



SDR 基站在网络升级改造中的应用

何二朝,耿朋进,张慧丽

(河北电信设计咨询有限公司,河北 石家庄 050021)

摘要:围绕 SDR 基站的特有技术特点、现有设备支持能力和部署中需注意的问题,针对运营商面临的网络发展环境和运营状况,提出了 SDR 基站的主要应用场景,并提出在市区、县城等场景中探索利用 GL1800 构建轻型态网络的思路。

关键词:SDR;多模;混合组网

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016284

Application of SDR base station in network upgrade

HE Erchao, GENG Pengjin, ZHANG Huili

Hebei Communication Design & Consultation Co., Ltd., Shijiazhuang 050021, China

Abstract: Based on the unique technical characteristics and existing equipment ability of the SDR base station, and the main problems in deploying SDR base station, faced with the network developing environment and operating conditions for operators, the main application scene of SDR base station was put forward, and the new ideas of using GL1800 to construct light-state network in city and county scene were discussed.

Key words: software defined radio, multimode, hybrid network

1 引言

目前,各运营商的 2G 网络仍然是以语音业务为主的承载网络,3G 以承载中低速数据为主兼顾语音业务,4G 已成为中高速数据的主力承载网络。面对新一轮“提速降费”的实施和激烈的竞争,运营商既要加大 4G 新网络的部署,也要对原 2G/3G 网络持续进行优化,此外还需要向铁塔公司租用铁塔等配套资源,按照“产品单元价格×共享折扣”支付租赁费。在业务收入增长放缓、投资缺口大、运营成本持续增长的多重压力下,SDR (software defined radio,软件定义无线电)基站成为未来网络建设的选择。

SDR 是指基于软件定义的无线通信协议而不是使用

专用硬件实现。SDR 基站是指基于 SDR 开发的基站系统,与传统基站最大的不同之处在于射频单元具备软件可编程和重新定义的能力,能够在同一设备平台上支持 GSM/UMTS/LTE 等网络制式的单一模式或双模混合,故 SDR 也称为多模基站。使用 SDR 基站可以实现多个网络制式的共传输、共基带、共射频、共天馈,在网络升级和演进中只需添加或更换基带处理板,其余通过软件配置即可实现,能大幅度降低网络的 TCO (total cost of ownership),减少投资风险,同时提高基站功放效率,降低能源消耗。

2 网络发展分析

2.1 多网用户共存,但增长趋势不同

根据 2016 年 6 月爱立信发布的移动市场报告,未来

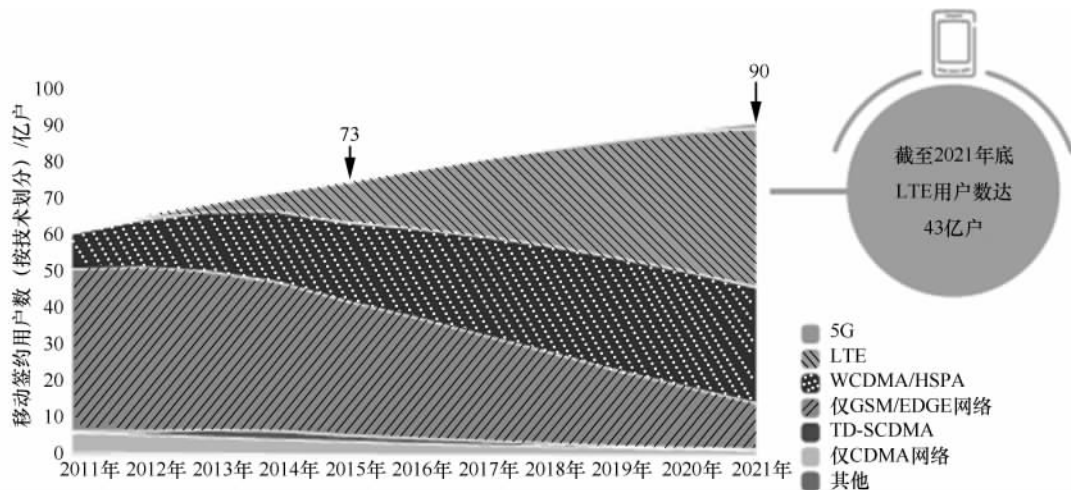


图1 爱立信移动市场报告

若干年内,用户总量增长缓慢,主要表现为不同制式用户的转换,如图1所示,GSM用户数持续减少,WCDMA用户数缓慢增长,LTE用户数则快速增长。目前,LTE和WCDMA的用户数之和已超过GSM用户数,到2021年,LTE和WCDMA的用户数将分别超过GSM用户数的两倍。

