

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **9401**
(13) **С1**
(46) **2007.06.30**
(51) МПК (2006)
Н 04В 03/23
Н 04J 03/04

(54)

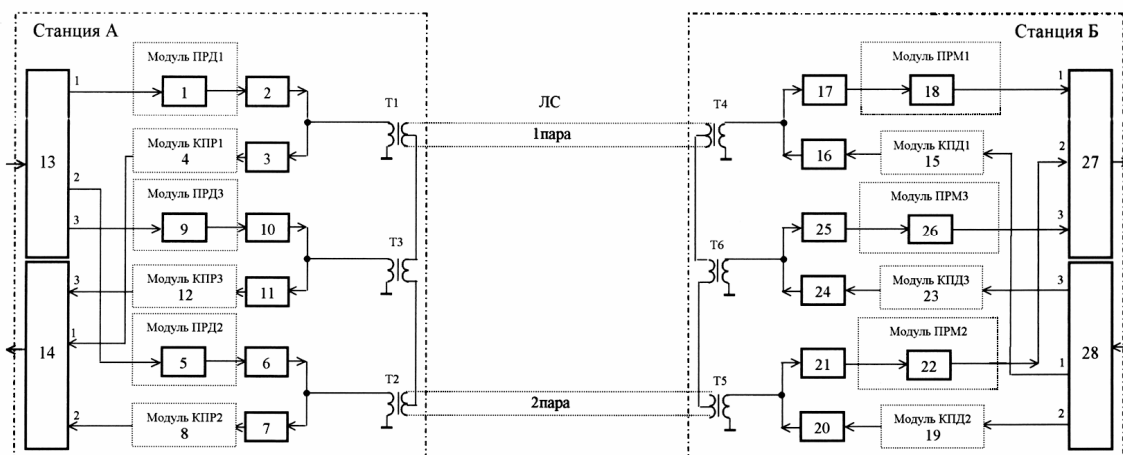
**ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ
ДЛЯ ЧЕТЫРЕХПРОВОДНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ**

(21) Номер заявки: а 20030239
(22) 2003.03.18
(43) 2004.09.30
(71) Заявители: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники"; Производственное частное унитарное предприятие "Микст" (ВУ)
(72) Авторы: Кириллов Владимир Иванович; Белко Андрей Иванович; Соболева Ирина Гевондовна (ВУ)
(73) Патентообладатели: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники"; Производственное частное унитарное предприятие "Микст" (ВУ)

(56) Transmission and Multiplexing (TM); High bitrate Digital Subscriber Line (HDSL) transmission system on metallic local lines. ETSI Technical Report ETR-152, 1995, с. 14-16, 106-108.
RU 2156031 С2, 2000.
SU 1741277 А1, 1992.
SU 1626411 А1, 1991.
EP 386659 А2, 1990.
US 4236244 А, 1980.
US 4429299 А, 1984.
US 4556865 А, 1985.

(57)

Цифровая система передачи для четырехпроводной линии связи, состоящая из двух оконечных станций А и Б, соединенных между собой четырехпроводной кабельной линией связи, причем станция А содержит два модуля квадратурного приема, а станция Б содержит два модуля квадратурной передачи, отличающаяся тем, что каждая станция содержит три однотипных направляющих фильтра нижних частот, три однотипных направляющих фильтра верхних частот, устройство разделения полного цифротока на три



