

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2015 年 4 月 23 日 (23.04.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/055097 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04B 1/707 (2011.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/088341
- (22) 国际申请日: 2014 年 10 月 11 日 (11.10.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310487293.6 2013 年 10 月 17 日 (17.10.2013) CN
- (71) 申请人: 华中科技大学 (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。
- (72) 发明人: 唐祖平 (TANG, Zuping); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 魏蛟龙 (WEI, Jiaolong); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 夏轩 (XIA, Xuan); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 石建峰 (SHI, Jianfeng); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。

- (74) 代理人: 武汉东喻专利代理事务所 (普通合伙) (WUHAN DONGYU PATENT AGENCY); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号东一楼, Hubei 430074 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: METHOD OF OPTIMALLY SELECTING SPREADING CODE FOR NAVIGATION SIGNAL

(54) 发明名称: 一种导航信号扩频码的优选方法

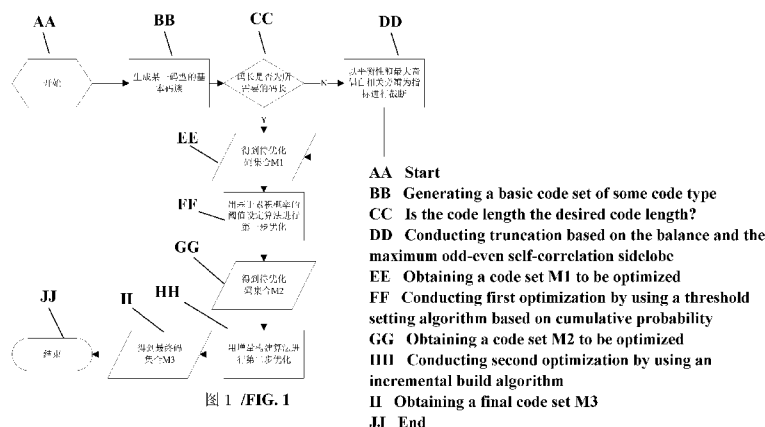


图 1 /FIG. 1

(57) Abstract: The present invention relates to the technical field of satellite navigation. Disclosed is a method for optimally selecting spreading codes for navigation signals. The method comprises: when the code length of a code set to be optimally selected is not equal to a target code length, determining a truncation point by calculating the balance and the maximum odd-even autocorrelation sidelobe of a truncated code; and conducting further optimal selection according to the maximum odd-even autocorrelation sidelobe, interference parameters, the maximum spectrum amplitude and the maximum odd-even cross-correlation. Compared to the prior art, the present invention provides more flexible selection of code length, more practical consideration of odd correlation, and obtains spreading codes of better performance, thus improving the performance of a satellite navigation system without changing the software and hardware design scheme for the satellite navigation system and without increasing the system construction cost.

(57) 摘要: 本发明属于卫星导航技术领域, 公开了一种导航信号扩频码优选方法, 该方法在待优选码族码长与目标码长不相等的情况下, 通过计算截短码的平衡性和最大奇偶自相关旁瓣来确定截断点, 并根据最大奇偶自相关旁瓣, 干扰参数, 最大频谱幅度, 最大奇偶互相关进一步优选, 与现有技术相比, 码长的选取更自由, 奇相关的考虑也更符合实际应用情况, 可以得到性能较好的扩频码, 在不改变卫星导航系统软硬件设计方案和不增加系统建设成本的条件下, 提高卫星导航系统的性能。

WO 2015/055097 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种导航信号扩频码的优选方法

【技术领域】

本发明属于卫星导航技术领域，更具体地，涉及一种导航信号扩频码的优选方法。

【背景技术】

在基于码分多址的卫星导航系统中，用户接收机通过导航信号中的扩频码来区分不同卫星的信号并进行导航定位，而民用信号领域互操作进程的加速，使得不同卫星导航系统之间的互操作信号采用功率谱特征相同的调制方式，因此不同系统之间互操作信号的隔离依赖于扩频码，所以研究改进的扩频码优选方法对于提升导航系统性能，改善系统兼容性，促进卫星导航系统的建设有重要作用。

GPS 较新的信号分量 L1C 的主码码长为 10230，码型为 Weil 码，通过自互相关性能的筛选而得到。而与 GPS L1C 采用 Weil 码不同，Galileo 的 E1OS 和 E6C 采用 Random 码。Random 码是基于存储的序列，它没有固定的产生模式，是从 $2Mn$ 种（ M 为码序列个数， n 为码长）可能的排列中挑选出来的。

现有技术分析了码平衡性，最大自相关旁瓣，最大互相关和最大频谱幅度对系统性能的影响，提出根据指标的权重值和在这 4 个指标上扩频码的计算值来计算各个扩频码的加权计算值，选取加权计算值小的扩频码为最优。该方法只描述了待优选码集合码长等于目标码集合码长的情况，但实际应用中待优选码集合码长往往不能直接取目标码长。

