

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 7/06 (2006.01)

H04L 1/06 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780047415.2

[43] 公开日 2009年10月21日

[11] 公开号 CN 101563861A

[22] 申请日 2007.12.18

[21] 申请号 200780047415.2

[30] 优先权

[32] 2006.12.19 [33] US [31] 60/870,653

[32] 2007.3.9 [33] US [31] 11/684,527

[86] 国际申请 PCT/US2007/087970 2007.12.18

[87] 国际公布 WO2008/077056 英 2008.6.26

[85] 进入国家阶段日期 2009.6.19

[71] 申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

[72] 发明人 A·F·纳吉布

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 张立达 王英

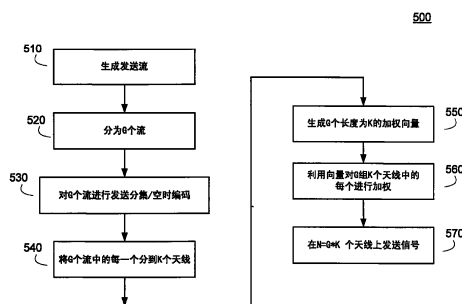
权利要求书 5 页 说明书 17 页 附图 6 页

[54] 发明名称

波束空时编码和发送分集

[57] 摘要

用于通过将波束成形应用于经过发送分集/空时编码的信号来在接收机处增加分集增益的方法和装置。可以通过对信号进行空时编码来在信号源处提供发送分集。在多个空时天线组上对发送信号进行空时编码，其中每个空时天线组与一个特定的空时码相关联。在每个空时天线组中的多个天线上对在该空时天线组处的信号进行波束成形。相对空时天线组中的其它天线而言，利用不同的加权来对该空时天线组中的多个天线中的每个天线进行加权。每个加权可以具有不同的幅度、相位或者幅度和相位的组合。该加权可以是静态的或动态的。动态加权可以随时间改变每个加权的幅度、相位或幅度和相位的组合。



1、一种发射机，包括：

生成器，其被配置为生成发送信号流；

发送分集编码器，其被配置为接收所述发送信号流，并且被配置为根据所述发送信号流来生成多个（G 个）经过发送分集/空时编码的发送流；
以及

多个波束成形编码器，所述多个波束成形编码器中的每个波束成形编码器被配置为接收所述多个经过发送分集/空时编码的发送流中的一个发送流，并且生成多个（K 个）经过加权的子流，以对所述多个经过发送分集/空时编码的发送流中的所述一个发送流进行波束成形。

2、如权利要求 1 所述的发射机，其中，所述发射机被耦合到多组天线，所述多组天线被耦合到所述多个波束成形编码器，所述多组天线中的每组天线具有 K 个天线并且被配置为广播所述多个经过发送分集/空时编码的发送流中的经过波束成形的已编码发送流。

3、如权利要求 2 所述的发射机，其中，所述多组天线包括 $N = G \times K$ 个天线。

4、如权利要求 1 所述的发射机，还包括加权矩阵生成器，其被配置为生成多个加权向量，并且其中所述多个波束成形编码器中的每个波束成形编码器通过利用对应的加权向量对所述多个经过发送分集/空时编码的发送流中的所述一个发送流进行加权，来生成所述多个经过加权的子流。

5、如权利要求 4 所述的发射机，其中，所述加权矩阵生成器被配置为生成至少一个变化的加权向量。

6、如权利要求 5 所述的发射机，其中，所述至少一个变化的加权向量包括时变加权向量。

7、如权利要求 5 所述的发射机，其中，所述至少一个变化的加权向量包括基于发射机事件确定的加权向量。

8、如权利要求 4 所述的发射机，其中，所述加权矩阵生成器被配置为生成至少一个复加权向量。

9、如权利要求 4 所述的发射机，其中，所述加权矩阵生成器被配置为针对多个接入终端中的每个接入终端生成不同的复加权向量。

10、如权利要求 1 所述的发射机，其中，所述多个波束成形编码器中的至少一个波束成形编码器被配置为将所接收的已编码发送流划分为 K 个子流，并且利用复加权向量中的元素来对所述 K 个子流中的至少一个子流进行加权。

11、如权利要求 1 所述的发射机，其中，所述发送流包括被频率变换到工作频率的正交频分复用（OFDM）符号。

12、如权利要求 1 所述的发射机，其中，所述发送分集编码器被配置为对所述发送流的一个版本进行延迟，来作为用于生成经过发送分集/空时编码的发送流的过程的至少一部分。

13、如权利要求 1 所述的发射机，其中，所述发送分集编码器被配置为对所述发送流的一个版本求共轭，来作为用于生成经过发送分集/空时编码的发送流的过程的至少一部分。

14、如权利要求 1 所述的发射机，其中，所述发送分集编码器被配置为对所述发送流的一个版本进行旋转，来作为用于生成经过发送分集/空时编码的发送流的过程的至少一部分。

15、一种引入发送分集的方法，所述方法包括：

生成发送流；

将所述发送流分割为多个（G 个）信号流；

对所述 G 个信号流进行发送分集/空时编码；

在 K 个天线上对所述 G 个信号流中的每个信号流进行波束成形；以及
发送所述 G 个经过波束成形的信号。

16、如权利要求 15 所述的方法，其中，对所述 G 个信号流进行发送分集/空时编码包括：相对于所述 G 个信号流中的第一个信号流，对所述 G 个信号流中的至少一个信号流进行时间延迟。

17、如权利要求 15 所述的方法，其中，对所述 G 个信号流进行发送分集/空时编码包括：相对于所述 G 个信号流中的第一信号流，对所述 G 个信号流中的至少一个信号流求共轭。

18、如权利要求 15 所述的方法，其中，对所述 G 个信号流进行发送分集/空时编码包括：相对于所述 G 个信号流中的第一信号流，对所述 G 个信号流中的至少一个信号流进行旋转。

19、如权利要求 15 所述的方法，其中，在 K 个天线上对所述 G 个信号流中的每个信号流进行波束成形包括：利用变化的波束成形向量来对所述 G 个信号流中的至少一个信号流进行加权。

20、如权利要求 19 所述的方法，其中，所述变化的波束成形向量包括预定的时变波束成形向量。

21、如权利要求 15 所述的方法，其中，在 K 个天线上对所述 G 个信号流中的每个信号流进行波束成形包括：

将所述 G 个信号流中的每个信号流分为 K 个子流；

利用对应的加权向量中的元素，对所述 K 个子流中的每个子流进行加

权。

22、如权利要求 21 所述的方法，其中，对所述 K 个子流中的每个子流进行加权包括：将子流与所述对应的加权向量中的复加权相乘。

23、如权利要求 21 所述的方法，其中，对所述 K 个子流中的每个子流进行加权包括：利用变化的加权来对至少一个子流进行加权。

24、一种发射机，所述系统包括：

用于生成发送流的模块；

用于对所述发送流进行发送分集/空时编码以生成 G 个已编码发送流的模块；

用于对所述 G 个已编码发送流中的每个已编码发送流进行波束成形以生成 G 个经过波束成形的组的模块；以及

用于发送所述 G 个经过波束成形的组的多个天线。

25、如权利要求 24 所述的发射机，其中，所述用于对所述发送流进行发送分集/空时编码的模块包括：一个元件，其被配置为根据所述发送流生成经过延迟、求共轭、旋转或求反后的信号流中的至少一个。

26、如权利要求 24 所述的发射机，还包括：用于生成具有至少一个变化的加权向量的加权矩阵的模块，并且其中所述用于对所述 G 个已编码发送流中的每个已编码发送流进行波束成形的模块包括：用于将所述 G 个已编码发送流中的至少一个已编码发送流与所述至少一个变化的加权向量中的第一个加权向量相乘的模块。

27、如权利要求 26 所述的发射机，还包括：用于定时和同步的模块，所述用于定时和同步的模块被配置为生成由所述用于生成加权矩阵的模块使用的定时基准，以改变所述至少一个变化的加权向量。

28、一种计算机可读介质，其上包括指令，所述指令被配置为使得设备提供发送分集，所述指令包括：

用于发送 G 个信号流的指令；

用于对所述 G 个信号流进行发送分集/空时编码的指令；以及

用于利用对应的复加权向量来对所述 G 个信号流中的每个信号流进行加权以对所述 G 个信号流中的每个信号流进行波束成形的指令。

29、如权利要求 28 所述的计算机可读介质，还包括：用于生成至少一个变化的加权向量的指令。

波束空时编码和发送分集

基于 35 U.S.C. §119 要求优先权

本专利申请要求享有 2006 年 12 月 19 日提交的、名称为“BEAM SPACE TIME CODING AND TRANSMIT DIVERSITY”的临时申请 No. 60/870,653 的优先权，该临时申请被转让给本申请的受让人，并由此通过引用明确地并入本文。

