

Организация сенсорных защищенных сетей для систем управления

Сидоренко А.В.; Ходасевич А.И.; Мулярчик К.С.; Андреев Ю.В.

Кафедра физики и аэрокосмических технологий
Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь
e-mail: sidorenkoA@yandex.ru

Аннотация—Приведены основные принципы построения и особенности реализации беспроводных сенсорных сетей на основе сверхширокополосных приемопередатчиков. Функциональность разработанных прямохаотических приемопередатчиков обеспечивает возможность построения беспроводных сетей с разнообразной конфигурацией. Практическим применением является выполнение аппаратно-программной реализации алгоритма шифрования в сенсорной сети.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети; сенсорные устройства; сверхширокополосные системы передачи; прямохаотические системы связи.

I. ВВЕДЕНИЕ

Разработка и реализация беспроводных сенсорных сетей основана на технологиях беспроводных устройств обмена информацией [1]. Наиболее близкими по применению к подобного рода сетям являются WPAN (Wireless Personal Area Network), обладающие низкой стоимостью аппаратуры и малым энергопотреблением, характерным для систем связи на основе сверхширокополосных (СШП) сигналов. Среди СШП систем отметим прямохаотические системы связи с использованием хаотических радиоимпульсов [2]. Под прямохаотическими понимают системы, у которых хаотический носитель формируется непосредственно в области частот передачи информации, например, в радио- или СВЧ-диапазоне частот. Полезная информация вводится в него и извлекается из хаотического сигнала непосредственно в указанном диапазоне. Такой сигнал представляет собой фрагмент сигнала с длиной, значительно превышающей длину квазипериода хаотических колебаний. Полоса частот хаотического радиоимпульса определяется полосой частоты исходного хаотического сигнала, генерируемого источником хаоса, и в широких пределах изменения длины импульса не зависит от его длительности. Это существенно отличает хаотический радиоимпульс от классического, заполненного фрагментом периодической несущей, полоса частот которого определяется его длиной.

Прямохаотические системы, у которых спектр мощности не зависит от длины импульса, а, следовательно, и от величины базы сигнала, не имеют энергетических ограничений, свойственных системам с короткими импульсами и при любой скорости передачи сохраняют в системах связи идеологию «один бит – один импульс». Это является одним из главных их естественных преимуществ по сравнению с системами, использующими сверхкороткие импульсы, что существенно упрощает аппаратные решения.

Хаотические сигналы обладают рядом свойств, которые делают их привлекательными для использования в локальной связи: естественная сверхширокополосность, что обеспечивает простоту генерации и модуляции сигнала по сравнению с традиционными системами расширения спектра; превосходные характеристики в средах с многолучевым распространением, типичных для жилых помещений, офисов и промышленных сооружений; использование некогерентного приема, который может быть легко реализован с меньшим числом компонент (без смесителей и ФАПЧ), по сравнению с альтернативными решениями.

II. СТРУКТУРА ПРЯМОХАОТИЧЕСКОГО ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА

Структура прямохаотической СШП системы передачи информации показана на рис. 1.

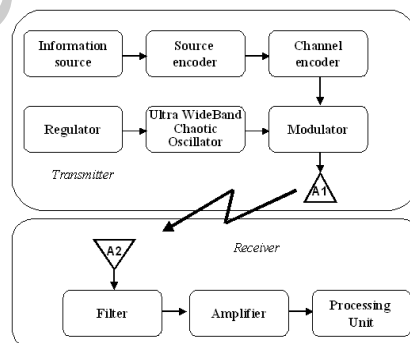


Рис. 1. Структура прямохаотической системы передачи информации

Передатчик системы состоит из устройства управления генератором (Regulator), источника хаоса (UWB Chaotic Oscillator), генерирующего сигнал непосредственно в частотном диапазоне передачи информации, т.е. в области радио или сверхвысоких частот, модулятора ключевого типа (Modulator), антенны (A1), источника информации (Information Source), кодера источника (Source Encoder) и кодера канала (Channel Encoder).

Источник хаоса обеспечивает генерацию сигнала в полосе частот $\Delta F = f_v - f_n$, где f_n и f_v – нижняя и верхняя границы полосы частот хаотических колебаний. Центральная частота и полоса генерируемого сигнала могут регулироваться управляющим устройством.

Информация, поступающая от источника информации, преобразуется кодером источника в сигнал, подаваемый на вход кодера канала, который, в свою очередь, преобразует его в модулирующий сигнал, обеспечивающий управление модулятором.

Модулятор обеспечивает формирование хаотических радиоимпульсов либо путем перемножения хаотического сигнала и модулирующих импульсов (в случае внешней модуляции), либо путем модуляции параметров генератора (в случае внутренней модуляции).

