

# 基于 Matlab 的 Turbo 码仿真研究

邢 莉<sup>1</sup>, 王 忠<sup>1</sup>, 李兴国<sup>2</sup>, 任 昊<sup>3</sup>

(1. 四川大学 电气信息学院 四川 成都 610065; 2. 电子科技大学 机械电子工程学院 四川 成都 610054;

3. 四川电力设计咨询有限公司 系统规划部 四川 成都 610016)

**摘 要:** 为了使 Turbo 码仿真更容易, 研究并建立了基于 Matlab 中 Simulink 通信模块的 Turbo 码仿真模型。Turbo 码编码器采用两个相同的分量编码器通过交织器并行级联而成。Turbo 码译码器采用不同的译码算法, 这些算法由 S 函数调用 m 文件实现。使用所建立的模型进行仿真, 结果表明, 在信噪比相同的情况下, 交织长度越大、迭代次数越多、译码算法越优, Turbo 码性能越好。设计实际系统时, 应综合考虑各因素。

**关键词:** Turbo 码; Simulink 仿真; 交织长度; 迭代次数; 译码算法

中图分类号: TN914

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2009)03-019-03

## Study of Turbo Code Simulation Based on Matlab

XING Li<sup>1</sup>, WANG Zhong<sup>1</sup>, LI Xingguo<sup>2</sup>, REN Hao<sup>3</sup>

(1. College of Electrical Engineering Information, Sichuan University, Chengdu, 610065, China;

2. College of Mechanism Electronic Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, 610054, China;

3. System Planning Department, Sichuan Electric Power Design & Consulting Co., Ltd., Chengdu, 610016, China)

**Abstract:** In order to make the Turbo Code simulation easier, a Turbo code simulation model based on Simulink module of Matlab is studied. Turbo encoder concatenates two same sub-encoder in parallel through interleaver. Turbo decoder can use different decoding algorithm, which are embodied by m-file S-function. Simulation result using the established model shows that the longer interleaving length, the more iteration times and the better decoding algorithm bring the better Turbo code performance with the same SNR value.

**Keywords:** Turbo code; Simulink simulation; interleaving length; iteration times; decoding algorithm

## 0 引 言

Shannon 编码<sup>[1]</sup>定理指出: 如果采用足够长的随机编码, 就能逼近 Shannon 信道容量。而 Turbo 码以其接近 Shannon 理论极限的译码性能, 已被采纳为 3G 移动通信系统的信道编码标准之一。Turbo 码巧妙地将两个简单分量码通过伪随机交织器并行级联来构造具有伪随机特性的长码, 并通过在两个软输入/软输出(SISO)译码器之间进行多次迭代实现了伪随机译码。采用迭代译码的方法来提高通信系统的译码性能是 Turbo 码的最大特点。

Turbo 码的编码器、译码器结构繁琐, 是一种非常复杂的信道编码方案, 这使得对 Turbo 码的理论分析十分困难, 且只能对运算复杂度作宏观分析, 对 Turbo 码的具体实现并没有一个清楚的度量<sup>[2]</sup>。因此, 使用计算机对 Turbo 码进行仿真分析是十分必要的。

本文分析了 Turbo 码编码译码的原理, 考虑到

Turbo 码系统编译码的数据处理量很大, 利用生成矩阵对信息序列进行编码、译码时的迭代计算等等, 都涉及了矩阵运算, 故采用 Matlab/Simulink 来进行建模仿真<sup>[3]</sup>, 同时分析了迭代次数、交织长度及不同译码算法对 Turbo 码性能的影响。

## 1 Turbo 码的编码器和译码器原理

### 1.1 Turbo 码编码器组成<sup>[4]</sup>

Turbo 码编码器的基本结构如图 1 所示。

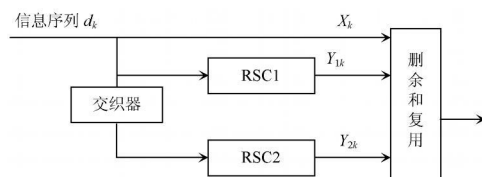


图 1 Turbo 码的编码器结构图

Turbo 码编码器主要由两个递归系统卷积编码器(RSC)、一个交织器与一个删余和复用单元组成。递归系统卷积编码器是指带有反馈的系统卷积编码器, 其码率可设为  $R=k/n$ ; 交织器用来改变信息序列的排列顺



长度的增大使帧长变长, 迭代译码的复杂程度也随之增加。一系列问题如编码时延、传输时延、译码时延等就明显。在实际系统中, 需要综合考虑选定最佳交织长度。

### 3.2 迭代次数对 Turbo 码性能的影响

迭代译码结构是 Turbo 码具有良好译码性能的一个重要原因。在交织长度为 600、采用 Max-Log-MAP 译码算法的情况下, 分别迭代 1 次、2 次、4 次进行比较。译码器性能如图 4 所示。

