



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104237889 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201410320216. 6

(22) 申请日 2014. 06. 04

(30) 优先权数据

13/910652 2013. 06. 05 US

(71) 申请人 霍尼韦尔国际公司

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 B·P·班奇 P·克里斯蒂安森

R·J·詹森

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 马丽娜 徐红燕

(51) Int. Cl.

G01S 13/95(2006. 01)

G01S 7/04(2006. 01)

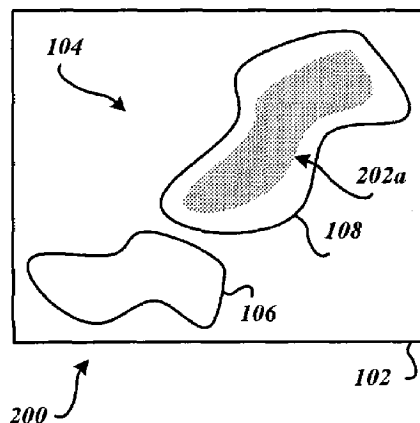
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

在气象雷达显示器上显示对流天气的系统和方法

(57) 摘要

在气象雷达显示器上显示对流天气的系统和方法。对流天气图形元素生成器系统生成与恶劣的对流天气相关联的图形元素,用以在飞行器上的显示器上呈现。示例性系统采用气象雷达和处理系统。该处理系统基于接收到的由气象雷达检测到的气象雷达回波确定与检测到的对流天气相关联的值,将与检测到的对流天气相关联的值与阈值相比较,并当与检测到的对流天气相关联的值超过阈值时为空间区域生成图形元素。该显示器被配置为同时呈现由气象雷达生成的天气反射率信息以及与对流天气相关联的图形元素,其中呈现的图形元素以及呈现的对应区域的天气反射率信息两者的部分在显示器上是同时可见的。



1. 一种在飞行器上实施的对流天气图形元素生成器系统,其包括:

气象雷达,其被配置成接收来自飞行器附近的对流天气和层状云天气的气象雷达回波,并被配置为生成天气反射率信息;

处理系统,其被配置以:

基于接收到的气象雷达回波确定与检测到的对流天气相关联的值,

将与检测到的对流天气相关联的值和阈值相比较,以及

为空间区域生成图形元素,其中空间区域具有与检测到的超过阈值的对流天气相关联的其相应的值;以及

显示器,其被配置为同时呈现由气象雷达生成的天气反射率信息以及与对流天气相关联的图形元素,

其中天气反射率信息被呈现在显示器上以指示对流天气和层状云天气的位置,

其中图形元素叠加在对应区域的天气反射率信息上,并且

其中呈现的图形元素以及呈现的对应区域的天气反射率信息两者的部分在显示器上是同时可见的。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中该图形元素是线图案或点图案中的至少一个。

3. 一种在飞行器上实施的在气象雷达系统的显示器上呈现对流天气图形元素的方法,该方法包括:

检测来自飞行器附近的对流天气和层状云天气的气象雷达回波;

基于检测到的气象雷达回波生成天气反射率信息;

基于接收到的气象雷达回波确定与检测到的对流天气相关联的值;

将与检测到的对流天气相关联的值和阈值相比较;

为空间区域生成图形元素,其中空间区域具有与检测到的超过阈值的对流天气相关联的其相应的值;以及

同时呈现由气象雷达生成的天气反射率信息以及与对流天气相关联的图形元素,

其中在显示器上呈现天气反射率信息以指示对流天气和层状云天气的位置,

其中图形元素叠加在对应区域的天气反射率信息上,并且

其中呈现的图形元素以及呈现的对应区域的天气反射率信息两者的部分在显示器上是同时可见的。

## 在气象雷达显示器上显示对流天气的系统和方法

### 背景技术

[0001] 现有技术发展水平的商业机载气象雷达系统通常提供以下信息的显示：天气反射率、地面反射率、以及可选的湍流。该显示的信息是根据雷达回波（从飞行器气象雷达系统发射的入射雷达信号的雷达信号反射）确定的。

[0002] 天气反射率本质上是返回到飞行器上的雷达接收器的反射雷达信号的“百分比”的度量。当雷达信号入射在飞行器附近的天气上时，天气反射率信息提供了降雨率的近似指示。天气反射率信息通常作为绿色区域、黄色区域和 / 或红色区域图形化地显示在雷达系统的显示器上，其中绿、黄和红颜色对应于增加的反射率水平。例如，装置飞行器的乘务员可以理解示为反射率的绿颜色区域的区域指示轻量水平的降水量（其被推测为对于飞行通过是安全的）。该乘务员理解示为反射率的黄颜色区域的另一个区域指示更高水平的降水量，尽管对于飞行通过是安全的，但将具有明显水平的降水量。并且乘务员理解示为反射率的红颜色区域的区域指示高水平的降水量（如果可能的话飞行器应当绕开飞行）。其它的颜色，例如红紫色等，可被用来指示具有更高粒度的严重级别。

[0003] 地面反射率同样可以是地面的返回雷达信号的百分比的度量。然而，除了例如提供大陆块和大的水体之间的区别之外，地面反射率信息的特定值并不对应于与特定的飞行操作相关的特性。

[0004] 宽泛地定义，湍流是随机的或混乱的运动。在航空的范围中，湍流一般涉及空气的随机运动。更精确地，湍流的出现意味着感兴趣区域中的空气的速度在空间上是不相关的。也就是说，非湍流（平滑或层流）空气在大多数情况下具有空气的速度矢量（量值以及方向）在大的体积上是相同的特性。相比之下，湍流空气被表征为在相对短的长度尺度范围内风速的高度变化（即，在风场中相对小位移的两个点处的速度矢量是不相关的）。如果湍流信息被呈现在显示器上，则此信息通常根据返回的雷达反射的各种特性推断和 / 或可以是基于在返回信号中包含的多普勒信息。

[0005] 图 1 是示出了由飞行器上的常规气象雷达系统获得的假设的天气反射率信息 104 的气象雷达显示器 102 的一部分的概念图。此处，在气象雷达显示器 102 的部分上指示两个天气区域或天气单元。在显示器 102 上使用绿颜色示出第一天气单元图形元素 106（以在其上示出的“绿色”文本来概念性地表示）以指示第一天气单元的位置。在显示器 102 上使用红或黄颜色示出第二天气单元图形元素 108（以在其上示出“黄色 / 红色”文本来概念性地表示）以指示第二天气单元的位置。

