



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102013174 A

(43) 申请公布日 2011. 04. 13

(21) 申请号 201010548817. 4

(22) 申请日 2010. 11. 18

(71) 申请人 华东理工大学

地址 200237 上海市梅陇路 130 号

(72) 发明人 樊凌涛 汪顺钱 王平 王胜飞  
西那

(51) Int. Cl.

G08G 1/16(2006. 01)

H04B 10/10(2006. 01)

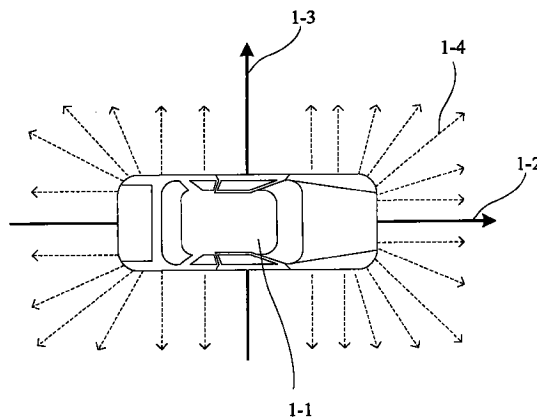
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

## (54) 发明名称

基于光通信的车辆碰撞预警系统

## (57) 摘要

基于光通信的车辆碰撞预警系统由光指示器和光探测器构成,用于行驶车辆之间的安全监控和信息交互。光指示器分布式安置在车辆的周围或顶端,沿不同方向发射调制的光信号,光信号中携带有与自身相对应的角度指示信息、安装位置信息以及车辆的其它信息,形成“光触角”。安装在另一车辆上的光探测器探测到光指示器的某个LED发射的光脉冲信号后,提取所携带的指示角度、安装位置等信息;光探测器的处理单元分析处理这些信息,根据光线指示角度的变化率、光强度的变化率等,估计是否存在异常行驶状态,并通过控制器将结果输出到车辆的其它系统。



1. 一种由光指示器和光探测器构成的车辆碰撞预警与通信系统

a) 光指示器由多个(组)LED 分布式安装在车辆四周或车顶端, 每个(组)LED 沿各自的特定方向按照规定的功率以特定的束散角向外发射调制的光信号, 光信号中携带有该 LED 的安装位置、指向角度、所属光指示器和车辆、光发射功率、束散角等信息以及车辆的状态信息等;

b) 光指示器各 LED 发光方向的设置原则是当从不同的方位观察光指示器时, 能够捕捉到不同 LED 发射的光线, 通过所看到的光线及从中提取的指向角度信息能够获取光指示器所在车辆相对于观察者的角度;

c) 光探测器在一定视场内接收光指示器中某个指向角度的 LED 发射的信号, 提取光信号所携带的各种信息并测量光信号的强度;

d) 光探测器根据连续检测到的同一个光指示器中 LED 发射的光信号强度及其变化、所携带信息中显示的安装位置及其变化、指向角度及其变化, 以及携带的车辆状态信息等, 判断安装光探测器的车辆和安装光指示器的车辆碰撞的可能性, 判决结果输出到车辆的其它控制或通信系统。

e) 安装在同一车辆上的光指示器和光探测器可由统一的控制器控制, 构成一对完整的光无线通信收发系统, 能够与另外的安装了光指示器和光探测器的车辆进行实时信息交换。

2. 根据权利要求 1 所述的由光指示器和光探测器构成的车辆碰撞预警与通信系统

a) 光指示器和光探测器可以安装在同一车辆上, 也可以分别安装在不同的车辆上;

b) 安装光指示器的车辆中的其它系统可以向光指示器提供车辆的状态信息;

c) 安装光探测器的车辆中的其它系统可以接收光探测器输出的信息;

d) 光指示器和光探测器也可以安装在其它固定的或者移动的平台。

3. 根据权利要求 1 所述的由光指示器和光探测器构成的车辆碰撞预警与通信系统中的光指示器

a) 其 LED 的束散角可以是中心对称的或者不对称的, 不同指向的 LED 的束散角可以不同;

b) 其 LED 可以是普通的 LED, 也可以是激光 LED, 或者是具备类似开关性能、束散角、光谱、功率的其它光源来代替;

c) 其 LED 的发光波段是可见光或者红外波段, 处于可见光波段的 LED 可以兼用作安装平台上的照明灯或者指示灯;

d) 其 LED 可以是多个 LED 组成的一簇, 由同一个驱动器驱动, 指向同一个发射方向, 携带同样的信息;

e) 其 LED 可以单独安装在一个结构体内, 也可以分散安装在多个结构体内;

f) 其 LED 发射光信号采用的调制方式可以是脉冲位置调制、脉冲频率调制、脉冲宽度调制或脉冲幅度调制;

g) 其指向角度相邻近的 LED 发射的光信号可以采用 CDMA(码分复用)或者 TDMA(时分复用)方式, 以及 CDMA 和 TDMA 混合的方式区分; 采用 TDMA 时, 保证指向角度相邻的 LED 不同时发光, 指向角度相隔较远的 LED 可以同时发光;

h) 不同平台上的光指示器所发送的光信号可以采用 CDMA(码分复用)方式区分, 不

同的平台分配不同的扩频码，该扩频码可以作为该平台或者该光指示器的标识之一；

4. 根据权利要求1所述的由光指示器和光探测器构成的车辆碰撞预警与通信系统中的光探测器

a) 一个车辆上可以安装多个光探测器，每个光探测器的接收视场覆盖不同的方位角，可以有重叠；多个光探测器可由同一个控制器控制，多个光探测器可以集中安置也可以分散安置；

b) 光探测器的工作波段与光指示器的发光波段相匹配；

c) 当光探测器检测到一个光指示器的多个指向角度相邻 LED 发射的光信号的时候，采用功率加权平均的处理方式估计实际的指向信息，即根据它们的光强度在它们所指示的角度之间折中；

d) 当光探测器检测到不同光指示器的 LED 发射的光信号时，依据扩频码将它们区分开来分别提取数据信息；

e) 光探测器能够同时探测、处理属于不同车辆的多个光指示器所发出的光信号。

5. 根据权利要求3所述的光指示器，其控制器接受同一平台上的光探测器控制器的控制，能够将光探测器直接输出的告警信息，或者是通过车辆其它系统确认的告警信息，以及车辆其它系统要求发送的其它信息，通过光指示器选定的 LED 发送出去。

6. 根据权利要求4所述的光探测器，能够接收安装平台上其它系统输出的信息并与自身的信息融合后进行判决。

## 基于光通信的车辆碰撞预警系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于智能交通技术领域，具体涉及的是一种利用光通信系统测量近距离车辆相对运行方向的方法和装置，包括具有光通信功能的特定布局的光指示器和具有光通信功能的光探测器。

### 背景技术

[0002] 为提高交通的安全性能，除了增强车身电子系统外，越来越多的辅助性的电子技术应用于车辆系统中，比如前视红外显示仪、超声波倒车雷达、倒车摄像仪等。而为了更主动地探测车辆前方的障碍物，汽车雷达、激光扫描仪等更先进的技术正在逐步用于车辆中。

