

АНАЛИЗ ЗВЕНА МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ОДНОАДРЕСНОГО И МНОГОАДРЕСНОГО ПОТОКА

Гарипова Л.Р., Куреева Н.В.

Представлены результаты анализа мультисервисных сетей (МС), поддерживающих как традиционную передачу данных посредством одноадресных соединений, так и многоадресную передачу. Совместная передача одноадресного и многоадресного трафика и взаимное влияние характеристик этих соединений.

Ключевые слова: звено мультисервисной сети, одноадресный трафик, потоковый многоадресный трафик.

Ведение

Целью данной работы является исследование процесса обслуживания заявок, поступающих в звено МС. Основная задача работы заключается в разработке методов оценки качества функционирования систем, решение оптимального обслуживания и согласованности в процессе распределения информации. Поэтому анализ характеристик и зависимости изменения величин из-за ряда причин, возникающих в системе связи, играет важную роль и является актуальной проблемой в настоящее время.

Систему массового обслуживания можно представить ее моделью. Математическая модель системы распределения информации включает следующие три основных элемента: входящий поток вызовов (требований на обслуживание), схему системы распределения информации, дисциплину обслуживания потока вызовов. Характеристики системы обслуживания могут быть связаны с потоком вызовов и (или) схемой, другие могут не зависеть ни от потока, ни от схемы. Например, закон распределения длительности обслуживания связан с потоком вызовов, порядок обслуживания вызовов может зависеть и от потока вызовов, и от схемы, а способ обслуживания вызовов, как правило, не зависит ни от потока, ни от схемы [2].

Поскольку МС использует единый канал для передачи данных разных типов, она дает возможность уменьшить разнообразие типов оборудования, применять единые стандарты и технологии, централизованно управлять коммуникационной средой. В частности, МС поддерживают такие виды услуг, как телефонная и факсимильная

связь; выделенные цифровые каналы с постоянной скоростью передачи; пакетная передача, IP-телефония; широкополосный доступ в Internet; создание виртуальных корпоративных сетей, коммутируемых и управляемых пользователем, и др.

Услугам в МС соответствуют различные типы трафика: потоковый одноадресный трафик (unicast), потоковый многоадресный трафик (multicast), эластичный трафик (elastic). Для анализа характеристик обслуживания трафика, таких как вероятность блокировки, интенсивность обслуженной нагрузки, среднее время передачи и др., применяются модели МС с потерями.

Любая система характеризуется своей структурой, то есть составом ее основных частей и функциональными связками между ними. Для систем массового обслуживания такими частями являются обслуживающие приборы (каналы). В ряде случаев система может иметь несколько каналов, предназначенных для одновременного (параллельного) обслуживания требований, которые поступают в систему. Мы рассматривали только одно звено МС (цифровая линия) с повторными вызовами на основе системы М/М/1, каналный ресурс которой используется n потоками сообщений. Здесь мы изменяли характеристики поведения потока, с помощью вариации: интенсивности поступления вызовов, величины отказоустойчивости системы, емкости канальной единицы системы.

Каждое состояние звена МС можно понимать как «мгновенное» состояние системы. Каждый раз, когда поступает новый вызов, заканчивается какая-либо фаза работы управляющего устройства по установлению соединения или заканчивается соединение, система меняет свое «мгновенное» состояние. Для каждого «мгновенного» состояния записывается уравнение статистического равновесия. Анализируя систему таких уравнений, находят точное решение задачи в пределах принятой модели.

Метод заключается в построении математической модели системы, реализация которой осуществляется в виде программы. Моделирование позволяет получить численные результаты, характеризующие качество обслуживания при за-

данных параметрах потока, схемы и дисциплины обслуживания.

Исследования проводят при случайных процессах поступления потоков, так как в реальных сетях очень редко встречаются события, которые поступают в определенные, строго фиксированные неслучайные моменты. В действующих сетях, особенно в так называемые «пиковые» промежутки времени, обслуживание вызовов в МС звене далеко от последовательной работы. В основном на данный момент провайдер сети справляется либо увеличением емкости средств связи, либо резервированием, следовательно оценка оптимальности и экономичности затрат существенно отличается от требуемой.

