

“Radio” is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. С. ЖУРАВЛЁВ, Б. С. ИВАНОВ,
С. Н. КОМАРОВ, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН, Б. Г. СТЕПАНОВ
(первый зам. гл. редактора), В. В. ФРОЛОВ

Выпускающие редакторы: С. Н. ГЛИБИН, А. С. ДОЛГИЙ

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селиверстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13

E-mail: ref@radio.ru

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

Отдел рекламы — (495) 608-99-45, e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — ЗАО “Журнал “Радио”, ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159

Банк получателя — ОАО “Сбербанк России” г. Москва
корр. счет 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 18.08.2015 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная

Подписной индекс:

по каталогу «Роспечати» — 70772;

по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;

по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала, CD или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В перепику редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2015. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ЗАО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М»,
143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 15-08-00246.



Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер
службы поддержки
в России:

8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»



Internet Service Provider

Телефон: (495) 981-4571

Факс: (495) 783-9181

E-mail: info@rinet.ru

Сайт: <http://www.rinet.net>

Виртуальный Телеком

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

“Да, они знали кое-какие заклинания, умели превращать воду в вино, и каждый из них не затруднился бы накормить пятью хлебами тысячу человек. Но магами они были не поэтому. Это была шелуха, внешнее. Они были магами потому, что очень много знали, так много, что количество перешло у них, наконец, в качество, и они стали с миром в другие отношения, нежели обычные люди”.

А. и Б. Стругацкие. “Понедельник начинается в субботу”

Кто-то хорошо сказал, что любое развитие технологии похоже на магию. Казалось бы, наконец-то пришли в ИКТ-отрасль так называемые “сети следующего поколения” (NGN — Next Generation Networks), основанные на принципе коммутации пакетов и IP-протоколе, способные предоставлять потенциально любые услуги связи. Такими сетями было проще управлять, они изначально были мультисервисными (т. е. “заточенными” под предоставление любых услуг связи — передачу в любых сочетаниях голоса, видео, данных), и в них было проще вводить дополнительные сервисы с помощью соответствующих сервисных платформ. В свою очередь, серверы, на которых располагались сервисные платформы, постепенно переместились в “облака”, они же центры обработки данных (ЦОД), гарантирующие высокую надёжность множества входящих в них серверов. Как раз в текущем году исполняется 20 лет термину “интернет-телефония” и появляется первого шлюза из телефонной сети общего пользования в Интернет. Помнится, это вызвало определённое смещение в рядах действовавших на тот момент “зубров” рынка (как операторов, так и производителей оборудования), которые почувствовали появление серьёзных конкурентов.

Предчувствие “зубров” не обмануло, и всего лишь через пять лет отраслевое сообщество начало всерьёз обсуждать смену концепции в построении цифровых сетей связи, базирующуюся на пакетных решениях и IP-протоколе и имеющую конечную цель в виде “всё поверх IP”. Соответственно разработчиками всей этой новой ИКТ-экосистемы являлись уже не связисты, а ИТ-специалисты. Ну а поскольку со временем поверх IP пошло действительно всё, тем самым и совершилась технологическая конвергенция коммуникационных и информационных технологий. Многие с тех пор стало проще, но проблемы, однако, остались.

Сети связи наполнились всевозможными сервисами, пальму первенства среди которых занимает доступ к социальным сетям. Своего рода знаковым событием в ИКТ-отрасли стало появление iPhone, с которого началось стремительное наступление смартфонов, а потом и планшетов, каждый из которых представлял собой по меркам 80—90-х годов чуть ли не суперкомпьютер. В ответ миллионы и миллионы пользователей мобильной связи внесли свой посильный вклад в серьёзный рост видеотрафика поверх IP. И по прогнозам, именно он будет занимать до 70 % в общем объёме мирового трафика. Впрочем, традиционные телезрители тоже никуда не делись, и многие из них успели воспользоваться новыми возможностями интернет-телевидения, которое пришло к ним вслед за интернет-радио через “настоящий” широкополосный доступ (ШПД). Сегодня через ШПД к пользователям могут доставляться любые услуги и сервисы, и такая возможность получила название OTT (Over-The-Top).

