与对应于探测的给定点迹相关的候选航迹,所有所述候选航迹位于包含所述给定点迹的单元以及与包含所述给定点迹的单元毗邻的单元中。

具有减少等待时间的多传感器跟踪处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有减少等待时间的多传感器跟踪处理方法。所述方法尤其关注于在空中交通管理中实施的飞机无线电跟踪系统。

背景技术

[0002] 空中交通管制或 ATC 使得空中交通管制人员能够确保处于监视中的空域中飞机飞行的安全、快速和有效执行。空中交通管制或 ATC 的任务主要是阻止飞机和地面或车辆之间的碰撞,以及飞机之间在飞行中的碰撞。空中交通管制或 ATC 还致力于加速空中交通和使空中交通有序,为飞机提供对安全且有效地执行飞行有用的建议和消息,所述消息例如是天气消息、地面导航装置的状态消息、交通消息。空中交通管制或 ATC 最后还致力于提供报警服务,以便当飞机需要来自应急救援组织的帮助时向适当的组织报警,并为这些组织提供所需的支持。

[0003] 需要用来管理空中交通管制的消息主要来自于多个传感器。在这些传感器中,主监视雷达或 PRS 经由方位角、距离和探测时刻的消息提供来自目标的回波。

[0004] 二次监视雷达或 SSR 也提供消息;SSR 向目标发送信号。当这些目标为装备有雷达收发机的飞机时,后者又发送由 SSR 接收的消息。由 SSR 接收的消息包括距离和方位角,以及由根据雷达收发机的类型提供的补充消息。因此,与 A/C 模式兼容的雷达收发机为飞机提供识别消息(模式 A)和气压高度消息(模式 C)。因此,由 SSR 提供的消息集允许对在其视场中移动的飞机进行识别,以及在三维参考系中确定它们各自的位置。还存在装备有精细调整模式或模式 S 的雷达收发机和用于各种各样消息通信的双通装置,所述精细调整模式或模式 S 在需要时提供与 A/C 模式相同的消息,加上以 24 比特编码的飞机的唯一标识。

[0005] 其它飞机位置消息和地面上的物体由多点定位传感器或 MLAT 提供,该多点定位传感器或 MLAT 由散布在地面上的多个全向天线组成,用于接收由飞机发送的信号以便对其进行定位。这些信号可以是主动提供的或者飞机响应于来自雷达的信号而发送的。通过计算与至少两个天线所接收的这些信号的接收时间之间的差异,可以确定飞机的位置。该类型的传感器广泛用于监测在机场区域和进场区域地面上的移动。以类似方式工作的另一种技术基于设置在更广阔区域上的多个全向天线所接收的信号对机场进场区域之外的飞机进行定位,该技术被称为 WAM,其代表广域多点定位。

[0006] 还存在自动的并且与飞机相关的监视系统,首字母缩写为 ADS,代表自动相关监视。被称为 ADS-C、代表合约式自动相关监视的第一 ADS 系统主要用于其中少数其它类型的传感器适用的区域,例如沙漠或海洋区域。装备有该 ADS-C 系统的飞机通过无线电将与它们位置相关的消息广播至通信卫星,所述位置是例如机载计算机基于由卫星地理定位接收器或代表全球定位系统的 GPS 和 / 或惯性单元提供的消息确定的。广播其它消息,例如关于为飞机规划的路线、飞机相对于空气和地面的速度、天气消息(风力和方向、温度等)。飞机对这些消息的广播可以周期性的进行或者响应于某些事件进行,或者甚至在紧急情况下进行。该消息随后被卫星发送并被专门的天线接收。

[0007] 第二 ADS 系统被称为 ADS-B、代表广播式自动相关监视。装备有该 ADS-B 系统的飞机通过无线电将之前参照 ADS-C 描述的数据广播至地面天线。所述发射是以每秒至少发送一次的较高频率周期性进行。

[0008] 多传感器跟踪或多传感器无线电跟踪是基于上面提及的传感器之外的不同传感器所发射的多个探测的过程,其使得能够:

[0009] • 从对其适用的探测中,识别出对存在于每个传感器的探测覆盖范围中的每个飞机的轨道取样的探测。

[0010] • 尽可能精确地重构飞机的轨道,也就是说多雷达跟踪。

[0011] 当传感器是雷达,尤其是 PSR 或 SSR 类型的雷达时,使用表达“多雷达跟踪”或“多雷达无线电跟踪”。

[0012] 多雷达跟踪通常是基于合并雷达探测或代表多可变点迹更新 (Multiple Plot - Variable Update)MPVU 的技术。利用该技术,从一个或相同飞机的探测中导出的每个点或“点迹”被尽可能快的处理,以便尽可能快地更新相应的多雷达跟踪。存在其它已知的多雷达跟踪方法,但这些方法中,MPVU 是给出最大精确度的一个。然而,该精确度预示着由无线电跟踪系统所进行的计算相对复杂。计算的复杂导致由无线电跟踪系统引入长的等待时间,该等待时间能够定义为:所计算的在来自无线电跟踪系统的信息的输出时刻与输入数据的接收时刻之间的时间差。

[0013] 代表广播式交通信息服务的 TIS-B 是一种服务,其使得能够将交通信息广播给空运系统,尤其是广播给飞机飞行员。信息的广播是由从地面发射监视信息至空中的地面上的站台执行的。TIS-B 不需要发射任何信息或者飞机接收 TIS 消息的确认。另一方面,对于有效地系统,全部信息发射子系统的等待时间短是重要的。全部发射子系统的等待时间包括将要计入的以下时间:各个雷达和传感器的信息接收、经由雷达和传感器的信息处理、信息发射至空中交通管制中心、输入数据在空中交通管制中心的处理、由多传感器无线电跟踪系统或代表多传感器跟踪系统的 MSTTS 进行的数据适当处理,然后输出数据的处理、它们的广播和甚至在所关注空间中移动的飞机的接收。最大可接受的总等待时间例如在美国通过标准:DO-286B - TIS-B MASPS 来定义(广播式交通信息服务-最小航空系统执行规范)。

[0014] 由基于现有技术工作的多雷达无线电跟踪系统引入的等待时间是这样的,其本身以对全部发送子系统的总的等待时间抑制的方式起作用,使得不可能与上面提及的标准 DO-286B - TIS-B MASPS 相符。

