

GSM 覆盖增强技术研究

穆舟祥

(中铁建电气化局集团南方工程有限公司 武汉 430071)

摘 要 通过对 GSM 覆盖增强技术和超远覆盖原理的研究分析,详细说明了基站功率放大器、塔顶放大器等设备在覆盖增加技术中的应用。

关键词 GSM 放大器 双工器 超远覆盖 双时隙扩展小区

中图分类号 U228.2 **文献标识码** A **文章编号** 1009-4539(2010)07-0060-03

在草原、沙漠、农村、海岛及沿海等地区,由于 GSM 基站存在极限覆盖范围,因此一些特殊场景下,如近海海面覆盖,则可能需要基站覆盖更远的距离来满足近海海域的移动通信需求。

GSM 基站覆盖增强技术可以通过基站功率放大器和塔顶放大器来实现,以有效扩大上下行覆盖范围,但无法解决覆盖范围超过 35 km 的时延问题,下面将针对这些问题做详细介绍。

1 覆盖增强技术原理

GSM 基站覆盖增强技术,是通过在基站机房内加装大功率、超线形选频功率放大器来放大下行信号,提高信号对遮挡物的穿透性,以达到扩大基站覆盖区域的目的,在接收系统前端增加塔顶放大器来提高上行接收灵敏度,在解决基站上下行链路平衡问题的同时降低基站上行噪声、提升上行增益,改善基站接收性能。覆盖增强技术设备连接见图 1。

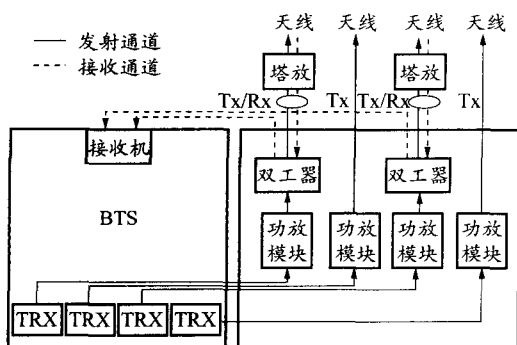


图 1 覆盖增强技术设备连接示意(以单小区 4 载频为例)

收稿日期:2010-03-27

根据自由空间电磁传播理论,自由空间的电波传播损耗只与工作频率 f 和传播距离 d 有关,其计算公式为

$$L_{fs} = 32.44 + 20\lg d + 20\lg f$$

式中: L_{fs} —自由空间电波传播损耗,dB;

d —传播距离,km;

f —工作频率,MHz。

但是在实际应用中,由于传播路径引起的信号损耗非常明显,应综合考虑传播路径中的地形修正因子引起的信号强度的非正常衰减。为了防止因衰落(包括快衰落和慢衰落)引起的通信中断,在信道设计中,必须使信号的电平留有足够的余量,以使掉话率小于规定值。这种电平余量称为衰落储备。衰落储备的大小决定于地形、地物、工作频率及要求的通信可靠性(接通率)指标。基站功率放大器系统在不改变基站原有设备的基础上,使基站的发射功率由 20~40 W 增加至 200 W,这样就大幅提高了基站电平的衰落储备,使原有服务区域的覆盖距离 d 增加。以基站原覆盖半径 7 km 为例,安装前自由空间电波传播损耗为 108 dB。安装后,下行信号如果增加 4 dB,则相应的传播信道衰落储备增加 4 dB,达到 112 dB。由计算可得出:安装前后覆盖距离扩大了 3.56 km,覆盖半径增加了 50%。

2 覆盖增强技术特点

采用覆盖增强技术可以直接利用原有天馈系统,无须改动基站原有结构,使得 GSM 基站的覆盖范围得到扩大。它一方面可使正在建设的基站数

目减少,另一方面是在已建好的基站上使用,加大基站功率,增强穿透性,减少建筑物对信号阻挡造成的盲区,从而提高现有网络的覆盖质量。

(1) 扩大信号的覆盖范围

目前基站的发射功率一般在 20 ~ 40 W 之间,覆盖半径相对较小,不足 7 km。若采用基站功率放大器(上行结合塔顶放大器),就可以在每个发射通道得到 200 W (53 dB) 的发射功率,上行信号经塔顶放大器放大后增加 12 dB 左右,将基站覆盖范围扩展到 15 ~ 30 km,从而可以减少基站数量,从而达到少建基站、节约成本、降低工程难度的目的。

