УДК 621.391.28

АНАЛИЗ ЗАДАЧИ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТНО–ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОВ КОММУТАЦИИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

М. О. Колбанёв,
канд. техн. наук, доцент
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье центр коммутации и обработки информации (ЦКиО) интеллектуальной сети связи рассматривается в качестве предметной области методов оценки вероятностно-временных характеристик. Рассматриваются особенности и требования к методам оценки вероятностно-временных характеристик ЦКиО, построенных на различных технологических принципах. Строится концептуальная модель ЦКиО, выявляются процессы жизненного цикла, реализация которых требует оценки вероятностно-временных характеристик.

In paper the centre of centers switching and information processing of an intellectual network is considered as a subject domain of methods of an estimation of time and probabilistic characteristics. The features and requirements to methods of estimation of centers characteristics, constructed on various technological principles are considered.

Введение

Процесс интенсивной информатизации всех видов деятельности человека в современном обществе характеризуется существенным изменением требований, которые предъявляются как к технологиям коммутации и доставки информации, так и к составу услуг, которые предоставляются пользователям сетей связи.

Технологию коммутации каналов меняет сегодня пакетная коммутация. Сети передачи данных развиваются примерно в 10 раз быстрее телефонных сетей, приносят операторам связи все больший доход и позволяют повысить использование ресурсов первичной сети, поддерживать широкий диапазон скоростей передачи пользовательской информации и параметров трафика, гарантируя при этом требуемые показатели качества обслуживания пользователей.

Благодаря интенсивному росту инфраструктуры сетей становится возможной реализация потребностей пользователей во внедрении новых услуг. Анализ мирового телекоммуникационного рынка показывает замедление роста доходов, получаемых от предоставления традиционных услуг сетей связи общего пользования, в то время как темпы роста доходов от предоставления дополнительных услуг неуклонно растут. При этом речь идет не только и не столько об услугах «классической» интеллектуальной сети, таких как оплата по сервисным телефонным картам или за счет вызываемого пользователя, телеголосование, речевая почта и т. п. Имеется очевидная потребность внедрения инфокоммуникационных услуг нового типа, таких, которые связаны не только с традиционными функциями распространения и доставки информации, но и с ее хранением и обработкой.

Изменяется ситуация, при которой прикладные программы и услуги должны разрабатываться узким кругом связистов в интересах всех пользователей сетей операторов связи. Современные телекоммуникационные системы допускают разработку приложений специалистами других прикладных областей и внедрение этих приложений в границах сетевых доменов, определяемых провайдерами услуг.

Количественный рост инфраструктуры сетей связи и реализуемых ими приложений ведет к качественным изменениям. Телекоммуникационная сеть из транспортной системы, обеспечивающей доставку информационных ресурсов, превращается в интегрированную среду, предназначенную

для реализации пользовательских приложений. Неотъемлемым элементом подобных сетей являются центры коммутации нового типа, выполняющие функции, связанные с управлением не только информационными потоками, но и услугами. Они должны содержать интеллектуальные устройства и программное обеспечение, поддерживающее создание и реализацию информационных услуг. Можно сказать, что интеллект телекоммуникационных сетей, сосредоточиваемый в центрах коммутации, по существу, превращает их в интеллектуальные центры коммутации или центры коммутации и обработки информации (ЦКиО).

Ключевым фактором, определяющим возможность широкого внедрения современных инфокоммуникационных услуг, является обеспечение требуемого качества обслуживания пользователей, которое на этапе доступа пользователей к сети связи следует оценивать вероятностью блокировки заявки на предоставление услуги, а на этапе информационного обслуживания — временем доставки пользовательской информации. Вероятность блокировки в первую очередь зависит от характеристик ЦКиО, которые определяют доступность сетевых ресурсов и время реакции ЦКиО на запросы пользователей, время доставки — от характеристик транспортной сети и ширины полосы пропускания каналов связи.

Требуемого качества обслуживания можно достигнуть, следуя количественному или интеллектуальному подходу к проектированию. Количественный подход предполагает увеличение пропускной способности всех сетевых элементов и создание резерва как вычислительной мощности и объема ресурсов ЦКиО, так и полосы пропускания каналов связи по отношению к объему обслуживаемого трафика. Аргументом в пользу этого подхода являются достижения компьютерных и телекоммуникационных технологий, которые позволяют поддерживать все более высокую скорость обработки и передачи информации.

Однако увеличение быстродействия не решает всех проблем обеспечения качества обслуживания. Этому есть три объяснения. Во-первых, как следует из ряда исследований, в течение ближайших нескольких лет следует ожидать резкого сокращения средств, выделяемых на развитие сетевых инфраструктур, что требует поиска новых путей повышения производительности сетей. Во-вторых, изменяется тенденция, когда развитие сетевых технологий опережало предложения по внедрению услуг. Рост номенклатуры инфокоммуникационных услуг неизбежно потребует роста производительности, наращивание которой столкнется со значительными техническими трудностями и физическими ограничениями. В-третьих, высокое быстродействие не гарантирует соблюдения требуемого качества обслуживания, а лишь уменьшает вероятность его нарушения. Известно, что трафик в современных сетях носит фрактальный характер. По мере увеличения масштабов сети пики и спады трафика не сглаживаются, а, наоборот, складываются в еще более крупные пики и спады. Это означает, что запас пропускной способности ЦКиО и транспортной сети при ориентации только на количественный подход должен измеряться не десятками процентов, а десятками раз, что едва ли можно компенсировать относительной дешевизной аппаратного обеспечения.

Перечисленные причины заставляют основываться при проектировании сетей на интеллектуальном подходе, предполагающем использование таких методов выбора параметров ЦКиО и алгоритмов управления мультимедийным трафиком транспортных сетей, которые при минимальных затратах гарантировали бы эффективную, безопасную и надежную работу ЦКиО при внедрении прикладных услуг.

Настоящая статья посвящена анализу задачи и методов оценки вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации интеллектуальных сетей связи.

Эволюция принципов построения и методов оценки характеристик центров коммутации и обработки информации

Центры коммутации являются неотъемлемым элементом любой сети связи и в современных сетях не только обеспечивают соединение физических или виртуальных линий связи для передачи информации, но и выполняют по требованиям пользователей широкий спектр других информационных услуг.

Требования к методам оценки характеристик центров коммутации в первую очередь определяются принципами их построения и функционирования, которые существенно изменялись по мере развития технологии средств связи [1, 2]. Первые поколения автоматических центров коммутации использовали технологию коммутации каналов и строились на электромеханических приборах. Сначала были изобретены декадно-шаговые узлы, каждый коммутационный блок которых — искатель — был оборудован своим собственным управляющим устройством (УУ). Адресная (управляющая) информация поступала в искатель непосредственно с дисковых номеронабирателей абонентов. К главным достоинствам такой, полностью распределенной, архитектуры управления относятся достижение минимально возможного времени установления соединения, поскольку оно устанавливается одновременно с передачей адресной информации, и высокая надежность управляющей системы (УпрС). Основной недостаток — низкое использование УУ, которые жестко связаны с определенным входом ступени искания, а «используются» лишь во время приема номера выходной линии и при управлении щетками искателя [3]. Потери заявок на установление соединения в декадно-шаговых узлах и станциях возникают только при занятости всех работоспособных исходящих линий в требуемом направлении связи. Поэтому главной

задачей проектирования таких центров является расчет многозвенных и неполнодоступных коммутационных схем [4, 5].

К другому типу автоматических центров коммутации относятся станции машинной системы, которые также построены на основе искателей, однако отличаются наличием общих УУ, получивших название *регистр*. Регистры предназначены для приема номера вызываемого абонента, хранения, переработки и передачи этого номера в УУ искателей. Введение группового регистрового оборудования позволило повысить уровень использования той части УУ, которая ответственна за прием адресной информации, упростить УУ искателей путем уменьшения количества выполняемых ими функций, применять не только декадный, но и произвольный принцип построения коммутационного поля искателей. При проектировании машинных центров наряду с расчетом коммутационных схем возникла задача расчета пропускной способности групповых УУ, поскольку недостаточное количество регистров приводило к задержкам или отказам в обслуживании уже на начальных этапах процесса установления соединения, а их избыточное количество — к недопустимо низкому использованию управляющего оборудования [6].

Стремление к дальнейшему повышению уровня использования УУ привело к концентрации функций УУ искателей в коллективных приборах, которые получили название *маркер*. Концентрация функций УУ позволила освободить искатель от всех функций управления и превратило его в пассивный коммутационный блок, названный *соединитель*. Регистрово-маркерные или координатные центры характеризуются отсутствием индивидуальных и наличием коллективных УУ двух видов (регистров и маркеров) и относятся к последнему поколению электромеханических систем коммутации [7].

Разработка координатных систем поставила перед специалистами проблему расчета емкости коммутационных блоков, управляемых одним маркером. Очевидно, что чем больше скорость работы маркера, тем большее количество источников нагрузки он может обслужить за заданное время. Поэтому в качестве элементной базы УУ разработчики стремились использовать реле с маленьким временем переключения, а затем, по мере развития технологической базы, — электронные компоненты.

В целом методы оценки, разработанные применительно к электромеханическим системам коммутации, ориентированы на расчет вероятностей блокировки в коммутационных схемах. Требуемая производительность управления либо обеспечивается конструкцией центров, либо закладывается на этапе их разработки [8].