【发明内容】

针对现有技术的以上缺陷或改进需求，本发明的目的在于提供一种码长可以自由选取、更符合实际情况且性能较好的扩频码的导航信号扩

频码的优选方法。

本发明实施例提供的导航信号扩频码的优选方法包括下述步骤：

S1：判断扩频码集合 M 的码长 L 是否等于目标码长 L_r ，若是，则进入步骤 S3，若否，则进入步骤 S2；

S2：对扩频码集合 M 中 N 个扩频码进行截短，并根据扩频码的平衡性和奇偶自相关最大旁瓣获得 N 个最佳截短码并构成待优化码集合 $M1$ ；其中 N 的大小由码型和码长决定；

S3：根据待优化码集合 $M1$ 中所有扩频码的最大奇偶自相关旁瓣、干扰参数和最大频谱幅度以及设定的累积概率获得待优化码集合 $M2$ ， $M2$ 中包括 N' 个扩频码；其中 $N' < N$ ， N' 的大小与步骤 S33 中累积概率 a 的取值直接挂钩；

S4：计算待优化码集合 $M2$ 中 N' 个扩频码的两两奇偶互相关，并得到 N' 个扩频码的两两最大奇偶互相关；

S5：将两两最大奇偶互相关中最小值对应的一对扩频码作为种子码，并得到初始码集合 $code = \{code1, code2\}$ ；其中 $code$ 为当前的码集合， $code1$ 和 $code2$ 分别为初始化的两个码； $code1$ 和 $code2$ 是码集合 $M3$ 的初始化种子码，由这两个码然后根据 S6 和 S7 两个步骤就可以得到码集合 $M3$ 。

S6：在待优化码集合 $M2$ 剩余的 $N' - 2$ 个扩频码中每个码都与 $code1$ 和 $code2$ 分别存在一个最大奇偶互相关 $\{a_i, b_i\}$ ， $1 \leq i \leq N' - 2$ ，取 $\{a_i, b_i\}$ 中较大的那个值作为比较参数 c_i ，则得到一个集合 $\{c_1, c_2, \dots, c_{N'-2}\}$ ；

S7：取集合中最小值对应的码序列作为 $code3$ ，并将 $code3$ 添加进初始码集合得到 $code = \{code1, code2, code3\}$ ，并以此类推，直到 $code$ 集合中元素个数等于设定的个数 N' 时，得到大小为 N' 的最终码集合 $M3$ ；其中 $N' < N$ ，具体 N' 大小的设定与该系统发射的卫星数目有关。

作为更进一步优选地，步骤 S3 具体包括：

S31：依次计算待优化码集合 M1 中所有扩频码的最大奇偶自相关旁瓣，干扰参数和最大频谱幅度；

S32：将 N 个扩频码的最大奇偶自相关旁瓣，干扰参数和最大频谱幅度分别构成旁瓣集合 $S^1 = [\max AC_1, \max AC_2, \dots, \max AC_N]$ ，干扰集合 $S^2 = [IP_1, IP_2, \dots, IP_N]$ 和频谱集合 $S^3 = [Maxspec_1, Maxspec_2, \dots, Maxspec_N]$ ；

S33：将集合中的元素从小到大排列，并根据设定的累积概率选取扩频码，得到待优化码集合 M2，码集合大小为 N' 。

作为更进一步优选地，在步骤 S31 中，根据公式 $IP = \sum_{l=0}^{N-1} |\overline{R_c}(l)|^2$ 计算干扰参数； l 为码相位偏移， $\overline{R_c}(l)$ 表示序列 $C(n)$ 在偏移量为 l 时的线性自相关归一化值。序列 $C(n)$ 此处只是一个代号，指代任何需要计算干扰参数的码，实际上码就是一串数字，也可称为一个序列。

作为更进一步优选地，在步骤 S31 中，根据公式 $\max spec = \max(|FT(C(n))|)$ 计算最大频谱幅度， $FT(C(n))$ 表示序列 $C(n)$ 的傅里叶变换。

作为更进一步优选地，在步骤 S33 中，根据设定的累积概率选取扩频码步骤具体包括：将 3 个集合中的元素都从小到大排列，并设定累积概率 a ，若 $a=0.5$ ，则取已排序集合的前 50% 予以保留，根据选定的累积概率 a ，选取 3 个参数都符合要求的扩频码予以保留。

作为更进一步优选地，在步骤 S33 中，累积概率的设定依据：累积概率 a 的取值在不同的伪码优化过程中可以不同，如果需要最终码集合的互相关性能较好，那么 a 的取值可以大一些，这样 N' 就大一些，在接下来的互相关优选步骤中就会有更大的优选空间，反之如果需要最终码集合的自相关性能，跟踪性能和抗窄带干扰性能好一些，则 a 取值应该小一些。

