



声 明

独创性（或创新性）声明

本人声明所呈交的论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢中所罗列的内容以外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得北京邮电大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

申请学位论文与资料若有不实之处，本人承担一切相关责任。

本人签名： 刘 君 日期： 2004.2.25

关于论文使用授权的说明

学位论文作者完全了解北京邮电大学有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属北京邮电大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。（保密的学位论文在解密后遵守此规定）

本学位论文不属于保密范围，适用本授权书。

本人签名： 刘 君 日期： 2004.2.25

导师签名： 朱 祥 华 日期： 2004.2.25



CDMA 网络无线性能的分析 and 优化

摘 要

移动互联网时代的到来,使人们对移动网络质量的要求更加高,网络优化工作的重要性日益显著。网络优化是网络建设和发展的关键环节。在完成 CDMA 网络的理论规划和实际建网后,网络优化就成为提升网络性能的重要手段,成为网络维护的重要内容,也将成为将来网络扩容和改造工程的重要组成部分。网络优化是在日常运行维护工作的基础上,在保证网络设备正常运行的前提下,对已验收投产的网络所进行的一系列旨在提高移动通信质量和网络运行效率的调查、分析与调整作业。具体的说,就是根据系统的实际表现、系统的实际性能,对系统进行分析,在分析的基础上通过对系统参数的调整,使系统性能得到逐步改善,为现有的系统配置下提供最优的服务质量,即最佳的覆盖、满意的信号强度、最佳的通话音质和最低的掉话率等。

本文所述的网络优化主要是针对 CDMA 网络的无线性能部分,并且以河源市电信公司的 450MHz CDMA 无线市话网络无线侧的优化为例。在 CDMA 网络无线优化过程中,作者通过故障定位,提出硬件调整建议,并对网络参数进行具体的调整和修改,实施成效跟踪和分析,总结优化经验并形成技术报告。

本文首先概述了 CDMA 技术的理论基础,其中包括码分多址与其他多址方式的比较和 CDMA 移动通信系统的关键技术。然后简单介绍了网络优化的概念、内容以及优化手段,并给出了网络优化的具体步骤。本文接着详细论述了作者在课题期间总结的无线网络优化的经验和体会。最后介绍了河源电信 450MHz CDMA 无线网络优化的过程以及成果。

关键词 CDMA 优化 干扰源 掉话 天线



ANALYSIS AND OPTIMIZATION ABOUT WIRELESS PERFORMANCE OF CDMA NETWORK

ABSTRACT

In the age of Mobile Internet, the demand for the quality of mobile telecommunication network became stricter than before. It is more important than before to optimize network. Network optimization is the pivotal tache of the construction and development of network. After the theoretic layout and the accomplishment of the CDMA network, network optimization becomes the important measure of upgrading the performance of the network and the important content of network maintenance. It turns into the impormant segment of network spread and the project alteration. Network optimization is a series of research ,analysis and adjustment that aim at improving the quality of mobile communication and function efficiency of the network on the basis of daily function and maintenance. Concretely, it is to analyse the system on the basis of the actual represent and the performance of the system.

The thesis gives the network optimization that aims at wireless performance of the CDMA network. The example is the optimization of wireless performance of the HeYuan 450MHz CDMA network.

Firstly, the author expatiates the theory background of CDMA technology including the comparing of Code Division Multiple Access and other multiple mode and including the pivotal technology of CDMA mobile communication. Then the author introduces simply the concept and content of network optimization and gives th material step. At last the author introduces the course and harvest of network optimization of HeYuan 450MHz CDMA wireless network.

KEY WORDS: CDMA optimization intruder antenna



第一章 绪 论

1.1 引言

移动通信是当今通信领域内最为活跃和发展最为迅速的领域之一，也是 21 世纪对人类的生活和社会发展将有重大影响的科学技术领域之一。移动互联时代的到来，使人们对移动网络质量的要求更加高，网络优化工作的重要性日益显著。

移动通信系统的网络优化是一项复杂的系统工程，它涉及到频率资源、无线网络、交换网络、用户分布、甚至手机用户的使用习惯等问题，涉及到对网络数据的复杂测试及评估。它没有固定的模式。网络优化又是一项长期的工作，从建网以后的所有扩容和调整工作都是网络优化的一部分。随着用户的增加以及网络规模的扩大，优化工作也将不断的深入。

本文所述的网络优化主要是针对 CDMA 网络的无线性能部分，并且以河源市电信公司的 450M CDMA 无线市话网络无线侧的优化为例。

1.2 我国移动通信网络的现状

自 1993 年我国首次开通 GSM 移动试验网以来，移动通信在我国以一种前所未有的发展速度迅猛发展，到 2000 年底，全国移动用户已突破了 8000 万，而 2001 年已超过一亿，截至 2003 年 9 月，全国移动电话用户总数达 2.4 亿，平均年增长率达到了 50~100%。同时，用户迅速地大规模增长促使我国移动通信网络的规模也以一种前所未有的速度迅猛发展。现我国移动通信网已覆盖了全国大、中、小城市和平原地区，实现了全国 31 个省、市、自治区的自动漫游，与世界上 116 个国家和地区的运营商实现了自动漫游，基本实现了国内各大、中、小城市间的无缝连接。2000 年初，中国联通又推出了覆盖全国的 CDMA IS-95 移动通信网，现已升级成 cdma2000 1x 系统。从国家打破垄断、鼓励竞争的管理思路以及 WTO 要求对中国电信市场开放的时间表等各方面的考虑，基本可以认为中国移动、中国联通、中国电信和中国网通四大运营商将获得 3G 牌照。这一切都标志着我国移动通信市场的飞速发展。但随着移动通信的迅猛发展，移动用户对网络服务质量的要求也越来越高。而由于下述原因，使得现有网络的服务质量不尽如人意，巨额的投资并没有得到最高的收益。

1. 由于网络建设速度快，市场需求的压力大，使得网络来不及进行调试即投



入运行。因此产生了通话质量上的各种问题，如串音，掉话，话音断续，单边通话和干扰等。

2. 由于移动通信网络的“移动”特性，使得对它的维护和操作与固定链路通信网络之间的差别是很大的。最大的区别是移动通信网的条件会发生变化，如周围的环境、话务量分布；另外移动网规划中有大量的小区设计参数，而且它们大多数是可调整的。这些都会对服务质量等重要指标产生很大影响。但是，移动通信网又不可能象固定链路通信网那样将问题在规划设计阶段就解决，因为移动网中出现的大多数问题在网络规划阶段是不可能考虑得到的。

所以在移动通信网络运行当中，我们既要通过优化来解决工程遗留下的问题，还要根据移动通信网条件的变化进行优化调整。由此可见，加强网络优化、搞好运行维护是提高移动通信网络质量的关键。特别是在移动通信业务的提供走向市场化的情况下，如何通过网络优化来提高网络的利用率，使巨额的投资得到最高的收益，正在成为运营商越来越关心的问题。

1.3 论文期间的工作

河源电信 450MHz CDMA 无线市话工程于 2002 年 11 月底启动，12 月 14 日正式打通第一个电话，至 2003 年 1 月底共建设 20 个基站，容量达 40000 多个用户。无线市话建网初期出现的问题主要集中在无线侧，具体表现是覆盖率较低、MS 起呼寻呼困难、掉话率高和语音质量差等等。

作者从 2003 年 2 月至 2003 年 12 月，在广东省电信公司河源市分公司的无线通讯部开展“CDMA 网络无线性能的分析 and 优化”的课题。在课题研究期间，作者通过对 CDMA 无线网络的故障定位，提出硬件调整建议，并对网络参数进行具体的调整和修改，然后进行实施成效跟踪和分析，总结优化经验并形成技术报告。

2002 年 11 月至 2003 年 1 月，开始前期研究。包括阅读有关 CDMA 移动通信系统的书籍和文献，详细了解了 CDMA 移动通信系统的关键技术；阅读网络优化方面的书籍，了解目前使用的网络优化手段以及工具。

2003 年 2 月至 2003 年 3 月，根据前期的知识储备，进一步全面了解 CDMA 移动通信网的各种技术，以及系统分析、无线传播和蜂窝工程方面的基础知识；学习使用网络优化的工具；完成研究生论文开题报告。

2003 年 4 月至 2003 年 9 月，加入河源市电信公司的无线通讯部进行日常工作，对 450MHz CDMA 无线市话网络进行无线性能分析，首先进行无线频谱监



测，确定外部干扰源，然后逐一进行排查；然后针对切换成功率、接通率、拥塞率、掉话率等网络指标对无线网络参数进行具体的调整和修改。

2003 年 10 月至 2003 年 12 月，对前期的优化工作的实施成效进行跟踪和分析，总结优化经验并形成技术报告。

2004 年 1 月至 2004 年 2 月，总结文档，完成研究生学位论文。



第二章 CDMA 技术的理论基础

2.1 码分多址 (CDMA) 技术

1977 年, 库珀 (R.G.Cooper) 和内特尔顿 (Nettleton) 首先提出利用扩频技术实现 CDMA 方案, 以使蜂窝移动通信系统的频谱效率提高 2~5 倍。这一成果的发表引起了极大的轰动。但由于当时的数字无线技术和陆地移动通信的市场需求均未成熟, 因此没有进入实用。但自 1989 年以来, 美国欲将 CDMA 方式在移动通信中实用化, 研究工作十分活跃, 才真正引起人们的注意。美国 Qualcomm 公司发展的 CDMA 系统采用直接序列扩频技术, 在数字蜂窝系统、无绳电话系统和个人通信中充分发挥技术优势, 使人耳目一新。

2.2 什么是码分多址

CDMA 是码分多址的英文缩写(Code Division Multiple Access), 它是在数字技术的分支——扩频通信技术上发展起来的一种崭新而成熟的无线通信技术。CDMA 技术的原理是基于扩频技术, 即将需传送的具有一定信号带宽的信息数据, 用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码进行调制, 使原数据信号的带宽被扩展, 再经载波调制并发送出去。接收端使用完全相同的伪随机码, 与接收的带宽信号作相关处理, 把宽带信号换成原信息数据的窄带信号即解扩, 以实现信息通信。

码分多址包含两个基本技术: 一个是码分技术, 其基础是扩频技术; 另一个是多址技术。将这两个基本技术结合在一起, 并吸收其他一些关键技术, 形成了今天码分多址移动通信系统的技术支撑。

◆ 扩频技术

在 CDMA 中, 分配给每个用户一个唯一的编码序列 (扩展码), 用于对它的承载信息信号进行编码。接收机知道用户的编码序列, 可以在接收后对接收的信号进行解码并恢复出原始数据, 这是因为特定用户的编码信号和其他用户的编码信号之间的互相关性很小。因为编码信号的带宽比承载信息信号的带宽大得多, 因此编码处理扩展了信号的带宽, 这就是大家熟知的扩频调制。

扩频调制技术必须遵循下面的两个准则:

- (1) 传输带宽必须远远大于信息带宽;



(2) 产生的射频信号带宽由一个函数决定, 而不是由发送的信息决定 (因此, 带宽和发送的信息是统计独立的)。

◆ 多址技术

蜂窝系统向用户提供服务的资源包括空间、时间、频率和编码方式等。一般而言, 不同的系统可以使用不同的通信资源 (可以看成抽象的信道) 来区分通信对象, 一个这样的信道只容纳一个用户进行通信, 而许多同时通信的用户, 互相以不同的抽象信道的形式来区分, 这就是多址的概念。蜂窝移动通信系统是一个有多个抽象信道同时工作的系统, 同时在下行方向具有广播的特点和大面积覆盖的特点。在利用无线通信环境的电波覆盖区内, 如何建立用户之间的无线信道的连接, 是多址接入方式要解决的问题。

当以传输信号存在的空间不同来区分信道建立多址接入时, 称为空分多址 (SDMA) 方式; 当以传输信号的载波频率不同来区分信道建立多址接入时, 称为频分多址 (FDMA) 方式; 当以传输信号存在的时间不同来区分信道建立多址接入时, 称为时分多址 (TDMA) 方式; 当以传输信号的码型不同来区分信道建立多址接入时, 称为码分多址 (CDMA) 方式。在实际应用中, 上述几种多址方式可以结合使用。比如 GSM 系统就结合了 FDMA 和 TDMA 技术, 同时它也利用了空分复用 (SDM) 技术。

◆ 码分多址的实现原理

码分多址是使用一组正交 (或准正交) 的码组通过相关处理来实现多个用户共享空间传输的频率资源和同时入网接续的功能。

在发端, 有用信号经扩频处理后, 频谱被展宽; 在收端, 利用伪码的相关性作解扩频处理后, 有用信号频谱被恢复成窄带谱。宽带无用信号与本地伪码不相关, 因此不能解扩频, 仍为宽带谱; 窄带无用信号则为本地伪码所扩展称为宽带谱。由于无用的干扰信号为宽带谱而有用信号为窄带谱, 我们可以用一个窄带滤波器排除带外的干扰电平, 于是窄带内的信噪比就大大提高了。

2.3 码分多址和其他多址方式的比较

目前在移动通信中应用的多址方式有: 频分多址 (FDMA)、时分多址 (TDMA)、码分多址 (CDMA) 和空分多址 (SDMA) 以及它们的混合应用方式等, SDMA 一般不单独使用, 而是和其他多址方式结合使用。

相对于 CDMA 码分多址, FDMA 频分多址和 TDMA 时分多址经过多年应用, 他们的优势已得到充分的挖掘, 同时缺点也得到充分的暴露。



● 频分多址 (FDMA) 方式

在频分多址系统中,把可以使用的总频段划分为若干占用较小带宽的频道,这些频道在频域上互不重叠,每个频道就是一个信道,分配给一个用户。在接收设备中使用带通滤波器允许指定频道里的能量通过,但滤除其他频率的信号,从而限制了临近信道之间的相互干扰。

——每信道占用一个载频,相邻载频之间的间隔应满足传输信号带宽的要求。为了在有限的频谱中增加信道数量,系统均希望间隔越窄越好。每个信道的每一载波仅支持一个电路连接,也就是说 FDMA 通常在窄带系统中实现。

——符号时间与平均延迟扩展相比是很大的。FDMA 方式中,每信道只传送一路数字信号,信号速率低,一般在 25kbit/s 以下,远低于多径时延扩展所限定的 100kbit/s,所以在数字信号传输中,由码间干扰引起的误码极小,因此在窄带 FDMA 系统中无需自适应均衡。

——基站复杂庞大,重复设置收发信设备。基站有多少信道,就需要多少部收发信机,同时需要天线共用器,功率损耗大,易产生信道间的互调干扰。

——越区切换较为复杂和困难。因在 FDMA 系统中,分配好语音信道后,基站和移动台都是连续传输的,所以在越区切换时,必须瞬时中断传输数十至数百毫秒,以把通信从一频率切换到另一频率上去。对于语音,瞬时中断问题不大,对于数据传输则带来数据的丢失。

