



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117178526 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 05

(21) 申请号 202280028449.1

(22) 申请日 2022.04.13

(30) 优先权数据

63/174729 2021.04.14 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.10.13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/024704 2022.04.13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/221468 EN 2022.10.20

(71) 申请人 劲通开曼有限公司

地址 开曼群岛乔治城

(72) 发明人 D·E·巴克 K·尼 P·C·T·宋

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 才卓 陈晓

(51) Int.Cl.

H04L 25/03 (2006.01)

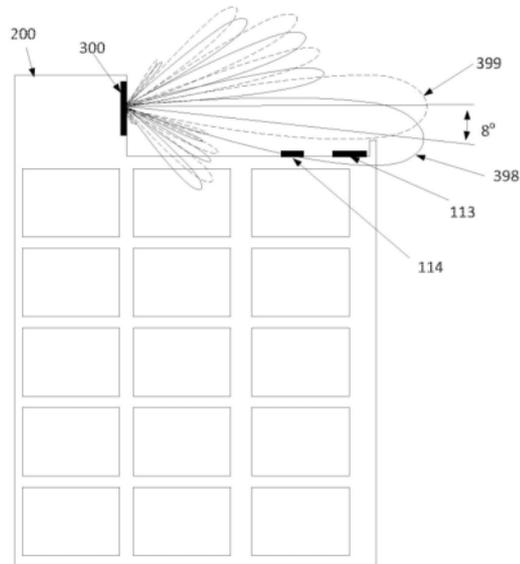
权利要求书3页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

无源互调干扰优化的天线配置

(57) 摘要

一种基站系统可以包括:至少一个基站无线电;至少一个天线,所述至少一个天线包括至少第一天线,所述至少第一天线包括布置在垂直平面中的线性的天线元件阵列;以及至少一个天线分布网络,用于将射频(RF)信号作为分量RF信号跨至少第一天线的线性的天线元件阵列分布,以在仰角平面中形成至少一个波束。在一个示例中,至少一个天线馈电网络将幅度和相位权重应用于分量RF信号,其中选择幅度和相位权重以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合。



1. 一种基站系统,包括:
至少一个基站无线电;
至少一个天线,所述至少一个天线包括至少第一天线,所述至少第一天线包括布置在基本上垂直平面中的基本上线性的天线元件阵列;和
至少一个天线馈电网络,用于将射频(RF)信号作为分量RF信号跨至少第一天线的线性的天线元件阵列分布,以在仰角平面中形成至少一个波束;
其中所述至少一个天线馈电网络将幅度和相位权重应用于分量RF信号,其中选择幅度和相位权重以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合。
2. 根据权利要求1所述的基站系统,其中进一步选择幅度和相位权重,使得所述至少一个波束的远场波束方向图用于在蜂窝网络中发射或接收信号。
3. 根据权利要求1所述的基站系统,其中所述至少一个天线用于部署在建筑物的屋顶上。
4. 根据权利要求3所述的基站系统,其中所述至少一个天线用于部署在屋顶的屋顶边缘上方或从屋顶边缘向后设置。
5. 根据权利要求3所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络提供第一电倾斜以设置用于从移动终端接收上行链路信号的所述至少一个波束的主接收波束的第一倾斜角,并且提供第二电倾斜以设置用于向移动终端发射下行链路信号的所述至少一个波束的主发射波束的第二倾斜角,其中所述第一倾斜角和第二倾斜角不同。
6. 根据权利要求5所述的基站系统,其中主接收波束的第一倾斜角和主发射波束的第二倾斜角的差异提供了至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合的减小。
7. 根据权利要求6所述的基站系统,其中所述无源互调源包括落在所述至少一个波束的主发射波束内包括的角度内的源。
8. 根据权利要求5所述的基站系统,其中用于接收上行链路信号的第一倾斜角指向一个角度,以用无源互调源减小下行链路信号和上行链路信号之间的RF耦合,其中所述无源互调源位于屋顶上。
9. 根据权利要求5所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络包括:
与至少第一天线相关联的第一天线馈电网络,用于接收上行链路信号;和
与所述至少一个天线中的第二天线相关联的第二天线馈电网络,用于发射下行链路信号。
10. 根据权利要求5所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络包括:
与至少第一天线相关联的第一天线馈电网络,用于接收上行链路信号;和
与至少第一天线相关联的第二天线馈电网络,用于发射下行链路信号。
11. 根据权利要求5所述的基站系统,其中所述幅度和相位权重被选择为联合最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合,并且最小化主发射波束或主接收波束中的至少一个下方的远场仰角平面旁瓣。
12. 根据权利要求5所述的基站系统,其中所述至少一个基站无线电包括在不同频率上操作的至少两个基站无线电。
13. 根据权利要求12所述的基站系统,其中在不同频率上操作的至少两个基站无线电

具有下行链路发射频率,所述下行链路发射频率当与无源互调源中的外部无源互调源耦合时将使外部无源互调源生成与至少两个基站无线电中的至少一个的上行链路频带同信道的互调频谱产物。

14. 根据权利要求1所述的基站系统,其中所述无源互调源在与经由至少第一天线的所述至少一个波束发射的下行链路信号相互作用时生成互调频谱产物。

15. 根据权利要求1所述的基站系统,其中根据优化算法选择幅度和相位权重。

16. 根据权利要求1所述的基站系统,其中选择幅度和相位权重以最小化在所述至少一个波束的主波束下方的至少第一天线的近场区域中的至少第一天线和无源互调源之间的RF耦合。

17. 根据权利要求16所述的基站系统,其中所述区域在至少第一天线的前方和下方0至6米之间。

18. 根据权利要求16所述的基站系统,其中所述区域在至少第一天线的前方和下方0至10米之间。

19. 根据权利要求1所述的基站系统,其中选择幅度和相位权重以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合,并且其中所述幅度和相位权重不被选择用于优化所述至少一个波束的主波束下方的远场旁瓣抑制。

20. 根据权利要求19所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络提供第一电倾斜以设置用于从移动终端接收上行链路信号的所述至少一个波束的主接收波束的第一倾斜角,并且提供第二电倾斜以设置用于向移动终端发射下行链路信号的所述至少一个波束的主发射波束的第二倾斜角,其中所述第一倾斜角和第二倾斜角不同。

21. 根据权利要求20所述的基站系统,其中主接收波束的第一倾斜角和主发射波束的第二倾斜角的差异提供了至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合的减小。

22. 根据权利要求21所述的基站系统,其中所述无源互调源包括落在所述至少一个波束的主发射波束内包括的角度内的源。

23. 根据权利要求20所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络包括:
与至少第一天线相关联的第一天线馈电网络,用于接收上行链路信号;和
与所述至少一个天线中的第二天线相关联的第二天线馈电网络,用于发射下行链路信号。

24. 根据权利要求20所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络包括:

与至少第一天线相关联的第一天线馈电网络,用于接收上行链路信号;和
与至少第一天线相关联的第二天线馈电网络,用于发射下行链路信号。

25. 根据权利要求19所述的基站系统,其中所述至少一个基站无线电包括在不同频率上操作的至少两个基站无线电。

26. 根据权利要求23所述的基站系统,其中在不同频率上操作的至少两个基站无线电具有下行链路发射频率,所述下行链路发射频率当与无源互调源中的外部无源互调源耦合时将使外部无源互调源生成与至少两个基站无线电中的至少一个的上行链路频带同信道的互调频谱产物。

27. 一种用于操作基站系统的方法,包括:

获得用于经由基站系统的至少第一天线发射的射频 (RF) 信号,所述基站系统包括布置在基本上垂直平面中的基本上线性的天线元件阵列;

经由至少一个天线馈电网络处理RF信号,用于将 (RF) 信号作为分量RF信号跨至少第一天线的线性的天线元件阵列分布,以在仰角平面中形成至少一个波束,其中所述至少一个天线馈电网络将幅度和相位权重应用于分量RF信号,其中选择幅度和相位权重以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合;和

经由至少第一天线发射分量RF信号。

28. 根据权利要求27所述的方法,进一步包括:

选择幅度和相位权重以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合;和

配置所述至少一个天线馈电网络以应用幅度和相位权重。

29. 根据权利要求27所述的方法,其中所述RF信号是经由基站系统的至少一个基站无线电获得的。

30. 根据权利要求27所述的方法,其中进一步选择幅度和相位权重,使得所述至少一个波束的远场波束方向图用于在蜂窝网络中发射或接收信号。

31. 根据权利要求27所述的方法,其中所述至少一个天线馈电网络提供第一电倾斜以设置用于从移动终端接收上行链路信号的所述至少一个波束的主接收波束的第一倾斜角,并且提供第二电倾斜以设置用于向移动终端发射下行链路信号的所述至少一个波束的主发射波束的第二倾斜角,其中所述第一倾斜角和第二倾斜角不同。

32. 根据权利要求31所述的方法,其中主接收波束的第一倾斜角和主发射波束的第二倾斜角的差异提供了至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合的减小。

33. 根据权利要求31所述的方法,进一步包括:

选择第一倾斜角和第二倾斜角;和

配置所述至少一个天线馈电网络,以提供第一电倾斜来设置第一倾斜角并提供第二电倾斜来设置第二倾斜角。

34. 一种用于操作基站系统的方法,包括:

经由基站系统的至少第一天线接收射频 (RF) 信号作为分量RF信号,所述基站系统包括布置在基本上垂直平面中的基本上线性的天线元件阵列,其中所述分量RF信号经由仰角平面中的至少一个波束接收;

经由基站系统的至少一个天线馈电网络处理分量RF信号,用于组合分量RF信号以生成RF信号,其中所述至少一个天线馈电网络将幅度和相位权重应用于分量RF信号,其中所述幅度和相位权重被选择来使所述至少一个波束成形,以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合;和

