

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРВИЧНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Г. В. Попков, В. К. Попков

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
630090, Новосибирск, Россия

УДК 004.42

Рассматриваются методологические вопросы проектирования, создания и эксплуатации первичных сетей электросвязи России. Предлагается новый принцип эксплуатации и развития первичных сетей в интересах всех операторов связи, использующих кабельные сети.

Ключевые слова: сети электросвязи, первичные сети, гиперсети, проектирование и эксплуатация.

The methodological questions connected with design, creation and operation of primary networks of telecommunication of Russia are considered. It is offered to discuss the new principle of operation and development of primary networks in interests of all communications operators using cable networks.

Keywords: telecommunication networks, primary networks, hyper networks, design and operation system.

1. Актуальность проблемы. В последние годы при проведении анализа существующей ситуации на первичных сетях связи все больше опасений вызывает организация этих сетей операторами, действующими на уровне всей территории РФ и на региональных уровнях. Этим обусловлены начало радикальных изменений концептуальных положений, определяющих основные направления развития телекоммуникационных систем, и, следовательно, повышение требований, предъявляемых к качеству предоставляемых услуг. С появлением “альтернативных” операторов связи ситуация на первичной сети зачастую приобретает случайный характер лавинообразного роста, это относится как к стратегическим решениям по развитию сети оператора, так и к техническим решениям, применяемым к первичным сетям. Зачастую недобросовестные операторы связи пренебрегают нормами проектирования и строительства данного вида сетей и правилами эксплуатации первичной сети. В целом по субъектам Российской Федерации растет анархия в части планирования, проектирования, строительства, эксплуатации объектов первичных сетей связи. Такая ситуация не только ухудшает качество предоставляемых абонентам услуг на всех уровнях телекоммуникационной сети, портит общий вид населенных пунктов, но и снижает надежность и “живучесть” этих сетей.

2. Существующее положение в отрасли электросвязи можно во многом оценить как вселяющее оптимизм, поскольку конкуренция в целом дает мощный импульс широкому развитию услуг электросвязи в нашей стране. Однако есть ряд обстоятельств, не позволяющих оптимально и корректно организовать всевозможные услуги электросвязи на всей территории России.

Приведем несколько аргументов, подтверждающих вышеприведенные утверждения:

- наблюдается уход или ослабление внимания контролирующих органов государства к социальным обязательствам по обеспечению связью отдаленных и малонаселенных пунктов в регионах РФ;
- у альтернативных операторов отсутствует мотивация в реализации социальной политики по предоставлению телекоммуникационных услуг широкого спектра в так называемые “нерентабельные районы”;
- отсутствуют жесткие требования к строительству линейных сооружений;
- отсутствует эффективный регулятор технических условий и их соблюдения при строительстве линейных сооружений всех уровней практически всеми операторами связи (независимыми, альтернативными и др.);
- имеют место хаос и отсутствие единой технической политики при строительстве сетей доступа различными операторами связи, вследствие этого возникают сложности контроля и управления, а также эффективной паспортизации сетей связи в населенных пунктах;
- из-за хаоса применяемых технологий при строительстве сетей доступа страдает эстетический аспект городского сетевого хозяйства;
- использование на сетях связи массы несертифицированного оборудования вызывает сложности при строительстве реальных сетей связи и их дальнейшем эффективном обслуживании;
- отсутствует системный подход к развитию первичных сетей связи РФ, что оказывает негативное воздействие на осуществление технологического прорыва в области предоставления телекоммуникационных услуг на всей территории РФ;
- первичная сеть и канализация принадлежат одному (наиболее крупному) оператору связи, поэтому, несмотря на эффективные законы, их использование неравноправно для операторов;
- качество услуг, предоставляемых альтернативными операторами связи, часто остается на низком уровне.

3. Перспективы развития сетей. Исходя из перечисленных выше проблем, предлагается создать “Единую первичную сеть связи” (ЕПСС), охватывающую все субъекты федерации и работающую по единым принципам. Данная сеть должна обладать единой системой управления ресурсами сети, развитым менеджментом, государственным регулятором. Планирование, проектирование и строительство данной сети должны осуществляться системно, планомерно, учитывая политико-экономическую ситуацию в стране. Такого рода сеть должна быть социальной, позволяющей любому пользователю, проживающему на территории РФ, получать любой вид телекоммуникационных услуг в любом месте, в любое время и за небольшую плату. Сеть должна масштабироваться по горизонтали и по вертикали ровно настолько, насколько существует потребность в телекоммуникационных услугах у субъекта федерации, города, села, любого населенного пункта или единичного жилого помещения. В концепцию такой сети должны укладываться все современные и перспективные системы связи наземного базирования. Кроме того, представляют большой интерес возможность конвергенции электрических сетей с сетями оптической связи [1], а также технологии, позволяющие объединять все коммуникации в единую систему инженерных сетей.

