Eötvös Loránd Tudományegyetem
Informatikai Kar

Komponens alapú szoftverfejlesztés

8. előadás

Szoftver architektúrák alapvetései

Giachetta Roberto

groberto@inf.elte.hu
http://people.inf.elte.hu/groberto

„Architecture is about the important stuff. Whatever that is.”

(Martin Fowler)

Szoftver architektúrák alapvetései

A szoftver architektúra

- *Szoftver architektúrá*nak nevezzük a szoftver fejlesztése során meghozott *elsődleges tervezési döntések* halmazát
  - meghatározzák a rendszer magas szintű felépítését és működését, az egyes alkotóelemek csatlakozási pontjait
  - megváltoztatásuk később jelentős újratervezését igényelné a szoftvernek

- A szoftver architektúráját különböző szempontok szerint közelíthetjük meg, pl.:
  - a szoftver által nyújtott szolgáltatások (funkciók) szerint
  - a felhasználó és a futtató platform közötti tevékenységi szint szerint
  - az adatátadás, kommunikáció módja szerint

Szoftver architektúrák alapvetései

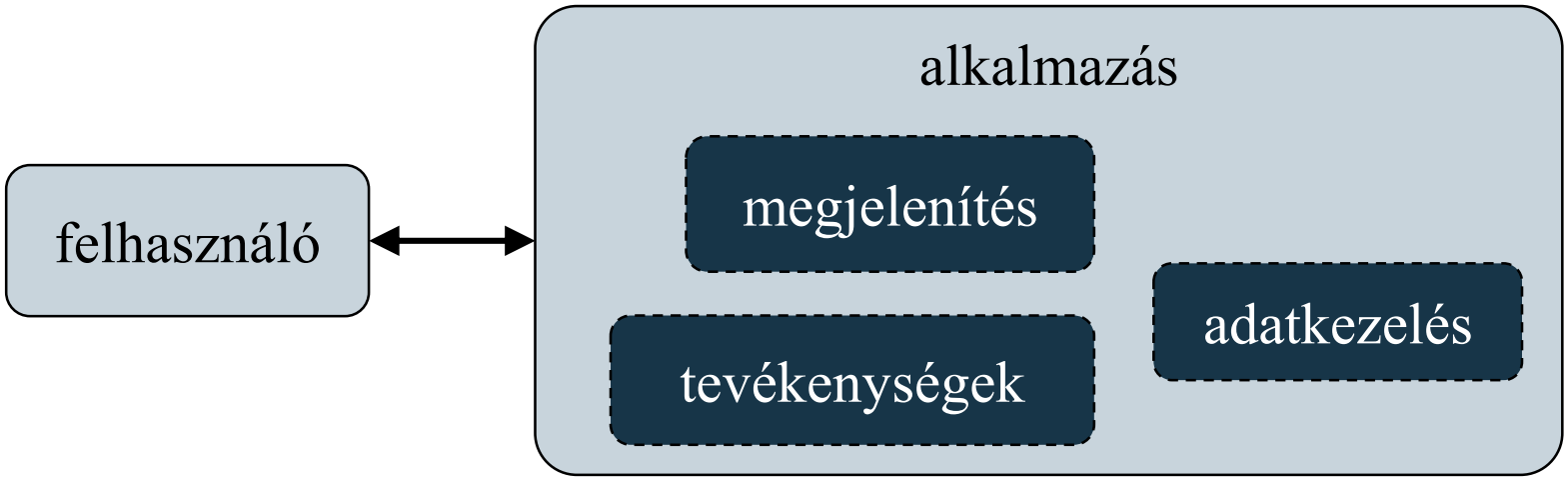
A szoftver architektúra

- Minden szoftver rendelkezik architektúrával
- Az architektúra létrehozása során mintákra hagyatkozunk
  - a szoftver (vagy egy alrendszerének) teljes architektúráját definiáló mintákat nevezzük *architekturális minták*nak (*architectural pattern*)
  - az architektúra alkalmazásának módját, az egyes komponensek összekapcsolását segítik elő a *tervminták* (*design pattern*)
  - mindkettő tervezési döntések gyűjteménye, amelyek többször felmerülő tervezési kérdésre ad megfelelő választ
  - a minta rendelkezik névvel, céllal (scope), környezettel (context), erősségekkel, és gyengeségekkel

Szoftver architektúrák alapvetései

A monolitikus architektúra

- A legegyszerűbb felépítést a monolitikus *architektúra* (*monolithic architecture*) adja
  - nincsenek programegységekbe szétválasztva a funkciók
  - a felületet megjelenítő kód vegyül az adatkezeléssel, a tevékenységek végrehajtásával, stb.



Szoftver architektúrák alapvetései

A monolitikus architektúra

- Összetettebb alkalmazásoknál a monolitikus felépítés korlátozza a program
  - áttekinthetőségét, tesztelhetőségét (pl. nehezen látható át, hol tároljuk a számításokhoz szükséges adatokat)
  - módosíthatóságát, bővíthetőségét (pl. nehezen lehet a felület kinézetét módosítani)
  - újrafelhasználhatóságát (pl. komponens kiemelése és áthelyezése másik alkalmazásba)

- A monolitikus felépítés nem követi az objektumorientált tervezés alapelveit (SOLID)

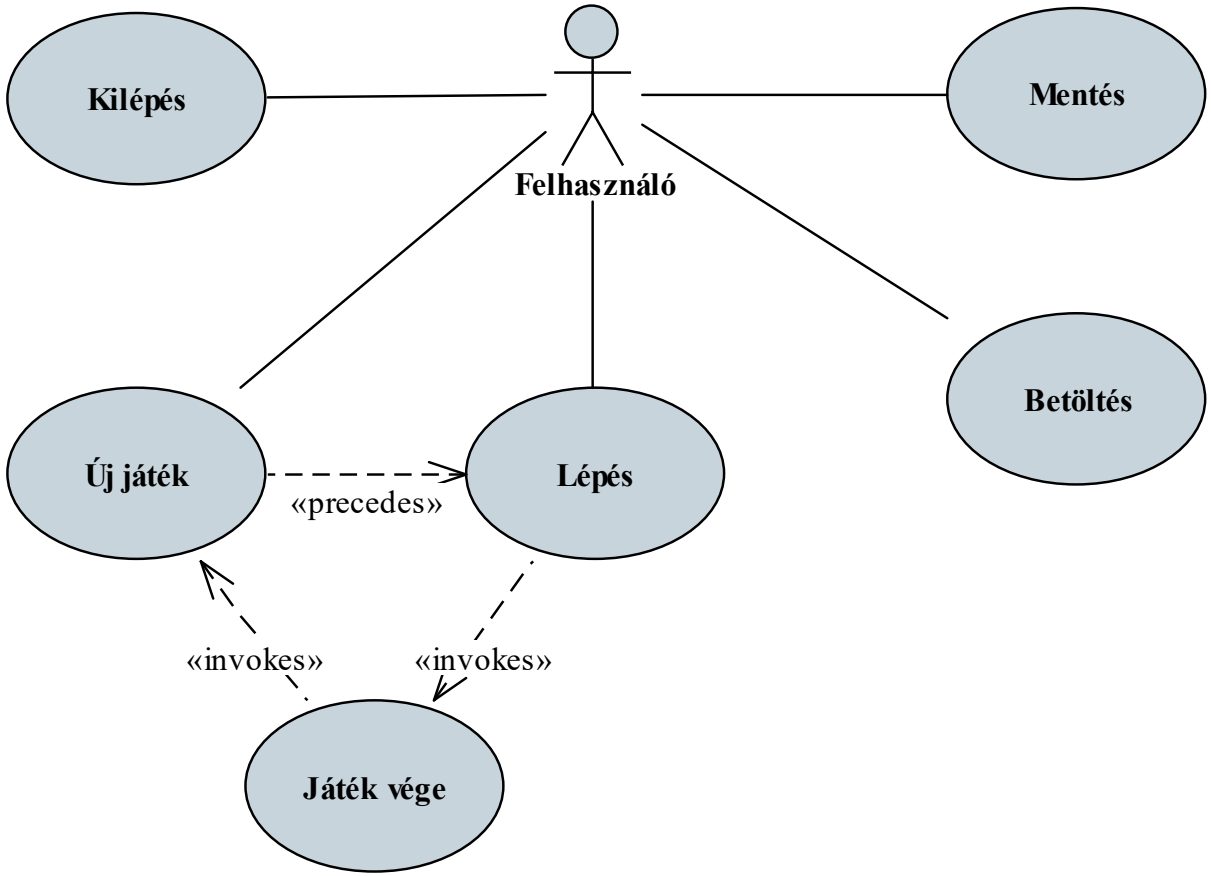
Példa

Feladat: Készítsünk egy Tic-Tac-Toe programot, amelyben két játékos küzdhet egymás ellen.

- a két játékos felváltva lép, a kereszt és kör szimbólumokat használva egy 9 mezőből álló táblán
- a játék akkor ér véget, ha valamely játékos elfoglal három mezőt (sorban, oszlopban, átlósan), vagy minden mező betelik
- a program automatikusan jelez, ha vége a játéknak (előugró üzenetben), majd új játékot kezd
- a felhasználó ezen felül bármikor menthet és betölthet játékot

Példa

Tervezés (felhasználói esetek):



