

OPENING MODULATION OF PARAMETERS OF RADIO SIGNALS WITH UNKNOWN STRUCTURE

Goriachkin O.V., Kharitonova A.A.

The report is devoted to an opportunity of classification of linear and nonlinear kinds of modulation. Classification occurs after blind correction of a channel.

Keywords: «blind» processing, automatic identification of type of digital modulation, nonlinear digital modulation, distance Kulbak-Laibler.

Горячкин Олег Валериевич, д.т.н., профессор, заведующий Кафедрой «Теоретические основы радиосвязи» (ТОРС) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). E-mail: gor@psati.ru

Харитоновна Анна Александровна, старший преподаватель Кафедры ТОРС ПГУТИ. E-mail: kharitonova@psati.ru

УДК 621.396

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ СОВМЕСТНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА, ОЦЕНИВАНИЯ ДИСПЕРСИИ ШУМА И ТАКТОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ В МНОГОЛУЧЕВОМ КАНАЛЕ

Котлова Т.В., Халилов Р.Р.

В статье описан алгоритм тактовой синхронизации, проведено статистическое имитационное моделирование предлагаемого алгоритма, описана схема работы устройства совместного обнаружения сигнала, оценивания дисперсии канального шума и тактовой синхронизации, основой которого является повторяемость фрагментов принимаемого многолучевого сигнала.

Ключевые слова: сигнал, обнаружение, тактовая синхронизация, дисперсия канального шума, имитационное моделирование, многолучевость.

Развитие систем связи заставляет постоянно совершенствовать средства приема информации, обеспечивая все более скоростную передачу информации по каналам связи. Увеличение скорости передачи приводит к приему сигнала в условиях многолучевого распространения, что требует изменения алгоритмов работы всех блоков системы приема информации [1-2].

В представленной статье предлагается алгоритм совместного обнаружения сигнала, оценивания дисперсии канального шума и тактовой синхронизации, основанный на структурном анализе принимаемого сигнала.

В [3] представлен алгоритм тактовой синхронизации, обеспечивающий нахождение границ тактовых интервалов на основе поиска совпадающих фрагментов сигнала. Однако этот алгоритм имеет ряд недостатков, отмеченных в [4], основной из которых – невозможность получения оценки границы тактового интервала при отсутствии знаний о форме реакции кана-

ла на переданный элемент сигнала. Предлагаемый в данной статье алгоритм лишен этого недостатка, хотя основой этого алгоритма, как и в [3], является повторяемость частот принимаемого сигнала.

Запишем сигнал на входе приемного устройства в следующем виде:

$$\dot{z}(t) = \sum_{l=1}^L \dot{s}(t - \tau_l) \cdot \dot{\gamma}_l(t) + \dot{n}(t), \quad (1)$$

где $\dot{s}(t)$ – передаваемый сигнал, $\dot{n}(t)$ – шум, $\dot{\gamma}(t)$ – коэффициент передачи канала, являющийся медленно меняющейся функцией времени, L – число лучей, l – номер луча, τ_l – задержка во времени l -го луча.

Пусть

$$\dot{d}_\mu(t) = \dot{z}_{jM+i}(t) - \dot{z}_{kM+i}(t) \quad (2)$$

$$\dot{a}_\mu(t) = \dot{z}_{jM+i}(t) + \dot{z}_{kM+i}(t) \quad (3)$$

$\dot{d}_\mu(t)$ – разность сравниваемых фрагментов сигнала, $\dot{a}_\mu(t)$ – сумма этих же фрагментов, где $k=0; 1 \dots n-2$, $j=k+1, k+2 \dots n-1$, $i=0; 1 \dots M-1$, $\dot{z}_{jM+i}(t) = \dot{z}(t + (jM+i)\Delta T)$, $\dot{z}_{kM+i}(t) = \dot{z}(t + (kM+i)\Delta T)$, ΔT – требуемая точность синхронизации $\Delta T = \frac{T}{M}$, M – количество смещений в пределах тактового интервала.

Каждому сочетанию параметров j , k и i соответствует определенное значение μ , причем

$\mu = 0; 1 \dots \left(\frac{n^2 - n}{2}\right)M - 1$. Для дальнейшего анализа вычислим величины D_μ и A_μ :

$$D_\mu = \int_0^{T_o} |\dot{d}_\mu(t)|^2 dt, \quad (4)$$

$$A_\mu = \int_0^{T_o} |\dot{a}_\mu(t)|^2 dt. \quad (5)$$

При совпадении разнесенных фрагментов сигнала значение D_μ в отсутствие шума равно нулю, а при его наличии стремится к удвоенному значению энергии шума на интервале анализа [5].

