

CDMA 射频单元拉远技术

黄国平, 杜江

(重庆邮电大学网络与信息安全研究中心, 重庆 400065)

摘要: 小区射频技术拉远是一项基站覆盖补充技术, 它是一个新兴技术, 具有系统容量可扩展及与系统匹配好等优点。详细分析了由于无线直放站反向干扰引起施主基站反向功率下降, 大大降低施主基站反向容量的问题; 简要介绍了光纤通信直放站移动用户接入困难的原因; 详细剖析小区射频拉远技术; 归纳了该项技术的前期维护经验; 最后指出了该项技术在 CDMA 网络建设的前景。

关键词: 小区射频拉远; 反向容量; 光纤时延; 软切换; 更软切换

Gap technology of RF unit in CDMA

HUANG Guo-ping, DU Jiang

(Network and Information Security Research Center, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: The gap of radio frequency technology in cell is a reinforced technology of base station coverage, which is an emerging technology and can provide the scalability of system capacity and system match and so on. This paper makes a detailed analysis of the drop of the accessed power of donor base station as a result of the reverse interference caused by wireless repeater, greatly reduced the reverse capacity of donor base station, also briefly discusses the access problems for mobile users in far repeater as a result of increased users of donor base stations in the fiber communication repeaters client. The gap technology of RF is deeply analyzed, the maintenance of the technology experience in the early stage is summed up, finally it points out the prospects of the CDMA network construction.

Key words: cell RF gap; reverse capacity; fiber delay; soft handoff; more soft handover

0 引言

中国电信接手中国联通 CDMA 网络以后, 停止了小灵通的建设, 并且逐步将小灵通用户并入 CDMA 网络, 于是 7000 多万小灵通将要逐步转网为 CDMA 用户, 估计到 2011 年 CDMA 全网的用户突破 1 亿, 2009 年 1 月在获得 CDMA 3G 牌照以后, 中国电信大规模建设 CDMA 网络, 并且升级为 EV-DO 网络。由于城市大量建设基站, 使得市区导频拥挤, 市区的基站对市区其它基站干扰, 及基站小区的自干扰, 再加上无线直放站对施主基站反向链路干扰, 影响基站的运行; 同时由于用户的移动性, 基站会出现临时的高话务扇区, 导致远端光纤直放站下用户接入困难, 接入时间太长; 在 CDMA 直放站端移动用户

增加, 但未达到建设基站标准下, 农村的原有光纤直放站及无线直放站网络问题也暴露出来。为了解决上述问题, CDMA 远基站小区射频拉远被提上日程。

1 直放站存在的问题

CDMA 无线直放站与光纤直放站在 CDMA 网络建设初期对基站的补充覆盖起到了良好的效果, 但从 2008 年四季度中国电信接手 CDMA 网络后, 部分城市与地区的小灵通用户转入 CDMA 网络, 使得一些地区的 CDMA 移动用户激增, 从而两种直放站的网络覆盖缺陷也就暴露出来。具体表现为无线直放

收稿日期: 2009-05-08

作者简介: 黄国平(1976-), 男, 硕士研究生, 移动通信工程师, 主要研究方向为移动通信网络优化。

站对基站反向链路干扰,光纤直放站下用户通话延时与接入困难。

1.1 无线直放站的问题

CDMA 无线直放站应用于 CDMA 网络,将会引起网络拓扑结构、前反向链路功率预算、噪声、系统时延与多径信息等发生变化。这些变化会对小区的覆盖范围、小区切换关系、上下行链路的功率预算、小区用户容量以及系统参数产生较大的影响,无线直放站结构如图 1 所示。

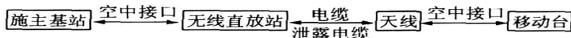


图1 无线直放站系统图

无线直放站对基站的影响主要集中在上行链路,无线直放站上行链路产生的干扰噪声,导致基站热噪声电平升高,基站接收到的信噪比下降,系统性能劣化,目前在市区,大规模建设基站后使得导频更加拥挤。

