

ВОРОПАЕВА В.Я., канд.техн.наук, доцент, **ЛИТВИНОВ А.А.**

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАФИКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Статья посвящена прогнозированию матрицы трафика между произвольными его областями за наявную информацию про общий выходной и входной трафик коммутационных узлов для любого момента времени в будущем. Методика использует коррекцию прогнозных параметров в соответствии с ожидаемыми изменениями в поведении абонентов. Предложено алгоритм прогнозирования и процедуру корректировки оценки текущих значений параметров.

В настоящее время ощущается острая потребность совершенствования телекоммуникационной инфраструктуры Украины. Резкое увеличение количества нестационарных абонентов, повышение требований существующих абонентов к качеству связи, скачкообразный рост потребности в пропускной способности каналов связи, появление новых видов телекоммуникационных услуг, переход на цифровые АТС, – все это требует тщательного прогнозирования трафика [1].

Выполнение последнего усложняется тем, что статистика по показателям трафика может быть неполной, разного качества и лишь частично применима к будущей ситуации. Предложенная методика, в отличие от известных, концентрируется на построении матрицы трафика на основе его предполагаемых характеристик, используя доступные данные статистики и корректируя полученные результаты.

Постановка задачи.

Для планирования телекоммуникационной сети необходима прогнозная матрица трафика $A_{kl}^{(T)}$ между произвольными областями трафика k и l для любого будущего момента времени T .

Обычно используемая при прогнозировании процедура [2] основана на информации о трафике в настоящее время $A_{kl}^{(0)}$, нынешнем распределении абонентов $n_k^{(0)}$, и прогнозе будущего распределения абонентов $n_k^{(T)}$.

Недостатком такого подхода является то, что при нем не учитываются изменения профиля трафика, которые происходят в сети в связи с внедрением новых сервисов и изменениями тарифной политики, а также возможная неполнота и разная точность используемых статистических данных. В результате достоверность результатов прогнозирования не гарантируется.

Предлагается (рис.1) корректировать прогнозируемые параметры трафика в соответствии с ожидаемыми изменениями в поведении абонентов и качестве сервиса, периодически уточняя полученные результаты и проверяя при этом отсутствие принципиальных расхождений с имеющейся статистикой.

В начале определяются классы абонентов, которые по возможности однородны по отношению к уровню трафика и поведению абонента. При этом, должна быть возможность оценить нынешнее и будущее распределение количества абонентов каждого класса. Примерами классов абонентов могут выступать: квартирные абоненты, абоненты делового сектора, телефоны-автоматы, соединительные линии к большим или малым офисным АТС, компьютерные пользователи, подключенные по коммутируемому или выделенным линиям.

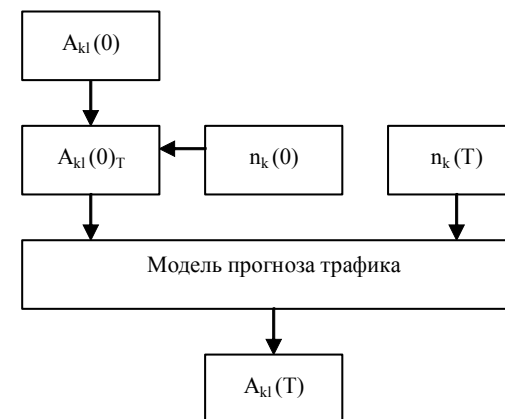


Рис. 1. Корректируемая модель

Затем область, в которой существует или планируется телекоммуникационная сеть, делится на области трафика (k, l), относительно однородные с точки зрения класса абонентов, и зоны коммутаторов (u, v), которые обычно размещаются в местах наибольшей концентрации абонентов (рис.2). Как правило, известна существующая матрица трафиков между зонами коммутаторов $A_{uv}^{(0)}$, а также число абонентов класса b в каждой зоне $n_{bu}^{(0)}$.

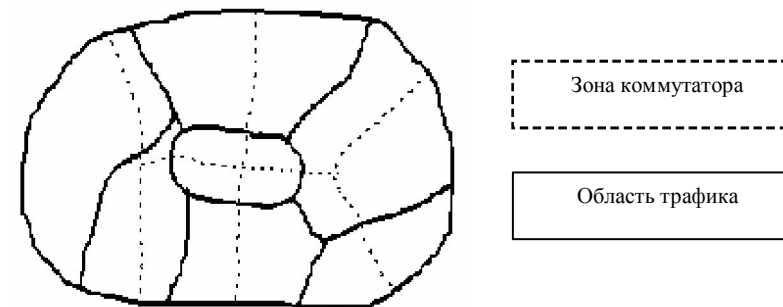


Рис. 2. Области трафика и зоны коммутаторов

Однако, для целей планирования прогнозирования будущего трафика между областями трафика $A_{ki}^{(T)}$ предпочтительнее, чем между зонами коммутаторов $A_{uv}^{(T)}$. Более того, желательно выполнить отдельные прогнозы для различных классов абонентов, поскольку их значения исходных параметров трафика могут существенно различаться, и затем объединить их в общий прогноз.

