

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710179332.0

[51] Int. Cl.

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/08 (2006.01)

H01Q 3/26 (2006.01)

[43] 公开日 2009年6月17日

[11] 公开号 CN 101459457A

[22] 申请日 2007.12.12

[21] 申请号 200710179332.0

[71] 申请人 鼎桥通信技术有限公司

地址 100102 北京市朝阳区望京北路9号叶青大厦D座15层

[72] 发明人 王大飞 薛强 王健康 赵苏鉴
张坚强 拉盖施

[74] 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司

代理人 王一斌 王琦

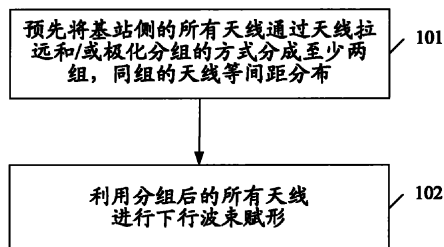
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

[54] 发明名称

一种波束赋形方法

[57] 摘要

本发明提供了一种波束赋形方法，其特征在于，该方法包括：预先将基站侧的所有天线通过天线拉远和/或极化分组的方式分成至少两组，同组的天线等间距分布；利用分组后的所有天线进行下行波束赋形。应用本发明的方法，能够为系统带来空间分集增益，从而相对于现有的波束赋形方式进一步提高了系统性能，改善用户接收信号的信噪比。



1、一种波束赋形方法，其特征在于，该方法包括：

预先将基站侧的所有天线通过天线拉远和/或极化分组的方式分成至少两组，同组的天线等间距分布；

利用分组后的所有天线进行下行波束赋形。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，当通过天线拉远方式将所有天线分成至少两组时，不同天线组的组间距离为N个波长，所述N保证不同天线组不相关。

3、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，当通过极化分组的方式将所有天线分成至少两组时，不同组的天线间的极化方向差为x度，其中， $-90 < x < 90$ 。

4、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述利用分组后的所有天线进行下行波束赋形包括：

以天线组为单位，确定每个天线组对应的下行信道的特性参数，并根据选用的波束赋形算法确定每个天线组的下行发射权值，将发射数据以天线组为单位，按照相应的下行发射权值进行发射。

5、根据权利要求4所述的方法，其特征在于，在以天线组为单位发射数据时，进一步将发射数据依次进行不同的延迟在每个天线组进行发射。

6、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述利用分组后的所有天线进行下行波束赋形包括：

确定所有天线作为整体对应的下行信道的特性参数，并根据选用的波束赋形算法确定所有天线作为整体的下行发射权值，将发射数据按照确定的下行发射权值加权后进行发射。

7、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述利用分组后的所有天线进行下行波束赋形包括：

判断用户当前的移动特性是否大于预先设置的移动特性门限，若是，则以天线组为单位，确定每个天线组对应的下行信道的特性参数，并根据选用的波

束赋形算法确定每个天线组的下行发射权值,将发射数据依次进行不同的延迟,在每个天线组上按照相应的下行发射权值进行加权后发射;

否则,确定所有天线作为整体对应的下行信道的特性参数,并根据选用的波束赋形算法确定所有天线作为整体的下行发射权值,将发射数据按照确定的下行发射权值进行发射。

8、根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述移动特性为用户的移动速度,NodeB对用户当前的移动速度进行估计;

或者,根据当前信道特性与历史信道特性的相关度确定移动特性。

9、根据权利要求5或7所述的方法,其特征在于,当不同的天线组以不同的延迟发射数据时,所有天线组的最大延迟最大为信道估计的窗长。

10、根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述不同的天线组包括的天线数相同或不相同。

11、根据权利要求1所述的方法,其特征在于,同一组内的天线间距离小于一个波长。

一种波束赋形方法

技术领域

本发明涉及无线通信技术，特别涉及一种波束赋形方法。

背景技术

在多天线的无线通信系统中，可以采用波束赋形技术来提高系统性能。波束赋形技术是一种智能天线技术，它通过采用波束赋形算法，确定基站向用户发射下行信号的方式，从而使基站端通过较小的总发射功率就可以令用户端获得较高的信号电平，进而获得较高的信噪比。目前采用的波束赋形技术主要有两种：

一、GOB(Grid Of Beam)方法（又称波束扫描法）：它是基于信道特性参数，实现基站下行指向性发射，也就是预先产生下行可选的多个加权波束，根据上行信道参数选择其中的一个波束作为下行加权波束，使天线阵产生定向波束指向用户，改善通信系统的性能。

二、EBB(Eigenvalue Based Beamforming)算法（即特征向量法）：根据信道特性参数得到空间相关矩阵，对空间相关矩阵进行特征值的分解来得到下行数据的加权矢量。这种方法主要是利用上行和下行信道的互易性，通过上行信道的即时参数和历史数据，及时地通过对空间相关矩阵进行特征值的分解，来确定下行加权波束，使天线阵产生定向波束指向用户，改善通信系统的性能。

