

“Sistema per la verifica di una corretta procedura di igiene
orale“

RIASSUNTO

Sistema per la verifica di una corretta procedura di igiene orale caratterizzato dal fatto di comprendere: una telecamera per visualizzare il viso di una persona che si spazzola i denti con uno spazzolino comprensivo di un marker; mezzi di elaborazione per localizzare i punti salienti di detto viso di una persona; mezzi di elaborazione per localizzare detto spazzolino; mezzi di elaborazione per inseguire i movimenti di detti punti salienti; mezzi di elaborazione per inseguire i movimenti di detto spazzolino; mezzi di elaborazione per calcolare il movimento relativo tra detto viso e detto spazzolino; mezzi di verifica per verificare che detto movimento relativo tra detto viso e detto spazzolino sia conforme ad un movimento relativo prefissato. (Fig. 2)

Descrizione di un brevetto d'invenzione avente per titolo: "Sistema per la verifica di una corretta procedura di igiene orale"

a nome: SARUBBO DAVIDE

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un sistema per la verifica di una corretta procedura di igiene orale, al relativo metodo e al relativo programma per computer.

Attualmente l'educazione ad una corretta igiene orale nei più piccoli risulta essere un compito piuttosto gravoso dell'educatore data la scarsa attrattività che la pulizia dentale quotidiana ha nei confronti dei bambini. Anche l'adozione di particolari spazzolini che richiamino personaggi dei disegni animati a loro cari o l'utilizzo di dentifrici con colori e sapori allettanti non riescono, nella maggior parte dei casi, e indurre nel bambino la dovuta attenzione e cura nello svolgimento di un'attività ripetitiva né, tanto meno, garantire che tale attività venga svolta con le modalità e i tempi dovuti. Tale attività è spesso svolta in modo errato anche dagli adulti che, per premura o per altre ragioni contingenti, possono svolgere in modo frettoloso e scorretto tale procedura.

Scopo della presente invenzione è quello di provvedere ad un sistema per la verifica di una corretta procedura di igiene orale.

Altro scopo è quello di provvedere ad un sistema che sia interattivo.

Ulteriore scopo è quello di provvedere ad un sistema che sia nel contempo accattivante e divertente.

In accordo con la presente invenzione, tali scopi ed altri ancora vengono raggiunti da un sistema per la verifica di una corretta procedura di igiene orale caratterizzato dal fatto di comprendere: una telecamera per visualizzare il viso di una persona che si spazzola i denti con uno spazzolino comprensivo di un marker; mezzi di elaborazione per localizzare i punti salienti di detto viso di una persona; mezzi di elaborazione per localizzare detto spazzolino; mezzi di elaborazione per inseguire i movimenti di detti punti salienti; mezzi di elaborazione per inseguire i movimenti di detto spazzolino; mezzi di elaborazione per calcolare il movimento relativo tra detto viso e detto spazzolino; mezzi di verifica per verificare che detto movimento relativo tra detto viso e detto spazzolino sia conforme ad un movimento relativo prefissato.

Tali scopi vengono inoltre raggiunti da un metodo per la verifica di una corretta procedura di igiene orale comprendente le fasi di: riprendere con una telecamera il viso di una persona che si spazzola i denti con uno spazzolino comprensivo di un marker; localizzare i punti

salienti di detto viso di una persona; localizzare detto spazzolino; inseguire i movimenti di detti punti salienti; inseguire i movimenti di detto spazzolino; calcolare il movimento relativo tra detto viso e detto spazzolino; verificare che detto movimento relativo tra detto viso e detto spazzolino sia conforme ad un movimento relativo prefissato.

Tali scopi vengono anche raggiunti da un programma per computer atto ad eseguire il metodo della rivendicazione 1.

Ulteriori caratteristiche dell'invenzione sono descritte nelle rivendicazioni dipendenti.

I vantaggi di questa soluzione rispetto alle soluzioni dell'arte nota sono diversi.

Il sistema proposto nasce quindi con l'intenzione di poter fornire un utile ausilio all'educatore affinché i bambini svolgano correttamente il compito della pulizia dentale in modo interattivo eventualmente con un personaggio animato, divertendosi e, al contempo, imparando l'importanza di questo gesto quotidiano. Il sistema costituisce comunque un utile ausilio anche all'adulto verificando la corretta tecnica di spazzolamento, gli orari ed i tempi dedicati all'igiene orale.

Il sistema si prefigge quindi, tramite l'impiego di spazzolini manuali dotati di opportuni marker che possano

essere riconosciuti e localizzati dal dispositivo portatile, di analizzare il moto impartito allo spazzolino rispetto alla posizione del volto valutandone il corretto impiego ed il tempo dedicato all'igiene orale.

