JAVA

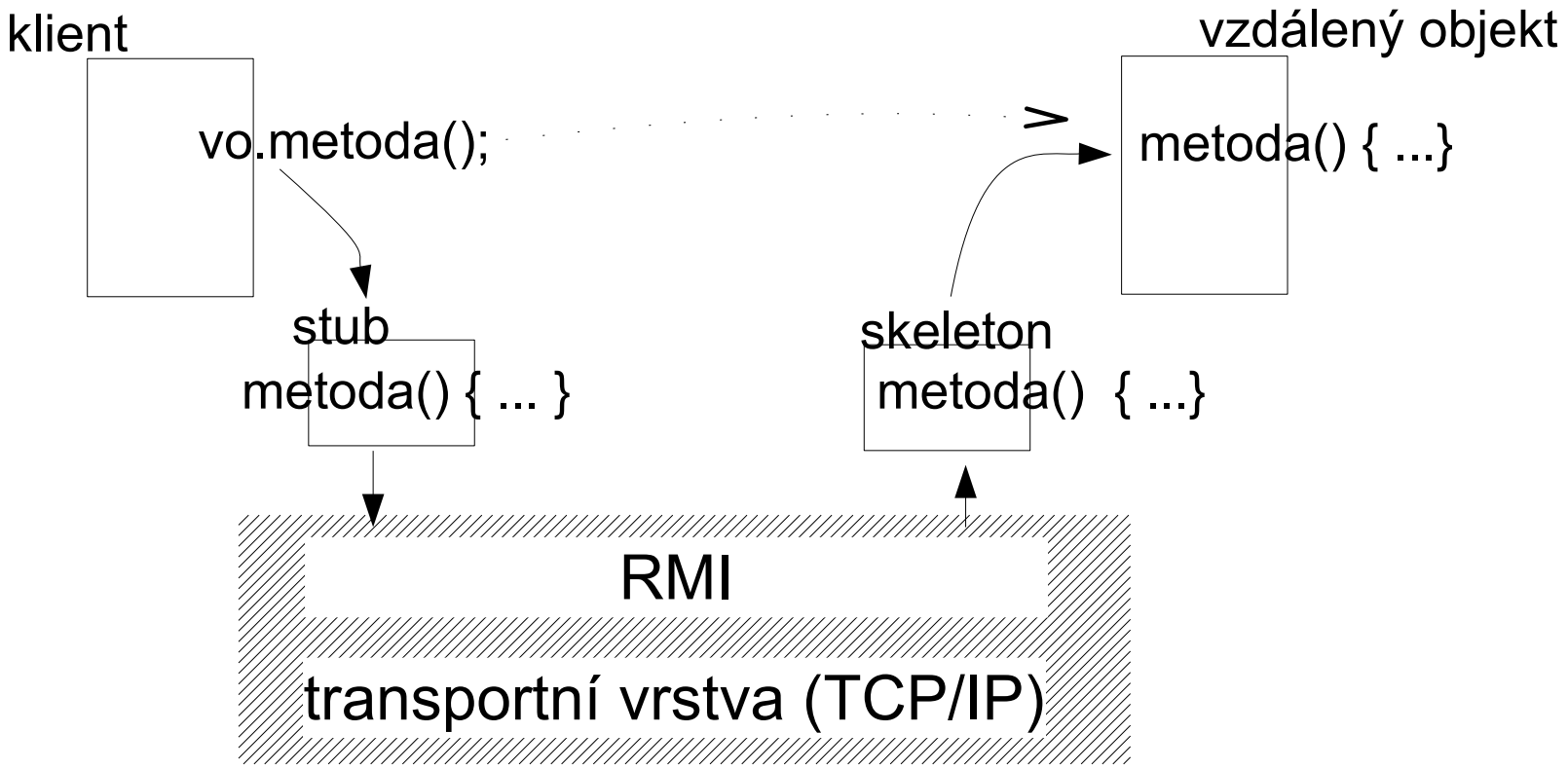
RMI

Přehled

- Remote Method Invocation
- používání vzdálených objektů
  - objekty v jiné VM (na stejném počítači i přes síť)
- jako by to byly lokální objekty (téměř)
  - pouze volání trvají déle

- `java.rmi` modul

Vzdálené volání obecně



Příklad: interface

1. interface pro vzdálený objekt
   - musí dědit od java.rmi.Remote
   - java.rmi.RemoteException u každé metody

```
import java.rmi.Remote;
import java.rmi.RemoteException;

public interface Hello extends Remote {
    String sayHello() throws RemoteException;
}
```

Příklad: implementace

2. implementace interfacu

```
public class HelloImpl extends UnicastRemoteObject
  implements Hello {

  public HelloImpl() throws RemoteException {}

  public String sayHello() throws RemoteException{
    return "Hello, world!";
  }
}
```

Příklad: vytvoření objektu

3. vytvořit objekt
4. zaregistrovat objekt

```
public class HelloImpl implements Hello
                              extends UnicastRemoteObject {
  ...

  public static void main(String args[]) {
    try {
      HelloImpl obj = new HelloImpl();
      Naming.rebind("Hello", obj);
    } catch (Exception e) {
      ...
    }
  }
```

Příklad: klient

```
public class HelloClient {

  public static void main(String[] args) {
    try {
      Hello robj = (Hello) Naming.lookup("Hello");
      String mesg = robj.sayHello();
      System.out.println(mesg);
    } catch (Exception e) {
      ....
    }
  }
}
```

5. získání reference na vzdálený objekt
6. používání objektu

Příklad: kompilace a spuštění

7. kompilace
   - zcela normálně
8. spuštění
   a) rmiregistry
   b) java -Djava.rmi.server.codebase=file:/.../ HelloImpl
      - codebase ~ cesta ke class souborům
   c) java HelloClient

Příklad: implementace objektu

- jiný způsob implementace objektu
  - když nelze dědit od UnicastRemoteObject

```
public class HelloImpl implements Hello {
   ...
   public static void main(String args[]) {
      try {
         HelloImpl obj = new HelloImpl();
         Hello robj = (Hello)
                  UnicastRemoteObject.exportObject(obj, 0);
         Naming.rebind("Hello", robj);
      } catch (Exception e) {
         ...
      }
   }
```

