

Università degli Studi di Padova

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA

CORSO DI LAUREA IN INFORMATICA



## Ultimo Tango a Mountain View

*Tesi di laurea triennale*

*Relatore*

Prof. Gilberto Filè

*Laureando*

Tommaso Padovan

---

ANNO ACCADEMICO 2015-2016



xxxx frase fica

— xxxx autore

Dedicato a ... xxxx



# Sommario

Il presente documento descrive il lavoro svolto durante il periodo di stage, della durata di circa trecentoventi ore, dal laureando Tommaso Padovan presso l'azienda Vic srl. Gli obiettivi da raggiungere erano principalmente la progettazione e la codifica di un prototipo di applicazione in grado di sfruttare gli innovativi dispositivi *Tango* di Google per produrre scansioni tridimensionali degli oggetti inquadrati.

In primo luogo era richiesto lo studio delle soluzioni *OpenSource* già presenti nel mercato, al fine di massimizzare il riuso. In secondo luogo era richiesta l'ideazione e la progettazione di una applicazione in grado di registrare ed elaborare i dati catturati dai sensori del *tablet* utilizzando le *API Tango* offerte da *Google*. Il terzo obiettivo era la progettazione e codifica di una applicazione dotata di una interfaccia grafica minimale, ma capace di ricostruire gli oggetti inquadrati ed inviare i dati, in formato *Point Cloud* (.pcd), ad un *Server*. In ultimo luogo era richiesto lo sviluppo dell'applicazione lato *Server* allo scopo di effettuare ottimizzazioni sui *Point Cloud* ed il calcolo del volume. Tali operazioni sono state realizzate lato *Server* in quanto sarebbero troppo onerose per un dispositivo *mobile*.

xxxx “Life is really simple, but we insist on making it complicated”

— xxxx Confucius

# Ringraziamenti

*Innanzitutto, vorrei esprimere la mia gratitudine al Prof. Gilberto Filè, relatore della mia tesi, per l'aiuto e il sostegno fornitomi durante la stesura del lavoro.*

*Desidero ringraziare con affetto i miei genitori per il sostegno, il grande aiuto e per essermi stati vicini in ogni momento durante gli anni di studio.*

*Ho desiderio di ringraziare poi i miei amici per tutti i bellissimi anni passati insieme e le mille avventure vissute.*

*Padova, Sept 2016*

Tommaso Padovan

# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
1.1	L'azienda . . . . .	1
1.2	L'idea . . . . .	1
1.3	Il Prodotto . . . . .	2
1.3.1	Primo prototipo . . . . .	3
1.3.2	Secondo prototipo: Cloude . . . . .	3
1.3.3	Terzo protipo: Samba . . . . .	4
1.3.4	Dimensioni eccessive dei file, ridondanza dei punti sovrapposti . . . . .	6
1.4	Organizzazione del testo . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Processi e metodologie</b>	<b>7</b>
2.1	Processo sviluppo prodotto . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Descrizione dello stage</b>	<b>9</b>
3.1	Introduzione al progetto . . . . .	9
3.2	Analisi preventiva dei rischi . . . . .	9
3.2.1	Rischi generali . . . . .	9
3.2.2	Rischi specifici . . . . .	10
3.3	Requisiti e obiettivi . . . . .	11
3.4	Pianificazione . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Analisi dei requisiti</b>	<b>13</b>
4.1	Casi d'uso . . . . .	13
4.2	Tracciamento dei requisiti . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Progettazione e codifica</b>	<b>17</b>
5.1	Tecnologie e strumenti . . . . .	17
5.2	Ciclo di vita del software . . . . .	17
5.3	Progettazione . . . . .	17
5.4	Design Pattern utilizzati . . . . .	17
5.5	Codifica . . . . .	17
<b>6</b>	<b>Verifica e validazione</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>21</b>
7.1	Consuntivo finale . . . . .	21
7.2	Raggiungimento degli obiettivi . . . . .	21
7.3	Conoscenze acquisite . . . . .	21
7.4	Valutazione personale . . . . .	21

