

*Технические науки***СИСТЕМЫ СВЯЗИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХАОСА**

Когай Г.Д., Тен Т.Л., Буркитбаев А.М.

*Карагандинский экономический университет  
Казпотребсоюза, Караганда, e-mail: tentl@mail.ru*

На сегодняшний день существует много теоретических исследований и практических разработок, свидетельствующих о возможности применения детерминированного хаоса в телекоммуникациях и связи.

В основном, это огромное количество работ, посвященных возможности применения процессов хаоса для передачи сообщений позволяет говорить о сложившемся направлении как в области телекоммуникаций, так и в области исследований динамического хаоса. Этим задачам посвящены специальные выпуски журналов IEEE Transactions on Circuits and Systems, International Journal of Circuit Theory and Applications, а также обзоры и монографии.

Отличительные черты процессов хаоса, благодаря которым применение динамического хаоса для передачи информации является перспективным:

1. Широкополосность. Хаотические сигналы неперiodичны и обладают непрерывным спектром. Для многих типов хаотических сигналов этот спектр занимает весьма широкую полосу и, кроме того, вид спектральной характеристики можно задавать. В системах связи широкополосные сигналы используются для борьбы с искажениями в каналах передачи сигнала, с такими эффектами, как затухание сигнала в некоторой полосе частот и узкополосные возмущения. Таким образом, хаотические сигналы потенциально применимы для систем связи, использующих широкий диапазон частот;

2) Сложность. Хаотические сигналы имеют сложную структуру и достаточно нерегулярны. Один и тот же хаотический генератор в состоянии создавать кардинально разные процессы при незначительном изменении изначальных условий. Это сильно затрудняет определение структуры генератора и прогнозирование процесса на достаточно продолжительное время. Сигналы сложной формы и непредсказуемого поведения являются классическими типами сигналов, применяемых в криптографии, что дает еще одну возможность для применения систем хаоса;

3) Ортогональность. Из-за нерегулярности хаотических сигналов, их функция автокорреляции обычно быстро затухает. Поэтому сигналы от нескольких таких генераторов можно назвать некоррелированными, ортогональными. Данное свойство указывает на возможность применения хаотических сигналов

для многопользовательских систем связи, где один и тот же частотный диапазон используется несколькими пользователями одновременно [1].

Исследования в области применения хаоса в системах связи раскрывают широкие возможности для практических применений в таких направлениях как: синхронизация приемника и передатчика [2]; фильтрация шумов; восстановление информационных сигналов [3], а также разработка алгоритмов кодирования-декодирования, позволяющих представить любое цифровое сообщение через динамику хаотической системы.

В данный момент известно, что хаотические сигналы, генерируемые нелинейными детерминированными динамическими системами, так называемый динамический хаос, обладают рядом свойств, способствующих применению этих сигналов. Предложено множество конкретных схем передачи информации, использующих динамический хаос, в частности, схема хаотической маскировки информационного сигнала; схемы с нелинейным подмешиванием информационного сигнала в хаотический и др. Также обсуждаются возможности проектирования прямохаотических систем связи, где хаотические колебания выступают в роли носителя информации, генерируемого непосредственно в области частот, где происходит эта самая передача информации.

Множество статей посвящены передаче информации при помощи модулированного хаотического сигнала. Данный способ модуляции имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной используемой модуляцией гармонического сигнала. Если в случае гармонических сигналов управляемых характеристик всего три (амплитуда, фаза и частота), то в случае хаотических колебаний даже незначительное изменение параметра дает надежно фиксируемое изменение характера колебаний. Это означает, что у источников хаоса с изменяемыми параметрами имеется широкий набор схем модуляции хаотического сигнала информационным. Кроме того, хаотические сигналы являются широкополосными. В системах связи широкая полоса частот несущих сигналов используется как для увеличения скорости передачи информации, так и для повышения устойчивости работы систем при наличии возмущений. Шумоподобность и самосинхронизируемость систем, основанных на хаосе, дают им потенциально большие преимущества над традиционными системами с расширением спектра, базирующимися на псевдослучайных последовательностях [4].

