

B 题-无线回传拓扑规划

1. 背景介绍

在城区建设基站，传输光纤部署最后一公里的成本高，光纤到站率低，全球综合来看低于 60%；如果使用微波传输，由于微波只能在 LOS（视距）场景下部署，而城区场景中 LOS 信道比例低于 50%。

在农村网建设基站，单站业务量低，收入低，ROI（投资回报率）差，运营商建站对成本较为敏感。卫星传输租金、光纤传输建设费用对于运营商是很大的负担，而如果使用微波传输，对于相当一部分站点需要提升铁塔高度来满足微波的 LOS 场景要求，铁塔费用的增加对于运营商来说同样是不小的负担。

Relay 无线回传方案利用 FDD LTE 或 TDD LTE 制式承载来为站点回传，相对微波有较强的 NLOS（非视距）传输能力，可以解决城区、农网等场景下的传统传输方式不可达的问题，同时在部分场景下也可以替代微波，有效降低站高，节省建站费用。

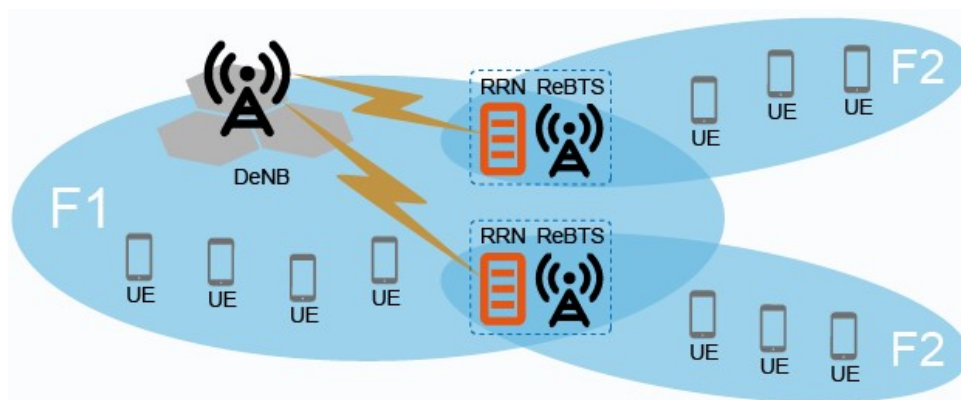


图 1 Relay 架构

RRN（eRelay Remote Node），是 Relay 方案中的无线回传设备，它用于为基站提供无线回传服务。如图 1 所示。Relay 组网包含宿主基站 DeNB 和中继站 RN 两个逻辑节点：

- DeNB 是在普通基站（DeNB）上增加了 Relay 功能，DeNB 支持普通手机（UE）接入，也支持 RRN 的接入；
- RN 包括 RRN 和 ReBTS 两部分。RRN 通过无线信号接入 DeNB 并建立空口承载；ReBTS 可供覆盖范围内的 UE 接入；ReBTS 的传输由 RRN 提供

为了方便理解，这里分别将 DeNB 和 RRN 称作宿主站和子站，一个宿主基站通常可以有 1~3 个宿主小区，分别覆盖不同的方向（可理解为扇区的定义），如图 2 所示。图 2 中方块代表子站，每个宿主小区可以接入一定数量的子站，子站与子站之间可以级联（即多跳），但跳数有限制。