将RF信号从所述至少一个天线馈电网络传递到基站系统的至少一个基站无线电。

无源互调干扰优化的天线配置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2021年4月14日提交的序列号为63/174,729的美国临时专利申请的优先权,该申请以其整体通过引用并入本文中。

技术领域

[0003] 本公开一般涉及蜂窝基站天线,并且更特别地涉及在受无源互调干扰影响的位置中(诸如向后设置在多层建筑物的屋顶上)具有改进性能的天线系统。

背景技术

[0004] 蜂窝通信运营商部署基站站点,以允许在服务区域之内传输和接收语音和数据服务。蜂窝运营商使用一个或多个RF频谱带提供这些语音和数据服务,其使用无线电装备和基站天线在移动设备和蜂窝网络基础设施之间发射和接收RF信号。蜂窝运营商使用的许多频谱带是频分双工(FDD),这意味着存在下行链路(基站发射,Tx)子带和上行链路(基站接收,Rx)子带,它们在频谱域中被双工频率间隙分离。大多数无线电装备将使用双工滤波器将Tx和Rx子带合并到一个RF连接上。这样的双工滤波允许减少基站站点处的物理天线和线缆的数量,因为Tx和Rx子带两者一般在天线的相同带宽内,并且因此可以共享相同的物理天线。

[0005] 移动运营商周期性地在基站站点处添加新频谱,以解决不断增长的容量需求,并还允许部署诸如4G和5G之类的新服务。这样的新频谱可以是来自运营商已经拥有或有运营许可证的频谱,或者是来自频谱拍卖或其他获取过程的新获取的频谱。当基站站点开始在新频谱中发射时,可以从任何无源互调(PIM)源生成的互调频谱产物的数量将增加。这些PIM生成的频谱产物中的一个或多个将落入基站接收机上行链路子带中的一个或多个的概率也将增加。如今,许多移动运营商通常具有五和十个之间不同的频谱带,其范围从600MHz到4000MHz。只作为一个示例,处于美国的主要蜂窝运营商可以在许多站点处在3GPP指定的频带——频带12、频带29、频带14、频带5、频带2、频带66、频带30和频带77——上操作频谱。

发明内容

[0006] 在一个示例中,本公开描述了一种基站系统,其包括:至少一个基站无线电;至少一个天线,所述至少一个天线包括至少第一天线,所述至少第一天线包括布置在基本上垂直平面中的基本上线性的天线元件阵列;以及至少一个天线分布网络,用于将射频(RF)信号作为分量RF信号跨至少第一天线的线性的天线元件阵列分布,以在仰角平面中形成至少一个波束。在一个示例中,至少一个天线馈电网络将幅度和相位权重应用于分量RF信号,其中选择幅度和相位权重以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合。在其他示例中,本公开描述了这样基站系统的操作方法。在其他示例中,本公开描述了这样基站系统的操作方法。

附图说明

- [0007] 通过结合随附附图考虑以下详细描述,可以容易地理解本公开的教导,在附图中:
- [0008] 图1描绘了屋顶上的基站天线部署示例,其中PIM源落在主波束之外;
- [0009] 图2描绘了屋顶上的基站天线部署示例,其中PIM源落在主波束内;
- [0010] 图3描绘了屋顶上的基站天线部署示例,其中调整了仰角波束倾斜角,以将PIM源置于主波束之外;
- [0011] 图4描绘了屋顶上的基站天线部署示例,下行链路信道和上行链路信道具有独立的波束倾斜角,以最小化来自外部PIM源的PIM耦合;
- [0012] 图5描绘了(1)具有本公开的天线系统的基站系统,以及(2)作为仰角的函数的下行链路天线相对增益和上行链路天线相对增益的图表,以及(3)近场耦合函数的图表;
- [0013] 图6图示了针对三种不同优化的天线分布网络的仰角平面相对增益响应;
- [0014] 图7图示了针对三种不同优化的天线分布网络的RF耦合,其表达为接近部署在屋顶上的天线的距离范围内的接收功率;以及
- [0015] 图8图示了用于为多个基站无线电提供独立的上行链路和下行链路倾斜的示例配置。
- [0016] 为了促进理解,在可能的情况下,已经使用相同的附图标记来指定各图中共有的相同的元件。

具体实施方式

- [0017] 本公开描述了基站天线系统和配置,对于通常部署在屋顶环境上的天线系统,其最小化基站上行链路信道上接收到的无源互调(PIM)干扰,该基站上行链路信道由天线系统外部的PIM源引起,并且通常在天线系统的前方和天线的近场内。本公开的示例通过优化天线分布网络幅度和相位权重来降低天线系统的近场内基站天线和PIM源之间的射频(RF)耦合,并且该天线分布网络幅度和相位权重不同于与仰角平面远场旁瓣抑制技术相关联的幅度和相位权重。在一个示例中,本公开解耦下行链路信号和上行链路信号,并且对下行链路信号和上行链路信号应用独立的仰角平面倾斜,以最小化天线系统的近场中的RF耦合。
- [0018] 蜂窝通信运营商部署基站站点,以允许在服务区域之内发射和接收语音和数据服务。蜂窝运营商使用一个或多个RF频谱带提供这些语音和数据服务,其使用无线电装备和基站天线在移动设备和蜂窝网络基础设施之间发射和接收RF信号。蜂窝运营商使用的许多频谱带是频分双工(FDD),这意味着存在下行链路(基站发射,Tx)子带和上行链路(基站接收,Rx)子带,它们在频谱域中被双工频率间隙分离。大多数无线电装备将使用双工滤波器将Tx和Rx子带合并到一个RF连接上。这样的双工滤波允许减少基站站点处的物理天线和线缆的数量,因为Tx和Rx子带两者一般在天线的相同带宽内,并且因此可以共享相同的物理天线。
- [0019] 当来自至少两个不同基站Tx子带的至少两个RF信号在展现一些非线性电气特性的接点处耦合在一起时,可能生成无源互调(PIM)RF能量。这样的PIM能量可以落入Tx子带之外的RF频谱范围中;该范围是信号RF发射频率的数学谐波相关函数。在大多数情况下,三阶PIM产物最强,对于频率为 f_1 和 f_2 的两个信号,其将在 $2f_1 \pm f_2$ 和 $2f_2 \pm f_1$ 处具有PIM频谱分量。当产生的PIM能量(1)落在一个或多个上行链路或基站Rx频谱子带内,以及(2)具有足够

的功率来降低从移动终端到达基站天线阵列的所想要RF信号的灵敏度时,PIM可能成为问题。这些非线性接点可以处于意图的RF信号路径中,诸如RF线缆连接器、RF信号组合滤波器、天线内的焊点等。当不相似的金属形成接点、跨相同金属的电触点存在不均匀的压力、或者在接点上氧化时,可以发生非线性电气行为。然而,如果金属物体呈现在天线的反应近场、辐射近场或辐射远场中,并且这些金属物体展现出强烈的非线性电气属性(诸如生锈的螺栓或具有低压金属对金属触点的链条栅栏),那么这些物体也可以产生并再次辐射PIM频谱产物。该PIM能量可以与任何PIM频谱产物一起耦合回到天线中,这些PIM频谱产物与移动终端同信道,从而在接收信道中引起干扰。

[0020] 移动运营商周期性地在基站站点处添加新频谱,以解决不断增长的容量需求,并且还允许部署诸如4G和5G之类的新服务。这样的新频谱可以是来自运营商已经拥有或有运营许可证的频谱,或者是来自频谱拍卖或其他获取过程的新获取的频谱。当基站站点开始在新频谱中发射时,可以从任何PIM源生成的互调频谱产物的数量将增加。这些PIM生成的频谱产物中的一个或多个将落入基站接收机上行链路子带中的一个或多个的概率也将增加。如今,许多移动运营商通常具有五和十个之间不同的频谱带,其范围从600MHz到4000MHz。只作为一个示例,处于美国的主要蜂窝运营商可以在许多站点处在3GPP指定的频带——频带12、频带29、频带14、频带5、频带2、频带66、频带30和频带77——上操作频谱。

[0021] 一大部分基站站点包括在屋顶站点上安装天线的基站站点,尤其是在屋顶可能很多的城市区域中。许多屋顶站点使其天线从屋顶边缘向后设置,因此它们从街道不太可见,这通常是站点拥有者的要求,或者是当地市政当局对于在屋顶上部署天线的分区指南的要求。然而,屋顶站点通常包含若干外部PIM源,它们可能在RF场强大的天线前方。这样的外部PIM源包括管道工程、线缆导管、线缆、螺钉、螺栓和屋顶固定件、通风管道、HVAC装备、扶手、铅或铝防水板(尤其是在屋顶护栏上)、等等。如果这些外部PIM源在天线前方,则它们也可能在一个或多个天线辐射场的视轴内。

[0022] PIM干扰缓解措施包括在可行的情况下物理移除外部PIM源,或例如用非金属紧固件替换金属紧固件。PIM缓解还可能包括用RF吸收材料掩盖违规的金属加工源。在更极端的情况下,天线可以重新放置在屋顶上,或者在信号基带级使用自适应PIM消除信号处理。

