

Università degli Studi di Padova

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA "TULLIO LEVI-CIVITA"

CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA



**Riconoscimento del linguaggio naturale per
assistenti virtuali: interpretazione e
apprendimento di comandi vocali**

Tesi di laurea triennale

Relatore

Prof. Paolo Baldan

Laureando

Massimo Toffoletto

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

Massimo Toffoletto: *Riconoscimento del linguaggio naturale per assistenti virtuali: interpretazione e apprendimento di comandi vocali*, Tesi di laurea triennale, © Luglio 2020.

Sommario

Il presente documento descrive il lavoro svolto durante il periodo di stage, della durata di 320 ore, dal laureando Massimo Toffoletto presso l'azienda Zucchetti S.p.A. Gli obiettivi da raggiungere sono stati molteplici e suddivisi in due parti.

Nella prima parte ho studiato il funzionamento dei tre principali assistenti virtuali nel seguente ordine: Assistant, Alexa e Siri. Gli obiettivi sono stati quindi l'analisi dei singoli assistenti e lo svolgimento di una comparazione tra gli stessi, sia delle funzionalità offerte agli sviluppatori che delle capacità riconosciute del linguaggio naturale. A questo proposito ho realizzato un proof of concept dimostrativo per ciascuno di essi.

Nella seconda parte gli obiettivi sono stati lo studio di regole per la realizzazione di grammatiche che interpretano il linguaggio naturale, implementate da Zucchetti ma ancora in via di sviluppo, e la costruzione di un'applicazione che le utilizzi. Infine ho esplorato ed implementato un'interfaccia vocale con un modo conversazionale di interagire che si integri con le regole già realizzate da Zucchetti.

“Il computer non è una macchina intelligente che aiuta le persone stupide, anzi, è una macchina stupida che funziona solo nelle mani delle persone intelligenti.”

— Umberto Eco

Ringraziamenti

Innanzitutto, vorrei esprimere la mia gratitudine al Prof. Paolo Baldan, relatore della mia tesi, per l'aiuto e il sostegno che mi ha fornito durante lo svolgimento del lavoro.

Desidero ringraziare con affetto tutta la mia famiglia per il loro sostegno e per essere stati sempre presenti durante gli anni di studio.

Voglio ringraziare inoltre i miei amici per gli anni meravigliosi passati assieme ed in particolare Alberto, Lorenzo e Fiammetta che mi hanno sempre sostenuto nei momenti più difficili ma anche in quelli più felici.

Padova, Luglio 2020

Massimo Toffoletto

Indice

1	Introduzione	1
1.1	Zucchetti S.p.A	1
1.2	Lo stage proposto	1
1.3	Organizzazione del testo	2
2	Lo stage	3
2.1	Descrizione del progetto	3
2.2	Obiettivi	4
2.2.1	Classificazione	4
2.2.2	Obiettivi obbligatori	4
2.2.3	Obiettivi desiderabili	5
2.2.4	Obiettivi facoltativi	5
2.3	Pianificazione delle attività	5
2.4	Tecnologie e strumenti utilizzati	8
2.4.1	Tecnologie	8
3	Descrizione dello stage	9
3.1	Introduzione al progetto	9
3.2	Analisi preventiva dei rischi	9
3.3	Requisiti e obiettivi	9
3.4	Pianificazione	9
4	Analisi dei requisiti	11
4.1	Casi d'uso	11
4.2	Tracciamento dei requisiti	12
5	Progettazione e codifica	15
5.1	Tecnologie e strumenti	15
5.2	Ciclo di vita del software	15
5.3	Progettazione	15
5.4	Design Pattern utilizzati	15
5.5	Codifica	15
6	Verifica e validazione	17
7	Conclusioni	19
7.1	Consuntivo finale	19
7.2	Raggiungimento degli obiettivi	19
7.3	Conoscenze acquisite	19

7.4 Valutazione personale	19
A Appendice A	21
Bibliografia	25

Elenco delle figure

4.1	Use Case - UC0: Scenario principale	11
-----	---	----

Elenco delle tabelle

4.1	Tabella del tracciamento dei requisiti funzionali	13
4.2	Tabella del tracciamento dei requisiti qualitativi	13
4.3	Tabella del tracciamento dei requisiti di vincolo	13

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Zucchetti S.p.A

Zucchetti è un'azienda italiana fondata più di 40 anni fa che produce soluzioni software, hardware e servizi per soddisfare le esigenze tecnologiche dei propri clienti, anche a livello internazionale. Le sedi sono dislocate in numerose città italiane, tra cui Padova dove ho svolto lo stage e Lodi in cui risiede la sede amministrativa.



