

Возникает внутреннее противоречие, чем больше измерений n , тем лучше будет выявление низкоинтенсивного источника, но тогда время измерения T соответственно увеличится и будет равняться nT .

Для решения этого противоречия весь диапазон измерений, который определяется крайними (концевыми) длинами волн, разобьем на L участков - поддиапазонов. Тогда решение задачи будет сводиться к стробированию узкополосного участка и вычислению матрицы корреляционных моментов по n измерениям, то есть

$$\begin{array}{l}
 U = 0 \\
 \text{при } \Delta k_i = 0 \\
 U = 1 \\
 \text{при } \Delta k_i \gg 1
 \end{array}
 \quad
 \left\{
 \begin{array}{l}
 k_1^n - k_1^{n_0} = \Delta k_1 \\
 k_1^n - k_2^{n_0} = \Delta k_2 \\
 \dots\dots\dots \\
 k_L^n - k_L^{n_0} = \Delta k_L
 \end{array}
 \right.
 \quad (21)$$

Таким образом, математической моделью выявления тонального сигнала в условиях доминирующих помех есть процесс узкополосного стробирования полосы измерений, вычисления в каждой полосе корреляционной матрицы по семейству реализаций, последующего сравнения вычисленной матрицы с нормативной и принятия решения о наличии источника излучения при значительном расхождении значений матриц.

III Выводы

Одномерная случайная величина, которая характеризует доминирующий фон на локальном участке пространства, полностью определяется моментами низкого порядка, а именно – математическим ожиданием (момент 1-го порядка), дисперсией (момент 2-го порядка), коэффициентом асимметрии (момент 3-го порядка), коэффициентом эксцесса (момент 4-го порядка), связанными с распределением плотности вероятности случайной величины и вычисляемых через характеристическую функцию с использованием преобразований Фурье.

Математическое описание доминирующего фона, который формируется двумя или большим количеством независимых факторов, которые получаем в ходе опытных непрерывных измерений, является системой из двух или большего числа случайных величин, которые полностью определяются начальным моментом первого и второго порядка (математическим ожиданием и дисперсией), а также смещенным (корреляционным) моментом.

Математической моделью нахождения тонального сигнала в условиях доминирующих помех является процесс узкополосного стробирования полосы измерений, вычисления в каждой полосе корреляционной матрицы по семейству реализаций, последующего сравнения вычисленной матрицы с нормативной и принятия решения о наличии источника сигнала при значительном расхождении значений матриц.

Список использованной литературы: 1. Ваништейн Л. А. Выделение сигналов на фоне случайных помех / Л. А. Ваништейн, В. Д. Зубаков – М.: Госэнергоиздат, 1960. – 448 с. 2. Гольдберг Л. М. Цифровая обработка сигналов. / Л. М. Гольдберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк – М.: Радиосвязь, 1990. – 256 с. 3. Белецкий Ю. С. Методы и алгоритмы контрастного обнаружения сигналов на фоне помех с априори неизвестными характеристиками / Ю. С. Белецкий – М.: Радиотехника, 2011. – 436 с. 4. Защита радиолокационных систем от помех. Состояние и тенденции развития / Под ред. В. И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – 416 с. 5. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин. – М.: Радио и связь, 1989. – 656 с.

Владимир Хорошко, Юлия Хохлачёва, Елена Скоробогатько, Николай Тимченко

Национальный авиационный университет

УДК 004.321.3:621.327.8

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ ТОПОЛОГИИ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Аннотация: Рассматриваются особенности синтеза оптимальной топологии сети передачи данных. Определены показатели качества в виде совокупности вероятностно-временных характеристик

относительно трафиков передачи информационных пакетов. Проведенный анализ показал наличие влияния изменения параметров на пропускную способность сети передачи данных.

Summary: The paper discusses the features of the synthesis of optimal network topology. Quality indicators defined as a set of probabilistic and temporal characteristics with respect to transmission traffic of information packets. This analysis showed the presence of the influence of parameters on the bandwidth data transmission.

Ключевые слова: Защита информации, системы защиты информации, сети передачи данных, сети специальной связи, синтез оптимальной топологии, информационная безопасность.

