Государственный комитет связи и информатизации Украины

Украинская государственная академия связи им. А.С. Попова

Н.В. Захарченко, Г.Г. Филатов, Л.Г. Йона, И.А. Киреев

ФАКСИМИЛЬНАЯ СИСТЕМА СВЯЗИ

Учебное пособие

по курсу «Системы документальной электросвязи»
Раздел «Факсимильные методы передачи»

УТВЕРЖДЕНО
методическим советом
факультета ИС
Протокол № 8
от 17 апреля 2001 г.

Одесса 2001

УДК 621.397.12

План УМИ 2000/2001 уч. г.

Захарченко Н.В., Филатов Г.Г., Йона Л.Г., Киреев И.А.

Факсимильная система связи: Уч. пособие. – Одесса: УГАС им. А.С. Попова, 2001. - 28 с.

Ответственный редактор – **Б.С. Владишевский**

Рецензенты: доц. **В.Ф. Титенко,**
доц. **Л.А. Никитюк**

Рассматриваются вопросы организации и функционирования системы документальной факсимильной связи, обеспечивающей передачу и воспроизведение штриховых изображений, применительно к факсимильным аппаратам третьей (G3) группы.

Изложены методы преобразования изображения в дискретные сигналы, сжатия данных, организации взаимодействия устройств передачи и приема изображения, сопряжения с каналом связи. Приведен пример схемной и конструктивной реализации факсимильного аппарата третьей группы.

Предназначено для самостоятельной подготовки студентов по курсу «Документальная электросвязь».

ОДОБРЕНО
на заседании кафедры
документальной электросвязи
и рекомендовано к печати
Протокол № 6
от 18 января 2001 г.

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Факсимильная связь – это система электросвязи, обеспечивающая передачу и воспроизведение неподвижных изображений на расстоянии.

Факсимильный аппарат – оборудование, предназначенное для передачи неподвижных изображений путем преобразования оптических плотностей оригинала в электрические сигналы и (или) электрических сигналов – в оптические плотности факсимильной копии.

Неподвижное изображение – это сообщение, информация в котором представлена в виде штриховых или полутоновых изображений, размещенных на соответствующем носителе.

Штриховой режим работы – режим работы факсимильного аппарата, при котором передаются только две градации полутонов изображения – черное и белое.

Полутоновый режим работы – режим работы факсимильного аппарата, при котором передается определенное количество градаций полутоновых изображений.

В качестве носителя информации используется бумажный лист определенного размера, например, формата А4 (210×297 мм), на котором информация в виде текста располагается вдоль продольной стороны, перпендикулярно поперечной стороне.

Процедура передачи информации об изображении, называемая ***анализом изображения,*** складывается из двух этапов:

- разложение изображения на элементарные площадки (***растровые элементы – пикселы***), размеры которых меньше самых малых элементов изображения;
- передача информации о значении ***коэффициента отражения*** ρ поверхности изображения в пределах растрового элемента.

Отражающую способность изображения характеризуют степенью почернения поверхности, называемой ***оптической плотностью D.***

$$D = \lg \frac{1}{\rho}. \qquad (1)$$

Изображение на передаче именуют ***оригиналом***.

Растровый элемент на поверхности изображения создается с помощью светового луча, направляемого на анализируемую поверхность под определенным углом к ней. Отраженный световой поток, несущий информацию о коэффициенте отражения поверхности в анализируемой точке изображения, преобразуется в электрический сигнал. Интенсивность отраженного светового потока

изменяется практически скачкообразно от одного крайнего значения оптической плотности к другому при передаче информации о штриховых изображениях и плавно – при полутоновых.

Восстановление изображения на приемном конце системы факсимильной связи из принимаемых электрических сигналов (***синтез изображения***) производится путем поэлементной записи информации о коэффициенте отражения на носитель (бумагу, фотопленку). Запись производится посредством так называемого ***воспроизводящего элемента***, эквивалентного по размерам растровому. Это может быть световое пятно, если носитель информации – фотопленка, электрод, если носитель – электрохимическая или термобумага. Восстановленное на приемном конце изображение носит название ***копии***.

Процедуры анализа и синтеза изображения включают также процесс, называемый разверткой изображения***. Развертка факсимильного изображения*** – это перемещение развертывающего элемента по поверхности оригинала или копии. Последовательное перемещение растрового (воспроизводящего) элемента вдоль одной стороны изображения (носителя на приеме) образует ***строку развертки***. Последующая строка формируется перемещением растрового (воспроизводящего) элемента на определенное расстояние вдоль другой стороны изображения в соответствии шагом развертки. ***Шаг развертки*** (шаг подачи) – расстояние между осями смежных строк развертки на факсимильном изображении. Шаг развертки выбирается таким, чтобы строки вплотную прилегали друг к другу. ***Плотность развертки*** (четкость изображения) – величина, измеряемая числом строк на 1 мм факсимильного изображения.

Размер растрового элемента и шаг развертки определяют параметры ***сканирования изображения***:

- число элементов, приходящееся на 1 мм строки, плотность сканирования по горизонтали, например, 8 элементов на 1 мм;
- число строк, приходящееся на 1 мм поверхности, плотность сканирования по вертикали, например, 7,7 линий на 1 мм.

В процессе воспроизведения изображения должен быть выполнен ряд требований, чтобы обеспечить соответствие копий оригиналу:

1 Положение воспроизводящего элемента должно соответствовать во времени положению растрового элемента на передаче относительно изображения. Это требование обеспечивается за счет сигналов фазирования, передаваемых либо после каждой строки, либо только в начале передачи изображения.

2 Скорости перемещения растрового и воспроизводящего элементов вдоль строки должны быть согласованы (необязательно одинаковы). Это требование обеспечивается системой синхронизации.

3 Значения оптической плотности в пределах элемента на оригинале и копии должны быть адекватны (тождественны).

Развертка изображения производится двумя способами.

1 ***Барабанная развертка***. Носителю с изображением придается форма цилиндра; два края изображения, поперечных строкам, стыкуются по образующей цилиндра. Изображение при этом может располагаться либо на внешней,

либо на внутренней стороне цилиндра. Развертка осуществляется посредством перемещения растрового (воспроизводящего) элемента по строке за счет вращения цилиндра и перемещения вдоль оси цилиндра устройства, формирующего растровый (воспроизводящий) элемент. Шаг развертки определяется скоростью перемещения устройства формирования растрового (воспроизводящего) элемента вдоль оси цилиндра. Ввиду того, что это перемещение непрерывно, строки развертки располагаются под определенным углом относительно основания цилиндра. В результате последовательность строк развертки образует в пространстве спираль, в которой витки практически вплотную прилегают друг к другу.

2 ***Плоскостная развертка***. Носитель с изображением имеет форму плоскости. Развертка по строкам производится вдоль короткой стороны носителя. Шаг развертки создается перемещением развертывающего элемента либо носителя на определенное расстояние перпендикулярно строке. Совокупность строк образует в пространстве плоскость.

Возможна организация передачи изображения между разнотипными факсимильными передатчиком и приемником. В этом случае размеры оригинала и копии различны, но геометрические соотношения в копии сохраняются такими же, как в оригинале. Взаимодействие обеспечивается определенным соотношением параметров развертки. Это модуль или коэффициент взаимодействия.

