Übungen zu

Middleware

Winter 2003/2004

Teil 2: CORBA

B Überblick über die 6. Übung

- Besprechung der 2. Aufgabe (Client/Server)
- Einführung in CORBA
- Verwendung von CORBA-Objekten
- Interface Definition Language (IDL)

A Organisation

- 2./3. Dezember 2003
  - CORBA Einführung, IDL, *Besprechung Aufgabe 2*
- 9./10. Dezember 2003
  - Mapping von IDL nach Java, Java-Client
- 16./17. Dezember 2003
  - serverseitiges Mapping, POA, Namensdienst, *Besprechung Aufgabe 3*
- 24. Dezember 2003 - 6. Januar 2004 Weihnachtsferien!!
- nächste Übung am 13./14. Januar 2004: Jini

B.1 Besprechung der 2. Aufgabe

- Server
  - `ClientHandler` (ein Thread je Client): nimmt Anfragen von Clients entgegen (`RegisterRequest`, `LockRequest`, `UnlockRequest`)
  - `ClientPusher` (Thread): schickt Requests an alle Clients `RegisterRequest` wird in `UpdateRequest` umgewandelt
  - Registriert sich ein Client, wird er über alle Items der Datenbank mittels `UpdateRequests` informiert.
- Client: LibraryDBProxy
  - arbeitet auf Kopie der Datenbank (Cache für `get()`)
  - Thread verarbeitet `Request`- und `Result`-Objekte vom Server
  - Aufrufer wartet auf Result-Objekt: Synchronisation mit Thread notwendig

1 Server

```
public class Server {
    private LibraryDB librarydb = new LibraryDBImpl();
    ClientPusher clientpusher = new ClientPusher();

    public Server(int port) throws Exception {
        ServerSocket ssock = new ServerSocket(port);
        clientpusher.start();
        while(true) {
            try {
                Socket s = ssock.accept();
                (new ClientHandler(s)).start();
            } catch(Exception e) { ... }
        }
    }
}

class ClientHandler extends Thread {
    ObjectInputStream objin; ObjectOutputStream objout;

    ClientHandler(Socket sock) throws Exception {
        objout = new ObjectOutputStream(sock.getOutputStream());
        objin = new ObjectInputStream(sock.getInputStream());
        clientPusher.addStream(objout);
    } // Fortsetzung nächste Seite
```


2 Server: class ClientHandler

```
    public void run() {
        try {
            while(true) {
                Request req = (Request)objin.readObject();
                Result result = req.perform(librarydb);
                objout.writeObject(result);
                if (!(result instanceof ExceptionResult)) {
                    if (req instanceof RegisterRequest) {
                        Item item = (Item)((RegisterRequest)req).item;
                        int id = ((IdResult)result).id;
                        req = new UpdateRequest(id, item);
                    }
                    clientPusher.pushRequest(req);
                }
            }
        } catch (EOFException e) { // Client wurde beendet, ignorieren
        } catch (Exception e) { ... }
        clientPusher.removeStream(objout);
    }
}
```


3 Server: class ClientPusher

```
class ClientPusher extends Thread {
    Vector streams = new Vector();
    Vector requests = new Vector();

    public void pushRequest(Request req) {
        synchronized(requests) { requests.add(req); requests.notify(); }
    }
    public void run() {
        while(true) {
            Vector myrequests = null;
            synchronized(requests) {
                try { requests.wait(); } catch(InterruptedException e) { }
                myrequests = requests;
                requests = new Vector();
            }
            pushRequests(myrequests);
        }
    }
    // jeweils Zugriff auf Streams koordinieren: synchronized(streams)
    void pushRequests(Vector requests) ...
    public void removeStream(ObjectOutputStream out) ...
    public void addStream(ObjectOutputStream out) ...
    // dem neuen Client alle Items mittels UpdateRequests schicken
}
```


4 Client: class LibraryDBProxy

```
class LibraryDBProxy extends Thread implements LibraryDB {
    private LibraryDB dbcache = new LibraryDBImpl();
    private Result result;
    private ObjectInputStream instream;
    private ObjectOutputStream outstream;

    public void run() {
        try {
            while(true) {
                Object req = instream.readObject();
                if (req instanceof Request) {
                    Result ignore = ((Request)req).perform(dbcache);
                } else if (req instanceof Result) {
                    synchronized(this) {
                        result = (Result)req;
                        notify();
                    }
                }
            }
        } catch(Exception ex) { ... }
    }
    // Fortsetzung nächste Seite
```

