



Ev-Do 多载波覆盖一致性控制研究

胡宝法¹, 林明辉², 陈文¹

(1. 中国电信股份有限公司泉州分公司 泉州 362000;

2. 中国电信股份有限公司福建分公司 福州 350000)

摘要: 中国电信 cdma2000 Ev-Do 网络在用户密集区采用了多载波方案, 多载波技术在解决容量的同时, 也因不同载波有效覆盖范围差异而影响局部区域用户的上网感知。传统性能指标分析、DT 等多载波优化方法耗时耗力。根据多载波无线环境典型模型并结合 DRC 及起呼数据分析, 提出了一种分析控制叠加载波与基本载波覆盖一致性的有效方法, 使网络优化由经验手段转变为量化策略, 提高了现有 3G 网络的优化效率。

关键词: Ev-Do; 多载波; 覆盖控制

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015162

Research on Ev-Do Multi-Carrier Coverage Consistency Control

Hu Baofa¹, Lin Minghui², Chen Wen¹

(1. Quanzhou Branch of China Telecom Co., Ltd., Quanzhou 362000, China;

2. Fujian Branch of China Telecom Co., Ltd., Fuzhou 350000, China)

Abstract: In the crowded area, China Telecom cdma2000 Ev-Do sector is configured with multi-carrier for improving the capacity. Nevertheless, the users' experience is influenced because of the carrier's effective coverage difference. Meanwhile, the traditional optimization methods for multi-carrier coverage such as performance index analysis and drive test are time-consuming and costly. According to the multi-carrier wireless environment typical model and combining with the DRC and call data analysis, an effective method to control the coverage of each carrier was proposed. This method can improve the optimization efficiency of China Telecom cdma2000 network by transforming the empirical method into quantitative strategy.

Key words: Ev-Do, multi-carrier, coverage control

1 引言

中国电信的 cdma2000 Ev-Do (evolution-data only) 网络经过近几年的发展, 用户数量急剧增长, 网络负荷不断提升。目前对于用户密集区采用了多载波方案, 但同时也给

网络优化带来了挑战。特别是无线环境不一致而产生的叠加载波覆盖控制优化问题, 因依靠传统性能指标分析、DT (drive test) 等多载波优化手段耗时耗力, 难以实施, 导致叠加载波存在或多或少的过覆盖或弱覆盖, 最终影响用户体验。对于多载波系统, 传统优化方法的步骤介绍如下。

收稿日期: 2015-01-23; 修回日期: 2015-06-15

论文引用格式: 胡宝法, 林明辉, 陈文. Ev-Do 多载波覆盖一致性控制研究. 电信科学, 2015162

Hu B F, Lin M H, Chen W. Research on Ev-Do multi-carrier coverage consistency control. Telecommunications Science, 2015162



首先,通过性能指标分析(话务量、接入距离、 E/I_0 分布统计等)判断各载波的覆盖范围。

其次,根据指标的分析结果判断是否存在覆盖不一致的情况,并通过 DT 验证覆盖差异的情况。

最后,根据 DT 及指标分析,依据网优人员的经验调整载波功率之后再行 DT 验证覆盖一致性的优化效果。若未达到预期效果,则重复以上步骤。

由此可知,传统的多载波系统覆盖一致性优化过分依靠经验并需要多次 DT 以达到优化效果,因此,在实际使用过程中难于广泛应用。另外,对于目前 Ev-Do 多载波系统,散列算法驻留策略及硬指配平衡策略这两种负荷均衡分配方法各有优劣:前者节约系统资源但覆盖不一致,容易影响接入成功率及 Ev-Do 转 cdma2000 1x 用户比等无线网络的关键性能指标;后者使用户都驻留于覆盖较小的基本载波,再根据平衡门限进行业务频点的指配分配,但会占用较多的 CPU 资源,而且平衡门限需要根据各个扇区的实际话务量而进行调整,相对繁琐。

本文结合 CDMA 工作原理及协议标准、大数据统计及数值分析的思想,针对使用散列算法驻留策略的 Ev-Do 多载波系统提出了一种分析控制叠加载波与基本载波覆盖一致性的有效方法:一方面,结合协议标准根据驻留及起呼统计数据统计分析判断各载波的覆盖情况;另一方面,利用 DRC 分析覆盖水平可以有效避开各种复杂的无线环境造成的测试困难,方便地估计覆盖差异。最后再结合多载波无线环境典型模型推算出载波功率的量化调整公式,以进行覆盖控制优化。

