

06, июнь 2016

УДК 621.391

Метод относительной фазовой манипуляции хаотическими сигналами

У Цзяцзюнь, студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»*

*Научный руководитель: Выхованец В.С., д.т.н., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»*

iu3@bmstu.ru

Современный период развития средств связи связан с поиском и использованием новых широкополосных шумоподобных сигналов [1]. Одной из актуальных проблем в этой области является синтез больших по мощности ансамблей широкополосных шумоподобных сигналов с хорошими корреляционными и групповыми свойствами. Другая проблема – сложность выделения компонентов из смеси нескольких широкополосных шумоподобных сигналов в условиях шума, а также трудности воспроизведения формы таких сигналов при корреляционном приеме. Хорошие корреляционные, спектральные и статистические свойства хаотических сигналов позволяют эффективно использовать эти сигналы в современных системах связи [2].

Статья посвящена некогерентной передаче и корреляционному приему широкополосных хаотических сигналов. Рассматриваемый метод близок относительному методу передачи данных при использовании шумовых сигналов [3], однако отличается от последнего тем, что выполняется изменение фазы сигнала не на всем битовом интервале, а в произвольные моменты времени, определяемые текущим значением взаимной энергии сигналов на соседних битовых интервалах.

Пусть задан исходный хаотический сигнал $\chi(t)$, разбитый на битовые интервалы длительности T ,

$$\chi_i(t) \quad (t \in [0, T), \quad i = 0, 1, \dots), \quad (1)$$

а также последовательность передаваемых данных $\rho_i \in \{-1, +1\}$ ($i = 1, 2, \dots$).

На стороне передатчика вычисляется взаимная энергия текущего передаваемого и задержанного (ранее переданного) хаотического сигнала на каждом битовом интервале. При передаче бита ρ_i значение взаимной энергии сигналов (1) на соседних битовых интервалах выражается формулой

$$E_i = \int_0^T \chi_{i-1}(t) \cdot \chi_i(t) dt \quad (i = 1, 2, \dots).$$

В каждый момент времени текущего битового интервала проверяется знак взаимной энергии текущего и задержанного сигнала, которые интерпретируются как полярные сигналы. При передаче $\rho_i = +1$ взаимная энергия переданного и текущего сигнала поддерживается положительной путем изменения знака текущего сигнала с помощью быстродействующего коммутатора. Аналогичным образом происходит и при передаче $\rho_i = -1$, только в этом случае взаимная энергия сигналов поддерживается отрицательной.

В итоге передача данных может быть описана следующим рекуррентным уравнением:

$$\begin{cases} x_0(t) = \chi_0(t); \\ x_i(t) = \text{sign}[\rho_i \cdot \chi_i(t) \cdot x_{i-1}(t)] \cdot \chi_i(t) \quad (i = 1, 2, \dots), \end{cases} \quad (2)$$

где $x_i(t)$ – сигнал, передаваемый в канал связи на i -ом битовом интервале, $\text{sign}(x) \in \{-1, +1\}$ – функция знака.

Структурная схема передатчика, реализующего уравнение (2), приведена на рис. 1.

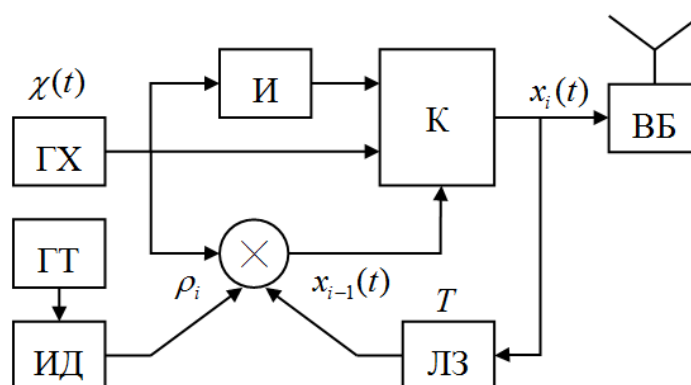


Рис. 1. Передатчик с фазовой манипуляцией хаотическими сигналами:
 И– инвертор, ИД – источник данных, ГХ – генератор хаоса,
 ГТ – тактовый генератор, К – коммутатор, ЛЗ – линия задержки,
 ВБ – выходной блок, × – блок определения знака произведения сигналов

На рис. 2 показано изменение во времени взаимной энергии прямого и задержанного сигнала передатчика при передаче битовой последовательности $-1,+1,+1,-1,+1,+1,-1,+1,-1,+1$.