5 Client: class LibraryDBProxy

```
    public LibraryDBProxy(InetAddress addr, int port) throws Exception {
        Socket s = new Socket(addr, port);
        instream = new ObjectInputStream(s.getInputStream());
        outstream = new ObjectOutputStream(s.getOutputStream());
        start();
    }
    public void unlock(Item item) throws NotLockedException {
        Request req = (Request)new UnlockRequest(item);
        try { outstream.writeObject(req); } catch(Exception e) { ... }
        synchronized(this) {
            try {
                wait();
            } catch(InterruptedException e) { ... }
            if (result instanceof ExceptionResult) {
                LibraryException e = ((ExceptionResult)result).exception;
                if (e instanceof NotLockedException)
                    throw e;
            }
        }
    }
    public Item get(int id) throws NotFoundException {
        return dbcache.get(id);
    }
}
```


6 Client: LibraryFrontend

```
public class LibraryFrontend {
    void registerItem(String classname, String title)
        throws NotFoundException, AlreadyExistsException {
        ...
        try {
            Class itemClass = Class.forName("library."+classname);
            ItemImpl itemimpl = itemClass.newInstance();
            itemimpl.setTitle(title);
            library.register(itemimpl);
        } catch(ClassNotFoundException e) { throw new NotFoundException();
        } catch(InstantiationException e) { throw new NotFoundException();
        } catch(IllegalAccessException e) { throw new NotFoundException();
        }
    }
}
```


B.2 Einführung in CORBA

- Inhalt: Programmierung von CORBA-Anwendungen
- Implementierungssprache: Java wird verwendet (aber: CORBA ist Programmiersprachenunabhängig!)
- Allgemeine Konzepte von CORBA: siehe Vorlesung
- Vor allem: Betrachtung von praktische Problemen
- Als Ergänzung: Behandlung von speziellen CORBA-Features

1 CORBA

- Common Object Request Broker Architecture and Specification (CORBA) – Zentrale Spezifikation ("The Core Spec")
- Weitere separate Spezifikationen, die auf CORBA aufbauen
  - CORBAservices
  - (CORBAfacilities)
  - Domain Interfaces
  - CORBA Component Model
  - (Unified Modelling Language & Meta Object Facility)
- Viele "Task Forces" und "Special Interest Groups" innerhalb der OMG
  - Ergänzung von neuer Konzepte und Erweiterungen
  - Revision von existierenden Standards

➜ Alle OMG-Spezifikationen werden ständig weiterentwickelt!

2 CORBA-Versionen

- CORBA 1.x (October 1991)
  - CORBA-Objektmodell und Architektur
  - Schnittstellenbeschreibungssprache (Interface Definition Language, IDL)
  - Sprachabbildungen für C, C++ und Smalltalk
- CORBA 2.0 (Juli 1996)
  - Interoperabilität durch IIOP als Protokoll, das alle ORB-Implementierungen unterstützen müssen
- CORBA 2.1 (August 1997)
  - IDL-Erweiterungen
  - Neue Sprachabbildungen (Cobol, Ada)
- CORBA 2.2 (Februar 1998)
  - *Portable Object Adaptor* (POA) ersetzt *Basic Object Adaptor* (BOA)
  - Neue Sprachabbildung (Java)

3 Informationen zu CORBA

- Wer wirklich alle Details zu CORBA wissen will, muss letztendlich die Spezifikationen lesen!
- Spezifikationen sind öffentlich verfügbar
  - OMG Webseite: `http://www.omg.org/`
  - Webseiten der OOVS-Übung
- Viele Bücher von sehr unterschiedlicher Qualität
- Vorsicht vor CORBA-Produktdokumentation
  - Oft werden proprietäre Erweiterungen beschrieben.

