



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 267 795**

⑤1 Int. Cl.:
G06T 15/70 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **01955400 .5**

⑧6 Fecha de presentación : **11.07.2001**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1299861**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **09.04.2003**

⑤4 Título: **Procedimiento de animación facial.**

③0 Prioridad: **13.07.2000 FR 00 09437**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2007

⑦3 Titular/es: **FRANCE TELECOM**
6, place d'Alleray
75015 Paris, FR
TELEDIFFUSION DE FRANCE

⑦2 Inventor/es: **Breton, Gaspard;**
Bouville, Christian y
Pele, Danielle

⑦4 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de animación facial.

5 La presente invención concierne a un procedimiento de animación facial en tres dimensiones ejecutado en un medio de tratamiento de datos que comprende un motor para animar la cabeza de un hablante inicialmente memorizado y analizado. Por ejemplo, el medio de tratamiento de datos es relativo a la tele-conferencia, el tele-trabajo o el trabajo de colaboración, o bien a agentes inteligentes para leer páginas de correo electrónico, o también aún para asistentes virtuales con aplicaciones de comercio electrónico.

10 Según la técnica anterior, la mayoría de los motores de animación no son musculares y muy a menudo la animación facial es realizada por cambios entre expresiones claves de la cabeza realizadas a mano por los artistas. Los motores de animación muscular son en general más completos pero no toman en cuenta la elasticidad de la piel, lo que impide cualquier animación de la cabeza en tiempo real.

15 Un motor de animación muscular es interesante por su facilidad de describir una animación en un conjunto de contracciones musculares, la cabeza siendo estructurada en conjuntos de mallas predeterminadas, por ejemplo los labios, los ojos, los párpados, etc. estos conjuntos de contracciones son a menudo generalizables de rostros a rostros. Por ejemplo, una sonrisa es siempre obtenida por la contracción de los músculos zigomáticos que actúan en las comisuras de los labios.

20 Por ejemplo, Keith WATER en sus artículos "A Muscle Model for Animating Three-Dimensional Facial Expression", Computers Graphics, vol 21, no. 4. Julio 1987, páginas 17-24, y "Analysis and Synthesis of Facial Image Sequence Using Physcal and Anatomical Models", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, No. 6, páginas 569 a 579, 15 de Junio 1993, preconiza una animación facial por medio de una movilización del músculo bajo la forma de un vector en un sector de influencia angular en el cual un punto culminante de la malla es desplazado en función de un coeficiente de atenuación angular y de un coeficiente de atenuación radial.

30 Sin embargo, en este tipo de motor de animación, los labios son disociados y la boca es abierta por rotación de la mandíbula inferior solidaria con el labio inferior. Esta rotación conduce a destruir la comisura de los labios, lo que no refleja precisamente los movimientos de los labios independientemente uno del otro durante la pronunciación.

35 La presente invención apunta a mejorar la animación de los labios sin que esto sea demasiado complejo a fin de que reproduzcan más fielmente el movimiento real correspondiente a los labios y sea realizado en tiempo real.

40 Para este fin, un procedimiento para animar una cabeza imaginada en tres dimensiones adquirida en un medio de tratamiento de datos bajo la forma de conjuntos de mallas entre las cuales un conjunto de labios, por medio de músculos faciales modelados donde un primer grupo de músculos modelados se extienden hacia el labio superior para desplazar puntos culminantes de la malla en el labio superior y bajo la nariz de la cabeza, está caracterizado porque comprende las etapas de:

- distinguir labios inferior y superior en el conjunto de labios en función de puntos culminantes de la malla al nivel de una frontera de comisura de labio y de abertura de la boca,

45 - determinar las zonas inferior y superior de la cabeza repartidas sensiblemente por al menos dicha frontera, y

50 - constituer un primer grupo de músculos modelados que tienen zonas de influencia secantes al menos dos a dos situados en la zona superior para desplazar puntos culminantes de la malla en el labio superior y bajo la nariz de la cabeza, un segundo grupo de músculos modelados que se extienden hacia el labio inferior y que tienen zonas de influencia secantes al menos dos a dos situadas en la zona inferior para desplazar los puntos culminantes de la malla en el labio inferior y en el mentón de la cabeza, y un último grupo de músculos modelados que tienen zonas de influencia para desplazar cada uno de los puntos culminantes de la malla en las zonas superior e inferior a fin de estirar y retractar los labios.

55 Gracias a la repartición de músculos modelados en los primer, segundo y tercer grupo independientes entre ellos y con la influencia de al menos dos músculos sobre ciertos puntos culminantes de la malla, la boca es abierta de una manera más natural durante una dicción.

60 Como se verá a continuación, la invención prevé igualmente una animación paramétrica por medio de la determinación de parámetros para animar al menos uno de los órganos siguientes: un ojo, un párpado, una mandíbula inferior, un cuello.

65 La invención concierne igualmente a sistemas cliente-servidor relativos a la animación facial. Según una primera realización, el cliente comprende un medio de tratamiento de datos que ha adquirido una cabeza imaginada en tres dimensiones bajo la forma de conjuntos de mallas y de parámetros según el procedimiento de animación facial conforme a la invención, para animar la cabeza en función de comandos de animación. El servidor es un servidor de tratamiento para convertir respuestas alojadas en una base de datos dirigida por demandas que corresponden a mensajes transmitidos por el cliente, en mensajes y comandos de animación transmitidos al cliente.

Según una segunda realización del sistema cliente-servidor, el servidor es un servidor de base de datos, y el cliente comprende un medio de tratamiento de datos y un medio conversacional. El medio de tratamiento ha adquirido una cabeza imaginada en tres dimensiones bajo la forma de conjuntos de mallas y de parámetros según el procedimiento conforme a la invención, a fin de animar la cabeza en función de comandos de animación. El medio conversacional convierte respuestas alojadas en el servidor de base de datos dirigidas por demandas que corresponden a mensajes proporcionados en el cliente, en mensajes aplicados en el cliente y comandos de animación transmitidos por medio del tratamiento de datos.

Los conjuntos de mallas y los parámetros son de preferencia seleccionados y adquiridos desde un servidor predefinido.

Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán más claramente con la lectura de la descripción que sigue de varias realizaciones preferidas de la invención en referencia a los dibujos anexos correspondientes en los que:

- la figura 1 es una vista enmallada de frente de una cabeza;
- la figura 2 es una vista enmallada de perfil de la cabeza;
- la figura 3 es un algoritmo del procedimiento de animación facial según una realización preferida de la invención;
- la figura 4 es una vista enmallada de frente de los labios de la cabeza;
- la figura 5 es un algoritmo de distinción de los labios inferior y superior;
- la figura 6 es una vista de frente análoga a la figura 1, sin la cabellera de la cabeza, mostrando el emplazamiento de músculos faciales;
- la figura 7 es una tabla que indica las funciones de los músculos faciales mostrados en la figura 6 y que controlan el movimiento de los labios, así como zonas de influencia de esos músculos con relación a las zonas inferior y superior;
- la figura 8 es un algoritmo de determinación de zonas inferior y superior de la cabeza, incluidas en el algoritmo de la figura 3;
- la figura 9 es una vista análoga a la figura 1, sin cabellera, que muestra la separación entre las zonas inferior y superior al nivel de los labios;
- la figura 10 es un gráfico de la zona de influencia de un músculo para explicar el desplazamiento de los puntos culminantes de la malla durante la contracción del músculo;
- las figuras 11A y 11B son gráficos de una zona de influencia enmallada cuando el músculo correspondiente está contraído de 20% y 60% respectivamente;
- la figura 12 es una tabla que indica las funciones de los músculos frontales mostrados en la figura 6 así como zonas de influencia de estos músculos con relación a las zonas inferior y superior;
- las figuras 13A y 13B muestran la influencia de tres músculos respectivamente después de una contracción de 20% y una contracción de 60% en los desplazamientos de los puntos culminantes de la malla comunes a sus zonas de influencia a fin de mostrar una imposibilidad de desplazamiento de los puntos culminantes de la malla que evita la invención;
- la figura 14 es una tabla de repartición de los músculos faciales en grupos en vistas de su contribución adicional o independiente a los desplazamientos de los puntos culminantes de la malla;
- las figuras 15 y 16 son gráficos en corte axial de una variante de una zona de influencia de base elipsoidal de un músculo, respectivamente conteniendo el vector que modela el músculo y perpendicular a ese vector;
- la figura 17 es un algoritmo de determinación de los parámetros para una animación de los ojos, los párpados, de una mandíbula inferior y de un cuello de la cabeza; y
- las figuras 18 y 19 son diagramas en bloque esquemáticos de dos realizaciones de un sistema cliente-servidor para la animación facial según la invención.

El procedimiento de animación facial según la invención es ejecutado en un motor de animación implementado en un medio de tratamiento de datos, que es instalado por ejemplo en un ordenador personal o en un servidor multimedia de la red internet, o también en una terminal de tele-conferencia o de tele-trabajo que ha recibido la imagen en tres dimensiones de la cabeza TE de un hablante que está de frente a la terminal a fin de transmitir hacia la terminal de un hablante distante durante la tele-conferencia.

ES 2 267 795 T3

Según otra variante, un asistente virtual instalado en una terminal pública que da acceso a bases de datos por ejemplo comerciales y turísticas ha memorizado la imagen en tres dimensiones de la cabeza TE de una operadora-animadora a fin de visualizarla durante la escucha de informaciones. Como es mostrado en las figuras 1 y 2, respectivamente en vista de frente en un plano XOY y vista de perfil derecho en un plano YOZ, la cabeza TE del hablante o de la operadora ha sido adquirida por medio de tratamiento de datos bajo la forma de una imagen enmallada en tres dimensiones producida por un scanner o deducida a partir de una o varias fotos de la cabeza analizada por un soporte lógico que no pertenece al marco de la invención.

Inicialmente en una etapa EO, la cabeza TE es definida superficialmente por varios conjuntos de mallas poligonales esencialmente triangulares y cuadrilaterales en los cuales pueden ser aplicadas animaciones respectivas. Sin embargo, el busto BU recubierto de ropas no está generalmente animado. Por ejemplo, los conjuntos de mallas triangulares son específicamente la piel del rostro, los labios LE, los párpados superiores derecho e izquierdo PD y PG, y los huevos del ojo izquierdo BOG y del ojo derecho BOD

A continuación en la descripción, S_i y S_j designan dos puntos culminantes de la malla cualesquiera.

Como es mostrado en la figura 3, el procedimiento de animación facial implementado bajo la forma de soporte lógico en el medio de tratamiento de datos comprende la etapa inicial E0 relativa al enmallado superficial del rostro en tres dimensiones, tal como fue descrito precedentemente, seguido por las etapas E1 a E5 propias de la invención. Este procedimiento permite en tiempo real y automáticamente animar la cabeza y particularmente el rostro del hablante o de la operadora en función de un análisis de la voz de aquel o de un texto de manera de traducir fonemas por una animación del rostro del locutor o de la operadora. Para esta animación, el desplazamiento de los labios es esencial.

El conjunto de mallas triangulares LE que comprende un labio inferior LI y un labio superior LS es mostrado en detalle en la figura 4, en vista de frente por proyección de este conjunto según el eje OZ en el plano XOY. Conforme a la invención, la etapa E1 distingue el labio inferior LI y el labio superior LS de manera de animar los labios separadamente, según el algoritmo mostrado en la figura 5. Este algoritmo de distinción de los labios comprende las etapas E11 a E18. En una etapa inicial E10 incluida en la etapa E0, todas las coordenadas de los puntos culminantes de las mallas triangulares del conjunto LE son conocidas.

En la primera etapa E11, los puntos culminantes de la malla S_i en la periferia interna del conjunto LE son marcados para definir el contorno interior C_{in} del conjunto de los labios LE que rodea una ligera abertura de la boca BO entre los labios en reposo y las comisuras en los extremos de los labios. Los puntos culminantes de la malla en la periferia externa del conjunto LE son marcados para definir el contorno exterior C_{ex} del conjunto LE de los labios inferior y superior pasando por las comisuras.

En la etapa E12, puntos culminantes S_{ing} y S_{ind} los más extremos lateralmente según el eje OX de las abscisas, es decir los más a la izquierda y a la derecha, son detectados en el contorno interior C_{in} . Igualmente, en la etapa E13, puntos culminantes S_{exg} y S_{exd} los más extremos lateralmente siguiendo el eje OX de las abscisas, es decir los más a la izquierda y a la derecha, son detectados en el contorno interior C_{ex} ; otro punto culminante S_{inf} que corresponde a la ordenada más pequeña en el contorno exterior C_{ex} es igualmente detectado.

Las parejas de puntos culminantes izquierdos (S_{ing} , S_{exg}) y derechos (S_{ind} , S_{exd}) materializan de esta forma las comisuras izquierda y derecha de los labios.

Luego todos los puntos culminantes de la malla situados a la izquierda del punto culminante de la izquierda de contorno interno S_{ing} en la figura 4 y estrictamente inferiores a la ordenada y al segmento de la comisura izquierda S_{exg} S_{ing} que tiene las extremidades precedentemente detectadas son marcadas como siendo puntos culminantes, que pertenecen al labio inferior LI en la etapa E14. Igualmente, todos los puntos culminantes de la malla situados a la derecha del punto culminante de la derecha de contorno interno S_{ind} en la figura 4 y estrictamente inferiores a la ordenada Y al segmento de comisura derecha S_{exd} S_{ind} que tiene los extremos precedentemente detectados son marcados como siendo puntos culminantes, que pertenecen al labio inferior LI en la etapa E15. De esta forma, en las etapas E14 y E15 son marcados los puntos culminantes de la malla estrictamente inferiores a uno de los segmentos de la comisura S_{exg} S_{ing} como perteneciendo al labio inferior LI.

En la etapa siguiente E16, el punto culminante inferior S_{inf} es marcado como siendo un punto culminante que pertenece al labio inferior LI.

En la etapa E17, todos los puntos culminantes de la malla no marcados, es decir que no están al nivel de la abertura de la boca BO y que tienen una abscisa X comprendida entre las abscisas de los puntos culminantes del contorno interno de los labios S_{ing} y S_{ind} , comenzando por los puntos culminantes vecinos al punto culminante inferior S_{inf} del labio inferior LI e inundando progresivamente el labio inferior hasta los segmentos de la comisura de los labios, son marcados de manera recursiva como perteneciendo al labio inferior LI hasta que no tenga más punto culminante que marcar.

