Programozás alapjai II.
(9. ea) **C++**

többszörös öröklés, cast, perzisztencia, kivételek

Szeberényi Imre, Somogyi Péter
BME IIT

<szebi@iit.bme.hu>

MŰEGYETEM 1782

Öröklés ism.

- Egy osztályból olyan újabb osztályokat származtatunk, amelyek rendelkeznek az eredeti osztályban már definiált tulajdonságokkal, viselkedéssel.

- Analitikus - Korlátozó ✓
- Egyszeres - Többszörös

Többszörös öröklés

- Ha két osztály merőben különbözik, de mindkettőben valamit meg kell valósítani a másik számára.
- Az új osztálynak többféle arcot kell mutatnia (mutatókonverzió).
- Sokszor kiváltható barát függvényekkel, de nem a legjobb megoldás.
- Objektum és a környezet (pl. grafikus) kapcsolata.

Többszörös öröklés/2

- Két vagy több bázisosztályból származtatunk.
- Több OO nyelv nem támogatja, mert bonyolult implementálni.
- Ezekben a nyelvekben interfésszel váltják ki a többszörös öröklést.
- Leggyakrabban grafikus interfész és a modell kapcsolatánál használjuk.

Példa: Nyomógomb és callback fv.

A grafikus rendszer kezeli a felhasználói eseményeket.

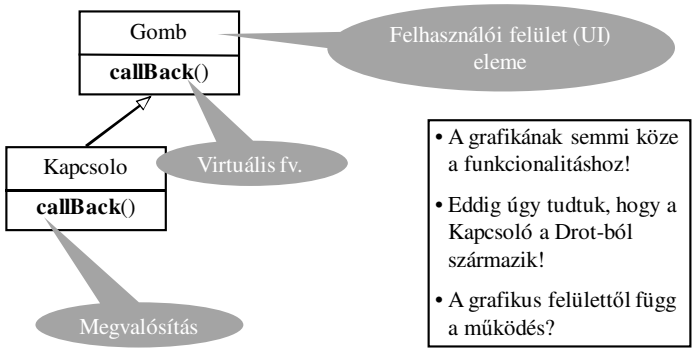
Ha megnyomják (áthaladnak fölötte, elengedik, stb.), meghívja az alkalmazás megfelelő függvényét (callback), amit korábban az alkalmazás közölt a gombbal.

Példa: Kapcsoló

Gombnyomásra ki-be lehessen kapcsolni

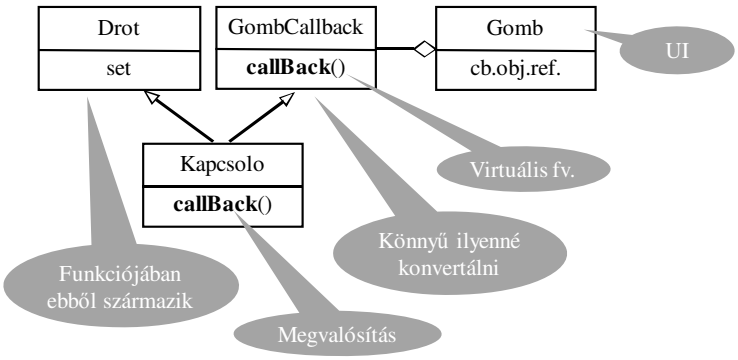
- A (grafikus) felhasználói felületen megvalósított **gomb** megkap minden felhasználói inputot. Amikor azt kapja, hogy "megnyomták", akkor szól a **kapcsolónak**.
  - Hogyan szól neki, ha nem ismeri?
  - Próbálkozzunk származtatással!

Kapcsoló a grafikus felületből?



- A grafikának semmi köze a funkcionalitáshoz!
- Eddig úgy tudtuk, hogy a Kapcsoló a Drot-ból származik!
- A grafikus felülettől függ a működés?

Kapcsoló többszörös öröklléssel



Kapcsoló megvalósítása

```
class GombCallback {            // callback funkcióhoz
public:
   virtual void callBack() = 0; // virtuális cb. függvény
};

class Gomb {     // felhasználói felület objektuma
   GombCallback &cb;          // objektum referencia
public:
   Gomb (GombCallback &t) :cb(t) {}// referencia inic.
   void Nyom() { cb.callBack(); }       // megnyomták
   ....
};
```

GombCallback lehetne funktor mintájú, amitől talán elegánsabb a kód, de könnyen összeütközhet a modell függvényhívás operátorával.

