(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110537337 B
(45)授权公告日 2023.03.28

(21)申请号 201880023457.0

(22)申请日 2018.02.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110537337 A

(43)申请公布日 2019.12.03

(30)优先权数据
62/455,315 2017.02.06 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.09.30

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/016988 2018.02.06

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2018/145062 EN 2018.08.09

(73)专利权人 奥提欧斯塔网络公司
地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 J·A·李

(74)专利代理机构 北京世峰知识产权代理有限公司 11713
专利代理师 卓霖 许向彤

(51)Int.Cl.
H04B 7/06(2006.01)
H04W 88/08(2006.01)

(56)对比文件
WO 2014076004 A2,2014.05.22
WO 2014076004 A2,2014.05.22
WO 2016039839 A1,2016.03.17
US 2015372728 A1,2015.12.24
CN 103457614 A,2013.12.18
CN 103139129 A,2013.06.05
WO 2013113351 A1,2013.08.08
WO 2016115545 A2,2016.07.21
CN 105940616 A,2016.09.14
Intel Corporation,.R3-161571,RAN functional split: intra PHY.《3GPP TSG RAN WG3 Meeting #93》.2016,
Intel Corporation,.R3-160622, Fronthaul and RAN functional split aspects of the next generation radio access network.《3GPP TSG RAN WG3 Meeting #91bis》.2016,

审查员 王鑫芯

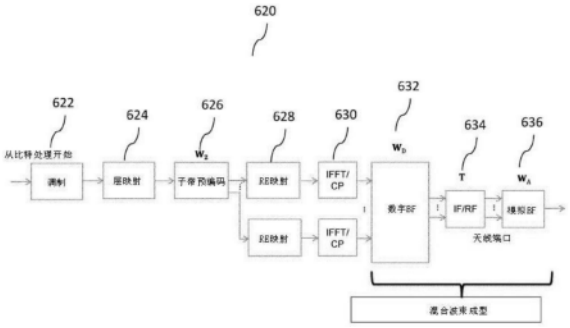
权利要求书4页 说明书15页 附图25页

(54)发明名称

在L1分割架构中具有混合波束成形的多站点MIMO通信系统

(57)摘要

一种用于在层1分割架构中使用具有混合波束成形的多输入多输出通信系统来发送数据的系统、方法和计算机程序产品。在位于基站的第一部分中的物理层的第一部分处处理信号的第一部分。将具有统计多路复用的频域压缩应用于处理后的信号的第一部分。产生信号的压缩的第一部分。将信号的压缩的第一部分和信号的第二部分发送到位于基站的第二部分中的物理层的第二部分。



CN 110537337 B

1.一种计算机实现的方法,包括:

在位于基站的第一部分中的物理层的第一部分处处理信号的第一部分;

将具有统计多路复用的频域压缩应用到所述信号的经处理的第一部分;

产生所述信号的压缩的第一部分;以及

将所述信号的压缩的第一部分和所述信号的第二部分发送到位于所述基站的第二部分中的所述物理层的第二部分,

其中,所述发送还包括:

在从所述基站的第一部分到所述基站的第二部分的发送期间执行所述信号的混合波束成形,

其中,所述混合波束成形还包括:

调制一个或多个信号的第一部分;

将所述一个或多个信号的经调制的第一部分映射到所述物理层的至少一部分;使用至少一个子带预编码矩阵指示符对所述一个或多个信号的映射的经调制的第一部分进行预编码,为每个波束选择所述至少一个子带预编码矩阵指示符以用于所述一个或多个信号的发送;

将一个或多个资源分配给所述一个或多个信号的预编码的第一部分;

基于所分配的资源,对与所述一个或多个信号的预编码的第一部分相应的一个或多个信号数字波束执行数字波束成形;以及

对所述一个或多个信号的数字化的预编码的第一部分执行模拟波束成形,以生成由至少一个天线发送的一个或多个模拟信号波束。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,所述基站的第一部分包括远程单元,且所述基站的第二部分包括数字单元。

3.根据权利要求2所述的方法,其中,所述基站的第一部分和所述基站的第二部分使用前传链路通信地耦合。

4.根据权利要求1所述的方法,其中,所述发送还包括使用多输入多输出处理来发送所述信号的压缩的第一部分和所述信号的第二部分。

5.根据权利要求4所述的方法,其中,所述多输入多输出处理包括以下中的至少一个:单站点多输入多输出处理、多站点多输入多输出处理和分布式多输入多输出处理。

6.根据权利要求1所述的方法,其中,所述混合波束成形还包括:

使用所述基站的第一部分和第二部分中的至少一个数字化组合所述一个或多个信号;

基于数字化组合的信号生成一个或多个波束成形的模拟信号以供通信地耦合到所述基站的一个或多个天线发送。

7.根据权利要求1所述的方法,其中,所述执行数字波束成形包括对所述一个或多个信号的第一部分执行宽带预编码。

8.根据权利要求1所述的方法,其中,所述执行数字波束成形包括生成一个或多个数字波束并组合所述一个或多个数字波束以生成一个或多个组合的数字波束。

9.根据权利要求1所述的方法,其中,所述至少一个天线包括一个或多个天线子阵列,其中,每个天线子阵列使用一个或多个天线子阵列之间的波束成形矩阵生成用于发送所述一个或多个信号的一个或多个波束。

10.根据权利要求1所述的方法,其中,所述基站包括以下中的至少一个:eNodeB基站、gNodeB基站及其任意组合。

11.根据权利要求10所述的方法,其中,所述基站的第一部分和第二部分中的至少一个包括以下中的至少一个:无线电发射机和无线电接收机。

12.根据权利要求10所述的方法,其中,所述基站是在以下通信系统的至少一个中操作的基站:长期演进通信系统和新无线电通信系统。

13.一种系统,包括:

至少一个可编程处理器;以及

存储指令的非暂时性机器可读介质,所述指令在由所述至少一个可编程处理器执行时,使所述至少一个可编程处理器执行操作,所述操作包括:在位于基站的第一部分中的物理层的第一部分处处理信号的第一部分;

将具有统计多路复用的频域压缩应用到所述信号的经处理的第一部分;

产生所述信号的压缩的第一部分;以及

将所述信号的压缩的第一部分和所述信号的第二部分发送到位于所述基站的第二部分中的所述物理层的第二部分,

其中,所述发送还包括:

在从所述基站的第一部分到所述基站的第二部分的发送期间执行所述信号的混合波束成形,

其中,所述混合波束成形还包括:

调制一个或多个信号的第一部分;

将所述一个或多个信号的经调制的第一部分映射到所述物理层的至少一部分;使用至少一个子带预编码矩阵指示符对所述一个或多个信号的映射的经调制的第一部分进行预编码,为每个波束选择所述至少一个子带预编码矩阵指示符以用于所述一个或多个信号的发送;

将一个或多个资源分配给所述一个或多个信号的预编码的第一部分;

基于所分配的资源,对与所述一个或多个信号的预编码的第一部分相应的一个或多个信号数字波束执行数字波束成形;以及

对所述一个或多个信号的数字化的预编码的第一部分执行模拟波束成形,以生成由至少一个天线发送的一个或多个模拟信号波束。

14.根据权利要求13所述的系统,其中,所述基站的第一部分包括远程单元,且所述基站的第二部分包括数字单元。

15.根据权利要求14所述的系统,其中,所述基站的第一部分和所述基站的第二部分使用前传链路通信地耦合。

16.根据权利要求13所述的系统,其中,所述发送还包括使用多输入多输出处理来发送所述信号的压缩的第一部分和所述信号的第二部分。

17.根据权利要求16所述的系统,其中,所述多输入多输出处理包括以下中的至少一个:单站点多输入多输出处理、多站点多输入多输出处理和分布式多输入多输出处理。

18.根据权利要求13所述的系统,其中,所述混合波束成形还包括:

使用所述基站的第一部分和第二部分中的至少一个数字化组合所述一个或多个信号;

基于数字化组合的信号生成一个或多个波束成形的模拟信号以供通信地耦合到所述基站的一个或多个天线发送。

19.根据权利要求13所述的系统，其中，所述执行数字波束成形包括对所述一个或多个信号的第一部分执行宽带预编码。

20.根据权利要求13所述的系统，其中，所述执行数字波束成形包括生成一个或多个数字波束并组合所述一个或多个数字波束以生成一个或多个组合的数字波束。

21.根据权利要求13所述的系统，其中，所述至少一个天线包括一个或多个天线子阵列，其中，每个天线子阵列使用一个或多个天线子阵列之间的波束成形矩阵生成用于发送所述一个或多个信号的一个或多个波束。

22.根据权利要求13所述的系统，其中，所述基站包括以下中的至少一个：eNodeB基站、gNodeB基站及其任意组合。

23.根据权利要求22所述的系统，其中，所述基站的第一部分和第二部分中的至少一个包括以下中的至少一个：无线电发射机和无线电接收机。

24.根据权利要求22所述的系统，其中，所述基站是在以下通信系统的至少一个中操作的基站：长期演进通信系统和新无线电通信系统。

25.一种存储计算机指令的计算机可读存储介质，所述指令在由至少一个可编程处理器执行时，使所述至少一个可编程处理器执行操作，所述操作包括：

在位于基站的第一部分中的物理层的第一部分处处理信号的第一部分；

将具有统计多路复用的频域压缩应用到所述信号的经处理的第一部分；

产生所述信号的压缩的第一部分；以及

将所述信号的压缩的第一部分和所述信号的第二部分发送到位于所述基站的第二部分中的所述物理层的第二部分，

其中，所述发送还包括：

在从所述基站的第一部分到所述基站的第二部分的发送期间执行所述信号的混合波束成形，

其中，所述混合波束成形还包括：

调制一个或多个信号的第一部分；

将所述一个或多个信号的经调制的第一部分映射到所述物理层的至少一部分；使用至少一个子带预编码矩阵指示符对所述一个或多个信号的映射的经调制的第一部分进行预编码，为每个波束选择所述至少一个子带预编码矩阵指示符以用于所述一个或多个信号的发送；

将一个或多个资源分配给所述一个或多个信号的预编码的第一部分；

基于所分配的资源，对与所述一个或多个信号的预编码的第一部分相应的一个或多个信号数字波束执行数字波束成形；以及

对所述一个或多个信号的数字化的预编码的第一部分执行模拟波束成形，以生成由至少一个天线发送的一个或多个模拟信号波束。

26.根据权利要求25所述的计算机可读存储介质，其中，所述基站的第一部分包括远程单元，且所述基站的第二部分包括数字单元。

27.根据权利要求26所述的计算机可读存储介质，其中，所述基站的第一部分和所述基

站的第二部分使用前传链路通信地耦合。

28.根据权利要求25所述的计算机可读存储介质 ,其中,所述发送还包括使用多输入多输出处理来发送所述信号的压缩的第一部分和所述信号的第二部分。

29.根据权利要求28所述的计算机可读存储介质,其中,所述多输入多输出处理包括以下中的至少一个:单站点多输入多输出处理、多站点多输入多输出处理和分布式多输入多输出处理。

30.根据权利要求25所述的计算机可读存储介质,其中,所述混合波束成形还包括:

使用所述基站的第一部分和第二部分中的至少一个数字化组合所述一个或多个信号;

基于数字化组合的信号生成一个或多个波束成形的模拟信号以供通信地耦合到所述基站的一个或多个天线发送。

31.根据权利要求25所述的计算机可读存储介质,其中,所述执行数字波束成形包括对所述一个或多个信号的第一部分执行宽带预编码。

32.根据权利要求25所述的计算机可读存储介质,其中,所述执行数字波束成形包括生成一个或多个数字波束并组合所述一个或多个数字波束以生成一个或多个组合的数字波束。

33.根据权利要求25所述的计算机可读存储介质,其中,所述至少一个天线包括一个或多个天线子阵列,其中,每个天线子阵列使用一个或多个天线子阵列之间的波束成形矩阵生成用于发送所述一个或多个信号的一个或多个波束。

34.根据权利要求25所述的计算机可读存储介质,其中,所述基站包括以下中的至少一个:eNodeB基站、gNodeB基站及其任意组合。

35.根据权利要求34所述的计算机可读存储介质,其中,所述基站的第一部分和第二部分中的至少一个包括以下中的至少一个:无线电发射机和无线电接收机。

36.根据权利要求34所述的计算机可读存储介质,其中,所述基站是在以下通信系统的至少一个中操作的基站:长期演进通信系统和新无线电通信系统。

在L1分割架构中具有混合波束成形的多站点MIMO通信系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2017年2月6日提交的题为“在L1分割架构中具有混合波束成形的多站点MIMO通信系统(Multi-Site MIMO Communications System With Hybrid Beamforming In L1-Split Architecture)”的Lee的美国临时专利申请62/455,315号的优先权,并且通过引用将其全部内容并入本文。

技术领域

[0003] 在一些实施方式中,当前主题涉及电信系统,并且具体地,涉及在层 1分割架构中具有混合波束成形的多输入多输出(“MIMO”)通信系统,其中该通信系统可以包括5G新无线电(“NR”)通信系统。

背景技术

[0004] 在当今世界,蜂窝网络向个人和商业实体提供按需通信能力。通常,蜂窝网络是能分布在称为小区的陆地区域上的无线网络。每个这样的小区由至少一个固定位置收发器服务,该收发器称为小区站点或基站。每个小区可以使用与其相邻小区不同的一组频率,以避免干扰并在每个小区中提供改进的服务。当小区结合在一起时,它们在广阔的地理区域上提供无线电覆盖,这使得大量移动电话和/或其他无线设备或便携式收发器能够彼此通信,并且与网络中任何地方的固定收发器和电话通信。这样的通信是通过基站执行的,并且即使当移动收发器在发送期间移动通过多于一个小区时也可以实现。主要的无线通信供应商已经在全世界部署了这样的小区站点,从而允许通信移动电话和移动计算设备连接到公共交换电话网和公共因特网。

[0005] 移动电话是能够通过使用无线电波向移动电话发送信号和从移动电话发送信号而通过小区站点或发射塔接收和/或进行电话和/或数据呼叫的便携式电话。考虑到大量的移动电话用户,当前的移动电话网络提供有限的共享资源。在这点上,小区站点和手机可以改变频率并使用低功率发射机以允许许多呼叫者同时使用网络而干扰较小。小区站点的覆盖可取决于特定地理位置和/或可潜在地使用网络的用户的数目。例如,在城市中,小区站点范围可达到约1/2英里;在农村地区,该范围可达到5英里;并且在一些区域中,用户可以从25英里远的小区站点接收信号。

[0006] 以下是通信提供商使用的一些数字蜂窝技术的实例:全球移动通信系统(“GSM”)、通用分组无线业务(“GPRS”)、cdmaOne、CDMA2000、演进数据优化(“EV-DO”)、增强型数据速率GSM演进(“EDGE”)、通用移动电信系统(“UMTS”),数字增强型无绳电信(“DECT”)、数字AMPS (“IS-136/TDMA”)和集成数字增强型网络(“iDEN”)。由第三代合作伙伴计划(Third Generation Partnership Project,“3GPP”)标准主体开发的长期演进或4G LTE是用于移动电话和数据终端的高速数据的无线通信的标准。目前正在开发5G LTE标准。LTE基于GSM/EDGE和UMTS/HSPA数字蜂窝技术,并且允许通过使用不同的无线电接口以及核心网络改进来增加容量和速度。

[0007] 移动设备用于接收和发送各种类型的数据，例如语音数据(例如电话呼叫)，电子邮件，文本消息，因特网浏览，视频数据(例如视频，视频呼叫，增强/虚拟现实等)，音频数据(例如歌曲流)等。不同类型的数据可能需要不同的发送带宽。例如，为了在具有良好质量的移动设备上再现高清晰度视频，与向移动设备发送电子邮件或文本消息相比，可能需要更高的带宽。

发明内容

[0008] 在一些实施方式中，当前主题涉及一种计算机实现的方法，用于使用具有层1分割架构中的混合波束成形的多输入多输出通信系统来发送数据。该方法可包含：在位于基站的第一部分中的物理层的第一部分处处理信号的第一部分；将具有统计多路复用的频域压缩应用于信号经处理的第一部分，生成信号的压缩的第一部分，以及将信号的压缩的第一部分和信号的第二部分发送到位于基站的第二部分中的物理层的第二部分。

[0009] 在一些实施方式中，当前主题可以包括以下可选特征中的一个或多个。基站的第一部分可以包括远程单元，基站的第二部分可以包括数字单元。第一部分和第二部分可以使用前传链路通信地耦合。

[0010] 在一些实施方式中，发送还可以包括使用多输入多输出处理来发送信号的压缩的第一部分和信号的第二部分。多输入多输出处理可以包括以下中的至少一个：单站点多输入多输出处理、多站点多输入多输出处理以及分布式多输入多输出处理。

[0011] 在一些实施方式中，发送还可以包括在从基站的第一部分到基站的第二部分的发送期间执行信号的混合波束成形。在一些实施方式中，混合波束成形可以包括：使用基站的第一部分和第二部分中的至少一个来数字地组合一个或多个信号；以及基于数字化组合的信号来生成一个或多个波束成形的模拟信号，用于由通信地耦合到基站的一个或多个天线来发送。

[0012] 在一些实施方式中，混合波束成形还包括调制信号的第一部分，将信号的调制的第一部分映射到物理层的至少一部分，使用至少一个子带预编码矩阵指示符对信号的映射调制的第一部分进行预编码，其中可以为每个波束选择子带预编码矩阵指示符以用于发送信号，将一个或多个资源分配给信号的预编码的第一部分，基于分配的资源执行与所述信号的预编码的第一部分相对应的一个或多个信号数字波束的数字波束成形，以及执行信号数字化预编码的第一部分的模拟波束成形，以生成用于由至少一个天线发送的一个或多个模拟信号波束。

