Gestione di dati RDF con Eclipse RDF4J

Manuel Fiorelli

<fiorelli@info.uniroma2.it>

Eclipse RDF4J (1/3)

Eclipse RDF4J (precedentemente noto come OpenRDF Sesame) è un framework Java per l'*elaborazione di dati RDF*:

- **rappresentare** *termini* e *statement* RDF all'interno di programmi Java
- **leggere/scrivere** dati RDF data/in sintassi concrete
- **accedere a database RDF** (*triplestore*) sia integrati nell'applicazione sia remoti
- **storage** di dati RDF
- **query** su dati RDF
- **inferenza** su dati RDF
- **indicizzazione** di dati RDF

Eclipse RDF4J (2/3)

I **potenziali utenti** di Eclipse RDF4J includono:

- *Sviluppatori di applicazioni per il Web Semantico* che hanno bisogno di memorizzazione ed elaborare dati RDF
- *Implementatori di triplestore* che possono sfruttare l'architettura stratificata di RDF4J ed i suoi componenti per leggere/scrivere le comuni sintassi RDF, effettuare il parsing e la valutazione di query, etc.

Eclipse RDF4J (3/3)

Eclipse RDF4J include **due implementazioni di triplestore**:

- *Memory store*: dataset piccoli, che si adattano alla RAM disponibile; persistenza su disco opzionale
- *Native store:* dataset di medie dimensioni (100 milioni triple); memorizzazione ed elaborazione basata su disco

In aggiunta, è possibile usare triplestore (commerciali) di terze parti che si conformano in misura diversa all'architettura di RDF4J.

Setup di Eclipse RDF4J

Gli **artefatti** (*artifact*) di Eclipse RDF4J sono *pubblicati su Maven Central* rendendone immediato l'uso in ***progetti basati su Apache Maven***.

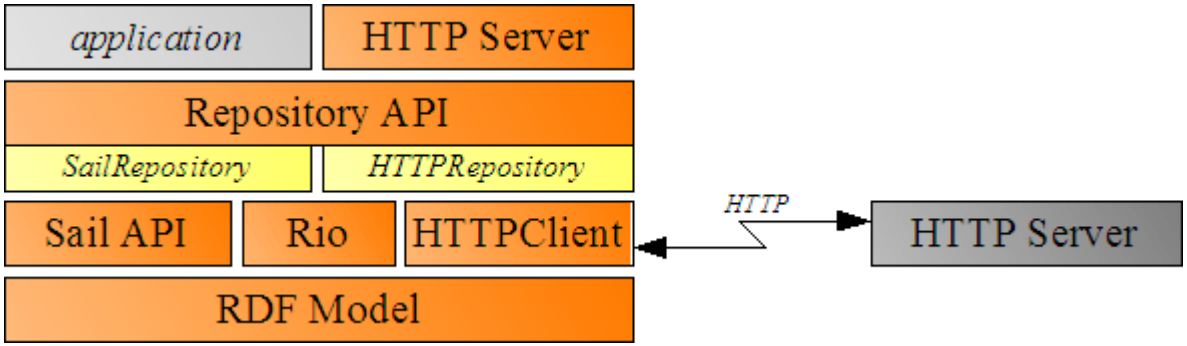
- Aggiungere le dipendenze agli artefatti richiesti
- Oppure, aggiungere soltanto una dipendenza rdf4j-client o rdf4j-storage (che a propria volta importano gli altri moduli)

```
<dependency>
    <groupId>org.eclipse.rdf4j</groupId>
    <artifactId>rdf4j-client</artifactId> <!-- or rdf4j-storage -->
    <version>3.5.0</version>
    <type>pom</type>
</dependency>
```

Proprietà che può essere utile aggiungere al POM

```
<properties>
    <maven.compiler.source>1.8</maven.compiler.source>
    <maven.compiler.target>1.8</maven.compiler.target>
    <project.build.sourceEncoding>UTF-8</project.build.sourceEncoding>
</properties>
```

Architettura di RDF4J



Nota sulle eccezioni

In OpenRDF Sesame la maggior parte delle eccezioni erano di tipo checked:

- Se non vengono catturate nel corpo di un metodo, occorre inserirle nella clausola throws del metodo stesso

In Eclipse RDF4J la maggior parte delle eccezioni (specifiche del framework) sono di tipo unchecked:

- Non occorre elencarle nella clausola throws nel caso non vengano gestite internamente.

Questo cambiamento è stato motivato – tra l'altro – dalla volontà di migliorare la compatibilità con le lambda expression di Java 8.

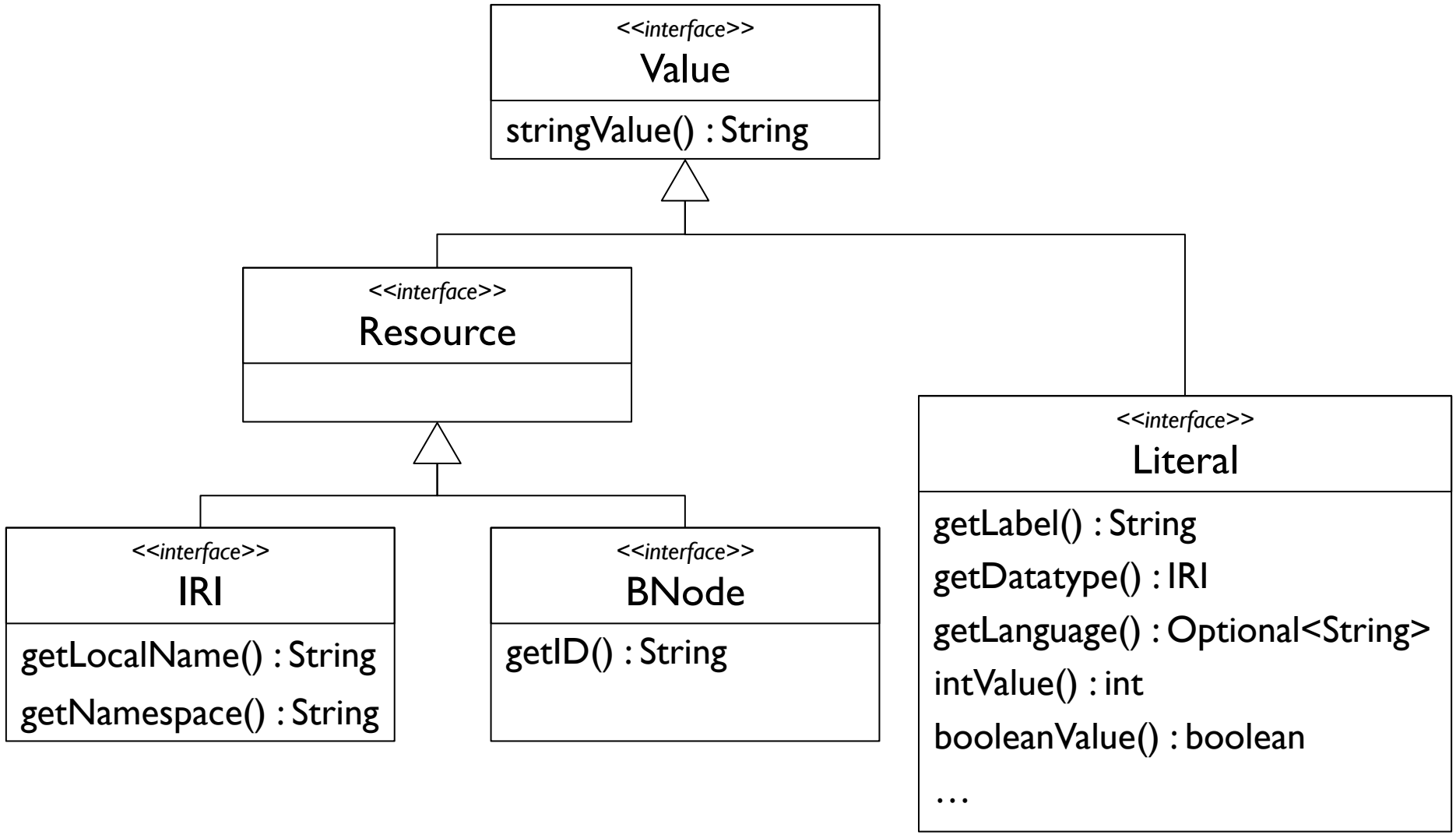
PACKAGE MODEL

Il package Model

Il **package Model** fornisce interfacce per *rappresentare termini* RDF, *statement* e collezioni di ciò – chiamate *modelli*.