Предлагается рассмотреть шесть уровней такого рода сети:

- уровень порта телекоммуникационного оборудования;
- уровень провода (среды распространения сигнала);
- уровень направляющей системы (кабель, ствол РЛС, БС сети сотовой связи и т. д.);

- уровень кабельной канализации;
- уровень траншеи, трассы прокладки, подвески кабеля и т. д.;
- уровень транспортных магистралей или ситуационных трасс для возможной реализации кабельных линий.

В дальнейшем все уровни в данной работе будут рассматриваться как ресурсы определяемой ими ЕПСС.

4. Основные этапы создания и развития ЕПСС определяются необходимостью проведения комплекса мероприятий, направленных на изменение статус-кво практически всех операторов связи России. Данные мероприятия имеют целью передачу имущественных прав на основания (среду распространения) единой государственной компании, а целевых сетей и права предоставления услуг связи — организациям различных форм собственности. В качестве аналогии можно рассмотреть воздушный кодекс страны, согласно которому воздушное пространство принадлежит государству и контролируется им, а его использование осуществляют различные авиакомпании.

Рассмотрим ряд задач, которые необходимо решить и реализовать при продвижении приведенного выше положения:

- обосновать новую технологию и политику организации электросвязи в России;
- разработать теорию создания ЕПСС общего пользования в России;
- разработать методiku построения и эксплуатации оптимальной ЕПСС единым национальным оператором России;
- сформулировать теорию и методы проектирования и создания перспективных сетей передачи информации в России;
- обозначить проблемы, обеспечить развитие теории и методов оптимизации ЕПСС;
- разработать математическую модель, методы и алгоритмы построения и развития ЕПСС;
- разработать методы оптимизации управления ЕПСС.

Первые три задачи носят методологический характер и требуют серьезной проработки специалистами по экономике, социологии, маркетингу и ряду других специальностей, так как эти проблемы требуют глубокого изучения. Очевидно, что с технической, эстетической и экономической точек зрения предлагаемый подход к организации услуг передачи информации через единую сеть доступа дает значительное преимущество в перечисленных выше областях. Далее приведены анализ, математическая постановка и методы решения поставленных проблем.

5. Математическая модель ЕПСС. Рассмотрим проблему оптимизации ЕПСС как единой системы обслуживания операторов связи России. Предполагается, что проектные решения для строительства первичных сетей связи обязательно согласуются со службой главного архитектора области или того населенного пункта, в котором предполагается строительство и эксплуатация соответствующих коммуникаций для сетей связи. Иерархия этих сетей начинается с отдельных строений и заканчивается внутриобластными сетями.

5.1. *Типы сетей связи.* Обычно ЕПСС имеет следующие компоненты, описанные в [2]:

- проводные сети электросвязи;
- оптические (лазерные) системы передачи информации;
- оптоволоконные сети связи;
- системы радиосвязи (радиорелейные, транковые, сотовые).

Каждая из перечисленных систем представляет собой сложную структуру и испытывает на себе влияние остальных подсистем.

5.2. S-гиперсеть сетей предприятий и населенных пунктов:

- граф ситуационных трасс линий связи;
- граф кабельной канализации сетей связи;
- графы трасс вещания (телевидение, радио, наблюдения, оповещение и др.);
- графы трасс сетей передачи данных (СПД, Интернет, телеметрия и др.);
- графы телефонной связи (городские и местные сети, территориальные сети);
- граф сети охранной сигнализации;
- граф сети противопожарной сигнализации;
- графы сигнальных сетей различного назначения (оповещение, вызов и т. д.).

Перечисленные типы услуг предоставляются различными операторами, но с точки зрения подачи среды распространения сигнала в первичной сети следует предусмотреть необходимые условия для организации связи определенного типа. Таким образом, уже в первичных сетях должны быть заложены различные требования к среде передачи определенной информации.

5.3. *Локальные первичные сети передачи информации.* Локальными первичными сетями будем называть коммуникационные сети, расположенные на определенной замкнутой территории (микрорайон, район, город). Локальные первичные сети имеют состав и структуру, отличные от тех, которые характерны для сетей внутри зданий.

Общая классификация локальных первичных сетей укладывается в следующие классы:

- информационные сети;
- телефонные сети;
- телематические сети.

Подробная классификация этих сетей описана в [3]. Рассмотрим базовые сети, которые имеют широкое применение в Сибири. Понятно, что при реализации этих сетей в первичные получатся сети с различными условиями существования и эксплуатации. Понятно, что на районном и городском уровне рассматриваются требования, предъявляемые не только к различным типам сетей, но и к пространственному расположению линий связи.

5.4. S-гиперсеть локальных сетей связи:

- граф ситуационных трасс локальных сетей;
- граф трасс канализации или подвески первичных информационных сетей;
- граф трасс оптоволоконных систем передачи информации;
- граф трасс проводных систем передачи;
- граф трасс лазерных систем связи;
- гиперграф покрытий радиотехнических систем передачи информации.

