

УДК 621.391

БИБЛИОТЕКИ ОБРАЗОВ ОШИБОК ПРИ НЕРАВНОМЕРНОМ КОДИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИИ

О.Г. СМОЛЯКОВА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П.Бровки, 6, 220013, Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 10 октября 2010

Рассматривается способ неравномерного кодирования информации. Вводится понятие шаблона ошибок. Проводится анализ расположения ошибочных символов при двумерном неравномерном кодировании информации. Определяются правила формирования библиотеки образов ошибок, приводится алгоритм ее создания при неравномерном кодировании информации.

Ключевые слова: двумерное кодирование, неравномерное двумерное кодирование, образы ошибок, библиотеки образов ошибок.

Введение

При двумерном кодировании информации информация представляется в виде таблицы и кодируется по строкам кодом $C1$, а затем по столбцам кодом $C2$ (рис. 1 *а*). При использовании двумерного кодирования для неравномерной защиты данных информация представляется аналогично, за исключением того, что код $C2$ кодирует не все информационные столбцы, а только часть из них (рис. 1 *б*).

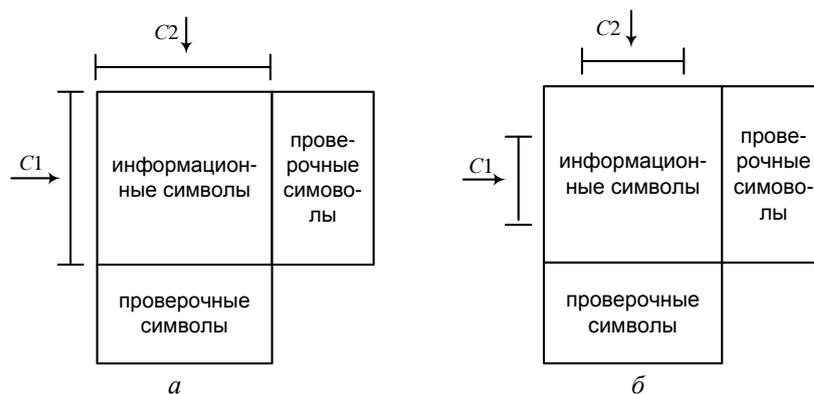


Рис. 1. Представление информации при двумерном кодировании:
а – равномерная защита данных; *б* – неравномерная защита данных

Неравномерным кодированием информации называется способ двумерного кодирования, при котором существуют информационные символы, закодированные только каким-либо одним кодом (либо $C1$, либо $C2$). Возможность же исправления ошибки при таком способе кодирования зависит, в том числе, и от ее местоположения.

Использование библиотек образов ошибок при двумерном кодировании информации является новым подходом в решении проблемы «селектора» теории кодирования. Как показано в [2] число образов случайных ошибок значительно меньше числа синдромов при одномерном кодировании информации. Такое уменьшение числа комбинаций, используемых при определении вектора ошибок, возможно из-за двумерного представления вектора ошибок. Ниже пока-

зано, что представление вектора ошибок при неравномерной защите информации как двумерной таблицы, приводит к таким же результатам.

Образ случайных ошибок представляет собой двумерную таблицу, получаемую из разделенного на блоки (строки таблицы) одномерного вектора ошибок, из которой удалены строки и столбцы, не содержащие ошибочных символов.[1] Как показано в [2] процедура формирования безызбыточной библиотеки образов случайных ошибок сложна и трудоемка. Сложность данной процедуры определяется временем, затрачиваемым на расчет библиотеки, и зависит от числа образующих векторов ошибок [2].

Образы ошибок при неравномерном кодировании информации

Шаблон ошибок при неравномерном кодировании информации назовем прямоугольником, разбитый на четыре части (рис. 2). Темно-серым цветом в шаблоне помечается местоположение ошибки, которая произошла в зоне, защищенной обоими кодами, светло-серым – ошибка расположена в зоне, защищенной только кодом $C1$, серым – только кодом $C2$.

Применение шаблона определяет степень защищенности информации при возникновении ошибок. Нахождение ошибки в темно-серой зоне позволяет применять для ее исправления как код $C1$ так и код $C2$, что повышает вероятность ее коррекции.

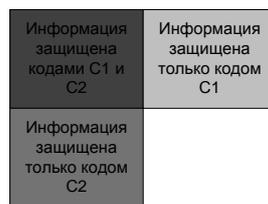


Рис. 2. Шаблон ошибок неравномерной защиты данных

Так как случаи, когда информация может быть передана по каналу связи незакодированной довольно редки, в дальнейшем будем рассматривать ситуации, когда кодом $C1$ защищаются все информационные символы, а кодом $C2$ – только часть (рис. 3).