L'ampia diffusione dei computer portatili, quali i tablet, notebook o smartphone, di dimensioni ridotte, consente una loro facile collocazione nella stanza da bagno per il periodo necessario al lavaggio dei denti. Il sistema proposto, in particolare, fa uso di tali dispositivi per consentire una completa interazione tra l'utilizzatore, lo spazzolino e l'applicazione preposta all'analisi del corretto impiego e all'educazione per una corretta igiene orale, pur restando ovviamente utilizzabili anche altri dispositivi con analoghe capacità di acquisizione e processamento dei dati.

Il sistema presentato consente, tramite un opportuno inseguimento di un target di localizzare nello spazio la posizione dello spazzolino ed analizzarne il moto rispetto alla bocca dell'utilizzatore. Risulta così possibile utilizzando semplici telecamere in dotazione su smartphones e tablet, effettuare un'analisi accurata della corretta procedura di igiene orale e correggere eventuali errori commessi dall'utilizzatore.

Al fine di rendere più attrattiva l'applicazione per gli utilizzatori più giovani risulta poi, grazie al fatto che si

conosce la posizione 3D dello spazzolino e l'orientamento del volto è noto, sostituire, con tecniche di realtà aumentata, al volto dell'utilizzatore un personaggio animato.

Le caratteristiche ed i vantaggi della presente invenzione risulteranno evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di una sua forma di realizzazione pratica, illustrata a titolo di esempio non limitativo negli uniti disegni, nei quali:

la figura 1 mostra uno spazzolino con annesso un marcatore, in accordo alla presente invenzione;

la figura 2 mostra schematicamente un ragazzo che si spazzola i denti con uno spazzolino davanti ad un tablet, in accordo alla presente invenzione;

la figura 3 mostra un marcatore visto da sopra, in accordo alla presente invenzione;

la figura 4 mostra un marcatore visto da sotto, in accordo alla presente invenzione;

la figura 5 mostra un marcatore visto di lato, in accordo alla presente invenzione.

Uno speciale marcatore (marker) 10 viene posto in coda ad uno spazzolino 11 (oppure si possono realizzare degli spazzolini già predisposti con tale marker). Scopo di questo marker è consentire al dispositivo di elaborazione (tablet) 12, tramite una telecamera 13 collocata nella

parte anteriore del tablet 12, di localizzare la posizione spaziale dello spazzolino 11 (orientamento e collocazione 3D), nonché analizzarne la direzione di moto (anch'essa nello spazio).

Sempre tramite la telecamera 13 frontale del tablet 12 viene anche acquisito il volto 14 della persona che sta procedendo all'igiene orale.

Il marker 10 viene posto sullo spazzolino all'estremità opposta a quella della testina 15.

Il sistema è in grado di localizzare uno o più volti inquadrati dalla telecamera 13 e selezionare quello ad essa più vicino.

Tale operazione viene eseguita tramite tecniche di elaborazione digitale delle immagini che costituiscono arte nota come d esempio nell'articolo di Viola P. and Jones M. J., "Robust Real-Time Face Detection" in International Journal of Computer Vision, Kluwer Academic Publishers, pages 137-154, 2004.

In estrema sintesi l'immagine dove si presume ci sia un volto viene filtrata con una serie di filtri bidimensionali derivati dalla trasformata di Haar a diverse scale, ciascuno di tali filtri è stato riconosciuto in fase di training del sistema come un buon identificatore del volto e, in particolare, filtri diversi possono essere robusti a problematiche diverse nella localizzazione del volto quali,

ad esempio occlusioni o ombre. Qualora un numero congruo di tali filtri dia esito positivo una volta applicato all'immagine, allora la zona da essi filtrata viene identificata come un volto di cui si conosce dimensione ed estensione nell'immagine.

Ovviamente in un'immagine possono essere presenti più volti e, nel nostro caso, consideriamo come volti utili per l'analisi dell'igiene orale soltanto quelli con una dimensione sufficiente ad un corretto tracking del maker dello spazzolino. Implementazioni open-source di tale algoritmo sono presenti in librerie pubbliche quali, ad esempio, OpenCV disponibile al sito <http://opencv.org>

Una volta localizzato il volto 14 vengono individuate una serie di parti salienti, quali occhi naso e bocca in modo da poter individuare la posizione spaziale dello spazzolino 11 rispetto alla bocca della persona inquadrata.

Il sistema risulterà robusto a parziali occlusioni del volto 14 che possono essere dovute alla presenza dello spazzolino 11 e della mano che lo sostiene.

Anche in questo caso, per la localizzazione delle parti salienti del volto, verranno utilizzate tecniche che costituiscono arte nota come ad esempio descritte nell'articolo di Cootes T.F., Edwards G.J., Taylor C.J., "Active appearance models", IEEE Transaction of Pattern

Analysis and Machine Intelligence (2001).

