

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102022000008099
Data Deposito	22/04/2022
Data Pubblicazione	22/10/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B	3	11

Titolo

METODO DI STIMA DELLA DISTANZA INTERPUPILLARE.

METODO DI STIMA DELLA DISTANZA INTERPUPILLARE

La presente invenzione si riferisce a un metodo di stima della distanza interpupillare mediante l'impiego di terminali come per esempio smartphone, laptop e così via.

La distanza interpupillare o IPD è una grandezza fondamentale per la scelta e la configurazione degli occhiali.

Generalmente, quando si acquistano gli occhiali in negozio, l'ottico disegna due punti sulle lenti di prova in corrispondenza della posizione delle pupille stimata a occhio; la distanza tra i due punti disegnati viene considerata la distanza interpupillare dell'utente.

Recentemente sono stati sviluppati programmi per computer o software in grado di stimare la distanza interpupillare di un utente attraverso l'analisi di una immagine digitale acquisita della faccia dell'utente stesso. Questi software sono caricati su appositi terminali installati nei negozi.

Negli ultimi anni, comunque, con la crescita dell'e-commerce ossia la vendita di prodotti online sulla rete internet, è divenuto necessario disporre di software per la stima della distanza interpupillare installati sui terminali mobili o personal computer (PC) da scrivania degli utenti stessi e integrati nelle applicazioni software di vendita online.

La presenza di fotocamere integrate nei terminali mobili o di fotocamere collegate a PC da scrivania consente l'immediata acquisizione delle immagini digitali che servono ai software per la stima della distanza interpupillare.

Sono noti metodi di stima della distanza interpupillare implementati attraverso software per terminali che utilizzano le cosiddette tecniche di *range-imaging*. Tali tecniche sono usate per produrre un'immagine
5 bidimensionale o 2D in cui ad ogni pixel è associato un rispettivo valore della distanza del punto rappresentato dal pixel dal punto di osservazione e di cattura dell'immagine. Tali tecniche prevedono di catturare o acquisire l'immagine mediante un sistema di acquisizione
10 di immagini di profondità. Tale sistema di acquisizione di immagini di profondità può comprendere un sistema di stereovisione oppure una cosiddetta fotocamera di profondità. Nel caso in cui il sistema di acquisizione di immagini di profondità sia opportunamente calibrato
15 i valori delle distanze associati ai pixel possono essere determinati direttamente in unità metriche reali come i metri.

In ogni caso il sistema di acquisizione di immagini di profondità è configurato per catturare una immagine
20 bidimensionale, determinare una mappa bidimensionale di dati rappresentativi delle distanze di ciascun pixel da un punto di osservazione e associare la mappa bidimensionale all'immagine bidimensionale acquisita in modo tale che ad ogni pixel dell'immagine bidimensionale
25 acquisita sia associato un dato della mappa bidimensionale. Tale associazione è eseguita mediante algoritmi di sincronizzazione.

Al giorno d'oggi sempre più terminali, come per esempio smartphone, tablet e così via, sono dotati di fotocamere
30 di profondità per effettuare rilievi in numerosi contesti applicativi per esempio in ambito edilizio o nell'ambito dell'occhialeria.

I metodi di stima della distanza interpupillare basati su tecniche di range imaging comprendono le fasi:

- acquisire, mediante una fotocamera di profondità di un terminale elettronico, una immagine di profondità del
5 viso di un utente comprendente una immagine bidimensionale o 2D e una mappa bidimensionale di dati rappresentativi delle distanze di ciascun pixel da un punto di osservazione coincidente con la posizione di detta fotocamera di profondità, detta mappa
10 bidimensionale essendo allineata a detta immagine bidimensionale o 2D in modo tale che ad ogni pixel dell'immagine bidimensionale acquisita sia associato un dato della mappa bidimensionale;
- eseguire una elaborazione di detta immagine di
15 profondità acquisita in modo tale da correggere alterazioni ottiche intrinseche;
- rilevare sull'immagine 2D due punti marchiatori corrispondenti alle pupille;
- ottenere le coordinate spaziali in unità metriche di
20 detti punti marchiatori;
- determinare la stima della distanza interpupillare espressa in unità metriche calcolando la distanza tra detti punti marchiatori.

Per elaborazione dell'immagine di profondità si intende
25 un processo che prevede il reperimento dei coefficienti di distorsione della fotocamera, come forniti dal costruttore e la successiva elaborazione dell'immagine sulla base di tali coefficienti di distorsione.

Sono altresì noti allo stato dell'arte metodi di stima
30 della distanza interpupillare basati su tecniche di range imaging in cui la posizione delle pupille viene determinata attraverso procedimenti di raffinamento o

"refining" iterativi con conseguente aumento dell'onere computazionale.

Il metodo di stima della distanza interpupillare basato su tecniche di range imaging presenta il vantaggio che
5 i dati sono rilevati già in unità metriche e quindi non necessita, per poter essere attuato, di mostrare eventuali oggetti dalle dimensioni note per poter calcolare un rapporto di conversione pixel-millimetri; tale metodo, quindi, risulta molto semplice da attuare
10 per l'utente.

Il metodo di stima della distanza interpupillare noto sopra descritto presenta tuttavia alcuni inconvenienti. Un inconveniente è che le fotocamere di profondità sono molto costose e quindi tale metodo può essere attuato
15 solo in terminali molto costosi.