● 时分多址 (TDMA) 方式

在时分多址系统中,把时间分成周期性的帧,每一帧再分成若干时隙(无论帧或时隙都是互不重叠的),每一个时隙就是一个通信信道,分配给一个用户。然后按一定的时隙分配原则,使各个移动台在每帧内只能按指定的时隙向基站发射信号,在满足定时和同步的条件下,基站可以在各时隙中接收到各移动台的信号且互不干扰。同时,基站发向各个移动台的信号都按顺序安排在预定的时隙中传输,各移动台只要在指定的时隙内接收,就能在合路的信号中把发给他的信号区分出来。

——突发传输的速率高,远大于语音编码速率,每路编码速率设为 R bit/s,共 N 个时隙,则在这个载波上传输的速率将大于 NR bit/s。这是因为 TDMA 系统中需要较高的同步开销。同步技术是 TDMA 系统正常工作的重要保证。

——发射信号速率随 N 的增大而提高,如果达到 100kbit/s 以上,码间串扰就将加大,必须采用自适应均衡,用以补偿传输失真。

——抗干扰能力强,频率利用率高,系统容量大。

——越区切换简单。由于在 TDMA 中移动台是不连续地突发式传输,所以



切换处理对一个用户单元来说,是很简单的,因为它可以利用空闲时隙监测其他基站,这样越区切换可在无信息传输时进行。因而没有必要中断信息的传输,即使传输数据也不会因越区切换而丢失。

● 码分多址 (CDMA) 方式

码分多址系统为每个用户分配了各自特定的地址码,利用公共信道来传输信息。CDMA 系统的地址码相互具有准正交性,以区别地址,而在频率、时间和空间上都可能重叠。系统的接收端必须有完全一致的本地地址码,用来对接收的信号进行相关监测。其他使用不同码型的信号,因为和接收机本地产生的码型不同而不能被解调。

与 FDMA 和 TDMA 相比,CDMA 具有许多独特的优点,其中一部分是扩频通信系统所固有的,另一部分则是由软切换和功率控制等技术所带来的。CDMA 移动通信网是由扩频、多址接入、蜂窝组网和频率复用等几种技术结合而成,含有频域、时域和码域三维信号处理的一种协作,因此它具有抗干扰性好,抗多径衰落,保密安全性高,同频率可在多个小区内重复使用,容量和质量之间可做权衡取舍等属性。这些属性使 CDMA 比其它系统有非常重要的优势。

——通信容量大。理论上讲,信道容量完全由信道特性决定,但实际的系统很难达到理想的情况,因而不同的多址方式可能有不同的通信容量。CDMA 是干扰限制性系统,任何干扰的减少都直接转化为系统容量的提高。因此一些能降低干扰功率的技术,如语音激活 (Voice Activity) 技术等,可以自然的用于提高系统容量。

——容量的软特性。在 CDMA 系统中,用户数的增加相当于背景噪声的增加,造成话音质量的下降。但对用户数并没有限制,操作者可在容量和话音质量之间折衷考虑。另外,多小区之间可根据话务量和干扰情况自动均衡。

这一特点与 CDMA 的机理有关。CDMA 是一个自扰系统,所有移动用户都占用相同带宽和频率,打个比方,将带宽想象成一个大房子,所有的人将进入唯一的大房子。如果他们使用完全不同的语言,他们就可以清楚地听到同伴的声音而只受到一些来自别人谈话的干扰。在这里,屋里的空气可以被想象成宽带的载波,而不同的语言即被当作编码,我们可以不断地增加用户直到整个背景噪声限制住了我们。如果能控制住用户的信号强度,在保持高质量通话的同时,我们就可以容纳更多的用户。

——在 CDMA 系统中,信道数据速率很高,因此码片时长很短,通常比信道的时延扩展小得多。因为 PN 序列有低的自相关性,所以大于一个码片宽度的时延扩展部分,可受到接收机的自然抑制。另一方面,如采用分集接收最大比合



并技术，可获得最佳的抗多径衰落效果。

——平滑的软切换和有效的宏分集。CDMA 系统中所有小区使用相同的频率，这不仅简化了频率规划，也使越区切换得以完成。每当移动台处于小区边缘时，同时有两个或两个以上的基站向该移动台发送相同的信号，移动台的分集接收机能同时接收合并这些信号，此时处于宏分集状态。当某一基站的信号强于当前基站信号且稳定后，移动台才切换到该基站的控制上去。这种切换可以在通信的过程中平滑的完成，称为软交换。

——低信号功率谱密度。在 CDMA 系统中，信号功率被扩展到比自身频带宽度宽百倍以上频带范围内，因而其功率谱密度大大降低。由此可得到两方面的好处：其一，具有较强的抗窄带干扰能力；其二，对窄带系统的干扰很小，有可能与其他系统共用频段，使有限的频谱资源得到更充分的使用。

但是 CDMA 技术并未尽善尽美：

——CDMA 虽具有柔性容量，但同时工作的用户越多，所形成的干扰噪声就越大，当用户数超过网络设计容量时，系统的信噪比会恶化，从而导致通信质量的下降。

——CDMA 技术采用 RAKE 接收机，有利于克服码间干扰，但当扩频处理增益不够大时，克服的程度会受到限制，即仍会残存码间干扰。

——CDMA 为克服远近效应而采用功率控制技术，从而增加了系统的复杂性。

——CDMA 的不同用户是以 PN（伪随机码）码来区分的，要求各 PN 码之间的互相关系数尽可能小，但很难找到数目较多的这种 PN 码；另外用户越多，PN 码的长度就会越长，则在接收端的同步时间也长，难以满足高速移动中通信快速同步的要求。

——CDMA 系统各地址码间的互相关性越大，则多址干扰就越大，而在 TDMA 和 FDMA 中不存在多址干扰问题。

——CDMA 蜂窝网各蜂窝可能使用同一频带同一码组，那么相邻蜂窝的同一码组之间会产生干扰。

——CDMA 体制是一种噪声受限系统，同时通信的用户数越多，通信质量恶化的程度就越严重。

以上各种因素的影响，最终导致 CDMA 系统的用户容量远低于理论计算值。



2.4 CDMA 移动通信系统的关键技术

1. 功率控制技术

功率控制是 CDMA 系统的核心技术。CDMA 系统是一个自扰系统，所有移动用户都占用相同带宽和频率，“远近效应”问题特别突出。CDMA 功率控制的目的是克服“远近效应”，使系统既能维护高质量通信，又不对其他用户产生干扰。

在实际的 CDMA 系统中功率控制分为前向链路功率控制和反向链路功率控制，反向链路功率控制又分为反向开环功率控制和反向闭环功率控制，采用开环功率控制是指移动台根据接收到基站的宽带导频信号功率的变化，估计从移动台到基站的传输损耗，迅速调节移动台的发射功率。开环功率控制的目的是试图使所有移动台发出的信号在到达基站时都有相同的功率。由于开环功率控制是为了补偿平均路径衰落的变化和阴影、拐弯等效应，所以它必须要有一个很大的动态范围。例如，如果用户中的接收信号功率突然增强，则开环功率控制要在几个 ms 内提供一个非常快速的响应，降低用户的发射功率，防止信号以过高的电平到达基站。开环功率控制只是对移动台发送电平的粗略估计，移动台通过测量接收功率来估计发射功率，而不需要进行任何正向链路解调。在 CDMA 系统中，双向无线信道的前向链路和反向链路使用不同的频段，频段间隔（45MHz）使得用户的发射机和接收机能同时工作，而且避免了发射机对接收机的干扰。频率间隔对功率控制也产生了很大的影响。一般频带间隔远远超过信道的相干带宽，使得发射和接收信道成为两个独立的衰落信道。这意味着用户不能把测得的接收信号的路径损耗当作发射信号的路径损耗，还要利用基站测量所接收的移动台功率得到的反馈。所以在实际 CDMA 系统中，采用开环和闭环功率控制结合的方案，基站测量移动台的信号强度，然后给移动台传送功率控制命令，使移动提高或降低它的传送功率，从而为移动台设定它的传送功率提供一个闭环控制。闭环控制应根据基站接收信噪比，决定移动台的发射功率。闭环功率控制的目的是由基站的接收信噪比迅速调整移动台的发射功率，以保证基站收到的信号足够强，同时其他信道干扰最小。闭环功率控制是由基站协助移动台来完成的对开环功率控制的补充手段。开环功率控制和闭环功率控制共同调整用户的发射信号功率。

对于 CDMA 蜂窝系统，用户不仅受到来自本小区基站的干扰，而且受到周围小区基站的干扰，特别是位于小区边缘的用户受到了很强的来自周围小区基站的干扰。解决这个问题的有效方法是前向链路功率控制。在前向功率控制中，基站根据移动台的测量结果，调整对每个移动台的前向链路功率，而对那些远离基



站的和误码率较高的移动台分配较大的前向链路功率。基站通过移动台对前向误帧率的报告决定是增加发射功率还是减少发射功率。

前向功率控制有两种方法：远近控制和 C/I 控制。

◆ 远近控制

如果能知道用户在小区内的位置，基站可以根据基站和用户之间的距离确定发射信号的功率，即： $P_i \propto r_i^n$ ，式中 r_i 是基站与第 i 个用户之间的距离， n 是一个常数，取 $n=2$ 达到前向链路的最大容量。这样基站就能分别用较强和较弱的功率对位于小区边缘和基站附近的用户发射信号，以最小的总发射功率满足各用户对信号性能的要求。用远近控制方法实现的前向功率控制适用于非阴影衰落的环境，因为此时功率衰减仅由距离决定。对于存在的阴影衰落环境，接收信号功率不仅是用户和基站的之间距离的函数，而且取决于阴影衰落的特性，因此远近控制方法不适用于阴影衰落环境。

◆ C/I 控制

载波干扰比 (C/I) 控制是使每个用户的接收信号达到满足性能要求所需的最小值。为了实现 C/I 控制，每个用户必须向基站发送 C/I 信息，基站来决定使增加还是减少对该用户的发射信号功率。远近控制方法在非阴影衰落环境下对容量的提高小于 C/I 控制在阴影环境下对系统容量的提高。远近控制方法在阴影衰落环境下的性能会进一步下降。C/I 控制的 CDMA 系统有较大的容量，其原因在于 C/I 控制方法能使基站发射的信号总功率更接近于所需的最小值，即每个用户的接收信号更接近于满足性能要求的最小功率。

2. PN 码技术

PN 码的选择直接影响到 CDMA 系统的容量、抗干扰能力、接入和切换速度等性能。CDMA 信道的区分是靠 PN 码来进行的，因而要求 PN 码自相关性要好，互相关性要弱，实现和编码方案简单等。目前的 CDMA 系统就是采用一种基本的 PN 序列——m 序列作为地址码，利用它的不同相位来区分不同用户。

3. RAKE 接收技术

发射机发出的扩频信号，在传输过程中受到不同建筑物、山岗等各种障碍物的反射和折射，到达接收机时每个波束具有不同的延迟，形成多径信号。如果不同路径信号的延迟超过一个伪码的码片的时延，则在接收端可将不同的波束区别开来。将这些不同波束分别经过不同的延迟线，对齐以及合并在一起，则可达到变害为利，把原来是干扰的信号变成有用信号组合在一起。这就是 RAKE 接收机的基本原理。

4. 软切换技术



移动台如果与两个基站同时连接时进行的切换称为软切换。在 CDMA 系统中软切换可以减少对于其它小区的干扰，并通过宏分集还可以改善性能。更软切换则指的是一个小区内不同扇区间的软切换。软切换的原理如下：移动台在上行链路中发射的信号被两个基站所接收，经解调后转发到基站控制器（BSC），下行链路的信号也同时经过两个基站再传送到移动台。移动台可以将收到的两路信号合并，起到宏分集的作用。因为处理过程是先通后断，故称为软切换，而一般的硬切换则是先断后通。

5. 语音编码技术

目前 CDMA 系统的语音编码主要有两种，即码激励线性预测编码 (CELP) 8kbit/s 和 13bit/s。8kbit/s 的语音编码达到 GSM 系统的 13bit/s 的语音水平甚至更好。13bit/s 的语音编码已达到有线长途语音水平。CELP 采用与脉冲激励线性预测编码相同的原理，只是将脉冲位置和幅度用一个矢量码表代替。



第三章 网络优化的理论基础

网络优化是网络建设和发展的关键环节。在完成 CDMA 网络的理论规划和实际建网后，网络优化就成为提升网络性能的重要手段，成为网络维护的重要内容，也将成为将来网络扩容和改造工程的重要组成部分。

3.1 网络优化是确保系统高质量运行的必要手段

一个移动通信网络的发展历程一般分为三个阶段：

(1) 初期的论证和初期的工程建设：在此阶段运营商要根据本地区的人口、地理环境、将来移动用户发展渗透率以及可能的话务模型来设计网络建设的交换和无线容量，重点考虑的是网络覆盖，网络的容量和质量并不是重点。

(2) 中期的网络高速发展期：在经过一段时间的运营商市场宣传和促销之后，网络会经历一个高速发展期，在这一阶段网络面临的最大问题是容量问题，而且这时网络的覆盖问题也比较重要，但是本阶段的网络质量已凸现。由于这阶段各运营商的放号、发展用户的情况都好，所以竞争不太激烈，所以网络运营质量问题显得不是很突出。

(3) 后期的网络发展平稳期：网络发展到本阶段最重要的问题是网络运行质量问题。因为网络经过多次扩容和新增基站之后，整体网络的交换和无线容量相对超前，而每天新增用户数目平稳，且这时的新增用户有很多是转网或比较挑剔的用户。所以本阶段运营商的主要任务是留住老用户，发展新用户，这就是竞争最激烈的阶段。

同时网络经过一段时间的运行和大规模的扩容调整，总会出现一些难以解决的问题。表现为：

(1) 网络的不断扩容会造成频率复用模式的变化，从而造成 C/I 的下降，影响网络质量。

(2) 网络设计脱离实际。由于目前的设计单位对网络的现状和当地实际情况并没有很深入的了解，从而造成站址选择不当，频率规划和参数设计错误，造成网络质量下降。

(3) 网络越庞大，设备存在的问题也就越多。

(4) 设备安装调试方面存在的问题。

当这些问题积累到一定程度，就会使系统性能出现一定程度的恶化。使得通话质量下降、服务水平低、网络运行效率低。即通过普通的系统运行维护已无法



对系统性能进行改善，这时我们就需要经常对网络进行全面的系统优化。

3.2 网络优化的概念和内容

网络优化是移动通信运行维护工作的重要组成部分，是在日常运行维护工作的基础上，在保证网络设备正常运行的前提下，对已验收投产的网络所进行的一系列旨在提高移动通信质量和网络运行效率的调查、分析与调整作业。具体的说，就是根据系统的实际表现、系统的实际性能，对系统进行分析，在分析的基础上通过对系统参数的调整，使系统性能得到逐步改善，为现有的系统配置下提供最优的服务质量，即最佳的覆盖、满意的信号强度、最佳的通话音质和最低的掉话率等。

