

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕРВИСА ABR В СЕТЯХ АТМ

Демчинский В.В., НТУУ “Киевский политехнический институт”

Технология АТМ является одной из наиболее известных современных технологий передачи данных в вычислительных сетях, заключающей в себя возможности гарантирования качества обслуживания совместно с широким диапазоном скоростей. Популяризация этой технологии началась около 10 лет назад с образованием форума АТМ. С тех пор было предложено большое число разработок в этом направлении, как включенных в стандарты или реализованных в серийном оборудовании, так и не дошедших из-за своей высокой стоимости на данной технологической базе до стадии конечной реализации или стандартизации.

Данные в сетях АТМ передаются ячейками длиной 53 байта. Небольшой размер ячейки позволяет уменьшить их буферизацию, упростить алгоритмы коммутации при работе с однотипными ячейками и снизить стоимость коммутаторов за счет расходов на буферную память. Для передачи информации отправитель предварительно должен установить соединение с получателем путем коммутации каналов между коммутаторами. На этапе установления соединения узел заказывает у сети определенные характеристики данного соединения и установление соединения происходит только лишь при способности сети обеспечить выполнение такого соглашения. В случае, когда сеть не способна выполнить соглашение – соединение отклоняется. Это соглашение называется SLA (Service Level Agreement) или трафик-контракт. Наличие жесткого механизма гарантирования параметров трафика, несомненно, является главным преимуществом АТМ технологии. После установления соединения количество накладных расходов на служебную информацию в ячейке становится малым, что упрощает и ускоряет передачу данных.

Для различных классов сетевых приложений с соответственно разными продуцируемыми видами трафика модель АТМ предусматривает разные категории сервиса:

- передача с постоянной скоростью (CBR - constant bit rate);

- передача с переменной скоростью в реальном времени (rtVBR – real-time variable bit rate);
- передача с переменной скоростью не в реальном времени (nrtVBR – non-real-time variable bit rate);
- передача с незаданной скоростью (UBR – unspecified bit rate);
- передача с доступной скоростью (ABR – available bit rate).

Свойством трафика ABR является механизм обратной связи, который позволяет регулировать работу сетевых устройств. Однако при высоких скоростях передачи такой механизм может быть реализован только на аппаратном уровне.

Целью имитационного моделирования является построение модели, которая бы воспроизводила логику передачи данных и процедуры установления соединений в сетях ATM и включающей в себя механизмы управления трафиком и алгоритмы работы категории сервиса ABR. Задачей является исследование выбранных алгоритмов работы и параметров сетевых устройств на различные показатели качества работы сети. Кроме того необходима проверка адекватности построенной модели реальному объекту аналитически, а также путем натурального эксперимента.

Система моделирования представляет собой оболочку, написанную с применением библиотеки визуальных компонент Delphi4 и реализующую интерфейс системы. Логика системы реализована в виде объектов Object Pascal для компонентов модели. Принципиальными компонентами модели являются источник (и приемник) потока данных (host-computer), порт коммутатора и коммутационный центр. Служебными компонентами являются синхронизатор и сборщик статистики.

Для соблюдения сходства с работой реальных устройств, упрощения логики модели и для обеспечения возможности использования преимуществ многопроцессорных компьютеров для моделирования функционирование компонент “хост” и “коммутатор” осуществляется в многопоточном режиме. Каждый экземпляр компонентного объекта реализует логику соответствующего устройства с учетом параметров настройки и синхронизируется посредством счетчика модельного времени и критических разделов доступа к разделяемым данным. Таким образом облегчается

возможность внесения изменений в логику системы и становится прозрачным механизмом сбора статистики.

Контролируемыми параметрами являются:

- коэффициент потерь ячеек (CLR – Cell loss ratio) по каналам и по сети;
- задержка передачи ячейки (CTD – Cell transfer delay) по каналам и по сети;
- вариация задержки передачи ячейки (CDV – Cell delay variation) по каналам и по сети;
- коэффициенты загрузки каналов;
- вероятность ожидания доступа;
- истинная интенсивность трафика;
- коэффициент использования буфера коммутатора;
- потери ячеек в коммутаторе.

Источниками случайности в модели являются входные потоки требований сети (Пуассоновские), вероятности образования и разрыва виртуальных соединений, задержка ячейки в коммутаторе и канале (экспоненциальное распределение), вероятность потери ячейки. Предоставляется также возможность выбора других датчиков распределения для данных факторов или их отключение. Использование генератора псевдослучайных чисел позволяет повторять эксперимент, например, для различных алгоритмов функционирования какого-либо моделируемого устройства при одинаковых реализациях “случайной” среды.

Основными допущениями при построении модели являются гипотезы относительно характера распределения случайных величин, независимости обслуживания в различных каналах и независимости задержек в различных коммутаторах.

Ячейка АТМ описывается структурой данных, содержащей следующие поля:

Заголовок ячейки:

- VPI (Virtual Path Identifier) – идентификатор виртуального пути;
- VCI (Virtual Channel Identifier) – идентификатор виртуального канала;
- PT (Payload Type) – тип ячейки;

- CLP (Cell Loss Priority) – пріоритет потери ячейки.

Службная ячейка:

- DIR - направление ячейки;
- BN - отправитель ячейки;
- CI - индикатор переполнения;
- NI - индикатор увеличения скорости передачи;
- ER - точная скорость передачи;
- CCR - текущая скорость передачи;
- MCR - минимальная скорость передачи.

Ячейка данных:

- идентификатор принадлежности к пакету данных верхнего уровня.

Кроме того каждая ячейка содержит собственное время передачи по сети.

Функциями оконечного устройства (источника-приемника данных) являются:

- запрос установления соединения;
- прием и передача служебных ячеек и ячеек данных;
- преобразование прямых служебных ячеек в обратные с передачей в сеть;
- изменение скорости передачи в соответствии с сигналами управления;
- запрос повторной передачи потерянных ячеек.

