



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102158870 B

(45) 授权公告日 2013. 06. 05

(21) 申请号 201110090334. 9

H04W 72/08 (2009. 01)

(22) 申请日 2005. 12. 22

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

11/020, 707 2004. 12. 22 US

WO 0249385 A2, 2002. 06. 20,

CN 1171491 C, 2004. 10. 13,

(62) 分案原申请数据

200580048262. 4 2005. 12. 22

审查员 刘娟

(73) 专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 H·桑帕斯 季庭方

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 刘瑜 王英

(51) Int. Cl.

H04W 16/14 (2009. 01)

H04W 36/00 (2009. 01)

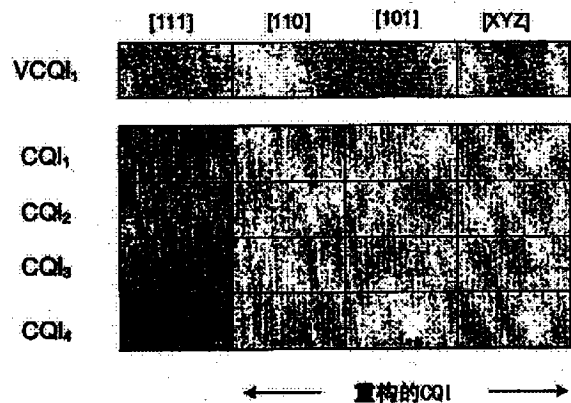
权利要求书2页 说明书21页 附图18页

(54) 发明名称

通过发送非限制重用集合的质量指示符和其它重用集合的向量化质量指示符来使反馈最少化

(57) 摘要

通过发送非限制重用集合的质量指示符和其它重用集合的向量化质量指示符来使反馈最少化。基站内的调度器每隔 5 毫秒便需要来自终端的所有重用集合的 CQI 信息, 以便确定用哪个重用集合对给定终端进行调度。对于 MIMO 用户, 问题在于: 使用当前设计不能为所有重用集合重构 CQI。解决方案: (1) 对于多码字 MIMO 用户, MIMO VCQI 连接层消息使得基站能够以逐个分组为基础重构所有重用集合的 MIMO-CQI。这将能够实现动态调度 (限制重用) 增益。(2) 对于单码字用户, 可以通过改变 CQI 报告格式并且发送 MIMO-VCQI 连接层消息来获得动态限制重用。(3) 对于单码字设计, 可以通过发送 MIMO-VCQI 连接层消息来获得准静态调度增益。



1. 一种在无线通信系统中从终端向基站提供反馈的方法,包括:
向所述基站发送质量指示符,所述质量指示符用于非限制重用集合,所述非限制重用集合包括多个能够分配给所述终端的子带;以及
向所述基站发送向量化质量指示符,所述向量化质量指示符用于除了所述非限制重用集合以外的重用集合。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述向量化质量指示符包括向量化信道质量指示符(VCQI)。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,在第一时间段之后发送来自所述非限制重用集合的所述质量指示符,并且在第二时间段之后发送所述向量化质量指示符,所述第二时间段比所述第一时间段长。
4. 一种在无线通信系统中从终端向基站提供反馈的装置,包括:
用于向所述基站发送质量指示符的模块,所述质量指示符用于非限制重用集合,所述非限制重用集合包括多个能够分配给所述终端的子带;以及
用于向所述基站发送向量化质量指示符的模块,所述向量化质量指示符用于除了所述非限制重用集合以外的重用集合。
5. 根据权利要求 4 所述的装置,其中,所述向量化质量指示符包括向量化信道质量指示符(VCQI)。
6. 根据权利要求 4 所述的装置,其中,在第一时间段之后发送来自所述非限制重用集合的所述质量指示符,并且在第二时间段之后发送所述向量化质量指示符,所述第二时间段比所述第一时间段长。
7. 一种在无线通信系统中从终端向基站提供反馈的方法,包括:
在所述基站处接收质量指示符,所述质量指示符用于非限制重用集合,所述非限制重用集合包括多个能够分配给所述终端的子带;以及
在所述基站处接收向量化质量指示符,所述向量化质量指示符用于除了所述非限制重用集合以外的重用集合。
8. 根据权利要求 7 所述的方法,其中,所述向量化质量指示符包括向量化信道质量指示符(VCQI)。
9. 根据权利要求 7 所述的方法,还包括:
基于用于所述非限制重用集合的所述质量指示符和所述向量化质量指示符,来计算所有重用集合的质量指示符。
10. 根据权利要求 9 所述的方法,还包括:
基于所述质量指示符、所述向量化质量指示符以及所有重用集合的所述质量指示符,来对重用集合内的所述终端进行调度。
11. 一种在无线通信系统中从终端向基站提供反馈的装置,包括:
用于在所述基站处接收质量指示符的模块,所述质量指示符用于非限制重用集合,所述非限制重用集合包括多个能够分配给所述终端的子带;以及
用于在所述基站处接收向量化质量指示符的模块,所述向量化质量指示符用于除了所述非限制重用集合以外的重用集合。
12. 根据权利要求 11 所述的装置,其中,所述向量化质量指示符包括向量化信道质量

指示符(VCQI)。

13. 根据权利要求 11 所述的装置,还包括:

用于基于用于所述非限制重用集合的所述质量指示符和所述向量化质量指示符,来计算所有重用集合的质量指示符的模块。

14. 根据权利要求 13 所述的装置,还包括:

用于基于所述质量指示符、所述向量化质量指示符以及所有重用集合的所述质量指示符,来对重用集合内的所述终端进行调度的模块。

通过发送非限制重用集合的质量指示符和其它重用集合的 向量化质量指示符来使反馈最少化

[0001] 本申请是申请号为 200580048262.4、申请日为 2005 年 12 月 22 日、发明名称为“通过发送非限制重用集合的质量指示符和其它重用集合的向量化质量指示符来使反馈最少化”的中国专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明一般涉及通信,更具体地,涉及无线多址通信系统中的数据传输。

背景技术

[0003] 无线多址系统可以在前向链路和反向链路上同时支持多个无线终端的通信。前向链路(或者下行链路)是指从基站到终端的通信链路,而反向链路(或者上行链路)是指从终端到基站的通信链路。多个终端可以同时反向链路上发送数据和/或在前向链路上接收数据。这可以通过将每条链路上的数据传输进行复用以在时间、频率和/或码域中与其它数据传输正交来实现。正交性确保每个终端的数据传输不会干扰其它终端的数据传输。

[0004] 多址系统通常具有许多小区,其中,根据使用术语的上下文,术语“小区”可以指基站和/或其覆盖范围。可以使用正交复用对同一小区内的多个终端的数据传输进行发送,以便避免“小区内”干扰。然而,不同小区内的多个终端的数据传输可能不是正交的,在这种情况下,每个终端将观测到来自其它小区的“小区间”干扰。小区间干扰可能显著降低某些观测到高级别干扰的处于不利条件的终端的性能。

[0005] 为了抵制小区间干扰,无线系统可以通过不在每个小区内使用系统中可用的所有频带来采用频率重用方案。例如,系统可以采用 7-小区重用模式并且重用因子 $K = 7$ 。对于该系统,将整个系统带宽 W 分成 7 个相等的频带,并且对 7-小区簇内的每个小区分配 7 个频带之一。每个小区仅使用一个频带,并且每个第七小区对相同频带进行重用。通过该频率重用方案,仅在彼此不相邻的小区内对相同的频带进行重用,从而在每个小区内观测到的小区间干扰会相对于所有小区都使用相同频带的情况有所减少。然而,由于每个小区仅可以使用整个系统带宽中的一部分,所以大的重用因子意味着对可用系统资源的低效率使用。更精确地,每个小区仅可以使用重用因子的倒数,即 $1/K$ 。

[0006] 基于激活集合的受限跳频(ASBR)减少了基于 OFDMA 的系统中的小区间干扰。ASBR 是全球频率计划方案,其考虑由用户测量的信道和干扰。ASBR 基于的主要思想是根据所选择用户的信道质量为其进行智能地频率重用。在 CDMA 系统中,为了切换的目的,已经为每个用户定义了激活集合。用户激活集合内的扇区通常对该用户在 FL 上的接收造成最多干扰,并且受该用户在 RL 上的传输的干扰最严重。期望避免来自用户激活集合内扇区的干扰,以便减少在 FL 和 RL 上的干扰。通过仿真和分析可以看出基于用户激活集合的频率重用分配算法以 25% 的带宽部分负载产生 3.5dB 的信号-干扰噪声比(SINR)改进。

[0007] 因此,在本领域中需要以更加高效的方式从终端向基站提供反馈以便减少小区间干扰的技术。

发明内容

[0008] 在一个方案中,一种在单输入单输出(SISO)系统中提供反馈以支持限制重用的方法包括:发送非限制重用集合的质量指示符;以及发送除了所述非限制重用集合以外的重用集合的向量化质量指示符。

[0009] 在另一个方案中,一种在多码字(MCW)多输入多输出(MIMO)系统中提供反馈以支持限制重用的方法包括:发送非限制重用集合的质量指示符;以及对于所有的层,发送除了所述非限制重用集合以外的至少两个重用集合的向量化质量指示符。

[0010] 在另一个方案中,一种在单码字(SCW)多输入多输出(MIMO)系统中提供反馈以支持限制重用的方法包括:发送非限制重用集合的质量指示符;以及对于所有的层,发送所有重用集合中除了所述非限制重用集合以外的重用集合的向量化质量指示符。

[0011] 在另一个方案中,一种在单码字(SCW)多输入多输出(MIMO)系统中提供反馈以支持限制重用的方法包括:对于每个层,以最优质量指示符发送重用集合的质量指示符;以及对于所有的层,发送所有重用集合的向量化质量指示符。

[0012] 在另一个方案中,一种用于无线通信的装置包括:用于发送非限制重用集合的质量指示符的模块;以及用于发送除了所述非限制重用集合以外的重用集合的向量化质量指示符的模块。

[0013] 在另一个方案中,一种用于无线通信的装置包括控制器,该控制器用于:发送非限制重用集合的质量指示符;以及发送除了所述非限制重用集合以外的重用集合的向量化质量指示符。

[0014] 在另一个方案中,一种无线设备中的控制器用于:发送非限制重用集合的质量指示符;以及发送除了所述非限制重用集合以外的重用集合的向量化质量指示符。

[0015] 在另一个方案中,一种可读介质体现一种用于无线通信的方法,该方法包括:发送非限制重用集合的质量指示符;以及发送除了所述非限制重用集合以外的重用集合的向量化质量指示符。

[0016] 下文对本发明的各个方案和实施例进行更详细的说明。

附图说明

[0017] 通过以下说明并结合附图,本发明的特征和特性将变得更加明显,在附图中,相同的参考标号进行相应地标识,其中:

[0018] 图1示出了无线多址通信系统;

[0019] 图2A和图2B分别示出了被扇区化的小区及其模型;

[0020] 图3示出了具有多个3-扇区小区的示例性多小区布局;

[0021] 图4示出了用于3个扇区的3个重叠的禁用集合;

[0022] 图5A至图5D示出了用于扇区的4个非受限和受限集合;

[0023] 图6示出了形成3个禁用子带集合的实例;

[0024] 图7A至图7D示出了4个用户在具有7个扇区的簇中的分布以及对应于其中3个用户的无干扰模式;

[0025] 图8示出了用于通过限制重用将子带分配给用户的处理;

- [0026] 图 9 示出了发送实体的框图 ; 以及
- [0027] 图 10 示出了接收实体的框图 ;
- [0028] 图 11 示出了用于限制重用的 SISO-VCQI 报告的实施例 ;
- [0029] 图 12 示出了用于限制重用的 MISO-VCQI 报告的实施例 ;
- [0030] 图 13 示出了条件数 (condition number) 与 CQI 估计误差相比较的实施例 ;
- [0031] 图 14 示出了用于限制重用的 MIMO-VCQI 报告的方法 ;
- [0032] 图 15 示出了对于平滑衰落信道的 MIMO 的 CDF ;
- [0033] 图 16 示出了用于限制重用的 MIMO-VCQI 报告 ; 以及
- [0034] 图 17 示出了用于静态限制重用的 MISO-VCQI (静态) 报告以及用于 SCE 设计的快速 CQI 报告。

具体实施方式

[0035] 本文所使用的词语“示例性的”是指“用作实例、例子或例证的”。不应将本文描述为“示例性”的任何实施例或设计理解为优选于或优于其它实施例或设计。

[0036] 本文描述了在无线通信系统中高效地避免或减少来自强干扰源的干扰的技术。对于给定用户 u 的强干扰源可能是基站 (在前向链路上) 或者其他用户 (在反向链路上)。用户 u 还可能是其他用户的强干扰源。对于用户 u 的强干扰实体可能是对用户 u 造成高干扰的强干扰源和 / 或观测到来自用户 u 或由用户 u 引起的高干扰的强受干扰者。可以如下所述对每个用户的强干扰实体 (或者干扰源 / 受干扰者, 或者简单地称为干扰者 / 受干扰者) 进行标识。为用户分配系统资源 (例如, 频率子带), 该系统资源正交于用户的强干扰者 / 受干扰者所使用的那些系统资源, 从而避免了与其他用户的干扰。这些技术被称为“限制重用”技术, 并且其可用于各种无线系统以及用于前向和反向链路。

[0037] 在限制重用的实施例中, 为每个小区 / 扇区分配 (1) 由可被分配给小区 / 扇区内用户的多个可用子带形成的集合以及 (2) 由不分配给小区 / 扇区内用户的多个禁用子带形成的集合。用于每个小区 / 扇区的可用集合和禁用集合互相正交。用于每个小区 / 扇区的可用集合还与用于每个相邻小区 / 扇区的禁用集合重叠。可以为小区 / 扇区 x 中的给定用户 u 分配用于该小区 / 扇区的可用集合中的子带。如果用户 u 观测到来自相邻小区 / 扇区 y 的高级别干扰或者引起对相邻小区 / 扇区 y 的高级别干扰, 那么可以为用户 u 分配来自“受限”集合的子带, 该“受限”集合包含被包括在用于小区 / 扇区 x 的可用集合和用于小区 / 扇区 y 的禁用集合中的子带。由于被分配给用户 u 的子带是未被小区 / 扇区 y 使用的禁用集合中的元素, 所以用户 u 将不会观测到来自小区 / 扇区 y 的干扰或者引起对小区 / 扇区 y 的干扰。可以将子带限制扩展为避免来自多个相邻小区 / 扇区的干扰。

[0038] 图 1 示出了无线多址通信系统 100。系统 100 包括多个基站 110, 其支持多个无线终端 120 的通信。基站是用于与终端进行通信的站, 其还可以被称为接入点 (AP)、节点 B 或者某些其它术语。典型地, 终端 120 分布在整个系统中, 并且每个终端可以是固定的或者移动的。终端还可以被称为接入终端 (AT)、移动台、用户设备 (UE)、无线通信设备或者某些其它术语。每个终端可以在任何给定时刻处在前向和反向链路上与一个或可能的多个基站进行通信。

[0039] 通信系统被广泛地部署用于提供例如语音、分组数据等各种通信服务。这些系统

可以是时分、频分和 / 或码分多址系统,其可以通过共享可用系统资源来同时支持与多个用户的通信。这种多址系统的实例包括码分多址 (CDMA) 系统、多载波 CDMA (MC-CDMA)、宽带 CDMA (W-CDMA)、高速下行链路分组接入 (HSDPA)、时分多址 (TDMA) 系统、频分多址 (FDMA) 系统以及正交频分多址 (OFDMA) 系统。

[0040] 对于集中式结构,系统控制器 130 连接到基站,并且为这些基站提供协调和控制。对于分布式结构,例如,基站可以根据需要与另一个基站进行通信,以便向终端提供服务、协调对系统资源的使用等。

[0041] 图 2A 示出了具有 3 个扇区的小区 210。每个基站为各自的地理区域提供通信覆盖。每个基站的覆盖区域可以具有任何大小和形状,并且其通常取决于例如地形、障碍物等各种因素。为了增加容量,可以将基站覆盖区域分割成 3 个扇区 212a、212b 和 212c,将其分别标记为扇区 1、2 和 3。可以通过各自的天线波束模式对每个扇区进行定义,并且用于 3 个扇区的 3 个波束模式可以指向彼此相距 120° 的方向。每个扇区的大小和形状通常取决于用于该扇区的天线波束模式,并且典型地,小区的多个扇区在边缘处重叠。小区 / 扇区可能不是连续的区域,并且小区 / 扇区边缘可能非常复杂。

[0042] 图 2B 示出了用于被扇区化的小区 210 的简单模型。以逼近扇区边界的理想六边形来对小区 210 内的 3 个扇区中的每一个进行建模。可以通过位于基站中心处的包括 3 个理想六边形的三叶形 (clover) 来代表每个基站的覆盖区域。