Después en la etapa E18, todos los otros puntos culminantes no marcados en el conjunto de los labios LE que no pertenecen al labio inferior LI son seguidamente marcados como perteneciendo al labio superior LS. En esta etapa,

los labios inferior y superior LI y LS son así definidos de manera distintiva por dos conjuntos de puntos culminantes de la malla separados por la ligera abertura de la boca OB entre los labios y por eventuales puntos frontales al nivel de las comisuras considerados como que pertenecen al labio superior LS.

Volviendo a la figura 3, el procedimiento de animación facial es continuado por las etapas E2 y E3 para posicionar y definir músculos faciales modelados particularmente especializados en la abertura de la boca y para determinar una zona inferior ZI y una zona superior ZS en la cabeza TE a fin de limitar la acción de los músculos especializados y ordenar animaciones independientes de los labios una con relación a la otra y así la separación de los labios LI y LS.

Como es mostrado en la figura 6 y enunciado en la tabla de la figura 7, la etapa E2 define un grupo de 17 músculos que controlan el movimiento de los labios en una zona situada sensiblemente bajo la nariz y simétrica con relación a un plano medio antero-posterior AP de la cabeza TE. En una variante, la etapa E2 puede ser efectuada a continuación de la etapa inicial E0. Los diecisiete músculos son los siguientes:

- músculos labiales nasales internos izquierdo y derecho M1G y M1D que se extienden de manera oblicua a lo largo de las aletas de la nariz y hacia abajo;

- un músculo elevador labial central M2 cuyo punto de ligadura está situado bajo el tabique mediano de la nariz y se extiende hacia abajo hasta el surco sub-nasal S_{sup} del labio superior LS (figura 4);

- músculos labiales nasales internos izquierdo y derecho M3G y M3D cuyos puntos de ligadura están sensiblemente en el nacimiento de las narices y se extienden sensiblemente de manera vertical hacia abajo hasta el contorno externo C_{ex} sensiblemente entre el punto culminante S_{sup} que marca el surco sub-nasal y las comisuras;

- grandes zigomáticos izquierdo y derecho M4G y M4D respectivamente ligados sensiblemente por encima de las orejas y que se extienden de manera oblicua sensiblemente hasta los puntos culminantes externos S_{exg} y S_{exd} de las comisuras;

- músculos risorios izquierdo y derecho M5G y M5D que se extienden sensiblemente de manera horizontal desde el medio de las mejillas hasta los puntos culminantes externos de las comisuras;

- músculos depresores angulares izquierdo y derecho M6G y M6D que se extienden sensiblemente de manera oblicua hacia arriba lateralmente al mentón hasta los puntos culminantes externos de las comisuras;

- músculos triangulares izquierdo y derecho M7G y M7D que se extienden sensiblemente de manera vertical hacia arriba desde las eminencias del mentón hasta el contorno externo C_{ex} del labio inferior LI entre el punto culminante inferior S_{inf} y los puntos culminantes externos de las comisuras;

- un músculo del mentón M8 que se extiende de manera vertical desde el hoyuelo del mentón hasta el punto culminante inferior S_{inf} del labio inferior LI;

- músculos orbiculares izquierdo, derecho y frontal M9G, M9D y M9F que tienen puntos de ligadura al medio MO (figura 4) de la abertura de la boca que está situado entre los puntos culminantes centrales frente a frente al contorno interno C_{ind} , y que son dirigidos respectivamente hacia los puntos culminantes S_{ing} y S_{ind} del segmento de la abertura de la boca OB y horizontalmente hacia el interior de la boca.

Los tres músculos orbiculares M9G, M9D y M9F actúan como un esfínter a fin de constituir un músculo anular alrededor de la boca, centrado en el medio MO, por ejemplo para simular la pronunciación de la letra O.

Los diecisiete músculos modelados enunciados aquí arriba y especializados en la abertura de la boca y más particularmente en la animación de los labios tienen según la invención acciones limitadas en zonas de influencia predefinidas respectivas para permitir la separación de los labios. Para obtener esta separación, la etapa E3 define una zona inferior ZI y una zona superior ZS en el rostro a fin de limitar la acción de algunos de esos músculos a puntos culminantes respectivos de una de las dos zonas ZI y ZS, como es indicado en la columna derecha de la tabla en la figura 7.

Como se muestra en detalle en la figura 8 en relación con la figura 9, una de las dos zonas ZI y ZS, por ejemplo la zona inferior ZI, es determinada por cinco etapas E31 a E35.

En la etapa E31, todos los puntos culminantes de la malla S_i del labio inferior LI en el conjunto de mallas LE son marcados como perteneciendo a la zona inferior ZI del rostro. En la etapa E32, el medio MB de la boca es determinado como siendo el medio del segmento entre los puntos culminantes externos S_{exg} y S_{exd} de las comisuras de los labios detectados precedentemente en la etapa E13 (figura 5) como siendo los más extremos según el contorno exterior C_{ex} . Puntos culminantes de eje de pivote de la mandíbula izquierda y derecha S_{pg} y S_{pd} son determinados en la etapa E33 sensiblemente en la base de las orejas para marcar un eje de pivote horizontal de las mandíbulas y particularmente de la mandíbula inferior, como es mostrado en la figura 2.

En la etapa siguiente E34, todos los puntos culminantes de la malla S_i de la cabeza y particularmente del conjunto de mallas superficiales llamada “piel del rostro”, situados bajo el segmento $S_{pg} S_{exg}$ en la proyección del perfil izquierdo (no representado) por los puntos culminantes situados a la izquierda del medio de la boca MB, es decir a la izquierda del plano medio antero-posterior AP de la cabeza TE, son marcados como perteneciendo a la zona inferior ZI. Igualmente, todos los puntos culminantes del conjunto de mallas “piel del rostro”, situados bajo el segmento $S_{pg} S_{exd}$ en la proyección del perfil derecho mostrado en la figura 2, por los puntos culminantes situados a la derecha del medio de la boca MB, es decir a la derecha del plano medio antero-posterior AP de la cabeza TE, son marcados como perteneciendo a la zona inferior ZI. La zona inferior es de esta forma situada bajo una línea quebrada que une los puntos culminantes del eje de pivote $S_{pg} S_{pd}$ a través del segmento entre los puntos culminantes externos de la comisura S_{exg} y S_{exd} .

Luego en la etapa E35, todos los otros puntos culminantes de la malla de la cabeza y particularmente del conjunto “piel del rostro” son marcados como perteneciendo a la zona superior ZS de la cabeza.

En la figura 9, la parte enmallada sombreada representa la zona inferior ZI y la parte enmallada clara representa la zona superior ZS.

Como se muestra en la columna derecha de la tabla en la figura 7 con relación a la figura 6, los músculos M2, M3G y M3D por encima del labio superior LS sólo actúan en la zona superior ZS, los músculos M7G, M7D y M8 por debajo del labio inferior ZI sólo actúan en la zona inferior ZI de manera de separar y aproximar los labios. Los otros músculos de la tabla de la figura 7 situados lateralmente a la boca desplazan cada uno a la vez puntos culminantes de la malla en las zonas inferior y superior de manera de estirar y retractar los labios lateralmente u oblicuamente.

La invención adopta un modelo muscular mostrado en la figura 10 algo poco similar a aquel preconizado por WATERS, teniendo en cuenta la elasticidad de la piel en la contracción muscular por sí misma, lo que evita largos y fastidiosos cálculos.

Un músculo modelado está ligado a la cabeza enmallada exclusivamente por dos puntos, muy frecuentemente confundidos con los puntos culminantes de la malla, que son representados por el origen y el extremo orientado de un vector muscular $\vec{AI}$. El origen del vector constituye un punto de ligadura A del músculo considerado como la raíz del músculo, ya que desde un punto de vista biológico, el mismo está ligado a la osamenta de la cabeza TE. El extremo orientado constituye un punto de inserción I del músculo en la carne. Durante la contracción, el punto de ligadura A y el punto de inserción I se mantienen inmóviles y el músculo actúa como un campo magnético convergente, atrayendo los puntos culminantes de la malla S_i situados en una zona de influencia cónica ZN próxima al vector $\vec{AI}$, en dirección al origen A del vector, como esto es visible en las figuras 11A y 11B para contracciones de 20% y 60% del músculo modelado según la invención. La zona de influencia ZN del músculo corresponde a un cono de revolución con generatrices AB, un eje según el vector $\vec{AI}$, un ángulo de abertura α y una base esférica BB de centro A. La zona de influencia cónica ZN contiene completamente el vector $\vec{AI}$, como es mostrado en la figura 10.

El músculo modelado vectorial $\vec{AI}$ es definido por los parámetros siguientes en la zona de influencia ZN:

- un ángulo de abertura circular α que define, para un ángulo $\beta = IAS_i$ relativo a la dirección del vector de desplazamiento $\vec{\delta S_i}$ de un punto culminante de la malla S_i con relación al eje AI de la zona de influencia ZN, el límite a no sobrepasar para que el punto culminante S_i sea desplazado en la zona de influencia ZN del músculo durante una contracción del mismo;

- una zona de atenuación angular y radial AAR de la contracción del músculo delimitada por un tronco de cono de generatriz TB y bases esféricas concéntricas TT y BB, situadas en la periferia esférica de la zona de influencia ZN y que contiene el extremo orientado I del vector $\vec{AI}$, con una amplitud predeterminada TB en el interior de la cual los puntos culminantes de la malla S_i son desplazados por el músculo cada vez más cuando el punto culminante S_i está situado próximo al punto de intersección I' del segmento muscular AI y de la pequeña base TT;

- una zona de atenuación angular AA de la contracción del músculo delimitada por un cono entre el punto culminante A y la pequeña base TT, en el interior de la cual los puntos culminantes de la malla S_i son desplazados por el músculo cada vez más cuando el punto culminante S_i está situado próximo al segmento muscular AI y al punto culminante A.

Los puntos culminantes S_i que se encuentran sobre la periferia de la zona de influencia ZN, es decir sobre la superficie cónica de la generatriz AB y sobre la gran base esférica BB están inmóviles durante la contracción del músculo. Cuando el ángulo $\beta = IAS_i$ aumenta para alcanzar el ángulo α , una atenuación δ del desplazamiento es cada vez más preponderante ($\delta \approx 0$), lo que impide hacer aparecer una frontera acentuada entre los puntos culminantes desplazados y sus vecinos que no lo están. El desplazamiento de un punto culminante de la malla S_i es calculado por

la adición de un vector de desplazamiento $\overrightarrow{\delta S_i}$ opuesto al vector $\overrightarrow{AS_i}$, en las coordenadas X, Y, Z del punto culminante S_i según la relación siguiente:

$$\overrightarrow{\delta S_i} = -C \cdot \delta \cdot \overrightarrow{AS_i},$$

en la cual C es un porcentaje de contracción C del músculo, y δ un coeficiente de atenuación igual al producto de un coeficiente de atenuación angular δ_A y de un coeficiente de atenuación radial δ_R que son los siguientes:

$$\delta_A = \frac{\cos \beta - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

$$\delta_R = \cos ((\|T'S_i\| / \|TB\|)(\pi/2))$$

con

$$\delta = \delta_A \cdot \delta_R \text{ si } \|AS_i\| > \|AT\| \text{ y}$$

$$\delta = \delta_A \text{ y } \delta_R = 1 \text{ si } \|AS_i\| \leq \|AT\|, \text{ y}$$

T' la intersección de AS_i con la base TT.

El coeficiente de atenuación δ_A es propio de la invención y depende de la distancia angular β entre los vectores $\overrightarrow{AS_i}$ y $\overrightarrow{AI}$. La contracción máxima, es decir cuando $\overrightarrow{\delta S_i} = -C \cdot \overrightarrow{AS_i}$, es obtenida únicamente para los puntos culminantes incluidos en el segmento AI' donde $\beta = 0$ y $\delta_A = \delta = 1$, el punto I' siendo el punto culminante que puede ser el más desplazado. El coeficiente de atenuación δ_R es función de la distancia radial entre los puntos S_i y T' y solo varía en la zona troncocónica AAR entre 0 y 1 desde la pequeña base TT hacia la gran base BB.

Como es visible igualmente en la figura 6, otros músculos faciales modelados localizados sobre el frente de la cabeza son previstos para animar las cejas izquierda y derecha SG y SD. Los músculos modelados indicados en la tabla mostrados en la figura 12 son:

- músculos frontales externos izquierdo y derecho M10G y M10D, frontales izquierdo y derecho M11G y M11D, y grandes frontales izquierdo y derecho M12G y M12D que están ligados al frente y respectivamente se extienden hacia abajo sensiblemente hasta los extremos externos, medio y extremos internos de las cejas izquierda y derecha SG y SD;

- dos músculos corrugadores laterales izquierdo y derecho M13G y M13D que están ligados sensiblemente de manera lateral al punto culminante de la nariz y dirigidos hacia arriba respectivamente hasta las cejas izquierda y derecha entre los puntos de ligadura de los músculos M11G - M12G y M11D - M12D.

- músculos orbiculares inferior izquierdo y derecho M14G y M14D y superiores izquierdo y derecho M15G y M15D que están ligados respectivamente a los ángulos exteriores de los ojos y al medio de los párpados superiores PAG y PAD, y que respectivamente se extienden hacia arriba sensiblemente hacia los extremos externos de las cejas y hacia abajo sensiblemente hacia el medio de los párpados inferiores a fin de bajar las extremidades exteriores de las cejas y de subir los párpados.

Como se ha dicho ya, cuando un músculo actúa sobre un punto culminante de la malla S_i , éste genera un vector de desplazamiento $\overrightarrow{\delta S_i}$ que es necesario adicionar a las coordenadas del punto culminante S_i para obtener el punto culminante desplazado. No obstante, cuando un punto culminante de la malla S_i está situado en varias zonas de influencia de músculos secantes y por lo tanto sufre la acción de estos músculos, la adición de los vectores de desplazamiento sin precaución provoca un desplazamiento del punto culminante de la malla como resultado de la adición de los vectores que puede ser exagerado. El punto culminante desplazado puede encontrarse atraído más lejos que los puntos de ligadura de los músculos modelados que han contribuido a los desplazamientos.