К данному времени предложены методы использования хаотических процессов для хранения и кодирования данных. На-

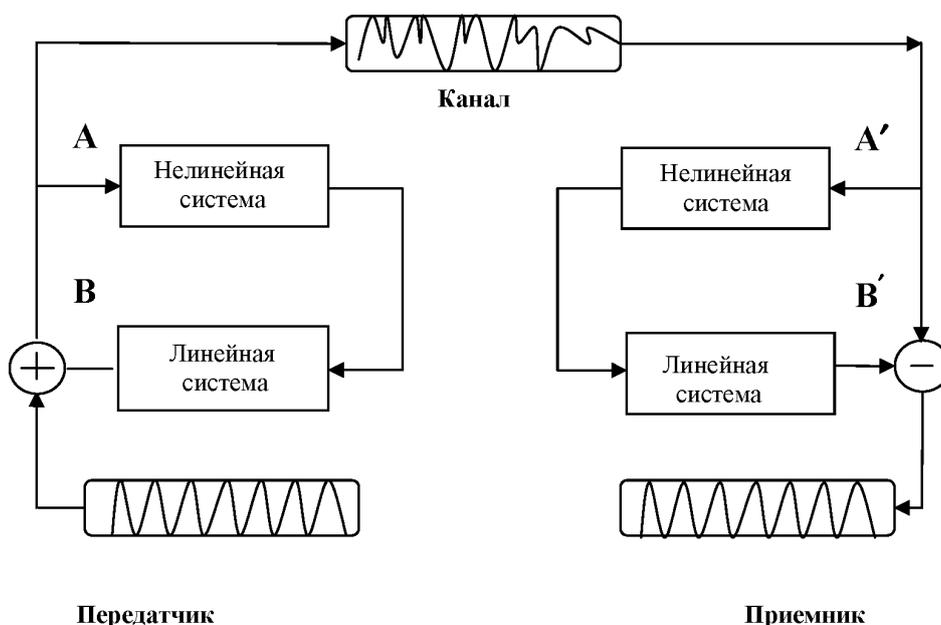
чинают развиваться принципиально новые системы обработки информации – хаотические процессоры. Возможности таких процессоров продемонстрированы разработкой программного комплекса «Associative Memory for Pictures», предназначенного для записи и извлечения изображений, а также системой управления факсимильными документами «FacsDataWizard». Развитием этой системы стал программный комплекс «Незабудка», который защищен патентами Российской Федерации и США. Задача комплекса – поиск документов при запросах на естественном языке. Информация запоминается и хранится в виде траекторий дискретной хаотической системы. Соответствующее хаотическое отображение строится в процессе кодирования информации.

Во множестве современных систем связи в качестве носителя информации используют гармонические колебания. Сигнал в передатчике модулирует эти колебания по амплитуде, частоте или фазе, а в приемнике информация выделяется с помощью обратной операции – демодуляции. Модуляция носителя может происходить либо за счет модуляции уже имеющихся гармонических колебаний, либо путем управления параметрами генератора в процессе создания колебаний [5].

Тем же методом можно производить модуляцию хаотического сигнала информационным сигналом. Новозможности здесь гораздо шире. Если в случае гармонических сигналов управляемых

характеристик – всего три (амплитуда, фаза и частота), то в случае хаотических колебаний даже незначительное изменение параметра дает надежно фиксируемое изменение характера колебаний. Это говорит о том, что у источников хаоса с изменяемыми параметрами есть широкий набор схем ввода модуляции хаотического сигнала информационным. Также хаотические сигналы принципиально являются широкополосными, интерес к которым в радиотехнике связан с большей информационной емкостью. В системах связи широкая полоса частот несущих сигналов используется как для увеличения скорости передачи, так и для повышения устойчивости работы систем при наличии возмущений.

На рисунке показана простейшая схема связи с использованием хаоса. Передатчик и приемник включают в себя такие же нелинейные и линейные системы, как источник. Дополнительно в передатчике включен сумматор, а в приемнике – вычитатель. В сумматоре производится сложение хаотического сигнала источника и информационного сигнала, а вычитатель приемника предназначен для выделения информационного сигнала. Сигнал в канале хаосоподобный и не содержит видимых признаков передаваемой информации, что позволяет передавать конфиденциальную информацию. Сигналы в точках А и А', В и В' попарно равны. Поэтому при наличии входного информационного сигнала S на входе сумматора передатчика такой же сигнал будет на выходе вычитателя приемника [6].