在上述两种方法中，EBB方法会自动地调整系数以实现所需的空间滤波，动态地产生波束指向用户，EBB波束赋形技术显著提高了等效发射功率，大大降低系统内部的干扰和相邻小区之间的干扰，从而扩大系统容量，相对于GOB算法性能提高更大。

目前在应用上述两种波束赋形方法时，是将基站的所有天线（例如，8根天线）作为一个整体，对所有天线到用户的等效信道进行估计，再根据估计得到的等效信道确定下行加权波束，使所有天线构成的天线阵产生定向波束指向用户，进行信号发射。

发明内容

本发明提供一种波束赋形方法，相对于现有的波束赋形方法，能够带来更大的系统增益。

为实现上述目的，本发明采用如下的技术方案：

一种波束赋形方法，包括：

预先将基站侧的所有天线通过天线拉远和/或极化分组的方式分成至少两组，同组的天线等间距分布；

利用分组后的所有天线进行下行波束赋形。

较佳地，当通过天线拉远方式将所有天线分成至少两组时，不同天线组的组间距离为 N 个波长，所述 N 保证不同天线组不相关。

较佳地，当通过极化分组的方式将所有天线分成至少两组时，不同组的天线间的极化方向差为 x 度，其中， $-90 < x < 90$ 。

较佳地，所述利用分组后的所有天线进行下行波束赋形包括：

以天线组为单位，确定每个天线组对应的下行信道的特性参数，并根据选用的波束赋形算法确定每个天线组的下行发射权值，将发射数据以天线组为单位，按照相应的下行发射权值进行发射。

较佳地，在以天线组为单位发射数据时，进一步将发射数据依次进行不同的延迟在每个天线组进行发射。

较佳地，所述利用分组后的所有天线进行下行波束赋形包括：

确定所有天线作为整体对应的下行信道的特性参数，并根据选用的波束赋形算法确定所有天线作为整体的下行发射权值，将发射数据按照确定的下行发射权值加权后进行发射。

较佳地，所述利用分组后的所有天线进行下行波束赋形包括：

判断用户当前的移动特性是否大于预先设置的移动特性门限，若是，则以天线组为单位，确定每个天线组对应的下行信道的特性参数，并根据选用的波束赋形算法确定每个天线组的下行发射权值，将发射数据依次进行不同的延迟，在每个天线组上按照相应的下行发射权值进行加权后发射；

否则，确定所有天线作为整体对应的下行信道的特性参数，并根据选用的波束赋形算法确定所有天线作为整体的下行发射权值，将发射数据按照确定的下行发射权值进行发射。

较佳地，所述移动特性为用户的移动速度，NodeB对用户当前的移动速度进行估计；

或者，根据当前信道特性与历史信道特性的相关度确定移动特性。

较佳地，当不同的天线组以不同的延迟发射数据时，所有天线组的最大延迟最大为信道估计的窗长。

较佳地，所述不同的天线组包括的天线数相同或不相同。

较佳地，同一组内的天线间距离小于一个波长。

由上述技术方案可见，在本发明中，预先将基站侧的所有天线通过天线拉远和/或极化分组的方式分成至少两组，同组的天线等间距分布；利用分组后的所有天线进行下行波束赋形。通过上述分组，使基站侧的不同天线组间尽量不相关，再进行波束赋形后，就能够为系统带来空间分集增益，从而相对于现有的波束赋形方式进一步提高了系统性能，改善用户接收信号的信噪比。

附图说明

图1为本发明中波束赋形方法总体流程图。

图2为本发明中天线组间拉远进行天线分组的示意图。

图3为本发明中极化分组的示意图。

图4为本发明中极化加上拉远的分组方式示意图。

图5为本发明中特例1的分组方式示意图。

图 6 为本发明中特例 2 的分组方式示意图。

图 7 为本发明中特例 3 的分组方式示意图。

图 8 为用户移动速度为 3 千米/小时下采用不同的下行波束赋形方法时的系统性能比较图。

图 9 为用户移动速度为 120 千米/小时下采用不同的下行波束赋形方法时的系统性能比较图。

图 10 为用户移动速度为 50 千米/小时下采用不同的下行波束赋形方法时的系统性能比较图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术手段和优点更加清楚明白，以下结合附图，对本发明做进一步详细描述。

图 1 为本发明中波束赋形方法总体流程图。如图 1 所示，该方法包括：
步骤 101，预先将基站侧的所有天线通过天线拉远和/或极化分组的方式分成至少两组，同组的天线等间距分布。

步骤 102，利用分组后的所有天线进行下行波束赋形。

当进行下行波束赋形时，可以以不同的天线组为单位计算下行发射权值，进行数据发射，也可以以所有天线为整体计算下行发射权值，进行数据发射。下面通过具体实施例对本发明的具体实施方式进行详细描述。

