

Будущие сети: обзор подходов к новой телекоммуникационной парадигме

А.В. Росляков, профессор, заведующий кафедрой сетей и систем связи ПГУТИ, д.т.н.; arosl@mail.ru

УДК 621.391

DOI: 10.34832/ELSV.2020.10.9.003

Аннотация. Рассматриваются принципы новой парадигмы телекоммуникаций – будущие сети (Future Networks). Новые сетевые концепции представлены в серии рекомендаций Y.30xx Международного союза электросвязи МСЭ-Т и в технических отчетах Международной организации по стандартизации/Международной электротехнической комиссии ISO/IEC. Анализируются общие свойства нормативных документов и показаны различия в подходах к их реализации.

Ключевые слова: сети следующего поколения, NGN, будущие сети, Future Networks, рекомендации ITU-T серии Y.3000, технические отчеты ISO/IEC.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из пяти федеральных проектов, входящих в состав национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [1], является проект «Информационная инфраструктура». Его основная задача – создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных, причем преимущественно на основе отечественных решений. В рамках программы предполагается разработать ряд сетевых концепций, определяющих развитие отечественных сетей связи на среднесрочную перспективу [2].

Очевидно, что такие стратегически важные документы должны учитывать наработки и документы международных организаций, определяющих сценарии развития телекоммуникаций на всемирном уровне. Несколько лет назад мировое телекоммуникационное сообщество сформулировало новую сетевую концепцию – будущие сети (Future Networks, FN). Рассмотрим подходы Международного союза электросвязи (МСЭ), с одной стороны, и Международной организации по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO)/Международной электротехнической комиссии (International Electrotechnical Commission, IEC) (ISO/IEC) – с другой, к построению будущих сетей: что в них общего и чем они различаются.

БУДУЩИЕ СЕТИ – НОВАЯ ПАРАДИГМА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Телекоммуникации, и сети электросвязи в частности, с момента их зарождения и до наших дней прошли несколько этапов революционных и эволюционных преобразований (рис. 1). Изначально каждая сеть связи (телефонная, телеграфная, телевизионного вещания и др.) предоставляла только один вид услуг/сервисов (телефонную или телеграфную связь, телевидение и

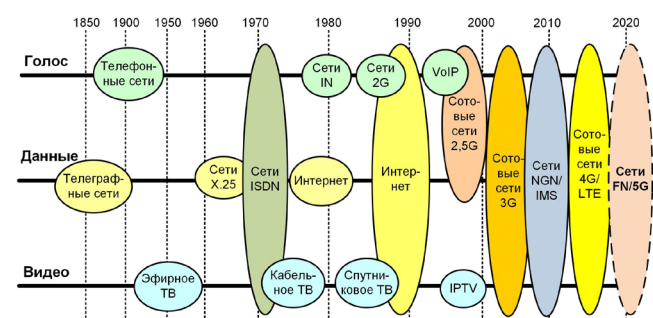
др.) и передавала только один вид информации (голос, данные либо видео). Следовательно, эти сети можно назвать моносервисными.

Впервые идея мультисервисности (предоставление комплекса услуг с совместной передачей голоса, данных и видео) была предложена в 70-х годах прошлого века. Она реализована в концепции цифровых сетей с интеграцией служб (Integrated Service Digital Network, ISDN). Однако на практике ISDN не нашли широкого применения и в настоящее время практически не используются. Ряд сетей (интернет, сотовые), изначально возникшие как моносервисные, в дальнейшем превратились в мультисервисные. Причем в данном случае под сетью интернет понимается набор взаимосвязанных компьютерных сетей, использующих Internet Protocol (IP), который позволяет им функционировать как единая всемирная виртуальная пакетная сеть.

В начале нового тысячелетия началась трансформация традиционных сетей общего пользования с коммутацией каналов в мультисервисные сети следующего поколения (Next Generation Networks, NGN)

Рисунок 1

Эволюция сетей и технологий электросвязи



[3], основанные на технологиях пакетной коммутации и передачи информации [4]. Концепция NGN разработана с учетом новых реалий телеком-отрасли, таких как конкуренция между операторами из-за продолжающейся политики дерегулирования рынка, взрывной рост цифрового трафика, что проявляется, например, в увеличении числа интернет-пользователей, повышение спроса на новые мультимедийные сервисы и на общую мобильность, конвергенция сетей и услуг и т.д.

Основные принципы построения сетей следующего поколения достаточно подробно систематизированы в начатой в 2004 г. серии рекомендаций МСЭ-ТУ.2000 – в настоящее время она объединяет 169 документов [5].