**A Appendice A****23****Bibliografia****27**



# Elenco delle figure

1.1	Point Cloud di un bidone Conico . . . . .	2
1.2	Un singolo <i>Point Cloud</i> . . . . .	3
1.3	Motion Tracking . . . . .	5
4.1	Use Case - UC0: Scenario principale . . . . .	13

# Elenco delle tabelle

4.1	Tabella del tracciamento dei requisiti funzionali . . . . .	15
4.2	Tabella del tracciamento dei requisiti qualitativi . . . . .	15
4.3	Tabella del tracciamento dei requisiti di vincolo . . . . .	15



# Capitolo 1

## Introduzione

xxxx Introduzione al contesto applicativo.

Esempio di utilizzo di un termine nel glossario  
[Application Program Interface \(API\)](#).

Esempio di citazione in linea  
**site:agile-manifesto**

Esempio di citazione nel pie' di pagina  
citazione<sup>1</sup>

### 1.1 L'azienda

VIC è stata fondata da Alessio Bisutti che, dopo aver sviluppato una lunga esperienza nel campo ispettivo, ha deciso di costituire una società in grado di offrire ai propri clienti un servizio professionale, chiaro ed affidabile, appoggiandosi sulle nuove tecnologie. VIC iniziò a Venezia 7 anni fa come piccola società di ispezione locale ed ora il gruppo VIC è uno dei più grandi attori del mercato globale. Fin dall'inizio, l'obiettivo principale di VIC è stata la riduzione del tempo tra ispezione e reporting al cliente. Ora l'obiettivo è raggiunto, perché VIC sta fornendo ai suoi clienti tutti i risultati e le informazioni importanti in tempo reale, senza alcun ritardo, grazie agli investimenti fatti nel campo della tecnologia e delle applicazioni mobile. VIC è la prima ed unica azienda in campo ispettivo ad offrire un'ampia gamma di servizi tecnologici a completa disposizione dei propri clienti.

### 1.2 L'idea

Mansioni come determinare la corretta forma, peso, quantità e dimensioni degli oggetti da ispezionare sono tra le più importanti per i controlli effettuati dall'azienda. Gli ispettori possono scattare molte fotografie, prendere appunti e sfruttare la loro esperienza per fornire stime accurate; si è manifestata però la necessità di affiancare queste ultime a dei dati quanto più possibile oggettivi e rapidi da ottenere.

---

<sup>1</sup>womak:lean-thinking.

Da qui nasce l'idea di fornire agli ispettori uno strumento informatico in grado di effettuare queste stime. Grazie alla ricostruzione computerizzata resa disponibile dai *Tango device* sarà possibile non solo visualizzare su uno schermo il modello 3D del soggetto della ispezione, ma anche ottenere ulteriori vantaggi quali:

- \* Avere una stima del volume e quindi del peso della materia prima.
- \* Confrontare l'oggetto con un modello idea, permettendo così un rapido controllo eventuali di danni o deformazioni.

### 1.3 Il Prodotto

L'applicazione prodotta risponde, in maniera minimale, alle esigenze citate nel punto precedente.

La sua realizzazione presenta molti punti critici e rischi piuttosto difficili da prevedere. Per questo sono stati realizzati molti prototipi, al fine di escludere vie non percorribili e trovare una soluzione soddisfacente.

Lo scopo principale della applicazione lato tablet è quello di rilevare ed elaborare un corretto *Point Cloud* dell'oggetto che si vuole ispezionare.

Un *Point Cloud* non è altro che una descrizione algebrica di un oggetto tridimensionale ottenuta tramite un insieme, il più possibile fitto, di punti che lo compongono. I dispositivi Tango infatti, grazie al sensore di profondità, cercano di rilevare le triplette di coordinate del maggior numero di punti possibile. Sfruttando questi dati è possibile posizionare dei punti nello spazio in maniera da fornire all'utente una rappresentazione comprensibile dell'oggetto.