Stuby a skeletony

- generují se automaticky
- JDK 1.4
  - automaticky jen skeletony
  - stuby nutno vygenerovat ručně
  - **rmic** překladač
    - pustí se po **javac** na implementace Remote objektů
  - při spuštění servru se musí nastavit **codebase**
    - **-Djava.rmi.server.codebase=.....**
    - codebase odkazuje, kde jsou stuby
    - klient si je sám podle codebase stáhne
    - codebase je typicky file:, ftp://, http://
    - musí končit **/**
  - musí se nastavit security policy
    - -Djava.security.policy=....
  - musí být nastavený security manager
    - System.setSecurityManager(new SecurityManager());

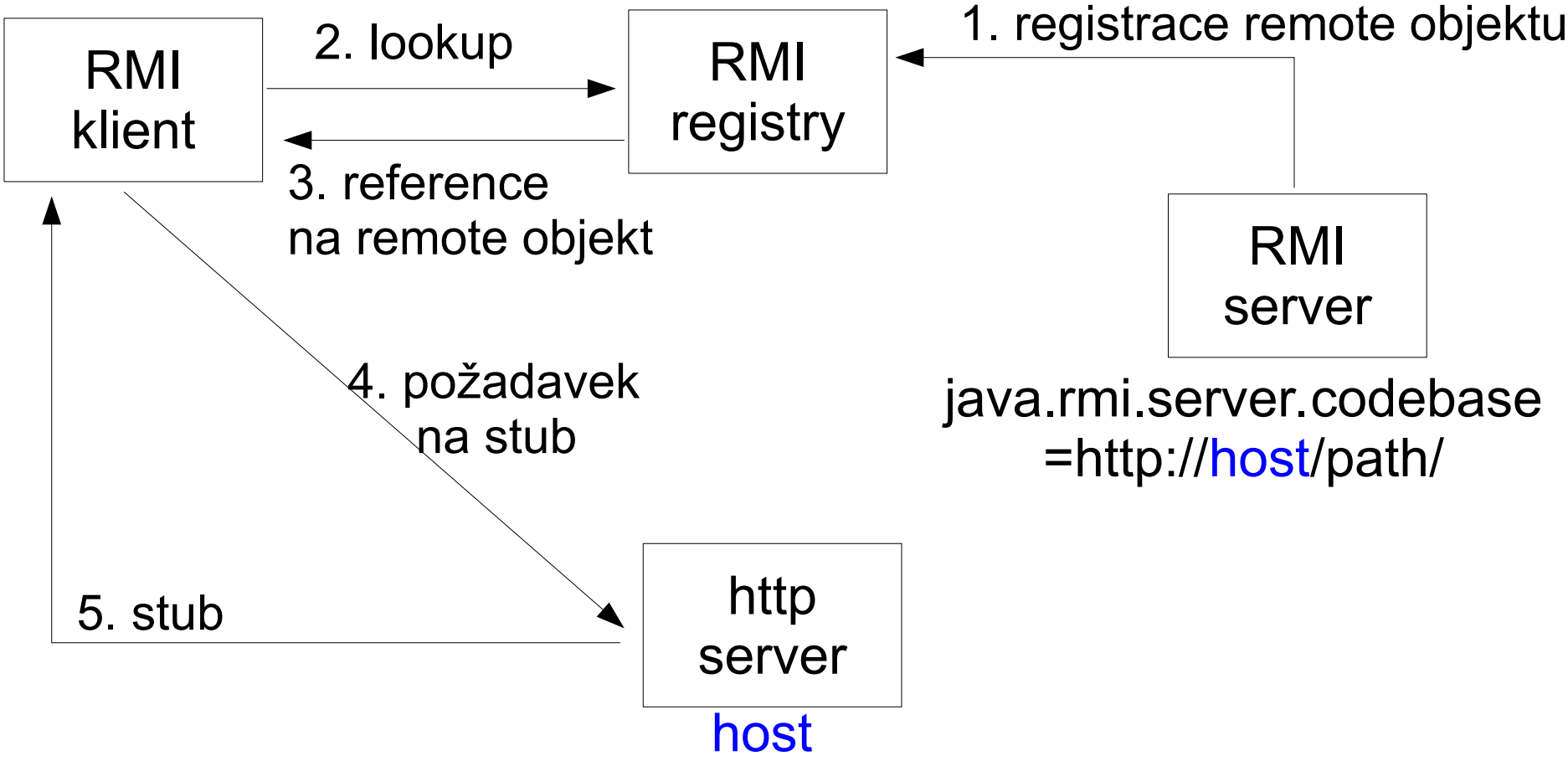
Stuby a skeletony

- JDK 1.4 (pokrač.)
  - **rmiregistry** nesmí mít nastavenou CLASSPATH, ve které jsou třídy, které se mají stahovat
- JDK 1.5
  - pokud jsou stuby k dispozici => negenerují se
  - vždy generovat stuby
    - property java.rmi.server.ignoreStubClasses nastavit na true
- JDK 1.1
  - negenerují se ani skeletony
  - **rmic** vygeneruje oboje

Stuby a skeletony a codebase

- POZOR
  - od JDK 7 Update 21 změna chování
  - property **`java.rmi.server.useCodebaseOnly`** implicitně nastavena na **true**
    - dříve byla na **false**
  - při nastavení na **true** je automatické stahování kódu povoleno pouze z **lokálně** nastavené codebase
    - tj. codebase se musí nastavit i pro rmiregistry nebo jí nastavit **`useCodebaseOnly`** na **false**

