

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ: МОДЕЛЬ БИБЛИОТЕКАРЯ

SOFTWARE ARCHITECTURE DESIGN MODEL: THE LIBRARIAN MODEL

A. Kondybayeva

Summary. The paper describes the new information system architecture model named The Librarian Model. The model is developed for the automated information systems. The article describes an architecture design model for process automation and the organization of automation design architecture, a model called the Librarian model for designing an automated system architecture.

Development of an architecture design model for automated information systems, taking into account the load in the form of an incoming stream of service requests, in particular, for writing to the database. Investigate the model of approximation of the exponential distribution law of events of signal arrival to the Poisson stationary process of event flows.

Methods: methods of mathematical and static modeling were used to study the behavior of the occurrence of events, according to the exponential distribution law, and a model was developed for the transition to the Poisson event service time flow. A model of the architecture for processing multiple requests based on synchronization based on the messages of incoming requests for writing to the database has been developed.

Results: the criterion of waiting time for servicing requests was studied, by which the degree of approximation of the flow of events to the Poisson flow was estimated, the use of which can help to adequately evaluate the planning of system resources and the design of the model of the required architecture. Based on the studied behavior of the occurrence of events in automated information systems, the Librarian's model is proposed, which takes into account and adequately distributes the dynamic load in the form of a Poisson flow of events.

Conclusions: further research in this direction may be related to the practical use of the criterion for evaluating the properties of event flows and the estimation of errors, which are caused by replacing non-Poisson flows with Poisson ones when modeling systems, as well as using adequate architectures for automated information systems when designing, taking into account the evaluation of computational time to service many user requests, as well as team exchange with third-party platforms.

Keywords: architecture, information systems, automatization systems, recommendation system, recommendations, collaborative filtering, element-based, information system types-based, content-based filtering, knowledge-based filtering, hybrid recommender systems.

Кондыбаева Алмагуль Бауржановна

Аспирант, Национальный исследовательский технологический университет (НИТУ) МИСИС
alma.kond@gmail.com

Аннотация. В статье описана модель проектирования архитектуры для автоматизации технологических процессов и формирования архитектуры проектирования автоматизированных информационных систем, модель под названием модель Библиотекаря.

Описывается разработка модели проектирования архитектуры для автоматизированных информационных систем с учетом нагрузки в виде поступающего потока запросов на обслуживание, в частности на запись в базу данных. Исследуется модель приближения экспоненциального закона распределения событий поступления сигналов к пуассоновскому стационарному процессу потоков событий.

Методы: использованы методы математического и статического моделирования для исследования поведения наступления событий, согласно экспоненциальному закону распределения, а также разработана модель перехода к пуассоновскому потоку времени обслуживания событий. Разработана модель архитектуры обработки множественных запросов на основе синхронизации на основе сообщений поступающих запросов для записи транзакций в базу данных.

Результаты: исследован критерий времени ожидания обслуживания запросов, по которому оценена степень приближения потока событий к пуассоновскому потоку, использование которого может помочь адекватно оценить планирование ресурсов системы и проектирование модели требуемой архитектуры. На основе исследованного поведения наступления событий в автоматизированных информационных системах предложена модель Библиотекаря, которая учитывает и адекватно распределяет динамическую нагрузку в виде пуассоновского потока событий.

Выводы: дальнейшие исследования в этом направлении могут быть связаны с практическим использованием критерия для оценки свойств потоков событий и оценкой ошибок, к которым приводит замена пуассоновских потоков пуассоновскими при моделировании систем, а также с использованием при проектировании адекватных архитектур для автоматизированных информационных систем с учетом оценки вычислительного времени на обслуживание множества пользовательских запросов, а также командного обмена со сторонними платформами.

Ключевые слова: пуассоновский поток, стационарность, обслуживание запросов, модели проектирования автоматизированных информационных систем, методология проектирования, модель Библиотекаря.