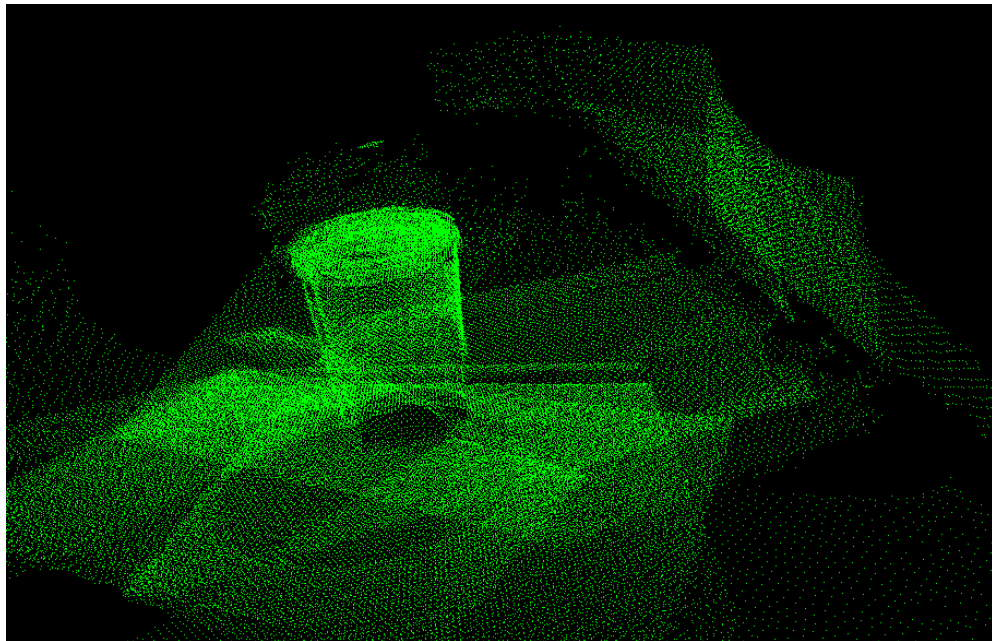


figura 1.1: Point Cloud di un bidone Conico

### 1.3.1 Primo prototipo

Il primo prototipo realizzato risponde all'esigenza di catturare e salvare in formato leggibile da un *render* grafico i dati forniti dal sensore di profondità. Nella sua semplicità ha dato modo allo studente di testare la stabilità delle *API* e produrre della documentazione interna che riportava quali fossero i metodi delle *API* da utilizzare e quali fossero invece quelli poco stabili, sperimentali o addirittura non ancora implementati dal produttore.

### 1.3.2 Secondo prototipo: Cloude

#### Affrontare la discrepanza tra coordinate assolute e coordinate relative

Un solo *Point Cloud* non è sufficiente a ricostruire un oggetto. Ovviamente il dispositivo, registrando la nuvola di punti inquadrata in un determinato istante, riesce a rilevare solamente i punti che "riesce a vedere": i punti presenti nella parte posteriore dell'oggetto scansionato non possono essere "visti" e conseguentemente nemmeno misurati. Se si vuole avere una ricostruzione completa e non solamente di una facciata è necessario prendere più rilevazioni ed integrarle.

Le seguenti immagini mostrano il *Point Cloud* che descrive la parte anteriore di una scatola rettangolare; dato che la ripresa è stata effettuata da di fronte ed in alto solo le facce superiore ed anteriore sono state memorizzate, mentre delle altre non si hanno dati. I contorni sono stati evidenziati successivamente per permettere una migliore comprensione della forma.