背景技术

无线通信设备被配置为在各种操作条件和操作环境下进行操作。基于移动无线设备相对于发送信号源的位置，该移动无线设备可以在信号质量方面经历剧烈的变化。信号质量中的变化可以通过将发射机链接到无线接收机的无线信道中的变化来表征。

存在许多对无线信道有所贡献的因素。例如，接收信号强度随着发射机和接收机之间的距离增加而降低。另外，地形的变化以及障碍物和反射表面的存在均对多径产生贡献。经过从发射机到接收机的多个信号路径的信号可以建设性地或破坏性地组合。例如，由于多径信号分量中的相位旋转而导致的破坏性的信号组合可以导致显著地降低在接收机处的信号质量。已降低的信号质量通常被称为信号衰落，或简称为衰落。

无线通信系统可以实施各种技术来补偿在强衰落下进行操作的概率。无线通信系统可以实施信号分集来帮助补偿衰落。分集通常是指实施某种类型的冗余来提供或解析独立的信号路径。

发射机可以通过引入不同的可解析信号来提供分集，使得接收机具有接收到和解析出所发送信号的增加的概率。发射机可以通过使用多个发射天线、多个发射频率、多个发射时间或其一些组合来引入分集。

例如，发送分集可以通过从一个天线发送原始信息符号以及从第二天线发送该符号的修改版本来实现。该原始符号的修改版本可以是指该原始符号被延迟、求共轭、求反、旋转等或者部分或所有上述处理的组合的版

本。所旋转的信号是指信号相位相对于基准的复旋转。接收机对一个或多个符号周期内的全部接收信号进行处理，以恢复所发送的符号。

类似地，接收机可以通过使用多个空间分集接收天线来提供有限量的分集。优选地，将所述多个接收天线间隔开一个距离，该距离使每个天线能够经历与其它接收天线所经历的信道无关的信道特性。

发明内容

提供了用于通过将波束成形应用于经过发送分集空时编码的信号来增加接收机处的分集增益的方法和装置。可以通过对信号进行空时编码来在信号源处提供发送分集。在多个空时天线组上对发送信号进行空时编码，其中每个空时天线组与一个特定空时码相关联。在每个空时天线组中的多个天线上对在该空时天线组处的信号进行波束成形。相对空时天线组中的其它天线而言，利用不同的加权来对该空时天线组中的多个天线中的每个天线进行加权。每个加权可以具有不同的幅度、相位或者幅度和相位的组合。该加权可以是静态的或动态的。动态加权可以随时间改变每个加权的幅度、相位或幅度和相位的组合。

本公开的方面包括发射机系统，该发射机系统包括发射机、发送分集编码器以及多个波束成形编码器，所述发射机被配置为生成发送信号流，所述发送分集编码器被配置为接收所述发送信号流并且根据所述发送信号流生成多个（ G 个）经过发送分集/空时编码的发送流，所述多个波束成形编码器中的每个编码器被配置为接收多个经过发送分集/空时编码的发送流中的一个并且生成多个（ K 个）经过加权的子流，以对多个经过发送分集/空时编码的发送流中的所述一个发送流进行波束成形。

本公开的方面包括用于引入发送分集的方法。该方法包括生成发送流，将所述发送流分割为多个（ G 个）信号流，对所述 G 个信号流进行发送分集/空时编码，在 K 个天线上对所述 G 个信号流中的每个进行波束成形，以及发送所述 G 个经过波束成形的信号。

本公开的方面包括发射机系统，该发射机系统包括用于生成发送流的模块，用于对所述发送流进行发送分集/空时编码以生成 G 个已编码发送流的模块，用于对所述 G 个已编码发送流中的每个进行波束成形以生成 G 个

经过波束成形的组的模块，以及用于发送所述 G 个经过波束成形的组的多个天线。

本公开的方面包括具有计算机程序的计算机可读介质，所述计算机程序用于执行如下步骤，包括：接收发送流，对 G 个信号流进行发送分集/空时编码，以及利用对应的复加权向量来对所述 G 个信号流中的每个信号流进行加权以对所述 G 个信号流中的每个信号流进行波束成形。

附图说明

根据下面结合附图阐述的详细描述，本公开的实施例的特征、目的和优点将变得更加明显，在附图中，相似的元件具有相似的参考标记。

图 1 是无线通信系统的一个实施例的简化功能方框图。

图 2 是多址无线通信系统中的发射机和接收机的一个实施例的简化功能方框图。

图 3 是发射机系统的一个实施例的简化功能方框图，其中该发射机系统具有经过波束成形的空时编码发送分集。

图 4 是发射机系统的一个实施例的简化功能方框图，其中该发射机系统具有经过波束成形的空时编码发送分集。

图 5 是使用经过波束成形的发送分集/空时编码来提供发送分集的方法的一个实施例的简化流程图。

图 6 是具有经过波束成形的空时编码发送分集的发射机系统的一个实施例的简化功能方框图。

具体实施方式

描述了用于生成和发送无线信号的方法和装置，其结合了发送分集/空时编码和波束成形的益处。发射机配备有 N 个发射天线。随后，将这 N 个发射天线划分为 G 组天线，其中 $G \leq N$ 。在每组天线中，利用加权向量

$\mathbf{W}_g = [w_{g1} \ w_{g2} \ \dots \ w_{g,N/G}]$ 对所述天线进行加权，以形成波束。

最初将需要发送的信息流发送分集/空时编码为 G 个子流。使用一组天线来对这些子流中的每个子流进行波束成形和发送。

图 1 是多址无线通信系统 100 的一个实施例的简化功能方框图。多址无线通信系统 100 包括多个小区，例如小区 102、104 和 106。在图 1 的实施例中，每个小区 102、104 和 106 可以包括接入点 105，该接入点 105 包括多个扇区。

该多个扇区由多组天线构成，其中每组天线负责与该小区的一部分中的接入终端的通信。在小区 102 中，天线组 112、114 和 116 各自对应于一个不同的扇区。例如，小区 102 被划分为三个扇区 120a-120c。第一天线 112 服务于第一扇区 102a，第二天线 114 服务于第二扇区 102b，以及第三天线 116 服务于第三扇区 102c。在小区 104 中，天线组 118、120 和 122 各自对应于一个不同的扇区。在小区 106 中，天线组 124、126 和 128 各自对应于一个不同的扇区。

每个小区被配置为支持或以其它方式服务于与对应接入点的一个或多个扇区进行通信的若干接入终端。例如，接入终端 130 和 132 与接入点 142 通信，接入终端 134 和 136 与接入点 144 通信，以及接入终端 138 和 140 与接入点 146 通信。尽管将接入点 142、144 和 146 中的每个示出为与两个接入终端通信，但是每个接入点 142、144 和 146 并不限于与两个接入终端通信，而是可以支持多达某一限制值的任意数目的接入终端，该限制值可以是物理限制值或由通信标准强加的限制值。

如本文所使用的，接入点可以是用于与终端通信的固定站，接入点也可以称为基站、节点 B 或一些其它术语并且包括基站、节点 B 或一些其它术语的部分或所有功能。接入终端（AT）也可以称为用户装置（UE）、用户终端、无线通信设备、终端、移动终端、移动台或一些其它术语，并且包括用户装置（UE）、用户终端、无线通信设备、终端、移动终端、移动台或一些其它术语的部分或所有功能。

从图 1 可以看出，每个接入终端 130、132、134、136、138 和 140 位于其各自小区中与该同一小区中的每个其它接入终端相比的不同部分中。此外，每个接入终端可以与对应于正在与其通信的接入点的天线组相距不同的距离。除了小区中的环境和其它条件之外，这两个因素均提供了使得在每个接入终端和对应于正在与该接入终端通信的接入点的天线组之间呈现不同信道条件的情形。

由于不断变化的信道条件而使每个接入终端（例如 130）通常经历任何其它接入终端没有经历的唯一的信道特性。此外，信道特性随时间变化并且由于位置的变化而改变。接入点（例如 142、144 和 146）可以被配置为实现动态地改变对每个天线组中的天线的天线加权，以便改善在接入终端 130、132、134、136、138 和 140 处经历的信号分集。

以上实施例可以利用如在图 2 中所示的发送（TX）处理器 220 或 260、处理器 230 或 270 以及存储器 232 或 272 来实现。这些过程可以在任何处理器、控制器或其它处理设备执行，并且可以作为源代码、目标代码或以其它形式存储在计算机可读介质中作为计算机可读指令。

