

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021年2月25日 (25.02.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/031077 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04L 1/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/101409
- (22) 国际申请日: 2019年8月19日 (19.08.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 刘劲楠 (LIU, Jinnan); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 周沐 (ZHOU, Mu); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 劳大鹏 (LAO, Dapeng); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: 北京同达信恒知识产权代理有限公司 (TDIP & PARTNERS); 中国北京市西城区裕民路18号北环中心A座2002, Beijing 100029 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, 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,

(54) Title: SIGNAL TRANSMISSION METHOD AND DEVICE, SIGNAL PROCESSING METHOD AND DEVICE, AND RADAR SYSTEM

(54) 发明名称: 信号传输方法及装置、信号处理方法及装置以及雷达系统

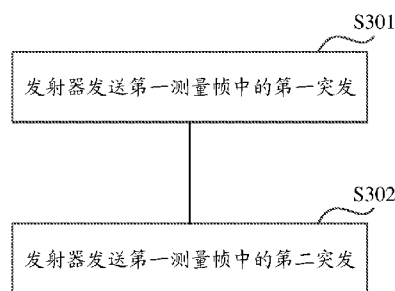


图 3

S301 A transmitter sends a first burst in a first measurement frame

S302 The transmitter sends a second burst in the first measurement frame

(57) Abstract: A signal transmission method and device, a signal processing method and device, and a radar system, capable of enabling a multiple input multiple output (MIMO) radar to accurately restore the speed of a target to a speed measurement range of an SIMO radar, the signal transmission method being applied to the MIMO radar. The MIMO radar comprises a transmitter comprising a plurality of transmitting antennas. The signal transmission method comprises: a transmitter sending a first burst in a first measurement frame, the first measurement frame being used to measure the speed of a target, during sending of the first burst, each of the plurality of transmitting antennas sending a chirp signal in a time division manner; and after the transmitter sends the first burst in the first measurement frame, the transmitter sending a second burst in the first measurement frame, wherein when the second burst is sent, there is one transmitting antenna used to send the chirp signal.



WO 2021/031077 A1

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：一种信号传输方法及装置、信号处理方法及装置以及雷达系统，使得MIMO雷达能够准确地将目标的速度恢复到SIMO雷达的测速范围，信号传输方法应用于多输入多输出MIMO雷达，MIMO雷达包括发射器，发射器包括多个发射天线，信号传输方法包括：发射器发送第一测量帧中的第一突发，第一测量帧用于测量目标的速度，在发送第一突发时，多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号；在发射器发送第一测量帧中的第一突发后，发射器发送第一测量帧中的第二突发；在发送第二突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个。

信号传输方法及装置、信号处理方法及装置以及雷达系统

技术领域

本申请涉及传感器技术领域，尤其涉及一种信号传输方法及装置、信号处理方法及装置以及雷达系统。

5

背景技术

车载雷达是自动驾驶系统中必不可少的传感器，通过车载雷达可以为车辆提供障碍物（也可以称为目标）检测。具体地，可以对车辆周围障碍物的距离、速度和方位角进行检测。

10 近年来，车载雷达技术不断演进，例如频段从24GHz逐渐演进到77GHz/79GHz，从而通过更大的扫描带宽获得更高的距离分辨率；通道数由单发射多接收（single input multiple output, SIMO）的模式，演进到多发射多接收（multiple input multiple output, MIMO）的模式，从而扩大虚拟天线口径，提高角度分辨率。

15 MIMO雷达中，多个天线可以采用时分复用（time division multiplexing, TDM）的方式发送啁啾（chirp）信号。虽然采用MIMO雷达可以提高角度分辨率，但是MIMO雷达存在最大测速范围下降的问题。通常，雷达的最大测速范围可以表示为 $V_{\max} = \lambda / 4 * T_c$ ，其中 λ 为调制频率的波长， T_c 为同一根天线重复发送的周期。假设单个天线发送一个chirp的持续时间为 T_{c_SIMO} （可以称为一个时隙）。那么，TDM MIMO雷达中， N_t 个天线采用TDM方式发送 N_t 个chirp信号时，需要的时间 T_{c_MIMO} 满足： $T_{c_MIMO} \geq N_t * T_{c_SIMO}$ 。因此，
20 采用 N_t 个天线发送chirp时的最大测速范围 V_{\max_MIMO} 和采用单个天线发送chirp时的最大测速范围 V_{\max_SIMO} （即SIMO雷达的测速范围）的关系可以表示为： $V_{\max_SIMO} \geq N_t * V_{\max_MIMO}$ 。通过上述公式可以看出，MIMO雷达中，由于发射天线的数目增多，导致最大测速范围与SIMO雷达相比下降。而且发射天线的数量 N_t 越多，最大测速范围下降的问题越严重。在最大测速范围下降的情况下，在计算目标的速度时更易发生速度混叠的情况。此外，由于TDM MIMO雷达中速度和角度的测量耦合，使得速度的混叠影响角度的求解，达不到预期的提高角度分辨率的目的。
25

综上，亟需一种MIMO雷达的信号传输及处理的方案，使得MIMO雷达能够准确将目标的速度恢复到SIMO雷达的测速范围。

30 发明内容

本申请实施例提供了一种信号传输方法及装置、信号处理方法及装置以及雷达系统，使得MIMO雷达能够准确地将目标的速度恢复到SIMO雷达的测速范围。

35 第一方面，本申请实施例提供一种信号传输方法，该方法应用于多输入多输出MIMO雷达，MIMO雷达包括发射器，发射器包括多个发射天线，该信号传输方法包括：发射器发送第一测量帧中的第一突发，该第一测量帧用于测量目标的速度，在发送第一突发时，多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号；在发射器发送第一测量帧中的第一突发后，发射器发送第一测量帧中的第二突发，在发送第二突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个。

采用上述方案，可以通过采用MIMO方式发送的第一突发反射后形成的回波信号以及在第一突发之后采用SIMO方式发送的第二突发反射后形成的回波信号进行目标的速度范围搜索，从而匹配出一个或多个目标的速度混叠系数，将MIMO雷达的测速范围恢复到SIMO测速范围。同时，还可以降低MIMO谱峰搜索的复杂度，降低通道相位噪声对重叠阵子的影响。另外由于回波信号强度与距离的4次方成反比，那么在MIMO突发（即第一突发）后发送SIMO突发（即第二突发），可以使得快速运动目标在SIMO上运动到更近的距离，从而在一定程度上缓解快速运动目标在SIMO突发中的回波信号弱的问题。

此外，在发射器发送第一测量帧中的第一突发之前，还包括：发射器发送第一测量帧中的第三突发；在发送第三突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个，发送第三突发的发射天线和发送第二突发的发射天线为同一发射天线；其中，发射器以P%的占空比发送该第一测量帧， $P < 100$ ，该占空比等于第一时长与第二时长的比值。其中，第一时长为第一测量帧的持续时长，第二时长为发射器发送的相邻两个测量帧之间的时间差。采用上述方案，在一个测量帧中发送三个突发，其中在中间位置发送的第一突发采用MIMO方式发送，其前缀和后缀采用SIMO形式发送，那么，在对该测量帧经一个或多个目标反射后形成的回波信号进行处理时，可以选择两个采用SIMO方式发送的突发进行速度匹配，使得目标速度的计算更为简单。此外，还可以在在一定程度上缓解快速运动目标的散射中心随发射时间移动的问题。此外，发射器以P%的占空比发送该第一测量帧，那么在每个测量周期内，在发送测量帧后，有一定的空闲时间和处理时间，然后再发送下一个测量帧，因而存在占空比P%。

此外，在发射器发送第一测量帧之后，还包括：发射器发送第二测量帧中的第四突发，第二测量帧用于测量目标的速度，在发送第四突发时，多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号；在发射器发送第二测量帧中的第四突发后，发射器发送第二测量帧中的第五突发，在发送第五突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个；第五突发、第二突发和第三突发的发送参数相同。具体地，发送参数包括发射斜率、发射天线、发射chirp信号的数量、每个chirp信号的持续时间等。采用上述方案，在计算目标的速度时，可以将第一测量帧中的第二突发视为第二测量帧中的SIMO前缀，从而达到减小发送开销的效果。

在一种可能的设计中，在第一突发中，多个发射天线中的每个发射天线发送的chirp信号的数量不同。采用上述方案，若第一突发中每个发射天线发送的chirp信号的数量不同，则可以利用高密度发送的天线进一步降低谱峰搜索的复杂度。

在一种可能的设计中，第一测量帧为调频连续波FMCW、多频移键控MFSK或调相连续波PMCW中的任一种。

此外，MIMO雷达还可以包括处理单元，那么，该方法还包括：处理单元确定第一测量帧的配置，并通过接口将第一测量帧的配置发送至单片微波集成电路MMIC，MMIC用于根据第一测量帧的配置使能发射器发送第一测量帧。采用上述方案，可以为MMIC配置相关参数，从而完成第一测量帧的发送。

第二方面，本申请实施例还提供一种信号处理方法，该方法应用于MIMO雷达，MIMO雷达包括发射器、接收器和处理单元，发射器包括多个发射天线。具体地，该信号处理方法包括：接收器接收第一回波信号和第二回波信号，第一回波信号由发射器发送的测量帧中的第一突发经一个或多个目标反射后形成，第二回波信号由测量帧中的第二突发经一个

或多个目标反射后形成，第二突发在第一突发之后发送；在发送第一突发时，多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号；在发送第二突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个；处理单元根据接收器接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度。

5 采用第二方面提供的信号处理方法，可以通过采用MIMO方式发送的第一突发反射后形成的回波信号以及在第一突发之后采用SIMO方式发送的第二突发反射后形成的回波信号进行目标的速度范围搜索，从而匹配出一个或多个目标的速度混叠系数，将MIMO雷达的测速范围恢复到SIMO测速范围。

在一种可能的设计中，处理单元根据接收器接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度，包括：处理单元根据第一回波信号确定第一标识，第一标识用于指示一个或多个目标的距离测量值和速度测量值；处理单元根据第二回波信号确定第二标识，第二标识用于指示一个或多个目标的距离测量值和速度测量值；处理单元根据第一标识和第二标识确定一个或多个目标的速度。采用上述方案，可以根据两组目标标识（即第一标识和第二标识）确定目标的速度混叠系数，进而确定目标的速度。

15 在一种可能的设计中，处理单元根据第一标识和第二标识确定一个或多个目标的速度，包括：处理单元根据第一突发中第一发射天线发送的重复周期确定第一标识对应的混叠系数区间；处理单元根据第一标识、第二标识和混叠系数区间确定混叠系数子集；处理单元根据混叠系数子集确定速度混叠系数；处理单元根据速度混叠系数和第一标识确定一个或多个目标的速度。

此外，该方法还包括：接收器接收第三回波信号，第三回波信号由前述测量帧中的第三突发经一个或多个目标反射后形成，第三突发在第一突发之前发送；处理单元根据接收器接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度，包括：若一个或多个目标向远离雷达系统的方向移动，则处理单元根据第一回波信号和第三回波信号确定一个或多个目标的速度；若一个或多个目标向靠近雷达系统的方向移动，则处理单元根据第一回波信号和第二回波信号确定一个或多个目标的速度。采用上述方案，由于目标实际上在三个突发上会有移动。25 对于比较远的目标，这种移动会影响接收到的目标的信号强度。当目标远离时，目标与第二突发的距离越来越远，使得目标信号强度降低，那么第三突发中的数据更为可靠。而目标靠近时，目标与第二突发的距离越来越近，使得目标信号强度增大，那么第二突发中的数据更为可靠。

在一种可能的设计中，处理单元根据混叠系数子集确定速度混叠系数，包括：处理单元根据接收器接收到的回波信号确定虚拟MIMO子阵的观测结果；处理单元根据虚拟MIMO子阵的观测结果确定速度混叠系数；其中，虚拟MIMO子阵是由虚拟阵列中的虚拟阵元形成的均匀平面子阵或均匀线子阵，每个发射天线对应虚拟MIMO子阵中的虚拟阵元数相同，虚拟阵列由多个发射天线以及接收器包括的多个接收天线形成。采用上述方案，可以通过在虚拟阵列中选择多个阵元组成虚拟MIMO子阵，并对虚拟MIMO子阵的观测结果进行FFT，可以计算角度谱。35

在一种可能的设计中，处理单元根据混叠系数子集确定速度混叠系数，包括：处理单元根据接收器接收到的回波信号确定虚拟MIMO子阵的观测结果；处理单元根据虚拟MIMO子阵的观测结果确定速度混叠系数；其中，虚拟MIMO子阵是由虚拟阵列中的虚拟阵元形成的平面子阵或线子阵，通过线性插值获得的均匀平面子阵和均匀线子阵，每个发射天线对应虚拟MIMO子阵中的虚拟阵元数相同，虚拟阵列由多个发射天线以及接收器包40

括的多个接收天线形成。采用上述方案,若在虚拟阵列中无法找到符合上述条件(即MIMO子阵中每个阵元间的间距相等,每个发射天线对应的虚拟MIMO子阵的阵元数量相同)的虚拟MIMO子阵,则可以通过线性插值的方式形成虚拟MIMO子阵。

第三方面,本申请实施例提供一种信号传输装置,包括:发射器,该发射器包括多个发射天线,用于发送第一测量帧中的第一突发,第一测量帧用于测量目标的速度,在发送第一突发时,多个发射天线中的每个发射天线分时发送啁啾chirp信号;以及,在发送第一测量帧中的第一突发后,发送第一测量帧中的第二突发,在发送第二突发时,用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个。

在一种可能的设计中,该发射器还用于:在发送第一测量帧中的第一突发之前,发送第一测量帧中的第三突发;在发送第三突发时,用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个,发送第三突发的发射天线和发送第二突发的发射天线为同一发射天线;其中,发射器以P%的占空比发送第一测量帧, $P < 100$,占空比等于第一时长与第二时长的比值,第一时长为第一测量帧的持续时长,第二时长为发射器发送的相邻两个测量帧之间的时间差。

在一种可能的设计中,该发射器还用于:在发送第一测量帧之后,发送第二测量帧中的第四突发,第二测量帧用于测量目标的速度,在发送第四突发时,多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号;在发送第二测量帧中的第四突发后,发送第二测量帧中的第五突发,在发送第五突发时,用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个;第五突发、第二突发和第三突发的发送参数相同。

其中,发送参数包括以下一种或多种:发射斜率、发射天线、发送chirp信号的数量、或每个chirp信号的持续时间。

在一种可能的设计中,第一测量帧为调频连续波FMCW、多频移键控MFSK或调相连续波PMCW中的任一种。

在一种可能的设计中,该装置还包括:处理单元,用于确定第一测量帧的配置,并通过接口将第一测量帧的配置发送至单片微波集成电路MMIC,MMIC用于根据第一测量帧的配置使能发射器发送第一测量帧。

第四方面,本申请实施例提供一种信号处理装置,包括:接收器,用于接收第一回波信号和第二回波信号,第一回波信号由发射器发送的测量帧中的第一突发经一个或多个目标反射后形成,第二回波信号由测量帧中的第二突发经一个或多个目标反射后形成,第二突发在第一突发之后发送;在发送第一突发时,多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号;在发送第二突发时,用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个;处理单元,用于根据接收器接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度。

