Java Management Extensions (JMX)

Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
CdS Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica
I Ciclo - A.A. 2017/2018

Corso di Sistemi Distribuiti M

10-Monitoraggio e Gestione tramite JMX

Docente: Paolo Bellavista
paolo.bellavista@unibo.it

http://lia.disi.unibo.it/Courses/sd1718-info/
http://lia.disi.unibo.it/Staff/PaoloBellavista/

Controllo e Monitoraggio Distribuito di Componenti

Come già detto più volte, siamo interessati non solo alla fase di sviluppo, ma ***principalmente alla fase di deployment, configurazione ed esecuzione in ambiente reale***

Necessità di controllo on-line e conseguenti azioni di gestione (non solo di network equipment ma anche di componenti applicativi e di servizio)

Obiettivi: fault detection, misura di performance e riconfigurazione/re-deployment, identificazione colli di bottiglia, …

Con quali pro e quali contro?

"Soliti" modelli: ***push*** vs. ***pull***, ***reattivi*** vs. ***proattivi***, ***ottimistici*** vs. ***pessimistici***, con manager ***centralizzato*** vs. ***parzialmente distribuito*** vs. ***completamente distribuito***, …

Controllo e Monitoraggio Distribuito di Componenti

Importanza di standard per controllo distribuito in ***ambienti aperti e interoperabili*** (la stessa necessità di standard, a che cosa ha portato nel mondo del networking?)

Solo per fare un esempio, Distributed Management Task Force (DMTF) è un'organizzazione per la ***standardizzazione per IT system management*** in ambienti industriali e Internet. Gli standard DMTF permettono la costruzione di componenti per system management ***indipendenti dalla piattaforma e technology-neutral***, abilitando così ***interoperabilità*** fra prodotti per la gestione di sistemi di ***diversi vendor***

Alcuni elementi fondamentali in DMTF:

- ***Common Information Model*** (CIM)
- ***Common Diagnostic Model*** (CDM)
- ***Web-Based Enterprise Management*** (WBEM)

Controllo e Monitoraggio Distribuito di Componenti

- ***Common Information Model (CIM)*** – modello astratto per la ***rappresentazione degli elementi gestiti*** (ad esempio, computer o storage area network) come ***insieme di oggetti e relazioni***. CIM è ***estensibile*** per consentire l'introduzione di estensioni product-specific

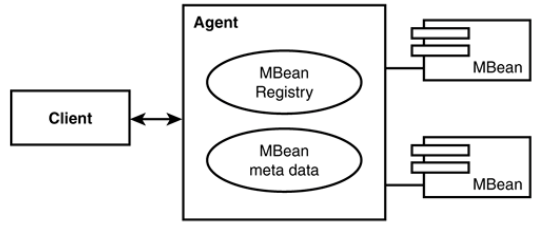
Qualcuno si ricorda qualcosa di ***SNMP e CMIB***?

- ***Common Diagnostic Model (CDM)*** – ***modello di diagnostica*** e definizione di come questo debba essere incorporato nell'infrastruttura di management
- ***Web-Based Enterprise Management (WBEM)*** – ***protocolli*** per l'interazione fra componenti di system management (conformi a CIM e ai suoi profili) e la loro interrogazione

Qualcuno ha mai visto altrove il concetto di ***profilo***?

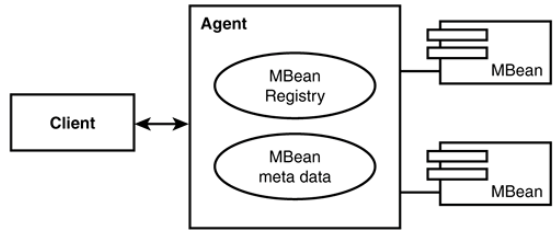
Panoramica Generale

- Prima di Java Management Extensions (JMX) non vi era ***nessun approccio standardizzato*** in Java per far ***partire, gestire, monitorare e fermare*** l'esecuzione di componenti software
- Componenti software conformi alla specifica JMX vengono chiamati ***MBean*** (Managed Bean)
- Componenti MBean sono gestiti attraverso un ***agente***:
  - che svolge il ruolo di ***registry***
  - che offre alle applicazioni di management *(clienti di tale agente)* un modo di ***effettuare query e modificare i bean*** gestiti



Panoramica Generale

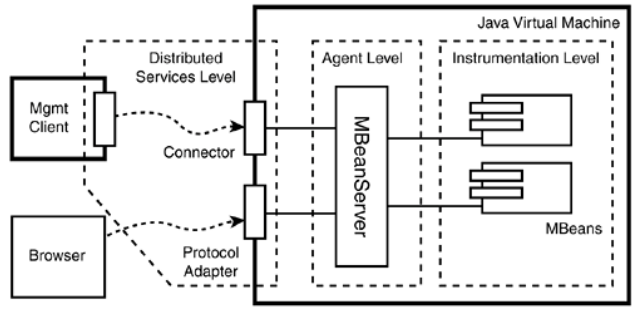
- JMX realizza e sfrutta, ancora una volta, il ben noto ***principio di decoupling***. Tutte le comunicazioni fra clienti e MBean avvengono ***attraverso il livello intermedio dell'agente***:
  - i clienti mandano ***query*** all'agente relative agli ***MBean registrati***
  - i clienti chiedono all'agente l'esecuzione di ***metodi di business/management*** (specificati nell'interfaccia di management) sugli MBean desiderati
- ***NON viene passato MAI alcun riferimento diretto a componenti MBean*** (visibilità solo all'interno dell'agente)



Architettura JMX

JMX è organizzato secondo ***un'architettura a tre livelli***:

- I componenti gestiti appartengono al ***livello instrumentation***
- Il livello ***agente*** è costituito dal ***registro per gli MBean*** (*MBeanServer*) e da alcuni servizi standard addizionali
- Il livello dei ***servizi distribuiti*** è costituito da ***adattatori e connettori*** (*adaptor e connector*), necessari per supportare l'accesso remoto al livello agente