在经济落后地区,GSM网依靠良好的覆盖,仍然作为3G/4G用户的回落选择。对于老人群体,由于GSM手机具有便宜、续航时间长等优势,仍是他们的首选。此外,对于物联网应用,GSM仍将继续扮演重要的角色。综上所述,GSM网的长尾效应将持续较长时间。

2.2 增量不增收,先进网络具成本优势

随着移动互联网的发展,业务量增长曲线与收入增长曲线形成“剪刀差”并呈扩大趋势,如图2所示。

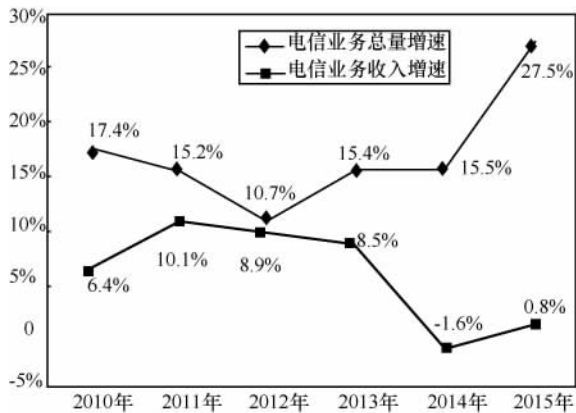


图2 2010-2015年电信业务总量与业务收入增长情况

当前,LTE已成为主流网络,网络速率可达百兆以上,相比于2G和3G网络,具有更低的单位成本,为“提速降费”的实施提供了条件。

2.3 终端多模化,网络承载差异化

2015年12月,中国电信与中国联通联合发布了《六模全网通终端白皮书》,多模多频终端已成为主流终端,用户可以根据网络状况和使用习惯自动或手动选择网络。根据某运营商某省的经分系统数据,其4G终端占比为15%,3G终端占比28.4%,2G终端占比35.1%,3G和4G终端之和已超过2G终端,各类终端占比分布如图3所示。

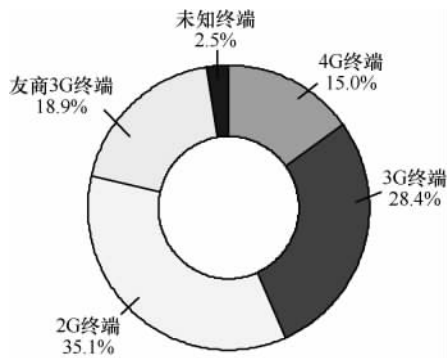


图3 各类终端占比分布

不同网络的特性不同,其承载能力决定了网络定位,以某运营商某省的网管数据统计为例,2G网络吸收了全网68%的语音业务量和23%的数据业务量;3G网络吸收了全网32%的语音业务量和39%的数据业务量,单站流量是2G网络的1.3倍;4G网络吸收了全网38%的数据业务量,单站流量是2G网络的3倍。具体统计数据如图4所示。

3 网络运营现状

(1)基站设备以独立设备为主

各运营商的现有2G/3G/4G设备仍以独立设备为主,

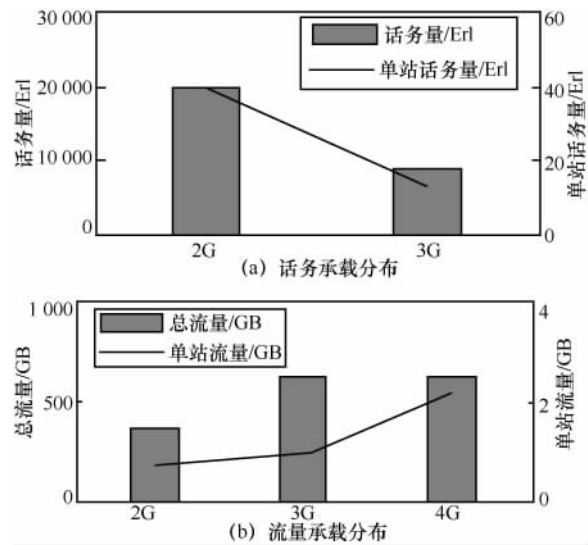


图 4 不同网络的话务承载和流量承载分布情况

虽然有利于网络优化和设备参数设置,但也使网络规模急剧膨胀、网络结构复杂、运维压力难减。

(2)维护成本居高不下

根据工业和信息化部统计数据,截止到 2016 年 5 月,4G 基站已达到 210 万个。在运营成本中,铁塔租赁费和电费占比较大,构成维护成本中变动成本的重要组成部分。