[0023] 另一种PIM缓解技术是使用在远场中已经抑制了仰角波束旁瓣的基站天线,该仰角波束旁瓣低于天线辐射方向图的主波束或主瓣。与传统天线用的RF能量相比,处于主波束下方对向角的任何潜在PIM源可以用更少的RF能量照射,这继而降低了PIM源处生成的PIM能量,加上减少了耦合回到接收机,因为发射和接收信号的仰角平面辐射方向图通常将非常相似。抑制主波束下方的旁瓣可能意味着损害基站天线的其他合期望特征,诸如容忍主波束上方的旁瓣的增加和/或主波束波束宽度的小幅增加,并且因此降低天线方向性或增益。用于PIM缓解的这种旁瓣降低技术在图1中描绘,其中包括至少一个天线(100)的基站天线系统(例如,包括多个天线元件的天线阵列)安装在建筑物屋顶结构(200)上。天线系统(100)从屋顶边缘向后设置,以便当从地面或街道水平观看时最小化视觉影响。仰角中的主波束辐射方向图用主瓣(104)和主瓣下方的抑制旁瓣(102)来描绘。在这个示例中,波束倾斜角被设置为 8° ,这可以基于优化广域服务覆盖范围和小区站点的更宽蜂窝网络的小区干扰来选择。在图1中,存在两个PIM源(110和111),它们在天线的前方,并且在主波束(104)之外的屋顶上。较低旁瓣抑制技术的使用可以有助于减小到PIM源(110和111)的耦合和来

自PIM源(110和111)的耦合。

[0024] 使用抑制主波束下方仰角平面旁瓣的天线的一个缺点是,抑制的旁瓣仅可能被认为是在天线的辐射远场中建立的,而PIM源(诸如在屋顶环境中发现的PIM源)通常可以很好地在辐射近场内。天线的远场通常被定义为在天线前方 $2D^2/\lambda$ 的距离周围开始。因此,例如,对于在800MHz($\lambda=0.375\text{m}$)下操作的2m长的蜂窝天线,远场可以被认为开始于21.3m之外。

[0025] 此外,如果存在PIM源以对向角度落入一个或多个天线的主波束中,则远场旁瓣抑制不能够缓解PIM干扰。这种场景在图2中图示,图2描绘了部署在屋顶上的与图1中所示相同的天线系统,但是其中PIM源(113和114)现在落入天线系统(100)的主波束内。在这点上,应该注意,在图1和图2的两个示例中,辐射方向图代表远场方向图,但是相对于建筑物、屋顶或PIM源110、111、113和114不是成比例的。

[0026] 也有可能减小基站站点处一个或多个天线的辐射波束的电倾斜角(更浅的倾斜,更接近于地平线),动机是最小化落入一个或多个天线的主波束内的PIM源的范围或数量。这在图3中图示,其中天线主波束以零度(154)倾斜,这意味着PIM源(113和114)相对于天线系统(100)以落入天线辐射方向图的抑制旁瓣角区域(152)的角度对向。

[0027] 然而,这种减少电倾斜的技术将影响更广泛的蜂窝网络,因为更低的波束倾斜将总是意味着对相邻小区站点的同信道干扰的增加,这继而将降低频谱效率和网络的固有容量。然而,基站站点之一处PIM干扰的减少可能超过更宽网络中网络干扰的增加,但是尽管如此,这种技术是用局部PIM干扰换取更宽区域小区间干扰的折衷。

[0028] 大多数蜂窝网络展现出不对称的业务负载,因为下行链路业务信道通常比上行链路业务信道承载显著更多的数据有效载荷,就下行链路:上行链路业务需求而言,其可以高达10:1。FDD系统通常使用成对的频谱分配,这针对下行链路信道和上行链路信道使用对称的RF带宽。给定下行链路业务远远超过上行链路业务需求,蜂窝网络一般在变得上行链路容量受限之前变得下行链路容量受限。因此,在先前的示例中,由于减少倾斜对网络容量的影响将在下行链路信道上更强烈地感觉到。

[0029] 本公开的第一个示例利用了以下事实:频分双工(FDD)无线电系统具有大的非对称业务负载,其中下行链路信道容量受限,而不是上行链路信道容量或干扰受限。特别地,本示例为下行链路信道和上行链路信道提供了具有独立波束倾斜的天线配置,以最小化局部外部PIM耦合。

[0030] 参考图4,第一个示例意图允许部署在屋顶上并从屋顶边缘向后设置的天线(300)(例如,布置在基本上垂直平面中的基本上线性的天线元件阵列)具有用于下行链路的优选主波束倾斜(398),其定义了小区覆盖范围,因为下行链路信道传达小区广播和同步信息,并且因此维持了与相邻小区站点的优选服务覆盖区和下行链路小区间干扰几何。第一个示例还准许上行链路信道在由天线(300)产生的较低倾斜角(398)(更接近于地平线)下具有不同的波束倾斜。值得注意的是,可能落在下行链路信道的主波束内的外部PIM源现在可能落在上行链路信道的主波束之外,并且因此,总体外部PIM耦合被减少到基站无线电接收信道中。应当注意,如本文中所指的,“基本上线性的天线元件阵列”意味着可以部署在蜂窝通信系统的典型天线罩中的天线元件阵列,例如,具有至少4:1的长宽比等,并且意图垂直部署在蜂窝塔、建筑物屋顶等上。因此,这样的术语不排除阵列,其中一些元件可以从阵列中心线偏移,用于方位波束宽度控制等。此外,如本文中所指的,“布置在基本上垂直平面中”

意味着意图垂直部署在蜂窝塔、建筑物屋顶等上的天线元件阵列,其中该阵列可以在可能适用于蜂窝通信系统的倾斜角范围内以固定或可变的机械倾斜进行部署(例如,该阵列在垂直线的10度或多或少内,使得所得到的视轴在垂直线的10度或多或少内(例如,在不存在进一步的电倾斜(如果有的话)的情况下))。

[0031] 上行链路波束倾斜(399)相对于下行链路波束倾斜(398)的减小意味着上行链路小区间干扰可能增加。然而,由于蜂窝网络上通常高度不对称的业务负载,上行链路信道不太可能变得容量受损。事实上,许多使用积极向下倾斜来管理下行链路小区间干扰的蜂窝系统可以变得上行链路覆盖受限,这意味着小区边缘上的移动用户终端可能面临手机发射功率净空耗尽的风险。采用独立的下行链路和上行链路倾斜的第二个益处是,这也可以用作附加的网络宽优化参数,而与到基站天线系统的局部外部耦合PIM源无关。

[0032] 图5图示了与第一示例相关联的示例装置(例如,基站系统(599)),其对于下行链路信道和上行链路信道具有独立的波束倾斜角。如图5中所图示,由 V_{in} 标示的双工RF信号表示(例如,基站无线电的)到天线系统(300)的连接。双工RF信号经由双工滤波器(301)被分成分别携带下行链路信道和上行链路信道信息的发射信号和接收信号。发射信号经由分布网络(310)和相移网络(311_1-311_8) (统称为“馈电网络”或发射馈电网络)被分成多个分量发射信号,这些网络将幅度和相位权重应用于多个分量发射信号中的每一个。类似地,接收信号经由分布网络(320)和相移网络(321_1-321_8) (统称为“馈电网络”或接收馈电网络)被分成多个分量接收信号,这些网络将幅度和相位权重应用于多个分量接收信号中的每一个。分量发射信号和分量接收信号经由多个双工滤波器(330_1-330_8)组合,以产生多个双工分量发射和接收信号,这些信号连接到布置在天线元件阵列中的多个天线元件(340_1-340_8)。相应相移网络(311_1-311_8 和 321_1-321_8)跨分量信号施加可变的相位延迟,这将使得天线能够为发射和接收信号递送独立的波束倾斜。这些独立倾斜的波束通过图5中的顶部图表(501)的方式图示。发射信号使用设置在8度或8度倾斜角的波束视轴来递送,并由远场天线仰角相对增益响应曲线510标示。发射信号的波束倾斜的选择被选择例如用于最小化对相邻小区站点的同信道RF干扰,这可以最大化频谱效率和容量。在这个示例中,8度倾斜的选择也与在0度(511)周围的方向图中的仰角平面零值一致,这可以确保对邻近小区站点的服务区域的干扰被最小化。接收信号使用设置在0度或0度倾斜角的波束视轴携带,并由远场天线仰角相对增益响应曲线520标示。

[0033] 图5底部上的图表(502)图示了在天线前方0和20m之间的距离以及在天线阵列底部下方2m处的距离的天线的相对RF耦合函数。曲线610图示了发射信号的RF耦合函数如何随着距离而变化,并且曲线620图示了对于部署在屋顶上并且从屋顶边缘向后设置至少20m的天线,接收信号的RF耦合函数如何随着距离而变化。对于在低于1GHz频率下操作的天线,该曲线图中所有20m之外的距离都被认为是在天线的近场内。从天线前方3m周围可以看出,接收信号与天线的耦合比发射信号低5dB至30dB。这是因为发射和接收信号的波束倾斜不同。如果在屋顶表面3m和20m之间存在任何潜在PIM源,那么在基站无线电的接收信道中观察到的PIM干扰将显著低于使发射和接收信号共享相同的天线波束倾斜,传统基站天线就将是这种情况。

[0034] 应该注意,图5的基站系统(599)包括用于发射和接收信号的说明性馈电网络。然而,本公开的示例可以包括各种无源或有源馈电网络布置,其能够将选定的幅度和相位权

重赋予不同的天线元件。在一个示例中,本公开可以包括有源天线阵列,其中在RF功率放大之前,在低功率RF、在中频(IF)基带或在用户特定的基带处生成幅度和相位权重。此外,在基站系统(599)的发射和接收馈电网络利用去往和来自基站无线电以及去往和来自天线元件的双工发射和接收信号的情况下,发射和接收馈电网络可以共同被认为是单个馈电网络(例如,具有两个组成分支)。

