

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R M.2101-0 建议书

(02/2017)

**用于共用和兼容性研究的IMT网络
和系统建模与模拟**

M 系列

**移动、无线电测定、业余无线电
以及相关卫星业务**



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策（IPR）

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列建议书

（也可在线查询<http://www.itu.int/publ/R-REC/en>）

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电测定、业余无线电以及相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	词汇和相关问题

注：本ITU-R建议书英文版已按ITU-R第1号决议规定的程序批准。

电子出版
2017年，日内瓦

© 国际电联 2017

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R M.2101-0 建议书

用于共用和兼容性研究的IMT网络
和系统建模与模拟

(2017年)

范围

本建议书介绍了用于IMT¹与其他系统和应用之间共用和兼容性研究的IMT网络建模和模拟方法。建议书并未对上述其他系统和应用的系统参数或建模做出任何假设，而仅限于提供IMT系统的信息。

关键词

国际移动通信（IMT），IMT-Advanced，移动系统，共用/兼容性问题

相关建议书和报告

ITU-R M.2012建议书 – 先进国际移动通信（IMT-Advanced）地面无线电接口的详细规范

ITU-R M.2292号报告 – 用于频率共用/干扰分析的地面IMT-Advanced系统特性

ITU-R无线电通信全会，

考虑到

- a) IMT系统是包括IMT-2000和IMT-Advanced二者在内的移动宽带系统；
- b) 第223号决议（WRC-15，修订版）请ITU-R开展一系列有关IMT系统与其他系统和/或应用之间的兼容性研究；
- c) 第238号决议做出决议（WRC-15）做出决议，请ITU-R在若干频段的IMT系统与其他系统和/或应用之间进行适当的共用和兼容性研究；
- d) 除研发支持IMT-2020新功能的新无线电接口外，IMT-2000和IMT-Advanced系统也会进一步增强，符合ITU-R第57-2号决议；
- e) 需要IMT网络建模及模拟方法来分析IMT系统与其他业务系统之间的兼容性；
- f) 需要对IMT网络传输模拟进行准确描述，包括集总效应的计算，以便在共用和兼容情形下进行逼真的IMT系统建模，

¹ 本建议书中提及IMT的内容关于IMT-Advanced和IMT-2020网络建模。

认识到

- a) ITU-R M.2292号报告提供了用于频率共用/干扰分析的地面IMT-Advanced系统特性；
- b) 先进国际移动通信（IMT-Advanced）地面无线电接口的详细规范；
- c) ITU-R M.2070和ITU-R M.2071建议书分别规定了使用IMT-Advanced地面无线电接口的基站和移动电台的通用无用发射特性，

建议

共用和兼容性研究中使用的IMT网络及系统建模和模拟应基于附件1中的方法；

首字母缩写词列表

ACIR	相邻信道干扰功率比
ACLR	相邻信道泄漏功率比
ACS	相邻信道选择性
AAS	先进天线系统
BS	基站
D2D	设备对设备
eMBB	增强型移动宽带
FD	全维
FDR	频率相关抑制
HO	切换
M2M	机器对机器
MTC	机器类通信
mMTC	大规模机器类通信
MIMO	多入多出
MBB	移动宽带
OOB	带外
OOBE	带外发射
RB	资源块
RF	射频
UE	用户设备
URLLC	超高可靠超低时延通信

附件1

用于共用和兼容性研究的IMT网络建模和模拟方法

附件1.....	3
1 引言	4
2 定义和基本概念	4
2.1 使用情形	4
2.2 部署情形	5
2.3 发射功率控制	7
2.4 高级天线技术与特性	7
2.5 天线高度和环境结构	7
2.6 电台的密度和分布	7
2.7 传播模型	8
2.8 用于室内覆盖的中继器	8
2.9 IMT的保护标准	8
3 模拟设置	8
3.1 网络拓扑	8
3.2 用于干扰计算的IMT网络建模	13
3.3 FDD/TDD网络	15
3.4 模拟方法	15
4 实施IMT用户设备（UE）功率控制.....	24
4.1 功率控制算法	25
5 实施IMT基站（BS）和用户设备（UE）波束成形天线方向图.....	25
6 实施IMT流量信息.....	28
7 确定集总干扰	29
8 IMT建模阶段性结果演示.....	30
9 参考文献	31
附件1的后附资料1.....	32
附件1的后附资料2.....	33

1 引言

本建议书包含用于共用和兼容性研究的IMT网络建模和模拟方法，描述了用于各频段IMT和其他无线电系统之间共用和兼容性研究的适当的IMT模型。

第2节中阐述了IMT网络定义和基本概念，以便于选择适当的IMT模型。第2节还提供了有关输出功率和天线方向图、与部署情形相关的天线高度和环境、IMT台站的密度和分布的信息以及有关IMT基站与移动电台之间路径的传播模型的信息。

在IMT系统建模及模拟条件下的部署中需考虑的详细参数见第3段到第6段。特别是，第3节包含IMT网络总发射建模（IMT作为干扰系统的情况）以及IMT网络受影响情况建模（IMT作为被干扰系统的情况）的模拟步骤。接着第7节介绍了计算由IMT系统产生的潜在干扰集总效应的方法。

此外，为了强调共用和兼容情形中IMT系统真实感建模的重要性，第8节说明了通过比较与IMT系统性能和操作相关的中期结果来比较IMT系统建模实现的方法。

2 定义和基本概念

2.1 使用情形

IMT-Advanced是最为广泛认可的用于提供移动宽带（MBB）的无线电空中接口。IMT-2020无线电接口除支持增强型移动宽带（eMBB）用例外，还将支持不断涌现的各种应用（如大规模机器类通信（mMTC）和超高可靠低时延通信（URLLC））用例。该方法适用于上述所有情形，主要侧重于共用和兼容性研究中的主要使用情形MBB和eMBB情形。

移动宽带和增强型移动宽带是在更大范围的频谱应用频谱效率更高的技术带来的演进，实现了更高数据速率的服务。大规模机器类通信是物联网（IoT）环境下大量低成本、低能耗设备的连通性问题。超可靠低延迟通信有望实现各领域（如工业过程自动化和制造、能源分配、智能交通系统）动态进程的实施控制和自动化，要求以超高可靠性和可用性以及超低端到端时延进行通信。

设备对设备（D2D）和机器对机器（M2M）通信可用于mMTC和URLLC应用。在D2D/M2M通信中，移动电台使用控制信道发起与基站的通信。直接通过数据信道在移动电台之间传送用户数据流量。在这种情形下，移动电台位于基站提供的蜂窝区域内。

2.2 部署情形

从部署角度，可以将IMT-Advanced和IMT-2020无线接入网分为室外或室内以及无缝广域覆盖或小区域覆盖。

表1对IMT部署进行了总体说明。类别1和2与无缝宏覆盖的IMT网络的现有配置相同。小区域覆盖的类别3和4可独立运行或与类别1和2结合使用。

表1
无线接入网类别

MS位置	无缝广域覆盖	小区域覆盖
室外MS	类别1 传统宏蜂窝（全向、扇形天线，波束赋形天线）	类别3 室外小区域覆盖（全向、扇形天线，波束赋形天线）
室内MS	类别2 室外宏蜂窝覆盖（全向、扇形天线，波束赋形天线）	类别4 室内小区域覆盖（全向、扇形天线，波束赋形天线）

此外，可从以下方面考虑按部署情形对无线接入网进行分类：

- a) 环境（农村/郊区/城市/室内）；
- b) 无缝广域覆盖（小区域覆盖）。

表2综合上文的a)和b)定义了六种部署情形。宏农村、宏郊区和宏城市这三种部署情形与无缝宏覆盖的IMT网络的现有配置相同。其他三种部署情形，即微郊区、微城市和室内部署为小区域覆盖。

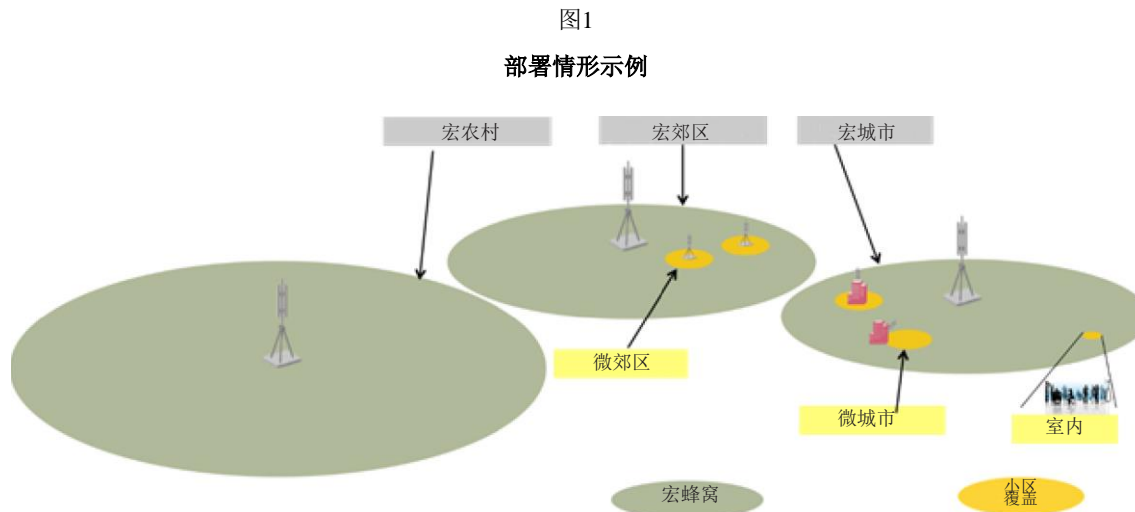
后三种部署情形可在一些情况下独立运行，而通常情况下与前三种部署情形相结合。

表2中部署情形的分类适用于相关IMT模型及相关传播环境，以将适当的IMT建模用于共用研究。

表2
无线接入网的部署情形

基站位置	无缝广域覆盖	小区域覆盖
农村	宏农村	不适用
郊区	宏郊区	微郊区
城市	宏城市	微城市
室内	不适用	室内

图1说明了可能的部署情形，并在下文进行详述。



M.2101-0

(1) 宏农村

农村部署情形侧重于较大的连续广域覆盖。基站天线通常安装在塔顶。

(2) 宏郊区

宏郊区情形侧重于郊区（主要是住宅）以及有低层建筑的乡镇的无缝覆盖，但不包括这些地区之间的人口稀少地区。基站天线通常安装在塔/屋顶，用户可在室外亦可在室内。

(3) 宏城市

宏城市部署情形侧重于多层建筑，基站天线通常位于或高于屋顶线。基站功率可视当地部署和覆盖需求而有所不同。用户可在室外亦可在室内。用于室内覆盖的中继器（如有的话）被视为等同于并因此视为用户设备（UE）。