[0003] 在诸多技术中，车辆的碰撞防止功能是最紧要的功能，也是未来汽车能够实现自动驾驶、智能驾驶的最基础性保障。

[0004] 激光扫描仪能够以很高的速度对大范围的水平视场进行探测，确定车辆前方是通畅还是存在障碍物，包括移动的车辆、行人等，经过处理分析后给出适当的控制或者告警信号。这些控制信号能够连接到车辆上的自动驾驶系统和安全系统，如紧急制动、缓冲气囊等。但是，光扫描仪是一种复杂昂贵的设备，激光扫描探测依赖于光的传输通道和目标的反射特性，目标物的复杂性使得探测必然存在误警问题。

[0005] 采用高速前视摄像机和高速的信号处理器，用图像处理的方法也可以对近距离行驶车辆的运行状态进行预测。一系列的图像送往图像信号处理器处理，根据从背景中分割出来的车辆特征以及处于不同图像帧中的位置，就能够估计前方视场内的可能的车辆及其航向和速度。但是由于路况的复杂性，及时从二维图像背景中可靠地区别出障碍物是个难题。

[0006] 相对于智能交通技术期望达到的目标，目前的任何技术都还不可能提供足够可靠的探测性能保障，单一的技术都有自身的局限性。毫无疑问，未来的实用系统一定是多种技术协调应用并且一定会有很大的冗余，这样才能够获得绝对安全的行车保障。

[0007] 目前，各种LED（发光二极管）由于其良好的开关特性、高亮度、高可靠性、低功耗和长寿命的特点，正在越来越广地得到普及应用，如室外大型广告屏、室内照明、交通信号灯、车灯等。除此之外，利用LED作为短距离无线通信媒介的研究也在进行中，各种应用也在相继提出。

[0008] LED有多种类型，不同的波段（可见光、红外、紫外）、不同的功率（照明用、指示用等）、不同的光发射角（广角、窄波束），以及不同的频率相干性（激光、宽频带），这些参数决定了它们的不同用途。

[0009] 现代车辆发展主要方向之一是安全保障技术，而为了达到绝对的安全，任何技术都不能仅仅针对一个独立的车辆，而是要把车辆当作与道路和车流存在空间和时间密切关联的一个部分对待。

[0010] 主要的交通事故类型之一是车辆之间、车辆和道路之间的碰撞。显而易见，如

果车辆之间、车辆和道路之间能够实现即时可靠的通信传递相互的状态，并通过合适的车载电子系统控制，将会降低碰撞的风险。

[0011] 目前车辆之间、车辆和道路之间的交互仍旧主要依靠指示灯和驾驶员的视觉。车辆的指示灯主要是转向灯和各种尾灯，也有一些有侧灯。道路上则主要是交通灯和警示灯。除了安装位置，这些指示灯仅仅传递简单的信息，并不提供更多具体的方位指示，也不具有数据通信功能。

[0012] 本发明根据 LED 的特点，提出一种类似“光触角”的 LED 发光和探测装置，不但能够用于智能交通的碰撞预测系统中，同时也能够极大提高车辆之间的信息交互能力，将会有效改善驾驶的安全性能。

## 发明内容

[0013] 已经有使用可见光通信的方式实现车辆之间通信的构想。当车辆使用 LED 做尾灯的时候，利用 LED 所特有的快速开关特性，将必要的数据（如车速、转向指示、刹车动作等）通过对 LED 调制发射出去，使得其后的车辆能够使用光接收装置快速探测到所发送的信息，及时做出反应。或者同时通过成像和通信实现车辆之间距离的测算，如“基于可见光通信的车距测量方法（专利 200810204185）”、可见光空分多址多路通信系统（专利 2007100475547）”等。

[0014] 本发明提出了一种新的车辆之间的交互措施，车辆之间通过探测和通信能够快速判断各自的相对位置和移动方向，并且能够向车辆的高层控制系统提供快速评估车辆是否存在碰撞可能的依据，以及兼作车辆其它行驶信息的交互通道。

[0015] 本发明的装置构成包括：第一，安装在车辆周围或者车顶端的多个（或者多组）带有特定方向性和通信功能的 LED 光指示器。它能够起到角度指示的作用，并能够携带数据信息。第二，安装在车辆正前方或者车顶端的一个（或者还安装在车辆周围其它地方的多个）具有光通信接收机功能的光探测器。本发明的系统应用构成：如果光指示器和光探测器处于同一平台，它们相互连接由统一的控制器控制形成一对光收发机；多个安装了光指示器和光探测器的车辆（或者道路设施），车辆上的其它电子系统与光指示器和光探测器的控制器相连接。

[0016] 本发明中的 LED 光指示器并不拘泥于具体的某种外形；LED 所发送的光的波段也不限于可见光，可以工作在红外波段；可以是普通 LED，也可以是激光 LED；根据实际应用中设计的角度分辨率需求，要求 LED 有合适的发射角度范围，即合适的空间发光强度分布。

[0017] 光指示器由多个或者多组分离的 LED 构成，其主要目的并非是为了照明或者通过视觉作用的指示（但是在可见光波段可以兼用）。它分布安置在车辆周围，包括前后和侧面（可以根据实际应用需要设置），如图 1 所示，或者集中安置在车辆的顶端，如图 2 中的 (2-4) 所示。图中我们用（光）线替代表示 LED 所发出的有一定束散角的光束。LED 设置的原则是当从不同的方位观察光指示器时，能够捕捉到不同 LED 发射的光线，通过所看到的光线及从中提取的角度信息能够获取该车辆相对于观察者的角度，主要目的是提供一种能够评估所观察车辆目前行驶趋向的信息。其关键是不同安装位置的 LED 规定具有不同的光发射方向，并且发射的是带有各自“身份”的编码光信号，标记出各

自相对于车辆中心轴（本专利规定为车辆自前向后的中心线为正向）的角度以及所属的光指示器和车辆、安装位置等。当观察者（一般指车辆上安置的光探测器）从一定距离和角度观察光指示器时，可以捕捉到对应的 LED 光线。根据捕捉到的一个（或者多个）光线中携带的信息，就能够确定该车辆与观察者的相对位置和角度。显然 LED 的束散角越小，LED 的分布密度（即图中光线密度）越高，能够表示的角度分辨率就越高。同时，该 LED 发射的光信号中还可携带车辆的其它各种信息，如车辆的速度、加速度、轨迹等。

[0018] 本发明中的光探测器，相当于观察者，能够在自己关切的视场内（水平视场最好能够覆盖  $360^\circ$ ，垂直视场能够保证在常规行驶道路和一定的探测距离范围内，覆盖了各种车辆上光指示器有效的作用范围）探测并接收 LED 发射的光信号，然后对其处理、解码输出携带的信息。一个车辆上可以在不同的位置安装多个这样的装置对多个不同的视场进行光探测。如正前方 1 个，水平方向的视场角为  $70^\circ$ ；侧前方左右各 1 个水平方向视场角分别为  $60^\circ$ 。这样的安装就能够充分探测车辆驾驶员前方水平方向  $180^\circ$  以上的视场。

