

Б. И. Крук, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов

Телекоммуникационные системы и сети

Том 1. Современные технологии

Под редакцией профессора В. П. Шувалова

*Допущено УМО по образованию в области
телекоммуникаций в качестве учебного пособия
для студентов вузов связи и колледжей.*

Москва
Горячая линия - Телеком
2012

УДК 621.39 (075)

ББК 32.88

Т31

Т31 Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 1. – Современные технологии / Б. И. Крук, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов; под ред. профессора В. П. Шувалова. – Изд. 4-е, испр. и доп. – М.: Горячая линия–Телеком, 2012. – 620 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0208-4.

В первом томе трехтомного пособия с единых позиций рассматриваются основные понятия теории передачи сигналов, первичные и вторичные сети электросвязи. Особое внимание уделено вопросам построения телекоммуникационных транспортных сетей и сетей доступа, проблемам управления сетями. В книге содержатся примеры построения сетей на основе реального оборудования, широко используемого на сетях электросвязи России. В четвертом издании (третье издание книги вышло в 2005 г.) материал существенно дополнен и актуализирован с целью отразить последние достижения в области телекоммуникаций.

Для студентов вузов связи и колледжей. Книга может быть использована для повышения квалификации работниками предприятий электросвязи.

ББК 32.88

Адрес издательства в Интернет www.techbook.ru

Учебное издание

Крук Борис Иванович
Попантонопуло Владимир Николаевич
Шувалов Вячеслав Петрович

Телекоммуникационные системы и сети
Современные технологии

Учебное пособие

Издание 4-е, исправленное и дополненное

Подписано в печать 11.11.2011. Формат 60х90/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 38,75. Тираж 500 экз. (1-й завод 100 экз.) Изд. № 11208.

ISBN 978-5-9912-0208-4 (Т.1)

© Б. И. Крук, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов, 2012
© Издательство «Горячая линия–Телеком», 2012

Предисловие

В 2005 г. впервые книга «Телекоммуникационные системы и сети» была выпущена издательством «Горячая линия-Телеком» как трехтомник (первый том «Современные технологии», второй – «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» и третий – «Мультисервисные сети»), который фактически охватывает все вопросы построения телекоммуникационных систем. В настоящее время назрела необходимость в переработке и внесении дополнений в первый том. Что же было сделано в этом направлении?

Во-первых, был устранен ряд опечаток, во-вторых, учтены замечания читателей, приславших свои письма, и, наконец, в-третьих, была сделана попытка представить последние достижения в области телекоммуникаций. Существенно была переработана восьмая глава, обновлен раздел 11 «Телеграфные службы», полностью переработана глава 21. Теперь она посвящена вопросам организации широкополосного доступа с использованием оптоволокна. Приведены материалы о достижениях в этой области таких компаний как «Iskratel» и «Элтекс». Первая сегодня поставляет на телекоммуникационный рынок России оборудование для организации широкополосных сетей доступа на базе SI3000, MSAN. Вторая – оборудование для пассивных оптических сетей (PON, GPON). Глава 26 дополнена разделом по реализации системы управления сетевыми элементами компании «Iskratel». В приложении 2 представлен подход к реализации системы управления услугами компании «Iskratel». В процессе переработки удалось сократить объем представленного в 1 томе материала: ликвидирована глава 27, заключение к части IV и ряд приложений, что облегчит освоение материала студентам.

Кроме авторов указанных на титульном листе в подготовке 4-го издания первого тома приняли участие В.Г. Фокин, Д.С. Трибунский (глава 8, приложение 1), С.В. Тимченко (раздел 11.2), М.М. Егунов (раздел 26.3), В.М. Деревяшкин (раздел 21.4 и приложение 2), А.Ф. Киреев и Р. Юрьевич (разделы 21.1 – 21.3, 26.4, приложение 2).

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность проф. В.К. Попкову и проф. В.И. Битнеру за обсуждение работы и замечания, способствовавшие улучшению рукописи, а также Н.М. Гусельниковой за помощь в оформлении рукописи.

