

Московский технический университет связи и информатики

На правах рукописи

Алленов Олег Михайлович

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ
ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕГРУЗОК СЕТЕЙ АІМ

05.12.13. Системы, сети и устройства телекоммуникаций

А в г о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2001

Работа выполнена на кафедре Передачи дискретных сообщений и телеграфии (ПДС и Т) Московского технического университета связи и информатики (МТУСИ).

Научный руководитель: кандидат технических наук,
профессор Малиновский С.Т.

Официальные оппоненты: доктор технических наук Петес В.А.,
кандидат технических наук Князев К.Г.

Ведущее предприятие: Центральный научно-исследовательский институт
связи (ЦНИИС).

Защита состоится 15 ноября 2001 г. на заседании диссертационного совета К 219.001.03. при Московском техническом университете связи и информатики по адресу: 105855, ГСП, Москва, Е-24, ул. Авиамоторная, 8-а, МТУСИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МТУСИ.

Автореферат разослан « 02 » октября 2001 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. техн. наук, профессор

А.Г. Попова

Актуальность темы. Анализ тенденций развития мирового сообщества показывает, что оно становится Глобальным Информационным обществом. Его развитие основывается на быстрых технологических изменениях, которые трансформируют индустрию информации и позволяют строить высокоскоростные сети электросвязи с широким спектром услуг и высоким качеством обслуживания. В число наиболее перспективных технологий входит технология асинхронного режима переноса - ATM. Сети электросвязи, построенные на технологии ATM, обладают весьма существенными преимуществами, что и предопределило их широкое внедрение. Успешное функционирование сетей электросвязи и, в частности, сетей ATM во многом зависит от эффективности алгоритмов защиты от перегрузок. При этом следует подчеркнуть, что в сетях ATM алгоритмы защиты от перегрузок применяются только для трафика категории услуг с доступной скоростью передачи (ABR). Исследования различных аспектов, относящихся к защите сетей ATM от перегрузок, привели к разработке алгоритмов защиты от перегрузок сетей ATM таких как, например, алгоритм с указанием скорости в явном виде для избежания перегрузок (ERICA) или усиленный алгоритм с пропорциональным управлением скоростью (EPRCA), которые применяются в коммутаторах ATM многих фирм-производителей сетевого оборудования. Следует отметить, что по мере накопления опыта эксплуатации сетей ATM возникают новые требования к алгоритмам защиты от перегрузок. При исследованиях и разработках алгоритмов защиты от перегрузок сетей ATM не учитывался ряд факторов, которые создают перегрузки в сетях ATM. Суть проблемы состоит в следующем. В сетях ATM существуют источники трафика категории услуг ABR, которые поддерживают алгоритм защиты от перегрузок, во время работы посылают управляющие ячейки, запрашивая количество свободных ресурсов. Но такие источники не реагируют на управляющие сообщения сети, требующие снижения скорости из-за изменения условий передачи в сети, и продолжают активно посылать данные в сеть на скорости заведомо выше, чем значение допустимой скорости передачи, рассчитанной для них алгоритмом защиты от перегрузок. Назовем такие источники неуправляемыми. К неуправляемым источникам причислим также источники, превышающие необходимую величину резервирования ресурсов сети для своего трафика или недоиспользующие выделенную им полосу пропускания виртуального канала. Существующие алгоритмы защиты от перегрузок не способны справиться с неуправляемыми источниками от

управляемых и рассматривают их в качестве управляемых источников категории услуг ABR, резервируя для таких источников ресурсы. Под управляемыми источниками будем понимать источники, которые полностью подчиняются указаниям алгоритма защиты от перегрузок. Превышение допустимой скорости работы неуправляемыми источниками сказывается на общей загрузке сети и приводит к уменьшению ресурсов, доступных другим источникам. Данная ситуация заставляет алгоритмы защиты от перегрузок требовать снижения скорости всех источников нагрузки, при этом неуправляемые источники сохраняют свою скорость, что является несправедливым по отношению к управляемым источникам, для которых такая ситуация равносильна наступлению перегрузки. В связи с этим появилась необходимость в разработке алгоритмов, защищающих сети АТМ от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками трафика. Разработка алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ является актуальной задачей и продолжает оставаться предметом интенсивных исследований, как в России, так и за рубежом.