[0035] 针对上行链路和下行链路使用具有不同倾斜的天线的一个潜在问题是,将存在链路不平衡,这可以影响功率控制过程,并增加去往和来自不同小区站点的干扰。蜂窝网络中的移动终端响应于改变的多路径无线电信道条件来调整其上行链路信道的发射功率,使得基站站点处的接收功率在基站接收机处保持在足够强的信号强度,以递送所需的通信服务。这种功率调整通常是通过闭环功率控制过程来实现的,该闭环功率控制过程响应于快速改变的多路径无线电信道条件,经由下行链路控制信道来指令终端以每秒数百次或甚至数千次的速率加电或断电。开环功率控制也用于闭环可能不太有效的情况(诸如高速移动信道,其中多路径信道衰落率可能处于任何闭环功率控制过程都不能够跟踪且正确跟踪的速率)。开环功率控制也在进入闭环功率控制模式之前使用,或者在传输小数据有效载荷时使用,此时任何闭环功率控制过程的设立可能比发送小数据有效载荷本身花费更久。在这样的开环功率控制过程中,基于接收到的下行链路信号强度粗略估计上行链路功率,并假设下行链路信号和上行链路信号由同一天线发射和接收,并且因此有相同或相似的辐射方向图。如果没有接收到或确认数据,则通常增加开环功率增量,因此重新估计上行链路功率并重新尝试数据传送,直到数据有效载荷被递送,或者控制信令被接收为止,使得闭环功率控制过程可以接管。

[0036] 在上行链路主波束倾斜角不同于下行链路主波束倾斜角的情况下,移动终端可能不正确地估计其开环功率,因为对于上行链路和下行链路信道,仰角平面中的辐射方向图不同。对于移动终端由于天线倾斜不平衡而以下行链路信道相对增益大于上行链路信道增益的角度与基站通信的情况,那么对网络的影响预期表现为移动终端低估初始功率设置,并且开环功率控制过程进行附加的加电调整以建立可靠的数据传送连接的时间增加。对于移动终端以下行链路信道相对增益低于上行链路信道增益的角度与基站通信的情况,那么对网络的影响预期表现为移动终端高估初始功率设置,并且因此也表现为开环功率控制过程进行附加的断电调整以维持数据传送的可靠连接的时间增加。由于初始的终端功率高估,上行链路小区间干扰也可能存在少量增加。还可能调整作为基站参数优化套件的一部分可用的开环功率控制算法中的偏移参数,其可以用于补偿移动终端上行链路功率估计中的任何预期增量,并且因而最小化对基站系统和移动终端之间的功率控制过程的影响。

[0037] 再次参考图5和顶部图表(501),其图示了作为仰角的函数的下行链路天线相对增益和上行链路天线相对增益,如果天线系统已经部署在常规小区站点(例如,独立的、非屋顶部署)上、或者已经部署在屋顶边缘之上将不存在衍射传播路径的屋顶边缘处,则上行链路和下行链路信道不平衡将是代表性的。在8度和16度之间的角度,不平衡在10dB和25dB之间,这在开环功率控制时间延迟方面可能变得成问题。对于部署在30m高度的天线,8度和16度之间的角度表示近似104m和213m之间的距离,这可以捕获有意义比例的移动终端。然而,对于本发明的情况,其中天线系统从屋顶边缘向后设置,由于屋顶边缘之上RF传播的散射,将存在衍射路径。这样的场景意味着下行链路和上行链路的相对增益的角度函数不适合解

释,因为经由主波束下方的旁瓣的通信被移动终端和基站天线之间的路径中的屋顶有效地阻挡了。对于第一级,边缘之上的传播可以被建模为无限数量的虚辐射元件的次级源,每个虚辐射元件相隔半个波长并且在垂直平面中从衍射边缘向上延伸,虚元件具有基于来自虚源平面处的天线辐射的辐射场的相对功率和相位权重。在屋顶边缘引起传播的RF信号的衍射的场景中,在衍射边缘之外的距离处的上行链路和下行链路信道响应将具有稍微多平衡的信道增益。在一个示例中,本公开利用了以下事实:上行链路和下行链路信道耦合之间的相对大的差异可以存在于屋顶环境区域内的天线附近,但是在衍射屋顶边缘之外,上行链路和下行链路之间的不平衡将由于衍射传播环境而减小,这继而可能对功率控制过程的影响小于没有衍射边缘存在的情况。

[0038] 本公开的第二个示例对使用主波束下方具有仰角平面旁瓣抑制的基站天线进行了改进,以用于降低PIM耦合。如稍早所讨论的,已经抑制旁瓣的天线仅可以被认为是已经在远场中建立了旁瓣,该远场可能远远超出PIM源所呈现的距离,尤其是对于屋顶环境。特别地,第二个示例通过连接到天线阵列的天线分布网络的振幅和相位权重的定制优化,最小化天线前方和正下方的辐射近场。这些幅度和相位权重可能类似于但将不同于与远场旁瓣降低相关联的幅度和相位权重。例如,可以根据优化算法来选择幅度和相位权重,该优化算法可以寻求最小化到/跨天线下方的表面区域以及天线和将落在主波束(例如,主发射和/或接收波束)之外的屋顶边缘之间的RF耦合。例如,优化算法可以提供最小化天线前方0至6米之间、天线前方0至10米之间等区域中的RF耦合的幅度和相位权重。换句话说,优化算法的优化准则可以包括天线下方和前方的区域,在该区域之上使近场RF耦合最小化。附加准则可以包括(一个或多个)主波束的(一个或多个)倾斜角、天线部署高度(例如,在屋顶上方有多高)、天线长度、从屋顶边缘向后设置的距离、女儿墙的存在(和/或女儿墙(如果有的话)的高度)、等等。

[0039] 部署在屋顶站点上的许多基站天线的长度范围在1.4m和2.6m之间,并且部署在屋顶表面或女儿墙距天线底部通常为1.5m或更小的地方(出于实际安装和维护的原因,处于头部高度周围)。此外,这样的天线通常部署为更接近于屋顶表面,并从屋顶边缘向后设置,以便有意地最小化从街道水平的视觉外观。

[0040] 图6描绘了2.4m长的基站天线(例如,天线阵列)的不同仰角方向图的三个示例的图表(600),该基站天线具有9个辐射元件/天线元件的阵列,其被设计用于在700MHz频带中工作。这些仰角方向图中的每一个都与三种不同的元件分布网络设计相关联。实曲线表示使用典型或常规天线馈电网络的天线阵列的仰角方向图。中间的虚曲线表示使用馈电网络的天线阵列,该馈电网络有意抑制主波束下方的远场旁瓣。细虚曲线表示使用馈电网络的天线阵列的远场天线仰角方向图,该馈电网络有意抑制投射到天线中点下方2m(或天线底部下方0.8m)的平面上的近场辐射,这表示屋顶表面可能存在的辐射。

[0041] 图7描绘了从天线(长度为2.4m,具有9个辐射元件/天线元件)发射的信号的对接收功率的图表(750),该天线处于天线中点下方2m处,距天线的距离最大为20m(对于上述三种天线馈电网络设计,全部在天线的近场内)。该曲线图被设计为图示到天线前方屋顶表面上任何潜在PIM源的射频耦合。在这种情况下,图示从被设计成抑制接近天线的RF耦合的馈电网络接收的RF功率的细虚曲线在最小化耦合方面比从被设计成抑制远场中旁瓣的馈电网络接收的RF功率的细虚曲线(由中间的虚曲线示出)更优,至少在1.5m和10m之间距离

的范围内。例如,与选择用于较低旁瓣抑制的馈电网络相比,提供经由寻求最小化从0到6米的RF耦合的优化算法标识的幅度和相位权重的馈电网络可以在该范围(以及高达10米或更多米)内实现更好的耦合降低。

[0042] 本公开的第三个示例将第一个和第二个实施例的特征结合在一起,并且包括能够为下行链路信道和上行链路信道递送独立仰角波束倾斜的天线,并且附加地包括具有优化的振幅和相位权重的分布网络,以最小化与接近天线的潜在PIM源的近场辐射耦合。第三个示例对于这样的潜在PIM源特别有效,这样的潜在PIM源可能在天线的正下方或者以对向角度在天线的前方,所述对向角度在天线仰角辐射方向图的主瓣下方。

[0043] 许多蜂窝基站系统使用多个频谱带,其可以包括多个频带。可以使用多路复用滤波器来组合来自限定频率范围内的多个频带的RF信号,并共享同一天线,以最小化蜂窝基站站点上的空间。然而,如果这些频带的下行链路发射频率将导致生成落入一个或多个基站无线电的上行链路信道接收带宽内的互调频谱分量,则不推荐这样的组合。通过将来自多个双工基站的发射和接收路径分离,并且然后将多个下行链路信道发射频带组合在一起以用于经由第一天线(例如,天线阵列)进行发射,并且类似地将多个上行链路信道接收频带组合以用于经由单独的第二天线(例如,天线阵列)进行接收,可能最小化基站站点处的物理天线的数量。除了减少基站站点处所需的总体天线位置的可能性之外,这种配置以这样的方式分离发射和接收路径的一个关键优点是,天线内的任何PIM源不表现为基站接收频带中的干扰,因为发射和接收频带已经被分离。这种配置的另外的优点是,下行链路发射信道和上行链路接收信道的独立波束倾斜有助于最小化潜在PIM源的RF耦合,该潜在PIM源可能接近天线、在天线的近场内和/或在天线的前方。该示例在图8的示例基站系统(899)中图示。