NGN отличаются следующими характерными особенностями [3]:

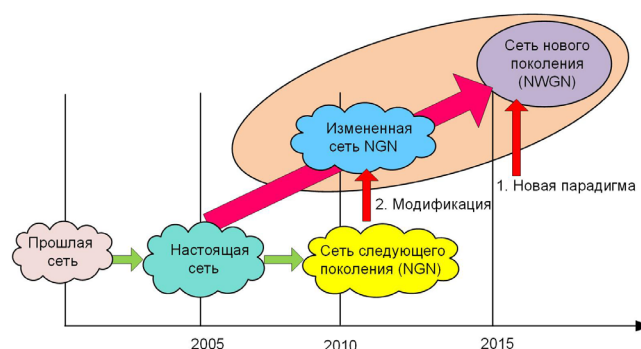
- пакетная передача любого вида информации с использованием IP-адреса;
- разделение функций управления между возможностями канала, вызовом/сеансом и приложением/сервисом;
- развязка между предоставлением услуг и транспортировкой, а также предоставление открытых интерфейсов;
- поддержка широкого спектра услуг, приложений и механизмов, основанных на конструктивных элементах сервисов, включая сервисы в режиме реального времени/потока/не в реальном времени и мультимедийные сервисы;
- широкополосные возможности с комплексной оценкой качества сервиса (QoS);
- взаимодействие с традиционными сетями через открытые интерфейсы;
- обобщенная мобильность;
- неограниченный доступ пользователей к различным провайдерам услуг;
- различные схемы идентификации;
- унифицированные характеристики для сервиса, выбранного пользователем;
- сближение услуг между фиксированной и подвижной связью;
- независимость функций, связанных с сервисом, от базовых транспортных технологий;
- поддержка нескольких технологий «последней мили»;
- соответствие всем нормативным требованиям, касающимся, например, аварийной связи, безопасности, конфиденциальности, законного перехвата и т.д.

При реализации концепции NGN сети электросвязи преобразуются в по-настоящему инфокоммуникационные сети, предоставляющие пользователям все больше разнообразных, взаимодополняющих инфо- и телекоммуникационных услуг.

Однако в последние годы появились принципиально новые инфокоммуникационные технологии и различные предметные приложения со своими специфиче-

Рисунок 2

План перехода к сети нового поколения NWGN (источник: NICT, 2008)



скими требованиями к NGN. Так, возникла необходимость дистанционно управлять бытовой техникой и промышленными киберфизическими системами (интернет вещей (IoT) и промышленный интернет вещей (IIoT)) [6], создавать «умные» энергосети (Smart Grids), всепроникающие и самоорганизующиеся сенсорные сети (Ubiquitous Sensor Networks, USN), программно-конфигурируемые (Software-Defined Networking, SDN) и когнитивные сети, сети программно-управляемого радио (Software-Defined Radio, SDR). Все шире сети связи используются для реализации «облачных» и «туманных» вычислений (Cloud and Fog Computing), обработки больших данных (Big Date), виртуализации сетевых функций (Network Functions Virtualization, NFV) и других инфокоммуникационных приложений. В результате мировое телекоммуникационное сообщество стало искать пути дальнейшего развития NGN и интернет-сетей; заговорили даже о смене парадигмы в телекоммуникациях. Необходимость создания новой сетевой концепции вызвана непрерывным изменением требований к телеком-сетям, которые переходят в разряд инфокоммуникационных.

Еще в 2006 г. Национальный институт информационных и телекоммуникационных технологий (NICT, Япония) в рамках исследовательского проекта AKARI предложил концепцию построения сетей будущего [7, 8]. Предполагалось, что после 2015 г. будут созданы сети нового поколения NeW Generation Network (NWGN) на основе новой сетевой парадигмы, а также в результате модификации существующих сетей NGN (рис. 2).

Концептуально архитектура сети нового поколения NWGN существенно отличается от архитектуры NGN (рис. 3). Ее основой является так называемая общая (*common*) сеть, которая будет разработана для замены традиционной IP-сети. Снизу общей сети – подложенная (*underlay*) сеть, которая может объединять в себе несколько технологий (оптических, мобильных, сенсорных и др.) для поддержки различных средств передачи и доступа. Сверху – наложенная (*overlay*) сеть, она обеспечивает гибкий, настраиваемый уровень прило-

Рисунок 3

Концептуальная архитектура NWGN
(источник: NICT, 2008)