Модуль взаимодействия определяется отношением диаметра барабана к шагу развертки факсимильного аппарата:

$$M_{\text{бар}} = \frac{D_{\text{бар}}}{\delta_{\text{р}}}. \qquad (2)$$

Коэффициент взаимодействия определяется отношением длины строки развертки к шагу развертки факсимильного аппарата:

$$M_{\text{пл}} = \frac{\ell}{\pi\delta_{\text{р}}}, \qquad (3)$$

В формулах (2) и (3): $D_{\text{бар}}$ – диаметр барабана; $\delta_{\text{р}}$ – шаг развертки; ℓ – длина строки. Рекомендация МСЭ предусматривает несколько значений модуля взаимодействия – 352, 264.

Основанная на указанных принципах система факсимильных аппаратов подразделяется на:

- фототелеграфную аппаратуру, предназначенную для передачи полутоновых изображений;
- факсимильные аппараты, предназначенные для передачи штриховых изображений.

Система факсимильных аппаратов классифицируется МСЭ (рекомендации серии Т) по четырем группам. Они различаются:

- ❖ по времени передачи изображения формата А4:

  первая группа – 6 мин;

  вторая группа – 3 мин;

  третья и четвертая группы – 1 мин;

❖ по характеру электрических сигналов, в которые преобразуется изображение:

первой и второй группы – аналоговые;

третьей и четвертой – дискретные;

❖ по способу передачи электрических сигналов изображения:

первой и второй группы – непосредственная;

третьей и четвертой – применением сжатия данных;

❖ по виду используемой модуляции:

первой и второй группы – АМ, ЧМ;

третьей и четвертой – ЧМ, ОФМ, АОФМ.

Аппараты первой и второй групп используются в выделенных факсимильных сетях, предназначены для работы в некоммутируемой сети факсимильных связей.

Аппараты третьей группы широко используются в телефонной коммутируемой сети общего пользования, массово выпускаются различными фирмами, находят широкое применение в различных сферах деятельности: офисах, на промышленных предприятиях, в управленческой сфере.

Аппараты четвертой группы предназначены для использования на сетях передачи данных общего пользования, имеют средства защиты передаваемой информации от ошибок, обеспечивают автоматический прием телетексных документов.

Данное пособие посвящено анализу принципов построения и характеристикам факсимильных аппаратов третьей группы.

Упражнение к разделу 1

Сформируйте дискретный сигнал, соответствующий четырем строкам заданного учебной бригаде варианта штрихового изображения. Разложение на строки производить последовательно для каждого члена бригады.

Принять:

✓ длину строки – 197 мм;

✓ шаг развертки вдоль строки – 8 элем/мм;

✓ шаг развертки по вертикали – 4 строки/мм.

1 СДЕЛАЛ ДЕЛО – ГУЛЯЙ СМЕЛО!

2 НЕ ВСЕ ТО ЗОЛОТО, ЧТО БЛЕСТИТ!

3 ГОРИТ ВОСТОК ЗАРЕЮ НОВОЙ…

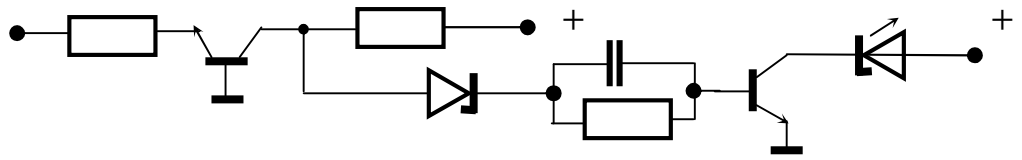
4 THE QUCK BROWN FOX JUMP OVER THE LAZY DOG!

5 В ЧАЩАХ ЮГА ЖИЛ БЫ ЦИТРУС?

6 $f(x) = (1/sqrt(2 * \pi) * \sigma) * \exp(-(x - a) * *2 / 2 * \sigma * *2)$

7 ХІБА РЕВУТЬ ВОЛИ, ЯК ЯСЛА ПОВНІ?

8



2 СЖАТИЕ ДАННЫХ

Факсимильная передача изображений обладает высокой помехозащищенностью, возникающей за счет значительной избыточности передаваемых сообщений. Так, для передачи текстового изображения, размещенного на странице формата А4 при дискретизации 8 элем./мм и 7,7 лин./мм, объем сообщения составляет примерно $3{,}5 \cdot 10^6$ бит.

Передача такого же текста кодом МТА-2 по телеграфным связям составит объем сообщения $1{,}3 \cdot 10^{-4}$ бит. В связи с этим на факсимильных связях третьей и четвертой групп (использующих для передачи информации об изображении дискретные сигналы) применяется процедура, называемая сжатием (компрессией) данных.

Сущность ***компрессии данных*** заключается в том, что информация о состоянии элементов строки (белое, черное) передается специальными кодовыми комбинациями неравномерного двоичного кода. Для формата А4 строка, состоящая из 1728 элементов разложения, может содержать либо элементы одного сообщения (например, белого), либо представлять чередование состояний (так называемых ***серий***) белого и черного.

Принцип построения кодовых комбинаций следующий: ***сериям, имеющим большую вероятность появления, соответствуют комбинации с меньшим числом элементов***. Характерной особенностью комбинаций является ***отсутствие повторяющихся последовательностей 1 и 0***. Этим обеспечи-

вается однозначное декодирование, отпадает необходимость введения дополнительных элементов для обозначения начала и конца комбинаций (фазирующих элементов). Это код, образующийся в процессе выполнения по отношению к длине серии процедур Хаффмэна, при которых кодовое слово, описывающее данную длину, тем короче, чем больше вероятность появления этой серии.

Модифицированный код Хаффмэна – способ одномерного кодирования по процедуре Хаффмэна, рекомендованный МККТТ для кодирования черно-белых факсимильных изображений.

В зависимости от числа элементов в кодируемой серии кодовые комбинации подразделяются на два вида:

завершающие;

начальные.

Завершающий код включает кодовые комбинации, соответствующие 1…63 элементам серий изображений, отдельно для серий белого и черного (см. табл. А2).

Длина серий	Кодовые комбинации белого W (white)	Кодовые комбинации черного B (black)
0	00110101	0000110111
1	000111	010
2	0111	11
3	1000	10
…	…	…
19	0001100	00001100111
20	0001000	00001101000
…	…	…
62	00110011	000001100110
63	00110100	000001100111

Начальный код включает кодовые комбинации с числом элементов от 64 до 1728, кратностью 64 элемента (см. табл. А1):

64	11011	0000001111
128	10010	000011001000
…	…	…
1664	01100	0000001100100
1728	010011011	0000001100101

Серия длиной меньше 64 элементов отображается комбинацией завершающего кода. Если длина серий больше 63 элементов, она отображается начальным кодом, за которым следует завершающий код. Например: при длине серии 190 элементов белого

$$190W \rightarrow 128W + 62W \rightarrow 10010\ 00110011.$$

Таким образом, строка данных составляется из комбинаций переменной длины, в которой комбинации серий белого и черного чередуются, либо ото-

бражается одно состояние элементов строки, если перемены цвета по строке нет: 1728W $\rightarrow$ 010011011.

При сжатии данных применяют сигналы, определяющие начало и конец строки. Каждая строка должна начинаться кодовой комбинацией серии белого. Если строка начинается с черного элемента, в начале строки передается комбинация, соответствующая серии белого нулевой длины. Признаком конца строки является специальная комбинация EOL (end of line) – 000000000001, независимо от цвета последнего элемента. Этот же сигнал используется для обозначения начала страницы (начало первой строки разложения), а повторенный шестикратно – в конце последней строки страницы является признаком возврата к управлению – RTC (return transmission control).