(4) 微郊区

微郊区情形侧重于郊区低层建筑小社区的容量提升。基站天线通常安装在杆上，用户可以在室外亦可在室内。用于室内覆盖的中继器（如有的话）被认为等同于并因此视为用户设备。

(5) 微城市

微城市部署情形侧重于多层建筑，基站天线低于屋顶线，且通常部署为低输出功率的单扇区天线或波束赋形天线。从传播效应角度，这种部署情形所处的环境中，在天线附近阻塞和/或多衍射/散射为主要特征，如街道微小区和小型热点。用户可在室外或室内。

(6) 室内

室内情形常见于城市或郊区环境。基站和用户位于室内。

2.3 发射功率控制

评估整个IMT网络影响的研究应考虑到IMT网络的变化特性，特别是在功率控制方面。

对于上行链路，一些设备类型（如用于MTC应用的低功率设备）可在不控制功率的情况下运行，但对于其他类型（如增强型移动宽带设备），将采用功率控制。功率控制可全部或部分补偿连接至基站的不同设备之间的耦合损耗，且每个资源块（RB）具有初始接收目标电平。

对于下行链路，使用多个基站类型（宏基站（Macro）、微基站（Micro）、微微基站（Pico）、家庭基站（Femto）等），每种类型有不同的功率通量密度（EIRP）电平。第2.2段中微城市和室内部署情形的基站输出功率通常小于其他部署情形。基站不采用下行链路功率控制方案，每资源块（RB）的传输功率是恒定的。下行链路总功率根据所使用的资源块数量而有所不同。但在本建议书中，这种效应以不同方式建模（见第3.4段）。

2.4 高级天线技术与特性

在过去几年中，已开发IMT基站天线来优化信号传输或接收。此外，增加了IMT终端内接收天线的数量。

在基站和终端安装多个天线单元，就可能增加新的功能。通过多入多出（MIMO）技术，多个信号流可用于发射分集、空间复用、波束赋形或在一个方向或另一个方向的零陷。

IMT-2020除在较低频率范围操作外，亦在较高频段操作。天线尺寸随频率逐渐增大，在更高频率增加天线单元，基站和终端可利用较小的天线覆盖范围。天线单元增加，可支持更窄的波束形状，并减少对除预定接收机之外的设备的潜在干扰。此外，较高的波束增益可缓解较高频率（如毫米波频率）较高的路径损耗，支持向多用户发射多信号流（即多用户（MU）-MIMO）。

2.5 天线高度和环境结构

在农村环境中阻碍基站天线周围视距传播的高建筑结构很少。但随着郊区到城市环境的变化，基站天线周围的建筑结构更高，密度更大。因此，传播将视基站天线的位置和天线周围的建筑结构而受到影响。

2.6 电台的密度和分布

在集总干扰计算中有必要考虑无线电台的灵活密度和分布。对高数据速率流量的需求主要来自分散的热点地区。在较高频段的部署通常不会覆盖一国/区的所有地区，可使用较低频段对覆盖进行补充。

2.7 传播模型

从单层同构网络（如宏网络）到多层异构网络（如宏/微网络或宏/微微网络或微/微微网络等），IMT的部署配置有很多，而且必须处理若干频率范围室外到室外、室外到室内和室内传播环境。

此外，IMT系统与符合任何共存条件的其他业务系统之间的传播环境亦需考虑在内。ITU-R P系列建议书或ITU-R报告已提供若干模型。欲计算IMT基站与用户设备之间的路径损耗，另见ITU-R M.2135号报告。

干扰系统与被干扰系统之间的传播效应不属于本文件的范畴。但在选择传播模型时，应考虑到IMT系统的部署环境，包括基站天线的位置、周围的物理结构和操作频率。

2.8 用于室内覆盖的中继器

为了克服室内穿透损耗大的问题，可利用安装在建筑物外或建筑物内窗旁的壁挂式中继器轻松实现向基站的近视距传播。

2.9 IMT的保护标准

ITU-R M.2292号报告等ITU-R文件阐述了保护标准，其中规定了作为保护标准的I/N。I/N是IMT接收机接收到的允许的系统间干扰电平相对于接收机噪声电平（热噪声+接收机噪声系数）的比率。

在IMT网络建模中，载波与干扰加噪声比（ $C/(I+N)$ ）的恶化亦可用于评价由系统间干扰造成的IMT系统吞吐量损失或损耗。

3 模拟设置

对于用于共存研究的IMT网络建模和模拟，必须选择适当的部署条件。假设的部署条件是将直接影响任何共用研究结果的关键方面。此类因素可包括对假设的IMT网络操作所在环境（城市/区域/农村）的现实选择以及将在IMT模拟中使用的频段。此外，可根据干扰集总区域的大小等因素考虑电台的密度和分布以及EIRP。下文简要讨论了其他需要考虑的因素。

3.1 网络拓扑

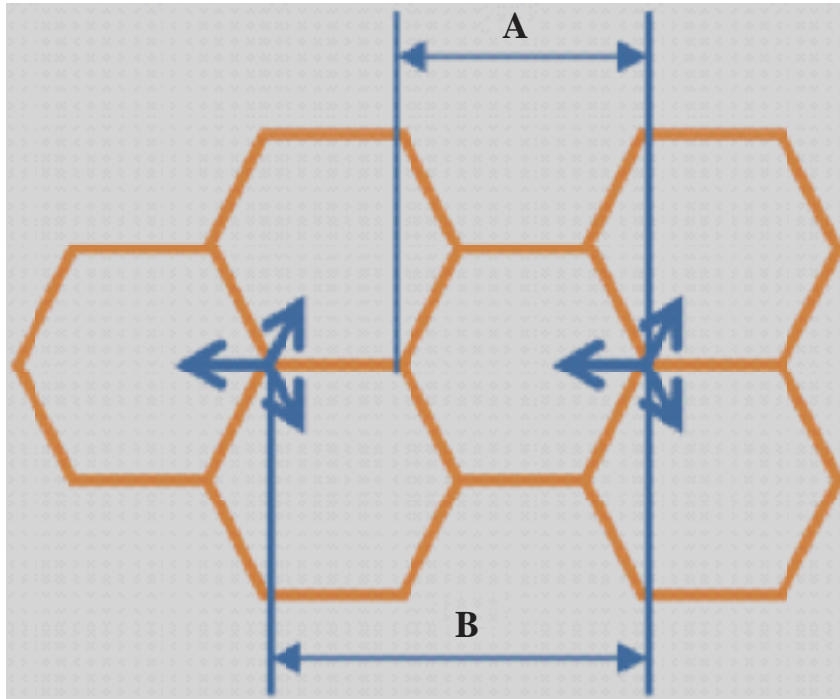
网络结构有两种不同的类型：同构网络和异构网络。同构网络结构由单一基站类型构成。可以是宏、微或室内基站。异构网络结构由至少两种基站类型组合而成。对于较大范围或全国范围的研究，可能需要组合不同的网络结构。

3.1.1 宏蜂窝网络

宏基站通常部署在屋顶以上。图2显示了3扇区部署的几何图形，并说明了参数小区半径（A）和站间距离（B）。每个小区（亦称为扇区）显示为六边形，在此图中每个基站站点有三个小区/扇区。IMT网络的小区大小可视环境、载波频率和基站类型而有所不同。

在较大区域或全国范围的共用研究中，使用与城市和郊区部署对应的小区半径应考虑到仅在大城市和郊区有限的中心地区部署的小区半径。

图2
宏蜂窝几何图形

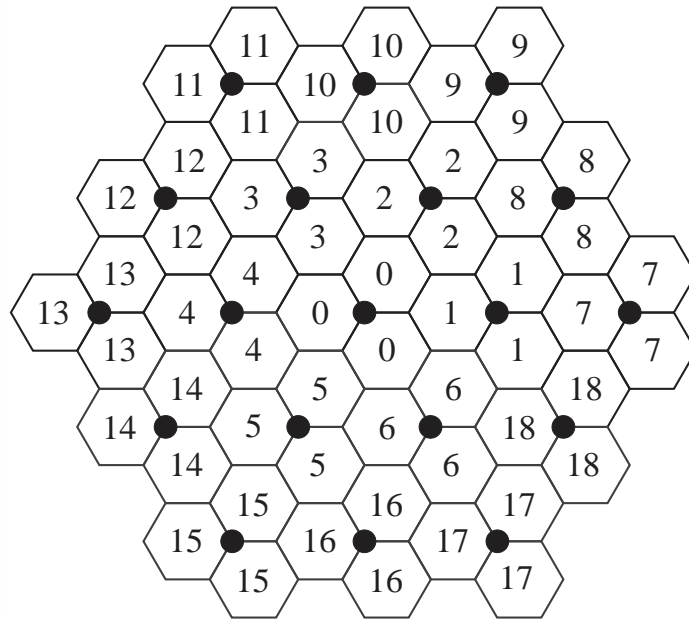


M.210102

图3描述了一种宏网络拓扑示例。与模拟相关的整个网络区域是三个扇区中每一个的十九个站点（图中的站点0到18）的集群，其他的19个站点的集群根据为避免网络部署边缘效应而采用的环绕方法围绕此中心集群重复。（有关环绕方法的信息，见附件2。）在一些情况下，例如在跨境情况下，可能需要对边缘效应进行建模。