Сформированный сигнал пропускается через усилитель и излучается в пространство с помощью широкополосной антенны. Формирование информационного потока может осуществляться за счет изменения расстояния между импульсами, изменения длины импульсов, изменения среднеквадратичной амплитуды импульсов или комбинации этих параметров. Например, формирование потока может осуществляться при фиксированной частоте следования позиций для импульсов и при фиксированной длительности импульсов. При этом наличие импульса на заданной позиции в потоке соответствует передаваемому символу "1", а отсутствию импульса - символ "0".

Приемник состоит из широкополосной антенны (A2), фильтра (Filter), пропускающего сигнал в полосе частот передатчика, малозумящего усилителя (Amplifier) и системы обработки сигнала (Processing Unit). Поток хаотических радиоимпульсов поступает в антенну, пропускается через фильтр и усилитель. После этого система обработки сигнала осуществляет фиксацию импульсов, определение их параметров и местоположения в потоке, выделение полезной информации из сигнала. Выделение полезной информации из сигнала осуществляется путем интегрирования мощности импульсов в пределах их длительности (некогерентный прием).

Аппаратная реализация прямохаотического приемопередатчика выполнена на базе RISK-микроконтроллера и ПЛИС, и обладает следующей функциональностью:

- передача фиксированного набора данных;
- передача актуального набора данных (от внешнего физического датчика) в заданные моменты времени;
- прием данных от других приемопередающих устройств;
- ретрансляция пакетов данных;
- работа с периферийными устройствами (ПК);
- авторизованное управление механизмами.

III. БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ НА ОСНОВЕ ПРЯМОХАОТИЧЕСКИХ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКОВ

Функциональность разработанных сверхширокополосных приемопередатчиков обеспечивает возможность построения беспроводных сетей с самой разнообразной топологией. Например, сенсорная сеть с дополнительными устройствами, обладающими функциональностью «брелок» (управление механизмами, защищенное паролем), может выглядеть так, как изображено на рис.2.

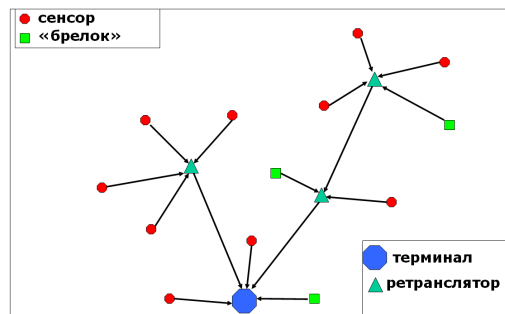


Рис. 2. Структура сенсорной и управляющей сети .

Здесь функциональность «терминала» – обеспечить работу с периферийным устройством (управляющим компьютером). В случае, если узел-«терминал» подключен к глобальной информационной сети функциональность и применимость беспроводных информационных сетей значительно возрастает.

IV. ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Аппаратная реализация алгоритма шифрования на основе динамического хаоса выполнена на базе сверхширокополосных приемопередатчиков типа ППС-40А. Вследствие использования в своей основе RISC-микроконтроллеров Atmel серии ATmega и пакетной передачи информации, реализация системы передачи зашифрованных данных заключается в модификации основного программного кода прошивки микроконтроллера, что позволяет осуществить функции: зашифрование подготовленного к отправке пакета данных; расшифрование принятого пакета данных; конфигурирование криптографических параметров.

Для проверки функционирования сверхширокополосных приемопередатчиков со встроенным алгоритмом шифрования развернута опытная сеть передачи данных с использованием специального программного обеспечения [3].

V. ВЫВОДЫ

В работе рассмотрены основные принципы построения и особенности реализации беспроводных сенсорных сетей на основе сверхширокополосных приемопередатчиков. Рассмотренные сенсорные защищенные сети могут быть использованы для решения ряда задач систем управления и, прежде всего, техническими объектами. Объектом управления при этом может быть динамическая система. В естественных процессах в роли таких переменных могут выступать, например, температура, освещенность и т. д. Практическим приложением является выполнение аппаратно-программной реализации алгоритма шифрования на основе динамического хаоса.

- [1] А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Д. Н. Чирков, З. А. Федотов, А. В. Бобков, В. А. Платонов. Беспроводные сети Wi-Fi. М.: Бинум, 2010, с. 215.
- [2] Дмитриев, А. С., Кяргинский, Б. Е., Панас, А. И., Старков С. О. Прямохаотические схемы передачи информации в сверхвысокочастотном диапазоне, Радиотехника и электроника. – 2001. – Т. 46.–№2. – С. 224 – 233.
- [3] Сидоренко, А. В., Мулярчик, К. С. Модификация метода шифрования данных на основе динамического хаоса. Информатика. – 2011. – №1. – С. 95 – 106.