(2) 深化信号穿透深度,改善信号强度

一般而言,蜂窝移动通信建筑物的穿透损耗与城市化参数、建筑物高度和密度有关,并且还会随频率的增高而降低。可见,在同样距离条件下,建筑物的室内电平比室外低得多。因此,安装基站功率放大器后,可以解决部分室内覆盖问题。

(3) 工程周期短、见效快

由于仅需加装基站功率放大器和塔顶放大器,不需要进行任何基建投资和基础工程建设,工期大大缩短。

3 超远覆盖增强技术

GSM 的最小用户分辨单位为一个时隙。由于传输延迟,实际应用中系统与手机存在一个时间差,在接入、呼叫、通信等过程中系统需要不断地计算该时间差以保持同步。当手机距离基站太远,时间差大于一定值时,基站将难以与手机同步而造成手机脱网。目前一般有两种方法解决时间差太大的问题:双时隙法和双小区法。

3.1 双时隙法

无线信号在空间传输是有延时的,如移动台在呼叫期间向远离基站的方向移动,则从基站发出的信号将“越来越迟”地到达移动台。与此同时,移动台的信号也会“越来越迟”地到达基站,延迟过长会导致基站收到的某移动台在本时隙上的信号无法正确解码,甚至可能与基站需要接收的下一个其他移动台的信号时隙相互重叠,引起时隙间干扰。因此,在呼叫进行期间,移动台发给基站的测量报告报头上显示有移动台测量的时延值,而基站必须监

视呼叫到达的时间,并在下行信道上以 480 ms 一次的频率向移动台发送指令,指示移动台提前发送的时间,这个时间就是时间提前量(TA)值 0 ~ 63 (0 ~ 233 μ s),它被 GSM 定时提前的编码 0 ~ 63 bit 所限,使 GSM 最大覆盖距离距离为 35 km。由此可知,1 bit 对应的距离是 554 m。由于多径传播和移动台同步精度的影响,TA 误差可能会达 3 bit 左右 (1.6 km)。在某些情况下,客观需要基站能覆盖更远的距离,比如在沿海地区,需用来覆盖较大范围的一些海域或岛屿。这种超远距离覆盖在 GSM 中是能够实现的,代价是须减少每载频所容纳的信道数,办法是将奇偶时隙捆绑,把扩展小区内一个 TDMA 帧看成只有 0/1、2/3、4/5、6/7 四个信道,对于移动台则只分配 0、2、4、6 信道。那么在 0 ~ 35 km 范围的移动台,其 TA 值在 0 ~ 63 范围内正常变化,超过 35 km 的移动台 TA 值始终使其维持在 63,这项技术被称为扩展小区技术。基站侧测量报告中的 TA 值最大可以到 $63 + 156.25 = 219.25$ bit,即基站的最大覆盖半径为 120 km。双时隙扩展小区原理如图 2 所示。在具体的实现方案中,扩展小区内为提高载频利用率,可以包含常规载频和双时隙载频各若干,其中 BCCH 信道必须在双时隙载频上,以保证可以接收任何区域的随机接入。随机接入的 TA 值在 35 km 以内的呼叫被分配到常规载频上,以保证可以接收任何区域的随机接入。在 35 ~ 120 km 范围内的以及切入的呼叫请求则被分配到双时隙载频。对于切入后发现属于 0 ~ 35 km 的呼叫,系统可以将该呼叫再次切换到常规载频上去。正在通话的移动台移动时越过 35 km 这个范围,将引发一次小区内切换,这样即能满足离基站较近区域的容量需求也能解决超长距离的覆盖需求。其优点是扩大了小区覆盖范围,缺点是每个用户需要占用两个时隙,损失了系统容量。