2 CORBA Versionen (2)

- CORBA 2.3/2.3.1 (Juni/Oktober 1999)
  - Überarbeitete Sprachabbildungen zur Anpassung an den POA
  - Valuetypes, object-by-value-Parameter
  - Separate Dokumente für die Sprachabbildungen
- CORBA 2.4/2.4.1 (Oktober/November 2000)
  - CORBA Messaging, Minimum CORBA, Real-time CORBA
- CORBA 2.5 (Oktober 2001)
- CORBA 2.6 (Dezember 2001)
  - Common Security
- CORBA 3.0/3.0.2 (Juni/November 2002)
  - Fault Tolerant CORBA
  - CORBA-Komponentenmodell: Unterstützung von Enterprise JavaBeans; "CORBAcomponent software marketplace": Verteilung von Komponenten

4 CORBA-Produkte vs. CORBA-Standard

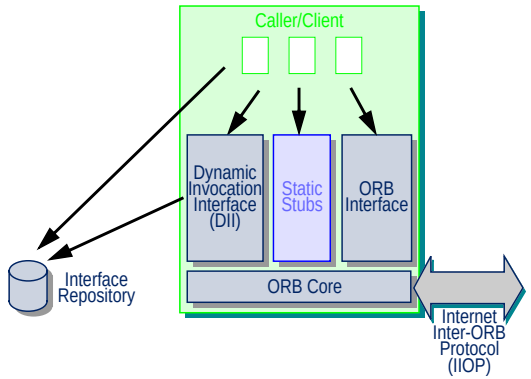
- Keine etabliertes "CORBA"-Zertifikat
  - Jeder kann behaupten, zu CORBA Version x.y kompatibel zu sein.
  - Open Group beginnt mit Produkt-Zertifizierung (seit CORBA 2.1).
- CORBA-Produkte führ(t)en proprietäre Erweiterungen ein
  - Gut, solange man sich nicht darauf verlässt
  - In der CORBA-Frühzeit ging es oft nicht anders, z.B. BOA.
  - Heute kann man (fast) alles auf einem standardisierten Weg erreichen.
- Einige Features in Produkten entsprechen nicht 100%ig den Spezifikationen
  - Z.B. Sprachabbildungen
  - Spezifikationen ändern sich, Produkte erst etwas später.

B.3 Verwendung von CORBA-Objekten

1 CORBA-Objekte aus Sicht des Klienten

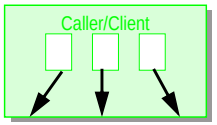
- CORBA-Objekte haben (genau) eine Schnittstelle (Interface)
  - Beschreibung der Schnittstelle in der CORBA Interface Definition Language
  - IDL-Schnittstellen sind ein "Vertrag" zwischen dem CORBA-Objekt und dessen Aufrufern.
- Aufrufer eines CORBA-Objekts haben nur eine (opake) Objektreferenz
  - Objekt-Methoden werden über die Referenz aufgerufen.
  - Das Objekt kann lokal oder entfernt sein.
  - Objektschnittstelle kann abgefragt werden (vgl. Java Reflection).
  - Aufrufe können zur Laufzeit erzeugt werden (Dynamic Invocation).
- Object Request Broker (ORB) übermittelt Aufrufe und Antworten
  - Nur der ORB kann Objektreferenzen interpretieren.
- Aufrufer/Klient ist nur eine *Rolle* bei einem Aufruf (z.B. Callbacks).

2 Architektur des Aufrufers/Klienten



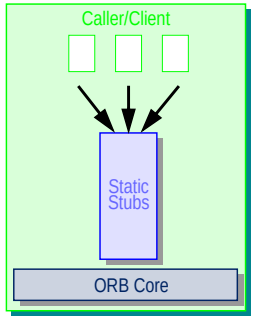
3 Der Klient

- Ruft Operationen an CORBA-Objekten auf.
- Muss selbst kein CORBA-Objekt sein.



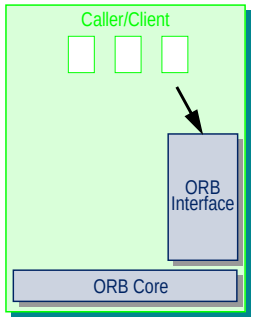
4 Statische Stubs

- Können automatisch aus der IDL-Schnittstelle erzeugt werden.
- Marshalling der Aufrufparameter
- Demarshalling der Rückgabewerte/Exceptions des Aufrufes



5 ORB-Schnittstelle

- Export von ersten Objektreferenzen (ORB, POA, Services, ...)
- Verarbeitung von Objektreferenzen (Umwandlung in Strings und umgekehrt)

