



УКРАЇНА

(19) UA (11) 23492 (13) A

(51)6 H 03 M 13/00

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті  
на підставі Постанови Верховної Ради України  
№ 3769-XII від 23 XII. 1993 р.Публікується  
в редакції заявника(54) СПОСІБ КОДУВАННЯ ТА ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО  
ЗДІЙСНЕННЯ

1

(21) 96124763  
(22) 20.12.96  
(24) 02.06.98  
(46) 31.08.98. Бюл. № 4  
(47) 02.06.98(72) Кулик Анатолій Ярославович, Кривогуб-  
ченко Сергій Григорович, Компанець Мико-  
ла Миколайович, Шават Роман  
Володимирович, Глушко Михайло Гнатович  
(73) Вінницький державний технічний  
університет(57) 1. Способ кодирования и передачи ин-  
формации, включающий в себя модуляцию  
последовательности элементарных бинар-  
ных сигналов и передачу по каналу связи,  
отличающийся тем, что на передающей  
стороне дискретную информацию считыва-  
ют в размере стандартного блока, численны-  
ми методами рассчитывают коэффициенты  
аппроксимирующего полинома методом на-  
именьших квадратов с погрешностью 0,5,  
полученные коэффициенты разбивают на  
байты по правилам компьютерной адреса-  
ции, преобразуют в последовательный код,  
модулируют и передают в канал связи; на  
принимающей стороне элементарные бина-  
рные сигналы считывают из канала связи,  
демодулируют, преобразуют в параллель-  
ный код побайтно, вводят в персональный  
компьютер, где по правилам компьютерной

2

адресации из них формируют коэффициен-  
ты полинома длиной в стандартное слово,  
рассчитывают значения полиномиальной  
функции для аргумента, равного  $1,2,\dots,n$ , где  
 $n$  – размер стандартного блока информации,  
полученные значения округляют до ближай-  
шего целого числа.2. Устройство для передачи и приема  
дискретной информации, содержащее канал  
передачи информации и модем, отличаю-  
щееся тем, что в него введены последо-  
вательный интерфейс и персональный ком-  
пьютер, включающий в себя центральный  
процессор, оперативное запоминающее ус-  
тройство, устройство отображения инфор-  
мации, системный канал, носитель  
информации и программируемый контрол-  
лер прерываний, причем модем, связанный  
с каналом передачи информации по двунап-  
равленной шине связан с информационным  
каналом последовательного интерфейса,  
выходы флагов прерывания которого соеди-  
нены соответственно со входами програм-  
мируемого контроллера прерываний, а  
посредством системного канала централь-  
ный процессор связан с оперативным запо-  
минающим устройством, устройством  
отображения информации, носителем ин-  
формации, программируемым контролле-  
ром прерываний и последовательным  
интерфейсом.

(19) UA (11) 23492 (13) A

Изобретение относится к технике передачи информации и может применяться в сетях и системах обмена информацией.

Известен способ перекодирования  $m$ -разрядных кодовых слов и устройство для его осуществления [Авт.св. СССР № 1605935, кл. Н 03 М 7/00]. Способ заключается во вводе  $m$ -разрядного кода, продвижении его по  $m$ -разрядному регистру с изменением уровней элементарных сигналов по несовпадающим битам входного и выходного слова и выводе  $m$ -разрядных бинарных сигналов.

Известен также способ передачи и приема двоичных сигналов и устройство для его осуществления [Авт.св. СССР № 1164892, кл. Н 03 М 13/00]. Способ заключается в том, что при передаче перед каждым импульсом преобразованной последовательности формируют дополнительный импульс, полярность которого устанавливают в соответствии с корреляционным преобразованием полярности импульсов исходной двоичной последовательности, а на приеме перед сравнением каждого сигнала, полученного после стробирования с заданным порогом, определяют его полярность и формируют сигнал, соответствующий полярности данного сигнала, полученного после стробирования и сигнал предсказания полярности последующего сигнала, полученного после стробирования в последующий отсчетный момент времени в соответствии с корреляционным преобразованием, осуществляемым на передаче, который сравнивают с сигналом, соответствующим полярности последующего сигнала, полученного после стробирования, и при их несоответствии увеличивают заданный порог.

Указанные способы обладают тем недостатком, что при перекодировании преобразование осуществляется по битам или словам, то есть избыточность сообщения, присутствующая с самого начала, не уменьшается.

