

М. Н. Калимолдаев, д.ф.-м.н., **Г. Е. Тулемисова**,
С. А. Мустафин, к.т.н.

Институт проблем информатики и управления

АЛГОРИТМ ОГРАНИЧЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПОТОКОВ В ISDN

Предлагается способ в случае избыточного трафика разрешить УК передать соседним узлам с помощью транзитных многоканальных вызовов (МВ) (сообщений, пакетов) этот трафик. При сквозном управлении объемом потоков общее число информационных пакетов между каждой парой УК (источник-получатель) поддерживается ниже определенной границы, задаваемой для каждой такой пары. Предлагаемый метод, позволяет избежать перегрузки устройств в УК-получателе и в значительной степени предупредить перегрузку сети. Эти методы необходимы при решении задач анализа, синтеза и оптимизации сложных систем с сетевой структурой и стохастическим характером функционирования в процессе маршрутизации в сетях.

Ключевые слова: алгоритм управления трафиком, интегральный групповой тракт, транзитные многоканальные вызовы (МВ), сквозное управление.



Сандық желінің тиімділігі қызметтің игерілуімен (СЖҚИ) қаражаттың жетіспеушілігінен берілген трафикке қызмет ету үшін және тығырықтан шығу үшін бірден төмендеп кетуі мүмкін. Мақалада трафиктің артықшылығы жағдайында транзиттік көпканалды шақыртулардың көмегімен (КШ) (хабарламалар, пакеттер) КТ көршілес торапқа бұл трафикті шешу әдісі ұсынылады. КТ түскен жеке жүктеме (хабарлама, пакет) егер торап бұған "рұқсаты" болса, және "рұқсат" кезегін бірлікке азайта алса желіге жіберіледі. Ағын көлемін алмастырмай басқаруда КТ (ақпарат алушы) әр бір жұбының арасындағы ақпараттық пакеттердің жалпы саны осындай жұптың әрбіреуіне тапсырылған нақты шекараларға сүйенеді. Осы әдіс КТ-алушыға құрылымды қайта жүктеуден айналып кетуге және белгілі бір дәрежеде желіні қайта жүктеуді ескертуге мүмкіндік береді. Осы әдістер желілік құрылым мен күрделі жүйелерді оңтайландыруда және саралауда, тапсырмаларды шешуде, желіде бағдарлау үдерісінде стохастикалық сипатпен ұйымдас-тыруда қажет.

Кілт сөздер: трафикті басқару алгоритмі, интегралдық топтық жолы, транзиттік көп арналы шақырулар, толассыз менеджмент.



This paper proposes in the case of excess of the switching node (SN) to make traffic to pass this traffic through the neighboring sites of the transit multichannel calls (MC) (announcements, packages). The through-flow management of the total number of data packages between each pair of the switching node (SN) (source-receiver) is kept below a certain threshold, defined for each pair. This technique avoids overload of devices in SN recipient and largely prevents network congestion. These methods are needed to solve the problems of analysis, synthesis and optimization of complex systems with a network structure and the stochastic nature of the operation in the routing process in networks.

Key words: algorithm for traffic management, integral group tract, transit multichannel calls, end-to-end-flow control.

Говоря о мультисервисных сетях, мы имеем в виду, что в сети трафик разный: это трафик для бизнес-транзакций, трафик поддержки сайтов, пользовательский видеотрафик, запрос различных видов изображений (Skype), не говоря о гиперфайловом трафике, голосовом (IP-телефония) и т.д. Обеспечение своевременного трафика по запросу и разновидности осуществляется процессом маршрутизации.

В настоящее время в территориально распределенных мультисервисных сетях предприятий особое внимание уделяется качеству предоставления сервисов, которое в значительной степени обусловлено эффективностью схем маршрутизации IP-трафика. Нередко именно настройка системы маршрутизации определяет эффективность работы сети в целом. Ошибки в управлении маршрутизацией и сбои в управлении сетью часто оборачиваются критичными для бизнеса нарушениями и серьезными финансовыми потерями [1].