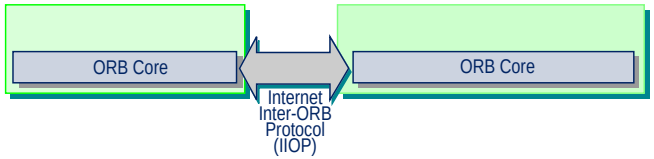


6 Der Kern des ORB (ORB Core)

- Übertragung von Aufrufen mit Hilfe von Informationen in den Objektreferenzen

7 General Inter-ORB Protocol (GIOP)

- Standard-Transportprotokoll zwischen ORBs
- Grundlage für die Interoperabilität
- GIOP über TCP-Verbindungen: Internet Inter-ORB Protocol (IIOP)
- Jeder CORBA 2.x ORB muss IIOP implementieren



8 Zusammenfassung Aufrufer/Klient

- Müssen selbst keine CORBA-Objekte sein.
- Können Operationen an CORBA-Objekten aufrufen.
- Opake Objektreferenzen
- ORB überträgt die Aufruf-Daten.

B.4 Interface Definition Language (IDL)

- Grundlegendes
- Bezeichner (Identifiers)
- Primitive Datentypen
- Zusammengesetzte Datentypen
- Schnittstellen von CORBA-Objekten
- Valuetypes
- Designfragen

1 Grundlegendes

- IDL dient der Beschreibung von Datentypen und Schnittstellen.
- Unabhängig von der/den Implementierungs-Programmiersprache(n)
- Syntax ist stark an C++ angelehnt
  - Beschreibung von Daten und Schnittstellen (Typen, Attribute, Methoden, ...)
  - Keine steuernden Anweisungen (if, while, for, ...)
- Präprozessor wie in C++
  - **`#include`** um andere IDL-Dateien einzubinden
  - **`#define`** für Makros
- Kommentare wie in C++ und Java:

```
// Das ist ein einzeiliger Kommentar
/*
 * Das ist ein mehrzeiliger
 * Kommentar
 */
```


2 Bezeichner (Identifiers)

- Bestimmte reservierte Wörter
  - **`module`**, **`interface`**, **`struct`**, **`void`**, **`long`**, ...
- Alle anderen Kombinationen von kleinen und großen Buchstaben, Zahlen und Unterstrichen sind erlaubt.
  - Erstes Zeichen muss Buchstabe sein!
- "_" als Escape-Zeichen für reservierte Wörter
  - z.B. "**`_module`**", um einen Bezeichner "**`module`**" zu erzeugen
  - Vereinfacht Erweiterung der Menge der reservierten Wörter.

2 Bezeichner (Identifiers)

- Sobald ein Bezeichner benutzt ist, sind alle anderen Varianten mit anderer Gross-/Kleinschreibung verboten!
- Beispiel:

```
module Beispiel1 { ... };
module BEISPIEL1 { ... };    // illegal in IDL
```

- Sinn:
  - Erlaubte Abbildung von IDL zu Sprachen, die nicht "case-sensitive" sind
  - Erhalte Schreibweise von Bezeichner für "case-sensitive" Sprachen

3 Module

- Namensraum (scope) für IDL-Deklarationen
- Syntax:

```
module Name {
    Deklarationen
};
```

- Zugriff auf andere Namensräume über den **`"::"`**-Operator
- Beispiel:

```
module Beispiel1 {
    typedef long IDNumber;
};
module Beispiel2 {
    typedef Beispiel1::IDNumber MyID;     // typedef long MyID;
};
```

4 Datentyp-Deklarationen

- Alias für einen existierenden Datentyp
- Syntax:

```
typedef existing_type alias;
```

- Beispiel:

```
typedef long IDNumber;
```


5 Primitive Datentypen

- Integer-Zahlen
  - **short** -2^{15} to $2^{15}-1$
  - **unsigned short** 0 to $2^{16}-1$
  - **long** -2^{31} to $2^{31}-1$
  - **unsigned long** 0 to $2^{32}-1$
  - **long long** -2^{63} to $2^{63}-1$
  - **unsigned long long** 0 to $2^{64}-1$
- Fliesskommazahlen (IEEE-Standard für binäre Fliesskommazahlen-Arithmetik, ANSI/IEEE Std 754-1985)
  - **float** einfache Genauigkeit
  - **double** doppelte Genauigkeit
  - **long double** erweiterte Genauigkeit (mindestens 15 Bit Exponent und 64 Bit Basis)

5 Primitive Datentypen (2)

- Zeichen
  - **char** ISO 8859-1 (Latin1) Zeichen
  - **wchar** multi-byte character (z.B. Unicode)
  - Länge hängt von Implementierung und Programmiersprache ab.
- **boolean**
  - Nur die Werte TRUE und FALSE
- **octet**
  - Länge 8 bit
  - Keine Konvertierung bei der Übertragung
- **any**
  - Kapselung für beliebigen CORBA-Datentyp
- **void**