本发明中，待优选码族码长与目标码长不相等的情况，通过计算截短

码的平衡性和最大奇偶自相关旁瓣来确定截断点，并根据最大奇偶自相关旁瓣，干扰参数，最大频谱幅度，最大奇偶互相关进一步优选，和现有技术相比，码长的选取更自由，奇相关的考虑也更符合实际应用情况，可以得到性能较好的扩频码，在不改变卫星导航系统软硬件设计方案和不增加系统建设成本的条件下，提高卫星导航系统的性能。

【附图说明】

图1是本发明实施例提供的导航信号扩频码的优选方法的实现流程图；

图2是待优化码集合 M1 到待优化码集合 M2 的优选方法；

图3是待优化码集合 M2 到最终码集合 M3 的优选方法。

【具体实施方式】

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

本发明实施例克服现有技术的不足，给出了一种优选导航卫星扩频码的方法，该方法包含待优选码族码长与目标码长不相等的情况，通过计算截短码的平衡性和最大奇偶自相关旁瓣来确定截断点，并根据最大奇偶自相关旁瓣，干扰参数，最大频谱幅度，最大奇偶互相关进一步优选，和现有技术相比，码长的选取更自由，奇相关的考虑也更符合实际应用情况，可以得到性能较好的扩频码，在不改变卫星导航系统软硬件设计方案和不增加系统建设成本的条件下，提高卫星导航系统的性能。本发明实施例中加入了待优选码集合码长不等于目标码长的情况，并在计算自相关和互相关时加入了奇相关的计算。

如图1、图2和图3所示，本发明实施例提供的优选导航卫星扩频码的方法，具体步骤如下：

(1) 对于包含 N 个扩频码的常用扩频码集合 M ，若其码长 L 等于目标码长 L_T ，则定义码集合 M 为待优化码集合 $M1$ 进入步骤 (6)；若其码长不等于目标码长，则取大于 L_T 的第一种可能码长 L ，并进入步骤 (2) 进行截短。比如 gold 码码长只能取 $2^n - 1$ ， n 取正整数，如果目标码长为 1000，则取 $n=10$ ，原始码长为 1023 的 gold 码来进入步骤 2 进行截短，而不取 $n=11$ 或者更大的值。

(2) 对 M 中的 N 个扩频码进行截短，每个扩频码都存在 L 种循环截短方式，首先生成每个扩频码的 L 个截短码，根据 $D = |Num_0^i - Num_1^i|$ 得到每个截短码的平衡性，其中 Num_0^i 表示第 i 个截短码中码元 0 的个数， Num_1^i 表示第 i 个截短码中码元 1 的个数， $1 \leq i \leq L$ 。留下 $D \leq 1$ 的截短码形成集合 S_i ， $1 \leq i \leq N$ 。 $D \leq 1$ 的码平衡性较好。

(3) 依次计算集合 S_i 中每个截短码的循环移位奇偶自相关值

$$AC_p^{e,o}(k) = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^{L_T} (-1)^\tau C_p(l) C_p(l-k), \tau = \begin{cases} \lfloor \frac{\text{sign}(k-l)+1}{2} \rfloor, & \text{奇自相关} \\ 0, & \text{偶自相关} \end{cases}, 0 \leq k \leq L_T - 1, \quad C_p(l) \text{ 为 } S_i \text{ 中第 } p \text{ 个扩频码的第 } l \text{ 个码片, } k \text{ 为码片循环移位的偏移量, } 0 \leq k \leq L_T - 1, C_p(l-k) \text{ 为 } S_i \text{ 中第 } p \text{ 个扩频码的第 } l-k \text{ 个码片, 计算自相关和互相关时码由 } \{-1, 1\} \text{ 组成, 转换原则是 } 0 \text{ 变 } 1, 1 \text{ 变 } -1。$$

(4) 根据步骤 (3) 中得出的 S_i 中第 p 个扩频码的循环移位奇偶自相关值，获得 S_i 中第 p 个扩频码的最大奇偶自相关旁瓣 $\max AC_p^{e,o} = \max(|AC_p^{e,o}(k)|), 1 \leq k \leq L_T - 1$ ，其中 $\max()$ 为取最大操作。

(5) 根据步骤 (4) 得到 S_i 中所有截短码的最大奇偶自相关旁峰值，取最大奇偶自相关旁瓣中最小值对应的截短码作为码族 M 中第 i 个扩频码的最佳截短码予以保留，并依照步骤 (3) 和步骤 (4) 得到其他 S_j 中的最佳截短码， $1 \leq j \leq N, j \neq i$ ，得到码长为 L_T ，码集合大小为 N 的待优化码集合 $M1$ 。

