

РАЗРАБОТКА НИЗКОСКОРОСТНОЙ СВЕРХУЗКОПОЛОСНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ДЛЯ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Панюшкин В.А. - студент, Пузырев П.И. - студент, Василевский В.В. - аспирант
Омский государственный технический университет (г. Омск)
НТК «Интекс»

Цель работы

Разработка низкоскоростной сверхузкополосной системы связи для охранной сигнализации.

Актуальность

В настоящее время, очень остро стоит задача обмена информацией, ее своевременной и достоверной передачи. Большинство разработок в этой области направлено на увеличение скорости передачи и повышению криптостойкости (технологии ZigBee, WiFi и т.д.) Однако, существует ряд применений, не требующих высокой скорости передачи данных (от единиц до сотни бод), для которых гораздо более важными параметрами являются дальность связи и достоверность приема. К таким применениям относятся задачи телеметрии, удаленного контроля и управления, охраны и т.д.

В нашей стране широко распространены системы охранной сигнализации, содержащие пульт централизованного наблюдения (ПЦН) и установленные на объектах наблюдения датчики, связанные через объектовые оконечные устройства и каналы связи с ПЦН.

Недостатками вышеуказанных систем являются сложность, высокая стоимость, обусловленные относительно высокой (единицы Ватт) мощностью излучения и самое главное, отсутствие возможности использования в нелицензируемом диапазоне частот. Так, в соответствии с решением Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) при Минсвязи России от 02.04.2001 (протокол №7/5) максимальная мощность излучения, при которой не требуется получение в Государственных органах связь надзора специальных разрешений на приобретение и эксплуатацию РЭС, ограничена 10 мВт. В условиях городской застройки указанным мощностям соответствуют дальности действия 50-200 м. Очевидно, что при таких значениях дальности действия радиосигнальной системы централизованная охрана становится невозможной.

Новизна

Отслеживая логику развития систем беспроводной передачи данных последних лет, можно предположить, что появление альтернативного решения позволяющего решить поставленную задачу более эффективным путем, чем тот, что предложен в настоящем докладе, маловероятно. Это обусловлено всеобщей тенденцией к разработкам направленных на увеличение скорости передачи, снижение уровня энергопотребления, повышение криптостойкости канала связи, и т. д., и практически полному игнорированию низкоскоростных применений с обеспечением высокой дальности связи. Вопреки тому, что сфера применения подобного рода устройств довольно широка.

Характеристика аналогов

Известным аналогом является изобретение по патенту Патент РФ №2231458, «Радиосигнальная система сбора и обработки информации для централизованной охраны транспортных средств, объектов недвижимости, людей и животных», ООО «Альтоника». Данная система функционирует в нелицензируемом диапазоне частот (433,92 МГц $\pm 0,2\%$) при допустимых мощностях до 10 мВт. Дальность действия в условиях городской застройки составляет до 25 км, а на открытой местности до 50 км.

Для передачи данных по радиоканалу используется особый вид амплитудно-частотной манипуляции (АЧМ) (рисунок 1), когда ЧМ сигнал, промодулированный информационной битовой последовательностью, дополнительно подвергается амплитудной модуляции с индексом $m=1$ и частотой модулирующего сигнала равной символьной скорости $1/T_{\text{БИТ}}$, где $T_{\text{БИТ}}$ - длительность

бита. Это решение, вместе с малой девиацией $f_{\text{ДЕВ}} = \frac{2}{T_{\text{БИТ}}}$ позволяет значительно сузить

спектр и уменьшить уровень боковых лепестков по сравнению с FFSK-сигналом [7], что позволяет обеспечить дальность связи по-

рядка нескольких десятков километров, при малой мощности передатчика.

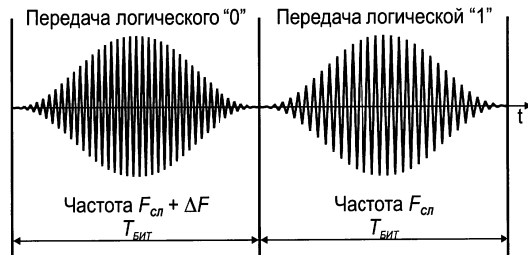


Рисунок 1 – Временная диаграмма модулированного сигнала

Цифровая фильтрация принимаемого сигнала производится с использованием гребенки БПФ-фильтров, имеющих полосу пропускания в два раза меньшую разницы между частотами нуля и единицы. Для обеспечения символьной синхронизации используется 4 набора таких фильтров, моменты начала вычисления функции БПФ для каждого из которых сдвинуты относительно предыдущего на время, в четыре раза меньшее $T_{\text{БИТ}}$. Такая реализация позволяет значительно упростить процедуру демодуляции, так как БПФ обеспечивает одновременную фильтрацию сразу всех каналов приема, снижая вычислительные затраты цифрового сигнального процессора.