Интервал времени, отводимый на передачу одной строки, нормируется – 20 мс. Если общее время кодовых комбинаций W и R в строке меньше этого интервала, то в нее вводится сигнал заполнения (fill) – последовательность нулей переменной длины.

Технология построчного кодирования белых и черных серий образует так называемое ***одномерное кодирование***.

Применение одномерного кодирования при сжатии данных позволяет сократить объем передаваемых сигналов в пять раз. Еще большее сокращение объема передаваемых сигналов позволяет получить ***двумерное кодирование***. Для этого кода характерно, что позиция каждого изменяющегося элемента кодируемой строки кодируется с учетом позиции соответствующего изменяющегося элемента опорной строки, расположенной непосредственно над кодируемой строкой. При этом используются корреляционные свойства изображения соседних строк. ***Каждая последующая строка изображения вычисляется из предыдущей, кодируется же разностное значение сигналов***. При вычитании осуществляется декорреляция изображения, чем устраняется избыточность сигнала.

Одномерное кодирование – это способ кодирования источника видеосигнала, который учитывает статистические зависимости между элементами изображения только вдоль строки развертки, а ***двумерное*** – в обоих направлениях развертки.

Практически двумерная схема кодирования изображения реализуется путем сопоставления положений изменяющихся элементов в опорной и кодируемой строках.

Изменяющийся элемент – это элемент, состояние которого (белый, черный) отличается от состояния предыдущего ***элемента на той же строке*** развертки (рис. 2.1).

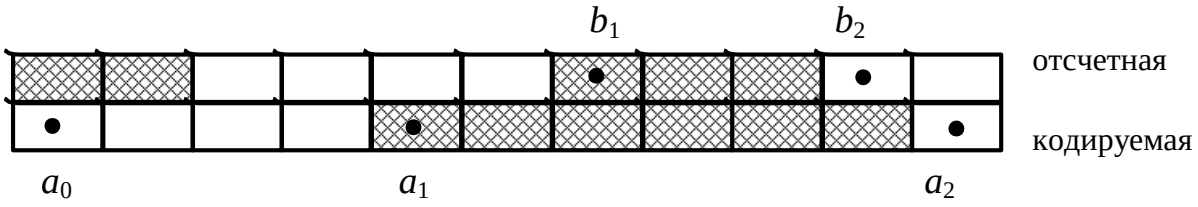


Рисунок 2.1 – Расположение изменяющихся элементов:

a_0 – отсчетный (начальный) элемент;

a_1 – изменяющийся элемент, находящийся справа от a_0;

a_2 – изменяющийся элемент, находящийся справа от a_1;

b_1 – первый изменяющийся элемент опорной строки, находящийся справа от a_0 и имеющий цвет, отличающийся от a_0;

b_2 – первый изменяющийся элемент, находящийся справа от b_1 .

При двумерном кодировании изменяется число элементов (разрядов) комбинации EOL. Дополнительный бит вводится в этот сигнал в качестве признака того, каким кодом будет кодироваться последующая строка:

EOL + 1 – последующая строка будет кодироваться одномерным кодом;

EOL + 0 – последующая строка кодируется двумерным кодом.

Процесс двумерного кодирования имеет три режима:

- ✓ переходный;
- ✓ вертикальный;
- ✓ горизонтальный.

Переходный режим P (pass) фиксируется в том случае, если наличию черного поля в отсчетной строке соответствует интервал белого поля в кодируемой и на расстоянии более чем один элемент в кодируемой строке черные элементы отсутствуют (рис. 2.2).

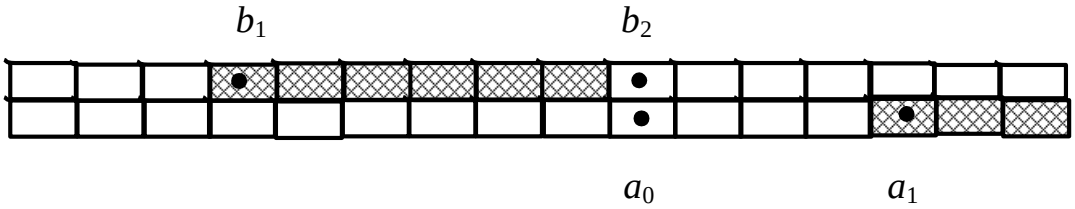
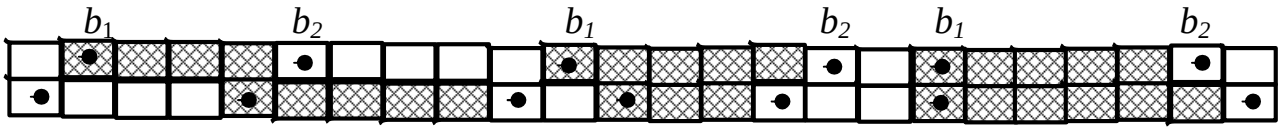


Рисунок 2.2 – Пример переходного режима

Переходный режим (код – 0001) фиксируется, если b_2 располагается левее a_1.

Вертикальный режим V (vertical) кодирования применяется в том случае, если серии черного в обеих строках совпадают хотя бы частично и разница между краями этих серий не превышает трех элементов (рис. 2.3).



a_0 a_1 a_2 a_1 a_2 a_1 a_2

1) a_0 a_1 $V_R(3)$ a_2

2) a_0 a_1 $V_L(1)$ a_2

3) a_0 a_1 $V_R(1)$ a_2

4) a_0 a_1 $V_L(3)$ a_2

5) a_0 a_1 V(0) a_2

Рисунок 2.3 – Пример вертикального режима

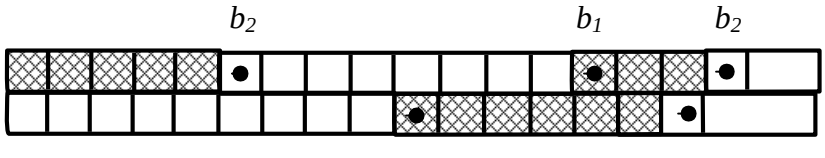
$V_R(3)$ – a_1 расположен справа от b_1 (vertical right), смещение три элемента;
$V_L(1)$ - a_1 расположен слева от b_1 (vertical left), смещение на один элемент;
…
V(0) – расположение элементов a_1 и b_1 совпадает, смещение отсутствует.

При вертикальном кодировании используются специальные кодовые комбинации, в том числе и одномерного кодирования.