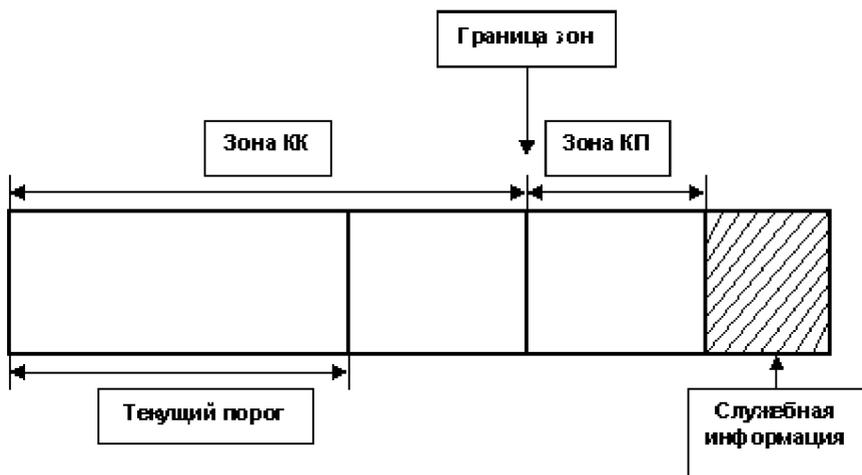
Эффективность средств маршрутизации не обеспечивается чисто аппаратными средствами. Поэтому всегда актуальны инструменты математического моделирования процесса маршрутизации и использование специального программного обеспечения. Возможно построение алгоритма управления маршрутизацией в сети и потоком информации в сети. В работе [2], посвященной разработке эффективных методов управления

маршрутизацией в сетях массового обслуживания, говорится, что "эффективность использования сетей массового обслуживания (СеМО) в качестве математических моделей больших сложных систем с сетевой структурой и стохастическим характером функционирования сетей обусловила интенсивное развитие в течение последних трех десятилетий теории сетей массового обслуживания и методов анализа и синтеза СеМО".

На сегодняшний день, по мнению А. Н. Щитниковой, не существует единой методики для расчета, прогнозирования и анализа трафика мультисервисных сетей. Имеются лишь частные методики, например, для сети АТМ - это алгоритм "дырявого ведра", мониторинг, комплексный анализ; для телефонных сетей - метод на основе построения матрицы информационного тяготения и т.д. Однако сама методика еще находится на стадии разработки.

В статье рассматривается ISDN на основе систем импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) с временным уплотнением, в которой реализуется метод гибридной коммутации. В состав ЦСИС входят географически удаленные гибридные узлы коммутации, соединенные интегральными групповыми трактами (ИГТ). Каждый узел коммутации (УК) снабжен коммутационной и каналообразующей аппаратурой, степень интеграции которой предлагает возможность доступа к ней абонентов для передачи данных и речевой информации. При этом осуществляется интеграция двух режимов коммутации: коммутации каналов (КК) и коммутации пакетов (КП). Причем данные передаются в режиме КП, а речевая информация - в режиме КК. В качестве блока информации по тракту сети передается цикл импульсно-кодовой модуляции (ИКМ), называемый интегральным кадром (ИК) (рисунок), временные позиции которого могут быть использованы для передачи информации как в режиме КК, так и в режиме КП. Цикл ИКМ при этом условно делится динамически перемещаемым порогом на две части, одна из которых занята передачей информации в режиме КК, а другая - в режиме КП. В зависимости от параметров информации и состояния сети связи система управления сетью связи будет перемещать порог в ту или иную

сторону, перераспределяя пропускную способность цикла ИКМ между сообщениями, передаваемыми в режиме КК и КП. По каждому ИГТ осуществляется передача циклов ИКМ фиксированной длины, в которых может быть организована передача информации по N временным каналам. Причем каждый из N каналов может использоваться как для режимов КК, так и для режима КП.



