

Использование различных моделей для расчета систем массового обслуживания с повторными вызовами

Синегубов С. В.

*Синегубов Сергей Владимирович / Sinegubov Sergey Vladimirovich — кандидат технических наук, доцент,
кафедра высшей математики,
Воронежский институт МВД России, г. Воронеж*

Аннотация: рассмотрены модели описания систем массового обслуживания с повторными вызовами на примере пункта централизованной охраны.

Ключевые слова: системы массового обслуживания, математическая модель, имитационное моделирование, пункт централизованной охраны.

Системы охраны и защищенные телекоммуникационные системы можно описать с помощью системы массового обслуживания класса $A/B/s/O$ или $A/B/s/m$, где s – количество приемных устройств, m – количество поступающей информации.

В классической теории связи и в теории массового обслуживания исследуются, прежде всего, два вида математических моделей, отличающихся одна от другой характером требований, которые в момент их предъявления к системе не могут быть немедленно выполнены. Однако сущность проводной связи наилучшим образом отображает третий вид модели, то есть модель с повторением. В данной модели не обслуженная заявка, поступившая в систему массового обслуживания, хотя и уходит из системы, но только временно, то есть происходит многократная попытка для получения информации приемным устройством.

Причиной безуспешного вызова может быть [2]:

- блокирование в сети связи (причина № 1),
- техническая неисправность (№ 2),
- неправильные действия вызывающего абонента (№ 3),
- вызываемый абонент занят или не отвечает (№ 4).

В первых трех случаях безуспешность вызова обусловлена системой, и количество безуспешных вызовов, не состоявшихся по этим причинам, является одновременно и мерой качества обслуживания абонента системой. От причины неудачи, а также от того, насколько способен абонент понять причину неудачи, зависят дальнейшие действия абонента по осуществлению попытки установления связи, то есть будет ли эта попытка предпринята вообще и через какое время. При неудаче, обусловленной системой, абонент повторяет попытку раньше, чем при неудаче, зависящей от вызываемого абонента, быстро повторяемые попытки имеют мало шансов на успех и способствуют увеличению попыток на один вызов. Тем самым низкое качество обслуживания приводит к увеличению числа входящих вызовов и к увеличению бесполезной нагрузки соединительной аппаратуры [4].

Для расчета проводных сетей обычно используется метод Эрланга. В соответствии с этим методом для количества вызовов, поступающим по N линиям, определяется новое количество соединительных линий N_n таким образом, чтобы новая величина потери заявки не превысила установленную границу, определяемую распределением Эрланга [2, 4]. В связи с тем, что в методе Эрланга не учитываются повторные вызовы, а каждое требование, которое наталкивается на неудачу, считается утраченным, при его использовании имеет место существенно большая разница между предложением и нагрузкой, чем это бывает в действительности, особенно в случаях сильно нагруженной системы.

При описании систем, обслуживающих поступающие заявки, модель Джонина-Седола является грубым приближением к реальной ситуации.

Главным недостатком является здесь пренебрежение всеми причинами неудачи вызовов кроме причины, которая не учитывает такие факторы потери заявки, как техническая неисправность, неправильные действия вызывающего абонента и другие. Поэтому модель затруднительно применять в системах массового обслуживания большой размерности, и она едва ли сможет оказать помощь.

Более рациональным является применение модели при расчете систем с приборами, на которые с равной вероятностью могут поступать заявки на обслуживание с минимально возможной потерей [2]. Такая ситуация является типичной для служебной сети, где не приходится ожидать частых неудач вызовов, обусловленных, например, отсутствием на месте вызываемого абонента, т. е. присутствие на рабочем месте дежурного пульта. Однако данная модель не подходит для описания работы пункта централизованной охраны (ПЦО) по вышеизложенным причинам.

По сравнению с эрланговским подходом модель Джонина-Седола со средним повторением представляет собой рациональный компромисс.

Более детальной и реалистической моделью телефонной связи в телефонной системе с повторными вызовами, чем модель Джонина-Седола, занимался Эллдин [3, 4], которая представляет собой одну из основных теоретических работ в области повторных вызовов. По сравнению с моделью Джонина-Седола модель Эллдина расширена в двух направлениях [5]:

1. Интенсивность потока требований, поступающих в систему, может быть зависимой от количества занятых линий и от количества требований, которые находятся в состоянии повторений.

2. Вызов, для которого нашлась свободная линия, еще не может считаться успешным в последующих фазах соединения.

В модели Эллдина сгруппированы все возможности неудачи исследуемой системы, они отнесены к группе технических неудач (причина № 2). При этом предполагается, что причина № 2 неудачи возникает для каждого вызова с одинаковой вероятностью. Вызовы, безуспешные по причине № 2, загружают линию на время, экспоненциально распределенное; после окончания времени безуспешной загрузки дальнейший процесс является аналогичным процессу при вызове, безуспешном по причине № 1, то есть вызов теряется. Время повторения является экспоненциально распределенным.

Однако модель Эллдина не учитывает причины повторных вызовов № 3 и № 4, что является актуальным при описании работы пульта централизованной охраны.