Domenico Zucchetti, fondatore dell'azienda, ha avuto la geniale intuizione di costruire un software per agevolare il lavoro dei commercialisti, allora completamente cartaceo e manuale. Con il passare degli anni il suo prodotto ha avuto un successo sempre maggiore tanto da ottenere collaborazioni con aziende del calibro di IBM. A partire da questo, Zucchetti ha continuato a perseguire l'innovazione del proprio prodotto integrandolo con nuovi moduli quali ERP e la più recente fatturazione elettronica, con l'obiettivo di conferire maggiore flessibilità e adattabilità per ogni tipologia di impresa, senza più limitarsi alla categoria dei commercialisti. Forte di questo, Zucchetti si è espansa a livello nazionale ed internazionale ed ora si pone sul mercato con una vasta gamma di servizi per numerosi settori quali industrie manifatturiere, trasporti, logistica, sanità, fitness e molti altri.

1.2 Lo stage proposto

Uno dei pilastri di Zucchetti che ne ha caratterizzato la costante crescita è l'innovazione e la propensione alla ricerca di nuove tecnologie.

A questo proposito la sede di Padova è caratterizzata da un reparto di ricerca e sviluppo nel quale sono stato inserito durante la mia esperienza di stage. Il coordinatore di

questo reparto è il dott. Gregorio Piccoli che mi ha proposto il progetto di tirocinio e si è offerto come mio tutor.

L'azienda sta cercando di introdurre nei propri prodotti, in particolare nel software gestionale, un'interfaccia vocale che permetta agli utenti un'interazione più veloce e spontanea per le operazioni più comuni. L'obiettivo è quindi implementare un'interfaccia diversa da quella grafica, con caratteristiche proprie, che esprima un nuovo modo di comunicare con le applicazioni, ancora poco sviluppato ma dalle grandi potenzialità. Il principale ostacolo da superare per il raggiungimento di tale obiettivo è il riconoscimento del linguaggio naturale attraverso un'applicativo software. Per fare ciò l'azienda ha sviluppato delle regole per la creazione di grammatiche in grado di riconoscere comandi espressi con il linguaggio naturale.

Tuttavia è una tecnologia ancora in fase di sviluppo ed in merito a ciò, come progetto di stage, mi sono stati proposte due tematiche pensate per suddividere lo stage in due parti:

1. analizzare i tre assistenti virtuali attualmente più diffusi sul mercato, *Assistant*^[g], *Alexa*^[g] e *Siri*^[g], per comprenderne le abilità e, qualora esistesse la possibilità, permettere agli utenti di utilizzarli per impartire comandi al proprio software gestionale Zucchetti;
2. esplorare la possibilità di aggiungere la capacità conversazionale in un'applicazione che utilizzi una grammatica costruita con la nuova tecnologia dell'azienda, ispirandosi anche agli assistenti virtuali precedentemente studiati.

1.3 Organizzazione del testo

Il secondo capitolo describe ...

Il terzo capitolo approfondisce ...

Il quarto capitolo approfondisce ...

Il quinto capitolo approfondisce ...

Il sesto capitolo approfondisce ...

Nel settimo capitolo describe ...

Riguardo la stesura del testo, relativamente al documento sono state adottate le seguenti convenzioni tipografiche:

- * gli acronimi, le abbreviazioni e i termini ambigui o di uso non comune menzionati vengono definiti nel glossario, situato alla fine del presente documento;
- * per la prima occorrenza dei termini riportati nel glossario viene utilizzata la seguente nomenclatura: *parola*^[g];
- * i termini in lingua straniera o facenti parti del gergo tecnico sono evidenziati con il carattere *corsivo*.

Capitolo 2

Lo stage

2.1 Descrizione del progetto

Il progetto di stage è legato ad uno degli ambiti più innovativi della ricerca scientifica e informatica: il riconoscimento e l'elaborazione del linguaggio naturale da parte di un calcolatore.

