

# Аспекты долгосрочной эволюции телекоммуникационной системы

Н.А.Соколов, д.т.н., директор по науке ООО "ПРОТЕЙ СТ" / sokolov@protei.ru

УДК 621.391, DOI: 10.22184/2070-8963.2026.134.2.58.64

Рассматривается ряд аспектов, определяющих облик перспективной телекоммуникационной системы. Предложены решения по изменению некоторых принципов построения телекоммуникационной системы, которые намечено реализовать в ближайшие годы. Эти решения, по мнению автора, позволят устранить некоторые существенные недостатки, характерные для текущего этапа развития сетей электросвязи.

## Введение

Основные направления развития телекоммуникационных систем различного назначения сформулированы Международным союзом электросвязи (МСЭ) в виде концепции "Сеть-2030". Ее ключевые аспекты хорошо представлены в публикациях профессора А.В.Рослякова [1, 2]. Практическая реализация концепции "Сеть-2030" обещает предоставить пользователям широкий спектр телекоммуникационных услуг. Недостатки и потенциальные риски, как правило, в подобных материалах не указываются. Они обычно анализируются в публикациях, которые детализируют предлагаемые инновационные решения.

На одной международной конференции профессор Л.Е.Варакин обратил внимание аудитории на следующий факт: сеть электросвязи общего пользования представляет собой сложную консервативную систему. Сложность сети электросвязи, по всей видимости, не требует комментариев. Консервативность заключается в том, что радикальная модернизация эксплуатируемых технических средств обычно занимает длительный период времени. По этой причине не все новшества, представляющиеся их разработчикам весьма перспективными, могут быть реализованы на практике. Соображения, изложенные ниже, относятся к положениям подобной природы. Для выявления

возможности и целесообразности их воплощения необходимы дополнительные исследования.

В статье рассматриваются три аспекта эволюции телекоммуникационной системы. Первый аспект связан с цикличностью ее развития [3–5], что позволяет сформулировать гипотезу о появлении ряда существенных инноваций к 2040 году. Практическое применение процессов консолидации [6] обсуждается как второй аспект. Третий аспект касается задач по обеспечению информационной безопасности.

## Цикличность развития телекоммуникационной системы

Выделение сорокалетних циклов, определяющих радикальные изменения в интерактивных сетях, уже обсуждалось на страницах журнала "ПЕРВАЯ МИЛЯ" в [5]. В этой публикации приведена иллюстрация (рис.1), которая дополнена названием еще одного этапа, появление которого предполагается примерно к 2040 году. Он соотносится с реализацией концепции, которая (по аналогии с практикой МСЭ) названа как "Сеть-2040".

Выдающийся русский ученый Николай Дмитриевич Кондратьев, исследовавший экономические аспекты



Рис.1. Этапы радикальных изменений в интерактивных сетях электросвязи

цикличности, считал, что они имеют всеобщий характер. Иными словами, цикличность характерна не только для экономики. Конечно, все даты, указанные на оси абсцисс, следует рассматривать как приближенные оценки. Это обстоятельство не противоречит гипотезе о наличии циклов, определяющих качественные изменения телекоммуникационной системы.

Процессы, стимулирующие изменения в отдельных компонентах телекоммуникационной системы, могут порождаться разными причинами. Модель телекоммуникационной системы, приведенная на рис.2, составлена на основе анализа рекомендаций МСЭ серии Y. Она состоит из трех основных компонентов, которые обеспечивают пользователям получение услуг электросвязи и взаимодействие с информационной системой.

Эволюция телекоммуникационной системы в целом обусловлена требованиями пользователей и процессами развития информационной индустрии. Модернизация отдельных компонентов системы стимулируется также технологическими инновациями средств передачи, коммутации и обработки информации. Длительность соответствующих циклов, как правило, короче сорокалетних

периодов. Например, между процессами "Автоматизация оборудования коммутации" и "Переход к пакетным технологиям" сменилось пять поколений телефонных станций [7]: машинные, декадно-шаговые, координатные, квазиэлектронные и цифровые.

