

Лекция 9: Архитектурные стили

Юрий Литвинов
y.litvinov@spbu.ru

29.10.2025

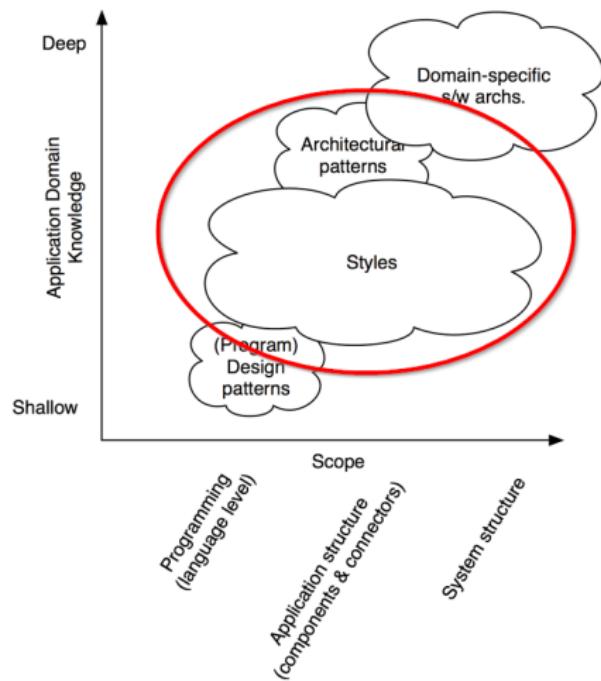
Архитектурные шаблоны и стили

Архитектурный стиль — набор решений, которые

1. применимы в выбранном контексте разработки,
2. задают ограничения на принимаемые архитектурные решения, специфичные для определённых систем в этом контексте,
3. приводят к желаемым положительным качествам получаемой системы.

Архитектурный шаблон — именованный набор ключевых проектных решений по эффективной организации подсистем, применимых для повторяемых технических задач проектирования в различных контекстах и предметных областях