图3

宏蜂窝布局 (中心集群)



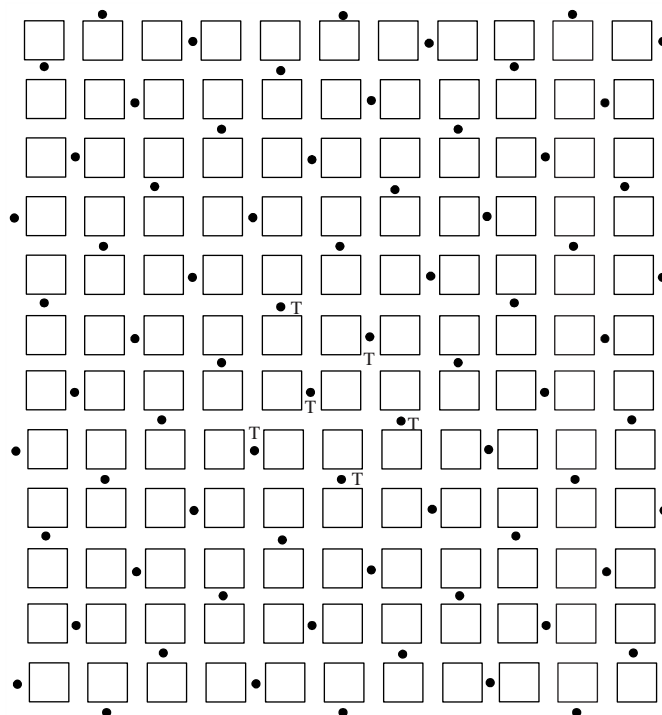
M.210103

3.1.2 微蜂窝网络

在城市环境中，微基站一般部署低于屋顶。微蜂窝拓扑[2]的一个例子是所谓的曼哈顿模型。如图4所示，微蜂窝基站部署在曼哈顿网格中。

图4

微蜂窝拓扑



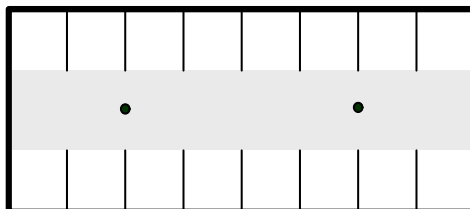
M.210104

3.1.3 室内热点

在这种情况下，基站部署在室内。室内热点情形的一个示例包括一层楼。室内蜂窝拓扑见图5。室内蜂窝小区的大小将根据频段和建筑物内部配置而有所不同。类似的部署会用于模拟多层共用情形中的每一层。如果将室内IMT系统视为干扰系统，则应考虑室内穿透损耗。

图5

室内热点布局

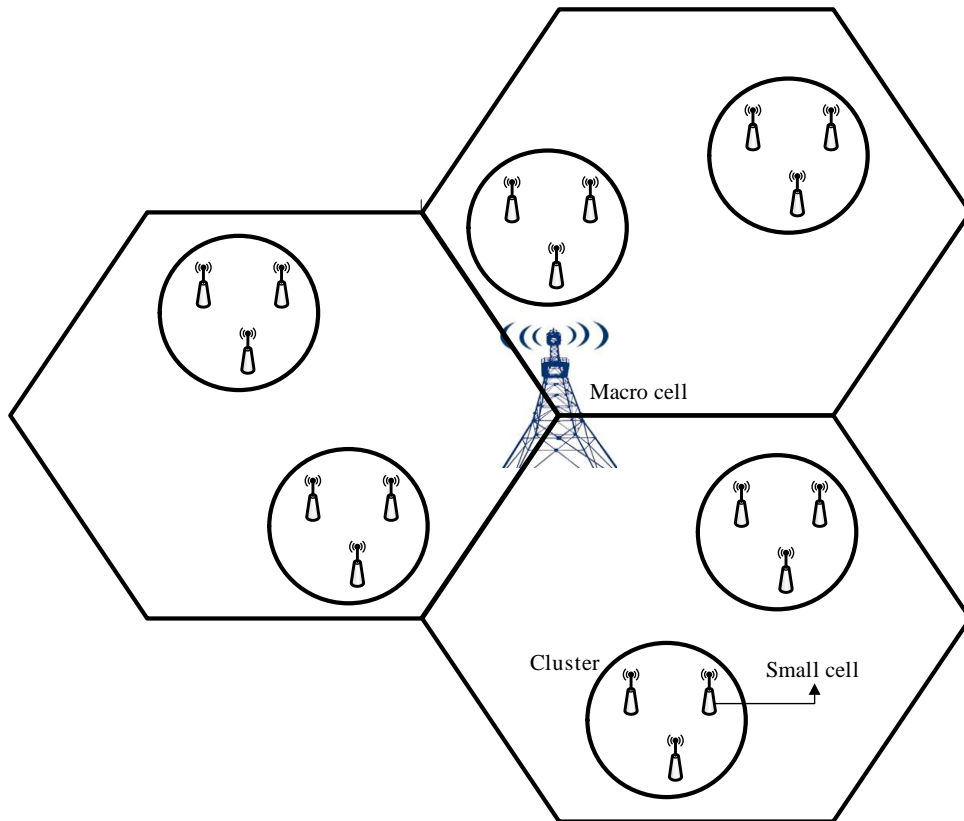


M.2101-05

3.1.4 异构网络

异构网络的示例见图6，由宏蜂窝小区和微蜂窝小区构成。在宏蜂窝覆盖区内分布着几个微蜂窝集群。每个集群由多个蜂窝小区组成，这些蜂窝小区可位于随机位置亦可位于固定和预定位置。

图6
异构网络布局



M.2101-06

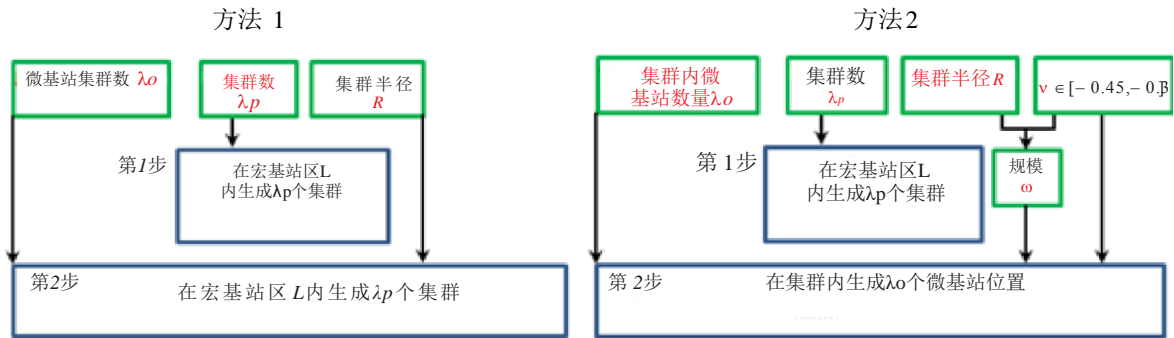
基于图6所示的布局，微基站分布中使用的随机过程可通过两个连续步骤创建：

第1步：根据分布 $D_{cluster}$ 在宏蜂窝区域内产生 λ_p 个集群

第2步：根据分布 D_{BS} 在每个集群内产生 λ_o 个微基站位置

下文说明了这些步骤之后采用的两种不同方法。其中都涉及采用集群数 λ_p 的微基站拓扑以及每个集群内微基站数 λ_o 所在的集群半径 R 。

图7
生成微基站的流程图



M.2101-07

在上图7中，方法1基于[1]并假定集群随机均匀分布（在宏地理区域内）以及每个集群内的微基站位置，而基于微基站实际部署情况[8]的方法2需要一个额外参数 ν ，考虑集群（泊松点过程（PPP））和微基站位置的不同概率分布（伽玛方差 σ_r ）。欲了解有关 R 、 ω 和 ν 的含义和关系的更多信息，见附件1。应注意，虽然在共用研究中可应用这两种方法，但对于非IMT业务的被干扰接收机位于IMT基站附近（如在同一城市环境）的情况，方法2可能更适用。

为了避免来自宏蜂窝小区的强干扰，微蜂窝通常使用另一频段。对于两个IMT层使用不同频率的网络，在共用研究中只模拟与受干扰系统频率相邻或重叠的层足矣。但这种模拟应该考虑到并非所有的流量都在模拟的IMT层中承载。