Исследованию проблем эффективного разделения ресурсов МС всегда уделялось много внимания. С развитием сетей и с увеличением предоставляемых услуг разработчикам приходится сталкиваться с проблемой оптимизации выделяемого ресурса канала (звена МС), изменением структуры и критичностью проблем потери или повтора запросов.

Будем рассматривать звено МС, где для передачи будут установлены соединения двух вызовов: одноадресные и многоадресные (см. рис. 1). Одноадресное устанавливается между двумя узлами сети, причем такие соединения могут встречаться n -ное количество при различном маршруте следования. Зададим емкость каждого звена – число канальных единиц. Если хотя бы на одном звено не имеется заданное количество канальных единиц, то запрос блокируется и становится в очередь [3].

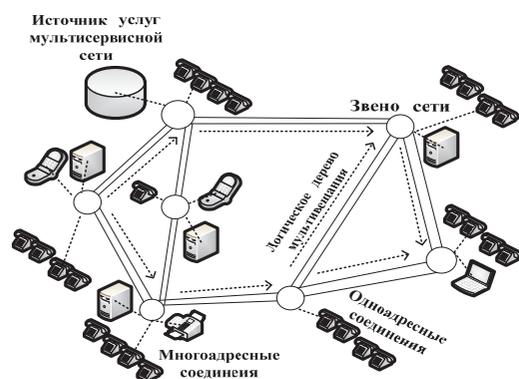


Рис. 1. Звено МС

При многоадресном соединении, когда имеется несколько источников информации, процесс передачи и обслуживания имеет сложную структуру построения. Многоадресные соединения устанавливаются между звеном МС – источником информации и одним или более пользовательски-

ми узлами. В качестве таких приложений можно упомянуть дистанционное обучение, рассылку корпоративной информации, репликацию баз данных.

При предоставлении одной и той же информации одновременно она не дублируется и передается сразу по нескольким маршрутам. Источник подключения информации и звенья пользователей услугами представляют собой логическое дерево мультивещания. Каждый пользователь имеет выбор и независимость при обращении за услугой от других пользователей, это показывает динамичность структуры многоадресных сообщений [3].

Задача МС – передать информацию между отдельными точками. Многоадресная передача имеет свою спецификацию. Интерес представляет смешанный вариант, смоделировав который, можно проанализировать МС.

Канальный ресурс, или в общем понимании число канальных единиц, обозначим b – это передаточная возможность линии связи, которую используют на некоторое время пользователи услуг, в более конкретном смысле b – это скорость передачи информации.

Анализ характеристик звена МС

Пусть в анализируемом звене МС имеется множество всех звеньев сети, а c_l – это емкость l -го звена, где $l \in L$. Для одноадресных соединений удобно ввести такое понятие, как класс соединений, характеризующийся двумя параметрами: маршрутом и требованием к емкости звеньев маршрута. Введем обозначения: $k = \{1, 2, \dots, K\}$ – множество всех классов одноадресных соединений сети; R_k – маршрут соединения; d_k – требование к емкости звеньев маршрута соединения k -класса; $S = \{1, 2, \dots, S\}$ – множество источников информации; $M_s = \{1, 2, \dots, M_s\}$ – множество услуг, предоставляемых источником $s \in S$; b_{ms} – число единиц емкости звена, требуемое для предоставления источником $s \in S$ услуги M_s .

Если в момент поступления заявки имеется необходимое d_k требований, то она обслуживается приборами. Интенсивности входящих потоков v_1, \dots, v_k совпадают с интенсивностью потока запросов пользователей:

$$a_k = \frac{v_k}{k_k}. \quad (1)$$

В случае многоадресных соединений маршрутов, а именно последовательность звеньев сети от источника до узла подключения пользователей, принято называть физическим путем.