[0043] 典型地,通过基站收发信机子系统 (BTS) 向每个扇区提供服务。通常,取决于使用术语的上下文,术语“扇区”可以指 BTS 和 / 或其覆盖区域。对于被扇区化的小区,典型地,用于该小区的基站包括用于该小区的所有扇区的 BTS。为简便起见,在以下说明中,通常将术语“基站”用于向小区提供服务的固定站以及向扇区提供服务的固定站。“服务”基站或者“服务”扇区是终端与之进行通信的基站或者扇区。在本文中,术语“终端”和“用户”可以互换使用。

[0044] 可以将限制重用技术用于各种通信系统。为清楚起见,针对使用正交频分复用 (OFDM) 的正交频分多址 (OFDMA) 系统描述这些技术。OFDM 有效地将整个系统带宽分割成多个 (N 个) 正交频率子带,其也被称为音调 (tone)、子载波、频段 (bin)、频道等。每个子带与各自的可调制有数据的子载波相关联。

[0045] 在 OFDMA 系统中,可以通过 (1) 在任何给定时间间隔中每个子带仅用于一个业务信道以及 (2) 在每个时间间隔中可为每个业务信道分配零个、一个或者多个子带,来定义多个正交“业务”信道。可以将业务信道视为是一种对不同时间间隔的子带分配进行表达的便利方式。可以为每个终端分配不同的业务信道。对于每个扇区,可以在多个业务信道上同时发送多个数据传输而不会互相干扰。

[0046] OFDMA 系统可以使用或者可以不使用跳频 (FH)。通过跳频,数据传输以伪随机的方式从一个子带跳跃到另一个子带,由此可以提供频率分集和其它益处。对于跳频 OFDMA (FH-OFDMA) 系统,每个业务信道可以与专用 FH 序列相关,其指示在每个时间间隔 (或者跳频周期) 内用于该业务信道的特定子带。在每个扇区中用于不同业务信道的 FH 序列互相正交,使得在任何给定的跳频周期内,没有两个业务信道使用相同的子带。用于每个扇区的 FH 序列还可以相对于用于相邻扇区的 FH 序列是伪随机的。FH 序列的这些特性使扇区内干扰最小化并且使扇区间干扰随机化。

[0047] 在 OFDMA 系统中,具有不同信道状况的用户可以分布在整个系统中。这些用户可以具有对扇区间干扰的不同贡献和容许度。可以通过信号质量度量对每个用户的信道状况进行量化,其可以通过信号-干扰噪声比 (SINR)、信道增益、接收导频功率、和/或为用户的服务基站所测量的某些其它量、某些其它测量值或者其组合来进行定义。例如,由于对于弱用户的服务基站的低信道增益和/或高扇区间干扰,弱用户具有对于其服务基站相对较低的信号质量度量(例如,低 SINR)。通常,弱用户可以位于扇区内的任何位置,但是典型地,其位于远离服务基站的位置。通常,弱用户更难以容许扇区间干扰、对其它扇区中的用户造成更多干扰、具有较差的性能以及可能是被要求了公平性需求的系统中的瓶颈。

[0048] 限制重用可以避免或者减少由弱用户所观测到/造成的干扰。这可以通过确定对于弱用户的可能的高扇区间干扰(或者强干扰)源和/或可能的高扇区间干扰(或者强干扰)受影响者来实现。强干扰源可以是基站(在前向链路上)和/或相邻扇区内的用户(在反向链路上)。强受干扰者可以是相邻扇区内的用户。在任何情况下,为弱用户分配与强干扰源/受干扰者所使用的子带相正交的子带。

[0049] 在限制重用的实施例中,为每个扇区 x 分配可用子带集合(表示为 U_x)以及禁用或未用子带集合(表示为 F_x)。可用集合包含可被分配给扇区中的用户的子带。禁用集合包含不分配给扇区中的用户的子带。由于没有子带被同时包括在两个集合中,所以用于每个扇区的可用集合和禁用集合是正交的或者不相交的。用于每个扇区的可用集合还与用于每个相邻扇区的禁用集合重叠。用于多个相邻扇区的禁用集合也可以重叠。如下所述,可以为每个扇区内的用户分配来自可用集合的子带。

[0050] 可以将限制重用用于由未被扇区化的小区组成的系统以及由被扇区化的小区组成的系统。为清楚起见,下文针对由多个 3-扇区小区组成的示例性系统描述限制重用。

[0051] 图 3 示出了示例性多小区布局 300,其中通过具有 3 个六边形的三叶形对每个 3-扇区小区进行建模。对于该小区布局,每个扇区在第一层(或者第一环)中被具有与该扇区不同标记的扇区所包围。这样,每个扇区 1 在第一层中被 6 个扇区 2 和 3 所包围,每个扇区 2 被 6 个扇区 1 和 3 所包围,并且每个扇区 3 被 6 个扇区 1 和 2 所包围。

[0052] 图 4 示出了由被标记为 F_1 、 F_2 和 F_3 的 3 个重叠的子带集合所形成的维恩图,其中可以将这 3 个重叠的子带集合用作 3 个禁用子带集合。在该实例中,每个禁用集合与其它两个禁用集合中的每一个重叠(例如,禁用集合 F_1 与禁用集合 F_2 和 F_3 中的每一个重叠)。由于重叠,在任何两个禁用集合上的交集运算产生非空集合。可以将该特性表示如下:

[0053] $F_{12} = F_1 \cap F_2 \neq \emptyset, F_{13} = F_1 \cap F_3 \neq \emptyset$ 以及 $F_{23} = F_2 \cap F_3 \neq \emptyset$ 方程 (1)

[0054] 其中,“ \cap ”表示交集运算;

[0055] F_{xy} 是包含同时为 F_x 和 F_y 两者的元素的子带的集合;以及

[0056] \emptyset 表示零/空集。

[0057] 三个禁用集合 F_1 、 F_2 和 F_3 中的每一个是包含所有 N 个子带的全集 Ω 的子集,或者 $F_1 \subset \Omega$ 、 $F_2 \subset \Omega$ 且 $F_3 \subset \Omega$ 。为了高效地利用可用子带,还可以对 3 个禁用集合进行定义,使得在所有 3 个集合上不存在重叠,可以将其表示为:

[0058] $F_{123} = F_1 \cap F_2 \cap F_3 = \emptyset$ 方程 (2)

[0059] 方程 (2) 中的条件确保每个子带被至少一个扇区所使用。

[0060] 可以基于 3 个禁用子带集合 F_1 、 F_2 和 F_3 分别形成 3 个可用子带集合 U_1 、 U_2 和 U_3 。

可以通过全集 Ω 和禁用集合 F_x 之间的差集运算形成每个可用集合 U_x , 如下:

$$[0061] \quad U_1 = \Omega \setminus F_1, U_2 = \Omega \setminus F_2 \text{ 以及 } U_3 = \Omega \setminus F_3 \quad \text{方程 (3)}$$

[0062] 其中, “\” 表示差集运算; 以及

[0063] U_x 是包含位于全集 Ω 中且不位于集合 F_x 中的子带的集合。

[0064] 可以为每个 3-扇区小区内的 3 个扇区分配不同的可用集合和禁用集合对。例如, 可以为扇区 1 分配可用集合 U_1 和禁用集合 F_1 , 可以为扇区 2 分配可用集合 U_2 和禁用集合 F_2 , 并且可以为扇区 3 分配可用集合 U_3 和禁用集合 F_3 。每个扇区还知道被分配给相邻扇区的禁用集合。因此, 扇区 1 知道被分配给相邻扇区 2 和 3 的禁用集合 F_2 和 F_3 , 扇区 2 知道被分配给相邻扇区 1 和 3 的禁用集合 F_1 和 F_3 , 并且扇区 3 知道被分配给相邻扇区 1 和 2 的禁用集合 F_1 和 F_2 。

[0065] 图 5A 示出了用于被分配给扇区 1 的可用集合 U_1 的维恩图。可用集合 U_1 (由斜线示出) 包括所有 N 个子带中除了在禁用集合 F_1 中的那些子带之外的子带。

[0066] 图 5B 示出了用于扇区 1 的受限可用集合 U_{1-2} (由交叉线示出) 的维恩图。受限集合 U_{1-2} 包含被包括在用于扇区 1 的可用集合 U_1 和用于扇区 2 的禁用集合 F_2 两者中的子带。由于扇区 2 不使用禁用集合 F_2 中的子带, 所以受限集合 U_{1-2} 中的子带不会受到来自扇区 2 的干扰。

[0067] 图 5C 示出了用于扇区 1 的受限可用集合 U_{1-3} (由垂直线示出) 的维恩图。受限集合 U_{1-3} 包含被包括在用于扇区 1 的可用集合 U_1 和用于扇区 3 的禁用集合 F_3 两者中的子带。由于扇区 3 不使用禁用集合 F_3 中的子带, 所以受限集合 U_{1-3} 中的子带不会受到来自扇区 3 的干扰。

[0068] 图 5D 示出了用于扇区 1 的更受限可用集合 U_{1-23} (由实心示出) 的维恩图。受限集合 U_{1-23} 包含被包括在用于扇区 1 的可用集合 U_1 、用于扇区 2 的禁用集合 F_2 和用于扇区 3 的禁用集合 F_3 三者中的子带。由于扇区 2 和 3 分别不使用禁用集合 F_2 和 F_3 中的子带, 所以受限集合 U_{1-23} 中的子带不会受到来自扇区 2 和 3 的干扰。

[0069] 如图 5A 至图 5D 所示, 受限可用集合 U_{1-2} 、 U_{1-3} 和 U_{1-23} 是被分配给扇区 1 的非受限可用集合 U_1 的不同子集。可以用类似的方式为扇区 2 形成受限可用集合 U_{2-1} 、 U_{2-3} 和 U_{2-13} , 并且为扇区 3 形成受限可用集合 U_{3-1} 、 U_{3-2} 和 U_{3-12} 。

[0070] 表 1 列出了用于 3 个扇区的各个可用子带集合以及可以形成这些集合的方式。下文对表 1 中的“重用”集合进行了说明。表 1 仅用于说明性的目的。本领域技术人员将会清楚, 重用集合不局限于表 1 中所示的那些集合。例如, 如果每个小区内存在多于 3 个扇区, 那么重用集合将与表 1 中所示的不同。

[0071] 表 1

重用集合	可用子带集合	说明
(<u>1</u>)	$U_1 = \Omega \setminus F_1$	用于扇区 1 的主要/非受限可用集合
(<u>1</u> , 2)	$U_{1-2} = U_1 \cap F_2 = F_2 \setminus (F_1 \cap F_2)$	不受到来自扇区 2 的干扰的受限可用集合
(<u>1</u> , 3)	$U_{1-3} = U_1 \cap F_3 = F_3 \setminus (F_1 \cap F_3)$	不受到来自扇区 3 的干扰的受限可用集合
(<u>1</u> , 2, 3)	$U_{1-23} = U_1 \cap F_2 \cap F_3 = F_2 \cap F_3$	不受到来自扇区 2 和 3 的干扰的更受限可用集合
[0072] (<u>2</u>)	$U_2 = \Omega \setminus F_2$	用于扇区 2 的主要/非受限可用集合
(<u>2</u> , 1)	$U_{2-1} = U_2 \cap F_1 = F_1 \setminus (F_1 \cap F_2)$	不受到来自扇区 1 的干扰的受限可用集合
(<u>2</u> , 3)	$U_{2-3} = U_2 \cap F_3 = F_3 \setminus (F_2 \cap F_3)$	不受到来自扇区 3 的干扰的受限可用集合
(<u>2</u> , 1, 3)	$U_{2-13} = U_2 \cap F_1 \cap F_3 = F_1 \cap F_3$	不受到来自扇区 1 和 3 的干扰的更受限可用集合
(<u>3</u>)	$U_3 = \Omega \setminus F_3$	用于扇区 3 的主要/非受限可用集合
(<u>3</u> , 1)	$U_{3-1} = U_3 \cap F_1 = F_1 \setminus (F_1 \cap F_3)$	不受到来自扇区 1 的干扰的受限可用集合
[0073] (<u>3</u> , 2)	$U_{3-2} = U_3 \cap F_2 = F_2 \setminus (F_2 \cap F_3)$	不受到来自扇区 2 的干扰的受限可用集合
(<u>3</u> , 1, 2)	$U_{3-12} = U_3 \cap F_1 \cap F_2 = F_1 \cap F_2$	不受到来自扇区 1 和 2 的干扰的更受限可用集合

[0074] 每个扇区 x (其中, $x = 1, 2$ 或 3) 可以通过考虑扇区内的用户的信道状况来将其可用集合 U_x 内的子带分配给用户, 使得可以为所有用户获得相当好的性能。扇区 x 可以具有弱用户以及强用户。强用户具有对于其服务基站相对良好的信道质量度量, 并且典型地, 其更容许较高级别的扇区间干扰。弱用户较低地容许扇区间干扰。扇区 x 可以将其可用集合 U_x 内的任何子带分配给扇区中的强用户。扇区 x 可以将受限集合内的子带分配给扇区中的弱用户。从而, 将弱用户限制到已知的不受到来自强干扰扇区的干扰的子带。

[0075] 例如, 可以为扇区 x 中的给定用户 u 分配来自用于扇区 x 的可用集合 U_x 的子带。如果认为用户 u 正在观测到来自扇区 y 的高扇区间干扰 / 造成对扇区 y 的高扇区间干扰, 其中 $y \neq x$, 那么可以为用户 u 分配来自受限集合 $U_{x-y} = U_x \cap F_y$ 的子带。如果还认为用户 u 正在观测到来自扇区 z 的高扇区间干扰 / 造成对扇区 z 的高扇区间干扰, 其中 $z \neq x$ 且 $z \neq y$, 那么可以为用户 u 分配来自更受限集合 $U_{x-yz} = U_x \cap F_y \cap F_z$ 的子带。

[0076] 图 6 示出了形成 3 个禁用子带集合 F1、F2 和 F3 的实例。在该实例中,将所有 N 个子带分割成 Q 个组,每组包含被给定了从 1 至 3L 的标识的 $3 \cdot L$ 个子带,其中, $Q \geq 1$ 且 $L > 1$ 。禁用集合 F1 包含每组中的子带 1、L+1 和 2L+1。禁用集合 F2 包含每组中的子带 1、L+2 和 2L+2。禁用集合 F3 包含每组中的子带 2、L+1 和 2L+2。从而,集合 F12 包含每组中的子带 1,集合 F13 包含每组中的子带 L+1,并且集合 F23 包含每组中的子带 2L+2。

[0077] 通常,在方程 (1) 和可能的方程 (2) 中所示的约束下,每个禁用集合可以包含任意数量的子带以及所有 N 个子带中的任何一个。为了获得频率分集,每个禁用集合可以包含从所有 N 个子带中取得的子带。如图 6 中所示,每个禁用集合内的子带可以基于预定的模式而分布在所有 N 个子带上。可选地,每个禁用集合内的子带可以伪随机地分布在所有 N 个子带上。也可以利用任意量的重叠来定义 3 个禁用集合 F1、F2 和 F3。重叠的量可以取决于例如对于每个扇区所期望的有效重用因子(下述)、每个扇区内预期的弱用户数量等各种因素。3 个禁用集合可以如图 4 中所示互相重叠相同的量,或者可以互相重叠不同的量。

[0078] 每个用户可以与“重用”集合相关联,该“重用”集合包含用于该用户以及该用户的强干扰源/受干扰者(如果存在)的服务扇区。通过重用集合内的粗体下划线文本来表示服务扇区。通过重用集合内用于服务扇区的粗体下划线文本之后的常规文本来表示强干扰源/受干扰者。例如,重用集合 (2, 1, 3) 表示扇区 2 是服务扇区,而扇区 1 和 3 是强干扰源/受干扰者。

[0079] 典型地,在前向链路上对于给定用户 u 的强干扰源是固定的,并且例如可以基于由扇区发送的导频来具体识别强干扰源。可能无法通过由用户 u 进行的前向链路测量来对在反向链路上对于给定用户 u 的强干扰源进行容易地识别,然而,例如可以基于由用户 u 的服务基站进行的反向链路干扰测量来推断出在反向链路上对于给定用户 u 的强干扰源。也可以具体识别或推断出对于用户 u 的强受干扰者。可以用各种方式确定对于每个用户的强干扰源/受干扰者。

[0080] 在一个实施例中,基于给定用户 u 对不同扇区所测量的接收导频功率来确定对于用户 u 的强干扰源/受干扰者。每个扇区可以在前向链路上发送导频,以用于例如信号检测、定时和频率同步、信道估计等各种目的。用户 u 可以搜索由扇区发送的导频,并且对每个被检测导频的接收功率进行测量。随后,用户 u 可以将对应于每个被检测扇区的接收导频功率与功率阈值进行比较,并且如果对应于该扇区的接收导频功率超过功率阈值,就将该扇区添加到其重用集合。

[0081] 在另一个实施例中,基于由用户 u 所维持的“激活”集合来确定对于用户 u 的强干扰源/受干扰者。激活集合包含作为向用户 u 提供服务的候选的所有扇区。例如,如果用户 u 所测量的对应于扇区的接收导频功率超过添加阈值(其可以等于或者可以不等于上文所述的功率阈值),就可以将该扇区添加到激活集合。可以要求系统中的每个用户(例如,周期性地)对其激活集合进行更新,并且将激活集合报告给其服务扇区。激活集合信息可以容易地在扇区处获得,并且可以被用于限制重用。