Un altro inconveniente è che la precisione della misura dipende dalla precisione del sensore di profondità della fotocamera di profondità atto a rilevare la mappa bidimensionale di dati nonché dalla risoluzione e
20 sensibilità del sensore di acquisizione della immagine 2D. Un ulteriore inconveniente è che l'accuratezza della stima dipende anche dalla posa e dalla direzione dello sguardo ("gaze") dell'utente, dalle condizioni di luce e messa a fuoco con cui viene acquisita l'immagine
25 bidimensionale; a tal riguardo va sottolineato che le condizioni ambientali ideali per il funzionamento del sensore di profondità possono essere conflittuali con quelle del sensore di acquisizione dell'immagine bidimensionale.

30 Inoltre, l'accuratezza della stima dipende anche dall'accuratezza che è possibile raggiungere con il particolare processo di elaborazione impiegabile.

Scopo della presente invenzione è quello di ovviare agli inconvenienti sopra menzionati e in particolare quello di ideare un metodo di stima della distanza interpupillare basato su tecniche di range-imaging che
5 sia più accurato dei metodi dell'arte nota indipendentemente dalla precisione della fotocamera di profondità evitando una fase di refining della posizione delle pupille con riduzione degli oneri di calcolo computazionale.

10 Questo e altri scopi secondo la presente invenzione sono raggiunti realizzando un metodo di stima della distanza interpupillare come esposto nella rivendicazione 1.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di ovviare agli inconvenienti sopra menzionati e in
15 particolare quello di ideare un programma per computer caricabile in una memoria di un calcolatore elettronico e comprendente istruzioni che inducono il calcolatore elettronico ad attuare un metodo di stima della distanza interpupillare che sia più semplice di quelli basati sul
20 riconoscimento di un oggetto o segno dalle dimensioni note nella immagine digitale del viso dell'utente acquisita.

Questo ulteriore scopo secondo la presente invenzione è raggiunto realizzando un programma per computer come
25 esposto nella rivendicazione 15.

Ulteriori caratteristiche del metodo di stima della distanza interpupillare sono oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

Le caratteristiche e i vantaggi di un metodo di stima
30 della distanza interpupillare secondo la presente invenzione risulteranno maggiormente evidenti dalla descrizione seguente, esemplificativa e non limitativa,

referita ai disegni schematici allegati nei quali:

- la figura 1 è un diagramma di flusso che rappresenta un metodo di stima della distanza interpupillare secondo una prima forma di realizzazione della presente
5 invenzione;
- la figura 2 è un diagramma di flusso che rappresenta un metodo di stima della distanza interpupillare secondo una seconda forma di realizzazione della presente invenzione;
- 10 - la figura 3 è un diagramma di flusso che rappresenta un metodo di stima della distanza interpupillare secondo una terza forma di realizzazione della presente invenzione
- la figura 4 è uno schema rappresentativo di due pupille
15 viste da un punto di osservazione coincidente con la posizione di una fotocamera.

Con riferimento alle figure, viene mostrato un metodo di stima della distanza interpupillare, complessivamente indicato con 100.

- 20 Tale metodo di stima della distanza interpupillare 100 è implementabile mediante un calcolatore elettronico dotato di una memoria per l'archiviazione dati. In particolare, il metodo di stima della distanza interpupillare 100 è attuabile mediante un programma o
25 software di stima della distanza interpupillare caricato nella memoria del calcolatore.

Tale programma di stima della distanza interpupillare comprende, quindi, istruzioni che inducono il calcolatore elettronico ad attuare il metodo di stima
30 della distanza interpupillare 100 quando il calcolatore elettronico esegue il programma.

Il programma di stima della distanza interpupillare può

essere associato a una piattaforma di e-commerce per occhiali. In tal caso, il programma di stima della distanza interpupillare viene eseguito ogni qualvolta un utente effettua un acquisto di occhiali sulla
5 piattaforma di e-commerce per occhiali.

Più in generale il programma di stima della distanza interpupillare può essere eseguito anche da un terminale elettronico di un operatore dopo che un utente abbia acquistato un paio di occhiali.

10 Per terminale elettronico può intendersi un personal computer da banco, o uno smartphone, o un tablet, o un palmare e così via.

Il terminale elettronico comprende una fotocamera di profondità e un calcolatore elettronico dotato di una
15 memoria per l'archiviazione dati in cui è caricato un programma o software di stima della distanza interpupillare secondo la presente invenzione.

Il metodo di stima della distanza interpupillare 100, secondo la presente invenzione, comprende le fasi:

20 - acquisire 110 mediante una fotocamera di profondità una pluralità di immagini di profondità del viso di un utente ove ciascuna immagine di profondità comprende una immagine bidimensionale o 2D e una mappa bidimensionale di dati rappresentativi delle distanze di ciascun pixel
25 da un punto di osservazione coincidente con la posizione di detta fotocamera di profondità, detta mappa bidimensionale essendo allineata a detta immagine bidimensionale o 2D in modo tale che ad ogni pixel dell'immagine bidimensionale acquisita sia associato un
30 dato della mappa bidimensionale;

e per ciascuna di dette immagini di profondità acquisite:

- eseguire 120 una elaborazione di detta immagine

di profondità acquisita correggendo l'allineamento tra detta mappa bidimensionale di dati e detta immagine bidimensionale o 2D;

- localizzare 130 sull'immagine bidimensionale o 2D due punti marchiatori corrispondenti alle pupille;

5 - ottenere 140 le coordinate spaziali in unità metriche di detti punti marchiatori da detta mappa bidimensionale di dati;

- determinare 150 una prima stima della distanza interpupillare calcolando la distanza tra detti punti marchiatori;

10 - determinare 160 una seconda stima della distanza interpupillare;

- calcolare 170 una stima finale della distanza interpupillare sulla base delle prime stime e/o delle seconde stime.

