

УДК 621.391

Ю.М. БИДНЫЙ, А.Н. БУХАНЬКО, Ю.Н. КОЛТУН

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина***МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ ПЕРЕГРУЗОК В ТЕХНОЛОГИИ АТМ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНО-УПРАВЛЯЕМЫХ Е-СЕТЕЙ**

Рассмотрены необходимость разработки моделей управления перегрузок в сетях с коммутацией пакетов, обоснована возможность применения формального математического аппарата для моделирования процессов взаимодействия в сетях с асинхронным режимом доставки (АТМ), разработан формальный алгоритм управления потоком с доступной битовой скоростью.

**перегрузка, сеть АТМ, Е-сети, формальное описание, сеть с коммутация пакетов, поток с доступной битовой скоростью, процедура управления потоком данных**

**Введение**

Отсутствие управления ограниченными ресурсами сети при чрезмерном увеличении потока требований от одного или группы абонентов может привести к резкому возрастанию времени задержки в доставке информации и/или падению производительности сети вплоть до образования полностью заблокированных участков, т.е. регистрируется перегрузка сети [1, 2]. Перегрузки могут возникать как на отдельных участках сети (локальные перегрузки), так могут охватывать и всю сеть (глобальные перегрузки).

В общем случае при перегрузке сети значительно возрастает вероятность того, что пакеты, поступающие в очередной узел коммутации (УК), не застают в нем свободных буферов. Эти пакеты в зависимости от используемого в сети протокола передаются повторно либо соседним УК, либо УК-источником.

Исследование процесса перегрузок и построение протоколов их контроля в настоящий момент является очень актуальным в связи с ростом количества абонентов сетей и увеличения интенсивности потоков информации в данных сетях.

**Постановка задачи.** Важной задачей для сетей является разработка правил взаимодействия ее элементов между собой, методов обмена информацией

и способов объединения их в едином алгоритме, а также выбор и обоснование использования формального математического аппарата, и применение его к процедурам контроля перегрузок.

Описанные в литературе модели информационного взаимодействия в сетях с перегрузками ориентированы на:

- анализ логики функционирования протоколов и правил взаимодействия различных сетевых элементов;
- определение вероятностных и временных характеристик стохастических процессов, отражающих качество функционирования сетевых протоколов. При этом в большинстве моделей вводятся упрощающие допущения, редко встречающиеся в реальных сетях, а следовательно, ограничивающие область применения таких моделей.

Как правило, эти модели, использующие математический аппарат сетей массового обслуживания и Марковских процессов, позволяют исследовать ограниченный набор характеристик сетевых протоколов. Для исследования других характеристик данных протоколов необходимо изменить существующие модели, либо создать новые. На основе приведенных выводов сформулирована **цель данной работы**, которая заключается в разработке комплексных моделей процедур контроля перегрузок в виде

единой схемы их формального описания при теоретическом описании и настройке вновь создаваемых технологий или исследовании уже существующих стеков протоколов, как ATM.

Достижение указанной цели предполагает решение следующих задач:

- использовать язык спецификаций сетевых протоколов на основе математической схемы Е-сетей для перевода концептуального описания исследуемых процессов в термины выбранной математической и алгоритмической схемы;

- показать возможность использования полученных алгоритмических моделей для описания других протоколов информационного взаимодействия;

- сделать выводы относительно использования данного аппарата для имитационного моделирования.

### Использование Е-сетей при описании процедур контроля перегрузок для трафика класса АВR в АТМ сетях

Построим формальную модель процедур контроля перегрузки для потока класса АВR (потока с доступной скоростью) в АТМ.

**Концептуальное описание контроля АВR потока.** При АВR-трафике [3] сеть имеет механизмы, позволяющие сигнализировать о возникшей перегрузке, давая возможность отправителям временно снизить скорость, пока ситуация не улучшится.

Основная особенность управления потоком АВR при контроле перегрузок – использование механизма обратной связи (ОС). Данный механизм позволяет сети эффективно распределять доступную полосу пропускания между активными источниками. При этом источники адаптируют скорость передачи в соответствии с изменяющимся состоянием сети. Для реализации механизма ОС используются ячейки АТМ типа RМ (Resource Management), доставляя отправителю информацию о степени загрузки сети.