Для выделения процедур двумерного кодирования применяется сигнал EOL + 0, что позволяет избежать ложного дешифрирования комбинаций:

$V_R(3)$	$V_L(1)$	$V_R(1)$	$V_L(3)$	V(0)
0000011	010	011	0000010	1

Горизонтальный режим (H) кодирования используется в том случае, если расстояние между сериями в опорной и кодируемой строках превышает три элемента (рис. 2.4):



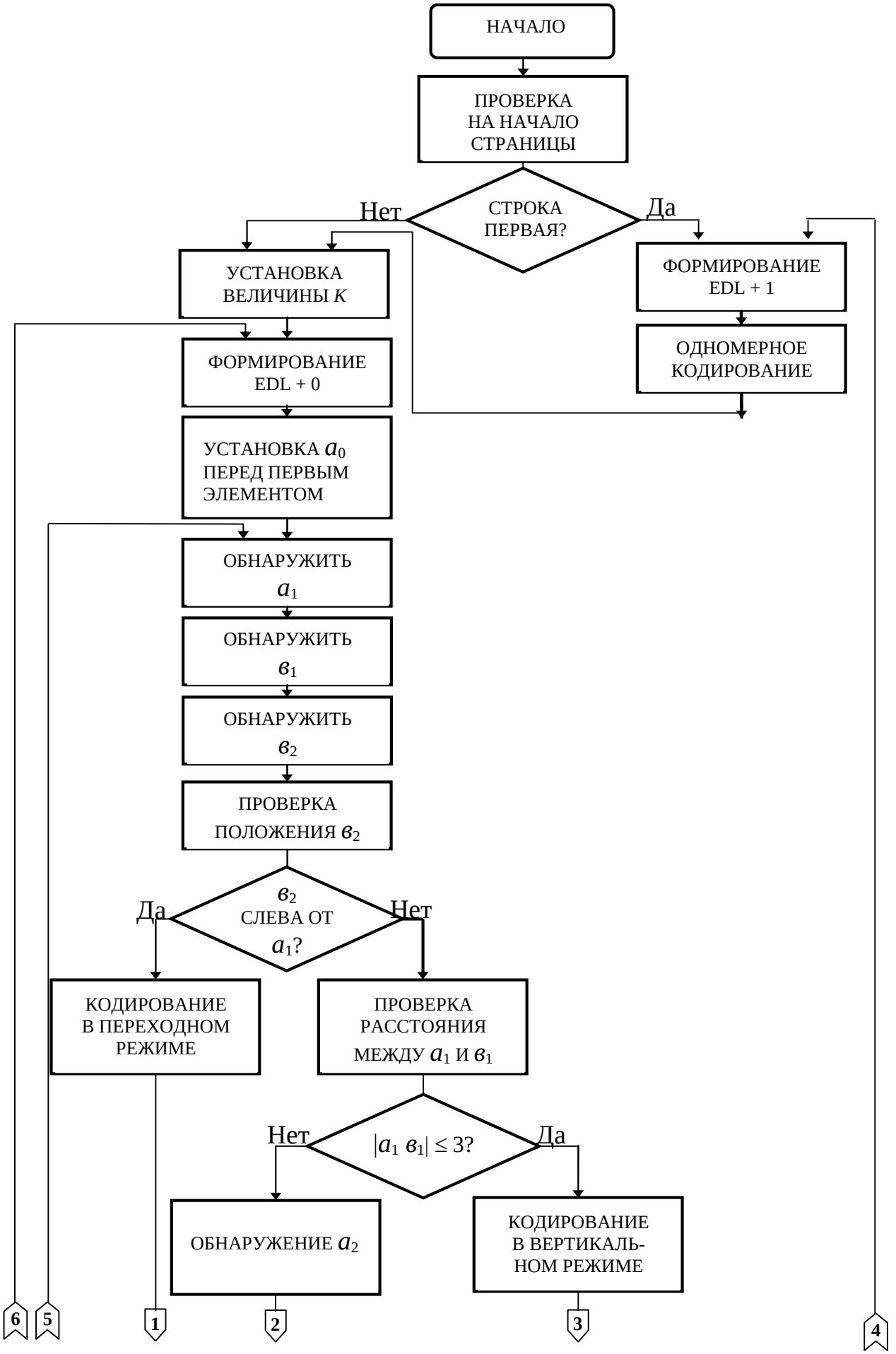
H(4, 7)

Рисунок 2.4 – Пример горизонтального кодирования

Горизонтальное кодирование заключается в последовательном отображении соответствующим одномерным кодом числа элементов на кодированном участке, отвечающем условию $a_1 b_1 > 3$.

$M(4, 7) \rightarrow 001 + M(a_0a_1) + M(a_1a_2) \rightarrow 001+M(4W)+M(7B) \rightarrow 001101100011.$

Комбинация 001 – признак горизонтального кодирования.


НАЧАЛО
ПРОВЕРКА НА НАЧАЛО СТРАНИЦЫ
СТРОКА ПЕРВАЯ?
Нет
Да
УСТАНОВКА ВЕЛИЧИНЫ K
ФОРМИРОВАНИЕ EDL + 1
ОДНОМЕРНОЕ КОДИРОВАНИЕ
ФОРМИРОВАНИЕ EDL + 0
УСТАНОВКА a_0 ПЕРЕД ПЕРВЫМ ЭЛЕМЕНТОМ
ОБНАРУЖИТЬ a_1
ОБНАРУЖИТЬ b_1
ОБНАРУЖИТЬ b_2
ПРОВЕРКА ПОЛОЖЕНИЯ b_2
b_2 СЛЕВА ОТ a_1?
Да
Нет
КОДИРОВАНИЕ В ПЕРЕХОДНОМ РЕЖИМЕ
ПРОВЕРКА РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ a_1 И b_1
$|a_1 b_1| \le 3$?
Нет
Да
ОБНАРУЖЕНИЕ a_2
КОДИРОВАНИЕ В ВЕРТИКАЛЬНОМ РЕЖИМЕ
6
5
1
2
3
4