In questo caso, una volta nota la posizione del volto (o dei volti) all'interno dell'immagine a ciascuno di essi si applica l'algoritmo dell'Active Appearance Model dove un modello del volto predefinito viene all'interno della zona identificata come contenente un volto. In particolare ogni punto del modello predefinito viene mosso lungo la direzione normale al modello stesso fin tanto che non interseca un bordo sull'immagine reale. Il passo successivo richiede la determinazione dei parametri di distorsione del modello (gradi di libertà sulla maschera che rappresenta il volto umano) che meglio si adattino alle nuove posizioni dei punti del modello e viene così stimata la nuova configurazione del modello. I due passi precedenti vengono poi ripetuti in sequenza fin tanto che non si giunge a convergenza. Anche questo algoritmo è disponibile in modalità open-source nella libreria OpenCV sopra menzionata.

Il sistema sarà anche in grado, qualora richiesto, di riconoscere dal marker lo spazzolino e quindi di poterlo associare ad un utilizzatore in modo da poter verificare che la pulizia dei denti da parte di tutti i fruitori del sistema in oggetto, venga effettuata con i tempi e le modalità impostate.

Una volta localizzata la bocca e l'orientamento del

volto dell'utilizzatore, nonché la posizione dello spazzolino tramite il target applicato, si passa ad un'analisi temporale del movimento spaziale di quest'ultimo nella sequenza di fotogrammi in modo da verificare che il movimento che viene impartito allo spazzolino sia quello corretto.

In particolare, nota la roto-traslazione del marker è anche nota la collocazione spaziale della testina 15 dello spazzolino per quanto sopra indicato. Nota la posizione della bocca con la tecnica di Active Appearance Model sopra indicata si può facilmente individuare se l'utente sta operando sulla parte sinistra o su quella destra della dentizione. Inoltre, nota la rotazione del marker grazie alla determinazione della posizione di uno dei due poli (nord, punto centrale nel cerchio di fig. 3 o sud, punto centrale nel cerchio di fig. 4) è possibile definire l'asse polare del marker e quindi determinare se la testina 15 dello spazzolino è orientata ortogonalmente al piano trasversale del cavo orale (il piano che separa l'arcata dentale superiore da quella inferiore) e quindi posa sul tavolo occlusale dei denti o se invece la testina è orientata in tale piano e quindi posa sulla superficie laterale dei denti stessi.

Il moto della testina viene analizzato tramite algoritmi di analisi di flusso ottico applicati al marker in coda allo

spazzolino, in particolare è stato scelto l'algoritmo di Lucas-Kanade riportato nel seguente documento: B. D. Lucas and T. Kanade (1981), "An iterative image registration technique with an application to stereo vision." Proceedings of Imaging Understanding Workshop, pagine 121—130.

In tale metodo differenziale, assumendo costante l'intensità e le componenti cromatiche del marker in moto tra i diversi fotogrammi, ed ipotizzando che il movimento tra due fotogrammi successivi sia piccolo (pochi pixel), si assume che, per un punto considerato e per un suo intorno, le intensità delle diverse componenti cromatiche tra due fotogrammi seguano una legge cinematica di moto uniforme. Indicando con I una delle 3 componenti cromatiche e con Δx e Δy lo spostamento in pixel e con 'n' l'attuale fotogramma si ipotizza che

$$I(x, y, n) = I(x + \Delta x, y + \Delta y, n + 1)$$

Da cui:

$$I(x + \Delta x, y + \Delta y, n + 1) = I(x, y, n) + \frac{\partial I}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial I}{\partial y} \Delta y + \frac{\partial I}{\partial t}$$

Perciò la stima del vettore velocità di un punto tra due immagini richiede di soddisfare la seguente equazione:

$$I_x(x, y)V_x + I_y(x, y)V_y = -I_t(x, y)$$

Dove I_x e I_y indicano la derivata nella direzione x e y

rispettivamente mentre V_x e V_y indicano le componenti della velocità in direzione orizzontale e verticale.

Tale operazione estesa ad un intorno di pixel del pixel considerato consente di avere una migliore reiezione al rumore ed ottenere una buona stima della direzione di moto del marker.

Nota quindi la posizione della bocca, l'orientamento della testina e la direzione del moto di quest'ultima, stimato grazie all'analisi del moto del marker, risulta possibile valutare le seguenti condizioni:

Testina dello spazzolino nel piano ortogonale al piano trasversale: ossia testina appoggiata sul tavolo occlusale di molari e premolari e movimento di traslazione nel piano trasversale: tale movimento è corretto.

Testina appoggiata alla superficie laterale delle arcate dentarie e movimento di rotazione e traslazione verticale: movimento corretto.

