

ПЯТЬ НАПРАВЛЕНИЙ развития сетей доступа

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

УДК 621.391, DOI: 10.22184/2070-8963.2017.66.5.30.35

Анализируются направления развития сетей доступа; приводятся данные, влияющие на их качественные и количественные характеристики. Внимание акцентировано на важности проведения междисциплинарных исследований и практического применения полученных результатов.

ВВЕДЕНИЕ

Поводом написания данной статьи послужила дискуссия, проведенная журналом "Первая миля" на выставке "Связь-2017". Круглый стол был приурочен к десятилетию выхода в свет первого номера издания, с чем все участники дискуссии поздравили сотрудников журнала [1]. Словосочетания "первая миля" и "сеть доступа" большинство специалистов рассматривает как синонимы, что, с некоторыми несущественными оговорками, допустимо с терминологической точки зрения. Именно по этой причине авторы решили опубликовать данную статью в журнале "Первая миля".

Модель инфокоммуникационной системы, показанная на рис.1, содержит пять компонентов. Она основана на идеях, предложенных Международным союзом электросвязи (МСЭ) в процессе разработки принципов построения глобальной информационной инфраструктуры, сформулированных в рекомендациях серии "У".

К сети доступа предъявляются новые требования. С определенной долей условности их можно разделить на две большие группы, порождаемые причинами внутреннего и внешнего характера, которые определяются логикой развития инфокоммуникационной системы в целом. Эти причины стимулируют процессы, которые уместно представить при помощи пяти основных направлений развития сетей доступа. Каждое из этих направлений рассматривается в отдельном разделе статьи.

1. ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ОБМЕНА ДАННЫМИ

Аспектам изменения скорости обмена данными была посвящена статья [2], которая базировалась,

в основном, на статистических данных, каждый рабочий день появляющихся на сайте компании TeleGeography. За два года с момента публикации этой статьи произошел ряд изменений, которые можно представить пятью положениями:

- анонсируется большинством поставщиков услуг широкополосного доступа возможность предоставления скорости обмена данными на уровне 1 Гбит/с и выше. При этом убедительные аргументы в пользу целесообразности применения столь высокой скорости передачи информации не приводятся;
- становятся практически идентичными максимальные значения скорости обмена информацией для всех сред распространения сигналов. Следует особо отметить прогресс спутниковой связи. Важная роль отводится спутниковым системам высокой пропускной способности, более известным как HTS (high throughput satellite);
- предполагается в обозримой перспективе выравнивание скоростей для потоков от терминала в сеть (upload) и обратно (download);
- сохраняется различие в скоростях доступа в городах и в сельской местности. Особые сложности связаны с удаленными сельскими территориями (remote area в терминах МСЭ);
- исследуется влияние концепции "Интернет вещей" на изменения в сетях доступа, которые могут стать весьма существенными [3]. Изменения будут стимулированы также процессами, свойственными двум элементам инфокоммуникационной системы, расположенным в правой части рис.1. Речь идет

