

Система массового обслуживания

1. Компоненты и классификация моделей массового обслуживания

Системой массового обслуживания – это такие системы, в которые в случайные моменты времени поступают заявки на обслуживание, при этом поступившие заявки обслуживаются с помощью имеющихся в распоряжении системы каналов обслуживания.

Примерами систем массового обслуживания могут служить:

- Посты технического обслуживания автомобилей.
- Посты ремонта автомобилей.
- Персональные компьютеры, обслуживающие поступающие заявки или требования на решение тех или иных задач.
- Станции технического обслуживания автомобилей.
- Аудиторские фирмы.
- Отделы налоговых инспекций, занимающиеся приемкой и проверкой текущей отчетности предприятий.
- Телефонные станции и т.д.

Основными компонентами системы массового обслуживания любого вида являются:

- Входной поток поступающих требований или заявок на обслуживание.
- Дисциплина очереди.
- Механизм обслуживания.

Для описания входного потока требований нужно задать вероятностный закон, определяющий последовательность моментов поступления требований на обслуживание и указать количество таких требований в каждом очередном поступлении. Здесь могут поступать как единичные, так и групповые требования (требования поступают группами в систему).

Дисциплина очереди – это важный компонент системы массового обслуживания, он определяет принцип, в соответствии с которым поступающие на вход обслуживающей системы требования подключаются из очереди к процедуре обслуживания. Чаще всего используются дисциплины очереди, определяемые следующими правилами:

- Первым пришел – первым обслуживаешься.
- Пришел последним – обслуживаешься первым.
- Случайный отбор заявок.
- Отбор заявок по критерию приоритетности.
- Ограничение времени ожидания момента наступления обслуживания (имеет место очередь с ограниченным временем ожидания обслуживания, что ассоциируется с понятием «допустимая длина очереди»).

Механизм обслуживания определяется характеристиками самой процедуры обслуживания и структурой обслуживающей системы. К характеристикам процедуры обслуживания относятся: продолжительность процедуры обслуживания и количество требований, удовлетворяемых в результате выполнения каждой такой процедуры. Для аналитического описания характеристик процедуры обслуживания оперируют понятием «вероятностное распределение времени обслуживания требований».

Время обслуживания заявки зависит от характера самой заявки или требований клиента и от состояния и возможностей обслуживающей системы. В ряде случаев приходится также учитывать вероятность выхода обслуживающего прибора по истечении некоторого ограниченного интервала времени.

Структура обслуживания системы определяется количеством и взаимным расположением каналов обслуживания (механизмов, приборов и т.д.). Системы обслуживания может иметь не один канал обслуживания, а несколько; система такого рода способна обслуживать одновременно несколько требований. В этом случае все каналы обслуживания предлагают одни

и те же услуги, и, следовательно, можно утверждать, что имеет место параллельное обслуживание.

Система обслуживания может состоять из нескольких разнотипных каналов обслуживания, через которые должно пройти каждое обслуживаемое требование, т.е. в обслуживающей системе процедуры обслуживания требований реализуются последовательно. Механизм обслуживания определяет характеристики выходящего (обслуженного) потока требований.

Функциональные возможности любой системы массового обслуживания определяется следующими основными факторами:

- Вероятностным распределением моментов поступлений заявок на обслуживание (единичных или групповых).
- Вероятностным распределением времени продолжительности обслуживания.
- Конфигурацией обслуживающей системы (параллельное, последовательное или параллельно-последовательное обслуживание).
- Количеством и производительностью обслуживающих каналов.
- Дисциплиной очереди.
- Мощностью источника требований.

В качестве основных критериев эффективности функционирования систем массового обслуживания, в зависимости от характера решаемой задачи, могут выступать:

- Вероятность немедленного обслуживания поступающей заявки.
- Вероятность отказа в обслуживании поступившей заявки.
- Относительная и абсолютная пропускная способность системы.
- Средний процент заявок, получивших отказ в обслуживании.
- Среднее время ожидания в очереди.
- Средняя длина очереди.
- Средний доход от функционирования системы в единицу времени и т.п.

Предметом теории массового обслуживания является установление зависимости между факторами, определяющими функциональные возможности системы массового обслуживания, и эффективностью ее функционирования.

Случайный характер потока заявок (требований), а также, в общем случае, и длительности обслуживания приводит к тому, что в системе массового обслуживания происходит случайный процесс. По характеру случайного процесса, происходящего в системе массового обслуживания, различают системы Марковские и немарковские. В Марковских системах входящий поток требований и выходящий поток обслуженных требований (заявок) являются пуассоновскими. Пуассоновские потоки позволяют легко описать и построить математическую модель системы массового обслуживания. В случае немарковских процессов задачи исследования систем массового обслуживания значительно усложняются и требуют применения статистического моделирования, численных методов с использованием ЭВМ.

Независимо от характера процесса, протекающего в системе массового обслуживания, различают два основных вида СМО:

- Системы с отказами, в которых заявка, поступившая в систему в момент, когда все каналы заняты, получает отказ и сразу же покидает очередь.
- Системы с ожиданием (очередь), в которых заявка, поступившая в момент, когда все каналы обслуживания заняты, становится в очередь и ждет, пока не освободится один из каналов.

Системы массового обслуживания с ожиданием делятся на системы с ограниченным ожиданием и системы с неограниченным ожиданием.

В системах с ограниченным ожиданием может ограничиваться:

- Длина очереди.
- Время пребывания в очереди.

В системах с неограниченным ожиданием заявка, стоящая в очереди, ждет обслуживания неограниченно долго, т.е. пока не подойдет очередь.

Все системы массового обслуживания различают по числу каналов обслуживания:

- Одноканальные системы.
- Многоканальные системы.