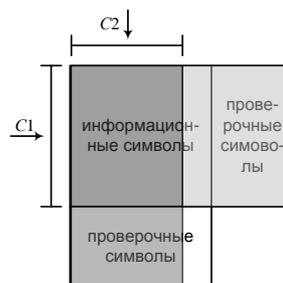


Рис. 3. Размещение шаблона ошибок на представлении информации при неравномерном кодировании

При возникновении ошибок при двумерном неравномерном кодировании ошибочные символы могут располагаться в одном из трех зон шаблона ошибок в любом количестве. Необходимо найти все возможные размещения ошибок в зависимости от того, в какой зоне шаблона они находятся. На рис. 4 приведены все возможные случаи расположения двукратной ошибки при использовании шаблона ошибок неравномерного кодирования.

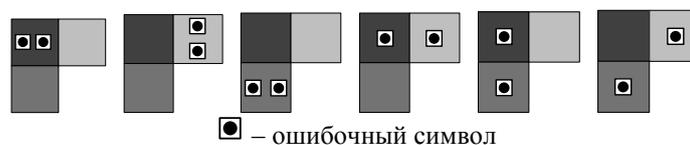


Рис. 4. Места расположения ошибок при использовании шаблона ошибок неравномерного кодирования

Для решения проблемы размещения ошибок в блоке шаблона ошибок необходимо решить комбинаторную задачу размещения t_2 ошибок в 3-х блоках. Обозначим зоны шаблона

ошибок неравномерного кодирования латинскими буквами: A – зону, защищенную кодами $C1$ и $C2$, B – зону, защищенную кодом $C1$, C – зону, защищенную кодом $C2$. Если все возникшие ошибки попадают в одну зону, то возможны три ситуации – ошибки размещаются в блоке A , или в блоке B , или в блоке C ; если ошибки распределяются по двум зонам, то возможны случаи расположения в зонах AB , AC , BC ; если ошибки распределяются по трем зонам – то это случай использования всего шаблона ABC .

Правило размещения ошибочных символов в шаблоне ошибок неравномерного кодирования, алгоритм которого приведен на рис. 5, состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Определить кратность ошибки t_{Σ} .

Шаг 2. Разложить t_{Σ} на слагаемые так, чтобы количество слагаемых не превышало 3.

Шаг 3. Каждое разложение t_{Σ} , состоящее из одного слагаемого, поместить поочередно в зоны A, B, C соответственно.

Шаг 4. Каждое разложение t_{Σ} , состоящее из двух слагаемых, поместить поочередно в зоны AB, AC, BC соответственно.

Шаг 5. Каждое разложение t_{Σ} , состоящее из трех слагаемых, поместить поочередно в зону ABC .

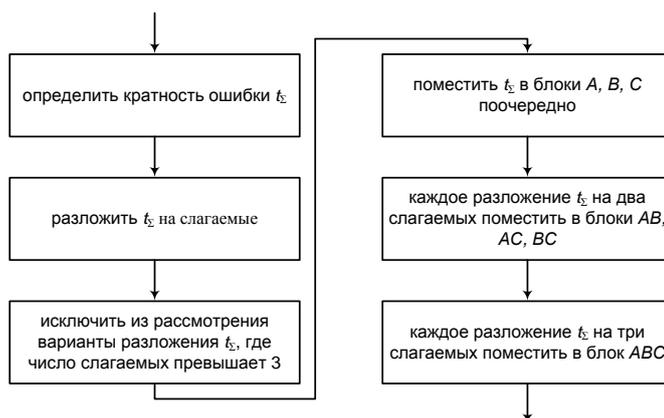


Рис. 5. Алгоритм размещения ошибочных символов в шаблоне ошибок неравномерного кодирования

Множество расположения ошибок при неравномерном кодировании для кратности ошибок $t=3$, согласно приведенному правилу, показано на рис. 6; видно, что этих размещений 10.

