

Ringraziamo il Professor Angelo Gargantini per i preziosi insegnamenti, inoltre
vogliamo ringraziare le nostre famiglie per il sostegno ed il grande aiuto.

Fabio e Matteo

Indice

I Descrizione del contesto	7
1 Introduzione	9
1.1 Il progetto 3D4Amb	9
1.2 Obiettivo	10
2 L'Ambliopia	11
2.1 Il disturbo	11
2.2 Trattamenti	13
2.2.1 Occlusione	13
2.2.2 Penalizzazione ottica	13
2.2.3 Penalizzazione farmacologica	13
2.2.4 Settorizzazione	13
2.3 L'idea di 3D4Amb	15
3 La tecnologia per il trattamento	17
3.1 Sistema operativo ed ambiente di sviluppo	17
3.1.1 Perchè Android	18
3.1.2 Perchè Android Studio	19
3.2 Google cardboard	20
II Panoramica sull'applicazione	23
4 Car Racing Cardboard: l'applicazione	25
4.1 Il principio del trattamento tramite il gioco	25

4.2	Il gioco	27
4.2.1	Obiettivo	27
4.2.2	Doppia Viewport	28
4.3	Guida all'utilizzo	29
III	Implementazione	35
5	Panoramica su software e hardware	37
5.1	Architettura di sistema	37
5.2	Vista di implementazione software	39
5.3	Scenari e casi d'uso	40
5.3.1	Sign Up	40
5.3.2	Log In utente comune	42
5.3.3	Log In medico	44
5.3.4	Update Info	46
6	Software design	49
6.1	Package Diagram	49
6.2	Component diagram	50
6.2.1	Il sistema di Car Racing Cardboard	50
6.2.2	L'applicazione Android	50
6.2.3	Il server	51
6.2.4	Dettaglio applicazione	51
6.3	Class diagram	53
6.4	Sequence diagram	54
6.4.1	Funzionamento con log in	54
6.4.2	Funzionamento senza log in	55
6.4.3	Funzionamento sign up	55
7	Analisi degli Algoritmi	59
7.1	Penalizzazione progressiva delle immagini	59
7.2	Generazione random scena	61

7.2.1	Nemici	61
7.2.2	Panorama	62
7.3	Cifratura password	63
7.4	Servizio web	64
7.5	Gestione dello scontro con il nemico	81
7.6	Game Thread	86
7.7	Gestione animazioni	91
7.8	Asynctask	93
8	Tool utilizzati	95
8.1	GitHub	95
8.2	Crashlytics	97
IV	Valutazioni finali	101
9	Social media	107
10	Conclusioni	109
10.1	Paper	110
10.2	Sviluppi futuri	111

Parte I

Descrizione del contesto

Capitolo 1

Introduzione

In questo primo capitolo viene spiegato di cosa tratta il progetto 3D4Amb, del quale fa parte questo lavoro (1.1) e qual è l'obiettivo di questa tesi (1.2).

1.1 Il progetto 3D4Amb

Il progetto 3D4Amb mira a sviluppare un sistema basato sul 3D per la diagnosi e il trattamento dell'ambliopia nei bambini piccoli.

Sfrutta la tecnologia 3D active shutter per garantire una visione binoculare, cioè per mostrare immagini diverse all'occhio normale e all'occhio pigro. Essa dovrebbe consentire una facile diagnosi dell'ambliopia e il suo trattamento per mezzo di giochi interattivi e attività di intrattenimento. Non dovrebbe soffrire dei problemi del trattamento classico dell'occlusione, è adatto ad un uso domestico, e potrebbe, almeno in parte, sostituire l'occlusione dell'occhio normale.

L'obiettivo principale di questo progetto di ricerca, denominato 3D4Amb, è di sviluppare un sistema per la diagnosi e il trattamento di ambliopia, basata sulla visione binoculare in modo accessibile. Con il termine accessibile si intende: poco costoso, user friendly, adatto per uso domestico e facilmente estendibile.

Tutte le informazioni sul progetto sono reperibili sul sito: <http://3d4amb.unibg.it/>
Car Racing Cardboard è un'applicazione per la piattaforma Android, il suo scopo è curare una patologia come l'ambliopia attraverso un gioco, in modo tale da far

divertire il paziente ed allo stesso tempo sottoporlo al trattamento per la cura della sua malattia.

1.2 Obiettivo

L’obiettivo di fondo era quello di un **upgrade** della tesi triennale, dove era stato fatto un restyling di un videogioco desktop, chiamato Space Invaders¹.

Nel 2013 provare il tipo di trattamento proposta da 3D4Amb avrebbe implicato l’acquisto di una scheda grafica 3D e di un monitor 3D.

Oggi con Car Racing Cardboard, è sufficiente acquistare un visore 3D come Google Cardboard (reperibile a circa 10\$ online), praticamente tutti possiedono uno smartphone, quindi la terapia “mnobile” proposta da 3D4Amb è in grado di raccogliere un bacino d’utenza molto più ampio.

¹<http://3d4amb.unibg.it/software/spaceinvaders.it.html>

Capitolo 2

L’Ambliopia

In questo secondo capitolo viene spiegato il l’ambito nel quale opera questa tesi (2.1), quali sono i tipi di trattamento al momento disponibili (2.2) e la nuova tipologia di trattamento proposta dal progetto 3D4Amb (2.3).

2.1 Il disturbo

L’ambliopia è una condizione di ridotta acuità visiva mono o bilaterale e si manifesta indipendentemente da causa organica. È dovuta ad una inadeguata stimolazione visiva durante il periodo plastico del sistema visivo, ossia il periodo che va dalla nascita fino ai sette anni.

Il soggetto in cui è presente l’ambliopia soffre di un’alterazione della visione dello spazio: le immagini che provengono dagli occhi non vengono correttamente rielaburate all’interno del cervello. Questo causa una scorretta comprensione dello spazio che lo circonda e causa una percezione scorretta della profondità, dei movimenti e dei contrasti. È presente nel 2-4% della popolazione, la sua incidenza è più elevata in associazione con alcune condizioni quali prematurità, sindrome di Down, patologia neurologica e familiarità per ambliopia o strabismo. Spesso le persone non si accorgono nemmeno di esserne affette fino ai 20-30 anni, per questo è fondamentale la diagnosi.

Può colpire i bambini dalla nascita fino ai 7 anni, età in cui il sistema visivo raggiunge la sua maturità. Durante questo periodo iniziale l’ambliopia può essere trattata e

prevenuta, mentre superata questa fase l'istaurazione della malattia diventa impossibile, ma, nel caso fosse presente, essa risulta irreversibile. L'ambliopia funzionale deve essere distinta dall'ambliopia organica, la quale è un impoverimento della visione, causata da anomalie strutturali dell'occhio o del cervello, che sono indipendenti dagli input sensoriali.

L'ambliopia funzionale è reversibile se trattata con la stimolazione visiva adeguata, mentre quella organica non subisce alcun beneficio da una stimolazione visiva. Il videogioco di rebalance ha quindi effetto solo sull'ambliopia funzionale e non su quella organica.

2.2 Trattamenti

Il trattamento precoce dell’ambliopia è fondamentale per ottenere buoni risultati, la correzione oculare avviene in diversi modi:

2.2.1 Occlusione

La terapia occlusiva si basa sulla copertura dell’occhio sano per stimolare l’occhio ambliope. Solitamente nei pazienti affetti anche da strabismo l’occlusione avviene a tempo pieno; tuttavia l’occlusione a tempo pieno, o occlusione totale, può causare un ambliopia inversa nei soggetti sotto i 4-5 anni. Per evitare l’insorgere di questo ulteriore problema, la condizione dell’ambliopia deve essere monitorata ogni settimana per l’età del bambino. Per esempio, un bambino di due anni va monitorato ogni due settimane, uno di tre ogni tre settimane. Nel caso in cui venga riscontrato che il paziente non sopporta un’occlusione totale si applica un’occlusione parziale, ossia solo qualche ora al giorno.

2.2.2 Penalizzazione ottica

Attuata con filtri di Bangerter (lenti con gradi diversi di opacizzazione, a seconda della entità della penalizzazione che si vuole attuare) o con lenti più forti o più deboli poste davanti all’occhio sano per costringere quello malato a lavorare; come l’occlusione parziale, viene attuata o per coloro che necessitano di una occlusione “morbida” o come terapia di mantenimento.

2.2.3 Penalizzazione farmacologica

Viene effettuata con un collirio cicloplegico instillato nell’occhio sano per escluderlo dal processo di visione e costringere quello malato a lavorare.

2.2.4 Settorizzazione

Consiste nella copertura di parte del campo visivo dell’occhio sano con pellicole adesive traslucide sugli occhiali.

Per il trattamento dell’ambliopia sono stati proposti anche degli stimolatori visivi di tipo elettrico (trattamento CAM-Cambridge Stimulator e trattamento Flicker): vengono inviati stimoli luminosi di vario tipo sulla retina dell’occhio ambliope, forzandolo a trasmettere l’impulso luminoso al cervello, e riattivando così i canali impigriti dall’ambliopia. L’efficacia di queste metodiche è ancora oggi molto dibattuta. Recentemente si stanno utilizzando farmaci neuroprotettivi come sostegno alla terapia occlusiva: studi recenti indicano che in questo modo viene potenziato l’effetto della terapia occlusiva e viene più facilmente stabilizzato il miglioramento della funzione visiva.

2.3 L'idea di 3D4Amb

3D4Amb ha ideato un sistema basato sulle tecnologie 3D per consentire la visione binoculare. L'uso classico di un sistema 3D è quello di fornire ai due occhi diverse immagini della stessa scena con angoli di visualizzazione leggermente sfalsati che corrispondono ai diversi punti di vista dell' occhio destro e sinistro. Questa visione produce un'illusione di profondità della scena ed è la base della realtà virtuale.

Il principio primario del sistema è che all' occhio ambliope (o occhio pigro) e all'occhio normale sono mostrate due immagini differenti ma correlate. Questo principio può essere utilizzato nella pratica per il trattamento di ambliopia, andando a mostrare all'occhio ambliope la parte più interessante dei frame della clip o del gioco, mentre all'occhio non ambliope (o buono) viene mostrata la parte meno interessante. Il contenuto da mostrare al paziente (gioco o immagine) viene diviso da 3D4Amb in due parti, una per l'occhio destro (occhio ambliope, Figura 2.1) e una per l'occhio sinistro (occhio buono, Figura 2.1). Il software 3D4Amb deciderà cosa inviare ad entrambi gli occhi a seconda del tipo di trattamento suggerito dal medico. Si noti che l'occhio pigro del bambino è più stimolato a lavorare, ma l'occhio sano non è "patchato". Il cervello del paziente ha il compito di unire le due immagini per visualizzare il frame completo con successo ed eseguire correttamente operazioni semplici in caso di gioco interattivo. Per assicurarsi che il paziente possa unire le due immagini sono presenti un numero significativo di elementi comuni ad entrambe le immagini. Notare che il frame finale è una rappresentazione bidimensionale in quanto l'obiettivo è quello di non stimolare la visione stereo del paziente (almeno inizialmente).[7]

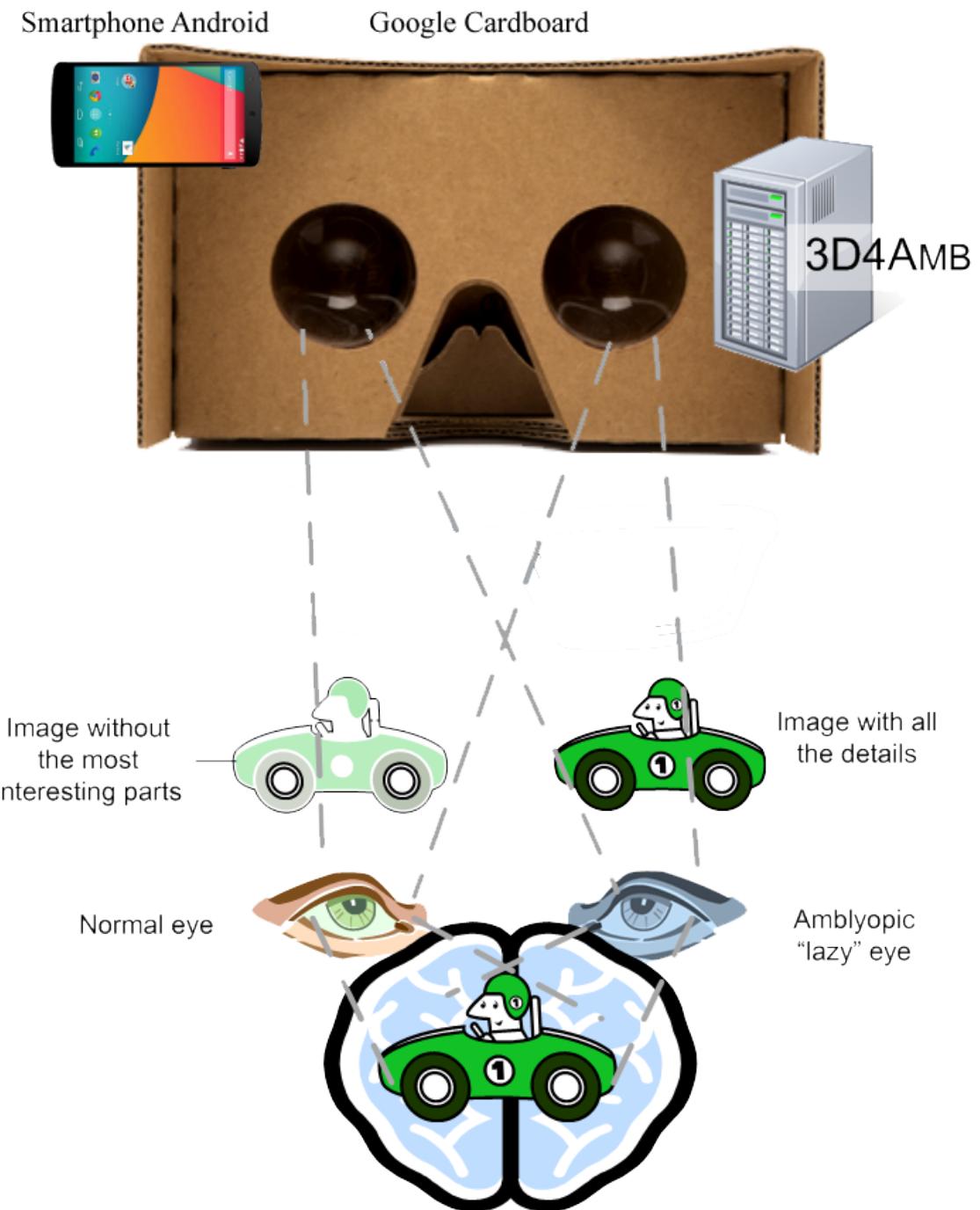


Figura 2.1: La tecnologia di 3D4Amb

Capitolo 3

La tecnologia per il trattamento

In questo terzo capitolo viene spiegata la scelta del sistema operativo dell'applicazione realizzata e l'ambiente di sviluppo utilizzato (3.1), inoltre il capitolo contiene la descrizione al visore 3D “ideale” con il quale interagisce l'applicazione (3.2).

3.1 Sistema operativo ed ambiente di sviluppo

L'applicazione è stata progettata e sviluppata per il mondo Android. I software utilizzati per l'implementazione sono stati:

- L'ultima versione del JDK, il kit di sviluppo per la tradizionale programmazione Java, reperibile dal sito Oracle¹ .
- L'IDE (ambiente di sviluppo integrato) Android Studio, alternativa fresca e promettente ad Eclipse. La sua installazione include il pacchetto di strumenti Android SDK, il quale è costituito da programmi, emulatori e piattaforme per ogni versione di Android. La sua composizione inoltre non è immutabile, ma viene gestita tramite il programma Android SDK Manager, avviabile dall'IDE, grazie al quale siamo stati in grado di profilare le piattaforme e gli strumenti presenti nel SDK nella maniera più congeniale al nostro lavoro.

¹<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>

In particolare si è deciso che il requisito minimo che deve possedere lo smartphone dell’utente che utilizza l’applicazione sia un livello di API(Application Programming Interface) 15, ovvero dal sistema operativo Android 4.0.3 ² in poi.

3.1.1 Perchè Android

La scelta di sviluppare l’applicazione per il sistema operativo Android, anzichè ad esempio per iOS o Windows Phone, è figlia delle seguenti riflessioni: Innanzitutto il sistema Android sta dilagando. Non è più solo questione di smartphone o tablet. Si sta imponendo come sistema operativo in grado di animare qualsiasi dispositivo più o meno mobile tanto da apparire, in prospettiva non troppo futuristica, una presenza sempre più costante nel nostro quotidiano. Gli è stata inoltre attribuita la più veloce diffusione mai vista per un sistema operativo mobile. Gran parte del merito è dovuto alle radici ben salde nel mondo open source. Il sistema operativo Android, infatti, è figlio di Linux, ed ha attirato l’interesse di tanti sviluppatori che per anni si sono stretti intorno ai grandi bacini del software libero. Accoglie inoltre in sé tutto il meglio di quanto è stato ideato per supportare lo sviluppo del web, desktop e mobile sia in termini di pattern progettuali che di librerie software. Per decretare un successo tanto ampio è necessario che ci sia anche un forte riscontro di pubblico. Sicuramente un qualcosa che ha contraddistinto questo sistema è stata la sua adozione da parte di dispositivi molto diversi tra loro, non solo per tipologia (smartphone piuttosto che tablet), ma soprattutto per fasce di prezzo, da poche decine di euro fino a cifre piuttosto significative. Ciò ne ha permesso una diffusione molto diverificata trasversalmente alle diverse categorie sociali, ma ha causato di riflesso una frammentazione notevole dello scenario applicativo costringendo gli sviluppatori ad una particolare cura degli aspetti di adattamento alle caratteristiche del dispositivo ospite. Proprio in questo, Android ha dimostrato la sua grande modernità offrendo tutto il supporto necessario per permettere all’applicazione in esecuzione di adeguarsi ad ogni circostanza.

Parlando di numeri, Android domina fra gli smartphone con una quota di mercato dell’ 84,7%. E’ il dato principale che emerge dall’ analisi della società di ricerca

²(ICE_CREAM SANDWICH_MR1)

Idc sul mercato dei cellulari. Il sistema operativo mobile di Google, a differenza di quello di Apple, è presente su decine di modelli di cellulari di marche diverse e domina il mercato lasciando alla “Mela” l’11,7% di share [2].

3.1.2 Perchè Android Studio

Dopo aver scelto per quale sistema operativo sviluppare, un’altra importante scelta è stata quella di identificare l’IDE più adatto alle nostre esigenze. Android Studio è un’alternativa giovane ma molto promettente rispetto ad Eclipse. Esso è sponsorizzato direttamente da Google e pensato appositamente per Android. Gli elementi di Android Studio che spiccano maggiormente sono:

- l’utilizzo di Gradle come strumento di build automation, atto quindi ad accompagnare lo sviluppatore nelle fasi di build, sviluppo, test e pubblicazione della propria app;
- disponibilità di un gran numero di template per la realizzazione di applicazioni già in linea con i più comuni pattern progettuali;
- editor grafico per la realizzazione di layout, molto pratico e dotato di un ottimo strumento di anteprima in grado di mostrare l’aspetto finale dell’interfaccia che si sta realizzando in una molteplicità di configurazioni (tablet e smartphone di vario tipo).



Figura 3.1: Android Logo

3.2 Google cardboard

Google cardboard è una piattaforma per la realtà virtuale sviluppata da Google. Creato da David Coz e Damien Henry, due ingegneri della Google, nel Google Cultural Institute a Parigi nel loro 20% “Innovation Time Off” [6]



Figura 3.2: Google Cardboard

Introdotto nel 2014 al “Google I/O developers conference for Android device”, è formato da un cartone ripiegabile e due lenti, l’utente deve inserirci lo smartphone (Figura 3.2). Questo sistema consente una visione stereoscopica, funziona con differenti smartphone e può essere facilmente usato dai bambini.

Google cardboard non consente un’esperienza immersiva come Oculus rift, il quale necessita però di un PC collegato (ed è ancora in fase di sviluppo), ma è un modo facile ed economico per provare l’esperienza della realtà virtuale, inoltre la maggior parte delle applicazioni sono reperibili gratuitamente.