[0082] 在另一个实施例中,基于在不同扇区处所测量的对应于用户 u 的接收导频功率,确定对于用户 u 的强干扰源/受干扰者。每个用户还可以在反向链路上发送导频以用于各种目的。每个扇区可以对由系统中的用户所发送的导频进行搜索,并且对每个被检测导频的接收功率进行测量。随后,每个扇区可以将对应于每个被检测用户的接收导频功率与功

率阈值进行比较,并且如果接收导频功率超过功率阈值,就通知用户的服务扇区。随后,用于每个用户的服务扇区可以将已报告了高接收导频功率的扇区添加到该用户的重用集合。

[0083] 在另一个实施例中,基于对用户 u 的位置估计来确定对于用户 u 的强干扰源 / 受干扰者。可以根据各种原因(例如,向用户 u 提供位置服务)并且使用各种位置确定技术(例如,本领域中公知的全球定位系统(GPS)、先进前向链路三边测量(A-FLT)等)对用户 u 的位置进行估计。随后,可以基于对用户 u 的位置估计和扇区 / 小区布局信息来确定对于用户 u 的强干扰源 / 受干扰者。

[0084] 上面已经对用于确定对于每个用户的强干扰源 / 受干扰者的一些实施例进行了说明。还可以用其它方式和 / 或基于接收导频功率之外的其它量来确定强干扰源 / 受干扰者。用于在前向链路上确定强干扰源的良好信号质量度量是在用户处对基站所测量的平均 SINR,其也被称为“几何量(geometry)”。由于不能在用户处对基站进行 SINR 测量,所以用于在反向链路上确定强受干扰者的良好信号质量度量是在用户处对基站所测量的信道增益。可以同时为前向和反向链路两者维持单个重用集合,或者可以为两个链路使用单独的集合。可以使用相同或不同的信号质量度量来更新用于前向和反向链路的重用集合中的扇区。

[0085] 通常,可以基于直接测量具体识别强干扰源 / 受干扰者(例如,对于前向链路),或者可以基于相关测量值、扇区 / 小区布局和 / 或其它信息推断出强干扰源 / 受干扰者(例如,对于反向链路)。为简便起见,以下说明假定每个用户与单个重用集合相关联,该重用集合包含服务扇区和其它被认为是对于该用户的强干扰源 / 受干扰者的扇区(如果存在的话)。

[0086] 在设计良好的系统中,弱用户应该具有对于至少一个相邻扇区的相对合理的信号质量度量。这使得弱用户能够在必要时从当前服务扇区切换到相邻扇区。每个这种相邻扇区可被认为是对于弱用户的强干扰源 / 受干扰者,并且可被包括在用户的重用集合中。

[0087] 图 7A 示出了 4 个用户在具有 7 个扇区的簇中的示例性分布。在该实例中,用户 1 位于扇区 1 的中心附近并且具有重用集合 (1)。用户 2 位于扇区 1 和扇区 3 之间的边界附近并且具有重用集合 (1,3)。用户 3 也位于扇区 1 和扇区 3 之间的边界附近并且具有重用集合 (3,1)。用户 4 位于扇区 1、扇区 2 和扇区 3 的边界附近并且具有重用集合 (1,2,3)。

[0088] 图 7B 示出了用于图 7A 中用户 1 的无干扰模式。由于用户 1 的重用集合是 (1),所以为用户 1 分配可用集合 U_1 内的子带。由于为扇区 1 中的用户分配了正交子带,所以用户 1 不会与扇区 1 中的其他用户发生干扰。然而,可用集合 U_1 与用于扇区 2 和扇区 3 的可用集合 U_2 和 U_3 分别不正交。因此,用户 1 观测到来自扇区 1 周围的第一层中的 6 个相邻扇区 2 和 3 的干扰。典型地,由于为这 6 个相邻扇区内的(对于扇区 1/ 用户 1 的)强干扰源所分配的子带(例如,在受限集合 U_{2-1} 和 U_{3-1} 中)与可用集合 U_1 中的那些子带正交,所以用户 1 观测到来自这些相邻扇区内的远或弱干扰源。其它用户不与用户 1 发生干扰的区域由交叉线示出,其覆盖了扇区 1 和与扇区 1 相邻的其它扇区的边缘(由于可以为在这些相邻扇区 2 和 3 中的用户分配未被扇区 1 使用的子带)。

[0089] 图 7C 示出了用于图 7A 中用户 2 的无干扰模式。由于用户 2 的重用集合是 (1,3),所以为用户 2 分配受限集合 $U_{1-3} = U_1 \cap F_3$ 内的子带。因为扇区 3 不使用其禁用集合 F_3 中的子带,所以被分配给用户 2 的子带正交于扇区 3 所使用的子带。因此,用户 2 不会观测到

来自扇区 1 内的其他用户以及扇区 3 内的用户的干扰。用户 2 观测到来自 3 个第一层相邻扇区 2 内的远干扰源的干扰。(由于上文关于图 7B 所述的原因) 其他用户不与用户 2 发生干扰的区域覆盖了扇区 1 和扇区 3 以及与扇区 1 相邻的扇区 2 的边缘。

[0090] 图 7D 示出了用于图 7A 中用户 4 的无干扰模式。由于用户 4 的重用集合是 (1, 2, 3), 所以为用户 4 分配受限集合 $U_{1-23} = U_1 \cap F_2 \cap F_3$ 内的子带。因为扇区 2 和扇区 3 分别不使用它们的禁用集合 F_2 和 F_3 中的子带, 所以被分配给用户 4 的子带正交于扇区 2 和扇区 3 所使用的子带。因此, 用户 4 不会观测到来自扇区 1 内的其他用户以及 6 个第一层相邻扇区 2 和 3 内的用户的任何干扰。其他用户不与用户 4 发生干扰的区域覆盖了扇区 1、扇区 2 和扇区 3。

[0091] 在图 7A 中, 用户 2 和用户 3 的位置非常接近, 从而在不采用限制重用的情况下将在彼此之间发生较强干扰。通过限制重用, 由于用户 2 的重用集合是 (1, 3), 所以为用户 2 分配受限集合 $U_{1-3} = U_1 \cap F_3$ 内的子带, 并且由于用户 3 的重用集合是 (3, 1), 所以为用户 3 分配受限集合 $U_{3-1} = U_3 \cap F_1$ 内的子带。由于每个受限集合 U_{x-y} 仅包含从可用集合 U_y 中排除的子带, 其中其它受限集合 U_{y-x} 是 U_y 的子集, 所以受限集合 U_{1-3} 和 U_{3-1} 互相正交。由于为用户 2 和用户 3 分别分配了来自正交受限集合 U_{1-3} 和 U_{3-1} 的子带, 所以这两个用户不互相干扰。

[0092] 如图 7A 至图 7D 中所示, 用户所经历的干扰随着其重用集合大小的增大而减少。具有大小为 1 的重用集合的用户 (例如, 图 7B 中的用户 1) 受到 6 个第一层相邻扇区内的远干扰源的干扰。具有大小为 2 的重用集合的用户 (例如, 图 7C 中的用户 2) 受到 3 个第一层相邻扇区内的远干扰源的干扰。具有大小为 3 的重用集合的用户受到第二层相邻扇区内的干扰源的干扰。作为对比, 在不采用限制重用的情况下, 系统中的所有用户都将受到来自所有 6 个第一层相邻扇区的随机分布干扰源的干扰。

[0093] 可以使用限制重用来在前向和反向链路上减轻对弱用户的扇区间干扰。在前向链路上, 扇区 x 内的弱用户 u 可能观测到来自用于相邻扇区的基站的高扇区间干扰, 其中所述相邻扇区位于其重用集合内。可以为弱用户 u 分配未被这些相邻扇区所使用的子带, 从而弱用户 u 将不会观测到来自用于这些扇区的基站的干扰。因此, 限制重用可以直接改进单个弱用户 u 的 SINR。

[0094] 在反向链路上, 弱用户 u 可能观测到来自相邻扇区内的用户的高扇区间干扰, 其中所述扇区位于其重用集合内。可以为弱用户 u 分配未被这些相邻扇区所使用的子带, 从而弱用户 u 将不会观测到来自这些扇区内的用户的干扰。弱用户 u 也可能是对于相邻扇区内的用户的强干扰源。典型地, 弱用户 u 以高功率电平进行发送, 以便在其服务扇区 x 处提高其接收 SINR。高发送功率会引起对相邻扇区内的所有用户的更大干扰。通过将弱用户 u 限制在未被重用集合内的相邻扇区使用的子带, 弱用户 u 将不会对这些扇区内的用户造成干扰。

[0095] 当在系统上应用限制重用时, 即便不能识别对于弱用户 u 的强干扰源, 弱用户 u 也可以从反向链路上更低的扇区间干扰中受益。在其重用集合中包含扇区 x 的相邻扇区内的弱用户可能是对于扇区 x 内的弱用户 u 以及其他用户的强干扰源。可以为这些强干扰源分配未被扇区 x 使用的子带, 从而这些强干扰源将不会对扇区 x 内的用户造成干扰。因此, 即使用户 u 不能对强干扰源进行识别, 用户 u 也可能不会观测到来自这些强干扰源的扇区间

干扰。总之,限制重用改善了所有弱用户的 SINR。

[0096] 对于前向和反向链路,限制重用可以避免或者减少由弱用户所观测到的来自强干扰源的干扰,由此改善了弱用户的 SINR。限制重用可以减少系统中多个用户之间 SINR 的差异。因此,可以为系统实现改进的通信覆盖范围以及更高的总系统容量。

[0097] 图 8 示出了用于通过限制重用将子带分配给扇区内的用户的处理 800 的流程图。可以由 / 为每个扇区执行处理 800。首先,识别对于扇区内的每个用户的强“干扰实体”(如果存在的话)(方框 812)。对于给定用户 u 的强干扰实体可以是 (1) 对用户 u 造成高干扰的强干扰源,和 / 或 (2) 观测到来自用户 u 或者由用户 u 引起的高干扰的强受干扰者。因此,对于用户 u 的强干扰实体可以是 (1) 在前向链路上对用户 u 造成高干扰的基站, (2) 在反向链路上对用户 u 造成高干扰的另一个用户, (3) 在反向链路上观测到来自用户 u 的高干扰的基站, (4) 在前向链路上观测到来自用户 u 的服务基站的高干扰的另一个用户,或者 (5) 寻求减轻与用户 u 的干扰的某些其它实体。例如,可以基于用户对不同扇区所测量的接收导频功率、不同扇区对用户所测量的接收导频功率等,对强干扰实体进行识别。如上所述,可以将对于每个用户的强干扰实体包括在用户的重用集合中。在任何情况下,为具有至少一个强干扰实体的每个用户确定受限可用集合(方框 814)。可以通过对用于用户的服务扇区的可用集合与用于每个强干扰实体的禁用集合执行交集运算,获得用于每个用户的受限集合,或者 $U_{x,y...} = U_x \cap F_y...$ 。为具有至少一个强干扰实体的每个用户分配为该用户所确定的受限集合内的子带(方框 816)。为不具有强干扰实体的每个用户分配用于该扇区的可用集合内的剩余子带(方框 818)。然后,处理结束。

[0098] 处理 800 示出了首先将子带分配给具有至少一个强干扰实体的弱用户,随后将剩余子带分配给强用户。通常,可以用任何次序为弱和强用户分配子带。例如,可以基于用户的优先级来为用户分配子带,其中,可以根据例如用户所实现的 SINR、用户所支持的数据速率、有效载荷大小、将发送的数据类型、用户已经历的延迟量、故障率、最大可用发送功率、所提供的数据服务类型等各种因素来确定所述优先级。所述各种因素可被给予适当的权重,并且可被用于对用户区分优先次序。随后,可以基于用户的优先级来为其分配子带。

[0099] 在可为预定时间间隔的每个调度间隔中,可以由扇区执行处理 800。每个扇区可以(例如,向所有用户或者仅向被分配了不同子带的用户)发送信令,以便指示被分配给每个用户的子带。(1) 只要当扇区内的用户发生变化时(例如,如果添加新的用户或者移除当前用户)、(2) 只要当用户的信道状况发生改变时(例如,只要当用于用户的服务扇区发生改变时)或者 (3) 在任何时间和 / 或由于任何触发标准,也可以执行处理 800。在任何给定时刻处,不是所有子带都可用于进行调度,例如,一些子带可能已经用于重传或者某些其它目的。

[0100] 禁用集合表示用于支持限制重用的开销。由于扇区 x 不使用禁用集合 F_x 中的子带,所以可将可被扇区 x 使用的所有子带的比例给定为: $|U_x|/|\Omega| = (|\Omega| - |F_x|)/|\Omega|$, 其也是对于扇区 x 的有效重用因子,其中, $|U_x|$ 代表集合 U_x 的大小。为了减少用于限制重用的开销量,可以将禁用集合定义为尽可能地小。然而,受限集合的大小取决于禁用集合的大小。因此,可以基于对弱用户所期望的需求以及可能的其它因子来对禁用集合进行定义。

[0101] 可以用各种方式定义可用和禁用集合。在一个实施例中,基于为系统计划的全局频率对可用和禁用集合进行定义,并且可用和禁用集合保持静态。每个扇区被分配可用集

合和禁用集合,形成如上所述的受限集合,然后使用可用和受限集合。由于每个扇区可以独立运作,所以该实施例简化了限制重用的实现,并且在相邻扇区之间不需要信令。在第二实施例中,可以基于扇区负载和可能的其它因素对可用和禁用集合进行动态定义。例如,用于每个扇区的禁用集合可以取决于相邻扇区内的弱用户的数量,该数量可能随着时间而改变。所指定的扇区或系统实体(例如,系统控制器 130)可以对各个扇区的负载信息进行接收,对可用和禁用集合进行定义,并且将这些集合分配给扇区。该实施例能够基于用户分布而对系统资源进行更好的利用。在另一个实施例中,扇区可以发送扇区间消息,以便对可用和禁用集合进行协商。

[0102] 限制重用可以支持切换,切换是指用户从当前服务基站向另一个被认为更好的基站的转移。可以根据需要进行切换,以便为扇区覆盖范围边缘处的用户(或者“扇区-边缘”用户)维持良好的信道状况。一些传统系统(例如时分多址(TDMA)系统)支持“硬”切换,其中,用户首先从当前服务基站断开,然后转换到新的服务基站。码分多址(CDMA)系统支持“软”和“更软”切换,其允许用户同时与多个小区(对于软切换)或者多个扇区(对于更软切换)进行通信。软和更软切换可以提供对快衰落的额外缓解。

[0103] 限制重用可以减少对于扇区边缘用户的干扰,这些用户是进行切换的良好候选。限制重用还可以支持硬、软和更软切换。可以为扇区 x 内的扇区边缘用户 u 分配受限集合 U_{x-y} 中的子带,其不会受到来自相邻扇区 y 的干扰。扇区边缘用户 u 还可以经由受限集合 U_{y-x} 中的子带与扇区 y 进行通信,其不会受到来自扇区 x 的干扰。由于受限集合 U_{x-y} 和 U_{y-x} 是不相交的,所以用户 u 可以同时与扇区 x 和扇区 y 进行通信(并且没有来自两个扇区内的强干扰源的干扰)以实现软或更软切换。用户 u 还可以执行从扇区 x 到扇区 y 的硬切换。由于受限集合 U_{x-y} 和 U_{y-x} 分别不具有来自扇区 y 和扇区 x 的强干扰源,所以当用户 u 从扇区 x 切换到扇区 y 时,用户 u 的接收 SINR 可以不非常突然地变化,从而可以确保平滑切换。

[0104] 可以或者可以不与限制重用相结合地使用功率控制。功率控制对用于数据传输的发送功率进行调整,使得传输的接收 SINR 被维持在目标 SINR,其可以进而被调整以便实现例如 1% 分组差错率(PER)的特定性能级别。可以使用功率控制来对用于给定数据速率的发送功率量进行调整,使得干扰被最小化。对于某些(例如固定速率)传输使用功率控制,而对于其它(例如可变速率)传输则省略功率控制。可以为可变速率传输(例如混合自动重传(H-ARQ),其是在正确解码分组之前对每个分组的附加冗余信息进行的连续传输)使用全发送功率,以便对于给定信道状况实现可能的最高速率。

[0105] 在限制重用的上述实施例中,每个扇区与一个可用集合和一个禁用集合相关联。下文描述了某些其它限制重用的实施例。

[0106] 在限制重用的另一个实施例中,为每个扇区 x 分配非受限可用子带集合 U_x 和“限用”子带集合 L_x 。非受限可用集合包含可被分配给扇区内的任何用户的子带。限用集合包含具有例如较低发送功率限值等特定使用约束的子带。可以用上文针对集合 U_x 和 F_x 所描述的方式分别形成集合 U_x 和 L_x 。

