

УДК 621.391

Д.И. Могилевич¹, С.В. Дружинин², О.К. Климович²¹Военный институт информатизаций и телекоммуникации НТУУ «КПИ», Киев²Полтавский военный институт связи

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С УСТАНОВЛЕНИЕМ СОЕДИНЕНИЯ

Разработана методика оценки качества обслуживания в телекоммуникационной сети специального назначения (ТКСН) с установлением соединения, в которой систематизированы наиболее важные показатели качества обслуживания, определена возможность синтеза альтернатив структур ТКСН, связанных с приоритетами обслуживания и объемами передачи информации различного вида, предлагается подход к оценке многопараметрических решений с выбором наилучшего варианта ТКСН.

телекоммуникационная сеть специального назначения

Введение

При создании и развитии телекоммуникационных сетей специального назначения с установлением соединения должен быть обеспечен необходимый уровень организационно-технического взаимодействия с развернутыми в регионе действующими сетями и системами различной видовой и ведомственной принадлежности. Данная работа посвящена систематизации методов расчета и оценке показателей телекоммуникационных сетей специального назначения, что определяет ее актуальность.

Постановка проблемы. На данном этапе существующие подходы прогнозирования не обеспечивают оценку, адекватную условиям, в которых может функционировать телекоммуникационная сеть специального назначения (ТКСН). Несмотря на перспективность таких решений, на сегодняшний день существующие средства проектирования и анализа сетей военной связи не обеспечивают решения задач, требуемых для качественной оценки телекоммуникационных сетей специального назначения. Это связано с тем, что телекоммуникационные сети специального назначения появились сравнительно недавно и за короткий срок проделали путь от отдельных экспериментальных установок до систем общенационального масштаба.

Для телекоммуникационной сети специального назначения одной из актуальных задач является разработка методики оценки качества обслуживания (КО) в ТКСН с установлением соединения на основе анализа общих и специальных задач систематизации и обобщения известных методов.

Анализ литературы. Существующие в настоящее время работы [1 – 8], раскрывающие принципы построения телекоммуникационных сетей связи и основы их функционирования, являются достаточной базой для описания и построения таких систем.

Но этого недостаточно для того, чтобы рассчитать значения наиболее существенных показателей телекоммуникационных сетей специального назначения и выполнить их оценку в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями.

Целью работы является разработка методики оценки качества обслуживания ТКСН, обеспечивающей прогнозирование и синтез рациональной структуры сети с соблюдением заданных требований.

Основные расчетные соотношения целесообразно выполнять с применением следующих методов исследования: математического аппарата теории массового обслуживания, теории телетрафика, теории вероятностей, метода экспертных оценок и имитационного моделирования.

Изложение материалов исследования

Для количественной оценки рационального варианта структуры ТКСН с установлением соединения целесообразно использовать наиболее важные показатели качества обслуживания в данной сети. Рациональный вариант ТКСН – это ТКСН такой структуры, которая способна выполнять задачи в соответствии с предъявляемыми к ней требованиями. Сущность оценки рационального варианта структуры ТКСН состоит в определении значений соответствующих показателей и сравнение их со значениями, требуемыми для выполнения задач ТКСН.

ТКСН должна выполнять задачи по предоставлению услуг связи (ведение телефонных переговоров, передача данных, обмен факсимильными и документальными сообщениями, предоставление дополнительных видов обслуживания) и услуг информационных систем (обмен файлами, электронная почта, WEB-сервис, создание баз данных, решение информационных и расчетных задач, задач поддержки принятия решений, обеспечение моделирования боевых действий и др.).

Качество обслуживания ТКССН является комплексным показателем, используемым для оценки соответствия сети своему назначению. Согласно общему определению понятие качества трактуется как совокупность свойств объекта, которые обуславливают его способность удовлетворять потребности в соответствии с его назначением. Качество связи характеризуется некоторым множеством показателей, каждому из которых определяется система количественных оценок [11].

Методика оценки качества обслуживания в ТКССН с установлением соединения предназначена для количественной оценки ожидаемых результатов функционирования ТКССН в процессе планирования и оперативного управления связью. Она должна обеспечить возможность оценки, корректировки и обоснованного выбора рационального варианта структуры ТКССН.

