(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115664446 A
(43)申请公布日 2023.01.31

(21)申请号 202210805685.1

(22)申请日 2022.07.08

(30)优先权数据
63/203,131 2021.07.09 US

(71)申请人 天工方案公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 S·赫斯巴克 M·A·里奇
A·T·沃科宁 D·R·佩尔克
K·J·萨梅拉

(74)专利代理机构 北京市正见永申律师事务所 11497
专利代理师 黄小临

(51)Int.Cl.
H04B 1/40(2015.01)

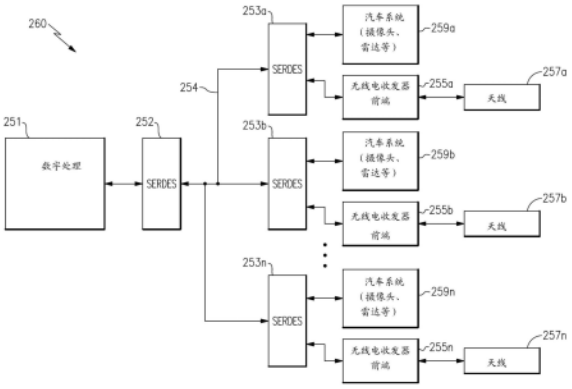
权利要求书2页 说明书13页 附图13页

(54)发明名称

用于汽车的分布式射频通信系统

(57)摘要

本文公开了用于汽车的分布式射频(RF)通信系统。在某些实施例中,用于汽车的RF通信系统包括RF模块,其靠近天线定位的以满足具有小插入损耗的指定输出功率。此外,基带处理器远离RF模块放置在汽车的不同区域中,以提供较低温度的环境。此外,RF模块以数字格式与基带处理器通信,无需(例如,由于使用数字信号传输产生更高的抗噪性)更高成本的布线,并且使用汽车中已存在的用于其他目的的数字传输布线。RF模块可包括RF前端(RFFE)和用于提供例如RF和基带之间频率转换的收发器。



CN 115664446 A

1.一种用于汽车的分布式射频通信系统,所述分布式射频通信系统包括:

数字处理电路;

布线;

第一串行器/解串器电路,其电连接在所述数字处理电路和所述布线之间;

第一射频模块;以及

第二串行器/解串器电路电,其连接在所述第一射频模块和所述布线之间,所述第一串行器/解串器电路和所述第二串行器/解串器电路被配置为通过所述布线传输数字数据。

2.如权利要求1所述的分布式射频通信系统,其中,所述布线包括双绞线。

3.如权利要求1所述的分布式射频通信系统,其中,所述数字处理电路包括基带处理器。

4.如权利要求1所述的分布式射频通信系统,其中,所述第一射频模块包括至少一个收发器和至少一个射频前端。

5.如权利要求4所述的分布式射频通信系统,还包括耦接到所述至少一个射频前端的至少一个天线。

6.如权利要求1所述的分布式射频通信系统,还包括第二射频模块,所述第二串行器/解串器电路电连接在所述第二射频模块和所述布线之间。

7.如权利要求1所述的分布式射频通信系统,还包括第二射频模块,以及电连接在所述第二射频模块和所述布线之间的第三串行器/解串器电路。

8.如权利要求7所述的分布式射频通信系统,其中,所述布线包括由所述第二串行器/解串器电路和所述第三串行器/解串器电路共享的公共缆线。

9.如权利要求7所述的分布式射频通信系统,其中,所述布线包括连接在所述第二串行器/解串器电路和所述第一串行器/解串器电路之间的第一缆线、以及连接在所述第三串行器/解串器电路和所述第一串行器/解串器电路之间的第二缆线。

10.如权利要求1所述的分布式射频通信系统,还包括至少一个汽车系统,其被配置为通过所述第二串行器/解串器电路、所述布线和所述第一串行器/解串器电路与所述数字处理电路进行通信。

11.一种汽车,包括:

所述汽车的第一位置中的数字处理电路;

布线;

第一串行器/解串器电路,其电连接在所述数字处理电路和所述布线之间并与所述数字处理电路共址;

所述汽车的第二位置中的第一射频模块;以及

第二串行器/解串器电路,其电连接在所述第一射频模块和所述布线之间并与所述第一射频模块共址,所述第一串行器/解串器电路和所述第二串行器/解串器电路被配置为通过所述布线传输数字数据。

12.如权利要求11所述的汽车,其中,所述布线包括双绞线。

13.如权利要求11所述的汽车,其中,所述第一射频模块包括至少一个收发器和至少一个射频前端。

14.如权利要求11所述的汽车,还包括至少一个天线,其耦接到所述至少一个射频前端

并且与所述至少一个射频前端共址。

15.如权利要求14所述的汽车，其中，所述至少一个天线包括位于车辆的车顶、保险杠、行李箱或镜子上的天线。

16.如权利要求11所述的汽车，其中，所述第一位置的温度低于所述第二位置的温度。

17.如权利要求11所述的汽车，还包括第二射频模块，所述第二串行器/解串器电路电连接在所述第二射频模块和所述布线之间。

18.如权利要求11所述的汽车，还包括至少一个汽车系统，其被配置为通过所述第二串行器/解串器电路、所述布线和所述第一串行器/解串器电路与所述数字处理电路进行通信。

19.如权利要求18所述的汽车，其中，所述至少一个汽车系统包括雷达或摄像头。

20.一种在汽车中射频通信的方法，所述方法包括：

使用位于汽车的第一位置中的数字处理电路生成数字数据；

使用与所述数字处理电路共址的第一串行器/解串器电路对所述数字数据进行串行化；

通过布线将所述串行化数字数据发送到第二串行器/解串器电路，并对所述串行化数字数据进行解串以生成恢复的数字数据；以及

使用射频模块处理所述恢复的数字数据以生成射频发射信号，所述射频模块与所述第二串行器/解串器电路共址于所述汽车的第二位置。

用于汽车的分布式射频通信系统

技术领域

[0001] 本发明的各实施例涉及电子系统,且尤其涉及射频(RF)电子装置。

背景技术

[0002] 射频(RF)通信系统经由天线发射和接收RF信号。RF信号具有在约30kHz到300GHz的范围内的频率,例如,对于第五代(5G)通信标准的频率范围1(FR1)具有在约400MHz到约7.125GHz的范围内的频率,或者对于5G通信标准的频率范围2(FR2具有在约24.250GHz至约71.000GHz范围内的频率。

发明内容

[0003] 在某些实施例中,本公开涉及一种用于汽车的分布式射频通信系统,该分布式射频通信系统包括数字处理电路、布线(cabling)、电连接在数字处理电路和布线之间的第一串行器/解串器电路、第一射频模块以及电连接在第一射频模块和布线之间的第二串行器/解串器电路。第一串行器/解串器电路和第二串行器/解串器电路被配置为通过布线传输数字数据。

[0004] 在各种实施例中,布线包括双绞线。

[0005] 在多个实施例中,布线包括以太网缆线。

[0006] 在若干实施例中,数字处理电路包括基带处理器。

[0007] 在一些实施例中,第一射频模块包括至少一个收发器和至少一个射频前端。根据多个实施例,分布式射频通信系统还包括耦接到至少一个射频前端的至少一个天线。根据若干实施例,分布式射频通信系统还包括第二射频模块、电连接在第二射频模块和布线之间的第二串行器/解串器电路。

[0008] 在若干实施例中,分布式射频通信系统还包括第二射频模块、以及电连接在第二射频模块和布线之间的第三串行器/解串器电路。根据多个实施例,布线包括由第二串行器/解串器电路和第三串行器/解串器电路共享的公共缆线。根据各种实施例,布线包括连接在第二串行器/解串器电路和第一串行器/解串器电路之间的第一缆线、以及连接在第三串行器/解串器电路和第一串行器/解串器电路之间的第二缆线。

[0009] 在各种实施例中,分布式射频通信系统还包括至少一个汽车系统,其被配置为通过第二串行器/解串器电路、布线和第一串行器/解串器电路与数字处理电路进行通信。

[0010] 在一些实施例中,数字数据包括表示射频发射信号的同相和正交相位数据。

[0011] 在某些实施例中,本公开涉及汽车。该汽车包括在汽车的第一位置中的数字处理电路、布线、电连接在数字处理电路和布线之间并与数字处理电路共址(co-locate)的第一串行器/解串器电路、位于汽车的第二位置中的第一射频模块、以及电连接在第一射频模块和布线之间并与第一射频模块共址的第二串行器/解串器电路,第一串行器/解串器电路和第二串行器/解串器电路被配置为通过布线传输数字数据。

[0012] 在若干实施例中,布线包括双绞线。

[0013] 在各种实施例中，布线包括以太网缆线。

[0014] 在多个实施例中，数字处理电路包括基带处理器。

[0015] 在一些实施例中，第一射频模块包括至少一个收发器和至少一个射频前端。

[0016] 在若干实施例中，汽车还包括至少一个天线，其耦接到至少一个射频前端并且与至少一个射频前端共址。根据多个实施例，至少一个天线包括定位在车辆的车顶、保险杠、行李箱或镜子上的天线。

[0017] 在各种实施例中，第一位置的温度低于第二位置的温度。

[0018] 在一些实施例中，汽车还包括第二射频模块、电连接在第二射频模块和布线之间的第二串行器/解串器电路。

[0019] 在若干实施例中，汽车还包括第二射频模块、以及电连接在第二射频模块和布线之间的第三串行器/解串器电路。根据多个实施例，布线包括由第二串行器/解串器电路和第三串行器/解串器电路共享的公共缆线。根据各种实施例，布线包括连接在第二串行器/解串器电路和第一串行器/解串器电路之间的第一缆线、以及连接在第三串行器/解串器电路和第一串行器/解串器电路之间的第二缆线。

[0020] 在一些实施例中，汽车还包括至少一个汽车系统，其被配置为通过第二串行器/解串器电路、布线和第一串行器/解串器电路与数字处理电路通信。根据多个实施例，至少一个汽车系统包括雷达或摄像头。

[0021] 在若干实施例中，数字数据包括表示射频发射信号的同相和正交相位数据。

[0022] 在某些实施例中，本公开涉及一种在汽车中进行射频通信的方法。该方法包括：使用位于汽车的第一位置中的数字处理电路生成数字数据，使用与数字处理电路共址的第一串行器/解串器电路对数字数据进行串行化，通过布线将串行化数字数据发送到第二串行器/解串器电路，以及对串行化数字数据进行解串以生成恢复的数字数据，并使用射频模块处理恢复的数字数据以生成射频发射信号，射频模块与第二串行器/解串器电路共址于汽车的第二位置中。

附图说明

[0023] 现在将参考附图以非限制性示例的方式来描述本公开的实施例。

[0024] 图1是通信网络的一个示例的示意图。

[0025] 图2A是使用了载波聚合的通信链路的一个示例的示意图。

[0026] 图2B图示了用于图2A的通信链路的上行链路载波聚合的各种示例。

[0027] 图2C图示了用于图2A的通信链路的下行链路载波聚合的各种示例。

[0028] 图3A是使用了多输入多输出(MIMO)通信的下行链路信道的一个示例的示意图。

[0029] 图3B是使用了MIMO通信的上行链路信道的一个示例的示意图。

[0030] 图3C是使用了MIMO通信的上行链路信道的另一个示例的示意图。

[0031] 图4A是采用波束成形来进行操作的通信系统的一个示例的示意图。

[0032] 图4B是用于提供发射波束的波束成形的一个示例的示意图。

[0033] 图4C是用于提供接收波束的波束成形的一个示例的示意图。

[0034] 图5是汽车的一个实施例的示意图。

[0035] 图6是用于汽车的分布式无线电的一个实施例的示意图。

[0036] 图7A是用于汽车的分布式无线电的另一个实施例的示意图。

[0037] 图7B是用于汽车的分布式无线电的另一个实施例的示意图。

[0038] 图7C是用于汽车的分布式无线电的另一个实施例的示意图。

[0039] 图8是用于汽车的分布式无线电的一部分的另一个实施例的示意图。

具体实施方式

[0040] 以下对某些实施例的详细描述呈现了特定实施例的各种描述。然而，本文描述的创新可以以多种不同的方式，例如，如权利要求所定义和涵盖的方式来体现。在本说明书中，参考附图，其中相似的附图标记可指示相同或功能相似的元件。应当理解，图中所示的元件不一定按比例绘制。此外，应当理解，某些实施例可包括比图中所示更多的元件和/或图中所示元件的子集更多的元件。此外，一些实施例可结合来自两个或更多个附图的特征的任何合适的组合。

[0041] 国际电信联盟(ITU)是联合国(UN)的一个专门机构，负责包括无线电频谱的全球共享使用这样的与信息和通信技术有关的全球性问题。

[0042] 第三代合作伙伴计划(3GPP)是世界各地电信标准机构组之间的合作，该电信标准机构诸如无线电工业和商业协会(ARIB)、电信技术委员会(TTC)、中国通信标准化协会(CCSA)、电信行业解决方案联盟(ATIS)、电信技术协会(TTA)、欧洲电信标准协会(ETSI)和印度电信标准发展协会(TSDSI)。