Por ejemplo, los tres músculos $\overrightarrow{A_1I_1}$, $\overrightarrow{A_2I_2}$ y $\overrightarrow{A_3I_3}$, tienen zonas de influencia secantes ZN_1 , ZN_2 y ZN_3 mostradas en la figura 13A. Los vectores musculares de esos tres músculos concurren en un punto culminante de la malla común SC. La adición de la acción de esos tres vectores con una contribución de $C = 20\%$ para cada uno de ellos en los puntos culminantes de la malla comunes, tales como el punto culminante SC, común a las tres zonas de influencia conserva los puntos culminantes desplazados SC_A en las zonas de influencia. Por el contrario, cuando el porcentaje de contracción C es más elevado, por ejemplo igual a 60%, como es mostrado en la figura 13B, la aplicación de los vectores que resultan de la adición de la contribución de los tres músculos A_1I_1 , A_2I_2 y A_3I_3 en los puntos culminantes de la malla comunes, tal como el punto culminante SC, genera puntos culminantes desplazados SC_B que son sacados fuera de las zonas de influencia ZN_1 , ZN_2 y ZN_3 , lo que es imposible en la práctica.

ES 2 267 795 T3

Para superar este inconveniente, la etapa E4 clasifica los músculos modelados faciales para constituir grupos G1 a G5 según su orientación según la tabla mostrada en la figura 14.

El primer grupo G1 concierne a los músculos M2, M3G, M3D, M4G y M4D ligados al labio superior LS y que tienen zonas de influencia secantes al menos dos a dos entre los músculos vecinos para desplazar los puntos culminantes de la malla S_i en el labio LS y bajo la nariz NE. El segundo grupo G2 concierne a los músculos M6G, M6D, M7G, M7D y M8 ligados al labio inferior LI y que tienen zonas de influencia secantes al menos dos a dos entre los músculos vecinos para desplazar los puntos culminantes de la malla S_i en el labio LI y el mentón ME. El tercer grupo G3 concierne a los músculos frontales izquierdos M10G, M11G, M12G y M15G situados sensiblemente en la parte frontal izquierda y que tienen zonas de influencia secantes al menos dos a dos, de manera análoga a la figura 13A, para desplazar los puntos culminantes de la malla frontales S_i sensiblemente en la ceja SG y/o el párpado PAG y/o por encima de los mismos. Igualmente, el cuarto grupo G4 concierne a los músculos frontales derechos M10D, M11D, M12D y M15D simétricos a los músculos M10G, M11G, M12G y M15G respectivamente.

En cada uno de los cuatro primeros grupos G1, G2, G3 y G4, el vector de desplazamiento de un punto culminante de la malla S_i es determinado adicionando los vectores de desplazamiento que resultan de la acción de los músculos del grupo susceptibles de actuar sobre el punto culminante de la malla S_i a fin de obtener un vector resultante, y luego truncándolo de manera tal que el módulo del vector resultante sea igual al módulo más grande de los vectores de desplazamiento de los músculos antes de actuar.

Por ejemplo, si los tres músculos precitados A_1I_1 , A_2I_2 y A_3I_3 ilustrados en las figuras 13A y 13B pertenecen a uno de los cuatro grupos G1 a G4 y tienen zonas de influencia ZN_1 , ZN_2 y ZN_3 que contienen en común al menos un punto culminante de la malla S_i , por ejemplo como los músculos M3D, M2 y M3G en el primer grupo G1, o los músculos M7D, M8 y M7G en el segundo grupo G2, el punto culminante S_i es desplazado según la invención por un vector que tiene la dirección del vector resultante igual a la suma de los vectores de desplazamiento $\vec{\delta S_{i1}}$, $\vec{\delta S_{i2}}$ y $\vec{\delta S_{i3}}$ de los tres músculos, o sea:

$$\vec{\delta S_i} = \vec{\delta S_{i1}} + \vec{\delta S_{i2}} + \vec{\delta S_{i3}}$$

$$\vec{\delta S_i} = -C_1 \cdot \delta_1 \cdot \vec{A_1S_i} - C_2 \cdot \delta_2 \cdot \vec{A_2S_i} - C_3 \cdot \delta_3 \cdot \vec{A_3S_i}$$

y teniendo el módulo del vector δS_i cuando:

$$\|\vec{\delta S_i}\| \leq \sup (\|\vec{\delta S_{i1}}\|, \|\vec{\delta S_{i2}}\|, \|\vec{\delta S_{i3}}\|)$$

y un módulo igual al más grande "sup" de los tres módulos en el caso contrario. En las relaciones precedentes, C_1 , C_2 y C_3 designan contracciones respectivas de los tres músculos A_1I_1 , A_2I_2 y A_3I_3 ; y δ_1 , δ_2 y δ_3 designan coeficientes de atenuación que dependen respectivamente del emplazamiento del punto culminante S_i en las zonas de influencia ZN_1 , ZN_2 y ZN_3 .

El último grupo G5 comprende diversos músculos y particularmente músculos modelados M4G, M4D, M5G, M5D, M6G, M6D, M9G, M9D y M9F que tienen zonas de influencia para desplazar cada uno de los puntos culminantes que están por partes en la zona superior ZS sensiblemente por encima del labio inferior LI y por parte en la zona superior ZI sensiblemente por debajo del labio superior LS, lo que permite a estos músculos estirar y contraer los labios.

El grupo G5 comprende igualmente músculos que son seleccionados de manera tal que un punto culminante pueda estar entre la zona de influencia de un solo músculo, o que los desplazamiento sean ortogonales. El grupo G5 comprende así músculos modelados M5G y M5D ligados respectivamente a las comisuras de los labios S_{exg} y S_{exd} y tiene zonas de influencia independientes para desplazar respectivamente e independientemente en oposición puntos culminantes de la malla hacia el exterior de las comisuras de los labios S_{exg} y S_{exd} , y músculos modelados M9G, M9D y M9F ligados al medio de la boca y que tienen zonas de influencia independientes para desplazar respectivamente e independientemente puntos culminantes de la malla hacia las comisuras de los labios S_{exg} y S_{exd} y hacia el interior de la boca.

En una variante, un músculo modelado vectorial $\vec{AI}$ cuyos puntos de ligadura son el origen A y el extremo orientado I del vector, es definido por parámetros en una zona de influencia zn de base elíptica, como es mostrado en las figuras 15 y 16. Los parámetros son sensiblemente análogos a aquellos definidos para la zona de influencia ZN mostrada en la figura 10 y son designados a continuación por las minúsculas correspondientes. Estos son, además de los dos puntos de ligadura:

ES 2 267 795 T3

- un desplazamiento “disp” hacia la parte trasera del origen A del vector $\vec{AI}$ en el opuesto del extremo orientado I, hasta un punto dA tal que:

$$\text{disp } \vec{AI} = A - dA$$

a fin de que en particular, para los músculos cortos, los esfuerzos no converjan de una manera muy densa hacia el origen A, pero parecen converger hacia el punto “trasero” dA;

- dos ángulos de abertura elíptica α_{eh} y α_{ev} en los planos xz y yz debidos a las secciones de contorno elíptico en la zona de influencia zn perpendiculares a la dirección del sector $\vec{AI}$, y en la base elipsoidal bb que termina la zona de influencia zn delante del extremo I; si 2h y 2e designan el eje grande y el eje pequeño de una sección elíptica de centro S'_j en el eje vertical Z co-lineal al segmento AI y S_j un punto culminante de la malla en el mismo lado que S'_j en la zona de influencia zn, las coordenadas x y y del punto culminante S'_j son tales que:

$$(x^2/h^2) + (y^2/v^2) = 1$$

o sea con $\beta_e = \angle dAS_j$ relativo a la dirección del vector de desplazamiento $\vec{\delta S_j}$ del punto culminante S_j con relación al eje z de la zona de influencia:

$$r^2 = (S_j S'_j)^2 = 1/[\sin^2 \beta_e / h^2 + \cos^2 \beta_e / v^2]$$

$$h = \|dAS'_j\| \operatorname{tg} \alpha_{eh}$$

$$v = \|dAS'_j\| \operatorname{tg} \alpha_{ev}$$

- una zona de atenuación angular y radial aar de la contracción del músculo delimitada por un tronco de cono de generatriz tb y bases elipsoidales concéntricas tt y bb, situadas en la periferia elipsoidal de la zona de influencia zn y que contiene el extremo orientado I del vector $\vec{AI}$, con una amplitud determinada tb en el interior de la cual los puntos culminantes de la malla S_j son desplazados por el músculo cada vez más cuando el punto culminante S_j está situado próximo al punto de intersección i del segmento muscular AI y de la pequeña base tt;

- una zona de atenuación angular aa de la contracción del músculo delimitada por un tronco de cono de pequeña base aa alrededor del origen A y la base intermedia tt, en el interior de la cual los puntos culminantes de la malla S_j son desplazados por el músculo cada vez más cuando el punto culminante S_j está situado próximo al segmento muscular AI y al segmento A.

Se notará que la zona cónica de base aa y de punto culminante dA no pertenece a la zona de influencia zn.

Los puntos culminantes S_j que se encuentran sobre la periferia de la zona de influencia zn, es decir sobre la superficie cónica de generatriz ab y sobre la gran base esférica bb están inmóviles durante la contracción del músculo. Cuando la distancia radial $S'_j S_j$ aumenta para alcanzar el radio de la sección elíptica correspondiente, una atenuación δ_e del desplazamiento es cada vez más preponderante ($\delta_e \approx 0$), lo que impide hacer aparecer una frontera acentuada entre los puntos culminantes desplazados y sus vecinos que no lo están. El desplazamiento de un punto culminante de la malla S_j es calculado por la adición de un vector de desplazamiento $\vec{\delta S_j}$ opuesto al vector $\vec{dAS_j}$, en las coordenadas x, y, z del punto culminante S_j según la relación siguiente:

$$\vec{\delta S_j} = -C_e \cdot \delta_e \cdot \vec{dAS_j},$$

en la que C_e es un porcentaje de contracción C_e del músculo, y δ_e un coeficiente de atenuación igual al producto de un coeficiente de atenuación angular δ_{eA} y de un coeficiente de atenuación radial δ_{eR} que son los siguientes:

$$\delta_{eA} = (r^2 - \|S'_j S_j\|) / r^2$$

$$\delta_{eR} = (\|AI\| / \|dAI\|) \cos[(\|dAS_j\| - \|dAt'\|) / (\|dAS'_j\| - \|dAt'\|)] (\pi/2)$$

con

$$\delta_e = \delta_{eA} \cdot \delta_{eR} \text{ si } \|dAS_j\| > \|dAt\| \text{ y}$$

$$\delta_e = \delta_{eA} = \|AI\| / \|dAI\| \text{ y } \delta_{eR} = 1 \text{ si } \|dAa\| \leq \|dAS_j\| \leq \|dAt\| \text{ y}$$

t' la intersección de dAS_j con la base tt.

El músculo modelado en la zona de influencia zn funciona de una manera análoga al músculo modelado en la zona de influencia ZN.

Según una variante mixta, los músculos de la cabeza son por parte definidos con una zona de influencia ZN (figura 10), y por otra parte con una zona de influencia zn (figuras 15 y 16).

La animación facial según la invención comprende igualmente una animación paramétrica de otros órganos tales como los ojos y los párpados superiores, la mandíbula inferior y el cuello cuyos parámetros son definidos en la etapa E5 de la figura 5 que es mostrada a continuación de la etapa de asociación E4, de modo que pueda ser efectuada antes, por ejemplo después de la etapa inicial E0.

En la etapa inicial E0, los conjuntos de mallas relativas a los ojos, es decir a los huevos del ojo izquierdo BOG y del ojo derecho BOD que contienen respectivamente las iris y pupila izquierdas y la iris y pupila derechas, así como los relativos a los párpados izquierdo PAG y derecho PAD son perfectamente definidos. Los conjuntos BOG, BOD se suponen que son sensiblemente semi-esferas, y los conjuntos PAG y PAD porciones de esfera.

Para animar un ojo dado, por ejemplo el ojo derecho BOG, un centro de rotación RO del ojo y un eje de rotación AP del párpados correspondiente PAD son buscados en las etapas E51 y E52 mostradas en la figura 15.

La etapa E51 busca automáticamente dos puntos culminantes de la malla S_i y S_j lo más alejado uno del otro en el conjunto de mallas relativas al huevo del ojo correspondiente BOG. Los dos puntos culminantes más alejados S_i y S_j definen los extremos de un segmento que forma un diámetro de la semi-esfera del ojo, y el medio del segmento diametral entre esos dos puntos culminantes define el centro de rotación RO del ojo. La etapa E51 es repetida para cada ojo. Ya que el rostro en reposo es visto de frente paralelo al plano XOY y en vista de perfil paralelo al plano YOZ, cada ojo puede sufrir una rotación alrededor del centro respectivo RO siguiendo los ejes OX y OY para simular una mirada hacia arriba y hacia abajo, y/o hacia la derecha o la izquierda.

La etapa E52 determina automáticamente de forma similar un eje de rotación AP del párpado superior correspondiente, buscando dos puntos culminantes de la malla S_i y S_j lo más alejados uno del otro en el conjunto de mallas correspondientes PAD. Por esos dos puntos culminantes de la malla pasa el eje de rotación alrededor del cual el conjunto de mallas PAD puede girar para simular las aberturas y cierres del párpado. La etapa E52 es repetida para el otro párpado PAG.

La animación de la mandíbula inferior MA actúa sobre los conjuntos de mallas relativas a la piel del rostro.

La etapa E53 determina los puntos culminantes de la malla con referencia a la figura 2 en tanto que:

- dos puntos culminantes del eje de pivote de la mandíbula S_{pg} y S_{pd} que están en general confundidos en vista de perfil (figura 2) si los mismos no son ya determinados en la etapa E33 (figura 8);

- un punto culminante del mentón S_{me} situado en el plano mediano antero-posterior de la cabeza TE y sensiblemente en el nacimiento del hoyuelo del mentón;

- un punto culminante de transición cabeza-cuello S_{co} sensiblemente en el plano mediano antero-posterior y en el punto culminante del ángulo entre la estructura de la boca bajo el mentón y la parte anterior del cuello.

Estos tres puntos culminantes de la malla definen un sector angular de articulación de la mandíbula AM de puntos culminantes S_{pd} (S_{pg}) y de lados S_{pd} S_{me} (S_{pg} S_{me}) y S_{pd} S_{co}.

Después la etapa E54 determina un sector angular predeterminado α_M inferior al sector de articulación de la mandíbula AM = S_{me} S_{pd} S_{co} = S_{me} S_{pg} S_{co}, contenido en el sector AM a partir del lado inferior común S_{pd} S_{co}, como es mostrado en la figura 2. Un punto culminante S_{lco} es definido en la intersección del lado superior del ángulo α_M y del mentón.

La mandíbula inferior MA es entonces definida en la figura 2 por el sector angular AM formado por los lados S_{pd} S_{me} y S_{pd} S_{co} del ángulo de articulación AM.

