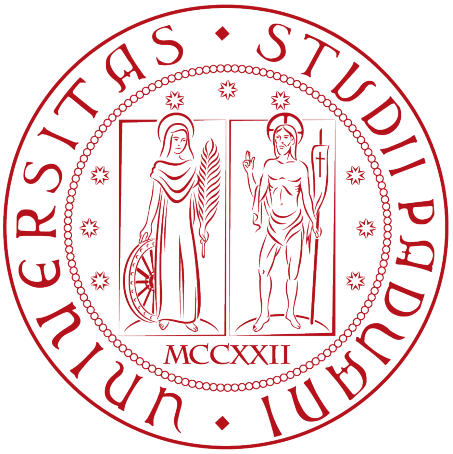
Università degli Studi di Padova

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

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 riconoscitive 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

Elenco delle figure

Elenco delle tabelle

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 descrive ...

Il terzo capitolo approfondisce ...

Il quarto capitolo approfondisce ...

Il quinto capitolo approfondisce ...

Il sesto capitolo approfondisce ...

Nel settimo capitolo descrive ...

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 permette 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 raggiunbili 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 scambo 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 implemetazione 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 implemetazione 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 implemetazione 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

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, è garantita piena compatibilità con ogni applicazione basata sulla *JVM*[g], comprese quelle Android. Nel mio caso ho utilizzato Kotlin per costruire un'applicazione Android sotto forma di *proof of concept* che implementi una particolare funzionalità di Assistant.

ECMAScript

ECMAScript versione 6 è lo standard di javascript, un linguaggio debolmente tipizzato, orientato agli oggetti e agli eventi che viene utilizzato nella programmazione Web lato client e lato server con Node.js. Nel mio caso ho utilizzato ECMAScript per costruire un *proof of concept* che implementi una particolare funzionalità di Alexa nella sua console dedicata. Inoltre ho realizzato la parte principale dell'applicazione che fa uso dell'algoritmo HPP di Zucchetti.

Swift

Swift è un linguaggio di programmazione orientato agli oggetti e utilizzato esclusivamente per costruire applicazioni per i dispositivi Apple. Nel mio caso l'ho utilizzato per costruire un'applicazione che mi permetta di esplorare una funzionalità di Siri.

HTML

HTML è un linguaggio di markup principalmente pensato per pagine o applicazioni basate su web. Io ho utilizzato HTML5, l'ultima versione, in quanto è più semplice e veloce nella sintassi e non necessito di piena compatibilità con tutti i browser o le versioni meno recenti.

CSS

CSS è un linguaggio per la realizzazione di fogli di stile da applicare a pagine o applicazione basate su web. Io ho utilizzato CSS3, l'ultima versione, per l'interfaccia grafica minimale necessaria.

2.4.2 Strumenti

Android Studio

Android Studio è un ambiente di sviluppo integrato per realizzare applicazioni da utilizzare nella piattaforma Android e basato sul software IntelliJ IDEA di JetBrains.

Pubblicato a fine 2014 ha sostituito l'utilizzo dei plug-in specifici di Eclipse per lo sviluppo di applicazioni Android diventando il più diffuso. Durante il mio lavoro è stato ausiliario nell'implementazione del *proof of concept* per Assistant.
Tra gli strumenti di Android Studio è rilevante App Actions Test Tool che permette di simulare l'utilizzo di Assistant nell'applicazione che si sta sviluppando, in un dispositivo fisico.

Alexa developer console

Alexa developer console è un ambiente di sviluppo di Amazon dedicato alla costruzione di *Skill* per Alexa. Durante il mio lavoro è stato ausiliario all'implementazione del *proof of concept* per Alexa

Xcode

Xcode è un ambiente di sviluppo integrato per realizzare applicazione da utilizzare nelle piattaforme Apple. Durante il mio lavoro è stato ausiliario nell'implementazione del *proof of concept* per Siri.

WebStorm

WebStorm è un ambiente di sviluppo integrato per realizzare applicazioni web con il supporto ad esempio di linguaggi quali HTML, CSS, Javascript e PHP. Durante il mio lavoro è stato ausiliario per l'implementazione dell'intera applicazione finale.

2.5 Motivazioni personali

Durante l'iniziativa StageIT, dedicata agli stage in azienda, ho inizialmente cercato una proposta che trattasse argomenti innovativi, possibilmente di ricerca, rientranti in una delle seguenti tematiche:

* intelligenza artificiale;
* blockchain;
* analisi e previsioni di dati.

La scelta è ricaduta sulla proposta di Zucchetti ovvero il riconoscimento e l'elaborazione del linguaggio naturale.
La motivazione principale per cui ho scelto questo progetto è l'impiego di uno dei rami dell'intelligenza artificiale che rappresenta anche una sfida intrapresa da decenni: superare il *test di turing*[g]. È un argomento non trattato nel percorso di studi della laurea triennale in informatica ma a mio parere molto interessante.
La seconda motivazione risiede sul contenuto specifico del progetto ovvero svolgere un'attività di ricerca sugli assistenti virtuali più diffusi nel mercato e sull'implementazione della capacità conversazionale mediante una tecnologia Zucchetti ancora in via di sviluppo. Ho personalmente trovato stimolante poter imparare e realizzare qualcosa di innovativo ma in gran parte basato su conoscenze apprese nel corso della mia attività di ricerca.
La terza motivazione risiede nell'azienda stessa in quanto è una delle software house più grandi in Italia, dalle possibilità lavorative in numerosi ambiti volti anche alla ricerca, con cui ho avuto un ottimo rapporto di collaborazione per lo svolgimento del progetto didattico inerente al corso di Ingegneria del Software.

Capitolo 3

Gli assistenti virtuali

3.1 Premessa

Un assistente virtuale è un software capace di interpretare il linguaggio naturale e dialogare con gli utenti che ne fanno uso, eseguendo determinati compiti. Generalmente necessita di un'attività di addestramento, precedente al suo utilizzo, che gli permetta di apprendere e migliorare le proprie abilità.
Gli assistenti virtuali analizzati sono Assistant, Alexa e Siri ma, nonostante siano software di tre aziende diverse, il loro funzionamento è molto simile. Inizialmente lo sviluppatore deve costruire un'abilità che viene richiamata attraverso l'assistente virtuale assegnando nome, frasi di richiamo e azioni da eseguire. Queste abilità sono chiamate *Action* per Assistant, *Skill* per Alexa e *Shortcuts* per Siri. Dato che gli assistenti virtuali attuali sono pensati per un utilizzo di breve durata, è molto importante progettare le abilità considerando questo fattore, con l'obiettivo di dare agli utenti una migliore esperienza d'uso.
Una caratteristica comune alle abilità di tutti gli assistenti successivamente trattati è il meccanismo di funzionamento su cui si fondano: gli intenti. Questi consistono in un'azione che soddisfa una richiesta vocale effettuata da un utente e il servizio che la esegue, più concretamente il codice, viene detto *fulfillment*. Questo concetto sarà spiegato più dettagliatamente per ciascun assistente nel paragrafo dedicato al funzionamento.

