

# ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ доступа в ближайшие годы

Н.Соколов, д.т.н., директор по науке ООО "Протей СпецТехника" / sokolov@protei.ru

УДК 621.391, DOI: 10.22184/2070-8963.2021.94.2.34.39

Выделяются, с точки зрения системных аспектов эволюции сетей электросвязи, три важные тенденции развития "первой мили". Приводятся результаты анализа ряда аспектов, определяющих развитие сетей доступа. Акцентируется внимание на важности проведения междисциплинарных исследований и практического применения полученных результатов.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы наметились новые тенденции в развитии инфокоммуникационной системы, модель которой приведена на рис.1. Рассматриваемая ниже модель основана на результатах разработки принципов по созданию глобальной информационной инфраструктуры, предложенной Международным союзом электросвязи (МСЭ) в своих рекомендациях серии Y. Подобные модели уже обсуждались на страницах журнала "ПЕРВАЯ МИЛЯ / LastMile" [1, 2].

К сети доступа предъявляются требования, которые можно разделить на две большие группы, порождаемые причинами, соответственно, внутреннего и внешнего характера. Эти причины определяются, как правило, логикой развития инфокоммуникационной системы в целом. Знак "+" в "облаках" подчеркивает тот факт, что новые требования к сети доступа формируются, в основном, в трех компонентах представленной на рис.1 модели. Подобные требования – по отношению к сети доступа – порождаются внешними причинами. Причины внутреннего

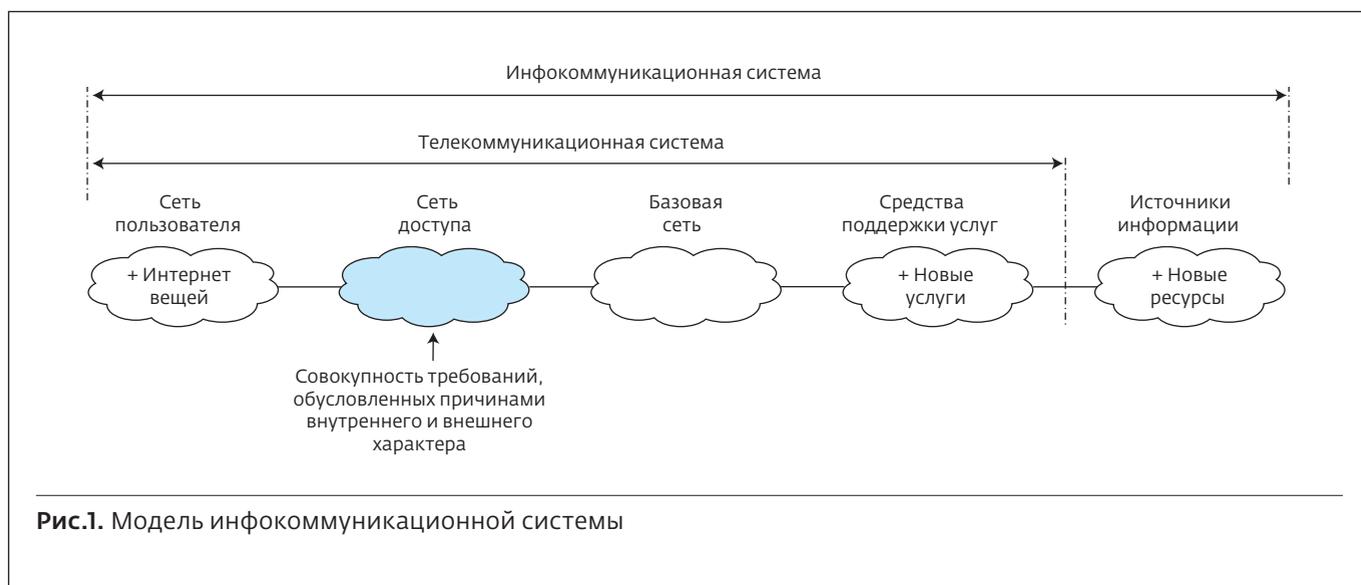


Рис.1. Модель инфокоммуникационной системы

характера обусловлены теми процессами модернизации сети доступа, которые актуальны и без влияния других элементов инфокоммуникационной системы. Они, в основном, определяются необходимостью замены устаревших технических средств.