现网大多数站址为 2G/3G/4G 或 3G/4G 共址站,若 LTE 采用独立建设天线或新增 LTE 独立信源设备,将可能因增加产品单元而引起租赁费增加。

4 SDR 基站特点、现状及注意事项

4.1 SDR 基站特点

与传统基站相比,SDR 基站具有如下特点。

(1)模块化设计,满足多模组网需求

BBU 采用通用平台实现组件的灵活配置,支持多种无线接入技术,包括 GSM、UMTS 以及 LTE 等多种制式,可共享通信控制和传输模块,支持多种单板混插。

RRU 采用 SDR 技术,通过软件配置支持同一频段内的多模组网,满足混合组网和网络演进的需求,最大限度节省投资。

(2)大带宽能力

大带宽产品能够整合客户频谱资源,减少硬件模块投资。

(3)平滑升级

通过 SDR 技术,网络升级和演进只需添加或更换基带处理板,其余通过软件配置的方式即可实现。

(4)网络简单、明晰,便于维护

运营商无需为每种技术分别配置单独的硬件平台,而是通过软件在一个统一的硬件平台上同时接入不同的空中接口。

4.2 现有设备支持能力

当前,4G 网络成为网络建设的主力军,但现网设备对 SDR 的支持能力不尽相同,主要存在以下问题。

(1)基带部分

大部分可共用 3G BBU (base band unit, 基带处理单元),通过增加 LTE 基带板和主控板即可实现 LTE 功能。

(2)射频部分

- 因双工方式和频率不同,不支持 TD-LTE;
- 绝大多数只支持单通道,无法实现 LTE MIMO 功能;
- IBW (instantaneous bandwidth, 时带宽)太窄,无法实现 LTE 20 MHz 工作;
- 功率受限,即使使用 LTE 单通道,部分 RRU 也无法满足 GSM 或 UMTS 和 LTE 同时工作。

4.3 SDR 基站部署的主要问题

4.3.1 功率配置方面

SDR 基站可根据不同制式、不同载波的话务量和功率需求灵活配置每载波输出功率,使基站的功率利用率最大化。但由于 RRU 总输出功率是有限的,在功率配置时应注意两个方面。

(1)不同制式间功率分配

GSM 采用载波功率均分原则,WCDMA 和 LTE 的每载波基本功率按 20 W 分配,当 RRU 机顶功率为 80 W 时,SDR 配置为 GSM/UMTS 双模时,载波数与每载波功率的对应关系见表 1。

表 1 载波数与每载波功率的对应关系

GSM 载波数/个	UMTS 载波数/个	GSM 载波功率/W	UMTS 载波功率/W
1	1	60	20
2	1	30	20
3	1	20	20
4	1	15	20
1	2	40	20
2	2	20	20

当 GSM 配置载频数较多时每载频的功率将下降,导致 GSM 网覆盖范围缩小,可能增加 RAT 间的切换。

(2)容量受限

对于 GSM 制式,载波数越多,容量越大,对每载波分



配的功率就越小,容量与功率相互制约。

对于 WCDMA 和 LTE 制式,载波数越多,占用的功率就越多,可能出现 RRU 功率不够无法扩容。当网络需要扩容增加载波时,如果功率不满足,则需要新增 RRU。

4.3.2 频率规划方面

SDR 基站可按照网络不同发展阶段下的频谱策略及网络覆盖与容量需求,通过软件配置实现各制式之间的灵活带宽配比,达到多制式之间的负荷均衡。目前,设备厂商已推出了频谱共享方案以提高频谱利用率,主要包括两种解决方案,GSM/LTE 频谱叠加解决方案和 GSM/LTE 协同频谱调度解决方案。前者是将部分 GSM 频谱作为共享资源,根据现网的话务及数据流量需求进行动态调度和调整;后者则动态调度 GSM/LTE 使用的频谱总资源。