Фиг. 1

ВУ 9401 С1 2007.06.30

ВУ 9401 С1 2007.06.30

подпотока, устройство объединения трех подпотоков в полный цифрпоток и три линейных трансформатора, причем вторичные обмотки первого и второго из них подключены соответственно к первой и второй парам четырехпроводной линии связи и имеют отвод от средней точки, к которому подключена вторичная обмотка третьего из них, а вход устройства разделения и выход устройства объединения являются соответственно входом и выходом исходного цифрпоток на станции, кроме того, станция А содержит третий модуль квадратурного приема и три однотипных модуля импульсной передачи, причем входы первого, второго и третьего модулей импульсной передачи соединены соответственно с первым, вторым и третьим выходами устройства разделения полного цифрпоток на три подпотока, а выходы первого, второго и третьего модулей импульсной передачи соединены с входами соответственно первого, второго и третьего фильтров нижних частот, выходы которых подключены параллельно первичным обмоткам соответственно первого, второго и третьего линейных трансформаторов и входам соответственно первого, второго и третьего фильтров верхних частот, выходы которых соединены через соответственно первый, второй и третий модули квадратурного приема соответственно с первым, вторым и третьим входами устройства объединения трех подпотоков в полный цифрпоток, а станция Б содержит третий модуль квадратурной передачи и три однотипных модуля импульсного приема, причем выходы первого, второго и третьего модулей импульсного приема соединены соответственно с первым, вторым и третьим входами устройства объединения трех подпотоков в полный цифрпоток, а входы первого, второго и третьего модулей импульсного приема соединены с выходами соответственно первого, второго и третьего фильтров нижних частот, входы которых подключены параллельно первичной обмотке соответственно первого, второго и третьего линейных трансформаторов и выходам соответственно первого, второго и третьего фильтров верхних частот, входы которых соединены через соответственно первый, второй и третий модули квадратурной передачи соответственно с первым, вторым и третьим выходами устройства разделения полного цифрпоток на три подпотока.

Областью применения предлагаемого устройства является техника цифровой связи, где оно может быть использовано в качестве цифровой системы передачи (ЦСП), работающей по четырехпроводной линии связи (абонентской или межстанционной соединительной).

Известна четырехпроводная цифровая система передачи (аналог) с квазитроичным линейным сигналом (AMI или HDB), использующая каждую пару для передачи сигнала только в одном направлении [1, 2, 11].

Недостатками аналога являются значительное затухание сигнала в линии связи и высокий уровень помех от переходных влияний соседних пар на ближний конец, которые обусловлены высокой частотой передачи символов (символьной частотой) линейного сигнала f_c , равной тактовой частоте исходного цифрового потока f_T . При этом влияющими являются как "своя", вторая пара, по которой работает рассматриваемая ЦСП, так и пары других параллельно работающих на этом кабеле ЦСП. Вследствие этого существенно снижается длина участка регенерации [1, 2].

Наиболее близким техническим решением (прототипом) к предлагаемому устройству является ЦСП, в которой используется линейный сигнал, образованный одним из методов квадратурной модуляции, например амплитудно-фазовой модуляцией без несущей (Carrierless Amplitude Phase Modulation - CAP) [5] или квадратурной амплитудной модуляцией (Quadrature Amplitude Modulation - QAM). ЦСП работает по двум парам кабеля и осуществляет передачу по каждой из них в одной полосе частот в разных направлениях с использованием дифференциальных систем и адаптивных эхокомпенсаторов [5, 6].

ВУ 9401 С1 2007.06.30

Прототип состоит из двух оконечных станций А и Б, соединенных между собой четырехпроводной кабельной линией связи, причем каждая станция содержит: устройство объединения, первый и второй входы которого являются входами подпотоков, а выход - выходом полного цифрового потока соответствующего направления передачи (на станции А - направления Б-А, на станции Б - направления А-Б), устройство разделения, вход которого является входом полного цифрового потока, а первый и второй выходы - выходами подпотоков соответствующего направления передачи (на станции А - направления А-Б, на станции Б - направления Б-А), два адаптивных эхокомпенсатора, две диффсистемы, два однотипных модуля квадратурной передачи, вход каждого из которых является входом одного из подпотоков соответствующего направления передачи (на станции А - направления А-Б, на станции Б - направления Б-А), а выход подключен ко входу сравнения одного из адаптивных эхокомпенсаторов и входу одной из диффсистем, линейный вход/выход каждой из которых подключен к одной из кабельных пар линии связи, два однотипных модуля квадратурного приема, выход каждого из которых является выходом одного из подпотоков соответствующего направления передачи (на станции А - направления Б-А, на станции Б - направления А-Б), а вход подключен к сигнальному выходу одного из адаптивных эхокомпенсаторов, вход каждого из которых через корректирующий усилитель подключен к выходу соответствующей диффсистемы.

Достоинством прототипа является возможность снижения символьной частоты линейного сигнала F_c в A_n раз за счет использования, во-первых - Z -уровневого линейного кодирования ($Z = 2^n$), во-вторых - разделения исходного цифрового потока вначале на два равноскоростных линейных подпотока, а затем - разделения каждого из линейных подпотоков на два равноскоростных субподпотока при квадратурной обработке сигнала. Это позволяет значительно снизить мощность помех от переходных влияний и увеличить длину участка регенерации при параллельной работе нескольких однотипных ЦСП по парам одного кабеля [6].