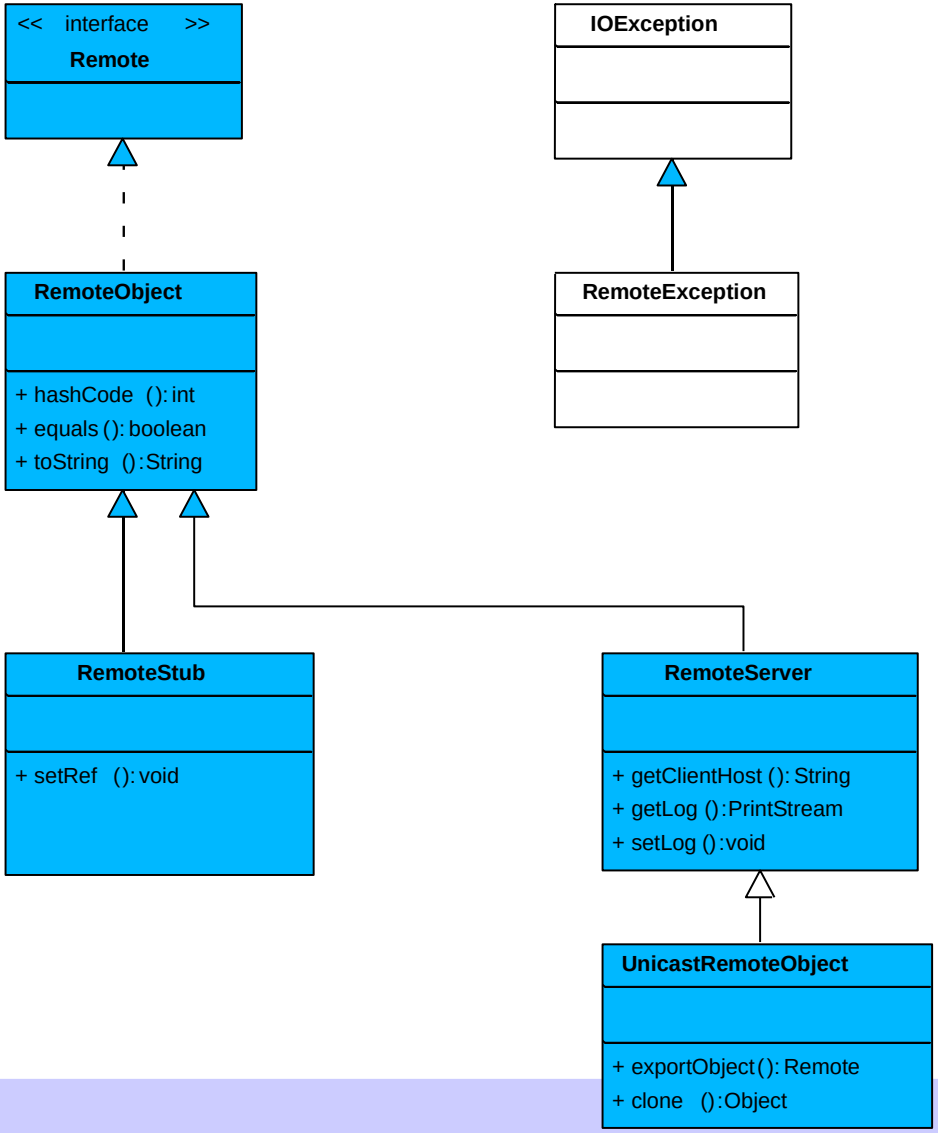
Stahování kódu



Distributed Object Model

- v čem se neliší od normálního Java Object Modelu
  - reference na remote objekty lze předávat jako parametry metod
  - remote objekty lze přetypovat na remote interface
  - lze používat **instanceof** na testovaní remote interfacu
- v čem se liší
  - klient vždy pracuje s remote objektem přes remote interface
    - tj. nelze přímo přistupovat k atributům
  - ne remote parametry se předávají hodnotou
  - některé metody z **java.lang.Object** jsou předefinovány
    - hashCode, equals
  - metody vyhazují RemoteException

Hierarchie tříd



Vlákna

- není žádná garance, jak se jednotlivá volání na remote objektu asociují s vlákny
- vzdálená volání na stejném remote objektu se mohou vykonávat paralelně

Naming

- získání iniciální reference na vzdálený objekt
- jednoduchá adresářová služba
  - reference na objekty registrovány s řetězci
- implementace – ***rmiregistry***
  - reference v registry je buď
    - do její explicitní odstranění nebo
    - do ukončení ***rmiregistry***
  - reference na objekt může být registry i když už objekt neběží
- dostupná také přes RMI
- jak získat referenci na ***rmiregistry***?
  - (problém vejce-slepice)
  - reference na ***rmiregistry*** se vytvoří z adresy počítače a čísla portu, kde ***rmiregistry*** beží

Naming

- lze používat najednou několik rmiregistry
  - na různých počítačích
  - na různých portech
- do rmiregistry mohou registrovat pouze procesy, které běží na stejném počítači
  - číst z registry lze odkudkoliv
  - jak obejít?
    - vytvořit remote objekt, který poběží na stejném počítači jako rmiregistry a bude registrovat objekty bežící jinde

rmiregistry

- program **rmiregistry**
  - jeden parametr – port
    - implicitně 1099
  - typické použití
    - unix
      - rmiregistry &
    - Win
      - start rmiregistry

Naming: přístup

- **java.rmi.Naming**
- pouze statické metody
  - bind, rebind, unbind
  - lookup
  - list
- první parametr je typu String – určuje jméno objektu, případně i registry
  - //host:port/jmeno
    - **host** a **port** nejsou povinné
    - implicitně localhost a 1099

Naming: přístup

- balík **java.rmi.registry**
  - třída LocateRegistry
    - získání reference na registry
    - vytvoření registry
  - interface Registry
    - stejné metody jako na třídě **Naming**
      - první parametr určuje pouze jméno objektu

- JNDI – Java Naming and Directory Interface
  - jednotný přístup k různým adresářovým službám
  - podporuje i trading (žluté stránky)
  - java.namig module
    - javax.naming package

Vlastní sokety

- lze určit, jaké sokety se budou používat pro RMI
- vytvořit vlastní *socket factory*
  - client socket factory
    - implementuje RMIClientSocketFactory a Serializable
  - server socket factory
    - implementuje RMIServerSocketFactory
- při vytváření remote objektu určit socket factory
- typické použití – šifrování
  - javax.rmi.SSL
    - SSLRMIServerSocketFactory
    - SSLRMIClientSocketFactory

Aktivace

- aktivace objektu, až když jsou potřeba
- **rmid**
  - activation daemon
  - "databáze" aktivačních záznamů

- objekty
  - dědit od třídy **java.rmi.activation.Activatable**
    - nebo pomocí ní exportovat objekt
  - navíc – zaregistrovat aktivační záznam do rmid
- při registraci aktivačního záznamu nutno **explicitně** specifikovat **oprávnění** (permissions)
  - AllPermissions nestačí