Testina appoggiata alla superficie laterale delle arcate dentarie e movimento di traslazione nel piano trasversale: movimento scorretto.

Grazie all'analisi della posizione spaziale dello spazzolino sarà inoltre possibile analizzare che entrambe le arcate dentali siano interessate dall'attività di pulizia ed il tempo complessivamente dedicato alla pulizia sia congruo con quanto previsto per una corretta igiene orale.

L'ultima fase del sistema finalizzata ad aumentare il gradimento del processo di igiene orale per i più piccoli e prevede la visualizzazione sul tablet 12, tramite tecniche di realtà aumentata, di un "avatar", ossia di un pupazzo che viene sovrapposto all'immagine del volto dell'individuo inquadrato, nella stessa posizione spaziale e che ripete esattamente lo stesso gesto, l'immagine dello spazzolino stesso, essendo nota la sua posizione spaziale grazie ai suddetti passi, può essere rappresentato in realtà aumentata animandolo o rappresentandolo come un altro oggetto scelto dal bambino o associato al personaggio dell'avatar.

L'espressione del volto del pupazzo e le frasi da esso pronunciate nel corso della procedura di lavaggio dei denti permetteranno di capire all'utente se l'operazione è eseguita in modo corretto e con le dovute tempistiche o se invece devono essere apportate delle correzioni.

La sensazione che l'utilizzatore ne ricava è quella di guardarsi in una sorta di "specchio magico" dove il suo volto viene specchiato in quello del pupazzo e lo spazzolino può essere tramutato in un altro oggetto eventualmente animato, il tutto rispecchiando fedelmente, in tempo reale, i movimenti del volto e dello spazzolino. Tali aspetti sono finalizzati ad attrarre l'attenzione dell'utilizzatore rendendo interattiva e piacevole

l'esecuzione del lavaggio dei denti.

Il marker 10 ha una forma sferica ed è applicato sulla coda dello spazzolino 11, opposto alla testina 15. Diverse forme geometriche di marker possono, in linea di principio, comunque essere adottate purché l'inquadratura dalla telecamera consenta di stimarne accuratamente posizione e rotazione spaziale in tutte le configurazioni spaziali nelle quali può trovarsi collocato lo spazzolino durante l'atto della pulizia dentale. Potrebbe quindi avere forma cubica o conica o altra ancora; la forma sferica è stata scelta in quanto, indipendentemente dalla rotazione, compare sempre come un cerchio nell'immagine acquisita dalla telecamera, semplificandone la localizzazione ed inoltre non presenta spigoli che potrebbero essere controindicati per un impiego del sistema da parte dei più giovani.

Per localizzare la sua posizione spaziale e seguirne gli spostamenti, quindi in termini di posizione e rotazione, si fa riferimento ad un sistema di assi coordinati centrato nel centro ottico della telecamera 13.

Il marker 10 è stato, preferibilmente, suddiviso in 16 parti o spicchi 20. Anche in questo caso questa risulta una scelta che si è dimostrata un buon compromesso tra numero di pixel di ciascuna parte (spicchi) mediamente inquadrati dalla telecamera durante l'operazione di igiene

orale e accuratezza nella stima degli angoli di rotazione. Altre tipologie di suddivisione del marker finalizzate alla determinazione della roto-traslazione 3D dello spazzolino avrebbero potuto adottarsi, quali ad esempio, codici a barre 1D o 2D ma la scelta adottata si è rivelata robusta anche nel caso di acquisizioni con una ridotta dimensione del marker inquadrato (il marker può essere perciò rappresentato da poche centinaia di pixel in quanto distante dalla telecamera).

Nello specifico il marker è stato suddiviso in 8 meridiani separati tra loro da un equatore 21. Le zone comprese tra i meridiani sono colorate uniformemente.

Si sarebbe potuto anche adottare un marker bicolore (ad esempio con zone bianche e nere) ma, dal momento che la maggior parte delle telecamere impiegate nei dispositivi portatili è a colori, l'impiego di un set di colori che siano sufficientemente discriminabili sia dallo sfondo medio che tra di loro consente di aumentare la densità di informazione memorizzata nel marker rispetto a sistemi a soli due colori consentendo, così, di adottare zone uniformi di maggior dimensione e quindi meglio localizzabili dalla telecamera.

La localizzazione del marker 10 e la stima della sua rototraslazione avviene analizzando le componenti cromatiche dell'immagine acquisita. Nello specifico per la

colorazione dei marker sono utilizzati esclusivamente colori completamente saturi e la cui tinta sia massimamente distinguibile con gli attuali sensori di acquisizione (CMOS, CCD) di cui sono dotati i normali tablet 12.

I tablet percepiscono il colore attraverso una matrice di filtri cromatici denominata matrice di Bayer, indicando con 1 il massimo valore di intensità rilevata da una cella del sensore a valle del filtro cromatico di Bayer e 0 il minimo di tale intensità.