3.2 Assistant

3.2.1 Introduzione

Assistant è l'assistente virtuale di Google ed è capace di riconoscere un comando vocale, elaborarlo attraverso un ragionamento e fornire una risposta. È una tecnologia in continuo miglioramento 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 se hanno a disposizione almeno 1.5 GB di memoria RAM oppure dalla versione 5.0 se hanno a disposizione almeno 1 GB di memoria RAM. È inoltre installabile nei dispositivi con sistema operativo iOS a partire dalla versione 10 e iPadOS; tuttavia l'integrazione è pessima in quanto per richiamarlo

è necessario invocare Siri. Infine è fruibile nei dispositivi della linea Home e Nest di Google, costruiti e pensati appositamente per ottimizzarne le funzionalità.

3.2.2 Casi d'uso

* controllo di dispositivi intelligenti all'interno di un ambiente domestico: *Home Actions*;
* dialogo con l'utente eseguendo anche operazioni specifiche: *Conversational Actions*;
* integrazione di contenuti multimediali pensati per Assistant all'interno di pagine web: *Content Actions*.
* integrazione di Assistant nelle applicazioni Android per eseguirne determinate funzionalità: *App Actions*;
* integrazione di Assistant all'interno di propri dispositivi per usi sperimentali.

Le *Home Actions* e l'integrazione ad uso sperimentale non sono oggetto di analisi in quanto non interessano lo stage proposto.

3.2.3 Conversational Actions

Descrizione

Le *Conversational Actions* estendono le funzionalità di Assistant con l'obiettivo di creare esperienza di conversazione personalizzata con gli utenti. Esse infatti permettono di gestire le richieste rivolte all'Assistente e le risposte costruite a seguito dell'elaborazione. Una caratteristica importante è la possibilità di comunicare con servizi Web o applicazioni esterne che forniscono una logica di conversazione aggiuntiva grazie alle apposite *SDK*.

Funzionamento

Il principio di funzionamento si articola nei seguenti passi:

1. un utente lancia una richiesta sotto forma di comando vocale al dispositivo che ospita Assistant;
2. il dispositivo esegue la porzione di software che riconosce il comando vocale trasformandolo in stringhe di testo;
3. il dispositivo invia la stringa riconosciuta ad un server remoto di Google, tramite protocollo *HTTPs*, dove risiede la *NLU* per l'elaborazione;
4. la *NLU* del server remoto prova a verificare la possibile corrispondenza tra la stringa ricevuta e l'insieme di frasi che lo sviluppatore ha inserito durante la costruzione della propria abilità;
5. se non vi è alcuna corrispondenza viene subito ritornata una risposta negativa e riferito all'utente. Si ricomincia quindi dal punto 1;
6. se una corrispondenza ha dato esito positivo viene selezionato l'intento associato con il suo servizio di *fulfillment* che si occupa dell'esecuzione;

7. la conclusione dell'esecuzione prevede la costruzione e l'invio della risposta al dispositivo mittente;

8. il dispositivo riferisce la riposta all'utente che potrà poi procedere con una nuova richiesta, fino al termine dell'esecuzione dell'abilità previsto dal programmatore durante la costruzione, oppure interrompere forzatamente la conversazione.

Qualora la richiesta dell'utente fosse di invocazione, prima di scegliere l'intento da eseguire viene cercata una corrispondenza tra le Action a disposizione per capire quale avviare. Infine, affinché la Action tenga un comportamento adeguato, è necessario applicare correttamente i principi di costruzione e svolgere una consistente attività di addestramento durante lo sviluppo.

Progettazione

Nella costruzione di una Action la prima attività da svolgere è l'analisi dei requisiti ovvero comprendere dettagliatamente il comportamento che si vuole ottenere. L'attività successiva, invece, è la progettazione che deve essere mirata a tre aspetti:

* modalità di invocazione;
* tipologia e formato delle richieste accettate;
* tipologia e formato delle risposte che l'utente si aspetta.

Per la progettazione di richieste e risposte è necessario ragionare sullo scopo dell'Action che si vuole implementare e svolgere un'analisi statistica e probabilistica sulle frasi che l'utente potrebbe pronunciare o aspettarsi dall'assistente, cercando di rendere la conversazione più naturale possibile. Durante l'esecuzione della *build* della Action, Assistant sarà addestrato sulle frasi immesse al fine di interpretarle correttamente.
Per la modalità di invocazione, invece, Google fa una distinzione:

* invocazione esplicita;
* invocazione implicita.

L'invocazione esplicita è la più comunemente utilizzata e consiste nell'esprimere una frase che riporti la seguente struttura:

1. parola di attivazione: "Hey Google" oppure "Ok Google";
2. parola di avvio: chiedi, fai, dimmi, raccontami e vocaboli simili;
3. nome di invocazione: nome deve identifica la Action;
4. tips: parametri aggiuntivi, possibilmente opzionali, implementati come variabili che specificano ulteriormente la richiesta dell'utente;
5. elementi aggiuntivi: l'utente può pronunciare parole aggiuntive con lo scopo di contestualizzare o precisare il dominio della richiesta.

Grazie a questa struttura fissa, Assistant riesce a comprendere quale Action attivare per avviare la conversazione.
L'invocazione implicita, invece, si verifica quando l'utente effettua una richiesta senza aver esplicitato l'Action o direttamente l'intento da eseguire. In questo caso la business logic di Assistant ha il compito di comprendere la richiesta e associare l'Action che

ritiene più corretta; qualora non ne trovasse alcuna, effettuerà una ricerca in Internet inserendo come testo la richiesta stessa e ritornerà i risultati come risposta. Tuttavia il funzionamento di questa modalità non è garantito da Google in quanto è ancora in via di sviluppo e richiede, come condizione necessaria ma non sufficiente, che lo sviluppatore abbia inserito un numero di frasi ampio e completo per l'addestramento.

Implementazione

L'attività che segue è l'implementazione e per svolgerla Google offre due strumenti:

* Dialogflow;
* Conversational Actions SDK.

