



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105637952 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 01

(21) 申请号 201580002214. 5

代理人 白华胜 王蕊

(22) 申请日 2015. 08. 24

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H04W 56/00(2006. 01)

62/054, 485 2014. 09. 24 US

62/054, 488 2014. 09. 24 US

14/725, 138 2015. 05. 29 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 04. 12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/CN2015/087894 2015. 08. 24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02016/045475 EN 2016. 03. 31

(71) 申请人 联发科技股份有限公司

地址 中国台湾新竹科学工业园区新竹市笃行一路一号

(72) 发明人 桂建卿 苏昭诚 陈儒雅

(74) 专利代理机构 北京万慧达知识产权代理有限公司 11111

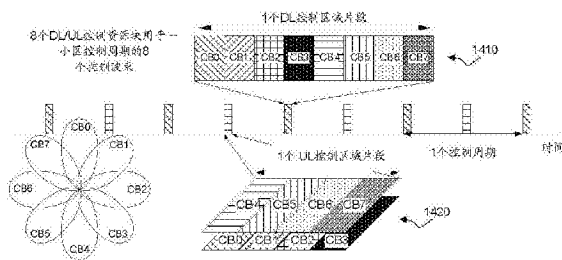
权利要求书2页 说明书14页 附图32页

(54) 发明名称

波束成形系统中的同步

(57) 摘要

本发明提出一种波束成形系统同步架构, 以在最具挑战的情况下, 允许接收装置与发送装置在时域、频域以及空域同步。在定期配置的时间-频率资源块中, 发送装置采用相同的波束成形权重, 用于其对接收装置的控制波束传送。每个控制波束的导频信号在每个定期配置的时间-频率资源块中传送。相同的同步信号可用于所有阶段的同步, 包括初始粗糙同步、装置和波束识别和用于数据解调的信道估计。



1. 一种方法,包括:

在波束成形正交频分复用网络中,由基站分配控制资源块集合,其中该控制资源块集合包括与波束成形权重集合有关的定期分配的时间-频率资源块,以形成控制波束;

将每个资源块分割成导频部分和数据部分,其中每个资源块包括M个导频架构,每个导频架构包括L个正交频分复用符号,其中在每个正交频分复用符号中,导频符号每K个子载波插入一次,共插入R次,以形成该导频部分,而数据符号插入到剩余的资源元素中以形成该数据部分,其中M、L、K和R均为正整数;以及

通过该控制波束将该导频符号和该数据符号发送给多个用户设备。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,与该数据符号相比,该导频符号具有功率提升因子。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,与第0个子载波相比,该导频符号具有偏移 v_m ,其中m是该M个导频架构的重复索引。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,正交频分复用符号中的R个资源元素由特征序列 s_m 进行调制,以识别该控制波束,其中m是该M个导频架构的重复索引。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,该M个导频架构具有相似的架构,不同的偏移 v_m 和不同的序列 s_m 。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,该不同的偏移 v_m 导致跳频样式。

7. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,该不同的序列 s_m 由基础序列的循环延迟多普勒频移产生。

8. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,该不同的序列 s_m 属于具有不同延迟和线性调频脉冲斜率的Zadoff-Chu序列集合。

9. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,该基站配置控制波束集合,以建立覆盖小区的整个服务区域的辐射样式。

10. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,该小区的每个控制波束通过具有跳频样式和序列的该导频符号识别。

11. 如权利要求10所述的方法,其特征在于,相同的跳频样式和不同的序列与相同小区的不同控制波束有关。

12. 如权利要求10所述的方法,其特征在于,不同的跳频样式和相同的序列与相同小区的不同控制波束有关。

13. 如权利要求10所述的方法,其特征在于,相同小区的不同控制波束的序列属于从基础序列推导的序列集合。

14. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,附加正交频分复用符号在该导频符号之前或之后添加,以携带附加数据符号。

15. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在不同的控制波束之间插入保护时间。

16. 一种基站,包括:

资源分配模块,用来在波束成形正交频分复用网络中分配控制资源块集合,其中该控制资源块集合包括与波束成形权重集合有关的定期分配的时间-频率资源块,以形成控制波束;

导频分配模块,用来将每个资源块分割成导频部分和数据部分,其中每个资源块包括M

个导频架构,每个导频架构包括L个正交频分复用符号,其中在每个正交频分复用符号中,导频符号每K个子载波插入一次,共插入R次,以形成该导频部分,而数据符号插入到剩余的资源元素中以形成该数据部分,其中M、L、K和R均为正整数;以及

发送机,用来通过该控制波束将该导频符号和该数据符号发送给多个用户设备。

17.如权利要求16所述的基站,其特征在于,与第0个子载波相比,该导频符号具有偏移 v_m ,其中m是该M个导频架构的重复索引。

18.如权利要求16所述的基站,其特征在于,正交频分复用符号中的R个资源元素由特征序列 s_m 进行调制,以识别该控制波束,其中m是该M个导频架构的重复索引。

19.如权利要求16所述的基站,其特征在于,该基站配置控制波束集合,以建立覆盖小区的整个服务区域的辐射样式。

20.如权利要求19所述的基站,其特征在于,该小区的每个控制波束通过具有跳频样式和序列的该导频符号识别。

21.如权利要求20所述的基站,其特征在于,该跳频样式通过相对于第0个载波的偏移 v_m 识别,该序列通过 s_m 识别以进行调制,其中m是M个导频架构的重复索引。

波束成形系统中的同步

[0001] 交叉引用

[0002] 本申请根据35U.S.C. §119要求2014年9月24日递交的美国临时申请案62/054,485,发明名称为“Control Signaling in a Beamforming System”的优先权,以及2014年9月24日递交的美国临时申请案62/054,488,发明名称为“Synchronization in a Beamforming System,”的优先权,且将上述申请作为参考。

技术领域

[0003] 本发明有关于无线通信,且尤其有关于毫米波(Millimeter Wave, mmW)波束成形(beamforming)系统中的控制信令发送(control signaling)和同步。

背景技术

[0004] 在下一代宽带蜂窝通信网络中,移动载波带宽的日益短缺促进了对利用不足的3G到300GHz之间的mmW频谱的探索。mmW频带的可用频谱是传统蜂窝系统的两百倍大。mmW无线网络采用窄波束进行定向通信,并可支持数千兆位(multi-gigabit)的数据率。利用不足的mmW频谱的带宽具有1mm到100mm的波长。mmW频谱如此小的波长可使大量微型天线(miniaturized antenna)放置在较小区域内。这种微型天线系统可通过电操纵阵列(electrically steerable array)形成定向传送,从而达到较高的波束成形增益。

[0005] 由于mmW半导体电路最近的发展,mmW无线系统已成为实作中一种很有前途的方案。然而,对定向传送的严重依赖以及传播环境的脆弱也给mmW网络带来特别的挑战。通常,蜂窝网络系统被设计为达到以下目标:1)同时服务具有广泛的动态操作情况的多个用户;2)对信道变化、流量负载的动态和不同的QoS需求具有鲁棒性(robust);以及3)有效利用如带宽和功率的资源。波束成形给达到上述目标增加了困难。

[0006] 因此,需要一种鲁棒性的控制信令发送方案,以利于具有挑战性的mmW环境中的波束成形操作。

[0007] 在蜂窝网络中,需要导频信号(pilot signal)进行装置识别和时间-频率同步。主同步信号(Primary synchronization Signal, PSS)是一种具有较小搜索空间的独特信号,可用于第一阶段同步,以达到粗糙(coarse)帧边界和频率同步。辅同步信号(Secondary synchronization Signal, SSS)是一种具有较大搜索空间的独特信号,可用于第二阶段同步,以识别装置并达到精细(符号级)时间和频率同步。参考信号用于信道估计和数据符号的解调。用于时间-频率同步和信道估计的三种导频信号引入太多负荷(overhead)。此外,现存方案(如LTE)中并未考虑空间同步。未来系统操作在较高载波频带上,需要具有非常窄波束宽度的波束成形。如此一来,同步信号需要在空间同步下与TX和RX波束对齐(align)。

[0008] 需寻找一种波束成形系统同步架构,在最具挑战的情况下,允许接收装置与发送装置在时域、频域以及空域同步。

发明内容

[0009] 提出一种波束成形系统同步架构,以在最具挑战的情况下,允许接收装置与发送装置在时域、频域以及空域同步。在定期配置的时间-频率资源块中,发送装置采用相同的波束成形权重,用于其对接收装置的控制波束传送。每个控制波束的导频信号在每个定期配置的时间-频率资源块中传送。相同的同步信号可用于所有阶段的同步,包括初始粗糙同步、装置和波束识别和用于数据解调的信道估计。导频信号插入到导频架构中,并在每个导频架构中重复L次。L次重复可通过一次或多次IFFT和相应的一个或多个CP长度实现。接收装置的检测器检测控制波束的存在,通过接收导频信号与传送同步并估计信道响应。当利用同步信号的架构时,接收装置的检测器具有低复杂度。其包括三个阶段,可将同步进程分解成不复杂的步骤。其精确估计识别发送装置和进行后续数据通信所需的参数。

[0010] 在一实施例中,在波束成形正交频分复用网络中,由基站分配控制资源块集合,其中该控制资源块集合包括与波束成形权重集合有关的定期分配的时间-频率资源块,以形成控制波束。基站将每个资源块分割成导频部分和数据部分,每个导频部分被划分为M个导频架构,每个导频架构包括L个OFDM符号,其中在每个OFDM符号中,导频符号每K个子载波插入一次,共插入R次,以形成该导频部分,而数据符号插入到剩余的资源元素中以形成该数据部分,其中M、L、K和R均为正整数。基站通过该控制波束将该导频信号和该数据信号发送给多个UE。M个导频架构具有相似的架构,不同的偏移 v_m 和不同的序列 s_m 。小区的每个控制波束基于 v_m 和特征序列 s_m 的跳频样式的导频符号识别。具体来说,对于第i个小区的第j个控制波束来说,有对应的识别符对 $v_m(i, j)$ 和 $s_m(i, j)[n]$ 。

[0011] 在另一实施例中,基站分配用于波束成形OFDM网络中控制波束传送的时间-频率资源块。基站将每个资源块分割成导频部分和数据部分。导频部分包括M个导频架构,每个导频架构包括时域上的若干OFDM符号和频域上的若干子载波。基站随后将导频信号的导频符号插入到每个OFDM符号的导频部分。导频符号在每个导频架构中重复L次,每个导频架构采用一次或多次IFFT以及相应的一个或多个可变CP长度以用于控制波束传送。UE从基站接收控制波束传送。UE从导频符号中接收时域符号,其中导频符号通过控制波束的定期分配时间-频率资源块传送。UE通过移除一个或多个具有可变CP长度的CP,并进行相应的一个或多个可变长度FFT处理时域信号,以重建资源块的导频部分,其中导频部分包括M个导频架构,每个导频架构包括时域上的若干OFDM符号和频域上的若干子载波。UE随后从每个导频架构中提取导频符号。导频符号在每个导频架构中重复L次。

[0012] 在另一实施例中,在波束成形OFDM网络中,UE从基站接收控制波束传送。导频信号通过小区中控制波束的定期分配时间-频率资源块发送。UE处理资源块的导频部分携带的导频符号,其中导频部分包括M个导频架构,每个导频架构包括时域上的L个OFDM符号和频域上的R个子载波。在每个OFDM符号中,导频符号每K个子载波插入一次,插入R次。M、L、R和K为正整数。UE随后基于控制波束传送,检测控制波束和导频信号。

[0013] 如下详述其它实施例以及优势。本部分内容并非对发明作限定,本发明范围由权利要求所限定。

附图说明

[0014] 附图说明了本发明的实施例,其中相同的符号代表相同的元件。

[0015] 图1是根据一新颖性方面的波束成形系统中控制波束的示意图。

- [0016] 图2是可执行本发明某些实施例的基站和用户设备的简化方块示意图。
- [0017] 图3是在波束成形系统中对多个天线单元应用波束成形权重的示意图。
- [0018] 图4是多个波束成形权重集合应用于天线单元以一次形成一个波束或一次形成两个波束的示意图。
- [0019] 图5是波束成形系统中DL和UL传送的空间互易的示意图。
- [0020] 图6是小区中包括DL控制资源块和UL控制资源块的控制波束的示意图。
- [0021] 图7是与控制波束相关的DL控制资源块的一实施例的示意图。
- [0022] 图8是与控制波束相关的UL控制资源块的一实施例的示意图。
- [0023] 图9是DL控制资源块中BS传送与UE接收的示意图。
- [0024] 图10是UL控制资源块中UE传送与BS接收的示意图。
- [0025] 图11是小区中包括DL和UL控制资源块和相关波束成形权重的控制波束的示意图。
- [0026] 图12是控制波束中控制区域、控制区域片段和控制周期的示意图。
- [0027] 图13是控制区域片段和控制资源块配置的示意图。
- [0028] 图14是DL和UL控制资源块配置的优选实施例示意图。
- [0029] 图15是UL接收机具有两个RF链路以同时接收两个控制波束的示意图。
- [0030] 图16A是具有/不具有交织DL/UL控制资源配置的实施例的示意图。
- [0031] 图16B是具有不同DL/UL工作周期的控制资源配置的一实施例的示意图。
- [0032] 图17是用于不同小区的控制周期的实施例的示意图。
- [0033] 图18是TDD和FDD系统中控制周期的实施例的示意图。
- [0034] 图19是根据一新颖性方面的波束成形系统中UE和BS之间的控制信令发送进程示意图。
- [0035] 图20是根据一新颖性方面的波束成形系统中从基站角度的控制信令发送方法流程图。
- [0036] 图21是根据一新颖性方面的波束成形系统中从UE角度的控制信令发送方法流程图。
- [0037] 图22是根据一新颖性方面的波束成形系统中控制波束中导频信号的一示范例的示意图。
- [0038] 图23是控制波束的导频架构的详细示范例的示意图。
- [0039] 图24是基于导频信号的控制波束识别的示意图。
- [0040] 图25是具有附加OFDM符号的导频架构的不同实施例的示意图。
- [0041] 图26是具有保护时间的导频架构的不同实施例的示意图。
- [0042] 图27是根据一新颖性方面的波束成形系统中为导频符号传送分配资源的方法流程图。
- [0043] 图28是时域中OFDM符号具有L次重复的不同实施例的示意图。
- [0044] 图29是具有可变循环前缀长度和可变长度FFT的导频架构示意图。
- [0045] 图30是根据一新颖性方面的在波束成形网络中支持用于导频信号传送的可变CP长度的流程图。
- [0046] 图31是根据一新颖性方面的在波束成形网络中支持用于导频信号接收的可变CP长度的流程图。

- [0047] 图32是根据一新颖性方面的三阶段导频信号检测进程的示意图。
- [0048] 图33是第一阶段控制波束检测和粗糙时间-频率估计的示意图。
- [0049] 图34是第二阶段控制波束参考块边界检测的示意图。
- [0050] 图35是第三阶段的序列相关和波束识别以及最精细时间-频率同步的示意图。
- [0051] 图36是根据一新颖性方面的基于波束成形网络中的控制波束传送的导频信号检测方法流程图。

具体实施方式

- [0052] 以下将详述本发明的一些实施例,其中某些示范例通过附图描述。
- [0053] 图1是根据一新颖性方面的波束成形毫米波蜂窝网络100中控制波束(Control Beam,CB)的示意图。波束成形网络100包括基站(Base Station,BS)101和用户设备(User Equipment,UE)102。mmWave蜂窝网络采用窄波束进行定向通信,并可支持数千兆位的数据率。定向通信可通过数字以及/或者模拟波束成形实现,其中多个天线单元上应用多个波束成形权重集合,以形成多个波束。为了控制之用,由蜂窝系统中的基站提供粗糙TX/RX控制波束集合。控制波束集合可被定期配置,或者以UE已知的顺序无限期(indefinitely)发生并重复。控制波束集合覆盖整个小区覆盖区域,并具有适中的波束成形增益。每个控制波束广播最少量的波束特定信息(beam-specific information),其中波束特定信息与LTE中的主信息块(Master Information Block,MIB)或系统信息块(System Information Block,SIB)类似。每个波束可携带UE特定(UE-specific)控制或数据业务(traffic)。每个波束发送已知信号集合,以用于初始时间-频率同步,识别发送信号的控制波束,以及测量发送信号的波束的无线信道质量。
- [0054] 在图1所示的示范例中,BS 101定向配置多个小区,每个小区由一粗糙TX/RX控制波束集合覆盖。在一实施例中,小区110由8个控制波束CB0到CB7覆盖。每个控制波束包括一下行链路(downlink,DL)资源块集合、一上行链路资源块集合以及一具有适中波束成形增益的相关波束成形权重集合。在图1所示的示范例中,不同的控制波束在时域上时分复用(Time Division Multiplexed,TDM)。下行链路子帧121具有8个DL控制波束,总共占据0.38毫秒(msec)。上行链路子帧122具有8个UL控制波束,总共占据0.38msec。DL子帧和UL子帧之间的间隔为2.5msec。控制波束集合为低级别控制波束,可提供低速率的控制信令发送,以利于高级别数据波束上的高速率数据通信。举例来说,UE 102通过控制波束CB4与BS 101进行同步,并通过专用数据波束DB0与BS 101交换数据业务。控制波束和数据波束架构可提供鲁棒性的控制-信令发送方案,以利于mmWave蜂窝网络系统中的波束成形操作。
- [0055] 图2是可执行本发明某些实施例的基站和用户设备的简化方块示意图。BS 201包括天线阵列211和一个或多个RF接收机模块212。其中天线阵列211具有多个天线单元,可发送和接收无线电信号。RF接收机模块212耦接至天线阵列,从天线211接收RF信号,将RF信号转换为基带信号,并将基带信号发送给处理器213。RF接收机212也可将从处理器213接收的基带信号转换成RF信号,并将RF信号发送给天线211。处理器213处理接收到的基带信号,并调用不同的功能模块以实现BS 201的功能。存储器214存储程序指令和数据215,以控制BS 201的操作。BS 201也包括多个功能模块,可按照本发明的实施例执行不同的任务。
- [0056] 类似地,UE 202包括天线231,用来发送和接收无线电信号。RF接收机模块232耦接

至天线,从天线231接收RF信号,将RF信号转换为基带信号,并将基带信号发送给处理器233。RF接收机232也可将从处理器233接收的基带信号转换成RF信号,并将RF信号发送给天线231。处理器233处理接收到的基带信号,并调用不同的功能模块以实现UE 202的功能。存储器234存储程序指令和数据235,以控制UE 202的操作。UE 202也包括多个功能模块,可按照本发明的实施例执行不同的任务。

[0057] 功能模块可通过硬件、固件、软件 and 任何上述的组合实现和配置。举例来说,从BS端来说,DL分配模块221和UL分配模块222为控制波束分配控制无线电资源块,导频分配模块223为发送导频信号分配无线电资源。需注意,术语“分配”可为BS配置和保留某些资源块进行的明确动作,也可为基于标准规范遵循预定义协议的隐含动作。从UE端来说,导频探测模块245探测导频信号,提取导频符号,并从接收到的控制波束传送中识别控制波束。波束选择模块244从接收到的控制波束传送中选择优选控制波束。同步模块243采用所选控制波束与BS进行时间和频率同步,测量模块242测量不同控制波束和小区的无线电信号。随机接入模块241进行信道接入,以与BS建立连接。

