谱效公式推导\_主被动结合

**一、场景图**

图示

描述已自动生成

**二、系统模型**

为方便表述，以下将简称主动发射机（Primary Transmitter）为PT，接收机（Access Point）为AP，背向散射设备（Backscatter Device）为BD。

我们考虑这样一个分布式MIMO-backscatter系统，其组成为：1个PT，个BD以及分布式部署的个AP，并通过回程连接到中央处理器（CPU）。我们在通过CPU处采用信号集中式处理的方法，来进行后续的研究。

假设PT和每个BD上均只配备1根天线，每个AP上配备根天线。PT到第个BD间的前向信道表示为。PT到所有AP间的信道表示为向量。

其中，

其中，表示PT对应到第个AP的第根天线上的瑞利衰落信道增益系数。

同理，我们用向量表示第个BD到所有AP的后向信道。

其中，

其中，表示第个BD对应到第m个AP第根天线上的瑞利衰落信道增益系数。为后向信道第个标签到第个AP的大尺度衰落系数。针对于共生场景，我们将PT发送符号的符号率设置为BD的倍。即我们在发送一个BD符号的同时，可以发送个PT符号。因而我们可以用表示PT的符号，其中，而表示第个BD发送的符号。需注意的是和均服从复高斯分布。

此外，为PT的发射功率。为BD的反射系数。由此，我们可以推得在AP处接收到的信号为：

其中，

由于被动信号长时间不变，所以上式第二项可视作主动信号的多径部分。因而主动信号的检测依赖于被动信号。尽管如此，在检测时无需知道确切的值，仅需知道等效信道整体的值即可。在共生设置下，被动信号长时间不变，因此接收端可以用传统导频估计的方法以较低开销得到等效信道整体的值。本文主要关注可达速率的分析，因此假设接收端知道的值。

**三、可达速率分析**

**（1）主动链路可达速率**

为了在接收信号中检测出主动信号，我们在AP处使用接收合并矢量进行处理：

因此主动信号SNR可以表示为：

则主动信号平均可达速率为：

若使用MRC检测方法对其进行计算，即将代入。

**（2）被动链路可达速率**

在检测出主动信号后，为检测被动信号速率，需将对于进行逐一分析。考虑，，。因而我们可以将信号表达式改写为：

对主被动信号进行干扰消除，此处假设完美消除。因此，在去除主动信号的影响后，表达式可写成以下形式：

为方便后续做信号检测的工作，在这里我们对上式做一次时域匹配滤波，即将上式乘上，可得结果：

当周期数足够大时，趋向于，因此上式趋向于：

其中

同样采用基于干扰消除的方法来逐一检测个BD的符号。根据的好坏来决定检测的顺序，以降低错误传播的风险。例如，若，则说明BD 1的信道条件更好，检测成功概率更高。不失一般性，假设则BD的检测顺序为1、2、、。当检测第一个符号时，我们可以将改写为：

此时，第一项为期望信号，第二项为干扰信号。为接收合并矢量，这里我们可以用MRC或MMSE检测方法来检测。

**当使用MRC检测时，根据引理与公式，我们可以推得信干噪比的闭式解为：**

将代入，可推得：

对上式中关键项分别进行分析。

首先对于项，我们可以计算为

其中，，将其展开可得：

根据**引理**，可得：

我们假设，其中为PT到第个标签的大尺度衰落系数。结合上面推导的式子，我们可以得出：

同理对于另一项，我们先根据进行变形：

对后两项分别进行分析，分别展开可得：

对于上式有两点讨论：

1. 当时，与相互独立，因此：

接着，，将其展开可得：

代回上式可得：

同理，对于另一项也可以类似地展开：

回代公式，可得：

1. 当时。对于，可化简为：

同理，对于，根据已有知识：

回代上式，则当时，结果为：

综上：

因此，在MRC检测方法下，可得最终信干噪比：

**当用LMMSE时，参照3.2.2.2中的处理方法，我们首先对公式进行一些展开：**

根据引理和上式，我们可以推导出当取得最大值时，接收合并矢量为：

此时相应的最大值为：

检测完第一个符号，就将第一个符号的影响从中去除，即去掉。这样下去，当检测第个符号时，从1到的符号都被去掉了，同样假设完美干扰消除，即我们可以将改写成：

同样，第一项为期望信号，第二项为干扰信号。为接收合并矢量。同样地我们可以用MRC或MMSE方法来检测。

**若使用MRC时**，则接受合并矢量为。易得：

将代入，根据前一节推得的结论，可以得出闭式解：

**若使用LMMSE时**，我们可以先改写信干噪比表达式，得：

根据引理和上式，我们可以推导出当取得最大值时，接收合并矢量为：

此时相应的最大值为：

**（3）被动链路可达速率总和的极限值**

经过第二节的推导，我们得出了每个BD的速率的结论。本节进一步分析被动链路可达速率的总和。

易知，K个BD的速率总和表达式可以写成以下形式：

MRC-SIC方法：根据文献[1]，上式可改写成：

**MMSE-SIC方法**：根据文献[1]，上式可改写成：

对于上式，根据已知结论，我们可以推得：

其中，；，

将以上结论代入原式中可得：

[1] D. Tse and P. Viswanath, *Fundamentals of Wireless Communication.* Cambridge university press, 2005.