[0019] 当安装上述 LED 光指示器与光探测器的两车以某种方式相遇时，无论是什么样的位置关系，两者均能够以观察者的角度快速且确定性地获取对方车辆相对于本车的行驶方向、状态和距离信息，并能够进行其他信息的交换。这样就有助于估计两车是否有碰撞的可能。当估计存在危险时，如（情形之一）正面探测到的另一车辆所发出的 LED 光线正在从  $45^\circ$  向  $0^\circ$  附近趋近（即正在向另一车辆的正前方接近），可以立即通知车辆的安全系统或者驾驶系统采取相应的措施，避免事故发生。

[0020] 本发明提供了一种简单、直接、可靠的方向、位置关系检测方法及通信方法，可以应用于任何车辆（包括道路或其它诸如工业上的加工平台灯）的安全保障系统中。

## 附图说明

[0021] 图 1：车辆的“光触角”分布示意图之一，这种“触角”是被动触角，是让其它车辆来感知的，每个“触角”携带有自身“身份”信息以及所在车辆的信息。

[0022] 图 2：安装于车辆左前灯位置由一个光指示器单元 (2-1) 发出的一簇光线示意图，覆盖了  $90^\circ$  范围；安装在车顶端的一个光指示器 (2-4) 所发光线示意图，覆盖了  $360^\circ$  范围。注：[1] 并不一定需要在一个车辆上同时安装两种光指示器，此处仅为示意；[2] 为了提高角分辨率，“光线”的密度应该更高。

[0023] 图 3：一般 LED 发射光的强度分布角，通常是中心对称的。

[0024] 图 4：光指示器的构成框图，一个控制器控制了 N 个 LED 发射通道，每个（组）LED 发射的光线指向一个方向，并携带各自的指向信息、安装位置信息等。

[0025] 图 5：LED 输出光脉冲调制波形示意图，CDMA 扩频后的波形与此类似，只是脉冲的频率变为码片速率。

[0026] 图 6：安装在一个车辆上的光接收器的排布方式之一：一般可以在正前方设置 1 个，左右约  $45^\circ$  方向各 1 个，3 个光接收器可由一个控制器控制。在实际应用中根据需要设置光接收器的视场、数量和位置，可以集中安置也可以分散安置。

[0027] 图 7：光接收器构成图，与常规的光接收机组成类似。

[0028] 图 8：较为详细的光收发关系示意，左前灯位置的光指示器 (8-3) 所发射的光线

其中有一束 (8-6) 落在光探测器 (8-1, 2) 的视场内被接收到。

[0029] 图 9: 道路应用示意图, 展示了 3 辆车在 3 个车道上行驶的情形, 其中反向行驶的一辆车出现了异常方向偏离。

### 具体实施方式

[0030] 本发明中安装在车辆周围或者顶端的多个 (或者多组) 带有特定方向性和通信功能的 LED 光指示器, 能够达到类似图 1 或者图 2 中 (2-4) 所示的效果。在图 1 中, 以车辆 (1-1) 的纵向中心轴 (1-2)、横向中心轴 (1-3) 假设了一个虚拟的平行于地 (道路) 平面的车辆坐标系: 车辆纵向中心轴为坐标系的横轴 (车头方向为  $0^\circ$  方向), 车辆横向中心轴为坐标系的纵轴。环车辆安置的 LED 所发射的光线 (类似 1-4 所示的虚线, 箭头表示发射方向) 与车辆中心轴 (1-2) 的夹角从  $0^\circ$  到  $360^\circ$  分布。其设置原则是尽可能地能够从各个观察角度真实地反映出车辆相对于观察者而言的方向角, 以使观察者以此可以判断出它当前的方向。因此, 理想的状态是每束光线的束散角很小, 在车辆的四周密布这样的光线, 且对观察者而言不存在 “死区” (看不到光线的地方)。在图 2 中, 示意了一个载于车辆 (2-1) 顶端的光指示器 (2-4), 它的各个 LED 发出的光线方向从中心向外, 光线携带的角度信息即其与中心轴 (2-5) 的夹角。

[0031] 光指示器中的 LED 可以是单个独立使用, 也可以是多个构成一组使用, 即一组 LED 所发射的光的方向相同, 调制的信息相同。为了表述方便, 以下均以单独的一个 LED 来描述, 它发射的光由于具有特定的角度有时也会以 “光线” 来代称。

[0032] 不同的 LED 可以组装在一个结构体内, 也可以单独安装在车辆的某个位置上。如图 2 所示即为车辆 (2-1) 的左前灯位置上设置的一个光指示器单元 (2-2), 其中包含了多个 LED, 每个 LED 所发射光的方向不同, 从光线 (2-2-1) 到光线 (2-2-N) 形成了从  $0^\circ$  到  $90^\circ$  的覆盖范围 (方位角)。同样, 在右前灯位置 (2-3) 也可以设置同样的光指示器单元, 只是其发射光线的角度是对于 (2-5) 轴对称的, 角度分布从  $270^\circ$  到  $360^\circ$  (或者是  $0^\circ$  到  $-90^\circ$ )。角度的定义并不仅限于这样的规定, 在实际系统中是统一的标准即可, 且也并不限于在方位角上的划分, 如有必要在俯仰角上也可以设置多个照射不同方向的 LED。

[0033] 一般的 LED 所发射的光都有一个发散角度 (照射角), 是有效的光发射强度形成的空间角度范围, 即使是激光 LED 也存在一个很小的束散角。如图 3 所示, LED (3-0) 所发出的有效光强度主要分布在角度为 (3-2) 的范围内, 其中心方向 (3-1) 就是 LED 的光发射方向。为了避免歧义, 在此统一称 (3-2) 为 LED 的束散角, 而 (3-1) 为 LED 的光发射方向, 在图示中大多用一条 (光) 线表示。

[0034] 根据所安装的位置, 每个 LED 束散角可以相同, 也可以不同; 每个 LED 的束散角也并不要求中心对称, 比如当安装在车侧面时, 可以在水平方向有一个束散角, 而在垂直方向有不同的束散角, 这些均可由实际系统设计时需要的分辨率和作用距离等要求来决定。

[0035] 所有的 LED 由统一的控制器 (4-0) 控制发射光及携带不同数据, 控制器通过总线或者独立的线路与车辆的其它控制单元, 如驾驶控制单元、安全控制单元、通信单元, 以及光探测器的控制器等相连接。假设总共有 N 个 LED 发射单元 (组) 形成了 N

个光发射通道，从控制器输出的控制信号通过总线或者分别连接到各个通道实现总的控制，从控制器输出的数据信号分别送到各个通道的调制器(4-1-1, ……，4-N-1)，对所发送的数据进行一系列常规通信所采用的措施，如信道编码、调制、多址处理等(图中为了简便仅用一个方框代表)，然后送往驱动器(4-1-2, ……，4-N-2)，转换为功率信号驱动相应的LED(4-1-3, ……，4-N-3)发光。此处(4-1-3)、……，或者(4-N-3)并非仅仅表示一只LED，而是可以代表一组LED。在LED照明使用中经常用串联或者并联的方法提高总的光发射功率，此处亦可以如此。每个(组)LED所发的光有一定的指向并覆盖一定的角度范围(4-1-4, ……，4-N-4)。