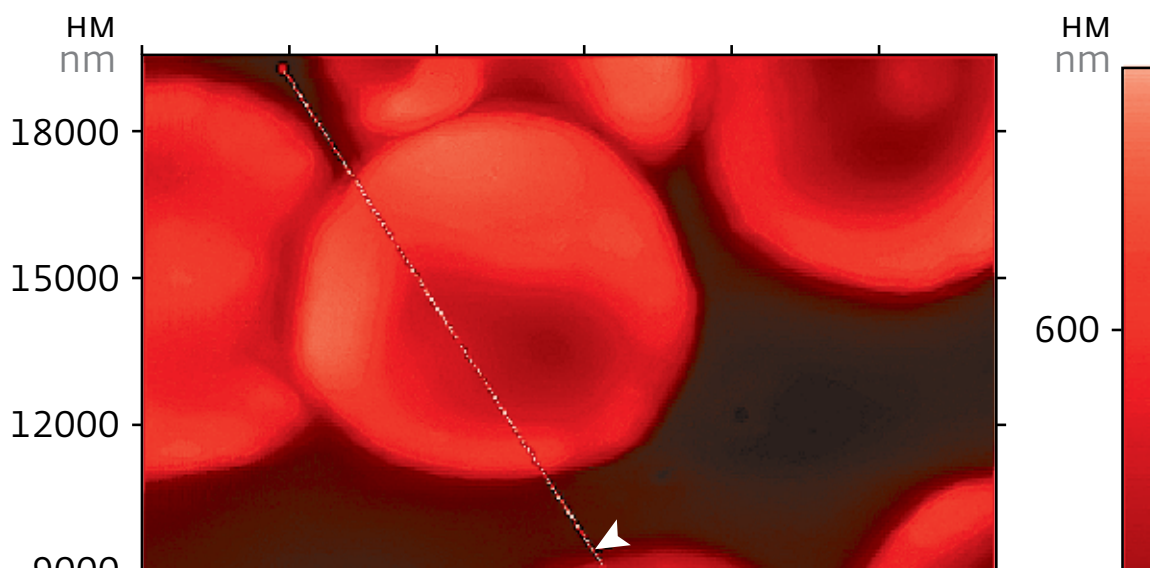


Рис.1. Модель инфокоммуникационной системы

о новых услугах, предоставляемых пользователям, и информационных ресурсах, которые предлагают поставщики контента.

Каждое из этих положений заслуживает более подробного обсуждения, для проведения которого было бы полезно обменяться мнениями со специалистами, занимающимися исследованием, проектированием, построением и эксплуатацией сетей доступа разного рода в различных субъектах Российской Федерации.

2. ПОВЫШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ

Изменение требований к качеству передачи информации обусловлено в основном процессами, обозначенными в рассматриваемой модели как "+ Новые ресурсы". Наглядный пример подобных процессов – появление стандартов телевидения, известных по сокращениям 4K и 8K [4]. Они определяют принципы телевидения сверхвысокой четкости – UHD TV (Ultra High Definition Television). Цифры в названиях 4K и 8K выбраны по той причине, что стандарты предусматривают – по горизонтали – приблизительно 4000 и 8000 пикселей соответственно. Иногда в технической литературе используются названия UHD TV-1 и UHD TV-2.

Помимо роста скорости передачи информации применение стандартов 4K и 8K порождает ряд дополнительных требований к качеству сигналов. Одним из привычных показателей такого рода служит коэффициент ошибок по битам – BER (Bit Error Rate). Для сетей, построенных на основе IP-технологии, в рекомендации сектора стандартизации МСЭ Y.1541 [5] нормированы величины допустимой вероятности искажения пакета для разных классов обслуживания. Они равны 10^{-4} и 10^{-6} . Приближенная оценка допустимой вероятности ошибок по битам может быть получена умножением величин 10^{-4} и 10^{-6} на длину пакета. Даже для "длинного" пакета размером 1500 байт искомые значения допустимого коэффициента ошибок по битам составят $1,2 \cdot 10^{-8}$ и $1,2 \cdot 10^{-10}$ соответственно. В рекомендации сектора радиосвязи МСЭ BT.2077-0 [6] для стандарта UHD TV обсуждаются нормы на коэффициент ошибок по битам в диапазоне от 10^{-12} и 10^{-14} , что требует тщательного изучения возможности каждой конкретной среды переноса сигналов для предоставления услуг телевидения сверхвысокой четкости.