Szoftver architektúrák alapvetései

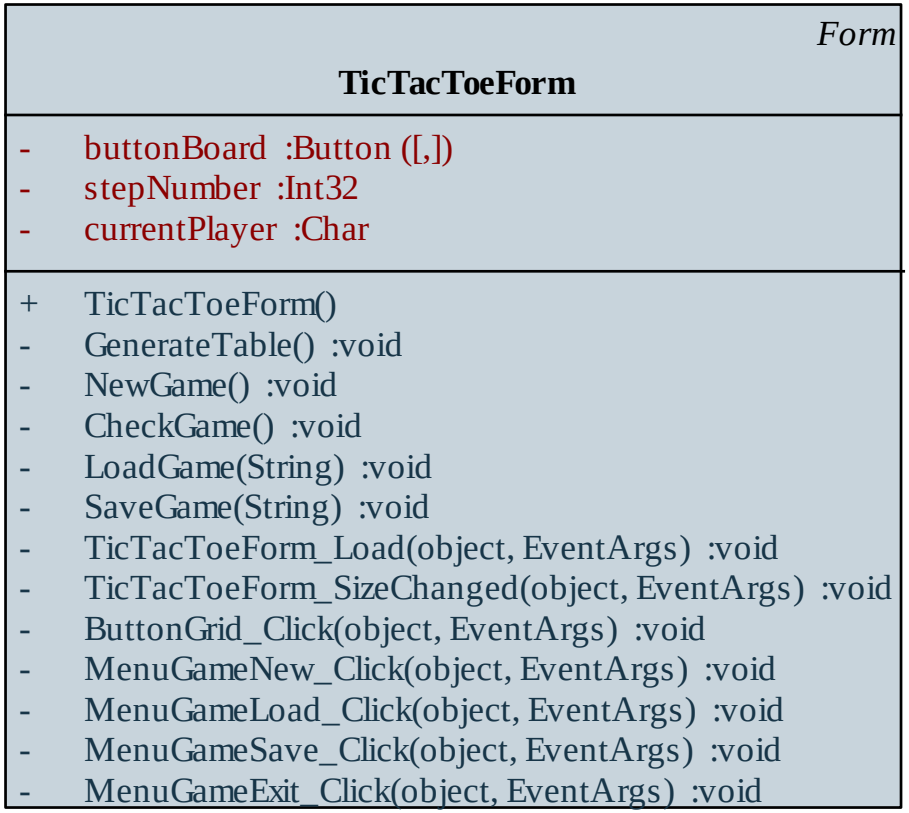
Példa

Tervezés (architektúra):

- az alkalmazást egy osztályban (**`TicTacToeForm`**) valósítjuk meg, amely tartalmazza a grafikus felületet és a játék viselkedését
- a betöltés (**`Load`**) hatására gombok segítségével legeneráljuk a játéktáblát (**`GenerateTable`**), majd új játékot kezdünk (**`NewGame`**)
- a felületen elhelyezzük a játéktábla gombjait (**`buttonBoard`**), továbbá egy karakterrel eltároljuk az aktuális játékos jelét (**`currentPlayer`**), valamint a lépésszámot (**`stepNumber`**)

Példa

Tervezés (architektúra):



Szoftver architektúrák alapvetései

A tervezés alapelvei

- Az objektumorientált tervezés során öt alapelvet célszerű követnünk (*SOLID*):
  - *Single responsibility principle* (SRP): egy programegység csak egyvalamiért felelhet
  - *Open/closed principle* (OCP): a programegységek nyitottak a kiterjesztésre, de zártak a módosításra
  - *Liskov substitution principle* (LSP): az objektumok helyettesíthetőek altípusaik példányával
  - *Interface segregation principle* (ISP): egy általános interfész helyett több kliens specifikus interfészt alkalmazzunk
  - *Dependency inversion principle* (DIP): az absztrakciótól függünk, nem a konkretizációtól

Szoftver architektúrák alapvetései

Single resposibility principle

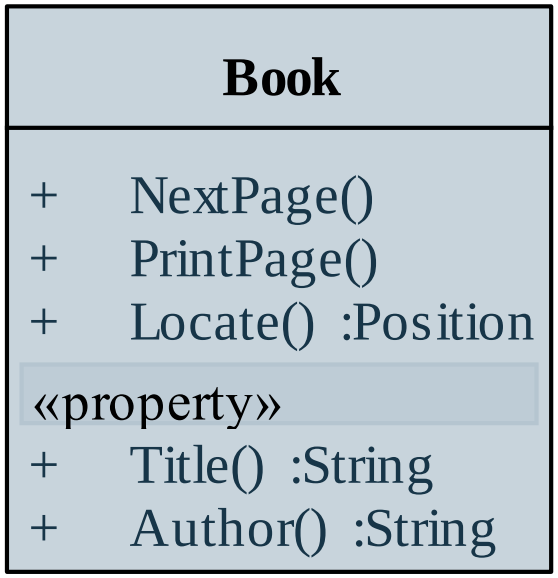
- A *Single responsibility principle (SRP)* kimondja, hogy egy programegység (komponens, osztály, metódus) csak egy felelősséggel rendelkezhet
  - a felelősség az a tárgykör, ami változtatás alapegységeként szolgálhat („*reason for a change*”)
    - műveletek és adatok egy halmaza, amelyet ugyanannak az üzleti szerepkörnek (*business role*) a része, és egy követelmény teljesítését biztosítják
  - azonosítanunk kell a szereplőket, majd a követelményeiket, végül a tárgyköröket összefüggéseik szerint (milyen tényezők változtathatóak egymástól függetlenül), ennek megfelelően alakítjuk ki a felelősségeket

Szoftver architektúrák alapvetései

Single resposibility principle

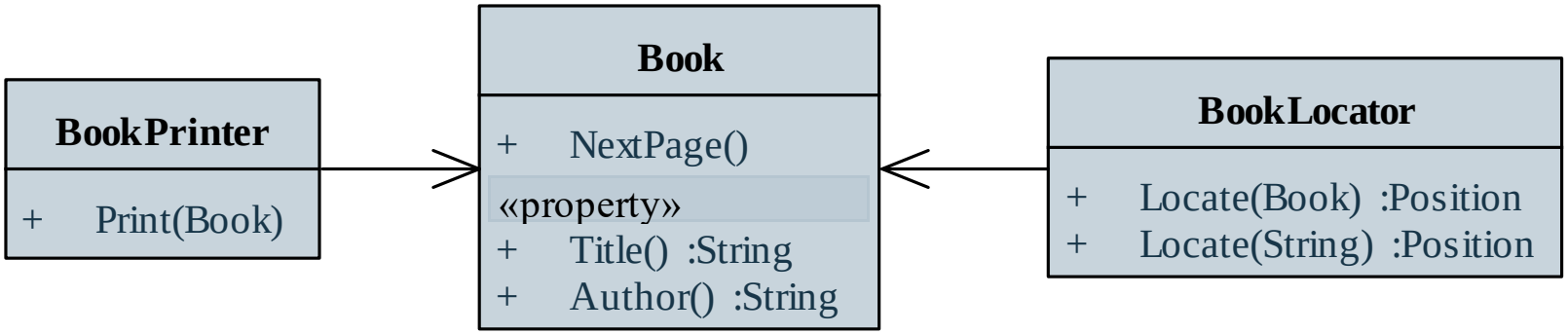
- számos, jól megkülönböztethető felelősségi kör található az alkalmazásokban:
  - perzisztencia, üzleti logika, vizualizáció, felhasználói interakció
  - adatformázás, konverzió, validáció
  - hibakezelés, eseménynaplózás
  - típuskiválasztás, példányosítás
- elősegíti a programegységek közötti laza csatolást, viszont túlzott használata feltöredezheti a programszerkezetet
  - célszerű csak azokat a változásokat figyelembe venni, amik várhatóak bekövetkezhetnek

Példa: Modellezzünk egy könyvtári könyv (**`Book`**), amelynek van szerzője (**`Author`**), címe (**`Title`**), lehet lapozni (**`NextPage`**), kiíratni (**`PrintPage`**), és megkeresni a helyét a könyvtárban (**`Locate`**).



Single resposibility principle

- a könyv elérhető két szerepkörben, az olvasó és a könyvtáros számára is
- a kiíratás csak a olvasóra tartozik, és számos módja lehet, ezért célszerű a leválasztása
- a keresés csak a könyvtárosra tartozik, a kölcsönzőre nem, ugyanakkor szintén több módon is elvégezhető, ezért célszerű a leválasztása



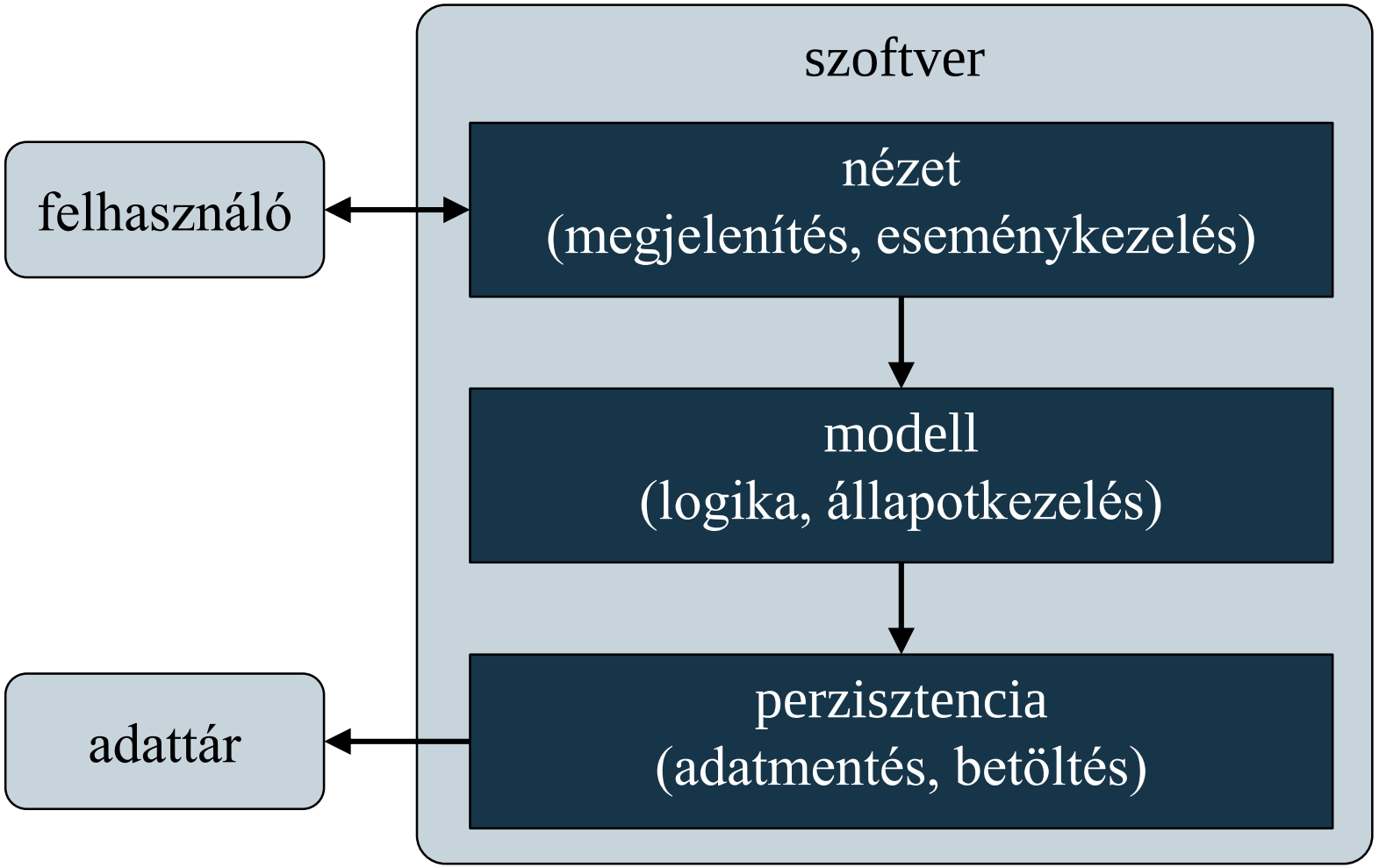
Szoftver architektúrák alapvetései

Háromrétegű architektúra

- A háromrétegű (3-tier) architektúra egy olyan általános szoftverfelépítés, amelyben elkülönül:
  - a *nézet* (*presentation*, *view*, *display*): tartalmazza a felhasználói felé történő interakciót (megjelenés, eseménykezelés)
  - a *modell* (*logic*, *business logic*, *application*, *domain*): tartalmazza a program szolgáltatásait, a funkcionális követelmények megvalósítását
  - a *perzisztencia*, vagy *adatelérés* (*data*, *data access*, *persistence*): biztosítja a hosszú távú adattárolást, az adattovábbítást más szoftverek felé