2. Поток событий

Переходы СМО из одного состояния в другое происходят под воздействием вполне определенных событий – поступление заявок и их обслуживания. Последовательность появления событий, следующих одно за другим в случайные моменты времени, формирует так называемый **поток событий**. Основной характерной чертой потоков является вероятностное распределение времени между соседними событиями. Существуют различные потоки, которые отличаются своими характеристиками.

Поток событий называется **регулярным**, если в нем события следуют одно за другим через заранее заданные и строго определенные промежутки времени. Чаще встречаются **нерегулярные** потоки, не обладающие свойством регулярности.

Поток событий называется **стационарным**, если вероятность попадания любого числа событий на промежуток времени зависит только от длины этого промежутка и не зависит от того, как далеко расположен этот промежуток от начала отсчета времени.

Стационарность потока означает независимость от времени его вероятностных характеристик, в частности, интенсивность такого потока, есть среднее число событий в единицу времени и остается величиной постоянной.

Поток событий называется **потоком без последствия**, если число событий, попадающих на один из произвольно выбранных промежутков времени, не зависит от числа событий, попавших на другой, также произвольно выбранный промежуток, при условии, что эти промежутки не пересекаются между собой. В потоке без последствия события появляются в последовательные моменты времени независимо друг от друга.

Поток событий называется **ординарным**, если вероятность попадания на очень малый отрезок времени сразу двух или более событий пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью попадания только одного события. В ординарном потоке события происходят поодиночке, а не по два или сразу.

Если поток одновременно обладает свойствами **стационарности, ординарности и отсутствием последствия**, то такой поток называется **простейшим (или пуассоновским)** потоком событий.

Простейший поток играет среди других потоков особую роль – можно доказать, что при суперпозиции (взаимном наложении) достаточно большого числа потоков, обладающих последствием образуется суммарный поток, который можно считать простейшим, и тем точнее, чем большее число потоков суммируется.

Если поток событий не имеет последствия, ординарен, но не стационарен, он называется нестационарным пуассоновским потоком. В таком потоке интенсивность λ (среднее число событий в единицу времени) зависит от времени: $\lambda = \lambda(t)$, тогда как для простейшего потока $\lambda = const$.

3. Основные классы и характеристики системы массового обслуживания

Основные классы СМО:

1. Системы с отказами (с потерями). В таких системах заявка, поступившая в момент, когда все каналы заняты, получает «отказ», покидает СМО и в дальнейшем процессе обслуживания не участвует.

2. Системы с ожиданием (с очередью). В таких системах заявка, поступившая в момент, когда все каналы заняты, становится в очередь и ожидает, пока не освободится один из каналов. Когда канал освобождается, одна из заявок, стоящих в очереди, принимается к обслуживанию.

Обслуживание (дисциплина очереди) в системе с ожиданием может быть *упорядоченным* (заявки обслуживаются в случайном порядке), *неупорядоченным* (заявки обслуживаются в случайном порядке) или *стековым* (первый из очереди выбирается последняя заявка). Кроме того, в некоторых СМО применяется так называемое *обслуживание с приоритетом*, когда некоторые заявки обслуживаются в первую очередь, предпочтительно перед другими. Здесь также различают системы со *статическими* и *динамическими* приоритетами.

Системы с очередью делятся на системы с *неограниченным* и с *ограниченным ожиданием*.

В системах с *неограниченным* ожиданием каждая заявка, поступившая в момент, когда нет свободных каналов, становится в очередь и «терпеливо» ждет освобождения канала, который примет ее к обслуживанию. Любая заявка, поступившая в СМО, рано или поздно будет обслужена.

В системах с *ограниченным* ожиданием на пребывание заявки в очереди накладываются те или другие ограничения. Эти ограничения могут касаться *длины очереди* (числа заявок, одновременно находящихся в очереди – *система с ограниченной длиной очереди*), времени пребывания заявки в очереди (после какого-то срока пребывания в очереди заявка покидает очередь и уходит – *система с ограниченным временем ожидания*), общего времени пребывания заявки в СМО и т.д.

В зависимости от типа СМО при оценке ее эффективности могут применяться те или другие величины (показатели эффективности). Например, для СМО с отказами одной из важнейших характеристик ее продуктивности является так называемая абсолютная пропускная способность – среднее число заявок, которое может обслужить система за единицу времени.

Наряду с абсолютной часто рассматривается относительная пропускная способность СМО – средняя доля поступивших заявок, обслуживаемая системой (отношение среднего числа заявок, обслуживаемых системой в единицу времени, к среднему числу поступающих за это время заявок).

Помимо абсолютной и относительной пропускной способностей при анализе СМО с отказами нас могут, в зависимости от задачи исследования, интересовать и другие характеристики, например:

- Среднее число занятых каналов.
- Среднее относительное время простоя системы в целом и отдельного канала и т.д.

СМО с ожиданием имеют несколько другие характеристики. Очевидно, для СМО с неограниченным ожиданием как абсолютная, так и относительная пропускная способность теряют смысл, так как каждая поступившая заявка рано или поздно будет обслужена. Зато для такой СМО весьма важными характеристиками являются:

- Среднее число заявок в очереди.
- Среднее число заявок в системе (в очереди и под обслуживанием).
- Среднее время ожидания заявки в очереди.
- Среднее время пребывания заявки в системе (в очереди и под обслуживанием).

и другие характеристики ожидания.

Для СМО с ограниченным ожиданием интерес представляют обе группы характеристик: как абсолютная и относительная пропускная способности, так и характеристики ожидания.

Для анализа процесса, протекающего в СМО, существенно знать основные параметры системы: число каналов n , интенсивность потока заявок λ , производительность каждого канала (среднее число заявок μ , обслуживаемое каналом в единицу времени), условия образования очереди (ограничения, если они есть).