

В.В. Ефимов, и.о. директора ЛО ЦНИИС, к.т.н.

Н.А. Соколов, главный научный сотрудник ЛО ЦНИИС, д.т.н.

Развитие сети связи общего пользования как процесс эволюции сложной системы

Введение

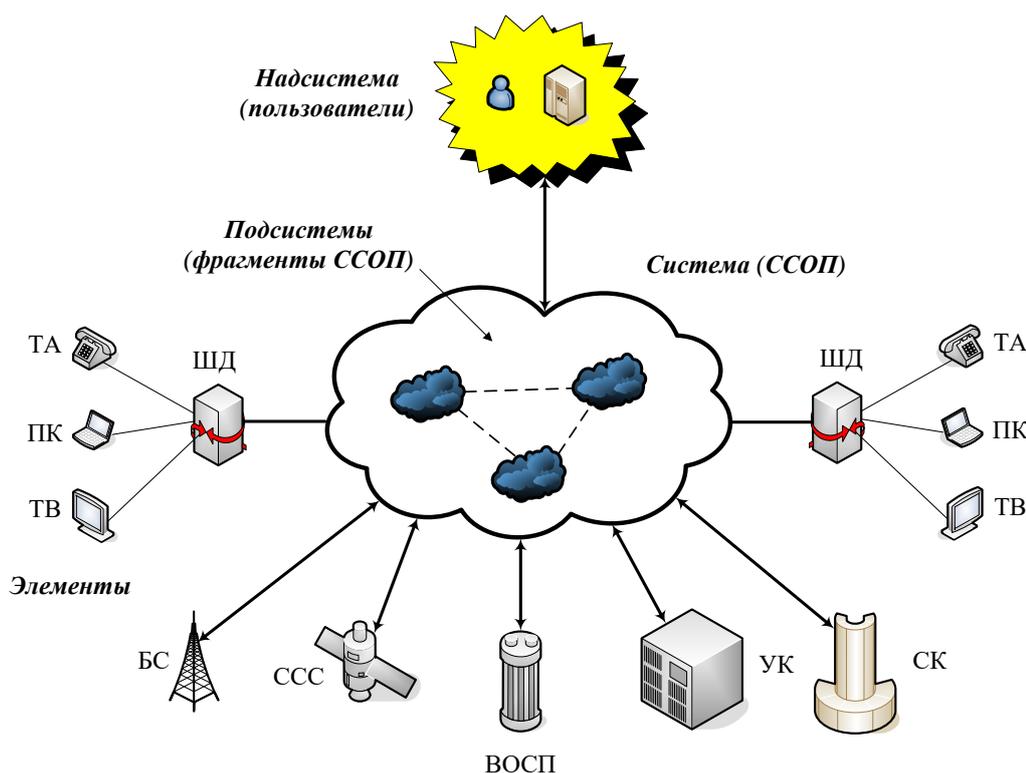
Сеть связи общего пользования (ССОП) обслуживает абонентов, распределенных на всех континентах Земного шара [1]. Предоставление абонентам основных и дополнительных услуг осуществляется за счет применения современных аппаратно-программных средств. Эти обстоятельства стимулируют исследования ССОП как сложной системы [2 – 4]. В данной статье изложены положения, свойственные сложным системам, на примере актуальных задач развития ССОП.

Сложная система, ее основные свойства и особенности

Термины, перечисленные ниже, заимствованы, в основном, из монографий [2 – 4], но адаптированы к тем понятиям, которые приняты в электро-связи. С учетом вопросов, рассматриваемых в статье, уместно ввести пять определений:

1. элемент – оборудование ССОП, для которого нет смысла (в контексте объекта исследования) выделять более мелкие составляющие;
2. система – совокупность элементов, взаимодействующих между собой для выполнения поставленных задач;
3. сложная система – совокупность большого (но счетного) количества элементов, связи между которыми, как правило, нетривиальны;
4. надсистема – объект, стоящий на одну ступеньку выше системы по принятой классификации уровней иерархии;
5. подсистема – подмножество элементов, связанных между собой (она может рассматриваться как система, так как имеет все соответствующие свойства).