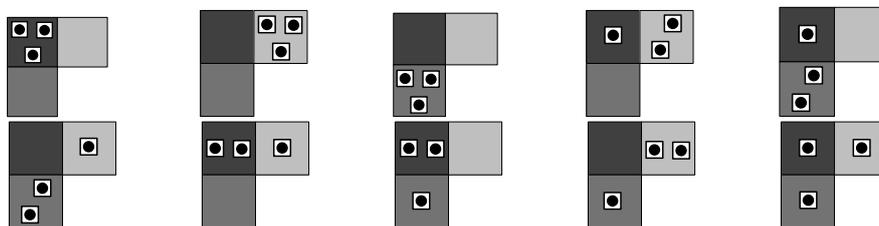


Рис. 6. Размещение трехкратной ошибки в шаблоне ошибок при неравномерном кодировании

Формирование библиотек образов ошибок при неравномерном кодировании информации

При применении двумерного неравномерного кодирования, аналогично двумерному кодированию, закодированное слово $A_{дв}$ представляет собой таблицу, состоящую из X строк и Y столбцов. Ошибка, которая возникает в таком кодовом слове, обладает двумя параметрами – номером строки x и номером столбца y , в котором она находится. Однако, при больших длинах кодовых слов $n=n_1 \cdot n_2$, существуют случаи, когда строка или столбец двумерного кодового слова $A_{дв}$ не содержат ошибочных символов. Образ двумерной ошибки $ve_{дв}(A_{дв})$ слова $A_{дв}$ образуется путем вычеркивания из исходного слова безошибочных строк и столбцов. Ошибку $ve_{дв}(A_{дв})$ также можно представить как таблицу, каждая строка и столбец которой обязательно содержат не менее одного ошибочного символа (рис. 7).

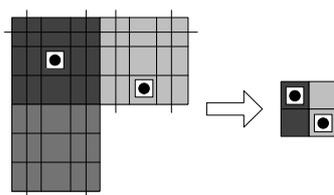


Рис. 7. Формирование образа ошибок при неравномерном кодировании информации

Задача определения библиотек образов ошибок при неравномерном кодировании включает в себя поиск всех возможных образов ошибок разной кратности, которые не являются перестановками строк и столбцов друг друга (рис. 8). Эта задача является вычислительно сложной из-за большого числа возможных векторов ошибок.

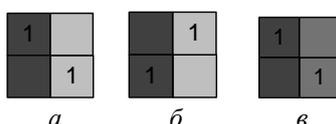


Рис. 8. Образы ошибок при неравномерном кодировании информации

Для построения библиотеки образов ошибок при неравномерном кодировании сначала необходимо получить безызыбыточную библиотеку образов случайных ошибок. Безызыбытная библиотека образов случайных двукратных ошибок содержит три образа. Предположим, что две ошибки произошли в зоне, защищаемой кодами $C1$ и $C2$, тогда для неравномерного кодирования возможны три образа ошибок. Для дальнейшего построения библиотеки возьмем шаблон двукратной ошибки, где в светло-серой и темно-серой зоне произошло по одной ошибке. Образы ошибок T1-01 и T1-03 в данном шаблоне реализуемы, а образ T1-02 нет, так как невозможно расположить две однократные ошибки друг под другом так, чтобы одна из них было защищена кодами $C1$ и $C2$, и другая – только кодом $C2$. На рис. 9 показаны образы ошибок при неравномерном кодировании в случае применения двух оставшихся шаблонов ошибок. Неформируемым образом ошибок при неравномерном кодировании называется случай, когда шаблон ошибок невозможно применить к образу случайной ошибки.

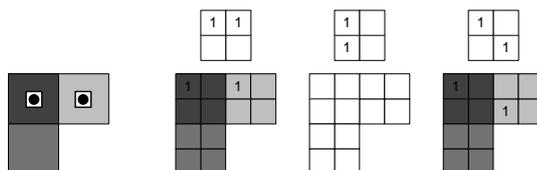


Рис. 9. Образы ошибок при неравномерном кодировании – неформируемые образы

Учитывая вышесказанное, безызыбытная библиотека образов двукратных ошибок при неравномерном кодировании информации содержит 14 образов ошибок, приведенных на рис. 10.

Для нахождения образов ошибок при неравномерном кодировании используется следующее правило:

Правило формирования библиотеки образов ошибок при неравномерном кодировании информации.

- 1) Получить безызыбыточную библиотеку образов ошибок кратности t .
- 2) Получить шаблоны ошибок кратности t .
- 3) Поставить в соответствие каждому шаблону образ случайных ошибок.
- 4) Исключить неформируемые образы ошибок.