Схема управления потоком АВR при контроле перегрузок трафике представлена на рис. 1.

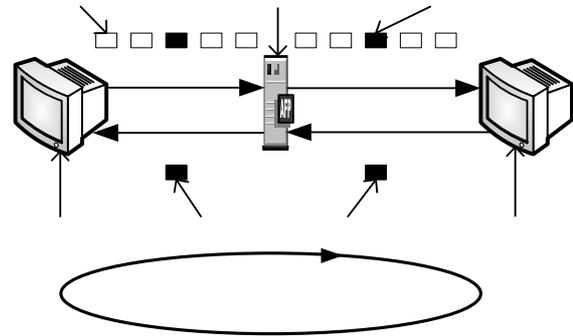


Рис. 1. Обратная связь при АВR потоке

Обычно на каждые 32 ячейки с данными передаются 2 служебные ячейки. Ячейки, следующие в направлении передачи данных, называются прямыми (FRM – Forward Resource Management), а в противоположном направлении – обратными (BRM – Backward Resource Management) ячейками.

Для управления потоком при контроле перегрузкой в точках буферизации может использоваться один из следующих способов.

- 1) Установка бита указания перегрузки (EFCI), который содержится в заголовке каждой служебной ячейки и устанавливается коммутатором в случае возникновения перегрузки.

- 2) Маркировка относительной скорости с использованием служебных битов CI и NI в ячейке ОС.

**Применение Е-сетей к концептуальному описанию процедур контроля потока АВR.** Такую сложную процедуру взаимодействия, как контроль АВR потоками, можно описать формальным математическим аппаратом структурно-управляемых Е-сетей.

Е-сеть можно описать следующей пятеркой [4]:

$$G = (B, E, S_0, \phi, \xi), \quad (1)$$

где  $B$  – конечное непустое множество позиций, состоящее из непересекающихся множеств простых позиций  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}, n \geq 1$ ; позиций-очереди

$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}, l \geq 0$ ; и множества разрешающих позиций  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}, m \geq 0$ ;

$E$  – конечное непустое множество переходов  
 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}, k \geq 0$ ;

$S_0$  – конечное непустое множество разметки;

$\phi$  – конечное непустое множество условий;

$\xi$  – конечное непустое множество переменных, значение которых меняются во времени.

Для контроля потока ABR в соответствии с теорией E-сетей выделим возможные события:

$e_1$  – формирование кадров информации и ячеек обратной связи в передающей части;

$e_2$  – поступления кадра в буфер на передачи в канал связи;

$e_3$  – передача информационных и служебных ячеек в канал связи;

$e_4$  – выполнение задержки при передаче для получения служебных ячеек приемником;

$e_5$  – передача маркированных служебных ячеек, помеченных по полю явной перегрузки EFCI;

$e_6$  – передача маркированных служебных ячеек, помеченных по полю относительной скорости (CI и NI);

$e_7$  – возможность передачи ячеек с новыми параметрами.

Возможность реализации этих событий определяется набором условий и постусловий:

$p_1$  – наличие информации для упаковки;

$p_2$  – новые ячейки (информационные и служебные) упакованы и находятся в буфере;

$p_3$  – аппаратура коммутатора освободилась от передачи предыдущих кадров;

$p_4$  – канал перегружен или имеются блокированные участки;

$p_5$  – маркировка поля явной перегрузки на приемной стороне;

$p_6$  – маркировка поля относительной скорости на приемной стороне;

$p_7$  – готовность передачи маркированных служебных ячеек;

$p_8$  – детектирование или обнаружение маркировок на передающей стороне;

$p_9$  – установка новых условий для скорости передачи следующих ячеек для передатчика.