图 2 是多址无线通信系统 200 中的发射机和接收机的一个实施例的简化功能方框图。在发射机系统 210 处，从数据源 212 向发送（TX）数据处理处理器 214 提供多个数据流的业务数据。在一个实施例中，每个数据流在各自的发射天线上发送。TX 数据处理处理器 214 基于为每个数据流选择的特定编码方案，来对该数据流的业务数据进行格式化、编码和交织，以提供已编码数据。在一些实施例中，TX 数据处理处理器 214 基于数据流的符号正被发送到的用户和正在发送该符号的天线，来将波束成形加权应用于该数据流的符号。在一些实施例中，可以基于信道响应信息来生成波束成形加权，其中该信道响应信息指示接入点和接入终端之间的传输路径的条件。此外，在被调度的传输的那些情况下，TX 数据处理处理器 214 可以基于从用户发送的秩信息（rank information）来选择分组格式。

可以使用 OFDM 技术来将每个数据流的已编码数据与导频数据进行复用。该导频数据通常是以公知方式处理的公知数据模式，并且可以在接收机系统处用来估计信道响应。随后，基于为每个数据流选择的特定调制方案（例如，BPSK、QPSK、M-PSK 或 M-QAM）来对已复用的导频数据和该数据流的已编码数据进行调制，以提供调制符号。每个数据流的数据速率、编码和调制可以利用由处理器 230 提供的指令来确定。在一些实施例中，并行空间流的数目可以根据从用户发送的秩信息而改变。

随后，将所有数据流的调制符号提供给 TX MIMO 处理器 220，该 TX MIMO 处理器 220 可以进一步对调制符号进行处理（例如，针对 OFDM）。TX MIMO 处理器 220 随后将 N_T 个符号流提供到 N_T 个发射机（TMTR）220a

到 222t。TX MIMO 处理器 220 根据用户信道响应信息、基于数据流的符号正被发送到的用户和正在发送该符号的天线，来将波束成形加权应用于该数据流的符号。

每个发射机 222a 到 222t 接收并处理各自的符号流以提供一个或多个模拟信号，并且进一步对模拟信号进行调节（例如，放大、滤波和上变频）以提供适合于在 MIMO 信道上传输的已调制信号。随后，将来自发射机 222a 到 222t 的 N_T 个已调制信号分别从 N_T 个天线 224a 到 224t 来进行发送。

在接收机系统 250 处，由 N_R 个天线 252a 到 252r 接收所发送的已调制信号，并且将来自每个天线 252 的所接收信号提供给相应的接收机 (RCVR) 254。每个接收机 254 对各自的所接收信号进行调节（例如，滤波、放大和下变频），对调节后的信号进行数字化以提供采样，以及进一步对采样进行处理以提供对应的“已接收”符号流。

随后，RX 数据处理器 260 接收来自 N_R 个接收机 254 的 N_R 个已接收符号流，并且基于特定接收机处理技术来对 N_R 个已接收符号流进行处理以提供“已检测”符号流的秩号 (rank number)。下面将更为详细地描述 RX 数据处理器 260 进行的处理。每个已检测符号流包括这样的符号，该符号是针对相应的数据流发送的调制符号的估计。随后，RX 数据处理器 260 对每个已检测符号流进行解调制、解交织和解码，以恢复该数据流的业务数据。由 RX 数据处理器 260 执行的处理与由发射机系统 210 处的 TX MIMO 处理器 220 和 TX 数据处理器 214 执行的处理互补。

可以使用由 RX 处理器 260 生成的信道响应估计来执行在接收机处的空间处理、空/时处理，调整功率电平，改变调制速率或方案，或执行其它动作。RX 处理器 260 还可以估计已检测符号流的信号与噪声及干扰比 (SNR)，以及可能估计其它信道特性，并且将这些量提供给处理器 270。

在接收机处，可以使用各种处理技术来对 N_R 个已接收信号进行处理以检测 N_T 个所发送的符号流。可以将这些接收机处理技术分组为两个主要类别 (i) 空间和空时接收机处理技术（其也称为均衡技术）；以及 (ii) “连续零点/均衡和干扰消除”接收机处理技术（其也称为“连续干扰消除”或“连续消除”接收机处理技术）。

由 N_T 个发射天线和 N_R 个接收天线构成的 MIMO 信道可以分解为 N_S 个

独立信道，其中 $N_s \leq \min\{N_T, N_R\}$ 。该 N_s 个独立信道中的每个还可以称为该 MIMO 信道的空间子信道（或传输信道），并且对应于一个维度。

图 3 是实现了对经过空时编码的信号进行波束成形的发射机系统 300 的一个实施例的简化功能方框图。图 3 的简化功能方框图局限于该发射机系统中的与对经过空时编码后的信号进行波束成形相关的部分。出于简明和清楚的目的，省略了该发射机系统的其它部分。例如，发射机系统 300 可以集成在图 1 的通信系统的基站中，并且可以是图 2 的发射机系统的一个实施例。

发射机系统 300 可以被配置为针对在其覆盖区域中的所有接入终端，实现对经过空时编码的信号进行波束成形。可替换地，发射机系统 300 可以被配置为当在其覆盖区域中存在多个接入终端时，实现对经过空时编码的信号进行多个不同的波束成形。例如，发射机系统 300 可以针对其覆盖区域中的每个接入终端，将不同的加权应用于天线。在另一实施例中，发射机系统 300 可以针对其覆盖区域中的多个接入终端组，将不同的加权应用于天线，其中每个接入终端组可以是其覆盖区域中的全部接入终端的一个子集。

发射机系统 300 包括发射机 310，该发射机 310 耦合到发送分集/空时编码器 320。发送分集/空时编码器 320 将多个已编码信号耦合到多个波束成形编码器 330_0-330_G 。波束成形编码器 330_0-330_G 将经过波束成形的信号耦合到多个天线 $340_{00}-340_{GK}$ 。定时和同步模块 350 耦合到加权矩阵生成器 360，该加权矩阵生成器 360 耦合到多个波束成形编码器 330_0-330_G 。

发射机 310 被配置为对采样进行处理以生成已调制信号流。例如，发射机 310 可以被配置为根据多个信息比特，生成正交频分复用 (OFDM) 符号的多个采样。发射机 310 可以被配置为将信息比特映射到所述 OFDM 符号的不同子载波上，并且根据预定的调制格式将信息比特调制到子载波上。发射机 310 可以将 OFDM 符号频率变换到期望的 RF 发射频率。在该实施例中的发射机 310 的输出是在期望的 RF 发射频率上的 OFDM 符号的采样的串行信号流。

将发射机 310 的输出耦合到时间分集/空时编码器 320。时间分集/空时编码器 320 被配置为将来自发射机 310 的信号流分割为多个 (G 个) 信号

流。时间分集/空时编码器 320 对该多个信号流进行操作，以生成所述信号流的修改版本。例如，时间分集/空时编码器 320 可以被配置为直通一个基本上没有经过修改的信号流，以及可以被配置为修改剩余 $G-1$ 个信号流中的每个信号流。通常，因为可以将所有信号流归一化为特定信号流，所以可以将一个信号流认为是未经修改的。

例如，时间分集/空时编码器 320 可以被配置为对该 $G-1$ 个信号流的每个信号流进行延迟、求反、求共轭、旋转等或其一些组合。时间分集/空时编码器 320 可以通过使用可变延迟、延迟线、抽头延迟线、数字延迟等或延迟元件的一些组合，将延迟引入到特定信号流。时间分集/空时编码器 320 可以被配置为使用例如反向放大器来对信号流进行求反。时间分集/空时编码器 320 可以被配置为使用例如旋转器、耦合到正交相位信号分量的逆变器等或其一些组合，对该信号流求共轭。另外，时间分集/空时编码器 320 可以被配置为使用对同相和正交信号分量进行操作的一个或多个乘法器、对相位分量进行加权的一个或多个乘法器、延迟元件等或其一些组合，来对信号流进行旋转。

通常，时间分集/空时编码器 320 对每个信号流执行不同的修改，从而使得能够通过多个 (G 个) 不同天线上发送多个 (G 个) 信号流来实现发送分集。在典型的时间分集/空时编码系统中，可以在空间上分离多个 (G 个) 天线。在图 3 的实施例中，对经过时间分集/空间编码的 G 个不同的信号流中的每个信号流进行其它处理。

在接收机处提供分集增益的另一方式是通过使用发送波束成形，在发送波束成形中，基本上从多个天线发送相同的信息符号。可以对来自多个天线中每个天线的信号进行不同的加权，从而能够使得在接收机处的总的信噪比最大。可以通过使用不同的天线增益或者通过对耦合到每个天线的独立信号进行加权来实现这种不同的信号加权。

在图 3 的实施例中，使用多个天线来对 G 个信号流中的每个信号流单独地进行波束成形。将来自时间分集/空时编码器 320 的每个不同的信号流耦合到多个波束成形编码器 330_0-330_G 中的一个。波束成形编码器 330_0-330_G 的数目等于由时间分集/空时编码器 320 生成的发送分集信号流的数目。