(6) 依次计算待优化码集合 **M1** 中所有扩频码的最大奇偶自相关旁瓣, 干扰参数, 和最大频谱幅度, 干扰参数 $IP = \sum_{l=0}^{N-1} |\overline{R_c}(l)|^2$, l 为码相位偏移, $\overline{R_c}(l)$ 表示序列 $C(n)$ 在偏移量为 l 时的线性自相关归一化值。序列 $C(n)$ 为任何需要计算干扰参数的扩频码。最大频谱幅度 $\max spec = \max(|FT(C(n))|), FT(C(n))$ 表示序列 $C(n)$ 的傅里叶变换。则得到待优化码集合 **M1** 中第 i 个码的 3 个参数 $\{\max AC_i, IP_i, \max spec_i\}$ 。

(7) 将待优化码集合 **M1** 中 N 个扩频码的 3 个参数构成 3 个集合 $S^1 = [\max AC_1, \max AC_2, \dots, \max AC_N]$, $S^2 = [IP_1, IP_2, \dots, IP_N]$, $S^3 = [\max spec_1, \max spec_2, \dots, \max spec_N]$, 将 3 个集合中的元素都从小到大排列, 并设定累积概率 a , 若 $a=0.5$, 则取已排序集合的前 50% 予以保留, 根据选定的累积概率 a , 选取 3 个参数都符合要求的扩频码予以保留, 得到待优化码集合 **M2**, 码集合大小为 N' 。累积概率 a 的取值在不同的伪码优化过程中可以不同, 如果需要最终码集合的互相关性能较好, 那么 a 的取值可以大一些, 这样 N' 就大一些, 在接下来的互相关优选步骤中就会有更大的优选空间, 反之如果需要最终码集合的自相关性能, 跟踪性能和抗窄带干扰性能好一些, 则 a 取值应该小一些。

(8) 计算待优化码集合 **M2** 中所有扩频码的两两奇偶互相关, 公式为 $CC_{p,q}^{e,o}(k) = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^{L_T} (-1)^\tau C_p(l) C_q(l-k)$, $\tau = \begin{cases} \frac{\text{sign}(k-l)+1}{2}, & \text{奇互相关} \\ 0, & \text{偶互相关} \end{cases}$, $0 \leq k \leq L_T - 1$, $C_p(l)$ 表示扩频码 p 的第 l 个码片, $C_q(l-k)$ 表示扩频码 q 的第 $l-k$ 个码片。

(9) 根据步骤 (8) 得到待优化码集合 **M2** 中所有扩频码的两两最大奇偶互相关 $\max CC_{p,q}^{e,o} = \max(|CC_{p,q}^{e,o}(k)|), 1 \leq k \leq L_T - 1$, 其中 $\max()$ 为取最大操作。找出两两最大奇偶互相关最小的一对扩频码作为种子码, 得到初始码集合 $\text{code} = \{\text{code1}, \text{code2}\}$ (code 表示当前的码集合, code1 和 code2 表示初始化的两个码), 在码集合 **M2** 剩余的 $N' - 2$ 个码中每个码都与 code1 和 code2 分

别存在一个最大奇偶互相关 $\{a_i, b_i\}$, $1 \leq i \leq N' - 2$, 取 $\{a_i, b_i\}$ 中较大的那个值作为比较参数, 并设定为 c_i , 则得到一个集合 $\{c_1, c_2, \dots, c_{N'-2}\}$, 取集合中最小值对应的码序列作为 code3 添加进初始码集合, 得到 $\text{code} = \{\text{code1}, \text{code2}, \text{code3}\}$, 并以此类推, 直到 code 集合中元素个数满足要求, 得到大小为 N' 的最终码集合 M3。

本发明与现有技术相比的有益效果是: 给出了一种优选导航卫星扩频码的方法, 该方法包含码族码长与目标码长不相等的情况, 通过计算截短码的平衡性和最大奇偶自相关旁瓣来确定截断点, 并根据最大奇偶自相关旁瓣, 干扰参数, 最大频谱幅度, 最大奇偶互相关进一步优选, 和现有技术相比, 码长的选取更自由, 奇相关的考虑也更符合实际应用情况, 可以得到性能较好的扩频码, 在不改变卫星导航系统软硬件设计方案和不增加系统建设成本的条件下, 提高了卫星导航系统的性能。

平衡性好的扩频码中正负电平大致相当, 使得发送信号的直流分量小, 而且具有更好的频谱特性。使用最大奇偶自相关旁瓣小的扩频码有利于降低接收机假锁的概率。最大奇偶互相关小的扩频码抗多址干扰的能力较强。扩频码对跟踪性能的影响可以用干扰参数表示。最大频谱幅度较小的扩频码抗窄带干扰的能力较强。因此, 根据码平衡性, 最大奇偶自相关旁瓣, 最大奇偶互相关, 干扰参数, 最大频谱幅度这五个指标优选扩频码可以综合提升卫星导航系统的性能。

现结合实例, 对本发明做进一步的阐述:

选取码长 L 为 10243, 码族大小 N 为 5121 的 weil 码族作为待优选码族, 目标码长 L_r 为 10230, 目标码族 M3 大小 N' 为 100。

当待优选码族的码长大于目标码长, 根据以下步骤进行截短:

(1) 生成码族中第一个扩频码的所有截短码, 根据 $D = |Num_0^i - Num_1^i|$ 得到每个截短码的平衡性, 其中 Num_0^i 表示第 i 个截短码中码元 0 的个数, Num_1^i

表示第 i 个截短码中码元 1 的个数, $1 \leq i \leq L$ 。留下 $D=0$ 的截短码形成集合 $S_i, 1 \leq i \leq N$ 。

(2) 计算 S_i 中截短码的循环移位奇偶自相关值

$$AC_p^{e,o}(k) = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^{L_T} (-1)^\tau C_p(l) C_p(l-k), \quad \tau = \begin{cases} \left\lfloor \frac{\text{sign}(k-l)+1}{2} \right\rfloor, & \text{奇自相关} \\ 0, & \text{偶自相关} \end{cases}, \quad C_p(l) \text{ 为 } S_i \text{ 中第 } p \text{ 个扩频}$$

码的第 l 个码片, k 为码片循环移位的偏移量, $0 \leq k \leq L_T - 1$, $C_p(l-k)$ 为第 S_i 中第 p 个扩频码的第 $l-k$ 个码片, 计算自相关和互相关时码由 $\{-1, 1\}$ 组成, 转换原则是 0 变 1, 1 变 -1。

(3) 根据步骤 (2) 中得出的 S_i 中第 p 个扩频码的循环位移奇偶自相关值, 获得 S_i 中第 p 个扩频码的最大奇偶自相关旁瓣 $\max AC_p^{e,o} = \max(AC_p^{e,o}(k)), 1 \leq k \leq L_T - 1$, 其中 $\max()$ 为取最大操作。

(4) 根据步骤 (3) 得到 S_i 中所有截短码的最大奇偶自相关旁瓣值, 取最大奇偶自相关旁瓣最小的截短码作为码族 M 中第 i 个扩频码的截短码予以保留。

(5) 重复步骤 (1) - (4) 得到原始码族中其他扩频码的最佳截短码, 并和第一个扩频码的最佳截短码组成待优化码集合 $M1$, 码长为 10230。

(6) 计算待优化码集合 $M1$ 中所有码序列的最大奇偶自相关旁瓣, 干扰参数, 和最大频谱幅度, 干扰参数 $IP = \sum_{i=0}^{N-1} |\overline{R_c}(l)|^2$, l 为码相位偏移, $\overline{R_c}(l)$ 表示序列 $C(n)$ 在偏移量为 l 时的线性自相关归一化值。最大频谱幅度 $\max spec = \max(|FT(C(n))|)$, $FT(C(n))$ 表示序列 $C(n)$ 的傅里叶变换。则对待优化码集合 $M1$ 中第 i 个码得到 3 个参数 $\{\max AC_i, IP_i, \max spec_i\}$ 。

(7) 将待优化码集合 $M1$ 中 N 个扩频码的 3 个参数构成 3 个集合 $S^1 = [\max AC_1, \max AC_2, \dots, \max AC_N]$, $S^2 = [IP_1, IP_2, \dots, IP_N]$, $S^3 = [\max spec_1, \max spec_2, \dots, \max spec_N]$, 将 3 个集合中的元素都从小到大排列,

并设定累积概率 a ，若 $a=0.5$ ，则取已排序集合的前 50% 予以保留。对应每个累计概率我们可以得到三个阈值 TD_{acf} （最大奇偶自相关旁瓣）， TD_{spec} （最大频谱幅度）， TD_{ip} （干扰参数）。对于三个参数都小于这三个阈值的码，我们予以保留，反之，则删除。不断的降低累积概率，例如从 99.9% 到 99.8%，这样三个阈值就会不断的变小，使得码集合也不断的缩小，直到码的个数达到我们要求的大小 N' 。关于待优化码集合 **M2** 大小 N' 的确定，在于指标的权重考虑，如果需要最终的码集合 **M3** 有更好的抗多址干扰性能，则 N' 可以确定的稍大，如果需要最终码集合 **M3** 有更好的跟踪性能，更低的接收机假锁概率，更好的抗窄带干扰性能，则 N' 可以确定的稍小。

（8）计算待优化码集合 **M2** 中所有扩频码的两两奇偶互相关，公式为

$$CC_{p,q}^{e,o}(k) = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^{L_T} (-1)^{\tau} C_p(l) C_q(l-k), \tau = \begin{cases} \frac{\text{sign}(k-l)+1}{2}, & \text{偶互相关} \\ 0, & \text{奇互相关} \end{cases}, 0 \leq k \leq L_T - 1, C_p(l) \text{ 表示扩频码 } p \text{ 的第 } l \text{ 个码片}, C_q(l-k) \text{ 表示扩频码 } q \text{ 的第 } l-k \text{ 个码片}。$$