Связи между условиями и событиями приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Связи между условиями и событиями

| Условия    | События    | Постусловия     |
|------------|------------|-----------------|
| $p_1$      | $e_1$      | $p_2$           |
| $p_2$      | $e_2$      | $p_3$           |
| $p_3$      | $e_3$      | $p_4, p_5, p_6$ |
| $p_5, p_6$ | $e_4$      | $p_7$           |
| $p_7$      | $e_5, e_6$ | $p_8, p_9$      |
| $p_9$      | $e_7$      | $p_1$           |

Используя табл. 1, для данного алгоритма можно составить граф E-сети, который приведен на рис. 2.

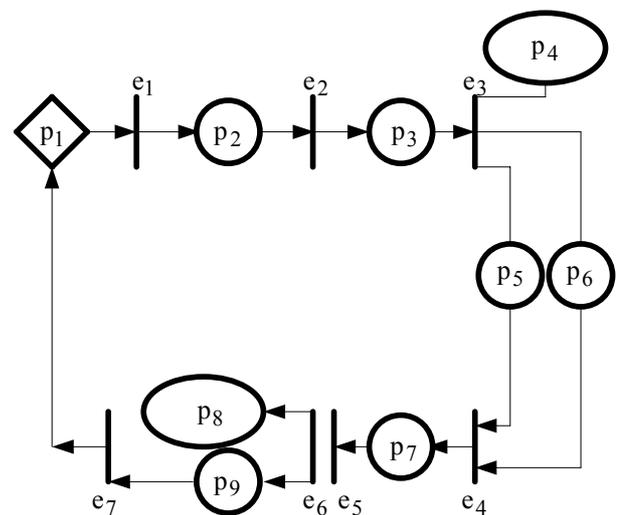


Рис. 2. E-сеть контроля перегрузок при ABR потоке

Описание приведенных графических элементов на рис. 2 приведено в табл. 2.

Таблица 2

Обозначения, принятые в графе на рис. 2

| Обозначение   | Значение  |
|---|---|
|  | Переход   |
|  | Условие, одновременно являющееся постусловием для другого события |
|  | Условие, связывающее начало и конец алгоритма.                    |
|  | Условие, которое не является постусловием для другого события.    |
|  | Событие   |

Полученная модель позволяет в общем формальном виде представить процедуры контроля перегрузок при случае ABR потока. Достоинствами данной модели является высокая степень адаптации к реальным процессам в ATM сетях при потоке с доступной скоростью.

Полученная модель является очень важной с точки зрения последующих экспериментов на ее основе. Используя принцип построения формальных схем можно рассматривать тактические вопросы планирования имитационных экспериментов с моделями стохастических систем, типа сетей связи с коммутацией пакетов, формальной схемой представления которых являются структурно-управляемые E-сети.

### Заключение

Исходя из результатов, которые получены в данной работе, можно сделать следующие выводы:

1. Показана ограниченность прежних моделей управления потоками при контроле перегрузок в сетях с коммутацией пакетов.

2. Обоснована возможность описания данных процедур формальным математическим аппаратом структурно-управляемых E-сетей.

3. Получена формальная модель реальной процедуры контроля ABR потока, исходя из его концептуального описания.

Научная новизна данных исследований заключается в том, что предложен эффективный метод формального математического описания процедур управления перегрузкой в сетях с коммутацией пакетов, который можно обобщить для описания любой сложной сетевой структуры. Практическая ценность полученных результатов заключается в возможности использования полученных моделей для оптимизации управления потоками при управлении перегрузкой. Решение этих задач можно рассматривать как дальнейшую перспективу исследований в данном направлении.

### Литература

1. Телекоммуникационные системы и сети: В 3 томах. Том 3. – Мультисервисные сети / В.В. Величко, Е. А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев; под ред. проф. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 592 с.
2. Захаров Г.П., Симонов М.В., Яновский Г.Г. Службы и архитектура широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания. – М.: Технологии электронных коммуникаций, 1993. – 278 с.
3. Назаров А.Н., Симонов М.В. ATM: технология высокоскоростных сетей. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999. – 252 с.
4. Иванов В.Г. Разработка и исследование имитационных моделей распределенных информационно-вычислительных систем: Автореф. дисс. ... канд.техн.наук. – Х.: ХИРЭ, 1989. – 23 с.

Поступила в редакцию 29.01.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Барышев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.