*Простейшая схема связи на основе хаоса*

Сфера применения хаотических сигналов не ограничивается системами с расширением спектра. Они могут использоваться для маскировки передаваемой информации и без расширения спектра, т.е. при совпадении полосы частот информационного и передаваемого сигналов.

Все это стимулирует на активное изучение хаотических коммуникационных систем. К настоящему моменту на основе хаоса предложено множество подходов для расширения спектра сигналов, построения самосинхронизирующихся приемников и развития простых архитектур передатчиков и приемников.

Идея большинства предложений основана на синхронизации приемником исходного невозмущенного хаотического сигнала, генерируемого передатчиком. При помощи этих схем связи может передаваться как аналоговая, так и цифровая информация с различными скоростями информационных потоков и разной степенью конфиденциальности. Еще одним потенциальным плюсом схем связи с использованием хаоса является возможность реализации новых способов разделения каналов, что очень важно в многопользовательских коммуникационных системах.

Шумоподобность и самосинхронизируемость систем, основанных на хаосе, дают им преимущества над традиционными системами с расширением спектра, базирующимися на псевдослучайных последовательностях. Кроме этого, они допускают возможность более простой аппаратной реализации с большей энергоэффективностью и более высокой скоростью операций.

#### Список литературы

1. Loskutov A.Y., Shishmarev A.I. Control of dynamical systems behavior by parametric perturbations an analytic approach. – Chaos. – 1994. – V. 4. №2. – P. 351–355.
2. Дмитриев А.С., Кузьмин Л.В. Передача информации с использованием синхронного хаотического отклика при наличии фильтрации в канале связи // Письма в ЖТФ. – 1999. – С. 71–77.
3. Хоффман Л.Дж. Современные методы защиты информации. – М.: Советское радио, 1980. – 264 с.
4. Мельников В.В. Защита информации в компьютерных системах. – М.: Финансы и статистика, Электронинформ, 1997. – 368 с.
5. Бейсенби М.А., Тен Т.Л., Когай Г.Д., Томилова Н.И., Тайлак Б.Е. Разработка криптографических систем и управление детерминированным хаосом: Монография. – Караганда, КарГТУ, 2012. – 200 с.
6. Тайлак Б.Е. Генератор псевдослучайных последовательностей на базе хаотической системы // Материалы международной научно-практической конференции. – Омск, 2009.

#### Физико-математические науки

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА

Семенов М.Г., Черняев С.И.

*Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга,  
e-mail: msemenenko@mail.ru*

Современное образование неразрывно связано с внедрением новых подходов, связанных с компьютерными технологиями:

- представление учебного материала в виде презентаций;
- использование элементов цифрового маркетинга (например, распространение учебных материалов через социальные сети и сайт преподавателя);
- научно-исследовательская работа студентов и преподавателей и т.п.

В частности, создается уникальная ситуация, когда при чтении научной статьи или книги можно в течение нескольких минут воспроизводить полученные в ней результаты на экране своего персонального компьютера, используя современные пакеты прикладных программ [1].

Кроме того, в технологии проведения научно-технических расчетов произошли существенные изменения, связанные с использованием сети Интернет, где можно найти различные справочно-информационные материалы и сайты интерактивных вычислений, в ко-

торых можно изменить исходные данные и получить новый ответ. Как правило, эти расчеты делаются на мощных серверах с распараллеливанием вычислительных операций, что намного ускоряет вычисления. Доступ к серверам может быть как платным, так и бесплатным. Пример такого ресурса – интерактивная среда системы Mathematica WolframAlfa.com [2, 3].

Распространение облачных вычислений позволяет решать проблемы, связанные с легальностью и доступностью подобного программного обеспечения (ПО). Другой способ доступа к современному ПО – использование «урезанных» вариантов платных программ. По этому пути пошли разработчики популярной программы Mathcad. При установке на персональный компьютер пробной версии достаточно дорогой программы Mathcad Prime после истечения срока использования в распоряжении пользователя остается пакет Mathcad Express с неполным функционалом, которого часто бывает достаточно для решения прикладных задач, построения сложных графиков и т.п. Достоинство Mathcad заключается в записи решаемых задач на естественном математическом языке с привлечением мощного математического аппарата решения уравнений и систем (алгебраических и дифференциальных), научной графики, статистики и многого другого.

В России также имеются ресурсы, в которых реализованы вычисления в Mathcad на ос-