

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 7/08 (2006.01)

H04B 7/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03806997.0

[45] 授权公告日 2008年3月12日

[11] 授权公告号 CN 100375408C

[22] 申请日 2003.3.25 [21] 申请号 03806997.0

[30] 优先权

[32] 2002.3.26 [33] US [31] 10/107,237

[86] 国际申请 PCT/US2003/009032 2003.3.25

[87] 国际公布 WO2003/084094 英 2003.10.9

[85] 进入国家阶段日期 2004.9.24

[73] 专利权人 英特尔公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 希尔帕·塔瓦尔

[56] 参考文献

CN1236509A 1999.11.24

US5886988A 1999.3.23

WO9622662A1 1996.7.25

EP1185001A2 2002.3.6

CN1228210A 1999.9.8

相关瑞利衰落下的 2D_RAKE 接收机. 方敏, 王京, 龚克, 姚彦. 电子学报, 第 27 卷第 11A 期. 1999

审查员 刘真

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 王英

权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 6 页

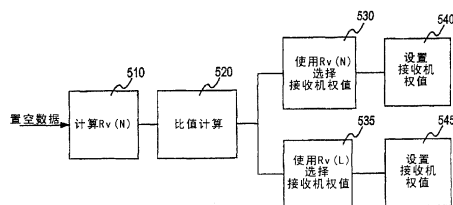
[54] 发明名称

在多信道接收机中选择权值的方法

[57] 摘要

本发明提供了一种用于在接收机处接收多个传输信号的方法和系统, 这些传输信号每一个都经过对应的传输信道传播。该接收机包括多个接收机信道, 每个传输信道对应于一个接收机信道。每一个接收机信道接收对应的传输信号。接收到的传输信号被检测来确定接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导。如果接收到的传输信号由噪声主导, 那么选择第一组权值作为接收机加权。如果接收到的传输信号由干扰主导, 那么选择第二组权值作为接收机加权。基于接收机加权, 估计接收到的传输信号。检测接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导包括, 确定接收到的传输信号之间的相关电平。在置空传输信号的至少一个时隙期间, 检测接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导可以被确定。如果传输信号是多载波信号, 那么

在传输信号的置空载波的至少一个频率和时隙内, 检测接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导可以被确定。第一组权值可以基于第一协方差矩阵, 其中第一协方差矩阵代表接收到的噪声和干扰协方差。第二组权值可以基于第二协方差矩阵, 其中第二协方差矩阵代表干扰协方差。第一组权值和第二组权值也可以用于传输模式选择和接收机软解码。



1. 一种在接收机处接收多个传输信号的方法，每一个所述传输信号都经过对应的传输信道传播，所述接收机包括多个接收机信道，每一个传输信道对应于一个接收机信道，该方法包括：

每一个接收机信道接收对应的传输信号；

检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导；

如果所述接收到的传输信号是由噪声主导，那么选择第一组权值作为接收机权值；

如果所述接收到的传输信号是由干扰主导，那么选择第二组权值作为所述接收机权值；以及

基于所选择的接收机权值，估计所述接收到的传输信号。

2. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导的步骤包括：确定所述接收到的传输信号之间的空间相关电平。

3. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，在置空传输信号的至少一个时隙期间，检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导的步骤被确定。

4. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，所述传输信号是多载波信号，并且其中在所述传输信号的置空载波的至少一个时隙期间，检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导的步骤被确定。

5. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，还包括生成代表接收到的噪声和干扰协方差的第一协方差矩阵，并生成代表干扰协方差的第二协方差矩阵。

6. 如权利要求 5 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，所述第一组权值是基于所述第一协方差矩阵，并且所述第二组权值是基于所述第二协方差矩阵。

7. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，

周期性地重复检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导。

8. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，按照干扰监控知识所确定的那样，重复检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导。

9. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，所述第一组权值的值取决于干扰电平与噪声电平的比值。

10. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，所述第二组权值的值取决于干扰电平与噪声电平的比值。

11. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，所选择的那组权值还被用于所述接收到的传输信号的软解码。

12. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，所选择的那组权值还被用于传输模式选择。

13. 如权利要求 5 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导的步骤包括：

计算所述第一协方差矩阵的对角线元素的均方值与所述第一协方差矩阵的非对角线元素的均方值之间的比值。

14. 如权利要求 5 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，通过在至少一个传输时隙的空载波处对接收到的多个载波信号的外积求平均，计算出第一协方差矩阵。

15. 如权利要求 5 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，通过对至少一个时隙的所接收多载波信号的相邻空子载波的外积开窗口并求平均，计算出第二协方差矩阵。

16. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，如果只有一个信息信号被传输，那么遵照最大比值合并加权来计算所述第一组权值。

17. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，如果多于一个信息信号被传输，那么遵照最小均方误差加权来计算所述第一组权值。

18. 如权利要求 1 所述的在接收机处接收多个传输信号的方法，其中，如果至少一个信息信号被传输，那么遵照最小均方误差加权来计算所述第二组权值。

19. 一种用于接收多个传输信号的多信道接收机，每一个所述传输信号都经过对应的传输信道传播，每个传输信道对应于一个接收机信道，所述接收机包括：

用于检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导的装置；

用于如果所述接收到的传输信号被噪声所主导则选择第一组权值作为接收机权值的装置；

用于如果所述接收到的传输信号被干扰所主导则选择第二组权值作为所述接收机权值的装置；

用于基于所选择的接收机权值来估计所述接收到的传输信号的装置。

20. 如权利要求 19 所述的多信道接收机，其中，检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导包括确定所述接收到的传输信号之间的空间相关电平。

21. 如权利要求 19 所述的多信道接收机，其中，检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导在置空传输信号的至少一个时隙期间被确定。

22. 如权利要求 19 所述的多信道接收机，其中，所述传输信号是多载波信号，并且其中检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导在所述传输信号的置空载波的至少一个时隙期间被确定。

23. 如权利要求 19 所述的多信道接收机，还包括生成代表接收到的噪声和干扰协方差的第一协方差矩阵以及生成代表干扰协方差的第二协方差矩阵的装置。

24. 如权利要求 23 所述的多信道接收机，其中，所述第一组权值是基于所述第一协方差矩阵，并且所述第二组权值是基于所述第二协方差矩阵。

25. 如权利要求 19 所述的多信道接收机，其中，周期性地重复检测所

述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导。

26. 如权利要求 19 所述的多信道接收机，其中，按照干扰监控知识所确定的那样，重复检测所述接收到的传输信号是否被噪声和干扰之一所主导。

在多信道接收机中选择权值的方法

技术领域

本发明一般地涉及无线接收机。更具体地说，本发明涉及一种用于包括加权的自适应多链接收机的系统和方法。

背景技术

无线通信系统通常包括携带信息的调制载波信号，该载波信号在某一范围或者区域内被从传输源（例如，基地台收发站）无线地传输到一个或者多个接收机（例如，用户单元）。

无线通信的一种形式包括多个发射天线和/或多个接收机天线。多天线通信系统可以支持通信分集和空间复用。

无线信道

图 1 图示了从发射机 110 沿着许多不同的（多个）传输路径传输到接收机 120 的调制载波信号。

多路径可能具有由原始信号加上信号在发射机和接收机之间的物体上反射后形成的复制或者回波镜像的合成信号。接收机可以接收发射机发送的原始信号，但是也可以接收被信号路径中的物体反射出来的次级信号。反射信号晚于原始信号到达接收机。由于这种不一致，多路径信号可能导致符号间干扰或者接收信号失真。

