



– подсистема просмотра заявок также является элементом подсистемы деятельности пользователя и предоставляет пользователю возможность просматривать оформленные им заявки.

Система реализована на языке программирования Java в среде программирования IntelliJ IDEA. В качестве СУБД использовалась MySQL. Для взаимодействия разработанного приложения с базой данных применялся стандарт JDBC.

### Литература

1 Официальный ресурс конференции «Перспективные информационные технологии» [Электронный ресурс] – URL: <https://ssau.ru/events/825-mezhdunarodnaya-nauchno-tekhnicheskaya-konferentsiya-perspektivnye-informatsionnye-tehnologii-pit-2018> (дата обращения 10.10.2018).

2 Прохоров, С.А. Разработка автоматизированной системы организации международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии» [Текст] / С.А. Прохоров, А.Л. Мажаров / Новые информационные технологии в научных исследованиях : материалы Всерос. научн.-техн. конф. – Рязань: РГРТУ, – 2018. – Т. 2. – с. 12-13.

3 Бабич, А.В. Введение в UML [Текст] / А.В. Бабич. – М: НОУ ИНТУИТ. – 2016. – с. 209.

Б.В. Султанов

## РЕКУРРЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ БЫСТРОГО ПОИСКА В СИСТЕМАХ С КОМБИНАЦИЕЙ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ И ПРЯМОГО РАСШИРЕНИЯ СПЕКТРА

(Пензенский государственный университет)

Технология расширения спектра сигналов является перспективным направлением развития современных телекоммуникационных систем, поскольку позволяет получить такие преимущества, как повышенная помехоустойчивость по отношению к преднамеренным и непреднамеренным помехам, возможности обеспечения низкой вероятности обнаружения факта передачи информации, реализация множественного доступа с кодовым разделением каналов. Сущность этой технологии заключается в преднамеренном расширении полосы частот, занимаемой сигналом-переносчиком сообщений и существенно превышающей ту, которая необходима для передачи этих сообщений с заданными скоростью и критерием качества [1]. При этом в конечном итоге отмеченные выше преимущества проявляются тем в большей степени, чем шире полоса частот сигнала-переносчика. Одним из наиболее распространенных подходов к построению подобных систем является метод расширения спектра с использованием псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ), позволяющий обеспечить распределение энергии передаваемого сигнала в наибо-



лее широком диапазоне частот  $W$ . Дополнительное расширение полосы частот  $W$  может быть достигнуто за счёт применения комбинации методов ППРЧ и прямого расширения спектра (ПРС).

В таких системах расширение спектра передаваемого сигнала  $u(t)$  на интервале  $T_c$  методом ПРС производится путём его балансной модуляции бинарной псевдослучайной последовательностью  $\{c_n\}$  с периодом  $N$ , состоящей из равновероятных элементов, принимающих значения  $\pm 1$  и генерируемых с частотой  $f_{\text{прс}}$ , в  $N$  раз превышающей частоту  $f_c = 1/T_c$ . В результате ширина спектра  $W_u$  сигнала  $u(t)$  увеличивается в  $N$  раз и становится равной  $W_{\text{прс}} = N W_u$ . Расширение спектра методом ППРЧ осуществляется за счёт управляемого датчиком псевдослучайного кода скачкообразного изменения частоты несущего колебания при модуляции передаваемого сигнала данных. При этом величина  $W_{\text{прс}}$  представляет собой минимально необходимую разность частот между двумя смежными скачками несущей частоты  $f_{h,k}$  и  $f_{h,k-1}$ . В том случае, когда в процессе ППРЧ используется  $M$  «прыгающих» частот, общая ширина спектра  $W$  формируемого таким образом сигнала составит  $W_{\text{сс}} = M W_{\text{прс}} = M N W_u$ , а его энергетический спектр на  $k$ -м скачке частоты, характеризуемом соответствующим значением мгновенной несущей частоты  $f_{h,k}$ , в области положительных частот при этом будет иметь максимум, располагающимся на частоте  $f = f_{h,k}$ .

Для снятия расширения спектра в приёмнике необходимо:

1) иметь опорную последовательность гармонических колебаний с частотами  $\hat{f}_{h,k} = f_{h,k}$ , что предполагает установление синхронизации между выходным сигналом опорного генератора приёмника, формирующего последовательность перестраиваемых рабочих частот  $\hat{f}_{h,k}$ , и принимаемым сигналом (это позволит снять расширение спектра, обусловленное ППРЧ);

2) иметь опорную последовательность  $\{\hat{c}_n\}$ , синфазную с псевдослучайной последовательностью  $\{c_n\}$  (это позволит снять прямое расширение спектра).

Обе названные задачи должна решить система синхронизации, входящая в состав приёмника и являющаяся наиболее сложным и ответственным его элементом.

Процедура синхронизации включает в себя две стадии: первоначальную синхронизацию (поиск), обеспечивающую временное выравнивание сравниваемых сигналов с точностью приблизительно до половины длительности одного элемента расширяющей последовательности (скачка частоты при ППРЧ и одного элемента последовательности  $\{\hat{c}_n\}$  при ПРС), и точную синхронизацию (слежение), приводящую к их полному совпадению [1]. При этом наиболее продолжительной и сложной является процедура поиска. Наличие необходимости двойной синхронизации в системах с ПРС/ППРЧ в общем случае существенно усложняет решение данной задачи.