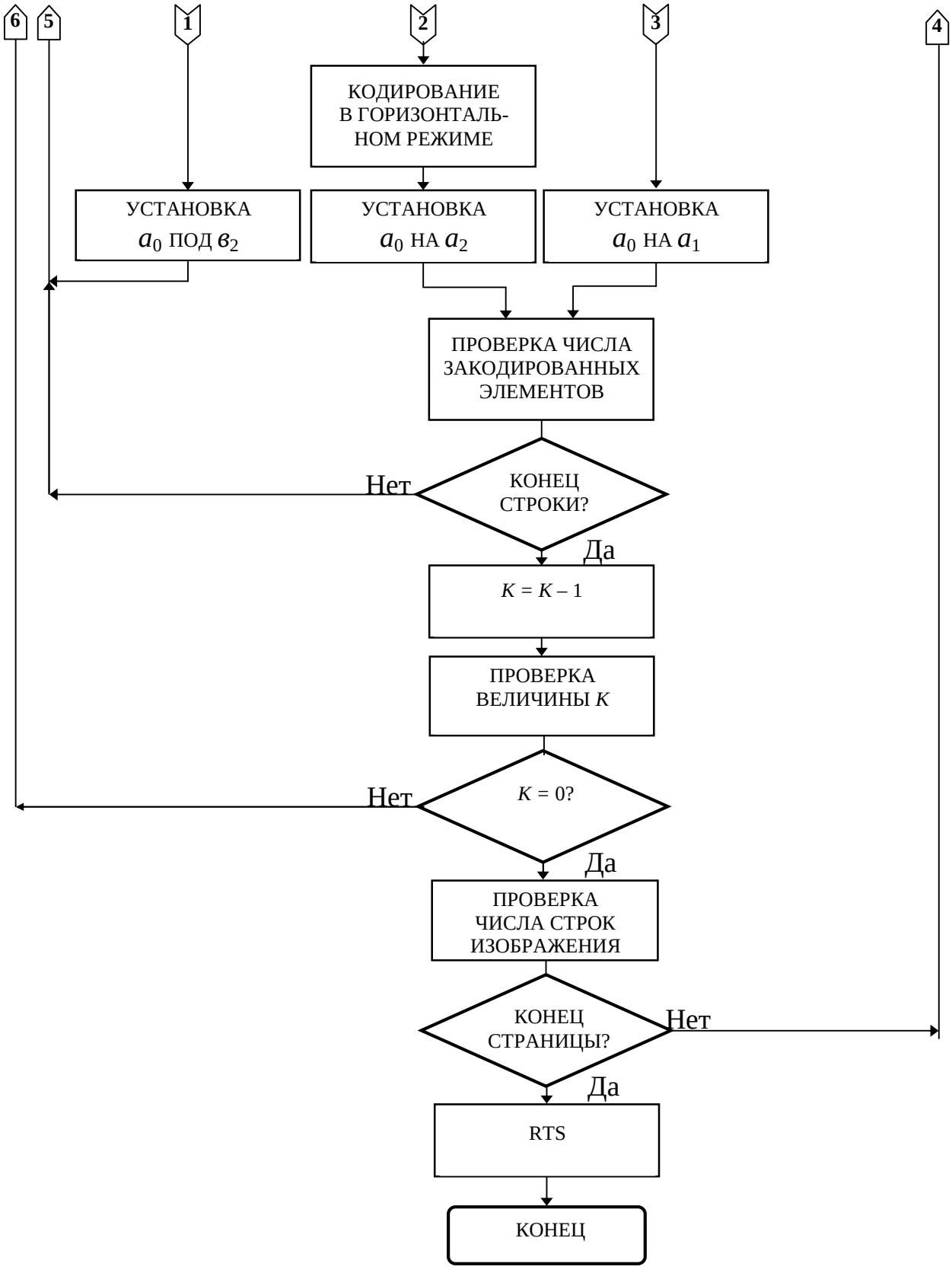


Рисунок 2.5 – Граф-схема алгоритма сжатия данных

Расширением двумерной схемы кодирования для аппаратуры третьей группы является передача информации в режиме без сжатия данных. Такой режим применяется в том случае, если участок строки отображается короткими сериями W и B (например, чередование тонких линий белого и черного). Вход в режим передачи без сжатия и выход из него обозначается специальными комбинациями:

вход на одномернокодированной строке – 000000001111;

вход на двумернокодированной строке – 0000001111;

выход в зависимости от числа элементов белой серии и цвета последующей серии:

0 → 00000011 – для черной;
00000010 – для белой;

…….

0000 → 000000000011 – для черной;
000000000010 – для белой.

Для того, чтобы ограничить область поражения в случае возникновения ошибок при передаче сигналов, одно- и двумерные режимы кодирования чередуются. Обычно одномернокодированная строка передается через K двумернокодированных строк. Стандартом предусматривается $K = 2$, однако допускается дополнительное значение $K = 4$.

Граф-схемы алгоритма кодирования можно, с некоторым упрощением, представить на рис. 2.5. Особенностью алгоритма является место установки начального элемента a_0 в зависимости от выполненного режима кодирования.

Упражнение к разделу 2

Выполните сжатие данных, полученных в предыдущем разделе, комплексно для всей учебной бригады.

Применять:

- кодирование – двумерное;
- стандартная вертикальная разрешающая способность $K = 3$;
- время передачи данных, соответствующих одной строке развертки – 20 мс.

Определить коэффициент сжатия данных R для данных учебной бригады.

При формировании кодовых слов сжатия данных воспользуйтесь таблицами А1…А3.

3 ПРОЦЕДУРЫ ФАКСИМИЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДОКУМЕНТОВ ПО КОММУТИРУЕМОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Под ***процедурами*** понимается система служебных и вспомогательных сигналов (называемая еще сигнализацией), с помощью которых обеспечиваются передача и прием с требуемым качеством неподвижных изображений в коммутируемой местной междугородной и международной телефонных сетях общего пользования.

Весь процесс факсимильной передачи в таких сетях может быть разделен на пять этапов (применительно к двоичнокодированной сигнализации, использующей для реализации процедур взаимодействия дискретные сигналы).

Этап А. Установление соединения с помощью оператора (вручную) или автоматически, в соответствии с адресными признаками (номером вызываемого корреспондента).

Этап В. Процедура пред-сообщения, заключающаяся в идентификации возможностей факсимильных установок и контроля выбранных условий передачи и приема, а также в подтверждении приемлемых условий приема-передачи изображения. Содержит **идентификационную часть**:

- идентификация группы (двоичнокодированного способа передачи изображения);
- подтверждение приема;
- идентификация корреспондента;

командную часть:

- команда группы;
- фазирование/настройка;
- синхронизация;
- команда на идентификацию корреспондента;
- команда запроса на передачу;
- контроль состояния линии;
- команда на отключение эхозаградителей.

Этап С. Передача сигналов изображения. Параллельно выполняется синхронизация, обнаружение и исправление ошибок, контроль состояния линии.

Этап D. Процедура пост-сообщения, следующая после передачи изображения, содержит:

- сигнализацию «конец сообщения»;
- сигнализацию подтверждение приема изображения;
- сигнализацию о многостраничной передаче;
- сигнализацию «конец факсимильной процедуры».-

Этап Е. Разъединение – оператором (вручную) или автоматически.

Сигналы сигнализации передаются на скорости 300 Бод в синхронном режиме двухпозиционной частотной модуляцией либо на скорости 2400 Бод двукратной относительной фазовой модуляцией (ДОФМ).

Данная система сигнализации основана на формате высокоуровневого управления передачи данных HDLC (High-level Data Link Control). Она реализована последовательностью кадров, каждый из которых делится на ряд полей (рис. 3.1).

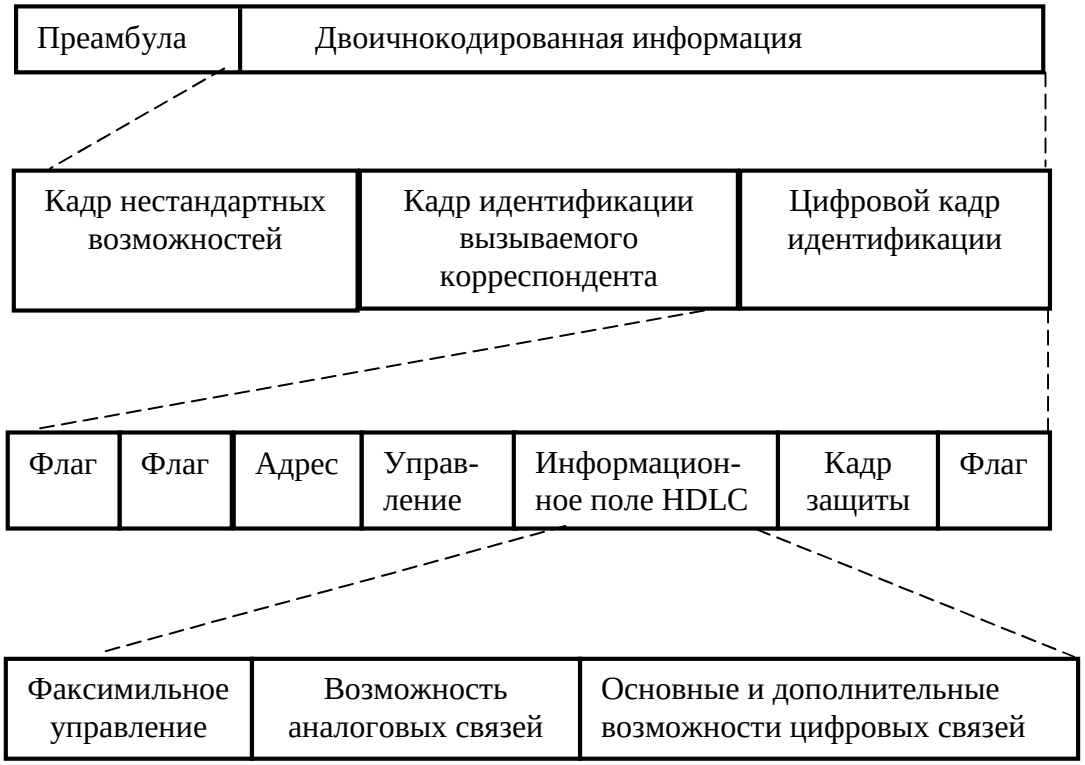


Рисунок 3.1 – Состав кадра сигнализации.

