

网络系统（2）论文阅读报告

5G 毫米波多小区网络的混合波束成型

孙子平

清华大学

2019 年 10 月 15 日

目录

1 内容介绍

2 模型

- 模型选择
- 模拟布局
- 最终模型

3 模拟结果

4 结论

内容介绍

目标

减轻多小区毫米波系统中小区内和小区间的干扰。

解决方案

论文提出了 4 种基于协调多点和混合波束成型的模型，进行模拟，以频谱效率为标准挑选模型。

前人的研究集中在数字波束成型，它在毫米波系统中成本过高，因而不适用。

术语表

中文	英文	解释
协调多点	CoMP	MIMO 的一种，数据和 CSI 信道状态信息在相邻基站中共享
混合波束成型	HBF	数字和模拟混合的波束成型
基站、传输点、用户设备	BS、TP、UE	每个基站有多个传输点，每个传输点服务一定数量的用户
泄露、干扰	leakage、interference	泄露指为某个用户准备的信号意外地被其他用户收到，干扰指其他传输点的信号意外地被特定用户收到

目录

1 内容介绍

2 模型

- 模型选择
- 模拟布局
- 最终模型

3 模拟结果

4 结论

目录

- 1 内容介绍
- 2 模型
 - 模型选择
 - 模拟布局
 - 最终模型
- 3 模拟结果
- 4 结论

减小小区间信号损失

消除或减轻小区间干扰有两种做法：

- **功率控制**：使同一小区内的各个用户的信号-干扰噪声比（SINR）一致，从而改进那些较弱的连接。
- **天线阵列波束形成**：通讯两端都使用天线阵列，补偿传输损耗，可以协同配合。

天线阵列波束形成的方法通常更优，本文采用这种方法。

不同的 CoMP 策略有不同的复杂度，也需要不同程度的 CSI 反馈和共享。以下按照复杂度递增顺序列出这些策略：

- **协同调度**：UE 的数据只在一个 TP 就绪，并在一个时间频率内，只有这一个 TP 传输。
- **动态点选择 (DPS)**：数据在多个 TP 同时就绪，但在一个时间频率内，只有一个 TP 传输数据。
- **联合传输**：UE 的数据在多个 TP 就绪，并且在在一个时间频率内，多个 TP 向一个或多个 UE 传输数据。

本文采用最简单的协同调度。

目录

1 内容介绍

2 模型

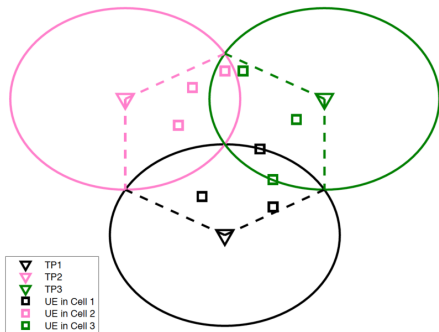
- 模型选择
- 模拟布局
- 最终模型

3 模拟结果

4 结论

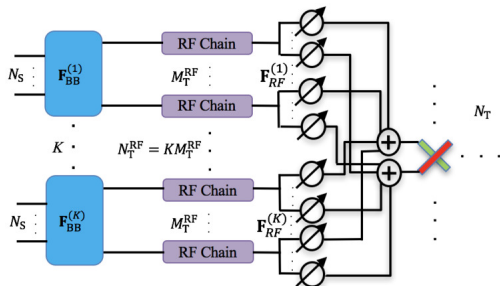
多小区系统布局

我们考虑 3 个相邻的小区，每个有一个 TP 和多个（3 到 12） UE。



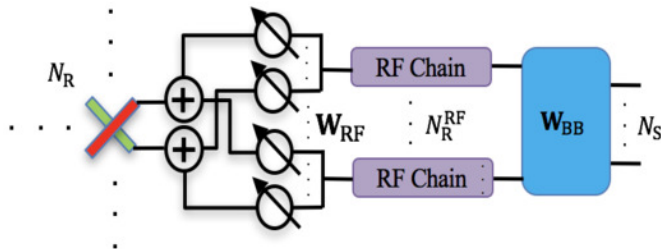
TP 的 HBF 架构

TP 有 256 个天线（8 行 16 列 2 偏振）呈均匀矩形阵列，用 N_T 表示。
 N_S 是每个用户流的个数， M_T^{RF} 是每个用户连接基带预编码器的 RF chain 个数。