На основании требований к ТКССН [1] в качестве основных показателей в исследовании выбраны:

- объём своевременно исполненной нагрузки;
- вероятность потерь сообщений информации в направлении связи;
- вероятность выживания (сохранения связи) направлений связи.

Предлагаемую методику оценки показателей КО в ТКССН целесообразно представить в виде эвристического алгоритма. Использование предлагаемого алгоритма позволяет итерационным путем улучшать КО в ТКССН с учетом существующих требований.

Настоящая методика разработана в рамках следующих **гипотез и допущений**:

- интервалы поступления заявок в процессе передачи сообщений случайные и описываются показательным законом распределения;
- оценка показателей качества обслуживания осуществляется в период информационной подготовки принятия решения оператором автоматизированной системы управления;
- при расчете устойчивости учитываются только внутренние факторы, влияющие на ее функционирование;
- выполненные расчеты справедливы при условии, что при передаче сообщений выполняются требования по живучести и вероятности потерь сообщений;
- определяется интегральный показатель, при помощи которого сравниваются альтернативы вариантов и выбирается лучший (наиболее рациональный);
- для расчетов определены возможные структуры информационных направлений;
- система находится в состоянии статистического равновесия;
- вероятности занятия каналов всех ветвей взаимно независимы;
- поступающая нагрузка для ЧНН данного шага по каждому виду связи определена;

– при расчёте пропускной способности направления связи учитывается тот факт, что в условиях ведения современных операций реальные каналы связи обладают конечной надёжностью, помехоустойчивостью и живучестью.

Исходными данными для расчетов являются значения следующих параметров:

- коэффициент исправного действия i -й линии связи;
- планируемое количество каналов передачи в структуре q -го направления связи;
- среднее время передачи типового сообщения j -го вида связи для передачи в заданный интервал времени исследуемого этапа операции;
- количество видов связи, используемых в выбранный этап операции;
- количество направлений связи, подлежащих оценке в выбранный этап операции;
- интервалы времени выбранного этапа операции;
- статистические данные по нагрузке на заданных интервалах времени в час наибольшей нагрузки (ЧНН);
- объём сообщений j -го вида связи для передачи на заданных интервалах времени q -го направления связи в выбранный этап операции.

Цель данного алгоритма состоит в поиске топологии, которая удовлетворяла бы требованиям по пропускной способности, вероятности потерь сообщений, живучести и позволяла на основе интегрального показателя выполнить выбор рационального варианта ТКССН в соответствии с исходными данными.

В методике предлагается порядок расчета пропускной способности направления связи на основе n -канальной системы массового обслуживания (СМО) с отказами и состоящего из пучков каналов, выделенных в нескольких линиях связи. Суммарная длительность занятия всех приборов коммутационного центра за определенный период времени называется нагрузкой на эти приборы. Применение методики целесообразно в период подготовки и принятия решения оператором автоматизированной системы управления в ЧНН.

Последовательность расчетов.

А. Последовательность расчетов пропускной способности направлений связи.

1. Составляется структурная схема направлений связи и определяется совокупность путей передачи информации в направлениях связи.

2. Выполняется распределение нагрузки и определение ориентировочных значений качества обслуживания на ветвях сети [10, 13]:

$$Z_p = Z + 0,6742\sqrt{Z},$$

где Z – среднее значение нагрузки (для часа наибольшей нагрузки).

Расчёт Z_p может проводиться как для потоков конкретного вида связи и приоритета, так и для эквивалентного потока нагрузки [10].

3. Определяется математическое ожидание числа исправных пучков m_j в направлении связи по выражению:

$$m_j = \sum_{j=1}^s \ell_j \cdot P_j,$$

где s – число пучков каналов в направлении связи; P_j – вероятность наличия на направлении связи исправных каналов; ℓ_j – число каналов в j -м пучке.

4. Определяются значения вероятности потерь и нагрузки на направлении связи, используя значения номограмм [10] и выражение

$$P_n = \sum_{i=0}^n P_i \cdot E_i(Z),$$

где n – число каналов в направлении связи; $E_i(Z)$ – вероятность потерь при обслуживании нагрузки Z , когда каналы в направлении связи исправны.

