

Índice 11 Índice 23 Índice 34

Técnicas de modelado y animación del pelo.

Aitor Acedo Legarre, Cristina Puértolas Rebollar
Modelado Visual, Curso 2003-2004
Centro Politécnico Superior
460829@celes.unizar.es, 460918@celes.unizar.es

January 31, 2004

Construir los últimos modelos de personajes para MONSTRUOS S.A. ... fue una tarea difícil y compleja, realizada utilizando las estaciones de trabajo Silicon Graphics Octane2 con un sistema operativo IRIX. Sulley está cubierto por un pelaje azul compuesto por millones de pelos individuales, todo este pelo se ha colocado y estilizado interactivamente en las estaciones de trabajo Octane2. Su movimiento se ha computerizado utilizando algoritmos propios de Pixar S.A. para la simulación dinámica.

Abstract

Este trabajo presentará una framework unificada para el modelado y la animación de pelo rizado. Tanto el modelado como la animación empiezan desde un conjunto disperso de guías de pelos. Un modelo inicial estático de un mechón de pelos, se extrae de un campo de vectores superpuestos mediante el trazado de líneas de campo. Puede ser perfectamente interpolado para producir una gran cantidad de pelo en el modelo, esto es un modelo de pelo denso. El rizado aleatorio natural o artificial podrá ser añadido posteriormente a este modelo a través de funciones paramétricas con una distribución aleatoria de parámetros sobre el cuero cabelludo.

Además, el reto del modelado del pelo, también reside en las fuertes propiedades dinámicas anisótropas que demandan distintas técnicas de animación para mechones simples de pelo e interacción entre ellos. Mientras que un mechón único puede ser modelado como una cadena

abierta multicuerpo expresada en coordenadas generalizadas, el modelar la interacción entre pelos es algo más complejo. En este documento se expone el modelado de mechones dinámico basado en una guía de mechones de pelo dispersos. La colisión dinámica entre pelos se resuelve con la ayuda de tiras de triángulos auxiliares entre mechones de pelo cercanos. Se puede generar o eliminar una guía adaptativa de mechones al vuelo para controlar dinámicamente la exactitud de la simulación. La imagen final de este modelo de pelo denso, se renderiza considerando tanto la dispersión inicial como las sombras entre pelos con volumen que son modeladas como si fuesen parcialmente translúcidos.

Contents

1	Introducción	4
1.1	Trabajos relacionados	6
1.2	Vista general	8
2	Modelado del pelo	10
2.1	Shearing	11
2.2	Modelar guías de pelos dispersas	13
2.3	Interpolación del pelo	14
2.4	Generar rizado aleatorio con una función de offset	15
2.4.1	Función offset	15
2.4.2	Editar barridos de pelo con la función offset	17
2.4.3	Rizado aleatorio	18
2.5	Clústers de pelos	18
3	Animación del pelo	19
3.1	Dinámica de mechones de pelos simples	19
3.1.1	Ecuaciones cinemáticas	20
3.1.2	Dinámica de un mechón de pelo	21
3.1.3	Colisión hebra cuero cabelludo	21
3.2	Modelo disperso para la interacción entre pelos	22
3.2.1	Uniones estáticas	22
3.2.2	Interacciones dinámicas	25
3.2.3	Guía adaptativa para generación de pelo	28
3.2.4	Adaptaciones para pelo rizado	29

1	INTRODUCCIÓN	4
3.3	Modelo diámico de pelo denso	29
4	Render del pelo	30
5	Resultados	32
5.1	Modelado del pelo	32
5.2	Animación del pelo	32
5.2.1	Comparación con el mundo real	33
5.2.2	Colisión dinámica	33
5.2.3	Interacción del pelo con el viento	34
5.2.4	Simluación del cepillado	35
5.3	Render del pelo	35
6	Conclusiones	36
7	Qué hay sobre Sulley?	38
8	Final Fantasy: la fuerza interior	40
8.1	La piel humana	41
8.2	Mapa Especular	42
8.3	Textura Facial	42
8.4	El cuerpo humano	43
8.5	Integrando la ropa con el cuerpo	43
8.6	Emoción y expresiones	44
8.7	El pelo	44
8.8	Combinando los elementos	45
8.9	Algunos detalles	46
	References	46

1 Introducción

El pelo es un elemento crucial de apariencia. Uno de los muchos retos en la simulación de humanos y animales virtuales es producir una apariencia del pelo real. Crear pelo de la forma más real posible presenta problemas en todos los aspectos, como por ejemplo el modelado de la forma, la dinámica y el render del pelo. El render del pelo y el modelado del pelo animal se está convirtiendo en una herramienta más accesible entre los animadores gráficos.