[0036] 发射光的调制，最简单的方式之一是脉冲调制(包括常用的脉冲位置调制、脉冲频率调制、脉冲宽度调制、脉冲幅度调制等)，它将数据转换为信号脉冲，图5所示即一种简单常用的脉冲调制(称为OOK：开关调制，也可以说是PPM：脉冲位置调制的一种)的波形。

[0037] 由于在实际的行车道路上，一个光探测器的工作范围内会有很多车辆的光指示器，且一个光指示器相邻指向的LED有可能存在照射范围的重叠，使得光接收机会同时接收到多条光线，因此存在一个多址处理的问题。

[0038] 有效的多址方式之一是不同车辆上的LED采用CDMA(码分多址)方式区分各自携带的信息，CDMA是无线通信常用的多址方式。每个车辆的光指示器分配独有的PN(伪随机)序列作为扩频码。光接收机能够根据不同的PN序列区分不同光指示器发出的光线，解调出携带的数据信息。而针对同一车辆上的光指示器中指向角度相邻的各个LED，可行的多址方式之一是采用TDMA(时分多址)的方法。首先，把所有的LED按照指向角度分组，将相邻的LED分配到不同的组中。假如共有120个指向不同的LED水平方向覆盖360°范围，则LED的指向角分辨率为3°；如共分为3组，则可以按照下述方式安排：

[0039] 指向0° 9° 18° 27° 36° 45° ……的LED为第一组；

[0040] 指向3° 12° 21° 30° 39° 48° ……的LED为第二组；

[0041] 指向6° 15° 24° 33° 42° 51° ……的LED为第三组；

[0042] 使3组LED轮流发光(也可以称为扫描的方式)，即在 $t_1$ 时刻发送第一组LED的信号，在 $t_2$ 时刻发送第二组LED的信号，……，如此循环，就能够避免在同一时刻有可能探测到相邻的多个光线。分组的多少可以根据束散角和角度分辨率设置。另外也可以将空间的独立性纳入多址策略中，如车辆左右侧的LED在空间不相互影响，车辆前后侧的LED在空间不相互影响，则可以使左右的LED即使不处于同一组中也可同时发射光，前后的LED即使不处于同一组中也可同时发射光。

[0043] 同一个光指示器的各个LED也可以采用CDMA的方式区分，指向角度相邻近的LED分配不同的PN码，而指向角度隔离较远的LED可以采用相同的PN码。这样虽然光探测器有可能同时接收到多个LED发射的光信号，但是可以通过CDMA解码区分，并且可以根据它们的强度对真实的指向角度进行更精确的估计。

[0044] LED所携带的信息除了必须的光发射角度以及与光指示器有关的信息(如安装位置、束散角、角度分辨率、光的强度等)外，决定于系统应用时的其它需求，一般应该向观察者发送诸如车辆的身份信息、车辆的瞬时速度、加速度、刹车、转向指示信号

以及最近的轨迹信息（当车辆携带有陀螺仪时）等，以供观察者能够更完备地判断其趋向。这些信息是车辆的其它系统通过光指示器的控制器传送的。为了更安全行驶，了解车辆附近的其它车辆的状态信息和道路信息是非常有必要的。通过光指示器可以将自身的信息传递给其它车辆和道路设施，比如超车、减速、转弯、停车等信息，以让它们不但清楚自己的位置也清楚自己的行为。显然，分布式的光指示器能够以空分的方式同时向不同方位的车辆或道路设施发送信息。

[0045] 本发明中的光探测器，用来探测其它车辆的光指示器所发出的光线并接收所携带的信息、测量光信号的强度。它具有一定的探测视场和灵敏度，其组成如图 7 所示。这是典型的光接收机构成，包括了一个汇聚光信号的光学系统 (7-1)、光电转换单元 (7-2)、信号放大单元 (7-3)、光强测量单元 (7-6)、脉冲信号解调单元 (7-4) 和信号处理单元 (7-5)，其中还有常规通信所需用到的信道解码器、均衡器以及接收信号是 CDMA 信时需要的解扩功能等并未一一列出。信号处理单元 (7-5) 与控制器单元 (7-6) 相连接，接受控制器的控制信息并输出接收的数据，控制器单元 (7-6) 根据情况输出判决后的信息给车辆的其它系统，如安全系统、自动驾驶系统等。

[0046] 在同一车辆上光探测器可以安装多个，并由同一个控制器来控制。这样可以增大探测的视场和可靠性。如图 6 所示，3 个光探测器单元安装在一处，但指向不同的方向，形成了一个更大的探测范围。图中 (6-1-1) 是正面的光探测器主单元，(6-1-2) 是其光学系统，(6-1-4) 表示其能够形成的探测视场，约大于  $60^\circ$ ，其指向 (6-1-3) 与车辆的中心轴相同。而 (6-3-1) 则表示了另外一个光探测器的主单元，它的指向与车辆的中心轴成  $45^\circ$  角关系。加上与车辆的中心轴成  $-45^\circ$  角关系指向的另外一个光探测单元 (6-2-1)，共同形成的探测视场大于  $180^\circ$ 。这样能够更有效地探测车辆周围其它车辆光指示器发出的信号。

[0047] 当两车相遇时，只要距离接近到车上的光探测器能够接收到另外一车上的光指示器发射的信号，就能够估计另一车相对于本车的行驶方向。具体的探测距离决定于光指示器 LED 的发射功率和当时的信道状态，如是否有雨或者雾等。

[0048] 图 9 示出了典型的应用场景之一。假设车辆 (9-1) 和 (9-2) 在不同的车道上向上行驶，车辆 (9-3) 在相反的车道上向下行驶，上下行车道没有隔离障碍。在上行车道上，车辆 (9-1) 和 (9-2) 的行驶方向分别和车辆的中心轴 (9-1-1, 9-2-1) 一致。车辆 (9-1) 上安装有光探测器 (9-1-2)，其探测视场假定为射线 (9-1-3) 和 (9-1-4) 界定的角度范围。

[0049] 首先，光探测器 (9-1-2) 能够探测到车辆 (9-2) 左后尾灯处的光指示器所发出的光信号，假定 (9-2-2) 是其发出的光线之一，它与车辆中心轴 (9-2-1) 成大约  $160^\circ$  角 ( $0^\circ$  角指向正前)。当光探测器 (9-1-2) 接收到这个光信号并解出其指向信息、位置信息以及测量的强度信息后，能够确定是“处于该车的左后方向一定距离，并且可能不在一个车道上。”此时，如果是车辆 (9-1) 试图超过车辆 (9-2)，则在这个过程中，它接收到的光信号强度会逐渐增大，但是光信号的指向角度显示也会逐渐远离车辆的中心轴 (9-2-1)，从大约  $160^\circ$  变为  $90^\circ$ 。

[0050] 如果光探测器 (9-1-2) 接收到来自于车辆 (9-2) 的光指示器的 2 束指示角度相邻的光信号（角度不相邻的光信号被视场限制掉），那么不论是 CDMA 还是 TDMA 制式，