Наиболее близким по технической сущности является способ кодирования и передачи информации [Авт.св. СССР № 1432788, кл. Н 03 М 13/12]. Способ включает в себя кодирование информационной последовательности элементарных бинарных сигналов с помощью частотной манипуляции с непрерывной фазой и последующую передачу модулированного сигнала по каналу связи. Благодаря чередованию каждых  $n$  ( $n \geq 1$ ) кодированных сверточным кодом элементарных бинарных сигналов информационной последовательности с некодированным элементарным бинарным сигналом этой по-

следовательности, после чего осуществляют частотную модуляцию с непрерывной фазой, обеспечивается повышение скорости передачи. При этом кодовое расстояние остается неизменным.

Каждый ансамбль из возможных комбинаций бит разделяется на две группы, которые кодируются как независимые группы сигналов. В каждую группу помещаются сигналы, для которых первые элементарные сигналы совпадают. Для кодирования сигналов в каждой группе нет необходимости кодировать общий элементарный сигнал. Кодирование осуществляется сверточным кодом со скоростью  $1/2$  и, так как кодируется только часть информационных сигналов, скорость передачи повышается.

Вместе с тем общее время передачи информации складывается из двух составляющих:

$$T_0 = T_k + T_n, \quad (1)$$

где  $T_0$  – общее время передачи информации;  
 $T_k$  – время кодирования информации;  
 $T_n$  – время прохождения информации по каналу связи.

Учитывая достаточно высокое быстродействие электронной аппаратуры, можно сделать вывод, что время, затрачиваемое на кодирование информации будет значительно меньше, чем прохождение информации по каналу связи. Так, сообщение длиной 1024 байта при скорости передачи 1200 бит/с составит:

$$T_n = 1024 \cdot 8 / 1200 = 6,82 \text{ (с)}.$$

Перекодирование даже всех бит в программном режиме на персональном компьютере IBM-PC с тактовой частотой 20 МГц составляет (время перекодирования 1 бита – 20 тактов):

$$T_k = 1024 \cdot 8 \cdot 20 \cdot 5 \cdot 10^{-8} = 8,192 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}.$$

Программная реализация кодирования занимает больше времени, чем аппаратная, поэтому для устройства, выбранного в качестве прототипа, разница будет еще больше.

Недостатками прототипа являются высокая сложность аппаратуры и низкое быстродействие, а также высокая информационная избыточность.

Таким образом, существенный эффект может дать сокращение времени передачи, которое возможно только при условии сокращения времени передачи количества передаваемых байт без потери информации.

В основу изобретения поставлена задача создания способа кодирования и передачи информации, в котором за счет введения новых операций обеспечивается минимизация передаваемой информации, снижается время, затрачиваемое на передачу информации, и повышается эффективность использования канала.

Поставленная задача достигается тем, что на передающей стороне дискретная информация читается в размере стандартного блока, численными методами рассчитываются коэффициенты аппроксимирующего полинома методом наименьших квадратов с погрешностью 0,5, полученные коэффициенты разбивают на байты по правилам компьютерной адресации, преобразуют в последовательный код, модулируют и передают в канал связи. На принимающей стороне элементарные бинарные сигналы считывают из канала связи, демодулируют, преобразуют в параллельный код побайтно, вводят в персональный компьютер, где по правилам компьютерной адресации из них формируют коэффициенты полинома длиной в стандартное слово, рассчитывают значения полиномиальной аппроксимирующей функции для аргумента, равного 1, 2, 3, ..., n, где n – размер стандартного блока информа-

ции, и полученные значения округляют до ближайшего целого числа.

Файл передаваемой информации можно рассматривать как таблично заданную функцию, в которой  $X_j$  – номер байта в файле ( $j = 1, 2, \dots, n$ ),  $Y_j$  – значение байта (00h – FFh). Поскольку выполняются все необходимые условия (теорема Вейерштрасса), то для этой функции может быть найден аппроксимирующий полином, однозначно описывающий ее с заданной погрешностью:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n. \quad (2)$$

Исходя из критерия наименьшего отклонения (метода наименьших квадратов):

$$\kappa^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(y_j - a_0 - a_1x_j - a_2x_j^2 - \dots - a_nx_j^n)^2}{\sigma_y^2}; \quad (3)$$

где  $y_j$  – значение j-того байта, подлежащего передаче;

$\sigma_y$  – значение погрешности;

$\kappa^2$  – квадратичное отклонение.