Появление высокопроизводительных и высоконадежных ЭВМ, а также быстродействующих коммутационных элементов позволило централизовать все коммутационные ресурсы и одновременно сконцентрировать функции управления в одном централизованном УУ, которое обрабатывает заявки пользователей по принципу записанной программы. В коммутационной технике эти УУ получили название *электронные управляющие машины* (ЭУМ). Анализ особенностей ЭУМ, а также примеры ЦКиО с программным управлением представлены в [9–12].

Переход к многопрограммному управлению позволил существенно повысить использование УпрС, а также обеспечил большую функциональную гибкость при изменении и дополнении функций центров коммутации в соответствии с требованиями пользователей, эксплуатационного персонала и администрации связи и привел к снижению эксплуатационных расходов на поддержание работоспособности оборудования центра вследствие широкого применения программ контроля работоспособности и поиска места возникновения неисправности. В то же время отказ от УУ, работающих по принципу замонтированной программы, поставил перед разработчиками ряд специфических проблем. Главная из них — организация управления в реальном масштабе времени. Действительно, время, которое требуется ЭУМ для выполнения алгоритмов управления, в большой степени зависит от интенсивности требований на обслуживание и от сложности алгоритмов управления. По мере увеличения интенсивности требований и количества выполняемых операций приходится увеличивать быстродействие ЭУМ и разрабатывать более эффективные алгоритмы обработки трафика, что увеличивает стоимость УпрС. Недостаточная скорость обработки заявок приводит к недопустимым задержкам реакции центра коммутации на входные воздействия. Итак, появление многопрограммных УУ привело к необходимости разработки специальных методов исследования вероятностно-временных характеристик и выбора оптимальных производительности и алгоритмов работы ЭУМ [13].

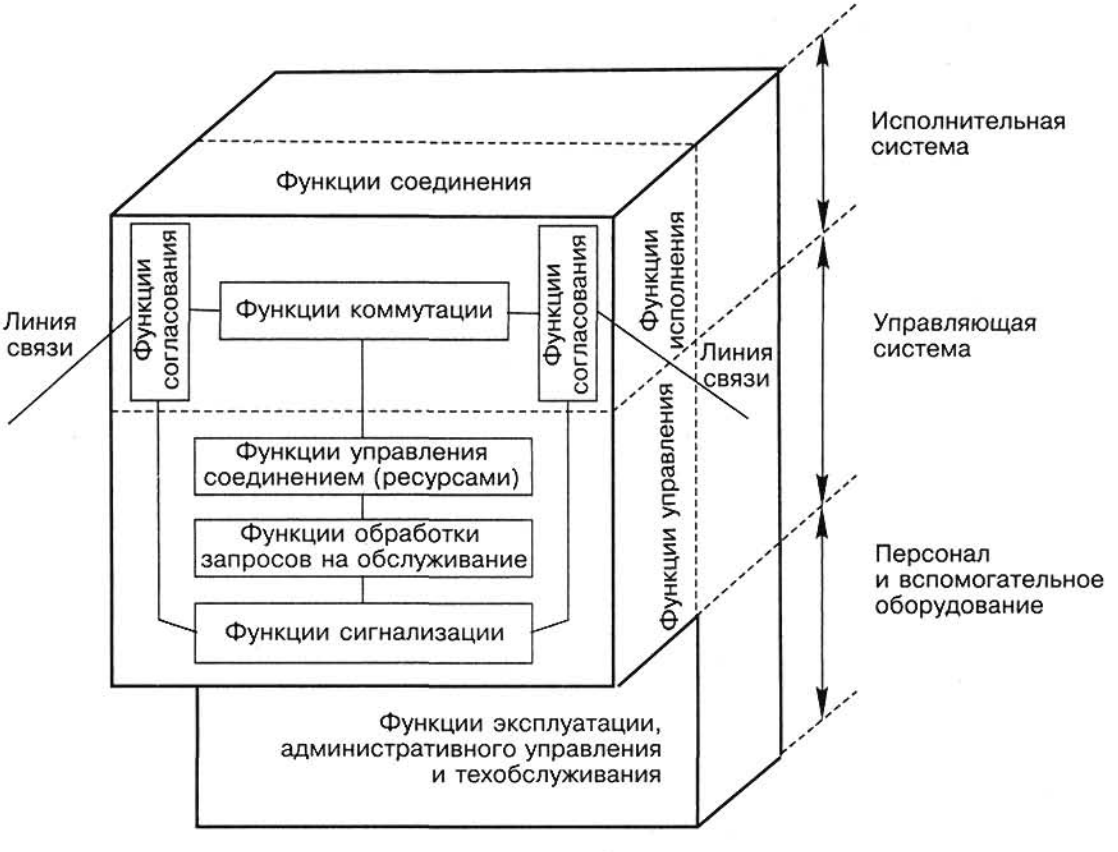
Дальнейшее развитие технологии построения центров коммутации связано с переходом от аналоговых к цифровым сетям связи. Увеличение числа услуг и усложнение функций цифровых сетей явилось причиной появления рекомендации ITU-T Q.521, в соответствии с которой для достижения целей своего функционирования центры коммутации цифровых сетей связи в процессе взаимодействия с пользователями и другими элементами сети должны выполнять функции: *согласования*, т. е. приведения характеристик сигналов, циркулирующих по линиям связи, в соответствие с определенными стандартами; *коммутации*, т. е. установления, поддержания и разрушения соединений между входящей и исходящей линиями связи; *сигнализации*, т. е. фильтрации и детектирования состояния линий связи, приема входных сигналов, поступающих от пользователей или других ЦКиО, классификации и регистрации этих сигналов и выдачи ответных выходных сигналов, которые информируют пользователей о ходе обслуживания их требований; *обработки запросов на обслуживание*, т. е. анализа адресной и другой управляю-

щей информации, идентификации сторон, между которыми требуется установить связь, и, в конечном итоге, выбора направления связи или затребованной информационной услуги; *управления соединением* (ресурсами), т. е. поиска ресурсов, требуемых для установления соединения или предоставления услуги, занятия и освобождения этих ресурсов.

Перечисленные функции, как это показано на рис. 1, группируются по функциям исполнения и управления и базируются на платформе функций *эксплуатации, административного управления и технического обслуживания* (ЭАУиТО), что позволяет обеспечивать требуемое качество функционирования, поддерживать оборудование центра в работоспособном состоянии и оперативно реагировать на изменения внешней обстановки.

К числу важнейших функций управляющей системы центров коммутации цифровых сетей рекомендация Q.521 относит обработку информации [14]. Информационными источниками при этом являются пользователи и база данных, отображающая состояние исполнительной системы. Таким образом, центры коммутации начали приобретать черты, характерные для автоматизированных систем обработки информации и управления [15].

Усложнение задач управления процессами предоставления услуг в цифровых сетях и потребность во внедрении центров с широким диапазоном емкостей (от сотен до десятков тысяч портов) привели к тому, что структура с централизованным управлением становилась все менее эффективной. Возникшие требования к пропускной способности и надежности удалось удовлетворить путем использования в центрах распределенных многомашинных структур управления, которые не только обладают высокой производительностью, надежностью и управляемостью, но и легко адаптируются к пространственной распределенности объектов исполнительной системы (ИспС), позволяют упростить процедуры масштабирования, а также дают возможность уменьшить затраты и сократить время создания систем связи в результате применения универсальных технических и программных средств [16–18]. Под центрами коммутации с распределенной структурой можно понимать логическое объединение компонентов, которые выполняют перечисленные в рекомендации ITU-T Q.521 функции и независимо от их пространственного размещения управляются единой интегрированной системой ЭАУиТО [19, 20]. Центры коммутации цифровых интегральных сетей связи по-прежнему используют технологию коммутации каналов, но связываются друг с другом при помощи двух разделенных сетей. Сеть с временным уплотнением (TDM) со скоростью 64 Кб/с предназначена для переноса данных пользователей, выделенная пакетная сеть сигнализации ОКС № 7 — для переноса информации сигнализации и управления. Операционные и информационные ресурсы, необ-



■ ***Рис. 1.***

ходимые для дополнительных услуг, сосредоточены в специализированных центрах обработки информации, так называемой интеллектуальной сети.

Центры коммутации на базе распределенных УпрС используют технологию коммутации каналов с той особенностью, что наряду с коммутацией физических цепей они коммутируют и временные слоты. Подобные центры составляют основу современных сетей связи и позволяют развернуть на одной платформе любую комбинацию служб, включая проводную и беспроводную связь, комплексные услуги передачи голоса, визуальной информации и данных; реализовывать услуги местной, междугородной и международной связи, операторских служб, транзитную передачу, а также услуги интеллектуальной сети; выполнять функции центра коммутации сотовой сети, оконечного, транзитного или оконечно-транзитного пункта сигнализации стандарта ОКС № 7, центра таксации трафика, центров эксплуатации, административного управления и технического обслуживания сети и др.