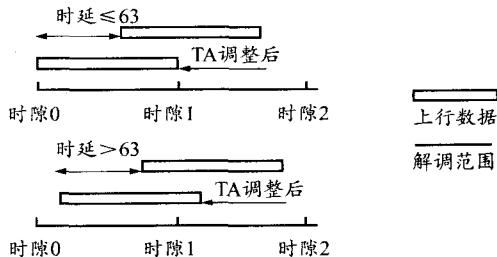


图2 双时隙扩展小区原理

3.2 双小区法

所谓双小区法是基于内小区和外小区,在一定的覆盖范围中,内小区管理近距离用户,外小区管理远距离用户。这种方法完全基于现有设备(但需要设备支持),无须额外投资,利用帧结构上的所有时隙(并非时隙捆绑),对现有网络几乎没有什么影响,可提供 0 ~ 70 km 的网络覆盖,一般 0 ~ 35 km 为内小区,35 ~ 70 km 为外小区。其优点是扩大了小区覆盖范围,不影响系统容量,缺点是目前支持该技术设备的生产厂家较少。

4 地球曲率影响

在广覆盖时(如海面)可能电波直射距离特别远,此时需要考虑地球曲率和折射的影响。根据球面几何原理,视线距离为

$$d = 2rh_b + 2rh_m$$

式中: r —赤道半径, $r = 6\,378\,000\text{ m}$;

h_b —移动台天线有效高度, m;

h_m —基站天线有效高度, m。

由于空气的压力、温度、湿度随着高度而变化,所以介电常数 ξ_r 也随高度而减小,并由于空气稀薄而逐渐趋于 0,使得电波在对流层中的传播轨迹不是直线而是沿地球曲率方向的曲线,即电波在对流层中传播时出现折射,折射系数 $n = \xi_r/2$ 。这种折射现象相当于地球半径增大,因此对地球赤道半径乘一系数 k ,在标准大气压折射情况下 $k = 4/3$,上式修正为 $d_0 = 4.12(2h_b + 2h_m)$,当移动台超过该公式计算的距离后,认为进入了阴影区。如基站天线挂高 70 m,移动台高度 10 m,计算得出 $d_0 = 47.5\text{ km}$ 。当手机与基站相距 47.5 km 后,移动台超出基站的视线距离,进入了阴影区,信号受到了绕射损耗的影响而衰落较大。

5 主要器件介绍

GSM 覆盖增强技术所使用的主要器件包括基站功率放大器、双工器(内置于基站功率放大器内)、塔顶放大器、天线等,下面将针对各个器件做详细介绍。

5.1 双工器

双工器,又称天线共用器,是一个比较特殊的

双向三端滤波器。其等效电路见图 3。

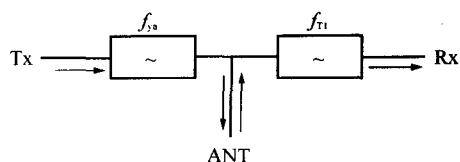


图3 双工器等效电路

双工器是异频双工电台、中继台的主要配件,它要将微弱的接受信号耦合进来,又要将较大的发射功率馈送到天线上,其作用是将发射和接收信号相隔离,保证接收和发射都能同时正常工作。它是由两组不同频率的阻带滤波器组成,避免本机发射信号传输到接收机。接收端滤波器谐振于发射频率,并防止发射功率串入接收机,发射端滤波器谐振于接收频率。一般的双工器由螺旋谐振腔体构成,由于其工作频率高,分布参数影响较大,常做成一个密封套体,各信号馈线均用屏蔽效果较好的同轴电缆,腔体形材也要求一定的光洁度,为利于散热,外观常为黑色。

5.2 基站功率放大器

基站功率放大器是专门为扩大现有基站的有效覆盖范围而设计的,由大功率超线形功率放大器、高性能双工器、电源系统及相应监控设备组成。基站功率放大器的基本原理就是与移动基站(BTS)结合使用,补偿电缆损耗,提高下行发射功率,辅之以塔顶放大器组成上行放大链路,从而能扩大现有基站的有效发射和接收范围。其增强规模可以将现有基站的有效覆盖范围扩大 2 ~ 4 倍,特别适合在边远地区、用户稀少的地区实现无缝隙覆盖,优化网络覆盖效果。监控单元对基站功率放大器及上行低噪放大器的相关参数进实时检测、数据处理,并与预设值进行比较后,调整基站放大器的运行状态;同时将基站放大器的运行状态传送到上层机房监控系统。