[0058] 图3是在波束成形系统中对多个天线单元应用波束成形权重的示意图。通过定向天线技术,复合波束成形权重被调整,随后被用于多个天线单元发送或接收的信号,以将发送或接收辐射功率集中到所需方向上。基于收发机架构,波束成形权重 W 可用于RF链路 N_c 的模拟域(如图3所示),或用于基带的数字域(图未示)。多个复合权重集合可用于多个天线单元 N_t ,一次形成一个波束或同时形成多个波束。

[0059] 图4是多个波束成形权重集合应用于天线单元以一次形成一个波束或一次形成两个波束的示意图。在图4的首行中,通过采用一个权重集合,基站一次形成一个波束。波束0、1、2和3按顺序一次形成一个。在图4的底行中,通过采用两个权重集合,基站一次形成两个波束。波束0/4、1/5、2/6和3/7按顺序一次形成两个。

[0060] 图5是波束成形系统中DL和UL传送的空间互易(reciprocity)的示意图。通常假定在波束成形系统中,下行链路信道与上行链路信道是空间互易的。上述假定在时分双工(Time Division Duplex, TDD)系统中通常是对的,在频率间隔小于总信道带宽十分之一的大部分频分双工(Frequency Division Duplex, FDD)系统中也是对的。在空间互易波束成形中,相同的波束成形天线样式用于接收和传送。如图5所示,对于下行链路传送来说,BS应用TX波束成形矢量 $V_{BS, TX}$, UE应用RX波束成形矢量 $V_{UE, RX}$ 。对于上行链路传送来说,BS应用RX波束成形矢量 $V_{BS, RX}$, UE应用TX波束成形矢量 $V_{UE, TX}$ 。在空间互易波束成形中,下行链路和上行链路的波束成形矢量相同,如 $(V_{BS, TX}, V_{UE, RX}) = (V_{BS, RX}, V_{UE, TX})$ 。

[0061] 图6是小区中控制波束的示意图,其包括DL控制资源块、UL控制资源块和相关波束成形矢量。正如一般观念,DL控制波束被定义为时间-频率资源块集合,其中基站采用相同的波束成形权重集合,用于对接收UE的下行链路传送。上述被称为DL控制资源块的时间-频率资源块可被定期配置,或以UE已知的顺序无限期发生。图6的上半部分绘示了为DL控制波束CB0定期配置DL控制资源块,其中 $V_{BS, TX}^0$ 代表DL CB0的波束成形矢量。

[0062] 类似地,UL控制波束被定义为时间-频率资源块集合,其中基站优选与对应的DL控制资源块采用的波束成形权重集合相同的波束成形权重集合,用于接收UE的上行链路传送。上述被称为UL控制资源块的时间-频率资源块可被定期配置,或以UE已知的顺序无限期发生。图6的下半部分绘示了为UL控制波束CB0定期配置UL控制资源块,其中 $V_{BS, RX}^0$ 代表UL

CB0的波束成形矢量。由于空间互易性,波束成形矢量相同,即($V_{BS, TX}^0 = V_{BS, RX}^0$)。若在UL控制资源块中,基站选择不采用与其接收波束成形权重集合相对应的发送波束成形权重集合,则其采用的波束成形权重集合应比与DL控制资源块相关的波束成形权重集合达到更好的性能。

[0063] 图7是与控制波束相关的DL控制资源块的一实施例的示意图。与控制波束相关的每个DL控制资源块至少包括基站发送的导频部分和数据部分。举例来说,DL控制资源块701包括导频部分710和数据部分720。导频部分用于小区和控制波束识别,以及时间、频率、空间同步。数据部分用于小区特定(cell-specific)广播、波束特定广播、UE特定控制数据和UE特定业务数据。

[0064] 图8是与控制波束相关的UL控制资源块的一实施例的示意图。每个UL控制资源块包括分配给特定UE的资源。UL控制资源块中的UE传送至少包括导频部分和数据部分。举例来说,UL控制资源块801包括资源802,资源802包括导频部分810和数据部分820。导频部分用于UE识别,以及用于基站与UE的UL传送进行时间、频率、空间同步。数据部分用于UE特定控制数据和UE特定业务数据。

[0065] UL控制资源块中的UE传送可在配置多个天线时采用发送波束成形。优选地,UE用于UL控制资源块中发送的发送波束成形权重集合应与UE用于在与UL发送相关的在前DL控制资源块中接收的波束成形权重集合相同。

[0066] 图9是DL控制资源块中BS传送与UE接收的示意图。图10是UL控制资源块中UE传送与BS接收的示意图。在空间互易波束成形中,接收和传送采用相同的波束成形天线样式。如图9所示,对采用控制波束CB0的下行链路传送来说,在DL控制资源块,BS采用TX波束成形矢量 $V_{BS, TX}^0$,UE采用RX波束成形矢量 $V_{UE, RX}^0$ 。如图10所示,对采用控制波束CB0的上行链路传送来说,在UL控制资源块,BS采用RX波束成形矢量 $V_{BS, RX}^0$,UE采用TX波束成形矢量 $V_{UE, TX}^0$ 。在空间互易波束成形中,用于DL和UL的控制波束CB0的波束成形矢量相同,如对于基站来说, $V_{BS, RX}^0 = V_{BS, TX}^0$;对于UE来说, $V_{UE, TX}^0 = V_{UE, RX}^0$ 。

[0067] 图11是小区中控制波束的示意图,其包括DL和UL控制资源块和相关波束成形权重。DL和UL控制资源块集合和相关波束成形权重集合统称为小区中的控制波束。多个波束成形权重集合建立覆盖小区整个服务区域的辐射样式。一个DL控制资源块集合和一个UL控制资源块与一个波束成形权重集合相关。每个小区具有覆盖其整个服务区域的多个控制波束。在图11所示的示范例中,小区1100中的控制波束0(CB0)包括DL控制资源块集合1110、UL控制资源块集合1120以及对应的波束成形权重或波束成形矢量集合($V_{BS, TX}^0 = V_{BS, RX}^0 = V_{BS}^0$)。基站为小区1100分配8个控制波束CB0到CB7。CB0与波束成形矢量 V_{BS}^0 相关,CB1与波束成形矢量 V_{BS}^1 相关,依此类推。从波束成形矢量 V_{BS}^0 到 V_{BS}^7 的组合建立覆盖小区整个服务区域的辐射样式。

[0068] 图12是控制波束中控制区域、控制区域片段和控制周期的示意图。与小区中所有控制波束相关的所有DL控制资源块的组合被称为小区的DL控制区域。DL控制区域可进一步划分为DL控制区域片段。DL控制区域片段包括在某个时间段内,与小区中所有或部分控制波束相关的DL控制资源块。其中,该时间段称为小区的控制周期。类似地,与小区中所有控制波束相关的所有UL控制资源块的组合被称为小区的UL控制区域。UL控制区域可进一步划分为UL控制区域片段。UL控制区域片段包括在小区的控制周期内,与小区中所有或部分控

制波束相关的UL控制资源块。在小区的一个控制周期内,有一个DL控制片段和一个对应的UL控制片段。小区的控制周期可被预先配置且被UE了解,也可动态配置并信令告知UE或由UE盲测。控制周期可随时间改变。

[0069] 在图12所示的示范例中,上半部分绘示了具有3个DL控制区域片段的DL控制区域。每个DL控制区域片段包括控制波束CB0、CB1、CB2、CB3和CB4的DL控制资源块。下半部分绘示了具有2个UL控制区域片段的UL控制区域。每个UL控制区域片段包括控制波束CB0、CB1、CB2、CB3和CB4的UL控制资源块。控制周期,如从时间T0到T1,包括一个DL控制区域片段1210和一个UL控制区域片段1220。

[0070] 图13是控制区域片段和控制资源块配置的示意图。在图13所示的示范例中,控制区域片段包括从CB0到CB7的8个控制波束的控制资源块。控制区域片段可占据每个CB允许的任何时间-频率资源块硬件。不同的CB可以以TDM、频分复用(Frequency Division Multiplexed, FDM)、码分复用(Code Division Multiplexed, CDM)、空分复用(Spatial Division Multiplexed, SPD)或上述复用方案的任意组合或混合来占据资源块。

[0071] 图14是DL和UL控制资源块配置的优选实施例示意图。DL控制区域片段和UL控制区域片段的配置需不相同。在图14所示的示范例中,8个DL/UL控制资源块用于一小区控制周期的8个控制波束CB0到CB7。在一个DL控制区域片段中,不同控制波束的DL控制资源块优选为TDM,并在时间上连续。如块1410所绘示,CB0到CB7的DL控制资源块在时域上复用。每个控制波束以最大功率发送以达到最大范围。另一方面,在一个UL控制区域片段中,当基站配置多个RF链路时,不同控制波束的UL控制资源块优选为SDM与其他复用方案结合。如块1420所绘示,CB0到CB7的UL控制资源块在空域和时域上复用。配置多个RF链路的基站可同时接收多个波束,基带数字处理可进一步减小波束间干扰。

[0072] 图15是UL接收机具有两个RF链路以同时接收两个控制波束的示意图。在图15所示的示范例中,基站配置有一个RF接收机,RF接收机具有两个RF链路RF0和RF1。在UL传送中,基站通过RF0和RF1同时接收CB1和CB5,随后采用数字基带处理模块1510处理已接收信号,以减小波束间干扰。

[0073] 图16A是具有/不具有交织(interleaved)DL/UL控制资源配置的实施例的示意图。在图16A的上半部分,控制周期包括一DL控制区域片段1610和一对应的UL控制区域片段1620。DL控制区域片段1610包括用于4个控制波束CB0到CB3的DL控制资源块。用于4个不同控制波束的DL控制资源块为TDM,且在时间上连续。类似地,UL控制区域片段1620包括用于4个控制波束CB0到CB3的UL控制资源块。用于4个不同控制波束的UL控制资源块为TDM,且在时间上连续。在图16A的下半部分,控制周期包括一DL控制区域片段1630和一对应的UL控制区域片段1640。DL控制区域片段1630包括用于4个控制波束CB0到CB3的DL控制资源块。UL控制区域片段1640包括用于4个控制波束CB0到CB3的UL控制资源块。用于4个不同控制波束的DL控制资源块和UL控制资源块为TDM,但不在时间上连续。在一特定情况下,DL和UL控制资源块交织,且在时间上交替排列。

[0074] 图16B是具有不同DL/UL工作周期(duty cycle)的控制资源配置的一实施例的示意图。在图16B的上半部分,控制周期包括一DL控制区域片段1650和一对应的UL控制区域片段1660。DL控制区域片段1650包括用于4个控制波束CB0到CB3的DL控制资源块,这些DL控制资源块为TDM,且在时间上连续。在控制周期内,每个DL控制波束出现两次。UL控制区域片段

1660包括用于4个控制波束CB0到CB3的UL控制资源块,这些UL控制资源块为TDM,且不在时间上连续。在控制周期内,每个UL控制波束出现一次。如此一来,DL控制波束的工作周期比UL控制波束的工作周期短。在图16B的下半部分,控制周期包括一DL控制区域片段1670和一对应的UL控制区域片段1680。DL控制区域片段1670包括用于4个控制波束CB0到CB3的DL控制资源块。UL控制区域片段1680包括用于4个控制波束CB0到CB3的UL控制资源块。用于4个不同控制波束的DL控制资源块和UL控制资源块为TDM,但不在时间上连续。在一特定情况下,每两个DL控制资源块与一个UL控制资源块交织。如此一来,DL控制波束的工作周期比UL控制波束的工作周期短。

[0075] 图17是用于不同小区的控制周期的实施例的示意图。在图17的上半部分,不同小区的控制周期相同,如为小区同步(cell-synchronous)。用于小区1、小区2和小区3的DL控制区域片段为时间对齐。通过小区同步配置,UE能够在同一控制区域片段间隔内,从不同的小区对控制波束进行测量。在图17的下半部分,不同小区的的控制周期不同,如为小区非同步(cell-non-synchronous)。用于小区1、小区2和小区3的DL控制区域片段没有时间对齐。通过小区非同步配置,来自不同小区的控制波束之间没有小区间干扰。

[0076] 图18是TDD和FDD系统中控制周期的实施例的示意图。在图18的上半部分,在TDD或FDD模式中,DL控制区域片段和UL控制区域片段在时间上交织。在图18的下半部分,在FDD模式中,DL控制区域片段和UL控制区域片段在时间上重叠或对齐。

[0077] 当用于控制波束的预先配置资源不够时,附加控制资源块可被配置。对于DL控制波束来说,附加DL控制资源块可被动态配置、预先配置,或从控制波束识别符中隐含发送。附加DL控制资源块可具有不同的帧格式,如导频信号无需调制,因其不需要携带波束ID。对于UL控制波束来说,附加UL控制资源块可被动态配置、预先配置,或从控制波束识别符中隐含发送。附加UL控制资源块可基于竞争(contention)分配,也可许可给指定UE集合。附加UL控制资源块可具有不同的帧格式,如导频信号无需调制,因其不需要携带UE ID。

[0078] 图19是根据一新颖性方面的波束成形系统中UE 1901和BS 1902之间的控制信令发送进程示意图。在步骤1910中,UE 1901试图与BS 1902建立连接。UE 1901等待并探测BS控制波束传送,其中BS控制波束被重复无限期发送。UE 1901试图与BS 1902实现时间、频率和空间同步,并获取所需广播信息,以接入网络。在步骤1920中,UE 1901接收并探测到来自BS 1902的控制波束传送。举例来说,UE 1902接收并探测到来自BS 1902的4个控制波束传送CB#1到CB#4。在步骤1930中,UE 1901选择控制波束,如控制波束CB#2,以与BS 1902建立连接。UE 1901首先进行与BS 1902的时间和频率同步。UE选择控制波束来与BS建立连接后,空间同步得以实现。UE 1901随后确定对应于所选控制波束CB#2的UL控制资源。适中的阵列增益通过控制波束提供,这可部分补偿mmWave信道中严重的路径损耗,因而有利UE端的探测操作。在步骤1940中,UE 1901在对应于所选控制波束CB#2的UL控制资源上进行随机接入(Random Access,RA),以携带发送给BS 1902的连接建立所需的重要信息。通过随机接入,BS了解UE优选哪个控制波束。通过采用所选控制波束,BS可与UE取得联系,以完成连接建立进程。通过控制波束可提供适中的阵列增益,从而有利于UE随机接入的BS接收。UL控制资源包括随机接入的专用资源,从而提供受到更好保护的UL信道。

[0079] 图20是根据一新颖性方面的波束成形系统中从基站角度的控制信令发送方法流程图。在步骤2001中,基站分配多个第一DL控制资源块集合,用于到波束成形网络中多个UE

的DL传送。每个DL控制资源块集合与对应的波束成形权重集合相关。在步骤2002中,基站分配多个第二UL控制资源块集合,用于来自多个UE的UL传送。每个UL控制资源块集合与相同的对应的波束成形权重集合相关。在步骤2003中,基站采用控制波束集合发送小区和波束识别信息,其中每个控制波束包括一DL控制资源块集合、一UL控制资源块集合和对应的波束成形权重集合。控制波束集合的波束成形权重组合建立覆盖小区整个服务区域的辐射样式。

[0080] 图21是根据一新颖性方面的波束成形系统中从UE角度的控制信令发送方法流程图。在步骤2101中,在波束成形网络中,UE接收基站采用控制波束集合发送的控制波束。每个控制波束包括一DL控制资源块集合、一UL控制资源块集合和一相关波束成形权重集合。在步骤2102中,UE选择控制波束,以与基站建立连接。在步骤2103中,UE采用所选控制波束进行到基站的随机接入。

[0081] 控制波束中的导频信号

[0082] 图22是根据一新颖性方面的波束成形系统中控制波束中导频信号的一示范例的示意图。如图1所述,为了控制信号的目的,在蜂窝系统中,基站提供一粗糙TX/RX控制波束集合。控制波束集合可被定期配置,或以UE已知的顺序无限期发生并重复。控制波束集合覆盖整个小区覆盖区域,并具有适中的波束成形增益。每个控制波束广播最少量的波束特定信息,其中波束特定信息与LTE中的MIB或SIB类似。每个波束也可携带UE特定控制和/或数据业务。每个控制波束发送已知导频信号集合,以用于初始时间-频率同步,识别发送导频信号的控制波束,以及测量发送导频信号的控制波束的无线电信道质量。

[0083] 在图22所示的示范例中,基站的小区由8个控制波束CB0到CB7覆盖。每个控制波束包括一下行链路资源块集合、一上行链路资源块集合以及一具有适中波束成形增益的相关波束成形权重集合。不同的控制波束在时域上时分复用。举例来说,下行链路子帧2201具有8个DL控制波束,总共占据0.38msec。上行链路子帧(图未示)具有8个UL控制波束,总共占据0.38msec。两个DL/UL子帧之间的间隔(控制周期)为5msec。控制波束集合为低级别控制波束,可提供低速率的控制信令发送,以利于高级别数据波束上的高速率数据通信。具体来说,每个控制波束的导频信号集合在每个定期配置的时间-频率资源块发送,以利于接收装置检测、识别和同步到控制波束以及进行后续的高速率数据通信。

[0084] 图23是波束成形正交频分复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)系统中控制波束的导频架构的详细示范例的示意图。在图23中,两个DL子帧之间的间隔(控制周期)为5msec,其包括840个DL OFDM符号。每个DL控制区域包括128个OFDM符号,每个控制区域中的每个控制波束(如CB0)包括16个OFDM符号。对于CB0来说,为CB0分配的每个资源块(如资源块2301)沿着时域包括4个OFDM符号($L=4$ OFDM符号),以及基于系统带宽和配置沿着频域包含一定数目的子载波。

[0085] 在每个OFDM符号中,导频信号每8个($K=8$)子载波(或资源元素)插入一次,一个OFDM符号(如OFDM符号2311)中最多插入 $R_{max}=320$ 次。剩余载波(或资源元素)用于数据符号。导频符号与数据符号相比具有功率提升因子(power-boosting factor)。导频符号与第0个子载波相比具有偏移(offset) v_m 。导频符号跨越子频带或整个频带($K \cdot R_{max} \leq N_{fft}$)。OFDM符号2311中的R个资源元素由特征序列(signature sequence) $s_m[n]$ 进行调制,以识别控制波束(CB0)。相同的OFDM符号重复L次(如资源块2301中的每个OFDM符号)形成一个导频

架构。相似的导频架构重复M次,由重复索引(index) $m=0,1\cdots M-1$ 进行索引。举例来说,导频架构2323具有重复索引 $m=2$ 。M个导频架构(重复M次)一起形成CB0的导频部分。

[0086] M个导频架构具有相似的架构,但是具有不同的偏移 v_m 以及/或者不同的特征序列 s_m 。偏移 v_m 以及特征序列 s_m 的实际值基于重复索引 m 。可能地,不同的偏移可导致跳频样式(hopping pattern),而不同的序列 s_m 由基础序列的循环延迟多普勒频移(circular delay-Doppler shifts)产生。在一示范例中,不同的序列 s_m 属于具有不同延迟和线性调频脉冲斜率(chirping slope)的Zadoff-Chu序列集合。如此一来,一个OFDM符号中由特征序列 s_m 进行调制的R个资源元素可被用来识别特定控制波束。

[0087] 图24是波束成形网络2400中基于导频信号的控制波束识别的示意图。波束成形网络2400包括多个小区。每个基站配置一控制波束集合以建立覆盖小区整个服务区域的辐射样式,用于导频信号传送。小区的每个控制波束通过具有跳频样式 v_m 和序列 s_m 的导频符号识别。具体来说,对于第i个小区的第j个控制波束来说,有对应的变化的识别符对(identifier pair) $v_m(i,j)$ 以及 $s_m(i,j)[n]$ 。