[0013] 在一些实施方式中，执行数字波束成形可以包括执行信号第一部分的宽带预编码。此外，执行数字波束成形可包括生成数字波束并组合数字波束以生成一个或多个组合的数字波束。

[0014] 在一些实施方式中，至少一个天线可以包括一个或多个天线子阵列。每个天线子阵列可以使用一个或多个天线子阵列之间的波束成形矩阵来生成用于发送信号的一个或多个波束。

[0015] 在一些实现中，基站可以包括以下的至少一个：eNodeB基站、gNodeB 基站及其任意组合。基站的第一部分和第二部分中的至少一个可以包括以下中的至少一个：无线电发射机和无线电接收机。基站可以是在以下通信系统的至少一个中操作的基站：长期演进通

信系统和新的无线电通信系统。

[0016] 还描述了存储指令的非暂时性计算机程序产品(即,物理上具体化的计算机程序产品),该指令在由一个或多个计算系统的一个或多个数据处理器执行时,使至少一个数据处理器执行本文中的操作。类似地,还描述了可以包括一个或多个数据处理器和耦合到所述一个或多个数据处理器的存储器的计算机系统。存储器可以临时或永久地存储使至少一个处理器执行本文描述的一个或多个操作的指令。此外,方法可由单个计算系统内或分布在两个或两个以上计算系统之间的一个或多个数据处理器来实施。这样的计算系统可以被连接并且可以经由一个或多个连接来交换数据和/ 或命令或其他指令等,这些连接包括但不限于经由网络(例如,因特网、无线广域网、局域网、广域网、有线网络等)连接,通过多个计算系统等中的一个或多个之间的直接连接。

[0017] 本文所述主题的一个或多个变型的细节在附图和以下描述中阐述。根据说明书和附图以及权利要求书,本文所述主题的其他特征和优点将显而易见。

附图说明

[0018] 并入且构成本说明书的一部分的附图示出了本文公开的主题的某些方面,并且与说明书一起帮助解释与公开的实现相关联的一些原理。附图中:

[0019] 图1a示出了示例性的传统长期演进(“LTE”)通信系统;

[0020] 图1b示出了图1a所示的示例性LTE系统的进一步细节;

[0021] 图1c示出了图1a所示的示例性LTE系统的演进分组核心的附加细节;

[0022] 图1d示出了图1a所示的示例性LTE系统的示例性演进型Node B;

[0023] 图2示出了图1a-d所示的演进型Node B的进一步细节;

[0024] 图3示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性虚拟无线电接入网;

[0025] 图4示出了示例性3GPP分割架构;

[0026] 图5a示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性L1分割架构以及示出该架构减小的发送带宽要求的比较图;

[0027] 图5b示出了示例性下层分割架构;

[0028] 图5c示出了根据当前主题的一些实施方式的用于上行链路的示例性 L1分割架构;

[0029] 图5d示出了根据当前主题的一些实施方式,在示例性低层分割架构中的上行链路通信期间执行的示例性功能;

[0030] 图6a示出了用于无线通信系统的另一示例性波束成形架构;

[0031] 图6b示出了示例性新无线电混合波束成形架构;

[0032] 图6c示出了关于图6b所示的波束成形部件的附加细节;

[0033] 图6d示出了示例性子阵列波束成形阵列架构;

[0034] 图6e示出了根据当前主题的一些实施方式,在MU-MIMO环境中的新无线电混合波束成形的示例性架构;

[0035] 图6f示出了根据当前主题的一些实施方式,在MU-MIMO环境中的新无线电混合波束成形的示例性架构;

[0036] 图7是示出比较用于实现预编码器的各种选项的图表;

[0037] 图8示出了IMT-提高的(4G)和IMT-2020(5G)系统之间关键能力的比较；

[0038] 图9示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性多站点MIMO通信系统；

[0039] 图10示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性分布式MIMO (D-MIMO)多连接性架构；

[0040] 图11示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性有源天线系统架构；

[0041] 图12示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性系统;并且

[0042] 图13示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性方法。

具体实施方式

[0043] 当前主题可以提供可以在用于无线通信系统的层1分割架构中实现的系统和方法。这样的系统可以包括长期演进无线通信系统和/或新无线电通信系统。当前主题将使用多输入多输出(“MIMO”)技术连同混合模拟/数字波束成形并入层1分割架构中。可以实现集中式上物理(“PHY”)层处理。可以分割层1并且可以实现频域压缩(例如,以减小带宽)。可以从多个站点接收来自用户设备的信号。

[0044] 当前主题的一个或多个方面可以结合到这种通信系统中的基站的发射机和/或接收机部件中。下面描述示例性长期演进通信系统。

[0045] I.长期演进通信系统

[0046] 图1a-c和图2示出了示例性的传统长期演进(“LTE”)通信系统100 及其各种部件。如商业上已知的,LTE系统或4G LTE由用于移动电话和数据终端的高速数据的无线通信标准来管理。该标准基于GSM/EDGE(“全球移动通信系统”/“增强型数据速率GSM演进”)以及UMTS/HSPA(“通用移动电信系统”/“高速分组接入”)网络技术。该标准由3GPP(“第三代合作伙伴计划”)开发。

[0047] 如图1a所示,系统100可以包括演进型通用陆地无线电接入网 (“EUTRAN”)102,演进型分组核心(“EPC”)108和分组数据网络(“PDN”) 101,其中EUTRAN 102和EPC 108提供用户设备104和PDN 101之间的通信。EUTRAN 102可以包括向多个用户设备104(a、b、c)提供通信能力的多个演进节点B(“eNodeB”或“ENODEB”或“enodeb”或“eNB”) 或基站106(a、b、c)(如图1b所示)。用户设备104可以是移动电话、智能电话、平板电脑、个人计算机、个人数字助理(“PDA”)、服务器、数据终端和/或任何其他类型的用户设备,和/或其任何组合。用户设备104 可以经由任何eNodeB 106连接到EPC 108,并且最终连接到PDN 101。典型地,用户设备104可以连接到距离最近的eNodeB 106。在LTE系统100 中,EUTRAN 102和EPC 108一起工作以为用户设备104提供连通性、移动性和服务。

[0048] 图1b示出了图1a所示的网络100的进一步细节。如上所述,EUTRAN 102包括多个eNodeB 106,也称为小区站点。eNodeB 106提供无线电功能并执行关键控制功能,包括调度空中链路资源或无线电资源管理、活动模式移动性或切换,以及服务的接纳控制。eNodeB 106负责选择哪些移动性管理实体(MME,如图1c所示)将服务于用户设备104以及用于诸如报头压缩和加密的协议特征。构成EUTRAN 102的eNodeB 106彼此协作用于无线电资源管理和切换。

[0049] 用户设备104和eNodeB 106之间的通信经由空中接口122(也称为“LTE-Uu”接口)发生。如图1b所示,空中接口122提供用户设备104b 和eNodeB 106a之间的通信。空中接口

122分别在下行链路和上行链路上使用正交频分多址(“OFDMA”)和OFDMA变体的单载波频分多址 (“SC-FDMA”)。OFDMA允许使用多种已知的天线技术,例如多输入多输出(“MIMO”)。

[0050] 空中接口122使用各种协议,包括用于在用户设备104和eNodeB 106 之间信令的无线电资源控制(“RRC”)和用于在用户设备104和MME之间信令的非接入层(“NAS”)(如图1c所示)。除了信令之外,在用户设备 104和eNodeB 106之间发送用户流量。系统100中的信令和流量都由物理层(“PHY”)信道承载。

[0051] 多个eNodeB 106可以使用X2接口130(a、b、c)彼此互连。如图 1a所示,X2接口130a提供eNodeB 106a和eNodeB 106b之间的互连;X2 接口130b提供eNodeB 106a和eNodeB 106c之间的互连;X2接口130c 提供eNodeB 106b和eNodeB 106c之间的互连。X2接口可以在两个eNodeB 之间建立,以便提供信号交换,其可以包括负载或干扰相关信息以及切换相关信息。eNodeB 106经由S1接口124(a、b、c)与演进型分组核心108 通信。S1接口124可以分割成两个接口:一个用于控制平面(在图1c中示为控制平面接口(S1-MME接口)128),另一个用于用户平面(在图1c 中示为用户平面接口(S1-U接口)125)。

[0052] EPC 108建立并实施用户服务的服务质量(“QoS”),并允许用户设备 104在移动时保持一致的因特网协议(“IP”)地址。应当注意,网络100 中的每个节点具有其自己的IP地址。EPC 108设计成与传统无线网络交互工作。EPC 108还设计成在核心网络架构中分离控制平面(即信令)和用户平面(即流量),这允许实施方式的更多灵活性,以及控制和用户数据功能的独立可扩展性。

[0053] EPC 108架构专用于分组数据,并且在图1c中更详细地示出。EPC 108 包括服务网关(S-GW)110,PDN网关(P-GW)112,移动性管理实体 (“MME”)114,归属用户服务器(“HSS”)116(EPC 108的用户数据库) 以及策略控制和计费规则函数(“PCRF”)118。其中一些(如S-GW、P-GW、 MME和HSS)通常根据制造商的实施方式组合成节点。

[0054] S-GW 110用作IP分组数据路由器,并且是EPC 108中的用户设备的承载路径锚。因此,当用户设备在移动性操作期间从一个eNodeB 106移动到另一个时,S-GW 110保持相同,并且切换朝向EUTRAN 102的承载路径以与服务于用户设备104的新eNodeB 106通话。如果用户设备104 移动到另一S-GW 110的域,则MME 114将所有用户设备的承载路径转移到新的S-GW。S-GW 110为用户设备建立到一个或多个P-GW 112的承载路径。如果接收到空闲用户设备的下行数据,则S-GW 110缓冲下行分组并请求MME 114定位并重建去往和通过EUTRAN 102的承载路径。

[0055] P-GW 112是EPC 108(以及用户设备104和EUTRAN 102)和PDN 101 (如图1a所示)之间的网关。P-GW 112用作用户流量路由器,并且代表用户设备执行功能。这些包括用户设备的IP地址分配、下行用户流量的分组过滤以确保将其放置在适当的承载路径上、下行QoS的实施,包括数据速率。根据用户正在使用的服务,在用户设备104和P-GW 112之间可以有多个用户数据承载路径。用户可以在由不同P-GW服务的PDN上使用服务,在这种情况下,用户设备具有建立到每个P-GW 112的至少一个承载路径。在用户设备从一个eNodeB切换到另一个eNodeB期间,如果S-GW 110也在改变,则将来自P-GW 112的承载路径切换到新的S-GW。

[0056] MME 114管理EPC 108内的用户设备104,包括管理用户认证、维护经认证的用户设备104的上下文,在网络中为用户流量建立数据承载路径,以及跟踪尚未从网络分离的空闲移动台的位置。对于需要重新连接到接入网以接收下行数据的空闲用户设备104,MME 114

发起寻呼以定位用户设备，并重新建立去往和通过EUTRAN 102的承载路径。用于特定用户设备 104的MME 114由eNodeB 106选择，用户设备104从eNodeB 106发起系统接入。出于负荷分担和冗余的目的，MME通常是EPC 108中MME集合的一部分。在用户数据承载路径的建立中，MME 114负责选择P-GW 112 和S-GW 110，这将构成通过EPC 108的数据路径的末端。

[0057] PCRF 118负责策略控制决策，以及负责控制驻留在P-GW 110中的策略控制执行函数(“PCEF”)中的基于流的计费功能。PCRF 118提供QoS 授权(QoS类标识符(“QCI”)和比特率)，该QoS授权决定将如何在PCEF 中处理特定数据流，并确保这与用户的订阅配置文件一致。

[0058] 如上所述，IP服务119由PDN 101提供(如图1a所示)。

[0059] II.eNodeB

[0060] 图1d示出了eNodeB 106的示例性结构。eNodeB 106可以包括至少一个远程无线电报头(“RRH”)132(典型地，可以有三个RRH 132)和基带单元(“BBU”)134。RRH 132可以连接到天线136。RRH 132和BBU 134 可以使用符合通用公共无线电接口(“CPRI”)142标准规范的光接口来连接。eNodeB 106的操作可以使用以下标准参数(和规范)来表征：射频频带(频带4、频带9、频带17)，带宽(5、10、15、20MHz)，接入方案 (下行链路：OFDMA；上行链路：SC-OFDMA)，天线技术(下行链路： 2×2MIMO；上行链路：1×2单输入多输出(“SIMO”))，扇区数目(最多6个)，最大发射功率(60W)，最大传输速率(下行链路：150Mb/s；上行链路：50Mb/s)，S1/X2接口(1000Base-SX，1000Base-T)和移动环境(高达350km/h)。BBU 134可以负责数字基带信号处理、S1线的终止、X2线的终止、呼叫处理和监视控制处理。从EPC 108(图1d中未示出) 接收的IP分组可以调制成数字基带信号并发送到RRH 132。相反地，从 RRH 132接收的数字基带信号可以解调为IP分组以发送到EPC 108。

[0061] RRH 132可以使用天线136发送和接收无线信号。RRH 132可以将来自BBU 134的数字基带信号转换(使用转换器(“CONV”)140)为射频 (“RF”)信号，并对其进行功率放大(使用放大器(“AMP”)138)，以便发送到用户设备104(图1d中未示出)。相反地，将从用户设备104接收的RF信号放大(使用AMP 138)并转换(使用CONV 140)为数字基带信号以发送到BBU 134。

[0062] 图2示出了示例性eNodeB 106的附加细节。eNodeB 106包括多个层：LTE层1 202、LTE层2 204和LTE层3 206。LTE层1包括物理层(“PHY”)。 LTE层2包括介质访问控制(“MAC”)、无线链路控制(“RLC”)、分组数据会聚协议(“PDCP”)。LTE层3包括各种功能和协议，包括无线资源控制(“RRC”)、动态资源分配、eNodeB测量配置和提供、无线准入控制、连接移动性控制和无线资源管理(“RRM”)。RLC协议是在蜂窝空中接口上使用的自动重复请求(“ARQ”)分段协议。RRC协议处理用户设备和 EUTRAN之间的LTE层3的控制平面信令。RRC包括用于连接建立和释放、系统信息的广播、无线承载建立/重新配置和释放、RRC连接移动性过程、寻呼通知和释放以及外环功率控制的功能。PDCP执行IP报头压缩和解压缩、用户数据的发送和无线承载的序列号的维护。图1d所示的BBU 134可以包括LTE层L1-L3。

[0063] eNodeB 106的主要功能之一是无线电资源管理，其包括为用户设备 104调度上行链路和下行链路空中接口资源、控制承载资源以及许可控制。作为EPC 108的代理，eNodeB 106负责在移动台空闲时发送用于定位移动台的寻呼消息。eNodeB 106还连通经空中发送公共控制信道信息，报头压缩，加密和解密通过空中发送的用户数据，以及建立切换报告和

触发标准。如上所述，出于切换和干扰管理的目的，eNodeB 106可以通过X2接口与其他eNodeB 106协作。eNodeB 106经由S1-MME接口与EPC的MME通信，并且利用S1-U接口与S-GW通信。此外，eNodeB 106通过S1-U接口与S-GW交换用户数据。eNodeB 106和EPC 108具有多对多关系以支持 MME和S-GW之间的负载共享和冗余。eNodeB 106从一组MME中选择 MME，使得负载可以由多个MME共享以避免拥塞。

[0064] III.层1分割架构无线通信网络

[0065] 在一些实施方式中，当前主题涉及5G新无线电(“NR”)通信系统。5G NR是超越当前4G/IMT-提高的标准的下一电信标准。5G网络计划提供比当前4G更高的容量，允许每个区域单元有更多数量的移动宽带用户，并允许每月每用户以千兆位消耗更高和/或无限的数据量。这可以让用户每天使用移动设备流式发送高清媒体，即使不在Wi-Fi网络下。5G网络计划改进对设备到设备通信的支持，与4G设备相比成本更低、等待时间更短和电池消耗更小等。这样的网络计划使得大量用户享有数十兆比特/秒的数据速率，城域地区的数据速率为100Mb/s，受限区域(例如，办公楼)内用户同时为1Gb/s，无线传感器网络大量同时连接、频谱效率增强、覆盖范围改进、信令效率增强，1-10毫秒的等待时间，与现有系统相比等待时间减少。

[0066] 在一些实施方式中，当前主题可以提供用于3.5GHz解决方案和毫米波(mmWave)新无线电通信系统的统一架构。当前主题还可以允许重新使用用于NR网络发送和服务分析器(“NSA”)操作的LTE上行链路，并且可以支持LTE和NR部件/系统之间的紧密交互工作。当前主题可提供一种PHY层分割架构，其具有前传通信中的频域符号传送、具有统计多路复用增益的频域压缩、小区/扇区、负载(物理资源块(“PRB”)使用)、MIMO层和调制编码方案(“MCS”)。此外，当前主题可允许混合模拟波束成形(“BF”)和数字预编码、用于覆盖扩展的有源天线系统(“AAS”) 和用于MIMO的数字预编码(包括用于小区边缘吞吐量改进的分布式MIMO)。

[0067] 图3示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性虚拟无线电接入网300；网络300可以提供各种部件之间的通信，包括基站(例如，eNodeB) 301、无线电设备303 、集中式单元302、数字单元304和无线电设备306。系统300中的部件可使用回传链路305通信地耦合到演进型分组核心。集中式单元(“CU”)302或vBBU-高可使用中传连接308通信地耦合到数字单元(“DU”)304或vBBU-低。射频(“RF”)部件可以使用前传连接310通信地耦合到DU 304。

[0068] 在一些实施方式中，vBBU高单元可以向一个或多个vBBU低单元提供智能通信能力。单元302、304可以包括一个或多个基站、宏基站、微基站、远程无线电头端等和/或其任意组合。