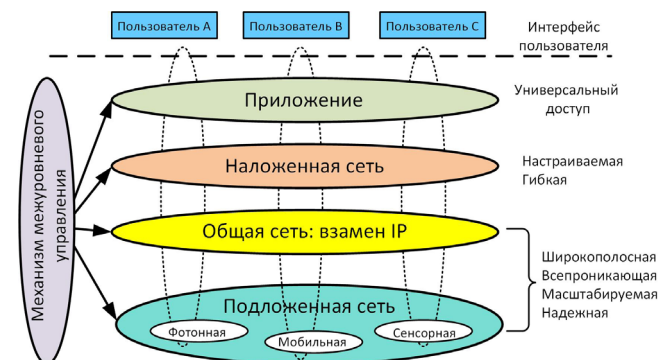
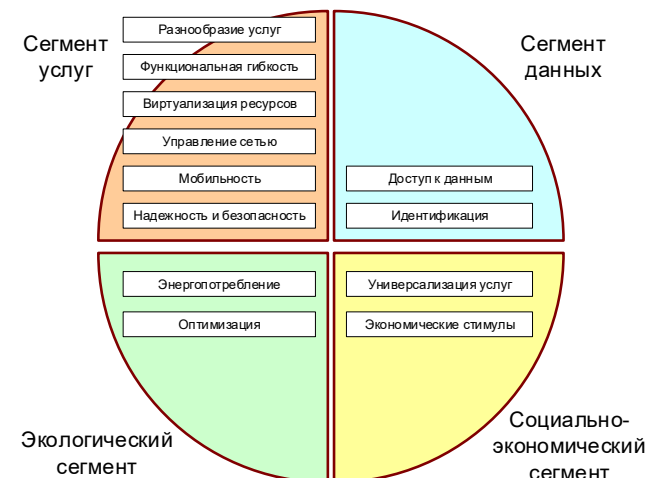


Рисунок 4

Целевые установки и свойства будущих сетей
(источник: МСЭ-ТУ.3001)



жений. Механизм межуровневого управления работает со всеми уровнями архитектуры NWGN, организуя их взаимодействие и предоставление услуги пользователям на соответствующем уровне. Принципиальным отличием NWGN от NGN в проекте AKARI был отказ от стека протоколов TCP/IP, однако новых протоколов ему на смену предложено не было и в 2011 г. проект был закрыт.

В 2011 г. для сетей, базирующихся на новой парадигме, МСЭ предложил использовать термин «будущие сети» (БС) (Future Networks, FN) [9]; им посвящена новая серия рекомендаций МСЭ-Т Y.3000 [10]. Практически тогда же, в 2012 г., ISO/IEC в своих документах также стали использовать термин Future Networks. Следует отметить, что в России в 2013 г. был предложен свой термин для будущих сетей – сети пост-NGN [11].

БУДУЩИЕ СЕТИ: КОНЦЕПЦИЯ МСЭ-Т

В настоящее время в серии Рекомендаций МСЭ-Т Y.3000-3499 [9], посвященной будущим сетям, насчитывается более 50 документов. В первых из них, кото-

рые появились в 2011–2012 гг., представлены общие принципы и цели создания БС. Ожидалось, что запуск экспериментальных услуг и поэтапное развертывание БС придется на период приблизительно между 2015 и 2020 гг. В последующих рекомендациях МСЭ-Т были конкретизированы базовые компоненты и технологии таких сетей: виртуализация, идентификация, энерго-сбережение, универсализация услуг, умные всеохватывающие сети и др. Однако начиная с 2017 г. рекомендации этой серии охватывали в основном мобильные сети 5G/IMT-2020 и программно-конфигурируемые (SDN), из чего следует, что практическую реализацию концепции БС МСЭ-Т видит именно на базе этих сетевых технологий.

Анализ серии рекомендаций МСЭ-Т Y.3000-3499, посвященной будущим сетям [12–14], показал, что в целом между ними и NGN нет принципиальной разницы: это весьма близкие концепции. Речь, скорее, идет об эволюционном, а не о революционном пути развития NGN с постепенным переходом к сетям будущего.

По определению МСЭ-Т, будущие сети – это телекоммуникационные сети, способные предоставлять услуги, возможности и средства, которые трудно или даже невозможно оказывать посредством существующих сетевых технологий. Практическая реализация БС доступна в различных вариантах: новая сеть, усовершенствованный вариант существующей сети, разнородная группа новых сетей или группа, состоящая из новых и существующих сетей, которая работает как единая сеть. В любом варианте исполнения БС должны будут поддерживать полный спектр телекоммуникационных услуг в любое время и в любом географическом месте, с гарантированным качеством, по приемлемой стоимости. В некоторой степени это повторение вечной идеи «телекоммуникационного рая» (или «телекоммуникационного коммунизма»), выдвинутой человечеством в 70-х годах прошлого века в концепции ISDN.

При этом принципы МСЭ-Т предполагают использование новых подходов к построению БС с учетом скорее социальных, экономических и экологических аспектов, нежели технических (рис. 4). С точки зрения телекоммуникаций сети будущего фактически являются логическим развитием NGN, когда сохраняются базовые принципы их построения: пакетная передача и коммутация, сетевой протокол IP, выделение сетей доступа и магистральных (транспортных) сетей, реализация большинства инфокоммуникационных услуг на специализированных платформах/серверах приложений и др.

Одной из главных целей создания БС, согласно концепции МСЭ-Т, является значительное расширение спектра предоставляемых услуг, причем эти услуги должны разрабатываться и внедряться так, чтобы соответствовать вновь возникающим потребностям приложений и запросам пользователей. Ожидается, что в перспективе количество и выбор услуг будут расти ла-

винообразно. Следовательно, БС предстоит внедрять новые услуги, не претендуя на существенное дополнительное развертывание сетевых ресурсов и увеличение эксплуатационных затрат, при этом обеспечивая высокую надежность и безопасность.

