Projektowanie obiektowe oprogramowania
Wzorce architektury aplikacji (4)
Wykład 12
Model-View-Controller,
Model-View-Presenter,
Architektura Heksagonalna
Wiktor Zychla 2025

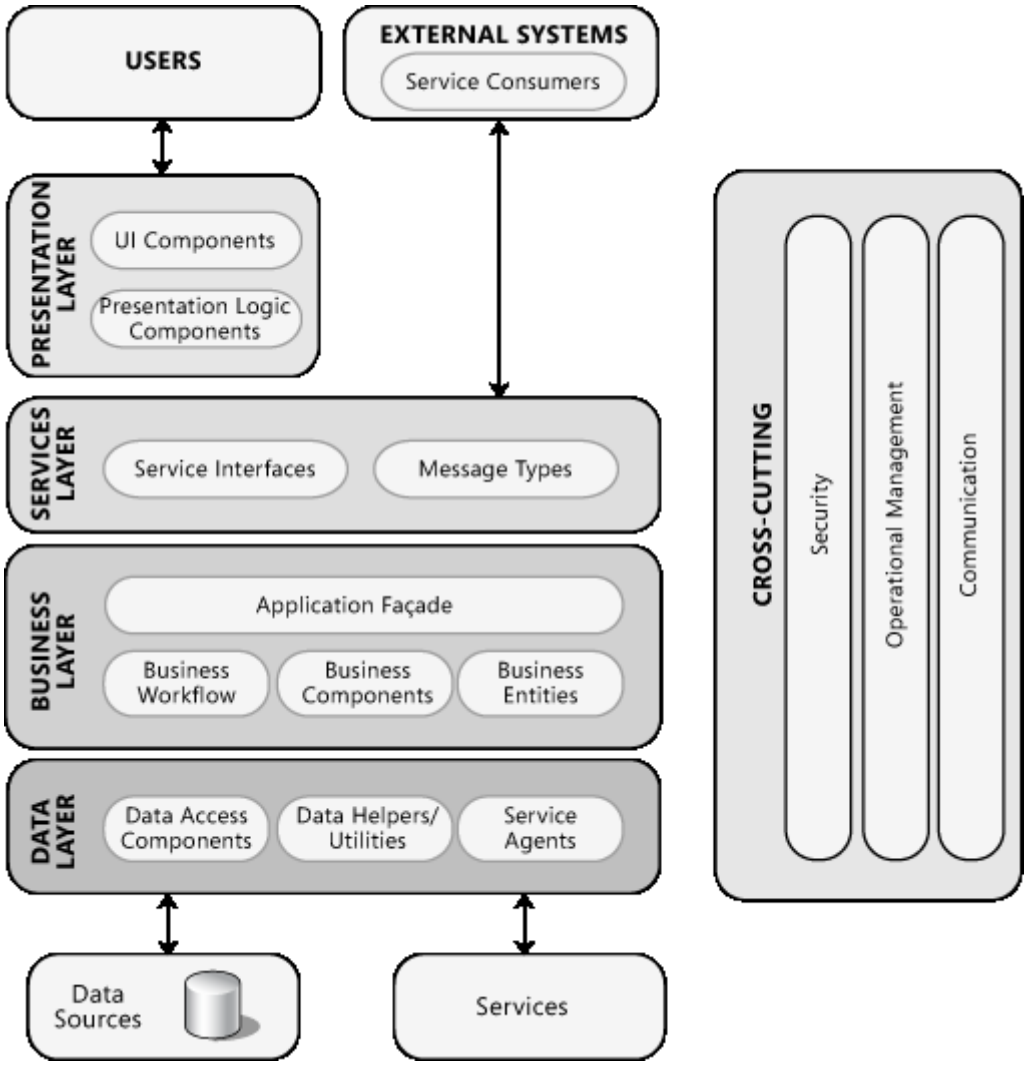
Spis treści

1 Architektura aplikacji 2
1.1 Diagram referencyjny architektury aplikacji 2
1.2 Rodzaje aplikacji 2
1.3 Typy architektury aplikacji 3
1.4 Kryteria ewaluacji architektury aplikacji 3
1.5 Kluczowe decyzje projektowe 4
2 Wzorce architektury warstwy interfejsu użytkownika 7
2.1 Model-View-Controller (MVC) 7
2.2 Model-View-Presenter (MVP) 8
2.3 Model-View-ViewModel (MVVM) 10
3 Architektura heksagonalna 13
4 Przykłady na żywo 16
4.1 Model-View-Presenter 16
4.2 Architektura heksagonalna 16
5 Literatura 17

1 Architektura aplikacji

1.1 Diagram referencyjny architektury aplikacji

O przekroju architektury aplikacji, od dołu (np. od warstwy danych), do samej góry (np. do warstwy interfejsu użytkownika) mówimy często **stos aplikacyjny**, często mając na myśli konkretny zestaw technologii połączonych w taki sposób żeby zapewniać możliwość implementacji poszczególnych warstw.