Анализ длительности циклов, определяющих радикальные изменения в составе трех основных компонентов телекоммуникационной системы, – предмет отдельного исследования. Полученные результаты будут полезны для постановки и решения прикладных задач, касающихся организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

### Технологии коммутации

Современные мультисервисные сети используют пакетную коммутацию как единый способ распределения информации [8]. В концепции "Сеть-2030" предусмотрена разработка новых пакетных технологий [9]. По всей видимости, такое решение обусловлено нестабильностью характеристик качества обслуживания для услуг телефонной связи и видеoinформации при использовании пакетных технологий. Читатели журнала наверняка сталкивались

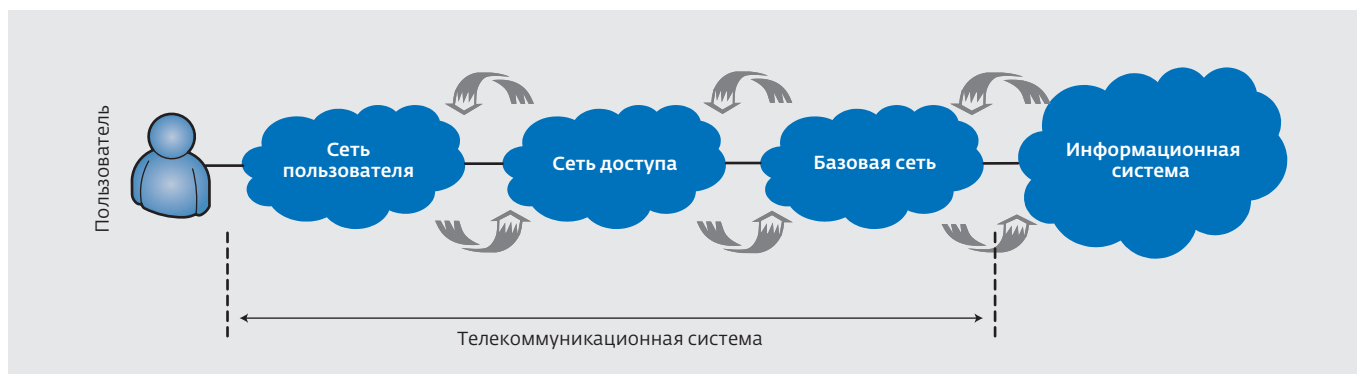


Рис.2. Модель телекоммуникационной системы

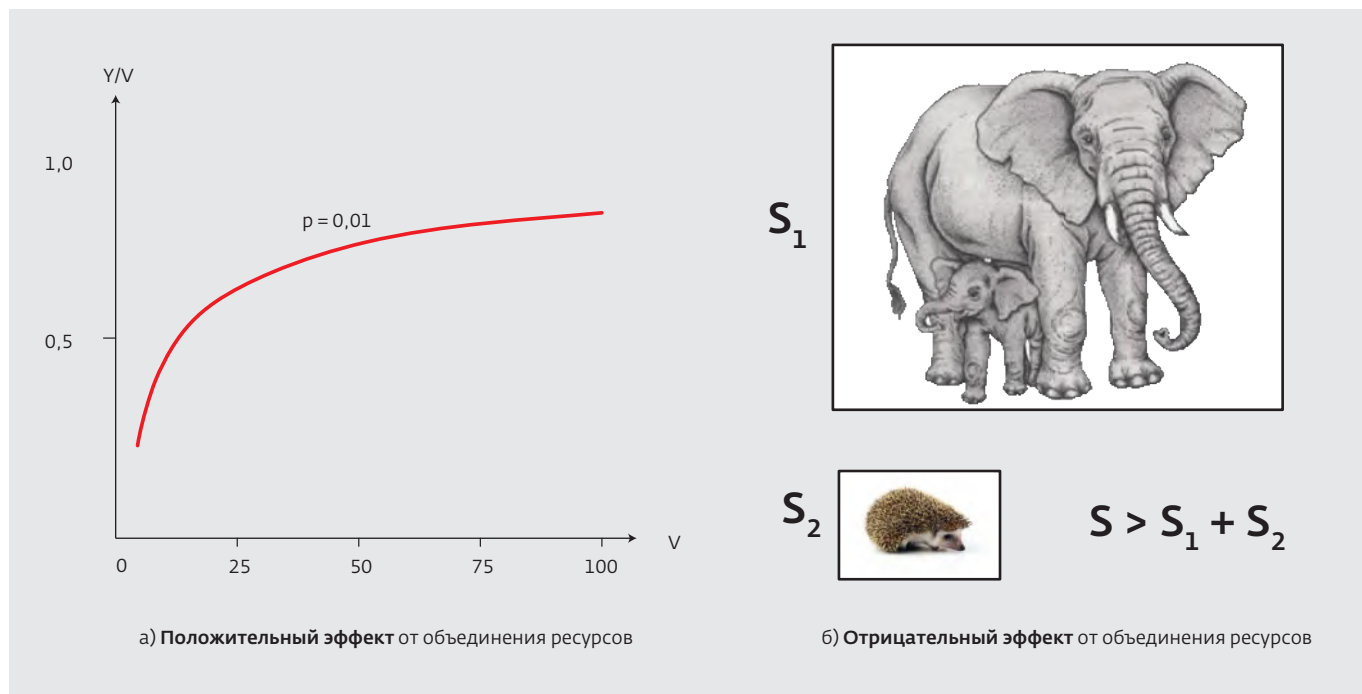


Рис.3. Два примера по объединению ресурсов [6]

с периодическим снижением качества диалога при использовании IP-телефонии и с нарушением целостности изображения в случае применения технологии IP-телевидения.

Обмен данными и иной информацией, которая не столь критична ко времени доставки (включая такие показатели, как среднее значение и джиттер), уместно осуществлять при помощи пакетных технологий, позволяющих минимизировать вероятность получения искаженных сообщений. Для трафика речи и видео подобное решение не представляется разумным, в первую очередь, по соображениям, касающимся поддержки нормированных показателей качества предоставления соответствующих услуг.

Следует также упомянуть, что при использовании пакетных технологий для обслуживания трафика речи и видео нарушается принцип красоты технических решений [10, 11]. Каждую секунду многократно передается одна и та же адресная информация. Наш выдающийся соотечественник авиаконструктор Андрей Николаевич Туполев высказал такое утверждение: "Некрасивые самолеты не летают". Слова "не летают" можно, с определенными допущениями, отнести к характеристикам качества предоставляемых услуг для речевой и видеoinформации при использовании пакетных технологий.