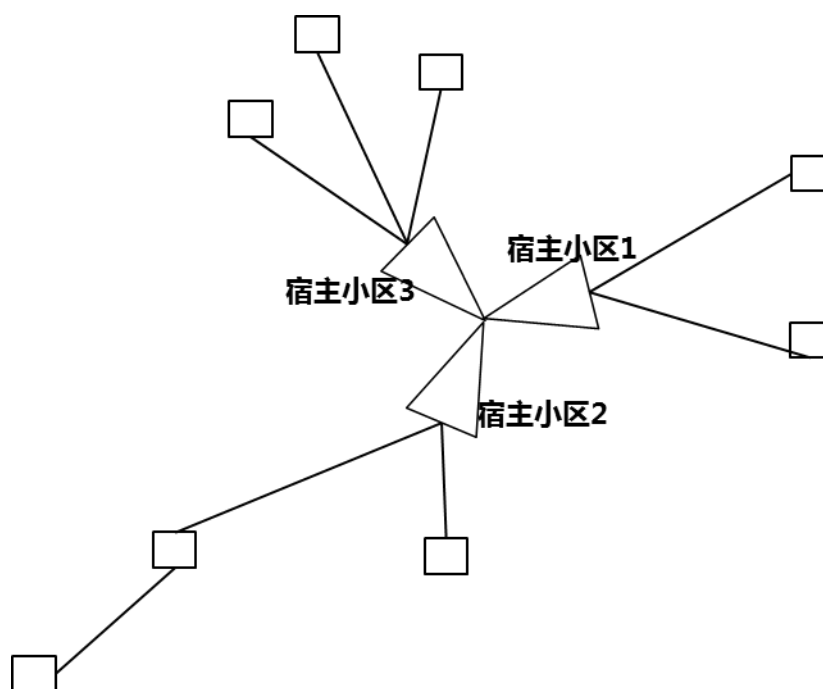


图 2 Relay 拓扑关系示意图

2. 任务表述

2.1 任务简述

本任务中，在给定一个地区中候选站点的位置分布的情况下，参赛队伍需要根据站点间的相互位置、站点间拓扑关系限制等条件，在满足一定回传质量（本次任务仅根据**宿主站与子站的距离是否满足某门限**来判断是否满足最低回传质量要求。而实际 Relay 部署时，影响回传质量的因素包括距离、地形阻挡、普通手机接入影响、ReBTS 干扰、相邻基站干扰等多种复杂因素）的前提下，设计成本最优的部站方案，包括：

- 候选站点是安装子站还是宿主站？
- 候选站点间的连接关系如何？

结合现网中对于无线回传拓扑规划问题的具体需求，算法还应该具有以下特点：**算法收敛速度快、尽可能覆盖更多的站点。**

2.2 输入输出

1、输入：

每个地区内，所有站点列表，包括：

- 站点经纬度；
- 站型：RuralStar 或蝴蝶站；

各种站型的综合成本，包括：

- 宿主站的综合成本；
- 子站的综合成本；
- 卫星设备成本；

2、约束

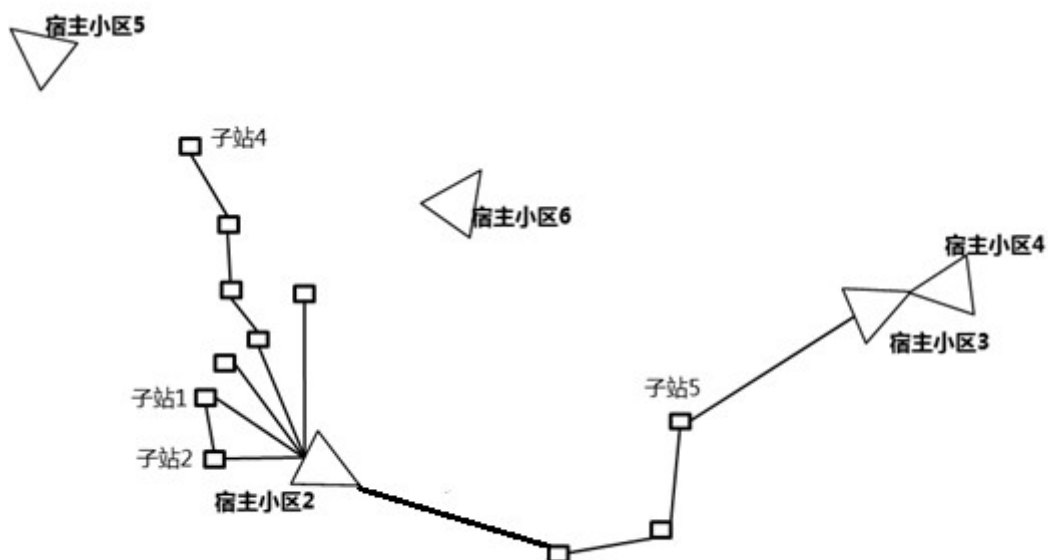
输出的拓扑关系，应满足如下限制条件：

- 首跳距离 $\leq 20\text{km}$ ，之后每跳距离 $\leq 10\text{km}$
- 站点包含 RuralStar 和蝴蝶站两种不同站型；其中，RuralStar 共包含 1 个扇区，蝴蝶站共包含 2 个扇区；若该站点为宿主站，则每个扇区第一级最大接入子站数 4，最大总接入子站数 6；为了简化问题，暂不考虑蝴蝶站的扇区覆盖方向；
- **宿主站之间采用微波连接**，最大通信距离为 50KM
- **宿主站和子站以及子站之间采用无线回传连接**
- 每个子站最多只能有 2 条无线回传连接；
- 任意子站只能归属一个宿主站，到达所属宿主站有且只有一条通路，且该通路包含的跳数小于等于 3
- 任意宿主站都有且只有一颗卫星负责回传，成片连接的宿主站可共享同一颗卫星，但一颗卫星最多只能负担 8 个成片宿主站的回传数据
- 成片宿主站中，宿主站总数不设上限