Ci sono *implementazioni di modelli* (*LinkedHashModel* e *TreeModel*) che supportano la manipolazione di statement RDF in memoria.

Il Package Model – Termini RDF (1/2)

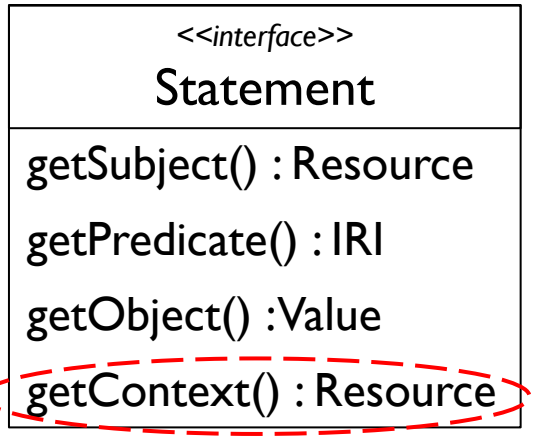


Il Package Model – Termini RDF (2/2)

I *Value* di RDF4J sovrascrivono *(override)* il metodo *Object.equals(Object o)* (come pure *Object.hashCode()*) per implementare l'*uguaglianza tra value* come segue:

- Due *IRI* sono uguali, se essi hanno lo stesso *stringValue*
- Due *Literal* sono uguali, se hanno la stessa *label*, lo stesso *datatype*, e (se presente) lo stesso *language*
- Due *BNode* sono uguali, se hanno lo stesso *identifier*

Il Package Model – Statement



Uno **statement** è composto da un *soggetto* (*subject*), un *predicato* (*predicate*) e uno *oggetto* (*object*).

Opzionalmente, un quarto componente – chiamato *contesto* (*context*) – può essere usato per raggruppare un insieme di statement

I principali usi del contesto includono:

- Tracciare la provenienza (*provenance*) degli statement (es. usando il contesto per indicare l'origine degli statement)
- Valutare una query su sottoinsieme degli statement (in particolare su determinati contesti)
- Alternativa alla reificazione RDF standard per fornire metadati su uno o più statement

Due statement sono uguali se e solo se tutte le componenti corrispondenti sono uguali

Il Package Model – ValueFactory

I tipi descritti finora sono interfacce: in Java non possono essere istanziati direttamente.

Come otteniamo un oggetto di tipo *IRI*, *BNode*,…, *Statement*?

Eclipse RDF4J usa il *design pattern della Factory Astratta*

- L'interfaccia *ValueFactory* definisce un'API per istanziare i vari tipi definiti nel package Model
- Una *factory concreta* può essere ottenuta da una connessione ad un repository (maggiori informazioni a seguire) o semplicemente come *SimpleValueFactory.getInstance()*

Il Package Model – ValueFactory – IRI (1/2)

```
ValueFactory vf = … ;
IRI socrates = vf.createIRI("http://example.org/Socrates");
IRI aristotle = vf.createIRI("http://example.org/Aristotle");
```

IRI per esteso

```
ValueFactory vf = … ;
String ns = "http://example.org/"
IRI socrates = vf.createIRI(ns + "Socrates");
IRI aristotle = vf.createIRI(ns + "Aristotle");
```

IRI = namespace + local name

```
ValueFactory vf = … ;
String ns = "http://example.org/"
IRI socrates = vf.createIRI(ns, "Socrates");
IRI aristotle = vf.createIRI(ns, "Aristotle");
```

Delega la concatenazione del namespace a RDF4J

Il Package Model – ValueFactory – IRI (2/2)

```
ValueFactory vf = … ;

IRI type = vf.createIRI("http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type");
```

Constanti per vocabolari comuni

```
import org.eclipse.rdf4j.model.vocabulary.RDF

…

IRI type = RDF.TYPE;
```

Il Package Model – ValueFactory – BNode

```
ValueFactory vf = … ;
BNode bnode = vf.createBNode();
```

```
ValueFactory vf = … ;
String nodeID = “abc…:”;
BNode bnode = vf.createBNode(nodeID);
```

Nell'ambito dell'API di RDF4J l'identità di un bnode è determinata da un *identificatore di nodo* (**locale**).

Tuttavia, questo identificatore non esiste in ambito globale: durante l'importazione dei dati (es. lettura di un file), i bnode sono rinominati consistentemente (per evitare collisioni con identificatori già in uso localmente)

Il Package Model – ValueFactory – Literal

```
ValueFactory vf = … ;
Literal literal = vf.createLiteral("dog", "en")
```

Language-tagged literal

```
ValueFactory vf = … ;
Literal literal = vf.createLiteral("2018-09-26T16:24:28+00:00",
XMLSchema.DATETIME);
```

Label

Datatype

```
ValueFactory vf = … ;
GregorianCalendar c = new GregorianCalendar();
c.setTime(yourDate);
XMLGregorianCalendar date =
DatatypeFactory.newInstance().newXMLGregorianCalendar(c);
Literal literal = vf.createLiteral(date);
```

Creazione di un literal da un oggetto Java

Il Package Model – ValueFactory – Statement

```
ValueFactory vf = … ;

String ns = “http://example.org/”;

IRI socrates = vf.createIRI(ns, “Socrates”);

IRI mortal = vf.createIRI(ns, “Mortal”);

Statement stmt = vf.createStatement(socrates, RDF.TYPE,  mortal);
```

Il Package Model – i Model (1/8)

Un *Model* è un insieme di *Statement*.

```
public interface Model extends Graph, Set<Statement>,
Serializable, NamespaceAware {

    …

}
```

Le implementazioni elencate qui sotto possono essere usate per gestire (piccole) collezioni di statement in memoria:

- *LinkedHashModel*: usa hash-table
- *TreeModel*: usa alberi Red-Black, ordinando i dati secondo l'ordine lessicale dei termini RDF

Il Package Model – i Model (2/8)

Creazione di una collection

```
LinkedHashSet<Statement> set = new LinkedHashSet<>();
```

Creazione di un model

```
Model model = new LinkedHashModel ();
```

Il Package Model – i Model (3/8)

Aggiunta di uno statement ad una collection

```
set.add(vf.createStatement(
        vf.createIRI(ns, "Socrates"),
        RDF.TYPE,
        vf.createIRI(ns, "Mortal")
));
```

Aggiunta di uno statement ad un model

```
model.add(vf.createIRI(ns, "Socrates"), RDF.TYPE, vf.createIRI(ns, "Mortal"))
```

Un quarto parametro è un *vararg* che può essere usato per indicare i contesti in cui inserire lo statement. Se non viene specificato alcun contesto, lo statement non ha contesto associato.