[0088] 在图24所示的示范例中,有9个小区(小区0到小区8),每个小区有8个控制波束(CB0到CB7)。在一示范例中,相同的跳频样式但不同的序列与同一小区的不同控制波束有关。在另一示范例中,相同的序列但不同的跳频样式与同一小区的不同控制波束有关。在另一示范例中,同一小区中不同控制波束的序列属于从同一基础序列推导的序列集合。需注意,同一识别符对可空间复用。

[0089] 图25是具有附加OFDM符号的导频架构的不同实施例的示意图。如图25中的左侧图所绘示,为控制波束分配的每个资源块沿着时域包括6个OFDM符号。最左边和最右边的OFDM符号分配给数据部分,中间的4个OFDM符号($L=4$)被分配给导频部分。在每个OFDM符号中,导频符号每8个子载波($K=8$)插入一次导频符号,相同的OFDM符号重复4次($L=4$)。如图25中的右侧图所绘示,为控制波束分配的每个资源块沿着时域包括4个OFDM符号。最左边和最右边的OFDM符号分配给数据部分,中间的2个OFDM符号($L=2$)被分配给导频部分。在每个OFDM符号中,导频符号每8个子载波($K=8$)插入一次导频符号,相同的OFDM符号重复2次($L=2$)。换句话说,L可由基站配置(configurable),以及可在导频符号之前以及/或者之后填补附加的OFDM符号,用来携带附加的数据符号。

[0090] 图26是具有保护时间(guard time)的导频架构的不同实施例的示意图。如图26所示,在从一个控制波束到另一控制波束切换中,可插入额外的保护时间。举例来说,CB0和CB1之间插入保护间隔,以保证CB0和CB1各自的传送不彼此干扰。

[0091] 图27是根据一新颖性方面的波束成形系统中为导频符号传送分配资源的方法流程图。在步骤2701中,基站在波束成形OFDM网络中分配控制资源块集合。控制资源块集合包括与波束成形权重集合有关的定期分配的时间-频率资源块,以形成控制波束。在步骤2702中,基站将每个资源块分割成导频部分和数据部分。每个导频部分被划分为M个导频架构,每个导频架构包括L个OFDM符号。在L个OFDM符号中的每个OFDM符号中,每K个子载波插入一次导频符号,共插入R次,以形成导频部分。数据符号被插入到剩余资源元素中,以形成数据部分。变量M、L、K和R均为正整数。在步骤2703中,基站通过控制波束,将导频符号和数据符号发送给多个UE。M个导频架构具有相似的架构,不同的偏移 v_m 和不同的序列 s_m 。小区的每个控制波束通过具有基于 v_m 和特征序列 s_m 的跳频样式的导频符号识别。具体来说,对于第i个

小区的第 j 个控制波束来说,有对应的识别符对 $v_m(i, j)$ 和 $s_m(i, j)[n]$ 。

[0092] 可变(variable)循环前缀(Cyclic Prefix, CP)

[0093] 如前面图23所述,在每个导频架构的一个OFDM符号中,每 K 个子载波(或资源元素)插入一次导频符号,最多插入320次($R_{max}=320$)。为了便于接收装置的导频检测,导频符号与数据符号相比具有功率提升因子。此外,导频符号在每个导频架构中重复 L 次。 L 次重复可以多种方式实现。

[0094] 图28是时域中OFDM符号具有 L 次重复的不同实施例的示意图。在图28的顶端图2810中, L 次重复采用 L 个OFDM符号以传统方式实现。也就是说,一个OFDM符号中的资源元素(每 K 个子载波一次)由导频信号的特征序列 $s_m[n]$ 进行调制。同一OFDM符号重复 L 次,形成一个导频架构。图2810显示了代表4个($L=4$)OFDM符号以正常FFT尺寸 N_{fft} 进行IFFT之后的时域,每个OFDM符号具有正常CP长度 N_{cp} 。在一示范例中, $N_{fft}=1024$, $N_{cp}=128$ 。

[0095] 在图28的底端图2820中, L 次重复采用一个长OFDM符号和更长的FFT尺寸、CP长度。也就是说,一个长OFDM符号中的资源元素(每 $L*K$ 个载波一次)由导频信号的特征序列 $s_m[n]$ 进行调制。图2820显示了代表长OFDM符号以FFT尺寸 $L*N_{fft}$ 进行IFFT之后的时域,且OFDM符号具有CP长度 $L*N_{cp}$ 。在一示范例中, $L*N_{fft}=4096$,且 $L*N_{cp}=512$ 。通过长FFT尺寸和长CP长度,相同的导频符号重复 L 次,并在长OFDM符号中的 L 次重复中具有相位连续性。需注意,若正常尺寸FFT在原始OFDM边界进行,需要对导频信号进行相移旋转(phase shift rotation),以实现图2820。

[0096] 图29是具有可变循环前缀长度和可变长度FFT的导频架构示意图。在发送端2901,导频信号先通过串并转换器(serial to parallel converter,图中表示为S/P)转换,导频符号插入到控制波束的资源块中,并通过应用逆快速傅里叶变换(Inverse Fast Fourier Transfers, IFFT),从频域信号转换为时域信号,随后在控制波束发送之前添加循环前缀。在接收端2902,接收机通过进行FFT对接收到的时域信号进行操作,以重建导频架构。循环前缀先从接收到的信号移除,随后通过应用FFT将时域信号转换回频域信号,并由并串转换器(图中表示为P/S)进行转换。导频信号被提取,以恢复导频信号。

[0097] 图29中的图2910是代表索引 $m=0$ 的导频架构的频域图,图2930是对应于具有索引 $m=0$ 的导频架构的OFDM符号的时域图。如图2910所示,对于第一OFDM符号来说,导频符号每8个($K=8$)子载波插入一次。相同的OFDM符号重复用于第二OFDM符号。如图2930所示,前两个OFDM符号采用FFT尺寸 N_{fft} 和CP长度 N_{cp} 。从 $m=0$ 的同一导频架构中下一个OFDM符号开始,如图2910所示,导频符号每16($K=2*8=16$)个子载波插入一次。如图2930所示,第三个OFDM符号采用FFT尺寸 $2*N_{fft}$ 和CP长度 $2*N_{cp}$ 。类似地,图29中的图2920是代表索引 $m=1$ 的导频架构的频域图,且图2940是代表对应于索引 $m=0$ 的导频架构的OFDM符号的时域图。如图2920所示,对于OFDM符号来说,导频符号每32个($K=4*8=32$)子载波插入一次。如图2940所示,OFDM符号采用FFT尺寸 $4*N_{fft}$ 和CP长度 $4*N_{cp}$ 。

[0098] 在波束成形网络中,由于信道中更多的多路径(multi-paths),较宽的波束具有更大的延迟扩展(delay spread),这会导致更可能进入(pull in)具有较长延迟的路径。一些UE可选择采用更宽的RX波束来搜索控制波束,因而接收到信号具有更大的延迟扩展。一些UE可能根本不支持波束成形。更大延迟扩展需要更长CP长度。通过某些控制波束资源块被配置为在不同导频架构中支持可变长度FFT和可变长度CP长度,具有更大延迟扩展的UE可

采用更长的FFT尺寸和更长的CP长度接收它们的控制数据。需注意,导频符号在L次重复中保持不变。因此,导频符号总是以最大FFT尺寸(如 $L*N_{fft}$)处理,或者以等效普通FFT尺寸(如 N_{fft})和合适的相位旋转/移动处理。此外,在N次重复中,导频符号保持恒功率。

[0099] 图30是根据一新颖性方面的在波束成形网络中支持用于导频信号传送的可变CP长度的流程图。在步骤3001中,基站分配用于波束成形OFDM网络中控制波束传送的时间-频率资源块。在步骤3002中,基站将每个资源块分割成导频部分和数据部分。导频部分包括M个导频架构,每个导频架构包括时域上的若干OFDM符号和频域上的若干子载波。在步骤3003中,基站将导频信号的导频符号插入到每个OFDM符号的导频部分。导频符号在每个导频架构中重复L次,每个导频架构采用一次或多次IFFT以及相应的一个或多个可变CP长度以用于控制波束传送。M和L为正整数。在一实施例中,导频架构包括L个OFDM符号,L次重复通过长度为 N_{fft} 的IFFT进行L次实现,每个OFDM符号具有CP长度 N_{cp} 。在另一实施例中,导频架构包括一个OFDM符号,L次重复通过长度为 $L*N_{fft}$ 的IFFT实现,且OFDM符号具有CP长度 $L*N_{cp}$ 。

[0100] 图31是根据一新颖性方面的在波束成形网络中支持用于导频信号接收的可变CP长度的流程图。在步骤3101中,在波束成形OFDM网络中,UE从基站接收控制波束传送。UE从导频符号中接收时域符号,其中导频符号通过控制波束的定期分配时间-频率资源块传送。在步骤3102中,UE通过移除一个或多个具有可变CP长度的CP,并进行相应的一个或多个可变长度FFT处理时域信号,以重建资源块的导频部分,其中导频部分包括M个导频架构,每个导频架构包括时域上的若干OFDM符号和频域上的若干子载波。在步骤3103中,UE从每个导频架构中提取导频符号。导频符号在每个导频架构中重复L次,M和L为正整数。在一实施例中,导频架构包括L个OFDM符号,UE通过进行L次长度为 N_{fft} 的IFFT提取L次重复,每个OFDM符号具有CP长度 N_{cp} 。在另一实施例中,导频架构包括1个OFDM符号,UE通过进行以次长度为 $L*N_{fft}$ 的IFFT提取L次重复,且该OFDM符号具有CP长度 $L*N_{cp}$ 。

[0101] 检测进程

[0102] 图32是根据一新颖性方面的三阶段导频信号检测进程的示意图。如较早图23所述,导频信号采用定期分配的无线电资源块通过小区中的控制波束传送。对于DL导频传送来说,基站分配无线电资源块(如资源块3210),并将导频符号插入到每个导频架构(如导频架构3220)中。在每个OFDM符号中,导频符号每8个($K=8$)子载波(或资源元素)插入一次,一个OFDM符号中最多插入 $R_{max}=320$ 次。导频符号与数据符号相比具有功率提升因子。导频符号与第0个子载波相比具有偏移 v_m 。导频符号跨越子频带或整个频带($K*R_{max} \leq N_{fft}$)。每个OFDM符号中的R个资源元素由特征序列 $s_m[n]$ 进行调制,以识别控制波束。相同的OFDM符号重复L次(如资源块中的每个OFDM符号)形成一个导频架构。类似的导频架构重复M次,由重复索引 $m=0,1 \dots M-1$ 进行索引。

[0103] 小区i,控制波束CBj的导频信号可表示为:

$$[0104] \quad p^{(i,j)}(t) = \sum_{m=0}^{M-1} s_m^{(i,j)}(t - mLT_0) e^{j2\pi v_m^{(i,j)} f_s(t - mLT_0)}$$

[0105] 其中,

[0106] $-s_m^{(i,j)}(t)$ 是相当于第m次接收中第i个小区的第j个控制波束的导频信号的时域。

[0107] -L是每个导频架构中OFDM符号的数目。

[0108] $-m=0\cdots M-1$ 是每个导频架构的接收索引。

[0109] $-v_m^{(i,j)}$ 是相对于第0个子载波的偏移。

[0110] $-T_0$ 是普通OFDM符号长度 T_s 加普通CP长度 T_{CP} 。

[0111] UE通过延迟多普勒信道接收到的信号可表示为：

$$[0112] \quad r(t) = \sum_{i,j} \int p^{(i,j)}(t-\tau) e^{j2\pi v \tau} \cdot h^{(i,j)}(\tau, v) d\tau dv$$

[0113] 其中，

[0114] $-p^{(i,j)}$ 是第*i*个小区中第*j*个控制波束的导频信号。

[0115] $-h^{(i,j)}$ 是第*i*个小区中第*j*个控制波束的信道响应。

[0116] 基于从控制波束传送中接收到的信号 $r(t)$ ，接收装置(UE)需要检测导频信号的存在，如基于 $r(t)$ 识别(小区、CB)的ID并达到时间-频率同步。提出一种具有减少复杂度的示范性三阶段导频检测方法。在第一阶段检测中(步骤3201)，UE检测控制波束的存在并进行粗糙时间-频率偏移估计。在第二阶段检测中(步骤3202)，UE检测控制波束资源块边界。在第三阶段检测中，UE首先进行特征序列相关和波束识别(步骤3203)，随后进行精细(fine)时间-频率同步和信道估计(步骤3204)。

[0117] 图33是第一阶段控制波束检测和粗糙时间-频率估计的示意图。第一阶段检测可检测任何控制波束的存在以及其粗糙资源块边界，并估计粗糙时间和载波频率偏移。检测器计算扩展的OFDM符号的滑动DFT(sliding DFT)，其中滑动窗口可重叠或不重叠。每个假定频率偏移插入导频符号的子载波的能量加总。

[0118] 如图33所示，UE接收时域信号，其中时域信号由每个导频架构的 $L*N$ 个样本携带。接收到的时域信号随后通过DFT转换为频域信号。在每个时刻(time instance) t ，可能的导频符号从具有偏移*i*的 $L*N$ 个子载波中每个子载波(如资源元素或音)提取一次。接收机在基于能量检测来检测任何控制波束和导频符号的存在时，应用滑动DFT以及合并算法。换句话说，对于时刻*t*和偏移*i*来说，可能的导频音(tone)的幅度(能量)加总，接收机选择最佳(t, i)，使得幅度达到最大。更具体来说，在时间*t*以及偏移 $i=0\cdots(KL-1)$ ，导频音的幅度加总可表示为：

$$[0119] \quad Amp_{t_0,0} = \sum || \cdot ||^2, \quad Amp_{t_0,KL-1} = \sum || \cdot ||^2 \text{ (对于时间 } t_0)$$

$$[0120] \quad Amp_{t_n,0} = \sum || \cdot ||^2, \quad Amp_{t_n,KL-1} = \sum || \cdot ||^2 \text{ (对于时间 } t_n)$$

[0121] 一旦选择时间和频率索引(t, i)，接收机确定粗糙中心频率(central frequency)偏移(Central Frequency Offset, CFO) $= i*(1/KL)$ ，粗糙OFDM边界位于时间*t*。需注意，若导频音与数据音相比具有功率提升，能量检测方法可更精确。

[0122] 图34是第二阶段控制波束参考块边界检测的示意图。第二阶段检测器在第一阶段估计的频率偏移校正(correction)后，检测第一阶段检测到的控制波束资源块边界的粗糙边界(在同步时间不确定的范围内)。第二阶段检测与第一阶段类似，其可移除频率偏移不确定性，可能更长延展OFDM符号，以及更精细滑动窗口解析。在第二阶段能量检测中，可发现更多控制波束的存在并达到其更精细的时间-频率同步。接收机在粗糙CFO校正之后，应

用简单滑动DFT以及连贯累计导频符号的能量检测。接收机随后可确定小部分OFDM符号以及子载波,用于更精细时间-频率同步。

[0123] 当在一OFDM符号中,导频符号每K个子载波插入一次时,对应的时域信号将为与导频符号的复值(complex value)有关的一定长度(N_{fft}/K)序列的K次重复。每次重复为一导频片段。在图34所示的示范例中,循环前缀长度为 N_{fft}/K 。因此,在每个包含其循环前缀的OFDM符号中,有K+1个导频片段。由于导频架构中有L次重复,总共有 $(K+1)*L$ 个导频片段。在每个时刻,导频片段的所有样本加总,以输出绝对值累积(能量),如时刻 t_0 的 $\text{AccOut}t_0$,时刻 t_1 的 $\text{AccOut}t_1$,以此类推。举例来说,在时间 t_1 ,导频片段的所有样本的累积可表示为 $\text{AccOut}t_1 = \text{Rx}S_1 + \dots + \text{Rx}S_{(K+1)*L}$ 。接收机随后选择具有最大累积的时刻,以进行时域同步。L次重复将导频符号的检测矩阵提升 $10*\log_{10}(L)$ dB。一些控制数据符号也可重复L次,从而为小区边缘UE产出足够的SNR值,且通过限制上述资源映射或随机分布这些资源映射,基站可避免错误警报。与数据符号相比的导频功率提升进一步提升检测性能。

[0124] 图35是第三阶段的序列相关和波束识别以及最精细时间-频率同步的示意图。通过第二阶段检测的输出,确定搜索间隔,其中搜索间隔按照循环前缀长度排序。在搜索间隔中,所有的导频片段由接收机加总: $\text{Rx}S = \text{Rx}S_1 + \dots + \text{Rx}S_{(K+1)*L}$ 。接收机随后将接收到的信号 Rx 与所有 i 和 j 下所有可能的导频序列 $p(i, j)$ 相关。若小区 i 中的控制波束 j 在搜索间隔中具有最大相关输出,则其被检测出。随后进行最佳时间和频率同步。举例来说,一旦最强序列和其相关控制波束被检测,具有更精细时间和频率偏移间隔的假设的特定序列可进行图35中的第三阶段进程,以达到最精细时间和频率同步。

[0125] 图36是根据一新颖性方面的基于波束成形网络中的控制波束传送的导频信号检测方法流程图。在步骤3601中,在波束成形OFDM网络中,UE从基站接收控制波束传送。导频信号通过小区中控制波束的定期分配时间-频率资源块发送。在步骤3602中,UE处理资源块的导频部分携带的导频符号,其中导频部分包括M个导频架构,每个导频架构包括时域上的L个OFDM符号和频域上的R个子载波。在每个OFDM符号中,导频符号每K个子载波插入一次,插入R次。M、L、R和K为正整数。在步骤3603中,UE基于控制波束传送,检测控制波束和导频信号。

[0126] 在一实施例中,进行三阶段导频检测进程。在第一阶段中,UE通过进行滑动DFT检测控制波束的存在,从而估计粗糙时间-频率偏移。其包括通过选择时刻和频率偏移的能量检测,以达到最大合并能量。在第二阶段中,UE检测控制波束的时间-频率资源块边界。其包括进行部分OFDM符号和子载波的累积导频符号的滑动DFT与能量检测。在第三阶段中,UE检测导频符号并识别控制波束,以及进行精细时间-频率同步和信道估计,其包括与所有可能导频序列的序列相关。在第二阶段检测确定的搜索间隔中,检测到的控制波束具有最大相关。

[0127] 本发明虽以较佳实施例揭露如上以用于指导目的,但是其并非用以限定本发明的范围。相应地,在不脱离本发明的范围内,可对上述实施例的各种特征进行变更、润饰和组合。本发明的范围以权利要求书为准。

