

TD-SCDMA 系统中基于迭代处理的外环功率控制研究

李 鹏¹, 李 莉²

(1. 中国石油大学(华东)计算机与通信工程学院, 山东 东营 257061;

2. 山东胜利职业学院建设工程分院, 山东 东营 257000)

摘 要: 外环功率控制是 TD-SCDMA 系统闭环功率控制的重要组成环节, 决定了内环功率控制的 SIR 目标值。探讨了 TD-SCDMA 系统中功率控制的方法, 提出了一种基于误块率迭代的外环功率控制算法, 对不同信道条件、不同控制输入参数下的闭环功率控制效果进行了仿真。结果表明, 该算法对于系统整体性能的提高是有效的。

关键词: 时分双工同步码分多址; 功率控制; 信噪比; 外环; 误块率

中图分类号: TN914

文献标识码: A

Research on Outer-loop Power Control Based on Iterative Process in TD-SCDMA

LI Peng¹, LI Li²

(1. Computer and Communication Engineering College China University of Petroleum, Dongying 257061 China;

2. Jianshe Engineering Academy Shandong Shengli Vocational College Dongying 257000 China)

Abstract: Outer-loop power control is one of the important links in closed-loop power control of TD-SCDMA, it decides the target value of inner-loop power control. PC methods in TD-SCDMA system are discussed, an outer-loop power control algorithm based on iterative process is produced. The closed-loop power control under some conditions such as different channel environments and different control parameters is simulated. It is found that the power control algorithm can effectively improve the system performance.

Key words: TD-SCDMA; power control; SIR; outer-loop; BLER

TD-SCDMA 是中国自己的第三代移动通信规范, 其特点是采用了时分双工的工作方式, 应用了智能天线、多用户检测和动态信道分配等不同技术, 提升了系统容量和频谱利用率。与此同时, 因为 TD-SCDMA 是基于码分多址技术, 实际上所用的扩频码不能正交, 该系统是自干扰系统, 系统容量是个软容量。所以, 为了保证系统的正常工作, 完善而高效的功率控制是必需的。功率控制技术就是在对接收机端的接收信号能量或解调信噪比等指标进行评估的基础上, 控制发射端的发射功率, 适时补偿无线信道中引入的衰落, 从而既维持了高质量的通信, 又不对同一无线资源中的其它用户产生干扰, 保证了系统容量, 同时也可以减少移动终端的功率消耗, 延长其

待机时间。

本文全面描述了 TD-SCDMA 下的功率控制各个环节, 进而提出一种基于迭代的外环功率控制算法, 并对算法进行了仿真, 分析了其效能。该算法对降低系统的误码率能带来较好的效果。

1 TD-SCDMA 系统中的功率控制

功率控制(以下也简称功率控制)从传输方向上分为上、下行功率控制, 上、下行功率控制从控制环节上又分为开环、外环和内环功率控制, 后两者合起来也叫做闭环功率控制, 这里所谓的“环”其实是以基站为中心, 基站以下同用户设备之间为内环, 基站以上同 RNC 之间为外环。这三者组合, 三环并重, 形成了整体的功率控制流程。其分类如图 1 所示。

收稿日期: 2010-09-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(60572020); 北京邮电大学泛网无线通信教育部重点实验室资助项目(2007102)

作者简介: 李 鹏(1975-), 男, 讲师, 硕士, 主要研究方向为第三代、第四代移动通信。E-mail: lipeng2002@163.com

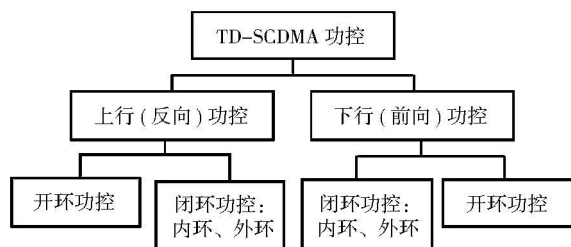


图 1 TD-SCDMA 系统中功率控制环节

由于 CDMA 系统容量主要受上行 (反向) 链路容量限制, 因此上行功率控制尤为重要。而在下行 (前向) 链路解调中, 干扰主要来自邻区干扰和多径引入的干扰, 由于小区内信号的同步性和移动台相干解调带来的增益, 使下行链路的质量远好于反向链路, 往往只需加入一个慢速的功率控制, 就能很好的控制每个信道的发送功率。因此, 本文以下着重探讨上行链路的功率控制。