Преамбула предшествует кадрам сигнализации всякий раз, когда начинается передача изображения во вновь организованном направлении (с новым корреспондентом). Для скорости сигнализации 300 Бод это передача в течение 1 с однобайтовых комбинаций типа «флаг» (01111110). Для сигнализации, использующей скорость 2400 Бод, это система сигналов длительностью около 1 с, состоящая из последовательности:

- чередования сигналов с фазами 0 и 180^0 в течение 20 мс;
- двухфазных сигналов настройки корректора канала передачи данных в течение 447 мс;
- сигналов настройки скремблера в течение 4 мс.

Адресное поле кадра, размером в 1 байт, используется для идентификации определенной факсимильной установки при многоадресной передаче изображения.

Восьмибитовое ***поле управления*** используется для идентификации последовательности сигналов сигнализации в определенной процедуре:

1100 1000 – последний кадр в сеансе передачи изображения данному корреспонденту;

1100 0000 – очередной (не последний) кадр в данном сеансе сигнализации.

Информационное поле HDLC имеет переменную длину и содержит информацию для обмена сигналами управления и идентификации (опознавания) между факсимильными установками (корреспондентами). Это поле состоит из двух частей:

1 Факсимильное поле управления FCF (facsimile control field), содержащее полную информацию относительно типа и расположения передаваемой информации в общей последовательности:

- ***начальная идентификация*** DIS (digital identification signal) сообщает о том, что вызываемая факсимильная установка имеет типовые (стандартные) возможности приема изображения: 0000 0001;
- ***цифровая команда передачи*** DTC (digital transmission control), форматом 1000 0001;
- ***цифровая установка команды приема*** DCS (digital control set), форматом 0100 0001.

Сигналы извещения о последующем многобайтовом сообщении, содержащем собственно командную и установочную информацию, размещаемую в поле FIF (facsimile information field):

- ✓ 2 бита – о том, что используется двоичнокодированный метод передачи (приема) изображения;
- ✓ 2 бита – об используемой скорости передачи (приема) данных 2,4; 4,8; 9,6; 7,2 кБод;
- ✓ 1 бит – значение разрешающей способности (плотности сканирования) по вертикали – 3,85 или 7,7 строк/мм;
- ✓ 2 бита – число элементов в строке разложения – 1728 или 2048;
- ✓ 2 бита – максимальная длина изображения – форматы А4, В3 или неограниченный;
- ✓ 3 бита – минимальное время развертки строки изображения: 5, 10, 20, 40 мс;
- ✓ 1 бит – использование скорости 2400 Бод для сигнализации;
- ✓ 1 бит – передача данных без сжатия;

- ***подтверждение готовности к приему*** CFR (corroborate for receive) – сообщение о готовности к приему сообщения, форматом 10100001.

Последовательность проверки кадров FCS (frame check sequence). Это двухбайтное окончание кадра, представляющее проверочные элементы циклического кода, сформированного на основе элементов кадра (от последнего бита флага до первого бита FCS), образованного с применением образующего полинома $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. При этом в кодируемой последовательности не учитываются биты, вставляемые в нее после пяти подряд следующих единиц (бит-стаффинг) для защиты кадра от ложного флага.

Обмен служебными кадрами происходит в режиме системы с обратной связью типа РОС-ОЖ. Если:

- ✓ время поступления ответа на очередной кадр превышает 3 с;
- ✓ ответный кадр принят с ошибками,
- ✓ то после трехкратного безуспешного повторения очередного кадра соединение разрушается.

По завершении этапа С (передачи изображения) следуют команды сигнализации завершения связи:

- ***конец страницы сообщения*** EOP (end of page) – указывает на конец страницы факсимильной информации с переходом к этапу В (продолжение возможности последующей передачи), формат 1111 0100;
- ***конец сообщения*** EOM (end of massage) указывает на окончание сеанса передачи факсимильного сообщения с переходом к этапу Е (разрушение соединения); формат 1111 0001.

В процессе передачи (приема) сообщения возможна перемена режима работы факсимильных связей. Она реализуется сигналами прерывания PRI (procedure receive interrupt) в сочетании с сигналами конца передачи (PRI–EOP, PRI–EOM), которые указывают на необходимость отказа от режима автоматической передачи и вмешательства оператора (форматы 1111 1001, 1111 1100 соответственно);

- ***позитивное прерывание процедуры*** **PIP** (procedure interrupt positive) указывает, что сообщение принято, но дальнейший прием невозможен без участия оператора, формат 1011 0101;
- ***негативное прерывание процедуры*** **PIN** (procedure interrupt negative) указывает, что предыдущее (или текущее) сообщение принято неудовлетворительно и дальнейший прием невозможен без вмешательства оператора, формат 1011 0100.

В процессе взаимодействия передающей и приемной факсимильных установок фиксируются определенные временные интервалы:

- интервал T_1 = 35 с задается на идентификацию установок друг с другом. Этот интервал отсчитывается с момента начала этапа В и оканчивается после обнаружения соответствующего сигнала;
- интервал T_2 = 6 с используется для контроля за обменом командами между установками (по 3 с на запрос/ответ). Отсчет T_2 начинается с момента приема (передачи) флага кадра HDLC;
- интервал T_3 = 10 с предоставляется для вмешательства оператора по сигналу PRI.

Упражнение к разделу 3

Сформировать кадры организации связи между двумя факсимильными установками – запросный и ответный.

Кадр должен состоять из:
преамбулы и цифровой части (исключая раздел «Возможности групп 1 и 2»);
произвольного адреса установки (один байт).

Кадр должен предусматривать:

- ✓ двумерное кодирование;
- ✓ ширину записи 1728 элементов;
- ✓ время развертки – 20 мс;
- ✓ защиту кадра с помощью образующего полинома 16-й степени.

Необходимые значения битов – в табл. А4.

Таблица А4 – Данные кадра организации связи

Бригада №	Скорость ПД, бит/с	Длина записи	Вертикальная разрешающая способность, строк/мм
1	9600	А4	7,7
2	7200	неогранич.	3,58
3	4800	А4	7,7
4	2400	неогранич.	3,58
5	9600	неогранич.	3,58
6	7200	А4	7,7
7	4800	неогранич.	3,58
8	2400	А4	7,7

4 ЛИНЕЙНЫЙ СИГНАЛ ФАКСИМИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Факсимильные аппараты третьей группы предназначены для работы в коммутируемой телефонной сети общего пользования. По характеру сигналов (дискретные) и применяемым скоростям относятся к системам передачи данных. Поэтому формирование линейных сигналов факсимильных аппаратов производится в соответствии с рекомендациями международного союза электросвязи (МСЭ) серии V (V2, V26, V27, V27ter, V29 и др.).

Используемый диапазон скоростей передачи дискретных сигналов:

2,4; 4,8; 7,2; 9,6 кбит/с.