对于使用多个频段的网络，宏蜂窝小区使用较低频段进行全覆盖。

3.2 用于干扰计算的IMT网络建模

视不同情形，在共用和兼容性研究中应考虑不同类型的干扰。本节对此做了说明。

对于涉及IMT和非IMT系统的情形，如ITU-R SM.337建议书所述，同信道和相邻信道效应可以共同视为频率相关抑制（FDR）。

3.2.1 同信道发射

在干扰源和受干扰系统在同一频率（同信道）操作的情况下，要考虑的主要干扰类型是由干扰源的同信道发射功率引起的。

3.2.2 相邻信道发射

在干扰源和受干扰系统在不同频率操作的相邻频段情形中，需要考虑两种类型的干扰：

- 干扰源无用发射：由带外发射和杂散发射组成的无用发射；
- 受干扰系统接收机阻塞性能：在存在干扰的情况下，接收机在其所获指配的信道带宽内接收有用信号的能力。

3.2.2.1 干扰源无用发射

3.2.2.1.1 带外（OOB）发射干扰

干扰源带外发射表示因调制过程在必要带宽之外相邻频率产生的无用发射，但不包括杂散发射。

对于IMT系统，干扰源带外发射干扰 P_{tx}^{OOB} 可计算如下：

$$P_{tx}^{OOB} = P_{tx} - ACLR \quad \text{dB} \quad (1)$$

其中：

P_{tx} (dBm): 干扰发射机输出功率

$ACLR$ (dB): 相邻信道泄漏功率比，是以所指配的信道频率为中心的过滤平均功率（在指配的信道带宽上整合）与以相邻信道频率为中心的过滤平均功率（在相邻信道带宽上整合）的比。 $ACLR$ 亦可由相关规范（如3GPP[6][7]）中给出的带外发射掩膜推导。

可能还需要其他（非IMT）系统的带外反射信息，可由或不由 $ACLR$ 定义。

3.2.2.1.2 杂散发射干扰

杂散发射表示在带外发射域之外的一个或多个频率上的无用发射，可在不影响相应的信息传输情况下减少上述发射的电平。杂散发射包括谐波发射、寄生发射、互调产物和变频产物，但不包括带外发射。

对于IMT系统，在给定频段中定义的杂散发射 $P_{tx}^{spurious}$ 的值可在相关规范（如ITU-R M.2292号报告）和3GPP中找到。

与带外发射类似，可计算杂散发射的等效 $ACLR$ 值（ $ACLR_{equiva}$ ），在模拟中使用。那么 $P_{tx}^{spurious}$ 的值可如下推导，

$$P_{tx}^{spurious} = P_{tx} - ACLR_{equiva} \quad \text{dB} \quad (2)$$

可能还需要其他（非IMT）系统杂散发射的信息，可由或不由 $ACLR$ 定义。

3.2.2.2 阻塞干扰

阻塞特性是在存在无用发射源的情况下，对接收机在其所获指配的信道接收有用信号的能力的衡量。

对于IMT系统，阻塞干扰 $P_{blocking}$ 的值可以如下推导，

$$P_{blocking} = P_{rx} - ACS \quad \text{dB} \quad (3)$$

其中:

P_{rx} (dBm): 接收机处的干扰信号平均功率

ACS (dB): 相邻信道选择性是在相邻信道存在调制信号的情况下, 对接收机在其所获指配信道频率接收信号的能力的衡量。可根据相关规范中定义的ACS/阻塞干扰电平计算ACS的值。见ITU-R M.2039-3号报告表2的注释(27)或3GPP TR 36.942。

可能还需要其他(非IMT)系统的阻塞特性信息, 可由或可不由相邻信道选择性(ACS)定义。

3.2.3 ACIR/FDR

相邻信道干扰功率比(ACIR)的定义为发射源(基站或用户设备)发射的总功率与由发射机和接收机的缺陷产生的影响受干扰接收机的总干扰功率的比率。ACIR通常用于干扰源和受干扰系统均为IMT系统的情况。因此, ACIR是根据公式(4)计算的两种干扰类型(无用发射和阻塞干扰)的综合值, ACLR和ACS以线性形式表示。

$$ACIR^{-1} = ACLR_{TX}^{-1} + ACS_{RX}^{-1} \quad (4)$$

如果ACS和ACLR的值不可用, 则ITU-R SM.337建议书所述的FDR值可取代ACIR值。

3.2.4 IMT设备实际实施的特性

实际的IMT设备实施的可实现性能, 如无用发射电平或阻塞性能, 通常在正常情况下比标准中规定的更好。

因此, 在IMT系统建模时, 可考虑IMT设备的实际设计考量因素。在信息(如设备实际部署的无用发射电平的测量结果)可用的情况下, 在IMT系统建模时可考虑指定值和测量值之间的差异。

3.3 FDD/TDD网络

IMT网络可作为频分双工(FDD)网络(上行链路和下行链路使用不同频段)、时分双工(TDD)网络(在同步/未同步、固定或可变上行链路/下行链路比的情况下, 上行链路和下行链路使用同一频段)或下行链路/上行链路网络运行。在创建模拟情形时, IMT建模必须考虑到这一点。

如果对受干扰系统的集总干扰来自较大/非常大的地球区域, 如卫星或高空平台, 则模拟器需要能够考虑若干地理上分离的IMT网络。

3.4 模拟方法

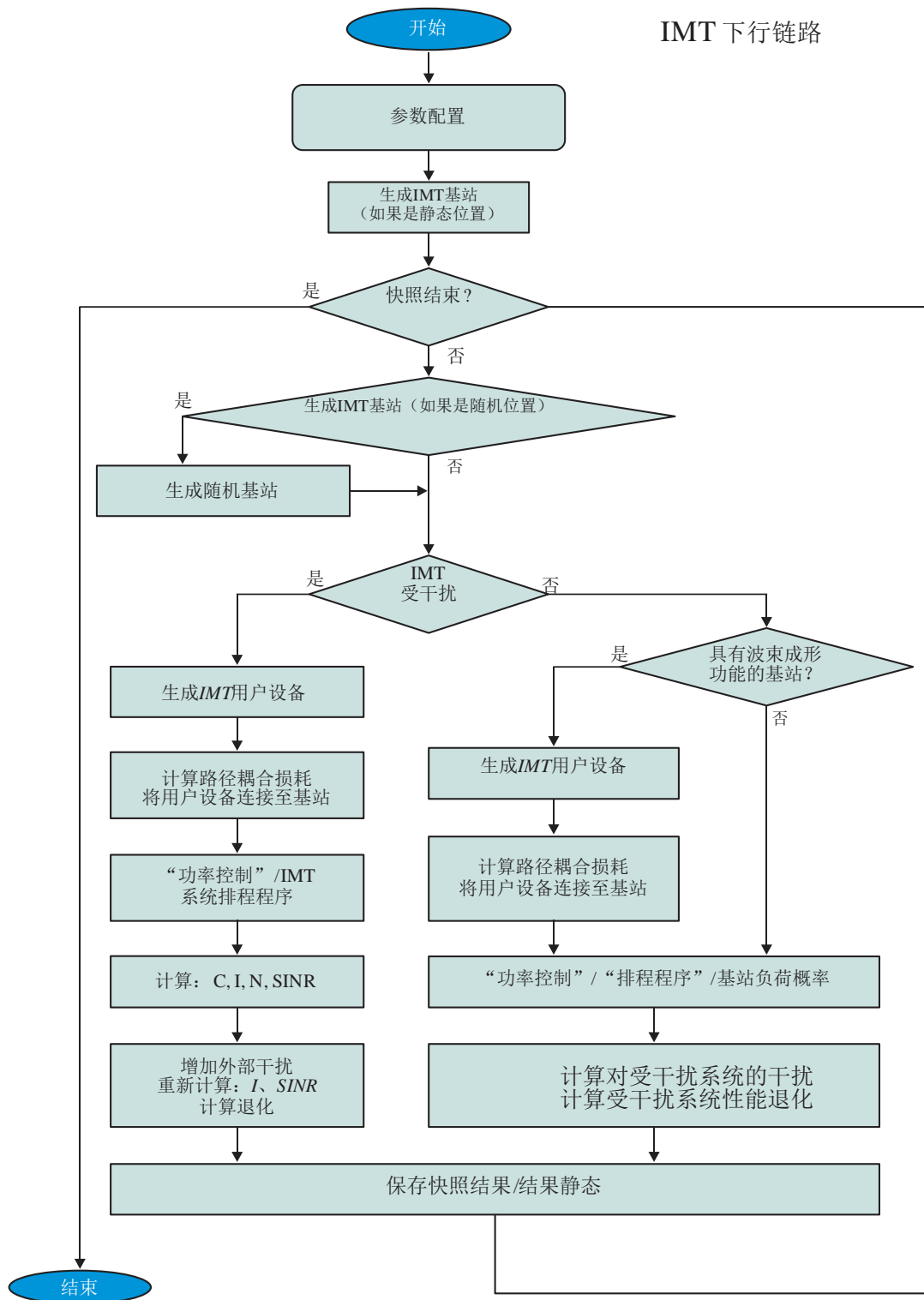
本节概述了要遵循的模拟方法步骤, 以便由IMT网络产生上行链路或下行链路发射, 用于共存研究。

这种方法是系统级模拟, 广泛应用于涉及IMT网络的共用和兼容性研究。该方法基于蒙特卡洛分析, 可通过同时模拟来自多个干扰源的系统间干扰来评估干扰可能性。不同拓扑假设、不同功率控制算法和不同干扰发射机分布密度造成的影响亦反映在评估结果中。应注意, 图8和9显示的计算非IMT受干扰系统性能下降的方法以及其他系统的建模不属于本文件范畴。

下文所述的静态方法可作为将时间等因素考虑在内的更精确模型的基础。这种模型会考虑干扰电平随时间的变化，如在移动的用户设备与无重传地面系统（如广播接收机）干扰的情况。静态模拟的典型流程图如下所示。