Rysunek 1 (za Application Architecture Guide)

1.2 Rodzaje aplikacji

Application type	Description
Mobile Application	• Can be developed as a Web application or a rich client application. • Can support occasionally connected scenarios. • Runs on devices with limited hardware resources.
Rich Client Application	• Usually developed as a stand-alone application. • Can support disconnected or occasionally connected scenarios. • Uses the processing and storage resources of the local machine.

Rich Internet Application	• Can support multiple platforms and browsers. • Can be deployed over the Internet. • Designed for rich media and graphical content. • Runs in the browser sandbox for maximum security. • Can use the processing and storage resources of the local machine.
Service Application	• Designed to support loose coupling between distributed components. • Service operations are called using XML-based messages. • Can be accessed from the local machine or remotely, depending on the transport protocol.
Web Application	• Can support multiple platforms and browsers. • Supports only connected scenarios. • Uses the processing and storage resources of the server.

1.3 Typy architektury aplikacji

Architecture style	**Description**
Client-Server	Segregates the system into two computer programs where one program, the client, makes a service request to another program, the server.
Component-Based Architecture	Decomposes application design into reusable functional or logical components that are location-transparent and expose well-defined communication interfaces.
Layered Architecture	Partitions the concerns of the application into stacked groups (layers).
Message-Bus	A software system that can receive and send messages that are based on a set of known formats, so that systems can communicate with each other without needing to know the actual recipient.
Model-View-Controller (MVC)	Separates the logic for managing user interaction from the UI view and from the data with which the user works.
N-tier / 3-tier	Segregates functionality into separate segments in much the same way as the layered style, but with each segment being a tier located on a physically separate computer.
Service-Oriented Architecture (SOA)	Refers to applications that expose and consume functionality as a service using contracts and messages.

1.4 Kryteria ewaluacji architektury aplikacji

Category	**Description**
Availability	Availability defines the proportion of time that the system is functional and working. It can be measured as a percentage of the total system downtime over a predefined period. Availability will be affected by system errors, infrastructure problems, malicious attacks, and system load.
Conceptual Integrity	Conceptual integrity defines the consistency and coherence of the overall design. This includes the way that components or modules are designed, as well as factors such as coding style and variable naming.
Flexibility	Flexibility is the ability of a system to adapt to varying

	environments and situations, and to cope with changes to business policies and rules. A flexible system is one that is easy to reconfigure or adapt in response to different user and system requirements.
Interoperability	Interoperability is the ability of diverse components of a system or different systems to operate successfully by exchanging information, often by using services. An interoperable system makes it easier to exchange and reuse information internally as well as externally.
Maintainability	Maintainability is the ability of a system to undergo changes to its components, services, features, and interfaces as may be required when adding or changing the functionality, fixing errors, and meeting new business requirements.
Manageability	Manageability defines how easy it is to manage the application, usually through sufficient and useful instrumentation exposed for use in monitoring systems and for debugging and performance tuning.
Performance	Performance is an indication of the responsiveness of a system to execute any action within a given interval of time. It can be measured in terms of latency or throughput. *Latency* is the time taken to respond to any event. *Throughput* is the number of events that take place within given amount of time.
Reliability	Reliability is the ability of a system to remain operational over time. Reliability is measured as the probability that a system will not fail to perform its intended functions over a specified interval of time.
Reusability	Reusability defines the capability for components and subsystems to be suitable for use in other applications and in other scenarios. Reusability minimizes the duplication of components and also the implementation time.
Scalability	Scalability is the ability of a system to function well when there are changes to the load or demand. Typically, the system will be able to be extended by scaling up the performance of the server, or by scaling out to multiple servers as demand and load increase.
Security	Security defines the ways that a system is protected from disclosure or loss of information, and the possibility of a successful malicious attack. A secure system aims to protect assets and prevent unauthorized modification of information.
Supportability	Supportability defines how easy it is for operators, developers, and users to understand and use the application, and how easy it is to resolve errors when the system fails to work correctly.
Testability	Testability is a measure of how easy it is to create test criteria for the system and its components, and to execute these tests in order to determine if the criteria are met. Good testability makes it more likely that faults in a system can be isolated in a timely and effective manner.
Usability	Usability defines how well the application meets the requirements of the user and consumer by being intuitive, easy to localize and globalize, able to provide good access for disabled users, and able to provide a good overall user experience.