实施例一：

在本实施例中，对不同天线组分别计算下行发射权值，进行下行数据的发射。本发明实施例一中基于天线分组实现的波束赋形方法具体流程包括：

步骤 11，预先将基站侧的所有天线进行分组，同组的天线等间距分布。其中，具体的分组方式可以为天线组间的拉远和/或极化分组。

1) 天线组间的拉远：比如原线性天线阵列包括 8 根天线，相邻天线间距为等间距的 $1/2$ 波长，本步骤中如图 2 所示，可将 8 根天线分成 2 组，每个天线组由 4 个天线组成，组间的距离拉远为 N 个波长，组内天线间的距

离仍保持为 $1/2$ 波长。其中， N 优选为十几个波长，从而保证不同天线组间的天线不相关。如图 2 所示，两个天线组间的距离为 10 个波长。

2) 极化分组：在进行极化分组时，不同天线组的极化方向差可以为 x 度，其中， $-90 < x < 90$ 。优选地，当利用极化分组方式分为两个天线组时，两个天线组的极化方向差优选为 90 度。比如如图 3 所示的双极化天线组，这种方法组合了 $+45^\circ$ 和 -45° 两副极化方向相互正交的天线，并同时工作在收发双工模式下，具有相同极化方向的天线为一组，每组可看作采用独立的天线组，组内天线的距离为 $1/2$ 波长。

当然，在极化天线的基础上，可采取拉远和不拉远天线组两种方法，其中极化加上拉远的分组方式如图 4 所示，该分组方式会使得两组天线间更加不相关，从而带来更大的空间分集增益。

步骤 12，以天线组为单位，确定每个天线组对应的下行信道的特性参数。

下行信道可根据 TDD 系统的上下行的互易性获得，在 FDD 系统可由上行反馈获得，FDD 可不直接反馈信道本身，而是 NodeB 和 UE 都存储一组的权值向量，UE 根据采用智能天线算法计算，得出下行权值的索引，返回所需的索引。

步骤 13，根据选用的波束赋形算法确定每个天线组的下行发射权值，将发射数据依次进行不同的延迟，在每个天线组上按照相应的下行发射权值加权后进行发射。

本步骤中所有的发射数据在每个天线组被发射一次，但是不同的天线组上数据的发射时间不同。各个天线组的相互之间的发射时间相差几到几十个码片的长度，由于从不同天线发送的数据是相同的数据，这样就会带来延迟分集或人工多径的效果。天线组间延迟多大可根据各个天线的主径时延来确定，优选地，最大延迟最好不要超出信道估计的窗长，不然会带来额外的码间干扰。不同天线组间的延迟差可以相同，也可以不同。例如，天线组 1 不进行延迟即发射，相对于延迟为 0；天线组 2 延迟 2 个码片发射；天线 3 延

迟 4 个码片发射...，或者也可以天线组 1 不进行延迟即发射，相对于延迟为 0；天线组 2 延迟 2 个码片发射；天线 3 延迟 5 个码片发射...

本步骤中确定下行发射权值以及具体进行加权的方式与现有方式相同，只是针对每个天线组分别进行，并且进行数据加权前，对发射数据在相应天线组上进行不同的延迟后再执行加权操作。

通过上述步骤 12 和步骤 13 即完成了发射数据的波束赋形和发射。事实上，步骤 12 和 13 可以穿插执行。

具体地，如果采用 GOB 算法，则首先估计每组天线接收用户信号的波达角 DoA（步骤 12），然后再针对每个天线组选择预设的多个下行发射权值中的一个，对发射数据进行相应延迟后进行加权，形成下行加权波束（步骤 13）；

如果采用 EBB 算法，则首先对每个天线组上的发射数据进行相应的延迟，然后估计每组天线对应的下行信道特性，再进行特征值分解，确定下行发射权值，最后对延迟后的发射数据进行加权，形成下行加权波束。

至此，本实施例中的波束赋形方法流程结束。在接收端，用户利用现有的方式进行联合检测，由于在数据发射时，不同的天线组对数据进行不同的延迟进行发射，在接收端就相当于通过多径接收数据，从而增加了多径数量，因此带来了延迟分集增益，同时由于不同天线组间几乎不相关，进一步提高用户接收信号的信噪比。经过仿真实验，本实施例中的方式在用户移动速度较快的场景下，相对于现有的波束赋形方式能够带来更大的系统性能提高，但是在用户移动速度较慢、且系统的信噪比较低的区域，本实施例中的方式并不能为系统性能带来很大提升。

实施例二：

在本实施例中，将所有天线作为整体计算下行发射权值，进行下行数据的发射。本发明实施例二中基于天线分组实现的波束赋形方法具体流程包括：

步骤 21，预先将基站侧的所有天线进行分组，同组的天线等间距分布。

本步骤的操作与实施例一的步骤 11 相同，这里就不再赘述。

步骤 22，确定所有天线对应的下行信道的特性参数。

本步骤中确定下行信道特性参数的方式与实施例一类似，只是将所有天线作为一个整体，确定所有天线对应下行信道的特性参数。

步骤 23，根据选用的波束赋形算法确定所有天线作为整体的下行发射权值，将发射数据按照确定的下行发射权值加权后进行发射。

确定下行发射权值的方式与实施例一类似，只是将所有天线作为一个整体，确定所有天线对应的下行发射权值。

至此，本实施例中的波束赋形方法流程结束。在接收端，仍然采用现有的联合检测算法进行信号检测，在本实施例中，通过对天线进行分组，获取了空间分集增益，因此用户接收信号的信噪比得到了提升。经过仿真实验，本实施例中的方式在用户移动速度较慢的场景下，相对于现有的波束赋形方式能够带来更大的系统性能提高，但是，在用户移动速度较快的场景下，相对于现有波束赋形方式，系统性能提升有限。