图8

下行链路模拟方法流程图



M.210408

3.4.1 下行链路

根据所选用例/部署情形，创建基站（BS）网络（如果是位于固定位置的静态）。
对于*i*=1至快照数

- 1 视所选的流程图路径，对每个快照而言，步骤a.到f.中的一些步骤可能不需要。
- a. 在具有随机定位的基站节点的基站网格情况下，随机创建/分布基站节点。
 - b. 在整个系统区域随机分配足够²数量的用户设备，从而在切换（HO）余量内为每个小区分配相同数量的 K 个“选定”用户（在该快照中从基站接收数据的用户设备）。 K 的值取决于用例/部署情形、频率和带宽。计算每个用户设备到所有基站的路径耦合损耗（最大{传播损耗+衰落+天线增益}，MCL）。如果基站网格使用环绕处理方式，还可确定用户设备和基站之间的最小耦合损耗值。
 - c. 将用户设备随机连接到路径耦合损耗在最小耦合损耗加切换余量范围内的基站。
 - d. 从与一个基站连接的所有用户设备中随机选择 K 个用户设备作为“选定的”用户设备。这些 K 个“选定的”用户设备将在此快照期间排程。如使用波束成形，则选定的基站/用户设备波束指向对方。
 - e. 所有可用的资源块（RB）将分配给“选定的”用户设备，给每个用户设备安排相同数量的 n 个资源块。因此，每个用户设备的基站发射功率是固定的。
 - f. 基站以全功率发射或者以某个负荷概率保持静默，即随机选择 $x\%$ 的基站进行发射，其余的保持静默。见第6节。

x 的值可以是单个数字，也可以在每个快照的一个范围内随机选择。

对于那些发射的基站，每个用户设备³的功率计算如下：

假设 P_{BS}^{Max} 表示BS的最大发射功率

$M = n \times K$ 是对每个基站而言所有可用资源块的数量

P_{BS}^{UE} 是从基站到“选定的”用户设备的发射功率

n 是每个用户设备资源块的数量

$$P_{BS}^{UE} = P_{BS}^{Max} \frac{n}{M} \quad (5)$$

如果IMT下行链路作为干扰系统，继续步骤2

如果IMT下行链路为受干扰系统，继续执行步骤3

2. 选择IMT DL作为干扰源
 - a. 视系统负荷和干扰条件（最近的干扰源或集总干扰）随机选择 $x\%$ 的基站作为受干扰系统的干扰源。

2 “丢弃（分布式）设备的足够数量将取决于所使用的丢弃方法（即在每个基站覆盖区内随机丢弃还是在整个网络覆盖区内随机丢弃）以及应分配给每个基站的数量 K 。通常足够的数量在 $2 \times K$ 和 $10 \times K$ 之间变动，以便根据使用的丢弃方法实现每个基站的所需分配。”

3 如流程图所示，一个可能的路径不需要创建用户设备。对于此路径，设定 $P_{BS}^{UE} = P_{BS}^{Max}$ ，以便继续进行步骤2和步骤6中的操作。

- b. 假设受干扰系统已建模，对受干扰系统施加干扰并计算其性能下降。
计算IMT系统各下行链路对受干扰系统的外部干扰。

在所选的所有基站循环 $j = 1$ 到 N_{cell} （系统区域内选定的基站数）；

在所选基站中的所有“选定的”用户设备循环 $k = 1$ 到 K ，则来自 BS_j （当为第 K 个用户设备提供服务时）的干扰可按如下计算：

$$I_{External}(TX_{BS_j}^{UE_k}, RX^{victim}) = P_{BS}^{UE} \times CL_{External}(TX_{BS_j}^{UE_k}, RX^{victim}) / ACIR_{linear} \quad (6)$$

其中：

$CL_{External}(TX_{BS_j}^{UE_k}, RX^{victim})$ ：IMT系统的 BS_j （当为其第 k 个用户设备提供服务时）到被干扰接收机的耦合损耗，其中包括发射机/接收机处的路径损耗、穿透损耗、遮蔽衰落和天线增益。

如使用FDR，将 $ACIR_{linear}$ 替换为FDR。

$I_{External}(TX_{BS_j}^{UE_k}, RX^{victim})$ ： BS_j （当为其第 k 个用户设备提供服务时）对被干扰接收机的系统间干扰。

集总外部系统干扰表示为：

$$I_{External} = \sum_j \sum_k I_{External}(TX_{BS_j}^{UE_k}, RX^{victim}) \quad (7)$$

其中：

$I_{External}$ ：对被干扰系统造成的集总外部系统干扰

计算外部干扰对被干扰系统的影响。对非IMT被干扰系统的影响的计算不在本建议书的范畴内，且取决于共用情形。

- c. 继续步骤6。

3. 选择IMT DL作为被干扰系统。

- a. 视系统负荷随机选择 $x\%$ 的基站
b. 针对所有“选定的”用户设备计算DL C/I。

在所选的所有基站循环 $j = 1$ 到 N_{cell} （系统区域内选择的基站数）

在所选基站中的所有“选定的”用户设备上循环 $k = 1$ 到 K 。

对于第 j 个小区中的“选定的”第 k 个用户设备，其 C/I 表示为 $\frac{C(j, k)}{I(j, k)}$ 。

$C(j, k)$ 是从提供服务的基站（即第 j 个基站）接收的功率。

$$C(j, k) = P_{BS}^{UE} \times pathCouplingLoss(UE_{j, k}, BS_j) \quad (8)$$

$I(j, k)$ 是由系统内干扰（来自其自身网络中的其他小区） $I_{intra}(j, k)$ 和热噪声 N_t 组成的干扰功率。

$$I(j, k) = I_{intra}(j, k) + N_t \quad (9)$$

$$I_{intra}(j,k) = \sum_{l=1, l \neq j}^{N_{cell}} P_{BS}^{UE} \times pathCouplingLoss(UE_{j,k}, BS_l) \quad (10)$$

$$N_t = 10^{((10 \log_{10}(kT) + 10 \log_{10}(bandwidth\ of\ n\ RBs) + NoiseFigure_{UE})/10)} \quad (11)$$

其中 $10 \log_{10}(kT)$ 是噪声功率谱密度，单位 dBm。

4. 添加由 y 个功率均为 $P_{ext,y}$ 的干扰源组成的外部干扰 Z_y 。如果干扰仅发生在一个或几个小区，那么主要干扰应置于有源小区（即包含所选基站的小区）内。

对所有“选定的”用户设备计算受到外部干扰的 DL $C/I = \frac{C(j,k)}{I(j,k)}$ 。

$C(j,k)$ 、 $I_{intra}(j,k)$ 和 N_t 与步骤 3 相同。

$$I(j,k) = I_{intra}(j,k) + I_{external}(j,k) + N_t \quad (12)$$

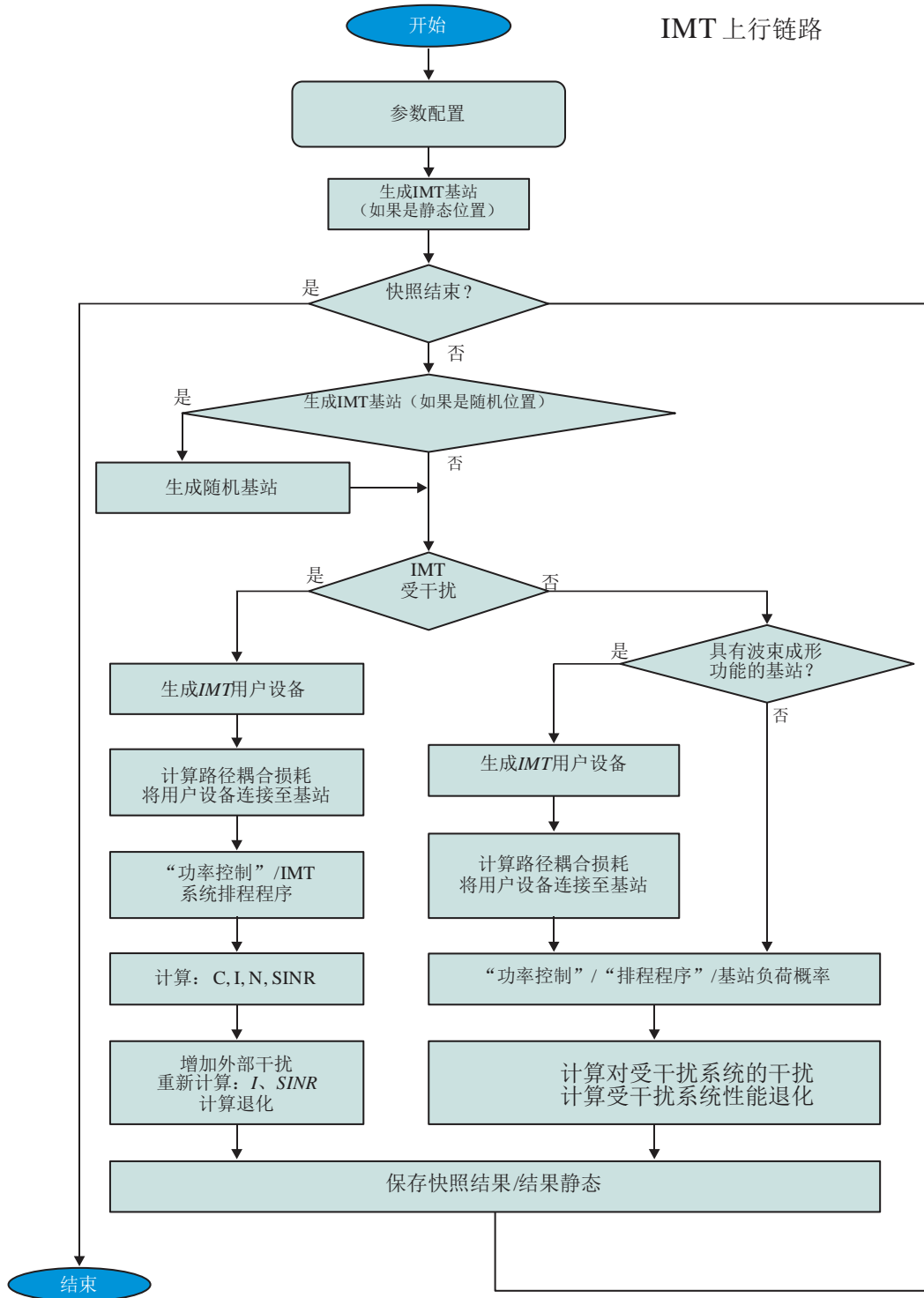
$$I_{external}(j,k) = \sum_{m=1}^y P_{ext,m} \times pathCouplingLoss(Z_m, UE_{j,k}) / ACIR_{linear} \quad (13)$$