Szoftver architektúrák alapvetései

Háromrétegű architektúra



Példa

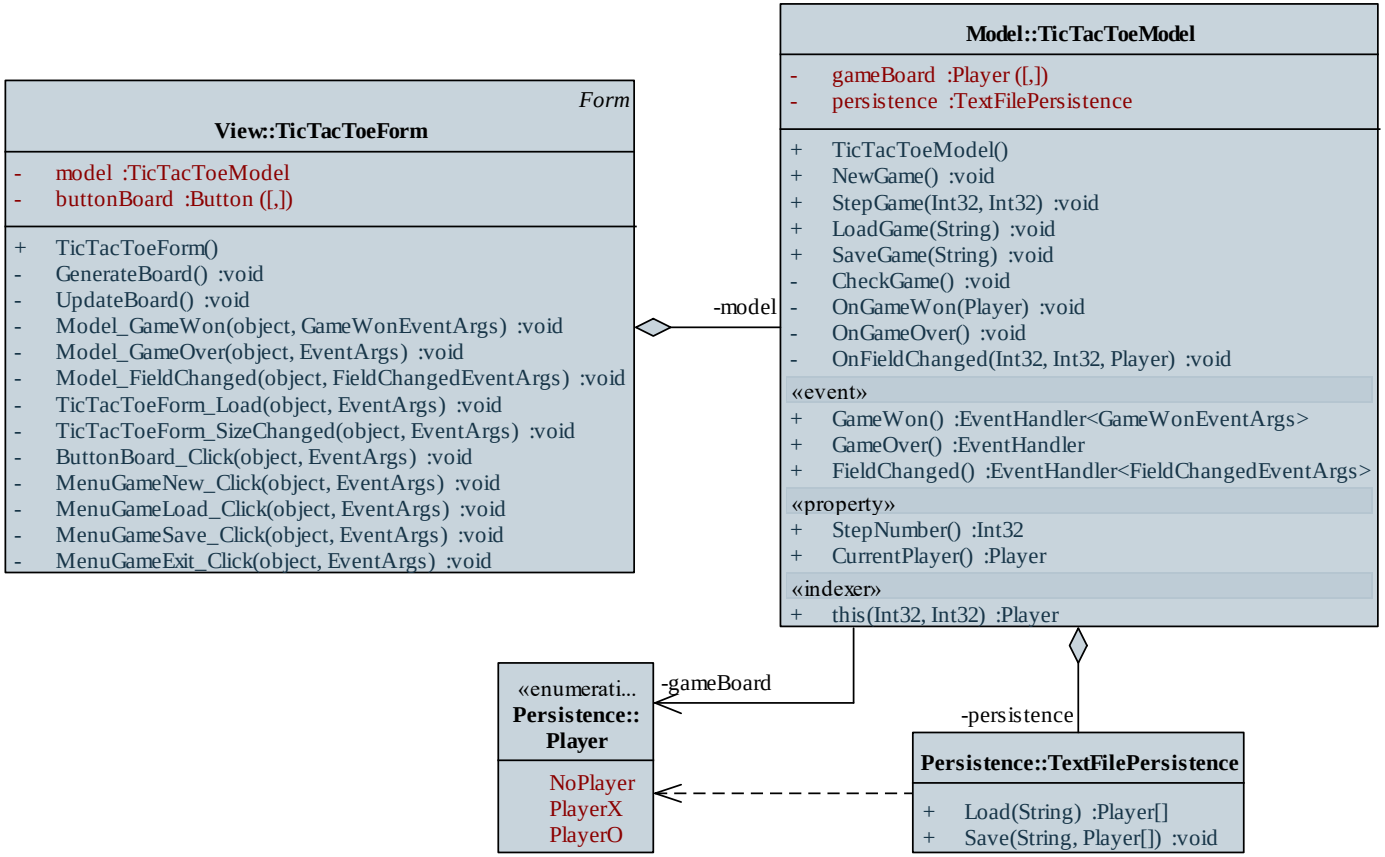
Feladat: Készítsünk egy Tic-Tac-Toe programot, amelyben két játékos küzdhet egymás ellen.

- háromrétegű architektúrát építünk fel, amelyben külön programegységbe helyezzük a nézetet (**`TicTacToeForm`**), a modellt (**`TicTacToeModel`**) és a perzisztenciát (**`TextFilePersistence`**)
- a modell valósítja meg a játék logikáját, ezért egy logikai reprezentációját tartalmazza a játéknak (a **`Player`** felsorolási típus segítségével)
- a mentés és betöltés folyamata így a modellen keresztül (amely átalakítja a játékállapotot perzisztálhatóvá) a perzisztenciába fut be, így kialakítva egy *felelősségi lánc*ot (*chain of resposibility*)

Szoftver architektúrák alapvetései

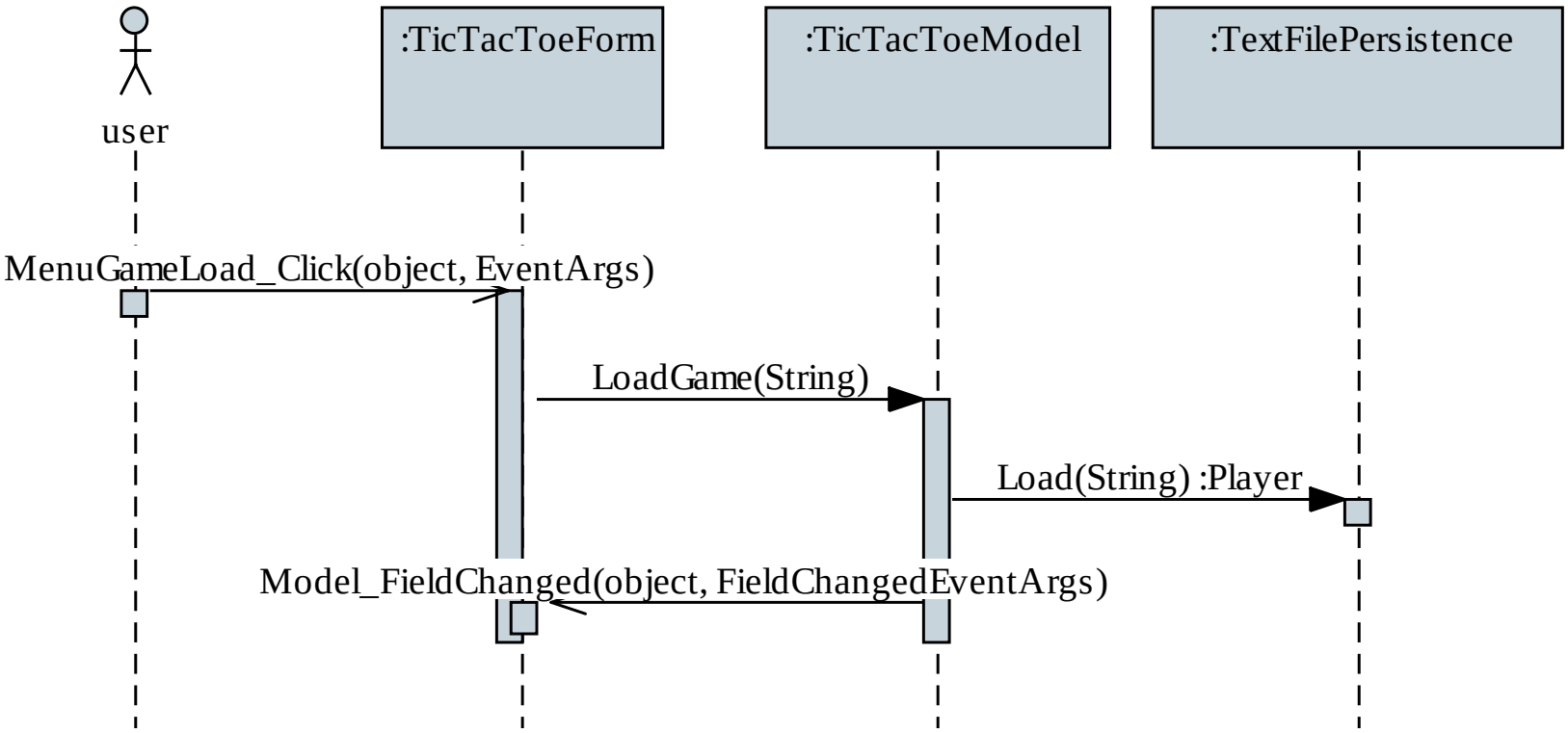
Példa

Tervezés (szerkezet):



Példa

Tervezés (végrehajtás):