Структура ИКМ-кадра

Пусть интегральная цифровая сеть связи на основе импульсно-кодовой модуляции с временным уплотнением состоит из V гибридных узлов коммутации, соединенных M симплексными интегральными групповыми трактами. По каждому ИГТ осуществляется передача интегральных кадров фиксированной длины вырабатываемыми узлами в которых в режиме временного уплотнения производится передача информации в режимах КК и КП. Для передачи информации в режиме КК на всех ИГТ, через которые проходят соединения, фиксируются позиции ИК, закрепляемые за данным соединением. Запрос на организацию соединения передается в форме служебного пакета

или установленного диалога с асинхронным абонентским пунктом. Для каждого ИГГ_j, j=1,...,M, структуры которых, определяются ИК, заданы значения числа временных каналов N_j=m_j+n_j и пропускной способности одного канала с. Причем m_j, n_j есть число временных каналов, выделенных в ИГГ для передачи информации соответственно в режимах КК и КП. Отношение $\varepsilon_j = m_j / N_j$ является границей разбиения пропускной способности ИГГ, а совокупность $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_M)$ рассматривается как обобщенная граница между сетями КК и КП. При фиксированной границе две сети функционируют независимо друг от друга и свободные каналы одной сети не могут быть использованы для передачи информации другой сетью. При подвижной границе каналные ресурсы ЦСИС используются более эффективно, так как имеется возможность перераспределения их в зависимости от загрузки обеих сетей.

Входные потоки для сети КК задаются матрицей $L = \|\lambda_{ij}\|$ и для режима КП - матрицей $\Gamma = \|\gamma_{ij}\|$, размерность которых $\forall x \times V$. Распределение потоков на сети определяется процедурами вероятностного и детерминированного выбора маршрутизации, используемых для передачи информации в режимах КК и КП соответственно. При заданной маршрутизации на каждом ИГГ_j фиксируется суммарная интенсивность входных потоков λ_j и γ_j для режимов КК и КП соответственно. Суммарные входные потоки λ_j и γ_j предполагаем пуассоновскими, длины сообщений которых подчиняются экспоненциальному закону распределения со средними значениями соответственно $1/\lambda_j$ и $1/\gamma_j$.

Качество обслуживания на сети КК и КП обычно оценивается вероятностью отказа в установлении соединения и задержкой пакетов соответственно. Требования пользователей к качеству обслуживания определяются матрицами $P = \|p_{ij}\|$ $T = \|t_{ij}\|$, где $0 < p_{ij} < 1$ и t_{ij} соответственно текущие значения вероятности отказа и задержки пакетов между узлами i, j . Для оценки функционирования ЦСИС необходимо определить качество обслуживания на всей сети в целом.

Если под эффективностью ISDN или ее элементов понимается величина обслуженного трафика, то имеет место редкое

падение эффективности как ЦСИС в целом, так и отдельных ее элементов при поступающей нагрузке $\lambda > \lambda^{\theta}$, где λ^{θ} - допустимая нагрузка, что объясняется явлением перегрузки, т. е. недостаточностью средств для обслуживания предъявляемого трафика. При этом чем эффективнее (при минимуме избыточности оборудования) спроектирована система, тем чувствительнее она к перегрузкам. Как правило, перегрузки возникают при отказах элементов ISDN и при пиковых нагрузках и характеризуются высоким коэффициентом занятости оборудования сети при низком качестве обслуживания пользователей. Для вывода ЦСИС из состояния перегрузки необходимо уменьшить поступающую нагрузку до величины, существенно меньшей λ^{θ} , для чего требуется весьма значительное время [3].

Как показывает опыт эксплуатации действующих сетей, если процедура управления интенсивностью потоков пакетов выбрана неудачно, то могут возникнуть блокировки и тупиковые ситуации. Общей чертой блокировок является то, что они возникают только при необычных обстоятельствах, которые либо нельзя предсказать, либо, по мнению проектировщиков, они маловероятны, хотя обычно очень трудно оценить вероятность таких событий.

