



CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

**(84)** 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

---

**(57) 摘要:** 本申请提供了一种车辆雷达通信一体化的实现方法、相关设备及系统。该方法包括: 第一车辆的雷达设备获取第一通信消息; 将所述第一通信消息调制为第一载波信号, 第一载波信号的工作频点处于雷达设备的工作频段; 外发送周期性的雷达信号, 并在发送当前周期的雷达信号与发送下一周期的雷达信号之间的时间间隙内, 向第二车辆发送所述第一载波信号。实施本发明实施例, 车辆既能够进行较好的雷达探测, 又能与其他车辆进行通信短消息交互, 提高通信短消息传递效率、降低通信时延, 满足高级辅助驾驶或无人驾驶的要求。

## 车辆雷达通信一体化的实现方法、相关设备及系统

### 技术领域

本发明涉及智能驾驶技术领域，尤其涉及一种车辆雷达通信一体化的实现方法、相关设备及系统。

### 背景技术

车辆在行驶过程中，环境中的目标（如其他机动车辆、非机动车、行人等）相对于车辆来说都是非合作目标，非合作目标通常不主动向车辆提供自身的运动信息（如运动状态、空间位置等）。车辆若能同时获取环境中的目标的运动信息（如进行雷达探测）和实现与其他车辆之间的短消息交互将有利于实现高级辅助驾驶或者无人驾驶对环境的感知、定位和路线规划。本文中可将既能进行雷达探测又能进行通信交互的功能简称为雷达通信一体化。

现有技术提供了从专用短程通信（Dedicated Short Range Communications, DSRC）中衍生出雷达功能来实现雷达通信一体化的方案，比如依靠 802.11ad 技术衍生雷达功能，在实现通信功能基础上，通过时间同步和频率同步完成环境中的目标的位置、速度检测，进而达到兼备雷达探测和通信的功能。

然而，DSRC 衍生雷达功能的方案对环境中的目标的位置、速度等探测精度均难超过目前的车载雷达传感器，且通信短消息传递过程效率低、时延较高，难以满足高级辅助驾驶或无人驾驶的要求，如何更好实现车辆的雷达通信一体化功能依然是一件严峻的技术挑战。

### 发明内容

本发明实施例提供了车辆雷达通信一体化的实现方法、相关设备及系统，实施本发明实施例，车辆既能够进行较好的雷达探测，又能提高车辆与车辆之间的通信短消息传递效率、降低通信时延，从而一定程度上满足高级辅助驾驶或无人驾驶的要求。

第一方面，本发明实施例提供一种车辆雷达通信一体化的实现方法，从第一车辆侧进行描述，该方法包括：第一车辆的雷达设备通过 CAN 接口获取第一通信消息；所述雷达设备通将所述第一通信消息调制为第一载波信号，所述第一载波信号的工作频点处于所述第一车辆的雷达设备的工作频段；所述雷达设备通过发射天线外发周期性的雷达信号，并在发送当前周期的雷达信号与发送下一周期的雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送所述第一载波信号。

可以看到，本发明实施例可利用发送相邻周期的雷达信号之间的时间间隙来发送通信消息（message），使得车辆既保留雷达对环境目标的探测功能，又可以进行与目标车辆的交互通信，这两个功能可独立进行，保证了雷达探测和通信功能的兼容。可以理解的，雷达信号是周期性的信号，所以每个相邻周期的雷达信号的时间间隙都可用来传递消息，所以消息传输效率高，消息时延性较低，从而一定程度上满足高级辅助驾驶或无人驾驶的要求，提升雷达设备的实用性和用户体验。

具体的，所述雷达设备通过单片微波集成电路 MMIC 将所述第一载波信号和所述当前周期的雷达信号组合为雷达通信一体化的信号帧；所述雷达通信一体化的信号帧包括交替

的雷达信号和所述第一载波信号；所述雷达设备通过所述发射天线向第二车辆发送所述雷达通信一体化的信号帧，本发明实施例中，可将第一载波信号简称为通信消息帧。也就是说，新的信号帧结构包括交替设计的雷达信号帧和通信消息帧，周期为  $T$ 。实施本发明实施例可根据需要实时变更信号帧结构，这种雷达信号与通信消息帧交替设计的雷达通信一体化的信号帧结构能够更好地保证雷达探测和通信功能的兼容，两者功能独立、减少相互影响。实施本发明实施例提供的雷达通信一体化的信号帧结构，可利用这种交替的帧结构中的任意通信消息帧来传递消息，所以消息传输效率高，消息时延性较低，一定程度上满足高级辅助驾驶或无人驾驶的要求，提升雷达设备的实用性，有助于通过消息交互来避免车辆发生交通事故，提升车辆驾驶的安全性。

其中，在可能的实施方式中，所述雷达信号例如为 chirp 信号，所述 chirp 信号具体可为 FMCW 调制模式的锯齿波，通信消息的时长可以根据实际通信要求做调整。一个周期  $T$  内，通信消息帧的时长（帧长）可能大于雷达信号的时长（帧长），也可能小于雷达信号的时长（帧长）。

其中，在可能的实施方式中，所述第一载波信号例如为基于 FSK 方式调制第一通信消息所形成的 FSK 信号，依靠 FSK 在解调时的健壮性，既可以克服参考时钟的频率抖动、各个车辆之间速度不同带来的多普勒频率抖动，又可以在有限的中频范围内，实现较强的频率解调容差。

基于第一方面，在可能的实施方式中，为了使得第一车辆和第二车辆能够充分利用各自的雷达设备的时间间隙进行协调有序的通信，可将第一车辆的时间间隙划分出第一发送时间段和第一接收时间段，所述第一发送时间段表示所述雷达设备在所述时间间隙发送所述第一通信消息的时间窗口；所述第一接收时间段表示所述雷达设备在所述时间间隙接收所述第二车辆的第二通信消息的时间窗口；所述第一接收时间段与所述第一发送时间段之间具有固定时间间隔，所述固定时间间隔为大于或等于 0 的正数。同样，也可将第二车辆的雷达设备的时间间隙划分出第二接收时间段和第二发送时间段，所述第二接收时间段和所述第二发送时间段皆处于所述雷达设备的两个周期的雷达信号之间的时间间隙；其中，所述第二接收时间段表示所述雷达设备接收所述第一载波信号的时间窗口，所述第二发送时间段表示所述雷达设备向所述第一车辆发送第二载波信号的时间窗口，所述第二接收时间段与所述第二发送时间段之间具有固定时间间隔，所述固定时间间隔为大于或等于 0 的正数；

第一车辆的雷达设备在发送当前周期的雷达信号与发送下一周期的雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送所述第一载波信号，包括：在所述第一发送时间段内，向第二车辆发送所述第一载波信号。另外，所述方法还包括：在所述第一接收时间段内，第一车辆的雷达设备通过接收天线接收所述第二车辆基于所述第一载波信号返回的用于回复第一载波信号的第二载波信号，所述第二载波信号承载第二通信消息；所述雷达设备通过所述 MMIC 解调所述第二载波信号，得到所述第二通信消息。

可以看到，本发明实施例中，第一车辆和第二车辆能够充分利用各自雷达信号之间的时间间隙进行相互通信，收发短消息，提高消息传递的准确性和高效性。同时，第一车辆和第二车辆通过配置各自的发送时间段和接收时间段，有利于避免通信消息之间出现干扰，

也有利于避免雷达信号和通信消息出现干扰，从而使得第一车辆和第二车辆及时、顺利、协调地完成通信的交互。

基于第一方面，在本发明实施例的实际应用中，第一车辆和第二车辆可能分别采用雷达信号的帧长或周期不同的雷达设备，或者第一车辆和第二车辆的雷达设备发射雷达信号的时刻不一致，或者第一车辆和第二车辆的本地时钟不一致，等等。为了更加充分利用雷达信号之间的时间间隙，避免信号出现干扰，保证第一车辆和第二车辆及时、顺利、协调地完成通信的交互，本发明实施例中，第二车辆和/或第一车辆的雷达设备还可基于同步信息在雷达信号的时间间隙中完成通信同步。

同步信息可用于使消息接收端保持与消息发送端时钟频率同步，其一方面可用于向消息接收端指示通信帧信号（如通信消息或者响应消息）的发送时间段，另一方面可用于向消息接收端指示接收通信消息的时钟脉冲频率，进而实现通信同步。

具体实施例中，所述第一通信消息包括第一同步信息，所述第一同步信息用于指示第一发送时间段，以便于第二车辆根据所述第一发送时间段调整所述第二车辆的第二接收时间段，以使所述第二接收时间段与所述第一发送时间段保持同步，且所述第二接收时间段与第一发送时间段的时长一致；所述第二接收时间段表示所述第二车辆接收所述第一载波信号的时间窗口。可以看到，第一车辆可通过发送同步信息来指示第二车辆进行消息收发时间窗口的对齐，从而使得第一车辆的发送窗口与第二车辆的接收窗口同步，有利于实现车辆之间及时、顺利、协调地完成通信交互。

具体实施例中，所述第二通信消息包括第二同步信息，所述第二同步信息用于指示所述第二通信消息的第二发送时间段，所述第二发送时间段表示所述第二车辆用于发送所述第二通信消息的时间窗口；第一车辆的雷达设备通过微控制器 MCU 根据所述第二同步信息得到所述第二发送时间段；所述雷达设备通过所述 MCU 在所述时间间隙中调整所述第一接收时间段，以使所述第一接收时间段与所述第二发送时间段保持同步，且所述第一接收时间段与第二发送时间段的时长一致。实现同步过程包括：第一车辆的雷达设备通过所述 MCU 确定所述第二发送时间段在时域中的起始点和结束点；调整所述第一接收时间段在所述时间间隙中的起始点对齐所述第二发送时间段的起始点；调整所述第一接收时间段在所述时间间隙中的结束点对齐所述第二发送时间段的结束点。可以看到，第一车辆可通过接收第二车辆的同步信息来实现与第二车辆之间的消息收发时间窗口的对齐，从而使得第一车辆的接收窗口与第二车辆的发送窗口同步，有利于实现车辆之间及时、顺利、协调地完成通信交互。

下面结合第一车辆和第二车辆，对第一车辆与第二车辆的通信同步过程做具体描述，在不需要通信交互时，一方面，各车辆的雷达设备周期性收发各自的雷达信号，另一方面，各车辆的雷达设备对于通信消息处于长收状态（所述长收状态是指雷达设备关闭自身通信消息的外发，只接收外界的通信消息）。也就是说，各车辆的雷达设备时刻准备着接收通信消息。在第一车辆需要与第二车辆进行通信交互时，第一车辆首先在其两雷达信号之间的时间间隙内的某一段时间内向第二车辆发送通信消息，这段时间可称为发送时间段  $t_1$ 。由于第二车辆的雷达设备尚处于长收状态，所以第二车辆的雷达设备总会接收到该通信消息（该通信消息包括同步信息）。接收到通信消息后，第二车辆的雷达设备一方面根据同步信

息来确认通信消息的发送时间段  $t_1$ ，并将该发送时间段  $t_1$  作为自身的接收时间段  $t_1$ ，也就是说，第二车辆后续只需在任意周期的时间间隙的  $t_1$  这段时间内处于接收状态，而不必在整个时间间隙均保持长收状态。第二车辆的雷达设备另一方面确定了在其两雷达信号之间的时间间隙内的某一段时间内向第一车辆发送响应消息，这段时间可称为发送时间段  $t_2$ ，且在时域中发送时间段  $t_2$  与发送时间段  $t_1$  完全错开，亦即，第二车辆可改变自身的响应消息的发送时间点，在时域上追随第一车辆的通信消息。可以理解的，第二车辆向第一车辆返回响应消息后，第一车辆的雷达设备同样可以将发送时间段  $t_2$  作为自身的接收时间段  $t_2$ 。这样，经过同步信息的交互确认后，第一车辆与第二车辆就可实现通信同步。其中，发送时间段  $t_1$  的时长可以大于或等于或小于发送时间段  $t_2$ 。这样，在完成通信同步后，后续任意周期中，第二车辆的接收时间段  $t_1$  将首尾对齐第一车辆的发送时间段  $t_1$ ，第二车辆的发送时间段  $t_2$  将首尾对齐第一车辆的接收时间段  $t_2$ ，所以第一车辆与第二车辆之间不再需要发送同步信息，第一车辆与第二车辆即可直接进行相互通信。

第一车辆、第二车辆可根据同步信息，互相收发与确认，完成第一车辆与第二车辆的通信同步，在同步过程中对齐车辆双方的通信收发窗口后就可实现相互通信。根据同步信息进行时间窗口对齐的过程（需收/发同步信息）也可视为异步通信过程，而时间窗口对齐之后进行相互通信的过程（不再需收/发同步信息，可直接收发数据）也可视为同步通信过程。

可以看到，实施发明实施例，第一车辆与第二车辆可实时充分利用各自的时间间隙进行通信同步，完成通信建链，从而实现车辆之间及时、顺利、协调地完成通信交互。

基于第一方面，在可能的实施方式中，双方所交互的通信消息可以是任意的通信短消息，在具体实施例中，通信消息的帧格式可包括起始信息、同步信息（或称为同步头）、业务数据（data）、结束信息，可选的，还包括校验信息。也就是说，在通信同步阶段，所述第一通信消息包括第一同步信息，以及以下至少一项：环境中的目标（简称环境目标，例如其他车辆或者行人）的运动信息、第一车辆的状态信息、对所述第二车辆的状态信息的请求；环境目标的运动信息用于指示所述环境目标的运动状态（如速度，位置，角度，加速度等）。其中，环境目标的运动信息可以是第一车辆的雷达设备的雷达信号探测得到的，也可以是其他车辆发送至第一车辆的。第一车辆的状态信息用于指示所述第一车辆的行驶状态，如第一车辆的车速、加速度、转向、位置等等。对所述第二车辆的状态信息的请求表示对所述第二车辆的行驶速度、加速度、转向、位置中的至少一项的请求。此外，完成通信同步后，在相互通信阶段，所述第一通信消息可不需携带同步信息，只需要将具体的业务通信内容发送至对方。实施本发明实施例，车辆之间可以通过相互通信短消息来确认彼此的运动状态，从而一定程度上满足高级辅助驾驶或无人驾驶的要求，提升雷达设备的实用性，有助于通过消息交互来避免车辆发生交通事故，提升车辆驾驶的安全性。

第二方面，本发明实施例提供了一种车辆雷达通信一体化的实现方法，从第二车辆侧进行描述，所述方法包括：第二车辆的雷达设备通过所述雷达设备的接收天线接收第一车辆在所述第一车辆发送相邻周期的雷达信号之间的时间间隙内发送的第一载波信号；所述雷达设备解调所述第一载波信号得到第一通信消息。实施本发明实施例，第二车辆能够相应接收以及解调第一车辆在相邻周期的雷达信号之间的时间间隙发送的通信消息，从而完

成了短消息的传递。可以理解的，雷达信号是周期性的信号，也就是说第一车辆每个相邻周期的雷达信号的时间间隙都可用来传递消息，而第二车辆均可相应接收和解调该通信消息，所以消息传输效率高，消息时延性较低，从而一定程度上满足高级辅助驾驶或无人驾驶的要求，提升雷达设备的实用性和用户体验。

基于第一方面，在具体的实施例中，所述第一载波信号为FSK信号，其中，第二车辆的雷达设备的结构可与第一车辆的雷达设备的结构一致。为了实现第一车辆和第二车辆正常进行通信短消息的收发，可提前将用于FSK调制的工作频点协商好，例如第一车辆和第二车辆的FSK信号都统一到76.01GHZ，带宽限定到10MHZ以内。当然，所协商统一的FSK信号的工作频点/带宽还可以是其他值，这里不做限定。此外，统一的FSK信号的工作频点/带宽还可以是预先配置在第一车辆和第二车辆的雷达设备中。由于第一车辆和第二车辆的雷达设备具有统一的FSK信号的工作频点/带宽，所以第二车辆可根据该工作频点/带宽解调所述第一载波信号，得到所述第一通信消息。

另外，所述第二车辆的雷达设备还可获取用于回复第一通信消息的第二通信消息，并调制所述第二通信消息为第二载波信号，所述第二载波信号的工作频点处于所述第二车辆的雷达设备的工作频段；然后，第二车辆的雷达设备外发雷达信号，并在发送当前周期的雷达信号与发送下一周期的雷达信号之间的时间间隙内，发送所述第二载波信号至第一车辆的雷达设备。

基于第二方面，在可能的实施例中，为了使得第一车辆和第二车辆能够充分利用各自的雷达设备的时间间隙进行协调有序的通信，所述第二车辆的雷达设备相应配置有第二接收时间段和第二发送时间段，具体的，第一车辆的时间间隙包括第一发送时间段（即前述发送时间段 $t_1$ ）和第一接收时间段（即前述接收时间段 $t_2$ ），第二车辆的时间间隙包括第二接收时间段（即前述接收时间段 $t_1$ ）和第二发送时间段（即前述发送时间段 $t_2$ ）。所述第一发送时间段表示所述雷达设备在所述时间间隙内发送所述第一通信消息的时间窗口；所述第一接收时间段表示所述雷达设备在所述时间间隙内接收所述第二车辆的第二通信消息的时间窗口；所述第二接收时间段表示所述雷达设备接收所述第一载波信号的时间窗口，所述第二发送时间段表示所述雷达设备向所述第一车辆发送的用于答复所述第一载波信号的第二载波信号的时间窗口。所述第一接收时间段与所述第一发送时间段之间具有固定时间间隔，所述第二接收时间段与所述第二发送时间段之间具有固定时间间隔，所述固定时间间隔为大于或等于0的正数。也就是说，第一车辆和第二车辆通过配置各自的发送时间段和接收时间段，有利于避免通信消息之间出现干扰，也有利于避免雷达信号和通信消息出现干扰，从而使得第一车辆和第二车辆及时、顺利、协调地完成通信的交互。