[0069] 图4示出了示例性3GPP分割架构400。根据该架构，NR的CPRI带宽要求可以是100s Gb/s。CPRI压缩可以在DU和RU中实现(如图3所示)。此外，可以实现各种算法以防止多厂商操作。如下所述，架构400 可以允许包括高层分割(例如，选项2或选项3-1(上/下RLC分割架构)) 和具有L1-分割架构的前传(选项7)的前传/中传的标准化。

[0070] 在一些实施方式中，当前主题的L1分割架构(即，如图4所示的选项7)可以包括上行链路中的高级接收机，针对DL/UL的多个发送点(TP) 上的联合处理，以及为了易于部署的合理传输带宽和等待时间要求。此外，当前主题的L1-分割架构可包括小区级和用户级处理之间的分割，这可包括远程单元(“RU”)中的小区级处理和DU中的用户级处理。此外，使用

当前主题的L1分割架构，频域样本可经由以太网前传传输，其可将频域样本压缩以减小前传带宽。

[0071] 图5a示出了根据当前主题的一些实施方式，示例性L1分割架构502 以及示出架构502的减小的发送带宽要求的比较图504。架构502可以包括经由以太网前传505通信地耦合到远程单元(“RU”)503的数字单元 (“DU”)501。DU单元可以包括前向纠错(“FEC”)部件，调制(“Mod”) 部件，MIMO预编码部件和资源元素(“RE”)映射部件。RU单元503可以包括快速傅立叶逆变换(“IFFT”)部件和循环前缀(“CP”)添加部件。架构502可通过小区(载波和扇区)、负载(PRB使用)和/或MIMO层和 MCS(QPSK/64QAM/256QAM)的统计多路复用来实现前传带宽的显著减小。

[0072] 图5b示出了示例性下层分割架构500。架构500可实现选项7-1，其中较低PHY层的某些功能(例如，FFT/iFFT和CP添加/移除)可由数字单元509执行，而PHY层的其余功能可由集中式单元507执行。另外，为了在数字单元509中进行预编码和波束成形，可以实现选项7-2。

[0073] 如图5b所示，集中式单元507可以执行比特处理510，之后是调制 514和层映射516。可以利用选项7-2，其中数字单元509可以执行预编码 520和资源映射522。在执行模拟波束成形530之前，数字单元509可以应用IFFT/CP移除526，并且为了波束形成的目的，使用数模转换器528 将数字信号转换成模拟信号。选项7-1可以在具有高前传带宽的同时提供，可以提供较低的数字单元复杂度、亚毫秒前传等待时间要求、预编码中无附加开销，并且可以基于数字单元中接收的信道状态信息反馈来确定 CoMP/多站点MIMO参数。

[0074] 在反向路径中，可以使用数字单元509中的模数转换器532来转换模拟信号。数字单元509可以执行FFT/CP添加534，其后是资源解映射538 和预滤波540。在解映射538之后，集中式单元507可以执行声音参考信号(SRS)处理544。覆盖增强(CE)和均衡处理542可以在从预滤波部件540接收预滤波数据后执行。然后，集中式单元507可以执行解调550，随后执行比特处理552。另外，集中式单元507还可使其从数字单元509 的物理随机接入信道(PRACH)滤波器部件536接收的任何信号相关。集中式单元507还可以使用其峰值检测部件548来确定峰值。

[0075] 图5c示出了根据当前主题的一些实施方式的用于上行链路的示例性 L1分割架构551(如L-1分割565)。如图5c所示，远程单元553可经由连接565通信地耦合到数字单元555。远程单元553和数字单元555可以配置成通过连接565分割与层L1相关联的各种功能。

[0076] 在一些实施方案中，远程单元553可经配置以接收RF/IF信号(例如，来自用户设备，其他RU和/或任何其他设备)。在接收到RF/IF信号时，远程单元553可配置成使用FFT/CP(快速傅立叶变换/循环前缀)移除部件557来处理信号，并使用其RB选择部件559来执行资源块的选择/分配。

[0077] 数字单元555可以包括信道估计和MIMO均衡器部件567、层解映射部件569、解调部件571、以及前向纠错(FEC)解码器部件573。架构551 可以允许在数字单元555中使用高级接收机(例如SIC、Turbo均衡器等)。在集中式数字单元实施方式中，可以使用数字单元555来实现多站点联合接收，而无需eNB间数据共享。此外，可以在远程单元553中应用压缩以进一步减小前传带宽。

[0078] 图5d示出了根据当前主题的一些实施方式，在示例性低层分割架构 560中的上行

链路通信期间执行的示例性功能。架构560可以包括通信地耦合到集中式单元563的数字单元561。选项7-1 564、选项7-2 568和选项7-3 578可以在架构560中实现。选项7-1和7-2可以提供集中式单元 563中的高级接收机功能(例如SIC、Turbo均衡器等)。此外,使用这些选项,可以在集中式单元563中进行多站点联合接收,而无需节点B间数据共享。另外,具有层压缩的选项7-1可以进一步减小前传带宽,而选项 7-3要求短等待时间、高带宽前传。

[0079] 类似于图5c,在上行链路通信期间,图5中所示的架构560的数字单元561可以使用其FFT/CP移除部件562来执行FFT/CP的移除,该FFT/CP 移除部件562之后可以是部件566中的资源块去映射和预滤波功能(类似于图5b中所示的那些)。集中式单元563可执行信道估计和MIMO均衡(使用其部件570)、层解映射(使用其部件572)、解调(使用部件574)和比特级处理(使用部件576)。

[0080] 图6a示出了用于下行链路传输目的的无线通信系统中的基站处的混合波束成形架构选项600(A、B、C)。波束成形可以指用于定向信号发送或接收的信号的处理。要做到这一点,可以将天线中的各个元件组合在一起,使特定角度的信号经历相长干涉,而其他角度的信号则受到相消干涉。波束成形可用于发送和接收以实现空间选择性。在无线通信中,存在两类波束成形:到达方向波束成形(例如,接收或发送天线方向的调整)和特征波束成形(例如,基于各种标准最大化接收天线处的信号功率)。为了最大化多层天线系统的吞吐量,预编码用于多层波束成形,其中预编码可以是支持MIMO系统中的多层发送的波束成形方案。使用预编码,可以使用每个天线的独立权重从天线发送多个流以最大化接收机输出处的吞吐量。

[0081] 图6a示出了用于无线通信系统的另一示例性波束成形架构601。架构 601在3GPP标准,LTE Release10-11版本中被引用。架构601可以执行码字602的加扰604,其中经加扰的码字被传递到调制映射器606,然后传递到层映射器608。然后由预编码部件612处理层610 。在预编码之后,可使用资源元素映射器部件614来映射资源元素。然后,可使用部件616 产生用于发送到天线端口618的OFDM信号。

[0082] 在这种架构中,MIMO预编码可以在层映射后在频域中执行。架构601 还具有双码本结构,其可以包括8层的空间多路复用和交叉极化天线支持。双码本结构可以使用以下表示:

[0083] $W=W_1W_2$ (1)

[0084] 其中W_1是表示长期信道统计的宽带预编码矩阵指示符(PMI),W_2是用于每个极化的波束选择的子带PMI。

[0085] 图6b示出了示例性新无线电混合波束成形架构620。架构620可包括调制部件622、层映射部件624、子带预编码部件626、资源映射部件628、IFFT/CP部件630、数字波束成形部件632、IF/RF部件634和模拟波束成形部件636。部件632、634和636可配置成执行混合波束成形。调制部件 622可对可由集中式单元接收的经处理比特进行调制。调制数据的层映射可由部件624执行。可以使用部件626中的参数W_2来应用子带预编码。资源映射部件628可根据最终传递到数字波束成形器632的一个或多个层来执行资源映射。数字波束成形器632(在图6c中进一步示出)可以与IF/RF 和模拟波束成形部件634、636一起执行宽带预编码。宽带预编码参数W_1可通过以下方法确定:

[0086] $W_1=W_DTW_A$ (2)

[0087] 其中WD对应于子阵列中的数字波束成形矩阵参数，WA对应于天线子阵列中的模拟波束成形参数，和T特定D/A和/或IF/RF参数。

[0088] 图6c示出了关于图6b所示的波束成形部件632的附加细节。可将来自对应于多个层1、…、L的IFFT/CP移除部件630的数据提供给数字波束成形部件632以生成一个或多个对应波束(波束1、…、波束L)。然后将波束提供给组合器644，用于组合一个或多个波束。例如，Butler矩阵可用于波束组合/波束成形目的。可以理解，可以使用波束组合/波束成形的其他方式。然后，将组合波束发送到IF/RF部件634，并经由天线端口发送到模拟波束成形部件636，以生成用于发送的波束。

[0089] 图6d示出了示例性子阵列波束成形架构650。如图6d所示，示例性天线面板652可以包括多个元件(例如，8×8元件)。此外，天线面板652 还可以包括一个或多个子阵列654。如图6d所示，天线面板可以包括4个子阵列654。如上所述，关于图6b，数字预编码可以使用以下方法分两步执行：

[0090] $$W_D = \begin{bmatrix} I & P \\ \Phi & P\Phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{DBF} & 0 \\ 0 & W_{DBF} \end{bmatrix}$$ 用于波束成形（3）

[0091] $$W_D = \begin{bmatrix} I & I \\ I & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{DBF} & 0 \\ 0 & W_{DBF} \end{bmatrix}$$ 用于 MU-MIMO（4）

[0092] 其中W_{DBF}表示子阵列654的数字波束成形；P是子阵列之间的水平波束成形矩阵；并且Φ是子阵列之间的垂直波束成形矩阵。

[0093] 图6e示出了根据当前主题的一些实施方式的用于MU-MIMO环境中新无线电混合波束成形的示例性架构660。架构660可以配置成适应多站点/多用户MIMO，其中可以从多个用户设备(UE 1、…UE N)662接收信号。将来自UE 662的信号(以调制符号的形式)提供用于层映射(使用部件664)，且可使用部件666(如上所述)来执行子带预编码，且可使用资源映射部件668来分配资源以供发送到用户波束映射部件670。一旦 IFFT/CP由部件672移除，数字波束成形器/组合器部件674就可以发起混合波束成形(如上结合图6b-c所述)。形成的波束接着被传递到天线端口中的IF/RF部件676，使得模拟波束成形器678可产生发送。

[0094] 图6f示出了根据当前主题的一些实施方式的用于MU-MIMO环境中新无线电混合波束成形的示例性架构680。架构680可以根据上述选项7-2 实现较低层分割。将来自多个用户设备(UE 1，…UE N)682的信号(以调制符号的形式)被提供用于层映射(使用部件684)，其中可以根据选项7-2为每个用户分配2个层。然后，可使用部件686来执行子带预编码，且可使用资源映射部件688来分配资源以供发送到用户波束映射部件690。作为非限制性实例，用户波束映射部件690可以为每个用户生成总共8层， 4个同时波束和2×2的MIMO配置。IFFT/CP可由部件692移除，且数字波束成形器/组合器部件694可执行混合波束成形(如上结合图6b-c所述)。然后，波束可传递到天线端口中的IF/RF部件696，使得模拟波束成形器698可产生发送。作为非限制性实例，在架构680中使用的天线可以包括 16个端口，由此显著地减小天线覆盖范围。

[0095] 图7是示出了各种预编码选项的比较的图表700。在一些情况下，DU 和RU中的预编码可以是等效的。对于高级波束成形/CoMP和多站点 MIMO实施方式，DU中的预编码可以是优选的方法。如图7所示，预编码矢量的计算可以在数字单元中本地执行。然而，为了计算远程单元中的预编码向量，可能需要将信道状态信息(CSI)从数字单元发送到远程单元(这可

能受动态传输时间间隔(TTI)级预编码的传输等待时间要求影响)。预编码向量可在数字单元中以每传输时间间隔动态更新一次。然而,在远程单元中,对预编码向量的更新取决于传输等待时间。信道状态信息可用于确定数字单元中的分布MIMO参数。然而,为了确定远程单元中的这些参数,必须向远程单元发送预编码矢量和各种用户级数据。因此,确定数字单元中的预编码向量可能是优选的。

[0096] 在一些实施方式中,当前主题可以为新无线电(NR)以及毫米波波束成形分割架构提供改进的有源天线系统(AAS)波束成形能力。这允许统一部署方案和两层之间的灵活交互工作。有源天线可以是可以包括有源电子元件的天线,其中天线集成无线电装置具有位于无源天线旁边的RF模块,以便减少电缆损耗。有源天线可以转变传统天线以提高基站效率,使运营商能够增加其网络的容量和覆盖目标。基站AAS系统(示例系统如图 11所示)可将有源收发器阵列和无源天线阵列集成到单个设备中。在典型情况下,远程无线电头端使用射频电缆连接到天线,如图2所示。然而,对于AAS,具有不同天线元件的单个设备可以具有它们自己的集成RF收发机。因此,AAS可以对天线内每个子元素的波束成形重量进行更精确的数字控制。此外,当使用MIMO技术时,可以在微空间域和宏空间域中利用无线电资源。

[0097] AAS还可以为多维波束成形提供各种益处,例如当用户设备可以位于不同的高程点时。例如,位于特定高度(例如,在摩天大楼的顶层)的用户设备可能需要向上指向的波束,而位于地面上的用户设备可能需要向下指向的波束。AAS以及各种MIMO技术的使用可允许调度这些用户设备以避免干扰或任何其他问题。在5G系统中使用AAS也是有利的,因为AAS可以在单个设备中提供多个天线、RF、发射机和接收机线路的组合,从而减少布线、联网成本等。此外,AAS和MIMO技术也有利于适应个体较小的小区用户分布环境。

[0098] 图8示出了IMT-提高的(4G)(图8中浅阴影)和IMT-2020(5G)(图 8中深阴影)系统之间关键能力的比较800。比较800基于关键参数,包括峰值数据速率、用户体验数据速率、频谱效率、移动性、等待时间、连接密度、网络能量效率和区域流量能力。

[0099] IMT-提高的关键能力可包括用于峰值吞吐量高达GHz的频谱、统一的 QoE(各处100Mbps)和以mmWave为单位的有限MIMO增益。然而,如图8所示,5G系统可以提供改进的用户体验数据速率(即,高达100 Mbit/s)、改进的频谱效率(即,高达3倍)、改进的移动性(即,高达500 km/h)、缩短的等待时间(即,低至1ms)、改进的连接密度、改进的网络能量效率(即,高达100倍)、增加的区域流量容量(即,高达10Mbit/s/m^2) 和增加的峰值数据速率(即,高达20Gbit/s)。

[0100] 图9示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性多站点MIMO通信系统902。图9还示出了比较图904,其示出了当前主题的多站点MIMO 系统902对峰值吞吐量的改进。

[0101] 系统902可包括具有预定覆盖区域906的基站(例如,eNodeB)901 和可位于覆盖区域906内的新无线电(NR)基站(例如,gNodeB)903、 905和907。一个或多个用户设备909也可以位于覆盖区域906内。用户设备909可以配置成与NR基站903、905、907通信地耦合。基站903、 905、907可以是新无线电秩2基站。然而,可以理解,LTE基站(例如,eNodeB)901和基站903、905、907可以是任何其他类型的基站。NR基站903、905、907可允许混合波束成形,如上文关于图6所论述。这可以包括用于多站点MIMO的动态数字MIMO预编码和用于用户设备特定波束成形的AAS。

[0102] 曲线图904进一步说明使用多站点MIMO系统(例如系统902)优于单站点MIMO系统

的益处。单站点或单用户MIMO(SU-MIMO)系统可以指点对点系统,其使用空时/空频码(发送/接收分集)以及空间多路复用技术来提高信道容量和可靠性。SU-MIMO系统协调所有发射机或接收机之间的处理。相反,在多站点或多用户MIMO(MU-MIMO)系统中,通常假定用户之间没有协调。因此,上行链路和下行链路MU-MIMO信道可以不同。在上行链路中,用户通过相同的信道向基站发送,其中基站必须工作以使用阵列处理或多用户检测方法来分离发送的信号。在下行链路中,基站使用相同的信道同时向多个用户发送,这可能对用户造成用户间干扰。然而,尽管对于SU-MIMO和MU-MIMO系统,信噪比(SNR)参数都可能增加,但是SU-MIMO系统的容量通常小于MU-MIMO系统,如

[0103] 图9所示。如曲线916(使用秩2基站)和917(使用秩1基站)所示, SU-MIMO系统的最高峰值吞吐量对于SU-MIMO 916系统小于大约7 Gbps(在最高SNR处),对于SU-MIMO 917小于大约5Gbps(在最高SNR 处)。相反,MU-MIMO系统具有如曲线914(使用秩8基站)和915(使用秩4基站)所示的较高吞吐量。例如,秩8基站(图9中的曲线914) 的最高吞吐量大于25Gbps,秩4基站(曲线915)的最高吞吐量大于12Gbps。

[0104] 图10示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性分布式MIMO (D-MIMO)多连接性架构1000。分布式MIMO系统可以实现移动衰落信道的空间域,以向无线通信系统提供性能改进。特别地,这种系统可以有效地提高无线通信网络的容量、小区边缘吞吐量、覆盖范围、组移动性等。这样的改进可以使用分布式天线系统来实现,该分布式天线系统可以通过MIMO子信道的去相关来增加容量,同时使用除了微分集之外的宏分集。分布式天线系统是指在地理区域(即,小区)或物理位置/结构(例如,室内覆盖)内使用提供无线服务的发送介质连接到公共源的空间分离天线的网络。

