МИР физики и техники

Процессы передачи и обработки информации в системах со сложной динамикой

Под ред.
д.ф.-м.н., проф. А.С. Дмитриева,
д.ф.-м.н. Е.В. Ефремовой

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2019

УДК 621.37
ББК 32.85
П84

П84 Процессы передачи и обработки информации в системах со сложной динамикой
/ Под ред. А.С. Дмитриева, Е.В. Ефремовой
Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2019. – 320с. ISBN 978-5-94836-541-1

Интригующие свойства динамического хаоса и связанных с ним бифуркационных явлений давно привлекают пристальное внимание исследователей. Достижения в области сложной динамики нелинейных систем позволили к началу 1990-х годов осознать потенциальное значение динамического хаоса как средства и идеологии обработки и передачи информации. В связи с этим в ИРЭ РАН было сформировано направление исследований «Информационные и коммуникационные технологии на основе динамического хаоса» – лаборатория «Информхаос».

В книге рассматриваются основные разработки лаборатории и полученные результаты, включая нелинейные динамические системы для записи, хранения и ассоциативного извлечения информации, общие принципы формирования шумоподобных хаотических сигналов в электронных устройствах, применение хаотических сигналов для беспроводной передачи данных, самоорганизующиеся сенсорные и активные сети беспроводной связи на основе прямохаотических приемопередатчиков, применение приемопередатчиков с хаотическими сигналами для связи и управления в группировках мобильных объектов, разработка идеи искусственного радиоосвещения на основе миниатюрных источников шумоподобного хаотического излучения микроволнового диапазона.

УДК 621.37
ББК 32.85

Авторы: Ю.В. Андреев, Ю.В. Гуляев,
А.С. Дмитриев, Е.В. Ефремова, Л.В. Кузьмин,
В.А. Лазарев, А.И. Рыжов, Т.И. Мохсени

© 2019, Дмитриев А.С., Ефремова Е.В.
© 2019, АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление

ISBN 978-5-94836-541-1

Содержание

Введение 6

Глава 1. Шум, динамический хаос и информация 11
1.1. Введение 11
1.2. Синтез хаотических систем с заданной информацией на периодических траекториях 13
1.3. Организация хаотических последовательностей, содержащих требуемую информацию 15
1.4. Линейное взаимодействие хаоса, информационных сигналов и шума 17
1.5. Модуляция и демодуляция хаотического носителя информационным сигналом 21
1.6. Информация и вычисления 23
1.7. Обобщенный канал связи и вычисления 28
1.8. Информационно-открытые системы 30
1.9. Заключение 33
Литература 33

Глава 2. Источники и генераторы динамического хаоса микроволнового диапазона на сосредоточенных элементах 38
2.1. Введение 38
2.2. Микрополосковые генераторы хаоса 39
2.3. Моделирование генераторов хаоса 40
2.4. Генераторы хаоса на сосредоточенных элементах 44
2.5. Генератор с печатными индуктивностями 51
2.6. Генератор диапазона 3–7 ГГц в виде интегральной микросхемы на технологии SiGe 250 нм 53
2.7. Разработка моделей генераторов хаоса в диапазоне 10–60 ГГц в виде интегральных микросхем на основе технологии SiGe 130 нм 57
2.8. Генераторы хаоса на чип-усилителях 60
2.9. Заключение 63
Литература 64

Глава 3. Хаос и интеллект 68
3.1. Введение 68
3.2. Информация и хаос 68
3.3. Запись информации на траекториях динамической системы 80
3.4. Бифуркационные явления в отображениях с записанной информацией 99
3.5. Синтез многомерных отображений 105

3.6. Реализация различных функций обработки информации на основе динамики отображений с записанной информацией 106
3.7. Примеры практических приложений метода записи и хранения информации 121
3.8. Заключение 126
Литература 128

Глава 4. Передача информации с использованием эффекта хаотической синхронизации 134
4.1. Введение 134
4.2. Синхронизация хаоса и передача информации 135
4.3. Некоторые перспективные направления использования хаоса 139
4.4. Применение сигнальных процессоров и микроконтроллеров для передачи информации с использованием хаотических колебаний [4.35] 161
4.5. Заключение 166
Литература 167

Глава 5. Прямохаотическая передача информации 170
5.1. Введение 170
5.2. Прямохаотические системы передачи информации 172
5.3. Некоторые свойства технологии 188
5.4. Первые эксперименты 192
5.5. Области применения сверхширокополосных сигналов 197
5.6. Заключение 201
Литература 201

Глава 6. Приемопередатчики на сверхширокополосных хаотических сигналах 203
6.1. Введение 203
6.2. Сверхширокополосный прямохаотический приемопередатчик для высокоскоростной беспроводной передачи данных. 2003 год 204
6.3. Прототип приемопередатчика для стандарта IEEE 802.15.4a 206
6.4. Приемопередатчик ППС-40 210
6.5. Приемопередатчики ППС-50 для беспроводной сенсорной сети в крытом конькобежном центре в Крылатском (г. Москва) 212
6.6. Сверхширокополосный приемопередатчик ППС-42 214
6.7. Сверхширокополосный приемопередатчик ППС-43. 2012 год 216
6.8. Универсальные модули для активных беспроводных сетей ППС-47. 2016 год 218
6.9. СШП прямохаотический приемопередатчик повышенного радиуса действия 222

6.10. Заключение 223
Литература 223

Глава 7. Самоорганизующиеся сенсорные и активные беспроводные сети 225
7.1. Введение 225
7.2. Первые сетевые решения 226
7.3. Учебно-научно-исследовательский комплекс (УНИК) 229
7.4. Беспроводная система сбора данных для крытого конькобежного центра в Крылатском 231
7.5. Самоорганизующиеся сети 233
7.6. Интернет вещей и коммуникационные сети 247
7.7. Активные сети 256
7.8. Мобильные сети 264
7.5. Заключение 273
Литература 273

Глава 8. Радиосвет 276
8.1. Введение 276
8.2. Источники радиоосвещения 279
8.3. Передатчик микроволнового динамического хаоса как искусственный источник радиоосвещения 280
8.4. Лампа радиосвета 282
8.5. Модели освещения в радиодиапазоне 284
8.6. Ячейка приемника радиосвета 287
8.7. Получение изображений в радиосвете 294
8.8. Заключение 300
Литература 301

Глава 9. Относительная прямохаотическая передача информации 303
9.1. Введение 303
9.2. Схема относительной передачи на основе хаотических радиоимпульсов 305
9.3. Математическая модель 308
9.4. Результаты моделирования 310
9.5. Аналитические оценки 310
9.6. Характеристики схемы в сверхширокополосном и гиперширокополосном случаях 313
9.7. Заключение 316
Литература 317