6 Strukturen

- Gruppierung von mehreren Typen in einer Struktur
- Syntax:

```
struct Name {
    Deklaration von Struktur-Elementen
};
```

- Beispiel:

```
struct AmountType {
    float value;
    char currency;
};
```

- Verwendung:

```
AmountType amount;
```

6 Geschachtelte Strukturen

- Strukturen können innerhalb anderer Strukturen definiert werden.
- Beispiel:

```
struct AmountType {
    struct ValueType {
        long integerPart;
        short fractionPart;
    } amount;
    char currency;
};
```

- Strukturen erzeugen einen eigenen Namensraum (scope)!
- Kompletter Name von obigem Typ:

```
AmountType::ValueType
```


7 Aufzählungen

- Aufzählungen mit festgelegter Menge an möglichen Werten
- Syntax:

```
enum name {
    value1, value2, ...
};
```

- Beispiel:

```
enum Color {
    GREEN, RED, BLUE
};
```


7 Aufzählungen

- Achtung: Aufzählungen erzeugen keinen eigenen Namensraum!
- Zugriff auf Werte von Aufzählungen:

```
GREEN
not Color::GREEN
```

- Nicht erlaubt::

```
interface A {
    enum E { E1, E2, E3 };       // line 1
    enum BadE { E3, E4, E5 };    // Fehler: E3 is bereits
}                                // definiert
```


8 Unions (Verbünde)

- Verbünde von verschiedenen Datentypen, die über einen Diskriminator-Wert unterschieden werden
- Syntax:

```
union Name switch( switch_type ) {
    case switch_constant: Deklaration
    ...
    default: Deklaration
};
```

- Mögliche Diskriminator-Typen:
  Ganzzahlen, Zeichen, **`boolean`**, Enumerations
- Bezeichner in den Deklarationen müssen eindeutig sein.
- Beispiel:

```
union Beispiel switch( long ) {
    case 1:       long l;
    case 2:       float f;
};
```

9 Arrays

- Ein- und Mehrdimensionale Arrays
  - Feste Grösse in jeder Dimension
- Syntax:

```
typedef element_type name[positive_constant][positive_constant]...;
```

- Beispiel:

```
typedef long Matrix[3][3];
```

- Achtung:
  Array-Datentypen müssen mit **`typedef`** deklariert werden, bevor man sie verwenden kann!

10 Sequences

- Eindimensionales Array
  - Variable Grösse
  - Optional maximale Grösse ("bounded sequence")
- Syntax:

```
typedef sequence<element_type> name;                  // unbounded
typedef sequence<element_type,positive_constant> Name; // bounded
```

- Beispiel:

```
typedef sequence<long> Longs;
typedef sequence< sequence<char> > Strings;
```

- Achtung:
  Auch Sequence-Datentypen müssen vor Verwendung mit **`typedef`** deklariert werden!

11 Zeichenketten

- Zeichenketten
  - Ähnlich zu **`sequence<char>`** und **`sequence <wchar>`**
  - Spezieller Datentyp aus Performance-Gründen
  - Zeichenketten müssen nicht mit **`typedef`** deklariert werden.
  - Ebenfalls optional maximale Grösse festlegbar
- Syntax:

```
typedef string name;                          // unbounded
typedef string<positive_constant> name;       // bounded
typedef wstring name;                         // unbounded
```

- Beispiel:

```
typedef string<80> Name;
```


12 Festkomma-Zahlen

- Ähnlich zu Integer-Zahlen
  - Bis zu 31 Stellen
  - Skalierungsfaktor für das Dezimalkomma
- Syntax:

```
typedef fixed<positive_constant,scaling_constant> name;
```

- Beispiel:

```
typedef fixed<10,2> Amount;
```

- Achtung:
  In vielen ORBs noch nicht implementiert!