Dialogflow è uno strumento utilizzato per creare conversazioni personalizzate in modo semplice ed intuitivo. Si basa sulla *NLU* di Assistant e si appoggia ad un *webhook* per la gestione dei dati, *Firebase* è quello predefinito.
Per costruire una Conversational Action necessita un agente ovvero un modulo di comprensione del linguaggio naturale che gestisce le conversazioni con gli utenti sgravando lo sviluppatore di numerosi oneri; deve quindi essere creato prima di iniziare l'effettiva costruzione. A causa dei limiti imposti dall'account *Firebase* disponibile non si è potuto approfondire il suo funzionamento come invece si è fatto per uno strumento simile con Alexa; tuttavia i principi di funzionamento e implementazione sono molto simili.
Le Conversational Actions SDK consistono in un'interfaccia HTTPs che permette di costruire ed eseguire le Conversational Actions all'interno di una propria applicazione per elaborare le richieste effettuate ad Assistant. Grazie all'interfaccia HTTPs infatti Assistant può comunicare con applicazioni terze; il requisito che ne deriva è possedere una propria *NLU* per la comprensione del linguaggio naturale. L'architettura ad alto livello del sistema che rappresenta l'utilizzo delle Conversational Actions attraverso SDK è così composta:

* dispositivo fisico con Assistant integrato che riceve la richiesta vocale dell'utente;
* *NLU* di Google che ha il compito di riconoscere la richiesta dell'utente e associare l'intento corretto;
* servizio cloud remoto che, ricevuta la richiesta di esecuzione dell'intento, esegue il servizio di fulfillment associato e ritorna la risposta alla *NLU* che a sua volta la ritorna al dispositivo.

Le componenti di un agente di Dialogflow oppure una Conversational Actions costruita con le *SDK* sono uguali:

* Default Actions: azione cui corrisponde l'evento chiamato *GOOGLE_ASSISTANT_WELCOME* per Dialogflow e *actions.intent.MAIN* per le *SDK* che rappresenta la prima interazione con l'Action; una condizione necessaria che la caratterizza è l'esistenza di uno ed un solo intento per gestire questo evento. La risposta predefinita è statica e preconfigurata ma è comunque possibile renderla dinamica costruendo un servizio di *fulfillment* che la compone a tempo di esecuzione;
* Addictional Actions: azione aggiuntiva alla Default Actions utilizzata per aggiungere e specificare le capacità dell'Action. Possono essere molteplici e sono automaticamente indicizzate per l'invocazione implicita.

Ognuna di queste componenti corrisponde ad un intento che l'Action può gestire.
Una volta stabilite queste componenti, è necessario definire l'interfaccia della propria conversazione. Per poterlo fare si deve creare un intento definendo:

* nome;
* contesto;
* evento scatenante;
* frasi di input per l'addestramento;
* azioni da eseguire;
* eventuali parametri aggiuntivi per la conversazione e formato della risposta.

Le azioni da eseguire corrispondono alla creazione di un *fulfillment* che fornisce la logica per processare la richiesta dell'utente e genera una risposta.
Qui emerge una grande differenza tra Dialogflow e *SDK*: mentre il primo utilizza la *NLU* di Google rivelandosi quindi di poco interesse per i progetti dell'azienda, il secondo prevede l'utilizzo obbligatorio di una *NLU* proprietaria dello sviluppatore che invece si è rivelato utile per l'azienda.

Comunicazione

Lo scambio di dati tra il dispositivo che interagisce direttamente con l'utente e la *NLU* di Assistant avviene tramite oggetti JSON di cui però non viene fornita la struttura nella documentazione.
Lo scambio di dati che invece avviene tra la *NLU* di Assistant e quella della proprio applicativo, diretta conseguenza dell'utilizzo delle *SDK*, prevede un metodo di comunicazione dedicato. Google perciò impone l'utilizzo di oggetti JSON con una struttura fissata in cui campi dati più importanti sono:

* isInSandbox: attributo booleano, se vale true indica l'utilizzo in un ambiente di prova e, qualora sia utilizzato, vieta lo scambio di denaro;
* Surface: oggetto che contiene la modalità di interazione, scelta tra solo testuale, solo visiva e multimediale;
* Inputs: oggetto che contiene l'insieme degli input specificati per la Actions tra cui la richiesta dell'utente sotto forma di stringa testuale;
* User: oggetto che contiene le informazioni dell'utente che ha eseguito la richiesta;
* Device: oggetto che contiene le informazioni del dispositivo da cui è arrivata la richiesta;
* Conversation: oggetto che contiene i dati strettamente legati alla conversazione in corso tra cui conversationId che la identifica univocamente e conversationToken che salva i dati durante la conversazione.

Di particolare rilevanza è il salvataggio dei dati durante la conversazione in quanto permette di richiedere determinati dati possibilmente importanti per la corretta esecuzione dell'Action ma soprattutto di dare all'utente la sensazione di interagire con un'intelligenza che ha capacità di memoria. Quest'ultima caratteristica è molto importante perché consente di definire e mantenere il contesto della conversazione, qualunque

esso sia, incrementando notevolmente la qualità dell'esperienza d'uso dell'utente.
Per capire quali elementi devono essere salvati, Assistant utilizza delle variabili all'interno delle frasi di richiesta dette *tips*. Essi devono essere definiti dallo sviluppatore durante la progettazione così che, quando l'utente pronuncia parole o dati in una posizione all'interno della frase corrispondente a quella di una variabile, vengono automaticamente salvati nel campo chiamato conversationToken. Il loro limite è rappresentato dalla conversazione stessa: al suo termine tutti i dati salvati vengono persi. Perciò, se si vuole una persistenza duratura nel tempo, bisogna utilizzare un database.

3.2.4 Content Actions

Descrizione

Le Content Actions sono delle funzionalità basate su Assistant ma integrate nelle pagine Web. In particolare, inserendo dati strutturati all'interno di una pagina Web, permettono di costruire Actions che ne presentano il contenuto in modo interattivo ad una richiesta vocale di un utente.

Funzionamento

Il loro funzionamento verte esclusivamente sull'algoritmo di Google ed piuttosto semplice: l'utente esegue una ricerca in internet con un comando vocale lanciato ad Assistant e, se l'algoritmo di Google trova una Content Actions che ha corrispondenza con la richiesta effettuata, il risultato sarà la risposta della Actions stessa.

