Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т./XVIII, вып. 1, 1975 г.

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ В АСУ

М.И.Хакукаев

Совершенствование управления народным хозяйством на базе широкого применения экономико-математических методов, использования электронно-вычислительной, организационной техники и средств сбора и передачи информации предусматривает разработку и внедрение автоматизированных систем управления (АСУ) отраслями, организациями и предприятиями. Таких АСУ за пятилетие намечено ввести в действие более 1600.

Создание АСУ включает решение ряда важных проблем, в том числе и касающихся передачи дискретной информации по реальным каналам связи, среди которых одна из основных – проблема повышения достоверности передачи.

Метод коррекции ошибок, возникающих при передаче информации в АСУ, предполагает, что передача информации ведется блоками конечной длины; применяемые коды относятся к классу равномерных блочных кодов; коррекция ошибок осуществляется строчным суммированием и "взвешиванием" кодовых комбинаций, что позволяет обнаруживать ошибки любой кратности за исключением транспозитивной (образованной из двух и более необнаруживаемых строчным суммированием и "взвешиванием" ошибок вида переход одной разрешенной комбинации в другую).

Для сообщения, записанного в виде матрицы $A=\{a_{kj}\}_{\substack{k=1,\dots,n\\ j=1,\dots,t}}$, однократная транспозитивная ошибка имеет вид

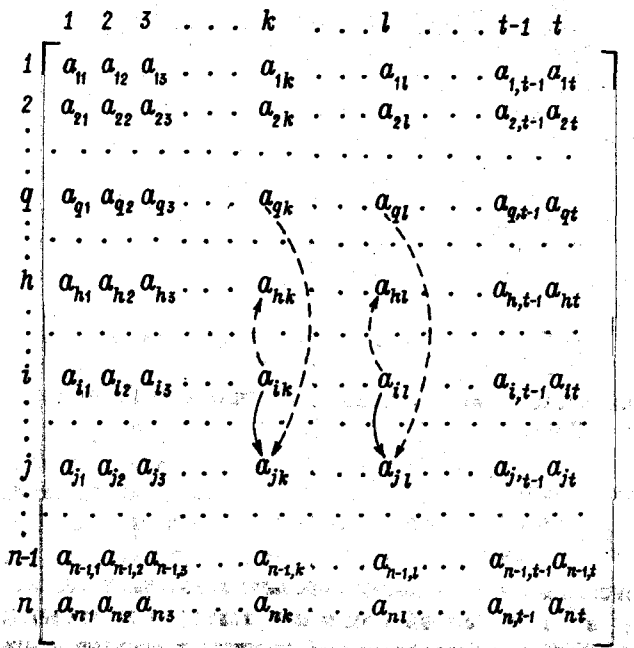
$$\begin{bmatrix} a_{ik} & a_{il} \\ a_{jk} & a_{jl} \end{bmatrix};$$

здесь элемент a_{ik} перешел в элемент a_{jk} и $a_{jl} \to a_{il}$. Двукратная транспозитивная ошибка имеет вид

$$\begin{pmatrix} a_{qk}, & a_{ql} \\ a_{hk}, & a_{hl} \\ a_{ik}, & a_{il} \\ a_{jk}, & a_{jl} \end{pmatrix},$$

здесь $a_{qk} \to a_{jk}$, $a_{ik} \to a_{hk}$ и $a_{ql} \to a_{jl}$, $a_{il} \to a_{hl}$.

При этом матрица A представлена в виде



Очевидно, чтобы обнаружить транспозитивные ошибки, достаточно иметь хотя бы одну контрольную сумму, содержащую нечетное число элементов, которые участвуют в образовании ошибки. Но ошибка имеет вид матрицы, а в любой матрице первая и последняя диагонали проходят только через один элемент, поэтому контрольные суммы могут быть получены, если суммировать по этим диагоналям. При этом число избыточных элементов равно $n+t-1$. В результате определенных упрощений и преобразований исходной матрицы число избыточных элементов может быть уменьшено до n, т.е. на одну кодовую комбинацию будет приходиться один избыточный элемент.

В рассмотренном ниже примере $n=t$, т.е. сообщение имеет вид полной квадратной матрицы. При $t>n$ информационное сообщение разбивается на t/f подматриц ($f=n+x$ – шаг разбиения или суммирования; $x=1,2,3\ldots,t-n-2,t-n-1,t-n$), число избыточных элементов становится равным $n+x$.

Однако в каждой паре одноименных кодовых комбинаций, расположенных в разноименных подматрицах, транспозитивная ошибка не будет обнаружена. Для ее обнаружения производится вторичное разбиение с шагом $f_1>f$. Нетрудно показать, что длина сообщения, для которого все транспозитивные ошибки обнаруживаются, равна произведению шагов суммирования $t_0=f_1\times f$. Если при этом $t_0<t$, то производится следующее разбиение, и т.д., до тех пор пока не будет выполнять соотношение

$$t \leqslant \prod_{k=1}^{m} f_k , \qquad (1)$$

где f_k – ряд взаимнопростых чисел (5,7,9,11....), первый член этого ряда не должен быть меньше n.

При выполнении данного соотношения все транспозитивные ошибки для сообщения длины t будут обнаружены, а число избыточных элементов

$$F = \sum_{k=1}^{m} f_k . \qquad (2)$$

Согласно выражениям (1) и (2), число избыточных элементов, приходящихся на одну кодовую комбинацию, F/t стремится к уменьшению быстрее, чем растет t, что очевидно.

Применение данного метода совместно с методами строчного суммирования и "взвешивания" кодовых комбинаций для равномерных блочных кодов при вероятности возникновения одиночной ошибки $1 \cdot 10^{-6}$ повышает достоверность передачи более чем на два порядка.