网络优化的目的是，从运营的角度出发，做到系统配置（硬件及参数）合理，争取最大限度地利用网络资源，提高网络运行经济效益，降低运营成本；从用户的角度出发，在移动通信网络的获得性、稳定性以及话音质量等方面获得满意服务。为了保证整个移动网的服务质量，必须不断地观察和监测整个移动网，不断地优化调整，提高移动网网络的服务质量（如提高接通率，降低掉话率）。

3.2.1 移动通信网络优化的范畴

一个移动通信网络主要由以下四个部分组成：

- * 交换子系统（NSS）
- * 基站子系统（BSS）
- * 网管子系统（NMS）
- * 移动终端（MS）

交换子系统在传统的电路业务中处于核心网的位置，主要完成陆地移动网络（PLMN）的移动性管理、与呼叫相关功能、和其他网络接口、计费等功能。交换系统有很多相关的运行指标来监测网络的运营，其中交换系统的接通率、话音系统接通率以及寻呼的成功率等几项指标最关键。交换系统的接通率在以上几项指标中是核心，它反映了整个系统的话音接通，交换录音通知、呼转等附加功能的设置合理性，交换路由、局间中继选线方式及合理性，无线子系统侧网络覆盖、无线接通率，用户行为等一系列的网络运营情况。通过这项指标的优化，可以达到以下多项效果：

- （1）高话音系统接通率，相应直接提高运营商的话费收入和同时提高终端用户的满意度；
- （2）改善录音通知设置，提高和加强呼转、秘书台等附加业务的推广，相



应提高用户的满意度；

(3) 合理选择交换的路由和设置局参数，规范局间的中继选线方式，提高接入速度和中继、传输的利用率，降低系统有线侧的呼损，提高业务收入和客户满意度。

其他有关无线侧的项目对交换系统接通率的影响后面会提到。话音系统接通率的影响因素主要也分为：系统、无线和用户行为等主要方面。系统方面也包括中继、选线方式、信令负荷、局参数设置等影响因素；无线侧的影响后面详细介绍；用户行为包括：就叫不应（无 ANC）、振铃之后被叫故意挂断、另外超级呼转等功能开通之后用户端也会挂断等情况。寻呼成功率的影响包括无线主要是信令负荷和无线侧的覆盖问题、溢出问题等。

基站子系统的在整个移动通信处于接入网的部分，主要完成三层协议中的第一和第二层，在第三层主要完成无线资源的管理和分配。但是由于无线环境的千差万别，地理环境的复杂以及基站控制器（BSC）和基站（BTS）间不开放。所以和交换子系统相比，基站子系统的设计、规划和优化更具有复杂性的特点。而且基站子系统的运行状况除直接影响网络无线运行指标外，还间接影响了交换系统各项关键运营指标，例如无线接通率太低将直接影响交换系统和话音接通率，无线覆盖问题会带来交换侧寻呼成功率的降低，从而也影响交换系统和话音的接通率。

基站子系统的运营指标主要分以下几个大方面：

(1) 小区规划、容量设计、天线选型和设计、以及 BSS 无线参数设置，对网络的话务量、接入失败率、无线接通率、掉话率、切换成功率（CDMA 系统还包括软切换比例，每用户的 CE、Sector 的占用比例）等几项关键指标有重大影响；

(2) 无线子系统设备运行状态，包括基站的 TRX（CDMA 系统中的 CEM、XCEM）、Combiner、分集接受板、功放、主时钟板（CDMA 的 GPSTM 板）、天馈硬件、传输、BSC 的信令处理板、TCU 的 DSP（CDMA 中 SBS 声码器）等硬件设备故障，对系统主要影响分配失败率、信道可用率、掉话率、切换失败率等关键无线运行指标；

(3) 上面两部分结合起来对系统最坏小区、超忙小区、超闲小区比例等指标的影响；

(4) 网外干扰对网络运营质量和指标的影响，包括上行 RACH 的非解码电平（CDMA 中的基站 Noise Figure），非上下行链路不平衡的反常的高上行切换比例（CDMA 系统还有由于网外干扰带来的基站自保护、GPS 接收机无法锁定



卫星输出的偶秒脉冲的参考时钟、基站休眠等问题)等;

(5) 有关微蜂窝、室内分布、直放站和宏蜂窝之间的网络设计带来的干扰掉话、切换失败, 话务平衡不当带来的无线接通率下降等网络运行质量问题 (CDMA 系统中还有由此带来的导频搜索窗设置问题、智能软切换边界偏移等问题带来的接入失败、切换失败等);

由于系统的小区规划、参数调整、话务统计无法做到无线环境的具体点的覆盖、干扰分析 (由于小区规划的无线传播模型一般不准), 所以路测是网络优化、检测的重要手段, 可以模拟和验证真正终端用户通话情况, 反映实际点面上的覆盖、通话和干扰问题, 所以增加了 DT (Drive Test) 的考核。

另外室内、有些居民区等环境无法进行 DT 测试, 所以增加了 CQT (Call Quality Test) 测试。

3.2.2 移动通信网络优化的内容

移动通信网络优化包括移动通信网络的无线和交换系统优化, 内容有网络测试与分析、网络调整及话务均衡、覆盖优化和用户申告处理等几项工作。

(1) 网络测试与分析工作包括移动通信网络性能、结构及效率的监测与分析, 城区路测, 拨打通话测试 (CQT) 以及局数据检查等, 它是作为一项日常工作来开展的。

(2) 网络调整及话务均衡是指在不影响用户及业务数据的条件下, 对网络系统参数和物理参数以及网络路由及电路进行调整, 对载波及天线馈线进行优化整治, 对基站及直放站实行搬迁调整等。这部分优化工作针对具体的情况和技术调节, 阶段性地开展。

(3) 覆盖优化主要包括公路、铁路等交通干线地覆盖优化, 市区的市内、外覆盖优化以及基站合理选址等。该工作根据相关标准和计划要求, 并结合业务部门和用户的反馈作为一项循序渐进的工作来开展。

3.2.3 网络优化的流程

网络优化工作具体讲就是通过测试和分析, 发现系统的问题, 修改调整系统的参数, 逐步改善系统的性能, 如此反复不断进行, 最终使系统在接近最优的状态下工作。网络优化流程如图所示:

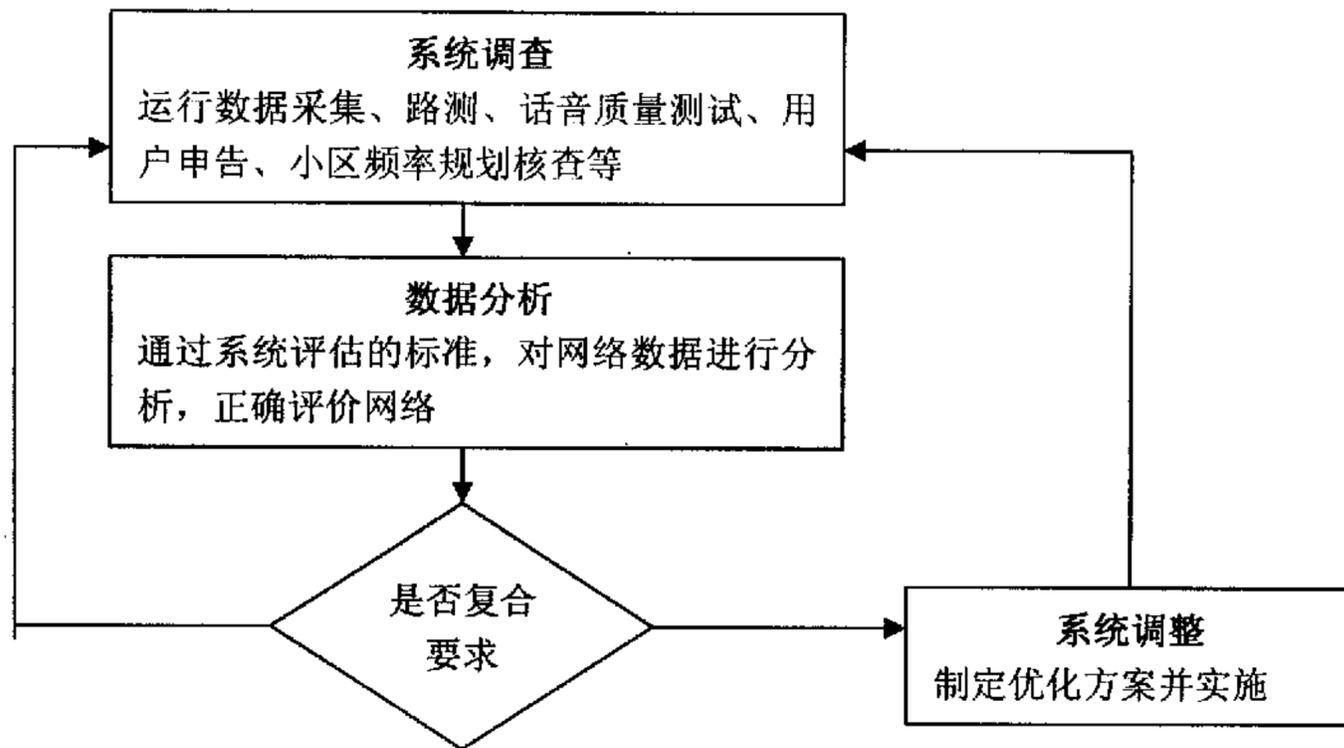


图 3-1：网络优化流程图

系统调查包括 OMC、MSC 及基站系统话务数据的统计、路测、话音质量测试、小区频率规划核查等，并建立各种必要的数据库，如小区设计参数数据库等。数据库包括原设计文件中的数据和调查所得到的当前运行统计数据。

用户申告是指通过来自业务部门或其他方面的用户投诉或向用户调查，及时了解网络有关服务质量方面的问题。网络优化人员可以依此有针对性地进行网络优化工作，有利于网络经常性地保持在最佳运行状态。

路测的目的就是取得蜂窝小区的覆盖范围和切换带范围，使其与网络规划要求相一致，以达到建立一个话务分布合理、无线引起的掉话和阻塞最小的网络。路测的内容包括小区覆盖测试、干扰测试和呼叫测试以及信号接收质量 (RxQual)、切换 (Handover)、相邻小区的信息等。测试路线的选择可以是一条或多条，一般遵循下列原则：穿越尽可能多的基站；包含网络覆盖去的主要道路；在测试路线上车辆能以不同的速度行驶；包含不同的电波传播环境；路线应穿越基站的重叠覆盖区。

话音质量测试主要以用户的主观评测为主，即用主观评价方法测试信道的话音质量。由业务主观部门组织人力，按预定的测试方案在小区指定地点内进行拨打通话测试 (CQT)，并记录拨打接通情况、通话的话音质量情况、掉话情况等。



3.3 网络优化技术简介

随着优化活动的深入和范围的扩展，网络优化技术也日趋成熟。一般的网络优化活动分为两个阶段：先对现有的网络进行性能评估，对发现的问题进行分析，然后运用各种手段实施优化。

常规的网络评估和分析

(1) 根据话务统计对网络性能指标进行分析

主要指标有：掉话率、接通率、切换成功率、位置更新成功率、寻呼成功率。

(2) 对不同层次的网络单元负荷及其构成进行分析

主要分析对象有：交换机主处理器、信令处理单元、中继群、位置更新区、基站控制器、话音和信令信道。

(3) 切换与位置更新分析

切换与位置更新是移动通信系统中的重要概念，代表了用户的移动性，不合理的切换和位置更新会显著影响通话质量和接入质量，过多的切换和位置更新会占用大量系统负荷，减少系统的有效容量。切换与位置更新分析主要着重于切换和位置更新原因及构成比例，切换的频度及由切换引起的掉话次数。

(4) 小区通话流程分析

小区是无线优化的基本单元，小区话务统计报告能对每个小区从试呼至通话结束全过程的每个阶段进行描述，通过对有问题的小区进行分析能够对问题做初始定位，为进一步优化指明方向。

(5) 路测

通过在道路和室内进行待机模式和连接模式下的信号测量与拨打，从用户角度评估通话质量。通过路测还能针对小区，找出通话质量差、接收水平低、切换不正常的地点从而找出可能的原因。

(6) 地理分析

以上分析都能以地理信息系统为平台进行，一些具有较强地理特征的问题如话务的阻塞和不平衡，同邻频干扰，切换与位置更新会被直观的显示出来。常用的背景信息有普通地图，网元及边界，无线规划数据等。

(7) 信令分析和后处理

信令追踪和分析，是确定和解决疑难问题的重要手段，由于话务统计中许多技术器是由信令触发的，所以某些统计项目异常可以用信令来检验和解释。

(8) 网络资源利用和瓶颈分析

网络优化应全面了解网络资源利用情况和瓶颈所在，这样才能有的放矢地进



行扩容。

(9) 建立符合实际情况的话务模型

确定话务模型是准确了解交换和基站系统容量的基础，话务模型随着网络的发展不断变化，因此每次规划都需要根据当前网络的情况结合对未来变化趋势的预期进行估算。

(10) 交换和无线容量预测

根据长期话务统计和市场信息可以对当前用户数量和分布情况的变化趋势进行预测，从而确定本期扩容将要达到的容量，由按照设定的话务模型可以计算设备的有效容量，从而决定能够满足设计容量的设备类型和数量。

(11) 话务和信令负荷流向预测

网络结构的设计应参考现有网络的话务分布和信令流向，根据设定的话务模型进行预测，从而使总容量的分布更加合理，避免网元及接口上出现负荷失衡和阻塞。

3.4 优化手段

(1) 参数优化

根据网络的结构和用户的行为对诸如越区切换和功率控制参数进行调整以改善网络性能。

(2) 频率优化

根据路测和话务统计分析，通过改频、调整天线倾角和俯仰角、小区相邻关系调整等方法，改善覆盖，减少网内外的频率干扰。

(3) 容量优化

监控系统容量的增长，对系统瓶颈及时提出预警，减少不必要的系统负荷以增加系统的有效容量，从而更好地保障高负荷下的网络安全，提高网络资源利用率。

(4) 配置优化

根据试呼、位置更新、切换的分布情况、话务和信令的流向对无线和有线资源进行再分配来缓解局部地区的阻塞现象，减少不必要的系统负荷，是网络达到最佳平衡状态。



3.5 网络优化工具

随着优化技术的发展,优化软件也应运而生,成为优化工作不可缺少的辅助手段。目前的优化软件大致有以下几种类型:

1. 路测数据分析软件

新一代的路测仪器和软件不但能够记录测试手机接收到的下行电平、通话质量和信令及对应的经纬度信息,而且能够对上下行全频段进行高速扫描。

2. 频率规划与优化软件

此类软件除了具备一些路测数据处理功能,更多的还是做出更加准确的无线规划。

3. 信令分析软件

信令分析是判定和解决系统疑难问题的有力手段,鉴于信令的客观性和权威性,运营商已趋向于将信令作为衡量话务统计准确性的标准。因此,信令分析软件中加强了流程的自定义、匹配搜索和统计功能,并将常用方法模块化。提高了解决常见问题的效率。

4. 话务统计数据处理软件

话务统计提供了大量的系统信息,是网络优化最重要的数据源,好的数据处理软件不但能够自动计算运营商和供应商定义的性能指标,自动生成带有图表的短期和长期报告,还带有能够进行专题分析的功能模块,所有这些都可以通过地理信息系统显示在地图上。

5. 地理信息系统

在地理信息系统平台上开发的应用程序能够在真实的地图上显示各种系统数据如网络性能指标、系统负荷、频率的地理分布和路测数据,便于使用者直观地发现问题。

6. 话单分析

话单中存在着如主、被叫用户号码、呼叫发起小区、占用中继、呼叫释放原因在内的各种信息,通过提取这些信息,话单分析软件能够对特定用户和号码进行跟踪,提取重要的市场信息。

3.6 网络优化步骤

1. 系统的初始设计模型

初始系统设计是在软件 NETPLAN 上进行的。根据系统基站配置设计,模拟



软件利用传播模型进行计算,以得到系统覆盖等概念性结果,利用软件模拟的方法还可以预见系统的部分问题,从而为系统的完善提出建议,为网络优化提供依据。系统的初始设计模型是网络优化中不可缺的一步。

2. 单一基站的初始优化

单一基站的初始优化是在基站安装完毕后进行的。包括如下步骤:

(1) 基站设备的调试

基站设备的调试包括基站初始数据的加载、基站设备发射参数的测试和设备基础性能参数测试等。所谓初始数据的加载即利用专门的基站调试工具 LMF,将有关基站设备进行初始化后,所必需的原始数据下载到基站设备的存储器中,并进行必要的参数设置。原始数据包括基站的初始环境文件、基站设备的原始代码等,参数设置是指有关与传输链路接口的一些参数设置,包括:传输链路类型、传输码型、传输链路速率和传输时隙的设定等。所谓基站设备发射参数的测试即测试基站设备内部至机器架顶天线馈线接口处的固有衰耗(包括发射通路和接收通路两方面),测试完毕后生成本基站发射参数记录文件。设备基础性能参数测试包括发射通路和接收通路两方面。发射通路测试包括发射机交调、发射机波形质量、导频时间偏移、载频精度测试和码域功率。接收通路测试包括接收通路误帧率和接收灵敏度。测试完毕后生成基站设备基础性能参数报告文件待后备存档。

基站调试完毕后,为使基站顺利开通,基站控制器(CBSC)还需做如下工作:在基站控制器的该基站目录文件中加入本基站的基本发射参数记录文件、生成该基站的邻站目录、修改相邻基站的邻站目录等。

(2) 环境噪声测试

环境噪声测试的目的是了解基站周围环境的电磁干扰情况,并消除干扰源。

(3) 基站工作验证

在环境噪声测试和基站调试进行完毕后,在基站正式开通之前,应对该基站进行必要的工作验证。验证工作主要包括以下内容:固定→移动呼叫、移动→固定呼叫、移动→移动呼叫、扇区与 PN 偏置指数的对应关系、接收信号强度、信噪比以及本基站扇区与邻近基站扇区间的切换。

上述验证一般应使用 MDM 进行,若发现问题应做记录并及时向相关人员汇报,以候处理。

3. 多个基站有载条件下的网络优化

由于实际系统总是在有载情况下运行的,所以系统的网络优化一般也是在有载条件下进行的。



对于未商用系统而言,由于用户数较少,不能反映系统的真实情况,所以可以采用模拟话务量的方法,即利用一些工具软件如 NETPLAN 等在工作站上进行,这样同样可以发现系统存在的一些问题,进而为网络的优化提供依据。

对于已经投入实际运行的系统,用户数已经达到一定规模,话务量有了一定的增长,即系统在有载条件下运行,此时对系统测试获得的数据能够较真实的反映系统的实际运行情况。

在系统有载条件下的网络优化可以分 3 步进行,即网络故障诊断监视、网络优化测试和网络优化数据分析,用到的工具是 Smartsam Plus、MDM 和 OPAS。

(1) 网络故障诊断监视

所谓网络故障诊断监视就是采用网络优化工具中提到的 Smartsam Plus 和 MDM。对系统进行实时的监视,并且进行故障监视。实时监视主要包括监视 MDM 提供的有关系统的各种消息的监视,如导频情况、误帧率情况、前向信噪比情况、前向和反向功率电平情况、移动台切换情况、基站参数配置情况等等。故障诊断是依据各种监视信息,对系统中可能隐含的故障进行甄别、判断和定位。在判断定位的基础上,提出对系统的修改方案,为进一步网络优化奠定基础。

(2) 网络优化测试

经常性的网络优化测试就是路测 (Metric Drive Test)。通过对系统不断的必要测试,随时了解系统的工作情况,监视系统的变化,掌握系统的运行情况。主要包括两方面,即测试路线的选择和测试数据的采集。测试路线的选择可以是一条或多条,一般应遵循下列原则:

- *穿越尽可能多的基站;
- *包含网络覆盖区的主要道路;
- *在测试路线上车辆能以不同的速度行驶;
- *包含不同的电波传播环境;
- *路线应穿越基站的重叠覆盖区。

测试数据的采集包括 DM 数据的采集和呼叫拨打测试数据的采集。

在使用 DM 进行网络故障诊断监视时,MDM 软件实时显示诊断监视信息的同时,将来自 Smartsam Plus 的包含移动台收发信号情况、空中接口消息及 GPS 数据写入笔记本电脑硬盘,完成 MDM 数据的采集。

为掌握系统的运行情况,还应定期的进行固定车次的呼叫拨打测试。即进行移动→固定的呼叫、固定→移动的呼叫以及移动→移动的呼叫,同时记录呼叫次数、成功呼叫次数、失败呼叫次数、掉话次数次数和阻塞呼叫次数等。呼叫拨打测试的通话时长一般以每次两 2 分钟为宜。



另外，在每次通话过程中，应记录此次呼叫的通话质量。通话质量一般分为 4 类：很好的音质；好的音质即有少量断续，可懂度好；较差即通话尚能保持，但中断较多；差即可懂度较低，断续较多。

(3) 测试数据分析

网络优化测试数据采集完毕后，就可以进行测试数据的分析。测试数据分析包括两方面的内容即测试数据的统计和软件。

所谓统计分析就是从统计意义的角度出发，依据拨打测试数据结果，来计算系统的一些统计性能指标。如：

- *移动→固定的呼叫完成率、掉话率、阻塞率等；
- *固定→移动的呼叫完成率、掉话率、阻塞率等；
- *移动→移动的呼叫完成率、掉话率、阻塞率等；
- *系统的掉话集中区；
- *以及系统的其它统计指标。

所谓软件分析就是利用 OPAS 软件对 MDM 采集到的数据进行后处理，以获得一些系统的运行参数。如测试线路上前向接收信号电平 Rx Pwr (dBm)、前向误帧率 FER、前向导频的信噪比 E_c/I_0 、反向信号电平 Tx Pwr (dBm)、空中接口参数、空中接口消息等等。以上运行参数可制作生成各种图表，获得系统的性能和运行情况的直观了解。

(4) 系统参数的修改

通过以上对单一基站和多个基站的测试，并对测试所得的数据进行分析，一方面可以了解系统当前的运行情况，另一方面可以得出系统进一步网络优化的方案即对系统参数进行修改的方案。

CDMA 移动网的网络优化中，可供修改的系统参数大致可分为以下 4 类：

(a)导频功率参数 (Pilot Power Parameter)，包括天线的高度、天线的倾角，方位角、馈线的长度、基站设备架顶功率等。

(b)切换参数 (Handoff Parameter)，包括 Tadd (切换时加入导频信噪比门限值)、Tdrop (切换时丢弃导频信噪比门限值)、Ttdrop (切换时导频丢弃定时器时长 7)、Tcomp (切换时导频强度比较门限值)、Srch_win_A, Srch_win_N, Srch_win_R (激活导频集，邻近导频集，剩余导频集的搜索窗宽带之半)、PN_INC (导频搜索步长增量) 等。

(c)功率控制参数 (Power Control Parameter)，包括 NOM_PWR (移动台接入的标称功率)、INIT_PWR (移动台接入的初始功率)、PWR_STEP (移动台接入的功率增量步长)、RPC_EbN0 (反向功率控制的信噪比门限)。



(d)接入参数 (Access Parameter), 包括 MAX_RSP_SEQ (移动台等待应答最大接入序列个数)、NUM_STEP (移动台最大接入探测序列次数)、PAM_SZ (移动台接入探测序列中前导序列最大量)、MAX_CAP_SZ (移动台接入探测序列中填充序列最大量)。

系统参数的修改往往需要对一组参数同时进行修改, 不完整的修改会给系统运行带来危害。实际运行中, 系统参数应慎重考虑后再进行修改。

实际工作中, CDMA 系统的网络优化是一个不断反复的过程。对网络优化过程中采集到的数据进行分析, 并对上文中提到的四类系统参数进行修改, 然后进行数据的采集, 分析, 再对系统参数修改, 如此反复, 不断进行, 使系统的运行愈加合理。由于地面构筑物的经常变化, 为了维持系统的性能最优, 系统参数也要根据情况随之调整。所以网络优化是一个经常性的, 必不可少的工作。



第四章 CDMA 网络优化的必要性和难点

4.1 CDMA 网络优化的必要性

CDMA 网络作为国内目前规模较大的移动网络，网络优化的问题日益重要，这主要是因为：

(1) 由于移动通信市场的竞争日趋激烈，虽然 CDMA 网络建设日趋成熟和完善，但建设一个覆盖面更广，能提供高速数据业务的高质量 CDMA 网络既是 CDMA 用户的实际需求，也是运营商进行下一步网络建设的重点。

(2) 网络优化是 CDMA 系统实际运营过程中的一个重要环节。CDMA 系统在运营过程中需要对系统进行扩容和不断的网络优化，一是为了能够给系统当前的用户提供更加优质的服务，二是为了提高系统容量，以接纳越来越多的系统未来用户，确保系统高质量地运行，使移动通信运营商的现有网络资源获得最佳效益。

(3) 移动网中出现的大多数问题在网络规划阶段是不可能预料到的，必须通过网络优化来解决，例如：

- ◆ 从技术角度来看，由于地形地物数据库的精度因素，不可能对实际的无线电传播信号的变化做到完全精确的预测；
- ◆ 真实的话务负荷与规划中所采用的统计预测的话务负荷并不完全一致；
- ◆ 用户行为与所假设的每用户话务量不相符合；
- ◆ 基础设施（新的商业区、主要道路，城区的重新安排）的变化；
- ◆ 话务要求、用户对服务重量的要去在不断地增加；
- ◆ 取决于地点和时间地话务负荷（例如运动场）。

所以，有必要对正常运行的移动网络进行持续不断的优化。

4.2 CDMA 网络优化的难点

CDMA 是一种更先进的技术，与 GSM 相比，CDMA 的容量和覆盖更大，成本更低。但是，CDMA 的技术也更复杂，规划和优化的难度也更大，主要表现在以下几个方面：

1. CDMA 是一个干扰受限的系统，系统的最大负载在 60%—80% 之间。当系统负载超过这个值时，用户受到的干扰将急剧增大，服务质量下降很快，很容



易导致掉话或通话产生断续等现象。

2.软覆盖和软容量是 CDMA 系统特有的有点，但也给规划带来了很大的困难。当激活用户数增加时，系统的总干扰也随之增加，小区的覆盖范围收缩，产生覆盖盲点，原来能覆盖到的地方可能会变得覆盖不到，处于小区边缘的用户会产生掉话。

3.软切换是 CDMA 技术的特点，它能保证处于小区边缘的用户的服务质量。但是，软切换同样也会带来资源的浪费。过多的软切换会使系统容量下降。

4.导频规划也是 CDMA 技术的特点。导频规划的内容包括导频相位、搜索窗的大小和导频功率。如果同导频相位的复用距离和相邻导频的距离不够大，手机可能会把来自不同基站的导频误认为同一基站的导频，从而导致掉话。搜索窗大小的设置必须合理，过大的搜索窗容易使手机将不同的导频误认为相同的导频，过小的搜索窗则容易使小区边缘的手机搜索不到可用的导频信号。导频的发射功率决定了下行的覆盖范围。太小的发射功率使下行覆盖出现盲点，太大的发射功率则会出现多个基站覆盖同一个地区，产生导频污染。



第五章 无线网络优化

5.1 无线网络优化的概念

在无线蜂窝通信网络,不同的频段分配给不同的制式,从而可能会导致系统间的干扰。同时,每种系统也都采用各种复用方法来提高频谱效率,增加容量,引入了同/邻频干扰。另外,无线系统还存在着由电波传播多径效应造成的干扰等。这些无线干扰信号会给基站覆盖区域的移动通信带来掉话、通话质量差、信道拥塞等问题。

无线网络优化就是在网络投入运行或网络有较大改动时,通过调整基站设备、小区参数等,达到各小区话务均衡、覆盖均匀的目标,使无线干扰现象减少到最小,网络承载能力达到最大,以最佳的通话质量为用户提供满意的通信服务。

随着移动网络的迅速发展,用户和基站密度的增加,无线网络的接通、掉话、拥塞、切换失败及干扰等问题的增多,使得无线网络的优化工作显得越来越重要。无线网络优化工作就是利用先进的测试、分析手段,解决网络中存在的接通、掉话、拥塞、切换及干扰等问题,合理优化移动无线网络的空间拓扑结构。

目前困扰 CDMA 网络的技术层面的问题主要是手机音质、通话掉线、接通率、网络覆盖面以及和其他网络手机用户的互连互通等。如何解决这些困扰用户的问题 CDMA 发展的一个非常重要的因素。对于 CDMA 网络,掉话率高、通信语音质量低、接通率低主要源于以下几个原因:导频污染、干扰、基站可能的射频偏差、覆盖问题。

CDMA 信道分反向信道和前向信道两大类逻辑信道,反向信道由接入信道和反向业务信道组成,前向信道又由导频信道、同步信道、寻呼信道和若干个业务信道组成。前向信道配置不是固定的,但导频信道一定要有。导频信道在 CDMA 前向信道中不停地发射,用于使所有基站覆盖区中处于工作中的移动台进行同步和切换。基站利用导频序列的时间偏差来标识每个前向 CDMA 信道。相邻小区的复用规划相当于导频 PN 序列的时间偏置规划。即可用 512 个偏置值(0-511)中的一个来区别相邻小区导频信道。当两个相邻基站的导频 PN 序列偏置指数相差仅为 1 时,其导频序列的相位间隔仅为 64 个比特片,在这种情况下,当其中一个基站的发射时间误差较大,就会与另一基站的延迟信号相混淆,则产生所谓“导频污染”。