I Введение

Современные сети передачи данных представляют собой сложный комплекс технических средств, программного обеспечения, устройств управления организационной структурой, позволяющей совместно функционировать элементам комплекса и эксплуатировать их с территориально распределенными абонентами.

Актуальной проблемой информатизации государственных структур является решение задачи информационной безопасности и независимость информационных технологий от зарубежных поставщиков.

Одновременному решению этой проблемы по всем направлениям препятствуют экономические факторы и общее отставание Украины от других стран в области информационных технологий. В подобных условиях цели национальной доктрины информационной безопасности Украины в части развития отечественных информационных технологий должны реализовываться поэтапно и при этом ориентироваться на стандарты (архитектуры и топологии) и учитывать пути эволюции технологий. При этом необходимо учитывать особенности построения и эксплуатации сетей специальной связи (ССС). Режим передачи и обработки ССС характеризуется попытками несанкционированного получения данных, составляющих государственную и служебную тайны. В связи с этим таким сетям свойственны особые требования к функционированию а также ограничения по обработке и передаче данных, которые частично определяются нормативными и руководящими документами.

К сожалению, даже с формальной точки зрения весьма трудно, а порой и невозможно выполнить на практике большинство из этих требований.

II Основная часть

Учитывая то, что основной задачей ССС является автоматическое доведение информационного пакета (ИП) до адресата, при выполнении предъявленных требований к показателям качества процессов доставки и защищенности информации, в качестве исходных данных для решения задачи синтеза оптимальной топологии сети используем, в соответствии с [1, 2]:

- характеристики расположения абонентов в ССС;
- требования, предъявляемые к показателям качества процессов доставки ИП между абонентами сети;
- требования, предъявляемые к показателям защищенности;
- состав и основные характеристики аппаратно-программных средств, на базе которых могут быть реализованы выбранные структуры ССС;
- ограничения, накладываемые на выбор топологии ССС особенностями используемых алгоритмов управления и аппаратно-программных средств их реализации в ССС;
- ограничения, накладываемые на выбор топологии ССС особенностями используемых методов и средств защиты сети.

Характеристики потоков ИП определяют структуру и объемы потоков данных для каждого направления обмена.

К общим характеристикам передаваемых в ССС данных относятся:

- виды данных $k \in K^N$, определяющие данные передаваемых ИП по степени важности и конфиденциальности, предъявляющие различные требования к показателям качества доставки сообщений адресату;
- категории срочности $q \in \Theta^N$, определяющие требования к вероятностно-временным характеристикам доставки ИП в ССС;
- длины ИП $l \in L^N$, выражаемые обычно числом (m -ичных разрядов).

Таким образом, каждый ИП, возникающий в момент времени t и передаваемый между абонентами a_i и a_j , может быть описан вектором (a_i, a_j, k, q, l, t) , $k \in K^N$, $q \in \Theta^N$, $l \in L^N$, $t \in T^N$, где T^N – некоторый интервал, на котором исследуется поведение ССС.

В качестве частичных характеристик потоков информации, передаваемых абонентам сети, могут быть использованы функции распределения интервалов между моментами возникновения ИП, длительности ИП с детализацией по категориям срочности и конфиденциальности, условных вероятностей появления ИП определенной категории срочности и т. п.

На этапе решения задачи синтеза оптимальных топологических структур ССС используем предложение об экспоненциальном характере функции распределения интервалов между моментами появления ИП в потоке, передаваемом между заданной парой абонентов, и длин ИП с параметрами $\lambda_{ij}(q)$ и $\mu(q)$, соответственно, $q \in \Theta^N$ [3 – 5].

На основании этих параметров могут быть определены результирующая интенсивность потока и параметр распределения их длин:

$$\lambda_{ij} = \sum_{q \in \Theta^N} \lambda_{ij}(q), \quad \mu(q) = \sum_{q \in \Theta^N} \mu(q).$$

Совокупность параметров λ_{ij} задает матрицу тяготений $\|B\|$ [4, 6].