Обозначим $P_s = \{1, 2, \dots, P_s\}$ – множество физических путей к источнику $s \in S$; $L_{ms} \in L$ – множество всех звеньев физического пути $p \in P_s$ к источнику $s \in S$; $P_s^l = \{1, 2, \dots, P_s\}$ – множество физических путей к источнику $s \in S$, проходящих через звено $l \in L$. При предположении, что звено l^* имеет ограниченный ресурс в обслуживании запросов пользователей [3], то параметры блокировки можно вычислить по следующей формуле

$$\rho_m = \left(1 + \rho_{mp}\right) - 1, m \in M. \quad (2)$$

Общий случай обслуживания многоадресных соединений при неограниченном ресурсе звена. Предположим, что $c = \infty$, в этом случае все поступившие в систему заявки принимаются на обслуживание без потерь. Пусть случайный процесс $\{X_m(t), t \geq 0\}$ находится в состоянии 1, если в момент времени $t \geq 0$ в системе происходит обслуживание одноадресных соединений, в противном случае 0, $m \in M$. Доказано, что $\{X_m(t), t \geq 0\}$ является обратимым марковским процессом (ОМП) [3] со стационарным распределением

$$P\{X_m(t) = x_m\} = \frac{\rho_m^{x_m}}{1 + \rho_m}, x_m \in \{0, 1\}. \quad (3)$$

Пусть случайные процессы для распределений одноадресных заявок $\{Z_k(t), t \geq 0\}$, являющиеся ОМП со стационарным распределением

$$P\{Z_k(t) = z_k\} = \frac{a_k^{z_k}}{z_k!} e^{-a_k}, z_k = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

$Z_k(t)$ – число одноадресных заявок k -класса в момент времени $t \geq 0$, $k \in K$.

Пусть в анализируемой модели имеется J цифровых линий и линия с номером j имеет скорость передачи G_j бит/С. Сеть обслуживает p потоков заявок. Для обслуживания либо k -го класса потоков (одноадресные), либо k -го потока требуется ресурс равный d_k бит/С в каждой линии, которая состоит в маршруте следования информации. Также надо помнить, что при поступлении однородного трафика d_k – эффективная величина, а при разнородном и критичном трафике d_k будет пиковой величиной [4].

В результате целочисленное представление скорости j -ой линии имеет вид:

$$v_j = \frac{G_j}{k}. \quad (5)$$

Целочисленное требование к скорости обслуживания для заявок k -го потока представляется как (6) канальных единиц. Обычно в качестве канальной единицы выступает скорость 64 кбит/С [4] и

$$b_k = \frac{d_k}{k}. \quad (6)$$

Из теории вероятностей известно, что при суммировании большого числа независимых потоков заявок с интенсивностями, стремящимися к нулю, результирующий поток заявок по свойствам будет приближаться к пуассоновскому потоку, если число потоков стремится к бесконечности, а их суммарная интенсивность – к константе [1]. Однако необходимо учитывать, что суммарный поток, включающий повторные заявки, не является пуассоновским. Аналогичную проблему решает и использование самоподобных процессов. При анализе используются простые сетевые структуры, состоящие из одной линии (звено сети), на которых рассматриваются различные распределения информации.

Сделаем предположение о характере запросов на установление соединений обоих типов и о продолжительности этих соединений. Пусть запросы пользователей на установление одноадресных соединений k -класса образуют пуассоновский поток интенсивности v_k , а продолжительность таких соединений не зависят от моментов установления соединения и распределены по экспоненциальному закону со средним k_k^{-1} , $k \in K$. При анализе многоадресных соединений используем логические пути следования потока по оптимальному маршруту при обслуживании, (m, p, s) – это пути, то есть услуга, физический путь и источник информации. Логический путь может быть открыт, когда источник s передает по p -пути данные с m -услугами, либо наоборот. Есть два состояния системы если путь свободен, или занят; логические пути в сети независимы; запросы пользователей на использование логического пути образуют также пуассоновский поток с интенсивностью λ_{mps} , а время занятия распределено по экспоненциальному закону со средним μ_{mps}^{-1} :