13 Konstanten

- Symbolische Namen für spezielle Werte
- Syntax:

```
const type Name = Konstantenausdruck;
```

- Konstantenausdruck
  - Konstante Werte (Zahlen/Zeichen/Zeichenketten/Enums je nach ***type***)
  - Arithmetische Operationen
  - Logische Operationen
- Beispiel:

```
const Color WARNING = RED;
```


14 Schnittstellen (Interfaces)

- Sichtbare Schnittstelle von CORBA-Objekten
- Enthält:
  - Attribute
  - Operationen
  - Lokale Typen, Konstanten, Exceptions
- Syntax:

```
interface name {
    Deklaration von Attributen und Operationen (sowie Typen und Exceptions)
}
```

- Schnittstellen definieren ebenfalls einen eigenen Namensraum.
- Die Namen von Attributen und Operationen müssen eindeutig sein!
  - Kein "Overloading!"

14 Schnittstellen - Attribute

- Öffentliche Objektvariablen
  - Schreibzugriff kann verhindert werden (Nur-Lese-Attribute)
  - Keine Instanzvariablen
- Syntax:

```
attribute type name;                    // read & write
readonly attribute type name;           // read-only
```

- Beispiel:

```
interface Account {
    readonly attribute float balance;
};
```


14 Schnittstellen – Operationen

- Methoden von CORBA-Objekten mit:
  - Methoden-Name
  - Rückgabe-Datentyp
  - Aufruf-Parameter
  - Exceptions
  - (Aufruf-Kontext)
- Syntax:

```
return_type name( parameter_list ) raises( exception_list );
```

- Nur der Methodenname ist signifikant
  - Kein Overloading durch Parametertypen
- Methodenaufruf mit "best-effort"-Semantik (keine Rückgabe-Werte und keine Exceptions erlaubt)

```
oneway void name( parameter_list );
```

14 Schnittstellen – Parameterübertragung

- Für jeden Parameter muss die Übertragungsrichtung angegeben werden:
  - **in** nur vom Klienten zum Server
  - **out** nur vom Server zum Klienten
  - **inout** in beiden Richtungen
- Syntax:

```
( copy_direction1 type1 name1, copy_direction2 type2 name2, ... )
```

- Beispiel:

```
interface Account {
    void makeDeposit( in float sum );
    void makeWithdrawal(  in float sum,
                          out float newBalance );
};
```


14 Schnittstellen – Vererbung

- Ableitung von neuen Schnittstellen von existierenden
- Mehrfache Vererbung möglich
- Syntax:

```
interface name : inherited_interface1, inherited_interface2, ... {
    Declaration of additional attributes and operations
};
```

- Namen von geerbten Attributen und Operationen müssen eindeutig sein.
  - Ausnahme: Bezeichner, die auf verschiedenen Pfaden geerbt werden, aber von der selben Basisklasse stammen, sind erlaubt.

14 Schnittstellen – Vererbung (2)

- Weder "Overloading" noch "Overriding" ist erlaubt:

```
module Foo {
    interface A {
        void draw( in float num );
    };

    interface B {
        void print( in float num);
        void print( in string str); // Fehler: Overloading
    };

    interface C: A, B {
        void draw( in float num);   // Fehler: Overriding
    };
};
```


14 Schnittstellen – Vererbung (3)

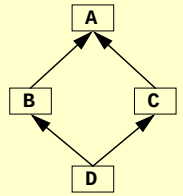
- Erlaubter Vererbungsgraph in CORBA:

```
module Foo {
    interface A {
        void draw( in float num );
    };

    interface B : A {
    };

    interface C : A {
    };

    interface D : B, C {
    };
};
```



15 Exceptions – User Exceptions

- Benutzer-Exceptions werden im Benutzercode auf Serverseite erzeugt und zum Klienten weitergereicht.
- Syntax:

```
exception name {
    Declaration of data elements
};
```

- Exceptions sind eine spezielle Form von Strukturen
  - Nur Datenelemente, keine Operationen
  - Keine Vererbung von Exceptions!
- Beispiel:

```
interface Account {
    exception Overdraft { float howMuch; };
    void makeWithdrawal( in float sum )
                raises( Overdraft );
};
```


15 Exceptions – System Exceptions

- "System Exceptions" werden vom ORB bei internen Fehlern erzeugt.

```
module CORBA {
    enum completion_status {  COMPLETED_YES, COMPLETED_NO,
                              COMPLETED_MAYBE};
    exception UNKNOWN {
        unsigned long     minor;
        completion_status completed;
    };
    exception BAD_PARAM {
        unsigned long     minor;
        completion_status completed;
    };
    exception NO_MEMORY  {
        unsigned long     minor;
        completion_status completed;
    };
    exception COMM_FAILURE  {
        unsigned long     minor;
        completion_status completed;
    };
```