具体实施例中，在可能的实施方式中，在通信同步阶段，所述第一通信消息可携带第一同步信息。所述第一同步信息用于指示第一发送时间段，所述第一发送时间段表示所述第一车辆发送所述第一载波信号的时间窗口。第二车辆的雷达设备可基于该第一同步信息进行通信同步的操作。操作过程包括：所述雷达设备通过所述雷达设备的微控制器MCU调整所述第二接收时间段，以使所述第二接收时间段保持与所述第一发送时间段同步，且所述第二接收时间段与所述第一发送时间段的时长一致。可以看到，第二车辆可通过接收第一车辆的同步信息来实现与第二车辆之间的消息收发时间窗口的对齐，从而使得第二车

辆的接收窗口与第一车辆的发送窗口同步，从而实现了通信同步过程，有利于后续车辆之间及时、顺利、协调地完成通信交互。

具体实现中，第二车辆可根据所述同步信息，确定第一车辆的第一发送时间段的起始时间点和结束时间点，设置所述第二车辆的第二接收时间段的起始时间点对齐所述第一车辆的第一发送时间段的起始点，设置所述第二车辆的第二接收时间段的结束点对齐所述第一车辆的第一发送时间段的结束点。

具体实施例中，在可能的实施方式中，所述第二车辆的雷达设备接收第一车辆的雷达设备的第一载波信号，包括：在所述第二接收时间段内，所述第二车辆的雷达设备接收所述第一车辆的雷达设备的第一载波信号。第二车辆可在接收窗口与第一车辆的发送窗口同步后，利用接收窗口来进行消息接收，有利于实现车辆之间及时、顺利、协调地完成通信交互。

具体实施例中，在所述第二发送时间段内，所述雷达设备通过所述雷达设备的发送天线向第一车辆返回所述第二载波信号，所述第二载波信号承载着所述第二车辆对所述第一通信消息进行答复的第二通信消息。在具体实施例中，第二通信消息可作为对第一通信消息的回复，其帧格式可包括起始信息、同步信息（或称为同步头）、业务数据（data）、结束信息，可选的，还包括校验信息。例如，在通信同步阶段，所述第二通信消息包括第一同步信息，以及以下至少一项：环境中的目标（简称环境目标，例如其他车辆或者行人）的运动信息、第二车辆的状态信息、对所述第一车辆的状态信息的请求等等。此外，完成通信同步后，在相互通信阶段，所述第一通信消息可不需携带同步信息，只需要将具体的业务通信内容发送至对方。可以看到，实施本发明实施例，第一车辆与第二车辆可实时变更帧结构，充分利用各自的时间间隙进行通信同步，完成通信建链，从而实现车辆之间及时、顺利、协调地完成通信交互。

具体实施例中，在通信同步阶段，所述第二通信消息包括第二同步信息，所述第二同步信息用于指示所述第二发送时间段，以使所述第一车辆根据所述第二发送时间段调整所述第一车辆的第一接收时间段来保持与所述第二发送时间段同步，所述第一接收时间段表示所述第一车辆接收所述第二载波信号的时间窗口。可以看到，第二车辆可通过发送同步信息来指示第一车辆进行消息收发时间窗口的对齐，从而使得第二车辆的发送窗口与第一车辆的接收窗口同步，有利于实现车辆之间及时、顺利、协调地完成通信交互。

基于第一车辆和第二车辆的雷达设备，下面描述一些具体应用场景。

在一车间通信场景中，第一车辆和第二车辆中均设置有上文所描述的雷达设备。具体的，第一车辆发射雷达信号探测到第二车辆之后，为了与第二车辆建立通信，第一车辆通过雷达设备（例如前端的雷达设备），在两雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送通信消息。第二车辆收到通信消息后，同样通过其雷达设备（例如后端的雷达设备），在两雷达信号之间的时间间隙内，向第一车辆发送通信消息的响应消息。

可以看到，实施本发明实施例中有利于实现车辆之间通过雷达发现对方后，快速建立通信，提升了车辆的智能性和安全性。

在又一车间通信场景中，第一车辆的探测目标和通信对象不相同，第一车辆的前端和后端都设置有车载雷达。第一车辆的前端的车载雷达探测到目标后，将探测目标的运动信

息作为通信消息，然后通过第一车辆后端的车载雷达将通信消息发送至第二车辆。具体的，第一车辆通过前端的雷达设备获取目标的运动信息后，为了与第二车辆建立通信，第一车辆通过后端的雷达设备，在两雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送该通信消息。同理，第二车辆前端的车载雷达收到通信消息后，同样可通过其后端的雷达设备，在两雷达信号之间的时间间隙内，向其他车辆转发所述通信消息。

可以看到，实施本发明实施例，能够实现车辆对通信消息的低时延中继功能。也就是说，车辆可以本地截留通信消息，还可以进行中继传递，对通信消息级联转发到其他车辆（例如可实现 platooning 车队共享通信消息），有助于提升车辆驾驶的安全性，有助于避免无人驾驶车辆发生交通事故，有助于提升雷达设备的实用性和用户体验。

第三方面，本发明实施例提供了一种雷达设备，所述雷达设备包括 CAN 接口、微控制器 MCU、单片微波集成电路 MMIC、发射天线和接收天线，所述 MCU 分别连接所述 CAN 接口和所述 MMIC，所述 MMIC 还分别连接所述发射天线和所述接收天线，所述雷达设备可应用于第一车辆，用于实现第一方面所描述的方法。

具体的，所述 CAN 接口用于，获取第一通信消息；所述 MMIC 用于，调制所述第一通信消息为第一载波信号，所述第一载波信号的工作频点处于所述第一车辆的雷达设备的工作频段；所述 MMIC 还用于，生成周期性的雷达信号；所述发射天线用于，外发送周期性的雷达信号，并在发送当前周期的雷达信号与发送下一周期的雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送所述第一载波信号。

第四方面，本发明实施例提供了一种雷达设备，所述雷达设备包括微控制器 MCU、单片微波集成电路 MMIC、发射天线和接收天线，所述 MMIC 分别连接所述 MCU、所述发射天线和所述接收天线，所述雷达设备可应用于第二车辆，用于实现第二方面所描述的方法。

具体的，所述接收天线用于，接收第一车辆在发送当前周期的雷达信号与发送下一周期的雷达信号之间的时间间隙内发送的第一载波信号，所述第一载波信号承载第一同步信息，所述第一同步信息用于指示第一发送时间段，所述第一发送时间段表示所述第一车辆发送所述第一载波信号的时间窗口；所述 MMIC 用于，解调所述第一载波信号得到所述第一同步信息；所述 MCU 用于，根据所述第一同步信息进行通信同步操作。

第五方面，本发明实施例提供了一种雷达设备，包括处理器、存储器、收发器，所述存储器存储指令，所述处理器执行存储器的指令以实现第一方面所述的方法。

第六方面，本发明实施例提供了一种雷达设备，包括处理器、存储器、收发器，所述存储器存储指令，所述处理器执行存储器的指令以实现第二方面所述的方法。

第七方面，本发明实施例提供一种通信系统，该系统包括：第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备；其中，所述第一车辆的雷达设备为如第三方面所述的雷达设备；所述第二车辆的雷达设备为如第四方面所述的雷达设备。或者，所述第一车辆的雷达设备为如第五方面所述的雷达设备；所述第二车辆的雷达设备为如第六方面所述的雷达设备。

第八方面，本发明实施例提供了一种非易失性计算机可读存储介质；所述计算机可读存储介质用于存储第一方面所述方法的实现代码。所述程序代码被计算设备执行时，所述计算设备用于第一方面所述方法。

第九方面，本发明实施例提供了又一种非易失性计算机可读存储介质；所述计算机可读存储介质用于存储第二方面所述方法的实现代码。所述程序代码被计算设备执行时，所述用户设备用于第二方面所述方法。

第十方面，本发明实施例提供了一种计算机程序产品；该计算机程序产品包括程序指令，当该计算机程序产品被计算设备执行时，该控制器执行前述第一方面所述方法。该计算机程序产品可以为一个软件安装包，在需要使用前述第一方面的任一种可能的设计提供的方法的情况下，可以下载该计算机程序产品并在控制器上执行该计算机程序产品，以实现第一方面所述方法。

第十一方面，本发明实施例提供了又一种计算机程序产品。该计算机程序产品包括程序指令，当该计算机程序产品被用户设备执行时，该控制器执行前述第二方面的任一种可能的设计提供的方法。该计算机程序产品可以为一个软件安装包，在需要使用前述第二方面的任一种可能的设计提供的方法的情况下，可以下载该计算机程序产品并在控制器上执行该计算机程序产品，以实现第二方面所述方法。

可以看到，本发明实施例中，车辆的雷达设备在雷达基带处理的时间间隙，增加通信软通道，且通信短消息的频率被调制到雷达的工作频段范围，从而实现了雷达设备既能对环境目标进行精确感知探测，又能与目标车辆进行通信短消息的收发。本发明实施例能有效利用雷达信号（如 chirp 信号）空闲时隙，在雷达信号帧之间中插入 FSK 调制信号，从而实现雷达通信一体化的功能。实施本发明实施例，车辆与目标车辆可实时变更帧结构，充分利用各自的时间间隙进行通信同步，完成通信建链，从而实现车辆之间及时、顺利、协调地完成通信交互。此外，本发明实施例提供的信号帧结构中，每个周期的时间间隙都可用来传递消息，所以消息传输效率高，消息时延性较低。另外，实施本发明实施例还可实现消息截留和低时延中继，有助于提升车辆驾驶的安全性，避免车辆发生交通事故，满足高级辅助驾驶或无人驾驶的要求，提升雷达设备的实用性和用户体验。

## 附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或背景技术中的技术方案，下面将对本发明实施例或背景技术中所需要使用的附图进行说明。

图 1 为本发明实施例提供的一种车辆的设备结构示意图；

图 2 为本发明实施例提供的周期性雷达信号帧与雷达通信一体化帧的示意图；

图 3 为本发明实施例提供的一种车辆与车辆之间通信的场景示意图；

图 4 为本发明实施例提供的又一种车辆与车辆之间通信的场景示意图；

图 5 为本发明实施例提供的一种车辆雷达通信一体化的实现方法的流程示意图；

图 6 为本发明实施例提供的一种车辆通信同步的场景示意图；

图 7 为本发明实施例提供的又一种车辆通信同步的场景示意图；

图 8 为本发明实施例提供的又一种车辆通信同步的场景示意图；

图 9 为本发明实施例提供的又一种车辆通信同步的场景示意图；

图 10 为本发明实施例提供的又一种车辆雷达通信一体化的实现方法的流程示意图；

图 11 示出了发明实施例的一种通信消息的帧结构的示意图；

图 12 为本发明实施例提供的第一雷达设备和第二雷达设备之间部件协作流程示意图；图 13 为本发明实施例提供的第一雷达设备的结构示意图和第二雷达设备结构示意图，以及包括前述两者的通信系统示意图。

### 具体实施方式

下面结合本发明实施例中的附图对本发明实施例进行描述。本发明的实施方式部分使用的术语仅用于对本发明的具体实施例进行解释，而非旨在限定本发明。

本发明实施例提供了一种雷达通信一体化的车载雷达设备。参见图 1，图 1 给出了本发明实施例涉及的一种车辆的设备结构示意图。具体的，车辆的设备结构包括电子控制器 (Electronic Control Unit, ECU) 101 和雷达设备，所述 ECU101 和所述雷达设备可通过 CAN 总线连接。其中：

ECU101，用于获取本车辆需要与目标车辆进行通信的消息（简称为通信消息），并将车辆的通信消息通过控制器局域网络 (Controller Area Network, CAN) 总线 102 发送至雷达设备。其中，车辆的通信消息例如为车辆自身的运行速度、加速度、油门、转向角度、里程等状态信息，又例如为对目标车辆的状态信息的请求消息，又例如为其他车辆预先发送至本车辆、且需本车辆转发至目标车辆的消息（即其他车辆的状态信息或请求消息），又例如通信消息还可包括同步信息，同步信息可用于供目标车辆实现后续通信的同步。

雷达设备，包括微控制器 (Microcontroller Unit, MCU) 103、发射天线 (TX) 107、接收天线 (RX) 111 和单片微波集成电路 (Monolithic Microwave Integrated Circuit, MMIC)，MMIC 可包括波形产生器 104、压控振荡器 (Voltage Controlled Oscillator, VCO) 105、功率放大器 (Power Amplifier, PA) 106、以及模数转换器 (Analog-to-Digital Converter, ADC) 108、混频器 (mixer) 109、低噪声放大器 (Low Noise Amplifier, LNA) 110 等等。其中，VCO105 分别连接波形产生器 104、PA106 以及混频器 109，混频器 109 分别连接 ADC108、LNA110 以及 VCO105。MCU103 可通过串行外设接口 (Serial Peripheral Interface, SPI) 113 连接 MMIC 中的波形产生器，MCU103 还可通过低压差分信号接口 (Low Voltage Differential Signaling, LVDS) 114 连接 MMIC 中的 ADC108。发射天线 107 可连接 MMIC 中的 PA106。接收天线 111 可连接 MMIC 中的 LNA110。雷达设备中上述部件描述如下：

MCU103，设置有 CAN 接口 112，CAN 接口 112 连接 CAN 总线 102。具体的，MCU103 可用于实现雷达的基带处理功能，可通过 CAN 接口 112 接收 ECU101 发送的通信消息，并对通信消息进行编码，进行信号波形参数设置（如设置矩形波的帧长，设置下文所描述的发送时间段和接收时间段等等）。进而，将该通信消息通过 SPI113 发送至波形产生器 104。

波形产生器 104，一方面用于生成周期性的雷达信号（雷达信号例如为用于雷达探测的线性调频脉冲信号 chirp），该雷达信号处于特定的工作频段范围，例如工作频段范围为 76GHZ~81GHZ。另一方面可用于产生通信消息的信号波（如矩形波），实现对 MCU103 所传输过来的通信消息的调制，具体实现中可把通信消息的信号波通过频移键控 (FSK) 的方式调制到雷达的工作频段范围内的某个工作频点（例如工作频点为 76.01GHZ），其中，雷达信号和调制至该工作频点的通信消息均可为毫米波射频信号。具体实现中，FSK 的调频范围，取决于 MMIC 的中频带宽（例如 15MHz 的中频带宽），FSK 调频的频率可限定到

中频带宽以内，FSK 的调频频点要考虑参考时钟的频偏和多普勒的最大频偏，例如可按照 2MHz 的设计，就可以满足设计要求。波形产生器 104 可发送雷达信号、所述调制至该工作频点的通信消息至 VCO105。

VCO105，用于调制雷达信号为高频电信号、以及调制处于工作频点的通信消息为高频电信号，将雷达信号、通信消息各自对应高频电信号的一部分能量输入至混频器作为本振信号，另一部分能量发至 PA106 进行功率放大，然后再经由发射天线 107（例如毫米波天线），将该部分雷达信号和通信消息先后以电磁波的形式向外发射出去。其中，雷达信号向环境中的目标进行辐射以实现对环境中的目标的探测，该环境中的目标可能是目标车辆，也可能是其他车辆或者其他运动物体；通信消息被发送至目标车辆以实现目标车辆的通信。也就是说，至此本车辆可实现既能发送雷达信号，又能向目标车辆发送通信消息。

接收天线 111（例如毫米波天线），用于接收环境中的目标所反射的雷达信号，还用于接收目标车辆对上述通信消息的响应（简称为响应消息，应理解，响应消息本质上也是一种通信消息）。此时该反射的雷达信号、目标车辆的响应消息均为高频电信号。接收天线 111 将该反射的雷达信号、响应消息传输至低噪声放大器 LNA110 进行放大，LNA110 将该雷达信号、响应消息进一步输入至混频器 109。

混频器 109，用于将 LNA110 传输过来的雷达信号、响应消息分别与 VCO105 预先发送的本振信号进行混频（下变频），从而得到雷达信号、响应消息各自对应的中频信号，中频信号经过带通滤波器后，被发送至模数转换器 ADC108 进行模数转换，进而通过低压差分信号接口 LVDS114 被发送至 MCU103。MCU103 可用于解调中频信号，一方面对雷达信号对应的中频信号进行处理得到环境中的目标相对本车辆的距离、运行速度、角度、加速度等等状态信息，另一方面可对响应消息进行处理，例如响应消息携带目标车辆的同步信息时，MCU103 可解析响应消息以得到该同步信息，进而根据该同步信息来指导本车辆与目标车辆后续的通信交互。又例如 MCU103 可将响应消息通过 CAN 接口 112 发送至 ECU101，ECU101 解析响应消息以得到相关数据（data）。也就是说，本车辆可实现既能接收雷达信号从而完成雷达探测的功能，又能接收目标车辆发送的响应消息从而完成通信的交互。

需要说明的，图 1 仅仅是本发明实施例的车辆设备结构一种实现方式，实际应用中，车辆设备结构/雷达设备还可以包括更多或更少的部件，这里不作限制。

至此可以看到，本发明实施例中，通过车辆的雷达设备的上述各个部件的运作，雷达设备可用于实现雷达通信一体化。

应当理解的是，本发明实施例中，目标车辆同样可设置有与本车辆类似的雷达设备。也就是说，目标车辆一方面可通过其雷达设备的接收天线接收本车辆所发送的通信消息，并将通信消息通过相关部件传递至目标车辆的 ECU 进行处理，得到该通信消息的响应消息；另一方面可通过相关部件处理响应消息，并最终通过雷达设备的发射天线将响应消息发送至本车辆，从而完成交互通信过程。具体实现可参考上文描述，这里不再赘述。

具体应用场景中，本发明实施例所描述的雷达设备可安装于车辆的前端，以实现对本车辆前方环境进行探测和通信；本发明实施例所描述的雷达设备也可安装于车辆的末端，以实现对本车辆后方环境进行探测和通信；本发明实施例所描述的雷达设备还可同时安装于车

辆的前端和后端，以实现对于车辆前方环境和后方环境进行探测和通信。

基于上述雷达设备，本发明实施例还提供了用于实现雷达通信一体化的信号帧结构。本发明实施例提供的信号帧结构可基于通信的需要而发生变更，从雷达探测的模式切换到雷达通信一体化的模式。

如图 2 中 (a) 所示，一具体应用场景中，车辆的雷达设备正常工作，且车辆尚未需要发送通信消息（即不需要进行通信交互）时，信号帧结构包括雷达信号帧，雷达信号的周期为  $T$ ，该信号帧结构可在雷达设备的 MMIC 中实现（例如在 MMIC 中的波形产生器中实现）。也就是说，雷达设备可通过发射天线周期性地向外发射该雷达信号；其中，雷达信号例如为 chirp 信号，chirp 信号具体可为 FMCW 调制模式的锯齿波。

