

УДК 621.381.35

СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА В КАНАЛЕ СВЯЗИ

А. Н. Мингалев, научный сотрудник ОАО «РИМП»; ming@list.ru

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, обнаружение сигналов, согласованная фильтрация, критерий Неймана-Пирсона, псевдослучайные последовательности.

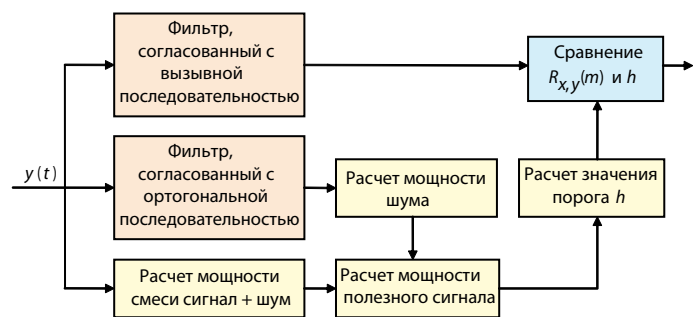
Одной из важных задач при построении асинхронных систем передачи данных по радиоканалу является задача обнаружения вызывного сигнала. Для ее решения в технике связи широко применяются фильтры, согласованные с вызывным сигналом. На приемной стороне генерируется образец вызывного сигнала и вычисляется его корреляция с сигналом, принятым из радиоканала [1].

Вызывной сигнал на входе приемника имеет вид $y(t) = a \cos(\omega_0 t + \varphi(t - \tau) - \theta) + n(t)$, где a , θ — случайные амплитуда и фаза, $n(t)$ — нормальный белый шум. Тогда функция корреляции имеет вид:

$$R_{x,y}(\tau) = \int_0^T y(t)x(t-\tau)dt,$$

где $x(t) = \cos(\omega_0 t + \varphi(t))$ — образец вызывного сигнала, T — длительность сигнала.

В случае наличия вызывной последовательности в принятом сигнале функция взаимной корреляции будет равна функции автокорреляции с точностью до постоянной $R_{x,y}(\tau) = \lambda R_{x,x}(t - \tau)$. Если значение сигнала на выходе согласованного фильтра превышает некоторый заранее определенный пороговый уровень ($h = \lambda R_{x,x}(t) - \varepsilon$), т. е. $R_{x,y}(m) \gg h$, то принимается решение о наличии вызывного сигнала в радиоканале. При этом основной проблемой при использовании такого подхода является определение значения порога для принятия решения. В радиоканале характеризуется наличием замираний, при которых с течением времени меняется уровень сигнала в радиоканале, и, соответственно, будет меняться уровень сигнала на выходе согласованного фильтра, а значит, будет меняться и λ . Таким образом, установить значение порога h заранее, например, по результатам предварительного зондирования, становится невозможно. Поэтому возникает необходимость рассчитывать это значение в процессе поиска вызывного сигнала для текущей сигнално-помеховой обстановки непосредственно, в адаптивном режиме. Для этого, как правило, оценивают



отношение сигнал/помеха, мощность сигнала и на основании этих оценок рассчитывают значение порога. При этом существующие методы вычисления отношения сигнал/помеха обладают довольно высокой погрешностью, а рассчитать на основании этого отношения значение порога h возможно только косвенным образом, что также увеличивает погрешность. Поэтому в работе предлагается рассчитывать порог h , используя метод отдельного вычисления мощности шума и мощности полезного сигнала.

Процесс поиска вызывной последовательности с использованием данного метода, представленный на рисунке, заключается в параллельном пропускании принятого из радиоканала сигнала через два фильтра (фильтр, согласованный с вызывной последовательностью, и фильтр, согласованный с последовательностью, ортогональной к вызывной) и в измерении мощностей сигнала, принятого из радиоканала, и сигнала на выходе второго фильтра.

На выходе фильтра, согласованного с последовательностью $x(t)$, ортогональной к вызывной, получают значения функции взаимной корреляции последовательностей $x'(t)$ и $y(t)$ $R_{x',y}(\tau)$, а так как последовательность $y(t)$ в случае наличия вызывного сигнала представляет собой последовательность $x(t)$ с неизвестной амплитудой и фазой, то $R_{x',y}(\tau) = \lambda R_{x,x}(t - \tau)$. Поскольку последовательности $x'(t)$ и $x(t)$ ортогональны, то при отсутствии помех $R_{x',y}(\tau) = 0$, а при их наличии в $R_{x',y}(\tau)$ будет содержаться только отфильтрованный шум. Для того чтобы характеристики шума на выходе фильтра, согласованного с ортогональной последовательностью, совпадали с характеристиками шума в канале свя-

зи, необходимо, чтобы ширина спектров этих последовательностей и их форма совпадали.

Затем вычисляется средняя мощность шума:

$$P_{\text{ш}} = \frac{1}{T_1} \int_0^{T_1} (R_{x',y}(\tau))^2 d\tau,$$

где T_1 — интервал усреднения.

По принятому из радиоканала сигналу вычисляется мощность смеси сигнала и шума:

$$P_{\text{с+ш}} = \frac{1}{T_1} \int_0^{T_1} y^2(\tau) d\tau.$$

Используя результаты этих вычислений определяется мощность полезного сигнала $P_c = P_{\text{с+ш}} - P_{\text{ш}}$.