Перечисленные структуры трасс прокладки коммуникаций являются нетривиальными и могут содержать сложные инженерные линейные сооружения. Последний уровень составляют магистральные сети, разнообразие сетей в которых существенно ниже. Тем не менее, они практически заполняют тот же спектр, что и локальные.

5.5. *Магистральные сети связи.* Рассмотрим структуру S-гиперсети магистральных сетей. Как и в предыдущем случае, имеются три класса сетей:

- кабельные сети связи;
- радио- и радиорелейные сети связи;
- оптические сети (лазерные, оптоволоконные).

Классификация этих сетей практически повторяет предыдущую. Особенность магистральных инженерных сетей определяется, прежде всего, большими расстояниями и некоторыми другими характеристиками самих сетей. Тем не менее, магистральные инженерные

сети — это самостоятельные сооружения, технология обслуживания которых отличается от технологии обслуживания локальных сетей.

6. Оптимизация сетей. При строительстве различных первичных сетей связи основные затраты капитальных средств приходится на период проектирования и строительства, что обусловлено многочисленными требованиями и ограничениями, а также всевозможными согласованиями. Кроме того, почти для всех этих сетей требуется либо канализация, либо опорные столбы для подвески кабельных сетей связи. Более того, слабая согласованность ведомств и предприятий, предоставляющих соответствующие услуги, ведет в целом не только к перерасходу колоссальных средств, но и портит общий вид населенных пунктов (обратите внимание, например, на сети кабельного телевидения или сети передачи данных). Таким образом, представляют интерес исследования в области построения линейных сооружений, пригодных для использования всеми коммуникациями в зданиях, населенных пунктах и в границах областей и других больших территорий.

При постановке задач оптимизации мы рассматриваем не проблемы функционирования различных телекоммуникационных сетей, а только вопросы их проектирования и строительства. Имеет смысл рассмотреть и задачи оптимальной эксплуатации (модификацию и ремонт) этих сетей. С формальной точки зрения математические постановки задач и методы их решения могут быть стандартизированы. В качестве основной математической модели первичных инженерных сетей выступает шестиуровневая нестационарная S-гиперсеть.

Основная структурная модель первичной сети связи состоит из набора следующих сетей:

- сеть коридоров, улиц или направлений для возможной прокладки линейных сооружений;
- сеть ситуационных трасс, пригодных для прокладки соответствующих сооружений на территории;
- сеть канализации или опорных, столбовых линий;
- сеть линий связи (кабель, ствол РЛС, лазерная линия и т. д.);
- сеть каналов связи (среда распространения сигналов);
- сеть уплотненных каналов телекоммуникационного оборудования (среда передачи сообщения).

Таким образом, проектирование, строительство и эксплуатация могут рассматриваться как единый процесс, способствующий планомерному развитию всех телекоммуникационных сетей, представленных как единая система.

Ниже приведен список основных задач из теории нестационарных S-гиперсетей, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией комплекса первичных сетей связи:

- обобщенный алгоритм оптимизации ЕПСС и его декомпозиция на частные задачи теории S-гиперсетей;
- поиск кратчайших маршрутов в S-гиперсетях;
- размещение медианных вершин в S-гиперсетях;
- задача поиска кратчайшего циклического маршрута в S-гиперсетях, проходящего через заданные вершины;
- задачи поиска связующих S-гиперсетей;
- задача поиска дерева Штейнера в S-гиперсетях;
- поиск части S-гиперсети с заданной связностью;
- покрытие S-гиперсети сетями специального вида;
- задачи поиска покрывающих вершин или ребер в S-гиперсетях.

Перечисленные задачи позволяют решить значительную часть проблем, связанных с проектированием, оптимизацией и управлением сети ЕПСС. Более простые варианты перечисленных задач решены в [3], однако в нашем случае поставленные задачи NP-трудные и для их приближенного решения требуются значительные усилия.

Список литературы

1. КОМАШИНСКИЙ В. И., СОКОЛОВ Н. А. Концепция 2Э: новый подход к модернизации системы сельской связи // Connect! Мир связи. 2011. № 9. С. 78–81.
2. КОНИН М. В., ЛЕПНЕР Э. Ю., ПОПКОВ Г. В. Применение S-гиперсетей для автоматизированного проектирования инженерной инфраструктуры предприятия. Новосибирск // Проблемы информатики. 2013. № 2. С. 65–72.
3. ПОПКОВ В. К. Математические модели связности. Новосибирск: ИВМ и МГ СО РАН, 2006.

*Попков Глеб Владимирович — канд. техн. наук, научн. сотр.
Института вычислительной математики и математической
геофизики СО РАН; e-mail: glebpopkov@rambler.ru;
Попков Владимир Константинович — д-р физ.-мат. наук, проф.,
гл. научн. сотр. Института вычислительной математики
и математической геофизики СО РАН; e-mail: popkov@sscc.ru*

Дата поступления — 25.07.2013