[0044] 图8中示出了两个双工基站无线电(700,800),其被设计为在第一频带和第二频带中操作,每个基站无线电具有至少两个双工RF连接。第四个示例包括:双工滤波器(705,706),用于提供与第一基站无线电(700)相关联的分量下行链路信号子带和上行链路信号子带;以及双工滤波器(805,806),用于提供与第二基站无线电(800)相关联的分量下行链路信号子带和上行链路信号子带。使用双工滤波器(707,708)组合相应下行链路子带分量信号,其中组合的下行链路信号连接到包括n个天线元件(711₁-711_n)的阵列的第一天线阵列(710)以及具有用于使仰角平面主波束倾斜角(720)变化的部件(诸如图5中所图示的馈电网络等)的第一天线阵列(710)。使用双工滤波器(807,808)拆分相应上行链路子带分量信号,其中从包括n个天线元件(811₁-811_n)的阵列的第二天线阵列(810)和具有用于使仰角平面主波束倾斜角(820)变化的部件(诸如图5中所图示的馈电网络等)的第二天线阵列(810)接收组合的上行链路信号。

[0045] 第四个示例中所描述的配置还可以并入天线馈电网络,该天线馈电网络如第二个示例中所描述的那样最小化RF耦合,从而将上行链路和下行链路独立倾斜、抑制近场RF耦合、以及最小化和/或减少基站站点处利用的物理天线数量的益处结合在一起。

[0046] 虽然前文描述了根据本公开的一个或多个方面的各种示例,但是在不脱离本公开范围的情况下,可以设计根据本公开的一个或多个方面的(一个或多个)其他和另外的示例,本公开范围由随后的(一个或多个)权利要求及其等同物确定。

[0047] 权利要求中指定了各种实施例的各方面。各种实施例的那些和其他方面在以下编

号的条款中指定。

[0048] 1. 一种基站系统,包括:

[0049] 至少一个基站无线电;

[0050] 至少一个天线,所述至少一个天线包括至少第一天线,所述至少第一天线包括布置在基本上垂直平面中的基本上线性的天线元件阵列;和

[0051] 至少一个天线馈电网络,用于将射频 (RF) 信号作为分量RF信号跨至少第一天线的线性的天线元件阵列分布,以在仰角平面中形成至少一个波束;

[0052] 其中所述至少一个天线馈电网络将幅度和相位权重应用于分量RF信号,其中选择幅度和相位权重以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合。

[0053] 2. 根据条款1所述的基站系统,其中进一步选择幅度和相位权重,使得所述至少一个波束的远场波束方向图用于在蜂窝网络中发射或接收信号。

[0054] 3. 根据条款1所述的基站系统,其中所述至少一个天线用于部署在建筑物的屋顶上。

[0055] 4. 根据条款3所述的基站系统,其中所述至少一个天线用于部署在屋顶的屋顶边缘上方或从屋顶边缘向后设置。

[0056] 5. 根据条款3所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络提供第一电倾斜以设置用于从移动终端接收上行链路信号的所述至少一个波束的主接收波束的第一倾斜角,并且提供第二电倾斜以设置用于向移动终端发射下行链路信号的所述至少一个波束的主发射波束的第二倾斜角,其中所述第一倾斜角和第二倾斜角不同。

[0057] 6. 根据条款5所述的基站系统,其中主接收波束的第一倾斜角和主发射波束的第二倾斜角之间的差异提供了至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合的减小。

[0058] 7. 根据条款6所述的基站系统,其中所述无源互调源包括落在所述至少一个波束的主发射波束内包括的角度内的源。

[0059] 8. 根据条款5所述的基站系统,其中所述第一倾斜角指向一个角度,以用无源互调源减小下行链路信号和上行链路信号之间的RF耦合,其中所述无源互调源位于屋顶上。

[0060] 9. 根据条款5所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络包括:

[0061] 与至少第一天线相关联的第一天线馈电网络,用于接收上行链路信号;和

[0062] 与所述至少一个天线中的第二天线相关联的第二天线馈电网络,用于发射下行链路信号。

[0063] 10. 根据条款5所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络包括:

[0064] 与至少第一天线相关联的第一天线馈电网络,用于接收上行链路信号;和

[0065] 与至少第一天线相关联的第二天线馈电网络,用于发射下行链路信号。

[0066] 11. 根据条款5所述的基站系统,其中所述幅度和相位权重被选择为联合最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合,并且最小化主发射波束或主接收波束中的至少一个下方的远场仰角平面旁瓣。

[0067] 12. 根据条款5所述的基站系统,其中所述至少一个基站无线电包括在不同频率上操作的至少两个基站无线电。

[0068] 13. 根据条款12所述的基站系统,其中在不同频率上操作的至少两个基站无线电具有下行链路发射频率,所述下行链路发射频率当与无源互调源中的外部无源互调源耦合时使外部无源互调源生成与至少两个基站无线电中的至少一个的上行链路频带同信道的互调频谱产物。

[0069] 14. 根据条款1所述的基站系统,其中所述无源互调源在与经由至少第一天线的所述至少一个波束发射的下行链路信号相互作用时生成互调频谱产物。

[0070] 15. 根据条款1所述的基站系统,其中根据优化算法选择幅度和相位权重。

[0071] 16. 根据条款1所述的基站系统,其中选择幅度和相位权重以最小化在所述至少一个波束的主波束下方的至少第一天线的近场区域中的至少第一天线和无源互调源之间的RF耦合。

[0072] 17. 根据条款16所述的基站系统,其中所述区域在至少第一天线的前方和下方0至6米之间。

[0073] 18. 根据条款16所述的基站系统,其中所述区域在至少第一天线的前方和下方0至10米之间。

[0074] 19. 根据条款1所述的基站系统,其中选择幅度和相位权重以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合,并且其中所述幅度和相位权重不被选择用于优化所述至少一个波束的主波束下方的远场旁瓣抑制。

[0075] 20. 根据条款19所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络提供第一电倾斜以设置用于从移动终端接收上行链路信号的所述至少一个波束的主接收波束的第一倾斜角,并且提供第二电倾斜以设置用于向移动终端发射下行链路信号的所述至少一个波束的主发射波束的第二倾斜角,其中所述第一倾斜角和第二倾斜角不同。

[0076] 21. 根据条款20所述的基站系统,其中主接收波束的第一倾斜角和主发射波束的第二倾斜角之间的差异提供了至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合的减小。

[0077] 22. 根据条款21所述的基站系统,其中所述无源互调源包括落在所述至少一个波束的主发射波束内包括的角度内的源。

[0078] 23. 根据条款20所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络包括:

[0079] 与至少第一天线相关联的第一天线馈电网络,用于接收上行链路信号;和

[0080] 与所述至少一个天线中的第二天线相关联的第二天线馈电网络,用于发射下行链路信号。

[0081] 24. 根据条款20所述的基站系统,其中所述至少一个天线馈电网络包括:

[0082] 与至少第一天线相关联的第一天线馈电网络,用于接收上行链路信号;和

[0083] 与至少第一天线相关联的第二天线馈电网络,用于发射下行链路信号。

[0084] 25. 根据条款19所述的基站系统,其中所述至少一个基站无线电包括在不同频率上操作的至少两个基站无线电。

[0085] 26. 根据条款25所述的基站系统,其中在不同频率上操作的至少两个基站无线电具有下行链路发射频率,所述下行链路发射频率当与无源互调源中的外部无源互调源耦合时使外部无源互调源生成与至少两个基站无线电中的至少一个的上行链路频带同信道的互调频谱产物。

[0086] 27.一种用于操作基站系统的方法,包括:

[0087] 获得用于经由基站系统的至少第一天线发射的射频(RF)信号,所述基站系统包括布置在基本上垂直平面中的基本上线性的天线元件阵列;

[0088] 经由至少一个天线馈电网络处理RF信号,用于将(RF)信号作为分量RF信号跨至少第一天线的线性的天线元件阵列分布,以在仰角平面中形成至少一个波束,其中所述至少一个天线馈电网络将幅度和相位权重应用于分量RF信号,其中选择幅度和相位权重以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合;和

[0089] 经由至少第一天线发射分量RF信号。

[0090] 28.根据条款27所述的方法,进一步包括:

[0091] 选择幅度和相位权重以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合;和

[0092] 配置所述至少一个天线馈电网络以应用幅度和相位权重。

[0093] 29.根据条款27所述的方法,其中所述RF信号是经由基站系统的至少一个基站无线电获得的。

[0094] 30.根据条款27所述的方法,其中进一步选择幅度和相位权重,使得所述至少一个波束的远场波束方向图用于在蜂窝网络中发射或接收信号。

[0095] 31.根据条款27所述的方法,其中所述至少一个天线馈电网络提供第一电倾斜以设置用于从移动终端接收上行链路信号的所述至少一个波束的主接收波束的第一倾斜角,并且提供第二电倾斜以设置用于向移动终端发射下行链路信号的所述至少一个波束的主发射波束的第二倾斜角,其中所述第一倾斜角和第二倾斜角不同。

[0096] 32.根据条款31所述的方法,其中主接收波束的第一倾斜角和主发射波束的第二倾斜角之间的差异提供了至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合的减小。

[0097] 33.根据条款31所述的方法,进一步包括:

[0098] 选择第一倾斜角和第二倾斜角;和

[0099] 配置所述至少一个天线馈电网络,以提供第一电倾斜来设置第一倾斜角并提供第二电倾斜来设置第二倾斜角。

[0100] 34.一种用于操作基站系统的方法,包括:

[0101] 经由基站系统的至少第一天线接收射频(RF)信号作为分量RF信号,所述基站系统包括布置在基本上垂直平面中的基本上线性的天线元件阵列,其中所述分量RF信号经由仰角平面中的至少一个波束接收;