（9）根据步骤（8）得到待优化码集合 **M2** 中所有扩频码的两两最大奇偶互相关 $\max CC_{p,q}^{e,o} = \max(|CC_{p,q}^{e,o}(k)|), 1 \leq k \leq L_T - 1$ ，其中 $\max()$ 为取最大操作。

（10）找出两两最大奇偶互相关最小的一对扩频码作为种子码，得到初始码集合 $\text{code} = \{\text{code1}, \text{code2}\}$ （ code 表示当前的码集合， code1 和 code2 表示初始化的两个码）。

（11）在待优化码集合 **M2** 剩余的 $N' - 2$ 个码中每个码都与 code1 和 code2 分别存在一个最大奇偶互相关 $\{a_i, b_i\}$ ， $1 \leq i \leq N' - 2$ ，取 $\{a_i, b_i\}$ 中较大的那个值作为比较参数，并设定为 c_i ，则得到一个集合 $\{c_1, c_2, \dots, c_{N'-2}\}$ ，取集合中最小值对应的码序列作为 code3 添加进初始码集合，得到 $\text{code} = \{\text{code1}, \text{code2}, \text{code3}\}$ 。

（12）依此类推，直到码集合大小为 100，得到最终码集合 **M3**。

本领域的技术人员容易理解，以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，

并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求

1、一种导航信号扩频码的优选方法，其特征在于，包括下述步骤：

S1：判断扩频码集合 M 的码长 L 是否等于目标码长 L_T ，若是，则进入步骤 S3，若否，则进入步骤 S2；

S2：对扩频码集合 M 中 N 个扩频码进行截短，并根据扩频码的平衡性和奇偶自相关最大旁瓣获得 N 个最佳截短码并构成待优化码集合 $M1$ ；

S3：根据待优化码集合 $M1$ 中所有扩频码的最大奇偶自相关旁瓣、干扰参数和最大频谱幅度以及设定的累积概率获得待优化码集合 $M2$ ， $M2$ 中包括 N' 个扩频码；

S4：计算待优化码集合 $M2$ 中 N' 个扩频码的两两奇偶互相关，并得到 N' 个扩频码的两两最大奇偶互相关；

S5：将两两最大奇偶互相关中最小值对应的一对扩频码作为种子码，并得到初始码集合 $code=\{code1, code2\}$ ；其中 $code$ 为当前的码集合， $code1$ 和 $code2$ 分别为初始化的两个码；

S6：在待优化码集合 $M2$ 中剩余的 $N'-2$ 个扩频码中每个码都与 $code1$ 和 $code2$ 分别存在一个最大奇偶互相关 $\{a_i, b_i\}$ ，取 $\{a_i, b_i\}$ 中较大的那个值作为比较参数 c_i ，则得到一个集合 $\{c_1, c_2, \dots, c_{N'-2}\}$ ； $1 \leq i \leq N'-2$

S7：取集合 $\{c_1, c_2, \dots, c_{N'-2}\}$ 中最小值对应的码序列作为 $code3$ ，并将 $code3$ 添加进初始码集合得到 $code=\{code1, code2, code3\}$ ，并以此类推，直到 $code$ 集合中元素个数等于设定的个数 N' 时，得到大小为 N' 的最终码集合 $M3$ 。

2、如权利要求 1 所述的优选方法，其特征在于，步骤 S3 具体包括：

S31：依次计算待优化码集合 $M1$ 中所有扩频码的最大奇偶自相关旁瓣，干扰参数和最大频谱幅度；

S32: 将 N 个扩频码的最大奇偶自相关旁瓣, 干扰参数和最大频谱幅度分别构成旁瓣集合 $S^1 = [\max AC_1, \max AC_2, \dots, \max AC_N]$, 干扰集合 $S^2 = [IP_1, IP_2, \dots, IP_N]$ 和频谱集合 $S^3 = [\text{Maxspec}_1, \text{Maxspec}_2, \dots, \text{Maxspec}_N]$;

S33: 将集合中的元素从小到大排列, 并根据设定的累积概率选取扩频码, 得到待优化码集合 M2, 码集合 M2 大小为 N' 。

3、如权利要求 2 所述的优选方法, 其特征在于, 在步骤 S31 中, 根据公式 $IP = \sum_{l=0}^{N-1} |\overline{R_c(l)}|^2$ 计算干扰参数; l 为码相位偏移, $\overline{R_c(l)}$ 表示序列 $C(n)$ 在偏移量为 l 时的线性自相关归一化值; 序列 $C(n)$ 为任何需要计算干扰参数的扩频码。

4、如权利要求 3 所述的优选方法, 其特征在于, 在步骤 S31 中, 根据公式 $\max spec = \max(|FT(C(n))|)$ 计算最大频谱幅度 $\max spec$, $FT(C(n))$ 表示序列 $C(n)$ 的傅里叶变换。