如果有两个小区相邻 C1 和 C2,而手机工作在 C2 中,其中当 C1 的导频信



道时间容限发生较大误差时，由于时延的关系，C1 的导频信号在 C2 中有可能被误认为 C2 的导频信道的一个延迟路径，此时如果该 C1 的导频信号足够强，一是切换时无法探测到 C1 的信号，二可能 C1 的信号对 C2 形成干扰，二者都可能导致掉话。

因此当怀疑可能存在导频污染时，首先可能是由于导频规划时没有预留足够的保护，另一可能是某些基站的导频信道时间容限发生较大的偏差。对于后者，可以使用发射机测试仪对可能基站进行该指标测试。

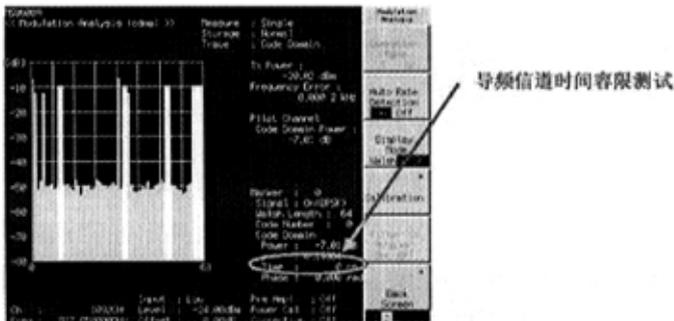


图 5-1：导频信道时间容量测试

在接到用户投诉的警告和网管的报告说明某地的通话有问题，并且已经排除基站和基站天馈线故障可能。即需要进行干扰查找和测量。

- *测量可能在基站天线所在地进行；
- *测量可能是同频的，所谓同频即干扰和基站发射信号同频，测量时需中断基站发射；
- *上/下行频点干扰可能都需要测量；
- *干扰信号强度可能是杂乱起伏的，可以使用频谱分析仪最大值保持功能，确定最大干扰强度；
- *非同频信号也可能造成干扰，测量时可以加大频率扫宽，观察非同频干扰频谱。

干扰信号的典型测量方法即是使用频谱分析仪确定干扰信号的频率、带宽、强度，通过比较已知通讯制式和广播制式以及电视汽车等已知信号的频率和带宽，来估计干扰的来源，通过定向天线来查找干扰源的方向和位置。

同频测量需要中断本基站业务，使在本基站覆盖区域的手机不再与本基站通讯并关断本基站发射。对上行干扰测量最好使用基站的接收天线，将 MT8212A 直接连接到接收天线端口。如果不能中断业务，则应在尽量靠近基站上行接收天



线附近，或者使用接收备份天线。下行干扰测量可以在本基站覆盖区域内进行。可以使用定向或不定向天线。对于不能中断业务的基站的干扰测量，可能需要长时间的等待。在业务静默间隙测量干扰。

对于基站可能的射频偏差问题的定位最好的方法是使用基站发射机测试仪对 CDMA 基站的发射机的功率、频率、调制、码域等射频指标做详细的测试。

对于覆盖问题，首先有路测设备进行测试，当怀疑某一基站覆盖出现问题时，应对该基站的发射功率以及其码域功率进行测试以定位问题。

5.2 无线网络优化的经验和体会

5.2.1 无线网络故障发现、分析和排除

系统的无线部分具有诸多不确定因素，它对无线网络的影响很大，其性能优劣常常成为移动通信网服务质量好坏的决定因素。无线网络的优化是一项任务量大、过程繁杂的工作。以下是作者在对河源市 450M CDMA 网络无线性能进行优化的实际工作中得出的一些经验和体会。

一、无线网络优化过程中的干扰分析与定位

(1) CDMA 无线网络的干扰及影响

CDMA 网络必须与既有移动通信系统（如第二代 GSM 网络或寻呼等）共存于一个复杂的无线环境中，同时，其他无线射频设备如广播电视和无线局域网等又会产生新的可能使通信服务中断的信号。与 GSM 网络相比，CDMA 网络的设计更为复杂。

CDMA 网络的干扰可分为下行链路干扰和上行链路干扰。下行链路干扰有下列四种典型的源：第一种源是由于服务基站前向业务信道所发射的干扰功率，由于这一项是发送到相同移动台的业务信道的所有（干扰）功率的总和，所以降低这类干扰的一个解决办法是限制蜂窝中业务信道的物理数；第二种源是其他基站在下行链路上发射到空中的干扰功率，这种类型的干扰有时被看作导频污染（由于导频功率是所有空中信道中最高的），降低临近基站空中功率是降低此类干扰的一种方法；第三种源是由于其他基站的下行链路上发射的业务信道产生的干扰功率，通过重新调整临近基站天线的反向，可以降低进入服务微蜂窝在下行链路的干扰；第四种源是非 CDMA 源干扰，干扰发射机常常非法地工作在 CDMA 频段，消除此类干扰就必须确定干扰源得位置。上行链路干扰有下列三种典型的源，第一种源是由于在相同蜂窝中的那些移动台的业务信道的发射而产生的，降低该干扰的一个方法是通过降低服务蜂窝的覆盖范围从而减少蜂窝所服



务的移动台的总数；第二种源是其他基站中的那些移动台所发射的业务信道而产生的干扰功率，通过控制服务基站的接收覆盖范围可以限制接收来自（其他基站中的）其他移动台的干扰功率；第三种源是非 CDMA 源干扰，消除这种干扰必须确定干扰源的位置。因为 CDMA 是一个自干扰系统，用户信号在相同的频率采用互相关性很小的 PN 码进行扩频调制，由于多径的影响，各码字之间不能完全正交，每个用户都对其他用户构成干扰，而且每个小区对其他小区构成干扰，链路性能和系统容量取决于干扰功率的控制结果。因此，干扰分析、功率配置等各项工作显得尤为重要。

干扰会给系统带来很大的影响，但干扰严重时，会对手机呼叫、通话和切换产生影响，对系统的质量指标带来严重的影响；另外如果在接收频段内存在干扰，对接收机的灵敏度也会造成影响，把系统接收噪声电平抬高。因此在网络优化过程中对外部干扰排查是很重要的工作，必须尽量避免或减小干扰对网络质量的影响。

（2）查找/定位干扰

目前，产生外部干扰的原因还在不断增多，有些显而易见的干扰容易跟踪，有些则非常细微，很难识别。虽然仔细设计无线系统可以提供一定的保护，但在多数情况下对干扰信号只能在源头处进行控制。一般的干扰信号只影响接收器，即使在物理上与发射器接近，发射设备也不会受到影响。

下面列出的是作者在河源市优化 CDMA 网络时遇到的干扰源：

- ◆ 覆盖区域重迭：使用网络或其他网络的覆盖区域在一个或多个通道上超过规定范围，天线倾斜、发射功率过大或环境变化都会引起覆盖区域的重迭。
- ◆ 信号互调：两个或两个以上信号混在一起，形成新的调制信号，最常见互调为三次信号，即两个间隔 1MHz 的信号会在原高频信号之上 1MHz 和低频信号之下 1MHz 各产生一个新的信号（例如，两个信号分别处于 450MHz、451MHz 的频段，则将在 449MHz、452MHz 出现三次信号）；
- ◆ 450MHz 无线频段使用较为混乱，用作空中链路的小微波系统、对讲机系统、电焊所发出的宽频干扰等等都严重的干扰 450MHz CDMA 系统；
- ◆ 广播发射器谐波：大功率源商业广播电台也会产生大功率信号谐波，影响附近的移动通信发射器。

干扰的测试和定位非常重要，它贯穿于前期规划到后期优化的全过程。在无线规划设计阶段，为了保证 CDMA 系统的正常运行，频带必须在充分的保护频带和保护区内保持干净，使用相应的设备进行测试，为后期网络的正常运行做好准备；在基站建设完成、网络优化阶段同样要对干扰进行测试，避免干扰影响网



络质量，造成不必要的损失。

在进行干扰测试前，首先要得到当地无委会的帮助，充分了解当地无线频段划分和企业使用无线电设备的情况。在测试前确定测试时间和测试地点，准备测试仪器、测试天线、车辆、GPS 等。

干扰的查找和定位一般流程如下：

(1) 选择在基站天线架设的天面上，使用便携式扫频仪以及便携式小天线或者基站天线，对测出的干扰波形进行分析，估计干扰信号的类型。

(2) 列出怀疑的干扰设备或干扰源（例如寻呼台等），并在制高点有目的的查找干扰源，实际测试的时候分为定点测试和驱车测试，先在制高点测试定出方向和范围，再驱车测试，在前面已估计范围的主要接到进行慢速行驶，发现强干扰后进行下行定点测试。

(3) 在具体定位干扰方位时，可以借助天线进行：一般全向天线可用于电磁干扰的测量，但不利于干扰源的定位，而定向天线可用于干扰源的搜索。天线的方向性越强，增益越高，搜索的能力越强。

二、发现无线网络质量的途径：

1、DT（驱车测试）：在汽车以一定速度行驶的过程中，借助测试仪表、测试手机，对车内信号强度是否满足正常通话要求，是否存在拥塞、干扰、掉话等现象进行测试。

2、CQT（定点网络质量测试）：在服务区内选取多个测试点，进行一定数量的拨打呼叫，以用户的角度反映网络质量。测试点一般选择在通信比较集中的场合，如酒店、机场、车站、重要部门、写字楼、集会场所等。

3、OMC 数据分析：OMC 话务统计是了解网络性能指标的一个重要途径，它反映了无线网络的实际运行状态。通过对其统计数据进行分析可以发现服务区内接通率、掉话率等指标异常的无线小区，另外还可以对无线网络的质量进行全面评估，如切换成功率、寻呼成功率、拥塞率、掉话率等。

4、用户申告：通过用户投诉了解网络质量，具有发现问题及时，针对性强等特点，也是我们了解网络服务状况一个重要的途径。

当然，在实际工作中 DT、CQT、话务分析、用户申告这几种手段是相互配合、彼此印证的关系。

三、无线网络故障的分析和排除

当通过各种途径发现无线网络服务质量存在问题时，我们将通过测试数据和参数分析，判断问题产生的原因，从而采取相应的措施，对网络进行优化。

1、常见的几类硬件故障问题：



(1)、基站覆盖范围的调整

当基站覆盖区域信号不好时,可以通过升降天线高度,检查天线俯仰角和方向角,检查驻波比等手段来增大覆盖范围。当相邻小区产生干扰时,也可以通过这些手段减小基站覆盖范围来减小干扰。

例如:有用户反映某基站附近手机信号不好,在基站周围路测时发现,距基站 500 米处手机信号电平为-85dBm 左右通信正常,距基站 3 公里处降到-98dBm 左右,已无法正常通信,而其间地势平坦无任何阻挡,显然基站覆盖范围明显低于正常水平。经过检查,天线高度和天线俯仰角、方向角都属正常范围,但天线驻波比明显增高,在对基站安装状况进一步检查时发现,天馈线接口松动是导致驻波比增高,覆盖范围减小的直接原因。

(2) 硬件老化造成话音质量下降。

手机信号强度高,但通话时话音质量较差,在排除交换侧质量问题和外界干扰等情况外,虽然基站并没有出现告警,但很可能是由于硬件老化造成的。

2、无线网络参数的优化

调整无线网络参数可以改善、优化很多网络指标,比如提高切换成功率、接通率,降低拥塞率、低掉话率等等。

(1)、功率调整:某路段规划为由 A、B 两个基站实现分段覆盖。DT 测试时,从 A 站向 B 站行驶,当距离 B 站很近时,信号电平仍在-93dBm 以下,导致此路段大部分占用 A 基站信号,并且在由 A 基站切换至 B 基站时经常发生掉话。经分析发现此现象是由于 B 基站的发射功率较低所致,因此将该站的发射功率提高。复测该路段,没有再出现掉话现象,覆盖效果也有所改善。

(2)、增减相邻小区关系:DT 中由 A 基站向 B 基站行驶,起初占用 A 站 2 小区信号,在距 A 站 4KM、距 B 站 3.5KM 处有掉话发生。根据基站相对位置分析,正常情况下此处信号应该由 A 站切换到 B 站。随后由 B 站到 A 站进行反向 DT,开始时占用 B 站 3 小区信号,当信号质量下降到 3 级以上,电平在-90dBm 以下时,信号仍然不切换。但是在空闲状态,可以重选到 A 站 2 小区的信号,电平随之逐渐提高。经查 BSC 数据库发现 B 站 3 小区与 A 站 2 小区未作邻区关系,因此两站无法实现越区切换。在 A、B 两站加相邻关系后,复测时切换正常。

3、直放站的应用

直放站包括室内型和室外型,它们的应用可以节省投资并能够有效的解决覆盖问题。室外直放站一般用在用户相对较少的乡村或是地处偏远的公路两侧,用来实现对公路的无缝覆盖。对于野外长期有人作业的范围也可以使用直放站来吸收话务。但是直放站的弊端在于它扩大了基站的覆盖半径,在一定程度上会增加



其归属基站的掉话次数。直放站调测不好还会直接干扰基站的正常工作，导致整个小区的瘫痪。

5.2.2 系统容量的优化

一、网络容量、网络质量和网络性能的关系

对于 CDMA 系统而言，容量、质量和网络性能永远是相对的矛盾关系。容量是指任何时间在没有呼叫失败的情况下接入网络的最多用户数。质量是由 FER 和 E_b/N_0 决定的，通常是由厂家或者运营商设定的固定值，比如要求系统 FER 为 2% 的条件下 E_b/N_0 为 7dB。网络性能是由诸如掉话率、接入失败率等数据来决定的，主要反映了商用网络运行状况。同样的运营商或者设备厂商对网络性能有一个标准，比如要求整网的掉话率低于 2% 等。

网络容量和网络质量互相之间成反比关系，如果一个网络平均容量增加了，那么必然导致网络的平均质量下降。同样，网络质量与网络性能也是一对反比关系，即提高了网络平均的运营质量就会降低网络的平均性能。这是因为质量由 FER 和 E_b/N_0 来决定，这两个参数的变化直接影响了系统的容量和质量。比如放宽对 FER 的要求(2% 提高至 3%)，那么将降低网络的质量同时提高网络的容量，而网络容量的提升可以直接改善网络的性能。

那么商用的网络中应该怎样来使容量、质量、性能三者达到一个平衡呢？如上面提到的运营商或者设备厂商会对质量和性能相关的指标有一个硬性的要求。如要求系统的 FER 为 2%，掉话率和接入失败率小于 2% 等。这样一来，只剩下一个因素是可变的，那就是网络容量。