1.5 Kluczowe decyzje projektowe

Category	Key problems
Authentication and Authorization	• How to store user identities • How to authenticate callers • How to authorize callers • How to flow identity across layers and tiers
Caching and State	• How to choose effective caching strategies • How to improve performance by using caching • How to improve availability by using caching • How to keep cached data up to date • How to determine the data to cache • How to determine where to cache the data • How to determine an expiration policy and scavenging mechanism • How to load the cache data • How to synchronize caches across a Web or application farm
Communication	• How to communicate between layers and tiers • How to perform asynchronous communication • How to communicate sensitive data
Composition	• How to design for composition • How to design loose coupling between modules • How to handle dependencies in a loosely coupled way
Concurrency and Transactions	• How to handle concurrency between threads • How to choose between optimistic and pessimistic concurrency • How to handle distributed transactions • How to handle long-running transactions • How to determine appropriate transaction isolation levels • How to determine whether compensating transactions are required
Configuration Management	• How to determine the information that must be configurable • How to determine location and techniques for storing configuration information • How to handle sensitive configuration information • How to handle configuration information in a farm or cluster
Coupling and Cohesion	• How to separate concerns • How to structure the application • How to choose an appropriate layering strategy • How to establish boundaries
Data Access	• How to manage database connections • How to handle exceptions • How to improve performance • How to improve manageability • How to handle binary large objects (BLOBs) • How to page records • How to perform transactions
Exception Management	• How to handle exceptions • How to log exceptions
Logging and Instrumentation	• How to determine the information to log • How to make logging configurable
User Experience	• How to improve task efficiency and effectiveness • How to improve responsiveness

	• How to improve user empowerment • How to improve the look and feel
Validation	• How to determine location and techniques for validation • How to validate for length, range, format, and type • How to constrain and reject input • How to sanitize output
Workflow	• How to handle concurrency issues within a workflow • How to handle task failure within a workflow • How to orchestrate processes within a workflow

2 Wzorce architektury warstwy interfejsu użytkownika

Wzorce warstwy interfejsu użytkownika mają na celu zapewnienie możliwości łatwiejszego utrzymania kodu oraz podniesienie wiarygodności – osiągają to **oddzielając** logikę przetwarzania od logiki prezentacji.

Dzięki lepszej izolacji, możliwe jest **testowanie** obu warstw niezależnie za pomocą testów zautomatyzowanych, **nie wymagających interakcji użytkownika**.

Mówiąc kolokwialnie: chodzi o tak zbudowaną warstwę widoków, żeby "klikać po nich" (= prowadzić testy) mógł automat bez konieczności posiadania rzeczywistego interfejsu użytkownika. Normalne aplikacje wymagające interfejsu użytkownika są trudno testowalne w scenariuszach, w których testujący automat działa w trybie usługi (system service), który to tryb ze względu na swoją charakterystykę nie pozwala łatwo automatyzować interfejsu użytkownika.

Omówimy trzy wzorce:

- **Model-View-Controller**
- **Model-View-Presenter**
- **Model-View-ViewModel**

2.1 Model-View-Controller (MVC)

Wzorzec architektury interfejsu użytkownika zarezerwowany dla aplikacji typu **Web Application.**
Według tego wzorca zbudowanych jest wiele frameworków, m.in.