На рисунке 1 показана модель, позволяющая конкретизировать определения, которые были приведены выше. Предполагается, что уровень развития ССОП соответствует концепции сети следующего поколения, более известной по аббревиатуре NGN – Next Generation Network [5]. Эта сеть обслуживает трафик речи, данных и видео. Все используемые далее сокращения приведены в нижней части модели.



ТА - телефонный аппарат, ПК - персональный компьютер, ТВ - телевизионный приемник, БС - базовая станция, ССС - система спутниковой связи, ВОСП - волоконно-оптическая система связи, УК - узел коммутации, СК - суперкомпьютер.

Рис. 1. Модель "надсистема – система – подсистема – элемент"

Надсистемой уместно считать совокупность пользователей ССОП. К пользователям принято относить не только абонентов (физических или юридических лиц), но и различные устройства, использующие ресурсы ССОП без участия человека. Коммуникативные и информационные потребности пользователей формируют тот комплекс задач, которые должна решать ССОП.

ССОП в целом выполняет функции *системы*. Нет сомнений в том, что ССОП следует рассматривать как *сложную систему*. Это утверждение можно найти в ряде монографий по теории сложных систем. Ранее характерным

примером сложной системы называли сеть телефонной связи. В последние годы словосочетание "сложная система" чаще употребляют, говоря о всемирной паутине. ССОП включает в свой состав, в числе прочих, обе эти сети.

ССОП имеет иерархическую структуру [5]. На каждом уровне иерархии созданы фрагменты ССОП, которые представляют собой набор *подсистем*. Они, свою очередь, включают множество *элементов*, примеры которых приведены на рисунке 1. Некоторые элементы весьма просты. В частности, старые, но еще эксплуатируемые типы стационарных телефонных аппаратов не столь сложны, как современные мобильные терминалы. Ряд элементов, в некоторых случаях, логично рассматривать как сложную систему. Примером такого элемента служит суперкомпьютер.

В современной научно-технической литературе авторы выделяют разные множества свойств, присущих сложным системам. Для решения большинства теоретических и практических задач развития ССОП можно ограничиться семью свойствами:

1. целенаправленность;
2. функциональность;
3. целостность;
4. открытость;
5. иерархичность;
6. изменчивость со временем;
7. существование в постоянно меняющейся среде.

Пять важных особенностей сложных систем сформулированы в монографии [6]. Ниже они приводятся с краткими комментариями.

I. Отсутствие необходимого математического описания. Математическое описание в [6] трактуется как наличие алгоритма F , позволяющего вычислить состояние исследуемого объекта Y по наблюдениям за его управляемым и неуправляемым входами – U и X соответственно. Иными словами, для сложной системы невозможно определить функцию $Y = F(X, U)$.

II. "Зашумленность". Эта особенность сложных систем обусловлена не столько наличием объективно существующих источников случайных помех, сколько природой исследуемого объекта. В сложной системе неизбежно возникают побочные процессы, которые не ожидалось при ее создании и в процессе развития. Подобные явления удобно рассматривать как случайные факторы, проявляющиеся в виде случайного шума.

III. "Нетерпимость" к управлению. Эта особенность сложной системы объясняется в [6] тем, что она создается "не для того, чтобы ею управляли". По всей видимости, подобные утверждения справедливы в тех случаях, когда в состав системы приходится включать человека или даже коллективы людей. Применительно к ССОП допустима иная точка зрения. Она заключается в том, что одно из важнейших направлений эволюции ССОП заключается в создании системы управления, близкой к оптимальной.

IV. Нестационарность. Эта особенность ССОП, как сложной системы, хорошо известна по характеру обслуживаемого трафика [7]. Можно привести и другие примеры нестационарного поведения ССОП [1].

V. Невоспроизводимость экспериментов. Данная особенность сложной системы присуща ССОП не в полной мере. Невоспроизводимость экспериментов связана в [6] с особенностями II и IV. Она наблюдается, например, при проведении измерений мультисервисного трафика в ССОП, но полностью отсутствует при тестировании атрибутов, которым практически не свойственна стохастическая природа.

Свойства и особенности сложных систем следует учитывать при разработке сценариев долгосрочного развития ССОП. Эти сценарии базируются на прогностических оценках, учитывающих также и те процессы, которые относятся к сфере междисциплинарных исследований.