[0043] 在ITU的范围内工作，3GPP开发和维护包括例如第二代(2G)技术(例如，全球移动通信系统(GSM)和增强型GSM演进(EDGE)数据速率、第三代(3G)技术(例如，通用移动电信系统(UMTS)和高速分组接入(HSPA))和第四代(4G)技术(例如，长期演进(LTE)和LTE-Advanced)在内的各种移动通信技术的技术规范。

[0044] 由3GPP控制的技术规范可通过规范版本进行扩展和修订，规范版本可跨越多年并说明广泛的新特征和演进。

[0045] 在一个示例中，3GPP在版本10中引入了用于LTE的载波聚合(CA)。尽管最初引入了两个下行链路载波，但3GPP在版本14中扩展了载波聚合以包括多至五个下行链路载波和多至三个上行链路载波。3GPP版本提供的其他新功能和演进示例包括但不限于授权辅助访问(LAA)、增强型LAA(eLAA)、窄带物联网(NB-IOT)、车联网(V2X)和高功率用户设备(HPUE)。

[0046] 3GPP在第15版中引入了第五代(5G)技术的第1阶段，并在第16版中引入了5G技术的第2阶段。随后的3GPP版本将进一步演进和扩展5G技术。5G技术在本文中也被称为5G新空口(NR)。

[0047] 5G NR支持或计划支持各种特性，诸如毫米波频谱上的通信、波束成形能力、高频谱效率波形、低时延通信、多重无线电数字和/或非正交多址(NOMA)。尽管这样的RF功能为网络提供了灵活性并提高了用户数据速率，但支持这样的功能可能会带来许多技术挑战。

[0048] 本文的教导适用于多种通信系统，包括但不限于使用诸如LTE-Advanced、LTE-Advanced Pro和/或5G NR这样的先进蜂窝技术的通信系统。

[0049] 图1是通信网络10的一个示例的示意图。通信网络10包括宏小区基站1、小小区基站3以及用户设备(UE)的各种示例，包括第一移动装置2a、无线连接汽车2b、膝上型电脑2c、固定无线装置2d、无线连接列车2e、第二移动装置2f和第三移动装置2g。

[0050] 尽管图1中图示了基站和用户设备的具体示例,但是通信网络可包括多种类型和/或数量的基站和用户设备。

[0051] 例如,在显示的示例中,通信网络10包括宏小区基站1和小小区基站3。小小区基站3可以以相对于宏小区基站1相对较低的功率、较短的范围和/或更少的并发用户来运行。小小区基站3也可称为毫微微小区(femtocell)、微微小区或微小区。尽管通信网络10被示为包括两个基站,但是通信网络10可被实现为包括更多或更少的基站和/或其他类型的基站。

[0052] 尽管显示了用户设备的各种示例,但本文的教导适用于多种用户设备,包括但不限于移动电话、平板电脑、膝上型电脑、IoT装置、可穿戴电子设备、客户端设备(CPE)、无线连接车辆、无线中继和/或各种其他通信装置。此外,用户设备不仅包括在蜂窝网络中操作的当前可用的通信装置,而且还包括随后开发的通信装置,这些通信装置将易于用如本文所述和要求保护的本发明的系统、过程、方法和设备来实现。

[0053] 所示的图1的通信网络10支持使用包括例如4G LTE和5G NR在内的多种蜂窝技术的通信。在某些实施方式中,通信网络10还适于提供无线局域网(WLAN),诸如WiFi。尽管已提供了通信技术的各种示例,但是通信网络10可适于支持多种通信技术。

[0054] 通信网络10的各种通信链路已在图1中进行了描述。通信链路可以以包括例如使用频分双工(FDD)和/或时分双工(TDD)在内的多种方式进行双工。FDD是一种类型的射频通信,它使用不同的频率来发射和接收信号。FDD可提供许多优势,诸如高数据速率和低时延。相比之下,TDD是一种射频通信,它使用大致相同的频率来发射和接收信号,并且其中发射和接收通信是及时切换的。TDD可提供许多优势,诸如频谱的高效使用和发射和接收方向之间吞吐量的可变分配。

[0055] 在某些实现方式中,用户设备可使用4G LTE、5G NR和WiFi技术中的一种或多种与基站通信。在某些实现方式中,增强型授权辅助接入(eLAA)被用于将一个或多个授权频率载波(例如,授权4G LTE和/或5G NR频率)与一个或多个非授权载波(例如,非授权WiFi频率)聚合。

[0056] 如图1中所示,通信链路不仅包括UE与基站之间的通信链路,还包括UE到UE的通信和基站到基站的通信。例如,通信网络10可被实现为支持(例如,移动装置2g和移动装置2f之间的)自前传和/或自回传。

[0057] 在某些实现方式中,基站和/或用户设备使用波束成形来进行通信。例如,波束成形可被用于集中信号强度以克服路径损耗,诸如与在高信号频率上通信相关联的高损耗。在某些实施例中,蜂窝用户设备可使用波束成形和/或其他技术在包括例如FR2-1(24GHz到52GHz)、FR2-2(52GHz到71GHz)、和/或FR1(400MHz至7125MHz)这样的宽频率范围内进行通信。

[0058] 通信网络10的不同用户可以以多种方式共享诸如可用频谱这样的可用网络资源。

[0059] 在一个示例中,频分多址(FDMA)被用于将频带划分为多个频率载波。此外,一个或多个载波被分配给特定用户。FDMA的示例包括但不限于单载波FDMA(SC-FDMA)和正交FDMA(OFDMA)。OFDMA是多载波技术,其将可用带宽细分为可分别分配给不同的用户的多个相互正交的窄带子载波。

[0060] 共享接入的其他示例包括但不限于其中为用户分配特定时隙以使用频率资源的时分多址(TDMA)、其中通过为每个用户分配唯一代码在不同用户之间共享频率资源的码分

多址(CDMA)、使用波束成形通过空分提供共享访问的空分多址(SDMA)、以及其中使用功率域来用于多址的非正交多址(NOMA)。例如,NOMA可被用于以相同的频率、时间和/或代码但不同的功率水平服务多个用户。

[0061] 增强型移动宽带(eMBB)是指用于增加LTE网络的系统容量的技术。例如,eMBB可指每个用户的峰值数据速率至少为10Gbps且最低为100Mbps的通信。超可靠低时延通信(uRLLC)是指以例如小于2毫秒这样的极低时延来进行通信的技术。uRLLC可被用于任务关键型通信,诸如用于自动驾驶和/或远程手术应用。大规模机器类型通信(mMTC)是指与日常对象的无线连接相关联的低成本和低数据速率通信,诸如与物联网(IoT)应用相关联的那些通信。

[0062] 图1的通信网络10可被用于支持多种先进通信特征,包括但不限于eMBB、uRLLC和/或mMTC。

[0063] 图2A是使用载波聚合的通信链路的一个示例的示意图。载波聚合可被用于通过支持多个频率载波上的通信来加宽通信链路的带宽,从而通过利用分段的频谱分配来提高用户数据速率并增强网络容量。

[0064] 在图示的示例中,在基站21和无线连接汽车22之间提供通信链路。如本文所使用的,汽车不仅包括轿车,还包括其他车辆,以及包括但不限于运动多功能车辆(SUV)和卡车。如图2A中所示,通信链路包括用于从基站21到汽车22的RF通信的下行链路信道,以及用于从汽车22到基站21的RF通信的上行链路信道。

[0065] 尽管图2A图示了FDD通信的情形中的载波聚合,但是载波聚合也可用于TDD通信。

[0066] 在某些实现方式中,通信链路可为下行链路信道和上行链路信道提供不对称的数据速率。例如,可使用通信链路来支持相对高的下行链路数据速率以实现多媒体内容到汽车22的高速流,同时提供相对较慢的数据速率以将数据从汽车22上传到云。

[0067] 在图示的示例中,基站21和汽车22经由载波聚合进行通信,这可用于选择性地增加通信链路的带宽。载波聚合包括连续聚合,其中聚合相同工作频带内的连续载波。载波聚合也可是非连续的,并且可包括在公共频带或不同频带中频率分离的载波。

[0068] 在图2A中显示的示例中,上行链路信道包括三个聚合的分量载波f_{UL1}、f_{UL2}和f_{UL3}。此外,下行信道包括五个聚合的分量载波f_{DL1}、f_{DL2}、f_{DL3}、f_{DL4}和f_{DL5}。尽管显示了分量载波聚合的一个示例,但是可为上行链路和/或下行链路聚合更多或更少的载波。此外,聚合载波的数量可随时间变化,以实现所需的上行链路和下行链路数据速率。

[0069] 例如,用于上行链路和/或下行链路通信的聚合载波的数量可随时间改变。例如,聚合载波的数量可随着汽车22移动通过通信网络和/或随着网络使用随时间的改变而改变。

[0070] 图2B图示了用于图2A的通信链路的上行链路载波聚合的各种示例。图2B包括第一载波聚合场景31、第二载波聚合场景32和第三载波聚合场景33,它们示意性地描绘了三种类型的载波聚合。

[0071] 载波聚合场景31-33图示了用于第一分量载波f_{UL1}、第二分量载波f_{UL2}和第三分量载波f_{UL3}的不同频谱分配。尽管在聚合三个分量载波的情形中图示了图2B,但是载波聚合可被用于聚合更多或更少的载波。此外,虽然在上行链路的情形中进行了图示,但是聚合场景也适用于下行链路。

[0072] 第一载波聚合场景31图示了带内连续载波聚合，其中在频率上相邻并且在公共频带中的分量载波被聚合。例如，第一载波聚合场景31描绘了连续且位于第一频带BAND1内的分量载波f_{UL1}、f_{UL2}和f_{UL3}的聚合。

[0073] 继续参考图2B，第二载波聚合场景32图示了带内非连续载波聚合，其中聚合在频率上不相邻并且在公共频带内的两个或更多个分量载波。例如，第二载波聚合场景32描绘了不连续但位于第一频带BAND1内的分量载波f_{UL1}、f_{UL2}和f_{UL3}的聚合。

[0074] 第三载波聚合场景33图示了带间非连续载波聚合，其中聚合了频率上不相邻并且在多个频带中的分量载波。例如，第三载波聚合场景33描绘了第一频带BAND1的分量载波f_{UL1}和f_{UL2}与第二频带BAND2的分量载波f_{UL3}的聚合。

[0075] 图2C图示了用于图2A的通信链路的下行链路载波聚合的各种示例。示例描绘了用于第一分量载波f_{DL1}、第二分量载波f_{DL2}、第三分量载波f_{DL3}、第四分量载波f_{DL4}和第五分量载波f_{DL5}的不同频谱分配的各种载波聚合场景34-38。尽管图2C是在聚合五个分量载波的情形中图示的，但载波聚合可被用于聚合更多或更少的载波。此外，虽然在下行链路的情形中进行了图示，但聚合场景也适用于上行链路。

[0076] 第一载波聚合场景34描绘了连续且位于相同频带内的分量载波的聚合。此外，第二载波聚合场景35和第三载波聚合场景36图示了不连续但位于相同频带内的聚合的两个示例。此外，第四载波聚合场景37和第五载波聚合场景38图示了聚合在频率上不相邻并且在多个频带中的分量载波的聚合的两个示例。随着聚合分量载波的数量增加，可能的载波聚合场景的复杂性也增加。

[0077] 参考图2A-2C，在载波聚合中使用的各个分量载波可具有多种频率，包括例如相同频带或多个频带中的频率载波。此外，载波聚合适用于各个分量载波具有大约相同带宽的实现方式以及各个分量载波具有不同带宽的实现方式。

[0078] 某些通信网络为特定用户设备(在该示例中对应于汽车22)分配用于上行链路的主分量载波(PCC)或锚点载波以及用于下行链路的PCC。此外，当使用用于上行链路或下行链路的单个频率载波进行通信时，使用PCC。为了增强上行链路通信的带宽，上行链路PCC可与一个或多个上行链路辅助分量载波(SCC)聚合。此外，为了增强下行链路通信的带宽，下行链路PCC可与一个或多个下行链路SCC聚合。

[0079] 在某些实现方式中，通信网络为每个分量载波提供网络小区。此外，主小区可使用PCC进行操作，而辅小区可使用SCC进行操作。例如，由于载波频率和/或网络环境的差异，主小区和辅小区可能具有不同的覆盖区域。

[0080] 授权辅助接入(LAA)是指下行链路载波聚合，其中与移动运营商相关联的授权频率载波与诸如WiFi这样的非授权频谱中的频率载波聚合。LAA在授权频谱中使用下行链路PCC，该授权频谱承载与通信链路相关的控制和信令信息，而非授权频谱在可用时聚合以提供更宽的下行链路带宽。LAA可与辅助载波的动态调整一起操作来避免WiFi用户和/或与WiFi用户共存。增强型授权辅助接入(eLAA)是指LAA的演进，它为下行链路和上行链路两者聚合授权和非授权频谱。此外，NR-U可在5GHz频带(5150至5925MHz)和/或6GHz频带(5925MHz至7125MHz)上在LAA/eLAA之上操作。