$$\rho_{mps} = \frac{\lambda_{mps}}{\mu_{mps}}. \quad (7)$$

В [3] было доказано что при одновременной передаче и многоадресных сообщений, и

одноадресных нагрузка в сети неравноценна. Многоадресные потоки быстрее захватывают свободный ресурс системы. Это неудивительно, так как мультивещание требует большой емкости канала и приоритет в обслуживании данных заявок намного выше, если сравнивать с одноадресным потоком при передаче обычных данных.

Заключение

Анализ отдельного звена, который впоследствии объединяется в общую МС, является примером исследования пути от частного к общему. При этом учитываются все возможные недостатки, возникающие при обслуживании, и отбрасываются на начальном этапе исследования.

Когда обмен информацией происходит между одним отправителем и одним получателем (так называемая одноадресная передача), с исправлением ошибок и контролем за последовательностью пакетов вполне справляются ТСР и другие протоколы. Но в сеансах мультивещания, где обратная связь осуществляется сразу с несколькими источниками, подобный метод может привести к чрезмерной перегрузке отправителя.

Но у проблемы надежности есть и другой аспект. Его суть заключается в том, как система мультивещания восстанавливает утраченные пакеты. Самый простой способ – отправитель повторяет передачу информации для всей группы получателей. При этом повторно ретранслируемые данные вынуждены принимать все получатели, независимо от того, дошли до них повторяемые пакеты или нет.

Когда получатель обнаруживает утрату пакета, он сразу же посылает запрос на повтор-

ную передачу, который включается в многоадресное сообщение, рассылаемое в пределах заданной области. Если утраченный пакет принят каким-либо другим локальным получателем, тот может переслать его заявителю. Если же никто на этот запрос не откликается, он передается в другую, более обширную область.

Следует выделить, что построение одноадресной передачи данных является задачей наименее легкой по сравнению с многоадресной. При одноадресном вещании передача повторного трафика решается несколькими способами, в основном путем дублирования. Многоадресный поток требует учета показателей качества предоставленной информации, и при утрате того или иного запроса осуществления обратной передачи, что, во-первых, существенно увеличивает нагрузку сети, во-вторых, задержку в доставке приоритетного трафика.

Литература

1. Карташевский В.Г. Основы теории массового обслуживания. М.: Радио и связь, 2006. – 107 с.
2. Лившиц Б.С., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. М.: Связь, 1979. – 224 с.
3. Самуилов К.Е., Яркина Н.В. Модель звена мультисервисной сети с одноадресными и многоадресными соединениями // Вестник РУДН. Серия «Прикладная и компьютерная математика». Т.2, № 1, 2003. – С. 32-44.
4. Лузгачев М.В. Методы анализа вероятностных характеристик модели разделения ресурсов мультисервисной телекоммуникационной сети. Автореф. дис. к.ф.-м.н. М.: РУДН, 2010. – 16 с.

THE ANALYSIS OF THE LINK OF THE MULTISERVICE NETWORK BY TRANSFER OF THE SINGLE-ADDRESS AND MULTIPLE-ADDRESS STREAM

Garipova L.R., Kireeva N.V.

Analysis of converged networks that support both traditional data through unicast connections and multicast traffic. Joint transfer unicast and multicast traffic and interference characteristics of these compounds.

Keywords: multi-link network, unicast traffic, multicast traffic stream.

Гарипова Лилия Равиловна, аспирант Кафедры «Мультисервисные сети и информационная безопасность» (МСИБ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846) 333-53-50; 8-927-710-67-17. E-mail: garip4ik555@mail.ru

Киреева Наталья Валерьевна, к.т.н., доцент Кафедры МСИБ ПГУТИ. Тел. (8-846) 332-41-35; 992-77-74. E-mail: zepelinSN@yandex.ru