



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112613336 B

(45) 授权公告日 2023.10.03

(21) 申请号 202011041307.8

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2020.09.28

G06V 20/10 (2022.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G06V 20/00 (2022.01)

申请公布号 CN 112613336 A

G06V 10/764 (2022.01)

(43) 申请公布日 2021.04.06

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

CN 109214261 A, 2019.01.15

19201236.7 2019.10.03 EP

CN 108121997 A, 2018.06.05

(73) 专利权人 安讯士有限公司

CN 109074501 A, 2018.12.21

地址 瑞典,浪德

US 2018172824 A1, 2018.06.21

(72) 发明人 安德烈斯·维格伦

Sang-II Oh等.Object Detection and  
Classification by Decision-Level Fusion  
for Intelligent Vehicle  
Systems.MDPI.2017,第17卷(第17期),第1-21  
页.阿拉斯·帕帕德利斯  
丹尼尔·斯托尔  
阿纳布·巴塔查尔吉

审查员 王平

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限

权利要求书2页 说明书11页 附图7页

公司 11018

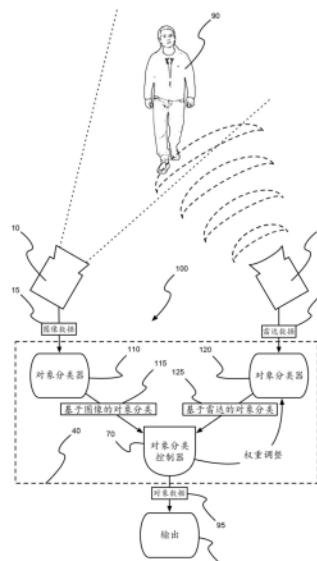
专利代理人 康泉 宋志强

## (54) 发明名称

用于生成对象的对象分类的方法和设备

## (57) 摘要

提供了用于生成对象的对象分类的方法和设备,该设备包括图像传感器、雷达传感器和处理单元,该处理单元配置成执行下列步骤:从图像传感器接收对象的图像数据,在图像数据上操作基于图像的对象分类器以生成基于图像的对象分类,从雷达传感器接收对象的雷达数据,在雷达数据上操作基于雷达的对象分类器以生成基于雷达的对象分类,在基于图像的对象分类与基于雷达的对象分类之间进行选择,以输出作为对象的对象分类,确定基于雷达的对象分类是否满足训练条件,以及当基于雷达的对象分类满足训练条件时,则使用基于图像的对象分类来训练基于雷达的对象分类器。



1. 一种为位于分别使用光成像传感器和雷达传感器捕获的对象的第一图像和第二图像中的对象生成对象分类的方法, 所述方法包括:

为位于使用所述光成像传感器捕获的所述对象的所述第一图像中的所述对象生成图像数据,

在所述图像数据上操作基于图像的对象分类器以生成位于所述对象的所述第一图像中所述对象的基于图像的对象分类, 所述基于图像的对象分类具有图像对象概率值,

生成与从位于使用所述雷达传感器捕获的所述对象的所述第二图像中的所述对象反射的回波相对应的雷达数据,

在所述雷达数据上操作基于雷达的对象分类器以生成位于所述对象的所述第二图像中所述对象的基于雷达的对象分类, 所述基于雷达的对象分类具有雷达对象概率值,

在所述基于图像的对象分类与所述基于雷达的对象分类之间进行选择, 以输出作为所述对象的所述对象分类,

基于所述图像对象概率值的第一阈值和所述雷达对象概率值的第二阈值确定是否满足训练条件, 以及

如果满足所述训练条件, 则使用所述基于图像的对象分类和所述雷达数据来训练所述基于雷达的对象分类器;

其中, 所述对象是人类、动物和车辆中的一种。

2. 如权利要求1所述的方法, 其中所述选择步骤包括当雷达条件被满足时选择所述基于雷达的对象分类。

3. 如权利要求2所述的方法, 其中当所述图像对象概率值低于阈值时, 所述雷达条件被满足。

4. 如权利要求3所述的方法, 其中仅当所述雷达对象概率值高于阈值时, 所述雷达条件被满足。

5. 如权利要求2所述的方法, 其中当所述光成像传感器至少部分受阻时, 所述雷达条件被满足。

6. 如权利要求2所述的方法, 其中当使用所述光成像传感器确定弱光条件时, 所述雷达条件被满足。

7. 如权利要求2所述的方法, 其中当使用所述光成像传感器确定低对比度条件时, 所述雷达条件被满足。

8. 如权利要求2所述的方法, 其中当确定所述光成像传感器有具有低信噪比的输出时, 所述雷达条件被满足。

9. 如权利要求1所述的方法, 其中所述选择步骤包括根据以下各项中的一项或多项在所述基于图像的对象分类与所述基于雷达的对象分类之间进行选择:

-一天中的时间,

-光照水平,

-可见度距离,

-湿度水平, 以及

-天气条件。

10. 如权利要求9所述的方法, 其中一天中的时间、光照水平、可见度距离、湿度水平和/

或天气条件由独立的传感器确定。

11. 如权利要求1所述的方法,其中当所述雷达对象概率值低于第一阈值时,所述训练条件被满足。

12. 如权利要求11所述的方法,其中仅当所述图像对象概率值高于第二阈值时,所述训练条件被满足。

13. 如权利要求1所述的方法,其中当所述基于图像的对象分类和所述基于雷达的对象分类基本上不匹配时,所述训练条件被满足。

14. 一种用于监视立面并且生成多个对象的对象分类的设备,所述设备包括光成像传感器、雷达传感器和处理器,所述处理器被配置成:

接收与由所述光成像传感器捕获的所述对象的第一图像中的边界框定位的所述对象相对应的图像数据;

在所述图像数据上操作基于图像的对象分类器以生成基于图像的对象分类,所述基于图像的对象分类具有图像对象概率值;

接收与从所述雷达传感器捕获的所述对象的第二图像中的所述对象反射的回波相对应的雷达数据;

在所述雷达数据上操作基于雷达的对象分类器以生成基于雷达的对象分类,所述基于雷达的对象分类具有雷达对象概率值;

在所述基于图像的对象分类与所述基于雷达的对象分类之间进行选择,以输出作为所述对象的所述对象分类;

基于所述图像对象概率值的第一阈值和所述雷达对象概率值的第二阈值确定是否满足训练条件;以及

当满足所述训练条件时,则使用所述基于图像的对象分类和所述雷达数据来训练所述基于雷达的对象分类器;

其中所述对象是人类、动物和车辆中的至少一种。

15. 如权利要求1所述的方法,其中:

所述基于图像的对象分类器是基于神经网络的分类器;并且

所述基于雷达的对象分类器是基于神经网络的分类器。

16. 如权利要求15所述的方法,其中,

自动执行所述基于图像的对象分类与所述基于雷达的对象分类之间的选择,以输出作为所述对象的所述对象分类。

17. 如权利要求14所述的设备,其中:

所述基于图像的对象分类器是基于神经网络的分类器;并且

所述基于雷达的对象分类器是基于神经网络的分类器。

18. 如权利要求17所述的设备,其中所述处理器被配置成在基于所述图像的对象分类与所述基于雷达的对象分类之间进行自动选择,以输出作为所述对象的所述对象分类。

## 用于生成对象的对象分类的方法和设备

### 背景技术

[0001] 当今正在进行大量工作,以改进传感器数据的处理和分类。研究和开发的许多领域都集中在改进使用各种传感器(包括摄像头、雷达、超声波传感器等)观察到的对象的自动检测和分类。用于解决这一任务的一个有前途的技术领域是人工神经网络领域,包括应用诸如卷积神经网络(CNN)、递归神经网络(RNN)和其他类似方法之类的技术来训练和识别对象。

[0002] 已经提出了许多方法来训练神经网络使用传感器数据识别对象。在一般示例中,监督学习方法被应用于训练包括神经网络的对象分类器,以从图像传感器数据识别对象。在训练过程中,对象分类器被馈送标记的图像数据,其中图像数据中显示的每个人都被标记。该标记可以被称为“基本事实”数据。图像数据由对象分类器接收,并且对象标记被发送到损失函数计算器。对象分类器处理表示待分类的对象的图像数据,并生成对象分类。在损失函数中,确定对象分类器神经网络的输出与正确值(取自基本事实数据)之间的差异。损失函数的结果然后被传递到权重调整函数,该权重调整被配置成调整在对象分类器的神经网络中使用的权重。对象分类和标记之间的差异越大,权重的调整就越大。随着用表示人类的更多图像来训练神经网络,神经网络的对象分类的输出变得越来越准确。当对象分类器被充分训练时,它可用于使用非训练图像数据来准确地确定对象分类。