应根据每个用户设备分配的资源块数量计算 ACIR 的值。如果使用 FDR，将 $ACIR_{linear}$ 替换为 FDR。

5. 根据链路到系统级映射，利用 C/I 确定在有和没有外部干扰的情况下每个“选定的”用户设备的吞吐量。
6. 收集统计资料。

3.4.2 上行链路

图9
模拟上行方法流程图



M.210109

根据所选用例/部署情况，创建基站网络（如果是位置固定的静态）。

对于 $i=1$ 到快照数

1. 视所选的流程图路径，对于每个快照，步骤a.到f.中的一些步骤可能不需要。
 - a. 在基站节点随机分布的基站网格情况下，随机创建/分配基站节点。
 - b. 在整个系统区域内随机分配足够⁴数量的用户设备，以便在3 dB的切换余量内向每个基站分配相同数量的 K 个“选定的”用户。 K 的值取决于用例/部署情形、频率和带宽。MBB研究中使用了间隔为3至6的典型 K 值。
 - c. 计算每个用户设备到所有基站的路径耦合损耗（最大{传播损耗+衰落+天线增益}，MCL）。如果基站网格使用环绕式处理方式，还要确定用户设备与基站之间的最小耦合损耗值。
 - d. 将用户设备随机连接到路径耦合损耗在最小耦合损耗加切换余量范围内的基站。
 - e. 在所有连接至一个基站的设备中随机选择 K 个用户设备作为“选定的”用户设备。在此快照期间将对这些“选定的” K 个用户设备做出安排。
 - f. 每个用户设备的功率由上行链路功率控制决定。
 - g. 假设一个基站完全加载，即将所有可用的资源块分配给有源用户设备。为每个用户设备安排相同数量的 n 个资源块。

连接到基站的用户设备可能会也可能不会根据负荷概率进行发射，即 $x\%$ 的随机选择的基站中的用户设备进行发射，而其余的用户设备保持静默。见第6节。 x 的值可以是单个数字，也可以从每个快照中的一个范围内随机选择。

2. 执行下行链路功率控制

如果IMT上行链路作为干扰系统，则继续执行步骤3。如果IMT上行链路作为被干扰系统，则继续执行步骤4。

3. 选择IMT UL作为干扰源

- a. 根据系统负载和干扰条件（最近的干扰源或集总干扰）随机选择 $x\%$ 的基站。选择连接到这些基站的用户设备作为被干扰系统的干扰源。

⁴ “丢弃设备的足够数量将取决于所使用的丢弃方法（即在每个基站覆盖区内随机丢弃还是在整个网络覆盖区内随机丢弃）以及应分配给每个基站的数量 K 。通常足够的数量在 $2*K$ 和 $10*K$ 之间变动，以便根据使用的丢弃方法实现每个基站的所需分配。”

- b. 对被干扰系统施加干扰并计算其影响:

在所选的所有基站上循环 $j = 1$ 到 N_{cell} (在系统区域内选择的基站的数量);

在所选基站内的所有“选定的”用户设备上循环 $k = 1$ 到 K 。

计算各IMT上行链路对被干扰系统的外部干扰。

$$I_{External}(TX_{UE_k}^{BS_j}, RX^{victim}) = P_{UE_k}^{BS_j} \times CL_{External}(TX_{UE_k}^{BS_j}, RX^{victim}) / ACIR_{linear} \quad (14)$$

(如果使用FDR, 将 $ACIR_{linear}$ 替换为FDR。)

其中:

$P_{UE_k}^{BS_j}$: BS_j 服务的第 k 个用户设备的传输功率

$CL_{External}(TX_{UE_k}^{BS_j}, RX^{victim})$: BS_j 服务的第 k 个用户设备到被干扰接收机的耦合损耗

$I_{External}(TX_{UE_k}^{BS_j}, RX^{victim})$: BS_j 服务的第 k 个用户设备对被干扰接收机的系统间干扰。

集总外部系统干扰表示为:

$$I_{External} = \sum_j \sum_k I_{External}(TX_{UE_k}^{BS_j}, RX^{victim}) \quad (15)$$

其中:

$I_{External}$: 对被干扰系统的集总外部系统干扰。

计算外部干扰对被干扰系统的影响。计算对非IMT被干扰系统的影响不属于本建议书的范畴, 取决于共用情形。

- c. 继续步骤7。

4. 选择IMT UL作为被干扰台站

- a. 根据系统负载随机选择 $x\%$ 的基站

- b. 计算所有小区中所有“选定的”用户设备的UL C/I 。

在所选的所有基站上循环 $j = 1$ 到 N_{cell} (系统区域内所选基站的数量)。

在所选基站内所有“选定的”用户设备上循环 $k = 1$ 到 K 。

对于第 j 个小区中的第 k 个“选定的”用户设备 (即 $UE_{j,k}$), 其 C/I 表示为 $\frac{C(j,k)}{I(j,k)}$

其中:

$C(j,k)$ 是在第 j 个基站处从 $UE_{j,k}$ 接收的功率

$$C(j,k) = P_{PUSCH}(j,k) \times pathCouplingLoss(UE_{j,k}, BS_j) \quad (16)$$

$I(j,k)$ 是由系统内干扰 (分配给自身网络其他小区中相同资源块的用户设备的干扰)

$I_{intra}(j,k)$ 和热噪声 N_t 组成的干扰功率。

$$I(j,k) = I_{intra}(j,k) + N_t \quad (17)$$

$$I_{\text{intra}}(j,k) = \sum_{l=1, l \neq j}^{N_{\text{cell}}} P_{\text{PUSCH}}(l,k) \times \text{pathCouplingLoss}(UE_{l,k}, BS_j) \quad (18)$$

$$N_t = 10^{((10 \log_{10}(kT) + 10 \log_{10}(\text{bandwidth of } n \text{ RBs}) + \text{NoiseFigure}_{BS})/10)} \quad (19)$$

其中 $10 \log_{10}(kT)$ 是噪声功率谱密度，单位dBm。

5. 添加由 y 个功率均为 $P_{\text{ext},y}$ 的干扰源组成的外部干扰 Z_y

如果干扰仅发生在一个或几个小区，那么主要干扰应置于有源小区（即包含所选基站的小区）内。

针对所有“选定的”用户设备计算受到外部干扰的UL $C/I = \frac{C(j,k)}{I(j,k)}$ 。

$C(j,k)$ 、 $I_{\text{intra}}(j,k)$ 和 N_t 与步骤4相同。

$$I(j,k) = I_{\text{intra}}(j,k) + I_{\text{external}}(j,k) + N_t \quad (20)$$

$$I_{\text{external}}(j,k) = \sum_{m=1}^y P_{\text{ext},m} \times \text{pathCouplingLoss}(Z_m, BS_j) / \text{ACIR}_{\text{linear}} \quad (21)$$

应根据每用户设备分配的资源块数量计算使用的ACIR值。如果使用FDR，将 $\text{ACIR}_{\text{linear}}$ 替换为FDR。

$$N_t = 10^{((10 \log_{10}(kT) + 10 \log_{10}(\text{bandwidth of } n \text{ RBs}) + \text{NoiseFigure}_{BS})/10)} \quad (22)$$

其中 $10 \log_{10}(kT)$ 是噪声功率谱密度，单位dBm。

6. 根据链路到系统级映射，使用其 C/I 确定每个“选定的”用户设备在存在和不存在外部干扰情况下的吞吐量。
7. 收集统计数据。

4 实施IMT用户设备（UE）功率控制

功率控制是IMT系统的重要技术特性。基于OFDMA的系统中的上行链路小区容量受到来自其他用户设备的干扰电平的限制。调整用户设备功率输出电平以保持最小干扰，确保小区边缘覆盖。功率控制可与频域资源分配策略结合，增强小区边缘性能，提高频谱效率。

应注意，由于用户设备发射机输出功率可能低于发射频段中的最大发射机输出功率，所以平均带外发射（OOBE）电平低于规定的带外发射电平。

4.1 功率控制算法

对于IMT-Advanced系统，用于共用研究的用户设备功率控制算法如下所示：

$$P_{\text{PUSCH}}(i) = \min(P_{\text{CMAX}}, 10\log_{10}(M_{\text{PUSCH}}(i)) + P_{\text{O_PUSCH}}(j) + \alpha(j) \cdot PL) \quad (23)$$