Il Package Model – i Model (4/8)

Università di Roma Tor Vergata

Testare presenza di uno statement in una collection

```
Statement stmt = vf.createStatement(
            vf.createIRI(ns, "Socrates"),
            RDF.TYPE,
            vf.createIRI(ns, "Mortal")
);
set.contains(stmt)
```

Testare presenza di uno statement in un model

```
model.contains(vf.createIRI(ns, "Socrates"),
                        RDF.TYPE, vf.createIRI(ns, "Mortal"))
```

null gioca il ruolo di wildcard; in aggiunta dai Javadoc:

model.contains(s1, null, null) è true se qualche statement ha soggetto s1,

model.contains(null, null, null, c1) è true se qualche statement ha contesto c1,

model.contains(null, null, null, (Resource)null) è true se qualche statement non ha un contesto associato

model.contains(null, null, null, c1, c2, c3) è true se qualche statement ha contesto c1, c2 o c3 .

Il Package Model – i Model (5/8)

Università di Roma Tor Vergata

Dai Javadoc:

model.remove(s1, null, null) rimuove ogni statement che ha soggetto s1,

model.remove(null, null, null, c1) rimuove ogni statement che ha contesto c1 ,

model.remove(null, null, null, (Resource)null) rimuove ogni statement che non ha contesto associato,

model.remove(null, null, null, c1, c2, c3) rimuove ogni statement che ha contesto c1, c2 o c3.

Il Package Model – i Model (6/8)

È possibile ottenere una ***vista*** sugli statement con un *soggetto*, *predicato* e *oggetto* (e opzionalmente, *contesto*) specificati.

```
Model filteredModel = model.filter(subject, predicate,
object,contexts…);
```

Modifiche al modello di partenza si rifletteranno sulla vista, e viceversa.

Il Package Model – i Model (7/8)

Possiamo chiedere ad un model una **vista** sui soggetti, predicati e oggetti che contiene.

```
Set<Resource> subjects = model.subjects();
Set<IRI> predicates = model.predicates();
Set<Value> objects = model.objects();
```

Usando la classe di utilità *Models* possiamo richiedere componenti di un certo tipo, es. *Models.objectLiterals(model)* restituisce tutti e soli gli oggetti di tipo literal.

Il Package Model – i Model (8/8)

La classe di utilità *Models* supporta anche un approccio basato sulle proprietà anziché sugli statement.

```
Optional<String> aStringValue = Models.getPropertyString(model, subject, property);
```

Anziché usare le viste e l'utility per filtrare gli oggetti:

```
Optional<String> aStringValue = Models.objectString(model.filter(subject, property, null));
```

Similmente, possiamo settare il valore di una proprietà e cancellare tutti i suoi valori precedenti (nei contesti indicati, oppure in tutto il modello se non ne viene indicato nessuno).

```
Models.setProperty (model, subject, property, value);
```

RDF Input/Output

RIO

RDF Input/Output

RIO (RDF Input/Output) il modulo di occupa dell'*input/output di dati RDF*.

- *RDFParser*: *legge un documento RDF* come oggetti conformi alle interfacce definite dal package *model*
- *RDFWriter*: *scrive statement RDF* (rappresentati come oggetti conformi alle interfacce definite dal package model) come documenti RDF conformi ad una sintassi concreta

RDFParser (1/5)

```
RDFParser p = RDFParserRegistry.getInstance()
    .get(RDFFormat.TURTLE)
    .orElseThrow(Rio.unsupportedFormat(RDFFormat.TURTLE))
    .getParser();
```

Un registro contenente gli RDFParser trovati sul classpath

La factory del parser per il format TURTLE, se disponibile: *Optional<RDFParserFactory>*

Lancia un'eccezione se il parser non è stato trovato

Istanzia il parser

Scorciatoia

```
RDFParser p = Rio.createParser(rdfFormat [, valueFactory]);
```

RDFParser (2/5)

OPZIONALI

p.setValueFactory(…)

Setta la *ValueFactory* da usare per creare istanze delle interfacce del modello

p.setParseErrorListener(…)

Setta il listener da notificare di ogni errore durante il parsing

p.setParseLocationListener(…)

Setta il listener da notificare del progresso del parser

p.setRDFHandler(…)

Setta l'*RDFHandler* cui saranno forniti gli statement letti

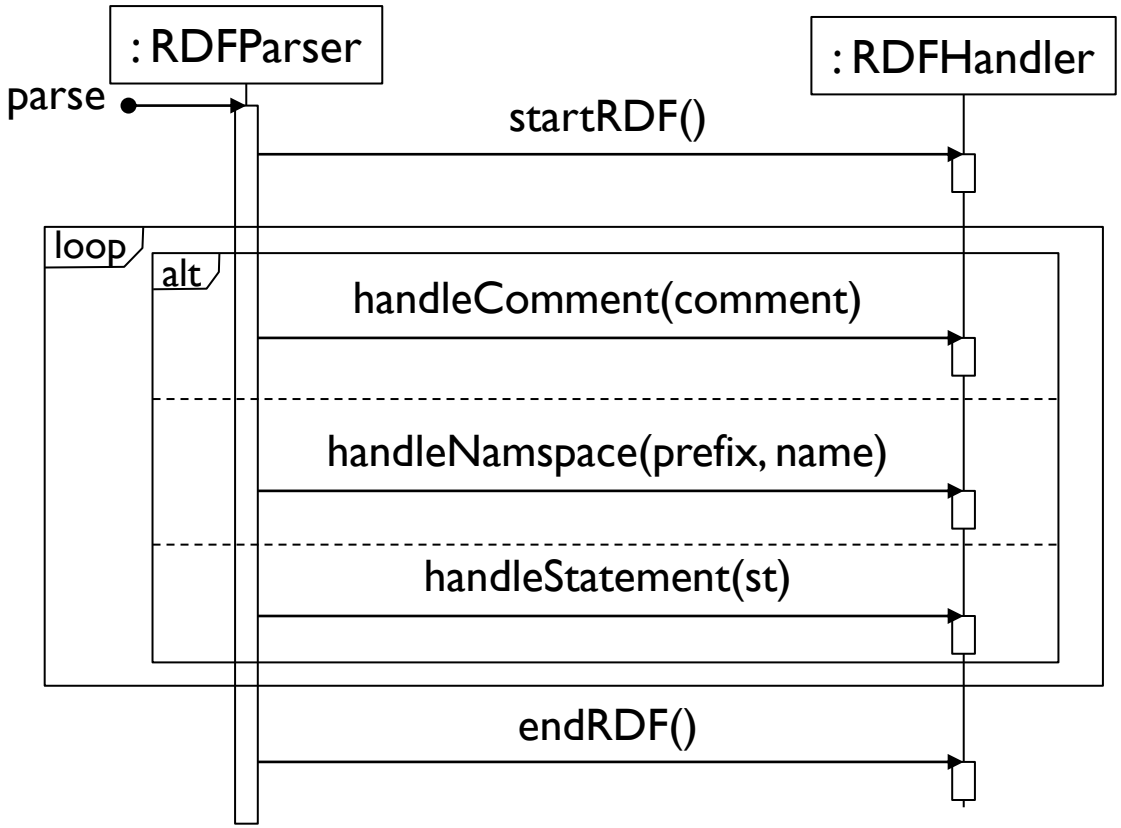
```
ParserConfig config = new ParserConfig();
config.set(setting, value);
p.setParserConfig(config)
```