实际接收到的信号可能包括原始信号和数个反射信号的合成。因为原始信号传输的距离短于反射信号传输的距离，所以这些信号在不同的时刻被接收到。最先接收到的信号和最后接收到的信号之间的接收时间差被称作时延扩展，时延扩展可以有数微秒大。

典型地，调制载波信号所经过的多条路径导致调制载波信号的衰落。该衰落可能是时间选择性的，导致调制信号的振幅和相位随时间变化。衰落也可能是频率选择性的，导致该信号带宽上信道的频率响应随频率变

化。

空间复用

空间复用这种传输技术利用基地台收发站处和用户单元处的多个天线来增加无线电链路中的比特率，而无需额外的功耗和带宽消耗。在某些条件下，空间复用实现了频谱效率随天线数目的线性增长。例如，如果在发射机（基地台收发站）和接收机（用户单元）处使用 3 个天线，则可被编码的信息符号流就被划分为三个独立的子流。这些子流占有多址访问协议中的相同信道。可能的相同信道多址访问协议包括时分多址协议中的同一时隙、频分多址协议中的同一频隙、码分多址协议中的同一码序列或者空分多址协议中的同一空间目标位置。子流被分别应用到发射天线并且通过无线电信道被发射出去。由于环境中存在多种散射物体，每一个信号都要经历多径传播。

传输后产生的合成信号最终被接收天线阵列捕获，这些信号具有随机相位和振幅。在该接收机阵列处，对每一个接收信号的空间特征（signature）进行估计。基于该空间特征，应用信号处理技术来分离这些信号，恢复出原始子流。

图 2 图示了三个向接收机天线阵列 240 发射数据符号的发射机天线阵列 210、220、230。每一个发射机天线阵列和每一个接收机天线阵列都包括空间分离的多个天线。连接到接收机天线阵列 240 的接收机分离这些接收信号。

通信分集

天线分集是一种在基于多天线的通信系统中使用的技术，该技术用来减少多径衰落效应。通过向发射机和/或接收机提供两个或者多个天线，就可以实现天线分集。每一发射与接收天线对包括一个传输信道。传输信道以统计独立的方式衰落。因此，当一个传输信道由于多径干扰的破坏性影响而在衰落时，另一个信道未必同时经历衰落。由于这些独立传输信道所提供的冗余，接收机通常可以减少衰落的有害结果。

多信道接收机一般和空间复用、接收机分集或者干扰消除相关联。每一个信道接收机一般都包括用于从接收到的信息信号中估计所接收数据流

的加权操作。典型地，接收到的信息信号中包括噪声和干扰，噪声和干扰限制了所估计的接收到的数据流的精度。典型地，噪声包括由热效应造成的噪声底和背景噪声。干扰一般是由在公用的频带内进行发射的其它发射机造成的。造成干扰的发射机可能属于同一通信系统并且由于蜂窝频率重用而产生干扰，或者可能属于安置在邻近区域中的其它通信系统。

希望开发出一种用于在公用的接收机处接收多路信息信号的方法和系统。希望该接收机适于最优地接收被干扰或噪声主导的信息信号。利用现有的多信道加权接收机，应当易于实现该方法和系统。

发明内容

本发明包括用于在多信道接收机处接收多个信号的一种方法和系统。该接收机适于最优地接收被噪声或者干扰主导的信息信号。用现有的多信道加权接收机可以容易地实现本发明的方法和系统。

本发明的第一实施例包括用于在接收机处接收多个传输信号的方法。这些传输信号每一个都经过对应的传输信道传播。该接收机包括多个接收机信道，每个传输信道对应于一个接收机信道。该方法包括每一个接收机信道接收对应的传输信号。该方法还包括检测接收到的信号由噪声主导还是由干扰主导。如果接收到的传输信号由噪声主导，那么选择第一组权值作为接收机权值。如果接收到的传输信号由干扰主导，那么选择第二组权值作为接收机权值。基于所选择的接收机权值，估计接收到的传输信号。

检测接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导的步骤可以包括，确定接收到的传输信号之间的空间相关电平。在置空（nulled）传输信号的至少一个时隙期间，检测接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导的步骤可以被确定。在多载波传输信号的置空载波的至少一个时隙期间，检测接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导的步骤可以被确定。检测接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导的步骤可以周期性地重复。检测接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导的步骤可以按照干扰监控知识所确定的那样被重复。

第二实施例和第一实施例相似。第二实施例还包括：生成代表接收到

的噪声和干扰协方差的第一协方差矩阵，并生成代表干扰协方差的第二协方差矩阵。第一组权值可以基于第一协方差矩阵，第二组权值可以基于第二协方差矩阵。

通过对至少一个传输时隙上的所接收置空单载波信号的外积求平均，可以计算出第一协方差矩阵。

通过对至少一个传输时隙上的所接收单载波信号的空子载波的外积开窗口并求平均，可以计算出第二协方差矩阵。

通过在至少一个传输时隙的空载波处对所接收多载波信号的外积求平均，可以计算出第一协方差矩阵。

通过对至少一个时隙的所接收多载波信号的相邻空子载波的外积开窗口并求平均，可以计算出第二协方差矩阵。

所选择的一组权值还可被用于所接收传输信号的软解码，或者可被用于传输模式选择。

检测接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导可以包括：计算第一协方差矩阵的对角线元素的均方值与非对角线元素的均方值之间的比值。

一个实施例包括：如果只有一个信息信号被传输则遵照最大比值合并加权（MRC）来计算的第一组权值。如果多于一个传输信号被传输，则遵照最小均方误差（MMSE）加权来计算第一组权值。

另一种实施例包括：如果一个或者多个信息信号被传输，那么遵照最小均方误差（MMSE）加权来计算第二组权值。

第三实施例包括一种用于接收多个传输信号的多信道接收机。该传输信号每一个都经过对应的传输信道传播，每个传输信道对应于一个接收机信道。该接收机包括一种用于确定接收到的传输信号是否由噪声和干扰之一所主导的装置。如果接收到的传输信号由噪声主导，那么选择第一组权值作为接收机权值。如果接收到的传输信号由干扰主导，那么选择第二组权值作为接收机权值。根据所选择的接收机权值，估计接收到的传输信号。

