

Oblikovni obrasci u programiranju

Načela programskog oblikovanja

Siniša Šegvić

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet elektrotehnike i računarstva

Zavod za elektroniku, mikroelektroniku
računalne i inteligentne sustave

SADRŽAJ

Načela programskog oblikovanja

- **Simptomi:** urušavanje kvalitete programa
- **Primjer:** problem i rješenje
- **Tehnike:** pregled dijagrama i tehnika programiranja
- Načela **logičkog** oblikovanja
- Načela **fizičkog** oblikovanja
- **Zaključak**

PROBLEM: UZROCI

Vidjeli smo da organizacija određuje **dinamička svojstva** programa, odnosno sposobnost projekta za **održivi razvoj**

Zašto je teško program organizirati kako treba ``isprve"?

- početni zahtjevi često su nepotpuni i pogrešni (slabo početno znanje o domeni)
- zahtjevi se **mijenjaju**, posebno ako je program popularan (živimo u dinamičnom svijetu)

Rješenje: organizaciju postupno usklađivati sa saznanjima o domeni

- konstruktivnije raditi na rješenju nego tražiti krivicu

Programsko oblikovanje svodi se na traženje brzih i odgovarajućih odgovora na promijenjene okolnosti

- dugoročno planiranje pali samo u kontroliranim uvjetima
- u stvarnom svijetu neprestano ulazimo u nepredviđene situacije

PROBLEM: SIMPTOMI

Koji su **simptomi** programa koji propada, urušava se, ili je naprosto neprikladno organiziran [Martin04]?

- **krutost** (engl. rigidity): teško nadograđivanje, promjene rezultiraju domino efektom
- **krhkost** (engl. fragility): lako unošenje suptilnih grešaka
- **nepokretnost** (engl. immobility): teško višestruko korištenje
- **viskoznost** (ili trenje, engl. viscosity): **sklonost** k slabljenju integriteta programa
(uslijed pretjerane složenosti, ponavljanja, ...)

PROBLEM: KRUTOST

Kada je programski sustav **krut**?

- program je teško promijeniti čak i na jednostavne načine, jer svaka promjena zahtijeva nove promjene (domino-efekt)
 - najčešće uslijed dugog lanca **eksplicitne** ovisnosti:
 - ◇ A ovisi o B, B ovisi o C, ..., Y ovisi o Z
 - ◇ promjena u Z se može propagirati sve do A
 - sitna ``poludnevna" intervencija može se pretvoriti u višednevni maraton istitravanja promjene kroz sustav
- Posljedica: **strah** od ispravljanja problema koji nisu kritični
 - može doći do pozitivne povratne veze:
krutost → izbjegavanje promjene → još veća krutost
- Protiv krutosti se obično borimo kraćenjem lanca ovisnosti primjenom **apstrakcije** i **enkapsulacije**

PROBLEM: KRHKOST

Kada je programski sustav **krhak**?

- tendencija programa da "puca" nakon promjena:
 - uzrok: **implicitna** međuovisnost uslijed **ponavljanja** (zalihosti)

```
//line.hpp
struct LineSegment{
    double x1;
    double y1;
    double x2,
    double y2;
    double len;
};

// client code:
LineSegment l;
l.x1=35;
l.y1=25;
l.x2=45;
l.y2=50;
// ouch, forgot to set len...
```

- Komponenta `LineSegment` je krhka, jer tko god promijeni `x1` itd. mora se sjetiti promijeniti i `len` (`len` je mogao nastati i naknadno!)
 - **jedna** konceptualna izmjena mora se unijeti na **više** mjesta
 - propusti rezultiraju suptilnim greškama koje je teško pronaći

Moguća (vjerojatna) posljedica: cjelodnevni bubolov.

PROBLEM: KRHKOST (2)

Vidjeli smo da krhke komponente olakšavaju unošenje suptilnih bugova koje statička analiza ne može pronaći.

Krhkost se obično javlja uslijed **ponavljanja**: u prethodnom primjeru duljina dužine sadržana implicitno u x_1, y_1, x_2, y_2 te eksplicitno u len .

Uzroci ponavljanja u izvornom kôdu:

- "neizbježno" (jezik, heterogenost, komentari, dokumentacija)
- nepažljivost ili nestrpljivost (jačaju s ostalim simptomima)
- neusklađenost razvojnog tima (komunikacija!)

Krhkost jača krutost (Y2K fijasko, 3e11 USD)

Pozitivna povratna veza ponovo evoluciju čini teškom
krhkost, krutost → izbjegavanje promjene → veća krhkost, krutost

PROBLEM: NEPOKRETNOST

Nepokretnost programskog sustava:

- otežano višekratno korištenje razvijene funkcionalnosti
 - lakše napisati novi kôd nego koristiti postojeći
- komponente se pišu iznova, umjesto evolucije kroz ponovno korištenje
- čest uzrok: pretjerana međuovisnost zbog neadekvatnih sučelja i neadekvatne razdiobe funkcionalnosti po komponentama
 - nesuđeni novi korisnik otkriva da postojeći modul ima previše ``prtljage" koju nije lako eliminirati
 - takav primjer predstavlja i razred `Image` (vidi uvodno predavanje) zbog ovisnosti o `libAcmeTiff`
- nepokretnost potiče **ponavljanje**, odnosno krhkost i krutost

PROBLEM: NEPOKRETNOST, NPR

```
// Shape.hpp
class Shape{
    ...
}

// MyVector.hpp
class MyVector{
public:
    MyVector(int i);
    Shape* operator[](int i);
    ...
private:
    Shape* data;
};

//Triangle.hpp
class Triangle:
    public Shape
{
    // ...
};

// client code:
// ...
MyVector X(3);
X[0]=new Triangle; // OK
X[1]=new std::string("burek"); //error!
// MyVector does not work for classes
// which do not derive from Shape
```

Polimorfni vektori u C++-u nisu najsretnije rješenje.

- C++ taj problem rješava predlošcima
- Java: zajednički osnovni tip svih objekata
- Python: implicitno tipiziranje (engl. strong dynamic typing)

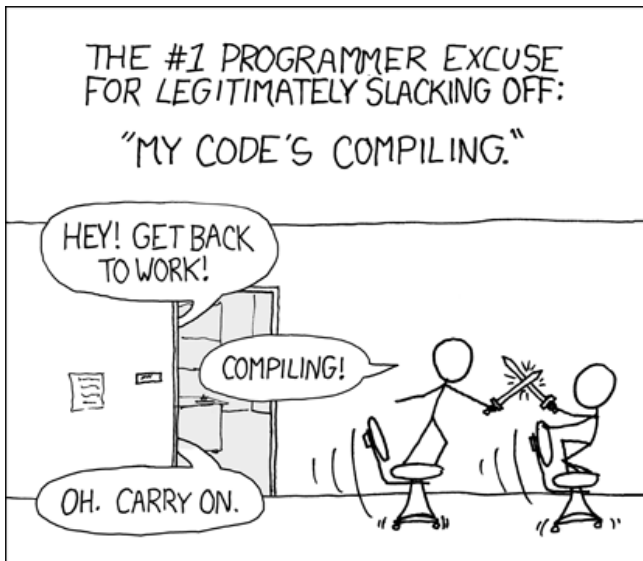
PROBLEM: VISKOZNOST

Programski sustav je **viskozan** kad ga je teško nadograđivati uz očuvanje konceptualnog integriteta programa.

Javljaju se dvije vrste viskoznosti (trenja):

- **viskoznost programske organizacije:** nadogradnje koje čuvaju integritet zahtijevaju puno manualnog rada ili nisu očite
 - promjene je teško unijeti u skladu s originalnom zamisli
 - novu funkcionalnost je lakše dodati na dugoročno loš način
- **viskoznost razvojnog procesa:** spora, neefikasna razvojna okolina
 - npr. komplicirani sustav za verziranje implicira rjeđe sinkronizacije kôda te kasnije otkrivanje problema u vezi s integracijom
 - npr. sporo prevođenje pospješuje unošenje ``zakrpa'' umjesto primjerenog održavanja organizacije

PROBLEM: VISKOZNOST PROCESA



<http://xkcd.com/303/>

PROBLEM: VISKOZNOST ORGANIZACIJE, NPR

Tipičan kôd koji koristi Windows API:

```
for (DWORD i=0; i<dwInputCount; i++){
    if (FAILED(m_pWMWriter->GetInputProps(i,&pInputProps))){
        SetErrorMessage("Unable to GetInput Properties");
        goto TerminateConstructor;
    }
    if (FAILED(pInputProps->GetType(&guidInputType))){
        SetErrorMessage("Unable to Get Input Property Type");
        goto TerminateConstructor;
    }
    if (guidInputType==WMMEDIATYPE_Video){
        m_pVideoProps=pInputProps;
        m_dwVideoInput=i;
        break;
    }
    else{
        pInputProps->Release();
        pInputProps=NULL;
    }
}
```

PROBLEM: VISKOZNOST ORGANIZACIJE, NPR

Dojava grešaka preko povratne vrijednosti pospješuje viskoznost:

- od silnih provjeravanja ne vidimo što program radi!
- ekvivalentni kôd s iznimkama:

```
for i in range(input_count):
    input_props = writer.get_input_props(i)
    if input_props.get_type() == "video":
        self.video_props=input_props
        self.video_index=i
        break
```

Vraćanje stvorenih objekata preko golih pokazivača (u jezicima bez automatskog rukovanja memorijom) pospješuje viskoznost i krhkost:

- nakon `GetInputProps` moramo se sjetiti pozvati `Release`
- `new/delete`, `malloc/free`, considered harmful in client code
 - RAI (C++), rukovatelji konteksta (Python)

PROBLEM: SAŽETAK

Zajednički nazivnik **patologije**:

- zbog neadekvatnog oblikovanja ili izmijenjenih zahtjeva dolazi do degradiranja organizacije:
 - neželjene **međuvisnosti** komponenata ili funkcionalnosti
 - **ponavljanje** u implementaciji ili organizaciji
 - otežano **prenošenje** komponente u druge projekte
 - otežano očuvanje **integriteta** programa
- degradacija organizacije uzrokuje otežanu evoluciju programa
- loša organizacija → slaba evolucija → loša organizacija → ...

Specifični primjeri patologije (anti-obrasci):

- **potpuna međuvisnost**: ``spaghetti code``
- **proizvoljna odgovornost**: ``Swiss-Army Knife``
- **potpuna nepokretnost**: ``reinvent the wheel``

PROBLEM: ŽIVO BLATO

Spirala smrti programskog projekta:

loša organizacija → slaba evolucija → loša organizacija → ...

Takvi programski projekti proživljavaju iskustvo koje se može usporediti s živim blatom [brooks95tmmm]



Recept za spas: redovno prilagođavati organizaciju znanju o domeni u skladu s **načelima oblikovanja**

- vidjet ćemo da se to u mnogome svodi na ograničavanje međuovisnosti komponenata.

PRIMJER

Pretpostavimo da pišemo korisnički program koji obrađuje video...

U prvoj fazi, testiramo tehnike za pretprocesiranje slike

Treba nam petlja u kojoj ćemo:

- pribaviti sliku iz digitalizatora
- obraditi sliku u prikladnim algoritmom
- iscrtati obrađenu sliku u stvarnom vremenu

PRIMJER: v1

Zamišljena petlja obrade slike:

```
void mainLoop(){
    ...
    while(1){
        img_wrap image;

        // pribavljamo sliku iz u-i medusklopa...
        grabber.getFrame(image);

        // obradujemo je...
        myAlgorithm.process(image);

        // ... i iscrtavamo rezultate
        img_wrap& imgDst=myAlgorithm.imgDst()
        window.putFrame(imgDst);
    }
}
```

Ali, kako to već biva, poslije je ispalo da bi bilo korisno da slike možemo učítavati i s diska...