Цель работы и задачи исследования. Цель работы - исследование и разработка алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ. Задачами исследования являются: анализ состояния проблемы защиты от перегрузок сетей АТМ и выявление новых факторов, приводящих к перегрузкам сети АТМ; анализ существующих алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ с целью определения их возможности обеспечить защиту от перегрузок, вызванных новыми выявленными факторами; определение контролируемых и управляющих параметров алгоритмов защиты от перегрузок и определение критерия переключения режимов работы алгоритмов защиты от перегрузок; теоретический анализ структуры алгоритма защиты от перегрузок и выбор критериев оценки для теоретического анализа структуры алгоритма защиты от перегрузок; определение параметров экспериментальной оценки работоспособности и эффективности разработанного алгоритма; анализ результатов имитационного моделирования фрагмента сети АТМ; определение эффекта от применения разработанного алгоритма защиты от перегрузок в сетях АТМ.

Методы исследования. Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в диссертации, основаны на применении теории вероятностей, теории графов, математической статистики, теории сетей Петри и имитационного моделирования.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- установлено, что следствием работы в сетях АТМ неуправляемых источников является несправедливое распределение полосы пропускания, доступной источникам категории услуг АВР, и отказ в установлении новых соединений из-за отсутствия ресурсов, что означает для управляемых источников категории услуг АВР перегрузку сети АТМ;

- предложена классификация алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ, которая позволяет систематизировать исследования алгоритмов. В качестве признаков, по которым рекомендуется классифицировать алгоритмы защиты от перегрузок, приняты метод защиты и используемая модель;

- доказано, что существующие алгоритмы не способны защитить сети АТМ от перегрузок вызванных неуправляемыми источниками и переполнением буферных накопителей коммутаторов АТМ, и обеспечить справедливое распределение и эффективное использование полосы пропускания, доступной источникам категории услуг АВР;

- разработан алгоритм защиты от перегрузок сетей АТМ, отличающийся от известных тем, что обеспечивает защиту от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками и переполнением буферных накопителей коммутаторов АТМ;

- выведена формула расчета допустимой скорости передачи по виртуальному каналу, отличающаяся от известных тем, что учитывает не только величину полосы пропускания, доступной источникам категории услуг АВР, но и длину очереди в буферных накопителях коммутатора АТМ.

- разработана Процедура теоретического анализа структуры алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ, позволяющая доказать корректность построения алгоритма.

Практическая ценность работы. Разработанный алгоритм может быть использован в сетях АТМ и обеспечить защиту от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками и переполнением буферных накопителей коммутаторов АТМ. Разработанная Процедура теоретического анализа структуры алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ позволяет доказать корректность построения алгоритма. Разработанная имитационная модель фрагмента сети АТМ позволяет исследовать функционирование алгоритмов защиты от перегрузок и оценить их работоспособность и эффективность. Результаты диссертации могут найти применение в учебном процессе по специальности «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Использование результатов работы. Основные теоретические и практические результаты диссертационной работы используются:

- на сети АТМ ООО «АГ ТЕЛЕКОМ», г. Москва Лицензия Госкомитета РФ по связи и информатизации А 011105 № 11835 на предоставление услуг передачи данных;
- в учебном процессе на кафедре ПДС и Т МТУСИ, г. Москва;
- в учебном процессе в Учебном центре Сиско Системс, г Москва Лицензия Министерства образования РФ на ведение образовательной деятельности в сфере дополнительного профессионального образования в области телекоммуникаций и сетевых технологий № 16-812.

Использование результатов диссертационной работы подтверждено соответствующими актами внедрения.

Вклад автора в исследование проблемы. Все результаты, представленные в диссертации, получены автором самостоятельно.

Апробация диссертационной работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на заседаниях кафедры ПДС и Т МТУСИ (1998-2001г.г.), на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава МТУСИ (2000-2001г.г.), на конференции Международного форума информатизации «Телекоммуникационные и вычислительные системы», МТУСИ, 2000 г.