Esistono rischi per la salute?

Ad oggi non esistono evidenze scientifiche certe e rilevanti a supporto della tesi secondo cui le tecnologie 3D siano responsabili (o corresponsabili) della patogenesi di disturbi e difetti a carico dell’apparato della vista.

Tuttavia, è importante notare che l’assenza di prove a sostegno della tesi non implica

la sua totale infondatezza, cioè in altre parole almeno per il momento non siamo in grado di mettere in relazione con certezza i due elementi.

Parte II

Panoramica sull'applicazione

Capitolo 4

Car Racing Cardboard: l'applicazione

Questo capitolo contiene la descrizione del principio di trattamento del gioco (4.1), la spiegazione degli obiettivi del gioco (4.2), e una guida all'utilizzo dell'applicazione (4.3).

4.1 Il principio del trattamento tramite il gioco

L' applicazione sviluppata in questo progetto di tesi, punta a sfruttare le potenzialità del Google Cardboard per correggere il disturbo dovuto all'ambliopia. Fino ad ora, il trattamento standard consolidato per la cura della malattia è stato l'occlusione visiva. Questa tecnica può però presentare alcuni limiti:

- in primo luogo la compliance (adesione del paziente alla terapia) è un fattore limitante da non trascurare, soprattutto quando la profondità dell'ambliopia richiede tempi lunghi di trattamento;
- Inoltre, l'occlusione è gravata dalla tendenza alla perdita di efficacia nel breve periodo. Infatti fino al 50% dei benefici ottenuti vengono persi, se i risultati funzionali non sono stati resi stabili, prolungando il trattamento per un tempo sufficientemente lungo, dopo che si è registrato il miglioramento del visus.

Probabilmente la tendenza alla perdita di effetto è dovuta, almeno in parte, al fatto che l’occlusione non affronta un altro importante aspetto della terapia dell’ambliopia, cioè la stimolazione diretta dell’occhio con il deficit visivo. Sulla base di questo, si è quindi pensato di realizzare un gioco interattivo che punti alla cura dell’occhio ampiope in modo più coinvolgente. Grazie quindi all’accessibilità dei Google Cardboard, all’evoluzione del mondo Android ed all’intrattenimento volontario ed intrinsecamente motivato dato dal gioco, è stato possibile creare un metodo di cura innovativo.



Figura 4.1: Interactive game scene

4.2 Il gioco

4.2.1 Obiettivo

L'applicazione Car Racing Cardboard consiste in un gioco il cui obiettivo è quello di ottenere il maggior punteggio possibile. L'utente ha la possibilità di manovrare un veicolo attraverso tre corsie. Il punteggio del gamerplayer incrementa ogni volta che si evita un ostacolo, costituito dalle macchine che pervengono nella nostra direzione sulle tre corsie. Inizialmente la posizione del veicolo controllato dall'utente è nella corsia centrale, ma non appena inizia il gioco, si ha la possibilità di spostarsi a destra o a sinistra. Lo spostamento del veicolo viene gestito tramite un dispositivo bluetooth collegato allo smartphone o tramite degli auricolari aventi i pulsanti UP, DOWN e PLAY. Oltre al punteggio, esistono altre due variabili dipendenti dal comportamento dell'utente: una che conteggia le vite a disposizione ed una che indica il livello raggiunto. Inizialmente il gamerplayer ha a disposizione un totale di tre vite, le quali decrementano nel momento in cui avviene una colluttazione con una macchina proveniente dal verso opposto. Il livelli inoltre incrementano col passare del tempo. La difficoltà del gioco, caratterizzata dal numero e dalla velocità dei nemici, incrementa con l'aumentare dei livelli.

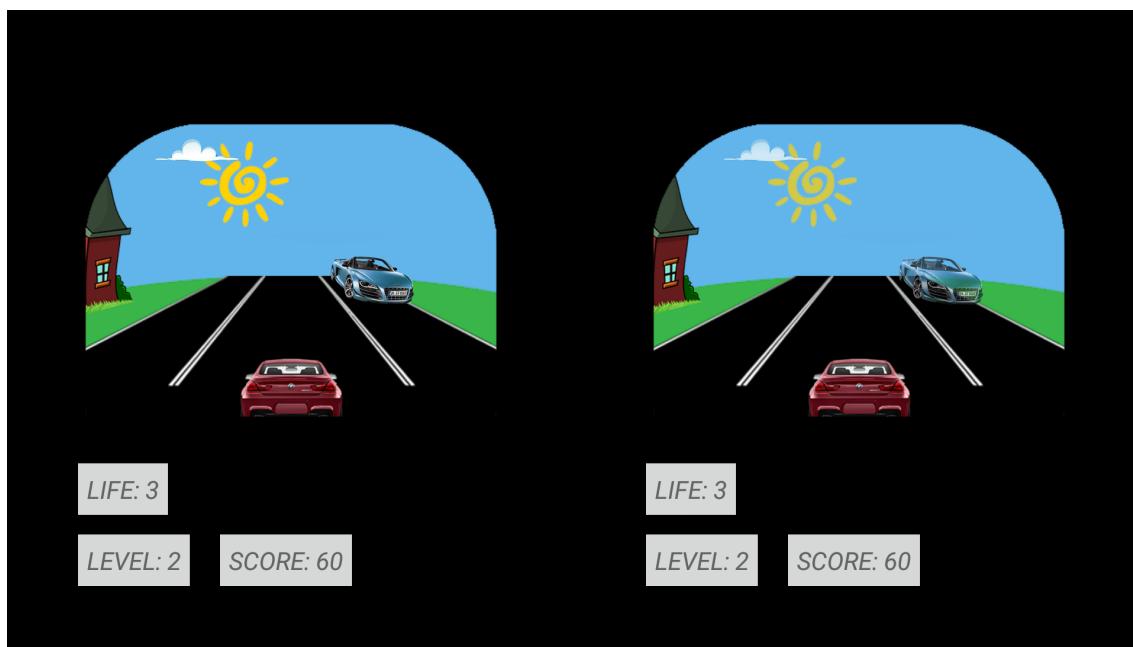


Figura 4.2: una scena del gioco

4.2.2 Doppia Viewport

Come si può vedere dall’immagine 5.2, l’applicazione viene realizzata renderizzando sullo smartphone dell’utente una doppia Viewport. Questo sdoppiamento, grazie alla tecnologia offerta dal Google Cardboard, permette all’utente una visione stereoscopica del gioco. Le due Viewport sono inoltre fondamentali per il principio di funzionamento della nostra applicazione. Infatti, grazie ad esse è possibile trattare in modo differente l’occhio sinistro dall’occhio destro, e più specificatamente l’occhio ambliope dall’occhio sano. Prima dell’inizio del gioco vero e proprio, l’applicazione da la possibilità di scegliere l’occhio pigro:



Figura 4.3: scelta dell’occhio pigro

In questo modo si da all’applicazione l’opportunità di trattare l’occhio pigro in modo da svilupparne la visione. In particolare l’applicazione andrà a penalizzare l’occhio sano riducendo l’opacità di alcuni elementi che caratterizzano la Viewport come ad esempio i veicoli nemici o il paesaggio, in modo da stimolare e sforzare l’occhio pigro ad allenarsi. La penalizzazione avviene in modo dinamico ed è la chiave della cura. Essa aumenta con l’aumentare dello score e dei livelli raggiunti dall’utente.

4.3 Guida all'utilizzo

Dopo aver scaricato l'applicazione da Google Play Store¹ è possibile friure dei contenuti di Car Racing Cardboard. Connettere quindi lo smartphone agli auricolari, ma aspettare ad inserirlo nel visore 3D. La schermata di avvio è la seguente (Figura 4.4):

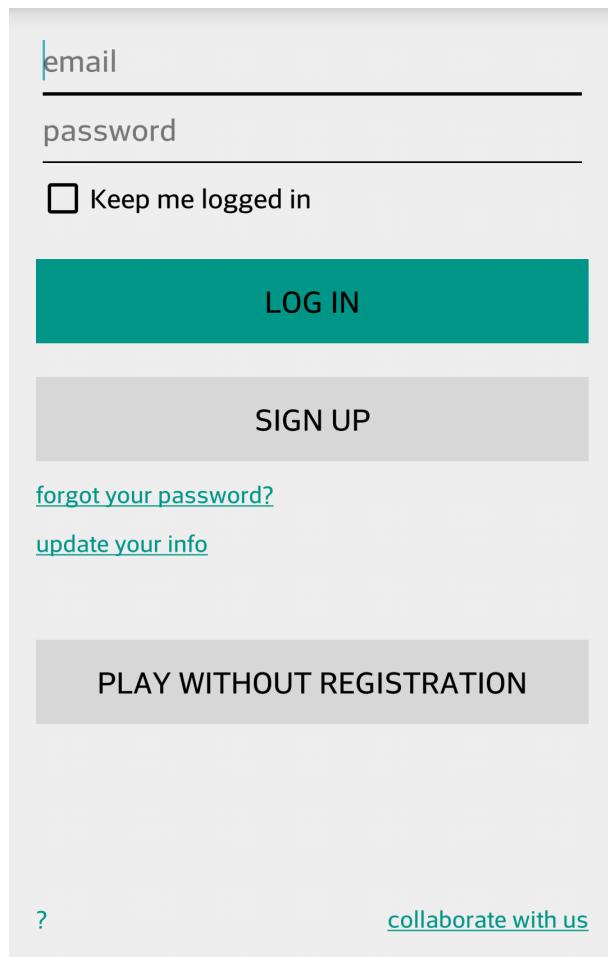


Figura 4.4: Schemata di avvio

Da questa schermata è possibile effettuare il log in, se l'utente è già registrato, in caso contrario è possibile registrarsi premendo sul bottone “SIGN UP”. Prima della schermata di registrazione il sistema mostra un messaggio per ricordare all'utente (qualora esso non sia il paziente, ad esempio un genitore) di inserire i dati del paziente, poiché non avrebbe senso raccogliere informazioni forvianti (Figura 4.5)

¹<https://play.google.com/store/apps/details?id=it.unibg.p3d4amb.carracingcarboard&hl=it>

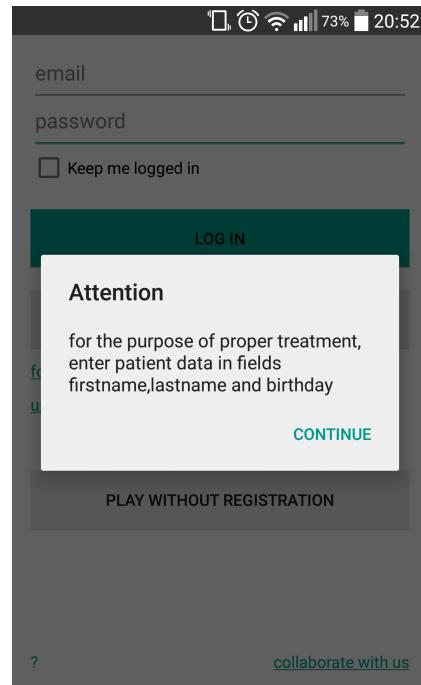


Figura 4.5: Pop up di warning

Cliccando su “CONTINUE” si entra nella vera schermata di registrazione (Figura 4.6):

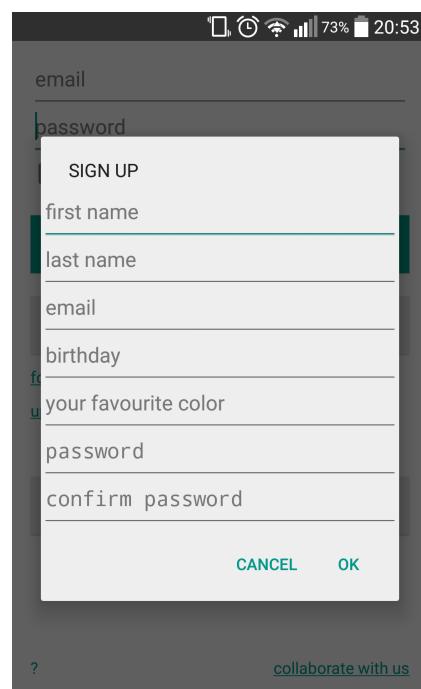


Figura 4.6: Registrazione nuovi utenti

Qui bisogna inserire: Nome, Cognome, email, data di nascita, colore preferito e

password. Il colore viene utilizzato in caso di password dimenticata, come domanda di sicurezza. Nell’eventualità in cui un utente si dimentichi la sua password, dalla schermata iniziale (Figura 4.4) premendo su “forgot your password?” si accede al pop up di ripristino (Figura 4.7).

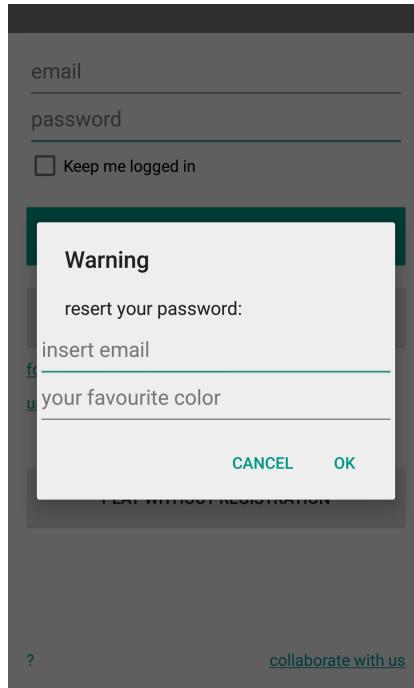


Figura 4.7: Pop up di reset della password

Inserendo l’indirizzo email valido ed il colore corretto, il sistema invia una mail con la nuova password, che sarà possibile ri-personalizzare premendo su “update your info” (Figura 4.4). Sempre dalla schermata iniziale è possibile, premendo su “?” aprire il sito dedicato a Car Racing Cardboard²(Vedia anche 9). Cliccando su “collaborate with us” è possibile inviare una mail allo staff di 3D4Amb, questo possibilità è stata pensata per collaborazioni con medici e/o centri di ipovisione, interessati a collaborazioni(Figura 4.8).

²<http://3d4amb.unibg.it/3dcar/cardboard%20site/>

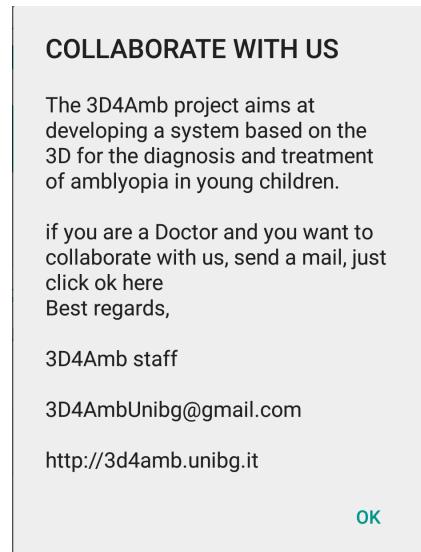


Figura 4.8: Pop up collaborate with us

Non sarebbe efficiente, ad esempio, per un dottore che ha tre pazienti, dover registrare tre account diversi, in questo caso, è stata prevista la possibilità per i dottori di gestire più pazienti con un unico account, infatti, il sistema è in grado di riconoscere un dottore registrato e lo reindirizza ad una pagina apposita (Figura 4.9).

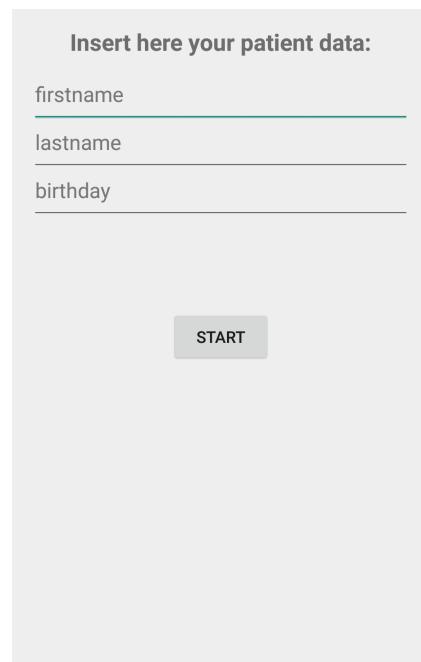


Figura 4.9: Schermata per i dottori

In questo caso il dottore inserisce i dati del paziente (nome, cognome e data di

nascita), il sistema in autonomia verifica se si tratta di un primo inserimento oppure di un “log in”. Nel caso di un primo inserimento viene aggiunto un record alla tabella dei pazienti, questo record è collegato a quello del dottore, per consentire poi un eventuale estrazione dei dati di tutti i pazienti di quel dottore.

Giocare senza registrarsi: un utente può anche accedere al gioco senza registrarsi sul nostro sistema, cliccando su “PLAY WITHOUT REGISTRATION”, in questo caso però non godrà degli stessi servizi di un utente loggato, questa possibilità è stata pensata per chi volesse provare l'applicazione senza per forza dover fornire i propri dati.

Avvio del gioco: dopo aver effettuato il log in o aver avviato l'applicazione con l'opzione senza registrazione, nel caso di un primo avvio viene visualizzato un “video-tutorial” per l'utilizzo del gioco, nel quale vengono descritti i comandi del gioco, è possibile saltare questo video spuntando la checkbox in basso “don't show me again”. A questo punto bisogna inserire lo smarthphone nel visore 3D, ed inserire nel sistema a quale occhio si desidera somministrare il trattamento (Figura 4.3), e premere conferma.

Ora inizia il gioco vero e proprio, l'utente può muovere la sua auto a sinistra premendo il tasto “+” del controller e a destra premendo il tasto “-” (Figura 4.2). La difficoltà aumenta dinamicamente, per rendere via via più stimolante il trattamento. Per ogni sessione di gioco un utente ha tre vite, dopo di che, una volta arrivati al “game over”, l'applicazione chiede se si desidera ricevere via mail lo storico con i risultati (Figura 4.10).



Figura 4.10: Schermata finale

Parte III

Implementazione

Capitolo 5

Panoramica su software e hardware

In questo capitolo troviamo l'architettura di sistema con relativo diagramma (5.1), una panoramica sul software sotto forma di vista di implementazione (5.2) infine una serie di scenari e casi d'uso (5.3).

5.1 Architettura di sistema

Il sistema prevede le seguenti componenti:

- Google Cardboard (vedi sezione 3.2)
- Smartphone Android con connessione internet attiva
- Auricolari con tasti di controllo del volume
- Server con database MySql

Lo smartphone (con S.O. Android) va inserito nel visore, ad esempio Google Cardboard, ma qualora si disponesse di un qualsiasi visore 3D per smartphone il risultato sarà lo stesso, al dispositivo vanno collegati degli auricolari con il controllo del volume (come quelli che si trovano nelle confezioni dei telefoni all'acquisto), saranno necessari per controllare il movimento della macchinina.

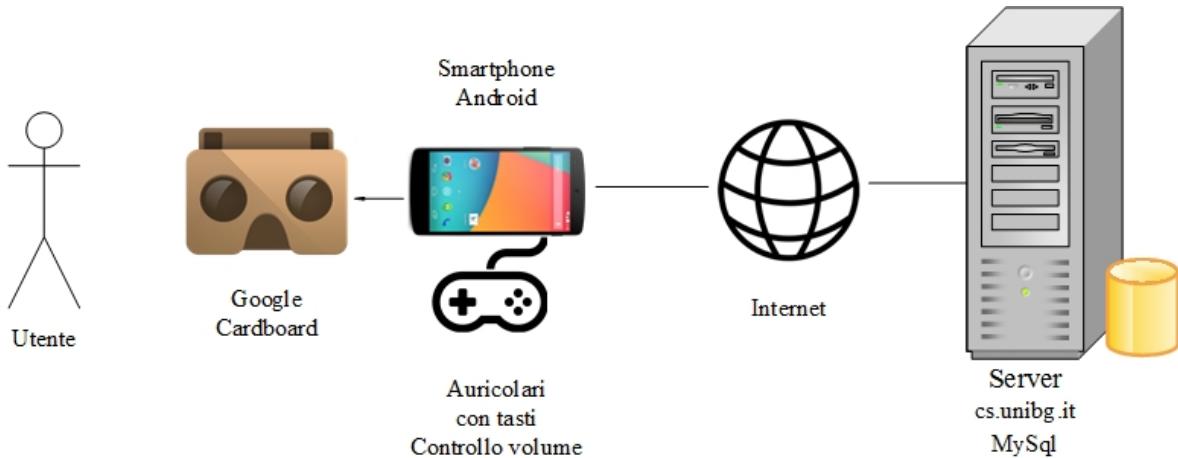


Figura 5.1: Architettura di sistema

La scelta degli auricolari come controller è nata dopo aver notato come l'utilizzo dell'accelerometro (sensore presente su ogni smartphone) come strumento per catturare i comandi dell'utente, causasse un senso di nausea dopo pochi minuti di gioco, si è quindi deciso di utilizzare un controllore esterno.