由前述可知，实施例一和实施例二的方式分别适用于不同的用户移动速度下，因此本发明还提供了一种自适应波束赋形方法，根据用户当前的移动特性，自适应选择实施例一或实施例二中的方式进行波束赋形，从而在全面提高系统性能，改善用户接收信号质量。

实施例三：

在本实施例中，根据用户的移动特性，自适应选择以所有天线为整体、或以不同天线组为单位，计算下行发射权值，进行下行数据的发射。本发明实施例三中基于天线分组实现的自适应波束赋形方法具体流程包括：

步骤 31，预先将基站侧的所有天线进行分组，同组的天线等间距分布。

步骤 32，基站获取用户的当前移动特性。

本步骤中，用户移动特性可以通过两种方式来表示，一种是用户的移动速度，另一种是当前信道特性与历史信道特性的相关度。

其中，用户移动速度的获取可以通过多种现有方式实现。典型地，基站

可以通过多普勒频偏估计获取用户的移动速度。

之所以能够通过当前信道特性与历史信道特性的相关度反映用户移动特性是因为，若当前信道特性与历史信道特性的相关性很高，则表明用户移动较慢，反之，则表明用户移动较快。具体地，可以利用信道相关系数作为相关度来计算。

步骤 33，判断步骤 32 获取的用户当前的移动特性是否大于预先设置的移动特性门限，若是，则执行步骤 34，否则，执行步骤 35。

为进行自适应波束赋形的选择，需要预先设置移动特性门限。具体地，可以预先设置移动速度门限或当前信道特性与历史信道特性的相关度门限。该门限的设置需要参考对上述两个实施例的仿真结果进行，根据两个实施例中用户移动速度的不同对系统性能提升能力的不同，设置合适的门限值。例如，可以将移动速度门限设置为 80 千米/小时。

步骤 34，以天线组为单位，确定每个天线组对应的下行信道的特性参数；根据选用的波束赋形算法确定每个天线组的下行发射权值，将发射数据依次进行不同的延迟，在每个天线组上按照相应的下行发射权值加权后进行发射。

步骤 35，确定所有天线对应的下行信道的特性参数；根据选用的波束赋形算法确定所有天线作为整体的下行发射权值，将发射数据按照确定的下行发射权值加权后进行发射。

至此，本实施例中的自适应波束赋形方法流程结束。在本实施例中，在不同的用户移动状况下，分别采用前述两个实施例中的方式，从而克服上述两个实施例中的缺陷，全面提高系统性能。

下面对本发明的一些特别实施方式进行示例性说明。

特例 1，对于基站侧包括 6 根或 8 根天线的状况，可以如图 5 所示进行天线分组。具体地，对于 6 根天线的情况，其中两根相距 $1/2$ 波长的极化方向为 $x-90^\circ$ 的天线构成天线组 1，其他四根极化方向为 x° 的天线构成天线组 2；对于 8 根天线的情况，其中两根相距 $1/2$ 波长的极化方向为 $x-90^\circ$ 的天线构

成天线组 1，其他六根极化方向为 x° 的天线构成天线组 2。

在本例中，相同天线组的组内天线间的间距均为 $1/2$ 波长，可以对两个天线组按照上述三个实施例中的任意一种方式进行下行波束赋形。

特例 2，对于基站侧包括 6 根或 8 根天线的状况，还可以如图 6 所示进行天线分组。其中，两根极化方向为 $x-90^\circ$ 的天线分别位于天线阵列的两端，相距较远，因此利用这两根天线构成一个波束不太合适，于是，优选地，如图 6 将两根天线各自构成一组，其余的所有 x° 的天线构成另一个天线组。

在本例中，当基站侧包括 6 根或 8 根天线时，均包括 3 个天线组，则对这三个天线组可以按照上述三个实施例中的任意一种方式进行下行波束赋形。并且，如果针对三个天线组，采用进行延迟分集的方式进行波束赋形，那么三个天线组对相同的发射数据分别进行不同的延迟后进行加权发射。

特例 3，对于基站侧包括 7 根天线的状况，可以如图 7 所示进行天线分组。其中，两根相距 $1/2$ 波长的极化方向为 $x-90^\circ$ 的天线构成天线组 1，另外一根极化方向为 $x-90^\circ$ 的天线构成天线组 2，其他四根极化方向为 x 的天线构成天线组 3。这里，虽然天线组 1 和天线组 2 中的三根天线极化方向相同，但是它们之间的间距不同，因此不将这三根天线包括在一个天线组中，同时，组内天线的间距最好小于 1 个波长，因此将两根相距 $1/2$ 波长的极化方向为 $x-90^\circ$ 的天线构成天线组 1，而将另外一根极化方向为 $x-90^\circ$ 的天线构成天线组 2。