Livello Instrumentation

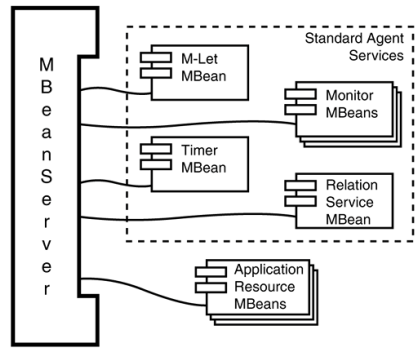
- Livello instrumentation definisce ***come creare risorse gestibili tramite JMX*** (*MBeans*),ovvero ***oggetti che offrono metodi*** per:
  - gestire un'applicazione
  - gestire un componente software
  - gestire un servizio
  - gestire un dispositivo
  - …
- MBean non è altro che un componente che ***implementa una interfaccia di gestione***, ***staticamente*** o ***dinamicamente***:
  - Nel primo caso, implementa ***un'interfaccia Java standard*** e l'agente ne fa ***inspection*** tramite tecniche di ***reflection*** e ***convenzioni sui nomi***
  - Nel secondo caso, offre un insieme di ***oggetti metadata*** attraverso i quali l'agente riesce a ***scoprire i metodi di management esposti***

Livello Instrumentation

- JMX definisce 4 tipi di componenti MBean:
  - ***Standard MBean***: creato dichiarando esplicitamente una ***interfaccia Java*** con ***l'informazione di management*** che l'oggetto gestito implementa
  - ***Dynamic MBean***: un oggetto che implementa l'interfaccia DynamicMBean e offre la descrizione dei suoi veri metodi di management attraverso un ***insieme di oggetti metadata*** che tale interfaccia richiede di fornire
  - ***Model MBean***: un DynamicMBean ***esteso con descrittori addizionali*** che definiscono proprietà aggiuntive (*behavioral properties*, come funzionalità orizzontali di persistenza, sicurezza, …)
  - ***Open MBean*** *(non di implementazione obbligatoria per essere conformi alla specifica)*: un MBean in cui i ***tipi utilizzati*** nei metodi di management hanno il vincolo ulteriore di essere ***inclusi in un set predefinito*** di classi e tipi di base
- Il supporto ai primi tre tipi di MBean è *mandatory* a partire dalla specifica JMX1.0 (ricordiamo che JMX è una specifica, con diverse implementazioni possibili, come quella di Sun o IBM Tivoli)

Livello Agente

- Il livello di agente è costituito da un ***server MBean*** e da un ***insieme di servizi di agente*** basati sul livello di instrumentation
- 4 servizi di agente sono definiti nella specifica JMX: ***M-Let, Timer, Monitoring e Relation***
- Il livello agente introduce il concetto di ***naming per gli oggetti***, nomi che il lato cliente può utilizzare come ***riferimento indiretto alle risorse gestite***



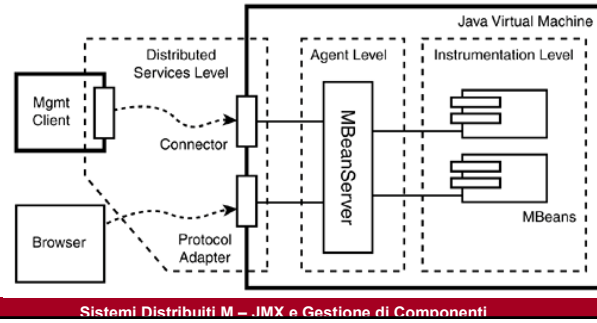
Livello Agente

- Il ***server MBean*** è uno dei componenti chiave dell'architettura di management:
  - Opera come un ***canale di comunicazione*** che smista/delega tutte le invocazioni fra applicazioni di management e risorse gestite
  - Espone metodi per la ***creazione/effettuazione di query***, per ***invocare operazioni*** e per ***manipolare attributi*** su MBean
- Il tipo di implementazione dei componenti MBean (***Standard, Dynamic, Model, …***) è ***totalmente trasparente*** alle applicazioni client-side di gestione

Livello dei Servizi Distribuiti

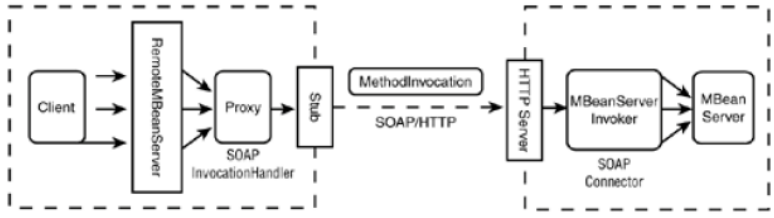
MBeanServer è un oggetto locale alla JVM dei componenti gestiti e non offre particolare supporto alla connessione remota verso di sé:

- Servono ***connettori JMX o adattatori di protocollo*** per accettare chiamate provenienti dall'esterno della JVM
- Questi componenti (connettori/adattatori) sono spesso essi stessi degli ***MBean***, registrati sull'agente, e forniscono una pluralità di differenti forme di connettività



Livello dei Servizi Distribuiti

- I ***connettori JMX*** sono strutturati in ***due componenti***:
  - Lato server, l'agente registra un ***server per le connessioni*** capace di ricevere invocazioni remote di metodo
  - Lato cliente, si può utilizzare una ***vista remota del server MBean*** per invocare operazioni su di esso



- ***Adattatori di protocollo*** (***implementazione solo lato server*** Mbean) possono ***adattare operazioni server MBean a rappresentaz. secondo determinato protocollo*** (o anche verso diverso modello di informazioni, come SNMP Management Information Base), permettendo ad app mgnt legacy o a strumenti non-Java di interoperare con JMX

Livello dei Servizi Distribuiti

- La specifica ***JMX Remote API*** definisce come si possa fare ***l'advertising e trovare agenti JMX*** usando ***infrastrutture di discovery e lookup esistenti:***
  - La specifica NON definisce un ulteriore servizio di discovery e lookup
- La tecnologia JMX offre una ***soluzione standard per l'esportazione delle API di JMX instrumentation*** verso applicazioni remote, ***basata su RMI***
- Inoltre, JMX Remote API definisce un ***protocollo opzionale*** (non-mandatory e più efficiente) ***basato direttamente su socket TCP***, chiamato JMX Messaging Protocol (JMXMP)

In breve…

- MBean sono stati progettati per essere ***flessibili, semplici e facili da implementare***
- Gli sviluppatori di applicazioni, servizi di supporto e dispositivi possono rendere i loro prodotti gestibili (*manageable*) ***in modo standard,*** senza necessità di conoscere a fondo e di investire in sistemi complessi di management
- Gli ***oggetti esistenti possono facilmente essere estesi*** per produrre ***MBean standard*** o essere oggetto di ***wrapping come MBean dinamici***, rendendo così le risorse esistenti facilmente manageable a basso costo