15 Preferibilmente la prima stima della distanza interpupillare è corrispondente alla stima della distanza interpupillare da vicino ed è espressa in unità metriche.

20 Preferibilmente la seconda stima della distanza interpupillare è corrispondente alla stima della distanza interpupillare da lontano, è espressa in unità metriche ed è calcolata sulla base della prima stima e

25 di un raggio del bulbo oculare predeterminato impostato pari al valore del raggio del bulbo oculare più diffuso tra la popolazione mondiale secondo i dati contenuti in una banca dati antropometrica. Una banca dati antropometrica è una banca dati nota allo stato dell'arte

30 che fornisce dati antropometrici. I dati antropometrici sono dati sulle dimensioni e sulla forma del corpo umano e sono la base su cui sono costruiti tutti i modelli

umani digitali. Una banca dati antropometrica contiene i dati relativi a misure antropometriche, ossia le misure del corpo umano come per esempio statura, peso, raggio del bulbo oculare ecc, di una pluralità di persone.

5 Tra le banche dati liberamente accessibili più conosciute ci sono, a titolo esemplificativo, ANSUR™ I e ANSUR™ II e NHANES™.

In alternativa la prima stima della distanza interpupillare è corrispondente alla stima della
10 distanza interpupillare da lontano ed è espressa in unità metriche mentre la seconda stima della distanza interpupillare è corrispondente alla stima della distanza interpupillare da vicino, è espressa in unità metriche ed è calcolata sulla base della prima stima e
15 di un raggio del bulbo oculare predeterminato impostato pari al valore del raggio del bulbo oculare più diffuso tra la popolazione mondiale secondo i dati contenuti in una banca dati antropometrica. In questo caso la fase di acquisizione 110 della pluralità di immagini di
20 profondità viene effettuata chiedendo all'utente di guardare verso un punto molto lontano.

Per elaborazione dell'immagine di profondità si intende un processo che prevede il reperimento dei coefficienti di distorsione della fotocamera, come forniti dal
25 costruttore, la successiva elaborazione dell'immagine sulla base di tali coefficienti di distorsione.

La fase di acquisizione 110 di una pluralità di immagini di profondità è, in particolare, eseguita scattando una fotografia mediante una fotocamera di profondità o un
30 sistema di fotocamere di un terminale mobile o di un PC da scrivania atte a funzionare da fotocamera di profondità. Le immagini di profondità possono essere

acquisite chiedendo all'utente di guardare da vicino verso la fotocamera di profondità oppure di guardare verso un punto lontano oltre la fotocamera.

Nel prosieguo della trattazione si farà riferimento per
5 semplicità al caso in cui le immagini di profondità siano
acquisite chiedendo all'utente di guardare da vicino
verso fotocamera di profondità. La descrizione poi potrà
essere applicata mutatis mutandis al caso in cui le
immagini siano acquisite chiedendo all'utente di
10 guardare verso un punto lontano oltre la fotocamera.

La fase di localizzazione 130 dei punti marchiatori
corrispondenti alle pupille viene eseguita da un primo
algoritmo. Per esempio il primo algoritmo può essere un
algoritmo di elaborazione digitale delle immagini oppure
15 un algoritmo ad apprendimento automatico (machine
learning) che non verranno descritti nel dettaglio
essendo noti nello stato della tecnica.

Per esempio, nel caso in cui il primo algoritmo sia del
tipo di elaborazione digitale delle immagini, esso
20 rileva e localizza i punti marchiatori corrispondenti
alle pupille sulla base della rilevazione di colori e
caratteristiche geometriche dell'immagine.
Diversamente, nel caso in cui il primo algoritmo sia del
tipo ad apprendimento automatico, esso rileva e
25 localizza i punti marchiatori corrispondenti alle
pupille sulla base di un modello di calcolo addestrato
su un insieme di immagini in cui la posizione di tali
punti è già nota.

Una volta localizzati sull'immagine bidimensionale o 2D
30 i punti marchiatori corrispondenti alle pupille si
ottengono le rispettive coordinate spaziali degli stessi
proiettando tali punti marchiatori sulla mappa

bidimensionale della relativa immagine di profondità in modo di per sé noto allo stato della tecnica.

Dopo aver ottenuto le coordinate spaziali dei punti marchiatori se ne calcola la distanza, applicando le
5 tecniche di deproiezione (*deprojection*) note allo stato dell'arte, ricavando così una prima stima della distanza interpupillare corrispondente alla stima della distanza interpupillare vicina IPD_D .

Per distanza interpupillare vicina IPD_D si intende la
10 distanza tra le due pupille di un utente quando quest'ultimo guarda un punto vicino.

La fase di determinazione della seconda stima della distanza interpupillare corrispondente alla stima della distanza interpupillare lontana IPD_∞ viene eseguita
15 mediante un secondo algoritmo di calcolo trigonometrico. Per distanza interpupillare lontana IPD_∞ si intende la distanza tra le due pupille di un utente quando quest'ultimo guarda un punto molto lontano.