假设由无线直放站热噪声经过放大和传输路径损耗后,到达基站接收机输入端的热噪声电平为 p_{noise} ,根据链路预算公式:

$$p_{noise} = KTB + N_0 + G_{repeater} - pathloss \text{ dBm} \quad (1)$$

其中:

KTB : 1.23MHz 波段内的热噪声 dBm

N_0 : 直放站的上行噪声系数,通常为 5dB

$G_{repeater}$: 直放站的上行增益。

$pathloss$: 直放站到基站路径衰减净值。

$pathloss = \text{直放站的馈线损耗} + \text{直放站施主天线增益} + \text{路径空间损耗} - \text{基站天线增益} + \text{基站馈线损耗}$ 。

如果没有直放站引入,设基站接收机的接收电平为环境高斯噪声 $p_{bts-no-repeater}$:

$$p_{bts-no-repeater} = KTB \text{ dBm} = 10^{KTB/10} \text{ mW} \quad (2)$$

上行增益为 $p_{bts-repeater}$:

$$p_{bts-repeater} = p_{noise} + p_{bts-no-repeater} = (10^{p_{noise}/10} + 10^{KTB/10}) \text{ mW} = 10 \log p_{bts-repeater} \text{ dBm} \quad (3)$$

式(3)值决定了直放站对施主基站的上行链路的影响。该值每增加 1dBm,就意味着施主基站的上行链路预算减少 1dBm 或者允许的手机到基站的空间路径少 1dBm,对小区的覆盖范围来讲,将会引起上行覆盖半径减小,对于覆盖区的用户来讲,手机的发射功率加大,或者处在小区边缘的用户可能发生单通、上

行话音质量下降或掉话。

基站反向的链路容量公式为:

$$M_{max} = 1 + G_p * \left[\frac{c}{(E_b/I_t) * (v_f)(1+f)} \right] \quad (4)$$

其中, G_p 为基站信号处理增益; c 为非理想的功率控制因子; E_b/I_t 为基站的反向信噪比; v 为话音激活因子; f 为来自临小区的干扰。

式(4)详细推导见文献[4],由该公式知道小区负载因子为 0.7 时小区反向链路的容量约 16 个用户,并且直放站的增益越大对基站的反向干扰就越大,如果在直放站没有采用分集技术的情况下,系统对直放站覆盖区用户 E_b/N_t 的要求会升高,到达 8dB 甚至更高,对于目前约 16 个移动台/扇区的基站已经是一个很大的干扰。这样对施主基站的容量产生影响,具体取决于基站的覆盖区用户数量,大约一个直放站用户相当于 1.1~1.3 个基站用户,所以直放站用户增加对基站小区的资源耗费也是很大的,当达到基站的小区最大用户容量为 $M_{max} - 1$ 时,移动台的收到功率接近小区站点的噪声水平,此时无线直放站干扰最大。由于中国联通原来的直放站是来自于各个厂家,如天意亚斯康、深圳国人、福建晋江公司等等,这些直放站与爱立信、中兴的基站设备匹配较差。而中国电信现在采用小区射频拉远技术,因为系同厂商基站设备,是一个完整基站的小区,就不存在网络匹配问题,从而解决直放站的反向链路干扰问题。

1.2 光纤直放站的使用问题

CDMA 信号转换成光信号后,由于要进行全反射,因此传播所需时间要比空间直接传播要慢,光纤直放站系统如图 2 所示。

经测试,CDMA 信号在光纤中传播时,时延为 5μs/公里,因此,每公里的传播时延为 6.143 个码片。如果挂直放站则计算是需要考虑直放站的光路时延。假设直放站覆盖范围为 5km,则 T 参考值与光缆长度对应关系可得:

$$T = 2 * 5(5\text{km}) * 4.1\text{Chip}(\text{空间时延}/\text{km}) + 1\text{Chip}(\text{直放站时延}) + 36\text{Chip}(\text{系统时延}) + 2 * \alpha L(\text{光缆长度}) * 6.15\text{Chip}(\text{光纤时延}/\text{km}) \quad (5)$$