Недостатком прототипа является сложность схемотехнической реализации, необходимость использования достаточно дорогих специализированных цифровых сигнальных процессоров для выполнения задач адаптивной эхокомпенсации и, наконец, недостаточная в ряде случаев длина участка регенерации l_p , обусловленная наличием помех от переходных влияний на ближний конец. Все это заставляет искать новые технические решения.

Задачей изобретения является увеличение пропускной способности четырехпроводной кабельной линии связи, увеличение предельной длины участка регенерации l_p и упрощение схемотехнической реализации ЦСП.

Решение поставленной задачи достигается за счет того, что предлагается цифровая система передачи для четырехпроводной линии связи, состоящая из двух оконечных станций А и Б, соединенных между собой четырехпроводной кабельной линией связи, причем станция А содержит два модуля квадратурного приема, а станция Б содержит два модуля квадратурной передачи, отличающаяся тем, что каждая станция содержит три однотипных направляющих фильтра нижних частот, три однотипных направляющих фильтра верхних частот, устройство разделения полного цифрового потока на три подпотока, устройство объединения трех подпотоков в полный цифровой поток и три линейных трансформатора, причем вторичные обмотки первого и второго из них подключены соответственно к первой и второй парам четырехпроводной линии связи и имеют отвод от средней точки, к которому подключена вторичная обмотка третьего из них, а вход устройства разделения и выход устройства объединения являются соответственно входом и выходом исходного цифрового потока на станции, кроме того, станция А содержит третий модуль квадратурного приема и три однотипных модуля импульсной передачи, причем входы первого, второго и третьего модулей импульсной передачи соединены соответственно с первым, вторым и третьим выходами устройства разделения полного цифрового потока на три

ВУ 9401 С1 2007.06.30

подпотока, а выходы первого, второго и третьего модулей импульсной передачи соединены с входами соответственно первого, второго и третьего фильтров нижних частот, выходы которых подключены параллельно первичным обмоткам соответственно первого, второго и третьего линейных трансформаторов и входам соответственно первого, второго и третьего фильтров верхних частот, выходы которых соединены через соответственно первый, второй и третий модули квадратурного приема соответственно с первым, вторым и третьим входами устройства объединения трех подпотоков в полный цифрпоток, а станция Б содержит третий модуль квадратурной передачи и три однотипных модуля импульсного приема, причем выходы первого, второго и третьего модулей импульсного приема соединены соответственно с первым, вторым и третьим входами устройства объединения трех подпотоков в полный цифрпоток, а входы первого, второго и третьего модулей импульсного приема соединены с выходами соответственно первого, второго и третьего фильтров нижних частот, входы которых подключены параллельно первичной обмотке соответственно первого, второго и третьего линейных трансформаторов и выходам соответственно первого, второго и третьего фильтров верхних частот, входы которых соединены через соответственно первый, второй и третий модули квадратурной передачи соответственно с первым, вторым и третьим выходами устройства разделения полного цифрпоточка на три подпотока.

Сущность изобретения заключается, во-первых, в использовании разных методов формирования линейных сигналов для разных направлений передачи, что обеспечивает двухполосную дуплексную передачу по каждой физической паре, а во-вторых - во введении в состав ЦСП дополнительной подсистемы двухсторонней двухполосной цифровой передачи, которая работает по определенным образом сформированной фантомной цепи в составе четырехпроводной линии связи. При этом не нарушается режим работы двух других основных подсистем ЦСП, каждая из которых работает по своей физической паре этой четырехпроводной линии, и не изменяется количество других ЦСП, работающих на соседних парах кабеля.

Решение задачи поясняется следующими чертежами: фиг. 1 - структурная схема предлагаемого устройства; фиг. 2 - вид спектральной плотности мощности линейных сигналов предлагаемого устройства.