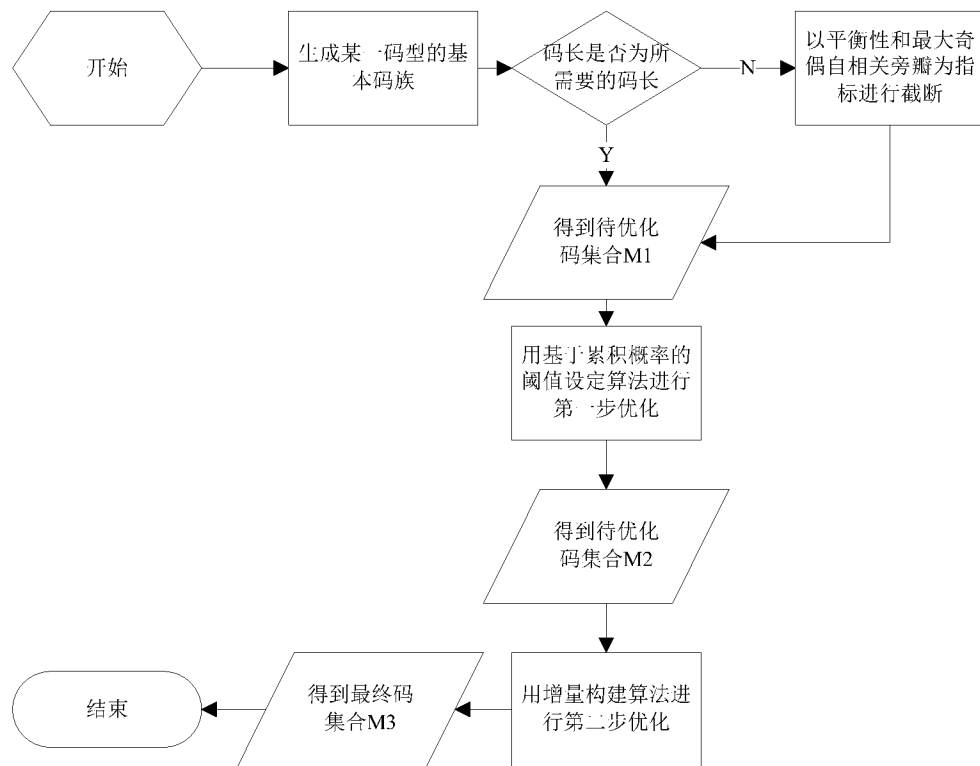
附 图

图 1

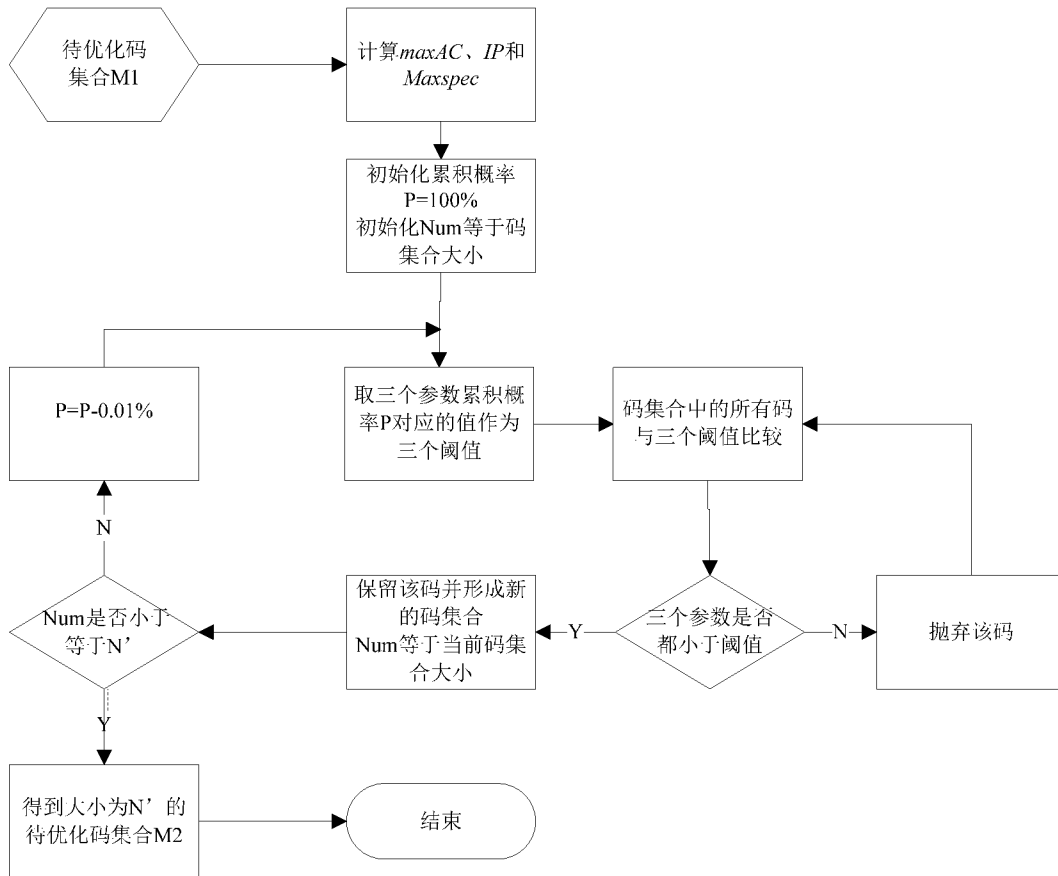


图 2

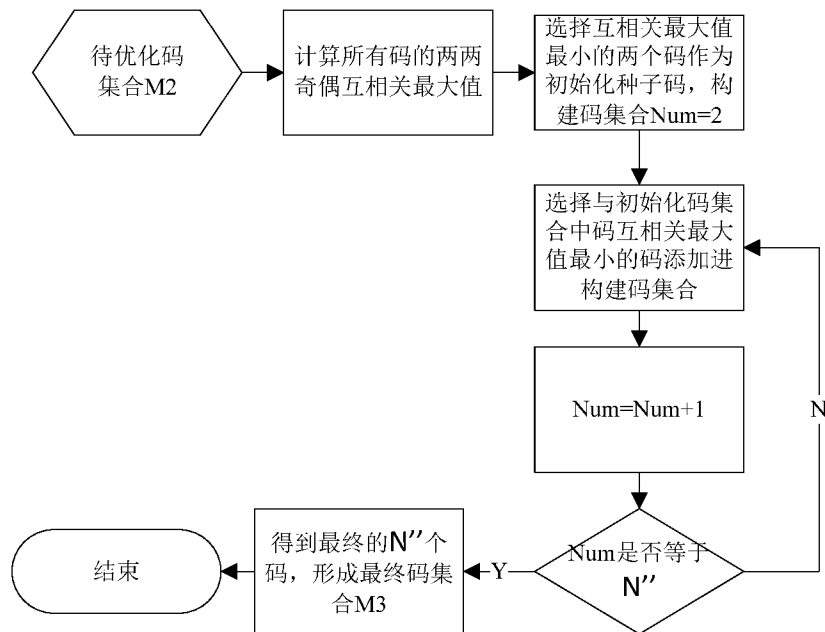


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/088341

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 1/707 (2011.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B; G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: truncate, autocorrelation, main lobe, select+, locat+, spread code, correlat+, relat+, navigat+, seed, parity

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103580717 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 12 February 2014 (12.02.2014), the whole document	1-4
A	WO 2013023669 A1 (EUROPEAN SPACE AGENCY et al.), 21 February 2013 (21.02.2013), description, page 6, line 16 to page 7, line 24, and figure 1	1-4
A	CN 102937717 A (BEIJING INSTITUTE OF SPACECRAFT SYSTEM ENGINEERING), 20 February 2013 (20.02.2013), the whole document	1-4
A	CN 102170698 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS et al.), 31 August 2011 (31.08.2011), the whole document	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 23 December 2014 (23.12.2014)	Date of mailing of the international search report 09 January 2015 (09.01.2015)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer CHENG, Qian Telephone No.: (86-10) 62413341

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2014/088341