Публикации. Основные результаты работы отражены в 12-ти печатных трудах, 9 из которых опубликованы автором единолично.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Существующие в сетях АТМ неуправляемые источники трафика категории услуг АBR являются причиной несправедливого распределения и неэффективного использования полосы пропускания, доступной источникам категории услуг АBR, что приводит к перегрузкам сетей АТМ
2. Существующие алгоритмы защиты от перегрузок не способны защитить сети АТМ от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками и переполнением буферных накопителей коммутаторов АТМ.
3. Алгоритмы защиты от перегрузок должны базироваться на реактивном методе защиты и скоростной модели; поддерживать функцию справедливого распределения общей полосы пропускания между активными источниками категории услуг АBR; использовать процедуры превентивного метода защиты, обеспечивающие контроль

трафика по длине очереди в буферных накопителях коммутаторов АТМ и выборочное уничтожение ячеек с заданной вероятностью.

4 Разработанная в диссертации Процедура теоретического анализа структуры алгоритма защиты от перегрузок сетей АТМ позволяет доказать корректность построения алгоритма.

5. Работоспособность алгоритма защиты от перегрузок сетей АТМ следует оценивать по коэффициенту справедливого распределения полосы пропускания и коэффициенту использования полосы пропускания, доступной источникам категории услуг АBR. Эффективность алгоритма защиты от перегрузок сетей АТМ следует оценивать по величине повышения скорости передачи управляемых источников, допускаемой оцениваемым алгоритмом, по отношению к скорости передачи управляемых источников, допускаемой алгоритмом, принятым за эталон.

6 Разработанный в диссертации алгоритм защиты от перегрузок способен защитить сети АТМ от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками и переполнением буферных накопителей коммутаторов АТМ.

7 С увеличением суммарной полосы пропускания, занимаемой неуправляемыми источниками, эффективность разработанного алгоритма защиты от перегрузок увеличивается.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, двух приложений и содержит 135 страниц машинописного текста, 46 рисунков, 32 таблицы. В списке литературы 81 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель и поставлены задачи, которые необходимо решить для ее достижения, определена научная новизна и практическая ценность диссертационной работы.

В первой главе исследовано состояние проблемы защиты от перегрузок сетей АТМ. Приведены статистические данные, полученные при наблюдениях за работой сети АТМ в 1998-1999 г.г., которые показали, что существующие в сетях АТМ неуправляемые источники трафика категории услуг АBR, то есть источники, снижающие скорость передачи по требованию алгоритма защиты от перегрузок и источники, превышающие необходимую величину резервирования ресурсов сети для своего трафика, не используя при этом полученный избыток ресурсов, являются причиной: уменьшения ресурсов, доступных другим источникам; потери пропускной способности сети; несправедливого распределения и неэффективного использования

полосы пропускания и наступления перегрузки. Как показали статистические данные, в среднем на сети АТМ неуправляемые источники осуществляли перерезервирование 14,8% общей полосы пропускания, доступной источникам категории услуг АBR.