[0003] 为了实现正确地训练的对象分类器,需要大量的标记的图像数据。通常,需要数十万甚至数百万个标记的图像数据实例。生成该训练数据是非常耗费资源的,因为它经常需要人类手动标记所期望的对象分类。对于一些分类,可以购买大的标记数据集。最常见的数据集包括已经被分类的图像。这些现有的数据集的一个问题是,它们可能没有被标记有你想要训练你的对象分类器来识别的对象类别。现有的数据集的另一问题是,它们可能没有使用你想要在其上运行你的对象分类的输入图像数据的形式。又一问题是缺乏公开可用的非图像数据(例如,雷达数据),需要随着时间的推移建立数据集。

[0004] 对象分类器可以是任何类型的神经网络、人工智能或机器学习方案。

### 发明内容

[0005] 本公开的第一方面是一种使用图像传感器和雷达传感器生成对象的对象分类的方法,该方法包括:使用图像传感器生成对象的图像数据,在图像数据上操作基于图像的对象分类器以生成基于图像的对象分类,使用雷达传感器生成对象的雷达数据,在雷达数据上操作基于雷达的对象分类器以生成基于雷达的对象分类,在基于图像的对象分类与基于雷达的对象分类之间进行选择,以输出作为对象的对象分类,确定基于雷达的对象分类是否满足训练条件,以及如果基于雷达的对象分类满足训练条件,则使用基于图像的对象分类来训练基于雷达的对象分类器。

[0006] 可选地,选择步骤包括当雷达条件被满足时选择基于雷达的对象分类。可选地,当下列情况中的一个或多个为真时,雷达条件被满足:基于图像的对象分类的概率值低于阈值,基于雷达的对象分类的概率值高于阈值,图像传感器至少部分受阻,使用图像传感器确

定弱光条件,使用图像传感器确定低对比度条件,确定图像传感器有具有低信噪比的输出,确定对象的图像数据低于阈值分辨率,确定对象距离图像传感器的距离大于阈值距离。

[0007] 选择步骤可以包括根据以下各项中的一项或多项在基于图像的对象分类和基于雷达的对象分类之间进行选择:一天中的时间、光照水平、可见度距离、湿度水平和天气条件。

[0008] 天气条件可由独立的传感器确定。基于雷达的对象分类可包括雷达对象概率值。可选地,当下列情况中的一个或多个为真时,训练条件被满足:雷达对象概率值低于第一阈值,基于图像的对象分类的概率值高于第二阈值,基于图像的对象分类和基于雷达的对象分类基本上不匹配。

[0009] 可选地,并行地执行生成图像数据和生成雷达数据的步骤。可选地,图像传感器和雷达传感器位于同一位置。可选地,图像传感器和雷达传感器具有重叠的视场。图像传感器和雷达传感器可布置在单独的壳体中。图像传感器和雷达传感器可具有重叠的可观察区域。

[0010] 本公开的第二方面是一种用于生成对象的对象分类的设备,该设备包括图像传感器、雷达传感器和处理单元,该处理单元被配置成执行下列步骤:从图像传感器接收对象的图像数据,在图像数据上操作基于图像的对象分类器以生成基于图像的对象分类,从雷达传感器接收对象的雷达数据,在雷达数据上操作基于雷达的对象分类器以生成基于雷达的对象分类,在基于图像的对象分类与基于雷达的对象分类之间进行选择,以输出作为对象的对象分类,确定基于雷达的对象分类是否满足训练条件,以及当基于雷达的对象分类满足训练条件时,则使用基于图像的对象分类来训练基于雷达的对象分类器。

[0011] 本公开的第三方面是一种使用一个或多个图像传感器和一个或多个深度传感器来生成对象的对象分类的方法,该方法包括:使用一个或多个图像传感器生成对象的图像数据组,在图像数据组上操作至少一个基于图像的对象分类器以生成基于图像的对象分类组,使用一个或多个深度传感器来生成对象的深度数据组,在深度数据组上操作至少一个基于深度的对象分类器以生成基于深度的对象分类组,从基于图像的对象分类组和基于深度的对象分类组中选择输出的对象分类,当基于深度的对象分类满足条件时,使用来自基于图像的对象分类组中的至少一个基于图像的对象分类来训练基于深度的对象分类器中的一个。

[0012] 一个或多个图像传感器可以包括以下至少一种:可见光摄像机、热像仪、NIR摄像机、UV摄像机,并且一个或多个深度传感器可以包括雷达、LIDAR和飞行时间摄像机中的至少一种。

## 附图说明

[0013] 通过以下参考附图对示例的详细描述,本发明的其他特征和优点将变得显而易见,其中:

[0014] 图1是对象分类设备的示意性框图,

[0015] 图2a和图2b是由图像传感器捕获的场景的传感器数据的示意图,

[0016] 图3是由雷达传感器捕获的图2的对应的场景的传感器数据的示意图,

[0017] 图4是用于训练分类器的训练系统的示意性框图,

- [0018] 图5是分类和训练过程的流程图，
- [0019] 图6是用于训练分类器的另一训练系统的示意性框图，以及
- [0020] 图7是可替代的示例中的分类和训练过程的示意性框图。

## 具体实施方式

[0021] 本说明书涉及用于使用多个传感器输入来提供持续改进的对象检测和分类的设备和技术。在整个说明书中，相同的附图标记用于表示对应的元件。

[0022] 图1是对象分类设备100的示例的示意性框图。设备100包括图像传感器10、雷达传感器20和处理单元40。图像传感器10被配置成捕获对象90的图像，并将与对象90的图像相对应的图像数据15提供到处理单元40。类似地，雷达传感器20被配置成捕获同一对象90的雷达数据，并将与对象90的雷达回波相对应的雷达数据25提供到处理单元40。在一些示例中，设备100可以被安装到建筑物或车辆上以用于测量近侧空间。在另外的示例中，设备100可以安装在屋顶上，沿着墙面朝下，以便监视立面。设备100还可以指向天空以检测并跟踪无人机或其他飞行器或对象。

[0023] 在该示例中，处理单元40包括基于图像的对象分类器110，该基于图像的对象分类器110被配置成接收图像数据15并确定在图像数据15中的一个或多个对象90的基于图像的对象分类115。处理单元40还包括基于雷达的对象分类器120，该基于雷达的对象分类器120被配置成接收雷达数据25并确定在雷达数据25中的一个或多个对象90的基于雷达的对象分类125。处理单元40包括对象分类控制器70，该对象分类控制器70被配置成接收基于图像的对象分类115和基于雷达的对象分类125并选择将基于图像的对象分类115和基于雷达的对象分类125中的哪一个作为对象分类95输出到对象分类输出接口75。在该示例中，在满足某些条件的情况下，基于图像的对象分类115用于训练基于雷达的对象分类器120。以这种方式，使用标记的数据（或“基本事实”数据）来持续地训练和改进基于雷达的对象分类器120。这使得基于雷达的对象分类器120能够实现使用工厂提供的设置不可能实现的对象分类性能水平。

[0024] 处理单元40在上面被描述为单个单元，但可以被配置为单独的控制器或模块。单独的处理单元或模块可以是用于例如处理视频和图像的专用控制器，或者是可以控制多个部件的通用控制器或模块。处理单元40或专用模块或控制器可以至少部分地由中央处理单元（CPU）执行的软件来实现。在示例中，计算机程序产品包括指令，当程序由计算机执行时，该指令使计算机执行如上面关于处理单元40讨论的步骤。处理单元可由在一个或多个通用或专用计算装置上运行的专用软件（或固件）来实现。在此上下文中，应理解，这样的计算装置的每个“元件”或“装置”是指方法步骤的概念等同物；在元件/装置和特定的硬件或软件例程之间并不总是存在一对一对应。一件硬件有时包括不同的装置/元件。例如，处理单元可在执行一条指令时用作一个元件/装置，但在执行另一条指令时用作另一个元件/装置。另外，一个元件/装置在某些情况下可以由一条指令实现，而在另一些情况下可以由多条指令实现。自然地，可以想到一个或多个元件（装置）完全由模拟硬件部件实现。

[0025] 处理单元可包括一个或多个处理单元，例如CPU（“中央处理单元”）、GPU（“图形处理单元”）、AI加速器芯片、DSP（“数字信号处理器”）、ASIC（“专用集成电路”）、缩放器、DDIC（显示驱动器集成电路）、离散的模拟和/或数字部件或诸如FPGA（“现场可编程门阵列”）之