Ряд других приложений, которые напрямую не связаны с телевизионным вещанием (в частности,

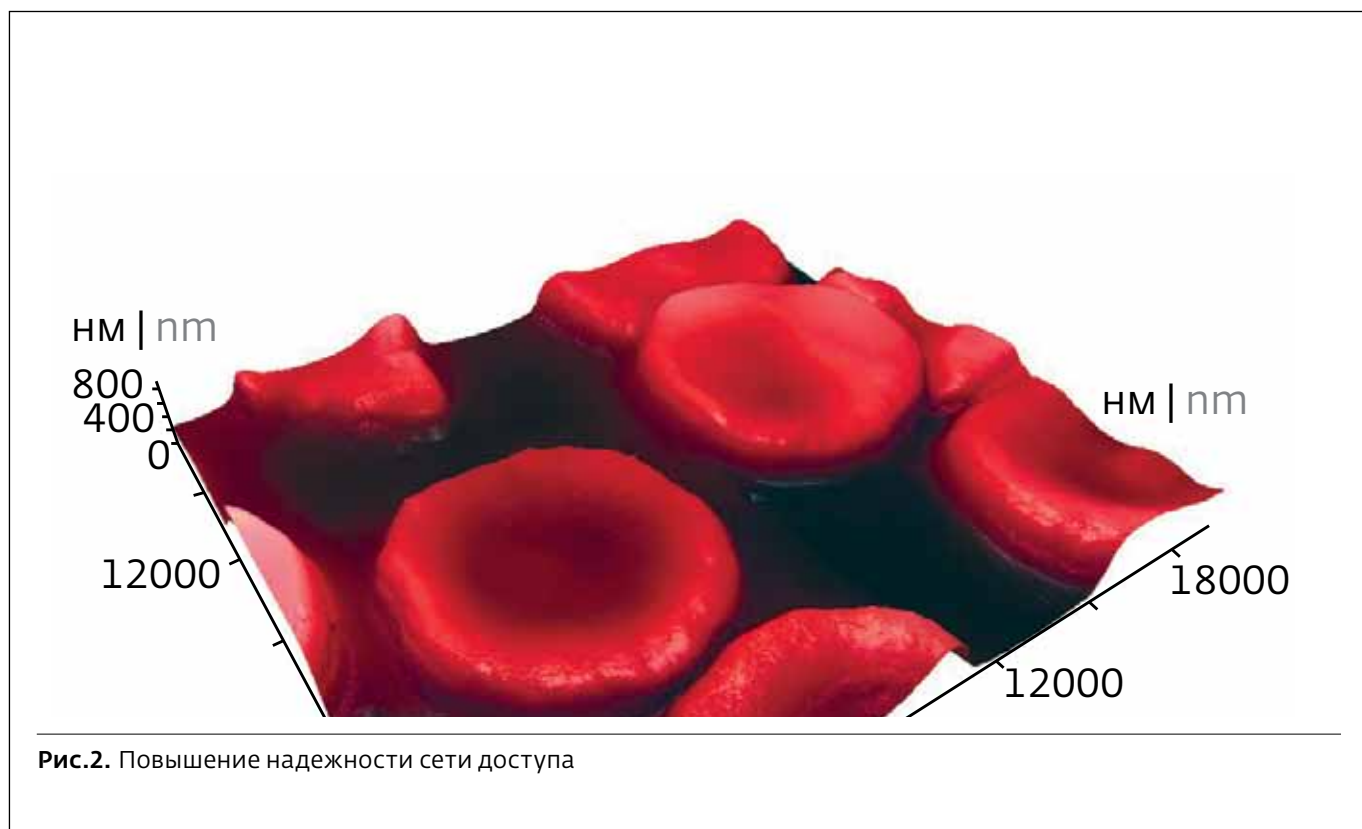


Рис.2. Повышение надежности сети доступа

телемедицина), также будут требовать повышения характеристик качества передачи сигналов. По этой причине данное направление эволюции сетей доступа представляет собой совокупность задач, требующих проведения тщательных исследований.