На фиг. 1 представлена структурная схема предлагаемого устройства, где соответственно обозначены: 1- первый модуль импульсной передачи (ПРД); 2- первый направляющий фильтр нижних частот станции А; 3 - первый направляющий фильтр верхних частот станции А; 4 - первый модуль квадратурного приема (КПР); 5 - второй модуль ПРД; 6 - второй направляющий фильтр нижних частот станции А; 7 - второй направляющий фильтр верхних частот станции А; 8 - второй модуль КПР; 9 - третий модуль ПРД; 10 - третий направляющий фильтр нижних частот станции А; 11- третий направляющий фильтр верхнего направления станции А; 12 - третий модуль КПР; 13 - устройство разделения полного цифрпоточка на три подпотока станции А; 14 - устройство объединения трех подпотоков в полный цифрпоток станции А; 15 - первый модуль квадратурной передачи (КПД); 16 - первый направляющий фильтр верхних частот станции Б; 17 - первый направляющий фильтр нижних частот станции Б; 18 - первый модуль импульсного приема (ПРМ); 19 - второй модуль КПД; 20 - второй направляющий фильтр верхних частот станции Б; 21 - второй направляющий фильтр нижних частот станции Б; 22 - второй модуль ПРМ; 23 - третий модуль КПД; 24 - третий направляющий фильтр верхних частот станции Б; 25 - третий направляющий фильтр нижних частот станции Б; 26 - третий модуль ПРМ; 27- устройство объединения трех подпотоков в полный цифрпоток станции Б; 28 - устройство разделения полного цифрпоточка на три подпотока станции Б; Т1, Т2, Т3 - соответственно первый, второй и третий линейный трансформатор станции А; Т4, Т5, Т6 - Т3 - соответственно первый, второй и третий линейный трансформатор станции Б.

ВУ 9401 С1 2007.06.30

Предлагаемое устройство состоит из двух оконечных станций А и Б, каждая из которых содержит: устройство объединения трех подпотоков в полный цифрпоток, устройство разделения полного цифрпотoka на три подпотока, три линейных трансформатора, два из которых имеют выходную обмотку с отводом от средней точки, три направляющих фильтра верхних частот и три направляющих фильтра нижних частот. При этом дополнительно в состав станции А входят три модуля квадратурного приема и три модуля импульсной передачи, а в состав станции Б входят три модуля квадратурной передачи и три модуля импульсного приема. Каждый модуль квадратурной передачи состоит из устройства разделения подпотока на два равноскоростных субподпотока, двух цифро-аналоговых преобразователей и квадратурного модулятора. Каждый модуль квадратурного приема состоит из корректирующего усилителя, квадратурного демодулятора, двух аналого-цифровых преобразователей и устройства объединения двух субподпотоков в подпоток. Каждый модуль импульсной передачи содержит цифро-аналоговый преобразователь, а модуль импульсного приема - корректирующий усилитель и цифро-аналоговый преобразователь.

Предлагаемое устройство работает следующим образом: в направлении передачи А-Б полный цифровой поток на станции поступает на вход устройства разделения 13, которое делит его на три подпотока. Полученные подпотоки с первого, второго и третьего выходов устройства разделения 13 поступают соответственно на входы одноименных (первого, второго и третьего) модулей импульсной передачи 1, 5, 9, каждый из которых выполняет функции цифро-аналогового преобразования и формирует из цифрового подпотока многоуровневый импульсный линейный сигнал направления А-Б в коде nB1Z. Обобщенный вид спектральной плотности мощности этого линейного сигнала представлен на фиг. 2, где F_{c1} - символная частота линейного сигнала подпотока, связанная с тактовой частотой исходного цифрового потока F_T соотношением: $F_{c1} \approx F_T/3n$, где n - число разрядов исходных подпотоков, преобразуемых с помощью цифро-аналоговых преобразователей 1, 5 и 9 в одиночный символ линейного сигнала направления А-Б. Полученные линейные сигналы далее через первый, второй и третий направляющий фильтр нижних частот 2, 6, 10 поступают на первичные обмотки одноименных линейных трансформаторов Т1, Т2 и Т3 станции А. С выходных обмоток линейных трансформаторов Т1 и Т2 линейные сигналы, соответствующие первому и второму подпотокам, поступают на входы первой и второй кабельных пар линии связи, а с выходной обмотки линейного трансформатора Т3 линейный сигнал, соответствующий третьему подпотоку - в средние точки выходных обмоток Т1 и Т2. С выхода линии связи приходящие линейные сигналы первого, второго и третьего подпотоков через одноименные линейные трансформаторы Т4, Т5 и Т6 станции Б и через одноименные направляющие фильтры нижних частот передачи 17, 21 и 25 поступают на входы соответствующих модулей импульсного приема 18, 22 и 26. Каждый из этих модулей осуществляет усиление линейного сигнала, коррекцию неравномерности частотной характеристики затухания кабельной линии связи и аналого-цифровое преобразование линейного сигнала в соответствующий (первый, второй и третий) цифровой подпоток. Последние с выходов одноименных модулей импульсного приема поступают на первый, второй и третий входы устройства объединения 27, на выходе которого формируется полный принятый цифрпоток направления А-Б. В направлении передачи Б-А полный цифровой поток поступает на вход устройства разделения 28, которое делит его на три равноскоростных подпотока. Полученные подпотоки с первого, второго и третьего выходов устройства разделения 28 поступают соответственно на входы одноименных модулей квадратурной передачи, которые осуществляют формирование квадратурно-модулированных линейных сигналов в направлении Б-А с несущей частотой F_0 . Обобщенный вид их спектральной плотности мощности представлен на фиг. 2, где F_{c2} - частота следования символов многоуровневого сигнала, модулирующего по амплитуде одну из квадратурных компонент линейного сигнала. Она связана с тактовой частотой исходного цифрового по-