开环功控用于移动台的随机接入网络, 在上行开环功率控制中, 移动台检测收到基站导频信号功率, 若移动台收到的信号功率小, 表明前向链路此刻的衰耗大, 由此可认为反向链路上的衰耗也较大, 为了补偿信道衰落, 移动台将根据预测增大发射功率; 反之, 移动台将减小发射功率。由于开环功率控制是为了补偿信道中的平均路径损耗和阴影效应, 所以动态范围很大, 这一点限制了它的功率控制效果, 因此, 需要辅以内环和外环功率控制。

内环功控是指接收端通过测量, 得到信噪比 SR 估计值, 然后将此值与外环输出的目标信噪比 SR_{target} 进行比较, 产生功率控制命令 TPC , 这个命令通过无线信道传到发送端, 发送端根据此命令在开环功控设定的功率值基础上调整 (上调或下调) 某一功率值。

在实际系统中, 外环功率控制就是为了适应无线信道的衰耗变化, 根据特定环境下的服务质量要求, 并按照一定的外环功控算法动态地给出既能保证通信质量又能使系统容量最大的 SR 目标值 SR_{target} 。即, 外环功控主要是建立无线链路的传输质量与内环功控的 SR 目标值之间的合适的对应关系。

2 外环功率控制

2.1 外环功控方案

上行外环功率控制在无线网络控制器 RNC 执行, RNC 为每一条执行上行内环功率控制的链路设置目标值信噪比 SR_{target} , 并将这个目标值通知基站。基站在收到 RNC 的通知后, 便更新相应链路的 SR_{target} , 作为内环功率控制的依据, 如图 2 所示。

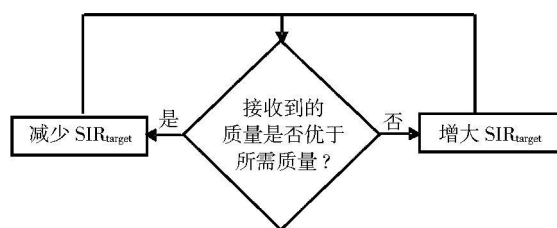


图 2 外环功率控制流程图

实现方法是在一设定的时间窗内统计 BLER 的值, 并与该业务的 $BLER_{target}$ 进行比较, 然后判决上调或者下调 SR_{target} 。BLER 针对的是传输信道, 由于一个用户可以有多个业务, 每个业务又可以映射到多条传输信道上, 所以统计 BLER 时, 需要对所有传输信道的 BLER 分别进行统计, 并分别与各传输信道的 $BLER_{target}$ 进行比较, 再综合考虑所有传输信道判定的结果。

2.2 误块率的迭代方法实现

对于 TD-SCDMA 系统, 以发射端从 MAC 层传下来的传输块为单位加循环冗余校验 CRC, 在接收端利用该 CRC 校验信息准确地判断出此传输块是否有误。然后根据校验结果按照滑动窗的方法统计接收端的误块率 BLER, 具体过程如下:

以 n 个传输时间间隔 (TTI)^[1] 为单位进行统计。每次统计时仅记录 $n \times TTI$ 内收到的总块数及误块数, 并分别存在两个数组中。当外环功控模块调用 BLER 统计算法时, 从当前时刻起, 分别在两数组中设置一个有效窗 W_F , 统计该有效窗内的总传输块数和误块数。然后对窗内收到的传输块总数进行判断, 为使得统计有效, 时间窗内的总块数必须大于某一设定值 B_{thrd} 。如果其总数达到条件, 则按式 (1) 计算并返回有效的 BLER 值。

