



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

Scuola di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali  
Corso di Laurea in Informatica

Tesi di Laurea

TITOLO ITALIANO

ENGLISH TITLE

MATTEO MONICOLINI

Relatore: *Rosario Pugliese*

Anno Accademico 2023-2024



---

## INDICE

---

Elenco delle figure	3
1 INTRODUCTION	7
2 STATE OF THE ART	9
3 INTEGRAZIONE DI OPENNEBULA CON FACPL	11
3.1 Idea di base . . . . .	11
3.2 OpenNebula API . . . . .	12
3.3 Logging . . . . .	14
3.4 Gestione delle virtual machine . . . . .	15
3.5 How did I discover a novel type of heated water . . . . .	16
3.6 How my heated water differs from the previous ones . . . . .	16
4 NUMERICAL RESULTS	19
5 CONCLUSIONS AND FUTURE WORK	21
Bibliografia	23



---

ELENCO DELLE FIGURE

---

Figura 1            Network Security - the sad truth   . . . . . 19



*"Sarà che prendo troppo spesso Trenitalia ma io non credo nelle coincidenze"*  
— *Pinguini tattici nucleari "Test di ingresso di medicina"*





---

## INTRODUCTION

---

The introduction is usually a short chapter that can be read in less than 10 minutes.

The goal of the Introduction is to engage the reader (why you should keep reading). You don't have to discuss anything in detail. Rather, the goal is to tell the reader:

- what is the problem dealt with and why the problem is a problem;
- what is the particular topic you're going to talk about in the thesis;
- what are your goals in doing so, and what methodology do you follow;
- what are the implications of your work.

The above points will be further expanded in the following chapters, so only a glimpse is essential.

It is customary to conclude the Introduction with a summary of the content of the rest of the thesis. One or two sentences are enough for each chapter.



---

## STATE OF THE ART

---

The State of the Art chapter is where you discuss ... well, the state of the art. Obvious, isn't it?

You have to explain the main research papers related to your thesis and their shortcomings.

It's up to the writer to cite everything or just the sources that are directly relevant to the research topic, and the choice also depends on the kind of thesis work.

For example, one might refer to [4] as one of the first books about algorithms and programming issues, or [8] for the foundations of Game Theory.

Nevertheless, referring to standards (see [3]) for a more accurate technology description is also important.

It is customary to end this chapter by recapping that, given the current state of the art, there is a gap in the knowledge that must be filled - and this is the goal of the present work.

This chapter and the bibliography are an essential part of the thesis. They show that you did your research starting from solid foundations, and they allow the reader to both replicate your results and continue your work. Hence, the bibliography must be good (relevant works of solid reputation) and correct (allow the reader to find the referenced paper).

One of the best ways to do so is to create your bibliography using a tool, e.g., JabRef<sup>1</sup>, which will help you in organising the bibliography. JabRef (or an equivalent tool) will help you in creating a bibliographic database (a so-called .bib file). Only the entries effectively cited will be imported into the thesis with the correct citation style.

A more straightforward way to organise the bibliographic entries of the papers, books, or whatever you cite in the thesis is to just write them into a text file named \*.bib.

---

<sup>1</sup> <https://www.jabref.org>

Note that most websites allow you to download the bibliographic entry of a paper (or book, or whatever) directly. For example, IEEEExplore has a button “Cite This” that allows you to download the entry and copy-paste it into your bibliographic tool. Just select ‘BibTeX’, copy-paste, and you will have the correct entry (well, mostly, always double-check).

---

## INTEGRAZIONE DI OPENNEBULA CON FACPL

---

Come già discusso nel capitolo 2, grazie al modo in cui FACPL[5] è costruito risulta molto facile andare a fornire un'implementazione concreta dei PEP (*Policy Enforcement Point*) e PDP (*Policy Decision Point*) avendo conoscenza di quali sono le esigenze a cui devono rispondere.

Per validare ulteriormente questo punto abbiamo deciso di utilizzare FACPL in una situazione in cui fosse necessario interfacciarsi con un software già esistente così da mostrare le effettive potenzialità e semplicità di implementazione della libreria. Il caso concreto che abbiamo deciso di considerare deriva da un possibile sviluppo futuro già proposto all'interno di [7], ovvero un'integrazione con un "sistema di IaaS open-source sul cloud" come OpenNebula[1], software che è stato già presentato all'interno del capitolo 2.