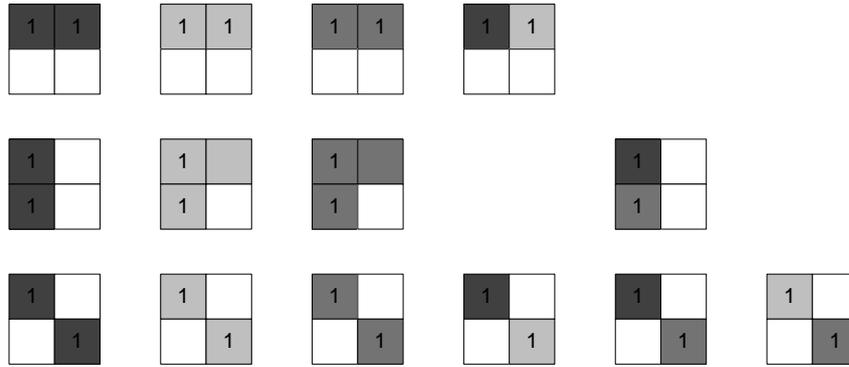


Рис. 10. Безызбыточная библиотека образов ошибок при неравномерном кодировании, $t=2$

На основании правила предлагается использовать нижеследующий метод формирования библиотек образов ошибок при неравномерном кодировании, сущность которого состоит в выполнении следующих этапов.

Определяется безызбыточная библиотека образов случайных ошибок согласно [2] или берется готовая.

Ошибочные символы размещаются в шаблоне согласно правилу, представленному выше.

Каждому образу случайных ошибок ставится в соответствие шаблон ошибок при неравномерном кодировании.

Если сопоставление шаблона и образа возможно, то образ ошибок добавляется в безызбыточную библиотеку образов ошибок при неравномерном кодировании.

Если сопоставление шаблона и образа невозможно, образ является неформируемым образом ошибок, то такой образ игнорируется.

Алгоритм формирования библиотеки образов ошибок при неравномерном кодировании показан на рис. 11.

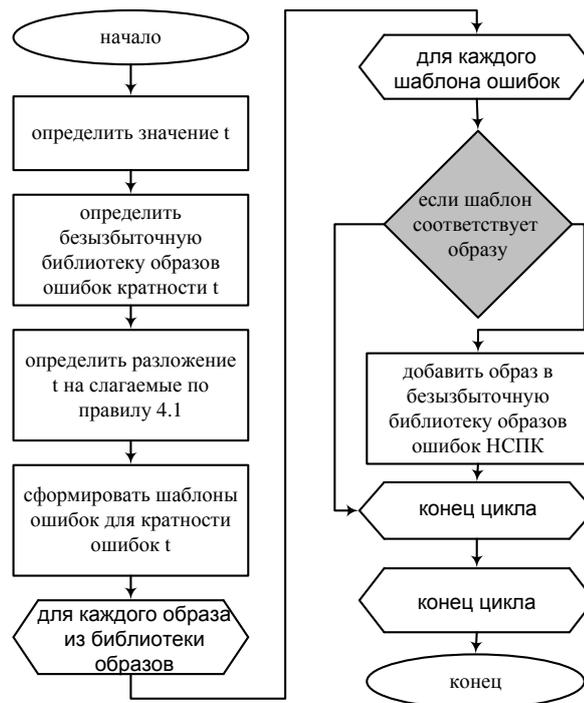


Рис. 11. Алгоритм формирования библиотеки образов ошибок при неравномерном кодировании

Количество образов ошибок, полученное в результате проведенных вычислений, в зависимости кратности ошибок и соответствующие им количества синдромов при использовании одномерного кодирования информации приведены в таблице.

Число образов ошибок при неравномерном кодировании информации

t	Число образов ошибок при неравномерном кодировании	Число образов ошибок при двумерном кодировании информации	Число селективируемых комбинации при одномерном кодировании информации	
			$n=127$	$n=1023$
2	14	3	8 001	522 753
			$n=127$	$n=1023$
3	52	6	333 375	177 910 271
			$n=127$	$n=1023$

Как видно из таблицы, уменьшение числа селективируемых комбинации в зависимости от длины кода n характеризуется степенью порядка от 10^3 до 10^8 для $t=2, 3$, что объясняется независимостью числа образов от длины кода. Увеличение числа образов ошибок при неравномерном кодировании примерно в 8,7 раза по сравнению с библиотеками образов ошибок при двумерном кодировании информации объясняется необходимостью учета зон размещения ошибок в шаблоне ошибок.

LIBRARIES OF IMAGES OF ERRORS AT NON-UNIFORM CODING OF THE INFORMATION

O.G. SMOLYAKOVA

Abstract

The way of non-uniform coding of the information is considered. The concept of a template of errors is entered. The analysis an arrangement of erroneous symbols is carried out at two-dimensional non-uniform coding of the information. Rules of formation of library of images of errors are defined, the algorithm of its creation is resulted at non-uniform coding of the information.

Литература

1. Конопелько В.К., Смолякова О.Г., Ахмед Саид Аль-Алем // Тезисы Международной научно-технической конф., посв. 45-летию МРТИ-БГУИР. Минск. 2009.
2. Смолякова О.Г. // Кандидатская диссертация. Минск, 2010.