Dopo di che si è dovuto scegliere il tipo del controllore, dato che i movimenti da controllare erano solo due (sposta a destra e a sinistra l'auto) per essere coerenti con la scelta di un sistema **low cost**, la scelta non è ricaduta su un joy-pad, ma piuttosto sugli auricolari dotati del controllo volume, presenti nella confezione degli smartphone o acquistabili a pochi euro.

Il server è utilizzato per salvare lo storico dei risultati di tutti gli utenti che ne hanno espresso il desiderio, in questo modo è possibile tenere traccia dei loro miglioramenti; è quindi necessario che lo smartphone sia connesso ad internet per poter trasmettere i risultati. Il server è il cs.unibg.it è una macchina Linux e utilizza un database MySql è installato presso il dipartimento di ingegneria dell'Università degli Studi di Bergamo¹ a Dalmine(Bg).

¹<http://www.unibg.it/>

5.2 Vista di implementazione software

Questo grafico mostra dove sono installate le varie componenti software, in che linguaggio sono scritte e come interagiscono tra di loro (Figura 5.2).

Tutte le componenti lato client (Android), sono realizzate in java e xml, per interagire con il servizio web, passano attraverso una classe che gestisce le chiamate post, rappresentata nel grafico come Post Call Manager. Questa classe lancia una serie di chiamate post, grazie alle quali è possibile gestire: la verifica dei dati per il log in, l'inserimento di un nuovo utente tramite il processo di sign up, la modifica dei dati dell'utente e della propria password e la gestione dei dati di gioco. Tutte queste informazioni vengono memorizzate nel database MySql presente sul server cs.unibg.it. Tramite il servizio web, interamente realizzato in php viene anche gestito l'invio delle email contenenti: il riepilogo dei dati di gioco, notifiche di conferma registrazione, cambiamento dati o modifica della password.

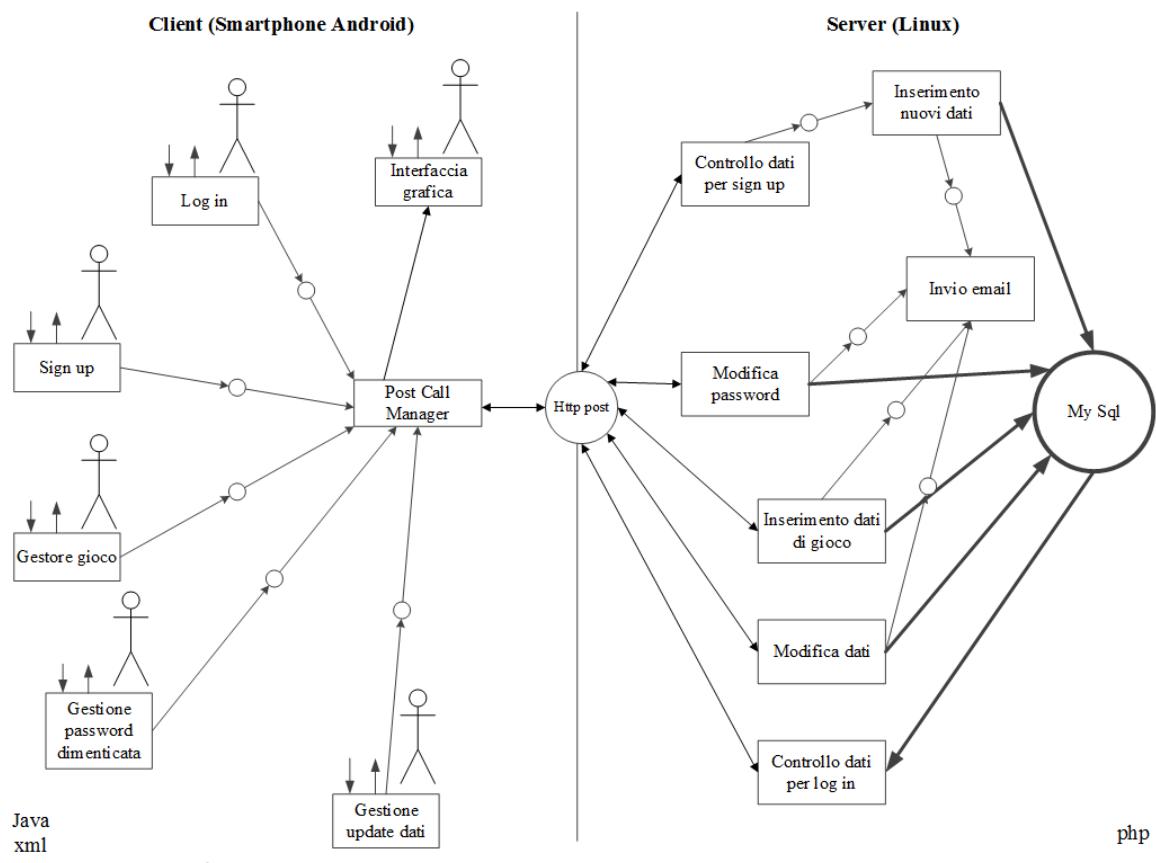


Figura 5.2: Vista d'implementazione del software

5.3 Scenari e casi d'uso

5.3.1 Sign Up

Attori: Utente

Precondizioni: E' necessaria una connessione ad internet.

Passi principali:

1. L'utente lancia l'applicazione.
2. L'utente clicca sul pulsante di Sign Up.
3. L'utente inserisce i propri dati (first name, last name, email, birthday, favourite color, password, password di conferma) e clicca Ok.

Situazioni eccezionali:

- 1a. L'utente lascia vuoti alcuni campi.
- 1b. L'applicazione risponde con un toggle che segnala che alcuni campi sono da compilare e non permette il Sign Up.
- 2a. L' email inserita dall' utente non esiste.
- 2b. L'applicazione risponde tramite una warning, segnalando all'utente l'insistenza dell'email inserita, non permettendo la registrazione.
- 3a. L' email inserita dall' utente è già presente nel database.
- 3b. L'applicazione risponde tramite una warning, segnalando all'utente che la mail non è valida, non permettendo la registrazione.
- 4a. La data di nascita inserita non è valida.
- 4b. L'applicazione risponde tramite una warning, non permettendo la registrazione.

-
- 5a. La password di conferma non corrisponde alla password inserita.
 - 5b. L'applicazione risponde tramite una warning, segnalando l'errore e non permettendo il Sign Up.

Postcondizioni: I dati inseriti dall'utente sono validi e vengono registrati sul database MySql. L'utente è in grado sfruttare tutti i servizi offerti dall'applicazione accedendo tramite la fase di Log In.

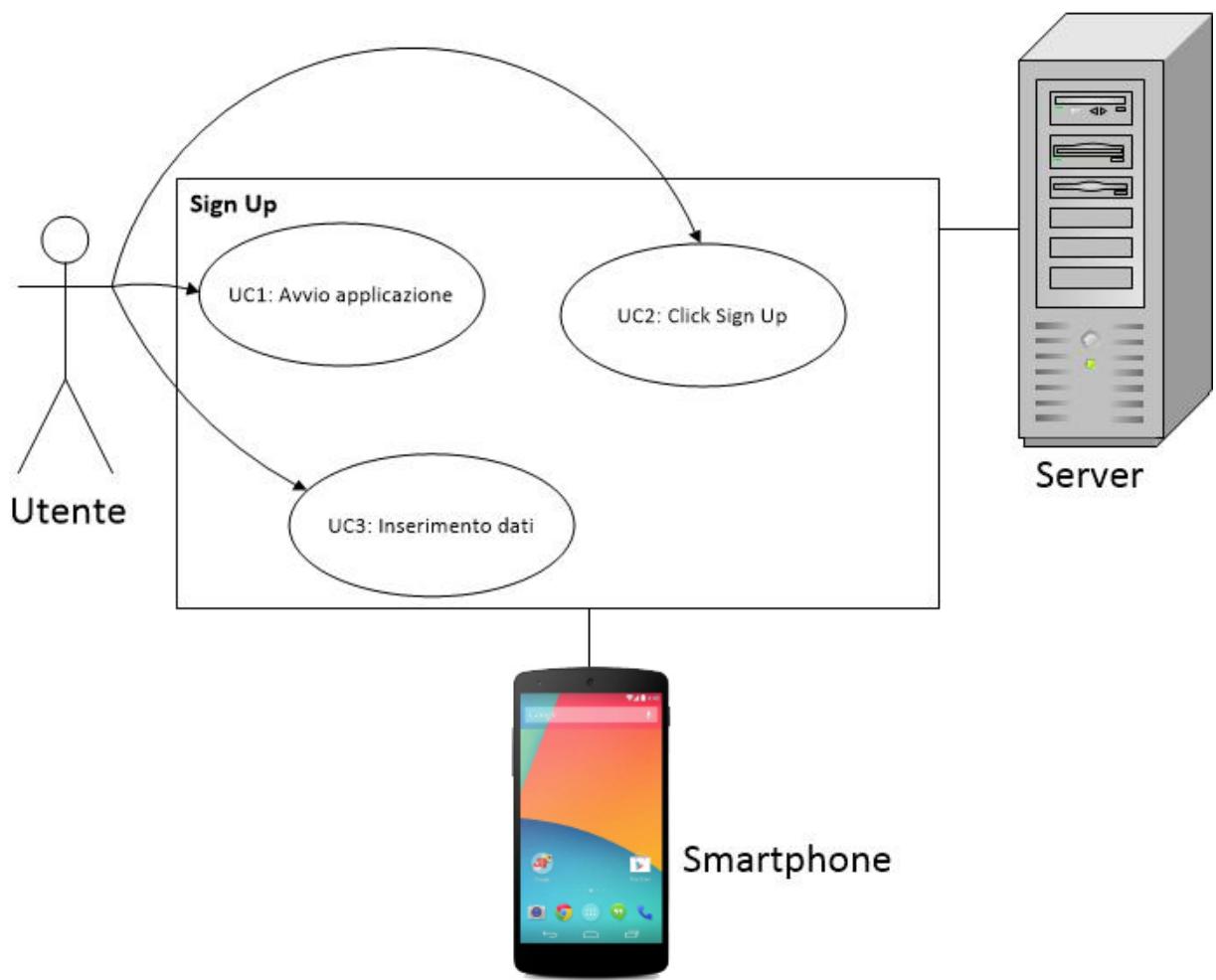


Figura 5.3: Use Case Sign Up

5.3.2 Log In utente comune

Attori: Utente

Precondizioni: E' necessaria una connessione ad internet.

Passi principali:

1. L'utente lancia l'applicazione.
2. L'utente inserisce i campi email e password utilizzati nella fase di Sign Up.
3. L'utente clicca sul pulsante di Log In.

Situazioni eccezionali:

- 1a. L'utente lascia vuoto il campo email o il campo password.
- 1b. L'applicazione risponde con un toggle, il quale segnala che alcuni campi sono da compilare e non permette il Log In.
- 2a. L'utente inserisce un email non presente nel database.
- 2b. L'applicazione risponde tramite una warning, segnalando all'utente la non presenza dell' email nel database MySql.
- 3a. L'utente inserisce un email presente nel database ma con password scorretta.
- 3b. L'applicazione risponde tramite una warning, segnalando all'utente che la password inserita non è corretta, non permettendo il Log In.

Postcondizioni: Le credenziali di accesso inserite dall'utente sono valide ed il Log In viene eseguito.

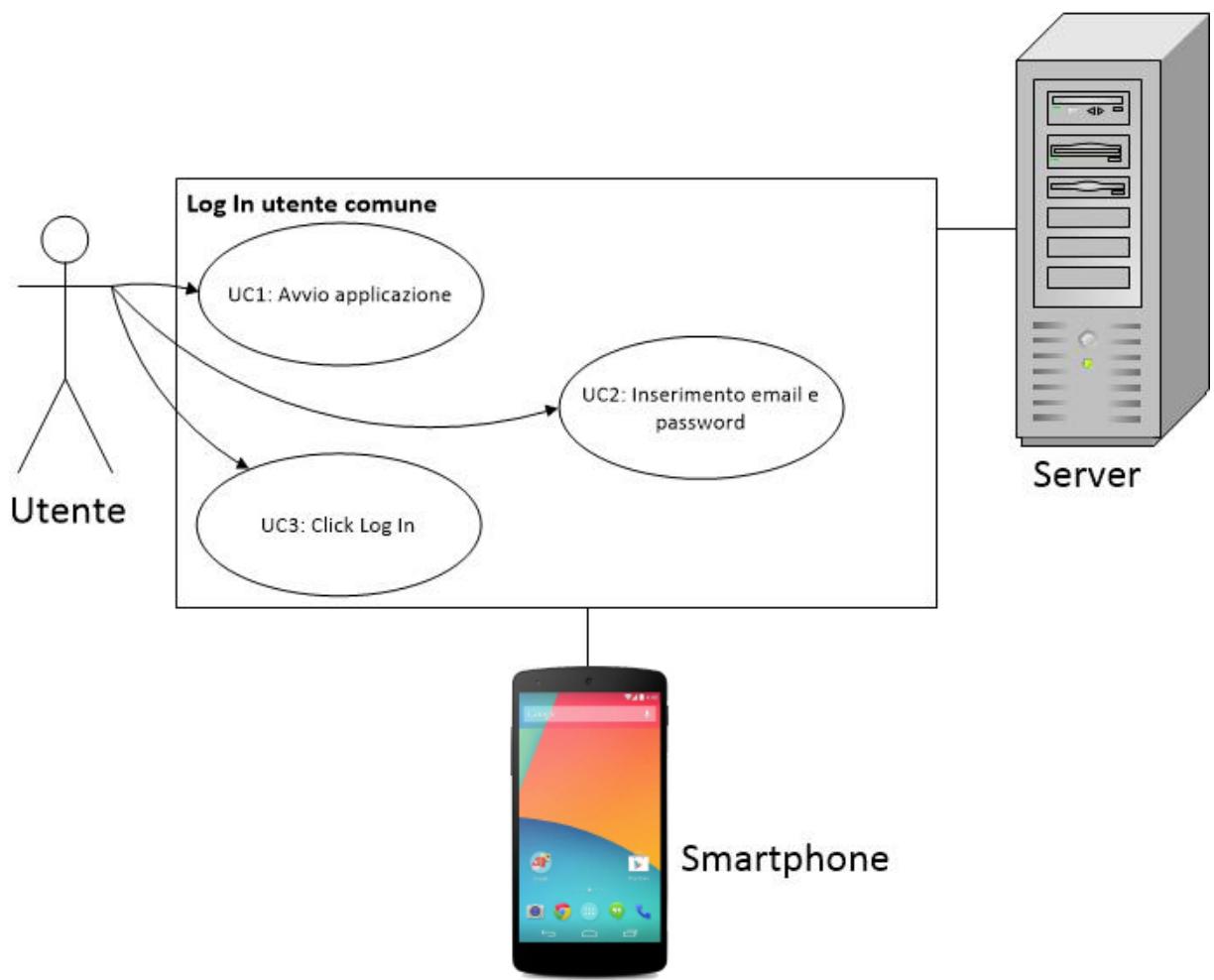


Figura 5.4: Use Case Log In utente comune

5.3.3 Log In medico

Attori: Medico

Precondizioni: E' necessaria una connessione ad internet. E' necessario che il medico abbia sottomano i dati del paziente.

Passi principali:

1. Il medico lancia l'applicazione.
2. Il medico inserisce i campi email e password utilizzati nella fase di Sign Up.
3. Il medico clicca sul pulsante di Log In.
4. Il medico inserisce i dati del paziente nella form successiva alla fase di Log In.

Situazioni eccezionali:

- 1a. Il medico lascia vuoti alcuni dati del paziente
- 1b. L'applicazione risponde con un toggle, il quale segnala che alcuni campi sono da compilare e non permette l'avvio del gioco.
- 2a. L'utente inserisce una data di nascita non valida per il paziente.
- 2b. L'applicazione risponde tramite una warning, segnalando che la data non è valida e non permettendo l' avvio del gioco.

Postcondizioni: Le credenziali del paziente inserite dal medico sono corrette ed il gioco viene avviato.

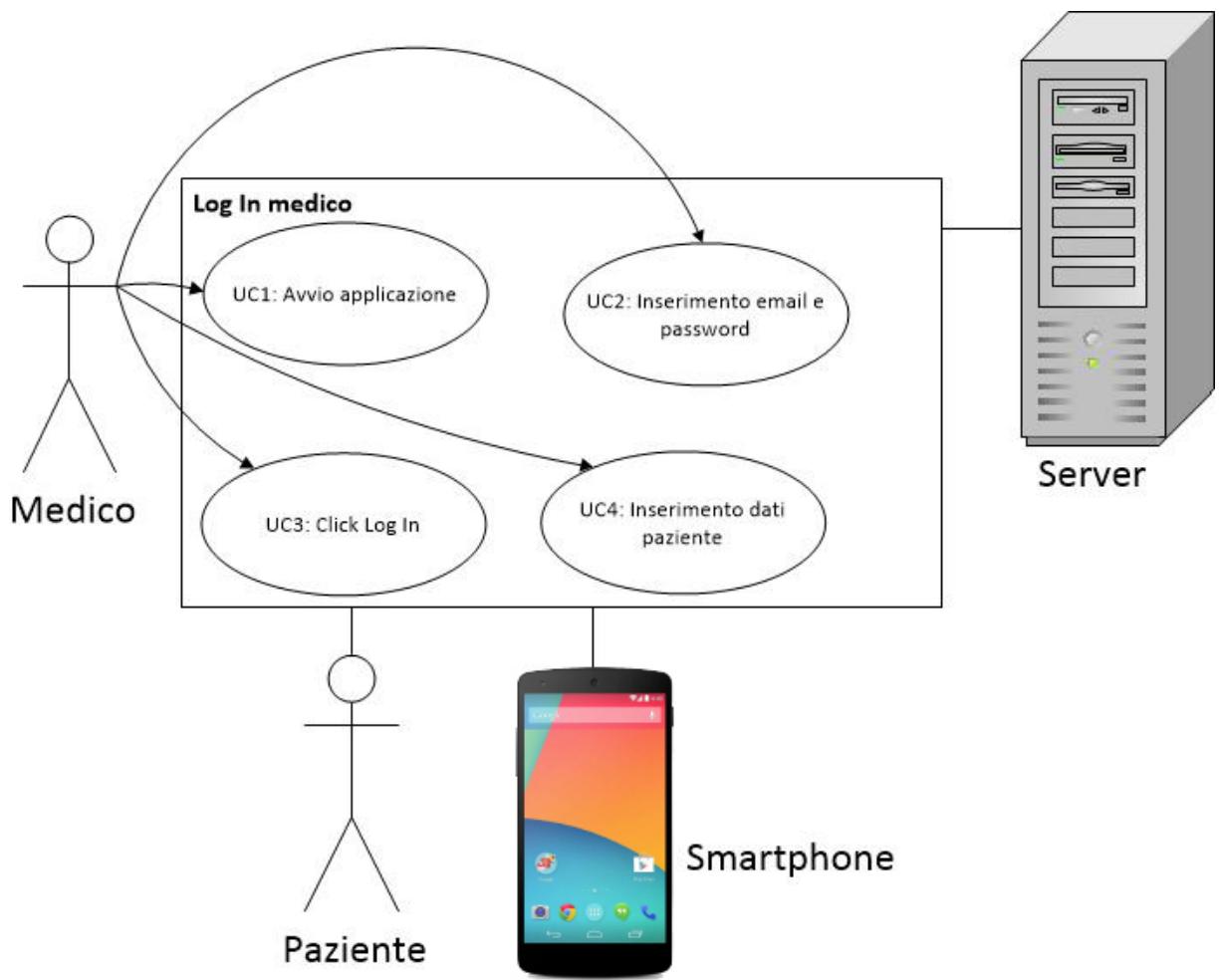


Figura 5.5: Use Case Log In medico

5.3.4 Update Info

Attori: Utente

Precondizioni: E' necessaria una connessione ad internet.

