

Оглавление

Глава 1. Общие принципы моделирования систем	3
1.1. Общие понятия модели и моделирования	3
1.2. Классификация моделей	4
1.3. Структура моделей	6
1.4. Методологические основы формализации функционирования сложной системы	8
1.5. Моделирование компонентов	10
1.6. Этапы формирования математической модели	13
1.7. Имитационное моделирование	15
Контрольные вопросы	20
Глава 2. Общие принципы построения систем и сетей связи	21
2.1. Концепция построения систем и сетей связи	21
2.2. Многоуровневые модели сети	25
2.2.1. Трехуровневая модель	25
2.2.2. Архитектура протоколов TCP/IP	27
2.2.3. Эталонная модель OSI	29
2.3. Структура сетей связи	32
2.3.1. Глобальные сети	32
2.3.2. Локальные вычислительные сети	32
2.3.3. Топологии вычислительной сети	34
2.3.4. Локальные сети Ethernet	38
2.4. Сети Frame Relay	40
2.5. IP-телефония	45
Контрольные вопросы	52
Глава 3. Моделирование случайных чисел	53
3.1. Общие сведения о случайных числах	53
3.2. Программные методы генерирования равномерно распределенных случайных чисел	55
3.3. Формирование случайных величин с заданным законом распределения	59
3.3.1. Метод обратных функций	59

3.3.2. Приближенные методы преобразования случайных чисел	61
3.3.3. Метод отсеивания (метод генерации Неймана)	62
3.4. Методы, основанные на центральной предельной теореме	63
3.5. Алгоритмы моделирования часто употребляемых случайных величин	64
3.6. Алгоритмы моделирования коррелированных случайных величин	66
3.7. Формирование реализаций случайных векторов и функций	68
3.7.1. Моделирование n -мерной случайной точки с независимыми координатами	68
3.7.2. Формирование случайного вектора (в рамках корреляционной теории)	69
3.7.3. Формирование реализаций случайных функций	69
Глава 4. Моделирование дискретных распределений	70
4.1. Распределение Бернулли	70
4.2. Биномиальное распределение	72
4.3. Распределение Пуассона	73
4.4. Моделирование испытаний в схеме случайных событий ..	76
4.4.1. Моделирование случайных событий	76
4.4.2. Моделирование противоположных событий	77
4.4.3. Моделирование дискретной случайной величины	77
4.4.4. Моделирование полной группы событий	78
4.5. Потoki событий	78
4.6. Обработка результатов моделирования	82
4.6.1. Точность и количество реализаций	84
4.6.2. Первичная статистическая обработка данных	86
Контрольные вопросы	90
Глава 5. Алгоритмы моделирования стохастических сигналов и помех в системах связи	91
5.1. Алгоритм моделирования нестационарных случайных процессов	91
5.2. Алгоритмы моделирования стационарных случайных процессов	93
5.3. Методы моделирования сигналов и помех в виде стохастических дифференциальных уравнений	97

5.4. Примеры моделей случайных процессов в системах связи	99
5.4.1. Модели информационных процессов	102
5.4.2. Модели помех	102
5.4.3. Характеристика основных видов помех	103
Контрольные вопросы	105
Глава 6. Марковские случайные процессы и их моделирование	111
6.1. Основные понятия марковского случайного процесса	111
6.2. Основные свойства дискретных цепей Маркова	113
6.3. Непрерывные марковские цепи	118
6.3.1. Основные понятия	118
6.3.2. Полумарковские процессы	121
6.3.3. Процессы гибели и размножения	124
6.4. Модели непрерывнозначных марковских случайных процессов на основе стохастических дифференциальных уравнений	126
6.5. Моделирование марковских случайных процессов	129
6.5.1. Моделирование дискретных процессов	130
6.5.2. Моделирование скалярных непрерывнозначных процессов	131
6.5.3. Моделирование непрерывнозначных векторных процессов	133
6.5.4. Моделирование гауссовского процесса с дробно-рациональной спектральной плотностью	135
6.5.5. Моделирование многосвязных последовательностей	136
6.5.6. Моделирование марковских процессов с помощью формирующих фильтров	138
6.5.7. Алгоритм статистического моделирования марковских цепей	142
Контрольные вопросы	143
Глава 7. Примеры марковских моделей	145
7.1. Марковские модели речевого диалога абонентов	145
7.1.1. Состояния речевого сигнала	146
7.1.2. Модели диалога	147
7.2. Марковские модели речевого монолога	152
7.3. Пуассоновский процесс, управляемый марковским в моделях речи	156

7.4. Марковские модели цифровых последовательностей на выходе кодека G.728	168
7.5. Статистическое уплотнение источника речевых пакетов с учетом марковской модели телефонного диалога.....	172
7.6. Марковская модель беспроводного канала с механизмом ARQ/FEC	179
7.7. Паketирование ошибок.....	186
7.8. Расчёт характеристик потока ошибок по параметрам модели	192
7.8.1. Оценка параметров потока ошибок	192
7.8.2. Оценка адекватности модели потока ошибок	195
7.9. Марковские модели оценки QoS мультимедийных сервисов реального времени в Интернете.....	196
7.9.1. Понятие мультимедийных сервисов реального времени .	196
7.9.2. Анализ и моделирование задержек и потерь	197
7.10. Модели потоков мультимедийного трафика	201
Контрольные вопросы	206
Глава 8. Системы массового обслуживания и их моделирование	207
8.1. Общая характеристика систем массового обслуживания .	207
8.2. Структура системы массового обслуживания.....	215
8.3. Системы массового обслуживания с ожиданием	218
8.3.1. Система обслуживания M/M/1.....	218
8.3.2. Система обслуживания M/G/1	221
8.3.3. Сети с большим числом узлов, соединенных каналами связи	223
8.3.4. Приоритетное обслуживание	226
8.3.5. Система обслуживания M/M/N/m.....	228
8.4. Системы массового обслуживания с отказами.....	231
8.5. Общие принципы моделирования систем массового обслуживания	233
8.5.1. Метод статистических испытаний	233
8.5.2. Блочные модели процессов функционирования систем .	236
8.5.3. Особенности моделирования с использованием Q-схем..	236
Контрольные вопросы	238
Глава 9. Моделирование информационных систем с использованием типовых технических средств.....	239