都可以将它们区分出来，得到 2 个指示方向信息。在这种情况下，可以取实际的指示角度为二者的强度加权平均值。如一条光线显示指示角度为  $160^\circ$ ，而另一条光线显示指示角度为  $150^\circ$ ，如果接收信号的强度相同，那么可以取其中间值  $155^\circ$  来估算车辆的方向；如果接收信号的强度不相同，假设信号强的一路功率为 1，指示角为  $\theta_1$ ，弱的一路信号强度归一化为  $P(P < 1)$ ，指示角为  $\theta_2$ ，则可以按照  $\alpha = \theta_1 + [(\theta_2 - \theta_1) / 2]P$  来估计。其它类似的算法也可以使用，核心思想是根据它们的光强度在它们所指示的角度之间折中，信号强度越大估计的角度就应该越靠近它指示的角度。另外，如果车辆上安装有前视导航摄像系统（或者视频监控仪）、雷达、激光扫描仪之类的安全告警系统、自动驾驶系统，那么可以同时借助图像处理等的结果进行融合评估，更可靠地确认该车辆的相对位置和运行方向。

[0051] 同样，车辆 (9-1) 上的光探测器 (9-1-2) 能够探测到相对行驶的车辆 (9-3) 的光指示器所发出的光线。当车辆 (9-3) 由远至近正常直行时，光探测器 (9-1-2) 应该首先观察到 (9-3) 上的光指示器稍微大于  $0^\circ$  附近的光线，即车辆接近正面的光线，与中心轴 (9-3-1) 的夹角不大，此时接收的光强度比较弱。当车辆接近时，应该逐步观察到所接收的光线的指示角度在逐步增加，光的强度也在逐步增加，直到接近  $90^\circ$  时，两车交会而过，光信号强度从最大到突然消失（假设光探测器 9-1-2 的视场左边缘为  $90^\circ$ ，以图中 9-1-4 的视场边界无法观察到。）。可以用图 8 对此进行说明。假定 (8-3) 是一车辆的左前灯位置的光指示器，类似 (8-5) 的 LED 分布设置通过光罩 (8-4) 发射出不同角度的光线。而 (8-1) 是一光探测单元，(8-2) 是其光学系统。此状态下，所探测到的光线是 (8-6)，大概指示  $45^\circ$  角度；当各自沿轴线运动，距离接近时，显然所探测到的光线指示角度会增大；当尚在远距离时，探测到光线指示的角度会较小。

[0052] 对车辆 (9-3) 上的光探测器 (9-3-2) 而言也会看到 (9-1) 的光指示器表现的类似过程。

[0053] 但是，当车辆 (9-3) 的行驶出现异常，比如图 9 中所示出现的异常转向动作，且有可能按照轨迹 (9-3-4) 行驶时，那么车辆 (9-1) 上的光探测器 (9-1-2) 所观察到的现象将是随着距离的接近，光的强度在增大，但是光线指示的角度变化却不正常。确切的探测到的指示角度的变化，决定于两车的速度和轨迹。不过，只要两车是走向碰撞，期间无论如何变化，都会异于正常变化趋势和范围。如车辆 (9-1) 和 (9-3) 行驶速度大致相同时，以图 9 的场景，当距离接近时，两车上的光探测器 (9-1-2) 和 (9-3-2) 所探测到的光的强度会急剧增加，但是光探测器 (9-1-2) 所探测到的光线指示角度的变化却很小，甚至向不该变化的方向变化；而光探测器 (9-3-2) 所探测到的光线的强度急剧变大，但指示角度的变化也很小。这都是可能发生碰撞的确切征兆。

[0054] 由于交通状态的复杂性，类似这样的情形有很多种，但依据所探测到的光线的位置和指示角度的变化，再根据自身车辆和被观察车辆的速度、加速度等信息，就可以判定是否有碰撞发生的可能。在实际的系统中，可以将所有可能的情形制表查对，一旦预测到碰撞可能性超过了设定的门限值，光探测器的控制器就立即输出相应的信号到车辆的安全系统或者驾驶系统，再经过与车辆其它高层信息的融合，做出采取相应措施决定。同时，车辆之间也可以直接通过光指示器或者通过其它通信装置将自身的处境发送给对方，进一步向对方确认各自遇到的危险。比如，车辆 (9-1) 的光探测器的控制器将

告警信号可以直接输出到光指示器，光指示器通过其选定的左前方的 LED，如通过光线 (9-1-5) 将信息发送到车辆 (9-3) 的光探测器 (9-3-2)。这样车辆 (9-3) 就能够根据这个信息进一步确认遇到了危险，从而更果断地采取措施。

[0055] 另外，对车辆 (9-2)，如果车辆 (9-1) 试图超车，那么它可以通过自己的光指示器选定某个合适的 LED，比如右前方指向正对着 (9-2) 的光线 (9-1-5)，将此信息发送到它的后置光探测器 (9-2-3)，当它接收到这个信息后，可以再通过自己的光指示器，比如光线 (9-2-2)，向 (9-1) 回送一个确认信号，限制自身的超车行为并让道，然后等待 (9-1) 超车，以此避免碰撞。类似的应用与行车密切相关，显然可以任意附加。

[0056] 类似“光触角”的光指示器也可以安装在固定的位置，指示车辆行驶。如安装在道路的转弯处、山洞顶、交叉路口等，可以分别指示弯道的角度、山洞的高度、路口状态。

[0057] 给车辆上安装光指示器，相当于装配了无形的“光触角”，能够给对方提供判断危险的依据。这种光触角在本专利中是被动性的。如果光指示器本身能够在发射的同时接收其回波，并且采取一定的技术能够依此随时感知车辆周围与任何障碍物的距离，那么这种光触角就成为真正主动的光触角了。

[0058] 虽然本专利在叙述时，光指示器所使用的发光器件均使用的是 LED，但是显然只要能够以一定束散角发射快速调制光信号的发光器件都可以承担这个作用。同样，虽然本专利在说明时，均以车辆和交通为应用平台，但是显然，在任何存在运动、碰撞避免、空间选择性通信的场合（比如航运、工厂中运行的设备、吊车等）也都有可能采用所述的方法和系统构成来达到所期望的目的。