RDFParser.getSupportedSettings() restituisce i setting riconosciuti dal parser

Un *RioSetting<T>* che rappresenta un parametro di configurazione

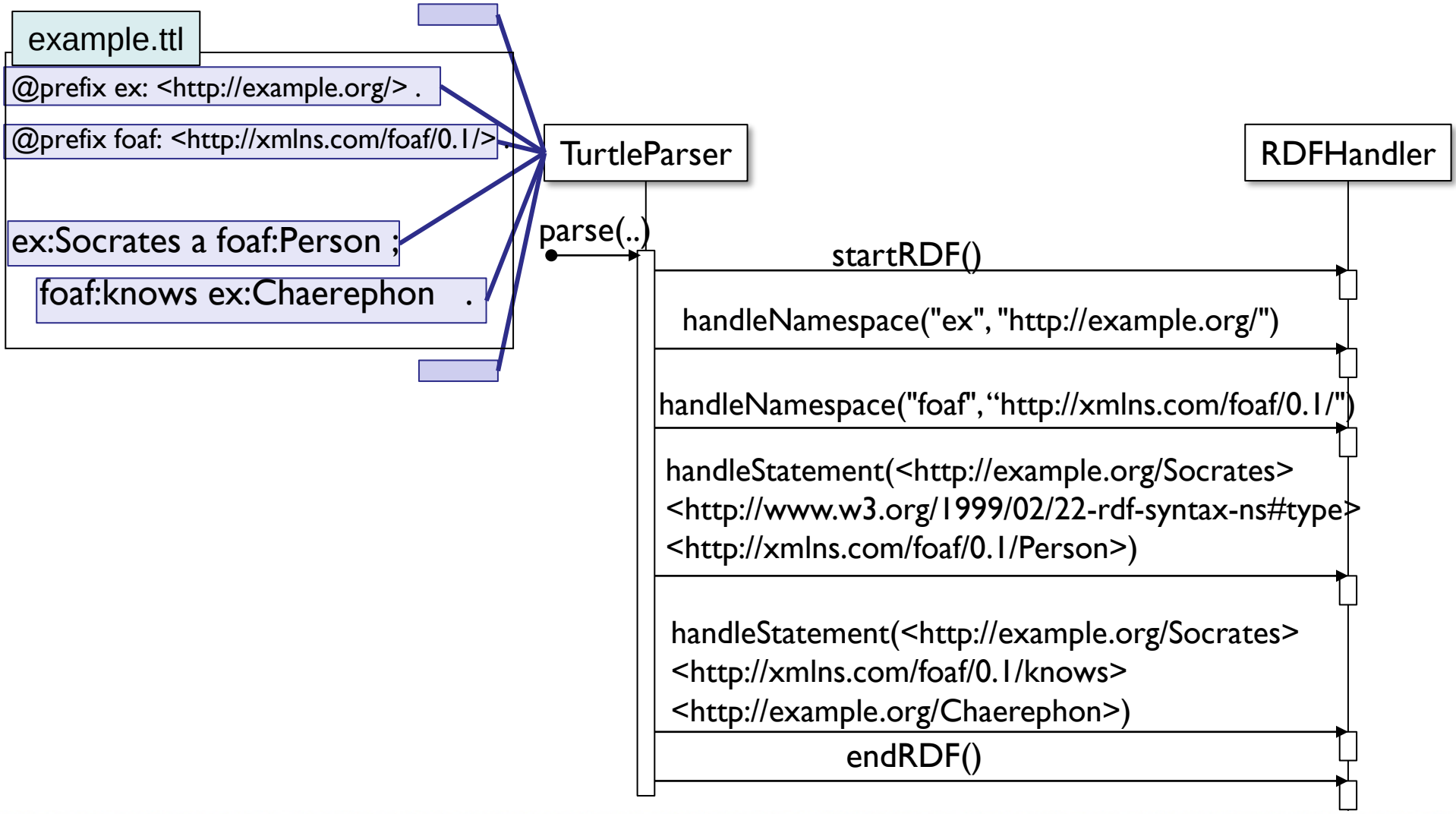
RDFParser (3/5)

p.parse(inputStreamOrReader, baseURI);



Approccio push al parsing alla maniera dall'API SAX per il parsing XML

RDFParser (4/5)



RDFParser (5/5)

Uno ***StatementCollector*** è un *RDFHandler* che può essere usato per inserire gli statement letti in una collezione (oppure un model).

Scorciatoia

```
Model model = Rio.parse(inputStreamOrReader,baseURI,rdfFormat, [settings,
                        valueFactory, errorListener], contexts…)
```

RDFWriter (1/2)

```
RDFWriter w = RDFWriterRegistry.getInstance()
    .get(RDFFormat.TURTLE)
    .orElseThrow(Rio.unsupportedFormat(RDFFormat.TURTLE))
    .getWriter(outputStreamOrWriter [, baseURI]);
```

Un registro contenente gli RDFWriter trovati nel classpath

La factory del writer per il format TURTLE, se disponibile: *Optional<RDFWriterFactory>*

Lancia un'eccezione se il writer non è stato trovato

Istanzia il writer

Scorciatoia

```
RDFWriter w = Rio.createWriter(rdfFormat, outputStreamOrWriter [, base URI]);
```

RDFWriter (2/2)

```
WriterConfig config = new WriterConfig();
config.set(setting, value);
p.setWriterConfig(config)
```

RDFWriter.getSupportedSettings() restituisce i setting riconosciuti dal writer

Un *RioSetting<T>* che rappresenta un parametro di configurazione

```
Rio.write(iterable, w);
```

Shorthand[2]

```
Rio.write(iterable, outputStreamOrWriter [, base URI], format, [writerConfig]);
```

Nota su RIO

Non c'è mai bisogno di avere tutti gli statement caricati in memoria

- I *reader* inviano all'*handler* uno statement alla volta
- Similmente, un *writer* riceve uno statement alla volta

Accedere a triplestore

REPOSITORY

Repository (1/2)

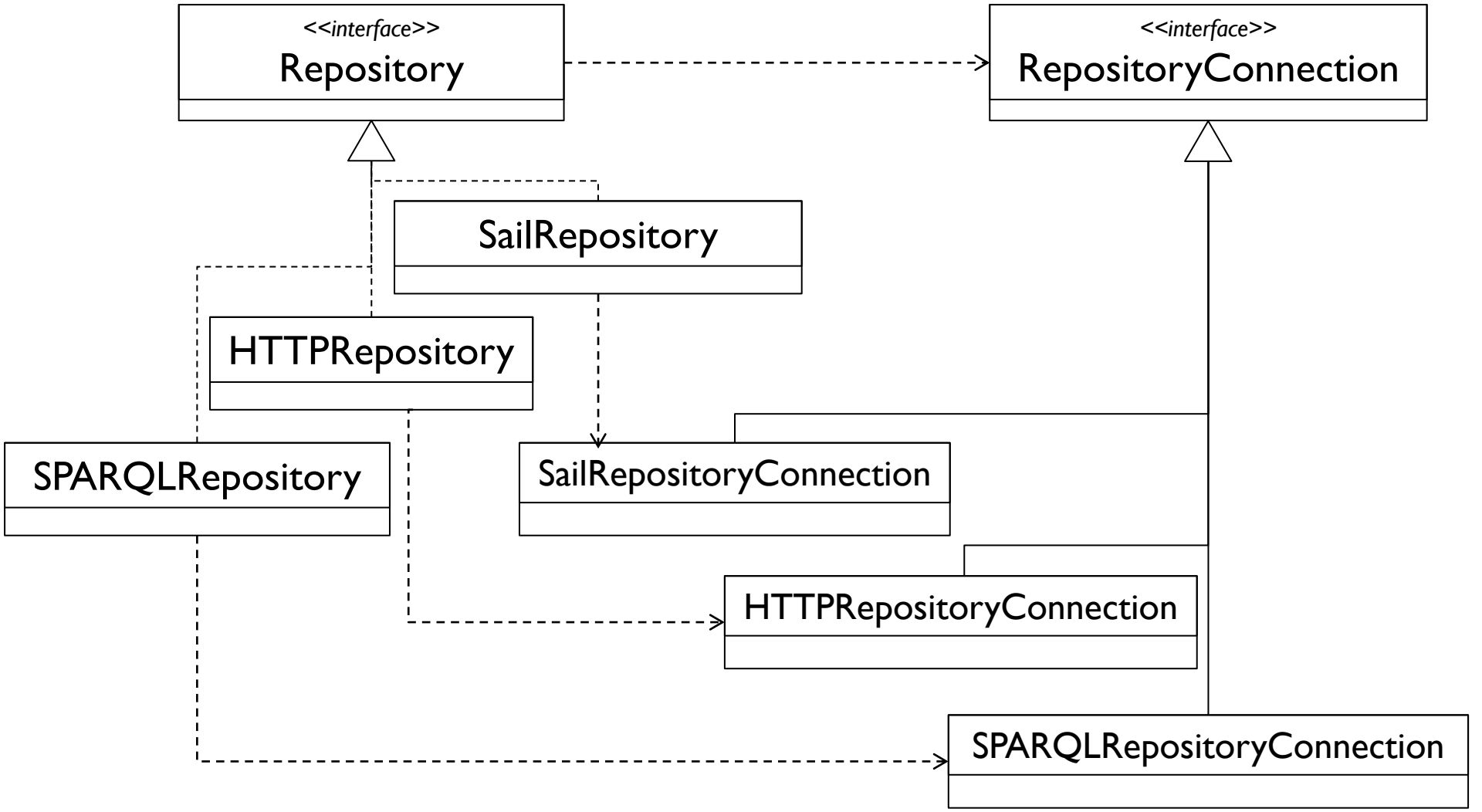
Un ***Repository*** è il punto di accesso ad un *database RDF* (*triplestore*).