如图 2 中 (b) 所示，又一具体应用场景中，车辆的雷达设备正常工作，且车辆需要向目标车辆发送通信消息（即需要进行通信交互）时，可在两个周期雷达信号帧之间的间隙插入通信消息帧，从而形成新的信号帧结构。也就是说，新的信号帧结构包括交替设计的雷达信号帧和通信消息帧，周期为  $T$ ，该信号帧结构同样可在雷达设备的 MMIC 中实现。雷达设备可在发送当前周期的雷达信号和发送下一周期的雷达信号之间（即两雷达信号之间）的时间间隙内，发送该通信消息。亦即一个周期内可先后发送雷达信号和通信消息。其中，所述雷达信号例如为 chirp 信号，所述 chirp 信号具体可为 FMCW 调制模式的锯齿波。具体的，可在当前周期的雷达信号的尾帧之后（即雷达信号的最后一个 chirp 锯齿波之后），插入通信消息，通信消息的时长可以根据实际通信要求做调整。一个周期  $T$  内，通信消息的时长（帧长）可能大于雷达信号的时长（帧长），也可能小于雷达信号的时长（帧长）。例如周期  $T$  为 20ms，雷达信号帧的时长为 10ms，那么可定义通信消息帧的时长为 3ms，当然这里只是示例而非限定。可以看到，变更为新的信号帧结构后，雷达设备通过其发射天线向外发射的电磁波信号就是雷达信号和通信消息这两部分合成的重复。

其中，在图 2 的 (a) 和 (b) 中，雷达信号均处于一定的工作频段范围，例如工作频段范围 ( $f_{\text{始}} \sim f_{\text{终}}$ ) 为 76GHz~81GHz。在图 2 的 (b) 中，通信消息的频率被调制（如通过 FSK 方式调制）到雷达信号的工作频段范围内的某个工作频点，例如工作频点为 76.01GHz，带宽可限定为 10MHz（即图示中  $f_1$  为 76.01GHz， $f_2$  为 76.02GHz）。当然，雷达信号的工作频段、通信消息的工作频点/带宽还可以是其他值，这里不做限定。本发明实施例中，将通信消息的频率调制到雷达信号的工作频段范围有利于实现雷达设备对通信消息进行相关处理和收发。

需要说明的是，如果通信消息较小，那么雷达设备可能在相邻雷达信号间的一个时间间隙内完成所有通信消息的发送；如果通信消息较大，一个时间间隙无法支持完成所有通信消息的发送，那么，可以将该通信消息拆分成多个通信子消息，通过不同通信周期的时间间隙分别完成这些通信子消息的发送。另外，在可能的实施例中，为了保证第二车辆能够接收到第一车辆的通信消息，也可以在不同的通信周期中重复发送该通信消息，重复次数这里不做具体限定。

可以看到，本发明实施例可根据需要实时变更信号帧结构，可在雷达信号之间，插入了通信消息（message），使得车辆既保留雷达对环境目标的探测功能，又可以进行与目标

车辆的交互通信，这两个功能可独立进行，信号抗干扰性较好。此外，在变更后的信号帧结构中，每个周期的时间间隙都可用来传递消息，所以消息传输效率高，消息时延性较低。本发明实施例中可交替设计的信号帧结构保证了雷达探测和通信功能的兼容，从而实现了雷达设备的雷达通信一体化。

下面举例描述本发明实施例中涉及的几种雷达通信一体化的车间通信场景。

参见图 3，在一车间通信场景中，本车辆（下文可称为第一车辆）的雷达探测对象和通信对象均为目标车辆（下文可称为第二车辆），第一车辆和第二车辆中均设置有上文所描述的雷达设备。具体的，第一车辆发射雷达信号探测到第二车辆之后，为了与第二车辆建立通信，第一车辆通过雷达设备（例如前端的雷达设备），在两雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送通信消息。第二车辆收到通信消息后，同样通过其雷达设备（例如后端的雷达设备），在两雷达信号之间的时间间隙内，向第一车辆发送通信消息的响应消息。

可以看到，实施本发明实施例中有利于实现车辆之间通过雷达发现对方后，快速建立通信，提升了车辆的智能性和安全性。

参见图 3，在又一车间通信场景中，第一车辆的探测目标和通信对象不相同，第一车辆的前端和后端都设置有车载雷达。第一车辆的前端的车载雷达探测到目标后，将探测目标的运动信息作为通信消息，然后通过第一车辆后端的车载雷达将通信消息发送至第二车辆。具体的，第一车辆通过前端的雷达设备获取目标的运动信息后，为了与第二车辆建立通信，第一车辆通过后端的雷达设备，在两雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送该通信消息。同理，第二车辆前端的车载雷达收到通信消息后，同样可通过其后端的雷达设备，在两雷达信号之间的时间间隙内，向其他车辆转发所述通信消息。

可以看到，实施本发明实施例，能够实现车辆对通信消息的低时延中继功能。也就是说，车辆可以本地截留通信消息，还可以进行中继传递，对通信消息级联转发到其他车辆（例如可实现 platooning 车队共享通信消息），有助于提升车辆驾驶的安全性，有助于避免无人驾驶车辆发生交通事故，有助于提升雷达设备的实用性和用户体验。

基于上述设备结构以及帧结构，下面进一步描述本发明实施例提供的车辆雷达通信一体化的实现方法。

请参见图 5，图 5 是本发明实施例提供的一种车辆雷达通信一体化的实现方法的流程示意图，从双侧角度进行描述。该方法包括但不限于如下步骤：

步骤 S201-1~步骤 S201-2、第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备在正常工作中，分别发射雷达信号以实现对环境中的目标的探测。

在一种可能应用场景中，如前述图 3 实施例所描述，第一车辆第二车辆分别通过各自的雷达设备发射雷达信号以实现对彼此的探测，在确认探测到对方后，分别继续执行后续流程。

在一种可能应用场景中，如前述图 4 实施例所描述，第一车辆可通过其前端的雷达设备发射雷达信号以探测环境中的目标，同时，第一车辆还可通过其后端的雷达设备发射雷达信号实现对第二车辆的探测。而第二车辆同样可通过其前端的雷达设备发射雷达信号以

探测第一车辆，同时，第二车辆还可通过其后端的雷达设备发射雷达信号实现对其他车辆的探测。

需要说明的是，本发明实施例并不限于上述应用场景。例如，第一车辆或第二车辆还可通过其雷达设备发射雷达信号以探测行人、动物、非机动车等等移动物体。

还需要说明的是，第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备各自发送雷达信号，属于独立的行为，也就是说步骤 S201-1 和步骤 S201-2 之间并不限定先后顺序。

步骤 S202、第一车辆的雷达设备获取通信消息。

在可能实施例中，所述通信消息可包括第一车辆的状态信息，所述状态信息用于指示所述第一车辆的行驶状态，如第一车辆的车速、加速度、转向、位置等等。具体应用中，第一车辆的 ECU 可将第一车辆的状态信息发送至雷达设备，作为通信消息。

在可能实施例中，所述通信消息可包括环境中的目标（简称环境目标）的运动信息，环境目标的运动信息用于指示所述环境目标的运动状态（如速度，位置，角度，加速度等）。其中，环境目标的运动信息可由所述第一车辆的雷达设备的雷达信号探测得到。举例来说，在如图 4 所示应用场景中，第一车辆通过前端的雷达设备对前方的环境目标进行探测，得到该环境目标的运动信息。然后，前端的雷达设备将该环境目标的运动信息发送至后端的雷达设备，作为通信消息。

在可能实施例中，所述通信消息可包括环境目标的运动信息。其中，所述该运动信息可由其他车辆（如第一车辆前方的车辆）发送至第一车辆，第一车辆将该运动信息输入至雷达设备，作为通信消息。

在可能实施例中，本发明实施例中的通信消息还可同时包括第一车辆的状态信息、环境目标的运动信息。

需要说明的是，本发明实施例中的通信消息并不限于上述形式，还可以是其他任意的通信短消息。例如，通信消息为对第二车辆的状态信息的请求、通信消息为对其他车辆的状态信息的请求、通信消息为对环境目标的运动信息的请求，等等。

步骤 S203、第一车辆的雷达设备调制所述通信消息的通信频率至工作频点。其中，所述工作频点处于所述第一车辆的雷达设备的工作频段。

具体实施例中，第一车辆可通过频移键控（Frequency-shift keying, FSK）的方式将所述通信消息调制到处于所述工作频点的载波信号，即把二进制数据转换成 FSK 信号传输，载波信号的频率随着输入码流的变化而切换（FSK 信号包括高频和低频，代表二进制数据的 1 和 0）。

本发明实施例中，雷达信号处于一定的工作频段范围，例如工作频段范围为 76GHZ~81GHZ；通信消息被调制到 FSK 信号后，其工作频点处于雷达的工作频段范围内，例如工作频点为 76.01GHZ，带宽可限定为 10MHZ（即低频为 76.01GHZ，高频为 76.02GHZ）。当然，雷达的工作频段、FSK 信号的工作频点/带宽还可以是其他值，这里不做限定。

步骤 S204、第一车辆的雷达设备在发送所述雷达信号与发送下一雷达信号之间的时间间隙内，发送所述通信消息至第二车辆的雷达设备。

具体应用中，如果通信消息较小，那么雷达设备可能在相邻雷达信号间的一个时间间隙内完成所有通信消息的发送；如果通信消息较大，一个时间间隙无法支持完成所有通信

消息的发送,那么,可以将该通信消息拆分成多个通信子消息,通过不同通信周期的时间间隙分别完成这些通信子消息的发送。另外,在可能的实施例中,为了保证第二车辆能够接收到第一车辆的通信消息,也可以在同一时间间隙或者不同的通信周期的时间间隙中重复发送该通信消息,重复次数这里不做具体限定。

步骤 S205、第二车辆的雷达设备收到通信消息后,进一步获取所述通信消息的响应消息。

具体实施例中,第二车辆的雷达设备可接收所述第一车辆的雷达设备发送的载波信号(FSK信号),所述载波信号承载所述通信消息,然后,解调所述载波信号,得到所述通信消息。

具体实施例中,为了实现第一车辆和第二车辆正常进行通信短消息的收发,可提前将用于FSK调制的工作频点协商好,例如第一车辆和第二车辆的FSK信号都统一到76.01GHZ,带宽限定到10MHZ以内。当然,所协商统一的FSK信号的工作频点/带宽还可以是其他值,这里不做限定。此外,统一的FSK信号的工作频点/带宽还可以是预先配置在第一车辆和第二车辆的雷达设备中。由于第一车辆和第二车辆的雷达设备具有统一的FSK信号的工作频点/带宽,所以第二车辆可根据该工作频点/带宽解调所述载波信号,得到所述通信消息。

第二车辆的雷达设备基于所述通信消息生成响应消息

具体实施例中,第二车辆的雷达设备可将通信消息通过CAN总线传输至第二车辆的ECU,ECU基于通信消息生成响应消息(响应消息实质上也是一种通信消息),作为对所收到的通信消息的回复。例如,如果所述通信消息为第一车辆的状态信息、环境目标的运动信息,那么响应消息可为对接收情况的确认。又例如,如果所述通信消息对第二车辆的状态信息的请求、对环境目标的运动信息的请求,那么响应消息可为第二车辆的状态信息、环境目标的运动信息。第二车辆的ECU进而将响应消息返回至雷达设备。

步骤 S206、第二车辆的雷达设备调制所述响应消息的通信频率至工作频点。

同样,具体实施例中,第二车辆的雷达设备也可通过FSK的方式将所述响应消息调制到处于工作频点的载波信号,该工作频点处于所述第二车辆的雷达设备的工作频段,且与第一车辆的雷达设备针对FSK信号的工作频点相一致。

步骤 S207、第二车辆的雷达设备在发送雷达信号与发送下一雷达信号之间(即两雷达信号之间)的时间间隙内,发送所述响应消息至第一车辆的雷达设备。相应的,第一车辆的雷达设备接收所述响应消息。

同样,如果响应消息较小,那么其雷达设备可能在相邻雷达信号间的一个时间间隙内完成所有通信消息的发送;如果响应消息较大,一个时间间隙无法支持完成所有响应消息的发送,那么,可以将该响应消息拆分成多个通信子消息,通过不同通信周期的时间间隙分别完成这些通信子消息的发送。另外,在可能的实施例中,为了保证第一车辆能够接收到第二车辆的响应消息,也可以在不同的通信周期的时间间隙中重复发送该响应消息,重复次数这里不做具体限定。

同样,具体实施例中,第一车辆接收所述第二车辆的雷达设备返回的载波信号(FSK信号);其中,该载波信号承载响应消息。由于第一车辆和第二车辆的雷达设备具有统一的

FSK 信号的工作频点/带宽，比如说 76.01GHz-76.02GHz，第一车辆的雷达设备可根据该工作频点/带宽，设定接收第二车辆的响应消息的工作频点，解调所述载波信号，得到所述响应消息。

步骤 S208-1~步骤 S208-2、可以理解的，由于雷达信号是周期性的，所以在下一通信周期，第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备分别继续发射各自的下一雷达信号。需要说明的是，第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备各自发送下一雷达信号，属于独立的行为，也就是说步骤 S208-1 和步骤 S208-2 之间并不限定先后顺序。

可以看到，本发明实施例中，车辆的雷达设备在雷达基带处理的时间间隙，增加通信软通道，且通信短消息的频率被调制到雷达的工作频段范围，从而实现了雷达设备既能对环境目标进行精确感知探测，又能与目标车辆进行通信短消息的收发，达到雷达通信功能一体化。实施本发明实施例能有效利用 chirp 信号空闲时隙，在 chirp 信号帧之间中插入 FSK 调制信号，依靠 FSK 在解调时的健壮性，既可以克服参考时钟的频率抖动、各个车辆之间速度不同带来的多普勒频率抖动，又可以在有限的中频范围内，实现较强的频率解调容差。此外，本发明实施例提供的信号帧结构中，每个周期的时间间隙都可用来传递消息，所以消息传输效率高，消息时延性较低。另外，实施本发明实施例还可实现消息截留和低时延中继，有助于提升车辆驾驶的安全性，避免车辆发生交通事故，满足高级辅助驾驶或无人驾驶的要求，提升雷达设备的实用性和用户体验。

本发明实施例的实际应用中，第一车辆和第二车辆可能分别采用雷达信号的帧长或周期不同的雷达设备，或者第一车辆和第二车辆的雷达设备发射雷达信号的时刻不一致，或者第一车辆和第二车辆的本地时钟不一致，等等。为了充分利用雷达信号之间的时间间隙，避免雷达信号和通信消息出现干扰，保证第一车辆和第二车辆及时、顺利、协调地完成通信的交互，本发明实施例中，第二车辆和/或第一车辆的雷达设备还可基于同步信息在雷达信号的时间间隙中完成通信同步。

其中，同步信息可由消息发送端（如第一车辆或第二车辆）携带于通信消息或者响应消息中发送至消息接收端（如第二车辆或第一车辆），消息发送端也可通过其他方式（例如单独发送）将同步信息发送至消息接收端。同步信息可用于使消息接收端保持与消息发送端时钟频率同步，其一方面可用于向消息接收端指示通信帧信号（如通信消息或者响应消息）的发送时间，另一方面可用于向消息接收端指示接收通信消息的时钟脉冲频率，进而实现通信同步。

下面描述本发明实施例可能涉及的一些通信同步过程。

本发明实施例中，在不需要通信交互时，一方面，各车辆的雷达设备周期性收发雷达信号，另一方面，各车辆的雷达设备对于通信消息处于长收状态（所述长收状态是指雷达设备关闭自身通信消息的外发，只接收外界的通信消息）。也就是说，各车辆的雷达设备时刻准备着接收通信消息。在第一车辆需要与第二车辆进行通信交互时，第一车辆首先在其两雷达信号之间的时间间隙内的某一段时间内向第二车辆发送通信消息，这段时间可称为发送时间段  $t_1$ 。由于第二车辆的雷达设备尚处于长收状态，所以第二车辆的雷达设备总会接收到该通信消息（该通信消息包括同步信息）。接收到通信消息后，第二车辆的雷达设备

一方面根据同步信息来确认通信消息的发送时间段  $t_1$ ，并将该发送时间段  $t_1$  作为自身的接收时间段  $t_1$ ，也就是说，第二车辆后续只需在任意周期的时间间隙的  $t_1$  这段时间内处于接收状态，而不必在整个时间间隙均保持长收状态。第二车辆的雷达设备另一方面确定了在其两雷达信号之间的时间间隙内的某一段时间内向第一车辆发送响应消息，这段时间可称为发送时间段  $t_2$ ，且在时域中发送时间段  $t_2$  与发送时间段  $t_1$  完全错开，亦即，第二车辆可改变自身的响应消息的发送时间点，在时域上追随第一车辆的通信消息。可以理解的，第二车辆向第一车辆返回响应消息后，第一车辆的雷达设备同样可以将发送时间段  $t_2$  作为自身的接收时间段  $t_2$ 。这样，经过同步信息的交互确认后，第一车辆与第二车辆就可实现通信同步。其中，发送时间段  $t_1$  的时长可以大于或等于或小于发送时间段  $t_2$ 。这样，在完成通信同步后，后续任意周期中，第二车辆的接收时间段  $t_1$  将首尾对齐第一车辆的发送时间段  $t_1$ ，第二车辆的发送时间段  $t_2$  将首尾对齐第一车辆的接收时间段  $t_2$ ，所以第一车辆与第二车辆之间不再需要发送同步信息，第一车辆与第二车辆即可直接进行相互通信。