Для более контрастного определения границы тактового интервала при фазовой модуляции предлагается использовать не D_μ , а отношения $\frac{D_\mu}{A_\mu}$, так как значения также необходимы для обнаружения сигнала на входе приемника [6]. При этом позиционность модуляции не имеет значения для логики построения алгоритма. При использовании только D_μ алгоритм тактовой синхронизации, представленный в данной статье, станет инвариантным к виду модуляции.

Предлагаемый алгоритм требует нахождения такого значения $\mu = \hat{\mu}$, при котором $\frac{D_\mu}{A_\mu}$ минимально. Это значение в отсутствие следующей повторной комбинации позволит определить границу тактового интервала:

$$\hat{\mu} = \arg \min_{\mu} \frac{D_\mu}{A_\mu}, \quad (6)$$

$$\hat{\mu} = \arg \min_{\mu} D_\mu. \quad (7)$$

При реальной передаче информации, ввиду случайности сообщения, на отсутствие следующей повторной комбинации нельзя полагаться, поэтому найденное значение должно стать отправной точкой для нахождения границы тактового интервала. Саму обработку необходимо проводить поблочно, используя для вынесения решения q интервалов анализа.

По найденному значению $\hat{\mu}$ определим значения \hat{j} , \hat{k} , при которых проявились совпадающие фрагменты сигнала. При этом зафиксируем интервал, равный по величине тактовому интервалу, в котором было найдено совпадение фрагментов принимаемого сигнала. Таким образом, для каждого интервала анализа используется следующий набор фрагментов сигнала $\dot{z}_{jM+i}(t)$ и $\dot{z}_{kM+i}(t)$, и

соответствующие им значения отношений интегралов квадратов модулей разности и интегралов квадратов модулей суммы анализируемых фрагментов сигнала $\frac{D_{\zeta+i}}{A_{\zeta+i}}$, где $\zeta = \left\lfloor \frac{\hat{\mu}}{M} \right\rfloor M$.

Математическое ожидание минимальных отношений интегралов квадратов модулей разности и суммы фрагментов сигнала также должно быть минимальным.

Исходя из этого, запишем решающее правило для алгоритма нахождения границ тактовых интервалов по нескольким анализируемым фрагментам в следующем виде:

$$\hat{i} = \arg \min_i \sum_q \frac{D_{q,\zeta+i}}{A_{q,\zeta+i}}, \quad (8)$$

$$\hat{i} = \arg \min_i \sum_q D_{q,\zeta+i}. \quad (9)$$

Для выявления качественных характеристик работы устройства тактовой синхронизации было проведено статистическое имитационное моделирование (СИМ) при различном отношении сигнал/шум и различном количестве блоков q принимаемого сигнала $\dot{z}(t)$ на интервале анализа qN .

Моделирование проводилось следующим образом. Для каждого блока, используемого в анализе, сначала генерировалась последовательность в $N = 15$ элементов сигнала $\dot{s}(t)$, который умножался на коэффициент передачи канала $\dot{\gamma}(t)$. Коэффициент передачи канала формировался как случайная величина, распределенная по рэлеевскому закону [7]. Произведение $\dot{s}(t)$ и $\dot{\gamma}(t)$ складывалось со сгенерированной последовательностью гауссовского шума $\dot{n}(t)$. Таким образом, был сформирован сигнал $\dot{z}(t)$, поступающий на вход анализируемого устройства тактовой синхронизации. Далее проводились действия в соответствии с формулами (2)-(9). Найденное значение временного сдвига сохранялось в памяти ЭВМ. Данные операции проводились 1000 раз. Таким образом, были сформированы гистограммы вероятности правильного определения границы тактового интервала в зависимости от количества блоков, используемых для анализа, и отношения сигнал/шум. Полученные гистограммы представлены на рис. 1 и 2. По условиям эксперимента граница тактового интервала была смещена на $\frac{T}{10}$ ($i = 2$), а память канала принята равной 2.

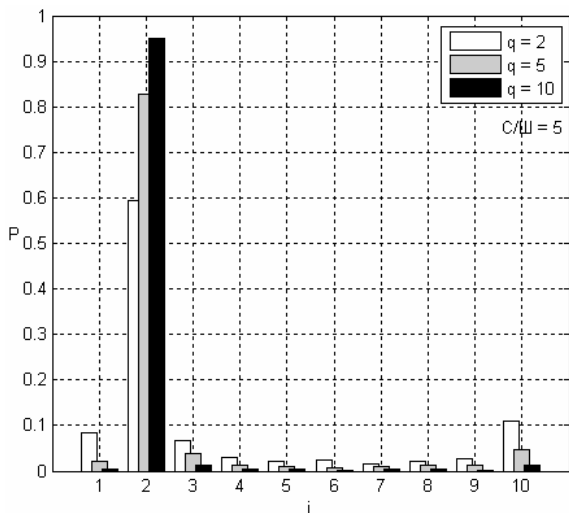


Рис. 1. Гистограмма вероятности правильного определения границы тактового интервала в зависимости от количества используемых блоков

