

基于MR数据的TD-LTE天馈检测方法研究

王 建 刘方森 赵昌盛

中国移动通信集团设计院有限公司山东分公司

摘要 移动通信系统中天馈的性能直接影响信号的覆盖范围，通过手机测量报告的分析研究，提出TD-LTE天馈检测诊断的方法，能够有效检测信号覆盖异常，定位疑似天馈故障站点，减少故障排查工作量，提高天馈故障排查效率。

关键词 TD-LTE 天馈检测 MR

1 引言

随着4G网络的大规模建设，中国移动在网运行的TD-LTE基站已超过100万个。在网基站中天馈的质量却参差不齐，出现因使用年限以及恶劣环境导致的性能下降等问题。目前采用的传统天馈故障排查工作量较大、成本较高，缺乏主动监测诊断天馈隐患故障的手段。

2 天线的主要指标

天线作为发射和接收无线电信号的主要器件，主要功能之一就是控制能量的覆盖范围，如图1所示。天线的辐射特性主要指标如下。

天线的方向性：若干个对称振子组将无线信号集中到一定范围内的水平面上，在阵列的一边放置反射板构成扇形区定向覆盖天线，控制能量向所需的方向辐射。

增益：天线增益是用来衡量天线朝一个特定方向收发信号的能力，增益的提高主要依靠减小垂直方向辐射的波瓣宽度，而在水平面上保持全向的辐射性能。

天线半功率角：主瓣最大辐射方向两侧，辐射强度降低3dB（功率密度降低一半）的两点间的夹角定义为波瓣宽度。

天线前后比：图1中，前后瓣最大值之比称为前后比，记为F/B。前后比越大，天线的后向辐射（或接收）越小。F/B的计算见公式（1）。

$$F/B = 10 \lg((\text{前向功率密度}) / (\text{后向功率密度})) \quad (1)$$

上旁瓣抑制：基站的服务对象是地面上的移动电话用户，指向天空的辐射是毫无意义的，同时上旁瓣信号如果很强，容易造成对远处基站的干扰。

3 MR覆盖相关指标

测量报告是在网用户实时上报的测量数据，能够真实反映当前网络运行状态，对评估网络质量，针对性地开展网络优化具有较强的指导意义。

(1) 参考信号接收功率

参考信号接收功率（RSRP）定义为在考虑测量的频带上，承载小区专属参考信号的资源单元（RE）的功率的线性平均值，是反映服务小区覆盖的主要指标。表1中测量数据表示OMC-R统计周期内满足取值范围的按照分区间统计UE参考信号接收功率的样本个数，该数据可用于评估LTE小区的覆盖情况。

(2) 天线到达角

天线到达角（MR.AOA）是一个用户相对参考方向逆时针方向的估计角度，测量参考方向为正北方向。该测量数据可用于确定用户所处的方位，提供定位服务，进行覆盖分析。其实现原理如图2所示。AOA的计算见公式（2）。

$$AOA = \Omega_{RS} + \theta_{AOA} \quad (2)$$

其中， Ω_{RS} 是基站天线法线方向与正北方向的夹角，以正北方向为参考，逆时针旋转到基站天线法线方向； θ_{AOA} 为

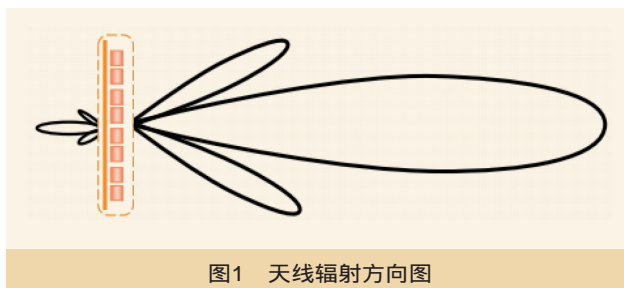


图1 天线辐射方向图

终端入射方向与基站法线方向的夹角，以基站天线法线方向为参考，逆时针转到终端入射方向。

当 Ω_{RS} 为0时， θ_{AOA} 是终端入射方向与基站法线方向的夹角，如图3所示。如果终端在基站法线方向的左侧，那么从基站法线方向逆时针旋转到终端入射方向，角度应该在 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，同理，如果终端在基站法线方向的右侧，角度就在 $270^\circ \sim 360^\circ$ 。