[0105] 架构1000可以包括eNodeB 1002、gNodeB 1004和gNodeB 1006。gNodeB 1004、1006连同用户设备1008(连同其他用户设备)可以位于 eNodeB 1002的覆盖区域1009内。系统1000可以是多技术聚合通信系统,其可以允许在实现本文讨论的NR MIMO技术的同时使用LTE技术和NR 技术。

[0106] 在一些实施方式中,eNodeB 1002可以在下行链路上向用户设备1008 发送下行链路信息(例如,物理下行链路控制信道(PDCCH)、物理下行链路共享信道(PDSCH)等),并且在上行链路上接收上行链路信息(例如,物理上行链路控制信道(PUCCH)、物理上行链路共享信道(PUSCH) 等)。gNodeB 1004、1006可以将它们各自的下行链路信息发送到用户设备1008(例如,NR-PDCCH、NR-PDSCH)。

[0107] 在一些实施方式中,图10所示的NR分布式MIMO架构1000可以与现有eNodeB 1002部署重叠。上行链路控制信息(UCI)可以由两个gNodeB 1004、1006发送到eNodeB 1002。gNodeB的新无线电UCI(NR UCI)发送可以使用与eNodeB 1002在上行链路上发送所使用的相同上行链路频率 (例如PUCCH)。此外,eNodeB 1002可以对gNodeB 1004、1006发送的 NR UCI信息进行解码,并将其与gNodeB 1004、1006共享。

[0108] 图11示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性有源天线系统架构1100。架构1100可以包括多个有源天线系统簇1102。簇1102可使用IP/ 以太网连接1104通信地耦合到处理单元1106。例如,与每个连接1104相关联的等待时间可以是每个AAS簇1102大约4Gbps。处理单元1106可以通信地耦合到IP/以太网设备1112(由此可以将每个AAS簇1102的等待时间减少到2.4Gbps)。设备1112还可以经由IP/以太网连接1118通信地耦合到vBBU 1114(并

且进而耦合到EPC)，其中可以提供各种操作支持系统/商业支持系统(OSS/BSS)服务1116。另外，设备1112可进一步经IP/以太网连接1110通信地耦合到另一处理单元1108。装置1106和1108 可配置成提供层1和/或层2功能性。

[0109] 在一些实施方式中，当前主题可以配置成在系统1200中实现，如图12所示。系统1200可以包括处理器1210、存储器1220、存储设备1230 和输入/输出设备1240中的一个或多个。每个部件1210、1220、1230和 1240可以使用系统总线1250互连。处理器1210可配置成处理用于在系统1200 内执行的指令。在一些实施方式中，处理器1210可以是单线程处理器。在替换实施方式中，处理器1210可以是多线程处理器。处理器1210可进一步配置成处理存储在存储器1220中或存储设备1230上的指令，包括通过输入/输出设备1240接收或发送信息。存储器1220可以在系统1200内存储信息。在一些实施方式中，存储器1220可以是计算机可读介质。在替代实施方式中，存储器1220可为易失性存储器单元。在又一些实施方式中，存储器1220可以是非易失性存储器单元。存储设备1230能够为系统1200提供大容量存储。在一些实施方式中，存储设备1230可以是计算机可读介质。在替代实施方式中，存储设备1230可以是软盘设备、硬盘设备、光盘设备、磁带设备、非易失性固态存储器或任何其他类型的存储设备。输入/输出设备1240可以配置为向系统1200提供输入/输出操作。在一些实施方式中，输入/输出设备1240可以包括键盘和/或定位设备。在替代实施方式中，输入/输出设备1240可以包括用于显示图形用户界面的显示单元。

[0110] 图13示出了根据当前主题的一些实施方式的示例性方法1300。在 1302处，可在位于基站的第一部分中(例如，在远程单元(RU)中)的物理层的第一部分处处理信号的第一部分。在1304处，可将具有统计多路复用的频域压缩应用于信号的经处理第一部分以产生信号的压缩的第一部分。在1306处，可将信号的压缩的第一部分和信号的第二部分发送到位于基站的第二部分中(例如，在数字单元(DU)中)的物理层的第二部分。可以使用MIMO技术，在层1分割架构中使用混合模拟/数字波束成形来发送数据。

[0111] 在一些实施方式中，当前主题可以包括以下可选特征中的一个或多个。基站的第一部分可以包括远程单元，基站的第二部分可以包括数字单元。第一部分和第二部分可以使用前传链路通信地耦合。

[0112] 在一些实施方式中，发送还可以包括使用多输入多输出处理来发送信号的压缩的第一部分和信号的第二部分。多输入多输出处理可以包括以下中的至少一个：单站点多输入多输出处理、多站点多输入多输出处理以及分布式多输入多输出处理。

[0113] 在一些实施方式中，发送还可以包括在从基站的第一部分到基站的第二部分的发送期间执行信号的混合波束成形。在一些实施方式中，混合波束成形可以包括：使用基站的第一部分和第二部分中的至少一个来数字地组合一个或多个信号；以及基于数字化组合的信号来生成一个或多个波束成形的模拟信号，用于由通信地耦合到基站的一个或多个天线来发送。

[0114] 在一些实施方式中，混合波束成形还包括调制信号的第一部分，将信号的调制的第一部分映射到物理层的至少一部分，使用至少一个子带预编码矩阵指示符对信号的映射调制的第一部分进行预编码，其中可以为每个波束选择子带预编码矩阵指示符以用于发送信号，将一个或多个资源分配给信号的预编码的第一部分，基于分配的资源执行与所述信号的预编码的第一部分相对应的一个或多个信号数字波束的数字波束成形，以及执行信号

数字化预编码的第一部分的模拟波束成形，以生成用于由至少一个天线发送的一个或多个模拟信号波束。

[0115] 在一些实施方式中，执行数字波束成形可以包括执行信号第一部分的宽带预编码。此外，执行数字波束成形可包括生成数字波束并组合数字波束以生成一个或多个组合的数字波束。

[0116] 在一些实施方式中，至少一个天线可以包括一个或多个天线子阵列。每个天线子阵列可以使用一个或多个天线子阵列之间的波束成形矩阵来生成用于发送信号的一个或多个波束。

[0117] 在一些实现中，基站可以包括以下的至少一个：eNodeB基站、gNodeB 基站及其任意组合。基站的第一部分和第二部分中的至少一个可以包括以下中的至少一个：无线电发射机和无线电接收机。基站可以是在以下通信系统的至少一个中操作的基站：长期演进通信系统和新的无线电通信系统。

[0118] 本文公开的系统和方法可以以包括例如数据处理器的各种形式实施，诸如还包括数据库、数字电子电路、固件、软件或它们的组合的计算机。此外，可以在各种环境中实现本公开实施方式的上述特征和其他方面以及原理。这样的环境和相关应用可以专门构造成用于执行根据公开的实施方式的各种过程和操作，或者它们可以包括通用计算机或计算平台，该通用计算机或计算平台由代码选择性地激活或重新配置以提供必要的功能。本文公开的过程并非固有地涉及任何特定计算机、网络、架构、环境或其他设备，且可由硬件、软件和/或固件的适当组合来实施。例如，各种通用机器可以与根据公开的实施方式的教导编写的程序一起使用，或者可以更方便地构造专用设备或系统来执行所需的方法和技术。

[0119] 本文所公开的系统和方法可以实现为计算机程序产品，即具体体现在信息载体中的计算机程序，例如，在机器可读存储设备中或在传播的信号中，由数据处理设备(例如，可编程处理器、计算机或多台计算机)执行或控制其操作。计算机程序可以以任何形式的编程语言编写，包括编译或解释语言，并且它可以以任何形式部署，包括作为独立程序或作为模块、部件、子程序或适合在计算环境中使用的其他单元。可以将计算机程序部署为在一个计算机上或在一个站点处的多个计算机上执行，或分布在多个站点上并通过通信网络互连。

[0120] 如本文使用的，术语“用户”可以指包括人或计算机的任何实体。

[0121] 虽然在一些情况下，诸如第一、第二等的序数可以涉及顺序；本文所用的序数不一定暗示顺序。例如，序数可以仅仅用于区分一个项目和另一个项目。例如，为了区分第一事件和第二事件，但不需要暗示任何时间顺序或固定参考系统(使得说明书一段中的第一事件可以不同于说明书另一段中的第一事件)。

[0122] 前面的描述旨在说明而不是限制本发明的范围，本发明的范围由所附权利要求的范围限定。其他实施方式在所附权利要求的范围内。

[0123] 这些计算机程序，也可以称为程序、软件、软件应用、应用、部件或代码，包括用于可编程处理器的机器指令，并且可以以高级过程和/或面向对象的编程语言和/或以汇编/机器语言来实现。如本文使用的，术语“机器可读介质”是指任何计算机程序产品、装置和/或设备，例如磁盘、光盘、存储器和可编程逻辑器件，用于向可编程处理器提供机器指令和/或数据，包括将机器指令作为机器可读信号接收的机器可读介质。术语“机器可读信号”是指用于向可编程处理器提供机器指令和/或数据的任何信号。机器可读介质可以非瞬态存

储这种机器指令，例如像非瞬态固态存储器或磁硬盘驱动器或任何等效存储介质那样。机器可读介质可替代地或额外地以瞬时方式存储这种机器指令，例如像与一个或多个物理处理器核心相关联的处理器高速缓存或其他随机存取存储器那样。

[0124] 为了提供与用户的交互，本文描述的主题可以在具有显示设备的计算机上实现，例如用于向用户显示信息的阴极射线管(CRT)显示器或液晶显示器(LCD)，以及键盘和例如鼠标或跟踪球的定位设备，用户可以通过这些设备向计算机提供输入。也可以使用其他类型的设备来提供与用户的交互。例如，提供给用户的反馈可以是任何形式的传感反馈，例如视觉反馈、听觉反馈或触觉反馈；并且可以以任何形式接收来自用户的输入，包括但不限于声学、语音或触觉输入。

[0125] 本文描述的主题可以在计算系统中实现，该计算系统包括后端部件，例如一个或多个数据服务器，或者包括中间件部件，例如一个或多个应用服务器，或者包括前端部件，例如具有图形用户界面或Web浏览器的一个或多个客户端计算机，通过该图形用户界面或Web浏览器，用户可以与本文描述的主题的实施方式进行交互，或者这种后端部件、中间件部件或前端部件的任意组合。系统的部件可以通过数字数据通信的任何形式或介质互连，例如通信网络。通信网络的示例包括但不限于局域网(“LAN”)、广域网(“WAN”)和因特网。

[0126] 计算系统可以包括客户端和服务器。客户端和服务器一般(但并不排除其他情况)彼此远离，并且通常通过通信网络交互。客户端和服务器的关系依靠在相应计算机上运行并且彼此具有客户端-服务器关系的计算机程序产生。

[0127] 前面描述中阐述的实施方式并不表示与本文描述的主题一致的所有实施方式。相反，它们仅仅是与描述主题相关的方面一致的一些示例。尽管上面已经详细描述了一些变化，但是其他修改或添加也是可能的。特别地，除了本文阐述的特征和/或变化之外，还可以提供其他特征和/或变化。例如，上述实施方式可以针对公开特征的各种组合和子组合和/或以上公开的若干其他特征的组合和子组合。此外，在附图中描述的和/或本文描述的逻辑流程不一定需要所示的特定顺序或顺序次序来实现期望的结果。其他实施方式可以在所附权利要求的范围内。

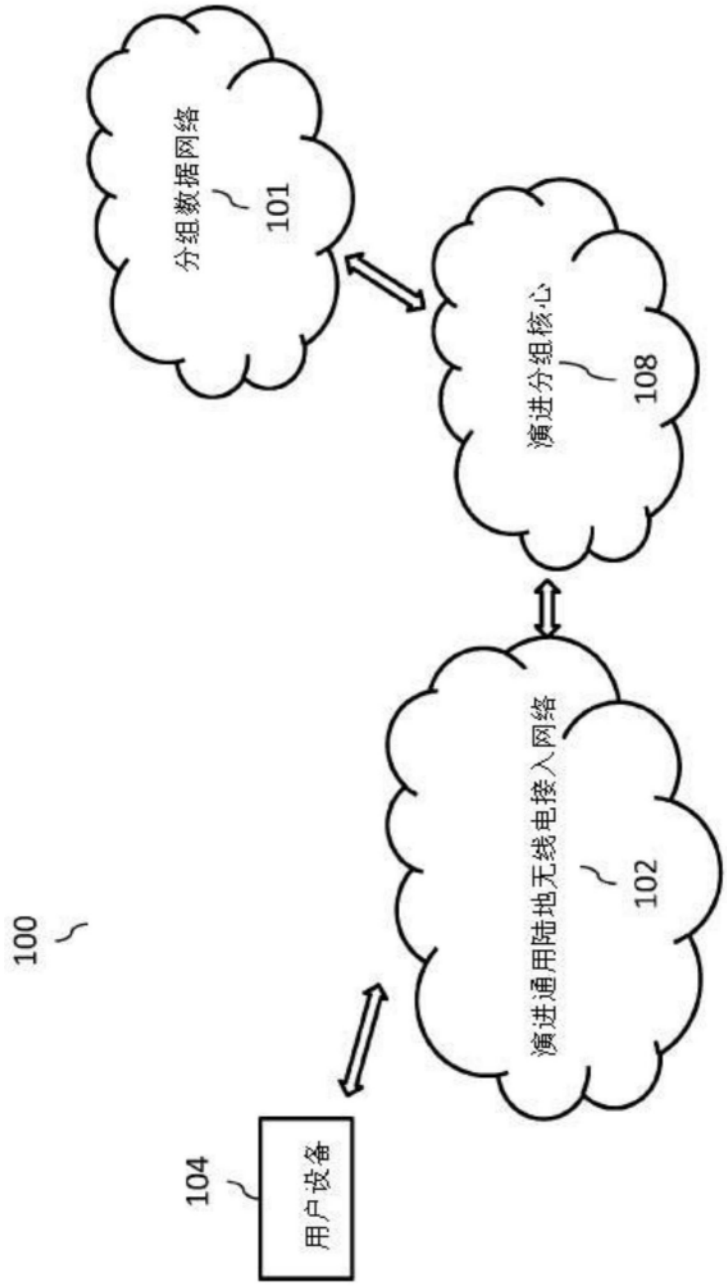


图1a

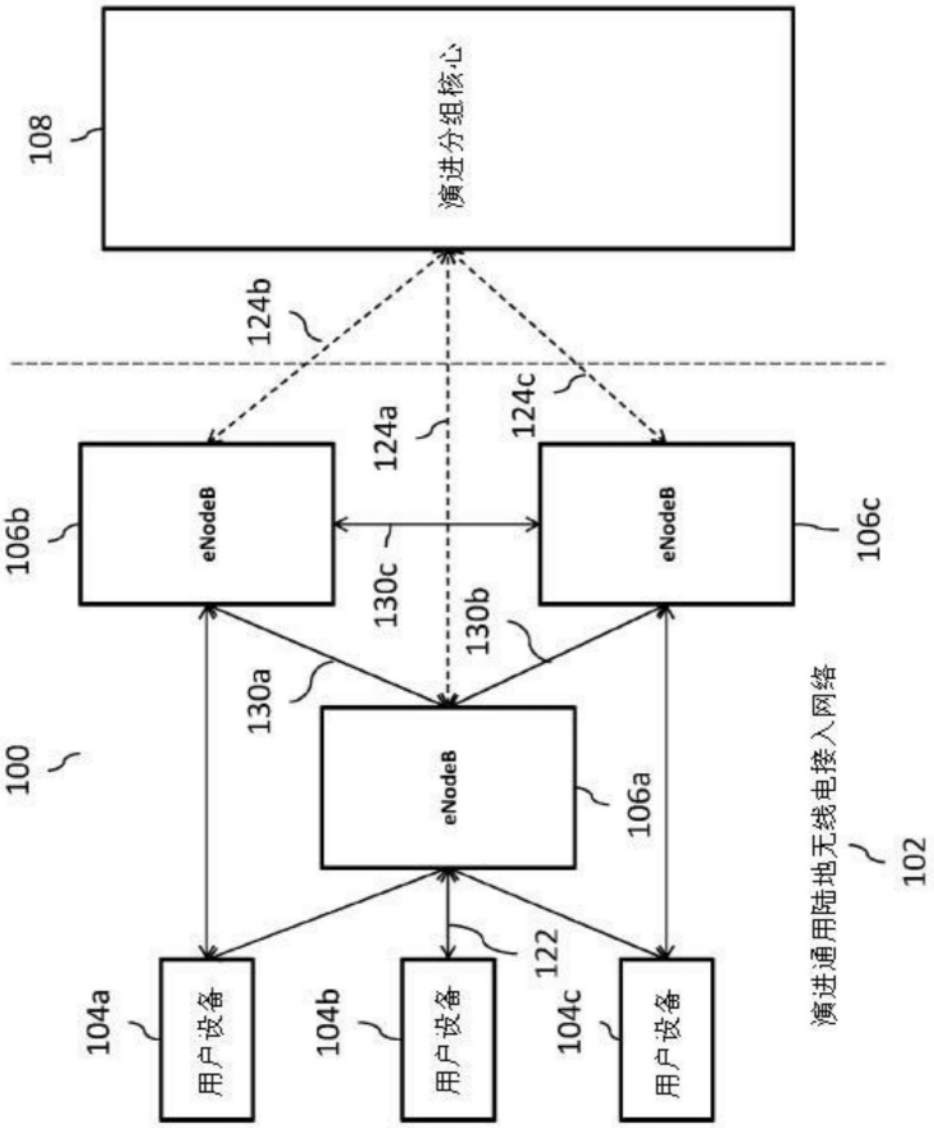

演进分组核心
108
124b
124a
124c
106b
eNodeB
eNodeB
106c
130c
130b
130a
100
eNodeB
106a
演进通用陆地无线电接入网络
102
122
104a
用户设备
104b
用户设备
104c
用户设备