在一种可能的设计中,处理单元在根据接收器接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度是,具体用于:根据第一回波信号确定第一标识,第一标识用于指示一个或多个目标的距离测量值和速度测量值;根据第二回波信号确定第二标识,第二标识用于指示一个或多个目标的距离测量值和速度测量值;根据第一标识和第二标识确定一个或多个目标的速度。

在一种可能的设计中,处理单元在根据第一标识和第二标识确定一个或多个目标的速度时,具体用于:根据第一突发中第一发射天线发送的重复周期确定第一标识对应的混叠系数区间;根据第一标识、第二标识和混叠系数区间确定混叠系数子集;根据混叠系数子集确定速度混叠系数;根据速度混叠系数和第一标识确定一个或多个目标的速度。

在一种可能的设计中，接收器还用于：接收第三回波信号，第三回波信号由前述测量帧中的第三突发经一个或多个目标反射后形成，第三突发在第一突发之前发送；处理单元在根据接收器接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度时，具体用于：若一个或多个目标向远离雷达系统的方向移动，则根据第一回波信号和第三回波信号确定一个或多个目标的速度；若一个或多个目标向靠近雷达系统的方向移动，则根据第一回波信号和第二回波信号确定一个或多个目标的速度。

在一种可能的设计中，处理单元在根据混叠系数子集确定速度混叠系数时，具体用于：根据接收器接收到的回波信号确定虚拟MIMO子阵的观测结果；根据虚拟MIMO子阵的观测结果确定速度混叠系数；其中，虚拟MIMO子阵是由虚拟阵列中的虚拟阵元形成的均匀平面子阵或均匀线子阵，每个发射天线对应虚拟MIMO子阵中的虚拟阵元数相同，虚拟阵列由多个发射天线以及接收器包括的多个接收天线形成。

在一种可能的设计中，处理单元在根据混叠系数子集确定速度混叠系数时，具体用于：根据接收器接收到的回波信号确定虚拟MIMO子阵的观测结果；根据虚拟MIMO子阵的观测结果确定速度混叠系数；其中，虚拟MIMO子阵是由虚拟阵列中的虚拟阵元形成的平面子阵或线子阵，通过线性插值获得的均匀平面子阵和均匀线子阵，每个发射天线对应虚拟MIMO子阵中的虚拟阵元数相同，虚拟阵列由多个发射天线以及接收器包括的多个接收天线形成。

第五方面，本申请实施例提供一种雷达系统，包括：发射器，发射器包括多个发射天线，用于发送测量帧中的第一突发，该测量帧用于测量目标的速度，在发送所述第一突发时，所述多个发射天线中的每个发射天线分时发送啁啾chirp信号；以及，在发送测量帧中的第一突发后，发送测量帧中的第二突发，在发送第二突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个；接收器，用于接收第一回波信号和第二回波信号；第一回波信号由第一突发经一个或多个目标反射后形成，第二回波信号由第二突发经一个或多个目标反射后形成；处理单元，用于根据接收器接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度。

附图说明

- 图1为本申请实施例提供的一种MIMO雷达的结构示意图；
图2为本申请实施例提供的一种车辆的结构示意图；
图3为本申请实施例提供的一种信号传输方法的流程示意图；
图4为本申请实施例提供的第一种MIMO雷达发送的啁啾信号的示意图；
图5为本申请实施例提供的第二种MIMO雷达发送的啁啾信号的示意图；
图6为本申请实施例提供的第三种MIMO雷达发送的啁啾信号的示意图；
图7为本申请实施例提供的第四种MIMO雷达发送的啁啾信号的示意图；
图8为本申请实施例提供的第五种MIMO雷达发送的啁啾信号的示意图；
图9为本申请实施例提供的一种信号处理方法的流程示意图；
图10为本申请实施例提供的第一种虚拟MIMO子阵的示意图；
图11为本申请实施例提供的一种天线阵列的示意图；
图12为本申请实施例提供的第二种虚拟MIMO子阵的示意图；
图13为本申请实施例提供的第三种虚拟MIMO子阵的示意图；
图14为本申请实施例提供的一种信号传输装置的结构示意图；

图 15 为本申请实施例提供的一种信号处理装置的结构示意图；
图 16 为本申请实施例提供的一种雷达系统的结构示意图。

具体实施方式

5 通常，雷达的最大测速范围可以表示为 $V_{\max} = \lambda / 4 * T_c$ ，其中 λ 为调制频率的波长， T_c 为同一根天线重复发送的周期。假设单个天线发送一个chirp的持续时间为 T_{c_SIMO} （可以称为一个时隙）。那么，TDM MIMO雷达中， N_t 个天线采用TDM方式发送 N_t 个chirp信号时，需要的时间 T_{c_MIMO} 满足： $T_{c_MIMO} \geq N_t * T_{c_SIMO}$ 。因此，采用 N_t 个天线发送chirp时的最大测速范围 V_{\max_MIMO} 和采用单个天线发送chirp时的最大测速范围 V_{\max_SIMO} 的关系可以表示为： $V_{\max_SIMO} \geq N_t * V_{\max_MIMO}$ 。通过上述公式可以看出，MIMO雷达中，
10 由于发射天线的数目增多，导致最大测速范围下降。而且发射天线的数量 N_t 越多，最大测速范围下降的问题越严重。

雷达是利用多普勒效应进行速度测量的装置。由于目标或雷达的运动，使得雷达的接收信号发射频率变化或者相位变化。在FMCW体制中，通过测量一个chirp内的回波信号频率来测量目标与雷达之间的距离，通过相同天线不同时隙的回波信号间的相位差来测量目标的速度。因此，也将对应速度的维度称为多普勒域，即RD map上doppler对应的维度。
15

时分发送的多个天线上的雷达信号导致目标的速度在多普勒域碰撞的概率变大，即发生多个目标的反射信号在多普勒域的观测值相同，从而导致每个目标的速度求解的复杂度和准确性面临考验。例如，采用SIMO方式发送时，最大测速范围为-120km/h-120km/h；通过4个天线采用TDM MIMO方式发送时，最大测速范围降低为-30km/h-30km/h。那么，与采用SIMO方式发送相比，采用TDM MIMO方式发送时，目标的速度在多普勒域碰撞的概率变大。
20

基于上述问题，本申请实施例提供一种信号传输方法及装置、信号处理方法及装置以及雷达系统，使得MIMO雷达能够准确地将目标的速度恢复到SIMO雷达的测速范围。
25

下面对本申请实施例的应用场景进行介绍。

具体地，本申请实施例中，如图1所示，MIMO雷达系统可以包括天线阵列101、单片微波集成电路（monolithic microwave integrated circuit, MMIC）102和处理单元103。天线阵列101可以包括多个发射天线和多个接收天线。
30

其中，单片微波集成电路102用于产生雷达信号，进而通过天线阵列101将雷达信号发出。雷达信号由一个或多个突发（burst）组成，每个突发包括多个啁啾（chirp）信号。雷达信号发出后，经一个或多个目标反射后形成回波信号，回波信号被接收天线接收。单片微波集成电路102还用于对天线阵列101接收到的回波信号进行变换和采样等处理，并将处理后的回波信号传输至处理单元103。
35

其中，处理单元103用于对回波信号进行快速傅里叶变换（Fast Fourier Transformation, FFT）、信号处理等操作，从而根据接收到的回波信号确定目标的距离、速度、方位角等信息。具体地，该处理单元103可以是微处理器（microcontroller unit, MCU）、中央处理器（central process unit, CPU）、数字信号处理器（digital signal processor, DSP）、现场可编程门阵列（field-programmable gate array, FPGA）等具有处理功能的器件。
40

此外，图1所示的雷达系统还可以包括电子控制单元（electronic control unit, ECU）104，

用于根据处理单元103处理后得到的目标距离、速度、方位角等信息对车辆进行控制，例如确定车辆的行使路线等。

需要说明的是，实际应用中，可以针对发射天线阵列和接收天线阵列分别设置一个MMIC，也可以针对发射天线阵列和接收天线阵列仅设置一个MMIC，图1的实例中以前者为
5 为例进行示意。

本申请实施例中的发射器可以由发射天线与单片微波集成电路102中的发射通道构成，接收器可以由接收天线与单片微波集成电路102中的接收通道构成。其中，发射天线和接收天线可以位于印刷电路板（print circuit board, PCB）上，发射通道和接收通道可以位于
10 芯片内，即AOB（antenna on PCB）；或者，发射天线和接收天线可以位于芯片封装内，发射通道和接收通道可以位于芯片内，即AIP（antenna in package）。本申请实施例中对于组合形式不做具体限定。

应理解，本申请实施例中对发射通道和接收通道的具体结构不做限定，只要能实现相应发射和接收功能即可。

此外，同样需要说明的是，本申请实施例所述的雷达系统可以应用于多种领域，示
15 例性地，本申请实施例中的雷达系统包括但不限于车载雷达、路边交通雷达，无人机雷达。

另外由于单个射频芯片的通道规格数比较有限，系统需要的收发通道数大于单个射频芯片时，需要多个芯片级联。因此，整个雷达系统可能包括多个射频芯片级联，通过接口
20 连接模拟数字转换器（analog digital converter, ADC）通道输出的数据到处理单元103，例如MCU，DSP，FPGA，通用处理单元（General Process Unit, GPU）等。另外整车可能安装一个或多个雷达系统，并且通过车载总线和中央处理器连接。中央处理器控制一个或多个车载传感器，包括一个或多个毫米波雷达传感器。

图1所示的MIMO雷达系统可以应用于具有自动驾驶功能的车辆。参见图2，为本申
25 请实施例提供的具有自动驾驶功能的车辆200的功能框图。在一个实施例中，将车辆200配置为完全或部分地自动驾驶模式。例如，车辆200可以在处于自动驾驶模式中的同时控制自身，并且可通过人为操作来确定车辆及其周边环境的当前状态，确定周边环境中的至少一个其他车辆的可能行为，并确定该其他车辆执行可能行为的可能性相对应的置信水平，基于所确定的信息来控制车辆200。在车辆200处于自动驾驶模式中时，可以将车辆200置为在没有和人交互的情况下操作。

30 车辆200可包括各种子系统，例如行进系统202、传感器系统204、控制系统206、一个或多个外围设备208以及电源210、计算机系统212和用户接口216。可选地，车辆200可包括更多或更少的子系统，并且每个子系统可包括多个元件。另外，车辆200的每个子系统和元件可以通过有线或者无线互连。

行进系统202可包括为车辆200提供动力运动的组件。在一个实施例中，行进系统202
35 可包括引擎218、能量源219、传动装置220和车轮/轮胎221。引擎218可以是内燃引擎、电动机、空气压缩引擎或其他类型的引擎组合，例如气油发动机和电动机组成的混动引擎，内燃引擎和空气压缩引擎组成的混动引擎。引擎218将能量源219转换成机械能量。

40 能量源219的示例包括汽油、柴油、其他基于石油的燃料、丙烷、其他基于压缩气体的燃料、乙醇、太阳能电池板、电池和其他电力来源。能量源219也可以为车辆100的其他系统提供能量。

传动装置 220 可以将来自引擎 218 的机械动力传送到车轮 221。传动装置 220 可包括变速箱、差速器和驱动轴。在一个实施例中，传动装置 220 还可以包括其他器件，比如离合器。其中，驱动轴可包括可耦合到一个或多个车轮 221 的一个或多个轴。

5 传感器系统 204 可包括感测关于车辆 200 周边的环境的信息的若干个传感器。例如，传感器系统 204 可包括定位系统 222（定位系统可以是全球定位系统（global positioning system, GPS）系统，也可以是北斗系统或者其他定位系统）、惯性测量单元（inertial measurement unit, IMU）224、雷达 226、激光测距仪 228 以及相机 230。传感器系统 204 还可包括被监视车辆 200 的内部系统的传感器（例如，车内空气质量监测器、燃油量表、机油温度表等）。来自这些传感器中的一个或多个的传感器数据可用于检测对象及其相应特性（位置、形状、方向、速度等）。这种检测和识别是自主车辆 100 的安全操作的关键功能。

定位系统 222 可用于估计车辆 200 的地理位置。IMU 224 用于基于惯性加速度来感测车辆 200 的位置和朝向变化。在一个实施例中，IMU 224 可以是加速度计和陀螺仪的组合。

15 雷达 226 可利用无线电信号来感测车辆 200 的周边环境内的物体。在一些实施例中，除了感测物体以外，雷达 226 还可用于感测物体的速度和/或前进方向。在一个具体示例中，雷达 226 可以采用图 1 所示的 MIMO 雷达系统实现。

激光测距仪 228 可利用激光来感测车辆 100 所位于的环境中的物体。在一些实施例中，激光测距仪 228 可包括一个或多个激光源、激光扫描器以及一个或多个检测器，以及其他系统组件。

20 相机 230 可用于捕捉车辆 200 的周边环境的多个图像。相机 230 可以是静态相机或视频相机。

控制系统 206 为控制车辆 200 及其组件的操作。控制系统 206 可包括各种元件，其中包括转向系统 232、油门 234、制动单元 236、传感器融合算法 238、计算机视觉系统 240、路线控制系统 242 以及障碍物避免系统 244。

25 转向系统 232 可操作来调整车辆 200 的前进方向。例如在一个实施例中可以为方向盘系统。

油门 234 用于控制引擎 218 的操作速度并进而控制车辆 200 的速度。

制动单元 236 用于控制车辆 200 减速。制动单元 236 可使用摩擦力来减慢车轮 221。在其他实施例中，制动单元 236 可将车轮 221 的动能转换为电流。制动单元 236 也可采取其他形式来减慢车轮 221 转速从而控制车辆 200 的速度。

30 计算机视觉系统 240 可以操作来处理和分析由相机 230 捕捉的图像以便识别车辆 200 周边环境中的物体和/或特征。所述物体和/或特征可包括交通信号、道路边界和障碍物。计算机视觉系统 240 可使用物体识别算法、运动中恢复结构（structure from motion, SFM）算法、视频跟踪和其他计算机视觉技术。在一些实施例中，计算机视觉系统 240 可以用于为环境绘制地图、跟踪物体、估计物体的速度等。

35 路线控制系统 242 用于确定车辆 200 的行驶路线。在一些实施例中，路线控制系统 142 可结合来自传感器 238、GPS 222 和一个或多个预定地图的数据以为车辆 200 确定行驶路线。

障碍物避免系统 244 用于识别、评估和避免或者以其他方式越过车辆 200 的环境中的潜在障碍物。

40 当然，在一个实例中，控制系统 206 可以增加或替换地包括除了所示出和描述的那些

以外的组件。或者也可以减少一部分上述示出的组件。

车辆 200 通过外围设备 208 与外部传感器、其他车辆、其他计算机系统或用户之间进行交互。外围设备 208 可包括无线通信系统 246、车载电脑 248、麦克风 250 和/或扬声器 252。