[0081] 图3A是使用多输入和多输出(MIMO)通信的下行链路信道的一个示例的示意图。图3B是使用MIMO通信的上行链路信道的一个示例的示意图。

[0082] MIMO通信使用多个天线以在公共频谱上同时传送多个数据流。在某些实现方式中,数据流以不同的参考信号操作以增强接收器处的数据接收。由于无线电环境的空间复用差异,MIMO通信受益于更高的SNR、改善的编码和/或减少的信号干扰。

[0083] MIMO阶数是指发送或接收的单独的数据流的数量。例如,用于下行链路通信的MIMO阶数可由基站的发射天线的数量和UE的接收天线的数量(在该示例中对应于无线连接的汽车42)来描述。例如,二乘二(2×2)DL MIMO是指使用两个基站天线和两个UE天线的MIMO下行链路通信。此外,四乘四(4×4)DL MIMO是指使用四个基站天线和四个UE天线的MIMO下行链路通信。

[0084] 在图3A所示的示例中,下行链路MIMO通信是通过使用基站41的M个天线43a、43b、43c、……43m进行发射并使用汽车42的N个天线44a、44b、44c、……44n进行接收来提供的。因此,图3A图示了m×n DL MIMO的示例。

[0085] 同样,上行链路通信的MIMO阶数可由UE的发射天线的数量(例如,在该示例中的汽车42)和基站的接收天线的数量来描述。例如,2×2UL MIMO是指使用两个UE天线和两个基站天线的MIMO上行链路通信。此外,4×4UL MIMO是指使用四个UE天线和四个基站天线的MIMO上行链路通信。

[0086] 在图3B中显示的示例中,上行链路MIMO通信是通过使用汽车42的N个天线44a、44b、44c、……44n进行发射并使用基站的M个天线43a、43b、43c、……43m进行接收来提供的。因此,图3B图示了n×m UL MIMO的示例。

[0087] 通过增加MIMO的级别或阶数,可增加上行链路信道和/或下行链路信道的带宽。

[0088] MIMO通信适用于多种类型的通信链路,诸如FDD通信链路和TDD通信链路。

[0089] 图3C是使用MIMO通信的上行链路信道的另一个示例的示意图。在图3C中显示的示例中,上行链路MIMO通信是通过使用汽车42的N个天线44a、44b、44c、……44n进行发射来提供的。此外,上行链路传输的第一部分是使用第一基站41a的M个天线43a1、43b1、43c1来接收的,而上行链路传输的第二部分是使用第二基站41b的M个天线43a2、43b2、43c2、…43m2来接收的。此外,第一基站41a和第二基站41b通过有线、光学和/或无线链路相互通信。

[0090] 图3C的MIMO场景图示了其中多个基站协作以促使MIMO通信的示例。

[0091] 图4A是使用波束成形来操作的通信系统110的一个示例的示意图。通信系统110包括收发器105,信号调节电路104a1、104a2…104an、104b1、104b2…104bn、104m1、104m2…104mn,以及包括天线元件103a1、103a2…103an、103b31、103b2…10bn…103m1、103m2…103mn的天线阵列102。

[0092] 使用毫米波载波(例如,30GHz到300GHz)、厘米波载波(例如,3GHz到30GHz)和/或其他频率载波进行通信的通信系统可采用天线阵列来提供用于信号发射和/或接收的波束成形和方向性。

[0093] 例如,在图示的实施例中,通信系统110包括m×n天线元件的阵列102,在该实施例中,每个天线元件由单独的信号调节电路控制。如椭圆所示,通信系统110可用任何合适数量的天线元件和信号调节电路来实现。信号调节电路可作为RF前端的一部分而被包括。

[0094] 关于信号发射,信号调节电路可向天线阵列102提供发射信号,使得从天线元件辐射的信号使用相长干涉和相消干涉相结合,以生成呈现在远离天线阵列102的给定方向上传播的具有更多信号强度的波束状质量的聚合发射信号。

[0095] 在信号接收的情形中，信号调节电路(例如，通过单独控制接收到的信号相位)处理接收到的信号，使得当信号从特定方向到达天线阵列102时接收到更多的信号能量。因此，通信系统110也为信号的接收提供方向性。

[0096] 可通过增加阵列的尺寸来增强信号能量在发射波束或接收波束中的相对集中。例如，随着更多的信号能量集中到发射波束中，信号能够传播更长的范围，同时为RF通信提供足够的信号电平。例如，具有集中在发射波束中的大部分信号能量的信号可表现出高有效性的全向辐射功率(EIRP)。

[0097] 在示出的实施例中，收发器105向信号调节电路提供发射信号并处理从信号调节电路接收的信号。如图4A中所显示的，收发器105为信号调节电路产生控制信号。控制信号可被用于多种功能，诸如控制发射和/或接收信号的增益和相位以控制波束成形。

[0098] 图4B是用于提供发射波束的波束成形的一个示例的示意图。图4B图示了包括第一信号调节电路114a、第二信号调节电路114b、第一天线元件113a和第二天线元件113b的通信系统的一部分。

[0099] 尽管图示为包括两个天线元件和两个信号调节电路，但是通信系统可包括附加的天线元件和/或信号调节电路。例如，图4B图示了图4A的通信系统110的一部分的一个实施例。

[0100] 第一信号调节电路114a包括第一移相器130a、第一功率放大器131a、第一低噪声放大器(LNA)132a以及用于控制功率放大器131a或LNA132a的选择的开关。此外，第二信号调节电路114b包括第二移相器130b、第二功率放大器131b、第二LNA 132b以及用于控制功率放大器131b或LNA 132b的选择的开关。

[0101] 尽管显示了信号调节电路的一个实施例，但是信号调节电路的其他实现方式也是可能的。例如，在一个示例中，信号调节电路包括一个或多个频带滤波器、双工器和/或其他部件。

[0102] 在图示的实施例中，第一天线元件113a和第二天线元件113b分开距离d。此外，图4B已用角度θ进行了注释，在此示例中，当发射波束方向基本垂直于天线阵列的平面时，其值约为90°，且当发射波束方向基本上平行于天线阵列的平面时，该值约为0°。

[0103] 通过控制提供给天线元件113a、113b的发射信号的相对相位，可实现期望的发射波束角θ。例如，当第一移相器130a具有0°的参考值时，可控制第二移相器130b以提供约$-2\pi f(d/v)\cos\theta$弧度的相移，其中f是该发射信号的基频，d是天线元件之间的距离，v是辐射波的速度，且π是数学常数pi。

[0104] 在某些实现方式中，距离d被实现为大约$1/2\lambda$，其中λ是发射信号的基本分量的波长。在这样的实现方式中，可控制第二移相器130b以提供大约$-\pi\cos\theta$弧度的相移以实现发射波束角θ。

[0105] 因此，可控制移相器130a、130b的相对相位以提供发射波束成形。在某些实现方式中，基带处理器和/或收发器(例如，图4A的收发器105)控制一个或多个移相器的相位值和一个或多个可控放大器的增益值以控制波束成形。

[0106] 图4C是用于提供接收波束的波束成形的一个示例的示意图。图4C类似于图4B，不同之处在于图4C图示了在接收波束而不是发射波束的情形中的波束成形。

[0107] 如图4C中所显示的，第一移相器130a和第二移相器130b之间的相对相位差可被选

择为大约等于-2πf(d/v)cosθ弧度,以实现所需的接收波束角θ。在距离d对应于大约1/2λ的实现方式中,可将相位差选择为大约等于-πcosθ弧度以实现接收波束角θ。

[0108] 尽管已提供了用于提供波束成形的相位值的各种公式,但是诸如基于天线阵列的实现方式、信号调节电路的实现和/或无线电环境而选择的相位值这样的其他相位选择值也是可能的。

[0109] 用于汽车的分布式射频通信系统

[0110] 为了提供汽车蜂窝连接,网络接入设备(NAD)和配套射频前端(RFFE)可被放置在汽车内部的隔间中。此外,RF布线可从RFFE延伸到位于汽车周围的不同天线。例如,这样的天线可包括汽车车顶上的鳍片中的天线、汽车后备箱后部的天线、汽车外部后视镜端部的天线和/或其他天线。

[0111] 当以这种方式实现汽车RF通信系统时,RF信号通过长RF缆线行进以到达特定天线。为了实现足够低的噪声,这些射频缆线非常有损、昂贵和/或导致性能下降。例如,对于包含23dBm发射器的RF通信系统,RFFE可生成31dBm功率的RF信号以克服缆线损耗。然而,这样高的信号功率水平非常低效,并且会产生大量热量,这会增加器件结温度。或者,RFFE可生成23dBm功率的RF信号,以提高效率并降低热量产生。然而,较低的信号功率可将天线功率输出降低到15dBm,这会降低通信链路(特别是在小区边缘)并可能导致掉话。

[0112] 为了解决由长RF缆线引起的损耗,RF信号增强器可被放置在RFFE和天线之间。例如,RF信号增强器可对应于第二或增强器RFFE。然而,这样的方法效率低下,这是因为所需的功率量(例如,23dBm)会生成两次(一次在主RFFE处,且另一次在增强器RFFE处),并且不能解决昂贵的布线问题。

[0113] 本文公开了用于汽车的分布式RF通信系统。在某些实施例中,用于汽车的RF通信系统包括靠近天线定位的RF模块以满足具有小插入损耗的指定输出功率。此外,基带处理器远离射频模块放置在汽车的不同区域,以提供较低温度的环境。此外,RF模块以数字格式与基带处理器通信,无需更高成本的布线(例如,由于使用数字信号传输产生的更高抗噪性)和使用汽车中已存在的用于其他目的的数字传输布线。RF模块可包括RF前端(RFFE)和用于提供例如RF和基带之间的频率转换的收发器。

[0114] 通过以这种方式实现汽车的RF通信系统,RFFE和天线之间的损耗降低(例如,降至最小值或接近最小值),以提供高信噪比(SNR)并支持更长的时间覆盖距离和/或更高的数据速率。

[0115] 在某些实现方式中,串行器和解串器被放置在数字传输布线的相对两端,以支持RF模块和基带处理器之间的数据传输。例如,串行器可将来自基带处理器和应用处理器的所有同相位(I)和正交相位(Q)数据(统称为IQ数据)和控制数据转换成由例如双绞线缆线或以太网缆线这样的数字传输布线传输的串行数据流。在RFFE和天线所在的另一端,可使用解串器将串行数据转换回IQ数据和控制数据。此外,串行器/解串器(SERDES)电路可在布线的两端都包含,以支持RF模块和基带处理器之间的双向通信。

[0116] 多个RF模块也可穿过汽车放置并且通过相同或不同的布线与基带处理器通信。因此,RF模块可支持在汽车各处部署在不同位置的天线。

[0117] 图5是汽车210的一个实施例的示意图。汽车210包括用于提高汽车210性能的各种电子部件,包括例如车顶安装的鳍状天线201、后置摄像头202、保险杠天线203、雷达传感器

205和激光防撞传感器206。

[0118] 尽管描绘了用于汽车210的电子部件的一个示例，但是汽车可包括天线、传感器和/或以多种方式实现的其他部件。

[0119] 图6是用于汽车的分布式无线电260的一个实施例的示意图。分布式无线电260包括数字处理电路251，源侧SERDES 252，目标侧SERDES 253a，253b、……253n、数字布线254、无线电收发器/前端255a、255b、……255n，天线257a、257b、……257n和汽车系统259a、259b、……259n。

[0120] 数字处理电路251可包括用于处理与多种汽车系统相关联的数据的一个或多个数字集成电路(IC)。例如，关于天线257a、257b、……257n上的蜂窝通信，数字处理电路251可提供与基带处理和/或应用处理相关联的功能。数字处理电路251还可服务于其他功能，诸如与摄像头、雷达、激光雷达和/或汽车系统259a、259b、……259n的其他功能相关联的处理。在一个实施例中，数字处理电路251对应于单个处理器IC，并且基带和应用处理器功能由运行在处理器IC上的软件来执行。在单个处理器上实现多个汽车系统可减少电子控制单元(ECU)和相关联的软件域/程序的数量。

[0121] 如图6中所显示的，源侧SERDES 252通过数字布线254与源侧SERDES 253a、v253b、……253n通信。尽管显示为使用共享布线，但在另一个实施例中，在源侧SERDES 252和目标侧SERDES 253a、253b、……253n中的一个或多个之间提供分别的布线。数字布线254可以以包括但不限于双绞线缆线或以太网缆线在内的多种方式实现。

[0122] 源侧SERDES 252使用数字数据流与目标侧SERDES 253a、253b、……253n通信，反之亦然。因此，数字布线254承载数字信号，这导致高抗噪性，这允许以低成本和/或长的长度实现数字布线254。

[0123] 此外，在该示例中，数字布线254和相关联的SERDES在多个汽车系统之间共享，这相对于采用专用布线实现某些汽车系统(例如，蜂窝通信系统)的实现方式降低了缆线成本。

[0124] 在图示的实施例中，数字处理电路251和源侧SERDES 252可相对于目标侧SERDES 253a、253b、...253n中的一个或多个和相关部件位于远程(例如，在汽车的凉爽部分中)。因此，目标侧SERDES 253a、253b、……253n和相关部件(例如，包括无线电收发器和与天线通信的前端的RF模块)可被部署在更恶劣/更高温度的环境中，而数字处理电路251可被放置在较不恶劣/较低温度的环境中。