[0006] 为了讨论的目的，第一天气单元图形元素 106 被乘务员理解为与层状云天气相关联。层状云天气被表征为相对低量的水量、低的垂直空气速度、和 / 或限制到小的高度带的相对低的循环。通常层状云天气地形地或由一个气团提升另一个地通过缓慢、稳定的气团提升过程生成。层状云天气也可以随着从对流天气的流出而产生。层状云天气的雷达信号反射率水平是相对低的。雷达信号反射率的这个低水平可在图 1 中示出的假设示例中使用绿颜色来指示。

[0007] 为了讨论的目的，第二天气单元图形元素 108 被乘务员理解为与对流天气相关

联。对流天气被表征为存在于相对大的高度带的范围内的空气的显著提升和循环（即，显著的上升气流和下降气流）。对流天气可与几种危险相关联，包括湍流、闪电和 / 或冰雹。而且，对流天气通常与相对高的含水量相关联。因此，来自对流天气的雷达信号反射率水平是相对高的。雷达信号反射率的这个较高水平可在图 1 中示出的假设示例中使用黄和 / 或红颜色来指示。

## 发明内容

[0008] 对流天气图形元素生成器系统生成与恶劣的对流天气相关联的图形元素，用于在飞行器上的显示器上呈现。示例性的系统采用气象雷达和处理系统。该处理系统基于接收到的由气象雷达检测到的气象雷达回波确定与检测到的对流天气相关联的值，将与检测到的对流天气相关联的值与阈值相比较，并当与检测到的对流天气相关联的值超过阈值时为空间区域生成图形元素。该显示器被配置为同时呈现由气象雷达生成的天气反射率信息以及与对流天气相关联的图形元素，其中呈现的图形元素以及呈现的对应区域的天气反射率信息两者的部分在显示器上是同时可见的。

## 附图说明

[0009] 参考下面附图，本发明的优选的以及替代的实施例在下面进行详细描述：

[0010] 图 1 是示出由常规气象雷达系统获得的假设的天气反射率信息的气象雷达显示器的一部分的概念图；

[0011] 图 2A-2K 是叠加在气象雷达显示器上呈现的天气信息上的唯一的图形元素的概念图，其中该唯一的图形元素指示相对恶劣的对流天气的位置；以及

[0012] 图 3 是在飞行器的航空电子系统中实施的飞行器定位系统的示例性实施例的框图。

## 具体实施方式

[0013] 本发明，对流天气图形元素生成器，提供了用于在气象雷达显示器 102 上显示对应于对流天气的区域的系统和方法。图 2A-2K 是由对流天气图形元素生成器 200 的各种实施例生成的唯一图形元素的概念图。该唯一图形元素被叠加在气象雷达显示器 102 上呈现的天气信息上，使得该唯一图形元素指示相对恶劣的对流天气的位置。因此，呈现的图形元素以及呈现的对应区域的天气反射率信息两者的部分在显示器上是同时可见的。

[0014] 各种实施例使用叠加在气象雷达显示器 102 上呈现的天气信息上的一个或多个唯一图形元素。该唯一图形元素容易地被飞行器的乘务员可辨认为对流天气的更恶劣水平的指示。此外，该唯一图形元素是容易被乘务员可辨别的（引人注意的）使得乘务员快速地理解由在气象雷达显示器 102 上呈现的该唯一图形元素指示的检测到的对流天气的位置和可能的危险。

[0015] 图 2A 图示了使用纯色区域呈现唯一图形元素 202a 的示例实施例。此处，图形元素 202a 被叠加在与第二对流天气单元相关联的第二天气单元图形元素 108 上。图形元素 202a 的着色区域的范围指示相对于飞行器的相对恶劣的对流天气的位置和范围。

[0016] 为了说明的目的，图形元素 202a 的颜色被图示为灰色。然而，实施例可采用任何

感兴趣的顏色。例如，紅顏色可被用來呈現圖形元素 202a 以指示與圖形元素 202a 相關聯的空間的特定區域可能是危險的並應當被避開。其它顏色可被用來指示對流天氣的惡劣性的不同水平。例如，黃顏色可向乘務員指示警告情況，使得如果飛行器飛行通過由圖形元素 202a 指示的對流天氣，則警告水平應當被乘務員觀察和 / 或應當採取另外的安全措施。作為另一示例，綠顏色可向乘務員指示相對安全的飛行情況，使得如果飛行器飛行通過由圖形元素 202a 指示的對流天氣，則應當由乘務員觀察到合理的警告水平。

[0017] 此外，圖形元素 202a 可使用任何所需的強度水平來呈現。在一些實施例中，呈現的圖形元素 202a 的強度水平可隨着對流天氣的所確定的惡劣性水平的提高而被增加。

[0018] 附加地，或替代地，圖形元素 202a 可以以閃光的方式呈現以提高對乘務員的可視察覺 (visible awareness)。也就是說，圖形元素 202a 的閃光可以更容易地引起乘務員的注意以指示對流天氣的可能威脅區域。此外，呈現的圖形元素以及呈現的對應區域的天氣反射率信息兩者的部分然後在顯示器上是同時可見的。在一些實施例中，閃光的速率可與對流天氣的確定的惡劣性相關聯。例如，更高的閃光速率（更快的閃光）可與相對更惡劣的對流天氣相關聯。

[0019] 圖形元素 202a 的範圍指示相對惡劣的對流天氣的邊界。例如，由圖形元素 202a 指示的空間的區域小於呈現的第二天氣單元圖形元素 108 的邊界。此處，乘務員直覺地理解由第二天氣單元圖形元素 108 指示的第二天氣單元的更惡劣部分位於第二天氣單元內部。呈現的圖形元素 202a 的界限進一步向乘務員告知關於第二天氣單元的更惡劣對流天氣的範圍和位置的信息。

[0020] 在圖 2B-2K 中圖示的實施例呈現了被用來指示感興趣的對流天氣的識別到的區域的其它類型的圖形元素。與圖形元素 202a 一樣，這些替代的唯一圖形元素可使用任何適當的顏色、強度和 / 或閃光來告知關於相關聯的對流天氣的信息。替代地，或附加地，圖 2B-2K 的替代的唯一圖形元素可使用圖形元素的閃光來提高乘務員的察覺。

[0021] 圖 2B 示出了使用線的圖案 204 和邊界線 206 呈現唯一圖形元素 202b 的示例實施例。此處，圖形元素 202b 被疊加在與第二對流天氣單元相關聯的第二天氣單元圖形元素 108 上。因此，呈現的圖形元素 202b 以及呈現的對應區域的天氣反射率信息兩者的部分在顯示器 102 上是同時可見的。