## 1. ПРОЦЕССЫ ЭВОЛЮЦИИ ЭЛЕМЕНТА МОДЕЛИ "СЕТЬ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ"

Весьма существенные изменения в том элементе инфокоммуникационной системы, который назван сетью пользователя, порождаются Интернетом вещей [3]. Стоит обосновать изменение названия рассматриваемого элемента инфокоммуникационной системы. Ранее он именовался "сетью в помещении пользователя" (Customer Premises Network). Однако по мере формирования концепций подводного (Internet of Underwater Things) и подземного (Internet of Underground Things) Интернета вещей [4, 5] слово "помещение" стало, мягко говоря, лишним.

Заметим, что развитие идей, связанных с Интернетом вещей, строго говоря, требует разработки новых терминов, но это отдельная серьезная задача, обсуждаемая, например, в [6].

Прогнозы относительно численности устройств, относящихся к Интернету вещей, известны [3]. Правда, пока сложно судить о достоверности прогностических оценок. Еще труднее предсказать рост трафика, порождаемого Интернетом вещей. Если верна гипотеза, опубликованная в [7], то можно высказать предположение о скором сближении номиналов скоростей обмена данными для информационных потоков от интерфейса пользователя в сеть (upload) и обратно (download). Численные оценки пропускной способности сети доступа обсуждаются ниже.

Более привычные услуги, включающие телефонную связь, обмен данными, передачу аудио- и видеoinформации, также влияют на сеть пользователя, что, в свою очередь, выдвигает новые требования к "первой миле". Здесь можно выделить три важных аспекта. Во-первых, возрастают требования к пропускной способности, чему, как было отмечено выше, будет посвящен следующий раздел статьи. Во-вторых, ужесточаются нормы на показатели качества предоставляемых услуг. Ряд соответствующих соображений приведен в третьем разделе статьи. В-третьих, пересматриваются функциональные возможности так называемого "Универсального обслуживания", что отражается на требованиях к сети доступа. Возникающие задачи – предмет четвертого раздела статьи.

## 2. ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТИ ОБМЕНА ДАННЫМИ

Аспектам изменения скорости обмена данными посвящены статьи в журнале "ПЕРВАЯ МИЛЯ" [1,

2, 7], а также ряд публикаций в других изданиях. Основные приведенные в этом разделе данные базируются, в большинстве случаев, на информации, которая каждый рабочий день обновляется на сайте <https://www.commsupdate.com>. Соответствующие сведения собирает компания TeleGeography. Часть этих сведений, опубликованных до 2018 года, была использована при подготовке статей [1, 2].