5 在一些实施例中，外围设备 208 提供车辆 200 的用户与用户接口 216 交互的手段。例如，车载电脑 248 可向车辆 200 的用户提供信息。用户接口 216 还可操作车载电脑 248 来接收用户的输入。车载电脑 248 可以通过触摸屏进行操作。在其他情况中，外围设备 208 可提供用于车辆 200 与位于车内的其它设备通信的手段。例如，麦克风 250 可从车辆 200 的用户接收音频(例如，语音命令或其他音频输入)。类似地，扬声器 252 可向车辆 200 的
10 的用户输出音频。

无线通信系统 246 可以直接地或者经由通信网络来与一个或多个设备无线通信。例如，无线通信系统 246 可使用 3G 蜂窝通信，例如码分多址 (code division multiple access, CDMA)、EVD0、全球移动通信系统 (global system for mobile communications, GSM) /通用分组无线服务技术 (general packet radio service, GPRS)，或者 4G 蜂窝通信，例如长期演进 (long
15 term evolution, LTE)，或者 5G 蜂窝通信。无线通信系统 246 可利用 WiFi 与无线局域网 (wireless local area network, WLAN)通信。在一些实施例中，无线通信系统 246 可利用红外链路、蓝牙或 ZigBee 与设备直接通信。其他无线协议，例如各种车辆通信系统，例如，无线通信系统 246 可包括一个或多个专用短程通信(dedicated short range communications, DSRC)设备，这些设备可包括车辆和/或路边台站之间的公共和/或私有数据通信。

20 电源 210 可向车辆 200 的各种组件提供电力。在一个实施例中，电源 210 可以为可再充电锂离子或铅酸电池。这种电池的一个或多个电池组可被配置为电源为车辆 200 的各种组件提供电力。在一些实施例中，电源 210 和能量源 219 可一起实现，例如一些全电动车中那样。

车辆 200 的部分或所有功能受计算机系统 212 控制。计算机系统 212 可包括至少一个
25 处理器 223，处理器 223 执行存储在例如存储器 224 这样的非暂态计算机可读介质中的指令 225。计算机系统 212 还可以是采用分布式方式控制车辆 200 的个体组件或子系统的多个计算设备。

处理器 223 可以是任何常规的处理器，诸如商业可获得的中央处理器 (central
30 processing unit, CPU)。替选地，该处理器可以是诸如专用集成电路 (application specific integrated circuits, ASIC) 或其它基于硬件的处理器专用设备。尽管图 2 功能性地图示了处理器、存储器、和在相同块中的计算机 210 的其它元件，但是本领域的普通技术人员应理解该处理器、计算机、或存储器实际上可以包括可以或者可以不存储在相同的物理外壳内的多个处
理器、计算机、或存储器。例如，存储器可以是硬盘驱动器或位于不同于
计算机 210 的外壳内的其它存储介质。因此，对处理器或计算机的引用将被理解为包括对
35 可以或者可以不并行操作的处理器或计算机或存储器的集合的引用。不同于使用单一的处理器来执行此处所描述的步骤，诸如转向组件和减速组件的一些组件每个都可以具有其自己的处理器，所述处理器只执行与特定于组件的功能相关的计算。

在此处所描述的各个方面中，处理器可以位于远离该车辆并且与该车辆进行无线通信。在其它方面中，此处所描述的过程中的一些在布置于车辆内的处理器上执行而其它则由远
40 程处理器执行，包括采取执行单一操纵的必要步骤。

在一些实施例中，存储器 224 可包含指令 225 (例如，程序逻辑)，指令 225 可被处理器 223 执行来执行车辆 200 的各种功能，包括以上描述的那些功能。存储器 224 也可包含额外的指令，包括向行进系统 202、传感器系统 204、控制系统 206 和外围设备 208 中的一个或多个发送数据、从其接收数据、与其交互和/或对其进行控制的指令。

5 除了指令 225 以外，存储器 224 还可存储数据，例如道路地图、路线信息，车辆的位置、方向、速度以及其它这样的车辆数据，以及其他信息。这种信息可在车辆 200 在自主、半自主和/或手动模式中操作期间被车辆 200 和计算机系统 212 使用。

10 用户接口 216，用于向车辆 200 的用户提供信息或从其接收信息。可选地，用户接口 216 可包括在外围设备 208 的集合内的一个或多个输入/输出设备，例如无线通信系统 246、车载电脑 248、麦克风 250 和扬声器 252。

计算机系统 212 可基于从各种子系统(例如，行进系统 202、传感器系统 204 和控制系统 206)以及从用户接口 216 接收的输入来控制车辆 200 的功能。例如，计算机系统 212 可利用来自控制系统 206 的输入以便控制转向单元 232 来避免由传感器系统 204 和障碍物避免系统 244 检测到的障碍物。在一些实施例中，计算机系统 212 可操作来对车辆 200 及其子系统的许多方面提供控制。

15 可选地，上述这些组件中的一个或多个可与车辆 200 分开安装或关联。例如，存储器 224 可以部分或完全地与车辆 200 分开存在。上述组件可以按有线和/或无线方式来通信地耦合在一起。

20 可选地，上述组件只是一个示例，实际应用中，上述各个模块中的组件有可能根据实际需要增添或者删除，图 2 不应理解为对本申请实施例的限制。

在道路行进的自动驾驶汽车，如上面的车辆 200，可以识别其周围环境内的物体以确定对当前速度的调整。所述物体可以是其它车辆、交通控制设备、或者其它类型的物体。在一些示例中，可以独立地考虑每个识别的物体，并且基于物体的各自的特性，诸如它的当前速度、加速度、与车辆的间距等，可以用来确定自动驾驶汽车所要调整的速度。

25 可选地，自动驾驶车辆 200 或者与自动驾驶车辆 200 相关联的计算设备(如图 2 的计算机系统 212、计算机视觉系统 240、存储器 224)可以基于所识别的物体的特性和周围环境的状态(例如，交通、雨、道路上的冰，等等)来预测所述识别的物体的行为。可选地，每一个所识别的物体都依赖于彼此的行为，因此还可以将所识别的所有物体全部一起考虑来预测单个识别的物体的行为。车辆 200 能够基于预测的所述识别的物体的行为来调整它的速度。换句话说，自动驾驶汽车能够基于所预测的物体的行为来确定车辆将需要调整到

30 (例如，加速、减速、或者停止)什么稳定状态。在这个过程中，也可以考虑其它因素来确定车辆 200 的速度，诸如，车辆 200 在行驶的道路中的横向位置、道路的曲率、静态和动态物体的接近度等等。

除了提供调整自动驾驶汽车的速度指令之外，计算设备还可以提供修改车辆 200 的转向角的指令，以使得自动驾驶汽车遵循给定的轨迹和/或维持与自动驾驶汽车附近的物体(例如，道路上的相邻车道中的轿车)的安全横向和纵向距离。

上述车辆 200 可以为轿车、卡车、摩托车、公共汽车、船、飞机、直升飞机、割草机、娱乐车、游乐场车辆、施工设备、电车、高尔夫球车、火车、和手推车等，本申请实施例不做特别的限定。

下面将结合附图对本申请实施例作进一步地详细描述。

需要说明的是，本申请实施例中，多个，是指两个或两个以上。另外，需要理解的是，在本申请的描述中，“第一”、“第二”等词汇，仅用于区分描述的目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性，也不能理解为指示或暗示顺序。本申请中所提到的“耦合”，是指电学连接，具体可以包括直接连接或者间接连接两种方式。下面，对本申请实施例的应用场景加以简单介绍。

参见图3，为本申请实施例提供的一种信号传输方法，该方法应用于MIMO雷达。其中，MIMO雷达包括发射器，发射器包括多个发射天线。具体地，图3所示的方法包括如下步骤。

S301：发射器发送第一测量帧中的第一突发。

其中，第一测量帧用于测量目标的速度，在发送第一突发时，多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号。

S302：在发射器发送第一测量帧中的第一突发后，发射器发送第一测量帧中的第二突发。

其中，在发送第二突发时，用于发送 chirp 信号的发射天线的数量为一个。在实际信号中，单个 chirp 信号持续时间包括扫频时间（即有效测量时间）和空闲时间（例如锁相环稳定时间、模数转换器稳定时间等）。

其中，第一测量帧可以为调频连续波（frequency modulated continuous wave, FMCW）。当然，第一测量帧也可以采用其他 MIMO 雷达所使用的波形，例如、多频移键控（multiple frequency-shift keying, MFSK）、调相连续波（phase modulated continuous wave, PMCW）中的任一种，本申请对此不做限定。

应理解，本申请实施例中的第一发射天线，不一定物理上序号为一的发射天线，第一发射天线可以是多个发射天线中的任一发射天线。

在本申请实施例中，第一突发中，每个发射天线分时发送chirp信号，即每个发射天线均发送chirp信号。在第二突发中，仅有一个发射天线发送chirp信号，本申请实施例中将之称为第一发射天线。第一突发可以视为采用MIMO方式发送，第二突发可以视为采用SIMO方式发送。

示例性地，假设发射器中包括 N_t 个发射天线，分别用1、2、3…… N_t-2 、 N_t-1 、 N_t 标识。则 N_t 个发射天线发送的包括第一突发（burst1）和第二突发（burst2）的第一测量帧的一种具体示例可以如图4所示。在图4的示例中，一个三角形代表一个chirp信号，每个chirp信号占用一个时隙。在图4中，每个chirp信号由哪个发射天线发送用chirp信号下的数字表示。第一突发中包括多个chirp信号，由 N_t 个发射天线分时发送；第二突发中也包括多个chirp信号，仅由第一发射天线发送。

应理解，在本申请的示例中，均与图4的示例类似，用一个长条代表一个 chirp 信号，该长条的形状仅为示意，并不代表实际应用中的 chirp 信号的波形。本申请实施例中对 chirp 信号的具体波形不做限定。

需要说明的是，本申请实施例中对第一突发中 N_t 个发射天线发送chirp信号的顺序不做限定。例如，对于 N_t 个发射天线1、2、3…… N_t-2 、 N_t-1 、 N_t ，发送顺序可以是1、2、3…… N_t-2 、 N_t-1 、 N_t ，发送顺序也可以是不按照上述标号排列的，例如5、8、7、10…… N_t 、 N_t-2 、 N_t-1 。即，第一突发中，chirp信号可以按照发射天线的排列顺序进行顺序发送，也可以乱序发送。这里的顺序发送是指天线的发送顺序和天线物理排布的空间相邻关系一致，乱序是指天线

发送的顺序和天线物理排布的空间相邻关系不一致。

由于第一测量帧中存在采用 SIMO 方式发送的第二突发，因此可以理解为本申请实施例中为了解决 TDM MIMO 雷达中速度和角度耦合的问题而引入传输开销。

5 由于车载环境非常复杂，目标在空间维（距离，水平方位角和垂直方位角）和速度维的精度要求不一定相同。因此，可以根据车载环境动态配置第一突发中的波形参数（例如第一突发中包括的 chirp 信号的数量、发射天线的发送周期、每个发射天线占用的时间段、每个 chirp 信号的持续时间等）和第二突发中的波形参数（第一发射天线发送的 chirp 信号的数量、每个 chirp 信号的持续时间等）。通常，ECU 通过常用车载总线，如控制器局域网（controller area network, CAN）、具有可变速率的控制器局域网（controller area network with flexible data-rate, CAN-FD）、通用以太网（general ethernet, GE）等车载接口将第一突发和 10 第二突发的波形参数配置给雷达模组。雷达模组中可以通过串行外设接口（serial peripheral interface, SPI）将上述参数配置给单片微波集成电路（monolithic microwave integrated circuit, MMIC）。在多片级联的情况下，可以通过配置主、从射频前端芯片实现灵活配置。MMIC 可用于根据上述配置使能发射器发送前述第一测量帧。

15 需要说明的是，车载接口将上述参数配置给雷达模组时，配置的参数不限于上述举例，配置参数用于指示发射天线如何发送 chirp 信号即可。示例性地，配置参数可以是第一突发和第二突发中包括的 chirp 信号的数量、发射天线的发送周期、每个发射天线占用的时间段、每个 chirp 信号的持续时间的具体数值，也可以是第一突发中包括的 chirp 信号的数量、发射天线的发送周期、每个发射天线占用的时间段、每个 chirp 信号的持续时间的具 20 体数值的等同参数。

同样需要说明的是，本申请实施例中，突发是时间段上的概念，突发也可以称为时隙、子帧、帧等其他名称。此外，在本申请的描述中，时隙为最小的时间单元，一个突发包括至少一个时隙，一个子帧包括至少一个突发，一个帧包括至少一个子帧。

25 采用上述方案，可以通过采用 MIMO 方式发送的第一突发反射后形成的回波信号以及在第一突发之后采用 SIMO 方式发送的第二突发反射后形成的回波信号进行目标的速度范围搜索，从而匹配出一个或多个目标的速度混叠系数，将 MIMO 雷达的测速范围恢复到 SIMO 测速范围。同时，还可以降低 MIMO 谱峰搜索的复杂度，降低通道相位噪声对重叠阵子的影响。另外由于回波信号强度与距离的 4 次方成反比，那么在 MIMO 突发（即第一突发）后发送 SIMO 突发（即第二突发），可以使得快速运动目标在 SIMO 上运动到更近的距离， 30 从而在一定程度上缓解快速运动目标在 SIMO 突发中的回波信号弱的问题。

在第一突发中，可以包括 N_{doppler} 轮 chirp 信号，每一轮中包括 M 个 chirp 信号。多轮 chirp 信号的发送顺序、信号数量、持续时长等发送参数均一致。

此外，在第一突发中，每个发射天线发送的 chirp 信号的数量可以相同，也可以不同。

35 比如， N_t 个发射天线 1、2、3、…… N_t-2 、 N_t-1 、 N_t 在发送第一突发时，按照 1、2、3、…… N_t-2 、 N_t-1 、 N_t 的顺序发送 N_{doppler} 轮（示例性地， N 可以为 32、48、64、128、……），那么在第一突发中，每个发射天线发送的 chirp 信号的数量均为 N ，即在第一突发中，每个发射天线发送的 chirp 信号的数量相同，如图 5 所示。在图 5 的示例中， $M=N_t$ 。

40 比如， N_t 个发射天线 1、2、3、…… N_t-2 、 N_t-1 、 N_t 在发送第一突发时，按照 1、2、3、…… N_t-2 、 N_t-1 、 N_t 的顺序发送 N_{doppler} 轮（示例性地， N 可以为 32、48、64、128、……），然后再由发射天线 1、2、3 发送三个 chirp 信号。那么在第一突发中，标号为 1、2、3 的发射天线发送的

chirp信号的数量比其他发射天线发送的chirp信号的数量多。

比如, N_t 个发射天线1、2、3..... N_t-2 、 N_t-1 、 N_t 在发送第一突发时,除了每个发射天线周期性发送chirp信号之外,第二发射天线还在第一突发中穿插发送chirp信号。第二发射天线在第一突发中穿插发送chirp信号时,可以周期性发送,也可以非周期性发送。第二发射天线和第一发射天线可以是同一发射天线,也可以是不同发射天线。不难看出,在第一突发中,第二发射天线发送的chirp信号的数量比其他发射天线发送的chirp信号的数量多。

