

# 基于 TD-SCDMA 的追踪合并 HARQ 性能研究

李 鹏<sup>1</sup> 张 军<sup>2</sup>

(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. 郑州大学西亚斯国际学院, 河南 郑州 450001)

**摘 要:** 基于 TD-SCDMA 系统, 提出了一种在高速下行分组接入(HSDPA)中将追踪合并算法应用于混合自动重传请求技术的方案, 并给出追踪合并 HARQ 算法, 用吞吐量和误块率 2 个性能指标来衡量该算法的优劣, 然后对不同信道条件和参数下的下行链路性能进行了仿真。结果表明, 该方案对于提高下行链路的吞吐量和降低误块率具有较好的效果。

**关键词:** 高速下行分组接入; 追踪合并; 混合自动重传请求; 吞吐量

**中图分类号:** TN914

**文献标志码:** A

## Performance Research on Chase Combining HARQ Scheme in TD-SCDMA

LI Peng<sup>1</sup>, ZHANG Jun<sup>2</sup>

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

2. Sias International College, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001 China)

**Abstract:** The HARQ scheme, in which chase combining algorithm is applied, is proposed based on TD-SCDMA system, and tracking merger HARQ algorithm is given. Two performance indicators, which are throughput and false piece rate, are used to measure the advantage and disadvantage of the algorithm. The downlink performance under some conditions such as different channel environment or different control parameters is simulated. Simulation results exhibit the effectiveness of the chase combining HARQ scheme in reducing block error rate (BLER) as well as in increasing throughput. Also, through the experiments it is found that the more retransmission time in chase combining, the smaller BLER in the downlink.

**Key words:** high speed downlink packet access; chase combining; hybrid automatic repeat request; throughput

TD-SCDMA 是中国提出的第三代移动通信标准, 工作于时分双工(TDD)方式, 有效节省了频率资源, 同时采用了智能天线、联合检测和动态信道分配等先进技术, 增强了系统性能。为了更好地满足用户对高速分组数据业务的需求, 3GPP 在 R5 版本引入了 HSDPA 技术, 其目标是在不改变 TD-SCDMA 系统网络结构的基础上, 通过提高小区的吞吐量和高速传输速率的覆盖来提高下行链路空中接口容量, 实现对下行分组业务的优化。

针对下行链路, 本文阐述了应用于 TD-SCDMA 系统中的 HSDPA 技术基本原理, 基于 TD-SCDMA HSDPA 包含的诸多技术特点, 提出了一种将追踪合并(chase combining)算法应用在 HSDPA 中 HARQ

方案。

### 1 TD-SCDMA 下 HSDPA 的关键技术

HSDPA 技术的目的主要是较大程度提高分组数据的峰值传输速率, 以及提高下行分组数据的总体吞吐率, 同时降低时延, 减少误帧率。在 TD-SCDMA 系统中, HSDPA 主要考虑的技术包括自适应调制编码(adaptive modulation and coding, AMC)、HARQ、快速蜂窝小区选择(fast cell selection, FCS)等。AMC 的基本原理是根据信道的情况来确定合适的调制编码方式, 以最大限度的发送数据信息, 实现高的传输速率。使用 FCS, 移动终端能指示一个最好蜂窝的小区用于下行链路。一般而言, 同时有很多小区处于 Active Set<sup>[1]</sup>, 但只有最适合的小区基

站允许发送,这样可以降低干扰、提高系统容量。

在数据通信中,通常要求较大的带宽和较高的传输质量。数据传输的可靠性是通过重传来实现的。当前一次尝试传输失败时,就要求重传数据分组,这样的传输机制就称之为 ARQ(自动请求重传)。HARQ 是将 ARQ 和 FEC 相结合的一种差错控制方案。ARQ 具有高可靠性、低复杂度的特点,但它的效率低、时延大;FEC 则有效性较高,但可靠性比 ARQ 低,而且复杂度也较高;将二者结合起来,优势互补,就产生了混合型 ARQ,即 HARQ 技术。

2 追踪合并 HARQ 算法

采用 HARQ 技术的接收方在译码失败的情况下,保存接收到的数据,并要求发送方重传数据,接收方将重传的数据和保存数据进行合并后,再送到译码器进行译码。因为数据在译码前进行了合并,译码数据具有更多的信息量,可以提高译码的成功率,降低错误率。