[0022] 圖形元素 202b 的範圍由邊界線 206 限定。該邊界線 206 指示相對於飛行器的相對惡劣的對流天氣的位置和範圍。可以使用呈現的邊界線 206 的任何適當樣式，例如粗體線、較粗線、較細線、點線、虛線等。替代地，或附加地，邊界線 206 的線的樣式可被修改來指示對流天氣的相對惡劣性。例如，但不限於，粗體和 / 或較粗的邊界線 206 可與更惡劣的對流天氣相關聯。可選地，邊界線 206 的顏色、強度和 / 或閃光可與對流天氣的惡劣的水平相關聯（類似於用來呈現上面描述的圖 2A 的圖形元素 202a 的不同顏色）。

[0023] 圖案 204 被用來更清楚地識別以邊界線 206 為邊界的對流天氣的內部區域。圖案 204 允許反射率信息的常規呈現的部分在顯示器 102 上保持可見。也就是說，圖案 204 的垂直線容易地指示感興趣的對流天氣的區域，並且圖案線之間的空間允許常規天氣信息的連續呈現。也就是說，呈現的圖形元素以及呈現的對應區域的天氣反射率信息兩者的部分在顯示器上 102 是同時可見的。可以使用呈現的圖案 204 的任何適當樣式，例如交叉陰影線 (hatched line)、角度線等。替代地，或附加地，可以修改呈現的圖案 204 的樣式以指示

对流天气的相对恶劣性。例如,但不限于,粗体的和 / 或较粗的图案线可与更恶劣的对流天气相关联。可选地,图案的颜色、强度和 / 或闪光可与对流天气恶劣的水平相关联(类似于用来呈现上面描述的图 2A 的图形元素 202a 的颜色)。

[0024] 图 2C 示出了仅使用线的图案 204 来呈现唯一图形元素 202c 的示例实施例,该线的图案 204 被叠加在与第二对流天气单元相关联的第二天气单元图形元素 108 上。此处,图 2B 的边界线 206 被省略。该图形元素 202c 可以以任何适当的方式被呈现。

[0025] 在一些实施例中,图 2B 的边界线 206 的省略可被用来向乘务员告知信息。例如,如果图案 204 的地区的区域本质上是相对较不恶劣的,则可以省略该边界线 206。然后,如果边界线出现(转换到呈现图 2B 的图形元素 202b),则乘务员可认识到第二天气单元的特性正在变化。

[0026] 图 2D 示出了使用点图案 208 和边界线 206 呈现唯一图形元素 202d 的示例实施例。图 2E 示出了仅使用点图案 208 呈现唯一图形元素 202e 的示例实施例。此处,图形元素 202d、202e 被叠加在与第二对流天气单元相关联的第二天气单元图形元素 108 上。因此,呈现的元素 202d、202e 以及呈现的对应区域的天气反射率信息两者的部分在显示器上 102 是同时可见的。

[0027] 呈现的点图案 208 的特性可以被可选地用来告知关于感兴趣的对流天气的特性的额外的信息。例如,相比于与感兴趣的对流天气的较少的恶劣水平相关联的较小的点,较大的点可被用来指示感兴趣的对流天气的增加的恶劣水平。替代地,或附加地,相比于与感兴趣的对流天气的较少的恶劣水平相关联的点的更远的间距,点之间的减少的间距可被用来指示感兴趣的对流天气的增加的恶劣水平。点的颜色、强度和 / 或闪光也可被用来指示感兴趣的对流天气的增加的恶劣水平。例如,黄色点可指示需要小心并且红颜色可指示警报或提醒情况。增加的强度和 / 或更快的闪光速率可与对流天气的增加的恶劣水平相关联。

[0028] 图 2F 示出了使用透明度和纯色呈现唯一图形元素 202f 的示例实施例。图形元素 202f 的透明性允许常规天气信息的连续呈现。可以使用任何适当的透明度以便呈现的图形元素 202f 以及呈现的对应区域的天气反射率信息两者的部分在显示器 102 上是同时可见的。一些实施例可调整透明水平来告知关于相关联的对流天气的信息。例如,可降低透明水平(从而使得图形元素 202f 对乘务员是更容易地可辨别的)以指示感兴趣的对流天气的增加的恶劣水平。增加的强度和 / 或更快的闪光速率可与对流天气的增加的恶劣水平相关联。任何适当的颜色可被用于图形元素 202f。

[0029] 图 2G 示出了使用多个不同的唯一图标呈现该唯一图形元素 210 的示例实施例。图形元素 210 的更小的尺寸允许常规天气信息的连续呈现。任何图形图标可被用来表示图形元素 210,被图示为图 2G 中的圆圈中的感叹号。一些实施例可调整图形元素 210 的尺寸和 / 或字体特性(粗体和 / 或斜体)以告知关于相关联的对流天气的信息。例如,图形元素 210 的尺寸可被增加(从而使得图形元素 210 对乘务员是更容易地可辨别的)以指示感兴趣的对流天气的增加的恶劣水平。增加的强度和 / 或更快的闪光速率可与对流天气的增加的恶劣水平相关联。任何适当的颜色可被用于图形元素 210。

[0030] 图 2H 示出了在呈现的唯一图形元素 202h 中呈现多个不同的图形元素的示例实施例。不同图形元素的不同数目和 / 或类型可被用来告知关于相关联的对流天气的一系列

信息。例如,图形元素 202h 采用点图案 208 和纯色图形元素 212。点图案 208 可指示对流天气的相对较少的恶劣水平。相比之下,纯色图形元素 212 可被用来指示感兴趣的对流天气的增加的恶劣水平。

[0031] 图 2I 示出了在呈现的唯一图形元素 202i 中呈现多个不同的纯色图形元素 212、214 的示例实施例。不同图形元素 212、214 的数目和 / 或颜色可被用来告知关于相关联的对流天气的信息。例如,图形元素 212 采用比纯色图形元素 214 更深的颜色。因此,图形元素 214 可指示对流天气的相对较少的恶劣水平,并且相比之下,纯色图形元素 212 可被用来指示感兴趣的对流天气的增加的恶劣水平。增加的强度和 / 或更快的闪光速率可与对流天气的增加的恶劣水平相关联。任何适当的颜色和 / 或透明度可被用于图形元素 212、214。