Введение

Проектирование архитектуры автоматизированной системы является наиболее абстрактным и наиболее идеализированным представлением системы, которое должно обеспечивать выполнение следующих свойств:

1. элементы архитектуры должны быть слабо связаны таким образом, чтобы разложив на декомпозицию элементов, поток информации, проходящий по контурам был минимальным и не замыкался;
2. должно соблюдаться свойство тестируемости, т.е. при проверке работы функций системы должен быть установлен факт правильной работы;
3. должна соблюдаться возможность идентификации неисправных частей системы путем диагностики;
4. должно соблюдаться свойства восстановления системы в кратчайшие сроки с экономически обоснованной стоимостью ремонта;
5. должно соблюдаться свойство надежности;
6. система должна быть проста в обслуживании и проста в эксплуатации, не требовать высокой квалификации и повышения квалификации обслуживающего персонала;
7. система и ее составляющие элементы должны быть безопасны в эксплуатации, должны соблюдать требования охраны труда и техники безопасности;
8. система должна быть обеспечена защитой от вандализма и неавторизованных пользователей;
9. система должна проектироваться с учетом экономической эффективности в операционном процессе;
10. система должна иметь возможность реконфигурации, перенастройки для работы с другими технологическими процессами;
11. система должна иметь возможность функциональной расширяемости, т.е. в модель архитектуры должны уметь внедряться дополнительные функциональные возможности системы;
12. система должна быть готова к устойчивому масштабированию системы, таким образом, чтобы увеличение размера объекта автоматизации не требовало высоких затрат и не сводила к неустойчивому состоянию базовую модель системы;
13. система должна быть открытой, таким образом, чтобы можно было заменить один модуль системы на аналогичный модуль другого производителя, а интеграция модулей происходила без чрезмерных конфликтов и проблем;
14. система должна стремиться к максимально продолжительному жизненному циклу без значительного устаревания, который должен обновлять аппаратные и программные компоненты;

15. система должна устанавливаться и вводиться в эксплуатацию за минимальное время [1].

Архитектура программного обеспечения автоматизированной информационной системы представляет собой взаимосвязанную систему компонентов и модулей, которые стремятся обеспечить решение некоторой поставленной задачи автоматизации. Архитектура состоит из множества технических решений, которые можно комбинировать некоторым способом, архитектура допускает множество технических реализаций путем выбора различных компонентов архитектуры и методов взаимодействия между ними. В данной работе представлена модель архитектуры т.е. модель Библиотекаря для проектирования высоконагруженных автоматизированных информационных систем, с выполнением необходимых свойств, описанных выше.

Перечислим типовой перечень сервисов и служб, необходимых для проектирования автоматизированной информационной системы:

1. организация хранилища данных;
2. организация обработки данных;
3. формирование деловых функций объекта автоматизации;
4. создание пользовательского интерфейса;
5. разработка каналов обмена и передачи информации для интеграции со сторонними сервисами или ресурсами.

В качестве событий могут рассматриваться поступление заявок на обслуживание [2, 3], завершение интерпретации программы [4, 5], поток транзакций при дистанционном управлении [6, 7] и т.п.

Постановка задачи

Пусть архитектура программного обеспечения высоконагруженной автоматизированной информационной системы является некоторой абстракцией модели сопряжения датчиков, устройств ввода-вывода, измерительных преобразователей, программируемых логических контроллеров, компьютеров, интерфейсов, протоколов, промышленных сетей, исполнительных устройств, драйверов, каналов передачи информации.

Тогда, поток входящих заявок на обслуживание образуют, так называемый, случайный поток заявок. Обслуживание заявок происходит также за некоторое случайное время, интервал между событиями является случайной величиной. В качестве показателей используются: среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени; среднее число заявок в очереди; среднее время ожидания обслуживания; вероятность отказа в обслуживании без ожидания; вероятность превышения

числа заявок определенного значения. Таким образом, поведение потока будет описываться стационарным пуассоновским потоком с отсутствием последствия. Следует найти решение о степени приближения плотности распределения времени между событиями поступления и обработки заявок к плотности распределения интервалов в простейшем потоке и составить модель архитектуры для обслуживания систем с учетом стационарной случайной нагрузки на ресурсы автоматизированной информационной системы.