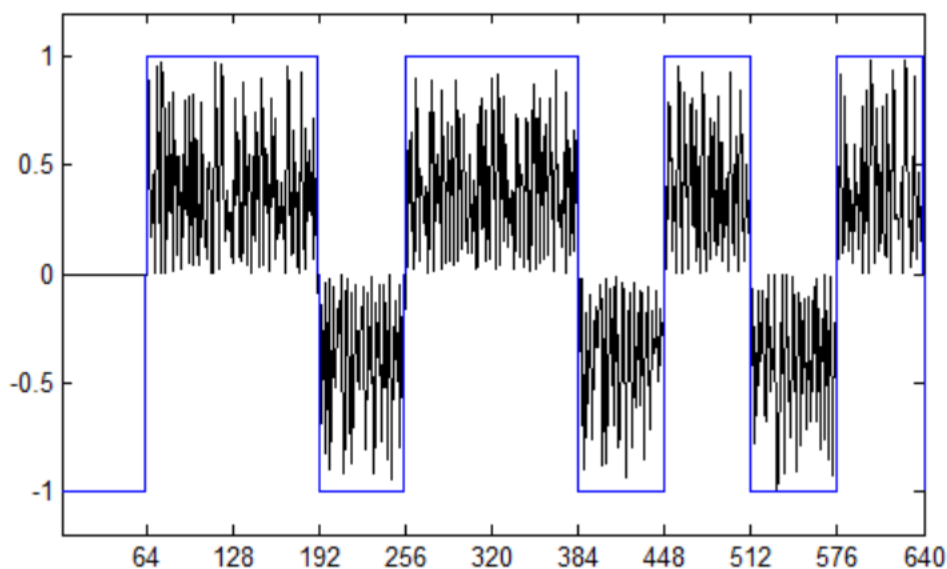


Рис. 2. Взаимная энергия прямого и задержанного выходного сигнала передатчика.

На стороне приемника принимается хаотический сигнал $y(t) = x(t) + n(t)$, где $n(t)$ – аддитивный шум, поступающий из канала связи. Входной сигнал $y_i(t)$ разбивается тактовым генератором на битовые интервалы той же длительности T ,

$$y_i(t) \quad (t \in [0, T), i = 0, 1, \dots). \quad (3)$$

Текущее значение взаимной энергии сигналов (3) на соседних битовых интервалах выражается формулой

$$E_i = \int_0^T y_{i-1}(t) \cdot y_i(t) dt \quad (i = 1, 2, \dots).$$

Если E_i больше нуля, то принимается решение о передаче $\rho_i = +1$, в противном случае – о передаче $\rho_i = -1$.

Структурная схема приемника с относительной фазовой манипуляцией, приведена на рис. 3.

Для синхронизации тактовых генераторов приемника и передатчика необходимо по входному сигналу определить моменты начала битовых интервалов передатчика t_i , для чего используется генератор тактов с фазовой автоподстройкой частоты. Для начальной синхронизации генератора приемника каждый сеанс связи начинается с

преамбулы π_1 , состоящей из чередующихся бит с различными значениями. $\pi_1 = +1, -1, \dots, -1$. Для определения момента начала передачи данных может использоваться префикс π_2 , состоящий из последовательности Баркера, автокорреляционная функция которой имеет единственный хорошо различимый пик, например, $\pi_2 = +1, +1, +1, +1, +1, -1, -1, +1, +1, -1, +1, -1, +1$.

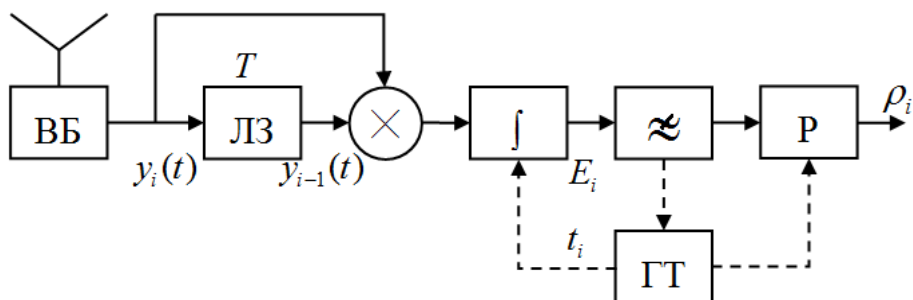


Рис. 3. Приемник с относительной фазовой манипуляцией:

ВБ – входной блок, ЛЗ – линия задержки, × – умножитель,
 \int – интегратор со сбросом, \approx – фильтр низкой частоты, ГТ – генератор тактов,
 Р – решающая часть

На рис. 4 показано изменение во времени взаимной энергии прямого и задержанного сигнала приемника при передаче той же битовой последовательности при отношении спектральной плотности энергии сигнала к спектральной плотности энергии шума, равном 5 дБ.