Per ogni pixel dell'immagine vengono perciò rilevate o stimate dai pixel attigui le componenti di Rosso, Verde e Blu.

I colori che sono stati utilizzati nella realizzazione del marker sono stati quindi pensati per massimizzare il contrasto cromatico dei diversi meridiani e la capacità di distinguere il marker sferico da quanto gli sta intorno; inoltre l'impiego di componenti cromatiche rispetto ai tradizionali marker in bianco e nero (ad esempio codici a barre o codici QR) consente di codificare una maggior quantità di informazione (6 possibili valori cromatici rispetto ai 2 possibili valori di bianco e nero).

Nello specifico i colori impiegati sono completamente saturi e con le seguenti tinte: Blu 35, Rosso 36, Giallo 37, Verde 38, Ciano 39, Magenta 40.

Ovviamente in un sistema reale ci saranno una serie di elementi che ridurranno la discriminabilità cromatica dei colori del marker e, al fine di migliorare il riconoscimento di ogni componente cromatica si è preferito effettuare una trasformazione tra spazi cromatici dallo spazio R,G,B (Red Green and Blue) in quello HSV (Hue, Saturation, Value, ossia Tinta, Saturazione e Intensità).

Il criterio di trasformazione per passare dallo spazio cromatico RGB a quello HSV è il seguente. La tinta viene rappresentata in una scala tra 0° e 360° , partendo convenzionalmente dal rosso a 0° , passando per il verde a 120° e il blu a 240° , e quindi tornando al rosso a 360° .

Il valore di tinta H viene determinato con la seguente formula:

$$M = \max (R,G,B)$$

$$m = \min (R,G,B)$$

$$C = M - m$$

$$H' = \text{indefinito} \quad \text{se } C = 0$$

$$H' = ((G-B)/C) \bmod 6 \quad \text{se } M = R$$

$$H' = ((B-R)/C)+2 \quad \text{se } M = G$$

$$H' = ((R-G)/C)+4 \quad \text{se } M = B$$

$$H = 60^\circ \cdot H'$$

Quindi il valore della tinta H può variare tra 0° e 360° .

L'intensità V è definita col seguente criterio.

$$V = M = \max (R,G,B)$$

Pertanto V è un indicatore approssimato dell'intensità (energia irradiata) ed i colori scuri avranno valori bassi di intensità.

La saturazione S viene calcolata col seguente criterio.

$$S = 0 \quad \text{se } C = 0$$

$$S = C/V \quad \text{altrimenti}$$

La saturazione S sarà perciò nulla quando le tre componenti cromatiche di Rosso, Verde e Blu sono uguali (varie tonalità di grigio) sarà invece tanto più elevata quanto maggiore è il divario tra le componenti cromatiche denotando colori più "puri", ossia formati prevalentemente da una o due delle componenti di Rosso, Verde e Blu rispetto alla terza componente.

Il marker sarà colorato con seguenti criteri.

1. Due zone consecutive non hanno mai lo stesso colore.

2. La sequenza dei colori su ciascuna semisfera non deve presentare simmetrie rotazionali rispetto al Polo, sequenze che differiscono solo per una rotazione ciclica dei colori vengono quindi scartate.

3. I colori tra le zone confinanti tra le due semisfere devono essere diversi.

4. Le sequenze di colori appartenenti alla semisfera superiore non deve essere confondibile con quelle della

semisfera inferiore in modo da rendere distinguibili i due emisferi.

5. Data la consueta distanza del marker dalla telecamera e considerando le focali solitamente piuttosto corte che contraddistinguono il tablet si può assumere che mediamente si possano distinguere chiaramente soltanto 3 colori dell'intera sequenza si richiede pertanto che una sequenza sia riconoscibile e la sua rotazione rispetto alla telecamera possa essere riconosciuta da soli 3 colori. Da 3 colori in serie deve essere pertanto possibile distinguere l'emisfero considerato e la sua posizione angolare.

In base a questi vincoli le sequenze possibili di colori sono 6. Nelle figure ne è rappresentata una di queste dove i riferimenti numerico corrispondono al relativo colore.

La localizzazione del Marker avviene attraverso la conversione dell'immagine dallo spazio RGB allo spazio HSV. Grazie a questa trasformazione la zona dove è presente il marker può essere facilmente individuata come una zona caratterizzata da un'elevata saturazione con un'elevata variazione della tinta (dovuta alla variazione dei colori sopra definiti per la definizione del marker) con questo semplice espediente è stato possibile definire un approccio robusto per localizzare il marker indipendentemente dall'illuminazione presente.