Tale secondo algoritmo prevede in primo luogo il calcolo
20 dell'angolo θ compreso tra i due segmenti che congiungono i punti marchiatori al punto di osservazione risolvendo la seguente espressione in forma semplificata:

$$\theta = 2 \tan^{-1} \frac{IPD_D}{2D}$$

ove D è la distanza tra il punto di osservazione e il
25 segmento congiungente i punti marchiatori.

I punti marchiatori e il punto di osservazione definiscono un triangolo isoscele con angolo al vertice θ , altezza D e base pari al segmento che congiunge i punti marchiatori.

30 Così viene calcolato l'angolo $\alpha = \theta/2$ compreso tra il raggio congiungente il centro delle pupille e uno dei

punti marchiatori e il raggio del bulbo oculare parallelo all'altezza D.

Preferibilmente, il raggio del bulbo oculare prefissato R viene impostato pari al valore del raggio del bulbo oculare più diffuso tra la popolazione mondiale secondo
5 i dati contenuti in una banca dati antropometrica.

Essendo noto il raggio del bulbo oculare si calcola la distanza d tra punto marchiatore e centro della pupilla lungo la direzione parallela al segmento congiungente i
10 punti marchiatori mediante l'espressione: $d = R \sin \alpha$.

Infine si determina la seconda stima della distanza interpupillare mediante l'espressione: $IPD_{\infty} = IPD_D + 2d$.

Una volta calcolata la seconda stima della distanza interpupillare per tutte le immagini di profondità
15 acquisite si calcola la stima finale della distanza interpupillare sulla base delle prime stime o delle seconde stime.

Preferibilmente, la stima finale è calcolata nella fase di calcolo 170 attraverso una funzione di aggregazione
20 delle prime stime o delle seconde stime.

Preferibilmente, la stima finale è calcolata nella fase di calcolo 170 come il valor medio delle prime stime o delle seconde stime.

Preferibilmente, il metodo di stima della distanza
25 interpupillare 100 comprende, prima della fase di calcolo della stima finale, una fase di filtraggio 300 in cui per ogni immagine di profondità acquisita si valuta se la rispettiva immagine bidimensionale o 2D è attendibile o inattendibile comparando uno o più
30 parametri caratterizzanti dell'immagine stessa con rispettive soglie di attendibilità; in caso l'immagine bidimensionale o 2D sia inattendibile, si esclude la

relativa immagine di profondità (anch'essa ritenuta inattendibile) dalla fase di calcolo della terza stima. Il metodo di stima della distanza interpupillare 100, secondo la presente invenzione, non prevede una fase di
5 raffinamento o refining delle posizioni delle pupille, ma garantisce un'elevata accuratezza della stima delle stesse eliminando prima le immagini di profondità acquisite considerate inattendibili ossia quelle che probabilmente comporterebbero stime errate delle
10 posizioni delle pupille e quindi l'introduzione di errori.

Preferibilmente, i parametri caratterizzanti dell'immagine acquisita comprendono un rapporto rappresentativo del grado di apertura delle palpebre,
15 ove tale rapporto viene denominato "eye aspect ratio". In tal caso, la fase di filtraggio 300 comprende per ciascuna immagine di profondità acquisita le fasi:

- localizzare 310 sulla rispettiva immagine bidimensionale o 2D una pluralità di punti marchiatori
20 corrispondenti a specifiche caratteristiche del viso di un utente comprendenti almeno le palpebre; altre caratteristiche del viso possono essere per esempio naso, bocca, sopracciglia e così via;
- determinare 320 il rapporto rappresentativo del grado
25 di apertura delle palpebre denominato "eye aspect ratio";
- comparare 350 l'eye aspect ratio con un valore di soglia di attendibilità di immagini prefissato;
- se l'eye aspect ratio è maggiore di detto valore di
30 soglia di attendibilità di immagini prefissato, considerare attendibile 330 l'immagine bidimensionale o 2D;

- se l'eye aspect ratio è minore del valore di soglia di attendibilità di immagini prefissato, considerare non attendibile 340 l'immagine bidimensionale o 2D.

Per esempio il valore di soglia prefissato è impostato
5 sulla base di dati storici; in particolare, considerando un determinato numero di immagini storiche precedentemente acquisite e memorizzate si può determinare la sopra citata soglia calcolando il valor medio dell'eye aspect ratio di tutte le immagini ritenute
10 attendibili ossia di quelle immagini per le quali il primo algoritmo è riuscito a rilevare correttamente la posizione delle pupille.

La localizzazione 310 dei punti marchiatori è eseguita mediante un terzo algoritmo ad apprendimento automatico.
15 In aggiunta o in alternativa all'eye aspect ratio, i parametri caratterizzanti dell'immagine acquisita comprendono una pluralità di dati provenienti dai sensori inerziali del telefono o altro dispositivo dotato di camera di profondità (es. accelerazione,
20 posizione, eccetera), la direzione dello sguardo o "gaze" dell'utente, i paramentri di qualità dell'immagine (es. luminosità, contrasto, nitidezza, eccetera).

Preferibilmente, per ogni singola immagine ritenuta
25 attendibile si determina un rispettivo livello di affidabilità che rappresenta il grado di attendibilità dell'immagine stessa; per esempio più è alto tale livello più attendibile è l'immagine.

Preferibilmente, la stima finale è calcolata nella fase
30 di calcolo 170 come il valor medio delle prime stime o delle seconde stime relative a tutte le immagini bidimensionali o 2D attendibili.