类的一些其它可编程逻辑装置。处理单元还可包括系统存储器和将包括系统存储器的各种系统部件耦合到处理单元的系统总线。系统总线可以是几种类型的总线结构中的任一种，包括使用各种总线结构中的任一种的存储器总线或存储器控制器、外围总线和局部总线。系统存储器可以包括易失性和/或非易失性存储器形式的计算机存储介质，例如只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)和闪存。专用软件和关联的控制参数值可存储在系统存储器中，或存储在被包括在计算机装置中或可被计算装置访问的其它可移动/不可移动的易失性/非易失性计算机存储介质(例如，磁性介质、光学介质、闪存卡、数字磁带、固态RAM、固态ROM等)上。处理单元可包括一个或多个通信接口(例如，串行接口、并行接口、USB接口、无线接口、网络适配器等)以及一个或多个数据获取装置(例如，A/D转换器)。可以在任何适当的计算机可读介质(包括记录介质和只读存储器)上将专用软件提供到处理单元。

[0026] 图2a是由图像传感器10捕获的场景的图像数据15的示意图。图像数据15可包括静态图像或图像序列，例如视频流。图像数据15可包括可见光图像、热辐射图像、近红外(NIR)光图像、紫外光图像等中的一个或组合。图像传感器10可包括可见光传感器(例如，半导体电荷耦合装置(CCD)、在互补金属氧化物半导体(CMOS)中的有源像素传感器或N型金属氧化物半导体(NMOS、Live MOS)传感器)、热辐射传感器(例如，热释电和铁电探测器)、近红外光传感器或紫外光传感器中的一个或组合。图像传感器10的视场(FOV)被限定为图像传感器10可以拾取电磁辐射所穿过的角。视场取决于图像传感器10的尺寸和与图像传感器10一起使用的透镜的焦距。水平视场(HFOV)是图像传感器10可以拾取在水平轴上电磁辐射所穿过的角，并且垂直视场(VFOV)是图像传感器10可以拾取在垂直轴上电磁辐射所穿过的角。

[0027] 在本公开的示例中，图像数据15被传递到基于图像的对象分类器110。图2b示出图像数据15的分类的应用的示例，其中对象90被识别为人类201，并且对象91被识别为垃圾箱202。对象90和对象91被示为具有限定它们所位于的图像的部分的边界框93a和边界框93b。虽然图2a和图2b示出两个对象90、91，但是基于图像的对象分类器110可被配置成对更多的数量的对象进行分类。

[0028] 图3是由雷达传感器20捕获的图2的对应的场景的传感器数据的示意图。类似于图像数据15，雷达数据25可包括单个雷达图像或雷达图像序列。雷达传感器20被配置成发射无线电信号，并检测在无线电信号的路径中由对象反射的无线电信号的回波。雷达传感器20的视场(FOV)被限定为雷达传感器20可发射和拾取来自雷达回波的电磁辐射所穿过的角。水平视场(HFOV)是雷达传感器20可发射和拾取在水平轴上来自雷达回波的电磁辐射所穿过的角，并且垂直视场(VFOV)是雷达传感器20可发射和拾取在垂直轴上来自雷达回波的电磁辐射所穿过的角。在典型的雷达配置中，与水平视场相比，垂直视场可能是相对小的。使用在图像传感器中的像素的类比，垂直视场可被简单地描述为单个像素高。在一个示例中，雷达具有120度HFOV和25度VFOV，且能够使用在水平面中的多个“像素”来分辨在水平面中的多个对象，虽然在垂直面中只有单个“像素”。

[0029] 如图3中所示，对象90和对象91也由雷达传感器20成像。虽然图3示出在雷达数据25中的两个对象90、91，但是基于雷达的对象分类器120可被配置成对更多数量的对象进行分类。

[0030] 尽管在整个本申请中被描述为雷达传感器20，但应理解，可以使用其他类型的传感器来代替雷达传感器20。这样的其它传感器类型可包括光检测和测距(LIDAR)传感器、飞

行时间摄像机、声纳、超声波、麦克风或麦克风阵列、可见光图像传感器、热辐射图像传感器、近红外(NIR)光图像传感器、紫外光图像传感器中的一个或多个。在一些示例中,在参考附图描述的任何示例中,可以使用用于提供对象90、对象91的深度或距离信息的任何深度传感器来代替雷达传感器20。深度在这里被限定为FOV深度,即距传感器的距离。

[0031] 图4是用于训练分类器的训练系统的示例的示意性框图。如上所述,训练系统可能全部或部分在处理单元40上运行。现在将根据图5中所示的流程图详细描述训练系统的操作。

[0032] 在步骤S101中,描绘对象90的图像数据15由图像传感器10生成,并被传递到基于图像的对象分类器110。

[0033] 在步骤S102中,图像数据15由基于图像的对象分类器110处理。在一个示例中,基于图像的对象分类器110是基于神经网络的分类器。在该示例中,可使用具有对应的对象分类标记数据的大量训练图像来训练基于图像的对象分类器110。在需要基于图像的对象分类器110对在典型的安全或汽车环境中使用的对象进行分类示例中,训练数据可能包括人类和车辆的标记的图像。在典型的安全或汽车环境中可能感兴趣的其他对象类型可包括动物、自行车、摩托车、广泛范围的卡车尺寸和类型。基于图像的对象分类器110也可被训练以识别和排除可能触发假警报的对象。这样的对象类型可包括在风中移动的旗帜、移动的阴影、光的耀斑等。在一个示例中,训练数据包括以上各项的任意组合的标记的图像。

[0034] 在步骤S103中,基于图像的对象分类器110生成在图像数据15中描绘的对象90的基于图像的对象分类115。基于图像的对象分类115是将对象90分类到基于图像的对象分类器110被训练以识别的多个对象中的一个。基于图像的对象分类115可包括以下各项中的至少一项:对象类型、对象尺寸、边界区域(例如,描述了包含分类的对象的图像数据的一部分的边界框、边界轮廓或边界体积)、描述对象运动(例如,对象的速度和/或加速度)的对象矢量、对象像素分辨率、对象距离、对象空间坐标或指示基于图像的对象分类器110已经正确确定了基于图像的对象分类115变量的可能性的概率值。在另一示例中,基于图像的对象分类115可包括对象90和对象91的更具描述性的特征,例如由边界区包含的各个RGB通道的直方图。概率值可以是指示整个分类的可靠性的单个概率值或指示基于图像的对象分类115变量中的每一个的可靠性的一个或多个概率值。

[0035] 在可选的步骤(未示出)中,可选的裁剪模块58从基于图像的对象分类器110接收数据,并生成对应的裁剪数据。该裁剪数据可包括由基于图像的对象分类器110分类的对象的尺寸和位置。然后,裁剪数据可以被传递到基于雷达的对象分类器120,并可以被基于雷达的对象分类器120使用以更准确地对在雷达回波中识别的一个或多个对象进行分类。对于图像数据和雷达数据之间可能的映射方式的更详细的描述,这里可以参考申请人的共同未决的欧洲专利申请18174974.8。

[0036] 在步骤S111中,描绘对象90的雷达数据25由雷达传感器20生成并传递到基于雷达的对象分类器120。

[0037] 在步骤S112中,雷达数据25由基于雷达的对象分类器120处理。在一个示例中,基于雷达的对象分类器120是基于神经网络的分类器。在该示例中,类似于上面所述的基于图像的对象分类器110,可使用具有对应的对象分类标记数据的大量训练图像来训练基于雷达的对象分类器120。优选地,基于雷达的对象分类器120被训练成使用与基于图像的对象

分类器110相同的对象组来分类对象,以确保由基于图像的对象分类器110和基于雷达的对象分类器120生成的分类之间的最佳可能的相关性。基于雷达的对象分类125可包括以下各项中的至少一项:对象类型、对象尺寸、描述包含分类的对象的雷达数据的部分的边界框、描述对象运动(例如,对象的速度和/或加速度)的对象矢量、对象雷达图像分辨率、对象距离、对象空间坐标或指示基于雷达的对象分类器120已经正确确定了基于雷达的对象分类125变量的可能性的概率值。在另一示例中,基于雷达的对象分类125可包括对象90和对象91的更具描述性的特征,例如来自与对象相关联的所有单独检测的径向速度的直方图。概率值可以是指示整个分类的可靠性的单个概率值或指示基于雷达的对象分类125变量中的每一个的可靠性的一个或多个概率值。

[0038] 在步骤S113中,基于雷达的对象分类器120生成在雷达数据25中描绘的对象90的基于雷达的对象分类125。基于雷达的对象分类125是将对象90分类到基于雷达的对象分类器120被训练以识别的多个对象中的一个。

[0039] 在步骤S120中,对象分类控制器70接收基于图像的对象分类115和基于雷达的对象分类125。然后,对象分类控制器70确定基于图像的对象分类115和基于雷达的对象分类125中的哪一个传递到对象分类输出接口75。