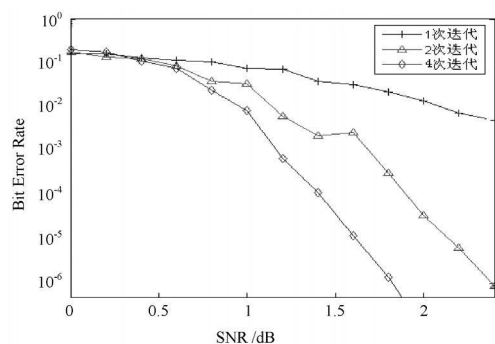


图 4 迭代次数对译码器的影响

可以看出, 迭代次数越多, 误码率越低, 译码性能优越。同时, 进一步可以发现迭代次数存在一个饱和值, 一般 5~10 次即饱和, 当达到饱和时, 即使次数增加, 译码的性能也不会明显改进, 反而是迭代次数的增加会造成不必要的计算负担, 所以在实际系统中要考虑饱和点来设计迭代次数。

### 3.3 不同译码算法比较

图 5 是不同算法译码性能的比较, 其中交织长度设定为 600, 迭代次数为 3 次。比较来说, Log-MAP 算法的译码效果最好, Max-Log-MAP 算法译码效果比较差, 但是具有较快的运算速度。SOVA 算法效果不错, 是较优方案。因此, 在信噪比较低的情况下, 为了要获得较好的纠错效果, 最好基于 Log-MAP 算法进行修正。

## 4 结 语

提出一种基于 Simulink 模块和 S 函数共同构建的 Turbo 码仿真模型。在编码器中, 分量码采用循环系统卷积码, 使分量码的奇序列与原始信息相同; 在译码

器中, 三个算法子程序可以任意选择比较, 使 Turbo 码的仿真易于实现, 方便了对 Turbo 码的分析和应用研究。利用仿真结果分析了迭代次数、交织长度、不同算法对译码性能的影响, 对实际系统设计有一定的指导作用。

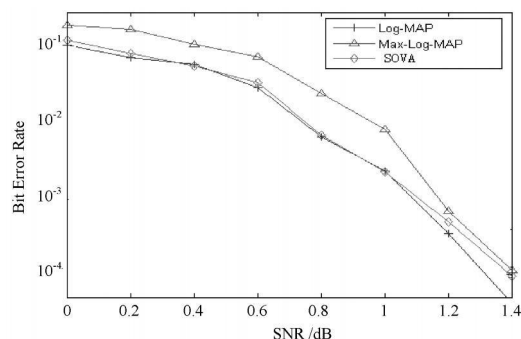


图 5 不同算法的译码比较图

## 参 考 文 献

- [1] 王会, 王忠. Turbo 码性能分析与仿真[D]. 成都: 四川大学, 2002.
- [2] 陈朝, 陈芳, 周峰. 一种基于 Matlab 的 Turbo 码编码仿真实现[J]. 信息与电子工程, 2005, 3(3): 179-181.
- [3] 邓华. Matlab 通信仿真及应用实例详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [4] 周贤伟, 赵欣, 王丽娜. 使用 Simulink 构建 Turbo 码仿真系统[J]. 微计算机信息, 2006, 22(15): 202-204.
- [5] 钟麟, 王峰. Matlab 仿真技术与应用教程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [6] Giulietti A, Vander Perre L, Strum M. Parallel Turbo Coding Interleavers: Avoiding Collisions in Accesses to Storage Elements[J]. Electronics Letters, 2002, 38(5): 232-233.
- [7] 杜海明. Turbo 码及其应用研究的最新进展[J]. 郑州轻工业学院学报, 2006(2): 71-74.
- [8] 曹雪红, 张宗橙. 信息论与编码[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [9] 熊华, 曾常安, 王峰. 分组、随机交织器相关系数仿真分析[J]. 华北电力大学学报, 2007(1): 106-110.
- [10] 魏景新, 王琳. Turbo 码编译码原理与应用新进展[J]. 华北科技学院学报, 2007(1): 58-61.
- [11] 朱仁峰, 邵菲, 周辉. 交织技术在信源信道联合编译码中的应用[J]. 装备指挥技术学院学报, 2006(5): 74-77.

作者简介 邢 莉 女, 1984 年出生, 硕士研究生。主要研究方向为现代信号处理, 无线通信。

欢迎订阅 2009 年度《现代电子技术》(半月刊)  
邮发代号: 52-126 定价: 15 元/期 360 元/年价  
电话: 029-85393376 传真: 029-85393376