

поставщики, такие как BridgeWave, GigaBeam, но и отечественные компании, например, ЗАО “ДОК” и ГК НАТЕКС, поставляющие современные системы высокого качества по конкурентным ценам, обеспечивающие локальную техническую поддержку и сервисное обслуживание. Так, например, НАТЕКС предоставляет на тестирование

собственное оборудование Nateks Multilink-E-band, в случае необходимости специалисты компании готовы рассказать об особенностях его применения, провести обучение и оказать содействие в монтаже и пусконаладке. Такой подход позволит обоснованно выбрать технологию и оборудование для решения поставленных задач.

Системы E-диапазона открывают новые возможности по организации сети, как для операторов связи, так и для организаций, которым необходимо быстро, без юридических и организационных сложностей установить надежный высокоскоростной канал связи на ограниченных расстояниях.

Обеспечение устойчивости функционирования ССОП за счет использования интеллектуальных шлюзов

А.К. ЛЕВАКОВ, заместитель технического директора по эксплуатации МРФ “Центр” ОАО “Ростелеком”, кандидат технических наук

Сеть связи общего пользования (ССОП) должна отвечать заданной совокупности технических требований, содержащихся в Федеральном законе “О связи” и в ГОСТ Р 53111-2008 [1]. Среди них особо следует выделить устойчивость функционирования, для обеспечения которой предлагается использовать современные аппаратно-программные средства, названные интеллектуальным шлюзом.

Постановка задачи

Под устойчивостью функционирования понимается способность сети электросвязи выполнять свои функции при выходе из строя части элементов в результате воздействия дестабилизирующих факторов [1]. Согласно ГОСТ Р 53111-2008 используются три градации ущерба — высокий, средний и низкий, для которых максимальная доля неработоспособных элементов составляет 50, 30 и 10 % соответственно.

Статистические данные, полученные в ходе анализа надежности и живучести ССОП, позволяют оп-

ределить, что ее “слабым звеном” являются каналы между узлами сети. В ряде исследований предполагается, что узлы связи абсолютно надежны, однако в большинстве случаев следует учитывать, что в них могут происходить сбои (вызванные, например, ошибками в программном обеспечении), которые снижают устойчивость функционирования ССОП.

В качестве показателя надежности в [1] устанавливается коэффициент готовности K_r . Он вычисляется при известных средних значениях времени наработки на отказ T_o и длительности восстановления работоспособности T_B [2]:

$$K_r = \frac{T_o}{T_o + T_B} \quad (1)$$

Для оценки показателей живучести необходимо знать вероятность сохранения работоспособности при воздействии внешних дестабилизирующих факторов $P(T)$. Эта вероятность позволяет вычислить коэффициент оперативной готовности $K_{o,r}$ [1]:

$$K_{o,r} = P(T) \times K_r \quad (2)$$

Для K_r и $K_{o,r}$ в ГОСТ Р 53111-2008 приведены нормы, различающиеся по нескольким классификационным признакам. Для численных оценок предлагается использовать самые “жесткие нормы”: $K_r \geq 0,9999$ и $P(T) \geq 0,9$. Такой подход представляется логичным, поскольку требования к надежности и живучести инфокоммуникационной системы постоянно возрастают.

Задачу можно сформулировать в следующем виде. Для ССОП, модернизируемой на основе концептуальных положений NGN, заданы две нормы — $K_r \geq 0,9999$ и $P(T) \geq 0,9$. Необходимо найти системное решение, которое обеспечит их выполнение рациональным способом, т. е. остающееся близким к оптимальному, в период времени, который примерно равен длительности жизненного цикла основных компонентов ССОП [3].

Структура ССОП с интеллектуальными шлюзами

Фрагмент ССОП на территории гипотетического субъекта федерации показан на рис. 1. Предпола-

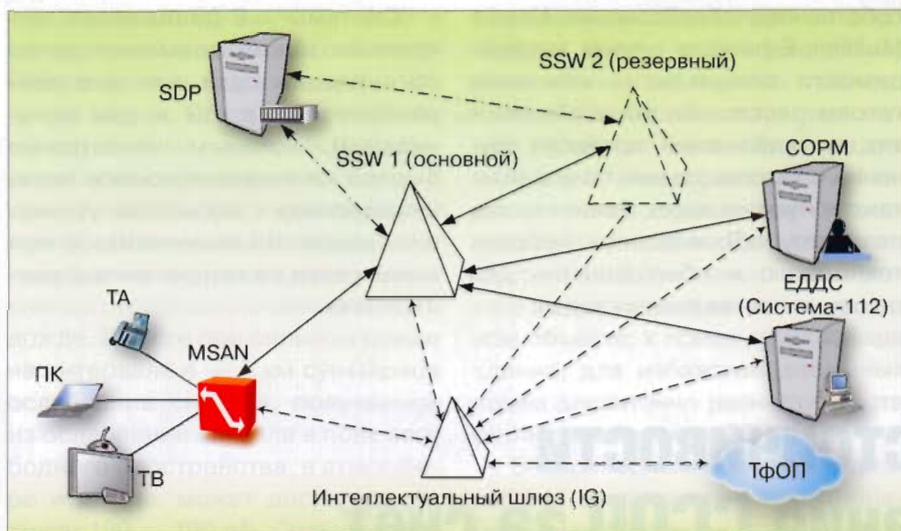


Рис. 1. Модель ССОП с интеллектуальным шлюзом

гается, что в составе сети имеется интеллектуальный шлюз (Intelligent Gateway, IG).

В условиях штатного функционирования (при отсутствии отказов) задачи IG сводятся к обеспечению взаимодействия аппаратно-программных средств, использующих различные технологии коммутации — каналов и пакетов. В частности, в составе ТФОП могут быть разные интерфейсы на физическом уровне, а также системы сигнализации, предусмотренные действующими нормативными документами. Оборудование IG для взаимодействия с ТФОП выполняет функции транспортного и сигнального шлюзов, чтобы обеспечить эффективную работу аппаратно-программных средств, построенных по идеологии NGN.

В некоторых случаях, определяемых спецификой построения местного участка ССОП, оборудование IG может выполнять дополнительные функции. Прежде всего, они связаны с операциями, которые можно определить как предварительную обработку информации. Опыт применения оборудования IG показал, что оно может оказаться весьма эффективным средством повышения качества обслуживания трафика для СОРМ и ЕДДС в составе Системы-112 [4].

При нештатных ситуациях аппаратно-программные средства IG приступают к решению новых задач — приоритетными становятся функции по поддержке работы ЕДДС и СОРМ. В случае чрезвычайных ситуаций (ЧС) происходит лавинообразный рост трафика.

Очевидно, что до ликвидации последствий ЧС поддержка платформы SDP, которая предназначена для предоставления дополнительных видов обслуживания, может быть приостановлена.

Среди базовых требований, которые предъявляются к оборудованию IG, можно назвать:

- обеспечение высокой надежности и живучести местного фрагмента ССОП при возникновении ЧС и выполнении функций ЕДДС и СОРМ;
- обслуживание трафика в случае отказа основного и резервного SSW;

- взаимодействие с ТФОП, а при необходимости, и с другими сетями связи;

- реализация оптимальной стратегии замены оборудования с коммутацией каналов при минимальных инвестициях оператора;

- поддержка функциональных возможностей, специфических для конкретной сети, за счет дополнительного программного обеспечения IG.

По мере накопления опыта применения интеллектуальных шлюзов в ССОП будут реализованы дополнительные требования. Не исключено, что часть требований, актуальных в настоящее время, не найдет в перспективе практического применения.

Оценка надежности и живучести ССОП

Модель ССОП на рис. 1 иллюстрирует логические связи между всеми компонентами сети. Для оценки надежности и живучести ССОП необходимо перейти к модели, которая основана на правилах организации линейных сооружений. В последние годы для создания каналов используется кольцевая структура, которая отличается высокой отказоустойчивостью и экономичностью. Модель такой сети представлена на рис. 2. При ее разработке предполагалось наличие двух иерархических уровней.

На первом (нулевое кольцо) обеспечивается подключение SSW (основного и резервного), оборудования ЕДДС и СОРМ, а также других узлов сети. Общее их ко-

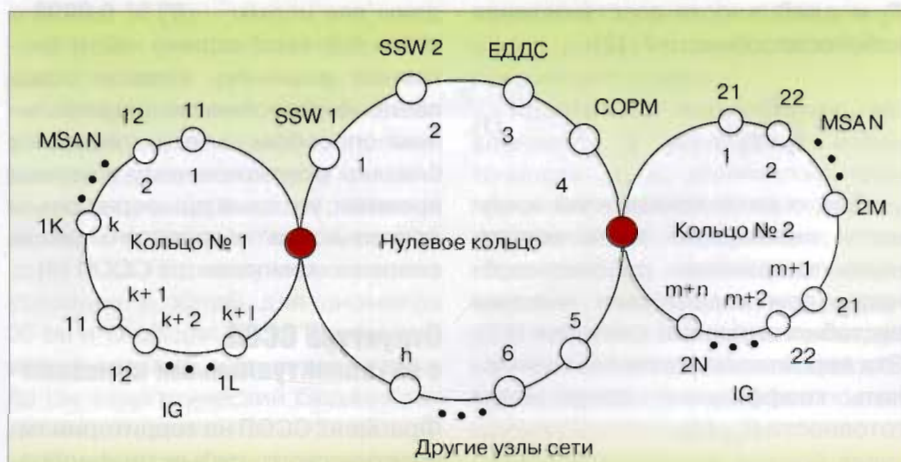


Рис. 2. Модель ССОП для оценки надежности и живучести

личество обозначено h . Второй иерархический уровень (кольца № № 1 и 2) образуют MSAN и IG. Их число в каждом из двух колец может быть любым.

То, что MSAN и IG в первом и во втором кольцах сгруппированы, не влияет на методологию оценки характеристик надежности и живучести. Внутри всех колец приведена дополнительная нумерация, которая используется в формулах для вычисления исследуемых характеристик.

Связь структур нижнего уровня иерархии с нулевым кольцом осуществляется, как минимум, в двух точках. По этой причине два непрономерованных узла, окрашенных темным цветом, рассматриваются как абсолютно надежные. И задача сводится к оценке надежности и живучести между терминалами, подключенными в два произвольно выбранных MSAN, а также между терминалом, включенным в MSAN, и средствами ЕДДС либо СОПМ. Связь вида MSAN — ЕДДС необходимо рассматривать как приоритетную.

Соотношения, которые следует использовать для оценки надежности и живучести, будут идентичными. Различие заключается лишь в переменной, которую следует подставлять в полученные формулы, — K_j или $K_{0,j}$. По этой

причине целесообразно ввести единое обозначение A , часто используемое в отечественной и зарубежной технической литературе. Коэффициенты готовности MSAN, IG, SSW, а также средств ЕДДС и СОПМ отличаются от единицы, иными словами, узлы ССОП не считаются абсолютно надежными.

Для работоспособности фрагмента ССОП между терминалом j -го MSAN и ЕДДС необходимым условием становится наличие хотя бы одного маршрута. Пусть j -й MSAN располагается в первом кольце. Предположим, что вероятности работоспособного состояния всех узлов идентичны и равны q . Такое же допущение можно ввести для каналов, которые соединяют смежные узлы в кольце. Эта вероятность обозначается далее r . Вероятность успешного обслуживания трафика j -го MSAN в первом кольце A_j рассчитывается по следующей формуле:

$$A_j = 1 - (1 - q^k r^l) (1 - q^{k+i-j} r^{k+i-j+1}). \quad (3)$$

Эта формула (как и следующие) базируется на теории вероятностей [5, 6]. Вероятность успешного обслуживания трафика в g -ом узле (ЕДДС, например, в предложенной модели считается узлом под номером 3) нулевого кольца A_0 будет оцениваться по схожему соотношению:

$$A_0 = 1 - (1 - q^k r^l) (1 - q^{h-g} r^{h-g+1}). \quad (4)$$

Очевидно, что вероятность успешного обслуживания трафика между j -ым MSAN и ЕДДС определяется произведением $A_0 \times A_j$.

Для оценки работоспособности ССОП между MSAN разных колец произведение $A_0 \times A_j$ следует умножить на вероятность успешного обслуживания трафика i -го MSAN во втором кольце A_i . Эта вероятность для i -го MSAN, по аналогии с соотношением (3), рассчитывается по следующей формуле:

$$A_i = 1 - (1 - q^k r^l) (1 - q^{m+n-i} r^{m+n-i+1}). \quad (5)$$

Не исключено, что MSAN не включен в состав кольца или на каком-то участке подключения используется решение типа “плоское кольцо”. Тогда приведенные выше соотношения следует уточнить, используя результаты, представленные в [7].

Для получения численных оценок необходимо задать значения величин q , r , k , l , m и n . Кроме того, надо выбрать числа i и j . Пусть $k = m = 5$, $l = n = 1$, $h = 4$, $i = j = 2$. Допустим, что q принимает значения 0,999, 0,9999 и 0,99999. Две последние цифры соответствуют реальной надежности узлов ССОП, а первая характерна для физически изношенных технических средств. Будем считать, что значения r на порядок меньше, что не противо-

Оценка работоспособности ССОП при использовании оборудования IG

$q=0,999; r=0,99$		$q=0,9999; r=0,999$		$q=0,99999; r=0,9999$	
$A_0 \times A_1$	$A_0 \times A_1 \times A_2$	$A_0 \times A_1$	$A_0 \times A_1 \times A_2$	$A_0 \times A_1$	$A_0 \times A_1 \times A_2$
0,998165561	0,997013332	0,999981236	0,999969391	0,999999812	0,999999693

речит статистическим данным о надежности линейных сооружений. Результаты вычислений приведены в таблице.

Очевидно, что полученные оценки соответствуют коэффициенту готовности, норма для которого, согласно приведенным выше данным, не превышает 0,9999. Этот уровень надежности обеспечивается при реальных вероятностях работоспособного состояния современного оборудования класса NGN. Если в составе сети эксплуатируются физически устаревшие технические средства, то требования ГОСТ Р 53111-2008 не выполняются (это следует из данных первого и второго столбцов таблицы).

Формально для получения оценок живучести приведенные в таблице данные следует умножить на величину $P(T) = 0,9$. Очевидно, что порог 0,9 будет максимальной оценкой живучести. На самом деле при использовании даже одного интеллектуального шлюза следует скорректировать методологический подход по расчету величины $P(T)$. Правда такое утверждение верно при условии, что оборудование интеллектуального шлюза располагается не в одном помеще-

нии с аппаратно-программными средствами SSW, ЕДДС и СОРМ. В этом случае даже для доли работоспособных элементов, равной 50 %, вероятность выхода из строя обоих SSW и всех шлюзов сравнительно низкая. Метод расчета искомой вероятности — предмет отдельного исследования. Также необходимо формально разработать правила оптимального размещения оборудования IG для максимизации показателей живучести ССОП.

Выводы

Введение в состав ССОП оборудования интеллектуального шлюза позволяет решить ряд важных практических задач. Во-первых, IG может взять на себя ряд функций по согласованию систем с коммутацией каналов и пакетов. Его функциональные возможности могут адаптироваться с учетом особенностей каждой конкретной сети, а также при возникновении требований к ССОП. Во-вторых, IG обеспечивает требования к надежности ССОП, установленные ГОСТ Р 53111-2008 “Устойчивость функционирования сети связи общего

пользования. Требования и методы проверки”. После разработки метода оценки вероятности последствий при воздействии внешних дестабилизирующих факторов и правил замещения оборудования IG можно значительно повысить живучесть ССОП.

Литература

- ГОСТ Р 53111-2008. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки. М.: Стандартинформ, 2009.
- Острейковский В.А. Теория надежности. – М.: Высшая школа, 2003.
- Звягинцев М.В., Маслов Д.С., Соколов Н.А. Выбор структуры сети связи с учетом жизненного цикла ее элементов. – Электросвязь, 2010, № 8.
- Фрейнкман В., Бреганов А., Дубчук Н. От контактных центров к ситуационным. – Connect! Мир связи, № 2, 2011.
- Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Издательский центр “Академия”, 2005.
- Полков В.К. Математические модели связности. – Новосибирск, Издательство ИВМиГ СО РАН, 2006.
- Звягинцев М.В., Леваков А.К., Соколов Н.А. Варианты повышения надежности сетей доступа. – Вестник связи, № 7, 2011.