Un utente interagisce con un *Repository* attraverso una *RepositoryConnection*, ottenuta dal repository stesso.

Rispetto ai modelli, i *Repository* generalmente supportano:

- Connessione concorrente di molteplici utenti
- Transazioni (commit o rollback di gruppi di operazioni, diversi livelli di isolamento tra transazioni concorrenti)
- Supporto per linguaggi di interrogazione e/o modifica (spesso SPARQL)

Repository (2/2)



SPARQLRepository

Usato per ***accedere ad un endpoint SPARQL*** attraverso l'interfaccia *Repository*.

Presenta, tuttavia, delle limitazioni e/o non conformità dovute alle limitazioni del sottostante linguaggio/protocollo SPARQL (es. gestione delle transazioni e bnode come input). È preferibile usarlo per singole operazioni SPARQL.

```
Repository rep = new SPARQLRepository("http://dbpedia.org/sparql");
rep.init();
try {
  // use the repository
}
finally {
  rep.shutDown();
}
```

L'invocazione esplicita del metodo di *init()* su un Repository è recentemente diventata opzionale

Utilizzare l'overload con due parametri per indicare l'endpoint di modifica

HTTPRepository

Usato per ***accedere ad un repository remoto*** che è stato esposto attraverso l'API REST di RDF4J (maggiori informazioni in seguito).

```
Repository rep = new HTTPRepository("http://localhost:7200/");
r.setUsernameAndPassword(username, password);  // se necessario
rep.init();
try {
  // use the repository
}
finally {
  rep.shutDown();
}
```

SailRepository (1/2)

```
Sail sail = new MemoryStore();
Repository rep = new SailRepository(sail);
rep.init();
try {
  // use the repository
}
finally {
  rep.shutDown();
}
```

Un Sail (Storage and Inference Layer) implementa le funzionalità di storage, query e inferenza.

L'interfaccia Sail è stato introdotta per disaccopiare le implementazioni di triplestore dai moduli funzionali del framework (parsers, query engines, end-user API access, etc).

La configurazione sulla sinistra usa un Sail operante esclusivamente in memoria, ed è pertanto detto non persistente

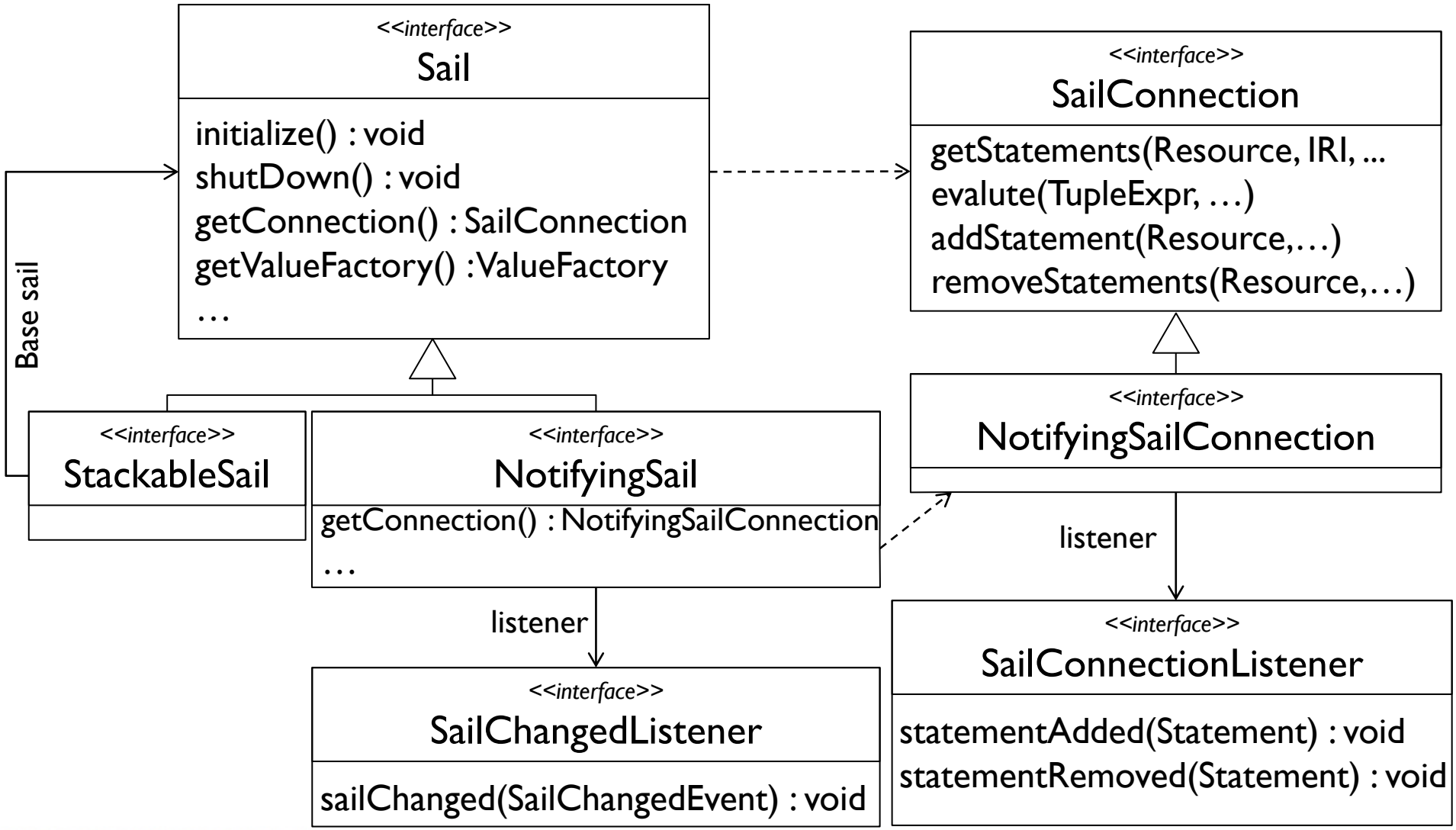
SailRepository (2/2)

```
MemoryStore sail = new MemoryStore();
sail.setDataDir(…)
sail.setPersist(true);
sail.setSyncDelay(0);
Repository rep = new SailRepository(sail);
rep.init();
try {
  // use the repository
}
finally {
  rep.shutDown();
}
```

Il contenuto del repository è scritto *(setPresist(true))* in un file, chiamato *memorystore.data*.