每个波束成形编码器 (例如 330_0) 被配置为生成多个加权信号流，其

中每个加权信号流被施加到对应的天线。每个波束成形编码器（例如 330₀）接收来自发送分集/空时编码器 320 的多个信号流中的一个信号流。波束成形编码器 330₀ 将信号分为多个（K 个）副本信号流，并且利用相关联的波束成形加权来对该 K 个副本信号流中的每个信号流进行加权。波束成形编码器 330₀ 将加权信号流耦合到与特定波束成形编码器 330₀ 相关联的多个（K 个）天线 330₀₀-330_{0K}。

因此，天线的总数等于时间分集/空时编码组的数目 G 乘以针对每个时间分集/空时编码组生成的波束成形信号流的数目 K。在图 3 的实施例中，存在总共 $N = G \times K$ 个天线。对于每个时间分集/空时信号，图 3 的发射机系统 300 实施例示出了相等数目的波束成形信号流。然而，其它实施例可以对于不同的时间分集/空时信号具有不同的波束成形维度。

加权矩阵生成器 360 被配置为生成由每个波束成形编码器 330₀-330_G 使用的加权向量。加权矩阵内的每个向量可以对应于一个波束成形编码器，例如 330₀。通常，每个加权向量是不同的，但是不要求加权向量是不同的。

加权向量中的每个加权 w 可以具有相关的幅度 A 和相位旋转 ϕ 。加权矩阵生成器 360 可以被配置为生成固定加权矩阵，或者可以被配置为生成可变加权矩阵。在一些实施例中，加权矩阵生成器 360 可以被配置为生成固定加权矩阵和可变加权矩阵的组合。加权矩阵生成器 360 可以被配置为基于例如时间、事件或者时间和事件的组合来改变加权。

如果在发射机处可以得到从发射天线到接收机的信道的估计，则加权矩阵生成器 360 可以确定每个加权向量中的加权的最佳值，其中该最佳值使信噪比（SNR）最大。然而，通常，发射机系统 300 不知道信道估计，并由此加权矩阵生成器 360 也不知道信道估计。为了确保接收机将连续地看到分集好处，加权矩阵生成器 360 可以被配置为随时间来改变加权，使得每个波束中的有效信道也随时间改变，其中有效信道包括结合时变波束成形效应的实际信道。由加权矩阵生成器 360 产生的加权向量中的变化引入变化的波束成形，该波束成形模拟快速衰落效应。

在例如 $\mathbf{w}_g = [w_{g1} \ w_{g2} \ \dots \ w_{g,N/G}]$ 的加权向量中，每个加权可以包括幅度分量和相位分量，例如， $w_0 = A_0 \cdot e^{j\phi}$ 。加权矩阵生成器 360 可以被配置为以多种方式来在向量加权中引入有意的时间变化（temporal variation）。加权矩

阵生成器 360 可以被配置为改变幅度分量、相位分量或其组合。另外，加权矩阵生成器 360 可以被配置为独立地改变任何给定加权向量内的加权，或者基于或者根据所述加权中的一个来改变所述加权。

作为例子，加权矩阵生成器 360 可以被配置为维持基本不变的幅度分量，以及按照时间的函数来改变相位分量。例如，加权矩阵生成器 360 可以按照时间的函数 $\phi_0 = \phi_0(t)$ 和 $\phi_1 = \phi_1(t)$ 来改变第一和第二相位分量。加权矩阵生成器 360 可以独立地改变单个加权的相位分量，或者可以基于第一相位分量改变第二相位分量的相位分量，例如， $\phi_1(t) = \phi_0(t + \Delta)$ 。

作为另一例子，加权矩阵生成器 360 可以被配置为维持基本不变的相位分量，以及按照时间的函数来改变各个加权的幅度分量。例如，加权矩阵生成器 360 可以保持 ϕ_0 和 ϕ_1 不变，并且可以按照时间的函数 $A_0 = A_0(t)$ 和 $A_1 = A_1(t)$ 来改变第一和第二幅度分量。加权矩阵生成器 360 可以独立地改变单个加权的幅度分量，或者可以基于第一幅度分量改变第二幅度分量的幅度分量，例如， $A_1(t) = A_0(t + \Delta)$ 。在另一实施例中，加权矩阵生成器 360 可以被配置为改变至少一些波束成形加权的幅度分量和相位分量。

加权矩阵生成器 360 改变期望的加权分量的速率可以是固定的或者可以改变。加权矩阵生成器 360 可以被配置为基于时间、事件或其组合来改变所述分量。加权矩阵生成器 360 可以被配置为在改变多个加权分量时针对每个改变的分量使用独立的速率。可替换地或另外地，加权矩阵生成器 360 可以被配置为针对加权矩阵中的每个向量使用相同的速率或独立的速率。通常，加权矩阵生成器 360 可以被配置为针对每个分量或速率使用完全独立的函数来改变单个加权分量以及改变该加权矩阵被改变的速率。

加权矩阵生成器 360 可以实现时间变化，其按照基于 OFDM 符号速率的速率来进行更新。例如，加权矩阵生成器 360 可以在预定数目的 OFDM 符号的每帧中改变加权矩阵中的加权。在其它实施例中，加权矩阵生成器 360 可以在每个符号周期中更新加权，或者可以在每个超帧的起始处更新加权，其中一个超帧包括多个帧。

例如，加权矩阵生成器 360 可以被配置为选择每个加权的幅度和相位的时间变化速率，以匹配所使用的信道码。因此，加权矩阵生成器 360 随时间改变加权分量，并且改变加权的速率取决于事件、信道码的选择。在

另一实施例中，加权矩阵生成器 360 可以被配置为根据与两个不同的加权 w_1 和 w_2 对应的两个不同的预定函数组，来选择幅度和相位的时间变化的速率。在另一实施例中，加权矩阵生成器 360 可以被配置为基于来自接收机的反馈来选择函数或变化速率。

定时和同步模块 350 被配置为将加权矩阵生成器的定时与在发射机 310 中使用的定时进行同步。例如，定时和同步模块 350 可以包括被同步到由发射机 310 在生成发送流时使用的系统时间的时钟。在一个实施例中，定时和同步模块可以与发送流的 OFDM 符号定时同步，使得加权矩阵生成器 360 可以生成时变加权，该时变加权在符号边界上改变。

定时和同步模块 350 还可以在发射机 310 中监测发生由加权矩阵生成器 360 用于作为改变加权的触发条件的一个或多个事件。例如，定时和同步模块 350 可以监测发射机 310 所使用的编码速率，以及可以为加权矩阵生成器 360 生成用于指示编码速率或指示编码速率中的变化的指示符或消息。

图 4 是被配置用于进行波束成形的发射机系统 300 的一个实施例的简化功能方框图。在图 4 的实施例中，发射机系统 300 配置有总共四个天线，并且被配置为在两个不同的组中生成发送分集/空时编码。图 4 的实施例示出了在图 3 中所示的一般系统的特定实施例。

在图 4 的实施例中，发射机 310 被配置为生成发送流，例如，该发送流可以是频率变换到 RF 发射频率的多个 OFDM 符号的流。发射机 310 将该发送流耦合到发送分集/空时编码器 320。

发送分集/空时编码器 320 被配置为根据输入发送流来生成一个由两个已编码发送流构成的组。例如，发送分集/空时编码器 320 可以将输入发送流分为两个基本相同的副本。发送分集/空时编码器 320 可以输出两个基本相同的副本中的第一个作为第一已编码发送流，并且可以在输出两个基本相同的副本中的第二个作为第二已编码发送流之前对该第二个副本进行进一步处理。发送分集/空时编码器 320 可以通过例如对信号流进行延迟、求共轭、求反、旋转等或其一些组合，来对两个基本相同的副本中的第二个进行处理。

发射机系统 300 对一组经过发送分集/空时编码的信号流中的每一个信

号流进行波束成形。第一组天线包括天线 340₀₀ 和 340₀₁，而第二组天线包括天线 340₁₀ 和 340₁₁。发射机系统 300 使用第一组天线 340₀₀ 和 340₀₁ 来对经过发送分集/空时编码后的第一信号流进行波束成形，以及使用第二组天线 340₁₀ 和 340₁₁ 来对经过发送分集/空时编码后的第二信号流进行波束成形。

发送分集/空时编码器 320 将第一已编码发送流耦合到第一波束成形编码器 330₀。所述第一波束成形编码器 330₀ 包括信号分离器 410₀，该信号分离器 410₀ 被配置为将第一已编码发送流分为两个基本相同的副本。第一波束成形编码器 330₀ 将来自分离器 410₀ 的第一输出耦合到与发送分集组相关联的第一天线 340₀₀。第一波束成形编码器 330₀ 将来自分离器 410₀ 的第二输出耦合到乘法器 420₀，其中该乘法器 420₀ 被配置为利用从加权矩阵生成器 360 接收的复加权来对信号流进行加权。第一波束成形编码器 330₀ 将经过加权的发送流耦合到与发送分集组相关联的第二天线 340₀₁。