Aktivace

```
public interface MyRemoteInterface extends Remote {
  ... }

public class MyRemoteImpl extends Activatable
                              implements MyRemoteInterface {
  public MyRemoteImpl(ActivationID id, MarshaledObject m)
                                              throws RemoteException {
    super(id, 0);
  }
  ....
}
```

nebo

```
public class MyRemoteImpl implements MyRemoteInterface {
  public MyRemoteImpl(ActivationID id, MarshaledObject m)
                                              throws RemoteException {
    Activatable.exportObject(this, id, 0);
  }
  ....
}
```

Aktivace

- registrace
  - vytvořit registrační záznam
    - `public ActivationDesc(ActivationGroupID groupID, String className, String location, MarshalledObject data)`
  - registrovat
    - `static Remote Activatable.register(ActivationDesc desc)`
      - vrátí stub
  - registrovat stub v rmiregistry
    - běžným způsobem

Distribuovaný garbage collector

- garbage collector v distribuovaném prostředí
- počítání referencí
- "leases"
- objekt může být odstraněn, pokud na něj není žádná reference nebo vypršel "lease" a nebyl prodloužen
- VMID – identifikátor VM
  - jednoznačný (unique)
  - obsahuje ho "lease"

RMI-IIOP

- transportní protokol – JRMP
  - Java Remote Message Protocol

- lze použít IIOP
  - interoperabilita s CORBou
    - CORBA client – RMI server
- použití
  - balík javax.rmi (modul java.corba)
  - implementaci objektu dědit od PortableRemoteObject
    - ne od UnicastRemoteObject
  - používat **rmic** s parametrem **-iiop**
  - používat CORBA naming
    - javax.naming.... (JNDI)
    - místo **rmiregistry** používat **orbd**

java.corba odstraněno v Java 11

JAVA

Jiná “RMI”

gRPC

- https://grpc.io/
- multiplatformní
  - Java, Python, C#, C++,…
- interfacy ~ protocol buffers

```
service Greeter {
  rpc SayHello (HelloRequest) returns (HelloReply) {}
}
message HelloRequest {
  string name = 1;
}
message HelloReply {
  string message = 1;
}
```

- protokol – HTTP + WebSockets

Další

- ...

Security
(Access control)

Přehled

- původně v Javě – „sandbox“ model
- postupně přidávány další služby
  - dále – omezení/povolení přístupu ke „zdrojům“

Security Manager

- java.lang.SecurityManager
  - před přístupem ke „zdroji“ se zkontroluje, zda je dostatečné oprávnění
  - implicitně není nainstalován
    - pro aplikace spouštěné „normálně“
      - pro spouštěné přes JNLP je implicitně nainstalován
- oprávnění – java.security.Permission
  - během načítání třídy, classloader přiřadí třídám oprávnění
- java.security.Policy
  - sada oprávnění
  - ve VM jen jedna
  - typicky se nastavuje přes textový soubor

Security Manager

- nastavení SM
  - buď v kódu
    - System.setSecurityManager(sm)
  - nebo z příkazové řádky
    - -Djava.security.manager
      - nastaví implicitní sm
    - -Djava.security.manager=org.foo.SM
- implicitní SM
  - implementován přes java.security.AccessControler
  - při přístupu ke „zdroji“ testuje všechny „elementy“ v posloupnosti volání
- lze si naimplementovat vlastní

Policy

- nastavení Policy

  -Djava.security.policy=file.policy

- formát

```
grant [SignedBy "signer_names"] [, CodeBase "URL"]
        [, Principal [principal_class_name] "principal_name"]
        [, Principal [principal_class_name] "principal_name"] ... {
    permission permission_class_name [ "target_name" ]
            [, "action"] [, SignedBy "signer_names"];
    permission ...
};
```

  - příklad

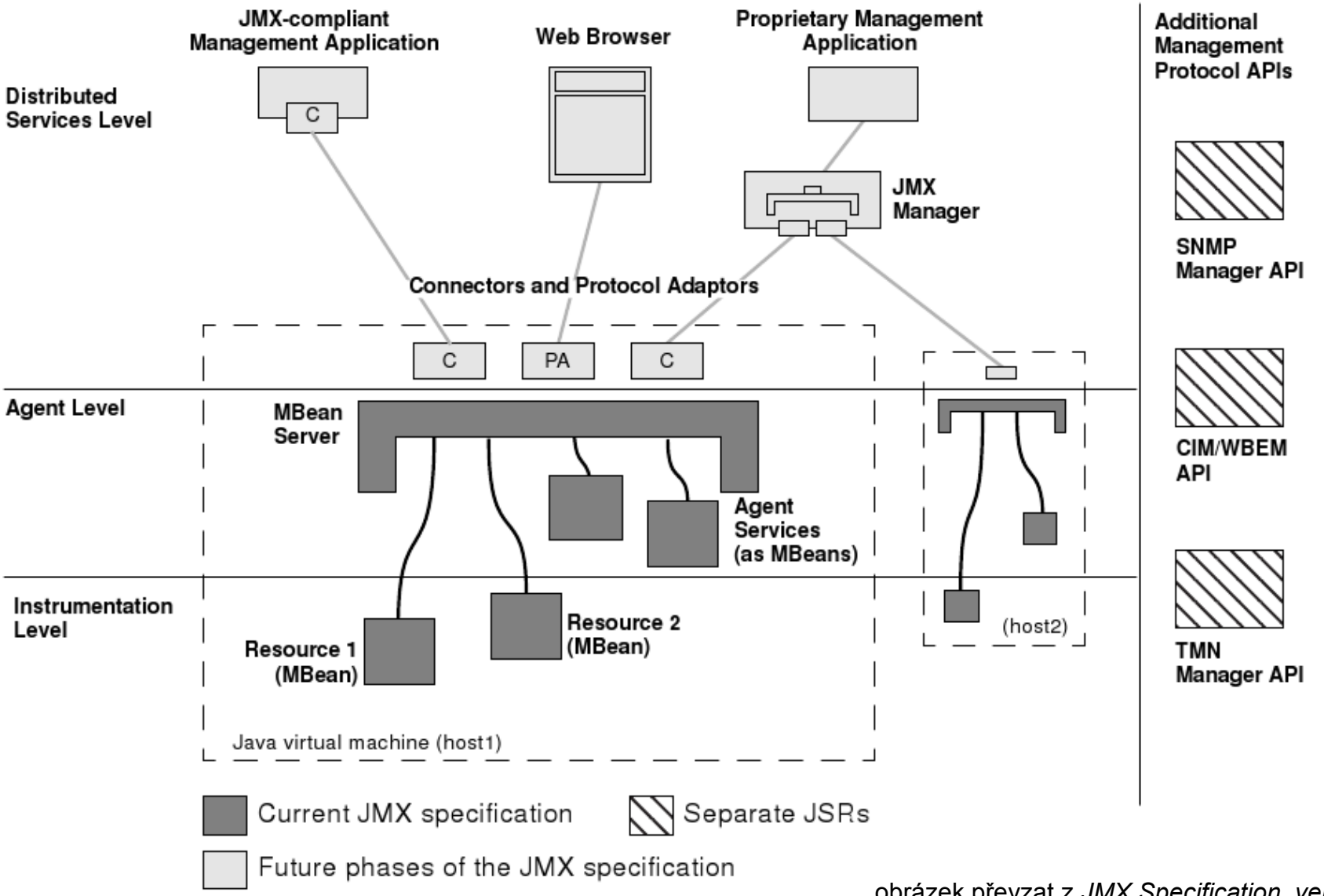
```
grant codeBase "file:/home/sysadmin/" {
    permission java.io.FilePermission "/tmp/abc", "read";
};
```

