

# Эволюция задач проектирования телекоммуникационных сетей



**Николай СОКОЛОВ**, д. т. н.,  
профессор СПбГУТ

## Цель и задачи проектирования сетей связи

Цель проектирования удачно сформулирована в статье [1]: работающая сеть, генерирующая доходы и отвечающая ожиданиям клиентов или превышающая их. Авторы цитируемой статьи ввели новое словосочетание — «Design for excellence», которое можно перевести как «проектирование для достижения конкурентных преимуществ». В результате должен быть составлен набор документов, отвечающих известным требованиям и достаточных для начала работ по реализации предлагаемых решений. Для достижения этой цели необходимо выполнить ряд конкретных задач, значительная часть которых связана с разработкой так называемого системного проекта. В нем решаются принципиальные задачи создания новой или модернизации эксплуатируемой сети. В данной статье основное

внимание акцентируется на задачах проектирования сетей, которые присущи системному проекту. Именно на этапе разработки системного проекта чаще всего приходится сталкиваться с новой постановкой задач по проектированию телекоммуникационных сетей.

Первой из новых задач системного проекта можно считать обеспечение высокой конкурентоспособности оператора телекоммуникационной сети. Современный этап развития инфокоммуникационной системы сопровождается новыми технологическими решениями. По всей видимости, второй важной задачей системного проекта становится эффективное применение комплекса технических средств, которые воплощают новые технологические достижения.

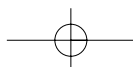
Проектирование телекоммуникационных сетей осуществляется по методикам, создаваемым в результате проведения научно-исследовательских работ, которые можно разделить на два направления: первое непосредственно связано с упомянутыми задачами — необходимо учесть влияние конкуренции и технологических изменений в методиках, которые используются проектировщиками; второе обусловлено процессами совершенствования экономико-математических методов анализа и синтеза сетей. Эти методы могут быть инвариантны к задачам, порожденным конкуренцией и технологиями. Третья задача — применение новых экономико-математических методов при проектировании телекоммуникационных сетей для повышения их эффективности.

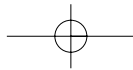
С одной стороны, поставленные задачи нельзя считать абсолютно новыми, с другой — их постановка и методы решения меняются весьма существенно. Более того, каждая задача порождает комплекс вопросов. Здесь уместно вспомнить один из законов Мерфи: «Внутри каждой большой задачи сидит маленькая, пытающаяся пробиться наружу».

## Обеспечение конкурентоспособности оператора связи

Отсутствие реальной конкуренции сокращает количество задач, которые должны быть решены для разработки основных принципов модернизации телекоммуникационной сети. В условиях конкуренции ситуация меняется. Конкурентоспособные преимущества, как правило, выявляются при использовании сценарного подхода [2], который подразумевает анализ нескольких вариантов развития инфокоммуникационной системы в целом. Более того, добавляется ряд новых задач. В частности, необходим анализ возникающих рисков [3].

Не существует универсального решения, гарантирующего оператору связи постоянное «место под солнцем» на рынке инфокоммуникационных услуг. Тем не менее, на этапе разработки системного проекта могут быть заложены важные функциональные свойства телекоммуникационной сети, которые позволят оператору связи и поставщикам услуг эффективно реагировать на требования инфокоммуникационного рынка. Возможность такого рода