Взяв частные производные и приравняв их к нулю для определения минимума, можно получить:

$$\begin{cases} \frac{d\kappa^2}{da_0} = (-2\sigma_y^2) \sum_{j=1}^n (y_j - a_0 - a_1x_j - a_2x_j^2 - \dots - a_nx_j^n) = 0 \\ \frac{d\kappa^2}{da_1} = (-2\sigma_y^2) \sum_{j=1}^n (y_j - a_0 - a_1x_j - a_2x_j^2 - \dots - a_nx_j^n) x_j = 0 \\ \frac{d\kappa^2}{da_2} = (-2\sigma_y^2) \sum_{j=1}^n (y_j - a_0 - a_1x_j - a_2x_j^2 - \dots - a_nx_j^n) x_j^2 = 0 \\ \frac{d\kappa^2}{da_n} = (-2\sigma_y^2) \sum_{j=1}^n (y_j - a_0 - a_1x_j - a_2x_j^2 - \dots - a_nx_j^n) x_j^n = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Полученная система уравнений (4) может быть преобразована к виду:

$$\begin{cases} a_0n + a_1 \sum_{j=1}^n x_j + a_2 \sum_{j=1}^n x_j^2 + \dots + a_n \sum_{j=1}^n x_j^n = \sum_{j=1}^n y_j \\ a_0 \sum_{j=1}^n x_j + a_1 \sum_{j=1}^n x_j^2 + a_2 \sum_{j=1}^n x_j^3 + \dots + a_n \sum_{j=1}^n x_j^{n+1} = \sum_{j=1}^n y_j x_j \\ a_0 \sum_{j=1}^n x_j^2 + a_1 \sum_{j=1}^n x_j^3 + a_2 \sum_{j=1}^n x_j^4 + \dots + a_n \sum_{j=1}^n x_j^{n+2} = \sum_{j=1}^n y_j x_j^2 \\ a_0 \sum_{j=1}^n x_j^n + a_1 \sum_{j=1}^n x_j^{n+1} + a_2 \sum_{j=1}^n x_j^{n+2} + \dots + a_n \sum_{j=1}^n x_j^{2n} = \sum_{j=1}^n y_j x_j^n \end{cases} \quad (5)$$

или представлена в виде матрицы:

$$\begin{pmatrix} n & \sum_{j=1}^n x_j^2 & \sum_{j=1}^n x_j^3 & \dots & \sum_{j=1}^n x_j^n & \sum_{j=1}^n y_j \\ \sum_{j=1}^n x_j & \sum_{j=1}^n x_j^3 & \sum_{j=1}^n x_j^4 & \dots & \sum_{j=1}^n x_j^{n+1} & \sum_{j=1}^n x_j y_j \\ \sum_{j=1}^n x_j^2 & \sum_{j=1}^n x_j^4 & \sum_{j=1}^n x_j^5 & \dots & \sum_{j=1}^n x_j^{n+2} & \sum_{j=1}^n x_j^2 y_j \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{j=1}^n x_j^n & \sum_{j=1}^n x_j^{n+1} & \sum_{j=1}^n x_j^{n+2} & \dots & \sum_{j=1}^n x_j^{2n} & \sum_{j=1}^n x_j^n y_j \end{pmatrix} \quad (6)$$

и решена численными методами Гаусса, Гаусса-Жордана или другими [Маликов В.Т., Кветный Р.Н. Вычислительные методы и применение ЭВМ. - К.: Вища школа, 1989. - С. 49-58]. Решение системы линейных уравнений позволяет определить коэффициенты аппроксимирующего полинома  $a_0, a_1, \dots, a_n$ . Порядок  $n$  полинома определяется методом перебора с таким условием, чтобы разность между действительным значением байта и рассчитанным по аппроксимирующему полиному для всех значений не превышала заданной погрешности восстановления, то есть итерационным методом.

Поскольку передаваемая информация представлена в дискретном виде (значение байта может принимать значения 0,1,2,...,255), то фактически погрешность восстановления сводится к погрешности округления и составляет 0,5. Таким образом расчет коэффициентов полинома продолжается до тех пор, пока разность между каждым из действительных и рассчитанных значений не будет меньше 0,5.