[0032] 图 2J 示出了在呈现的唯一图形元素 202j 中呈现多个不同的图形元素的另一个示例实施例。不同的图形元素的数目和 / 或类型可被用来告知关于相关联的对流天气的信息。例如,图形元素 202j 采用线图案 204 和纯色图形元素 212。线图案 204 可指示对流天气的相对更少的恶劣水平,并且相比之下,纯色图形元素 212 可被用来指示感兴趣的对流天气的增加的恶劣水平。然而,相比于图 2H 的点图案 208,线图案 204 可被预定义成指示感兴趣的对流天气的比与图 2H 中使用的点图案 208 相关联的恶劣水平更大的增加的恶劣水平。因此,如果呈现的显示从图 2H 转换为图 2J,乘务员可以理解从点图案 208 到线图案 204 的改变可指示感兴趣的对流天气的增加的恶劣水平。

[0033] 图 2K 示出了呈现包围整个第二天气单元 108 的边界线 216 的示例实施例。利用这个实施例,被指示为在其中具有对流天气可能性的天气单元以边界线 216 为边界。在其中不具有对流天气的其它天气单元,例如天气单元图形元素 106 的层状云天气类型,不以边界线 216 为边界。边界线 216 的增加的强度和 / 或更快的闪光速率,和 / 或特定的颜色可以与对流天气的增加的恶劣水平相关联。

[0034] 图 3 是在飞行器的航空电子系统 302 中实施的飞行器定位系统 200 的示例性实施例的框图。示例性的航空电子系统 302 包括可选的全球定位系统 (GPS) 304、可选的惯性测量单元 (IMU) 和 / 或仪表导航系统 (INS) 306、气象雷达系统 308、处理系统 310、气象雷达显示系统 312、存储器 314、以及可选的用户接口 316。该雷达系统 308 包括天线 318,其是可操作的以发射雷达信号并接收雷达回波。气象雷达显示系统 312 包括气象雷达显示器 102。应认识到的是航空电子系统 302 包括未在本文中示出或描述的许多其它部件和 / 或系统。

[0035] 在示例性实施例中,上面描述的部件通过通信总线 318 被通信地耦合在一起。在航空电子系统 302 的替代实施例中,上面描述的部件可以以不同的方式通信地互相耦合。例如,上面描述的部件中的一个或多个可以直接耦合到处理系统 310,或可通过中间部件(未示出)耦合到处理系统 310。

[0036] 气象雷达系统 308 可以是任何适当的雷达系统,例如,但不限于,位于相对远离飞行器的可操作以检测天气的气象雷达系统。气象雷达系统 308 在根据从被感测天气的雷达回波确定信息方面可以是非常准确的。在示例实施例中,气象雷达系统 308 被配置成感测足够的气象雷达回波信息,用以确定在给定的三维 (3-D) 空间区域中的水量。

[0037] 天线 318 是可操作的以发射雷达脉冲并接收雷达回波。雷达回波是从发射的雷达脉冲入射在其上的物体反射的能量。天线 318 以来回的运动扫描,并可选地在向上和向下的方向上,和 / 或可选地在其它感兴趣的方向上,使得气象雷达系统 308 能够扫描飞行器附

近的感兴趣空间区域。

[0038] 对流天气图形元素生成器 200 的示例性实施例包括多个协作地动作的模块。在示例性的实施例中,模块被识别为雷达信息处理模块 320、天气信息显示模块 322、飞行器导航模块 324、对流天气分析模块 326、以及对流天气图形处理模块 328。存储器 314 也可包括对流天气模板数据库 330 以及天气恶劣阈值数据库 332。对流天气模板数据库 330 包括多个不同的预定义的图形模板,其被用来呈递上面描述的图形元素。天气恶劣阈值数据库 332 包括与对流天气的不同的恶劣性相关联的多个天气恶劣阈值。更具体地,天气恶劣阈值被表示为在空间的柱(column)中反射率值的合计的量。模块 320、322、324、326、328 以及数据库 330、332 存在于存储器 314 中,并由处理系统 310 取回和 / 或执行。在其它实施例中,模块 320、322、324、326、328 和 / 或数据库 330、332 可一起实施为共同的模块和 / 或数据库,可被整合到其它的模块和 / 或数据库中,或存在于其它存储器(未示出)中。此外,数据库 330 和 / 或 332 可以以例如缓冲等的各种样式来实施,和 / 或可被实施在另一存储器中。

[0039] GPS304 确定飞行器的当前位置。IMU306 也可被用来确定飞行器的当前位置和 / 或高度,或补充飞行器的当前位置和 / 或高度的确定。由 GPS304 和 / 或 IMU306 确定的信息被用来确定识别的天气的呈现位置,并且更具体地,相对于飞行器位置的图形元素的呈现。

[0040] 用户接口 316 接收来自飞行器的乘务员的输入。因此,乘务员可以可选地选择以仅查看由气象雷达系统 308 检测到的雷达信息(常规的气象雷达信息),仅查看由对流天气图形元素生成器 200 的实施例确定的唯一图形元素,或者查看常规的气象雷达信息和图形元素两者的组合。

[0041] 雷达信息处理模块 320 将由气象雷达系统 308 的天线 318 检测到的雷达回波处理成天气信息。气象雷达回波可与各种天气类型相关联,例如对流天气和层状云天气。雷达信息处理模块 320 可确定检测到的天气的类型,以及其相关联的属性,例如位置、垂直范围、含水量和 / 或恶劣性。相对于飞行器的当前位置来确定检测到的对流天气的位置、范围以及恶劣水平。所确定的天气信息被保存到存储器 314 或另一存储介质中的对应的二进制(2-D)或体元(3-D)中。

[0042] 天气信息显示模块 322 访问存储的天气信息并构造对应于常规的天气信息的图形表示的可显示的图像。该天气信息的可显示图像被传达到气象雷达显示系统 312。气象雷达显示系统 312 将天气信息呈递到在显示器 102 上呈现的图形信息中。在一些实施例中,该可显示图像采用位图数据的形式。

[0043] 对流天气图形处理模块 328 也处理接收到的气象雷达信息以确定由气象雷达系统 308 检测到的对流天气的位置、范围、含水量以及恶劣水平。替代地,可以从雷达信息处理模块 320 接收这个信息。处理的对流天气信息可被保存到存储器 314 中和 / 或保存到另一适当的存储器或缓冲器中。