$$BLER = \frac{W_F \text{ 内误块数}}{W_F \text{ 内总的传输块数}} \quad (1)$$

若块总数不满足要求, 则返回无效的 BLER。BLER 统计模块的流程, 如图 3 所示。

为避免由窗长设置带来的 BLER 统计误差, 以及最终导致的 SR 调整上的抖动, 要对计算出的 BLER 进行迭代, 迭代的计算式为:

$$F_n = (1-a) \cdot F_{n-1} + a \cdot BLER_n \quad (2)$$

式中: $a = 1/2(k/2)$; k 为迭代因子; F_{n-1} 为前一次迭代过的 BLER 上报结果; $BLER_n$ 为此次计算的 BLER 值。BLER 迭代过程相当于对前后两次 BLER 值进行了平滑, 能有效防止统计过程中出现 BLER 值的突跳。平滑后的 BLER 再与该传输信道的 $BLER_{target}$ 进行比较, 以决定如何调整 SR_{target} 。

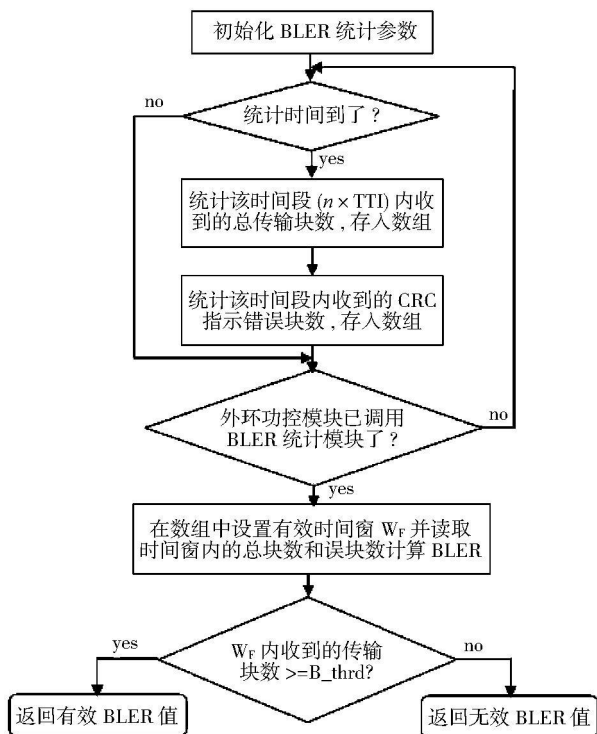


图3 误块率 BLER 的统计流程

3 仿真及结果分析

3.1 仿真条件

出于对系统简单易于实现的考虑, 取外环功率控制周期 $T=1$ s 以 $n=4$ 个传输时间间隔 (TTI) 为单位进行统计误块数; 有效窗 W_F 设为 500 ms。

利用 MATLAB 仿真工具进行了链路级仿真, 观察调整步长的大小对功率控制的影响。设定内环功率控制调整步长是 1 dB、2 dB 或 3 dB^[2]。多径传播信道为 Case2, $v=3$ km/h 情形和 Case3, $v=50$ km/h 情形^[3], 设定 8 用户, 每个用户数据占一个码道; 扩频因子为 16; 所用的多用户检测采用迫零块线性均衡 (ZF-BLE)^[4] 算法; 仿真中, 假定功率控制命令 TPC 不存在传输或解调失误的情况, 一定会被执行。

链路仿真中, 每个用户的地址码 $C^{(k)}$ 由扩频码加扰码形成^[5]。信道只考虑多径 Rayleigh 衰落, 不考虑路径损耗和阴影衰落^[6]。发送端和接收端的滤波器使用相同的滚降系数 $\alpha=0.22$ 的平方根升余弦滤波器。

3.2 结果及分析

从图 4 发现, 随着功率上调步长 upstep 的增大, 误块率 BLER 减小, 这能够使得上行链路通信质量得到改善; 同时发现, 当下调步长 downstep 的增大时, 上行 BLER 渐渐增大, 并且逐渐呈现出线性增大