5.3 塔顶放大器

塔顶放大器具有特别灵敏的滤波器和低噪声放大器,通过在紧靠天线的下面安装塔顶放大器,选择和放大所接收的较弱上行链路信号,有效改善接收信号信噪比,提高基站的灵敏度,特别是对

(下转第 114 页)

控制结构的自振周期。而由计算结果可知,在相同的基础条件下,组合 T 构的自振周期明显小于普通 T 构,动力性能更为优越。这就意味着组合 T 构的自振周期更便于控制,可大大降低下部结构由于控制自振周期而增加的工程费用。

4.4 地震力的比较

组合结构基础采用 35 根桩,普通结构采用 42 根桩,可满足目前我国所采用的横向刚度控制标准,即横向自振周期不大于 1.7 s,在此情况下,墩底截面在横桥向地震作用下的内力情况见表 3。

由于上部结构自重的减小,组合 T 构的地震力明显小于普通 T 构,减小约 10%,这将有效提高结构在地震作用下的安全性和可靠性。

表 3 墩底截面地震力比较

	弯矩/(kN·m)	轴力/kN	剪力/kN
组合 T 构	22 976	16 942	2 092
普通 T 构	25 254	18 368	2 303
普通 T 构增加/%	9.9	8.4	10.1

5 结论

(1)组合 T 构由于自重轻,使得施工阶段内力明显减小,从而使结构的内力分布更加合理。

(2)组合 T 构的动力性能明显优于普通 T 构,这就可以有效降低下部结构的造价,这种通过调整上部结构自重来优化结构动力行为的设计思路,对高墩大跨桥梁的设计有一定的借鉴意义。

(上接第 62 页)

于使用相对较长传输馈线的基站,由于馈线损耗等因素对上行信号的信噪比恶化较严重,通过安装塔顶放大器来有效提高上行链路信号的信噪比,从而弥补由于馈线损耗对上行信号信噪比造成的影响,效果较为明显。塔顶放大器在蜂窝移动通信系统中主要解决上下行链路不平衡问题,正常情况下基站发送的下行信号能够被移动台识别的传播距离大于移动台发送的上行信号能够被基站所识别的传播距离,基站有效覆盖范围是由最弱信号链路决定的,即由移动台发送的上行信号有效传播距离决定,塔顶放大器通过将接收到的上行信号进一步放大从而可以扩大基站的覆盖范围。

5.4 基站天线

选择适当的基站天线有利于改善无线覆盖,减少干扰,提高网络质量。海面、草原及沙漠覆盖一般要求天线具有比较宽的水平波瓣宽度,而对天线的垂直波瓣宽度则要求较窄,这样能保证良好的水平覆盖面,并提供足够的增益满足远覆盖距离的要求;对于仅用于公路覆盖可采用水平波瓣宽度较窄的天线。

6 小结

上面 GSM 覆盖增强技术原理进行了论述,

GSM 覆盖增强技术通常比较适用于以下几种场景:

(1)远离繁华城区、地广人稀的平原、海域、盆地、水域、地势起伏不大的风景休闲度假区等;

(2)对高速铁路呈带状分布需继续加大定向覆盖效果的地区;

(3)复杂地形地貌、铁路沿线分布的散落村镇、距基站较远且覆盖差的居民点等。

应用覆盖增强技术时应注意以下问题:

(1)GSM 覆盖增强技术一般应用在载频数量较少的覆盖型基站;

(2)功率放大器和塔顶放大器应结合使用,保证上下行链路平衡;

(3)做好塔顶放大器设备及功放设备的防雷接地安装工作;

(4)充分考虑基站功率放大器和塔顶放大器的监控工作。

总之,通过合理正确应用覆盖增强技术,能为 GSM 网络建设提供更多、更优的选择。

参考文献

- 1 华为技术有限公司. GSM 无线网络规划与优化[M]. 北京:人民邮电出版社,2006
- 2 张威. GSM 网络优化——原理与工程[M]. 北京:人民邮电出版社,2003