采用上述方案,若第一突发中每个发射天线发送的chirp信号的数量相同,则根据第一测量帧反射后的回波信号进行目标速度的计算时,计算过程较为简便;若第一突发中每个发射天线发送的chirp信号的数量不同,则可以利用高密度发送的天线进一步降低谱峰搜索的复杂度。

此外,本申请实施例中,在发射器执行S301发送第一测量帧中的第一突发之前,该方法还包括:发射器发送第一测量帧中的第三突发,在发送第三突发时,用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个,发送第三突发的发射天线和发送第二突发的发射天线为同一发射天线(即第一发射天线);其中,发射器以 $P\%$ 的占空比发送第一测量帧, $P < 100$,占空比等于第一时长与第二时长的比值,第一时长为第一测量帧的持续时长,第二时长为发射器发送的相邻两个测量帧之间的时间差。

不难理解,在第三突发中仅有第一发射天线发送chirp信号,即第三突发采用SIMO方式发送。

示例性地,对于图4所示的第一测量帧,在第一突发(burst1)前级第三突发(burst3),则图4所示的第一测量帧变为图6所示的形式。

在第一测量帧中发送三个突发,其中在中间位置发送的第一突发采用MIMO方式发送,其前缀和后缀采用SIMO形式发送,那么,在该第一测量帧经一个或多个目标反射后形成的回波信号进行处理时,可以选择两个采用SIMO方式发送的突发进行速度匹配,使得目标速度的计算更为简单。此外,还可以在在一定程度上缓解快速运动目标的散射中心随发射时间移动的问题。

实际应用中,发射器以 $P\%$ 的占空比发送第一测量帧, $P < 100$ 。也就是说,在发送第一测量帧后,有一定的空闲时间和处理时间,然后再发送下一个测量帧,因而存在占空比 $P\%$, $P < 100$ 。工程上,如果 $P=100$,那么系统功耗会比较大,因而一般情况下 $P < 100$ 。

例如在更新周期为20Hz的设计约束下,每个测量帧不能大于50ms。假设每个chirp信号的持续时间 T_1 取 $20\mu s$;在第一突发中,12个发射天线中的每个发射天线发送 N_{doppler} 个chirp信号, $N_{\text{doppler}}=64$,那么第一突发中的相干处理时间(coherent processing interval, CPI)为 $20*64*12=15.36\text{ms}$ 。此外,在第二突发中,第一发射天线重复发送 M_2 次,当 $M_2=192$ 时,第二突发中的CPI是 $20*192=3.84\text{ms}$ 。因此,占空比可以计算为 $(15.36+3.84)/50=38.4\%$ 。也就是说,在一个测量周期中,用于发送chirp信号的时间为19.2ms,用于处理或空闲的时间为 $50-19.2=30.8\text{ms}$ 。

示例性地,发射器发送的第一测量帧为图4所示的形式时,在占空比 P 小于100的情况下,发射器发送三个测量帧可以如图7所示。从图7可以看出,在发送完第一测量帧之后,还存在处理和空闲时间,在处理或空闲时间内雷达系统可以对发送的第一测量帧经目标反射后的回波信号进行处理或者在该处理或空闲时间内不做处理,仅不发送chirp信号。

此外,在发射器发送第一测量帧之后,还包括:发射器发送第二测量帧中的第四突发,第二测量帧用于测量目标的速度,在发送第四突发时,多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号;在发射器发送第二测量帧中的第四突发后,发射器发送第二测量帧中的第五突发,在发送第五突发时,用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个;第五突发、第二突发和第三突发的发送参数相同。具体地,发送参数包括发射斜率、发射天线、发射chirp信号的数量、每个chirp信号的持续时间等。

若第五突发、第二突发和第三突发的发送参数相同,那么在计算目标的速度时,可以将第一测量帧中的第二突发视为第二测量帧中的SIMO前缀,从而达到减小发送开销的效果。

10 示例性地,如图8所示,发射器发送的第一测量帧(Frame0)中包括Burst3(相当于第三突发)、Burst1(相当于第一突发)和Burst2(相当于第二突发)三个突发,其中Burst3和Burst2的发送参数相同。那么,第二测量帧(Frame1)中可以仅包括Burst1(相当于第四突发)和Burst2(相当于第五突发);在计算目标的速度时,可以将第一测量帧中的Burst2视为第二测量帧中的SIMO前缀。同样地,第三测量帧(Frame2)中也仅包括Burst1和Burst2, 15 第三测量帧复用第二测量帧中的Burst2。

综上,采用本申请实施例提供的信号传输方法,在采用MIMO方式发送的第一突发之后后续采用SIMO方式的第二突发,根据第一突发反射后形成的回波信号以及第二突发反射后形成的回波信号可以进行目标的速度范围搜索,从而匹配出一个或多个目标的速度混叠系数,将MIMO雷达的测速范围恢复到SIMO测速范围。

20

与图3所示的信号传输方法相对应地,本申请实施例还提供一种信号处理方法,用于对发射的测量帧经一个或多个目标反射后形成的回波信号进行处理,从而获取一个或多个目标的速度,进而获取一个或多个目标的方位角(例如水平方位角和垂直方位角)。

该方法应用于MIMO雷达,MIMO雷达包括发射器、接收器和处理单元,发射器包括 25 多个发射天线,接收器包括多个接收天线。参见图9,该方法包括如下步骤:

S901:接收器接收第一回波信号和第二回波信号。

其中,第一回波信号由发射器发送的测量帧中的第一突发经一个或多个目标反射后形成,第二回波信号由该测量帧中的第二突发经一个或多个目标反射后形成,第二突发在第一突发之后发送;在发送第一突发时,多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号; 30 在发送第二突发时,用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个。

在S901中,接收器接收的回波信号即图3所示方法中发射器发送的第一测量帧经一个或多个目标反射后的回波信号。

需要说明的是,本申请实施例中,接收器中包括 N_r 个接收天线, N_r 个接收天线按照 N_t 个发射天线的发射顺序,接收 N_t 个回波信号,然后根据 N_t 个发射天线和 N_r 个接收天线之间的位置关系以及发射天线的发射顺序,将接收到的回波信号转换成第一回波信号和 35 第二回波信号。

S902:处理单元根据接收器接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度。

具体地,S902中,处理单元根据接收器接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度,可以通过如下方式实现:处理单元根据第一回波信号确定第一标识,第一标识用于指示一个或多个目标的距离测量值和速度测量值;处理单元根据第二回波信号确定第二标识,第 40

二标识用于指示一个或多个目标的距离测量值和速度测量值；处理单元根据第一标识和第二标识确定一个或多个目标的速度。

其中，第一标识中可以包括第一速度标识和第一距离标识，第二标识中可以包括第二速度标识和第二距离标识。在获取第一回波信号后，可以通过一维 FFT (1D-FFT)、二维 FFT (2D-FFT) 以及相干合并/非相干合并等操作获取距离-多普勒图 (range doppler map, RD Map)，然后根据 RD Map 检测获得 MIMO 最大测速范围内的第一速度标识 (Vind_MIMO) 和第一距离标识 (Rind_MIMO)；同样地，在获取第二回波信号后，可以通过 1D-FFT、2D-FFT 以及相干合并/非相干合并等操作获取另一 RD Map，然后根据该 RD Map 检测获得 SIMO 最大测速范围内的第二速度标识 (Vind_SIMO) 和第二距离标识 (Rind_SIMO)。

具体地，根据 RD Map 进行检测时，检测方法可以有多种，包括但不限于有序统计-恒虚警率 (ordered statistic-constant false alarm rate, OS-CFAR) 检测或单元平均-恒虚警率 (cell-averaging constant false alarm rate, CA-CFAR) 等常用检测方法，本申请实施例中不做特别限制。

另外由于 SIMO 突发 (即第二突发) 和 MIMO 突发 (即第一突发) 可能在持续时间和发射功率上不同，因此，第一突发和第二突发采用的 CFAR 的门限可能不同。例如，SIMO 突发中采用较低的门限，MIMO 中采用较高的门限，保证 MIMO 突发中检测到的目标都能在 SIMO 突发检测到的目标中找到距离上较为匹配的点，进行速度扩展。

采用上述方式获取的第一标识和第二标识仅用于指示目标可能的距离和速度，其中还存在目标速度混叠的情况，要确定目标的速度，还需对第一标识和第二标识进行进一步处理。

具体地，处理单元根据第一标识和第二标识确定一个或多个目标的速度，可以通过如下方式实现：处理单元根据第一突发中第一发射天线发送的重复周期确定第一标识对应的混叠系数区间；处理单元根据第一标识、第二标识和混叠系数区间确定混叠系数子集；处理单元根据混叠系数子集确定速度混叠系数；处理单元根据速度混叠系数和第一标识确定一个或多个目标的速度。

下面分别对上述每个步骤进行详细介绍。

一、确定第一标识对应的混叠系数区间

假设第一突发中包括 N_{doppler} 轮 chirp 信号，每一轮中包括 M 个 chirp 信号。那么，若 M 为偶数，那么该混叠系数区间为 $[-M/2, M/2-1]$ ；若 M 为奇数，那么该混叠系数区间为 $[-M-1/2, M-1/2]$ 。

以 $M=15$ 为例，那么该混叠系数区间为 $[-7,-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6,7]$ ；以 $M=12$ 为例，那么该混叠系数区间为 $[-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5]$ 。

二、根据第一标识、第二标识和混叠系数区间确定混叠系数子集

在 SIMO 突发中测速范围是 MIMO 突发中的 M 倍。因此，如果两个突发内同一个距离上只有一个目标，那么实际上可以精确获得 MIMO 对应的混叠系数区间。在一个距离区间内存在多个目标的情况下，可以根据 SIMO 突发的第二速度标识匹配到混叠系数区间中的一个元素，针对多个目标匹配后，可以将匹配到的元素取并集，并且仅保留不重复的部分作为混叠系数子集。

示例性的，假设 SIMO 突发和 MIMO 突发的距离分辨率为 0.1m ，测距范围为 51.2m ，那

么 RD Map 在距离上被分成 512 个格子 (RD cell)。取 SIMO 突发和 MIMO 突发中检测到目标的对应距离单元在一定门限内的速度标识。当 SIMO 突发发送时间是 MIMO 突发发送时间的 4 倍时, SIMO 突发中速度分辨率是 MIMO 突发的速度分辨率的 4 倍。则 SIMO 突发中在速度维度每个格子相当于 MIMO 中速度维度的 4 个格子。另外当 MIMO 突发的速度分辨率为 dv_MIMO 时, SIMO 突发中速度分辨率为 $4*dv_MIMO$ 。当 $M=12$, 测速范围为 $Vmax_SIMO=12*Vmax_MIMO$, 那么整个 SIMO 测速范围被划分成 $3*Vind_max_MIMO$ 个格子, 即 $Vind_SIMO$ 的取值范围为 $0\sim 3*Vind_max_MIMO-1$; 而 MIMO 突发中速度分辨率为 dv_MIMO , 测速范围为 $Vmax_MIMO$, 整个 MIMO 测速范围被划分成 $Vind_max_MIMO$ 个格子, 即 $Vind_MIMO$ 的取值范围为 $0\sim Vind_max_MIMO-1$ 。可以通过 $Floor(4*Vind_SIMO/Vind_max_MIMO)$ 这一公式把 SIMO 的中获得的第二速度标识折算到对应的 MIMO 混叠系数区间上, 获取混叠系数区间中的一个元素。例如 $Floor(4*Vind_SIMO/Vind_max_MIMO)=0$, 则对应 $[-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5]$ 的第一个元素, 即 -6。针对每个目标执行上述操作后, 可以将获得的所有元素合并后删除重复元素, 得到混叠系数子集。

不难看出, 混叠系数子集是混叠系数区间的子集。

此外, 在执行上述方案获取 RD Map 后, 还可以根据 $(Rind_MIMO, Vind_MIMO)$ 以及第一突发中发射天线发送 chirp 信号的顺序对接收天线接收到的回波信号进行补偿。

示例性地, 根据每个时隙中的发射天线对应的接收天线回波信号的相位, 可以有如下公式。

$$S_{TX}^m(f_D^{SIMO}) = S_{TX}^m(f_D^{MIMO}) * e^{-i2\pi \frac{a_{coef} * m}{M}}, m \in [0, M-1]$$

$$a_{coef} \in \begin{cases} \left[-\frac{M-1}{2}, \frac{M-1}{2} \right] & , M \text{ 为奇数} \\ \left[-\frac{M}{2}, \frac{M}{2} - 1 \right] & , M \text{ 为偶数} \end{cases}$$

其中, $S_{TX}^m(f_D^{MIMO})$ 对应的是第一突发中第 m 个时隙内发射天线的对应的 N_r 个接收天线回波信号相位; $S_{TX}^m(f_D^{SIMO})$ 对应的是第二突发中, 当 m 个天线都在第 1 个时隙内发射时, 对应的 N_r 个接收回波信号; f_D^{MIMO} 是在 RD Map 上观察到的 TDM MIMO 最大测速范围内目标速度对应的多普勒频率, f_D^{SIMO} 是希望恢复的 SIMO 最大测速范围内目标速度对应的多普勒频率。此外, 不难看出 a_{coef} 的取值范围是前述混叠系数区间, 但是在本申请实施例的实际应用中, a_{coef} 可以仅取到混叠系数子集中的元素即可。 $e^{-i2\pi \frac{a_{coef} * m}{M}}$ 是 m 个时隙内发射天线的对应的 N_r 个接收天线回波信号相位补偿值。在利用了 SIMO 突发回波中的第一标识信息后, 可以获得更少的需要相位补偿值。

那么, 根据第一标识和第二标识确定混叠系数子集 S 的方式有多种, 下面列举其中的两种。

第一种

根据所有目标点的 $Rind_SIMO$ 和 $Vind_SIMO$ 计算整个场景内的混叠系数子集。

具体的讲, 根据第一突发和第二突发的 chirp 信号发送参数, 计算第二突发中检测到

的 V_{ind_SIMO} 对应到第一突发的混叠系数。

例如第一突发中, $G*N_t$ 为一轮 chirp 信号 (N_t 为发射天线的数量, G 为每个发射天线在一轮中发送的 chirp 信号的数量, 第一突发中可以包括多轮 chirp 信号), 在一轮 chirp 信号中一共发射 $N_{burst1_doppler}$ 个 chirp 信号 (或者补零后发射 $N_{burst1_doppler}$ 个 chirp 信号)。而第二突发中, 一共发射 $N_{burst2_doppler}$ 个 chirp 信号 (或者补零后发射 $N_{burst2_doppler}$ 个 chirp 信号)。第一突发中一个发射天线的重复周期为 T_{c_MIMO} , 第二突发中一个发射天线的重复周期 T_{c_SIMO} 。假设 $T_{c_MIMO}=G*N_t*T_{c_SIMO}$, 那么第二突发的速度测量范围相当于第一突发的 $G*N_t$ 倍。也就是说, V_{ind_SIMO} 相当于把 $G*N_t*V_{max_MIMO}$ 区间划分为 $N_{burst2_doppler}$ 个网格, V_{ind_MIMO} 相当于把 V_{max_MIMO} 区间划分为 $N_{burst1_doppler}$ 个区间。那么针对第二标识中的每个 V_{ind_SIMO} , 均可以获得 $\text{floor}(V_{ind_SIMO}/(N_{burst2_doppler}/G*N_t))$ 与前述混叠系数区间中相对应的元素。因此, 可以针对每个检测到的 V_{ind_SIMO} 求解混叠系数区间内对应的元素, 将所有元素的集合求并集并删除重复元素后作为混叠系数子集 S 。