Scendiamo in qualche Dettaglio: Standard MBean

Standard MBean

- Il modo più ***semplice*** per rendere JMX-managed ***nuove classi Java***
- ***Interfaccia statically-typed*** dichiara esplicitamente gli attributi (tramite metodi getter e setter) e le operazioni di gestione
- ***Convenzione sui nomi***: quando un managed object viene registrato, l'agente cerca una ***interfaccia di management con lo stesso nome dell'oggetto + suffisso MBean*** (nel caso, navigando l'albero di ereditarietà della classe)

```
public interface UserMBean{
 public long getId();
 public void setId(long id);
 public boolean isActive();
 public void setActive(boolean
   active);
 public String printInfo();
}

public class User
 implements UserMBean { ... }

public class Student
 extends User {
  /* anche questa classe può
   essere registrata come un
   UserMBean */
 ... }
```

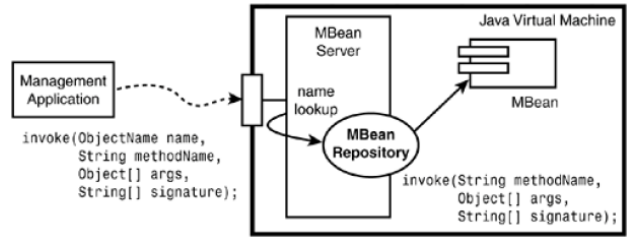
Uso di MBeanServer: Registrazione

- Per ***registrare*** un manageable object come un MBean è necessario creare prima ***ObjectName***
- Il ***riferimento all'agente*** può essere ottenuto da una lista di implementazioni disponibili di MBeanServer o creandolo da zero
- ***La registrazione di MBean consiste semplicemente nell'associare il manageable object con il suo nome di oggetto***

```
ObjectName username =
 new ObjectName(
   "example:name=user1");

List serverList =
 MBeanServerFactory.
  findMBeanServer(null);
MBeanServer server =
 (MBeanServer)serverList.
  iterator().next();

/*    oppure per la creazione…
MBeanServer server =
 MBeanServerFactory.
  createMBeanServer(); */

server.registerMBean( new
   User(), username);
```


Uso di MBeanServer: Invocazione

- L'applicazione di management ***riferisce MBean passando un riferimento a object name*** all'agente, ***per ogni operazione invocata***
- Server MBean cerca il riferimento Java corrispondente a MBean nel suo ***repository interno*** e invoca l'operazione corrispondente (o la modifica dell'attributo) su MBean




```
ObjectName username =
 new ObjectName(
  "example:name=user1");

Object result =
 server.invoke(
  username,    // nome MBean
  "printInfo" // nome operaz
  null,        // no param
  null);       // void signature
```

Meccanismo di Notifica

L'architettura JMX definisce un ***meccanismo di notifica*** per MBean che consente di inviare eventi verso altri MBean o applicazioni di management

- ***MBean che vogliono emettere eventi*** di management devono ***implementare l'interfaccia NotificationBroadcaster***
- ***Oggetti listener*** per gli eventi devono invece ***implementare l'interfaccia NotificationListener*** e devono effettuare loro ***subscription presso Mbean*** (locale o remoto) ***che fa da broadcaster***
- Questa ***subscription*** è fatta attraverso il ***livello di agente***
- ***Operazioni di notifica svolte da broadcaster MBean sono parte della loro interfaccia di management JMX***:
  - Applicazioni possono effettuare ***query sul livello agent*** per avere info su ***quali tipi di notifica*** gli MBean di interesse possono emettere
  - A tal fine, MBean broadcaster forniscono oggetti **MBeanNotificationInfo**

Meccanismo di Notifica

- La classe JMX **Notification** estende **EventObject** introducendo campi per il ***tipo di evento, numero di sequenza, timestamp, messaggio*** e dati utente opzionali
- ***Le notifiche possono essere filtrate:***
  - Implementazione dell'interfaccia **NotificationFilter** è ***subscribed presso broadcaster MBean***, insieme con il listener
  - il broadcaster deve controllare se la notifica supera il filtro ***prima di inviarla***

```
public interface
 NotificationFilter {
  public boolean
   isNotificationEnabled(
    Notification notification);
}

public interface
 NotificationBroadcaster {

 /* ... */

 public void
  addNotificationListener(
   NotificationListener listener,
   NotificationFilter filter,
   Object handback) throws
   IllegalArgumentException;
}
```

Meccanismo di Notifica

- Poiché l'implementazione di broadcaster MBean può diventare anche piuttosto complessa, è ***messa a disposizione una classe*** **NotificationBroadcasterSupport** che ***implementa l'interfaccia*** **NotificationBroadcaster**. I propri broadcaster MBean possono:
  - O ***estendere tale classe per ereditare*** quella implementazione dei metodi di broadcasting
  - O ***delegare a questa classe il supporto*** alla gestione delle registrazioni e all'invocazione delle notifiche
- Il meccanismo di notifica è generico e adatto a qualsiasi tipo di notifica user-defined. Comunque ***JMX definisce la specifica classe*** **AttributeChangeNotification** per MBean che vogliano inviare ***notifiche sul cambiamento dei loro attributi di management***

MBean Dinamici

- ***MBean dinamici implementano l'interfaccia generica*** **DynamicMBean** che offre metodi all'agente per fare il ***discovery di metodi e attributi di management*** (reale interfaccia di gestione)
- I metadati che descrivono l'interfaccia di management sono completamente sotto la responsabilità dello sviluppatore

In Standard MBean i metadati vengono generati dall'agente stesso tramite introspezione

- Casi possibili di utilizzo di Dynamic MBean:
  - Situazioni in cui ***l'interfaccia di management può cambiare spesso***
  - Abilitare + facilmente ***management su risorse esistenti***

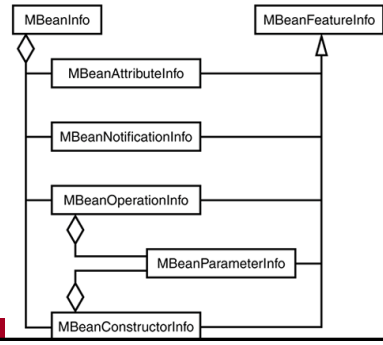
```
public interface
 DynamicMBean {

  public MBeanInfo getMBeanInfo();

  public Object getAttribute(
    String attribute) throws … ;

  public AttributeList getAttributes(
    String[] attributes) throws … ;

  public void setAttribute(
    Attribute attribute) throws … ;

  public AttributeList setAttributes(
    AttributeList attributes) throws … ;

  public Object invoke(
    String actionName,
    Object[] params,
    String[] signature) throws … ;

}
```