Nel corso degli ultimi anni, l'azienda sta affrontando la sfida della comprensione di comandi vocali per permettere agli utenti di comunicare con i propri prodotti. È infatti in via di sviluppo una loro tecnologia in grado di creare grammatiche atte a riconoscere il linguaggio naturale mediante regole ben precise. In merito a questo argomento si è costruito il progetto di stage articolato poi in due parti:

1. studio degli assistenti virtuali più comuni ed utilizzati;
2. creazione di un'applicazione sotto forma di *proof of concept* capace di intrattenere una conversazione.

La prima parte richiede un'analisi dettagliata e comparativa dei tre assistenti virtuali più utilizzati e, secondo diversi studi, migliori:

- * Assistant: assistente di Google presente in quasi tutti i dispositivi Android e nei prodotti della linea Google Home e Nest;
- * Alexa: assistente di Amazon presente in tutta la linea di dispositivi Echo ed integrabile anche nei dispositivi con sistema operativo Android e IOS;
- * Siri: assistente di Apple presente esclusivamente in tutti i prodotti Apple.

Lo studio deve comprendere tutte le capacità che posseggono, con particolare attenzione alla costruzione di *Skill* personalizzate ed integrabili nei propri progetti, ad eccezione di quelle relative alla costruzione di *smart home* in quanto non sono di diretto interesse per i prodotti aziendali; l'azienda infatti punta alla realizzazione di un assistente utile solo nei propri prodotti e non su larga scala. Inoltre, per ogni assistente, è richiesto un *proof of concept* atto a dimostrare le funzionalità più significative che sono state riscontrate.

Sulla base dei risultati ottenuti nel corso dell'analisi si concretizza la seconda parte del lavoro: creare un'applicazione con un'interfaccia vocale, progettata secondo i canoni studiati in precedenza dagli altri assistenti e basata su grammatiche costruite mediante la tecnologia di Zucchetti, che permetta di intrattenere una conversazione con l'utente

rispondendo alle sue richieste.

Il contenuto dell'applicazione non è vincolato dall'azienda in quanto l'obiettivo è approfondire l'abilità conversazionale e non costruire un'applicazione direttamente utilizzata nel software Zucchetti. In comune accordo è stato scelto il contesto della data di nascita poiché risulta ricca di sfumature sia nella richieste che nelle risposte e possiede parametri specifici e funzionali alla sperimentazione sulla capacità di conversazione. Lo scopo generale del progetto di stage è quindi svolgere un'attività di ricerca e di approfondimento nella tematica del linguaggio naturale poiché è una tecnologia non ancora pienamente affermata ma con ampi margini di sviluppo.

2.2 Obiettivi

2.2.1 Classificazione

La classificazione degli obiettivi permette di identificarli univocamente e rispetta la seguente notazione:

- * *OB-x*: obiettivi obbligatori, vincolanti e primario richiesti dall'azienda;
- * *OD-x*: obiettivi desiderabili, non vincolanti o strettamente necessari ma dal riconoscibile valore aggiunto;
- * *OF-x*: obiettivi facoltativi dal valore aggiunto riconoscibile ma difficilmente raggiungibili a causa di agenti esterni all'attività di stage.

Il simbolo 'x' rappresenta un numero progressivo intero maggiore di zero.

2.2.2 Obiettivi obbligatori

- * *OB-1*: studio e analisi delle capacità e delle modalità di utilizzo lato sviluppatore di Assistant;
- * *OB-2*: implementazione sottoforma di *proof of concept* di una *Action* basata su una funzionalità particolarmente rilevante di Assistant, scoperta durante la ricerca;
- * *OB-3*: studio e analisi delle capacità e delle modalità di utilizzo lato sviluppatore di Alexa;
- * *OB-4*: implementazione sottoforma di *proof of concept* di una *Skill* basata su una funzionalità particolarmente rilevante di Alexa, scoperta durante la ricerca;
- * *OB-5*: redazione di un documento che tratti l'analisi dettagliata e comparativa in merito alle tecnologie degli assistenti virtuali studiati;
- * *OB-6*: studio di regole e caratteristiche dell'algoritmo *HPP (Hidden Probabilistic Parser)* di Zucchetti per la costruzione di grammatiche che riconoscono il linguaggio naturale;
- * *OB-7*: realizzazione di un'applicazione basata su una grammatica generata da *HPP* con interfaccia vocale e capacità conversazionale.