采用方式一, 不必针对每个目标求取混叠系数子集, 而是对检测到的所有 R_{ind_SIMO} 和 V_{ind_SIMO} 进行统一处理。但是在环境复杂、目标数量较多的情况下采用方式一的搜索计算量会较大。

第二种

由于目标的距离不会发生混叠现象, 因此 R_{ind_SIMO} 和 R_{ind_MIMO} 反应的距离通常是真实的。那么, 对于同一个目标, $\text{abs}(R_{ind_SIMO}-R_{ind_MIMO})$ 通常会小于一个门限, 该门限用 threshold 表示, 然后, 针对每个目标计算混叠系数子集。具体计算过程与方式一类似, 此处不再赘述。

具体地, 上述门限 threshold 的具体数值可以根据第二速度标识和第一突发的长度等参数进行自适应调整。示例性地, 设第一突发和第二突发的发射中心时间相隔为 T_{gap} , 在第二突发上获得的 R_{ind_SIMO} 由于 T_{gap} 时间差的存在, 速度为 V 的目标可能在 T_{gap} 时间内 (在 RD Map 上) 移动 K 个距离网格。那么 threshold 可以根据第二突发中获得的第二速度标识, 以及第一突发中距离单元周边小于 K 个距离网格的混叠系数子集确定。

采用方式二, 在每个距离网格上求解混叠系数子集, 可以实现更精细的速度匹配。但是在计算时会引入门限比较的计算复杂度。

三、根据混叠系数子集确定速度混叠系数

在确定混叠系数子集之后, 可以采用两种方式确定速度混叠系数。

方式一: 重叠阵子方式

通过物理位置重叠的两个发射天线在相邻两个时隙上发送 chirp 信号的方式可以称为重叠阵子 (overlapping)。重叠阵子时刻两个或者多个相邻时隙对应的接收天线的相位差别仅由目标速度引起的多普勒 (doppler) 相位确定。因此, 可以通过物理位置重叠的两个发射天线上计算出的目标的速度标识直接匹配出对应的速度混叠系数。

本申请实施例中, 可以在第一突发和第二突发的发送过程中构造重叠阵子, 从而实现速度混叠系数子集的求解。

这里速度混叠系数可以有多种具体计算方法, 可以计算软重叠阵子对 (相邻的两两为一对) 的混叠系数子集中对应的多普勒相位补偿后的接收回波数据和原始重叠阵子信号的共轭相乘, 对多个接收信号求和, 找混叠系数子集包括的多个混叠系数中对应最小值的混叠系数作为速度混叠系数。或者直接按照多个软重叠阵子对的相位差求平均, 计算速度混

叠系数。

方式二：角度谱峰搜索方式

在确定混叠系数子集之后，可以计算混叠系数子集 S 中不同元素所对应的子阵接收信号在不同角度谱上的值，将混叠系数子集 S 中对应角度谱最大值的元素作为速度混叠系数。

5 实际应用中，发射天线用于发射测量帧，接收天线用于接收测量帧经目标反射后形成的回波信号。天线阵列可以虚拟成包括多个虚拟收发通道的虚拟阵列，处理单元将接收到的回波信号折算成虚拟阵列的观测结果，即可根据虚拟阵列的观测结果进行处理和解算，获取目标的距离、速度、方位角等信息。

其中，在发射天线阵列和接收天线阵列的位置已经确定的情况下，虚拟阵列的位置是可以唯一确定的：假设 P_m 是 N_{tx} 个发射天线中天线的 m ($m=0,1,\dots,N_{tx}-1$) 的坐标， Q_n 是 N_{rx} 个接收天线中天线的 n ($n=0,1,\dots,N_{rx}-1$) 的坐标位置，那么形成的虚拟天线阵列中阵元的位置可以由 P_m+Q_n 唯一确定，在 m 遍历 N_{tx} 个发射天线、 n 遍历 N_{rx} 个后接收天线即可确定虚拟天线阵列的位置。用数学方式表示，即合成的虚拟阵列 $A_{virtual}=\text{kron}(A_t,A_r)$ ，其中 A_t 和 A_r 分别为发射天线阵列和接收天线阵列。

15 在方式二中，计算角度谱的过程根据虚拟阵列的观测结果进行 FFT 或数字波束成型 (digital beamforming, DBF)。

如果虚拟阵列为均匀阵列，则可以加快 FFT 运算。但是，实际应用中，若虚拟阵列为阵元数较多的均匀阵列或者非均匀阵列，则可以通过构造均匀阵列的虚拟 MIMO 子阵，通过对该虚拟 MIMO 子阵的观测结果进行 FFT，从而用于角度谱计算。其中，虚拟 MIMO 子阵中每个阵元间的间距相等，每个发射天线对应的虚拟 MIMO 子阵的阵元数量相同。

20 在一种可能的示例中，处理单元根据混叠系数子集确定速度混叠系数，包括：处理单元根据接收器接收到的回波信号确定虚拟 MIMO 子阵的观测结果；处理单元根据虚拟 MIMO 子阵的观测结果确定速度混叠系数；其中，虚拟 MIMO 子阵是由虚拟阵列中的虚拟阵元形成的均匀平面子阵或均匀线子阵，每个发射天线对应虚拟 MIMO 子阵中的虚拟阵元数相同，虚拟阵列由多个发射天线以及接收器包括的多个接收天线形成。

示例性地，发射天线 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 以及接收天线 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 的位置以及形成的虚拟阵列可以如图 10 所示，那么通过在虚拟阵列中选择四个阵元组成虚拟 MIMO 子阵 (发射天线阵列和接收天线阵列形成的虚拟阵列中间有两个空缺，抽取子阵避开了这两个非均匀的阵元)，并对虚拟 MIMO 子阵的观测结果进行 FFT，可以计算角度谱。

30 示例地，发射天线和接收天线的位置如图 11 所示，形成的虚拟阵列如图 12 所示，那么通过在虚拟阵列中选择 16 个阵元组成虚拟 MIMO 子阵，并对虚拟 MIMO 子阵的观测结果进行 FFT，可以计算角度谱。

35 在一种可能的示例中，处理单元根据混叠系数子集确定速度混叠系数，包括：处理单元根据接收器接收到的回波信号确定虚拟 MIMO 子阵的观测结果；处理单元根据虚拟 MIMO 子阵的观测结果确定速度混叠系数；其中，虚拟 MIMO 子阵是由虚拟阵列中的虚拟阵元形成的平面子阵或线子阵，通过线性插值获得的均匀平面子阵和均匀线子阵，每个发射天线对应虚拟 MIMO 子阵中的虚拟阵元数相同，虚拟阵列由多个发射天线以及接收器包括的多个接收天线形成。

40 也就是说，若在虚拟阵列中无法找到符合上述条件 (即 MIMO 子阵中每个阵元间的间距相等，每个发射天线对应的虚拟 MIMO 子阵的阵元数量相同) 的虚拟 MIMO 子阵，则

可以通过线性插值的方式形成虚拟 MIMO 子阵。

示性地，发射天线 T1、T2、T3、T4 以及接收天线 R1、R2、R3、R4 的位置以及形成的虚拟阵列可以如图 13 所示。不难看出，在虚拟阵列中无法找到满足上述条件的虚拟 MIMO 子阵（实线标识的 R1,3 和 R4,2 不能和 R2,4, R3,1 构成子阵），则可以通过插值方式找到相应的阵元，从而形成虚拟 MIMO 子阵，进而计算角度谱。其中，插值点的观测结果可以通过求平均值等方式获取。

在确定速度混叠系数之后，处理单元可以根据速度混叠系数和第一标识确定一个或多个目标的速度，具体方式可以参见现有技术中的描述，此处不再赘述。

此外，图 9 所示的方法还可以包括：接收器接收第三回波信号，第三回波信号由测量帧中的第三突发经一个或多个目标反射后形成号，第三突发在第一突发之前发送。那么，处理单元根据接收器接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度，具体可通过如下方式实现：若一个或多个目标向远离雷达系统的方向移动，则处理单元根据第一回波信号和第三回波信号确定一个或多个目标的速度；若一个或多个目标向靠近雷达系统的方向移动，则处理单元根据第一回波信号和第二回波信号确定一个或多个目标的速度。

也就是说，对于远离方向的目标取前缀（第三突发）做匹配，对于靠近方向的目标取后缀（第二突发）做匹配。

由于目标实际上在三个突发上会有移动。对于比较远的目标，这种移动会影响接收到的目标的信号强度。当目标远离时，目标与第二突发的距离越来越远，使得目标信号强度降低，那么第三突发中的数据更为可靠。而目标靠近时，目标与第二突发的距离越来越近，使得目标信号强度增大，那么第二突发中的数据更为可靠。

其中，根据第一回波信号和第三回波信号确定一个或多个目标的速度的具体方式，可以前述根据第一回波信号和第二回波信号确定一个或多个目标的速度的实现方式，此处不再赘述。

此外，若发射器发送的测量帧包括三个突发，则处理单元还可以根据第二突发和第三突发这两个采用 SIMO 方式发送的突发中测量到的数据一致的目标点来进行聚类 and 跟踪。

采用 SIMO 进行聚类 and 跟踪的原因是：通过实际数据的处理，发现 SIMO burst 和 MIMO burst 主要在较高速度的点上判断不一致。这是由目标的微多普勒和多径造成的。

目标局部的微多普勒特征造成目标的宏观速度和微观速度不一致，如车轮的速度和车身的速度不同，人的手臂和人的躯干的速度不同；在多径反射中，测量到的目标距离和速度都比真实的目标大。使得 SIMO burst 和 MIMO burst 的速度结果偏差大。因此，可以利用一致的目标点用于聚类 and 跟踪，从而获得目标的正确宏观速度，以及根据宏观速度预测目标运动状态。

综上，采用图 9 所示的信号处理方法，可以通过采用 MIMO 方式发送的第一突发反射后形成的回波信号以及在第一突发之后采用 SIMO 方式发送的第二突发反射后形成的回波信号进行目标的速度范围搜索，从而匹配出一个或多个目标的速度混叠系数，将 MIMO 雷达的测速范围恢复到 SIMO 测速范围。

本申请实施例提供一种信号传输装置，该信号传输装置可用于执行图 3 所示的信号传输方法。参见图 14，该信号传输装置包括发射器 1401。

发射器1401, 发射器1401包括多个发射天线, 用于发送第一测量帧中的第一突发, 第一测量帧用于测量目标的速度, 在发送第一突发时, 多个发射天线中的每个发射天线分时发送啁啾chirp信号; 以及, 在发送第一测量帧中的第一突发后, 发送第一测量帧中的第二突发, 在发送第二突发时, 用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个。

5 可选地, 发射器1401还用于: 在发送第一测量帧中的第一突发之前, 发送第一测量帧中的第三突发; 在发送第三突发时, 用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个, 发送第三突发的发射天线和发送第二突发的发射天线为同一发射天线; 其中, 发射器1401以P%的占空比发送第一测量帧, $P < 100$, 占空比等于第一时长与第二时长的比值, 第一时长为第一测量帧的持续时长, 第二时长为发射器1401发送的相邻两个测量帧之间的时间差。

10 可选地, 发射器1401还用于: 在发送第一测量帧之后, 发送第二测量帧中的第四突发, 第二测量帧用于测量目标的速度, 在发送第四突发时, 多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号; 在发送第二测量帧中的第四突发后, 发送第二测量帧中的第五突发, 在发送第五突发时, 用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个; 第五突发、第二突发和第三突发的发送参数相同。

15 其中, 发送参数包括以下一种或多种: 发射斜率、发射天线、发送chirp信号的数量、或每个chirp信号的持续时间。

可选地, 第一测量帧为FMCW、MFSK或PMCW中的任一种。

可选地, 在第一突发中, 多个发射天线中的每个发射天线发送的chirp信号的数量不同。

20 可选地, 该信号传输装置1400还包括: 处理单元1402, 用于确定第一测量帧的配置, 并通过接口将第一测量帧的配置发送至单片微波集成电路MMIC, MMIC用于根据第一测量帧的配置使能发射器发送第一测量帧。

需要说明的是, 图14所示的信号传输装置1400可用于执行图3所示的信号传输方法, 信号传输装置1400中未详尽描述的实现方式可参见图3所示的信号传输方法中的相关描述。

25 本申请实施例提供一种信号处理装置, 该信号处理装置可用于执行图9所示的信号处理方法。参见图15, 该信号传输装置1500包括接收器1501和处理单元1502。

接收器1501, 用于接收第一回波信号和第二回波信号, 第一回波信号由发射器发送的测量帧中的第一突发经一个或多个目标反射后形成, 第二回波信号由该测量帧中的第二突发经一个或多个目标反射后形成, 第二突发在第一突发之后发送; 在发送第一突发时, 多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号; 在发送第二突发时, 用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个。

处理单元1502, 用于根据接收器1501接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度。

35 可选地, 处理单元1502在根据接收器1501接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度是, 具体用于: 根据第一回波信号确定第一标识, 第一标识用于指示一个或多个目标的距离测量值和速度测量值; 根据第二回波信号确定第二标识, 第二标识用于指示一个或多个目标的距离测量值和速度测量值; 根据第一标识和第二标识确定一个或多个目标的速度。

40 可选地, 处理单元1502在根据第一标识和第二标识确定一个或多个目标的速度时, 具体用于: 根据第一突发中第一发射天线发送的重复周期确定第一标识对应的混叠系数区间; 根据第一标识、第二标识和混叠系数区间确定混叠系数子集; 根据混叠系数子集确定速度混叠系数; 根据速度混叠系数和第一标识确定一个或多个目标的速度。

可选地，接收器1501还用于：接收第三回波信号，第三回波信号由该测量帧中的第三突发经一个或多个目标反射后形成，第三突发在所述第一突发之前发送；处理单元1502在根据接收器1501接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度时，具体用于：若一个或多个目标向远离雷达系统的方向移动，则根据第一回波信号和第三回波信号确定一个或多个目标的速度；若一个或多个目标向靠近雷达系统的方向移动，则根据第一回波信号和

5 第二回波信号确定一个或多个目标的速度。

可选地，处理单元1502在根据混叠系数子集确定速度混叠系数时，具体用于：根据接收器1501接收到的回波信号确定虚拟MIMO子阵的观测结果；根据虚拟MIMO子阵的观测结果确定速度混叠系数；其中，虚拟MIMO子阵是由虚拟阵列中的虚拟阵元形成的均匀平面子阵或均匀线子阵，每个发射天线对应虚拟MIMO子阵中的虚拟阵元数相同，虚拟阵列