Методология

Рассмотрим параметрический критерий, основанный на следующем свойстве экспоненциального распределения плотности (1):

$$f(t) = \frac{1}{T} e^{(-\frac{t}{T})}, T = \sqrt{D} \tag{1}$$

где T — математическое ожидание экспоненциального закона;

D — дисперсия, определяемая по зависимости (2):

$$D = \int_0^{\infty} \frac{(1-T)^2}{T} e^{(-\frac{t}{T})} \tag{2}$$

Рассмотрим случай, когда на систему действует два источника нагрузки: пользовательская нагрузка, состоящая из поступающего на обслуживание через веб-сервер множество запросов и запросов командной нагрузки от сторонних платформ, поступающих через интеграционные шлюзы. Запросы проходят через доменные имена и распределяются в балансировщиках нагрузки, которые направляют входящие запросы на один из множества серверов приложения, которые обычно являются зеркальными копиями друг друга, и отправляют ответ обратно пользователю. Любой сервер обрабатывает запросы одинаково, так что балансировщик занимается распределением заданий, чтобы никакой из них не был перегружен.

Таким образом, в момент старта работы приложений, запросы между пользователями могут соревноваться за ресурсы информационной системы. Для описания этого процесса воспользуемся двух-параллельным марковским процессом (3):

$$M = [A, h(t)] \tag{3}$$

где $A = \{a_{w1}, a_{w2}, a_{g1}, a_{g2}\}$ — множество состояний, a_{w1}, a_{g1} — стартовые состояния, a_{w2}, a_{g2} — поглощающие состояния, $h(t)$ — полумарковская матрица;

Для определения времени ожидания процесса воспользуемся описанием вида (4):

$$M' = A', h'(t) \tag{4}$$

где $A' = A \cup B$ — множество состояний;

$A = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\}$ — подмножество состояний, моделирующее начало и окончания блужданий по полумарковскому процессу;

α_1 — стартовое состояние;

α_2 — поглощающее состояние, моделирующее выигрыш второго субъекта;

α_3 — поглощающее состояние, моделирующее окончание ожидания первым субъектом окончания второго;

$B = \{\beta_1, \beta_2, \beta_3\}$ — бесконечное множество состояний, задающих временные интервалы ситуаций завершения обслуживания вторым;

$h'(t) = \{h'_{m,n}(t)\}$ — полумарковская матрица, задающая временные интервалы процесса.

Пусть плотность распределения времени наблюдения определяется законом вырожденного распределения с некоторым математическим ожиданием T и $\omega(t) = \delta(t - T)$, соответствующий детерминированному процессу. Таким образом, плотность распределения времени ожидания завершения события $g(t)$, определяется согласно зависимости (5):

$$f_{\delta \rightarrow g}(t) = \frac{\eta(t)g(t+T)}{\int_T^{\infty} g(t)dt} \tag{5}$$

Математическое ожидание имеет вид (6):

$$T_{\delta \rightarrow g} = \int_0^{\infty} t \frac{g(t+T)}{\int_T^{\infty} g(t)dt} dt \tag{6}$$

Критерий, основанный на определении времени ожидания для строго детерминированной связи между событиями, выражаемой δ — функции Дирака $g(t) = \delta(t - T)$, имеет вид (7):

$$\varepsilon_{\omega} = \left(\frac{T - T_{\delta \rightarrow g}}{T} \right)^2 \tag{7}$$

где T — математическое ожидание анализируемой плотности распределения времени между соседними событиями;

$T_{\delta \rightarrow g}$ — математическое ожидание плотности распределения $T_{\delta \rightarrow g}(t)$, рассчитываемое по зависимости (5).

Математическое ожидание распределения сигнала определяется по следующей зависимости (8):

$$T_k = \int_0^1 tK(1 - t)^{K-1} dt = \frac{1}{K+1} [\text{время}] \tag{8}$$



Рис. 1. Модель синхронизации запросов на основе сообщений с динамическим распределением запросов

Экспоненциальный закон, определяющий Пуассоновский поток событий (9):

$$f_K(t) = (K + 1)e^{-(K+1)t} \left[\frac{prob}{time} \right] \quad (9)$$

Таким образом, с увеличением событий K закон распределения приближается к экспоненциальному, что соответствует теории Б. Григелиониса [8], и подтверждается введенным критерием, основанным на функции ожидания.

K — параллельный процесс запускается из всех состояний подмножества $a_{11}, a_{12} \dots a_{k1} \dots a_{K1}$ одновременно. Событие генерируется, когда один из ординарных процессов, например k -й, достигает своего поглощающего состояния, $a_{k1}, 1 \leq k \leq K$. В соответствии с теоремой Б. Григелиониса, при $K \rightarrow \infty$ поток событий, генерируемых параллельно независимыми генераторами, стремится к пуассоновскому [8].