需要说明的是，本发明实施例中，发送时间段  $t_1$  表征了在第一车辆两雷达信号之间的时间间隙内第一车辆可用来进行消息发送的时间窗口，该时间窗口可存在于通信同步后第一车辆的各个时间间隙，且在各个时间间隙中的位置相同、时长相同。接收时间段  $t_1$  表征了在第二车辆两雷达信号之间的时间间隙内第二车辆可用来进行消息接收的时间窗口，第二车辆基于第一车辆的同步信息来对齐接收时间段  $t_1$  到发送时间段  $t_1$ ，也就是接收时间段  $t_1$  和发送时间段  $t_1$  在时域中同步。同理，发送时间段  $t_2$  表征了在第二车辆两雷达信号之间的时间间隙内第二车辆可用来进行消息发送的时间窗口，该时间窗口可存在于通信同步后第二车辆的各个时间间隙，且在各个时间间隙中的位置相同、时长相同。接收时间段  $t_2$  表征了在第一车辆两雷达信号之间的时间间隙内第一车辆可用来进行消息接收的时间窗口，第一车辆可基于第二车辆的同步信息来对齐接收时间段  $t_2$  到发送时间段  $t_2$ ，也可以根据预定的策略（如接收时间段  $t_2$  以固定间隔跟随发送时间段  $t_1$ ）来对齐接收时间段  $t_2$  到发送时间段  $t_2$ ，也就是接收时间段  $t_2$  和发送时间段  $t_2$  在时域中同步。

参见图 6，在一具体实施例中，第一车辆需要与第二车辆进行通信交互时，从雷达探测的模式切换到雷达通信一体化的模式，第一车辆的雷达设备首先在自身当前周期的时间间隙内的发送时间段  $t_1$  向第二车辆发送通信消息（包括同步信息）。完成发送后，第一车辆的雷达设备转入长收转态，以等待第二车辆的响应。第二车辆的雷达设备在自身当前周期的时间间隙接收到该通信消息后，解析得到通信消息中的同步信息，根据同步信息确认了发送时间段  $t_1$ ，将该发送时间段  $t_1$  作为在自身后续周期的时间间隙的接收时间段  $t_1$ ，并结束其当前周期的长收状态。第二车辆的雷达设备确定了当前及后续周期的时间间隙的发送时间段  $t_2$ ，发送时间段  $t_2$  与发送时间段  $t_1$  完全错开。第二车辆向第一车辆返回响应消息（包括同步信息），第一车辆的雷达设备解析得到响应消息中的同步信息，从而确认了第二车辆的发送时间段  $t_2$ ，并将发送时间段  $t_2$  作为自身后续周期的时间间隙的接收时间段  $t_2$ 。这样，第一车辆与第二车辆就可实现通信同步。也就是说，在后续周期中（例如下一周期）， $t_1$  将周期性地同时处于第一车辆和第二车辆的时间间隙，避免了对雷达信息产生干扰。 $t_1$  为第一车辆的消息发送时间窗口，这段时间内，第一车辆可发消息也可不发消息； $t_1$  也为第二车辆的消息接收时间窗口，即第二车辆不能发消息只能用于收消息。同样， $t_2$  为周

期性地同时处于第一车辆和第二车辆的时间间隙，避免了对雷达信息产生干扰，且与  $t_1$  完全错开， $t_2$  为第一车辆的消息接收时间窗口，这段时间内，第一车辆不能发消息只能用于收消息， $t_2$  也为第二车辆的消息发送时间窗口，第二车辆可发消息也可不发消息。

参见图 7，在又一具体实施例中，第一车辆和第二车辆预先协商好  $t_1$  和  $t_2$  的时长（或者  $t_1$  和  $t_2$  的具体值预先配置在第一车辆和第二车辆），亦即预先确定第一车辆可用于发送消息的发送时间段  $t_1$  的时长，以及确定第二车辆用于发送消息的发送时间段  $t_2$  时长，但并不必须确定  $t_1$  和  $t_2$  在时间间隙中的起始时间点，即不确定  $t_1$ 、 $t_2$  相对于雷达信号最后一个 chirp 锯齿波的间隔。第一车辆需要与第二车辆进行通信交互时，从雷达探测的模式切换到雷达通信一体化的模式，第一车辆的雷达设备首先在自身当前周期的时间间隙内，从任意可能的时间点开始，在  $t_1$  时长内（即发送时间段  $t_1$ ）向第二车辆发送通信消息，该通信消息包括同步信息。完成发送后，第一车辆的雷达设备转入长收状态。第二车辆的雷达设备在自身当前周期的时间间隙皆处于长收状态，以保证不遗漏任何所需接收的消息。第二车辆的雷达设备解析得到通信消息中的同步信息后，根据同步信息确认了发送时间段  $t_1$  的起始时间点，将该发送时间段  $t_1$  作为在自身后续周期的时间间隙的接收时间段  $t_1$ ，即在后续周期中，接收时间段  $t_1$  始终对齐发送时间段  $t_1$ 。第二车辆的雷达设备确定了后续周期的时间间隙的发送时间段  $t_2$ ，发送时间段  $t_2$  与接收时间段  $t_1$  完全错开，且首尾相连（即接收时间段  $t_1$  结束后立即转入发送时间段  $t_2$ ）或以固定间隔相连。这样，第一车辆和第二车辆就完成了通信同步，第一车辆确定了发送时间段  $t_1$  距离其雷达信号最后一个 chirp 锯齿波的间隔，第二车辆确定了接收时间段  $t_1$  距离其雷达信号最后一个 chirp 锯齿波的间隔。第二车辆将后续周期中的接收时间段  $t_1$  对齐发送时间段  $t_1$ ，且接收时间段  $t_1$  和发送时间段  $t_1$  的时长一致。第二车辆将后续周期中的发送时间段  $t_2$  对齐接收时间段  $t_2$ ，且发送时间段  $t_2$  和接收时间段  $t_2$  的时长一致。可以理解的，后续周期中，第一车辆在发送时间段  $t_1$  向第二车辆发送通信消息，该通信消息可不再携带同步信息，只需携带实际的业务数据（如车辆状态信息、环境目标的运动信息等），第二车辆在发送时间段  $t_2$  向第一车辆返回响应消息（同样可不携带同步信息），两者相互错开，互不干扰，从而完成了通信交互。

上述两种实施例中，第一车辆、第二车辆可根据同步信息，互相收发与确认，完成第一车辆与第二车辆的通信同步，在同步过程中对齐车辆双方的通信收发窗口后就可实现相互通信。根据同步信息进行时间窗口对齐的过程（需收/发同步信息）也可视为异步通信过程，而时间窗口对齐之后进行相互通信的过程（不再需收/发同步信息，可直接收发数据）也可视为同步通信过程。

需要说明的是，上述图 6、图 7 实施例的实现过程中，雷达信号和通信信号互为独立，即只对通信消息做同步，而对于雷达信号不做同步，这即可应用于各个车辆雷达设备配置一致的场景，也可应用于各个车辆的雷达信号帧长、周期等不一致的场景。但是，在另一些可能应用场景中，针对各个车辆雷达设备配置一致（即雷达信号帧长、周期等均一致）的应用场景，本发明还可以衍生出对不同车辆的雷达信号进行同步的实施例。

参见图 8，在一可能实施例中，第一车辆需要与第二车辆的雷达设备具有相同的雷达信号帧长、周期（ $T$ ），第一车辆需要与第二车辆进行通信交互时，从雷达探测的模式切换到雷达通信一体化的模式，第一车辆的雷达设备首先在自身当前周期的时间间隙内固定位

置的发送时间段  $t_1$  (例如发送时间段  $t_1$  的起始点紧接雷达信号的最后一个 chirp 锯齿波的结束点) 向第二车辆发送通信消息 (包括同步信息)。完成发送后, 第一车辆的雷达设备转入长收转态, 以等待第二车辆的响应。第二车辆的雷达设备在自身当前周期的时间间隙接收到该通信消息后, 解析得到通信消息中的同步信息, 根据同步信息确认了发送时间段  $t_1$ , 并将发送时间段  $t_1$  作为后续周期中的接收时间段  $t_1$ , 并结束其当前周期的长收状态。由于第一车辆和第二车辆的雷达信号周期皆为  $T$ , 所以第二车辆的雷达设备还确认了第一车辆的下一周期的雷达信号的发射时间点, 将该发射时间点作为第二车辆下一周期的雷达信号的发射时间点, 如图 7 所示, 在该应用场景中, 基于该发射时间点, 第二车辆当前周期的时间间隙的时长被延长 (亦即当前周期的时长大于  $T$ ), 从而使得下一雷达信号首尾对齐第一车辆的下一雷达信号。第二车辆的雷达设备确定了当前及后续周期的时间间隙的发送时间段  $t_2$ , 发送时间段  $t_2$  与发送时间段  $t_1$  完全错开。在当前周期的时间间隙的发送时间段  $t_2$ , 第二车辆向第一车辆返回响应消息 (包括同步信息)。第一车辆的雷达设备解析得到响应消息中的同步信息, 从而确认了第二车辆的发送时间段  $t_2$ , 并将发送时间段  $t_2$  作为自身后续周期的时间间隙的接收时间段  $t_2$ 。这样, 第一车辆与第二车辆就可实现通信同步。在后续周期中, 第一车辆和第二车辆的雷达实现了同步, 消息通信也实现了同步, 接收时间段  $t_1$  对齐发送时间段  $t_1$ , 且接收时间段  $t_1$  和发送时间段  $t_1$  的时长一致。发送时间段  $t_2$  对齐接收时间段  $t_2$ , 且发送时间段  $t_2$  和接收时间段  $t_2$  的时长一致。收发过程相互错开, 互不干扰, 从而完成了通信交互。

参见图 9, 在又一具体实施例中, 第一车辆和第二车辆预先协商好  $t_1$  和  $t_2$  的时长 (或者  $t_1$  和  $t_2$  的具体值预先配置在第一车辆和第二车辆的雷达设备)。第一车辆的雷达设备首先在自身当前周期的时间间隙内固定位置的发送时间段  $t_1$  (例如发送时间段  $t_1$  的起始点紧接雷达信号的最后一个 chirp 锯齿波的结束点) 向第二车辆发送通信消息 (包括同步信息), 完成发送后, 第一车辆的雷达设备转入长收转态。第二车辆的雷达设备在自身当前周期的时间间隙皆处于长收状态, 以保证不遗漏任何所需接收的消息。第二车辆的雷达设备解析得到通信消息中的同步信息后, 根据同步信息确认了发送时间段  $t_1$ , 并将发送时间段  $t_1$  作为后续周期中的接收时间段  $t_1$ 。由于第一车辆和第二车辆的雷达信号周期皆为  $T$ , 所以第二车辆的雷达设备还确认了第一车辆的下一周期的雷达信号的发射时间点, 将该发射时间点作为第二车辆下一周期的雷达信号的发射时间点, 如图 8 所示, 在该应用场景中, 基于该发射时间点, 第二车辆当前周期的时间间隙的时长被延长 (亦即当前周期的时长大于  $T$ ), 从而使得下一雷达信号首尾对齐第一车辆的下一雷达信号。第二车辆的雷达设备确定了后续周期的时间间隙的发送时间段  $t_2$ 。在后续周期中, 第二车辆的接收时间段  $t_1$  始终对齐发送时间段  $t_1$ , 发送时间段  $t_2$  与接收时间段  $t_1$  完全错开, 且首尾相连 (即接收时间段  $t_1$  结束后立即转入发送时间段  $t_2$ ) 或以固定间隔相连; 第一车辆的接收时间段  $t_2$  同样与发送时间段  $t_1$  完全错开, 且首尾相连或以固定间隔相连。即在后续周期中, 第一车辆和第二车辆的雷达实现了同步, 消息通信也实现了同步。可以理解的, 后续周期中, 第一车辆在发送时间段  $t_1$  向第二车辆发送通信消息, 该通信消息携带其实际的业务数据 (如车辆状态信息、环境目标的运动信息等) 即可, 第二车辆可在发送时间段  $t_2$  向第一车辆返回响应消息 (同样携带其实际的业务数据), 两者相互错开, 互不干扰, 从而完成了通信交互。

上述两种实施例中，第一车辆、第二车辆可根据同步信息，将雷达信号对齐，完成雷达信号的同步；还可根据同步信息完成第一车辆与第二车辆的通信同步，在同步过程中对齐车辆双方的通信收发窗口后就可实现相互通信。根据同步信息进行时间窗口对齐的过程（需收发同步信息）也可视为异步通信过程，而时间窗口对齐之后进行相互通信的过程（不再收发同步信息，可直接收发数据）也可视为同步通信过程。

基于上述设备结构、帧结构以及相关通信同步方式，下面进一步描述本发明实施例提供的又一种车辆雷达通信一体化的实现方法。请参见图 10，图 6 是本发明实施例提供的又一种车辆雷达通信一体化的实现方法的流程示意图，从双侧角度进行描述。该方法包括但不限于如下步骤：

步骤 S301-1~步骤 301-2、第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备分别完成通信一体化功能的初始化。

在可能的实施例中，雷达设备可在获取到通信短消息后，进行通信一体化功能初始化。例如，第一车辆的雷达设备接收到本车 ECU 输入的雷达感知信息和/或车辆状态信息后，可进行初始化。又例如，第二车辆的雷达设备在接收到第一车辆发送的通信消息后，可进行初始化。在可能的实施例中，雷达设备也可基于用户（如车辆驾驶员）输入的操作指令进行通信一体化功能的初始化。在可能的实施例中，雷达设备也可在开机上电后，进行通信一体化功能的初始化。

具体实施例中，雷达设备可在初始化过程进行雷达设备的帧结构的确定、相互通信工作频点/带宽的确定、雷达信号时间间隙的发送时间段/接收时间段的确定等等。

比如，在针对帧结构的初始化中，雷达设备确定雷达探测的线性调频信号（chirp 信号）的帧长、周期、频段范围等，以及确定在发送时间段插入的通信帧信号（通信消息、响应消息）的调制方式、通信帧信号的帧格式、帧长、重复周期、频点/频段等。

比如，在针对相互通信工作频点/带宽的初始化中，确定好统一的工作频点/带宽。举例来说，各个车辆之间（第一车辆和第二车辆）预先进行协商而统一 FSK 调制的工作频点，比如说统一到 76.01GHz，即不同车辆的雷达设备，在雷达信号的时间间隙发送 FSK 信号时都采用 76.01GHz 这一频段，带宽限定到 10MHz 以内（可利用 chirp 信号的工作频段的任何一段 10MHz 的频段）。又举例来说，相互通信工作频点/频带可配置在雷达设备中，不同车辆采用的雷达设备分别配置相同的相互通信工作频点/带宽，比如说统一到 76.04GHz 这一频段，带宽限定到 20MHz 以内。可以理解的，上述示例仅仅用于解释本发明，而非限制，本发明实施例中，不同车辆所统一的相互通信工作频点/带宽还可以是其他值。

还需要说明的是，本发明实施例中，不同车辆的雷达设备的雷达信号（chirp 信号）的帧长、周期、频段范围等可以一致，也可以有差别，这里不做限制。

还需要说明的是，第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备各自完成初始化，属于独立的行为，也就是说步骤 S301-1 和步骤 S301-2 之间并不限定先后顺序。

步骤 S302-1~步骤 302-2、第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备在正常工作中，分别发射雷达信号以实现对环境中的目标的探测。可参考图 5 实施例步骤 S201-1~步骤 S201-2 的描述，这里不再赘述。需要说明的是，第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设

备各自发送雷达信号，属于独立的行为，也就是说步骤 S302-1 和步骤 S302-2 之间并不限定先后顺序。

步骤 S303、第一车辆的雷达设备获取通信消息。

所述第一通信消息包括环境目标的运动信息和第一车辆的状态信息中的至少一个，以及包括同步信息；环境目标的运动信息用于指示所述环境目标的运动状态（如速度，位置，角度，加速度等）。其中，环境目标的运动信息可以是第一车辆的雷达设备的雷达信号探测得到的，也可以是其他车辆发送至第一车辆的。第一车辆的状态信息用于指示所述第一车辆的行驶状态，如第一车辆的车速、加速度、转向、位置等等。同步信息可用于使第二车辆保持与第一车辆时钟频率同步，其一方面可用于向第二车辆指示通信消息的发送时间，另一方面可用于向第二车辆指示接收通信消息的时钟脉冲频率，以便于后述步骤 S306 中实现通信同步。

参见图 11，图 11 中示出了一种需在时间间隙发送的通信消息的帧格式，该通信消息在雷达信号（chirp 信号）发送之后的时间间隙中发送。如图 11 所示，在具体实施例中，通信消息的帧格式可包括起始信息、同步信息（或称为同步头）、业务数据（data）、结束信息，可选的，还包括校验信息。其中：

起始信息用于指示通信消息的起始点，例如可用长“0”或长“1”表示起始信息。应当理解的，这里的“0”“1”实际上是对应到雷达设备发射的 FSK 信号，“0”代表 FSK 信号的低频，“1”代表 FSK 的高频，比如，在一应用场景中，可定义：“0”=76.01GHz，“1”=76.02GHz。

同步信息可通过一组“0”“1”构成的序列来表示，例如图示中同步信息为“10101010”。

业务数据（data）用于承载具体的通信内容，例如业务数据为第一车辆的状态信息、环境目标的运动信息；又例如，业务数据为对第二车辆的状态信息的请求、对其他车辆的状态信息的请求、对环境目标的运动信息的请求，等等。

校验信息用于供第二车辆实现对通信消息的校验，例如进行数据完整性校验、数据安全性校验，等等。

结束信息用于指示通信消息的结束点，结束信息不同于起始信息，例如起始信息长“0”表示时，结束信息可用长“1”表示；起始信息长“1”表示时，结束信息可用长“0”表示。

需要理解的是，本发明可能实施例中通信消息的帧格式并不限定于上述描述，实际应用中的通信消息可以包括比上述描述更多或者更少的信息。例如通信消息中，可以在同步信息之后还可以加入车辆的标识（如第一车辆或第二车辆的 ID）；例如，通信消息中可以不包含同步信息，第一车辆也可通过其他方式（例如单独发送）将同步信息发送至第二车辆以实现同步。又例如，在各个车辆完成后述步骤的通信同步之后，通信消息中可以不包含同步信息。

步骤 S304、第一车辆的雷达设备调制所述通信消息的通信频率至工作频点。其中，所述工作频点处于所述第一车辆的雷达设备的工作频段。具体可参考图 5 实施例步骤 S203 的描述，这里不再赘述。