二、容量优化的目的

网络优化和设计的一个目的就是迎合网络质量、性能要求的同时，使得网络的系统容量最大化。具体来说就是在给定载波以及给定的质量、性能要求的情况下使得系统能够容纳的用户最大化，也就是说使频谱效率最大化。

随着网络的运营，用户不断增长，系统负载越来越大，掉话、接入失败现象增加，系统性能会越来越差，直到不能满足要求。而容量优化可以减缓系统性能随用户增加而恶化的曲线，推迟运营商给网络扩容的时间，从而降低运营成本，提高投入产出比。

三、容量优化的原理

CDMA 系统的一大特点就是容量具有“软”的特性。由于其是自干扰系统，随着每扇区用户数的增加，会使得通信质量下降，同时造成覆盖上的空洞。这就会降低网络的性能。降低平均噪声指数可以提升系统的“软”容量，也就等同于提高了频谱使用效率。



另外，CDMA 系统允许进行软切换，虽然这可以带来增益，减少切换时的掉话。但是这是以增加系统开销为代价的。如果网络中软切换的比例过高，会使得系统浪费过多的业务信道来支持软切换，而缺少足够的资源来满足新增加的用户，造成硬件资源不足的呼叫阻塞。同时软切换比例过高，也就意味着小区的交叠区域过多，也就给各小区间带来了更多的干扰，使得基站为了满足通信质量要求而为每个用户分配更多的业务信道功率。由于总的功率是有限的，平均每用户所分配到的功率增加，就使得基站能提供的业务信道的数量减少，呼叫阻塞率就会增加。容量优化的核心内容就是降低干扰，减少软切换比例，提高软切换效率。

四、容量优化手段

(1) 覆盖控制

在对某个网络的路测中，常常会发现网络中存在着导频污染区现象和小区的越区覆盖现象。导频污染即某个区域大于 T_ADD 的导频数目大于 3，而移动台中的 RAKE 接收机只能同时使用 3 路信号，所以导频污染区的信号互相间都是干扰源，而同时移动台不停地在这些信号间进行切换，使得这些小区的软切换比例较高。而越区覆盖即是某小区的导频覆盖到其相邻小区以外的区域，同样它也会对本应覆盖该区域的小区造成干扰，增加了软切换比例，降低系统容量。

覆盖的控制是最有效、最直接的减少小区间的干扰，减少软切换比例的方法。所以解决这些问题首要的方案就是对造成问题的小区的覆盖进行控制。而控制覆盖的手段中首先应该考虑的是对小区天线的调整，这包括调整天线的方位角、天线的下倾角、天线的高度和更换天线的类型。

除了通过对天线的调整来达到控制覆盖的目的外，我们还可以通过调整基站的功率控制参数来调整分配给小区导频信道的功率的大小来达到控制覆盖的目的。这对一些无法通过对天线进行调整的小区，这种方法非常有效，毕竟在实际工程中，天线的调整会受到资源调配等很多客观因素的限制。

(2) 软切换优化

前面提到的小区覆盖范围的控制同样是软切换优化中重要的一环。因为这样不仅减少了小区间的干扰，同时也减少了小区的交叠区域，也就减少了软切换比例。另外，软切换的优化还可以通过对邻区列表的优化来降低软切换比例，提高软切换效率，从而减小系统用于软切换的信道开销。

对邻区列表优化的目的就是要网络中的每个小区都有一个高效率的邻区列表。所谓高效率的邻区列表，是能保证移动台正常进行软切换的邻区数目最小的邻区列表，具体来说就是某个小区邻区列表中的邻小区数目要尽量少的，而又没有遗漏掉那些应该出现在邻区列表中的邻小区。



在最差的情况下，移动台搜索到一个新的邻小区的时间由下面的公式表示：

$$\text{Search Time} = [NN \times (TN + NA \times TA)] + TR$$

其中，NA、NN 分别表示激活集和邻集中的小区数；TA、TN、TR 分别是移动台对应搜索窗 SRCH_WIN_A/N/R 的搜索时间。搜索窗大小与移动台的搜索时间的对应关系如表 5-1 所示：

表 5-1 搜索窗大小与移动台的搜索时间的对应关系

Window Size (Chips)	Datafill Value	Delay (μ s)
14 (± 7)	4	5.7
20 (± 10)	5	8.1
28 (± 14)	6	11.4
40 (± 20)	7	16.3
60 (± 30)	8	24.4
80 (± 40)	9	32.6
100 (± 50)	a (10)	40.7
130 (± 65)	b (11)	52.9
160 (± 80)	c (12)	65.1
266 (± 113)	d (13)	92.0

假设网络中 SRCH_WIN_A/N/R 分别被设定为 5 (20Chips)、10 (100Chips)，而移动台有两个处于激活集的小区信号，同时邻区列表中有 20 个小区，那么根据上面的公式，移动台搜索完所有的邻小区所需要的时间是 1.23 秒。如果通过优化能将邻区列表中的小区数目从 20 个减少到 10 个，那么搜索时间将减少到 0.66 秒，效率提高了 47%。

可以看出，邻区列表的优化对网络的益处是多方面的，除了提升了系统的容量外，由于大大减少了移动台的搜索时间，也同时使得移动台能更容易的接入网络，降低了接入失败率。

对于 GSM 系统而言，可以通过修改频点来改善越区覆盖造成的同频和邻频干扰。但是对于 CDMA 系统来说，不可能通过修改 PN 来使系统的 I_o 得到改善，再好的 PN 规划也只能是减少同 PN 和邻 PN 干扰而已，不能降低 I_o 。在一个区域任何一点 I_o 增加，都需要覆盖这个区域的小区增加功率来获得较好的 E_c/I_o 。另外，对于用户来讲则需要更高的业务信道功率来满足 E_b/N_o ，这些要求降低了前向的容量。所以，小区覆盖范围的有效控制对 CDMA 系统就显得格外重要，



这是做其他优化工作的前提条件。

5.2.3 无线掉话原因分析

掉话是 CDMA 系统网络优化中经常碰到的问题，系统的掉话是影响系统统计性能指标的一个重要因素，掉话的处理是网络优化的一个重要方面。

一、闭环链路的重要性

在 CDMA 系统中要求通话时在 MS 和基站之间保持良好的反向链路连接。如果这个链路由于任何原因被中断了，MS 就失去了精确的功率控制。对于 CDMA 这个自干扰系统来说，功率控制是决定系统容量和性能的关键，所以如果 MS 失去了基站的控制，就会根据接收到基站的功率来调整自己发射的功率，这样可能造成 MS 以自己最大的功率发射，对整个系统造成很大的干扰，所以诸如功率控制和切换等重要的过程都需要良好的闭环通道。

二、CDMA 系统的掉话机制

CDMA 系统中移动台和基站无线子系统中都有相应的掉话机制。

MS 掉话机制：MS 接收到前向链路信号质量较差时，导致较高 FER (Forward Error Rate)，表明前向链路不好，这时如果 MS 连续接收到 12 个坏帧，MS 就停止发射。同时 MS 的 T_{5m} (一般设为 5 秒) 计数器开始倒计时。如果在计数器到期之前，MS 接收到了 2 个连续的好帧则计数器复位，MS 重新发射；如果计数器到期了仍然没有复位，MS 重新初始化，导致掉话。另一种是 MS 没有收到确认信息：MS 在业务信道上发射需要确认信息时，如果重发了 N_{1m} 次后都没有收到基站的确认信息，MS 也会进入初始化状态。

基站掉话触发机制：CDMA 系统并没有规定无线子系统的掉话机制，但是设备制造商一般都根据 MS 的掉话情况规定了相应的掉话机制。一种就是基站收到一定数目的坏帧，基站就关闭前向链路；另一种是在重试了几次之后仍然没有收到 MS 的确认信息，系统也会认为是掉话。

三、掉话原因分析

1. 前向干扰掉话

这种情况分为长时 (大于 T_{5m}) 和短时 (少于 T_{5m}) 干扰掉话。在长时前向干扰掉话期间，可以观察到导频信号的 E_c/I_o 下降而手机接收到的功率在增加，这就表明有了强导频干扰，但此时活动集内导频信号强度也很好，造成前向 FER 过高。MS 很快启动 T_{5m} 计数器，如果时间持续过长大于 T_{5m} 设定的时间，则手机就会重新初始化，导致掉话。若 MS 掉话后重新初始化进入新导频，这就是最明显的前向干扰掉话；如果 MS 的 FER 是由外部干扰造成，MS 将长时间地进入搜索模式 (大于 10 秒)，这是因为干扰源信号很强但是 MS 解调不出相关信息。



在短时前向干扰掉话中，如果发生了上面的情况，手机的衰减计数器可能在短时间内复位，就不会导致掉话的情况。如果导频 E_c/I_o 在 T_{5m} 到期之前恢复到 -15dB 以上，而基站的指令 TX_GAIN_ADJ（调整移动台功率）仍然保持恒定，则表明 MS 没有重新发射功率，当 T_{5m} 到期时，手机开始重新搜索网络（即掉话情况发生）。这是因为基站启动了自己的掉话机制并且其计时器比 MS 的更短（如 2 秒），当 MS 检测到服务小区的 E_c/I_o 恢复时，基站却认为 MS 已经掉话，就切断了业务信道，导致手机又初始化到原来的导频上。

2. 不平衡掉话

这种情况下，导频 E_c/I_o 正常而且前向链路信号质量很好，然而 MS 的发射功率却达到最大值，这表明反向链路很差，前反向链路严重不平衡。经过一段时间（3~5 秒）之后，基站检测到 MS 的反向信道信号很弱，放弃了反向信道，同时切断前向信道，这样就触发了 MS 的掉话机制，导致掉话。造成这种情况有两种原因：一种就是用户过多造成反向链路阻塞，因为 CDMA 是个自干扰系统，一定功率下系统容量是有限的；另一种原因是导频过多。

3. 覆盖掉话

覆盖掉话最明显的特征是导频 E_c/I_o 和 MS 接收的功率同时减少，当导频强度低于 -15dB 并持续 T_{5m} 以上时，就会导致掉话。如果主导频信号强度在 T_{5m} 内恢复到 -15dB 以上，MS 仍然掉话，则表明基站的掉话机制已经关闭了前反向链路。

4. 业务信道功率受限

基站系统分配给前向业务信道的功率和反向信道最大 E_b/N_o 值都有一个范围，如果这些参数设置不合理，就可能导致前向信道功率太小不足以维持良好的通话质量，使 MS 启动 T_{5m} 计数器最终导致掉话。在反向信道上也是如此，系统允许 MS 信号的 E_b/N_o 最大值过低将会导致 MS 发射功率过小，不足以维持反向链路，使基站认为反向链路太差而切断信道（即使在导频 E_c/I_o 很好的情况下也可能发生）。

5.2.4 正确定位网络优化与规划、工程、维护的关系

（一）将网络优化贯穿于网络规划、建设和网络维护的全过程，形成对网络的闭环管理。

1. 网络优化工作从网络规划开始参与，特别是无线网的基站分布、小区配置工作，通过提供优化建议，取得最佳的网络建设规划。

2. 参与和指导网络建设。网络优化参与工程的前期准备阶段，从基站选址切入，由网优部门根据网络测试和分析进行“技术选站”，并不断提供测试结果，



协助工程部门选定最佳站址。

3、每次基站开通后，网优部门对全网进行测试、统计、分析，并进一步进行微调，使扩容对网络运行造成的质量影响减至最低程度。

(二) 做好网络使用、运行情况的细分和分析研究，为网络规划工作出谋划策是网络优化工作的重点。

进行无线话务区忙时细分。

我们对 24 小时话务统计进行分析显示，每天无线网络的全网忙时在 17:00—18:00，但对具体小区而言，只有 26%左右的小区忙时在 17:00—18:00，而 21%左右的小区忙时在 16:00—17:00，16%左右的小区忙时在 15:00—16:00，10%左右的小区忙时在 10:00—11:00。所以，依据全网某一话时的话务模型进行无线网络规划，虽然从总体上可以满足全网无线话务的疏通，但并不能具体反映某些无线网络小区的实际话务模型，会造成整个无线网络的利用率并不一定非常高时，某些小区却处于话务忙时，拥塞率很高，影响到客户的通话。因此，进行无线网络规划时，我们分区、分片开展无线话务区的忙时细分，并依此设计出无线话务模型，使设计的无线网话务模型与客户实际产生的话务分布密度吻合，有利于无线话务的疏通与吸收话务，提高网络的运行效益。

(三) 加强市场调查、分析研究，准确预测客户需求、市场潜力和发展方向，确保网络容量适度超前。

在网络建设上，一方面如果网络总容量滞后于客户的发展速度，被市场赶着跑，就会造成网络资源紧张，影响通信质量；另一方面，如果网络容量远远超前于市场需求，势必造成网络资源的浪费。如何找到最佳平衡点？我们把这个工作作为网优工作的一项重要工作来做。

网络和市场部门经过市场调查和研究，较准确预测了未来的客户发展规模和不同地域客户发展的分布情况以及客户对新业务的需求情况，为网络规划、调整扩容的顺序和进度提供了可靠的数据，提供了信息支持。

可以说，对网络使用情况开展细分研究和未来市场预测，进行合理规划，是网络优化工作的基本保证和前提。



第六章 河源电信 450MHz CDMA 无线网络优化

河源电信 450MHz CDMA 无线市话工程于 2002 年 11 月底启动, 12 月 14 日正式打通第一个电话, 至 2003 年 1 月底共建设 20 个基站, 容量达 40000 多个用户。

河源电信 450MHz CDMA 无线市话建网初期出现的问题主要集中在无线侧, 具体表现是覆盖率较低、MS 起呼寻呼困难、掉话率高和语音质量差等等, 这些和汕头电信同期工程出现的问题相同。

广东省河源市位于东经 114.85°和 115.04°、北纬 24.38°和 24.46°之间, 属于粤东地区, 与惠州、韶关、梅州、汕尾等市相邻, 全市总面积 1.5 万平方公里, 辖源城区、和平县、紫金县、连平县、东源县、龙川县等 5 县 1 区。河源域内主要以山地丘陵地形为主, 市区和县城的小面积区域为四面环山的平地, 除此以外其余区域均为起伏的丘陵和崎岖的山地; 河源行政区内有 105 国道、205 国道、广梅汕铁路、京九铁路以及多条省道经过, 各个主干道都蜿蜒在丘陵和高山之间, 两条主要铁路穿越的区域地形更为复杂, 覆盖难度很大; 同时, 大部分乡镇人口分布零散, 居住区域有丘陵、山地阻隔, 起伏不平, 这也给移动网络覆盖和优化带来很大的难度。