В заключение авторы выражают уверенность, что книга будет полезна широким слоям читателей, интересующимся проблемами телекоммуникаций, и просят присылать свои замечания по адресу: 630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, профессору В.П. Шувалову.

Профессор *В.П. Шувалов*

Введение

Краткая история развития электросвязи. На заре становления человеческого общества общение между людьми было весьма скудным. Воткнутая в землю ветка указывала, в каком направлении, и на какое расстояние ушли люди; особо положенные камни предупреждали о появлении врагов; зарубки на палках или деревьях сообщали об охотничьей добыче и пр. Существовала и примитивная передача сигналов на расстояние. Сообщения, закодированные в виде определенного числа выкриков либо ударов барабана с изменяющимся ритмом, содержали ту или иную информацию.

В десятом томе «Всеобщей истории» древнегреческого историка Полибия (ок. 201–120 г. до н.э.) описан способ передачи сообщений на расстояние с помощью факелов (факельный телеграф), изобретенный александрийскими учеными Клеоксеном и Демоклитом.

В 1800 г. итальянский ученый А. Вольта создал первый химический источник тока. Это изобретение дало возможность немецкому ученому С. Земмерингу построить и представить в 1809 г. Мюнхенской академии наук проект электрохимического телеграфа. Телеграф Земмеринга имел много недостатков и не нашел практического применения. Понадобилось более 20 лет, чтобы появилась первая практически применимая система телеграфирования. Ее автор – выдающийся русский ученый П.Л. Шиллинг. В октябре 1832 г. состоялась первая публичная демонстрация электромагнитного телеграфа. В том же году с помощью телеграфа Шиллинга была налажена связь между Зимним дворцом и Министерством путей сообщения.

Подлинную революцию в деле электросвязи по проводам произвели русский академик Б.С. Якоби и американский ученый С. Морзе, предложившие независимо друг от друга пишущий телеграф. Заслугой С. Морзе является создание используемой до сих пор телеграфной азбуки, в которой буквы обозначались комбинацией точек и тире.

В 1841 г. Б.С. Якоби ввел в эксплуатацию линию, оборудованную пишущим телеграфом и соединявшую Зимний дворец с Главным штабом. Через два года аналогичная линия протяженностью 25 км была построена между Петербургом и Царским Селом. Первая действующая линия связи в США (Вашингтон – Балтимор, 63 км) начала действовать в 1844 г.

В 1850 г. Б.С. Якоби сконструировал первый буквопечатающий аппарат, который в 1874 г. был усовершенствован американцем Д. Юзом и французом Ж. Бодо.

Оглавление

Предисловие	3
Введение	4
Список литературы	9
Часть I. Способы передачи сообщений	10
Глава 1. Спектры	10
1.1. Спектры периодических сигналов	10
1.2. Спектры непериодических сигналов	15
1.3. Сигналы электросвязи и их спектры	18
Контрольные вопросы	26
Список литературы	27
Глава 2. Модуляция	28
2.1. Принципы передачи сигналов электросвязи	28
2.2. Амплитудная модуляция	29
2.3. Угловая модуляция	32
2.4. Импульсная модуляция	35
2.5. Демодуляция сигналов	37
Контрольные вопросы	40
Список литературы	40
Глава 3. Цифровые сигналы	41
3.1. Понятие о цифровых сигналах	41
3.2. Дискретизация аналоговых сигналов	42
3.3. Квантование и кодирование	46
3.4. Восстановление аналоговых сигналов	52
Контрольные вопросы	54
Список литературы	54
Глава 4. Принципы многоканальной передачи	55
4.1. Одновременная передача сообщений	55
4.2. Частотное разделение каналов	58
4.3. Временное разделение каналов	59
Контрольные вопросы	62
Список литературы	62
Глава 5. Цифровые системы передачи	63
5.1. Формирование группового сигнала	63
5.2. Синхронизация	71
5.3. Регенерация цифровых сигналов	77
5.4. Помехоустойчивое кодирование	81
Контрольные вопросы	86
Список литературы	87
Глава 6. Цифровые иерархии	88
6.1. Плезиохронная цифровая иерархия	88
6.2. Синхронная цифровая иерархия	96
6.3. Методы асинхронной передачи	101
Контрольные вопросы	103
Список литературы	103