步骤 S305、第一车辆的雷达设备在两雷达信号之间的时间间隙内的发送时间段（可简称为第一发送时间段），发送所述通信消息至第二车辆的雷达设备。相应的，第二车辆的雷

达设备接收通信消息。

本发明实施例中，第一车辆在两雷达信号之间的时间内向第二车辆发送通信消息时，第二车辆的雷达设备处于长收状态。所以，第二车辆肯定可以接收到第一车辆发送的通信消息。

具体应用中，如果通信消息较小，那么第一车辆的雷达设备可能在相邻雷达信号间的一个时间间隙内完成所有通信消息的发送；如果通信消息较大，一个时间间隙无法支持完成所有通信消息的发送，那么，可以将该通信消息拆分成多个通信子消息，通过不同通信周期的时间间隙分别完成这些通信子消息的发送。另外，在可能的实施例中，为了保证第二车辆能够接收到第一车辆的通信消息，也可以在同一时间间隙或者不同的通信周期的时间间隙中重复发送该通信消息，重复次数这里不做具体限定。

第一车辆发送通信消息至第二车辆的详细实现过程还可参考图6-图9实施例相关描述，这里不再赘述。

步骤 S306、第二车辆的雷达设备根据同步信息进行通信同步。

具体的，第一车辆的时间间隙包括第一发送时间段（即前述发送时间段 t1）和第一接收时间段（即前述接收时间段 t2），第二车辆的时间间隙包括第二接收时间段（即前述接收时间段 t1）和第二发送时间段（即前述发送时间段 t2）。

所述第二车辆的雷达设备根据所述同步信息，确认了第一车辆的第一发送时间段，从而调整第二车辆的第二接收时间段对齐第一发送时间段，也就是说，第二接收时间段与第一发送时间段的时长一致，第二接收时间段与第一发送时间段保持同步。此外，第二车辆还确认了自身用于发送消息的第二发送时间段，第二车辆还调整第二发送时间段追随第一发送时间段（也就是追随第二接收时间段），从而调整第二发送时间段对齐第一接收时间段，也就是说，第二发送时间段与第一接收时间段的时长一致，第二发送时间段与第一接收时间段保持同步，从而完成了通信同步过程。

具体实现中，第二车辆可根据所述同步信息，确定第一车辆的第一发送时间段的起始时间点和结束时间点，设置所述第二车辆的第二接收时间段的起始时间点对齐所述第一车辆的第一发送时间段的起始点，设置所述第二车辆的第二接收时间段的结束点对齐所述第一车辆的第一发送时间段的结束点。

本发明实施例实现通信同步过程的具体实现方式还可参考图6-图9实施例的描述，这里不再赘述。

步骤 S307、第二车辆的雷达设备获取所述通信消息的响应消息。

其中，响应消息的帧格式同样可包括起始信息、同步信息（或称为同步头）、业务数据（data）、结束信息，可选的，还包括校验信息。另外还可以包括比上述描述更多或者更少的信息。具体实现过程可参考通信消息的帧格式的描述。

另外，本步骤的具体实现过程还可参考图5实施例步骤 S205 的描述，这里不在赘述。

步骤 S308、第二车辆的雷达设备调制所述第二通信消息的通信频率至工作频点；其中，所述工作频点处于所述第二车辆的雷达设备的工作频段。可参考图5实施例步骤 S206 的描述，这里不在赘述。

步骤 S309、第二车辆的雷达设备在两雷达信号之间的时间间隙的第二发送时间段内，

发送响应消息至第一车辆的雷达设备。相应的，第一车辆的雷达设备接收所述响应消息。本发明实施例具体实现过程可参考图 6-图 9 实施例的描述，这里不再赘述。

步骤 S310，第一车辆的雷达设备接收所述响应消息，对所述响应消息进行确认，确认后，车辆互相之间完成了通信建链。

具体实施例中，第一车辆可根据所述响应消息中的同步信息，确定第二车辆的第二发送时间段的起始时间点和结束时间点，设置所述第一车辆的第一接收时间段的起始时间点对齐所述第二车辆的第二发送时间段的起始点，设置所述第一车辆的第一接收时间段的结束点对齐所述第二车辆的第二发送时间段的结束点。具体过程也可参考图 6-图 9 实施例的描述，这里不再赘述。

在本发明具体应用场景中，当第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备互相检测并跟踪彼此后第一车辆的雷达设备和第二车辆均变更为雷达通信一体化的信号帧结构，第一车辆雷达设备的发射频点变更为通信消息的频点（比如 76.01GHz），然后把需要发送的通信信息，做 FSK 的调制后发送至第二车辆。第二车辆的雷达设备在长收过程中，接收频点变更为通信消息的频点（比如 76.01GHz），接收与解析通信消息并反馈响应消息，在这个频点，第一车辆的雷达设备和第二车辆相互完成了通信同步后，第一车辆确认了其第一发送时间段和第一接收时间段，第二车辆确认了其第二发送时间段和第二接收时间段，且第二接收时间段在时域中始终对齐第一发送时间段，第一接收时间段在时域中始终对齐第二发送时间段，所以第一车辆和第二车辆之间就实现了通信建链。

步骤 S310、可以理解的，由于雷达信号是周期性的，所以在下一通信周期，第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备分别继续发射雷达信号。

步骤 S311-1~步骤 S311-2、在后续通信周期（包括下一通信周期）第一车辆和第二车辆通过雷达设备互传通信短消息（通信信号帧）。需要说明的是，第一车辆的雷达设备和第二车辆的雷达设备各自发送下一雷达信号，属于独立的行为，也就是说步骤 S311-1~步骤 S311-2 之间并不限定先后顺序。

由于第一车辆与第二车辆之间已经完成了通信建链，所以在通信建链断开前，车辆双方均不需要再发送同步信息，而相互发送业务数据即可。也就是说，在后续周期的任意时间间隙的第一发送时间段，第一车辆的雷达设备可将车辆状态信息、环境目标的运动信息、相关响应、相关请求等经过编码、调制等过程发送给第二车辆；在后续周期的任意时间间隙的第二发送时间段，第二车辆的雷达设备也可将相关响应、相关请求、车辆状态信息、环境目标的运动信息等经过编码、调制等过程发送给第一车辆。也就是说，实现第一车辆和第二车辆通过各自雷达设备实现了通信短消息互传。

需要说明的是，本发明可能实施例中，在车辆实现通信短消息互传后，也可以调整第一车辆与第二车辆的雷达设备的工作频率范围，或者也可以调整通信信号帧的波形设计，从而能够进一步降低车辆之间雷达信号对通信信号帧潜在的干扰。

可以看到，本发明实施例中，车辆的雷达设备在雷达基带处理的时间间隙，增加通信软通道，且通信短消息的频率被调制到雷达的工作频段范围，从而实现了雷达设备既能对环境目标进行精确感知探测，又能与目标车辆进行通信短消息的收发，达到雷达通信功能一体化。本发明实施例能有效利用 chirp 信号空闲时隙，在 chirp 信号帧之间中插入 FSK 调

制信号，依靠 FSK 在解调时的健壮性，既可以克服参考时钟的频率抖动、各个车辆之间速度不同带来的多普勒频率抖动，又可以在有限的中频范围内，实现较强的频率解调容差。实施发明实施例，车辆与目标车辆可实时变更帧结构，充分利用各自的时间间隙进行通信同步，完成通信建链，从而实现车辆之间及时、顺利、协调地完成通信交互。此外，本发明实施例提供的信号帧结构中，每个周期的时间间隙都可用来传递消息，所以消息传输效率高，消息时延性较低。另外，实施本发明实施例还可实现消息截留和低时延中继，有助于提升车辆驾驶的安全性，避免车辆发生交通事故，满足高级辅助驾驶或无人驾驶的要求，提升雷达设备的实用性和用户体验。

下面以图 5 实施例为例，详细说明第一车辆的雷达设备（简称第一雷达设备）中的相关部件和第二车辆的雷达设备（简称第二雷达设备）中的相关部件在本发明实施例中的协作关系，请参考图 12，详细描述如下：

1、第一雷达设备的 CAN 接口获取通信消息。具体的，第一雷达设备的 CAN 接口获取车辆的 ECU 发送的通信消息。

2、第一雷达设备的 CAN 接口将通信消息传输至第一雷达设备的 MCU。

3、第一雷达设备的 MCU 对通信消息进行编码，并配置通信消息的信号波形参数。

4、第一雷达设备的 MCU 将编码后的通信消息发送至第一雷达设备的 MMIC。

5-7、第一雷达设备的 MMIC 产生周期性 chirp 信号，调制通信消息为 FSK 信号（载波信号），并在两 chirp 信号之间的时间间隙插入该 FSK 信号，从而形成雷达通信一体化信号帧。

8、第一雷达设备的 MMIC 发送雷达通信一体化信号帧至第一雷达设备的天线 ANT（发射天线）。

9-10 第一雷达设备的天线 ANT（发射天线）一方面向环境中的目标（或者第二车辆）发射雷达通信一体化信号帧中的 chirp 信号，可以理解的，chirp 信号遇到后续环境中的目标（或者第二车辆）后，将发生反射，从而被第一雷达设备的 ANT（接收天线）所接收；另一方面将 FSK 信号发送至第二雷达设备的 ANT（接收天线）。

11、第二雷达设备的 ANT（接收天线）将 FSK 信号传输至第二雷达设备的 MMIC。

12、第二雷达设备的 MMIC 解调 FSK 信号为通信消息。具体的，第二雷达设备的 MMIC 具有与第一雷达设备的 MMIC 一致的通信频点，第二雷达设备的 MMIC 基于该通信频点解调 FSK 信号为通信消息。

13、第二雷达设备的 MMIC 发送通信消息至第二雷达设备的 MCU。

14、第二雷达设备的 MCU 对通信消息进行解码。可能的实施例中，当响应消息中携带同步信息时，第二雷达设备的 MCU 还可基于同步信息进行通信同步操作，从而使第二雷达设备的接收时间段对齐第一雷达设备的发送时间段。

15、第二雷达设备的 MCU 发送解码后的通信消息至第二雷达设备的 CAN 接口。

16、第二雷达设备的 CAN 接口进一步传输通信消息至第二车辆的 ECU。第二车辆的 ECU 基于通信消息生成响应消息，并将响应消息发送至第二雷达设备的 CAN 接口，也就是说第二雷达设备的 CAN 接口获得所述响应消息。

17、第二雷达设备的 CAN 将响应消息发送至第二雷达设备的 MCU。

18、第二雷达设备的 MCU 对响应消息进行编码，并配置响应消息的信号波形参数。

19、第二雷达设备的 MCU 发送编码后的响应消息至第二雷达设备的 MMIC。

20-22、第二雷达设备的 MMIC 产生周期性 chirp 信号，调制响应消息为 FSK 信号（载波信号），并在两 chirp 信号之间的时间间隙插入该 FSK 信号，从而形成雷达通信一体化信号帧。

23、第二雷达设备的 MMIC 发送雷达通信一体化信号帧至第二雷达设备的 ANT（发射天线）。

24-25、第二雷达设备的 ANT（发射天线）一方面向环境中的目标（或者第一车辆）发射雷达通信一体化信号帧中的 chirp 信号，可以理解的，chirp 信号遇到后续环境中的目标（或者第二车辆）后，将发生反射，从而被第二雷达设备的 ANT（接收天线）所接收；另一方面将 FSK 信号发送至第一雷达设备的 ANT（接收天线）。

26、第一雷达设备的 ANT（接收天线）将 FSK 信号传输至第一雷达设备的 MMIC。

27、第一雷达设备的 MMIC 解调 FSK 信号为响应消息。具体的，第一雷达设备的 MMIC 具有与第二雷达设备的 MMIC 一致的通信频点，第一雷达设备的 MMIC 基于该通信频点解调 FSK 信号为响应消息。

28、第一雷达设备的 MMIC 将响应消息传输至第一雷达设备的 MCU。

29、第一雷达设备的 MCU 对响应消息进行解码。可能的实施例中，当响应消息中携带同步信息时，第一雷达设备的 MCU 还可基于同步信息进行通信同步操作，从而使第一雷达设备的接收时间段对齐第二雷达设备的发送时间段。

30、第一雷达设备的 MCU 将解码后的响应消息传输至第一雷达设备的 CAN 接口。

31、第一雷达设备的 CAN 接口进一步处理该响应消息，具体的，第一雷达设备的 CAN 接口将响应消息发送至第一雷达设备的 ECU，从而完成了第一车辆与第二车辆之间的通信交互。

上述图 12 实施例的具体实现过程还可参考前文的相关描述，这里不在赘述。

上文详细阐述了本发明实施例的雷达设备和相关方法，基于相同的发明构思，下面继续提供了本发明实施例的其他装置。

参见图 13，图 13 示出了本发明实施例提供的第一车辆的雷达设备（简称第一雷达设备 40）和第二车辆的雷达设备（简称第二雷达设备 50）、以及二者构成的通信系统的结构示意图。如图 13 所示，第一雷达设备 40 和第二雷达设备 50 之间可存在无线通信连接，从而实现二者之间的数据通信。第一雷达设备 40、第二雷达设备 50 的功能模块可由硬件、软件或硬件与软件的组合来实施本发明方案。在一种具体实施例中，第一雷达设备 40、第二雷达设备 50 也可由如图 1 实施例所述的硬件部件来实现。所述所属领域的技术人员应理解，下文中所描述的功能块可经组合或分离为若干子块以实施本发明方案。因此，本发明中上文描述的内容可支持对下述功能模块的任何可能的组合或分离或进一步定义。下面展开具体描述。

如图 13 所示，第一雷达设备 40 可包括：通信模块 401、雷达模块 402、同步模块 403

以及第一收发模块，所述第一收发模块具体可包括发射模块 404 和接收模块 405。例如在可能的实施例中，通信模块 401 可在 MCU103 中实现、雷达模块 402 可在 MMIC 中实现、同步模块 403 可在 MCU103 中实现，第一收发模块可由发射天线和接收天线实现。具体的：

通信模块 401，用于获取第一通信消息；

雷达模块 402，用于调制所述第一车辆的第一通信消息的通信频率至工作频点；其中，所述工作频点处于所述第一车辆的雷达设备的工作频段；

雷达模块 402 还用于，产生周期性的雷达信号；

发射模块 404，用于发送雷达信号；还用于在发送所述雷达信号与发送下一雷达信号之间的时间间隙内，发送所述第一通信消息至第二车辆的雷达设备。

具体实施例中，所述雷达模块 402 具体用于，通过频移键控 FSK 的方式将所述第一通信消息调制到处于所述工作频点的第一载波信号；

所述发射模块 404 具体用于，在发送所述雷达信号与发送下一雷达信号之间的时间间隙内，所述第一车辆的雷达设备发送所述第一载波信号至第二车辆的雷达设备。

具体实施例中，所述时间间隙包括第一发送时间段，所述第一发送时间段表示所述第一车辆在所述时间间隙发送所述第一通信消息的时间窗口；

所述发射模块 404 具体用于，在所述第一发送时间段内，所述第一车辆的雷达设备发送所述第一载波信号至第二车辆的雷达设备。

具体实施例中，所述发射模块 404 具体用于，在所述第一发送时间段内，重复发送 N 个所述第一载波信号至第二车辆的雷达设备；所述重复发送 N 个所述第一载波信号所用的时长小于或等于所述第一发送时间段。

具体实施例中，所述第一通信消息包括第一同步信息，所述第一同步信息用于指示所述第一通信消息的发送时间。

具体实施例中，所述第一通信消息包括以下至少一项：环境目标的运动信息、所述第一车辆的状态信息、对所述第二车辆的状态信息的请求，对环境目标的运动信息的请求；

其中，所述环境目标的运动信息用于指示所述环境目标相对所述第一车辆的距离、速度、加速度、角度中的至少一项；所述第一车辆的状态信息用于指示所述第一车辆的行驶速度、加速度、转向、位置中的至少一项；所述第二车辆的状态信息用于指示所述第二车辆的行驶速度、加速度、转向、位置中的至少一项。

具体实施例中，所述时间间隙还包括第一接收时间段，所述第一接收时间段表示所述第一车辆在所述时间间隙接收所述第二车辆的第二通信消息的时间窗口；所述第一接收时间段与所述第一发送时间段之间具有固定时间间隔，所述固定时间间隔为大于或等于 0 的正数；

所述第一雷达设备 40 还包括接收模块 405；所述接收模块 405 用于，在所述第一接收时间段内，接收所述第二车辆的雷达设备基于所述第一载波信号返回的第二载波信号，所述第二载波信号承载所述第二通信消息；

所述雷达模块 402 具体用于，解调所述第二载波信号，得到所述第二通信消息。

具体实施例中，所述第二通信消息包括第二同步信息，所述第二同步信息用于指示所述第二通信消息的发送时间。

具体实施例中，所述第二车辆的雷达设备配置有第二发送时间段，所述第二发送时间段表示所述第二车辆用于发送所述第二通信消息的时间窗口；

所述第一雷达设备 40 还包括同步模块 403；所述同步模块 403 用于，根据所述第二同步信息得到所述第二发送时间段；在所述时间间隙中调整所述第一接收时间段，以使所述第一接收时间段与所述第二发送时间段保持同步，且所述第一接收时间段与第二发送时间段的时长一致。

具体实施例中，所述同步模块 403 具体用于，确定所述第二发送时间段在时域中的起始点和结束点；调整所述第一接收时间段在所述时间间隙中的起始点对齐所述第二发送时间段的起始点；调整所述第一接收时间段在所述时间间隙中的结束点对齐所述第二发送时间段的结束点。

如图 13 所示，第二雷达设备 50 可包括：通信模块 501、雷达模块 502、同步模块 503 以及第二收发模块，所述第二收发模块包括发射模块 504 和接收模块 505。例如在可能的实施例中，通信模块 501 可在 MCU103 中实现、雷达模块 502 可在 MMIC 中实现、同步模块 503 可在 MCU103 中实现，第二收发模块可由发射天线和接收天线实现。其中：