如果直放站的一般光纤距离为 5 公里,系统总时延为 140 个码片,该时延是一个很大的时延,在施主基站话务小区拥塞比较大时在光纤直放站移动台终端感觉特别明显,系统接入非常困难,用户投诉比

较多。

2 CDMA 基站小区射频拉远原理与工程实例

由于上文分析所述无线直放站对基站的反向干扰,光纤直放站对直放站端的用户时延已经成为必须解决的问题,在这样的情况下,解决二者缺陷的 CDMA 基站小区射频拉远技术被提到重要位置上来。

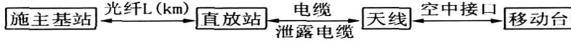


图2 光纤直放站系统图

2.1 CDMA 基站小区射频拉远原理

CDMA 射频拉远基本原理:指将一个基站的小区射频单元使用光纤将其拉至几百米甚至 6 公里以内,一个基站可以管理最大 6 个射频拉远扇区,其功能与基站扇区功能完全一样。解决信号未覆盖的低话务区、城市覆盖盲区,以及解决直放站无法克服的覆盖问题。该技术成为中国电信 CDMA 网络建设最热点基站覆盖补充技术,如爱立信的 CDMA RBS1127 基站,主单元与远端单元,中兴的 CDMA ZXSDR B8200 C100 基站与 ZXSDR R8841 C804 远端也支持该技术。CDMA RBS1127 基站小区射频拉远结构如图 3 所示。该技术来自爱立信的 CDMA RBS1127 基站技术实践,CDMA RBS1127 基站给出远端单元光纤传输参数最大距离为 600 米,在中国电信基站与传输人员技术开拓后在 6 公里内成功实施,网络覆盖效果良好。

CDMA 基站小区射频拉远目的:为解决城市的高层建筑导频污染,城市街道覆盖死点,地下建筑物,铁路沿线、交通干线沿线、偏远旅游景点等的网络覆盖。主要是针对光纤直放站及无线直放站的施主基站为高话务量的地区,而远端为低话务区,但是社会影响比较大的地区,如政府机关,社会上层人士聚集地等等。

2.2 反向链路切换基本概念

小区软切换(反向链路):指移动台在切换的过程中,给两个基站发送相同的信息,每个基站接收到具有相应传播延迟的信号,然后再给声码器/选择器发送接收到的信号,给声码器/选择器发送同一个帧的两个拷贝,声码器/选择器选择较好的帧并删除其他的帧。

小区更软切换(反向链路):在扇区切换过程中

移动台向两个扇区发送相同的信息。小区站点的信道卡/组件接收两个扇区的信号,信道卡把来自双方的信号合并,并且只发一帧到声码器/选择器。在基站系统使用过程中更软切换性能优于软切换。常见 CDMA 信道切换参考值如表 1 所示。



图3 爱立信 CDMA RBS1127 基站小区射频拉远结构

表1 切换分配参考值

更软切换	双方软切换	软/更软切换	无切换	三方软切换
40 %	20 %	10 %	29 %	1 %

本文给出 CDMA 的常见接收机总线图,如图 4 所示,具有该总线图模式的基站就可以进行光纤模块基站小区、扇区结构扩展,进而实现小区的射频拉远功能。CDMA 多扇区接收机的 RAKE 接收机都可以选择小区一、二和三的分集接收,甚至其它小区,这时 CDMA 中拉远小区可以与其他两个小区或者是三个小区使用常规更软切换技术,从而避免了与其他几个小区的双方甚至三方软切换,在图 4 系统中,允许 RAKE 分支利用所选择的扇区的阵列为所期望的反向信道形成波束,从而增添了其更软切换功能,包括还加入的其它扇区,如建立第四小区等。该总线结构还使得三个小区任何一个接收供其它发射天线使用,从而由 RAKE 接收机来区分相应的多径成分,实现了对移动台的接入识别,实现了分集的增益接收,从而提高接收信号的质量。