结合附图，通过以下对本发明原理举例说明的详细描述，本发明的其

他方面和优点将变得明显。

附图说明

图 1 示出了一个现有技术的无线系统，该系统包括从系统发射机到系统接收机的多条路径。

图 2 示出了一个现有技术的无线系统，该系统包括空间分离的多个发射机天线和空间分离的多个接收机天线。

图 3 图示了包括本发明的一个实施例的多链接收机。

图 4 图示了本发明的一个实施例。

图 5 图示了本发明的另一个实施例。

图 6 图示了正交频分复用（OFDM）副载波信号的频谱。

图 7 图示了包括在本发明的一个实施例中的步骤或者动作的流程图。

具体实施方式

如以说明为目的的附图所示，本发明被实施为一种用于在多信道接收机处接收多路信号的方法和系统。该接收机适于最优地接收由噪声或者干扰主导的信息信号。利用现有的多信道加权接收机，可容易地实现本发明的方法和系统。

现在参考附图详细地描述本发明的具体实施例。本发明的技术可以在各种不同类型的通信系统中被实现。尤其是蜂窝无线通信系统。基站通过无线信道向多个用户发送下行信号。此外，用户通过无线信道向该基站发送上行信号。因此，对于下行通信，该基站是发射机，用户是接收机，而对于上行通信，该基站是接收机，用户是发射机。用户可以是移动的或者固定的。示例性的用户包括例如便携电话、车载电话之类的设备和例如在固定位置处的无线调制解调器之类的静止接收机。

基站可以配备有允许天线分集技术和/或空间复用技术的多个天线。此外，每个用户装备有允许进一步的空间复用和/或天线分集的多个天线。单输入多输出（SIMO）或者多输入多输出（MIMO）配置都是可以的。在这两种配置的每一种中，都可以使用单载波或者多载波通信技术。尽管本发

明的技术适用于点到多点系统，但是并不限于这种系统，而是适用于在无线通信中至少有两个设备的任何无线通信系统。因此，为了简化，下面的描述将集中于应用于单个发射机-接收机对的本发明，尽管应当理解，本发明适用于具有任何数目发射机-接收机对的系统。

本发明的点到多点应用可以包括多种类型的多址方案。这些方案包括但是并不限于，时分多址（TDMA）、频分多址（FDMA）、码分多址（CDMA）、正交频分多址（OFDMA）和空分多址（SDMA）。

传输可以是时分双工（TDD）。就是说，下行传输和上行传输可以占用相同的信道（相同传输频率），但是发生在不同的时间。或者，该传输可以是频分双工（FDD）。就是说，下行传输可以与上行传输处于不同的频率上。FDD 允许下行传输和上行传输同时发生。

典型地，无线信道的变化导致上行和下行信号经历衰减、多径衰落和其他有害效应的电平波动。此外，来自其他发射机而不是期望发射机的干扰可能出现在与期望传输信号相同的传输频率带宽内。由于干扰，在传输中经历的信号损伤可能随时间而变化。结果，在信道通信参数中就有时间相关的变化，所述信道通信参数例如包括数据容量、频谱效率、吞吐率和信号质量参数，信号质量参数例如是信号与干扰及噪声比（SINR）和信噪比（SNR）。

使用各种可能传输模式中的一种，通过无线信道来传输信息。为了本申请的目的，传输模式被定义为特定的调制类型和速率，特定的编码类型和速率，也可以包括传输中其他的可控方面，例如天线分集或空间复用的使用。使用一种特定的传输模式，对打算通过无线信道传输的数据进行编码、调制及发送。典型的编码模式的例子有卷积码和分组码，更具体地说，本领域中所知的一些编码，例如汉明码、循环码和里德-所罗门码。典型的调制模式的例子有圆形星座，例如 BPSK、QPSK 和其他 m 元 PSK，和矩形星座，例如 4QAM、16QAM 和其他 m 元 QAM。其他流行的调制技术包括 GMSK 和 m 元 FSK。这些通信系统中各种传输模式的实现和使用在本领域中是公知的。

图 3 图示了本发明的一个包括多链接收机（multiple chain receiver）

300 的实施例。接收机 300 的多个接收机链允许本发明适用于空间复用接收、接收分集或干扰消除。每一个接收机链对应于一个或者多个传输信道。携带信息的信号一般通过每一个传输信道传播。后面将要描述，信道矩阵 H 提供了传输信道的数学表示。

本实施例包括多个接收机天线 R_1 、 $R_2 \cdots R_N$ 。每一个接收机天线 R_1 、 $R_2 \cdots R_N$ 和一个独立的接收机链相对应。每一个接收机链还包括下变频模块 310、312、314。下变频模块 310、312、314 将接收到的携带信息的信号下变频到基带频率，以实现该携带信息的信号的解调和解码。

多链接收机 300 接收期望的信号 (S_{DESIRED}) 和干扰信号 ($S_{\text{INTERFERENCE}}$) 以及噪声。期望的信号包括信息数据。噪声一般包括发射机和接收机的热噪声、背景噪声和由于发射机和接收机的非线性效应引起的失真。干扰信号一般由无线传输系统中的其他发射机产生。噪声和干扰信号降低了多链接收机 300 的性能。

每一个接收机链都被连接到解调和空间处理模块 330。解调和空间处理模块 330 解调基带信号，并且生成对所传输符号的估计。

接收到的信息信号可能是从包括 k 个空间独立流的发射机中发射出来的。一般地，这种发射机将一种编码模式应用到这 k 个流中的每一个，以编码将要发射的数据。在发射前，该数据可以被预编码和交织。在通信系统领域中，预编码和交织在通信系统领域是公知的。数据的传输率或吞吐率根据在这 k 个流的每一个中使用的调制、编码率和传输方案（分集或空间复用）而变化。

解调和空间处理模块 330 执行接收处理来恢复这 k 个编码流。恢复后的 k 个流被信号检测、解交织、解码并解复用，以恢复出数据。应当理解，在天线分集处理情形中， k 等于 1，因此只有单个的流被恢复。

解调和空间处理模块 330 通常包括一组权值，该权值被用来基于接收到的信息信号来估计发送符号。这例如可以包括最小均方差 (MMSE) 接收机。MMSE 接收机将一组权值 W 应用于接收到的信息信号，使得估计信号和发送信号之间的均方差最小。

令 X 表示 R_N 接收天线处的接收信号的向量。在数学上， X 可以表示

为

$$X = HS_{DESIRED} + N + I$$

在这里 H 代表具有元素 $H[r,t]$ 的信道矩阵，元素 $H[r,t]$ 是从发射天线 t 到接收天线 r 的信道响应，N 代表噪声向量，I 代表干扰向量。MMSE 接收机通过应用权值来估计期望信号

$$S_{EST} = WX$$

这里选择权值 W 以最小化误差方差 $R_E = Var[S_{DESIRED} - S_{EST}]$ 。MMSE 权值是信道矩阵和噪声加干扰向量 $V = N + I$ 的协方差矩阵 (R_V) 的函数。该权值为

$$W = H^* [HH^* + R_V]^{-1}$$

这里 * 指示矩阵的厄米共轭， R_V 被定义为 $Var[V]$ 。

MMSE 信号估计的精度非常依赖于噪声加干扰协方差矩阵 $R_V = E[VV^*]$ 的估计精度，这里 $E[\cdot]$ 表示求期望操作符。在信息信号被置零（置空的）的时隙期间，或者在多载波信息信号中的选定载波被置零的（置空的）时隙和频率内，噪声加干扰向量 V 可以被测量。在噪声主导的环境中，由于 V 可以被建模为随机高斯向量，所以通过在几个空时隙上求平均就可以非常精确地估计出 R_V 。但是，在干扰主导的环境中，由于干扰可能随时间和频率发生变化，因此一般需要小一些的求平均窗口。为了保证充分消除干扰，很重要的一点就是精确地获得干扰源的本地空间结构。因此，为了使用多天线 MMSE 接收机得到对发送数据的准确估计，首先就要检测传输环境是噪声主导还是干扰主导，然后选择 MMSE 权值中合适的协方差矩阵。