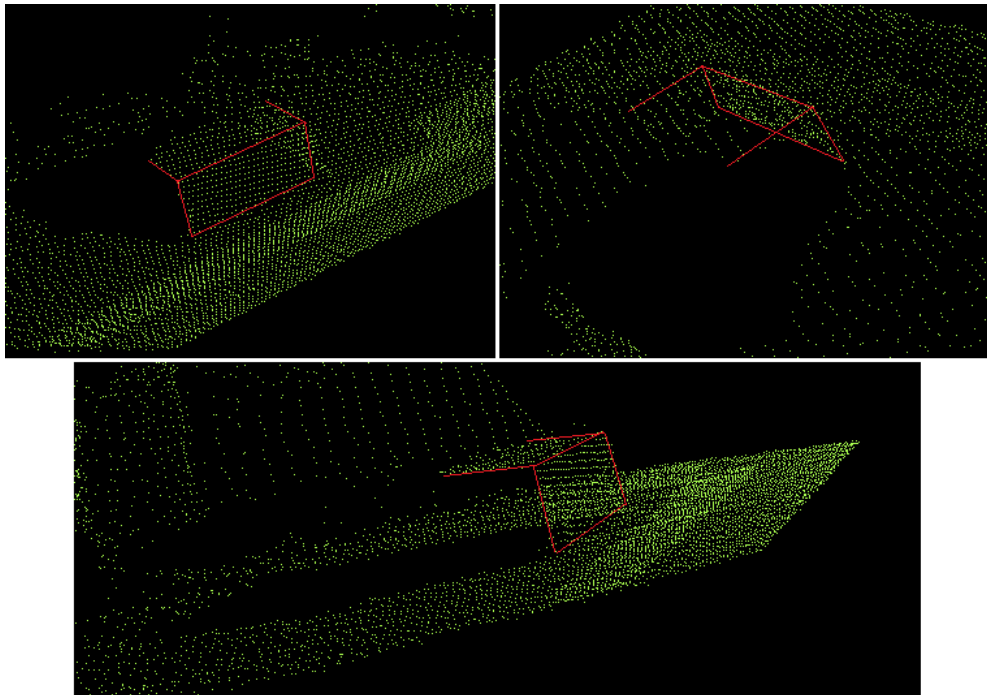


figura 1.2: Un singolo *Point Cloud*

### Approccio

Questo prototipo, denominato *Cloude*, è stato realizzato allo scopo di rispondere a questa esigenza. L'idea che ne sta a fondamento è la seguente:

- \* Permettere all'utente di scattare alcune foto all'oggetto, quindi di rilevare diversi *Point Cloud*.
- \* Tenere costantemente traccia della posizione del dispositivo, in particolare delle posizioni nei momenti in cui vengono scattate le foto.
- \* Usare la posizione relativa al *Point Cloud* per traslare e ruotare lo stesso punto a punto, riducendo così le coordinate a dei valori assoluti.
- \* Ora le nuvole di punti registrate sono sovrapponibili le une con le altre e forniscono una prima ricostruzione dell'oggetto.

### 1.3.3 Terzo prototipo: Samba

Il prototipo precedente generava delle ricostruzioni riconoscibili, ma piuttosto imprecise. Una analisi dello stesso ha fatto emergere diverse criticità che sono state documentate, assieme alle possibili soluzioni, all'interno di un documento descrittivo. Quest'ultimo è stato alla base dello sviluppo di *Samba*.

#### Eccessiva complessità dell'elaborazione

*Cloude* sfrutta un metodo delle librerie *Tango* che trasforma le coordinate di un singolo punto in coordinate assolute fruttando la posizione relativa a cui si trovava il dispositivo, permette di scrivere poco codice, ma ha una elevata complessità. Ciò comporta un sensibile rallentamento dell'elaborazione dei *Point Cloud*. Un *cloud* medio conta intorno ai 90000 punti e con questo approccio richiede mediamente 1,5-2 secondi per essere completamente elaborato, tempo non accettabile per lo scopo per cui l'applicazione è pensata.