在本例中包括三个天线组，可以按照上述三个实施例中的任意一种方式进行下行波束赋形。与例 2 类似，如果采用进行延迟分集的方式进行波束赋形，那么三个天线组对相同的发射数据分别进行不同的延迟后进行加权发射。

由上述对本发明具体实施方式的详细描述可见，本发明中，在天线组的设置时由于拉开了天线组间的距离或者是采用极化天线的方式，使得两组信道的相关性大大降低，这样就加大了天线组间的空间分集效应，并且由于人为的延

迟发送,使得系统不仅有人工多径增强了的的空间分集效应,而且有延迟分集的效果。

下面提供了本发明相对于现有波束赋形方式的系统性能仿真结果。其中,针对不同的用户移动速度进行了仿真。

图 8、9 和 10 分别为用户移动速度为 3 千米/小时、120 千米/小时和 50 千米/小时下采用不同的下行波束赋形方法时,发送功率干扰比 (Tx/I) 与误块率的关系图。其中,用户移动速度为 3 千米/小时对应典型的城市环境,用户移动速度为 120 千米/小时对应典型的乡村环境。其中,对四种下行波束赋形方法的系统性能进行了对比,曲线 1 对应背景技术中描述的下行波束赋形方法;曲线 2 对应实施例一描述的下行波束赋形方法;曲线 3 对应实施例二描述的下行波束赋形方法;曲线 4 对应实施例一描述的下行波束赋形方法中不同天线组在同一时间窗发射数据的方式。

具体的仿真参数为:基站侧包括 8 根天线,共有 4 个用户,每个用户包括 1 根天线。曲线 2、3 和 4 对应的波束赋形方法中,将基站侧的 8 根天线分成两组,每组包括 4 根天线,组内天线间的距离为 1/2 波长,组间距离为 10 个波长。曲线 1 对应的波束赋形方法中,8 根天线没有分组。

由图 8 可以看出,在用户移动速度为 3 千米/小时的情况下,当误块率 (BLER) 为 10^{-2} 时,曲线 3 相对于曲线 1 约有 1.5dB 的系统增益,并且随误块率的降低,系统性能提升越高,而曲线 2 相对于曲线 1 约有 2dB 的系统性能下降。可见,本发明中实施例二的方式在用户低速移动下,能够大大提高系统性能,而实施例一的方式则对系统性能提高及其有限,甚至在部分误块率下,降低了系统性能。

由图 9 可以看出,在用户移动速度为 120 千米/小时的情况下,当误块率 (BLER) 为 10^{-2} 时,曲线 2 相对于曲线 1 约有 1.5dB 的系统增益,并且随误块率的降低,系统性能提升越高,而曲线 3 相对于曲线 1 约有 1.5dB 的系统性能下降。可见,本发明中实施例一的方式在用户高速移动下,能够大大提高系统性能,而实施例二的方式则对系统性能提高及其有限,甚至在部

分误块率下，降低了系统性能。

由图 10 可以看出，在用户移动速度为 50 千米/小时的情况下，当误块率（BLER）为 10^{-2} 时，曲线 2 和曲线 3 均相对于曲线 1 约有 0.5dB 的系统增益，可见，对于实施例一的方式，用户移动速度越快，对系统性能提高越大；对于实施例二的方式，用户移动速度越慢，对系统性能提高越大。由此可知，如果采用实施例三的方式进行下行波束赋形，则可以在各种移动速度下，为系统带来全面的性能提高。