Sin embargo, el modelado y la dinámica de pelo más largo sigue siendo un reto difícil. Las dificultades más comunes son el número de mechones de pelo, y la geometría asociada a la complicada interacción física entre pelos, como colisiones, sombras y carga estática. Todas estas interacciones contribuyen tanto al comportamiento estático como dinámico del pelo.

La parte más importante del pelo reside en la forma en la que las ondas naturales del mismo se mueven y deforman. Las causas por las que se deforma el pelo pueden ser resumidas en : rizado natural, estilo artificial del pelo y deformación debido a fenómenos naturales como son la gravedad, colisiones y la electricidad estática. El grado de naturalidad del pelo lo marca la curvatura del mechón de pelo cuando no está sometido a fuerzas externas. En las peluquerías se introducen múltiples efectos antinaturales en el movimiento del pelo, como la permanente, el peinado, la aplicación de productos, etc... El efecto de la permanente y el producto son sobretodo influenciados en la deformación del pelo largo. El pelo se dobla y deforma bajo el efecto gravitatorio y la colisión, estos factores podrían denominarse los factores dinámicos del pelo. El estilo artificial que se introduce en las peluquerías y las fuerzas externas que actúan sobre él hacen que los mechones de pelo no crezcan ni se curven de un modo completamente aleatorio en todas las direcciones, sin embargo de forma global, siguen un patrón tanto en movimientos internos como en externos.

Otro de los retos del modelado del pelo, como antes se ha mencionado, son las propiedades dinámicas altamente anisótropas, como por ejemplo, los mechones de pelo son lo suficientemente duros para doblarse todo lo que se quiera pero tienen un movimiento lateral completamente libre interactuando unos con otros de manera irregular. Los mechones no pueden penetrar unos dentro de otros a medida que se encuentra una intersección de los mismos, es más, cada mechón no tiene un número fijo de mechones vecinos.

Estas propiedades únicas y tan particulares, dan una idea de que el modelo dinámico diseñado a medida debe necesariamente obtener resultados realistas. La dinámica del pelo largo engloba tres aspectos:

- Un mechón de pelo individual puede deformarse y actuar directamente con el cuero cabelludo.
- Dado un estilo de pelo, se suele dar la situación en que , después de unos movimientos determinados de cabeza, el pelo suele volver a su estado inicial. Esto significa que un estilo de pelo es capaz de "memorizar" su configuración inicial. Los movimientos suaves NO tienen pérdida

de memoria, sin embargo, los movimientos bruscos pueden daar permanentemente esta "memoria" y puede que el sistema no regrese al estado inicial.

- Las colisiones dinámicas entre diferentes mechones de pelo. Una persona normal suele tener alrededor de 50.000 pelos, cada pelo puede ser modelado como docenas de segmentos de pelos. Es prácticamente imposible computacionalmente detectar las parejas de colisiones entre segmentos de pelos. Así pues, deberemos modelar las colisiones entre mechones de pelos de una manera más abstracta.

Ahora presentaremos el modelo unificado para modelar y animar el pelo. Tanto el modelado como la animación empiezan en un conjunto de mechones de pelos repartidos en una guía de pelos. El objetivo principal del modelo de pelo propuesto es poder generar un movimiento realista de las ondulaciones del mismo, editando un modelo de conexión por trasquilones con una función genérica de rizado. El modelo dinámico del pelo sigue las siguientes características:

1. Un modelo inicial de conexión entre pelos que permite la recuperación del estilo del pelo tras un movimiento suave.
2. Un modelo de colisión mútua entre pelos que considera todo el volumen del pelo como una colección continua de mechones.
3. Un esquema adaptativo de generación de pelo para complementar el modelo inicial de mechones de pelo esparcidos.

Como todo este artículo contempla un entorno de trabajo basado en una guía de pelos esparcidos por mechones, el diseño de estilos de pelo y la resolución de las interacciones entre pelos serán computacionalmente eficientes SIN perder mucha calidad con respecto al modelado de pelo denso.