10 由多个发射天线以及接收器1501包括的多个接收天线形成。

可选地，处理单元1502在根据混叠系数子集确定速度混叠系数时，具体用于：根据接收器1501接收到的回波信号确定虚拟MIMO子阵的观测结果；根据虚拟MIMO子阵的观测结果确定速度混叠系数；其中，虚拟MIMO子阵是由虚拟阵列中的虚拟阵元形成的平面子阵或线子阵，通过线性插值获得的均匀平面子阵和均匀线子阵，每个发射天线对应虚拟

15 MIMO子阵中的虚拟阵元数相同，虚拟阵列由多个发射天线以及接收器1501包括的多个接收天线形成。

需要说明的是，图15所示的信号处理装置1500可用于执行图9所示的信号处理方法，信号处理装置1500中未详尽描述的实现方式可参见图3所示的信号处理方法中的相关描述。

20

基于同一发明构思，本申请实施例还提供一种雷达系统。参见图16，雷达系统1600包括发射器1601、接收器1602和处理单元1603。

发射器1601，发射器1601包括多个发射天线，用于发送测量帧中的第一突发，该测量帧用于测量目标的速度，在发送第一突发时，多个发射天线中的每个发射天线分时发送啁啾chirp信号；以及，在发送该测量帧中的第一突发后，发送该测量帧中的第二突发，在发送第二突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个。

25

接收器1602，用于接收第一回波信号和第二回波信号；第一回波信号由第一突发经一个或多个目标反射后形成，第二回波信号由第二突发经一个或多个目标反射后形成。

处理单元1603，用于根据接收器1602接收到的回波信号确定一个或多个目标的速度。

30

显然，本领域的技术人员可以对本申请实施例进行各种改动和变型而不脱离本申请实施例的范围。这样，倘若本申请实施例的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内，则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

权利要求

1、一种信号传输方法，其特征在于，应用于多输入多输出MIMO雷达，所述MIMO雷达包括发射器，所述发射器包括多个发射天线，所述方法包括：

5 所述发射器发送第一测量帧中的第一突发，所述第一测量帧用于测量目标的速度，在发送所述第一突发时，所述多个发射天线中的每个发射天线分时发送啁啾chirp信号；

在所述发射器发送第一测量帧中的第一突发后，所述发射器发送所述第一测量帧中的第二突发，在发送所述第二突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个。

10 2、如权利要求1所述的方法，其特征在于，在所述发射器发送第一测量帧中的第一突发之前，还包括：

所述发射器发送所述第一测量帧中的第三突发；在发送所述第三突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个，发送所述第三突发的发射天线和发送所述第二突发的发射天线为同一发射天线；其中，所述发射器以P%的占空比发送所述第一测量帧， $P < 100$ ，所述占空比等于第一时长与第二时长的比值，所述第一时长为所述第一测量帧的持续时长，
15 所述第二时长为所述发射器发送的相邻两个测量帧之间的时间差。

3、如权利要求2所述的方法，其特征在于，在所述发射器发送所述第一测量帧之后，还包括：

20 所述发射器发送第二测量帧中的第四突发，所述第二测量帧用于测量所述目标的速度，在发送所述第四突发时，所述多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号；

在所述发射器发送所述第二测量帧中的第四突发后，所述发射器发送所述第二测量帧中的第五突发，在发送所述第五突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个；所述第五突发、所述第二突发和所述第三突发的发送参数相同。

25 4、如权利要求3所述的方法，其特征在于，所述发送参数包括以下一种或多种：发射斜率、发射天线、发送chirp信号的数量、或每个chirp信号的持续时间。

5、如权利要求1~4任一项所述的方法，其特征在于，所述第一测量帧为调频连续波FMCW、多频移键控MFSK或调相连续波PMCW中的任一种。

30

6、如权利要求1~5任一项所述的方法，其特征在于，在所述第一突发中，所述多个发射天线中的每个发射天线发送的chirp信号的数量不同。

7、如权利要求1~6任一项所述的方法，其特征在于，所述MIMO雷达还包括处理单元，所述方法还包括：

35 所述处理单元确定所述第一测量帧的配置，并通过接口将所述第一测量帧的配置发送至单片微波集成电路MMIC，所述MMIC用于根据所述第一测量帧的配置使能所述发射器发送所述第一测量帧。

8、一种信号处理方法，其特征在于，应用于MIMO雷达，所述MIMO雷达包括发射器、接收器和处理单元，所述发射器包括多个发射天线，所述方法包括：

所述接收器接收第一回波信号和第二回波信号，所述第一回波信号由所述发射器发送的测量帧中的第一突发经一个或多个目标反射后形成，所述第二回波信号由所述测量帧中的第二突发经一个或多个目标反射后形成，所述第二突发在所述第一突发之后发送；在发送所述第一突发时，所述多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号；在发送所述第二突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个；

所述处理单元根据所述接收器接收到的回波信号确定所述一个或多个目标的速度。

9、如权利要求8所述的方法，其特征在于，还包括：

所述接收器接收第三回波信号，所述第三回波信号由所述测量帧中的第三突发经所述一个或多个目标反射后形成号，所述第三突发在所述第一突发之前发送；

所述处理单元根据所述接收器接收到的回波信号确定所述一个或多个目标的速度，包括：

若所述一个或多个目标向远离所述雷达系统的方向移动，则所述处理单元根据所述第一回波信号和所述第三回波信号确定所述一个或多个目标的速度；

若所述一个或多个目标向靠近所述雷达系统的方向移动，则所述处理单元根据所述第一回波信号和所述第二回波信号确定所述一个或多个目标的速度。

10、一种信号传输装置，其特征在于，包括：

发射器，所述发射器包括多个发射天线，用于发送第一测量帧中的第一突发，所述第一测量帧用于测量目标的速度，在发送所述第一突发时，所述多个发射天线中的每个发射天线分时发送啁啾chirp信号；以及，在发送第一测量帧中的第一突发后，发送所述第一测量帧中的第二突发，在发送所述第二突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个。

11、如权利要求10所述的装置，其特征在于，所述发射器还用于：

在发送第一测量帧中的第一突发之前，发送所述第一测量帧中的第三突发；在发送所述第三突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个，发送所述第三突发的发射天线和发送所述第二突发的发射天线为同一发射天线；其中，所述发射器以P%的占空比发送所述第一测量帧， $P < 100$ ，所述占空比等于第一时长与第二时长的比值，所述第一时长为所述第一测量帧的持续时长，所述第二时长为所述发射器发送的相邻两个测量帧之间的时间差。

12、如权利要求11所述的装置，其特征在于，所述发射器还用于：

在发送所述第一测量帧之后，发送第二测量帧中的第四突发，所述第二测量帧用于测量所述目标的速度，在发送所述第四突发时，所述多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号；

在发送所述第二测量帧中的第四突发后，发送所述第二测量帧中的第五突发，在发送所述第五突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个；所述第五突发、所述第二突发和所述第三突发的发送参数相同。

13、如权利要求12所述的装置，其特征在于，所述发送参数包括以下一种或多种：发射斜率、发射天线、发送chirp信号的数量、或每个chirp信号的持续时间。

5 14、如权利要求10~13任一项所述的装置，其特征在于，所述第一测量帧为调频连续波FMCW、多频移键控MFSK或调相连续波PMCW中的任一种。

15、如权利要求10~14任一项所述的装置，其特征在于，在所述第一突发中，所述多个发射天线中的每个发射天线发送的chirp信号的数量不同。

10

16、如权利要求10~15任一项所述的装置，其特征在于，还包括：

处理单元，用于确定所述第一测量帧的配置，并通过接口将所述第一测量帧的配置发送至单片微波集成电路MMIC，所述MMIC用于根据所述第一测量帧的配置使能所述发射器发送所述第一测量帧。

15

17、一种信号处理装置，其特征在于，包括：

接收器，用于接收第一回波信号和第二回波信号，所述第一回波信号由发射器发送的测量帧中的第一突发经一个或多个目标反射后形成，所述第二回波信号由所述测量帧中的第二突发经一个或多个目标反射后形成，所述第二突发在所述第一突发之后发送；在发送所述第一突发时，所述多个发射天线中的每个发射天线分时发送chirp信号；在发送所述第二突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个；

20

处理单元，用于根据所述接收器接收到的回波信号确定所述一个或多个目标的速度。

18、如权利要求17所述的装置，其特征在于，所述接收器还用于：

25 接收第三回波信号，所述第三回波信号由所述测量帧中的第三突发经所述一个或多个目标反射后形成，所述第三突发在所述第一突发之前发送；

所述处理单元在根据所述接收器接收到的回波信号确定所述一个或多个目标的速度时，具体用于：

30 若所述一个或多个目标向远离所述雷达系统的方向移动，则根据所述第一回波信号和所述第三回波信号确定所述一个或多个目标的速度；

若所述一个或多个目标向靠近所述雷达系统的方向移动，则根据所述第一回波信号和所述第二回波信号确定所述一个或多个目标的速度。

19、一种雷达系统，其特征在于，包括：

35 发射器，所述发射器包括多个发射天线，用于发送测量帧中的第一突发，所述测量帧用于测量目标的速度，在发送所述第一突发时，所述多个发射天线中的每个发射天线分时发送啁啾chirp信号；以及，在发送测量帧中的第一突发后，发送所述测量帧中的第二突发，在发送所述第二突发时，用于发送chirp信号的发射天线的数量为一个；

40 接收器，用于接收第一回波信号和第二回波信号，所述第一回波信号由所述第一突发经一个或多个目标反射后形成，所述第二回波信号由所述第二突发经一个或多个目标反射

后形成;