以上仅为本发明的较佳实施例而已，并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

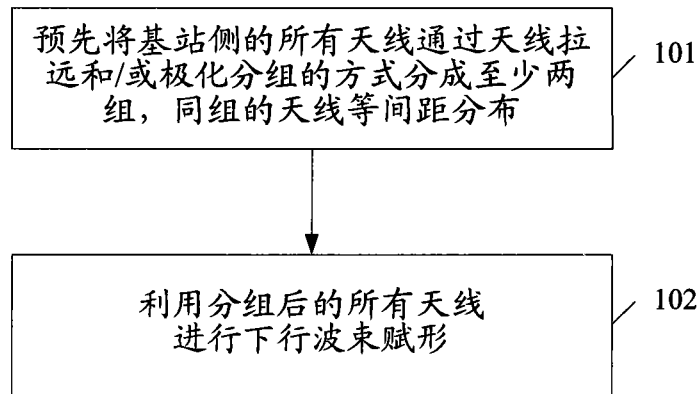


图 1

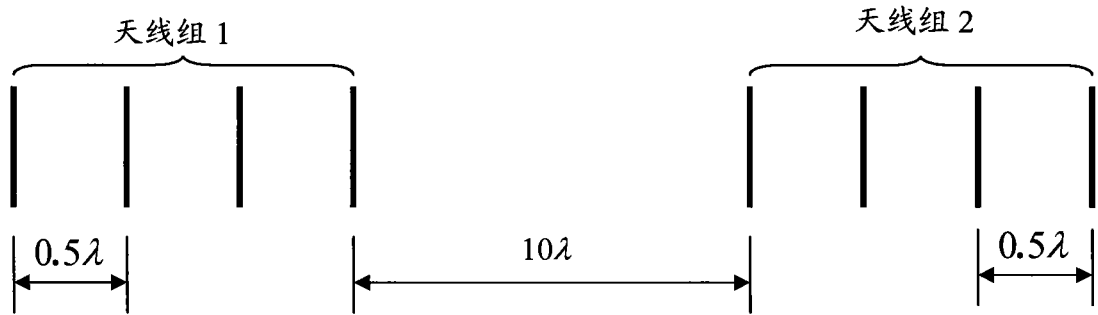


图 2