En la etapa E55, los puntos culminantes S_i del conjunto de mallas "piel del rostro" comprendidos sensiblemente en el sector angular de articulación AM son marcados como perteneciendo a la mandíbula MA. La boca no es afectada por la rotación de la mandíbula y es únicamente animada por los músculos ya definidos con referencia a las figuras 6 y 7.

ES 2 267 795 T3

La mandíbula gira alrededor del eje $S_{pd} S_{pg}$ paralelo al eje OX, como es mostrado en la figura 9. De forma de evitar una colisión entre la mandíbula MA con el cuello CO, la rotación de la mandíbula es progresivamente frenada hacia abajo por puntos culminantes de la malla en los conjuntos de la piel del rostro y la cavidad bucal que se encuentran en el sector angular α_M hasta devenir cero en la proximidad del segmento $S_{pd} S_{CO}$. El sector angular α_M define la zona en el interior de la cual la rotación de la mandíbula es atenuada.

Posteriormente, una rotación β_M de la mandíbula MA, típicamente inferior a 10° o 15° , actúa completamente ($\beta' = \beta_M$) sobre los puntos culminantes de la malla S_i situados en el sector angular AM - $\alpha_M = [S_{me} S_{pd} S_{CO}]$ en la parte superior del sector de articulación AM y de manera atenuada en los puntos culminantes de la malla S_i en el interior del sector angular α_M . Cuando la distancia angular $\alpha_i = [S_{CO} S_{pd} S_i]$ entre el punto culminante de la malla S_i y el lado inferior $S_{pd} S_{me}$ común a los sectores angulares AM y α_M disminuye, el desplazamiento angular β_M del punto culminante S_i inicialmente previsto para la mandíbula disminuye en función de un coeficiente de atenuación δ_M a fin de que el desplazamiento angular β'_M del punto culminante en el sector α_M sea:

$$\beta'_M = \beta_M \cdot \delta_M$$

con

$$\delta_M = 1 - \cosh \left[\frac{\alpha_i}{\alpha_M} \frac{\pi}{2} \right] \text{ para } S_i \in \alpha_M$$

El cuello CO es únicamente una parte del conjunto de mallas “piel del rostro”. La etapa E56 determina el cuello con la ayuda de los cuatro puntos culminantes siguientes a este conjunto en el plano mediano antero-posterior AP de la cabeza:

- puntos culminantes superior e inferior S_{sup1} y S_{inf1} situados sensiblemente por debajo del punto culminante S_{CO} y por encima del nacimiento del busto BU, a lo largo del perfil anterior del cuello; y

- puntos culminantes superior e inferior S_{sup2} y S_{inf2} sensiblemente al nivel del medio MB de la boca y por encima del nacimiento de la espalda, a lo largo del perfil posterior del cuello.

La etapa siguiente E57 marca los puntos culminantes de la malla S_i del conjunto de mallas “piel del rostro” como perteneciendo al cuello CO cuando estos están comprendidos sensiblemente entre los planos laterales que pasan por los puntos culminantes superiores S_{sup1} y S_{sup2} e inferiores S_{inf1} y S_{inf2} . Después en la etapa E58, todos los otros puntos culminantes del conjunto “piel del rostro” que no pertenecen al cuello, así como todos los otros puntos culminantes en todos los otros conjuntos de malla de la cabeza, con la excepción del conjunto inferior concerniente al busto BU, son explorados por encima del punto culminante anterior superior S_{sup1} para ser marcados como perteneciendo a la cabeza TE.

La etapa E59 determina automáticamente un centro de rotación CRT de la cabeza confundido con el centro del volumen que engloba los puntos culminantes de la malla que pertenecen al cuello CO. Aunque el centro de rotación CRT esté sensiblemente por delante del centro de rotación real de la cabeza, el efecto visual de la rotación de la cabeza obtenido de esta forma es satisfactorio.

La rotación de la cabeza está asociada a una atenuación de la rotación al nivel del cuello entre los planos de trazos $S_{sup1} S_{sup2}$ y $S_{inf1} S_{inf2}$.

La etapa 60 determina las ordenadas mínima y máxima Y_{min} y Y_{max} los puntos culminantes S_{sup1} , S_{sup2} , S_{inf1} y S_{inf2} definiendo el cuello en función de las ordenadas Y_{sup1} , Y_{sup2} , Y_{inf1} y Y_{inf2} de estos cuatro puntos culminantes tales como:

$$Y_{min} = \min(Y_{sup1}, Y_{sup2}, Y_{inf1}, Y_{inf2})$$

$$Y_{max} = \max(Y_{sup1}, Y_{sup2}, Y_{inf1}, Y_{inf2})$$

Una rotación posterior β_T de la cabeza TE, típicamente inferior a 10° a 15° , actúa completamente ($\beta'_T = \beta_T$) sobre los puntos culminantes de la malla situados por encima del plano lateral que pasa por los puntos culminantes superiores S_{sup1} y S_{sup2} y de manera atenuada sobre los puntos culminantes de la malla S_i en el interior del cuello CO. Mientras más próximo está el punto culminante de la malla S_i al plano lateral del cuello que pasa por los puntos culminantes inferiores S_{inf1} y S_{inf2} , más disminuye el desplazamiento angular β_T del punto culminante de la malla S_i inicialmente previsto para la cabeza TE en función de una relación entre la diferencia de la ordenada Y_{Si} del punto culminante de la malla S_i y la ordenada mínima y la altura máxima ($Y_{max} - Y_{min}$) del cuello, a fin de que el desplazamiento β'_T del punto culminante S_i en el cuello sea:

$$\beta'_T = \beta_T \cdot \delta_T$$

$$\delta_T = \frac{(Y_{Si} - Y_{\min})}{(Y_{\max} - Y_{\min})}$$

A título de ejemplos son descritas a continuación dos realizaciones de un sistema interactivo cliente-servidor para la ejecución del procedimiento de animación facial según la invención.

En una primera realización de vocación pedagógica mostrada en la figura 18, el cliente CLa es un micro-ordenador de un alumno que comprende un módulo de animación MAa como medio de tratamiento de datos en el que es implementado un motor de animación facial según la invención. El módulo de animación MAa adquirió previamente conjuntos de mallas EM y parámetros P de la cabeza TE de un “profesor” que son cargados a distancia desde un servidor SE1 que propone varias cabezas de profesor al alumno. Estos conjuntos de mallas y parámetros que definen la cabeza del profesor y cargados a distancia en el módulo MAa son todo o parte de los siguientes:

- conjuntos de mallas EM que modelan la cabeza del profesor en tres dimensiones según el lenguaje VRML (Virtual Reality Modelling Language); y

- parámetros P necesarios para la definición de las animaciones paramétricas y musculares ya definidas en la descripción precedente:

- mandíbula: S_{pd} (S_{pg}), S_{me} , S_{CO} , α_M (figura 2);

- cuello : S_{inf1} , S_{inf2} , S_{sup1} , S_{sup2} (figura 2);

- músculos (figuras 6, 7 y 12): A, I, ZN según la figura 10 y/o A, I, zn según la variante mostrada en las figuras 15 y 16,

donde los parámetros S_{pd} , S_{pg} , S_{me} , S_{CO} , S_{inf1} , S_{inf2} , S_{sup1} , S_{sup2} , A e I son puntos culminantes de la malla marcados cada uno por un número de malla y un número de punto culminante de la malla,

AY y AB y/o dAt Y dAb son expresados en fracción del módulo del vector $\vec{AI}$,

α_M , α y/o α_{eh} , α_{ev} y β_e son ángulos expresados en grados.

El servidor SE2a del sistema cliente-servidor según la primera realización, haciendo la función del profesor, comprende una interfase de animación facial IAF y una base de escenas BS. La interfase IAF recibe mensajes numéricos de tipo pregunta o respuesta QR/CL del micrófono MP o del teclado KP del cliente CLa a fin de interpretarlos en demandas RQ aplicadas a la base BS que selecciona respuestas RP según un tema predeterminado. Una respuesta RP es interpretada por la interfase IAF de manera de proporcionar por una parte un mensaje de tipo pregunta o respuesta QR/SE hacia el alto parlante HP del cliente CLa, por otra parte comandos de animación CA al módulo de animación MAa para animar la cabeza del profesor visualizada en la pantalla del cliente CLa en armonía con el mensaje transmitido QR/SE.

Por ejemplo una primera aplicación del tipo profesor-alumno según esta primera realización consiste en revisar lecciones por el alumno por medio de preguntas-respuestas intercambiadas con el profesor. En este tipo de aplicación, el cliente-alumno CLa se queda conectado al servidor-profesor SE2a durante toda la sesión de la lección y es completamente pilotado por el servidor-profesor.

Los comandos de animación CA no están vinculados al motor de animación contenido en el módulo MAa del cliente y sirven para ordenar la animación de la cabeza del profesor en función de las respuestas RP proporcionadas por la base BS. Los comandos de animación CA así como los mensajes QR/CL y QR/SE son intercambiados entre el cliente CLa y el servidor SE2a según esta primera realización a través de una red de telecomunicación RT; por ejemplo el servidor SE2a es una aplicación de soporte lógico en un sitio de la red internet o en un servidor físico de una red intranet. A título de ejemplos no exhaustivos, los comandos de animación CA conciernen a todo o parte de las animaciones faciales siguientes:

- girar la cabeza TE en X grados alrededor del eje OX, en Y grados alrededor del eje OY y en Z grados alrededor del eje OZ;

- girar el ojo derecho BOD o izquierdo BOG en X grados alrededor del eje OX y en Y grados alrededor del eje OY;

- girar el párpado derecho PAD o izquierdo PAG en Q grados alrededor del eje respectivo derecho APA o izquierdo;

- pronunciar un texto con una voz sintética y amplificada de manera de producir la animación labial correspondiente;

- pronunciar un sonido de manera de producir la animación labial correspondiente;
- seleccionar una expresión neutra del rostro de la cabeza;
- 5 - representar una emoción, alegría o tristeza, por ejemplo con un porcentaje predeterminado.

La segunda realización del sistema cliente-servidor mostrada en la figura 19 está más localizada materialmente en un cliente CLb que es un micro-ordenador doméstico instalado en el domicilio de un usuario. El cliente CLb contiene igualmente un módulo de animación MAb en el que es implementado un motor de animación según la invención, así como un segundo módulo de soporte lógico, llamado módulo conversacional MC. Este módulo MC juega un papel sensiblemente equivalente a la interfase de animación facial IAF según la primera realización y hace más autónomo al cliente CLb que el cliente CLa. El motor de animación adquirió previamente conjuntos de mallas EM y parámetros P que definen una cabeza de un animador tanto durante la instalación del cliente CLb, como posteriormente consultando el primer servidor SE1. El módulo conversacional MC hace un llamado a la inteligencia artificial y juega el papel de "confidente" ante el usuario. De esta forma este "confidente" se ocupa de tareas diversas para la gestión del domicilio del usuario, tales como la regulación de la temperatura de una caldera, la gestión de un sistema de alarma y/o la participación en el mantenimiento, así como el recibo de informaciones ante diversos servidores, tal como el servidor SE3 mostrado en la figura 7. Los servidores SE3 ponen a disposición de las bases de datos, comprendidas las escenas, BD para consultar diversas informaciones, tales como horarios de cine, boletines meteorológicos, listas de restaurantes, etc.

El módulo conversacional MC adquiere respuestas RP a preguntas RQ dirigidas a uno de los servidores SE3 de manera de animar la cabeza del animador visualizado en la pantalla del cliente CLb en función de los comandos de animación CA tales como los definidos aquí arriba, tanto en directo, como en diferido. Por ejemplo, si el usuario desea conocer horarios de cine o un boletín meteorológico, este formula un mensaje QR/CL al módulo conversacional MC por medio del micrófono MP o del teclado KP del cliente CLb, y el módulo MC retransmite inmediatamente un mensaje de respuesta QR/SE hacia el alto-parlante HP del cliente CLb con comandos de animación correspondientes CA aplicados al módulo MAb si el módulo conversacional ya ha registrado los horarios de cine o el boletín meteorológico. En el caso contrario, el módulo conversacional MAb interroga por medio de una red de telecomunicaciones RT, al servidor correspondiente SE3 para leer allí los horarios o el boletín que serán seguidamente transmitidos en diferido al usuario a través del módulo de animación MAb a fin de que el usuario consulte por la noche los horarios del cine, o al despertarse el boletín meteorológico.

En esta segunda realización, el cliente material CLb presenta un modelo cliente-servidor de tratamiento entre los módulos MAb y MC, y una combinación cliente-servidor de datos con el servidor SE3.