Вместе с тем при использовании на этапе ППРЧ в качестве датчика псевдослучайного кода, задающего закон изменения рабочей частоты, регистра



сдвига с линейной обратной связью (РСЛОС), оказывается возможной реализация рекуррентного поиска, основанного на авторегрессионном спектральном оценивании (АСО) [2], обладающего потенциально высоким быстродействием и упрощающего процедуру совместной первоначальной синхронизации в комбинированной системе с ПРС/ППРЧ. Идея этого метода основана на измерении значения несущей частоты текущего скачка принимаемого сигнала с ППРЧ и установлении по нему управляющего кода, формируемого в данный момент времени генератором псевдослучайной последовательности, определение которого и является задачей поиска. Однако вследствие мешающего влияния шума установление значения кода на основе точного однократного измерения мгновенной частоты принимаемого сигнала в реальной ситуации неосуществимо. Устранить в необходимой степени это влияние на результат измерения частоты при использовании в качестве датчика псевдослучайного кода РСЛОС оказывается возможным за счёт того, что код РСЛОС определяется на основе  $L$  ( $L$  – количество разрядов РСЛОС) последовательно выполняемых с помощью АСО оценок частоты следующих друг за другом скачков, причём из каждого двоичного числа, соответствующего очередной оценке, используется лишь один старший или наиболее значимый бит (НЗБ). При этом общая длительность  $t_n$  процедуры поиска составит  $t_n = LT_c$ . Подробно возможные алгоритмы реализации рекуррентного поиска с использованием АСО применительно к системе с ППРЧ представлены в работе [2].

В зависимости от соотношения длительностей информационного символа  $T_t$  и скачка частоты  $T_c$  различают системы с быстрой и медленной ППРЧ. В первом случае  $T_t = rT_c$ , где  $r$  – целое, и один информационный символ передаётся на  $r$  различных несущих частотах; во втором –  $T_c = rT_t$ , и на одной несущей частоте передаются несколько информационных символов. Системы с быстрой ППРЧ в ряде случаев обеспечивают более высокую степень подавления преднамеренных и непреднамеренных помех (в частности, они более устойчивы к помехе, обусловленной многолучевым распространением сигнала в радиоканале). При этом при комбинировании быстрой ППРЧ с ПРС ввиду малости  $T_c$  значение  $N$  может быть выбрано небольшим (например,  $N \leq 10$ ).

В таких условиях отмеченное выше свойство энергетического спектра сигнала ПРС/ППРЧ, заключающееся в соответствии его максимума мгновенному значению  $f_{h,k}$ , позволяет применить данный подход определения  $f_{h,k}$  и в комбинированной системе ПРС/ППРЧ. При этом задача первоначального фазирования последовательностей  $\{\hat{c}_n\}$  и  $\{c_n\}$  в комбинированной системе при небольших значениях  $N$  оказывается аналогичной проблеме устранения первоначальной неопределённости начала поиска, обусловленной несинхронностью моментов скачкообразного изменения частоты принимаемого сигнала с границами интервалов оценивания в приемнике в системе с ППРЧ [2]. В подобной ситуации алгоритм поиска заключается в следующем. Вначале осуществляется запоминание последовательности  $\{y_s(k)\}$ , содержащей  $2N_c$  отсчётов входного



сигнала, выбранных за время  $2T_c$ . Далее параллельно во времени рекуррентным методом на основе АСО осуществляется вычисление  $N$  оценок текущего значения управляющего кода РСЛОС. Для вычисления  $i$ -й оценки ( $i = \overline{1, N}$ ) в качестве входного сигнала используется фрагмент  $\{y_3^i(k)\}$  запомненной последовательности  $\{y_3(k)\}$  длительностью  $N_c$ , сдвинутый относительно её начала на  $(i-1)\frac{N_c}{N}$  отсчётов:

$$y_3^i(k) = \begin{cases} y_3(k) & \text{при } (i-1)\frac{N_c}{N} < k \leq (i-1)\frac{N_c}{N} + N_c \\ 0 & \text{при других } k \end{cases}$$

После этого осуществляется тестирование правильности полученных результатов, реализуемое параллельно во времени с использованием  $N$  корреляторов. На один из входов подаётся сигнал, пришедший из канала и задержанный на время  $t_n$ , а на второй – опорный сигнал, формируемый как промодулированная последовательностью  $\{c_n\}$  совокупность отсчётов несущего колебания с частотой  $f_{h,k}$ , задаваемой соответствующей оценкой управляющего кода РСЛОС. Синхрокод РСЛОС, обеспечивший наилучший положительный результат тестирования, принимается за окончательное решение задачи поиска. При этом оказывается решённой и задача первоначального фазирования последовательностей  $\{\hat{c}_n\}$  и  $\{c_n\}$ .

Предлагаемое решение апробировано на имитационной модели.

### Литература

1. Гаранин, М.В. Системы и сети передачи информации./ М.В. Гаранин, В.И. Журавлёв, С.В. Кунегин – М.: Радио и связь, 2001.– 335 с.
2. Султанов, Б. В. Исследование метода быстрого поиска в системах с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. / Б.В. Султанов, Н.Б. Румянцев, С.Л. Зефирин // Радиотехника и электроника, 2013, том 58, №6, с. 583-591.

А. М. Сундеев, М.Д. Лимов, А.С. Домашева, М.Н. Осипов

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХКООРДИНАТНОГО ОПТИЧЕСКОГО СЕЙСМОДАТЧИКА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева)

Среди огромного разнообразия проблем по обеспечению инженерно-технической безопасности любого объекта одной из важных задач является защита его периметра как первого и наиболее ответственного рубежа охраны. Обнаружение и предотвращение попыток несанкционированного проникновения осуществляется техническими методами защиты, которые устанавливаются