[0015] 此外,与从雷达到 ATC 中心的发射线路相关的等待时间对于给定的线路来说是高度可变的,因此需要跟踪系统使用附加的缓存区段,其延长了由跟踪系统引入的等待时间;该缺点被称为“时间失调”。

[0016] 在处理源自雷达的信息中,对由跟踪系统引入的等待时间有负面影响的另一个缺点与如下事实有关:在该区段的点迹进行处理开始之前,系统必须等待来自雷达的特定信号,所述信号指示该给定区段的所有点迹均已经被发送。

发明内容

[0017] 本发明的一个目的是通过提出一种在空中交通管制中减少由多传感器雷达跟踪系统引入的等待时间的方法来克服上述的缺点,对于 MPVU 类型的多传感器无线电跟踪系

统来说,使得能够相对于 TIS-B 类型系统中的最大可接受等待时间符合上述标准。

[0018] 此外,本发明获得的另一优点克服了与源自雷达的信息的处理有关的缺点,例如在雷达的中心附近尤其以高地面速度移动的目标不能被察觉,或者不能与航迹相关联;该缺点与监视区域被细分成角度区段的单元有关,在接近雷达的中心处的角度区段的单元表面积小。

[0019] 为此,本发明的主题是通过多个传感器对在所关注的空间中移动的空中目标的跟踪进行处理的多传感器跟踪处理方法,其特征在于:

[0020] 以单个虚设雷达的探测的形式合成源于所述传感器的所述探测,所述雷达通过多个确定持续时间的内部虚拟时间区段同步,

[0021] 所述方法包括建立所关注空间的立体投影平面的二维网格的预备步骤,所述二维网格被分成多个矩形单元,

[0022] 无线电跟踪系统将在至少一个内部虚拟时间区段期间产生的所有源于所述传感器的探测存储在缓存中,

[0023] 在包含源于所述传感器的所述探测的二维网格的单元和航迹之间,相关函数基于第一接近标准对源于所述传感器的所述探测与所述航迹应用相关,所述第一接近标准使得能够挑选与对应于探测的给定点迹相关的候选航迹,所有所述候选航迹位于包含所述给定点迹的单元以及与包含所述给定点迹的单元毗邻的单元中。

[0024] 在本发明的一个实施例中,上面描述的多方法的特征在于:所述相关函数由指示所述内部虚拟时间区段末端的 SVI 消息进行触发,所述相关是基于在所述内部虚拟时间区段期间存储的探测进行的。

[0025] 在本发明的一个实施例中,上述方法的特征在于:还包括关联函数基于附加标准将源于所述传感器的所述探测与航迹相关联,所述附加标准基于所述点迹的接收时间与触发相关-关联处理操作的 SVI 消息的接收时间之间的时间差,所述附加标准被定义为:如果所述时间差大于确定的阈值,则所述附加标准允许源于所述传感器的所述探测与所述航迹的关联的验证、所述航迹的更新和源于所述传感器的所述探测从所述缓存的删除,或者如果所述时间差小于所述确定的阈值,则在所述缓存中保留源于所述传感器的所述探测用于随后的处理操作。

[0026] 在本发明的一个实施例中,上面描述的方法的特征在于:所述矩形单元为方形,其边具有预定的长度。

[0027] 在本发明的一个实施例中,上面描述的方法的特征在于:所述第一接近标准使得能够挑选与对应于探测的给定点迹相关的候选航迹,所有所述候选航迹位于包含所述给定点迹的单元以及与包含所述给定点迹的所述单元毗邻的 8 个单元中。

[0028] 在本发明的一个实施例中,上面描述的方法的特征在于:包含所述给定点迹的每个单元被细分成四个相同子单元,所述第一接近标准使得能够挑选与对应于探测的给定点迹相关的候选航迹,所有所述候选航迹位于包含所述给定点迹的单元以及与包含所述给定点迹的子单元毗邻的单元中。

[0029] 本发明的另一主题是一种空中交通管制系统,其特征在于,所述系统实施上面描述的方法。

附图说明

[0030] 通过阅读以示例方式给出的说明书并结合附图,本发明的其它特征和优点将变得显而易见,在附图中:

[0031] - 图 1 通过方块图表示空中交通管制系统的总体结构;

[0032] - 图 2 通过方块图表示 MPVU 类型的无线电跟踪系统的总体结构;

[0033] - 图 3a 通过图表表示 MPVU 类型的无线电跟踪系统中的多雷达无线电跟踪系统的核的结构;

[0034] - 图 3b 为表示在现有技术已知的空中交通管制系统中由雷达提供的信息的处理中使用的角度区段的细分的图表;

[0035] - 图 4 为表示在根据本发明的多传感器雷达跟踪系统条件下,进入数据的处理的排序的示例的时间图的示例;以及

[0036] - 图 5a 和 5b 为在根据本发明的多传感器雷达跟踪系统中实施的相关方法的示例的代表图表。

具体实施方式

[0037] 图 1 通过方块图表示空中交通管制系统的总体结构。飞机 100 发射信息到多个发射器和传感器并且从多个发射器和传感器接收信息。大部分信息被集中到空中交通管制中心 ATC 101 并在其中进行处理。在图示的示例中,主监视雷达 PSR 102 处理并发射数据至 ATC 中心 101。在安装主监视雷达的该示例中,二次监视雷达 103 处理并发射数据至 ATC 中心 101。S 模式雷达 104 发射数据至 ATC 中心 101。飞机 100 发射由位于地面的 ADS 类型的接收站 106 获取的特定信号,该接收站 106 本身处理所接收的信息并且又发送信息至 ATC 中心 101。飞机 100 发射由散布在地面上的 MLAT 和 / 或 WAM 类型的传感器 107 获取的特定信号,所述 MLAT 和 / 或 WAM 类型的传感器 107 处理所接收的信息并且又将信息发送至 ATC 中心 101。GPS 或伽利略类型的多个定位卫星 108 发射由飞机 100 的专门接收器获取的信号。飞机 100 与 Sat Com 卫星 110 交换信息,特别是飞机 100 向 Sat Com 卫星 110 发送 ADS-C 类型的报告。Sat Com 卫星 110 本身经由地面上的卫星发射 / 接收站 111 与地面交换信息,卫星发射 / 接收站 111 本身与 ATC 101 中心通信。卫星 109 经由发射 / 接收站 111 与地面各种信息进行通信并且发射信息至飞机 100。