4 天馈故障诊断方法

4.1 异常覆盖诊断方法

覆盖异常主要表现为主瓣过弱、水平旁瓣过强、后瓣过

测量报告统计数据	测量数据区间分布 (dBm)
MR.RSRP.00	RSRP < -120
MR.RSRP.01	-120 RSRP < -115
MR.RSRP.02	-115 RSRP < -114
...	...
MR.RSRP.36	-81 RSRP < -80
MR.RSRP.37	-80 RSRP < -78
...	...
MR.RSRP.46	-62 RSRP < -60
MR.RSRP.47	-60 RSRP

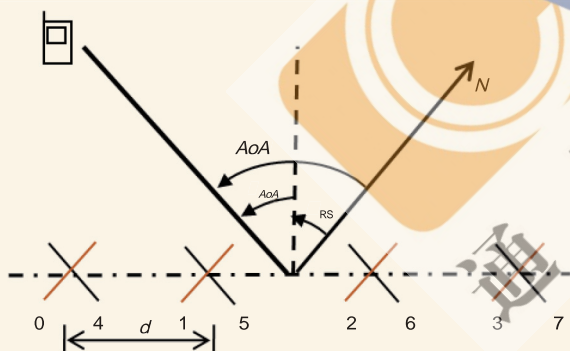


图2 AOA角度示意

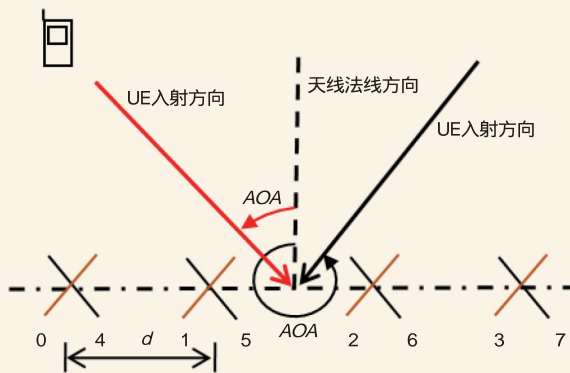


图3 Ω_{RS} 为 0° 时AOA角度示意

强和上旁瓣过强4个方面。结合信号强度 (RSRP) 和主瓣覆盖范围 (AOA) 对天馈故障诊断方法如下。

主瓣过弱：测量上报的数据中，参考信号接收功率最大值和平均值均小于各自设定的门限值，判定为主瓣过弱。

水平旁瓣过强：天线到达角为 $60^\circ \sim 90^\circ$ 或 $270^\circ \sim 300^\circ$ 范围内的测量报告比例较高，并且此范围内的平均RSRP超过门限值，判定为水平旁瓣过强。

后瓣过强：天线到达角为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 和 $270^\circ \sim 360^\circ$ 之外的范围内测量报告比例较高，且平均RSRP超过门限值，判定为后瓣过强。

上旁瓣过强：测量报告中主瓣范围内邻小区和主小区电平差大于 -6dB 的邻区数目大于3的小区判定为上旁瓣过强。

4.2 诊断效果案例验证

经过对市部分站址的MR数据分析，能够准确地定位出主瓣过弱、后瓣过强、水平旁瓣过强和上旁瓣过强的覆盖现象，判断验证过程如下。

案例1：通过对农科院招待所（方向角 250° ）MR数据中的AOA范围进行分析，后瓣范围内的测量报告比例高达71%，且平均电平值大于 -90dBm ，初步判定为后瓣过强。