### 3.1 IDEA DI BASE

Per iniziare abbiamo considerato due esempi di gestione delle risorse disponibili aderenti alla realtà e una spiegazione abbastanza dettagliata del loro funzionamento, presenti all'interno di [7]. Abbiamo inoltre potuto osservare due primi tentativi di implementazione descritti sempre all'interno di [7]:

- il primo sviluppato basandosi su una completa astrazione, ovvero dei files che simulano un sistema con diverse virtual machine, che è presente anche in [6] fra gli esempi nella cartella "EXAMPLES"
- il secondo basato su uno XEN Hypervisor, che però non è presente fra gli esempi forniti assieme alla libreria e di cui non vengono esplicitati i dettagli di implementazione.

Con questa conoscenza l'obiettivo iniziale è stato quello di riuscire ad interagire con un reale sistema su cui è installato un cloud manager per

fare sì che questo eseguisse i comandi necessari per eseguire le PEP action da noi richieste e ci esponesse tutte le informazioni necessarie al PDP per valutare le richieste. Nel concreto era quindi necessario pensare a due parti distinte:

- una che svolgesse operazioni sulle singole virtual machine (avviarle, inserire nell'host corretto, fermarne l'esecuzione).
- una che recuperasse le informazioni generali sugli host e sul sistema tutto.

Il cloud manager che abbiamo deciso di utilizzare è stato OpenNebula per i motivi presentati nel capitolo 2

### 3.2 OPENNEBULA API

Il primo approccio che avevamo pensato di percorrere era quello di utilizzare il codice Java per invocare dei comandi da shell che fossero in grado di interagire con OpenNebula. Questo approccio sembrava il più immediato anche dato lo studio preliminare di OpenNebula che avevamo svolto che era stato soprattutto attraverso la shell (oltre che la web ui). Per utilizzare i comandi da shell che permettono di interagire con OpenNebula occorre aver effettuato l'autenticazione come utente OpenNebula<sup>1</sup>. Questa soluzione aveva il principale vantaggio di poter fornire un'interfaccia generica che permetteva in un futuro di far interagire con sforzo minimo FACPL anche con comandi di natura completamente diversa, tuttavia presentava anche diverse problematiche come la forte dipendenza dalla versione di OpenNebula installata nel sistema e una grande inefficienza nello svolgimento di alcune operazioni.

La strada su cui ci siamo orientati è stata quindi quella di utilizzare le API di OpenNebula per Java<sup>2</sup> in quanto queste semplificavano l'ottenimento di alcune informazioni. Come è possibile leggere dal sito di OpenNebula stesso, queste API sono a loro volta un wrapper dei metodi XML-RPC<sup>3</sup>

1 [https://docs.opennebula.io/6.8/management\\_and\\_operations/users\\_groups\\_management/manage\\_users.html](https://docs.opennebula.io/6.8/management_and_operations/users_groups_management/manage_users.html)

2 [https://docs.opennebula.io/6.8/integration\\_and\\_development/system\\_interfaces/java.html](https://docs.opennebula.io/6.8/integration_and_development/system_interfaces/java.html)

3 [https://docs.opennebula.io/6.8/integration\\_and\\_development/system\\_interfaces/api.html#api](https://docs.opennebula.io/6.8/integration_and_development/system_interfaces/api.html#api)

Le API utilizzate sono quelle della versione 5.12.0<sup>4</sup> dato che dopo la major version 5 sono compilate con la versione di Java 11 (al contrario di quato riportato sul sito stesso) e di conseguenza non erano compatibili con la versione di Java 8 con cui è stato sviluppato FACPL. I principali attori che sono stati utilizzati dalle API<sup>5</sup> sono stati:

- *Client*: è la classe principale che gestisce la connessione fra il core di OpenNebula e le chiamate XML-RPC, quasi tutti gli altri oggetti delle API richiedono di passare un oggetto di questo tipo per poter essere istanziati. Questo oggetto può essere istanziato passando uno *username* e una *password* al costruttore, ma presenta anche un costruttore che non richiede parametri e permette di derivare *username password* dall'utente corrente.
- *ClientConfigurationException*: è la classe che rappresenta l'eccezione che viene lanciata se si tenta di istanziare un *Client* con delle impostazioni di autorizzazione sbagliate, in particolare se *username password* sono errate oppure se si tenta di usare il costruttore vuoto lanciando il programma da un utente che non è uno user di OpenNebula.
- *OneResponse*: è la classe che incapsula le risposta XML-RPC di OpenNebula, viene istanziata con un *boolean* e una *String* che rappresentano rispettivamente l'esito della richiesta (positivo o negativo) e un eventuale messaggio che lo descrive. Quasi tutte le azioni eseguibili sui *PoolElement* ritornano un oggetto di questo tipo.
- *Pool*: è la classe che rappresenta un insieme di *PoolElement* e fornisce la possibilità di scorrere gli stessi ed eseguire in modo agevolato alcune operazioni
- *PoolElement*: è la superclasse della maggior parte delle classi che rappresentano gli elementi di OpenNebula, quelli più interessati nel progetto sono stati
  - *VirtualMachine*
  - *Host*
  - *Template*

---

<sup>4</sup> <https://downloads.opennebula.io/packages/opennebula-5.12.0/>

<sup>5</sup> <https://docs.opennebula.io/doc/6.4/oca/java/org/opennebula/client/package-summary.html>

### 3.3 LOGGING

Prima ancora di pensare ai comandi da eseguire sulle virtual machine si è reso necessario pensare ad una modalità di logging. Dato l'ambito di applicazione si è reso fondamentale pensare ad una scrittura di logs su file di modo da rendere gli stessi facilmente accessibili in futuro, anche a distanza di tempo.

All'interno del progetto è quindi fornita una classe `FileLoggerFactory` che utilizza il design pattern *Static Factory Methods* [2] e permette di creare dei file di log, di modo da evitare la necessità di interagire coi file in ogni classe che intende eseguire il log di informazioni oltre che gestire in modo consono gli handler dei files evitando duplicati. Questa classe permette di creare dei Logger con un'implementazione di Level e Formatter di default oppure di specificare questi parametri in input.

Listing 1: Metodo make di FileLoggerFactory

```
1 public static Logger make(String fileName, Formatter formatter,
2     Level level) {
3     Throwable t = new Throwable();
4     StackTraceElement directCaller = t.getStackTrace()[1];
5     String loggerName = directCaller.getClassName() + "-" +
6         fileName;
7
8     Logger logger = Logger.getLogger(loggerName);
9
10    if (!isFileHandlerAttached(logger, fileName)) {
11        try {
12            FileHandler fileHandler = createFileHandler(fileName,
13                formatter, level);
14            logger.addHandler(fileHandler);
15            logger.setUseParentHandlers(false);
16        } catch (IOException e) {
17            throw new RuntimeException("Failed to initialize logger
18                handler.", e);
19        }
20    }
21
22    return logger;
23 }
```

Nonostante la presenza di questa classe, tutte le classi all'interno del



progetto hanno i logger passati tramite dependency injection e forniscono un'implementazione di default che esegue logging nello standard output (solitamente la console). L'unica classe che fa eccezione in questo è proprio `ContextStub_Default` che è il primo punto di ingresso della dipendenza.

L'idea è che nel caso in cui si preferisca eseguire logging in modo diverso si possa definire un logger diverso al posto dell'implementazione proposta. Per farlo occorre semplicemente modificare una riga all'interno del costruttore di `ContextStub_Default`:

Listing 2: Costruttore `ContextStub_Default`

```
1 public static ContextStub_Default getInstance() {
2     if (instance == null) {
3         try {
4             ContextStub_Default.oneClient = new Client();
5             Logger logger =
6                 FileLoggerFactory.make("logs/virtualMachines.log");
7             initializeStub(oneClient, logger);
8             instance = new ContextStub_Default();
9         } catch (ClientConfigurationException e) {
10             throw new RuntimeException("Failed to initialize Client:
11                 " + e.getMessage(), e);
12         } catch (Exception e) {
13             throw new RuntimeException("Unexpected error during
14                 ContextStub_Default initialization: " +
15                 e.getMessage(), e);
16         }
17     }
18     return instance;
19 }
```

### 3.4 GESTIONE DELLE VIRTUAL MACHINE

Per gestire le virtual machine l'approccio iniziale è stato quello di fornire un'interfaccia che permettesse in un futuro di poter interagire con le stesse anche in modo.