Плотность распределения интервала времени между началом процесса и достижением хотя бы одним процессом поглощающего состояния, для данного конкретного случая, определяется зависимостью (10–11):

$$g_K(t) = \frac{d \{1 - [1 - V(t)]^K\}}{dt} \quad (10)$$

где

$$V(t) = \int_0^t \vartheta(\tau) d\tau = \{2t, 0 \leq t \leq 1 \parallel 0\} \quad (11)$$

Таким образом, исходя из выведенных формул распределения нагрузки событий, описывающих поведе-

ние сигналов, для проектирования автоматизированной информационной системы для обеспечения доступа к ресурсам при множественном доступе от множества запросов на ресурсы предлагается следующая архитектура: модель, предусматривающая динамическое распределение нагрузки при запросе к ресурсам, где при запросе на запись в базу данных будет предусмотрена синхронизация запросов на основе сообщений, изображенная на рисунке 1.

На Рисунке 1 представлена модель синхронизации запросов на основе сообщений к вызываемым ресурсам, при этом перед синхронизацией происходит этап динамического распределения запросов, который может быть выполнен различными путями: на основе использования очередей, стеков или других динамических структур данных.

Результаты

Разработана модель архитектуры с учетом критериев проектирования, отвечающая критериям случайного стационарного процесса в виде нагрузки на ресурсы автоматизированной информационной системы. Модель изображена на рисунке 2.

Таким образом, предложенная модель, представляющая модель обработки входящего информационного потока с интенсивностью в виде описанной выше, является более адекватной, так как учитывает стационарное поведение информационных потоков. Это особенно актуально в случае, когда подобные потоки циркулируют в составе систем управления реального времени и по-