接收模块 505，用于接收第一车辆的雷达设备的第一通信消息；

通信模块 501，用于根据所述第一通信消息获取第二通信消息；

雷达模块 502，用于调制所述第二通信消息的通信频率至工作频点；其中，所述工作频点处于所述第二车辆的雷达设备的工作频段；

雷达模块 502 还用于产生周期性的雷达信号；

发射模块 504，用于发送雷达信号；还用于在发送所述雷达信号与发送下一雷达信号之间的时间间隙内，发送所述第二通信消息至第一车辆的雷达设备。

具体实施例中，所述接收模块 505 具体用于，接收所述第一车辆的雷达设备发送的第一载波信号，所述第一载波信号承载所述第一通信消息；

所述雷达模块 502 具体用于，解调所述第一载波信号，得到所述第一通信消息。

具体实施例中，所述时间间隙包括第二接收时间段，所述第二发送时间段表示所述第二车辆在所述时间间隙接收所述第一通信消息的时间窗口；

所述接收模块 505 具体用于，在所述第二接收时间段内，接收所述第一车辆的雷达设备的第一通信消息。

具体实施例中，所述第一车辆的雷达设备配置有第一发送时间段，所述第一发送时间段表示所述第一车辆用于发送所述第一通信消息的时间窗口；所述第一通信消息包括第一同步信息，所述第一同步信息用于指示所述第一通信消息的发送时间；

所述第二雷达设备 50 还包括同步模块 503；所述同步模块 503 用于根据所述第一同步信息得到所述第一发送时间段；在所述时间间隙中调整所述第二接收时间段，以使所述第二接收时间段与所述第一发送时间段保持同步，且所述第二接收时间段与第一发送时间段的时长一致。

具体实施例中，所述同步模块 503 具体用于：确定所述第一发送时间段在时域中的起始点和结束点；调整所述第二接收时间段在所述时间间隙中的起始点对齐所述第一发送时

间段的起始点；调整所述第二接收时间段在所述时间间隙中的结束点对齐所述第一发送时间段的结束点。

具体实施例中，在所述同步模块 503 在所述时间间隙中调整所述第二接收时间段，以使所述第二接收时间段与所述第一发送时间段保持同步之后，所述发射模块具体用于，在所述第二发送时间段，发送所述第二通信消息至第一车辆的雷达设备。

需要说明，图 13 实施例中未提及的内容以及各个功能单元的具体实现，可参考图 5 或图 10 实施例的描述，这里不再赘述。

在上文所述实施例中，可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者任意组合来实现。当使用软件实现时，可以全部或者部分地以计算机程序产品的形式实现。所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令，在计算机上加载和执行所述计算机程序指令时，全部或部分地产生按照本发明实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络或其他可编程装置。所述计算机指令可存储在计算机可读存储介质中，或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输，例如，所述计算机指令可以从一个网络站点、计算机、服务器或数据中心通过有线（例如同轴电缆、光纤、数字用户线）或无线（例如红外、微波等）方式向另一个网络站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质，也可以是包含一个或多个可用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质（例如软盘、硬盘、磁带等）、光介质（例如 DVD 等）、或者半导体介质（例如固态硬盘）等等。

在上述实施例中，对各个实施例的描述各有侧重，某个实施例中未详述的部分，可以参见其他实施例的相关描述。

## 权利要求

1、一种车辆雷达通信一体化的实现方法，其特征在于，所述方法包括：

第一车辆的雷达设备通过控制器局域网络 CAN 接口获取第一通信消息；

所述雷达设备将所述第一通信消息调制为第一载波信号，所述第一载波信号的工作频点处于所述雷达设备的工作频段；

所述雷达设备通过所述雷达设备的发射天线发送周期性的雷达信号，并在发送当前周期的雷达信号与发送下一周期的雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送所述第一载波信号。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述在发送当前周期的雷达信号与发送下一周期的雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送所述第一载波信号，包括：

通过所述雷达设备的单片微波集成电路 MMIC 将所述第一载波信号和所述当前周期的雷达信号组合为雷达通信一体化的信号帧，所述雷达通信一体化的信号帧包括交替的雷达信号和所述第一载波信号；

通过所述发射天线向第二车辆发送所述雷达通信一体化的信号帧。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述时间间隙包括第一发送时间段和第一接收时间段，所述第一发送时间段表示所述雷达设备发送所述第一载波信号的时间窗口；所述第一接收时间段表示所述雷达设备接收所述第二车辆的第二载波信号的时间窗口，所述第二载波信号用于答复所述第一载波信号；

所述在发送当前周期的雷达信号与发送下一周期的雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送所述第一载波信号，包括：

在所述第一发送时间段内，通过所述雷达设备的发射天线向第二车辆发送所述第一载波信号；

相应地，所述方法还包括：

在所述第一接收时间段内，所述雷达设备通过所述雷达设备的接收天线接收所述第二车辆返回的第二载波信号，所述第二载波信号承载着所述第二车辆对所述第一通信消息进行答复的第二通信消息。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，

所述第一通信消息包括第一同步信息，所述第一同步信息用于指示所述第一发送时间段，以使所述第二车辆根据所述第一发送时间段调整所述第二车辆的第二接收时间段来保持与所述第一发送时间段同步，所述第二接收时间段表示所述第二车辆接收所述第一载波信号的时间窗口。

5、根据权利要求 3 或 4 所述的方法，其特征在于，所述第二通信消息包括第二同步信息，所述第二同步信息用于指示第二发送时间段，所述第二发送时间段表示所述第二车辆的雷达设备发送所述第二通信消息的时间窗口；所述方法还包括：

所述雷达设备根据所述第二同步信息得到所述第二发送时间段；

所述雷达设备在所述时间间隙中调整所述第一接收时间段，以使所述第一接收时间段保持与所述第二发送时间段同步，且所述第一接收时间段与所述第二发送时间段的时长一致。

6、根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法，其特征在于，

所述第一通信消息还包括以下至少一项：所述第一车辆的状态信息、对所述第二车辆的状态信息的请求；所述第一车辆的状态信息用于指示所述第一车辆的行驶速度、加速度、转向或位置中的一项或多项；所述对所述第二车辆的状态信息的请求表示对所述第二车辆的行驶速度、加速度、转向或位置中的一项或多项的请求。

7、一种车辆雷达通信一体化的实现方法，其特征在于，所述方法包括：

第二车辆的雷达设备通过所述雷达设备的接收天线接收第一车辆在发送相邻周期的雷达信号之间的时间间隙内发送的第一载波信号；

所述雷达设备解调所述第一载波信号得到第一通信消息。

8、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述第一通信消息包括第一同步信息，所述第一同步信息用于指示第一发送时间段，所述第一发送时间段表示所述第一车辆发送所述第一载波信号的时间窗口；所述第二车辆的雷达设备配置有第二接收时间段和第二发送时间段，所述第二接收时间段和所述第二发送时间段皆处于所述雷达设备发送相邻周期的雷达信号之间的时间间隙内，所述第二接收时间段与所述第二发送时间段之间具有固定时间间隔，所述固定时间间隔为大于或等于 0 的正数；所述第二接收时间段表示所述雷达设备接收所述第一载波信号的时间窗口，所述第二发送时间段表示所述雷达设备向所述第一车辆发送第二载波信号的时间窗口，所述第二载波信号用于答复所述第一载波信号；

所述雷达设备解调所述第一载波信号得到第一通信消息之后，所述方法包括：

所述雷达设备通过所述雷达设备的微控制器 MCU 调整所述第二接收时间段，以使所述第二接收时间段保持与所述第一发送时间段同步，且所述第二接收时间段与所述第一发送时间段的时长一致；

相应的，所述方法还包括：

在所述第二发送时间段内，所述雷达设备通过所述雷达设备的发送天线向第一车辆返回所述第二载波信号，所述第二载波信号承载着所述第二车辆对所述第一通信消息进行答复的第二通信消息。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，

所述第二通信消息包括第二同步信息，所述第二同步信息用于指示所述第二发送时间段，以使所述第一车辆根据所述第二发送时间段调整所述第一车辆的第一接收时间段来保持与所述第二发送时间段同步，所述第一接收时间段表示所述第一车辆接收所述第二载波信号的时间窗口。

10、一种雷达设备，其特征在于，所述雷达设备包括 CAN 接口、微控制器 MCU、单片微波集成电路 MMIC、发射天线和接收天线，所述 MCU 分别连接所述 CAN 接口和所述 MMIC，所述 MMIC 还分别连接所述发射天线和所述接收天线，其中：

所述 CAN 接口用于，获取第一通信消息；

所述 MMIC 用于，调制所述第一通信消息为第一载波信号，所述第一载波信号的工作频点处于所述第一车辆的雷达设备的工作频段；

所述 MMIC 还用于，生成周期性的雷达信号；

所述发射天线用于，外发送周期性的雷达信号，并在发送当前周期的雷达信号与发送下一周期的雷达信号之间的时间间隙内，向第二车辆发送所述第一载波信号。

11、根据权利要求 10 所述的雷达设备，其特征在于，

所述 MMIC 还用于，将所述第一载波信号和所述当前周期的雷达信号组合为雷达通信一体化的信号帧，所述雷达通信一体化的信号帧包括交替的雷达信号和所述第一载波信号；

所述发射天线还用于，向第二车辆的雷达设备发送所述雷达通信一体化的信号帧。

12、根据权利要求 10 或 11 所述的雷达设备，其特征在于，所述时间间隙包括第一发送时间段和第一接收时间段，所述第一发送时间段表示所述雷达设备发送所述第一载波信号的时间窗口；所述第一接收时间段表示所述雷达设备接收所述第二车辆的第二载波信号的时间窗口，所述第二载波信号用于答复所述第一载波信号；

所述发射天线具体用于，在所述第一发送时间段内，向所述第二车辆发送所述第一载波信号；

所述接收天线用于，在所述第一接收时间段内，接收所述第二车辆返回的第二载波信号，所述第二载波信号承载着所述第二车辆对所述第一通信消息进行答复的第二通信消息。

13、根据权利要求 12 所述的雷达设备，其特征在于，

所述第一通信消息包括第一同步信息，所述第一同步信息用于指示所述第一发送时间段，以使所述第二车辆根据所述第一发送时间段调整所述第二车辆的第二接收时间段来保持与所述第一发送时间段同步，所述第二接收时间段表示所述第二车辆接收所述第一载波信号的时间窗口。

14、根据权利要求 12 或 13 所述的雷达设备，其特征在于，所述第二通信消息包括第二同步信息，所述第二同步信息用于指示第二发送时间段，所述第二发送时间段表示所述第二车辆的雷达设备发送所述第二通信消息的时间窗口；

所述 MCU 具体用于，根据所述第二同步信息得到所述第二发送时间段；

所述 MCU 还用于，在所述时间间隙中调整所述第一接收时间段，以使所述第一接收时间段保持与所述第二发送时间段同步，且所述第一接收时间段与所述第二发送时间段的时长一致。

15、根据权利要求 10 至 14 任一项所述的雷达设备，其特征在于，

所述第一通信消息还包括以下至少一项：所述第一车辆的状态信息、对所述第二车辆的状态信息的请求；所述第一车辆的状态信息用于指示所述第一车辆的行驶速度、加速度、转向或位置中的一项或多项；所述对所述第二车辆的状态信息的请求表示对所述第二车辆的行驶速度、加速度、转向或位置中的一项或多项的请求。

16、一种雷达设备，其特征在于，所述雷达设备包括微控制器 MCU、单片微波集成电路 MMIC、发射天线和接收天线，所述 MMIC 分别连接所述 MCU、所述发射天线和所述接收天线，其中：

所述接收天线用于，接收第一车辆在发送相邻周期的雷达信号之间的时间间隙内发送的第一载波信号；

所述 MMIC 用于，解调所述第一载波信号得到第一通信消息。

17、根据权利要求 16 所述的雷达设备，其特征在于，

所述第一通信消息包括第一同步信息，所述第一同步信息用于指示第一发送时间段，所述第一发送时间段表示所述第一车辆发送所述第一载波信号的时间窗口；所述第二车辆的雷达设备配置有第二接收时间段和第二发送时间段，所述第二接收时间段和所述第二发送时间段皆处于所述雷达设备发送相邻周期的雷达信号之间的时间间隙内，所述第二接收时间段与所述第二发送时间段之间具有固定时间间隔，所述固定时间间隔为大于或等于 0 的正数；所述第二接收时间段表示所述雷达设备接收所述第一载波信号的时间窗口，所述第二发送时间段表示所述雷达设备向所述第一车辆发送第二载波信号的时间窗口，所述第二载波信号用于答复所述第一载波信号；

所述 MCU 用于，调整所述第二接收时间段，以使所述第二接收时间段保持与所述第一发送时间段同步，且所述第二接收时间段与所述第一发送时间段的时长一致；

所述发射天线用于，向第一车辆返回所述第二载波信号，所述第二载波信号承载着所述第二车辆对所述第一通信消息进行答复的第二通信消息。

18、根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，

所述第二通信消息包括第二同步信息，所述第二同步信息用于指示所述第二发送时间段，以使所述第一车辆根据所述第二发送时间段调整所述第一车辆的第一接收时间段来保持与所述第二发送时间段同步，所述第一接收时间段表示所述第一车辆接收所述第二载波信号的时间窗口。

19、一种车辆设备，包括电子控制器 ECU 和雷达设备，所述 ECU 和雷达设备通过 CAN 总线连接，其特征在于，所述雷达设备为如权利要求 10-15 任一项所述的雷达设备或如权利要求 16-18 任一项所述的雷达设备。