[0044] 在示例实施例中,对流天气的恶劣水平是基于垂直整合反射率(VIR)值。该过程在通常转让的专利 U. S. 8, 068, 050 中被更详细地描述,其整体被并入本文。在这种实施例中,使用气象雷达系统 308 获得天气的雷达反射率的三维分布。返回的反射率信息的量值与含水量的量相关联。为空间的 3-D 区域执行垂直柱中的反射率的整合,并且该整合确定空间的柱或感兴趣的一些其它体积中的体积含水量(也被称为垂直整合反射率值,或

VIR)。所得到的 VIR 值提供对流天气中的含水量的估计的度量。

[0045] 当空间的大区域被评估时,一些区域可能不具有有效的 VIR 值,诸如在晴朗的空间和 / 或在层状云天气中。空间的其它区域可以具有有效的 VIR 值,诸如在对流天气中。超过天气恶劣阈值的 VIR 值可被用来识别空间的区域,对于该空间的区域,唯一图形元素应该被生成并且然后被呈现在气象雷达显示器 102 上。

[0046] 可以以各种方式确定具有阈值以上的 VIR 值的空间的区域的范围或界限。在示例实施例中,具有阈值之下的 VIR 水平的空间的柱以及具有阈值之上的 VIR 水平的相邻的空间柱可被用来识别空间的区域的范围,对于该空间的区域的唯一图形元素应被呈现。

[0047] 图形元素应被指示的空间形式的区域的过渡或范围可基于 VIR 水平的一系列阈值。例如,第一 VIR 阈值可被用来识别晴朗空间和 / 或层状云天气的区域。如果 VIR 水平在那个阈值之上,那么该区域可被识别为对流天气。如果 VIR 水平超过另一个更高的阈值,那么唯一图形元素被生成并被呈现在气象雷达显示器 102 上。

[0048] 替代地,或附加地,过渡或范围可基于最小区域尺寸,其中多个过渡区域可基于具有不同的 VIR 水平的空间柱被识别。此处,示例实施例要求在识别应为其呈现唯一图形元素的空间的区域之前,具有超过阈值的 VIR 水平的预定义数目的相邻的空间柱。

[0049] 此外,应为其呈现唯一图形元素的空间区域可以自身必须是至少等于一些最小尺寸阈值。因此,只有具有超过阈值的柱 VIR 水平的对流天气的相对大的 3-D 区域将具有在气象雷达显示器 102 上呈现的其唯一图形元素,而较小的区域将不具有被呈现的唯一图形元素(由此减少气象雷达显示器 102 上的混乱)。

[0050] 对流天气分析模块 326 也确定哪些特定的唯一图形元素应当被指示给飞行器的乘务员。将存储在天气恶劣阈值数据库 332 中的天气恶劣阈值与确定的对流天气恶劣水平进行比较。如果空间的特定 3-D 区域显示超过天气恶劣阈值中的特定的一个的对流天气恶劣水平,那么对流天气图形元素生成器 200 将使用在气象雷达显示器 102 上呈现的唯一图形元素中相关联的一个来生成合适的唯一图形元素(取决于显示特征是否已经由乘务员通过用户接口 316 被激活)。

[0051] 对流天气模板数据库 330 包括多个不同的图形模板。例如,纯色图形元素 202a(图 2A) 通过从对流天气模板数据库 330 中取回用于那个唯一图形元素的对应的纯色模板而被生成。对流天气图形处理模块 328,基于相关的对流天气的确定的范围,以及对流天气与飞行器的相对位置,将使用那个特定的模板来生成在气象雷达显示器 102 上呈现的图形元素 202a。

[0052] 作为另一示例,如果检测到的对流天气的恶劣水平将使用点图案 208(图 2D、2E、2H) 来示出,则一连串的点将从对流天气模板数据库 330 中取回。在一些实施例中,呈现的点的颜色、强度和 / 或闪光速率将由对流天气图形处理模块 328 在点图案从对流天气模板数据库 330 中取回之后进行调整。

[0053] 在其它实施例中,对流天气模板数据库 330 可包括多个不同的点图案图形,每个具有不同的颜色、强度和 / 或闪光速率。此处,对流天气图形处理模块 328 将仅从对流天气模板数据库 330 中取回感兴趣的特定的点图案图形(基于对对流天气的恶劣水平的分析)。

[0054] 在示例实施例中,飞行器的乘务员可以在由对流天气图形处理模块 328 识别对流天气的特定水平时定义他们希望已经呈现唯一图形元素中的哪些。进一步地,乘务员可以

可选地为在天气恶劣阈值数据库 332 中存储的天气恶劣阈值指定特定的值。例如,相对大的货运或客运飞行器的乘务员可以具有天气恶劣阈值的预定义的设置(set),其大不同于小的单一引擎飞行器的飞行员的天气恶劣阈值设置。乘务员选择可通过用户接口 316 作出,其中由对流天气分析模块 326 管理和存储输入数据。

[0055] 替代地,或附加地,可由例如飞行器的制造商之类的另一个实体和/或由负责飞行器安全的管理机构来将各种天气恶劣阈值预定义并存储在天气恶劣阈值数据库 332 中。此处,对流天气恶劣水平可被硬编码到天气恶劣阈值数据库 332 中。进一步地,唯一图形元素的某一些的呈现可由制造商和/或管理机构托管(mandate),使得乘务员不可以选择地停用对流天气图形元素生成器 200 的全部,或至少一部分的操作。

[0056] 在各种实施例中,可以使用与对流天气相关联的任何感兴趣的适当的度量标准(metric)以识别空间区域,该空间区域将使其唯一图形元素被呈现以在可能在其中具有相对高水平的水的对流天气单元中指示对流天气区域。根据其中确定的图形信息被呈现给飞行器的乘务员的方式来实现对流天气图形元素生成器 200 的各种实施例的唯一性。对流天气图形元素生成器 200 的实施例远不止在气象雷达显示器 102 上仅显示的一个或多个图形图标。此处,叠加在常规的雷达反射率信息上的唯一图形元素中的一些允许同时查看唯一图形元素和下面的常规雷达反射率信息两者(例如间隔开的线、点和/或透明元素)。连同内部图案的边界线 206、216(图 2B、2D 和 2K)的使用允许乘务员更容易地识别可具有高水平的含水量的对流天气的区域,而仍然查看常规的雷达反射率信息。此外,从唯一图形元素的一种类型到唯一图形元素的另一种类型的随着时间的转变,或同时呈现多个不同类型的唯一图形元素,提供了向乘务员指示对流天气根据距离(位置)以及时间(例如当呈现的唯一图形元素的范围变化时,和/或当呈现的唯一图形元素的类型变化时)的变化情况的动态方式。

