

опроса среди небольшой группы специалистов сведены в таблицу. Обозначение "2+3" соответствует рациональному сочетанию свойств, присущих второму и третьему сценариям.

По данным SWOT-анализа предпочтение следует отдать комбинированному сценарию, который основан на моделях, показанных на рис. 3 и 4. Такой вывод представляется логичным с учетом мирового опыта развития системы сельской связи.

Литература

1. ITU. Handbook on "New Developments in Rural Telecommunications". – Document 2/12-E, Geneva, 1998.
2. Slater S.J. Congress debates new loans for rural telcos// Telephony. July 23,1990. V.219. № 4.
3. Булгак В.Б., Варакин Л.Е., Ивашкевич Ю.К., Москвитин В.Д., Осипов В.Г. Концепция развития связи Российской Федерации. – М.: Радио и связь, 1995.
4. ITU-D. Telecom Network Planning for evol-

- ing Network Architectures. Reference Manual. – Geneva, 2008.
5. ITU-D. New Technologies for Rural Applications. – Final Report of ITU-D Focus Group 7, 2000.
6. Горальски В. ADSL. – М.: Лори, 2007.
7. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи. – СПб.: БХВ, 2010.
8. Дженстер П., Хасси Д. Анализ сильных и слабых сторон компании. Определение стратегических возможностей. – М.: Вильямс, 2003.

Задачи обеспечения надежного доступа к сети связи общего пользования

Е.С. ВЛАСЕНКО, аспирантка кафедры инфокоммуникационных систем СПбГУТ

Сеть связи общего пользования (ССОП) обеспечивает предоставление абонентам большого числа телекоммуникационных и информационных услуг. Для достижения необходимого качества обслуживания она должна быть устойчивой к воздействию дестабилизирующих факторов, влияние которых может привести к выходу из строя ее элементов. В зависимости от источника такие факторы можно разделить на внешние и внутренние. Свойство ССОП выполнять требуемые функции под воздействием внешних дестабилизирующих факторов определяет ее живучесть, а

сохранять требуемую функциональность под воздействием внутренних факторов — надежность [1]. Целью данной статьи является анализ обеспечения надежного подключения терминального оборудования абонентов к ССОП с учетом дестабилизирующих факторов, оказывающих наибольшее влияние на устойчивость функционирования телекоммуникационной системы. Среди таких факторов, судя по имеющимся статистическим данным, следует выделить отказы линейных сооружений и длительные перерывы внешнего электропитания.

Модель ССОП

Сеть связи представляет собой консервативную сложную техническую систему [2], состоящую из множества взаимосвязанных элементов. На основании рекомендаций Международного союза электросвязи серии У в [3] предложена модель ССОП, состоящая из четырех элементов (рис. 1). Она позволяет анализировать основные процессы функционирования ССОП, представляя каждое "облако" в виде так называемого "черного ящика" [4].

Рассматриваемые в статье задачи ставятся и решаются для двух элементов модели, находящихся слева от пунктирной линии. Характеристики обоих элементов меняются по мере эволюции ССОП. Среди основных процессов развития элемента модели "Сеть в помещении абонента" следует выделить концепцию Machine-to-Machine (M2M) [5]. Она предусматривает наличие множества устройств разного назначения, которые должны

взаимодействовать через ССОП со специализированными средствами поддержки услуг, показанными в правой части рассматриваемой модели. Важными процессами эволюции элемента модели "Сеть доступа" становятся повышение скорости обмена данными [3] и конвергенция средств фиксированной и мобильной связи [6].

Исторически сложилось, что надежность и живучесть элементов ССОП, расположенных по разные стороны пунктирной линии, заметно различаются. Сеть в помещении пользователя и сеть доступа были основаны на древовидных топологиях [7], кото-

рым свойственна низкая надежность. Источники электропитания (если они устанавливались в составе оборудования), как правило, не резервировались. Базовая сеть создавалась на основе структур со сравнительно высокой надежностью.

Жизненно важные средства поддержки услуг обычно разносились на две географически удаленные площадки, соединяясь с узлами коммутации, используемыми в составе базовой сети, двумя или более трактами обмена информацией. Кроме того, в обоих элементах, расположенных справа от пунктирной линии, были



Рис. 1. Модель сети связи общего пользования

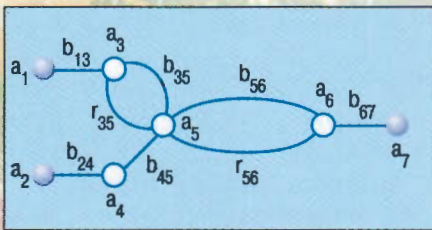


Рис. 2. Модель доступа к ресурсам ССОП в виде графа

предусмотрены резервные источники электропитания.