Описанный способ включает следующие действия:

на передающей стороне:

- чтение массива дискретной информации в размере стандартного блока;

- расчет коэффициентов аппроксимирующего полинома численными методами с погрешностью восстановления по каждому значению не более 0,5;

- разбиение полученных коэффициентов на байты по правилам компьютерной адресации и передача их по каналу связи;

на приемной стороне:

- прием байтов из линии связи и формирование из них коэффициентов полинома по правилам компьютерной адресации;

- расчет значений функции  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$  для значений  $x = 1,2,3,\dots,n$ , где

$n$  - размер блока передаваемой информации;

- округление рассчитанных значений  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$  до ближайшего целого числа.

5 Известно устройство для осуществления способа перекодирования  $m$ -разрядных кодовых слов, состоящее из  $m$ -разрядного регистра сдвига, двоичных элементов связи и датчиков сигнала управления [Авт.св. СССР № 1605935, кл. Н 03 М 7/00].

10 Известно также устройство для приема дискретных сигналов с корреляционным кодированием по уровню [Авт.св. СССР № 1164892, кл. Н 03 М 13/00], включающее в себя кодирующий блок и формирователь сигнала на передающей стороне, а также формирователь входного сигнала, решающий блок, регистр сдвига, блок предсказания знака, блок сравнения, элемент совпадения и инвертор.

20 Указанные устройства обладают тем недостатком, что при перекодировании преобразование осуществляется по битам или словам, то есть избыточность сообщения, присутствующая с самого начала не уменьшается.

25 Наиболее близким по технической сущности является устройство, реализующее способ кодирования и передачи информации [Авт.св. СССР № 1432788, кл. Н 03 М 13/12], включающее в себя коммутаторы, блок сверточного кодирования, блок модуляции и канал связи, причем первый вход первого коммутатора подключен к первому входу второго коммутатора, второй вход первого коммутатора подключен ко входу блока сверточного кодирования, выходы которого являются соответственно вторым и третьим входами второго коммутатора, вход блока модуляции, именуемого в дальнейшем "модем", соединен с выходом второго коммутатора, а выход - с каналом связи.

Недостатком данного устройства является большая информационная избыточность и, как следствие этого, малая скорости передачи информации. Поскольку скорости коммутаторов находятся в соотношении 2/3 и кодовая последовательность на выходе коммутатора 3 содержит как закодированные, так и не закодированные символы, то общее количество символов, поступающих в линию связи, значительно повышается (при этом количество информации, содержащееся в сообщении, остается неизменным. Кроме этого, за счет кодирования информации скорость передачи снижается на 1/3.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования устройства кодирования и передачи информации, в котором за счет введения новых блоков и связей уменьшается избыточность передаваемой информации и повышается скорость передачи. Это происходит за счет разделения во времени процессов кодирования и передачи информации, а также изменения принципа кодирования информации. С этой целью в состав устройства вводятся персональный компьютер и последовательный интерфейс с соответствующими связями. Кроме этого, за счет объединения модулятора и демодулятора в единый блок (модем) и использования одних и тех же технических средств как для приема так и для передачи информации (то есть реализация двунаправленного режима передачи – полной дуплексной связи), осуществляется расширение функциональных возможностей.

Поставленная задача решается тем, что в устройство, содержащее канал связи, модулятор и демодулятор, объединенные под названием "модем", дополнительно введены последовательный интерфейс и персональный компьютер, включающий в себя центральный процессор, оперативное запоминающее устройство, устройство отображения информации, носитель информации, программируемый контроллер прерываний и системный канал, причем модем, связанный с каналом передачи информации, по двунаправленной шине стыкуется с информационным каналом последовательного интерфейса, первый и второй выходы формирования запросов прерывания которого (ЗПР0 и ЗПР1) соединены соответственно с первым и вторым входами (Вх3 и Вх2) программируемого контроллера прерываний, посредством системного канала центральный процессор связан с блоками, входящими в состав персонального компьютера, и последовательным интерфейсом.

На фиг.1 представлена схема, реализующая способ кодирования и передачи информации; на фиг.2 – алгоритм его работы.

Устройство для кодирования и приема-передачи дискретной информации содержит канал передачи 1, связанный с модемом 2, персональный компьютер 3, включающий в себя носитель информации 4 и программируемый контроллер прерываний 5, первый и второй входы (Вх2 и Вх3) которого соединены соответственно с первым и вторым выходами (ЗПР1 и ЗПР0) последовательного интерфейса 6, информационный канал которого посредством двунаправленной шины связан с модемом 2, системный канал 7, который связывает центральный процессор 8 с оперативным запоминающим устройством 9, устройством отображения информации 10, носителем информации 4 и программируемым контроллером прерываний 5, входящими в состав персонального компьютера 3, а также с последовательным интерфейсом 6.