Dati strutturati

Le Content Actions si basano sui dati strutturati. Essi sono rappresentati da un oggetto JSON iniettato dinamicamente in una pagina HTML e contengono un insieme di metadati che definiscono le proprietà del contenuto multimediale che si vuole creare. Alcune di esse sono obbligatorie perché vengono utilizzate da Assistant per accedere al contenuto multimediale, molte altre sono opzionali ma consigliate per ottenere una migliore indicizzazione nel motore di ricerca.
Esistono inoltre due formati alternativi agli oggetti JSON ma poco raccomandati:

* microdata: tag HTML che permette di includere dati strutturati al suo interno;
* RDFa: estensione di HTML5 che permette di definire contenuti per i motori di ricerca e in particolare per l'indicizzazione.

Sono messi a disposizione principalmente per compatibilità con sistemi che ne fanno uso.

Costruzione

Per costruire una Content Actions è necessaria una progettazione mirata della pagina e a tal proposito Google offre un insieme di template pensati per podcasts ricette, news, *How-to guides* e FAQs.
Durante la realizzazione della pagina, invece, si devono inserire i dati strutturati in base alle proprie esigenze ed effettuare dei test per verificarne la corretta indicizzazione attraverso gli strumenti forniti da Google.
È infine importante notare che Google non garantisce il richiamo della propria Actions in nessuna condizione: l'algoritmo di ricerca, infatti, ha come obiettivo principale

fornire all'utente i migliori risultati possibili nel momento in cui viene eseguita la ricerca e ciò può non corrispondere con la propria Actions.

3.2.5 App Actions

Descrizione

Le App Actions sono delle funzionalità aggiuntive di Assistant che interagiscono esclusivamente con le applicazione Android ma ancora in via di sviluppo. In particolare permettono agli utenti di eseguire il *deep linking* delle funzionalità specifiche di un'applicazione attraverso un comando vocale ed il loro risultato può manifestarsi sotto forma di risposta vocale oppure grafica facendo opzionalmente uso delle *Android Slides*. Infine è importante notare che le App Actions sono per ora fornite in anteprima e supportano solo la lingua inglese americana.

Funzionamento

Il funzionamento delle App Actions è composto dai seguenti passi:

1. un utente invoca una App Actions attraverso un apposito comando vocale;
2. il dispositivo esegue il software che riconosce il comando vocale trasformandolo in stringhe di testo;
3. il dispositivo invia la stringa riconosciuta ad un server remoto di Google, tramite protocollo *HTTPs*, dove risiede la *NLU* per l'elaborazione;
4. la *NLU* del server remoto prova a verificare la possibile corrispondenza tra la stringa ricevuta e la frase che lo sviluppatore ha predisposto per l'attivazione;
5. se non vi è alcuna corrispondenza l'assistente eseguirà una ricerca in Internet della richiesta ritornando l'esito come risposta;
6. se la corrispondenza ha dato esito positivo viene selezionato l'intento associato con il suo servizio di *fulfillment* che si occupa dell'esecuzione;
7. la conclusione prevede la risposta all'utente in termini di funzionalità eseguita.

Progettazione

La progettazione di App Actions presuppone l'esistenza di un'applicazione costruita per Android a cui aggiungerla. Gli elementi cardine la decisione della frase di invocazione in quanto non è possibile averne solo una per ogni intento e rappresenta l'unica modalità di attivazione della Action e la scelta dell'intento stesso in quanto deve essere il più adeguato a ciò che si vuole realizzare tra quelli possibili. Gli intenti disponibili sono solo quelli preconfigurati da Google e i macro argomenti che trattano sono:

* attivare funzionalità delle applicazioni;
* effettuare degli ordini online;
* operazioni in ambito finanziario;
* ordinare cibi e bevande da un menù preconfigurato;
* monitoraggio di salute e fitness;

- richiedere trasporto tramite Taxi.

Ad oggi non è ancora possibile costruire un intento personalizzato.

Implementazione

Dopo aver progettato la Action si passa all'implementazione. Questa consiste nell'associare l'intento ed il suo *fulfillment* all'applicazione. Più in dettaglio si deve:

- registrare il proprio intento nel file *actions.xml* mappando gli eventuali parametri con il servizio di *fulfillment* collegato;
- aggiornare il file *AndroidManifest.xml* inserendo le dipendenze con gli intenti designati.

Dopo aver svolto questi compiti è necessario associare la Action con il plug-in *App Actions Test Tool* integrato in Android Studio ed eseguire almeno un test altrimenti non è possibile richiamarla.

3.2.6 Proof of concept

Analisi dei requisiti

Per il proof of concept relativo ad Assistant, in comune accordo con il tutor e sulla base delle ricerche effettuate, è stato scelto di implementare una App Action sull'argomento del fitness. Il suo scopo è verificare la fattibilità e le potenzialità delle App Action, nonostante il loro attuale supporto alla sola lingua inglese, con un esempio concreto. Ho quindi deciso di realizzare un timer con un'interfaccia grafica minimale che calcoli il tempo che si impiega nel svolgere attività fisica per ogni sport disponibile nei *built-in intents*.

Implementazione

Nell'attività di implementazione ho seguito le linee guida fornite da Google e come primo compito ho realizzato un'applicazione Android che presenta tutte le funzionalità previste e fruibili tramite l'interfaccia grafica. Più in dettaglio l'utente può attivare il timer dall'apposito pulsante, fermare l'attività in qualunque momento e visualizzare i risultati nello storico. A questo punto ho registrato gli intenti scelti nel file *actions.xml* e aggiunte le dipendenze nel file *AndroidManifest.xml* ed infine ho sviluppato il codice che deve essere eseguito al lancio del comando vocale.

Test

Per eseguire i test ho configurato il plug-in *App Actions Test Tool* che permette di eseguire le verifiche su un dispositivo fisico, in quanto il supporto al simulatore non è ancora attivo, e di associare la mia Action ad Assistant.

3.3 Alexa

3.3.1 Introduzione

Alexa è l'assistente virtuale di Amazon ed è capace di riconoscere un comando vocale, elaborarlo attraverso un ragionamento e fornire una risposta. 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 con sistema operativo Android in versione 5.0 o maggiore, iOS in versione 9.0 o maggiore e iPadOS.

3.3.2 Casi d'uso

* controllo di dispositivi intelligenti all'interno di un ambiente domestico attraverso le *Skill*;
* dialogo con l'utente eseguendo anche operazioni specifiche attraverso le *Skill*;
* integrazione di Alexa all'interno di un proprio dispositivo per usi sperimentali.