[0102] 经由基站系统的至少一个天线馈电网络处理分量RF信号,用于组合分量RF信号以生成RF信号,其中所述至少一个天线馈电网络将幅度和相位权重应用于分量RF信号,其中所述幅度和相位权重被选择来使所述至少一个波束成形,以最小化至少第一天线和至少第一天线的近场中的无源互调源之间的RF耦合;和

[0103] 将RF信号从所述至少一个天线馈电网络传递到基站系统的至少一个基站无线电。

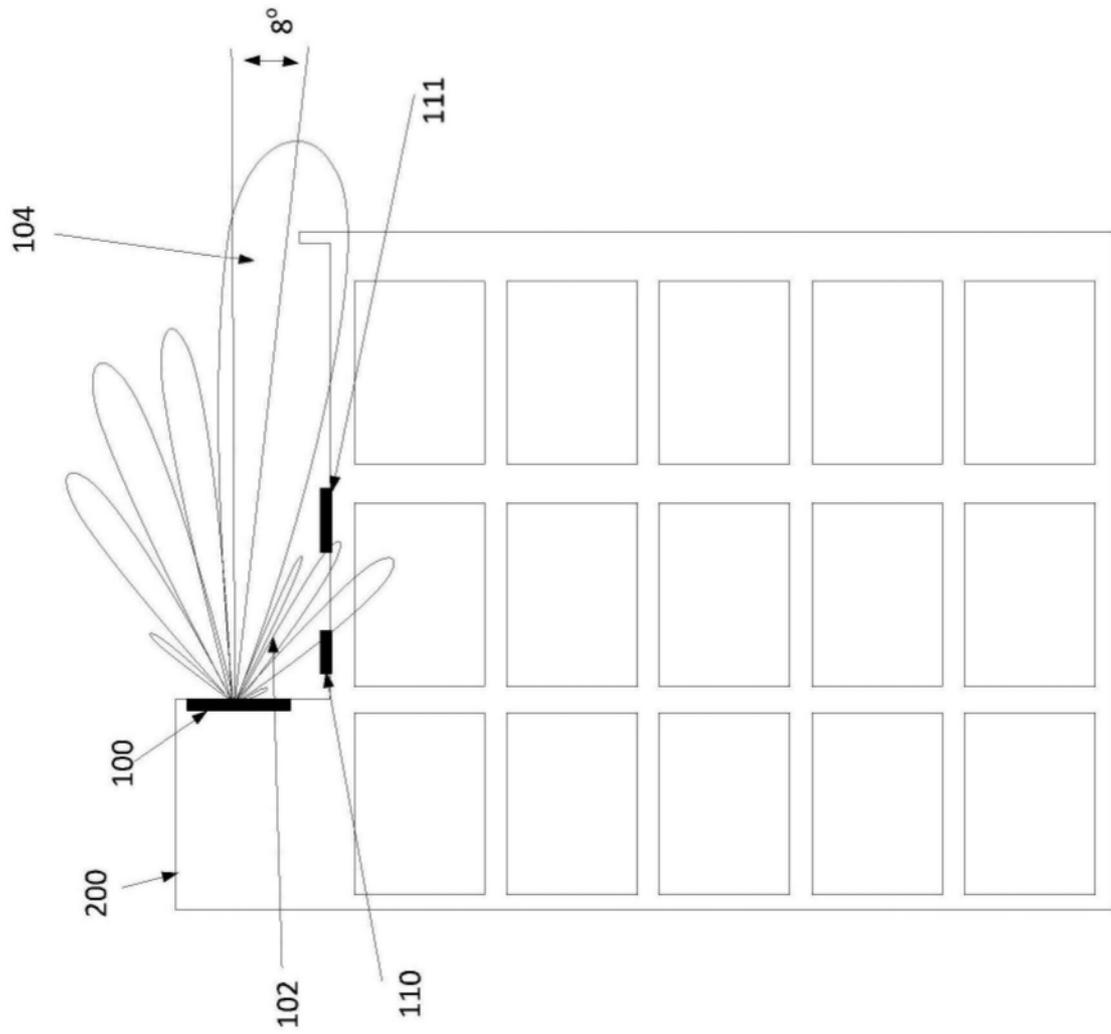


图1

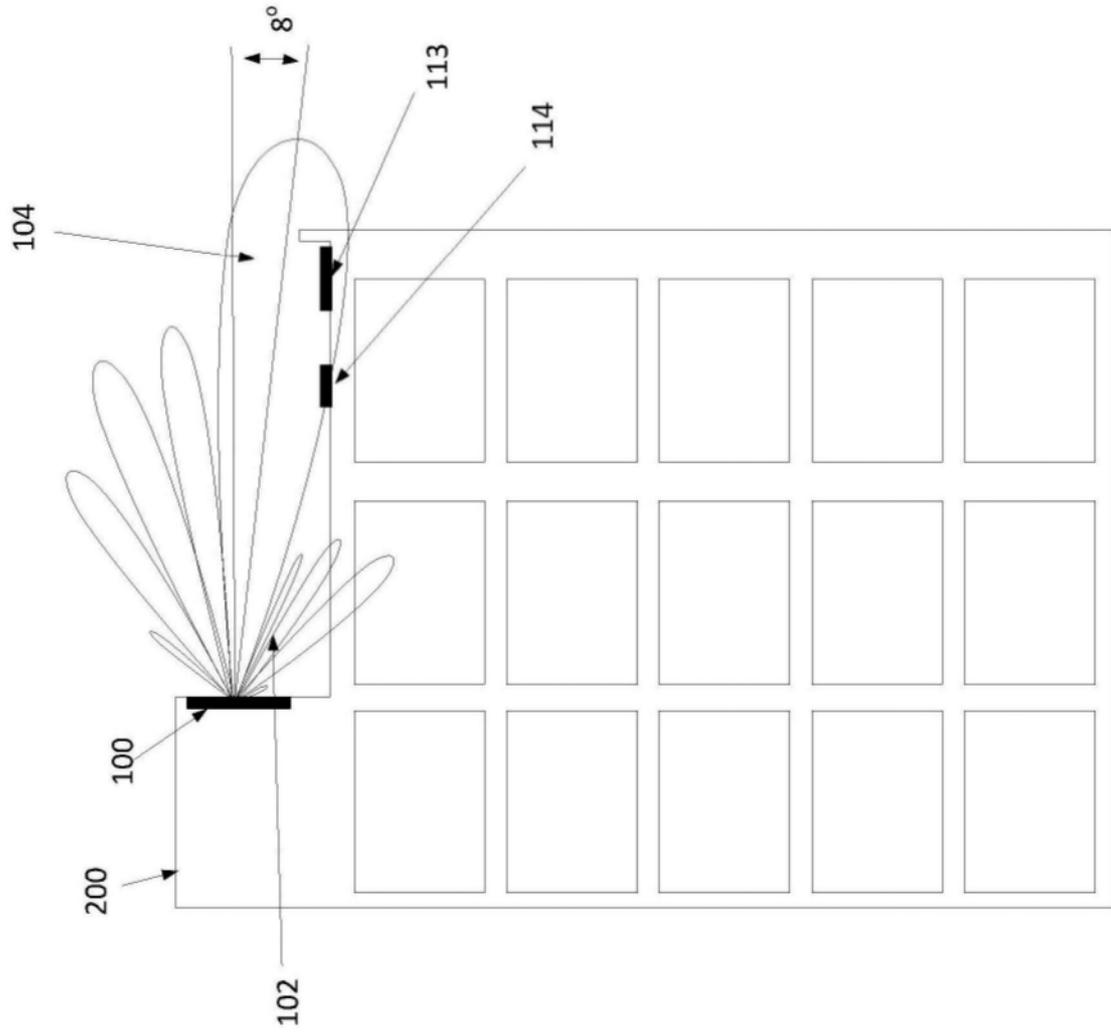


图2

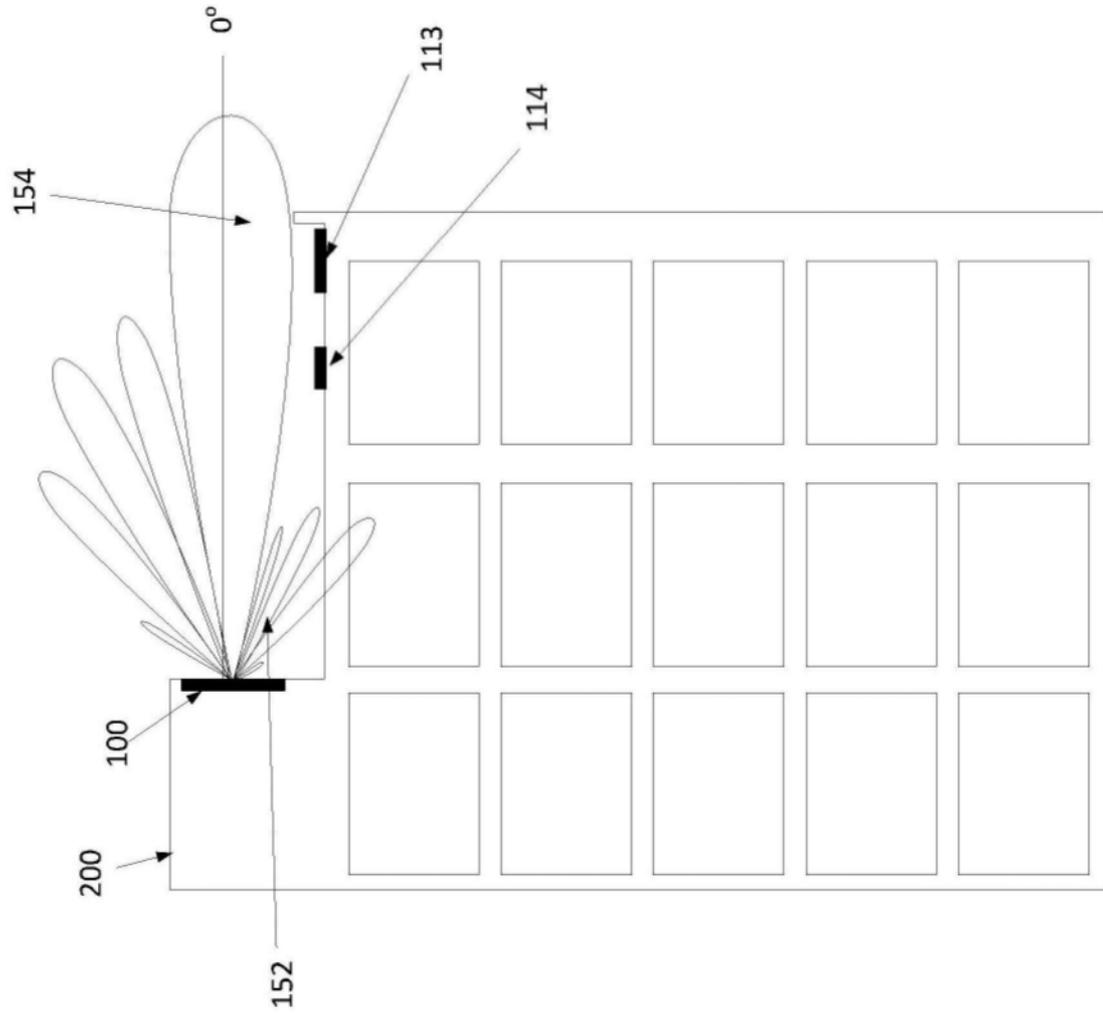


图3

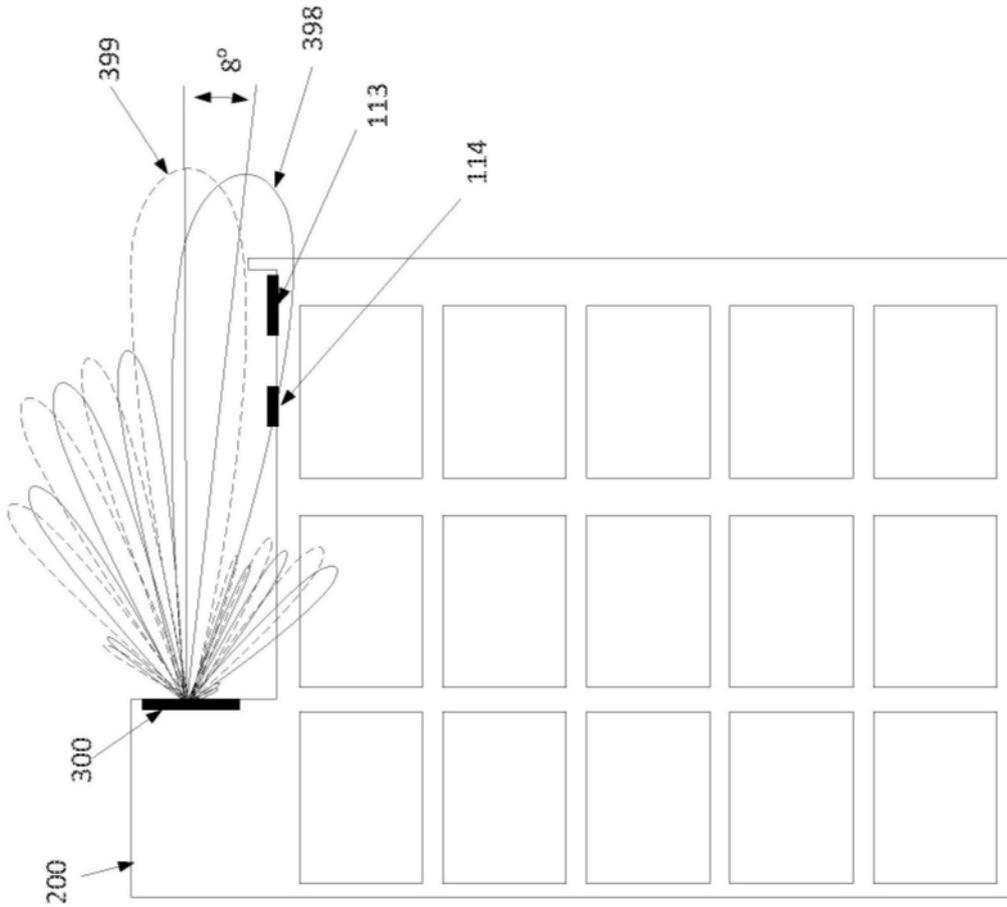