Имеющиеся различия в характеристиках разных элементов ССОП можно нивелировать за счет использования возможностей, предоставляемых беспроводными технологиями [3, 6], а также размещая резервные источники электропитания в составе оборудования, которое служит для построения сети в помещении пользователя и сети доступа. Модель рассматриваемого фрагмента ССОП в виде графа [7] приведена на рис. 2. Она включает семь вершин и восемь ребер.

Вершина a_1 служит моделью источника электропитания, который необходим для выполнения абонентским терминалом его функций. Этот терминал отображается вершиной графа a_3 . Вершины a_1 и a_3 связаны между собой ребром b_{13} . Вероятность нахождения ребра b_{13} в состоянии "работоспособность" p_{13} полагается равной единице. Это утверждение справедливо еще для двух ребер: $p_{13}=p_{24}=p_{67}=1$.

Работоспособное состояние вершины a_1 (а также вершин a_2 и a_7) уместно рассматривать как функцию времени, определив максимальное время работы резервного i -го источника электропитания t_i . Если $t \leq t_i$, то вероятность нахождения вершины в рабо-

тоспособном состоянии q_i равна единице. В противном случае $q_i=0$. Надежность вершин a_3, a_4, a_5 и a_6 полагается абсолютной.

Вершина a_2 соответствует источнику электропитания терминала, моделью которого служит вершина a_4 . Вершины a_3 и a_4 связаны с вершиной a_5 разными способами. Между вершинами a_3 и a_5 находятся ребра b_{35} и r_{35} . Они организованы при помощи разных сред распространения сигнала, т. е. за счет применения проводных и беспроводных трактов обмена информацией. Один из них можно считать основным, другой — резервным путем обмена информацией.

Вершина a_5 представляет собой интерфейс "пользователь — сеть", в котором осуществляется сопряжение двух элементов рассматриваемой модели. Границей сети доступа служит вершина a_6 . Между ними также расположены ребра b_{56} и r_{56} . Физически наличие двух ребер можно проиллюстрировать при помощи простого примера. Абонент делает попытку позвонить по домашнему телефону, но кабельная линия оказывается оборванной, тогда он звонит по мобильному телефону, используя резервный путь обмена информацией, который создан за счет построения сотовой сети.

В граф, показанный на рис. 2, при необходимости можно ввести дополнительные вершины и ребра, детализирующие особенности рассматриваемой модели. Это не меняет методологию анализа модели.

Анализ предложенной модели

Граф на рис. 2 необходимо рассматривать, по крайней мере, с двух точек

зрения. Во-первых, важна оценка коэффициентов готовности A_{17} и A_{27} , определяющих вероятность доступности ССОП для терминалов, которым соответствуют вершины a_1 и a_2 соответственно. Во-вторых, интересно поведение функций $F_{17}(t)$ и $F_{27}(t)$, характеризующих изменение коэффициентов готовности при условии, что в точке $t=0$ произошел отказ системы внешнего электропитания — сети переменного тока.

Коэффициенты готовности A_{17} и A_{27} находятся на основании известных правил теории вероятностей [8] при условии, что процессы отказов элементов ССОП взаимно независимы:

$$A_{17}=q_1 \cdot [1-(1-p_{35}) \cdot (1-r_{35})] \cdot [1-(1-p_{56}) \cdot (1-r_{56})] \cdot q_7,$$

$$A_{27}=q_2 \cdot p_{45} \cdot [1-(1-p_{56}) \cdot (1-r_{56})] \cdot q_7.$$

Если все величины вида p_{ij} и q_m одинаковы, то выражения для расчета A_{17} и A_{27} упрощаются. Опуская нижние индексы, получаем:

$$A_{17}=[q \cdot p \cdot (2-p)]^2,$$

$$A_{27}=q_2 \cdot p_2 \cdot (2-p).$$

Выигрыш от введения ребра r_{35} , обозначаемый далее через k , может оцениваться как разность между A_{17} и A_{27} , деленная на величину A_{17} :

$$k=(1-p)/(2-p).$$

При абсолютно надежных ребрах $k=0$, т. е. выигрыш отсутствует. При малых значениях вероятности работоспособного состояния ребер величина k приближается к 50 %, выигрыш становится ощутимым.

Функции $F_{17}(t)$ и $F_{27}(t)$ при $t=0$ уместно принять равными значениям A_{17} и A_{27} соответственно. Обе функции в общем случае монотонно убывают от единицы до нуля на отрезке $(0, x)$. Точка x определяется как минимальное значение из всех величин множества t_i , определяемых для вершин, которые входят в рассматриваемый маршрут: $x=\min\{t_i\}$.