[0040] 在一些示例中,可根据弱光条件来做出基于图像的对象分类115和基于雷达的对象分类125中的哪一个传递到对象分类输出接口75的确定。处理单元40可被配置成确定由图像传感器10观察的环境是弱光环境,例如无灯光的户内环境或户外黄昏/黎明/夜晚时间环境。可以通过分析图像数据15以确定整个图像或大部分图像上的弱光水平来确定该条件。在一个示例中,可以确定在单个或多个帧中的图像数据15的每个像素的平均亮度值。这个平均亮度值可在函数中由对象分类控制器70使用以确定输出对象分类中的哪一个。函数可包括一个或多个输入变量,包括在本说明书中描述的那些变量中的一个或多个。可替代地,平均亮度值可与阈值比较。与阈值的比较的结果可直接用于确定输出基于图像的对象分类中的哪一个,或比较的结果可在用于确定输出对象分类中的哪一个的函数中使用。

[0041] 在一个示例中,可使用光水平的确定使用单独的光传感器或指示弱光水平的信号来确定弱光环境。

[0042] 通常照明良好的场景仍然可能包括被阴影掩蔽的对象。因此,在另一示例中,可以仅相对于由基于图像的对象分类器110分类的对象做出弱光条件的确定,而部分或全部忽略观察到的场景的其余部分的照明条件。在一个示例中,在单个或多个帧中的分类的对象(例如,图2b的物品202)的每个像素的平均亮度值可以被确定并被直接用于函数中,或者与阈值进行比较以确定输出对象分类中的哪一个。通过对由对象的基于图像的对象分类器110限定的边界框内的像素的分析来确定分类的对象的每个像素的平均亮度值。

[0043] 类似于上面的示例,处理单元40可被配置成确定由图像传感器10观察到的环境是低对比度的环境,例如,光线不佳或部分被雾或烟雾遮挡,或图像传感器10被日光浸透的环境。可以通过分析图像数据15以确定整个图像或大部分图像上的低对比度水平来确定该条件。在一个示例中,可以确定在单个或多个帧中的图像数据15的平均对比度值。该平均对比度值可在函数中由对象分类控制器70使用以确定输出对象分类中的哪一个。可替代地,平均对比度值可与阈值比较。与阈值的比较的结果可直接用于确定输出对象分类中的哪一个。可替代地,比较的结果可在用于确定输出对象分类中的哪一个的函数中使用。

[0044] 通常高对比度的场景仍然可能包括由阴影或烟掩蔽的对象。因此,在另一示例中,可以仅相对于由基于图像的对象分类器110分类的对象做出低对比度条件的确定,而部分或完全忽略观察到的场景的其余部分的对比度。在一个示例中,在单个或多个帧中的分类的对象(例如,图2b的物品202)的每个像素的平均对比度值可以被确定并被直接用于函数中,或者与阈值进行比较以确定输出对象分类中的哪一个。这种方法甚至对于边缘情况例如当对象全部或部分地由对可见光不透明但对雷达透明的材料例如帆布或帷幕挡住时可能是有用的。

[0045] 尽管图像传感器通常返回固定分辨率的图像,但分类的对象的分辨率可以根据它们距图像传感器的距离而显著变化。因此,在一个示例中,观察到的对象90的对象分辨率值可用于确定输出对象分类中的哪一个。通常为由基于图像的对象分类器110分类的对象确定对象分辨率值。在一个示例中,对象分辨率值可以基于在单个或多个帧中的分类的对象(例如,图2b的物品202)的边界框93b内的像素的数量来确定并被用于函数中,或者与阈值进行比较以确定输出对象分类中的哪一个。

[0046] 在与描述对象距离用于确定输出对象分类中的哪一个的上述示例类似的示例中,可使用雷达传感器20来直接测量和使用对象距离。因此,在一个示例中,观察到的对象的对象距离值可用于确定输出对象分类中的哪一个。通常为由基于图像的对象分类器110分类的对象确定对象距离值。在一个示例中,在单个或多个帧中,对象距离值基于由雷达传感器20和/或基于雷达的对象分类器120(例如,图3的对象91)确定的对象的距离。然后,对象距离值可以在函数中由对象分类控制器70使用,或者与阈值进行比较以确定输出对象分类中的哪一个。

[0047] 在一个示例中,对象距离和对象对比度的组合可用于确定可见距离。如果雷达传感器20和基于雷达的对象分类器120可以在一定距离处观察到物体90,但无法使用图像传感器10和基于图像的对象分类器110分辨物体90,处理单元40可以确定可见距离小于物体90的距离。该可见计算可以由对象分类控制器70用来确定针对对象90和由对象分类控制器70评估的其他对象输出对象分类中的哪一个。

[0048] 对于户外场景,光水平可以至少部分地通过在天空中的太阳的位置来预测。因此,在一个示例中,时间值可用于确定输出对象分类中的哪一个。在一个示例中,时间值(可选地与位置值组合)在函数中由对象分类控制器70使用,或者与阈值进行比较以确定输出对象分类中的哪一个。

[0049] 在一个示例中,当水滴覆盖图像传感器的视场的一部分时,可以通过算法检测水滴的存在和位置。然后,水滴的存在和位置可以在函数中由对象分类控制器70使用,或者与阈值进行比较以确定输出对象分类中的哪一个。

[0050] 某些环境条件可能导致雷达图像质量大大下降。例如,某些辐射源可能干扰雷达图像。在一个示例中,电磁干扰水平使用可选的电磁干扰传感器(未示出)来确定并在函数中由对象分类控制器70使用,或者与阈值进行比较以确定输出对象分类中的哪一个。在另一示例中,可以使用雨、水分、湿度或冰雹传感器来检测暴雨或冰雹。假定暴雨或冰雹可使雷达图像质量大大下降,则暴雨或冰雹的确定可以在函数中由对象分类控制器70使用,或者与阈值进行比较以确定输出对象分类中的哪一个。

[0051] 在一个示例中,基于图像的对象分类器110的概率值和基于雷达的对象分类器120

的概率值中的一个或两个在函数中由对象分类控制器70使用,或者与阈值进行比较以确定输出对象分类中的哪一个。在本说明书中,概率值是由检测到的对象的相应分类器生成的概率值。在一个示例中,分类器可从输入图像确定具有对应的概率值的可能的对象分类组。在该示例中,对于每个对象,分类器可被配置成输出具有最高概率值以及对应的概率值的对象分类。

[0052] 在一个示例中,对象分类由基于图像的对象分类器110和基于雷达的对象分类器120提供,并且具有最大概率值的对象分类由对象分类控制器70选择。在一个示例中,总是输出基于图像的对象分类115,除非基于图像的对象分类115的概率值下降到某个阈值之下,只有当基于雷达的对象分类125的概率值高于某个阈值时,才输出基于雷达的对象分类125。

[0053] 在一些示例中,基于图像的对象分类器110的概率值和基于雷达的对象分类器120的概率值的阈值是与平均值的一个标准偏差相对应的66.7%。在一些示例中,基于图像的对象分类器110的概率值和基于雷达的对象分类器120的概率值的阈值是与平均值的两个标准偏差相对应的95%。在一些其它示例中,基于图像的对象分类器110的概率值和基于雷达的对象分类器120的概率值的阈值是与平均值的三个标准偏差相对应的99.7%。位于一个或多个标准偏差之外(即,低于上述阈值)的概率值可用于确定检测到的对象是异常物且不被系统用于对象检测和/或用于训练。在一些其它示例中,基于图像的对象分类器110的概率值和基于雷达的对象分类器120的概率值的阈值可以是用于提供良好的对象分类的任何适当的阈值。在一些另外的示例中,基于图像的对象分类器110的概率值和基于雷达的对象分类器120的概率值的阈值可以根据对象分类输出接口75动态地变化。

[0054] 在步骤S130中,对象分类控制器70然后将选择的对象分类传递到对象分类输出接口75以由第二系统(未示出)使用。第二系统可以是主机系统,该主机系统的设备100是子部件。可替代地,第二系统可以是远程系统,设备100经由网络连接到该远程系统。

[0055] 在步骤S140中,训练模块60接收基于图像的对象分类115和基于雷达的对象分类125。然后,训练模块60确定是否应该执行训练动作。选择何时应执行训练动作的原则通常是确定基于图像的对象分类115足够可靠以用作用于训练基于雷达的对象分类器120的“基本事实”数据的原则。在不是这种情况的情况下,基于雷达的对象分类器120的任何训练可能损害基于雷达的对象分类器120的性能。例如,在使用可能由视觉伪影导致的不正确的基于图像的对象分类来反复训练基于雷达的对象分类器120的情况下,基于雷达的对象分类器120最终将无法可靠地辨别真实对象和不存在对象。

[0056] 在一个示例中,基于图像的对象分类器110的概率值和基于雷达的对象分类器120的概率值中的一个或两个由训练模块60使用来确定是否执行训练动作,以与雷达数据25结合使用基于图像的对象分类115来训练基于雷达的对象分类器120。