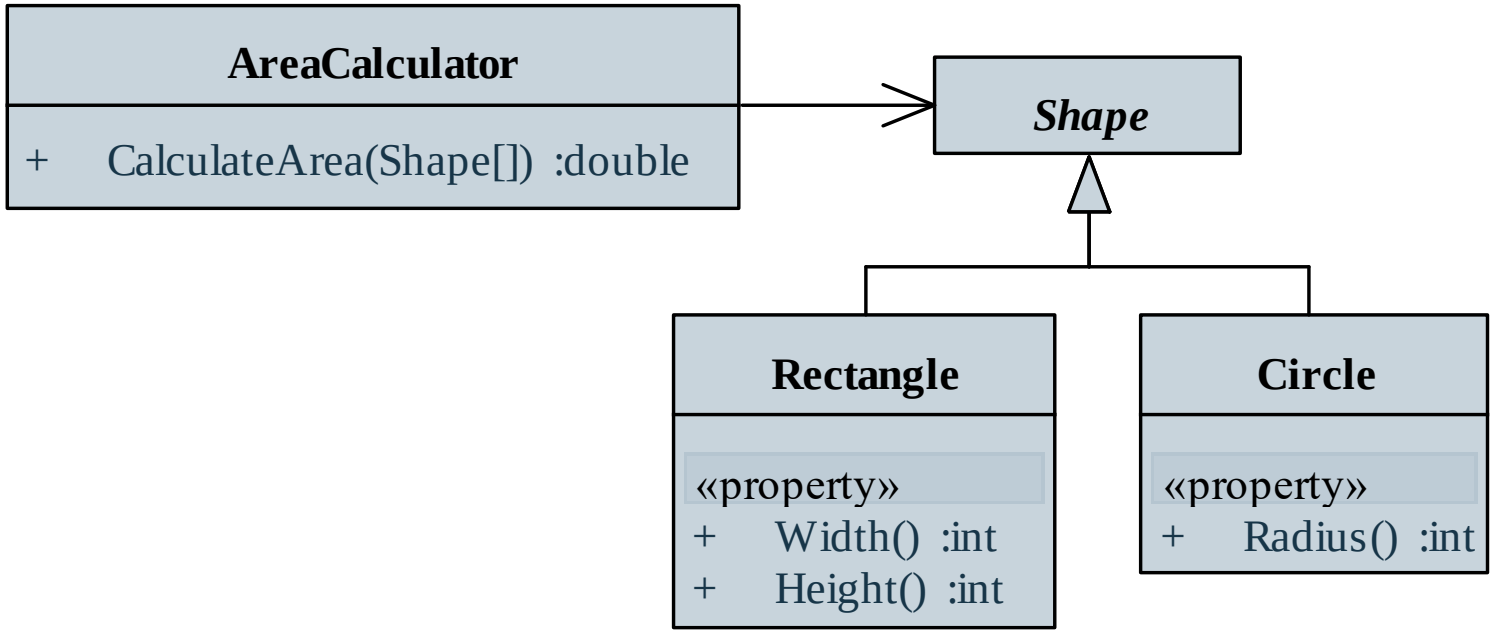
Szoftver architektúrák alapvetései

Open/closed principle

- *Open/closed principle* (OCP) kimondja, hogy a programegységek nyitottak a kiterjesztésre, de zártak a módosításra
  - a programszerkezetet úgy kell megvalósítanunk, hogy új funkcionalitás bevezetése ne a jelenlegi programegységek átírását igényelje, sokkal inkább újabb programegységek hozzáadását
  - a kiterjesztést általában öröklődés segítségével valósítjuk meg (pl. absztrakt ősosztály, vagy interfész bevezetésével)
- A SRP és az OCP kiegészítik egymást, mivel az új funkcionalitás egy új felelősség bevezetését jelenti, így általában egyszerre szegjük meg a két elvet

Open/closed principle

Példa: Modellezzünk geometriai alakzatokat (**`Shape`**), speciálisan téglalapot (**`Rectangle`**) és kört (**`Circle`**). Alakzatok gyűjteményének ki tudjuk számítani a területét egy területszámító segítségével (**`AreaCalculator`**).

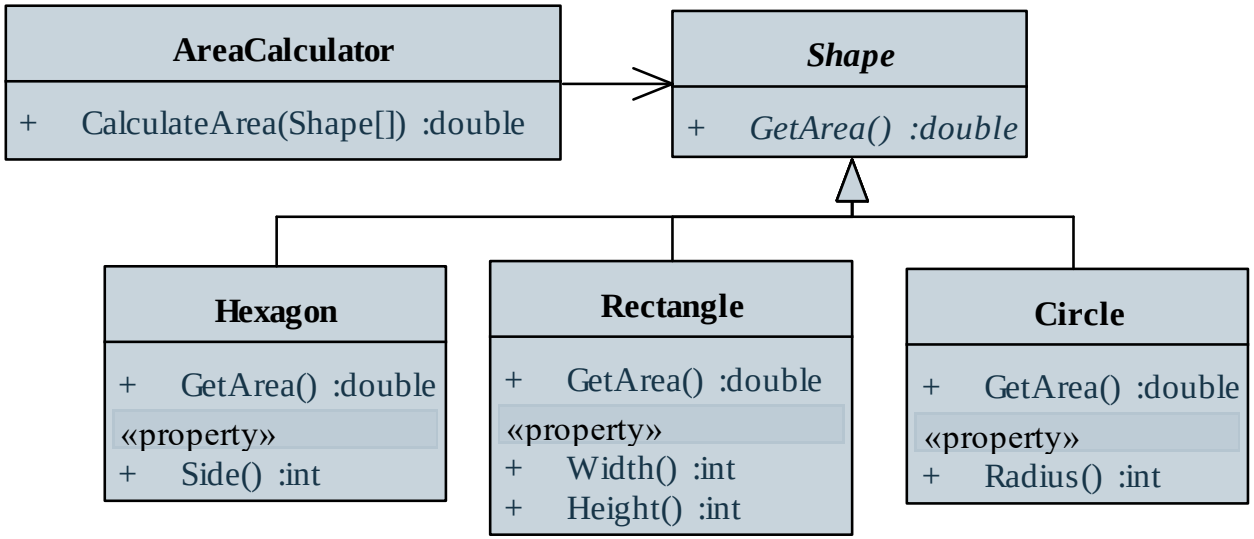


Open/closed principle

```
double CalculateArea(Shape[] shapes){
    double area = 0;
    foreach (Shape shape in shapes) {
        if (shape is Rectangle) {
            Rectangle r = shape as Rectangle;
            area += r.Width * r.Height;
        }
        if (shape is Circle) {
            Circle c = shape as Circle;
            area += Math.Pow(c.Radius, 2) * Math.PI;
        }
    }
    return area;
}
```

Open/closed principle

- egy új alakzat (pl. hatszög) hozzáadása esetén módosítanunk kell a metódust, új ágat bevezetve
- ha minden alakzat ki tudja számítani a saját területét, akkor az új alakzattal egy új terület képletet lehetne megadni, és nem kellene módosítani a területszámítást



Open/closed principle

```
double CalculateArea(Shape[] shapes){
    double area = 0;
    foreach (Shape shape in shapes) {
        area += shape.GetArea();
    }
    return area;
}
…
class Hexagon : Shape {
    …
    public override double GetArea() {
        return …;
    }
}
```

Példa

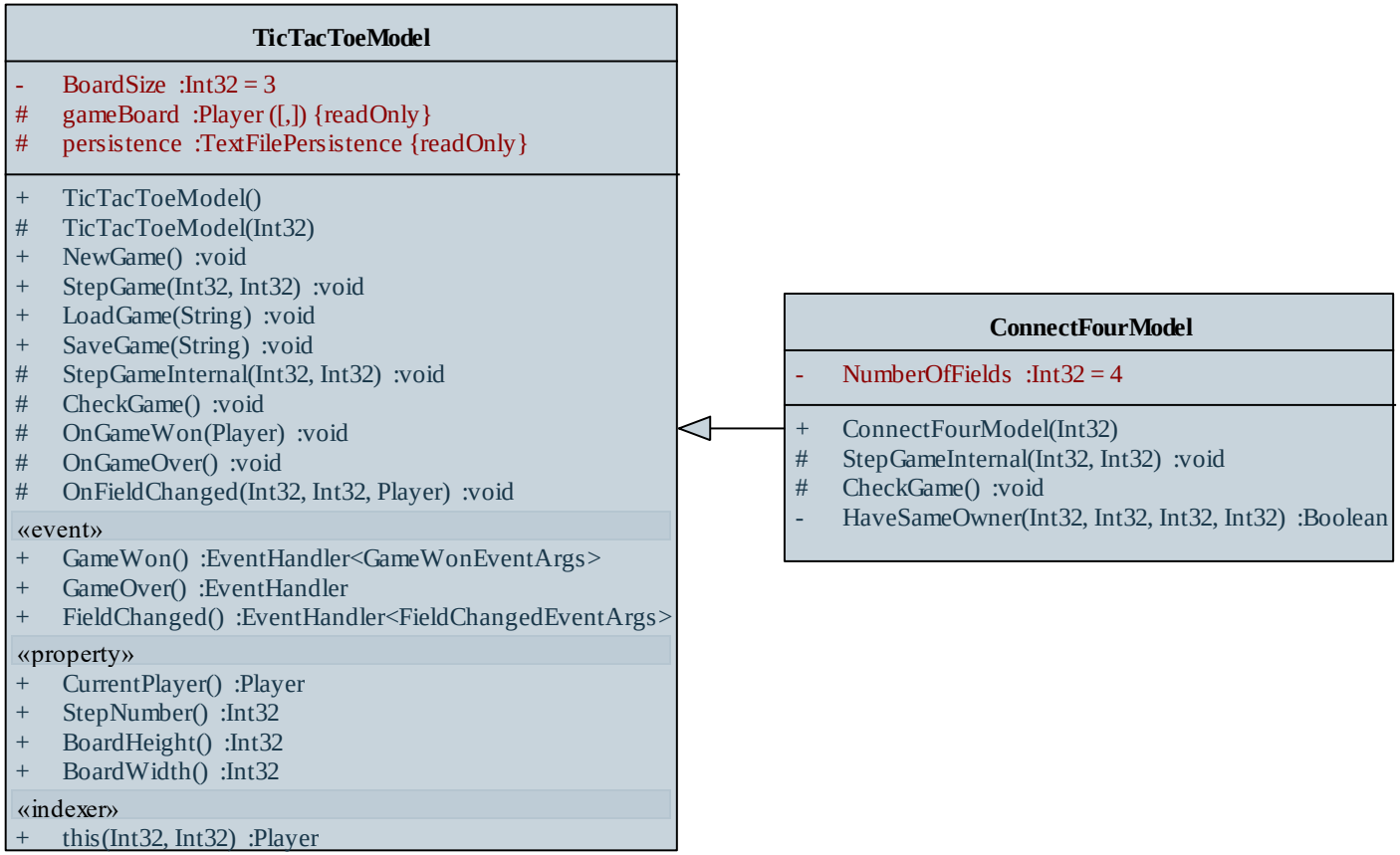
Feladat: Készítsünk egy táblajáték programot, amelyben két játékos küzdhet egymás ellen.