Passi principali:

1. L'utente avvia l' applicazione.
2. L'utente clicca sul link Update Your Info.
3. L'utente sceglie la credenziale di cui vuole fare l' update.
4. L'utente effettua il Log In utilizzando le credenziali precenti all'update.
5. L'utente inserisce il nuovo valore della credenziale da modificare e clicca Ok.

Situazioni eccezionali:

- 1a. Le credenziali di Log In non sono valide
1b. L'applicazione risponde con un warning e rimanda alla schermata principale.
- 2a. La nuova credenziale inserita non è valida.
2b. L'applicazione risponde tramite una warning, rimandando alla schermata principale.

Postcondizioni: L'update delle credenziali selezionate viene eseguito correttamente.

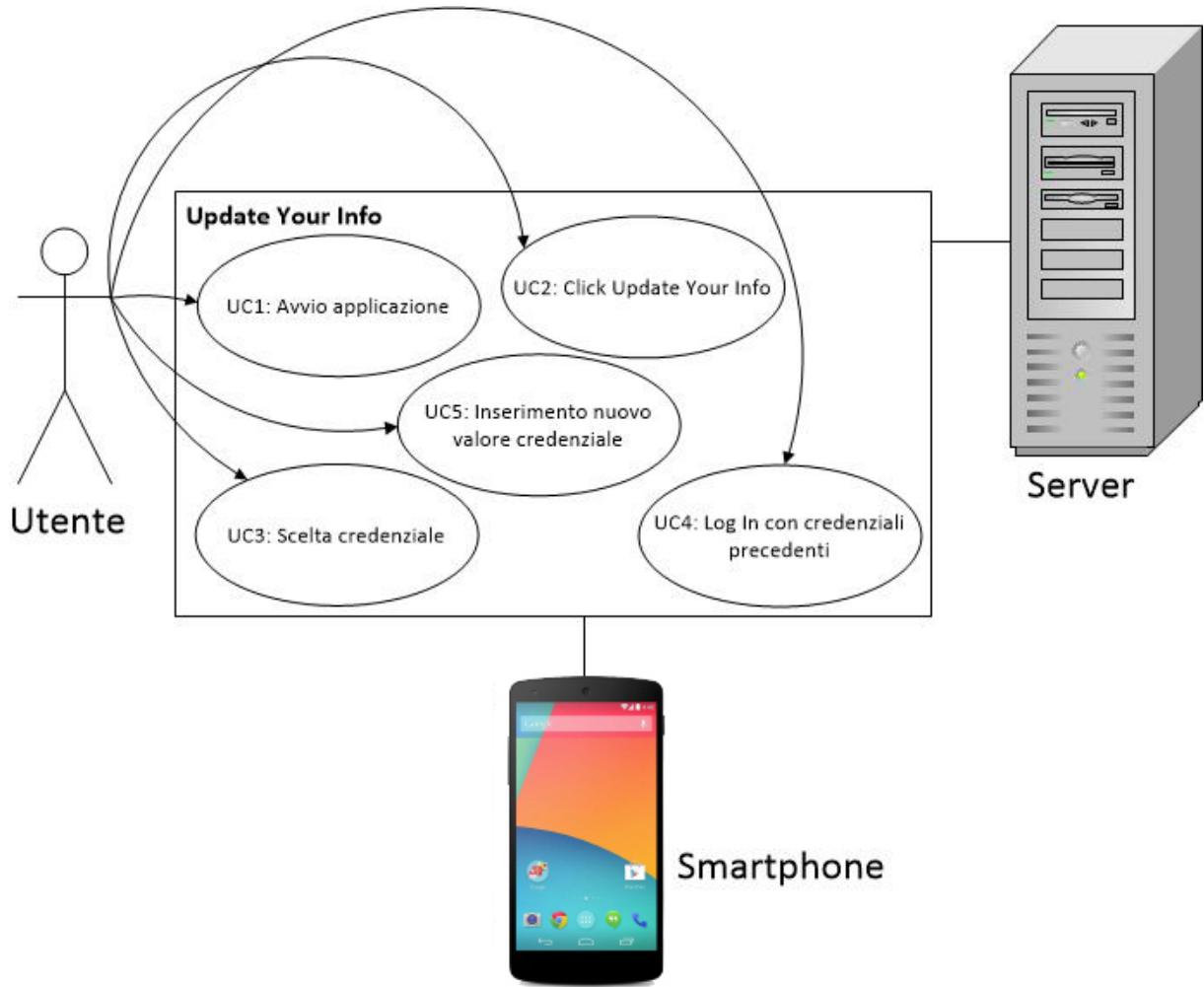


Figura 5.6: Use Case Update Info

Capitolo 6

Software design

In questo capitolo vengono riportati i classici diagrammi UML, i quali permettono tramite l'utilizzo di modelli visuali, di analizzare, descrivere, specificare e documentare un software, in sequenza di trovano package diagram (6.1), component diagram (6.2), class diagram (6.3) e sequence diagram (6.4).

6.1 Package Diagram

Ecco una panoramica sui package della nostra app, adottiamo una strategia top-down, e partendo da un livello alto, aumentiamo via via il grado di dettaglio.

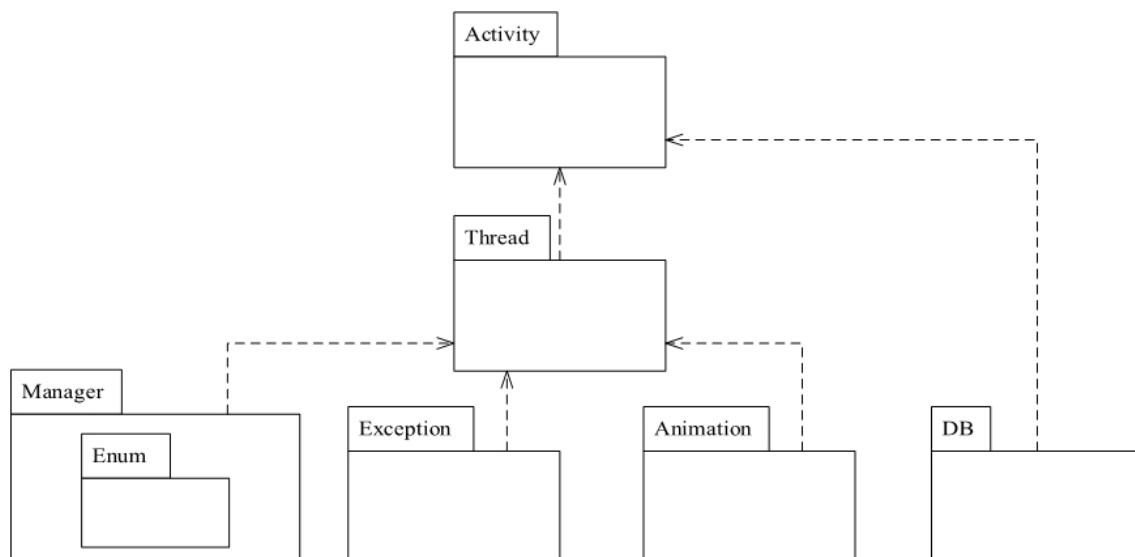


Figura 6.1: Package diagram

6.2 Component diagram

6.2.1 Il sistema di Car Racing Cardboard

Le due componenti principali del sistema Car Racing Cardboard sono il server cs.unibg.it e l'applicazione Andoid, queste due componenti comunicano con chiamate di tipo http post.

A differenza di GET, che permette a un server di mandare informazioni a un client, l'operazione POST fornisce ai client un modo per trasmettere informazioni ai server. La maggior parte dei browser web usa comunemente tale metodo per inviare forms ai server Web. Il client manda un messaggio POST e include l'informazione che desidera mandare al server. Il server può rimandare l'informazione stessa come parte della risposta [4].

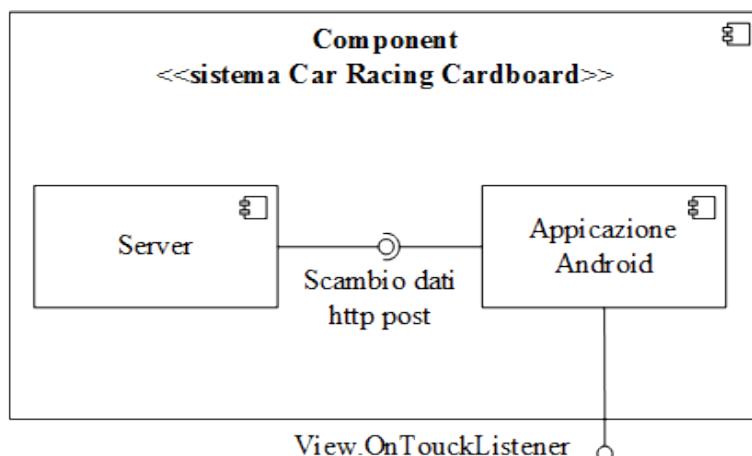


Figura 6.2: Component diagram sistema

6.2.2 L'applicazione Android

Entrando nel dettaglio della prima componete, l'applicazione Android, offre il servizio di interfaccia grafica touch, mentre riceve dal server il servizio di scambio dati http. I componenti grafici di Android si dividono in due categorie: View e ViewGroup. Una View è un qualunque componente utilizzabile (TextView, EditText, CheckBox, Button, ImageView, ?) in una interfaccia. Una ViewGroup è solita-

mente un layout che contiene un insieme di View, i più usati sono LinearLayout, RelativeLayout e TableLayout. Un ViewGroup è a sua volta una View, per questo possono essere creati layout complessi annidando a più livelli i vari componenti. View e ViewGroup sono un esempio di pattern composite. Le interfacce grafiche in Android possono essere definite in due modi:

- definendo un file xml: ad ogni View corrisponde un tag xml, i ViewGroup sono tag xml che contengono all'interno altri tag;
- scrivendo codice Java: ogni View ha una classe associata, è possibile aggiungere una View a un ViewGroup usando il metodo addView.

L'applicazione Car Racing Cardboard sfrutta entrambe le forme di componenti grafiche.

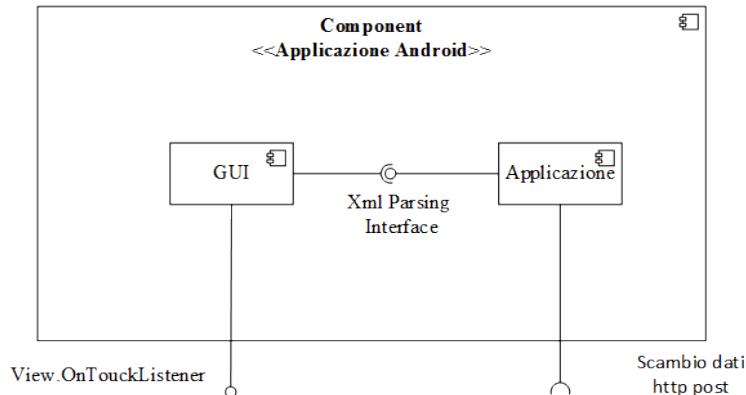


Figura 6.3: Component diagram applicazione Android

6.2.3 Il server

6.2.4 Dettaglio applicazione

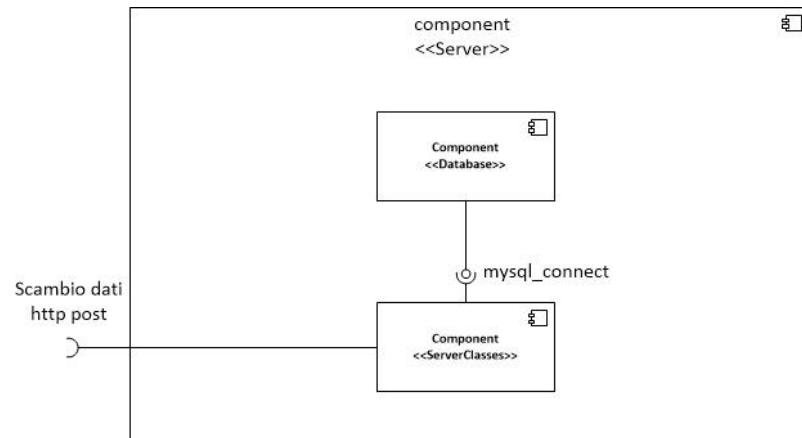


Figura 6.4: Component diagram Server

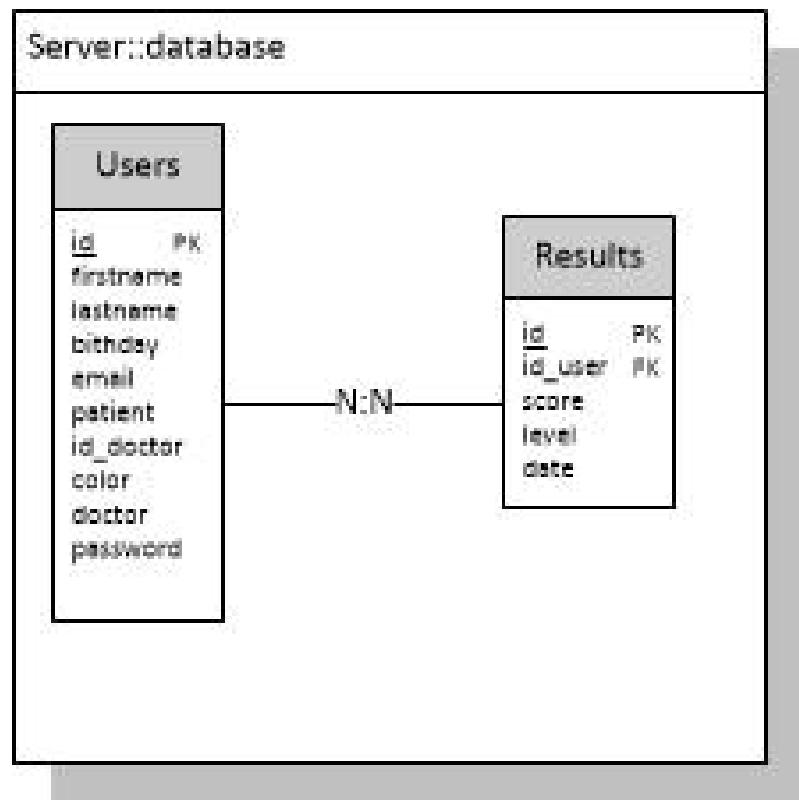


Figura 6.5: Component diagram Database

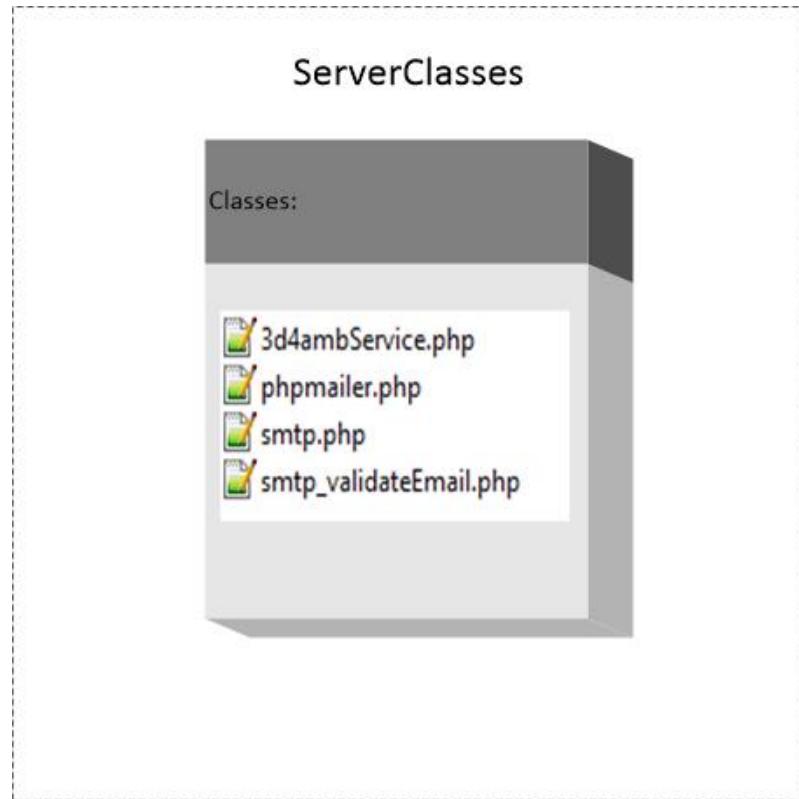


Figura 6.6: Class diagram Server

6.3 Class diagram

6.4 Sequence diagram

6.4.1 Funzionamento con log in

All'avvio dell'applicazione, se l'utente ha inserito correttamente email e password, nell'interfaccia corrente viene visualizzata una "rotella" di attesa (dialog ring), mentre in background vengono scatenate una serie di chiamate:

- alla classe PostCall vengono passate la stringa contenente l'email e quella della password
- la classe PostCall effettua una chiamata post al server cs.unibg.it, più precisamente al servizio 3d4ambservice.php

Il servizio php verifica nel database se l'email e la password sono corrette, e manda un messaggio di risposta alla PostCall, la quale effettua un parsing della risposta e restituisce un messaggio all'interfaccia corrente.

A questo punto la dialog ring viene interrotta, e nel caso di un email e password corrette, viene lanciata l'activity TutorialActivity, nella quale è presente una breve spiegazione del gioco, gestita tramite un thread.

Terminata la presentazione della TutorialActivity (che può anche essere saltata spuntando un'apposita checkbox) viene lanciata la SplashActivity, la quale contiene un'animazione d'avvio. Viene avviata ora la SettingsActivity, nella quale viene chiesto qual è l'occhio pigro che si vuole trattare.

Confermata la scelta dell'occhio, si apre la MainActivity, contenente il gioco vero e proprio, i thread principali sono tre:

1. GameThread: che gestisce i nemici e l'auto dell'utente
2. TimerPanorama: per la gestione del panorama laterale
3. TimerSun: per la gestione del sole e delle nuvole sulle sfondi

Terminato il gioco (gameover) è possibile richiedere i risultati via mail oppure ricominciare a giocare, in ogni caso viene fatta una chiamata post per memorizzare i risultati sul server.(Figura 6.7)

6.4.2 Funzionamento senza log in

Il funzionamento in modalità “play without registration” è identico a quello del log in utente, infatti, in questo caso è stato definito un utente di default, al quale vengono associati tutti i risultati degli utenti che hanno giocato senza registrarsi.

6.4.3 Funzionamento sign up

Per quanto riguarda la registrazione di nuovi utenti, una volta premuto il bottone “SIGN UP”, si apre un pop up di warning, dopo di che ,se è stato premuto il tasto di confemra, come verrà poi approfondito nella sezione 7.4, l’utente deve fornire: nome, cognome, email, colore preferito, data di nascita e password.