В главе исследована возможность существующих алгоритмов защиты сети АТМ от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками. Для этого проведена классификация алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ, позволяющая систематизировать исследования алгоритмов защиты от перегрузок. В качестве признаков классификации алгоритмов защиты от перегрузок были приняты метод защиты и используемая модель. Проведенная классификация показала, что 79% исследованных алгоритмов базируются на реактивном методе защиты и 21% алгоритмов базируется на проактивном методе защиты. Среди алгоритмов, базирующихся на реактивном методе, 64% используют скоростную модель и 36% используют кредитную модель. На основе классификации проведено исследование возможности существующих алгоритмов обеспечить защиту от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками категории услуг АBR. Для этого был проведен анализ функционирования следующих алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ: алгоритма с ранним удалением пакетов - EPD, алгоритма с удалением остатков пакетов - TRD, алгоритма с выборочным уничтожением ячеек пользователя - RFD, алгоритма для виртуальных соединений с управлением потоком - FCVC, адаптивного алгоритма для виртуальных соединений с управлением потоком - AFCVC, алгоритма с общим управлением потоком - GFC, алгоритма с квантовым управлением потоком - QFC, алгоритма с использованием информации о перегрузке, передаваемой в направлении передачи - FECN, алгоритма с использованием информации о перегрузке, передаваемой источнику сетевым узлом, испытывающим перегрузку - BFCN, алгоритма с пропорциональным управлением скоростью - PRCA, алгоритма с указанием величин скоростей в явном виде - MP, усиленного алгоритма с пропорциональным управлением скоростью - FPRCA, алгоритма передачи блоков АТМ - ABG, алгоритма с указанием скорости в явном виде для избежания перегрузок - ERICA. По результатам анализа сделаны следующие выводы: существующие алгоритмы не защищают сети АТМ от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками и переполнением буферных накопителей коммутаторов АТМ, разрабатываемые алгоритмы защиты от перегрузок должны базироваться на реактивном методе защиты и скоростной модели, поддерживать функцию справедливого распределения полосы пропускания между активными источниками

категории услуг ABR, использовать процедуры превентивного метода защиты, обеспечивающие контроль трафика по длине очереди в буферных накопителях коммутаторов АТМ и выборочное уничтожение ячеек с заданной вероятностью.

Во второй главе разработан алгоритм защиты от перегрузок, который обеспечивает защиту сетей АТМ от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками и переполнением буферных накопителей коммутаторов АТМ. Разработанный алгоритм базируется на реактивном методе защиты и скоростной модели, поддерживает функцию справедливого распределения полосы пропускания между активными источниками категории услуг ABR, использует процедуры превентивного метода защиты, обеспечивающие контроль трафика по длине очереди в буферных накопителях коммутаторов АТМ и выборочное уничтожение ячеек с заданной вероятностью. В качестве контролируемого параметра и в качестве критерия переключения режимов работы алгоритма защиты от перегрузок принята средняя длина очереди в коммутаторе АТМ. В качестве управляющего параметра алгоритма защиты от перегрузок принята допустимая скорость передачи по виртуальному каналу. Для расчета допустимой скорости передачи по виртуальному каналу $ER_{a_i}(t)$ выведена формула, отличающаяся от известных тем, что учитывает не только величину полосы пропускания, доступной источникам категории услуг ABR, но и длину очереди в буферных накопителях коммутатора АТМ:

$$ER_{a_i}(t) = F(f(Q), ICR, \min(B_{\max \text{ abr}}, \max(\frac{B_{\max \text{ abr}}}{N_{\text{акт}}}, \frac{R_i(t)_{vc \text{ abr}}}{Z(t)}))),$$

где: функция F решается следующим образом:

$$\begin{cases} Q(t) > \Pi_{\min}; ER_{a_i}(t) \rightarrow ICR \\ Q(t) \leq \Pi_{\min}; ER_{a_i}(t) \rightarrow \min(B_{\max \text{ abr}}, \max(B_{fs}, R_i(t)_{vc \text{ share}})). \end{cases}$$

Если длина очереди $Q(t)$ превышает значение порога срабатывания Π_{\min} , то значение $ER_{a_i}(t)$ устанавливается равным начальной скорости источника категории услуг $ABR = ICR$ (Initial Cell Rate).

Если значение очереди $Q(t) \leq \Pi_{\min}$, то значение допустимой скорости рассчитывается, как:

$$ER_{a_i}(t) = \min(B_{\max \text{ abr}}, \max(B_{fs}, R_i(t)_{vc \text{ share}})).$$

Здесь:

$$Rl(t)_{vc\ share} = \frac{Rl(t)_{vc\ abr}}{Z(t)},$$

$$B_{fr} = \frac{B_{max\ abr}}{N_{act}},$$

$$B_{max\ abr} = R_{max} - R_{cbr\ vbr}.$$

R_{max} - общее количество ресурсов коммутатора АГМ,

$R_{cbr\ vbr}$ - полоса пропускания, зарезервированная более приоритетными источниками категории услуг СВР и VBR,

N_{act} - количество активных виртуальных каналов.