Глава 7. Линии передачи	104
7.1. Медные кабельные линии	104
7.2. Радиолинии	108
7.3. Волоконно-оптические кабельные линии	112
Контрольные вопросы	120
Список литературы	121
Глава 8. Транспортные сети	122
8.1. Предпосылки создания транспортных сетей	122
8.2. Системы передачи для транспортной сети	123
8.3. Модели транспортных сетей	127
8.4. Элементы транспортной сети	130
8.5. Архитектура транспортных сетей	134
8.6. Синхронизация транспортной сети	137
Контрольные вопросы	139
Список литературы	139
Часть II. Службы электросвязи. Телефонные службы и службы документальной электросвязи	141
Глава 9. Основные понятия и определения	141
9.1. Информация, сообщения, сигналы	141
9.2. Системы и сети электросвязи	146
9.3. Эталонная модель взаимосвязи открытых систем	153
9.4. Методы коммутации в сетях электросвязи	157
9.5. Методы маршрутизации в сетях электросвязи	163
Контрольные вопросы	177
Список литературы	178
Глава 10. Телефонные службы	179
10.1. Услуги, предоставляемые общегосударственной системой автоматизированной телефонной связи	179
10.2. Структура городских телефонных сетей (ГТС) с низким уровнем цифровизации и перспективы развития	183
10.3. Расчет коммутационного узла с коммутацией каналов	189
Контрольные вопросы	199
Список литературы	200
Глава 11. Телеграфные службы	201
11.1. Сети телеграфной связи	201
11.2. Направления развития телеграфной связи	206
Контрольные вопросы	209
Список литературы	209
Глава 12. Службы ПД. Защита от ошибок и преобразование сигналов	210
12.1. Методы защиты от ошибок	210
12.2. Сигналы и виды модуляции, используемые в современных модемах	223
Контрольные вопросы	235
Список литературы	236
Глава 13. Службы ПД. Сети ПД	237
13.1. Компьютеры – архитектура и возможности	237
13.2. Принципы построения компьютерных сетей	242
13.3. Международные стандарты на аппаратные и программные средства компьютерных сетей	243
13.4. Сетевые операционные системы	256

13.5. Локальные компьютерные сети	260
13.6. Глобальные компьютерные сети	277
13.7. Телефонная связь по компьютерным сетям	285
Контрольные вопросы	292
Список литературы	293
Глава 14. Факсимильные службы	295
14.1. Основы факсимильной связи	295
14.2. Организация факсимильной связи	298
Контрольные вопросы	306
Список литературы	306
Глава 15. Другие службы документальной электросвязи	307
15.1. Видеотекс	307
15.2. Голосовая почта	316
Контрольные вопросы	322
Список литературы	322
Глава 16. Единая система документальной электросвязи	323
16.1. Интеграция услуг документальной электросвязи	323
16.2. Назначение и основные принципы построения служб обработки сообщений	326
16.3. Многофункциональные терминалы	337
Контрольные вопросы	341
Список литературы	341
Глава 17. Обеспечение информационной безопасности в телекоммуникационных системах	342
17.1. Общие положения	342
17.2. Правовые и организационные аспекты информационной безопасности ..	346
17.3. Технические аспекты информационной безопасности	350
Контрольные вопросы	359
Список литературы	359
Часть III. Интеграция сетей и служб электросвязи	361
Глава 18. Узкополосные цифровые сети интегрального обслуживания (У-ЦСИО)	361
18.1. Пути перехода к узкополосной цифровой сети интегрального обслуживания	361
18.2. Службы и услуги узкополосной ЦСИО	370
18.3. Система управления У-ЦСИО	376
Контрольные вопросы	384
Список литературы	385
Глава 19. Широкополосные и интеллектуальные сети	386
19.1. Условия и этапы перехода к широкополосной сети интегрального обслуживания (Ш-ЦСИО)	386
19.2. Услуги Ш-ЦСИО	388
19.3. Способы коммутации в Ш-ЦСИО	394
19.4. Построение коммутационных полей станций Ш-ЦСИО	398
19.5. Причины и условия перехода к интеллектуальной сети (ИС)	408
19.6. Услуги ИС	415
Контрольные вопросы	418
Список литературы	419
Глава 20. Система межстанционной сигнализации по общему каналу в ЦСИО ..	421
20.1. Понятие об общем канале сигнализации	421