Характеристики расположения абонентов ССС задаются матрицей расстояний $\|L\|$, элементы которой l_{ij} представляют собой расстояния между абонентами a_i и a_j , $a_i \in A$, $a_j \in A$, где A – множество абонентов сети. При этом следует учитывать, что в общем случае расстояния l_{ij} не являются геометрическими расстояниями между абонентами, т. е. элементами матрицы $\|L\|$ может не соблюдаться неравенство треугольников. Это связано с тем, что ССС строится на базе первичной сети связи, поэтому расстояние между абонентами сети в этом случае определяется конфигурацией и наличием первичных ИП. Под элементами матрицы $\|L\|$ понимают также параметры другой физической природы, задающей «близость» абонентов ССС между собой. Поэтому матрицу $\|L\|$ будем называть матрицей модифицированных расстояний.

При синтезе топологической структуры сети требования к показателям качества процессов доставки ИП в ССС задаются в виде совокупности вероятностно-временных характеристик, к которым относятся: 1) допустимое время доставки ИП с детализацией по категориям срочности; 2) вероятность того, что время передачи сообщений превысит допустимое (обозначены как $T(q)$ и $P_r\{(t)T(q)\}$ соответственно); 3) вероятность правильного приема ИП с детализацией по категориям срочности $P(q)$; 4) вероятность потери ИП при передаче между абонентами ССС с детализацией по категориям срочности $P_{ном}(q)$.

Обеспечение выполнения требований, предъявляемых к $T(q)$, $P_r\{(t)T(q)\}$, $P(q)$ при фиксированной топологической структуре ССС и в условиях безотказной работы всех ее элементов, осуществляется за счет выбора соответствующего быстродействия аппаратуры узлов коммутации (УК) и линий связи (ЛС) сети с учетом используемых в соответствии с рекомендациями Международной организации по стандартизации методов повышения достоверности передачи, государственных стандартов и нормативных документов, которые характеризуют процессы, искажающие ИП при передаче по ССС, режимы коммутации и алгоритмы обмена информацией в ССС.

Значение вероятности потери ИП определяется надежностью аппаратно-программных средств УК и ЛС сети. В сетях с иерархической топологической структурой выполнение заданного требования может быть достигнуто за счет резервирования аппаратно-программных средств УК и ЛС. В сетях с распределенной топологией выполнение заданного требования к $P_{ном}(q)$ может быть обеспечено за счет использования динамических методов управления распределением информационных потоков в ССС, так как в данном случае между УК сети существует несколько трафиков, по каждому из которых может осуществляться передача ИП.

Учет исходных данных введенных категорий срочности ИП существенно усложняет задачу синтеза оптимальных топологических структур ССС, так как при этом возникает необходимость разработки сложных моделей процессов доставки ИП в ССС, которые оказываются малоприменимыми на этапе решения задачи синтеза. В связи с этим в качестве исходных данных используются параметры, усредненные по категориям срочности. Такое допущение приводит к существенному снижению математических трудностей

в описании процессов функционирования ССС и практически не сказывается на результатах решения задачи синтеза [4].

При решении задачи синтеза оптимальной топологии ССС необходимо выбрать критерий, по которому оценивается эффективность сравниваемых вариантов топологических структур. В качестве такого критерия при решении задачи синтеза сетей выбираем показатели, связанные с оценкой затрат на выполнение ими основной целевой функции [7]. Исходя из этого, пусть X^N – множество входных переменных, описывающих сеть; E^N – множество значений критерия оценки эффективности вариантов топологических структур; P^N – выходная функция или модель сети; Y^N – множество выходных переменных; G^N – функция оценки качества вариантов топологии структур, где $P^N : X^N \rightarrow Y^N$; $G^N : X^N \times Y^N \rightarrow E^N$.

Тогда задача оптимизации структуры ССС становится такой: в подмножестве допустимых решений $X^\circ \in X^N$ найти такое $\hat{x} \in X^\circ$, чтобы для всех $x \in X^\circ$:

$$g(\hat{x}) \geq g(x); g(x) = G^N\{x, P^N(x)\}. \quad (1)$$

Множество X^N включает в себя исходные данные решаемой задачи синтеза, множество допустимых решений X° , т. е. данные, соответствующие вариантам топологических структур сетей, удовлетворяющих предъявляемым требованиям и ограничениям. Множество выходных переменных Y^N определяется как множество показателей качества процессов доставки ИП в ССС. Варьируемыми параметрами решаемой задачи синтеза являются параметры, описывающие структуру ССС, т. е. число и расположение ЛС, а также характеристики используемых аппаратно-программных средств, которые выбираются таким образом, чтобы при заданных параметрах передаваемых в сети потоков ИП, выбранных режимах коммутации, маршрутизации и ограничения потоков, заданных алгоритмах управления, были выполнимы и соответствовали требованиям, предъявляемым к показателям качества процессов доставки ИП в ССС.