В третьей главе проведен теоретический анализ структуры разработанного алгоритма защиты от перегрузок. При разработке нового алгоритма возможно появление ошибок в его структуре в виде тупиковых и пассивных ветвей, что приводит к «зависаниям» программы алгоритма и снижает оптимальность его построения и функционирования. Для выявления и исключения пассивных и тупиковых ветвей разработана Процедура теоретического анализа структуры алгоритма защиты от перегрузок сетей АТМ (Алгоритма), в основе которой лежит построение двудольного ориентированного мультиграфа сети Петри, являющегося математической моделью разработанного алгоритма. Граф сети Петри Алгоритма построен на основе диаграммы процесса разработанного алгоритма защиты от перегрузок. С помощью графа сети Петри Алгоритма и формул входной функции переходов сети Петри $D'_{ii} = \#(p_i, I(t_i))$ и выходной функции переходов сети Петри $D''_{ii} = \#(p_i, O(t_i))$ построены матрицы D , D' и составная матрица изменений D :

$$D = D' - D''.$$

В матричном представлении сети Петри вопрос о достижимости маркировки μ^1 из начальной маркировки μ^0 сводится к вопросу о существовании целочисленного решения следующей системы уравнений:

$$\mu^1 = \mu^0 + nD,$$

где: n - неизвестный вектор-строка длиной M . M - число переходов в графе сети Петри.

Покомпонентная запись системы уравнений имеет следующий вид:

$$\mu_1^1 = \mu_1^0 + \sum_{k=1}^M n_k D_{k1},$$

$$\mu_2^1 = \mu_2^0 + \sum_{k=1}^M n_k D_{k2},$$

...

$$\mu_N^1 = \mu_N^0 + \sum_{k=1}^M n_k D_{kN}.$$

Компоненты μ_k вектора μ представляют собой число мест, которые занимает переход l_k в последовательности переходов, связывающих маркировки μ^0 и μ^1 , если такая последовательность существует.

В качестве критериев оценки функционирования сети Петри выбраны такие свойства сети Петри, как достижимость, безопасность, ограниченность, сохраняемость, активность. Решение системы уравнений дает доказательство того, что построенная сеть Петри, которая является математической моделью разработанного алгоритма, обладает свойствами сохраняемости, безопасности, достижимости и активности. Отсюда следует вывод, что и алгоритм, описываемый этой сетью Петри, отвечает одному из основных требований, предъявляемым к структуре алгоритмов – отсутствию гупиковых и пассивных вставей.

В четвертой главе для экспериментальной оценки работоспособности и эффективности алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ разработана имитационная модель фрагмента сети АТМ. В качестве оценки работоспособности алгоритма защиты от перегрузок сетей АТМ был принят коэффициент справедливого распределения полосы пропускания – Кспр и коэффициент использования полосы пропускания – Кисп, доступной источникам категории услуг АВР. В качестве оценки эффективности алгоритма защиты от перегрузок сетей АТМ была принята величина повышения скорости передачи управляемых источников, допускаемой оцениваемым алгоритмом, по отношению к скорости передачи управляемых источников, допускаемой алгоритмом, принятым за эталон. Проведено имитационное моделирование фрагмента сети АТМ. Варианты моделирования различались количеством управляемых и неуправляемых источников. Кроме того, в каждой паре вариантов разработанный алгоритм защиты от перегрузок функционировал либо как принятый в эксперименте в качестве эталона алгоритм защиты от перегрузок ERICA, либо с включением всех функций защиты от перегрузок разработанного алгоритма. Алгоритм защиты от перегрузок ERICA рекомендован Форумом АТМ и широко используется в сетях АТМ. По результатам имитационного моделирования