Архитектурные шаблоны и стили, классификация



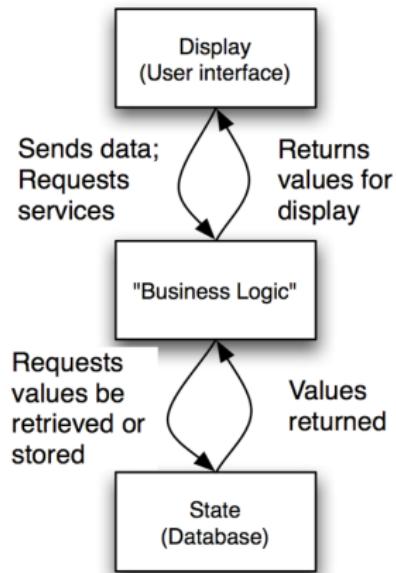
© N. Medvidovic

Пример: трёхзвенная архитектура

State-Logic-Display

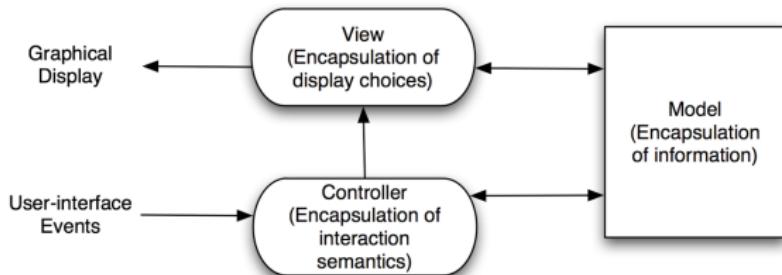
Примеры применения

- ▶ Бизнес-приложения
- ▶ Многопользовательские игры
- ▶ Веб-приложения



© N. Medvidovic

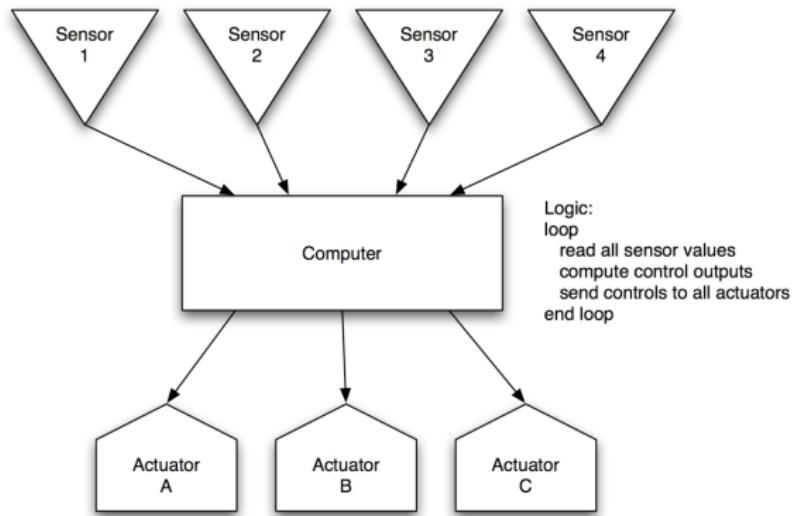
Пример: Model-View-Controller



© N. Medvidovic

- ▶ Разделяет данные, представление и взаимодействие с пользователем
- ▶ Если в модели что-то меняется, она оповещает представление (представления)
- ▶ Через контроллер проходит всё взаимодействие с пользователем
 - ▶ Естественное место для паттерна “Команда” и Undo/Redo

Пример: Sense-Compute-Control



© N. Medvidovic

- ▶ Применяется во встроенных системах и робототехнике

Архитектурные стили

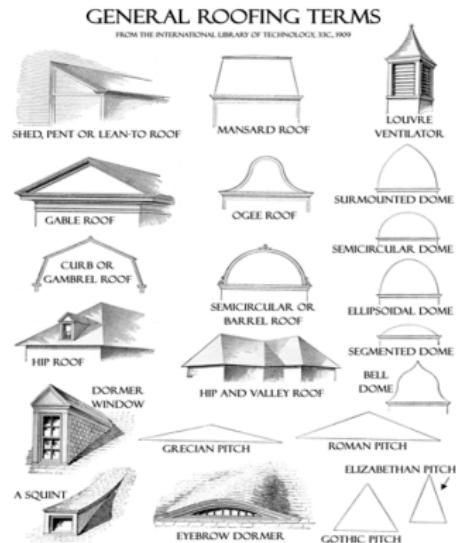
- ▶ Именованная коллекция архитектурных решений
- ▶ Менее узкоспециализированные, чем архитектурные паттерны



© N. Medvidovic

Архитектурные стили

- ▶ Одна система может включать в себя несколько архитектурных стилей
- ▶ Понятие стиля применимо и к подсистемам



© N. Medvidovic

Преимущества использования стилей

- ▶ Переиспользование архитектуры
 - ▶ Для новых задач можно применять хорошо известные и изученные решения
- ▶ Переиспользование кода
 - ▶ Часто у стилей бывают неизменяемые части, которые можно один раз реализовать
- ▶ Упрощение общения и понимания системы
- ▶ Упрощение интеграции приложений
- ▶ Специфичные для стиля методы анализа
 - ▶ Возможны благодаря ограничениям на структуру системы
- ▶ Специфичные для стиля методы визуализации

“Сырой” объектно-ориентированный стиль

- ▶ Компоненты — объекты
- ▶ Соединители — сообщения и вызовы методов
- ▶ Инварианты:
 - ▶ Объекты отвечают за своё внутреннее состояние
 - ▶ Реализация скрыта от других объектов
- ▶ Преимущества:
 - ▶ Декомпозиция системы в набор взаимодействующих агентов
 - ▶ Внутреннее представление объектов можно менять независимо
 - ▶ Близко к предметной области
- ▶ Недостатки:
 - ▶ Побочные эффекты при вызове методов
 - ▶ Объекты вынуждены знать обо всех, от кого зависят