Элемент $\hat{x} \in X^\circ$, удовлетворяющий условию (1), является решением задачи синтеза, заданной тройкой (P^N, G^N, X°) [8]. Трудность нахождения (P^N, G^N, X°) определяет сложность решаемой задачи, что, как уже отмечалось ранее, связано с необходимостью учета значительного количества факторов, влияющих на процессы функционирования ССС, и со стохастичностью указанных процессов.

Сложность задачи выбора оптимальной топологии ССС, определяется синтезом оптимальных топологических структур абонентских и магистральных частей сети, исключает возможность ее решения на основе единой модели сети, в которой на базе сложных математических зависимостей описывается взаимосвязь всех рассматриваемых параметров и переменных сети. Поэтому предложенная методика решения поставленной задачи предполагает комбинацию аналитических методов и методов имитационного моделирования. Возможность использования аналитических методов связана с введением ряда допущений.

Реальные потоки ИП, которые в общем случае являются многопараметрическими, описываются однопараметрическими распределениями интервалов времени между моментами поступления ИП и длин этих пакетов. Вводим предположение об экспоненциальном характере этих распределений. Считаем, что параметры функций распределения длины всех ИП одинаковы, и вводим предположение о независимости моментов поступления ИП и всех длин [4]. При постоянных скоростях передачи ИП по ЛС времена передачи ИП распределены по экспоненциальному закону.

Введение таких допущений позволяет, с одной стороны, получить простые математические модели процессов функционирования ССС, с другой стороны, с достаточной степенью точности описывать реальные процессы функционирования на уровне их рассмотрения при синтезе топологической структуры сети.

Предлагаемая методика решения задачи синтеза оптимальной структуры ССС включает в себя: выбор мест расположения региональных узлов коммутации (РУК); синтеза топологических структур абонентской части ССС, т. е. абонентских сетей (АС); синтеза топологической структуры магистральной сети ССС, т. е. магистральной сети (МС).

Считая заданными места расположения РУК, определим исходные данные. Для этого определяются абоненты, обслуживаемые каждым РУК таким образом, что если число РУК равно M , то при этом все абоненты ССС разбиваются на M непересекающихся групп, число абонентов в каждой группе равно n_i , $i = \overline{1, M}$, причем $\sum_{(i)} n_i = N_B$, где N_B – общее число абонентов ССС, в число которых входит также абонент, расположенный в одном с РУК месте.

Создание распределенных структур на уровне АС требует значительных затрат, которые составляют существенную часть общих затрат на ССС. Между абонентами разных регионов передача осуществляется через соответствующие им РУК и МС. Структура МС находится в классе распределенных многосвязных структур. При таком представлении ССС путь передачи между абонентами различных АС включает в себя пути передачи в АС и путь передачи в МС, т. е. условно его можно разбить на 3 участка.

Указанное разбиение приводит к необходимости определения требований к показателям качества процессов передачи ИП, которые должны быть обеспечены в АС и МС. Без потери общности будем считать, что в виде среднего времени заданы T_1 для АС и T_2 для МС. Учитывая, что обмен сообщениями в ССС осуществляется через РУК, интенсивности потоков ИП, передаваемых между абонентами и РУК в АС и между РУК в МС, определяются следующим образом.

Интенсивность потока ИП между k -м абонентом и РУК, к которому он подсоединяется, определяется выражением:

$$\lambda_k = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{N_B} \lambda_{kj} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}} \lambda_{jk}, k \in n_i, k \neq i, \quad (2)$$

где $i = \overline{1, M}$ - множество РУК.