[0125] 图7A是用于汽车的分布式无线电310的另一个实施例的示意图。分布式无线电310包括基带处理器301、基带侧SERDES 302、双绞线布线303、第一天线侧SERDES 304a、第一收发器(这里也称为RFIC)305a1、第一RFFE 306a1、第一天线307a1、第二收发器305a2、第二RFFE 306a2、第二天线307a2、第二天线侧SERDES 304b、第三收发器305b1、第三RFFE 306b1、第三天线307b1、第四收发器305b2、第四RFFE 306b2和第四天线307b2。

[0126] 尽管分布式无线电装置310被描绘为包括一个基带处理器、一个基带侧SERDES、两个天线侧SERDES、四个收发器、四个RFFE和四个天线，但是任何数量的部件都是可能的。此外，部件之间的对应关系(例如，与RFFE相关联的天线数量、与收发器相关联的RFFE数量和/或与SERDES相关联的收发器数量)可不同。此外，天线侧SERDES中的一个或多个可通过分别的布线与基带SERDES通信和/或其他汽车系统可共享SERDES和数字布线以降低部件和/或

布线成本。

[0127] 如图7A中所显示的，关于发射，基带侧SERDES 302将来自基带处理器和应用处理器(图7A中未显示)的所有IQ和控制数据转换为串行数据流，该串行数据流可由双绞线202传送到天线侧SERDES 304a-304b。SERDES 304a-304b将串行数据转换回用于收发器的IQ数据和控制数据。关于接收，SERDES 304a-304b将来自收发器的IQ数据(和任何其他数据，诸如反馈数据)转换为提供给基带侧SERDES 302的串行数据流，基带侧SERDES 302恢复IQ数据(以及任何其他数据)并将恢复的数据提供给基带处理器301。

[0128] 在一个实施例中，分布式无线电310被实现为具有紧急(eCall)功能，并且RFFE和天线被实现为在足够数量的频带上发射以发送紧急信号以请求道路交通事故的快速援助。

[0129] 图7B是用于汽车的分布式无线电320的另一个实施例的示意图。分布式无线电320包括基带处理器301、基带侧SERDES 302、双绞线布线303、第一天线侧SERDES 304a、第一收发器305a、第一RFFE 306a1、第一天线307a1、第二RFFE 306a2、第二天线307a2、第二天线侧SERDES 304b、第二收发器305b、第三RFFE 306b1、第三天线307b1、第四RFFE 306b2和第四天线307b2。

[0130] 图7B的分布式无线电320类似于图7A的分布式无线电310，不同之处在于分布式无线电320中的每个收发器与两个RFFE通信。

[0131] 尽管本文中的实施例描述了部件之间的某些数量和对应关系，但其他数量的部件和/或部件之间的对应关系(例如，与RFFE相关联的天线的数量、与收发器相关联的RFFE的数量、和/或SERDES相关的收发器数量)也是可能的。

[0132] 图7C是用于汽车的分布式无线电330的另一个实施例的示意图。分布式无线电330包括基带处理器301、基带侧SERDES 302、第一双绞线缆线303a、第二双绞线缆线303b、第一天线侧SERDES 304a、第一收发器305a、第一RFFE 306a、第一天线307a1、第二天线307a2、第二天线侧SERDES 304b、第二收发器305b、第二RFFE 306b、第三天线307b1和第四天线307b2。

[0133] 在该实施例中，在每个天线侧SERDES和基带侧SERDES之间使用分别的双绞线缆线。此外，在此示例中，两个天线与每个RFFE相关联。这里的分布式无线电可使用任何合适数量的部件和/或部件之间的对应关系。

[0134] 图8是用于汽车的分布式无线电装置1620的一部分的另一个实施例的示意图。分布式无线电1620的部分包括模块1603和天线1601a、1601b、……1601n。

[0135] 模块1603可包括具有一个或多个芯片和附接到其上的一个或多个部件的衬底。芯片/部件操作以提供SERDES 1605、数字电路1606(在本示例中以功率控制1623、数字预失真1621和数字滤波1622实现)、数据转换电路1607(包括用于将数字发送数据数字化以生成用于发射的模拟发射信号的数模转换器1626和用于将模拟接收信号数字化以生成数字接收数据的模数转换器1622)、混频电路1608(也被称为上变频/下变频并包括混频器1627和本机振荡器(LO)1613，在该示例中，其用于上变频模拟发射信号以生成RF发射信号和用于下变频RF接收信号以生成模拟接收信号)、放大电路1609(其可包括功率放大器、低噪声放大器、可变增益放大器和/或用于放大RF发射信号和RF接收信号的其他放大器)、和/或滤波/切换电路1610(用于在放大之前和/或之后对RF发射信号和RF接收信号进行滤波)。

[0136] 模块1603可被包括在本文的任何分布式无线电中。模块1603可被用于使用包括但

不限于2G、3G、4G(包括LTE、LTE-Advanced和LTE-Advanced Pro)、5G NR、WLAN(例如,WiFi)、WPAN(例如,蓝牙和ZigBee)、WMAN(例如,WiMax)和/或GPS技术在内的多种通信技术进行通信。

[0137] SERDES电路1605包括用于恢复从数字布线接收的数字发射数据的解串器和用于通过数字布线发送数字接收数据的串行器。

[0138] 数字发射电路1606与数据转换电路1607和混频电路1608结合操作以处理数字发射数据以产生用于发射的RF信号并且处理从天线接收的传入RF信号以产生数字接收数据。数字发射电路1606可提供多种功能,诸如数字预失真(DPD)1621、数字滤波1622和/或数字功率控制1623。

[0139] 放大电路1609和滤波/切换电路1610可作为前端的一部分操作以提供RF信号的放大、滤波和选择。尽管显示了前端部件和功能的示例,但前端系统可提供多种功能,包括但不限于放大用于发射的信号、放大接收的信号、对信号进行滤波、衰减信号、在不同频带之间切换、在不同功率模式之间切换、在发射和接收模式之间切换、信号的双工、信号的多路复用(例如,双信或三工),或它们的某种组合。

[0140] 在某些实现方式中,模块1620支持载波聚合,从而提供增加峰值数据速率的灵活性。载波聚合可被用于频分双工(FDD)和时分双工(TDD),并被于聚合多个载波或信道。载波聚合包括其中聚合相同工作频带内的连续载波的连续聚合。载波聚合也可是非连续的,并且可包括在公共频带或不同频带中频率分离的载波。

[0141] 天线1601a、1601b、……1601n可包括用于多种通信类型的天线。例如,天线1601a、1601b、……1601n可包括用于发射和/或接收与多种频率和通信标准相关联的信号的天线。

[0142] 在某些实现方式中,天线1601a、1601b、……1601n支持MIMO通信和/或切换分集通信。例如,MIMO通信使用多个天线以在单个射频信道上传输多个数据流。由于无线电环境的空间复用差异,MIMO通信受益于更高的信噪比、改善的编码和/或减少的信号干扰。切换分集是指在特定时间选择特定天线进行操作的通信。例如,开关可被用于基于多种因素,诸如观察到的比特错误率和/或信号强度指示符,来从一组天线中选择特定天线。

[0143] 在某些实现方式中,汽车可采用波束成形来进行操作。例如,模块1620可包括具有可控增益的放大器和具有可控相位的移相器,以提供波束成形和方向性,用于使用天线1601a、1601b、……1601n来发射和/或接收信号。例如,在信号传输的情形中,控制提供给天线1601a、1601b、……1601n的发射信号的幅度和相位,使得来自天线1601a、1601b、……1601n的辐射信号使用相长和相消干涉相结合,以生成聚合发射信号,该信号表现出类似波束的质量,具有在给定方向上更大的传播信号强度。在信号接收的情形中,控制幅度和相位,使得当信号从特定方向到达天线1601a、1601b、……1601n时接收到更多的信号能量。在某些实现方式中,天线1601a、1601b、……1601n包括一个或多个天线元件阵列以增强波束成形。

[0144] 结论

[0145] 除非上下文另有明确要求,否则在整个说明书和权利要求书中,词语“包括”、“包括了”等应以包容性而不是排他性或穷举性的意义解释;也就是说,在“包括但不限于”的意义上。如本文通常使用的,词语“耦接”是指可直接连接或通过一个或多个中间元件连接的两个或更多个元件。同样地,如本文中通常使用的,词语“连接”是指可直接连接或通过一个

或多个中间元件连接两个或更多个元件。此外，当在本申请中使用时，词语“在此”、“上文”、“下文”和类似含义的词语应指本申请整体，而不是指本申请的任何特定部分。在上下文允许的情况下，上述详述中使用单数或复数的词语也可分别包括复数或单数。词语“或”指的是两个或多个项目的列表，该词语涵盖了对该词语的以下所有解释：列表中的任何项目、列表中的所有项目以及列表中项目的任何组合。

[0146] 结论

[0147] 此外，本文使用的条件性语言，诸如“可以”、“可”、“可能”、“可以地”、“例如”、“例”、“诸如”等，除非以其他方式特别说明或在所使用的上下文中以其他方式理解的，否则通常意在传达某些实施例包括，而其他实施例不包括某些特征、元件和/或状态。因此，这样的条件性语言通常不旨在暗示特征、元件和/或状态以任何方式对于一个或多个实施例是必需的，或者一个或多个实施例必然包括逻辑，该逻辑用于在有或没有作者输入或提示的情况下决定这些特征、元件和/或状态是否被包括在任何特定实施例中或将在任何特定实施例中执行。

[0148] 以上对本发明各实施例的详细描述并非旨在穷举或将本发明限制为以上公开的精确形式。尽管上面为了说明的目的描述了本发明的特定实施例和示例，但是如本领域技术人员将认识到的，在本发明的范围内各种等效修改是可能的。例如，虽然过程或框图以给定顺序呈现，但是替代实施例可执行具有步骤的例程，或采用具有处于不同顺序的框图的系统，并且一些过程或框图可被删除、移动、添加、细分、组合、和/或修改。这些过程或框图中的每一个可以以各种不同的方式来实现。此外，虽然过程或框图有时被显示为串行执行，但这些过程或框图可替代地并行执行，或者可在不同时间执行。

[0149] 本文提供的本发明的教导可应用于其他系统，而不一定是上述系统。可组合上述各种实施例的元件和动作以提供进一步的实施例。

[0150] 虽然已经描述了本发明的某些实施例，但是这些实施例已仅作为示例而呈现，且并不旨在限制本公开的范围。实际上，本文所述的新颖方法和系统可以以多种其他形式体现；此外，可对本文描述的方法和系统的形式进行各种省略、替换和改变而不背离本公开的精神。所附权利要求及其等价物旨在覆盖落入本公开的范围和精神内的这样的形式或修改。