图1b

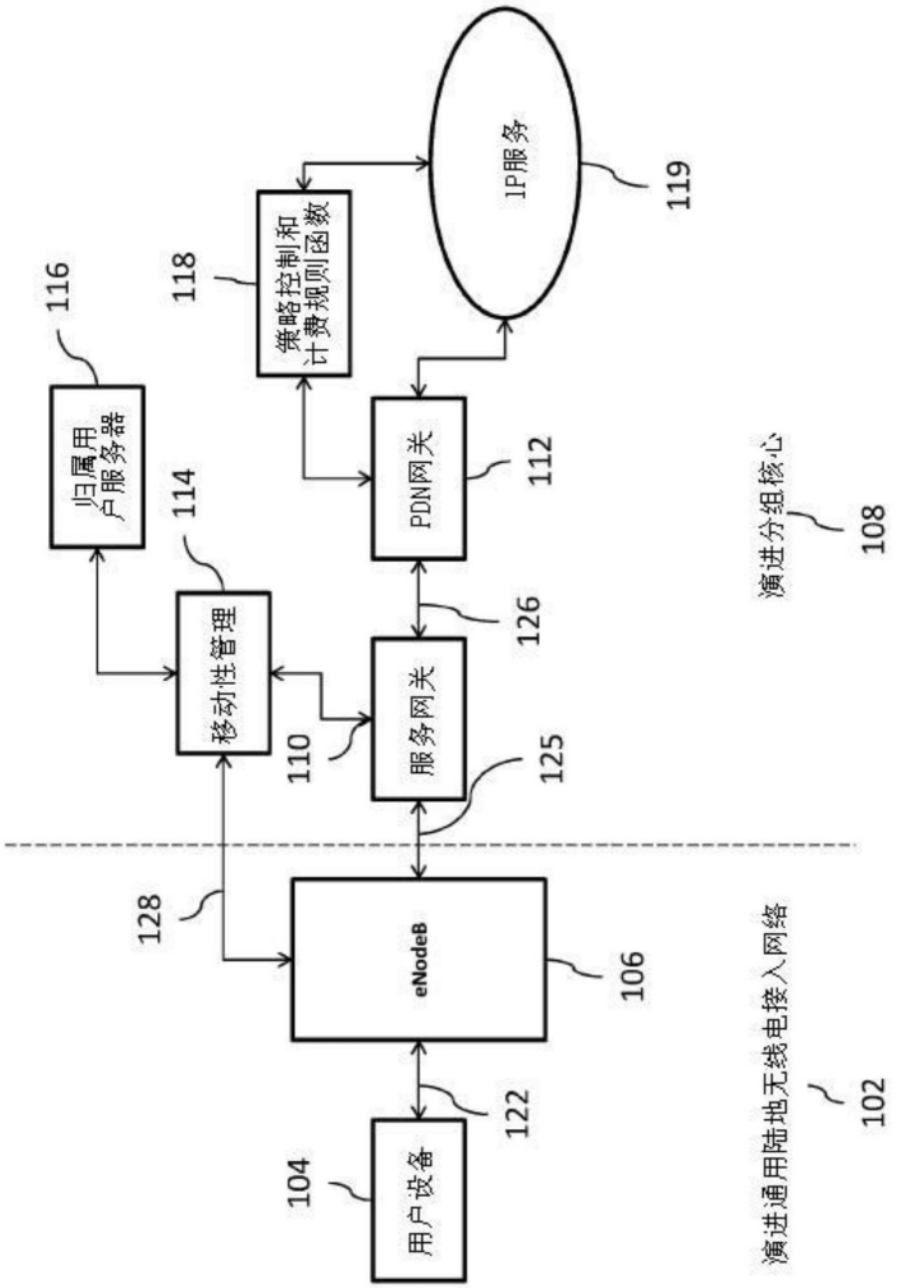

IP服务
119
策略控制和计费规则函数
118
116
归属用户服务器
114
PDN网关
112
演进分组核心
108
移动性管理
126
服务网关
110
125
128
eNodeB
106
122
104
用户设备
演进通用陆地无线电接入网络
102

图1c

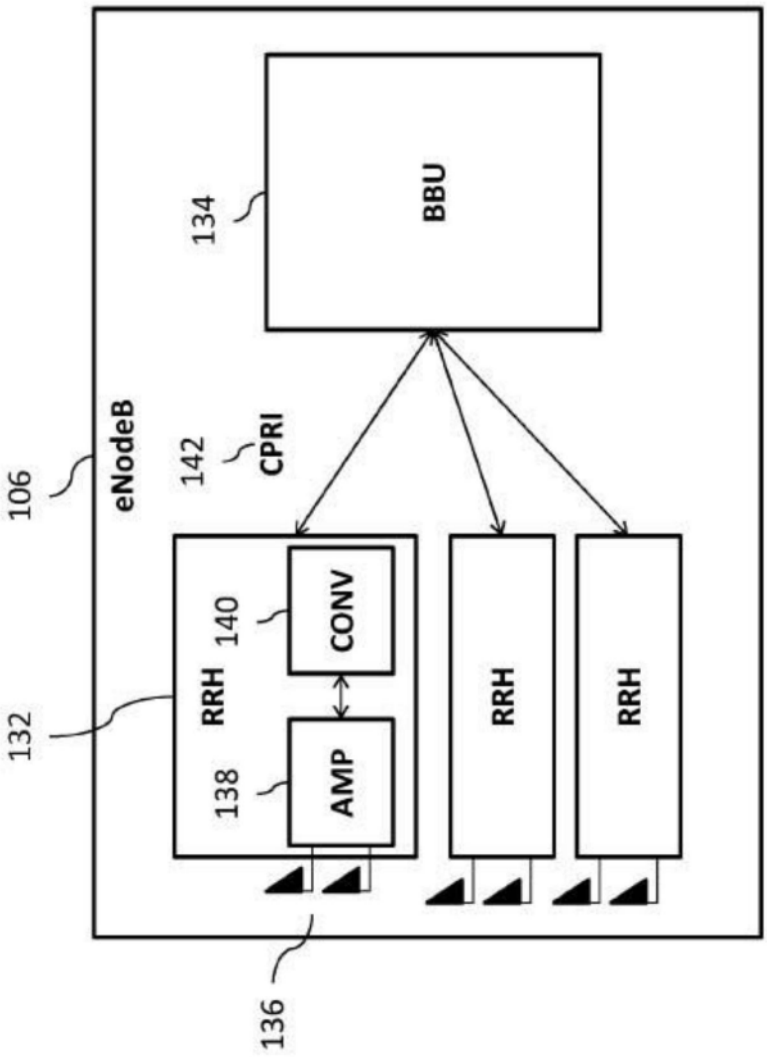

BBU
134
CPRI
142
eNodeB
106
CONV
140
RRH
132
AMP
138
RRH
RRH
136

图1d

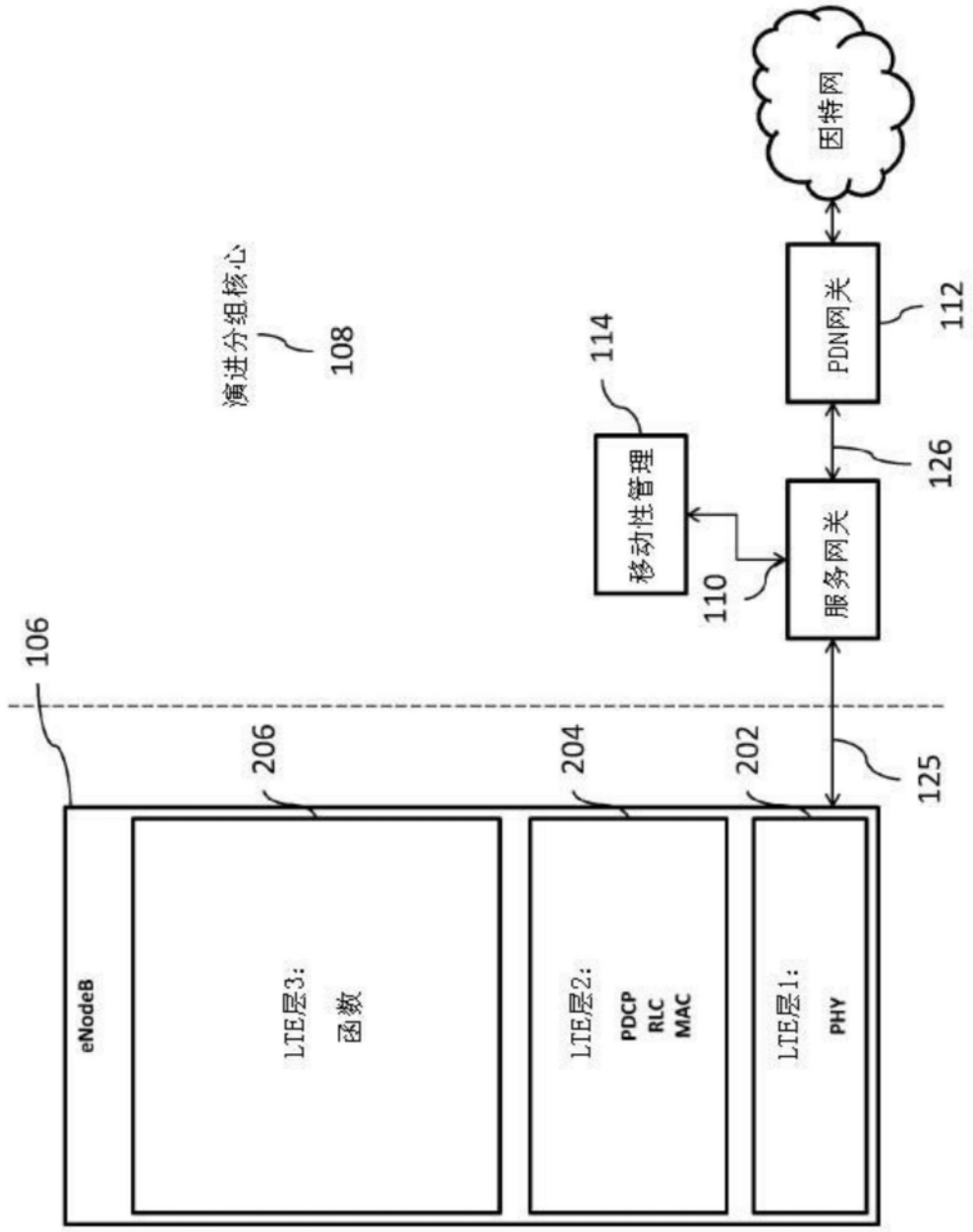

因特网
PDN网关
112
演进分组核心
108
114
移动性管理
110
服务网关
126
106
206
204
202
125
eNodeB
LTE层3:
函数
LTE层2:
PDCP
RLC
MAC
LTE层1:
PHY

图2

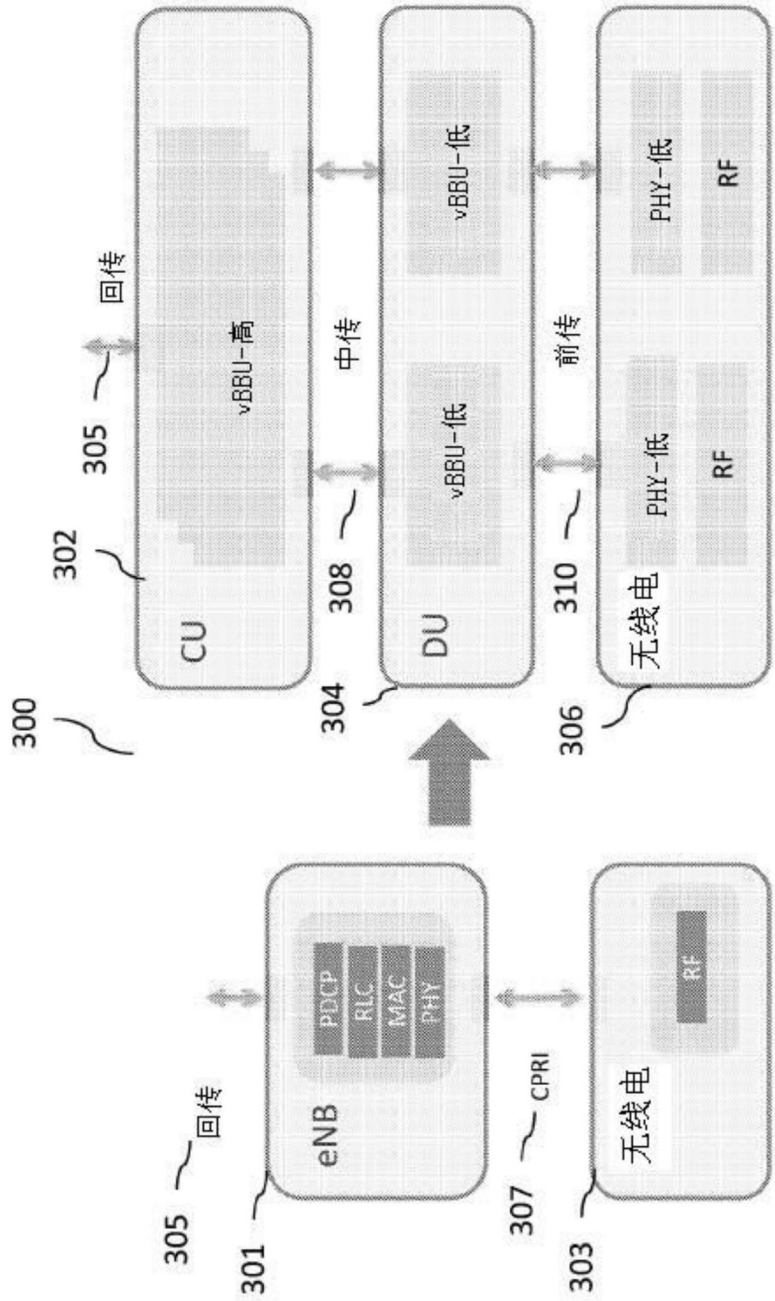

300
CU
302
vBBU-高
回传
305
中传
DU
304
308
vBBU-低
前传
无线电
306
310
PHY-低
RF
eNB
301
PDCP
RLC
MAC
PHY
CPRI
307
303
RF

图3

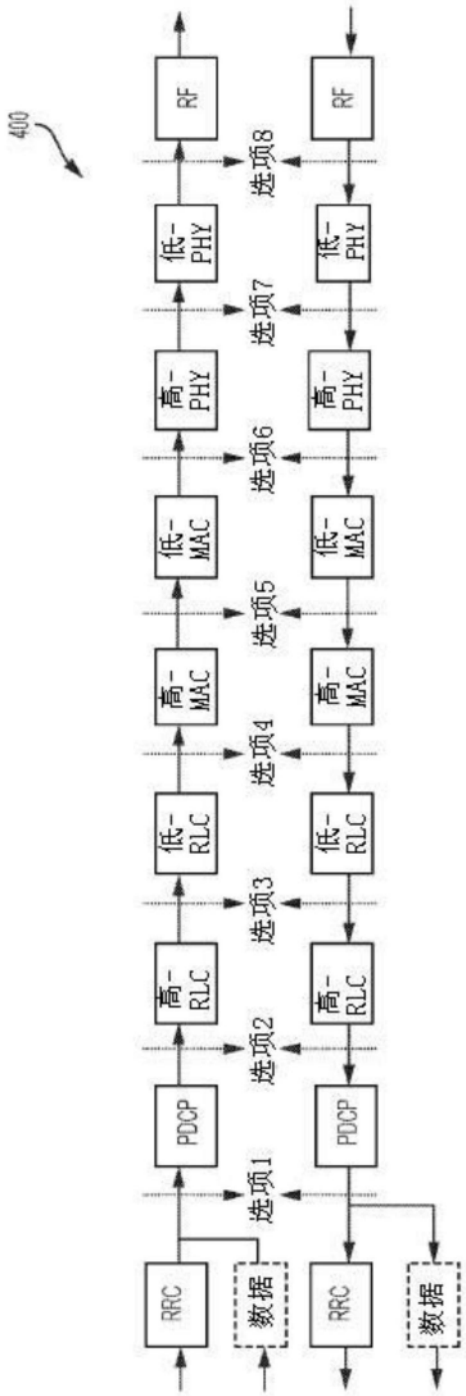

400
RF
RF
选项8
低-PHY
低-PHY
选项7
高-PHY
高-PHY
选项6
低-MAC
低-MAC
选项5
高-MAC
高-MAC
选项4
低-RLC
低-RLC
选项3
高-RLC
高-RLC
选项2
PDCP
PDCP
选项1
RRC
数据
RRC
数据

