

УДК 004.4
ББК 32.971.3
П26

Майкл Л. Перри

П26 Искусство неизменяемой архитектуры: теория и практика управления данными в распределенных системах / пер. с англ. С. В. Минца; науч. ред. В. С. Яценков. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 388 с.: ил.

ISBN 978-5-93700-111-5

Эта книга раскрывает преимущества использования неизменяемых объектов в распределенных системах. Вы узнаете о том, почему важна неизменяемость, исследуете пространство альтернатив и аспекты исторического моделирования. Затем ознакомьтесь с математическими основами неизменяемости и увидите, как применять эти знания для анализа систем, построения машин состояний и соблюдения правил безопасности. В завершение будут рассмотрены компоненты компьютерной системы и их использование в неизменяемой архитектуре.

Издание предназначено для архитекторов программного обеспечения и опытных разработчиков, а также аналитиков бизнес-систем.

УДК 004.4
ББК 32.971.3

First published in English under the title *The Art of Immutable Architecture; Theory and Practice of Data Management in Distributed Systems* by Michael Perry, edition: 1.

This edition has been translated and published under licence from APress Media, LLC, part of Springer Nature.

APress Media, LLC, part of Springer Nature takes no responsibility and shall not be made liable for the accuracy of the translation.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN (англ.) 978-1-107-02398-7
ISBN (рус.) 978-5-93700-111-5

Copyright © Michael L. Perry, 2020
© Оформление, издание, перевод, ДМК Пресс, 2022

Оглавление

Об авторе	16
О техническом рецензенте	17
Благодарности	18
Введение	20
ЧАСТЬ I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ	25
Глава 1. Почему неизменяемая архитектура	26
Решение проблемы неизменяемости	26
Проблемы с неизменяемостью	27
Начинаем новое путешествие	27
Ошибки распределенных вычислений	28
Сеть ненадежна	28
Время задержки не равно нулю	29
Топология не меняется	30
Изменение предположений	30
Неизменяемость меняет все	31
Совместное изменяемое состояние	32
Структурное разделение	32
Проблема двух генералов	34
Заранее подготовленный протокол	36
Уменьшение неопределенности	36
Дополнительное сообщение	37
Доказательство невозможности	38
Смягчение ограничений	39
Переопределение проблемы	40
Решать и действовать	40
Принять истину	41
Действенный протокол	41
Примеры неизменяемой архитектуры	42
Git	43
Блокчейн	44
Docker	46

Глава 2. Формы неизменяемой архитектуры	48
Выведение состояния из истории	48
Исторические записи	49
Опираясь на прошлое	49
Развитие понимания.....	50
Изменяемые объекты.....	50
Идентичность	50
Изменение состояния	51
Проекции	51
Два вида состояния	52
Проецирование объектов	52
Поиск событий.....	53
Генерация событий.....	53
CQRS	54
DDD	55
Взгляд с точки зрения функций	56
Коммутативные и идемпотентные события	57
Асинхронное обновление представления модели	58
Цикл обновления.....	58
Однонаправленный поток данных	60
Неизменяемая архитектура приложений.....	61
Историческое моделирование	62
Частичный порядок.....	62
Предшественники	63
Преемники	65
Неизменяемые графы	66
Совместная работа	68
Ациклические графы.....	69
Своевременность.....	69
Ограничения исторического моделирования	70
Отсутствие центральной власти	71
Отсутствие часов реального времени.....	72
Отсутствие ограничений уникальности	72
Отсутствие агрегирования.....	73
Глава 3. Как читать историческую модель	75
Графы типов фактов	76
Шахматная партия.....	80
Важные атрибуты	81
Цепочка фактов	81
Исход партии	83
Графы экземпляров фактов	85
Бессмертная партия	87

Регистрация ходов.....	88
Блестящая победа.....	91
Язык фактологического моделирования	92
Объявление типов фактов	92
Запрос модели	94
Переход по уровням	95
Объединение совпадений.....	95
Экзистенциальные квантификаторы	96
Текущее значение.....	98
Правила авторизации	99
Шахматное приложение.....	100
Примеры использования	101
Интерфейс пользователя	102
Действия	102
Представления.....	103