受限于成本和工艺考虑,射频模块的瞬时工作带宽有限,现网设备的 IBW 大部分在 40 MHz 之内,因此 GSM/LTE、GSM/UMTS 或 UMTS/LTE 混合组网时应位于同一频段。同时应注意,同一个 RRU 上的 GSM 频点间隔不能超过 10 MHz,因此需要考虑频率规划问题。

5 SDR 基站主要应用场景

SDR 基站可以由一套设备支持多个网络制式,支持频谱共享,从而能够应对多网用户并存,为多模终端提供更好的体验,同时有利于降低运营成本,缓解增量不增收带来的运营压力。以上优点决定了其适合以下场景。

5.1 网络弱覆盖区

由于站距较大、市政建设等,现网中仍存在很多弱覆盖区域,使用 SDR 设备能够实现多网的快速部署。

因站距较大引起的弱覆盖举例如图 5 所示。

图 5 中,桔柑与三河两站距离较远,在桔柑东 1.9 km 处客户反复投诉信号弱经常掉线。现网话统统计数据见表 2,经分系统统计数据见表 3。

根据表 2 的统计数据,GSM 网承载着大部分语音业务,根据表 3 的统计数据,桔柑与三河两站附近 4G 终端数量较多,且 4G 终端贡献的流量超过 70%,因此建议在投

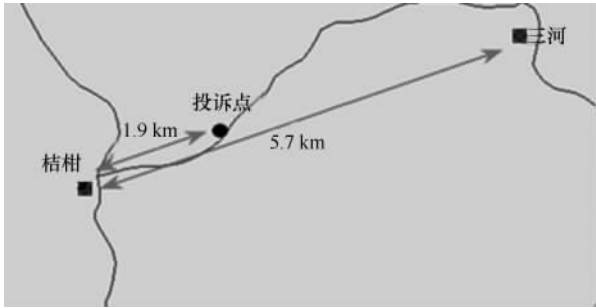


图 5 因站距较大引起的弱覆盖示例

表 3 桔柑与三河两站下 4G 终端统计

站址名称	4G 终端占比	4G 终端流量占比
桔柑	57.63%	78.08%
三河	45.41%	70.18%

诉点处增加 1 个 SDR 基站,SDR 基站开通 GSM/LTE 两种模式,提升网络覆盖质量,改善用户体验。

5.2 现有网络增加新网络

终端的多模化、差异化客观上要求有多个制式的网络并存,按需提供资源,并使用户得到良好的体验,这就要求运营商需要在原网络基础上增加新网络,实现承载差异化,满足不同用户或业务的需求。当前,4G 网络成为建设的主流,但农村覆盖还较差,通过升级原有 SDR 设备或替换原设备为新 SDR 设备,可以最大程度地减少施工作业量,实现新网络的快速部署。

只有单套设备的 3G 基站网速慢举例如图 6 所示。

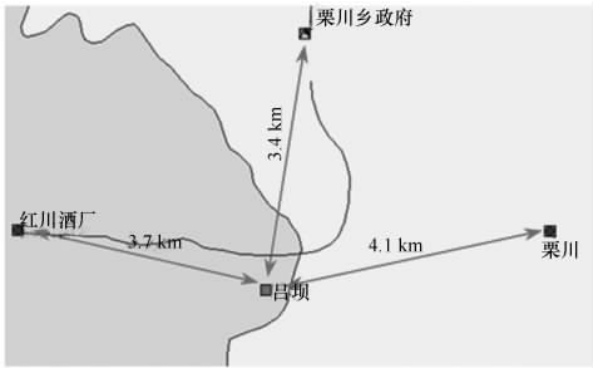


图 6 只有单套设备的 3G 基站网速慢示例

表 2 桔柑与三河两站的现网话务负荷

站址名称	现网设备	话务量/Erl	上行流量/KB	下行流量/KB
桔柑	UMTS 2 100 MHz	15.38	326 218	1 634 693
	GSM 900 MHz	21.76	28 848	41 363
三河	UMTS 2 100 MHz	2.08	45 609	184 532
	GSM 900 MHz	11.41	13 232	38 111

图 6 中, 吕坝与周边站的距离较远, 该站只有 UMTS 2 100 MHz 单套设备, 用户反映网速慢。现网话统统计数据见表 4, 4G 终端统计数据见表 5。