В настоящее время мультисервисные сети построены на принципах интеграции [12], хотя при их описании чаще встречается слово "конвергенция". Не исключено,

что смена термина объясняется отсутствием ожидаемого эффекта от практической реализации концепции, основанной на идеях построения сетей интегрального обслуживания (как узкополосной – ISDN, так и широкополосной – B-ISDN). Обычно интеграция (объединение, укрупнение) приносит, среди прочих преимуществ, экономический эффект. Данное утверждение справедливо не всегда.

Для иллюстрации получения положительного и отрицательного эффектов от интеграционных решений уместно рассмотреть два примера по объединению ресурсов, представленные на рис.3, который был приведен в статье [6]. Первый пример основан на известном соотношении в теории телетрафика – первой формуле Эрланга [12]. Она связывает величину интенсивности трафика  $Y$ , количество обслуживаемых устройств  $V$  и вероятность отказа в обслуживании  $p$ . Во всех сетях электросвязи величина  $p$  нормируется. График, приведенный в левой части рис.3, свидетельствует о возможности увеличения отношения  $Y/V$  (фактически – коэффициента полезного действия) при росте объема ресурсов  $V$ .

Второй пример иллюстрирует отрицательный эффект интеграции. Пусть  $S_1$  и  $S_2$  – величины площади, достаточные для вольеров, в которых содержатся слоны и ежики соответственно. Предположим, что принято решение по объединению двух вольеров в один с площадью  $S$ . Чтобы вероятность гибели ежиков под ногами слонов

стала приемлемой величиной, необходимо соблюдать следующее условие:  $S > S_1 + S_2$ . В некоторых случаях подобное условие приобретает такой вид:  $S \gg S_1 + S_2$ .

