

文章编号: 1005-8451 (2010) 07-0051-03

多小区信道估计技术的研究

蒋笑冰

(北京铁路局 北京铁路通信技术中心, 北京 100038)

摘要: 在 TD-SCDMA 系统中提出基于 PIC (并行干扰消除) 和 SIC (串行干扰消除) 的多小区信道估计技术, 给出在这两种信道估计模式下多小区联合检测的性能。仿真表明, 基于 PIC 和 SIC 的多小区信道估计技术可以明显提高系统性能, 在采用这两种信道估计方式后, 即使使用单小区联合检测也能提高系统性能, 其中, 基于 PIC 的多小区信道估计技术与多小区联合检测技术相结合, 可以获得更大的增益。

关键词: TD-SCDMA; 联合检测; 信道估计

中图分类号: U285

文献标识码: A

Study on technology of multi-cell channel estimation

JIANG Xiao-bing

(Center of Beijing Railway Telecommunication Technology, Beijing Railway Administration, Beijing 100038, China)

Abstract: Multi-cell channel estimation was proposed based on Parallel Interference Cancellation (PIC) and Successive Interference Cancellation (SIC) for TD-SCDMA System. The simulation results showed that multi-cell channel estimation based on PIC and SIC could significantly improve the System performance. Finally, the performance of the System with multi-cell joint detection combined with multi-cell channel estimation was studied through simulation.

Key words: TD-SCDMA; joint detection; channel estimation

在第3代移动通信 TD-SCDMA 系统中, 由于扩频码的长度较短, 使得其抗干扰的能力不强, 因此, 在 TD-SCDMA 系统中使用了联合检测技术, 从而可以极大地消除本小区干扰用户的影响, 极大地提高系统的性能。但是由于 TD-SCDMA 系统是同频组网, 来自临小区的干扰, 用户的影响也非常大, 极端情况下, 在两个小区的交界处, 多个用户聚集在一起将会使这些用户都不能工作, 因此, 如何消除来自临小区的强干扰用户的影响是需要考虑的问题。

当用户的干扰特别强时, 单小区联合检测的性能要比多小区联合检测地性能要差, 这说明多小区联合检测可以有效地消除来自临小区的强干扰用户的影响。但是, 在用户的干扰不是特别强时, 多小区联合检测的性能反而有所下降, 文中分析多小区联合检测性能下降的原因, 给出解决方案。

1 传统的单小区信道估计

TD-SCDMA 系统中, 在一个时隙中, 使用中

间训练序列码 (Midamble) 来做信道估计, 在图1中给出了一个时隙的时隙结构, 它由左右两端的数据域部分和中间的训练序列及时隙最后的保护间隔 (GP, Guard Period) 组成。结构如图1。

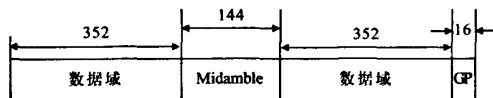


图1 TD-SCDMA 系统的时隙结构

时隙中, 两段数据域的长度为 352 个码片 (Chip), Midamble 码的长度为 144 Chip, GP 的长度为 16 Chip。

进行信道估计时, 由于接收到的 Midamble 域的前 16 个 Chip 受到数据域的干扰, 因此, 选取后面的 128 个 Chip 做信道估计。假设共有 K 个用户, 每个用户的信道估计窗长为 W, 如果要正确的估计出每个用户的信道, 条件 $KW \leq 128$ 必须满足。第 i 个 ($i=0, \dots, K-1$) 用户的 Midamble 码的偏移位置为 $i \cdot W$ 。则接收信号的表达式可以表示为:

$$r_{ka} = G h_{ka} + n_{ka} \quad (1)$$

其中, r_{ka} 表示接收到的 Midamble 码域的数据, 它是一个矢量, 是一个的矩阵, 其中第 1 列表示

收稿日期: 2009-12-23

作者简介: 蒋笑冰, 工程师。

基本的Midamble码,其余各列是有左边1列顺序循环右移1位得到的。实际上,矩阵是矩阵的最后128行。

信道估计的算法可以表示为:

$$\hat{h} = G^{-1}r_m = h + G^{-1}n_m \quad (2)$$

由于估计的信道 \hat{h} 中间包含了噪声项,在现在的推荐配置中,一般信道估计的窗长为16 Chip,换算成时间是12.5 μs ,在实际环境中,多径的数目一般达不到16 Chip,比如3GPP中的Case 1信道为2.928 μs ,Case 3信道的多径时延为2.344 μs ,而Case 2的多径时延虽然为12 μs ,接近于16 Chip,但是其中间是没有多径的,在这种情况下,一般采用将噪声项置零的方法来消除没有信号的Chip上(或者是弱径信号)的噪声对数据域检测的影响。具体方法是,将估计出的信道的每条径的信号和一个门限值相比,如果是信号能量高过门限值,则保留这条径的估计结果,否则将这条径的值置为零,这个门限值一般是噪声功率的倍数。如果在一个信道估计窗内的所有信号能量都比门限值小,则保留最强的径。通过这种方法,可以部分消除噪声对信道估计的影响,提高信道估计的准确度,提高数据域检测的性能。

2 基于PIC的多小区联合信道估计

研究提出了一种基于PIC的多小区联合信道估计的方法,图2为其示意图。

在图2中,多小区混合的Midamble信号首先对各个临小区做信道估计,对于NodeB来讲,其临小区可以通过软件配置得到,即NodeB已知其各个临小区。UE侧则需要根据其测量的各个临小区的PCCPCH()的RSCP值来判断它和其周围的各个临小区距离的远近,从而判断是否需要将对应的临小区纳入到PIC的信道估计算法中去。

当本小区和各个临小区的信道估计做完后,需要进行临小区的干扰评估。在NodeB侧,其临小区是固定的,但是这些固定的临小区中,有可能没有业务存在,或者是尽管有业务存在,但是这些业务距离临小区的NodeB较近,而距离本小区较远,从而这些业务的干扰特别小,因此需要对临小区的干扰情况做一个评估,从而决定临小区中那些业务的干扰要被消除。如果临小区中一个强干扰用户都没有,则在小区信号重建时将忽略这个小区的影响。对于UE侧也同样如此。

在选定前干扰用户后,使用各个用户信道估计后的结果重构接收信号,然后从原始接收到的信号中将临小区的重构信号消除掉,得到本小区的一个较为纯净的信号。对每个小区的Midamble域的信号进行这样的处理后,PIC信道估计的第1级就完成了。

PIC方法可以使用多级级联的方式,即将上一级消除了各个临小区干扰的结果作为下一级的输入,再进行各个小区的信道估计,由于上一级的信道估计得到的是一个包含本小区信息的较为纯粹的结果,因此,在第2级中得到的小区估计的结果更为准确,从而可以将各个小区之间的干扰消除得更加彻底。一般来讲,PIC方法级联的总级数不易超过3级。

PIC方法可以同时得到多个小区的信道估计的结果,因此,它比较适合于多小区联合技术。

3 基于SIC的多小区联合信道估计

除了PIC方法的多小区信道估计外,还可以使用基于SIC的多小区信道估计方法。其实现步骤如下。

3.1 排序临小区的干扰功率

临小区干扰功率的排序有2种方式:

(1) 使用本帧信道估计部分的接收信号,对相邻小区进行传统的信道估计,根据信道估计的结果计算其接收的总能量,然后

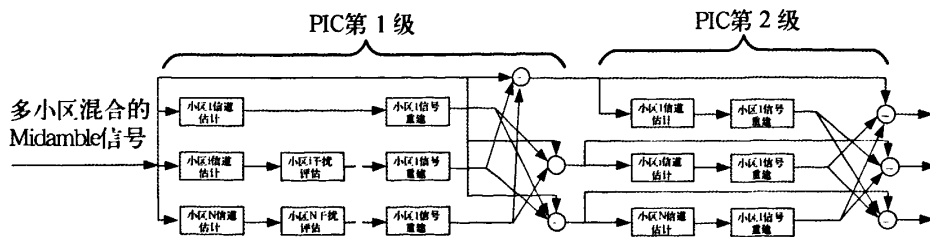


图2 基于PIC的多小区联合信道估计方法图

对其干扰的总量进行排序。

(2) 在每一帧的 SIC 多小区联合信道估计算法完成后, 根据信道估计结果, 计算每个相邻小区的干扰总量, 使用本帧的计算结果, 或者前面几帧计算结果的平均, 也可以是滑动平均值, 对相邻小区进行排序, 在下一帧中使用这一排序结果进行 SIC 的多小区联合信道估计。由于第 1 种方式的计算复杂度较高, 在实际系统中, 第 2 种方法更为实际一些。