6.1 无线网络优化过程

一、无线频谱监测

450MHz CDMA 系统与 1900MHz CDMA 系统的区别主要在 RF (无线射频) 部分。

$$\lambda f = v$$

由上公式可计算出 450MHz 的电波波长约是 0.667m, 而 1900MHz 的电波波长约是 0.158m, 所以 450MHz 电波有绕射力强、损耗小的特点, 但众所周知, 450MHz 无线频段使用较为混乱, 用作空中链路的小微波系统、对讲机系统、电焊所发出的宽频干扰等等都严重的干扰我们 450MHz CDMA 系统, 这些干扰除部分恒定外, 大多存在频谱随意移动性。而且就河源电信 450MHz CDMA 无线市话初期遇到的主要问题也是干扰, 干扰所造成的影响是: MS (手机) 反向发射功率过高、起寻呼困难、掉话率高和语音质量差等现象, 而且直接缩短手机电池的使用时间。



无线频谱监测目的是了解基站周围环境的电磁干扰情况，并消除干扰源。CDMA 系统是一个自干扰系统，这不同于以往任何一个系统，干扰来自于两个方面：一方面是使用同一 CDMA 无线频带的移动台和基站造成的干扰，称之为自干扰；另一方面是 CDMA 相邻频带或模拟系统单元所造成的干扰。其中工作在同一 CDMA 频带内（前向和反向）的非 CDMA 系统所造成的干扰影响最大。无线频谱清理工作是一项必须而又任务艰巨的工作。

中兴公司提供的 ZXC10 CDMA2000-1X 系统及手机所能支持的频点有 3 个：

表 6-1 ZXC10 CDMA2000-1X 支持的频点

频点	上行频段	下行频段
160	453.35MHz~454.60MHz	463.35MHz~464.60MHz
210	454.60MHz~455.85MHz	463.60MHz~465.85MHz
260	455.85MHz~457.05MHz	465.85MHz~467.05MHz

其中每个频点的上下行带宽均为 1.25MHz。

下面两图是用频谱仪在市区某站、龙川某站记录的数据：

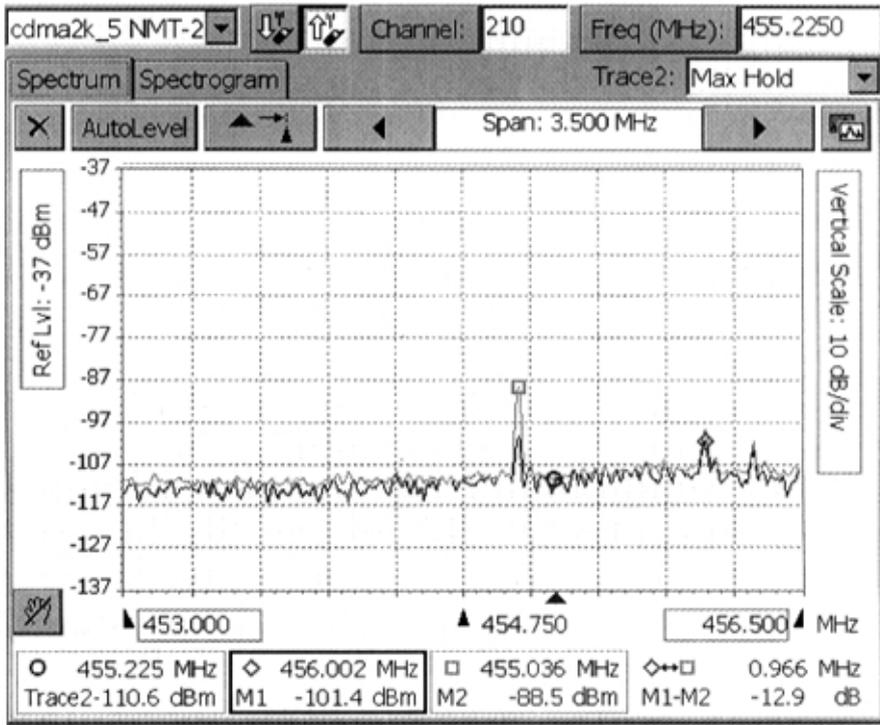


图 6-1 市区某站扫频记录

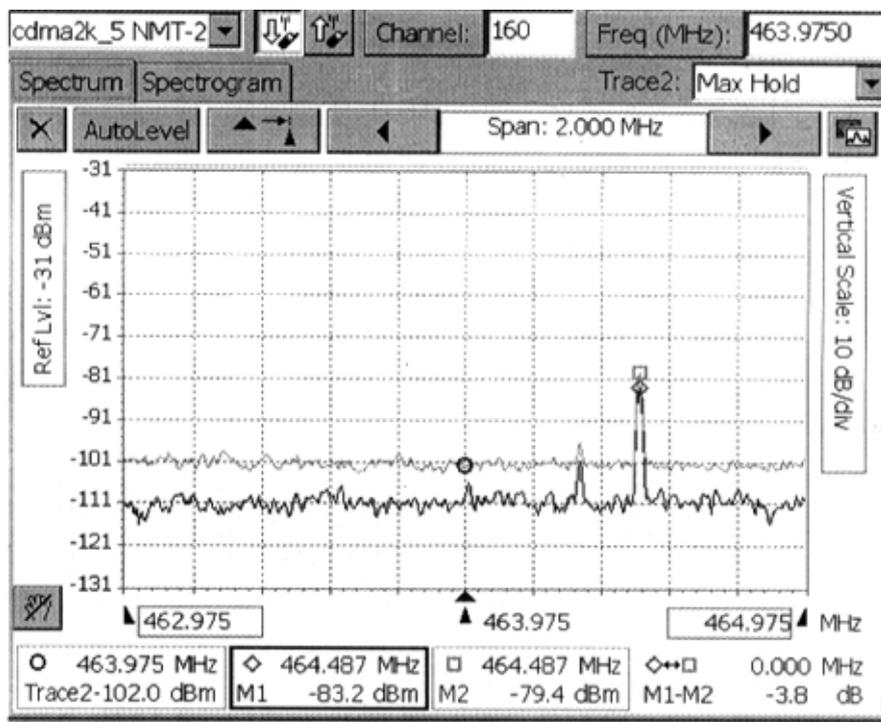


图 6-2 龙川某站扫频记录

可见图三市区某站在 210 频点的上行 455.036MHz 处有强度为 -88.5dBm 的明显干扰，且 210 频点整体底噪电平值较高；同样可以看出 260 频点也有干扰；唯有 160 频点较为干净。而图四龙川某站的 160 频点下行 464.487MHz 处有强度为 -79.4dBm 的强干扰。

处理方法：

a) 协同无线委员会查找出干扰源，并处理之。但缺点是各站出现干扰情况不一样，要扫清频段是一个较为困难和漫长的过程。

b) 修改系统参数，即修改 BTS（基站）的基本载频，使得每个 BTS 的工作频点能避开所在环境的强干扰源：如市区某站使用 160 频点，龙川某站使用 260 频点。缺点是系统属于单载频系统，MS 在通话过程中不能在使用不同频点的 BTS 之间进行硬切换，从而造成掉话；而且中兴公司以前在设备的商用过程中单载频系统绝大部分使用统一频点，没有做过类似的商用案例，需要试验论证。

比较两方案，我们决定走先 b 方案后 a 方案的路线，同时修正了 b 方案：在局部联片的网络中使用同一频点，以保证 MS 在移动电话过程中的可切换性。随后我们在各站点进行了扫频测试，选出干扰较轻的频点，调整了部分 BTS 的基



本载频，频点使用情况如下：

表 6-2 频点使用情况

地点	市区	紫金	东源	和平	连平	龙川
频点	160	210	160	210	210	260

试验得到了成功，无线网络性能有了大幅的提高。同时，可在后台观察各基站扇区的反向链路接收功率 RSSI 值，从而得知扇区受干扰水平：

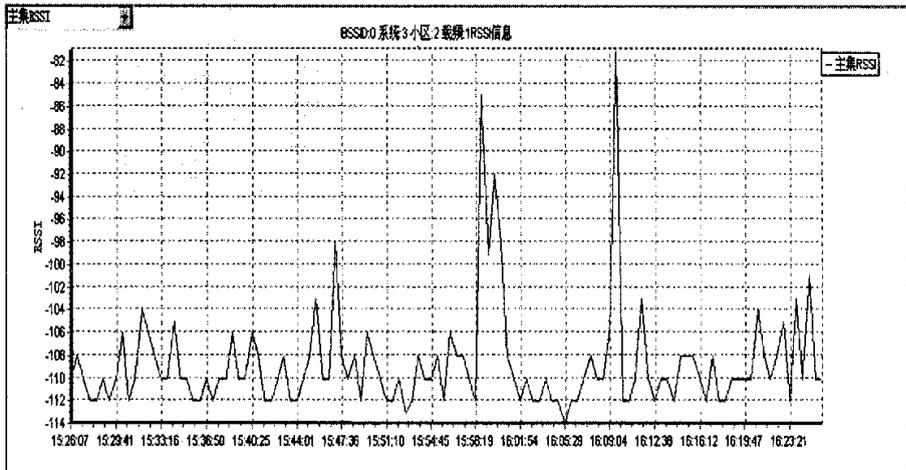


图 6-3 某站扇区 RSSI 实时监测图

另外值得注意的是，CDMA 基站系统与其他无线系统（如寻呼机系统等）共址时，极可能会受到其他系统的互调、噪声干扰。所以站点应避免设在大功率无线电发射台、雷达站或其他强干扰附近；不能避免时天线与其他系统天线应有足够的隔离度。

二、网络优化测试

经常性的网络优化测试就是路测（Metric Drive Test）。路测目的就是穿越尽量多的基站覆盖区域，采集数据，监视系统的运行情况。

网络优化工具：

- 珠海鼎利 CDMA 网络优化软件 pilot panorama
- IBM ThinkPad 膝上型笔记本电脑
- GPS



● CDMA 测试手机

所有工具固定在测试车上，结合电子地图及全球定位卫星系统 GPS，通过路测将测试路线及采集到的测试数据保存下来，以便进一步进行分析：

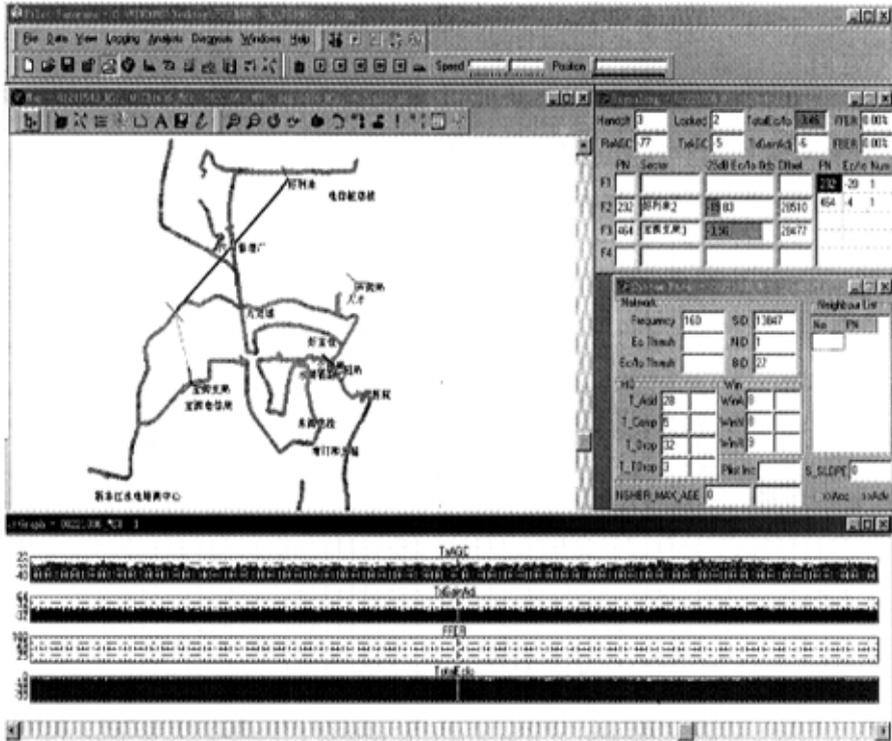


图 6-4 市区路测图

路测软件可实时显示移动台 RAKE 接收机的合成信噪比 (TotalEc/Io)、接收功率电平 (RxAGC(dBm))、发射功率电平 (TxAGC(dBm))、发射功率调整电平 (TxGainAdj(dBm))、接收误帧率 (FFER)、用于解调的各导频集和 PN 短码相位偏置指数。以上运行参数可制作生成各种图表，获得系统的性能和运行情况的直观了解。

6.2 数据分析及网络优化措施

(a) 查找干扰源。经过长期的摸索，我们已经总结出一套可快速查找无线干扰源的方法：

- 1.使用无线频谱仪结合八木天线跟踪无线干扰源，在多个点测出干扰源最强



方向，逐渐收缩范围；

2.由于 450MHz 频段的特殊性，其干扰源大部分为对讲机系统，针对这种情况，与无线电委员会协商，由无线电委员会对相应的干扰源进行监听，可迅速知道对方的位置。

到目前为止，我们已经清查了 6 个无线干扰源，使得使用的无线频段变得较为干净，最终提高整个网络的质量。

(b) 移动台 RAKE 接收机的合成信噪比 (TotalEc/Io)、接收功率电平 (RxAGC(dBm)) 两项参数可分析出小区的前向覆盖情况。

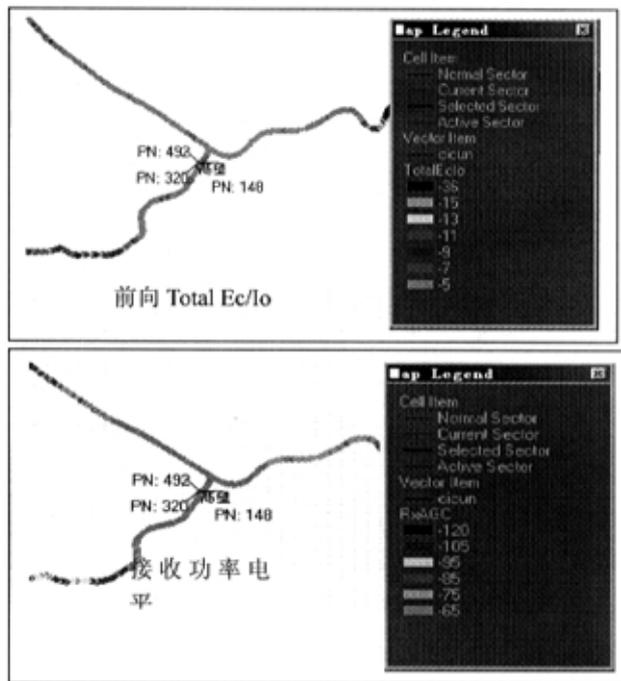


图 6-5: 前向 Total Ec/Io 参数图与接收功率电平图

当导频强度 Ec/Io 值大于-13 及 RxAGC(dBm)值大于-95dBm 时，无线性能基本满足通信要求，这样可大概计算出小区前向覆盖范围，同时可以寻找出盲区。

表 6-3 导频强度和质量等级对应表

导频强度	质量等级
$-7 \leq Ec/Io < 0$	Excellent
$-9 \leq Ec/Io < -7$	Good
$-13 \leq Ec/Io < -11$	Fair