[0057] 在一个示例中,当基于图像的对象分类115的概率值高于某个阈值时,训练动作总是被执行。在另一示例中,当基于图像的对象分类115的概率值高于某个阈值且基于雷达的对象分类125的概率值低于某个阈值时,训练动作总是被执行。在一些示例中,当基于图像的对象分类115和基于雷达的对象分类125基本上匹配时,没有训练被执行。在基于图像的对象分类115和基于雷达的对象分类125的至少对象类型是相同的情况下,这两个分类可以基本上匹配。在一些示例中,在基于雷达的对象分类器120不能够对雷达数据25中的任何对

象进行分类情况下,训练总是被执行。在其它示例中,在基于雷达的对象分类器120不能够对雷达数据25中的任何对象进行分类且基于图像的对象分类115的概率值高于某个阈值的情况下,训练总是被执行。

[0058] 在一些示例中,根据基于图像的对象分类115或基于雷达的对象分类125的以下变量中的至少一个来做出是否执行训练动作的确定:对象类型、对象尺寸、对象运动矢量、对象雷达分辨率、对象距离、对象空间坐标、由边界区域包含的各个RGB通道的直方图、来自与对象相关联的所有单个检测的径向速度的直方图。

[0059] 在一些示例中,根据对象的尺寸来做出是否执行训练动作的确定。在对象太小或太大而不能可靠地由基于图像的对象分类器110或基于雷达的对象分类器120分辨的情况下,例如在对象是小动物的情况下,没有训练被执行。

[0060] 在一些示例中,根据对象的类型来做出是否执行训练动作的确定。在对象具有光学或雷达轮廓使得轮廓不能可靠地分别由基于图像的对象分类器110或基于雷达的对象分类器120分辨的情况下,例如在对象被确定为是烟柱情况下,没有训练被执行。

[0061] 类似于上述内容,在一些示例中,根据对象的可用雷达分辨率来做出是否执行训练动作的确定。在对象太远或太小而不能可靠地由基于雷达的对象分类器120分辨的情况下,没有训练被执行。

[0062] 在一些示例中,根据对象的运动来做出是否执行训练动作的确定。在对象移动得太快而不能可靠地由基于图像的对象分类器110或基于雷达的对象分类器120分辨的情况下,例如对象是飞行的鸟的情况下,没有训练被执行。

[0063] 在一些示例中,根据对象的位置来做出是否执行训练动作的确定。在对象位于在设备100的感兴趣区域之外的位置处的情况下,没有训练被执行,例如不在地面上的所有对象可能被系统忽略。

[0064] 在一些示例中,根据图像数据15的以下变量中的至少一个来做出是否执行训练动作的确定:图像质量指示或图像信噪比。在处理单元40确定图像质量指示或图像信噪比指示差质量图像的情况下,没有训练被执行以避免用低质量数据来训练基于雷达的对象分类器120,即,除非可以提供来自基于图像的分类器110的可靠分类(即,“基本事实”是可信的),否则不训练基于雷达的对象分类器120。

[0065] 在步骤S150中,在做出应该执行训练动作的确定之后,结合雷达数据25使用基于图像的对象分类115来训练基于雷达的对象分类器120以更好地识别在基于图像的对象分类115中识别的类型的对象。损失函数被计算以确定在由基于雷达的对象分类器120的神经网络确定的基于雷达的对象分类125与基于图像的对象分类115之间的差异。该损失函数由权重调整器61使用来生成对基于雷达的对象分类器120的神经网络的适当的权重调整。这些权重调整应用于基于雷达的对象分类器120的神经网络,提高了基于雷达的对象分类器120识别在基于图像的对象分类115中识别的类型的对象的能力。以这种方式,基于雷达的对象分类器120与基于图像的对象分类器110对相同的对象进行正确地分类的能力随着时间增量地提高。这被称为“增量学习”。当条件阻止基于图像的对象分类器110这么做时,这允许持续地提高基于雷达的对象分类器120正确地分类对象的能力。

[0066] 在一些示例中,权重调整器61根据来自基于图像的对象分类115的概率值来生成对基于雷达的对象分类器120的神经网络的权重调整。在基于图像的对象分类115的概率值

高的情况下,对基于雷达的对象分类器120的神经网络的权重调整可以较大,以确保对神经网络的更明显的调整。在基于图像的对象分类115的概率值低的情况下,对基于雷达的对象分类器120的神经网络的权重调整可以很小,以限制坏的分类对基于雷达的对象分类器120的神经网络的潜在负面影响。

[0067] 图6是在可替代的示例中的分类和训练过程的流程图。在该示例中,训练模块64和权重调整器62被切换到基于图像的对象分类器110的一侧。

[0068] 在该系统的示例中,训练模块64接收基于图像的对象分类115和基于雷达的对象分类125。然后,训练模块64确定是否应该执行训练动作。在做出应该执行训练动作的确定之后,结合图像数据15使用基于雷达的对象分类125来训练基于图像的对象分类器110以更好地识别在基于雷达的对象分类125中识别的类型的对象。损失函数被计算以确定在由基于图像的对象分类器110确定的基于图像的对象分类115与基于雷达的对象分类125之间的差异。该损失函数由权重调整器62使用来生成对基于图像的对象分类器110的神经网络的适当的权重调整。这些权重调整应用于基于图像的对象分类器110的神经网络,提高了基于图像的对象分类器110识别在基于雷达的对象分类125中识别的类型的对象的能力。以这种方式,基于图像的对象分类器110与基于雷达的对象分类器120对相同的对象进行正确地分类的能力提高了。当条件阻止基于雷达的对象分类器120这么做时,这允许持续地提高基于图像的对象分类器110正确地分类对象的能力。当雷达数据25受到电磁干扰或其他环境条件的损害时,这可以用于改善基于图像的对象分类器110的极弱光性能。

[0069] 图7是在可替代的示例中的分类和训练过程的流程图。图7提供图4和图6的示例的一般化示例,其中第一对象分类器210和/或第二对象分类器22可被训练。

[0070] 来自传感器1的描绘对象90的数据215被生成并被传递到第一对象分类器210,其中数据215被处理。第二对象分类器210然后生成在数据215中描绘的对象90的传感器1对象分类。传感器1对象分类然后被传递到对象分类控制器270。随后或并行地,来自传感器2的描绘对象90的数据225被生成并被传递到第二对象分类器220,其中数据225被处理。第二对象分类器220然后生成在数据225中描绘的对象90的传感器2对象分类。传感器1对象分类然后被传递到对象分类控制器270。对象分类控制器270在传感器1对象分类和传感器2对象分类之间选择,并将选择的对象分类传递到对象分类输出接口275以由第二系统使用。训练模块260接收传感器1对象分类和传感器2对象分类,并确定是否应该执行一个或多个训练动作。可根据在上面的示例中描述的任何原则来做出是否应该执行训练动作的确定。在做出执行第一对象分类器210的训练的确定的情况下,损失函数被计算以确定在由第一对象分类器210确定的传感器1对象分类与传感器2对象分类之间的差异。该损失函数由权重调整器262使用来生成对对象分类器210的神经网络的适当的权重调整。这些权重调整应用于对象分类器210的神经网络,提高了对象分类器210识别在传感器2对象分类中识别的类型的对象的能力。可选地,训练模块260可被配置成确定执行对象分类器220的训练。在这种情况下,损失函数被计算以确定在由对象分类器220确定的传感器2对象分类与传感器1对象分类之间的差异。该损失函数由权重调整器261使用来生成对对象分类器220的神经网络的适当的权重调整。这些权重调整应用于对象分类器220的神经网络,提高了对象分类器220识别在传感器1对象分类中识别的类型的对象的能力。

[0071] 传感器1可包括以下传感器类型中的一个或多个:雷达传感器、光检测和测距

(LIDAR) 传感器、飞行时间摄像机、声纳、超声波、可见光图像、热辐射图像、近红外(NIR)光图像、紫外光图像。类似地，传感器2可包括以下传感器类型中的一个或多个：雷达传感器、光检测和测距(LIDAR)传感器、飞行时间摄像机、声纳、超声波、可见光图像、热辐射图像、近红外(NIR)光图像、紫外光图像。

[0072] 在一个示例中，传感器1和传感器2被结合在共同的壳体中。在该示例中，传感器1和传感器2可由相同的集成电路组成。这确保传感器1和传感器2的FOV基本上匹配，具有基本上共同的FOV原点(即，传感器位置)。在一个示例中，传感器1和传感器2的FOV重叠，确保物理空间的一部分由这两个传感器同时观察到。图2a和图2b提供两个传感器的示例，这两个传感器提供重叠的视场，其中对象91和对象92可由每个传感器分辨。

[0073] 在一个示例中，传感器1和传感器2未被包含在共同的壳体中，但仍然提供重叠的可观察区域，其中可观察区域被限定为由每个传感器观察到的物理空间。这可通过使传感器1和传感器2指向同一物理空间来实现，即使传感器是物理地分开的。