的关系, 这说明若增加 downstep 会使上行的通信质量变差, 恶化率也逐渐趋于稳定。upstep 和 downstep 的值最好分别不小于 0.5 dB 和不超过 0.15 dB, 否则不利于误块率 BLER 的改善。

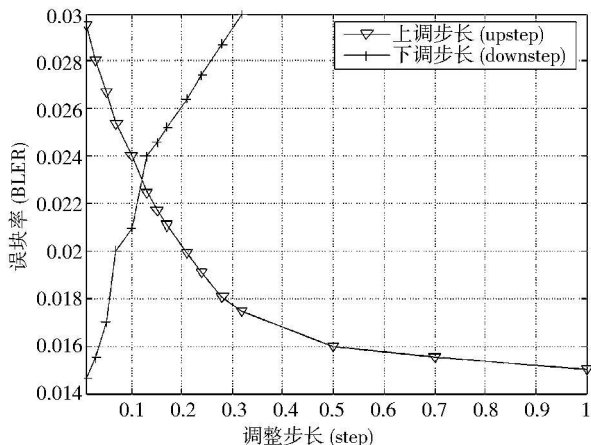


图4 外环上调步长、下调步长对 BLER 的影响

图 5 是考虑单条传播路径, 依然在瑞利衰落信道环境下, 仿真得到的不同条件下接收信噪比 E_b/N_0 与误码率 BER 之间的关系。通过仿真看出, 测量统计结合采用基于迭代处理的外环功率控制算法后, 整体的功率控制模块使系统误码率要有很大的改善, 其中内环功率调整步长越大对误码率的改善越好; 譬如当内环功率控制步长采取 3 dB 当要求固定信噪比 E_b/N_0 为 15 dB 时, 误码率 BER 和采用调整步长 1 dB 情形相比从 10^{-3} 数量级降到了 10^{-4} 数量级。

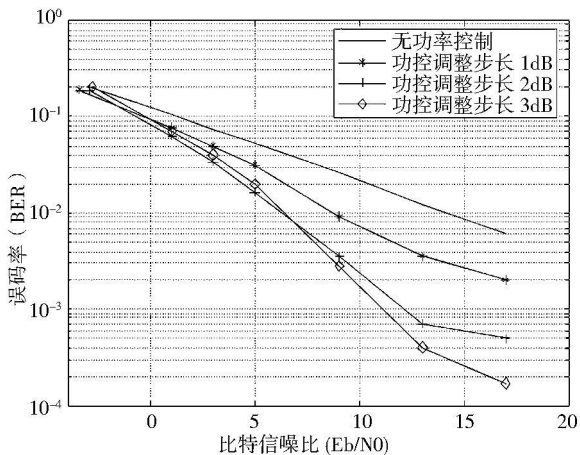


图5 瑞利衰落信道条件下接收信噪比与误比特率的关系

4 结论

功率控制对于提高 TD-SCDMA 系统性能, 扩大容量具有重要意义。外环功率控制的目的在于提供所需的通信质量即决定内环功率控制所需的信噪比目标值。本文提出的基于迭代的外环 (下转 31 页)

```
ELSE
    Channel=0
END IF
```

(3)完成 RS485 驱动属性设置。在 MCGS 设备窗口中添加串口通讯父设备和子设备三菱 FX485。其父设备与子设备的设置属性的串口端口号、通讯波特率、数据位数和停止位位数、数据校验方式参数均一致,并且与 PLC 和上位机通信时属性设置参数一致,即采用 RS485 标准,其传输速率固定为 9600 bps 2 位停止位,奇偶校验位采用偶校验,同步数据采集。

(4)整体运行与综合测试:用调试程序产生的模拟数据,检查动画显示和控制流程是否正确,最后,对模拟设备组成的控制系统进行模拟调试。进入运行环境,就能按照实验规定的控制流程,出现相应的动画效果。再接上 PLC 进行连机调试, MCGS 的模拟运行界面应和 PLC 的输出运行状态一致。通过直接操作 MCGS 界面上的模拟开关来控制 PLC。基于 MCGS 的上位监控如图 9 所示。