Однако, рассмотренный метод демодуляции, обладает рядом принципиально неустранимых недостатков, которые вытекают из свойств БПФ [4], а именно: высокий уровень боковых лепестков не позволяет реализовать высокую избирательность по соседнему каналу и затрудняет селекцию сигнала при низких соотношениях сигнал/шум. Для улучшения этого параметра, необходимо использовать оконные функции, но они в свою очередь расширяют полосу пропускания или ширину основного лепестка, что также недопустимо. Для сужения полосы пропускания, или, другими словами, увеличения разрешения по частоте БПФ можно увеличить количество точек, что приведет к увеличению уровня межсимвольных искажений (МСИ).

Постановка задачи: Повышение вероятности правильного приема по сравнению с системой "Lonta-202" (ООО "Альтоника").

Методы исследования

Способом сравнительного анализа является моделирование методов демодуляции, выполненное в пакете Simulink [5]. Для возможности адекватного сравнения результатов моделирования, для моделей были приняты следующие параметры: символьная скорость $F_{\text{СИМ}} = \frac{1}{T_{\text{БИТ}}} = 50 \text{ бод}$, частота дискретизации радиосигнала $F_{\text{Д}} = 25600 \text{ Гц}$.

тизации радиосигнала $F_{\text{Д}} = 25600 \text{ Гц}$.

В основу предлагаемого решения положен более спектрально эффективный вид модуляции, частотная манипуляция с гауссовским сглаживанием (GFSK) [6]. В случае системы [1], $f_{\text{ДЕВ}}$ строго равняется символьной скорости и не может быть изменена из-за особенностей алгоритма демодуляции. В случае GFSK, $f_{\text{ДЕВ}}$ может выбираться свободно из условия ортогональности частот «0» и «1» [5]: $f_{\text{ДЕВ}} = \frac{k}{T_{\text{БИТ}} \times 4}$, где k – целое число,

не равное нулю. Для модели была выбрана GFSK с $f_{\text{ДЕВ}} = 25 \text{ Гц}$. Такая девиация позволяет дополнительно сузить спектр сигнала, сделать его энергетически насыщенным в области центральной частоты. При фильтрации это позволяет использовать полосовые фильтры с меньшей шириной полосы пропускания, таким образом, уменьшив долю шумов, попадающих на вход демодулятора. Спектр GFSK (рис. 2а) быстрее затухает и имеет уровень боковых лепестков менее -100 дБ, при ширине основного лепестка 80 Гц по уровню -40 дБ, в то время как у АЧМ-сигнала (рис. 2б) боковые лепестки находятся на уровне -40 дБ, а ширина основного лепестка по уровню -40 дБ составляет 140 Гц. В качестве демодулятора был предложен несколько видоизмененный квадратурный ЧМ-демодулятор [5], который состоит из квадратурного цифрового гетеродина, дециматоров, фильтра нижних частот, линий задержки на 1 такт, умножителей и сумматора (рис.3).

РАЗРАБОТКА НИЗКОСКОРОСТНОЙ СВЕРХУЗКОПОЛОСНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ДЛЯ ОХ- РАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