用于差错控制重传机制的 HARQ 常见的有 3 种<sup>[2]</sup>: I 型 HARQ、II 型 HARQ 和 III 型 HARQ。追踪合并 HARQ 算法分类上隶属于 III 型 HARQ。其特点在于重传数据与前面发送的分组数据完全相同(包含信息位和校验冗余位),接收端将重传数据和存储数据进行软合并后进行译码,实现过程如下。

用 Turbo 编码器进行编码,编码速率取 1/3;追踪合并一般发生在速率匹配之后和译码之前,那么根据最大比合并准则,在合并过程中定义权重因子

$$w_i = a_i / \delta_i \tag{1}$$

式中:  $a_i$  为信号的幅度;  $\delta_i$  为噪声的方差。如: 设  $s_i$  为基站端某发送序列,  $s_{r1}$  表示第 1 次发送该序列时终端的接收序列,  $s_{r2}$  表示第 2 次发送时终端的接收序列,  $\cdots$ ,  $s_{rm}$  表示第  $n$  次发送时终端的接收序列。  $s_r$  表示  $n$  次后的合并序列最终结果,那么

$$s_r = \frac{w_1 \times s_{r1} + w_2 \times s_{r2} + \cdots + w_n \times s_{rm}}{w_1 + w_2 + \cdots + w_n} \tag{2}$$

用图 1 描述追踪合并 HARQ 算法。其中, CRC\_dec 表示循环冗余校验译码子程序, Turbo\_dec 表示 Turbo 译码模块,  $R_i$  是个变量,用它表示第  $i$  个接收数据块,  $m$  则表示当前的传输次数(包含重传),用  $M$  表示预设的最大传输次数,  $\tilde{R}$  表示追踪合并后的码块,  $\tilde{C}$  是最终的译码结果。

在 HSDPA 的系统中,需要某些指标来衡量算法的优劣。这里给出了吞吐量(throughput)和误块率(BLER) 2 个性能指标及其表达式

$$Throughput = (N'_r \times L) / (N_{total} \times P) \tag{3}$$

$$BLER = 1 - N'_r / N_r \tag{4}$$

式中:  $N'_r$  是接收端无误接收的数据块个数,  $N_r$  是接收端收到的数据块(不包括重传的数据块)的个数;  $N_{total}$  是发端发送的所有数据块(包括重发的数据块)的总数;  $L$  是每个数据块的持续时间长度;  $P$  是每个数据块的发送周期。

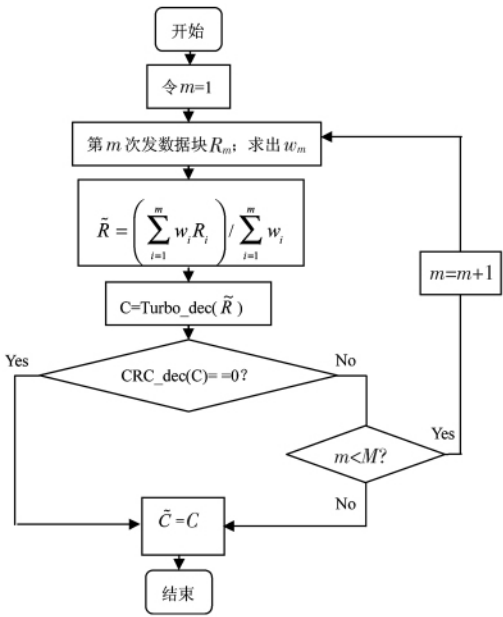


图 1 追踪合并 HARQ 算法流程图

3 仿真及分析

3.1 仿真条件

本小节给出了 5 ms 传输时间间隔(TTI, transmission time interval)下行链路使用与不使用追踪合并的链路级仿真结果,信道条件是采用 ITU 规定的 VA30 信道<sup>[3]</sup>,仿真中假设 ACK 信令没有传输或解调误差, HARQ 采用了 4 次重传的方式。其他仿真参数如表 1 所示。

表 1 仿真参数

| 参数            | 值                              |
|---------------|--------------------------------|
| 码片速率/载波频率     | 1.28 Mcps/2 GHz                |
| 传播模型          | ITU PA 3 Kmph                  |
| 信道估计          | 理想                             |
| 内环功率控制/外环功率控制 | 开/关 <sup>[4]</sup>             |
| 功率控制时延        | 10 ms                          |
| 天线配置          | 2 天线接收分集                       |
| 接收机           | ZF-BLE 联合检测 <sup>[5]</sup>     |
| 信道过采样         | 4 samples/chip                 |
| Turbo 码信息     | Max log MAP 4 次迭代              |
| 最大传输次数        | 4                              |
| TTI           | 5 ms                           |
| HARQ          | No combining / Chase Combining |