Таким образом, совокупность λ_k , где $k \in n_i, i = \overline{1, M}$, для каждого i -го РУК определяет матрицу интенсивностей потоков ИП (матрицу тяготений) $\|B_j\|$ между абонентами и РУК для i -й АС. Интенсивность потока ИП между i -м и j -м РУК в МС определяется выражением:

$$\lambda_{ij}^M = \sum_{p \in n_j} \sum_{k \in n_i} \lambda_{pk}, i, j = \overline{1, M}. \quad (3)$$

Совокупность элементов λ_{ij}^M определяет матрицу тяготения $\|B_M\|$ для МС. Нетрудно заметить, что

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^M \lambda_{ij}^M = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^M \lambda_{ji}^M.$$

Аналогичным образом исходная матрица расстояний $\|L\|$ преобразуется в матрицы $\|L_i\|$ и $\|L_M\|$ для i -й АС и МС, $i = \overline{1, M}$. При этом элементы матриц $\|L_i\|$ задают расстояния только между узлами АС i -го региона, а элементы матрицы $\|L_M\|$ задают расстояния между РУК и МС.

Получение выражения для решения задач синтеза АС и МС дают возможность решить эти задачи независимо друг от друга. При этом для каждой выделенной подзадачи может быть введена своя нумерация узлов, облегчающая использование единых процедур синтеза. Нетрудно заметить, что размерность каждой из решаемых задач уменьшилась по сравнению с исходной; следовательно, уменьшается, соответственно, число просматриваемых вариантов. Однако это уменьшение может привести к потере оптимального варианта. Поэтому независимое решение указанных задач предполагает возможность организации их интенсивного решения для других вариантов размещения РУК и разбиений множества абонентов сетей связи на регионы до тех пор, пока не будет получено устойчивое решение. Реализация такой методики решения задачи требует значительно меньших затрат, чем решение задачи выбора оптимальной топологической структуры ССС в общем виде.

При построении АС между абонентами и РУК существует единственный путь. Таким образом, с точки зрения структурной надежности АС характеризуется тем, что в ней имеются висячие вершины и для управления информационными потоками в АС может быть применен статистический метод. Реализация этого метода в данном случае не отличается значительной сложностью. Такого типа структуры имеют ограниченную надежность, поэтому АС строится обычно с использованием двух-трех уровней.

При синтезе оптимальной структуры МС следует иметь в виду два противоречивых требования. С одной стороны, следует минимизировать затраты на построение МС, что достигается устранением в структуре МС

избыточных связей; с другой стороны, необходимо учитывать, что нарушение связности МС нарушает функционирование ССС в целом как единой системы. В связи с этим МС должна содержать в своей структуре некоторую избыточность с тем, чтобы при выходе из строя ограниченного числа АС сохранялась возможность обмена между любыми двумя РУК по обходным путям. Для обеспечения высокой структурной надежности МС оказывается достаточным иметь между любой парой РУК не менее двух независимых путей передачи ИП. При этом следует понимать разницу между независимыми путями, которые не содержат общие АС и промежуточные РУК, и путями, которые не содержат только общие АС. В первом случае структура МС будет связной при удалении любого одного РУК и одной АС, во втором – только при удалении любой АС. Таким образом, структура МС характеризуется отсутствием висячих вершин, то есть достигается введением в ее состав дуг полного графа [9].

Для ССС, имеющей пользователей $\Theta = \{a_i\}$, $i = \overline{1, M}$ можно задать матрицу связности $\|H\| = \|h_{ij}\|$, элемент которой:

$$h_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если показатель } \theta_i \text{ обменивается ИП с пользователем } \theta_j; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Граф, отображающий топологию ССС, должен удовлетворять условиям, описываемым матрицей связности $\|H\|$, т. е. если $h_{ij} = 1$, то должна существовать, по крайней мере, одна цепь, соединяющая вершины a_i и a_j .

При построении топологической структуры ССС условиям, накладываемым матрицей $\|H\|$, может соответствовать некоторое множество различных графов. Поэтому возникает задача отыскания графа, оптимального по некоторому критерию. Таким критерием чаще всего служит суммарная длина АС сети, так как минимум длины ЛС обычно обеспечивает минимальную стоимость ССС в целом. Таким образом, предварительно нужно построить граф, отображающий топологию ССС и имеющий минимальную суммарную длину ребер.