Viene passato il tutto alla classe PostCall, che a sua volta effettua una chiamata post al servizio 3d4ambservice.php. Se i dati inseriti sono corretti (l'email è esistente e non ci sono gi record nel db con gli stessi attributi), il nuovo utente viene inserito.(Figura 6.8)

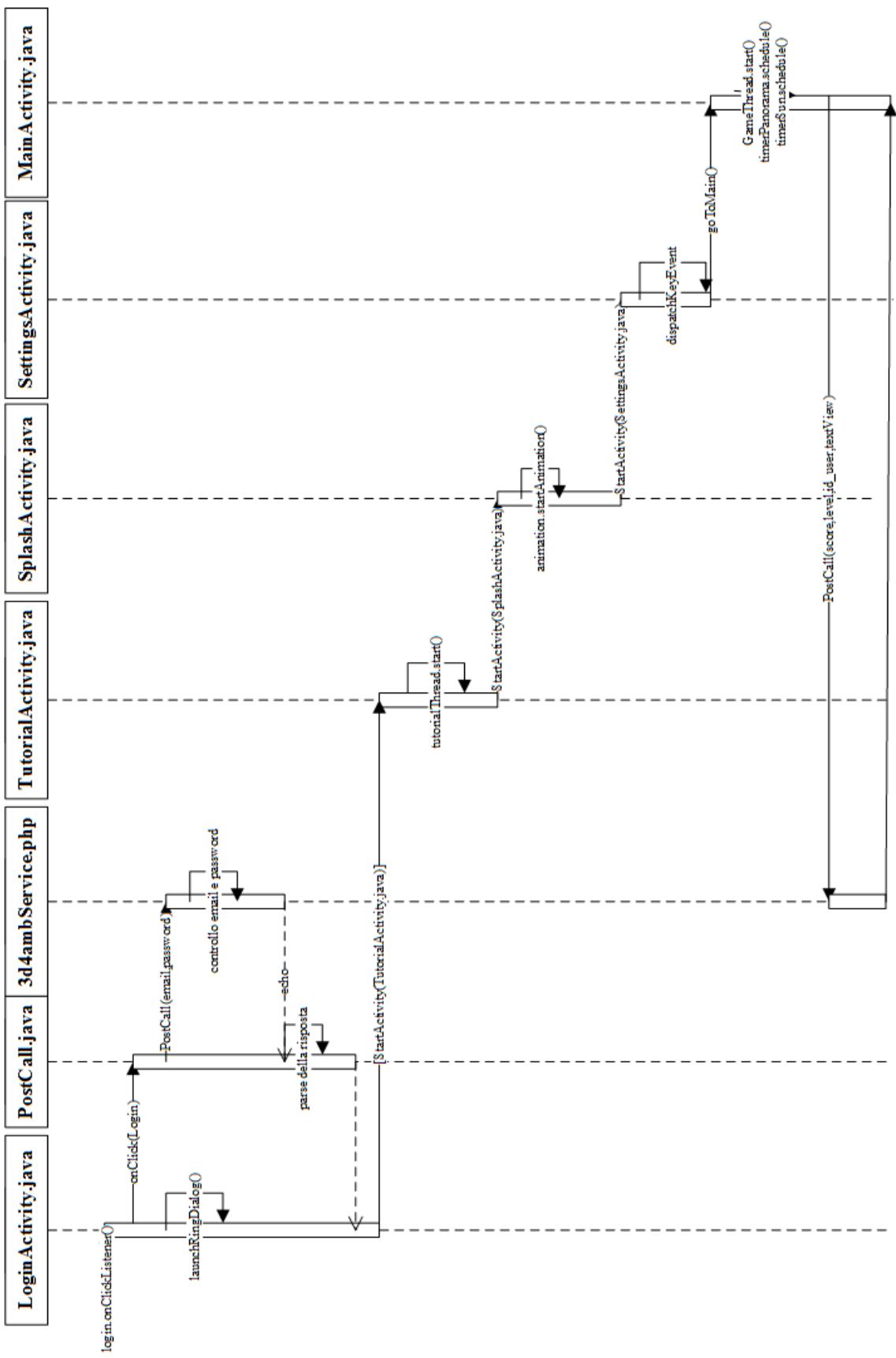


Figura 6.7: sequence diagram funzionamento app con login

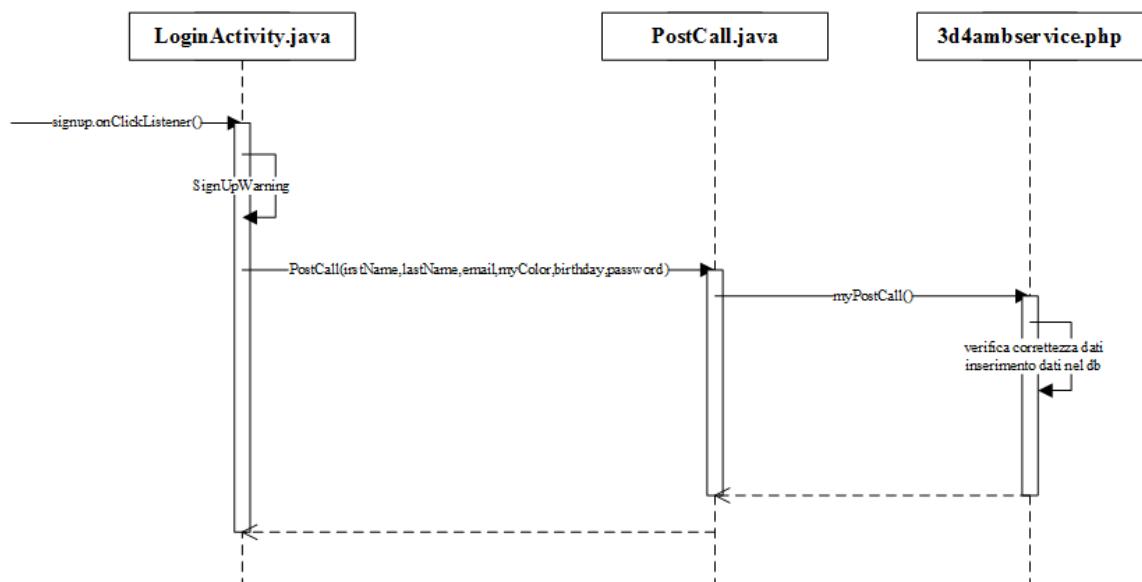


Figura 6.8: sequence diagram funzionamento app registrazione utente (sign up)

Capitolo 7

Analisi degli Algoritmi

In questo capitolo vengono spiegati gli algoritmi che compongono questa applicazione: la penalizzazione progressiva delle immagini (7.1), come la scena viene generata casualmente (7.2), come vengono cifrate le password degli utenti (7.3), una panoramica sul servizio web (7.4), come vengono gestiti gli scontri con i nemici (7.5), il thread principale del gioco (7.6), la gestione delle animazioni (7.7) ed i task asincroni utilizzati (7.8).

7.1 Penalizzazione progressiva delle immagini

L'alpha value di un'immagine è un valore che va da 0 a 255 e descrive la sua trasparenza. Un'immagine con alpha=0 è trasparente, mentre con alpha=255 conserva tutte le sue caratteristiche, con questo codice all'aumentare del livello, aumenta anche la trasparenza dell'immagine, dopo l'ottavo livello l'alpha rimane=50, continua però ad aumentare la difficoltà del gioco, in termini di nemici e velocità d'azione.

```
1  /**
2   *
3   * @return Alpha value to penalize the image
4   */
5   private int getLevelPenalization(){
6       switch(globalData.getLevel()){
```

```
7
8     case 1:{  
9         return 200;  
10    }  
11    case 2:{  
12        return 180;  
13    }  
14    case 3:{  
15        return 160;  
16    }  
17    case 4:{  
18        return 140;  
19    }  
20    case 5:{  
21        return 120;  
22    }  
23    case 6:{  
24        return 100;  
25    }  
26    case 7:{  
27        return 80;  
28    }  
29    case 8:{  
30        return 50;  
31    }  
32    default:{  
33        return 50;  
34    }  
35    }  
36}
```

7.2 Generazione random scena

7.2.1 Nemici

Nella scena ci sono tre “corsie” dalle quali possono arrivare i “nemici”, questo è il codice dal quale viene estratta la corsia scelta. Inizialmente la corsia viene scelta a caso con un’estrazione random, ma per evitare che il giocatore resti troppo a lungo fermo nella stessa corsia senza muoversi viene fatto un controllo sulla scelta precedente. Un nemico non viene mai mandato più di due volte sulla stessa corsia.

```
1 public void randomFunction(){
2     selectedLane=(int)(lane*Math.random())+1;
3     if(previousLane==selectedLane){
4         countPrevious++;
5         if(countPrevious>3){
6             selectedLane++;
7             if(selectedLane>3){
8                 selectedLane=1;
9             }
10        }
11    }
12    previousLane=selectedLane;
13    selectedCar=(int)(numberOfCar*Math.random())+1;
14 }
```

7.2.2 Panorama

Analogamente ai nemici, anche il panorama viene modificato per rendere più avvincente l'ambientazione del gioco.

```
1 public void randomPanorama() {  
2     int pick = new Random().nextInt(Side.values().length);  
3     selectedSide= Side.values()[pick];  
4     idSubject= (int)(numberOfSubject*Math.random())+1;  
5 }
```

7.3 Cifratura password

Le password degli utenti non vengono memorizzate nel Data Base in chiaro ma vengono cifrate (dallo smartphone) con un algoritmo sha256.

```
1  public static String calculateHash(String data) {  
2      String hash = new String(Hex.encodeHex(DigestUtils.  
3          sha256(data)));  
4      return hash;  
5  }
```

7.4 Servizio web

La comunicazione tra **client** (smartphone) e **server** (cs.unibg.it) avviene tramite chiamate post (vedi anche 6.2.1), le chiamate sono sincrone, ossia ad un messaggio inviato dal client corrispondono sempre delle risposte dal servizio. Le chiamate partono sempre dal client, il server di suo non invia messaggi.

Il thread della chiamata post la chiamata avviene nel metodo *public void myPostCall(final TypeCall type, final Activity logInActivity)* grazie ad un thread al suo interno.

```
1 // Create a new HttpClient and Post Header
2 thread = new Thread(new Runnable() {
3     @Override
4     public void run() {
5         HttpClient httpclient = new DefaultHttpClient();
6         HttpPost httppost = new HttpPost("http://3d4amb.unibg
7             .it/3dcar/3d4ambService.php");
8         [...]
9     }
}
```

La chiamata viene fatta al servizio php di Car Racing Cardboard (3d4ambService.php).

Le chiamate possibili sono varie, per ognuna è stato predisposto una lista di stringhe che possono essere passate all'oggetto httppost:

```
1 List<NameValuePair> nameValuePairsUpdateString = new
  ArrayList<NameValuePair>(3);
2 List<NameValuePair> nameValuePairsLogIn = new ArrayList<
  NameValuePair>(3);
3 List<NameValuePair> nameValuePairsReset = new ArrayList<
  NameValuePair>(5);
4 List<NameValuePair> nameValuePairsSignUp = new ArrayList<
  NameValuePair>(7);
5 List<NameValuePair> nameValuePairsDoctorCall = new
  ArrayList<NameValuePair>(5);
6 List<NameValuePair> nameValuePairsReport = new ArrayList<
  NameValuePair>(4);
```

La gestione delle chiamate lato server le chiamate fatte a lato client, gestite tramite l'arrayList ArrayList<NameValuePair>(i), vengono ricevute a lato server eseguendo una POST sul parametro type, in seguito alla connessione a MySql ed alla selezione del database:

```
1
2 $server = "localhost";
3 $user = "3d4amb";
4 $pass = "amb43d";
5 $db = "cardboard";
6
7 //Connect to mysql
8 $conn=mysql_connect($server,$user,$pass) or die("errore
  mysql");
9
```

```

10 //Select the db
11 mysql_select_db($db) or die("sorry, can't connect to the
12   database.");
13 $type = $_POST['type'];

```

In seguito all'inizializzazione del parametro type, che specifica se è stata richiesta una procedura di Sign Up, Log In, Report e così via, viene eseguito uno 'switch' per intraprendere diverse azioni in base alla procedura scelta.

Log in

La chiamata post per il login avviene ogni volta che l'utente preme il bottone di login (Figura 7.1):

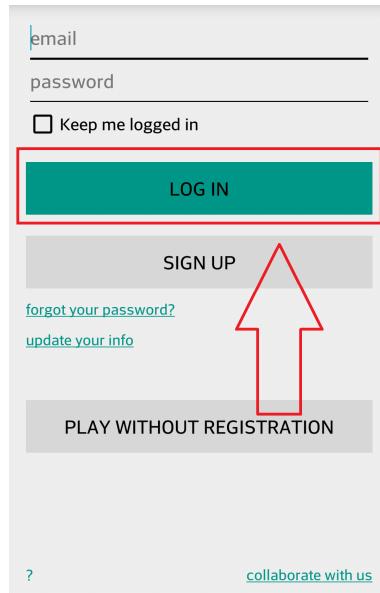


Figura 7.1

Per il login vengono inviate al server email e password, che prima di essere inviata viene cifrata (vedi 7.3).

A questo punto viene lanciata la finestra di attesa (Figura 7.2):

Se il servizio risponde in maniera positiva viene lanciata l'activity successiva (SplashActivity o TutorialActivity a seconda delle impostazioni utente).

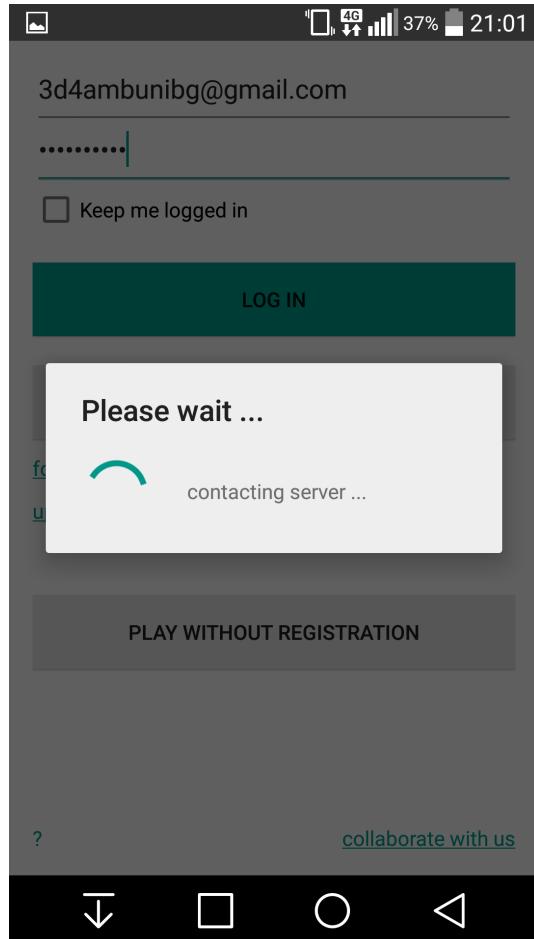


Figura 7.2: interfaccia di attesa

La procedura di Log In è trattata nel seguente modo a lato server:

```
1
2 case "log_in":
3     $emailFound = false;
4     $email = $_POST['email'];
5     $password = $_POST['password'];
6     $sqlSelectAllFromUsers = "SELECT * FROM users";
7     $querySelectAllFromUsers = mysql_query(
8         $sqlSelectAllFromUsers);
9
10    while($row = mysql_fetch_array($querySelectAllFromUsers
11        )) {
```

```

10     if($email == $row['email'] && $email != NULL) {
11
12         $emailFound = true;
13
14         if($password == $row['password']) {
15
16             $statusConnection = true;
17
18             $id_user = $row['id'];
19
20             $doc = $row['doctor'];
21
22         }
23
24     }
25
26
27     if($emailFound == false) {
28
29         echo "emailNotFound";
30
31     }
32
33     if($statusConnection == true) {
34
35         echo "connection/".$id_user."/". $doc;
36
37     }
38
39
40     break;

```

Come si può vedere sopra, viene eseguito un controllo sui campi email e password e viene restituita una stringa che informa sull'esito. Viene inoltre restituito un valore concatenato (\$doc, 0 or 1) per indicare se si tratta del Log In di un utente comune o di un dottore, il quale dovrà quindi aggiungere successivamente i dati del paziente.

Sign up

L'evento post call per la registrazione (sign up) avviene dopo che l'utente ha premuto il tasto “ok” (Figura 7.3)

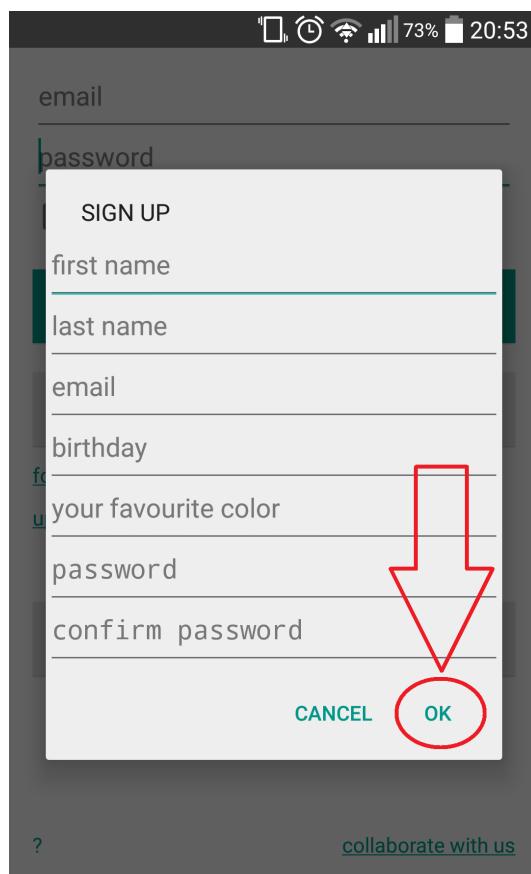


Figura 7.3

La chiamata al server passa i seguenti parametri:

- nome
- cognome
- email
- colore preferito
- data di nascita
- password

Se va tutto a buon fine il nuovo utente viene inserito nel database:

```
1
2 case "sign_up":
3
4     $firstname = $_POST['first_name'];
5     $lastname = $_POST['last_name'];
6     $email = $_POST['email'];
7     $password = $_POST['password'];
8     $color = $_POST['color'];
9     $date = $_POST['date'];
10    $doctor = false;
11    $emailAlreadyChecked = false;
12    $patient = false;
13
14    // include SMTP Email Validation Class
15    require_once('smtp_validateEmail.php');
16
17    // instantiate the class
18    $SMTP_Validator = new SMTP_validateEmail();
19
20    // turn on debugging if you want to view the SMTP
21    // transaction
22    //$SMTP_Validator->debug = true;
23
24    // do the validation
25    $results = $SMTP_Validator->validate(array($email),
26                                         "3D4AmbUnibg@gmail");
27
28    if ($results[$email]) {
        $sqlSelectAllFromUsers = "SELECT * FROM users";
```

```

29     $querySelectAllFromUsers = mysql_query(
30     $sqlSelectAllFromUsers);
31
32     while($row = mysql_fetch_array(
33     $querySelectAllFromUsers)) {
34
35         if($email == $row['email']) {
36             $emailAlreadyChecked = true;
37         }
38     }
39
40     if($emailAlreadyChecked == false) {
41
42         //insert user into DB
43
44         $sqlInsertNewUser = "INSERT INTO users (firstname,
45             lastname,birthday,email,patient,color,password)
46             values ('$firstname','$lastname','$date','$email',
47             '$patient','$color','$password')";
48
49         $queryInsertNewUser = mysql_query($sqlInsertNewUser
50     );
51
52         //send mail registration
53
54         gmail($email,"REGISTRATION 3D4AMB","Hello dear ".
55             $email.", welcome to 3d4Amb!".'
56             <br> <br>'.
57
58             The 3D4Amb project aims at developing a system
59             based on the 3D for the diagnosis and treatment of
60             amblyopia in young children.
61
62             Below you can find your authentication data:".'
63             <br>
64             <br>'."Firstname: ".$firstname.'<br>'."
65
66             Lastname: ".$lastname.'<br>'."
67
68             Email: ".$email.'<br>'."
69
70             Birthday: ".$date.'<br>'."
71
72             Favourite color: ".$color.'<br> <br>'.
73
74             "If you want change your info, you can go over '
```

```

        update you info'.

      Thanks for using our application, best regards.".'<
br> <br>'." 3d4amb Staff".'<br> <br>'."Contact us on:
3D4AmbUnibg@gmail.com"

.'<br> <br>'."Visit our site on: http://3d4amb.
unibg.it");

53

54     echo "emailChecked";
55 }
56 else {
57     echo "emailAlreadyExist";
58 }
59
60 else {
61     echo "emailNotChecked";
62 }
63
64 break;

```

Nella gestione della registrazione utente lato server vengono innanzitutto iniziate le variabili contenenti i dati dell’utente catturati dalle textBox dell’applicazione. In seguito viene controllato che l’email inserita non sia già presente nel database. I controlli relativi all’inserimento di campi nulli o non validi vengono effettuati direttamente dall’applicazione a lato client. Se i valori inseriti dall’utente sono corretti e l’email non è già presente nel database si procede alla registrazione dell’utente nel database ed all’invio di un’email di benvenuto. Durante questa fase si è utilizzata la funzione ’gmail(\$to, \$subject, \$message)’ appartenente alla classe ’SMTP_validateEmail’, in cui viene eseguito un controllo approfondito sull’esistenza e sulla validità dell’email inserita dall’utente. In caso di esito positivo o negativo, viene sempre restituita una stringa a lato client che specifica l’esito dell’operazione. Se la procedura viene eseguita con successo, l’utente riceve una mail di conferma

analoga alla seguente: (Figura 7.4)

Hello dear xxxxxxxxxxxxxx, welcome to 3d4Amb!