### 3.2 结果及分析

图2为VA30信道下吞吐量与接收端平均 $I_{or}/I_{oc}$ (接收端接收到的所有用户信号功率与噪声功率之比,单位dB)的关系,其中,ED-1代表没有重传的情况,ED-4代表采用追踪合并算法,重传为4次的情况。可以看到:应用追踪合并算法可以提供较为明显的吞吐量增益。当 $I_{or}/I_{oc}$ 值为10 dB时,吞吐量可以达到约460 kbit/s,而此时不使用追踪合并方案的链路吞吐量值只有约400 kbit/s。

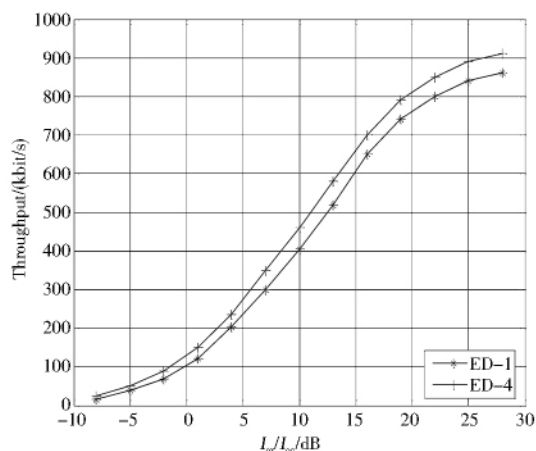


图2 VA30信道不同载干比下的吞吐量

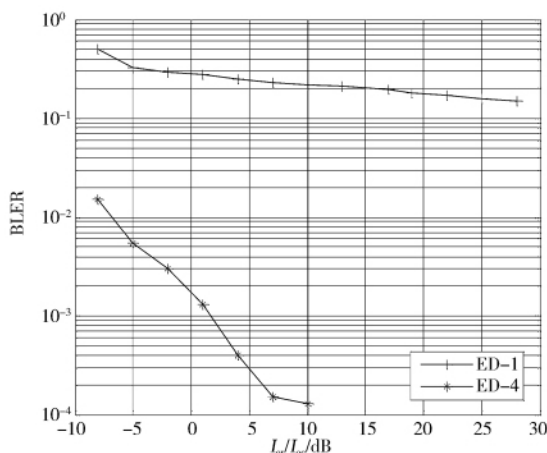


图3 VA30信道不同载干比下的误块率

图3给出了接收端应用追踪合并(ED-4)时每次发送的BLER性能。可以看出,经过追踪合并算法的4次重传后,BLER有较大程度下降。当固定平均 $I_{or}/I_{oc}$ 为5 dB时,经过重传并译码后,误块率BLER值相比没有追踪合并情形已经下降了3个数量级,即大约0.03%;而在没有采用追踪合并重传的情况下,这个值大约是0.25。这说明,系统下行链路的稳健性随着误块率的降低得到了明显提高。

### 4 结论

HSDPA系统在TD-SCDMA的基础上,融入了特有的一些关键技术,大大提高了系统网络的下行数据速率,对于TD-SCDMA提高下行链路吞吐量具有重要意义,而其中的HARQ技术对于可靠的信息传输十分重要。本文首先阐述了TD-SCDMA下可采用的各种HARQ方法,进而提出一种基于追踪合并的HSDPA HARQ应用方案。仿真结果表明,在Turbo解码前对接收到的数据块进行追踪合并能够较好地改善系统的下行信道吞吐量,以及传输的可靠性,即误块率BLER降低。仿真结果说明这是一种实际可行,可以有效提高数据传输速率和传输稳定性的方案。

### 参考文献

- [1] 3GPP TS 25.331 V8.4.0. Radio Resource Control (RRC)
- [S]//Technical Specification Group Radio Access Network 2008 9:320-325.
- [2] 3GPP TR 25.835 V1.0.0. Report on Hybrid ARQ Type II/III
- [R]. Sophia Antipolis Valbonne: 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project, 2000.
- [3] Rec. ITU-R M.1225, Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies [S].
- [4] 朱东照,汪丁鼎. TD-SCDMA 无线网络规划设计与优化 [M]. 2版. 北京:人民邮电出版社,2008:61-70.
- [5] 康绍莉,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.

(编校:饶莉)