DOI: 10.17117/na.2016.02.02.385

<http://ucom.ru/doc/na.2016.02.02.385.pdf>

Поступила (Received): 26.02.2016

Попов А.С., Ковтун В.А., Саламов В.А. Детектирование импульсных сигналов в сетях беспроводного абонентского доступа

Popov A.S., Kovtyn V.A., Salamov V.A.
The detection of pulse signals in a wireless local networks

В статье рассмотрены потенциальные характеристики импульсных сверхширокополосных сигналов, используемых в качестве информационных в системах беспроводной связи. Основное внимание уделено системе обнаружения сигналов, как основному элементу демодулятора приемопередающего устройства. В качестве обнаружителя выбран и структурно представлен – энергетический обнаружитель или радиометр, обеспечивающий поиск и обнаружение информационных сигналов в условиях априорной неопределенности, имеющей место в реальных условиях функционирования систем беспроводного доступа

Ключевые слова: сверхширокополосные сигналы, обнаружение, динамический порог, вероятность ошибки

The article discusses the potential characteristics of pulsed UWB signals used as information in wireless communication systems. Emphasis is placed on the system of detection signals as the main element of the demodulator transceiver. As the detector is selected and structurally presented – energy detector or radiometer that provides search and detection of information signals in conditions of a priori uncertainties existing in the real functioning of the wireless access systems

Key words: UWB signals, detection, dynamic threshold, the probability of error

Попов Андрей Сергеевич

Кандидат технических наук, преподаватель
Рязанское высшее воздушно-десантное ордена
Суворова дважды Краснознамённое командное
училище им. В. Ф. Маргелова
г. Рязань, площадь В.Ф. Маргелова, 1

Popov Andrey Sergeevich

Candidate of Technical Sciences, teacher
Ryazan higher airborne command school named V.F.
Margelov
Ryazan, V.F. Margelov sq., 1

Ковтун Валерий Анатольевич

Преподаватель
Рязанское высшее воздушно-десантное ордена
Суворова дважды Краснознамённое командное
училище им. В. Ф. Маргелова
г. Рязань, площадь В.Ф. Маргелова, 1

Kovtyn Valeriy Anatolevich

Teacher
Ryazan higher airborne command school named V.F.
Margelov
Ryazan, V.F. Margelov sq., 1

Саламов Валерий Анатольевич

Доцент, начальник кафедры
Рязанское высшее воздушно-десантное ордена
Суворова дважды Краснознамённое командное
училище им. В. Ф. Маргелова
г. Рязань, площадь В.Ф. Маргелова, 1

Salamov Valeriy Anatolevich

Associate Professor, Head of Department
Ryazan higher airborne command school named V.F.
Margelov
Ryazan, V.F. Margelov sq., 1

В условиях информационного конфликта эффективность систем передачи информации в значительной степени зависит от качества функционирования радиоэлектронных средств, к которым предъявляются всё более высокие требования, в том числе по скрытности (энергетической, структурной и информационной) и электромагнитной совместимости.

Наделение средств телекоммуникации энергетической и структурной скрытностью нашло свое отражение в технологии импульсной сверхширокополосной связи. Низкая спектральная плотность, отсутствие несущей частоты, малая мощность передатчика ставят системы радиоразведки и радиоподавления в условия априорной неопределенности сигнала, что значительно затрудняет процесс демодуляции в целом. Если форма сигнала априори не известна, то единственным признаком его наличия является энергия реализации процесса на входе приемника обнаружения. Данный признак делает возможным только энергетическое обнаружение.

Обнаружение сигнала, в основном, осуществляется по наличию пика, превышающего некоторый порог. Тогда эффективность обнаружения будет зависеть от правил выбора порога. Величина порога обнаружения зависит от длительности сигнала (времени анализа) и определяется отношением сигнал/шум на входе порогового устройства. Если это отношение известно точно, то величина порога обнаружения может быть выбрана оптимально исходя из требуемой вероятности ложного срабатывания (или пропуска сигнала). В этом случае порог может быть фиксированным, превышение его модулем функции неопределенности свидетельствует об обнаружении основного пика тела неопределенности. Тогда основные характеристики системы обнаружения (вероятность ложного срабатывания F_q и вероятность пропуска сигнала D) определяются следующим образом [2]:

$$F_q = 0,5\{1 - \text{erf}[(\Pi_0 - \lambda_q)\sqrt{N_c\rho}]\}, \quad (1)$$

$$D = 0,5\{1 - \text{erf}[(1 - \Pi_0)\sqrt{N_c\rho}]\}, \quad (2)$$

где ρ – отношение сигнал-шум; N_c – количество элементов в сигнале; λ_q – нормированное значение максимального бокового пика ($|\lambda_q| < 1$); Π_0 – нормированный порог обнаружения; $\text{erf}(x) = 2/\pi \int_0^x \exp(-t^2)dt$ – функция Крампа.