МСЭ-Т считает, что архитектура БС должна быть оптимизирована для обработки огромных объемов данных в распределенной среде и предоставления пользователям возможности безопасного, простого, быстрого и точного доступа к необходимым данным, независимо от их местоположения. Каждый человек получит свой уникальный адрес в сети, по которому сможет авторизоваться в любой точке мира и получать все нужные ему услуги.

Необходимо, чтобы БС не оказывали отрицательного воздействия на окружающую среду. Поэтому при разработке архитектуры, практической реализации и эксплуатации сетей будущего воздействие на окружающую среду, например в части расхода материалов и энергопотребления, а также сокращения выбросов парниковых газов, должно быть минимально [15]. Кроме того, проектирование и реализацию БС следует осуществлять таким образом, чтобы способствовать снижению воздействия на окружающую среду, оказываемого другими секторами человеческой деятельности. В частности, за счет того что БС обеспечивает возможность пользователям работать дома, а не ездить в офис, уменьшается загрязнение атмосферы автомобильными выхлопами.

При проектировании БС следует учитывать социально-экономические аспекты (снижение барьеров для доступа к услугам всем участникам сетевой экосистемы), а также необходимость сокращения стоимости жизненного цикла сетевого оборудования: оно должно быть пригодным для модернизации и устойчивым к мешающим факторам. Тем самым будут обеспечены универсализация услуг, а также надлежащая конкуренция и отдача для всех участников. А широкополосный доступ через такие сети, в свою очередь, послужит стимулом для развития экономики.

Предоставляя полный диапазон услуг и приложений, БС помогут операторам повысить доходы и рентабельность, за счет интеграции существующих сетей и сокращения эксплуатационных затрат — добиться экономии материальных и людских ресурсов. Если говорить о социально-экономических задачах, то БС будут способствовать расширению возможности доступа в интернет, преодолению цифрового неравенства и увеличению степени проникновения инфокоммуникационных услуг.

При том что ряд требований к БС сохраняются, некоторые из них претерпевают изменения, а кроме того, возникают новые, т.е. телекоммуникационные сети и их архитектуры развиваются. По сравнению с существующими сетями у БС свои специфические особенности, такие как виртуализация сетевых ресурсов, программное управление и конфигурирование сетевых узлов, «умное» (smart) поведение, обслуживание трафика с учетом пе-

редаваемого контента и контекста, энергоэффективное функционирование и др. Все это потребует разработки и внедрения новых аппаратно-программных решений, сетевых протоколов, механизмов обеспечения качества обслуживания QoS, принципов идентификации узлов/пользователей/данных/услуг, механизмов обеспечения мобильности пользователей/услуг, оптимального распределения физических сетевых ресурсов для реализации виртуальных сетей и т.д.

БУДУЩИЕ СЕТИ: ПОДХОД ISO/IEC

Объединенный технический комитет ISO/IEC подготовил серию технических отчетов TR 29181 «Информационные технологии. Сети будущего. Формулировка проблем и требований», имеющую девять частей [16, 17]. Как и рекомендации МСЭ-Т, технические отчеты серии ISO/IEC TR 29181 содержат информацию о таких фундаментальных принципах построения будущих сетей, как именование и адресация, мобильность, безопасность. В то же время имеется ряд отчетов, в которых рассматриваются специальные технические аспекты построения БС, например коммутация и маршрутизация, передача медиаданных, качество обслуживания.

Концепция будущих сетей в отчетах ISO/IEC TR 29181 представлена следующими базовыми признаками [16, 17]:

1. БС разрабатывается с нуля, при этом используется поэтапное проектирование. Следует учитывать, что такой подход понимается именно как принцип проектирования, а не как аспект внедрения.
2. БС должна обеспечивать инновационные функции и сервисы, выходящие за рамки ограничений существующих сетей, включая интернет.
3. БС не должна зависеть от существующих технологий и решений.
4. БС предоставляет механизмы, которые приносят пользу каждому участнику соразмерно его вкладу.

Общие требования к БС, определенные ISO/IEC, во многом схожи с требованиями МСЭ-Т:

1. Масштабируемость архитектуры маршрутизации и адресации, возможность множественной адресации и независимость для провайдеров.
2. Схема присвоения имен и адресов: новые схемы именования и адресации с возможностью интеграции различных сетей, поддержки новых протоколов и новых сетевых технологий, создания баз для новых приложений и сервисов.
3. Безопасность: защита от взломов, распространения «червей» и спама, от сетевых атак и т.д. В частности, в новых требованиях к аутентификации пользователей/устройств должны учитываться конфиденциальность, мобильность, гетерогенность, одноранговые сети, ограниченность ресурсов, атаки.
4. Мобильность: стабильная поддержка мобильно-

сти устройств, сервисов, пользователей и (или) групп пользователей.

5. Адаптируемое качество сервисов: обеспечение QoS с точки зрения пользователей и (или) приложений. Ожидается, что QoS в БС будет поддерживать необходимую структуру сервиса и распознавание контекста.
6. Гетерогенность и сетевая виртуализация: гораздо более мощная поддержка широкого спектра приложений/сервисов и предоставление новых приложений/сервисов за счет сетевой виртуализации. Кроме того, БС должна учитывать различные аспекты гетерогенности – приложения/сервиса, устройства, физической среды.
7. Оповещение о состоянии сервисов: эффективное предоставление сервисов с учетом требований, предъявляемых каждым переданным сообщением, в том числе с точки зрения качества восприятия (Quality of Experience, QoE) и предпочтений запрашивающей стороны. БС должны иметь возможность выявлять и составлять сервисы с учетом параметров QoE, предпочтений и контекста.
8. Передача медиаданных: эффективные, т.е. контент-ориентированные и обеспечивающие максимально возможное качество в реальном контексте пользователя, методы доставки медиаданных.
9. Новая многоуровневая архитектура: межуровневые функции связи для обеспечения способа прямой связи между протоколами на несмежных уровнях или для обмена переменными между уровнями.
10. Мгновенное и простое управление. Поскольку БС будут все более усложняться по мере появления новых сервисов и благодаря разнообразию архитектуры, управление должно обеспечивать надежность, отказоустойчивость и доступность сети, а также предусматривать автономное управление, в том числе самозащиту, самовосстановление, самоконфигурирование, самооптимизацию и т.д.
11. Энергоэффективность: обеспечение энергосбережения для поддержки экологически чистых сред ИКТ.
12. Экономические стимулы: деятельность провайдеров инфраструктуры, поставщиков сервисов и конечных пользователей, которые вносят вклад в создание сетей, должна стимулироваться.

Главной отличительной особенностью подхода ISO/IEC к формированию концепции БС является ориентация на преодоление серьезных недостатков, собственных существующим интернет-технологиям. В документах [16, 17] явно указано на «агонию» сегодняшнего интернета и сформулирован ряд вопросов, которые предстоит решать при создании БС:

1. Правильно ли будет сохранить текущую роль

интернет-адреса, способного определять, кем вы являетесь, где вы находитесь и как должны доставляться пакеты?

2. Создает ли текущий механизм адресации большие проблемы для поддержки мобильности?
3. Является ли спам неизбежным следствием доставки почты по интернету?
4. Почему идентификация и доверие конечных пользователей становятся проблемой?
5. Почему измерение показателя QoS оказалось коммерчески неудачным?
6. Способен ли хост-ориентированный интернет плавно перейти в интернет, нацеленный на использование данных?

Некоторые исследователи рассматривают протокол IPv6 как одно из предлагаемых решений для БС. Однако в отчетах ISO/IEC отмечается, что IPv6 имеет такие же ограничения, как IPv4, и не может выполнить все требования к БС. Разработчики концепции БС в ISO/IEC полагали, что невозможно решить проблемы новых характеристик (или требований), стоящие перед современной технологией IP, без переосмысления фундаментальных положений и создания будущего интернета (Future Internet).

Концепцией ISO/IEC были определены два подхода к проектированию БС: разработка с нуля и пошаговое проектирование (рис. 5). Планировалось, что в период между 2015 и 2020 гг. удастся заново смоделировать и развернуть будущий интернет, обладающий свойствами, недоступными для существующего интернета, такими как гетерогенность, переконфигурирование, распознавание контекста, ориентированность на данные, сетевая виртуализация и др. В то же время сегодняшние сети NGN будут постепенно, по мере расширения предоставляемых сервисов эволюционировать. Таким образом, предполагается сосуществование двух различных сетевых технологий, для поддержки беспрепятственной интеграции которых потребуются федерация и миграция сервисов.

Федерация сервисов – взаимосвязь нескольких гетерогенных сетей (например, IPv4, IPv6, будущего интернета или сетей, не основанных на протоколе IP, таких, например, как сенсорные сети, сети транспортные средств, спутниковые сети и т.д.) – обычно объединяет географически распределенные сети, которые управляются различными операторами/провайдерами. Однако, работая в общей структуре управления в рамках единого органа управления, они будут считаться частью единой сети. Таким образом, несколько гетерогенных сетей в конечном итоге станут рассматриваться как единая федеративная сеть – будущая сеть.

В документах ISO/IEC приведена общая концептуальная модель БС, которая включает две составляющие: сетевую архитектуру и сервисную архитектуру (рис. 6).

Сетевая архитектура – это структура коммуникационной сети для определения физических компонентов

сети и их функциональной организации и конфигурации, принципов построения сети и процедур работы, а также используемых форматов данных. Компонентами сетевой архитектуры БС являются так называемые конструктивные элементы (Building Blocks, BB), а не традиционный стек протоколов TCP/IP. В сетевую архитектуру БС могут быть включены следующие сетевые BB: присвоение имен и адресов, маршрутизация, мобильность, оптимизация беспроводной технологии, борьба со спамом и безопасность, коммуникации между различными уровнями, QoS/QoE, энергоэффективность, управление.

Сервисная архитектура – это конструкция коммуникационного сервиса, которая также представляет собой набор сервисов и приложений в виде сервисных BB. Эти сервисы обмениваются данными друг с другом. Сервисная архитектура может включать в себя следующие сервисные BB: контекстно-ориентированный подход, сервисы, связанные с данными, содержание сервиса, интернет физических объектов, вещание и медиаданные, семантически структурированная сеть.

В число ключевых функций, которые должны поддерживать сервисы БС, входят (рис. 7):

- контекстно-ориентированный подход;
- динамическая адаптивность;
- самоорганизация и самоконфигурирование;
- самодиагностика и самовосстановление;
- распределенное управление;
- управление большими данными.

В отчетах ISO/IEC TR 29181 предполагается, что для предложенной архитектуры БС потребуются разработать набор новых сетевых протоколов, который должен

Рисунок 5

Видение ISO/IEC перспектив создания будущих сетей (источник: ГОСТ Р 58210-2018 / ISO/IEC TR 29181-1:2012)

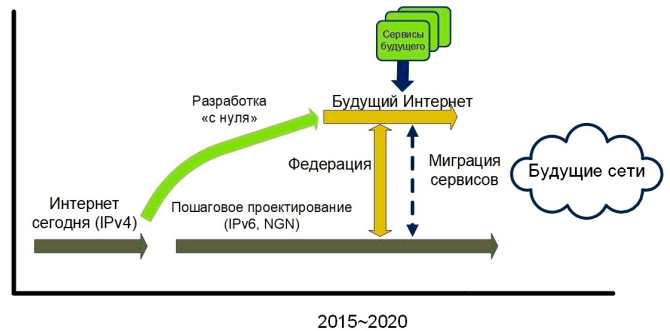


Рисунок 6

Концептуальная модель БС (источник: ГОСТ Р 58210-2018 / ISO/IEC TR 29181-1:2012)

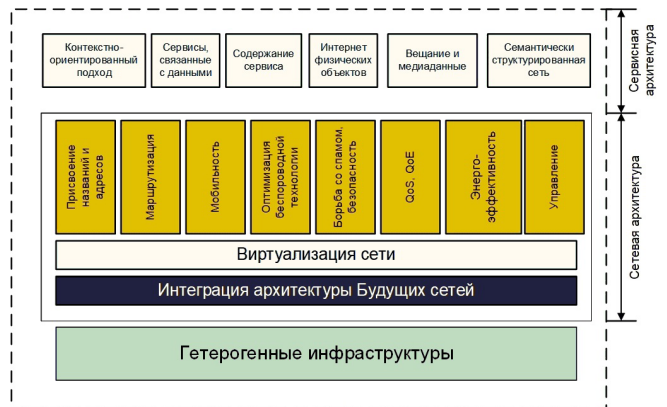
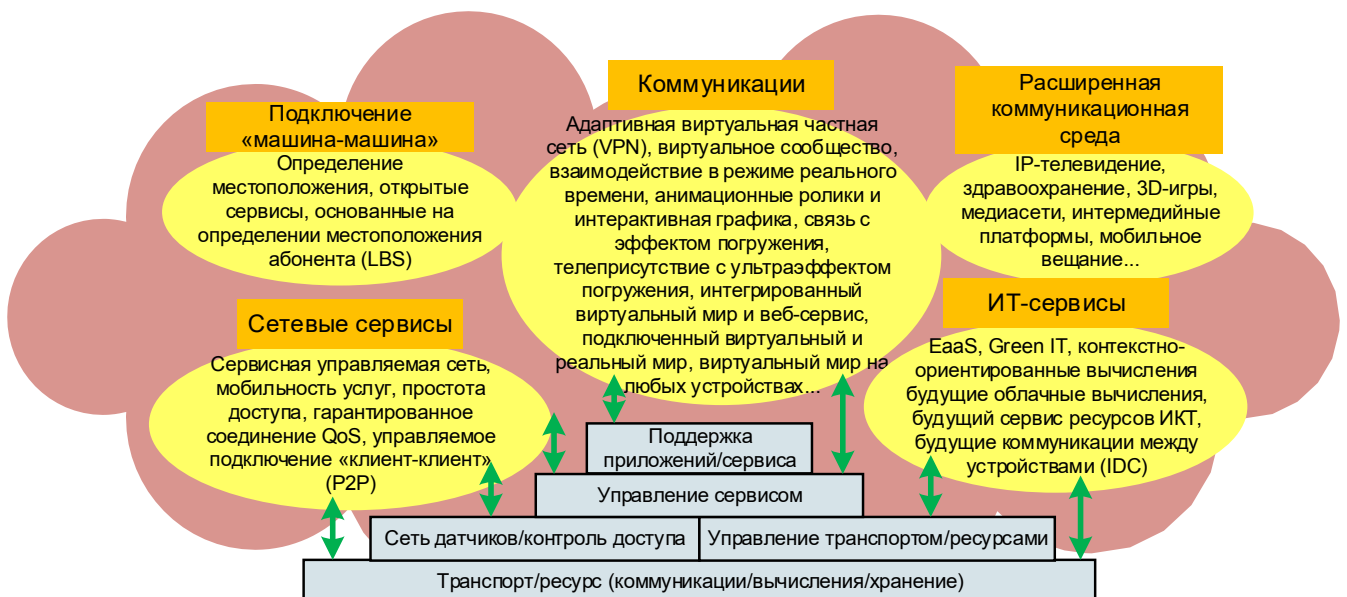


Рисунок 7

Сервисы будущих сетей (источник: ГОСТ Р 58210-2018 / ISO/IEC TR 29181-1:2012)



включать в себя:

- протоколы для маршрутизации и коммутации данных и пакетов управления в БС;
- протоколы взаимодействия протоколов маршрутизации/коммутации с гетерогенными базовыми технологиями доступа;
- сквозные протоколы передачи данных для обработки пользовательских данных и управления ими;
- протоколы для конкретных приложений.

СРАВНЕНИЕ ПОДХОДОВ МСЭ-Т И ISO/IEC

Если сопоставить список целей при создании БС и общих требований к их характеристикам в подходах МСЭ-Т и ISO/IEC, можно заметить, что они весьма сходны. Фактически это основные стратегические задачи при построении сетей будущего.

Основное отличие подходов заключается в том, что в концепции ISO/IEC для БС не предполагается использование какой-либо сетевой архитектуры или технологии коммутации пакетов на базе IP, тогда как в основу концепции МСЭ-Т положены традиционные IP-сети и пакетная передача. Таким образом, БС в видении МСЭ-Т — это не совсем новая сеть, а скорее, все конвергентные сети с поддержкой IP.

Вместе с тем в документах ISO/IEC показано, что в БС невозможно решить проблемы новых характеристик (или требований), стоящие перед сегодняшней технологией IP, без переосмысления фундаментальных сетевых принципов. Кроме того, исследование МСЭ-Т по направлению БС основаны на краткосрочном/среднесрочном эволюционном подходе, поэтому технологии будущих сетей могут быть преобразованы из существующей IP-сети. ISO/IEC же при построении БС основывается на проектировании с нуля с долгосрочным революционным подходом. В то же время в обеих концепциях зафиксировано, что развертывание будущих сетей придется на период приблизительно между 2015 и 2020 гг. Очевидно, что все сроки вышли, но полноценной практической реализации будущих сетей и будущего интернета пока нет. Тому есть две основные причины.

Во-первых, переход от существующих сетей связи к будущим инфокоммуникационным сетям не обойдется без значительных трудностей, вызванных необходимостью существенных финансовых затрат для операторов связи, модернизации или даже замены большого парка сетевого оборудования, создания новых сетевых протоколов, а также сложностью обеспечения заданного качества QoS/QoE и др.

И, во-вторых, сегодня отсутствуют реальные по-

требности в таких широкомасштабных, радикальных сетевых преобразованиях со стороны как потребителей инфокоммуникационных услуг, так и поставщиков. Другими словами, не созданы объективные условия для «революционной ситуации» в телекоммуникациях, когда, перефразируя классика, «верхи» (операторы связи) не могут реализовать новые инфокоммуникационные услуги, а «низы» (потребители) не хотят получать услуги действующих сетей связи.

Вывод из всего сказанного: построение будущих сетей неизбежно. Однако этот процесс очень продолжительный и перманентный, поэтому сроки полноценной практической реализации новой сетевой концепции сдвигаются. Ближайшими шагами на этом длительном пути является прежде всего внедрение мобильных сетей 5G/IMT-2020 и 6G, открывающих новые возможности для реализации таких инфокоммуникационных приложений, как интернет вещей, индустриальный интернет вещей, киберфизические системы, интеллектуальные транспортные системы, виртуальная и дополненная реальность и многое другое.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сожалению, следует признать, что в России длительное время не проводились системные исследования стратегических перспектив развития отечественных сетей телекоммуникаций. Участие российских ученых и исследователей в соответствующих международных проектах тоже не слишком заметно. Все это в очередной раз может привести к необходимости калькировать зарубежные системно-сетевые подходы, а значит, вновь использовать зарубежное сетевое оборудование.