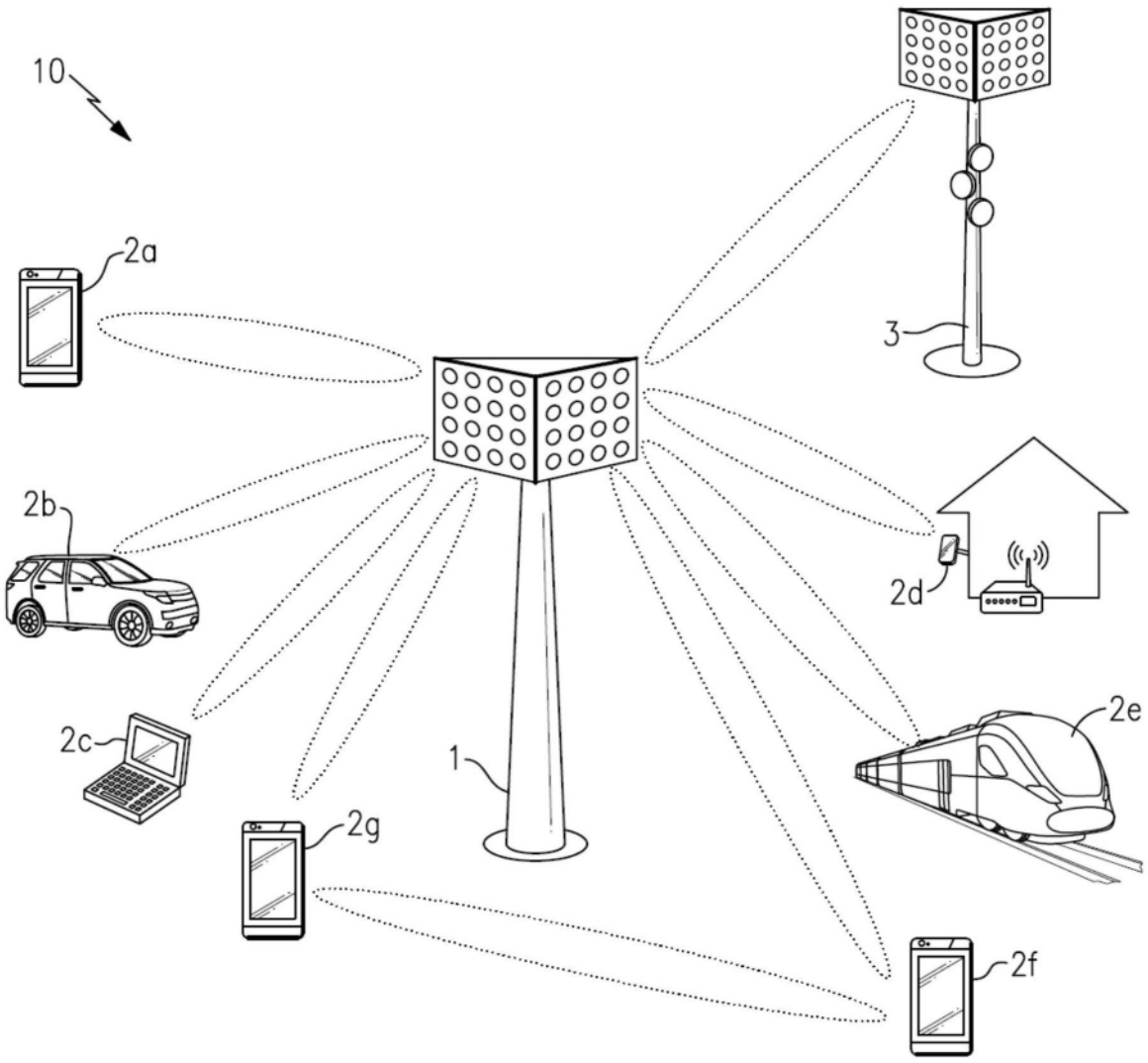


图1

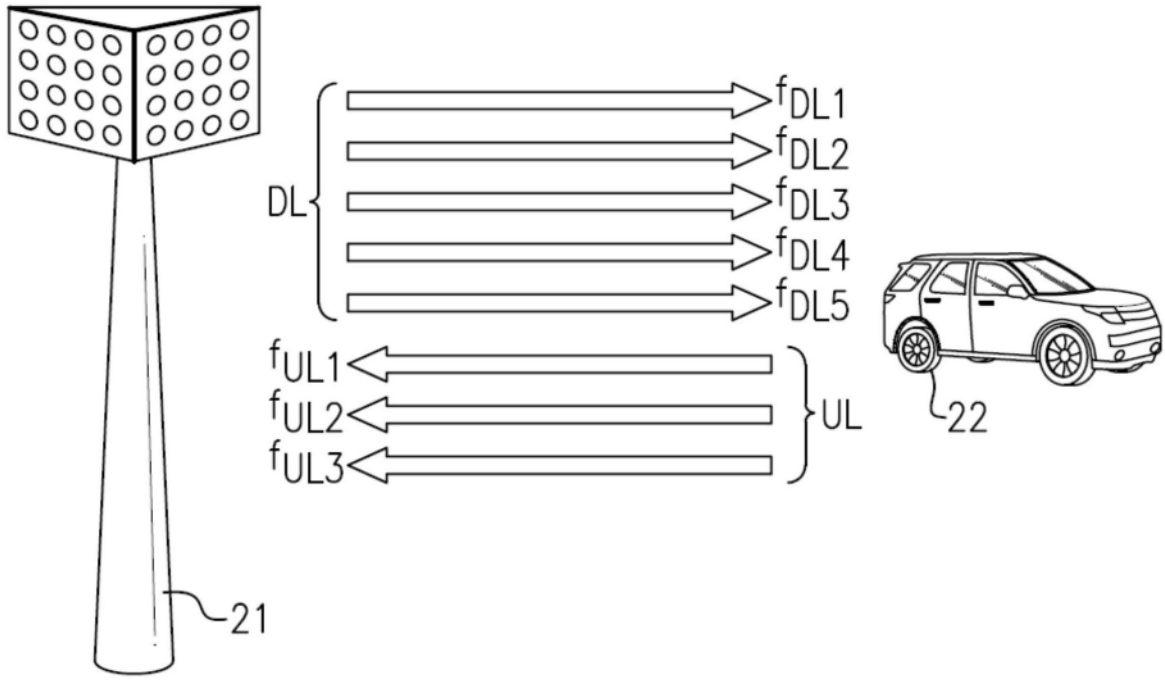

DL
f_{DL1}
f_{DL2}
f_{DL3}
f_{DL4}
f_{DL5}
f_{UL1}
f_{UL2}
f_{UL3}
UL
21
22

图2A

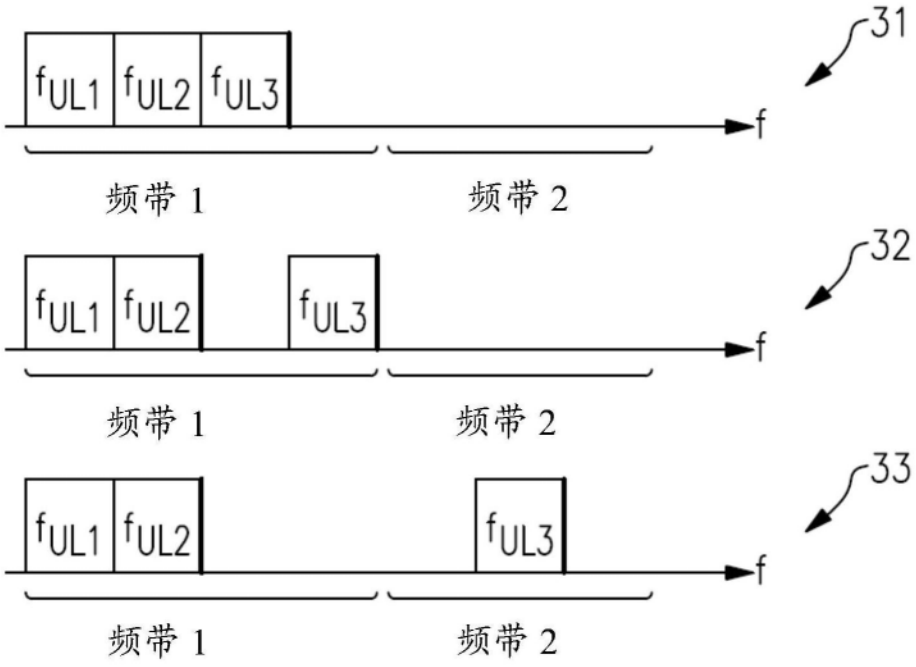

31
f_{UL1} f_{UL2} f_{UL3}
f
频带 1
频带 2
32
f_{UL1} f_{UL2} f_{UL3}
f
频带 1
频带 2
33
f_{UL1} f_{UL2} f_{UL3}
f
频带 1
频带 2

图2B

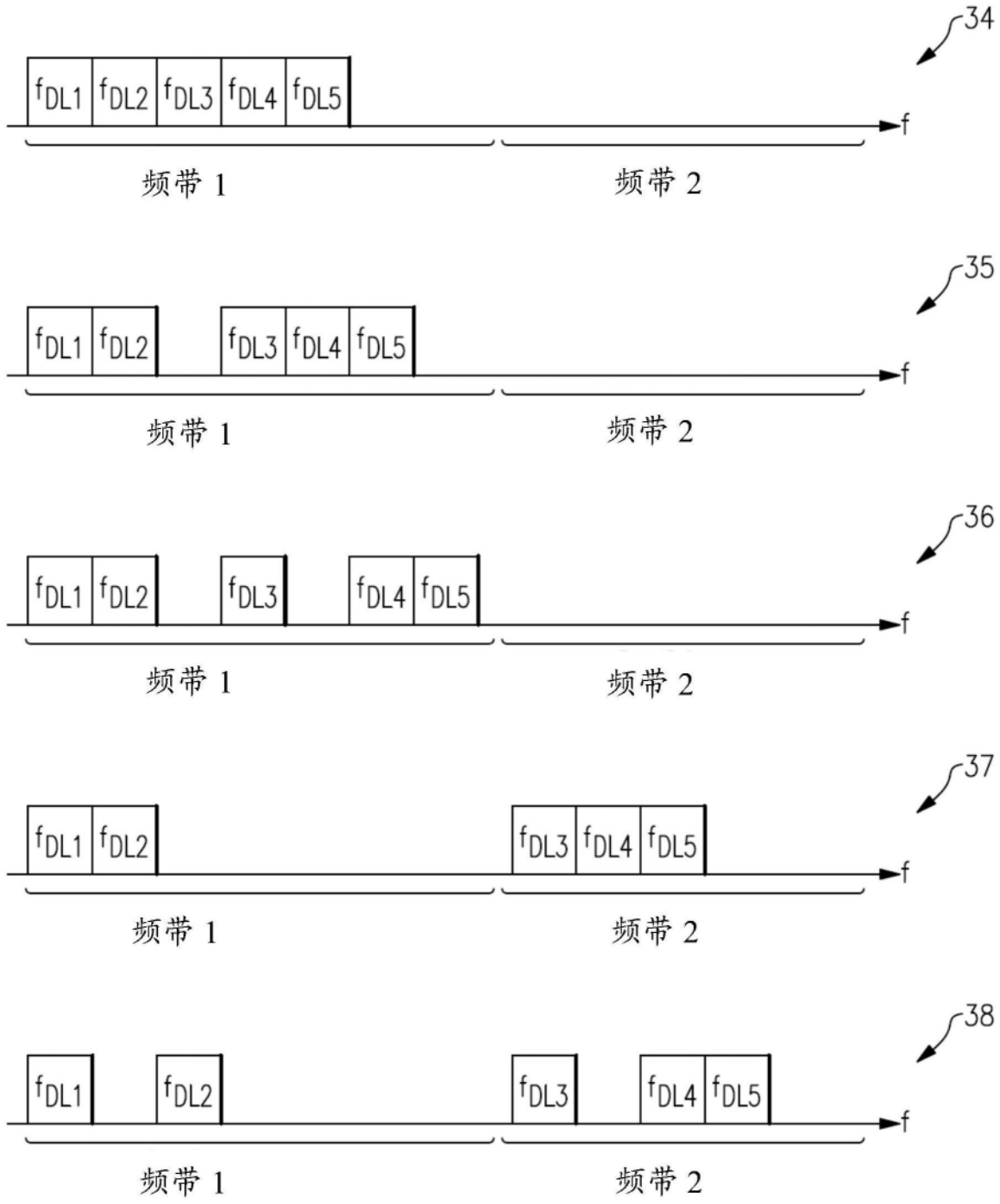

34
f_{DL1} f_{DL2} f_{DL3} f_{DL4} f_{DL5}
f
频带 1
频带 2
35
f_{DL1} f_{DL2} f_{DL3} f_{DL4} f_{DL5}
f
频带 1
频带 2
36
f_{DL1} f_{DL2} f_{DL3} f_{DL4} f_{DL5}
f
频带 1
频带 2
37
f_{DL1} f_{DL2} f_{DL3} f_{DL4} f_{DL5}
f
频带 1
频带 2
38
f_{DL1} f_{DL2} f_{DL3} f_{DL4} f_{DL5}
f
频带 1
频带 2