本发明的一个实施例包括检测接收到的信息信号是由噪声主导还是干扰主导。通常，可以通过考查（在信息信号置空期间）接收到的噪声加干扰数据中的空间相关电平，来检测接收到的信息信号是由噪声主导还是由干扰主导。相对较高的相关度指示了主要接收到干扰信号（干扰环境），反之，相对较低的相关度指示了接收到具有较高噪声失真电平的信息信号（噪声环境）。

本发明的另一个实施例包括：如果接收到的信息信号由噪声主导，那么选择第一组权值作为接收机加权，如果接收到的信息信号由干扰主导，

那么选择第二组权值作为接收机加权。可以根据所选择的接收机加权来估计接收到的信息信号。第一组权值可以基于第一协方差矩阵，第二组权值可以基于第二协方差矩阵。第一协方差矩阵可以代表接收噪声协方差，第二协方差矩阵可以代表干扰协方差。

图 4 图示本发明的一个实施例。该实施例一般被包括在上述解调和空间处理模块 330 中，并且基于接收信息信号的噪声和干扰电平来设置接收机权值。如同将在后面解释的，在信息信号被置零的（置空的）时隙期间，或者在多载波信息信号的选定载波被置零的（置空的）时隙和频率内，确定接收信息信号的噪声和干扰电平。

协方差估计模块 410 接收置空的数据或者信息信号。协方差估计模块 410 生成协方差矩阵 R_v ，该协方差矩阵用于表示每一个接收机链的接收信号之间的相关性。

比值计算模块 420 从协方差估计模块 410 接收协方差矩阵 R_v ，并且计算该协方差矩阵的对角线元素和非对角线元素的比值。该比值可被用来确定接收机天线 R1、R2...RN 之间的相关性水平。高相关性水平指示了干扰主导的环境，而低相关性水平指示了噪声主导的环境。

接收机权值选择模块 430 基于比值计算模块 420 生成的比值来选择接收机权值。

接收机权值设置模块 440 基于接收机权值选择模块 430 所选择的接收机权值来设置接收机权值。

图 5 示出了本发明的另一个实施例。这一实施例将在被应用于多载波传输系统时描述。然而，应当理解本发明同样适用于单载波系统。

协方差估计器 510 在时隙 n 中接收置空的多个载波信号子载波。在多载波信号的载波 k 处的信号子载波被表示为 $v(k, n)$ 。子载波协方差估计器 510 计算在时隙 n 中在 K 个空子载波上的噪声加干扰协方差矩阵 $R_v(K, n)$ 。该协方差矩阵 $R_v(K, n)$ 可被计算为 $v(k, n)$ 与其自身的外积：

$$R_v(K, n) = \frac{1}{K} \sum_k v(k, n) v^H(k, n)。$$

该外积被定义为两个向量间的乘法。如果外界噪声和干扰环境在多个（例如 N 个）时隙上都保持不变，那么该外积可被先验确定或者在接受机处被

确定, 使得 $R_v(K, n)$ 可以按时间来求平均, 以提高估计精度

$$R_v(K, N) = \frac{1}{N} \sum_n R_v(K, n).$$

比值计算模块 520 接收 $R_v(K, N)$ 矩阵, 并且通常生成对角线项中的平均功率和非对角线项的平均功率的比值。如果该环境是噪声主导, 那么 $R_v(K, N)$ 近似地是对角矩阵, 该矩阵的对角线元素代表每一个接收天线的噪声加干扰功率。在这种情形中, 对角线项与非对角线项的比值较大。如果该比值超过了预定的阈值, 那么可以确定该环境是噪声主导。相反, 由于造成干扰的信号将在多个接收天线之间求相关, 因此在干扰主导的环境中所述比值将较小。在这种情形中, 环境可以被确定为干扰主导。

可以为干扰主导的信号计算第二协方差矩阵。第二协方差表示干扰的本地空间结构。对于每一个空子载波 k (和时隙 n), 可通过在 L 个相邻的空子载波上对外积 $v(\cdot)$ 开窗口并求平均, 从而计算出第二协方差矩阵,

$$R_v^{(k)}(L, n) = \frac{1}{L} \sum_l w(l) [v(l+k, n) v^H(l+k, n)],$$

其中 $L \leq K$ 并且 $w(\cdot)$ 是长度为 L 的窗口。可以选择任何窗口类型, 例如汉明窗、指数窗或者矩形窗。该窗口长度 L 是干扰源信道的相关带宽的函数。窗口长度 L 可以被提前预设固定值, 或者在接收机处被估计出并且随干扰源特征随时间变化而自适应地更新。此外, 通过在 N 个其上干扰空间结构被确定为不变的时隙上求平均, 可以提高 $R_v^{(k)}(L, n)$ 的精度,

$$R_v^{(k)}(L, N) = \frac{1}{N} \sum_n u(n) R_v^{(k)}(L, n),$$

其中 $u(\cdot)$ 是长度为 N 的任何窗口。

另一个实施例包括用于有效地执行在为所有子载波计算 $R_v^{(k)}(L, N)$ 时所需的开窗口和求平均的滤波器。由于数据可以在这些子载波期间被传输, 所以当 $v(k, n)$ 对于所有的子载波 k 都不可用时, 使用滤波器尤其有利。在这种情形中, 滤波操作也可被用于在空信号之间内插, 以为多载波信号中的所有子载波生成 $R_v^{(k)}(L, N)$ 的估计。对 $v(k, n)$ 的外积的各元素执行该滤波。

第一接收机权值选择模块 530 或者第二接收机权值选择模块 535 根据由比值计算模块 520 计算出的比值而生成接收机权值选择。

如果所接收的信号被确定为干扰限制的, 那么本发明的一个实施例如

下选择 MMSE 接收机加权：

$$W_{MMSE} = H^* [HH^* + R_v]^{-1}$$

这里 H 是前述的信道矩阵， R_v 是噪声加干扰协方差矩阵 $R_v = R_v^{(k)}(L, N)$ 。如果该信道是频率选择性的，那么该信道矩阵 H 依赖于下标 (index) k ，并且 $H = H(k)$ 。