表 4 吕坝的现网话务负荷

站址名称	现网设备	话务量/Erl	上行流量/KB	下行流量/KB
吕坝	UMTS 2 100 MHz	2.5	3 222	10 921

表 5 吕坝站下 4G 终端统计

站址名称	4G 终端占比	4G 终端流量占比
吕坝	54.07%	59.14%

根据表 4 的统计数据, 该站 3G 负荷并不高, 根据表 5 的统计数据, 该站下 4G 终端数量较多, 因此建议升级为 SDR 基站, 支持 UMTS/LTE 两种模式, 改善用户网络体验。

5.3 天面空间受限站点

天面空间是移动网络最重要的资源之一, 直接影响网络的覆盖能力。一般地面塔是按照两层平台 12 面天线的荷载进行设计的, 考虑到后期优化和网络间的隔离要求, 传统的建设方式是各网络采用独立的设备和天面, 2009 年以前的 2G 网络一般是 6 面单极化天线, 之后建设的网络每系统一般 3 面双极化天线。随着网络更新换代和共建共享的推进, 天面空间紧张、铁塔承重受限等问题日益突出。在部署新 LTE 网络时, 升级原有 SDR 设备或替换原设备为新 SDR 设备, 通过共 RRU、共天馈增加新网络, 一方面可以规避天面空间受限问题, 另一方面不会增加铁塔租赁费。

5.4 室内分布信源建设

对于原有 2G/3G 室内分布系统引入 LTE 信源, 选择 SDR 基站升级或替换方案, 分布系统无须改造, 既不需要增加合路设备, 也避免了因合路增加插损而影响原有网络覆盖, 同时还规避了增加室内分布租赁费。

6 SDR 基站应用其他探索

6.1 构建“轻形态”网络

目前 GSM 900 MHz 网络覆盖已比较完善, 基本处于零投资状态, 网络建设主要集中于 LTE 上。一些设备商为了扩大市场份额, 采取“买 LTE 送 GSM”的营销方式, 这样运营商手中握有许多闲置的 GSM 1 800 MHz 资源。

在城区等场景下, LTE 1 800 MHz 已基本实现了全覆盖, 考虑到 GSM 网用户不断萎缩, 同频段频谱重耕实现方便, 建议在达到现网 GSM 900 MHz 覆盖要求的基础

上, 探索 GSM/LTE 1 800 MHz 同步连续覆盖, 构建“轻形态”网络实现集约化运营。即简化网络架构, 利用 GSM/LTE 1 800 MHz SDR 设备实现一套设备两张网络; 减少天面资源占用, 节省租赁费用; 盘活存量资源, 充分利用 GSM/LTE 1 800 MHz 闲置资源, 并将原 GSM 900 MHz 设备下电减少在网设备数量, 腾退出 900 MHz 频段。

根据链路预算结果, 下行边缘速率为 1 Mbit/s 时, LTE 1 800 MHz 覆盖范围与 GSM 1 800 MHz 接近, 具备 GSM/LTE 1 800 MHz 同步连续覆盖的理论基础, 当 GSM 900 MHz 与 LTE 1 800 MHz 同厂商时, 更有利于网络迁移。不同边缘目标速率下 LTE 1 800 MHz 基站覆盖能力见表 6。GSM 900 MHz 与 GSM/LTE 1 800 MHz 基站覆盖能力见表 7。

表 6 LTE 1 800 MHz 基站覆盖能力

边缘目标速率	1 024 kbit/s	2 048 kbit/s
环境	城区	城区
系统总带宽/MHz	20	20
分配 RB 数/个	10	10
基站发射功率/dBm	46	46
天线增益/dBi	18	18
接收机噪声系数/dB	7	7
接收机热噪声/dBm	-111.4	-111.4
目标 SNR/dB	0.6	5.2
接收机灵敏度/dBm	-103.8	-99.2
干扰余量/dB	3	3
阴影衰落余量/dB	5.5	5.5
建筑物损耗/dB	20	20
最大允许路径损耗/dB	131.1	126.5
覆盖半径/m	780	570
站间距/m	1 170	860