20、一种通信系统，包括：第一车辆和第二车辆；其中：

所述第一车辆包括：如权利要求 10-15 任一项所述的雷达设备；

所述第二车辆包括：如权利要求 16-18 任一项所述的雷达设备。

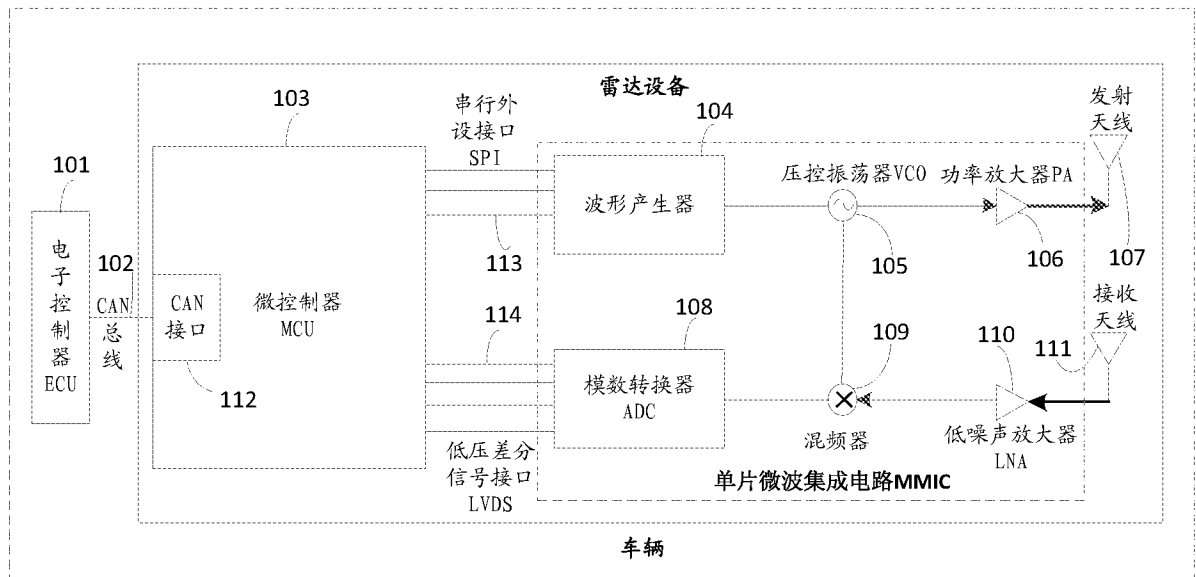


图 1

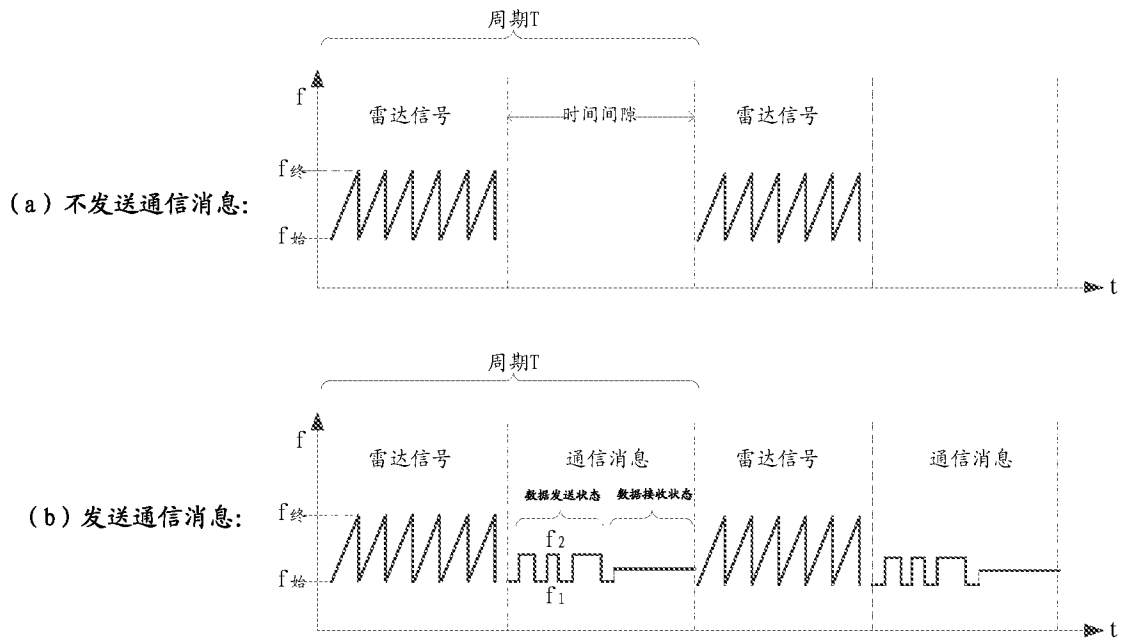


图 2

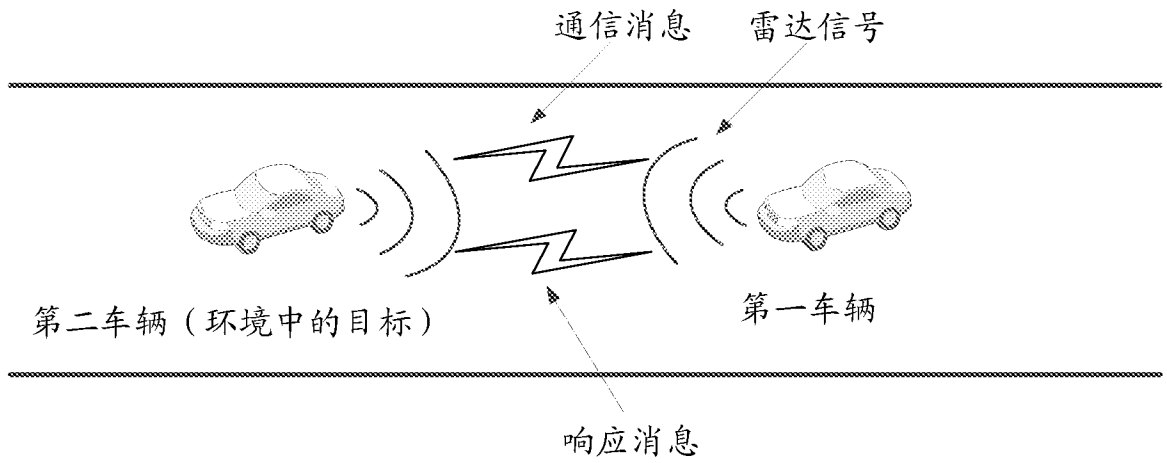


图 3

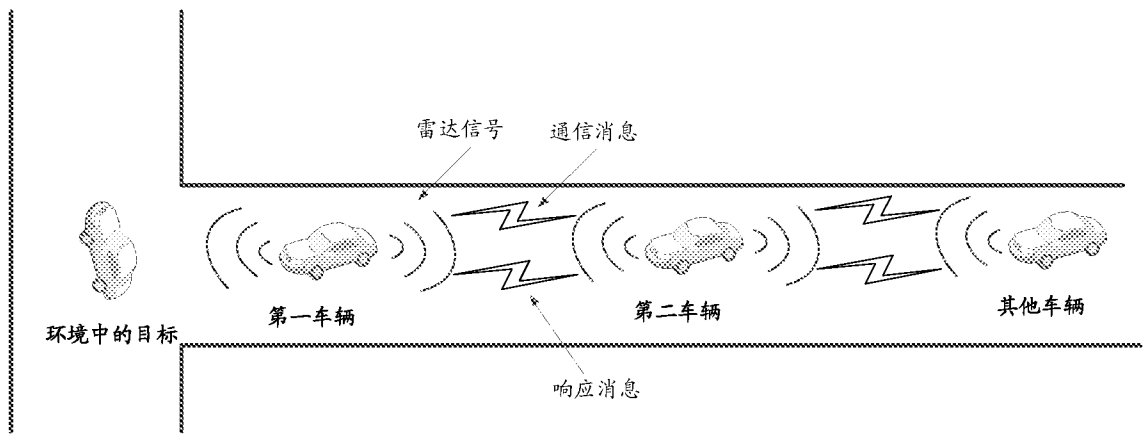


图 4

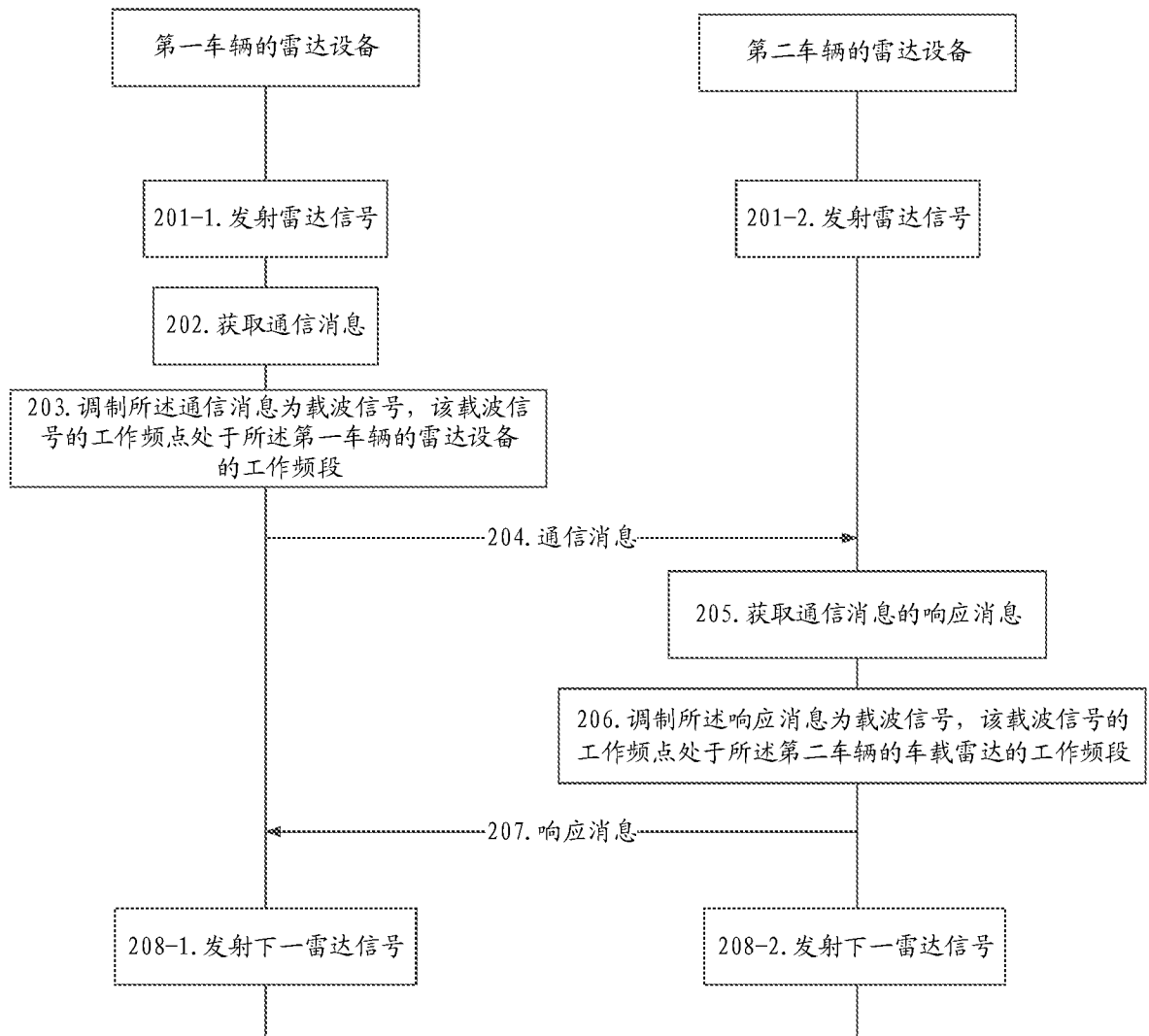


图 5

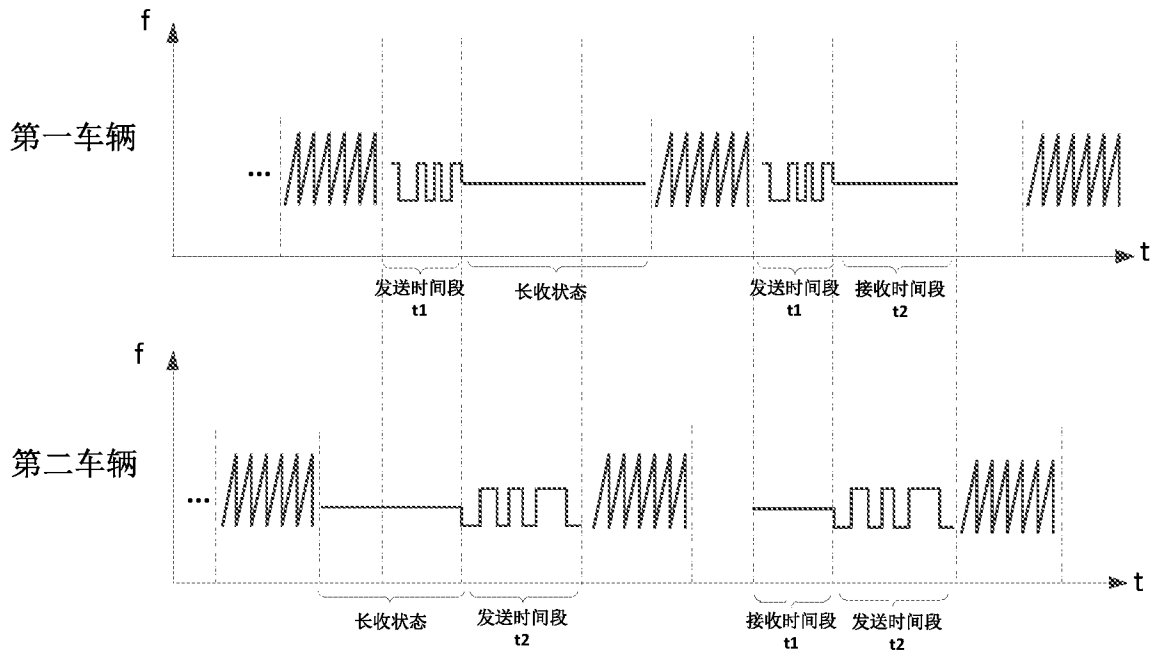


图 6

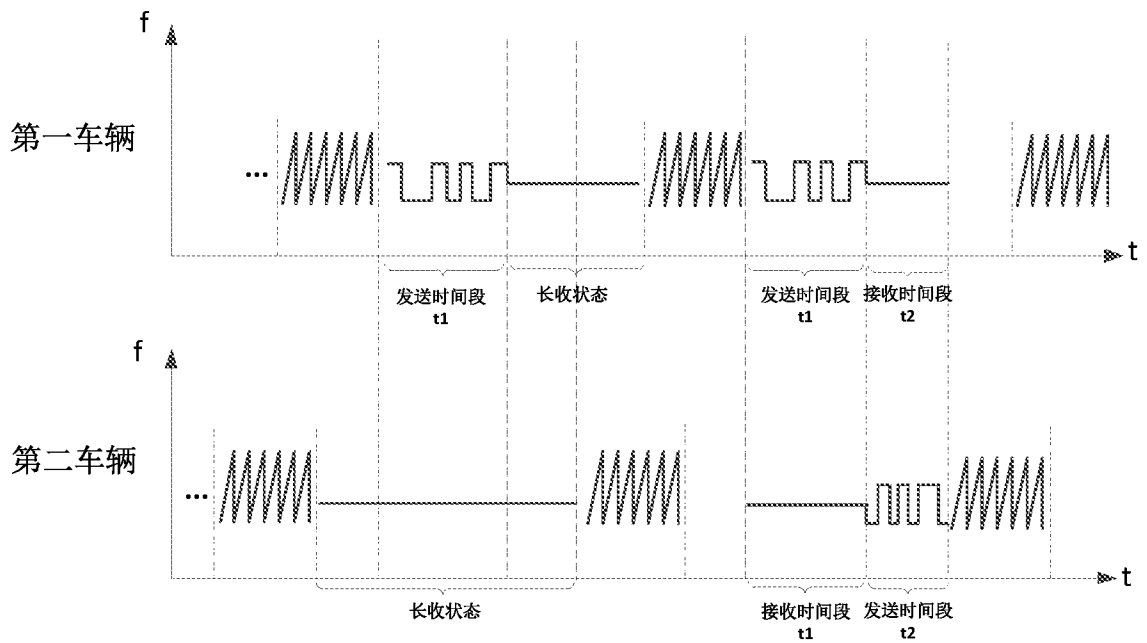


图 7

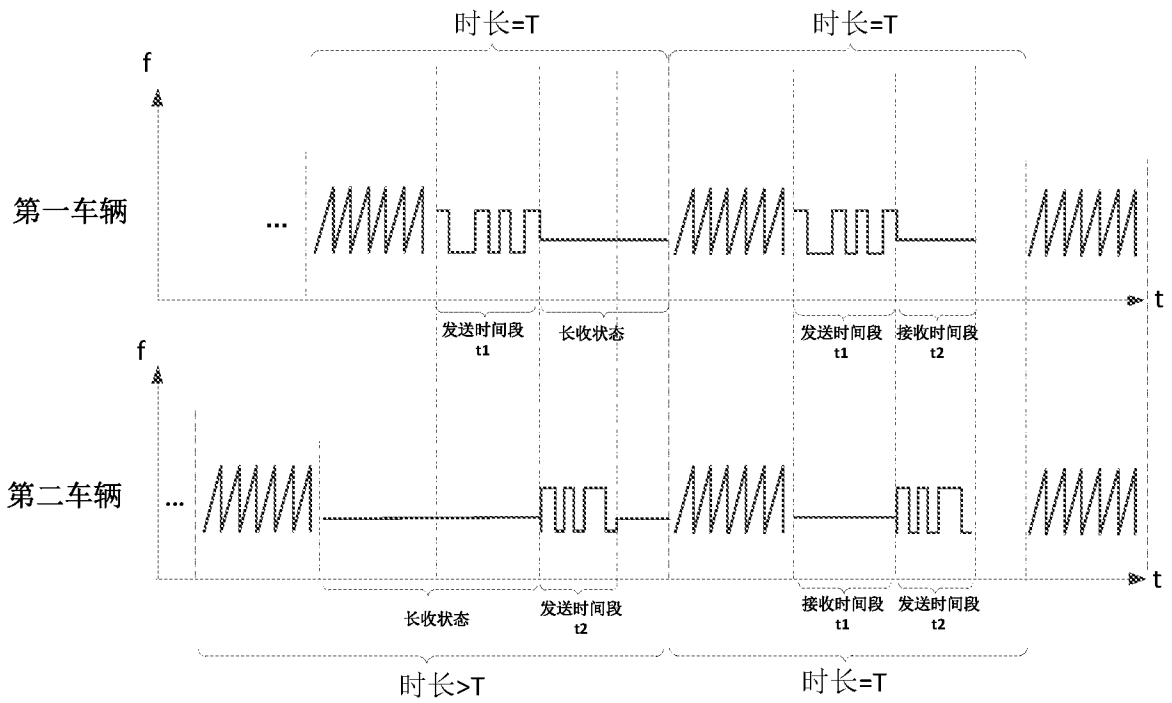


图 8

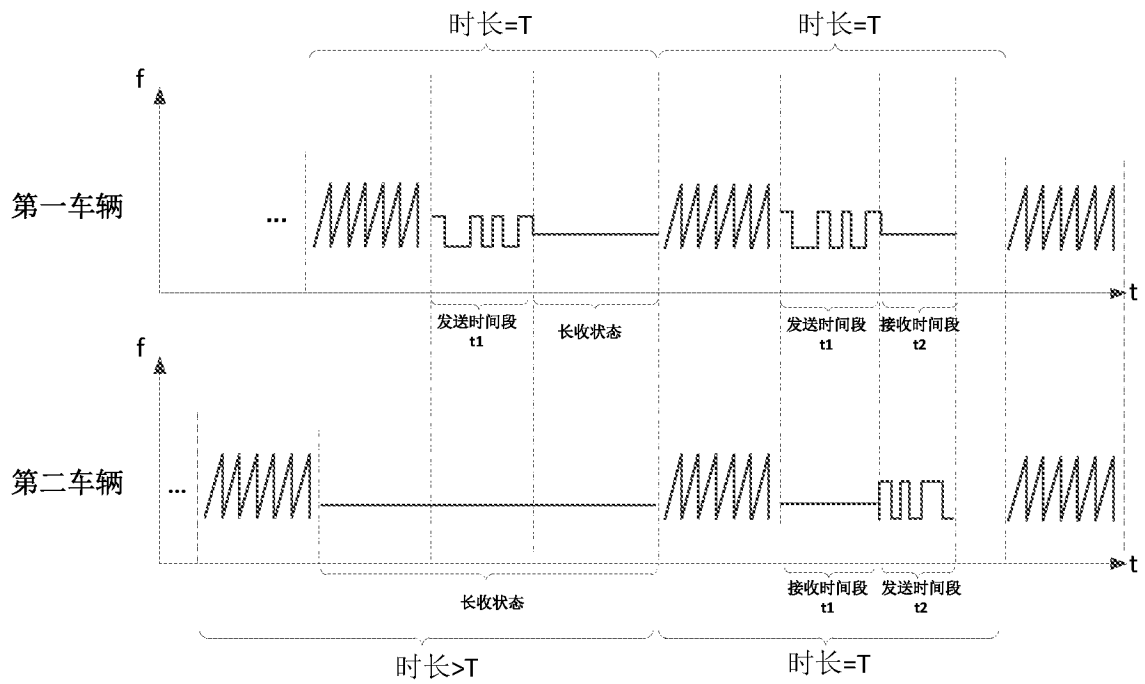


图 9

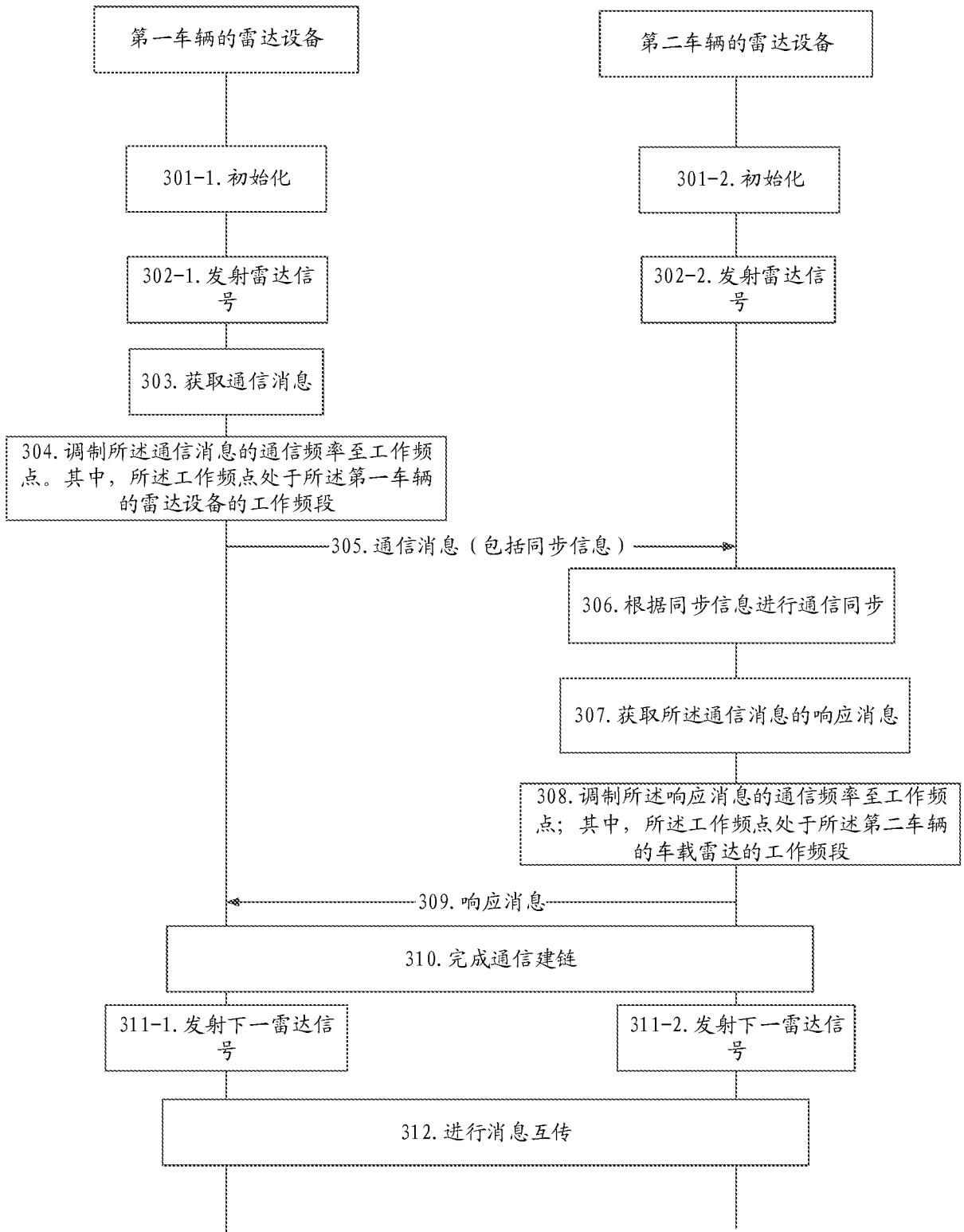


图 10

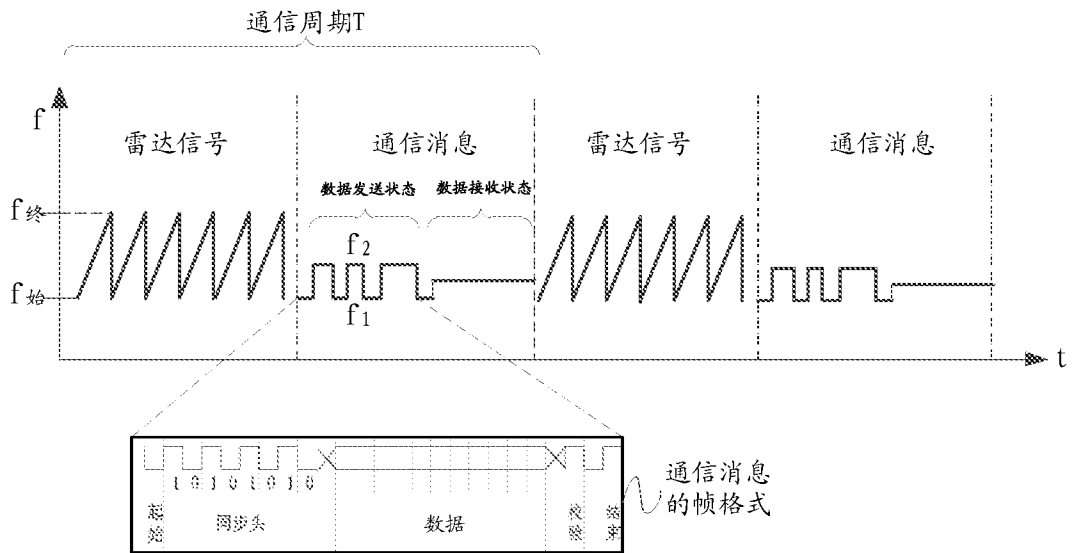


图 11

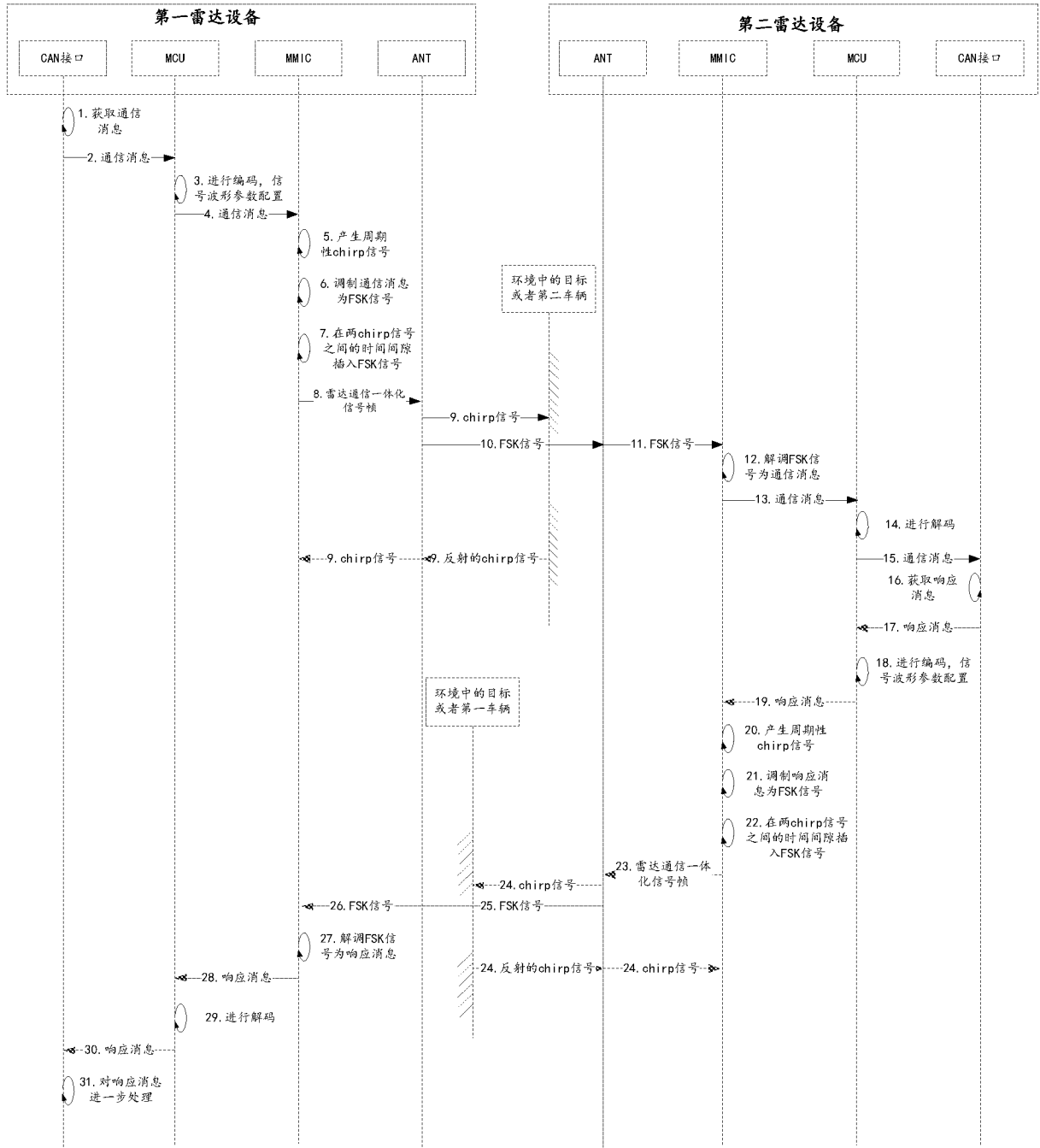


图 12

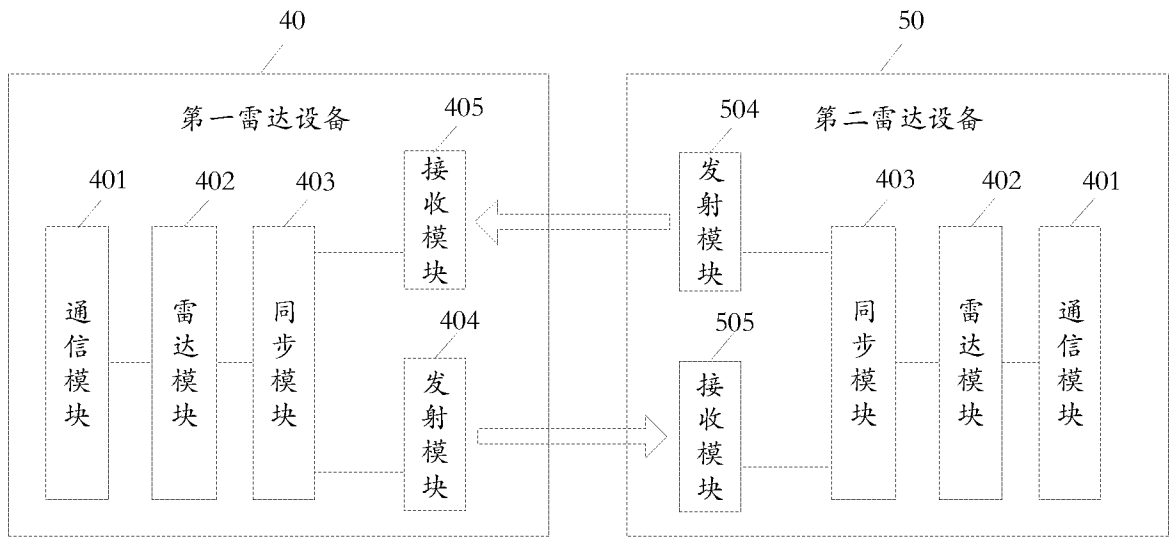


图 13

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/125831

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H04W 4/46(2018.01)i; G01S 13/86(2006.01)n; G01S 13/93(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04W; H04L; G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNKI, CNTXT, VEN, IEEE, WOTXT, USTXT, EPTXT: 雷达, 通信, 一体, 综合, 车, 周期, 同步, radar, communication, integral, car, vehicle, period, synchronization

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007164896 A1 (HITACHI LTD.) 19 July 2007 (2007-07-19) description, paragraphs 0029-0060, and figures 2-4, 5A, 5B, 6-8, 10A, and 10B	1-3, 6, 7, 10-12, 15, 16, 19-10
Y	US 2007164896 A1 (HITACHI LTD.) 19 July 2007 (2007-07-19) description, paragraphs 0029-0060, and figures 2-4, 5A, 5B, 6-8, 10A, and 10B	4, 5, 8, 9, 13, 14, 17, 18
Y	JP 2007264932 A (KYOCERA CORPORATION) 11 October 2007 (2007-10-11) description, paragraphs 0010-0021, and figures 1 and 2	4, 5, 8, 9, 13, 14, 17, 18
A	CN 103576143 A (AUDI AG.) 12 February 2014 (2014-02-12) entire document	1-20
A	US 2017310758 A1 (UHNDER INC.) 26 October 2017 (2017-10-26) entire document	1-20
A	KR 20120123900 A (HYUNDAI MOBIS CO., LTD.) 12 November 2012 (2012-11-12) entire document	1-20
A	JP 2007189436 A (TOYOTA MOTOR CORPORATION) 26 July 2007 (2007-07-26) entire document	1-20

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 March 2019

Date of mailing of the international search report

19 March 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China (ISA/  
CN)  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing  
100088  
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2018/125831**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2007164896	A1	19 July 2007	JP	2007132768	A	31 May 2007
				EP	1785744	A1	16 May 2007
JP	2007264932	A	11 October 2007	None			
CN	103576143	A	12 February 2014	EP	2693230	B1	05 October 2016
				ES	2601953	T3	16 February 2017
				CN	103576143	B	13 January 2016
				US	9389312	B2	12 July 2016
				EP	2693230	A1	05 February 2014
				DE	102012015250	A1	06 February 2014
				US	2014035774	A1	06 February 2014
US	2017310758	A1	26 October 2017	US	9954955	B2	24 April 2018
				US	2018241822	A1	23 August 2018
				WO	2017187331	A1	02 November 2017
KR	20120123900	A	12 November 2012	None			
JP	2007189436	A	26 July 2007	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/125831

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H04W 4/46(2018.01)i; G01S 13/86(2006.01)n; G01S 13/93(2006.01)n</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																																						
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H04W; H04L; G01S</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNABS, CNKI, CNTXT, VEN, IEEE, WOTXT, USTXT, EPTXT: 雷达, 通信, 一体, 综合, 车, 周期, 同步, radar, communication, integral, car, vehicle, period, synchronization</p>																																						
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 2007164896 A1 (HITACHI LTD.) 2007年 7月 19日 (2007 - 07 - 19) 说明书第0029-0060段, 附图2-4、5A、5B、6-8、10A、10B</td> <td>1-3、6-7、10-12、15-16、19-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>US 2007164896 A1 (HITACHI LTD.) 2007年 7月 19日 (2007 - 07 - 19) 说明书第0029-0060段, 附图2-4、5A、5B、6-8、10A、10B</td> <td>4-5、8-9、13-14、17-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2007264932 A (KYOCERA CORP.) 2007年 10月 11日 (2007 - 10 - 11) 说明书第0010-0021段, 附图1-2</td> <td>4-5、8-9、13-14、17-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103576143 A (奥迪股份公司) 2014年 2月 12日 (2014 - 02 - 12) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2017310758 A1 (UHANDER INC.) 2017年 