Устройство работает следующим образом.

При включении питания центральный процессор 8 считывает информацию, которую необходимо передавать поблочно (размер блока передаваемой информации должен быть оговорен при инициализации) с носителем информации 4 в оперативное запоминающее устройство 9. После этого методом перебора устанавливается степень полинома и определяются его коэффициенты. При этом степень полинома повышается от 0 через 1 до тех пор, пока погрешность восстановления по каждому из передаваемых значений не станет меньше 0,5.

Описанная выше система линейных уравнений (5), представленная в виде (6), может быть решена численно методами Гаусса или Гаусса-Жордана, подробно описанными в литературе. Метод Гаусса (метод исключения) основан на приведении матрицы коэффициентов системы к треугольному виду:

$$\begin{pmatrix} * & * & * & \dots & * & * \\ 0 & * & * & \dots & * & * \\ 0 & 0 & * & \dots & * & * \\ & & & \dots & & \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & * \end{pmatrix} \quad (7)$$

и состоит из двух этапов – прямого хода и обратной подстановки. Метод исключения Гаусса-Жордана позволяет привести матрицу коэффициентов к диагональному виду:

$$\begin{pmatrix} * & 0 & 0 & \dots & 0 & * \\ 0 & * & 0 & \dots & 0 & * \\ 0 & 0 & * & \dots & 0 & * \\ & & & \dots & & \\ 0 & 0 & 0 & \dots & * & * \end{pmatrix} \quad (8)$$

Эти методы достаточно просто алгоритмизуются и позволяют достаточно быстро решать большие системы линейных уравнений. Указанные вычисления производятся персональным компьютером 3.

Способ кодирования и передачи информации заключается в следующем: на передающей стороне дискретную информацию считывают в размере стандартного блока, численными методами рассчитывают коэффициенты аппроксимирующего полинома методом наименьших квадратов с погрешностью 0,5, полученные коэффициенты разбивают на байты по правилам компьютерной адресации, преобразуют в последовательный код, модулируют и передают в канал связи; на принимающей стороне элементарные бинарные сигналы считывают из канала связи, демодулируют, преобразуют в параллельный код побайтно, вводят в персональный компьютер, где по правилам компьютерной адресации из них формируют коэффициенты полинома длиной в стандартное слово, рассчитывают значения полиномиальной функции для аргумента, равного 1, 2, ..., n, где n – размер стандартного блока информации, полученные значения округляют до ближайшего целого числа.

Рассчитанные коэффициенты полинома представляют собой переменные типа "float" и занимают 4 байта в памяти компьютера [Удиит М. и др. Язык Си. – М.: Мир, 1988. – С. 40-67]. Таким образом данный тип переменной представляет собой естественно дискретизованную величину и легко может быть разделен на байты.

Следующим этапом является инициализация последовательного интерфейса 6, модема 7 и установление связи. Передача коэффициентов полинома осуществляется побайтно в режиме прерываний. Центральный процессор 8 пересылает байт информации в последовательный интерфейс 6, который по битам передает его в модем 2 в последовательном коде. Окончание этой операции характеризуется флагом прерывания, устанавливаемым на выходе ЗПРО последовательного интерфейса 6. Поступая на вход Вх3 программируемого контроллера 5 этот сигнал вызывает запрос прерывания по вектору 3. Следуя этому сигналу центральный процессор 8 приостанавливает выпол-