Поскольку для задачи обнаружения сигнала фаза не существенна, а важным является только параметр τ , то можно использовать функцию огибающей $Z(\tau) = \sqrt{X^2(\tau) + Y^2(\tau)}$, где $X(t)$ и $Y(t)$ — синфазная и квадратурная составляющие сигнала.

В случае наличия сигнала в канале связи математические ожидания величин X и Y равны соответственно $m(X) = aE_1 \cos(\theta)$ и $m(Y) = aE_1 \sin(\theta)$, а дисперсии $\sigma^2(X) = \sigma^2(Y) = \sigma^2 = \frac{1}{2} N_0 E_1$, где $E_1 = \frac{E}{a^2}$ — нормированная энергия сигнала, N_0 — спектральная плотность мощности шума. Величины X и Y являются независимыми, поэтому плотность вероятности случайной величины Z определяется законом Райса [2]:

$$W_1(Z) = \frac{2Z}{N_0 E_1} \exp\left(-\frac{Z^2 + a^2 E_1}{N_0 E_1}\right) I_0\left(\frac{2aZ}{N_0}\right),$$

где I_0 — функция Бесселя.

В случае отсутствия сигнала в канале связи, то есть в любое время на выходе фильтра, согласованного с ортогональной последовательностью, величины X и Y имеют нулевое среднее и дисперсию σ^2 . Тогда плотность вероятности случайной величины Z будет релевской:

$$W_2(Z) = \frac{2Z}{N_0 E_1} \exp\left(-\frac{Z^2}{N_0 E_1}\right).$$

Так как энергия сигнала E и спектральная плотность мощности шума N_0 постоянны, а функция Бесселя является монотонной, то на основании сравнения огибающей Z с некоторым порогом h можно принимать решение о наличии или отсутствии сигнала.

Тогда, задавая вероятность ложной тревоги:

$$F = \int_h^\infty W_2(Z) dz = e^{-\frac{1}{2} h_0^2},$$

где $h_0 = \frac{h}{\sqrt{N_0 a^2 E_1 / 2}}$, в соответствии с критерием Неймана-

Пирсона можно определить пороговый уровень h для обнаружения.

При этом вероятность правильного обнаружения:

$$D = \int_h^\infty W_1(Z) dz.$$

Для использования в качестве вызывных сигналов хорошо подходят широко известные псевдослучайные последовательности. Автокорреляционные функции этих последовательностей близки к идеальной — их значения при нулевом сдвиге намного превышают значения при любых других сдвигах. Функции взаимной корреляции этих последовательностей, а также их функции взаимной корреляции с набором случайной информации близки к нулю. В совокупности это снижает вероятность ложного срабатывания и вероятность пропуска вызывного сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Иган Дж.** Теория обнаружения сигнала и метод рабочих характеристик. — М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983.
2. **Тихонов В. И.** Статистическая радиотехника. — М.: Сов. радио, 1966.

Получено 24.12.09

ИНФОРМАЦИЯ

В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ К МЕРОПРИЯТИЯМ МСЭ

10—12 марта 2010 г. в Ташкенте (Республика Узбекистан) состоялось 3-е заседание Рабочей группы по работе с Международным союзом электросвязи (МСЭ) и 22-е заседание Комиссии Регионального сотрудничества в области связи (РСС) по координации международного сотрудничества (КМС).

На заседании КМС рассматривались вопросы подготовки к Всемирной конференции по развитию электросвязи МСЭ 2010 года (ВКРЭ-10, 24 мая — 4 июня 2010 г., Хайдарабад, Индия), Полномочной конференции МСЭ 2010 года (4—22 октября 2010 г., Гвадалахара, Мексика), Ассамблее радиосвязи и Всемирной конференции радиосвязи 2012 года, Всемирной конференции по международной электросвязи 2012 года (ВКМЭ-12), сессии Совета МСЭ 2010 года

(апрель 2010 г., Женева). Заслушивалась также информация об итогах работы Консультативных групп МСЭ: по развитию электросвязи (КГРЭ), радиосвязи (КГР), стандартизации электросвязи (КГСЭ).

Накануне заседания КМС состоялось заседание образованной при КМС Рабочей группы по работе с МСЭ, которая обсудила итоги Регионального подготовительного собрания для стран СНГ по подготовке к ВКРЭ-10 и согласовала редакции проектов Общих предложений РСС к ВКРЭ-10 и ПК-10, которые затем были рассмотрены КМС. Рабочая группа согласовала также кандидатуры координаторов по представлению Общих предложений РСС на ВКРЭ-10. Обсудив представленные документы, КМС приняла решение поручить Исполкому РСС направить в МСЭ 13 Общих предло-

жений РСС к ВКРЭ-10, включающих четыре региональные инициативы, проекты новых Резолюций, проекты новых или пересмотренных Вопросы изучения ИК МСЭ-D, предложения по работе МСЭ-D и Общее предложение РСС к ПК-10. Были подготовлены также предложения по кандидатурам на руководящие посты ВКРЭ-10 и рабочих органов МСЭ-D, а также предложения по кандидатурам на руководящие посты ПК-10, в Радиорегламентарный комитет и Совет МСЭ. Согласованные редакции Общих предложений РСС к ВКРЭ-10 были подписаны присутствующими на заседании полномочными представителями администрации связи РСС.

Следующее заседание Комиссии РСС по координации международного сотрудничества намечено провести в г. Баку, Азербайджанская Республика.