На рис. 3 показаны две функции вида $F_{ij}(t)$, построенные для гипотетического маршрута, включающего три вершины, для которых заданы значения t_i . Предполагается, что $t_3 > t_2 > t_1$. Тогда $x=t_1$.

Функция, изображенная сплошной линией, полностью соответствует изложенному выше решению. В точке t_1 значение функции $F_{ij}(t)$ скачком изменяется до нуля. Пунктирной линией показана функция "с введением

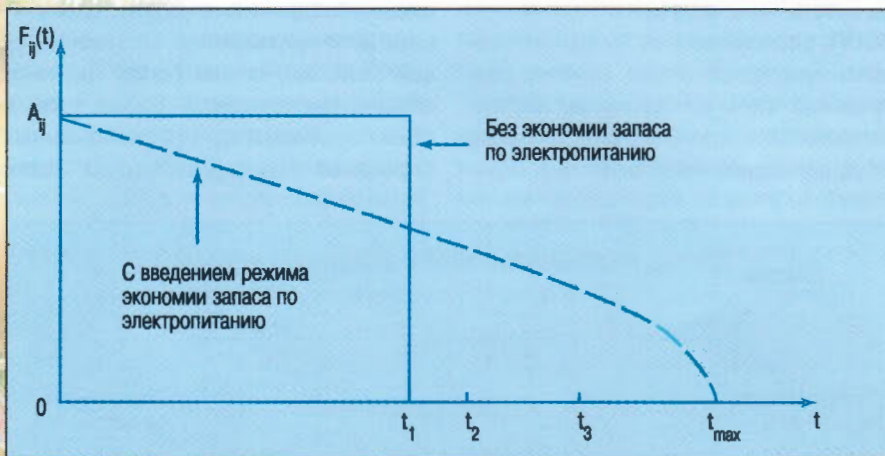


Рис. 3. Примеры функции вида $F_{ij}(t)$

режима экономии запаса по электропитанию". Этот режим позволяет продлить работоспособное состояние исследуемого фрагмента ССОП до точки t_{max} . Ее значение на оси абсцисс, как и характер функции $F_{ij}(t)$, выбраны произвольно. Примером режима экономии запаса по электропитанию служит снижение освещенности экрана современного ноутбука при отключении от сети переменного тока. Принципы введения режима экономии и управление имеющимся запасом электропитания — предмет самостоятельного исследования.

Заключение

Два элемента ССОП — сеть в помещении пользователя и сеть доступа — представляют наименее надежные компоненты телекоммуникационной системы. Для анализа их коэффициентов готовности разработана модель в виде графа. В ее состав предложено включить дополнительные вершины, позволяющие проанализировать характеристики системы электропитания, служащей одной из причин отказа в доступе к ресурсам ССОП.

Важным аспектом повышения надежности и живучести сети в помещении пользователя и сети доступа следует считать разработку требований к запасу по электропитанию и алгоритмов управления этим запасом.

Литература

1. ГОСТ Р 53111-2008. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки.
2. Булгак В.Б., Варакин Л.Е., Ивашкевич Ю.К., Москвитин В.Д., Осипов В.Г. Концепция развития связи Российской Федерации. — М.: Радио и связь, 1995.
3. Соколов Н.А. Задачи планирования сетей электросвязи. — СПб.: Техника связи, 2012.
4. Бейзер Б. Тестирование черного ящика. Технологии функционального тестирования программного обеспечения и систем. — СПб.: Питер, 2004.
5. Boswarthick D., Hersent O., Elloumi O. M2M Communications. — Wiley, 2012.
6. Конвергенция мобильных и стационарных сетей следующего поколения. Под редакцией К. Иньевски. — М.: Техносфера, 2012.
7. Харари Ф. Теория графов. — М.: Эдиториал УРСС, 2003.
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. — М.: Издательский центр "Академия", 2005.

ИНТЕРНЕТ ДЛЯ ВАШЕГО ДОМА

Зона покрытия сети
КРЕДО-ТЕЛЕКОМ



 credo-telecom.ru
КРЕДО-ТЕЛЕКОМ

Бесплатный круглосуточный телефон

8-800-100-8281

- услуги предоставляются в Москве, Московской, Калужской и Владимирской областях
- бесплатное подключение, телефонная линия не нужна
- постоянные скидки и акции по экономии средств
- скорость Интернет до 50 Мбит/с для физлиц и до 400 Мбит/с для юрлиц
- дополнительные услуги: установка телефона в коде 495, домашний Wi-Fi, цифровое телевидение, хостинг и многое другое

* уточняйте перечень услуг в Вашем населенном пункте