2.2.3 Obiettivi desiderabili

Inizialmente era stato identificato come obiettivo desiderabile l'implementazione di una componente di addestramento per l'applicazione finale. Tuttavia nel corso dello stage, date anche alcune interessanti funzionalità trovate, questo obiettivo è stato modificato nel seguente:

- * *OD-1*: implementazione di un meccanismo che permetta lo scambio di informazioni specifiche e possibilmente memorizzate durante la conversazione.

2.2.4 Obiettivi facoltativi

- * *OF-1*: studio e analisi delle capacità e delle modalità di utilizzo lato sviluppatore di Siri;
- * *OF-2*: implementazione sottoforma di *proof of concept* di una *Skill* basata su una funzionalità particolarmente rilevante di Siri, scoperta durante la ricerca.

2.3 Pianificazione delle attività

Lo stage è stato svolto in modalità *smart working* con la possibilità di rimanere in comunicazione con il tutor aziendale attraverso Skype. In particolare l'orario di lavoro è stato 9:00-13:00, 14:00-18:00 ed sono stati stabiliti sia una chiamata al termine di ogni giornata che la compilazione di un registro delle attività giornaliero per tracciare e monitorare il lavoro svolto oltre a ricevere feedback costanti dal tutor.

La pianificazione è stata svolta su un totale di 320 ore suddivise secondo quanto riportato nella tabella seguente:

Durata in ore	Date (inizio - fine)	Attività
40	04/05/2020 - 08/05/2020	Studio di Assistant e implementazione di un proof of concept.
40	11/05/2020 - 15/05/2020	Studio di Alexa e implementazione di un proof of concept.
40	18/05/2020 - 22/05/2020	Studio di Siri e implementazione di un proof of concept.
40	25/05/2020 - 29/05/2020	Test e documentazione comparativa di quanto svolto nelle settimane precedenti.
40	01/06/2020 - 05/06/2020	Apprendimento di sistema creato da Zucchetti per l'interazione mediante comandi vocali.
40	08/06/2020 - 12/06/2020	Realizzazione di un'applicazione che implementi una grammatica costruita utilizzando la tecnologia di Zucchetti.
40	15/06/2020 - 19/06/2020	Implementazione del meccanismo per lo scambio di informazioni con capacità di memorizzazione.
40	22/06/2020 - 26/06/2020	Test e documentazione di quanto svolto nelle settimane precedenti.

La pianificazione di dettaglio di ogni settimana è stata strutturata sulla base degli obiettivi stabiliti e viene ora riportata.

Prima Settimana

Gli obiettivi prefissati sono:

- * OB-1;
- * OB-2.

Le attività previste sono l'analisi di Assistant sotto alcuni aspetti principali:

- * modalità di implementazione per gli intenti relativi ad *Action* di ogni tipologia;
- * progettazione del prodotto software soprattutto all'interfaccia vocale;
- * interazione dell'utente con l'assistente;
- * modalità e sicurezza nel trasferimento dei dati;
- * sviluppo di un *proof of concept* che implementi una *Action* per dare concretezza allo studio fatto.

Seconda Settimana

Gli obiettivi prefissati sono:

- * OB-3;
- * OB-4.

Le attività previste sono l'analisi di Alexa sotto alcuni aspetti principali:

- * modalità di implementazione per gli intenti relativi ad *Skill* di ogni tipologia;
- * progettazione del prodotto software soprattutto all'interfaccia vocale;
- * interazione dell'utente con l'assistente;
- * modalità e sicurezza nel trasferimento dei dati;
- * sviluppo di un *proof of concept* che implementi una *Skill* per dare concretezza allo studio fatto.

Terza Settimana

Gli obiettivi prefissati sono:

- * OF-1;
- * OF-2.

Le attività previste sono l'analisi di Siri sotto alcuni aspetti principali:

- * modalità di implementazione per gli intenti relativi ad *Skill* di ogni tipologia;
- * progettazione del prodotto software soprattutto all'interfaccia vocale;

- * interazione dell'utente con l'assistente;
- * modalità e sicurezza nel trasferimento dei dati;
- * sviluppo di un *proof of concept* che implementi una *Skill* per dare concretezza allo studio fatto

Quarta Settimana

L'obiettivo prefissato è:

- * OB-5.

Le attività previste sono:

- * verifica del funzionamento dei *proof of concept* realizzati;
- * stesura della documentazione atta a riportare in modo dettagliato la comparazione tra le tecnologie studiate nelle settimane precedenti.