其中：

P_{PUSCH} 终端发射功率，单位dBm

P_{CMAX} 最大发射功率，单位dBm

M_{PUSCH} 分配的资源块数量

$P_{\text{O_PUSCH}}$ 使用的每个资源块目标功率值，单位dBm

α 具有不良信道的用户设备和具有良好信道的用户设备的平衡因子

PL 服务基站到用户设备的路径损耗，单位dB。

预计对于IMT-2020系统，用户设备功率控制算法可能与IMT-Advanced网络所使用的算法类似。

5 实施IMT基站（BS）和用户设备（UE）波束成形天线方向图

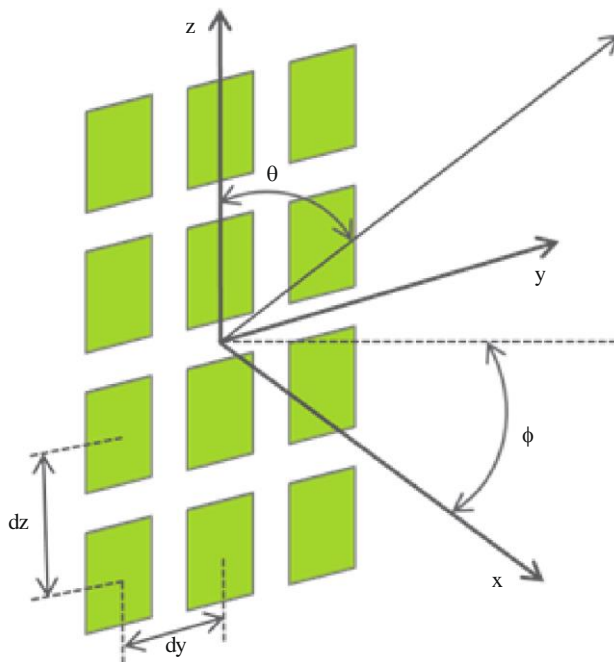
过去在开展共用研究时一直使用ITU-R F.1336建议书（参考ITU-R M.2292号报告），对于一些IMT情形可能是可行的。特别是在较高频率，大多数IMT-2020系统将使用波束成形技术。

波束成形天线基于天线阵列，由多个位于yz平面中具有固定间隔距离（如 $\lambda/2$ ）的相同辐射元件组成，所有元件具有相同的辐射方向图，“指向”（具有最大方向性）x轴。使用加权函数将波束引向各个方向。总天线增益是阵列增益和元件增益的和（对数刻度）。3GPP TR 37.842以及3GPP TR 37.840第5.4.4.1节对这种模型做了如下描述。

θ 和 φ 的定义基于图10所示的坐标系。

图10

天线模型几何图形, θ : 仰角, 范围从0到180度
 ϕ : 方位角, 范围从-180到180度



M.2101 -10

辐射元件沿笛卡尔坐标系中的垂直 z 轴均匀分布。 x - y 平面表示水平面。信号方向的仰角表示为 θ （限定在 0° 和 180° 之间， 90° 代表与阵列天线孔径垂直的角）。方位角表示为 ϕ （限定在 -180° 和 180° 之间）。

无源天线系统（例如，基于ITU-R F.1336建议书的天线系统）和有源高级天线系统（AAS）之间的一个区别是，对于AAS，与有用（块内）发射相比，无用（块外）发射的天线行为不同。

使用AAS的IMT系统将主动控制所有馈送到天线阵列中各个天线单元的单独信号，以便调整并引导天线发射图形成期望的形状，例如指向用户的窄波束。即，形成来自天线的相关的有用发射。由发射机带外调制产生的无用信号、互调产物和杂散发射分量将不会遇到与天线相同的相关情况，并且将具有不同的发射方向图。非相关AAS具有与单个天线单元类似的天线发射方向图。

在IMT作为干扰系统的相邻频段情况下，可以假设无用发射的天线方向图与单个天线单元的天线方向图类似。对于信道带宽内的IMT系统发射，需要对复合天线方向图进行模拟。

在IMT作为被干扰系统的相邻频段情况下，在计算相邻信道干扰时，可假设天线方向图与单个天线单元的天线方向图类似。欲了解对IMT系统信道带宽的干扰，需要对复合天线方向图进行模拟。

AAS天线阵列模型由阵列单元方向图、阵列因子和应用于阵列系统的信号决定。单元方向图和复合天线方向图在以下各节中做了描述。

5.1 单元方向图

表3

天线阵列模型的单元方向图

水平辐射方向图	$A_{E,H}(\varphi) = -\min \left[12 \left(\frac{\varphi}{\varphi_{3dB}} \right)^2, A_m \right] \text{ dB}$
单个单元的水平3dB 带宽/度 (φ_{3dB})	输入参数
前后比: A_m 和 SLA_v	输入参数
垂直辐射方向图	$A_{E,V}(\theta) = -\min \left[12 \left(\frac{\theta - 90}{\theta_{3dB}} \right)^2, SLA_v \right] \text{ dB}$
单个单元的垂直3dB 带宽/度 (θ_{3dB})	输入参数
单个元件方向图	$A_E(\varphi, \theta) = G_{E,\max} - \min \{ [A_{E,H}(\varphi) + A_{E,V}(\theta)], A_m \}$
元件增益 (dBi), $G_{E,\max}$	输入参数

5.2 复合天线方向图

表4说明了复合天线方向图 $A_A(\theta, \varphi)$ 的推导。 $A_A(\theta, \varphi)$ 是从阵列增益 $10 \log_{10} \left(\sum_{m=1}^{N_H} \sum_{n=1}^{N_V} w_{i,n,m} \cdot v_{n,m} \right)^2$

和单元增益 $A_E(\theta, \varphi)$ 的对数和得到的波束成形天线方向图。如果阵列服务于具有一个或多个波束的一个或多个用户设备（其中每个波束用参数 i 表示），则应使用基站天线的复合方向图。

表4

用于基站和用户设备波束成形的复合天线方向图

配置	多列 ($N_V \times N_H$ 个单元)
复合阵列辐射方向图 $A_A(\theta, \varphi)$, 单位dB	<p>对于波束<i>i</i>:</p> $A_{A,Beam_i}(\theta, \varphi) = A_E(\theta, \varphi) + 10 \log_{10} \left(\left \sum_{m=1}^{N_H} \sum_{n=1}^{N_V} w_{i,n,m} \cdot v_{n,m} \right ^2 \right)$ <p>叠加矢量计算如下:</p> $v_{n,m} = \exp \left(\sqrt{-1} \cdot 2\pi \left((n-1) \cdot \frac{d_V}{\lambda} \cdot \cos(\theta) + (m-1) \cdot \frac{d_H}{\lambda} \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\varphi) \right) \right),$ <p>$n = 1, 2, \dots, N_V; m = 1, 2, \dots, N_H;$</p> <p>加权计算如下:</p> $w_{i,n,m} = \frac{1}{\sqrt{N_H N_V}} \exp \left(\sqrt{-1} \cdot 2\pi \left((n-1) \cdot \frac{d_V}{\lambda} \cdot \sin(\theta_{i,tilt}) - (m-1) \cdot \frac{d_H}{\lambda} \cdot \cos(\theta_{i,tilt}) \cdot \sin(\varphi_{i,scan}) \right) \right) \sqrt{}$
天线阵列配置 (行×列)	输入参数
水平辐射单元间隔 d/λ	输入参数
垂直辐射单元间隔 d/λ	输入参数
下倾角 (度)	输入参数

6 实施IMT流量信息

对于大多数涉及高级IMT系统的蒙特卡罗模拟研究，假设采用全缓冲流量模型。这相当于假设基站始终使用所有资源块进行发射/接收。ITU-R M.2241号报告指出，部署的OFDM网络情况并非如此，因为在100%的时间传输100%的频率资源块会导致许多用户的小区饱和和服务故障。因此，基站大部分时间只使用部分可用资源块进行发射。

本建议书（第7节）描述了更好地说明IMT网络实际行为的指导意见，IMT系统是被干扰系统还是作为集总干扰源。

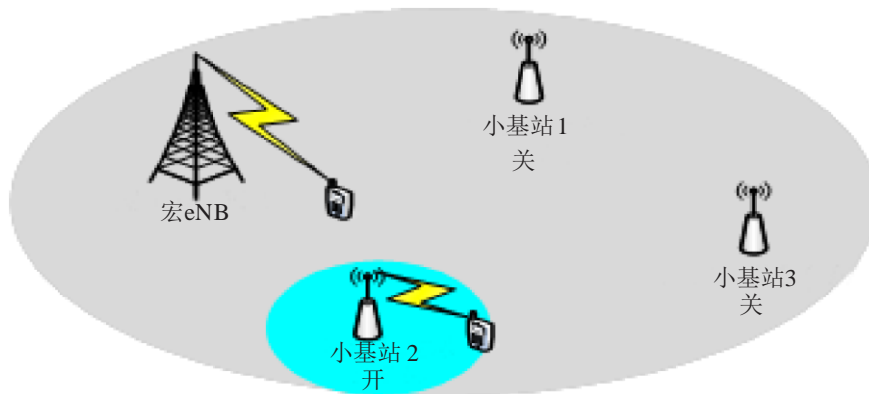
在IMT网络中加载取决于多个因素，如用户行为、应用程序和部署情形。为了简化，通过统计学上改变同时发射的全负荷基站和/或其数量来进行网络负载建模。在ITU-R相关文件（如ITU-R M.2292号报告）中已将其作为基站的活动因素进行了介绍。IMT网络负载的建模可取决于共用情形。例如，干扰建模中网络负载的建模可能取决于干扰集总的区域的大小等因素。

7 确定集总干扰

本建议书第3节所述的模拟设置计算来自几个基站和/或用户设备的集总干扰。因此，可以得出结论，模拟器总是固有地计算IMT网络对被干扰系统的集总干扰。但是根据共存情形，还应考虑下述问题：