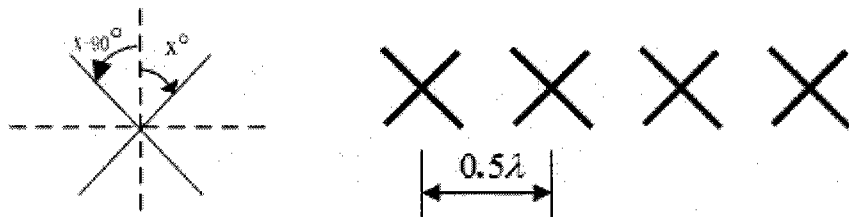


图 3

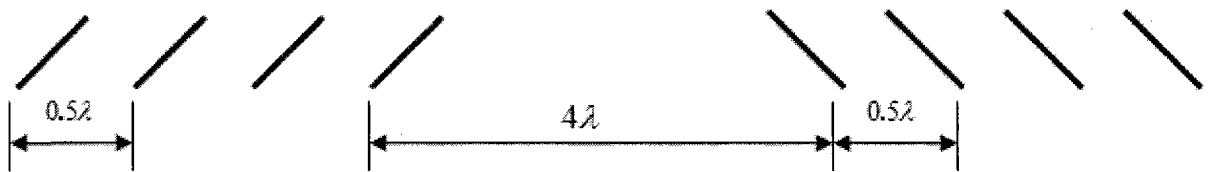


图 4

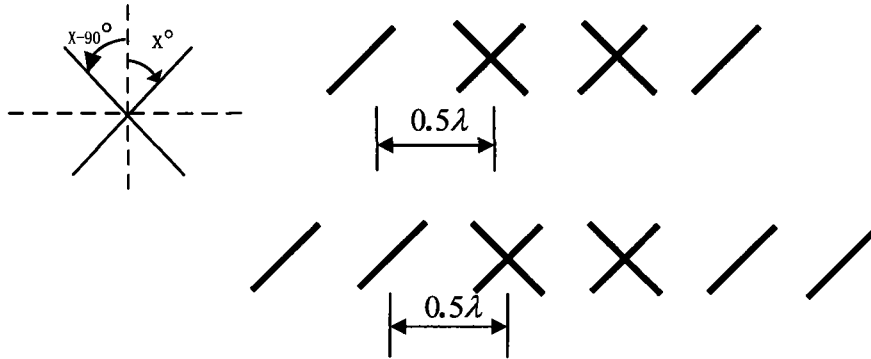


图 5

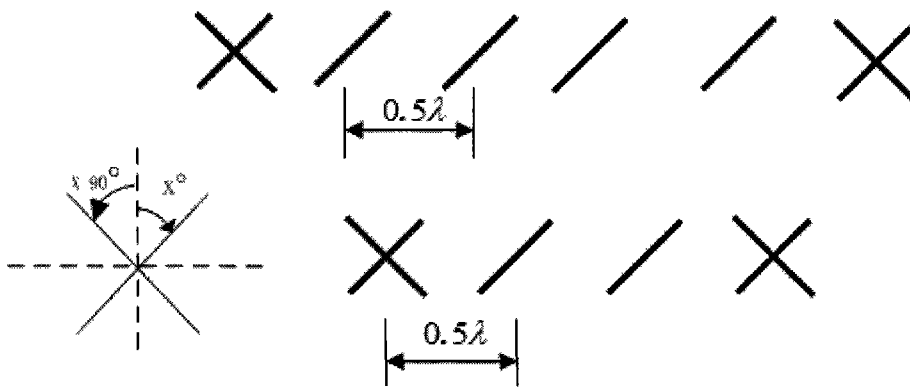


图 6