Алгоритм прогнозирования и исходные параметры.

Предлагается следующий алгоритм прогнозирования:

- Прогнозируется исходящий $A_{bk}^{(T)}$ и входящий $A_{b,1}^{(T)}$ трафик абонентов класса b областей k , l для момента T .
- Они объединяются, давая полный исходящий и входящий трафик на область $A_k^{(T)}$ и $A_{,l}^{(T)}$.
- Независимо от прогноза полного трафика, прогнозируется матрица трафиков между областями для различных классов абонентов $A_{bckl}^{(T)}$.
- Матрицы трафиков для различных классов объединяются, давая трафик для всех абонентов $A_{kl}^{(T)}$.
- Прогнозы исходящего и входящего трафика $A_k^{(T)}$ и $A_{,l}^{(T)}$ распределяются в матрицу межузловых трафиков, используя отдельные значения прогноза межобластного трафика $A_{kl}^{(T)}$ как коэффициент распределения.

Три исходных параметра являются ключевыми в предлагаемой процедуре.

- $a_b^{(0)}$ – общий исходящий трафик на абонентскую линию в классе абонента b .
- d_{bc} – коэффициенты распределения трафика. Они показывают как исходящий абонентский трафик класса b распределяется между классами, причем $\sum d_{bc} = 1$.
- w_{bckl} – весовые коэффициенты взаимного тяготения трафика. Параметр соответствует тенденции абонентов класса b в области трафика k вызывать абонента класса c в области l .

Процедура скорректированной оценки текущих значений параметров.

Для определения реальных значений параметров для настоящего момента $a_b^{(0)}$, $d_{bc}^{(0)}$, и $w_{bckl}^{(0)}$ для определенных областей трафика процедура начинается со сбора доступной статистической информации (исходящий и входящий трафики коммутационных узлов, обслуженный трафик соединительных линий, уровень отказов на различных направлениях). Определяются классы абонентов и области трафика, формируются матрицы $n_{bk}^{(0)}$ (количество абонентов класса b в области k) и $n_{ku}^{(0)}$ (количество абонентов

в области k , которые требуют соединения с зоной коммутатора u). Вследствие принципа однородности, положенного в основу выбора областей трафика, $n_{bu}^{(0)}$ может быть получена из этих матриц.

Затем определяется скорректированное значение исходящего трафика на абонентскую линию в каждом классе абонентов $a_b^{(0)}$ из следующей системы уравнений:

$$\sum_b n_{bu}^{(0)} \cdot a_b^{(0)} = A_{,u}^{*(0)}, \quad (1)$$

где U – общее число коммутаторов, $u = 1, 2, \dots, U$.

При общем числе классов абонентов S для системы (1) получаем набор решений $\begin{pmatrix} U \\ S \end{pmatrix}$.

Для определения уточненных коэффициентов распределения трафика в качестве проверочных значений нужен входящий трафик на абонентскую линию в каждом классе $a_{,c}^{(0)}$, который отыскивается из системы уравнений

$$\sum_c n_{vc}^{(0)} \cdot a_{,c}^{(0)} = A_{,v}^{*(0)}, \quad (2)$$

где $v = 1, 2, \dots, U$

Решения уравнений (1) и (2), содержащие экстремальные (существенно выпадающие из общего ряда) значения, отбрасываются, характерные значения $a_{,c}^{(0)}$ и доверительный интервал вычисляются из оставшихся решений [3].

Коэффициенты распределения трафика $d_{bc}^{(0)}$ определяются как часть исходящего трафика на абонентскую линию класса b , которая направлена к абонентам класса c , причем, $\sum d_{bc} = 1$. После чего вычисляются результирующие значения

$$a'_{,c}{}^{(0)} = \frac{\sum_b n_b^{(0)} \cdot a_b^{(0)} \cdot d_{bc}^{(0)}}{n_c^{(0)}} \quad (3)$$

Следующий шаг заключается в сравнении полученных значений $a'_{,c}{}^{(0)}$ с проверочными значениями $a_{,c}^{(0)}$, и в случае существенных различий матрица $d_{bc}^{(0)}$ исправляется.