Estas dos realizaciones del sistema cliente-servidor presentadas aquí arriba ventajosamente no tienen ninguna dificultad temporal ya que los comandos de animación CA para el módulo de animación MAa, MAb no están predefinidos sino que son ejecutados en tiempo real en función de los mensajes QR/SE del "servidor" IAF, MC. Los comandos de animación son sincronizados al nivel del módulo de animación MAa, MAb del cliente, y no al nivel del servidor, lo que evita cualquier desplazamiento temporal entre la dicción y la animación labial.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para animar una cabeza imaginada en tres dimensiones (TE) adquirida en un medio de tratamiento de datos bajo la forma de conjuntos de mallas entre ellos un conjunto de labios, por medio de músculos faciales modelados donde un primer grupo de músculos modelados se extienden hacia el labio superior (LS) para desplazar puntos culminantes de la malla en el labio superior (LS) y bajo la nariz (NE) de la cabeza, **caracterizado** porque comprende las etapas de:
 - distinguir (E1) labios inferior y superior (LI, LS) en el conjunto de labios (LE) en función de puntos culminantes de la malla (S_{exg} , S_{exd} , S_{ing} , S_{ind}) al nivel de una frontera de comisura de labio y de abertura de la boca (BO),
 - determinar (E3) las zonas inferior y superior (ZI, ZS) de la cabeza repartidas sensiblemente por al menos dicha frontera, y
 - constituir (E4) el primer grupo (G1) de músculos modelados (M2, M3G, M3D, M4G, M4D) que tienen zonas de influencia secantes al menos dos a dos situados en la zona superior (ZS), un segundo grupo (G2) de músculos modelados (M6G, M6D, M7G, M7D, M8) que se extienden hacia el labio inferior (LI) y que tienen zonas de influencia secantes al menos dos a dos situadas en la zona inferior (ZI) para desplazar los puntos culminantes de la malla en el labio inferior (LI) y en el mentón (ME) de la cabeza, y un último grupo de músculos modelados (M4G, M4D, M5G, M5D, M6G, M6D, M9G, M9D, M9F) que tienen zonas de influencia para desplazar cada uno de los puntos culminantes de la malla en las zonas superior e inferior a fin de estirar y retractar los labios.
2. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, según el cual dicho último grupo comprende músculos modelados (M5G, M5D) que se extienden respectivamente hasta las comisuras de los labios (S_{exg} , S_{exd}) y teniendo zonas de influencia independientes para desplazar respectivamente e independientemente en oposición puntos culminantes de la malla hacia el exterior de la comisura de los labios.
3. Procedimiento conforme a la reivindicación 1 o 2, según el cual dicho último grupo comprende músculos modelados (M9G, M9D, M9F) ligados al medio de la boca y que tienen zonas de influencia independientes para desplazar respectivamente e independientemente puntos culminantes de la malla hacia las comisuras (S_{exg} y S_{exd}) de los labios y hacia el interior de la boca (BO).
4. Procedimiento conforme a una cualquiera de la reivindicación 1 a 3, según el cual la etapa de distinguir (E1) comprende las etapas siguientes de:
 - marcar (E11) los puntos culminantes de la malla Si en la periferia del conjunto de labios (LE) para definir los contornos interior y exterior (C_{in} , C_{ex}) de los labios,
 - detectar (E12, E13) puntos culminantes de la malla (S_{exg} , S_{ing} , S_{ind} , S_{exd}) los más extremos lateralmente sobre los contornos interior y exterior (C_{in} , C_{ex}),
 - marcar (E14, E15) puntos culminantes de la malla estrictamente inferiores a uno de los segmentos de las comisuras de los labios definidos por los puntos culminantes precedentemente detectados, como perteneciendo al labio inferior LI,
 - marcar recursivamente (E16, E17) todos los puntos culminantes de la malla no marcados comenzando por los puntos culminantes vecinos a un punto culminante inferior (S_{inf}) del labio inferior (LI), como perteneciendo al labio inferior, y
 - marcar (E18) todos los otros puntos culminantes no marcados en el conjunto de labios (LE) que no pertenecen al labio inferior (LI) como perteneciendo al labio superior (LS).
5. Procedimiento conforme a la reivindicación 4, según el cual la etapa de determinar (E3) comprende las etapas siguientes de:
 - determinar (E32) el medio (MB) de un segmento entre los puntos culminantes externos (S_{exg} , S_{exd}) como los más extremos lateralmente detectados sobre el contorno exterior (C_{ex}) de los labios,
 - determinar (E33) puntos culminantes del eje de pivote de la mandíbula (S_{pg} , S_{pd}),
 - marcar (E34) todos los puntos culminantes situados bajo una línea quebrada que une los puntos culminantes del eje de pivote (S_{pg} , S_{pd}) a través del segmento entre los puntos culminantes externos (S_{exg} , S_{exd}) como perteneciendo a la zona inferior (ZI), y
 - marcar (E35) todos los otros puntos culminantes de la malla de la cabeza como perteneciendo a la zona superior (ZS).

6. Procedimiento conforme a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, según el cual un músculo modelado es definido por una zona de influencia cónica (ZN) que tiene un ángulo de abertura α , **caracterizado** porque un punto culminante de la malla (S_i) comprendido en la zona de influencia es sometido a un vector de desplazamiento ($\vec{\delta S_i}$) que está dirigido hacia el punto culminante (A) de la zona de influencia cónica haciendo un ángulo β con el eje (AI) de la zona de influencia y que es proporcional a un coeficiente de atenuación angular δ_A tales que:

$$\delta_A = \frac{\cos \beta - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

7. Procedimiento conforme a una cualquiera de la reivindicaciones 1 a 5, según el cual un músculo modelado es definido por un vector de origen A y de extremo orientado I en una zona de influencia troncocónica (zn) de punto culminante dA, que tiene dos ángulos de abertura elíptica, en los que un punto culminante de la malla S_j situado a una distancia radial $S'_j S_j$ del eje de la zona en una sección elíptica de radio r que pasa por el punto culminante está sometido a un vector de desplazamiento que está dirigido hacia el punto culminante dA de la zona de influencia y que es proporcional a un coeficiente de atenuación angular δ_{eA} y a un coeficiente de atenuación radial δ_{eR} tales que:

$$\delta_{eA} = (r^2 - \|S'_j S_j\|)/r^2$$

$$\delta_{eR} = (\|AI\| / \|dAI\|) \cos [(\|dAS_j\| - \|dAt'\|) / (\|dAS'_j\| - \|dAt'\|)] (\pi/2)]$$

$$y \delta_e = \delta_{eA} = \|AI\| / \|dAI\| \text{ y } \delta_{eR} = 1$$

$$\text{si } \|dAa\| \leq \|dAS_j\| \leq \|dAt\|$$

donde t' es la intersección de dAS_j con una base intermedia t entre una pequeña base a y una gran base b de la zona.

8. Procedimiento conforme a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, según el cual, cuando el punto culminante de la malla (SC) está situado en varias zonas de influencia secantes (ZN₁, ZN₂, ZN₃) de los músculos (A₁I₁, A₂I₂, A₃I₃), el punto culminante de la malla (S_i) está desplazado en un vector de desplazamiento (δS_i) determinado adicionando vectores de desplazamiento resultantes de la acción de dichos músculos a fin de obtener un vector resultante, y luego truncando el vector resultante a fin de que el vector resultante tenga un módulo igual al módulo más grande de los vectores de desplazamiento de los músculos.

9. Procedimiento conforme a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, según el cual es constituido un grupo (G3; G4) de músculos frontales modelados (M10G, M11G, M12G, M15G, M10D, M11D, M12D, M15D) respectivamente que se extienden hacia abajo sensiblemente hasta los extremos externos, al medio y a los extremos internos de las cejas (SG; SD) y al medio de los párpados (PAG, PAD), y teniendo zonas de influencia secantes al menos dos a dos para desplazar los puntos culminantes de la malla al menos en las cejas y los párpados.

10. Procedimiento conforme a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende una etapa de determinación de los parámetros (E5) para animar al menos uno de los órganos siguientes: un ojo (BOG, BOD), un párpado (PAG, PAD), una mandíbula inferior (MA), un cuello (CO).

11. Procedimiento conforme a la reivindicación 1 a 10, que comprende una etapa (E51) de determinación de un centro de rotación (RO) de un ojo como el medio de un segmento que tiene por extremos dos puntos culminantes de la malla los más alejados en un conjunto de mallas relativas al huevo del ojo (BOD).

12. Procedimiento conforme a una cualquiera de la reivindicación 1 a 11, que comprende una etapa (E52) de determinación de un eje de rotación (APA) de un párpado que pasa por dos puntos culminantes de la malla los más alejados en un conjunto de mallas (PAD) relativos a dicho párpado.

13. Procedimiento conforme a una cualquiera de la reivindicación 1 a 12, que comprende las etapas de:

- determinar (E53) los puntos culminantes de la malla en tanto puntos de eje de pivote de la mandíbula (S_{pg} , S_{pd}), punto culminante del mentón (S_{me}) y punto culminante de transición cabeza-cuello (S_{co}) para definir un ángulo de articulación de la mandíbula AM,

- determinar (E54) un sector angular predeterminado α_M inferior al sector de articulación AM contenido en el mismo y teniendo un lado inferior (S_{pd} , S_{co}) común con aquel, y

- marcar (E55) puntos culminantes de la malla comprendidos sensiblemente en el sector angular de articulación AM a fin de que una rotación de la mandíbula (MA) actúe completamente sobre los puntos culminantes de la malla situados en un sector angular AM - α_M y de manera atenuada sobre puntos culminantes de la malla en el interior del sector angular α_M de manera que, cuando la distancia angular α_i entre un punto culminante de la malla y el lado

ES 2 267 795 T3

inferior común (S_{pd} , S_{CO}) disminuya, el punto culminante de la malla esté desplazado en función de un coeficiente de atenuación tal que:

$$1 - \cos \left[\frac{\alpha_i}{\alpha_M} \frac{\pi}{2} \right],$$

14. Procedimiento conforme a una cualquiera de la reivindicación 1 a 13, que comprende las etapas de:

- determinar (E56) los puntos culminantes anteriores superior e inferior (S_{sup1} , S_{inf1}) y posteriores superior e inferior (S_{sup2} , S_{inf2}) del cuello (CO);

- marcar (E57) los puntos culminantes de la malla comprendidos sensiblemente entre los planos laterales que pasan por los puntos culminantes superiores e inferiores (S_{sup1} , S_{sup2} , S_{inf1} , S_{inf2}) como perteneciendo al cuello;

- marcar (E58) todos los puntos culminantes de la malla en la cabeza que no pertenecen al cuello;

- determinar (E59) un centro de rotación (CRT) de la cabeza como centro del volumen que engloba los puntos culminantes de la malla que pertenecen al cuello;

- determinar (E60) las ordenadas mínima y máxima Y_{min} y Y_{max} de los puntos culminantes superiores e inferiores del cuello, a fin de que una rotación posterior de la cabeza (TE) actúe completamente sobre los puntos culminantes de la malla situados por encima del plano lateral que pasa por los puntos culminantes superiores (S_{sup1} , S_{sup2}) y de manera atenuada sobre los puntos culminantes de la malla en el interior del cuello (CO) de manera que mientras más próximo está el punto culminante de la malla (S_i) de ordenadas Y_{Si} al plano lateral que pasa por los puntos culminantes inferiores (S_{inf1} , S_{inf2}), más disminuye el desplazamiento angular del punto culminante de la malla en función de una relación tal que:

$$\frac{(Y_{Si} - Y_{min})}{(Y_{max} - Y_{min})}$$

15. Sistema cliente-servidor, **caracterizado** porque el cliente (CLa) comprende un medio de tratamiento de datos (MAa) que ha adquirido una cabeza imaginada en tres dimensiones (TE) bajo la forma de conjuntos de mallas (EM) y de parámetros (P) según el procedimiento conforme a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, para animar la cabeza en función de comandos de animación (CA), y el servidor (SE2a) es un servidor de tratamiento para convertir respuestas (RP) alojadas en una base de datos (BS) dirigida por demandas (RQ) que corresponden a mensajes (QR/CL) transmitidos por el cliente (CLa), en mensajes (QR/SE) y comandos de animación (CA) transmitidos al cliente (CLa).

16. Sistema cliente-servidor, **caracterizado** porque el servidor (SE3) es un servidor de base de datos, y el cliente (CLb) comprende un medio de tratamiento de datos (MAb) que ha adquirido una cabeza imaginada en tres dimensiones (TE) bajo la forma de conjuntos de mallas (EM) y de parámetros (P) según el procedimiento conforme a una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, para animar la cabeza en función de comandos de animación (CA), y comprende igualmente un medio conversacional (MC) para convertir respuestas (RP) alojadas en el servidor de base de datos (SE3) dirigidas por demandas (RQ) que corresponden a mensajes (QR/CL) proporcionados en el cliente, en mensajes (QR/SE) aplicados en el cliente y comandos de animación (CA) transmitidos por medio de tratamiento de datos (MAb).

17. Sistema cliente-servidor conforme a la reivindicación 15 o 16, en el cual los conjuntos de mallas (EM) y los parámetros (P) son seleccionados y adquiridos desde un servidor predeterminado (SE1).

18. Sistema cliente-servidor conforme a una de las reivindicaciones 15 a 17, en el cual los conjuntos de mallas y los parámetros son todo o parte de los siguientes: conjuntos de mallas (EM) que modelan la cabeza (TE) en tres dimensiones; parámetros (P) necesarios para la definición de animaciones específicamente de la mandíbula (S_{pd} (S_{pg}), S_{me} , S_{CO} , α_M), del cuello (S_{inf1} , S_{inf2} , S_{sup1} , S_{sup2}) y de músculos (A, I, T, B, α).

19. Sistema cliente-servidor conforme a una de las reivindicaciones 15 a 18, en el cual los comandos de animación (CA) conciernen todo o parte de las animaciones faciales siguientes: girar la cabeza (TE), girar un ojo (BOD, BOG), girar un párpado (PAD, PAG), pronunciar un texto, pronunciar un sonido, seleccionar una expresión neutra del rostro de la cabeza, representar una emoción.

