

**Polikarpov Sergej Vital'evich** – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: polikarpovsv@gmail.com; 2, Chekhov street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634315507; the department of information security of telecommunication systems; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 621.391.25(075)

**И.Л. Трунов, У.Д. Линенко, А.В. Пустоварова**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ФИБОНАЧЧИ В СИСТЕМАХ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ**

*Рассмотрены особенности помехоустойчивых кодов, основанных на последовательностях Фибоначчи; обосновано применение максимальной и минимальной форм кодировки сообщений; предложены варианты структур помехоустойчивых систем передачи информации, использующих эти коды. Используя свойства последовательностей Фибоначчи в приемной части системы передачи информации, возможно обнаружить ошибку уже по двум последовательно принятым разрядам кода, причем локализовать ее с точностью до двух символов. Это позволяет сделать вывод о достоверности принятого сообщения по его части, не дожидаясь конца сообщения.*

*Помехоустойчивое кодирование; последовательности Фибоначчи.*

**I.L. Trunov, U.D. Linenko, A.V. Pustovarova**

### **USAGE OF SEQUENCES FIBONACCI PROPERTIES IN NOISE-RESISTANT CODING SYSTEMS**

*Noiseproof codes features based on sequences of Fibonacci are considered; application of the maximum and minimum forms of messages coding is justified; structures options of the noiseproof information transmission systems using these codes are offered. Using properties of sequences of Fibonacci in a receiving part of information transmission system, it is possible to find an error already on two sequentially accepted code discharges, and to localize it to within two characters. It allows to draw an output on the accepted message reliability by its part, without waiting the message end.*

*Noise-resistant coding; sequences Fibonacci.*

В настоящее время темпы развития телекоммуникационных систем стали предпосылкой для появления принципиально новых способов кодирования сообщений. Несмотря на рост мощности вычислительной техники, актуальным остается вопрос построения простых алгоритмов коррекции ошибок.

Помехоустойчивое кодирование передаваемой информации позволяет в приемной части системы обнаруживать и исправлять ошибки.

Под  $r$ -кодом Фибоначчи понимается следующий способ представления натурального числа  $N$ , показанный в формуле (1):

$$N = a_n F_p(n) + a_{n-1} F_p(n-1) + \dots + a_i F_p(i) + \dots + a_1 F_p(1), \quad (1)$$

где  $a_i = \{0, 1\}$  – двоичная цифра  $i$ -го разряда представления;  $n$  – разрядность представления;  $F_p(i)$  –  $r$ -число Фибоначчи, задаваемое с помощью следующих рекуррентных формул (2) и (3):

$$F_p(i) = F_p(i-1) + F_p(i-p-1), \quad (2)$$

$$F_p(1) = F_p(2) = \dots = F_p(p+1) = 1, \quad (3)$$

где  $p$  – целое неотрицательное число, принимающее значение из множества  $\{0, 1, 2, 3, \dots\}$  [1, 2].

Ниже приведены три наиболее известные последовательности Фибоначчи.

Первая последовательность 1,1,2,3,5,8,13,21,34,55,89....

Вторая последовательность: 1,1,1,2,3,4,6,9,13,19,28,41,60,88....

Третья последовательность: 1,1,1,1,2,3,4,5,7,10,14,19....

Если взять отношение соседних чисел в каждой из последовательностей Фибоначчи, то есть построить соответствующие числовые ряды: (например для 1/1, 2/1, 3/2, 5/3, 8/5, 13/8, 21/13,) то для каждой из последовательностей получается свое иррациональное число, которое будет являться основанием данной системы счисления.

Для представления числа  $N$  необходимо разложить его на сумму членов ряда соответствующей последовательности Фибоначчи.

Очевидно, что одно и то же число  $N$  может иметь несколько разложений, а следовательно, несколько видов (форм) кодировки в каждой из последовательностей Фибоначчи.

Система счисления с иррациональным основанием, построенная на основе ряда Фибоначчи, позволяет получить для каждого числа несколько форм представления с использованием цифр 0 и 1. Исходной формой кодов с иррациональным основанием является минимальная форма (свернутый код) или сокращенно М-форма. В М-форме содержится наименьшее количество единиц, которые никогда не стоят рядом, по сравнению с другими формами представления одного и того же числа. При этом система обнаружения ошибки с использованием минимальной формы должна лишь отслеживать наличие двух рядом стоящих единиц, так как это комбинация является запрещенной. Существует и максимальная форма (развернутый код), содержащая максимальное число единиц. Для этой формы комбинация двух рядом стоящих нулей является запрещенной.