Java Management Extensions
JMX

Přehled

- součást JDK od 5
  - dříve externí sada jar archivů
- MBean = Managed Java Bean
  - beans určené pro správu něčeho (zařízení, aplikace, cokoliv)
  - poskytují rozhraní jako std. beans
    - vlastnosti (get a set metody)
    - normální metody
    - notifikace pomocí událostí
  - několik druhů
    - standard
    - dynamic
    - open
    - model
- (nejen) univerzální klient – JConsole

Architektura



obrázek převzat z *JMX Specification, version 1.4*

Druhy MBeans

- Standard
  - nejjednodušší druh
  - interface jsou všechny metody
- Dynamic
  - musejí implementovat určitý interface
  - mnohem flexibilnější
  - za runtime lze měnit
- Open
  - dynamic
  - ale používají pouze základní typy
    - nemusejí mít žádný speciální deskriptor
- Model
  - dynamic
  - plně konfigurovatelné za běhu

Standard MBean

- definované explicitně interfacem a implementací (třídou)
  - interface se musí jmenovat stejně jako třída plus přípona MBean
  - vše co je v MBean interfacu je poskytováno
    - metody, které třída implementuje, ale nejsou v interfacu, nejsou přes JMX viditelné
  - pravidla pro pojmenovávání „vlastností“ a metod jsou stejná jako u normálních bean
  - interface je za běhu programu získán introspekcí

Příklad std. MBean

```
package example.mbeans;

public interface MyClassMBean {
    public int getState();
    public void setState(int s);
    public void reset();
}
```

```
package example.mbeans;

public class MyClass
     implements MyClassMBean {
  private int state = 0;
  private String hidden = null;
  public int getState() {
    return(state);
  }
  public void setState(int s) {
    state = s;
  }
  public String getHidden() {
    return(hidden);
  }
  public void setHidden(String h) {
    hidden = h;
  }
  public void reset() {
    state = 0;
    hidden = null;
  }
}
```

Použití MBean

```
package example.mbeans;

import java.lang.management.*;
import javax.management.*;

public class Main {

  public static void main(String[] args) throws Exception {

    MBeanServer mbs = ManagementFactory.getPlatformMBeanServer();

    ObjectName name = new
                      ObjectName("example.mbeans:type=MyClass");

    MyClass mbean = new MyClass();
    mbs.registerMBean(mbean, name);

    System.out.println("Waiting forever...");
    Thread.sleep(Long.MAX_VALUE);
  }
}
```

Dynamic MBean

- určené pro měnící se interface
- implementují **`DynamicMBean`** interface
  - interface je za běhu získán přes volání metod tohoto interfacu

```
interface DynamicMBean {
  MBeanInfo getMBeanInfo();
  Object getAttribute(String attribute);
  AttributeList getAttributes(String[] attributes);
  void setAttribute(Attribute attribute);
  AttributeList setAttributes(AttributeList
                                          attributes);
  Object invoke(String actionName, Object[] params,
                                    String[] signature);
}
```

Dynamic MBean

- MBeanInfo
  - popisuje MBean interface
  - při každé zavolání getMBeanInfo se výsledek může lišit
    - pak ale (vetšinou) nelze použít univerzální JMX klienty

Identifikace

- třída **`ObjectName`**
  - reprezentuje jméno mbean nebo vzor při vyhledávání
  - skládá se z domény a vlastností
  - doména
    - string
    - nesmí obsahovat dvojtečku a //
  - vlastnosti
    - jméno-hodnota páry
      - type – typ mbean
      - name – jméno
      - ...

JMX notifikace

- MBean může generovat události
  - např. při změně stavu
  - podobně jako obyčejné bean
- třída Notification
  - reprezentuje událost
  - potomek od java.util.EventObject
  - lze používat přímo
    - většinou ale přes potomky (opět podobně jako u obyčejných bean)
- interface NotificationListener
  - lze zaregistrovat pro poslouchání na události
- interface NotificationBroadcaster
  - MBean generující události musí implementovat tento interface
  - lépe implementovat NotificationEmitter
    - potomek od NotificationBroadcaster

JMX notifikace

- interface NotificationFilter
  - filtr na notifikace
  - listener si ho zaregistruje
- typy událostí
  - neplést s třídami
  - vlastnost události (String)
  - hierarchické
    - JMX.<neco> rezervované pro JMX
- vlastnosti události (třídy Notification)
  - typ
  - pořadové číslo
  - časová značka (kdy byla událost vygenerována)
  - zpráva
  - uživatelská data

JMX notifikace

- NotificationEmitter
  - void addNotificationListener(NotificationListener listener, NotificationFilter filter, Object handback)
    - handback
      - pomocný objekt
      - emitter ho nepoužívá ani nemění
      - je předáván při doručování událostí
  - void removeNotificationListener(NotificationListener listener)
  - void removeNotificationListener(NotificationListener listener, NotificationFilter filter, Object handback)
  - MBeanNotificationInfo[] getNotificationInfo()

