
Implementierung Einfachvererbung

- jedes Objekt enthält Zeiger auf dynamischen Typ
- Typ enthält Array von Zeigern auf Methoden
- Methode intern als Array-Index dargestellt, Variable als Offset von Objektadresse
- dynamisches Binden: Methode in Array-Eintrag des dynamischen Typs aufrufen, Variablenzugriff über Offset
- Einfachvererbung: Indexe und Offsets bleiben erhalten
 - zusätzliche Einträge und Offsets hinten angehängt
 - ererbte Methode = kopierter Array-Eintrag
 - überschriebene Methode = überschriebener Array-Eintrag

Implementierung Interfaces

- einfache Impl. für Mehrfachvererbung ungeeignet
- Array-Eintrag für jedes implementierte Interface (zeigt auf Interface, sonst wie Methodenzeiger)
- Interface enthält Array von Methodenzeigern (und Variablenoffsets wenn unterstützt)
- eine Indirektion mehr, Variablenzugriffe teurer
- Einfachvererbung von Interfaces durch hinten anhängen
- Mehrfachvererbung: zusätzliche Interfaces in Array
- „Optimierung“: Interface-Array direkt in Objekt

Implementierung Mehrfachvererbung 1

- im Prinzip Techniken für Interfaces verwendbar
wenn nötig mehrere Arrays (VFT = virtual function table)
- Objektlayout ererbter Klassen in C++ direkt übernommen
(für up-cast auf Objekten notwendig)
- up-cast ändert Zeiger um Konstante „delta“ auf Anfang
des Teilobjekts
- Anfang jedes Teilobjekts zeigt auf eigenen VFT
- bei Vergleichen auf Identität „delta“ berücksichtigen

Implementierung Mehrfachvererbung 2

- Methodenaufruf bei Mehrfachvererbung (allgemein):

1. `load [objectReg + #VFToffset], tableReg`
2. `load [tableReg + #deltaOffset], deltaReg`
3. `load [tableReg + #selectorOffset], methodReg`
4. `add objectReg, deltaReg, objectReg`
5. `call methodReg`

- da „delta“ meist 0, Optimierung mit „thunks“:

Befehle 2 und 4 weglassen

statt dessen bei Mehrfachvererbung Sprung auf „thunk“:

```
thunk: add objectReg, #delta, objectReg
      jump #method
```

Optimierungsmöglichkeiten

- wenn Methode statisch bekannt:
 - direkter Sprung statt über VFT
 - „inlining“ und weitere Optimierungen möglich
- Methode eher statisch bekannt wenn Compiler komplette Typhierarchie kennt (Eiffel)
- teilweises „inlining“ (Spezialisierung) durch „thunks“
- durch Wachsen in beide Richtungen und bei statisch bekannter Typhierarchie „thunks“ fast immer vermeidbar
- dynamisches Caching: zuerst auf selbe Methode wie bei letztem Aufruf springen, dann schauen ob Typ passt und nötigenfalls weiterspringen

Ist Code-Mehrfachvererbung nötig?

- technische Antwort:
Vererbung ist überhaupt nicht nötig, nur Subtyping
- Grund: Code-Vererbung lässt sich z.B. über Decorator-Pattern praktisch immer simulieren
- aber Code-Vererbung ist praktisch und sinnvoll
- Kombination einfache Vererbung von Code und mehrfache Interface-Vererbung fordert frühzeitige Entscheidung, ob Interface oder Klasse
- daher Code-Mehrfachvererbung auch sinnvoll, wenn nur selten benötigt

Code-Mehrfachvererbung: Beispiele

- eine Oberklasse implementiert eine Template Method, eine andere implementiert eine Operation der Template Method
- eine Oberklasse implementiert nur inhaltlichen Code, eine andere nur Synchronisationscode
- beide Beispiele sind „mixins“ im weiteren Sinne, wobei eine Unterklasse bestimmt, aus welchen vorgefertigten austauschbaren Teilen sie besteht
- alternative Lösungen sind jeweils möglich, aber teilweise schwer realisierbar wenn Oberklassen-Code nicht sichtbar ist oder nicht geändert werden soll

Implementierung Exception Handling

- Compiler erzeugt Tabelle, die Adressbereichen (Blöcken) Exception-Handler zuordnet (für jeden Exception-Typ)
- nach Auftritt wird Handler für aktuellen Instruction Pointer (IP) gesucht und (wenn vorhanden) darauf gesprungen
- existiert kein passender Handler, wird aus aktueller Routine zurückgekehrt und mit neuem IP (Aufrufstelle) gesucht
- für Code nach Rückkehr aus „main“ existiert Handler
- kein Overhead ohne Exception, Handler-Suche billig, Objekterzeugung manchmal teuer
- bei Retry-Semantik ruft Handler ursprünglichen Code auf

C++ Templates

- auch Konstanten als Typparameter:

```
template<class T, int n> class buffer { ... };
```

- partielle/volle Spezialisierung mit „pattern matching“

```
template<int n> class buffer<bool, n> { ... };
```

```
template<> class buffer<bool, 0> { ... };
```

- implizite Instanziierung wenn keine passende Spezialisierung
- Methoden nur erzeugt wenn im Code verwendet

Ausdrucksstärke von Templates

- statische Auswertung von Ausdrücken verwendbar:

```
template<int x, int n> struct power {  
    static const int r = x * power<x, n-1>::r;  
};  
template<int x> struct power<x, 0> {  
    static const int r = 1;  
};
```

- auch algebraische Datentypen ausdrückbar:

```
template<class Head, class Tail> struct Cons { };  
struct Nil { };  
typedef Cons<int, Cons<float, Nil> > list_of_types;
```

Nebenläufigkeit

- im Prinzip sind Nebenläufigkeit und Synchronisation unabhängig von Objektorientiertheit
- Monitore setzen auf Modulen bzw. Objekten auf
- Grundidee von Smalltalk kommt von aktiven Objekten (= Prozessen)
- in der Praxis werden durch Synchronisationsbedingungen Unterschiede zwischen Vererbung und Subtyping offensichtlich (Vererbungsanomalie)

Monitore in Java 1

- jedes Objekt ist Monitor:
zu jedem Zeitpunkt höchstens eine „synchronized“ Methode (oder Anweisung) ausführbar, alle anderen müssen warten bis vorherige beendet
- eine explizite Warteschlange pro Objekt:
explizites einhängen (wait) und aufwecken (notify)
- Mechanismus auf niedriger Ebene und sehr oft falsch verwendet (z.B. unsichere „double checks“)

Monitore in Java 2

- folgende Gleichung stimmt fast nie:
Objekt = Kapselungseinheit = Monitor = Warteschlange
- Ratschläge:
 - alle Methoden „synchronized“, oder keine
 - eigene Warteschlange (\neq Monitor) für jeden Zweck
 - Effizienzüberlegungen (double check) bei Synchronisation ignorieren oder sehr genau analysieren

Vererbungsanomalie

- ererbter Synchronisationscode muss häufig überschrieben werden, da
 - neuer Zustand berücksichtigt werden muss, der in Oberklasse nicht existiert hat
 - in Unterklasse zwischen Zuständen unterschieden werden muss, die in Oberklasse gleich sind
 - alternative Zweige in Unterklasse zu allgemein sind
- manchmal Hinweis auf Verletzung der Ersetzbarkeit, aber nicht immer
- Synchronisationscode klar von inhaltlichem Code trennen