Несущая частота гармонического сигнала:

1800 ± 1 Гц для скорости 2,4 и 4,8 кбит/с;

1700 ± 1 Гц для скорости 7,2 и 9,6 кбит/с.

При передаче на скорости 2400 бит/с спектральная плотность сигнала приходится на диапазон 1200…2400 Гц, скорость передачи модулированных сигналов – 1200 Бод.

Дибит	**Фазовый сдвиг**
00	0°
01	90°
11	180°
10	270°

Последовательность модулированных сигналов разделяется на группы по 2 бита (дибиты). Каждый дибит отображается в линейном гармоническом сигнале соответствующим положением фазы.

Трибит	**Фазовый сдвиг**
001	0°
000	45°
010	90°
011	135°
111	180°
110	225°
100	270°
101	315°

Скорость передачи 4800 бит/с. Спектральная плотность сигнала сосредоточена в диапазоне 1000…2600 Гц, скорость передачи модулированных сигналов – 1600 Бод.

Последовательность модулированных сигналов разделяется на группы по три бита (трибиты). Каждый трибит отображается в линейном гармоническом сигнале определенным значением фазы модулированного сигнала.

Скорость передачи 9600 бит/с. Спектральная плотность сигнала сосредоточена в диапазоне 700…2700 Гц, скорость передачи модулированных сигналов 2400 Бод. Поток предварительно скремблированных данных разделяется на группы по четыре

бита (квадбиты). Первый (по времени следования) бит передается определенным значением амплитуды модулированного гармонического сигнала, последующие три бита – изменением фазы гармонического сигнала.

Относительная амплитуда Q_1		Q_2	Q_3	Q_4	Фазовый сдвиг
0	**1**				
3	5	0	0	1	0°
$\sqrt{2}$	$3\sqrt{2}$	0	0	0	45°
3	5	0	1	0	90°
$\sqrt{2}$	$3\sqrt{2}$	0	1	1	135°
3	5	1	1	1	180°
$\sqrt{2}$	$3\sqrt{2}$	1	1	0	225°
3	5	1	0	0	270°
$\sqrt{2}$	$3\sqrt{2}$	1	0	1	315°

В модулируемом сигнале перед началом передачи данных производится первоначальная установка фазы гармонического колебания с помощью специальных сигналов синхронизации:

- ✓ паузы в передаче двоичных сигналов длительностью 48 бит;
- ✓ чередования двоичных сигналов 1 и 0 (сигнал типа «точки») длительностью 128 бит;
- ✓ комбинации настройки корректора длительностью 384 бита;
- ✓ настройки скремблера данных сигналом длительностью 48 бит.

Синхронизирующий сигнал (типа «точки») представляет собой чередование двух сигнальных элементов. Первый элемент имеет относительную амплитуду 3 и абсолютную фазу 180°, которая и рассматривается в качестве опорной фазы. Второй сигнальный элемент определяется скоростью передачи данных.

Для скорости 4800 бит/с относительная амплитуда сигнала равна 3, фаза – 270°, для скорости 9600 бит/с относительная амплитуда равна $3\sqrt{2}$, фаза – 315°.

Комбинация настройки корректора также содержит два сигнальных элемента: первый – с относительной амплитудой 3, фазой 0°; второй – для скорости 4800 бит/с с такой же относительной амплитудой – 3 и фазой 90°, для скорости 9600 бит/с с относительной амплитудой $3\sqrt{2}$ и фазой 135°.

Комбинация настройки корректора представляет собой псевдослучайную комбинацию с полиномом

$$1 + x^{-6} + x^{-7}.$$

Нулевое состояние сигнала представляется нулевым значением фазы, единичное – соответственно 90° либо 135°.

Скремблирование (scramble – перемешивать) – это процедура, используемая в системах передачи данных с синхронным режимом передачи сигналов. Применяется для защиты от нарушения синхронизации между приемником и передатчиком, использующим синхронизацию по рабочим сигналам. Нарушение синхронизации возникает в случае длительной передачи сигналов одного

состояния передатчиком, когда в сигнале отсутствует смена полярности, по которой и осуществляется настройка приемника.

Скремблер представляет собой датчик квазислучайной последовательности, отображаемой образующим полиномом

$$1 + x^{-18} + x^{-23}.$$

При этом создается квазислучайная последовательность длительностью $2^{23} - 1 = 8\ 388\ 607$ элементов. Такая длинная последовательность не требует использования защитного полинома для предотвращения появления повторяющихся комбинаций.

На передаче в процессе скремблирования полином сообщения (данные) делится на образующий полином $1 + x^{-18} + x^{-23}$. Коэффициенты частного от этого деления, взятые в нисходящем порядке, и образуют последовательность скремблированных данных. Они и поступают в модем для преобразования в гармонический сигнал.

Для получения восстановленного (дескремблированного) полинома данных на приеме поступающий из модема скремблированный сигнал умножается на тот же образующий полином $1 + x^{-18} + x^{-23}$.

Линейный сигнал по уровню, с учетом абонентской линии, не должен превышать на выходе канала тональной частоты – 13 дБм0, на входе абонентской линии уровень сигнала не должен превышать 0 дБм0.

Упражнение к разделу 4

В соответствии с данными, полученными при выполнении упражнений к разделам 2 и 3, построить гармоническое изображение линейного (модулированного) сигнала.

5 ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ ФАКСИМИЛЬНОЙ СВЯЗИ

В качестве примера рассматривается факсимильный аппарат широкого применения, предназначенный для работы в коммутируемой телефонной сети общего пользования типа KX-F130, соответствующий третьей группе (G 3) международной классификации.

Он представляет собой комбинацию следующих устройств:

- телефонного аппарата;
- аудиоавтоответчика (минимагнитофона);
- собственно факсимильного аппарата, предназначенного для передачи неподвижных штриховых изображений формата А4 с записью принимаемого изображения на термобумагу.

Конструктивно в состав аппарата входят следующие узлы:

1 ***Аналоговый блок***, включающий телефонный аппарат, аудиоавтоответчик, некоторые элементы управления, размещенные на передней панели, модем.

2 ***Узел развертки*** изображения и формирования его копии. Состоит из:

а) передающей части – линейки на 1728 светодиодов, формирующих растровые элементы на изображении, последовательно переключаемые электронной схемой, и такого же количества фотоприемников с зарядовой связью, переключаемых синхронно (и синфазно) со светодиодами;

б) приемной части – линейки электродов, формирующих элементы изображения на термобумаге;

в) механизма смены строчки, реализованного с помощью шагового двигателя с редуктором, обеспечивающего перемещение бумаги с шагом, равным ширине строки.

3 ***Блок управления и обработки сигналов***. Осуществляет:

- формирование сигналов, управление сигнализацией (этапы B, C, D) для факсимильной процедуры;
- сжатие данных;
- управление системой развертки и воспроизведения изображения;
- управление модемом линейного блока;
- диагностику состояния элементов системы и формирование кодов сообщения о неисправностях.

Реализован блок микропроцессорной системой, аналогом которой является микропроцессорная система серии 580. Содержит, помимо собственного процессора (Z80), один последовательный и два параллельных интерфейса, микросхемы ОЗУ и ПЗУ и соответствующие вспомогательные элементы.