- 建模的基站为全功率发射或根本不发射且具有一定的负荷概率，即随机选择 $x\%$ 的基站发射，而其余的不发射。参见第6节。 x 的值可以是单个数字，也可以从每个快照中的某个范围随机选择。
- 在共用研究需要对大量IMT站进行模拟的情况下，直接进行上述建模非常耗时。在这种情况下，可以从IMT网络有代表性的较大部分建模和收集IMT系统发射统计数据。随后，根据整个较大区域IMT系统部署情形的变化，可将该部分收集的统计信息用于计算具有等效干扰特性的多个部分的干扰。考虑到较大区域的地理位置，在显示被干扰系统处干扰信号的发射和到达角的变化时应谨慎。应强调，与直接应用此方法相比，实施中的任何简化不应导致所得到的IMT系统发射统计数据的偏差。
- IMT小基站可在较大时间尺度上以半静态或动态方式开启/关闭，这可能会影响负荷概率。这可能在模拟过程中纳入时间因素。在使用同一频道或相邻频道时，开/关方案可减少对其他相邻小基站或其他系统的干扰（见图11）。此外，小基站开/关方案亦可带来节能方面的好处。相关详细技术信息见3GPP RP-130811 [3]、3GPP TR 36.873 [4]、3GPP TR36.897 [5]和3GPP TR 36.872 [1]。

图11
小基站开/关方案



M.2101-11

- 如果要模拟TDD操作，则基站下行链路只在部分时间传输，这将降低一个帧上的平均基站功率。但在本建议书所述的建模中并未考虑到这种影响。

由于各项业务要求，未来网络部署将更加灵活；高数据速率业务主要在分散的热点区，因此在集总干扰计算中可考虑部分区域干扰。

8 IMT建模阶段性结果演示

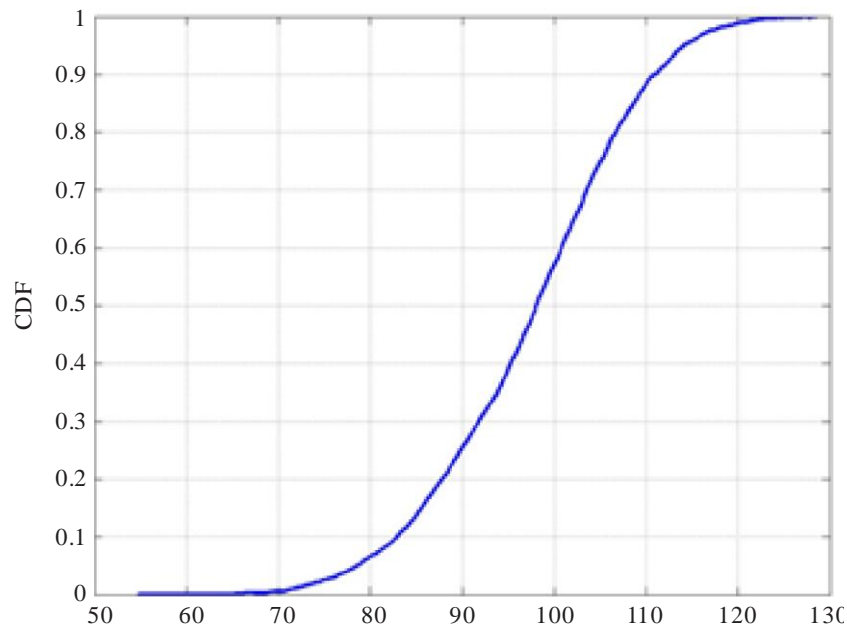
在IMT系统建模中，不同方进行的同一研究最初可能产生不同的结果。为了能比较IMT系统的模拟器部署，可使用一些中间结果。这类参数包括：

- 发射功率分布。
- 内外干扰分布。
- 信号与干扰加噪声比分布。
- 接收功率分布。
- 路径耦合损耗分布（包括Tx和Rx天线增益、传播损耗和衰落等）。

建议至少生成上述两项中期结果。下图12显示了路径损耗分布的中期结果示例。这种中期结果应与全套输入参数一起考虑。也可以类似的方式产生其他结果。

图12

IMT网络模拟的路径损耗分布示例



路径损耗 (dB)

M.2101-12

9 参考文献

- [1] 3GPP TR 36.872 V12.1.0, Small cell enhancements for E-UTRA and E-UTRAN (Release 12).
- [2] 3GPP TR 25.942 V10.0.0, Radio Frequency (RF) system scenarios (Release 10).
- [3] 3GPP RP-130811, 3GPP Work Item Description, Study on 3D-channel model for Elevation Beamforming and FD-MIMO studies for LTE.
- [4] 3GPP TR 36.873 V12.0.0, Study on 3D channel model for LTE (Release 12).
- [5] 3GPP TR 36.897 V0.3.1, Elevation Beamforming/Full-Dimension (FD) MIMO for LTE (Release 13).
- [6] 3GPP TS 36.104 V12.7.0, Base Station (BS) radio transmission and reception (Release 12).
- [7] 3GPP TS 36.101 V12.7.0, User Equipment (UE) radio transmission and reception (Release12).
- [8] H. Houas, Y. Louet, E. Fournier and Y. Maigron, *Distribution of microcells for cellular mobile networks*, *IEEE VTC Nanjing*, 15-18th May 2016.

附件1的 后附资料1

关于促成微基站位置方差伽马（Bessel）分布的参数的考虑

在给定的宏蜂窝区域内分发小基站位置时：

1. 必须在该区域内确定包含这些小基站的若干（平均数量的）群。该参数可通过最初考虑宏（六边形）基站地图来推导，在此地图上可确定（小基站）群的位置。该参数由 λ_p 表示。
2. 应假设每个集群内的若干（平均数量的）小基站。
该参数由 λ_o 表示。
3. $[1]^5$ 表示 γ 在 $[-0.45, -0.3]$ 范围内变化。那么建议使用此范围的最小/最大值。
4. 需要进一步考虑以适当方式推导最后一个参数 ω ：
 - i. **阶段1**：另一个参数更容易确定，因为它反映出一个物理意义是集群（平均）半径，表示为 R 。可理解为小基站（很有可能）所在（假设圆盘）区域的半径，为用户提供预期应用。此区域半径亦假设一个与集群中心对应的中心。
 - ii. **阶段2**：由于集群半径 R 最初由输入参数为 ω 和 γ （ γ 已知， ω 未知）的集群半径 R 函数 ϕ 推导而来，因此可以建立将每对 (γ, R) 与未知比率 ω 联系起来的查阅表。

这四个参数最终能够引导出一组随机的NSVGP样本集，忆及该过程是通过首先产生强度为 λ_p 的“父”点（即集群中心）泊松点过程来构建的。随后，每个父点被随机的点群替代，每个群中的点数是随机的，服从泊松（ λ_o ）分布，并且这些点根据方差伽玛核独立且均匀地分布。方差伽玛核根据 γ 和 ω 定义。

描述了促成这种分布的参数，就可以（通过概率密度函数pdf）在统计上说明方差伽马贝塞尔分布。注意到每个群内的子点是按照正态方差均值混合分布生成的，即与伽玛分布混合的正态分布，伽玛分布概率密度函数(pdf) f 为：
$$f(x; k, \theta) = \frac{x^{k-1} e^{-\frac{x}{\theta}}}{\Gamma(k) \theta^k}$$

其中 $\Gamma(k) = \frac{e^{-\gamma k}}{k} \prod_{n=1}^{+\infty} \left(1 + \frac{k}{n}\right)^{-1} e^{\frac{k}{n}}$ 和 $\ln \gamma = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\sum_{k=1}^n \frac{1}{k} - \ln(n)\right)$ ，

可以注意到， θ 和 k 通过以下公式与上文各节中所述的其他参数相关联： $k = \gamma + 1$ and $\theta = \frac{1}{2\omega^2}$ 。

⁵ 蜂窝网络内微蜂窝基站的分布（*Distribution of microcell base stations within cellular networks*），IEEE车辆技术大会（VTC），2016年5月，南京。

⁶ 来自R语言（spatstat 软件包，<http://spatstat.github.io>）。

附件1的 后附资料2

环绕式处理技术

为在不因边界效应限制而引起任何伪像的情形下分析蜂窝网络的行为，有必要考虑无限蜂窝网络。实现这一点的一种方法是采用“环绕式处理”技术，其中原始区群为环绕式，形成圆环面。

为说明环绕式小区结构的性质，19个基站站点（57个小区）的集群重复六次，如图13所示。注意，原始区群始终处于中心，而六个集群在此中心集周围均匀分布。

在所考虑的环绕模型中，任何移动电台到给定小区的信号或干扰按照该移动电台处于原始区群内而基站位于七个群中任一群内的情况处理。从任何移动电台到任何基站的路径耦合损耗可按以下方式计算：

- 1 定义一个坐标系，使小区0的中心为(0, 0)。
- 2 用于计算(x, y)处的移动电台到(a,b)处的基站的路径损耗和天线增益的路径距离和角度为：
 - (x,y)与(a,b)之间的距离；
 - (x,y)与 $(a+3.5*D, b+1.5*\sqrt{3}*D)$ 之间的距离；
 - (x,y)与 $(a-0.5*D, b+2.5*\sqrt{3}*D)$ 之间的距离；
 - (x,y)与 $(a-4*D, b+\sqrt{3}*D)$ 之间的距离；
 - (x,y)与 $(a-3.5*D, b-1.5*\sqrt{3}*D)$ 之间的距离；
 - (x,y)与 $(a+0.5*D, b-2.5*\sqrt{3}*D)$ 之间的距离；
 - (x,y)与 $(a+4*D, b-\sqrt{3}*D)$ 之间的距离，
 其中D是基站到基站的站间距离。
- 3 对于上述路径距离/角度计算耦合损耗值（最大{传播损耗+衰落+天线增益，MCL}），并选择最小值用于模拟快照。

图13

采用19个基站站点（57个小区）的‘7’个集群的环绕式处理方式，
显示环绕表面的环形特性