3.2 估计临小区的信道信息

在对临小区的用户干扰强度进行排序后, 根据排序结果, 估计干扰强度较大的临小区的信道信息, 估计的方式与传统的信道估计方式一样, 在得到临小区的信道估计后, 重构临小区的信道估计部分的信号, 从原始接收信号中减去重构的信号, 得到去除临小区干扰的较为纯净的信号, 重复上述过程, 直到将所有的临小区干扰信号都去除掉。然后使用这个较为纯粹的信号估计本小区的信道信息。

和 PIC 方法不同的是, SIC 技术只能得到本小区的较为精确的信道估计结果, 对于临小区来讲, 其信道估计精度的提高有限, 尤其是对于最先进进行信道估计的小区来讲, 其信道估计的结果和传统的信道估计相同。因此, 当使用多小区联合检测时, 其性能比 PIC 方法差。但是, 由于 SIC 的计算复杂度比 PIC 方法低, SIC 方法更容易在系统中实现。另外, SIC 对于本小区的信道估计提高很大, 因此, SIC 方法可以在不使用多小区联合检测的系统中使用, 提高单小区联合检测的性能。

4 仿真实验与性能分析

参考 3GPP 的测试规范, 对基于 PIC 和 SIC 的多小区信道估计方法进行了仿真比较。

仿真中, 假设本小区共有 4 个用户, 有 2 个临小区, 每个临小区的强干扰用户的个数为 2 个。仿真中假设临小区中的强干扰用户的平均功率和本小区用户的平均功率相同。

仿真结果如图 3 和图 4。

从仿真中可以看出, 使用 PIC 和 SIC 方法后, 在存在外小区强干扰用户时, 即使在不使用多小区联合检测的情况下, 也可以提高系统的检测性能,

主要原因是提高了信道的估计精度。

在使用 PIC 的信道估计方法后, 提高了本小区和外小区的信道估计的精度, 可以进一步改善多小区联合检测的性能。

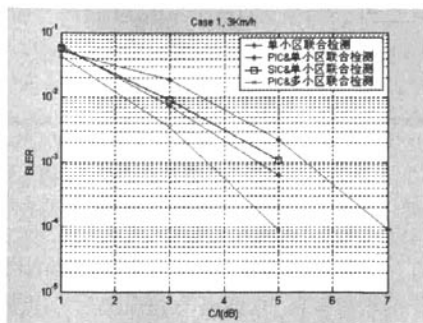


图3 Case 1 情况下 PIC&SIC 和多小区联检的性能比较

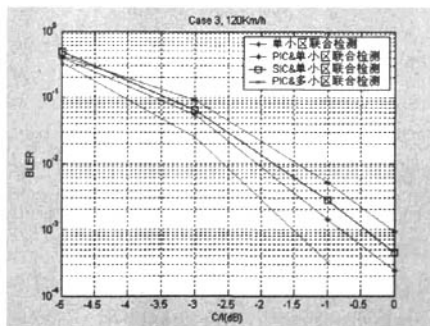


图4 Case 3 情况下 PIC&SIC 和多小区联检的性能比较

5 结束语

在多小区存在的情况下, 使用单小区的联合检测技术消除不掉外小区强干扰用户形成的干扰, 为了进一步消除小区间的干扰, 提高多小区联合检测以及单小区联合检测的性能, 研究提出了基于并行干扰消除和串行干扰小区的多小区信道估计方法。仿真表明, 即使使用单小区联合检测技术, 由于提高了信道的估计精度, 基于 PIC 和 SIC 的信道估计方法也能够改善系统的检测性能。在使用多小区联合检测技术时, 基于 PIC 的多小区联合信道估计方法可以获得额外的性能增益。

参考文献:

- [1] 李世鹤. TD-SCDMA 第 3 代移动通信系统标准[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.