图2C

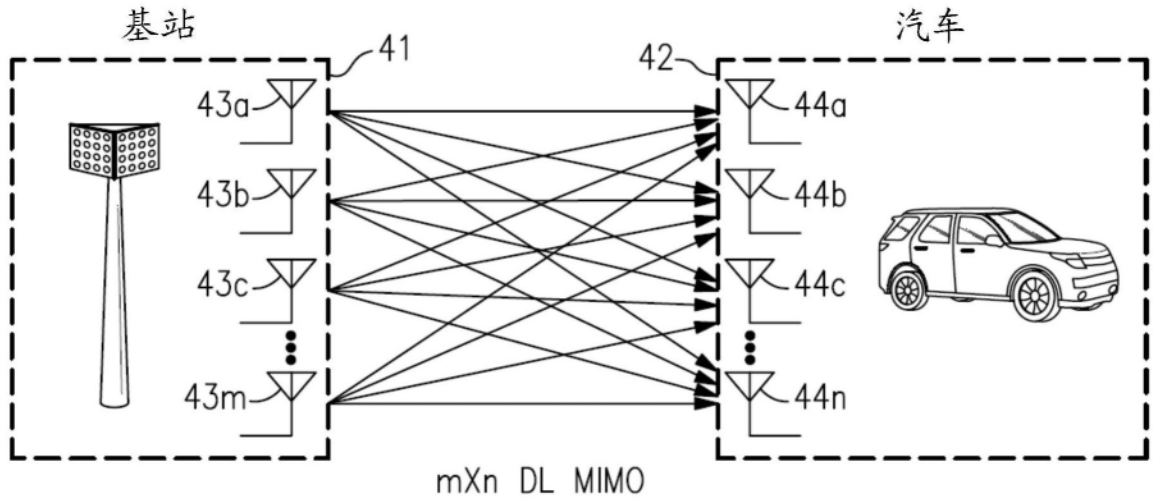

基站
41
汽车
42
43a
43b
43c
43m
44a
44b
44c
44n
mXn DL MIMO

图3A

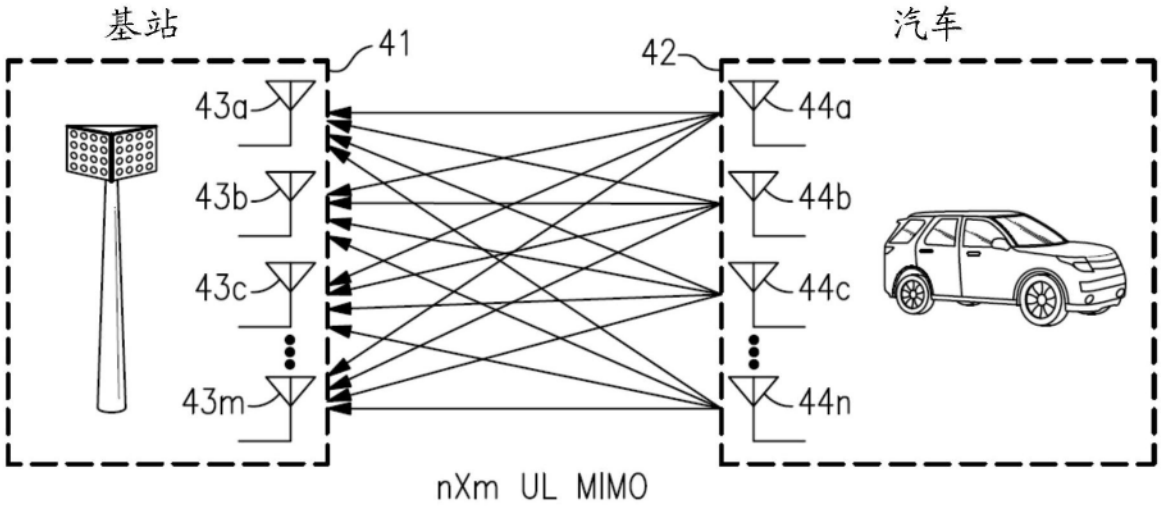

基站
41
汽车
42
43a
43b
43c
43m
44a
44b
44c
44n
nXm UL MIMO

图3B

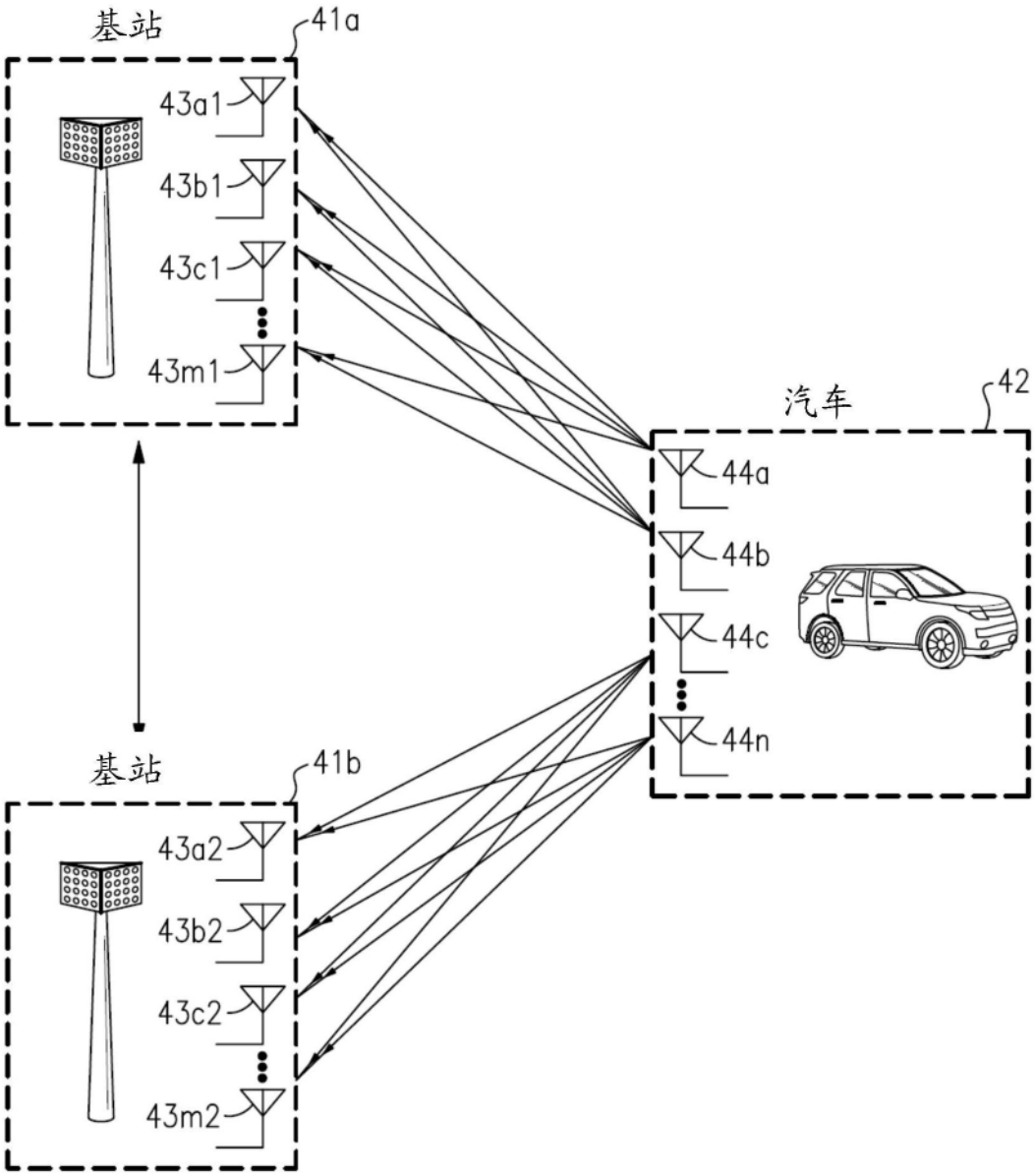

基站
41a
43a1
43b1
43c1
43m1
汽车
42
44a
44b
44c
44n
基站
41b
43a2
43b2
43c2
43m2

图3C

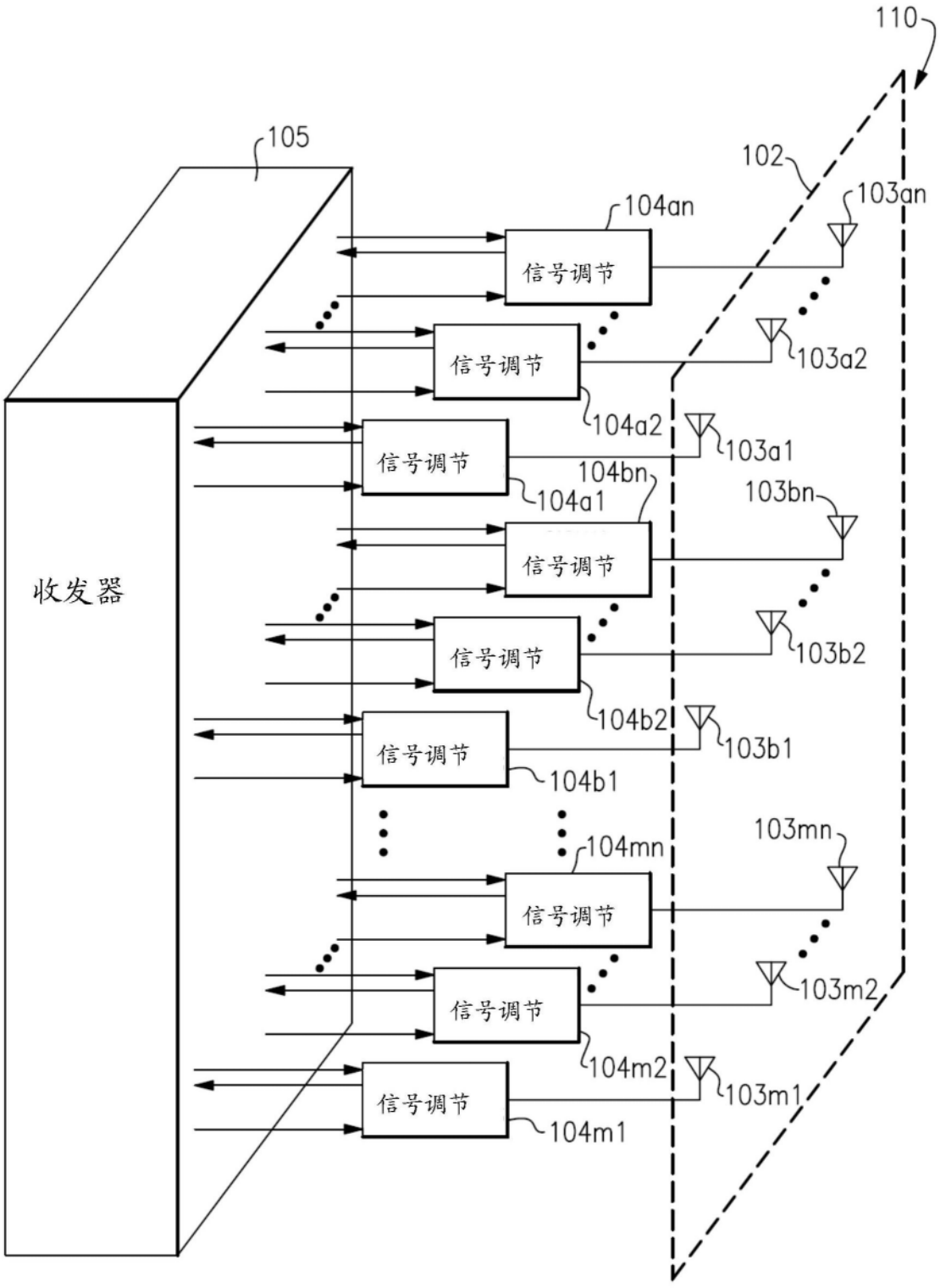

110
105
102
收发器
信号调节
104an
103an
104a2
103a2
104a1
103a1
104bn
103bn
104b2
103b2
104b1
103b1
104mn
103mn
104m2
103m2
104m1
103m1

图4A

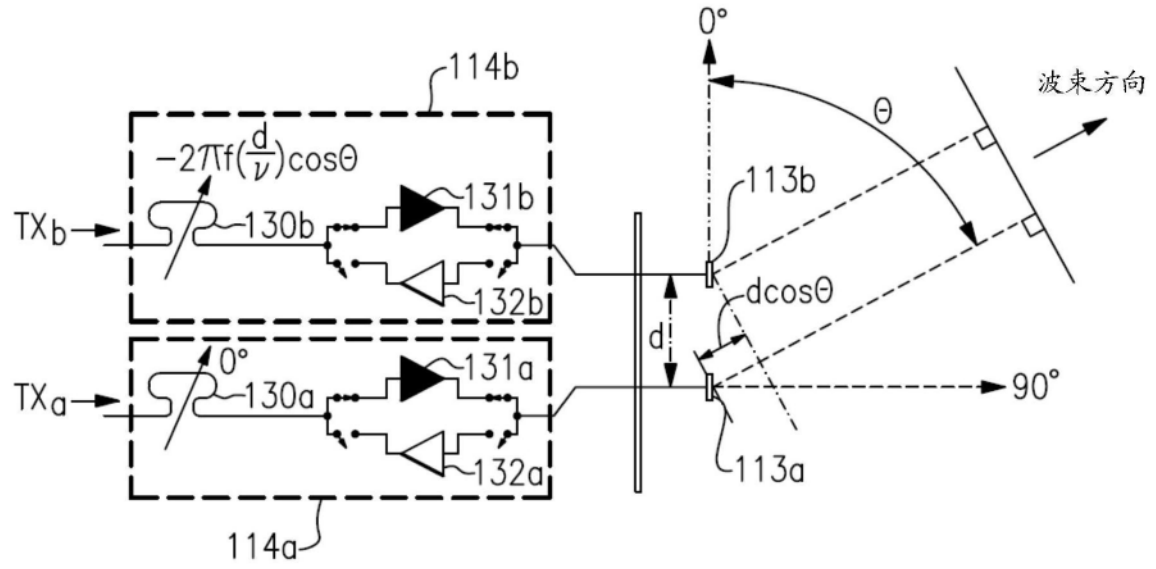

114b
$-2\pi f(\frac{d}{v})\cos\Theta$
TXb
130b
131b
132b
0°
TXa
130a
131a
132a
114a
0°
Θ
波束方向
113b
dcosΘ
d
90°
113a