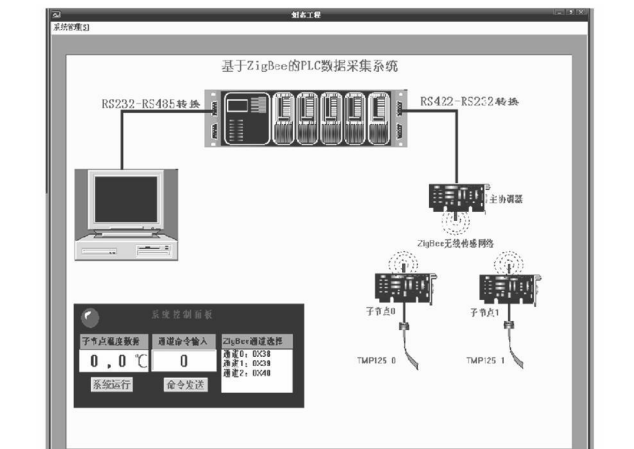


图 9 基于 MCGS 的上位监控

(上接 6 页)

功率控制算法经过仿真分析,对于最终降低上行链路的误比特率具有较好的作用,可用于 TD-SCDMA 网络的规划优化。功率控制只是改善系统整体性能的其中一种技术,需要同时配合以优良的联合检测算法、智能天线技术等其他先进技术,从而才能更好的体现出 TD-SCDMA 这种标准制式的优点。

参 考 文 献

[1]李世鹤. TD-SCDMA 第三代移动通信系统标准 [M]. 北京:人民邮电出版社, 2002.

[2] 3GPP TS 34. 122 V4. 6. 0, Radio Transmission and Reception

4 结 语

本文是立意在智能建筑的基础上,针对区域内环境多点温度数据的测量,采用了新型温度传感器 TMP125 实现对温度的采集,实现了一种传输途径基于 ZigBee 星型网络、数据存储与相应操作基于 PLC 控制器、数据处理平台基于 MCGS 的多点无线温度采集系统。系统成功实现了上位组态软件 MCGS 通过对 PLC 的读写命令和 ZigBee 无线星型网络的数据传输,达到了对子节点的工作状态进行监视和控制的目的。同时本课题基于当前社会“物联网”发展的大背景,提出了基于 ZigBee 技术的无线数据传输方案,并将此技术运用至工业控制的 PLC 上,对 ZigBee 技术的推广应用也有积极的意义。

参 考 文 献

[1] Rentala P, Musunuri R, Gandham S et al. Survey on Sensor Networks [R]. Technical Report UTDCS-33-02, Dallas University of Texas, 2002.

[2] 李文仲,段朝玉. ZigBee 无线网络技术 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2007.

[3] 邴春秋,郑萍. 基于 ZigBee 的远程无线 I/O 模块设计及应用 [D]. 成都:西华大学, 2008.

[3] ZigBee Alliance. ZigBee Specification [EB/OL]. [2005-7-27]. <http://www.ZigBee.org>

[4] 昆仑通态公司. MCGS 组态软件用户手册 [Z]. 昆仑通态公司, 2003. 12.

[5] 张毅刚. MCS-51 单片机应用设计 [M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 1997.

[6] 廖常初. FX 系列 PLC 编程及应用 [M]. 北京:机械工业出版社, 2009.

[7] 康华光. 电子技术基础:数字部分 [M]. 4 版. 武汉:高等教育出版社, 2000.

(编校:叶 超)

(TDD) [S].

[3] Reo ITU R M. 1225. Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies [S].

[4] 康绍莉,裴正定,李世鹤. 线性联合检测算法在 TD-SCDMA 系统中的性能分析与比较 [J]. 通信学报, 2002, 23(6): 74-81.

[5] 戈玲,邱杰,杨明帅. TD-SCDMA 的频率及扰码规划方法探讨 [J]. 移动通信, 2009, 33(10): 70-75.

[6] M. Patzold, U. Killat, F. Laue. Deterministic Digital Simulation Model for Suzuki Processes with Application to a Shadowed Rayleigh Land Mobile Radio Channel [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1996, 45(2): 318-331.

(编校:饶 莉)