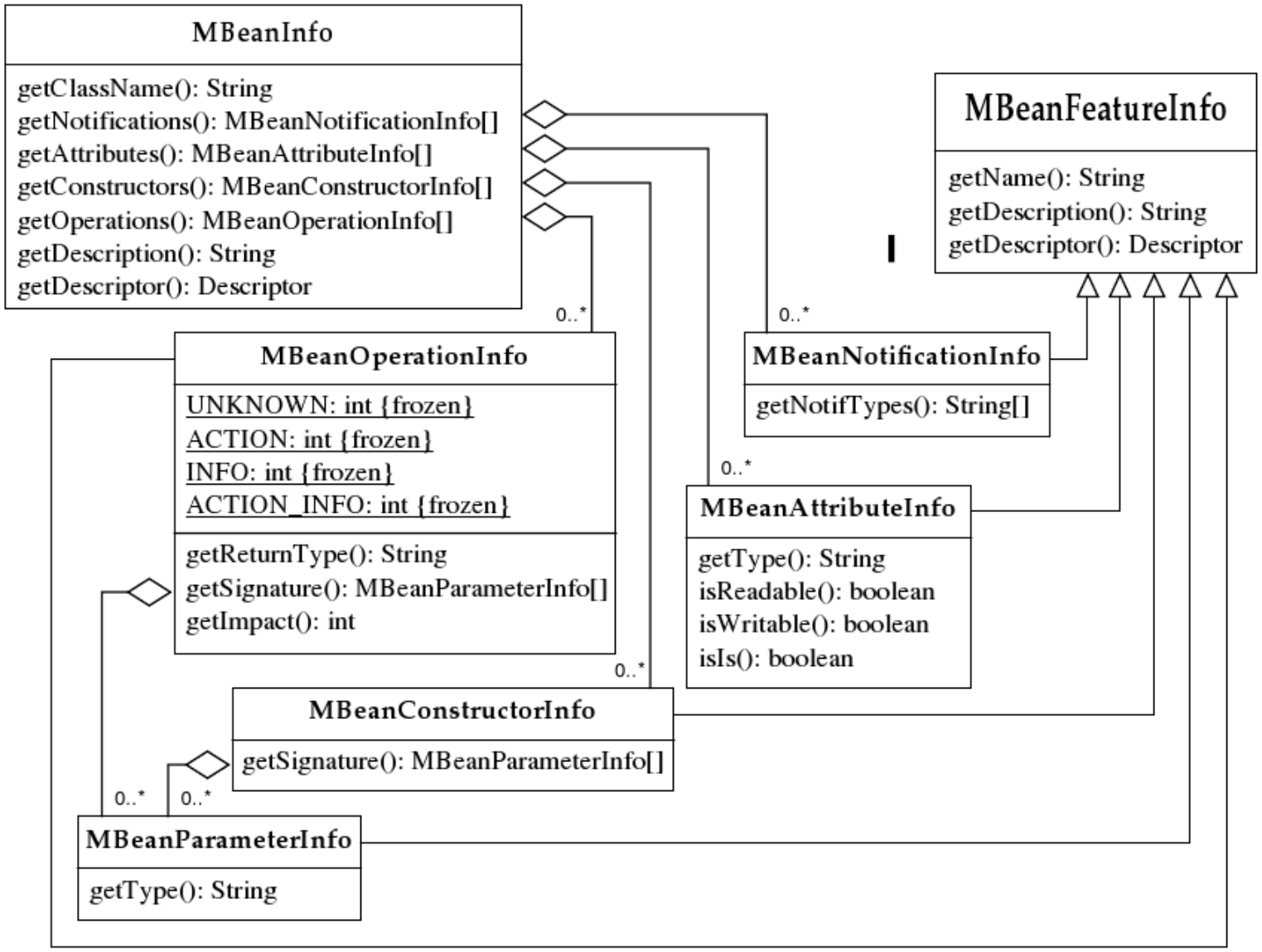
JMX notifikace

- NotificationListener
  - void handleNotification(Notification notification, Object handback)
- NotificationFilter
  - boolean isNotificationEnabled(Notification notification)
- podpora pro oznamování změn atributů
  - AttributeChangeNotification
  - AttributeChangeNotificationFilter
- třída NotificationBroadcasterSupport
  - předpřipravená implementace pro NotificationBroadcaster

Příklad notifikace

```
public class Hello extends
   NotificationBroadcasterSupport implements HelloMBean {
      ....
  public synchronized void setCacheSize(int size) {
    int oldSize = this.cacheSize;
    this.cacheSize = size;
    Notification n = new AttributeChangeNotification(this,
      sequenceNumber++, System.currentTimeMillis(), "CacheSize
      changed", "CacheSize", "int", oldSize, this.cacheSize);
    sendNotification(n);
  }

  public MBeanNotificationInfo[] getNotificationInfo() {
    String[] types = new String[] {
      AttributeChangeNotification.ATTRIBUTE_CHANGE
    };
    String name = AttributeChangeNotification.class.getName();
    String description = "An attribute of this MBean has changed";
    MBeanNotificationInfo info = new MBeanNotificationInfo(types,
                                                    name, description);
    return new MBeanNotificationInfo[] {info};
  }
}
```

MBeanInfo



obrázek převzat z *JMX Specification, version 1.4*

Open MBean

- dynamické MBean
- používají ale pouze omezenou množinu datových typů
  - basic data types
    - primitivní typy (wrapper typy)
    - String
    - BigDecimal, BigInteger
    - Date
    - javax.management.openbean.CompositeData
    - javax.management.openbean.CompositeTabular
    - pole těchto typů
- lze mít univerzální klienty
  - není potřeba překládat klienty při změně interfacu

Open MBean

- javax.management.openbean.CompositeData
  - interface
  - reprezentace složených typů
  - „struktury“
  - podobné jako hashovací tabulka
- javax.management.openbean.CompositeTabular
  - interface
  - reprezentace polí

- OpenMBeanInfo
  - rozšíření MBeanInfo
  - i další „Open“ deskriptory
    - OpenMBeanOperationInfo,...