[0107] 每个扇区 x 可以在考虑到用户信道状况的情况下分配集合 U_x 和 L_x 内的子带,从而可以对所有用户实现良好的性能。可以将集合 U_x 中的子带分配给扇区 x 内的任何用户。可以为扇区 x 内的弱用户分配受限集合内的子带,该受限集合为:(1) 当观测到来自相邻扇区 y 的高干扰时的受限集合 $U_{x-y} = U_x \cap L_y$, (2) 当观测到来自相邻扇区 z 的高干扰时的受

限集合 $U_{x-z} = U_x \cap L_z$, 或者 (3) 当观测到来自相邻扇区 y 和 z 的高干扰时的受限集合 $U_{x-yz} = U_x \cap L_y \cap L_z$ 。可以为扇区 x 内的强用户分配 L_x 内的子带。

[0108] 扇区 x 内的强用户 v 具有对于其服务扇区 x 的良好信号质量度量, 并且可以被分配用集合 L_x 内的子带。在前向链路上, 扇区 x 可以以对应于集合 L_x 的较低功率限值或低于该较低功率限值向强用户 v 进行发送。在反向链路上, 强用户 v 可以以较低功率限值或低于该较低功率限值向服务扇区 x 进行发送。由于强用户 v 对于扇区 x 所获得的良好信号质量度量, 所以即使是较低的发送功率, 也可以在前向和反向链路上对于强用户 v 实现良好的性能。

[0109] 典型地, 强用户 v 对于相邻扇区具有较差信号质量度量。在前向链路上, 扇区 x 为强用户 v 所使用的较低发送功率导致对相邻扇区内用户的低 (典型地, 可容许的) 级别的干扰。在反向链路上, 强用户 v 所使用的较低发送功率加上相邻扇区的较低信道增益将会导致对相邻扇区内用户的低 (典型地, 可容许的) 级别的干扰。

[0110] 在限制重用的另一个实施例中, 每个重用集合与可以用于重用集合的子带集合的分类列表相关联。由于频率设计限制, 某些受限集合的带宽可能非常小, 例如对应于重用集合 (1, 2, 3) 的受限集合 U_{1-23} 。假定用户 u 观测到来自扇区 2 和扇区 3 的高干扰, 并且向用户 u 分配重用集合 (1, 2, 3)。虽然由于干扰的减少, 用户 u 将获得更高的 SINR, 但是由于被限制到较小的受限集合 U_{1-23} 而导致的带宽损失在用户 u 可实现的吞吐量方面可能是有害的。因此, 对于重用集合 (1, 2, 3) 内的用户, 可以定义具有递减性能的子带集合的分类列表, 例如, $(U_{1-23}, [U_{1-2}, U_{1-3}], U_1)$, 其中, 方括号内的子带集合具有相等的性能。随后, 如果需要的话, 重用集合 (1, 2, 3) 内的用户可以通过使用与重用集合 (1, 2, 3) 相关联的分类列表中的附加子带集合, 来使用更大的带宽。对于重用集合 (1, 2) 中的用户, 分类列表可以是 $(U_{1-2}, U_1, U_{1-3}, U_{1-23})$ 。对于重用集合 (1) 中的用户, 分类列表可以是 $(U_1, [U_{1-2}, U_{1-3}], U_{1-23})$ 。可以对用于每个重用集合的分类列表进行定义, 以便 (1) 减少由重用集合中的用户所观测到的干扰量, 和 / 或 (2) 减少由重用集合中的用户所造成的干扰量。

[0111] 在限制重用的另一个实施例中, 为每个扇区 x 分配多个 (M 个) 可用集合和多个 (例如, M 个) 禁用集合。可用集合的数量可以等于或者可以不等于禁用集合的数量。作为实例, 可以形成多 (M) 对可用和禁用集合, 其中, 形成每对中的可用集合 U_x 和禁用集合 F_x , 使得将所有 N 个子带中的每一个子带仅包括在集合 U_x 或者集合 F_x 内, 例如, $\Omega = U_x \cup F_x$, 其中“ \cup ”代表并集运算。然而, 通常, 可以用各种方式形成 M 个可用集合和 M 个禁用集合。

[0112] 例如, 可以形成 M 个可用集合, 使得它们是最大可用集合的接连较小的子集。从而, 每个扇区可以基于其负载使用最小可能的可用集合。当对扇区进行部分加载时, 这可以减少对相邻扇区的总干扰。这还可以增加由相邻扇区所观测到的干扰中的偏差, 其可被用于改进总体系统性能。

[0113] 可以形成 M 个禁用集合, 使得它们不重叠。典型地, 每个扇区内的弱用户的数量和他们的数据需求事先未知。每个扇区可以使用支持其弱用户所需的与用于相邻扇区的禁用集合一样多的禁用集合。例如, 扇区 x 可以使用比扇区 y 更多的禁用集合中的子带, 以便将更高的数据速率提供给扇区 x 内观测到来自扇区 y 的高干扰的一个或多个弱用户, 或者支持更多的这种弱用户。扇区可以对禁用集合的使用进行协调。

[0114] 通常, 可以为每个扇区分配任意数量的非受限可用子带集合以及任意数量的“受

约束”子带集合。受约束子带集合可以是禁用子带集合或者限用子带集合。作为实例,可以为扇区分配多个受约束子带集合。一个受约束子带集合可以是禁用子带集合,并且剩余的受约束子带集合可以具有不同的发送功率限值,并且可被分配到不同层的强用户。作为另一个实例,可以为扇区分配多个受约束子带集合,其中,每个受约束子带集合可以具有不同的发送功率限值(即,没有禁用集合)。通过为每个扇区使用多个可用和/或受约束集合,可以对不同扇区内的弱用户提供更好的子带匹配。

[0115] 为清楚起见,已经针对具有多个 3-扇区小区的系统描述了限制重用。通常,可以通过任何重用模式来使用限制重用。对于 K-扇区/小区重用模式,可以用于每个扇区/小区的禁用集合进行定义,使得其与用于其它 K-1 个扇区/小区中每一个的禁用集合重叠,并且可以与其它禁用集合的不同组合重叠。每个扇区/小区可以基于其可用集合和用于相邻扇区的禁用集合,形成用于不同相邻扇区的不同受限集合。随后,每个扇区/小区可以如上所述使用可用和受限集合。

[0116] 还可以针对 OFDMA 系统描述限制重用。限制重用也可以用于 TDMA 系统、频分多址(FDMA)系统、CDMA 系统、多载波 CDMA 系统、正交频分多址(OFDMA)系统等。TDMA 系统使用时分复用(TDM),并且通过在不同时间间隔内进行发送来使不同用户的传输正交化。FDMA 系统使用频分复用(FDM),并且通过在不同频率信道或子带内进行发送来使不同用户的传输正交化。通常,可以把将被重用的系统资源(例如,频率子带/信道、时隙等)分割成多个可用和禁用集合。如上所述,用于相邻扇区/小区的禁用集合相互重叠。如上所述,每个扇区可以基于其可用集合和用于相邻扇区/小区的禁用集合来形成受限集合。

[0117] 限制重用可以用于全球移动通信系统(GSM)系统。GSM 系统可以运行在一个或多个频带中。每个频带覆盖特定的频率范围,并被分割成多个 200kHz 的射频(RF)信道。通过专用 ARFCN(绝对射频信道号)对每个 RF 信道进行标识。例如,GSM 900 频带覆盖 ARFCN1 至 124,GSM 1800 频带覆盖 ARFCN 512 至 855,并且 GSM 1900 频带覆盖 ARFCN 512 至 810。通常,每个 GSM 小区被分配一个 RF 信道集合,并且仅在所分配的 RF 信道上进行发送。为了减少小区间干扰,通常为彼此靠近的 GSM 小区分配不同的 RF 信道集合,使得用于相邻小区的传输不互相干扰。典型地,GSM 使用大于 1 的重用因子(例如, $K = 7$)。

[0118] 对于 GSM 系统,限制重用可被用于改进效率并且减少扇区间干扰。可以使用用于 GSM 系统的可用 RF 信道,来形成 K 对可用和禁用集合(例如, $K = 7$),并且可以为每个 GSM 小区分配 K 个集合中的一个。随后,每个 GSM 小区可以将其可用集合内的 RF 信道分配给小区内的用户,并且将其受限集合内的 RF 信道分配给弱用户。限制重用使得每个 GSM 小区能够使用更大比例的可用 RF 信道,并且可以获得更接近于 1 的重用因子。

[0119] 限制重用还可以用于为数据传输使用多个“载波”的多载波通信系统。每个载波是可独立调制有数据的正弦信号,并且与特定的带宽相关联。一种该系统为具有多个 1.23MHz 载波的多载波 IS-856 系统(也被称为 3x-D0(仅数据))。可以允许系统中的每个扇区/小区使用所有载波或者仅使用载波的子集。可以禁止扇区/小区使用给定的载波,以避免在该载波上造成干扰,这可以使得使用该载波的其他扇区/小区观测到更少的(或者观测不到)干扰、实现更高的 SINR 并且获得更好的性能。可选地,可以约束扇区/小区在给定载波上使用较低的发送功率限值,以减少在该载波上的干扰。对于每个扇区,可以静态或者动态地分配受约束(禁用或者限用)的载波。

[0120] 每个扇区可以为其用户分配其可用载波。每个扇区还可以用避免对于每个用户的强干扰源 / 受干扰者的方式来为该用户分配载波。例如, 如果多个可用载波是可用的, 那么可以为用户分配具有对用户较少干扰的多个载波中的一个 (例如, 未被用户的强干扰源所使用的载波)。

[0121] 利用限制重用的数据发送和接收处理取决于系统设计。为清楚起见, 下文对跳频 OFDMA 系统中的示例性发送和接收实体进行说明, 该跳频 OFDMA 系统作为对于每个扇区具有一对可用和禁用子带集合的限制重用实施例。

[0122] 图 9 示出了发送实体 110x 的实施例的框图, 其可以是基站或终端的发送部分。在发送实体 110x 内, 编码器 / 调制器 914 从用于给定用户 u 的数据源 912 接收业务 / 分组数据、基于为用户 u 所选择的编码和调制方案对数据进行处理 (例如, 编码、交织和调制) 以及提供数据符号, 其为对数据的调制符号。每个调制符号是与所选调制方案的信号星座图中的点相对应的复数值。符号 - 子带映射单元 916 将用户 u 的数据符号提供到由 FH 控制所确定的合适的子带上, 其中由 FH 发生器 940 基于被分配给用户 u 的业务信道生成该 FH 控制。可以用查找表、伪随机数 (PN) 发生器等实现 FH 发生器 940。映射单元 916 还在用于导频传输的子带上提供导频符号以及对于未用于导频或数据传输的每个子带提供零信号值。对于每个 OFDM 符号周期, 映射单元 916 为所有 N 个子带提供 N 个发送符号, 其中, 每个发送符号可以是数据符号、导频符号或者零信号值。

[0123] 对于每个 OFDM 符号周期, OFDM 调制器 920 接收 N 个发送符号, 并且生成相应的 OFDM 符号。典型地, OFDM 调制器 920 包括逆快速傅里叶变换 (IFFT) 单元和循环前缀发生器。对于每个 OFDM 符号周期, IFFT 单元使用 N 点逆 FFT 将 N 个发送符号变换到时域, 以便获得“变换后的”符号, 其包含 N 个时域码片。每个码片是将在一个码片周期内发送的复数值。随后, 循环前缀发生器对每个变换后的符号的一部分进行重复, 以便形成包含 N+C 个码片的 OFDM 符号, 其中, C 是正在被重复的码片数量。通常, 将所重复的部分称为循环前缀, 并且将其用于抵制由频率选择性衰落造成的符号间干扰 (ISI)。OFDM 符号周期对应于一个 OFDM 符号的持续时间, 其为 N+C 个码片周期。OFDM 调制器 920 提供 OFDM 符号流。发射机单元 (TMTR) 922 对 OFDM 符号流进行处理 (例如, 变换到模拟、滤波、放大和上变频) 以便生成调制信号, 从天线 924 发送调制信号。

[0124] 控制器 930 指示在发送实体 110x 处的操作。存储器单元 932 为控制器 930 所使用的程序代码和数据提供存储。

[0125] 图 10 示出了接收实体 120x 的实施例的框图, 其可以是基站或者终端的接收部分。通过天线 1012 对由一个或多个发送实体发送的一个或多个调制信号进行接收, 所接收的信号被提供给接收机单元 (RCVR) 并且被 RCVR 处理以便获得采样。对于一个 OFDM 符号周期的采样集合表示一个接收 OFDM 符号。OFDM 解调器 (Demod) 1016 对采样进行处理, 并且提供接收符号, 其为对由发送实体所发送的发送符号的噪声估计。典型地, OFDM 解调器 1016 包括循环前缀移除单元和 FFT 单元。循环前缀移除单元移除每个接收 OFDM 符号内的循环前缀, 以便获得所接收的变换后符号。FFT 单元利用 N 点 FFT 将每个所接收的变换后符号变换到频域, 以便获得对应于 N 个子带的 N 个接收符号。对于每个 OFDM 符号周期, 子带 - 符号解映射单元 1018 获得 N 个接收符号, 并且提供对应于被分配给用户 u 的子带的接收符号。通过由 FH 发生器 1040 基于被分配给用户 u 的业务信道所生成的 FH 控制来确定这些子带。

解调器 / 解码器 1020 对用于用户 u 的接收符号进行处理 (例如, 解调、解交织和解码), 并且将解码后的数据提供给数据宿 1022 以进行存储。

[0126] 控制器 1030 指示在接收实体 120x 处的操作。存储器单元 1032 为控制器 1030 所使用的程序代码和数据提供存储。

[0127] 对于限制重用, 每个扇区 (或者系统中的调度器) 为数据传输选择用户, 对所选用户的强干扰源 / 受干扰者进行识别, 基于每个所选择用户的强干扰源 / 受干扰者 (如果存在的话) 为该用户确定可用或受限集合, 并且将来自适当集合的子带分配给 (或者将业务信道分配给) 所选择的用户。随后, 例如, 每个扇区经由空中信令向每个用户提供为其分配的业务信道。随后, 用于每个用户的发送和接收实体进行恰当处理, 以便在由被分配的业务信道所指示的子带上发送和接收数据。

[0128] 可以通过各种方式实现本文所描述的限制重用技术。例如, 可以用硬件、软件或者其组合来实现这些技术。对于硬件实现, 可以在一个或多个专用集成电路 (ASIC)、数字信号处理器 (DSP)、数字信号处理器件 (DSPD)、可编程逻辑器件 (PLD)、现场可编程门阵列 (FPGA)、处理器、控制器、微控制器、微处理器、其它被设计为实现本文所述功能的电子单元或者其组合内实现处理单元, 该处理单元用于识别强干扰源 / 受干扰者、确定受限集合、分配子带、处理发送或接收的数据以及执行与限制重用相关的其它功能。

[0129] 对于软件实现, 可以用执行本文所述功能的模块 (例如, 程序、函数等) 来实现限制重用技术。软件代码可被存储在存储器单元 (例如, 图 9 中的存储器单元 932 或图 10 中的存储器单元 1032) 中, 并且由处理器 (例如, 图 9 中的控制器 930 或图 10 中的 1030) 执行。可以在处理器内部或者处理器外部实现存储器单元。

[0130] 反馈

[0131] 在一个实施例中, 对于所有重用集合, 基站内的调度器大约每隔 5 毫秒便需要来自终端的 CQI 信息, 以便确定用哪个重用集合对给定终端进行调度。这意味着大量的反馈。为了使这种反馈最少化, 在当前设计中, 终端每几百毫秒将 (缓慢) 连接层消息反馈回基站一次, 其指示所有重用集合的 VCQI (平均 CQI)。随后, 基站以分组为基础对分组上的所有重用集合的 CQI 进行计算, 并且对适当重用集合内的终端进行动态调度。

[0132] 多输入多输出 (MIMO) 系统将多个天线用于进行发送和接收。MIMO 系统相比单输入单输出 (SISO) 系统的优点是: 由于 MIMO 系统在发射机处具有 M 个天线并且在接收机处具有 M 个天线, 所以 MIMO 系统产生“足够的”多径。

[0133] 对于 MIMO 用户, 其存在的问题在于: 当使用当前设计时, 不能对于所有重用集合重构 CQI。解决方案: (1) 对于多码字 MIMO 用户, 我们提出 MIMO VCQI 连接层消息, 其将使得基站以逐个分组为基础对所有重用集合的 MIMO-CQI 进行重构。这将能够实现动态调度 (限制重用) 增益。(2) 对于单码字用户, 可以通过改变 CQI 报告格式以及发送 MIMO-VCQI 连接层消息来获得动态限制重用。(3) 对于单码字设计, 可以通过发送 MIMO-VCQI 连接层消息 2 来获得准静态调度增益。