PRIMJER: V2

Nakon omogućavanja čitanja slika s diska:

```
enum EVSource{VSFile,VSGrab}
...
void mainLoop(EVSource myVS){
    while(1){
        img_wrap image;
        switch(myVS){
            case VSFile:
                file.getFrame(image);
                break;
            case VSGrab:
                grabber.getFrame(image);
                break;
        }
        myAlgorithm.process(image);
        window.putFrame(myAlgorithm.imgDst());
    }
}
```

Međutim, sad vidimo da bi bilo dobro moći spremiti i obrađene slike...

PRIMJER: V3

Nakon omogućavanja upisa rezultata na disk:

```
enum EVSource{VSFile,VSGrab}
enum EVDest{VDFile,VDWindow}
...
void mainLoop(EVSource myVS, EVDest myVD){
    while(1){
        img_wrap image;
        switch(myVS){
            ...
        }
        myAlgorithm.process(image);
        switch(myVD){
        case VDFile:
            file2.putFrame(myAlgorithm.imgDst());
            break;
        case VDWindow:
            window.putFrame(myAlgorithm.imgDst());
            break;
        }
    }
}
```

Cool :-)

PRIMJER: v4?

Međutim, sad bismo htjeli još i različite postupke obrade...

...i različite digitalizatore...

...i različite formate ulaznih slika...

...i prikaz međuslika u postupku obrade...

...moramo stvarati sve objekte za pribavljanje slike
(iako koristimo samo jednog) ...

```
// v4?????  
enum EVSource{VSFileAVI,VSFileBMP,... , VSNet,  
              VSGrabComet,VSGrab1394,VSGrabMCI}  
enum EVDest{VDFileAvi,..., VDWindow,VDNet}  
enum EAlgorithm{AlgFColour,AlgFMotion,AlgFSkin,...}  
void mainLoop(EVSource myVS, EVDest myVD,  
              EAlgorithm alg){  
    ...  
}
```

PRIMJER: v4??

Vrlo brzo smo došli do situacije u kojoj program nije moguće lako nadograđivati

Verzija v4 je kruta, viskozna i nepokretna

Ali kako se to dogodilo da od elegantne v1 dođemo do nespretne i glomazne v4?

Promijenili su se zahtjevi!

- veza između programske organizacije i termodinamike: nered uvijek raste

Što ćemo sad?

Naravno, prekrojiti organizaciju (uskladiti je sa znanjem o domeni).

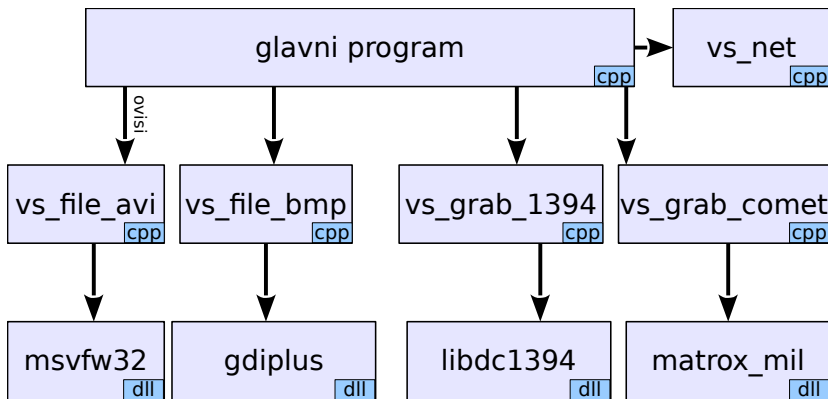
PRIMJER: v5

Nova petlja koristi (dinamički) **polimorfizam**, i u potpunosti je neovisna o konkretnom pribavljanju, obradi i spremanju slika:

```
#include "vs_base.hpp" // video source (getFrame)
#include "vd_base.hpp" // video destination (putFrame)
#include "alg_base.hpp" // image processing algorithm (process)
...
void mainLoop(vs_base& vs, alg_base& algorithm, vd_base& vd){
    std::vector<vd_win> vdWins(algorithm.nDst());
    while(!vs.eof()){
        img_wrap image;
        vs.getFrame(image);
        algorithm.process(image);
        for (int i=0; i<algorithm.nDst(); ++i){
            vdWins[i].putFrame(algorithm.imgDst(i));
        }
        vd.putFrame(algorithm.imgDst(0));
    }
}
```

PRIMJER: DIJAGRAM V3

Početna organizacija: **puno** komponenta o kojima mnogo toga **ovisi**
(A ovisi o B ako se A ne može testirati bez B)

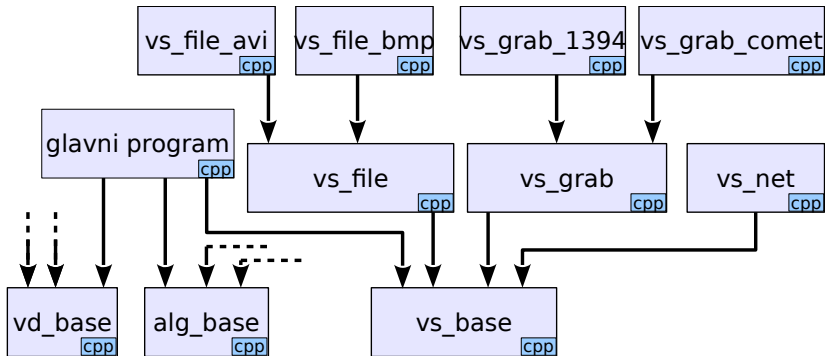


Odabir "tehnoloških" komponenti **utječe** na glavni program

Glavna komponenta ne može se ni **testirati** bez <comet.h>!
(nepokretnost, vendor lock-in anti pattern)

PRIMJER: DIJAGRAM v5

Poboljšana organizacija: puno više **neovisnih** komponentata



Sada možemo širiti funkcionalnost **bez prevođenja** glavne komponente

Ovisnost usmjerena od složenog prema apstraktnom (**važna ideja!**)

Smanjen pritisak ovisnosti na glavni dio programa

TEHNIKE

Cilj nastavne cjeline: kratki pregled tehnika i metoda za razvoj većih programskih sustava

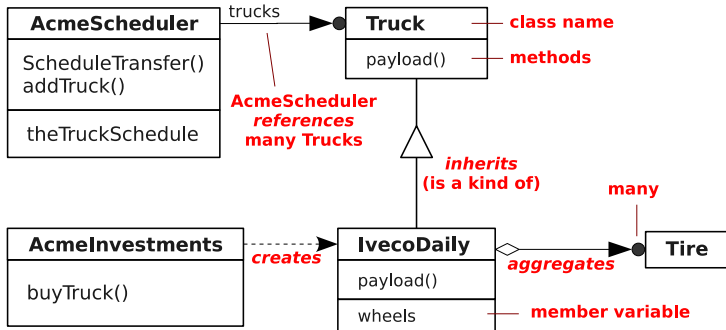
Malo terminologije:

- **logičko** vs. **fizičko** oblikovanje:
 - logičko oblikovanje -- elementi programskog jezika (**moduli**: **razredi** i **funkcije**)
 - fizičko oblikovanje -- raspodjela funkcionalnosti po datotekama
 - ◇ **komponenta** je temeljna jedinica: sastoji se od sučelja (.hpp) i implementacije (.cpp, .lib, .a, .dll, .so)
 - ◇ komponenta sadrži jednu ili više logičkih jedinica
 - ◇ komponenta: temeljna jedinica pri **verziranju** i **testiranju**!
 - do dobre organizacije dolazimo pažljivim logičkim i fizičkim oblikovanjem

TEHNIKE: GoF OMT

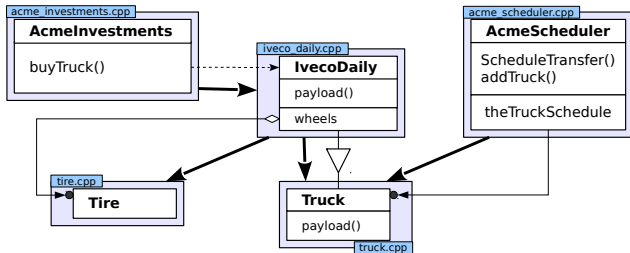
OMT (Object Modelling Technique, 1991): jezik (!) za modeliranje programske podrške (jednostavniji prethodnik UML-a)

Koristimo pojednostavljene dijagrame razreda za opis **logičkih** odnosa: izvodi (nasljeđuje), referencira, sadrži, stvara, ...



TEHNIKE: LAKOS96

OMT ne može prikazati odnose u fizičkom oblikovanju pa uvodimo hibridnu notaciju iz knjige [Lakos96]:



Komponente fizičkog oblikovanja (datoteke izvornog kôda, .cpp, .c, itd.) prikazujemo sivim pravokutnicima.

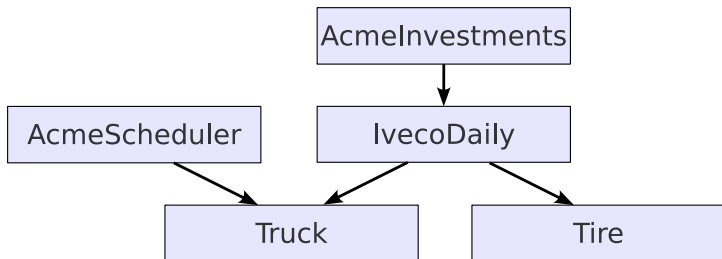
Veze između sivih pravokutnika opisuju **ovisnost** komponenata

- A ovisi o B ako se A ne može prevesti i ispitati bez B
- ako A koristi lokalnu varijablu tipa B, taj odnos neće utjecati na logički dijagram nego samo na fizički.

TEHNIKE: LAKOS96 (2)

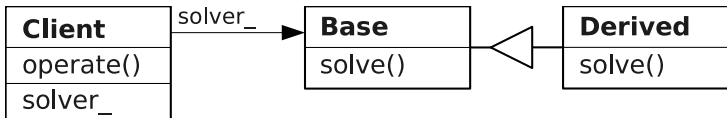
Fokusiranje na **fizičko** oblikovanje pruža vrlo jasan uvid u međusobnu ovisnost komponentata.

Ovisnost komponentata je ključna relacija pri testiranju i ponovnom korištenju komponentata



TEHNIKE: DINAMIČKI POLIMORFIZAM

Promotrimo osnovni idiom OO oblikovanja (povjeravanje, delegiranje):



- `Client` delegira dio svog posla metodi `solve` apstaktnog razreda `Base`
- `Client` pozna `Base`, ali ne pozna `Derived`
- objekt tipa `Client` poziva metode razreda o kojem ne ovisi!

Za poziv `solver_.solve()` kažemo da je **polimorfan** jer odredište u trenutku pisanja programa **nije poznato**

- preciznije, radi se o **dinamičkom polimorfizmu** jer odredište postaje poznato tek u trenutku izvođenja
- polimorfizam je ključni koncept OO oblikovanja

TEHNIKE: DINAMIČKI POLIMORFIZAM U C++-U

Izvedimo minimalni OO idiom u C++-u

- koristimo C++ zbog sljedećih didaktičkih prednosti
 - omogućava usporedbu virtualnih i ne-virtualnih metoda
 - možemo ga usporediti s C-om i tako vidjeti prednosti OO dizajna
 - prevodi se u strojni kod koji možemo analizirati
- koristit ćemo minimalni podskup C++-a
 - kasnije ćemo pokazati i minimalni podskup predložaka

TEHNIKE: DINAMIČKI POLIMORFIZAM U C++-U (2)

Pokažimo za početak sučelje i implementaciju komponente `Client`

- može se odvojeno prevesti s `g++ -c client.cpp`

```
//==== client.hpp
class Base;

class Client{
    Base& solver_;
public:
    Client(Base& b);
    void operate();
};
.
```

```
//==== client.cpp
#include "base.hpp"
#include "client.hpp"
#include <iostream>

Client::Client(Base& b):
    solver_(b) {}

void Client::operate(){
    std::cout << solver_.solve() << "\n";
}
```

TEHNIKE: DINAMIČKI POLIMORFIZAM U C++-U (3)

Razred `Base` definira čistu virtualnu metodu `solve` i prazni destruktor

Razred `Derived` nasljeđuje razred `Base` i definira virtualnu metodu `solve`.

```
//==== base.hpp
class Base{
public:
    virtual ~Base();
    virtual int solve()=0;
};
```

```
//==== base.cpp
#include "base.hpp"
```

```
Base::~Base(){}
.
```

```
//==== derived.hpp
#include "base.hpp"
```

```
class Derived:
    public Base
{
public:
    virtual int solve();
};
```

```
//==== derived.cpp
#include "derived.hpp"
```

```
int Derived::solve(){
    return 42;
}
```


TEHNIKE: DINAMIČKI POLIMORFIZAM U C++-U (4)

Komponenta `test.cpp` sadrži glavni program koji:

- instancira objekt tipa `Derived` i naziva ga `d`
- instancira objekt tipa `Client`, naziva ga `c` te mu u konstruktor šalje `d`
- poziva metodu `operate` nad objektom `c`

```
//==== test.cpp
#include "client.hpp"
#include "derived.hpp"

int main(){
    Derived d;
    Client c(d);
    c.operate();
}
```

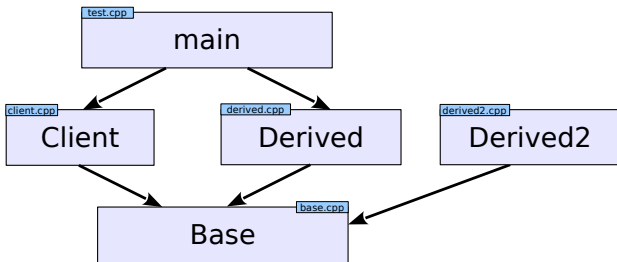
Cjelokupni izvorni kod možete prevesti s

`g++ test.cpp client.cpp derived.cpp base.cpp`

Izvršni kod možete pokrenuti s `./a.out`

TEHNIKE: DINAMIČKI POLIMORFIZAM - FIZIČKI POGLED

Fizička organizacija prethodnog primjera:



Ako vam se ovo čini prebanalno, razmotrite supstituciju:

- Client → FirefoxRenderer
- Base → ExtensionInterface
- Derived → ExtensionJava
- Derived2 → ExtensionH264

TEHNIKE: C++ VS C

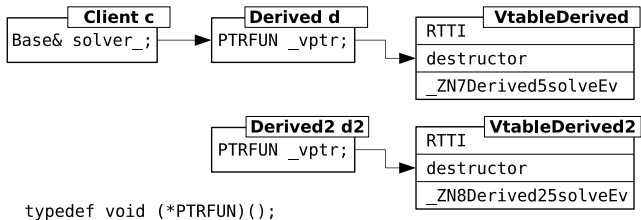
Demistificirani **objektni model** C++-a [Lippman96]:

Što se događa kod poziva `c.operate()`?

- `_ZN6Client7operateEv(&c);`

Što se događa kod poziva `solver_.solve()`?

- `(solver_.vptr[1])(&solver_);`



Gdje pročitati više:

Stan Lippman: Inside the C++ object model

<https://itanium-cxx-abi.github.io/cxx-abi/cxx-vtable-ex.html>

TEHNIKE: DP, C++

Zadan je razred A u C++-u s dvije virtualne funkcije i jednim podatkovnim članom tipa `int`. Koliko će mjesta na stogu 32-bitne arhitekture zauzeti lokalno polje od 100 objekata tipa A?

Dinamički polimorfizam u C-u može se ostvariti:

- dinamički polimorfizam u C-u nije moguće ostvariti
- korištenjem tablice pokazivača na funkcije
- korištenjem pretprocesorskih makroa
- pozivanjem regularnih funkcija C-a
- korištenjem vanjskih biblioteka

TEHNIKE: PYTHON

And now for something completely different:

```
class Base:
    def solve(self):
        return -1

class Derived(Base):
    def solve(self):
        return 42

class NonDerived:
    def solve(self):
        return 0

class Client:
    def __init__(self, solver):
        self.solver_ = solver
    def operate(self):
        print(self.solver_.solve())

# this works as expected:
d = Derived()
c = Client(d)
c.operate()

# this also works (duck typing!):
c2 = Client(NonDerived()); c2.operate()
```

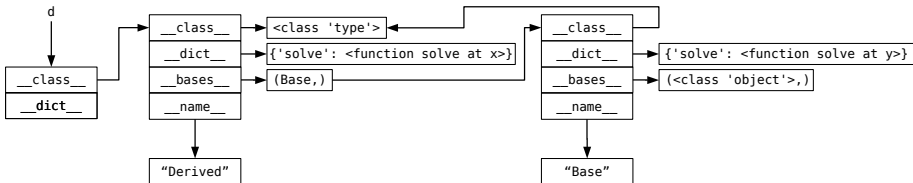
Što se događa kod prvog poziva `solve()`?

- asocijativni pristup rječniku objekta `d`
- u slučaju neuspjeha, asocijativni pristup rječniku razreda `Derived`
- u slučaju neuspjeha, asocijativni pristup rječniku roditelja (`Base`)

Vidimo da poziv metode može rezultirati prozivanjem `n` rječnika!

TEHNIKE: PYTHON (2)

Objektni model Pythona: prikaz objekta d razreda Derived:



```
>>> type(c)
<class 'Client'>
>>> c.__class__.__name__
'Client'
>>> d.__class__.__name__
'Derived'
>>> d.__class__.__bases__
(<class 'Base'>,)
>>> d.__class__.__class__
<class 'type'>
>>> d.__class__.__dict__['solve'](d)
42
>>> d.__class__.__bases__[0].__dict__['solve'](d)
-1
```

TEHNIKE: PYTHON VS C++, JAVA

Prednosti u odnosu na prozivanje virtualnih tablica:

- fleksibilnija primjena (duck typing)
- mogućnost dodavanja metoda tijekom izvođenja (!)

```
class Cat:                                # dodavanje metode razredu
    def greet(self):                       Cat.action=action
        print("mijau!")                   ofelija.action()
    def hit(self):                          # mijau! cap!
        print("cap!")

def action(cat):                           # dodavanje metode objektu
    cat.greet()                             from types import MethodType
    cat.hit()                               m = MethodType(action, ofelija)
                                           ofelija.act = m
ofelija = Cat()                             ofelija.act()
action(ofelija)                             # mijau! cap!
```

TEHNIKE: PYTHON VS C++, JAVA (2)

Nedostatci u odnosu na prozivanje virtualnih tablica:

- sporije izvođenje (zbog pretraživanja stabla nasljeđivanja), ali:
 - brzina poziva se poboljšava cacheiranjem i JIT-om
- virtualne metode također nisu besplatne:
 - povećavaju memorijski otisak polimorfnih objekata
 - onemogućuju **ugrađivanje** (eng. inline) funkcijskih poziva!

Postoji li polimorfizam koji je jednako brz kao i ožičeni poziv?

- ako odustanemo od polimorfности izvršnog koda, možemo spojiti Pythonsku fleksibilnost i brzinu C-a
- statički polimorfizam, predložci u C++-u

TEHNIKE: PREDLOŠCI

Statički polimorfizam: odluku o odredištu poziva povjeriti prevoditelju

Primjer: funkcijski predložak `action` parametriziramo razredom `Animal`:

```
class Cat{
public:
    void greet(){
        std::cout <<"mijau\n";
    }

    void hit(){
        std::cout <<"cap!\n";
    }
};

template <typename Animal>
void action(Animal& a){
    a.greet();
    a.hit();
}

int main(){
    Cat branka;
    action<Cat>(branka);
}
```

Predložak možemo pozvati s objektom (skoro) **proizvoljnog** razreda

Jedini zahtjev na parametar predloška je da ima metode `greet` i `hit`!

Nedostatak: magija funkcionira samo unutar granica jedinice prevođenja

- izmjena parametra predloška zahtijeva novo prevođenje

TEHNIKE: PREDLOŠCI (2)

Uvodni primjer izveden statičkim polimorfizmom:

```
//==== client.hpp
template <typename Solver>
class Client{
public:
    Client(Solver &s);
    void operate();
    Solver& solver_;
};

template <typename Solver>
Client<Solver>::Client(Solver &s):
    solver_(s){}

template <typename Solver>
void Client<Solver>::operate(){
    std::cout << solver_.solve()
        << "\n";
}
```

```
//==== mysolver.hpp
class MySolver{
public :
    int solve();
};

//==== mysolver.cpp
int MySolver::solve(){
    return 42;
}

//==== test.cpp
int main (){
    MySolver s;
    Client<MySolver> c(s);
    c.operate();
}
```

Jedini zahtjev na parametar predložka je da ima metodu `solve!`

TEHNIKE: PREDLOŠCI (3)

Predložci: proširena gramatika za parametriziranje funkcija i razreda

```
#include <iostream>

template <class T>
inline T mymax(T x, T y) {
    if (x < y) return y;
    else return x;
}

int main(){
    std::cout <<mymax(3, 7) <<","
               <<mymax(std::string("alpha"), std::string("beta")) <<","
               <<mymax(3.1, 7.1) <<"\n";
}
```

Prikazani kôd generira **tri** asemblerske izvedbe predloška

`mymax` možemo primijeniti na sve podatke nad kojima je definiran poredak (ovo ponašanje je slično dinamičkim jezicima npr. Pythonu)

U odnosu na **makro** C-a: veća sigurnost (cf. `mymax(++i, fun())`), striktno tipiziranje jednaka učinkovitost veća izražajnost

TEHNIKE: PREDLOŠCI (4)

Prevođenje se **odgađa** do trenutka kad parametri postaju poznati (nakon **instanciranja** predložka koristi se **osnovna** gramatika)

- CLU (1974), Ada (1977), C++ (1994), Haskell (2001)

Sofisticirane mogućnosti:

```
template <int n>                                     #include <iostream>
int factorial() {                                     int main(){
    return n * factorial<n-1>(); // the line below compiles to:
} // mov DWORD PTR [esp+4], 3628800
                                     int x=factorial<10>();
template <>                                           std::cout <<"10! =" <<x <<"\n";
int factorial<0>() {return 1;} }
```

Posebno prikladno za biblioteke u statički tipiziranim jezicima

- npr. STL (Stepanov 1981-1994): i učinkovitost i prilagodljivost

TEHNIKE: STL

Ortogonalnost (nema međuovisnosti) algoritama i spremnika:

- algoritam `reverse` možemo zvati nad vektorom, poljem i listom

```
// ...
int main(){
    std::vector<int> v(3);
    v[0] = 7; v[1] = 3; v[2] = 5;
    std::reverse(v.begin(), v.end()); //vektor
    for (int i = 0; i < v.size(); ++i)
        std::cout << "v[" << i << "] = " << v[i] << "\n";

    double A[] = { 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6};
    int n = sizeof(A)/sizeof(*A);
    std::reverse(A, A + n); //polje

    std::list<double> L(A, A + n);
    std::reverse(L.begin(), L.end()); //lista
    std::list<double>::iterator it = L.begin();
    while (it!=L.end())
        std::cout << "  " <<*it++ << "\n";
}
```

TEHNIKE: STL (2)

Evo i implementacije iz `/usr/include/c++/9.3.0/bits/stl_algo.h`:

```
/**
 * This is an uglified reverse(_BidirectionalIterator,
 *                               _BidirectionalIterator)
 * overloaded for random access iterators.
 */
template<typename _RandomAccessIterator>
void
__reverse(_RandomAccessIterator __first,
          _RandomAccessIterator __last,
          random_access_iterator_tag)
{
    if (__first == __last)
        return;
    --__last;
    while (__first < __last)
    {
        std::iter_swap(__first, __last);
        ++__first;
        --__last;
    }
}
```

TEHNIKE: PREDLOŠCI VS. VIRTUALNE FUNKCIJE

Odnos poziva predloška i virtualnog poziva:

- poziv predloška tipično ima povoljniju složenost:
 - **manja vremenska složenost** jer se poziv predloška razrješava tijekom prevođenja
 - ◇ nema potreba za prozivanjem virtualne tablice
 - ◇ moguće je i ugrađivanje funkcijskog poziva u kôd klijenta
 - **manja prostorna složenost** (isti razlog kao gore)
 - ◇ argument poziva ne mora imati pokazivač na virtualnu tablicu
 - ◇ argument poziva može biti elementarni podatkovni tip (npr. int ili char*)
- predlošci mogu dovesti do **većeg izvršnog kôda** (ali mjesta na disku ovih dana obično ima)
- nakon prevođenja fleksibilnost predložaka **nestaje**
- predlošci prikladni za manje, često korištene programske jedinice

TEHNIKE: OOP

Povijest: Smalltalk (Xerox PARC), CLU (MIT), 1970-1980;
Turingova nagrada za 2008. uručena Barbari Liskov (CLU)

U čemu je prednost OOP nad alternativama (neovisno o jeziku)?

Fokus strukturiranog programiranja na ostvarivanju **zadanih** (statičkih) svojstava ("Što sve treba implementirati?") [shalloway05]

OOP razmatra **dinamiku** (evoluciju) sustava (npr, "Kako postići da kôd kojeg pišemo danas ispravno radi s kôdom kojeg ćemo pisati dogodne?")

Pri OO oblikovanju često se pitamo "Što će se vjerojatno mijenjati u budućnosti?"; na temelju te procjene pokušavamo se zaštititi od **promjena**

Točnost prognoze određuje hoće li će se obećanja OOP ispuniti ili ne (programiranje intrinzično teško: no silver bullet!)

TEHNIKE: DBC

Oblikovanje temeljeno na ugovoru (B. Meyera, kreator Eiffela):

- komponente surađuju ispunjavanjem obaveza definiranih eksplicitnim **ugovorima**
- ugovor: uređuje odnos među komponentama
- ambicija: laka ili čak automatska detekcija grešaka

Terminologija: ako komponenta A **ovisi** (poziva, referencira, stvara, ...) o komponenti B, onda je A --- **klijent**, a B --- **pružatelj**

Dva osnovna elementa ugovora između klijenta i pružatelja (supplier):

- **preduvjeti** (preconditions) garantiraju primjenljivost komponente (reguliraju obaveze klijenta prema pružatelju)
- **postuvjeti** (postconditions) garantiraju ispravnost rezultata (reguliraju obaveze pružatelja prema klijentu)

Postoje još i **invarijante** (interni pokazatelji integriteta) i **popratni efekti** (funkcionalnost komponente), ali oni ne utječu na oblikovanje interakcije

TEHNIKE: DBC, NPR

Pokazat ćemo kako provesti **automatsko** testiranje ugovora u praksi

U većini jezika, ključni konstrukt je `assert`
(alternativno, može se baciti iznimka, `throw`)

U C-u (i C++-u), `assert` je makro koji se evaluira u ništa pri optimiziranom prevođenju (`NDEBUG`, `man assert`)

```
double mysqrt(double val){
    //precondition
    assert(val>=0);

    double result;
    // here we calculate the result
    // ...

    //postcondition
    assert(fabs(result*result - val)<1e-7);

    return result;
}
```

TEHNIKE: RAI

Zauzimanje inicijalizacijom (engl. resource acquisition is initialization)

Tehnika za garantirano korektno kontroliranje vlasništva nad resursom:

- resurs (datoteku, memoriju, ...) zauzimamo inicijalizacijom objekta
- otpuštanje se zbiva **automatskim** pozivom destruktora
- iznimke ne uzrokuju curenje memorije
- greške ne moramo provjeravati kad nam to ne odgovara

C++, Python (`with`), C# (`using`), Java 7 (`try-with-resources`)

Primjer: privremeno preusmjeravanje standardnog izlaza u datoteku

```
with open('help.txt', 'w') as f:
    with redirect_stdout(f):
        help(pow)

# automagic exception-safe cleanup:
# redirection reverted, file closed
# https://docs.python.org/3/library/contextlib.html
```

TEHNIKE: RAI (2)

Primjer zauzimanja inicijalizacijom u C++-u:

```
static std::mutex my_mutex;

void append_log(const std::string msg){
    // acquire mutex (must release it when done)
    std::lock_guard<std::mutex> lock(my_mutex);

    // open file (must close it when done,
    //           maybe invalid path, insufficient permission, ..)
    std::ofstream myfile("logs/my.txt", std::ofstream::app);

    // write message (maybe full disk, disk failure, ...)
    myfile.exceptions (std::ifstream::failbit |
                     std::ifstream::badbit );
    myfile <<msg <<std::endl;

    // automagic exception-safe cleanup: i) file ii) mutex

    // all errors are handled by clients
}
```

LOGIČKA NAČELA

Načela oblikovanja elemenata logičke organizacije
(razredi i funkcije, **ne** datoteke)

- načelo **nadogradnje bez promjene**
dodavanje funkcionalnosti bez utjecaja na postojeći kôd
- načelo **nadomjestivosti osnovnih razreda**
ako A izvodi iz B, onda A možemo koristiti i kao B
npr, tko god zna voziti auto, zna voziti i Fiat Punto
- načelo **inverzije ovisnosti**
usmjeravanje ovisnosti prema apstraktnim sučeljima
- načelo **jedinstvene odgovornosti**
komponente modeliraju koncepte koji imaju jasnu odgovornost
- načelo **izdvajanja sučelja**
ne tjerati klijente da ovisе o onom što ne koriste

LOGIČKA NAČELA: NADOGRADNJA BEZ PROMJENE

Načelo **nadogradnje bez promjene** (NNBP) nas uči kako organizirati program tako da može primiti novu funkcionalnost bez izmjene postojećeg izvornog kôda

NBP (eng. open-closed principle): funkcionalnost komponente možemo proširiti **bez mijenjanja** njene implementacije

- **fleksibilnost**: nadogradnja ne utječe na klijente

Cilj: komponente **otvorene** za nadogradnju, ali **zatvorene** za promjene

- **važna ideja**: stari kôd poziva novi kôd!
- vezano uz ideje **skrivanja informacije** [Parnas72] i **apstrakcije podataka** [Liskov74]
- motivacija za mnoge programske tehnike i koncepte: predlošci, aspekti, introspekcija, refleksija, gniježdene funkcije...

LOGIČKA NAČELA: NNBP + NASLJEĐIVANJE

Literatura predlaže dva pristupa za ostvariti NBP

U oba pristupa ključan je mehanizam **nasljeđivanja**:

1. nasljeđivanje implementacije [meyer88]

- novi razredi pozivaju temeljnu implementaciju nasljeđivanjem starog razreda (nema polimorfni poziva!)
- postojeći klijenti ne mogu doći do nove funkcionalnosti
- ideja nas ne uzbuđuje pretjerano: **novi kôd poziva stari kôd**

2. nasljeđivanje sučelja, oslanjanje na polimorfizam [martin96]

- klijenti transparentno pristupaju novoj implementaciji polimorfnim pozivom preko starog sučelja
- to je već zanimljivije: **stari kôd poziva novi kôd!**

Vrijeme je pokazalo da polimorfni pristup nudi veće mogućnosti

- za prvi kontekst danas preferiramo **kompoziciju!** (containment)

LOGIČKA NAČELA: NNBP + NASLJEĐIVANJE (2)

Pretpostavimo da je zadan razred `Old`:

```
class Old{  
public:  
    void method();  
};
```

Evo kako bismo taj razred nadogradili nasljeđivanjem implementacije (lijevo) i kako istu funkcionalnost postići agregacijom (desno):

```
// original Meyer's idea  
class New: public Old{  
public:  
    //new code calls old code  
    void newmethod(){  
        // new functionality  
        method();  
        // more new code  
    }  
};
```

```
// modern variant:  
class New{  
    Old member;  
public:  
    void newmethod(){  
        // new functionality  
        member.method();  
        // more new code  
    }  
};
```


LOGIČKA NAČELA: NNBP + NASLJEĐIVANJE (3)

Evo i kako nadograditi razred `Old` nasljeđivanjem sučelja:

```
//old.hpp, written in 2007
class Old{
public:
    virtual void method();
};
```

```
//client.cpp, written in 2007
void client(Old* p){
    p->method();
};
```

```
//new.hpp, written in 2008
class New: public Old{
public:
    virtual void method();
};
```

```
//main.cpp
int main(){
    Old o; client(&o);
    New n; client(&n);
}
```

Vidimo da klijent iz 2007. uspješno radi s razredom iz 2008.

- nema potrebe za mijenjanjem (ni prevođenjem) komponente `client.cpp`
- stari kôd zove novi kôd (**vrlo korisno!**)

LOGIČKA NAČELA: NNBP + PROCEDURALNI STIL?

Proceduralni stil tipično dovodi do **krutog** i **krhkog** kôda

- **jednu** konceptualnu izmjenu potrebno je unijeti na **više** mjesta

To ćemo ilustrirati na elementima programa za vektorsku grafiku:

```
struct Point{/*...*/};

enum EShapeType {ESCircle, ESPoly};
struct Shape{EShapeType type_};
struct Circle{
    EShapeType type_;
    double radius_;
    Point center_;
};
struct Polyline{
    EShapeType type_;
    int nPts_;
    Point* pPts_;
};

void drawPolyline(struct Polyline*);
void drawCircle(struct Circle*);
```

LOGIČKA NAČELA: NNBP + PROCEDURALNI STIL (2)

Razmotrimo sada izvedbu komponente za crtanje crteža:

```
void drawShapes(Shape** drawing, int n){
    for (int i=0; i<n; ++i){
        struct Shape* s = drawing[i];
        switch (s->type_){
            case ESPoly:
                drawPolyline((struct Polyline*)s);
                break;
            case ESCircle:
                drawCircle((struct Circle*)s);
                break;
            default:
                assert(0); exit(0);
        }
    }
}
```

Rješenje ima **integritet** (strukturirano je i jasno), ali je **kruto** i **krhko**:

- ne možemo ispitati `drawShapes()` u izolaciji (`drawPolyline()`, ...)
- ponavljanje `case` konstrukcije u `drawShapes()` i `moveShapes()`
- mukotrpno dodavanje novih objekata

LOGIČKA NAČELA: NNBP + OOP

OOP **omogućava** rješavanje problema s prethodne stranice

- potreba: omogućiti `drawShapes` da apstrahira konkretne objekte!
- rješenje: polimorfni poziv preko zajedničkog sučelja

```
class Shape{
public:
    virtual void draw()=0;
};
class Circle :public Shape{
    virtual void draw();
    // ...
};
class Polyline :public Shape{
    virtual void draw();
    // ...
};

void drawShapes(const std::list<Shape*>& fig){
    std::list<Shape*>::const_iterator it;
    for (it=fig.begin(); it!=fig.end(); ++it){
        (*it)->draw();
    }
}
```

LOGIČKA NAČELA: NNBP + SP

NNBP se može postići i *statičkim* polimorfizmom

- predlošci u C++-u, parametarski polimorfizam u ML-u, Scali i Haskellu
- nema ograničenja na razred objekta nad kojim se primjenjuje polimorfni poziv, posebno pogodno za **biblioteke**
- čarolija funkcionira samo tijekom prevođenja (nadograđenu komponentu potrebno ponovo prevesti)
- statički vs dinamički polimorfizam (predložak vs. virtualna funkcija):
 - komplementarna primjenljivost
 - bolja učinkovitost statičkog polimorfizma
 - veća elegancija i lakši razvoj dinamičkog polimorfizma

LOGIČKA NAČELA: NNBP + SP, PRIMJER

Prednosti predložaka kolekcija u odnosu na polja C-a:

- mogućnost provjere pristupa uz jednaku učinkovitost optimiranog kôda
- mogućnost transparentnog rasta (`std::vector::push_back()`)
- mogućnost automatskog otpuštanja dinamički alociranog buffera
- mogućnost finog upravljanja operacijama nad konstantnim objektima

```
template<typename T> class Array {
public:
    Array(int sz): size_(sz), data_(new T[sz]) {}
    ~Array(){ delete[] data_; }
    int size() const { return size_;}
    const T& operator[](int i) const { return data_[check(i)]; }
    T& operator[](int i) { return data_[check(i)]; }
    //TODO: copy construction, assignment, resizing, ...
private:
    inline int check(int i) const {
        assert (i>=0 && i<size_); // or: throw "bound check error";
        return i;
    }
    int size_;
    T* data_;
};
```

LOGIČKA NAČELA: NNBP + SP, PRIMJER (2)

Predložak `Array` je NBP jer radi sa svim tipovima koji omogućavaju:

- podrazumijevanu konstrukciju, preslikavanje, dodjeljivanje te destrukciju

```
int main(){
    Array<int> X(20);
    X[0]=5;

    Array<std::string> B(20);
    B[0]="bla";
}
```

Predložak `Array` je const-korektan:

```
template<typename T>
int process(const Array<T>& a){
    std::cout <<a[0];
    // a[0]=T(); does not compile!
}
```

LOGIČKA NAČELA: NNBP + SP, PRIMJER STD::MAP

Program za određivanje histograma riječi u ulaznom toku:

```
#include <iostream>
#include <map>

int main(){
    std::map <std::string, int> wordcounts;
    std::string s;
    while (std::cin >> s){
        ++wordcounts[s];
    }

    for (auto keyval : wordcounts){
        std::cout <<keyval.first <<' ' <<keyval.second <<"\n";
    }
}
```

Kolekcija `std::map` je NBP jer radi sa svim tipovima koji podržavaju:

- podrazumijevanu konstrukciju, preslikavanje, pridjeljivanje te destrukciju
- nad ključevima treba dodatno biti definiran uređaj $f(x,y)=x<y$

LOGIČKA NAČELA: NNBP U PRAKSI

Koncepti koji pospješuju nadograđivanje bez promjene:

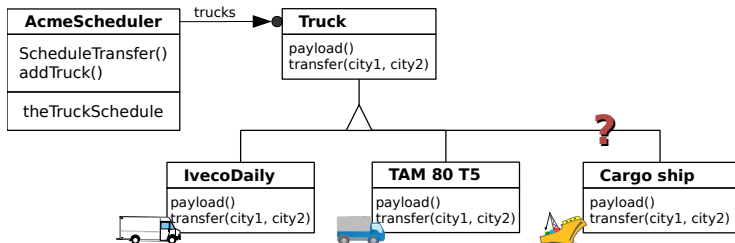
- **enkapsulacija:**
 - klijenti razreda ne smiju izravno referencirati podatkovne članove
 - inače, razred se ne može održavati bez utjecanja na klijente
 - ⇒ svi podatkovni članovi razreda privatni
- **virtualne funkcije:**
 - moguće pozivanje modula napisanih godinama nakon klijenta: stari kôd zove novi kôd (suština NNBP)
- **apstraktni razredi** (apstraktna sučelja):
 - nemaju podatkovnih elemenata ⇒ enkapsulirani
 - imaju virtualne funkcije
- **statički polimorfizam:** injekcija novog kôda u stari pri prevođenju

LOGIČKA NAČELA: LNS

Načelo **nadomjestivosti** osnovnih razreda

- AKA Liskovino načelo supstitucije [Liskov93] (eng. Liskov substitution principle)
 - Let $q(x)$ be a property provable about objects x of type T . Then $q(y)$ should be true for objects y of type S where S is a subtype of T .
- osnovni razredi moraju se moći nadomjestiti izvedenim klasama
- npr: tko god zna voziti **auto**, zna voziti i **Fiat Punto**
- npr: svi potomci razreda `Truck` moraju moći surađivati s

`AcmeSchedulerOM`



LOGIČKA NAČELA: LNS --- JE_VRSTA

Načelo upućuje na pravilnu upotrebu nasljeđivanja:

- nasljeđivanje modelira relaciju **je_vrsta** (IS_A_KIND_OF)
- izvedeni razredi trebaju poštivati ugovore osnovnog razreda:
 - preduvjeti izvedenih metoda (na parametre ili na stanje objekta) moraju biti jednaki onima u osnovnom razredu ili oslabljeni
 - slično, postuvjeti izvedenih metoda moraju biti isti ili postroženi
- izvedeni razred krši LNS ako neki klijent koji korektno radi s osnovnim razredom ne može raditi s izvedenim razredom
- **simptom** patologije: klijenti moraju propitivati imaju li posla s izvedenim pružateljem koji krši LNS
- **patologija** je kršenje NNBP-a: klijent se mora mijenjati kad god se u program unese neispravno izvedeni pružatelj

LOGIČKA NAČELA: LNS -- GEOMETRIJSKI PRIMJER

Razred `Circle` ne zadovoljava roditeljski postuvjet: krši se LNS, NNBP

```
class Ellipse{
public:
    virtual void setSize(
        double cx, double cy);
    //POSTCONDITION: width()==cx
    //POSTCONDITION: height()==cy
public:
    virtual void width() const;
    virtual void height() const;
protected:
    double width_, height_;
};

void client(Ellipse& e){
    e.setSize(10,20);
    assert(e.width()==10 &&
           e.height()==20);
}
```

```
class Circle:
    public Ellipse
{
public:
    virtual void setSize(
        double cx, double cy);
    //POSTCONDITION: width()==cx
    //POSTCONDITION: height()==cx
};

void Circle::setSize(
    double cx, double cy){
    width_=height_=cx;
}

int main(){
    Circle c;
    client(c);
}
```

Funkcija `client` prestaje biti NBP čim naslijedimo `Ellipse` kršeći LNS.

- krug nije vrsta elipse nego njen specijalni slučaj
- krug se može tretirati poput elipse samo ako je nepromjenljiv

LOGIČKA NAČELA: LNS -- PTIČJI PRIMJER

```
class Bird{
public:
    Bird(){}
    virtual ~Bird(){}
public:
    double altitude() const{
        return altitude_;
    }
    virtual void fly();
    //POSTCONDITION: altitude()>0
    //...
protected:
    double altitude_;
};

void client(Bird& b){
    b.fly();
    assert(b.altitude()>0.0);
}

class Penguin:
    public Bird
{
    //INVARIANT: altitude_=0.0
public:
    virtual void fly(){
        return; // do nothing
    }
};
//...

int main(){
    Penguin bird;;
    client(bird);
}
```

Problem: pingvin ne zadovoljava postuvjete roditelja, krši se LNS

Klijenti ptica prestaju biti NBP, jer moraju provjeriti rade li s pingvinima

LOGIČKA NAČELA: LNS -- PTIČJI PRIMJER (2)

```
class Bird{
public:
    Bird(){}
    virtual ~Bird(){}
public:
    double altitude() const{
        return altitude_;
    }
    virtual void fly();
    //POSTCONDITION: altitude()>0
    //...
protected:
    double altitude_;
};

void client(Bird& b){
    b.fly();
    assert(b.altitude()>0.0);
}
```

```
class ExceptionCannotFly:
    public std::runtime_error
{};

class Penguin:
    public Bird
{
    //INVARIANT: altitude_=0.0
public:
    virtual void fly(){
        throw ExceptionCannotFly;
    }
};
//...

int main(){
    Penguin bird;;
    client(bird);
}
```

Jedan pristup problemu je bacanje iznimke

- integritet uspostavlja neka komponenta na višoj razini apstrakcije

Još bolje: prekrojiti kôd, uvesti razrede `WalkingBird` i `FlyingBird`.

LOGIČKA NAČELA: LNS -- IMPLIKACIJE

Nasljeđivanje modelira relaciju **je_vrsta**:

- izvedeni razredi **moraju poštivati ugovore roditelja**
- javno nasljeđivanje **rijetko** koristimo za ponovno korištenje
- kršenje načela obično je posljedica **slabog znanja o domeni**
 - krug teško može biti vrsta elipse (niti elipsa vrsta kruga)
 - intuicija ponekad vara, a sve ptice ne lete

Kršenje LNS-a može se popraviti na 3 načina:

1. smanjiti odgovornosti osnovnog razreda
(pojačati preduvjete, oslabiti postuvjete, reducirati sučelje)
2. povećati odgovornost izvedenog razreda
(oslabiti preduvjete, pojačati postuvjete)
3. odustati od izravnog roditeljskog odnosa dvaju razreda

LOGIČKA NAČELA: LNS I IMPLICITNO TIPIZIRANJE

Mnogi moderni jezici (Python, Ruby, JavaScript) imaju implicitno tipiziranje (engl. duck typing)

```
import numpy as np      >>> lincomb('a','b')
def lincomb(a,b):      'aaabb'
    return 3*a + 2*b   >>> lincomb([1],[2,3])
                        [1, 1, 1, 2, 3, 2, 3]
>>> lincomb(3,4)       >>> lincomb(np.array([1,2]), np.array([2,2]))
17                     array([ 7, 10])
```

Značajke jezika s implicitnim tipiziranjem:

- tip argumenata funkcija i atributa razreda nije statički određen
- nadomjestive tipove možemo graditi i bez nasljeđivanja
- nasljeđivanje koristimo manje nego u statički tipiziranim jezicima

LNS u takvim jezicima izražavamo pomoću pojma **nadomjestivosti**

- tip S može *nadomjestiti* tip T ako za svako svojstvo q vrijedi
 $\forall x \in T, \forall y \in S : q(x) \Rightarrow q(y)$
- poopćeno načelo: klijentima ne valja slati nenadomjestive inačice pružatelja

LOGIČKA NAČELA: LNS -- ZAKLJUČAK

U statički tipiziranim jezicima (C++, Java, C#):

- LNS predstavlja recept za korištenje **nasljeđivanja**
- **nasljeđivanje** koristimo za modeliranje **nadomjestivih** tipova
 - klijenti koriste izvedene razrede preko osnovnog sučelja
- za preuzimanje (engl. reuse) funkcionalnosti preferiramo kompoziciju

U implicitno tipiziranim jezicima (Python, Ruby, JavaScript):

- poopćeni LNS formuliramo neovisno o nasljeđivanju, uz pomoć pojma **nadomjestivosti** tipova
- ako klijent treba raditi s različitim pružateljima, pružatelji moraju biti međusobno nadomjestivi (u suprotnom klijent **nije** NBP)

LOGIČKA NAČELA: NIO

Načelo inverzije ovisnosti (eng. dependency inversion principle)

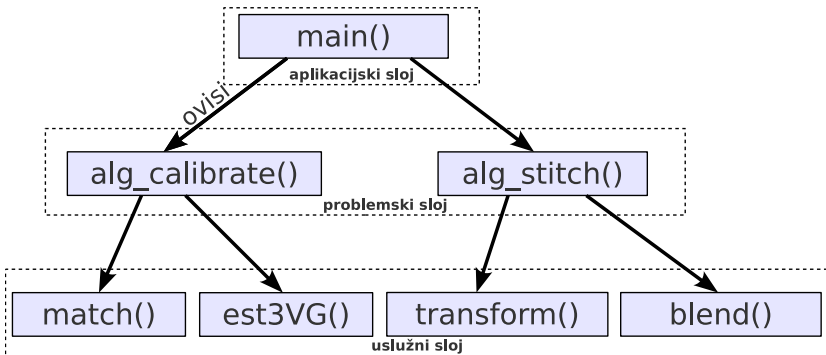
- vidjeli smo da je nadomjestivost (LNS) nužni uvjet nadogradnje bez promjene
- sada: implikacije nadogradivosti i nadomjestivosti na strukturu ovisnosti komponenata vode na načelo **inverzije ovisnosti**
- pokazat ćemo da se nadogradivost može ostvariti usmjeravanjem ovisnosti prema **apstraktnim** sučeljima

LOGIČKA NAČELA: NIO: MOTIVACIJA

Primjer iz stvarnog života: program za spajanje slika u mozaik

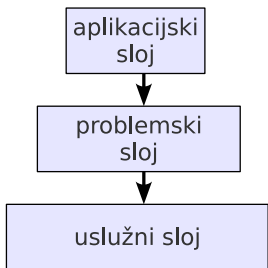


Ako koristimo **proceduralni stil**, program bismo organizirali kao na sljedećoj slici:



LOGIČKA NAČELA: NIO: MOTIVACIJA (2)

Nažalost, **proceduralni stil** dovodi do piramidalne strukture međuovisnosti:

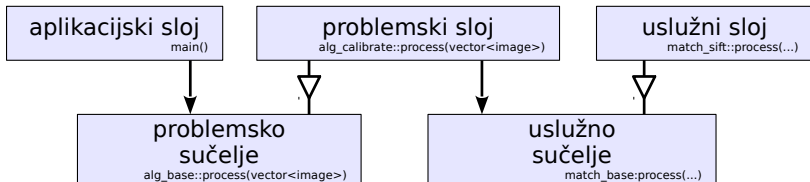


- Aplikacijski sloj:
program za računalni vid
- Problemski sloj:
kalibriranje i spajanje slika
- Uslužni sloj:
korespondencije, geometrija,
transformiranje i miješanje piksela

- **loše**: moduli visoke razine ovise o izvedbenim detaljima
(ne mogu se ni prevesti ni ispitati ako niži moduli nisu dovršeni)
- **loše**: pri mijenjanju modula niže razine često se javlja domino-efekt
(promjene se propagiraju prema višim razinama)

LOGIČKA NAČELA: NIO I OOP

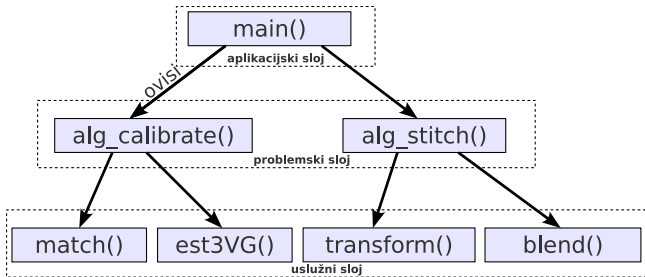
Nedostatci se mogu riješiti promjenom strukture ovisnosti:



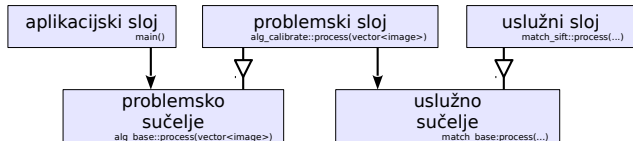
- u novoj organizaciji, ovisnosti idu prema apstrakcijama (koje imaju malo razloga za promjenu jer nemaju implementaciju)
 - isti glavni program koristimo i za kalibraciju i za spajanje
- ne ovisimo više o nepostojanim modulima s detaljnim implementacijama: kažemo da je ta ovisnost **invertirana**
 - glavni program ne zna koji problem rješava
- rezultati primjene inverzije ovisnosti:
 - piramidalna struktura preokrenuta: **ovisimo o apstrakcijama**
 - promjer grafa je smanjen (putevi ovisnosti su **kraći**)

LOGIČKA NAČELA: NIO -- PRIMJER

PRIJE: 



POSLIJE: 



LOGIČKA NAČELA: NIO U PRAKSI

- ovisnosti u projektu **u načelu** trebaju ići prema apstrakcijama (**NE** od modula visoke razine prema modulima niske razine)
 - komponenta bez implementacije se rjeđe mijenja
 - apstrakcije omogućavaju nadogradnju bez promjene
- ovisnost o **postojanim** konkretnim modulima je OK (nećemo apstrahirati elemente standardne biblioteke!)
- **važan problem**: stvaranje objekata konkretnih razreda
 - stvaranje implicira ovisnost: kako izbjeći ovisnost glavnog programa o modulima niske razine?
 - primjenom injekcije ovisnosti i obrasca **tvornice**

LOGIČKA NAČELA: NIO, INJEKCIJA OVISNOSTI

Injeksija ovisnosti: **umjesto** hardkodiranog kompliciranog konkretnog člana, **uvodi se konfiguriranje** preko reference na osnovni razred

```
// without dependency injection
class Client1 {
    ConcreteDatabase myDatabase;
public:
    Client1():
        myDatabase() {}
public:
    void transaction() {
        myDatabase.getData();
        // ....
    }
};

// with dependency injection
class Client2 {
    AbstractDatabase& myDatabase;
public:
    Client2(AbstractDatabase& db):
        myDatabase(db) {}
public:
    void transaction() {
        myDatabase.getData();
        // ...
    }
};
```

Client2 koristi injeksiju ovisnosti, za razliku od Client1:

- ovisnost uslijed stvaranja izvukli smo u zasebnu komponentu
- maksimizirali smo inverziju ovisnosti, odnosno lokalizirali ovisan kôd

LOGIČKA NAČELA: NIO, INJEKCIJA OVISNOSTI (2)

Mogućnost **neovisnog ispitivanja** s obzirom na ConcreteDatabase:

```
//==== client2.hpp
class Client2 {
    AbstractDatabase&
        myDatabase;
public:
    Client2(
        AbstractDatabase& db)
    :
        myDatabase(db)
    {}
public:
    void transaction() {
        myDatabase.getData();
        // ...
    }
    // ...
};

//==== testClient2.cpp
int main(){
    // construct database
    MockDatabase* pdb =
        new MockDatabase();

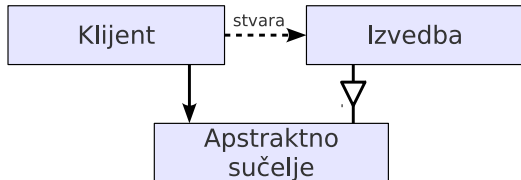
    // construct test object
    // (dependency injection)
    Client2 client(*pdb);

    // test behaviour #1
    client.transaction();
    assertGetDataWasCalled(*pdb);

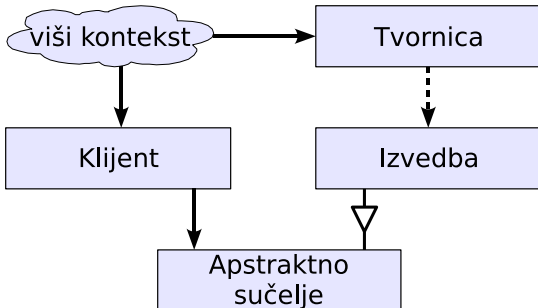
    // test behaviour #2
    // ...
}
```

LOGIČKA NAČELA: NIO, EFEKTI

Organizacija bez injekcije ovisnosti:

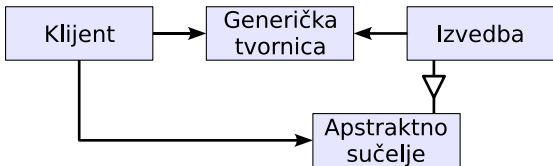


Organizacija s injekcijom ovisnosti i tvornicom:



LOGIČKA NAČELA: NIO, GENERIČKA TVORNICICA

Idealno: tvornica ne ovisi o konkretnom tipu



Evo kako izgleda izvorni kod (3. laboratorijska vježba):

```
//-----  
// client.cpp  
...  
Animal *pb = (Animal*)  
    factory.create("parrot");
```

```
//-----  
// parrot.cpp  
#include "animal.hpp"  
#include "factory.hpp"  
  
class Parrot{ /* ... */ };  
  
static void* creator(){  
    return new Parrot();  
}  
  
int hreg=factory.  
    register("parrot", creator);
```

LOGIČKA NAČELA: NJO

Načelo **jedinstvene odgovornosti** (eng. single responsibility principle)

- programski moduli moraju imati *samo jednu* odgovornost!
- srodno načelu **kohezije** [DeMarco79]

Kako razdioba odgovornosti po modulima može pospješiti organizaciju programa?

- odgovornosti modula odgovaraju razlozima za promjenu (veza 1:1)
- ukoliko svi moduli imaju jedinstvenu odgovornost, sve promjene rezultiraju promjenom samo jednog modula!
- suprotno, ako modul ima više odgovornosti, među njima se javljaju neprirodne međuovisnosti (**krutost**, **nepokretnost**)

NJO: oblikovati **ortogonalan** sustav u kojem razdioba poslova odgovara intrinzičnoj strukturi problema

(svaka porodica komponenata modelira svoju **os promjene**)

LOGIČKA NAČELA: NJO -- PRIMJER

Razmotrimo organizaciju programa za vektorsku grafiku, gdje razred `Rectangle` obuhvaća više od jedne odgovornosti:

```
class Shape{
public:
    virtual ~Shape();
    virtual void rotate(double)=0;
    virtual void draw(Window&)=0;
};
class Rectangle: public Shape{
    // ...
public:
    void rotate(double phi);
    void draw(Window& wnd);
private:
    Point pt;
    int width, height;
}

typedef std::list<Shape*> Drawing;
//package GUI
void GUI::draw(Drawing& d, Window& w)
{
    Drawing::iterator it=d.begin();
    while (it!=d.end()){
        it->draw(w); ++it;
    }
}
//package Geom
void Geom::intersect(const Shape& sin1,
                    const Shape& sin2, Shape& sout)
{
    // as above...
}
```

- **Loše:** paket `Geom` ovisi o paketu `GUI`, bez opravdanja (`Geom::intersect` ovisi o `Shape` koji zna za `Window`)
- **Loše:** kako omogućiti da se crtež iscrta u sliku?
- **Bolje:** crtanje izvesti u zasebnoj komponenti (**Posjetitelj** ili **Most**)

LOGIČKA NAČELA: NJO -- ODGOVORNOST

Što je **odgovornost** modula?

- odgovornost je kvant funkcionalnosti iz domene aplikacije (svaka odgovornost je ujedno i razlog za promjenu modula)
- svaki modul bi trebao imati jednu, samo jednu odgovornost (Ali koju? To *mi* trebamo otkriti!)
- često teško pogoditi isprve: ono što se ispočetka čini kao jedinstvena odgovornost, kasnije se može pokazati kao više srodnih odgovornosti (vidi prethodni primjer)
- **analiza domene** (ono što smo rekli da je teško!) u mnogome se svodi na određivanje odgovornosti (odnosno osi promjene)
- kad smo sigurni da moduli nemaju jedinstvenu odgovornost, podsustav treba **prekrojiti** (*refactor*) (što ranije to bolje!)

LOGIČKA NAČELA: NJO -- ZAKLJUČAK

Načelo jedinstvene odgovornosti je temelj programskog inženjerstva

- smanjivanje nepotrebne **međuvisnosti** te poticanje **održive evolucije**

Kontekst za ispravnu raspodjelu odgovornosti **izranja** postupno, kako naše razumijevanje domene postaje bolje

- ispočetka težimo neopravdanom gomilanju odgovornosti razreda npr. crtanje po prozoru, snimanje u nekom specifičnom formatu
- organizacijski nedostaci postaju vidljivi tek kad projekt uznapreduje
- stoga tada funkcionalnost selimo iz metoda u zasebne komponente

Ortogonalna konceptualizacija: sveti gral programske organizacije

- pronalaženje i dekoreliranje odgovornosti suštinski zadatak oblikovanja programske podrške
- metode: primjeri korištenja, probni baloni, prototipi, reverzno inženjerstvo

LOGIČKA NAČELA: NIS

Načelo **izdvajanja sučelja** (eng. interface segregation principle):

- složeni koncepti čije korištenje ovisi o klijentu ipak se javljaju: ponekad zgodno napraviti kompromis s jedinstvenom odgovornošću
- izradom monolitnog sučelja za takve koncepte:
 - nepotrebno **zbunjujemo** autore klijenata (swiss army knife anti pattern)
 - omogućavamo **suvišne ovisnosti** o nekorištenim elementima sučelja
- načelo sugerira da nekoherentnim konceptima (ako ih baš moramo imati) klijenti trebaju pristupati preko **izdvojenih** sučelja:
 - ako baš moramo imati objekte koji rade više od jedne stvari, idemo barem od te komplikacije sačuvati klijente
 - ne želimo klijente primoravati na ovisnost o sučelju kojeg ne koriste

LOGIČKA NAČELA: NIS - PRIMJER

Razmatramo sučelje `Door` koje enkapsulira operacije nad vratima:

```
//==== door_v1.hpp
class Door{
public:
    virtual void lock() = 0;
    virtual void unlock() = 0;
    virtual bool isLocked() = 0;
};
```

Pretpostavimo da se javila potreba za automatskim zaključavanjem!

Imamo novi zahtjev: naša vrata od sada se moraju moći pozivati i preko sučelja `TimerClient`.

```
//==== timer.hpp
class Timer{
public:
    void subscribe(int timeout, TimerClient* client);
};
class TimerClient{
public:
    virtual void timeOut() = 0;
};
```

LOGIČKA NAČELA: NIS - PREOPSEŽNO SUČELJE

Zahtjev zadovoljavamo oblikovanjem razreda `Door_V2`.

```
//==== door_v2.hpp
#include "timer.hpp"
class Door_V2:
    public TimerClient
{
public:
    virtual void lock();
    virtual void unlock();
    virtual bool isLocked();
    virtual void timeOut();
};
```

Razred `Door` sada postaje `Door_V2` pa njegovi klijenti postaju ovisni o komponenti `TimerClient`.

Ako se bilo što dogodi komponenti `TimerClient`, klijenti razreda `Door_V2` ne mogu se ni testirati ni ponovno koristiti

Klijenti vrata postaju ranjivi na promjene koje mogu zadesiti `TimerClient`.

LOGIČKA NAČELA: NIS - PREOPSEŽNO SUČELJE

Pretpostavimo sada da je sučelje `Timer` izmijenjeno na način da podržava višestruke događaje

```
class Timer_v3{
public:
    void subscribe(int timeout,
                  int id,
                  TimerClient* client);
};
class TimerClient_v3{
public:
    virtual void timeOut(int)=0;
};
```

Loše: ako bismo sada išli mijenjati `Door_V2`, promjena bi se odrazila na sve klijente (i na one koji ne trebaju automatska vrata)

Zaključak: sučelje `Door_V2` je preopsežno, treba ga prekrojiti

LOGIČKA NAČELA: NIS - PREOPSEŽNO SUČELJE

Rješenje: razdvojiti sučelja korisnika običnih i automatskih vrata.

```
// solution:
// interface segregation
//==== timedDoor.hpp
#include "door_v1.hpp"
#include "timer_v3.hpp"
class TimedDoor:
    public Door,
    public TimerClient_v3
{
public:
    virtual void lock() ;
    virtual void unlock();
    virtual bool isLocked();
    virtual void timeOut(int id);
};
```

Sučelje `TimedDoor` oblikovano je u skladu s načelom izdvajanja sučelja: sada su specijalna vrata u skladu s naknadnim zahtjevima, dok obična vrata **ne ovise** o `TimerU`!

LOGIČKA NAČELA: NIS -- SAŽETAK

Izdvojena sučelja primjenjujemo kod složenih koncepata koji se koriste na više ortogonalnih načina (recept za **višestruko nasljeđivanje**)

U žargonu, izdvojena sučelja nazivaju se: **mixin** (C++) i **interface** (java)

Najbolje je ipak takve koncepte izbjeći ako je moguće (NJO).

LOGIČKA NAČELA: LOGIČKA NAČELA -- SAŽETAK

NNBP: identificirati odgovornosti u kojima očekujemo promjene te ih delegirati vanjskom pružatelju

- delegiranje provodimo preko reference (pokazivača) koja skriva konkretnu vrstu pružatelja
- u statičkim jezicima referenciramo osnovni razred pružatelja
- kod statičkog polimorfizma, vanjski pružatelj je parametar predloška

LNS: alternativni pružatelji trebaju biti nadomjestivi

- u statičkim jezicima, nadomjestivost formuliramo nasljeđivanjem (koje modelira relaciju `je_vrsta`)
- u dinamičkim jezicima, nadomjestivost tipova proizlazi iz kompatibilnosti sučelja

NIO: duge lance ovisnosti možemo skratiti usmjeravanjem ovisnosti prema apstraktnim sučeljima

- konkretne pružatelje injektira vanjski kontekst

LOGIČKA NAČELA: LOGIČKA NAČELA -- SAŽETAK (2)

NJO: recept za grupiranje funkcionalnosti po komponentama

- grupiramo funkcionalnost koja (prema trenutnim saznanjima) ima jedan zajednički razlog za promjenu

NIS: recept za višestruko nasljeđivanje

- kako napraviti kompromis s NJO kod objekata koje različiti klijenti koriste na različite načine

Prikazani sustav logičkih načela: sažete smjernice za oblikovanje funkcija i razreda koje se mogu dobro nositi s promjenom

LOGIČKA NAČELA: DRUGE SISTEMATIZACIJE

Načela dobrog logičkog oblikovanja mogu se izraziti na različite načine

Prednost izložene sistematizacije [martin04]: optimalni odnos općenitosti i sažetosti

Naravno, postoje i druge sistematizacije načela oblikovanja

Elementarna načela (zdrav razum?):

- keep it simple, stupid (KISS)
 - uvijek dajemo prednost jednostavnim rješenjima koja se brzo razvijaju i lako održavaju
- you ain't gonna need it - YAGNI
 - ne tipkamo funkcionalnosti koje nisu prioritetne
- do not repeat yourself (DRY) [Hunt99]
 - ponavljanje je zlo jer dovodi do krhkosti
- the refactor rule of three
 - kad isti dio koda napišeš treći put, implementacije valja sjediniti u zasebnu komponentu

LOGIČKA NAČELA: DRUGE SISTEMATIZACIJE

Npr, načela iz knjige Head-First Design Patterns [Freeman04]:

- Encapsulate what varies (enkapsulacija, NNBP)
- Program to interfaces, not implementations (enkapsulacija, NNBP)
- Favor composition over inheritance (LNS)
- Strive for loosely coupled designs between objects that interact (sva načela logičkog oblikovanja)
- Classes should be open for extension but closed for modification (NNBP)
- Depend on abstractions. Do not depend on concrete classes (NIO)
- Principle of Least Knowledge - talk only to your immediate friends (enkapsulacija, NNBP)
- The Hollywood Principle - don't call us, we'll call you (callback funkcije, oblikovni obrazac Naredba)
- A class should have only one reason to change (NJO)

FIZIČKA NAČELA

Vidjeli smo kako se **nadogradivost**, **razumljivost** i **fleksibilnost** pospješuju logičkim načelima

Od traženih dobrih osobina ostalo je **lako ispitivanje** (testiranje) (lako ispitivanje usko vezano s lakim razumijevanjem!)

Ispitivanje najzgodnije provoditi nad **datotekama** izvornog kôda: analiziramo **fizičku** organizaciju

Razmatrat ćemo prikladnost odnosa među komponentama oblikovanja u smislu olakšavanja **inkrementalnog testiranja** programskog projekta

Na kraju ćemo dati smjernice za organizaciju **paketa** u veće programske sustave (100kLoC)

FIZIČKA NAČELA: O ISPITIVANJU, PRISTUP

Pretpostavimo da trebamo testirati n komponenata

- je li bolje komponente testirati **zasebno** ili zajedno?

Na stolu su dvije opcije:

- **inkrementalno** testiranje komponenata (engl. unit testing) vs
- **sveobuhvatno** testiranje sustava (engl. big bang integration testing)

Ako komponente testiramo zajedno, moramo uzeti u obzir i interakcije (u najgorem slučaju, 2^n)

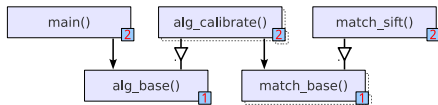
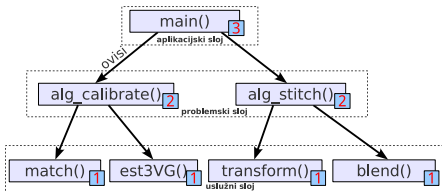
Inkrementalno testiranje je uvijek bolji odabir!

- kod programskog oblikovanja možemo (i trebamo!) testirati **inkrementalno, rano, automatski, regresijski**

FIZIČKA NAČELA: RAZINE

U kontekstu testiranja i fizičke organizacije, ključna relacija je **ovisnost**

Ako je ovisnost **aciklička** \Rightarrow komponentama možemo dodijeliti **razine**; razine definiraju redoslijed **inkrementalnog** testiranja komponentata!



Prvo testiramo komponente na razini 1

- to možemo provoditi u potpunoj izolaciji

Zatim, inkrementalno testiramo komponente na razini 2

- odvojeno testiramo svaku komponentu na razini 2 s minimalnim podskupom (već testirane) razine 1

Svaka komponenta ima svoj makefile i svoj test driver s funkcijom main

FIZIČKA NAČELA: RAZINE (2)

Sada možemo izraziti načela fizičkog oblikovanja komponenata:

- Povoljno: **plitka** i **nepovezana** struktura ovisnosti
- Nepovoljno: **duboka** ili **monolitna** struktura ovisnosti, te **ciklusi**

Vidimo da su ciljevi fizičkog i logičkog oblikovanja kompatibilni:

- logička načela implicitno potiču smanjivanje međuovisnosti
- fizička načela rade to isto, samo eksplicitno

Struktura **međuovisnosti**: vrlo važan pokazatelj organizacijske kvalitete

FIZIČKA NAČELA: CIKLUSI

Ciklička struktura ovisnosti ometa **ispitivanje**, **ponovno korištenje**, i **razumijevanje**

Šteta je tim veća što je ciklus veći (funkcionalnost, broj komponenata) **ekstrem**: komponenta na dnu hijerarhije ovisi o vršnoj komponenti

Empirijski rezultat na 78 velikih programa u Javi:

- 45% programa ima ciklus od barem 100 razreda (!)
- 10% programa ima ciklus od barem 1000 razreda (!)
- Melton and Tempero: An Empirical Study of Cycles among Classes in Java, OOPSLA'06

Iako rješenje gotovo uvijek postoji (iznimka: iteratori i kolekcije), općenitog recepta za prekidanje ciklusa nema

Motivacija velikog broja **oblikovnih obrazaca**: uklanjanje cikličkih ovisnosti u posebnim slučajevima od širokog značaja!

FIZIČKA NAČELA: CIKLUSI, PRIMJER

Čest problem u grafičkim aplikacijama: cirkularna ovisnost dokumenta i pogleda

```
// document.hpp
#include "view.hpp"
class Document{
public:
    void setState(){
        // ...
        pview_ ->update();
    }
    void getState();
private:
    View *pview_;
    // or: list<View*> pviews_;
};

// view.hpp
#include "document.hpp"
class View{
    Document *pdoc_;
public:
    void update(){
        // use pdoc_ ->getState()
    }
};

// Circular dependency Doc <-> View
// can't test neither of Doc, View!
```

Kako omogućiti nezavisno ispitivanje dvaju razreda?

FIZIČKA NAČELA: CIKLUSI, RJEŠENJE

Cikličku ovisnost često možemo rasklopiti **inverzijom ovisnosti**:

```
// document.hpp
#include "viewbase.hpp"
class Document{
public:
    void setState(){
        // ...
        pview_ ->update();
    }
    void getState();
    void attach(ViewBase* pv);
private:
    ViewBase *pview_;
};
// Document depends on ViewBase
// Document does not know View

// viewbase.hpp
class ViewBase{
public:
    virtual void update()=0;
};

// view.hpp (includes document.hpp)
class View: public ViewBase{
    Document *pdoc_;
public:
    View(Document *doc): pdoc_(doc){
        pdoc_ ->attach(this);
    }
    void update();
};
```

Kako izgleda konačni graf ovisnosti?

OBLIKOVANJE PAKETA

Kako program raste i usložnjava se, **komponente** postaju **presitne** (kad projektiramo avion, ne razmišljamo o vijcima)

Potreba za **većim** oblikovnim jedinicama koje se **zajedno** razvijaju i koriste: takve jedinice nazivamo **paketima** (npr, biblioteke su paketi!)

Ne može se postići da ovisnosti komponenata ne prelaze granice paketa

Pitanja na koje trebamo odgovoriti:

1. kako **grupirati** komponente u pakete (načela **koherentnosti**) ?
2. kako valja urediti **odnose** među paketima (načela **stabilnosti**) ?

OBLIKOVANJE PAKETA: KOHERENCIJA

Načela **koherencije** bave se **raspodjelom** komponenata po paketima:

1. grupiranje prema korelaciji korištenja:
 - izdavanje paketa iziskuje **napor** s obje strane (autor, klijent)
 - komponente koje se ne koriste zajedno **ne pripadaju** istom paketu
2. grupiranje prema zajedničkom **izdavanju**:
 - promjene elemenata paketa moraju biti međusobno **uskladene**
 - ⇒ grupiramo komponente koje se **zajedno** izdaju i **održavaju**
 - ⇒ interakcija između oblikovnih (korelacija korištenja) i **poslovnih** kriterija (izdavanje)
3. grupiranje prema odgovornosti (osjetljivosti na promjene):
 - komponente osjetljive na promjene iz **istog** skupa
 - **samo jedan** razlog za novo izdanje paketa

OBLIKOVANJE PAKETA: KOHERENCIJA(2)

Koherencija paketa srodna jedinstvenoj odgovornosti modula, ali...

Nije dovoljno da komponente modeliraju jedinstvenu os promjene složenog sustava (tj, da imaju jedinstvenu odgovornost)

Moramo razmatrati i međusobno suprotstavljene zahtjeve:

- grupiranja prema **izdavanju** (razvijanju i održavanju)
- grupiranja prema **korištenju**

Dinamička ravnoteža među gornjim zahtjevima i potrebama aplikacije

- česte **promjene** raspodjele komponenti po paketima tijekom napredovanja projekta
- prioritet s lakog razvijanja postupno prelazi na lako korištenje (grupiranje prema izdavanju → grupiranje prema korištenju)

OBLIKOVANJE PAKETA: STABILNOST

Načela **stabilnosti** bave se **uređajem** odnosa među paketima

Razdioba razreda po paketima mora **prigušivati** promjene
inače, udio integracije u velikom projektu **ne može** se ograničiti

1. načelo **acikličke ovisnosti**: nužni element prigušenja promjena
(ništa novo, jednako kao i za komponente)

2. načelo **stabilne ovisnosti**:

usmjeravanje ovisnosti prema **inertnijim** paketima
(analogno načelu inverzije ovisnosti za razrede)

3. načelo **primjerene apstrakcije**:

paket treba biti tim apstraktniji što je više stabilan

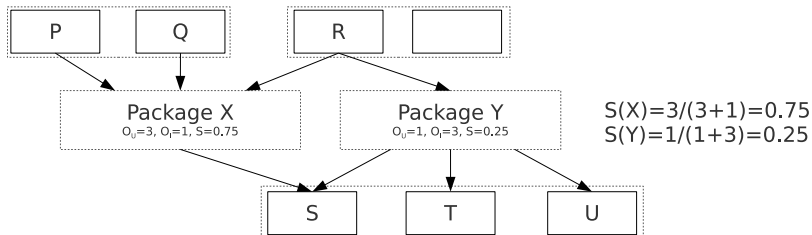
OBLIKOVANJE PAKETA: METRIKA STABILNOSTI

Stabilnost \equiv otpornost na promjene:

- pozitivne i negativne konotacije: **pouzdanost** vs. **inertnost**!
- inertnost je određena **međuvisnostima** (odgovornost, ovisnost)!

Metrika stabilnosti paketa $S = \frac{O_U}{O_U + O_I} \in \langle 0, 1 \rangle$:

- O_U ... **odgovornost**, broj vanjskih komponenti koje ovise o paketu
- O_I ... **nepostojanost**, broj vanjskih komponenti o kojima paket ovisi



OBLIKOVANJE PAKETA: NIO ZA PAKETE

Načelo stabilne ovisnosti:

- ovisnost usmjeriti prema stabilnijim (inertnijim) paketima
- metrika S treba **rasti** uzduž puteva u grafu ovisnosti!

Stabilnost je u kontradikciji s izlaznima ovisnostima: stabilni paketi mogu biti **ili** nadogradivi bez promjene **ili** relativno jednostavni

Kako popraviti kršenje načela?

- tj, što napraviti kad stabilni paket X ovisi o fleksibilnom paketu Y ?
- rješenje je paket Y prekrojiti u dva paketa Y_S i Y_I (NIO za pakete):
 - Y_S sadrži sučelja početnog paketa
 - Y_I sadrži implementacije početnog paketa
- X sada ovisi samo o stabilnom Y_S , pa načelo vrijedi!

OBLIKOVANJE PAKETA: METRIKA APSTRAKCIJE

Uvedimo metriku apstraktnosti paketa $A = N_a/N_c \in \langle 0, 1 \rangle$:

- N_a ... broj apstraktnih razreda paketa
- N_c ... ukupni broj razreda paketa
- "računaju" se samo razredi o kojima ovise vanjski paketi!

Pitanje: kolika je primjerena apstraktnost paketa?

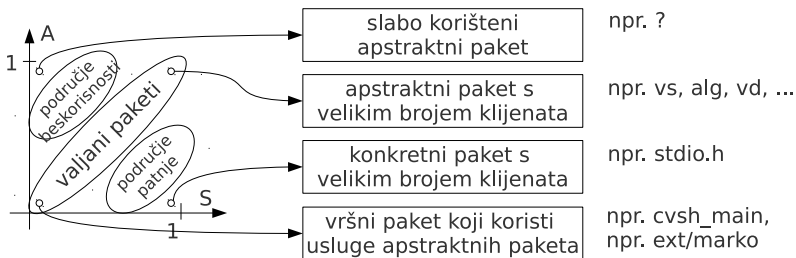
Načelo primjerene apstraktnosti:

paket treba biti toliko apstraktan (A) koliko je i stabilan (S)!

OBLIKOVANJE PAKETA: PRIMJERENA APSTRAKTNOST

Razmotrimo svojstva paketa u ovisnosti o koordinatama (S, A)

- $S \gg A$... područje **patnje** (može biti OK, ako je paket **zreo**)
- $A \gg S$... područje **beskorisnosti** (simptom pretjeranog oblikovanja)
- $A = S$... dobro oblikovani paketi (idealno $A=S=0$ ili $A=S=1$)
- $D' = |A - S| > x_{th} \Rightarrow$ paket je kandidat za prekrajanje



ZAKLJUČAK

Vidjeli smo da su logički (nadogradivost, podatnost, razumljivost) i fizički (lako ispitivanje) ciljevi oblikovanja **kompatibilni**

Dobra struktura ovisnosti: **plitka, nepovezana i bez ciklusa!**

Kako je postići?

Pristupi, prema razini apstrakcije i redoslijedu korištenja:

- zdrav razum (KISS, YAGNI, DRY, SPOT)
- **tehlike** (strukturiranje, enkapsulacija, apstrakcija i polimorfizam)
- **načela**: NNBP, LNS, NIO, NJO, NIS, ograničavanje ovisnosti, izbjegavanje cikličkih ovisnosti
- **oblikovni obrasci** (design patterns)
- **arhitektonski obrasci** (architectural patterns)

RIJEČ PRIJE KRAJA: OVERDESIGN

Nikad ne zaboraviti: zadatak programskog inženjera je borba protiv složenosti!

Linus Torvalds:

*Nobody should start to undertake a large project. You should start with a small trivial project, and you should never expect it to get large. If you do, you'll just overdesign and generally think it is more important than it likely is at that stage. Or, worse, you might be scared away by details. Don't think about some big picture fancy design. If it doesn't solve some fairly immediate need, it's almost certainly **overdesigned**.*

Oblikovanje je važno ispravno **dozirati**: glavni kriterij je jednostavnost izvedbe.

Važan element uspjeha je **iskustvo**!