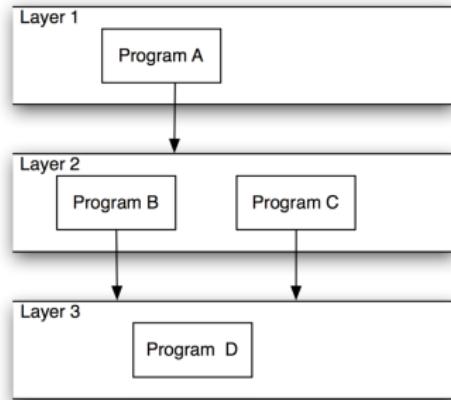
Слоистый стиль

Layered style

- ▶ Иерархическая организация системы
 - ▶ “Многоуровневый клиент-сервер”
 - ▶ Каждый слой предоставляет интерфейс для использования слоями выше
- ▶ Каждый слой работает как:
 - ▶ Сервер — предоставляет функциональность слоям выше
 - ▶ Клиент — использует функциональность слоёв ниже
- ▶ Соединители — протоколы взаимодействия слоёв
- ▶ Пример — операционные системы, сетевые стеки протоколов

Слоистый стиль, подробности

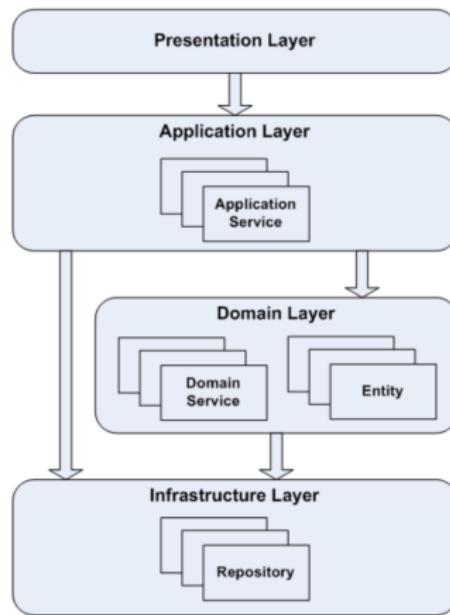
- ▶ Преимущества:
 - ▶ Повышение уровня абстракции
 - ▶ Лёгкость в расширении
 - ▶ Изменения в каждом уровне затрагивают максимум два соседних
 - ▶ Возможны разные реализации уровня, если они удовлетворяют интерфейсу
- ▶ Недостатки:
 - ▶ Не всегда применим
 - ▶ Проблемы с производительностью



© N. Medvidovic

Пример

Стандартные слои в Domain-Driven Design



© http://uniknow.github.io/AgileDev/site/0.1.8-SNAPSHOT/parent/ddd/core/layered_architecture.html

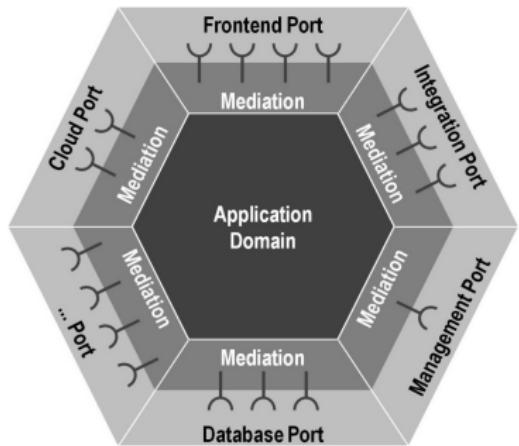
“Клиент-сервер”

- ▶ Компоненты — клиенты и серверы
- ▶ Серверы не знают ничего о клиентах, даже их количество
- ▶ Клиенты знают только про сервера и не могут общаться друг с другом
- ▶ Соединители — сетевые протоколы