2 控制原理

2.1 散列算法及信道选择

散列算法是把任意长度的预映射,变换成固定长度的散列值(一般较短)输出。这种转换是一种压缩映射,即散列值的空间通常远小于输入的空间,不同的输入可能会散列成相同的输出。在 3GPP2 C.S0024-A 协议中,散列函数有 Key (一般为接入终端的 ATI)、 N (信道个数)及 $Decorrelate$ (用于解调相同终端不同应用产生的值)3 个主要参数,其具体函数可表示为:

$$R = N \times \{ [40503 \times (L \oplus H \oplus Decorrelate)] 2^{16} \} / 2^{16} \quad (1)$$

其中, L 为 Key 的 0~15 位, H 为 Key 的 16~31 位。更具体地,用户终端在接入 Ev-Do 网络时首先提供一个 $SessionSeed$ (是地址管理协议的公共数据,由随机数发生

器产生)作为散列函数中的 Key ,并由 $SectorParameters$ 字段中的 $ChannelCount$ 字段值来定义 N , $Decorrelate$ 一般取 0,从而确定出函数值 R 而选择驻留的频点。从较长统计时间来看,相同覆盖范围的多载波扇区各载波上由散列算法分配驻留的用户数基本相等。因此,对于使用散列算法分配用户驻留频点的多载波扇区,可以从各载波上大量驻留与起呼数据统计分析来确定其覆盖情况。

2.2 Ev-Do 前向数据速率控制原理

Ev-Do 速率控制技术的核心思想是通过动态控制数据速率使每个用户以可能得到的最高速率通信。其前向链路速率控制算法包含如下步骤。

- 导频 SINR (signal to interference plus noise ratio) 估计:在每个时隙,基站下发 192 bit 的前向导频信号,终端通过相干积累计算前向导频的信噪比。
- 信道预测:结合过去一段时间内前向导频的信噪比估计,预测下一个时隙内前向导频的信噪比。
- 根据事先设置好的或者自适应调整的信噪比门限,用查表方法,获得下一个时隙内前向链路所能支持的最大传送速率。

因此,DRC(data rate control)申请速率受 SINR 值的影响,信号的 SINR 越大,则 DRC 申请速率越大。QUALCOMM 公司给出的二者的对应关系见表 1。

2.3 Ev-Do 多载波覆盖一致性控制算法原理

根据 3GPP2 C.S0024-A 协议可以知道,散列算法是根据载波的覆盖范围而进行的随机驻留策略,当叠加载波与基本载波的有效覆盖范围一致时,从长时间统计结果来看,各载波上的驻留用户数也会大致相等。再者,根据 Ev-Do 的数据速率控制原理可知,无线环境的质量 SINR 值直接影响了 DRC 的值。故可以对驻留与起呼统计数据进行分析对比,逆向分析控制叠加载波的发射功率,以达到覆盖准确控制的目的。信道中 SINR 的基本定义为:

$$SINR = \frac{Signal}{Interference + Noise} \quad (2)$$

其中, $Signal$ 为有用信号的功率值, $Interference$ 为测量到的信号或信道干扰信号的功率,包括本系统其他小区的干扰以及异系统的干扰; $Noise$ 为底噪,与具体测量带宽和接收机噪声系数有关。

图 1 为典型的 Ev-Do 多载波插花组网时的扇区分布,其中只有 C 基站-3 和 G 基站-1 扇区使用了双载波配置。对于 C 基站-3 扇区来说,如果两个载波发射功率一样,则

表 1 DRC 值与 SINR 值对应关系

DRC 指数	偏移量/bit	分组长度/slot	数据速率/(kbit·s ⁻¹)	SINR 阈值/dB
1	1 024	16	38.4	-11.35
2	1 024	8	76.8	-9.15
3	1 024	4	153.6	-6.5
4	1 024	2	307.2	-3.85
5	2 048	4	307.2	-3.75
6	1 024	1	614.4	-0.35
7	2 048	2	614.4	-0.55
8	3 072	2	921.6	2.25
10	4 096	2	1 228.8	4.3
9	2 048	1	1 228.8	4.45
13	5 120	2	1 536	6.3
11	3 072	1	1 843.2	8.7
12	4 096	1	2 457.6	11.1
14	5 120	1	3 072	13