[0134] CQI 值是对应于目标扇区而计算出的 CQI 值。比特的数量基于 CQI 报告模式和激活集合大小。如果激活集合大小是 1 并且 CQI 报告模式是 SISO, 那么 CQI 值是 4 个比特。如果激活集合大小大于 1 并且 CQI 报告模式是 SISO, 那么 CQI 值是 3 个比特。如果激活集合大小是 1 并且 CQI 报告模式是 MCW-MIMO, 那么 CQI 值是 8 个比特。如果激活集合大小大

于 1 并且 CQI 报告模式是 MCW-MIMO, 那么 CQI 值是 6 个比特。

[0135] 在当前设计中, SISO 终端每 5 毫秒反馈回非限制重用集合 (111) 的 CQI 信息。终端还大约每几百毫秒发送所有重用集合的低带宽 VCQI (平均 CQI) 连接层消息。基站可以使用该信息以逐个分组为基础对所有重用集合的 CQI 进行计算, 并且对不同重用集合内的用户进行动态调度以便获得限制重用增益。

[0136] 问题在于这种方案是否也可以支持 MIMO 用户? 如果不可以, 则如何能够实现对 MIMO 用户的动态调度 (限制重用增益)? 对于 MIMO 用户, 当前 VCQI 反馈方案是不足以获得对 MIMO 用户的限制重用增益的。

[0137] 对于 MIMO 多码字 (MIMO-MCW) 用户, 如果将包含所有的层和重用集合的 VCQI 在内的 MIMO-VCQI 连接层消息从终端发送到基站, 那么动态限制重用增益将是可实现的。

[0138] 对于 MIMO 单码字 (MIMO-SCW) 用户, 如果 (a) CQI 反馈格式从 (6 比特 CQI+2 比特秩 (rank)) 变化到 (对于每个可能秩的 4 比特 CQI), 并且 (b) 将包含所有的秩和重用集合的 VCQI 在内的 MIMO-VCQI 连接层消息从终端发送到基站, 那么动态限制重用增益将是可实现的。CQI 的格式变化导致 (111) 重用集合用户的性能损失, 以及与 (非 111) 重用集合用户的限制重用增益的折衷。

[0139] 对于 MIMO-SCW 用户, 如果将包含每个重用集合的最优 VCQI+ 秩在内的 MIMO-VCQI 连接层消息从终端发送到基站, 那么 (准静态) 限制重用将是具有优势的。

[0140] MIMO-CQI 测量

[0141] 定义下列量:

[0142] M: 空间复用层

[0143] H(k): 在音调 k 处的 $M_r \times M_t$ MIMO 信道矩阵

[0144] P(k): 在音调 k 处的 $M_t \times M$ 空间映射矩阵

[0145] σ^2 : (111) 重用集合的噪声 + 干扰功率

[0146] ε^2 : (非 111) 重用集合的噪声 + 干扰功率

[0147] E_s : 发送符号能量。

[0148] 假定进行 M 层传输, 将 (111) 重用集合的 CQI 计算为:

$$[0149] \quad CQI_M(\sigma^2, E_s) = \prod_{k=1}^N \left[1 + SNR_M(k, \sigma^2, E_s) \right]^{\frac{1}{N}} - 1 \quad (1)$$

[0150] 其中, N 是 OFDM 音调的数量并且是对应于 MMSE 接收机的, 对于第一层:

$$[0151] \quad SNR_M(k, \sigma^2, E_s) = \frac{E_s}{\sigma^2 \left\langle \left[P(k)^* H(k)^* H(k) P(k) + \frac{\sigma^2}{E_s} I_{M \times M} \right]^{-1} \right\rangle_{1,1}} - 1 \quad (2)$$

[0152] 对于 $\sigma^2 \geq \varepsilon^2$, 可以写出下列不等式 (稍后将容易地得出):

$$[0153] \quad SNR_M(k, \varepsilon^2, E_s) \leq SNR_M(k, \sigma^2, E_s) \frac{\sigma^2}{\varepsilon^2} \quad (3)$$

$$[0154] \quad CQI_M(\varepsilon^2, E_s) \leq CQI_M(\sigma^2, E_s) \frac{\sigma^2}{\varepsilon^2} \quad (4)$$

[0155] 如果满足至少一个下列条件, 就将观测到等式:

[0156] 矩阵 H(k)P(k) 具有条件数 $\kappa(H(k)P(k)) = 1$

[0157] $\sigma^2 = \varepsilon^2$

[0158] 在下列条件下,不等式可以变成松散不等式 (loose-inequality) : $\sigma^2 \geq 1$ 且 $\varepsilon^2 \ll \sigma^2$, 并且对应于大条件数 κ [$H(k)P(k)$]。

[0159] 对于 SCW 设计,对于 (111) 重用集合,每 5 毫秒反馈 6 比特 $CQI_M\left(\sigma^2, \frac{M_T}{M}E_s\right)$ 和 2 比特秩 (M)。对于 MCW 设计,对于 (111) 重用集合,在第一个 5 毫秒反馈 [$CQI_1(\sigma^2, E_s)$, $CQI_2(\sigma^2, E_s)$] 对,并且在第二个 5 毫秒反馈 [$CQI_3(\sigma^2, E_s)$, $CQI_4(\sigma^2, E_s)$] 对。每个 CQI 为 4 比特宽。

[0160] 由于理解对于 SCW 和 MCW, CQI 的意义是不同的,所以符号 $CQI_M(\sigma^2)$ 减少了对“ E_s ”项的依赖性。

[0161] 在当前设计中, VCQI 报告是包含所有重用集合的平均 CQI (假定进行 1 层传输) 的连接层消息,每几百毫秒对其进行发送。用 $VCQI_1(\varepsilon^2)$ 表示 (非 111) 重用集合的 1 层平均 CQI, 并且用 $VCQI_1(\sigma^2)$ 表示 (111) 重用集合的 1 层平均 CQI。

[0162] RL 消息的最小分组大小是 168 比特。这对 VCQI 消息的大小施加了限制。可以计算出:每个重用集合对于 VCQI 报告所允许的最大比特数量是 17 比特,并且对于限制重用 -3 (例如, ASBR-3), 每个重用集合对于 VCQI 报告所允许的最大比特数量是 9 比特。这是因为对于限制重用 -3, VCQI 报告应该包括关于 5 个重用集合的信息,而对于限制重用 -2 (例如, ASBR-2), VCQI 报告应该仅包括关于 4 个重用集合的信息。

[0163] 非常低几何量的用户和非常高几何量的用户是热限的 (thermallimited), 因此获得更少的限制重用增益。对于具有在 $VCQI_1(\sigma^2) \in [3, 20]$ dB 范围之间几何量的用户, 50 % 的用户观测到 $VCQI_1(\varepsilon^2) - VCQI_1(\sigma^2) \geq 3$ dB 的增益, 30 % 的用户观测到 $VCQI_1(\varepsilon^2) - VCQI_1(\sigma^2) \geq 5$ dB 的增益, 并且 10 % 的用户观测到 $VCQI_1(\varepsilon^2) - VCQI_1(\sigma^2) \geq 10$ dB 的增益。

[0164] SISO-VCQI 报告

[0165] 图 11 是用于限制重用 -2 的 SISO-CSQI 报告

[0166] 我们可以将 (非 111) 重用集合的 CQI 估计为:

$$[0167] \quad EstCQI_M(\varepsilon^2) \approx \frac{VCQI_1(\varepsilon^2)}{VCQI_1(\sigma^2)} CQI_M(\sigma^2) \approx \frac{\sigma^2}{\varepsilon^2} CQI_M(\sigma^2) \quad (5)$$

[0168] 第二个近似值 $\frac{VCQI_1(\varepsilon^2)}{VCQI_1(\sigma^2)} \approx \frac{\sigma^2}{\varepsilon^2}$ 的得出基于 $SNR_1(k, \sigma^2) = \frac{E_s}{\sigma^2} \|h(k)\|^2 \approx \frac{E_s}{\sigma^2} g^2$, 其中, g^2 是所有接收天线上的平均信道功率。由于通过 4 天线接收分集, 所以这是良好的近似值,

信道在频域上看起来是平滑的。从而: $CQI_M(\sigma^2) = \prod_{k=1}^N [1 + SNR_M(k, \sigma^2)]^{\frac{1}{N}} - 1 = \frac{E_s}{\sigma^2} g^2$ 。

[0169] 可以将估计误差写为:

$$[0170] \quad \Delta_M = \frac{EstCQI_M(\varepsilon^2)}{CQI_M(\varepsilon^2)} \approx \frac{CQI_M(\sigma^2)\sigma^2}{CQI_M(\varepsilon^2)\varepsilon^2} \geq 1 \quad (6)$$

[0171] 其中, 最后一个不等式是从不等式 (4) 中得出的。

[0172] 对于 MCW 设计, 由于具有 7PF 的 MCW 设计所需的 CQI 粒度 (granularity) 是 2dB, 所以我们需要 $\Delta_M \leq 2\text{dB}$ 。

[0173] 现在绘制 Δ_4 的 CDF, 假定平坦衰落信道并且 $\sigma^2 = 1, E_s = 1/4$, 这导致 $\text{VCQI}_1(\sigma^2) = 0\text{dB}$ 。假定进行 4 层传输, 将 Δ_4 的分布估算为 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) = \{5, 10, 15, 20\}\text{dB}$ 。

[0174] 图 14 是用于限制重用 -2 的 MIMO-VCQI 报告

[0175] 通过使用 MIMO-VCQI 报告来改进对 (非 111) 重用集合的 $\text{CQI}_M(\varepsilon^2)$ 估计。

[0176] 图 12 是基于 $\text{VCQI}_1(\sigma^2) = 0\text{dB}$ 和 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) = \{5, 10, 15, 20\}\text{dB}$ 的 Δ_4 的 CDF。

[0177] 可以看出: 当 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) \leq 5\text{dB}$ 时, 对于 90% 的用户具有 $\Delta \leq 2\text{dB}$ 。然而, 对于 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) > 5\text{dB}$, 对于较大比例的用户具有 $\Delta > 2\text{dB}$ 。这告诉我们对于 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) - \text{VCQI}_1(\sigma^2) > 5\text{dB}$ 的 (非 111) 重用集合的 CQI 估计可能是不可靠的并且是过激的 (overly aggressive)。通过对速率预测使用该 CQI 估计将导致过激的 PF 预测, 其导致后续的编码器终止统计或者分组错误。由于 MCW 设计大多发送 4 层, 所以在层 1 上的过激的 PF 预测将导致对于其它层的高等待时间解码。

[0178] 从下述的散点图中可以看出, $\Delta_M > 2\text{dB}$ 的用户的信道具有高条件数 (坏条件矩阵), 其中该散点图示出了对于 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) = 10\text{dB}$ 和 $\text{VCQI}_1(\sigma^2) = 0\text{dB}$ 在信道条件数和 Δ_M 之间的关系。由于对于宽带 5MHz 信道, 信道矩阵的条件数应该由于多径而较大地改进, 所以我们的结果是最不利的。这应该改进 CQI 估计性能。

[0179] 图 13 是在假定平坦衰落信道的情况下条件数与估计误差的比较 (对于 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) = 10\text{dB}$ 和 $\text{VCQI}_1(\sigma^2) = 0\text{dB}$)。

[0180] 如附图中所示, 对于 3 层、2 层和 1 层传输, 信道条件数逐渐提高, 这导致这些层逐渐改进的性能。换言之, $\Delta_1 \leq \Delta_2 \leq \Delta_3 \leq \Delta_4$ 。

[0181] 对于 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) - \text{VCQI}_1(\sigma^2) > 5\text{dB}$, Δ_4 可能是不可靠的并且是过激的。

[0182] 对于 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) - \text{VCQI}_1(\sigma^2) < 10\text{dB}$, 对于 90% 的用户, $\Delta_3 \leq 2\text{dB}$ 。

[0183] 如果 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) - \text{VCQI}_1(\sigma^2) < 20\text{dB}$, 对于 90% 的用户, $\Delta_2 \leq 2\text{dB}$ 。

[0184] 由于 $\Delta \geq 0\text{dB}$ 并且 Δ 随着等价信道本征值扩展和 $\text{VCQI}_1(\varepsilon^2) - \text{VCQI}_1(\sigma^2)$ 间隔的增加而增加, 所以可以潜在地将补偿 $\delta(\lambda, \sigma^2, \varepsilon^2)$ 应用于 CQI 估计。

$$[0185] \quad \text{EstCQI}_M(\varepsilon^2) \approx \frac{\sigma^2}{\varepsilon^2} \text{CQI}_M(\sigma^2) - \delta(\lambda, \sigma^2, \varepsilon^2)$$

[0186] 可以从层 1、2、3 和 4 的快速 CQI 报告中获得对本征值扩展的粗略测量。随后, 可以潜在地具有经由仿真而获得的查找表, 以便读出补偿值 $\delta(\lambda, \sigma^2, \varepsilon^2)$ 。此外, 如果在用于多个分组的给定重用集合内对用户进行调度, 那么可以基于前几个分组的解码器终止统计对补偿进行调节。

[0187] 图 12 示出了用于限制重用 -2 的 MISO-VCQI 报告, 其包括所有的层 1、2、3、4 的所有端口集合的平均 CQI。然而, 如前所述, 仅对于重用集合 (111) 才产生 CQI 报告。

[0188] 可以将非 111 重用集合的 M 层 CQI 估计为:

$$[0189] \quad \text{MIMOEstCQI}_M(\varepsilon^2) \approx \frac{\text{VCQI}_M(\varepsilon^2)}{\text{VCQI}_M(\sigma^2)} \text{CQI}_M(\sigma^2) \leq \frac{\text{VCQI}_1(\varepsilon^2)}{\text{VCQI}_1(\sigma^2)} \text{CQI}_M(\sigma^2) = \text{EstCQI}_M(\varepsilon^2)$$

(5)

[0190] 可以将估计误差写为:

$$[0191] \quad \Delta_M^{MIMO} = \frac{MIMO Est CQI_M(\varepsilon^2)}{CQI_M(\varepsilon^2)} \leq \frac{Est CQI_M(\varepsilon^2)}{CQI_M(\varepsilon^2)} = \Delta_M$$

[0192] 因此,这是相对于使用 SISO-VCQI 消息所获得的 CQI 估计误差的改进。绘制 Δ_M^{MIMO} 的 CDF,假定具有 $VCQI_1(\sigma^2) = 0\text{dB}$ 和 $VCQI_1(\varepsilon^2) = \{5, 10, 15, 20\}\text{dB}$ 的平坦衰落信道。

[0193] 图 15 是在假定平坦衰落信道的情况下对于平坦衰落信道 $VCQI_1(\sigma^2) = 0\text{dB}$ 和 $VCQI_1(\varepsilon^2) = \{5, 10, 15, 20\}\text{dB}$ 的 Δ_4^{MIMO} 的 CDF。

[0194] 可以看出:对于 $VCQI_1(\varepsilon^2) \leq 15\text{dB}$,对于 90% 的用户具有 $\Delta_4^{MIMO} \leq 2\text{dB}$,这是对使用 SISO-VCQI 消息情况的较大改进。由于对于 3 层、2 层和 1 层传输,信道条件数逐渐增加,所以应该看出对于这些层的逐渐改进的性能。换言之, $\Delta_1^{MIMO} \leq \Delta_2^{MIMO} \leq \Delta_3^{MIMO} \leq \Delta_4^{MIMO}$ 。对于 $M = 3$ 层传输,仿真结果显示:即使对于 $VCQI_1(\varepsilon^2) > 20\text{dB}$,对于 90% 的用户也具有 $\Delta_3^{MIMO} \leq 2\text{dB}$ 。

[0195] 图 16 是用于限制重用 -3 的 MIMO-VCQI 报告。

[0196] 如前所述,对于限制重用 -3,每个重用集合对于 VCQI 报告所允许的最大比特数量是 9 个比特。这时因为对于限制重用 -3,VCQI 报告应该包括关于 5 个重用集合的信息,而对于限制重用 -2,VCQI 报告应该仅包括关于 4 个重用集合的信息。从而,在限制重用 -3 中,由于在 VCQI 消息中所缺少的空间,VCQI 消息可以仅包含层 1 和层 4 的 VCQI 消息。

[0197] 用于 SCW-MIMO 的动态限制重用

[0198] 如前所述,在 SCW 设计中,对于 (111) 重用集合,CQI 报告仅包括 2 比特秩 (M) 和 6 比特 $CQI_M(\sigma^2)$ 。由于 $CQI_R(\sigma^2), R \neq M$ 不可用,我们不能对 $CQI_R(\sigma^2), R \neq M$ 进行估计。换言之,缺点在于对于其它秩不能够仅对 (非 111) 重用集合的 CQI 进行估计。此外,由于具有 32PF,所以对于 SCW,所需要的 CQI 量化是 0.5dB。因此,需要改进非 111 重用集合的 CQI 估计误差,以便使由于非 111 重用集合内的过激速率预测所引起的容量损失最小化。

[0199] 基于上述观测和在第 2 节中所获得的观点,可以得出:

[0200] 如果能够采用如图 4 中所示的 MIMO-VCQI 报告,那么对于 SCW 的动态限制重用将是可实现的。 $VCQI_M(\sigma^2)$ 的意义与 MCW 的情况不同。在 SCW 中,对于 (111) 重用集合, $VCQI_M(\sigma^2)$ 对应于秩 M 传输的平均 CQI。