Le *Skill* per il controllo di dispositivi intelligenti e l'integrazione di Alexa in un dispositivo per usi sperimentali non sono oggetto di analisi in quanto non interessano lo stage proposto.

3.3.3 Skill di conversazione

Descrizione

Le *Skill* consistono in funzionalità personalizzate e aggiuntive per Alexa mirate a migliorare l'esperienza d'uso degli utenti. Attraverso le Skill lo sviluppatore può ricevere le richieste rivolte ad Alexa, soddisfarle e restituire una risposta. Una caratteristica importante è la possibilità di comunicare con servizi Web o applicazioni esterne che forniscono una logica di conversazione aggiuntiva grazie alle *API* presenti nell'*Alexa Skill Kit*.
L'obiettivo principale delle Skill è permettere all'utente una conversazione finalizzata a soddisfare un suo bisogno; tuttavia non è danno la possibilità di eseguire applicazioni o anche solo funzionalità al loro interno .

Funzionamento

Il principio di funzionamento si articola nei seguenti passi:

1. un utente lancia un comando vocale al dispositivo che ospita l'assistente;
2. il dispositivo attiva un apposito elaboratore che riconosce le parole pronunciate trasformandole in stringhe di testo;
3. il dispositivo manda la stringa riconosciuta ad un server remoto per l'elaborazione;
4. il server remoto attiva la propria *NLU* che prova a cercare una corrispondenza tra la stringa ricevuta e l'insieme di frasi che lo sviluppatore ha inserito nella propria abilità;
5. se la ricerca delle corrispondenze ha dato esito positivo viene selezionato l'intento;
6. prima di eseguire il codice dell'intento vengono invocati gli eventuali *Request Interceptors* definiti dallo sviluppatore, illustrati in un paragrafo successivo;
7. viene richiamato gestore dell'intento, rappresentante il codice da eseguire, che porterà a termine l'intento;

8. dopo aver gestito l'evento, vengono richiamati gli eventuali *Response Interceptors* definiti dallo sviluppatore, illustrati in un paragrafo successivo;
9. viene costruita la risposta e ritornata al dispositivo che ospita l'assistente;
10. il dispositivo riferisce la riposta all'utente che potrà poi procedere con una nuova richiesta, fino al termine dell'esecuzione dell'abilità previsto dal programmatore durante la costruzione, oppure interrompere forzatamente la conversazione.

Progettazione

Nella costruzione di una Skill la prima attività da svolgere è l'analisi dei requisiti ovvero comprendere dettagliatamente il comportamento che si vuole ottenere. L'attività successiva, invece, è la progettazione che deve essere mirata a tre aspetti:

* tipologia e formato delle richieste accettate;
* tipologia e formato delle risposte che l'utente si aspetta;
* modalità di invocazione.

Per la progettazione di richieste e risposte è necessario ragionare sullo scopo della Skill che si vuole implementare e svolgere un'analisi statistica e probabilistica sulle frasi che l'utente potrebbe pronunciare o aspettarsi dall'assistente. L'obiettivo infatti è rendere la conversazione più naturale possibile. Durante l'esecuzione della *build* della Skill, Alexa sarà addestrato sulle frasi immesse per interpretarle correttamente.
Per la modalità di invocazione, anche Amazon fa una distinzione:

* invocazione esplicita;
* invocazione implicita.

L'invocazione esplicita è la più comunemente utilizzata e consiste nell'esprimere una frase che riporti la seguente struttura:

1. parola di attivazione: "Alexa";
2. parola di avvio: chiedi, fai, dimmi, raccontami e vocaboli simili;
3. nome di invocazione: nome deve identifica la *Skill*;
4. slots: parametri aggiuntivi, possibilmente opzionali, implementati come variabili che specificano ulteriormente la richiesta dell'utente;
5. elementi aggiuntivi: l'utente può pronunciare parole aggiuntive con lo scopo di contestualizzare o precisare il dominio della richiesta.

Grazie a questa struttura fissa, Alexa è in grado di comprendere quale Skill attivare per avviare la conversazione.
L'invocazione implicita, invece, si verifica quando l'utente effettua una richiesta senza aver esplicitato la Skill o l'intento da eseguire. In questo caso la business logic di Alexa deve comprendere la richiesta e associare la Skill che ritiene più corretta; qualora non ne trovasse alcuna, effettuerà una ricerca in Internet inserendo come testo la richiesta stessa e ritornerà come risposta i risultati. Tuttavia il funzionamento di questa modalità non è garantito da Amazon in quanto è ancora in uno stato embrionale e richiede, come condizione necessaria ma non sufficiente, che lo sviluppatore abbia inserito un numero di frasi ampio e completo per l'addestramento.

Implementazione

L'attività che segue è l'implementazione. In merito a ciò Amazon offre due strumenti:

* Alexa Developer Console;
* Alexa *SDK*.

Il primo è Alexa Developer Console è uno strumento che integra *Alexa Skills Kit* e fornisce un'interfaccia allo sviluppare per creare Skill personalizzate di diverse tipologie, tra cui quelle di conversazione, in modo semplice e intuitivo. Si basa sulla *NLU* di Alexa e si appoggia ad *AWS Lambda* come *webhook* predefinito per la gestione dei dati. Per implementare una Skill necessita di due macro compiti:

* costruire un modello di interazione;
* implementare la logica interna.

Costruire un modello di interazione significa definire l'interfaccia vocale e gli intenti che si vogliono implementare. Più in dettaglio si intende formalizzare ed inserire nell'interfaccia grafica le possibili frasi di invocazione, richiesta e risposta e gli eventuali slot. Con definizione degli intenti, invece, si intende formalizzare le azioni che la Skill deve essere capace di eseguire. In particolare è possibile scegliere tra gli intenti *built-in* ovvero quelli già preconfigurati da Amazon e quelli personalizzati, interamente a carico dello sviluppatore, dei quali è necessario definire:

* nome;
* contesto;
* evento scatenante;
* frasi di input per l'addestramento;
* azioni da eseguire;
* eventuali parametri aggiuntivi per la conversazione e formato della risposta.

Non ci sono vincoli sull'utilizzo di uno piuttosto che dell'altro e infatti possono anche essere usati contemporaneamente.
Implementare la logica interna significa implementare il codice che definisce il comportamento dei singoli intenti e quindi della Skill nel suo complesso.
Il secondo strumento disponibile è *Alexa SDK* e consiste a sua volta in un insieme di strumenti che permettono allo sviluppatore di interagire con Alexa da un'applicativo esterno che possiede una propria *NLU*. È disponibile nei linguaggi Javascript/Typescript, Java e Phyton. I principi di progettazione e implementazione sono gli stessi di quelli analizzati per Alexa Developer Console con la sola differenza che, utilizzando *Alexa SDK*, è necessario aggiungere uno strato di comunicazione per lo scambio di dati tra Alexa ed il proprio applicativo che avviene sotto forma di oggetti JSON.