Каждый источник данных характеризуется интенсивностью передачи данных согласно выбранному распределению и поддерживает механизмы управления трафиком.

Функциями коммутатора являются:

- установление соединения и формирование маршрутов передачи;
- коммутация ячеек;
- контроль полосы пропускания портов;
- корректировка служебных ячеек и их передача адресату;
- формирование сигналов управления и их передача;
- управление буфером.

Параметрами настройки коммутатора являются:

- размер таблиц маршрутизации и коммутации (количество устанавливаемых виртуальных соединений);
- пороговая интенсивность установления соединений;
- пороговая пропускная способность порта;
- размер буфера;
- производительность шины;
- вероятность случайной потери ячейки;
- вероятность случайной задержки ячейки;
- активный алгоритм управления ABR;
- активный алгоритм работы буфера.

В модели реализованы такие механизмы управления трафиком:

- контроль установления соединений;
- контроль использования пропускной способности;
- контроль потока ABR;
- реализация очередей.

Контроль установления соединения означает проверку возможности выполнения запрошенного уровня сервиса с учетом трафик-контракта в текущий момент времени. Если запрос может быть выполнен без ущерба для других соединений - то соединение устанавливается, иначе оно отклоняется. Эта процедура выполняется на каждом коммутаторе на пути передачи.

Контроль использования пропускной способности отвечает за проверку корректности активных маршрутов передачи и соответствия трафика трафик-контракту. Контроль осуществляется применением алгоритма "дырявого ведра" на входе в сеть. Как правило не прошедшие проверку ячейки помечаются битом CLP и передаются дальше или отбрасываются.

Главной особенностью трафика ABR есть наличие механизма обратной связи, позволяющего отправителю и получателю согласовывать параметры передачи. Этот механизм решает задачу борьбы с перегрузками в сети при одновременном достижении максимально возможной пропускной способности. Обратная связь происходит путем включения в поток данных служебных ячеек для сообщения отправителю информации о степени загруженности сети. Выделяют три типа обратной связи:

- явная индикация перегрузки;

- явная индикация скорости;
- явная индикация скорости для каждой пары виртуальных отправителей и получателей.

Реализация очередей включает алгоритмы формирования очередей, управления буферами и механизмы отбрасывания ячеек. Возможны варианты общей очереди для одной категории сервиса, общей очереди с отдельным определением перегрузки и отдельной очереди для каждого виртуального соединения. Даже при достаточно большом буфере и эффективном алгоритме управления скоростью возможна ситуация переполнения буфера. Тогда необходимо принятие решения о первоочередности отбрасывания ячеек. При отбрасывании ячеек, являющихся частью пакета протокола верхнего уровня, возможна повторная передача всего пакета со всеми его ячейками. Механизм отбрасывания ячеек отбрасывает лишь ячейки, принадлежащие одному пакету. Существует два таких механизма: ранний сброс пакета и сброс остатков пакета. Вторым механизмом сбрасывает остатки пакета при потере хотя бы одной ячейки. В критической ситуации для предотвращения перегрузок коммутатор может отбрасывать ячейки, принадлежащие общему пакету. Эти механизмы заметно повышают эффективность передачи. Статический алгоритм управления буфером состоит в том, что фиксировано максимальное число ячеек одного соединения, которое может находиться в буфере в зависимости от размеров буфера. При достижении предела ячейки начинают отбрасываться. Для адаптивного алгоритма управления буфером решение о сбросе зависит не только от количества ячеек каждого соединения, но и от количества ячеек, предусмотренном для соответствующей службы.

Учет всех процедур передачи в сетях АТМ и максимально точная реализация механизмов управления трафиком позволяет применять данную модель для сравнительного анализа и оценки эффективности функционирования различных служб сетей АТМ, алгоритмов обратной связи сервиса АВР, алгоритмов работы буферов коммутатора; исследования влияния рабочих параметров сетевых устройств и возможных потоков данных на качество обслуживания в целом по сети или детализированно по устройствам или типам соединений.

Данная модель может быть применена также для моделирования локальных сетей по технологии Ethernet. В этом режиме воспроизводится работа метода множественного доступа с контролем несущей и определением коллизий. Коммутатор может выполнять два алгоритма работы: Ethernet-hub (концентратор; полудуплексный режим работы) и Ethernet-switch (коммутатор; полнодуплексный режим работы). Также возможно моделирование работы сетей в случае применения различных технологий на различных участках. Существует возможность включения в модель новых алгоритмов работы базовых устройств путем расширения свойств и методов объектов системы

Совместно с другими пакетами анализа и синтеза сетей данная модель может составить необходимый арсенал проектировщика. Помимо этого, модель может служить наглядным пособием при изучении технологий сетей передачи данных и алгоритмов их работы.

#### Список источников

1. Демиденко О.М., Максимей И.В. Имитационное моделирование взаимодействия процессов в вычислительных системах. –Мн.: Беларуская навука, 2000. – 230 с. – ISBN 985-08-0439-4.
2. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия. СПб.: "Питер", 1999.- 704с.

## **ФОРМАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОЦЕССОВ В ВЫСОКООРГАНИЗОВАННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ И СЕТЯХ КОМПЬЮТЕРОВ**

Алишов Н.И.

Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины

Эффективность обработки распределенных информационных ресурсов во многом определяется степенью организации средств управления взаимодействием системных и прикладных процессов. Если информатизацию рассматривать как процесс разработки и внедрения средств и технологий, обеспечивающих возможность пользователям получить доступ к необходимым и доступным информационным ресурсам во времени и в пространстве [1], то факторы время и пространство становятся базовыми показателями