Più preferibilmente, la stima finale è calcolata nella fase di calcolo 170 come il valor medio delle prime stime o delle seconde stime relative a tutte le immagini bidimensionali o 2D attendibili pesato secondo il
5 livello di affidabilità di tali immagini.

Preferibilmente, la fase di acquisizione 110 di almeno una immagine 2D comprende una fase di "nudging" o supporto all'utente affinché effettui l'acquisizione dell'immagine in condizioni ottimali di cattura
10 dell'immagine o fotografia.

Tale fase di supporto all'utente comprende una o più delle seguenti rilevazioni:

- rilevare 111 la presenza di occhiali sul viso dell'utente;
- 15 - rilevare 112 una pluralità di parametri fotografici necessari per inferire la qualità dell'immagine in ingresso;
- rilevare 113 una porzione di viso non visibile per esempio per via di eventuali occlusioni.

20 I parametri fotografici sono, per esempio, l'esposizione alla luce, la messa a fuoco, l'apertura e così via. L'uniformità della illuminazione del viso è un altro componente qualitativo molto rilevante per assicurare la qualità dell'immagine in input. La rilevazione dei
25 parametri fotografici avviene mediante un algoritmo di elaborazione digitale di immagini in modo di per sé noto. In tal caso la fase di supporto all'utente verso condizioni di presa ottimale del dato visuale comprende anche le fasi:

- 30 - valutare 116 le rilevazioni 111, 112, 113;
- comunicare 114 all'utente di rimuovere gli occhiali in seguito alla rilevazione della presenza di occhiali sul

viso dell'utente e/o di modificare il posizionamento relativo tra la fotocamera e il viso in seguito alla rilevazione di almeno un parametro fotografico al di fuori di un rispettivo intervallo di valori di soglia di accettabilità o di una porzione di viso non visibile;

5 - eseguire 115 la fotografia se non viene rilevata la presenza degli occhiali e non viene rilevato alcun parametro fotografico al di fuori di un rispettivo intervallo di valori di soglia di accettabilità e alcuna

10 porzione di viso non visibile.

La comunicazione 114 all'utente può avvenire in diversi modi, per esempio con un messaggio testuale sullo schermo del terminale oppure con una indicazione luminosa del tipo a semaforo in cui il rosso indica una condizione di

15 acquisizione non ottimale e il verde indica una condizione di acquisizione ottimale.

La rilevazione della presenza degli occhiali sul viso dell'utente 111 e la rilevazione di una porzione di viso non visibile sono, preferibilmente, eseguite mediante un

20 quarto algoritmo ad apprendimento automatico.

Tale quarto algoritmo ad apprendimento automatico può essere, preferibilmente, basato su una rete neurale a convoluzione o CNN allenata per rilevare la presenza/non presenza di occhiali e la presenza/non presenza di

25 porzioni del viso non visibili. L'addestramento del quarto algoritmo è eseguita con un insieme di immagini in cui la presenza/non presenza e la presenza/non presenza di porzioni non visibili del viso sono già note. Dalla descrizione effettuata sono chiare le

30 caratteristiche del metodo di stima della distanza interpupillare oggetto della presente invenzione, così come sono chiari i relativi vantaggi.

Infatti, nel caso in cui le immagini siano acquisite chiedendo all'utente di guardare da vicino verso la fotocamera, il metodo, secondo la presente invenzione, consente di ottenere una stima accurata della distanza
5 interpupillare sulla base di una pluralità di immagini di profondità compensando l'errore di stima derivante dalla vicinanza del punto di osservazione o di cattura dell'immagine al viso dell'utente e calcolando il valor medio delle stime calcolate per ciascuna di dette
10 immagini.

Nel caso in cui sia prevista la fase di filtraggio, il metodo di stima risulta ancora più accurato in quanto vengono escluse le immagini acquisite ritenute non attendibili se le palpebre non sono abbastanza aperte da
15 consentire una attendibile localizzazione delle pupille. La fase di supporto all'utente verso condizioni ottimali di cattura dell'immagine o fotografia assicura l'acquisizione di immagini di profondità il più possibile adatte a fornire stime attendibili.

20 Tale fase di supporto all'utente è eseguita in automatico semplificando l'esperienza dell'utente finale, riducendo al minimo lo sforzo dell'utente ed evitando la necessità di qualsiasi altro strumento ad eccezione del terminale. È chiaro, infine, che il metodo di stima così concepito
25 è suscettibile di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'invenzione; inoltre tutti i dettagli sono sostituibili da elementi tecnicamente equivalenti. In pratica i materiali utilizzati, nonché le dimensioni, potranno essere qualsiasi a seconda delle esigenze
30 tecniche.

Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

RIVENDICAZIONI

- 1) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) implementabile mediante un calcolatore elettronico dotato di una memoria per l'archiviazione dati, detto
- 5 metodo di stima della distanza interpupillare (100) comprendendo le fasi:
- acquisire (110) mediante una fotocamera di profondità una pluralità di immagini di profondità del viso di un utente ove ciascuna di dette immagini di profondità
 - 10 comprende una immagine bidimensionale o 2D e una mappa bidimensionale di dati rappresentativi delle distanze di ciascun pixel da un punto di osservazione coincidente con la posizione di detta fotocamera di profondità, detta mappa bidimensionale essendo allineata a detta immagine
 - 15 bidimensionale o 2D in modo tale che ad ogni pixel dell'immagine bidimensionale acquisita sia associato un dato della mappa bidimensionale;
- per ciascuna di dette immagini di profondità acquisite:
- eseguire (120) un'elaborazione di detta immagine
 - 20 di profondità acquisita correggendo l'allineamento tra detta mappa bidimensionale di dati e detta immagine bidimensionale o 2D;
 - localizzare (130) sull'immagine bidimensionale o 2D due primi punti marchiatori corrispondenti alle
 - 25 pupille;
 - ottenere (140) le coordinate spaziali in unità metriche di detti primi punti marchiatori da detta mappa bidimensionale di dati;
 - determinare (150) una prima stima della distanza
 - 30 interpupillare calcolando la distanza tra detti primi punti marchiatori;
 - determinare (160) una seconda stima della

distanza interpupillare;

- calcolare (170) la stima finale della distanza interpupillare sulla base di dette prime stime o di dette seconde stime.