- .NET: ASP.NET MVC,
- PHP: Laravel,
- node.js: Express
- Java: Spring MVC
- Ruby: Ruby on Rails

Interakcja:

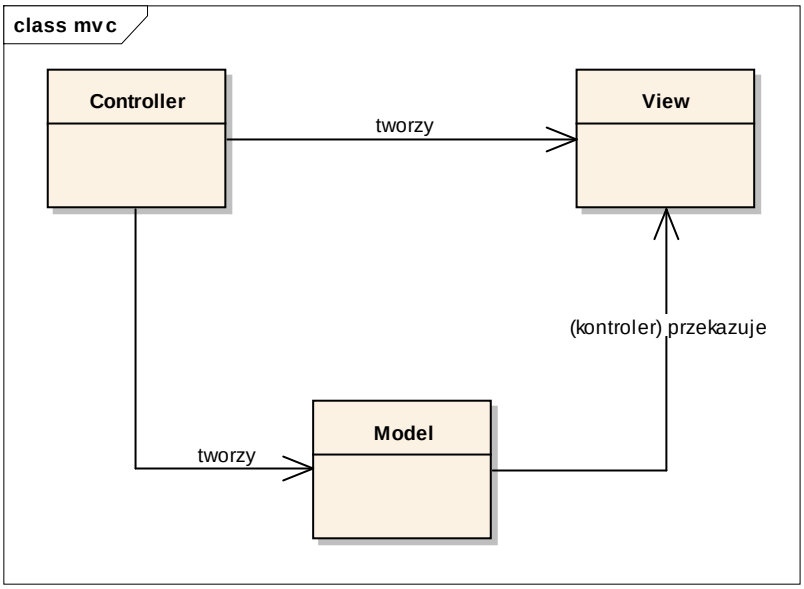
Użytkownik → Controller → Model + View → Użytkownik

Uwagi:

- **Użytkownik** w przeglądarce internetowej wykonuje jakąś akcję.
- Żądanie HTTP trafia do właściwego **kontrolera**, który jest tworzony przez framework (tu: serwer aplikacji) na podstawie parametrów żądań HTTP
- Akcja kontrolera tworzy **model danych**, ustala **widok** do wyrenderowania i do widoku przekazuje model
- Środowisko uruchomieniowe renderuje widok i **wynik zwraca do przeglądarki** użytkownika
- Kontroler ma wiele akcji = wiele widoków

Testowalność MVC zapewniona jest przez dzięki temu, ze możliwe jest tworzenie instancji klas

kontrolerów z poziomu testów jednostkowych i wywoływanie akcji na nich, a następnie obserwowanie zwracanych wartości. Akcja klasy kontrolera zachowuje się tak samo w teście jednostkowym jak w rzeczywistej pracy, mimo tego że w pierwszym przypadku argumenty metod są tworzone na potrzeby testu, a w drugim – pochodzą od użytkownika obsługującego przeglądarkę.



2.2 Model-View-Presenter (MVP)

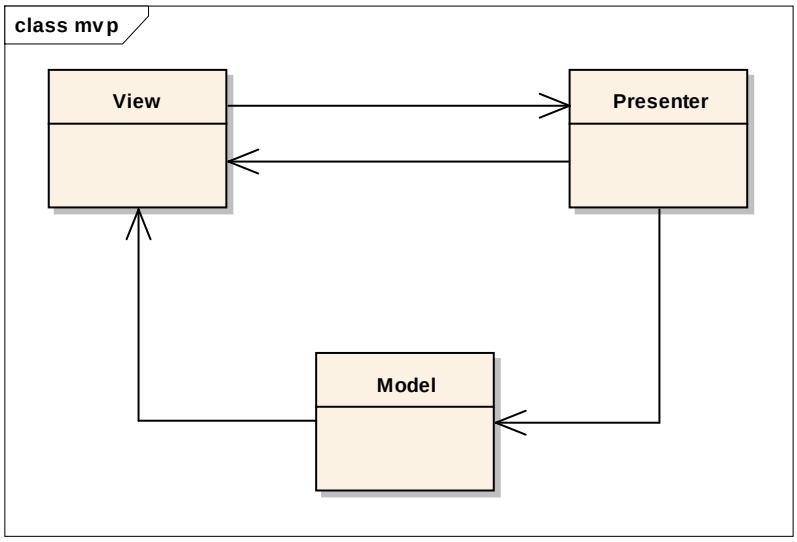
Wzorzec architektury interfejsu użytkownika zarezerwowany dla aplikacji typu **Rich Client Application** (aplikacje desktop).