E' stata creata una classe wrapper chiamata `VMDescriptor` che contiene le informazioni sulle virtual machine utili per il nostro progetto, questa classe serve per creare una prima astrazione dalle API utilizzate, in effetti

questa stessa classe permetterebbe, ad esempio, di fornire un'implementazione come quella precedentemente pensata basata sui comandi da shell. L'interfaccia `VirtualMachineService` presenta due metodi che servono per lavorare all'effettivo con i `VMDescriptor`.

Listing 3: `VirtualMachineService`

```
1 public interface VirtualMachineService {
2     List<VMDescriptor> getVirtualMachinesInfo();
3     List<VMDescriptor> getRunningVirtualMachineInfo();
4 }
```

La scelta di avere due metodi separati per restituire tutte le macchine virtuali oppure solo quelle attualmente in esecuzione deriva dal fatto che in effetti spesso queste due liste vorranno essere utilizzate in modo diverso. Di solito le `VirtualMachine` presenti nel sistema sono molte più di quelle effettivamente in esecuzione e questo avrebbe portato una buona parte delle classi che volevano utilizzare un'implementazione di questa interfaccia a dover sempre inserire un controllo sullo stato delle VM. Nel codice da me scritto viene utilizzata la sua implementazione concreta `VirtualMachineService` che, interfacciandosi con le API di OpenNebula già descritte, riesce ad ottenere tutte le informazioni richieste sulle VM e a popolare le liste.

### 3.5 HOW DID I DISCOVER A NOVEL TYPE OF HEATED WATER

Explain in detail what are the steps to heat the water in a novel way.

### 3.6 HOW MY HEATED WATER DIFFERS FROM THE PREVIOUS ONES

Describe why and how your findings are different from the past versions.

Here you might want to add code (see for example Listing 4), or tables (see Table 1).

Note that figures, listings, tables, and so on, should never be placed 'manually'. Let LaTeX decide where to put them - you'll avoid headaches (and bad layouts). Furthermore, each of them must be referred to at least once in the body of the thesis.

Tabella 1: Example table

Country	Country code	ISO codes
Canada	1	CA / CAN
Italy	39	IT / ITA
Spain	34	ES / ESP
United States	1	US / USA

```

1 import java.awt.Rectangle;
2
3 public class ObjectVarsAsParameters
4 {
5     public static void main(String[] args)
6     {
7         go();
8     }
9
10    public static void go()
11    {
12        Rectangle r1 = new Rectangle(0,0,5,5);
13        System.out.println("In method go. r1 " + r1 + "\n");
14        // could have been
15        //System.out.println("r1" + r1.toString());
16        r1.setSize(10, 15);
17        System.out.println("In method go. r1 " + r1 + "\n");
18        alterPointee(r1);
19        System.out.println("In method go. r1 " + r1 + "\n");
20
21        alterPointer(r1);
22        System.out.println("In method go. r1 " + r1 + "\n");
23    }
24
25    public static void alterPointee(Rectangle r)
26    {
27        System.out.println("In method alterPointee. r " + r + "\n");
28        r.setSize(20, 30);
29        System.out.println("In method alterPointee. r " + r + "\n");
30    }
31
32    public static void alterPointer(Rectangle r)
33    {
34        System.out.println("In method alterPointer. r " + r + "\n");
35        r = new Rectangle(5, 10, 30, 35);
36        System.out.println("In method alterPointer. r " + r + "\n");
37    }
38 }