图4B

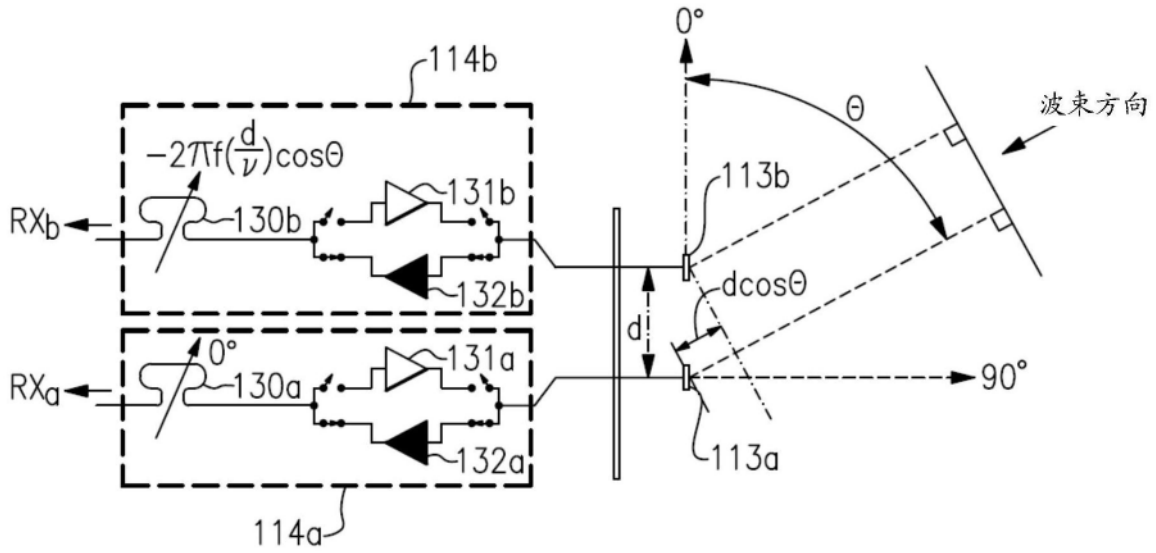

114b
$-2\pi f(\frac{d}{v})\cos\Theta$
RXb
130b
131b
132b
0°
RXa
130a
131a
132a
114a
0°
Θ
波束方向
113b
dcosΘ
d
90°
113a

图4C

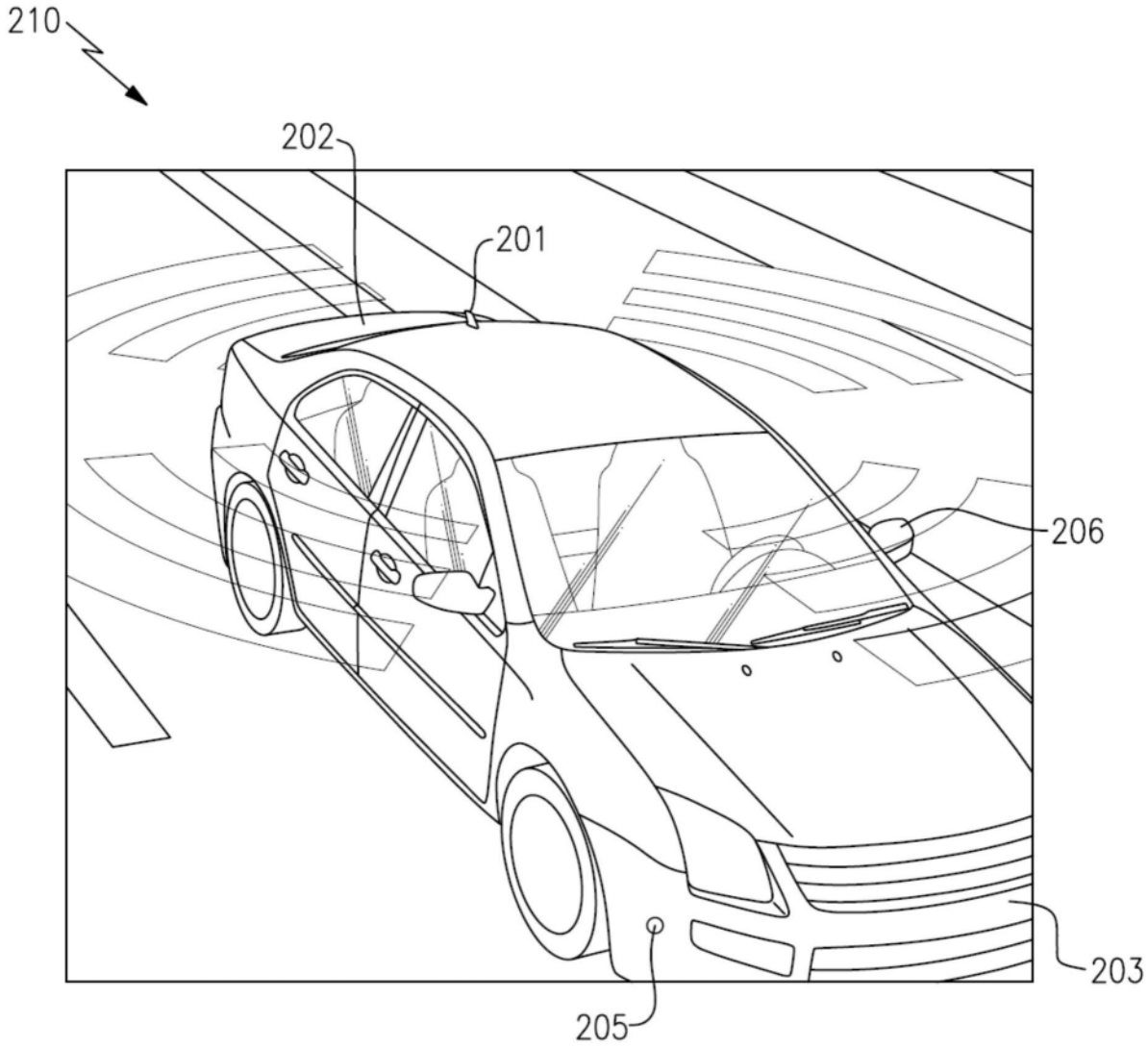


图5

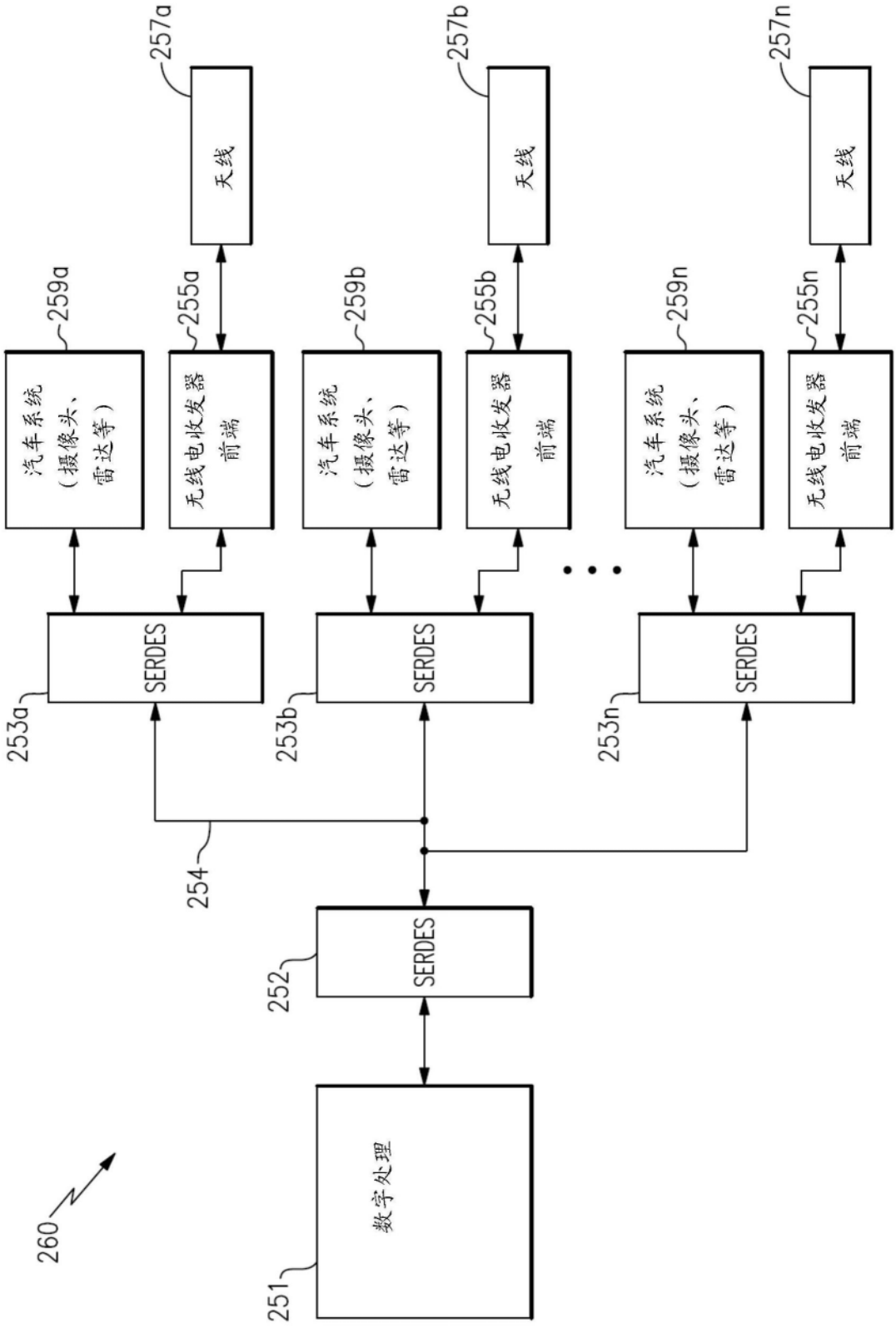

257a
257b
257n
天线
天线
天线
259a
255a
259b
255b
259n
255n
汽车系统（摄像头、雷达等）
无线电收发器前端
汽车系统（摄像头、雷达等）
无线电收发器前端
汽车系统（摄像头、雷达等）
无线电收发器前端
SERDES
SERDES
SERDES
253a
253b
253n
254
252
SERDES
数字处理
251
260

图6

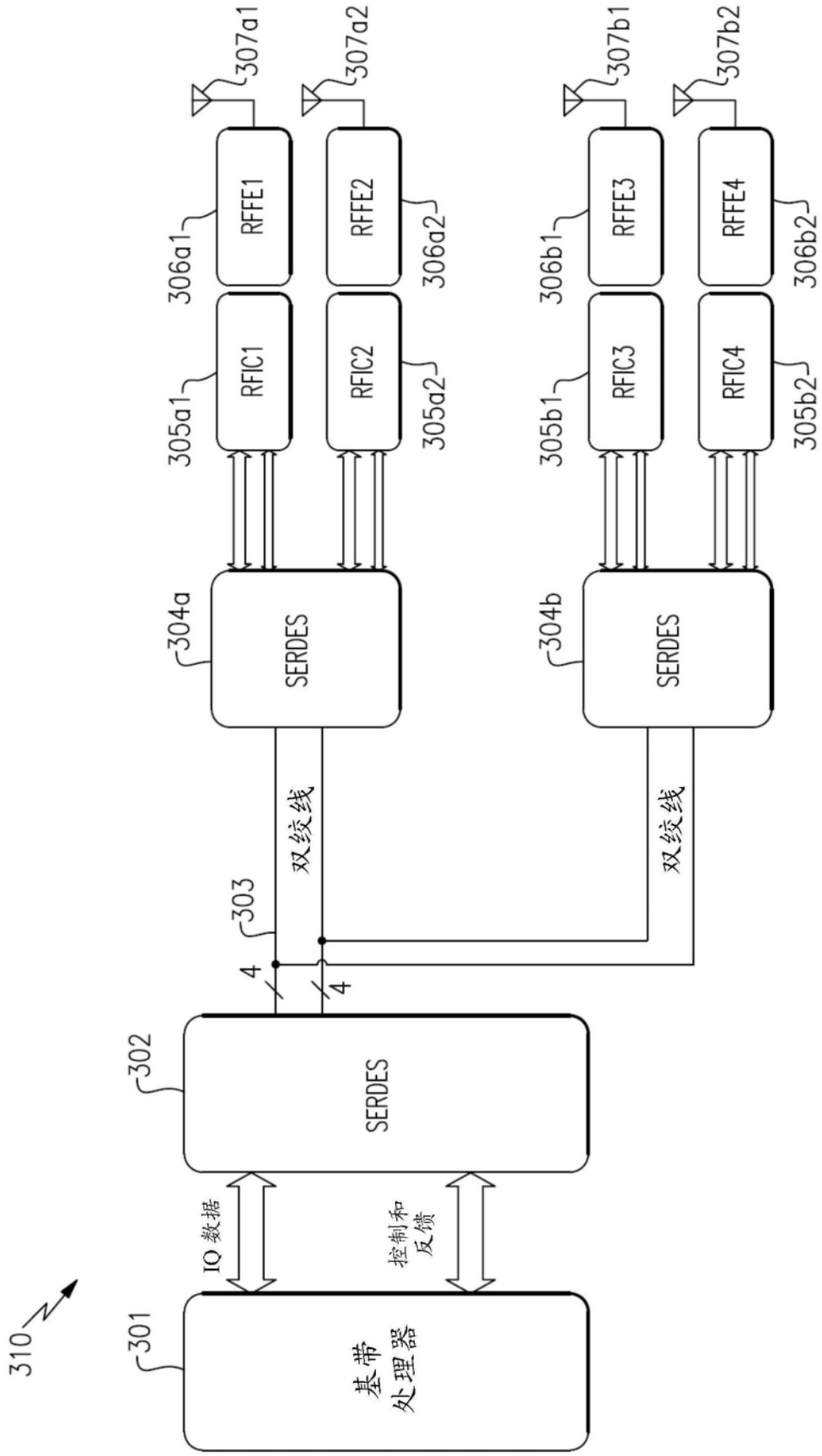

310
301
基带处理器
IQ 数据
控制和反馈
302
SERDES
303
4
4
双绞线
双绞线
304a
SERDES
304b
SERDES
305a1
RFIC1
305a2
RFIC2
305b1
RFIC3
305b2
RFIC4
306a1
RFFE1
306a2
RFFE2
306b1
RFFE3
306b2
RFFE4
307a1
307a2
307b1
307b2