произведена экспериментальная оценка работоспособности и эффективности разработанного алгоритма защиты от перегрузок. Экспериментально доказано, что алгоритм FRICA не способен защитить сети АТМ от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками и переполнением буферных накопителей коммутаторов АТМ, и обеспечить справедливое распределение и эффективное использование полосы пропускания: по результатам имитационного моделирования среднее значение коэффициента справедливого распределения полосы пропускания $K_{сп}$ составило величину порядка 0,775, а коэффициента использования полосы пропускания $K_{исп}$ - 0,88. В то же время, разработанный алгоритм такую защиту обеспечил, а коэффициенты $K_{сп}$ и $K_{исп}$ достигли значения 1. Экспериментально доказано, что с увеличением полосы пропускания, занимаемой неуправляемыми источниками, эффективность разработанного алгоритма защиты от перегрузок увеличивается. При средней величине полосы пропускания 14,8%, которую по полученным статистическим данным занимали неуправляемые источники, эффективность разработанного алгоритма оказалась на 17,6% выше, чем у алгоритма защиты от перегрузок ERICA.

На рисунке 1 представлены результаты одного из вариантов имитационного моделирования фрагмента сети АТМ. Результаты представлены в виде графиков зависимости величины текущей скорости передачи виртуального канала $R_{тек}$ от числа итераций работы алгоритма - i . Фрагмент сети АТМ включал в себя источник приоритетного трафика VBR, неуправляемые источники ABR1 и ABR2, а также управляемые источники ABR3, ABR4 и ABR5. Источник ABR5 формировал трафик со случайно изменяемой скоростью передачи. Как следует из графиков, состояния приближающиеся к перегрузке возникают в районе 50-ой и 100-ой итераций. Определив источники ABR1 и ABR2 как неуправляемые, Алгоритм снижает их скорость до минимального значения, равного ICR. Снижение скорости происходит в моменты наступления перегрузок в первый раз на 50-ой итерации и второй раз на 100-ой итерации.