[0057] 一些飞行器可具有飞行计划处理模块(未示出)等。可选的飞行计划处理模块处理飞行计划信息。飞行计划可由乘务员预定义和/或输入。预定义的飞行计划通常包括基于一连串路径点(waypoint)的多个计划的飞行路径段。飞行计划信息包括定义路径点和/或飞行路径段的位置的地理位置信息,和/或计划的高度信息。因此,飞行计划可被用来确定其中难以区分天气恶劣水平和气象雷达回波的空间区域,或超过气象雷达系统 308 的检测范围的空间区域。

[0058] 在示例实施例中,与飞行计划相关联的确定的空间区域然后被用来过滤,或另外选择沿着计划的飞行路径展开的对于对流天气而被监控的区域。如果具有超过天气恶劣阈值的恶劣水平的对流天气被识别为沿着飞行路径,或在飞行路径附近,那么一个或多个唯一图形元素将被呈现在气象雷达显示器 102 上。具有超过天气恶劣阈值的恶劣性的对流天气不沿着飞行路径,或不在飞行路径附近,可以不使其相应的唯一图形元素呈现在气象雷达显示器 102 上,从而减少气象雷达显示器 102 上的可见的混乱。

[0059] 在一些实施例中,乘务员经由通过用户接口 316 提供的输入可选择使得对于当前显示在气象雷达显示器 102 上的整个空间区域来呈现所有唯一图形元素(而不是限制沿着飞行计划或路径的唯一图形元素的呈现)。在一些实施例中,乘务员可输入替代的飞行计划或路径,并且如果具有恶劣性超过天气恶劣阈值的对流天气被识别为沿着替代的飞行路径,那么唯一图形元素可对于沿着新的计划飞行路径展开的对流天气而被呈现。这些特征

将帮助乘务员识别对流天气的特定恶劣区域周围的替代路线。呈现的唯一图形元素将帮助乘务员快速地识别具有也应当被避开的重水平的对流天气的其它空间区域,或至少识别要飞行通过对流天气的较不恶劣的区域。

[0060] 在一些实施例中,天气信息可以替代地,或附加地被呈现在例如电子飞行包 (EFB) 的显示器之类的另一显示器上。这样的显示器将从气象雷达系统 308 接收天气信息。在此设备中,对流天气图形元素生成器 200 的实施例可以被包括使得与对流天气的恶劣水平相关联的唯一图形元素可以被呈现在显示器上。在基于地面的气象雷达系统中,在从远程的飞行器和 / 或基于地面的雷达接收雷达信息的情况下,对流天气图形元素生成器 200 的实施例可以被包括使得与对流天气的恶劣水平相关联的唯一图形元素可以被呈现在位于地面站处的显示器上。

[0061] 在一些实施例中,可从其它飞行器接收气象雷达信息。如果接收到的天气信息具有足够的数据来确定由远程飞行器检测到的对流天气的恶劣水平,则实施例可被配置为对于从远程飞行器接收到的气象雷达信息呈现一个或多个唯一图形元素。此外,如果飞行器正在向其它远程飞行器提供天气信息,则提供给其它飞行器的信息可包括唯一图形元素和 / 或恶劣水平信息,其可被提供有它们自身的对流天气图形元素生成器 200 的远程飞行器使用。

[0062] 虽然本发明的优选实施例已经被示出和描述,如上面指出的,可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下作出许多变化。因此,本发明的范围不限于优选实施例的公开。相反,本发明应当参考下面的权利要求来被完全地确定。