Методы управления объемом потоков можно разделить на методы локального и глобального управления объемом потоков, исключаящие перегрузки на сети в целом. Кроме того, различают централизованное и децентрализованное управление объемом потоков пакетов. Глобальное децентрализованное управление реализуется в одной из следующих модификаций: изоритмическое управление, когда общее число пакетов, находящихся в любой момент времени в буферной системе, поддерживается постоянным; сквозное управление, когда для каждой корреспондирующей пары УК в отдельности ограничивается общее число посланных ими и находящихся в сети пакетов. Общей целью алгоритмов управления объемом потоков является ограничение общего числа пакетов, одновременно находящихся в сети.

С целью распределения "разрешений" по всем УК избыточные разрешения данного УК передаются соседним узлам с помощью транзитных многоканальных вызовов (МВ) (сообщений, пакетов). Собственная нагрузка (сообщение, пакет), поступающая в УК, допускается в сеть, если узел имеет на это "разрешение" и уменьшает очередь "разрешений" на единицу. Наряду с очевидными достоинствами, подтвержденными имитационным моделированием, метод изоритмического управления обладает некоторыми недостатками, к основным из которых относятся уменьшение пропускной способности ISDN (вследствие необходимости передачи "разрешений" и их неоптимального распределения) и трудность адаптации к выходу из строя элементов ISDN.

При сквозном управлении объемом потоков общее число информационных пакетов между каждой парой УК (источник - получатель) поддерживается ниже определенной границы, задаваемой для каждой такой пары. Этот метод позволяет избежать перегрузки устройств в УК-получателе и в значительной степени предупредить перегрузку сети. По мере достижения числа МВ между парой УК (S -М и d -М) определенной границы обычно ограничивают поступление в сеть собственных МВ s -го УК, так как не имеет смысла искусственно увеличивать задержку транзитных нагрузок, уже передающихся по сети.

Исследования показывают, что при высокой интенсивности нагрузки в децентрализованных информационно-вычислительных сетях достаточно хороший эффект дают алгоритмы локального управления объемом потоков. С учетом этого в дальнейшем применительно к ISDN с пакетной коммутацией будем рассматривать только локальные алгоритмы управления объемом потоков.

Так, рассмотрим конкретный реализованный в ISDN режим коммутации. Разделим весь поток МВ, поступающих в УК, на классы следующим образом:

- 1) класс 1 ($c=1$) присвоим МВ, поступающим в ISDN в данном УК;
- 2) класс 2 ($c=2$) присвоим транзитным МВ, требующим передачи в УК зоны управления вышестоящего уровня;

3) класс 3 ($c=3$) присвоим транзитным МВ, которые необходимо передать в УК той же зоны управления, где находится данный УК;

4) класс 4 ($c=4$) присвоим МВ, которые необходимо передать в УК зоны управления нижестоящего уровня.

Разработанные в данной работе алгоритмы ограничения интенсивности потоков (ОИП) основаны на таком выделении буферов в УК, при котором наибольший приоритет отдается трафику более высоких классов, что при большой загрузке сети позволяет обслужить в первую очередь МВ, уже занявшие ресурсы ISDN. Под буфером здесь понимается для режима КК номер канального временного интервала, выделенного для установления соединения, для режима виртуального соединения - блок памяти УК, предназначенный для хранения пакетов виртуального соединения в пределах величины окна, для датаграммного режима и режима коммутации сообщений - блок памяти УК, предназначенный для хранения датаграммы (сообщения).

Обозначим $I_k^{(c)}$ - допустимое (пороговое) число буферов, которое могут занять в данном i -м УК МВ класса c , предназначенные для передачи по ИГТ k . Предполагаем, что имеет место неравенство $I_k^{(4)} > I_k^{(3)} > I_k^{(2)} > I_k^{(1)}$.