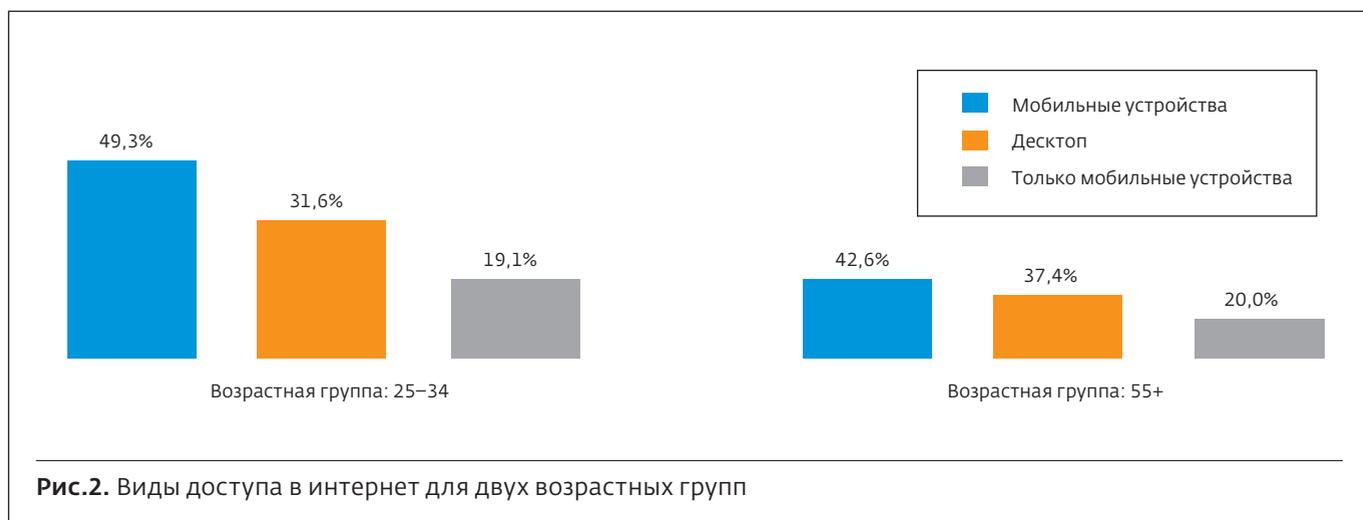
Задачи по повышению скорости обмена данными через сеть доступа за три следующих года мало изменились. По-прежнему планируется предоставление скорости обмена данными на уровне 1 Гбит/с и выше. При этом веские аргументы в пользу необходимости столь высокой скорости передачи информации, как и ранее, не приводятся. Тем не менее, можно выделить, по крайней мере, три интересных процесса.

Первый из них заключается в том, что наряду с проектами по модернизации сетей доступа, поддерживающих скорости обмена данными на уровне 1 Гбит/с и выше, публикуются иные планы. Ряд поставщиков мультисервисных услуг собирается в обозримой перспективе ограничиться номиналом скорости обмена данными в 100 Мбит/с и даже менее. К сожалению, детальные обоснования подобных решений также не приводятся.

Второй процесс связан с планами использования технологий семейства 5G [8] как самостоятельно, так и в сочетании с участками сети доступа, построенными на основе кабелей с оптическими волокнами. В последнем случае могут быть уменьшены размеры соты, что позволяет повысить скорость обмена данными. Ряд операторов связи, ссылаясь в том числе на последствия пандемии COVID-19, приняли решения по форсированному развитию сетей 5G, обеспечивающих комфортные условия для удаленной работы.

Третий процесс заключается в повышении скоростей обмена данными за счет использования различных средств доступа. В частности, предполагается заметный рост пропускной способности в новом поколении систем спутниковой связи. Такие же цели ставят перед собой разработчики проводных средств доступа, ориентируясь на потенциальные возможности, которые присущи оптическому волокну. Существенные достижения демонстрируют операторы мобильной связи, что, в значительной мере, обусловлено предпочтениями их клиентов. Распределение видов доступа иллюстрирует рис.1. Численные оценки для него получены в результате обработки статистики, собранной исследовательской компанией Mediascope (<https://mediascope.net>) с февраля по ноябрь 2020 года.

Численность пользователей возрастной группы от 25 до 34 лет более чем в два раза превосходит долю



абонентов старшей когорты. Тем не менее, интерес к доступу в интернет за счет ресурсов мобильной связи почти идентичен для обеих групп пользователей.

В некоторых исследованиях скорость доступа в Интернет включается в перечень показателей качества предоставляемых услуг. Отметим, что это не совсем корректно с точки зрения базовых положений, изложенных в рекомендации сектора стандартизации МСЭ E.800 [9]. Впрочем, с точки зрения пользователей ассоциация скорости доступа в интернет с показателями качества обслуживания вполне правомерна.

### 3. ПОВЫШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ УСЛУГ

Показатели качества обслуживания для мультисервисных пакетных сетей приведены в рекомендации сектора стандартизации МСЭ Y.1541 [10]. Для нулевого класса обслуживания (самого лучшего в первой версии этой рекомендации) среднее значение времени задержки IP-пакетов между интерфейсами "пользователь – сеть" было выбрано на уровне 100 мс. Появление тактильного интернета [11] продиктовало необходимость снижения этой величины для некоторых видов услуг до 1 мс. Иными словами, требования к рассматриваемому качественному показателю изменились на два порядка.