Interakcja:

Użytkownik → View ←→ Presenter → model

- Widok i prezenter są zwykle połączone asocjacja 1-1 (jeden prezenter ma jeden widok)
- Interakcja użytkownika jest obsługiwana przez **widok**; widok deleguje przetwarzanie logiki **do prezentera**
- Całą logikę aplikacji obsługuje prezenter, również to prezenter rejestruje się na powiadomienia w infrastrukturze powiadomień (Event Aggregator) jeśli taka jest wykorzystywana w architekturze aplikacji, również: prezenter tworzy model
- Widok jest w związku z tym tylko warstwą prezentacji, sterowaną z jednej strony przez użytkownika (który „klika” po aplikacji), z drugiej przez prezenter (który steruje tym co widok aktualnie pokazuje)
- Widok jest wstrzykiwany do prezentera przez interfejs – głównym celem takiego podejścia jest zapewnienie możliwości wstrzykiwania do prezentera **różnych** implementacji widoków. Zwyczajowo są dwie różne implementacje widoków dla tych samych prezenterów:
    - Implementacje rzeczywistych widoków (gdzie klasy widoku dziedziczą po klasach formularzy tej technologii tworzenia widoku której używa aplikacja, np. Swing czy System.Windows.Forms). **Tych implementacji aplikacja używa w normalnej pracy**

- **Implementacje widoków dla testów** – nie ma żadnych „okienek”, są tylko klasy implementujące interfejsy widokow które nie mają tu żadnych skutków ubocznych widocznych dla użytkownika



Uwaga! Takie podejście do architektury aplikacji typu Rich Client w której logika jest wydzielona do warstwy prezenterów, a każdy prezenter ma dwie różne implementacje widoków, wymaga **dużej dyscypliny** i łatwiej jest tak tworzyć aplikację od początku niż refaktoryzować istniejącą aplikację.

Co jednak zrobić kiedy aplikacja już jest napisana w sposób „tradycyjny” - odpowiedzialności widoków i prezenterów są przydzielone za każdym razem jednej klasie – klasie widoku?

Taką aplikację da się zrefaktoryzować do MVP, oddzielając logikę od warstwy prezentacji. Refaktoryzacja jest dość mechaniczna, tzn. zwykle nie ma większych wątpliwości „jak”. Wskazówki do refaktoryzacji w kierunku MVP:

- Punkt wyjścia: aplikacja złożona z formularzy, logika obsługi zdarzeń (kliknięcia przycisków itp.) i logika dostępu do danych jest częścią klas formularzy
- Dla każdej istniejącej klasy formularza utwórz odpowiadającą mu klasę prezentera
- Dla każdej istniejącej klasy formularza utwórz interfejs odpowiadający formularzowi. Ten interfejs będzie miał metody pozwalające prezenterowi sterować widokiem. Dodaj do tego interfejsu jedną składową umożliwiającą wstrzyknięcie prezentera do widoku.
- Oznacz klasy formularzy jako implementujące interfejs
- Dodaj powiązanie:
    - Z klasy widoku do **konkretnej** klasy prezentera
    - Z klasy prezentera do **abstrakcji (interfejsu)** widoku

  Wskazówka: to powiązanie zwykle jest implementowane w taki sposób że klasa prezentera ma konstruktor z jednym argumentem, którym jest abstrakcja (interfejs) widoku, ten konstruktor używa tej składowej interfejsu która pozwala do widoku wstrzykiwać prezentera. W ten sposób to prezenter „tworzy” sobie widok i sam się do niego wstrzykuje:

```
// implementacja powiązania 1-1 między prezenterem a widokiem

// oba nie mogą mieć wstrzykiwania przez konstruktor
// bo wtedy syntaktycznie nie dałoby się spełnić tych zależności naraz
```

```
// ponieważ widoków będzie wiele a prezenter jest jeden to zwyczajowo robi
się tak:

public interface ISomeView
{
    // umożliwia wstrzyknięcie prezentera do widoku
    // ale "bez wymuszenia" (nie przez konstruktor)
    SomeViewPresenter Presenter { get; set; }
}

public class SomeViewPresenter
{
   // umożliwia wstrzyknięcie widoku do prezentera
   // "z wymuszeniem"
   public SomeViewPresenter( ISomeView view )
   {
       // ustawia referencję zwrotną
       view.Presenter = this;
   }
}

// i orkiestracja

// local factory na view pozwoli mieć wiele różnych implementacji view
ISomeView view = new ViewFactory().CreateSomeView();
// prezenter jest i tak tylko jeden
SomeViewPresenter presenter = new SomeViewPresenter( view );
```

- Wszystkie funkcje które w klasie formularza, które są handlerami zdarzeń odpowiadających formantom interfejsu użytkownika, przenieść do prezentera

Testowalność MVP zapewniona jest dzięki alternatywnej implementacji widoków, która nie wymaga w ogóle interfejsu użytkownika. Cała logika aplikacji (w tym tworzenie nowych formularzy) zawarta jest w prezenterach, które też nie wymagają interfejsu użytkownika.