Переход от минимальной формы к максимальной и наоборот обеспечивают микрооперации свертки и развертки. Микрооперацией развертки называют последовательную замену кодовой комбинации 100 на 011. Для разложения эта операция эквивалентна замене члена последовательности на сумму 2 предыдущих, при условии, что они ранее не участвовали в разложении. Если над кодом произвести все возможные развертки, получим максимальную форму. Микрооперация свертки состоит в последовательной замене кодовой комбинации 011 на 100, что соответствует замене 2 последовательных членов суммы на следующий старший член, при условии, что он ранее не участвовал в разложении.

Эти две формы являются ключевыми в построении систем помехоустойчивого кодирования.

Например, в работе [3] приведен один из возможных вариантов реализации системы помехоустойчивого кодирования (основанный на применении свойств первой последовательности Фибоначчи), представленный на рис. 1.

Исходное сообщение  $S$  формируется в компьютере ПК1 и поступает на преобразователь П1, который переводит его в свернутый код Фибоначчи  $F_s$ .  $F_s$  одновременно поступает в канал связи и на блок развертки БР, где преобразуется в развернутый код  $F_r$ , после чего поступает в канал связи. На входе приемной части системы стоят 2 блока проверки свернутого и развернутого кода – БПР и БПС. БПР проверяет принятый развернутый код  $F_{r1}$  на наличие комбинации 00 (ошибка 1 рода), БПС проверяет принятый свернутый код  $F_{s1}$  на наличие комбинации 11 (ошибка 2 рода). Если хотя бы один из них обнаруживает запрещенную комбинацию, посылается сигнал на генератор сигнала ошибки ГСО, который управляет устройством синхронизации УС. УС посылает запрос на повторную передачу. Если запрещенные комбинации не обнаружены, развернутый код  $F_{r1}$  поступает на блок свертки БС, который производит полную свертку кода  $F_{s2}$ . Затем  $F_{s1}$  сравни-

вается с  $F_{s2}$  в схеме сравнения (СС). Если коды идентичны, они поступают на преобразователь П2, который переводит код в десятичную систему и отправляет на компьютер-получатель ПК2. Если  $F_{s1}$  и  $F_{s2}$  не равны, то на ГСО поступает сигнал об ошибке. Для исправления ошибок в систему включены 2 блока исправления ошибок (места подключения условно показаны на рисунке цифрой 1). Их функции построены на основе свойств свернутого и развернутого кода, а также еще 2-х микроопераций поглощения и перемещения. Микрооперация перемещения состоит в замене в разрядах одинакового порядка двух кодов комбинации 10 на комбинацию 01. Микрооперация поглощения состоит в замене двух единиц в разрядах одинакового порядка двух кодов нулями. Поразрядные логические операции – сложение, умножение и инвертирование – реализуются на основе микроопераций перемещения и поглощения [2].