如果接收的信号被确定为噪声限制的，那么本发明的一个实施例如下选择 MMSE 接收机加权：

$$W_{MMSE} = H^* [HH^* + \text{diag}(R_v)]^{-1}$$

其中 R_v 是噪声加干扰协方差矩阵 $R_v = R_v(K, N)$ ， $\text{diag}(R_v)$ 是对角元素为 R_v 的对角元素的对角矩阵。对角元素代表每一接收天线的噪声功率。同样，如果 H 是频率选择性的，那么 H 依赖于下标 k 。

对于正被多链接收机接收的单个信息信号 (分集)、以及被确定为噪声限制的信号，在优选的实施例中接收机加权被选择为：

$$W_{MRC} = [H^* H]^{-1} H^*$$

在本发明的另一个实施例中，在接收机处计算信号与干扰及噪声比 (SINR) 时，将使用所选择的协方差和接收机权值的选项 (最小均方差 (MMSE) 或者最大比值合并 (MRC))。SINR 是信道矩阵 H 和噪声加干扰矩阵 R_v 的函数。例如，如果 P 个信息信号被发送，那么 MMSE 接收机每一信号的 SINR 由

$$R_E = [H^* R_v H + I]^{-1}$$

的对角线元素的倒数给出，这里 I 是 $P \times P$ 单位矩阵。如果选择了 MRC 接收机，那么 SINR 由

$$R_E = \sigma^2 [H^* H]^{-1}$$

的倒数给出，其中 σ^2 是通过对 R_v 的对角线元素求平均得到的平均噪声功率。因此，为了精确地估计 SINR，检测周围环境是干扰限制的还是噪声限制的，并且选择合适的 R_v 选项来计算 SINR 是重要的。

SINR 信息可以被用来帮助接收到的信号的软解码。典型地，软解码器接收对每一发送位的度量，该度量代表该发送位是 1 还是 0 的概率。这一度量可以进一步地与对应于该位的 SINR 相乘。SINR 向该解码器提供了

额外的可靠性信息，使得可以给予高 SINR 的位以更多的权重，给予低 SINR 的位以较少的权重。该度量和 SINR 的乘积是软解码器例如维特比解码器的输入。SINR 加权带来了解码器性能的提高。

SINR 信息还可以被用于其它的目的，例如统计收集、系统中的错误检测和链路自适应。链路自适应允许接收机基于接收到的 SINR，将合适的传输模式（编码、QAM 调制、空间复用或分集）发信号通知给发射机。在传输信道或者干扰环境变化时，该链路可以随时间作出调整。

基于信道和干扰特征适当地调整链路，这样可以在系统容量方面得到重大的增益。

正交频分多路复用 (OFDM) 调制

频分复用系统包括把可用频率带宽划分为多个数据载波。OFDM 系统包括在可用的频谱上划分发送数据的多个载波（或者子载波）。在 OFDM 系统中，每一个子载波都被认为和相邻的子载波正交（独立或者无关的）。OFDM 系统使用数据突发，每一突发的持续时间远远大于延迟扩展，以最小化由延迟扩展导致的 ISI 效应。数据以突发的形式发送，并且每一突发由循环前缀以及紧跟其后的数据符号组成，和/或由数据符号以及紧跟其后的循环后缀组成。

图 6 图示了 OFDM 副载波信号 610、620、630、640、650、660 的频谱。每一副载波 610、620、630、640、650、660 被单独的符号调制。

一个占有 6MHz 的示例性 OFDM 信号由 1024 个单独载波（或子载波）构成，每个单独载波每突发传送单个 QAM 符号。循环前缀或者循环后缀被用于从前面的突发中吸收由多径信号引起的瞬变。此外，循环前缀或循环后缀导致该符号流看起来是周期性的。由于循环前缀和循环后缀的原因，要发送额外的符号（例如 100 个）。对于每一个符号周期，利用每一突发仅有 1024 个独特的 QAM 符号来发送 1124 个符号。通常，到循环前缀结束时，通过合并的多路信号而产生的最终波形不是来自前面突发的任何样本的函数。因此，没有发生 ISI。循环前缀必须大于多路信号的延迟扩展。

协方差矩阵的生成

图 6 的 OFDM 副载波信号的频谱可以包括至少一个副载波，例如被置空的副载波 640。可以在置空副载波 640 的频率和时隙处校准噪声和干扰。在该置零副载波的已校准时隙和频隙处不发送副载波，则接收信号主要由噪声和干扰组成。

通过置零多载波系统的一个副载波而进行信号误差校准，其大大优于通过置零单载波系统的单个载波而获得的信号误差估计或者校准。将单载波系统的载波置零消除了该置零载波所占据的时隙内的所有信号能量。结果，在该置零载波期间，接收机链内的组件将不会失真。因此，在置零的单载波期间内对噪声（包括失真）的估计不是接收非置零载波时的准确噪声（包括失真）估计。然而，使用多载波信号中的置零副载波进行信号误差估计，这提供了精确得多的信号误差估计，这是因为在置零副载波的传输期间，大多数副载波都是全功率的。因此，接收机链中的组件包括了由于信号能量通过这些组件而引起的失真。

图 7 示出了包括在本发明的实施例中的步骤或者动作的流程图。该实施例包括一种在接收机处接收多个传输信号的方法。每一个传输信号都通过相应的传输信道传播。接收机包括多个接收机信道，每一接收机信道对应于一个传输信道。

第一动作 710 包括，每一个接收机信道接收对应的传输信号。

第二动作 720 包括，检测接收到的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导。检测所接收的传输信号由噪声主导还是由干扰主导的步骤可以包括确定接收到的传输信号之间的空间相关电平。在置空传输信号的至少一个时隙内，或者在多载波传输信号的置空载波的至少一个时隙内，该检测可以被确定。

该检测可被周期性地重复，或者按照干扰监控知识所确定的那样进行重复。

第三动作 730 包括，如果接收到的传输信号由噪声主导，那么选择第一组权值作为接收机加权。该第一组权值可以基于第一协方差矩阵，其中第一协方差矩阵代表接收噪声和干扰的协方差。

通过在至少一个传输时隙的空载波处对接收到的多个载波信号的外积

求平均，就可以计算出第一协方差矩阵。

如果只有一个信息信号被传输，那么可遵照最大比值合并（MRC）加权来计算第一组权值。如果多于一个信息信号被传输，那么可遵照最小均方误差（MMSE）加权来计算第一组权值。