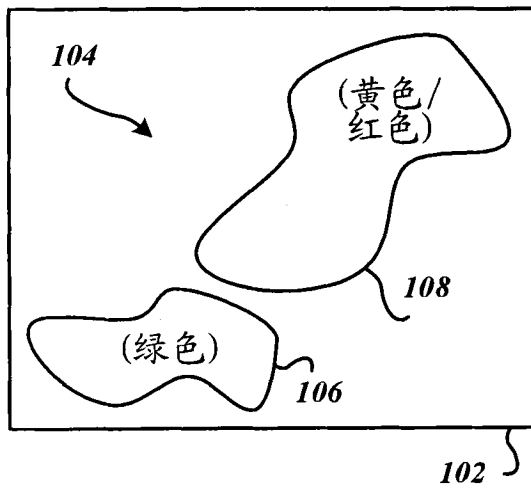


图 1

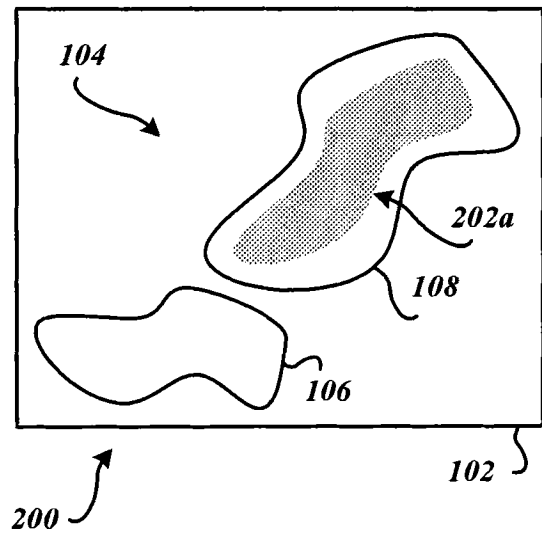


图 2A

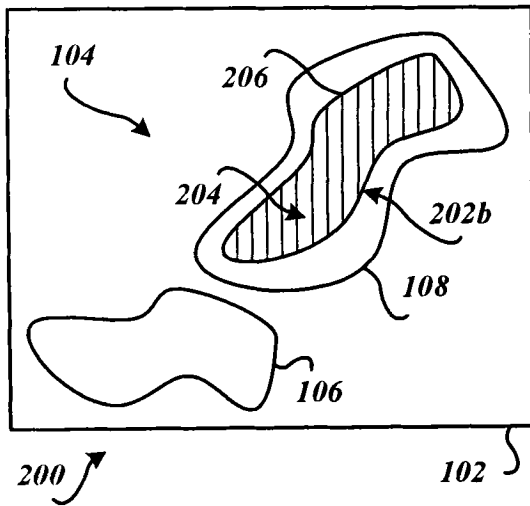


图 2B

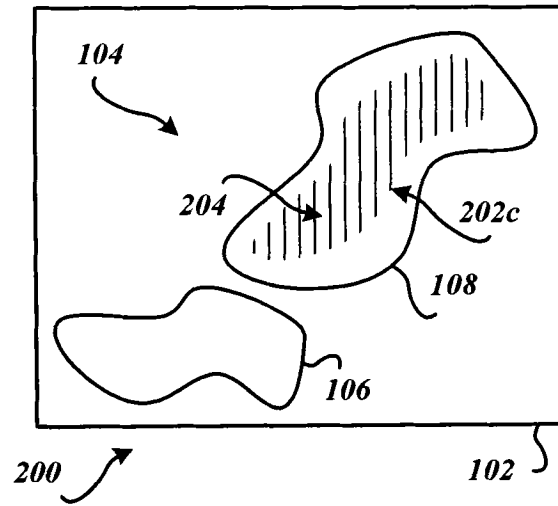


图 2C

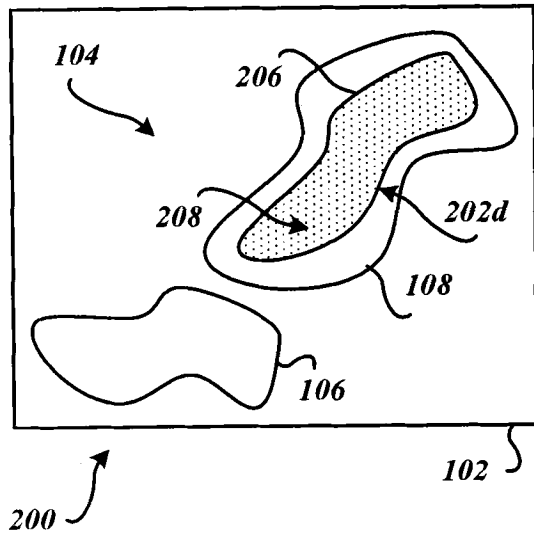


图 2D

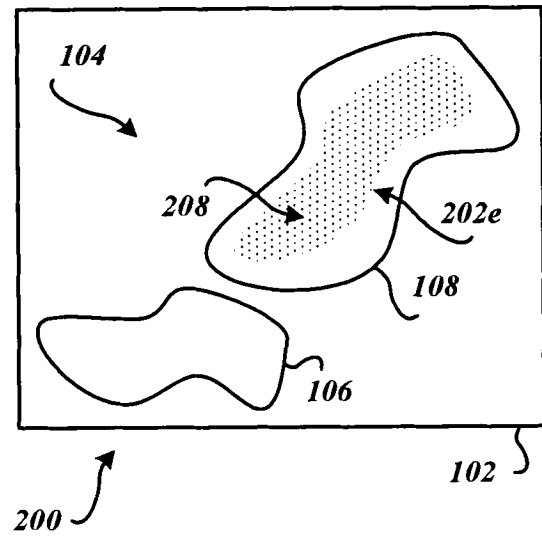


图 2E

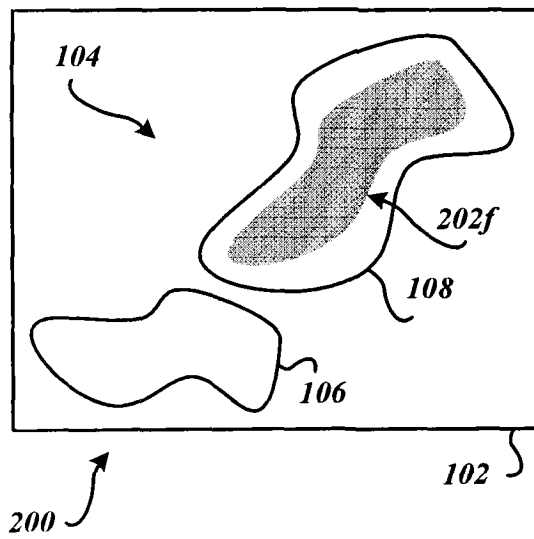