Гексагональная архитектура

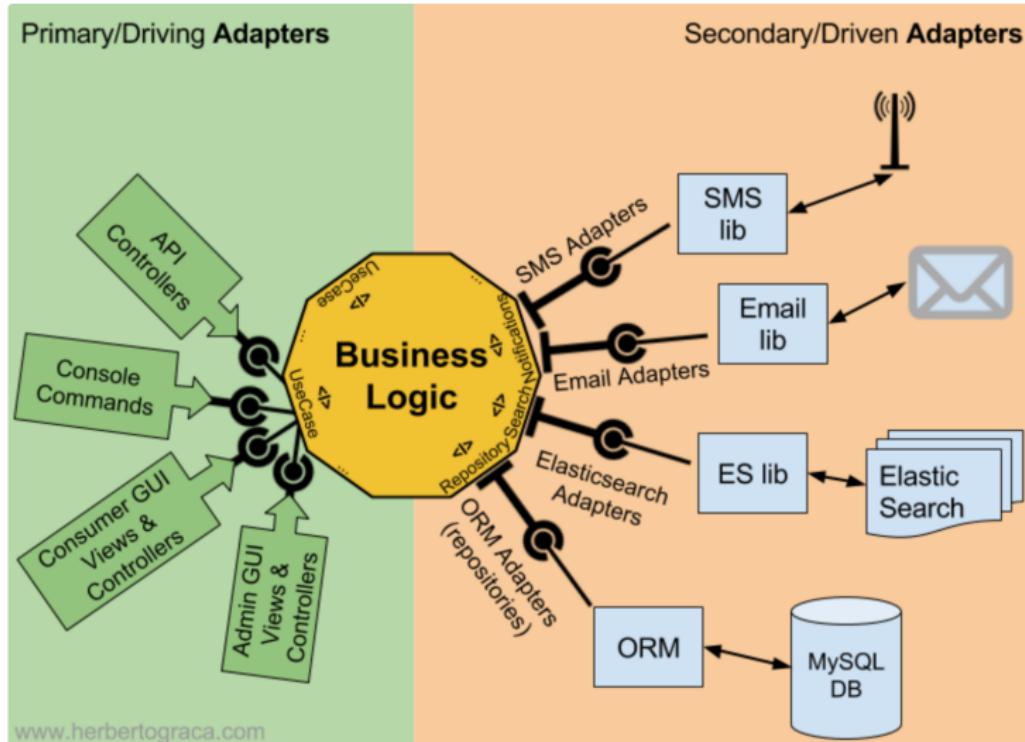
“Порты и адаптеры”

- ▶ Другая точка зрения на уровни: самый нижний — уровень предметной области
- ▶ Всё остальное поставляется ему как внешние зависимости
- ▶ Активно используется Dependency Inversion
- ▶ Порт — по сути, интерфейс, предоставляемый или потребляемый
- ▶ Адаптер — паттерн “Адаптер” для “подгонки” интерфейсов



© B Butzin et al, Microservices Approach for the Internet of Things

Подробности



© <https://herbertograca.com/2017/09/14/ports-adapters-architecture/>

Плюсы и минусы

Плюсы:

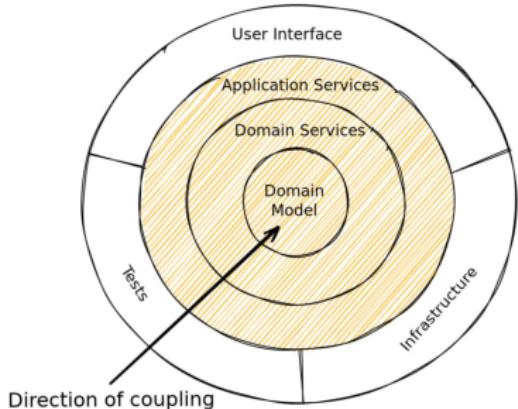
- ▶ Изоляция механизмов доставки
- ▶ Изоляция вспомогательных механизмов
- ▶ Лёгкость тестирования, моки
- ▶ Чистая бизнес-логика и модель предметной области
 - ▶ Максимальная простота
 - ▶ Возможность валидации и конвертирования данных

Минусы:

- ▶ Довольно тяжеловесна
- ▶ Непонятно, что делать с фреймворками
- ▶ Не очень подробна