表 7 GSM 900 MHz 与 GSM 1 800 MHz 基站覆盖能力

频率	900 MHz	1 800 MHz
环境	城区	城区
基站发射功率/dBm	46	46
基站馈线及连接器损耗/dB	2.55	0.68
基站天线增益/dBi	15	18
有效辐射功率 EIRP/dBm	52.95	57.82
接收机灵敏度/dBm	-102	-102
底噪修正/dB	2	2
实际环境灵敏度/dBm	-100	-100
阴影衰落余量/dB	5.5	5.5
建筑物损耗/dB	20	20
最大允许路径损耗/dB	124.45	129.32
覆盖半径/m	945	693
站间距/m	1 418	1 040

以某市城区为例,对比现有 GSM 900 MHz 站点和在现有 LTE 站址上开通 GSM 1 800 MHz 模块的网络覆盖效果,仿真结果如图7~图 10 所示。

根据以上仿真结果,原 GSM 900 MHz 网络中大于 -85 dBm 的比例比在现有 LTE 站址上开通 GSM 1800 MHz 模块高 2%,但后者仍能满足设计指标要求。

在实施方案中具体的建设模式主要包括以下两种。

(1) GSM/LTE 与 WCDMA 不共天馈, 新购 GSM/LTE 1800 MHz 天线规换原 GSM 900 MHz 天线, 适用于 GSM 网与 WCDMA 网方位角不同, 且对 GSM 网方位角有要求的场景, 改造结果如图 11(a)所示。

(2) GSM/LTE 与 WCDMA 共天馈，新购四端口天线替

换原 WCDMA 天线,腾退 GSM 900 MHz 天面资源,适用于 GSM/WCDMA/LTE 同覆盖或者为节约铁塔租赁费的场景,改造结果如图 11(b)所示。

6.2 通过网络改造降低运营成本

铁塔公司成立后,铁塔、室分等资源成为运营商购买的一项服务,按照以下标准进行收费:对于塔类产品,以3副天线(1套系统)作为一个基本产品单元;对于室分信源,以每2套系统作为一个基本产品单元;根据共享内容和共享方数量给予不同的折扣。若要降低铁塔租赁费,就需要减少基本产品单元数量,即减少天面资源的占用。另据统计,GSM/LTE多模设备相对于两套独立设备,仅电费而言,平均可节省约30%。而SDR设备的多模化特性为解



图 7 原有 GSM 900 MHz 网络覆盖

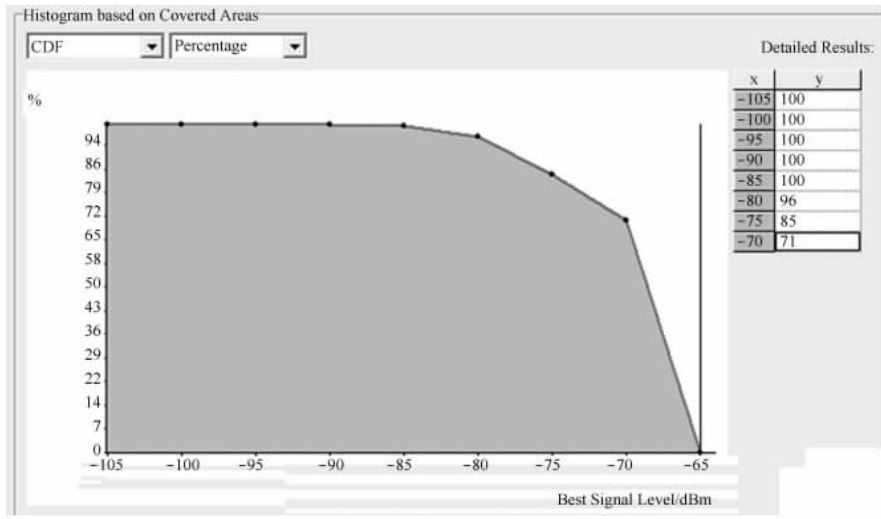


图 8 原有 GSM 900 MHz 网络覆盖统计



图 9 现有 LTE 站址开通 GSM 1 800 MHz 网络覆盖

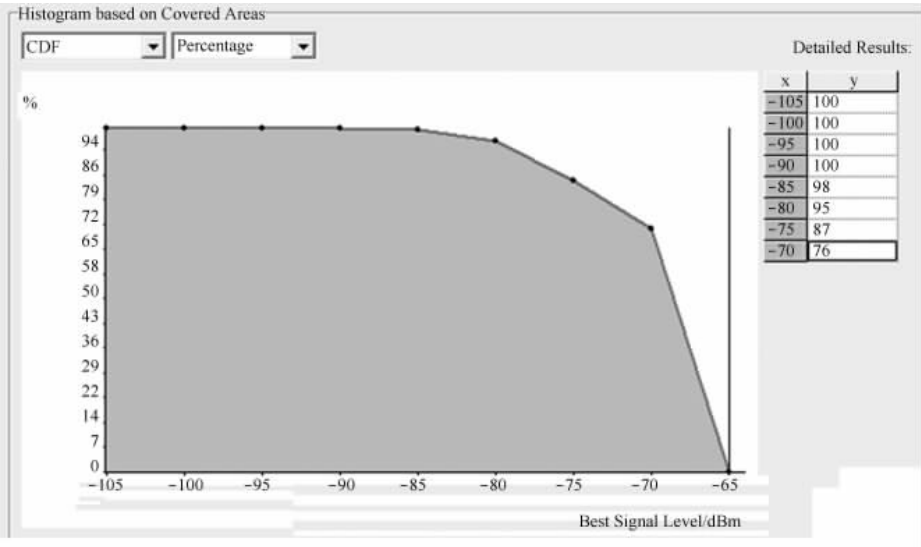


图 10 现有 LTE 站址开通 GSM 1 800 MHz 网络覆盖统计

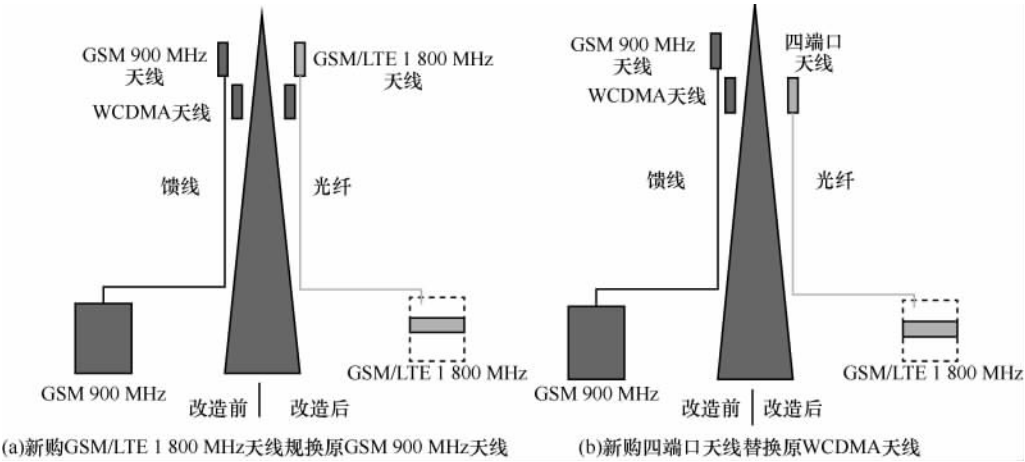


图 11 实施方案中具体的建设模式

决以上问题提供了一条有效途径。

以中国联通四网同站为例,改造后由 4 套设备减为 2 套设备,存在以下两种方案,见表 8。

方案 1 即为第 6.1 节构建“轻形态”网络的思路,将原 GSM 900 MHz 设备退网,适用于城区等站点较密集的场景。LTE 1 800 MHz 网络容量不足时,再将 UMTS 2 100 MHz 改造为 UMTS/LTE 2 100 MHz。

方案 2 保留 GSM 900 MHz 设备,适用于乡镇、农

村、景点等站点较稀疏或对广覆盖有特殊需求的场景。LTE 2 100 MHz 网络容量不足时,再单独增加 LTE 1 800 MHz 设备并将天线替换为多端口天线,或者替换为宽射频 RRU 设备。

在网络升级改造前,应综合考虑运营压力和网络安全性,制定实施方案。在网络改造后,应充分利用现有各种大数据分析平台,根据各网络负荷及用户分布对网络资源进行调整,提高设备利用率,提升运营效益。

表 8 中国联通四网同站改造方案

方案号	网络改造前	网络改造后
1	GSM 900 MHz+GSM 1 800 MHz+UMTS 2 100 MHz+LTE-FDD 1 800 MHz	GSM/LTE 1 800 MHz+UMTS 2 100 MHz
2	GSM 900 MHz+GSM 1 800 MHz+UMTS 2 100 MHz+LTE-FDD 1 800 MHz	GSM 900 MHz+UMTS/LTE 2 100 MHz

注:四网以下同站可认为是四网同站的简化版,可参照表 8 做出相应改造方案。



6.3 做好频谱重耕规划

从全球移动通信市场的发展来看,2G用户向3G/4G网络的迁移已成趋势,许多运营商已经开始GSM、CDMA的减频、退频工作,退出频段上进行频谱重耕。频谱重耕中使用SDR基站,能够在满足现网业务需求的基础上有效利用既有频谱资源,实现多网并存和网络平滑升级。

实施频谱重耕一方面要获得国家的授权许可,另一方面要考虑2G/3G用户的长尾效应,因此,频谱重耕将是逐渐过渡的过程,频谱重耕的进度可能如图12所示。

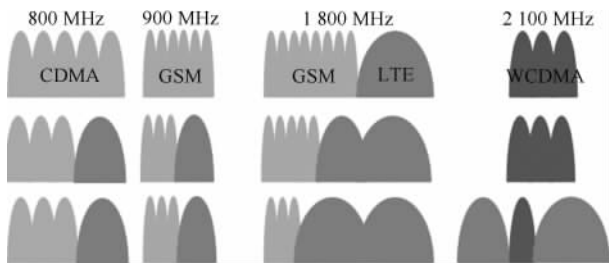


图12 频谱重耕的进度可能情况

7 结束语

采用SDR基站在设备层面实现了共享,实现了不同制式网络的共站址、共传输、共天馈,并兼顾未来网络演进的需求,符合集约化运营的转型方向。

目前设备商已推出超宽射频RRU单元,有效带宽超过360 MHz,可支持不同频段实现多模组网。而随着4.5G大范围的商用和5G研究的深入,异频段的载波聚合需求和更大粒度工作带宽要求,将促使超宽带射频成为SDR设备的发展方向。

参考文献:

- [1] 爱立信. 爱立信移动市场报告--网络社会的脉搏[EB/OL]. [2016-07-01] <http://www.199it.com/archives/488423.html>, 2016. Ericsson. Ericsson mobility report on the pulse of the networked society[EB/OL]. [2016-07-01] <http://www.199it.com/archives/488423.html>, 2016.
- [2] 工业和信息化部. 2015年通信运营统计公报[EB/OL]. [2016-07-01] <http://www.miit.gov.cn/n1146312/n1146904/n1648372/c4620679/content.html>, 2016. The Ministry of Industry and Information Technology. Telecommunications operators statistical bulletin in 2015[EB/OL]. [2016-07-01] <http://www.miit.gov.cn/n1146312/n1146904/n1648372/c4620679/content.html>, 2016.
- [3] 吕婷, 孙雷, 曹亘, 等. 多模基站的原理及应用研究[J]. 移动通信, 2015(z1): 127-132.

LV T, SUN L, CAO G, et al. Research on principle of multi-mode base station and its application [J]. Mobile Communications, 2015 (z1): 127-132.

- [4] 范建华, 王晓波, 李云洲. 基于软件通信体系结构的软件定义无线电系统[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2011, 51(8): 1031-1037.

FAN J H, WANG X B, LI Y Z. SDR system based on the software communication architecture[J]. Tsinghua University (Sci & Tech), 2011, 51(8): 1031-1037.

- [5] 张俊龙. 宽带无线通信系统的SDR平台实现[D]. 北京邮电大学, 2013: 12.

ZHANG J L. Implementation on broadband wireless communication system based on SDR platform [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2013: 12.

- [6] 李长林. 基于SDR的多制式基站版本管理设计与实现[D]. 哈尔滨工程大学, 2011: 3.

LI C L. Design and realization of version management of multi-standard base station based on SDR [D]. Beijing: Harbin Engineering University, 2011: 3.

- [7] 严乐. 中兴SDR基站多场景应用分析[J]. 河南科技, 2012(3): 60-61.

YAN L. Analysis of multi-scene application of ZTE SDR base station[J]. Henan Science & Technology, 2012(3): 60-61.

[作者简介]



何二朝(1981-),男,河北电信设计咨询有限公司工程师、高级设计师,主要研究方向为移动通信新技术在现网中的应用。



耿朋进(1981-),男,河北电信设计咨询有限公司工程师、副主任,主要研究方向为移动通信。



张慧丽(1973-),女,河北电信设计咨询有限公司高级工程师、主任,主要研究方向为移动通信。