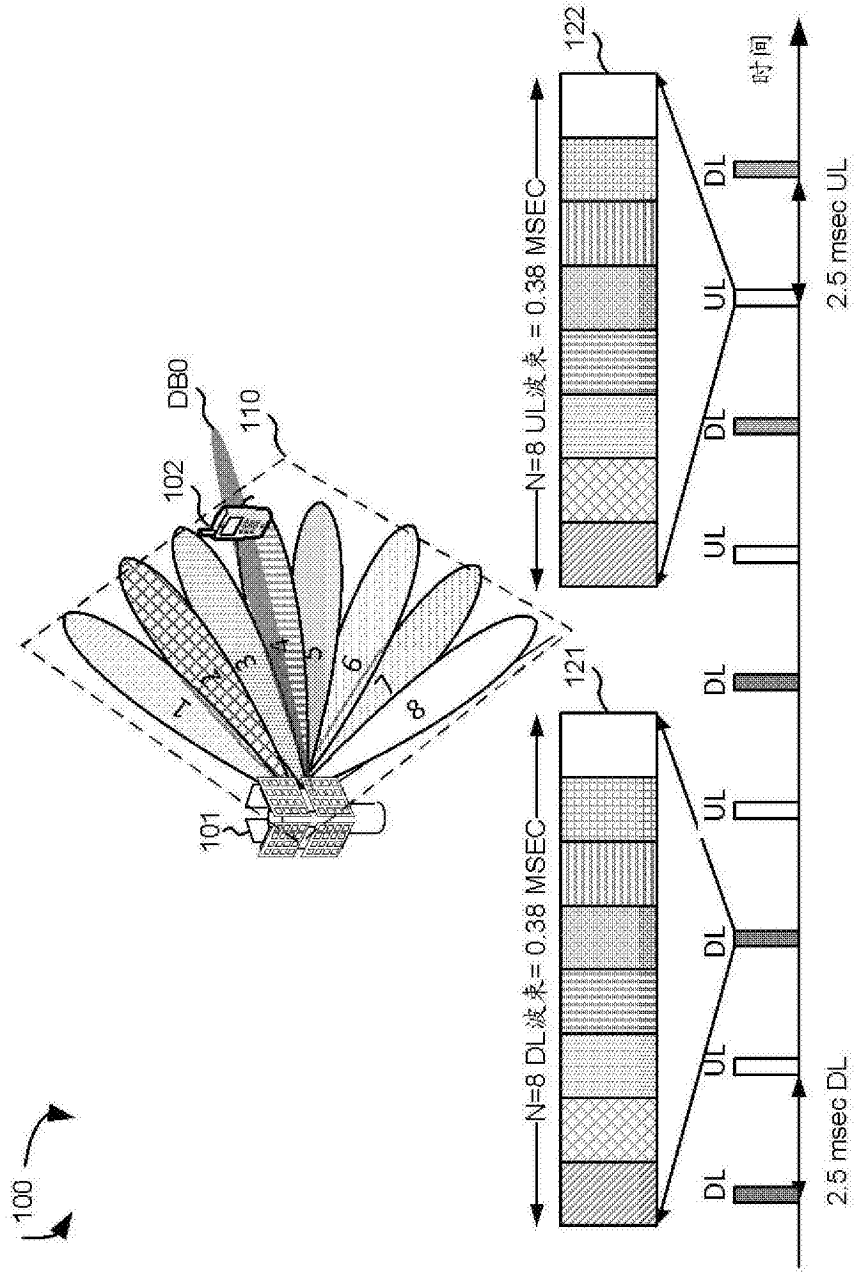


图1

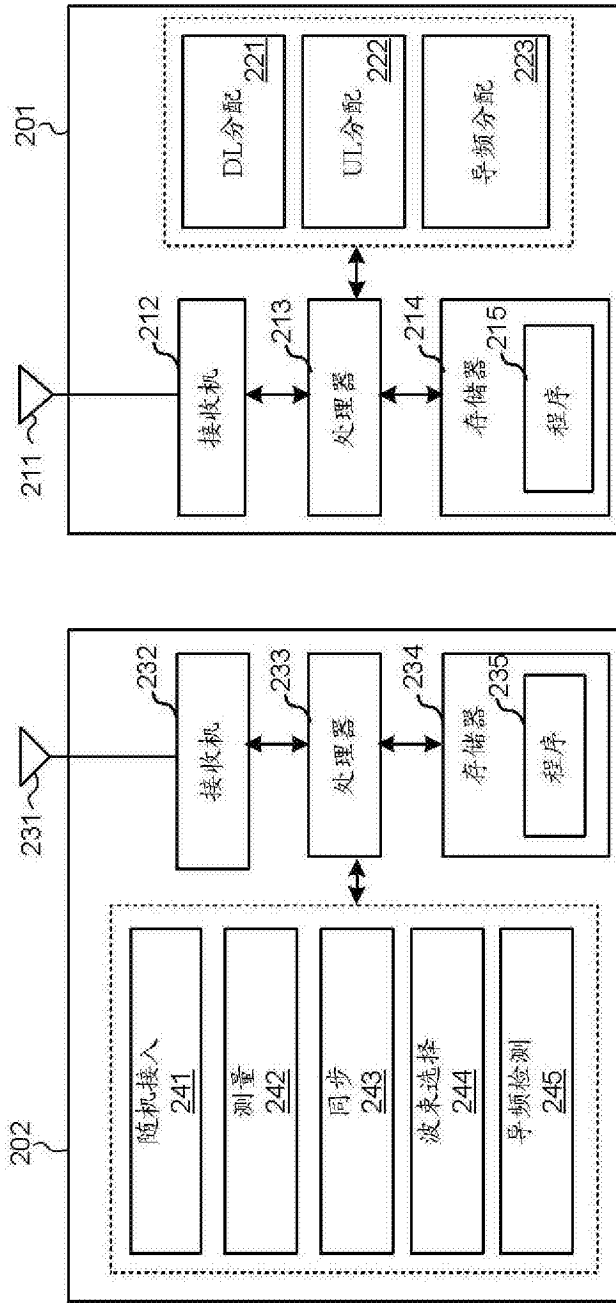


图2

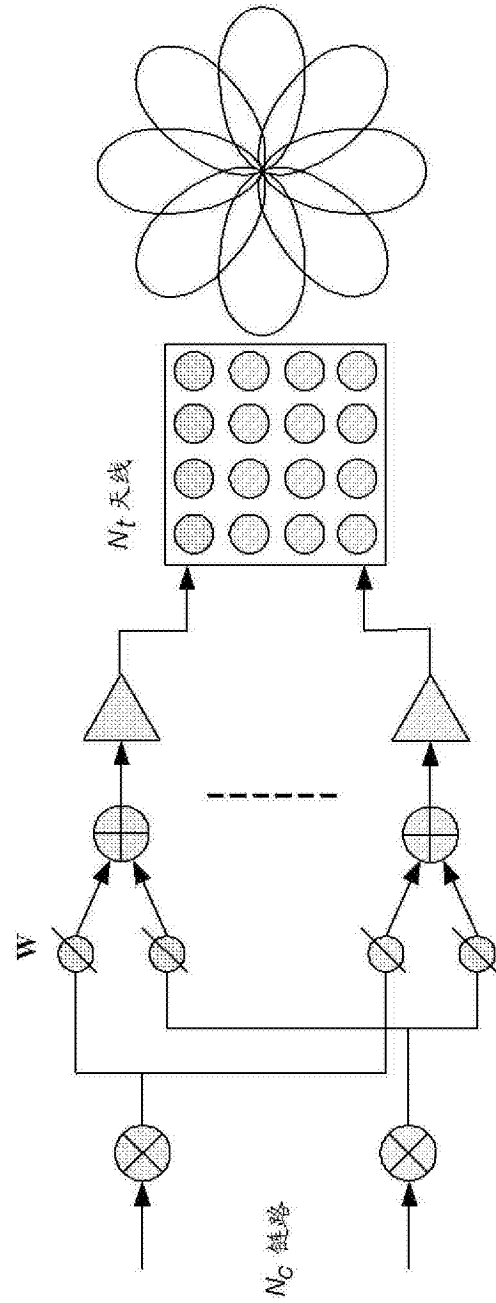


图3

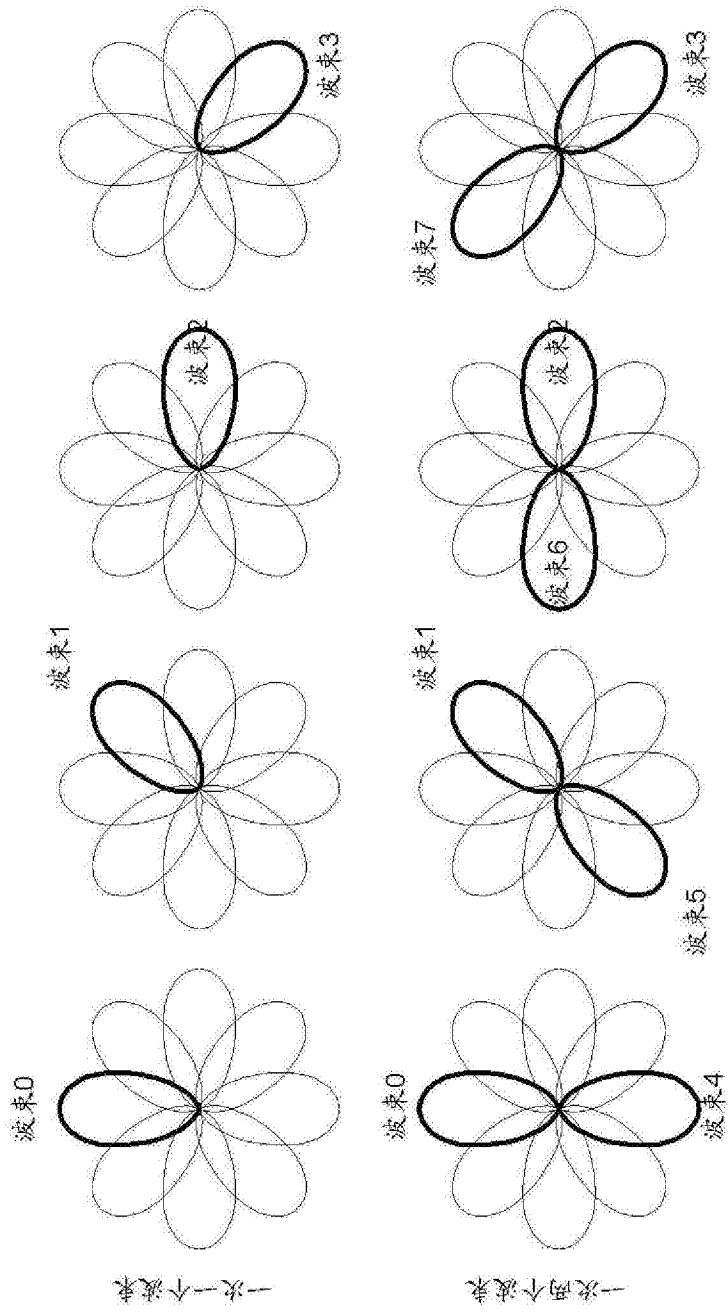


图4

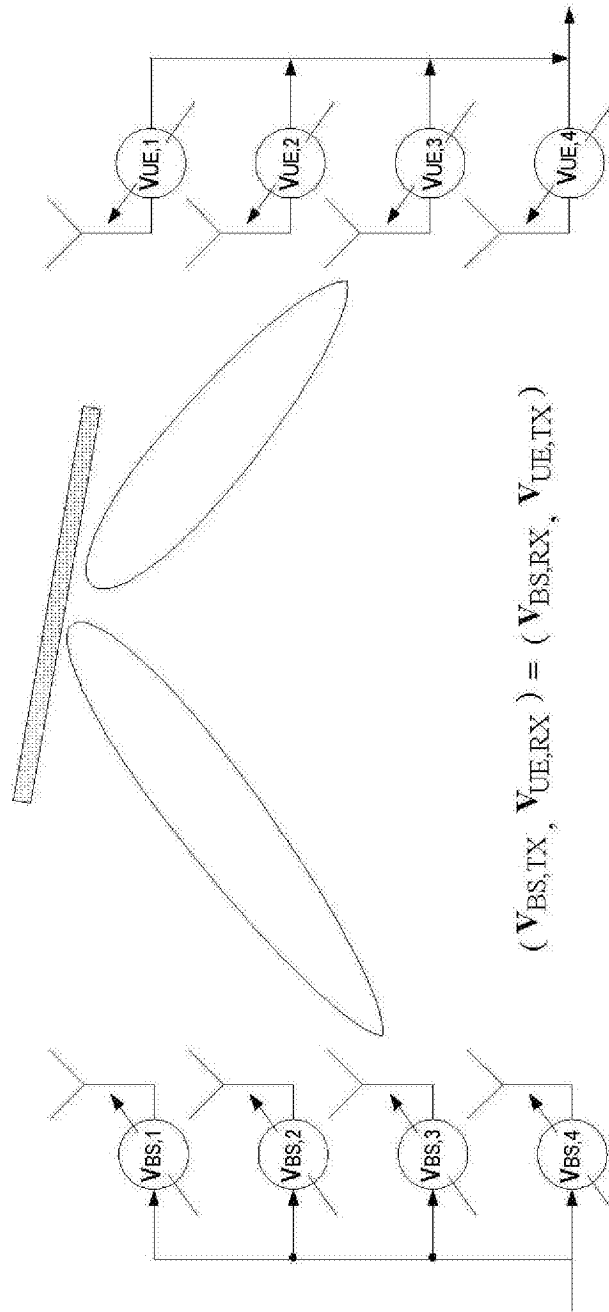


图5

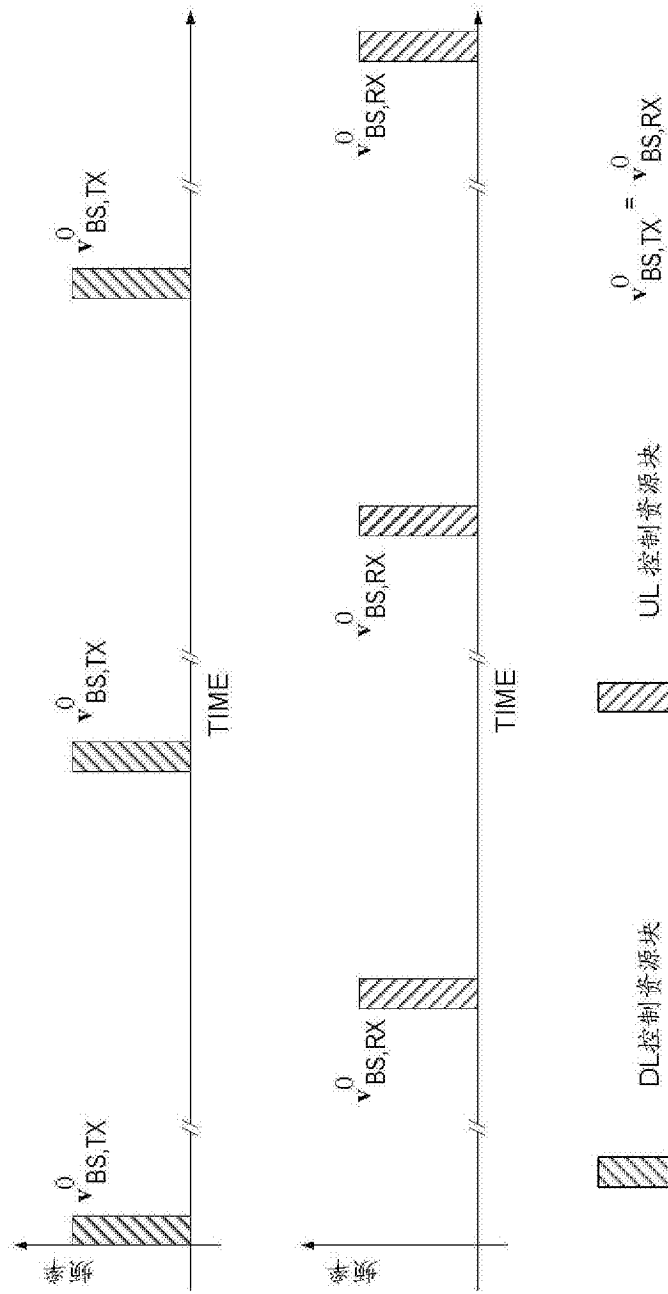


图6

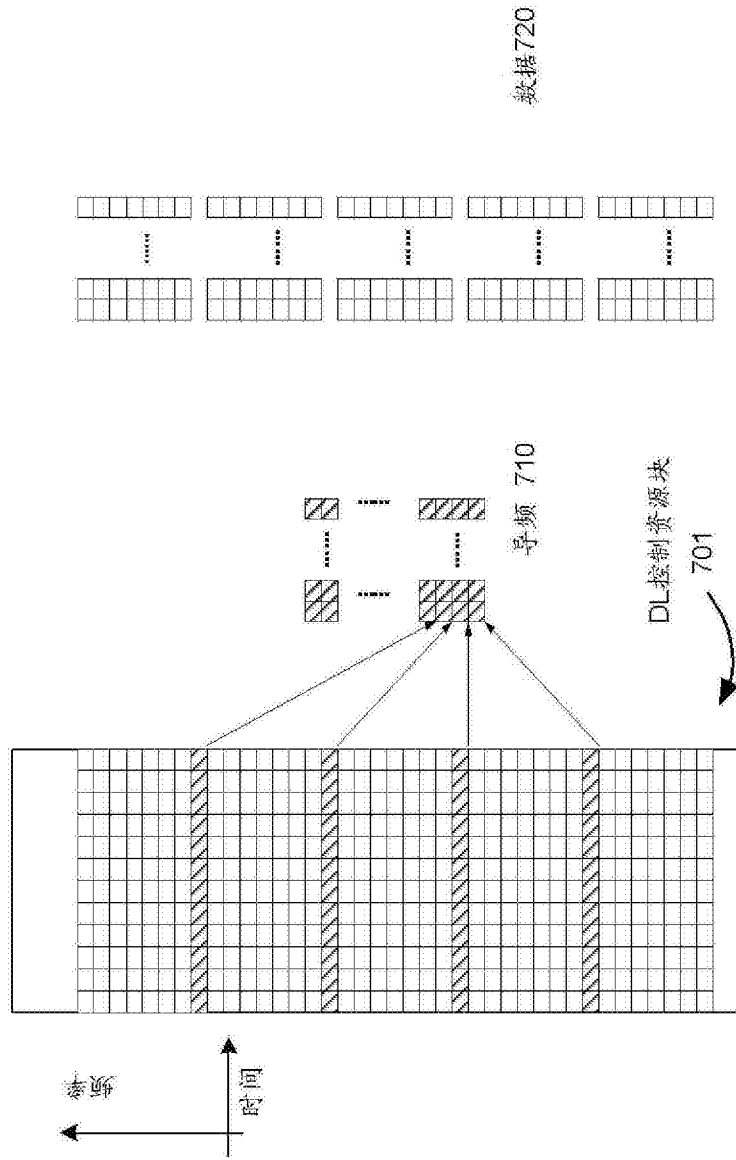


图7

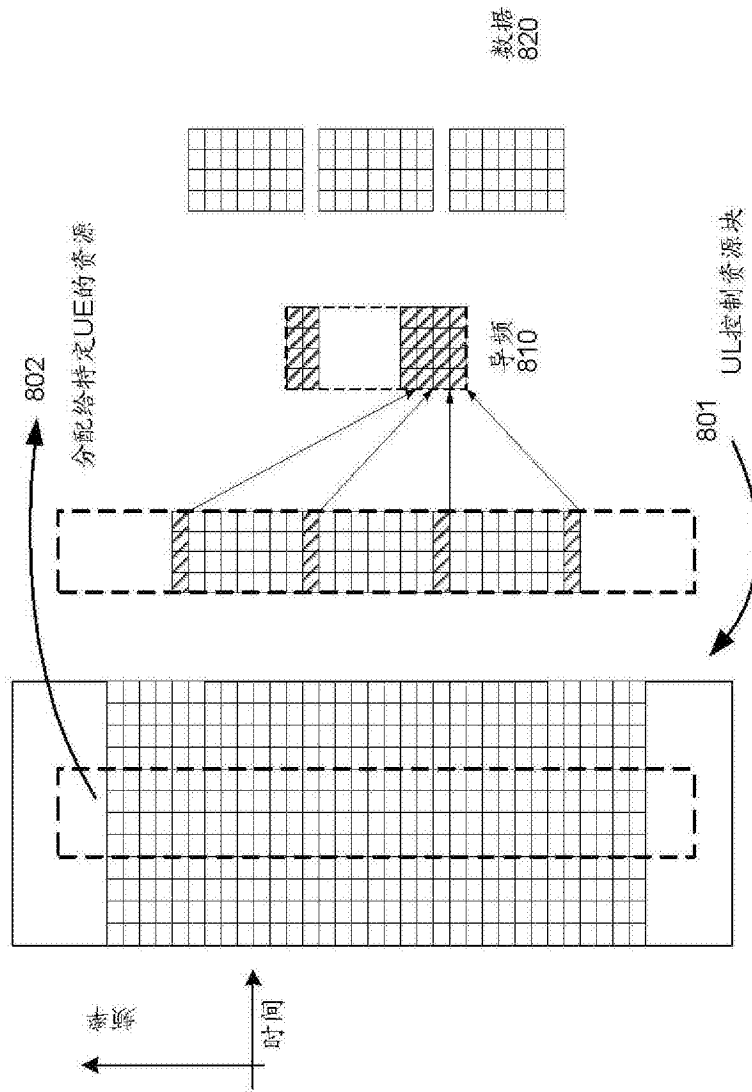