Comunicazione

Lo scambio di dati tra il dispositivo che interagisce direttamente con l'utente e la *NLU* di Alexa avviene tramite oggetti JSON di cui però non viene fornita la struttura nella documentazione.

Lo scambio di dati che invece avviene tra la *NLU* di Alexa e quella della proprio applicativo, diretta conseguenza dell'utilizzo delle *SDK*, prevede un metodo di comunicazione dedicato. Amazon ha deciso di utilizzare gli oggetti JSON come mezzo per lo scambio di dati con strutture fissate ma differenti per richiesta e risposta.
I campi principali dell'oggetto di richiesta sono:

* session: oggetto che fornisce informazioni riguardanti il contesto associato alla richiesta. È disponibile solo per conversazioni che non contengono contenuti multimediali;
* context: oggetto che fornisce le informazioni riguarrdanti lo stato della conversazione corso, del servizio di Alexa in esecuzione e del dispositivo con cui interagisce l'utente;
* request: oggetto che fornisce i dettagli della richiesta utente.

I campi principali dell'oggetto di risposta sono:

* sessionAttributes: mappa chiave-valore di tutti i dati di sessione;
* response: oggetto che definisce che cosa il dispositivo deve renderizzare per rispondere all'utente.

Di particolare rilevanza è il salvataggio dei dati durante la conversazione in quanto permette di richiedere determinati dati possibilmente importanti per la corretta esecuzione della Skill ma soprattutto di dare all'utente la sensazione di interagire con un'intelligenza che ha capacità di memoria. Quest'ultima caratteristica è molto importante perché consente di definire e mantenere il contesto della conversazione, qualunque esso sia, incrementando notevolmente la qualità dell'esperienza d'uso dell'utente.
Per capire quali elementi devono essere salvati, Alexa utilizza delle variabili all'interno delle frasi di richiesta dette *slots*. Essi devono essere definiti dallo sviluppatore durante la progettazione così che, quando l'utente pronuncia parole o dati in una posizione all'interno della frase corrispondente a quella di una variabile, vengono automaticamente salvati nel campo chiamato conversationToken. Il loro limite è rappresentato dalla conversazione stessa: al suo termine tutti i dati salvati vengono persi. Perciò, se si vuole una persistenza duratura nel tempo, bisogna utilizzare un database.

3.3.4 Proof of concept

Analisi dei requisiti

Per il proof of concept relativo ad Alexa, in comune accordo con il tutor e sulla base delle ricerche effettuate, è stato scelto di implementare una Skill in grado di riconoscere la data di nascita di una persona. Il suo scopo è verificare le capacità conversazionali di Alexa e comprendere il meccanismo di funzionamento da loro adottato con un esempio concreto oltre all'analisi teorica. Ho quindi deciso di realizzare un'interfaccia vocale in grado di comprendere un insieme di frasi preconfigurate per esprimere la propria data di nascita e un insieme di frasi per porre delle domande qualora l'utente fornisca una risposta incompleta o errata.

Implementazione

Per implementare la Skill ho deciso di utilizzare la console fornita da Amazon e che maschera la complessità della *NLU* e della comunicazione con essa. Il primo step è stato definire il modello di interazione composto da:

* frasi per la comunicazione con l'utente;
* intento per associare l'azione da eseguire;
* slot per le variabili.

Inizialmente è stato definito l'insieme delle frasi possibili per le richieste dell'utente e le risposte di Alexa. Successivamente è stato implementato un intento personalizzato identificato dal nome *RegisterBirthdayIntent* in cui sono stati definiti gli slot della conversazione: giorno, mese e anno. Infine è stato abilitato il meccanismo di richiesta degli slot in caso di mancanza. In questo modo, sulla base delle frasi che ho configurato, Alexa può continuare a chiedere all'utente giorno, mese e anno finché non saranno forniti.

Test

Per eseguire i test è disponibile uno strumento all'interno della console che integra Alexa; tuttavia non ne permette l'automatizzazione.

3.4 Siri

3.4.1 Introduzione

Siri è l'assistente virtuale di Apple ed è capace di riconoscere un comando vocale, elaborarlo attraverso un ragionamento e fornire una risposta. 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 introdotta in iOS 5 nel 2012, senza ancora offrire il supporto a tutte le lingue e a tutti i dispositivi. Ora invece è integrato in Homepod e tutti i dispositivi con sistema operativo iOS versione 8.0 o superiore, iPadOS, watchOS, tvOS e MacOS versione 10.12 o superiore. Rimane comunque un esclusiva di Apple e non è installabile in altri sistemi.

3.4.2 Casi d'uso

* controllo di dispositivi intelligenti all'interno di un ambiente domestico attraverso le *Shortcuts*;
* dialogo con l'utente eseguendo operazioni specifiche nelle applicazioni attraverso i *Comandi*.

Le *Shortcuts* per il controllo di dispositivi intelligenti non sono oggetto di analisi in quanto non interessano lo stage proposto.

3.4.3 Shortcuts

Descrizione

Le Shortcuts consistono in funzionalità aggiuntive per Siri e migliorano l'esperienza d'uso dei dispositiv da parte degli utenti. In particolare è possibile accedere all'applicazione Shortcuts (Comandi se le impostazioni sono in lingua italiana) e al suo interno, per ogni altra applicazione installata nel proprio dispositivo, sono visualizzate

tutte le frasi messe a disposizione dagli sviluppatori per eseguire operazioni tramite Siri. L'utente può inoltre personalizzare tali frasi per renderle più intuitive e facili da ricordare.
L'obiettivo principale delle Shortcuts è migliorare e personalizzare l'interattività con le applicazioni dell'ecosistema Apple mentre l'aspetto conversazionale risulta finalizzato solo allo scopo principale.