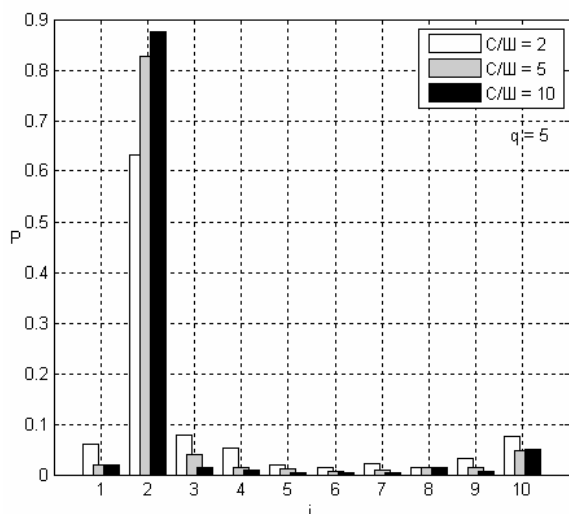


Рис. 2. Гистограмма вероятности правильного определения границы тактового интервала в зависимости от соотношения сигнал/шум

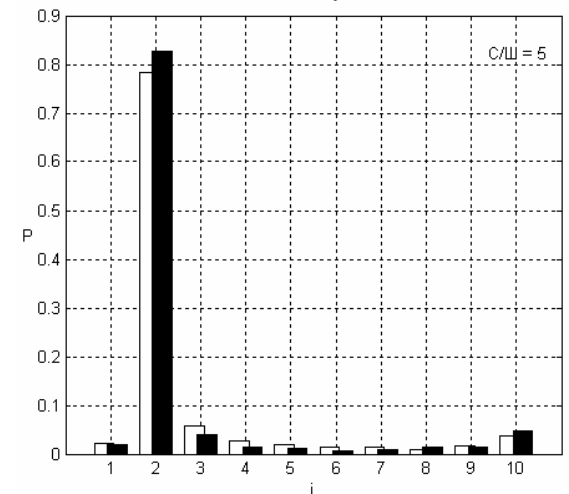


Рис. 3. Гистограмма вероятности правильного определения границы тактового интервала решения по формуле (8) и (9)

Анализ рис. 1-3 позволяет сделать выводы:

1. Точность определения границ тактового интервала зависит от соотношения сигнал/шум и количества анализируемых блоков. При необходимости можно найти компромисс между отношением сигнал/шум и количеством используемых блоков.

2. Решения, выносимые алгоритмами, находятся в окрестности истинной границы тактового интервала.

3. Алгоритмы с решающими правилами (8)-(9) различаются незначительно, хотя алгоритм с решающим правилом (8) имеет небольшой выигрыш.

Совместная схема работы устройства, использующего алгоритм тактовой синхронизации и построенного в соответствии с решающим правилом (8), а также использующего алгоритмы обнаружения сигнала и оценивания дисперсии канального шума, описанные в [5-6], представлена на рис. 4.

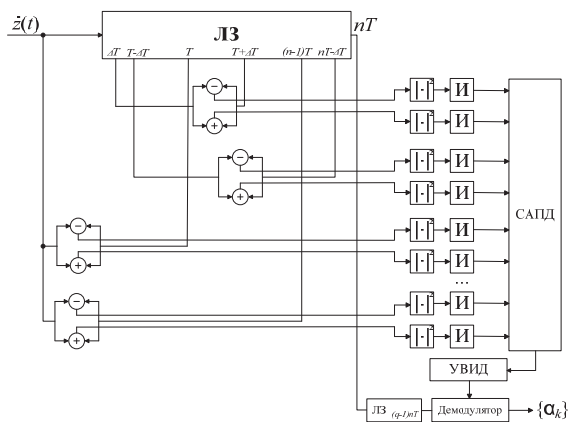


Рис. 4. Схема работы устройства обнаружения, оценивания дисперсии канального шума и тактовой синхронизации