9.1. Моделирование систем и языки программирования	239
9.2. Основные сведения о языке GPSS	242
9.2.1. Динамические объекты GPSS. Транзактно-ориентированные блоки (операторы)	245
9.2.2. Аппаратно-ориентированные блоки (операторы)	247
9.2.3. Многоканальное обслуживание	250
9.2.4. Статистические блоки GPSS	257
9.2.5. Операционные блоки GPSS	262
9.2.6. Другие блоки GPSS	267
9.3. Имитационное моделирование сети Ethernet в среде GPSS	271
Контрольные вопросы	283
Глава 10. Моделирование систем передачи информации .	284
10.1. Типовая система передачи данных	284
10.2. Помехоустойчивость передачи дискретных сигналов. Оптимальный прием	287
10.3. Оценка вероятности ошибочного приема дискретных сигналов с полностью известными параметрами	292
10.4. Помехоустойчивость дискретных сигналов со случайными параметрами	294
10.5. Помехоустойчивость дискретных сигналов при некогерентном приеме	295
10.6. Помехоустойчивость дискретных сигналов со случайными существенными параметрами	297
10.7. Алгоритмы формирования дискретных сигналов	300
10.8. Алгоритм формирования помехи	300
10.9. Алгоритм демодуляции дискретных сигналов	301
10.10. Структура имитационного комплекса и его подпрограмм	305
10.11. Программная среда Mathworks Matlab и пакет визуального моделирования Simulink	307
10.11.1. Техническое описание и интерфейс	307
10.11.2. Пакет визуального моделирования Simulink	309
10.11.3. Создание и маскирование подсистем	313
10.11.4. Пакет расширений Communications Toolbox	315
10.12. Моделирование блоков системы передачи данных стандарта WiMAX	318
10.12.1. Моделирование передатчика	318
10.12.2. Моделирование канала передачи	328

10.12.3. Моделирование приемника	334
10.12.4. Реализация модели в системе Matlab	342
10.13. Результаты имитационного моделирования системы WiMAX	343
Контрольные вопросы	358
Глава 11. Самоподобные процессы и их применение в телекоммуникациях	359
11.1. Основы теории фрактальных процессов	361
11.2. Мультифрактальные процессы	367
11.3. Оценка показателя Херста	369
11.4. Мультифрактальный анализ с использованием программного обеспечения	375
11.4.1. Описание программного обеспечения «Вейвлет-анализ»	375
11.4.2. Примеры оценки степени самоподобия	379
11.5. Алгоритмы и программное обеспечение для мультифрактального анализа	382
11.6. Влияние самоподобия трафика на характеристики системы обслуживания	389
11.7. Методы моделирования самоподобных процессов в теле-трафике	394
11.8. Исследование самоподобной структуры трафика Ethernet	399
11.9. Перегрузочное управление самоподобным трафиком	403
11.10. Фрактальное броуновское движение	405
11.10.1. RMD-алгоритм генерации ФБД	407
11.10.2. SRA-алгоритм генерации ФБД	409
11.11. Фрактальный гауссовский шум	410
11.11.1. БПФ-алгоритм синтеза ФГШ	411
11.11.2. Оценка результатов моделирования	414
Контрольные вопросы	421
Глава 12. Моделирование узла телекоммуникационной сети	422
12.1. Основные положения протокола Frame Relay	422
12.2. Проектирование узла сети Frame Relay	427
12.3. Результаты имитационного моделирования маршрутизатора FR с кодеками G.728 на входе	433
12.4. Влияние самоподобия трафика на QoS	446

Контрольные вопросы	451
Глава 13. Специализированные системы имитационного моделирования вычислительных сетей	452
13.1. Общая характеристика специализированных пакетов прикладных программ сетевого моделирования	452
13.2. Общие принципы моделирования в среде OPNET Modeler	455
13.3. Примеры применения OPNET	468
13.3.1. Модель для оценки качества обслуживания	468
13.3.2. Реализация модели локальной сети	475
Контрольные вопросы	483
Глава 14. Имитационное моделирование с помощью сетевого имитатора Network simulator 2	484
14.1. История создания и архитектура пакета NS2	484
14.2. Создание объекта имитатора	487
14.3. Создание топологии сети	488
14.4. Задание параметров генераторов	493
14.4.1. Exponential On/Off	496
14.4.2. Pareto On/Off	497
14.5. Два основных алгоритма организации очереди	499
14.6. Запуск программы сценария в NS2	501
14.7. Процедура обработки результатов моделирования	502
14.8. Пример моделирования беспроводной сети	503
14.9. Пример имитационного моделирования качества передачи потокового видео	506
14.9.1. Структура программно-аппаратного комплекса для оценки качества потокового видео	506
14.9.2. Функциональные модули ПАК	508
14.9.3. Оценка качества видео	521
Литература	528