2.3 Model-View-ViewModel (MVVM)

Wariacja na temat MVP – rozwinięcie idei. Wprowadzony szerzej w kontekście technologii WPF/XAML na platformie .NET.

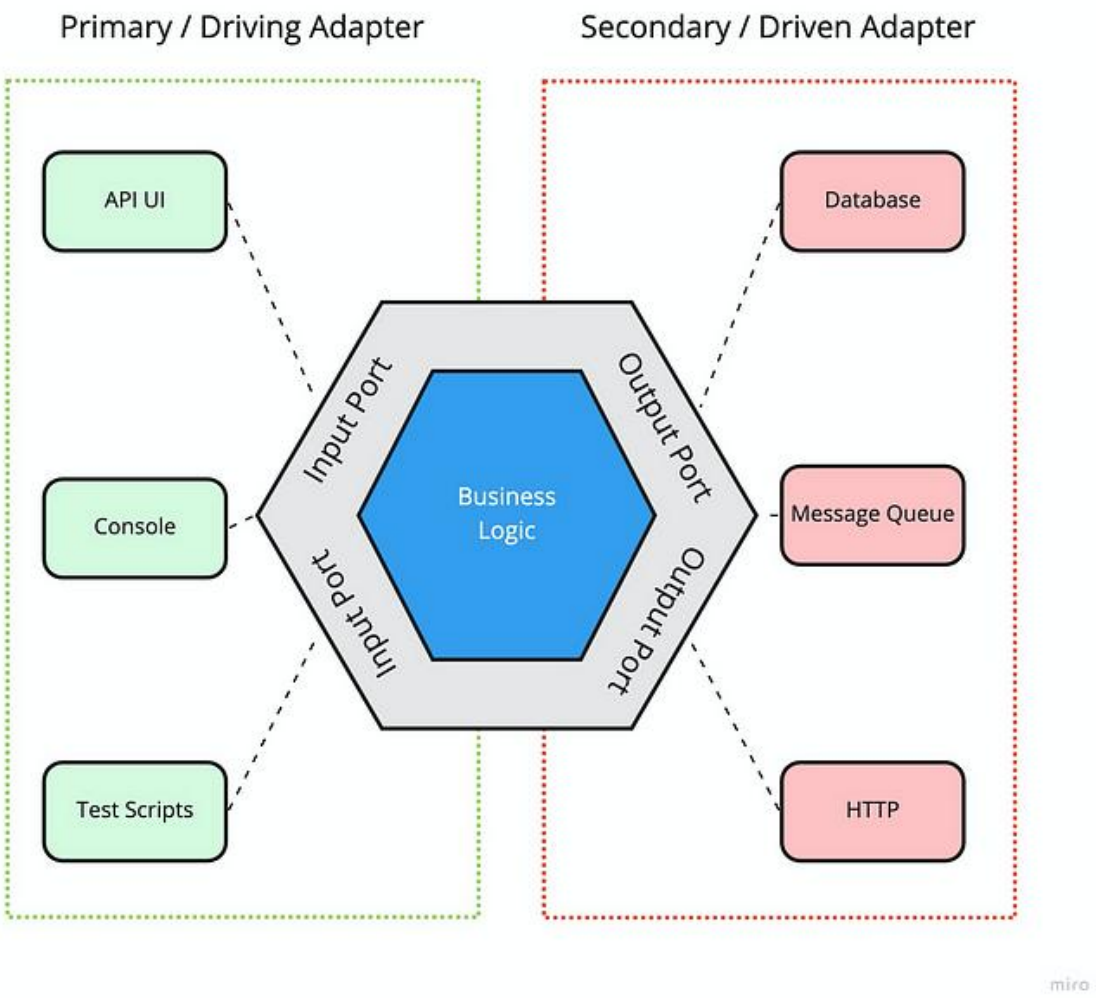
- W MVP widok może mieć normalny kod imperatywny obsługujący dane przekazywane z prezentera
- W MVVM widok (idealnie) nie powinien mieć żadnej logiki, jedyny dozwolony mechanizm odwołań do danych z prezentera (view modelu) to deklaratywny *data-binding* (czyli wiązanie danych, opisane statycznie w strukturze widoku)
- Ponieważ widok bezpośrednio odwzorowuje dane wystawiane z prezentera (view modelu), prezentera nie nazywa się prezenterem tylko właśnie view-modelem
- w MVP widok ma prawo w dowolny sposób otrzymać dane od prezentera, na przykład w taki sposób że prezenter wywołuje jakąś metodę na interfejsie opisującym widok. W MVVM jest trochę odwrotnie – to ViewModel „wystawia" składowe modelu, do których widok może podwiązać (*data-binding*) komponenty interfejsu użytkownika