Как и ранее, в случае с интернет-телефонией, OTT вызвал раздражение компаний, поверх сетей которых к их абонентам стали “приходить” сторонние поставщики сервиса вроде Skype, Viber или WhatsApp Messenger. Все эти кросс-платформенные приложения (в том числе и для смартфонов) позволяют обмениваться текстовыми, голосовыми или

видеообщениями, и при этом не платить оператору, который предоставляет доступ в Интернет. А глава Facebook'a Марк Цукерберг вообще обещает воссоздать в своей социальной сети все существующие услуги связи. Поэтому указанное раздражение имеет под собой основание и было недавно продемонстрировано на самом высоком уровне в Барселоне во время Мобильного Конгресса (MWC-2015), когда четыре крупнейших мировых оператора призвали регуляторов рынка (правда, пока безуспешно) привести к единому знаменателю взаимоотношения с поставщиками OTT-сервисов и операторами связи. Кстати, наиболее динамичные операторы начали внедрять собственные OTT-сервисы, чтобы хотя бы быть в тренде.

Собственно с развитием ШПД все сервисы превращаются в "облачные", когда в "облаке" может быть сгенерировано всё — от виртуальной АТС до виртуальной видеоплатформы, и от простого приложения до целого виртуально-предприятия с виртуальными рабочими местами, бизнес-процессами и инфраструктурой. Для всего этого, с точки зрения инфраструктуры, достаточно иметь высокоскоростной канал ШПД к ЦОДу, в котором современные ИТ-гении разместили свои сервисные платформы. В качестве иллюстрации растущей популярности "облачных" решений можно привести недавнее исследование J'son & Partners Consulting, констатировавшее, что за прошлый год отечественный рынок виртуальных АТС вырос в денежном выражении на 57 % по сравнению с 2013 г. и составил 3,85 млрд руб. И в самом деле, зачем устанавливать у себя какое-то телефонное "железо" и обслуживать его, если достаточно всего лишь IP-телефонов, подключённых через маршрутизатор и ШПД к ЦОДу?

Развивающаяся виртуализация компьютерных сетей, систем хранения информации и ЦОДов привела к революции в способах ведения бизнеса, управления контентом и подключения систем третьих сторон. Идёт процесс конвергенции внутренних и внешних ИТ-систем во имя достижения наивысшей коммуникации и прозрачности.

Развитие набирающего силу Интернета вещей (IoT — Internet of Things) — ещё один тренд развития современной ИКТ-отрасли, грозящий оперировать многими миллиардами подключённых устройств, что как минимум усложнит взаимодействие операторов с этой новой "абонентской базой". А вслед за IoT на горизонте уже появился Всеобъемлющий Интернет (IoE — Internet of Everything) с ещё большим охватом планеты и происходящих на ней процессов.

Программирование традиционных сетей с их дорогим и сложным оборудованием зачастую требует много затрат. С широким распространением таких трендов, как мобильные вычисления, большие данные, социальные сети и "облака", отраслевые специалисты ищут пути, чтобы сделать свою сетевую инфраструктуру более динамичной, масштабируемой и отзывчивой на быстро меняющиеся потребности пер-

сонала и клиентов. И если постараться взглянуть на всю формирующуюся на наших глазах сетевую инфраструктуру, то мы увидим множество подключённых реальных и виртуальных устройств с самыми необычными параметрами и сложными соотношениями между загружаемым в сеть и выгружаемым из сети трафиком. Причём трафиком колоссального объёма (ождается, что объём будет расти в геометрической прогрессии), требующего соответствующих мощностей для обработки разнообразным оборудованием, из которого эта сеть состоит. Поэтому каждая современная мультисервисная сеть связи неизбежно превращается в "узкое горлышко" для сгенерированного в ней трафика не только из-за его растущего объёма, но и из-за его неравномерности. Необходимость в ресурсах сети динамично меняется в зависимости от времени суток, крупных событий, деловой активности и т. д. Со стороны конечных пользователей постоянно растут требования к качеству контента, меняется характер его потребления и генерации, поэтому нужны новые подходы к передаче и управлению потоками разнородного трафика.