Алгоритм ОИП подобен традиционным для базовых сетей информационно-вычислительным систем алгоритмам, ограничивающим ввод собственных пакетов УК в сеть при превышении загрузки памяти УК выше некоторого порога. Алгоритм ОИП может использоваться в любом реализованном в ЦСИС режиме коммутации.

В соответствии с решением задачи и с учетом распределения пропускной способности ЦСИС по обходным путям передачи нагрузок режима КК алгоритм алгоритма ограничения интенсивности потоков запишется в следующем виде:

1 шаг: Ввод данных: класс МВ c , ИГТ k .

2 шаг: Определение класса МВ c .

3 шаг: Выбор ИГТ k в соответствии с матрицами маршрутов.

4 шаг: Если число МВ в буфере в k -м ИГТ $I_k^{(c)}$ меньше по-

рога $I_k^{(c)} < L_k^{(c)}$, то информационная нагрузка принимается к обслуживанию, т.е. за ней закрепляется соответствующий буфер. Если условие $I_k^{(c)} < L_k^{(c)}$ не выполняется, то нагрузка получает отказ в обслуживании.

Данный алгоритм ОИП достаточно прост в реализации. Однако в определенных условиях работы ЦСИС, например, при быстром нарастании интенсивности нагрузки высших классов в данном УК, ограничений, введенных им, может оказаться недостаточно.

С целью более быстрого и эффективного ограничения интенсивностей потоков в ISDN рассмотрим более сложный алгоритм ОИП с обменом информацией о перегрузке между смежными УК. Основная идея алгоритма ОИП состоит в том, что при достижении числом собственных МВ, в буфере k -го ИГТ i -го УК порогового значения $L_k^{(1)}$ всем соседним j -м УК, связанным с УК каналами, передается сообщение о блокировке i -го УК. После чего в j -м УК собственные МВ, которые должны были направляться в j -й УК, блокируются (либо направляются по обходному пути). При уменьшении величины $L_k^{(1)}$ ниже порогового значения всем j -м УК передаются сообщения о снятии блокировки i -го УК.

Алгоритм ОИП состоит из двух частей. При поступлении в узел УК необходимо выполнить следующие действия:

- 1 шаг: Ввод данных: класс МВ c , ИГТ k .
- 2 шаг: Определение класса МВ c .
- 3 шаг: Выбрать ИГТ k в соответствии с матрицами маршрутов.

4 шаг: Если число МВ в буфере ИГТ k не больше порога $I_k^{(c)} < L_k^{(c)}$, то перейти к п. 6, иначе - перейти к п. 9.

5 шаг: Если $I_k^{(1)} < L_k^{(1)}$ и ИГТ k не блокирован, то перейти к п. 6, иначе - перейти к п. 9.

6 шаг: Принять нагрузку к обслуживанию.

7 шаг: Увеличить счетчик числа МВ в буфере ИГТ k на единицу: $i_k^{(c)} = i_k^{(c)} + 1$.

8 шаг: Если ИГТ k блокирован, то закончить; если нет, то послать сообщение о блокировке i -го УК и закончить.

9 шаг: Блокировать МВ и закончить.

По окончании обслуживания в i -м УК МВ надо выполнить следующие действия:

10 шаг: Уменьшить на единицу счетчик числа МВ в буфере ИГТ: $i_k^{(c)} = i_k^{(c)} - 1$.

11 шаг: Если $i_k^{(c)} < L_k^{(c)}$ - d и k -й ИГТ блокирован, то перейти к п. 3, иначе закончить (параметр d здесь введен для обеспечения устойчивости алгоритма).

12 шаг: Послать всем j -м УК, смежным с i -м УК, сообщение о снятии блокировки i -го УК.

Разработанные алгоритмы ОИП позволяют эффективно ограничивать интенсивности потоков в ЦСИС при условии постоянного соотношения между трафиком различных классов в УК:

$\lambda^{(c_1)} / \lambda^{(c_2)} = \text{const}$. В условиях переменных $\lambda^{(c_1)} / \lambda^{(c_2)}$ необходим алгоритм ОИП, позволяющий оптимально перераспределять

соотношение между величинами $L_k^{(1)} - L_k^{(4)}$, так как в противном случае трафик низших классов будет блокироваться при наличии достаточной свободной емкости в буферах УК, зарезервированных для трафика высших классов. Следствием этого будет неоправданное снижение производительности ISDN.