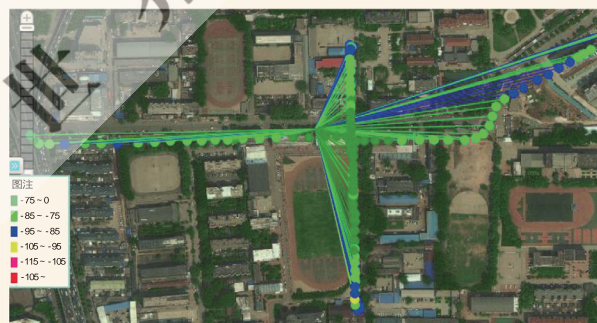


图4 后瓣过强扫频验证

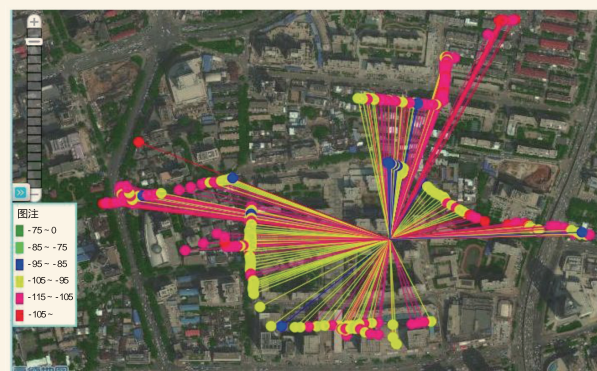


图5 主瓣过弱扫频验证

(下转10页)

高铁4G专网多层组网下用户分层驻留方案研究

李言兵 石志同 王治国 刘立洋 李宗璋

中国移动通信集团山东有限公司

摘要 不同业务、不同用户对高铁4G网络的驻留需求不尽相同，山东移动从基于业务的切换、低速用户迁出特性等手段出发，探索出一套高效实用的高铁专网用户分层解决方案。方案实施后，95%以上的高铁用户可按方案方式驻留，用户感知大幅提升。

关键词 高铁 LTE VoLTE 分层 低速用户迁出

1 引言

随着高铁4G用户的不断增多，VoLTE等新兴业务的发展，加之公网用户驻留高铁专网等问题，高铁4G专网容量问题日趋严重，大部分高铁4G专网也逐步演进为多层组网。但F频段可用带宽小，D频段覆盖小、频偏差，高铁4G专网各频点间差异较大。为了应对不同用户、不同业务对网络需求的差异性，迫切需要开展用户驻留分层研究，最大化利用高铁现网。

2 高铁4G专网用户驻留分层研究背景

当前，高铁4G专网面临的容量问题日趋严重，VoLTE业务对高铁覆盖带来新的要求，出现公专协同等重大问题。

2.1 4G专网容量问题日趋严重

随着高铁乘客数量的增长，4G渗透率不断提高，高铁4G专网用户数日趋增多，高铁4G专网容量问题也日趋突出。如图1所示，以山东京沪高铁为例，2016年国庆期间，单小区最大用户数超过1000，济南、枣庄等地市平均每小区最大用户数也达到400多，接近当前高铁高速小区模式用户规格，容量问题较为突出。

进一步细分高铁容量问题有两方面原因：一方面确为高铁专网用户不断增加导致，另一方面存在公网用户大量驻留专网的问题。京沪高铁泰安段一个站点后台实时用户数跟踪情况如图2所示。可看到当列车通过时，用户数有明显提升，F1和F2两个频点用户数之和平均在400左右，而当无车辆通过时，F1+F2的用户数仍有120左右，这部分用户都是公网用户，可见对于该站点公网用户比例在30%左右。

针对公网用户，一方面需要从公专网网络结构着手，确保公专网有足够的同频隔离度，并确保除站台外，公专网没有重选、切换等互操作；另一方面也需要考虑主动将这些公网用户迁出。

2.2 VoLTE业务对高铁覆盖带来新的要求

VoLTE是将语音业务承载于4G网络上，可实现数据与语音业务在同一网络下的统一。VoLTE技术为用户带来更低的接入时延，更高质量、更自然的音视频通话效果。同时，高铁专网引入VoLTE语音，对高铁专网的覆盖带来新的要求。以京沪高铁山东段为例，车速一般在300km/h左右，如图3所示，如果要达到VoLTE MOS分大于3.0，RSRP需要大于-104dBm。

若以此覆盖标准，建议高铁F频段组网站间距在700m左右，而D频段因频段高、覆盖能力较差，建议站间距在500m以内。

山东高铁建网较早，建设之初主要以F频段组网，承载数据业务为主，因此站间距较大，虽经多次规划补点，目前平均站间距仍在700m左右，尚不具备在D频段承载VoLTE的能力。