С самого начала в процессе цифровизации телекома все сетевые устройства неуклонно превращались в простые или несколько более сложные компьютеры, будь то цифровая АТС, маршрутизатор, сервер доступа или смартфон. Правда, у каждого из этих "компьютеров" были свой производитель и своё индивидуальное программное обеспечение (ПО), которое гарантировало совместимость с другими сетевыми устройствами по стандартным протоколам. Но и только. Всё остальное в части систем сетевого управления и управления бизнесом, адаптации сервисных платформ или даже простой замены оборудования одного производителя на оборудование другого было изначально неэффективным, хотя и возможным.

Любимая "игра" любого поставщика — сделать даже в самом стандартизованном оборудовании что-нибудь своё, частное, чтобы покрепче привязать к себе будущего клиента. Поэтому отнюдь не всегда можно "выдернуть" из сети какое-нибудь устройство, заменив его на продукцию другого поставщика. И, кстати, далеко не факт, что она будет легко поддерживаться уже установленной у вас системой сетевого управления.

Любимая "игра" любого крупного сетевого оператора — никогда не давать одному поставщику захватить своим оборудованием слишком большой кусок сети. Пусть даже придётся ставить несколько систем управления и пытаться как-то их объединять. Пусть всё будет не так гибко и не так функционально, но зато "я не кладу все яйца в одну корзину".

И следует понимать, что играть в эти "игры" все они никогда не перестанут. И потому наличие нестандартных элементов в сетях связи, а также в системах обработки и хранения данных в условиях быстрого роста инфраструктуры сетей и ЦОДов вместе с клиентской

базой и растущим трафиком — это не что иное, как своего рода быстро приближающийся тупик всей современной ИКТ-отрасли. Сложность и пропускная способность сетей связи растут экспоненциально, при этом доходы, получаемые с одного абонента, неуклонно снижаются, потому что конкурентная среда претерпела радикальные изменения с появлением OTT-игроков, и у операторов возникает необходимость применения новых технологий связи и смены бизнес-моделей. В частности, технологии "облачных" вычислений открывают перед операторами новые возможности и дают основу для трансформации сети.

Неудивительно, что сеть будущего, скорее всего, будет иметь "облачную" архитектуру, центром которой станет ЦОД. Давно известна возможность превращения стандартного компьютерного "железа" во что-то более полезное с помощью соответствующего ПО. Формирование в одном компьютере сразу нескольких виртуальных машин тоже давно известно. И если у вас вместо компьютера есть ЦОД или целая группа ЦОДов в виде "облачной" гряды, на их компьютерных ресурсах вполне можно "нарисовать" любую виртуальную сеть связи с различными функциональными элементами и заодно подключить к ней какие-нибудь "нарисованные" сервисные платформы. Содержащиеся в этих ЦОДах "озёра данных" (Data Lakes — появился уже и такой термин) позволяют сформировать любые сервисы для любого человека, который может получить к ним доступ. Останется лишь попросить у связистов организовать каналы ШПД к конечным пользователям. Растущая производительность типовых серверов также способствовала развитию виртуализации. И если раньше высокую производительность и доступность сетевых функций могло обеспечить только специализированное оборудование, сегодня типовые серверы предоставляют достаточно высокую надёжность, что и позволяет "разворачивать" виртуальные машины для поддержки отдельных виртуализованных сетевых функций, присущих тому или иному сетевому элементу. И на одном физическом сервере может быть развёрнуто достаточно много таких виртуальных элементов (функций).