ВУ 9401 С1 2007.06.30

тока F_T соотношением: $F_{c2} \approx F_T/6m$, где m - количество разрядов исходного подпотока, используемых ЦАП квадратурного модулятора для формирования одиночного импульсного символа. Полученные линейные сигналы с выходов первого, второго и третьего модулей квадратурной передачи через одноименные направляющие фильтры верхних частот 16, 20 и 24 поступают на первичные обмотки одноименных линейных трансформаторов Т4, Т5 и Т6 станции Б. С выходных обмоток линейных трансформаторов Т4 и Т5 линейные квадратурно-модулированные сигналы, соответствующие первому и второму подпотокам, поступают на входы первой и второй пар кабельной линии связи, а линейный сигнал, соответствующий третьему подпотоку, с выходной обмотки линейного трансформатора Т6 поступает в средние точки выходных обмоток трансформаторов Т4 и Т5. С выхода линии связи приходящие линейные сигналы через линейные трансформаторы Т1, Т2 и Т3 станции А, через первый, второй и третий направляющие фильтры верхних частот 3, 7 и 11 поступают на входы одноименных модулей квадратурного приема 4, 8 и 12, которые формируют принятые первый, второй и третий цифровые подпотоки. Последние далее поступают на одноименные входы устройства объединения 14, на выходе которого формируется полный принятый цифровой поток направления Б-А.

Величина несущей частоты F_0 квадратурного модулятора и полосы пропускания направляющих фильтров верхних и нижних выбираются таким образом, чтобы обеспечить частотное разделение между линейными сигналами направлений передачи А-Б и Б-А при условии использования минимально возможной величины несущей частоты F_0 . Несущая частота F_0 выбирается из условия (фиг. 2): $F_0 \geq (F_{c1} + F_{c2}) \approx F_T(1/6m + 1/3n)$.

Технико-экономическая эффективность. По сравнению с представленным прототипом заявляемое устройство всегда обеспечивает выигрыш по основным показателям качества - пропускной способности (скорости передачи V) и длине участка регенерации l_p . Это обеспечивается, во-первых, за счет использования различных методов передачи сигналов для противоположных направлений, что совместно с частотным разделением между ними позволяет исключить наличие переходной помехи на ближний конец и, следовательно, обеспечить независимость предельной длины участка регенерации от числа параллельно работающих ЦСП. Во-вторых, за счет дополнительного снижения символьной частоты линейного сигнала при разделении исходного цифрового потока не на два, а на три подпотока. Кроме того, как можно показать, в значительной степени эффективность предлагаемого устройства может зависеть от величины отношения числа двоичных разрядов цифровых сигналов, подаваемых на входы цифроаналоговых преобразователей модуля импульсной передачи и модуля квадратурной передачи (n/m).

Численные значения показателей эффективности заявляемого устройства V_2 и l_{p2} относительно показателей прототипа V_1 и l_{p1} могут принимать разные значения в зависимости от решаемой задачи.