2.3 CDMA 基站小区射频工程案例

例如在四川内江城区甜城大厦基站下,一个在繁华市区中央位置的 17 层高楼,由于其基站在楼顶上,但是在其 7 楼一下信号就已经很微弱了,产生了“灯下黑”效应,因为其基站话务本身就很高,多用户反向干扰很严重,因此未采用无线直放站,而试用光纤直放站,结果其泄露的无线信号使得楼顶基站用于多方软切换的开销达到 44 %,远远高于多方软切换的标准 31 %,大大消耗了甜城大厦基站与直放站的施主基站箭道街小区的无线资源,引起甜城大厦基站三个扇区移动用户接入困难。最后在十七楼扩展了射频小区拉远,才使覆盖得到解决,经过实际的 BSC 数据统计,只是基站的更软切换高于标准值 40 %为 45 %,基站的多方软切换大约 33 %的回到标准 31 %附近,基本满足业务需要。类似的例子在该地区的铁龙大厦,交通旅社,交警队,隆昌川信大厦,资中的电信大楼等基站依照此方法解决。

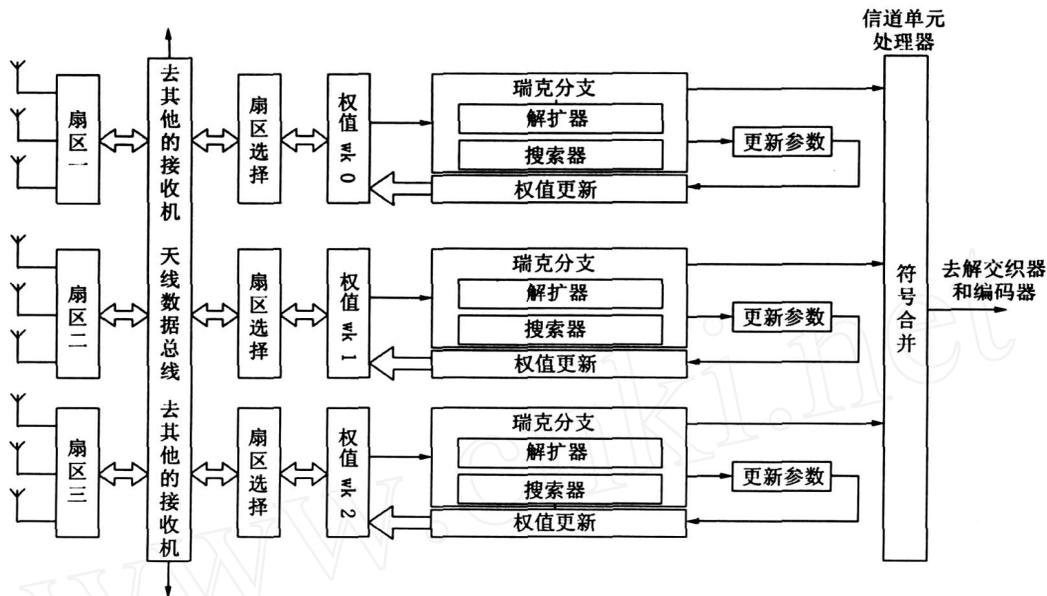


图4 CDMA 基站接收机总线结构

另一个例子是四川内江威远连界镇,与一个边界镇两河先是使用光纤直放站,由于电信接手CDMA网络以后,连界的小灵通用户在2009年陆续转入CDMA网络,引起了光纤接入扇区临时性高话务,结果两河镇的用户接入困难,等待时间太长超过了2分钟,甚至被告知网络系统忙,引起严重的客户投诉,对连界基站系统小区射频拉远解决问题,经过BSC统计用户接入时间为大约45秒,成功接通率95%,高于标准的接通率90%,系统指标良好。