Model MBean

- dynamické
- generické a plně konfigurovatelné za běhu programu
  - nevytváří se statický interface, ale dynamicky se přidávají elementy

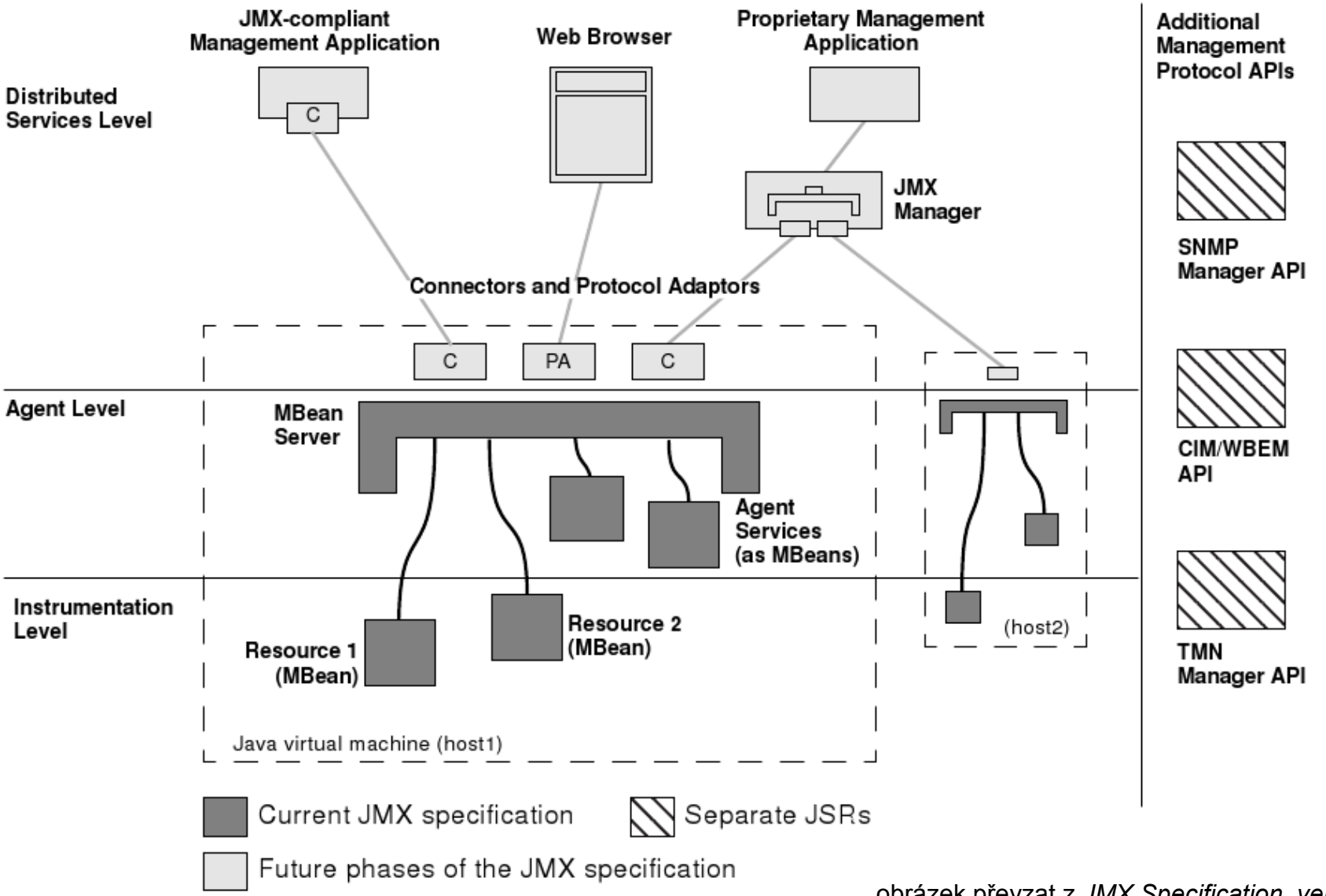
Model MBean příklad

```
MBeanServer mbs = ...

HashMap map = new HashMap();

Method getMethod = HashMap.class.getMethod("get", new Class[]
   {Object.class});
ModelMBeanOperationInfo getInfo =
    new ModelMBeanOperationInfo("Get value for key", getMethod);
ModelMBeanInfo mmbi =
     new ModelMBeanInfoSupport(HashMap.class.getName(),
                               "Map of keys and values",
                               null,  // no attributes
                               null,  // no constructors
                               new ModelMBeanOperationInfo[]{getInfo},
                               null); // no notifications

ModelMBean mmb = new RequiredModelMBean(mmbi);
mmb.setManagedResource(map, "ObjectReference");

ObjectName mapName = new ObjectName(":type=Map,name=whatever");
mbs.registerMBean(mmb, mapName);

mbs.invoke(mapName, "get", new Object[] {"key"}, new String[]
   {Object.class.getName()});
```

MXBean

- nový druh MBean
  - od JDK 6 (částečně už v 5)
- standardní MBean
- navíc dodržují pravidla pro Open MBean
  - tj. používají jen omezenou množinu typů
- MXBean je třída implementující **`<něco>MXBean`** interface
  - třída se ale může jmenovat jakkoliv
- koncovku **`MXBean`** lze nahradit anotací **`@MXBean`**
  - naopak lze také pomocí **`@MXBean(false)`** nastavit, že daný interface není JMX interface i když má koncovku **`MXBean`**

Architektura (opak.)