MBean Dinamici

In MBean dinamici:

- ***Interfaccia di management esposta tramite le classi di metadata*** definite in JMX API
- ***metadata ritrovati dinamicamente*** dall'agente come istanza della classe **MBeanInfo**

- **MBeanInfo** include tutti gli elementi di metadata (che ereditano caratteristiche comuni dalla classe **MBeanFeatureInfo**)



Metodi della classe **MBeanInfo**	
`public String getClassName()`	Restituisce il nome della classe di MBean
`public String getDescription()`	Restituisce una descrizione di MBean
`public MBeanAttributeInfo[] getAttributes()`	Restituisce un array di oggetti, uno per ogni attributo di management
`public MBeanOperationInfo[] getOperations()`	Restituisce un array di oggetti, uno per ogni operazione di management
`public MBeanConstructorInfo[ ]getConstructors()`	Restituisce un array di oggetti, uno per ogni costruttore pubblico di MBean
`public MBeanNotificationInfo [] getNotifications()`	Restituisce un array di oggetti, uno per ogni tipo di notifica che MBean può emettere

MBean Dinamici

```
public class DynamicUser extends NotificationBroadcasterSupport
   implements DynamicMbean {

  // Attributi
  final static String ID = "id";
  private long id = System.currentTimeMillis();
  public Object getAttribute(String attribute) throws
   AttributeNotFoundException, MBeanException, ReflectionException {
    if (attribute.equals(ID)) return new Long(id);
        throw new AttributeNotFoundException("Missing attribute " +
              attribute);
  }

  // Operazioni
  final static String PRINT = "printInfo";
  public String printInfo() { return "Sono un MBean dinamico"; }
  public Object invoke(String actionName, Object[] params, String[]
   signature) throws … {
    if ( actionName.equals(PRINT)) return printInfo(); )
    throw new UnsupportedOperationException("Unknown operation " +
   actionName);
  }
  ...
```

MBean Dinamici

```
public MBeanInfo getMBeanInfo() {
    final boolean READABLE = true; final boolean WRITABLE = true;
    final boolean IS_GETTERFORM = true;
    String classname = getClass().getName();
    String description = "Sono un MBean dinamico";

   MBeanAttributeInfo id = new MBeanAttributeInfo(ID,long.class.
       getName(),"id",READABLE,!WRITABLE,!IS_GETTERFORM);
    MBeanConstructorInfo defcon = new MBeanConstructorInfo(
       "Default","Creates",null);
    MBeanOperationInfo print = new MBeanOperationInfo(PRINT,
       "Prints info",null,String.class.getName(),MBeanOperation-
       Info.INFO);

   return new MBeanInfo(classname,description,
      new MBeanAttributeInfo[] { id },
      new MBeanConstructorInfo[] { defcon },
      new MBeanOperationInfo[] { print },
      null);
  }
}
```


Model MBean

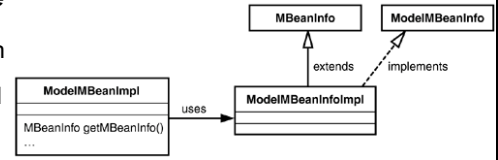
- ***ModelMBean sono estensioni di MBean dinamici***
- Forniscono un template generico per:
  - Creare un'implementazione di ***gestione per risorse esistenti***
  - Separare l'implementazione di management dall'implementaz. risorsa
  - ***Estendere metadata di gestione*** per fornire informazioni addizionali e proprietà behavioral:
    - Proprietà di ***caching***
    - Proprietà di ***sicurezza***
    - Proprietà di ***transazionalità***
    - Proprietà di ***persistenza***
    - …
- Tutte le implementazioni di JMX MBean server devono fornire ***almeno una implementazione*** dell'interfaccia ModelMBean tramite la classe RequiredModelMBean

```
public interface ModelMBean
 extends DynamicMBean,
  PersistentMBean,
  ModelMBeanNotificationBroadcaster {
    public void setModelMBeanInfo(
     ModelMBeanInfo inModelMBeanInfo)
     throws … ;

  public void setManagedResource(
   Object mr, String mr_type) throws …
    ;
}

public class RequiredModelMBean
 implements ModelMBean, … {
  …
}
```

Model MBean

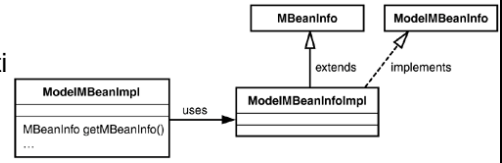
- Oggetti che implementano l'interfaccia **Descriptor** sono usati nei metadati di Model MBean per ***aggiungere politiche***:
  - Politiche specifiche per la particolare implementazione dell'agente JMX
  - La specifica JMX definisce alcuni comportamenti standard
  - Implementazioni di Model MBean possono essere estese per supportare comportamenti custom
- ***Un descrittore è una collezione di coppie nome-valore in base alle quali l'implementazione dell'agente adatta il suo comportamento***
- Le classi di metadata di Model MBean estendono le classi corrispondenti usate con MBean dinamici e standard (implicitamente) e implementano l'interfaccia DescriptorAccess

```
public interface Descriptor
  extends Serializable, Cloneable
   {public String[] getFields();
    public void setField(String
        name, Object value);
    public void removeField(String
        name);
    ...
}
```



Model MBean

- Oggetti che implementano l'interfaccia **Descriptor** sono usati nei metadati di Model MBean per ***aggiungere politiche***:
  - Politiche specifiche per la particolare implementazione dell'agente JMX
  - La specifica JMX definisce alcuni comportamenti standard
  - Implementazioni di Model MBean possono essere estese per supportare comportamenti custom
- ***Un descrittore è una collezione di coppie nome-valore in base alle quali l'implementazione dell'agente adatta il suo comportamento***
- Le classi di metadata di Model MBean estendono le classi corrispondenti usate con MBean dinamici e standard (implicitamente) e implementano l'interfaccia DescriptorAccess