- 5 2) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo la rivendicazione 1 in cui detta prima stima della distanza interpupillare è corrispondente alla stima della distanza interpupillare da vicino ed è espressa in unità metriche.
- 10 3) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo la rivendicazione 2 in cui detta seconda stima della distanza interpupillare è corrispondente alla stima della distanza interpupillare da lontano, è espressa in unità metriche ed è calcolata sulla base di
- 15 detta prima stima e di un raggio del bulbo oculare predeterminato impostato pari al valore del raggio del bulbo oculare più diffuso tra la popolazione mondiale secondo i dati contenuti in una banca dati antropometrica.
- 20 4) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo la rivendicazione 3 in cui la stima finale è calcolata nella fase di calcolo (170) attraverso una funzione di aggregazione delle prime stime o delle seconde stime.
- 25 5) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo la rivendicazione 3 in cui la stima finale è calcolata nella fase di calcolo (170) come il valor medio delle prime stime o delle seconde stime.
- 30 6) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo una o più delle rivendicazioni precedenti in cui detta fase di localizzazione (130) di detti primi punti marchiatori è eseguita mediante un primo algoritmo di

elaborazione digitale delle immagini oppure un primo algoritmo ad apprendimento automatico addestrato su un insieme di immagini in cui la posizione di tali punti è già nota.

5 7) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo una o più delle rivendicazioni precedenti comprendente, prima della fase di calcolo (170) della stima finale, una fase di filtraggio (300) in cui per ogni immagine di profondità acquisita si valuta se la
10 rispettiva immagine bidimensionale o 2D è attendibile o inattendibile comparando uno o più parametri caratterizzanti dell'immagine stessa con rispettive soglie di attendibilità, in caso l'immagine di profondità acquisita sia valutata inattendibile si
15 esclude l'immagine di profondità dalla fase di calcolo (170) della stima finale.

8) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo la rivendicazione 7 in cui detti parametri caratterizzanti dell'immagine acquisita comprendono un
20 rapporto rappresentativo del grado di apertura delle palpebre, ove tale rapporto viene denominato "eye aspect ratio", detta fase di filtraggio 300 comprendendo per ciascuna immagine di profondità acquisita le fasi:

- localizzare (310) sulla rispettiva immagine
25 bidimensionale o 2D una pluralità di secondi punti marchiatori corrispondenti a specifiche caratteristiche del viso di un utente comprendenti almeno le palpebre;
- determinare (320) detto rapporto rappresentativo del grado di apertura delle palpebre denominato eye aspect
30 ratio;
- comparare (350) l'eye aspect ratio con un valore di soglia di attendibilità di immagini prefissato;

- se l'eye aspect ratio è maggiore del valore di soglia di attendibilità di immagini, considerare attendibile (330) l'immagine bidimensionale o 2D e la corrispondente immagine di profondità;
- 5 - se l'eye aspect ratio è minore del valore di soglia di attendibilità di immagini, considerare non attendibile (340) l'immagine bidimensionale o 2D e la corrispondente immagine di profondità.
- 9) Metodo di stima della distanza interpupillare (100)
- 10 secondo la rivendicazione 7 o 8 in cui i parametri caratterizzanti dell'immagine acquisita comprendono una pluralità di dati provenienti dai sensori inerziali del telefono o altro dispositivo dotato di camera di profondità.
- 15 10) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo una o più delle rivendicazioni dalla 7 alla 9 in cui i parametri caratterizzanti dell'immagine acquisita comprendono i parametri di qualità dell'immagine.
- 20 11) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo la rivendicazione 8 in cui detta fase di localizzazione (130) di detti secondi punti marchiatori è eseguita mediante un terzo algoritmo ad apprendimento automatico.
- 25 12) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo una o più delle rivendicazioni dalla 7 alla 11 in cui la stima finale è calcolata nella fase di calcolo (170) come il valor medio delle prime stime o delle seconde stime relative a tutte le immagini bidimensionali o 2D ritenuta attendibili.
- 30 13) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo una o più delle rivendicazioni dalla 7 alla 12 in cui per ogni singola immagine ritenuta attendibile si

determina un rispettivo livello di affidabilità che rappresenta il grado di attendibilità dell'immagine stessa.

14) Metodo di stima della distanza interpupillare (100)
5 secondo la rivendicazione 13 in cui la stima finale è calcolata nella fase di calcolo (170) come il valor medio delle prime stime o delle seconde stime relative a tutte le immagini bidimensionali o 2D ritenute attendibili pesato secondo il livello di affidabilità di tali
10 immagini.

15) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo una o più delle rivendicazioni precedenti in cui la fase di acquisizione (110) di almeno una immagine di profondità comprende una fase di supporto all'utente
15 verso condizioni ottimali di cattura dell'immagine o fotografia, detta fase di supporto all'utente comprendendo una o più delle seguenti rilevazioni:

- rilevare (111) la presenza di occhiali sul viso dell'utente;
- 20 - rilevare (112) una pluralità di parametri fotografici necessari per inferire la qualità dell'immagine acquisita;
- rilevare (113) una porzione di viso non visibile, detta fase di spinta dell'utente comprendendo anche le
25 fasi:
- valutare (116) dette rilevazioni (111, 112, 113);
- comunicare (114) all'utente di rimuovere gli occhiali in seguito alla rilevazione della presenza di occhiali sul viso dell'utente e/o di modificare il posizionamento
30 relativo tra la fotocamera e il viso in seguito alla rilevazione di almeno un parametro fotografico al di fuori di un rispettivo intervallo di valori di soglia di

- accettabilità o di una porzione di viso non visibile e ripetere le fasi di rilevazione (111, 112, 113);
- eseguire (115) la fotografia se non viene rilevata la presenza degli occhiali e non viene rilevato alcun
- 5 parametro fotografico al di fuori di un rispettivo intervallo di valori di soglia di accettabilità e alcuna porzione di viso non visibile.
- 16) Metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo la rivendicazione 15 in cui la rilevazione della
- 10 presenza degli occhiali sul viso dell'utente (111) e la rilevazione di una porzione non visibile (113) sono eseguite mediante un quarto algoritmo addestrato con un insieme di immagini in cui la presenza/non presenza di occhiali e la presenza/non presenza di porzioni non
- 15 visibili del viso sono già note.
- 17) Programma per computer caricabile nella memoria di un calcolatore elettronico e comprendente istruzioni che inducono il calcolatore elettronico ad attuare il metodo di stima della distanza interpupillare (100) secondo una
- 20 o più delle rivendicazioni precedenti, quando il calcolatore elettronico esegue il programma.
- 18) Terminale elettronico comprendente una fotocamera di profondità e un calcolatore elettronico dotato di una memoria per l'archiviazione dati in cui è caricato un
- 25 programma secondo la rivendicazione 17.

Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

1/4

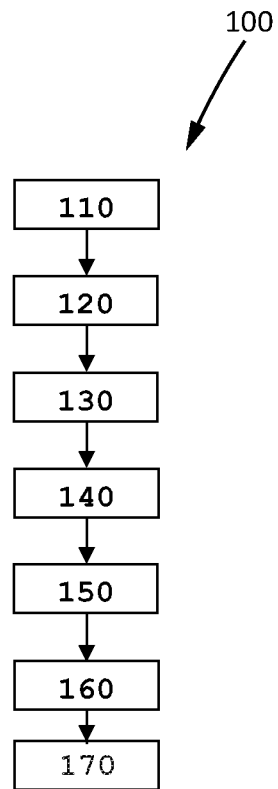


Fig. 1

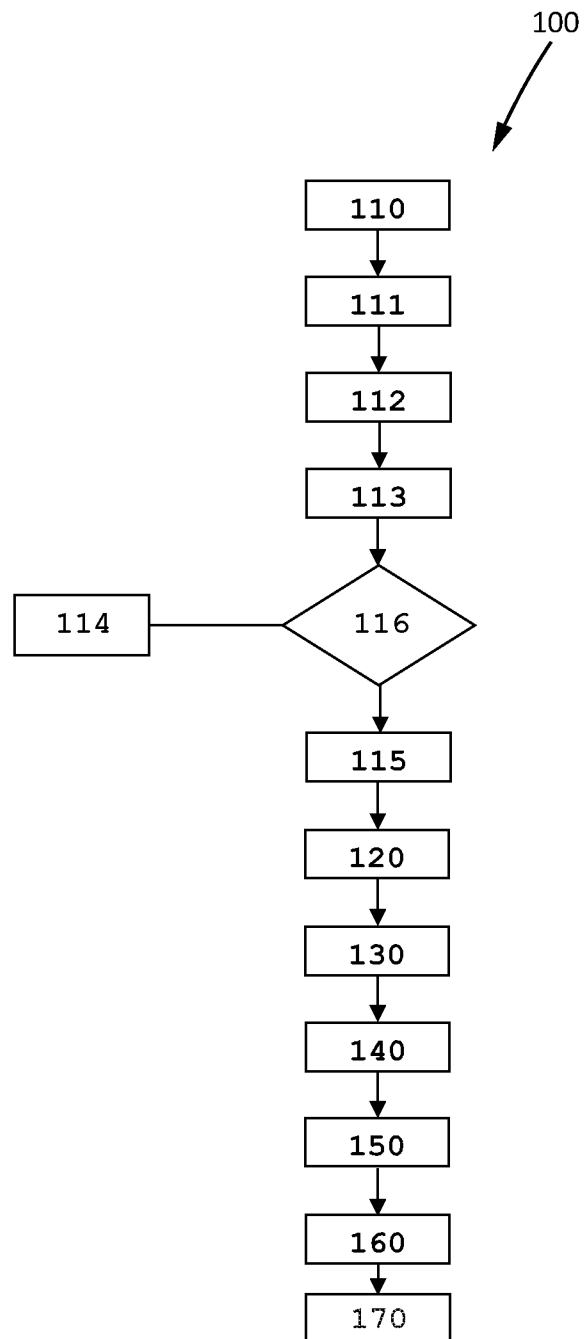


Fig. 2

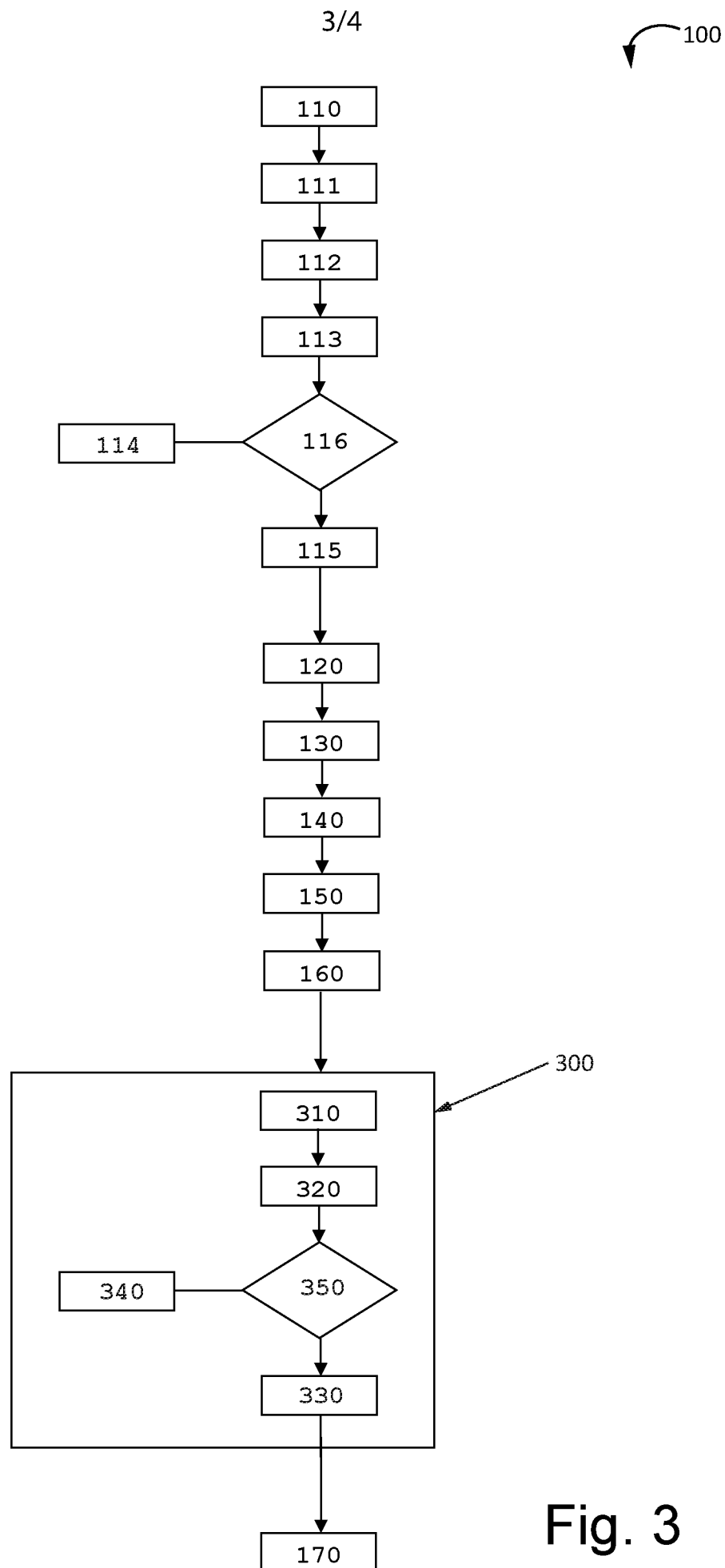


Fig. 3

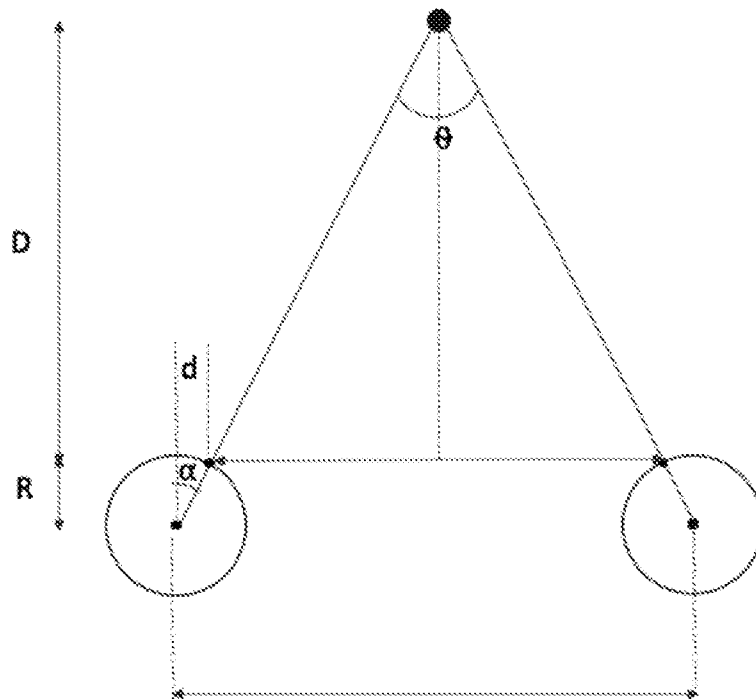


Fig. 4 (ARTE NOTA)