图8

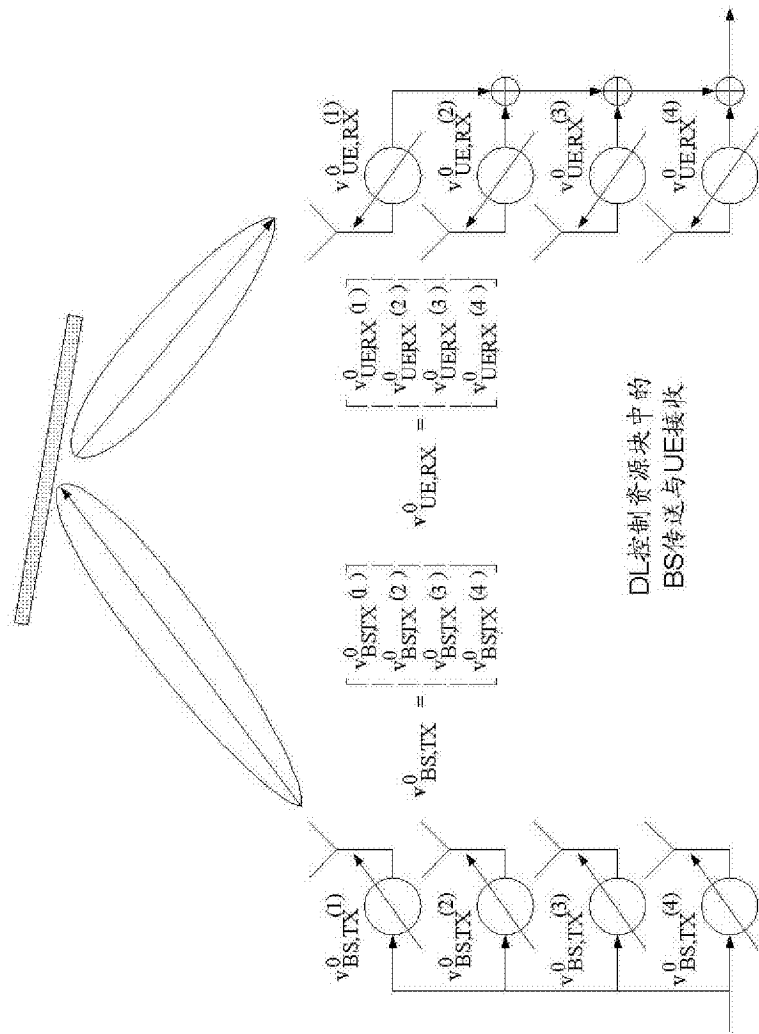


图9

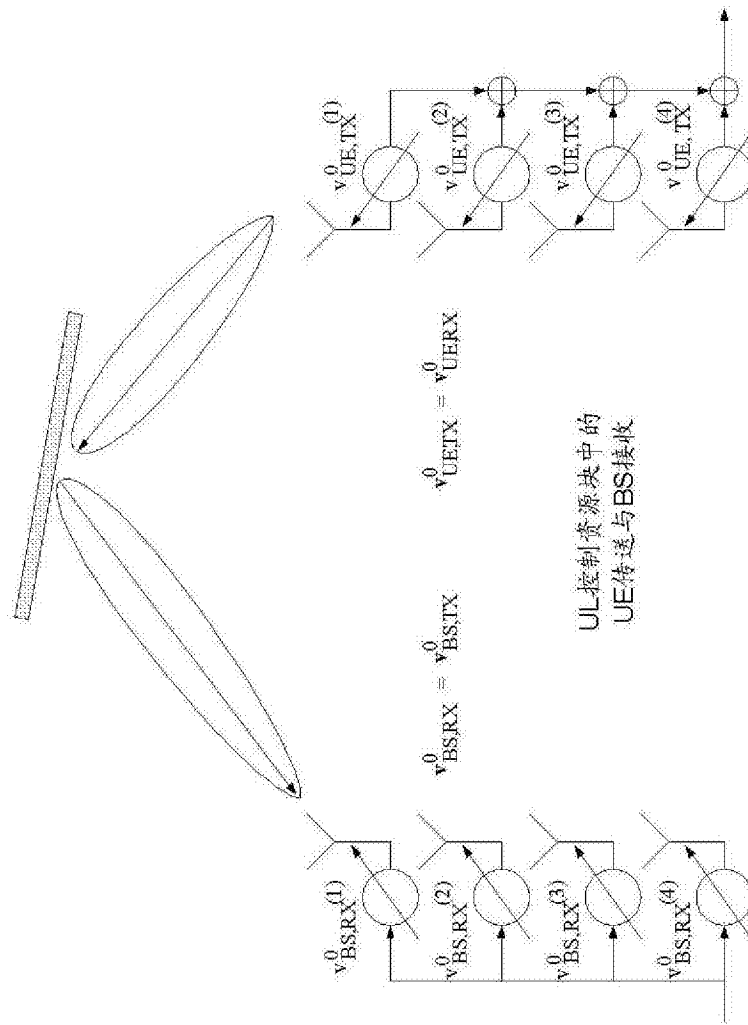


图10

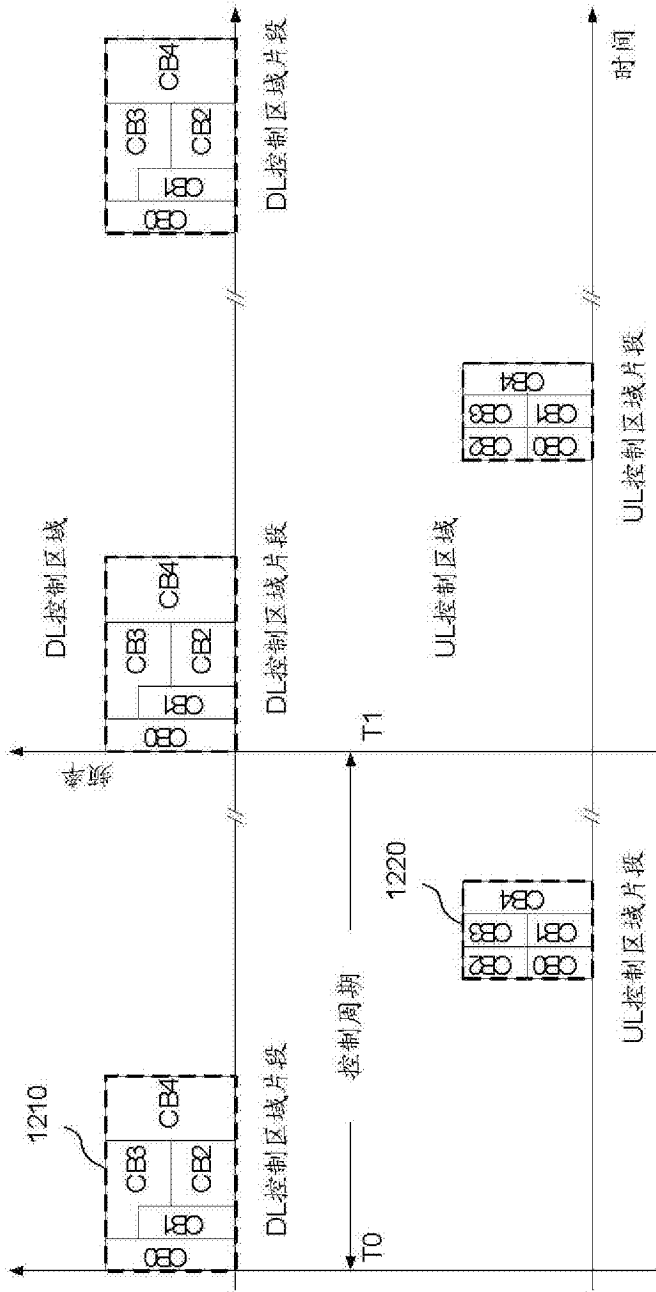


图12

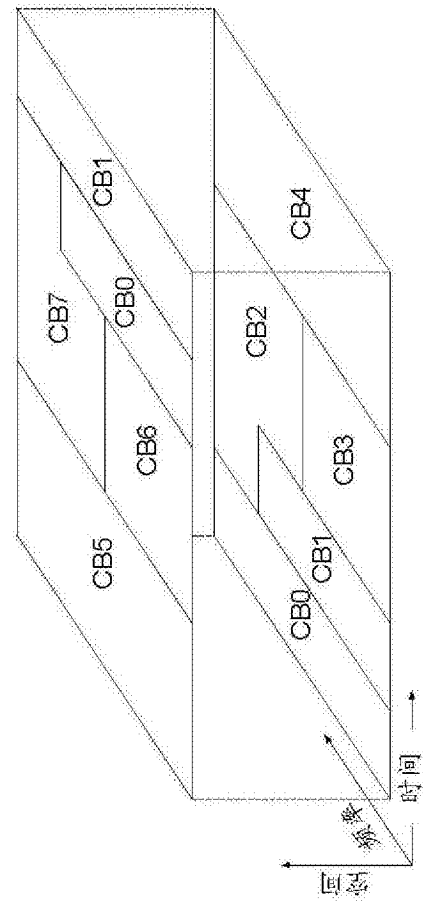


图13

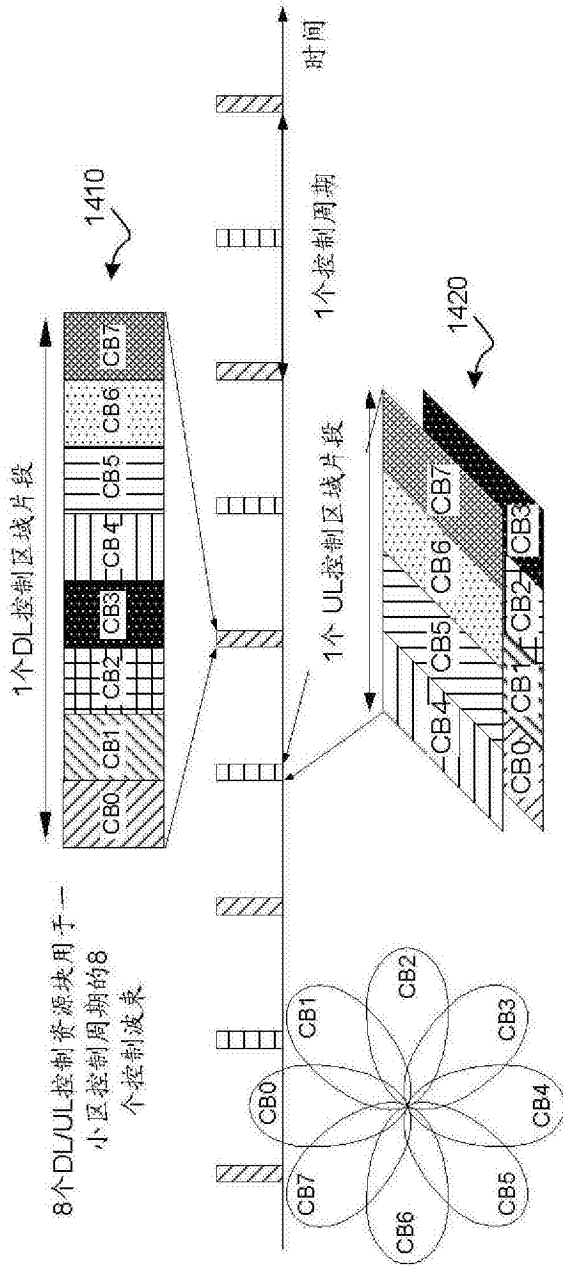


图14

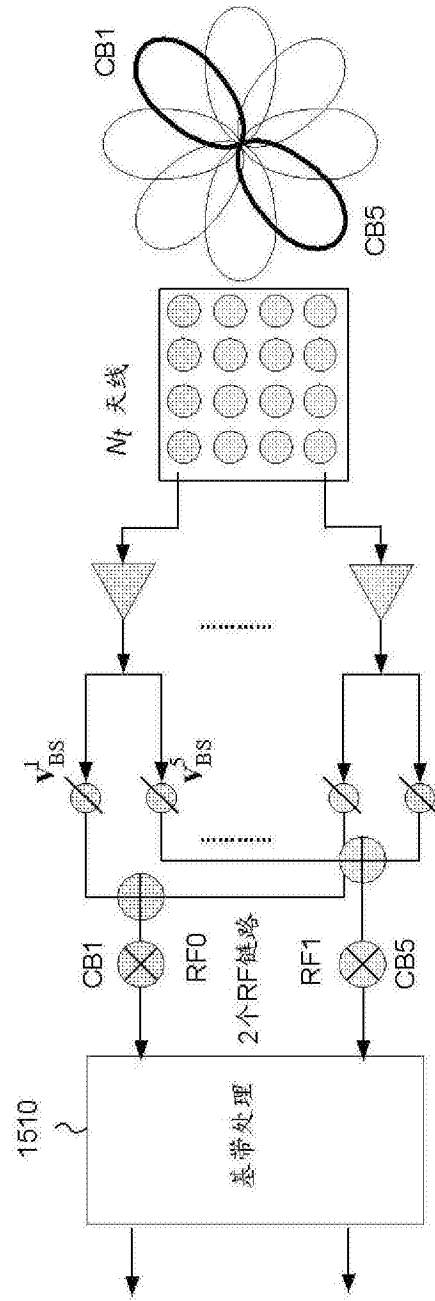


图15

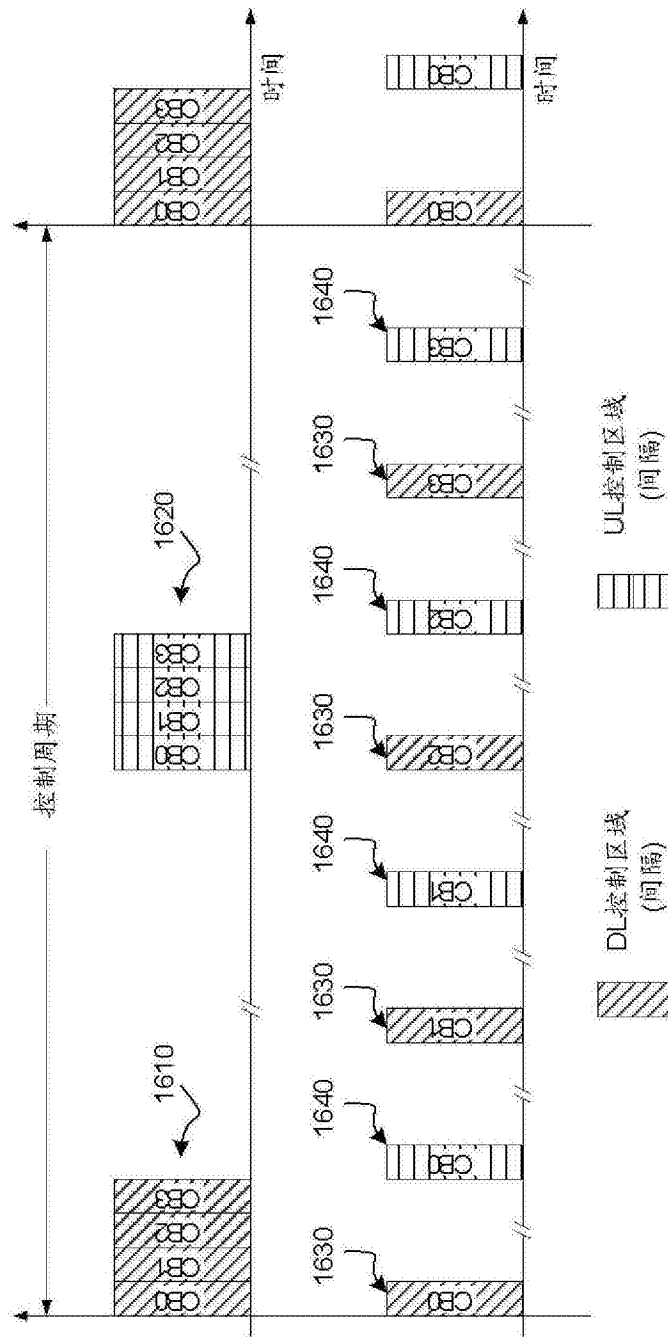


图16A