- *syncDelay = 0* il file è scritto in maniera sincronia quando viene fatto il commit, massimizzando la durabilità dei dati; tuttavia, una transazione in scrittura deve attendere una scrittura su file (più lenta dell'accesso alla memoria). In aggiunta, transazioni in scrittura ravvicinate, determinano scritture su file ravvicinate
- *syncDelay > 0* rende il riversamento dei dati nel file un task asincrono eseguito dopo un certo lasso di tempo. Una transazione in scrittura non dovrà più attendere la scrittura del file
- *syncDelay < 0* i dati sono scritti nel file solo quando il sail viene spento

Sail – Architettura (1/2)



Sail – Architettura (2/2)

Uno **stackable sail** opera al di sopra di un altro sail (*base*, o *delegate*):

- Può restituire un *wrapper* intorno ad una connessione al base sail (utile per eseguire logica speciale al commit o rollback, o per intercettare ogni lettura/scrittura ed esecuzione di query)
- Può sottoscriversi alla ricezione di eventi generati dal base (*notifying*) sail
  - Questi eventi dicono se qualche statement è stato aggiunto o rimosso
- In modo simile, il wrapper intorno alla connessione può sottoscriversi alla ricezione di eventi generati dalla connessione (notifying) di base
  - Questi eventi dicono quali statement sono stati effettivamente aggiunti/rimossi durante una transazione

ForwardChainingRDFSInferencer (deprecato)

```
File dataDir = …;
Repository rep = new SailRepository(
                        new ForwardChainingRDFSInferencer(
                            new MemoryStore(dataDir)
                            )
                    );
```

Il *ForwardChainingRDFSInferencer* è uno stackable sail che implementa il reasoning RDFS attraverso il *forward chaining*:

- Aggiunge triple assiomatiche al repository (es. *rdfs:subClassOf rdfs:range rdfs:Class*)
- Quando si fa il commit di una transazione, calcola le triple implicate logicamente applicando iterativamente le regole che specificano la semantica RDFS.

Siccome la semantica di RDFS (e OWL) è monotona, l'**aggiunta di una tripla** non può invalidare inferenze precedenti: il reasoner tenta semplicemente di applicare nuovamente le regole che specificano la semantica RDFS.
Diversamente, la **cancellazione di una tripla** può invalidare inferenze precedenti: il reasoner cancella tutte le triple inferite, ed avvia il processo di reasoning da capo

ForwardChainingRDFSInferencer (deprecated)

```
File dataDir = …;
Repository rep = new SailRepository(
                        new SchemaCachingRDFSInferencer(
                            new MemoryStore(dataDir)
                            )
                        );
```

Lo *SchemaCachingRDFSInferencer* è uno stackable sail che implementa il reasoning RDFS attraverso un approccio non rule-based:

- Lo schema viene collezionato in una cache, che viene usata per produrre inferenze velocemente

Note sulle Configurazioni dei Repository

Eclipse RDF4J **non distingue** la *creazione di un repository* dall'*apertura di un repository creato in precedenza*.

Internamente, un **repository persistente** guarda la propria directory dati, e *carica i dati* che eventualmente sono stati salvati in precedenza.

L'oggetto **Repository** dovrebbe essere *sempre configurato nello stesso modo*, a meno che non si sappia che un certo cambiamento della configurazione è sicuro (es. il native store crea eventuali indici non esistenti all'avvio)

RepositoryConnection - Acquisizione

```
Repository rep = … ;
RepositoryConnection conn = rep.getConnection();
try {
  // use the connection
}
finally {
  conn.close();
}
```

try-finally

```
Repository rep = … ;
try(RepositoryConnection conn = rep.getConnection()) {
  // use the connection
}
```

try-with-resources

RepositoryConnection – add (1/2)

```
ValueFactory vf = conn.getValueFactory();
String ns = "http://example.org#";
IRI Socrates = vf.createIRI(ns, "Socrates");
IRI Chaerephon = vf.createIRI(ns, "Chaerephon");
IRI g1 = vf.createIRI("http://example.org/g1");
IRI g2 = vf.createIRI("http://example.org/g2");

conn.add(Socrates, RDF.TYPE, FOAF.PERSON, g1);
conn.add(Socrates, RDFS.LABEL, vf.createLiteral("Socrates", "en"), g1);
conn.add(Chaerephon, RDF.TYPE, FOAF.PERSON, g2);
conn.add(Chaerephon, RDFS.LABEL, vf.createLiteral("Chaerephon", "en"), g2);
conn.add(Socrates, FOAF.KNOWS, Chaerephon);
conn.add(Chaerephon, FOAF.KNOWS, Socrates);
```

RepositoryConnection – add (2/2)

Ci sono diversi overaload per il metodo *RepositoryConnection.add(..)* che accettano input differenti:

- Iterable<? Extends Statement>
- Iteration<? Extends Statement>
- File
- InputStream
- Reader
- Statement
- Statement esploso nelle sue componenti (soggetto, predicato, oggetto)

Il parametro context può essere usato per indicare i contesti in cui aggiungere gli statement (sovrascrivendo ogni eventuali contesto indicato nell'input).

RepositoryConnection – export (1/3)

```
RDFHandler nquadOutputter = Rio.createWriter(RDFFormar.TRIG, System.out);
conn.export (nquadOutputter, g1);
```

```
<http://example.org/g1> {
  <http://example.org#Socrates> a <http://xmlns.com/foaf/0.1/Person>;
    <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label> "Socrates"@en .
}
```

Il metodo RepositoryConnection.export(..) esporta unicamente gli statement espliciti

RepositoryConnection – export (2/3)

```
conn.setNamespace("ex", ns);
conn.setNamespace(RDFS.PREFIX, RDFS.NAMESPACE);
conn.setNamespace(FOAF.PREFIX, FOAF.NAMESPACE);
RDFHandler nquadOutputter = Rio.createWriter(RDFFormar.TRIG, System.out);
conn.export (nquadOutputter, g1);
```

```
@prefix ex: <http://example.org#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
<http://example.org/g1> {
  ex:Socrates a foaf:Person;
    rdfs:label "Socrates"@en .
}
```

RepositoryConnection (3/3)

```
RDFHandler nquadOutputter = Rio.createWriter(RDFFormar.TRIG, System.out);
conn.export (nquadOutputter);
```

```
@prefix
@prefix
@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
<http://example.org/g1> {
  ex:Socrates a foaf:Person; rdfs:label "Socrates"@en .
}
<http://example.org/g2> {
  ex:Chaerephon a foaf:Person; rdfs:label "Chaerephon"@en .
}
{
  ex:Socrates foaf:knows ex:Chaerephon .
  ex:Chaerephon foaf:knows ex:Socrates .
}
```

RepositoryConnection - getStatements (1/2)

```
try(RepositoryResult<Statement> result = conn.getStatements(Socrates, null, null, g1)) {
   while (result.hasNext()) {
      System.out.println(result.next());
   }
}
```

(http://example.org#Socrates, http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type, http://xmlns.com/foaf/0.1/Person) [http://example.org/g1]

(http://example.org#Socrates, http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label, "Socrates"@en) [http://example.org/g1]

Il metodo RepositoryConnection.getStatements(..) include gli statement inferiti (per impostazione predefinita, a meno che non si usi l'overload con il parametro booleano includeInferred a false)

RepositoryConnection - getStatements (2/2)

```
try(RepositoryResult<Statement> result = conn.getStatements(Socrates, null, null)) {
   QueryResults.stream(result).forEach(System.out::println);
}
```

(http://example.org#Socrates, http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type, http://xmlns.com/foaf/0.1/Person) [http://example.org/g1]

(http://example.org#Socrates, http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label, "Socrates"@en) [http://example.org/g1]

(http://example.org#Socrates, http://xmlns.com/foaf/0.1/knows, http://example.org#Chaerephon) [null]

RepositoryConnection - remove

Ci sono diversi overload dell'operazione *RepositoryConnection.remove(..)* che accettano diversi input:

- Iterable<? Extends Statement>
- Iteration<? Extends Statement>
- Statement
- Statement esploso nelle sue componenti (soggetto, predicato, oggetto)

Il parametro *context* può essere usato per specificare da quali named graph rimuovere le triple input (sovrascrivendo ogni contesto indicato nell'input). Se nessun contesto è specificato come argomento del metodo né da parte degli statement di input, il metodo opera sull'intero repository.