图4

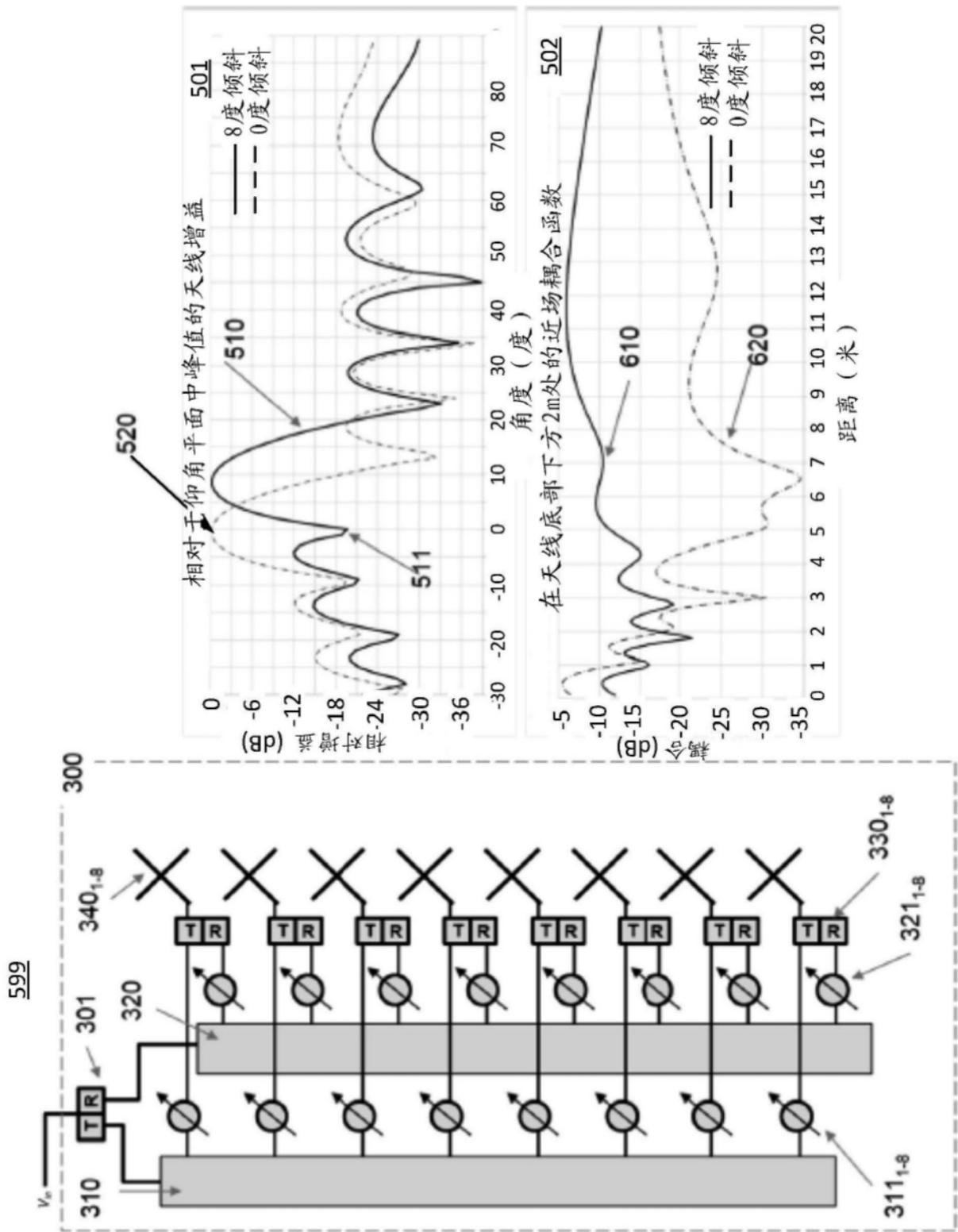


图5

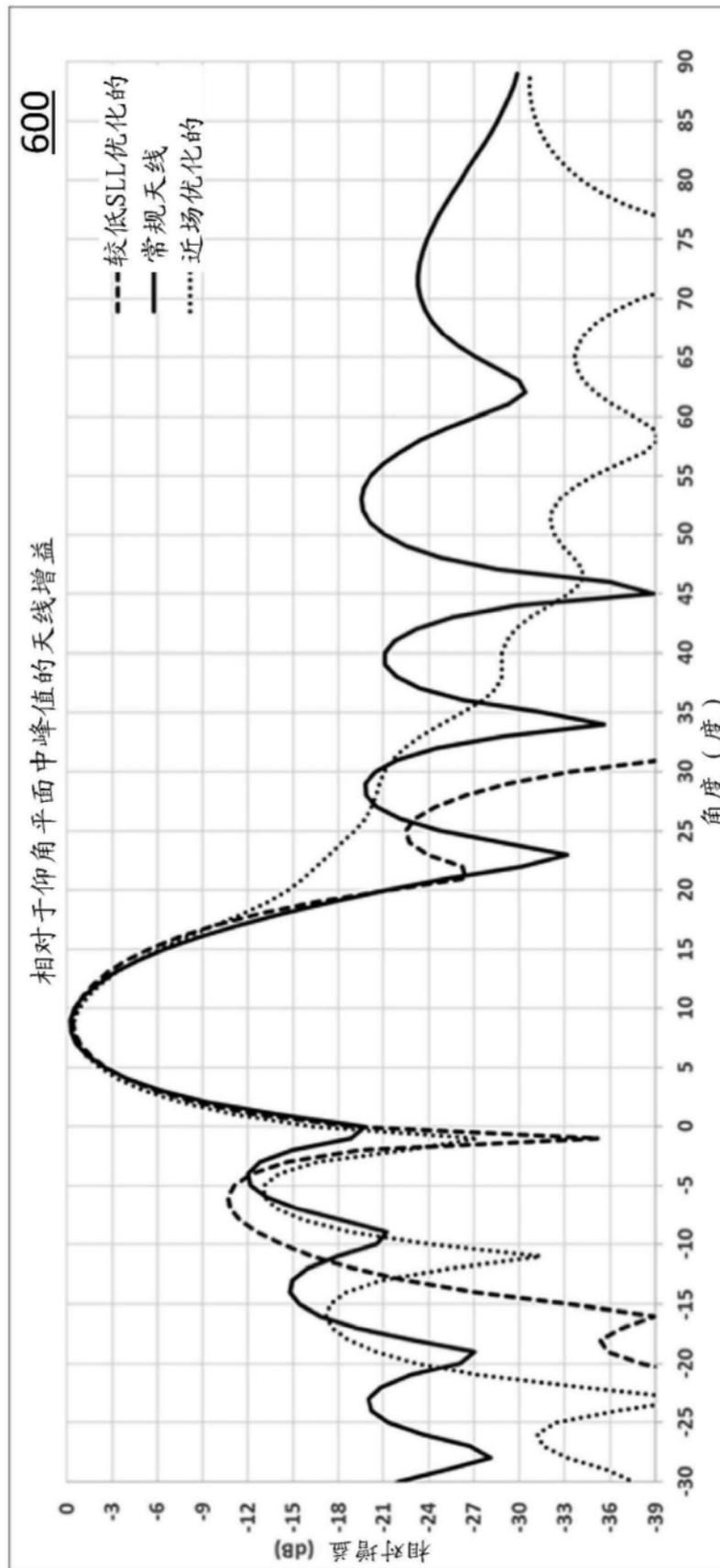


图6

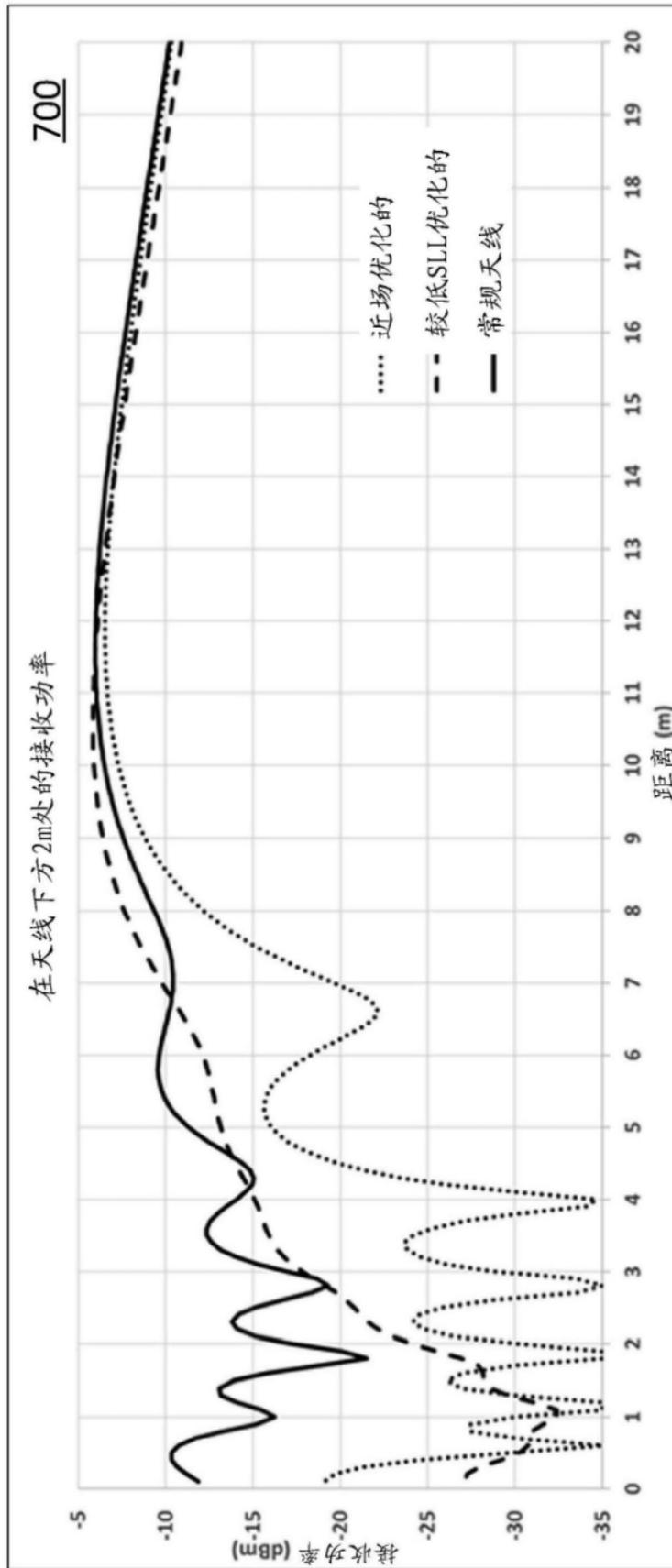


图7

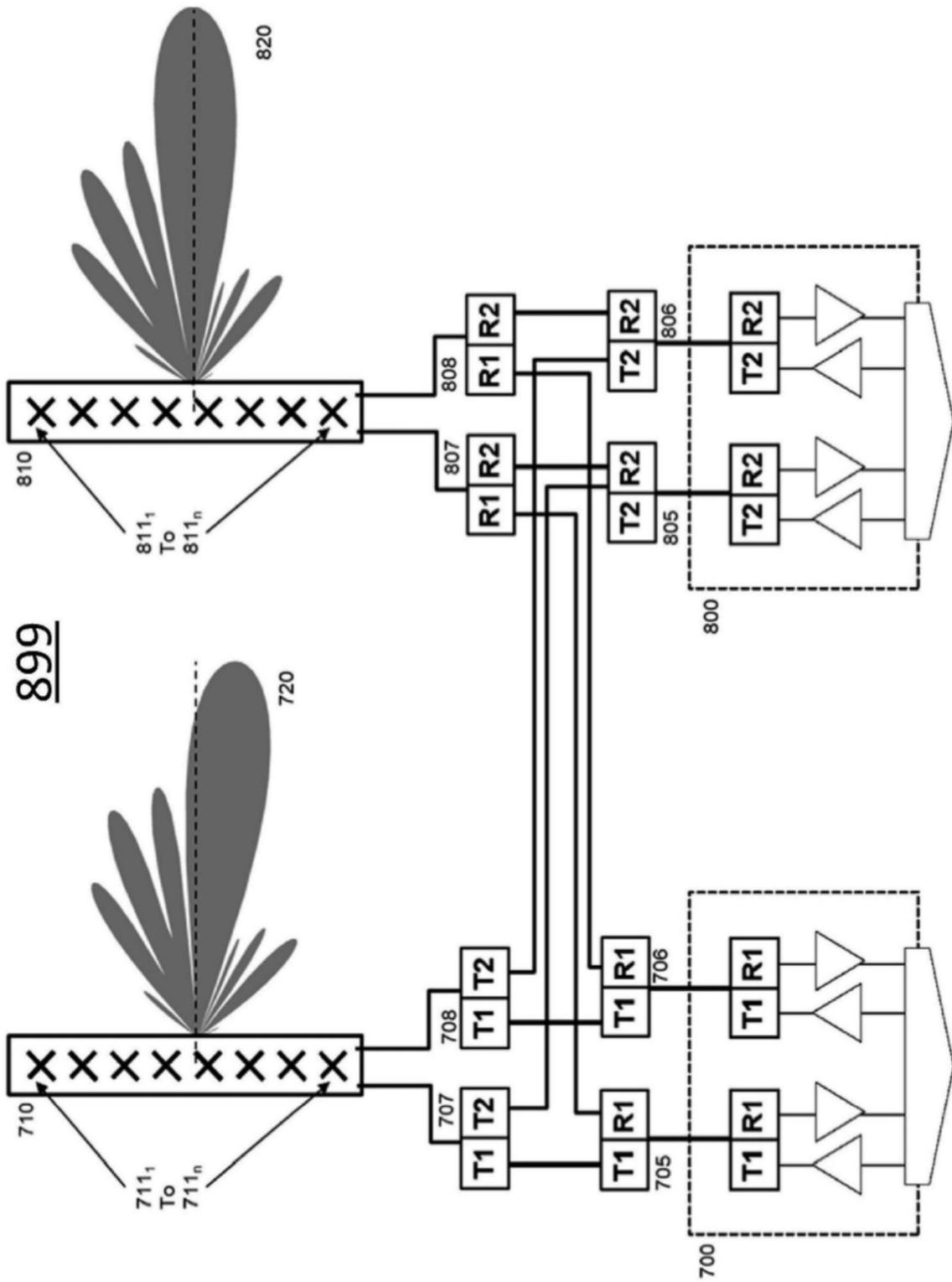


图8