又如在四川内江市市区晏家湾汽车站,无线直放站引入联通公司基站扇区信号来覆盖汽车站大厅,由于基站设备为中兴公司,直放站为深圳国人无线直放站,二者系统匹配比较差,再加上直放站处于市区,移动用户的业务繁忙,直放站有时对基站反向产生很大链路干扰,从而影响到联通公司扇区下的用户,产生很多的投诉。现象为用户等待时间长可以达到1分半钟,接入困难。查找原因后,是由于汽车站的临时用户激增,而扇区的容量有限,同时由于CDMA远近效应,其基站扇区反向覆盖收缩,从而引起扇区下用户的接入困难,更换无线直放站为中兴基站小区射频拉远覆盖,解决上述问题,经过现场拨测,接入良好,经过BSC对联通公司基站的数据两周统计,所有指标都良好,用户不在投诉。

3 CDMA 小区射频拉远维护与建设建议

射频不应该放置在基站太远的地方,如大于6公里,大约36码片,加上系统等的总时延达到146码片距离,此时就会引起移动台在使用数据网络时

被认为延时太长,产生了光纤传输较高误差,而中断其数据业务,同时时延太大,基站信道板会认为拉远扇区忙,从而向用户提示网络忙。

如爱立信CDMA RBS1127射频拉远基站的小区光传输误码工作在1000以下,使用Windows超级终端查看或者光纤测试仪测试,射频小区良好工作范围372~856,如果补偿拉远带来的延迟(及基站侧芯片集成器用延迟的方法对传输延迟进行补偿)效果更好。这要求基站之间的光传输直连,如果有其他的转接点或者在光传输转接设备光口过热都会引起基站的远端射频单元出现信号闪断或者信号飘移现象。

当室内覆盖在高层建筑时,注意周围是否有许多基站小区导频信号,此时基站射频拉远小区的室内分布系统不能造成大量信号泄露,否则会严重导频污染周围街区,从而起到对网络干扰作用。

对于小区射频拉远单元的经纬度要严格的测量,对于光纤产生的时延码片精度要有很高的要求,因为这样对数据通信与小区定位在整个移动通信中有帮助作用,以及对正常判断设备故障都有帮助。

在乡村如果两个基站之间是视距可见的,引入射频拉远小区会引来基站的指标在更切换上出现很大的开销,使基站信道卡处于常忙状态,所以在远端小区射频天线上不能够正对着主单元基站的扇区。

爱立信CDMA远端220V交流电源与中兴远端24V电源必须为稳定的,否则相应的射频单元在掉电情况下,光模块不断闪断,会引起基站的信道板掉死,从而影响整个主单元基站运行。(下转第82页)

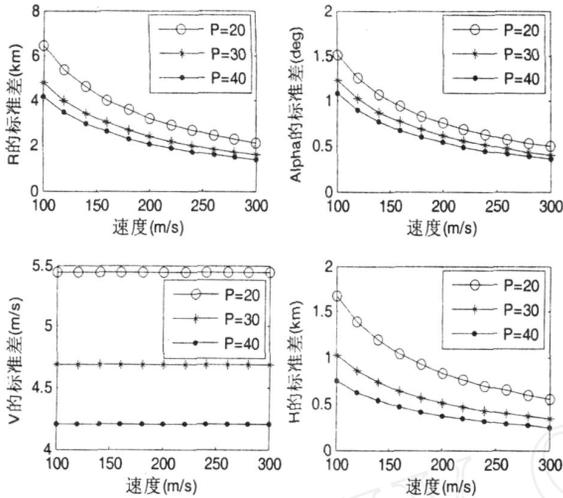


图2 MATLAB 仿真中系统定位精度的变化曲线

直射路径信号由于某种原因未能到达定位接收机。环境中散射面随机分布在干扰机和定位接收机之间的一定区域内,各多径信号频率的等效测量标准差为 100 rad/s。

在上述环境参数假设下,其它定位方法或者由于定位前提条件未能满足而无法正确完成定位,或者由于实现原理差别过大而失去同本方案的可比性,因此仿真中只单独考察本文所提方案的实际性能,没有给出其它定位方法的对照结果。