Funzionamento

Il principio di funzionamento si articola nei seguenti passi:

1. un utente lancia un comando vocale al dispositivo che ospita Siri;
2. il dispositivo attiva un apposito elaboratore che riconosce le parole pronunciate trasformandole in stringhe di testo;
3. il dispositivo manda la stringa riconosciuta ad un server remoto per l'elaborazione;
4. La *NLU* di Siri presente nel server remoto prova a cercare una corrispondenza tra la stringa ricevuta e l'insieme di frasi che lo sviluppatore ha inserito come Shortcuts per la propria applicazione;
5. se la ricerca della corrispondenza ha dato esito positivo viene selezionato l'intento;
6. viene richiamata la porzione di codice che porterà a termine l'intento;
7. viene costruita e ritornata la risposta al dispositivo che ospita l'assistente;
8. il dispositivo riferisce la riposta all'utente che potrà procedere con una nuova richiesta fino al termine dell'esecuzione dell'abilità.

Progettazione

Nella costruzione di una Shortcut la prima attività da svolgere è l'analisi dei requisiti ovvero comprendere dettagliatamente il comportamento che si vuole ottenere. L'attività successiva, invece, è la progettazione che deve essere mirata a tre aspetti:

* tipologia e formato delle richieste accettate;
* tipologia e formato delle risposte che l'utente si aspetta;
* modalità di invocazione.

Per richieste e risposte è necessario ragionare sullo scopo della Skill che si vuole implementare e svolgere un'analisi statistica e probabilistica sulle frasi che l'utente potrebbe pronunciare o aspettarsi dall'assistente. In questo caso le frasi di richiesta assumono un importanza minore in quanto una delle funzionalità su cui Apple punta molto è fornire all'utente la possibilità di personalizzarle dall'applicazione Shortcuts. L'obiettivo primario perciò si sposta dalla conversazione alla capacità di soddisfare un la richiesta dell'utente mentre assume un ruolo meno rilevante rendere la conversazione naturale. Durante l'esecuzione della *build* dell'applicazione, Siri sarà automaticamente addestrato sulle frasi immesse per interpretarle correttamente e di conseguenza verrà aggiornata Shortcuts.
Per la modalità di invocazione, anche Apple fa una distinzione:

- invocazione esplicita;
- invocazione implicita.

L'invocazione esplicita è la più comunemente utilizzata e consiste nell'esprimere una frase che riporti la seguente struttura:

1. parola di attivazione: "Hey Siri";
2. parola di avvio: chiedi, fai, dimmi, raccontami e vocaboli simili;
3. nome di invocazione: nome deve identifica il *Comando*;
4. parametri: parametri aggiuntivi, possibilmente opzionali, implementati come variabili che specificano ulteriormente la richiesta dell'utente;
5. elementi aggiuntivi: l'utente può pronunciare parole aggiuntive con lo scopo di contestualizzare o precisare il dominio della richiesta.

Grazie a questa struttura fissa, Siri è in grado di comprendere quale Shortcuts attivare per avviare la conversazione.
L'invocazione implicita, invece, si verifica quando l'utente effettua una richiesta senza aver esplicitato la Shortcut o l'intento da eseguire. In questo caso la business logic di Siri deve comprendere la richiesta e associare la Shortcuts che ritiene più corretta; qualora non ne trovasse alcuna, effettuerà una ricerca in Internet inserendo come testo la richiesta stessa e ritornerà come risposta i risultati. Tuttavia il funzionamento di questa modalità non è garantito da Apple in quanto è ancora in uno stato embrionale e richiede, come condizione necessaria ma non sufficiente, che lo sviluppatore abbia inserito un numero di frasi ampio e completo per l'addestramento.

Implementazione

L'attività che segue è l'implementazione e in merito a ciò Apple offre uno strumento: Sirikit. Più in dettaglio è un insieme di strumenti che forniscono un'interfaccia per costruire interazioni tra Siri e le applicazioni. Le Shortcuts si basano sulla *NLU* di Siri e prevedono l'utilizzo obbligatorio di Xcode in quanto devono essere inserite nel progetto designato per la loro integrazione.
Apple è da sempre molto pignola in materia di autorizzazioni e sia per l'utilizzo dei propri strumenti ma anche per il software. Quindi per implementare una Shortcuts è prevista prima una serie di passaggi:

- abilitare la Capability di Siri nel proprio progetto di Xcode;
- configurare il file Info.plist includendo una chiave il cui valore è una stringa che descrive quali informazioni l'applicazione condivide con SiriKit;
- richiedere l'autorizzazione dell'applicazione iOS. Per farlo è necessario includere il metodo *requestSiriAuthorization(_:)* della classe INPreferences immediatamente dopo il codice che avvia l'applicazione. Grazie a ciò appare il prompt che fa scegliere all'utente se autorizzare o negare l'applicazione all'utilizzo di Siri. È comunque possibile cambiare tale scelta nelle impostazioni del dispositivo.

La maggior parte delle interazioni possibili tramite SiriKit è gestita dalle *App Extension* ovvero estensioni delle funzionalità predefinite per un'applicazione sotto forma di intento. Queste si suddividono in due tipologie:

* *Intent App Extension*: l'utente effettua una richiesta, essa viene ricevuta dall'applicazione che successivamente seleziona l'intento corretto per soddisfarla;
* *Intent UI App Extension*: consiste in un *intent App Extension* come la precedente in cui però, dopo aver soddisfatto la richiesta dell'utente, visualizza i contenuti in una finestra personalizzata. È un arricchimento non obbligatorio che si pone l'obiettivo di migliorare ll'esperienza d'uso dell'utente.

Il principio di costruzione è uguale per entrambe con l'ovvia differenza che per la seconda è necessario provvedere ad un'interfaccia grafica aggiuntiva. I passi sono quindi i seguenti:

* verificare che il procedimento di autorizzazione sia stato eseguito correttamente. Questo è possibile farlo controllando tramite Xcode che la Capability di Siri sia abilitata;
* aggiungere un *Intents App Extension* (o *Intent UI App Extension*) al progetto dal menu File > New > Target;
* specificare gli intenti supportati dall'Extension scelta all'interno del file Info.plist;
* scegliere dove salvare le proprie risorse. per farlo è opportuno utilizzare un container condiviso (scelta consigliata) oppure costruire un proprio servizio in un framework privato;
* creare tante classi handler quanti sono gli intent che si vogliono gestire e definire le operazioni da svolgere al loro interno;
* eseguire i test con procedura fornita da Xcode per le applicazioni iOS.

Per quanto rigurarda l'aggiunta degli intenti anche Apple, come i suoi competitori, fa una distinzione:

* *System intents*: intenti di sistema preconfigurati da Apple;
* *Custom intents*: intenti che lo sviluppatore costruisce e personalizzare in base alle sue esigenze.

