

## ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЕКОДИРОВАНИЯ КОДОВ РИДА-СОЛОМОНА

В отличие от наиболее известного метода декодирования кодов Рида-Соломона (РС) – метода Берлекэмпа-Мессис [1], который базируется на полиномиальном представлении, предлагаемый метод основан на использовании специального класса конечных автоматов – линейных последовательностных машин (ЛПМ) [2]. Вводятся понятия символьной ЛПМ для описания операций над элементами в поле расширения  $GF(q)$ , ( $q = 2^m$ ,  $m = 2, 3, 4, \dots$ ) и битовой ЛПМ для вычисления элементов в двоичном поле  $GF(2)$ . С помощью этого математического аппарата процесс кодирования и декодирования состоит в рекурсивном вычислении очередных состояний ЛПМ в соответствии с заданными параметрами функции переходов автомата.

Кроме автоматной модели для описания кодопреобразования можно также использовать и графовую модель кодов РС. Для  $(n, k)$ -кода РС, способного исправлять  $t$  символьных ошибок, такая графовая модель состоит из множества нулевых циклов (НЦ), которые можно расположить на нескольких уровнях: тривиальный НЦ (ТНЦ) на нулевом уровне,  $(q - 1)$  основных НЦ (ОНЦ) на первом уровне и оставшиеся периферийные НЦ (ПНЦ) на уровнях 2, 3, ...,  $t$ . Все НЦ образованы нулевыми дугами, которые соответствуют нулевому примитивному элементу поля  $GF(q)$ , а связаны между собой ненулевыми дугами, которые соответствуют ненулевым степеням примитивного элемента поля  $GF(q)$ .

Предлагается интерпретация кодового вектора с символьными ошибками кратности  $t$  как пути по графу от вершины в НЦ на  $t$ -м уровне (НЦ ошибки) до ТНЦ. Показано, что если НЦ ошибки обладает регулярной структурой, тогда можно определить параметры возникшей ошибки без построения полного пути к ТНЦ [3].

Для низко- и среднескоростных кодов РС количество регулярных НЦ является достаточным, чтобы определить параметры  $t$  символьных ошибок с линейной сложностью. В высокоскоростных кодах РС регулярные НЦ позволяют значительно сократить трудоемкость поиска независимых ошибок, а символьные пакеты ошибок длины не более  $(n - k)$  также находить с линейной сложностью [4].

Разработана общая стратегия поиска символьных ошибок на основе графовой модели кодов РС, которая состоит в выполнении двух алгоритмов. Один алгоритм заключается в определении параметров ошибок с использованием свойств регулярности в НЦ, а другой алгоритм – в поиске пути во графу от НЦ ошибки до ближайшего регулярного НЦ одновременно по  $q$  направлениям. Для ускорения работы предварительно проводится анализ структуры графа и в нем выделяются опорные вершины каждого НЦ, через которые второй алгоритм ищет путь.

Алгоритмы исправления ошибок на основе автоматной модели кодов РС основаны на одной операции – рекурсивном вычислении очередного состояния ЛПМ, которая может быть заменена элементарными операциями сдвига и сложения  $(n - k)$ -разрядных векторов в поле  $GF(q)$ . Поэтому эти алгоритмы пригодны для матрично-конвейерной (систолической) обработки в параллельных вычислителях либо для многопоточковой обработки при программной реализации.

**Список літератури:** 1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е изд., испр.: Пер. с англ. // – М.: «Изд. дом Вильямс», 2004. – 1104 с. 2. Гилл А. Линейные последовательностные машины. – М.: Наука, 1974. – 288 с. 3. Семеренко В.П. Декодирование кодов Рида-Соломона по графовой и автоматной моделях // Электронное моделирование. – 2011. – 33, № 1. – С. 57-72. 4. Semerenko V.P. Burst-Error Correction for Cyclic Codes. // Proc. of International IEEE Conference EUROCON-2009. – S.Petersburg, Russia. – P. 1646-1651.