ЧАСТЬ II. ПРИМЕНЕНИЕ 105

Глава 4. Независимость от местоположения..... 106

Моделирование с неизменяемостью	107
Синхронизация.....	107
Изучение соглашений	108
Идентичность	108
Автоинкрементные идентификаторы	108
Зависимость от среды	109
Вставка отношения «родитель–ребенок».....	110
Удаленное создание	111
URL-адреса	111
Идентификация, не зависящая от местоположения.....	112
Естественные ключи	113
GUID.....	114
Временные метки.....	114
Кортежи.....	114
Хеши	115
Открытые ключи	116
Случайные числа	116
Причинность.....	117
Упорядочивание шагов	117
Транзитивное свойство.....	119
Параллелизм	120
Частичный порядок.....	121
Теорема CAP.....	121
Определение CAP	122

Доказательство теоремы CAP	124
Проверка алгоритма.....	125
Конечная согласованность	127
Виды согласованности	128
Сильная конечная согласованность в системе ретрансляции.....	129
Идемпотентность и коммутативность.....	130
Получение сильной конечной согласованности	131
Система управления контактами.....	133
Воспроизведение истории.....	135
Бесконфликтные реплицированные типы данных (CRDT)	136
CRDT, основанные на состоянии	137
Частично упорядоченное состояние	137
Причинная история.....	138
Векторные часы	139
История фактов.....	141
Наборы	142
Частичная упорядоченность.....	142
Обновление.....	143
Слияние.....	143
Исторические записи	143
Различение записей	144
Удаление записи.....	145
Изменение записи.....	146
Записи причинно-следственно связаны	146
Преимущества явной причинности.....	148
Исторические факты	150
Заключение	150
Глава 5. Анализ	152
Примеры использования	153
От сценария использования к решению.....	154
От расширения к преемственности	155
Данные	158
Идентификаторы.....	158
Кардинальность	159
Изменение	162
Представления	164
Поиск точки старта.....	164
Аннотированные каркасы	165
Удаление из списков	166
Сотрудничество	170
Регионы	170
Пересечение границ.....	171

Разговоры.....	173
Факты о публикации	173
Взаимодействие подсистем.....	174
Допустимые упорядочения.....	175
Устранение условий гонки.....	176
Реагирование на различные допустимые заказы	177
Последствия	179
Индексы	180
Ограничения уникальности	180
Навигация	181
Поиск.....	182
Ожидаемое количество результатов	183
Отсутствие неявного порядка	184
Агрегаты.....	185
Итерации.....	186
Порядок создания.....	186

Глава 6. Переходы состояний..... 188

Множество свойств.....	189
Доставка и выставление счетов.....	190
Внедрение обратных заказов у поставщика.....	191
Отмены и возвраты	191
Параллельные конечные автоматы	192
Много дочерних элементов	193
Отслеживание проблем в программном обеспечении	194
Дочернее состояние.....	195
Составные диаграммы перехода состояний.....	195
Декларативная функция состояний	196
Условная проверка.....	197
Допустимость неопределенного состояния	198
Циклы в изменении состояния	199
Сбор данных во время переходов	200
Неизменяемые переходы состояний	201
Вопрос, стоящий за состоянием	202
Перевод конечного автомата в историческую модель	202
Выполнение заказов	202
Отслеживание изменений в программном обеспечении	205
Причины для вычисления состояния.....	207
Обработка следующего действия	208
Поиск рабочих элементов.....	209
Выполнение компенсирующих транзакций	210
Единый источник истины	211
Оркестраторы	212
Согласованное состояние.....	212

Центральная проверка	212
Сходящиеся истории	213
Определение неизменяемых записей	213
Запрос для следующего действия	213
Локальное фиксирование действий.....	214
Определите компенсирующие действия.....	214
Глава 7. Безопасность.....	215
Доказательство авторства.....	215
Ключевые пары.....	216
Дайджест	217
Авторизация	218
Факты принципала.....	219
Запрос авторизации	219
Первоначальная авторизация	220
Предоставление полномочий	222
Ограниченные полномочия.....	223
Неограниченные полномочия.....	224
Транзитивная авторизация	226
Отмена	226
Авторизация при получении	228
Конфиденциальность.....	229
Недоверенные узлы.....	229
Асимметричное шифрование.....	229
Асимметричное ограничение размера.....	230
Шифрование симметричного ключа	230
Шифрование исторических фактов	231
Ограничьте распространение конфиденциальных фактов	232
Правила распространения	232
Доказательства	233
Атаки и контрмеры	234
Секретность.....	235
Общий симметричный ключ	236
Секретный канал для обсуждения	236
Создание секретного канала	237
Командные правила распространения	238
Ограничение области применения общего ключа	239
Когорты	239
Периоды	240
Глава 8. Шаблоны	242
Структурные шаблоны	242
Сущность	243

