**球检测**

在上一章可知，虽然ML算法性能最好，但因其算法复杂度很高，很难应用于较大的调制星座或天线数较多的系统中。人们一直希望可以在算法复杂度与算法的检测心梗之间寻求一个折中，进而找到一种算法复杂度不是太高儿童啊hi检测性能又相对较好的方法。球检测(SD: Sphere Detecting)算法可以在具有合理计算量的同时又达到最大似然检测的误码性能，由此可以用SD算法代替ML算法用于无线MIMO系统。

**球检测算法**

球检测算法的基本思想是：在一个以矢量为中心的半径为的多维球内搜索格点。通过限制或减小搜索半径来减少搜索的点数，从而降低搜索的计算复杂度。在这个多维球内距离矢量最近的格点也就是最大似然点。

球检测算法不需像传统的最大似然检测算法一样搜索所有格点，只需在一个事先设定的有限球形区域进行搜索，由于这个有限球形区域是小于或等于整个搜索范围的，这样就大大减少了搜索的时间。通过以上对球形检测算法的简单描述可知，影响球检测算法的误码性能和计算复杂度的关键是：

1. 搜索半径的确定。

如果半径太大，那么球内就会包含过多的点，使计算复杂度接近或达到最大似然算法的计算复杂度(指数级)。如果搜索半径太小，那么可能在搜索区内没有所要搜索的符合要求的点，导致检测失败。目前被较为广泛接受的理想搜索半径是覆盖半径。覆盖半径是以点为中心的球内一定存在格点的最小半径。即在以任意矢量为中心，以覆盖半径为半径的球内至少存在一个格点。但是确定一个格的覆盖半径本身就是一个NP问题。

1. 球内是否存在有效点的确定。

如果需要依据每一个格点和矢量之间的距离来判断每一点是否在球内的话，那么这个计算量也是指数级的。

**系统模型**

球检测算法将MIMO检测转化为如下问题：

 （1）

其中为球的半径。

求检测的基本思路是：

首先通过矩阵分解（通常为分解或分解）将信道矩阵分为三角矩阵；然后在相应的栅格空间中求解[1]。

以分解为例，算法的理论依据如下：

设经过实值分解的矩阵为，接收到的向量通过实值变换后为，码本向量通过实值变换后为。半径，则根据上文球检测公式，我们的目标为求出

（1）式中的所有符合条件的：

我们对进行分解，由上文得：

 （2）

其中为的对角线上的元素大于0的上三角矩阵，和分别为和的矩阵。根据分解的性质，矩阵为正交矩阵，其余任意向量相成后不会改变向量的模，因此，（2）式可以进一步改写：

 （3）

其中，假设。可知是已知的。进一步将上述不等式转换为：

 （4）

其中

 （5）

可知，在时，是已知的，也是已知的。而在时，只与有关。根据上面的特点，秋检测按照以下思路求解：

在（4）式中，如果只考虑，将忽略掉，不等式将简化为

 （6）

求解上述不等式可得：

 （7）

从中选择一个值，并代入（4）式中，此时仅考虑和，而忽略及其之前的所有项，这样，则有

（8）

根据上式和（7）式选择的值，则可以求出的范围。以此类推，就可以求出任意的范围，将其表示为，其中

 （9）

王 p35

（5）

，则。（6）

通过此式的特点我们可以知道，的取值为对应的前项；而的取值则是的后项，仅与有关而与无关，因此上述不等式可以简化为：

（7）

即（8）

设，即

 （9）

由于为上三角矩阵，展开上式：



[1]E. Agrell, T Eriksson, A. Vardy, and K. Zeger, Closest point search in lattices, IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 48, pp. 2201-2214, Aug. 2002.