UE 的 HBF 架构

UE 有 8 个天线 (2 行 2 列 2 偏振), 用 N_R 表示。 N_T^{RF} 表示 UE 有的 RF chain 个数。



目录

- 1 内容介绍
- 2 模型
 - 模型选择
 - 模拟布局
 - 最终模型
- 3 模拟结果
- 4 结论

提出的模型

预编码方式	描述
Baseline	无 CoMP
抑制泄露和最大化信号 (LSP)	减少对其他用户的泄露同时增强对目标用户的信号
最大化信号-泄露噪声比 (SLNR)	对信号-干扰噪声比的优化困难, 作为替代优化目标
广义最大比 (GMR)	
迫零 (ZF)	由于不满秩矩阵, 不可行

最后这些模型在 3GPP 和 NYUSIM 信道模型下模拟。

目录

1 内容介绍

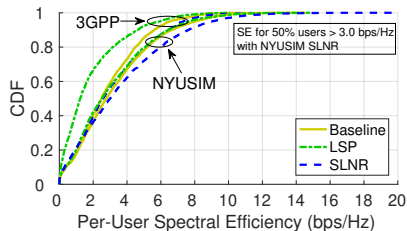
2 模型

- 模型选择
- 模拟布局
- 最终模型

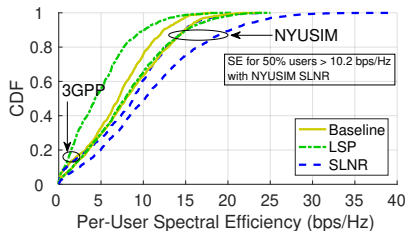
3 模拟结果

4 结论

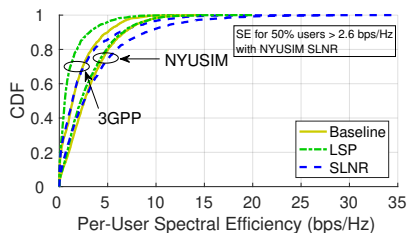
不同小区半径和用户数目下的频谱效率



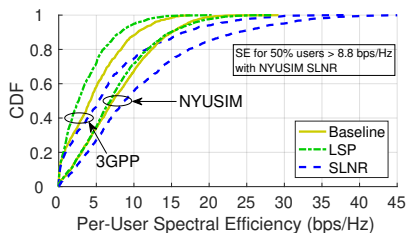
(a) 50m 小区半径, 12 用户



(b) 50m 小区半径, 3 用户



(c) 200m 小区半径, 12 用户



(d) 200m 小区半径, 3 用户

不同小区半径和用户数目下的频谱效率（续）

可以看出以下几点：

- ① 基于 SLNR 的 HBF 模型胜过了 baseline 和其他 HBF 模型，这体现了它抑制小区内和小区间干扰还有噪声的能力。
- ② LSP 在 3GPP 模型下没有超过 baseline，这可能因为它花费了一些功率在减少泄露上，因而花费更少的功率在传输上。
- ③ SLNR 和 baseline 都随着用户数增加，频谱效率有所下降。进一步分析显示信号功率变化不大，但干扰功率增大了。
- ④ 随着小区半径增大，对所有的 HBF 方案，频谱效率下降了。

目录

1 内容介绍

2 模型

- 模型选择
- 模拟布局
- 最终模型

3 模拟结果

4 结论

数据显示基于 SLNR 的 CoMP 在大多数情况下提供了最大的频谱效率，因而很值得在毫米波网络中推广。LSP 相较于 baseline 只有微弱的提升。ZF 由于射频预编码和合并后有效信道矩阵乘积的秩不足而不可行。此外 HBF 方法会受小区半径、用户和流的数目影响。确切将，更小的半径和更少的用户可以增长频谱效率。

谢谢大家！