The 3D4Amb project aims at developing a system based on the 3D for the diagnosis and treatment of amblyopia in young children. Below you can find your authentication data:

Firstname: Pino
Lastname: Rosso
Email: xxxxxxxxxxxxxx@xxxxxxxxx
Birthday: 1991-5-27
Favourite color: green

If you want change your info, you can go over 'update you info'. Thanks for using our application, best regards.

3d4amb Staff

Contact us on: 3D4AmbUnibg@gmail.com

Visit our site on: <http://3d4amb.unibg.it>

Figura 7.4: email di conferma registrazione

Reset

Il reset della password avviene quando l'utente preme sul tasto “forgot your password?”, viene richiesta l'email e il colore preferito, se i dati superano la verifica sul database, viene generata random una nuova password alfanumerica di otto caratteri, che potrà poi successivamente essere personalizzata (vedi 4.3), e verrà inviata la seguente email (Figura 7.5)

Hello dear xxxxxxxxxxxxxx

Your password has been changed and the new password is: 5d31jg38. If you want customize your password, you can go over 'update you info'. Thanks for using our application, best regards.

3d4amb Staff

Contact us on: 3D4AmbUnibg@gmail.com

Visit our site on: <http://3d4amb.unibg.it>

Figura 7.5: email di reset della password

L' operazione di reset della password è gestita a livello server nel seguente modo:

```
1  
2     case "reset":  
3  
4     $new_password = $_POST['new_password'];  
5     $new_passwordCfr = $_POST['new_passwordCfr'];
```

```
6      $email = $_POST['email'];
7
8      $color = $_POST['color'];
9
10     $sqlSelectColor = "SELECT * FROM users WHERE email = "
11         .$email";
12
13     $querySelectColor = mysql_query($sqlSelectColor);
14
15
16     while($row = mysql_fetch_array($querySelectColor)) {
17
18         if($row['color'] == $color) {
19
20             $id_user=$row['id'];
21
22             $sqlInsertNewPassword = "UPDATE users SET password
23             ='$new_passwordCfr' WHERE id='$id_user'";
24
25             $queryInsertNewPassword = mysql_query(
26                 $sqlInsertNewPassword);
27
28
29             //send email password changed
30             gmail($email,"PASSWORD CHANGED SUCCESSFULLY","Hello
31             dear ".$email."!"."  
 <br>'"Your password
32             has been changed and the new password is: ".
33             $new_password".
34
35             If you want customize your password, you can go
36             over 'update you info'.
37
38             Thanks for using our application, best regards.".'
39             br> <br>'." 3d4amb Staff".'
40             br> <br>'."Contact us on:
41             3D4AmbUnibg@gmail.com"
42
43             .'<br> <br>'."Visit our site on: http://3d4amb.
44             unibg.it");
45
46             echo "colorTrue";
47
48         }
49
50         else {
51
52             echo "colorFalse";
53
54     }
```

```
28     }
29
30     break;
```

Come si può vedere, vengono dapprima catturati i valori relativi alla nuova password (cifrata e non), il valore dell'email ed il valore relativo al colore preferito, necessario per la verifica dell' identità dell'utente. Sulla base dell' email indicata viene poi eseguito un controllo tra il valore di colore inserito e quello indicato in fase di Sign Up. Se i due valori sono congruenti allora l'operazione di ripristino della password viene eseguita con successo. L' utente riceverà quindi un email contenente la nuova password.

Doctor call

```
//TODO parte lato client
```

L' utilizzo dell'applicazione da parte di un dottore prevede come detto il Log In tramite le credenziali del medico, l' inserimento dei dati del paziente e l' avvio del vero proprio gioco con l'identificativo univoco del paziente (id_user), per il monitoraggio delle prestazioni ed il salvataggio dei dati in modo ordinato nel database. La gestione lato server dell' avvio di una partita da parte di un dottore, dopo avere inserito i dati del paziente, è stata realizzata nel seguente modo:

```
1
2 case "doctorcall":
3
4     $first_name = $_POST['first_name'];
5     $last_name = $_POST['last_name'];
6     $id_doctor = $_POST['id_doctor'];
7     $birthday = $_POST['birthday'];
8     $patient = true;
9     $patientAlreadyExist = false;
10
```

```
11 $sqlSelectAllFromUsers1 = "SELECT * FROM users";
12 $querySelectAllFromUsers1 = mysql_query(
13     $sqlSelectAllFromUsers1);
14
15 while($row = mysql_fetch_array(
16     $querySelectAllFromUsers1)) {
17
18     if($first_name == $row['firstname'] &&
19         $last_name == $row['lastname'] &&
20         $birthday == $row['birthday'] &&
21         $patient == true) {
22
23         $patientAlreadyExist = true;
24         $id_user = $row['id'];
25     }
26 }
27
28 if($patientAlreadyExist == false) {
29
30     $sqlInsertDoctorPatient = "INSERT INTO users (
31         firstname, lastname, birthday, patient, id_doctor) values
32         ('$first_name', '$last_name', '$birthday',
33         '$patient', '$id_doctor')";
34
35     $queryInsertDoctorPatient = mysql_query(
36         $sqlInsertDoctorPatient);
37
38     $sqlSelectAllFromUsers = "SELECT * FROM users";
39
40     $querySelectAllFromUsers = mysql_query(
41         $sqlSelectAllFromUsers);
42
43     while($row = mysql_fetch_array(
44         $querySelectAllFromUsers)) {
```

```

35     if($first_name == $row['firstname'] &&
36     $last_name == $row['lastname'] &&
37     $birthday == $row['birthday'] &&
38     $row['patient'] == true) {
39         $id_user = $row['id'];
40     }
41 }
42
43
44 echo $id_user;
45
46 break;

```

Prima di avviare una partita viene controllato se il paziente è già presente nel database, in tal caso verrà restituito come valore 'id_user' il valore pescato dal database. In caso si tratti di un nuovo paziente, si procede all'inserimento dei nuovi dati nel database e viene creato un nuovo 'id_user'.

Report

La fase di report nell'applicazione è differenziata per due diverse casistiche, ovvero l'utilizzo del gioco da parte di un utente registrato e l'utilizzo del gioco senza registrazione. Nel caso si usufruisca dell'applicativo come utente non registrato, alla fine della partita viene semplicemente visualizzata una finestra contenente i dati relativi ai punteggi raggiunti. Nel caso invece si sfrutti la possibilità di registrarsi, si ottiene il privilegio di salvataggio e monitoraggio automatico dei risultati raggiunti.

//TODO qui metterei lo screen di fine gioco, adesso non riesco perchè il server è down e la foto della mail di riepilogo //TODO lato client

Vediamo ora nel dettaglio la gestione della fase di report lato server per quanto riguarda gli utenti registrati, siano essi pazienti di dottori o meno:

```
2 case "report_and_email":  
3     $score = $_POST['score'];  
4     $level = $_POST['level'];  
5     $id_user = $_POST['id_user'];  
6     $isDoctor = false;  
7  
8     $sqlInsertReport = "INSERT INTO results(id_user,score,  
9         level,date)  
10        values ('$id_user','$score','$level',now())";  
11  
12    $queryInsertReport = mysql_query($sqlInsertReport);  
13  
14    $sqlSelectAllFromUsers2 = "SELECT * FROM users WHERE id  
15        ='$id_user'";  
16    $querySelectAllFromUsers2 = mysql_query(  
17        $sqlSelectAllFromUsers2);  
18    $sqlSelectAllFromResults = "SELECT * FROM results WHERE  
19        id_user=' $id_user'";  
20    $querySelectAllFromResults = mysql_query(  
21        $sqlSelectAllFromResults);  
22  
23    while($row = mysql_fetch_array(  
24        $querySelectAllFromUsers2)) {  
25        $patient_firstname = $row['firstname'];  
26        $patient_lastname = $row['lastname'];  
27  
28        if($row['patient'] == NULL) {  
29            $message="Hello ".$row['email']."!"."  
30            <br> <br>'."  
31            These are your results: ".$row['results']."  
32            while($row3 = mysql_fetch_array(  
33                $querySelectAllFromResults)) {  
34                $extract=$extract .
```

```

25         "SCORE: ".$row3['score']." ." . '<br>' .
26         "LEVEL: ".$row3['level']." ." . '<br>' .
27         "DATE: ".$row3['date']." ." . '<br> <br>' ;
28     }
29
30     $message=$message.$extract .
31
32     "Carry on playing in order to improve your lazy eye
33     ! Thank you for using our app. Regards." . '<br> <br>' .
34     "3d4amb Staff". '<br> <br>' ."Contact us on: 3
35     D4AmbUnibg@gmail.com". '<br> <br>' ."Visit our site on:
36     http://3d4amb.unibg.it";
37
38     gmail($row['email'],"3D4AMB SCORE",$message);
39
40     else {
41
42         $id_doctor = $row['id_doctor'];
43
44         $sqlSelectDoctorFromUsers = "SELECT * FROM users
45         WHERE id='".$id_doctor."'";
46
47         $querySelectDoctorFromUsers = mysql_query(
48             $sqlSelectDoctorFromUsers);
49
50         while($row1 = mysql_fetch_array(
51             $querySelectDoctorFromUsers)) {
52
53             gmail($row1['email'],"3D4AMB SCORE","Hello dear "
54             .$row1['email']."'!" . '<br> <br>' ."There are the results
55             of your patient's game : "
56
57             .'<br> <br>' ."PATIENT'S FIRSTNAME: ".
58             $patient_firstname . "
59
60             .'<br> ". "PATIENT'S LASTNAME: ".$patient_lastname
61             . "
62
63             .'<br> ". "SCORE: ".$score .
64             ". ." . '<br>' ."LEVEL: ".$level ." ." . '<br> <br>' .
65
66             Continues to play to improve your results!

```

```

45      Thanks for using our application, best regards." .
46      '<br> <br>' . " 3d4amb Staff" . '<br> <br>' . "Contact us on
47      : 3D4AmbUnibg@gmail.com"
48      . '<br> <br>' . "Visit our site on: http://3d4amb.
49      unibg.it");
50
51 echo "report_and_email";
52
53 break;

```

Come si può vedere, una volta finita la partita, i risultati ottenuti dall’ utente vengono inseriti nella tabella ’results’. In seguito viene individuato lo storico dell’ utente dal database e viene inviata una mail che notifica i risultati ottenuti fino all’ ultima partita effettuata. L’ obiettivo è quello di mantenere una cronologia che permetta all’ utente di osservare progressivamente i miglioramenti ottenuti.

7.5 Gestione dello scontro con il nemico

Nel momento in cui si effettua una collisione con un autoveicolo nemico, oltre al decremento del numero di vite a disposizione ed alla gestione di un eventuale Game Over, viene visualizzata a schermo un' esplosione animata nel punto di scontro. Questo effetto è stato progettato basandosi sulle potenzialità dei Thread e sfruttando le potenzialità della classe SurfaceView, messa a disposizione da Android. Essa fornisce infatti una superficie di disegno pienamente controllabile che può essere adoperata per effettuare delle sovrapposizioni grafiche con altre View. L' accesso alla superficie sottostante è fornito tramite l' interfaccia SurfaceHolder, la quale può essere richiamata usando il metodo getHolder(). Nella classe, è necessario implementare i metodi 'surfaceCreated(SurfaceHolder)' e 'surfaceDestroyed(surfaceHolder)' che agiscono quando la superficie viene creata e distrutta. Lo scopo principale della classe SurfaceView è quello di fornire una superficie dove un thread secondario possa renderizzare a schermo. Per questo obiettivo, vengono utilizzate delle Callback sull' oggetto SurfaceHolder per fare da filo conduttore tra thread principale e secondario. Di seguito è riportata la classe AnimationExplosionView, la nostra estensione della classe SurfaceView precedentemente descritta:

```
1
2 public class AnimationExplosionView extends SurfaceView {
3
4     private SurfaceHolder holder;
5
6     private AnimationLoopThread gameLoopThread;
7
8     private Sprite spriteExplosion;
9
10
11    public AnimationExplosionView(Context context)
12    {
13
14        super(context);
15
16        gameLoopThread = new AnimationLoopThread(this);
17
18        setZOrderOnTop(true);
19
20        holder = getHolder();
21
22        holder.addCallback(new SurfaceHolder.Callback() {
```

```
14     @Override
15
16     public void surfaceDestroyed(SurfaceHolder holder)
17     {
18
19         boolean retry = true;
20
21         gameLoopThread.setRunning(false);
22
23         while (retry) {
24
25             try {
26
27                 gameLoopThread.join();
28
29                 retry = false;
30
31             }
32
33         }
34
35     }
36
37
38     @Override
39
40     public void surfaceCreated(SurfaceHolder holder) {
41
42         gameLoopThread.setRunning(true);
43
44         gameLoopThread.start();
45
46     }
47
48
49     @Override
50
51     public void surfaceChanged(SurfaceHolder holder,
52
53         int format,
54
55         int width, int height) {
56
57     }
58
59     });
60
61
62     holder.setFormat(PixelFormat.TRANSPARENT);
63
64     createSprite();
65
66 }
```

```

43
44
45     private void createSprite()
46     {
47
48         Bitmap bmpExplosion = BitmapFactory.decodeResource(
49             getResources(),
50             R.drawable.explosion_anim);
51
52
53     public void onDrawAnimationExplosionView(Canvas canvas)
54     {
55
56         if(canvas !=null)
57
58             spriteExplosion.onDrawExplosion(canvas);
59     }
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
589

```

Come si può osservare dal codice, nella classe vengono utilizzati anche oggetti di tipo Bitmap. Questi oggetti sono molto utili per la rappresentazione di immagini in formato raster. Inoltre si istanzia anche un oggetto GameLoopThread, il quale ha il compito di richiamare ad intervalli regolari il metodo onDrawAnimationExplosionView(Canvas canvas). Il principio dell' animazione dell' esplosione è infatti dato dallo scorrimento di un vettore diviso in colonne aventi la medesima dimensione. Ogni colonna contiene 'l' evoluzione' dell' animazione e lo scorrimento veloce da parte del thread simula l'effetto dell'esplosione:



Figura 7.6: Vettore esplosione

In AnimationExplosionView viene inoltre istanziato l'oggetto spriteExplosion della classe Sprite. Il costruttore della classe Sprite accetta come parametri la SurfaceView , la Bitmap ed il numero di colonne in cui è divisa la bitmap da scorrere. Il metodo richiamato da GameLoopThread 'onDrawAnimationExplosion(Canvas canvas)' chiama a sua volta il metodo 'onDrawExplosion(Canvas canvas)' sull'oggetto spriteExplosion. Tale metodo va effettivamente a disegnare a schermo la nostra animazione:

```
1
2 public void onDrawExplosion(Canvas canvas)
3 {
4     updateExplosion();
5     if(canvas != null)
6         canvas.drawColor(Color.TRANSPARENT, PorterDuff.Mode.
7                         CLEAR);
8
9     int srcX = currentFrame * bmpWidth;
10    int srcY = 0;
11    Rect src = new Rect(srcX, 0, srcX + bmpWidth, srcY +
12                        bmpHeight);
13    Rect dst = new Rect(xExplosion, yExplosion, xExplosion
14                        + bmpWidth, yExplosion + bmpHeight);
15    if(canvas != null)
16        canvas.drawBitmap(bmp, src, dst, null);
17}
```

La bitmap viene disegnata all'interno di un rettangolo avente le dimensioni dei singoli frame, nel punto specificato dai valori 'xExplosion' e 'yExplosion'. Il metodo updateExplosion() non fa altro che scorrere la nostra immagine sulla base del frame corrente e del numero di colonne specificato in fase di costruzione:

```
1
2 private void updateExplosion()
```

```
3     {
4         currentFrame = ++currentFrame % nColumns;
5     }
```

7.6 Game Thread

L' implementazione del cuore di funzionamento del gioco è stata realizzata nella classe GameThread. Essa estende la classe Thread e ne effettua l' override di alcune funzioni, come ad esempio la funzione 'run()', che vedremo in seguito in dettaglio. Innanzitutto, nel costruttore della classe GameThread vengono accettati ed in seguito istanziati tutti gli oggetti relativi alla composizione grafica del gioco, come ad esempio le imageView relative agli autoveicoli, quelle relative al paesaggio, le textBox principali ed i relativeLayout riguardanti l' occhio destro e sinistro, con le relative dimensioni di larghezza ed altezza. Altro importante parametro accettato è l' enumerativo che identifica l'occhio scelto. Ci sono poi l'activity da cui parte la chiamata, l'id dell'utente ed il parametro della classe GlobalData, per tenere traccia dei parametri del gioco. Di seguito viene riportata la segnatura del costruttore precedentemente descritto:

```
1
2 public GameThread(Activity activity, TextView text1,
3     TextView text2,
4     TextView tLevelLeft, TextView tLifeLeft, TextView
5         tScoreLeft,
6     TextView tLevelRight, TextView tLifeRight, TextView
7         tScoreRight, ArrayList<ImageView> i1,ArrayList<
8             ImageView> i2,ArrayList<ImageView> i3,ArrayList<
9                 ImageView> i4,ArrayList<ImageView> i5,ArrayList<
10                ImageView> i6,ImageView target1, ImageView target2,
11                ImageView target3,
12 GlobalData globalData, Eye eye, RelativeLayout
13 RLAnimationLeft, RelativeLayout RLAnimationRight,
14 int width, int height,String id_user) { ... }
```

Il fulcro della classe GameThread è contenuto all' interno del metodo run(). In esso inoltre, le principali azioni vengono lanciate all' interno del metodo runOnUiThread(), il quale esegue le procedure specificate sul thread dell' interfaccia utente.