Схема устройства обнаружения, оценивания дисперсии канального шума и тактовой синхронизации работает следующим образом. Смесь сигнала, прошедшего многолучевой канал, и шума $z(t)$ поступает на вход линии задержки (ЛЗ) с отводами. Количество отводов в соответствии с алгоритмом равно nM , в блоках сложения и вычитания определяются базовые элементы анализа $d_{\mu}(t)$ и $\hat{a}_{\mu}(t)$. Эти элементы поступают каждый на свой блок определения модуля, после чего полученные значения возводятся в квадрат и интегрируются на интервале T_a . Таким образом, на схему анализа предварительных данных (САПД) поступают необходимые исходные данные для работы алгоритмов обнаружения сигнала, оценивания дисперсии канального шума и тактовой синхронизации. В САПД на интервале времени qnT определяются по формуле (6) совпадающие фрагменты. При наличии сигнала в со-

ответствии с алгоритмом работы обнаружителя, представленного в [6], определяется наличие или отсутствие сигнала на входе приемника. При наличии сигнала САПД запоминает полученные значения $D_{\zeta+i}$ и $A_{\zeta+i}$ и продолжает набор статистических данных, соответствующих с требуемым значениям погрешности определения мощности шума и точности синхронизации. После этого в соответствии с решающим правилом (8) и алгоритмом оценивания мощности шума, представленным в [5], определяется значение временного сдвига сетки тактовых импульсов передатчика и приемника, и искомое значение мощности шума в канале связи. Сведения о наличии сигнала, мощности шума и о временном рассогласовании передатчика и приемника поступают на вход устройства выдачи исходных данных (УВИД), которое в соответствии с логикой работы демодулятора выдает требуемую информацию.

Литература

1. Николаев Б.И. Последовательная передача дискретных сообщений по непрерывным каналам с памятью. М.: Радио и связь, 1988. – 262 с.
2. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Сов. радио, 1970. – 728 с.
3. Кузнецов А.И., Халилов Р.Р. Тактовая синхронизация в каналах с межсимвольной интерференцией на основе структурного анализа многолучевого сигнала // ИКТ. Т.4, №1, 2007. – С. 41-43.
4. Котлова Т.В., Халилов Р.Р. Оценка порогового уровня различения «ненулевых» фрагментов сигнала для алгоритма тактовой синхронизации, основанного на повторяемости частей принимаемого многолучевого сигнала // Сб. докладов ВНТК «Актуальные проблемы ракетно-космической техники и ее роль в устойчивом социально-экономическом развитии общества». Самара, 2009. – С. 209-210.
5. Халилов Р.Р. Оценивание дисперсии шума в каналах с МСИ с использованием метода дифференциального анализа. // Сб. докладов IX МНТК Проблемы техники и технологий телекоммуникаций. Казань, 2008. – С. 219-220.
6. Халилов Р.Р. Обнаружение сигналов в каналах с межсимвольной интерференцией и шумом. // Сб. докладов V НТК Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования Земли. Москва, 2008. – С. 76 – 80.
7. Кловский Д.Д., Соيفер В.А. Обработка пространственно-временных сигналов. М.: Связь, 1976. – 208 с.

SIGNAL DETERMINATION PROCEDURE, ESTIMATION OF NOISE DISPERSION AND BIT TIMING VIA MULTIPATH CHANNELS

Kotlova T.V., Khalilov R.R.

This article represents bit timing algorithm, statistic simulation of suggested algorithm, operation scheme of joint signal detecting device, as well as estimation of channel noise dispersion and bit timing which is based on segment repetition of sensed multipath signal.

Keywords: signal, detection, bit timing, noise dispersion, simulation, multi-path.

Котлова Татьяна Викторовна, инженер-программист 2 категории ГНПКЦ «ЦСКБ-Прогресс». Тел. 8-902-336-59-43, E-mail: tatiana.kotlova@gmail.com

Халилов Ринат Рашидович, заместитель начальника Центра получения и обработки информации «Самара» ГНПКЦ «ЦСКБ-Прогресс». Тел. 8-903-308-21-68, E-mail: halilovr82@mail.ru

УДК 681.3

ТЕХНОЛОГИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ШИФРОВАНИЯ ДАННЫХ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Калмыков И.А., Стрекалов Ю.А., Щелкунова Ю.О., Кихтенко О.А., Барильская А.В.

В статье рассмотрена технология построения криптосистемы нелинейного шифрования данных с использованием полиномиальной системы классов вычетов. Предложен метод, позволяющий обеспечить высокую скорость шифрования потока данных.

Ключевые слова: нетрадиционные алгоритмы шифрования, поля Галуа, полиномиальная система классов вычетов, нелинейное шифрование данных.

Введение

Широкое использование информационных систем в государственных учреждениях, финансовых структурах и военно-промышленном комплексе, а также быстрое развитие информационных систем общего пользования вызвало необходимость разработки средств защиты от несанкционированного