RepositoryConnection – tuple query

```
TupleQuery query = conn.prepareTupleQuery(
   "PREFIX <foaf: http://xmlns.com/foaf/0.1/>\n" +
  "SELECT ?acquaintance WHERE {\n" +
   " ?subject foaf:knows ?acquaintance . \n" +
   "}\n"
);
query.setBinding("subject", Socrates);
// query.setIncludeInferred(true/false); // default is true
try(TupleQueryResult queryResult = query.evaluate()) {
   while(result.hasNext()) {
      BindingSet bindingSet = result.next();
      Value acquaintance = bindingSet.getValue("acquaintance");
      System.out.println(acquaintance);
   }
}
```

RepositoryConnection – graph query

```
TupleQuery query = conn.prepareGraphQuery(
  "PREFIX <foaf: http://xmlns.com/foaf/0.1/>\n" +
 "DESCRIBE ?acquaintance WHERE {\n" +
  " ?subject foaf:knows ?acquaintance . \n" +
  "}\n"
);
query.setBinding("subject", Socrates);
// query.setIncludeInferred(true/false); // default is true
try(GraphQueryResult queryResult = query.evaluate()) {
  while(result.hasNext()) {
    Statement statement = result.next();
    System.out.println(statement);
  }
}
```

```
Model statements =
        QueryResults.asModel(query.evaluate())
```

RepositoryConnection – update

```
Update update = conn.prepareUpdate(
  "PREFIX <foaf: http://xmlns.com/foaf/0.1/>\n" +
  "DELETE { ?person foaf:givenName 'Bill' }\n"+
  "INSERT { ?person foaf:givenName 'William' }\n" +
  "WHERE {\n" +
  " ?person foaf:givenName 'Bill'\n" +
 "}\n");
// update.setIncludeInferred(true/false); // default is true
update.execute();
```

RepositoryConnection – transazioni (1/6)

Per impostazione predefinita, ogni operazione su una repository connection viene eseguita autonomamente, e ne viene fatto il commit nel repository *(autocommit)*.

Tuttavia, è possibile *gestire transazioni* che permettono di raggruppare diverse operazioni, in modo da poterne fare il commit o il rollback come un'unità.

RepositoryConnection – transazioni (2/6)

```
try(RepositoryConnection conn = rep.getConnection()) {
   conn.begin()
   try {
      // do useful stuff within the transaction
      conn.commit();
   } catch(RepositoryException e) {
      conn.rollback();
   }
}
```

```
try(RepositoryConnection conn = rep.getConnection()) {
   conn.begin()
      // do useful stuff within the transaction
   conn.commit();
}
```

Se viene sollevata un'eccezione prima del *commit()*, il metodo *close()* chiamato dal *try-with-resources* effettua il rollback ed aggiunge un messaggio nel log

RepositoryConnection – transazioni (3/6)

Esiste un overload del metodo begin() che permette di specificare il livello di isolamento.

Da http://docs.rdf4j.org/programming/#_transaction_isolation_levels

- **NONE** The lowest isolation level; transactions can see their own changes, but may not be able to roll them back, and no isolation among transactions is guaranteed. This isolation level is typically used for things like bulk data upload operations.
- **READ_UNCOMMITTED** Transactions can be rolled back, but are not necessarily isolated: concurrent transactions may be able to see other's uncommitted data (so-called 'dirty reads').

RepositoryConnection – transazioni (4/6)

Esiste un overload del metodo begin() che permette di specificare il livello di isolamento.

Da http://docs.rdf4j.org/programming/#_transaction_isolation_levels

- **READ_COMMITTED** In this transaction isolation level, only data from concurrent transactions that has been committed can be seen by the current transaction. However, consecutive reads within the same transaction may see different results. This isolation level is typically used for long-lived operations.
- **SNAPSHOT_READ** In addition to being READ_COMMITTED, query results in this isolation level will observe a consistent snapshot. Changes occurring to the data while a query is evaluated will not affect that query's result. This isolation level is typically used in scenarios where there multiple concurrent transactions that do not conflict with each other.

RepositoryConnection – transazioni (5/6)

Esiste un overload del metodo begin() che permette di specificare il livello di isolamento.

Da http://docs.rdf4j.org/programming/#_transaction_isolation_levels

- **SNAPSHOT** In addition to being SNAPSHOT_READ, successful transactions in this isolation level will operate against a particular dataset snapshot. Transactions in this isolation level will either see the complete effects of other transactions (consistently throughout) or not at all. This isolation level is typically used in scenarios where a write operation depends on the result of a previous read operation.
- **SERIALIZABLE** In addition to SNAPSHOT, this isolation level requires that all other transactions must appear to occur either completely before or completely after a successful serializable transaction. This isolation is typically used when multiple concurrent transactions are likely to conflict.

RepositoryConnection – transazioni (6/6)

Il *MemoryStore* ed il *NativeStore* supportano i seguenti livelli di isolamento:

- NONE
- READ_COMMITTED
- SNAPSHOT_READ *(livello di isolamento predefinito)*
- SNAPSHOT
- SERIALIZABLE

Entrambi i triplestore usano un "*locking ottimistico*": assumendo che non si verifichino conflitti, permettono in generale scritture concorrenti da parte delle transazioni, facendo poi fallire le transazioni durante il commit in caso di problemi.

Se un triplestore non supporta un certo livello di isolamento, ne userà (se disponibile) uno che offre maggiori garanzie.

RDF4J SERVER & WORKBENCH

RDF4J Server

L'**RDF4J Server** è un'applicazione web che espone un numero di Repository attraverso un'*API REST* dedicata:

http://docs.rdf4j.org/rest-api/

Questa API estende e combina:

- SPARQL 1.1 Protocol (inviare query e update SPARQL ai processori)
- SPARQL 1.1 Graph Store HTTP Protocol (gestione di named graph, es. aggiunta, rimozione, scaricamento, …)

La principale estensione riguarda la **gestone delle transazioni**

Viene fornito come un WAR da usare con un servlet container tipo Apache Tomcat.

RDF4J Workbench

L'***RDF4J Workbench*** è un'applicazione web per accedere a repository esposti da un *RDF4J Server*.