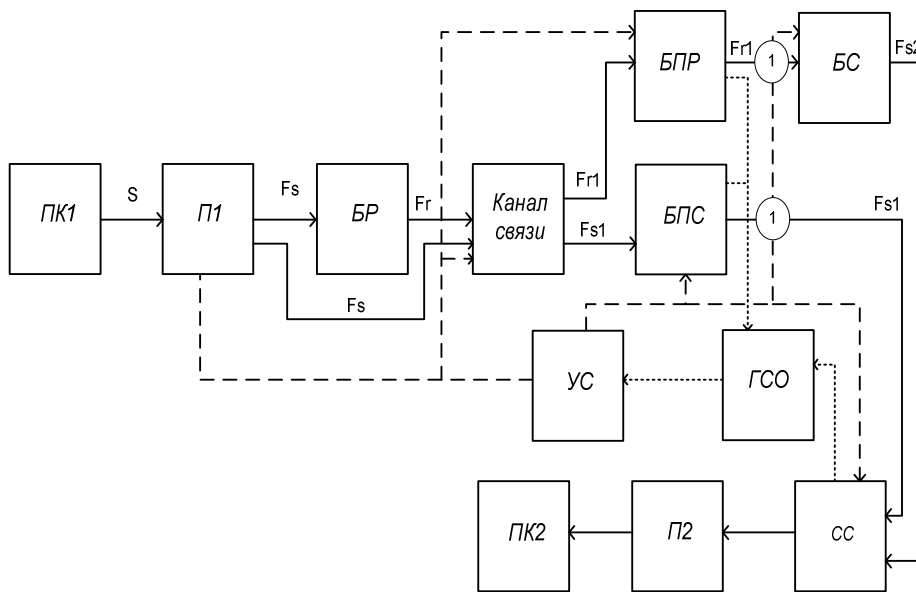


Рис. 1. Система помехоустойчивого кодирования

Опираясь на известные свойства первой последовательности Фибоначчи в совокупности с микрооперациями свертки, развертки, перемещения и поглощения при построении систем помехоустойчивого кодирования можно использовать вторую [4], третью последовательности Фибоначчи и дополнительную (зеркальную) форму представления.

В частности, при использовании второй последовательности Фибоначчи 2 кодовые последовательности в минимальной и максимальной формах разбиваются на 4 последовательности, по четности разрядов. А при использовании третьей последовательности Фибоначчи 2 кодовые последовательности в минимальной и максимальной формах разбиваются на 6 последовательностей. Зеркальная форма вычисляется, как разность между формой представления, занимающей максимальное число разрядов и исходным кодом.

Таким образом, несмотря на очевидный недостаток (избыточность) систем помехоустойчивого кодирования с использованием последовательностей Фибоначчи их применение оправдано, так как позволяет не только гарантированно обнаруживать ошибки, но и с высокой точностью отслеживать достоверность принятого сообщения в режиме реального времени.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Воробьев Н.Н.* Числа Фибоначчи. – М.: Наука, 1978. – 144 с.
2. *Стахов А.П.* Кодирование данных, основанное на фибоначчиевых матрицах // Тр. Международной конференции «Проблемы гармонии, симметрии и золотого сечения в природе, науке и искусстве». – Винница: Изд-во Винницкого государственного аграрного университета. – 2003. – С. 311-325.
3. *Румянцев К.Е., Трунов И.Л., Горягина Т.М.* Система помехоустойчивого кодирования с переменной избыточностью // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2007. – Т. 3, № 3. – С. 55-58.
4. *Ковалев А.Р., Кулагина М.И., Трунов И.Л.* Система помехоустойчивого кодирования на основе второй р-последовательности Фибоначчи // Информационное противодействие угрозам терроризма. – 2010. – № 13. – С. 139-143.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н. Е.А. Семерников.

**Трунов Игорь Леонидович** – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: igortil@mail.ru; 347923, г. Таганрог, ул. Прохладная, 5, кв. 22; тел.: +79185384139; к.т.н.; доцент.

**Линенко Ульяна Демьяновна** – e-mail: uliana555555@mail.ru; г. Таганрог, ул. Чехова, 333, кв. 170; тел.: +79043459313; студентка.

**Пустоварова Александра Витальевна** – e-mail: 000shurik000@rambler.ru; г. Таганрог, ул. Чехова, 22, кв. 409; тел.: 89885898232; студентка.

**Trunov Igor Leonidovich** – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: igortil@mail.ru; 5, Prohladnaya street, ap. 22, Taganrog, 347923, Russia; phone: +79185384139; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Linenko Uliana Demyanovna** – e-mail: uliana555555@mail.ru; phone: uliana555555@mail.ru; 333, Chekhov street, ap. 170, Taganrog, Russia; phone: +79043459313; student.

**Pustovarova Aleksandra Vitalevna** – e-mail: 000shurik000@rambler.ru; 22, Chekhov street, ap. 409, Taganrog, Russia; phone: +79885898232; student.

УДК 658.512

**С.А. Ховансков, К.Е. Румянцев, В.С. Хованскова**

### МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЗАЩИТЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

*Рассматривается подход к решению проблемы организации распределенных вычислений для выполнения объемных задач. Разработан алгоритм организации децентрализованных распределенных вычислений в вычислительной среде для решения сложных задач. Определена конфигурация системы распределенных вычислений с использованием локальной вычислительной сети на основе персональных компьютеров. Отсутствие центра управления системой и способность к адаптации при изменении параметров сети позволяет обеспечить системе высокую степень защиты ее работоспособности. На основе разработанного алгоритма предлагается решение задачи трассировки соединений методом организации распределенных вычислений.*

*Распределенные вычисления; многопроцессорная система.*