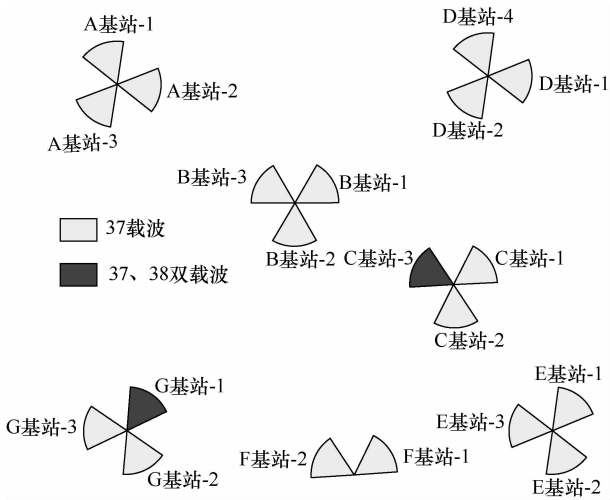


图 1 Ev-Do 多载波插花组网扇区典型分布

表明其有用信号的功率值相同,但 37 基本载波的干扰 $Interference_{Base}$ 相比于其 78 叠加载波的干扰 $Interference_{Add}$ 大。因为 $Interference_{Base}$ 干扰源包含图 1 中所有其他扇区,而 $Interference_{Add}$ 干扰源则只有 G 基站-1 扇区,即 78 载波的信号环境纯净, $SINR_{Add}$ 明显比 $SINR_{Base}$ 好,78 载波(叠加载波)有效覆盖范围大于 37 载波(基本载波)。

根据 SINR 的基本定义可知,一般周边无线环境稳定(无突发干扰,无新加载波等)的情况下, $SINR$ 与载波的发射功率 P 成正比,即:

$$SINR \propto P \tag{3}$$

因此有:

$$P_{New} = P_{Old} 10^{-0.1(SINR_{Add} - SINR_{Base})} \tag{4}$$

其中, P_{New} 为叠加载波优化后的发射功率, P_{Old} 为叠加载波优化前的发射功率,即可以从载波的 $SINR$ 差值推算出发射功率 P 的优化量。

另外,由表 1 中给出的 SINR 与 DRC 的对应关系,通过数值分析多项式拟合法可以得到二者的换算函数,表示如下:

$$SINR = -1.038 \times 10^{-6} DRC^2 + 9.469 \times 10^{-3} DRC - 5.917 \tag{5}$$

其中, $SINR$ 的单位为 dB, DRC 的单位为 kbit/s。

综合以上分析,Ev-Do 多载波覆盖一致的控制算法介绍如下。

- 由大数据统计(一周全天)分析各载波的空闲态驻留用户数及激活态异频指配失败次数,判断各载波的覆盖差异。
- 若存在覆盖差异,则分析各载波的 DRC 值。
- 根据式(5)将 DRC 值转化为各载波的 SINR 值。
- 对比叠加载波与基本载波的 SINR 值之差。
- 由式(5)确定叠加载波发射功率的调整量,之后观察指标,可循环以上步骤进行多次优化。

具体优化控制方法流程如图 2 所示。

3 实例验证

福建泉州 A 基站 ROWZ(图 3 中五角星标注扇区)使用 Ev-Do 双载波插花组网方式,其基站扇区分布如图 3 所示。

图 3 中泉州 A 基站 ROWZ 扇区使用 37~78 双载波配置,使用散列驻留策略,原来基本 37 载波的功率为 12 W,叠加 78 载波的功率为 4 W,呼叫保持门限与跨频指配门

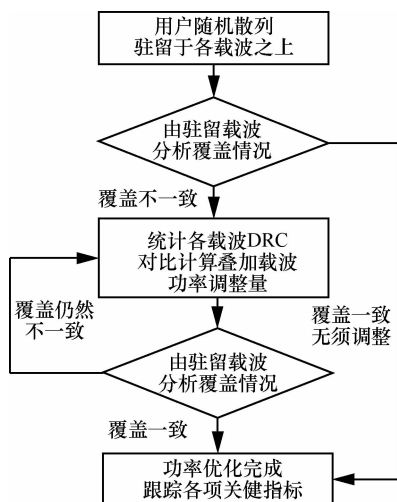


图2 Ev-Do多载波覆盖一致性优化控制流程

限为默认值。由于此地商业繁华区,话务量较高,Ev-Do连接失败次数经常为该区Top1。在确定该基站扇区无其他异常之后,对其覆盖一致性进行检查分析优化,具体步骤介绍如下。