3. РОСТ ТРЕБОВАНИЙ К НАДЕЖНОСТИ СЕТИ ДОСТУПА

Необходимость повышения надежности сети доступа [7], как и всей телекоммуникационной системы [8], остается важным направлением работ для эксплуатационных компаний и поставщиков услуг. На уровне доступа совместное использование разных сред распространения сигналов стало эффективным решением для обеспечения высокого уровня коэффициента готовности. Данное утверждение удобно прокомментировать при помощи модели, изображенной на рис.2.

Между терминальным оборудованием пользователя и базовой сетью формируются два независимых (в терминах теории надежности) пути обмена информацией. Это позволяет значительно повысить коэффициент готовности сети доступа, что необходимо вследствие роста требований к надежности инфокоммуникационной

системы в целом. Для перспективных сетей электросвязи, особенно в случае заключения соглашений об уровне обслуживания SLA (Service Level Agreement), коэффициент готовности между терминалами пользователей устанавливается на уровне 0,99999 [8]. Это значение стало основанием для названия "Правило пяти девяток".

Естественно, что для сети доступа, обеспечивающей выполнение "Правила пяти девяток", коэффициент готовности должен быть выше, чем 0,99999. В современных сетях доступа часто используется оборудование, требующее электропитания. По этой причине необходимо не только предусмотреть наличие альтернативных маршрутов обмена информацией, но и резервирование системы электропитания.

Высокие значения коэффициента готовности для узлов коммутации достигаются, в том числе, минимизацией времени восстановления работоспособности оборудования. В ряде случаев необходимая операция сводится к замене печатных плат обслуживающим персоналом. Подобные действия для оборудования доступа могут потребовать значительного времени, так как обслуживающему персоналу необходимо добраться до той точки, в которой размещаются аппаратно-программные средства, требующие

проведения ремонта. Данная ситуация стимулирует повышение среднего времени наработки между отказами [9] для технических средств, предназначенных для построения и модернизации сетей доступа.

4. Прогноз тенденций эволюции сети пользователя

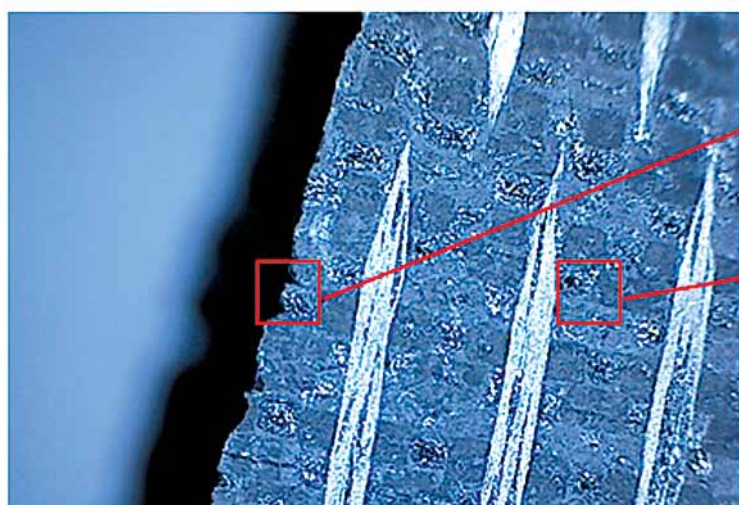
Пожалуй, в течение ближайших лет самые существенные изменения будут наблюдаться в том компоненте инфокоммуникационной системы, который называется сетью пользователя. В свою очередь, эти изменения будут заметно влиять на принципы дальнейшей эволюции сети доступа. Привычное оборудование пользователя дополняется устройствами, образующими класс "Интернет вещей" [10], численность которых заметно превысит количество ныне эксплуатируемых терминалов. Кроме того, начинается практическое использование концепции IoV (Internet of Vehicles) – "Интернет транспортных средств" [11]. Эта концепция направлена на построение интеллектуальной мультимодальной транспортной системы [12], использующей функциональные возможности

телекоммуникационных сетей для оперативного обмена важной информацией.