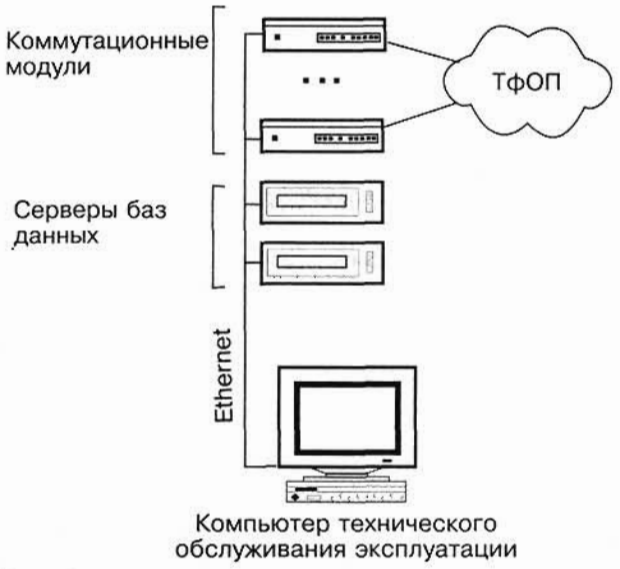
Несмотря на многообразие технических решений, принятых разработчиками, в архитектуре и принципах функционирования центров коммутации цифровых сетей существует много общих черт, при этом их облик в основном определяет используемый способ организации взаимодействия УУ. С архитектурой некоторых типичных образцов центров коммутации, которые устанавливаются сегодня на сетях связи России и используют для передачи данных между УУ общую шину, коммутационное поле или прямые связи, можно ознакомиться в [21–26].

Изменение требований, предъявляемых к ЦКиО следующего поколения, связано с изменением инфраструктуры современных сетей, которые призваны объединить цифровые сети коммутации каналов на основе временного разделения и пакетные сети передачи с протоколами IP или ATM [27–31]. Уже сегодня услуги по передаче телефонных сообщений и данных примерно одинаково востребованы пользователями, однако трафик передачи данных растет примерно в 10–15 раз быстрее [32]. Именно гибкая и рентабельная технология пакетной коммутации должна обеспечить перенос больших объемов пользовательских данных. Информация управления и сигнализации может быть передана при этом, как и раньше, по отдельной пакетной сети или в специальной безопасной и защищенной полосе частот в пределах основной пакетной магистрали. Перед операторами сетей и провайдерами встала, таким образом, задача перехода на пакетные сети без потери надежности, удобства и функциональных возможностей телефонных сетей. Решение этой задачи требует разработки ЦКиО нового типа, которые, используя хорошо зарекомендовавшие себя технические структуры и операционные системы центров коммутации интегральных цифровых сетей, взяли бы на себя дополнительно решение задач по управлению преобразованием различных форматов представления данных и маршрутизацией пакетов между шлюзами пакетной сети.

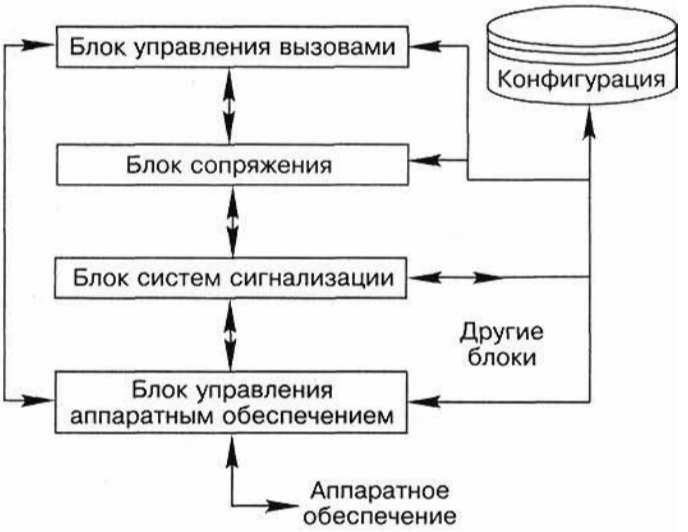
Еще одним обстоятельством, оказывающим существенное влияние на архитектуру и принципы функционирования ЦКиО, является изменение функций, возлагаемых на сети связи, которые предназначены сегодня не только для передачи данных, речевой и видеоинформации, но и для предоставления множества других информационных услуг [33]. Такими услугами являются поддержка электронной торговли, оплата услуг при помощи «пластиковых денег», дистанционное оформление таможенных и налоговых документов, аренда программного обеспечения, развлечения, услуги туризма, электронной почты, справочных систем и баз данных, образовательные услуги, поддержка научной деятельности и др. Некоторые информационные услуги требуют оснащения центров коммутации специальными интеллектуальными периферийными устройствами и ресурсами, обеспечивающими распознание речи, синтез речи по тексту, передачу голосовых сообщений и т. п. Эти устройства призваны, фактически, реализовывать механизмы обработки потоков данных, передаваемых по сетевым магистралям.

Для выполнения перечисленных функций центры коммутации и их программное обеспечение должны обладать способностью адаптироваться, «приспосабливаться» к требованиям пользователей с точки зрения количества, номенклатуры и качества предлагаемых им услуг и по существу представлять собой интеллектуальные центры коммутации или центры коммутации и обработки информации. Характерными особенностями ЦКиО по сравнению с коммутационными узлами и станциями традиционных сетей, которые должны найти отражение в методах оценки их вероятностно-временных характеристик, являются: расширение состава и усложнение функций ресурсов ИспС; изменение способов доступа пользователей к коммутационному оборудованию; необходимость реализации большого числа протоколов сигнализации и передачи информации; повышение интенсивности информационного взаимодействия с внешним окружением; изменение характера нагрузки, поступающей от пользователей; расширение набора выполняемых функций и рост интеллекта; более сложная и разнообразная логика процедур предоставления информационных услуг; ужесточение требований к информационной безопасности [34] и надежности и др.

Примером ЦКиО нового поколения может служить представленный на рис. 2 схематичный вариант реализации сервисного центра масштаба предприятия «Протей» [35], который подключается к телефонной сети общего пользования (ТфОП) и объединяет в себе функции центров коммутации услуг, управления услугами и интеллектуальной периферии классической интеллектуальной сети. Система состоит из интерфейсных коммутационных блоков, блоков сервера баз данных и терминала эксплуатации и технического



■ *Рис. 2.*



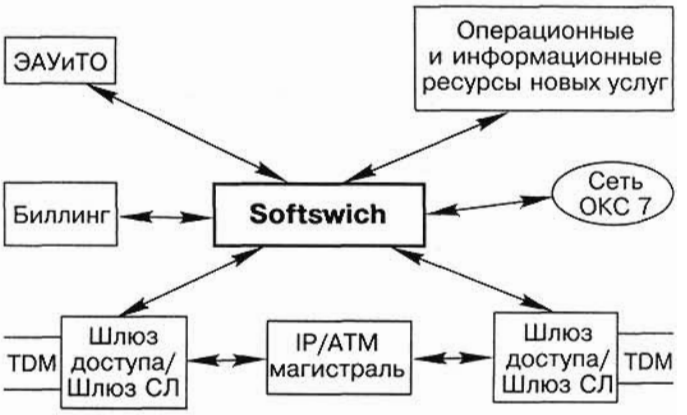
■ *Рис. 3.*

обслуживания, объединенных локальной сетью Ethernet.

Блок коммутационных модулей выполнен на основе персонального компьютера, который оборудован специализированными платами, обеспечивающими интерфейс к цифровым трактам, функции коммутации, генерации сообщений автоинформатора и обработки любой сигнализации, которая разрешена к применению на взаимоувязанной сети связи России. Терминал эксплуатации и технического обслуживания представляет собой компьютер со специализированным программным обеспечением, при помощи которого осуществляются функции конфигурирования и диагностики системы, контроль состояния интерфейсов и информационных каналов, сбор оперативной и статистической информации о функционировании системы и об обслуживании пользователей. На сервере баз данных хранится информация о конфигурации системы, статистические и учетные данные и т. п. Коммутационные блоки и модули баз данных работают под управлением операционной системы реального времени. На участке между коммутационными блоками и блоками серверов применяется специализированный протокол обмена данными, который значительно увеличивает пропускную способность сети и скорость обмена.

Общая схема программного обеспечения коммутационного модуля показана на рис. 3. Блок управления аппаратным обеспечением реализует взаимодействие с физическими устройствами, включая поддержку физического уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем. Блок систем сигнализации поддерживает протоколы взаимодействия с сетью общего пользования. Для обеспечения независимости блока управления вызовами (который реализует логику обработки услуг) от протоколов сигнализации предназначен блок сопряжения. Программное обеспечение строится из отдельных программных модулей, последовательность активизации которых при реализации определенной услуги определяется программой логики услуги.

Еще одним примером ЦКиО нового поколения может служить программный коммутатор Softswich [32], функциональные возможности которого представлены на рис. 4. Здесь линейные комплекты, выполняющие функции согласования сигналов, циркулирующих по линиям связи сети коммутации каналов, заменены на шлюзы, которые конвертируют потоки с временным уплотнением в пакеты IP или ATM-магистрали. Пакетная магистраль фактически заменяет коммутационное поле, а Softswich — управляющую систему центра коммутации интегральной цифровой сети. Softswich реализуется на универсальных компьютерах и операционных системах и помимо функций центров коммутации предыдущего поколения поддерживает протоколы сетей IP и ATM; управляет магистральными шлюзами, серверами и шлюзами доступа; обеспечивает открытый программный интерфейс для создания услуг нового поколения и др.