Луковая архитектура

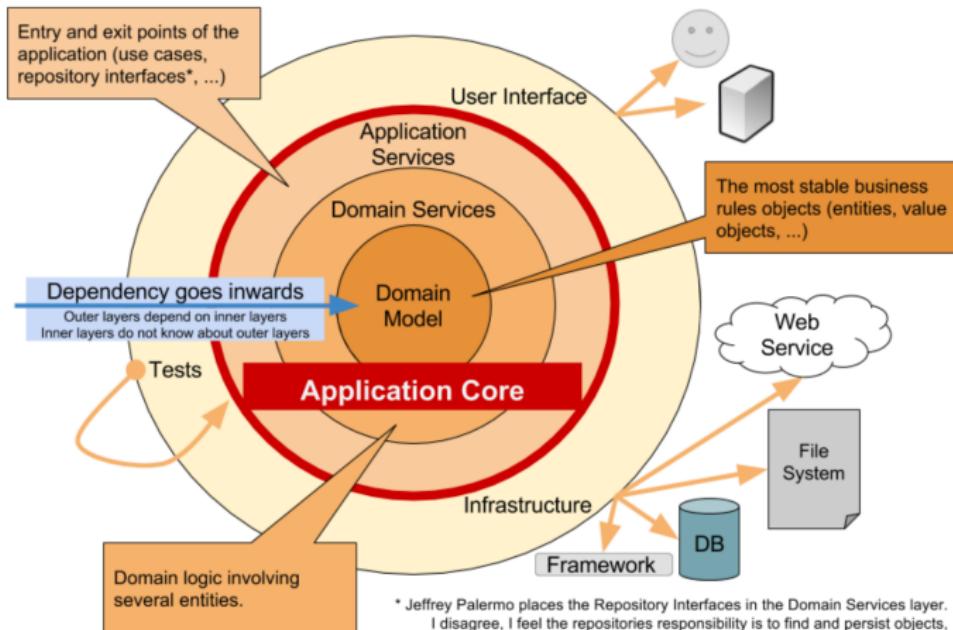
- ▶ Дальнейшее развитие гексагональной — определяет внутреннюю структуру ядра
- ▶ Внутренние слои не знают о внешних, доменная модель вообще ни о ком не знает
- ▶ Внутренние слои определяют интерфейсы, внешние их реализуют
- ▶ Уровневость нестрогая — слой может использовать все слои под ним



© <https://dev.to/barrymcauley/onion-architecture>

3fgl

Подробности

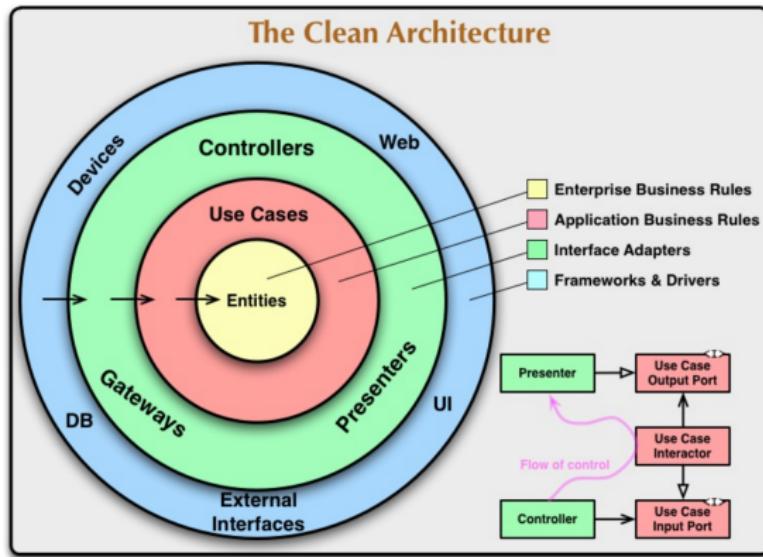


www.herbertograca.com

* Jeffrey Palermo places the Repository Interfaces in the Domain Services layer.
I disagree, I feel the repositories responsibility is to find and persist objects,
so their interface is an entry/exit port, just like the use case interfaces,
and therefore should not be known by our domain layers.

© <https://herbertograca.com/2017/09/21/onion-architecture/>

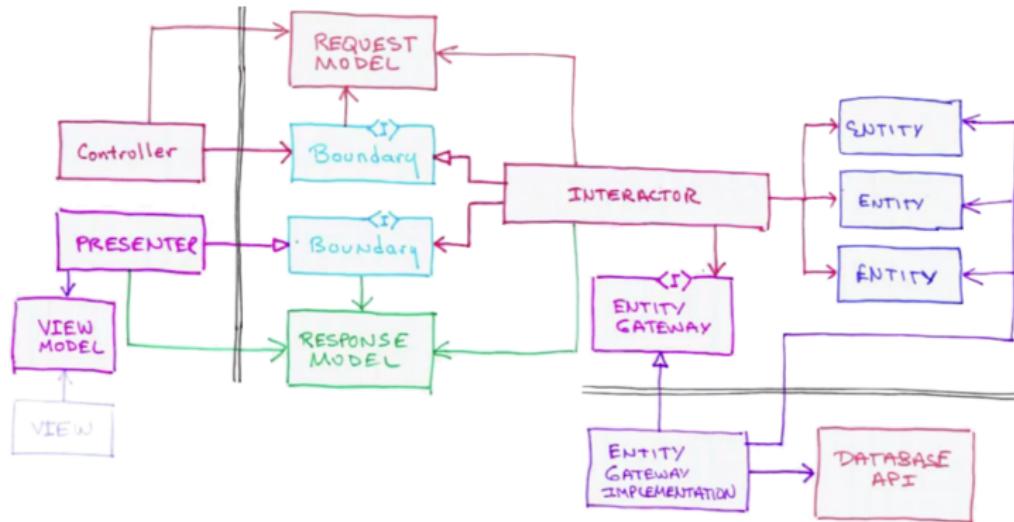
Чистая архитектура



© <https://herbertograca.com/2017/09/28/clean-architecture-standing-on-the-shoulders-of-giants/>

- ▶ Дальнейшее развитие луковой — определяет поток управления

Чистая архитектура, обработка запроса

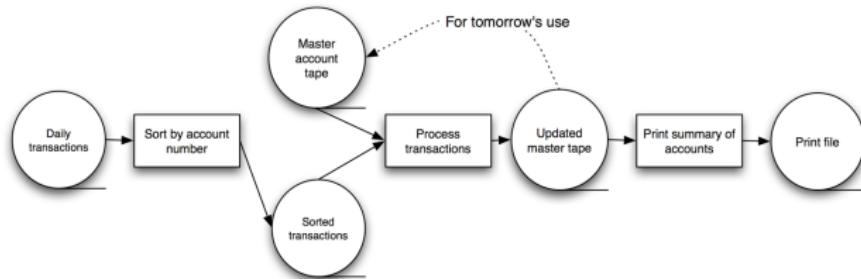


© <https://herbertograca.com/2017/09/28/clean-architecture-standing-on-the-shoulders-of-giants/>

Пакетная обработка

- ▶ Система строится как набор отдельных программ, выполняющихся последовательно
- ▶ Данные стандартным для ОС способом передаются от программы к программе
 - ▶ Pipes, named pipes, файлы
- ▶ Данные — в явном виде всё, необходимое для работы

Типичен для финансовых систем глубокой древности (“Прадедушка стилей”)



© N. Medvidovic

Каналы и фильтры

Pipes and filters

- ▶ Компоненты — это фильтры, преобразующие данные из входных каналов в данные в выходных каналах
- ▶ Соединители — каналы
- ▶ Инварианты:
 - ▶ Фильтры независимы (не имеют разделяемого состояния)
 - ▶ Фильтры не знают о фильтрах до или после них
- ▶ Вариации:
 - ▶ Конвейеры — линейные последовательности фильтров
 - ▶ Ограниченные каналы — где канал это очередь с ограниченным количеством элементов
 - ▶ Типизированные каналы — где каналы отличаются по типу передаваемых данных

Каналы и фильтры, подробности

- ▶ Преимущества:
 - ▶ Поведение системы — это просто последовательное применение поведений компонентов
 - ▶ Легко добавлять, заменять и переиспользовать фильтры
 - ▶ Любые два фильтра можно использовать вместе
 - ▶ Широкие возможности для анализа
 - ▶ Пропускная способность, задержки, deadlock-и
 - ▶ Широкие возможности для параллелизма
- ▶ Недостатки:
 - ▶ Последовательное исполнение
 - ▶ Проблемы с интерактивными приложениями
 - ▶ Пропускная способность определяется самым “узким” элементом

Blackboard

- ▶ Два типа компонентов:
 - ▶ Центральная структура данных — та самая “Blackboard”
 - ▶ Компоненты, работающие с blackboard
- ▶ Инварианты:
 - ▶ Управление системой осуществляется только через состояние доски
 - ▶ Компоненты не знают друг о друге и не имеют своего состояния
- ▶ Системы переписывающих правил — некоторые задачи ИИ, трансляторы, графовые грамматики, алгорифмы Маркова

Событийный стиль

- ▶ Оповещение о событии вместо явного вызова метода
 - ▶ “Слушатели” могут подписаться на событие
 - ▶ Система при наступлении события сама вызывает все зарегистрированные методы слушателей
- ▶ Компоненты имеют два вида интерфейсов — методы и события
- ▶ Два типа соединителей:
 - ▶ Явный вызов метода
 - ▶ Неявный вызов по наступлению события
- ▶ Инварианты:
 - ▶ Те, кто производит события, не знают, кто и как на них отреагирует
 - ▶ Не делается никаких предположений о том, как событие будет обработано и будет ли вообще

Событийный стиль, преимущества и недостатки

- ▶ Преимущества:
 - ▶ Переиспользование компонентов
 - ▶ Очень низкая связность между компонентами
 - ▶ Лёгкость в конфигурировании системы
 - ▶ Как во время компиляции, так и во время выполнения
- ▶ Недостатки:
 - ▶ Зачастую неинтуитивная структура системы
 - ▶ Компоненты не управляют последовательностью вычислений
 - ▶ Непонятно, кто отреагирует на запрос и в каком порядке придут ответы
 - ▶ Тяжело отлаживаться
 - ▶ Гонки даже в однопоточном приложении

Издатель-подписчик

Publish-subscribe

- ▶ Подписчики регистрируются, чтобы получать нужные им сообщения или данные. Издатели публикуют сообщения, синхронно или асинхронно.
- ▶ Компоненты: издатели, подписчики, “маршрутизаторы”
- ▶ Соединители: как правило, сетевые протоколы, часто механизм наподобие паттерна “Наблюдатель”
- ▶ Данные: подписки, нотификации, публикуемая информация
- ▶ Топология: подписчики подключаются к издателям напрямую, либо через посредников
- ▶ Преимущества: очень низкая связность между компонентами, при этом высокая эффективность распределения информации

Событийная шина

- ▶ Независимые компоненты посылают и принимают события, передаваемые по шинам
- ▶ Компоненты: независимые генераторы или потребители событий
- ▶ Соединители: шины событий (хотя бы одна)
- ▶ Данные: события и связанные с ними данные, посылаемые пошине
- ▶ Топология: компоненты общаются только с шинами событий, не друг с другом
- ▶ Варианты: push- и pull-режимы работы с шиной
- ▶ Преимущества: лёгкость масштабирования и добавления новой функциональности, эффективно для распределённых приложений
- ▶ Event Sourcing

Peer-to-peer

- ▶ Состояние и поведение распределены между компонентами, которые могут выступать как клиенты и как серверы
- ▶ Компоненты: имеют своё состояние и свой поток управления
- ▶ Соединители: как правило, сетевые протоколы
- ▶ Элементы данных: сетевые сообщения
- ▶ Топология: сеть (возможно, с избыточными связями между компонентами), может динамически меняться
- ▶ Преимущества:
 - ▶ Хорош для распределённых вычислений
 - ▶ Устойчив к отказам
 - ▶ Если протокол взаимодействия позволяет, легко масштабируется