Kapcsoló megvalósítása/2

```
class Kapcsolo :public Drot, public GombCallback {
   int be; // állapot
public:
   void ki();
   void be();
   ....
   void callBack() { if (be) ki(); else be(); } // callback
};
```

Az osztály kompatibilis a **GombCallback** osztállyal, amin keresztül a **Gomb** osztály eléri a **callBack** függvényt.

```
Kapcsolo k1;
Gomb g1(k1);
```

```
class Gomb {
   GombCallback &cb;
public:
   Gomb (GombCallback &t) :cb(t) {}
   void Nyom() { cb.callBack(); }
};
```

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_09 → nyomogomb

Töbsz. öröklés + fv. overload

```
struct A {
  void f() {}
  void f(int) {}
};

struct B {
  void f(double){}
};
```

```
struct AB : public A, public B {
using A::f;
using B::f;
void f() {
      f(1);
      f(1.2);
  }
};
...
   AB ab;
   ab.f();
   ab.f(5);
   ab.f(6.3);
```

Melyik f?

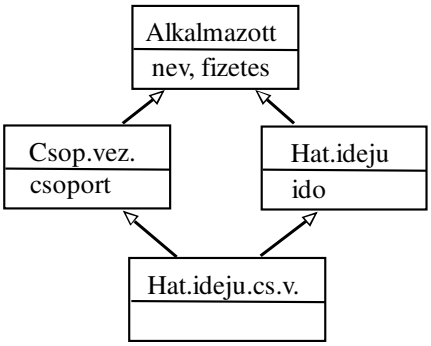
Feltételezés: A többszörös öröklésnél merőben eltérőek az alap-osztályok, az azonos nevű függvények más-más funkciót látnak el.

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_09 → polimorf

Többszörös öröklés problémái

- Többszörös öröklés különös figyelmet igényel, ha előfordulhat, hogy egy alaposztály különböző leszármazottjai "összetalálkoznak".
- Ekkor ún. rombusz v. "diamond" struktúra alakul ki.
- Példa: irodai hierarchia

Irodai hierarchia



Irodai hierarchia /2

```
class Alkalmazott {
protected:
   String   nev;                    // név
   double   fizetes;                // fizetés
public:
   Alkalmazott(String n, double fiz);
};
class CsopVez :public Alkalmazott {
   csop_t   csoport;            // csoport azon.
public:
   CsopVez(String n, double f, csop_t cs)
                  :Alkalmazott(n, f), csoport(cs) { }
};
```


Irodai hierarchia /3

```
class HatIdeju :public Alkalmazott {
   time_t  ido;          // szerződése lejár ekkor
public:
   HatIdeju(String  n, double f, time_t t)
                  :Alkalmazott(n, f), ido(t) { }
};
class HatIdCsV :public CsopVez,
                  public HatIdeju {
public:
   HatIdCsV(String  n, double f, csop_t cs, time_t t)
               :CsopVez(n, f, cs), HatIdeju(n, f, t) { }
};
```

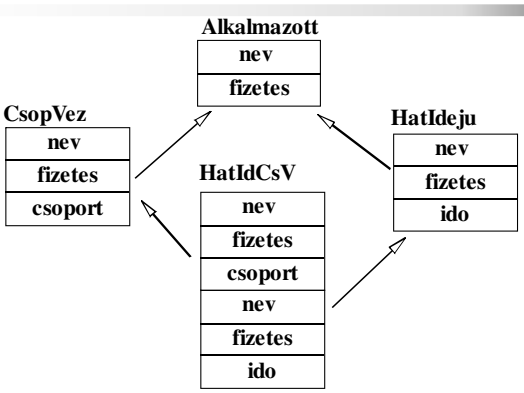
Két neve és két fizetése van ?

Elérhetők ezek a mezők?

```
class HatIdCsV :public CsopVez,
                public HatIdeju {
public:
   HatIdCsV(String n, double f, csop_t cs, time_t t)
            :CsopVez(n, f, cs), HatIdeju(n, f, t) { }
   void Kiir() {
        cout << CsopVez :: nev << endl;
        cout << HatIdeju :: nev << endl;
   }
};
```

A scope operátorral kiválasztható, tehát önmagában ez még nem lenne baj, de baj lehet belőle.

Memóriakép



Miből fakad a probléma ?

- Többszörös elérés az öröklési gráfon.

Miért nem vonja össze a fordító ?

- A nevek ütközése az öröklés megismert szabályai alapján még nem jelent bajt.
- Lehet hogy szándékos az ütközés.
- Automatikus összevonás esetén a kompatibilitás veszélybe kerülhet.

Megoldás: Virtuális alaposztály

```
class CsopVez :virtual public Alkalmazott {
....
public:
   CsopVez(String n, double f, csop_t cs)
                                  :Alkalmazott(n, f),// csak lánc végén
                                       csoport(cs) { }
};
class HatIdeju :virtual public Alkalmazott{ .... };
class HatIdCsV :public CsopVez, public HatIdeju {
public:
   HatIdCsV(String n, double f, csop_t cs, time_t t)
         :Alkalmazott (n, f),          // csak ha a lánc vége
           CsopVez(NULL, 0, cs),    // tudjuk, hogy az ős konstr.
           HatIdeju(NULL, 0, t) { } // nem itt hívódik, ezért null
```

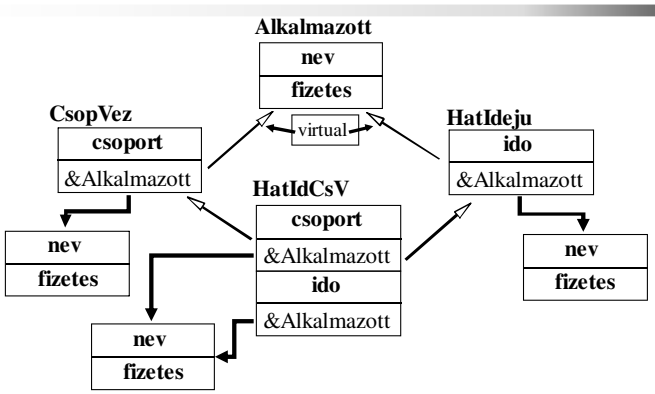
Csak az **öröklési lánc legvégén** hívódik meg az alaposztály konstruktora.

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_09 → iroda

Virtuális alaposztály

1. Alaposztály adattagjai nem épülnek be a származtatott osztály adattagjaiba. A virtuális függvényekhez hasonlóan indirekt elérésűek lesznek.
2. Az alaposztály konstruktorát nem az első származtatott osztály konstruktora fogja hívni, hanem az öröklési lánc legvégén szereplő osztály konstruktora.

Memóriakép virt. alaposztállyal



Irodai példa virt. alaposztállyal

```
class Alkalmazott { ... };
class HatIdeju :virtual public Alkalmazott{ ... };
class CsopVez :virtual public Alkalmazott { ... };
class HatIdCsV :public CsopVez, public HatIdeju { ... };
class HatIdCsVH :public HatIdCsV { ... };

Melyik konstruktor hívja az Alkalmazott konstruktorát ?
Alkalmazott melos("Lusta Dick", 100); // Alkalmazott
HatIdeju grabo("Grabovszki", 300); // HatIdeju
CsopVez fonok("Mr. Gatto ", 5000); // CsopVez
HatIdCsV gore("Mr. Tejfel", 3000); // HatIdCsV
HatIdCsVH ("Safranek", 500); // HatIdCsVH
        Aki a lánc végén van.
```


És, ha nem lenne virtuális ?

```
class Alkalmazott { ... };
class HatIdeju :public Alkalmazott{ ... };
class CsopVez :public Alkalmazott { ... };
class HatIdCsV :public CsopVez, public HatIdeju { ... };
class HatIdCsVH :public HatIdCsV { ... };

Melyik konstruktor hívja az Alkalmazott konstruktorát ?
Alkalmazott melos("Lusta Dick", 100); // Alkalmazott
HatIdeju grabo("Grabovszki", 300); // HatIdeju
CsopVez fonok("Mr. Gatto ", 5000); // CsopVez
HatIdCsV gore("Mr. Tejfel", 3000); // CsopVez, HatIdeju
HatIdCsVH ("Safranek", 500); // CsopVez, HatIdeju
        Aki az első a láncban.
```


Elkerülhető a többsz. öröklés?

- Egyes OO nyelvekben nincs többszörös öröklés, de van helyette interfész, amivel pótolható a hiánya. C++ -ban ilyen nincs, ezért teljesen nem kerülhető el.
- Biztosan nem kerülhető el, ha
  - mindkét osztály "arcát" mutatni kell (pl. ny.gomb)
  - mindkét osztályt valamiért alaposztállyá kell konvertálni (upcast)

Konstruktor feladatai

- Öröklési lánc végén hívja a virtuális alaposztályok konstruktorait.
- Hívja a közvetlen, nem virtuális alaposztályok konstruktorait.
- Létrehozza a saját részt:
  - beállítja a virtuális alaposztály mutatóit
  - beállítja a virtuális függvények mutatóit
  - hívja a tartalmazott objektumok konstruktorait
  - végrehajtja a programozott törzset

Destruktor feladatai

- Megszünteti a saját részt:
  - végrehajtja a programozott törzset
  - tartalmazott objektumok destruktorainak hívása
  - virtuális függvénymutatók visszaállítása
  - virtuális alaposztály mutatóinak visszaállítása
- Hívja a közvetlen, nem virtuális alaposztályok destruktorait.
- Öröklési lánc végén hívja a virtuális alaposztályok destruktorait.

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_09 → ctor_dtor

Hívható-e konstruktorból saját virt. fv?

- Hivható, de nem az történik, amit várunk. Az alaposztály konstruktora a származtatott obj. konstruktora előtt fut le, így a virtuális függvénypointerek beállítása nem történik meg.

B konstr. **még nem futott.**

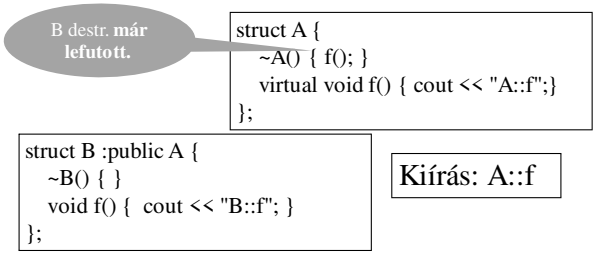
```
struct A {
   A() { f(); }
   virtual void f() { cout << "A::f";}
};
```

```
struct B :public A {
   B() { }
   void f() {  cout << "B::f"; }
};
```

Kiírás: A::f

Hívható-e destruktorból saját virt. fv?

- Hívható, de nem az történik, amit várunk. Az alaposztály destruktora a származtatott obj. destruktora után fut le, így a virtuális függvénypointerek már visszaálltak.



Konstruktor/destruktor, mint őrszem

- Gyakori, hogy erőforrásként kell kezelni valamit (memória, fájl, eszköz, stb.):
  - lefoglalás
  - feldolgozás
  - felszabadítás
- Az ilyen esetekben külön figyelmet kell fordítani arra, hogy a feldolgozás közben észlelt hiba esetén is gondoskodjunk a felszabadításról.

Konstruktor/destruktor, mint őrszem/2

```
{  // Kódrészlet
  ...
   std::ifstream inp(f);    // megnyitás
    ...                     // file feldolgozása
   if (inp.fail())
       throw "baj_van"; // !!! nincs lezárva a fájl !!!
   inp.close();             // lezárás normál esetben
}
```

A példa sántít, mert az ifstream a példány megszűnésekor bezárja a fájlt.
Köszönöm Anonymus előadáson tett megjegyzését!
Így azzal a hamis feltételezéssel nézzék a példát, minta nem zárná be, vagy ifstream helyett valami eszközt (pl. hálózat) használunk, amit külön be kell zárni.
A lényeg a konstruktor/destruktor őrszem jellegű felhasználásában van.

Konstruktor/destruktor, mint őrszem/3

```
// Adapter, ami mindent tud, amit az ifstream + megszűnéskor bezár
struct Inputstream : std::ifstream {
   Inputstream(const char *f) :std::ifstream(f) { }
   ~Inputstream() { close(); }
};

{  // Kódrészlet
   Inputstream inp(f);   // megnyitás
    ...                  // file feldolgozása
}
```

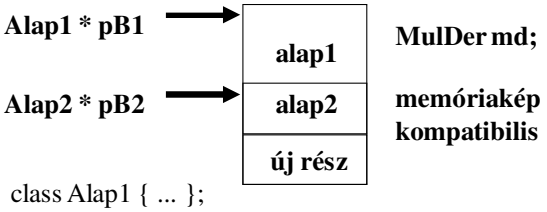
atomatikusan bezár

destruktor megszüntet (bezár)

Mutatókonverzió újra

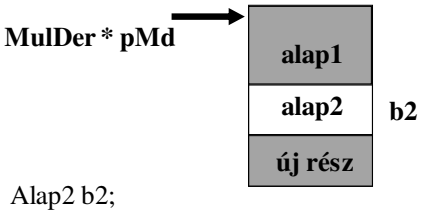
- Származtatott osztály a kompatibilitás révén könnyen konvertálható alaposztályra.
- Ez hívjuk "upcast"-nak.
- Leggyakrabban pointereket konvertálunk (heterogén gyűjtemény).
- Néha referenciát. (copy konstruktor hívása)
- Többszörös öröklésnél a konverzió nagy figyelmet igényel.

Mut. konv. többszörös öröklésnél




```
class Alap1 { ... };
class Alap2 { ... };
class MulDer: public Alap1, public Alap2 { ... };
MulDer md;
Alap1 * pB1 = &md;
Alap2 * pB2 = &md;      // mutató értékmódosítás!
```

Konv. többsz. öröklésnél szárm.-ra




```
Alap2 b2;
MulDer  *pmd = (MulDer *) &b2;
        // mutató értékmódosítás!
        // nem létező adatmezőket és üzeneteket el lehet érni
        // explicit konverzió mindig veszélyes!
```


Megbocsátható down cast

- Néha előfordul, hogy tudjuk, hogy egy adott mutató egy származtatott osztályból származik, de valamiért alappá konvertáltuk (pl. heterogén kollekció)
- Ekkor biztonságos a dynamic_cast használata, ami futási időben értékelődik ki.

Ha MulDer* típusú, akkor OK, egyébként NULL

```
MulDer md;
Alap *p = &md;
MulDer *pa = dynamic_cast<MulDer*>(p);
```


cast átértékelése

C: (típus)

Explicit típuskonverziót végez. Használata körültekintést igényel. C programokban leginkább a malloc környékén fordul elő joggal. Eredménye nem lvalue.

C++:

Sokkal többször és sokkal több okból fordulhat elő joggal. A veszélyek csökkentésére több változata létezik: (dynamic_cast, static_cast, const_cast, reinterpret_cast, (tipus), tipus())

dynamic_cast

szintaxis: ***dynamic_cast<T>(v)***

v – alaposztályra hivatkozik, vagy pointer

T – származtatott osztályra hivatkozik, vagy void pointer

```
struct A {
  virtual ~A(){}
};
struct B :A {};
struct C :A {};
```

polimorf

```
A* apB = new B;
A* apC = new C;
```

NULL

```
B* bp1 = dynamic_cast<B*>(apB);
B* bp2 = dynamic_cast<B*>(apC);
```


static_cast

szintaxis: ***static_cast<T>(v)***

v – alaposztályra hivatkozik, vagy pointer

T – származtatott osztályra hivatkozik, vagy void pointer

```
struct A {
};
struct B :A {};
struct C :A {};
```

```
A* apB = new B;
A* apC = new C;
```

```
B* bp1 = static_cast<B*>(apB);
B* bp2 = static_cast<B*>(apC);
```

Fordítási időben történik, nincs futás idejű ellenőrzés!

Jelzi, ami fordítási időben tilos. (pl. int* -> B*)

const_cast

szintaxis: ***const_cast<T>(v)***

Csak a *const* vagy a *volatile* minősítő eltávolítására vagy előírására használható.

```
const int a = 10;
const int* b = &a;
int* c = const_cast<int*>(b);
*c = 30; //nincs ford.hiba. !!Nem definit!!

int a1 = 40;
const int* b1 = &a1;
int* c1 = const_cast<int*>(b1);
*c1 = 50; // minden OK, mert a1 nem konst.
```

reinterpret_cast

szintaxis: ***reinterpret_cast<T>(v)***

Ellenőrzés és változtatás nélkül átalakítja v-t a megadott típusúvá. Igen veszélyes, de legalább könnyen felismerhető a forrásban.

A *const* ill. *volatile* minősítés nem módosítható vele.

```
struct B {};
B* p = new B;
long l = reinterpret_cast<long>(p);
```


(típus), típus( )

A C stílusú cast mellett használható még az úgynevezett funkció stílusú cast is.

Lehetőleg az úgynevezett nevesített (**dynamic_cast, static_cast, const_cast, reinterpret_cast**) változatokat kell használni. Használatukkal a konverziókból adódó problémák sokkal könnyebben felfedezhetők.

```
int i, j; double d;
d = (double)i/j;
d = double(i)/j;  // funkció stílusú cast
```

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_09 → polimorf

Explicit konstruktor (ism.)

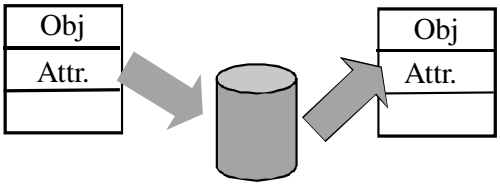
- Az egyparaméterű konstruktorok egyben automatikus konverziót is jelentenek:
  pl: String a = "hello"; → String a = String("hello");
- Ez kényelmes, de zavaró is lehet:
  - tfh: van String(int) – konstruktor, ami megadja a string hosszát, de nincs String(char) konstruktor;
  - ekkor: String b = 'x'; → String b =String(int('x')); nem biztos, hogy kívánatos.
- Az aut. konverzió az **explicit** kulcsszóval kapcsolható ki. (pl: explicit String(int i);)

Explicit konstruktor példa:

```
class Komplex {
      double re, im;
public:
      Komplex(double re = 0, double im  = 0)
                        :re(re), im(im){ }
};
void valamifv(class Komplex);

int main() {
    Komplex k1 = 12;  // OK.
...
    valamifv(12); //Lehet, hogy nem ezt akarta, esetleg
        // elfelejtette megvalósítani az int-es változatot.
```


Perzisztencia



- A perzisztens objektumok állapota **elmenthető** és **visszatölthető** egy későbbi időben, esetleg másik gépen létrehozott objektumba.
- A visszatöltött objektum "folytatja" a működést.

Perzisztencia/2

- Az objektum a saját állapotát képes kiírni egy adatfolyamba → szerializáció
- Az objektum a saját állapotát képes beolvasni egy adatfolyamból → deszerializáció
- Szempont lehet a hordozható külső formátum is. Ez különösen fontos elosztott rendszereknél.
- A perzisztenciát gyakran többszörös örökléssel vagy interfésszel oldják meg.

Perzisztencia öröklléssel I./1

```
class Serialize {
   int size;                    // kírandó adat mérete
public:
   Serialize(int s) :size(s) {}     // méret beállítása
   void write(ostream& os) const {
        os.write((char *)this, size);     // kiírás
   }
  void read(istream& is) const {
        is.read((char *)this, size);      // beolvasás
   }
};
```


Perzisztencia öröklléssel I./2

```
class Complex {
   double re, im; ....
}
class PComplex : public Serialize, public Complex {
public:
   PComplex(double re, double im) : Complex(re, im),
   Serialize(sizeof(PComplex)) {}
};
int main() {
  ofstream f1("f1.dat");
  PComplex k1(1, 8);
  k1.write(f1);
  return 0;
}
```

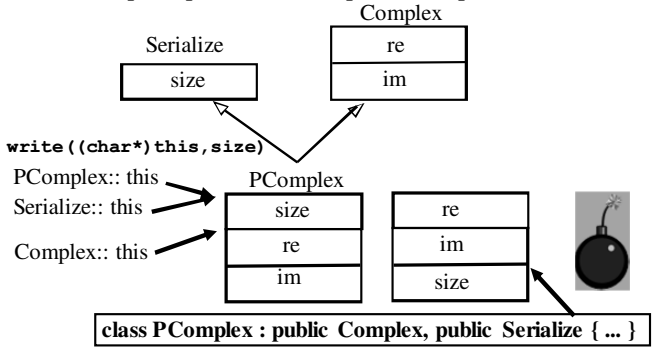
Képes kiírni ill. visszatölteni

Származtatott mérete

```
int main() {
  ifstream f1("f1.dat");
  PComplex k1;
  k1.read(f1);
  return 0;
}
```


A sorrendre érzékeny!

class PComplex : public Serialize, public Complex { ... }



class PComplex : public Complex, public Serialize { ... }

Problémák

- Pointerek visszatöltésének nincs értelme.
- Veszélyes a kód: A öröklés sorrendjére érzékeny. A Serialize osztálynak kell elsőnek szerepelni.
- Mi van a virtuális függvények mutatóival?
- Külső reprezentáció nem hordozható.
- Ötletnek nem rossz, de a gyakorlatban használhatatlan!

Van megoldás?

- C++-ban nehéz automatizálni a szerializációt. Néhány könyvtár ad támogatást (pl. boost, MFC, s11n)
- Fapados, de működő megoldás:
  - Magára az objektumra kell bízni az adatfolyammá történő alakítást ill. visszaalakítást.
  - Ehhez célszerű egy olyan absztrakt osztályból származtatni, ami megfelel az elvárt interfésznek („arcnak"). ld: **Serializable**
- Kellő körültekintéssel el kell készíteni a megfelelő virtuális függvényeket.

Használható megoldás

```
class Serializable {
public:
   virtual void write(ostream& os) const = 0; // kiíró
   virtual void read(istream& is) = 0;          // beolvasó
   virtual ~Serializable() {} // ne legyen probléma az upcast
};
class String {
protected:
   char *p;
   int len;
public:
   String(char *s = "" ) {
      len = strlen(s);
      p = new char[len+1]; strncpy(p, s, len+1);
   }
   .....
};
```

Absztrakt osztály a sorosításhoz

Szebb lenne protected nélkül. Hogyan? Pl: getter/setter, vagy inserter/exractor (ld. laboron)

Használható megoldás /2

```
class PString : public Serializable, public String {
public:
   void write(ostream& os) const;
   void read(istream& is);
    ... // Milyen tagfüggvény kell még, ha azt akarjuk, hogy
        // PString String helyett használható legyen ?
};
```

Így két „arca” lesz

Világos, hogy ezek kellenek

- String összes létrehozási lehetősége → **Kell minden konstruktor**
- Kell másoló? Kell op=?
  - Van dinamikus adattagja a PStringnek? Nincs. → **Így nem kell**.
- Mi van, ha valamilyen String művelet eredményét PString-re kellene konvertálni?
  - Kell String → PString konverzió → **Konstruktorok megoldják**
- Mi van, ha valamilyen PString művelet eredményét String-re kellene konvertálni? → **Kompatibilitás megoldja**
- Destruktor? → **Jó az örökölt**