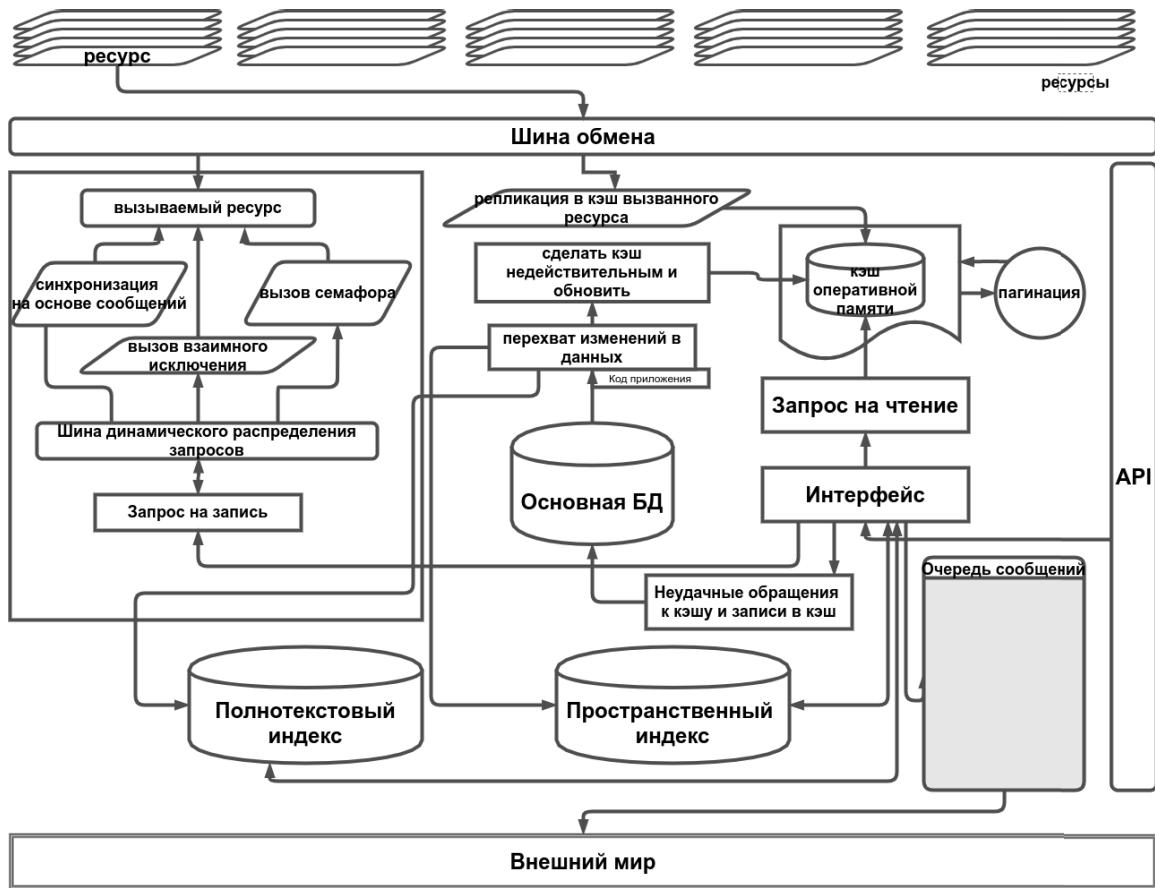


Рис. 2. Модель Библиотекаря

грешности в оценке времени обслуживания информационных потоков ведут к существенным ошибкам в определении эффективности функционирования всей системы, как, например, для случая, рассмотренного в работе [9]. Более того, на основании этих критериев можно более адекватно спроектировать архитектуру обработки, что было сделано в предложенной модели Библиотекаря для обработки запросов на запись к ресурсам.

Обсуждение

Представленная модель архитектур может быть внедрена во все типы систем, т.к. она представляет собой универсальный шаблон проектирования для решаемых задач проектирования взаимосвязи объектов в некоторой предметной области.

Выводы

При использовании потока событий с некоторой интенсивностью, закономерно возрастает максимально необходимое число попыток передач пакета для записи в базу данных. Для модели стационарного пуассоновского потока с ростом количества пользователей, участвующих в информационном обмене, также возрастает число попыток передач пакета с данными. Проведенный анализ показывает, что рост математического ожидания распределения сигналов пропорционален росту дисперсионной характеристики пропорционально количеству пользователей или командных терминалов для обмена данными. При этом снижается минимальная вероятность передачи пакета с первой попытки, что ведет к увеличению пакетов, требующих повторной передачи, и, соответственно, росту загруженности системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клик Ж. Системология. Автоматизация решения системных задач. М.: Радио и связь, 1990. — 544 с.
2. Сундарапандиан В. Вероятность, статистика и теория массового обслуживания. — Нью-Дели. 2009.
3. Гросс Д., Харрис К.М. Основы теории очередей. Изд. Джон Вилей и сыновья, 1974.

4. Ларкин Е.В., Ивутин А.Н. Диспетчеризация во встроенных системах // 2016 5-я Средиземноморская конференция по встроенным вычислительным системам (MECO). — 12–16 июня 2016 года, Бар, Черногория — IEEE, 2016. — Стр. 215–217.
5. Ларкин Е., Ивутин А.Н., Есиков Д.Д. Рекурсивный подход для оценки временных интервалов между транзакциями в процедуре опроса // 8-я Международная конференция по компьютерной и автоматизации (ICCAE2016). — 3–4 марта 2016 года — Мельбурн, Австралия — Сеть конференций МАТЕС, 56 (2016) 01004
6. Ларкин Е.В., Ивутин А.Н., Котов В.В., Привалов А.Н. Интерактивный генератор команд // 7-я Международная конференция ICSI-2016. Бали, Индонезия, 25–30 июня. Труды. Часть 2. Лекционные заметки в области компьютерных наук. LNCS Sublibrary: SL1 -Теоретическая информатика и общие вопросы Springer, 2016. С. 601–609.
7. Ларкин Е.В., Привалов А.Н. Моделирование режимов диалога управления дистанционными роботами // Труды 5-го Международного семинара по математическим моделям и их приложениям Красноярск, Россия, 7–9 ноября 2016 г. — С. 92–103.
8. Григелионис Б. О сходимости сумм случайных ступенчатых процессов к пуассоновскому процессу. Теория вероятности, С. 177–182., 1963.
9. Макаренко С.И. Адаптивное управление скоростями логических соединений в канале радиосвязи Информационные системы множественного доступа // Информационно-управляющие системы. 2008. No 6. С. 54–58.

© Кондыбаева Алмагуль Бауржановна (alma.kond@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИСИС