

一种新的 OVFSF 码快速生成分配算法研究

王 钢,张 军,张其善

(北京航空航天大学电子信息工程学院,北京 100083)

摘 要: 本文利用复制方法提出一种新的 OVFSF 码复制生成算法,并在此基础上,研究了非可重排和可重排两种情况下的 OVFSF 码快速分配问题.利用复制生成的 OVFSF 码字具有明显的异前置性特点,从而可以提高码字分配效率和减小硬件实现复杂度和降低呼叫阻塞率.

关键词: 正交可变扩频因子码 (OVFSF); 复制; 码分多址

中图分类号: TN911.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2006) 12-2282-03

A Novel Fast Construction and Allocation Algorithm for OVFSF Codes

WANG Gang, ZHANG Jun, ZHANG Qi-shan

(Department of Electronic Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: The representation of OVFSF codes by copying is developed firstly. Based on this scheme, non-rearrangeable and rearrangeable compact assignment algorithms are proposed. The two algorithms can dramatically reduce the call-blocking rate, as well as the hardware complexity, and leave the system as flexible as possible after each code assignment.

Key words: orthogonal variable spreading factor codes; copy; code division multiple access

1 引言

第三代移动通信技术的研究在过去十几年里已经成为一个热点. UMTS/ IMT-2000 标准采用宽带 CDMA 技术来满足日益增长的多媒体业务的需求. 三种不同的 DS-SS-CDMA 方案被相继提出: 正交可变扩频因子码 CDMA (OVFSF-CDMA)^[1]、多码 CDMA (MC-CDMA) 和混合方法. MC-CDMA 技术要求多个收发单元, 而 OVFSF-CDMA 则仅仅要求单一收发单元, 所以在硬件实现复杂度上, OVFSF-CDMA 具有比 MC-CDMA 技术更大的优势. 由于 OVFSF-CDMA 中的码阻塞问题带来了较高的呼叫阻塞率, 因此码字分配问题成为 OVFSF-CDMA 系统中的一个重要问题, 并日益受到广泛关注^[2,3].

本文利用复制方法提出一种新的 OVFSF 生成算法, 在此基础上, 讨论了非可重排和可重排两种情况下的码字分配问题. 由于采用复制信息描述码字, 码字间的异前置性明显, 从而使得提出的两种分配算法搜索过程简单, 减少了搜索次数, 降低了搜索时间. 另外, 利用复制的方法生成 OVFSF 码字也利于硬件实现. 本文其余部分组织如下: 第二部分介绍了一些基本概念和 OVFSF 的复制生成算法; 第三部分讨论了非可重排和可重排两种情况下的码字分配问题; 最后一部分对本文做了一个总结.

2 OVFSF 码复制生成算法

沃尔什 (Walsh) 函数是一种正交函数, 可以通过多种方法

得到, 比如哈达玛矩阵 (Hadamard matrices). 另外一种比较实用的方法就是通过复制^[4]. 首先介绍几个基本定义:

定义 1 对一个 +、- 序列, 按图 1 所示的方式进行复制统称为对称复制 (或镜像复制), 其中方式 (a) 称为偶对称复制; 方式 (b) 称为奇对称复制.

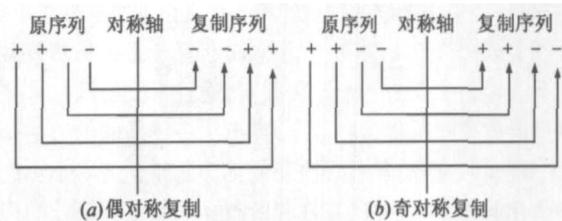


图 1 对称复制

定义 2 对一个 +、- 序列, 按图 2 所示的方式进行复制统称为平移复制, 其中方式 (a) 称为正平移复制; 方式 (b) 称为负平移复制.

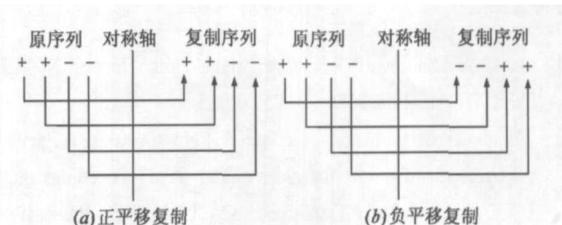


图 2 平移复制

为了描述方便起见, 在复制方式中, 用 0 表示偶对称复制

(正平移复制);用 1 表示奇对称复制(负平移复制). 对于这样的 0,1 数字,我们又称之为复制信息.

图 3 给出了序列的复制生成原理:从 + 出发,依据复制信息 101,通过两种复制方式生成有规律的 +、- 序列. 图 3 中的第一个字符 +,一般称为原始序列或种子序列.

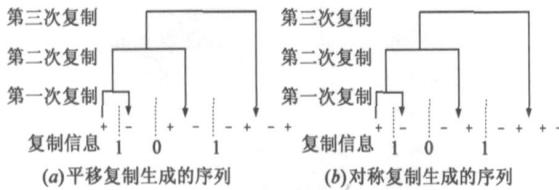


图 3 序列的复制生成

OVFS 码即正交可变扩频码,用于对物理信道比特信息的扩频. 它的可变长性质可以适应通信中的多速率业务,正交性则可以减小信道间的干扰. 文献[5]详细介绍了如何利用树形结构生成 OVFS 码. 下面我们简要介绍如何利用复制理论生成 OVFS 码. 首先,我们规定初始序列为 1,复制方式为平移复制;对于从一个节点引出的两个分支,我们规定复制信息 1 代表右分支,复制信息 0 代表左分支. 通过以上规定,我们可以得到按照复制信息标记的码树,如图 4 所示,再利用图 3 介绍的序列复制生成方法,可以得到相应的 OVFS 码.

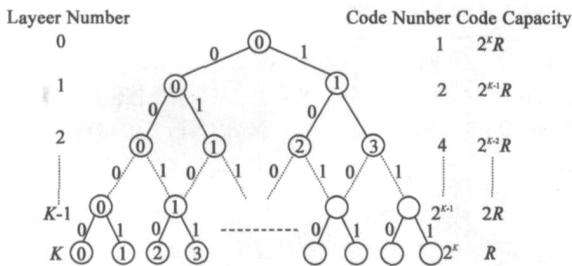


图 4 利用复制信息标记的层码树图

对图 4 做一个说明,在图 4 所示的 K 层码树中,每一层代表一个专门的扩频因子,并且相同层中所有码字支持相同的码速率. 一个码字支持的码速率被称作它的容量. 假定叶节点(即第 K 层)的容量是 R ,则第 $K-1, K-2, \dots, 1, 0$ 层所对应的容量分别是 $2R, 4R, \dots, 2^{K-1}R$ 和 $2^K R$. 第 k 层有 2^k 个码字,每个码字按照从左到右的顺序从 0 开始计数,则第 k 层中第 m 个码字记做 (k, m) . 从图中可以容易看出,每一层的整个容量都是 $2^k R$. 下面我们将说明基于位置和基于复制信息的两种方法是等价的.

对于基于位置的码字 (k, m) , 第一个数字 k 确定复制信息长度, m 按照二进制展开: $m = m_l 2^l + m_{l-1} 2^{l-1} + \dots + m_1 2^1 + m_0$.

于是该码字可以按照下面公式写成基于复制信息方式:

$$(k, m) \begin{cases} (m_{k-1} \dots m_1 m_0), & \text{if } l = k-1 \\ (0 \dots 0 m_l m_{l-1} \dots m_1 m_0), & \text{if } l < k-1 \end{cases} \quad (1)$$

下面通过举例说明这一过程. 码字 $(3, 5)$ 在码树中的位置是第三层中的第五个码字,则码字相应的复制信息长度等于 3,对 5 进行二进制展开,得到复制信息为 101. 另外,如果复制信息为 011,则对应的码字位置为 $(3, 3)$.

当一个码字分配给一个呼叫时,我们说这个码字是繁忙的,否则称为空闲的. 空闲码字可以被分配,或不能被分配. 一个空闲码字可以被分配的条件是:

- 条件 1 该码字所有父节点都是空闲的;
- 条件 2 该码字所有子节点都是空闲的.

同时满足以上两个条件的情况通常被称作异前置性. 直观上,基于位置的 OVFS 码字无法判断异前置性,而利用复制信息定义的 OVFS 码字则具有这个优点. 比如基于位置的码字 $(4, 2)$ 和 $(3, 1)$ 的复制信息分别是 0010 和 001,容易看出两个码字具有相同前缀 001,于是如果码字 001 是繁忙的,则码字 0010 则无法使用.

根据以上所述,得到一个 OVFS 码字异前置性的判定定理.

定理 1: 如果复制信息满足异前置性,则对应的 OVFS 码字也具有异前置性.

接下来,我们将利用这一特性设计 OVFS 码字快速分配算法.

3 OVFS 码字快速分配算法

这一部分我们考虑非可重排和可重排两种情况,首先介绍两个基本定义.

定义 3 如果两个码字具有相同前缀,仅有最后一个复制信息不同,则称这两个码字为互补码. 比如码字 0010 和 0011 就是互补码.

定义 4 两个码字 C_a 和 C_b 具有相同前缀, C_a 正被使用,若 C_b 没有被使用,则码字 C_b 被称作受限码字.

根据定义 4,若码字 C_b 是受限码字,则它的所有父节点无法使用,而它以及它的所有子节点可以被使用. 结合定义 3,受限码字可以被分成两类:受限互补码字和受限非互补码字. 比如:码字 0010 和 0011,假定 0010 正被使用,若 0011 没被使用则称之为码字 0010 的受限互补码字. 进一步来说,当码字 000 也没有被使用,则它被称作码字 0010 的受限非互补码字.

根据以上介绍,针对非可重排和可重排两种情况设计 OVFS 码字分配算法.

算法 1 非可重排

第一步:对于一个新到呼叫,采用文献[3]中方法检查是否能支持该呼叫. 若可以,则转到下一步,否则阻塞该呼叫.

第二步:初始化把所有码字分到三个集合:正在使用码字集合、受限互补码字集合和受限非互补码字集合. 这里还可以把每个集合进一步按照码字长度(即按照码字所在层)细分以利于下面的搜索.

第三步:按照所需码字的长度 L ,首先到受限互补码字中查找,若存在,则分配并停止搜索,否则转到下一步.

第四步:按照所需码字的长度 L ,在受限非互补码字中查找,若存在,则分配并停止搜索,否则在码字长度为 $L-1$ 中寻找,依次进行下去,并按照左子树优先于右子树选取原则直到选取到所需码字为止,否则阻塞该呼叫.

这里提出的非可重排算法充分利用了文献[2]中的紧致

因子(compact index)的概念.算法本身非常简单,与已有算法相比,由于引入受限互补码字概念,减少了搜索次数,并使得分配的码字与已用码字保持了较高的紧致性.

非可重排算法简单,但是有一个缺点:即理论上存在充足的可分配容量,实际上存在的码字容量都小于新到呼叫容量,从而造成阻塞的现象.采用可重排算法可以有效的避免这一问题,即通过对已用码字的重新分配,腾出具有更大容量码字以满足新到呼叫的需求.

通过以上叙述,有以下结论:只有当算法 1 失效的情况下,才触发可重排算法的发生.

算法 2 可重排

第一步:对于一个新到呼叫,采用文献[3]中方法检查是否能支持该呼叫.如果可以,确定 OVFSF 码字长度 L ,并转到下一步,否则阻塞该呼叫.

第二步:利用算法 1 查找所需码字,若存在,分配码字且停止搜索,否则转到下一步.

第三步:寻找一个空闲码字集合,满足以下两个条件:

(1) 这些码字经过重排后支持新的呼叫;(2) 码重排的次数最少.

4 结论

本文提出一种新的 OVFSF 码复制生成算法,该算法的优点就是异前置性明显.并在此基础上,进一步讨论了非可重排和可重排两种情况下的 OVFSF 码字分配问题,提出的算法不但可以实现码字快速分配并有利于硬件实现.

参考文献:

[1] F Adachi, M Sawahashi, H Suda. Wideband CDMA for next-generation mobile communications systems [J]. IEEE Commun

Mag, 1998, 36(9): 56 - 69.

[2] Yang Yang, Tak-Shing Peter Yum. Maximally flexible assignment of orthogonal variable spreading factor codes for multirate traffic [J]. IEEE Trans on Wireless Commun, 2004, 3(3): 781 - 792.

[3] T Minn, K - Y Siu. Dynamic assignment of orthogonal variable spreading factor codes in W-CDMA [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Special Issue on W-CDMA, 2000, 18(8): 1429 - 1440.

[4] Zhihua L, Qishan Z. Ordering of walsh functions [J]. IEEE Trans EMC, 1983, 25(2): 115 - 119.

[5] F Adachi, M Sawahashi, K Okawa. Tree-structured generation of orthogonal spreading codes with different lengths for forward link of DS-SS-CDMA mobile radio [J]. Electron Lett, 1997, 33(1): 27 - 28.

作者简介:

王 钢 男,1973 年 10 月出生于山东省德州市,北京航空航天大学电子信息工程学院博士后,主要从事信道编码、移动网络优化等方面的研究,参加国家自然科学基金 5 项,发表学术论文 13 篇,出版学术专著 1 部. E-mail: wgc73@yahoo.com.cn

张 军 男,1965 年 7 月出生于安徽省,北京航空航天大学电子信息工程学院院长,教授,博导,主要从事空地一体化网络信息传输方面的研究,多次获国家、部级奖励,发表学术论文 60 余篇,出版学术专著 1 部.

张其善 男,1936 年 3 月出生于浙江省,北京航空航天大学教授,博导,主要从事信息传输与处理、遥控遥测等方面的研究,多次获国家、部级奖励,发表学术论文 100 余篇,出版学术专著 6 部.