1.1 Trabajos relacionados

Existen varios métodos para el modelado del pelo. Debido al efecto de las fuerzas adhesivas, el pelo tiende a agruparse. Watanbe introdujo el modelo "mechón" (wisp) ¹. Este modelo wisp también se utiliza en el modelo

¹Y.Watanbe e Y.Suenaga. Método basado en primas triangulares para la generación de pelo. IEEE Computer Graphics and Applications, 12(1):47-53, 1992.

propuesto por *Daldegan et al* donde se definen unas cuantas características e mechones de pelo en 3D y cuyo modelo de población se basa en el anterior. *Hadap y Magnenat-Thalmann*² modelan el pelo como chorros de líneas de un flujo ideal de un líquido. El usuario puede configurar unos cuantos flujos de elementos alrededor del objeto para generar un estilo. *Yan et al* modela los mechones como cilindros genéricos. Otros investigadores también han intentado modelar y construir pelo utilizando una cáscara fina y simple o múltiples capas de cuero cabelludo.

También se han propuesto múltiples métodos para la animación del pelo. *Rosenblum et al* y *Daldegan et al* utilizaron el modelo "mass-spring-model" para controlar la posición y orientación de mechones de pelo. *Anjyo et al* modeló el pelo con una viga y utilizó una ecuación diferencial proyectiva de una única dimensión del momento angular para animar el mechón de pelo.

Ninguno de los anteriores experimentos consideraron la interacción entre pelos y la recuperación del estado de reposo del estilo del pelo. Recientemente *Hadap y Magnenat-Thalmann* han propuesto un modelo para el pelo denso y dinámico como un continuo utilizando un modelo fluido para el movimiento del pelo lateral. La colisión entre pelos se aproxima mediante el término de presión definido en mecánica de fluidos, mientras que la fricción se aproxima mediante la viscosidad. *Planet et al* propuso un modelo de mechones para la simulación de interacciones internas en el pelo largo³. Los mechones de pelos formarán clústeres de mechones formados por un esqueleto y un envoltorio deformable. Las fuerzas de colisión sobre los mechones siguen una formulación anisótropa. *Koh y Huang* presentan otro trabajo mediante el modelado explícito del pelo mediante conjuntos de tiras 2D⁴. La colisión entre pelos se contempla para crear un movimiento mucho más realista. Sin embargo, el aspecto volumétrico del pelo no se contempla.

Recientemente, algunas películas como Final Fantasy y Monstruos S.A., incluyen simulaciones muy realistas de pelo. Igualmente han nacido nuevos

²S.Hadap y N.Magnenat-Thalmann. Estilismo del pelo interactivo basado en un flujo fluido. En Computer Animation and Simulation 2000. Proceedings of the Eleventh Eurographics Workshop, 2000.

³E.Plante, M.-P. Cani, and P.Poulin. Modelo de mechones capado para la simulación de interacciones entre pelos largos. En Proceedings of Eurographics Computer Animation and Simulation, 2001.

⁴C.K. Koh y Z.Huang Un modelo físico simple para animar el pelo humano mediante el modelado 2D por tiras en tiempo real. En Proceedings of Eurographics Computer Animation Simulation, 2001.

paquetes software como Shave ⁵ y Shag ⁶. Shave es considerado el mejor paquete comercial para el modelado y simulación del pelo en la industria del software. Sin embargo, la dinámica que incorpora para el movimiento de mechones por separado, no es muy realista, y no contempla la colisión entre pelos. **Final Fantasy** es la película con mejor simulación de pelo humano largo. El pelo de *Aki* fué modelado con toda una superficie deformable. Alguna simulación fué construida con el plugin de Maya para telas, esto significa, que el modelado del pelo construido sobre una superficie permite realizar una recuperación del estado natural del pelo muy buena. **Monstruos S.A.** tiene una simulación de pelo animal muy definida ⁷. Cada pelo es considerado como un conjunto de partículas unidas en una cadena por un conjunto de muelles rígidos. Se utilizó un pequeño algoritmo para generar pelos entre pelos. En este caso, la colisión entre pelos tampoco se consideró.

1.2 Vista general

Veamos unos cuantos tipos de modelos de pelos que se han contemplado en este artículo. Analizamos tanto el modelo disperso como el denso.

El *modelo disperso* tiene desde docenas hasta cientos de guías de pelos. El *modelo denso* tiene alrededor de 50000 mechones, que es un número muy aproximado al del ser humano.

Un modelo de pelo también puede caracterizarse por ser *dinámico* o *estático*.

El *modelo estático* tiene la propiedad de que su configuración geométrica no cambia a lo largo del tiempo.