Условия, заданные матрицей связности, могут быть выполнены только ССС. При этом отображением топологической структуры является связный граф, а кратчайшая связующая сеть находится среди связных графов без циклов, называемых деревьями. Построение кратчайшей связывающей сети основано на принципиальных положениях, сформулированных в [10].

Принципы построения кратчайшей связывающей сети, рассмотренные в [10], таковы: всякая изолированная вершина сети соединяется с ближайшим соседом; всякий изолированный фрагмент соединяется с ближайшим кратчайшей ветвью.

Исходными данными для построения кратчайшей связывающей сети является матрица расстояний между вершинами $\|L\| = \{l_{ij}\}$, где l_{ij} - расстояние между вершинами a_i и a_j . В матрице расстояний в каждой строке выделяются минимальные элементы, из числа которых в строках находится наименьший. Пусть таким элементом окажется $l_{ij} = l_{ji}$. Тогда первым ребром дерева минимальной длины будет ребро, соединяющее вершины a_i и a_j . В строках с номерами i и j отыскивается следующий минимальный элемент. Допустим, что им будет элемент l_{ik} в строке j . Вторым ребром дерева кратчайшей длины будет ребро, соединяющее вершины θ_j и a_k . Далее процедура повторяется для строк с номерами i, j и k . Таким образом, на каждом шаге построения дерева минимальной длины отыскивается ребро минимальной длины, соединяющее еще не соединенные вершины. Связанное дерево минимальной длины содержит $N - 1$ ребро, где N – число вершин графа.

Реализованную этим методом топологическую структуру ССС (впрочем, как и любым другим аналитическим методом) можно рассматривать как некоторую начальную сеть, которую в дальнейшем необходимо усовершенствовать тем или иным способом (например, методами имитационного моделирования).

При решении задачи синтеза топологии ССС предварительно также необходимо оценить влияние числа транзитных участков сети на определение пропускной способности АС. Пользовательские сообщения, передаваемые по ССС в виде ИП, в промежутках между передачами по АС хранятся в буферных накопителях транзитных узлов коммутации. Для определенности считаем, что используется режим коммутации сообщений.

Учитывая, что емкость буферных накопителей транзитных узлов коммутации (УК) обеспечивает достаточно малую вероятность потери коммутируемого единичного ИП (КЕИП) из-за их переполнения, можно представить путь доставки ИП, состоящий из n транзитных участков, в виде n – фазной θ – схемы без блокировки [11].

Будем считать, что среднее время обслуживания КЕИП на каждом транзитном участке одинаково и равно T_n^0 . Ставится задача анализа зависимости и параметров T_n^0 и C_n от изменения числа транзитных участков n и требований к показателям качества процессов передачи ИП, задаваемых для всего пути в целом, где C_n – пропускная способность транзитной АС.

При введенных предположениях о характере функций распределения интервалов времени между ИП потока и времени передачи ИП в АС получаем следующую зависимость между средним временем передачи T_n^0 и вероятностью $P_r(t > T^\delta)$ при фиксировании T^δ ;

$$T_n^0 = \frac{T^\delta}{\ln P_r(t > T^\delta)}, \quad (4)$$

где

$$T^\delta = \frac{1}{(\mu C_n - L)}. \quad (5)$$

Из выражений (4) и (5) может быть определена пропускная способность АС C_n , обеспечивающая выполнение предъявляемых к показателям качества процессов передачи ИП и требований, задаваемых T^δ либо $P_r(t > T^\delta)$.

При наличии между рассматриваемой парой абонентов транзитных АС с учетом введенных предложений получаем, что интенсивность поступления КЕИП в каждую транзитную АС не зависит от числа транзитных участников, постоянна и равна λ (теорема Бурке [4]).

Учитывая предположение о независимости, получаем, что времена передачи ИП по каждой АС независимы и распределены по экспоненциальному закону с параметром μC_n .

