

## **ПЕРЕДАЧА И ЗАЩИТА ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

УДК 621.3.09

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИ РАЗНЕСЕННОМ ПРИЕМЕ**

А.Ю. Барабошин, О.А. Минаева, Е.И. Юпинов  
Филиал ФГУП НИИР — СОНИИР, г. Самара

Для улучшения характеристик помехоустойчивости многофункционального устройства преобразования сигналов МУПС-9600 [1] была проведена модернизация программного обеспечения модуля цифровой обработки сигналов. В частности был изменён режим обработки данных при использовании разнесённого приема. За основу была взята система разнесённого приёма, описанная в [2].

Было проведено математическое моделирование работы системы разнесённого приема в условиях нестационарного коротковолнового канала, описываемых в рекомендациях ССRIR 520-2 [3].

В качестве передаваемого сообщения использовалась заранее известная псевдослучайная последовательность, кодированная по Хэммингу и модулированная относительной фазовой модуляцией [4]. При передаче информации для эффективного использования полосы канала применялось ортогональное частотное уплотнение с мультиплексированием (OFDM). Для моделирования радиоканала использовалось СПО широкополосного имитатора радиоканала [5], обеспечивающее возможность задания основных параметров импульсной характеристики канала и динамики ее изменения во времени:

- число лучей от 1 до 5, соответствующих различным модам распространения;
- амплитуд (модулей волновых коэффициентов передачи) парциальных лучей в динамическом диапазоне до 20 дБ относительно амплитуды луча с максимальным значением;
- относительной задержки лучевых сигналов в пределах от 0,1 до 10 мс с погрешностью не более 0,01 мс;
- статистически независимых амплитудных замираний лучевых сигналов по релейскому и обобщенному релейскому законам с

отношением зеркальной (детерминированной) и рассеянной компонент в пределах от 0 до 10 и квазипериодом замираний от 1 до 10 с;

- доплеровского сдвига частоты для всех лучевых сигналов в пределах от 0,1 до 10 Гц с погрешностью не более 0,1 Гц;

- девиации доплеровского сдвига частоты в пределах от 0,1 до 1 Гц и квазипериода его вариаций в пределах от 5 до 20 с;

- уровня шума и помех, действующих в полосе обработки сигнала.

Исходный сигнал проходил через два независимых канала обработки, после чего в полученные сигналы добавлялись некоррелированные между собой отсчеты аддитивного шума с заданным отношением сигнал/шум.

Кроме математического моделирования, были проведены эксперименты с непосредственным использованием МУПС-9600. Сигналы, прошедшие через программный имитатор радиоканала и записанные в виде wav-файлов, использовались в качестве входных для МУПС-9600. В результате испытаний были получены графики помехоустойчивости для случаев одиночного и разнесённого приёма.

По результатам моделирования была модернизирована комбинированная схема в области решающего блока с доказанным повышением эффективности за счет уменьшения вычислительной нагрузки при сохранении достоверности, по сравнению с предыдущим способом. Определено оптимальное исполнение амплитудного детектора и параметры усреднителя для комбинации параметров модели канала, указанных в рекомендации ССRIR 520-2 для случаев «хороших» и «средних» состояний канала.

#### Список использованных источников

1. Барабошин А.Ю., Лучин Д.В., Маслов Е.Н. Многофункциональное устройство преобразования сигналов МУПС-9600 для автоматизированного адаптивного комплекса радиосвязи ДКМВ диапазона. XIII Всероссийская межведомственная конференция академии ФСО.

2. Никитин О.Р., Полушин П.А., Гиршевич М.В., Пятов В.А. Метод комбинированной обработки цифровых сигналов при разнесенном приеме. – М.: Связь, 1972. – 336 с.

3. CCIR Recommendation F.520-2. Use of High Frequency Ionospheric Channel Simulators, – Geneva: Int. Telecom. Union, 1992.

4. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: пер. с англ. – М.: Изд. дом “Вильямс”, 2003. – 1104 с.

5. Барабошин А.Ю., Филиппов Д.В. Разработка универсального имитатора радиоканала на базе платы AD-FMCOMMS3-EBZ. XV Международная научно-техническая конференция «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТиТТ – 2014.