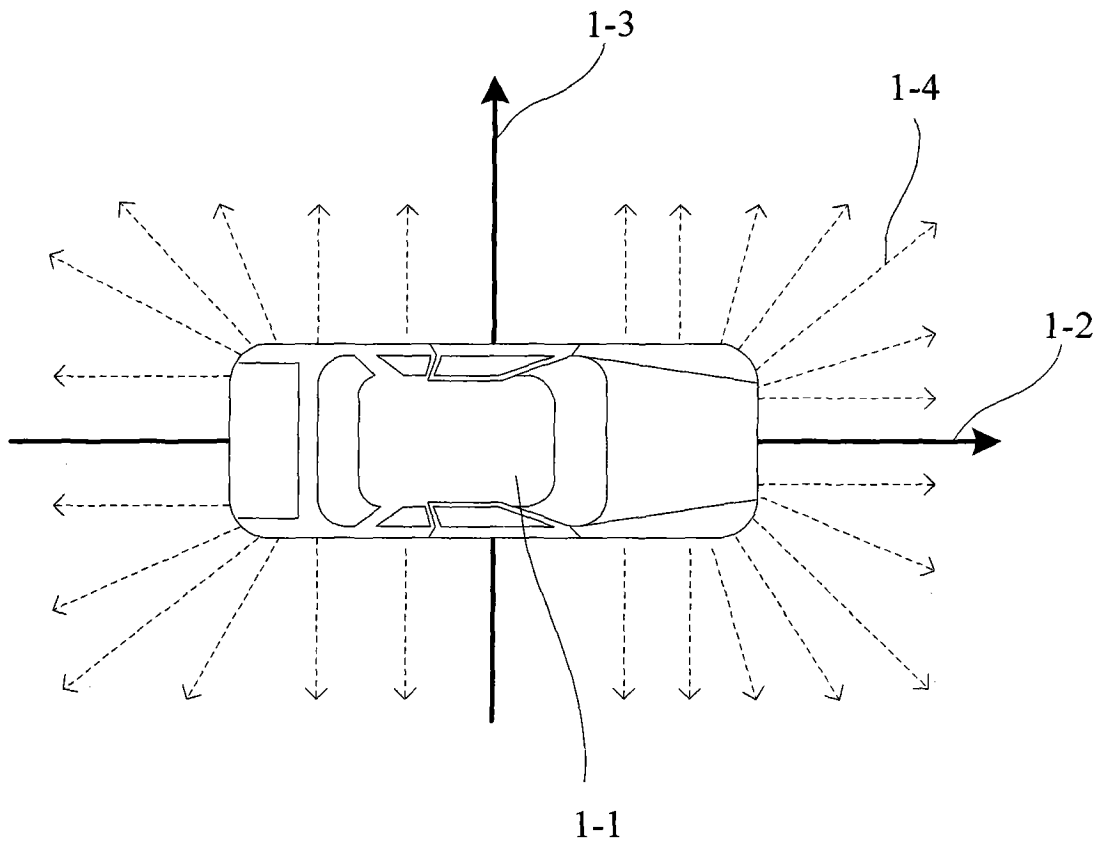


图 1

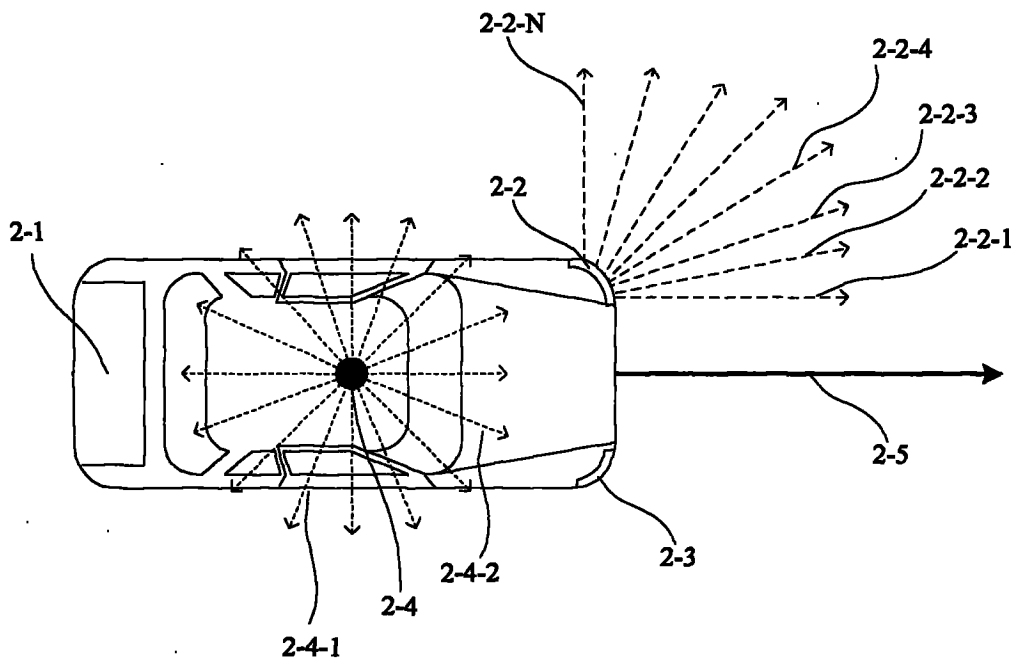


图 2

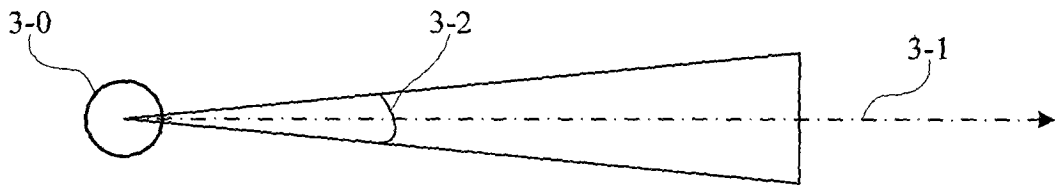


图 3