10月 26日 (2017 - 10 - 26) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 20120123900 A (HYUNDAI MOBIS CO., LTD.) 2012年 11月 12日 (2012 - 11 - 12) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2007189436 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 2007年 7月 26日 (2007 - 07 - 26) 全文</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <table border="1"> <tr> <td>* 引用文件的具体类型:</td> <td>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</td> </tr> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</td> <td>“&amp;” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</td> <td></td> </tr> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	US 2007164896 A1 (HITACHI LTD.) 2007年 7月 19日 (2007 - 07 - 19) 说明书第0029-0060段, 附图2-4、5A、5B、6-8、10A、10B	1-3、6-7、10-12、15-16、19-10	Y	US 2007164896 A1 (HITACHI LTD.) 2007年 7月 19日 (2007 - 07 - 19) 说明书第0029-0060段, 附图2-4、5A、5B、6-8、10A、10B	4-5、8-9、13-14、17-18	Y	JP 2007264932 A (KYOCERA CORP.) 2007年 10月 11日 (2007 - 10 - 11) 说明书第0010-0021段, 附图1-2	4-5、8-9、13-14、17-18	A	CN 103576143 A (奥迪股份公司) 2014年 2月 12日 (2014 - 02 - 12) 全文	1-20	A	US 2017310758 A1 (UHANDER INC.) 2017年 10月 26日 (2017 - 10 - 26) 全文	1-20	A	KR 20120123900 A (HYUNDAI MOBIS CO., LTD.) 2012年 11月 12日 (2012 - 11 - 12) 全文	1-20	A	JP 2007189436 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 2007年 7月 26日 (2007 - 07 - 26) 全文	1-20	* 引用文件的具体类型:	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性	“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“&” 同族专利的文件	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件		“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																																				
X	US 2007164896 A1 (HITACHI LTD.) 2007年 7月 19日 (2007 - 07 - 19) 说明书第0029-0060段, 附图2-4、5A、5B、6-8、10A、10B	1-3、6-7、10-12、15-16、19-10																																				
Y	US 2007164896 A1 (HITACHI LTD.) 2007年 7月 19日 (2007 - 07 - 19) 说明书第0029-0060段, 附图2-4、5A、5B、6-8、10A、10B	4-5、8-9、13-14、17-18																																				
Y	JP 2007264932 A (KYOCERA CORP.) 2007年 10月 11日 (2007 - 10 - 11) 说明书第0010-0021段, 附图1-2	4-5、8-9、13-14、17-18																																				
A	CN 103576143 A (奥迪股份公司) 2014年 2月 12日 (2014 - 02 - 12) 全文	1-20																																				
A	US 2017310758 A1 (UHANDER INC.) 2017年 10月 26日 (2017 - 10 - 26) 全文	1-20																																				
A	KR 20120123900 A (HYUNDAI MOBIS CO., LTD.) 2012年 11月 12日 (2012 - 11 - 12) 全文	1-20																																				
A	JP 2007189436 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 2007年 7月 26日 (2007 - 07 - 26) 全文	1-20																																				
* 引用文件的具体类型:	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件																																					
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性																																					
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性																																					
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“&” 同族专利的文件																																					
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件																																						
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件																																						
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																																					
2019年 3月 11日	2019年 3月 19日																																					
ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员																																					
中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	傅琦																																					
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-(010)-62089143																																					

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/125831

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
US	2007164896	A1	2007年 7月 19日	JP	2007132768	A	2007年 5月 31日
				EP	1785744	A1	2007年 5月 16日
JP	2007264932	A	2007年 10月 11日	无			
CN	103576143	A	2014年 2月 12日	EP	2693230	B1	2016年 10月 5日
				ES	2601953	T3	2017年 2月 16日
				CN	103576143	B	2016年 1月 13日
				US	9389312	B2	2016年 7月 12日
				EP	2693230	A1	2014年 2月 5日
				DE	102012015250	A1	2014年 2月 6日
				US	2014035774	A1	2014年 2月 6日
US	2017310758	A1	2017年 10月 26日	US	9954955	B2	2018年 4月 24日
				US	2018241822	A1	2018年 8月 23日
				WO	2017187331	A1	2017年 11月 2日
KR	20120123900	A	2012年 11月 12日	无			
JP	2007189436	A	2007年 7月 26日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)