Всё вышесказанное является предпосылкой к появлению новой парадигмы виртуализации сетевых функций (Network Functions Virtualization — NFV). Кроме того, развитие технологий NFV стало своего рода ответом на приход на рынок телеком-услуг таких традиционных поставщиков "облачных" сервисов, как Google, Yahoo или Facebook. Операторы восприняли концепцию NFV как фундаментальное и экономически эффективное изменение сетевой архитектуры. Кроме того, использование NFV даёт возможность операторам связи динамично подстраивать свои сервисы под меняющиеся потребности рынка, расширять спектр услуг, быстро внедрять новые функции на типовом оборудовании.

Основная идея NFV заключается в том, чтобы уметь оперативно задействовать и перераспределять сетевые



мощности, применяя при этом типовое коммерческое оборудование. В случае сбоя на одной из виртуальных машин сеть автоматически меняет конфигурацию, обеспечивая надёжную работу сервисов. При этом необходимость человеческого участия в сетях NFV в сравнении с традиционными архитектурами значительно ниже и появляется больше возможностей для удалённого администрирования. Поскольку внедрение новых сервисов, мониторинг производительности, экстренное восстановление сети проходят с гораздо более высокой степенью автоматизации, это помогает сокращать операционные расходы. И как только идея NFV овладела производителями, сетевыми "облачными художниками" стали практически все крупные ИТ-поставщики, от производителей сервисных платформ до поставщиков систем хранения данных (СХД). Они превратились в поставщиков телекоммуникационного оборудования, пусть и виртуального. Так, в очередной раз ИТ-специалисты ещё глубже залезли в огород связистов, заменив своей магией виртуализации реальное "железо".

В то время как сетевая виртуализация — это новое отраслевое "решение", физическим "механизмом" этого решения являются программно-определяемые сети (SDN — Software Defined Network), о которых уже рассказывалось на страницах журнала. Напомним, что технология SDN позволяет реализовать сеть связи дешевле и проще в управлении за счёт основной идеи: уровня управления сетью и передачи данных в ней разделяются, а "надсетевой" SDN-контроллер может управлять посредством открытого протокола openflow любой "разношёрстной" сетью (оборудованием разных поставщиков), реализуя в ней любые сценарии. Платформа SDN позволяет собирать приложения и технологии как детали конструктора и помогает им взаимодействовать. Такой подход позволяет достигать высокого коэффициента доступности, надёжности и простоты развёртывания.

Исторически сетевые устройства всегда пытались сбалансировать два противоположных тренда — простоту эксплуатации и настройку под конкретного клиента. Поскольку каждый производитель обычно использует разные элементы для настройки, сеть получалась довольно сложной. Зато с помощью SDN оператор сможет модифицировать сеть в полном соответствии с собственными нуждами и нуждами своих клиентов, а также понимать, где в сети есть проблемы с качеством. В компьютерной индустрии такое поведение считается само собой разумеющимся. Теперь этот же тип мышления приходит и в телеком.

Раз уж могут быть программно-определяемые сети, то почему бы и ЦОДам не быть такими. И они появились — SD-DC (Software Defined Data Center). Концепция SD-DC предусматривает абстрагирование от аппаратной части всех компонентов ЦОДа, что делает реальным предоставление абсолютно любых ИТ-ресурсов, как настраиваемых услуг по требованию. Появляются и программно-

но-определяемые хранилища данных (SDS — Software Defined Storage).