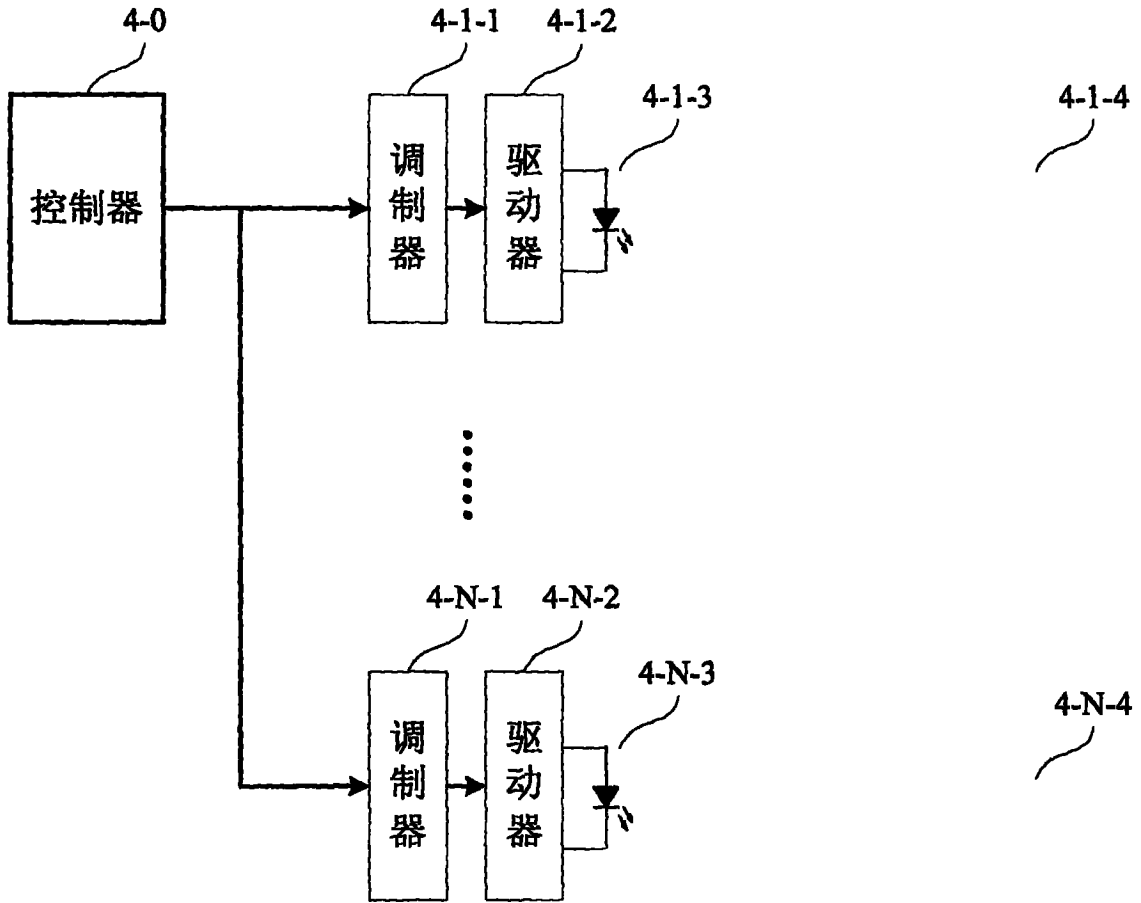


图 4

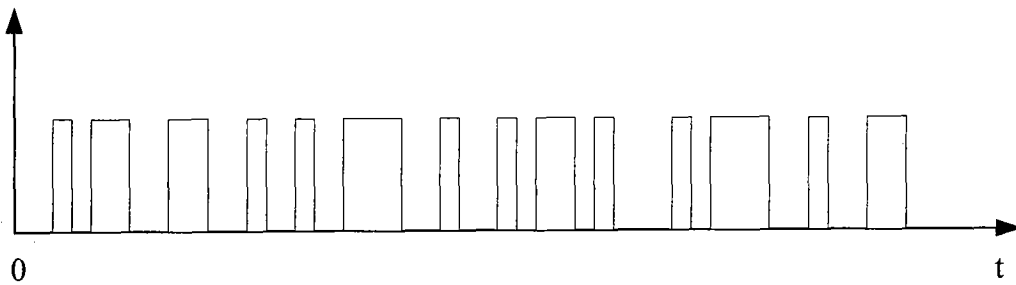


图 5

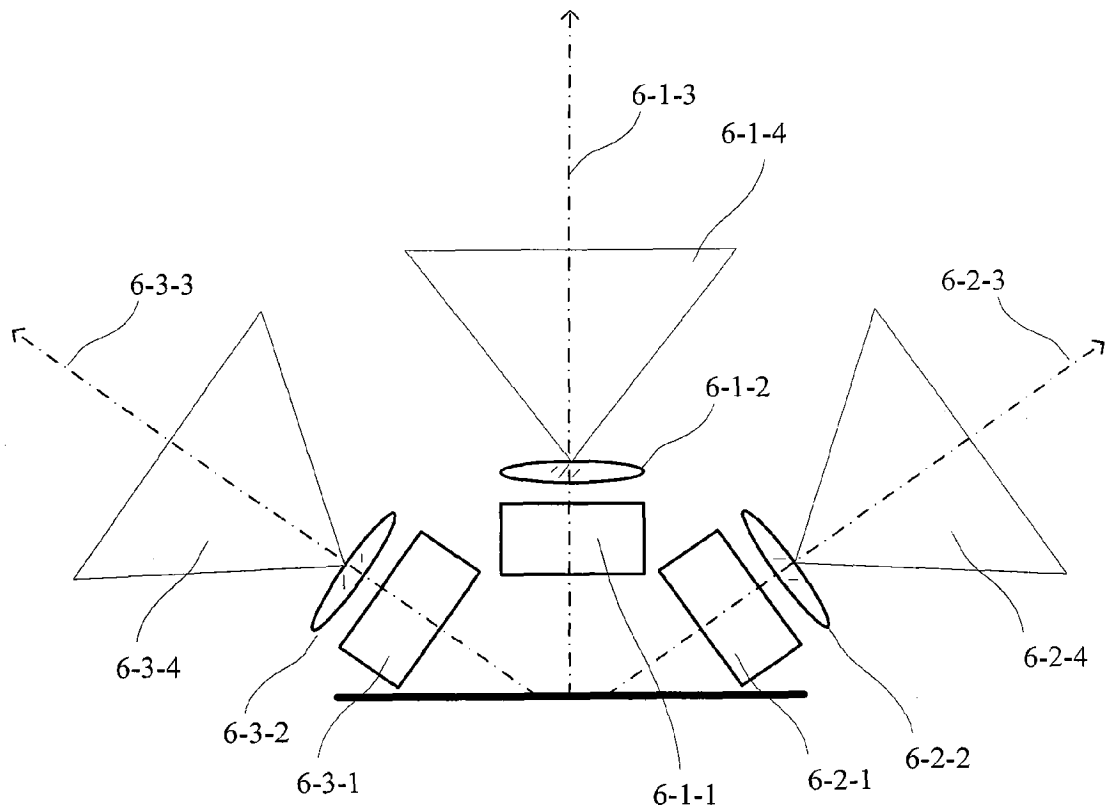


图 6