- tegyük könnyen módosíthatóvá a Tic-Tac-Toe játékot, engedélyezzük nagyobb játéktábla használatát, és a játékszabályok módosítását származtatás segítségével
  - a szükséges mezőket elérhetővé tesszük leszármazottak számára (**`protected`**), de nem engedélyezzük teljes felüldefiniálásukat (**`readonly`**)
  - kiemeljük a módosítható működést segédműveletté (**`StepGameInternal`**), és felüldefiniálhatóvá tesszük (virtual)
- lehetőségünk van egy új játék, a potyogós amőba bevezetésére öröklődéssel (**`ConnectFourModel`**)

Szoftver architektúrák alapvetései

Példa

Tervezés (modell szerkezet):



Szoftver architektúrák alapvetései

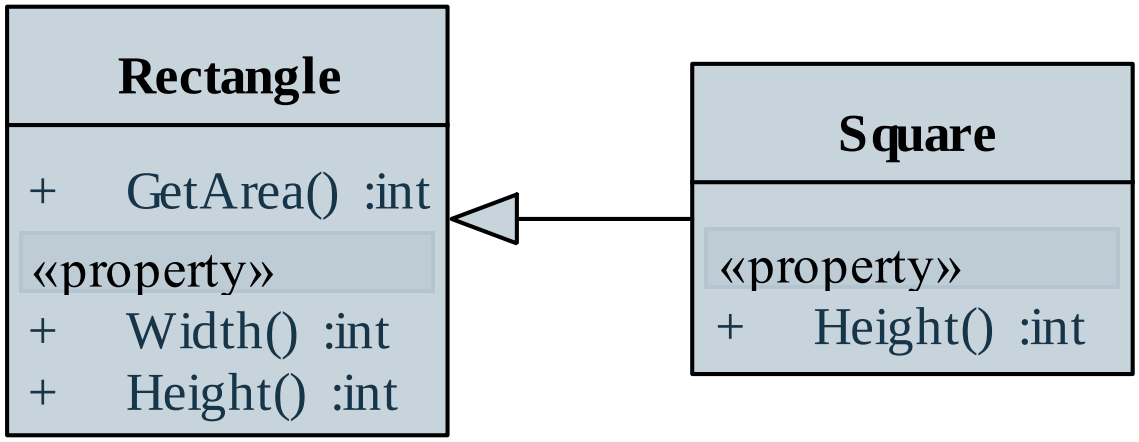
Liskov substitution principle

- A *Liskov substitution principle* (LSP) értelmében bármely típus (osztály) példánya helyettesíthető altípusának egy példányával úgy, hogy közben a program tulajdonságai (funkcionális és nem funkcionális követelményei) nem változnak
  - megszorításokat tesz a szignatúrára
    - elvárja a paraméterek kontravarianciáját, a visszatérési értékek kovarianciáját
    - tiltja a kivételek típusának bővítését
  - megszorításokat tesz a viselkedésre
    - elvárja az invariánsok megtartását
    - tiltja az előfeltételek erősítését, az utófeltételek gyengítését

Liskov substitution principle

Példa: Modellezzünk téglalap (**`Rectangle`**) és négyzet (**`Square`**) alakzatokat, ahol a négyzet egy speciális esete a téglalapnak.

- mindkettőnek megadhatjuk a szélességét/magasságát, és lekérdezhetjük a területét
- a négyzet esetén a magasságot egyenlővé tesszük a szélességgel



Szoftver architektúrák alapvetései

Liskov substitution principle

```
class Rectangle { // téglalap
   public virtual int Height { get; set; }
      // felüldefiniálható tulajdonság
   public int Width { get; set; }

   public int GetArea() { return Width * Height; }
}
…
class Square : Rectangle { // négyzet
   public override int Height {
      get { return Width; }
      set { Width = value; }
   } // mindig a magasságot vesszük alapul
}
```

Liskov substitution principle

```
Rectangle rec = new Rectangle {
    Width = 4;
    Height = 6;
}
Assert.AreEqual(24, rec.GetArea());
    // elvárt viselkedés

rec = new Square { Width = 4; Height = 6; }
    // kicseréljük a példányt a leszármazott
    // típusra

Assert.AreEqual(24, rec.GetArea());
    // ennek hatására nem az elvártnak megfelelően
    // viselkedik
```

Szoftver architektúrák alapvetései

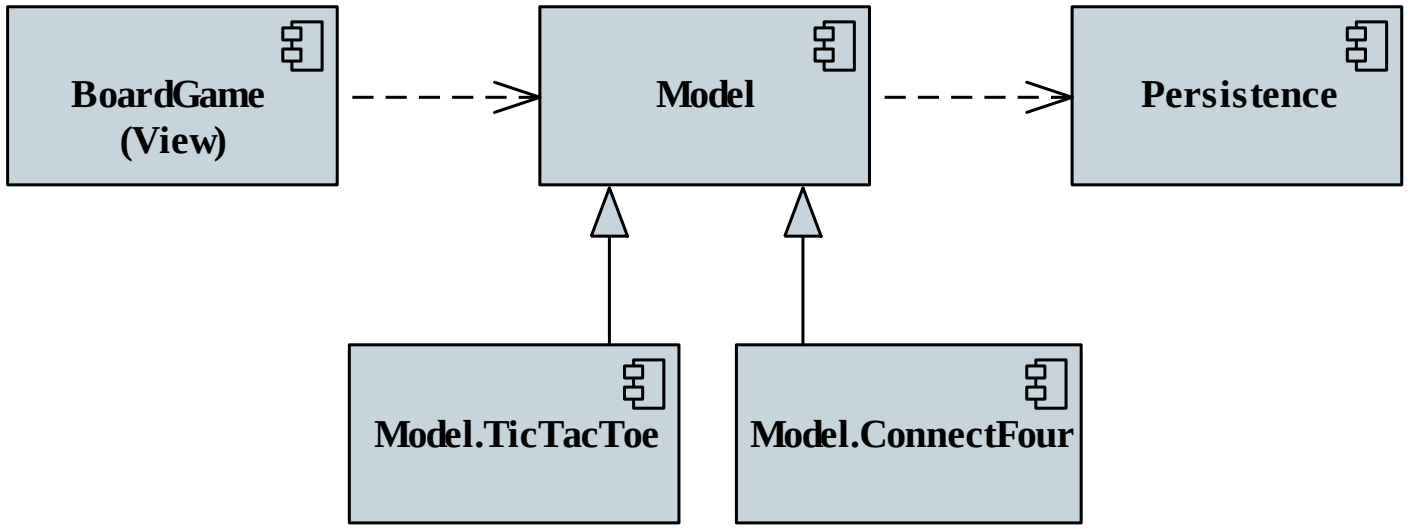
Példa

Feladat: Készítsünk egy táblajáték programot, amelyben két játékos küzdhet egymás ellen.

- mivel a potyogós amőba nem teljesíti a Tic-Tac-Toe-val szembeni elvárásokat, alakítsuk át a modell szerkezetét
- vezessük be az absztrakt táblajátékot (**`BoardGameModel`**), amelynek leszármazottja lesz a Tic-Tac-Toe játék (**`TicTacToeGame`**)
- a két játék egyedül a lépés végrehajtását (**`StepGameInternal`**), illetve az ellenőrzést (**`CheckGame`**) definiálja, minden mást az ősosztály biztosít
- a programot felbonthatjuk komponensekre a tevékenységi körök és az absztrakció mentén,

Példa

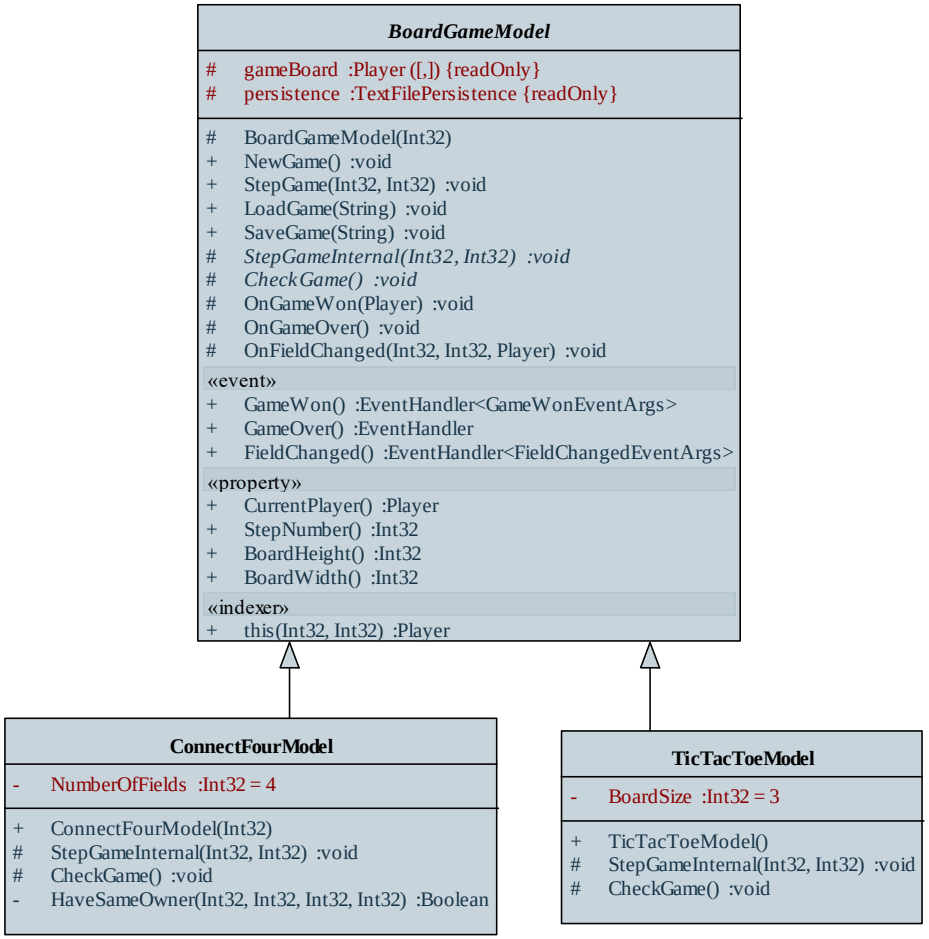
Tervezés (komponensek):