In *Samba* è stato cambiato radicalmente approccio:

- \* Ad ogni *Point Cloud* viene associata una matrice di trasformazione e non la posizione stessa.
- \* In questo modo è sufficiente moltiplicare ogni punto (vettore) per la matrice, che viene calcolata una sola volta per ogni *Point Cloud*.
- \* Si è ottenuta così una complessità di  $O(n)$  sul numero dei punti da trasformare riducendo i tempi di elaborazione da 1,5-2s a circa 200ms (sullo stesso dispositivo).

#### Bassa qualità delle ricostruzioni

Nelle ricostruzioni generate da *Cloude* gli oggetti appaiono deformati, spesso i vari *Point Cloud* non si sovrappongono correttamente generando fenomeni di *ghosting*, talvolta rendendo addirittura irriconoscibile l'oggetto.

Questo è dovuto ad una scorretta stima della posizione del dispositivo, che induce il calcolo di una erronea matrice di trasformazione, e quindi ad un errato posizionamento delle nuvole di punti all'interno dello spazio.

Il fenomeno in questione è detto "*drifting*": i *device Tango*, esattamente come le più comuni applicazioni in realtà aumentata, utilizzano la tecnica del *Motion Tracking* che

consiste nel calcolare la propria posizione frequentemente ed in maniera relativa alla coordinate acquisite nella stima precedente. Per quando queste stime siano estremamente precise generano una catena di piccoli errori che sommati tra loro molto presto portano ad una importante discrepanza tra la posizione stimata dal dispositivo e quella reale. Ad esempio partendo da una determinata posizione e camminando in cerchio è praticamente impossibile che la traiettoria stimata passi nuovamente per il punto di partenza. Ciò è un limite fisico dei dispositivi, ed è nella pratica impossibile da

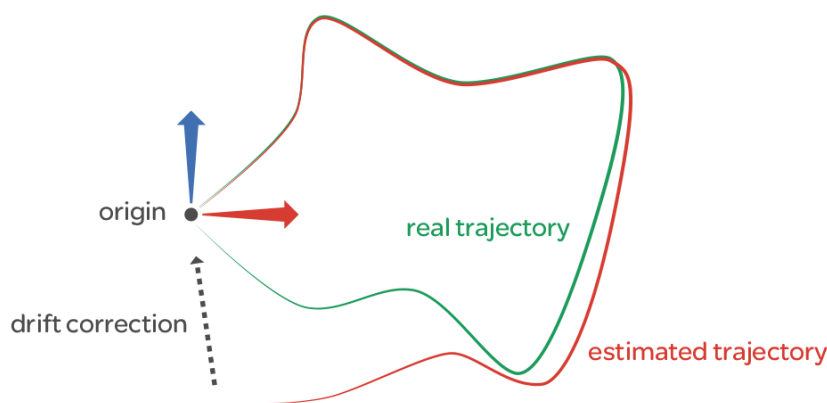


figura 1.3: Motion Tracking

eliminare, in quanto sarebbe necessario azzerare completamente gli errori relativi.

La tecnologia *Tango* però fornisce un altro meccanismo di localizzazione: l'*Area Learning*. Le applicazioni ideate per questo tipo di dispositivi infatti hanno la possibilità di mantenere memoria degli spazi che visitano, e successivamente usare queste informazioni per localizzarsi.

Il meccanismo è piuttosto simile a quello della memoria spaziale umana: una persona portata bendata all'interno di un edificio sconosciuto, una volta liberata, non avrà alcun mezzo per intuire dove si trovi; se invece la stessa persona fosse condotta all'interno della propria abitazione, alla prima sbirciata noterebbe immediatamente qualche particolare che gli farebbe immediatamente recuperare l'orientamento.

Allo stesso modo il tablet è in grado di memorizzare alcune *features* all'interno dell'ambiente ed usarle come faro per la triangolazione.