In primo luogo, nel thread, viene controllato il numero di vite attuale dell’ utente. Se il valore delle vite rimaste è pari a ’0’, vengono eseguite le procedure relative alla fase di GameOver, come ad esempio la visualizzazione della view di report a schermo e l’invio della mail contenente lo storico ed i progressi dell’utente, in caso di gioco con utente registrato. Nel caso invece il valore del numero di vite sia maggiore di 0, vengono mantenuti aggiornati i valori di score, level e numero di vite, e viene settata la corsia sul quale viene immesso il nemico, scelta dall’algoritmo random precedentemente esplicato. Si esegue poi un controllo sulla corsia scelta per predisporre le animazioni a destra, a sinistra o centralmente. Se ad esempio il nemico viene posto sulla corsia centrale (pick = 2), le azioni intraprese sono le seguenti:

```
1
2 if (pick == 2) {
3     if(gameManager.getIdEnemy().get(i).getNumberOfCar()==1)
4     {
5         animationEnemies.showImage(enemyLeftLane2.get(0));
6         animationEnemies.showImage(enemyRightLane2.get(0));
7         animationEnemies.animateFrontCarLane2(enemyLeftLane2.
8             get(0), enemyRightLane2.get(0),
9             displayWidth, displayHeight);
10    }
11    if(gameManager.getIdEnemy().get(i).getNumberOfCar()==2)
12    {
13        animationEnemies.showImage(enemyLeftLane2.get(1));
14        animationEnemies.showImage(enemyRightLane2.get(1));
15        animationEnemies.animateFrontCarLane2(enemyLeftLane2.
16            get(1), enemyRightLane2.get(1),
17            displayWidth, displayHeight);
18    }
19    if(gameManager.getIdEnemy().get(i).getNumberOfCar()==3)
20    {
21        animationEnemies.showImage(enemyLeftLane2.get(2));
22    }
23}
```

```

17     animationEnemies.showImage(enemyRightLane2.get(2));
18
19     animationEnemies.animateFrontCarLane2(enemyLeftLane2.
20     get(2), enemyRightLane2.get(2),
21     displayWidth, displayHeight);
22 }
23
24 if(gameManager.getIdEnemy().get(i).getNumberOfCar() == 4)
25 {
26     animationEnemies.showImage(enemyLeftLane2.get(3));
27     animationEnemies.showImage(enemyRightLane2.get(3));
28     animationEnemies.animateFrontCarLane2(enemyLeftLane2.
29     get(3), enemyRightLane2.get(3),
30     displayWidth, displayHeight);
31 }
```

Per trattare l' implementazione vera e propria dell'animazione sull' oggetto animationEnemies rimandiamo al capitolo seguente per esplicarla più in dettaglio. Il metodo onAnimationTimer() implementa a sua volta i listener contenenti i metodi onAnimationRepeat, onAnimationStart ed onAnimationEnd, necessari per la gestione dei vari eventi rispettivamente a inizio e fine animazione. Dato che non è possibile agire nel momento in cui le animazioni sono in corso, ma soltanto ad inizio o fine, lo stratagemma adottato per far scomparire all'attimo esatto le macchine evitate è stato quello di creare, oltre alle imageView degli autoveicoli, delle imageView coincidenti, con l' obiettivo di fare da 'target'. Le imageView che fanno da target hanno visibilità nulla. L' animazione di quest' ultime è rallentata rispetto alle imageView delle auto. In questo modo è possibile agire sulla visibilità delle

auto durante gli eventi lanciati e catturati dai listener riferiti ai target. Di seguito si riporta l' esempio di tale implementazione adottato nella corsia centrale:

```
1
2     @Override
3     public void onAnimationEnd(Animation animation)
4     {
5         globalData.setEnd2(true);
6         t1.setText("FINITA ANIMAZIONE 2");
7         if(globalData.isEnd2() && globalData.
8             getAbsolutePosition()==2) {
9             globalData.decreaseLife();
10            textLifeLeft.setText("LIFE: " + globalData.getLife().
11                toString());
12            textLifeRight.setText("LIFE: " + globalData.getLife()
13                .toString());
14            t2.setText("COLLISIONE SU 2");
15            animationExplosionViewLeft = new
16            AnimationExplosionView(activity.getApplicationContext
17            ());
17            animationExplosionViewRight = new
18            AnimationExplosionView(activity.getApplicationContext
19            ());
20            animationExplosionViewLeft.setX((float) (displayWidth
21            *0.135));
22            animationExplosionViewLeft.setY((float) (
23            displayHeight*0.25));
24            animationExplosionViewRight.setX((float) (
25            displayWidth*0.135));
26            animationExplosionViewRight.setY((float) (
27            displayHeight*0.25));
```

```

18     relativeLayoutAnimationLeft.addView(
19         animationExplosionViewLeft);
20
21     relativeLayoutAnimationRight.addView(
22         animationExplosionViewRight);
23
24     animationEnemies.hideImage(enemyLeftLane2.get(0));
25     animationEnemies.hideImage(enemyRightLane2.get(0));
26     animationEnemies.hideImage(enemyLeftLane2.get(1));
27     animationEnemies.hideImage(enemyRightLane2.get(1));
28     animationEnemies.hideImage(enemyLeftLane2.get(2));
29     animationEnemies.hideImage(enemyRightLane2.get(2));
30     animationEnemies.hideImage(enemyLeftLane2.get(3));
31     animationEnemies.hideImage(enemyRightLane2.get(3));
32
33 }
34 }
```

Come si può vedere, si agisce sugli oggetti `animationEnemies` sfruttando l' evento `onAnimationEnd(Animation animation)` generato dal target. In particolare, oltre alla gestione della scomparsa dei veicoli si effettua un controllo sull' eventuale collisione con un auto nemica. Se lo scontro ha luogo, viene lanciata l' animazione dell'esplosione.

7.7 Gestione animazioni

La gestione delle animazione relative sia alle auto nemiche sia al paesaggio, è stata realizzata estendendo la classe Animation messa a disposizione da Android. In seguito verrà presentato l' esempio relativo alle auto nemiche. Per quanto riguarda il panorama, è stato applicato il medesimo principio. Innanzitutto, per ogni corsia, è stato necessario creare un 'AnimationSet', ovvero un gruppo di animazioni riproducibile simultaneamente:

```
1  
2 public AnimationSet animationSetLane1 = new AnimationSet(  
3     false);  
4 public AnimationSet animationSetLane2 = new AnimationSet(  
5     false);  
6 public AnimationSet animationSetLane3 = new AnimationSet(  
7     false);
```

Sono poi stati definiti tre metodi che implementano il comportamento della ImageView delle auto, a seconda che si trovino nella corsia di destra, di sinistra o in quella centrale. Vediamone un esempio di funzionamento nella corsia di sinistra:

```
1  
2 public void animateFrontCarLane1(final ImageView ivLeft,  
3     final ImageView ivRight, int displayWidth, int  
4     displayHeight)  
5 {  
6     TranslateAnimation TranslateAnimation1 = new  
7         TranslateAnimation(0, ((int) (Animation.  
8             RELATIVE_TO_SELF - (displayWidth * 0.04))),  
9             0,((int) (Animation.RELATIVE_TO_SELF + (displayHeight *  
10                0.08))));  
11     ScaleAnimation ScaleAnimation1 = new ScaleAnimation(1,  
12             5.2f,
```

```

7   1, 5.2f, Animation.RELATIVE_TO_SELF, 0.9f, Animation.
8     RELATIVE_TO_SELF, 0.5f);
9   animationSetLane1.addAnimation(TranslateAnimation1);
10  animationSetLane1.addAnimation(ScaleAnimation1);
11  animationSetLane1.setDuration(4600);
12
13  ivLeft.startAnimation(animationSetLane1);
14  ivRight.startAnimation(animationSetLane1);
}

```

Come si può vedere dalla segnatura del metodo, vengono passati i due oggetti relativi alle imageView delle auto della corsia sinistra. In particolare 'ivLeft' si riferisce all' autoveicolo presente nel relativeLayout di sinistra, mentre 'ivRight' all' autoveicolo del relativeLayout destro. Per fare in modo che le animazioni avessero lo stesso comportamento su ogni dispositivo, si è deciso di applicare le traslazioni e la scala operando sui valori di larghezza ed altezza del display. Per le traslazioni vengono specificati come parametri i punti di partenza relativi alle coordinate 'x' ed 'y' dell'oggetto ed in seguito i punti di arrivo. Per la scala viene specificata la grandezza iniziale dell' imageView ed in seguito è indicato il valore moltiplicativo di scala sull'asse verticale ed orizzontale. Le singole animazioni vengono poi aggiunte all' animationSet tramite il metodo 'addAnimation'. Viene inoltre impostata la durata delle animazioni ed infine vengono fatte partire grazie al metodo 'startAnimation'.

7.8 Asynctask

Per ottimizzare l'utilizzo di memoria del device da parte dell'applicazione sono stati utilizzate i task asincroni (Asynctask) per la gestione di tutta la parte grafica dinamica.

In molti framework di sviluppo con interfacce grafiche i task lunghi non devono essere eseguiti nel thread principale dell'applicazione. Infatti il thread principale è quello che si occupa di gestire gli eventi che arrivano dall'interfaccia (per esempio il click di un pulsante), se questo thread è già occupato a eseguire qualcos'altro l'effetto che si ottiene è quello di un ritardo di esecuzione (lag)[1].

I quattro passi: un Asynktask in android si divide in quattro “step”

1. `onPreExecute()`, invocato sul thread della UI¹ priva che il task venga eseguito.
Qui viene solitamente messo il setup del task
2. `doInBackground(Params...)`, invocato nel background del thread, subito dopo `onPreExecute()`. Questo step è usato per eseguire computazioni in background che possono durare molto tempo. Il risultato della computazione deve essere tornato in questo step, e possono essere pubblicati grazie a `publishProgress(Progress...)`. I valori sono passati all' UI thread nello step `onProgressUpdate(Progress...)`.
3. `onProgressUpdate(Progress...)`, invocato nell' UI thread dopo aver chiamato `publicProgress(Progress...)`. Questo metodo è usato per mostrare ogni progresso nella UI mentre in background la computazione è ancora in esecuzione
4. `onPostExecute(Result)`, invocato dopo che la computazione in background è finita.[5].

¹User Interface

Capitolo 8

Tool utilizzati

In questo capitolo vengono spiegati i tool utilizzati durante lo sviluppo dell'applicazione, il tool principale, Android Studio, è descritto nella sezione (3.1.2), il tool per la sincronizzazione del lavoro da remoto, GitHub (8.1) ed il tool per la gestione dei crash, crashliterals (8.2).

8.1 GitHub

Come repository del lavoro è stato utilizzato GitHub.

GitHub è un servizio web di hosting per lo sviluppo di progetti software, che usa il sistema di controllo di versione Git. Può essere utilizzato anche per la condivisione e la modifica di file di testo e documenti revisionabili.

GitHub offre diversi piani per repository privati sia a pagamento (utilizzato nel nostro caso, grazie all'account 3D4Amb), sia gratuiti, molto utilizzati per lo sviluppo di progetti open-source.

Grazie alla versione Desktop di GitHub, la gestione del lavoro e l'iterazione con il repository è resa ancora più semplificata. I comandi per l'aggiunta, la creazione e la clonazione di un repository direttamente accessibili dall'applicazione:

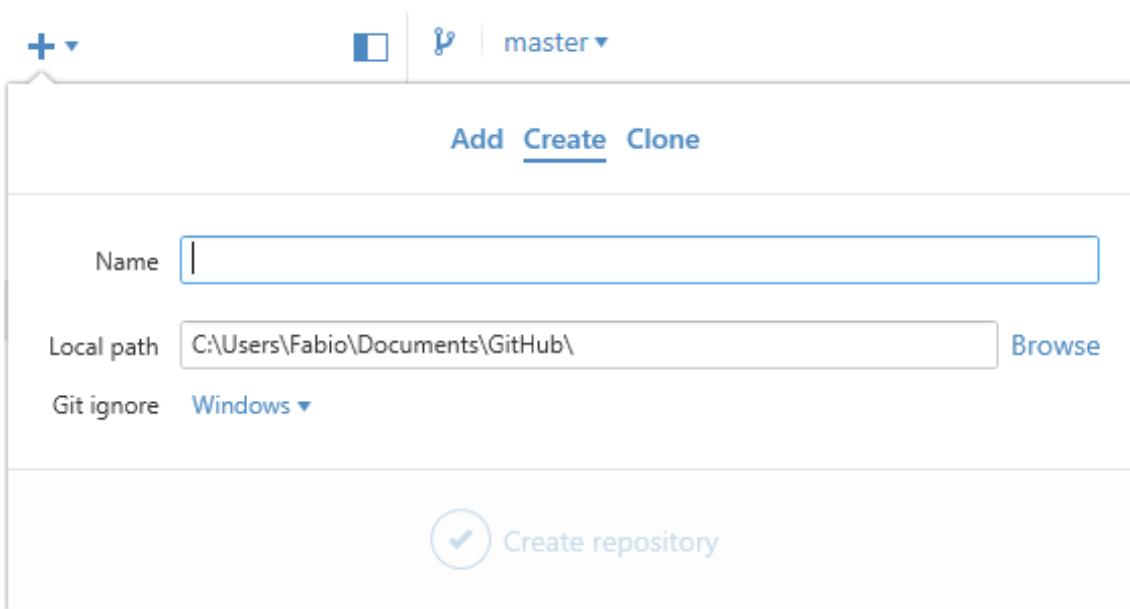


Figura 8.1: Pannello dei comandi GitHub Desktop

Inoltre è possibile gestire i vari progetti e documenti mantenendo uno storico delle modifiche chiaro e tracciabile:

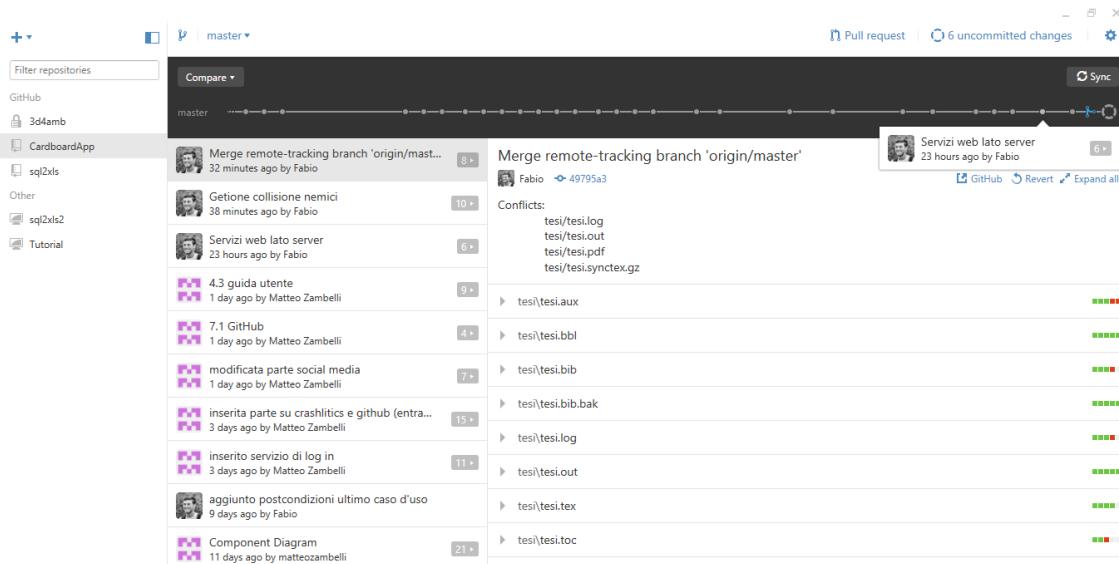


Figura 8.2: Storico GitHub Desktop

Tramite questo tool è quindi possibile creare un account, aggiungere un nuovo progetto ed inviare dati in pochi minuti. Se il progetto venisse inoltre reso open source, sarebbe possibile anche avere un' ampia comunità di sviluppatori che potrebbe osservare il progetto, biforcarlo ed dare un aiuto per migliorarlo.

8.2 Crashlytics

Per tenere traccia di eventuali problemi all’ interno dell’applicazione è stato utilizzato Crashlytics¹.

Crashlytics è uno strumento per tenere traccia dei crash all’interno dell’applicazione, segnala in quale activity si è verificato il problema, genera statistiche di utilizzo degli utenti, e consente agli sviluppatori di gestire i bug (marcandoli come risolti o non risolti).

//TODO - aggiornare i dati prima di stampare la tesi (15/8/2015)

Da quando l’applicazione è stata rilasciata (11 Maggio 2015 per la versione 1.1) Si sono verificati in totale 21 crash, molti dei quali(7) dovuti all’assenza di risposta da parte del server.



Figura 8.3: utenti attivi per giorno

¹<https://try.crashlytics.com/>



Figura 8.4: nuovi utenti ogni giorno

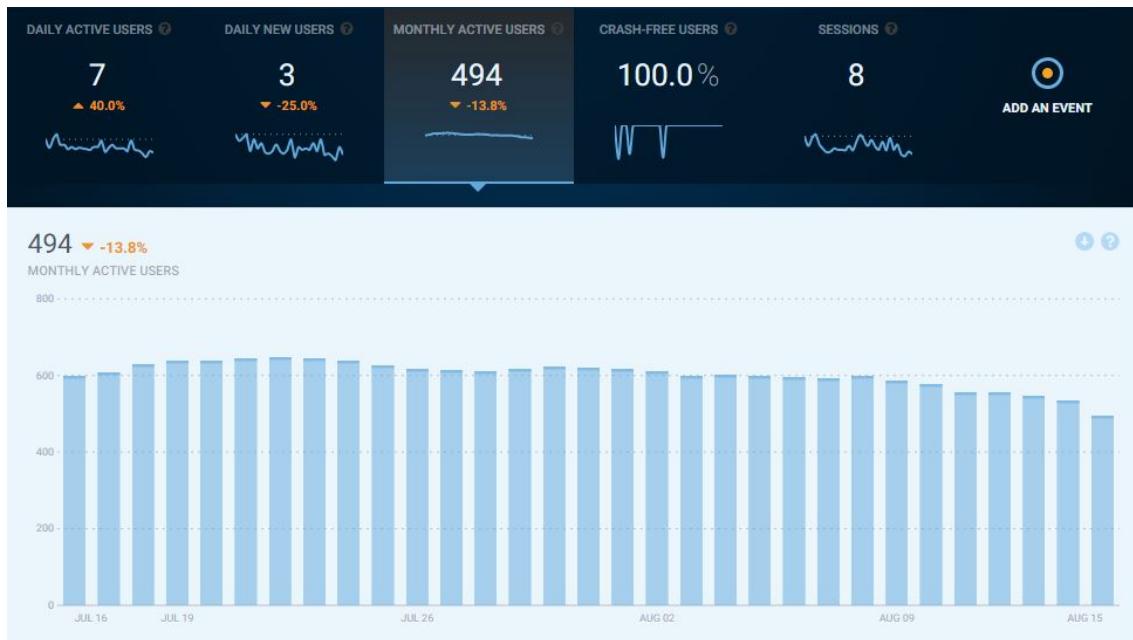


Figura 8.5: utenti attivi per mese

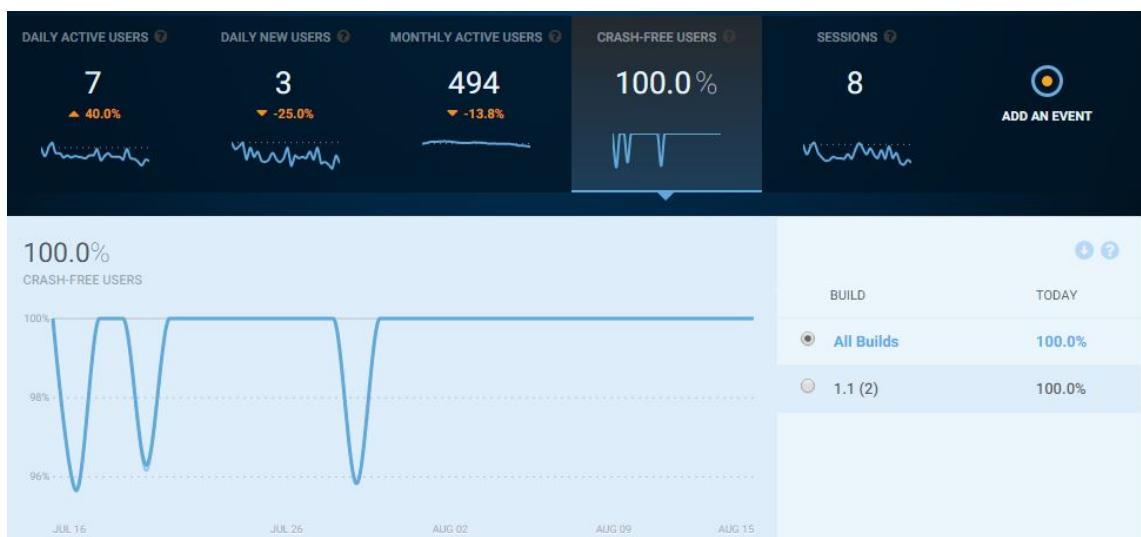


Figura 8.6: utenti che non hanno riscontrato crash

Parte IV

Valutazioni finali

A Low-cost Virtual Reality Game for Amblyopia Rehabilitation

Angelo Gargantini, Fabio Terzi, Matteo Zambelli, Silvia Bonfanti

Department of Engineering, University of Bergamo

Viale Marconi 5 24044

Dalmine (BG), ITALY

{angelo.gargantini,silvia.bonfanti}@unibg.it, {f.terzi1,m.zambelli3}@studenti.unibg.it

ABSTRACT

The paper presents the design and development of a mobile application realizing a video game that aims at treating amblyopia by using a Google Cardboard. Google Cardboard is a low cost device able to reproduce virtual reality by means of a smartphone. The proposed video game engaged the patient in a car racing game and it displays the same image to the eyes, but with some differences that stimulate the lazy eye more than the normal eye.

1. INTRODUCTION

Amblyopia, otherwise known as ‘lazy eye’, is reduced visual acuity that results in poor or indistinct vision in one eye that is otherwise physically normal. It may exist even in the absence of any detectable organic disease. Amblyopia is generally associated with a squint or unequal lenses in the prescription spectacles. This low vision is not correctable (or only partially) by glasses or contact lenses. Amblyopia is caused by media opacity, strabismus, anisometropia, and significant refractive errors, such as high astigmatism, hyperopia, or myopia. This condition affects 2-3% of the population, which equates to conservatively around 10 million people under the age of 8 years worldwide [8]. If amblyopia is not diagnosed and treated in the first years of life, the lazy eye becomes weaker and the normal eye becomes dominant. The traditional way to treat amblyopia is carried out wearing a patch over the normal eye for several hours a day, through a treatment period of several months. This treatment has some drawbacks: it is unpopular, not well accepted by the young patients, and sometimes can disrupt the residual fusion between the eyes.