第四动作 740 包括，如果接收到的传输信号由干扰主导，那么选择第二组权值作为接收机加权。该第二组权值可以基于第二协方差矩阵，其中第二协方差矩阵代表干扰协方差。

通过对至少一个时隙的所接收多载波信号的相邻空子载波的外积开窗口和求平均，可以计算出第二协方差矩阵。

如果一个或者多个信息信号被传输，那么可遵照最小均方误差（MMSE）加权来计算第二组权值。

检测所接收的传输信号是由噪声主导还是由干扰主导可以包括：计算第一协方差矩阵的对角线元素的均方值和非对角线元素的均方值之间的比值。

第五动作包括：基于所选择的接收机加权，估计接收到的传输信号。

尽管图示并且描述了本发明的特定实施例，但是本发明并不受限于所描述和图示的各部分的特定形式或者设置。本发明仅由权利要求限定。

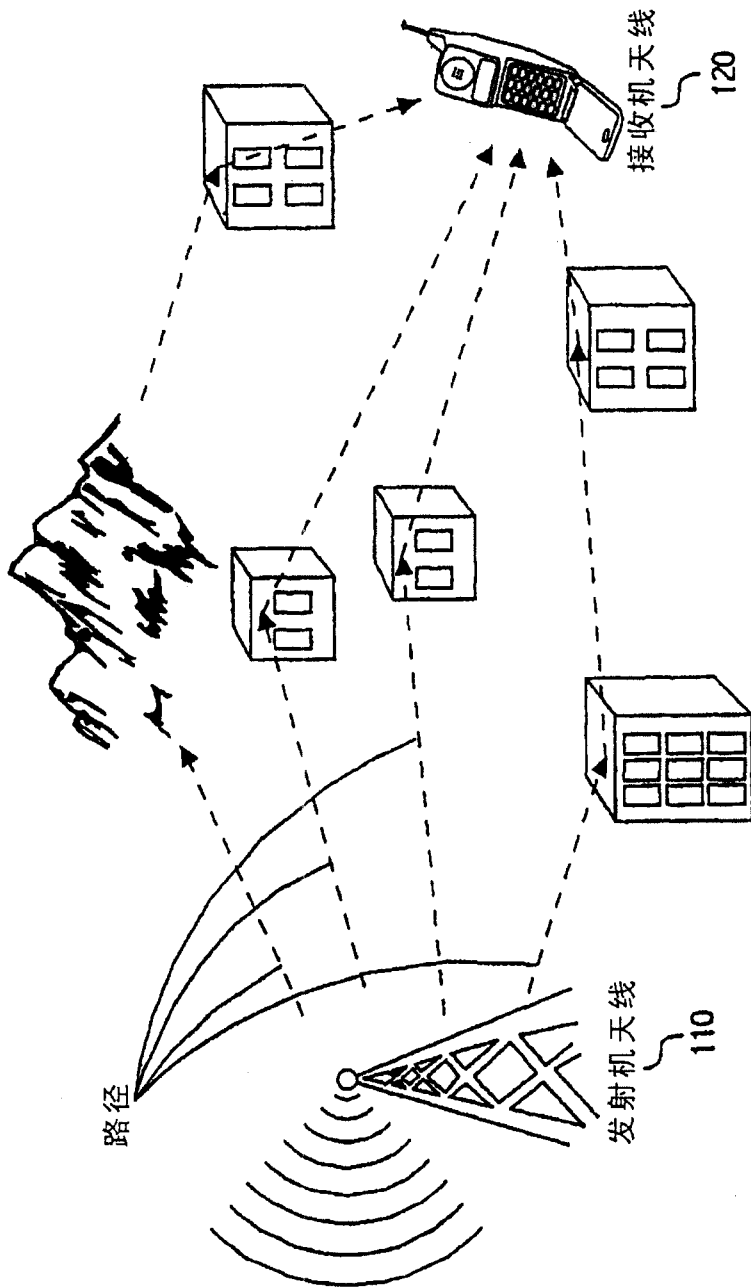


图1
(现有技术)

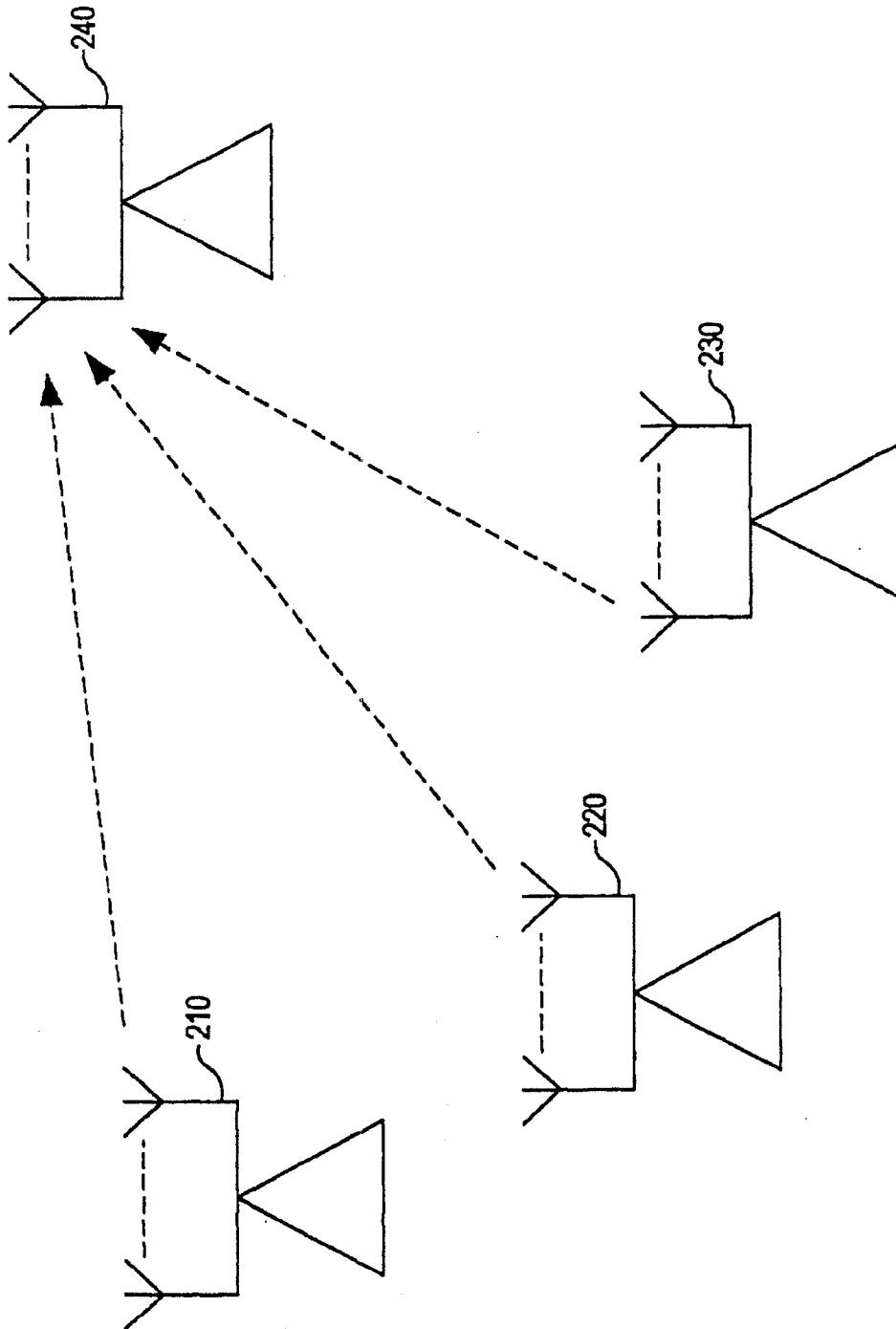


图2
(现有技术)