Аналогичные изменения произошли для двух других качественных показателей – значений вероятности потери IP-пакетов и их искажений. В первой версии рекомендации Y.1541 эти вероятности определялись как  $10^{-3}$  и  $10^{-4}$  соответственно. Для ряда приложений данные нормы оказались неприемлемыми.

В текущей версии рекомендации Y.1541 были введены шестой и седьмой классы обслуживания. Для них значения вероятности потери IP-пакетов и их искажений нормированы на уровне  $10^{-5}$  и  $10^{-6}$  соответственно. Кроме того, был введен еще один показатель, определяющий допустимую вероятность изменения места расположения IP-пакетов в их последовательности. Эта величина была выбрана на уровне  $10^{-6}$ .

Существенно изменились требования к надежности доступа. Расширение практики по заключению соглашений об уровне обслуживания – SLA (Service Level Agreement) – определяет необходимость установления нормы на коэффициент готовности между интерфейсами "пользователь – сеть", равной 0,99999 [12]. Это значение стало основанием для названия "Правило пяти девяток". Столь высокий коэффициент готовности актуализирует задачу резервирования трактов обмена данными. С точки зрения теории надежности [13] упрощенная модель сети доступа представима неориентированным графом с двумя вершинами ( $a_1, a_2$ ) и парой ребер ( $b_{12}, c_{12}$ ), которые изображены на рис.3. Эти элементы графа отображают два интерфейса, между которыми располагается сеть доступа. В качестве примера указаны две среды обмена информацией, моделями которых служат ребра графа.

Высокая вероятность связности двух интерфейсов обеспечивается в том случае, если используемые тракты обмена данными не содержат общих элементов. На первый взгляд, приведенные примеры отвечают такому требованию. Правда, следует учесть ограничения, обусловленные системой электропитания на стороне пользователя. Наличие резервного оборудования электроснабжения может стать важным требованием к надежности сети доступа [14].

#### 4. Сеть доступа и "Универсальное обслуживание"

Словосочетание "Универсальное обслуживание" (Universal Service) трактуется не всегда одинаково. В рекомендации сектора стандартизации МСЭ D.53 [15] приведены три важных положения, определяющих суть универсального обслуживания:

- доступность (availability) – уровень обслуживания должен быть одинаковым для всех пользователей, в любом месте и вне зависимости от времени;
- приемлемость по ценам (affordability) – тарифы на услуги не должны быть чрезмерно высокими;
- отсутствие барьеров (accessibility) – равное отношение к абонентам с точки зрения цены, качества обслуживания вне зависимости от того, где и когда они получают доступ к инфокоммуникационным услугам.

На официальном же сайте МСЭ (<https://www.itu.int>) можно найти несколько иное определение. В частности, обязанности операторов связи по универсальному обслуживанию относятся к так называемым основным услугам [16] и включают следующие условия:



Рис.3. Модель сети доступа в виде неориентированного графа

- хорошее качество предоставляемых услуг;
- обслуживание всех пользователей;
- приемлемые тарифы.

Кроме того, отдельные страны по-разному подходят к реализации универсального обслуживания, ставя перед операторами связи конкретные задачи. Следует отметить, что в отечественной литературе иногда используется термин "Универсальная услуга". Чаще всего он встречается в нормативных документах. Поскольку речь всегда идет о некоторой

**ПРОФИ ТТ** Профессиональное Телевизионное и Оптическое Оборудование

**PROFNEXT**



**PROFLEX**



**PROBOX**



Адаптер камерный оптический



Оборудование для передачи по оптике цифровых и аналоговых сигналов

- 12G/3G/HD/SD SDI, ASI, SECAM, PAL
- Ethernet, RS232, RS422, RS485
- Аудио аналоговые и цифровые AES/EBU
- Аудио через IP Dante, AES67
- Различные комбинации передаваемых сигналов

- Одноволоконная и многоволоконная передача сигналов
- Оптическое CWDM и электрическое TDM уплотнение
- Приемники с синхронизатором
- Оптические резерваторы
- Контроль параметров сигналов

- Автономные малогабаритные блоки системы «**ProBox**»
- Блоки для модульных систем «**PROFNEXT**» и «**PROFLEX**»
- **Адаптеры камерные оптические**

info@profit.ru

Сделано в России

www.profit.ru

совокупности услуг, то, на наш взгляд, предпочтительнее использовать словосочетание "Универсальное обслуживание".