Memorizzare completamente un ambiente tuttavia è una operazione che richiede parecchio tempo e costringe l'utente a muoversi per diversi minuti inquadrando tutti i dettagli del luogo dove si trova. Per rendere l'applicazione maggiormente responsiva e più vicina alle esigenze dell'utenza *Samba* adotta un approccio detto *Drift Correction*: inizialmente è richiesto all'utente di inquadrare per una ventina di secondi l'ambiente, in maniera da permettere la creazione di una minimale memorizzazione, successivamente il *Motion Tracking* è usato per piccoli spostamenti ma viene corretto non appena venga inquadrata qualcuna delle (poche) *features* memorizzate. Trasparentemente all'utente, in background, il processo di *Area Learning* continua, memorizzando sempre nuovi dettagli e conseguentemente aumentando sempre più la qualità della registrazione.

### 1.3.4 Dimensioni eccessive dei file, ridondanza dei punti sovrapposti

Data la grande mole di punti registrati dai sensori di profondità i *file* contenenti le ricostruzioni generati da *Cloude* sono di dimensione eccessiva, anche più di 10Mb una decina scatti. Considerando che idealmente gli scatti da riprendere potrebbero essere molti e spesso dovranno essere inviati al *Server* tramite connessione a consumo il peso di questi *file* non è da trascurare.

Inoltre c'è una grossa ridondanza di punti: è comune caso d'uso che una stessa zona venga inquadrata in più scatti, quindi tali *Point Cloud* ruotati ed uniti presenterebbero molti punti con le stesse coordinate e semplicemente sovrapposti, quindi sarà dare alcuna informazione aggiuntiva.

*Samba* risolve questo problema utilizzando un leggero *voxeling*, ovvero suddividendo lo spazio in cubi o *voxel* di lato prefissato e registrando quali sono i *voxel* che contengono i punti della nuvola.

## 1.4 Organizzazione del testo

xxxx

**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*<sup>[g]</sup>;
- \* i termini in lingua straniera o facenti parti del gergo tecnico sono evidenziati con il carattere *corsivo*.



## Capitolo 2

# Processi e metodologie

*xxxx Brevissima introduzione al capitolo*

### 2.1 Processo sviluppo prodotto

xxxx



## Capitolo 3

# Descrizione dello stage

xxxx Breve introduzione al capitolo

### 3.1 Introduzione al progetto

Data la natura innovativa del progetto è stato necessario produrre diversi prototipi ed effettuare l'*Analisi dei Rischi* e lo *Studio di Fattibilità* in diverse fasi.

Questo approccio è stato estremamente utile per far emergere rischi dovuti sia alla non piena maturità delle *API*, sia ai limiti fisici del dispositivo in dotazione.

### 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.

#### 3.2.1 Rischi generali

##### 1. Immaturità di API/librerie/documentazione

**Probabilità:** Alta.

**Gravità:** Media.

**Descrizione:** Le tecnologie adottate sono innovative e tuttora in fase di sviluppo, molte sono ancora segnalate come "*Sperimentali e soggette a cambiamenti*". Per questo le librerie usate potrebbero rivelarsi instabili o potrebbero mancare di adeguata documentazione.

**Contromisure:** Iscrizione ai vari canali di segnalazione e supporto offerti da *Google* per gli sviluppatori, sviluppo di piccoli esempi giocattolo per testare le funzionalità offerte dalle *API* da cui è stata generata della documentazione interna.

##### 2. Limiti fisici del dispositivo

**Probabilità:** Alta.

**Gravità:** Media.

**Descrizione:** Il dispositivo è dotato di sensori infrarossi e sfrutta la riflessione della luce per determinare la distanza dei punti che è in grado di individuare. Superfici

riflettenti o molto scure possono compromettere la qualità della misurazione, allo stesso modo situazioni di illuminazione scarsa o assente.

**Contromisure:** Accurata analisi della documentazione fornita dal produttore<sup>1</sup>, test preventivi nelle situazioni critiche utilizzando una semplice applicazione di prova fornita da *Google*<sup>2</sup>.