发射机系统 300 以相似的方式对第二已编码发送流进行波束成形。发送分集/空时编码器 320 将第二已编码发送流耦合到第二波束成形编码器 330₁。第二波束成形编码器 330₁ 包括信号分离器 410₁，该信号分离器 410₁ 被配置为将所述第二已编码发送流分为两个基本相同的副本。第二波束成形编码器 330₁ 将来自分离器 410₁ 的第一输出耦合到第一天线 340₁₀。第二波束成形编码器 330₁ 将来自分离器 410₁ 的第二输出耦合到乘法器 420₁，其中该乘法器 420₁ 被配置为利用从加权矩阵生成器 360 接收的复加权来对信号流进行加权。第二波束成形编码器 330₁ 将经过加权的发送流耦合到第二天线 340₁₁。

定时和同步模块 350 被配置为与发射机 310 在生成发送流时使用的系统时间同步。定时和同步模块 350 还可以被配置为监测预定事件或发射机 310 的状态。定时和同步模块 350 将定时和事件状态信息耦合到加权矩阵生成器 360。

因为在两个不同的天线对每个发送分集组进行波束成形，所以加权矩阵生成器 360 被示例为 2×2 加权矩阵生成器。在通常情况下，加权矩阵生成器 360 针对两个发送分集组中的每一组生成 1×2 向量，从而得到 2×2 加权矩阵。然而，因为波束成形编码器 330₀ 和 330₁ 仅对路由到天线的两个信号中

的一个进行加权，所以加权矩阵生成器 360 仅需要为每个发送分集组生成一个复加权。

加权矩阵生成器 360 为每个发送分集组有效地生成 1×2 向量，其中第一项被预先定为单位 1。因此，对于每个发送分集组，存在仅仅一个可变复加权。该加权可以认为是被归一化到第一加权。

图 5 是使用经过波束成形的发送分集/空时编码来提供发送分集的方法 500 的简化流程图。例如，方法 500 可以在图 1 的基站处执行或者由图 3 或 4 中示出的发射机系统执行。出于讨论的目的，将方法 500 描述为由发射机系统执行。

方法 500 在方框 510 处开始，在方框 510 中发射机系统生成发送流。例如，发射机系统可以生成已经被频率变换到期望的 RF 工作频率的 OFDM 符号的发送流。发射机系统进行到方框 520，并且将发送流分为 G 个组，其中 G 表示大于 1 的整数。作为例子，发射机系统可以被配置为使用分离器将发送流分为 G 个组。

发射机系统进行到方框 530，并且对 G 个信号流进行时间分集/空时编码。可以对 G 个信号流中的一个或多个进行处理以将发送分集引入发送流。在一个实施例中，发射机系统可以被配置为通过对信号流进行延迟、求共轭、求反、旋转或其它处理来对信号流进行处理或修改。另外，当引入发送分集时，发射机系统可以实现多个处理技术的组合。

在引入发送分集后，发射机系统进行到方框 540，并且将 G 个已编码信号流中的每个已编码发送信号分为由 K 个信号构成的组。例如，发射机系统可以被配置为使用 $1:K$ 信号分离器来将每个已编码发送流分为 K 个信号。因此，在对 G 个信号流中的每个信号流进行分割后，发射机系统被配置为支持 $N = G \times K$ 个信号。

为了描述清楚和简单，将方法 500 描述为将 G 个信号流中的每个信号流分为由 K 个信号构成的组。然而，方法 500 不局限于在每个组中具有相等数目的天线。因此，在替换实施例中，发射机系统可以将信号流的第一子集中的每个信号分为由 K_1 个信号构成的组，而将第二信号子集中的每个信号分为由 K_2 个信号构成的组，其中 K_1 不等于 K_2 。在另一实施例中，发射机系统可以将 G 个信号流中的每个信号流分为不同数目的子流。

一旦发射机系统将 G 个信号流中的每个信号流分为一组子流，则发射机系统进行到方框 550 并且为 G 组中的每组生成加权向量。在流程图所示的实施例中，发射机系统生成 G 个长度为 K 的加权向量。发射机系统可以为 G 组中的每组生成不同的加权向量，或者发射机系统可以对多个组使用相同的加权向量。加权向量中的每一个表示用于对由 K 个信号流构成的组进行波束成形的加权。

发射机系统可以被配置为生成静态的加权向量或者动态的变化加权向量，或者静态和动态加权向量的组合。发射机系统可以被配置为基于时间、事件或时间和事件的组合来改变波束成形加权向量。例如，时间变化速率可以基于 OFDM 符号速率、帧速率、超帧速率或一些其他随时间改变的速率。

发射机系统可以在不需要来自接收机的反馈的情况下以开环方式来改变一个或多个动态波束成形加权向量；或者基于来自一个或多个接收机的直接或间接反馈以闭环方式来改变一个或多个动态波束成形加权向量。例如，发射机系统可以基于信道速率、编码类型或者可以直接或间接地受接收机影响的一些其它参数来改变波束成形加权向量。例如，发射机系统可以部分地基于所选择的信道码来改变一个或多个加权向量。

发射机系统进行到方框 560，并且基于相关联的加权向量，来对 G 组中的每组中的 K 个信号流中的每个信号流进行加权。发射机系统进行到方框 570，并且在 $N = G \times K$ 个天线上发送信号。由 K 个天线构成的每个组发送来自自由经过时间分集/空时编码的 G 个信号流构成的组中的对应信号流的经过波束成形的表示。发射机系统可以继续针对所有发送的信息执行方法 500，或者可以被配置为选择性地激活或去激活波束成形。

图 6 是被配置用于进行波束成形的发射机系统 600 的一个实施例的简化功能方框图。发射机系统 600 包括一个或多个用于生成的处理器 610，其配置为生成发送流。例如，一个或多个用于生成的处理器 610 可以包括信号源、调制器、频率变换器等。在一个实施例中，一个或多个用于生成的处理器 610 被配置为生成被频率变换到发送频率的 OFDM 符号的发送流。

一个或多个用于生成的处理器 610 将发送流耦合到一个或多个用于发送分集/空时编码的处理器 620。一个或多个用于发送分集/空时编码的处理器

器 620 被配置为根据输入发送流生成多个 (G 个) 经过发送分集/空时编码的信号流。一个或多个用于发送分集/空时编码的处理器 620 根据输入发送流生成多个信号流, 并对该 G 个信号流中的每个进行编码, 以引入发送分集。

例如, 一个或多个用于发送分集/空时编码的处理器 620 可以包括一个或多个元件, 其被配置为对信号流进行延迟、求共轭、求反、旋转或其它处理。

一个或多个用于发送分集/空时编码的处理器 620 将多个已编码发送流中的每一个耦合到相对应的多个用于波束成型的一个或多个处理器 630_0 - 630_G 。发射机系统 600 单独地对每个已编码发送流进行波束成型, 并且因此针对每个已编码发送流实现一个或多个用于波束成型的处理器, 例如 630_0 。

每个用于波束成型的处理器 (例如, 630_0) 将其对应的已编码发送流分为多个由 K 个波束成型子流构成的组。一个或多个用于波束成型的处理器 (例如 630_0) 利用由用于生成加权矩阵的模块 660 提供的对应波束成型加权向量中的加权, 来对 K 个波束成型子流进行加权。

一个或多个用于波束成型的处理器 (例如, 630_0) 将 K 个经过加权的波束成型子流耦合到多个对应的天线, 例如 640_{00} - 640_{0K} , 其中在这些天线上将经过波束成型的信号发送到一个或多个接收机。

一个或多个用于生成加权矩阵的处理器 660 为一个或多个用于波束成型的处理器 630_0 - 630_G 中的每一个生成加权向量。通常, 一个或多个用于生成加权矩阵的处理器 660 针对每个天线生成一个加权, 并由此为每一个或多个用于波束成型的处理器 630_0 - 630_G 生成维度为 K 的向量。一个或多个用于生成加权矩阵的处理器 660 可以为每个用于波束成型的模块 630_0 - 630_G 生成不同的加权向量, 或者可以将相同的加权向量提供给两个或更多用于波束成型的模块。

一个或多个用于生成加权矩阵的处理器 660 可以被配置为生成固定的加权向量或可变的加权向量。一个或多个用于生成加权矩阵的处理器 660 可以改变可变加权向量中的每个加权, 或者可以改变可变加权向量中的加重的一个子集。

一个或多个用于生成加权矩阵的处理器 660 可以基于事件或者基于事件和时间的组合来随时间改变加权向量。一个或多个用于定时和同步的处理器 650 可以被配置为针对一个或多个用于生成的处理器 610 监测事件的发生或没有事件发生，并且可以被配置为将时间与由一个或多个用于生成的处理器 610 使用的时间基准进行同步。例如，一个或多个用于定时和同步的处理器 650 可以被配置为与系统时间或符号时间同步。

一个或多个用于定时和同步的处理器 650 将与事件和定时同步相关的信息耦合到用于生成加权矩阵的模块 660。一个或多个用于生成加权矩阵的处理器 660 可以被配置为例如使用预定函数、表格或函数和表格的组合来改变一个或多个加权向量，其中所述预定函数、表格与由一个或多个用于定时和同步的处理器 650 提供的信息相关。

使用本文所描述的方法和装置使得通信系统能够从发送分集/空时编码和波束成形两者中受益。发射机系统可以进行操作以对一组经过发送分集/空时编码的信号中的每个信号单独地进行波束成形。发射机系统可以改变对所述一组经过发送分集/空时编码的信号中的每个已编码信号流进行的波束成形。发射机系统可以随时间改变对每个信号流进行的波束成形。发射机系统可以按照开环方式来改变波束成形，所述开环方式与接收机处的信道特性或信号质量无关。

如本文所使用的，术语“耦合”或“连接”被用来表示间接耦合以及直接耦合或连接。在耦合两个或多个方块、模块、设备或装置的情况下，在这两个耦合的方块之间可以存在一个或多个中间方块。

结合本文所公开的实施例描述的各种示例性逻辑块、模块和电路可以利用以下部件来实现或执行：通用处理器、数字信号处理器（DSP）、精简指令集计算机（RISC）处理器、专用集成电路（ASIC）、现场可编程门阵列（FPGA）或其它可编程逻辑器件、分立门或晶体管逻辑、分立硬件部件、或者被设计为执行本文所述功能的上述部件的任意组合。通用处理器可以是微处理器，但是可替换地，该处理器可以是任何处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器也可以实现为计算设备的组合，例如 DSP 和微处理器的组合、多个微处理器、一个或多个微处理器结合 DSP 核、或者任何其它这种配置。

在一个或多个示例性实施例中描述的方法、过程或算法可以采用硬件、软件、固件或其任何组合来实现。当采用软件实现时，这些功能可以作为一个或多个指令存储在计算机可读介质上或者通过计算机可读介质来传输。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质，该通信介质包括便于将计算机程序从一个位置传送到另一位置的任何介质。存储介质可以是能够由计算机访问的任何可用介质。举例而言，但非限制性地，这种计算机可读介质可以包括 RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM 或其它光盘存储设备、磁盘存储设备或其它磁性存储设备、或者能够用于携带或存储指令或数据结构形式的所需程序代码并能够由计算机进行访问的任何其它介质。此外，任何连接也被适当地称为计算机可读介质。例如，如果使用同轴线缆、光纤线缆、双绞线、数字用户线路（DSL）或诸如红外线、无线电和微波的无线技术来从网站、服务器或其它远程源发送软件，则上述同轴线缆、光纤线缆、双绞线、DSL 或诸如红外线、无线电和微波的无线技术均包括在传输介质的定义中。如这里所使用的，磁盘和光盘包括压缩盘（CD）、激光盘、光学盘、数字多功能盘（DVD）、软盘和蓝光盘，其中磁盘通常磁性地再现数据，而光盘利用激光光学地再现数据。上述组合也应该包括在计算机可读介质的范围内。

所公开实施例的以上描述用来使本领域技术人员能够制造或使用本公开。对于本领域技术人员而言，对这些实施例的各种修改是显而易见的，并且在不背离本公开的精神或范围的情况下，这里定义的一般原则可以应用于其它实施例。因此，本公开不旨在局限于这里示出的各个实施例，而是应该符合与本文所公开的原理和新颖特征相一致的最广范围。

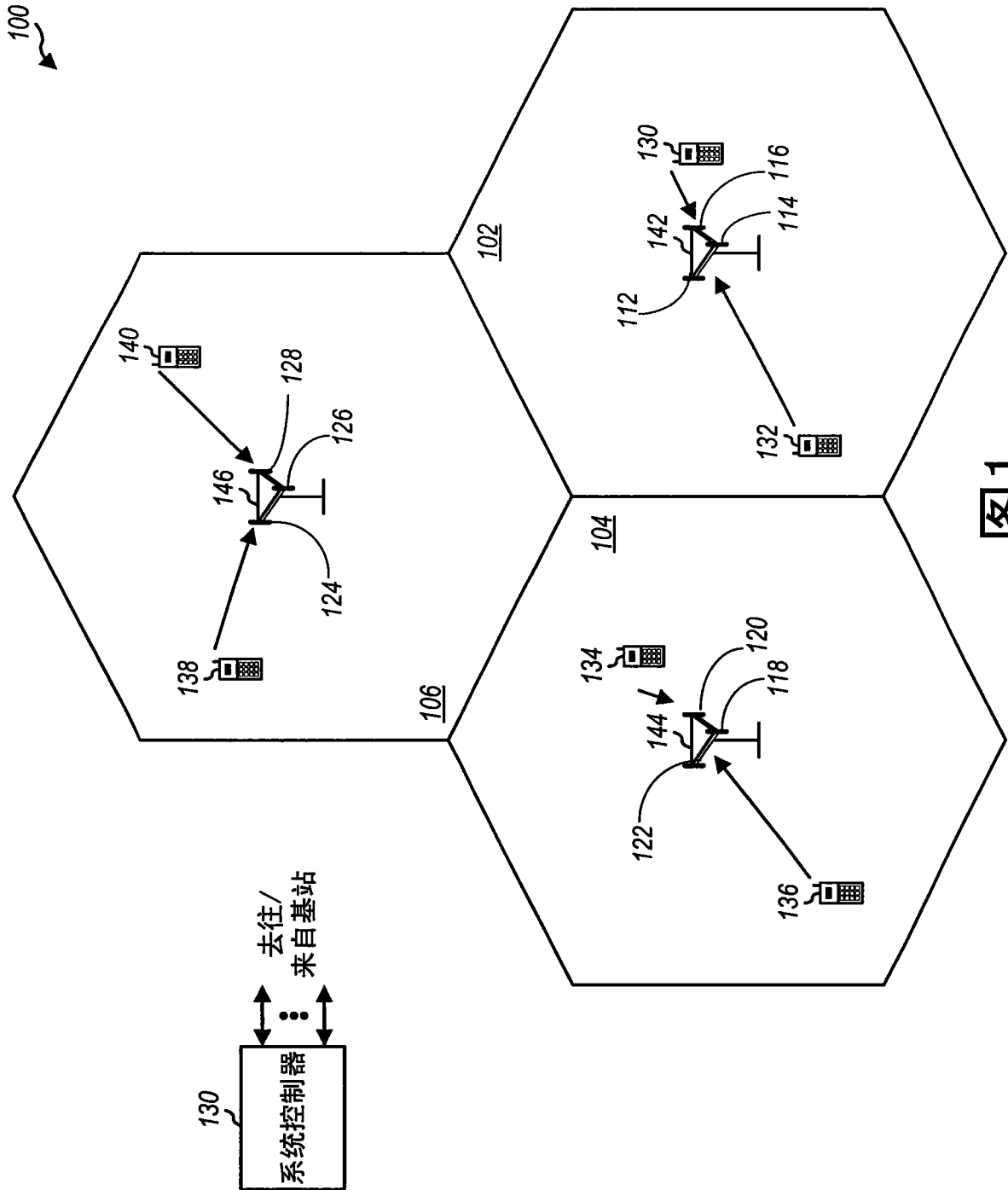


图1

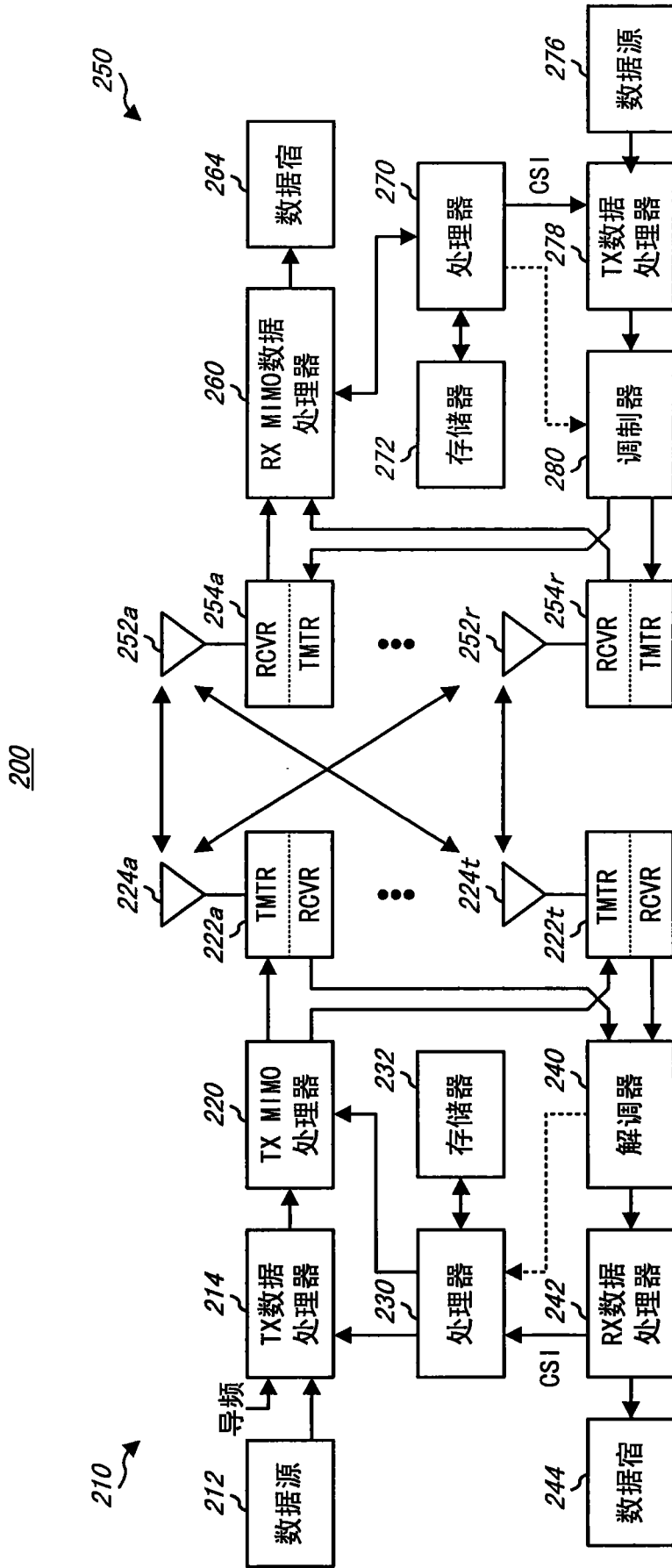


图2

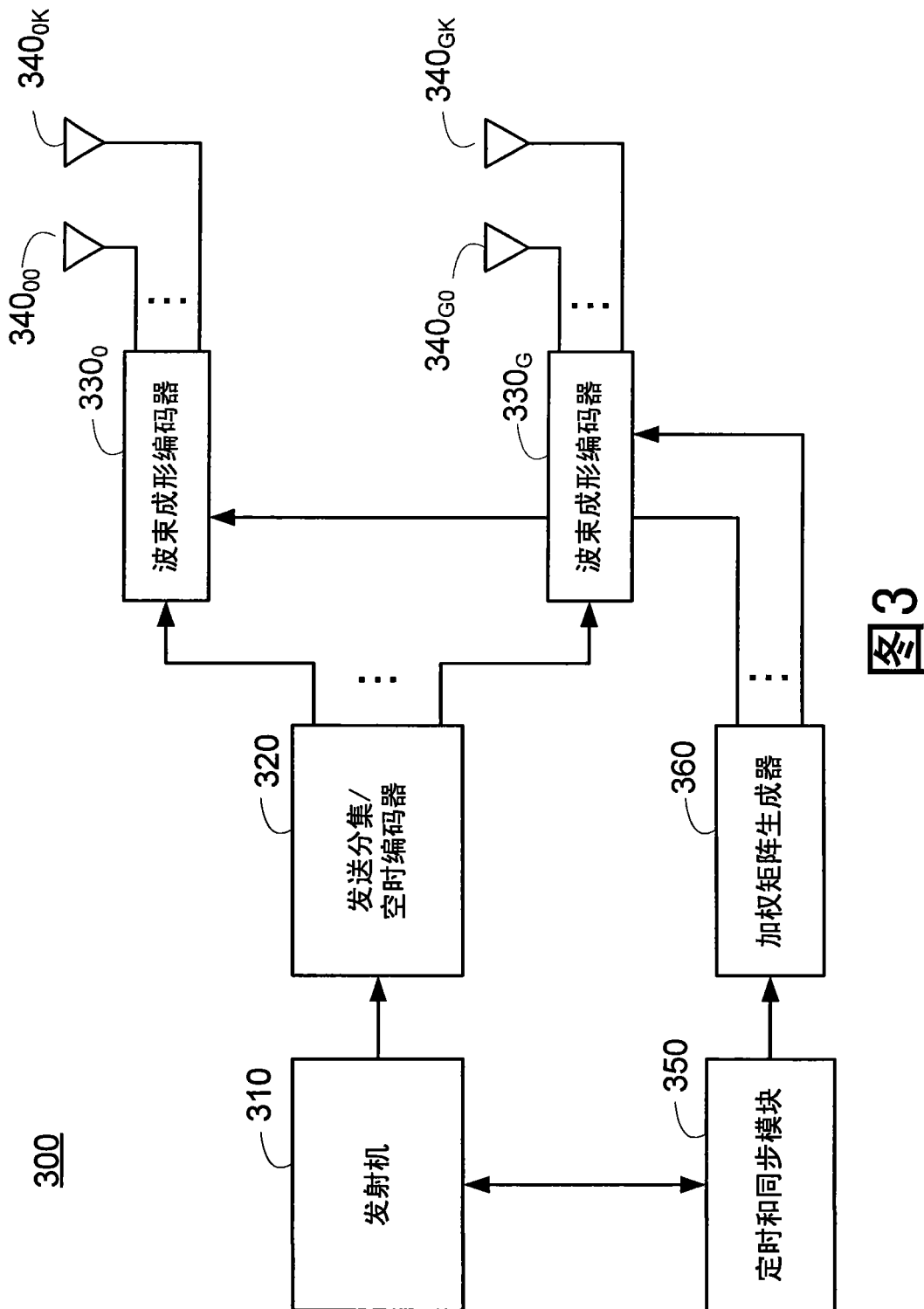


图3