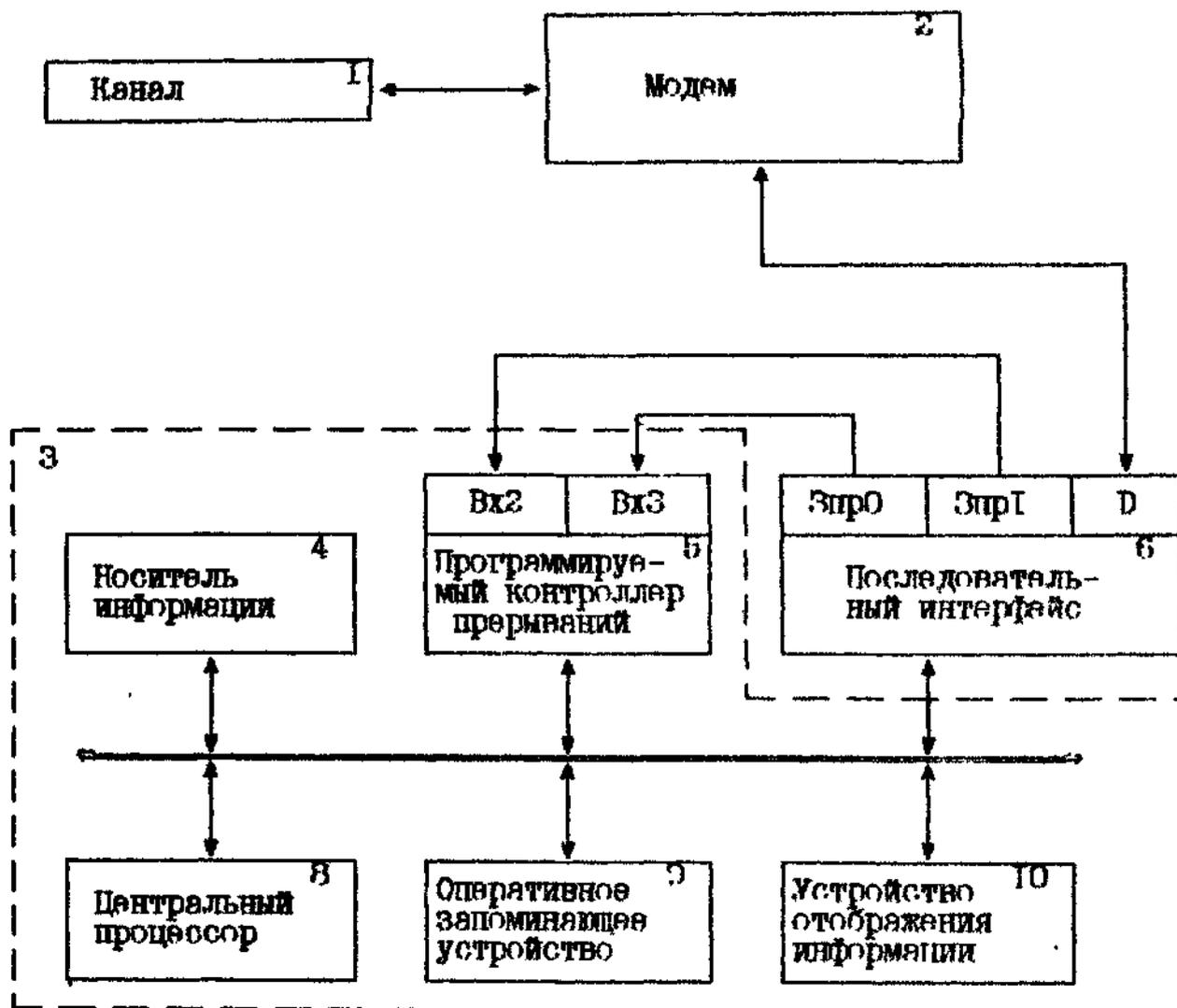
нение основной программы и переходит к выполнению подпрограммы обработки прерывания. Если переданы все байты очередного коэффициента, то указатель 5 устанавливается на следующий коэффициент. После этого центральный процессор 8 возвращается к выполнению основной программы. Процесс продолжается до тех пор, пока все коэффициенты полинома в побайтном режиме не будут переданы в канал связи 1.

В режиме приема информации последовательный код, поступивший из канала 1 через модем 2 в последовательный интерфейс 6 преобразуется в параллельный код. Одновременно с этим на втором выходе ЗПР1 последовательного интерфейса 6 устанавливается флаг, свидетельствующий о приеме информации из канала связи 1. Поступая на первый вход Вх2 программируемого контроллера 5, этот сигнал формирует запрос прерывания по вектору 2. Следуя этому запросу, центральный процессор 8 считывает байт информации из интерфейса 6 и размещает его в оперативном запоминающем устройстве согласно порядковому номеру байта в передаваемом коэффициенте. Процесс приема продолжается до тех пор, пока все коэффициенты полинома в побайтном режиме не будут приняты и размещены в оперативном запоминающем устройстве 9. После этого центральный процессор 8 осуществляет расчет значений функции :