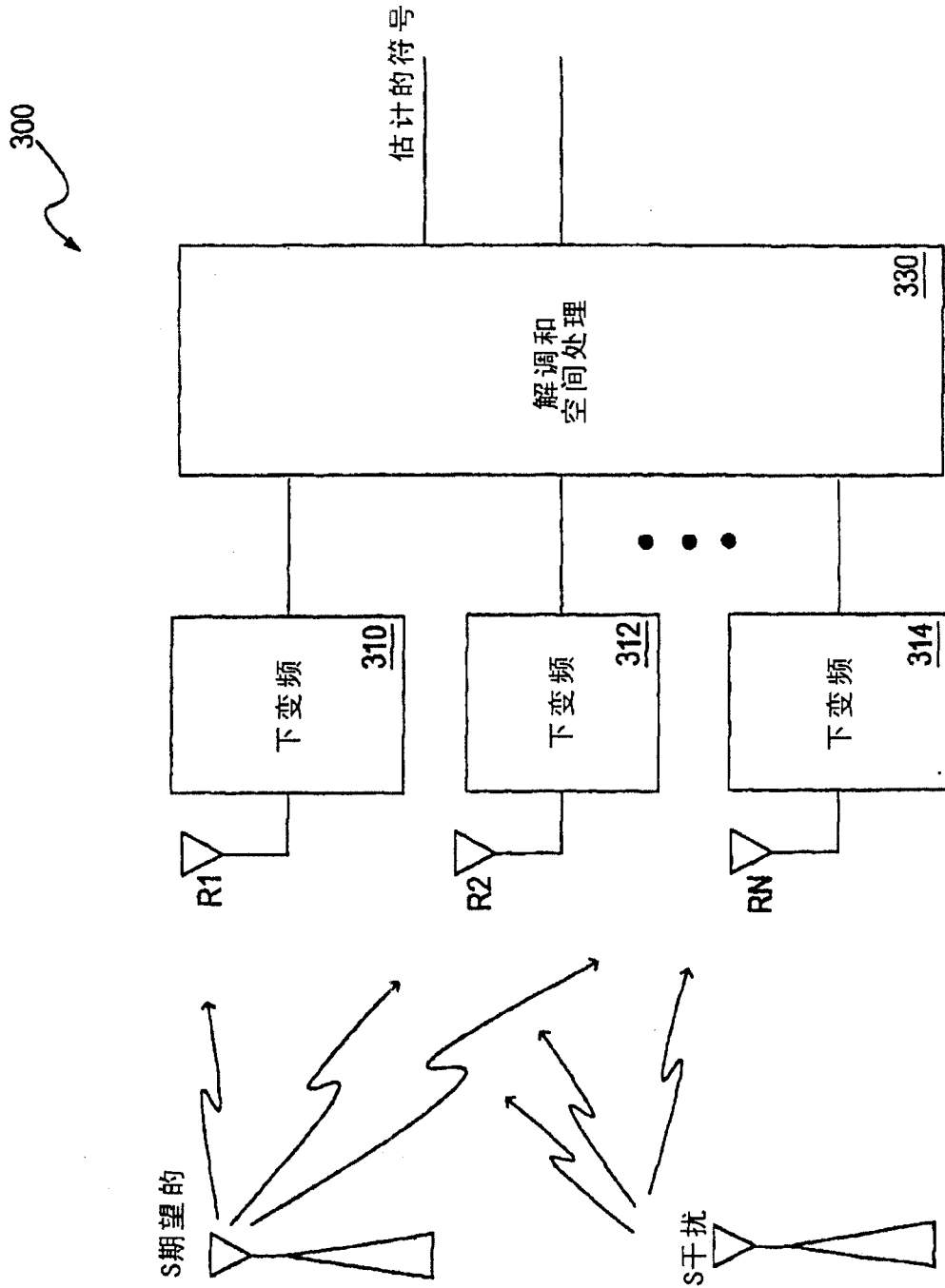


图3

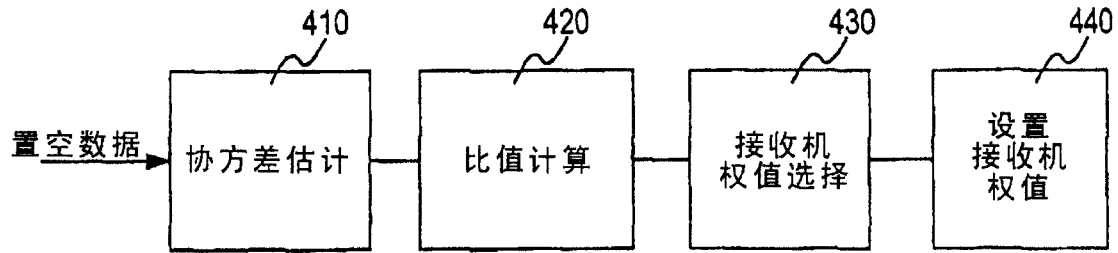


图4

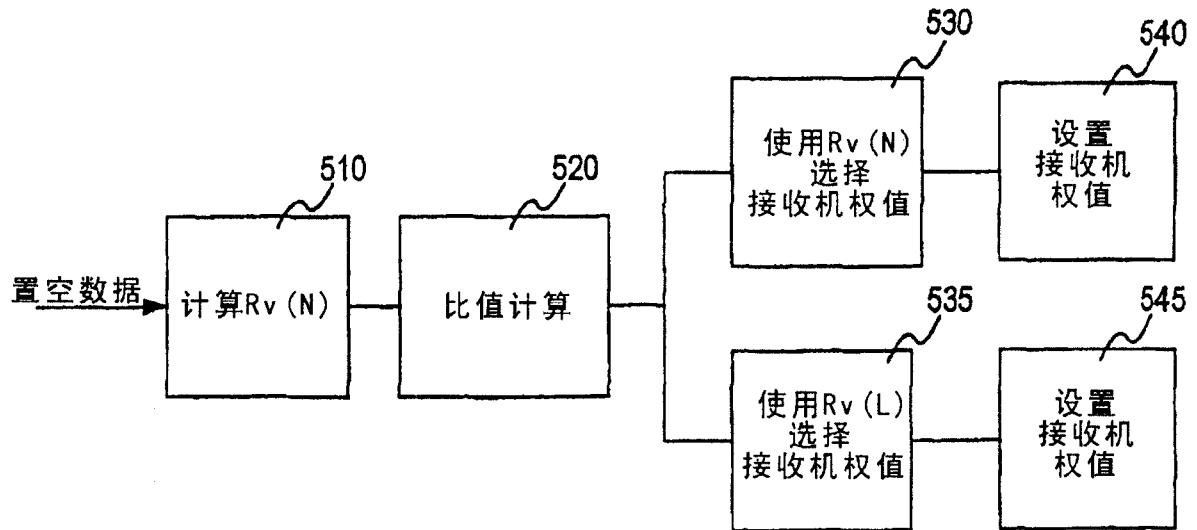