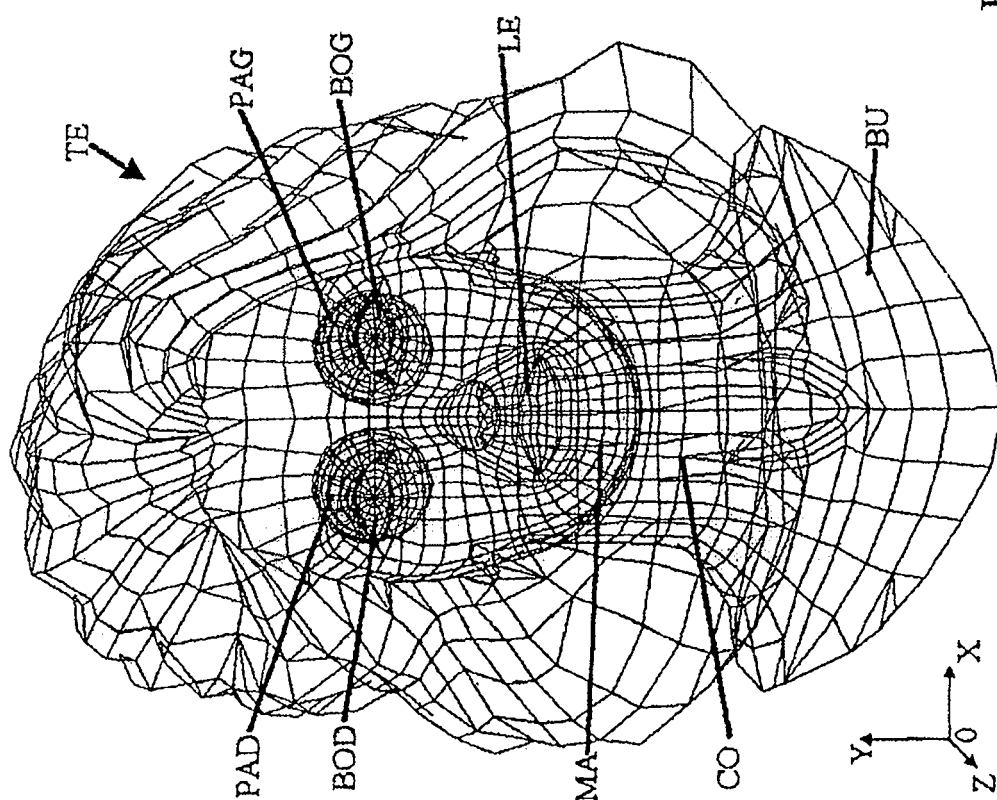


FIG. 1

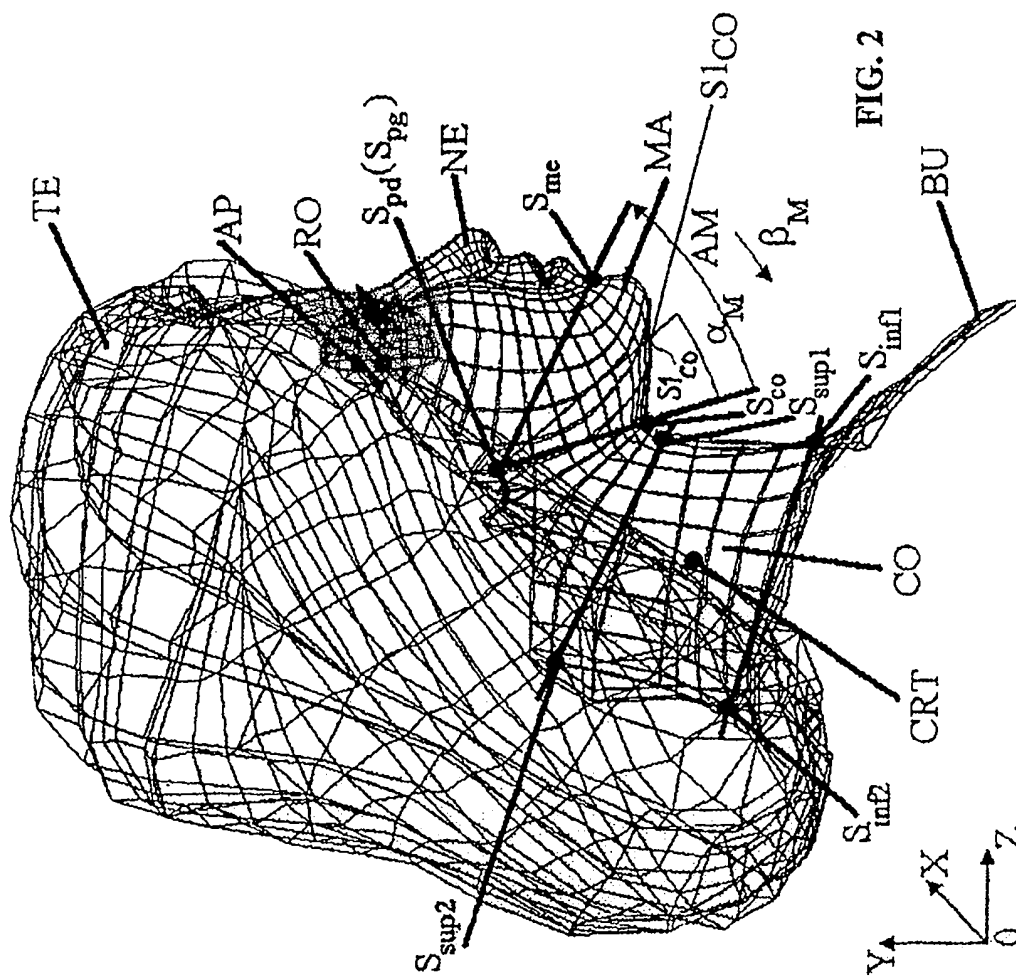
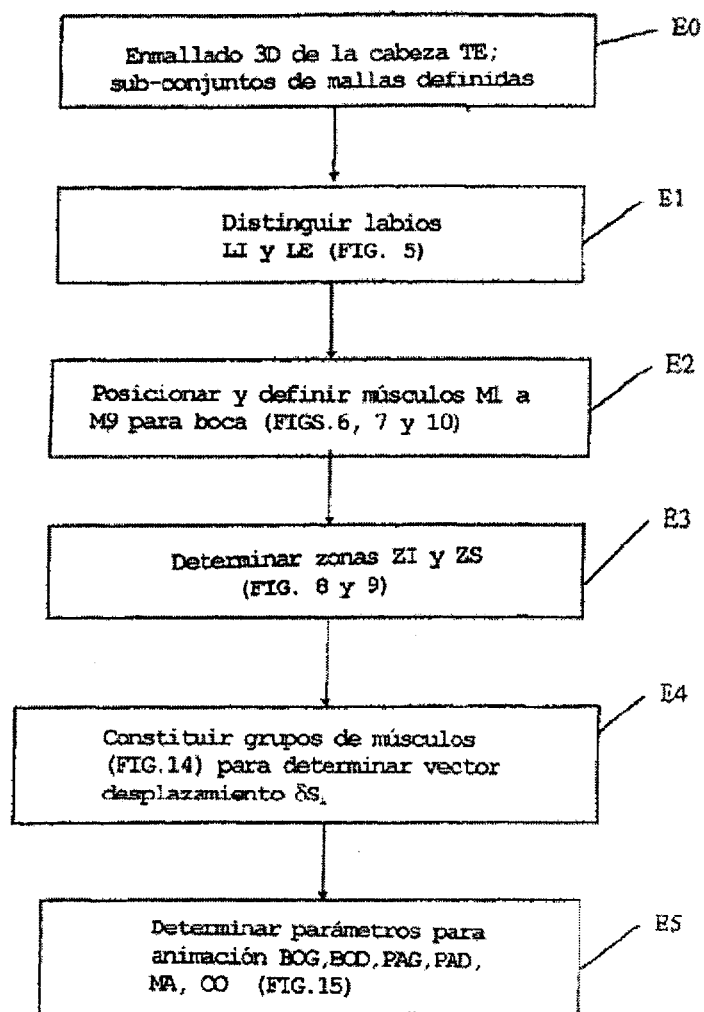


FIG. 3



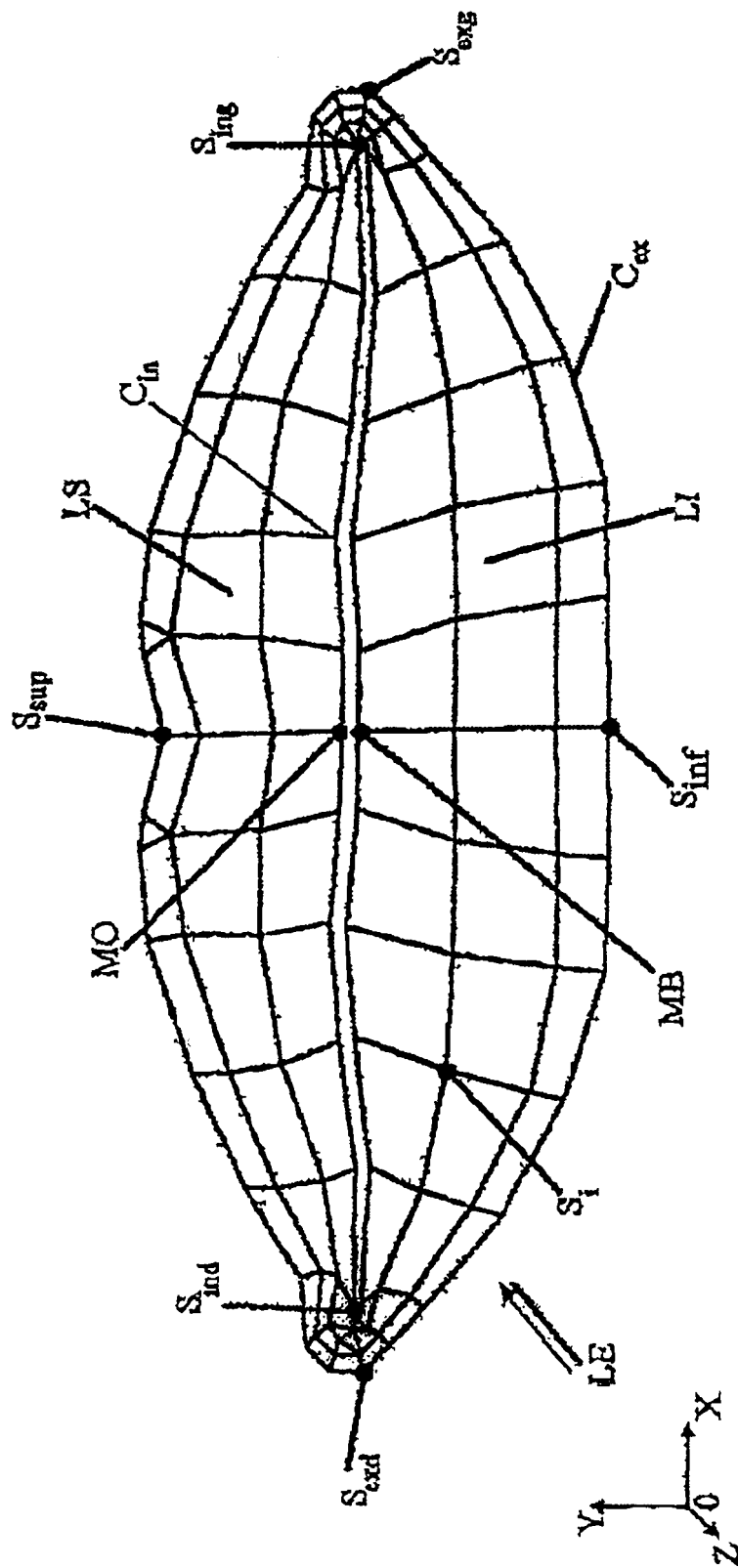
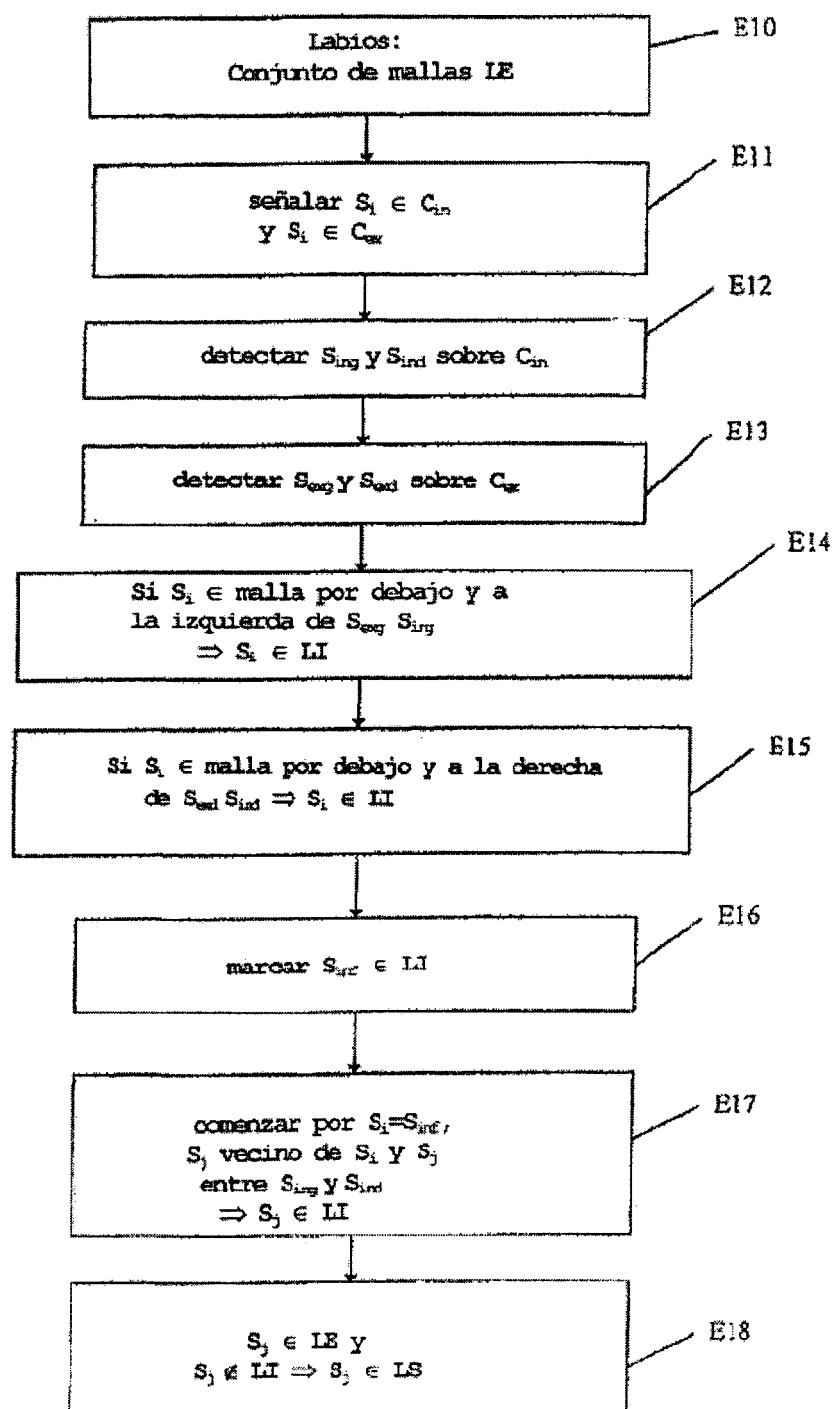