Работа Г. Гоштони [1] направлена, прежде всего, на исследование воздействия различных упрощающих допущений относительно поведения абонентов в моделях с повторными вызовами. Предложены четыре марковских модели, обозначенные E1, E2, E3 и E4, предназначенные для автоматической обработки, результирующие характеристики которых взаимно сравниваются, сравнение также производится с результатами более реалистичных имитационных моделей. В отличие от Эллдина, Гоштони ограничивается пуассоновским потоком требований.

Модель E1 весьма сходна с моделью Эллдина. Единственным отличием является предположение, что время загрузки складывается из времени подготовки соединения, распределение которого является экспоненциальным соответственно для успешных вызовов и неуспешных по причине № 2, и из времени самого разговора, тоже экспоненциально распределенного. Время длительности успешного занятия не является экспоненциально распределенным как у Эллдина, но представляет собой сумму двух экспоненциально распределенных случайных переменных с различными параметрами. При этом его средняя величина является той же самой, что и у Эллдина.

Модель E2 является обобщением модели E1 в том смысле, что допускает различия для причин № 1 и № 2 неудачи в предыдущей попытке.

Модель E3 также является обобщением модели E1. Хотя здесь распределение времени повторений является учитываемой суммой двух экспоненциальных распределений.

Имитационная модель Гоштони предназначена для системы с N линиями, пуассоновским потоком требований с интенсивностью λ и экспоненциальным распределением времени разговора. Однако в ней оставлен широкий круг возможностей для моделирования поведения абонента – функции выдержки и функции распределения длительностей времени повторения могут быть любыми и зависимыми от причины предшествующей неудачи.

Любая сложная модель, описывающая поведение СМО, может быть упрощена. Данное упрощение будем называть аппроксимацией.

Аппроксимация Бретшнайдера. Одним из направлений в изучении проблематики повторных вызовов является стремление найти математическую модель, которая позволяла бы использовать для практических расчетов характеристик режима связи с повторными вызовами традиционные и хорошо известные связным проектировщикам обоснования, прежде всего таблицы или графики функции потерь Эрланга. Бретшнайдер [3] предлагает характеризовать режим связи с повторными вызовами с помощью эрланговского соотношения между предложением вызовов и потерей вызовов.

В работах [1-4] эта простая концепция сравнивается с результатами, полученными на марковской модели, аналогичной модели Джонина-Седола, но с несколько более подробным описанием поведения абонента.

Расширенная модель на основе аппроксимации Бретшнайдера. Использование аппроксимации Бретшнайдера для расчета полноступенчатого ручка с повторными вызовами пояснено на простой модели, в которой учитывается единая величина функции выдержки, одинаковая для всех попыток, и единая причина неудачи вызова – блокирование в исследуемой системе. Однако аппроксимацию Бретшнайдера можно применить и к более общим моделям, которые допускают общую зависимость функции выдержки от числа попыток, а также и остальные причины неудачи вызова [3].

Вывод: Все перечисленные модели имеют описательный характер и показывают степень приближенности к реальным системам. Для описания работы пульта централизованной охраны необходимо определить наиболее точную математическую модель, характеризующую особенности функционирования данной системы, так как ошибка при определении числа недозвонившихся в определенное время абонентов влечет к материальным затратам. Вышеуказанные модели не учитывают

специфику работы ПЦО как элемента системы массового обслуживания. Проведя измерения длительности обслуживания заявок, поступающих на пульт централизованной охраны, представляющий собой СМО, были проверены законы распределения, описывающие системы с повторными вызовами, различными критериями согласия. Было проверено, что время обслуживания заявок не является распределенным по закону Пуассона, а распределено по нормальному закону. В результате чего время обслуживания заявки на этапе планирования можно заменить константой, равной 10 секундам. Этот факт указал на возможность построения более простой, чем перечисленные выше эффективной модели.

Литература

1. *Думачев В. Н., Родин В. А.* Эволюция антагонистически взаимодействующих популяций на базе двумерной модели ферхюльста-пирла // Математическое моделирование. 2005. Т. 17. № 7. С. 11-22.
2. *Копылов А. Н., Пьянков О. В.* Матричные игры как модель конфликтных ситуаций // Сборник материалов всероссийской науч.-практ. конф. «Охрана, безопасность и связь». — Воронеж: ВИ МВД РФ, 2005. — С. 14-15.
3. *Синегубов С. В., Родин В. А.* Применение метода наименьших квадратов для выравнивания экспериментальных данных, характеризующих поток информации интенсивного режима работы ПЦО // Вестник Воронежского института МВД России. 1999. № 2. С. 152-155.
4. *Синегубов С. В.* Имитационное моделирование систем массового обслуживания с повторными вызовами на примере пульта централизованной охраны // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронежский институт МВД РФ. Воронеж, 2001.
5. *Копылов А. Н.* Совместное использование Фортрана и Си++ для решения прикладных математических задач // Актуальные проблемы борьбы с преступностью в современных условиях: тезисы докладов Межвуз. науч.-практ. конф. ВИ МВД России. — Воронеж: ВИ МВД России, 2000. — С. 198-199.