Примером преодоления подобных коллизий может служить концепция, получившая в англоязычной научно-технической литературе название Slicing [14]. Соответствующая технология позволяет разделять общие ресурсы для построения нескольких сетей электросвязи. Концепция Slicing была разработана для пятого поколения сетей мобильной связи, известной по нотации 5G. Тем не менее, нет каких-либо существенных ограничений для ее применения в стационарных сетях электросвязи. Такой подход свидетельствует о частичном отказе от идеи интеграции и разумном использовании процессов консолидации [6, 12].

Примером процессов консолидации, применительно к технологиям коммутации для концепции "Сеть-2040", может стать такое решение:

- для трафика речи используется метод распределения информации, основанный на новой технологии, схожей с традиционной коммутацией каналов [7];
- для некоторых видов трафика видео (в частности, для трансляции программ телевизионного вещания) должна быть разработана своя технология, также близкая к коммутации каналов;
- для трафика данных и иных видов информации, которые не столь критичны к характеристикам доставки, могут быть задействованы новые пакетные технологии, разработка которых подразумевается концепцией "Сеть-2030";
- транспортные ресурсы делятся между тремя перечисленными выше видами трафика, используя единую систему управления для возможного заимствования части пропускной способности трактов обмена информацией при возникновении существенных перегрузок и/или неординарных событий [15].

Общими компонентами телекоммуникационной системы остаются все инфраструктурные сооружения (в частности, здания, кабели связи и соответствующая канализация, мачты для размещения радиотехнических средств), а также кроссовое оборудование, средства электропитания, аппаратно-программные средства для реализации функций технической эксплуатации. Конечно, возможность практической реализации требует проведения серьезных научных исследований, включая технико-экономическое обоснование. Они смогут ответить на вопрос о целесообразности усложнения и удорожания оборудования для повышения

качественных показателей предоставляемых инфокоммуникационных услуг.

## Информационная безопасность

Этот раздел статьи начнем с притчи, которую – в разных вариантах – можно найти во всемирной паутине. Текст этой притчи приводится ниже в той редакции, которую можно найти по ссылке [16]:

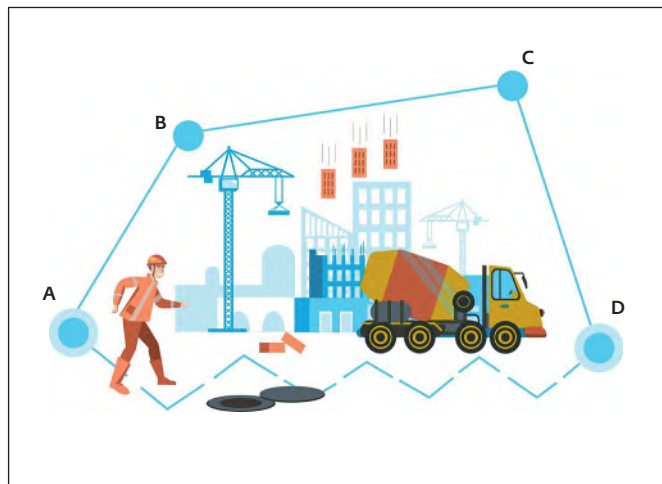
*Путник, идущий вдоль реки, услышал отчаянные детские крики. Подбежав к берегу, он увидел в реке тонущих детей и бросился их спасать. Заметив проходящего человека, он позвал его на помощь. Тот стал помогать тем, кто еще держался на плаву. Увидев третьего путника, они позвали его на помощь, но он, не обращая внимания на призывы, ускорил шаги. "Разве тебе безразлична судьба детей?", – спросили спасатели. Третий путник им ответил: "Я вижу, что вы вдвоем пока справляетесь. Я добежу до поворота, узнаю, почему дети попадают в реку, и постараюсь это предотвратить".*

Если следовать решению третьего путника, то необходимо радикально изменить принципы обмена информацией, допускающие вмешательство злоумышленников. Результаты подобных усилий могут существенно упростить решение задач по обеспечению информационной безопасности и повысить вероятность получения достоверной информации. По всей видимости, это повлечет рост инвестиций в модернизацию телекоммуникационной и информационной систем, но приведет к минимизации затрат на обеспечение информационной безопасности [17].