Направления развития ССОП

В этом разделе статьи изложены субъективные соображения авторов по увязке направлений развития ССОП с первыми тремя свойствами сложной

системы, которые были сформулированы выше. Четыре оставшихся свойства не нуждаются в комментариях.

Целенаправленность определяется требованиями, формирующимися в надсистеме. Эти требования можно разделить на три группы. В первую группу входят коммуникативные потребности [8], реализуемые в виде общения людей посредством телекоммуникационных сетей. Информационные потребности [9], предоставляемые средствами электросвязи, образуют вторую группу. К третьей группе уместно отнести потребности, прямо или косвенно улучшающие уровень жизни отдельного индивидуума и общества в целом. На удовлетворение значительной части подобных потребностей ориентированы концепции IoT – Internet of Things [10] и M2M – Machine-to-Machine [11]. В отечественной технической литературе эти концепции обычно называют "Интернетом вещей" и "Межмашинным взаимодействием" соответственно.

Стратегические цели эволюции ССОП будут определяться тремя группами требований, кратко рассмотренными выше. Ожидается, что основные изменения будут стимулироваться требованиями третьей группы.

Функциональность, как термин, в словарях и в энциклопедиях трактуется по-разному. С точки зрения вопросов, обсуждаемых в статье, удачным представляется определение, которое приведено в Википедии: "набор возможностей (функций), которые предоставляет данная система". В качестве системы рассматривается ССОП. Основные функции ССОП, как и сети иного назначения, можно представить в виде работы, включающей простые операции "взять – перенести". В технической литературе на английском языке такая операция известна по названию "Pick-and-Drop" [12]. То, что нужно "взять", можно трактовать как совокупность битов, которую следует "перенести", соблюдая установленные показатели.

Статистические данные и прогностические оценки свидетельствуют, что функциональность ССОП развивается в трех основных направлениях. Во-первых, совершенствуются возможности, направленные на улучшение

качества (в широком смысле этого термина) услуг, которые предоставляются пользователям. Во-вторых, постоянно расширяется спектр услуг, поддерживаемых ССОП. В-третьих, повышается интеллект ССОП вне зависимости от мест размещения соответствующих аппаратно-программных средств.

Целостность ССОП, как ее обязательное свойство, определена в Федеральном законе "О связи". Рассматривая ССОП как сложную систему, можно несколько изменить трактовку целостности. Обычно моделью телекоммуникационной сети любого назначения служит граф [1], для которого одним из важнейших показателей становится связность [13]. Целостность ССОП логично ассоциировать с ее способностью по сохранению связности при отказах и внешних разрушающих воздействиях.

Эффективность ССОП как сложной системы

Важной характеристикой большинства технических систем, не только сложных, считается эффективность, которую не всегда удастся выразить при помощи простых показателей. Тем не менее, с теоретической и практической точек зрения интересно оценить эффективность ССОП хотя бы на качественном уровне. В ряде публикаций приводится иллюстрация, воспроизведенная на рисунке 2. Ее вид соответствует конструкции, предложенной компаниями TBR (Technology Business Research).

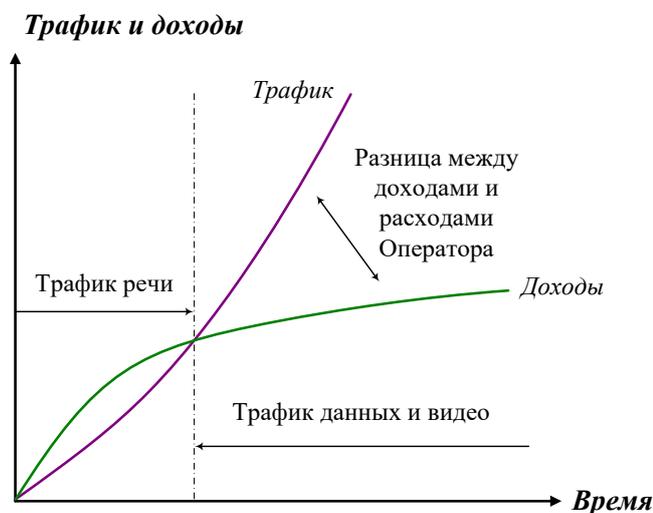


Рис. 2. Эффективность ССОП как разница трендов трафика и доходов

Не исключено, что тренды трафика и доходов следует воспринимать как данность. Такое утверждение основано на анализе схожих зависимостей для сложных систем иного вида. К обсуждению кривых, изображенных на рисунке 2, целесообразно вернуться после анализа изменений объемов информации, которая проходит через ССОП.