Внедряя "облачные" технологии виртуализации сетевых функций, телеком-операторы становятся более конкурентоспособными в условиях, когда быстро растёт рынок OTT-сервисов. Иначе операторам будет сложно выживать, поскольку операционные расходы будут расти, а срок вывода на рынок новых сервисов будет слишком велик. Абоненты же в конечном итоге сделают выбор в пользу оператора с современными услугами, динамично подстраивающимися под их потребности, богатой функциональностью и доступной ценой, чем в пользу поставщика какого-нибудь одного сервиса. Следует заметить, что, помимо всего прочего, в случае использования NFV пользователи получают возможности для самостоятельного управления ассортиментом используемых сетевых приложений, могут вносить изменения, прибирать новые сервисы и сетевые функции. Это особенно ценится корпоративными клиентами. Появляются новые возможности взаимодействия платформ, сервисов, устройств.

Целая группа компаний-производителей — Ericsson, IBM, Cisco Systems, AT&T, Hewlett-Packard и China Mobile — запустила в конце сентября 2014 г. проект OPNFV (Open Networking Foundation) с целью разработки эталонной архитектуры на базе свободного кода, призванной ускорить внедрение NFV на предприятиях и в ЦОДах сервис-провайдеров. С этого времени число участников проекта, которому покровительствует Linux Foundation, выросло до 44 и в него вошли такие вендоры, как Dell, Red Hat, Brocade, Intel, Juniper Networks, Huawei, ARM, Alcatel-Lucent, Sprint и Broadcom. Совсем недавно к OPNFV присоединились Midokura, Sonus Networks, Array Networks и Ooredoo.

Многие крупнейшие операторы уже приняли стратегии по внедрению SDN и NFV. В частности, компания Telefonica начала переход на эти технологии, чтобы повысить доход от цифровых сервисов с 5 % в 2013 г. до 10 % в 2016 г. и сократить расходы за тот же период на 1,5 млрд евро. Deutsche Telekom планирует внедрить SDN, чтобы к 2020 г. объединить все свои ресурсы в единую сеть с централизованной системой сетевого управления и общими возможностями резервирования, а также перейти с многоуровневой архитектуры сети на двухуровневую. Компания AT&T планирует к 2020 г. виртуализировать 75 % сети. К концу 2014 г. 40 % стратегически значимых приложений этого оператора были перенесены в "облако". В компании была запущена масштабная программа по переподготовке специалистов, работавших с "железом". Сейчас уже более двух тысяч таких сотрудников прошли тренинги по программированию, чтобы продолжить работать в компании.

Интерес производителей к SDN и NFV вполне понятен. С одной стороны, эти технологии перспективны в плане запросов конечных пользователей. В выпущенном в конце прошлого года отчёте Infonetics Research прогнозируется, что глобальный рынок операторского оборудования и ПО на базе SDN и

NFV вырастет с менее 500 млн долл. в 2013 г. до более 11 млрд долл. в 2018 г., причём основную часть будущих прибылей принесёт именно NFV. Но это, очевидно, лишь начало.

В 2014 г. правительство РФ включило SDN и NFV в перечень приоритетных направлений развития науки и техники. По данным прошлогоднего опроса J'son & Partners Consulting, более 70 % российских операторов изучают и анализируют возможности SDN и NFV, при этом более 50 % уже тестируют эти технологии. Более 70 % опрошенных основным драйвером возможных внедрений называют сокращение сроков модернизации сети, для двух третей ключевую роль играет перспектива снижения операционных расходов.

Опрос CNews Analytics, проведённый в июне 2015 г., показал, что широкое внедрение SDN и NFV в России пока сдерживается нехваткой примеров успешных проектов, проблемами сертификации и совместимости решений, недостаточным числом применимых на практике приложений. Имеющийся ресурс сетей ещё не выработан, поэтому компании-операторы не спешат их реформировать.