20.2. Протоколы многоуровневой системы сигнализации № 7 ITU-T	428
20.3. Способы защиты от ошибок в ОКС № 7	433
20.4. Характеристики ОКС	437
20.5. Способы построения сигнальной сети	440
Контрольные вопросы	442
Список литературы	443
Глава 21. Широкополосные сети доступа следующего поколения	444
21.1. Сети доступа следующего поколения с использованием оборудования компании «Iskratele» MSAN и MSAN 2.0	444
21.2. Сценарии оптоволоконно до антивандального шкафа	450
21.3. Сценарии оптоволоконно до здания – FTTB	454
21.4. Пассивные оптические сети доступа	457
21.5. Построение пассивных оптических сетей с использованием оборудования компании ЭЛТЕКС	466
Контрольные вопросы	469
Список литературы	470
Часть IV. Методы управления в телекоммуникациях	471
Глава 22. Общие положения	471
22.1. Многоуровневое представление задач управления телекоммуникациями	471
22.2. Функциональные группы задач управления	475
Контрольные вопросы	480
Список литературы	480
Глава 23. Интегрированные информационные системы управления предприятиями электросвязи	481
23.1. Понятия и определения в области информационных систем управления предприятием	481
23.2. Анализ структуры интегрированной информационной системы управления предприятием регионального оператора связи	485
23.3. Новое системное проектирование как передовая технология на этапе внедрения современных информационных систем	487
23.4. Требования к функциональности интегрированной информационной системы управления предприятием для регионального оператора связи	490
23.5. Требования к используемым информационным технологиям, техническим средствам и программному обеспечению	492
Контрольные вопросы	495
Список литературы	496
Глава 24. Управление услугами. Качество предоставляемых услуг	497
24.1. Система качества услуг электросвязи	497
24.2. Базовые (основные) составляющие обеспечения качества услуги	505
24.3. Оценка качества услуг связи с точки зрения пользователя и оператора связи	510
Контрольные вопросы	518
Список литературы	518
Глава 25. Управление услугами. Автоматизированные системы расчетов	519
25.1. Общие положения	519
25.2. Классификация АСР	526
25.3. Централизованный способ построения системы расчетов	527
25.4. Интеграция АСР с системами управления TMN	529
25.5. Основные технические требования для АСР	531
25.6. Обзор автоматизированных систем расчетов	536
25.7. Заключение	547

Контрольные вопросы	551
Список литературы	551
Глава 26. Управление сетями и сетевыми элементами	552
26.1. Архитектура систем управления сетями и сетевыми элементами	552
26.2. Системы управления первичными и вторичными сетями	554
26.3. Принципы построения системы управления Единой сетью связи Российской Федерации	563
26.4. Подходы к задачам управлению сетями компании «Iskratel»	568
Контрольные вопросы	572
Список литературы	572
Приложение 1. Модели транспортных сетей OTN-OTN и EoT	574
П1.1. Оптическая транспортная иерархия – основа оптической сети	574
П1.2. Модель и иерархия Ethernet для транспортных сетей	577
Список литературы	583
Приложение 2. Эволюция сетевых услуг и миграция к архитектуре IMS. Подход компании «Iskratel»	584
Заключение	590
Термины и определения	592