2.3 公专协同优化难度大

高铁车速快、穿透损耗大，同频干扰对用户感知的影响更大。高铁组网时要求公专网采用异频组网方式，建议公专网至少保证3km的同频隔离带。但由于F频段频率资源有限、公网建设实际情况以及部分公网深度覆盖要求，3km的同频隔离带实际难以保证。

另一方面，山东段京沪高铁周边存在较多高速公路、大学城、城区、乡镇等，易导致公网用户占用专网，由于专网与公网之间不能配置互操作策略，公网用户占用专网后，难

以离开专网，一方面影响公网用户感知，同时也导致专网容量问题较为突出。

3 两种用户分层驻留解决方案

3.1 高低速用户分层驻留解决方案

(1) 方案简介

该方案将高铁4G专网其中一个频点改造为低速小区，承载公网用户。同时开启低速用户迁出功能，将另一频点的公网用户迁移到该低速频点，实现高铁上高低速用户分离。方案如图4所示。

方案主要原则如下。

- 高铁边界区域通过异频频点与邻区设置，确保专网用户全部重选或切换到德州高铁F1频点；
- F1/F2频点间不配重选优先级，不开基于覆盖的切换，确保F1/F2间不存在重选或基于覆盖的异频切换；
- F1开启向F2频点的低速用户迁出功能，确保占用F1频点的公网用户迁到F2频点；
- F2开启向F1频点的高速用户迁回功能，确保占用F2频点的专网用户迁回F1频点；
- 车站场景仍互配F/D频点间重选、切换、MLB参数，