图2给出了多径信号数 P 分别为 20、30 和 40 三种情况下系统的定位精度关于干扰机运动速度 v 的变化曲线。

由图2可见,系统的定位精度与目标的运动速度 v 和多径信号条数 P 有关:在其它条件不变的前提下,目标运动速度越大或多径信号数目越多,系统的定位精度就越高。此外还可看到,定位输出的4

个参数都有较高的精度(例如距离 R 的相对定位精度基本都在 5% 之内,能够满足一般的实战要求),说明本系统的定位准确度良好。

5 结束语

本文提出一种基于非直射路径的新型单站多径无源定位方案,用于解决单站多径无源定位中直射信号丢失这一技术难题。文中分别给出定位模型、算法和性能分析工具。仿真结果表明,该方案能有效完成对运动辐射源目标的远距离高精度定位。本定位方案适应了实战条件下复杂的信号传播环境,在当前日趋激烈的电子战领域具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 单月晖,孙仲康,皇甫堪.单站无源定位跟踪现有方法评述[J].航天电子对抗,2001(6):4-7.
- [2] 丁卫安,马远良.无源单站定位技术研究[J].指挥控制与仿真,2008,30(1):35-37.
- [3] Hnam H. Passive source localization from time of arrival measurements [J]. ISWPC 2008 3rd International Symposium on Wireless Pervasive Computing, 2008:126-129.
- [4] Scott D Coutts. Passive localization of moving emitters using out-of-plane multipath [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2000,36(2):584-595.
- [5] Hongbo Liu, Wenyuan X, Yingying Chen, et al. Localizing jammers in wireless networks [C]. IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2009:1-6.
- [6] Steven M Kay. 统计信号处理基础[M].北京:电子工业出版社,2006:209-225.
- [7] 袁亚湘,孙文瑜.最优化理论与方法[M].北京:科学出版社,1997:373-403.
- [8] Ratkowsky D A. 非线性回归模型 统一的实用方法[M].南京:南京大学出版社,1986:13-40.

责任编辑:李光辉

(上接第78页)

4 结束语

CDMA 基站小区射频拉远技术的关键创新点:利用 CDMA 基站扇区间的并行接收结构,将多方的软切换转变为小区内的更软切换,从而将消耗多个基站的管理单元转化为消耗一个基站的管理单元,最重要的是将远端覆盖的扇区容量扩展,覆盖深度、广度加大,并且克服光纤与无线直放站的缺陷。因此 2008 年该项技术得到了包括中兴、华为、三星等公司的支持。目前中国电信 2009 年也在推广该项技术,在大中城市热点地区取代原来的无线直放站与光纤直放站。

参考文献:

- [1] 张传福,等. CDMA 移动通信网络规划设计与优化[M].北京:人民邮电出版社,2006.
- [2] 李仲令,等.现代无线通信与移动通信技术[M].北京:科学出版社,2006.
- [3] 谢显中,等.基于 TDD 的第四代移动通信技术[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [4] Vijay K. Garg;于鹏,等.第三代移动通信系统原理与工程设计 IS-95 CDMA 和 CDMA 2000[M].北京:电子工业出版社,2001.
- [5] 吴伟陵.移动通信中的关键技术[M].北京:邮电大学出版社,2000.
- [6] 杨大成,等. CDMA 2000 技术[M].北京:北京邮电大学出版社,2000.
- [7] Kyoung Il Kim;刘晓宇,杜志敏. CDMA 系统设计与优化[M].北京:人民邮电出版社,2000.
- [8] 周月臣.移动通信工程设计[Z].

责任编辑:肖滨