FIG. 4

FIG. 5
E1



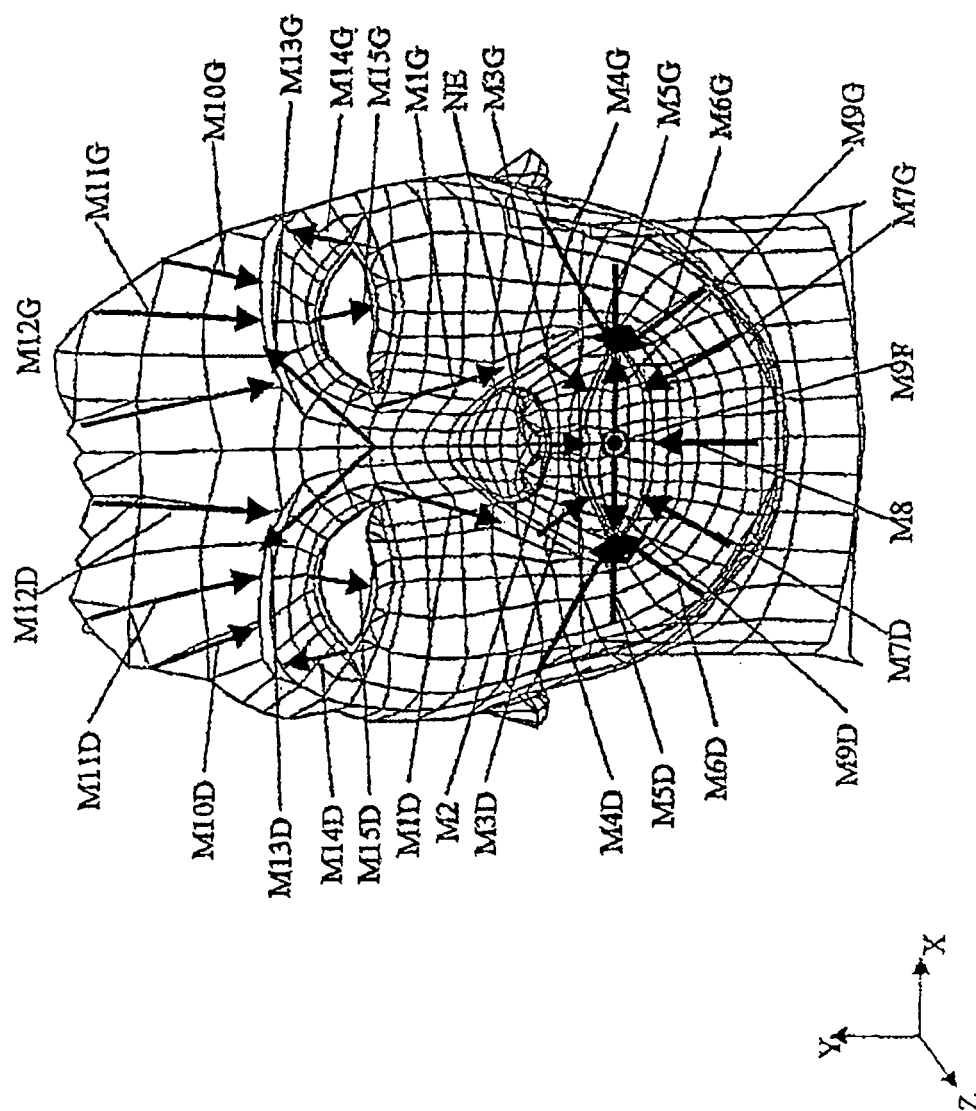


FIG. 6

FIG. 7

Señalización	Nombre	Función: "Desplazamiento hacia"	Zona
M1G	músculo labial nasal interno izquierdo	Arriba de la aleta izquierda de la nariz	ZI, ZS
M1D	músculo labial nasal interno derecho	Arriba de la aleta derecha de la nariz	ZI, ZS
M2	músculo revelador labial	Arriba del medio del labio superior	ZS
M3G	músculo labial nasal izquierdo	Arriba e izquierda del labio superior	ZS
M3D	músculo labial nasal derecho	Arriba y derecha del labio superior	ZS
M4G	gran zigomático izquierdo	Arriba e izquierda del labio superior	ZI, ZS
M4D	gran zigomático derecho	Arriba y derecha del labio superior	ZI, ZS
M5G	músculo risorio izquierdo	Izquierda de los labios	ZI, ZS
M5D	músculo risorio derecho	Derecha de los labios	ZI, ZS
M6G	músculo depresor angular izq.	Abajo e izquierda del labio inferior	ZI, ZS
M6D	músculo depresor angular derecho	Abajo y derecha del labio inferior	ZI, ZS
M7G	músculo triangular izquierdo	Abajo y derecha del labio inferior	ZI
M7D	músculo triangular derecho	Abajo e izquierda del labio inferior	ZI
M8	músculo barbillo	Abajo del medio del labio inferior	ZI
M9G	músculo orbicular izquierdo	Medio de la boca parte izquierda de los labios	ZI, ZS
M9D	músculo orbicular derecho	Medio de la boca parte derecha de los labios	ZI, ZS
M9F	músculo orbicular frontal	Exterior de la boca de los labios	ZI, ZS

FIG. 8

E3

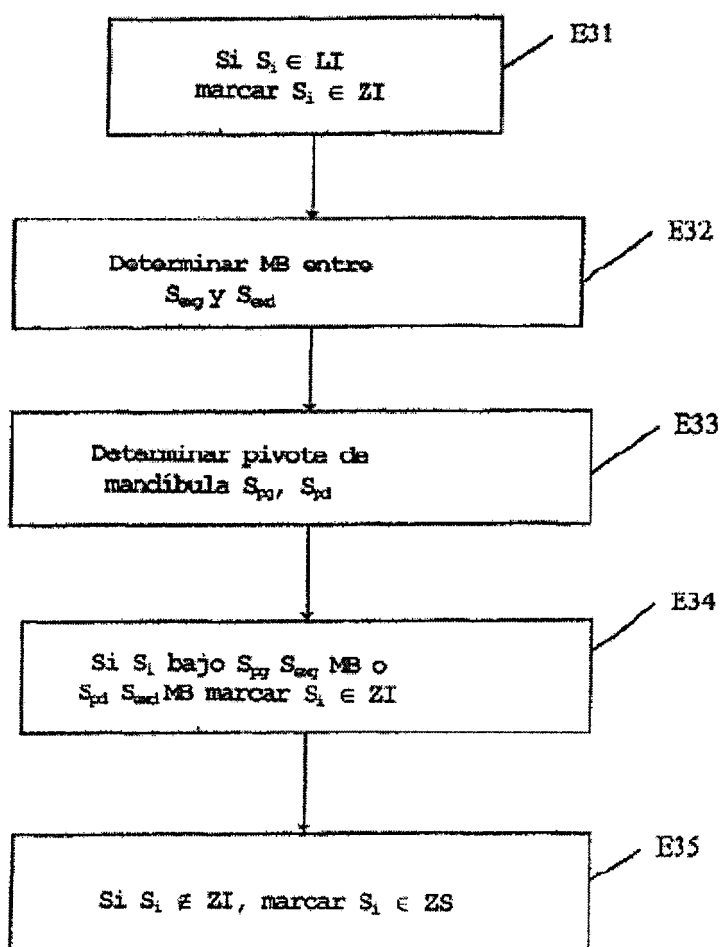
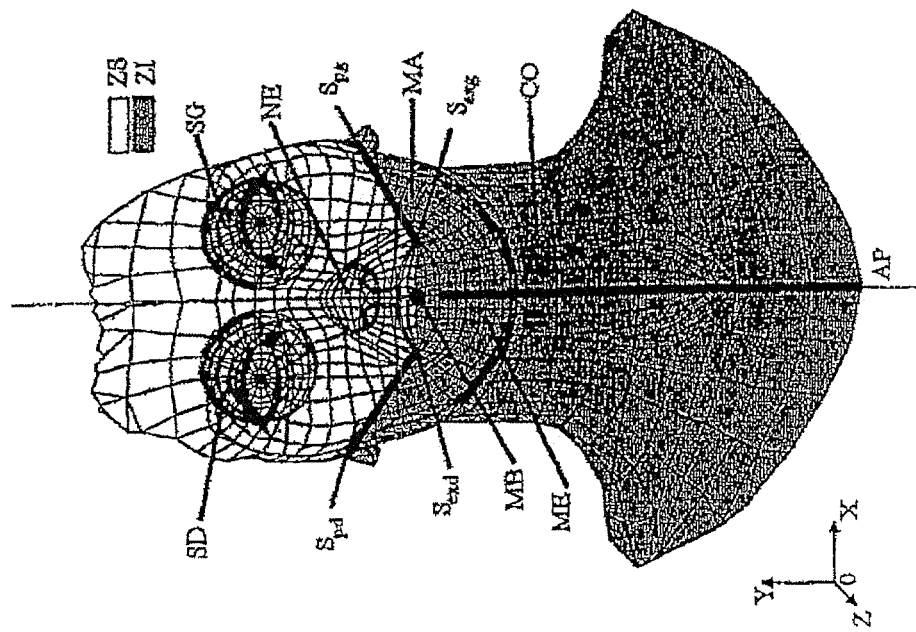


FIG. 9



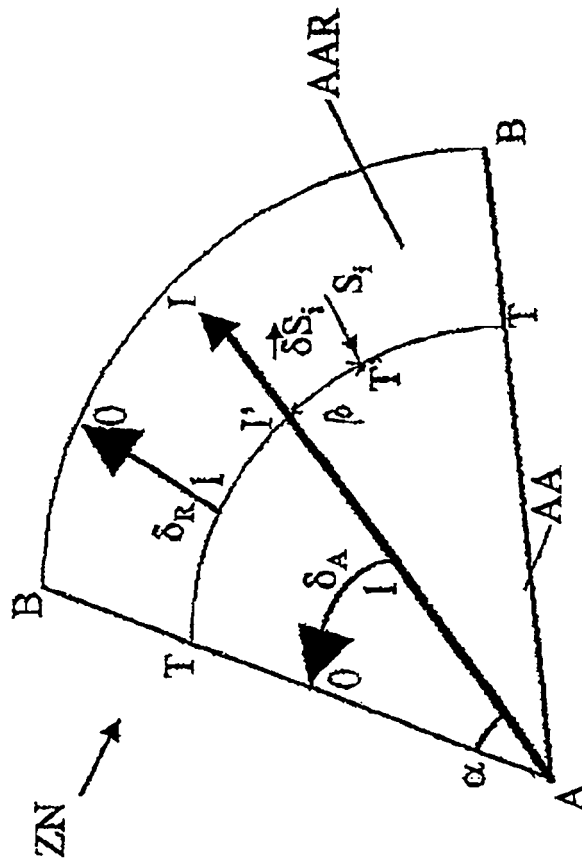


FIG. 10

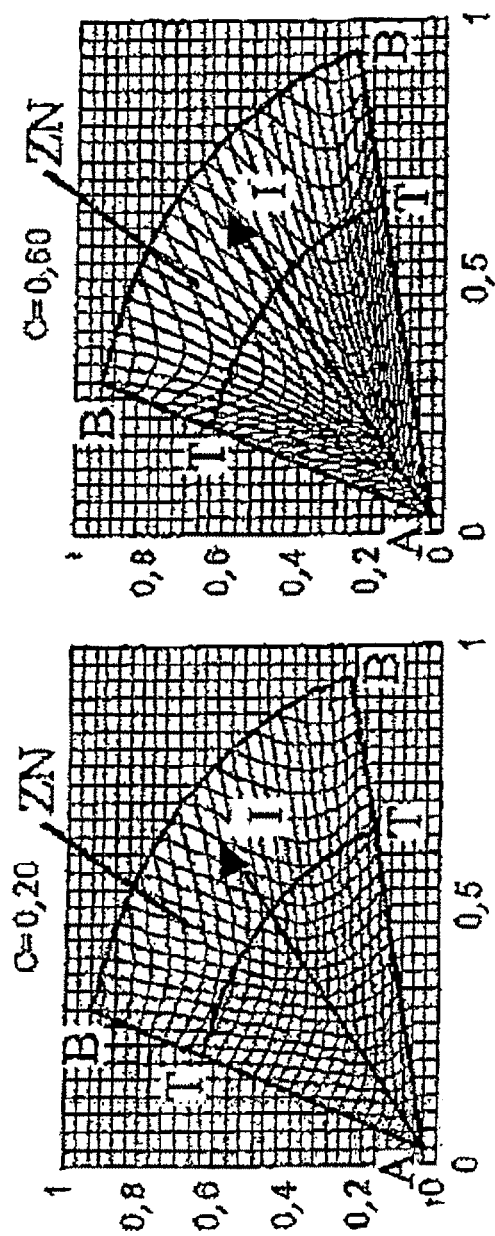


FIG. 11A

FIG. 11B

FIG. 12

Señalización	Nombre	Función: "Desplazamiento hacia"	Zona
M10G	músculo frontal externo izquierdo	Arriba del exterior de la ceja izquierda	ZI, ZS
M10D	músculo frontal externo derecho	Arriba del exterior de la ceja derecha	ZI, ZS
M11G	gran frontal izquierdo	Arriba del medio de la ceja izquierda	ZI, ZS
M11D	gran frontal derecho	Arriba del medio de la ceja derecha	ZI, ZS
M12G	frontal interno izquierdo	Arriba del interior de la ceja izquierda	ZI, ZS
M12D	frontal interno derecho	Arriba del interior de la ceja derecha	ZI, ZS
M13G	corrugador lateral izquierdo	Abajo y medio de la ceja izquierda	ZI, ZS
M13D	corrugador lateral derecho	Abajo y medio de la ceja derecha	ZI, ZS
M14G	músculo orbicular inferior izq.	Angulo exterior del ojo izquierdo	ZI, ZS
M14D	músculo orbicular inferior derecho	Angulo exterior del ojo derecho	ZI, ZS
M15G	músculo orbicular superior izq.	Medio del párpado superior izquierdo	ZI, ZS
M15D	músculo orbicular superior derecho	Medio del párpado superior derecho	ZI, ZS

FIG. 14

Señalización	Grupo	Músculos	número
G1	labio superior IS	M2, M3G, M3D, M4G, M4D	5
G2	labio inferior II	M5G, M5D, M7G, M7D, M8	5
G3	frontal izquierdo	M10G, M11G, M12G, M15G	4
G4	frontal derecho	M10D, M11D, M12D, M15D	4
G5	otros	M1G, M1D, M5G, M5D, M9G, M9D, M3F, M13G, M13D, M14G, M14D	11