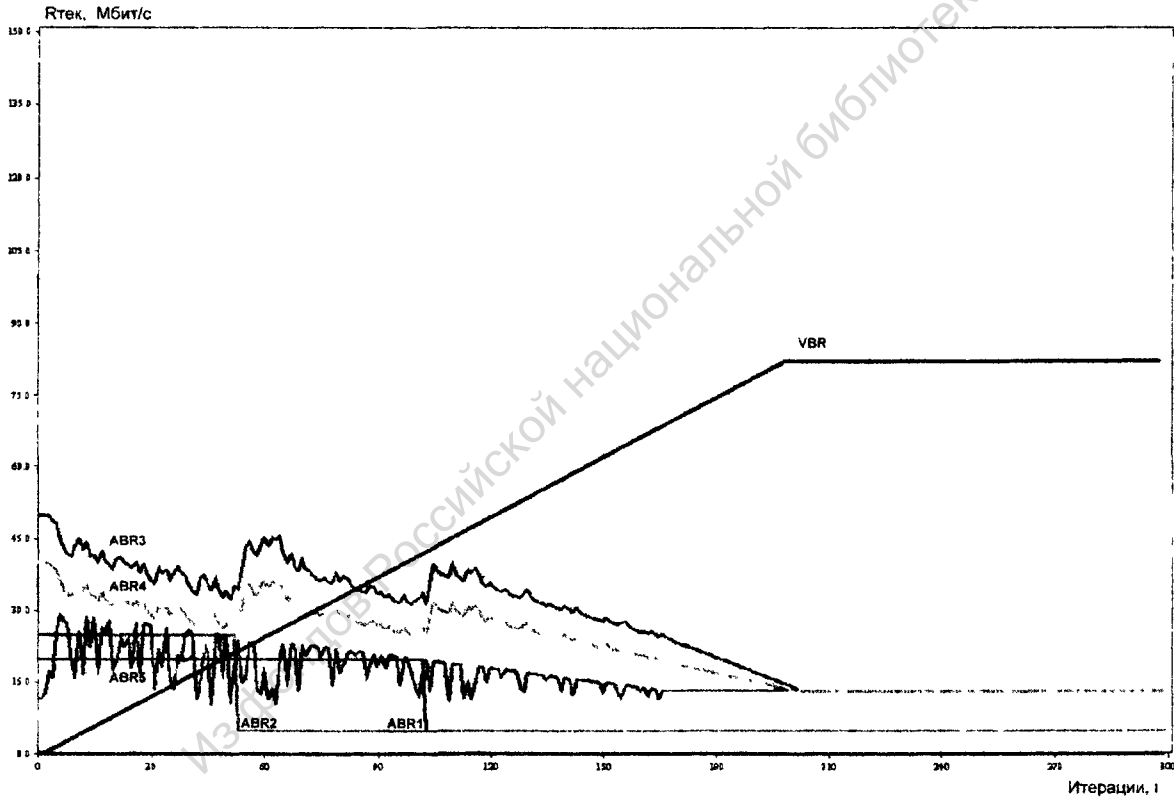


Рис 1. Вариант имитационного моделирования фрагмента сети ATM.

На 50-ой итерации, в момент заполнения всей полосы пропускания, Алгоритм дает указания всем источникам ABR к снижению скорости передачи. На графиках видно, как управляемые источники ABR3, ABR4, ABR5 снижают скорость передачи. Однако неуправляемые источники ABR1 и ABR2 скорость не снижают, и тогда Алгоритм принудительно снижает скорость передачи источника ABR2 до минимального значения, поскольку источник ABR2 занимает больше полосы пропускания, чем источник ABR1. Вследствие этого освобождается полоса пропускания, которую Алгоритм поровну делит между всеми источниками ABR. Из-за увеличения скорости передачи источника VBR возникает еще одно состояние близкое к перегрузке в районе 100-ой итерации, и Алгоритм снижает скорость неуправляемого источника ABR1. Это вызывает небольшое увеличение скорости работы остальных источников ABR из-за перераспределения. Алгоритмом освободившейся полосы пропускания. После окончания увеличения скорости источника VBR происходит стабилизация работы фрагмента сети ATM. Управляемые источники получают равные доли полосы пропускания по 20Мбит/с, а коэффициент справедливого распределения полосы пропускания и коэффициент использования полосы пропускания $K_{сп} = K_{исп} = 1$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании статистических данных, полученных в ходе исследования работы сети ATM, установлено, что следствием работы в сети ATM неуправляемых источников стало несправедливое распределение полосы пропускания, доступной источникам категории услуг ABR, и отказ в установлении новых соединений из-за отсутствия ресурсов, что означает для управляемых источников категории услуг ABR перегрузку сети ATM.
2. На основании статистических данных, полученных в ходе исследования работы сети ATM, определено, что в среднем на сети ATM неуправляемые источники осуществили перерезервирование 14,8% полосы пропускания, доступной источникам категории услуг ABR.
3. Предложена классификация алгоритмов защиты от перегрузок сетей ATM, которая позволяет систематизировать исследования алгоритмов. В качестве признаков классификации приняты метод защиты и используемая модель. Проведенная классификация показала, что наиболее используемым методом в существующих алгоритмах защиты от перегрузок является реактивный метод защиты, а наиболее

используемой моделью - скоростная модель 79% алгоритмов базируются на реактивном методе, из них - 64% используют скоростную модель.

4. Доказано, что существующие алгоритмы не способны защитить сети АТМ от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками и переполнением буферных накопителей коммутаторов АТМ, и обеспечить справедливое распределение ($K_{ср}$) и эффективное использование ($K_{исп}$) полосы пропускания, доступной источникам категории услуг АВР; по результатам имитационного моделирования алгоритм ERICA обеспечил среднее значение $K_{ср} = 0,775$, а $K_{исп} = 0,88$.

5. Доказано, что алгоритмы защиты от перегрузок должны: базироваться на реактивном методе защиты и скоростной модели, поддерживать функцию справедливого распределения общей полосы пропускания между активными источниками категории услуг АВР; использовать процедуры превентивного метода защиты, обеспечивающие контроль трафика по длине очереди в буферных накопителях коммутаторов АТМ и выборочное уничтожение ячеек с заданной вероятностью.

6. Разработан алгоритм защиты от перегрузок сетей АТМ, отличающийся от известных тем, что защищает сети АТМ от перегрузок, вызванных неуправляемыми источниками и переполнением буферных накопителей коммутаторов АТМ, и обеспечивает справедливое распределение и эффективное использование полосы пропускания, доступной источникам категории услуг АВР.