Használható megoldás /3

```
class PString : public Serializable, public String {
public:
   PString() : String() {};
   PString(char ch) :String(ch) {}
   PString(const char *p) :String(p) {}
   PString(const String& s) :String(s) {}
   void write(ostream& os) const;
   void read(istream& is);
};

// Már csak a write és a read megvalósítása hiányzik!
```


write és read megvalósítása

```
// Feltételezzük, hogy String::p és String::len protected tag,
// de később belátjuk, hogy nem is kell!

void PString::write(ostream& os) const {
   os << len << ',';      // szeparátor
   os.write(p, len);      // a szöveg kiírása
}

void PString::read(istream& is) {
   delete[] p;
   (is >> len).ignore(1);  // len és szeparátor beolvasás
   p = new char [len+1]; // új terület kell
   is.read(p, len);          // len db karaktert olvasunk
   p[len] = 0;               // lezáró nulla
}
```

write és read megvalósítása /2

```
void PString::write(ostream& os) const {
   os << size() << ',';   // méret + szeparátor
   os.write(c_str(), size());// a szöveg kiírása
   os << '\n';            // csak a könnyebb debug miatt
}
void PString::read(istream& is) {
    size_t len;
    (is >> len).ignore(1);// len és szeparátor beolvasása
    char *p = new char [len+1]; // új terület
    is.read(p, len).ignore(1);    // len db karaktert olvasunk + a \n
    p[len] = 0;            // lezáró nulla
    *this = String(p);   // kihasználjuk, hogy az op= működik
    delete [] p;           // p már nem kell
}
```

Protected nélkül.

Miért read és nem >> ?

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_09 → pkomplex (a pstring házi feladat)

Kérdések, megjegyzések

- Fontos, hogy a read() pontos tükörképe legyen a write()-nak.
- Fontos a megfelelő reprezentáció kiválasztása.
- Kézenfekvő mindent szöveggé alakítani. Ekkor numerikus kiírások után kell szeparátor, amit a beolvasáskor el kell dobni.
- Célszerű binárisan megnyitott adatfolyamot (stream) használni, így elkerülhetők a \n → \r\n konverzióból adódó problémák a különböző rendszerek között.
- Pointerek és referenciák kezelése külön figyelmet igényel.
- Miért kell többszörös öröklés?
  - ha módosítható az osztály – megoldható többsz. nélkül
  - ha nincs kezünkben az osztály – csak ez a lehetőség

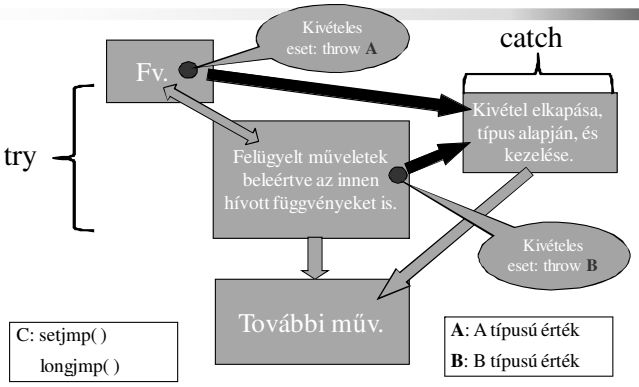
Kivételes esetek kezelése (ism.)

- Kinek kell jelezni?
  - felhasználó, másik programozó, másik program
  - saját magunknak
- A kivételes eset kezelése gyakran nem annak keletkezési helyén történik. (Legtöbbször nem tudjuk, hogy mit kell tenni. Megállni, kiírni valami csúnyát, stb.)

Kivétel kezelés (ism.)

- C++ típus orientált kivételkezelést támogat, amivel a kivételes esetek kezelésének szinte minden formája megvalósítható.
- A kivételkezeléshez tartozó tevékenységek:
  - figyelendő kódrészlet kijelölése (try)
  - kivétel továbbítása (throw)
  - esemény lekezelése (catch)

Kivételkezelés = globális goto (ism)

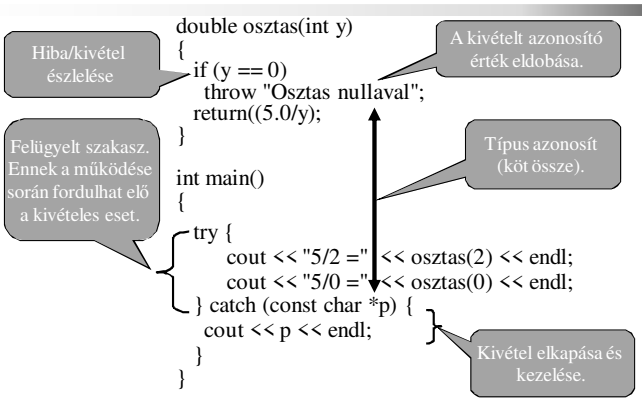


Kivételkezelés/2 (ism)

```
try {
 ..... Kritikus művelet1 pl. egy függvény hívása, aminek a
   belsejében: {if (hiba) throw kifejezés_tipus1;}
 ..... Kritikus művelet2 pl. egy másik függvény hívása,
   aminek a belsejében: {if (hiba) throw kifejezés_tipus2;}
} catch (típus1 param) {
 ..... Kivételkezelés1
} catch (típus2 param) {
 ..... Kivételkezelés2
}
```

A hiba tetszőleges mélységben keletkezhet.
Közvetlenül a **try-catch** blokkban a **throw**-nak nincs sok értelme, hiszen akkor már kezelni is tudnánk a hibát.