В условиях изменяющегося или неизвестного отношения сигнал-шум фиксированное значение порога обнаружения может привести к пропуску сигнала или к ложному срабатыванию. Поэтому в обнаружителях должна быть предусмотрена адаптация порога обнаружения при изменении уровня сигнала и шума. Совокупность этих средств образует блок формирования порога обнаружения. Следует так же отметить сложность практической реализации этого метода в ИСШП системах связи из-за широкой полосы частот.

В работе [3] показано, что на правильность обнаружения существенное влияние оказывают уровни боковых пиков тела неопределенности. Согласно формуле (1) значение уровня боковых пиков влияет на вероятность ложного срабатывания. Для СШП сигналов нормированное значение боковых пиков

находится примерно на уровне 0,4 от основного пика. Данное соотношение можно понизить при одновременном уменьшении вычислительной сложности. Для этого необходимо заменить блок вычисления модуля функции неопределенности на блок «квадратор».

В инженерном отношении такой переход уменьшает вычислительную сложность, т.к. исключается выполнение затратной операции взятия квадратного корня. Форма основного пика во временной области теряет треугольную форму, но для нахождения максимума основного пика это не играет существенной роли. При возведении в квадрат максимальные боковые пики становятся меньше и снижают вероятность неоднозначности отсчета.

Рассмотрим структурную схему решающего устройства, реализующего адаптацию порога обнаружения за счет вычисления квадрата функции неопределенности.

Рис. 1. Структурная схема решающего устройства

На вход блока «выбора максимального значения» поступает квадрат взаимной функции неопределенности между входным сигналом и сигналом, записанным в согласованном фильтре. Стоит заметить, что отношение сигнал-шум и уровень сигнала неизвестны. Даже в случае присутствия сигнала на входе блока «вычисления квадрата функции взаимной неопределенности», поиск основного пика в трехмерном пространстве является весьма сложной и затратной в вычислительном плане задачей. Если учесть, что блок должен работать непрерывно, то задача еще более усложняется. Для упрощения задачи целесообразно сделать переход из трехмерного пространства в двухмерную плоскость. Данную операцию и выполняет блок «выбор максимального значения». Рассматриваемый блок выполняет еще одну важную роль – усреднения входного шума при отсутствии сигнала. Задача поиска сигнала должна решаться постоянно на каждом отсчете, с учетом уровней шума и сигнала. В любом случае необходим некий порог, при превышении которого фиксируется наличие основного пика тела неопределенности. Для решения задачи предлагается использовать динамический порог, т.е. порог, меняющийся в зависимости от уровня сигнала в данный момент времени. Функция порога в данном случае является динамической.

Невозможность фиксации точного значения порога объясняется различными требованиями к системе ИСПС. Для различного рода трафика (речь, данные, видео) мультисервисной сети предусматриваются разные значения порога. В условиях изменяющегося или неизвестного отношения сигнал-шум фиксированное значение порога обнаружения может привести к пропуску сигнала

или к ложному срабатыванию. Поэтому в обнаружителях должна быть предусмотрена адаптация порогов обнаружения при изменении уровней сигнала и шума.

Проанализирована возможность создания высокоскоростных сетей ИСШП связи. Предложен блок обнаружителя с адаптацией порогов при изменении уровней сигнала и шума. При этом введен так называемый «динамический» порог, позволяющий системе обнаружения игнорировать помехи, уровень которых может превышать уровень сигнала. Установлено, что «динамический» порог зависит только от отношения сигнал-шум и не зависит от уровня сигнала. В дальнейшем результаты работы могут быть использованы при построении систем связи и систем синхронизации ИСШПС.

Список используемых источников:

1. Радзиевский В.Г., Трифонов П.А. Обработка сверхширокополосных сигналов и помех. М.: Радиотехника, 2009. 288 с.
2. Журавлев В.И. Поиск и синхронизация в широкополосных системах. М.: Радио и связь, 1986. 240 с.
3. Балакирев С.В., Давыдов А.В., Попов А.С. Анализ двумерной функции неопределенности импульсной последовательности сверхширокополосных сигналов. СПбНТОРЭС-2011.
4. Цифровые радиоприемные системы. М.: Радио и Связь, 1990. 208 с.
5. Симаков В.В. Сверхширокополосная связь "СШПС-Импульс". Состояние и перспективы решения специальных задач. URL: www.kbor.ru
6. Калинин В.О., Носов В.И. Оценка параметров короткоимпульсной сверхширокополосной системы связи // Вестник СибГУТИ. 2011. №3. С. 73-85.