3.1 数据分析

从中国电信无线网络优化平台跟踪提取一周(全天24h)的驻留及起呼统计,数据量大保证数据随机统计的有效性)的驻留及起呼统计数据,分析各载波驻留用户数、跨频指配失败次数,以判断各叠加载波的覆盖情况。

表2给出了5月20~26日一周以来的驻留及起呼统计数据,从表2中的数据可以看出,在原来配置的条件下,78载波明显覆盖比较好而造成驻留用户数较多。为了负荷均衡而把用户指配至37频点时,由于在78频点的边缘覆盖比37频点好,这种覆盖不一致的区域会造成较多的指配接入失败,因此,该扇区的78载波的功率设为4W仍

然太高。

3.2 各载波覆盖质量对比并估计功率衰减量

泉州A基站_ROWZ扇区一周各载波平均DRC统计见表3。

从表3可以看出,一周以来早上9点最忙时37频点的平均DRC为1113 kbit/s,78频点的平均DRC为1927 kbit/s。根据式(5)可以估计此时37频点上用户的为3.34,而78频点上用户的平均为8.48,故根据式(4)有:

$$P_{\text{New}} = P_{\text{Old}} \times 10^{-0.1(S\text{INR}_{78} - S\text{INR}_{37})} = 4 \times 10^{-0.414} \text{ W} = 1.542 \text{ W} \quad (6)$$

即78载波的功率应该由原来的4W优化为1.542W,取1.5W。

3.3 功率修改后驻留及起呼统计数据及关键性能指标对比

功率修改之后跟踪此小区一周并对驻留及起呼统计数据进行分析,评价覆盖一致性优化的实际效果。泉州A基站_ROWZ扇区一周驻留与起呼数据统计见表4。从表4可以看出,37载波与78载波的驻留用户数平衡性及跨频指配指标明显优于表2中的统计结果。

在确认各载波驻留用户数及跨频指配次数之间的平衡性明显优之后,则选择关键指标对优化效果进行对比,主要关注Ev-Do网络RLP(radio link protocol,无线连接协议)数据状态(如吞吐量及重传率)、接入及稳定性(连接成功率、掉线率及Ev-Do下切cdma2000 1x用户比),并参考Ev-Do网络总话务量、DRC值的变化而进行整体评估。其中接入及稳定性是影响用户感知的最主要因素,而用户感知则是网络优化的初衷。泉州A基站_ROWZ扇区78频点的发射功率由4W调整为1.5W前后各项关键指标的对比见表5。优化之后Ev-Do无线连接成功率及Ev-Do下切cdma2000 1x用户比有明显改善,其他各关键指标保持平稳。

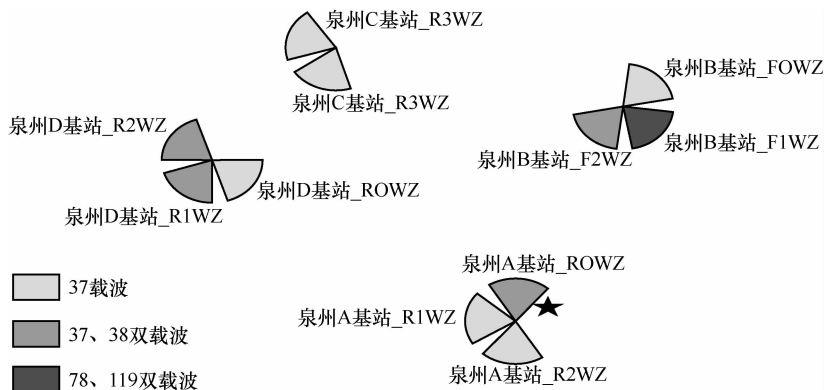


图3 A基站_ROWZ扇区及其周边扇区分布

表 2 泉州 A 基站 _ROWZ 扇区一周驻留与起呼数据统计 (78 载波功率 4 W)