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103580717 A	12 February 2014	None	
WO 2013023669 A1	21 February 2013	CN 103988094 A	13 August 2014
		EP 2745141 A1	25 June 2014
		US 2014354473 A1	04 December 2014
CN 102937717 A	20 February 2013	None	
CN 102170698 A	31 August 2011	None	

A. 主题的分类 H04B 1/707 (2011. 01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H04B; G01S 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI: 选择, 截断, 截短, 定位, 扩频码, 互相关, 导航, 奇偶, 自相关, 主瓣, 种子, select+, locat+, spread code, correlat+, relat+, navigat+, seed, parity		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 103580717 A (华中科技大学) 2014年 2月 12日 (2014 - 02 - 12) 全文	1-4
A	WO 2013023669 A1 (EUROPEAN SPACE AGENCY 等) 2013年 2月 21日 (2013 - 02 - 21) 说明书第6页第16行至第7页第24行, 附图1	1-4
A	CN 102937717 A (北京空间飞行器总体设计部) 2013年 2月 20日 (2013 - 02 - 20) 全文	1-4
A	CN 102170698 A (北京邮电大学 等) 2011年 8月 31日 (2011 - 08 - 31) 全文	1-4
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2014年 12月 23日		国际检索报告邮寄日期 2015年 1月 09日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451		授权官员 成谦 电话号码 (86-10)62413341

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/088341

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103580717	A	2014年 2月 12日	无	
WO	2013023669	A1	2013年 2月 21日	CN	103988094 A 2014年 8月 13日
				EP	2745141 A1 2014年 6月 25日
				US	2014354473 A1 2014年 12月 04日
CN	102937717	A	2013年 2月 20日	无	
CN	102170698	A	2011年 8月 31日	无	