Но время еще не упущено окончательно: обладая достаточно высоким потенциалом в области телекоммуникаций, отечественные специалисты могут и должны включиться в разработку и дальнейшую практическую реализацию идей национальных будущих сетей. Первые результаты в этом направлении уже есть. Так, в рамках федерального проекта «Информационная инфраструктура» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» созданы и утверждены «Концепция по построению узкополосных беспроводных сетей связи “Интернета вещей” на территории Российской Федерации» и «Концепция создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации». Разработан и находится на стадии утверждения проект Генеральной схемы развития сетей связи и инфраструктуры хранения и обработки данных Российской Федерации. Главное — реализовать положения этих документов на практике, используя оборудование сетей связи преимущественно российского производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена протоколом заседания Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г.
2. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Утвержден Президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г.
3. **Росляков, А.В.** Сети следующего поколения NGN / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, М.Ю. Самсонов и др.; под ред. А.В. Рослякова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 424 с.
4. **Росляков, А.В.** Мультисервисные платформы сетей следующего поколения NGN / А.В. Росляков. – Самара: Изд-во «Ас Гард», 2012.
5. ITU-T Recommendations Y.2000-Y.2999: Next Generation Networks. – URL: <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=Y> (дата обращения 10.02.2010).
6. **Росляков, А.В.** Интернет вещей / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ю. Гребешков, М.Ю. Самсонов; под ред. А.В. Рослякова. – Самара: Изд-во «Ас Гард», 2014. – 342 с.
7. New Generation Network Architecture. AKARI Conceptual Design (ver 1.1), 2007–2008. – 230 p.
8. **Tomonori, A.** A New Generation Network – Beyond NGN / A. Tomonori // ITU-T Kaleidoscope Academic Conference, 2008. – URL: https://www.researchgate.net/publication/4341315_A_new_generation_network_-_beyond_NGN_ (дата обращения 10.02.2010).
9. **Росляков, А.В.** Будущие сети (Future Networks) / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин. – Самара, ПГУТИ, 2015. – 274 с.
10. ITU-T Recommendations Y.3000-Y.3499: Future networks. – URL: <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=Y> (дата обращения 10.02.2010).
11. **Гольдштейн, Б.С.** Сети связи пост-NGN / Б.С. Гольдштейн, А.Е. Кучерявый. – СПб: БХВ-Петербург, 2014. – 160 с.
12. **Росляков, А.В.** Первые рекомендации МСЭ-Т о будущих сетях / А.В. Росляков // Вестник связи. – 2014. – № 10. – С. 29-34.
13. **Росляков, А.В.** Future Networks. Версия МСЭ-Т. Ч. 1 / А.В. Росляков // ИнформКурьер-Связь. – 2014. – № 12. – С. 68-70.
14. **Росляков, А.В.** Future Networks. Версия МСЭ-Т. Ч. 2 / А.В. Росляков // ИнформКурьер-Связь. – 2015. – № 1-2. – С. 62-63.
15. **Росляков, А.В.** Оценка энергопотребления будущих сетей / А.В. Росляков // Электросвязь. – 2016. – № 8. – С. 29-36.
16. ISO/IEC TR 29181-1:2012 Information technology – Future Network – Problem statement and requirements – Part 1: Overall aspects. – URL: <https://www.iso.org/standard/57480.html> (дата обращения 10.02.2010).
17. ГОСТ Р 58210-2018 / ISO/IEC TR 29181-1:2012. Информационные технологии. Сети будущего. Формулировка проблем и требований. Ч. 1. Общие аспекты. – М.: Стандартинформ, 2018. – 31 с.

Получено 27.02.20

Исследование трафика наносетевых приложений

Р.Я. Пирмагомедов, научный сотрудник Университета Тампере (Финляндия), к.т.н.; prya.spb@gmail.com
И.В. Худоев, аспирант кафедры сетей связи и передачи данных СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича; khvanches@gmail.com
А.Е. Кучерявый, заведующий кафедрой сетей связи и передачи данных СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, профессор, д.т.н.; akouch@mail.ru

УДК 004.77

DOI: 10.34832/ELSV.2020.10.9.004

Аннотация. Рассматриваются вопросы моделирования трафика наносетевых приложений – одного из перспективных направлений развития телекоммуникационных систем (ИМТ-2030). Трафик анализируется с учетом существующих алгоритмов работы шлюза, обеспечивающего взаимосвязь между наносетью и традиционными сетями. Проведен цикл экспериментов с использованием методов имитационного компьютерного моделирования. Сделаны выводы о необходимости динамических подходов к управлению сетевыми ресурсами в событийно-ориентированных наносетях.

Ключевые слова: наносети, модели трафика, электронная медицина, моделирование сети, ИМТ-2030.

ВВЕДЕНИЕ

Концепция интернета нано-вещей (ИНВ) [1, 2], ставшая популярной в последние несколько лет, предполагает использование наносетевых технологий для создания инновационных решений в различных сферах деятельности человека: промышленности, военном

деле, повседневной жизни и т.д. [3]. Одно из наиболее перспективных направлений развития наносетевых приложений – медицина [4]. Ожидается, что наносетевые приложения дополняют уже существующие решения интернета вещей (ИВ) в медицине [5, 6] и откроют