处理单元, 用于根据所述接收器接收到的回波信号确定所述一个或多个目标的速度。

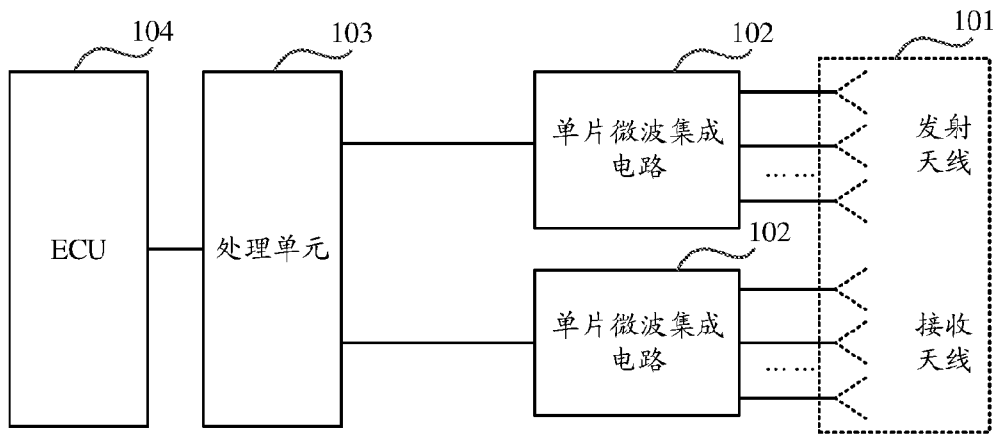


图 1

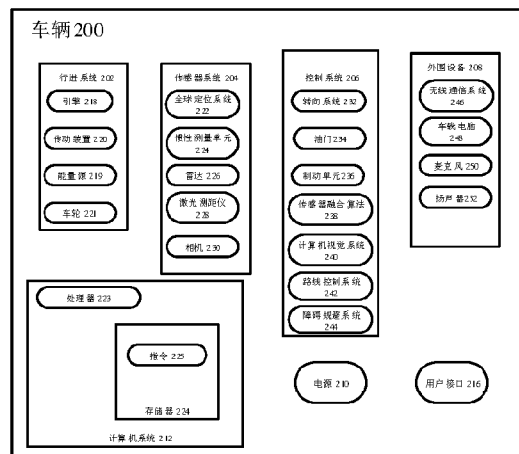


图 2

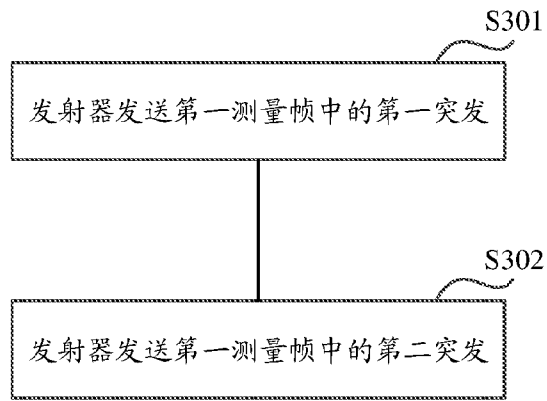


图 3

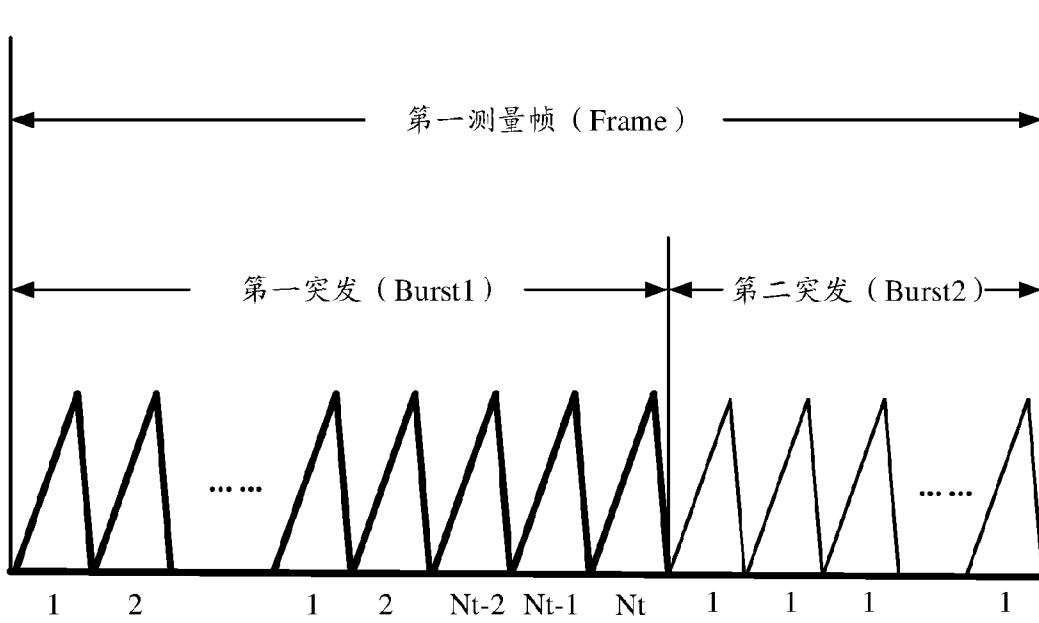


图 4

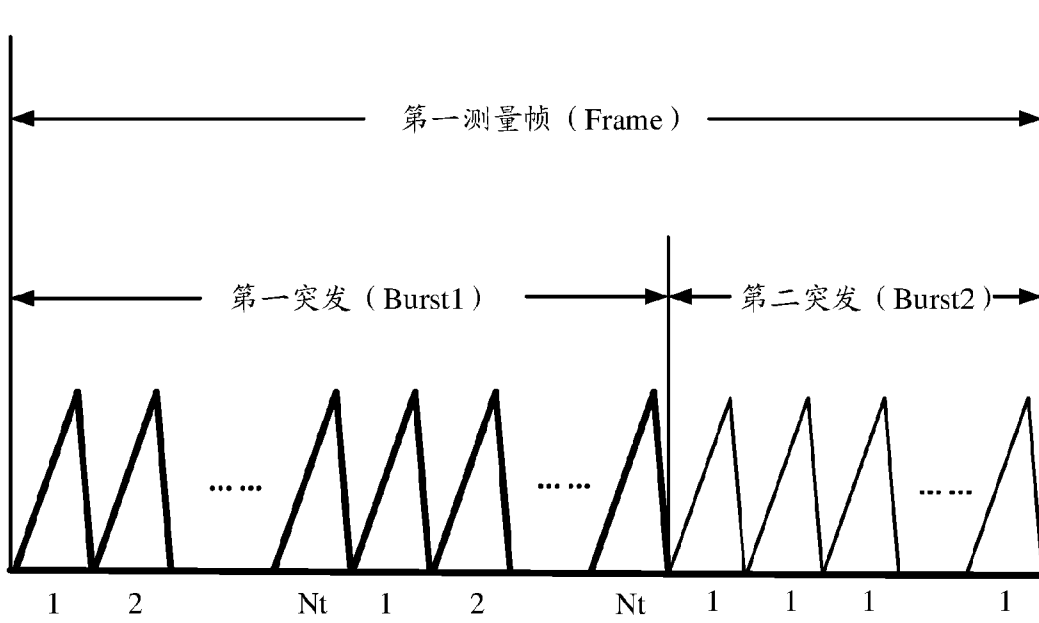


图 5

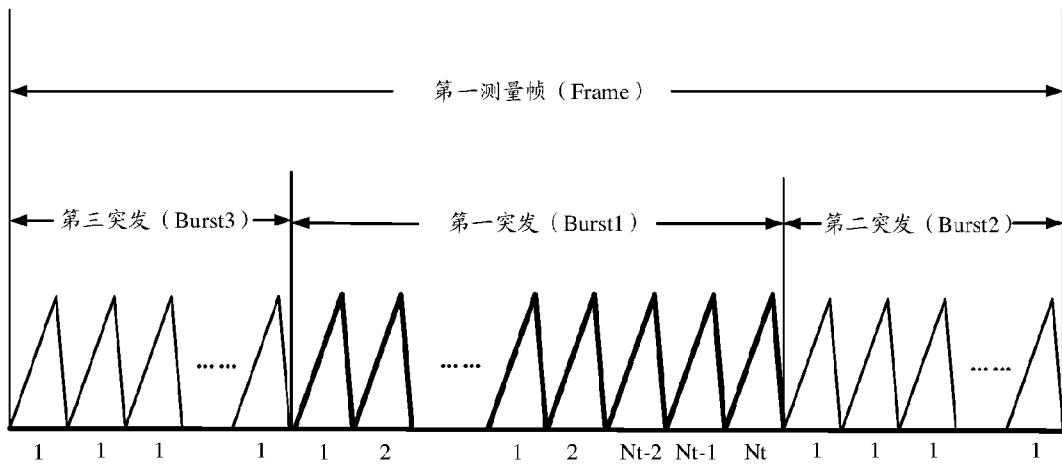


图 6

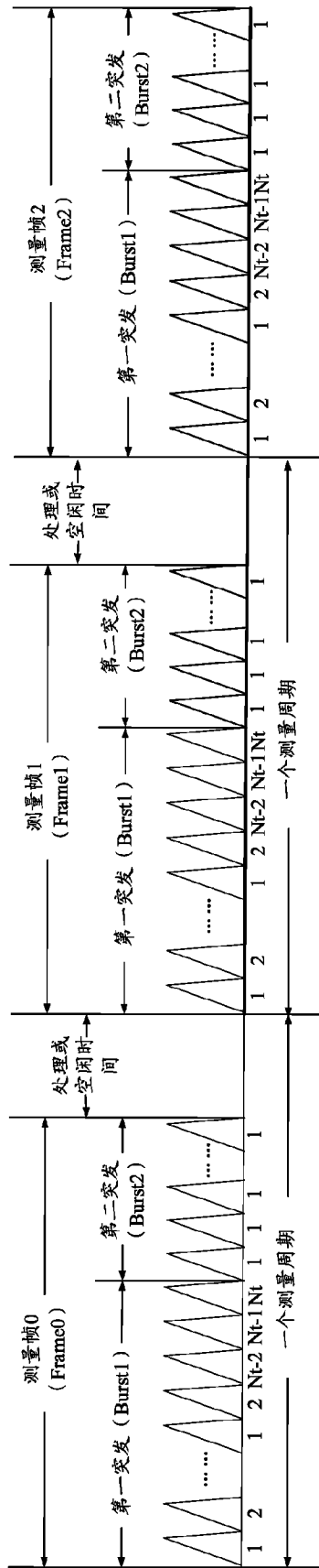


图7

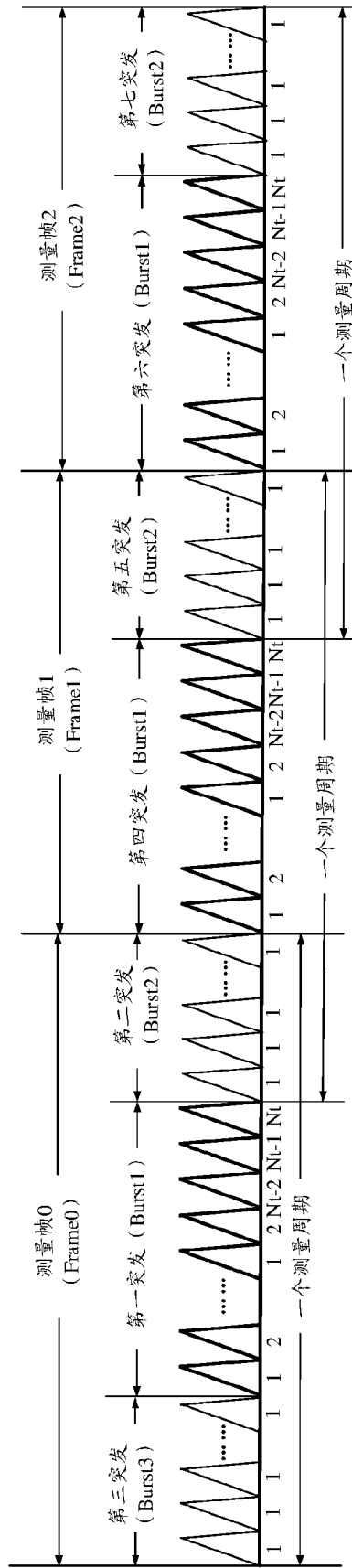


图8

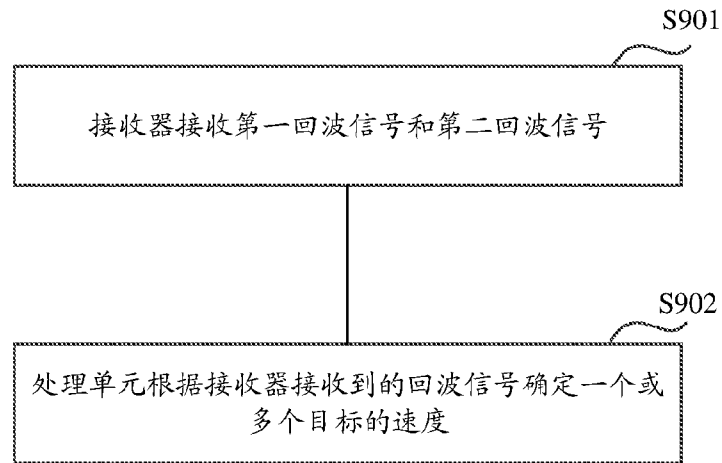


图 9

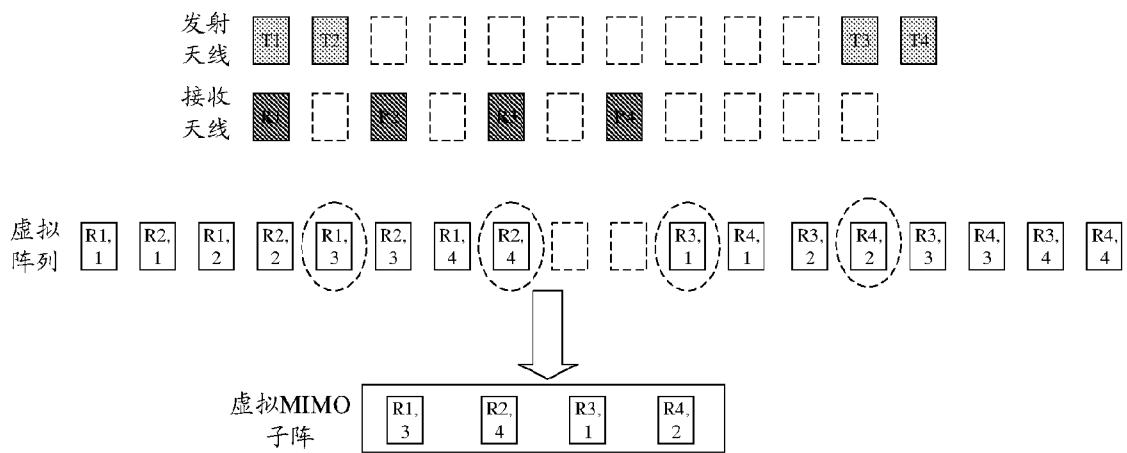


图 10

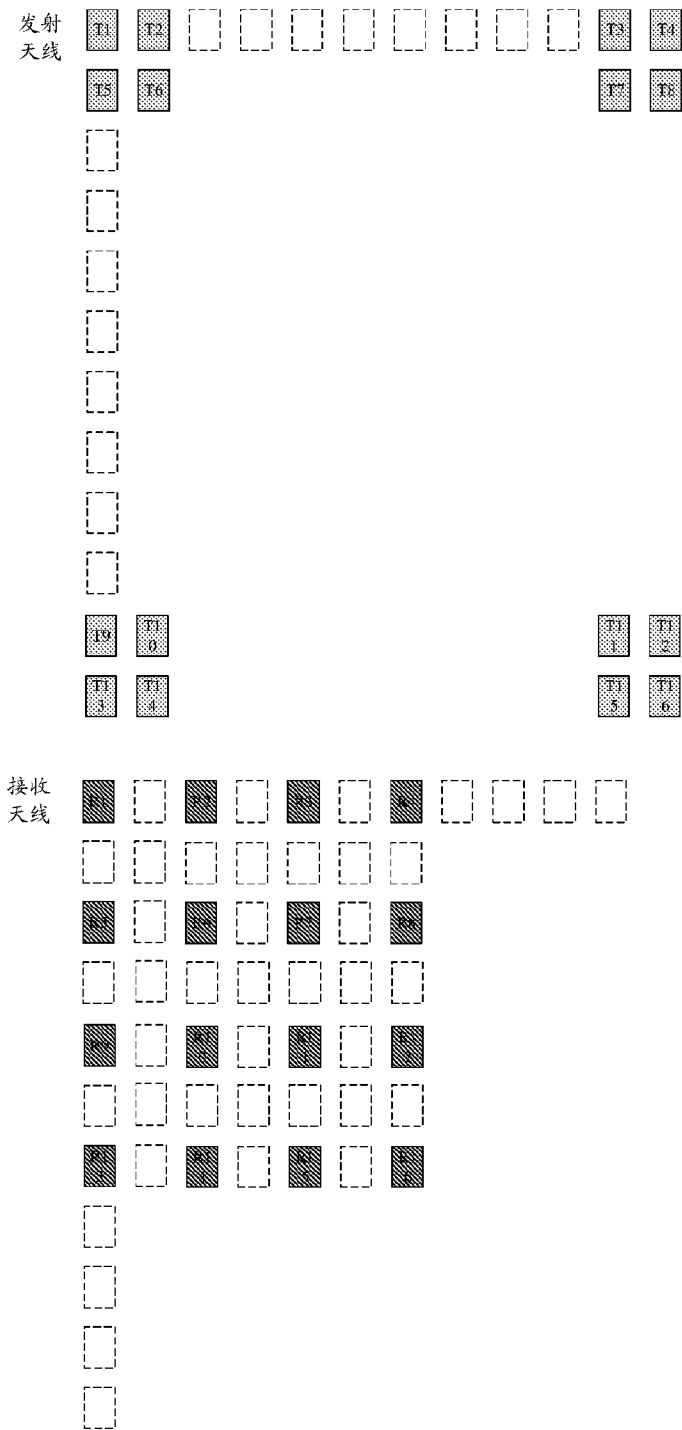


图 11

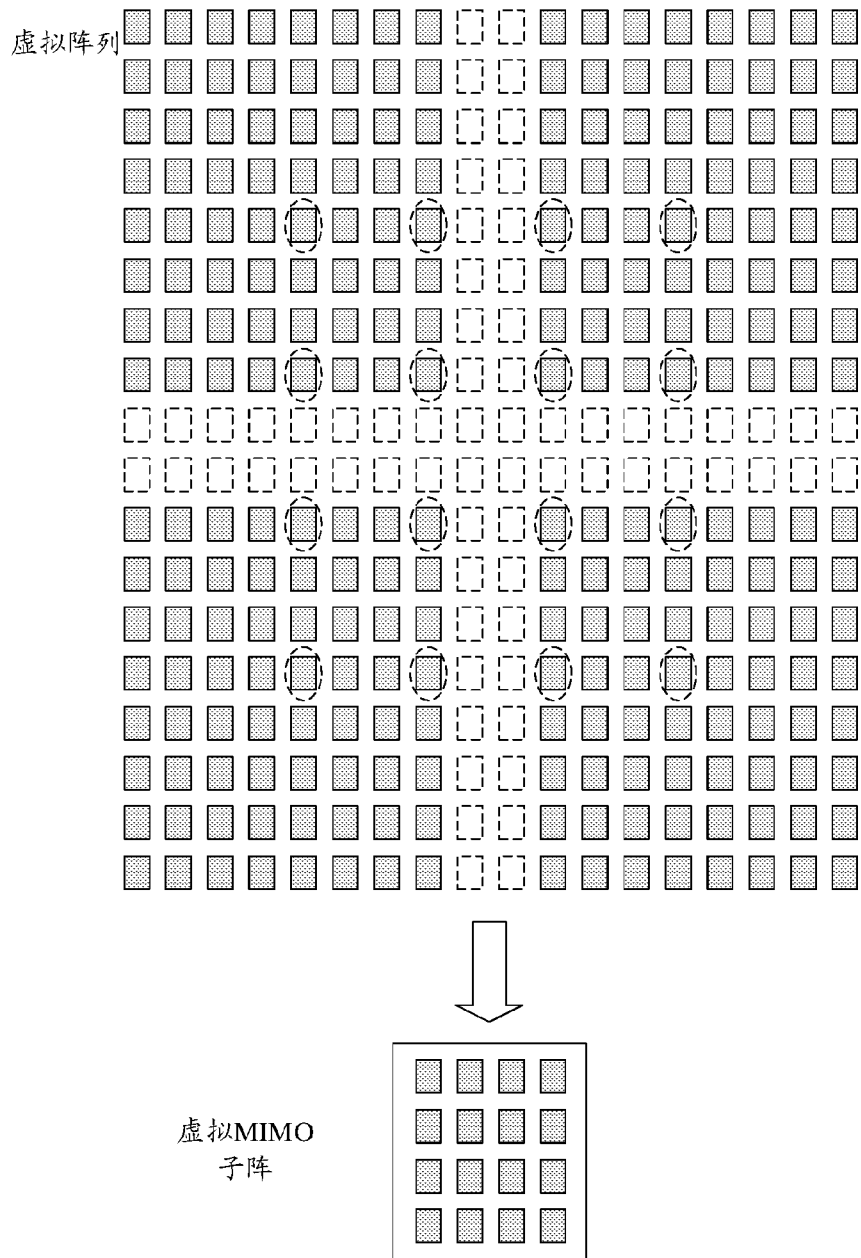


图 12

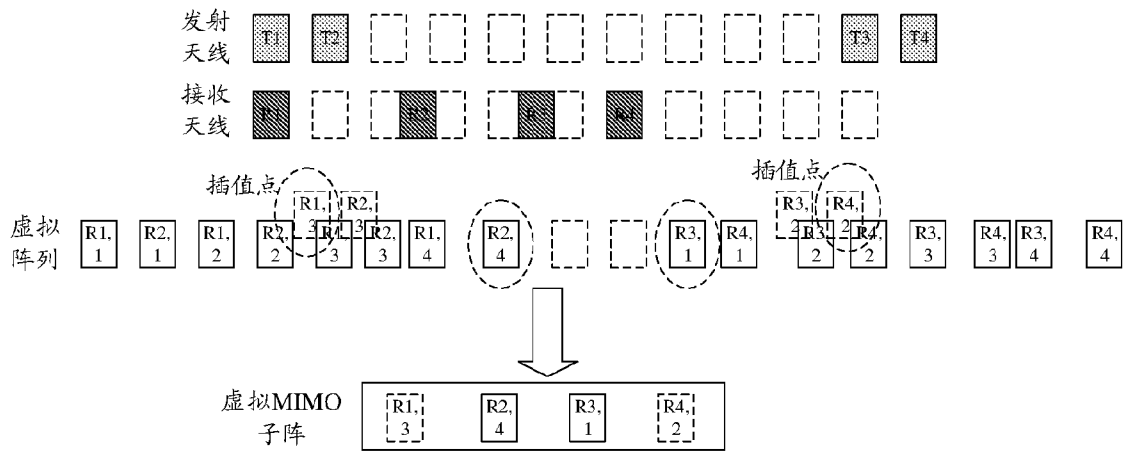


图 13

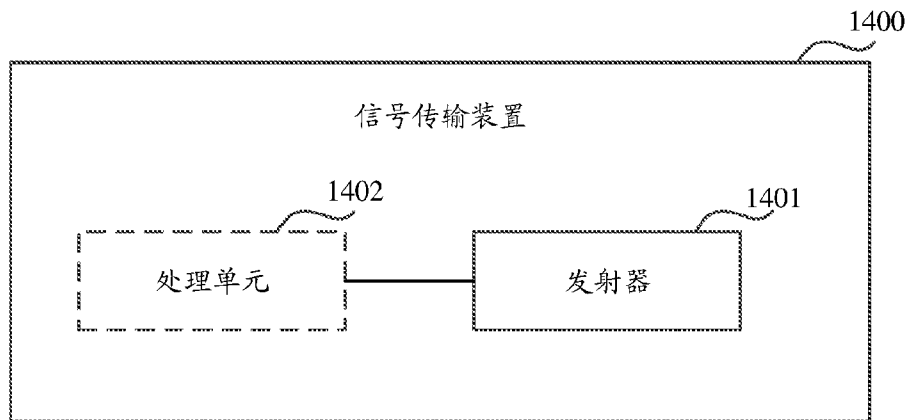


图 14

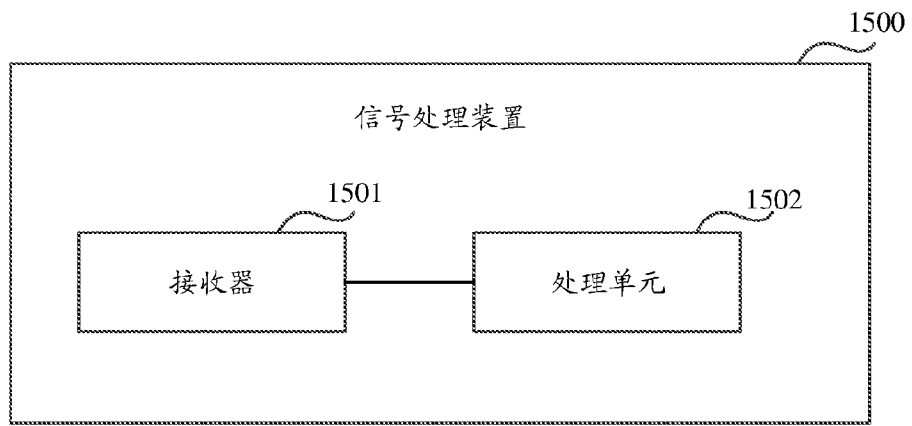


图 15

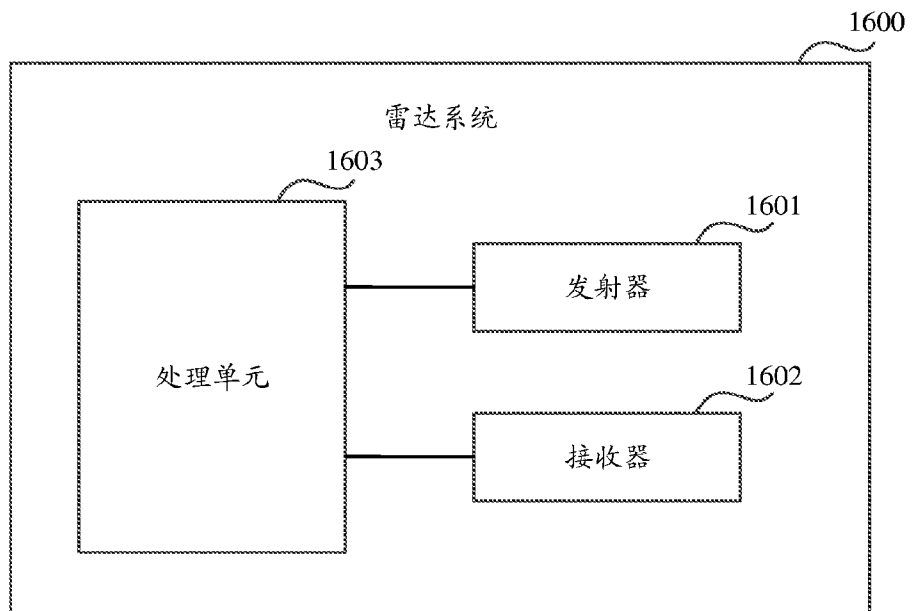


图 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/101409

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H04L 1/00(2006.01)i		
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)		
H04L		
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)		
WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 多输入多输出, 发射, 多天线, 第二, 天线, 时隙, 突发, 目标, 回波, 速度, 分时, MIMO, beam, emission, antenna, antennae, burst, out, echo, reflect, chirp, frame		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 102783038 A (SONY CORPORATION) 14 November 2012 (2012-11-14) description, paragraphs [0052], [0053], [0133], [0364], [0454], figures 1, 7, 8	1-19
A	CN 107925434 A (COHERE TECHNOLOGIES) 17 April 2018 (2018-04-17) entire document	1-19
A	CN 107979402 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 01 May 2018 (2018-05-01) entire document	1-19
A	CN 105722234 A (BEIJING BAICELLS TECHNOLOGIES CO., LTD.) 29 June 2016 (2016-06-29) entire document	1-19
A	CN 107925446 A (COHERE TECHNOLOGIES, INC.) 17 April 2018 (2018-04-17) entire document	1-19
A	US 9759810 B1 (SCIDEA RESEARCH, INC.) 12 September 2017 (2017-09-12) entire document	1-19
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
27 April 2020		20 May 2020
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/101409

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	102783038	A	14 November 2012	US	8887030	B2	11 November 2014
				CN	102783038	B	10 December 2014
				JP	5805673	B2	04 November 2015
				US	2012320994	A1	20 December 2012
				AU	2011219954	A1	13 September 2012
				EP	2540002	A2	02 January 2013
				WO	2011104182	A2	01 September 2011
				TW	201206090	A	01 February 2012
				TW	1581578	B	01 May 2017
				RU	2012141041	A	10 April 2014
				AU	2011219954	B2	15 January 2015
				JP	2013520900	A	06 June 2013
				CN	107925434	A	17 April 2018
EP	3295572	A1	21 March 2018				
US	10158394	B2	18 December 2018				
WO	2016183230	A1	17 November 2016				
KR	20180040521	A	20 April 2018				
CN	107979402	A	01 May 2018	US	2019253184	A1	15 August 2019
				WO	2018076788	A1	03 May 2018
				EP	3528395	A1	21 August 2019
CN	105722234	A	29 June 2016	WO	2017133610	A1	10 August 2017
				CN	105722234	B	08 November 2019
				US	2018352464	A1	06 December 2018
CN	107925446	A	17 April 2018	EP	3295578	A1	21 March 2018
				KR	20180030782	A	26 March 2018
				WO	2016183240	A1	17 November 2016
US	9759810	B1	12 September 2017	US	10139483	B2	27 November 2018
				US	2018224535	A1	09 August 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/101409

<p>A. 主题的分类 H04L 1/00 (2006.01) i</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. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H04L</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)) WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI; 多输入多输出, 发射, 多天线, 第二, 天线, 时隙, 突发, 目标, 回波, 速度, 分时, MIMO, beam, emission, antenna, antennae, burst, out, echo, reflect, chirp, frame</p>																							