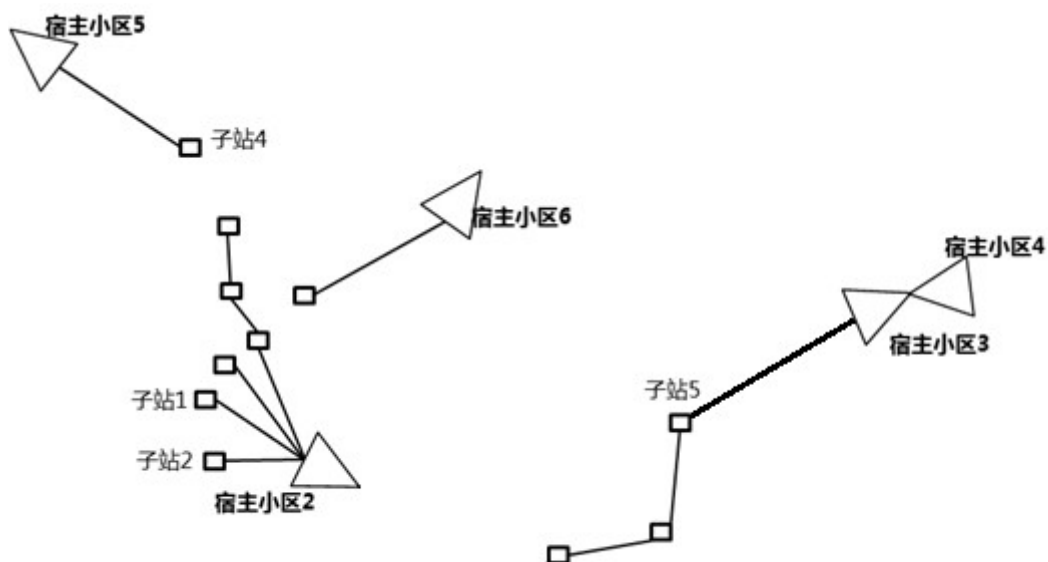
例如，如下图所示的连接关系中

- 宿主小区 2 不满足“每个扇区第一级最大接入数 4，最大总接入数 6”
- 子站 1、子站 2 不满足“任意子站只能归属一个宿主站，到达所属宿主站有且只有一条通路”

- 子站 4 不满足“任意子站只能归属一个宿主站，到达所属宿主站有且只有一条通路，且该通路包含的跳数小于等于 3”中的“跳数小于等于 3”
- 子站 5 不满足“任意子站只能归属一个宿主站，到达所属宿主站有且只有一条通路，且该通路包含的跳数小于等于 3”中的“任意子站只能归属一个宿主站”



上图连接关系可修改如下（前提是其它约束条件也满足），即可满足约束条件：



3、输出：

按**输入数据中站点顺序**，输出以下数据：

输出文件包含以下两个

子站 7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
子站 8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

站点名	站点类型
宿主站 1	1
宿主站 2	1
宿主站 3	1
子站 1	0
子站 2	0
子站 3	0
子站 4	0
子站 5	0
子站 6	0
子站 7	0
子站 8	0

算法效率：5 分钟内

站点规模：1000 站点左右

2.2 挑战目标

在拓扑架构满足约束条件的前提下，

挑战目标 1（最高优先级）：**更低的总体成本**

总体成本： 宿主站数量*宿主站成本+子站数量*子站成本+卫星数量*卫星成本

平均成本=总体成本/地区内站点总数

这里，卫星的数量等于 $\text{Ceil}(\text{宿主站数量}/8)$ ， $\text{Ceil}()$ 表示向上取整。

下表为各种传输方式的成本，单位：W USD

宿主站成本	10
子站成本	5
卫星成本	50

挑战目标 2：更低的回传路径损耗

虽然无线回传中存在 NLOS 影响，但为了简化问题，采用自由空间传播模型估计站点之间的路径损耗，公式如下：

$$PL=32.5+20*\lg(D)+20*\lg(F)$$

其中，PL 是路径损耗，D 是两个站点之间的距离，单位为 km，F 是发射频率，单位为 MHz，这里默认采用 900MHz。

系统平均损耗=所有无线回传连接的损耗之和/无线回传连接数

需要注意，该路径损耗只考虑子站回传部分，宿主站之间采用微波传输，只需满足距离限制，不计算该损耗。

附：球面距离公式

计算球面两点间距离的公式，设 A 点纬度 β_1 ，经度 α_1 ；B 点纬度 β_2 ，经度 α_2 ，则距离 S 为：

$$S=R \cdot \arccos[\cos \beta_1 \cos \beta_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) + \sin \beta_1 \sin \beta_2]$$

其中 R 为地球半径，本题中取 6378km；