Так, если ставится задача обеспечить $V_1 = V_2$, то есть сохранить прежнюю скорость передачи исходного цифрового потока, то в предлагаемом устройстве каждый подпоток будет передаваться со скоростью в 1,5 раза меньше, чем у прототипа, что позволит обеспечить значительный выигрыш по предельной длине участка регенерации. Например, для скорости 784 кбит/с и при одновременной работе на одном кабеле двух систем прототип обеспечивает длину участка регенерации 13,5 км и 6,9 км для кабелей КСПП и ТПП соответственно. Для предлагаемого устройства длина участка не зависит от числа работающих систем передачи, а ее величина в указанном диапазоне изменения соотношения n/m может составлять от 28,7 км ($n/m = 2/2$) до 40,6 км ($n/m = 6/4$) для кабеля типа КСПП и от 11,0 км ($n/m = 2/2$) до 15,4 км ($n/m = 6/4$ А) для кабеля типа ТПП [3, 4, 6].

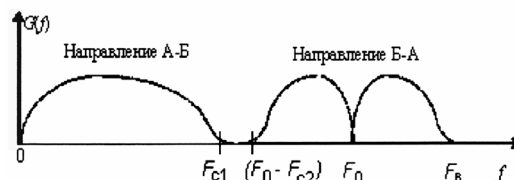
Если ставится задача обеспечить $l_{p1} = l_{p2}$, то по сравнению с предлагаемым устройством, работающим, например, со скоростью передачи 784 кбит/с, аналогичную длину участка регенерации прототип обеспечит только при скорости около 256 кбит/с. Выигрыш по пропускной способности составит примерно три раза.

Отметим, что выигрыш в показателях I_p и V особенно существенен при использовании одночетверочных кабелей (например, КСПИ, МКС, ЗКП и др.), в которых невозможно улучшить эти показатели за счет введения дополнительных ЦСП на соседних парах кабеля. Так? например, для ранее рассмотренного случая с $V_1 = V_2 = 784$ кбит/с при использовании предлагаемого устройства для работы на одночетверочном кабеле КСПИ практически в 2 раза увеличивается длина участка регенерации, что позволяет уменьшить количество промежуточных пунктов регенерации и соответственно снизить стоимость линейного оборудования ЦСП.

Достоверность приведенных сведений, подтверждаются расчетами, методики и численные результаты которых приведены в [3, 4, 6, 12].

Источники информации:

1. Кириллов В.И. Анализ переходных влияний при совместной работе по симметричному кабелю разноскоростных цифровых систем передачи // Электросвязь. - 1997. - № 12. - С. 32-35.
2. Кириллов В.И. Проектирование цифровых многоканальных систем передачи: Уч. пособие. - Мн.: БГУИР, 1998. - 91 с.
3. Кириллов В.И., Белко А.И. Анализ эффективности ЦСП по технологии MDSL // Веснік сувязі - 2001. - № 3. - С. 44-47.
4. Кириллов В.И., Белко А.И. Расчет длины регенерационного участка для ЦСП по технологиям MDSL и SDSL // Электросвязь. - 2001. - № 10. - С. 20-23.
5. Transmission and Multiplexing. High bitrate Digital Subscriber Line (HDSL) transmission systems on metallic local lines // Technical report ETR-152. - ETSI, 1995.
6. Кириллов В.И., Белко А.И. Анализ эффективности ЦСП, использующих линейные сигналы типа CAP(QAM) // Веснік сувязі - 2002. - № 6. - С. 17-23.
7. Блушке А., Маттевс М., Панченко Н., "Родословная" xDSL или Попытка классификации технологий xDSL для "последней мили" // Технологии и средства связи. - 2000. - № 1. - С. 37-44.
8. Горальски В. Технологии ADSL и DSL: Пер. с англ. - М.: Лори, 2000. - 296 с.
9. Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г. "Последняя миля" на медных кабелях. - М: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2001 - 219 с.
10. Денисьева О.М., Мирошников Д.Г. Средства связи для "последней мили". - М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998. - 146 с.
11. Кириллов В.И. Многоканальные системы передачи: Учебник. - М.: Новое знание, 2002. - 751 с.
12. Кириллов В.И., Белко А.И. Сравнительная оценка эффективности многоуровневых линейных кодов для кабельных цифровых систем передачи // Веснік сувязі. - 2002. - № 9.



Фиг. 2