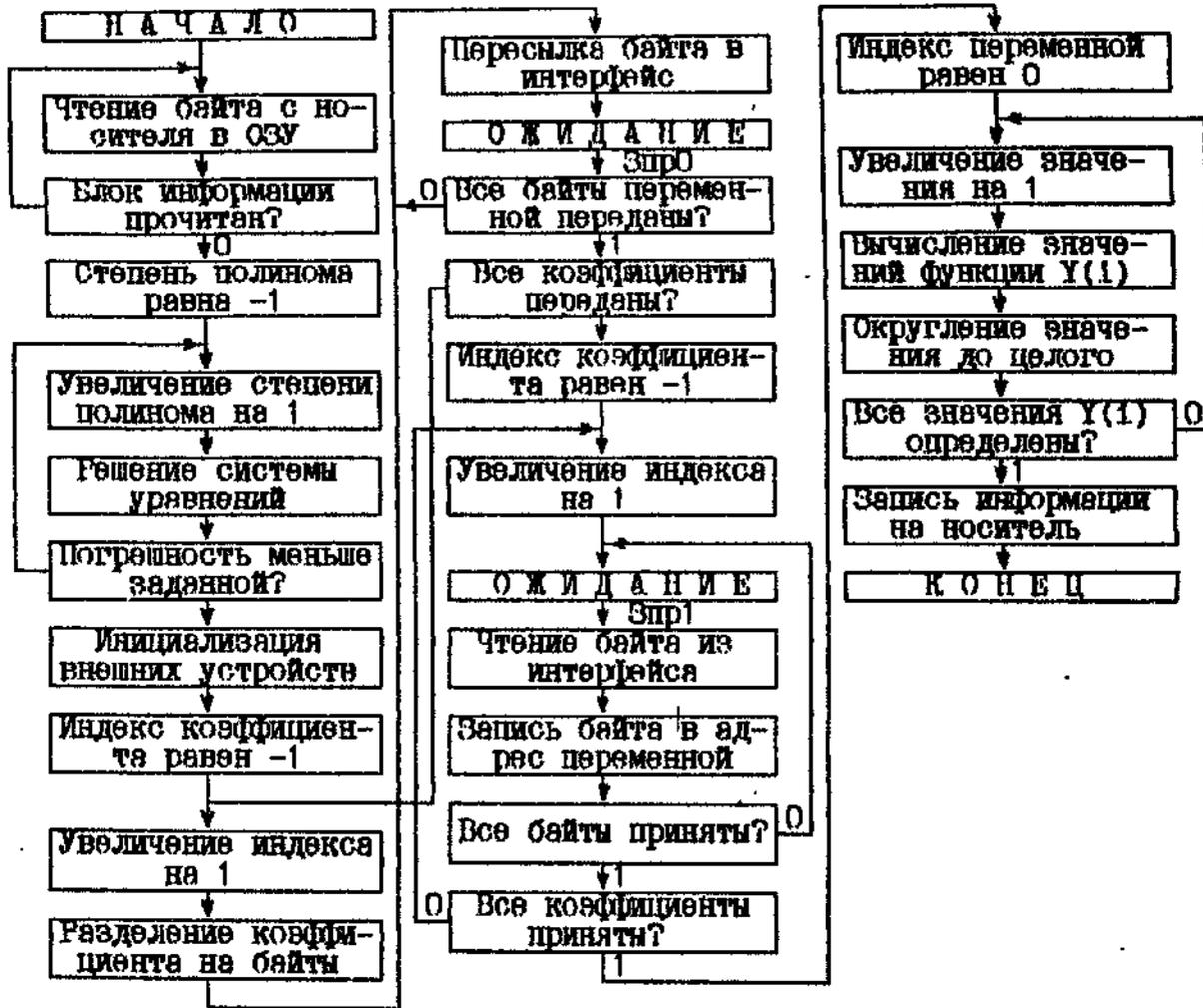
$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad (9)$$

в соответствии с принятыми коэффициентами  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ , подставляя последовательно значения  $x = 1, x = 2, x = 3$  и так далее, пока количество рассчитанных значений не станет равным объему блока. Рассчитанные значения округляются до ближайшего целого числа и записываются на носитель информации 4. Одновременно с этим они могут быть выведены на устройство отображения информации 10.

Предлагаемые способ и устройство для его осуществления целесообразно реализовать на компьютере типа IBM-PC, модемы также выпускаются серийно, а последовательный интерфейс реализован интегральной микросхемой.



Фиг. 1



Фиг. 2

Упорядник

Техред М.Келемеш

Коректор О.Обручар

Замовлення 4543

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101