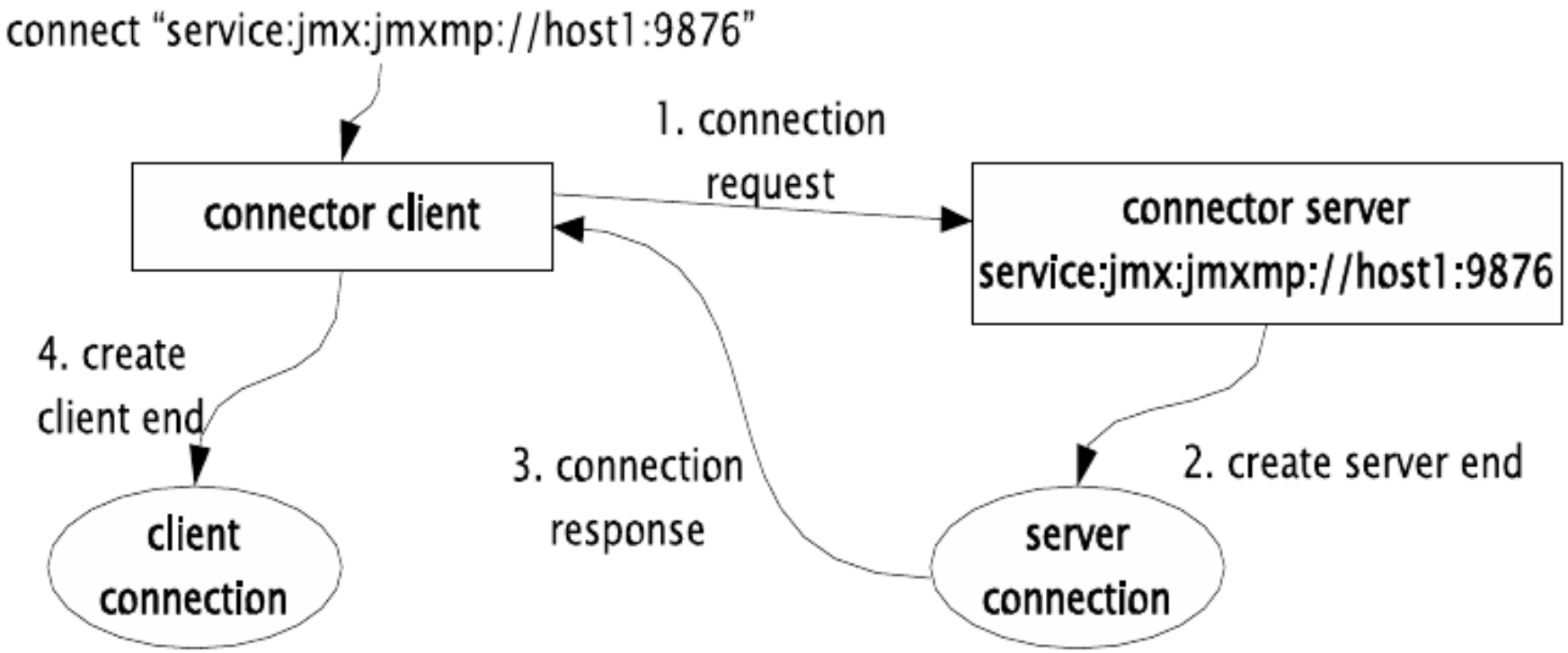


obrázek převzat z *JMX Specification, version 1.4*

JMX Remote

- vzdálený přístup k JMX
- pomocí *konektorů*
  - skládá se
    - connector client
    - connector server
- lze vytvořit konektory nad (v podstatě) čímkoliv
- specifikace definuje 2 konkrétní konektory
  - RMI
  - generic
    - JMX Messaging Protocol (JMXMP)
      - přímo nad TCP
    - implementace je volitelná

Vytváření spojení



obrázek převzat z *JMX Specification, version 1.4*

JMX Remote

- vytvoření MBean, registrace,... jsou stejné
- navíc vytvoření connector serveru

```
MBeanServer mbs = MBeanServerFactory.createMBeanServer();

...

JMXServiceURL url = new
  JMXServiceURL("service:jmx:rmi:///jndi/rmi://localhost:
  9999/server");

JMXConnectorServer cs =
  JMXConnectorServerFactory.newJMXConnectorServer(url,
  null, mbs);

cs.start();
...
cs.stop();
```

JMX Remote

- JMXServiceURL
  - url connector serveru
  - je závislé na typu konektoru
  - typická struktura
    `service:jmx:<protocol>:...`
  - při vytváření vlastních konektorů není potřeba dodržovat strukturu
    - ale je to vhodné
- JMX specifikace určuje
  - bufrování zpráv
  - pravidla pro paralelní používání
  - jak se chovat při přenosových chybách
  - dynamické nahrávání tříd
  - bezpečnost
  - ...

JMX Remote – RMI konektor

- povinný konektor
  - každá implementace JMX ho musí obsahovat
- používá normální RMI
- lze určit, zda se má použít JRMP nebo IIOP
- použití RMI konektoru
  - service:jmx:rmi://host:port
    - konektor server vytvoří RMI server a vrátí na něj url ve formě service:jmx:rmi://host:port/stub/XXXX
      - XXXX je serializovaný RMI server
  - service:jmx:iiop://host:port
    - konektor server vytvoří CORBA objekt a vrátí url ve formě service:jmx:iiop://host:port/ior/IOR:XXXX
      - XXXX je std ior
  - service:jmx:rmi://ignoredhost/jndi/rmi://myhost/myname
    - vytvoří server a zaregistruje ho v naming service
      - místo rmi lze napsat iiop

JMX Remote – Generic konektor

- volitelný konektor
  - implementace ho nemusí obsahovat
- konfigurovatelný
  - cíl je snadné specifikování přenosových protokolů a wrapper objektů pro komunikaci
- definuje komunikaci přes zasílaní zpráv
  - navazování spojení
  - zprávy
  - ...
- JMXMP konektor
  - konfigurace generic konektoru pro JMXMP

JMX Remote – klient

- navázaní spojení se servrem

```
JMXServiceURL url = new
  JMXServiceURL("service:jmx:rmi:///jndi/rmi://localho
  st:9999/server");
JMXConnector jmxc = JMXConnectorFactory.connect(url,
  null);

MBeanServerConnection mbsc =
  jmxc.getMBeanServerConnection();
```

- používání

```
mbsc.queryMBeans(ObjectName name, QueryExp query)
mbsc.getAttribute(ObjectName name, String attrName)
mbsc.setAttribute(ObjectName, Attribute attr)
```

JMX Remote – klient

- vytváření proxy objektu pro přímý přístup
  - nutno znát interface
    - funkční pro standardní mbean

```
T JMX.newMBeanProxy(MBeanServerConnection connection,
  ObjectName objectName, Class<T> interfaceClass)

T JMX.newMBeanProxy(MBeanServerConnection connection,
  ObjectName objectName, Class<T> interfaceClass,
  boolean notificationBroadcaster)
```