图 2F

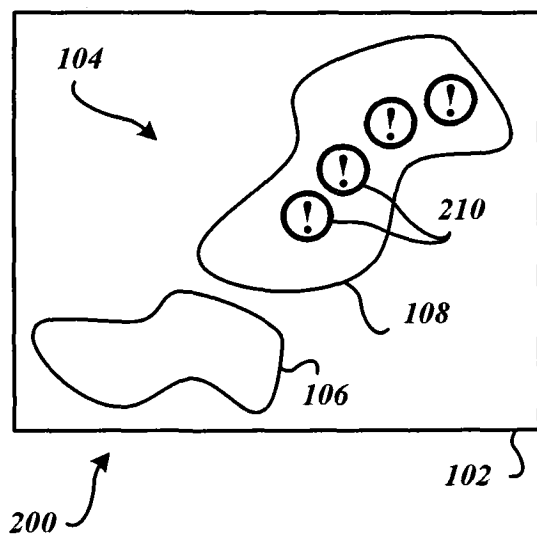


图 2G

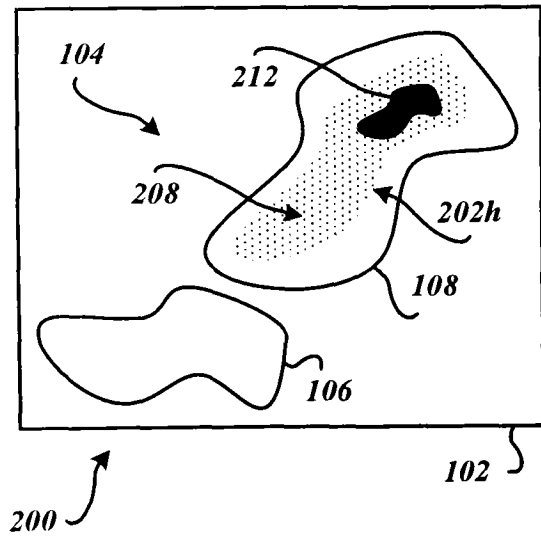


图 2H

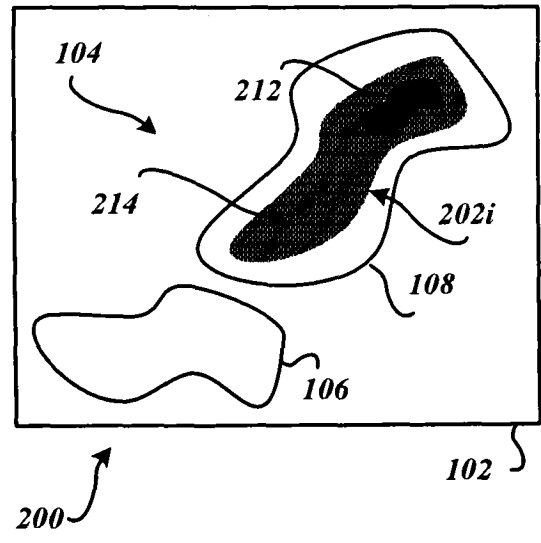


图 2I

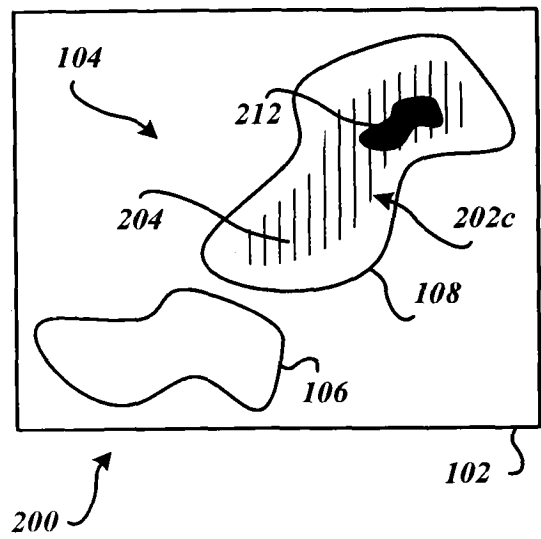


图 2J

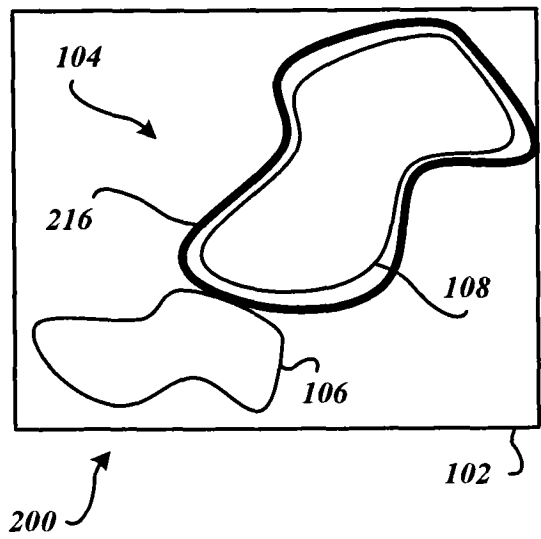


图 2K

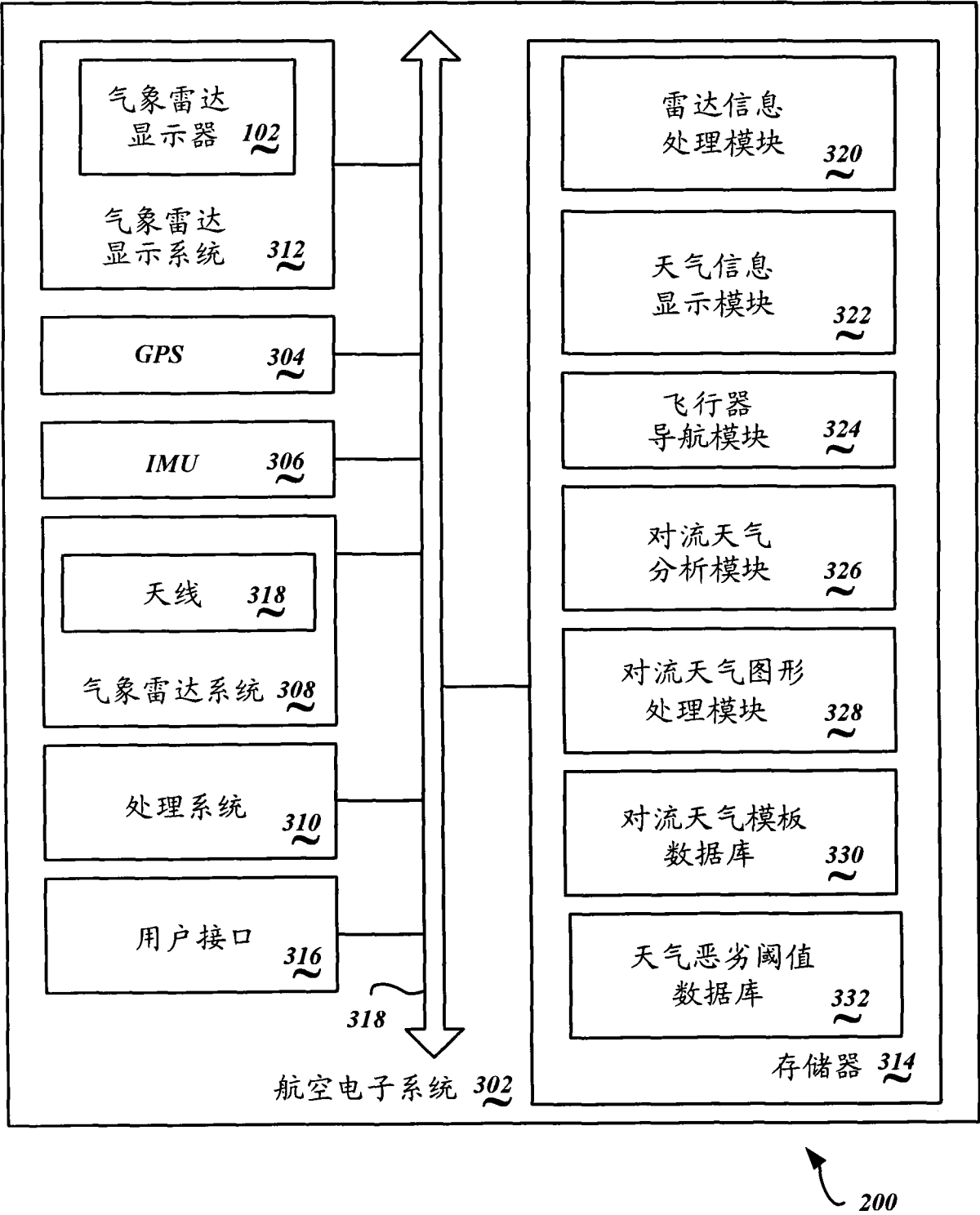


图 3