El *modelo dinámico* tiene la propiedad de que el pelo cambia de posición y velocidad de movimiento a lo largo del tiempo cuando se presentan fuerzas externas. Así pues podemos distinguir cuatro combinaciones de modelos de pelos, que se muestran en la Figura 1 a). Dada una geometría para un modelo sintético de cabeza, el sistema genera primero un modelo estático disperso H_{ss} , utilizando alternativamente campos de vectores y esplines. Un H_{ss} puede ser interpolado a un modelo estático de pelo denso H_{sd} , el cual podrá ser editado más adelante para aadirle ondas naturales al pelo. El modelo

⁵plugin para Lightwave, www.joealter.com/software.html

⁶Plugin para 3D Studio Max, home.abac.com/ddag/hair.html

⁷M.Fong. Animación del pelo de monstruos. En el curso SIGGRAPH, notas de página 36, 2001.

que se obtenga de realizar el rizado, puede ser renderizado para producir imágenes sintéticas ya acabadas (figura 1b).

	Disperso	Denso
Estático	H_{ss}	H_{sd}
Dinámico	H_{ds}	H_{dd}

Figura 1a

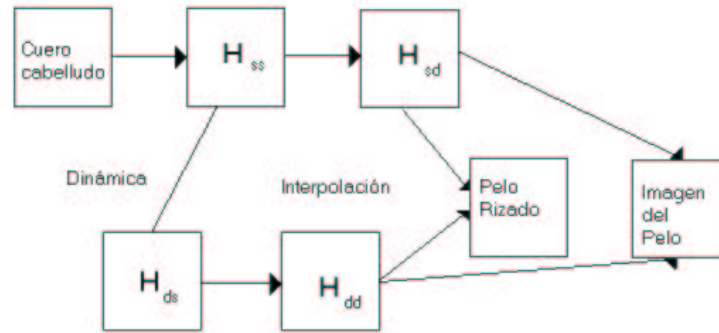


Figura 1b

Un H_{ss} también puede sufrir otras variaciones en el sistema para obtener animaciones de pelo. Cada guía de pelo del H_{ss} esta inicialmente representada por una polilínea de múltiples vértices. El H_{ss} está equipado con

elementos estructurados necesarios para la simulación dinámica. Por ejemplo, cada vértice se considera una unión que puede rotar libremente como una bisagra. Las conexiones y la malla triangular entre las guías de pelos se construyen posteriormente para simular las interacciones entre pelos. Dado que el modelo es muy completo, tras este paso, estará listo para la simulación dinámica. Cabe notar que estas estructuras enlazadas son "invisibles", lo que significa no se mostrarán durante el renderizado aunque los efectos que produzcan sean incorporados al movimiento del pelo. Una vez que la secuencia de animación del modelo disperso se haya generado, se obtendrá el modelo dinámico disperso H_{ds} para cada frame. Un H_{ds} puede interpolarse para producir un modelo dinámico denso H_{dd} que puede ser renderizado para producir imágenes sintéticas correspondientes a un frame específico de una secuencia de animación. El rizado del pelo podrá añadirse antes del render como en el caso del modelo estático.

En la fase de render, se considera tanto la reflexión especular como la difusa, al igual que transparencias parciales de cada mechón al integrar la densidad volumétrica del render, con una versión modificada del algoritmo del búfer de sombras opacas.⁸

La figura 1 b muestra los múltiples caminos que se pueden seguir en el sistema, notemos que para un pelo rizado, forzosamente se tendrán que seguir dos niveles de detalle. El modelo disperso o interpolado solo tiene deformaciones a gran escala sin detalles como el rizado fino. Cada mechón de estos modelos sirve de lomo a su correspondiente mechón rizado. El rizado se añade en el modelo denso de interpolación antes del render.

Ahora, en la siguiente sección, describiremos varios aspectos del modelado. La tercera sección presentará técnicas para animación del pelo. El render del pelo es un punto que se describe brevemente en la sección cuarta. Por último, la sección quinta presenta los resultados de comparar las distintas técnicas. Cerraremos el documento con varias conclusiones.