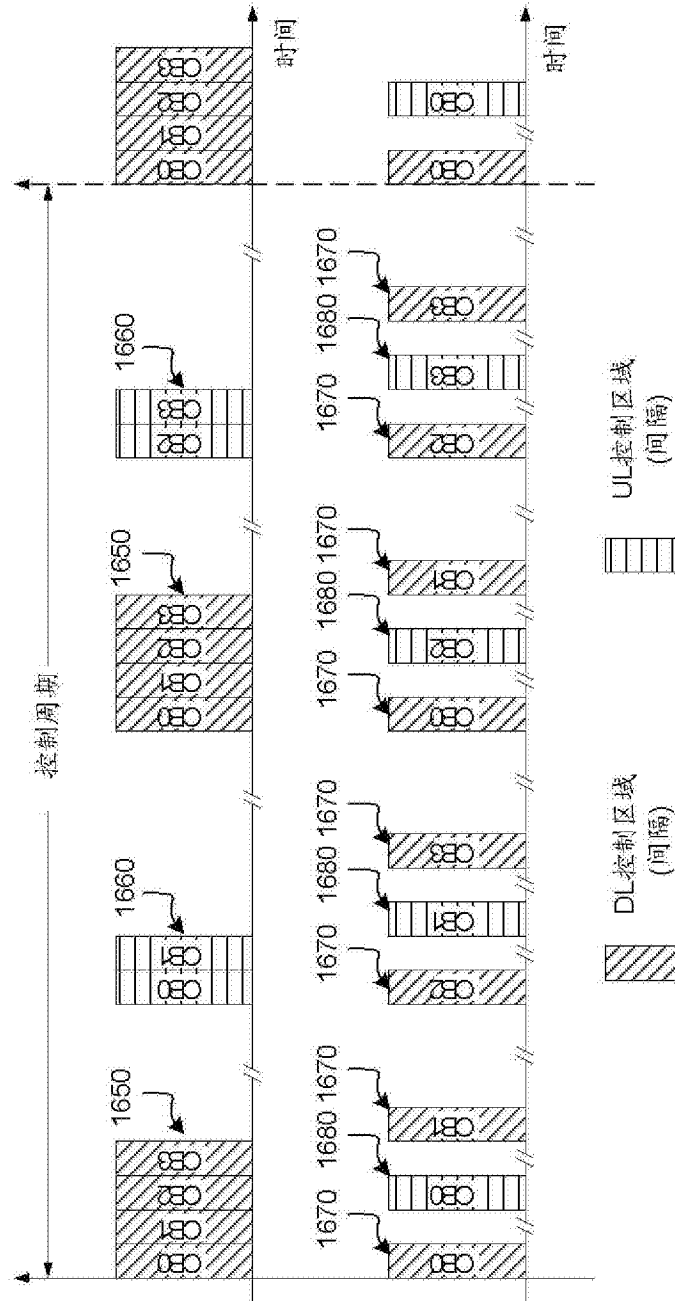


图16B

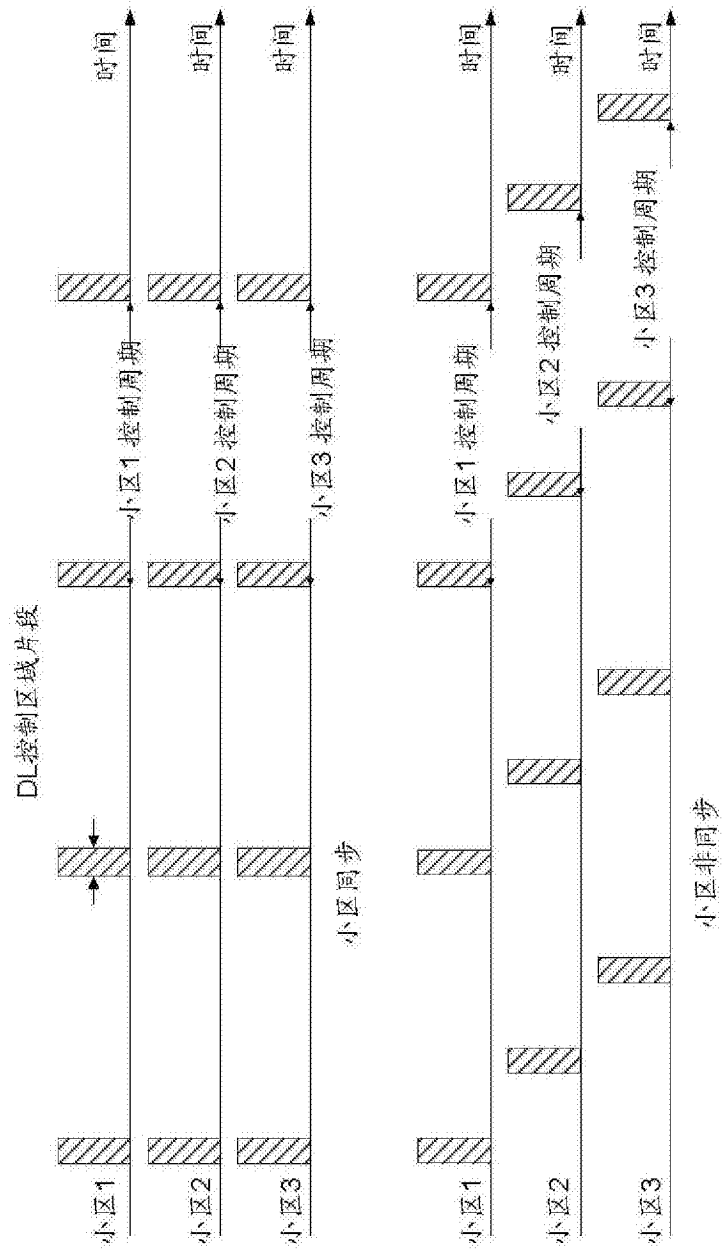


图17

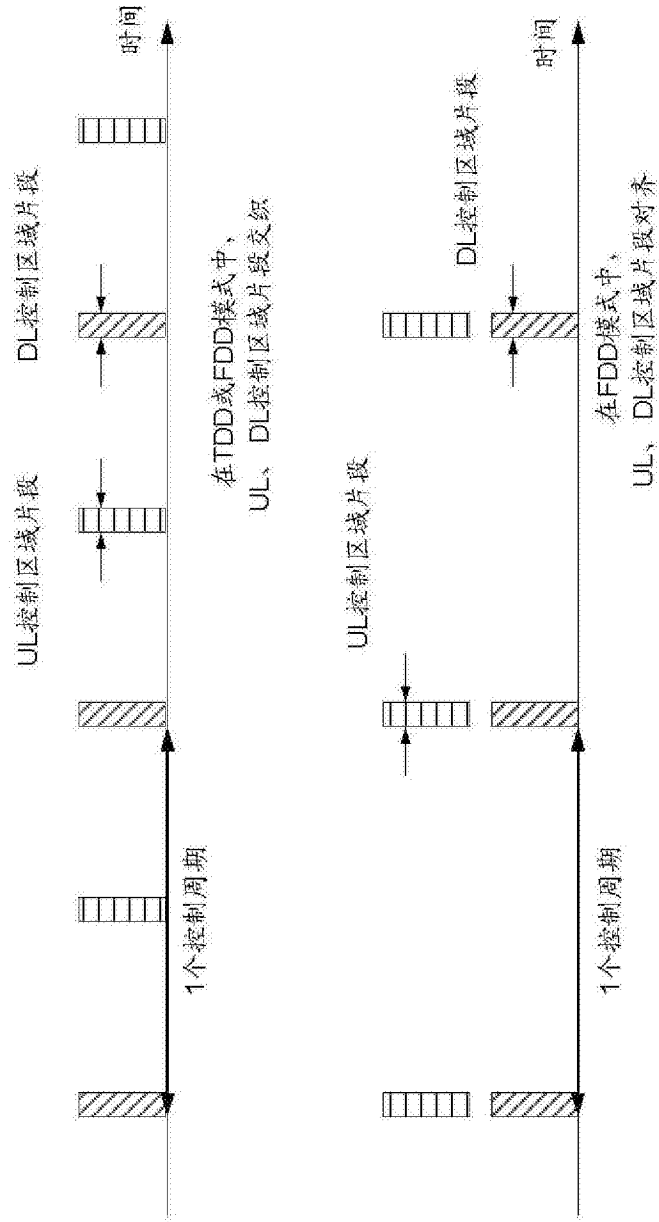


图18

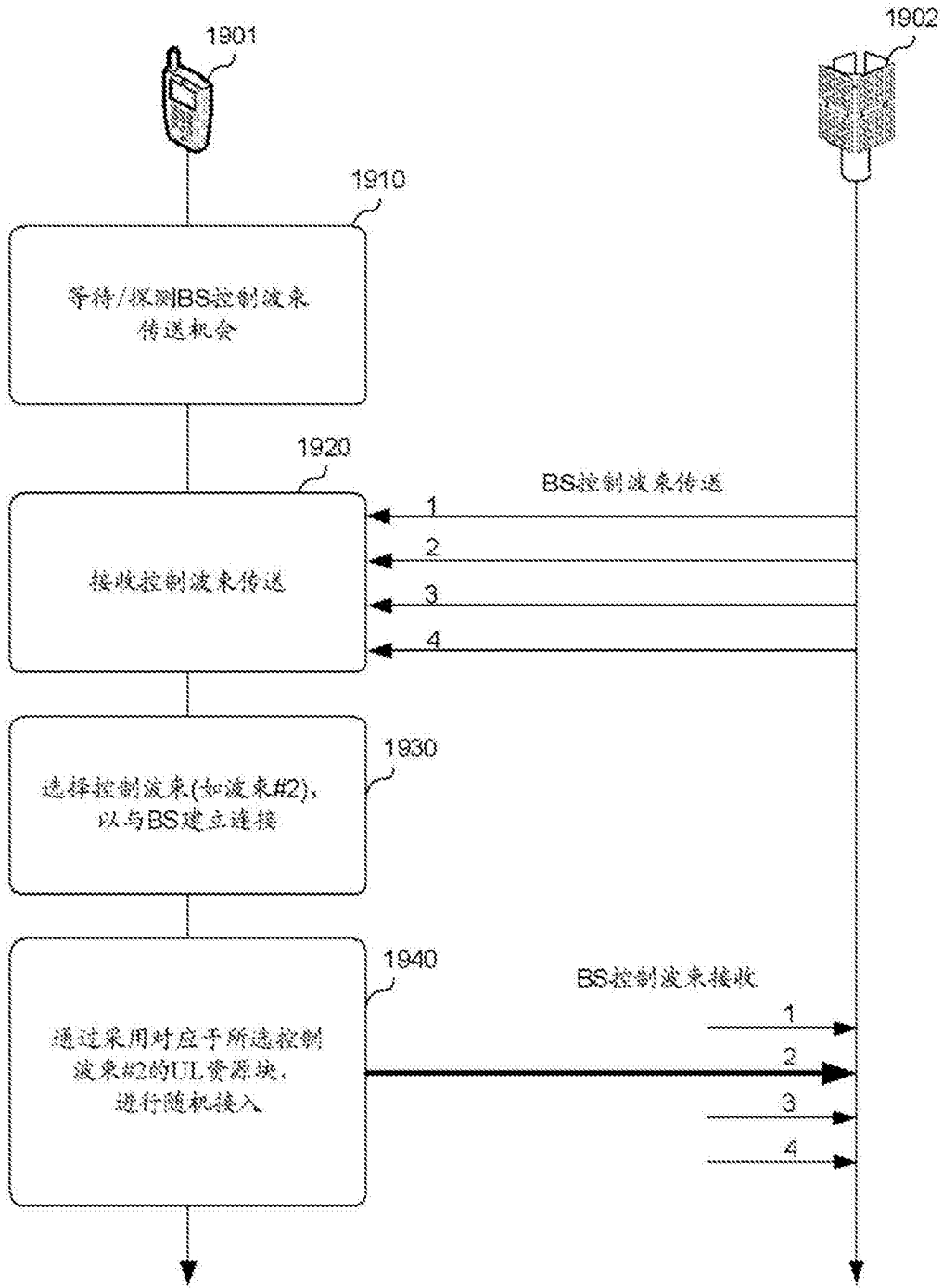


图19

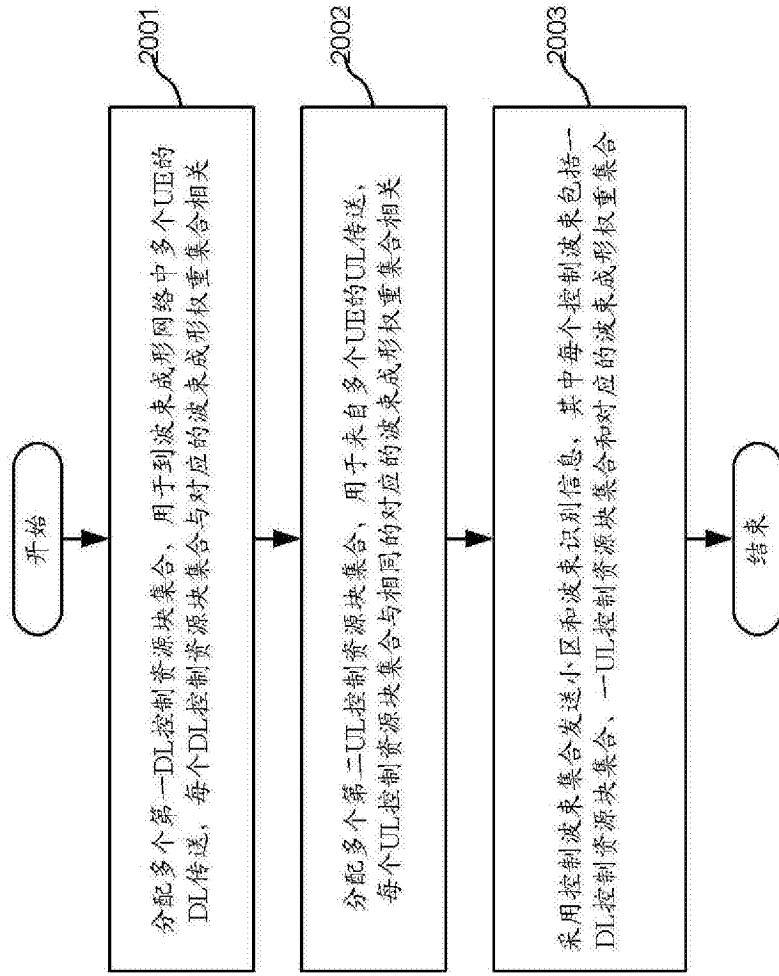


图20

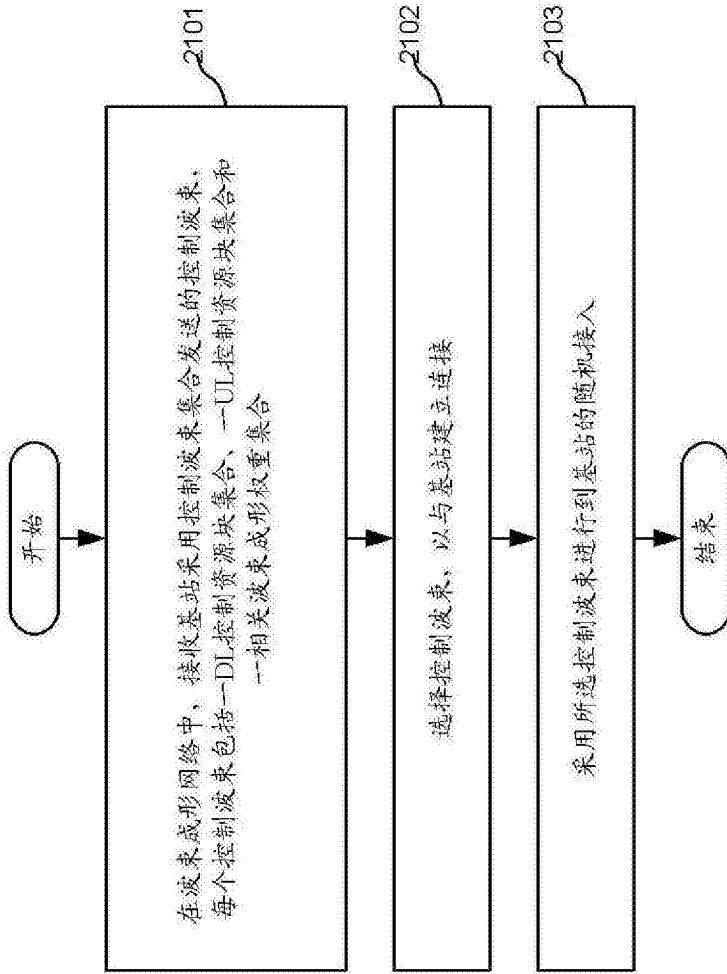


图21

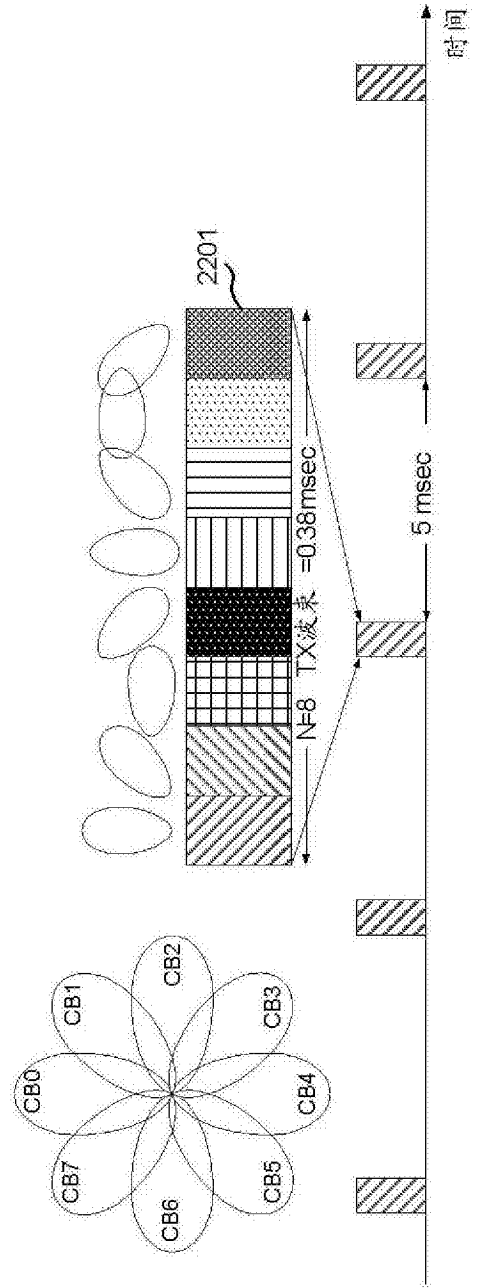


图22

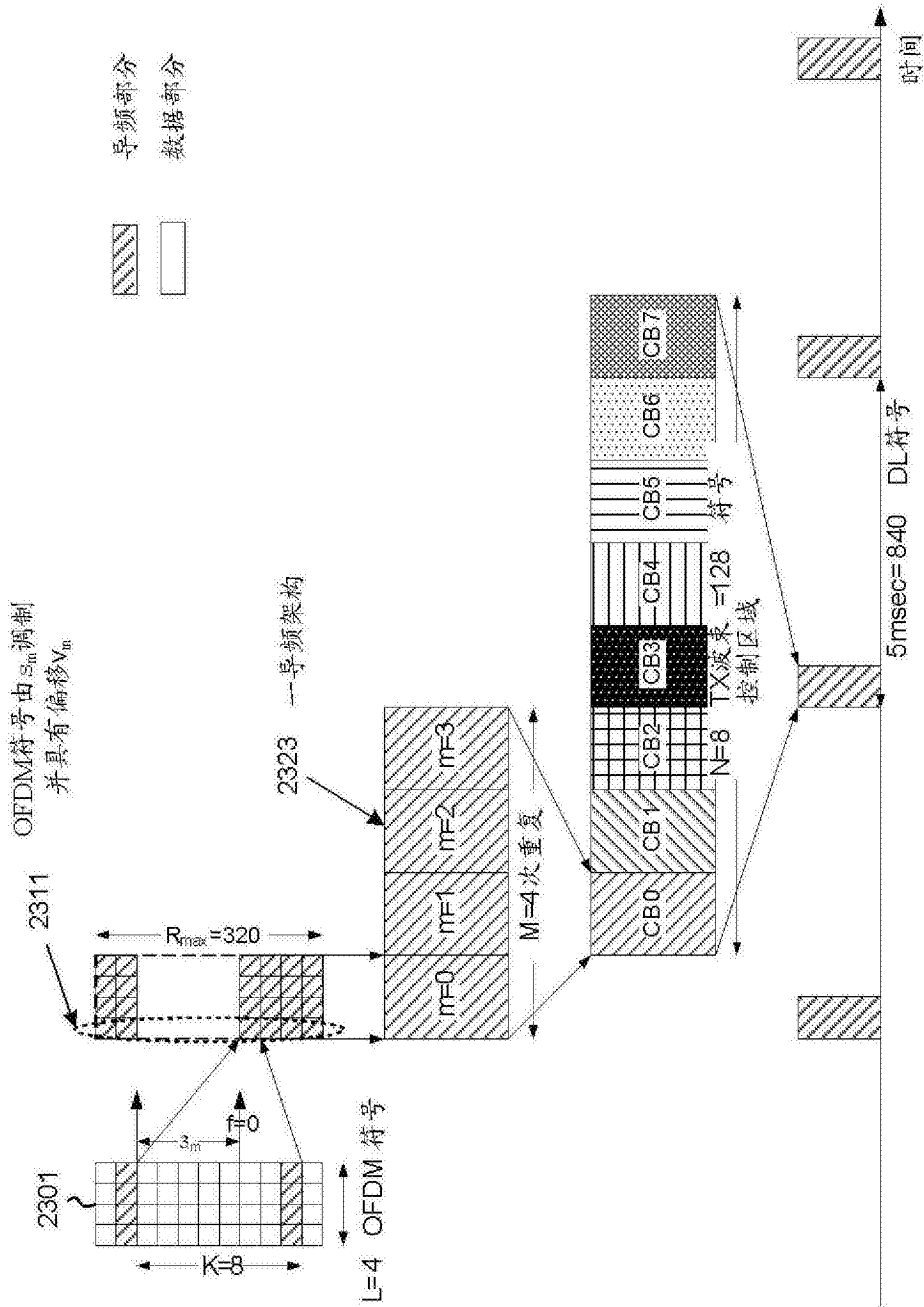