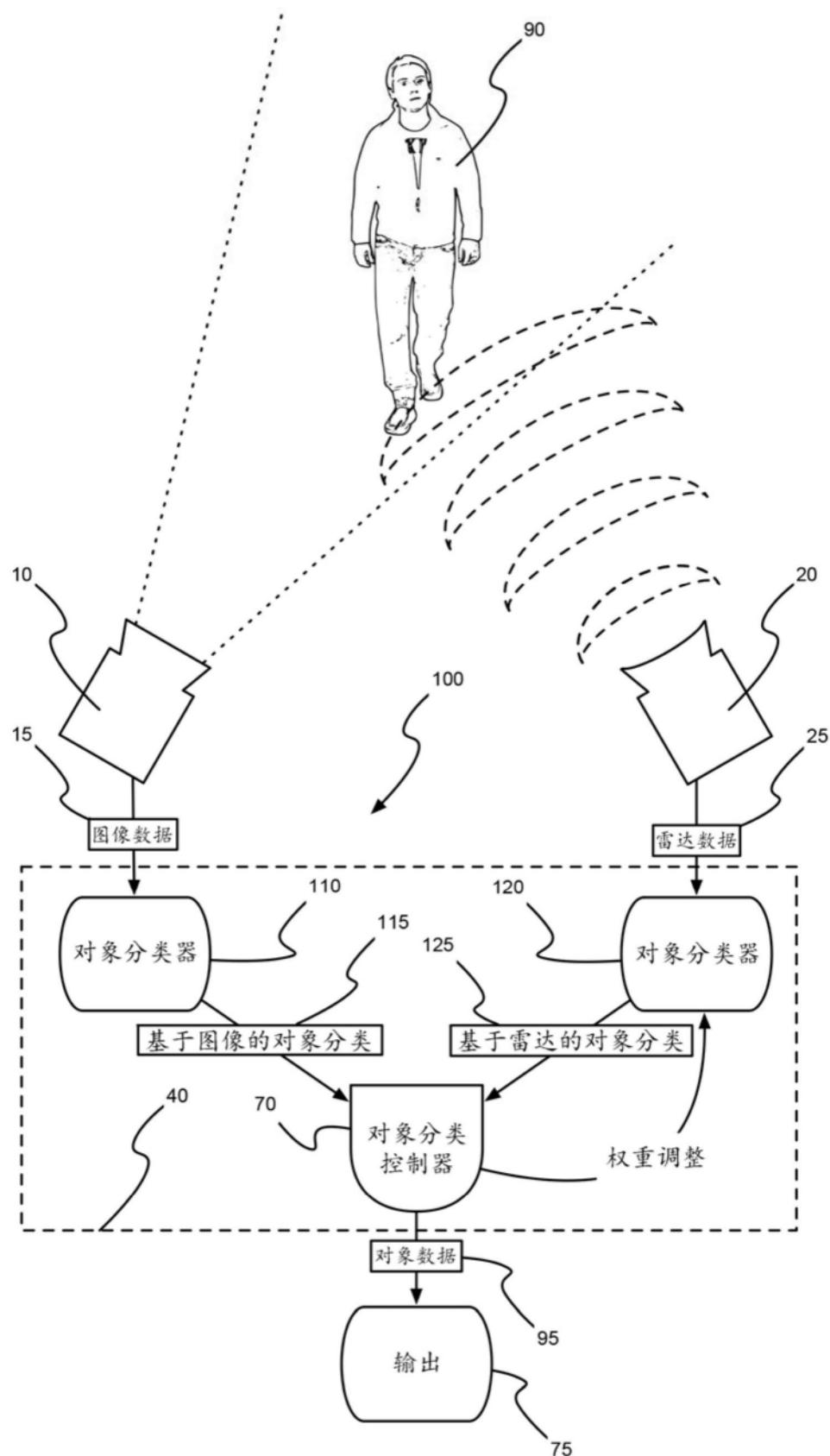


图1

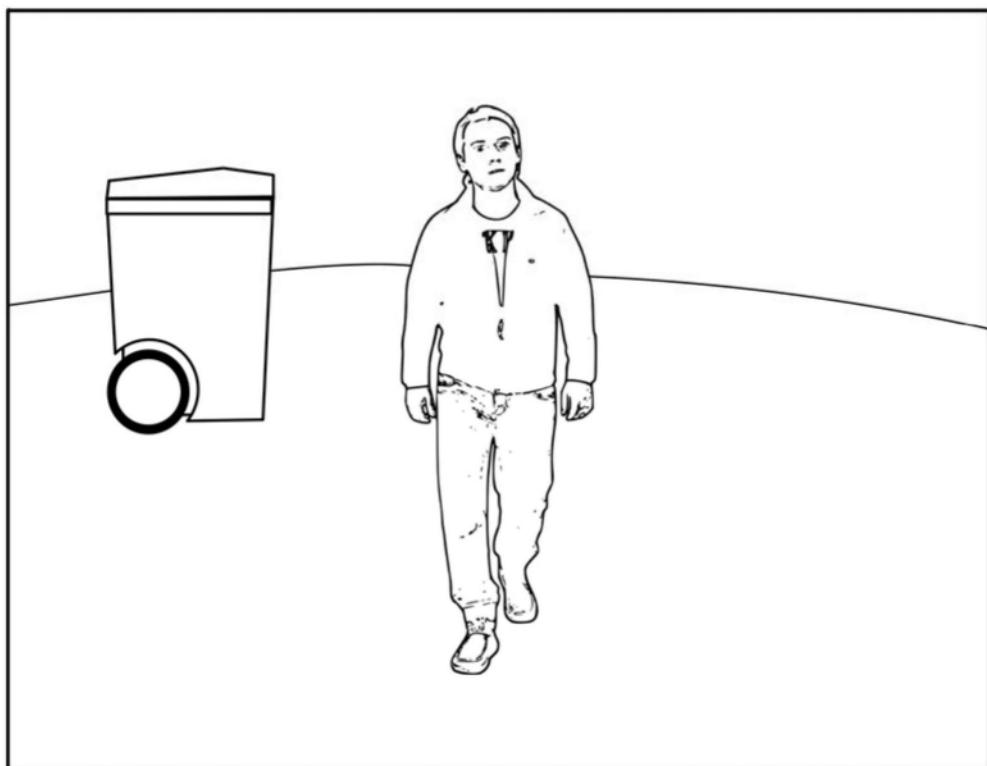


图2a

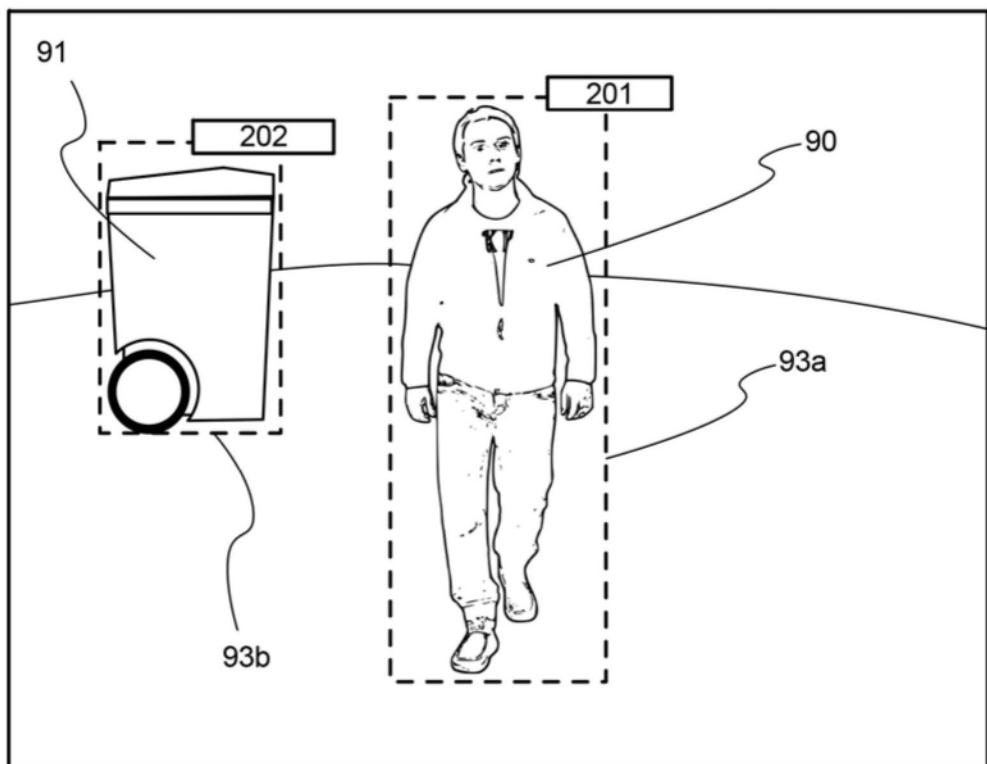