Szoftver architektúrák alapvetései

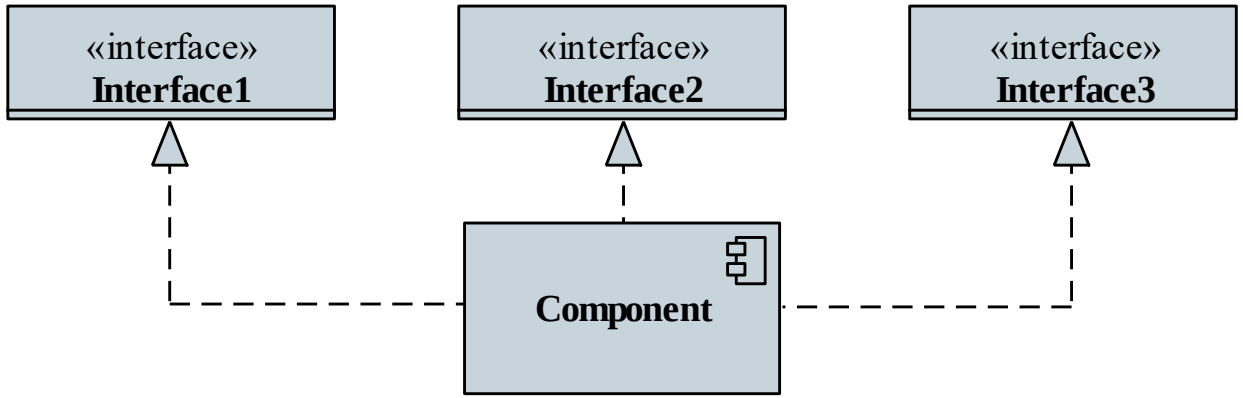
Példa

Tervezés (modell szerkezet):



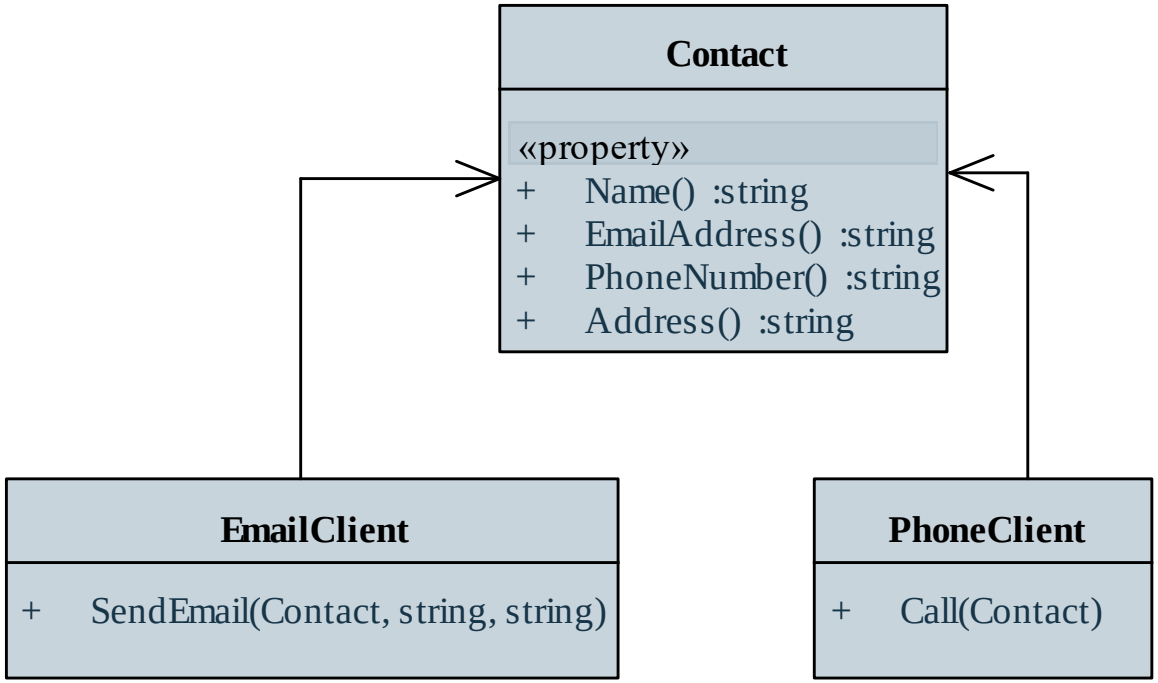
Interface segregation principle

- Az *Interface segregation principle* (ISP) szerint egy kliensnek sem szabad olyan interfésztől függenie, amelynek műveleteit nem használja
  - ezért az összetett interfészeket célszerű több, kliens specifikus interfészre felbontani, így azok csak a szükséges műveleteiket érhetik el
  - a műveletek megvalósításait továbbra is összeköthetjük



Interface segregation principle

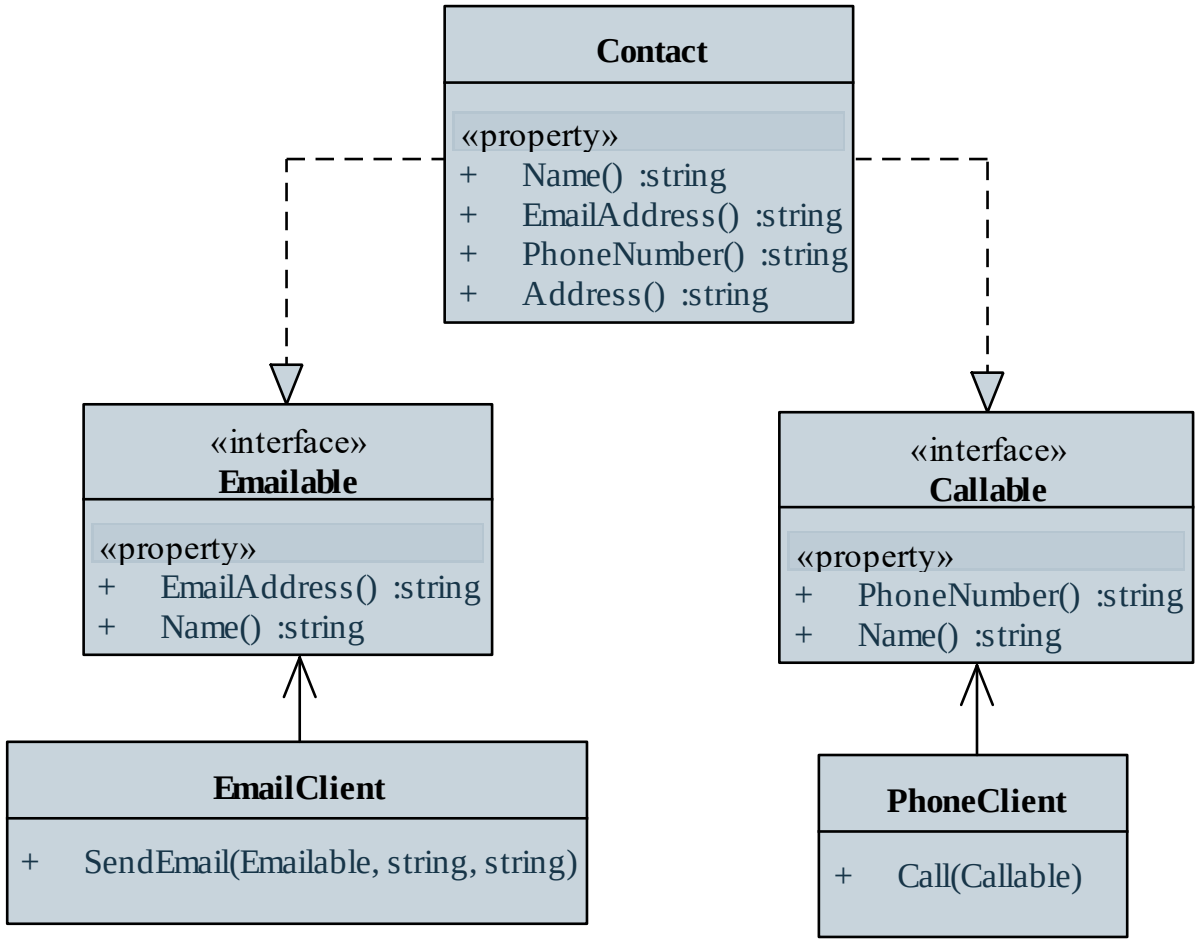
Példa: Modellezzünk egy névjegyet (**`Contact`**), ahol kliensek küldhetnek e-mailt (**`EmailClient`**), illetve hívhatják (**`PhoneClient`**) a címzettet az adatok alapján.



Interface segregation principle

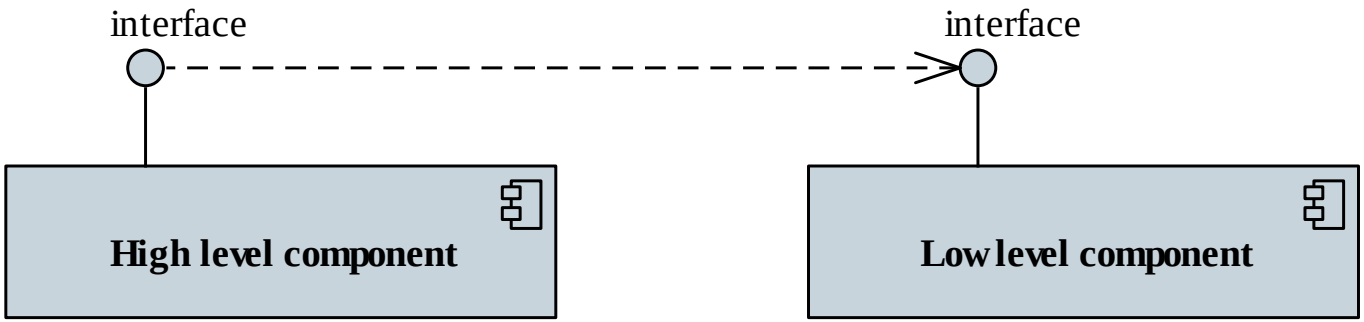
- mindkét kliens hozzáfér olyan információkhoz, amelyre nincs szüksége
- ha az email, vagy a telefonszám formátuma módosul, az kihatással lesz mindkét kliensre
- ha bármely kliens hatáskörét kiterjesztenénk további elemekre, akkor annak meg kell valósítania a névjegy minden tulajdonságát
- ezért célszerű kiemelni a két funkcionalitást külön interfészekbe (`Emailable`, `Callable`), így az egyes a kliensek csak a számukra szükséges funkcionalitást látják, a névjegy pedig megvalósítja az interfészeket