$-15 \leq E_c/I_o < -13$	Poor
$E_c/I_o < -15$	Unusable

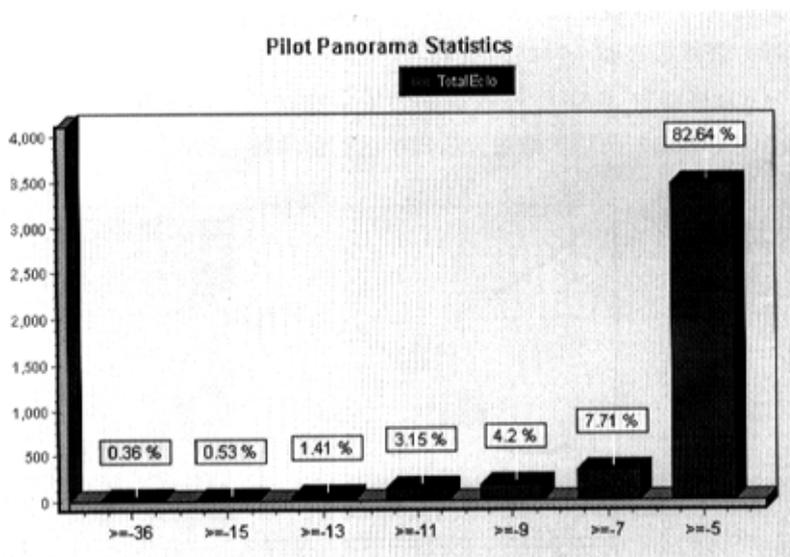


图 6-6 TotalEc/Io 统计图

选定区域 $E_c/I_o \geq -11$ 的比例为 96.85%，符合前向覆盖要求。

调整小区前向覆盖性能的措施：

- (1)调整小区前向发射功率或导频功率占总功率的百分比；
- (2)调整天线倾角、方位角及天线高度；
- (3)解决深层覆盖问题时可考虑增加直放站、基站等等。
- (c) 移动台发射功率电平 TxAGC(dBm)可大概分析出小区反向覆盖情况。

在正常情况下，即反向链路无线传播环境良好、损耗较小的时候，移动台 TxAGC(dBm)值会小于 0dBm (1mW)；相反，当反向链路无线传播环境恶劣的情况下（如反向传播环境存在较强干扰源或移动台距离基站太远等情况），移动台 TxAGC(dBm)值会较大，甚至超过 20dBm（既是 100mW），这时会出现移动台经常脱网、起寻呼困难、通话质量差和掉话等现象。

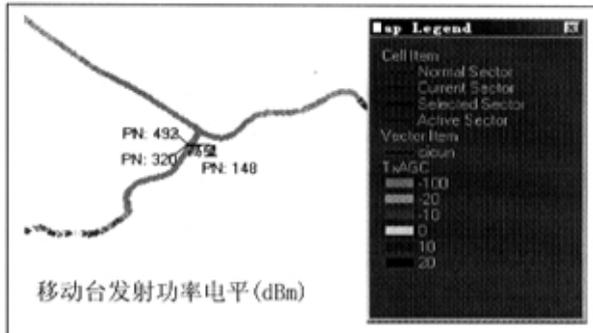


图 6-7: 移动台发射功率电平

表 6-4 移动台在选定区域的发射功率电平比例统计

TxAGC(dBm)	Count	Distribution	Cumulative
>=100	2894	72.30%	72.30%
>=-20	610	15.24%	87.53%
>=-10	297	7.42%	94.95%
>=0	195	4.87%	99.83%
>=10	6	0.15%	99.98%
>=20	1	0.02%	100.00%

调整小区反向覆盖性能的措施:

- (1) 尽量清除反向链路中其他系统的干扰;
- (2) 增加移动台的发射功率 (但 CDMA 系统并不建议通过过度增大移动台的发射功率来增加反向小区的覆盖);
- (3) 另外增加直放站、基站覆盖系统等等。

实际的小区大小是由该地区的传播模型和 CDMA 前、反向链路可忍受的路径损耗共同决定的: 如果前向链路功率很大, 就会对其他小区的移动台产生干扰; 另一方面, 如果反向功率很大, 将会牺牲容量, 那么我们运行的系统最好是前、反向链路半径相同 (即平衡)。同时, 无线系统的容量和覆盖相互制约, 两者在本质上是动态的, 均取决于干扰水平。

(d) 搜索窗口。搜索窗口宽度可以决定移动台寻找导引信道信号所需要的时间。移动台搜索导频时使用 3 种不同的搜索窗口参数:

- ◆ SRCH_WIN_A, 用于搜索活动组和候选组中的导频;



- ◆ SRCH_WIN_N, 用于搜索邻近组中的导频;
- ◆ SRCH_WIN_R, 用于搜索剩余组中的导频。

三项参数决定移动台的起呼所需时间,合理的搜索窗口参数可以使得移动台平均起呼时间缩到最短,相反,过大的搜索窗口参数会使得移动台平均起呼时间变长,过小的搜索窗口参数会使得移动台把某些未被激活的导频信号视为干扰。

比较下面两组参数:

表 6-5 两组搜索窗口参数

搜索窗口参数	参数 1	参数 2
SRCH_WIN_A	10	8
SRCH_WIN_N	11	8
SRCH_WIN_R	0	9

实验证明,我局系统使用参数 2 相对于参数 1,移动台平均起呼时间缩短了 1 秒左右;当然,移动台起呼时间的长短还与多项功控和接入参数有关。调整搜索窗口的大小也是一种重要的优化技术。

(e)切换门限。改变切换门限参数可以增加或减少切换区域所占的比例,它主要包括四个参数: T_ADD、T_DROP、T_TDROP、T_COM。根据实际情况的需要,要减少切换区大小,就需要提高 T_ADD 和 T_DROP 值;反之,如果要增加切换区大小,就需要降低 T_ADD 和 T_DROP 值。系统切换比例过大,会造成系统资源的浪费以及降低系统容量,一般要求系统的切换比例为 30%。

比较下面两组参数:

表 6-6 两组切换门限参数

切换门限参数	参数 1	参数 2
T_ADD	-28	-26
T_DROP	-32	-30
T_COM	5	5
T_TDROP	3	3

从路测结果和后台统计得知,系统采用参数 2 和参数 1 相比,系统整体切换比例下降至少 10%。由于 CDMA 无线网络特有的小区呼吸功能,当用户数量增加时,即系统加载量增加时,小区覆盖半径会自动缩小,相应地系统切换比例也



会下降。在网络建成初期，稍高一点的切换比例有利于提高用户服务质量。

(f)功率控制与接入参数。比较两参数：

表 6-7 两组功率控制参数

功率控制参数	参数 1	参数 2
NOM_PWR	0 dB	5 dB
INIT_PWR	0 dB	5 dB
PWR_STEP	1 dB	6 dB
NUM_STEP	7	4

参数 1 为 800M CDMA 系统使用的默认参数，但由于 450M CDMA 系统使用频段受干扰情况较 800MHz 严重，所以 450M CDMA 系统相应的功控参数应该适当的调大，目前我们采用了参数 2，移动台在接入系统时初始功率较参数 1 的大，有效的解决了在采用参数 1 时出现的起呼成功率较低的问题；对于接入参数，我们修改得较多的是 NUM_STEP（接入试探数），经多次实验，目前 NUM_STEP 比较合适的值为 4，过大造成 MS 起呼时间长，过小造成 MS 起呼成功率低。

(g)邻区表更新。邻区表更新是平时最为常用的网络优化手段之一。基站每个小区均需建立邻区表，否则移动台在没有互配邻区表的小区间不能进行切换，但是邻区表中邻区数目的多少是有限制的，在基站较多的市区，小区邻区表的优化就显得极为重要。可从后台统计小区与邻区的切换次数，在切换较频繁的小区间进行邻区列表互配；然而，小区间的切换频繁次数与话务的密集程度和发布是紧紧联系在一起，所以，小区邻区表的优化是经常性的。

除了以上参数外，还要结合其他许多 RF（射频）底层参数监测系统运行情况，如误帧率（FER）可以直接作为衡量语音质量的依据等等；而且 CDMA 系统加载业务量的轻重，也会引起现场条件的动态变化。实际工作中，CDMA 系统的网络优化是一个不断反复的过程，对网络优化过程中采集到的数据进行分析，并对系统参数进行修改，然后再进行数据的采集，分析，再对系统参数修改，如此反复，不断进行，使系统的运行愈加合理。网络优化是一个经常性的、必不可少的工作。



6.3 无线网络优化的效果

经过一个多月的一阶段无线网络优化工作，效果是明显的，比较网络优化前后的系统主要指标：

表 6-8 网优前后对比表

系统主要指标	网络优化前平均值	网络优化后平均值	设计要求
掉话率	2.10%	0.788%	$\leq 3\%$
有效呼叫失败率	3.22%	1.75%	$\leq 5\%$
寻呼成功率	80.65%	89.77%	$\geq 85\%$

更为明显的效果是手机电池的使用时间较以前长 1~2 倍，起呼平均时长缩短了 1~2 秒，网络服务盲区较以前大为减少。当然，目前网络还没有正式对外放号，许多问题还有待发现和处理；同时还存在非 CDMA 系统的干扰，扫清频段还将是网络优化阶段二的主要工作；还存在一些盲区，特别是涉及到深层覆盖问题，需增加覆盖系统才能较好的解决。

网络优化阶段二的主要工作有：继续扫清干扰源；调整切换参数，降低切换比例，增加系统容量；调整系统各项功控参数和接入参数；解决部分区域的导频污染问题；继续改善覆盖效果和提高起寻呼成功率等等。



结束语

移动通信网络优化工作是指对正式投入运行的网络进行参数采集、数据分析,找出影响网络质量的原因,并且通过参数调整和采取某些技术手段,使网络达到最佳运行状态(质量优化),使现有网络资源获得最佳效益(效益优化)。具体来说就是,移动通信网络优化是通过对网络监测,收集系统运营过程中各种动态的参数和统计数据,经综合分析,对网络系统进行评估,从而修改和调整网络的配置及参数,直到对网络质量满意时为止。移动网的网络优化工作是结合交换、传输、无线通信等各种技术,结合移动通信规范应用到实际运行网络中,旨在提高网络运行质量的一项复杂的,关联性很强的系统工作,是一项长期的,循序渐进的工作。

目前,我国移动通信电话网络优化的主要目标是降低掉话率,提高网络接通率,改善网络服务质量。结合我国移动网的特点,现阶段网络优化面临的问题是:

- 1.网络优化工作复杂、烦琐、细致、随机。鉴于前面提到的我国移动网的特点和现状,目前移动网络优化要做的工作很多,需要解决的问题也很多。

- 2.从我国来看网络优化工作的开展和发展水平很不平衡。在一些省会城市网络优化工作已发展到一定规模,但在一些中小城市网络优化工作才刚刚开展或尚未展开。

- 3.由于网络优化工作需要涉及无线、交换、传输等多个专业,需要结合移动通信网络规范与实际网络运行情况分析问题。因此,对网络优化工程师的要求是很高的,培养一个能够胜任网络优化工作的网络优化工程师需要较长的时间。面对当前大量的优化工作,网络优化工程师严重不足是一个困扰着移动运营公司的大问题。

- 4.尽管用于网络优化的工具很多,有各设备供应商提供的 OMC 系统、呼叫跟踪系统,仪表供应商提供的 7 号信令分析仪及其分析软件、无线测试系统及软件,以及各厂家提供的基于不同规划算法的频率规划软件等。但这些工具有一个共同的特点是针对性较强,即针对某一厂家设备,针对某一项技术或者针对网络中某一功能开发的,在网络优化工作中,需要优化工程师利用这些工具收集各方面的数据,结合实际网络情况,综合分析,提出优化方案。到目前为止,尚未形成一套适用于移动通信网络优化智能的、实用的后台分析工具。

尽管网络优化技术已经有了长足的发展,但有一些课题尚待进一步研究,如:网外干扰的定位与清除;话务密集区域的室内覆盖,特别是高楼的室内覆盖的系统解决方法;手机接入互联网后的用户行为及话务模型的变化。



随着网络规模的增大和新业务的引入，特别是移动通信与互联网的结合，网络优化的对象本身将发生变化，可以预计，优化的范围和技术也会随之不断发展。



参考文献

- [1] Jhong Sam Lee、Leonard E.Miller 《CDMA 系统工程手册》 人民邮电出版社 2002
- [2] 《ZXC10-BSS CDMA 蜂窝移动通信系统基站子系统培训资料》 深圳市中兴通讯股份有限公司 2002
- [3] 杨大成等编著 《cdma2000 1x 移动通信系统》 机械工业出版社 2003
- [4] 王文博 《时分双工 CDMA 移动通信技术》 北京邮电大学出版社 2001
- [5] 袁超伟 《CDMA 蜂窝移动通信》 北京邮电大学出版社 2003
- [6] A.J.维比特 《CDMA 扩频通信原理》 人民邮电出版社 2001
- [7] Kyoung IL Kim 《CDMA 系统设计与优化》 人民邮电出版社 2000
- [8] 谢金星等编著 《网络优化》 清华大学出版社 2000
- [9] 万晓榆 《CDMA 系统设计与优化》 人民邮电出版社 2003
- [10] 谢昆诺夫, 费利斯舍 《天线的理论与实用》 人民邮电出版社 1959
- [11] 段宝岩 《天线结构分析、优化与测量》 西安电子科技大学出版社 1998
- [12] 赖祖武 《电磁干扰及控制》 原子能出版社 1993



致 谢

在论文即将完成之际,首先我要感谢北京邮电大学近三年的在我攻读硕士学位和课题研究期间对我的培养和教育,使我在知识的深度广度和科研能力水平上,都上升到了一个更高的台阶。在硕士研究生生活即将结束之际,在此我要特别感谢我的导师——朱祥华教授,他朴实、热情、开朗豁达的性格感染着我,他兢兢业业、精益求精的敬业精神影响着我,他对学生的认真负责及宽容友善的态度鼓舞着我,使我不仅在学业上获取到广泛的知识,更重要的是朱老师的言传身教使我领会了为人处世的道理,感谢他一直以来对我悉心的关怀、指导和鼓励!

在此我还要感谢河源市电信公司的领导和同事,特别是徐宝林总经理、叶耀确高工、刘聪、邝斌等等,他们在我的课题研究过程中给予了我认真详尽的指导,在生活上给我很多关心和帮助,他们对人的友善、热情,以及对工作认真负责给我留下了深刻的印象,衷心的感谢他们!

感谢我的室友,陈颖、贾月影等,谢谢你们给我创造了一个愉快的学习和生活环境,谢谢你们给我很多的关心和帮助。

感谢我的父母和哥哥姐姐一直以来对我的理解、支持与帮助!