图23

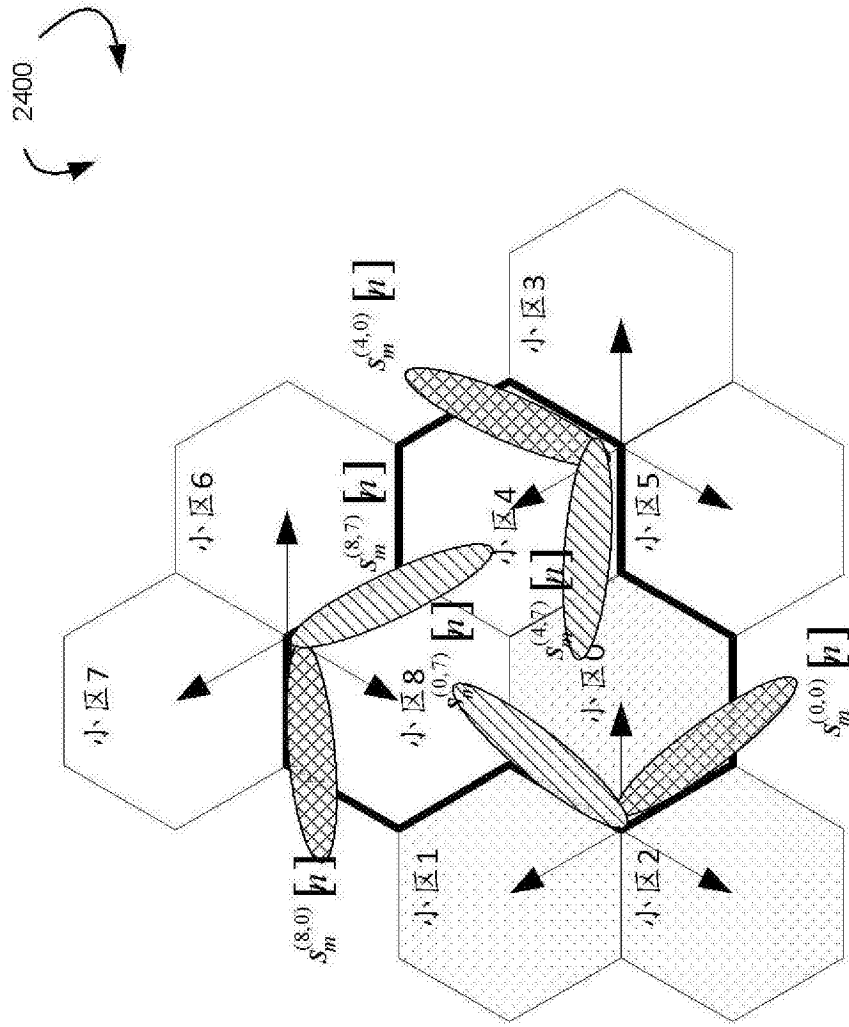


图24

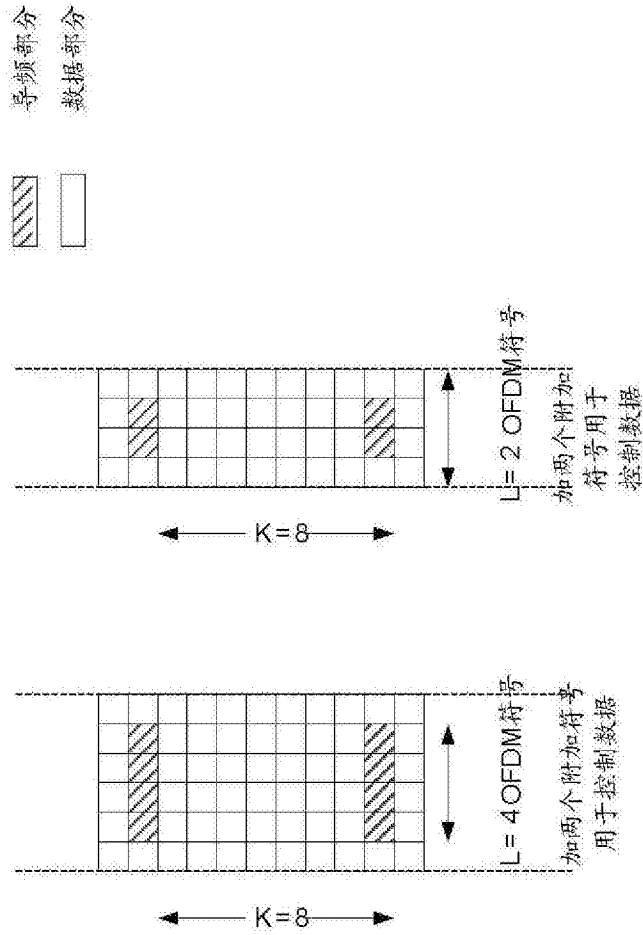


图25

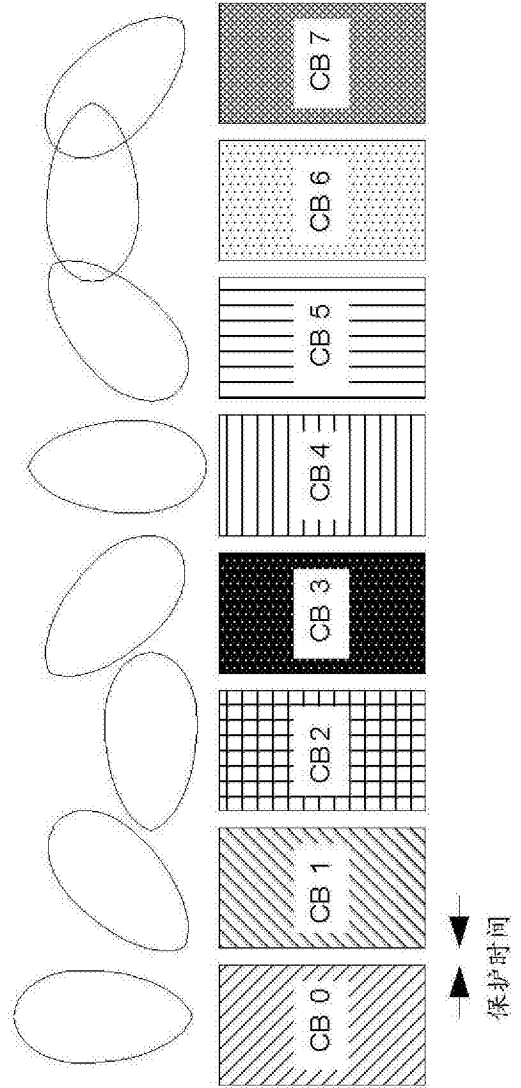


图26

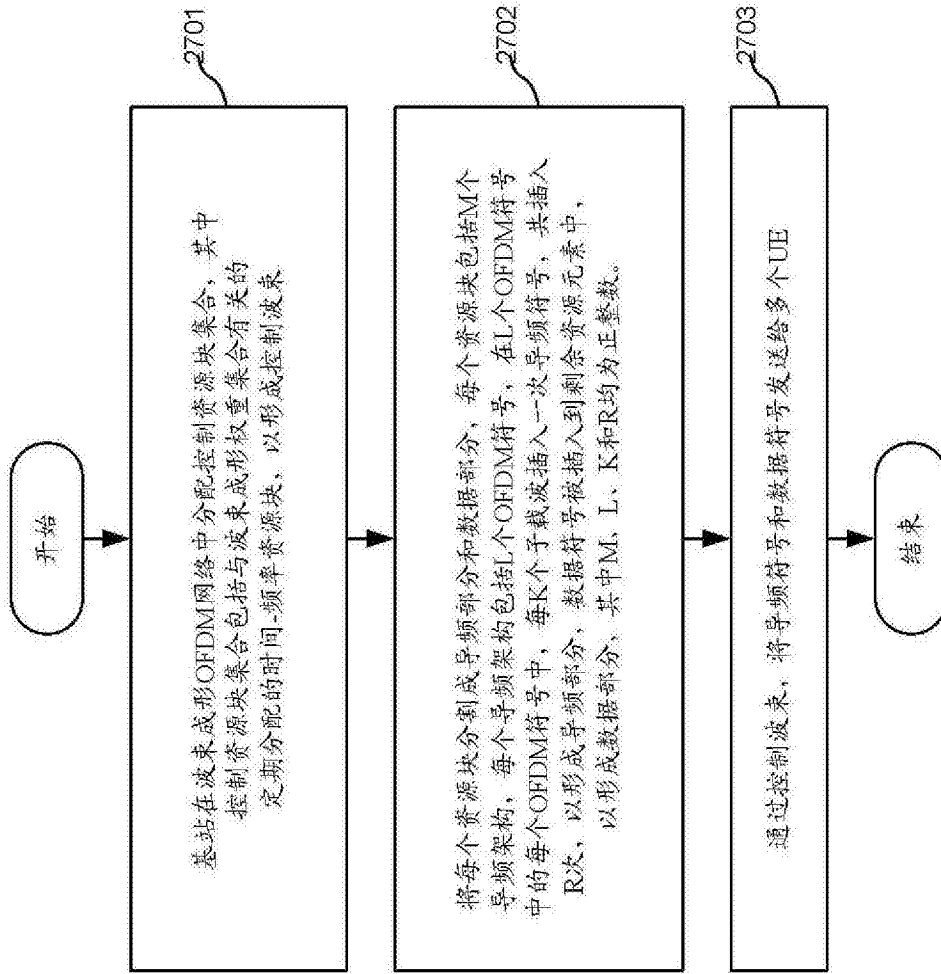


图27

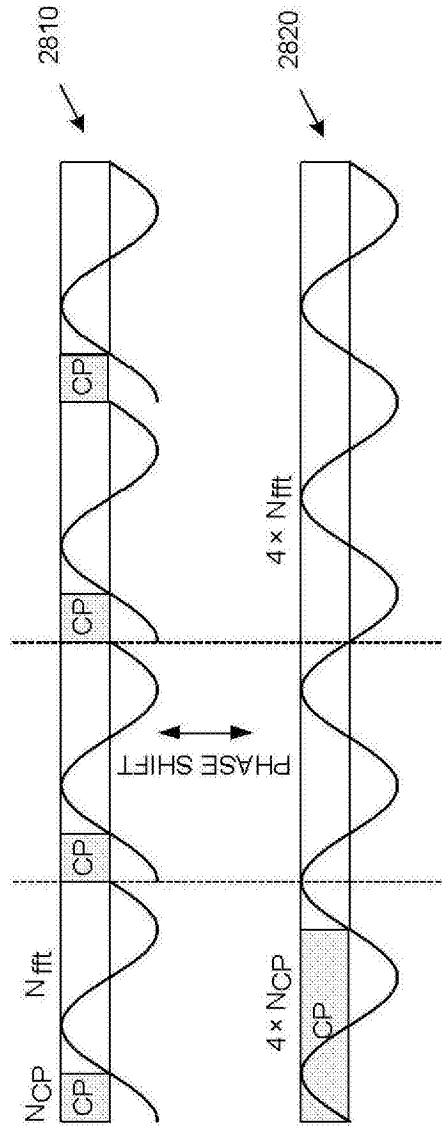


图28

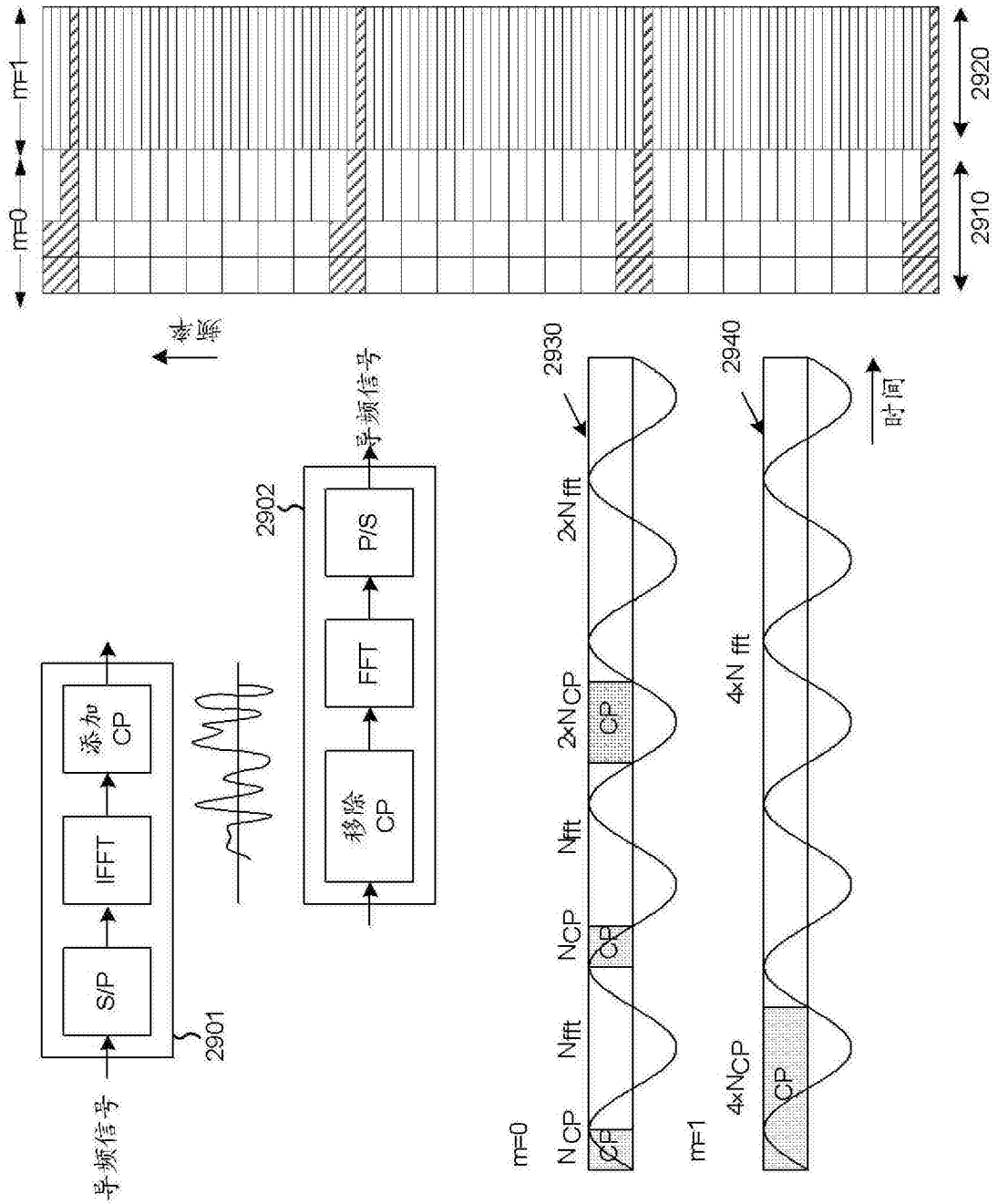


图29

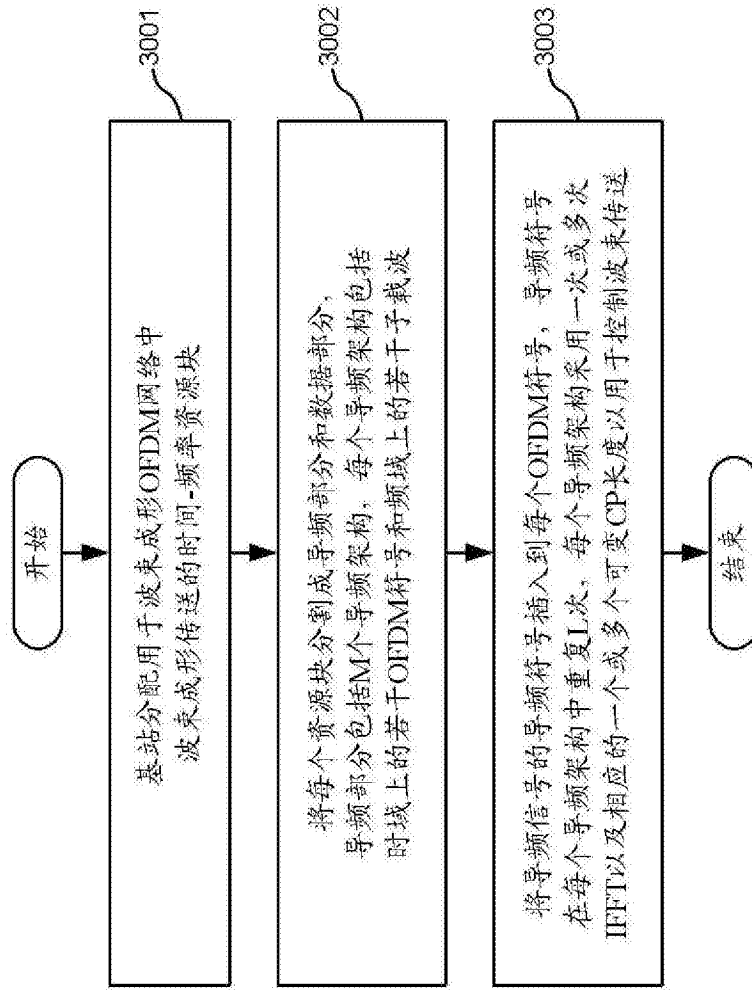


图30