2 Modelado del pelo

Las aproximaciones anteriores de cualquiera de los modelos expuestos anteriormente, modela tanto pelos individuales expresamente como pelos agrupados en un volumen y con una densidad fija en cada punto. Se analizará sobre

⁸T.-Y. Kim y Neumann. Opacity Shadow maps. En Proc. of Eurographics Workshop on Rendering, páginas 177-182, 2001

todo el modelo explícito, pues consideraremos un gran número de variaciones de los estilos del pelo. La entrada para este método será un modelo poligonal de la cabeza y el cuero cabelludo, junto con la cara. El método virtual del modelado del estilo del pelo seguirá los siguientes pasos:

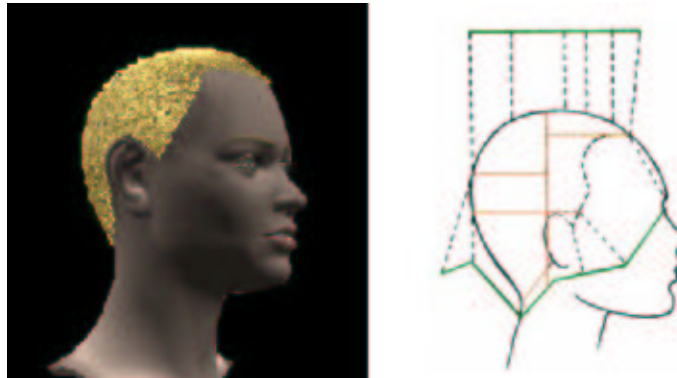
1. seleccionar una región del cuero cabelludo donde queramos que crezca el pelo, especificar la longitud de la distribución;
2. modelar las polinlíneas para un conjunto esparcido de mechones de pelo utilizando un conjunto de vectores de campo, transformar las polinlíneas de las guías de pelos en curvas esplines, y más adelante ajustar las deformaciones oportunas utilizando sus puntos de control asociados;
3. generar un modelo denso de pelo de las guías de pelos anteriores mediante interpolación;
4. editar cada mechón del modelo denso utilizando la función de offset para producir el rizado aleatorio;
5. unir todo lo anterior para formar clústers de pelos.

2.1 Shearing

Primero necesitamos definir la región del cuero cabelludo donde el pelo debería crecer (Figura 2 a). El contorno de esta región se genera linealmente interpolando las coordenadas de algunos puntos, que han sido interactivamente seleccionados de un mapa plano del cuero cabelludo. El centro de este mapa está alineado con el centro del cuero cabelludo (Figura 3 c). Una vez especificado, la misma región puede usarse repetidamente para distintos estilos de pelo.

Shearing es el punto de partida para definir un estilo de pelo. Cada estilo de pelo necesita una distribución de pelo determinada. La longitud de un mechón en particular está determinada por la localización de su raíz en el cuero cabelludo. Utilizaremos el vector entre la raíz del mechón y el centro del cuero cabelludo para definir su localización 3D en un sistema de coordenadas polares. Se han estudiado dos representaciones para la distribución definida para pelo largo: *la primera* está basada en un árbol BSP (figura 2b). El plano definido para un nodo intermedio en el BPS dividirá la región del

cuero cabelludo en dos regiones más pequeñas. El plano del nodo terminal del BSP define la referencia para el plano del corte del pelo. Todos los pelos que nazcan en esa región y que correspondan al nodo terminal deberán ser cortados en el mismo plano de referencia dado por ese mismo nodo terminal. Esto se hace determinando la longitud del mechón a la longitud del camino más corto desde fuera del cuero cabelludo entre la raíz y el plano de referencia. Actualmente esta aproximación se hace mediante una esfera, es decir, se moldea el cuero cabelludo como una esfera para acelerar el proceso de cálculo. La *segunda* representación es una interpolación lineal basada en la longitud especificada en unos puntos claves del cuero cabelludo.



(a) Un modelo poligonal de cabeza y la región seleccionada del cuero cabelludo para el crecimiento del pelo; (b) Una distribución de longitud representada con un árbol BSP. Líneas naranjas representan divisiones de planos inmediatos. Líneas verdes oscuras representan los planos de referencia en las hojas de los nodos.



(a) Una visualización de un campo de vectores generado por primitivas de campo. (b) El modelo inicial esttico y disperso generado por el campo de vectores de (a); (c) El interface de usuario para un mapa en 2D del cuero cabelludo.

2.2 Modelar guías de pelos dispersas

Para generar un modelo de pelo detallado con unos 50.000 mechones, empezaremos con un conjunto disperso de mechones, uniformemente distribuidos sobre todo el cuero cabelludo. Cada guía de pelo está inicialmente representada por una polilínea que se obtiene trazando la trayectoria a través de un vector de campo global previamente definido. Para llevar a cabo el trazado, empezaremos desde la raíz de la guía de pelo. Cada paso generará un nuevo segmento de la polilínea a lo largo de la dirección actual del vector de campo. Este proceso se repetirá hasta que la guía de pelos haya alcanzado la longitud deseada.