Quinta Settimana

L'obiettivo prefissato è:

- * OB-6.

Le attività previste sono:

- * studio dell'algoritmo *HPP* di Zucchetti;
- * esecuzione di alcune prove concrete per verificarne il corretto apprendimento.

Sesta Settimana

L'obiettivo prefissato è:

- * OB-7.

Le attività previste sono:

- * progettazione di un'applicazione, anch'essa sotto forma di *proof of concept*, che implementi un'interfaccia vocale per il riconoscimento della data di nascita.
- * realizzazione dell'applicazione.

Settima Settimana

L'obiettivo prefissato è:

- * OD-01.

Le attività previste sono:

- * analisi del meccanismo che permette lo scambio di informazioni con memorizzazione sulla base di quanto già implementato negli assistenti virtuali studiati;
- * implementazione del meccanismo.

Ottava Settimana

In questo ultimo periodo è prevista l'implementazione di eventuali test e la stesura della documentazione finale sull'applicazione realizzata.

2.4 Tecnologie e strumenti utilizzati

2.4.1 Tecnologie

Assistant

Assistant è l'assistente virtuale di Google e permette di soddisfare le richieste degli utenti attraverso comandi vocali. È una tecnologia in continuo sviluppo grazie anche all'immensa mole di dati che Google ha a disposizione per il suo addestramento. Reso pubblico dal 2016, Assistant è ora integrato in tutti i dispositivi con sistema operativo Android, a partire dalla versione 6.0 oppure 5.0 a condizione di possedere almeno 1 GB di memoria RAM, ed installabile in quelli con sistema operativo iOS e iPadOS a partire dalla versione 10. È inoltre installato nei dispositivi della linea Home e Nest di Google costruiti appositamente per ottimizzarne l'utilizzo.

Alexa

Alexa è l'assistente virtuale di Amazon e permette di soddisfare le richieste degli utenti attraverso comandi vocali. È una tecnologia in continuo sviluppo grazie anche alla consistente mole di dati che Amazon ha a disposizione per il suo addestramento. La prima versione di Alexa risale al 2014 e da allora ha fatto notevoli miglioramenti. È integrato in tutti i dispositivi della linea Echo di Amazon costruiti appositamente per ottimizzarne l'utilizzo; tuttavia è installabile in tutti i dispositivi Android e iOS dall'apposita applicazione.

Siri

Siri è l'assistente virtuale di Apple e permette di soddisfare le richieste degli utenti attraverso comandi vocali. È una tecnologia in continuo sviluppo grazie anche alla contingente mole di dati a disposizione di Apple per il suo addestramento. La prima versione è stata in iOS 5 nel 2012, senza ancora offrire il supporto a tutte le lingue. Ora invece è integrato in tutti i dispositivi Apple rimanendo però una sua esclusiva.

Kotlin

Kotlin^[g] è un linguaggio di programmazione fortemente tipizzato, multi-paradigma, multi-piattaforma e open source, sviluppato da JetBrains nel 2011 e strutturato per interagire con la *Java Runtime Environment*. Grazie a quest'ultima caratteristica, permette la piena compatibilità con ogni applicazione basata sulla *JVM*^[g], comprese quelle Android.

Javascript

Swift

Capitolo 3

Descrizione dello stage

Breve introduzione al capitolo

3.1 Introduzione al progetto

3.2 Analisi preventiva dei rischi

Durante la fase di analisi iniziale sono stati individuati alcuni possibili rischi a cui si potrà andare incontro. Si è quindi proceduto a elaborare delle possibili soluzioni per far fronte a tali rischi.

1. Performance del simulatore hardware

Descrizione: le performance del simulatore hardware e la comunicazione con questo potrebbero risultare lenti o non abbastanza buoni da causare il fallimento dei test.

Soluzione: coinvolgimento del responsabile a capo del progetto relativo il simulatore hardware.

3.3 Requisiti e obiettivi

3.4 Pianificazione

Capitolo 4

Analisi dei requisiti

Breve introduzione al capitolo

4.1 Casi d'uso

Per lo studio dei casi di utilizzo del prodotto sono stati creati dei diagrammi. I diagrammi dei casi d'uso (in inglese *Use Case Diagram*) sono diagrammi di tipo Unified Modeling Language (UML) dedicati alla descrizione delle funzioni o servizi offerti da un sistema, così come sono percepiti e utilizzati dagli attori che interagiscono col sistema stesso. Essendo il progetto finalizzato alla creazione di un tool per l'automazione di un processo, le interazioni da parte dell'utilizzatore devono essere ovviamente ridotte allo stretto necessario. Per questo motivo i diagrammi d'uso risultano semplici e in numero ridotto.