■ *Рис. 4.*

Концептуальная модель центров коммутации и обработки информации

Анализ архитектурных особенностей современных и перспективных ЦКиО позволяет сделать следующие выводы [25]. Центры коммутации и обработки информации состоят из управляющей и исполнительной систем. Первая представляет собой набор средств доставки, обработки и хранения информации, предназначенных для наблюдения, контроля и координации функционирования объектов, которые обеспечивают информационное обслуживание пользователей, вторая содержит ресурсы, которые используются системой управления для предоставления информационных услуг [37–39].

Управляющая система взаимодействует с внешним окружением ЦКиО, выполняет функции сигнализации, обработки запросов на информационное обслуживание и управления ресурсами. Она содержит элементы управления, которые в виде сигналов управления вырабатывают запросы на использование тех или иных ресурсов ИспС; систему обработки, которая представляет собой совокупность УУ, построенных на базе средств вычислительной техники, и систему передачи данных управления, которая связывает и объединяет в единое целое все УУ [40].

К элементам управления (ЭУ) относятся как пользователи сети связи, которые подключаются к ЦКиО через сеть доступа и могут представлять собой локальные сети, объединяющие не только компьютеры, но и различное другое сетевое оборудование и программное обеспечение, так и встречные ЦКиО, взаимодействие с которыми осуществляется по линиям связи. Протоколы систем сигнализации на участках между оборудованием пользователя и ЦКиО и между двумя встречными ЦКиО регламентируются международными организациями по стандартизации.

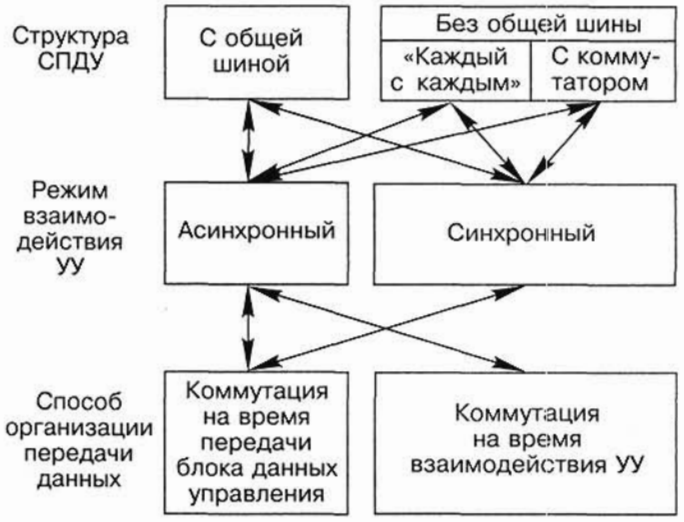


Рис. 5.

Между УУ системы обработки (ОбрС) распределяются программные модули (ПМ), решающие интеллектуальные задачи обработки запросов, поступающих от ЭУ. Каждый ПМ представляет собой машину обработки информации, выполняет определенную функцию, имеет уникальное имя, представляется текстом на каком-нибудь языке программирования и после компиляции и компоновки загружается в отведенный для него сегмент памяти УУ. Для выполнения своих функций программным модулям необходимы некоторое процессорное время и доступ к памяти УУ. Процедуры разделения между модулями общесистемных ресурсов реализуются операционной системой путем назначения ПМ тех или иных приоритетов. Создание исполнительного процесса некоторым модулем инициируется операционной системой при поступлении либо сигнала от таймера, либо сигнала аппаратурного прерывания, либо сообщения из внешнего окружения/от другого модуля [12, 13, 41].

Связь между программными модулями осуществляется под управлением операционной системы при помощи нормализованных структур данных, называемых сигнальными сообщениями. Сообщения между модулями, расположенными в одном и том же УУ, посылаются и принимаются при помощи буфера сообщений — области памяти, доступной обоим модулям. Если модули расположены в разных УУ, то передача сигнальных сообщений из выходного буфера передающего УУ во входной буфер принимающего УУ осуществляется через систему передачи данных управления (СПДУ).

Выбор способа построения СПДУ является одной из ключевых проблем, решаемых при разработке ЦКиО [42]. Ошибки, допущенные при построении СПДУ, могут привести к недопустимому увеличению времени передачи информации между УУ и существенно уменьшить производительность УпрС в целом [43, 44]. Каждый из способов основывается [45] на определенной структуре среды передачи, одном из двух режимов взаимодействия УУ (асинхронном или синхронном), а также на одном из двух способов организации передачи данных между УУ (с коммутацией цепей на время передачи блока данных или на все время взаимодействия УУ). Возможные варианты построения СПДУ представлены на рис. 5.

Хорошей моделью УпрС является сеть УУ, где каждое УУ представлено одиночным обслуживающим прибором с обратной связью и приоритетами. В этой сети реализуется как режим разделения функций между УУ разного типа, так и режим разделения нагрузки между УУ одного типа. Доступ к операционным ресурсам УУ осуществляется под управлением операционной системы через входные буферы. Результаты обработки в виде выходных сообщений записываются в его выходные буферы. Взаимодействие ПМ, загруженных в разные УУ, организуется через СПДУ. Доступ сигнальных сообщений к ресурсам доставки СПДУ обеспечивают устройства приема/передачи (УПП), которые выполняют две главные функции: 1) опре-

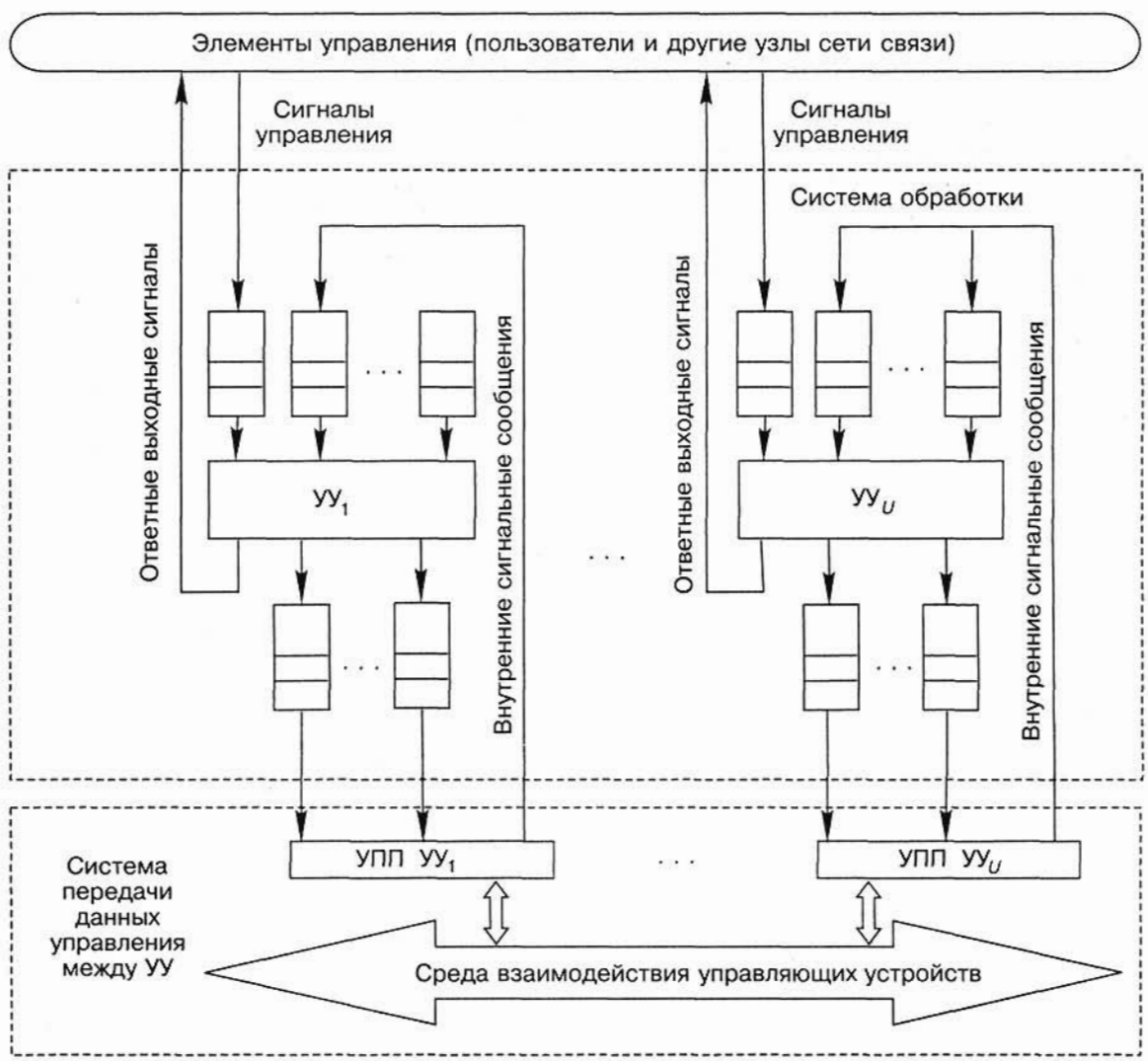
деляют порядок передачи сигнальных сообщений, зафиксированных в выходных буферах УУ; 2) содержат входной буфер системы передачи данных (через который сообщения получают доступ к ресурсам доставки) и выходной буфер (через который сообщения получают доступ к ресурсам обработки).