[0201] (111) 重用集合的 CQI 报告现在变成对于 4 个秩中的每一个的 4 比特 CQI 信息,即 $CQI_M(\sigma^2), M = \{1, 2, 3, 4\}$,而不是对于 (111) 重用集合的 2 比特秩 (M) 和 6 比特 $CQI_M(\sigma^2)$ 。由于我们仅具有 4 比特 CQI 而不是 6 比特 CQI,所以缺点在于:(a) 由于粗 CQI 反馈 (4 比特而不是 6 比特) 所造成的对于 (111) 重用集合内剩余用户的可能的 1.5dB 性能损失;以及 (b) 由于 CQI 反馈现在跨越 10 毫秒而不是 5 毫秒所造成的低多普勒容限。另一方面,益处在于:现在可以在发射机处进行秩和速率预测,并且其可以结合任何功率控制变化。

[0202] 结论 #2:通过所有的秩的 MIMO-VCQI 报告和 4 比特 CQI 报告,可以实现 SCW 的动态限制重用增益。缺点在于:由于 4 比特 CQI 报告的粗量化将导致 (111) 重用集合用户的性能损失。因此,必须将动态限制重用增益与上述性能损失进行折衷,以便确定是否期望用于 SCW 的动态限制重用。

[0203] 图 17 示出了用于静态限制重用 -2 的 MISO-VCQI (静态) 报告和用于 SCW 设计的快速 CQI 报告。用于 MCW 的准静态限制重用的操作如下:

- [0204] 从AT到AP的MIMO-VCQI报告包括对于所有重用集合的6比特CQI+2比特秩信息。
- [0205] 基于MIMO-VCQI(静态)报告,AP处的调度器随后对多个重用集合之一上的MIMO SCW用户进行调度。
- [0206] 在为MIMO SCW用户分配了专用重用集合之后,对于该特定的重用集合,产生6比特快速CQI+2比特秩报告。
- [0207] 当新的VCQI报告从AT到达AP时,可以重复上述处理。
- [0208] 本领域技术人员应当清楚,可以使用质量指示符而不是CQI并且可以使用向量化质量指示符VCQI。
- [0209] 提供了对所公开实施例的上述说明,以使本领域技术人员能够实现或使用本发明。这些实施例的各种修改对于本领域技术人员来说将是显而易见的,并且在不脱离本发明的精神或范围的情况下,可以将本文定义的一般原理应用到其它实施例。因此,本发明并不旨在被限制于本文所示的实施例,而应给予与本文所公开的原理和新颖特征相一致的最宽范围。