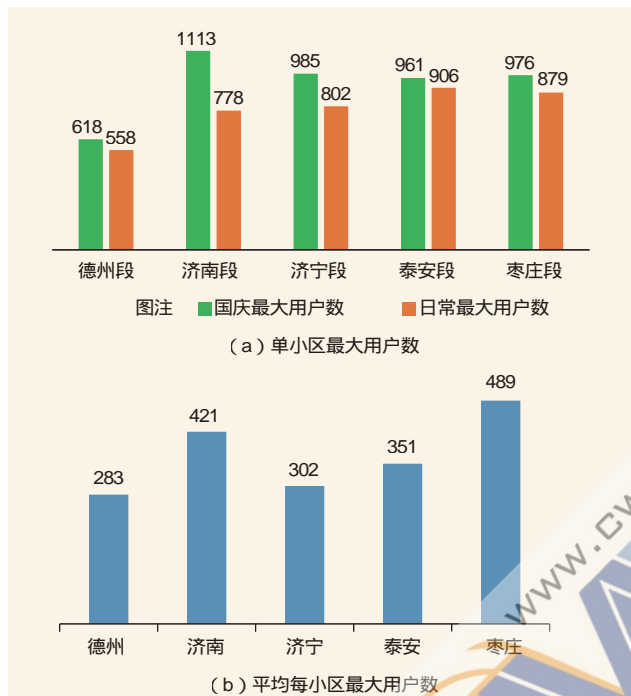


图1 山东京沪高铁小区用户数

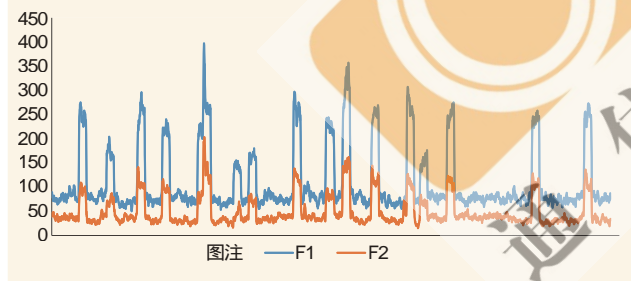


图2 后台实时用户数跟踪

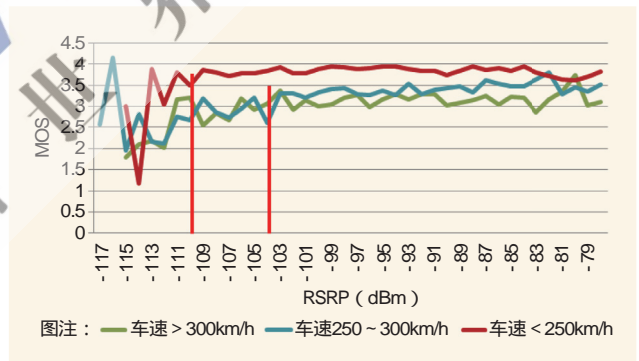


图3 不同车速下RSRP与MOS关系

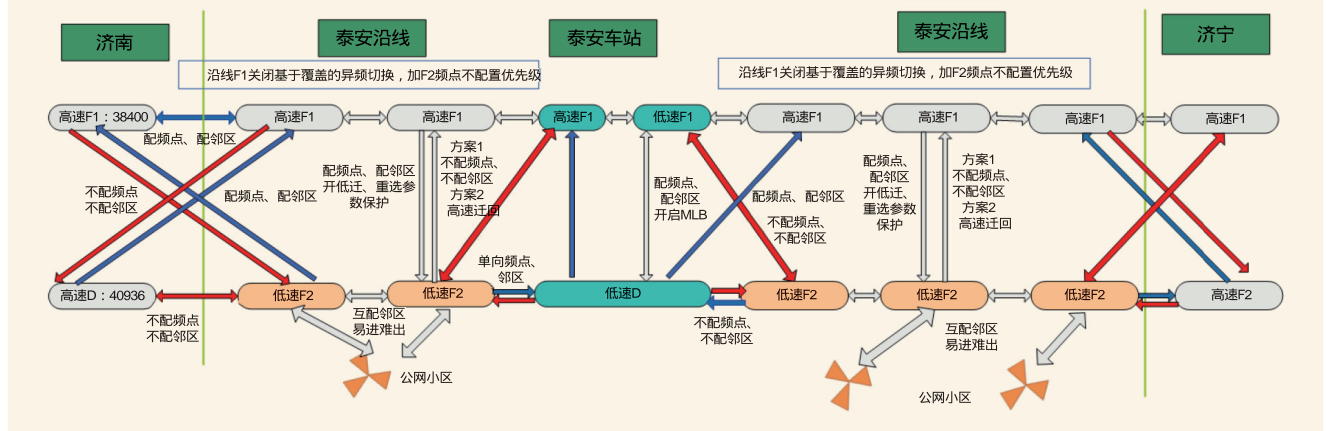


图4 高低速用户分层驻留解决方案

出车站时策略同边界策略；

- F2频点与公网频点间互配邻区，参数设置按“易进难出”的策略实施。

该方案核心理念是将高铁4G专网双层网频点细分驻留用途，一个频点驻留高铁高速用户，另一个频点专门驻留公网低速用户，相当于人为在高铁上构造一层公网，采用这种方案有以下两层原因。

一方面传统的低速用户迁出方案是将高铁上的公网用户迁移到周边公网小区上，低速用户迁出方案效率与公网覆盖强相关，但通常周边公网在高铁上的覆盖并不特别好，所以导致普通场景的低速用户迁出效率不高；另一方面也考虑到公专协