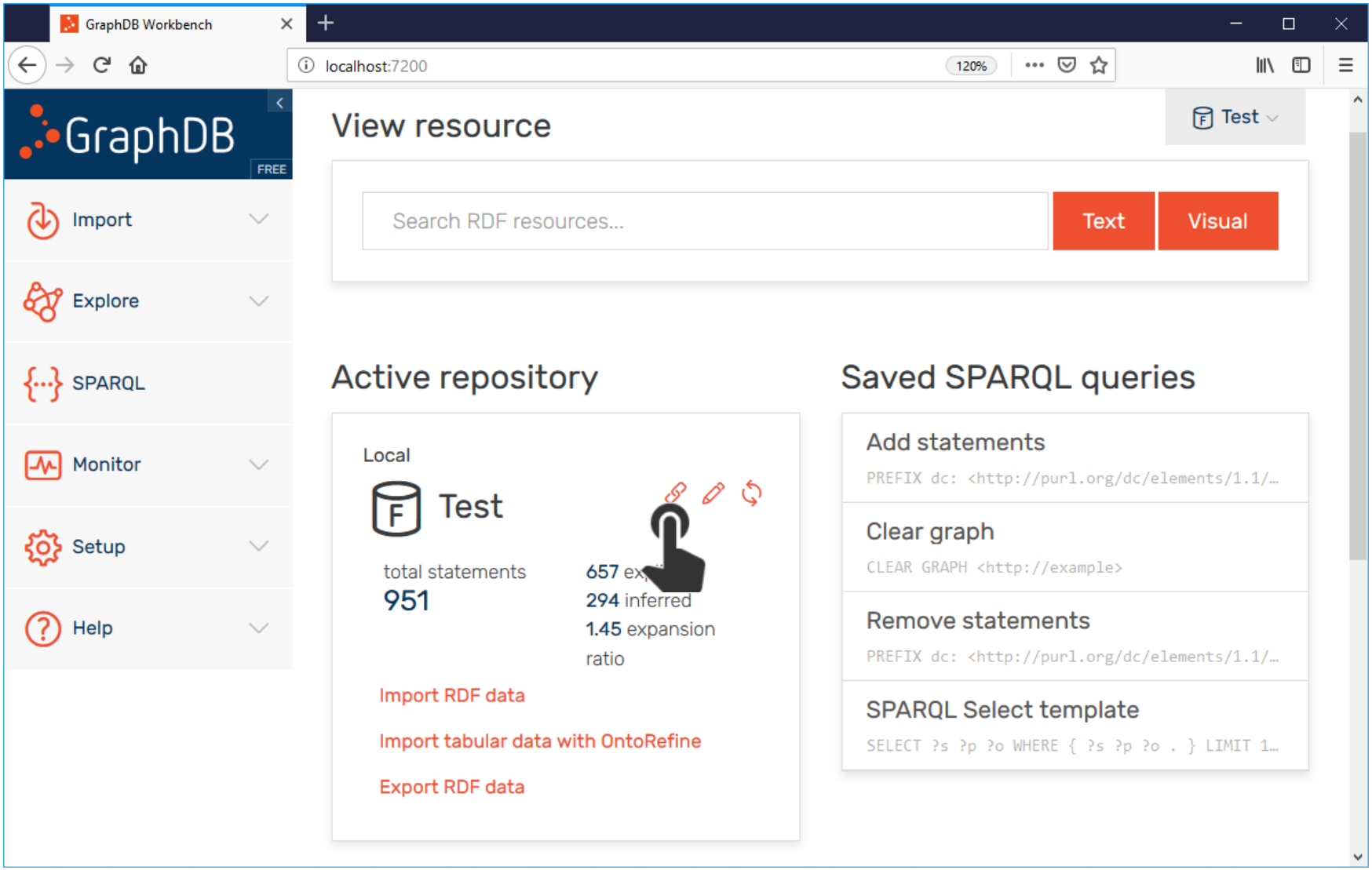
Viene fornito come un WAR da usare con un servlet container tipo Apache Tomcat.

GraphDB Workbench

Nelle lezioni precedenti abbiamo usato il ***Workbench di GraphDB***, che:

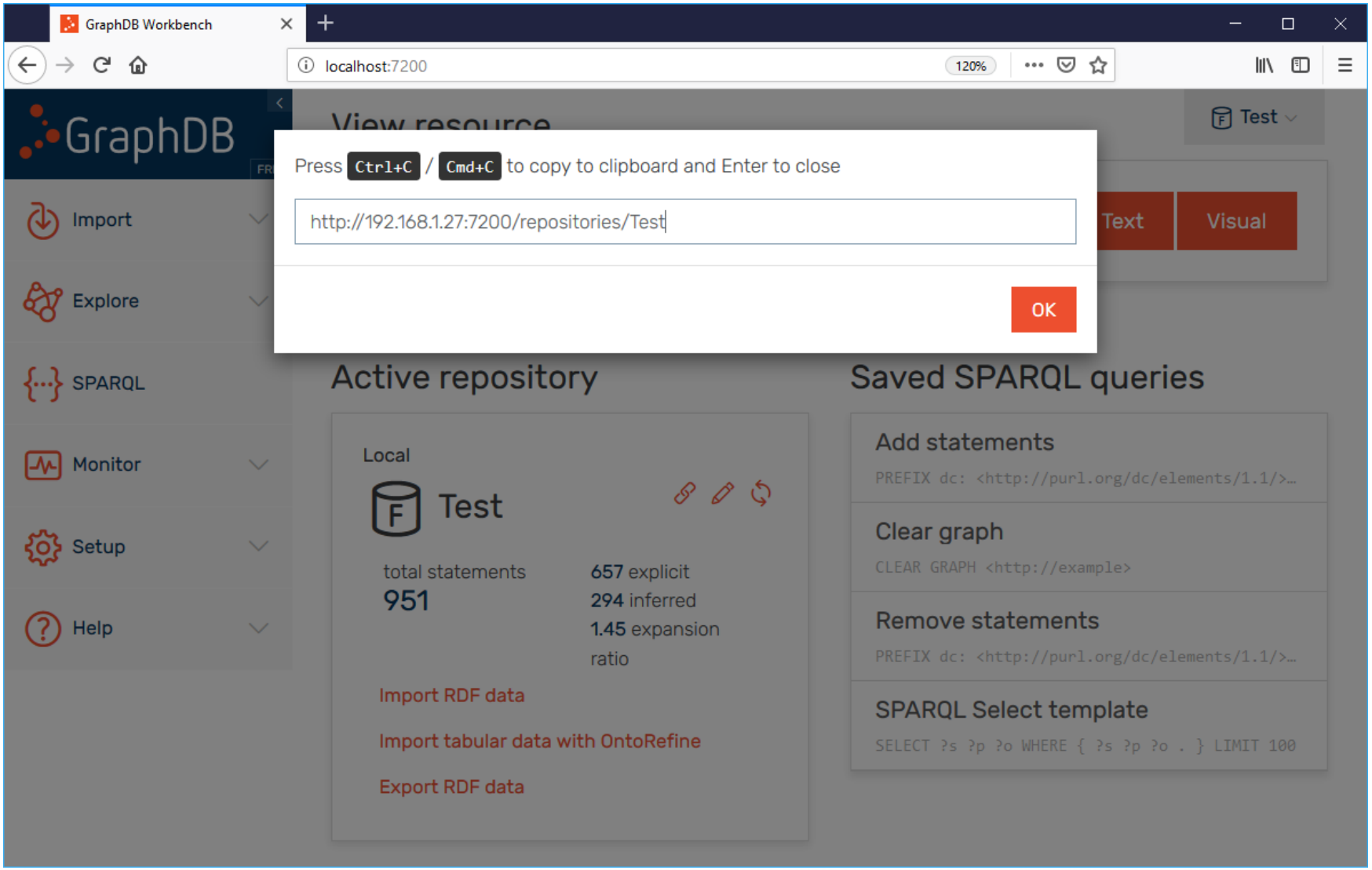
- Può essere avviato autonomamente senza bisogno di un servlet container esterno
- Integra la user interface (il workbench) ed il server (che espone zero o più repository tramite un'API REST consumata dal workbench)

GraphDB Workbench – URL del Repository (per accedervi tramite API) (1/2)



Manuel Fiorelli fiorelli@info.uniroma2.it
http://art.uniroma2.it/fiorelli

GraphDB Workbench



Riferimenti

1. Eclipse RDF4J – A Java Framework for RDF. http://rdf4j.org/
2. Broekstra, J., Kampman, A., & Van Harmelen, F. (2002, June). Sesame: A generic architecture for storing and querying rdf and rdf schema. In *International semantic web conference* (pp. 54-68). Springer, Berlin, Heidelberg.