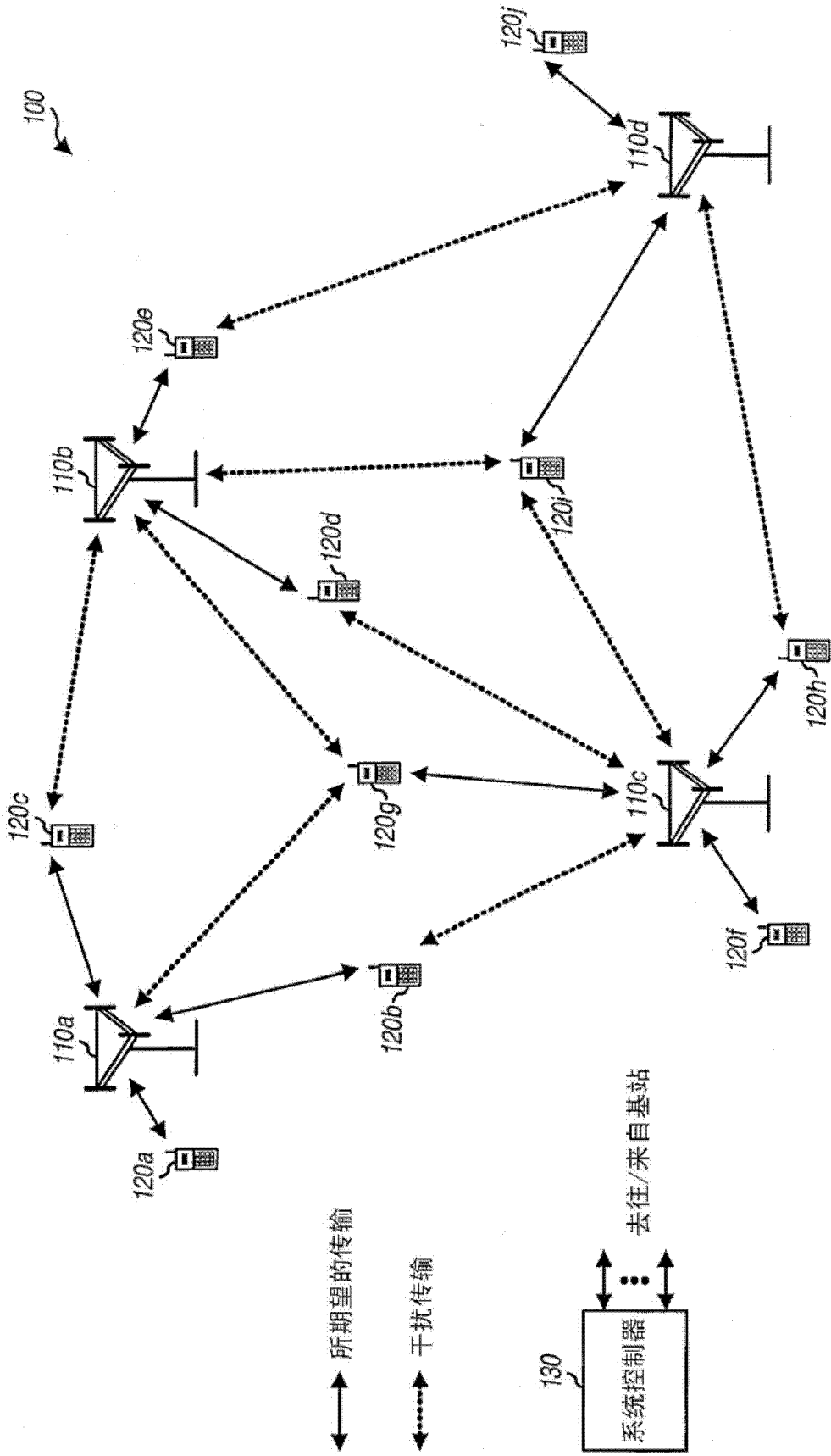


图 1

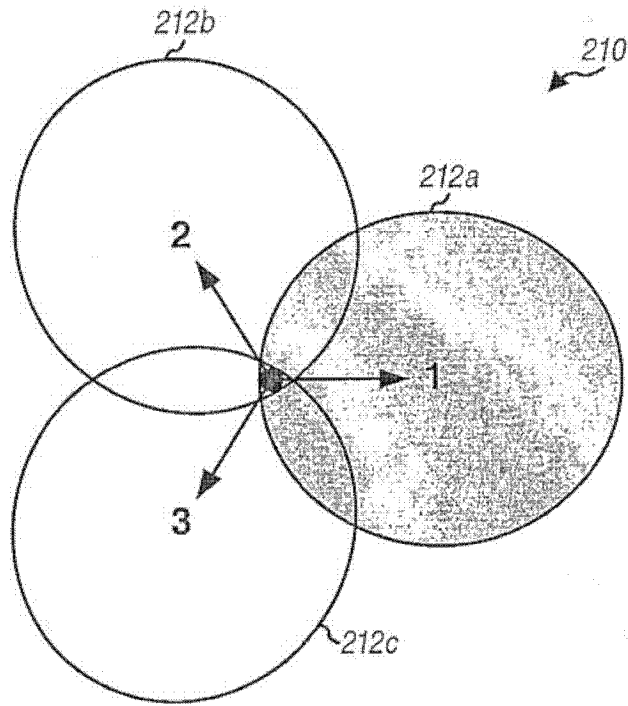


图 2A

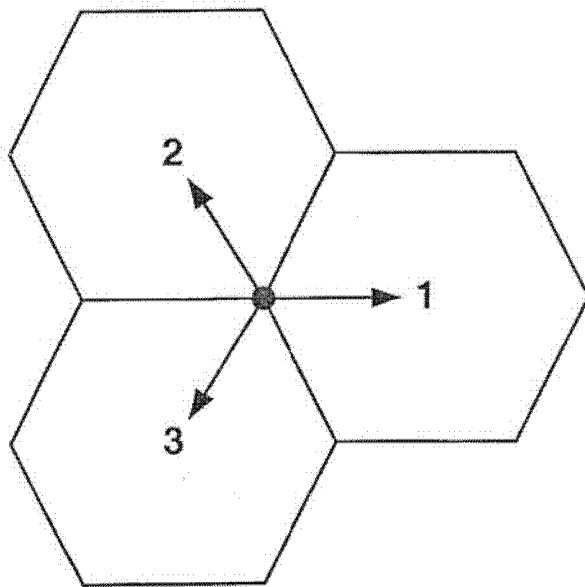


图 2B

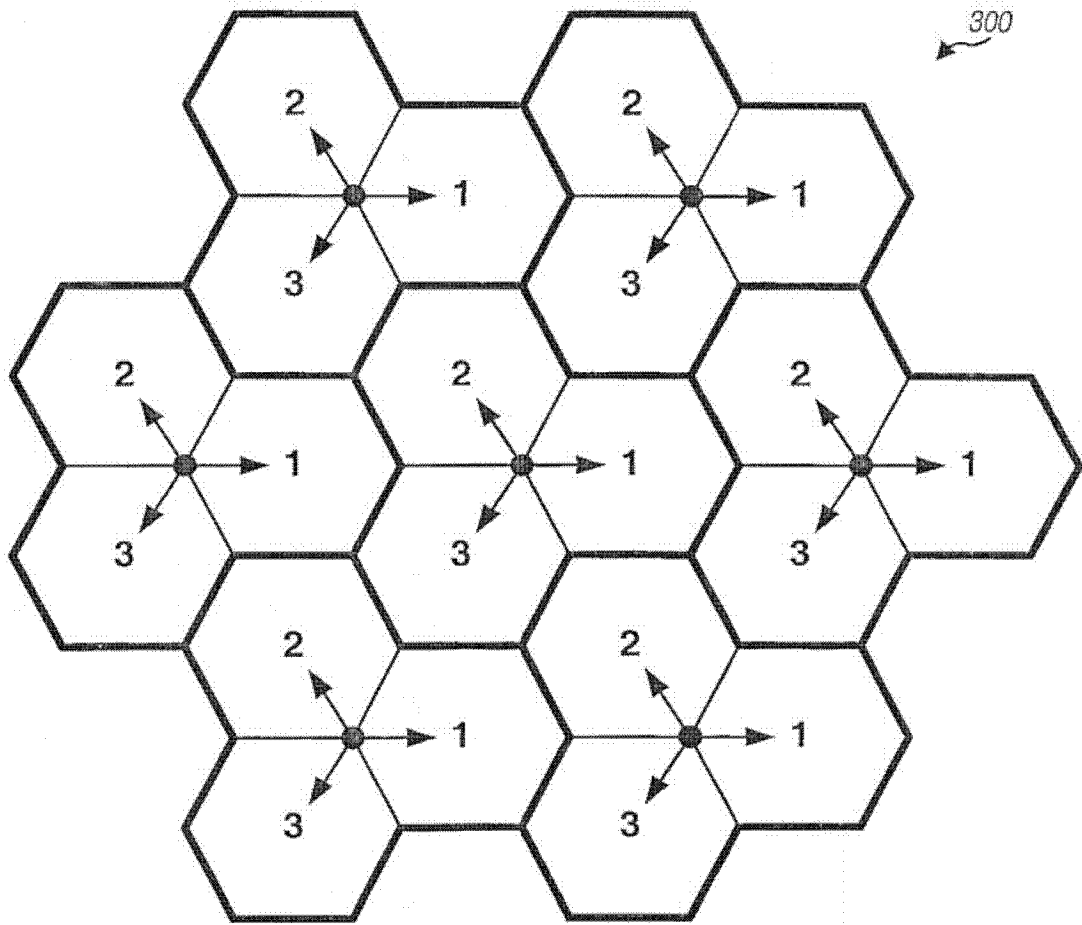


图 3

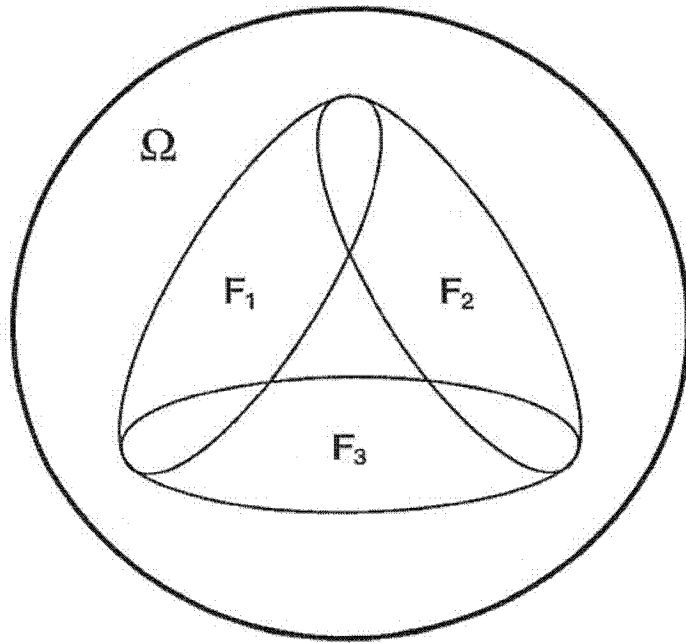


图 4

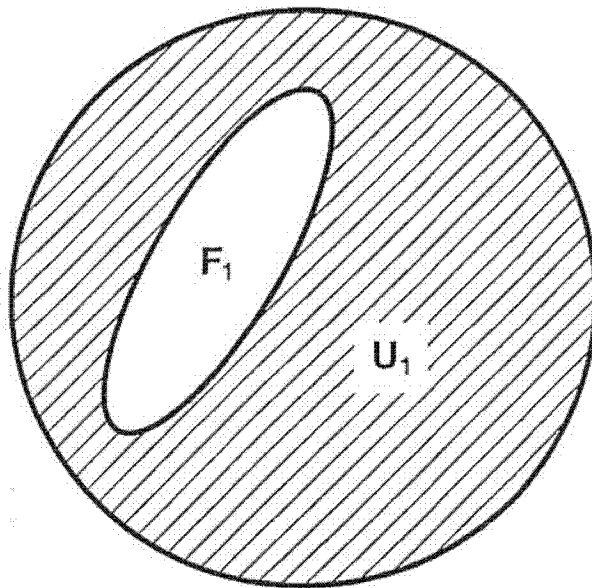


图 5A

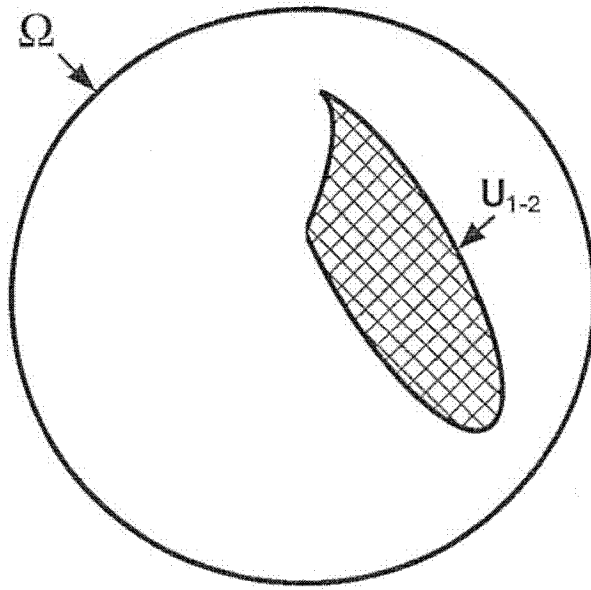


图 5B

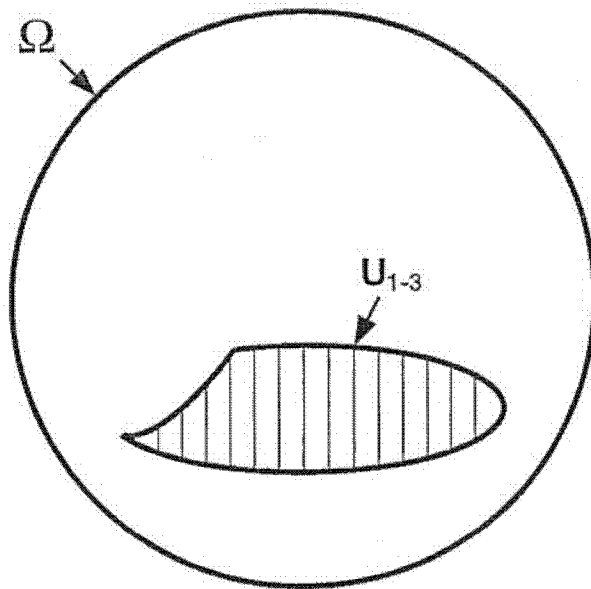


图 5C

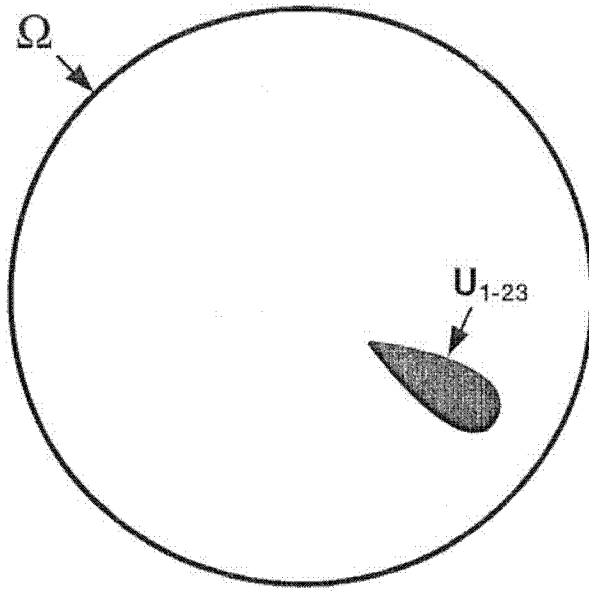


图 5D

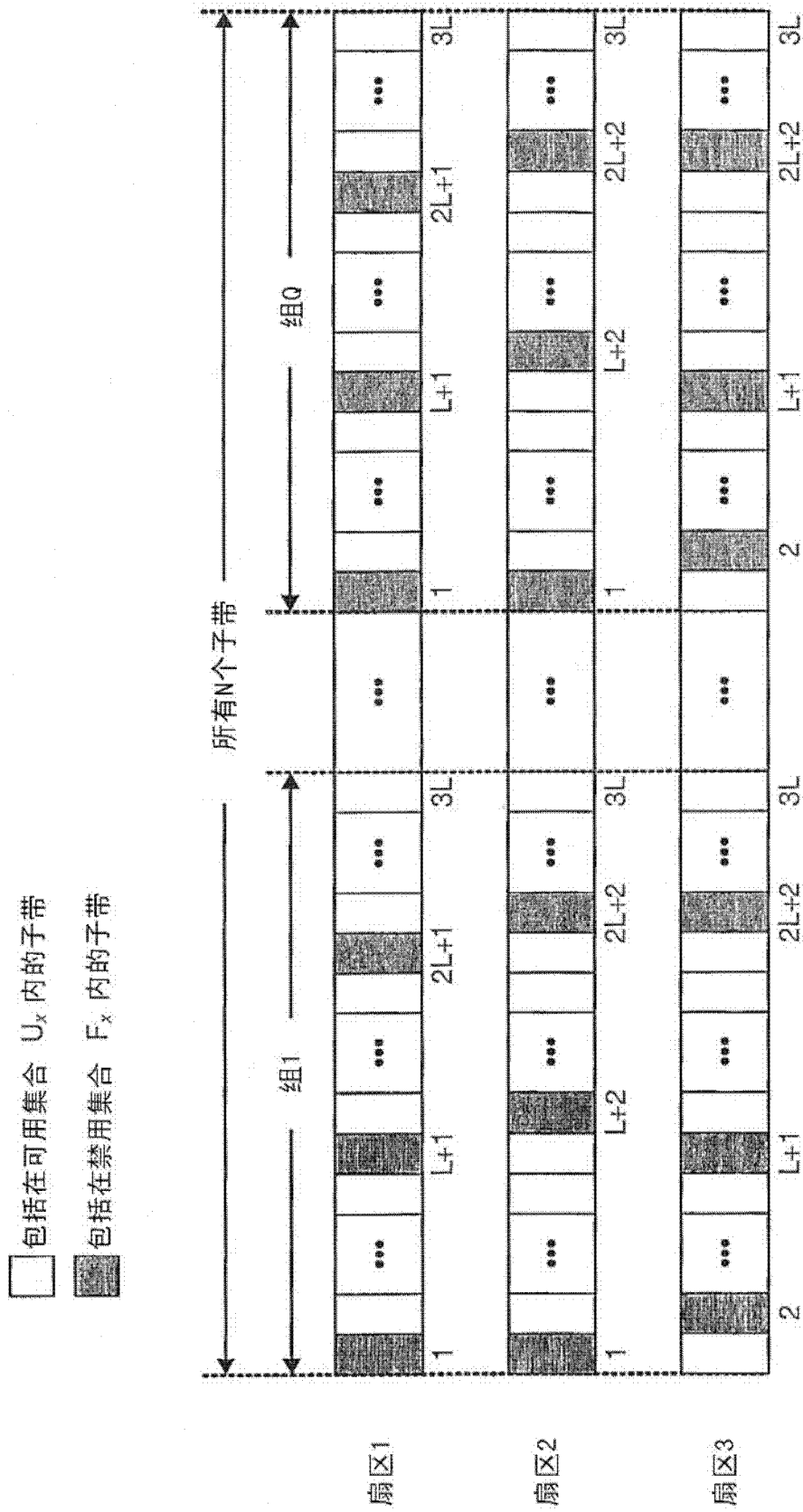


图 6

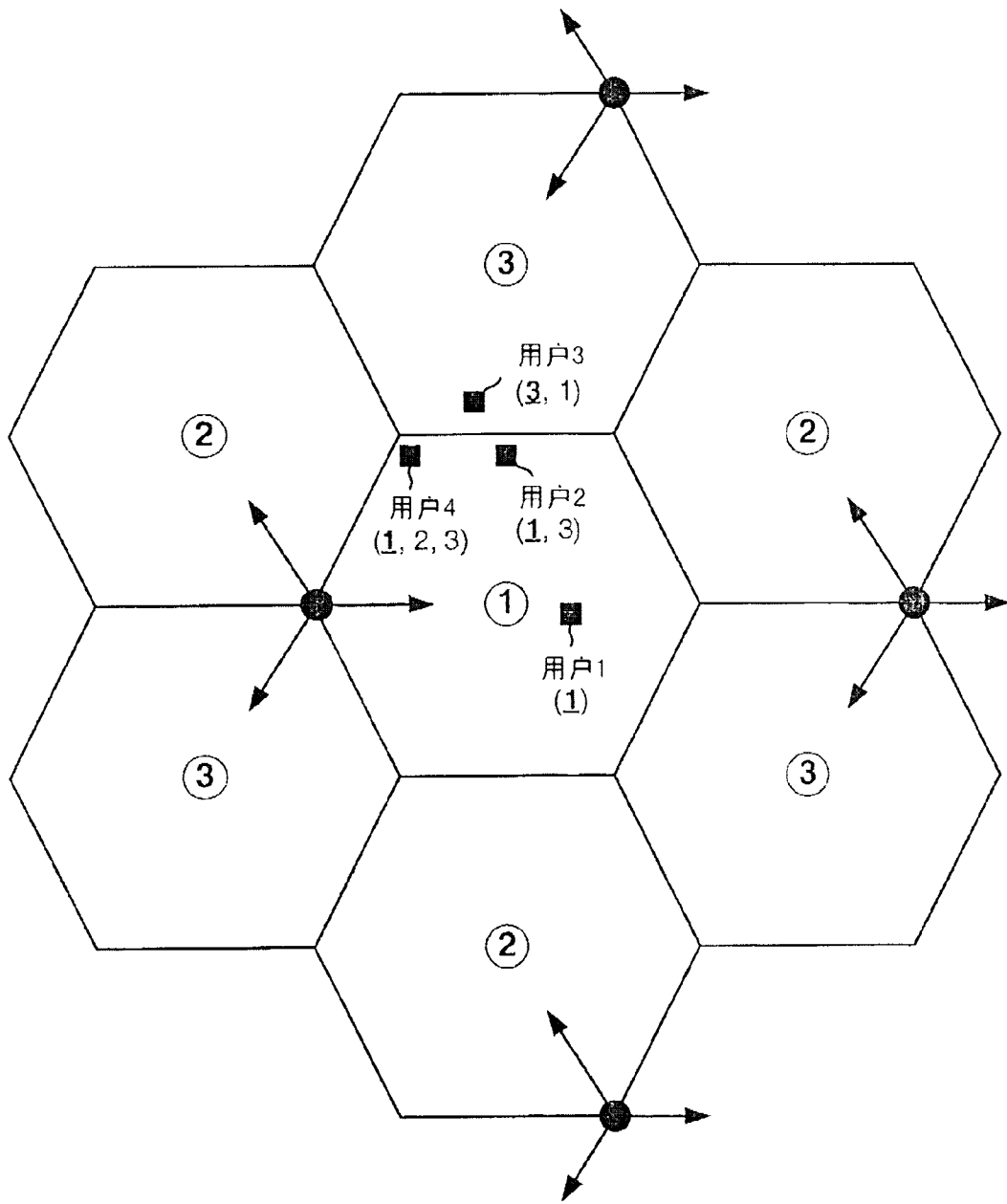


图 7A

无干扰模式
具有重用集合(1) 的用户1

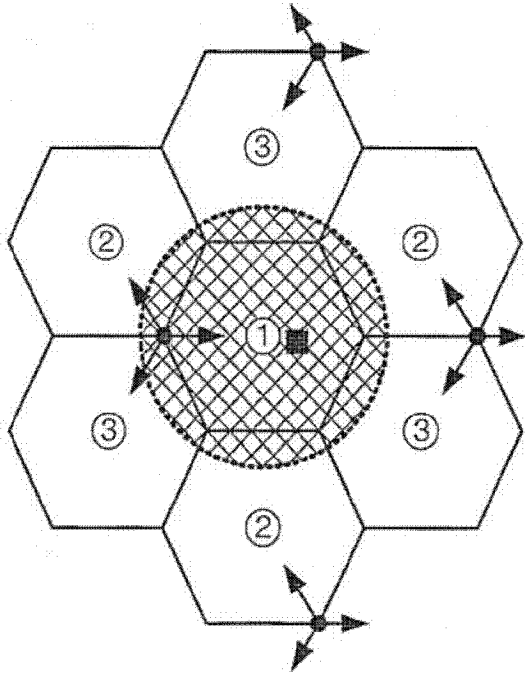


图 7B

无干扰模式