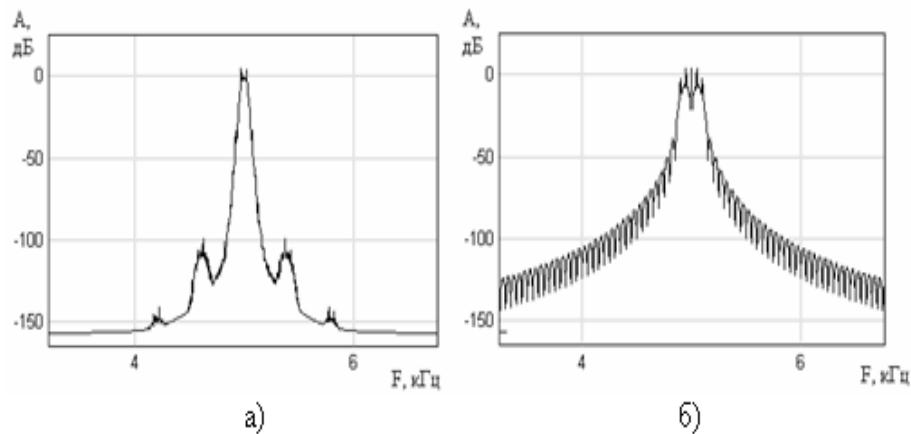
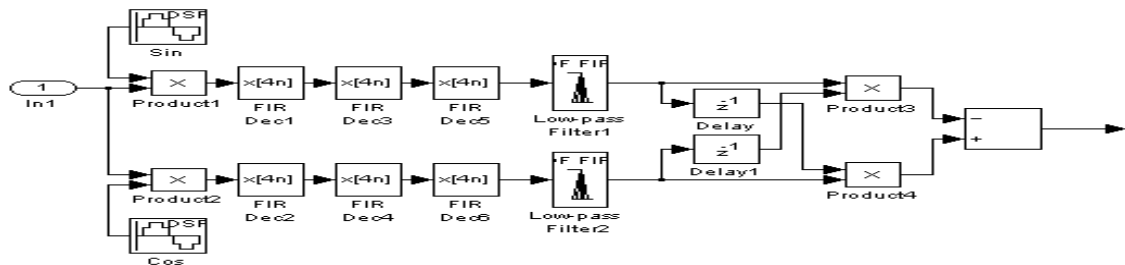


Рисунок 2 – Амплитудные спектры модулированного сигнала: а)GFSK (BT=0,5, девиация 25 Гц;



б) АЧМ-сигнал, девиация 50 Гц. Спектры получены путем моделирования в пакете Simulink
Рисунок 3 – Модель квадратурного ЧМ-демодулятора в пакете Simulink

Ожидаемые (полученные) результаты: В результате моделирования каналов связи, с использованием рассмотренных методов, были построены графики зависимости вероятности возникновения ошибки от соотношения сигнал/шум на входе демодулятора (рис.4) из которых видно, что при использовании квадратурного ЧМ-демодулятора достигаются лучшие показатели по сравнению с системой Lonta-202.

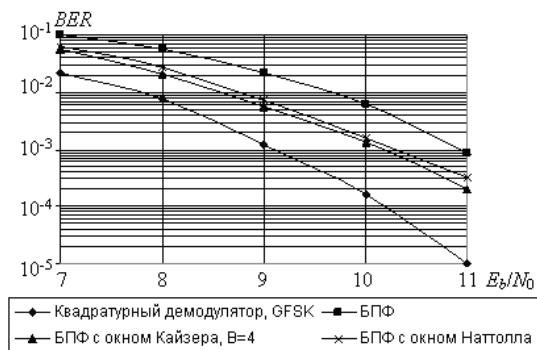


Рисунок 4 – Графики зависимости вероятности возникновения ошибки (BER) в зависимости от отношения сигнал/шум

Для ЧМ-демодулятора вероятность возникновения ошибки меньше в 2,6 раза при минимальном отношении сигнал/шум на входе.
ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №3 2009 ТОМ 2

де демодулятора (7 дБ) и в 20 раз меньше при наилучшем из рассмотренных отношении сигнал/шум (11 дБ).

На данном этапе имеется опытный макет приемника и передатчика. Приемник состоит из цифрового тракта предварительной обработки построенного на микросхеме AD9874 и отладочного модуля на базе цифрового сигнального процессора TMS320VC5510. Из-за малой мощности данного процессора, и ПЛИС-ориентированного алгоритма демодуляции, количество объектовых устройств в опытном образце ограничено 30-ю.

Ожидается реализация приемника на ПЛИС Spartan 3E, что в свою очередь увеличит количество объектовых устройств до 256 и уменьшит стоимость системы на 10-15%.

Таблица
Экономическая эффективность

Показатели	Единица изм.	Величина
Объем реализации	шт	100
Выручка от реализации – P_T	млн. руб.	183,4
Издержки производства – $З_T$	млн. руб.	95,2

Ориентировочная экономическая эффективность за первый год:

$$\mathcal{E}_T = 183,4 - 95,2 = 88,2 \text{ млн. руб.}$$

План коммерциализации полученных результатов:

Учитывая всевозрастающую потребность в передаче информации (дистанционный контроль и управление, системы сбора данных, охрана объектов движимого и недвижимого имущества, телеметрия в сфере ЖКХ, энергосберегающие информационные технологии и т.д.) коммерческий продукт, созданный в результате исследований, должен пользоваться большим спросом на рынке и может производиться в промышленных объемах.