На рисунке 3 показаны две функции. Верхняя кривая фактически повторяет зависимость "трафик" с предыдущей иллюстрацией. Ее вид не противоречит результатам, приведенным в работах выдающихся специалистов, внесших существенный вклад в развитие отечественной науки, – Александра Александровича Харкевича [14] и Леонида Егоровича Варакина [15]. В точке t_1 к ней примыкает функция, названная "Объем полезных данных". Она возрастает медленнее, чем верхняя кривая. Данная функция построена на основании интуитивных соображений. По этой причине ее поведение, возможно, будет другим, что требует проведения дополнительных исследований.

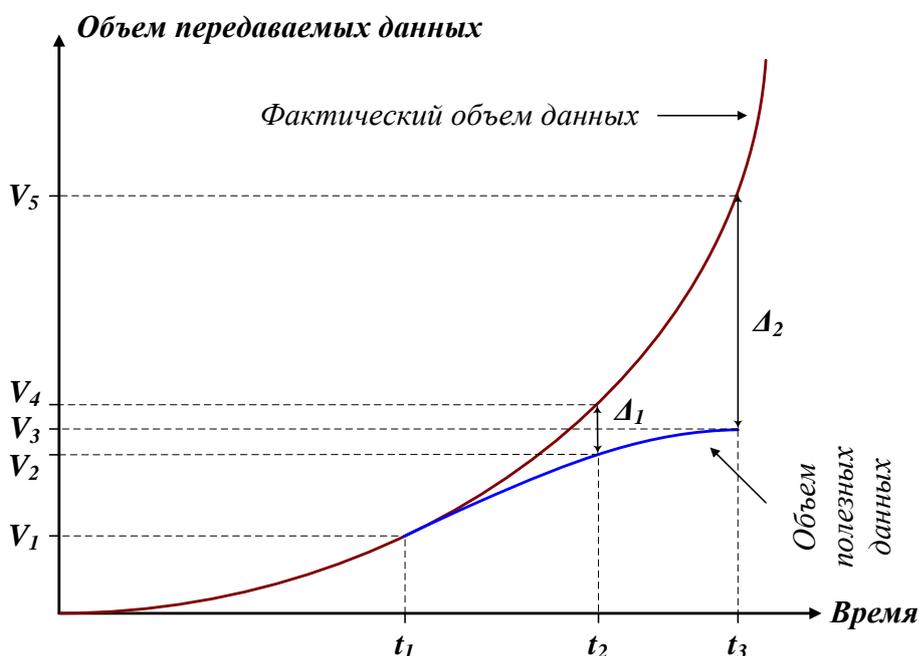


Рис. 3. Два вида функции "объем передаваемых данных"

По всей видимости, точку t_1 уместно рассматривать как момент завершения монополии телеграфной связи, для которой объем данных обозначен как V_1 . Для сетей телеграфной связи объем "бесполезной информации" был

минимален. Словосочетание "бесполезная информация" используется далее для обозначения той части передаваемых и принимаемых сообщений, которая искусственно и без ощутимой пользы для абонентов ССОП формируется различными участниками инфокоммуникационного рынка в собственных целях. Одна из подобных целей – создание так называемого "ненасытного потребителя" [16].

В точке t_2 различие объемов данных V_2 и V_4 , равное Δ_1 , становится заметным. Подобное различие в точке t_3 становится столь существенным, что может быть выражено следующим образом: $\Delta_2 \gg \Delta_1$. Оценки изменения скорости обмена данными в сети доступа [17] свидетельствуют, что в ближайшие годы величины вида Δ_i будут расти.