Więcej: http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff798384.aspx

3 Architektura heksagonalna

Architektura heksagonalna (aka **architektura portów i adapterów** aka **architektura cebulowa**) (*hexagonal architecture, ports and adapters, onion architecture*) to ogólniejsze podejście do projektowania aplikacji, w którym jednym z celów jest ułatwienie testowania.Ten rodzaj architektury nadaje się zarówno do aplikacji typu rich-client jak i do aplikacji webowych, stąd duża popularność tego podejścia w ostatnich latach.

Zasadniczy pomysł polega na odizolowaniu wejścia i wyjścia od rdzenia aplikacji za pomocą tzw. **portów**.



Rysunek 2 https://medium.com/idealo-tech-blog/hexagonal-ports-adapters-architecture-e3617bcf00a0

Wyróżnia się tu dwa rodzaje portów:

- **Porty pierwotne** (wejściowe) (primary/driving) – służą do sterowania wejściem do logiki biznesowej aplikacji i odizolowania warstwy aplikacyjnej od logiki biznesowej
- **Porty wtórne** (wyjściowe) (secondary/driven) – służą do realizacji komunikacji z zapleczem (backend), na przykład bazą danych, usługami poczty itd. Chętnie sięga się tu po wzorzec **Repository**

Jako że oba rodzaje portów pełnią inną funkcję – są też technicznie inaczej implementowane:

- **Porty pierwotne** są konkretnymi klasami, zwykle odwzorowującymi przypadki użycia poszczególnych rodzajów wejścia. W warstwie aplikacyjnej zachodzi mapowanie informacji z infrastruktury (komponentów na formularzach, parametrów żądań HTTP itp.) na argumenty wywołania metod odpowiedzialnych za wykonanie przypadku użycia. Dobrze sprawdza się tu wzorzec **Command**, bo z punktu widzenia architektonicznego – każdy przypadek użycia trzeba „wykonać", co najwyżej przekazując mu jakieś parametry
- **Porty wtórne** są opisane interfejsami i logika biznesowa aplikacji nie używa konkretnych implementacji. Zamiast tego, za pomocą wstrzykiwania zależności (na przykład wzorca **Local Factory** który już poznaliśmy, opcjalnie wspartego kontenerem **Inversion of Control**), na etapie uruchomienia, dostarczane są konkretne implementacje usług, z punktu widzenia architektury jest to nieistotne jakie to będą konkretne implementacje.

Ta różnica w podejściu do portów – konkretne klasy na portach pierwotnych a interfejsy na portach wtórnych – jest w terminologii związanej z architekturą heksagonalną nazwana **left-right assymetry** (por. oryginalny artykuł Alistaira Cockburna)

Uwaga! Ten rodzaj architektury skupia się na otoczeniu (odizolowaniu) warstwy nazwanej tu szeroko Logiką Biznesową ale nie wnika w to jak ta warstwa jest zorganizowana.

Jedną z możliwości organizacji warstwy Logiki Biznesowej dla Architektury Heksagonalnej jest **Domain-Driven Design** (DDD) i takie połączenie obu, Architektury Heksagonalnej i DDD bywa nazywane **Architekturą Czystą** (Clean Architecture).

W części dostępnych źródeł brakuje czytelnego wskazania różnic między tymi pojęciami. Uporządkujmy więc temat

- **Architektura heksagonalna** – rodzaj architektury aplikacji, omówiony wyżej
- **Domain-Driven Design** – rodzaj podejścia do projektowania warstwy logiki biznesowej, skupiający się na jej związkach z domeną (modelem pojęciowym). Wzorce DDD omówimy na jednym z kolejnych wykładów. DDD nie zajmuje się architekturą innych warstw (ma co najwyżej pewne rekomendacje)
- **Architektura Czysta = Architektura heksagonalna + DDD**

W szczególności więc

- pojęcia Architektura Heksagonalna i DDD nie są tożsame
- istnieje Architektura Heksagonalna bez DDD
- istnieje DDD bez Architektury Heksagonalnej

Testowalność kodu jest tu zapewniona ponieważ cała logika biznesowa aplikacji jest sterowana przez porty pierwotne, a te są oddzielone od warstwy aplikacyjnej. W testach jednostkowych można więc łatwo powoływać do życia obiekty reprezentujące porty pierwotne i wywoływać ich metody.
Z kolei porty wtórne mogą być w testach jednostkowych zastąpione takimi implementacjami, które nie mają skutków ubocznych albo wręcz – całowicie zastępują zaplecze.