统计项目	5 月 20 日	5 月 21 日	5 月 22 日	5 月 23 日	5 月 24 日	5 月 25 日	5 月 26 日
37 驻留(用户次数)	56 977	106 821	77 653	88 706	77 671	74 343	3 294
78 驻留(用户次数)	73 425	143 833	100 447	133 645	109 611	108 522	3 677
37 至 78 指配失败次数	46	123	47	41	46	36	1
78 至 37 指配失败次数	541	1 165	914	1 296	965	818	23

表 3 泉州 A 基站 _ROWZ 扇区一周各载波平均 DRC 统计(78 载波功率 4 W)

统计项目(上午 9 点最忙)	5 月 20 日	5 月 21 日	5 月 22 日	5 月 23 日	5 月 24 日	5 月 25 日	5 月 26 日	平均值
37 频点平均 DRC(kbit·s ⁻¹)	1 081	1 193	1 084	1 045	1 067	1 126	1 121	1 113
78 频点平均 DRC(kbit·s ⁻¹)	1 886	2 069	1 895	1 886	1 729	1 953	2 070	1 927

表 4 泉州 A 基站 _ROWZ 扇区一周驻留与起呼数据统计 (78 载波功率 1.5 W)

统计项目	5 月 28 日	5 月 29 日	5 月 30 日	5 月 31 日	6 月 1 日	6 月 2 日	6 月 3 日
37 驻留(用户次数)	99 423	94 072	89 765	99 732	108 750	85 874	58 935
78 驻留(用户次数)	117 532	109 535	94 556	103 223	136 621	100 177	59 105
37 至 78 指配失败次数	307	301	297	348	273	266	146
78 至 37 指配失败次数	507	421	309	218	645	352	73

表 5 泉州 A 基站 _ROWZ 扇区关键指标变化对比

关键指标(优化前后各一周早忙时统计)	功率优化前	功率优化后
Ev-Do 小区反向 RLP 数据吞吐量/(kbit·s ⁻¹)	147.42	174.84
Ev-Do 小区反向 RLP 数据重传率	0.25%	0.25%
Ev-Do 小区前向 RLP 数据吞吐量/(kbit·s ⁻¹)	690.65	810.74
Ev-Do 小区前向 RLP 数据重传率	0.26%	0.34%
Ev-Do 小区无线连接成功率	99.10%	99.40%
Ev-Do 小区无线掉线率	0.03%	0.03%
Ev-Do 下切 cdma2000 1x 用户比	6.12%	3.14%
Ev-Do 话务量/Erl	71.14	76.57
Ev-Do 小区 DRC 前向平均申请速率/(kbit·s ⁻¹)	1 583.17	1 333.14
Ev-Do 小区 DRC 前向速率小于 307.2 kbit/s 的申请比率	3.96%	5.59%

为了更为全面地评价扇区优化效果,对泉州 A 基站 _ROWZ 扇区覆盖方向附近的泉州 B 基站、泉州 C 基站及泉州 D 基站的指标也进行了分析对比,见表 6。

综合以上的关键指标参数可知,用此方法调整叠加载波的覆盖范围确实准确有效。所选取的泉州 A 基站 _ROWZ 扇区在功率修改后:

Ev-Do 无线连接成功率由 99.102%提升至 99.396%(修改前后一周早忙时平均值,下同),提升 0.294 个百分点,优化效果突出,明显改善了用户体验。

Ev-Do 话务量略有增加,由 71.1Erl 提升至 76.6Erl。

RLP 前反向数据吞吐量都略有提升。

Ev-Do 转 cdma2000 1x 用户比明显优化,均值由 6.123%下降为 3.141%,优化幅度接近 3 个百分点,用户体

验得到了极为明显的改善。

可预见的不足是 DRC 小于 307.2 kbit/s 的比例略有增加,由 3.96%变为 5.59%。

周边各站点的关键指标参数保持稳定,其中 Ev-Do 下切 cdma2000 1x 用户比的指标有明显的优化。

4 结束语

本文提出了一种调整控制 Ev-Do 插花多载波叠加载波覆盖范围的全新方法,该方法是一种闭环的调整控制过程,为了较为精确地控制多载波有效覆盖范围一致,可以根据图 2 中的优化流程进行多次分析调整。相比于传统控制覆盖范围的优化手段,本方法简单快捷地实现了叠加载波覆盖范围的量化分析调整,避免叠加载波弱覆盖或过覆