На рис. 6 показана модель УпрС, которая соответствует ситуации, когда пользователи имеют индивидуальные каналы для взаимодействия с системой обработки информации, как это делается, например, в телефонных сетях или сетях интегрального обслуживания [49]. Каждое из УУ имеет несколько входных и выходных буферов, которые могут использоваться для организации приоритетного доступа сообщений к общим ресурсам УУ и к устройствам приема/передачи соответственно.

В более общем случае доступ ЭУ к ресурсам обработки осуществляется через специальную среду, а СПДУ используется не только для взаимодействия УУ, но и для передачи данных управления при взаимодействии элементов управления с системой обработки информации. Наконец, возможно использование независимых систем передачи для организации взаимодействия ЭУ с системой обработки информации и отдельных УУ друг с другом [2].

К элементам ИспС относятся ресурсы, используемые УпрС для предоставления пользователям информационных услуг: физические и виртуальные, входящие и исходящие линии и каналы связи, которые используются для передачи служебной и пользовательской информации; разнообразное периферийное оборудование, которое необходимо для установления соединений и их администрирования; участки памяти, которые занимаются и используются во время информационного обслуживания пользователей; таблицы или записи баз данных, информация которых используется и изменяется по требованиям пользователей [50]; блоки, поддерживающие выдачу частотных сигналов, голосовых сообщений, реализующие автоматическое распознавание речи, конференц-связь и другие мультимедийные услуги.

В основу классификации ресурсов ИспС, ориентированной на разработку методов оценки ве-



■ *Рис. 6.*

■ ***Таблица***

По способу занятия	По способу освобождения	
	Пассивные	Активные
С блокировками	Группа 1: освобождаются по команде из программного модуля	Группа 2: освобождаются без команды из программного модуля
С ожиданием	Группа 3: удерживают программный модуль и возвращают ему управление	Группа 4: не удерживают программный модуль и не возвращают ему управление

роятностно-временных характеристик современных ЦКиО, удобно положить два фактора: способ занятия и способ освобождения ресурсов. Ключевым моментом при занятии является метод разрешения конфликтов, возникающих при одновременном обращении к одному и тому же ресурсу ИспС нескольких источников нагрузки. В этом аспекте все ресурсы могут быть разделены на те, которые используют дисциплину обслуживания с отказами (блокировками) или с ожиданием [51]. Режим с отказами используется, например, в телефонных системах при отсутствии затребованного пользователем ресурса оборудования разговорного тракта. Отказ в обслуживании получает также пользователь широкополосной сети интегрального обслуживания, в которой используется технология АТМ, если сеть не располагает ресурсами для резервирования виртуального канала связи с требуемым качеством обслуживания. В режиме с ожиданием обрабатываются заявки системой управления базой данных при одновременной попытке нескольких ЭУ скорректировать одну и ту же информацию, или заявки к тем или иным интеллектуальным периферийным объектам.

Промежуточное положение занимают режимы разрешения конфликтов с многократными попытками занятия ресурсов, с ограниченным ожиданием их освобождения и с ограниченным числом ожидающих заявок. Важными параметрами в этих случаях являются соответственно допустимое число попыток занятия, допустимое время ожидания, по истечении которого срабатывает таймер, и емкость входных буферов заявок.

При расчете вероятностей блокировок ресурсов надо иметь в виду, что разным требованиям для получения информационного обслуживания необходимо разное количество одних и тех же ресурсов ИспС. Так, например, для телефонного соединения в пакетной сети требуется зарезервировать значительно меньшую полосу пропускания, чем для видеослужб. Это обстоятельство может оказать существенное влияние на вероятностно-временные характеристики ЦКиО.

По способу освобождения ресурсы могут быть разделены на пассивные и активные. Пассивные ресурсы, блокирующие процесс обслуживания, освобождаются только по командам из УпрС, активные — после исполнения своих функций независимо от УпрС. Пассивные ресурсы, работающие по системе с ожиданием, удерживают обратившийся к ним программный модуль и все связанные с ним ресурсы УпрС до тех пор, пока не будет выполнена затребованная функция. После исполнения этой функции управление возвращается программному модулю. Активные ресурсы, напротив, не связаны с удержанием программного модуля и ресурсов УпрС во время выполнения своих функций и не возвращают управление модулю после того, как функция исполнена. Классификация ресурсов ИспС приведена в таблице. В соответствии с ней блокирующие ресурсы образуют первую и вторую группы ресурсов ИспС, а ресурсы, задерживающие процесс обслуживания, — третью и четвертую. Каждая группа объединяет ресурсы ИспС разных типов.

В самом общем виде процесс функционирования ЦКиО таков: запросы от ЭУ по каналам сигнализации в виде сигналов управления поступают в ОбрС. Обработка осуществляется последовательно, как правило, на нескольких УУ, которые корректируют информацию управления, хранящуюся в базах данных, опрашивают, используют, занимают и освобождают ресурсы ИспС, обмениваясь при этом сигнальными сообщениями через внутренние буферы сообщений и СПДУ. Результат обработки зависит от текущего состояния ИспС. В соответствии с решением, выработанным УпрС, ЭУ передается ответное выходное сообщение и в их распоряжение предоставляются или не предоставляются затребованные ресурсы ИспС.

Для описания процесса функционирования ЦКиО удобно использовать понятие *транзакции*, под которой в технологии баз данных понимается неделимая последовательность операторов манипулирования данными (чтения, удаления, вставки, модификации), такая, что результаты всех операторов, входящих в транзакцию, отображаются в базе данных либо воздействие всех этих операторов полностью отсутствует.

Транзакции, реализуемые ЦКиО: инициируются сигнальными сообщениями (запросами), поступающими от пользователей или других центров коммутации сети связи, представляют собой последовательности функциональных задач, выполняемых ЦКиО в процессе обработки этих запросов, и завершаются выдачей во внешнее окружение ответных сообщений; являются распределенными, поскольку в общем случае заключаются в обновлении данных на нескольких управляющих устройствах УпрС и занятии/освобождении ресурсов ИспС нескольких типов; им присущи классические свойства атомарности, согласованности, изолированности и долговечности.

Можно сказать, что транзакции представляют собой основной функциональный элемент процесса функционирования ЦКиО. Состав транзакций

полностью определяется функциональными возможностями систем сигнализации сетей связи, а их логическая структура — решениями, принятыми при функционально-структурном проектировании ЦКиО и его программного обеспечения.

Методы проектирования и оценки вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации

Произведенный анализ показывает, что ЦКиО представляет собой большую информационную систему реального времени, которая в соответствии с принятыми протоколами сигнализации обменивается входными/выходными сообщениями с ЭУ и обеспечивает предоставление затребованных пользователями информационных услуг при наличии необходимых для этого ресурсов. Разработка и проектирование ЦКиО предполагают количественную оценку качества принимаемых технических решений [52] и могут быть сформулированы как поиск вектора оптимальных параметров центра коммутации z_{opt}:

$$E(z) \to \text{extr}, \quad z \subseteq Z_{доп}, \quad y(z) \subseteq Y_{доп},$$

где z — вектор параметров ЦКиО; $Z_{доп}$ — множество допустимых значений этих параметров; $E(z)$ — критерий эффективности принимаемых решений, экстремум которого необходимо обеспечить выбором соответствующего вектора параметров; $y(z)$ — вектор вероятностно-временных характеристик, определяющих качество функционирования ЦКиО; $Y_{доп}$ — множество допустимых значений вероятностно-временных характеристик.

Сложность и трудоемкость разработки ЦКиО по этой схеме обусловлены [53] трудностями количественной оценки качества; большой размерностью векторов $E(z)$ и $y(z)$, что определяется большим числом функций, процессов, подсистем и элементов данных, а также сложными взаимосвязями между ними; отсутствием прямых аналогов, что не позволяет использовать типовые проектные решения; продолжительностью жизненного цикла и, как следствие, необходимостью функционирования ЦКиО в неоднородной, зачастую аналогово-цифровой, среде на базе нескольких аппаратных платформ; большим объемом программного обеспечения, которое измеряется сотнями тысяч и более строк. Преодолеть эти трудности и получить эффективную систему, отвечающую всем требованиям, предъявляемым к качеству функционирования, можно, лишь основываясь на методологическом подходе к процессу разработки программных систем, в основе которого лежат две следующие главные идеи. Во-первых, все проектные решения должны иметь комплексный системный характер и учитывать меняющиеся требования к характеристикам ЦКиО на всех этапах жизненного цикла. Все процессы, используемые во время жизненного цикла отдельных подсистем ЦКиО, должны быть совместимы с процессами, используемыми во время жизненного цикла центра в целом. Во-вторых, это идея формализации, т. е. использования формальных языков и моделей для спецификации и описания процессов и качества функционирования ЦКиО, а также самого жизненного цикла и всех этапов, которые проходит система в процессе своего развития [54–58].

Принятие технических решений на каждом этапе жизненного цикла невозможно без оценки вероятностно-временных характеристик качества функционирования ЦКиО при помощи методов моделирования. При этом могут использоваться физические и математические модели. Физические модели представляют собой программно-аппаратные комплексы, осуществляющие моделирование внешнего окружения системы и измерение ее вероятностно-временных характеристик, либо контроль за данными характеристиками системы, работающей в реальных условиях. Высокая стоимость оценки с помощью физических моделей обусловливает их применение на этапах испытаний и опытной эксплуатации конкретного образца центра коммутации с целью демонстрации его возможностей.