4 ***Линейный блок факсимильной части аппарата*** – модем, реализованный в виде одной микросхемы (типа AN), выполняющей такие функции, как:

- генерация линейных сигналов (несущей) соответствующей частоты;
- формирование сигналов передачи данных (модулирующих), задаваемых скоростью и определяемых условиями прохождения сигналов;
- фазовое кодирование битов данных (модуляция) в соответствии со скоростью их передачи;
- декодирование (демодуляция) принимаемых линейных сигналов;
- скремблирование и дескремблирование данных;
- формирование (и прием) сигналов синхронизации;
- настройка адаптивного корректора каналов связи в необходимых случаях (на скорости 7,2; 9,6 кбит/с);
- контроль наличия линейного сигнала, питающих напряжений, синхронизации;
- усиление сигналов звуковой частоты и микрофона.

5 ***Блок питания***. Обеспечивает необходимыми питающими напряжениями все узлы аппарата. Реализован по бестрансформаторной схеме с импульсной системой стабилизации.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ТАБЛИЦА КОДОВ СЖАТИЯ ДАННЫХ И ОГАНИЗАЦИОННЫХ КОМАНД

Таблица А 1 – Начальные коды сжатия данных

Длина серии белого	Кодовое слово	Длина серии черного	Кодовое слово
64	11011	**64**	0000001111
128	10010	**128**	000011001000
192	010111	**192**	000011001001
256	0110111	**256**	000001011011
320	00110110	**320**	000000110011
384	00110111	**384**	000000110100
448	01100100	**448**	000000110101
512	01100101	**512**	0000001101100
576	01101000	**576**	0000001101101
640	01100111	**640**	0000001001010
704	011001100	**704**	0000001001011
768	011001101	**768**	0000001001100
832	011010010	**832**	0000001001101
896	011010011	**896**	0000001110010
960	011010100	**960**	0000001110011
1024	011010101	**1024**	0000001110100
1088	011010110	**1088**	0000001110101
1152	011010111	**1152**	0000001110110
1216	011011000	**1216**	0000001110111
1280	011011001	**1280**	0000001010010
1344	011011010	**1344**	0000001010011
1408	011011011	**1408**	0000001010100
1472	010011000	**1472**	0000001010101
1536	010011001	**1536**	0000001011010
1600	010011010	**1600**	0000001011011
1664	011000	**1664**	0000001100100
1728	010011011	**1728**	0000001100101

Таблица А2 – Завершающие коды сжатия данных

Длина серии белого	**Кодовое слово**	**Длина серии черного**	**Кодовое слово**
0	0110101	**0**	0000110111
1	000111	**1**	010
2	0111	**2**	11
3	1000	**3**	10
4	1011	**4**	011
5	1100	**5**	0011
6	1110	**6**	0010
7	111	**7**	00011
8	10011	**8**	000101
9	10100	**9**	000100
10	00111	**10**	0000100
11	01000	**11**	0000101
12	001000	**12**	0000111
13	000011	**13**	00000100
14	1101100	**14**	00000111
15	110101	**15**	000011000
16	101010	**16**	0000010111
17	101011	**17**	0000011000
18	0100111	**18**	0000001000
19	0001100	**19**	00001100111
20	0001000	**20**	00001101000
21	0010111	**21**	00001101100
22	0000011	**22**	00000110111
23	0000100	**23**	00000101000
24	0101000	**24**	00000010111
25	0101011	**25**	00000011000
26	0010011	**26**	000011001010
27	0100100	**27**	000011001011
28	0011000	**28**	000011001100
29	00000010	**29**	000011001101
30	00000011	**30**	000001101000
31	00011010	**31**	000001101001
32	00011011	**32**	000001101010
33	00010010	**33**	000001101011
34	00010011	**34**	000011010010
35	00010100	**35**	000011010011
36	00010101	**36**	000011010100
37	00010110	**37**	000011010101
38	00010111	**38**	000011010110
39	00101000	**39**	000011010111
40	00101001	**40**	000001101100
41	00101010	**41**	000001101101
42	00101011	**42**	000011011010
43	001001100	**43**	000011011011
44	00101101	**44**	000001010100

Таблица А2 (окончание)

Длина серии белого	**Кодовое слово**	**Длина серии черного**	**Кодовое слово**
45	00000100	**45**	000001010101
46	00000101	**46**	000001010110
47	00001010	**47**	000001010111
48	00001011	**48**	000001100100
49	01010010	**49**	000001100101
50	01010011	**50**	000001010010
51	01010100	**51**	000001010011
52	01010101	**52**	000000100100
53	00100100	**53**	000000110111
54	00100101	**54**	000000111000
55	01011000	**55**	000000100111
56	01011001	**56**	000000101000
57	01011010	**57**	000001011000
58	01011011	**58**	000001011001
59	01001010	**59**	000000101011
60	01001011	**60**	000000101100
61	00110010	**61**	000001011010
62	00110011	**62**	000001100110
63	00110100	**63**	000001100111

Таблица А3 – Коды двумерного вертикального кодирования

Режим	**Кодируемый элемент**		**Обозначение**	**Кодовое слово**
Переходный	b_1b_2		P	0001
Вертикальный	a_1 под b_1	$a_1b_1 = 1$	$V(0)$	1
	a_1справа от b_1	$a_1b_1 = 1$	$V_R(1)$	011
		$a_1b_1 = 2$	$V_R(2)$	000011
		$a_1b_1 = 3$	$V_R(3)$	0000011
	a_1слева от b_1	$a_1b_1 = 1$	$V_L(1)$	010
		$a_1b_1 = 2$	$V_L(2)$	000010
		$a_1b_1 = 3$	$V_L(3)$	0000010
Кодовое слово признака конца строки (EOL) – 000000000001.				

Таблица А4 – Команды организации факсимильного тракта – факсимильное информационное поле

Номера разрядов	Содержание	DIS/DTC	DCS
1	0	передача в режиме группы 3	
2	1	прием в режиме группы 3	прием в режиме группы 3
3,4	**Скорость передачи данных, бит/с**		
	00	2400	2400
	01	4800	4800
	10	9600	9600
	11	7200	7200
5,6	00	**Резервные**	
7	**Вертикальная разрешающая способность, элем/мм**		
	0	3,85	3,85
	1	7,7	7,7
8	**Кодирование**		
	0	одномерное	одномерное
	1	двумерное	двумерное
9,10	**Длина строки, элем**		
	00	1728	1728
	01	1728	2432
11,12	**Формат**		
	00	А4	А4
	01	неограниченный	неограниченный
	10	А4 и В4	В4
13,14,15	**Минимальное время развертки, мс**		
	000	20	20
	001	40	40
	010	10	10
	100	5	5
16	0	**Резервный**	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ***Емельянов Г.А., Шварцман В.О.*** Передача дискретной информации. М.: Радио и связь, 1982.

2 ***Шувалов В.П., Захарченко Н.В.*** Передача дискретных сообщений. М.:, Радио и связь, 1990.

3 МККТТ, TVII. Оконечное оборудование и протоколы для телематических служб. Рекомендации серии Т.

4 ДСТУ 2618-94. Електрозв’язок. Зв’язок факсимільний. Терміни та визначення.

СОДЕРЖАНИЕ

Учебное издание

Захарченко Николай Васильевич
Филатов Георгий Геннадьевич
Йона Лариса Григорьевна
Киреев Игорь Анатольевич

ФАКСИМИЛЬНАЯ СИСТЕМА СВЯЗИ

Учебное пособие

Ответственный редактор – **Владишевский Борис Сергеевич**

Редактор
И.В. Ращупкина
Компьютерное редактирование и макетирование
Т.В. Кирдогло