```

Listing 4: Java example

```
1 import java.awt.Rectangle;
2
3 public class ObjectVarsAsParameters
4 { public static void main(String[] args)
5   { go();
6   }
7
8   public static void go()
9   { Rectangle r1 = new Rectangle(0,0,5,5);
10     System.out.println("In method go. r1 " + r1 + "\n");
11     // could have been
12     //System.out.println("r1" + r1.toString());
13     r1.setSize(10, 15);
14     System.out.println("In method go. r1 " + r1 + "\n");
15     alterPointee(r1);
16     System.out.println("In method go. r1 " + r1 + "\n");
17
18     alterPointer(r1);
19     System.out.println("In method go. r1 " + r1 + "\n");
20   }
21
22   public static void alterPointee(Rectangle r)
23   { System.out.println("In method alterPointee. r " + r + "\n");
24     r.setSize(20, 30);
25     System.out.println("In method alterPointee. r " + r + "\n");
26   }
27
28   public static void alterPointer(Rectangle r)
29   { System.out.println("In method alterPointer. r " + r + "\n");
30     r = new Rectangle(5, 10, 30, 35);
31     System.out.println("In method alterPointer. r " + r + "\n");
32   }
33 }
```

---

## NUMERICAL RESULTS

---

This is where you show that the novel ‘thing’ you described in Chapter 3 is, indeed, much better than the existing versions of the same.

You will probably use figures (try to use a high-resolution version), graphs, tables, and so on. An example is shown in Figure 1.

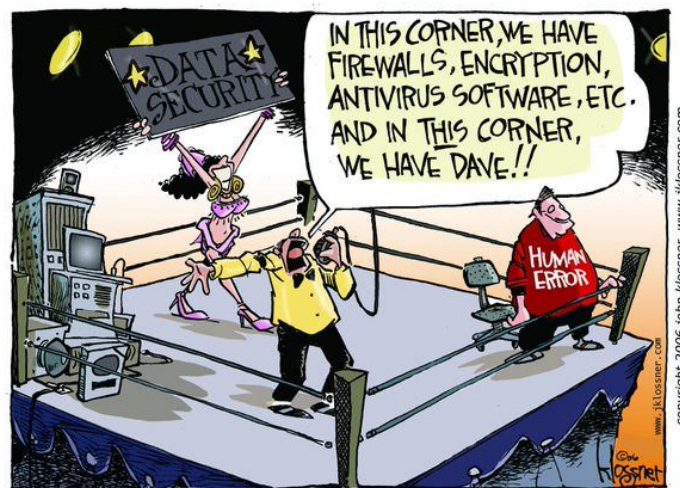


Figure 1: Network Security - the sad truth

Note that, likewise tables and listings, you shall not worry about where the figures are placed. Moreover, you should not add the file extension (LaTeX will pick the ‘best’ one for you) or the figure path.



---

## CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

---

They say that the conclusions are the shortened version of the introduction, and while the Introduction uses future verbs (we will), the conclusions use the past verbs (we did). It is basically true.

In the conclusions, you might also mention the shortcomings of the present work and outline what are the likely, necessary, extension of it. E.g., we did analyse the performance of this network assuming that all the users are pedestrians, but it would be interesting to include in the study also the ones using bicycles or skateboards.

Finally, you are strongly encouraged to carefully spell check your text, also using automatic tools (like, e.g., Grammarly<sup>1</sup> for English language).

---

<sup>1</sup> <https://www.grammarly.com/>





---

## BIBLIOGRAFIA

---

- [1] Opennebula. <https://opennebula.io/>.
- [2] Joshua Bloch. *Effective Java*. Addison-Wesley, 3rd edition, 2018.
- [3] Ross Callon. The Twelve Networking Truths. RFC 1925, April 1996.
- [4] Donald E. Knuth. *The Art of Computer Programming, Vol. 1: Fundamental Algorithms*. Addison-Wesley, Reading, Mass., 3rd ed. edition, 1997.
- [5] Andrea Margheri. Facpl documentation. <https://facpl.readthedocs.io/en/latest/index.html>, 2024.
- [6] Andrea Margheri. Facpl: Flexible and adaptive control programming language. <https://github.com/andreamargheri/FACPL>, 2024.
- [7] Andrea Margheri, Massimiliano Masi, Rosario Pugliese, and Francesco Tiezzi. Developing and enforcing policies for access control, resource usage, and adaptation. In Emilio Tuosto and Chun Ouyang, editors, *Web Services and Formal Methods*, pages 85–105, Cham, 2014. Springer International Publishing.
- [8] John Nash. Non-cooperative games. *Annals of Mathematics*, 54(2):286–295, 1951.