Показатели качества функционирования действующих образцов ЦКиО могут быть оценены при помощи натурных экспериментов, организованных, например, по методике анализа и сравнения систем, выполняющих коммерческие или так называемые OLTP (On-line Transaction Processing) приложения [59–61]. Производительность ЦКиО, находящихся в эксплуатации, можно оценивать по аналогичной методике, измеряя количество транзакций, которое ЦКиО способен выполнить в единицу времени без увеличения времени реакции на входные сигналы выше определенного уровня. Для ЦКиО разных типа и назначения может быть разработана определенная эталонная смесь транзакций и принята норма на их количество, которое должно быть выполнено с требуемым качеством за единицу времени. Измерения могут быть реализованы, например, при помощи протокол-тестеров, создаваемых для тестирования конкретных программно-аппаратных реализаций протоколов сигнализации, которые предполагают и оценку производительности [62, 63].

Недостатком такого подхода, как и других методов экспериментального исследования применительно к ЦКиО, является их неизбежная ориентация на жестко регламентированные условия проведения экспериментов, которые позволяют сравнить по производительности разные центры, но не позволяют однозначно определить их «узкие места» в условиях реальной эксплуатации.

На ранних этапах жизненного цикла, когда разрабатываемого или проектируемого центра еще не существует, а также на этапе эксплуатации для оперативного решения задач технического обслуживания и административного управления единственным методом, который позволяет оценивать вероятностно-временные характеристики ЦКиО, является метод математического моделирования.

В зависимости от поставленных целей исследования при построении математических моделей ЦКиО обычно используется три подхода [64–66]:

1) построение моделей отдельных элементов управляющей и исполнительной систем, таких, как УУ, СПДУ, информационные каналы, коммутаторы и т. д. Подобные модели применяются на начальных этапах разработки и проектирования ЦКиО для исследования альтернатив внутренней организации программного обеспечения в УУ каждого типа, для выбора протоколов доступа УУ к общим цепям передачи управляющей информации, для определения состава, потребного количества или быстродействия ресурсов ИспС;

2) построение моделей управляющей и исполнительной систем как самостоятельных, без учета их взаимного влияния друг на друга. Подобные модели используются для оценки характеристик подсистем ЦКиО в идеальных гипотетических условиях функционирования для выбора базового варианта распределения функций управления между структурными элементами УпрС и функций исполнения между структурными элементами ИспС, для разработки алгоритмов взаимодействия этих элементов друг с другом и взаимосвязей между обеими системами;

3) построение модели ЦКиО в целом, когда отдельные процессы обработки и доставки информации управления, с одной стороны, и процессы реализации информационных услуг, с другой, рассматриваются как взаимосвязанные фазы общего процесса функционирования ЦКиО. Подобные модели позволяют оценить вероятностно-временные характеристики ЦКиО как целостной системы с учетом влияния на них структуры и параметров управляющей и исполнительной систем.

Примером моделей первого типа могут служить модели пучков соединительных линий [7], модели буферной памяти [67], коммутаторов сети АТМ [68, 69] или локальной сети доставки управляющей информации [43] УпрС центра коммутации. К математическим моделям второго типа можно отнести, например, результаты, полученные в работе [70], поскольку системы и процессы программного управления в ЦКиО исследуются здесь изолировано от систем и процессов реализации функций коммутации в ИспС. Еще одним примером математических моделей служат модели коммутационных полей [10] или модель комплектов центров коммутации с программным управлением [71].

Третий подход к моделированию ЦКиО в наибольшей мере соответствует принципам системного подхода и позволяет получить самые точные оценки вероятностно-временных характеристик. Модели этого типа должны отвечать следующим требованиям:

объединять в единую модель случайную нагрузку, управляющую и исполнительную системы ЦКиО, а также протоколы взаимодействия ЦКиО с внешним окружением при предоставлении требуемых услуг;

предусматривать вычислительные процедуры для оценки, анализа и оптимизации показателей качества функционирования ЦКиО, которые учитывали бы все множество влияющих на их значения факторов и были бы ориентированы на программную реализацию с помощью средств вычислительной техники;

быть достаточно общими и применимыми к широкому классу ЦКиО, работающих на современных сетях связи.

Первым систематическим исследованием центра коммутации в целом, а не его отдельных подсистем, является, вероятно, книга [72], где в общем виде сформулированы задача комплексной оценки качества обслуживания пользователей и требования к математической теории, которая должна лежать в основе такой оценки. Автор построил несколько математических моделей центра коммутации. Особенно интересна вероятностная модель циркуляции нагрузки и полученное на ее основе распределение обслуживаемых вызовов между этапами обслуживания.

Взаимная зависимость характеристик отдельных подсистем центров коммутации наиболее сильно проявляется при работе центров в условиях перегрузки как по числу поступающих требований на обслуживание, так и по времени занятия ресурсов. Перегрузка первого типа приводит к увеличению загрузки УУ и времени пребывания заявок в УпрС, что, в свою очередь, способствует увеличению времени занятия и вероятности блокировки ресурсов ИспС. При перегрузке второго типа значительно возрастает нагрузка на ресурсы ИспС. Увеличивающаяся при этом вероятность блокировки приводит к потерям требований уже на ранних этапах обслуживания, что уменьшает загрузку УУ и способствует уменьшению времени реакции центра на входные сигнальные сообщения. В обоих случаях существенное значение имеет закон поступления от пользователей повторных требований на информационные услуги.

Комплексная модель коммутационной станции в режиме перегрузки, которая учитывает поведение пользователей, а также структурные особенности построения коммутационного и управляющего оборудования, дается в работе [73]. Исследование системы позволило автору статьи сделать вывод о необходимости использования моделей, отображающих коммутационные узлы в целом и учитывающих взаимодействие основных компонентов. Кроме того, в статье показано, что при вычислении показателей качества необходимо учитывать большое число параметров, характеризующих поведение пользователей, включая их настойчивость. К аналогичным выводам пришли также авторы статьи [74]. Важным элементом их анализа явилось определение степени влияния пропускной способности УУ на пропускную способность центра в целом.

Задача исследования центра коммутации телефонной сети с учетом терпеливости абонентов и зависимости вероятностей потерь в управляющем и коммутационном оборудовании решалась также автором публикации [75]. Автор этой статьи ограничился рассмотрением гипотетического центра простейшей структуры, ИспС которого содержит

один полнодоступный пучок исходящих соединительных линий, а УпрС представляет собой централизованное УУ. Развитие этой модели представлено в работе [52]. Построению моделей, основанных на системном подходе применительно к узкополосным сетям интегрального обслуживания, посвящены статьи [76–78].

Сложность ЦКиО как объекта моделирования приводит к необходимости сочетания аналитических и имитационных методов исследования.

Имитационная модель, которая воспроизводит на ЭВМ процессы функционирования ЦКиО с учетом случайных факторов на базе метода статистических испытаний, представлена в публикациях [79–85]. Она предоставляет возможность оценки вероятностно-временных характеристик широкого класса ЦКиО при практически любой степени детализации их построения и процесса функционирования. Применение этой модели особенно эффективно на завершающих стадиях разработки или проектирования ЦКиО при анализе выбранного на предыдущих стадиях конкретного варианта построения центра, для которого уже известны все необходимые для моделирования данные.

Выводы

1. Содержание задач проектирования центров коммутации существенно изменялось по мере развития технологии средств связи. В процессе эволюции в доцифровой период своего развития автоматические коммутационные центры прошли путь от полностью децентрализованной структуры, когда на каждой ступени коммутации число УУ определялось числом источников нагрузки, до полностью централизованной структуры, когда вся нагрузка обслуживалась единственным УУ, работающим в многопрограммном режиме. Обратная тенденция децентрализации УпрС наметилась одновременно с переходом к цифровым сетям интегрального обслуживания и расширением числа услуг, предоставляемых пользователям. Неотъемлемым элементом ЦКиО стала система передачи данных управления между УУ, работающими в режимах разделения функций и нагрузки.

2. Характер задач, возлагаемых на ресурсы ИспС центров коммутации аналоговых сетей, ограничивался выполнением функций согласования и коммутации. Изменение этих задач при построении цифровых сетей интегрального обслуживания свелось в основном к переходу от коммутации цепей к коммутации временных слотов. Существенное изменение функций ИспС современных ЦКиО, которые объединяют широкий спектр ресурсов от пакетных магистралей до специализированных интеллектуальных периферийных устройств, определяется переходом к сетям с коммутацией пакетов и потребностью в инфокоммуникационных услугах нового типа.

3. Эволюция моделей и методов проектирования в основном соответствует смене поколений ЦКиО. Применительно к первым образцам коммутационных центров основной проблемой являлся расчет неполнодоступных и многозвенных коммутационных схем ИспС. Централизация ресурсов и переход к управлению по записанной программе выдвинули на первое место задачу расчета производительности УпрС. Последующая децентрализация функций управления потребовала расширения возможностей математического аппарата проектирования для расчета систем множественного доступа. В целом анализ состояния вопроса позволяет отметить следующее:

известные модели и методы оценки ориентированы на решение задач проектирования компонентов ЦКиО и в меньшей степени пригодны для концептуального проектирования и проектирования ЦКиО как цельной системы;

установившийся принцип раздельного проектирования компонентов ЦКиО не подкреплен эффективными способами декомпозиции общесистемных требований до частных требований, предъявляемых к отдельным подсистемам;

методы оценки не учитывают взаимного влияния характеристик управляющей и исполнительной систем, хотя учет такого влияния в полной мере соответствовал бы принципам системного подхода и позволил бы получать наиболее точные оценки;

возможности известных моделей и методов ограничиваются их ориентацией на проектирование определенных типов ЦКиО.

4. Концептуальная модель, на которой основывается разработка моделей и методов оценки характеристик ЦКиО, должна учитывать, что центр содержит управляющую и исполнительную системы. Первая представляет собой набор УУ и средств доставки информации, предназначенных для выполнения задач наблюдения, контроля и координации функционирования объектов, обеспечивающих информационное обслуживание пользователей, вторая содержит ресурсы, которые используются УпрС для предоставления информационных услуг.

Существует потребность в разработке моделей ЦКиО как цельной системы, когда отдельные процессы обработки и доставки информации управления, с одной стороны, и процессы реализации информационных услуг ИспС, с другой, рассматриваются как взаимосвязанные этапы общего процесса функционирования ЦКиО. Модели этого типа должны:

объединять в единую модель случайную нагрузку, управляющую и исполнительную системы ЦКиО, а также протоколы взаимодействия ЦКиО с внешним окружением и алгоритмы предоставления требуемых информационных услуг;

предусматривать вычислительные процедуры для оценки, анализа и оптимизации показателей качества функционирования ЦКиО, которые учитывали бы все множество влияющих на их значения факторов и были бы ориентированы на программную реализацию с помощью средств вычислительной техники;

быть достаточно общими и применимыми к широкому классу ЦКиО, работающих на современных сетях связи.

Литература

1. **Колбанев М. О., Яковлев С. А.** Модели и методы оценки характеристик обработки информации в интеллектуальных сетях связи. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. — 230 с.
2. **Колбанев М. О.** Модели и методы оценки вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации сетей связи. — СПб.: Изд-во ГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2001. — Ч. 1. — 81 с.
3. **Колбанев М. О.** Эволюция принципов построения и методов оценки характеристик коммутационных станций сетей связи // VII Санкт-Петербургская междунар. конф. «Региональная информатика — 2000», Санкт-Петербург, 5–8 декабря 2000 г.: Тезисы докл. — СПб.: СПОИСУ, 2000. С. 56–57.
4. **Колбанев М. О.** Анализ методов оценки вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации // Телекоммуникации. — 2001. — № 7. — С. 9–16.
5. **Аваков Р. А., Шилов О. С., Исаев В. И.** Основы автоматической коммутации. — М.: Радио и связь, 1981. — 288 с.
6. **Лившиц Б. С., Фидлин Я. В., Харкевич А. Д.** Теория телефонных и телеграфных сообщений. — М.: Связь, 1971. — 304 с.
7. **Шнепс М. А.** Системы распределения информации. — М.: Связь, 1979. — 344 с.
8. **Хилс М. Т.** Принципы коммутации в электросвязи. — М.: Радио и связь, 1984. — 312 с.
9. **Аваков Р. А., Лившиц Б. С., Подвидз М. М.** Координатные АТС. — М.: Связь, 1966. — 322 с.
10. **Корнышев Ю. Н., Фань Г. Л.** Теория распределения информации. — М.: Радио и связь, 1985. — 184 с.
11. **Лазарев В. Г.** и др. Программное управление на узлах коммутации. — М.: Связь, 1978. — 264 с.
12. **Игнатьев В. О.** и др. Программное обеспечение АТС. — М.: Радио и связь, 1981. — 176 с.
13. **Берлин А. Н.** Алгоритмическое обеспечение АТС. — М.: Радио и связь, 1986. — 128 с.
14. **Советов Б. Я.** Информационная технология. — М.: Высшая школа, 1994. — 328 с.
15. **Хетагуров Я. В.** Основы построения автоматизированных систем обработки информации и управления. — М.: МИФИ, 2002. — 252 с.
16. **Аваков Р. А.** и др. Электронные управляющие машины. — М.: Радио и связь, 1979. — 224 с.
17. **Колбанев М. О.** Методы комплексной оценки качества обслуживания вызовов узлами коммутации с программным управлением: Автореф. канд. дис. — Л.: ЛЭИС, 1987. — 16 с.
18. **Колбанев М. О.** Анализ задачи оценки вероятностно-временных характеристик коммутационных станций сетей связи // Тр. учеб. заведений связи. — 2000. — № 166. — С. 106–111.
19. **Костин А. А., Мамонтова Н. Н.** Системы управления сетями электросвязи и услугами: Стандарты и эволюция// Междунар. конф. по информац. сетям и системам ICINAS-2000. — СПб.: ЛОНИИС, 2000. — С. 78–89.
20. **Janet R. Dianda, Bin-Wen Ho, Kristin F. Kocan.** Reducing complexity for converged voice/data networks and services architecture // Bell Labs Technical J. — 2001.— January — June. — P. 192–210.
21. **Гольдштейн Б. С.** Функциональная архитектура АТСЦ-90 и ее программная реализация // Электросвязь. — 1997. — № 4. — С. 11–26.
22. **Гольдштейн Б. С.** Развитие коммутационной техники: Опыт АТСЦ-90 // Радио. — 1999. — № 4, 5.
23. **Гольдштейн Б. С.** Модернизация станций DX-200 // Вестник связи. — 1999. — № 11. — С. 15–27.
24. **Сафронов В. Д.** Алкатель 1000 С12. — СПб.: Изд-во СПбГУТ, 1998. — 56 с.
25. **Мультисервисная** цифровая коммутационная система 5ESS // <http://www.lucent.ru>.
26. **McGoogan J. R., Merritt J. E., Dave Y. J.** Evolution of switching architecture to support voice telephony over ATM// Bell Labs Technical J. — 2000. April–June. — P. 157–168.
27. **Кучерявый А. Е., Иванов А. Ю.** Сети на базе технологий IP. — СПб.: Изд-во ГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2002. — 54 с.
28. **Мультисервисные** сети кабельного телевидения / Под ред. В. С. Шибанова. — СПб.: Наука, 2000. — 336 с.
29. **Лазарев В. Г., Пийль Е. И.** Интеллектуализация телекоммуникационных сетей // Технологии и средства связи. — 1998. — № 2. — С. 28–33.
30. **Ершов В. А., Ершова Э. Б., Кузнецов Н. А.** Телекоммуникационные сети — тенденции развития. Приложение к журналу «Электросвязь». — М.: Радио и связь, 1997. — № 4. — С. 2–8.
31. **Крупнов А. Е.** На пути интеграции Российской национальной телекоммуникационно-информационной инфраструктуры в глобальную // Электросвязь. — 1998. — № 2 (6). — С. 8–14.
32. **Ramnth A., Lakshmi–Ratan.** The Lucent technologies softswitch the promise of convergence // Bell Labs Technical J. — 1999. — April–June. — P. 174–196.
33. **Кудрявцев А. В.** Информационные услуги — новое направление развития «Электросвязи» // Сети и системы связи. — 2002. — № 5. — С. 22–25.
34. **Колбанев М. О., Елпатов А. А., Кузьма Э. А.** Влияние механизмов защиты информации на характеристики информационных управляющих систем / Межрегиональная конференция «Информационная безопасность регионов России» («ИБРР-99»), Санкт-Петербург, 13–15 октября 1999 г.: Труды конференции. — СПб.: Политехника, 2000. — С. 106–107.
35. **Пинчук А. В., Маслов М. С., Фрейнкман В. А.** Предоставление новых услуг абонентам ТфОП с использованием систем компьютерной телефонии // Вестник связи. — 1999. — № 9. — С. 11–15.
36. **Колбанев М. О.** Концептуальное описание станций интеллектуальных сетей связи // Юбил. науч. конф. «Связисты и телекоммуникации XXI века». — СПб.: СПбГУТ, 2000. — С. 111.
37. **Лохмотко В. В., Пирогов К. И.** Анализ и оптимизация цифровых сетей интегрального обслуживания. — Минск: Навука і тэхніка, 1991. — 192 с.
38. **Колбанев М. О.** Концептуальная модель информационной системы реального времени // Телекоммуникационные технологии. — 2000. — № 1. — С. 27–38.
39. **Колбанев М. О.** Системы передачи и обработки информации управления // Межд. семинар «Информационные сети, системы и технологии». Часть 1: Теле-

коммуникационные сети и системы. Материалы семинара ИССТ-97. — М., 1997. — С. 42–45.
40. **Колбанев М. О.** Параметрическое описание коммутационной станции интеллектуальной сети // Межд. конф. по информ. сетям и системам — ICINAS-2000. — СПб., 2000. — С. 423–438.
41. **Берлин А. Н.** Универсальная программа и принципы ее применения. — СПб.: ПЕТЕРКОН, 2001. — 228 с.
42. **Колбанев М. О., Станишевска И., Чугреев О. С.** Открытые локальные сети обработки информации и управления // Материалы семинара «Информационные сети и системы». — М., 1995. — С. 51–52.
43. **Чугреев О. С., Дойников А. Д.** Управляющие микропроцессорные локальные сети. — Л.: Изд-во ЛЭИС, 1988. — 52 с.
44. **Суздалев А. В., Чугреев О. С.** Передача данных в локальных сетях связи. — М.: Радио и связь, 1987. — 168 с.
45. **Хетагуров Я. А.** Основы проектирования управляющих вычислительных систем. — М.: Радио и связь, 1991. — 288 с.
46. **Клейнрок Л.** Вычислительные системы с очередями. — М.: Мир, 1979. — 600 с.
47. **Арапов В. А., Кириллов А. И., Колбанев М. О.** Анализ режимов использования канала передачи данных управления информационной управляющей системы // Материалы науч. семинара «Информационные сети и системы», 26–27 октября 1999. — М., 1999. — С. 24–26.
48. **Арапов Г. В., Кириллов А. И., Колбанев М. О.** Модели множественного доступа к обработке данных управления // 53-я науч.-технич. конф. проф.-преподав. состава науч. сотр. и асп. СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. 24–28 января 2000 г.: Тез. докл. — СПб.: 2000. — С. 24–25.
49. **Колбанев М. О.** Организация взаимодействия элементов управляющих систем коммутационных станций сетей связи // VII С.-Петербургская междунар. конф. «Региональная информатика — 2000», Санкт-Петербург, 5-8 декабря 2000 г.: Тез. докл. — СПб., 2000. — С. 57.
50. **Bashett F.** Open, closed and mixed networks of queue with different classes of customers // J. Association Computing Machinery. — 1975. — Vol. 22. — № 2. — P. 248–260.
51. **Колбанев М. О.** Метод оценки длительности транзакций информационных систем реального времени // Telekomunikacije (Beograd). — 2000. — № 2. — С. 34–46.
52. **Игнатьев В. О.** Методы проектирования современных цифровых систем коммутации. — СПб.: Изд-во ЛЭИС, 1991. — 68 с.
53. **Игнатьев В. О.** Современные методы проектирования автоматических систем коммутации. — СПб.: Изд-во ЛЭИС, 1987. — 52 с.
54. **Зиндер Е. З.** Соотнесение и использование стандартов организации жизненных циклов систем // Системы управления базами данных. — 1997. — № 3. — С. 15–19.
55. **Вендров А. М.** Практические рекомендации по освоению и внедрению CASE-средств // Системы управления базами данных. — 1997. — № 1. — С. 62–73.
56. **Akli Gana, Steel T. Huang.** Statistical modelling applied to managing global 5ESS-2000 switch software development // Bell Labs Technical J. — Winter. — 1997. — P. 144–153.
57. **Игнатьев В. О., Чагаев Н. С., Попова А. Г.** и др. Управляющие системы электросвязи и программное обеспечение. — М.: Радио и связь, 1991. — 235 с.
58. **Крейнес А.** Программное обеспечение систем компьютерной телефонии // Открытые системы. — 1996. — № 4. — С. 17–21
59. **TPC Benchmark A**. Standard specification, revision 1.2. Transaction Processing Performance Council. 1993. March 16.
60. **TPC Benchmark B**. Standard specification, revision 1.2. Transaction Processing Performance Council. 1993. March 16.
61. **TPC Benchmark C**. Standard specification, revision 2.0. Transaction Processing Performance Council. 1993. March 16.
62. **Linn R. J.** Conformance Evaluation Methodology and Protocol Testing // IEEE J. Selected Areas in Communications. — 1989. — Vol. 7. — September, № 7. — P. 321–327.
63. **Гольдштейн Б. С.** Протокол-тестеры российских систем сигнализации: концепция и опыт разработки // Телевестник. — 1996. — № 3. — С. 27–33.
64. **Колбанев М. О., Дюба А. А., Кузьма Э. А.** Анализ требований к методам оценки вероятностно-временных характеристик центров коммутации и обработки информации // IEEE/ICC2001/St.Petersburg International Conference on Communications. 11–15 июня 2001 г. — СПб., 2001. — С. 146–150.
65. **Колбанев М. О., Кузьма Э. А., Лежоев А. С.** Об одном подходе к оценке характеристик сетевых станций интеллектуальных сетей связи // НТК «Информационные и телекоммуникационные технологии XXI века», г. Сус, Тунис, 30 апреля — 10 мая 2000 г., — С. 41–42.
66. **Колбанев М. О., Кузьма Э. А.** Анализ способов моделирования информационных управляющих систем / 53-я науч.-технич. конф. проф.-преподав. состава науч. сотр. и асп. СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. 24–28 января 2000 г.: Тез. докл. — С. 26–27.
67. **Башарин Г. П., Бочаров П. П., Коган Я. А.** Анализ очередей в вычислительных сетях: Теория и методы расчета. — М.: Наука, 1989. — 336 с.
68. **Татарникова Т. М.** Подход к расчету основных характеристик коммутатора корпоративных сетей // Междунар. конф. по информ. сетям и системам ICINAS-2000. — СПб., 2000. — С. 470–481.
69. **Татарникова Т. М.** К расчету основных характеристик шлюза распределенных сетей // Тр. учеб. завед. связи. — 2000. — № 166. — С. 62–68.
70. **Чагаев Н. С.** Моделирование процессов управления в узлах коммутации. — М.: Радио и связь, 1984. — 168 с.
71. **Колбанев М. О.** Метод синтеза системы комплектов узлов коммутации с программным управлением // Сети, узлы связи и распределение информации: Сб. науч. тр. учеб. ин-ов связи. — 1985. — С. 17–25.
72. **Бенеш В. Э.** Математические основы теории массового обслуживания. — М.: Радио и связь, 1981. — 128 с.
73. **Szybicki E.** Determination of the overload capability of local telephone systems // Electrical Communications. — 1974. — Vol. 49. — P. 170–176.

74. **Frauks R. L., Rishel R. W.** Overload model of telephone network operation // BSTY. — 1973. — Vol. 52. — № 9. — P. 1589–1615.
75. **Игнатьев В. О.** Системный подход к расчету пропускной способности управляющей системы узла коммутации с программным управлением // Тр. V Всесоюз. симп. по проблемам управления на сетях и узлах связи. — М.: Наука, 1986. — С. 66–71.
76. **Ignatiev V., Kolbahev M.** Mathematical model of an ISDN digital switching system // Intern. conf. informatics and control (ICI&C'97). — St.-Pb, 1997. — P. 241–250.
77. **Арапов В. А., Колбанев М. О., Кутбитдинов С. Ш.** Модель обработки данных управления модулем информационной управляющей системы // Тр. междунар. конф. «Интеллектуальные сети: разработка стандартов и внедрение услуг» — «SMARTNET». — М., 17–19 февраля, 1999. — С. 271–280.
78. **Арапов В. А., Колбанев М. О., Кутбитдинов С. Ш.** Численный анализ качества обслуживания вызовов в модуле цифровых абонентских линий // Тр. междунар. конф. «Интеллектуальные сети: разработка стандартов и внедрение услуг» — «SMARTNET». — М., 17–19 февраля, 1999. — С. 281–288.
79. **Колбанев М. О., Кузьма Э. А., Лежоев А. С.** Имитационная модель распределенной системы управления узлов коммутации и обработки информации // Междунар. конф. по информ. сетям и системам ICINAS-2000. — СПб., 2000. — С. 412–422.
80. **Колбанев М. О.** Имитационное моделирование коммутационных станций интеллектуальных сетей связи. — СПб.: Изд-во СПбГУТ, 2001. — 72 с.
81. **Игнатьев В. О., Колбанев М. О.** Метод расчета пропускной способности распределенных управляющих систем узлов коммутации на основы агрегативной сетевой модели // Тр. V Всесоюзной школы-сем. по проблемам управления на сетях и узлах связи. – М.: Наука, 1988. — С. 7–12.
82. **Ильин Г. М., Колбанев М. О.** Исследование качества функционирования узлов коммутации с программным управлением методом имитационного моделирования // XLIII Всесоюзная научная сессия, посвященная Дню радио: Тез. докл. – М.: Радио и связь, 1988. — С. 13.
83. **Игнатьев В. О., Ильин Г. М., Колбанев М. О.** Исследование качества обслуживания вызовов узлами коммутации с программным управлением методом имитационного моделирования // Системы и сети передачи информации: Сб. науч. тр. учеб. ин-тов, 1988. — С.136–143.
84. **Игнатьев В. О., Ильин Г. М, Колбанев М. О., Безгинов И. П.** Использование агрегативного подхода для построения имитационной модели узла коммутации с распределенным программным управлением // III НТК Ленингр. высшего военного инж. уч-ща св. им. Ленсовета: Тез. докл. — Л., 1989. — С. 259–260.
85. **Игнатьев В. О., Колбанев М. О., Безгинов И. П.** Имитационная модель центра коммутации сети связи // Всесоюзная научно-технич. шк. «Имитационные эксперименты с моделями сложных систем» / IV шк. цикла «Системы управления и методы их моделирования»: Тез. докл. — Калининград, 1989. — С.159–160.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЛИТЕХНИКА» ВЫПУСТИЛО В СВЕТ

Информационно-управляющие системы для подвижных объектов. Семинары ASK Lab 2001 / Под общ. ред. М. Б. Сергеева. — СПб.: Политехника, 2002. — 234 с.: ил.

В книге представлены статьи, посвященные актуальным проблемам в области разработки информационно-управляющих систем для подвижных объктов, вопросам их надежности, алгоритмического и аппаратного обеспечения, защиты информационных каналов.

Книга ориентирована на научных и инженерно-технических работников, специалистов в области встраиваемых систем управления не только авиационных комплексов, но и наземных подвижных дистанционно управляемых объектов различного назначения.