<p>C. 相关文件</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>CN 102783038 A (索尼公司) 2012年 11月 14日 (2012 - 11 - 14) 说明书第[0052], [0053], [0133], [0364], [0454]段、图1, 图7, 图8</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107925434 A (凝聚技术公司) 2018年 4月 17日 (2018 - 04 - 17) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107979402 A (华为技术有限公司) 2018年 5月 1日 (2018 - 05 - 01) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105722234 A (北京佰才邦技术有限公司) 2016年 6月 29日 (2016 - 06 - 29) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107925446 A (凝聚技术股份有限公司) 2018年 4月 17日 (2018 - 04 - 17) 全文</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 9759810 B1 (SCIDEA RESEARCH, INC.) 2017年 9月 12日 (2017 - 09 - 12) 全文</td> <td>1-19</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> <p>* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “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 “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 “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 “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 “&” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 102783038 A (索尼公司) 2012年 11月 14日 (2012 - 11 - 14) 说明书第[0052], [0053], [0133], [0364], [0454]段、图1, 图7, 图8	1-19	A	CN 107925434 A (凝聚技术公司) 2018年 4月 17日 (2018 - 04 - 17) 全文	1-19	A	CN 107979402 A (华为技术有限公司) 2018年 5月 1日 (2018 - 05 - 01) 全文	1-19	A	CN 105722234 A (北京佰才邦技术有限公司) 2016年 6月 29日 (2016 - 06 - 29) 全文	1-19	A	CN 107925446 A (凝聚技术股份有限公司) 2018年 4月 17日 (2018 - 04 - 17) 全文	1-19	A	US 9759810 B1 (SCIDEA RESEARCH, INC.) 2017年 9月 12日 (2017 - 09 - 12) 全文	1-19
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 102783038 A (索尼公司) 2012年 11月 14日 (2012 - 11 - 14) 说明书第[0052], [0053], [0133], [0364], [0454]段、图1, 图7, 图8	1-19																					
A	CN 107925434 A (凝聚技术公司) 2018年 4月 17日 (2018 - 04 - 17) 全文	1-19																					
A	CN 107979402 A (华为技术有限公司) 2018年 5月 1日 (2018 - 05 - 01) 全文	1-19																					
A	CN 105722234 A (北京佰才邦技术有限公司) 2016年 6月 29日 (2016 - 06 - 29) 全文	1-19																					
A	CN 107925446 A (凝聚技术股份有限公司) 2018年 4月 17日 (2018 - 04 - 17) 全文	1-19																					
A	US 9759810 B1 (SCIDEA RESEARCH, INC.) 2017年 9月 12日 (2017 - 09 - 12) 全文	1-19																					
国际检索实际完成的日期 2020年 4月 27日	国际检索报告邮寄日期 2020年 5月 20日																						
ISA/CN的名称和邮寄地址 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 传真号 (86-10)62019451	授权官员 刘玫 电话号码 86- (10) -53962559																						

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/101409

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)
CN	102783038	A	2012年 11月 14日	US	8887030	B2	2014年 11月 11日
				CN	102783038	B	2014年 12月 10日
				JP	5805673	B2	2015年 11月 4日
				US	2012320994	A1	2012年 12月 20日
				AU	2011219954	A1	2012年 9月 13日
				EP	2540002	A2	2013年 1月 2日
				WO	2011104182	A2	2011年 9月 1日
				TW	201206090	A	2012年 2月 1日
				TW	1581578	B	2017年 5月 1日
				RU	2012141041	A	2014年 4月 10日
				AU	2011219954	B2	2015年 1月 15日
				JP	2013520900	A	2013年 6月 6日
				CN	107925434	A	2018年 4月 17日
EP	3295572	A1	2018年 3月 21日				
US	10158394	B2	2018年 12月 18日				
WO	2016183230	A1	2016年 11月 17日				
KR	20180040521	A	2018年 4月 20日				
CN	107979402	A	2018年 5月 1日	US	2019253184	A1	2019年 8月 15日
				WO	2018076788	A1	2018年 5月 3日
				EP	3528395	A1	2019年 8月 21日
CN	105722234	A	2016年 6月 29日	WO	2017133610	A1	2017年 8月 10日
				CN	105722234	B	2019年 11月 8日
				US	2018352464	A1	2018年 12月 6日
CN	107925446	A	2018年 4月 17日	EP	3295578	A1	2018年 3月 21日
				KR	20180030782	A	2018年 3月 26日
				WO	2016183240	A1	2016年 11月 17日
US	9759810	B1	2017年 9月 12日	US	10139483	B2	2018年 11月 27日
				US	2018224535	A1	2018年 8月 9日