В результате границы сети пользователя зачастую придется определять в трехмерном пространстве. Трафик становится менее понятным и плохо прогнозируемым, усложняются задачи обеспечения требуемых показателей надежности и безопасности. Тем интереснее представляются задачи, которые придется решать всем участникам инфокоммуникационной индустрии – исследовательским центрам, университетам, проектным институтам, строительным компаниям, операторам связи, поставщикам услуг.

Любопытны изменения, касающиеся "размеров" сети пользователя (рис.3). Для сетей фиксированной телефонной связи применительно к так называемому квартирному сектору длина участка от телефонного аппарата до распределительной коробки не превышает нескольких десятков метров. Мобильный телефон практически "вбирает в себя" сеть пользователя, то есть она, выражаясь математическим языком, "стягивается в точку". Перспективная сеть пользователя, обеспечивающая предоставление широкого спектра мультисервисных услуг, заметно

Кромка изделия из "Арголон – 4DL"
Edge of product of Argolon – 4DL



Выкрашивание на кромке
Chipping on edge

Выкрашивание на поверхности
Chipping on surface



Рис.3. Изменение "размеров" сети пользователя

раздвигает привычные границы. Некоторые ее компоненты способны перемещаться с разными значениями скорости и ускорения.

Объем и характер информационных потоков, свойственных эксплуатируемым сетям пользователя, в значительной мере определяются требованиями интернета и услугами доставки видео. Скорости передачи сигналов для потоков от терминала в сеть (upload) и обратно (download) заметно различаются. Выше было отмечено, что в обозримой перспективе предполагается выравнивание этих скоростей, что объясняется тенденциями развития сетей пользователя. Если реализация концепций "Интернет вещей" и "Интернет транспортных средств" потребует передачу и обработку видеоизображений, то нельзя исключить асимметрию скоростей, природа которой будет противоположна наблюдаемой в настоящее время.

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Междисциплинарные исследования – перспективное направление в решении сложных задач, а также в получении новых знаний [13]. Подобные возможности могут быть реализованы как за счет использования новых технических средств, так и благодаря применению перспективных информационных технологий Big Data [14] и Data Mining [15] – большие данные и интеллектуальный анализ информации соответственно.

С точки зрения применения уже имеющихся технических средств для решения сложных задач интересен следующий пример. В начале мая текущего года на официальном портале Ненецкого автономного округа было размещено сообщение об успешном поиске молодой важеньки Тэмуйка и ее олененка, которые отстали от стада. Это стало возможным благодаря специальным ошейникам, взаимодействующим со спутниковой системой "Гонец" [16], которая используется для организации связи в северных широтах. По оценкам специалистов по оленеводству, применение системы спутникового мониторинга позволит сократить потери стада как минимум на 50%.

Данный пример уместно рассмотреть и с другой точки зрения. Подобные ошейники позволяют постоянно получать детальную информацию о перемещении стад оленей (направление, скорость, длительность стоянок и другие полезные сведения). Обработка полученной информации с использованием упомянутых выше технологий Big Data и Data Mining позволяет выявить

закономерности миграции оленей, а также их способность предугадывать погодные изменения. В некоторых случаях точность предчувствия грядущих изменений погодных условий, свойственная животным, превышает достоверность метеорологических прогнозов. Анализ расхождения прогностических оценок, "полученных" животными и вычисленных специалистами, может привести к получению новых знаний, что и служит основной целью проведения междисциплинарных исследований.

Эффективность результатов междисциплинарных исследований существенно повышается при использовании в телекоммуникационном обороте инновационных решений. Данная проблема рассматривалась авторами в [17]. С точки зрения эволюции сетей доступа следует выделить два взаимодополняющих друг друга процесса. Первый процесс заключается в применении результатов междисциплинарных исследований для дальнейшего развития сетей доступа с учетом точно известных и прогнозируемых с некоторой достоверностью требований. Второй процесс – использование существующих и новых функциональных возможностей сетей доступа для проведения междисциплинарных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя изложенные выше соображения, можно сделать несколько практически значимых выводов.