La fase successiva prevede il riconoscimento degli angoli di rotazione del marker rispetto al sistema di riferimento della telecamera ed in particolare abbiamo usato la convenzione di definire le rotazioni nello spazio attraverso le rotazioni dei tre angoli nello spazio di Rollio, Beccheggio e Imbardata.

Considerando il piano immagine della telecamera parallelo al piano Z-Y, le rotazioni che consideriamo sono quindi il rollio (rotazione nel piano immagine rispetto all'asse X), imbardata (rotazione rispetto all'asse verticale Z) e Beccheggio (rotazione rispetto all'asse orizzontale Y).

La stima degli angoli di rotazione avviene con il seguente procedimento: una volta localizzata la circonferenza (proiezione della sfera del marker sul piano immagine) contenente il marker col processo sopra indicato si valutano le aree (in pixel) delle diverse aree cromatiche considerando solo valori di intensità superiori al 50% del valore massimo.

Vengono quindi ordinate in ordine decrescente di area (con area si intende la quantità di pixel con tinta uguale presente nell'immagine) e si valutano i rapporti tra la prima e la seconda area e tra seconda e la terza. Gli angoli vengono poi valutati coi seguenti criteri.

L'angolo di rollio viene stimato valutando la posizione

ed il colore dei baricentri delle aree ottenute separando le aree dell'emisfero superiore da quelle dell'emisfero inferiore: stimati gli angoli relativi tra i diversi baricentri delle aree di colore omogenee separatamente per le due semisfere (tale operazione è possibile dal momento che sono note le sequenze di colori di ciascuna semisfera e non possono essere ambigue per quanto sopra affermato).

Per quanto riguarda gli angoli di imbardata e beccheggio attraverso una serie di viste sintetiche (rendering) tramite un programma di generazione realistica di scene virtuali basato sul tracciamento dei raggi luminosi (ray tracing) è possibile stimare, anche variando il rapporto tra la focale della camera ed il raggio del marker, i rapporti tra le aree sopra descritti (rapporto tra l'area del area maggiore e quella appena minore e rapporto tra quest'ultima e la terza area). In particolare è possibile mettere in relazione tramite una tabella delle corrispondenze i suddetti rapporti tra le aree e gli angoli di imbardata e beccheggio.

La conoscenza pregressa della sequenza di colori ed posizionamento relativo tra marker e spazzolino consente comunque di stimare immediatamente ed in maniera approssimata, utilizzando i colori visibili, l'imbardata con un errore pari a dove $360^\circ/8 = 45^\circ$ dove "8" indica il numero di spicchi utilizzati.

Per una migliore stima degli angoli viene pertanto generata una matrice costituita da 36 righe e 18 colonne (corrispondenti ad una risoluzione di 10° sia sull'imbardata che sul beccheggio) dove per ciascuna cella vengono memorizzati i 3 rapporti tra le aree cromatiche prevalenti: ossia tra le porzioni dell'immagine del marker che coinvolgono il maggior numero di pixel ed i corrispettivi colori.

In fase di riconoscimento viene poi cercato l'elemento della matrice che presenta rapporti e colori più simili a quelli acquisiti (in termini di distanza euclidea) e vengono così stimati gli angoli di imbardata e beccheggio.

Nota la focale della telecamera in pixel, dal diametro del marker viene inoltre stimata la sua distanza dalla telecamera stessa tramite una semplice similitudine tra triangoli.

La determinazione dei punti salienti del volto della persona inquadrata ed i loro movimenti avviene tramite una cascata di modelli deformabili.

Vi sono diversi metodi per determinare i punti salienti del volto ad esempio come descritti nell'articolo di Xiang Yu; Junzhou Huang; Shaoting Zhang; Wang Yan; Metaxas, D.N., "Pose-Free Facial Landmark Fitting via Optimized Part Mixtures and Cascaded Deformable Shape Mode," Computer Vision (ICCV), 2013 IEEE International

Conference, pp.1944,1951, 1-8 Dicembre.

In una forma di realizzazione della presente invenzione sono stati definiti un prefinito numero di punti che identificano occhi, naso e bocca del volto in esame. In particolare sono stati utilizzati 6 punti per la bocca, 4 per ciascun occhio, 12 per il contorno della mascella da orecchio a orecchio, 10 per il naso e 6 per ciascun sopraciglio.

Nella fase di realizzazione dello spazzolino la rotazione e la distanza del marker rispetto alla testina deve essere nota, in particolare, dal momento che si è interessati a determinare la posizione ed il movimento impresso alla testina dello spazzolino rispetto alle arcate dentarie dell'utilizzatore, anche se scelte diverse possono essere comunque adottate, è stato allineato il polo nord dello spazzolino, centro della circonferenza in fig. 3, con la direzione delle setole nella testina dello spazzolino.