图7A

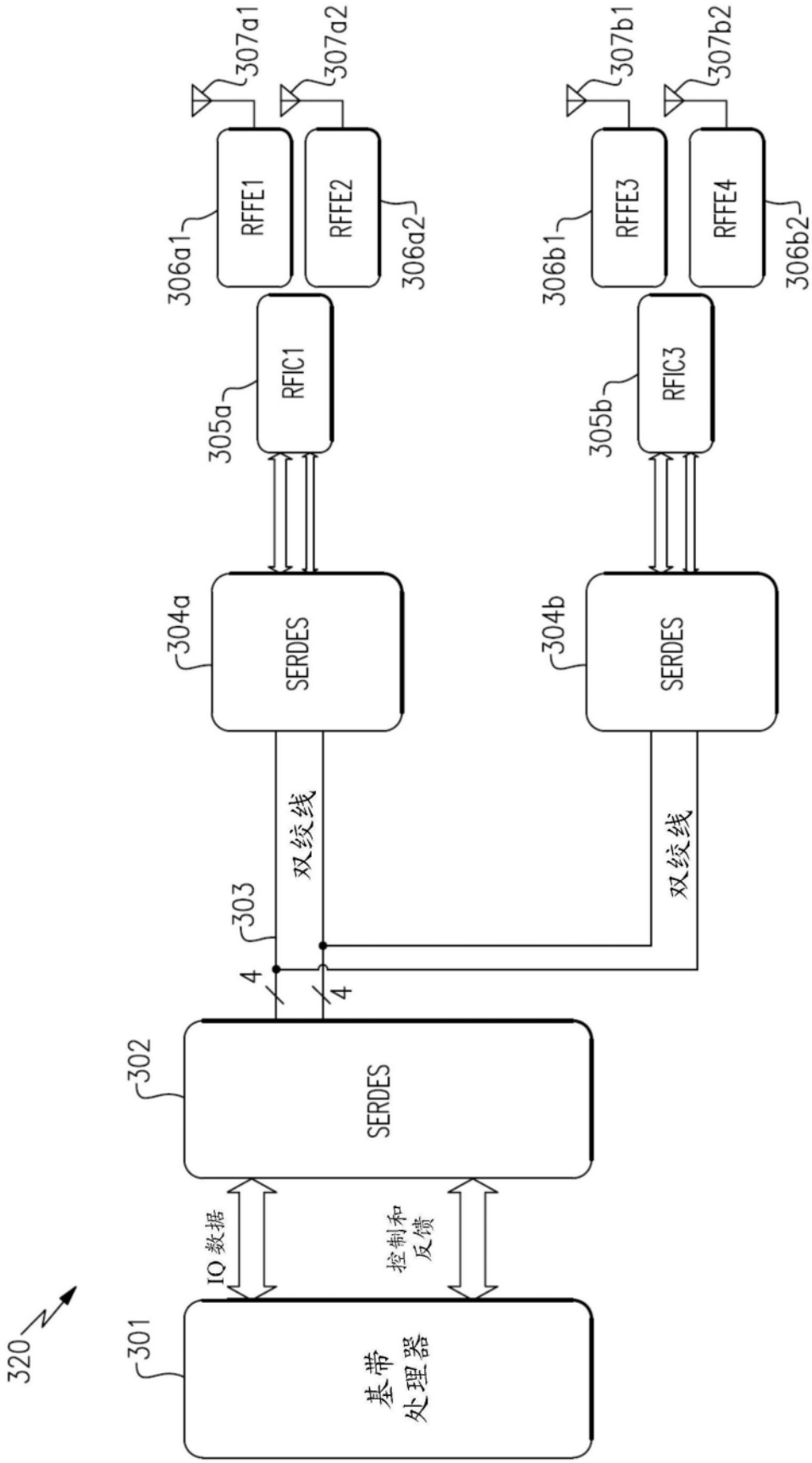

320
301
基带处理器
IQ数据
控制和反馈
302
SERDES
303
4
4
双绞线
双绞线
304a
SERDES
304b
SERDES
305a
RFIC1
305b
RFIC3
306a1
RFFE1
306a2
RFFE2
306b1
RFFE3
306b2
RFFE4
307a1
307a2
307b1
307b2

图7B

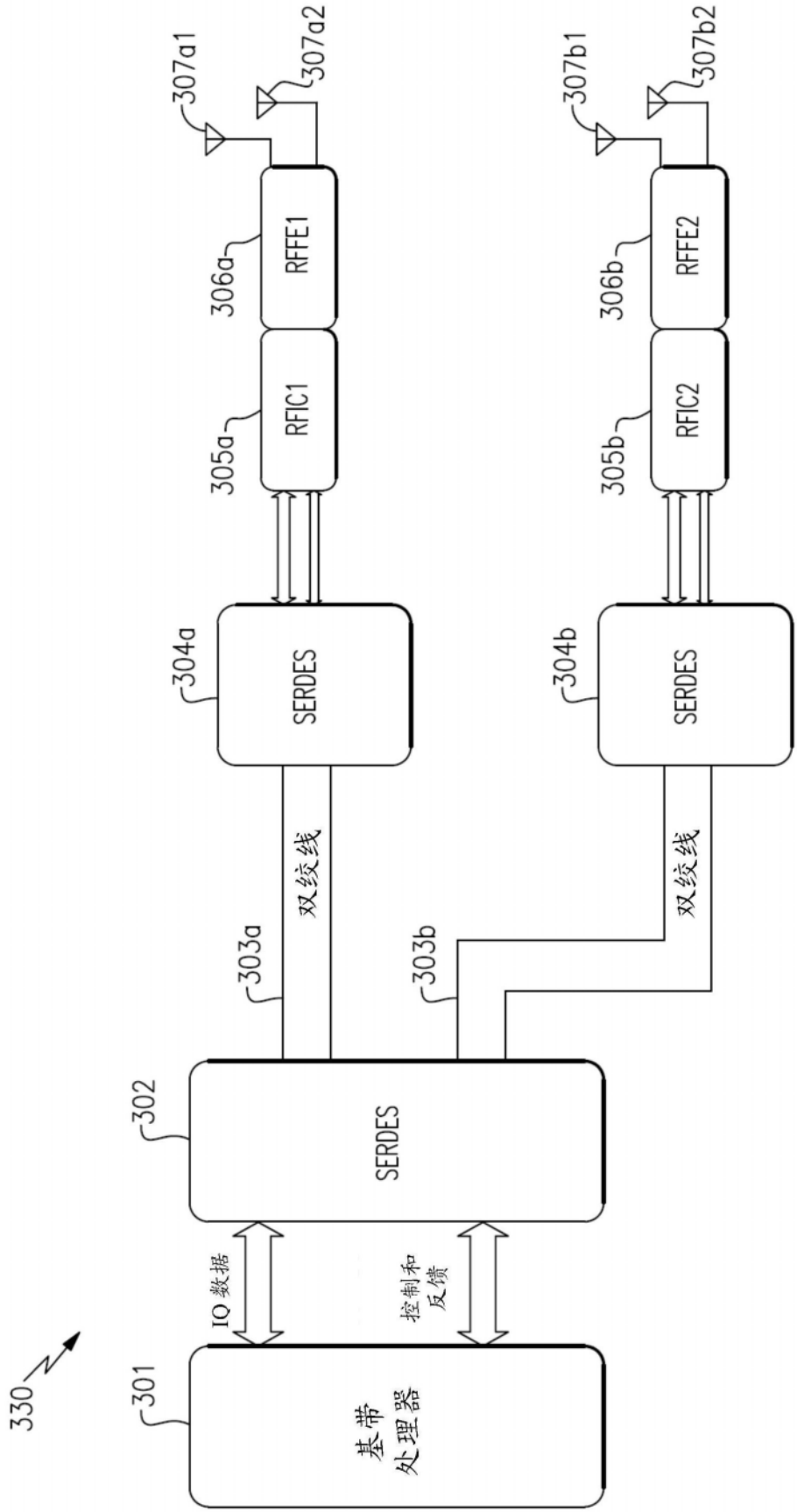

330
301
基带处理器
IQ 数据
控制和反馈
302
SERDES
303a
双绞线
303b
双绞线
304a
SERDES
304b
SERDES
305a
RFIC1
305b
RFIC2
306a
RFFE1
306b
RFFE2
307a1
307a2
307b1
307b2

图7C

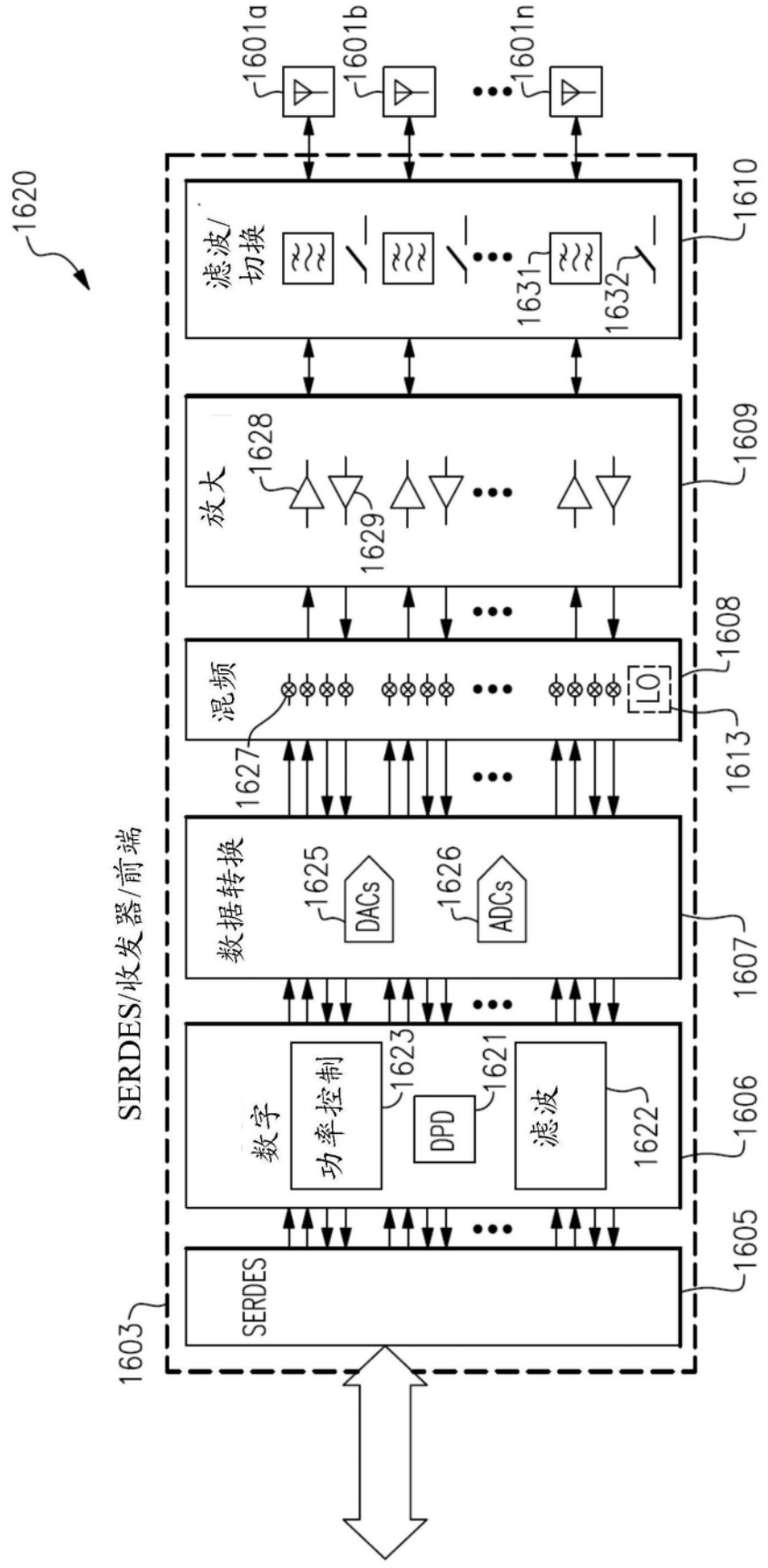

1620
1601a
1601b
1601n
1610
滤波/切换
1631
1632
1609
放大
1628
1629
1608
混频
LO
1613
1627
1607
数据转换
1625
DACs
1626
ADCs
SERDES/收发器/前端
1606
数字
功率控制
1623
DPD
1621
滤波
1622
1605
SERDES
1603

图8