7. Выведена формула расчета допустимой скорости передачи по виртуальному каналу, отличающаяся от известных тем, что учитывает не только величину полосы пропускания доступной источникам категории услуг АВР, но и длину очереди в буферных накопителях коммутатора АТМ. Допустимая скорость передачи по виртуальному каналу принята в качестве управляющего параметра алгоритмов защиты от перегрузок.

8. Разработана Процедура, которая позволяет провести теоретический анализ структуры алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ и доказать корректность построения алгоритма. В основе Процедуры лежит построение двудольного ориентированного мультиграфа сети Петри, эквивалентного разработанному Алгоритму.

9. Определены критерии для оценки результатов теоретического анализа структуры алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ. Критерии представляют собой

параметры сетей Цетри: сохраняемость, безопасность, ограниченность, достижимость, активность.

10. С помощью разработанной Процедуры теоретического анализа структуры алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ доказана корректность построения разработанного алгоритма.

11. Экспериментально доказана работоспособность разработанного алгоритма защиты от перегрузок. по результатам имитационного моделирования коэффициент справедливого распределения полосы пропускания $K_{сп}$ и коэффициент использования полосы пропускания $K_{исп}$ достигают значения 1

12. Экспериментально доказано, что с увеличением суммарной полосы пропускания, занимаемой неуправляемыми источниками, эффективность разработанного алгоритма защиты от перегрузок увеличивается. При перерезервировании неуправляемыми источниками 14,8% полосы пропускания доступной источникам категории услуги АВР (как это следует из полученной статистики), разработанный алгоритм защищает сеть АТМ от перегрузок на 17,6% эффективнее, чем существующие алгоритмы защиты от перегрузок.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ.

1. Алленов О.М. Примененис концепции TМN для управления сестями АТМ. Сети и системы связи, № 1, 1997.
2. Алленов О.М. Управление трафиком АТМ. Сети и системы связи, № 4, 1998
3. Алленов О.М. Защита от перегрузок в сетях АТМ. Сети и системы связи, № 5, 1998.
4. Алленов О.М. Алгоритм RED. Сети. Network World, № 9, 1998.
5. Алленов О.М. Передача IP трафика по сетям SDH. Сети Network World, № 1-2, 1999.
6. Алленов О.М. АТМ в кадрах переменной длины Сети и системы связи, № 3, 1999.
7. Алленов О.М. Альтернативные алгоритмы защиты от перегрузок в сетях АТМ. I.AN/Журнал сетевых рсшений, № 5, 1999.
8. Алленов О.М. Исследование алгоритмов защиты от перегрузок сетей АТМ для трафика АВR. Метрология и измерительная техника в связи, № 5, 2001.
9. Алленов О.М. Повышение эффективности алгоритма защиты от перегрузок в сестях АТМ для трафика передачи данных. Тезисы доклада конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы», Международный форум информатизации, МТУСИ, 2000 г.
10. Малиновский С.Т., Алленов О.М. Анализ современного состояния технологии и алгоритмов защиты от перегрузок в сестях АТМ для трафика передачи данных. Тезисы доклада научно-технической конференции профессорско-преподавательского о состава МТУСИ, 2000.
11. Малиновский С.Т., Алленов О.М. Алгоритм защиты от перегрузок сетей АТМ для категории услуг АВR. Депонирована в ЦИТИ Информсвязь. М., 2001
12. Малиновский С.Т., Алленов О.М. Анализ структуры и динамического поведения алгоритма защиты от перегрузок в сетях АТМ. Тезисы доклада научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава МТУСИ, 2001.

Из фондов Российской национальной библиотеки

Отпечатано в ООО «Оргсервис-2000»

Тираж 100 экз. Заказ № 26/09-5Т.

Москва, 117419, а/я 774, ул. Орджоникидзе, 3

Из фондов Российской национальной библиотеки

РНБ Русский фонд

2003-4

2905

Из фондов Российской национальной библиотеки

10 ОКТ 2001