4 Przykłady na żywo

4.1 Model-View-Presenter

Pokażemy prostą aplikację – rejestr użytkowników. Aplikacja będzie posiadać dwa okna:

- okno główne z listą użytkowników,
- okno dodawania/edycji użytkownika.

Wyposażeni w wiedzę z poprzedniego wykładu (**Repository**/**Unit of Work**), pokażemy refaktoryzację aplikacji do wzorca **Repository**, wprowadzając abstrakcję na sposób obsługi danych.

Następnie wprowadzimy **EventAggregator** do zbudowania architektury komunikacji wewnątrzaplikacyjnej (np. do komunikacji między oknami).

W kolejnym kroku zrefaktoryzujemy widoki rozdzielając warstwę prezentacji i warstwę obsługi logiki do warstw odpowiednio V i P (Views/Presenters). Pokażemy jak widoki implementują interfejsy, a prezentery odwołują się do widoków przez ich abstrakcje.

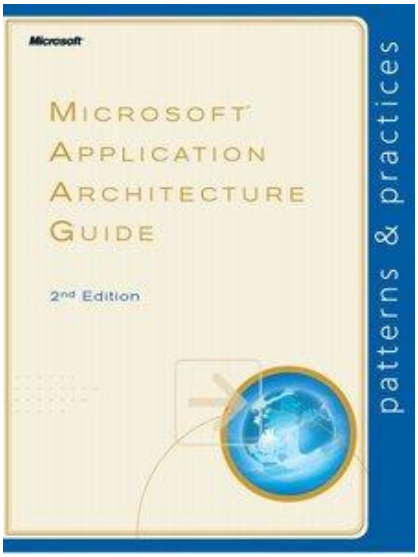
To pozwoli nam na wprowadzenie widoków zastępczych oraz przygotowanie testów jednostkowych prezenterów na widokach zastępczych, z zachowaniem wszystkich wcześniej wprowadzonych elementów.

4.2 Architektura heksagonalna

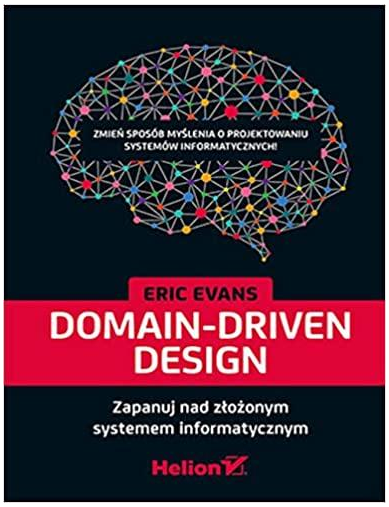
Pokażemy prostą aplikację webową, z widokiem modyfikacji jakichś prostych danych. Aplikację zrefaktoryzujemy do Architektury heksagonalnej

5 Literatura

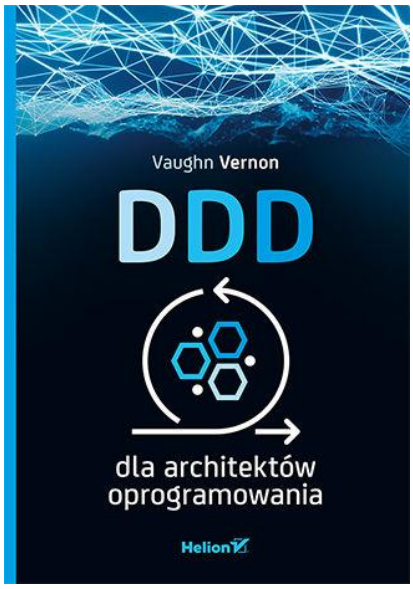
Microsoft Patterns & Practices – Application Architecture Guide



E. Evans – Domain Driven Design



V. Vaughn – DDD dla Architektów Oprogramowania


Vaughn Vernon
DDD
dla architektów
oprogramowania
Helion