В этом разделе статьи кратко рассмотрим лишь один аспект универсального обслуживания – особенности модернизации сетей доступа в сельской местности. Эти особенности, в значительной мере, обусловлены целью, которую сформулировал около двадцати лет назад главный консультант национальной Ассоциации США по сельской связи Джон О'Нил [17]: "Сохранение сельской связи на уровне городской входит в национальные интересы страны".

Действительно, сведения компании TeleGeography, опубликованные за последние годы, подтверждают стремление ряда операторов связи сблизить скорость доступа в интернет в городах и в сельской местности.

В частности, в провинции Саскачеван, расположенной на юге центральной части Канады, оператор SaskTel в 2019 году обеспечил доступ для жителей сельской местности на уровне 25 Мбит/с (здесь и далее приводятся данные для направления от сети к терминалу пользователя – download). Такую же скорость доступа предоставили пользователям операторы связи в США. Оператор спутниковой связи Xplornet предлагает сельским жителям Канады с 2021 года доступ со скоростью вплоть до 100 Мбит/с.

Амбициозный план полного покрытия территории Великобритании кабелями с оптическими волокнами к 2023 году позволит абонентам в сельской местности островного королевства получить доступ на уровне 1 Гбит/с. Использование технологии FWA (fixed-wireless access), которая основана на сочетании проводного и беспроводного доступа, рассматривается в Италии. Эта технология направлена на поддержку скорости доступа в интернет до 300 Мбит/с. В ФРГ возможность доступа на уровне 1 Гбит/с планируется для сельских абонентов к 2025 году.

Следует также отметить, что в ряде публикаций говорится о возможности предоставления симметричного доступа (по скорости обмена данными в направлениях upload и download). Предполагается, что такое решение будет востребовано, в основном, пользователями делового сектора.

Различие характеристик сельской местности с точки зрения географических, демографических, климатических и экономических показателей весьма существенно. По этой причине единого подхода к решению задач, связанных с универсальным обслуживанием, не существует. Проведение соответствующих исследований для сельских территорий в Российской Федерации представляет собой важную задачу, имеющую большое практическое значение.

## 5. АКТУАЛЬНОСТЬ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Междисциплинарные исследования – перспективное направление в решении сложных задач, а также в получении новых знаний [18]. Эффективность результатов междисциплинарных исследований существенно повышается при использовании в процессе разработки телекоммуникационного оборудования и инновационных решений. Данная проблема рассматривалась, например, в [19].

С точки зрения развития сетей связи междисциплинарные исследования важны по той причине, что появляется принципиально новое оборудование пользователей. Выше были упомянуты концепции подводного и подземного Интернета вещей. К ним следует добавить идею расширения функций автомобилей, направленных на дополнение парка платёжных систем. По оценкам авторитетной исследовательской и консалтинговой компании Gartner (<https://www.gartner.com/en>) к 2023 году объём платежей через автомобильные системы дойдёт до 1 млрд долл. В 2020 году через платёжные системы, инструменты для работы с которыми встроены в автомобили, в мире прошло менее 100 млн долл.

Не исключено, что некоторые виды окончательных устройств, передающих в настоящее время небольшой объём телеметрических данных, будут транслировать видеoinформацию [7]. Тогда требования к сетям доступа могут существенно измениться. Выявить изменения подобного рода могут только результаты тщательных междисциплинарных исследований.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направления развития сетей доступа обусловлены тенденциями модернизации инфокоммуникационной системы в целом. Технологические достижения, характерные для современных технических средств, которые применяются для развития сетей доступа, позволяют решить значительную часть возникающих задач. Тем не менее, нельзя исключить появление новых требований к сетям доступа, которые сложно прогнозировать в настоящее время. По этой причине остаются актуальными научные изыскания, особую роль в которых будут играть междисциплинарные исследования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пинчук А.В., Соколов Н.А. Пять направлений развития сетей доступа // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2017. № 5. С. 30–35.
2. Соколов Н.А. Эволюция сетей доступа. Три аспекта // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2015. № 2. С. 56–61.