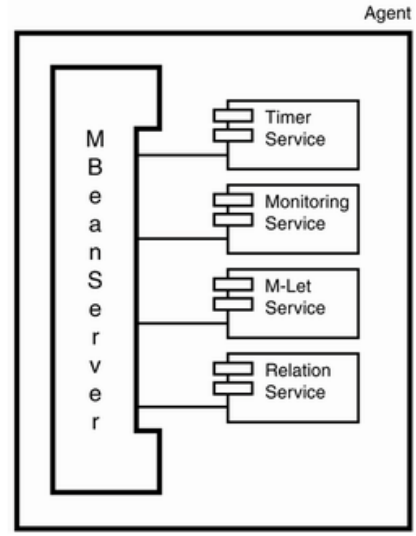



```
public interface DescriptorAccess
   {public Descriptor getDescriptor();
    public void setDescriptor(
      Descriptor desc);
}

public class ModelMBeanAttributeInfo
  extends MBeanAttributeInfo
  implements DescriptorAccess, Cloneable
   {
    ... }
public class ModelMBeanOperationInfo ...
public class ModelMBeanConstructorInfo
   ...
public class ModelMBeanNotificationInfo
   ...
```

Servizi Standard a Livello di Agente

La specifica JMX ***definisce 4 servizi*** distinti a livello di agente che devono essere ***disponibili su ogni implementazione conforme*** alla specifica:

- ***M-Let Service***: permette agli MBean di essere ***caricati dalla rete e inclusi nel livello di agente a runtime***
- ***Timer Service***: ***scheduler che si occupa dell'invio di notifiche*** agli altri MBean
- ***Monitoring Service***: MBean che svolge il ruolo di ***osservatore per gli attributi di management*** degli altri bean e che ***notifica le modifiche avvenute***
- ***Relation Service***: permette di creare ***associazioni fra MBean*** e mantiene la loro consistenza



M-Let Service

- ***Loading dinamico di nuove classi*** Java dal server MBean:
  - Su macchina locale
  - Da macchina remota
- ***Spostamento della configurazione di una applicazione*** verso un server remoto
- Come ogni altro standard MBean, l'interfaccia **MLetMBean** ***espone le operazioni di management*** considerate rilevanti per il servizio:
  - `addURL();`
  - `getMBeansFromURL();`
  - …
- All'URL specificato da addURL() si trovano i ***file di testo*** M-Let che descrivono i componenti MBean tramite ***MLET tag***

```
<MLET CODE = class | OBJECT =
   serfile
   ARCHIVE = "archiveList"
  [CODEBASE = codebaseURL]
  [NAME = MBeanName]
  [VERSION = version] >
  [arglist]
</MLET>
```

Ad esempio:

```
<MLET CODE=com.mycompany.Foo

   ARCHIVE="MyComponents.jar,acme
   .jar"
</MLET>
```

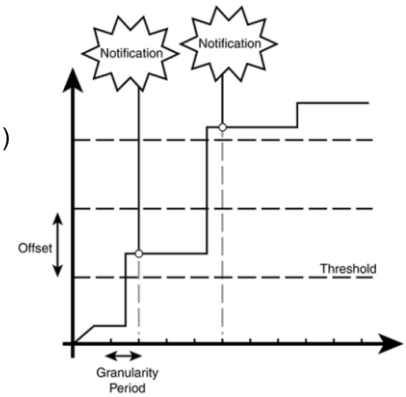
Servizio di Timer

- Il servizio di ***Timer*** è basato sul ***meccanismo di notifica di JMX***:
  - ***TimerMBean*** è un broadcaster MBean
  - ***Per ricevere notifiche dal timer, il consumatore deve implementare l'interfaccia NotificationListener e registrarsi***
- Analogo al servizio di ***cron*** in Unix/Linux o a ***Task Scheduler Service*** su Windows NT

```
// fa partire il servizio di timer
List list =
  MBeanServerFactory.findMBeanServer(null);
MBeanServer server = (MBeanServer)list.
   iterator().next();
ObjectName timer = new ObjectName("service:
   name=timer");
server.registerMBean(new Timer(),timer);
server.invoke(timer,"start",null,null);

// configurazione di notification time
Date date = new Date(System.
  currentTimeMillis()+Timer.ONE_SECOND*5);
   server.invoke(timer,           // MBean
   "addNotification",             // metodo
   new Object[] {                 // args
   "timer.notification",          // tipo
   "Schedule notification",       // messaggio
   null,                          // user data
   date},                         // time
  new String[] { String.class.getName(),
    String.class.getName(),
    Object.class.getName(),       // signature
    Date.class.getName()} );

// registra il listener MBean
server.addNotificationListener(timer,this,null,
   null);
```

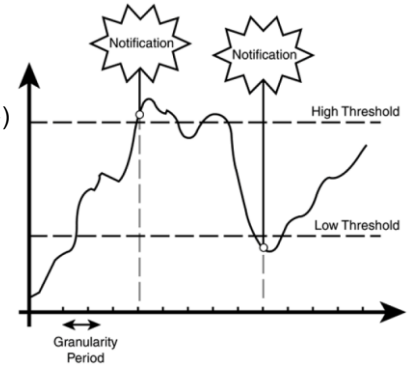

Servizio di Monitoring

- Un insieme di MBean che possono essere ***utilizzati per effettuare il monitoring degli attributi*** di risorse gestite
- Le notifiche dei monitor differiscono dalle usuali notifiche di modifica di attributi perché si possono introdurre ***threshold e periodi di granularità***
- 3 implementazioni differenti:
  - ***Counter monitor*** traccia le variazioni di attributi che si comportano come contatori (senza variazioni «discontinue»)
  - ***Gauge monitor*** per attributi integer e float, ad intervalli di granularità configurabile, con threshold
  - ***String monitor*** per informare in relazione a string matching/dis-matching rispetto a valori attesi



Servizio di Monitoring

- Un insieme di MBean che possono essere ***utilizzati per effettuare il monitoring degli attributi*** di risorse gestite
- Le notifiche dei monitor differiscono dalle usuali notifiche di modifica di attributi perché si possono introdurre ***threshold e periodi di granularità***
- 3 implementazioni differenti:
  - ***Counter monitor*** traccia le variazioni di attributi che si comportano come contatori (senza variazioni «discontinue»)
  - ***Gauge monitor*** per attributi integer e float, ad intervalli di granularità configurabile, con threshold
  - ***String monitor*** per informare in relazione a string matching/dis-matching rispetto a valori attesi



Servizi Agent-level Standard: Relation

Permette di ***definire relazioni fra MBean e di reagire a modifiche*** (caso classico: dipendenze)

- Consistenza delle relazioni mantenuta tramite la ***definizione di ruoli per gli MBean*** e ***associando/ disassociando oggetti MBean a ruoli differenti*** nelle relazioni
- ***Notifiche emesse alla modifica nelle istanze di relazione*** (creazione, aggiornamento, rimozione, ,,,)

```
RoleInfo monInfo = new RoleInfo(
  "Monitor","javax.management.
   monitor.GaugeMonitor",true,true,0,
   ROLE_CARDINALITY_INFINITY, // [0,*]
  "Descrizione del monitor");

RoleInfo obsInfo = new RoleInfo(
 "Observable","examples.
 ThreadMonitor",true,true,1,1, //[1,1]
  "Descrizione del ruolo observable");

/* Oggetti relazione implementano
   l'interfaccia RelationType */
RelationTypeSupport relationType =
  new RelationTypeSupport(
    "ObservedMBean", new RoleInfo[] {
      observableInfo, monitorInfo }
  );

/* ... */
```

JMX Remote API

Per ***effettuare operazioni remote su MBean***, un ***server per connettori RMI*** è a disposizione lato server:

- Tramite chiamata alla classe **JMXServiceURL** si crea un nuovo URL di servizio (***indirizzo per il server di connector***)
- Il server di connector RMI è creato via **JMXConnector-ServerFactory**, con parametri URL di servizio e MBeanServer
- Il server di connector deve essere messo in ***esecuzione***

Lato Servitore:

```
MBeanServer mbs = MBeanServer-
   Factory.createMBeanServer();
JMXServiceURL url = new
   JMXServiceURL("service:jmx:
   rmi:///jndi/rmi://" +
   "localhost: 9999/server");
JMXConnectorServer cs =
   JMXConnectorServerFactory.
   newJMXConnector-Server(url,
   null, mbs);
cs.start();
```

URL (in formato JNDI) indica dove reperire uno stub RMI per il connettore (tipicamente in un direttorio riconosciuto da JNDI come RMI registry o LDAP):

- connettore usa il trasporto di default RMI
- registry RMI in cui lo stub è memorizzato risponde alla porta 9999 (arbitraria) su local host
- indirizzo del server è registrato al nome "*server*"

JMX Remote API

- ***Il cliente crea un RMI connector client*** configurato per connettersi al server RMI connector creato lato server:
  - URL di servizio utilizzato deve fare match con quello usato alla registrazione del servizio di connector
  - il connector client è restituito come risultato della connessione al connector server
- Il cliente ora può registrare MBean ed effettuare operazioni su di essi tramite MBeanServer remoto ***in modo trasparente alla distribuzione***

Lato cliente:

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

JMXConnector jmxc = JMXConnector-
   Factory.connect(url, null);

MBeanServerConnection mbsc =
   jmxc.getMBeanServerConnection;

mbsc.createMBean(...);
```

JMX Remote API

Piccola nota aggiuntiva, per chi eventualmente svolgerà approfondimenti su JMX…

Oltre agli usuali connettori standard RMI e RMI/IIOP, si possono utilizzare ***connettori JMXMP*** (ad esempio per disporre di un livello di sicurezza maggiore tramite meccanismo SSL). Per farlo, occorre effettuare il download di ***JSR 160 Reference Implementation*** da http://java.sun.com/products/JavaManagement/download.html e aggiungere il file **jmxremote_optional.jar** al classpath

- ***Esempi di utilizzo di connettori JMXMP*** sono inclusi in ***JMX Remote API Tutorial***, reperibile insieme alla Reference Implementation di JSR 160

Esempio Semplicissimo (1)

```
/* Hello.java implementa l'interfaccia HelloMBean */
package com.example.mbeans;
public class Hello implements HelloMBean {
   public void sayHello() {
        System.out.println("hello, world");
    }
   public int add(int x, int y) {
        return x + y;
    }
    /* metodo getter per l'attributo Name. Spesso gli attributi sono
   utilizzati per fornire indicatori di monitoraggio come uptime o
   utilizzo di memoria. Spesso sono read-only */

   public String getName() {
        return this.name;
    }
    /* invece anche metodi getter e setter */
   …
```

Esempio Semplicissimo (2)

```
…
/* invece anche metodi getter e setter */
   public int getCacheSize() {
        return this.cacheSize;
    }
/* perché synchronized? */
   public synchronized void setCacheSize(int size) {
        this.cacheSize = size;
        System.out.println("Cache size now " + this.cacheSize);
    }
    private final String name = "My First MBean";
    private int cacheSize = DEFAULT_CACHE_SIZE;
    private static final int DEFAULT_CACHE_SIZE = 200;
}
```


Esempio Semplicissimo (3)

```
/* HelloMBean.java - interfaccia MBean che descrive le operazioni
   e gli attributi di management: 2 operazioni (sayHello e add) e
   2 attributi (Name e CacheSize) */

package com.example.mbeans;

public interface HelloMBean {
    // operazioni
    public void sayHello();
    public int add(int x, int y);
    // attributi
    public String getName();
    public int getCacheSize();
    public void setCacheSize(int size);
}
```

Esempio Semplicissimo (4)

```
/* Main.java deve semplicemente istanziareHelloWorld MBean, registrarlo e
   attendere */
package com.example.mbeans;
import java.lang.management.*;
import javax.management.*;

public class Main {
  public static void main(String[] args) throws Exception {
   // Ottiene il server MBean
   MBeanServer mbs = ManagementFactory.getPlatformMBeanServer();
   // Costruisce ObjectName per MBean da registrare
   ObjectName name = new ObjectName("com.example.mbeans:
        type=Hello");
   // Crea istanza di HelloWorld MBean
   Hello mbean = new Hello();
   // Registra l'istanza
   mbs.registerMBean(mbean, name);

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


Esempio con Uso di Notification (1)

```
package com.example.mbeans;
import javax.management.*;

public class Hello
   extends NotificationBroadcasterSupport implements HelloMBean {

   public void sayHello() {
        System.out.println("hello, world");
    }
   public int add(int x, int y) {
        return x + y;
    }
   public String getName() {
        return this.name;
    }
   public int getCacheSize() {
        return this.cacheSize;
    }
…
```