Для каждого транзитного участка получаем:

$$P_{r_n}(t > T^\delta) = e^{-T^\delta / T_n^0},$$

Функция распределения времени передачи по n транзитным участкам определяется как композиция функций распределения, соответствующих каждому участку. С учетом введенных допущений и [12] она выражается следующим образом:

$$P_r(t \leq T^\delta) = 1 - R(n-1, T^\delta / T_n^0), T^\delta > 0, \quad (6)$$

где

$$R(n-1, T^\delta / T_n^0) = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(T^\delta / T_n^0)^k}{k!} e^{-T^\delta / T_n^0};$$

$R(n-1, T^\delta / T_n^0)$ – распределение Эрланга $n-1$ порядка или $(n-1)$ – фазное распределение Эрланга.

Таким образом, при заданном значении $P_r(t > T^\delta)$ значение T_n^0 определяется из выражения (6).

Анализ показывает, что при фиксированных значениях T^δ и $P_r(t > T^\delta)$ с увеличением значения параметра n значение T_n^0 уменьшается, следовательно, увеличивается пропускная способность транзитной АС C_n , которая сможет обеспечить выполнение заданного требования к показателям качества процессов доставки ИП в ССС. Введем параметр относительного среднего времени передачи ИП в ССС:

$$\beta = T_n^0 / T^\delta, \quad (7)$$

где T_n^0 – определяется выражением (6), а T^0 – (4).

Нетрудно заметить, что $0 \leq \beta \leq 1$. Определение конкретного β при фиксированных $T^0, P_r(t > T^0)$ и n сводится к решению уравнения вида:

$$e^{-T^0/T^0} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(T^0/T^0)^k}{k!} = e^{-T^0/T_n^0},$$

которое, после преобразования с учетом выражения (7), преобразуется к виду

$$\sum_{k=0}^{n-1} \left(\frac{l_n P_r(t > T^0)^k}{\beta} \right) / k! = [P_r(t > T^0)]^{\beta-1}.$$

В реальных ССС подбором соответствующего параметра T^0 можно добиться того, чтобы значение параметра $P_r(t > T^0)$ удовлетворяло условию:

$$P_r(t > T^0) < 0,1. \quad (8)$$

Проанализируем влияние изменения параметров β на выбор пропускной способности транзитных ЛС.

Без учета числа транзитных участков пропускная способность ЛС, обеспечивающая выполнение требований к среднему времени передачи ИП T^0 определяется соотношением:

$$C = (1 + \lambda T^0) / (\mu T^0),$$

а при наличии транзитных участков:

$$C_n = (1 + \lambda \beta T^0) / (\mu \beta T^0) \quad (9)$$

Проведя соответствующие преобразования получаем:

$$C_n = C + (1 - \beta) / (\mu \beta T^0). \quad (10)$$

Значение β в выражениях (9) и (10) определяется для фиксированного числа транзитных участков n при заданном значении $P_r(t > T^0)$.

Введем обозначение $\Delta C = (1 - \beta) / (\mu \beta T^0)$ и рассмотрим, каким образом будет меняться значение соотношения $\Delta C / C$ при изменении значений β и T^0 .

Анализ позволяет сделать следующие выводы. При уменьшении значения параметра T^0 отношение $\Delta C / C$ будет увеличиваться. Следовательно, если в выражении (9) принять $\beta = 1$, то при расчете пропускных способностей транзитных каналов связи может быть получена существенная ошибка, которая будет тем меньше, чем меньшими будут значения параметров T^0 и λ .

С увеличением значений параметров T^0 и λ рассматриваемое отношение $\Delta C / C$ уменьшается. В данном случае использование в выражении (9) значения $\beta = 1$ при определении пропускных способностей транзитных ЛС является допустимым.

В каждом конкретном случае вопрос о необходимости учета параметра β при определении пропускной способности ЛС в проектируемой ССС должен решаться с учетом конкретного значения параметров $T^0, P_r(t > T^0), n$ и области изменения значений параметра λ .

Предположение об экспоненциальном характере времени обслуживания дает несколько завышенные характеристики времени обслуживания ИП и размеров очередей [3, 13]. Однако такая ошибка не оказывает

существенного влияния на эффективность разработанной и построенной ССС, так как адаптивная система управления сетью обеспечивает абонентам необходимое качество передачи информации. Кроме того, в случае необходимости полученные результаты могут быть скорректированы путем построения более сложных моделей или использования метода имитационного моделирования.