表 6 泉州 A 基站 ROWZ 覆盖优化后周边基站关键指标变化情况

基站名	优化前/后	Ev-Do 连接成功率	RLP 数据吞吐量(前向/反向) /(kbit·s ⁻¹)	Ev-Do 话务量/Erl	Ev-Do 下切 cdma2000 1x 用户比	RLP 数据重传率 (前向/反向)
泉州 B 基站	优化前	99.579%	181.7/47.3	8.09	2.5%	0.40%/0.44%
	优化后	99.563%	182.1/46.1	8.71	2.24%	0.43%/0.44%
泉州 C 基站	优化前	99.497%	114.3/25.3	5.6	3.05%	0.34%/0.51%
	优化后	99.443%	164/27.0	6.46	2.61%	0.38%/0.49%
泉州 D 基站	优化前	99.394%	183.6/40.6	10.28	1.63%	0.19%/0.53%
	优化后	99.410%	144.2/32.5	9.57	1.4%	0.25%/0.65%

盖的情况,使用户感知和用户体验得到明显改善。另外,本方法的提出使 Ev-Do 插花多载波覆盖的优化效率明显提高,可以节约大量的人力物力而转为 LTE 网络部署的关键时期服务,助力 LTE 网络快速发展。

参考文献

- 1 武巍. 多载频场景下的 Ev-Do 连接成功率优化思路. 电信技术, 2011(11): 41~43
Wei W. Optimization of Ev-Do connection success rate under multiple carrier frequency scene. Telecommunications Technology, 2011(11): 41~43
- 2 冯建和, 王卫东, 房杰等. cdma2000 网络技术与应用. 北京: 人民邮电出版社, 2010
Feng J H, Wang W D, Fang J, *et al.* cdma2000 Technology and application. Beijing: Posts and Telecom Press, 2010
- 3 王晓凡, 顾晓斌, 刘芸. CDMA 网络 Ev-Do 多载波连续部署与插花部署的建议. 通信世界, 2011(11)
Wang X F, Gu X B, Liu Y. Suggestion of Ev-Do multicarrier continuous and flower arrangement deployment for CDMA network. Communications World Weekly, 2011(11)
- 4 邹铁刚, 刘灏. Ev-Do 多载波组网中的终端驻留及指配策略. 信息通信, 2012(2): 188~190
Zou T G, Liu H. Mobile terminals reside and assignment strategy for Ev-Do multicarrier networking. Information & Communications, 2012(2): 188~190
- 5 3GPP2. cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification. C.S0024-A, 2004
- 6 Xie F, Tian H, Zhang P, *et al.* The trade-off between SINR and total power consumption in dual-mode systems. Proceedings of the 5th International Symposium on Multi-Dimensional Mobile Communications, the Joint Conference of the 10th Asia-Pacific Conference on Communications and the 5th International Symposium on Multi-Dimensional Mobile Communications (APCC/MDMC), Beijing, China, 2004: 848~852

- 7 郝文东. CDMA Ev-Do 网络载干比优化分析与研究. 硅谷, 2011(13)
Hao W D. C/I optimization analysis and research of Ev-do network. Silicon Valley, 2011(13)
- 8 QUALCOMM Incorporated. 1xEv-Do Forward Link Performance, 2008
- 9 张国文, 袁坚, 谢卫浩. Ev-Do Rev.A 前向发射功率调整及其影响, 移动通信, 2009, 33(14): 26~29
Zhang G W, Yuan J, Xie W H. Forward transmitter power adjustment and effects of Ev-Do Rev.A. Mobile Communications, 2009, 33(14): 26~29

[作者简介]



胡宝法,男,中国电信股份有限公司泉州分公司无线网络中心无线网络系统分析优化工程师,主要从事 CDMA/LTE 无线网络优化工作。



林明辉,男,中国电信股份有限公司福建分公司网络运营部经理、高级工程师,主要从事 CDMA/LTE/Wi-Fi/PHS 无线网络优化工作。



陈文,男,中国电信股份有限公司泉州分公司无线网络中心高级资深无线工程师,主要从事 GSM/数据 IP 核心网、CDMA/LTE 无线网络优化工作。