I *System intents* rappresentano le azioni più comunemente eseguite e prevedono un flusso di conversazione, opportunamente addestrato e testato, per il quale le app di sistema forniscono tutti i dati previsti.
I *Custom intents*, a differenza dei precedenti, permettono agli sviluppatori di creare degli intenti personalizzati in aggiunta ai System intents. Si deve quindi definire il proprio flusso di conversazione inserendo le possibili frasi di invocazione e di risposta. In entrambi le tipologie la gestione dell'apprendimento di nuove frasi è privilegiata lato utente perché può inserirle nell'applicazione Shortcuts; tuttavia è possibile delegare questo compito alla business logic di Siri ma è una funzionalità ancora allo stato embrionale. Inoltre, qualora si utilizzassero le *Intents UI App Extension*, lo sviluppatore può implementare una grafica personalizzata senza vincoli alcuni.
Le modalità per costruire gli intenti sono riassunte nei seguenti passaggi:

* aggiungere un Intent Definition File nell'App Target;
* definire il proprio intento sulla base delle funzionalità che si vuole implementare;
* definire gli eventuali parametri (vedi sezione Gestione della comunicazione);

* aggiungere i metadati e i Siri Dialog Data alla propria conversazione;
* definire le gerarchie tra i parametri (opzionale e poco utilizzato);
* definire le eventuali e possibili shortcuts che l'utente può aggiungere dall'apposita applicazione;
* creare e settare le frasi di richiesta e risposta.

Infine Apple non fornisce delle *SDK* che permettano di realizzare quanto illustrato all'interno di un progetto che possieda una propria *NLU*.

Comunicazione

Dato che lo scopo principale delle Shortcuts che Apple mette a disposizione non è costruire delle conversazioni, è stato deciso di non approfondire il metodo di comunicazione che utilizza. Tuttavia è noto che, come per gli altri assistenti, è possibile inserire dei parametri corrispondenti a variabili all'interno delle frasi che vengono storicizzati affinché la Shortcuts non venga portata a termine.

3.4.4 Proof of concept

Come *proopf of concept* è stato pensato di costruire un'applicazione che consentisse l'esecuzione di un ordine di alimenti e quindi di aggiungere una Shortcut che inviasse l'ordine tramite Siri. Per problemi di licenze nell'account sviluppatore di Apple non è stato possibile collegare l'applicazione a Siri e quindi l'applicazione.

3.5 Trattamento dei dati

Per quanto concerne il trattamento dei dati che vengono scambiati nell'esecuzione delle abilità, gli assistenti virtuali operano in modo del tutto simile.
Tutti i dispositivi che integrano un assistente virtuale rimangono sempre in ascolto di qualsiasi parola pronunciata così da essere reattivi in qualunque momento venga lanciata una parola di attivazione che richiami la loro attenzione. Tuttavia, solo le parole recepite dall'attivazione alla conclusione di un'abilità vengono elaborate mentre le altre sono scartate. Questo accade perché le aziende riceverebbero una mole di dati troppo elevata per essere processata, la rete Internet risulterebbe intasata ma soprattutto gli utenti subirebbero una violazione di privacy. Inoltre durante lo scambio dei dati utilizzano il meccanismo OAuth 2.0 per l'autenticazione ed il protocollo HTTPs che aggiunge un ulteriore strato di crittografia.

3.6 Risultati della ricerca

In questa sezione vengono riportati i risultati salienti della ricerca svolta. Nello sviluppo di abilità mirate alle conversazioni gli assistenti virtuali di Google e Amazon offrono rispettivamente Conversational Actions e Skills che sono molto simili come struttura e forniscono le stesse funzionalità. Entrambi hanno un ambiente di sviluppo dedicato per la loro costruzione, Dialogflow per Google e Alexa Developer Console per Amazon e delle API per integrare l'utilizzo dell'assistente nelle proprie applicazioni.
Apple invece non mette a disposizione strumenti per costruire conversazioni ma permette la creazione di comandi con l'obiettivo di migliorare l'interazione degli utenti con i

propri prodotti. Non fornisce comunque delle *API* per realizzare ciò ma uno strumento detto SiriKit. Nella seguente tabella è presentato un confronto sulle funzionalità più rilevanti per lo stage e ad alto livello dei tre assistenti.

Funzionalità	**Assistant**	**Alexa**	**Siri**
Creazione di conversazioni personalizzate	Supporto tramite Conversational Actions sia con le *SDK* sia con Dialogflow	Supporto tramite Skill sia con le *SDK* sia con Alexa Developer Console	Funzionalità non supportata
Integrazione nelle pagine Web	Supporto tramite Content Actions	Funzionalità non supportata	Funzionalità non supportata
Integrazione nelle applicazioni	Supporto tramite App Actions solo su applicazioni Android	Funzionalità non implementata	Supporto tramite Shortcuts solo su applicazioni dell'ecosistema Apple

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.

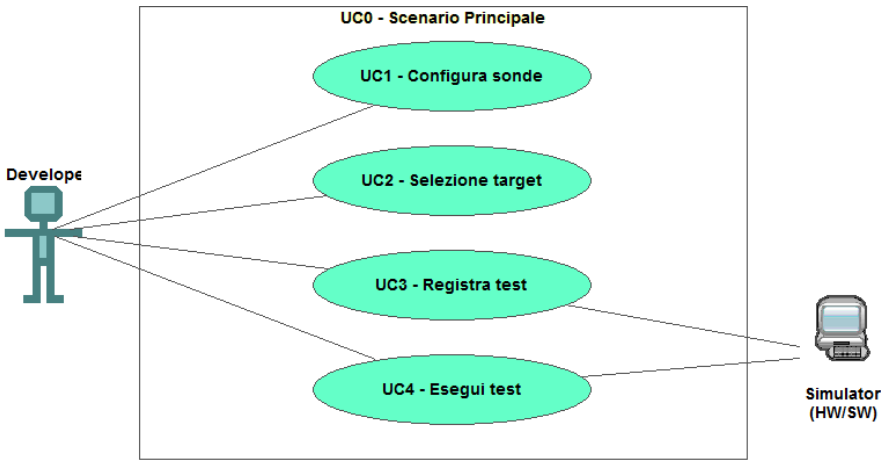


Figura 4.1: Use Case - UC0: Scenario principale

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 requisti 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

Conclusioni

6.1 Consuntivo finale

6.2 Raggiungimento degli obiettivi

6.3 Conoscenze acquisite

6.4 Valutazione personale

Appendice A

Appendice A

Citazione

Autore della citazione

Bibliografia