Во-первых, пропускная способность сетей доступа будет повышаться, номиналы скорости для потоков от терминала в сеть (upload) и обратно (download) – выравниваться.

Во-вторых, возрастут требования к качеству передачи информации, что обусловлено спросом на услуги телевидения ультравысокой четкости и рядом других приложений.

В-третьих, придется решать комплекс задач, порождаемых необходимостью обеспечения высокой надежности сетей доступа.

В-четвертых, следует тщательно анализировать тенденции изменения в сетях, создаваемых пользователями, так как они формируют новые дополнительные требования к сетям доступа.

В-пятых, важную роль в дальнейшей эволюции сетей доступа будут играть результаты междисциплинарных исследований.

Рассмотренные направления развития сетей доступа, несомненно, актуальны, но они не исчерпывают круг тех задач, которые приходится

решать специалистам отрасли связи и смежных дисциплин. В качестве важной задачи, требующей отдельного и тщательного анализа, следует назвать круг проблем по развитию сетей доступа в сельской местности. Ряд положений, изложенных в этой статье, справедлив и для таких сетей. Тем не менее, многим сельским районам присущи столь специфические особенности, что решение возникающих задач требует дополнительного изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Круглый стол // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2017. № 4. С. 44–51.
2. Соколов Н. Эволюция сетей доступа. Три аспекта // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2015. № 2. С. 56–61.
3. Соколов Н. Сценарии реализации концепции "Интернет вещей" // Первая миля. 2016. № 4. С. 50–54.
4. Староватов В., Прохоров А. Увидеть перспективы видео и победить // Технологии и средства связи. 2017. № 1. С. 42–47.
5. ITU-T. Network performance objectives for IP-based services. Recommendation Y.1541. – Geneva, 2006. 50 p.
6. ITU-R. Real-time serial digital interfaces for UHD TV signals. Recommendation BT.2077-0. – Geneva, 2015. 157 p.
7. Соколов Н.А. Задачи планирования сетей электросвязи. – СПб.: Техника связи, 2012. 432 с.
8. Нетес В.А. Надежность сетей связи в период перехода к NGN // Вестник связи. 2007. № 9 С. 126–130.
9. Острейковский В.А. Теория надежности. – М.: Высшая школа, 2008. 464 с.
10. Росляков А.В., Ваняшин С.В., Гребешков А.Ю., Самсонов М.Ю. Интернет вещей. – Самара: ПГУТИ, Ас Гард, 2014. 340 с.
11. Internet of Vehicles – Technologies and Services: Third International Conference, IoV 2016, Nadi, Fiji, December 7–10. – Springer, 2017. 250 p.
12. Комашинский В.И., Малыгин И.Г., Аванесов М.Ю, Асаул А.Н. Концептуальные подходы к построению интеллектуальной мультимодальной транспортной системы РФ // Информатика и Космос. 2016. № 3. С. 8–17.
13. Моисеев Н.Н. Избранные труды. В 2-х томах. Том 2. Междисциплинарные исследования глобальных проблем. Публицистика и общественные проблемы. – М.: Тайдекс Ко, 2003. 264 с.
14. Erl T., Khatkhatk W., Buhler P. Big Data Fundamentals: Concepts, Drivers & Techniques. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 2015. 218 p.
15. Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining. Concept and Techniques. – Morgan Kaufmann Publishers, 2011. 703 p.
16. Жаров А. Многофункциональная система персональной спутниковой связи "Гонец-Д1М": состояние и перспективы развития // Технологии и средства связи. Специальный выпуск "Спутниковая связь и вещание". 2014. С. 72–78.
17. Пинчук А.В., Соколов Н.А. Опыт формирования инновационных решений при разработке телекоммуникационного оборудования // Вестник связи. 2017. № 2. С. 3–8.