Esempio con Uso di Notification (2)

```
public synchronized void setCacheSize(int size) {
   int oldSize = this.cacheSize;
   this.cacheSize = size;
/* In applicazioni reali il cambiamento di un attributo di solito
   produce effetti di gestione. Ad esempio, cambiamento di
   dimensione della cache può generare eliminazione o allocazione
   di entry */
   System.out.println("Cache size now " + this.cacheSize);
/* Per costruire una notifica che descrive il cambiamento
   avvenuto: "source" è ObjectName di MBean che emette la notifica
   (MBean server sostituisce "this" con il nome dell'oggetto);
   mantenuto un numero di sequenza */
   Notification n = new AttributeChangeNotification( this,
        sequenceNumber++, System.currentTimeMillis(),
        "CacheSize changed", "CacheSize", "int", oldSize,
       this.cacheSize);
/* Invio della notifica usando il metodo sendNotification()
   ereditato dalla superclasse */
   sendNotification(n);
    } …
```


Esempio con Uso di Notification (3)

```
…
@Override
/* metadescrizione */
public MBeanNotificationInfo[] getNotificationInfo() {
   String[] types = new String[] {
       AttributeChangeNotification.ATTRIBUTE_CHANGE
   };
   String name = AttributeChangeNotification.class.getName();
   String description = "è stato cambiato un attributo!";
   MBeanNotificationInfo info =
       new MBeanNotificationInfo(types, name, description);
   return new MBeanNotificationInfo[] {info};
}

private final String name = "My first MBean";
private int cacheSize = DEFAULT_CACHE_SIZE;
private static final int DEFAULT_CACHE_SIZE = 200;
private long sequenceNumber = 1;
}
```

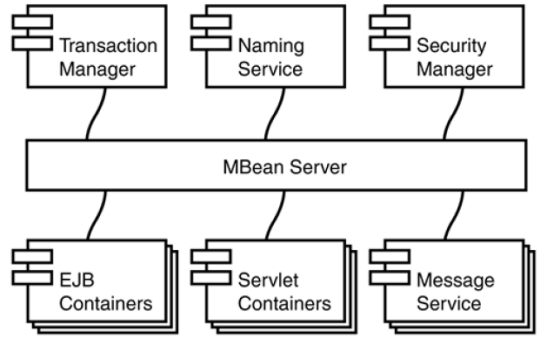
Caso di Studio: JMX at work in Application Server JBoss

Esempio notevole: ***Application server JBoss è stato costruito on top dell'infrastruttura JMX (molto visibile in versione JBoss AS 4.3.*)***

- ***Architettura microkernel*** basata su componenti MBean (***application server non-monolitico***)
- Sia le applicazioni realizzate su JBoss che l'application server sono facilmente ***manageable***
- ***Configurazione del server altamente flessibile***
  - Possibile scegliere fra ***differenti implementazioni di servizio*** (ad es. JMS)
  - Si può fare ***l'embedding di differenti container*** nell'application server, anche a runtime (ad es. servlet container come Tomcat, Jetty, …)
  - Se un'implementazione di servizio non offre una funzionalità richiesta da un'applicazione (ad es. transaction manager, un determinato datasource, …), se ne può scegliere un'altra
  - Servizi non necessari possono essere ***disattivati*** (*shut down*)

Caso di Studio: JMX at work in Application Server JBoss

- ***Il nucleo dell'application server JBoss è JMX MBean server :***



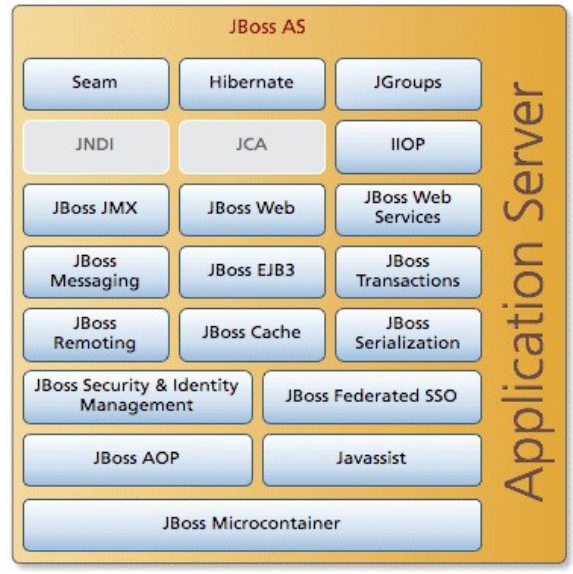
- Questo rende application server estremamente semplice da ***estendere con nuove funzionalità***
  - ***Aggiungere nuovi servizi o componenti application-specific*** si traduce nella ***creazione di nuovi MBean*** e nella loro registrazione al server MBean

Architettura di JBoss 5.x Application Server

Oltre all'architettura a ***microcontainer*** (evoluzione del bus JMX delle versioni precedenti), ritroviamo come moduli una serie di vecchie conoscenze…

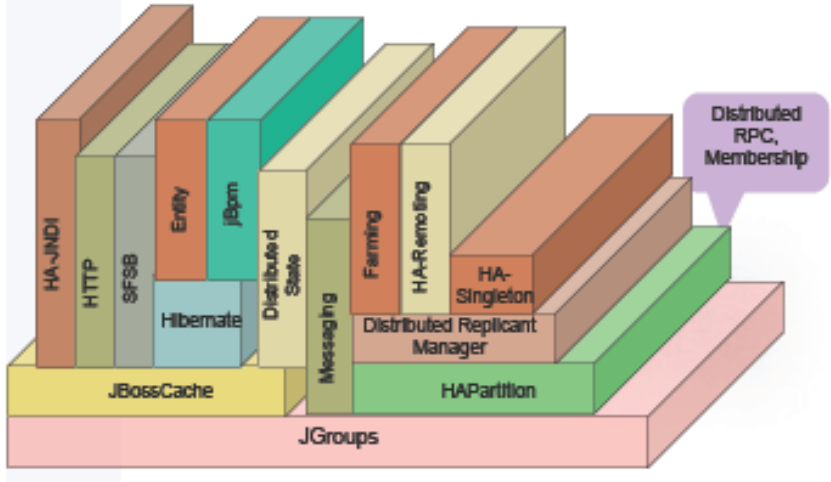
Da notare, anche per il successo di utilizzo avuto negli ultimi tempi:

- ***JGroups*** – framework di supporto alla realizzazione di ***comunicazione multicast affidabile***