图5

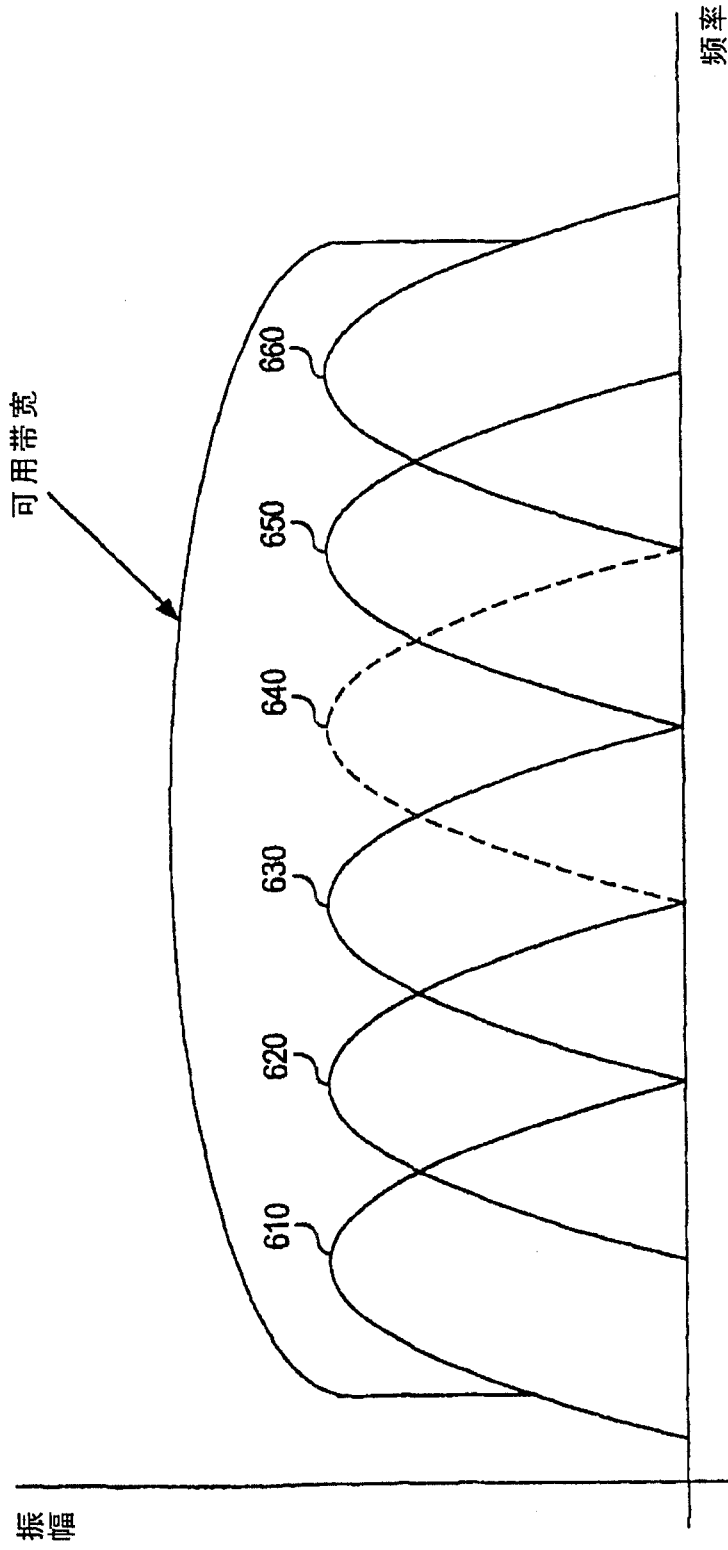


图6

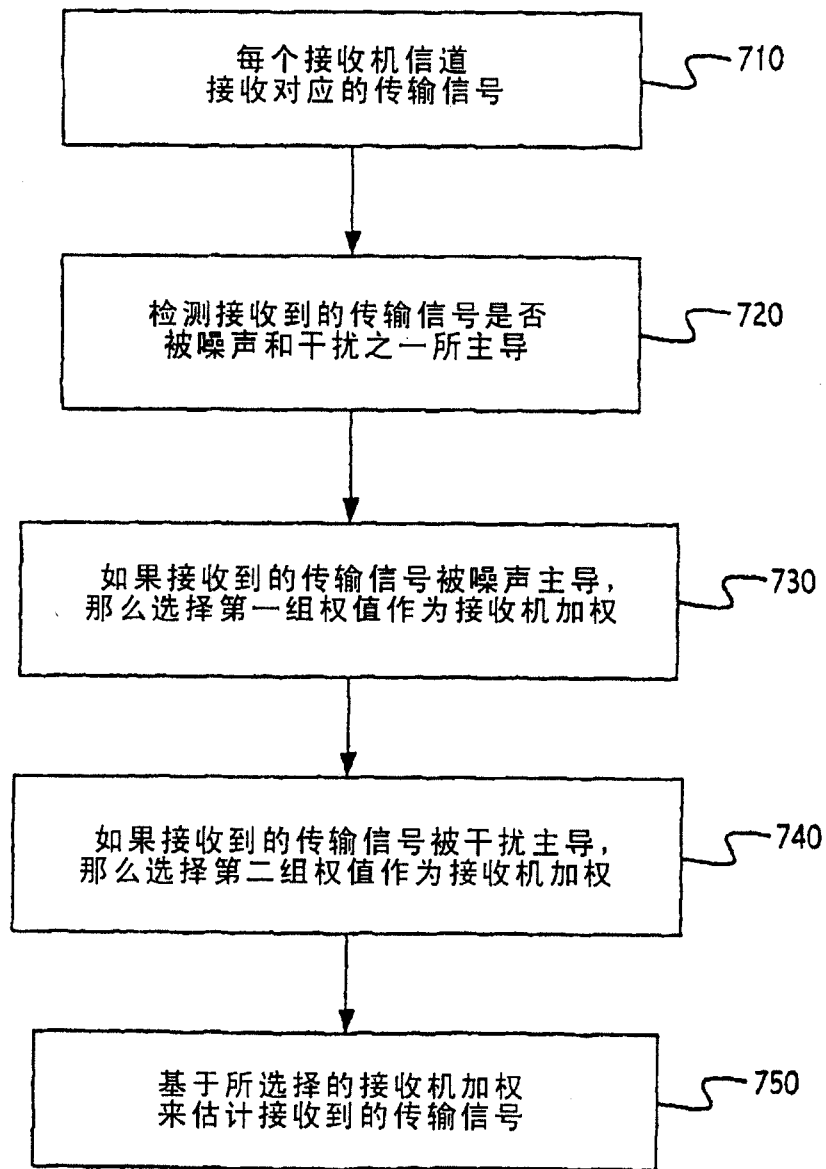


图7