Всё вышесказанное свидетельствует о том, что новые технологии виртуализации позволяют преобразовать приложения, серверы и сети в некие программные абстракции, и этот процесс преобразования может серьёзно изменить лицо телекома. Когда-нибудь все сети связи смогут стать полностью технологически однородными, а весь будущий Телеком — это просто ИКТ-услуга, получаемая поверх компьютеров, представленных по сети или сгруппированных в ЦОДах, мало отличимой от сети Интернет. Разумеется, в руках связистов по-прежнему останутся сети доступа и высокоскоростные транспортные сети, соединяющие ЦОДы. Но и только. Впрочем, сначала всё-таки должна была "созреть" технологическая основа для тотальной сетевой виртуализации и прочих превращений. Полный переход к "облачным" вычислениям означает трансформацию сегодняшних "островков виртуализации" в полностью взаимосвязанные "облачные" системы. В этих условиях ИТ-инфраструктура корпоративных клиентов и поставщиков услуг должна быть открытой и интегрированной, чего ранее никогда не наблюдалось, несмотря на все прошлые стандарты, обещания и прогнозы поставщиков оборудования и ПО.

Таким образом, значительная часть современного телекома находится на пути превращения в виртуальную реальность, а наступившая эпоха трансформации способов управления этим телекомом вполне может быть представлена как Век Упрощения Коммуникаций (хотя и осуществляемая на самом деле на базе усложнения технологий). Одновременно управление ИКТ-сетями и ИТ-платформами становится столь абстрагированным от собственно техники, что заниматься этим далее будут самые простые люди — бизнесмены, продавцы, маркетологи, финансисты и просто граждане, отдающие простые команды вроде "хочу такой-то

сервис" или "сделайте мне вот такую сеть". Дальнейшее проникновение ИКТ-отрасли во все стороны жизни будет требовать максимально простого управления сетями, услугами и приложениями. И уже не только связисты, но и ИТ-специалисты будут не очень-то и нужны для эксплуатации таких систем. Вернее, не в том количестве.

Зато возрастёт спрос на специалистов, разрабатывающих новые применения решений виртуализации. К примеру, основные усилия направлены отнюдь не только на оперирование неизмеримо сложными процессами и многими миллиардами устройств, но и на кардинальное упрощение входного языка. Надо научиться управлять голосом или жестом, и тогда, к примеру, виртуальный телеком станет доступен каждому. Путём эффективного использования Интернета (в частности, IoT), "облачных" вычислений и больших объёмов данных человечество сможет использовать интеллект людей и машин по всему миру для создания нового всеобщего интеллекта, управляющего не только сетями связи, который, возможно, будет общаться с людьми, как общаются с ними в фантастических сагах космические корабли. В том числе и для создания объёмных моделей-дублей самих людей. Сегодня это кажется нам магией, но, быть может, в не столь отдалённом будущем главным для нас будет не ошибиться в собеседнике. ■

Вышла в свет новая книга



**Пескин А. Е.,
Гендин Г. С.,
Васин В. А.,
Созинов Б.Л.,
Боравский В.А.,
Васичкин А.Г.,
Морозов И.А.**

Бытовая радиотелевизионная аппаратура. Устройство, техническое обслуживание, ремонт. — М.: Горячая линия — Телеком, 2014. 606 с., ил. Под общей ред. А. Е. Пескина. 2-е изд., стереотип., первое издание вышло в свет в 2006 г. ISBN 978-5-9912-0413-2.

Систематизированы обширные сведения об имеющейся в эксплуатации бытовой радиотелевизионной аппаратуре (БРТА), её построении и принципах работы. Рассмотрены практические вопросы организации и технологии обслуживания и ремонта различных видов БРТА.

Для слушателей курсов повышения квалификации и подготовки радиомехаников сервисных служб, студентов технических университетов и других учебных заведений, обучающихся по профилям "Бытовая радиотелевизионная аппаратура" направления подготовки специалистов "Радиотехника", "Сервис электронной техники" направления подготовки бакалавров "Сервис" и др. Будет полезна сотрудникам и руководителям сервисных служб и опытным радиолюбителям.

Научно-техническое издательство
«Горячая линия — Телеком»
Справки по тел.: (495) 737-39-27,
WWW.TECHBOOK.RU