Interface segregation principle



Dependency inversion principle

- A *Dependency inversion principle* (DIP) a függőségek kezelésével szemben fogalmaz meg elvárás, amelynek értelmében:
  - magasabb szintű programegységek nem függhetnek alacsonyabb szintű programegységtől, mindkettőnek az absztrakciótól kell függenie
  - az absztrakció nem függhet a részletektől, a részletek függenek az absztrakciótól



Szoftver architektúrák alapvetései

Dependency inversion principle

- A DIP nagy fokú modularitást ad a programnak, mivel az absztrakció mentén bármely komponens megvalósítása könnyen cserélhetővé válik, így a függőségek könnyen módosíthatóak
  - különösen tesztelés során hasznos, mivel így a függőség könnyen kiváltható (*mocking*)
- A megvalósítás tekintetében:
  - az osztály mezői a konkrét osztályok helyett az absztrakció példányát tartalmazzák
  - a konkrét osztályok az absztrakció segítségével lépnek kapcsolatba egymással, a konkrét osztályok szükség esetén átalakíthatóak
  - szigorú esetben konkrét osztályokból nem örökölhetünk, és már megvalósított metódust nem definiálunk felül

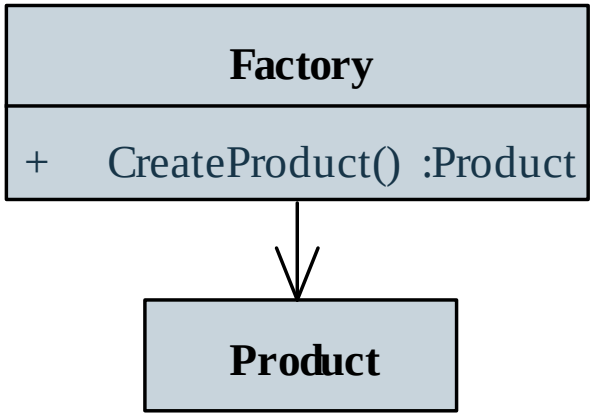
Dependency injection

- A végrehajtás során a maga szintű komponens (*kliens*) által használt alacsony szintű komponensnek (*szolgáltatás*) az adott helyzetnek megfelelő megvalósítását használjuk fel
  - erről általában nem dönthet sem a kliens, sem a szolgáltatás, mivel ők nem ismerik a körülményeket, ezért egy külső komponensnek kell megadnia a megvalósítást
  - így mind a magas szintű, mind az alacsony szintű programegységek példányosítása a külső programegység feladata, ezt nevezzük a *kontroll megfordításá*nak (*inversion of control*)
  - általános technikái: *gyártó* (*factory*), *szolgáltatáskereső* (*service locator*), *függőség befecskendezés* (*dependency injection*)

Szoftver architektúrák alapvetései

Factory

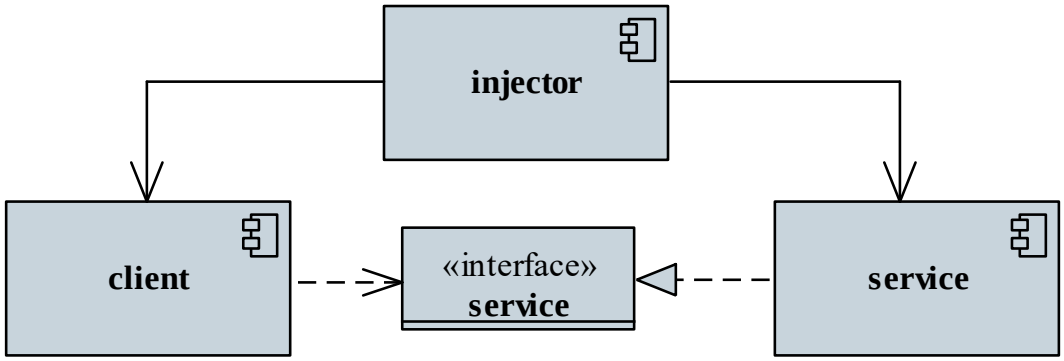
- A *gyártó* (*factory*) egy olyan objektum, amelynek feladata más objektumok előállítása műveletek segítségével
  - lehetőséget ad objektumok példányosításánál:
    - a konkrét példányosítandó típus kiválasztására
    - a példányosítással járó kódismétlés kiküszöbölésére
    - fel nem fedhető környezeti információk használatára



  - lehetővé teszi a konkrét legyártott típus cseréjét a *gyártó művelet* (*factory method*) és az *absztrakt gyártó* (*abstract factory*) segítségével

Dependency injection

- *Függőség befecskendezés* (*dependecy injection*, DI) esetén a kliens biztosít egy átadási pontot a szolgáltatás interfésze számára, ahol a végrehajtás során a szolgáltatás megvalósítását adhatjuk át
  - az átadási pont lehet: *konstruktor*, *metódus* (beállító művelet), *interfész* (a kliens megvalósítja a beállító műveletet)
  - a befecskendést végző komponens (*injector*) lehet egy felsőbb réteg, vagy a rétegződéstől független környezeti elem



Szoftver architektúrák alapvetései

Dependency injection

- Pl. :

```
interface IService // szolgáltatás interfésze
{
   Double Compute(Double value);
}
…
class LogService : IService
   // a szolgáltatás egy megvalósítása
{
   public Double Compute(Double value) {
      return Math.Log(value);
   }
}
```

Szoftver architektúrák alapvetései

Dependency injection

- Pl. :

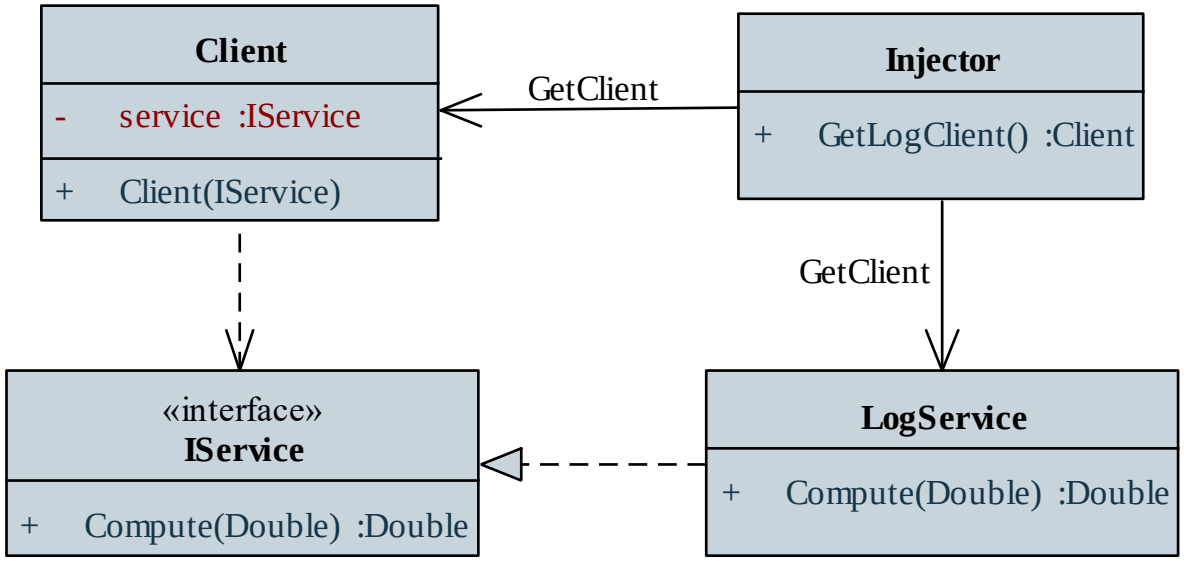
```
class Client { // kliens
    private IService service; // függőség

    public Client(IService s) {
        this.service = s;
    } // konstruktor befecskendezés

    public void Execute() {
        …
        v = this.service.Compute(v); // felhasználás
        …
    }
}
```

Szoftver architektúrák alapvetései

Dependency injection

- Pl. :

```
class Injector { // befecskendező
    public Client GetLogClient() {
        return new Client(new LogService());
    }
}
```



Szoftver architektúrák alapvetései

Példa

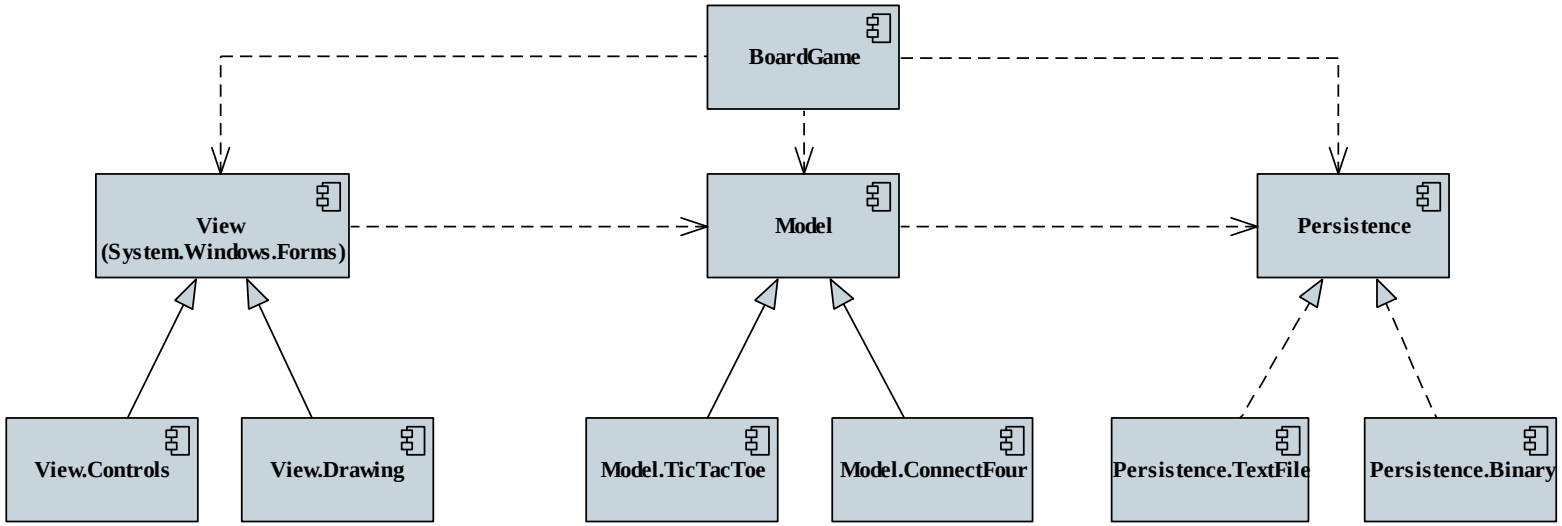
Feladat: Készítsünk egy táblajáték programot, amelyben két játékos küzdhet egymás ellen.