300

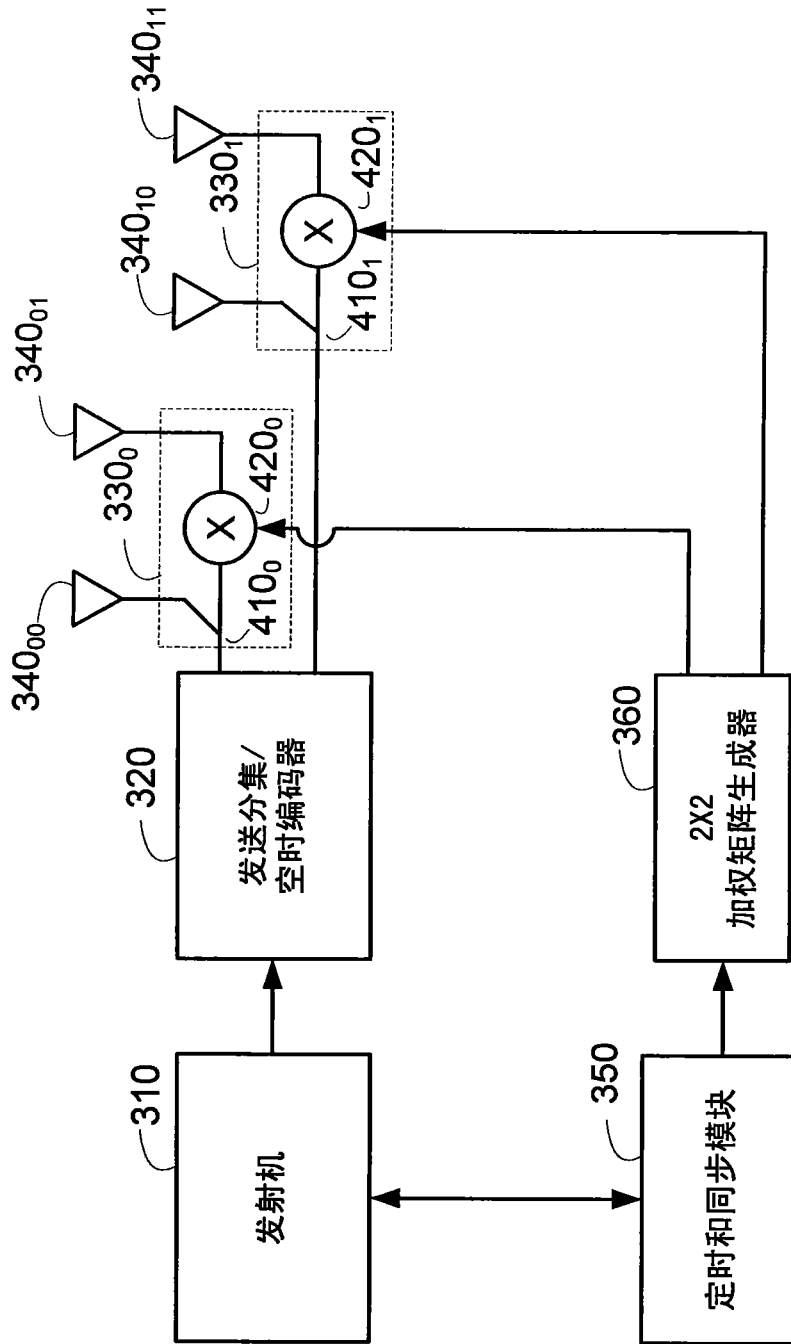


图4

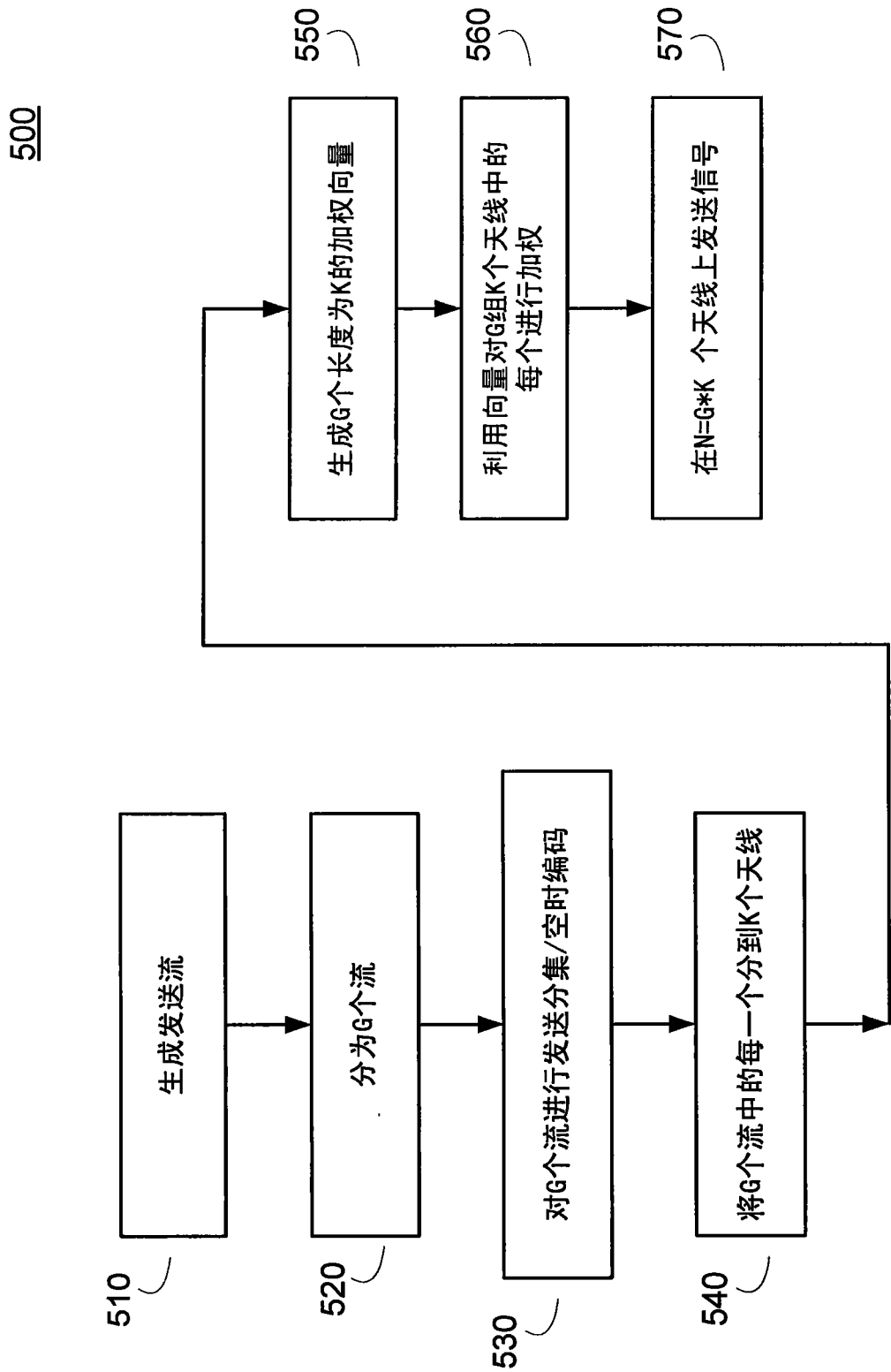


图5

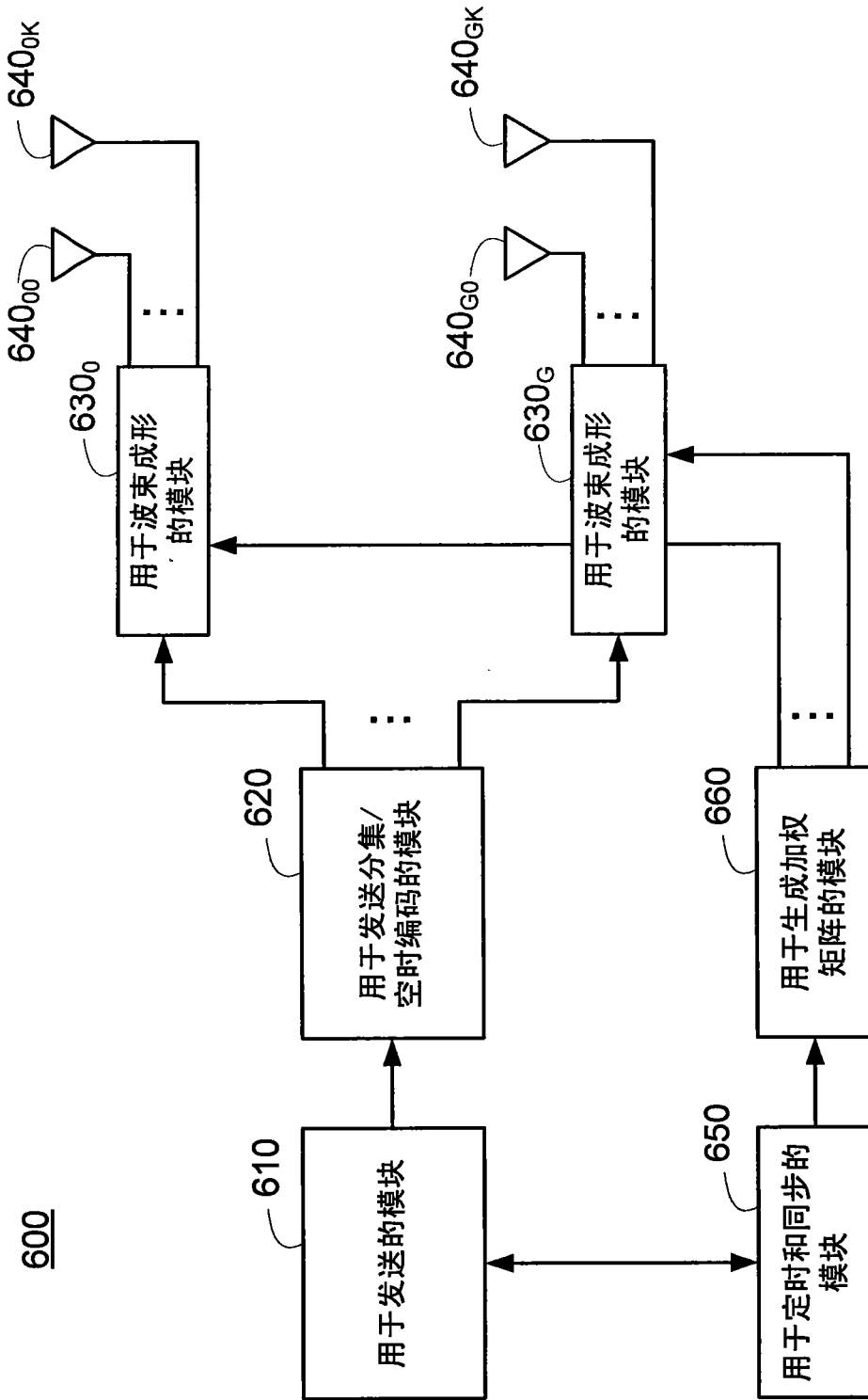


图6