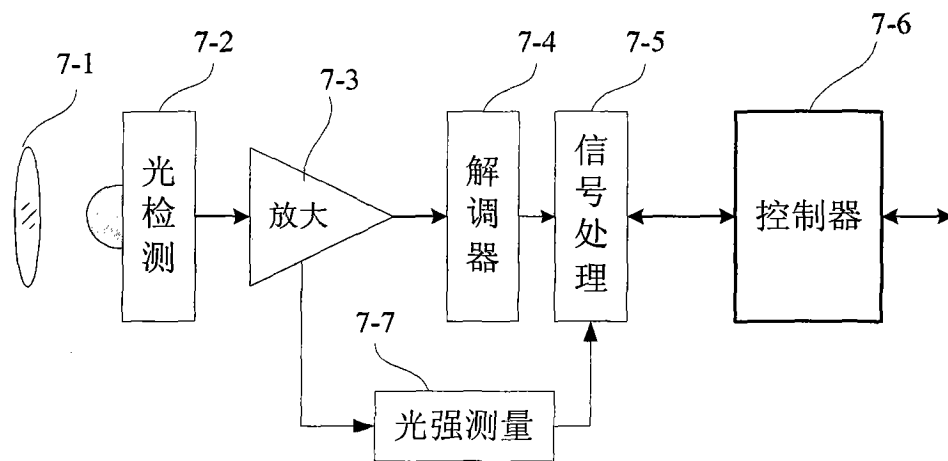


图 7

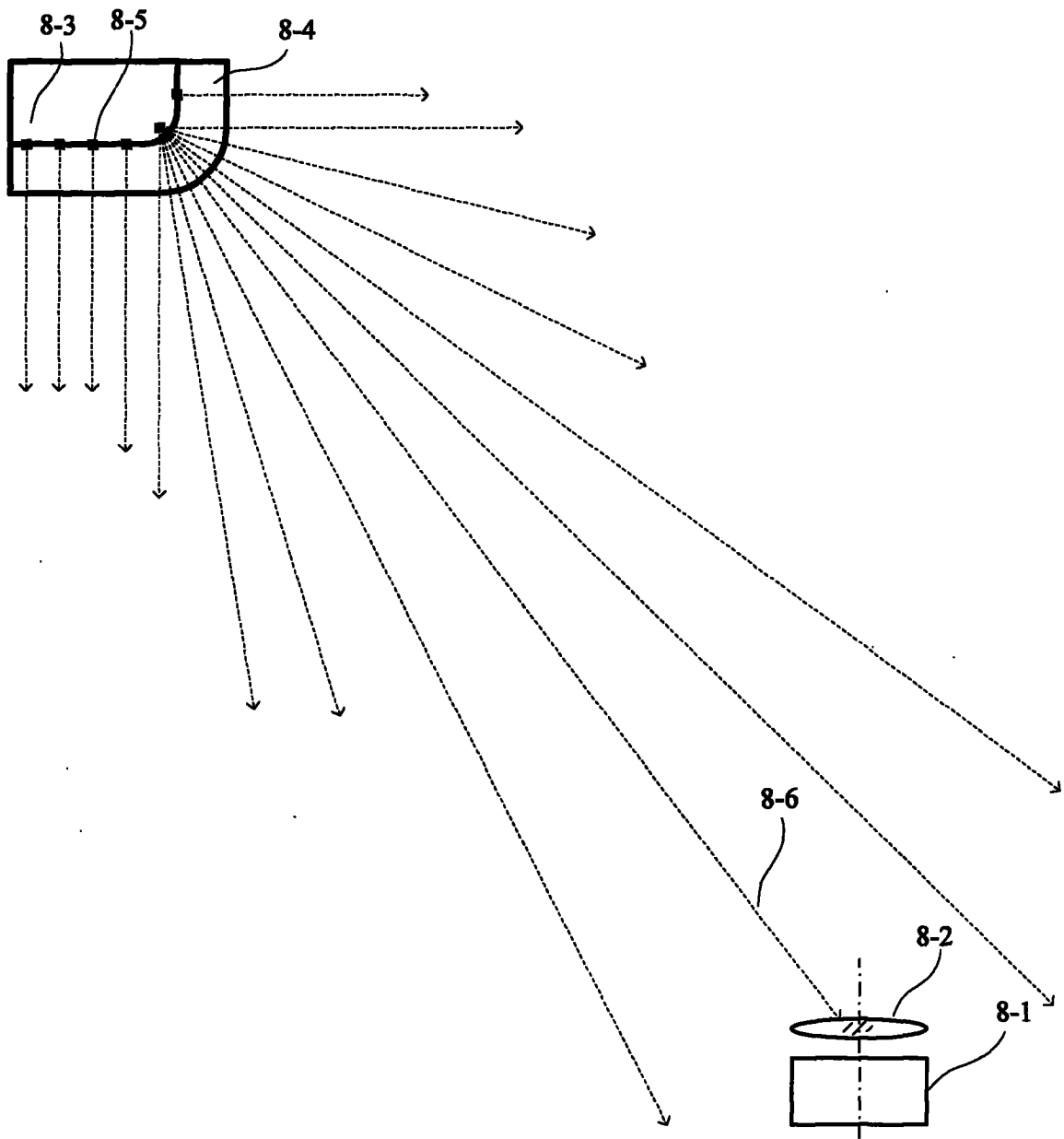


图 8

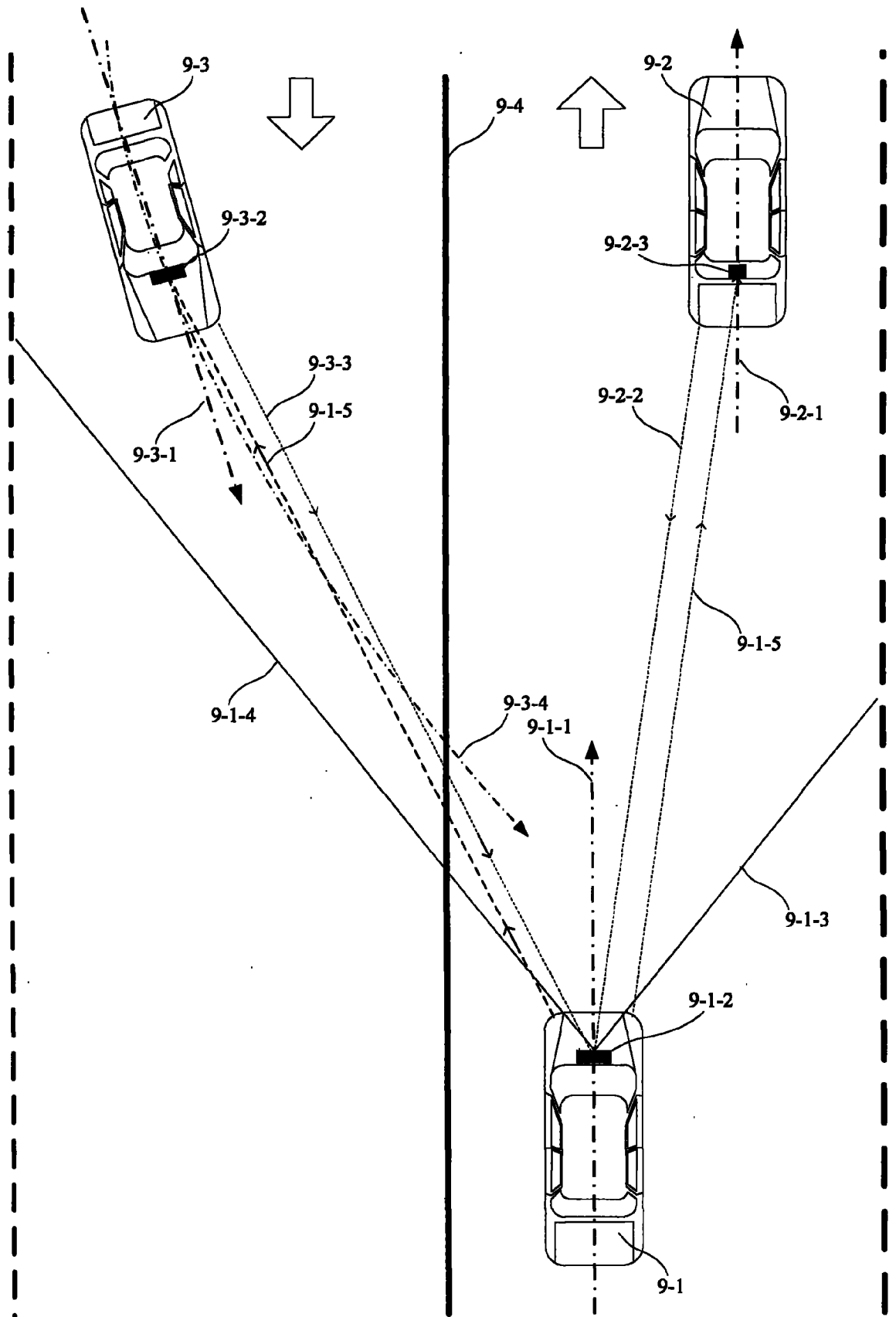


图 9