Потенциальные рынки для реализации системы:

- охранные системы для ЧОП;
- системы телеметрии в сфере ЖКХ;

Потенциальные конкуренты:

- РСПИ "Lonta-202" (ООО "Альтоника");
- РСПИ "Струна-3 (ЗМ)" (ОАО АНИИТТ «Рекорд»);

Интеллектуальная собственность

- Положительное решение о выдаче патента на изобретение по заявке RU 2008107375 «СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ ОХРАННЫХ ИЗВЕЩЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ОХРАНЫ»;

Потребности в финансировании на следующие 6, 12 и 18 месяцев и источники финансирования:

6 месяцев- 80 тысяч рублей (закупка оборудования, з/п)

12 месяцев - 70 тысяч рублей (з/п)

18 месяцев - 50 тысяч рублей (з/п)

В случае предоставления опытного образца, отвечающего предъявленным требованиям, НТК "Интекс" окажет полную финансовую поддержку.

Технические характеристики изделия

Диапазон рабочих частот
433,92 МГц $\pm 0,2\%$

Тип модуляции
GFSK

Физическая скорость передачи
50 бод

Мощность передатчиков
10 мВт

Дальность действия:
-в городе
до 50 км и более

-на открытой местности
до 30 км и более

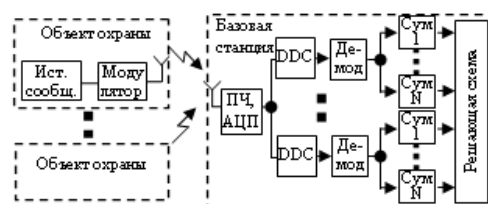


Рисунок 5 – Общая структура изделия

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМАТИКЕ РАБОТЫ

1. Василевский В. В., Корякин С. А. Метод тактовой и цикловой синхронизации при некогерентной демодуляции частотно-манипулированного сигнала без разрыва фазы // Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 26-28 февраля 2008 г. – Томск, 2008. – стр. 24 – 25.

2. Василевский В. В., Завьялов С.А., Корякин С. А. Исследование способа восстановления тактовой и цикловой синхронизации при некогерентной демодуляции частотно-манипулированного сигнала без разрыва фазы // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова. Серия: Цифровая обработка сигналов и ее применение. – Москва, 2008. – Выпуск: X-1 – С. 89 – 91.

3. Vasilevsky V., Zavyalov S., Koryakin S. Frequency error tolerant symbol and frame timing recovery method // Proceedings of 9 th International Conference on Signal Processing. – Beijing, China, 2008. – P. 1753-1755.

4. Василевский В. В., Завьялов С. А., Корякин С. А. Тактовая синхронизация в системах цифровой радиосвязи // Россия молодая: Передовые технологии – в промышленности: Материалы II Всероссийской научно-технической конференции 21-22 апреля 2009 г. Книга 1. – Омск: Издательство ОмГТУ, 2009. – С. 180 – 185.

5. Василевский В. В., Завьялов С.А., Калинин А. Н. Выбор оптимальных параметров для передачи данных по низкоскоростному каналу связи // Наука, образование, бизнес: Материалы региональной научно-практической конференции ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов промышленности и связи, посвященной Дню радио. – Омск: Изд-во КАН, 2009. – С. 244 – 248.

6. Vasilevskiy V. NUMERICALLY EFFICIENT AUTOMATIC FREQUENCY CONTROL

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №3 2009 ТОМ 2

РАЗРАБОТКА НИЗКОСКОРОСТНОЙ СВЕРХУЗКОПОЛОСНОЙ СИСТЕМЫ
СВЯЗИ ДЛЯ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

METHOD // Proceedings of 16th International
Conference on Digital Signal Processing 2009,
5-7 July 2009, P.1 - 3

практический подход, 2-е издание.: Пер. с
англ. – М.: Издательский дом «Вильямс»,
2004. – 992 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ №2231458, B60R25/00,
G08B25/10, 2003.10.09

2. Патент РФ №2182088, B 60 R 25/00,
10.05.2002

3. Патент РФ №2198800, B 60 R 25/00, B
60 R 25/10, G 08 C 13/00, 20.02.2003

4. Айфичер, Эммануил С., Джервис,
Барри У. Цифровая обработка сигналов:

5. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка
сигналов: Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.:
Питер, 2006. – 751 с.

6. Скляр, Бернард. Цифровая связь.
Теоретические основы и практическое при-
менение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. – М.:
Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1104 с.

7. Феер, К. Беспроводная цифровая
связь: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлёва.
– М.: Радио и связь, 2000, обл., 520 с.