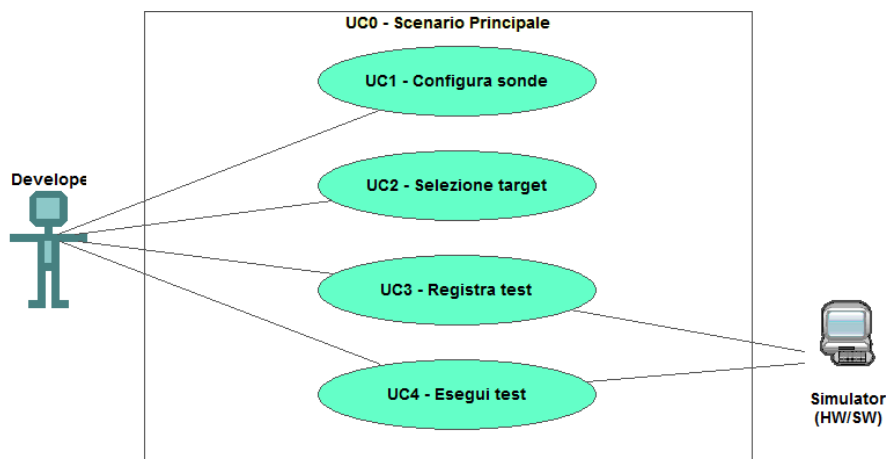


Figura 4.1: Use Case - UC0: Scenario principale

UC0: Scenario principale

Attori Principali: Sviluppatore applicativi.

Precondizioni: Lo sviluppatore è entrato nel plug-in di simulazione all'interno dell'IDE.

Descrizione: La finestra di simulazione mette a disposizione i comandi per configurare, registrare o eseguire un test.

Postcondizioni: Il sistema è pronto per permettere una nuova interazione.

4.2 Tracciamento dei requisiti

Da un'attenta analisi dei requisiti e degli use case effettuata sul progetto è stata stilata la tabella che traccia i requisiti in rapporto agli use case.

Sono stati individuati diversi tipi di requisiti e si è quindi fatto utilizzo di un codice identificativo per distinguerli.

Il codice dei requisiti è così strutturato $R(F/Q/V)(N/D/O)$ dove:

R = requisito

F = funzionale

Q = qualitativo

V = di vincolo

N = obbligatorio (necessario)

D = desiderabile

Z = opzionale

Nelle tabelle 4.1, 4.2 e 4.3 sono riassunti i requisiti e il loro tracciamento con gli use case delineati in fase di analisi.

Tabella 4.1: Tabella del tracciamento dei requisiti funzionali

Requisito	Descrizione	Use Case
RFN-1	L'interfaccia permette di configurare il tipo di sonde del test	UC1

Tabella 4.2: Tabella del tracciamento dei requisiti qualitativi

Requisito	Descrizione	Use Case
RQD-1	Le prestazioni del simulatore hardware deve garantire la giusta esecuzione dei test e non la generazione di falsi negativi	-

Tabella 4.3: Tabella del tracciamento dei requisiti di vincolo

Requisito	Descrizione	Use Case
RVO-1	La libreria per l'esecuzione dei test automatici deve essere riutilizzabile	-

Capitolo 5

Progettazione e codifica

Breve introduzione al capitolo

5.1 Tecnologie e strumenti

Di seguito viene data una panoramica delle tecnologie e strumenti utilizzati.

Tecnologia 1

Descrizione Tecnologia 1.

Tecnologia 2

Descrizione Tecnologia 2

5.2 Ciclo di vita del software

5.3 Progettazione

Namespace 1

Descrizione namespace 1.

Classe 1: Descrizione classe 1

Classe 2: Descrizione classe 2

5.4 Design Pattern utilizzati

5.5 Codifica

Capitolo 6

Verifica e validazione

Capitolo 7

Conclusioni

7.1 Consuntivo finale

7.2 Raggiungimento degli obiettivi

7.3 Conoscenze acquisite

7.4 Valutazione personale

Appendice A

Appendice A

Citazione

Autore della citazione

Bibliografia