Аналог двух вариантов обмена данными приведен на рис.4 в виде строительной площадки. Движение из точки А в точку D по более короткому маршруту, показанному пунктирными линиями, сопряжено с рядом опасностей в виде открытого люка, падающих кирпичей и транспортных средств. Современный подход к обеспечению информационной безопасности похож на решения, связанные с использованием более прочной каски, маркировкой открытых люков, изменением маршрута с учетом вероятности падения кирпичей и подобных процедур. Если же двигаться через промежуточные точки В и С, то большей части угроз удастся избежать.

Удлинение пути из точки А в точку D следует рассматривать как повышение затрат на разработку аппаратно-программных средств, обеспечивающих более высокий уровень информационной безопасности. Частный пример решения рассматриваемой задачи приведен в статье [18]. Он основан на использовании устройства, названного конвертором "Изображение – Данные".

Модель тракта обмена данными показана на рис.5. Сокращение "И/Д" образовано от словосочетания



**Рис.4.** Аналогии двух вариантов обмена данными

"Изображение – Данные". Интерфейсы "пользователь – сеть" (ИПС) расположены на границах сети обмена IP-пакетами. Интерфейс "получатель – конвертор" (ИПК) служит для согласования терминалов, названных приемником и получателем данных. Источник и приемник данных рассматриваются как оборудование, осуществляющее обмен информацией. Получатель данных – это объект или субъект, способный правильно интерпретировать полученную информацию.

ИПС и ИПК схожи между собой, так как реализуются на основе стандартной модели взаимодействия открытых систем [19]. Различия между ними связаны, в основном, с реализацией шестого и седьмого уровней упомянутой модели. Предлагаемый подход

уместно проиллюстрировать при помощи аналога, содержащего надводную и подводную части айсберга, которые приведены на рис.6. Для каждой части айсберга определены два кортежа.

Сканируемое с монитора изображение содержит полезную информацию, которая представлена кортежем  $\langle A, B, C \rangle$ . Последующая обработка изображения с монитора компьютера на другом терминальном устройстве, которое никогда не подключается к сети электросвязи, что, как правило, позволяет получить достоверные сведения для ряда инфокоммуникационных приложений. В частности, такое решение приемлемо для проведения исследований, результаты которых понятны пользователю. Например, ожидается получение функции, похожей на параболу.

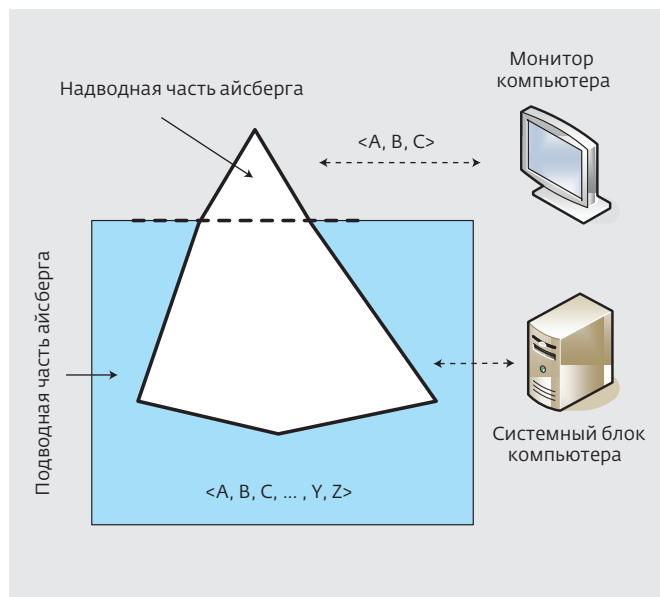
При такой обработке полученной информации не используются данные, находящиеся в системном блоке компьютера. Предполагается, что эти данные, отображаемые кортежем вида  $\langle A, B, C, \dots, Y, Z \rangle$ , содержат служебные сообщения и – в некоторых случаях – вредоносные объекты. Конечно, такое решение может быть использовано для ограниченного круга приложений. Тем не менее, подобный подход может стать полезен для дальнейших работ по обеспечению высокого уровня информационной безопасности.