Весовые коэффициенты распределения трафика W_{bckl} определяются как мера тяготения абонентов класса b в области трафика k к абонентам класса c области трафика l . Следовательно, каждая пара значений b, c может рассматриваться отдельно в процессе подстановки значений $W_{bckl}^{(0)}$. Более того, может быть использован очень ограниченный набор округленных значений, например три значения 1 (низкий уровень), 2 (нормальный уровень), 3 (высокий уровень).

После определения всех основных параметров трафика можно вычислить уточненную матрицу трафиков между областями k, l для отдельных пар b, c :

$$A_{bckl}^{(0)} = \frac{a_b^{(0)} \cdot d_{bc}^{(0)} \cdot n_{bk}^{(0)} \cdot n_{cl}^{(0)} \cdot W_{bckl}^{(0)}}{\sum_l n_{cl}^{(0)} \cdot W_{bckl}^{(0)}} \quad (4)$$

Затем суммированием соответствующих значений, полученных из (4), определяется общая (скорректированная) матрица трафиков на текущий момент между областями k, l

$$A_{kl}^{(0)} = \sum_b \sum_c A_{bckl}^{(0)} \quad (5)$$

и (с учетом распределения абонентов) матрица трафиков между коммутаторами

$$A_{uv}^{(0)} = \sum_k \sum_l A_{kl}^{(0)} \cdot \frac{n_{ku}^{(0)} \cdot n_{lv}^{(0)}}{n_k^{(0)} \cdot n_l^{(0)}} \quad (6)$$

Вычисление значений трафика соединительных линий базируется на предположении, что из всех u вызовов, сделанных в коммутаторе u , часть достигла вызываемого коммутатора v , остальные же были потеряны в результате перегрузок (отказов в обслуживании) на отдельных участках маршрута выполнения вызова. Тогда доля трафика между коммутаторами u и v , проходящая по маршруту g , является функцией

$$A_{uv}^{(0)} = f[A_{uv}^{(0)}, R_{uv}^{(0)}, B_{uv}^{(0)}], \quad (7)$$

где $A_{uv}^{(0)}$ была вычислена ранее, $R_{uv}^{(0)}$ – вектор маршрутизации, который указывает какие маршруты используются и в каком порядке, $B_{uv}^{(0)}$ – уровни отказов для маршрутов, определенных вектором маршрутов. Если

индивидуальные значения перегрузок неизвестны, вместо них используется оценка среднего значения.

Значения $A_{uv}^{(0)}$ теперь могут быть собраны в общий трафик линий:

$$A_r^{(0)} = \sum_u \sum_v A_{uv}^{(0)} \quad (8)$$

Полученные по (8) значения сравниваются с доступными данными измерений обслуженной нагрузки по соединительным линиям с учетом доверительных интервалов, зависящих от точности сбора статистической информации, и в случае значительных расхождений производится корректировка весовых коэффициентов распределения трафика W_{bckl} .

Такая корректировка должна учитывать ожидаемые будущие условия развития и характеристики абонентов $a_b^{(T)}$, $d_{bc}^{(T)}$ и $W_{bckl}^{(T)}$ соответственно. Изменения в условиях предоставления сервиса и в поведении абонентов могут существенно повлиять на показатели трафика. Это касается, прежде всего, отношения трафика по соединительным линиям в ЧНН (час наибольшей нагрузки) к этому же параметру, рассчитанному для остального времени суток.

Если ранее при проектировании телекоммуникационных систем и сетей данное соотношение имело довольно высокое значение (порядка 7 – 10 раз), то при модернизации сетей наблюдается тенденция к снижению такого отношения.

Заключение.

В статье рассматривается методика прогнозирования параметров трафика телекоммуникационных сетей, которая позволяет учитывать точность получения статистической информации при построении матрицы трафика на основе его предполагаемых характеристик. Предлагается корректировать прогнозируемые параметры трафика в соответствии с ожидаемыми изменениями в поведении абонентов и качестве сервиса, периодически уточняя полученные результаты и проверяя при этом отсутствие принципиальных расхождений с имеющейся статистикой.

Список литературы: 1. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 1 – Современные технологии/ Б.И. Крук, В.Н. Попантопуло, В.П. Шувалов; под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 647 с. 2. Назаров А.Н. Модели и методы расчета структурно-сетевых параметров АТМ сетей. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 256 с. 3. H. Leijon Metropolitan Networks. Estimation Of Traffic Forecast Parameters – www.itu.int/itudoc/

Поступила в редколлегию 30.05.05