3. Росляков А.В., Ваняшин С.В., Гребешков А.Ю., Самсонов М.Ю. Интернет вещей. Самара: ПГУТИ, АсГард, 2014. 340 с.
4. Qiu Tie, Zhao Zhao, Zhang Tong, Chen Chen, Chen C.L.Ph. Underwater Internet of Things in Smart Ocean: System Architecture and Open Issues // IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2020. Vol. 16. Issue 7. PP. 4297–4307.
5. Salam A., Raza U. Signals in the Soil: Developments in Internet of Underground Things. Springer, 2020. 448 p.
6. Росляков А.В. Парадоксы телекоммуникационной терминологии // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2020. № 3. С. 44–47.
7. Соколов Н.А. Сценарии реализации концепции "Интернет вещей" // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2016. № 4. С. 50–54.
8. Lei W., Soong A.C.K., Jianghua L., Yong W., Clason B., Xiao W., Mazzaresse D., Yang Z., Saboorian T. 5G System Design: An End to End Perspective. Springer, 2020. 393 p.
9. ITU-T. Definitions of terms related to quality of service. Recommendation E.800. Geneva: ITU, 2008. 30 p.
10. ITU-T. Network performance objectives for IP-based services. Recommendation Y.1541. Geneva: ITU, 2011. 66 p.
11. Кучерявый А.Е., Маколкина М.А., Киричек Р.В. Тактильный интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками // Электросвязь. 2016. № 1. С. 45–47.
12. Нетес В.А. Надежность сетей связи в период перехода к NGN // Вестник связи. 2007. № 9. С. 126–130.
13. Острейковский В.А. Теория надежности. М.: Высшая школа, 2008. 464 с.
14. Леваков А.К. Особенности функционирования сети следующего поколения в чрезвычайных ситуациях. М.: ИРИАС, 2012. 108 с.
15. ITU-T. International aspects of universal service. Recommendation D.53. Geneva: ITU, 2017. 12 p.
16. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи. СПб: БХВ, 2010. 400 с.
17. Соколов Н.А. Телекоммуникационные сети. Глава 3. М.: Альварес Пабблишинг, 2004. 190 с.
18. Моисеев Н.Н. Избранные труды. В 2-х т. Т. 2. Междисциплинарные исследования глобальных проблем. Публицистика и общественные проблемы. М.: Тайдекс Ко, 2003. 264 с.
19. Пинчук А.В., Соколов Н.А. Опыт формирования инновационных решений при разработке телекоммуникационного оборудования // Вестник связи. 2017. № 2. С. 3–8.

XII Международная конференция

21–22 апреля 2021  
отель «Холлидей Инн Лесная»  
г. Москва, ул. Лесная, д. 15

**TransNet**

Russia & CIS

## Transport Networks Russia & CIS

Развитие телекоммуникационных  
транспортных сетей в России и СНГ

Transport Networks Russia & CIS 2021 это:

- Более 400 участников
- Более 50 докладчиков – операторов, регуляторов и поставщиков оборудования и сервисов
- Более 20 экспонентов
- Более 40 инфопартнеров
- Поддержка ведущих отраслевых ассоциаций и объединений деятелей рынка

Организатор:

**COMNEWS  
CONFERENCES**

При поддержке:

ОБЩЕСТВЕННАЯ  
КОМПАНИЯ  
«РОССИЙСКИЕ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ  
КОРПОРАТИВНЫЕ  
СТРУКТУРЫ  
КОРПОРАТИВНЫЙ  
БАНК»

Спонсор индивидуальной защиты:

**GT**  
СУПЕРТЕЛ  
Центральная служба телекоммуникаций

При участии:

**Плотность Света**

Участник выставки:

**Раском**

[www.comnews-conferences.ru/tn2021](http://www.comnews-conferences.ru/tn2021)