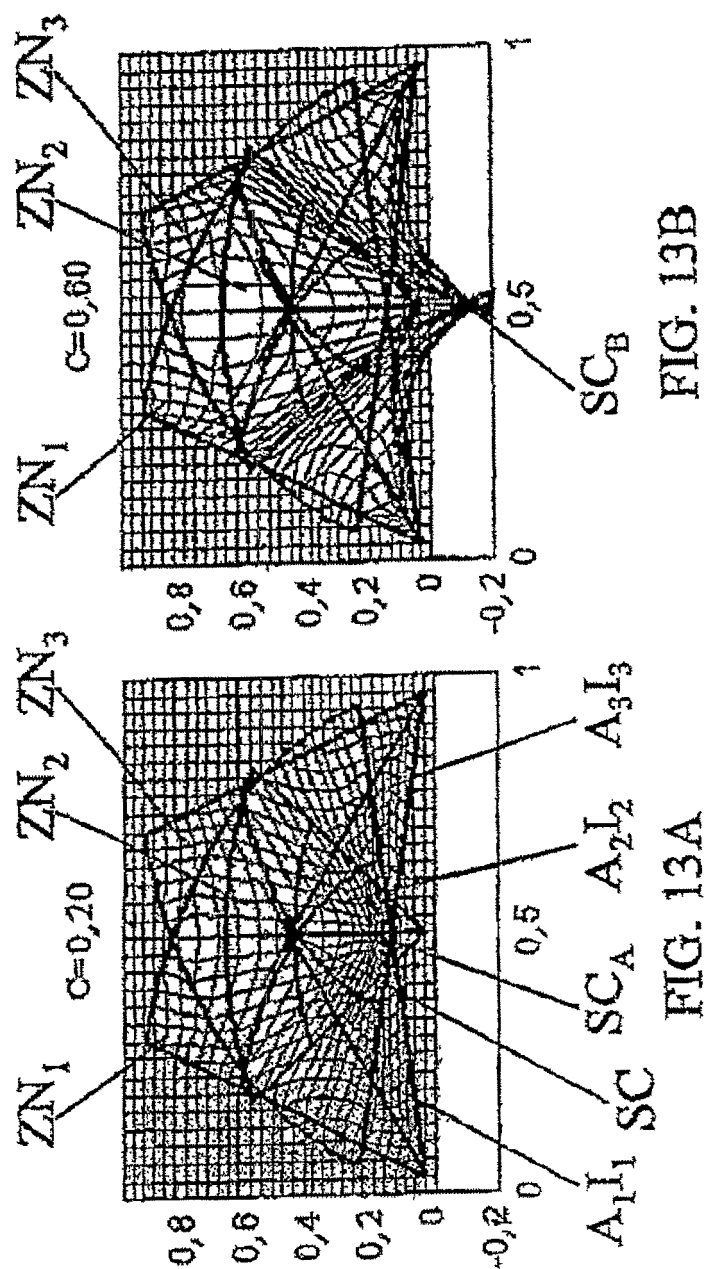


FIG. 15

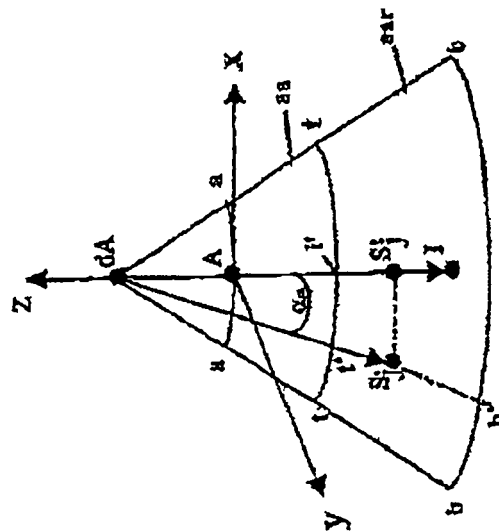


FIG. 16

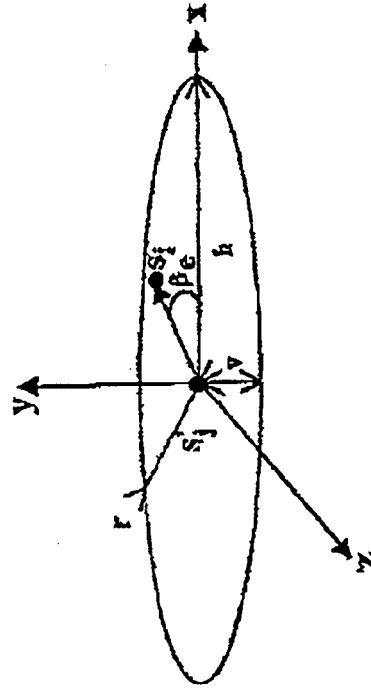
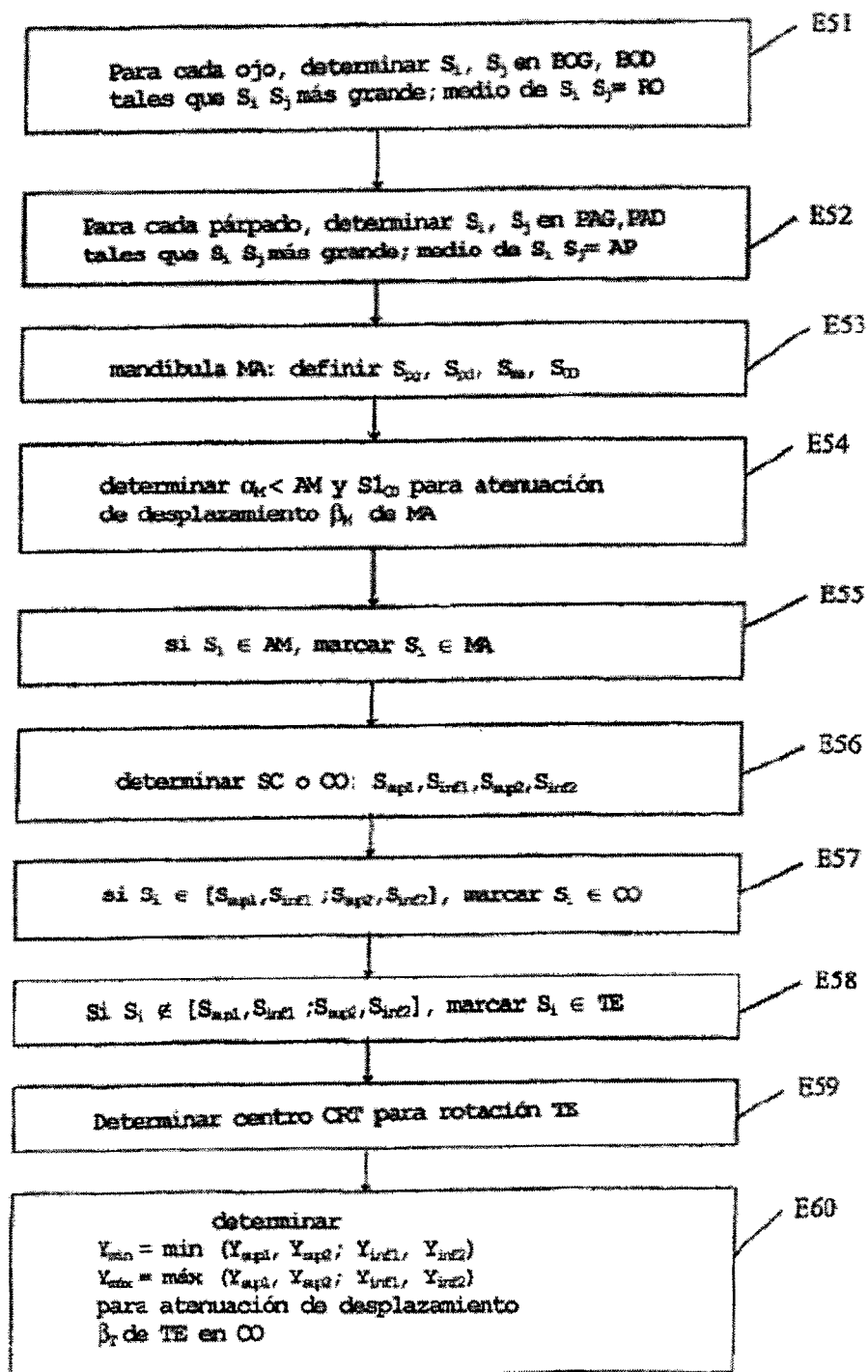


FIG. 17



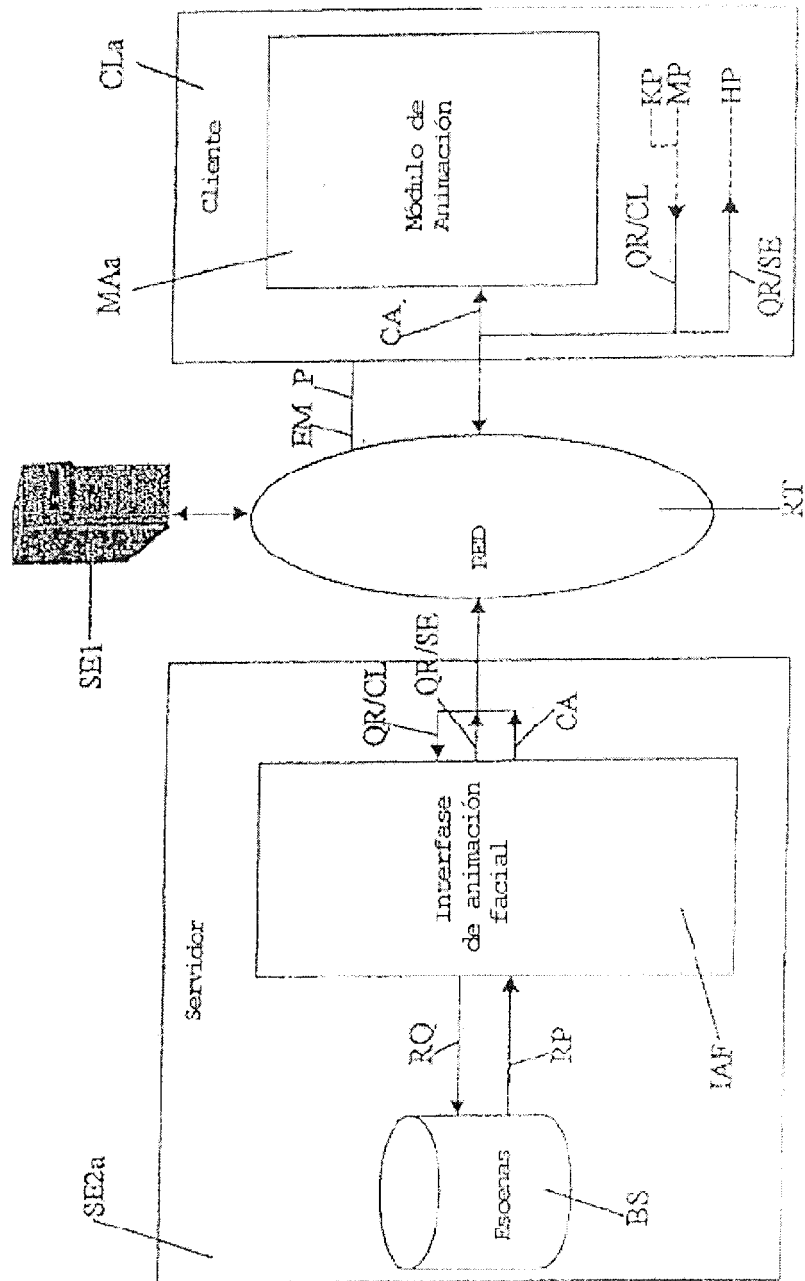


FIG. 18

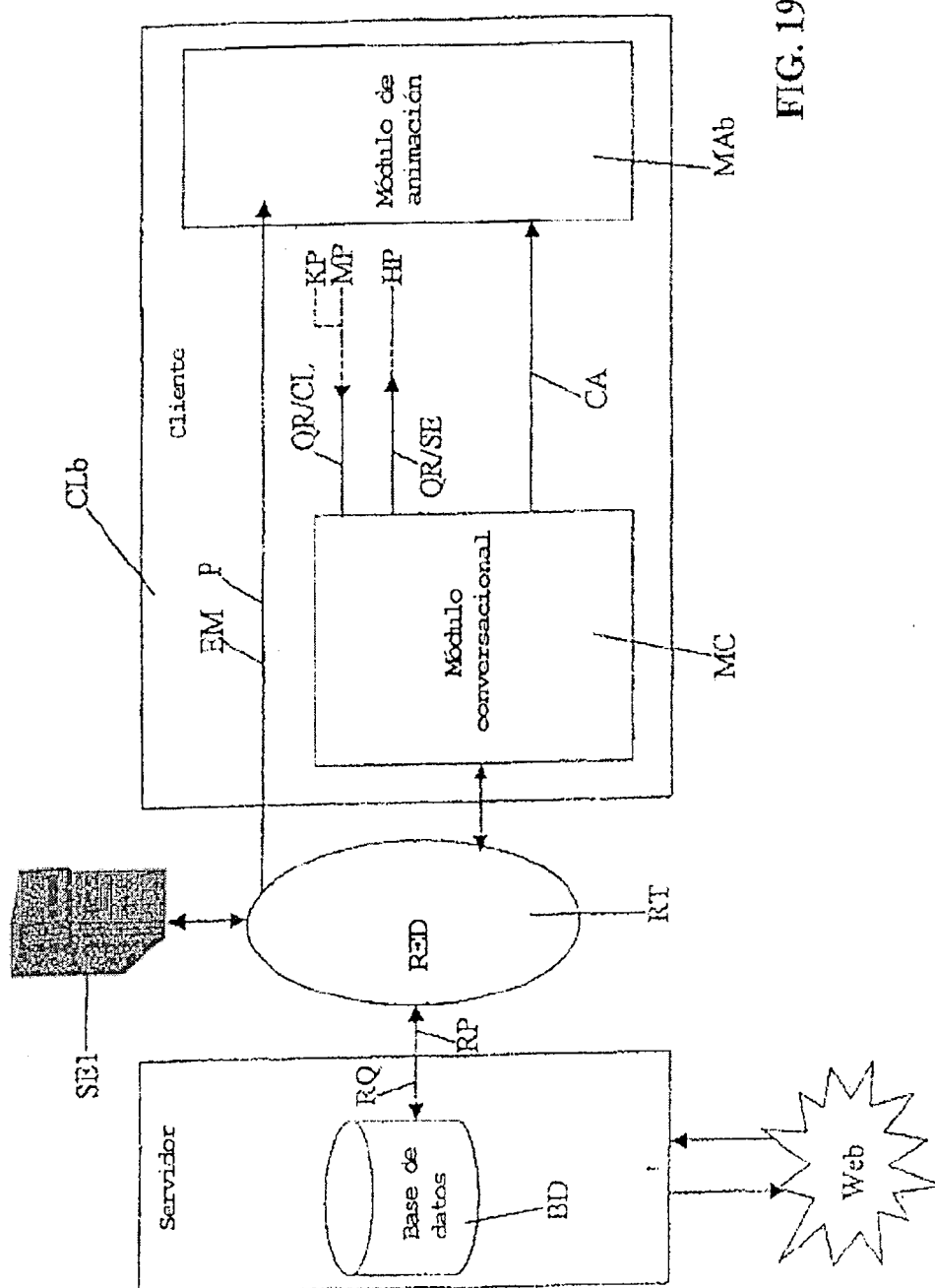


FIG. 19