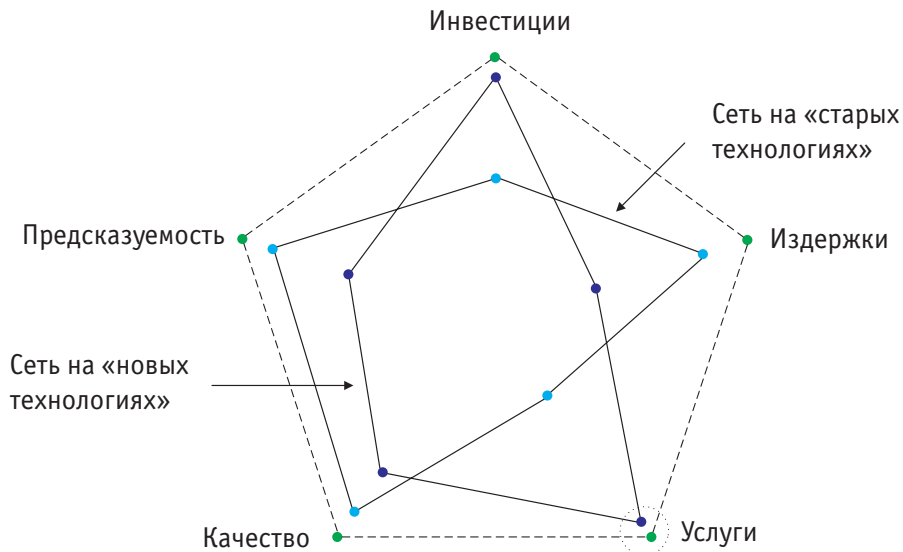
опирается на прогностические оценки, анализ которых следует проводить с учетом жизненного цикла [4] основных элементов телекоммуникационной сети.

Высокая конкурентоспособность оператора связи обычно достигается в том случае, когда проект модернизации телекоммуникационной сети является абсолютно устойчивым [5]. Это свойство присуще проектам, которые остаются эффективными при всех сценариях развития рынка. Для разработки устойчивых проектов следует включить в привычный перечень анализируемых показателей ряд новых параметров, что неизбежно ведет к усложнению задач проектирования телекоммуникационных сетей.

### Применение новых технологий

Современному этапу развития мировой инфокоммуникационной системы свойственны характерные особенности, среди которых следует выделить обилие новых технологий [6]. Часть этих технологий радикально меняет облик телекоммуникационных сетей. Самое значительное изменение обусловлено переходом к передаче и коммутации пакетов [7]. IP-технологии – база сетей следующего поколения – вытесняют привычные для телефонии способы распределения информации, основанные на коммутации каналов.

Любые новые технологии имеют неоспоримые плюсы, которые активно рекламируются их авторами и приверженцами. На этом фоне часто забывается, что практически любая новая технология имеет и отрицательные свойства. Пример качественных оценок для двух сетей, использующих старые и новые технологии, приведен на рис. 1 в виде трех пятиугольников. Эти фигуры образованы путем соединения вершин, отражающих балльные оценки для выбранных пяти показателей телекоммуникационной сети.



Такой способ присвоения оценок обычно основан на том, что баллы находятся в диапазоне от нуля (минимум) до единицы (максимум).

Внешняя геометрическая фигура представляет собой правильный пятиугольник, который иллюстрирует некое гипотетическое решение: всем показателям присвоена максимальная оценка. Близость к максимальной оценке для сети, построенной на «старых технологиях», характерна для двух показателей: предсказуемости и качеству обслуживания. Утверждения такого рода в значительной мере объясняются опытом, накопленным операторами связи, производителями оборудования и проектными организациями. Вместе с тем большинству эксплуатируемых сетей свойственны два существенных недостатка: высокие издержки (эксплуатационные расходы) и ограниченный перечень поддерживаемых услуг.

Телекоммуникационные сети, основанные на «новых технологиях»,

поддерживают весьма широкий спектр услуг (на рис. 1 окружность, подчеркивающая близость соответствующей балльной оценки к максимуму). Подобные функциональные возможности всегда связаны с высокими инвес-

**Рис. 1.** Качественные оценки для сетей, использующих разные технологии

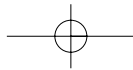
**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
“ОСКОЛЬСКИЙ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ  
КОМБИНАТ”** 

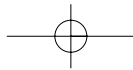
**Продаёт в комплектном состоянии  
коммутационный узел  
Квант,  
1989 г.в., СОСТОЯЩИЙ ИЗ:**

- УАК 512x512;
- УС1 - 2048 номеров;
- УС2 - 2048 номеров;
- электропитающей установки;
- аппаратуры уплотнения ИКМ;
- оконечной станции Квант на 512 номеров.