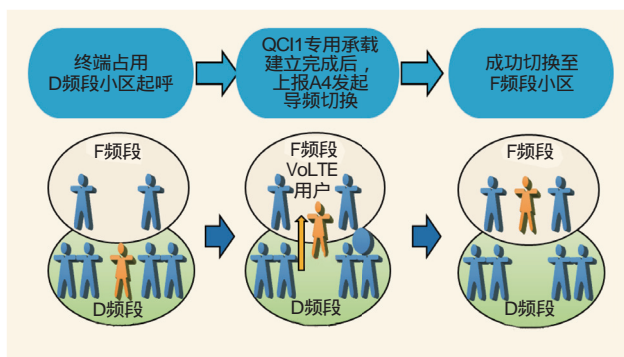


图6 VoLTE与数据业务分层方案

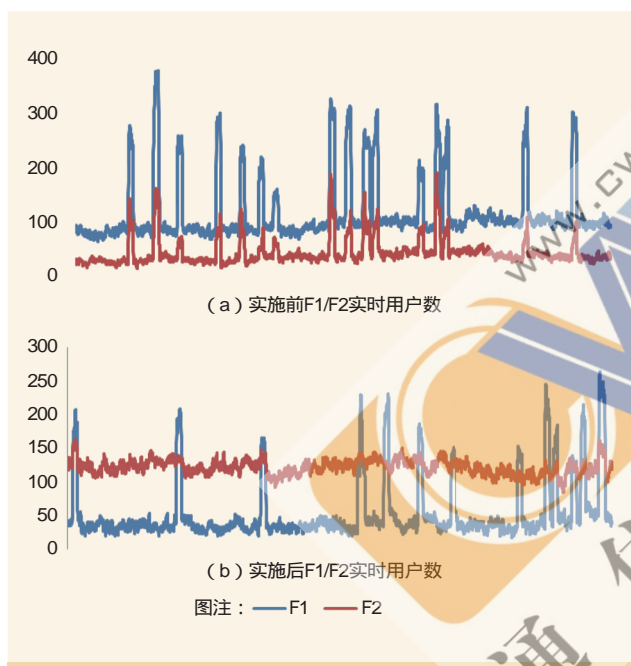


图5 泉河东湖家峪用户跟踪对比情况

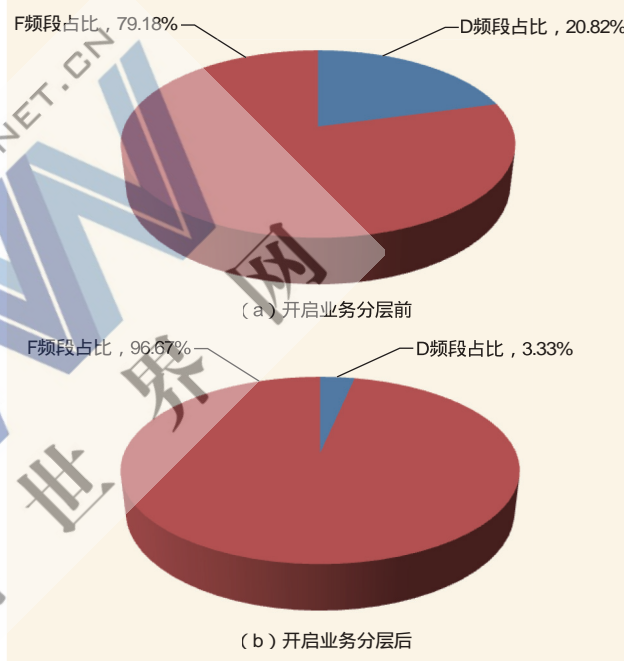


图7 开启业务分层前后统计济南段UE占用D、F比例对比

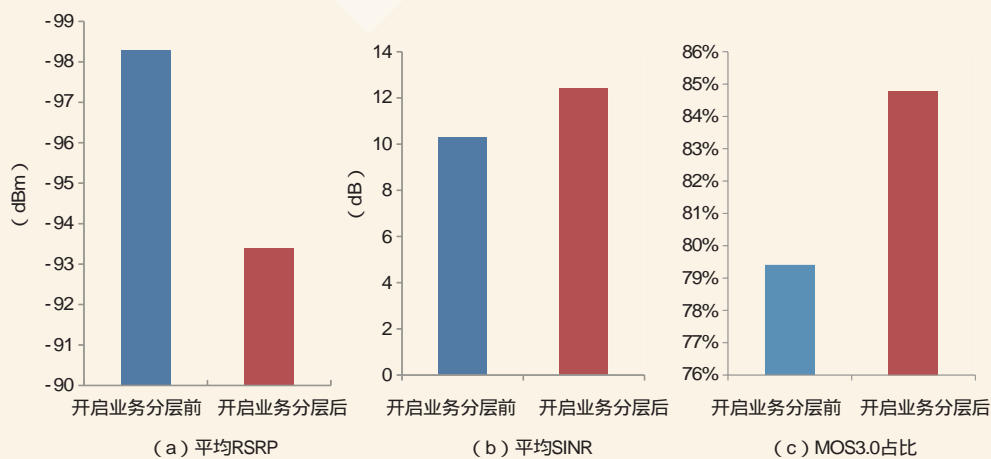


图8 开启业务分层前后平均RSRP、平均SINR和MOS 3.0占比对比

同配合问题,传统公专网之间互不配频点与邻区,公网用户驻留高铁后,无法及时返回公网,影响用户感知。本方案中专网低速用户频点可与公网互配邻区,公网用户可及时重选或切换其他公网小区,确保用户感知。