图2b

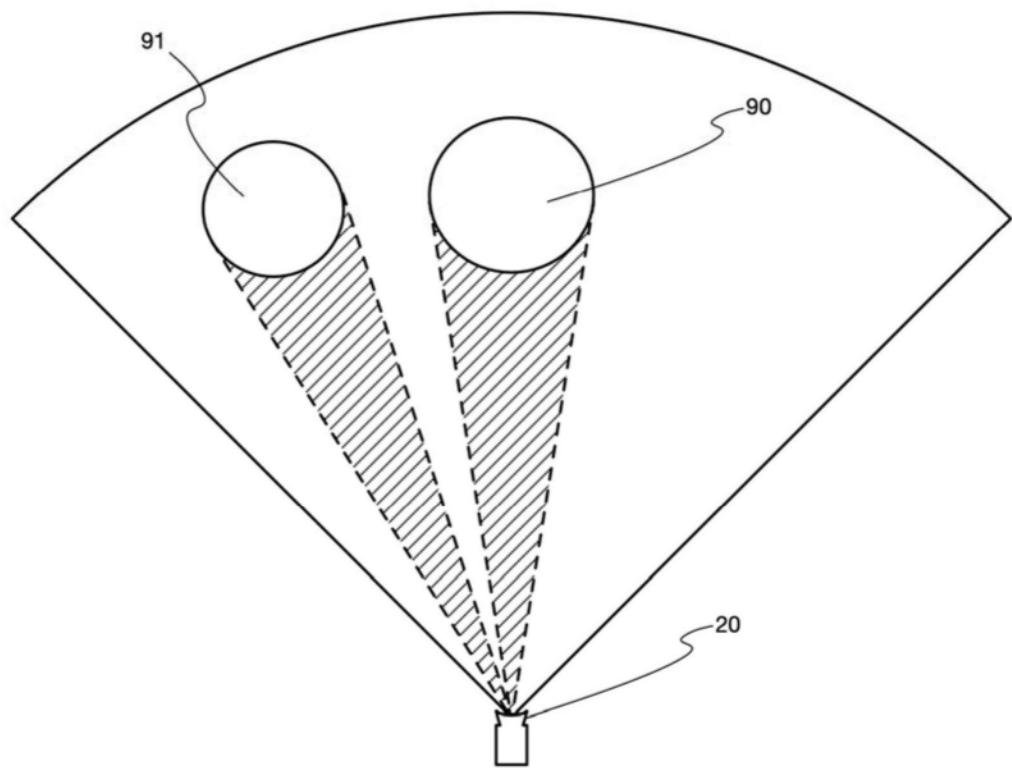


图3

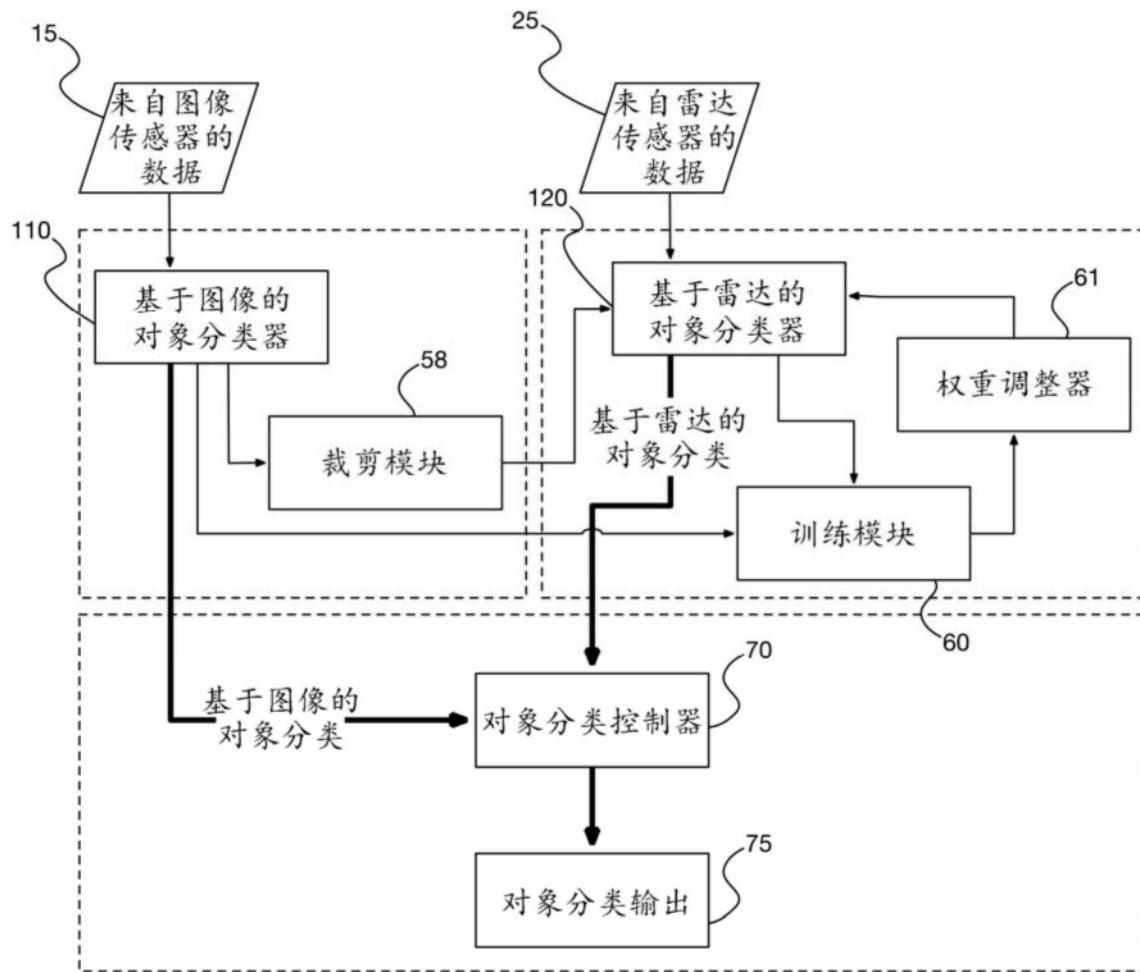


图4