Возвращаясь к рисунку 2, следует подчеркнуть, что кривую "Трафик" можно рассматривать как сумму двух компонентов. Причем эти компоненты, по своей сути, направлены, как векторы, в противоположную сторону, но, действуя совместно, порождают существенный рост трафика. Речь идет о следствиях одновременно протекающих процессов, которые можно рассматривать как пару "развитие и деградация". Кривая под названием "Доходы" отражает ту ценность, которую пользователи "назначают" информации разного рода. По всей видимости, объяснение хода этой функции может быть получено при детальном анализе пирамиды потребностей, предложенной Абрахамом Маслоу [18, 19].

Продолжая аналогичные рассуждения для рисунка 3, можно выдвинуть гипотезу, суть которой заключается в следующем:

- кривая "Фактический объем данных" отражает результат совместного проявления воздействия на ССОП пары процессов вида "развитие и деградация";
- кривая "Объем полезных данных" определяется следствием процесса эволюции ССОП.

Обоснование выдвинутой гипотезы – предмет отдельного исследования. Его уместно провести, используя принципы междисциплинарного подхода [20].

Заключение

Для отраслевой науки исследование направлений развития ССОП как сложной системы представляет теоретический интерес и практическую пользу, по крайней мере, по трем причинам. Во-первых, осмысление результатов, полученных для сложных систем, будет способствовать повышению уровня исследований, которые проводятся специалистами по телекоммуникационным сетям. Во-вторых, ряд новых тенденций эволюции, присущих ССОП, сложно (а иногда – невозможно) объяснить при помощи той совокупности методологий, которая характерна для отраслевой науки. В-третьих, в электросвязи усиливаются процессы применения результатов, полученных специалистами по другим дисциплинам. С этой точки зрения междисциплинарный подход [20, 21] следует считать ключевым инструментом для направлений дальнейших исследований.

Литература

1. Давыдов Г.Б., Рогинский В.Н., Толчан А.Я. Сети электросвязи. – М.: Связь, 1977.
2. Новосельцев В.И., Тарасов Б.В. Теоретические основы системного анализа. – М.: Майор: Осипенко, 2013.
3. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ. – М.: Кнорус, 2010.
4. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. М.: издательство: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
5. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи. – СПб.: БХВ, 2010.
6. Растринг Л.А. Адаптация сложных систем Методы и приложения. – Рига, Зинатне, 1981.

7. Соколов Н.А. Задачи планирования сетей электросвязи. – СПб.: Техника связи, 2012.
8. Маслоу А.Г. Мотивация и личность. – СПб.: Евразия, 2001.
9. Case D.O. Looking for Information: A Survey of Research on Information Seeking, Needs and Behavior. – San Diego: Academic Press, 2002.
10. Hersent O., Boswarthick D., Elloumi O. The Internet of Thinks. – Wiley, 2012.
11. Boswarthick D., Hersent O., Elloumi O. M2M Communications. – Wiley, 2012.
12. Rekimoto J. Pick-and-drop: a direct manipulation technique for multiple compute environments. – Proceedings of the 10th annual ACM symposium of User interface software and technology, 1997.
13. Попков В.К. Математические модели связности. – Новосибирск, издательство ИВМиМГ СО РАН, 2006.
14. Харкевич А.А. Информация и техника. – журнал "Коммунист", 1962, № 12.
15. Варакин Л.Е. Информационно-экономический закон. Взаимосвязь инфокоммуникационной инфраструктуры и экономики. – М.: МАС, 2006.
16. Ильин В.И. Общество потребления: теоретическая модель и российская реальность. – Мир России, 2005, №2.
17. Соколов Н.А. Эволюция сетей доступа. Три аспекта. – Первая миля, 2015, №2.
18. Маслоу А.Г. Мотивация и личность. – СПб.: Евразия, 2001.
19. Соколов Н.А. Тарифы на услуги связи и пирамида потребностей. – Инфоком. Труды МАС, 2004, №2.
20. Куперин Ю.А. Теория сложных систем и междисциплинарные исследования. – <http://www.nadprof.ru/library/books/kuperin.shtml> (дата обращения – 17 марта 2015 года).
21. Augsburg T. Becoming Interdisciplinary: An Introduction to Interdisciplinary Studies. – New York, Kendall Hunt Publishing Company, 2006.