**Телефон для справок:  
(4725) 37-52-70**





NPV (Чистая приведенная стоимость)

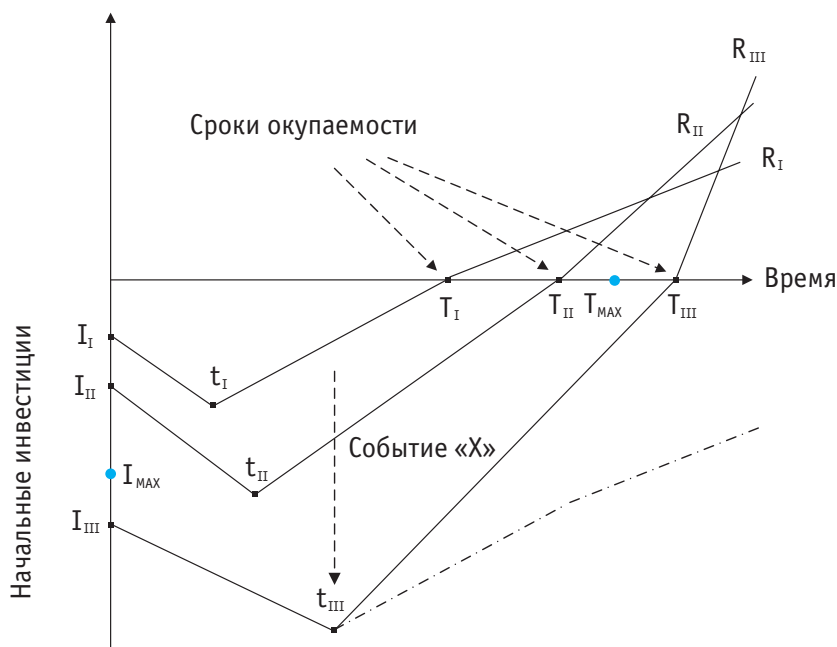


Рис. 2. Характеристики трех сценариев развития инфокоммуникационной системы

тиями. Правда, при этом существенно сокращаются издержки оператора связи. Предсказуемость поведения сети, построенной на «новых технологиях», будет ниже из-за отсутствия опыта ее эксплуатации. Серьезный недостаток пакетных технологий заключается в возможности снижения ряда показателей качества обслуживания [7].

Следовательно, для эффективного применения новых технологий необходимо найти подходящие системно-сетевые решения. Разработка подобных решений, как правило, не может быть сведена к задачам, которые решаются экономико-математическими методами. Профессор Л. Е. Варакин предложил рассматривать системно-сетевые решения как сферу tech art – технического искусства. Такая трактовка хорошо отражает сложность формализованной разработки принципов оптимального использования новых технологических достижений.

### Использование новых научных результатов

Не секрет, что комплексные исследования, проводимые ранее

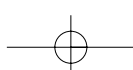
по важнейшим аспектам развития общегосударственной инфокоммуникационной системы, так и не возобновились. Проектировщики не получили от исследовательских центров методiku расчета сети следующего поколения. Причина очевидна – такая методика может быть создана только в результате проведения полноценных научно-исследовательских работ. Безусловно, развитие инфокоммуникационной системы с прекращением научных исследований не останавливается – изменяется характер развития. Его суть блестяще сформулировал лауреат Нобелевской премии по химии Фредерик Жолио-Кюри: «Наука необходима народу. Страна, которая ее не развивает, неизбежно превращается в колонию».

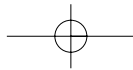
Один из важных выводов, которые можно сделать на основании результатов зарубежных исследований по развитию инфокоммуникационной системы, заключается в изменении структуры сети. Например, в междугородной телефонной сети Италии было установлено 66 транзитных узлов. При переводе этой сети на IP-технологии было установлено, что для междугородной связи

целесообразно использовать только 24 транзитных узла, в которых поддерживается связка технологий IP/MPLS [6]. К выводу о столь радикальном изменении структуры сети можно прийти в результате сложных системных исследований.

Научные задачи, решаемые при выборе оптимальной структуры сети, изменились весьма существенно. С практической точки зрения не столь актуальна классическая проблема выбора оптимальной структуры для вновь создаваемой телекоммуникационной сети. Большинство сетей давно создано и эксплуатируется с присущими им достоинствами и недостатками. Оптимизационная задача, которую приходится решать при составлении системного проекта, заключается в выборе пути для эффективной эволюции работающей сети. Как правило, подобные задачи решать труднее, чем искать оптимальное решение с «чистого листа».