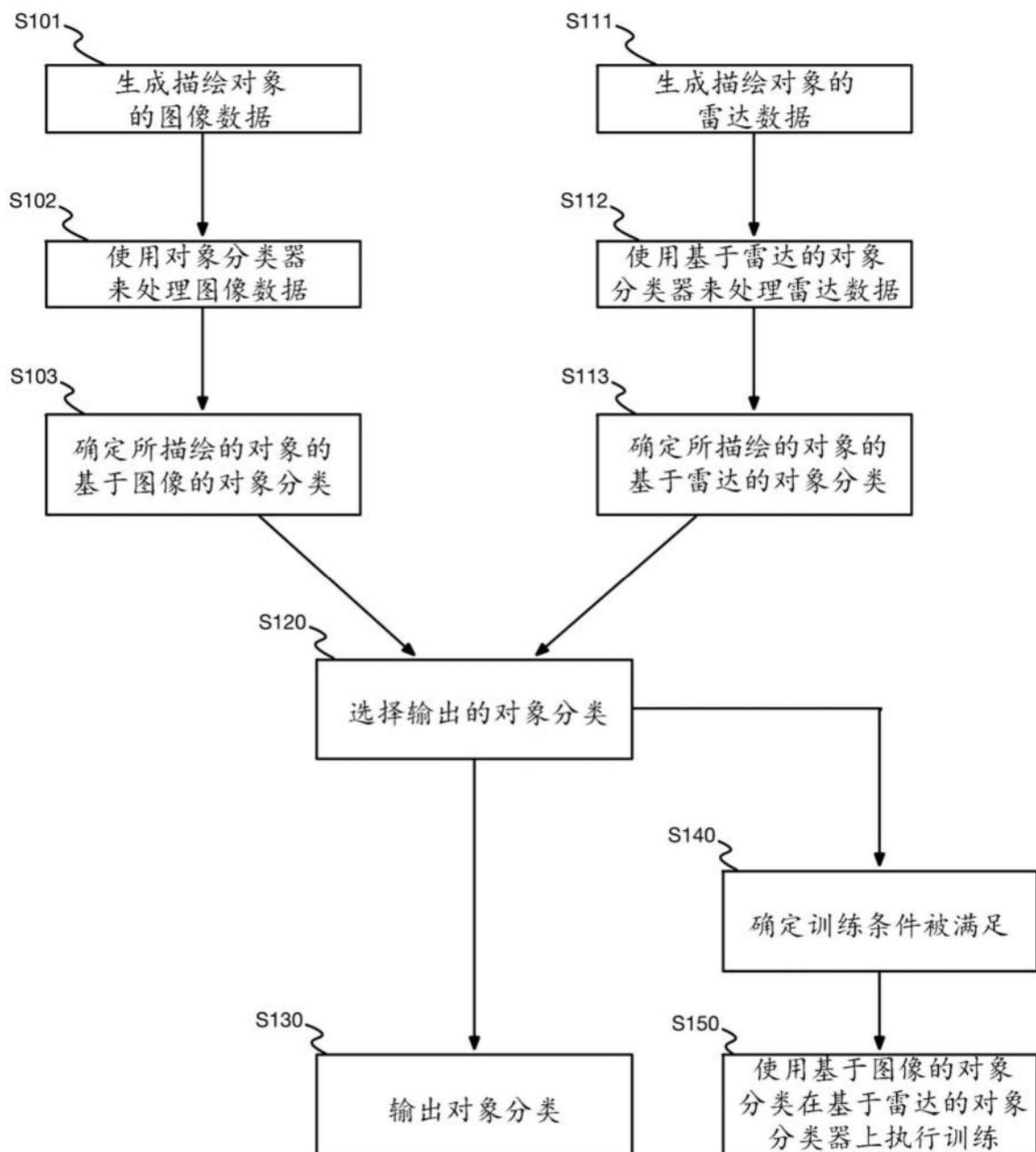


图5

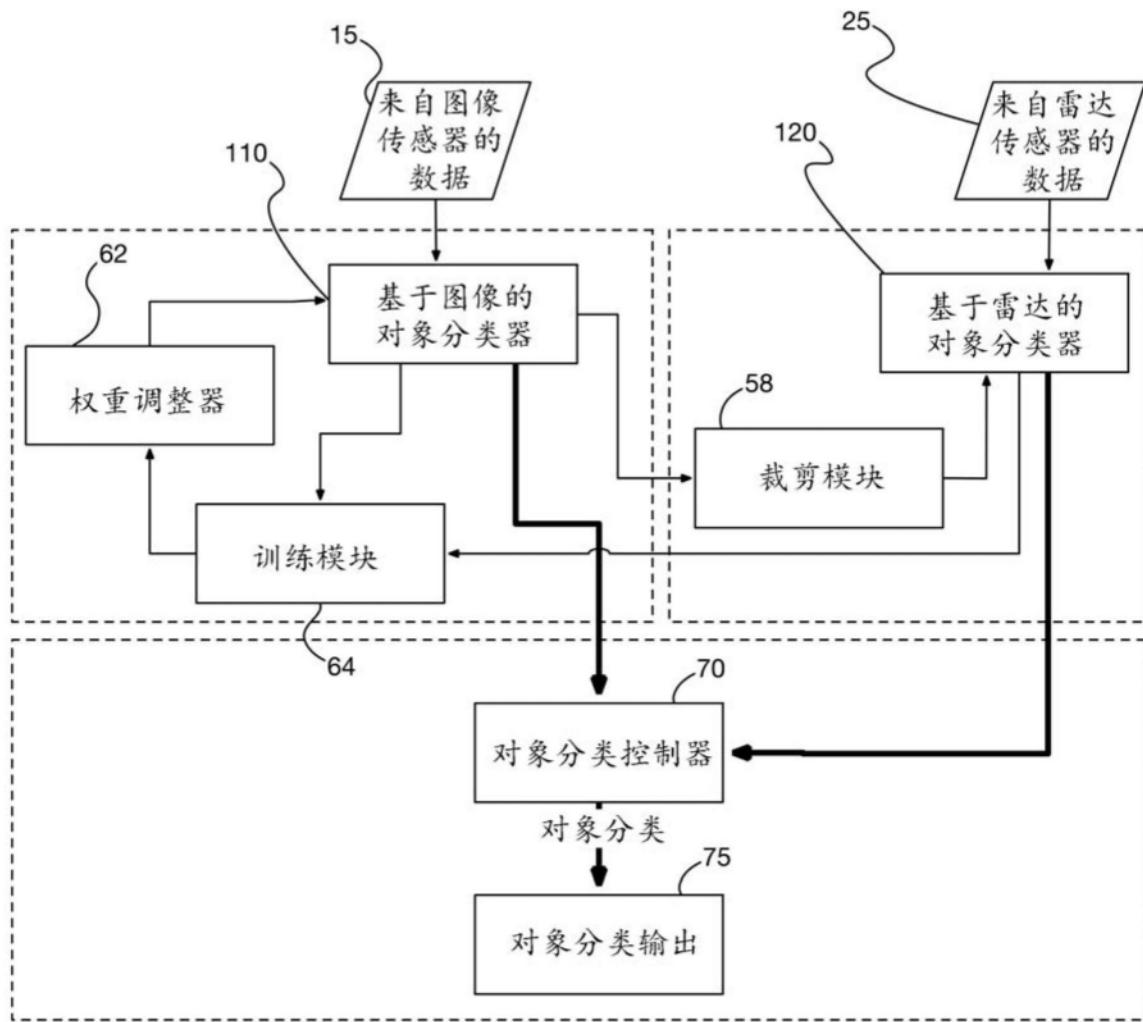


图6

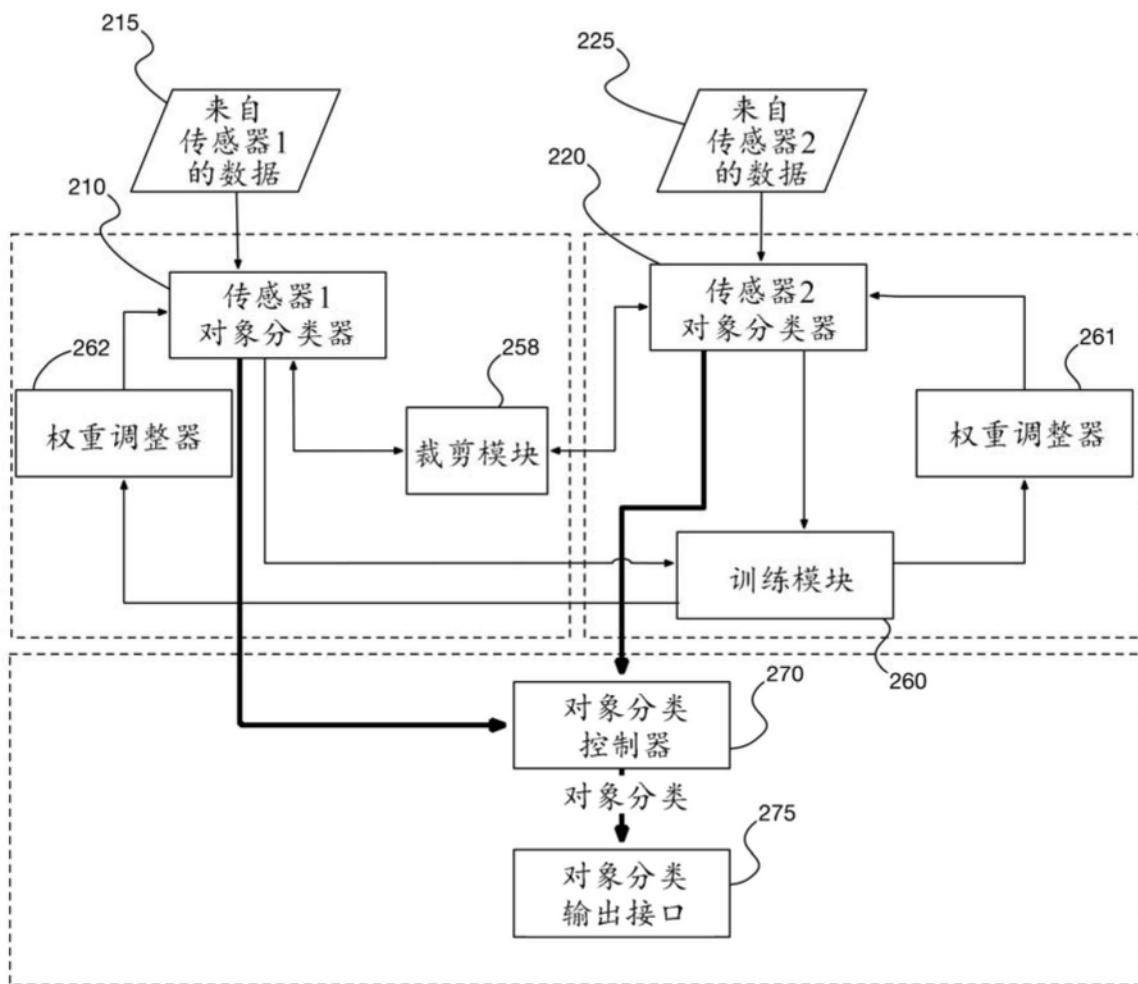


图7