Пусть Δt - интервал обновления порогов;

\tilde{P} - оценка средней вероятности блокировки МВ i -м УК на интервале $[t_1 - \Delta t, t_1]$;

$\tilde{P}^{(c)}$ - оценка средней вероятности блокировки МВ класса c на интервале $[t_1 - \Delta t, t_1]$ в i -м УК.

Идея предлагаемого алгоритма пересчета порогов состоит в том, что в условиях малой загрузки ЦСИС $\tilde{P} \leq P_1$ не дается преимущество МВ ни одного из классов. При увеличении же загрузки, т. е. $\tilde{P} > P_1$ получает приоритет трафик более высокого класса. Данный алгоритм может входить в качестве составной части в описанные выше алгоритмы ОИП. При этом периодически с интервалом Δt необходимо выполнить следующие действия:

1 шаг: Определить режим работы ISDN, для чего вычислить \tilde{P} на интервале $[t_1 - \Delta t, t_1]$, t_1 - текущий момент времени.

2 шаг: Зафиксировать очередной класс трафика s и выполнить пп. 3-5.

3 шаг: Если $|\tilde{P}^{(s)} - \tilde{P}| < \varepsilon$, где ε - некоторое пороговое значение, то перейти к п. 4, иначе - к п. 5.

4 шаг: Если $\tilde{P}^{(s)} - \tilde{P} \geq \varepsilon$, то увеличить порог $L^{(s)}: L^{(s)} = L^{(s)} + I_0$.

5 шаг: Если $\tilde{P} - \tilde{P}^{(s)} \geq \varepsilon$, то уменьшить порог $L^{(s)}: L^{(s)} = L^{(s)} - I_0$ (I_0 - шаг изменения порога).

6 шаг: Если рассмотрены все классы трафика, то закончить, иначе перейти к п. 2.

Разработанные алгоритмы управления ОИП позволяют обеспечить ограничение интенсивности потоков в ISDN, работающих в различных условиях, и могут использоваться как для ограничения интенсивности потоков при доступе к зоне управления, так и для ограничения интенсивности потоков при доступе к ГУК внутри зоны управления. Выбор конкретного алгоритма ОИП определяется компромиссом между сложностью реализации и эффективностью, которая, в свою очередь, зависит от характера внутреннего и межзонового трафика, параметров ИГТ и ГУК, размерности, зоны управления и других факторов, учесть которые возможно при использовании имитационной модели ISDN.

Полученные исследования могут быть использованы при решении задач анализа, синтеза и оптимизации слож-

ных систем с сетевой структурой и стохастическим характером функционирования каким является процесс маршрутизации в сетях.

Литература

1 Сайт компании FOSS- <http://www.fossnet.ru/solutions/packet-design-route-explorer.html>

2 *Юдаева Н. В.* Динамическое управление маршрутизацией в сетях массового обслуживания: Автореф.дис. канд. физ.-мат. наук. - М., 2000. - 81 с.

3 *Ашигалиев Д.У., Калимолдаев М.Н., Мукашева Р.У.* Проблемы интеграции информационных сетей связи // Актуальные проблемы математики, информатики, механики и теории управления: Матер.Международ. науч.-практ. конф. - Алматы. - 2009. - Ч. 1. - С. 112-114.

4 *Боккер П.* ISDN. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятия. Методы. Системы / Пер. с нем. - М.: Радио и связь, 1991. - 304 с.

5 *Гургенидзе А.Т., Кореш В.И.* Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа. - СПб.: Наука и техника, 2003. - 400 с.

6 *Клейнрок Л.* Коммуникационные сети (стохастические потоки и задержки сообщений). - М.: Наука 1997. - 256 с.