Nota la posizione e la rotazione spaziale del marker collocato nella coda dello spazzolino, il quale è visibile alla telecamera per la maggior parte dell'azione di pulizia dentale, è quindi possibile risalire alla posizione e la rotazione spaziale della testina che, invece, per la maggior parte dell'azione è occlusa nel cavo orale o ricoperta di dentifricio. Nota, inoltre, la posizione della bocca dell'utilizzatore è possibile stimare su quale arcata

dentale e su quale facciata di tale arcata la testina dello spazzolino è posizionata.

Il moto dello spazzolino è poi analizzato tramite un algoritmo di flusso ottico, ossia un algoritmo che è in grado di determinare per un insieme di punti significativi il loro moto tra i diversi fotogrammi definendo così un campo vettoriale dove ogni vettore ha origine nella posizione del punto nella prima immagine e termine nella corrispondente posizione nella seconda immagine.

A questo scopo, anche un approccio non allo stato dell'arte quale quello descritto nell'articolo di B. Horn e B. Schunck, "Determining Optical Flow" Artificial Intelligence, 16 185-203, 1981, risulta dare buoni risultati data l'elevata separabilità dei colori saturi del marker dall'insieme dell'immagine.

E' quindi possibile analizzare il moto dello spazzolino impartito dall'utilizzatore per ciascuna facciata di ogni arcata dentale. Dall'analisi congiunta della rotazione dello spazzolino e orientamento spaziale della bocca è possibile individuare su quale facciata dell'arcata dentale le setole della testa dello spazzolino sono appoggiate ed è quindi possibile verificare se il movimento impartito a quest'ultimo è corretto.

Si intende come spazzolamento corretto un movimento verticale per le facce verticali delle arcate

dentali e movimento orizzontale per la superficie di contatto di molari e pre-molari. Diverse procedure o altre in aggiunta a quanto sopra possono essere previste.

Il funzionamento del trovato appare evidente per il tecnico del ramo da quanto è stato descritto e in particolare è il seguente.

L'utilizzatore pone il tablet 12 di fronte a se e lancia il programma per la verifica di una corretta procedura di igiene orale.

La telecamera 13 riprende l'immagine che ha di fronte e identifica i punti salienti del volto della persona, in particolare identifica la bocca, ma anche gli altri punti scelti sono importanti per determinare gli eventuali movimenti del volto. Se predisposto, il tablet 12 identifica automaticamente il volto dell'utilizzatore, in alternativa si prevede una procedura di autenticazione mediante inserimento del proprio nome.

L'utilizzatore ha in mano lo spazzolino 11 e quindi viene identificata la posizione dello stesso grazie alla presenza del marker 10.

Parte un timer per determinare il tempo complessivo di spazzolamento.

Si seguono i movimenti dello spazzolino e del volto della persona per verificare che il movimento relativo tra il viso e lo spazzolino sia conforme ad una o più regole di

spazzolamento previste, come quella di un movimento verticale per le facce verticali delle arcate dentali e movimento orizzontale per la superficie di contatto di molari e pre-molari.

In caso si notino movimenti relativo al di fuori delle regole predisposte si possono prevedere accorgimenti acustici/visivi che allertino l'utilizzatore o addirittura si può predisporre una voce che indichi all'utilizzatore il non corretto spazzolamento e indichi come deve effettuarlo. Tali eventi possono venire memorizzati in abbinamento al nome dell'utilizzatore per ulteriori analisi.

Al termine della pulizia dentale, l'utilizzatore blocca con un apposito tasto (virtuale) previsto sul tablet 12 il programma e da questo punto viene calcolato il tempo utilizzato per la pulizia dentale. Tale tempo viene memorizzato in abbinamento con il nome della persona che ha effettuato tale operazione.

Risultano così memorizzate per ogni persona i tempi di pulizia ed eventuali incorrettezze.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema per la verifica di una corretta procedura di igiene orale caratterizzato dal fatto di comprendere: una telecamera per visualizzare il viso di una persona che si spazzola i denti con uno spazzolino comprensivo di un marker; mezzi di elaborazione per localizzare i punti salienti di detto viso di una persona; mezzi di elaborazione per localizzare detto spazzolino; mezzi di elaborazione per inseguire i movimenti di detti punti salienti; mezzi di elaborazione per inseguire i movimenti di detto spazzolino; mezzi di elaborazione per calcolare il movimento relativo tra detto viso e detto spazzolino; mezzi di verifica per verificare che detto movimento relativo tra detto viso e detto spazzolino sia conforme ad un movimento relativo prefissato.

2. Sistema in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detto spazzolino comprende un marker posto all'estremità di detto spazzolino opposto a quello della testa pulente.

3. Sistema in accordo ad una delle rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che detto marker ha una forma sferica ed è stato suddiviso in una pluralità di aree definite dai meridiani separati tra loro da un equatore.