### Заключение

В статье рассмотрена лишь часть аспектов долгосрочной эволюции телекоммуникационной системы. Следует также учесть, что высказанные предположения отражают субъективную точку зрения автора. Если изложенные соображения, а также и другие аспекты развития



**Рис.5.** Структура тракта обмена информацией [18]



**Рис.6.** Два кортежа, характеризующие полученную информацию [18]

телекоммуникационной системы покажутся читателям интересными, то было бы уместно провести дискуссию на страницах журнала "ПЕРВАЯ МИЛЯ", а также на представительной научно-технической конференции. Выводы, сформулированные в результате обмена мнениями, могли бы частично заменить результаты системных исследований, которые – на должном уровне – не проводятся, к сожалению, в течение нескольких последних десятилетий.

Было бы интересно ознакомиться с точкой зрения специалистов из других отраслей знаний. В частности, актуальной задачей станет выявление тех требований, которые предъявит к телекоммуникационной системе "Индустрия 5.0" [20]. Не менее важны прогностические оценки специалистов гуманитарной сферы в части тех требований к сетям электросвязи, которые будут порождаться разными поколениями и социальными группами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Росляков А.В.** СЕТЬ-2030: архитектура, технологии, услуги. М.: ИКЦ "Колос-с", 2022. 278 с.
2. **Росляков А.** Сеть-2030": взгляд МСЭ-Т на будущее сетей фиксированной связи // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2021. № 4 (96). С. 50–59.
3. **Варакин Л.Е.** Распределение доходов, технологий и услуг. М.: МАС, 2002. 296 с.
4. **Яковец Ю.В.** Циклы. Кризисы. Прогнозы. М.: Наука, 1999. 448 с.
5. **Куликов Н.А., Пинчук А.В., Соколов Н.А.** Особенности разработки инновационных решений на дли-

тельную перспективу // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2019. № 5. С. 48–53.

6. **Ермаков А.В., Соколов Н.А.** Создание сетей электросвязи специального назначения за счет рационального использования процессов консолидации // International Journal of Open Information Technologies. 2017. Т. 5. № 3. С. 10–14.
7. **Гольдштейн Б.С., Соколов В.А.** Автоматическая коммутация. М.: Академия, 2007. 272 с.
8. **Соколов Н.А.** Задачи планирования сетей электросвязи. СПб: Техника связи, 2012. 432 с.
9. **Соколов Н.А., Ермаков А.В., Федоров А.В., Савичев В.А.** Принципы развития национальной телекоммуникационной системы // Электросвязь. 2025. № 8. С. 27–34.
10. **Соколов Н.** Использование критерия "Степень технического совершенства" // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2019. № 8. С. 56–60.
11. **Соколов Н.А.** Использование эстетического критерия при анализе сценариев эволюции телекоммуникационных систем // International Journal of Open Information Technologies. 2019. Т. 7. № 7. С. 48–52.
12. **Соколов Н.А.** Процессы конвергенции, интеграции и консолидации в современной телекоммуникационной системе // Connect! Мир связи. 2007. № 10. С. 78–82.
13. **Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д.** Теория телетрафика. М.: Радио и Связь, 1996. 272 с.
14. **Ye Q., Zhuang W.** Intelligent resource management for network slicing in 5G and beyond. Springer, 2022. 338 p.
15. **Федоров А.В., Тынянкин С.И., Ступницкий М.М.** Задачи использования телекоммуникационных ресурсов при возникновении экстраординарных событий // Электросвязь. 2022. № 10. С. 31–34.
16. Узнать причину. Притча. [Электронный ресурс]. URL: [https://proza-pravoslavie.narod.ru/pritchi/uznat\\_prichinu.html](https://proza-pravoslavie.narod.ru/pritchi/uznat_prichinu.html). (дата обращения 27.02.2026).
17. **Козырь Н.С.** Затраты и выгоды информационной безопасности бизнеса // Управление. 2023. Т. 11, № 4. С. 110–118.
18. **Ермаков А.В., Соколов Н.А.** Метод повышения уровня информационной безопасности за счет использования конвертора "Изображение – Данные" // Информация и космос. 2022. № 4. С. 28–31.
19. **Олифер В.Г., Олифер Н.А.** Компьютерные сети. Принципы технологии протоколы. Юбилейное издание. СПб: Прогресс книга, 2020. 1008 с.
20. **Salgues B.** Society 5.0: Industry of the Future, Technologies, Methods and Tools. Wiley, 2018. 302 p.