На основании полученных результатов значение параметра T_{pk}^0 для АС, соединяющего узлы a_p и a_k определяется выражением:

$$T_{pk}^0 = \frac{T^0 \sum_{(i,j)} \beta_{i,j} Z_{ij}^{pk}}{\sum_{(i,j)} Z_{ij}^{pk}}$$

где $Z_{ij}^{pk} = \begin{cases} 1, & \text{если путь передачи между } a_i \text{ и } a_j \text{ включает данную АС;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$

Значение β_{ij} определяется с учетом числа транзитных участков, составляющих путь передачи сообщений между a_i и a_j .

III Выводы

Проведенные исследования показали, что существует влияние числа транзитных участков между абонентами сети на пропускные способности абонентской сети. Причем это очень важно при решении задачи синтеза оптимальной топологической структуры сети. Определены показатели качества в виде совокупности вероятностно-временных характеристик относительно трафиков. Анализ результатов показал, что существует область значений параметров передаваемых потоков информационных пакетов и требований к показателям качества процессов их доставки, для которой определение пропускной способности абонентской сети необходимо проводить с учетом числа транзитных участков между узлами сети в соответствии с полученными выражениями.

Список використаної літератури: 1. Кудинов В. А. Оптимизация структуры информационной сети / Кудинов В. А., Пархуць Л. Т., Хорошко В. А. // *Захист інформації*, №3, 2004. - С.44-49. 2. Андреев В. И. Количественная оценка защищенности объектов с учетом их функционирования / Андреев В. И., Козлов В. С., Хорошко В. А. // *Захист інформації*, №1, 2004. - С.26-36. 3. Иванченко И. С. Управління паралельною обробкою інформації / Иванченко И. С., Хорошко В. О. // *Сучасна спеціальна техніка*, № 3, 2012. - С.14-20. 4. Клейнрок Л. Коммутационные сети / Клейнрок Л. - М.: Наука, 1970. – 256 с. 5. Капустян М. В. Аналіз методів складання оптимальних розкладів роботи складних систем / Капустян М. В., Пархуць Л. Т., Хорошко В. О. // *Інформатика та математичні методи в моделюванні*, Т.2, №1, 2012. - С.46-58. 6. Егоров Ф. И. Математическое моделирование процессов передачи и обработки информации в телекоммуникационных сетях / Егоров Ф. И., Скоробогатько Е. А., Степаненко В. И., Хорошко В. А. // *Інформатика и математические методы в моделировании* Т.2, №3, 2012. - С.210-221. 7. Кудинов В. А. Оценка эффективности алгоритмов коммутации пакетов сообщений в распределенной информационной сети / Кудинов В. А., Пархуць Л. Т., Плус Д. В., Хорошко В. А. // *Захист інформації*, Спец. випуск, 2004. – С.36-40. 8. Масарович М. Общая теория систем: математические основы / Масарович М., Такахара Я. - М: Мир, 1978. – 312 с. 9. Казакова Н. Ф. Исследование информационных потоков в комплексных системах защиты информации и метод расчета пропускной способности / Казакова Н. Ф., Тискина Е. О., Хорошко В. А. // *Інформаційна безпека*, №2, 2009. - С. 5-17. 10. Егоров Ф. И. Алгоритмы нахождения оптимальной конфигурации сети с заданным числом абонентов / Егоров Ф. И., Пархуць Л. Т., Хорошко В. А. // *Вісник ДУІКТ*, Т.7, №1, 2009. - С.40-50. 11. Иванченко И. С. Анализ трафиков информационных ресурсов / Иванченко И. С., Хорошко В. А. // *Інформаційна безпека*, №1(9), 2013. - С.63-68. 12. Хорошко В. А. Особенности защиты информации в сетях связи / Хорошко В. А., Хохлачева Ю. Е. // *Вісник СНУ ім. В. Даля*, № 15(204), Ч.1, 2013. - С.219-222. 13. Браиловский Н. Н. Формирование комплексных программ по защите объектов при наличии угроз и рисков / Браиловский Н. Н., Орленко В. С., Хорошко В. А. // *Сучасний захист інформації*, № 1, 2011. - С.10-15.