图4

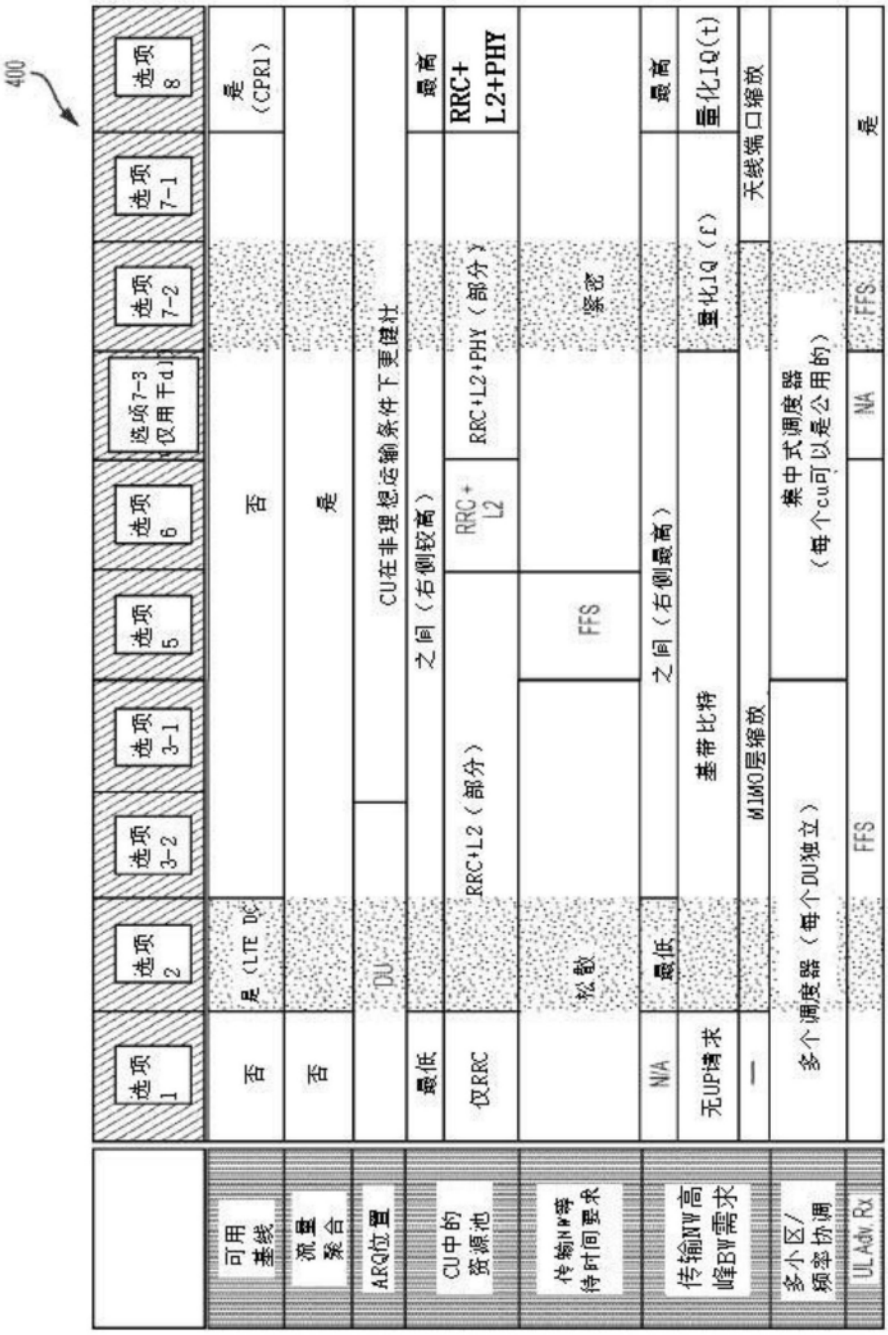

400
可用基线
流量聚合
ARQ位置
CU中的资源池
传输NW等待时间要求
传输NW高峰BW需求
多小区/频率协调
UL Adv. Rx
选项1
选项2
选项3-2
选项3-1
选项5
选项6
选项7-3 仅用于dl
选项7-2
选项7-1
选项8
否
是（LTE DC
否
是
是（CPR1）
DU
CU在非理想运输条件下更健壮
最低
之间（右侧较高）
最高
仅RRC
RRC+L2（部分）
RRC+L2
RRC+L2+PHY（部分）
RRC+L2+PHY
松散
FFS
紧密
N/A
最低
之间（右侧最高）
最高
无UP请求
基带比特
量化IQ（f）
量化IQ(t)
—
MIMO层缩放
天线端口缩放
多个调度器（每个DU独立）
集中式调度器（每个cu可以是公用的）
FFS
NA
FFS
是

图4续

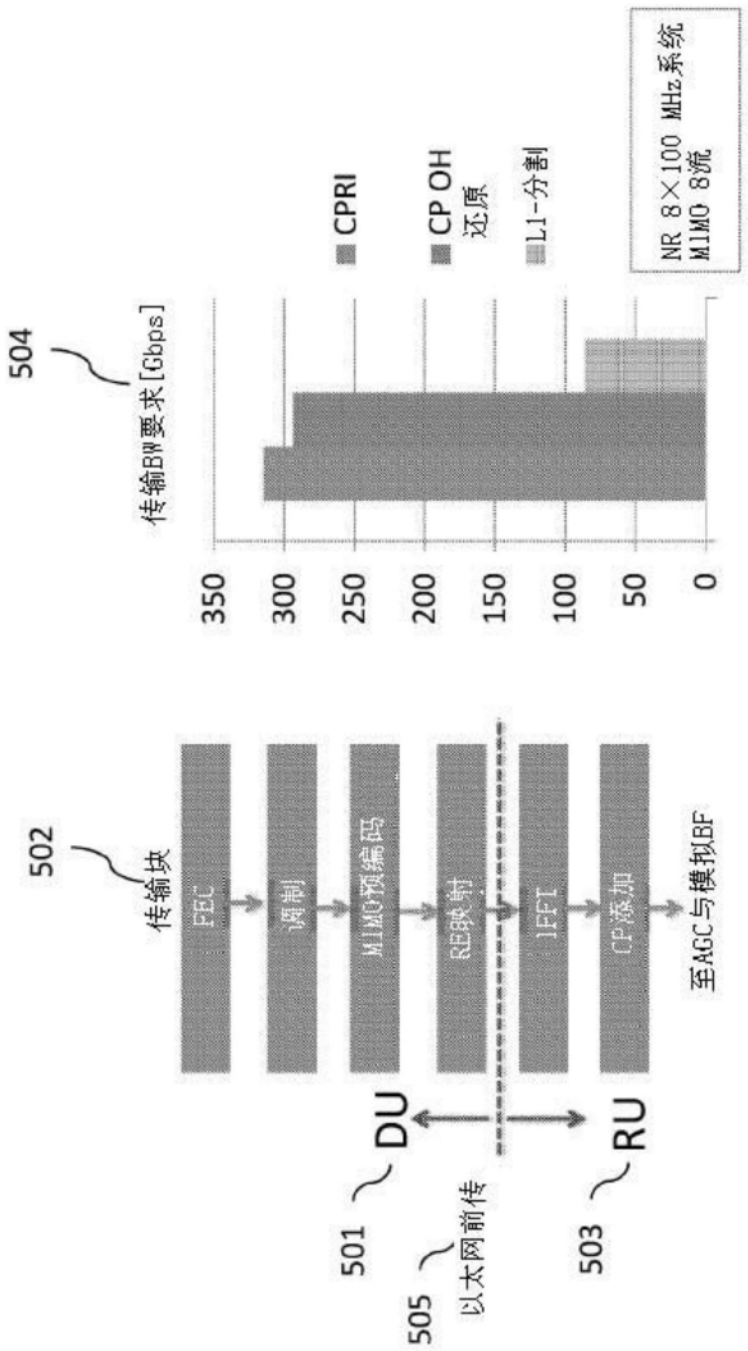

504
传输BW要求[Gbps]
350
300
250
200
150
100
50
0
CPRI
CP OH
还原
L1-分割
NR 8×100 MHz系统
M1MO 8流
502
传输块
FEC
调制
MIMO预编码
RE映射
IFFT
CP添加
至AGC与模拟BF
DU
RU
501
503
505
以太网前传

图5a

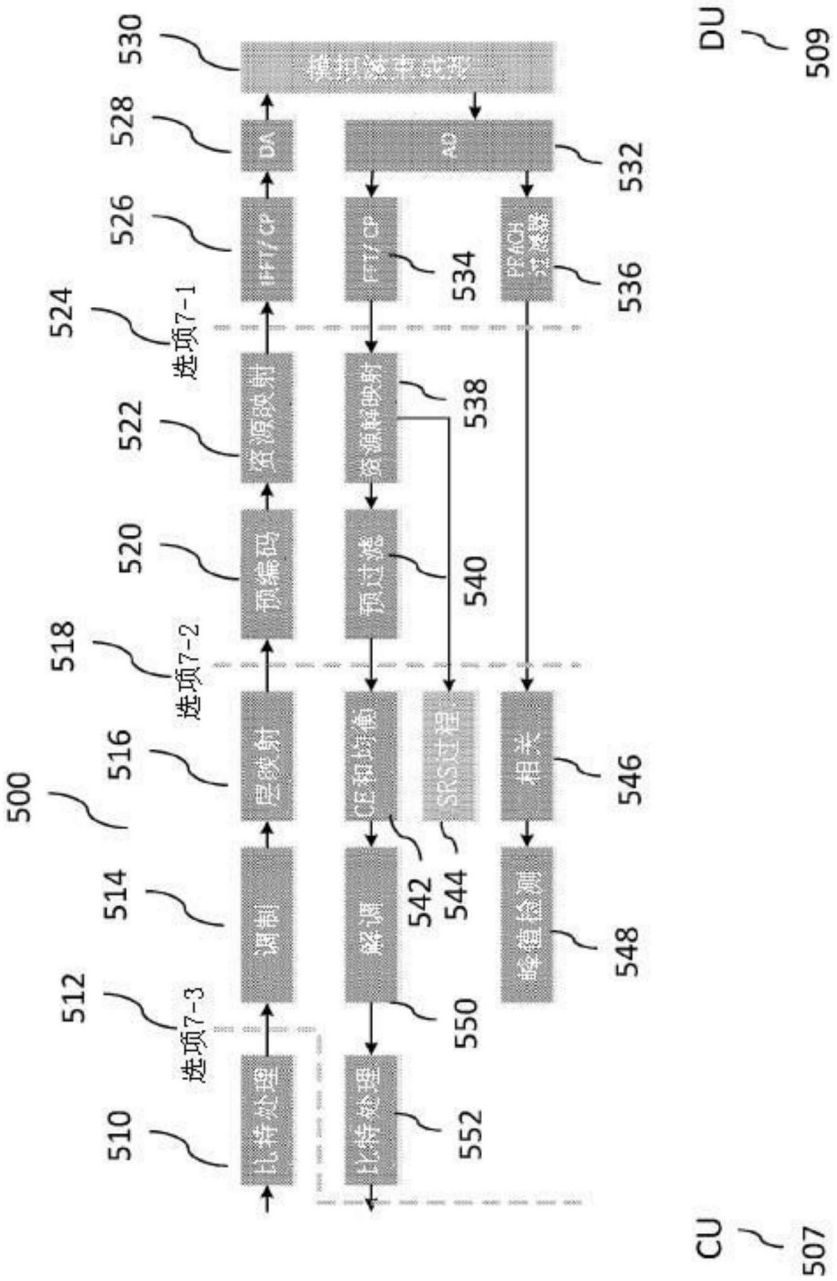

DU
509
530
528
526
524
522
520
518
516
514
512
510
500
选项7-1
选项7-2
选项7-3
DA
IFFT/CP
资源映射
预编码
层映射
调制
比特处理
AD
FFT/CP
资源解映射
预过滤
CE和均衡
解调
比特处理
PRACH滤波器
SRS过程
相关
峰值检测
532
534
536
538
540
542
544
546
548
550
552
CU
507

图5b

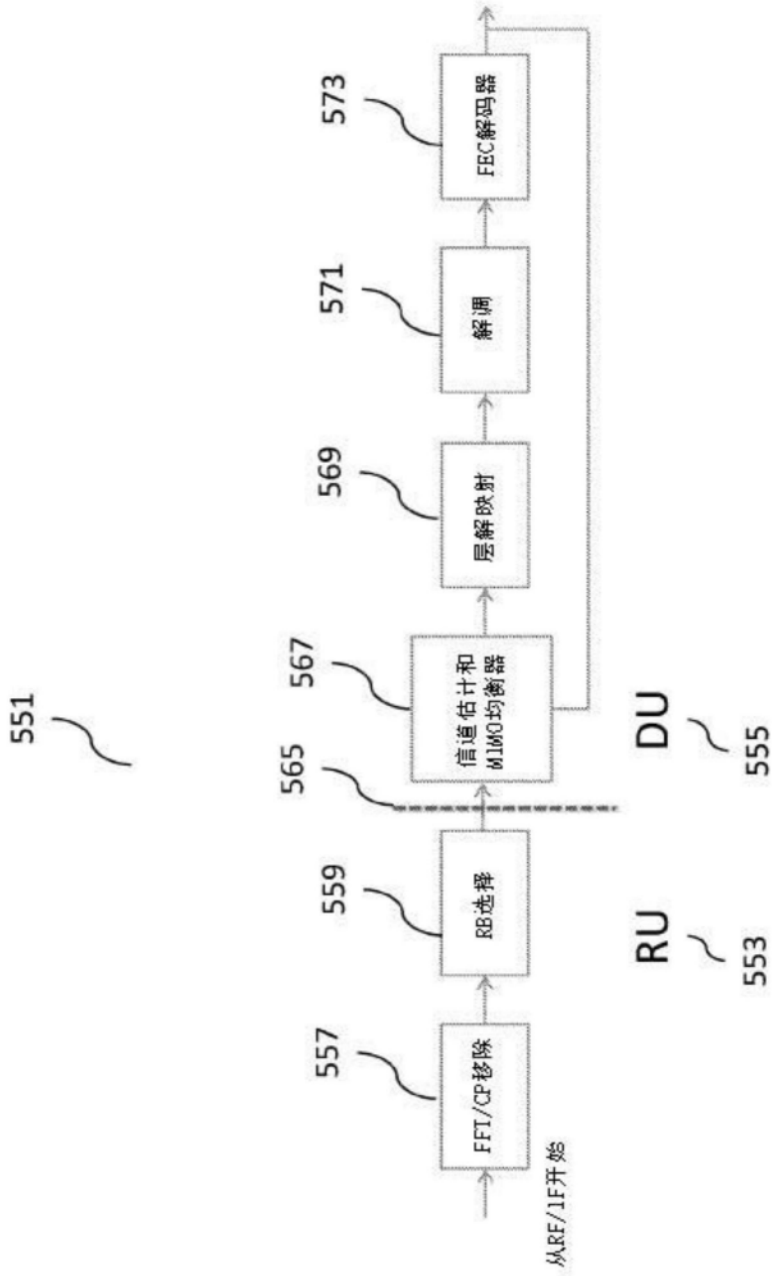

551
565
567
569
571
573
557
559
555
553
DU
RU
FFT/CP移除
RB选择
信道估计和MIMO均衡器
层解映射
解调
FEC解码器
从RF/IF开始

图5c

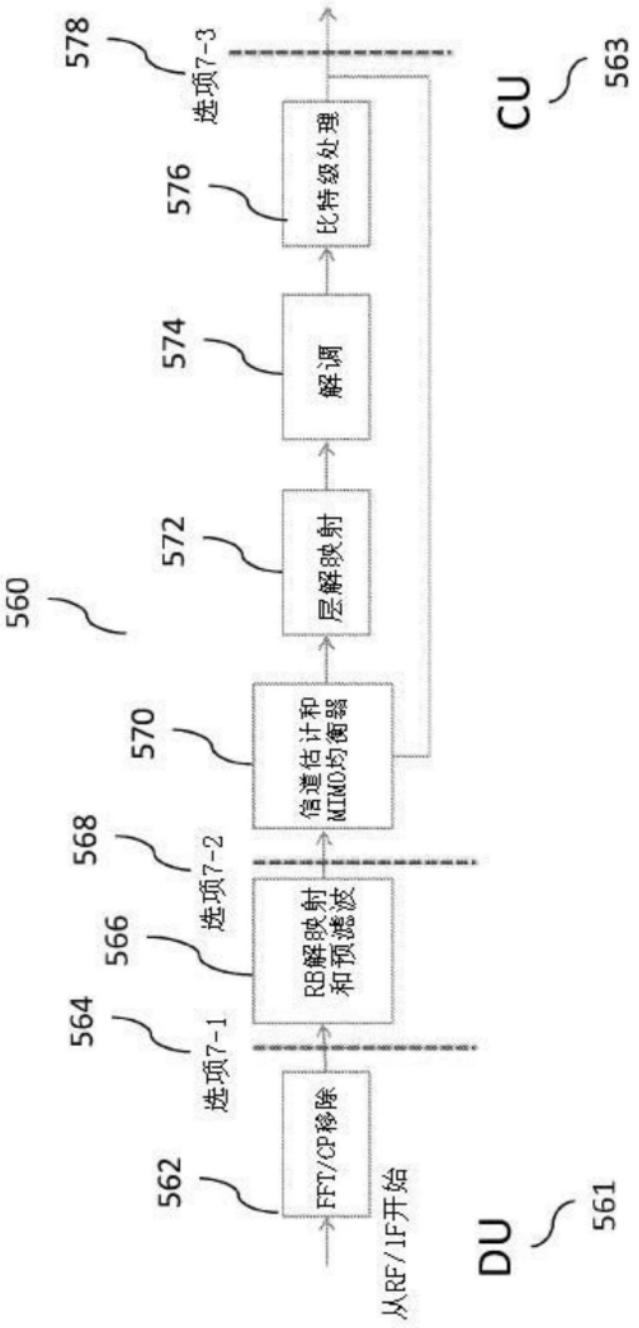

578
选项7-3
CU
563
576
比特级处理
574
解调
572
层解映射
560
570
信道估计和MIMO均衡器
568
选项7-2
566
RB解映射和预滤波
564
选项7-1
562
FFT/CP移除
从RF/IF开始
DU
561

图5d

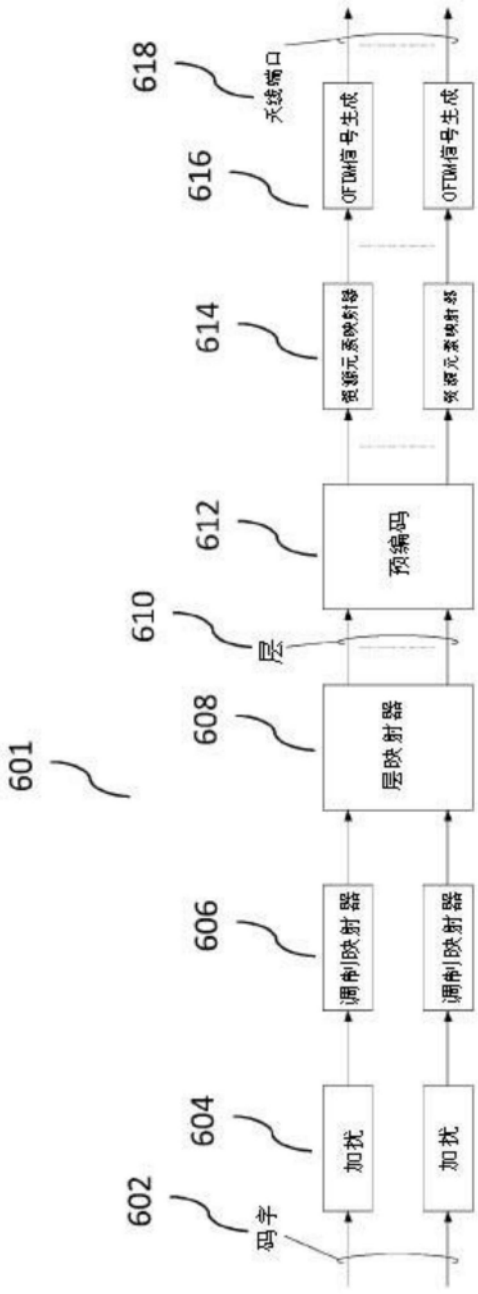

601
602
码字
604
加扰
606
调制映射器
608
层映射器
610
层
612
预编码
614
资源元素映射器
616
OFDM信号生成
618
天线端口

图6a

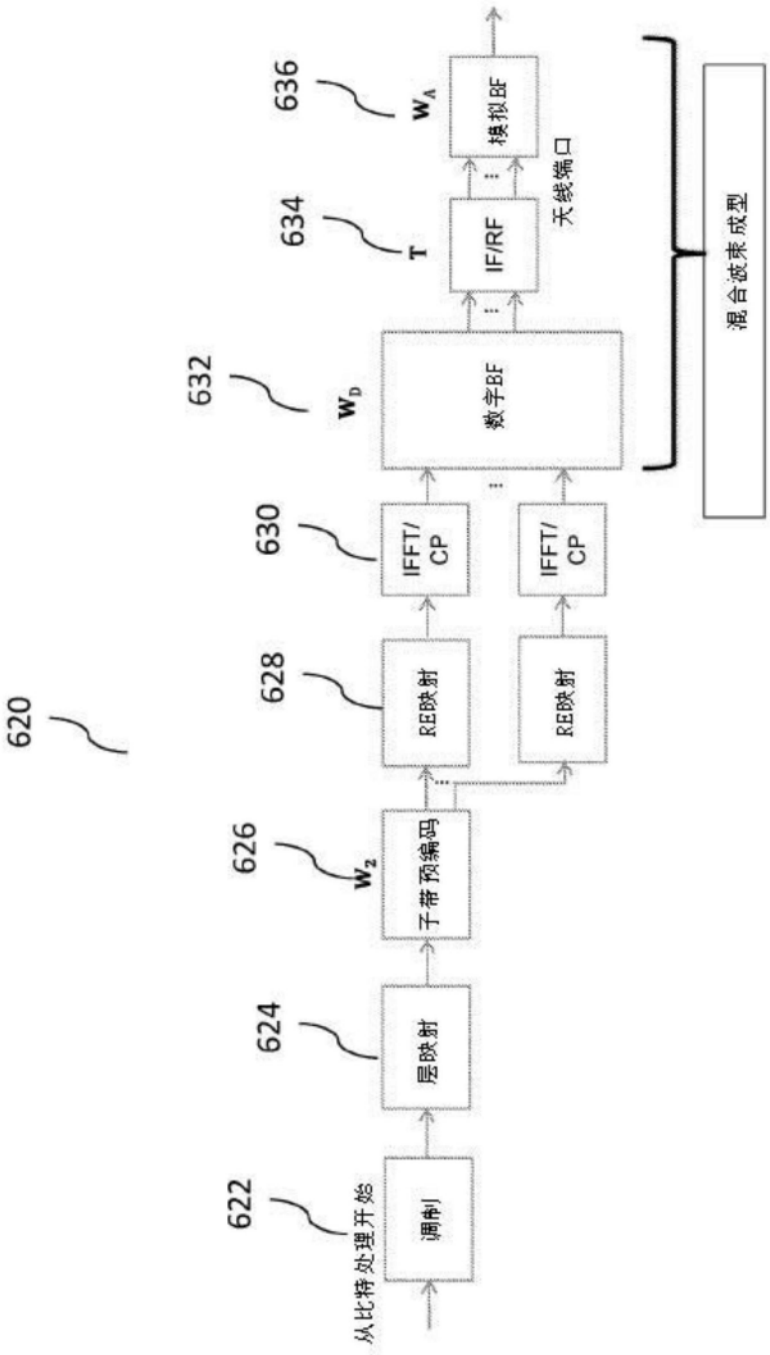

620
622
从比特处理开始
调制
624
层映射
626
W_2
子带预编码
628
RE映射
RE映射
630
IFFT/CP
IFFT/CP
632
W_D
数字BF
634
T
IF/RF
IF/RF
天线端口
636
W_A
模拟BF
模拟BF
混合波束成型

图6b

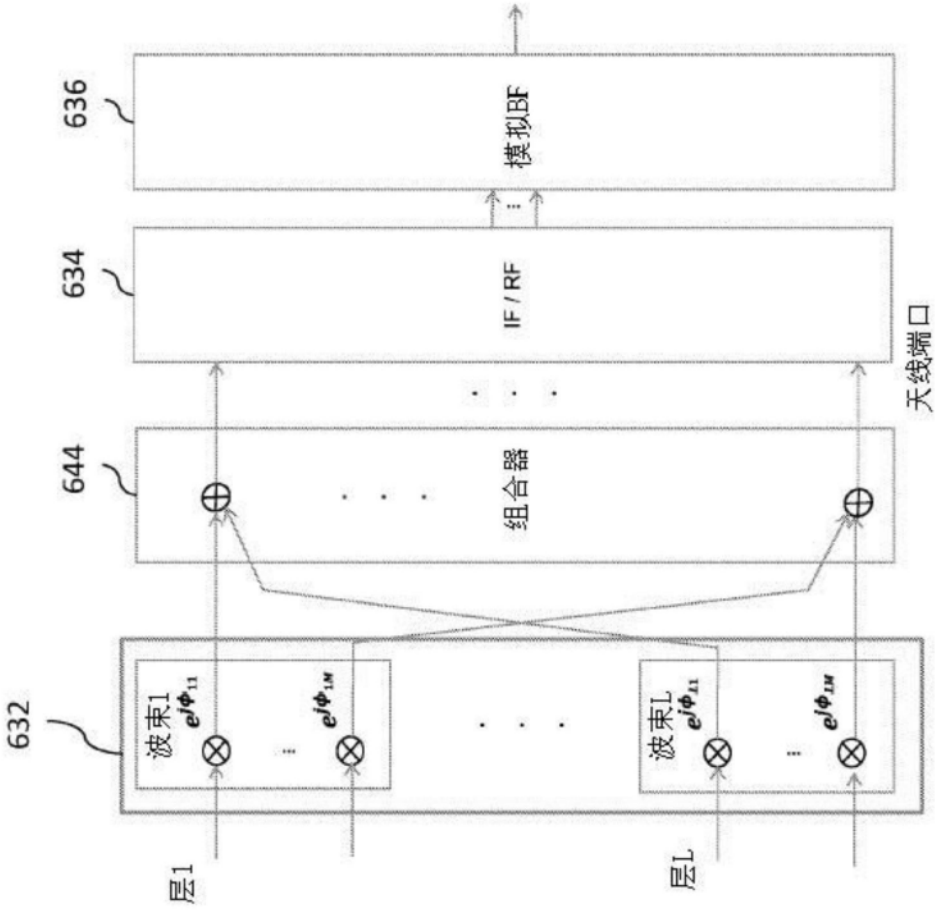


图6c

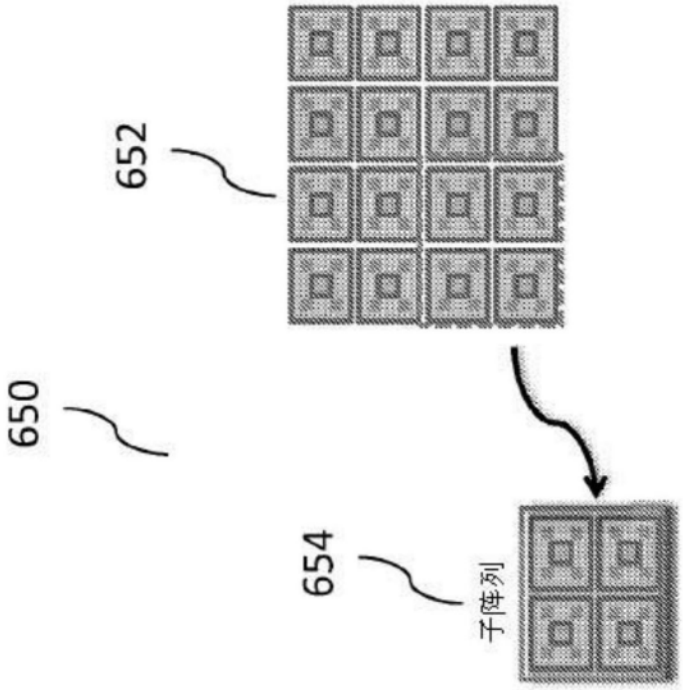


图6d

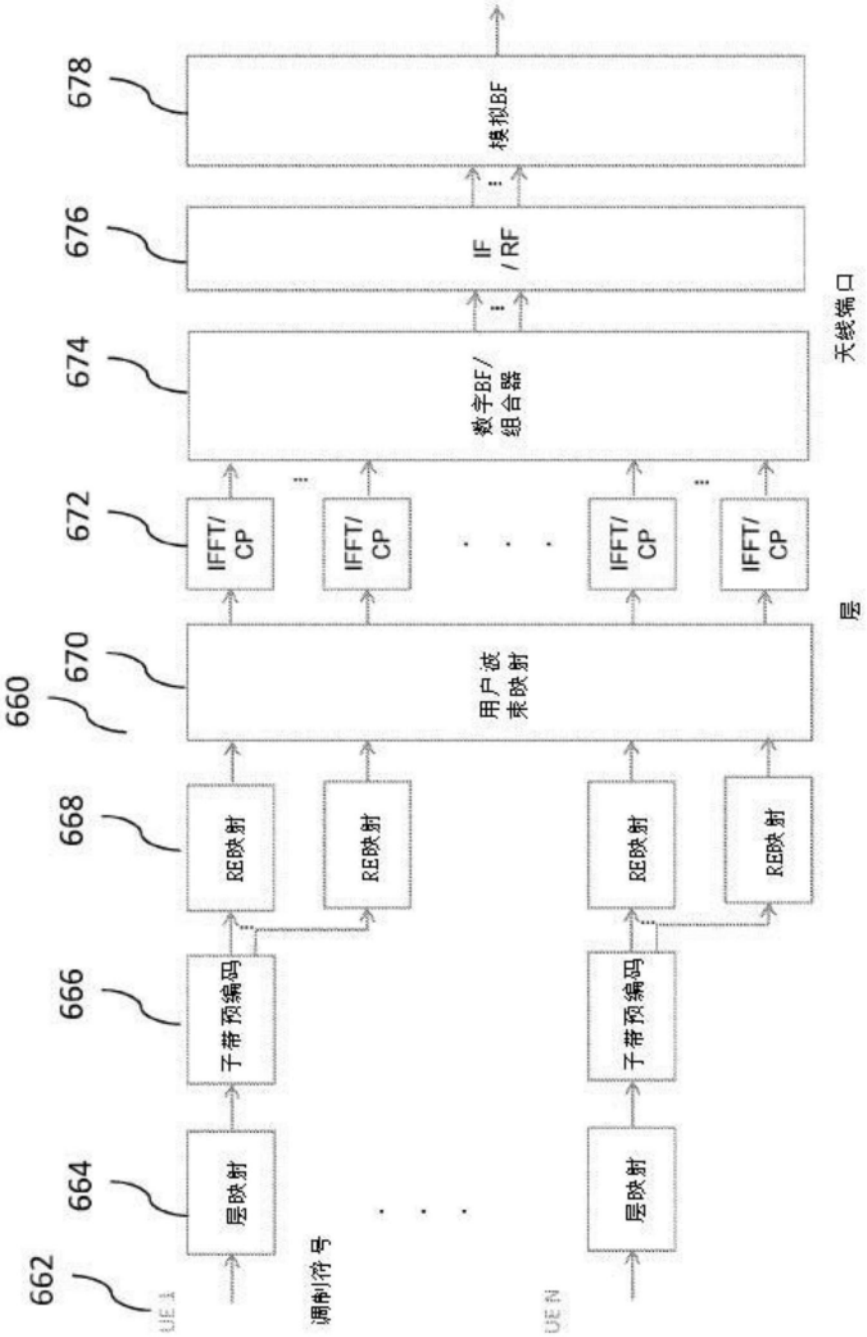

660
662
664
666
668
670
672
674
676
678
UE 1
UE N
调制符号
层映射
子带预编码
RE映射
用户波束映射
IFFT/CP
数字BF/组合器
IF/RF
模拟BF
层
天线端口

图6e

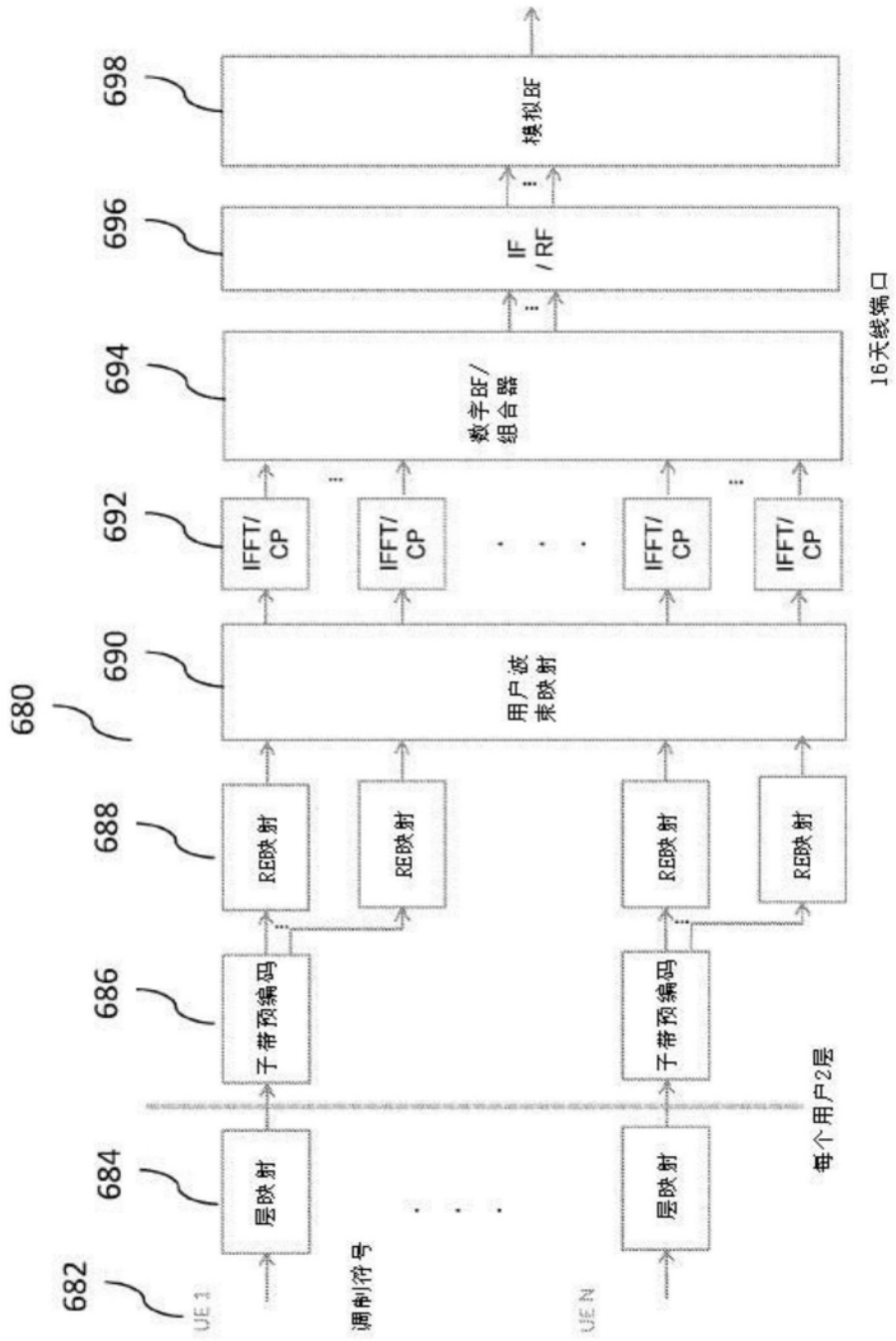

682
684
686
688
690
680
692
694
696
698
UE 1
UE N
调制符号
层映射
子带预编码
RE映射
用户波束映射
IFFT/CP
数字BF/组合器
IF/RF
模拟BF
每个用户2层
16天线端口

图6f

700

类别	DU中的预编码	DU中的预编码
预编码向量计算	•可以在DU中本地计算	•CSI信息必须从DU发送到RU（动态ITI级预编码的严格传输等待时间要求）
预编码向量更新速率	•每个TTI的动态更新	•更新速率取决于传输等待时间
分布式MIMO	•易于根据DU中的CSI反馈计算	•预编码向量和用户级数据发送到多个RUs

图7

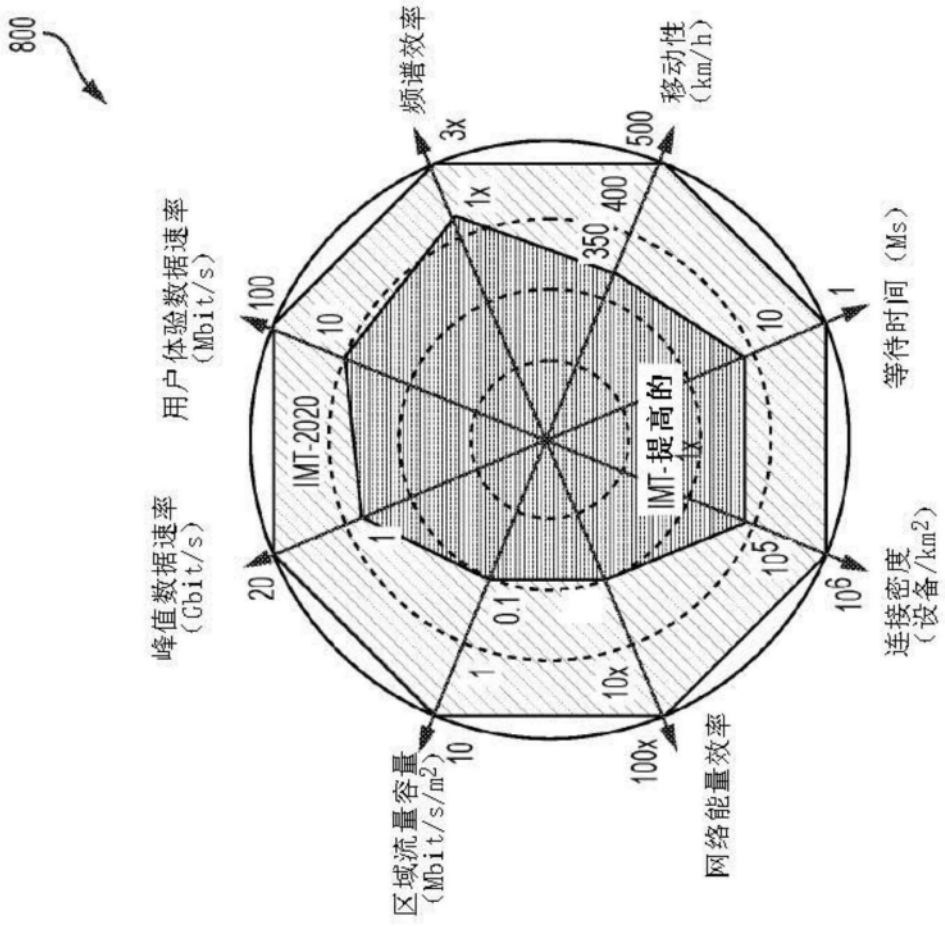

800
频谱效率
3x
1x
移动性
(km/h)
500
400
350
用户体验数据速率
(Mbit/s)
100
10
1
等待时间 (Ms)
IMT-2020
IMT-提高的
峰值数据速率
(Gbit/s)
20
1
0.1
10^5
10^6
连接密度
(设备/km²)
区域流量容量
(Mbit/s/m²)
10
1
10x
100x
网络能量效率

图8

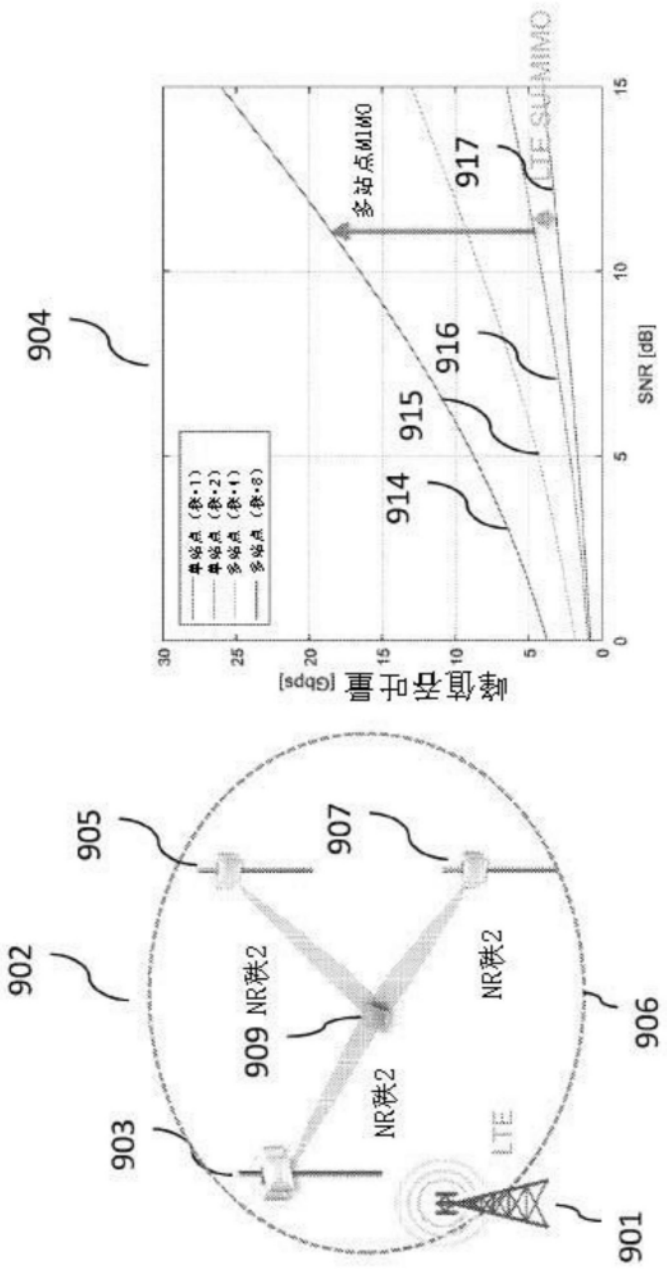

904
914
915
916
917
多站点MIMO
LTE SU-MIMO
峰值吞吐量 [Gbps]
SNR [dB]
0
5
10
15
20
25
30
902
903
905
906
907
909
NR秩2
NR秩2
NR秩2
LTE
901

图9

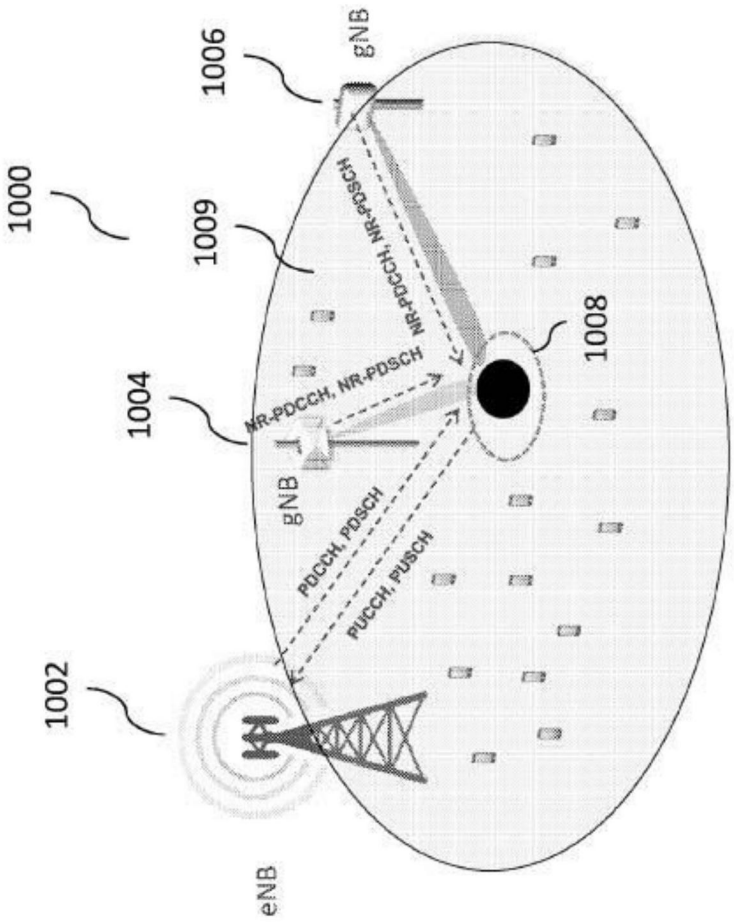

1000
1002
1004
1006
1008
1009
eNB
gNB
gNB
NR-PDCCH, NR-PDSCH
NR-PDCCH, NR-PDSCH
PDCCH, PDSCH
PUCCH, PUSCH

图10

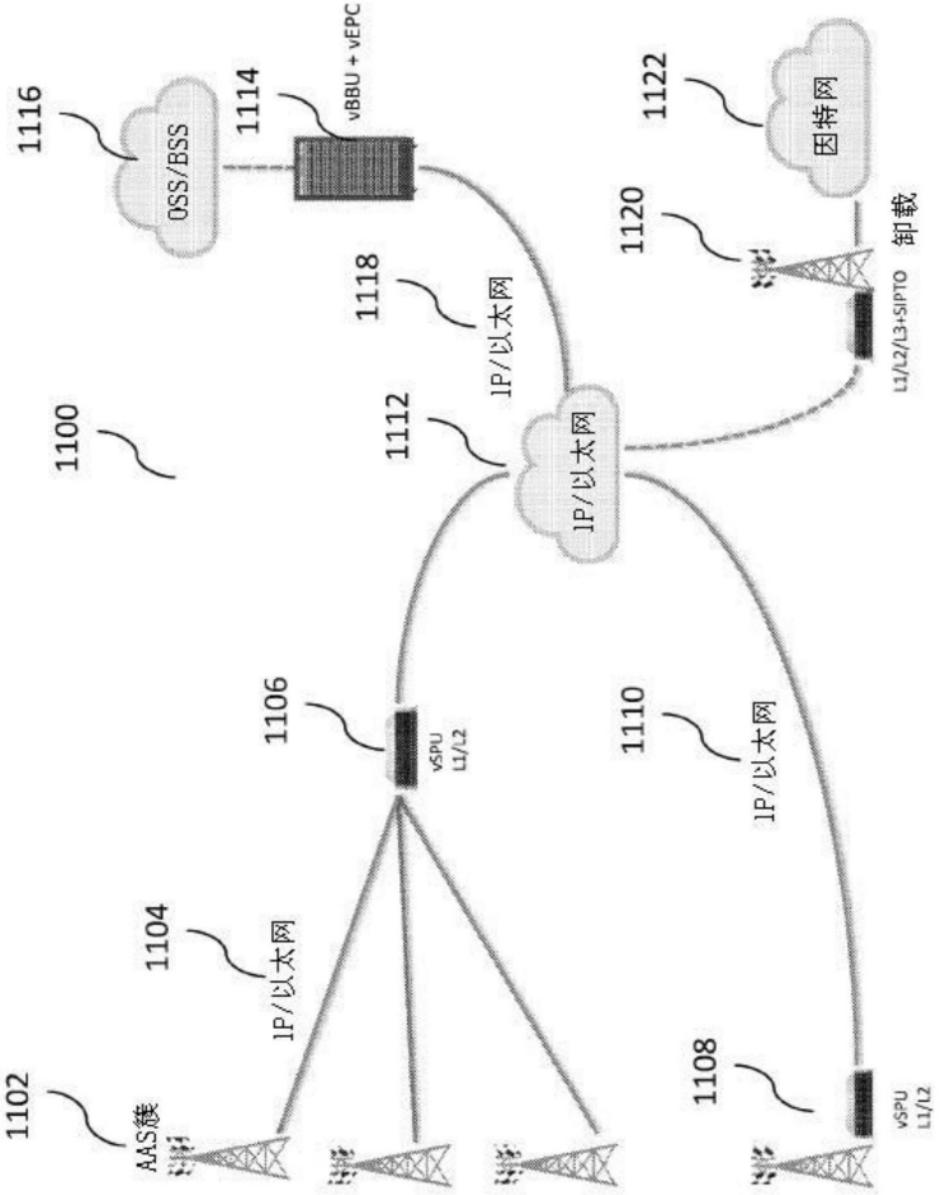

1116
OSS/BSS
1114
vBBU + vEPC
1122
因特网
1120
卸载
L1/L2/L3+SIPTO
1118
IP/以太网
1100
1112
IP/以太网
1106
vSPU
L1/L2
1110
IP/以太网
1104
IP/以太网
1102
AAS簇
1108
vSPU
L1/L2

图11

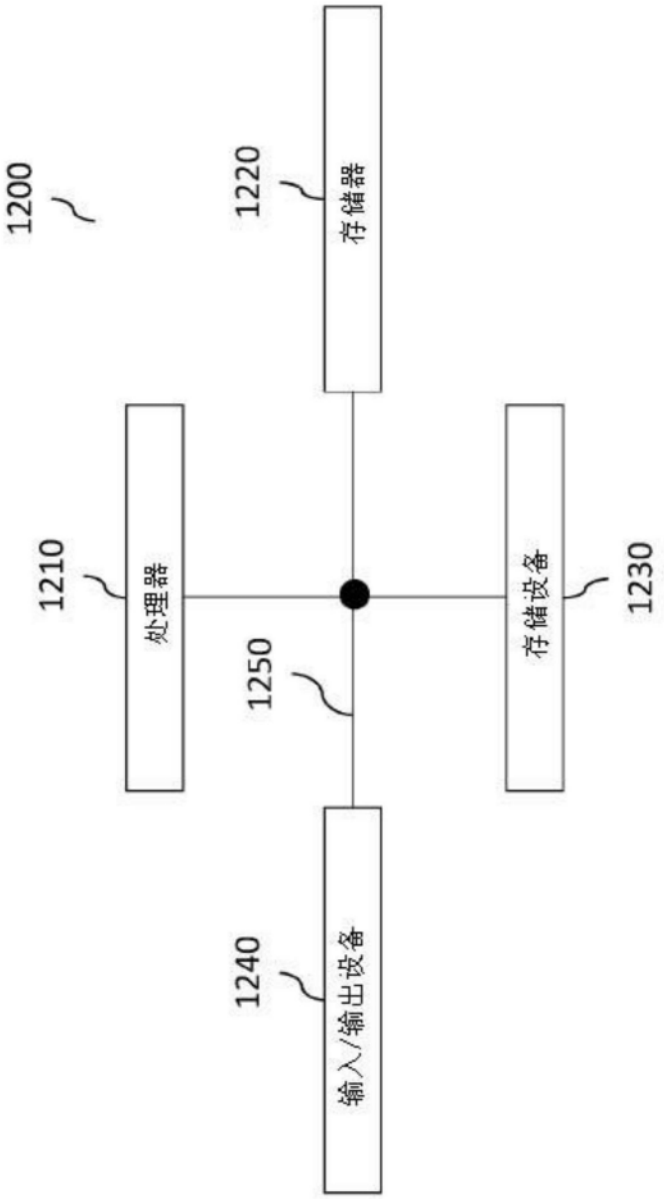


图12

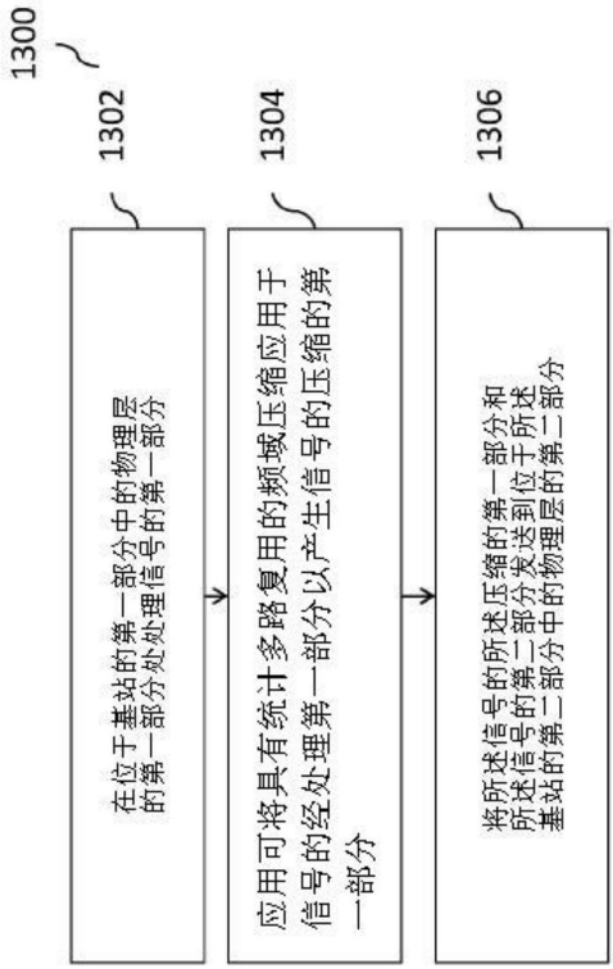

1300
1302
在位于基站的第一部分中的物理层的第一部分处处理信号的第一部分
1304
应用可将具有统计多路复用的频域压缩应用于信号的经处理第一部分以产生信号的压缩的第一部分
1306
将所述信号的所述压缩的第一部分和所述信号的第二部分发送到位于所述基站的第二部分中的物理层的第二部分

图13