Задачи проектирования в сетях связи общего пользования сводятся к поиску экстремума выбранного экономического показателя (например, минимизация капитальных затрат или максимизация прибыли) при соблюдении норм, установленных для основных технических характеристик инфокоммуникационной системы: поддерживаемые услуги, качество обслуживания и др. Для выбора сценария развития телекоммуникационной сети, который обеспечит высокую конкурентоспособность оператора связи, анализируются решения, различающиеся своими функциональными возможностями и как следствие необходимыми инвестициями, а также издержками. Подобный подход не позволяет свести задачу нахождения оптимального проектного решения к поиску экстремума для выбранного экономического показателя. Обычно выбор проекта осуществляется после анализа кривых чистой приведенной стоимости NPV [5]. В некоторых публикациях термин NPV (net present value) пере-





водится как «чистая текущая стоимость».

Метод NPV широко применяется для анализа эффективности инвестиционных проектов различного рода. Пока он не столь часто используется в практике проектирования. Тем не менее, при разработке системных проектов по формированию мультисервисных сетей следует ожидать активизации усилий по внедрению в практику анализа кривых NPV. Этот анализ подразумевает и оценку рисков, которые свойственны каждому сценарию развития инфокоммуникационной системы.

На рис. 2 приведены характеристики трех возможных сценариев развития некоей гипотетической инфокоммуникационной системы. Кривые NPV как функции времени приведены в виде ломаных линий, что, естественно, несколько упрощает их характер. Та точка, где  $NPV(t)=0$ , определяет срок окупаемости проекта. Нижние индексы для всех переменных (I, II или III) указывают на номер соответствующего сценария.

Предположим, что оператор связи собирается строить телекоммуникационную сеть для обслуживания абонентов, заселяющих новый микрорайон в черте города. Допустим, что в результате разработки технического задания принято решение о целесообразности детального изучения трех сценариев построения инфокоммуникационной системы:

- создается только цифровая сеть с коммутацией каналов для предоставления в основном услуг телефонной связи;
- строится цифровая сеть с коммутацией каналов, обеспечивающая также услуги широкополосного доступа за счет установки дополнительного оборудования в кроссах коммутационной станции и ее выносных концентраторов;
- реализуется проект сети следующего поколения, которая ориентирована на услуги обмена информацией в трех основных формах – речь, данные и видео [6, 7].

Несомненно, для начальных инвестиций справедливо условие  $I_{III} > I_{II} > I_I$ . Сроки реализации проектов обычно таковы, что моменты подключения потенциальных абонентов (и, следовательно, получения доходов) представимы последовательностью вида  $t_I < t_{II} < t_{III}$ . Соотношение между сроками окупаемости  $T_{III} > T_{II} > T_I$  выбрано условно. Тем не менее, оно вполне логично с учетом действующих тарифных планов и объемов соответствующих рынков.

До подробного анализа кривых NPV и рисков ( $R_I, R_{II}, R_{III}$ ), свойственных каждому из трех сценариев, целесообразно рассмотреть все возможные ограничения на реализацию проекта. На осях абсцисс и ординат отмечены два ограничения. Во-первых, существует максимальный объем начальных инвестиций  $I_{MAX}$ , который может быть выделен для строительства сети. Поскольку  $I_{III} > I_{MAX}$ , третий сценарий реализации проекта следует исключить из дальнейшего анализа. Во-вторых, часто определяется максимальный срок окупаемости  $T_{MAX}$ . Для приведенного примера  $T_{III} > T_{MAX}$ . Это означает, что анализ третьего сценария – даже если  $I_{III} \leq I_{MAX}$  – не имеет практического смысла.

Выбор оптимального сценария можно представить как процесс принятия решений [2] на основе ожидаемых величин NPV и значений риска. Аспекты оценки рисков – предмет отдельной работы. Для рассматриваемого примера влияние риска представлено событием «X». Данное событие заключается в следующем:

- оператор, ожидая в перспективе большие доходы, реализует третий сценарий построения инфокоммуникационной системы;

НПО "ТЕЛЕКОМ"

ОЛТ DSL "Трасса.bis+" это обновленные модемы, способные передавать до 22,8 Мбит/с (G.SHDSL.bis).