- emeljük ki a nézet és a perzisztencia absztrakcióját, és adjunk alternatív megvalósításokat
  - vezérlő alapú felület (**`ControlsForm`**), rajzolt felület (**`DrawingForm`**)
  - szöveges fájl perzisztencia (**`TextFilePersistence`**), bináris fájl perzisztencia (**`BinaryFilePersistence`**)
- az absztrakció mentén újabb komponenseket emelhetünk ki, így minden réteg tekintetében moduláris lesz az alkalmazás
  - a fő komponens (**`BoardGame`**) csak a belépési pontot definiálja, és elvégzi a függőségek befecskendezését

Szoftver architektúrák alapvetései

Példa

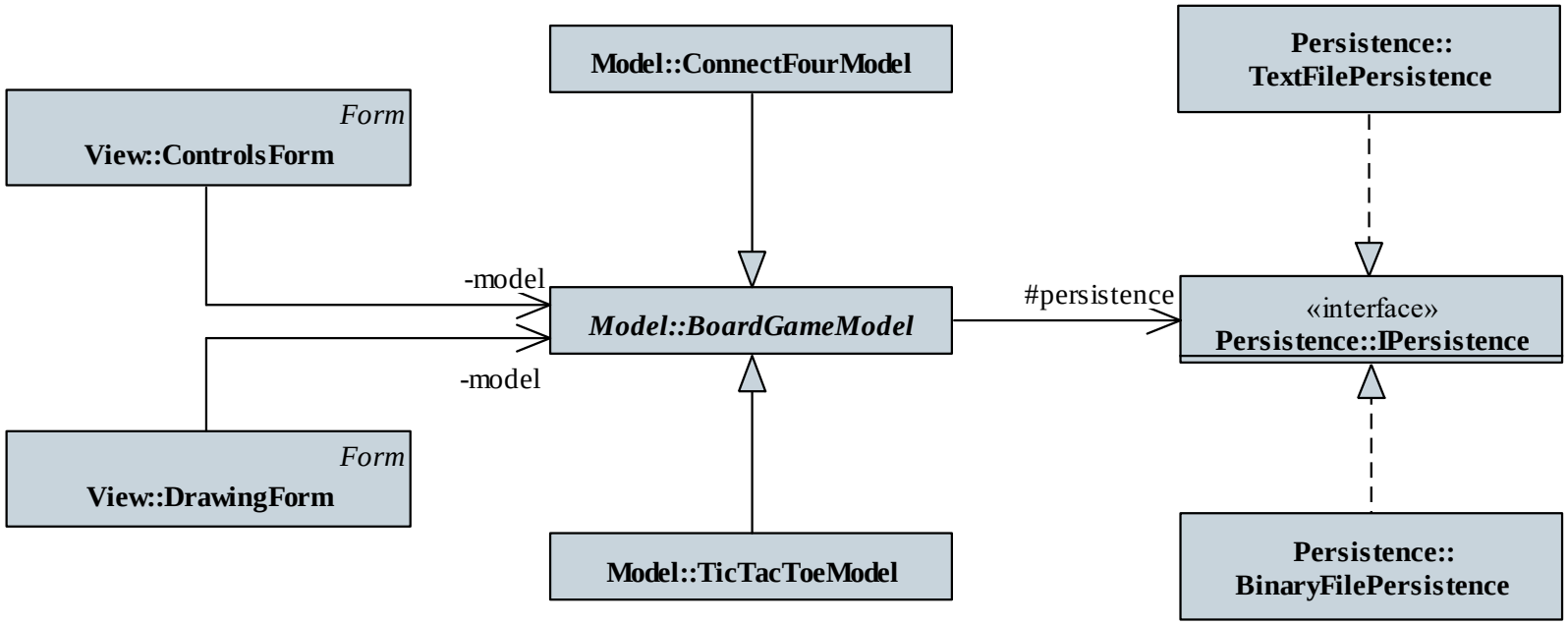
Tervezés (komponensek):



Szoftver architektúrák alapvetései

Példa

Tervezés (szerkezet):



Szoftver architektúrák alapvetései

Inversion of Control container

- Az *IoC tároló* (*Inversion of Control container*) egy függőségekkel rendelkező szolgáltatások tárolására alkalmas komponens
  - a típusokat (elsősorban) interfész alapján azonosítja, és az interfészhez csatolja a megvalósító osztályt
  - a tárolóba történő regisztrációkor (**`Register`**) megadjuk a szolgáltatás interfészét és megvalósításának típusát (vagy példányát)
  - a szolgáltatást interfész alapján kérjük le (**`Resolve`**), ekkor példányosul a szolgáltatás
    - amennyiben a szolgáltatásnak függősége van, a tároló azt is példányosítja

Szoftver architektúrák alapvetései

Inversion of Control container

- Pl. :

```
interface IVisualization {
    void PrintComputation();
}

class ConsoleVisualization : IVisualization {
    private IService service; // függőség

    public ConsoleVisualization(IService s) {
        this.service = s;
    } // konstruktor befecskendezés

    public void PrintComputation() { … }
}
```

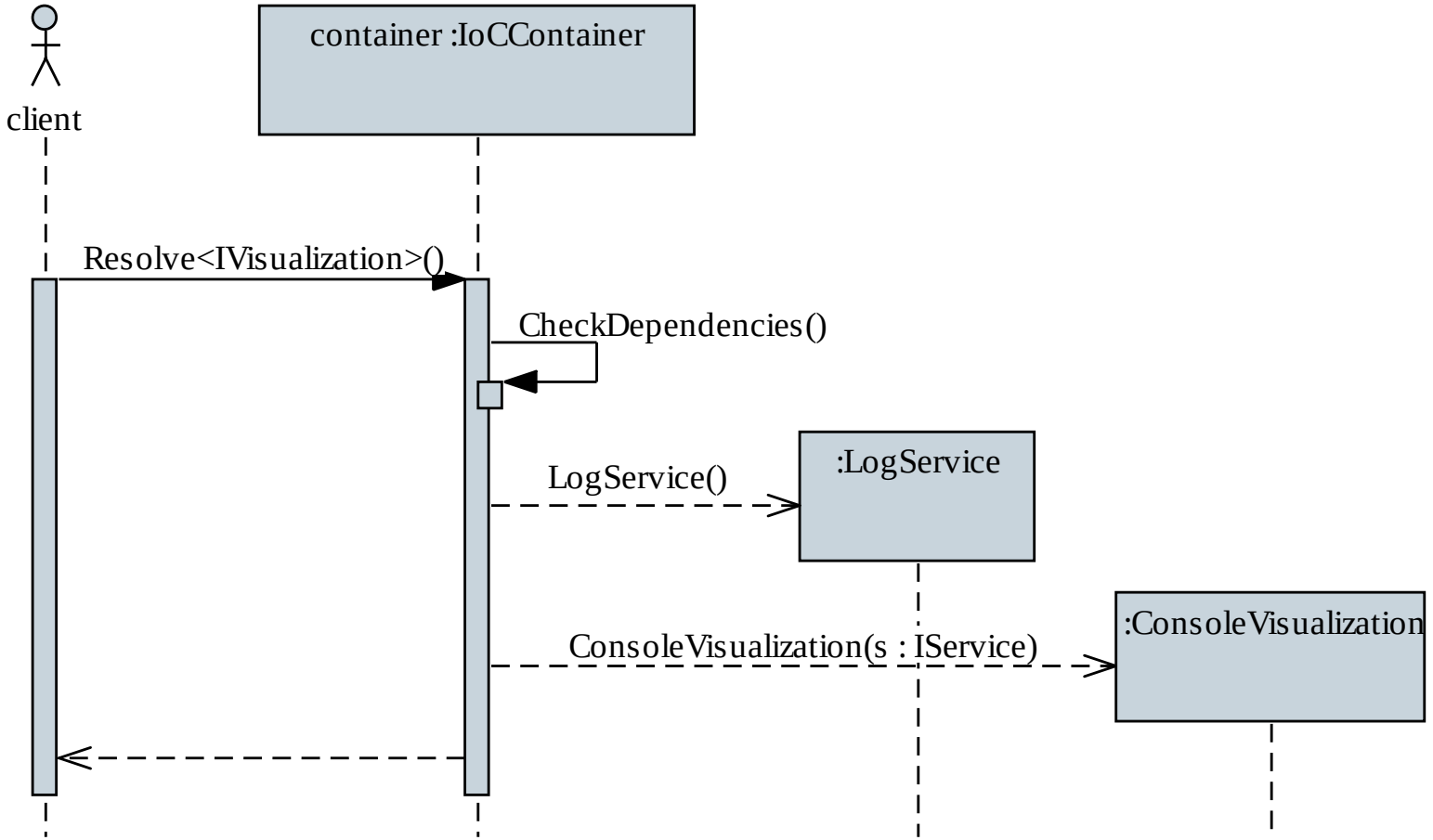
Inversion of Control container

- Pl. :

```
Container container = new Container();
   // tároló példányosítása

container.Register<IService, LogService>();
container.Register<IVisualization,
                   ConsoleVisualization>();
   // szolgáltatások regisztrációja

IVisualization visualization =
   container.Resolve<IVisualization>();
   // szolgáltatás lekérése (példányosítással)
   // egy ConsoleVisualization példányt, és benne
   // egy LogService példányt kapunk vissza
```

Szoftver architektúrák alapvetései

Inversion of Control container



Szoftver architektúrák alapvetései

Inversion of Control container

- A *Unity* programcsomag egy általánosan használható IoC tárolót biztosít, amely lehetővé teszi a regisztráció konfigurációs fájlban történő elvégzését, pl.:

```
<configuration>
      …
  <unity …>
     <container>
        <register type="IService"
                  mapTo="LogService" />
        …
     </container>
  </unity>
</configuration>
```

Inversion of Control container

- Előnyei:
  - lehetőséget ad szolgáltatások dinamikus időben történő specifikálására, így a futtatás optimalizálására és a megvalósítások cseréjére
- Hátrányai:
  - a szolgáltatások dinamikus betöltése, példányosítása ronthatja a teljesítményt, és futási idejű hibákhoz vezethet, mivel nem ismert előre minden függőség (*Service Locator antipattern*)
  - biztonsági kockázatot jelenthet, mivel megengedi a kód befecskendezést
  - újabb függőséget jelent a kliensek számára