[0038] TIS-B 类型的地面发射站 105 发射由飞机 100 所接收的信息。由站 105 发射的数据基于由 ATC 中心 101 所提供的数据,并且是由 ATC 中心 101 所接收的所有数据的综合。

[0039] 图 2 通过方块图表示现有技术中已知的 MPVU 类型的无线电跟踪系统 201 的总体结构。该无线电跟踪系统是在空中交通管制中心 101 的运算单元中实现的。无线电跟踪系统包括用于管理输入数据的设备 202、核 204 和用于管理输出数据的设备 203。用于管理输入数据的设备 202 从空中交通管理中所包括的所有雷达和传感器接收数据,尤其包括 SSR 雷达 103,还从主雷达 102、从源自 MLAT 和 WAM 信标台 107 的数据、从 ADS-B 报告等接收数据。

[0040] 核 204 对由用于管理输入数据的设备 202 预处理的输入数据执行所有的处理操作,并且产生被用于管理输出数据的设备 203 格式化的输出数据。核的操作将在下面参照图 3a 进行更详细的描述。从用于管理输出数据的设备 203 获得的数据例如被发送至供空

中交通管制人员使用的显示接口,还被发送至 TIS-B 类型发射站 105。

[0041] 第一个重要的等待时间可以归因于用于管理输入数据的设备 202 的上游设备的数据发射。该第一等待时间是在处理操作中所使用的雷达和传感器所固有的,在所述处理操作中,可以对雷达和传感器所接收的信号进行处理操作,并且将它们的输出数据发射至 ATC 中心 101。当到达主监视雷达和二次监视雷达时,该第一等待时间一般较大。典型地,该第一等待时间可以为 2 秒的量级。不幸地是,在不折中雷达的结构和发射线路的情况下,该第一等待时间难以压缩。现在,上面提及的标准 DO-286B - TIS-B MASPS 所需要的和 TIS-B 系统有效所必需的时间在 3.25 秒的量级,关于总的等待时间包括:用于管理输入数据的设备 202 的上游设备的第一等待时间、由在核 204 级别进行的处理所引入的等待时间、由用于管理输出数据的设备 203 所引入的等待时间、向 TIS-B 发射站 105 发射数据和这些数据在被后者发射之前的格式化。因此,为了与 TIS-B 系统中的可接受等待时间的上述标准相符,在核 204 级别的处理所引入的等待时间必需非常短,典型的小于 850 毫秒。然而,在最好的情况下,对于对来自 PSR 和 SSR 类型的雷达的数据进行简单处理来说,由现有的核所引入的等待时间在秒的量级,并且根据雷达的类型和发射线路基础构造可能有时需要花费几秒。由现有的核所引入的等待时间这样大的原因在阅读在下面参照图 3a 和图 3b 所给出的描述之后将更容易理解。

[0042] 图 3a 经由图表来表示现有技术中已知的 MPVU 类型的无线电跟踪系统中的多雷达无线电跟踪系统的核的结构。图表示出 3 个角度雷达探测区段,或点迹区段 301。方框 302 表示相关函数。方框 303 表示关联函数。方框 304 表示更新函数。方框 305 表示校准函数 (alignment function)。方框 306 表示航迹基线 (track base) 管理函数。方框 307 表示航迹初始化函数。

[0043] 由方框 302 表示的相关函数的目的是:

[0044] • 选择所保留的多雷达航迹,所述多雷达航迹能够利用属于最后接收的雷达 103 的区段 301 的点迹 N 中的一个点迹进行物理更新,

[0045] • 生成所有可能的点迹 - 航迹对 (pairing), 每个对对应于假定的利用相关点迹对航迹进行的更新。

[0046] 由方框 303 表示的关联函数的目的是基于由相关函数 302 所提供的结果解决可能的冲突,例如单个点迹被分配至多个航迹。

[0047] 由方框 304 表示的更新函数的目的是基于由关联函数 303 所提供的结果更新被处理的航迹的运动特征。

[0048] 经由方框 306 表示的航迹基线管理函数,更新函数 304 和关联函数 303 的结果允许航迹基线的更新。

[0049] 由方框 305 表示的校准函数的目的是修正系统误差或偏差,这些误差是在雷达执行目标探测时造成的。为此,针对产生更新所选择的点迹的雷达航迹中的每一个,校准算法对方位角和距离中的测量偏差执行评估。该评估然后能够被用于修正从这些雷达获得的测量结果。

[0050] 由方框 307 表示的初始化函数的目的是当在空中交通管制系统所关注的区域中出现至今未被航迹所表示的新的飞机时,生成新的航迹。

[0051] 图 3b 是表示在现有技术中已知的空中交通管制系统的情况下,通过在对雷达提

供的信息进行处理中所使用的角度区段的细分的图表。雷达 103 的探测覆盖范围 310 例如被分成点迹区段 301 并且被分成航迹区段 311。

[0052] 雷达 103 的探测覆盖范围 310 被分成相等角度值的区段。例如,对于余下的描述,将认为雷达具有 32 个 11.25° 的点迹区段,从 0 到 31 沿着逆时针方向计数。因此,数目 S 的雷达区段的的角度值在 $[S*11.25^\circ ; (S+1)*11.25^\circ]$ 的范围内。每次雷达 103 的天线从一个点迹区段通过到另一个点迹区段,产生区段末端消息。“北向脉冲”(north pulse) 消息对应于雷达 103 的天线到达雷达 103 的北向。存在不产生点迹区段末端消息的特定雷达,但是所有雷达产生“北向脉冲”类型的消息和 / 或“区段 0”类型的消息。

[0053] 从无线电跟踪系统的观点来说,其所包含的每个雷达的探测覆盖范围被分成相等角度值的点迹区段 301 和航迹区段 311。每个雷达包括 22.5° 的 16 个点迹区段和 16 个航迹区段,从 0 到 15 沿着逆时针方向计数。点迹区段 301 和航迹区段 311 以对应于半区段的角度值彼此有角度地偏移。因此,航迹区段 N 311 被点迹区段 301 N-1 和 N 重叠。雷达 103 的点迹区段 N 301 包括从雷达 103 获得的所有无线电跟踪的点迹,其方位角位于 $[N*22.5^\circ ; (N+1)*22.5^\circ]$ 的范围内。航迹区段 N 311 包括属于雷达 103 的探测覆盖范围 310 的所有多雷达航迹,并且其方位角相对于该雷达位于 $[N*22.5^\circ +11.25^\circ ; (N+1)*22.5+11.25^\circ]$ 的范围内。

[0054] 点迹区段 301 和航迹区段 311 是用于无线电跟踪系统的基本的跟踪处理单元。在本说明书的下文中,术语“点迹区段”和“航迹区段”是指多雷达跟踪内部的点迹区段和航迹区段。

[0055] 点迹区段和航迹区段的重叠使得其可以验证:

[0056] • 区段 N 的点迹与区段 N 和 / 或 N+1 的航迹相关;

[0057] • 如果区段 N 的点迹与区段 N 的航迹相关,该航迹能够与区段 N-1 的点迹相关。因此为了确保考虑与该航迹相关的所有点迹,必须考虑点迹区段 N 和 N-1 的点迹,这实际上导致需要使用点迹区段的缓存;

[0058] • 如果点迹区段 N 的点迹与航迹区段 N+1 的航迹相关,该航迹也能够与点迹区段 N+1 的点迹相关。因此,为了确保考虑与该航迹相关的所有点迹,必须考虑点迹区段 N 和 N+1 的点迹,并且因此使用点迹区段的缓存。

[0059] 点迹区段 N-2 和 N-1 的点迹被用于更新或生成航迹区段 N-2 和 N-1 的航迹。此外,为了确定点迹区段 N 的点迹与航迹区段 N 或 N+1 的航迹之间关联,必须考虑所有这些区段的所有航迹和与这些航迹相关的所有点迹。这是最坏的情况,其中需要三个缓冲区段。在大部分情况下,关联处理可以通过使用 1 或 2 区段来执行。实际上,需要等待点迹区段,以便检查所包括的所有点迹和所有航迹的适用性。该步骤使得能够避免由在两个点迹区段之间的边界处的探测导致的边缘效应:该效应例如可能将区段 N 的点迹与对其的探测实际上是在点迹区段 N-1 中的航迹相关联。

[0060] 为了简化处理操作,并且为了以总结形式提供数据,多雷达无线电跟踪系统使用假想的雷达。该假想的雷达是物理上不存在,但其内部通过无线电跟踪系统来管理的雷达。将其描述为无限范围的雷达,也就是说探测以无线电跟踪系统的中心为中心的无线电跟踪系统所关注的所有场的雷达,并且该雷达的周期略微小于由无线电跟踪系统所集成的最快雷达的周期。

[0061] 因此,该无线电跟踪系统产生假想的雷达的内部区段末端的消息。这些同步将使得能够为无线电跟踪系统的一般处理操作排序,而与所接收的雷达消息无关。此外,其允许周期处理操作的雷达状态的管理或激活,以管理由跟踪系统产生的多雷达航迹。

[0062] 通过使用由不同雷达提供的点迹生成并保留多雷达航迹直到其终止。

[0063] 航迹能够具有若干状态:

[0064] •“已验证”状态:这是已经被自动航迹初始化函数处理过的航迹并且其被认为“安全”。换言之,该航迹被认为是在探测覆盖范围中实际存在并且至今对于系统来说是未知的飞机的表示。

[0065] •“初始化”状态:这是当前正在被函数处理并且还未验证的航迹。

[0066] 如果当前雷达系统在 TIS-B 服务的情况下使用,由该系统引入的理论等待时间通过下面的公式给出:

[0067] $t_{\text{latency}} = ((S_s + R) \times N) / 360 * T_{\text{radar}} + P$ 秒,

[0068] 其中:

[0069] S_s 是以度数为单位的区段的大小,

[0070] R 是以度数为单位的点迹 / 航迹区段的重叠的大小,

[0071] T_{radar} 是以秒为单位的雷达的回转周期 (period of revolution),

[0072] N 是在无线电跟踪处理操作的输入中需要的缓存区段的最大数目;该数目对于连接至无线电跟踪系统的每个雷达是特定的 ($1 < N \leq 8$),

[0073] P 是以秒为单位的由 CPU 过载引入的处理延迟 (典型的 200ms)。

[0074] 如果我们考虑例如,在雷达的回转周期为 12 秒、缓存区段的数目等于 1 (这预示着在正确的区段接收所有雷达点迹,并且同时接收所有点迹)的情况下,不计数与处理操作的执行关联的时间,所引入的最小等待时间为 2.25 秒。

[0075] 如果我们考虑例如,在雷达的回转周期为 4 秒、缓存区段的数目等于 1 的情况下,不计数与处理操作的执行关联的时间,所引入的最小等待时间为 750 毫秒。

[0076] 现在,应该重新提起在 TIS-B 服务情况下分派给无线电跟踪系统的最大等待时间是 850 毫秒。

[0077] 多雷达无线电跟踪处理操作的排序可以限定如下:

[0078] • 从雷达 R 接收点迹区段 N,

[0079] 已验证的航迹的处理

[0080] • 将来自雷达 R 的航迹区段 N 的已验证的航迹与区段 N 和 N-1 的点迹相关,

[0081] • 针对相关的点迹,将点迹和航迹关联,

[0082] • 处理机动 (manoeuvre) 的捕获和管理,

[0083] • 更新与点迹关联的航迹,

[0084] • 管理已验证的航迹。

[0085] 刚验证的航迹的处理

[0086] • 将来自雷达 R 的航迹区段 N-1 的在它们之前更新时所验证的航迹与区段 N-1 和 N-2 的点迹相关,

[0087] • 针对相关的点迹,将点迹和航迹关联,

[0088] • 处理机动的捕获和管理,

[0089] • 更新与点迹关联的航迹，

[0090] • 管理已验证的航迹。

[0091] 被初始化的航迹的处理

[0092] • 将来自雷达 R 的航迹区段 N-1 的被初始化的航迹与区段 N-1 和 N-2 的点迹相关，

[0093] • 针对相关的点迹，将点迹与每个航迹关联，

[0094] • 评估与点迹关联的航迹，

[0095] • 管理被初始化的航迹，

[0096] • 利用区段 N-2 的剩余点迹生成航迹。

[0097] 对属于区段 N+8 的来自雷达 R 的航迹的排序，这是依据如下事实来解释的：根据现有技术中已知的处理操作，缓存至多包括 8 个区段。这意味着可能等待与 8 个区段相当的时间，并且因此某些航迹可以在点迹接收之后利用多达相当于 8 个区段的时间来更新。因此，只有当能够确定对于该航迹确实已经执行更新才执行排序。

[0098] 新的点迹区段 N 的获得触发了在来自所关注雷达的航迹区段 N 中所排序的已验证航迹的处理。在相关 - 关联阶段期间，区段 N 的已验证的航迹在雷达的参考基线中与新点迹区段 N 的点迹进行比较，并且与点迹区段 N-1 的剩余点迹（也就是说，该点迹之前还未被用于更新航迹）进行比较。

[0099] 在相关 - 关联阶段的输出，已形成点迹 - 航迹对；捕获防止算法然后检查这些关联是有效的并且，如有需要，分解假定航迹，以便管理目标移动的可能性（单一成分或主成分 / 机动成分）。

[0100] 然后，利用与该点迹有关的信息更新与点迹关联的每一个航迹。航迹的管理使得能够完成与航迹有关的所有信息的更新：机动的管理、识别、IFF 型码的管理、关联变量和某些航迹的丢弃。

[0101] 在处理操作的最后，点迹区段 N 仅仅包含未被用于航迹更新的点迹。这些点迹能够对应于由航迹区段 N+1 的已验证航迹表示的目标的探测；在接收点迹区段 N+1 时，它们将被再次使用。

[0102] 另一方面，在区段 N-1 中剩余的点迹能够不再分配给已验证航迹，因为它们已经同可能与它们关联的已验证航迹比较过。

[0103] 在完成区段 N 的已验证航迹的处理时，执行在它们之前的更新已验证航迹的处理；所实现的处理操作与那些针对已验证的航迹的处理操作相同。

[0104] 该阶段是必须的，以处理在从被初始化的航迹到已验证的航迹的转变时边界处的问题，并且阻止因为点迹区段到达的顺序新的已验证的航迹利用与它们相关的探测进行更新。

[0105] 然后，在当前被初始化的来自相关雷达的航迹区段 N-1 的航迹上，利用点迹区段 N-1 和 N-2 的剩余点迹来执行处理操作：相关 - 关联，更新与点迹关联的航迹，并且管理被初始化的航迹（提示：也就是说，从初始化状态到已验证状态的转变、IFF 码的管理、丢弃）。

[0106] 在点迹区段 N-1 中，仅保留未被用于航迹更新的点迹。这些点迹可以对应于由航迹区段 N 的被初始化的航迹表示的目标并且在接收点迹区段 N+1 时将被使用。

[0107] 区段 N-2 的剩余点迹还未被用于更新已验证的或当前被初始化的任何航迹，但能够对应于仍然对无线电跟踪未知的航迹：航迹生成尝试被分派给它们。

[0108] 最后,来自雷达的航迹区段 N+8 的航迹被重新排序。由接收点迹区段 N 所触发的处理操作终止。然后跟踪准备处理新的点迹区段。

[0109] 对于本领域普通技术人员已知的相关算法本身基于点迹和航迹之间的接近标准来工作,根据对每个雷达特定的关注空间的细分,利用划分角度区段的单元划分雷达的覆盖范围。因此,位于接近雷达中心的单元的尺寸比更远的单元的尺寸小。这种不等导致众所周知的漏检问题,或者对于在接近雷达中心垂直移动的目标来说甚至不可能将点迹同航迹相关的问题。

[0110] 图 4 示出了表示在根据本发明的多传感器雷达跟踪系统的情况下进入数据的处理的排序的示例的时间图。第一时间图 401 表示在两个北向脉冲 405 之间所接收的源自雷达的数据。在该间隔期间,探测一组点迹 403。将该间隔细分成内部虚拟区段或 SVI 404。第二时间图表示根据本发明的跟踪处理操作的排序。

[0111] 与现有技术中已知的无线电跟踪系统不同,在由本发明提出的无线电跟踪系统中,进入的雷达点迹 403 不再被放置于缓存,而是直接被发送至内部无线电跟踪函数,这使得能够在至少一个缓存区段上保存进入的雷达点迹 403。

[0112] 只要点迹 403 被多雷达跟踪处理操作接收,就被储存在缓存中直到内部虚拟区段 404 被接收。通过使用时间计数器在内部产生 SVI 404。这种事件的发射周期是例如 187.5 毫秒,这对应于回转周期为 3 秒并且包括 16 个 SVI 的雷达。

[0113] 利用先前储存的点迹,SVI 404 的接收触发了多雷达跟踪处理操作。根据本发明,点迹和航迹不再根据点迹区段和航迹区段进行排序和处理,而是根据它们与系统网格的单元的从属关系进行排序和处理。该系统网格在下文中将参照图 5a 和 5b 进行描述。

[0114] 在通过处理系统接收 SVI 404 时,相关-关联处理操作基于因之前的 SVI404 而储存的点迹 403 开始。

[0115] 根据点迹的等待时间延迟并且根据 SVI 的时间,点迹保留在缓存中,以便等待用于相关阶段并且随后能够与航迹关联的其它竞争点迹。

[0116] 图 5a 和 5b 示出了表示在根据本发明的多传感器无线电跟踪系统中实施的相关方法的图表。在图 5a 中,所关注的空间的轮廓的各个示例例如在立体平面上通过被细分成多个矩形单元的网格 501 以投影表示。有利地,单元的形状为方形,例如边为 10Nm。在单元 510 中表示雷达点迹 502。显然,单元 510 包括毗邻的单元 511、512 和 513。航迹 503 和 504 分别属于单元 510 且属于毗邻单元 504 的一个。航迹 505 至航迹 508 属于或多或少与单元 510 接近的其它单元。

[0117] 将与方形单元毗邻的单元例如限定为具有与该单元共同的顶点或边的单元。

[0118] 根据本发明的多雷达无线电跟踪处理操作的排序可以限定如下:

[0119] 相关-关联处理:

[0120] 在接收到 SVI 404 时,激活相关和关联处理操作。根据第一相关标准,将与雷达点迹 502 位于其中的单元 510 最接近的网格 501 的单元中排序的航迹确定为与该点迹相关的候选,例如,将处在与雷达点迹 502 位于其中的单元 510 毗邻的单元中的航迹确定为相关的候选;换言之,在图示的示例中的航迹 503、504、505、506 和 507。

[0121] 有利地,单元 510 能够被细分成 4 个子单元,并且只将单元 510 的子单元和与包含雷达点迹 502 的子单元毗邻的单元确定为候选。与细分毗邻的单元是与由单元的细分所限

定的方形具有共同边或顶点的二维网格的单元。在图示的示例中,将单元 510、511、512 和 513 确定为候选。因此,包含在这些单元中的航迹,或者航迹 503 和 504 可能潜在地与雷达点迹 502 相关。

[0122] 图 5b 示出可以应用和相关阶段中的第二标准。在图示中,雷达点迹 502 在三维空间中以透视法进行表示。根据上面提到的第一相关标准,保留了六个航迹 520-525。

[0123] 基于将航迹的高度考虑进去的位置差异的第二、更有区别力的相关标准有助于减少针对根据第一标准的相关所选择的航迹数目。例如,可以区别其高度与雷达点迹 502 的高度相差大于确定值 Δ_d 的航迹,和 / 或在立体平面中距离大于确定值 Δ_d 的航迹的相关。在图示的示例中,仅保留航迹 522、523 和 524。

[0124] 为相关保留的点迹是之前储存在缓存中的所有点迹,然而所保留的航迹是为每个点迹所保留的所有航迹的并集。除了点迹和航迹的选择处理,相关处理操作与在上面参照图 3a 和图 3b 说明的现有技术已知的处理相同。

[0125] 在相关阶段之后,执行关联阶段。这是基于与现有技术中已知并且参照图 3a 和 3b 在上面描述的关联处理操作类似的原理,除了加入了基于雷达点迹的接收的时间和触发相关 - 关联处理操作的 SVI 消息的接收的时间之间的时间差的附加标准之外,该附加标准为:

[0126] • 如果时间差小于确定的阈值,该阈值例如设定在 400ms,则点迹与航迹的关联没有得到验证,并且点迹保留在缓存中。然后不更新航迹;

[0127] • 如果时间差大于阈值,则相关得到验证。则点迹与航迹关联;执行更新并且从缓存移除点迹。

[0128] 在关联处理操作之后,因此点迹能够为:

[0129] • 与航迹关联:则执行更新(从缓存移除),

[0130] • 因为时间差太小使得与航迹不关联:则点迹保留在缓存中,

[0131] • 与航迹基线中的任意现有航迹不相关:则点迹被发送至初始化处理操作并且开始新航迹的生成。

[0132] 本发明使得能够解决由实现等待时间显著减少造成的技术问题,以便使其与 TIS-B 服务的必需要求相兼容,其中所述等待时间是由多雷达无线电跟踪系统引入的。

[0133] 根据本发明的无线电跟踪系统的理论等待时间通过下面公式给出:

[0134] $t_{\text{latency}} = ((\text{SVI}_d \times N) + D + P)$ 秒,

[0135] 其中:

[0136] SVI_d 是以秒为单位的 SVI 消息发送周期(例如,0.1875 秒),

[0137] N 是未决的 SVI 数目(例如默认设定为 1),

[0138] D 是以秒为单位的公认的点迹等待时间的延迟(例如,默认设定为 0.400 秒),

[0139] P 是以秒为单位的延迟,用于由 CPU 过载引入的处理(典型的:0.2 秒)。

[0140] 基于根据本发明的方法的多雷达无线电跟踪系统的等待时间与连接至系统的雷达的特性无关,并且具有固定的持续时间;应注意的是该方法同样能够被应用至由在空中交通管制中包含的所有其它类型传感器所提供的信息。

[0141] 通过使用上面以示例的方式给出的默认值,将等待时间设定在 787.5ms,与所连接的雷达无关。该等待时间小于分派给在 TIS-B 类型应用的情况下使用的无线电跟踪系统的

等待时间。

[0142] 根据本发明的减少等待时间的方法实现了迄今任何多雷达无线电跟踪系统从未达到的性能水平,并且还可以:

[0143] • 克服由传输雷达数据的网络引入的“时间失调”问题,

[0144] • 不依赖于雷达分区或者雷达的区段末端消息的发送,

[0145] • 应用飞行中的处理,其确保大量的点迹被计入考虑,而与传输雷达数据的网络固有的问题和雷达头问题无关,

[0146] • 对位于接近于雷达中心处的目标而言,解决具有明显移动的轨道的大部分问题。

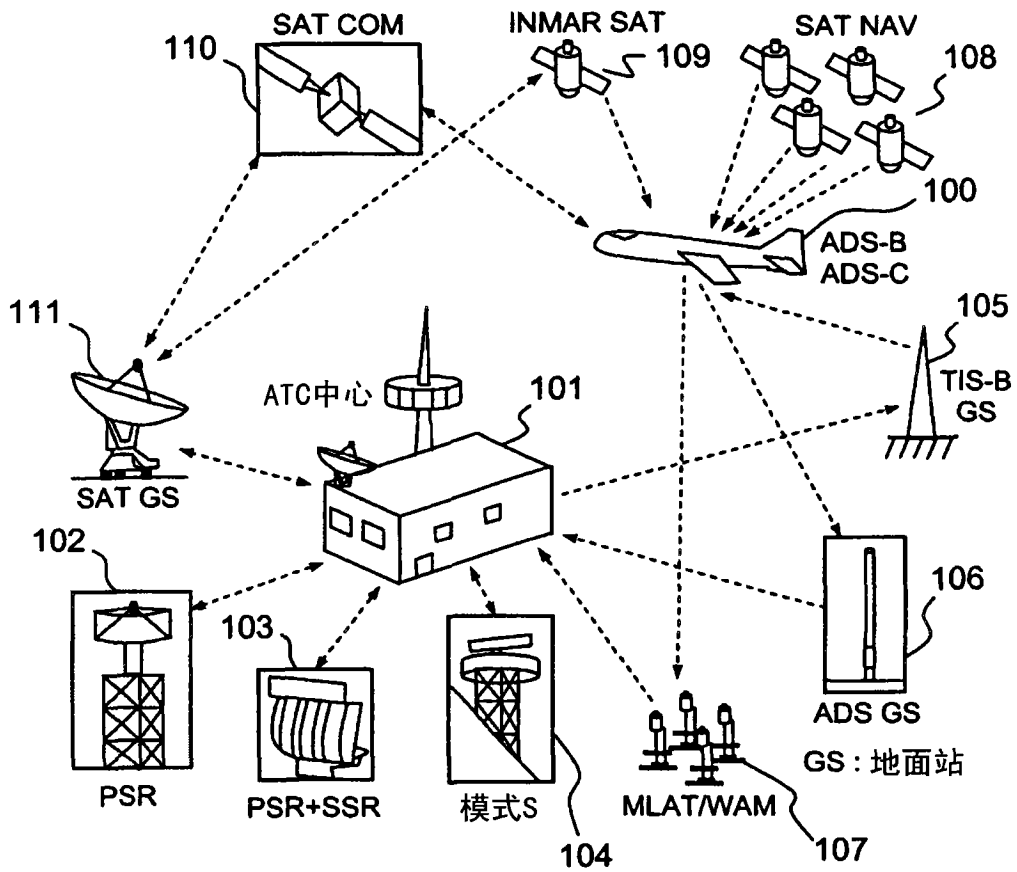


图 1

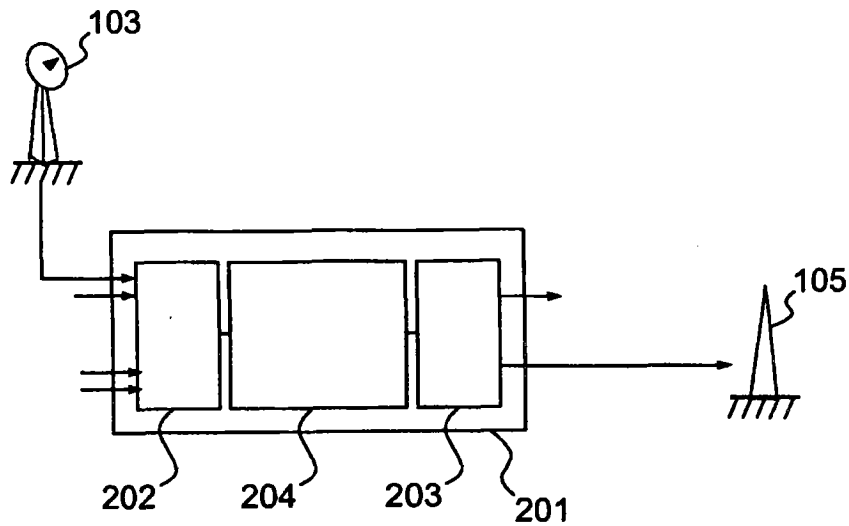


图 2

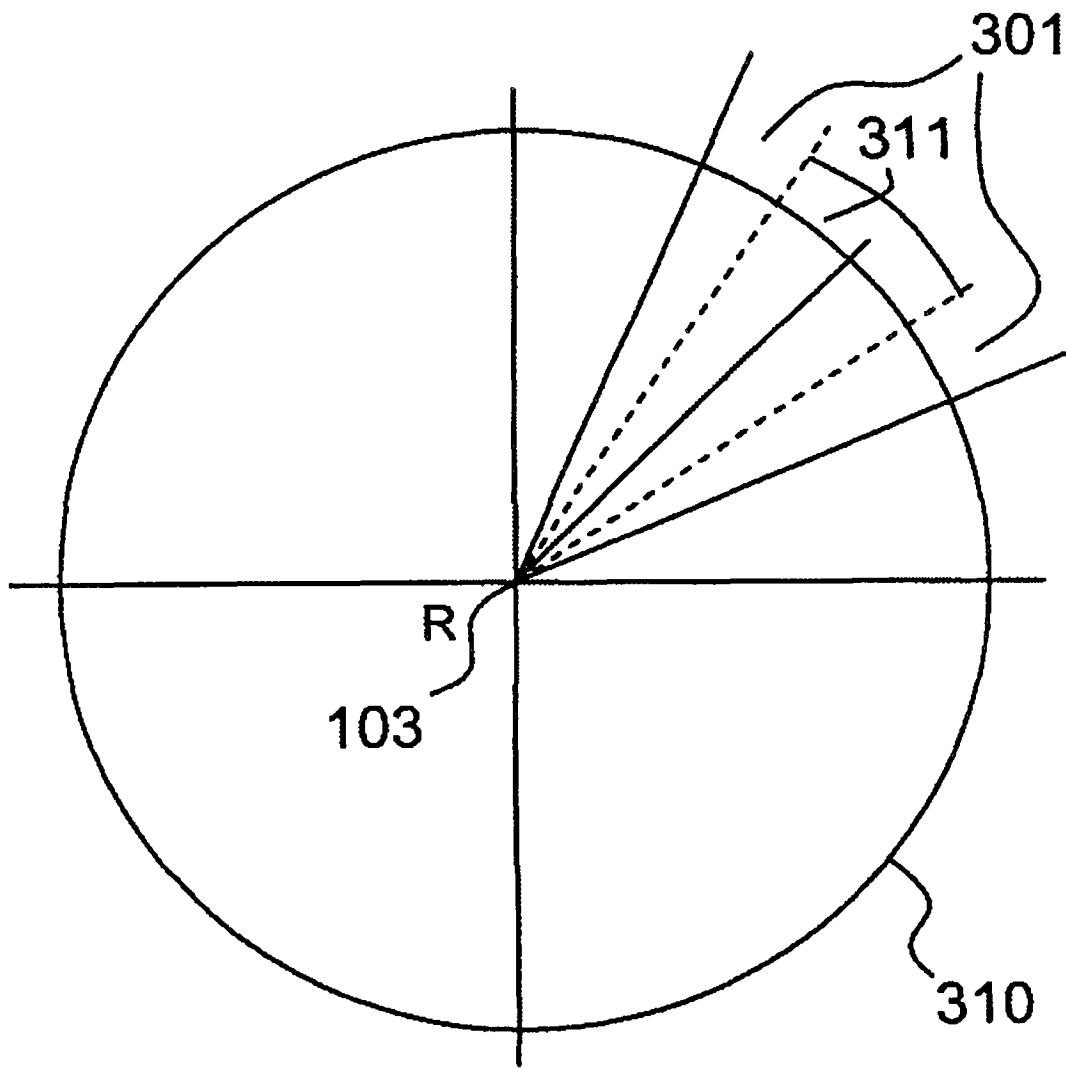


图 3b

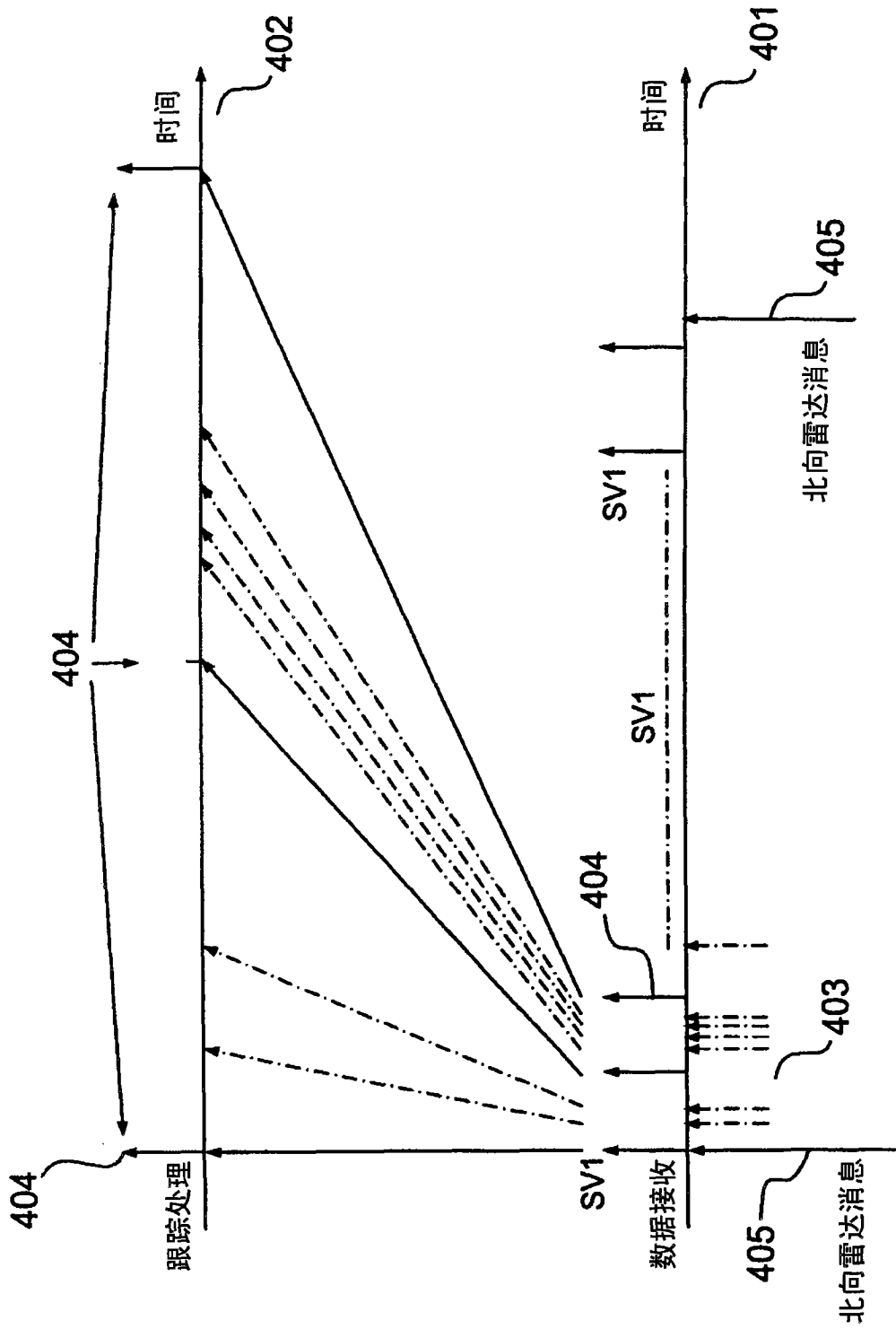


图 4

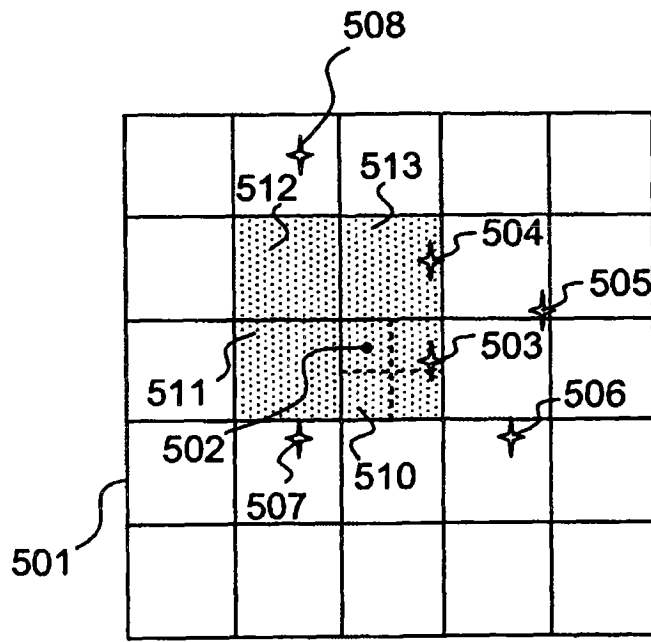


图 5a

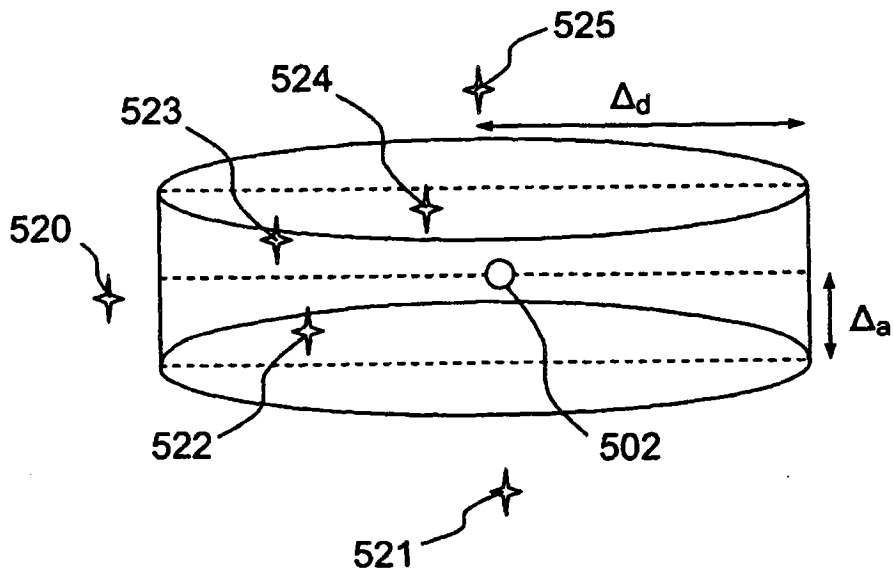


图 5b