具有重用集合(1, 3) 的用户2

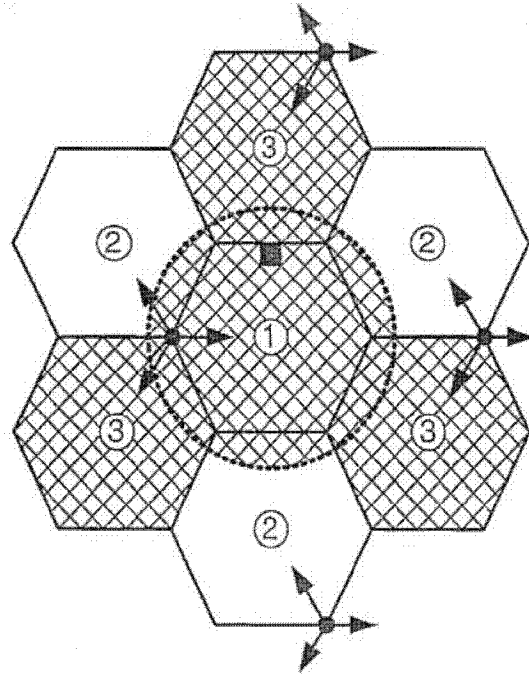


图 7C

无干扰模式
具有重用集合(1, 2, 3) 的用户4

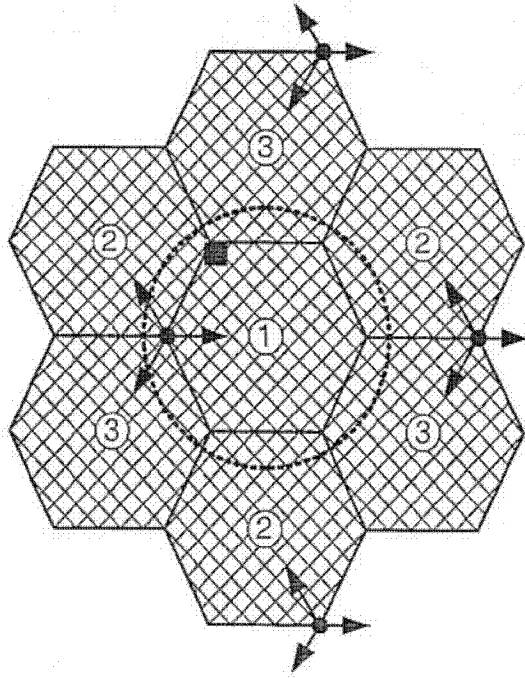


图 7D

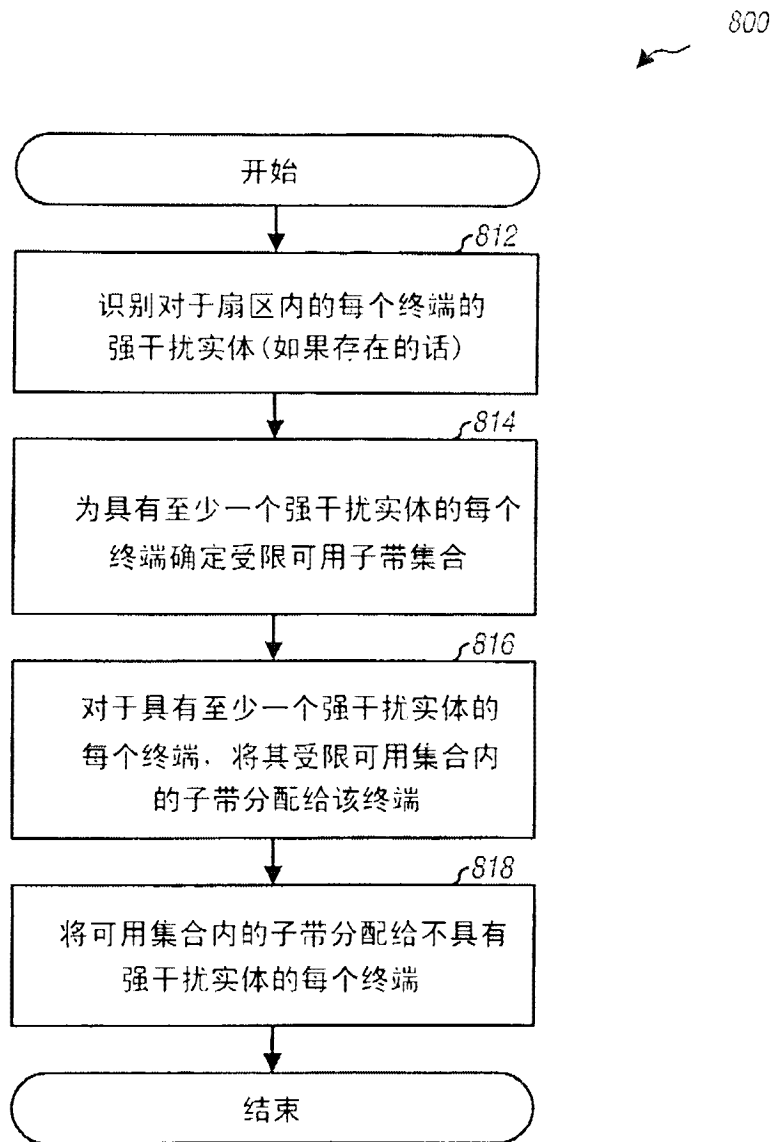


图 8

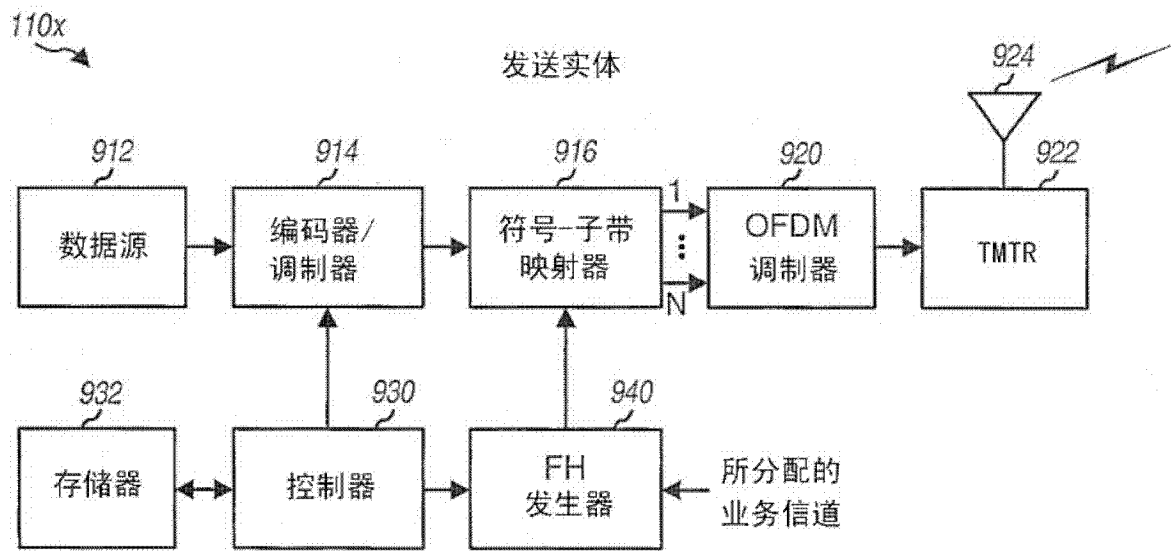


图 9

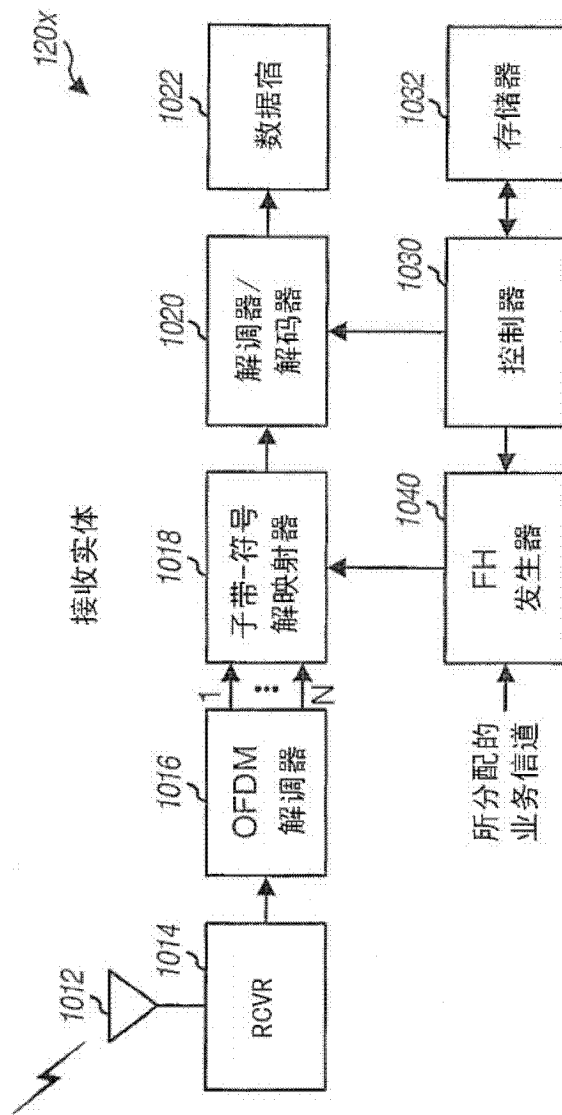


图 10

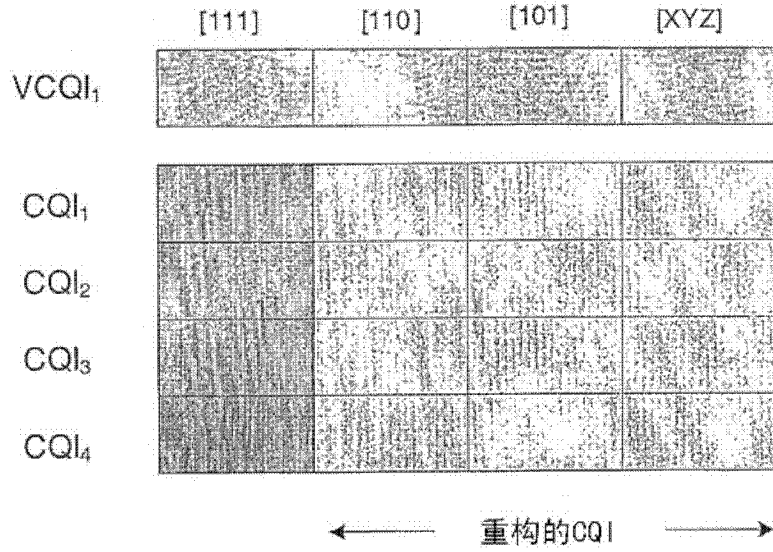


图 11

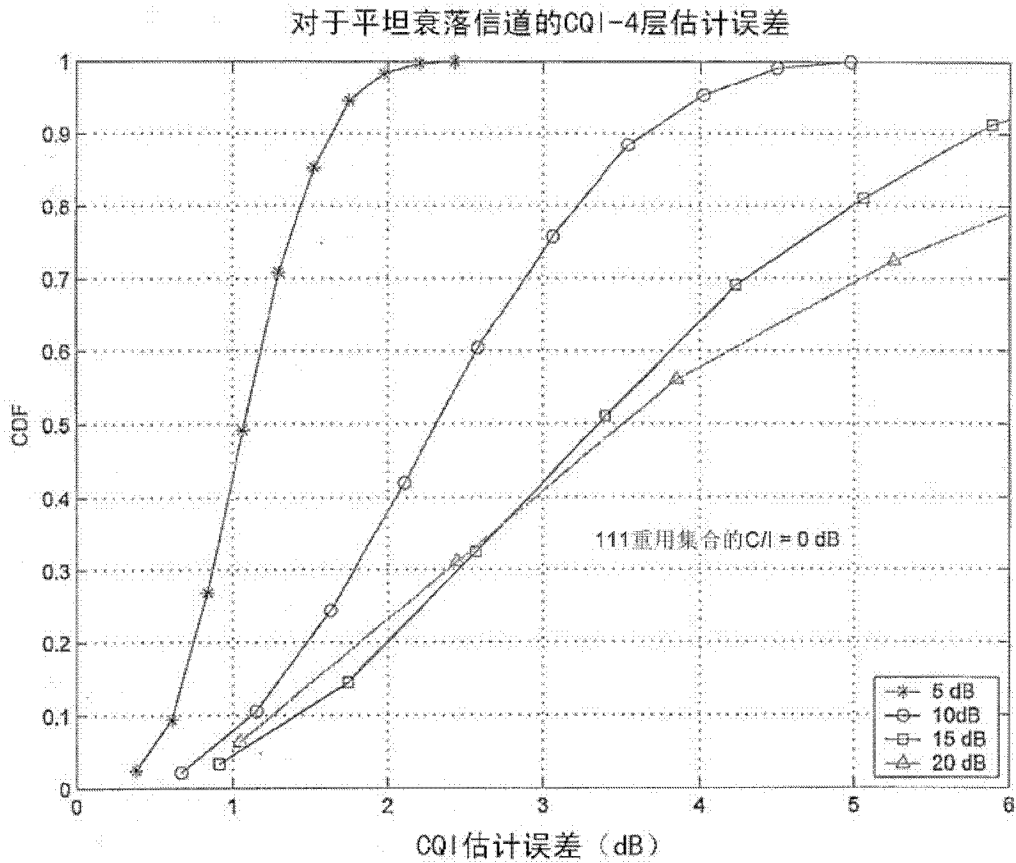


图 12

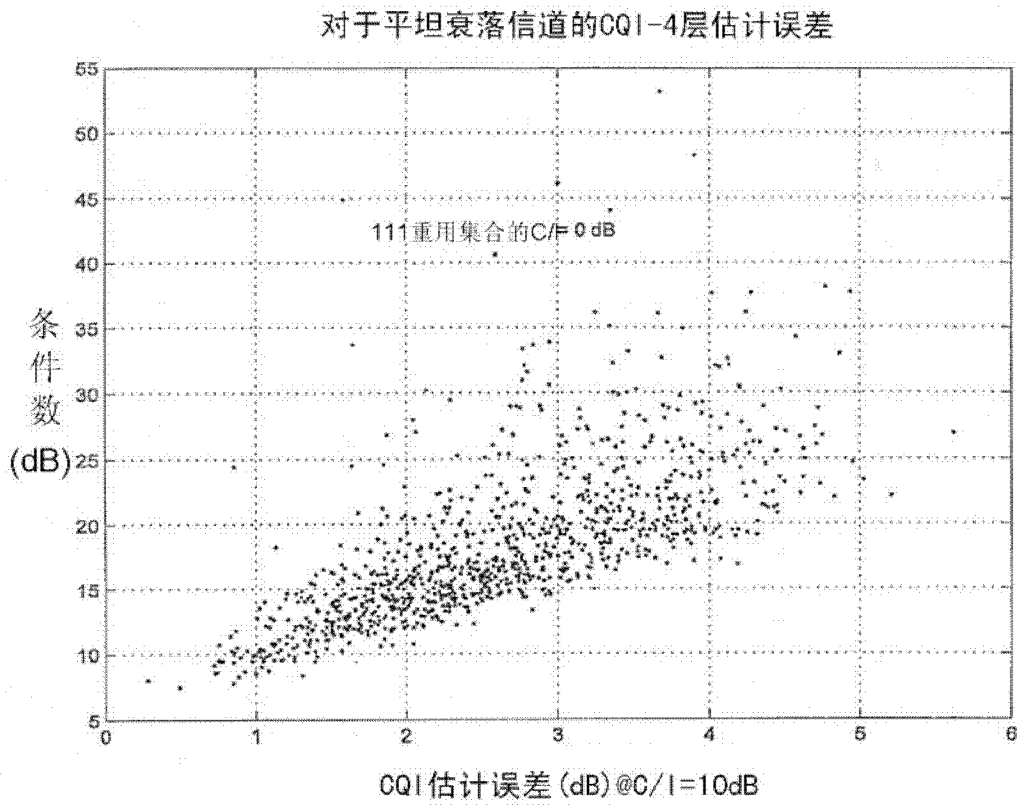


图 13

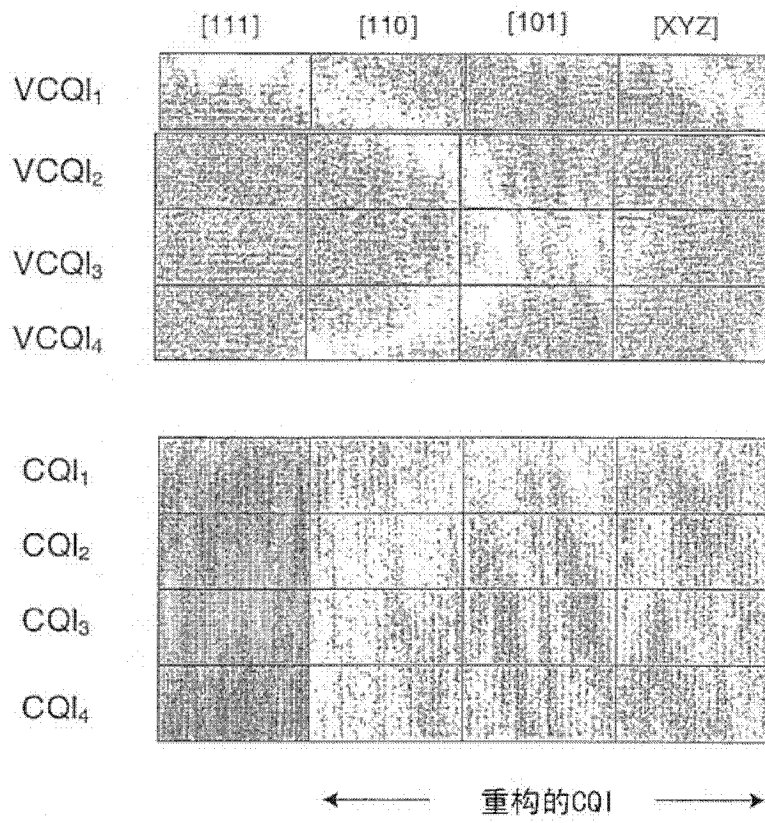


图 14

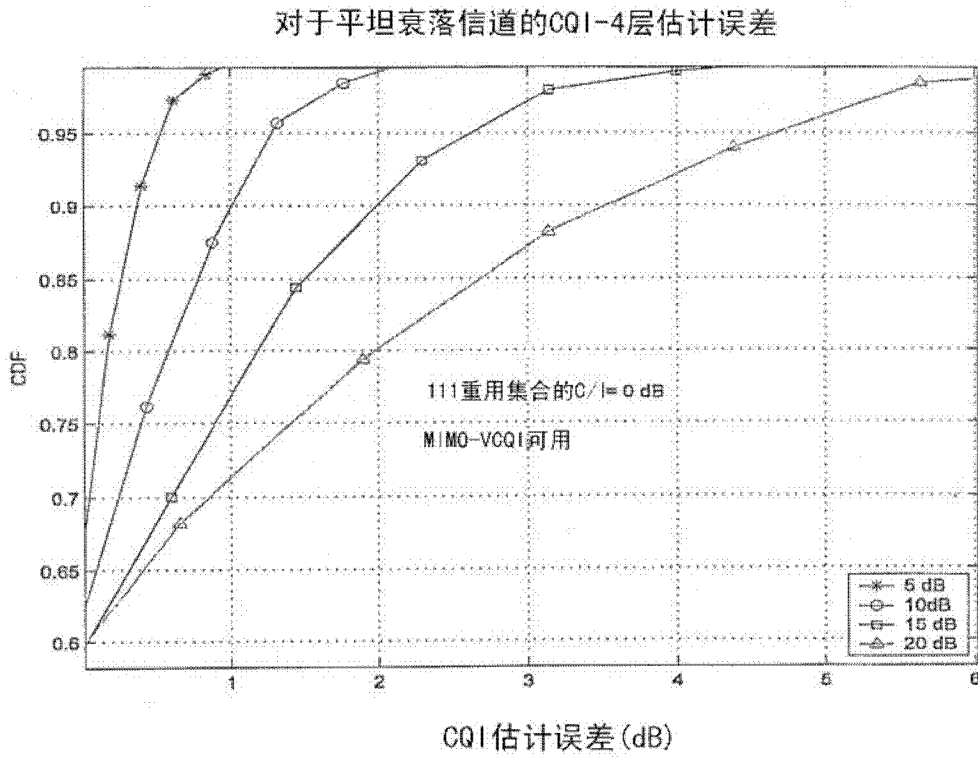


图 15

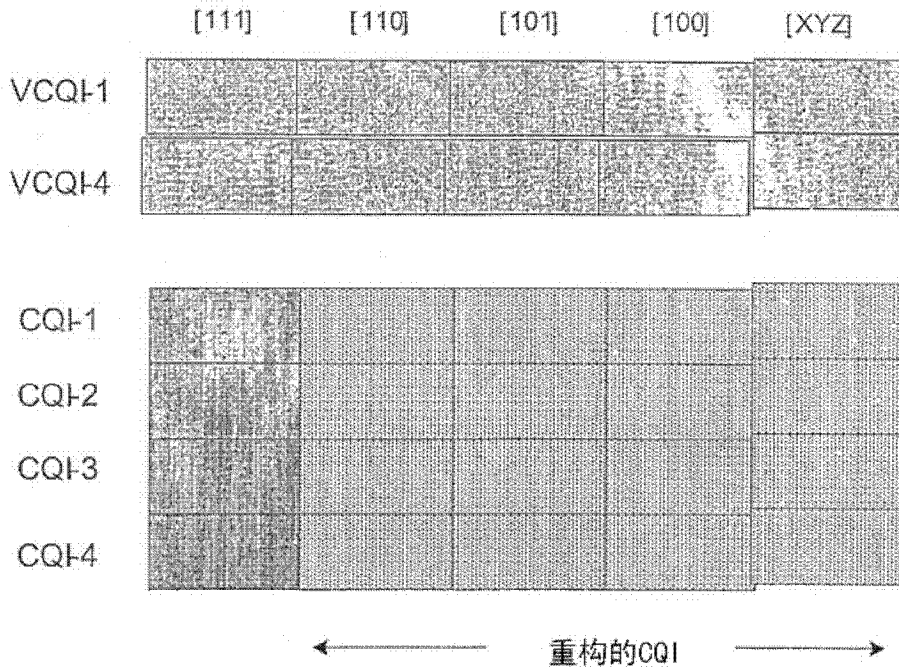


图 16

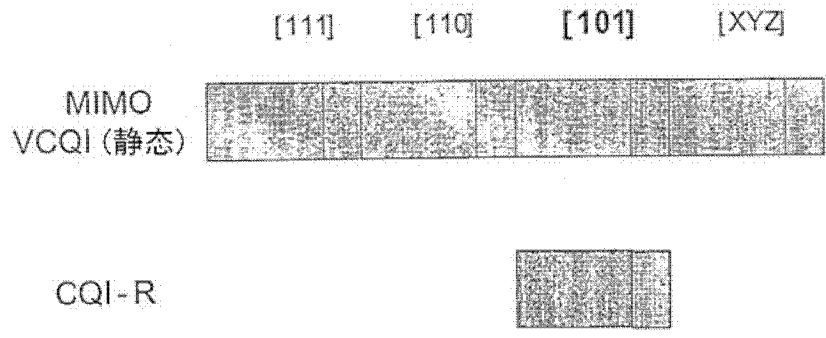


图 17