Соответствует рекомендации G.991.2bis в режиме TC-PAM-16/32 и обеспечивает скорость передачи до 22 784 кбит/с в режиме TC-PAM-64.

Функциональные возможности:

- передача от одного до четырех потоков E1 и пакетов Ethernet 10/100 одновременно;
- скорость 768 ... 11392 кбит/с по одной паре кабеля, шаг 64 кбит/с;
- передача по одной или двум парам кабеля;
- поддержка IEEE 802.1q (VLAN);
- функции локального и сетевого мониторинга.

НПО «Телеком»

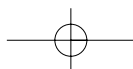
426039, Россия, г. Ижевск,  
Ул. Воткинское шоссе, 31

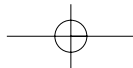
Телефон: (3412) 44-34-99  
Факс: (3412) 40-26-80  
E-mail: [sale@npotelecom.ru](mailto:sale@npotelecom.ru)

www.npotelecom.ru

- до завершения процесса построения инфокоммуникационной системы, которая основана на идеологии сети следующего поколения, конкурирующая компания кабельного телевидения предоставила потенциальным абонентам возможность широкополосного доступа в Интернет и современные видеослужбы;
- оператору фактически остается рынок услуг телефонной связи, для выхода на который он создал сеть с более существенными функциональными возможностями, инвестировав значительные средства.

В данном случае, как показывает стрелка, направленная вниз, ход кривой NPV может стать таким же, как и для первого сценария. Соответствующий фрагмент функции  $NPV(t)$  показан штрихпунктирной линией после точки  $t_{III}$ . Очевидно, что срок окупаемости проекта может превзойти приемлемый уровень. Эта возможность, названная событием





## ТЕМА НОМЕРА

# «NGN, IMS, далее — по списку...» Пути развития отечественного телекомрынка

«X», неразрывно связана с риском, хотя и не включает ряд важных факторов, которые тоже должны быть изучены.

Примеры, приведенные в этом разделе статьи, иллюстрируют актуальность разработки целостной методики планирования современной телекоммуникационной сети, которая будет способствовать составлению оптимальных системных проектов. Современный подход к организации проектирования сетей заключается в максимальной автоматизации основных процессов. Предполагается, что проектировщик использует пакет прикладных программ, позволяющий в режиме диалога выбирать оптимальные системно-сетевые решения.

### Послесловие

В статье кратко рассмотрены несколько процессов, порождающих изменения задач проектирования телекоммуникационных се-

тей. Причем в поле зрения попали лишь те процессы, с которыми сталкиваются специалисты, занимающиеся разработкой методов анализа и синтеза телекоммуникационных сетей. Несомненно, полезные сведения могут быть получены от специалистов, непосредственно занимающихся проектированием сетей. Для объединения усилий представителей разного профиля, прямо или косвен-

но заинтересованных в практическом применении результатов научных исследований, в Санкт-Петербургском Государственном университете телекоммуникаций с марта 2008 г. проводятся семинары по актуальным вопросам развития инфокоммуникационных систем. Информация о семинарах размещается на сайте кафедры «Системы коммутации и распределения информации». ■

### Литература

1. Maltzman R., Rembis K. M., Donisi M., Farley M., Sanchez R. C., Ho A. Y. Design for Networks – The Ultimate Design for X. – Bell Labs Technical Journal, Vol. 9, Number 4, 2005.
2. Юдицкий С. А., Владиславлев П. Н. Основы предпроектного анализа организационных систем. – М.: Финансы и статистика, 2005.
3. Новоселов А. А. Математическое моделирование финансовых рисков. Теория изменений. – Новосибирск, Наука, 2001.
4. Федюкин В. К. Управление качеством процессов. – Санкт-Петербург, Питер, 2004.
5. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. – М.: Дело, 2004.
6. Гулевич Д. С. Сети связи следующего поколения. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
7. Соколов Н. А. Пути преобразования телефонных сетей в NGN-сети // Connect! Мир связи. 2007. № 5. С. 44-48.