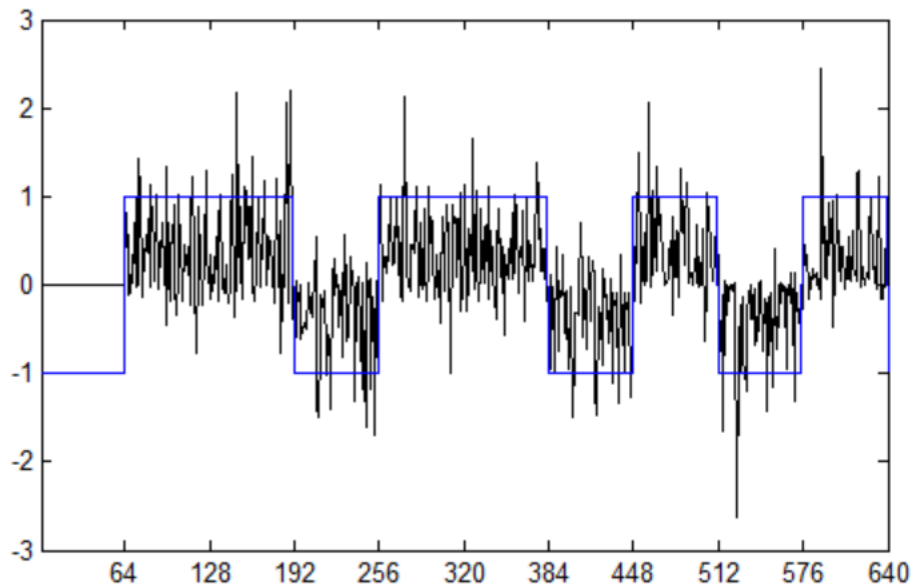


Рис. 4. Взаимная энергия прямого и задержанного выходного сигнала приемника при наличии шума

Результаты экспериментальной проверки помехозащищенности передачи данных при относительной фазовой манипуляции хаотическими сигналами показаны на рис. 5.

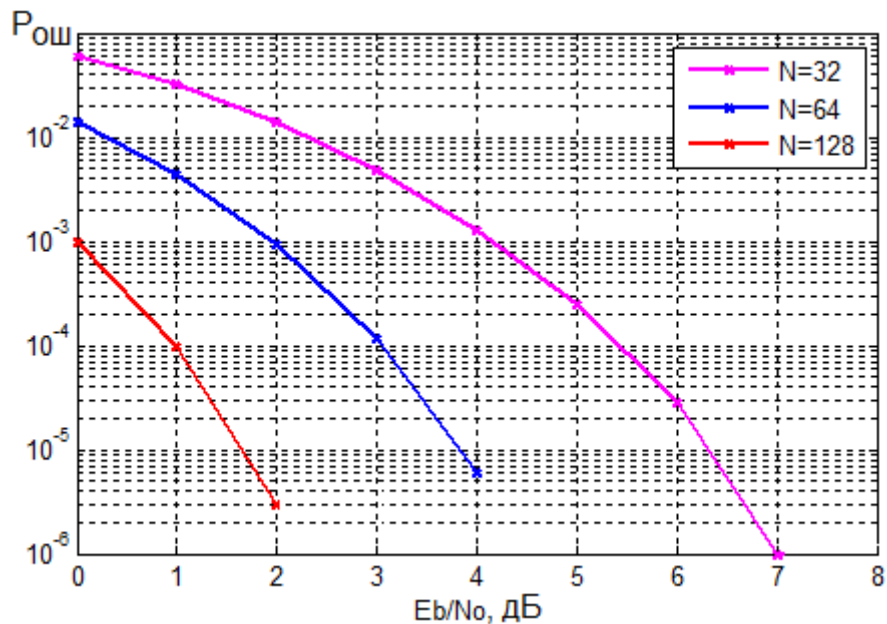


Рис. 5. Зависимость вероятности ошибочного приема одного бита при различной длине битовых интервалов

Из графика видно, что предложенный метод обеспечивает достоверную передачу данных при достаточно малых значениях отношения сигнал-шум. При

заданном отношении сигнал-шум путем увеличения длительности битовых интервалов может быть достигнута сколь угодно малая вероятность ошибочного приема одного бита данных.

Список литературы

- [1]. Калмыков В.В., Федоров И.Б., Юдачев С.С. Системы сотовой и спутниковой радиосвязи / под ред. И.Б. Федорова. М.: Рудомино, 2010. 280 с.
- [2]. Выхованец В.С., Лю Вэнькуй. Передача данных ортогональными хаотическими сигналами // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 3. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/716868.html> (дата обращения 28.03.2012).
- [3]. Петрович Н.Т., Размахнин М.К. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Советское радио, 1969. 232 с.