(2)方案实施效果

对比方案实施前后后台实时用户跟踪,方案实施后,95%以上专网用户驻留在F1频点,高铁车辆通过时,F2频点用户几乎无增加;同时由于开启了F1到F2的低速用户迁出,大部分公网用户占用F2频点,F1的公网用户数明显下降,实现了公专用户分离。泉河东湖家峪用户跟踪对比情况如图5所示。

3.2 语音与数据业务用户分层驻留解决方案

(1)方案简介

山东济南段京沪高铁4G专网采用F+D的双层组网方式。现网在专网F频段专网基础上共址开启D频段小区。由

(上接6页)

扫频验证如图4所示。经扫频验证,在70°~90°方向的较远距离内信号较强,且本站无遮挡反射情况,故本小区后瓣过强判定正确。

案例2:通过对万达广场鸿景苑-衣帽厂(方向角0°)MR数据中的主瓣范围内RSRP进行分析,最强信号强度小于-77dBm,平均信号小于-100dBm,弱覆盖上报比例超过20%,初步判定为主瓣过弱。

主瓣过弱扫频验证如图5所示。经扫频验证,在方向角为0°方向无强信号,且扫频平均信号较弱,通过MR数据判断的本小区主瓣过弱的诊断准确。

5 结束语

随着用户对信号质量的要求越来越高以及语音业务逐渐向VoLTE迁移,TD-LTE对覆盖的要求越来越高。结合现有的网络数据定期对天馈系统主动监测,及时诊断排查天馈故障,为良好TD-LTE信号覆盖提供重要保证。基于MR的天馈检测诊断能够在不影响现网运行的情况下检测诊断疑似天馈问题,提高故障排查效率。造成天馈覆盖异常的原因很多,除了天线本身的故障外,工程参数的设置以及周围环境的恶化都会导致天馈覆盖异常。因此,在实际排查过程中还

于F频段和D频段天然覆盖差异,共站情况下,F频段的覆盖要好于D频段。现网站间距在700m左右,D频段如承载VoLTE语音业务存在一定弱覆盖问题。同时D频段存在频偏较大问题,在京沪高铁300km/h时速下,高铁部分老芯片存在纠偏能力不足问题,影响用户语音感知。

山东移动基于业务切换功能,研究VoLTE与数据业务分层方案。如图6所示,当用户在D频段上做VoLTE业务时,基站指配用户切换到F频段,实现语音与数据的业务分层。

(2)方案实施效果

济南段开启语音与数据业务分层驻留方案后,VoLTE DT测试F频段占比明显提升,采用自由切换方式,统计济南段UE占用D、F比例分别是10.82%、89.18%;如图7所示,开启业务分层后,统计济南段UE占用D、F比例分别是3.33%、96.67%。

随着F频段占比的提升,VoLTE业务覆盖率、MOS分等指标也有明显提升,如图8所示。

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

要结合工程参数以及周围环境具体分析。

参考文献

- [1] TD-LTE数字蜂窝移动通信网无线操作维护中心(OMC-R)测量报告技术要求[S]
- [2] 3GPP TS 36.231, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures (Release 10)[S]
- [3] 李昶,华志超,刘猛.基于MR大数据的LTE网络结构评估方法[J].电信工程技术与标准化,2015(11)

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

王建

硕士,工程师,主要研究方向为移动通信网络规划、设计和优化。

刘方森

硕士,工程师,主要研究方向为移动通信网络规划、设计和优化。

赵昌盛

硕士,工程师,主要研究方向为移动通信网络规划、设计和优化。