Architettura JBoss: Modularità e Livelli

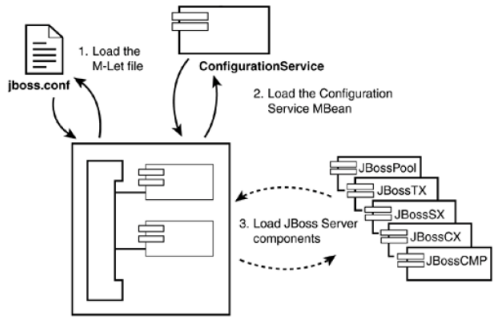
Architetturale modulare e a stack, basata su comunicazione di gruppo (*JGroups*), caching (*JBossCache*) e supporto ad alta disponibilità (*HAPartition*)



Caso di Studio: JMX at work in Application Server JBoss

Esempio - uno dei componenti core caricati dal servizio M-let di JBoss è un'implementazione di ConfigurationService MBean:

- Effettua bootstrap del server
- Fa il download e configura i servizi usando il file di configurazione XML jboss.jcml



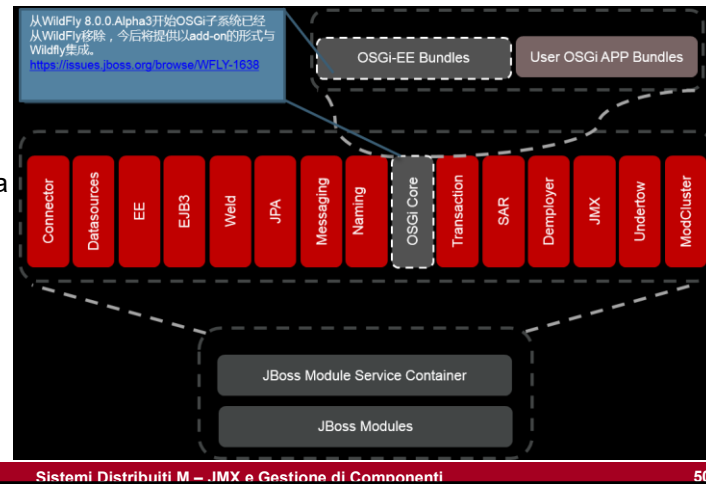

```
jboss.conf
...
<MLET
  CODE="org.jboss.configuration.
    ConfigurationService"
  ARCHIVE="jboss.jar,../xml.jar"
  CODEBASE="../../lib/ext">
</MLET>
...

jboss.jcml
...
<mbean code="org.jboss.naming.
   NamingService"
 name="DefaultDomain:service=Naming">
 <attribute name="Port">
  1099</attribute>
</mbean>
<mbean
 code="org.jboss.naming.JNDIView"
 name="DefaultDomain:service=
   JNDIView"
/>
...
```


Oggi lo presentano così:
Architettura di JBoss AS 7

Approccio modulare nel caricamento di servizi e librerie richieste in base a ***metadati di dipendenza***, sia all'avvio del server che delle applicazioni (dipendenze implicite rispetto all'uso di package)

Anche differenza pratica di:

non un file di configurazione per sottosistema, ma unico file (`standalone.xml` o `domain.xml`)



Qualche recente confronto fra implementazioni JEE

	IBM WAS Liberty 8.5.5.7	IBM WAS full 8.5.5.6	Tomcat 8.0.26	TomEE+ 1.7.2[4]	Jetty 9.3.2	Glass Fish 4.1	Web Logic 12.1.3[3]	WildFly 9.0.1	JBoss EAP 6.4
Server stop+start[5]	4.9 sec	34.1 sec	5.5 sec	11.2 sec	3.1 sec	9.4 sec		10.2 sec	9.2 sec
App redeploy[5]	1.2 sec	6.1 sec	2.3 sec	2.5 sec	2.2 sec	2.5 sec		1.2 sec	1.2 sec
RAM[5]	59 MB	175 MB	125 MB	236 MB	102 MB	376 MB		269 MB	430 MB
Download size[1]	11 to 94 MB	3 GB	10 MB	48 MB	10 MB	103 MB		127 MB	158 MB
Size installed[1]	15-123 MB	2.6 GB	17 MB	52 MB	12 MB	214 MB		159 MB	174 MB
Size per instance	0.5 MB	40 MB	0.4 MB	0.4 MB	0.4 MB	96 MB		1.5 MB	1.2 MB
Dev. Install[6]	5 sec	30 min	2 sec	3 sec	1 sec	5 sec		5 sec	5 sec
# of config files	1+	100+	8+	12+	20+	14+		16+	16+
Dynamic config[2]	99%	80%	20%	20%	20%	20%	80%	60%	60%
IDE	Eclipse, IntelliJ IDEA, NetBeans are supported with some minor differences								
Configuration Editor	Eclipse UI	Browser UI	None	None	None	Browser UI	Browser UI	Browser UI	Browser UI
DevOps	Maven, Jenkins, Ant, Chef and other DevOps tools are supported with some minor differences								
Java EE	Java EE 7	Java EE 6+	JSP/ Servlet	Java EE 6 Web Prof.	JSP/ Servlet	Java EE 7	Java EE 6	Java EE 7	Java EE 6
Free Dev. License	IBM	IBM	Apache 2.0	Apache 2.0	EPL 1.0	CDDL 1.1	Oracle	LGPL 2.1	LGPL 2.1
Free Dev. Support	IBM[7]	IBM[7]	Self	Self	Self	Self	$	Self	Red Hat[8]

Excellent
Good
Limited
Very Limited
No support

Bibliografia

Alcuni interessanti ***riferimenti bibliografici specifici*** (anche perché non citati nella bibliografia iniziale del corso; per chi eventualmente volesse approfondire nel suo progetto di approfondimento…):

- J. Lindfors, M. Fleury, The JBoss Group, ***"JMX – Managing J2EE with Java Management Extensions"***, SAMS, 2002
- Sun Microsystems, Inc., ***"Java Management Extensions (JMX) Technology Overview/Tutorial/Examples"***, Sep. 2004
- Sun Microsystems, Inc., ***"Java Management Extensions (JMX) – Best Practices"***, 2006
- B.G. Sullins, M.B. Whipple, M. Whipple, ***"JMX in Action"***, Manning, 2002
- J.S. Perry, ***"Java Management Extensions"***, O'Reilly, 2002