Our group has been involved in the use of computer technologies for the treatment of amblyopia for several years. The project 3D4AMB¹ exploits the stereoscopic 3D technology, that through glasses with LCD active shutters permits to show different images to the amblyotic eye and the nor-

mal eye. We developed some software both for amblyopia diagnosis [3] and treatment that uses this kind of 3D technology [6]. A form of treatment we have proposed, consists in watching video clips with 3D glasses that realize a virtual visual rebalancing [2]. In this work we plan to advance w.r.t. the existing treatments by using a much cheaper virtual reality device and to emphasize the activity to be performed by the patients. Indeed, while patching and vision rebalancing are classified as passive method, other treatments which require some activity on the part of the patients are classified as *active*. Active methods are intended to enhance treatment of amblyopia in a number of ways, including increased compliance and attention during the treatment periods (due to activities that are interesting for the patient) and the use of stimuli designed to activate and to encourage connectivity between certain cortical cell types. A good survey and assessment about active treatments and their efficiency can be found in [5].

The active treatment proposed by 3D4AMB consists in playing with interactive games or exercises, which will stream binocular images. In this settings, the child plays with a special video game which will exploit the binocular vision to send to the lazy eye all the details while the normal eye will see only a part of the game scene. To successfully complete the game or the exercise the patient must use the information shown to the lazy eye (and possibly fuse it with the information shown to the normal eye). In this way, the amblyotic eye is more stimulated and the fusion encouraged. The game application must continuously monitor the success rate of the game in order to adjust the difficulty based on the real capability of the player. It is well known that video games can be very useful for visual rehabilitation [1]. Classical examples of games found in literature, include PAC-MAN and simple car racing games [7]. In this work we propose a simple car racing game.

The classic use of a 3D system (like 3D glasses or the Google Cardboard) is to provide different images to the two eyes of the same scene with viewing angles slightly out of phase, that correspond to the different points of view of left and right eye. This vision produces an illusion of depth of the scene and is the heart of virtual reality. The primary principle of the system is that the images shown to the two eyes are different but related.

This principle can be used in practice also for the treatment of amblyopia by sending two different images to the two eyes: to the amblyopic eye we will show the most interesting part of the frame of the clip (or game), while to the not amblyopic eye (or good) we will show the least interest-

¹<http://3d4amb.unibg.it/>

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Rehab2015

Copyright 2006 ACM 1-59593-256-9/06/0006 ...\$5.00.

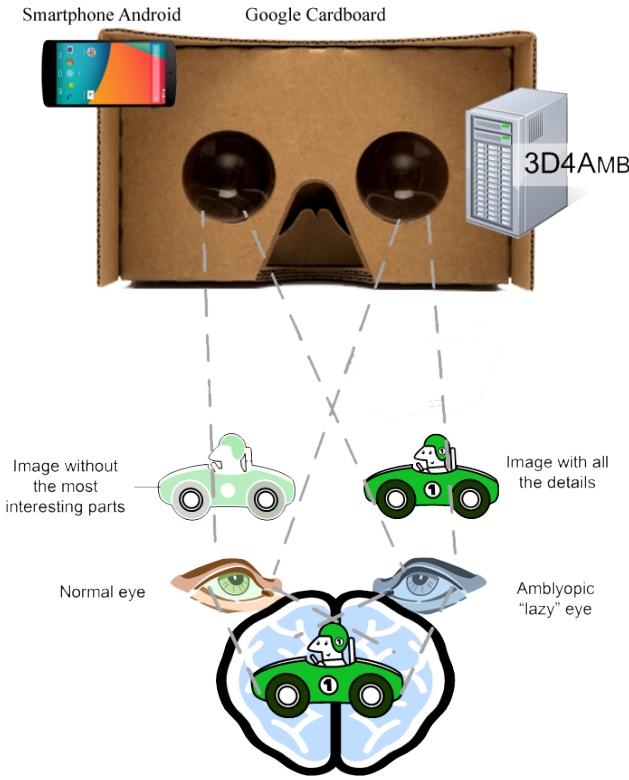


Figure 1: 3D4Amb system with Google Cardboard

ing part. The principle, in case of use of the Google Cardboard is depicted in Fig. 1. Since the patients are young children, we decided to implement the diagnosis and treatment modules in a form of videogame, in order to make the treatment fun and not boring. The final aim of the project is to give the patients a complete system for the treatment that can be used at home. In fact, a smartphone and an inexpensive Google Cardboard are enough to run the software presented in this paper.

In this paper, first in Sect. 2, we describe the Google Cardboards and how they work. Then In Sect. 3, we introduce our mobile application that realizes the video game for amblyopia treatment.

2. GOOGLE CARDBOARD

Google Cardboard is a virtual reality (VR) platform developed by Google. It was created by David Coz and Damien Henry, Google engineers at the Google Cultural Institute in Paris, in their 20% “Innovation Time Off”[4], and introduced at the Google I/O 2014 developers conference for Android devices. It consists of a fold-out cardboard with two lenses where the user must insert the smartphone (see Fig. 2). The user looks inside in order to see the images displayed by the phone. It permits a stereo vision by sending two different images to the two eyes. It works with different smartphones and can be easily adapted to be used by children. The system proposed in this paper also works with other types of VR viewers (e.g., Samsung Gear VR).

It is not an experience as the strap-on Oculus Rift headset, which requires a computer (and is still in development), or Samsungs Gear VR, which costs \$200 and only works with



Figure 2: Google Cardboard

the Galaxy Note 4. But it is an easy way to get a feel for what is possible with modern virtual reality, and beyond the low cost of the headset, most of the available apps are free.

3. CAR RACING MOBILE APPLICATION FOR AMBLYOPIA TREATMENT

The principle of using 3D for penalization of the normal eye in amblyopic children, as explained before, has been applied in the game development for the treatment of amblyopia. The game is called *Car Racing Cardboard (CRC)* which works for the Google Cardboard and it is freely available on the Google play store².

Required hardware. The user must have an Android Smartphone (with the CRC application installed), Google Cardboard, or any other 3D VR glasses and earphone with controller (+, -, and confirm) to play with the game.

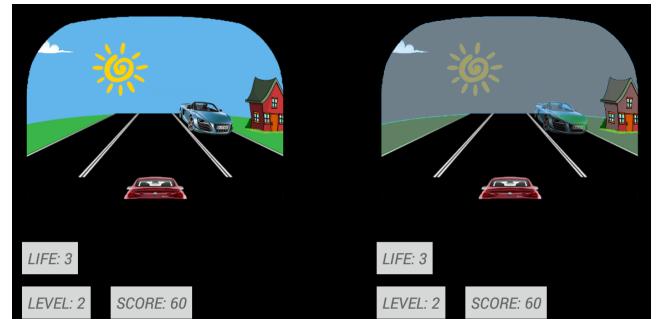


Figure 3: A simple game scene

Game principle. As shown in Fig. 3, the game scene shown to the patient is divided by CRC in two parts, one for the healthy eye (right eye in the figure) and one for the amblyopic eye (left eye in the figure). The CRC decides which images send to the eyes depending on the type of treatment suggested by the doctor. In any case the lazy eye of the child is stimulated to work and the healthy eye is not covered. This is a positive aspect since the children does not interrupt the merger between the eyes (it is a problem with

²<https://play.google.com/store/apps/details?id=it.unibg.p3d4amb.carracingcardboard>

the occlusion treatment, which can disrupt the residual fusion).

The brain of the patient has to combine the two images to view the complete frame successfully and perform simple operations like identifying the incoming cars and move the main car. There are a significant number of elements common to both images, to make sure that the patient can merge them. The final frame is a two-dimensional representation since the objective is not to stimulate the stereo vision of the patient (at least initially), but to make the eyes working in different way.

Game description. Before the beginning of game, the application allows the user to choose the lazy eye (left or right), in order to decide between two different views (penalise the right or left eye). The goal of the game consists in getting the highest score possible. The gamer moves the main car (in the bottom of the view) in order to avoid obstacles (i.e. incoming cars in the opposite direction), and if it does not hit any obstacle, then the score increases. When the score reaches some given thresholds (number of cars avoided), the level increases. When the level rises, the speed and the number of obstacles are increased as well so making the game more difficult. However, the most important aspect is given by the dynamic penalization of the scene shown to the healthy eye. In fact, when the level rises, the application increases the transparency of the panorama and the obstacles displayed for the not amblyopic eye, in order to train the lazy eye. The game ends after 3 collisions (after 3 lives lost). The gamer uses earphone to play the game. “+” and “-” buttons are used to choose the lazy eye at the beginning of the game and to move the main car in order to avoid obstacles. Instead confirm button is used to start the game or restart it after the end.

CRC improvement tracking service. The CRC game includes a web sever to which it sends data about the game activity. In this way, users can track their improvement. Once registration is complete (going on SIGN UP button (Fig. 4)), users can log in and the CRC system will trace game results. At the end of the game, users can ask to receive an email with a summary of the performance, in this way they can understand if they are getting better. Users can play also without registration, but the CRC system will not trace improvements.

Doctor interface. CRC provide also an interface to the doctors to check patient improvements. Doctors can send an email to the CRC Staff, and they will provide to them a special page (Fig. 5). This functionality allows CRC to reach younger users (1-4 years old), who are also the most affected by amblyopia.

Certifications. Until now CRC application has obtained the following certifications on Google Play Store (Fig. 6) :

- Australian Classification Board (ACB) – Australia
- Classificao Indicativa (ClassInd) – Brazil
- Entertainment Software Rating Board (ESRB) – North America
- Pan-European Game Information (PEGI) – Europe

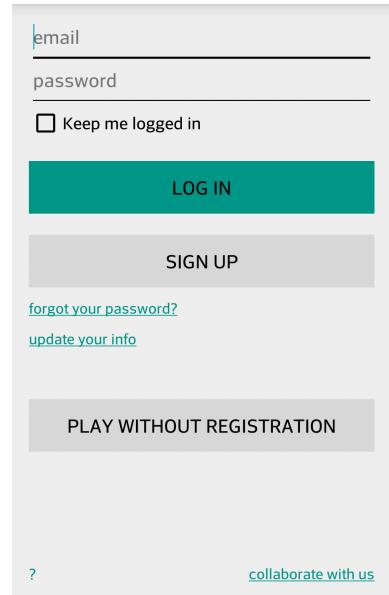


Figure 4: Log in activity

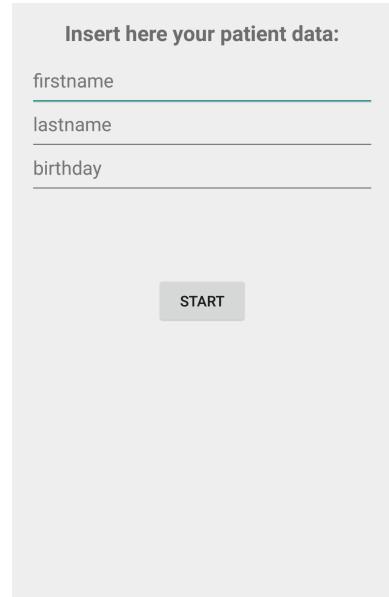


Figure 5: Doctor interface

- Unterhaltungssoftware Selbstkontrolle (USK) – Germany
- IARC Generic – Rest of the world
- Google Play –South Korea

4. CONCLUSIONS

The application's aim is to treat amblyopia or lazy eye, without requiring the use of an expansive device (nowadays all people have a smartphone and Google Cardboard is very cheap). By using the CRC application, people with lazy eye can improve their vision in the lazy eye. The policy for the



Figure 6: CRC Google Play Store certifications

treatment of amblyopia proposed by 3D4AMB, also tries to avoid the classical risks of the patch therapy (poor conformance and fusion disruption) and allows a interactive and supervised healing. However, at least initially, this therapy can be performed alongside with the classical occlusion. Although there are not clinical results available at the moment to support the effectiveness of the application, a series of experiments with children are currently carried on at the local hospital in order to check the validity and viability of the proposed approach.

5. REFERENCES

- [1] R. Achtman, C. Green, and D. Bavelier. Video games as a tool to train visual skills. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 26(4-5):435–446, 2008.
- [2] A. Gargantini, M. Bana, and F. Fabiani. Using 3d for rebalancing the visual system of amblyopic children. In *Virtual Rehabilitation (ICVR), 2011 International Conference on*, pages 1 –7, Zurich, june 2011.
- [3] A. Gargantini, G. Facoetti, and A. Vitali. A random dot stereoacuity test based on 3D technology. In *Proceedings of the 8th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare - 2nd Patient Rehabilitation Research Techniques Workshop*, PervasiveHealth '14, pages 358–361, ICST, Brussels, Belgium, Belgium, May 2014. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering).
- [4] N. Statt. Facebook has oculus, google has cardboard. <http://www.cnet.com/news/facebook-has-oculus-google-has-cardboard/>, 2015. Accessed: 2015-07-10.
- [5] C. M. Suttle. Active treatments for amblyopia: a review of the methods and evidence base. *Clinical and Experimental Optometry*, 2010.
- [6] A. Vitali, G. Facoetti, and A. Gargantini. An environment for contrast-based treatment of amblyopia using 3D technology. In *International Conference on Virtual Rehabilitation 2013 - August 26-29, 2013 in Philadelphia, PA, U.S.A.*, 2013.
- [7] P. E. Waddingham, S. V. Cobb, R. M. Eastgate, and R. M. Gregson. Virtual reality for interactive binocular treatment of amblyopia. In *The Sixth International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, 2006.
- [8] A. L. Webber and J. Wood. Amblyopia: prevalence, natural history, functional effects and treatment. *Clinical and Experimental Optometry*, 88(6):365–375, Nov. 2005.

Capitolo 9

Social media

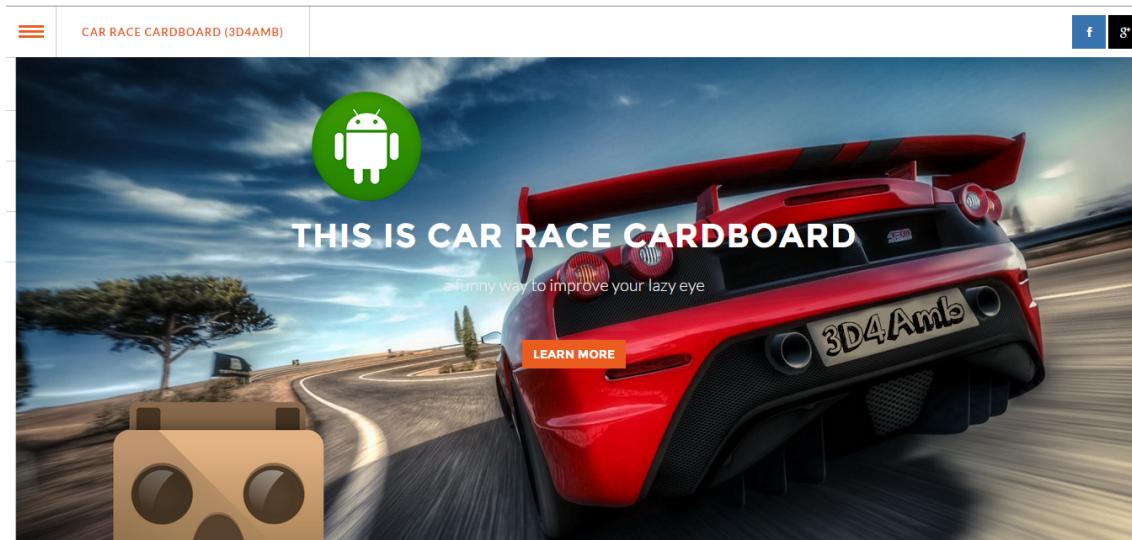


Figura 9.1: Car Racing Cardboard web site

La promozione dell'applicazione è stata effettuata con i mezzi che ad oggi sono più in voga, gli strumenti utilizzati sono stati Facebook¹ e Google+², è stato anche realizzato un sito internet³ (Figura 9.1).

Il sito contiene informazioni sulla strumentazione necessaria per l'utilizzo dell'applicazione, rimanda alla pagina di Google Play per il download e contiene anche una piccola guida utente.

¹<https://www.facebook.com/3D4Amb>

²<https://plus.google.com/u/1/110383688193490676162/posts>

³<http://3d4amb.unibg.it/3dcar/cardboard%20site/>

Risultati promozione sicuramente tale “pubblicizzazione” ha influito nel numero di download dell’applicazione, possiamo notare un notevole picco dopo la data di rilascio:



Figura 9.2: statistiche download da Google Play Store

Capitolo 10

Conclusioni

Lo scopo di questa applicazione è il trattamento dell’ambliopia, non è necessario avere a disposizione device costoso, al giorno d’oggi tutte le persone hanno uno smartphone e Goggle Cardboard è molto economico. Usando l’applicazione Car Racing Cardboard, le persone che soffrono di ambliopia possono migliorare il loro occhio pigro.

La tipologia di trattamento proposta da 3D4Amb, cerca di evitare i rischi della terapia occlusiva, ma può anche essere usata in parallelo con la terapia occlusiva[3].

Certificazione contenuti: L’applicazione ha ricevuto delle certificazioni da Google Play Store:

- Australian Classification Board (ACB) – Australia
- Classificaçao Indicativa (ClassInd) – Brazil
- Entertainment Software Rating Board (ESRB) – North America
- Pan-European Game Information (PEGI) – Europe



Figura 10.1: Classificazione contenuti

-
- Unterhaltungssoftware Selbstkontrolle (USK) – Germany
 - IARC Generic – Rest of the world
 - Google Play –South Korea

10.1 Paper

Riguardo l'applicazione Car Racing Cardboard è stato steso un paper dal titolo: *A low-cost virtual reality game for amblyopia rehabilitation*

//TODO descrizione paper?

Il paper è stato sottoposto alla commissione della conferenza rehab 2015¹, ed è stato accettato:

1 Dear Angelo Gargantini ,
2
3 We have received the reviewers' reports on your paper 25
entitled
4 A Low-cost Virtual Reality Game for Amblyopia
Rehabilitation and I am glad to inform you that your
paper has been classified as
5 ?Accepted?.
6
7 For your guidance, reviewers' comments are appended below
. I hope these comments
8 can help you to improve the contribution.
9
10 Please note that the deadline for the camera ready is the
next September 13th, 2015
11
12 the process to register will be available next week in
the workshop web page

¹<http://www.rehab-workshop.org/>

```
13 [http://www.rehab-workshop.org]
14
15 Thank you for your interest in the REHAB 2015 workshop.
16
17 Yours sincerely,
18 REHAB 2015 co-chairs
```

10.2 Sviluppi futuri

- un famiglia di videogiochi mobile per il trattamento dell’ambliopia. Per come è stata pensata l’applicazione sarà sufficiente cambiare le immagini montate sugli “scheletri” che gestiscono la parte grafica del gioco, per quanto riguarda la gestione utenti e dati, le modifiche richieste saranno veramente minime
- una collaborazione attiva con i centri di ipovisione per raccogliere una maggior quantità di dati per migliorare l’efficacia dell’applicazione
- attuare i feedback provenienti dalla conferenza REHAB 2015, dove verrà presentata questa applicazione

Bibliografia

- [1] F. Collini. <http://android.devapp.it/>, Luglio 2011.
- [2] L. Ferro. Smartphone, ad android [...]. *Il Fatto Quotidiano*, 18 agosto 2014.
- [3] A. Gargantini, F. Terzi, M. Zambelli, and S. Bonfanti. A low-cost virtual reality game for amblyopia rehabilitation. 2015.
- [4] S. D. Modica. appunti a cura di salvatore di modica. *Università di Pisa*.
- [5] A. official site. <http://developer.android.com/>.
- [6] N. Statt. Facebook has oculus, google has cardboard. 2014.
- [7] F. Terzi and M. Zambelli. Progetto e sviluppo di un videogame basato sulla penalizzazione per il trattamento dell’ambliopia. 2013.