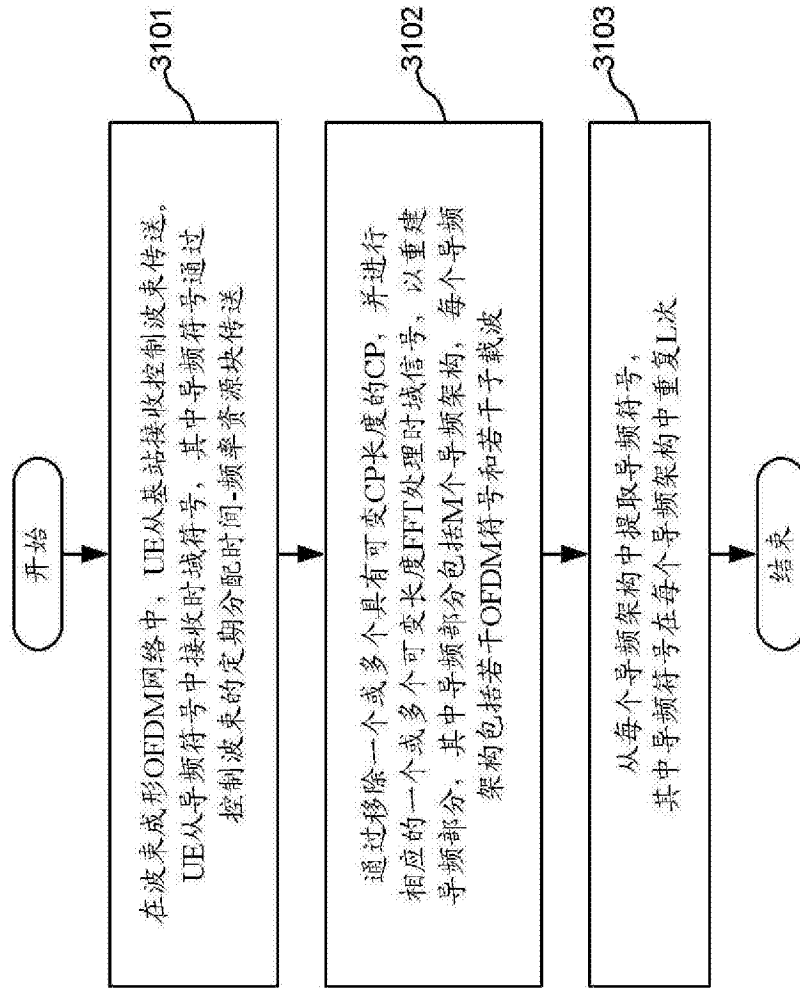


图31

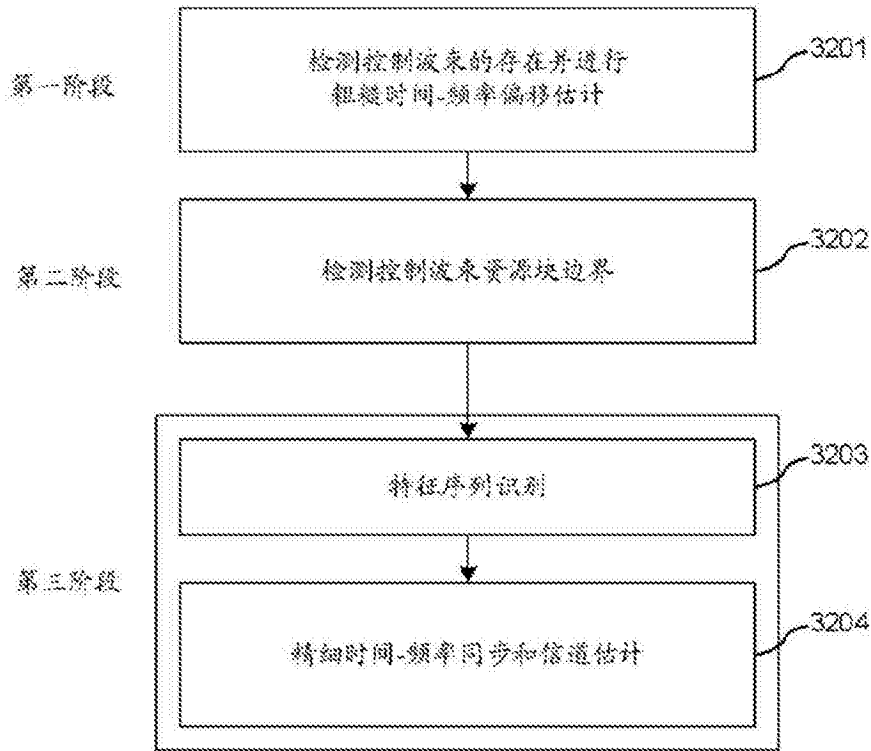
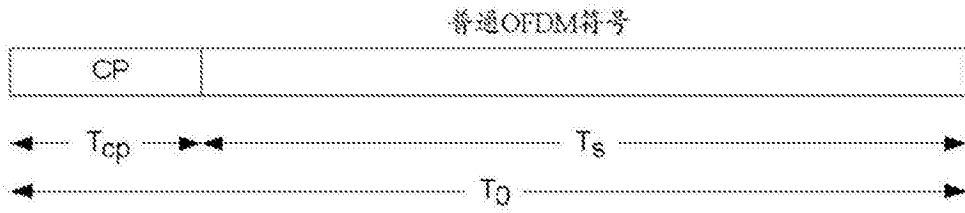
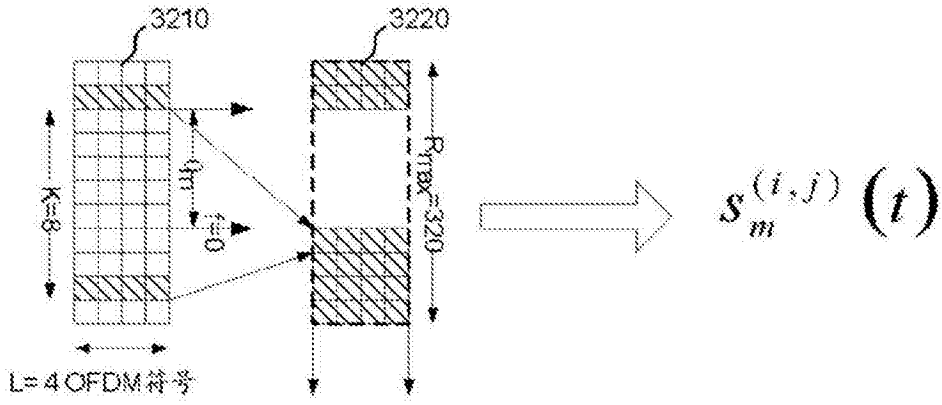


图32

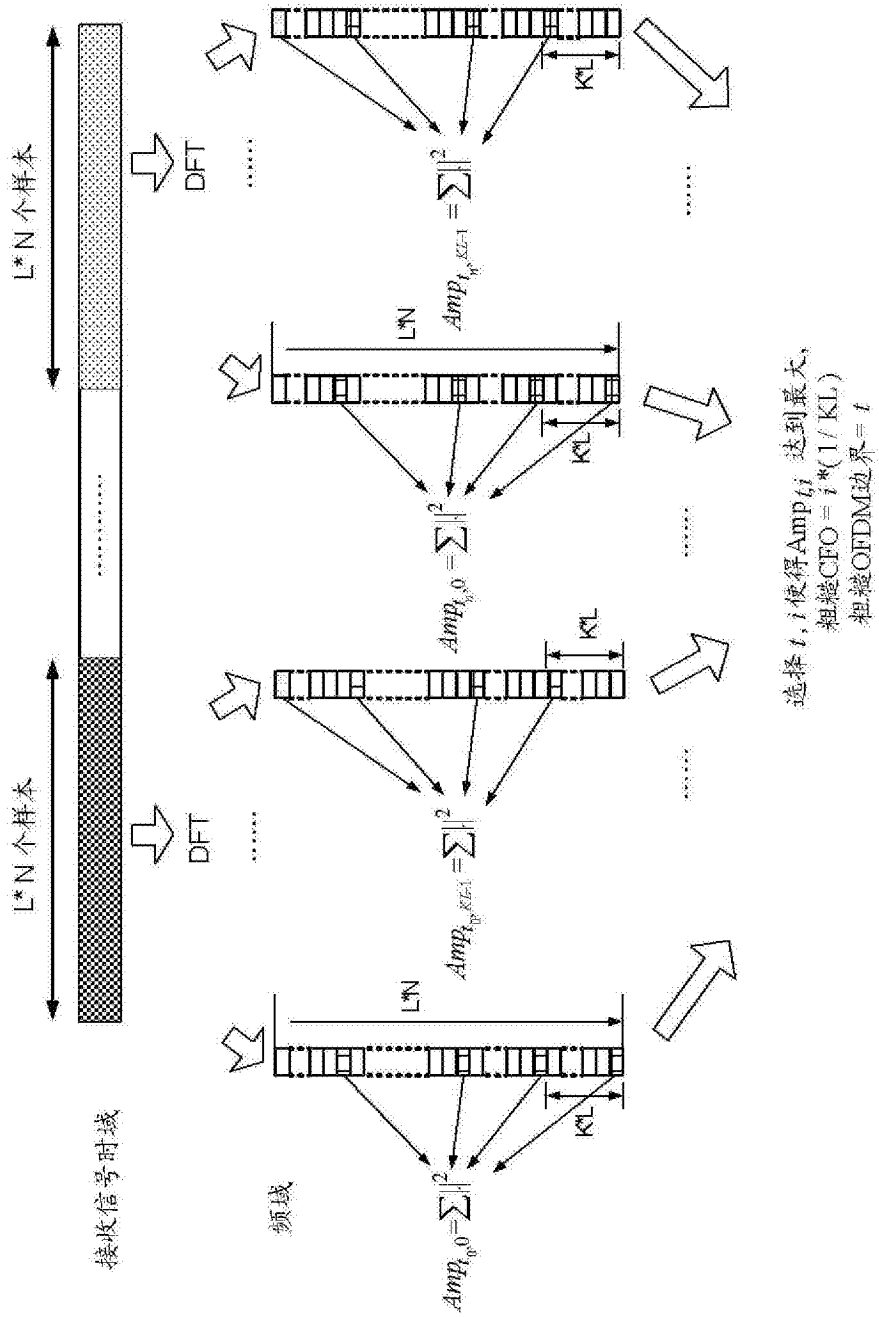


图 33

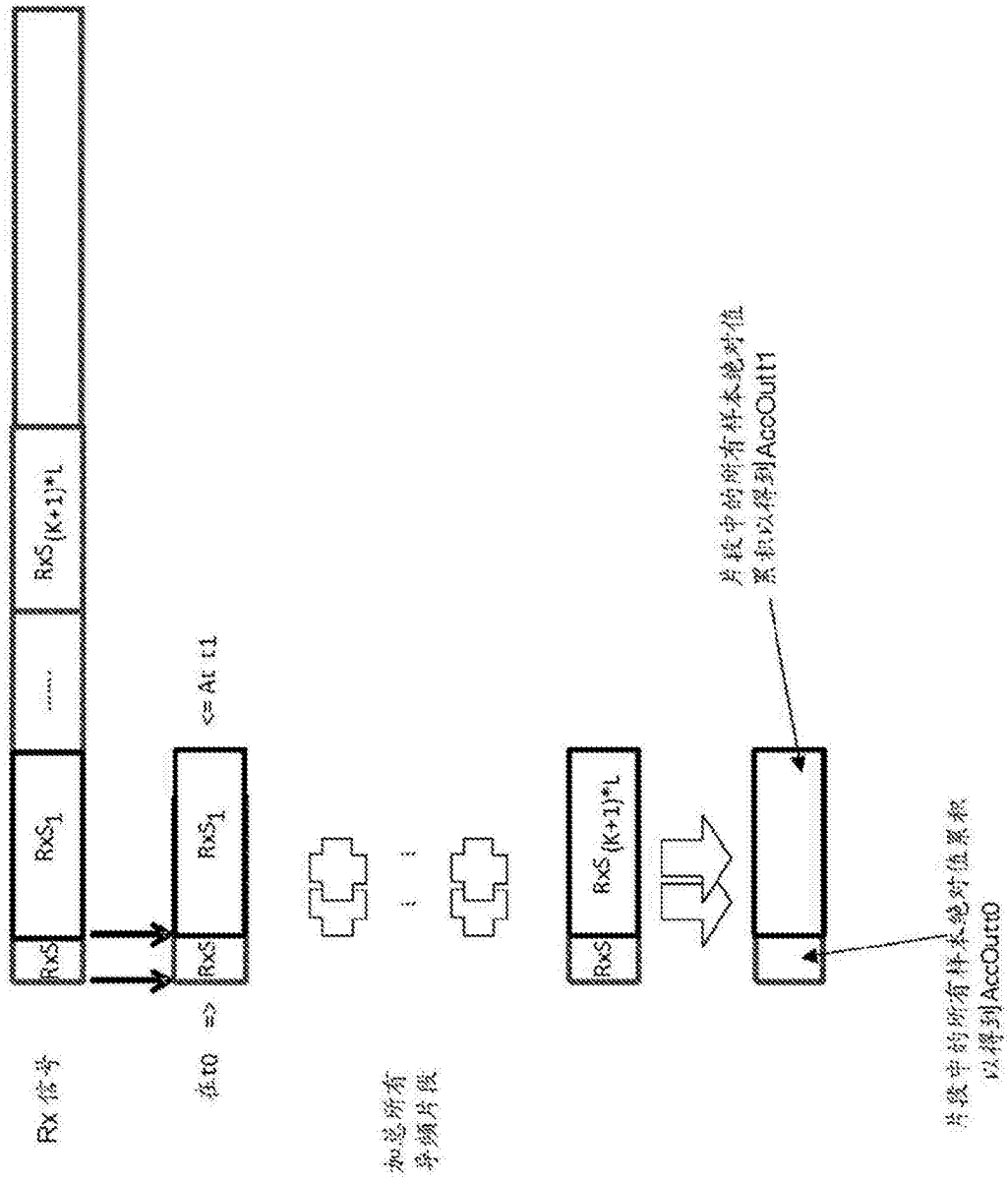


图34

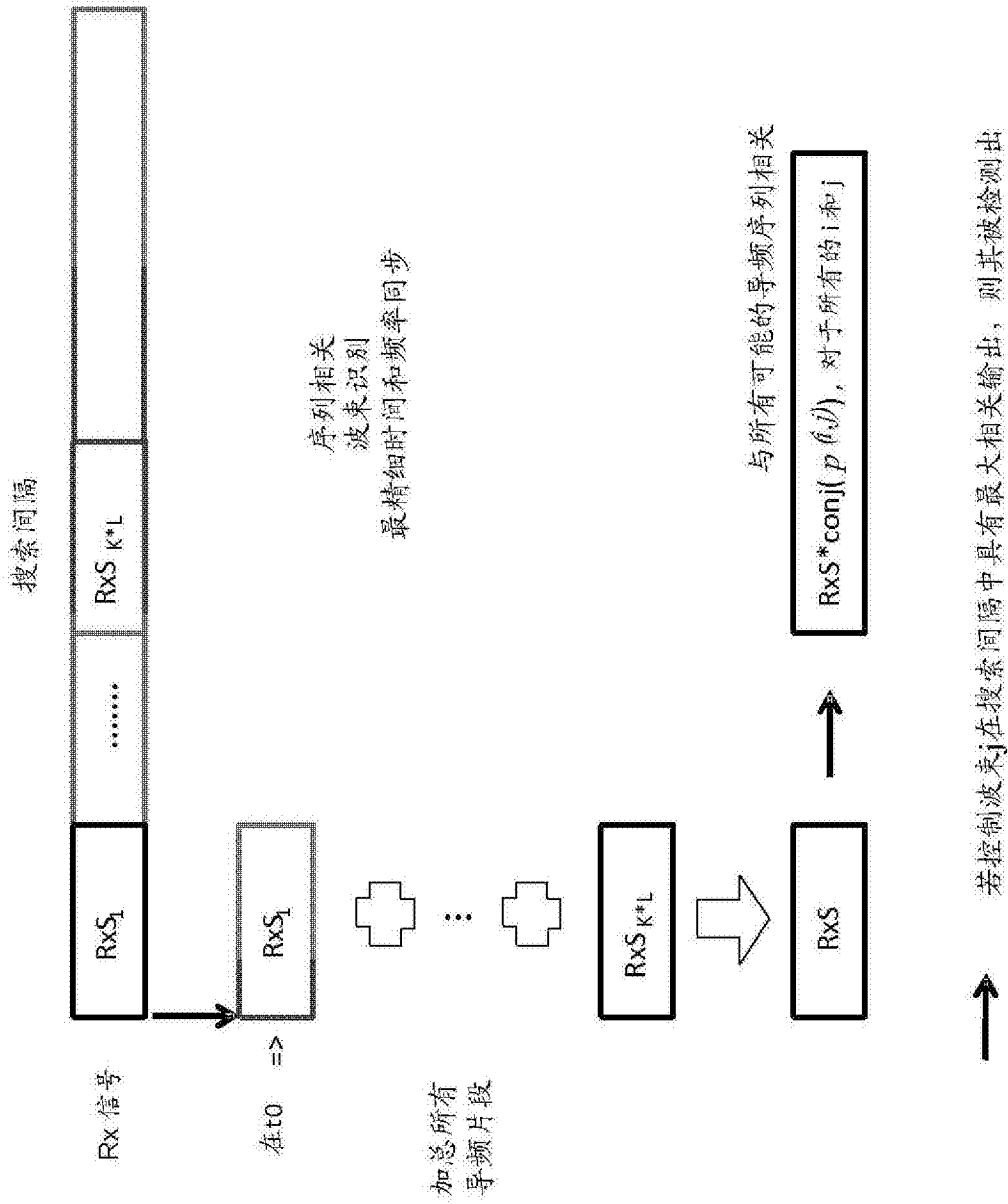


图35

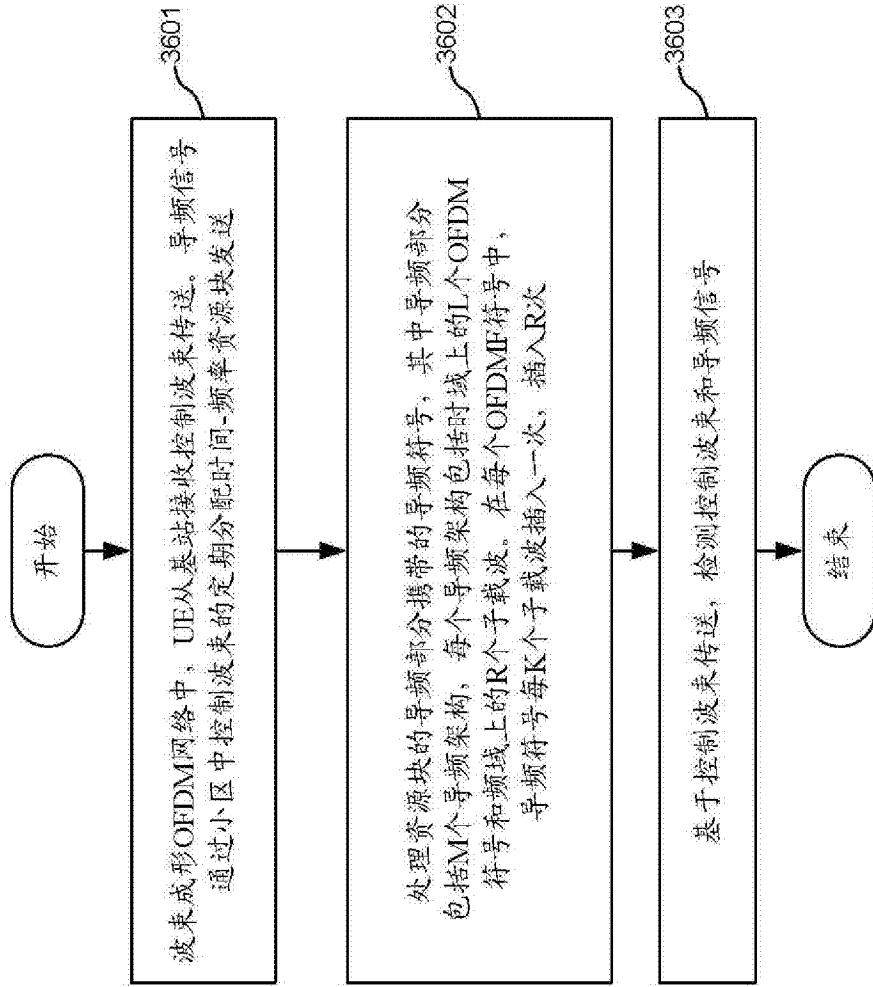


图36