4. Sistema in accordo ad una delle rivendicazioni

precedenti caratterizzato dal fatto che ogni area di detto marker è colorata con colori per massimizzare il contrasto cromatico dei diversi meridiani.

5. Sistema in accordo ad una delle rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi di comunicazione con detta persona che si spazzola i denti per avvertirla di un'incorretta procedura di igiene orale non conforme a detto movimento relativo prefissato.

6. Sistema in accordo ad una delle rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi di memorizzazione di un riferimento indicativo di detta persona che si spazzola i denti e dei tempi utilizzati per farlo.

7. Sistema in accordo ad una delle rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi per visualizzare il volto di detta persona che si spazzola i denti su uno schermo.

8. Sistema in accordo alla rivendicazione precedente caratterizzato dal fatto che detto volto di detta persona che si spazzola i denti viene sostituito con un altro volto virtuale.

9. Metodo per la verifica di una corretta procedura di igiene orale comprendente le fasi di: riprendere con una telecamera il viso di una persona che si spazzola i denti con uno spazzolino comprensivo di un marker; localizzare

i punti salienti di detto viso di una persona; localizzare detto spazzolino; inseguire i movimenti di detti punti salienti; inseguire i movimenti di detto spazzolino; calcolare il movimento relativo tra detto viso e detto spazzolino; verificare che detto movimento relativo tra detto viso e detto spazzolino sia conforme ad un movimento relativo prefissato.

10. Programma per computer atto ad eseguire il metodo della rivendicazione 1.

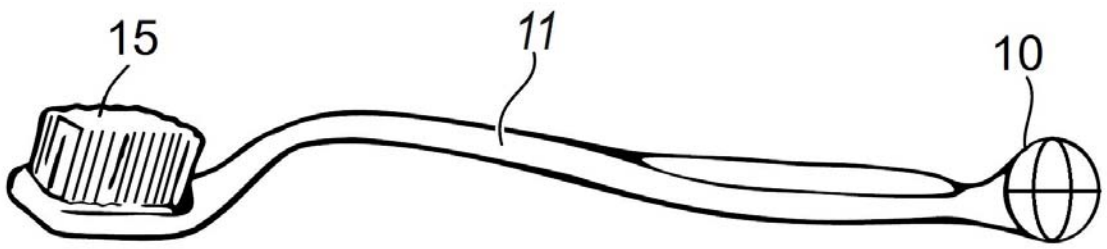


Fig. 1



Fig. 2

2/2

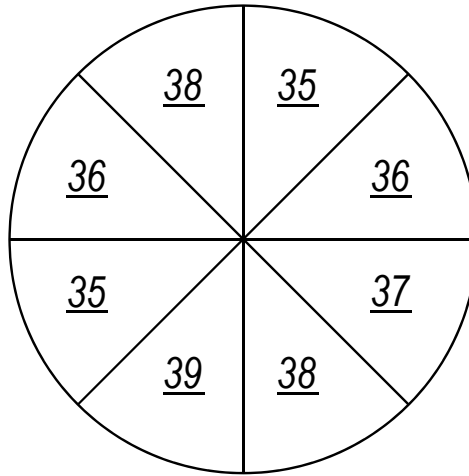


Fig. 3

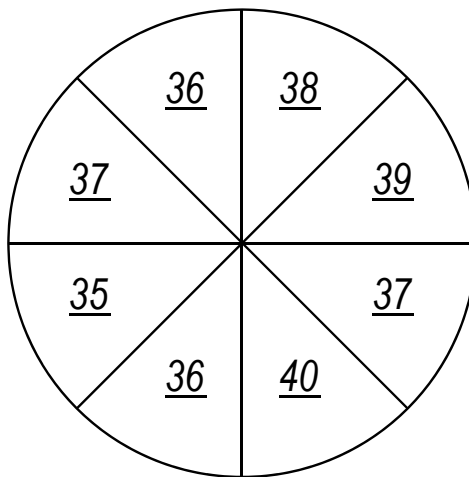


Fig. 4

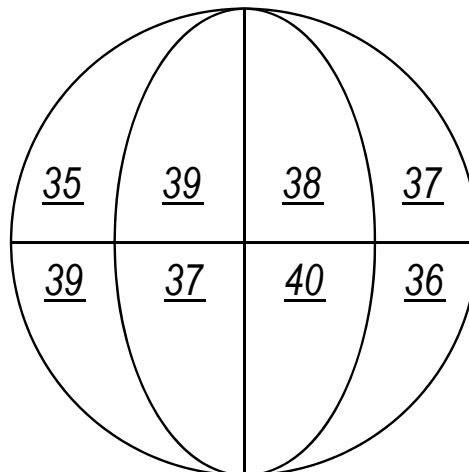


Fig. 5