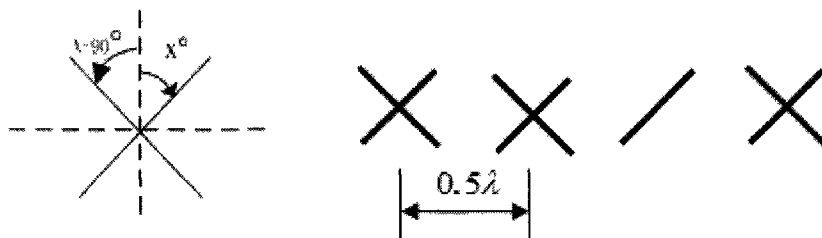


图 7

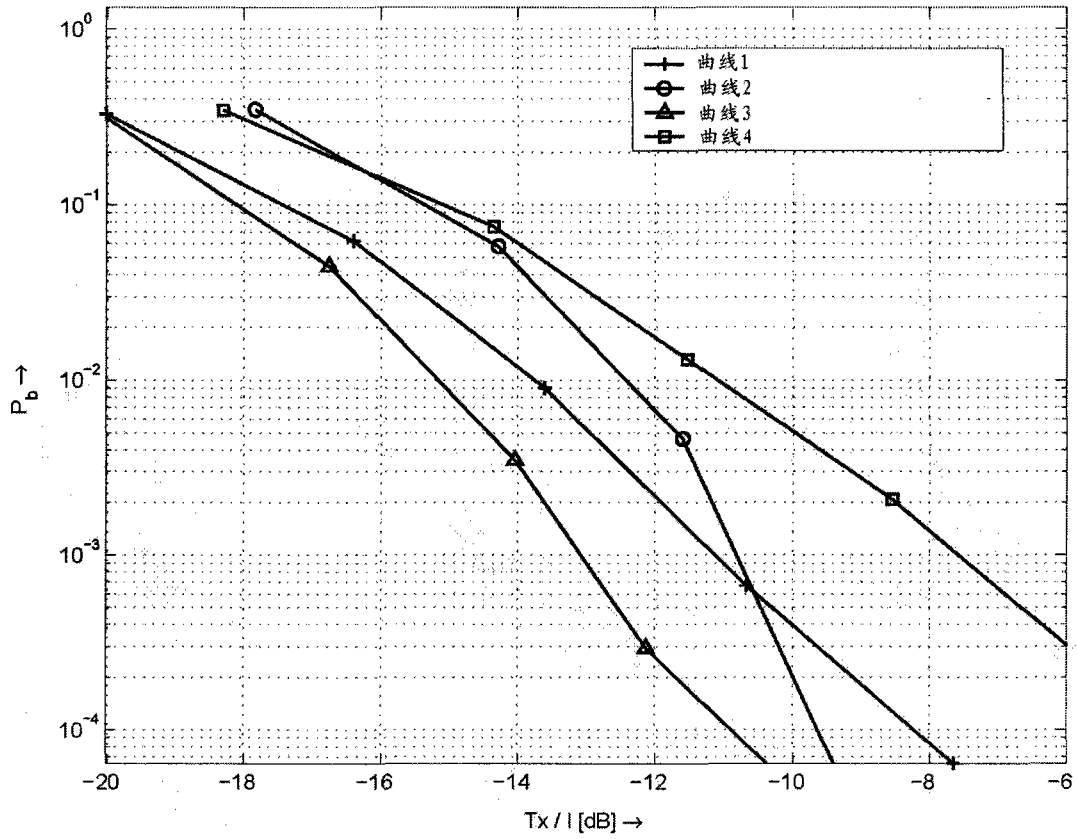


图 8

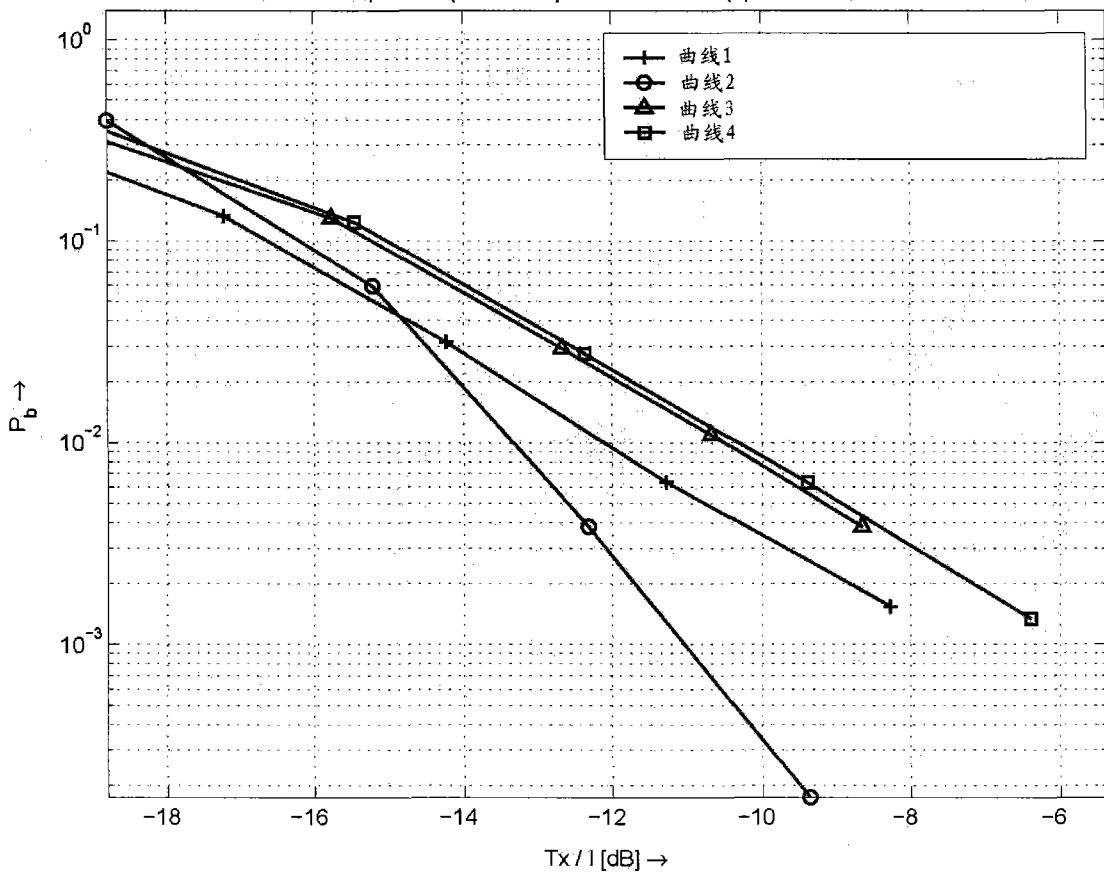


图 9

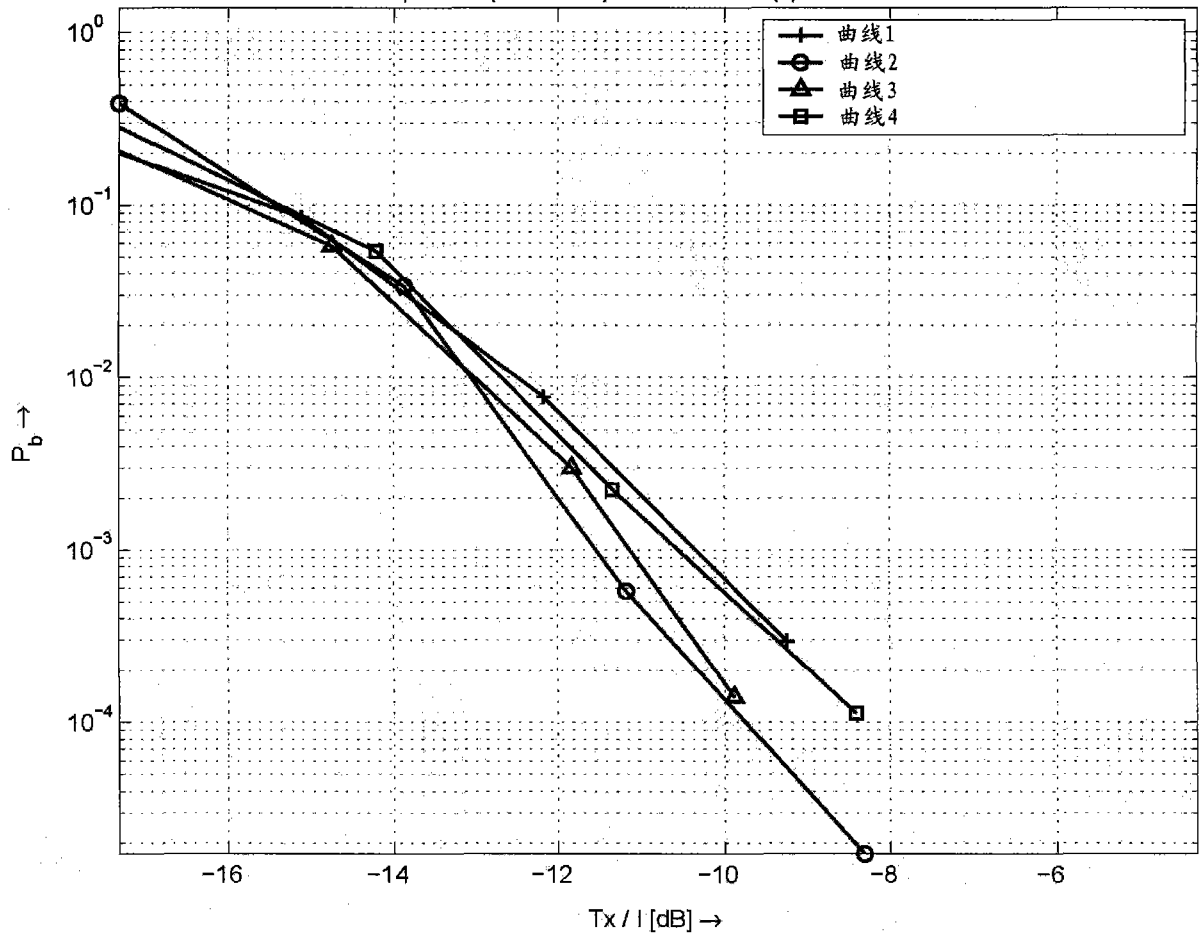


图 10