16 Vorwärtsdeklarationen

- Problem: Zirkuläre Abhängigkeiten in den Deklarationendeclarations
  - Schnittstelle **A** enthält Operation **op_b()**, die Objekt vom Typ **B** liefert
  - Schnittstelle **B** enthält Operation **op_a()**, die Objekt vom Typ **A** liefert
- Lösung: Vorwärtsdeklaration
  - Deklariere einen Bezeichner für einen Typ, aber nicht den Typ selbst
- Beispiel:

```
interface B;      // Forward declaration
interface A {
    B op_b();
};
interface B {
    A op_a();
};
```


17 Value types

- Semantische Verknüpfung von Strukturen und Schnittstellen
  - Unterstützt die Beschreibung eines komplexen Zustandes (z.B. beliebige Graphen, mit Rekursion und Zyklen).
  - Instanzen sind immer lokal im Kontext, in dem sie verwendet werden (weil sie immer kopiert werden, wenn sie als Parameter eines fernen Aufrufes übergeben werden).
  - Unterstützt sowohl öffentliche als auch private (für die Implementierung) Daten.
- "Value types" unterstützen einfache Vererbung (von valuetype) und können eine Schnittstelle (interface) unterstützen.
- Beispiel:

```
valuetype Person {
    public string name;   // A public state
    private long id;      // A private state

    void print();         // An operation
};
```

18 Designfragen

- Problem: Große Datenobjekte ("High-volume data objects")
- Lösung 1: Schnittstelle mit Attributen oder Zugriffs-Operationen
  - \+ Saubere OO-Abstraktion
  - \+ Freie Verteilungsmöglichkeiten
  - – Hohe Netzlast für Datenzugriff
  - – Skalierungsprobleme in manchen ORBs
- Lösung 2: Struktur mit Daten, lokale Verpackung in Objekten
  - \+ Lokaler Datenzugriff
  - – Verletzte OO-Abstraktionen
  - – Mehrfache, nicht synchronisierte Kopien
- Lösung 3: Value type
  - \+ Lokaler Datenzugriff und OO-Abstraktion
  - – Mehrfache, nicht synchronisierte Kopien

19 Beispiel

- IDL-Beschreibung einer Bibliotheksverwaltung
  - ◆ neuen Leseausweis ausstellen
  - ◆ Buch suchen
  - ◆ Buch ausleihen / zurückgeben

```
module library {
    struct Date {
        unsigned short day, month, year;
    };

    exception DeniedCard { string reason; };
    exception NoSuchCard {};
    exception BookBorrowed { Card borrower; };
    exception BookNotBorrowed {};

//.....
```


19 Beispiel (2)

```
//....
    // forward declaration
    interface Card;

    interface Book {
        readonly attribute string         authors;
        readonly attribute string         title;
        readonly attribute string         publisher;
        readonly attribute unsigned short year;
        readonly attribute string        registration;
        readonly attribute boolean        isBorrowed;

        Card borrowedBy() raises( BookNotBorrowed );

        // internal use only
        void setBorrowed( in Card c ) raises( BookBorrowed );
        void unsetBorrowed() raises( BookNotBorrowed );
    };

//....
```


19 Beispiel (3)

```
//...

    typedef sequence<Book> Books;

    interface Card {
        readonly attribute Date   expires;
        readonly attribute string owner;
        readonly attribute Books  borrowedBooks;
        readonly attribute string number;

        void borrowBook( in Book b ) raises( BookBorrowed );
        void returnBook( in Book b ) raises( BookNotBorrowed );
    };

    interface Librarian {
        Card issueCard( in string owner ) raises( DeniedCard );
        Card findCardByOwner( in string owner ) raises( NoSuchCard );
        Books findBookByTitle( in string title );
    };
};
```

20 IDL-Zusammenfassung

- Beschreibung von Datentypen und Schnittstellen von CORBA-Objekten
- C++-ähnliche Syntax
- Primitive Datentypen (**`short`**, **`long`**, **`boolean`**, **`char`**, ...)
- Zusammengesetzte Datentypen (**`struct`**, **`union`**, **`enum`**)
- Arrays
- "Template types" (**`sequence`**, **`string`**, **`fixed`**)
- Objekt-**`interface`** mit Attributen und Operationen
- Fehlersignalisierung mit Exceptions
- Object-by-value durch **`valuetypes`**