Структура	243
Пример	244
Последствия	244
Связанные шаблоны	244
Владение	245
Структура	245
Пример	247
Последствия	248
Связанные шаблоны	248
Удаление	248
Структура	249
Пример	249
Последствия	250
Связанные шаблоны	250
Восстановление	251
Структура	251
Пример	252
Последствия	253
Связанные шаблоны	253
Членство	253
Структура	253
Пример	254
Последствия	255
Связанные шаблоны	256
Изменяемое свойство	256
Структура	256
Пример	259
Последствия	260
Связанные шаблоны	262
Ссылка на сущность	262
Структура	262
Пример	263
Последствия	264
Связанные шаблоны	265
Шаблоны рабочих процессов	265
Транзакция	266
Структура	266
Пример	267
Последствия	268
Связанные шаблоны	268
Очередь	268
Структура	269
Пример	269

Последствия	270
Связанные шаблоны	271
Период.....	271
Структура	271
Пример	272
Последствия	274
Связанные шаблоны	274
Исходящие	274
Структура	275
Пример	279
Последствия	280
Связанные шаблоны	280
Проектирование на основе ограничений	281

ЧАСТЬ III. РЕАЛИЗАЦИЯ

Глава 9. Инверсии запросов

Механизация проблемы.....	285
Анатомия запроса	285
Последовательность шагов	286
Фильтр по экзистенциальному состоянию.....	287
Затронутое множество	288
Вычисление затронутого набора.....	289
Инвертирование длинных запросов	290
Неудовлетворительные инверсии.....	291
Движение назад	292
Доказательство полноты	293
Новые результаты.....	294
Дальнейшая оптимизация.....	295
Экзистенциальные условия	296
Рекурсивная инверсия	297
Условия хвоста	298
Удаление результатов.....	299
Когда удаление не является удалением	301
Вложенные подзапросы	302
Тавтологические условия.....	304
Продолжение доказательства полноты	306
Потенциальные и фактические изменения	307
Удаление отсутствующих результатов.....	308
Кеши есть множества	308
Инверсия запросов на практике.....	309

Глава 10. Базы данных SQL	310
Идентичность	311
Хранение с адресацией по содержанию	311
Преимущества	312
Коллизии хешей	313
Вероятность коллизии хешей	314
Избегайте использования хешей в качестве первичных ключей	315
Структура таблицы	315
Отношения	317
Вставка преемников	318
Необязательные предшественники	318
Много предшественников	319
Канонический хеш множества	320
Вставка многих предшественников	321
Запросы	322
Соединения	322
Коррелированные подзапросы	323
Производные таблицы	324
Выбор результатов	325
Оптимизация	326
Ложные соединения	327
Охватывающие индексы	328
Where Not Exists	328
Изменяемые свойства	329
Удаление	329
Очереди	330
Интеграция	332
Интеграция унаследованных приложений	333
Сканеры	333
Триггеры	334
Захват изменений данных	335
Создание отчетов из баз данных	335
Агностичные к приложениям хранилища	336
Общая таблица фактов	337
Отношения предшественников	338
Управление версиями	339
Избегайте последовательных номеров версий	340
Структурное версионирование	341
Глава 11. Коммуникация	343
Гарантии доставки	343
Лучшие усилия	345
Подтверждение	345

Безопасные методы.....	346
Идемпотентные методы	346
Неидемпотентные методы	348
Повторная попытка в пределах соединения	349
Долговечные протоколы	349
Очереди.....	349
Темы	350
Обработка сообщений.....	350
Большинство протоколов являются асинхронными	351
HTTP обычно является синхронным	351
Синхронизация данных	352
В рамках организации	353
Опорные точки	353
Многие подписчики	355
Ответы.....	356
Уведомления.....	357
Между организациями.....	358
Асинхронный через HTTP	358
Webhook	359
Эмуляция REST	360
Клиенты, подключающиеся время от времени.....	361
Очередь на стороне клиента.....	362
Закладка на стороне клиента	363
Выбор подмножества	364
Предотвращение избыточных загрузок	367
Глава 12. Генерируемое поведение	369
Проекции.....	370
Определение проекций.....	370
Конвейеры проекций	372
Заинтересованность	373
Интерес к удаленным сущностям	374
Интерес к прошлым периодам.....	376
Совместное использование интересов	376
Потеря интереса	377
Неизменяемые среды выполнения	379
Генерация модели	380
Выполнение запросов	380
Тестирование	381
Взаимодействие с пользователем	382
Взаимодействие.....	383
Неизменяемые организации	385
Основа для принятия решений	385
Глобально распределенные системы	386