5. Определяется качество обслуживания и исполненная нагрузка в направлении связи. При этом, производится оценка пропускной способности направления связи со сравнением значений расчетной нагрузки, которая предназначена для передачи на данном направлении и нагрузки, которая определяется по номограммам для определения МОЖ числа исправных каналов и значений средних потерь на направлении связи.

Представленный подход позволяет выполнить оценку варианта направления связи по значениям пропускной способности линий связи с учетом принятой системы обслуживания. При расчете поступающего потока сообщений на обслуживание (λ) можно воспользоваться приемом приведения многокритериального потока к однородному потоку с эквивалентными значениями вероятности своевременной передачи сообщений $P_{св}$. Оценка эффективности направления связи по пропускной способности (с учетом устойчивости) выполняется на основании матрицы пропускной способности линий связи.

Б. *Последовательность расчета вероятности потерь сообщений информации в направлении связи.*

1. Определяется вероятность потерь сообщений в ТКССН согласно формулам Эрланга первого и второго рода [9]:

$$E_M(\chi) = \frac{\chi^M}{M!} / \sum_{i=0}^M \frac{\chi^i}{i!}; \quad P_{п1} = \frac{E_M(\chi)}{1 - \frac{\chi}{M}(1 - E_M(\chi))};$$

$$P_{п2} = \frac{\chi^M}{M!} \frac{M}{M - \chi} / \left(\sum_{i=0}^{M-1} \frac{\chi^i}{i!} + \frac{\chi^M}{M!} \frac{M}{M - \chi} \right),$$

где $\chi = \gamma/\mu$ – интенсивность потока необслуженных сообщений; γ – интенсивность потока потерь сообщений, находящихся в очереди на обслуживание, $\gamma = 1/t_{ож}$ – величина, обратная среднему времени ожидания обслуживания, $t_{ож}$, распределенному по показательному закону; M – количество обслуживающих приборов.

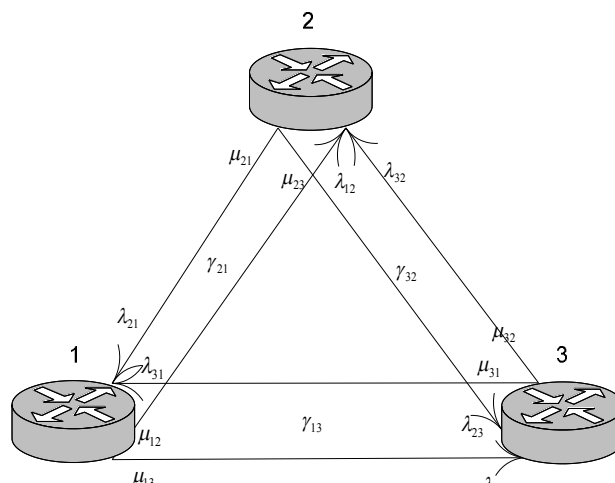


Рис. 1. Модель ТКССН с установлением соединения при расчете вероятности потерь сообщений

В. *Последовательность расчета вероятности выживания (сохранения связности) направлений связи* (в предлагаемом подходе соблюдаются взгляды, изложенные в [10 – 12]).

1. Выполняется расчет живучести ветвей и коммутационных центров под воздействием внутренних факторов, влияющих на функционирование ТКССН:

$$W_{ij}^v = \prod_{k=1}^n W_k \prod_{l=1}^L W_l, \quad (4)$$

где n – число коммутационных центров в пути v ; W_k – вероятность выживания k -го коммутационного центра в заданных условиях; L – число ветвей в пути v ; W_l – вероятность выживания i -й ветви в заданных условиях.

2. Оценивается живучесть направления связи с учетом независимых путей передачи информации:

$$W_{nc} = 1 - \prod_{t=1}^I (1 - W_{ij}^{v(t)}), \quad (5)$$

где I – число независимых путей в направлении связи.

При наличии в направлении связи нескольких независимых путей передачи информации его живучесть сохраняется, если при поражении элементов (или участков) сохраняется работоспособным хотя бы один из этих путей.

3. Выполняется преобразование структуры сети в параллельно-последовательный граф с последующим расчетом живучести направлений связи:

$$W_{nc} = 1 - \prod_{t=1}^I \left(1 - \prod_{k=1}^n W_k \prod_{l=1}^L W_l \right). \quad (6)$$

В исследовании [13] приведены результаты расчетов, которые позволяют оценить зависимость живучести направлений связи от числа путей передачи информации и их состава. Полученные резуль-

таты позволяют упростить анализ требований к живучести ТКССН по заданным требованиям.

Г. Расчет значений интегрального показателя эффективности альтернатив вариантов ТКССН [14].

1. Путем ввода полученных значений рассчитываемой совокупности показателей (п. А, Б, В) формируется исходная матрица наблюдений (7) (строки соответствуют количеству вариантов системы связи, столбцы – выбранным показателям эффективности), в которой показатели делятся на стимуляторы (+) и дестимуляторы (-), что отражается в нижней строке матрицы и таблице 1 [14].

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Расчет значений интегрального показателя эффективности $\sigma_i^{ТКССН}$ вариантов ТКССН выполняется на основе математических преобразований, описанных в [14]. Предлагаемый подход имеет целью сравнение и выбор наиболее рационального варианта решения или сокращение числа анализируемых вариантов и их признаков. Расчет значений интегрального показателя эффективности $\sigma_i^{ТКССН}$ вариантов ТКССН выполняется в программной среде MathCAD 2001 Professional. Полученные значения интегрального показателя для каждого варианта заносятся в таблицу расчетных значений (табл. 1).

Таблица 1
Расчетные значения обобщенного показателя вариантов ПКО

№ варианта ПКО	Значения показателей			Значение расстояний L_{i0}	Значения $\sigma_i^{ТКССН}$
	R_i	P	W_{nc}		
1 вариант	X'_{11}	X'_{13}	X'_{14}	L_{10}	$\sigma_1^{ТКССН}$
2 вариант	X'_{21}	X'_{23}	X'_{24}	L_{20}	$\sigma_2^{ТКССН}$
3 вариант	X'_{31}	X'_{33}	X'_{34}	L_{30}	$\sigma_3^{ТКССН}$
4 вариант	X'_{41}	X'_{43}	X'_{44}	L_{40}	$\sigma_4^{ТКССН}$
Тип признака	+	+	+		
Значение идеальной ТКССН	X_{max1}	X_{max3}	X_{max4}		

2. Осуществляется выбор рационального варианта ТКССН по критерию – чем ближе значение интегрального показателя ТКССН к единице, тем более эффективен вариант в анализируемой совокупности [14].

При несоответствии полученных значений критериям эффективности, итерационным путем выполняется корректировка исходных данных для расчета значений показателей эффективности и подготовки предложений.

Алгоритм методики оценки КО в ТКССН с установлением соединения представлен на рис. 2.

Таким образом, представленный алгоритм расчета искомых значений показателей позволяет про-

гнозировать результаты функционирования ТКССН при планировании и оперативном управлении связью. Вместе с тем, с помощью итерационного метода можно прийти к устойчивым вариантам структур направлений связи с целью улучшения качества обслуживания в ТКССН.

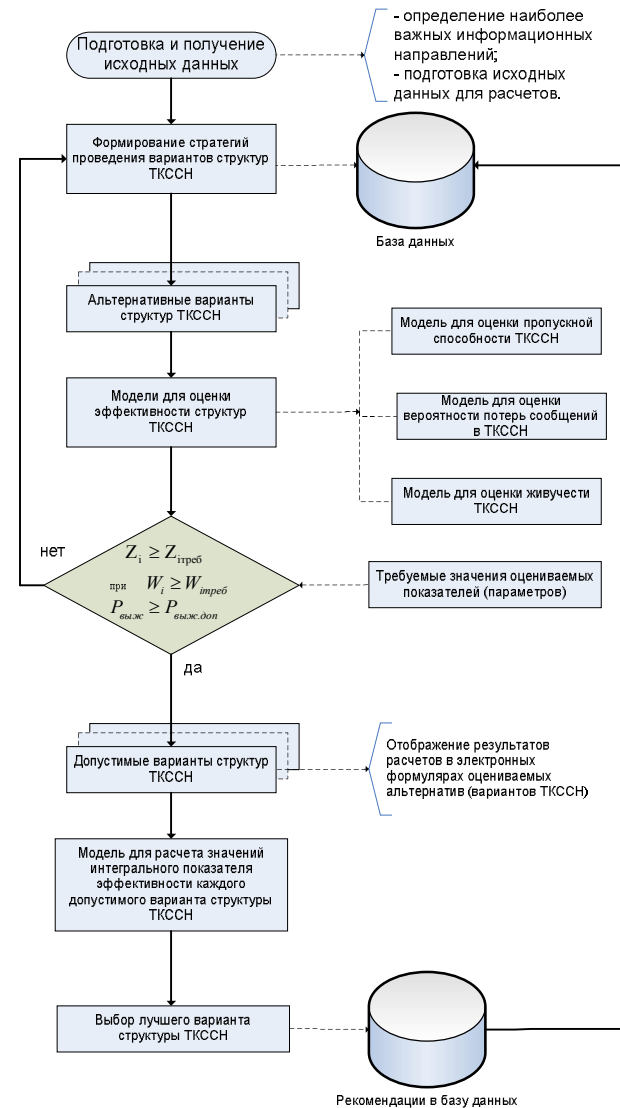


Рис. 2. Алгоритм выбора рационального варианта ТКССН с установлением соединения

Выводы

Разработанная методика оценки КО в ТКССН с установлением соединения позволяет на этапе проектирования сделать научно-обоснованный выбор наиболее рациональных значений показателей КО в ТКССН с установлением соединения. Для уменьшения времени решения можно использовать двухконтурную оценку КО в ТКССН с установлением соединения. В первом контуре для охвата максимального количества вариантов структур сети предлагается использовать аналитический метод оценки (п. А, Б, В), а во втором контуре (п. Г) (для принятия окончательного решения) предлагается использовать статистический метод имитационного моделирования.

Предлагаемую методику целесообразно применять как для оценки качества функционирования всей ТКССН, так и для оценки отдельно взятых информационных направлений. Несмотря на то, что новые функциональные обязанности оператора автоматизированной системы управления предусматривают дополнительную нагрузку (подготовку электронных таблиц и баз данных), основной объем работ по расчету значений выбранной совокупности показателей и оценке альтернативных вариантов структур ТКССН (при наличии соответствующего аппаратно-программного обеспечения) выполняется автоматически, быстро и без ошибок.

Список литературы

1. Новые сетевые технологии в системах управления военного назначения / Под ред. П.И. Буренина. – С.-Пб.: ВУС, 2000. – 200 с.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. – С.-Пб.: Питер, 2006. – 958 с.
3. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телеграфика и ее приложения. – С.-Пб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
4. Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Кириченко А.А. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 512 с.
5. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Проектирование телекоммуникационных сетей. – К.: Техніка, 2002. – 792 с.
6. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Построение сетей интегрального обслуживания. – Л.: Машиностроение, 1990. – 332 с.
7. Шнепс М.А. Системы распределения информации. Методы расчета: Справ. пособие. – М.: Связь, 1979. – 344 с.
8. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
9. Лившиц Б.С., Пишеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телеграфика. – М.: Связь, 1979. – 224 с.
10. Щербина Л.П., Біленко А.І., Кучеренко А.Г. Розрахунок параметрів систем телекомунікації методами теорії телеграфіку. – К.: НТУУ "КПІ", 1996. – 147 с.
11. Щербина Л.П. Основы теории сетей военной связи. – Л.: ВАС, 1984. – 169 с.
12. Щербина Л.П., Хилько О.Г. Надёжность и живучесть коммутируемых сетей связи. – Л.: ВАС, 1977. – 54 с.
13. Романов О.І., Гресько Ю.В., Климович О.К. Імовірнісна модель оцінки живучості телекомунікаційної мережі // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ «КПІ». – 2003. – № 4. – С. 98-111.
14. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях. Методы таксономии и факторного анализа / Пер. с пол. В.В.Иванова. – М.: Статистика, 1980. – 151 с.

Поступила в редколлегию 3.06.2007

Рецензент: канд. физ.-мат. наук, проф. кафедры А.С. Мельниченко, Государственный педагогический университет им. Короленка, Полтава.