Kivételkezelés példa (ism)



Újdonságok a korábbiakhoz

- A dobott kivétel alap ill. származtatott objektum is lehet.

```
try {
   throw E();
} catch(H) {
   // mikor jut ide ?
}
```

1. **H és E azonos típusú,**
2. **H bázisosztálya E-nek,**
3. **H és E mutató és teljesül rájuk 1. vagy 2.,**
4. **H és E referencia és teljesül rájuk 1. vagy 2.**

Következtetések

- Célszerű kivétel osztályokat alkalmazni, (pl. std::exceptions) amiből származtatással újabb kivételeket lehet létrehozni.
- A dobás értékparamétert dob, ezért az elkapáskor számolni kell az alaposztályra történő konverzióval (adatvesztés).

➔ Célszerű pointert, vagy referenciát alkalmazni.

➔ Kell másoló konstruktor.

Továbbdobás

```
try {
    throw E();
} catch(H) {
   if (le_tudjuk kezelni) {
        ....
   } else {
        throw;
   }
}
```

Az eredeti dobódik tovább, nem csak az elkapott változat.

Paraméter nélkül

Minden elkapása

```
try {
    throw E();
} catch(...) {
   // szükséges feladatok
   throw;
}
```

Minden kivétel

A kezelők sorrendje fontos!

Rollback (stack unwinding)

```
try {
   A a;
   B b;
   C *cp = new C;
   if (hiba) throw "Baj van";
   delete cp;
} catch(const char *p) {
   // A létezik ?
   // B létezik ?
   // *cp által mutatott obj. létezik ?
}
```

Minden a blokkban deklarált, "létező" objektum destruktora meghívódik.

Hiba esetén C példánya nem szabadul fel, de **cp** megszűnik.

Melyik obj. létezik ?

- Csak az az objektum számít létezőnek, amelynek a konstruktora lefutott.
- Ha a konstruktor nem fut le, akkor a rollback során a destruktor sem fog végrehajtódni.
- Előző példában C konstruktora lefutott ugyan, de nem deklarációval hoztuk létre, hanem dinamikusan.

https://git.ik.bme.hu/Prog2/eloadas_peldak/ea_9 → kodreszletek

Kivétel a konstruktorban

- Lényegében a kivételkezelés az egyetlen mód arra, hogy a konstruktor hibát jelezzen.
- Hiba esetén gondoskodni kell a megfelelő obj. állapot előállításáról.

Inicializáló listán keletkező kivétel elfogása:

```
struct A {
        B b;
        A() try
                :b() { // konstruktor programozott része
        } catch (...) {
          ... // kivételkezelés
          // ha eljut idáig itt továbbdob
        }
};
```


Kivétel a destruktorban

Destruktor hívás oka:

1. Normál meghívás
2. Kivételkezelés (rollback) miatti meghívás. Ekkor a kivétel nem léphet ki a destruktorból.

Destruktorban keletkező kivétel elfogása:

```
A::~A() try {
                // destruktor programozott törzse
        } catch (...) {
           ... // kivételkezelés
          // ha eljut idáig, továbbdob
}
```

Kivételek specifikálása

- Függvény deklarálásakor/definíciójakor megadható, hogy milyen✞ kivételeket generál az adott függvény.
- Ha mást is generálna, akkor az automatikusan meghívja az unexpected()✞ handlert.

```
void f1() throw (E1, E2);✞  // csak E1, E2
void f2() throw();✞         // semmi
void f3();                  // bármi
void f3() noexcept(true)    // semmi (C++11-től)
```

✞ C++17-től megszűnik a függvények din. kivétel specifikációja. Csak dob/nem dob.

Kapcsolódó függvények

- std::terminate_handler set_terminate(std::terminate_handler) throw(); 🕐
  - beállítja a terminate handlert
- void terminate();
  - meghívja a terminate handlert
- bool uncaught_exception() throw(); 🕐
  - kivételkezelés folyamatban van, még nem talált rá a megfelelő handlerre (nem kapták el). Destruktorban lenne szerepe, de …

🕐 C++11-től a szignatúra változik

Összefoglalás

- Többszörös öröklés: Ha egy osztálynak több „arcot” kell mutatnia. pl.
  - UI és modell kapcsolata
  - perzisztencia
- Sorosítás fontos eszköz a kommunikációban. C++-ban nehéz automatizálni, de egyedi megoldásokra van működő recept.
- Explicit cast veszélyes. Könnyebb felismerhetőséghez több eszközünk van (pl. dynamic_cast, const_cast, ...)
- Kivételes esetek kezelését átértékeltük az öröklés ismeretében