### 3.2.2 Rischi specifici

#### 3. Difficoltà nel Motion Tracking

**Probabilità:** Media.

**Gravità:** Alta.

**Descrizione:** Determinare la posizione e l'orientamento del dispositivo in maniera assoluta è fondamentale per permettere la ricostruzione dell'oggetto inquadrato. Il *device* fornisce ad intervalli regolari la sua posizione tramite una tripletta di coordinate ed la sua rotazione rappresentata come un quaternione. La somma di piccoli errori relativi nella stima della posizione crea un fenomeno detto *drifting* che comporta imprecisi errori nella stima finale. Questo rischio può portare al fallimento del progetto, in quanto se non opportunamente mitigato renderebbe le ricostruzioni tridimensionali totalmente errate..

**Contromisure:** Si è per questo deciso di adottare una tecnica denominata *Area Learning*. Il dispositivo quindi riconoscerà alcune *features*, ovvero dei punti fissi, rispetto ai quali determinerà la sua posizione..

#### 4. Prerequisiti dell'*Area Learning*

**Probabilità:** Alta.

**Gravità:** Alta.

**Descrizione:** Utilizzando l'*Area Learning* il dispositivo ha necessità di un tempo di inizializzazione di circa 30-40 secondi in cui la stima della posizione è di fatto errata..

**Contromisure:** Durante l'inizializzazione devono essere fornite istruzioni per l'utente..

5.

**Probabilità:** .

**Gravità:** .

**Descrizione:** .

**Contromisure:** .

6.

**Probabilità:** .

**Gravità:** .

**Descrizione:** .

**Contromisure:** .

7.

**Probabilità:** .

**Gravità:** .

**Descrizione:** .

**Contromisure:** .

8.

**Probabilità:** .

---

<sup>1</sup>site: <https://developers.google.com/tango/overview/depth-perception>.

<sup>2</sup>site: [https://github.com/googlesamples/tango-examples-java/tree/master/java'point'cloud'example](https://github.com/googlesamples/tango-examples-java/tree/master/java%27point%27cloud%27example).

Gravità: .  
Descrizione: .  
Contromisure: .

9.

Probabilità: .  
Gravità: .  
Descrizione: .  
Contromisure: .

### **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.

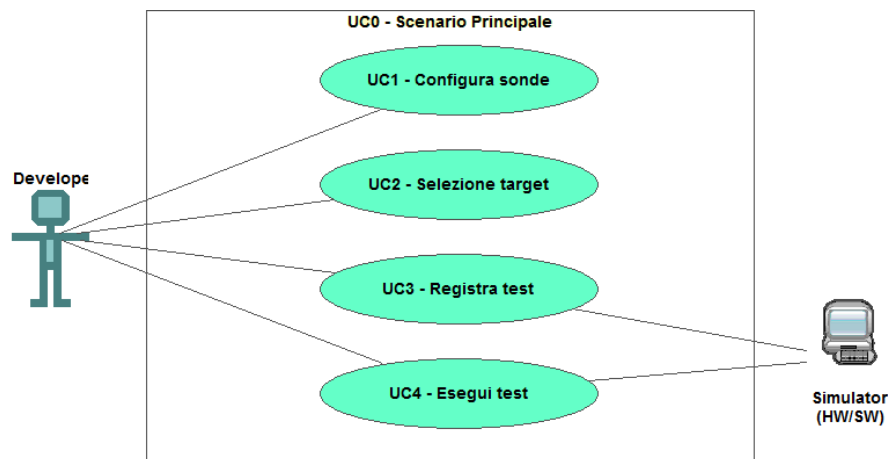


figura 4.1: Use Case - UC0: Scenario principale

#### UC0: Scenario principale

**Attori Principali:** Sviluppatore applicativi.

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

**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

Riferimenti bibliografici

Siti Web consultati