El vector global de campo es actualmente, una superposición de múltiples primitivas de vectores de campo con influencia local. Una primitiva de un vector de campo es un simple vector de campo con una transformación preestablecida entre el sistema de las coordenadas del mundo y sus coordenadas locales. Esta transformación rígida puede ser editada para cambiar la posición y orientación del sistema de coordenadas locales. Podremos utilizar, por ejemplo, una primitiva para modificar el pelo hacia delante o hacia atrás de la cabeza; o incluso hacer que los pelos de la frente se curven de manera distinta a los que están en la parte de atrás.

La orientación y fuerza de una primitiva de vector de campo en un cierto punto, viene dada por dos funciones. La fuerza del vector de campo, es realmente, el producto entre la fuerza heredada del vector de campo anterior y un término espacial que disminuye a medida que nos alejamos del punto de referencia del campo. En la práctica, se utilizan tres funciones de término espacial: la uniforme, la de fuerza inversa y la función de suavizado según distancias para conectar dos constantes. La función de suavizado según distancias viene definida por:

$$\begin{cases} s_0 & r \leq r_0, \\ 0.5(s_0 + s_1) + 0.5(s_0 - s_1) \cos\left(\frac{r-r_0}{r_1-r_0}\pi\right) & r_0 < r < r_1, \\ s_1 & r \geq r_1. \end{cases}$$

donde la función coseno conecta dos parámetros constantes s_0 y s_1 . Cualquiera de los dos puede inicializarse con 0. La influencia local puede definirse con $s_1 = 0$. La figura 3 muestra un modelo disperso de pelo extraído de la superposición de un vector de campo. Algunas de las primitivas de campo que se utilizan se muestran en la figura 4.

La localidad de la primitiva de un vector de campo también puede especificarse sobre el cuero cabelludo. Podemos asociar una lista de regiones locales del cuero cabelludo con una primitiva, así sólo los mechones de pelo que nazcan de estas regiones pueden verse afectados por dicha primitiva. La unión de estas regiones locales se denominan *dominios* de las primitivas de campo.

Las guías de pelo se han representado hasta ahora por polilíneas. La suavidad de dichas polilíneas puede mejorarse por la interpolación mediante esplines de Hermite. La tangente de cada vértice requerirá un espln Hermite que puede obtenerse como la media de las direcciones de dos segmentos que compartan el mismo vértice. Aún puede irse más lejos y editar dicha guía de pelos transformando los esplines Hermite en B-splines y ajustar sus posiciones según los puntos de control.

Cabe notar que durante esta etapa de modelado del pelo, podemos interactivamente realizar cambios a los vectores de campo y a los B-splines en tiempo real, pues el renderizado de un pequeño número de esplines junto con el modelo sintético de la cara, es mínimo. Esta es la razón por la que se elige el modelo de guías de pelos dispersas de primeras.

2.3 Interpolación del pelo

Se necesita un modelo de pelo denso para el renderizado, los mechones que quedan sin manipular, se interpolan desde la guía de pelos. Instintivamente, uno podría imaginar un procedimiento simple para calcular en media la posición de los mechones vecinos. Sin embargo, esta aproximación tiende a agrupar los mechones en clústeres de pelo NO-naturales. Se adoptará entonces un modelo más sofisticado que produce unos resultados mucho más positivos en la interpolación. Requiere una aproximación en la que definiremos coordenadas locales para cada punto potencial de la raíz del cabello. Un esquema típico utilizará un vector global UP, como la dirección vertical, y la orientación local de la normal. El procedimiento de interpolación se define como sigue:

- Encontrar la raíz de la guía de pelo más cercana y transformar los segmentos de la guía del pelo de las coordenadas del mundo a las coordenadas locales. El nombre de esta transformación es M_1 .
- Coger dichos segmentos de las coordenadas locales y transformarlos de nuevo a las coordenadas del mundo utilizando la transformación local-

a-mundo definida en la raíz del mechón de pelo interpolado. El nombre de esta transformación será M_2^{-1}

$$M_2^{-1}M_1p \quad (1)$$

Este procedimiento se denotará por "ecuación 1", donde p es la localización de la guía de pelos en las coordenadas del mundo, M_1 y M_2 son las dos transformaciones descritas anteriormente. Pueden utilizarse más de una guía próxima para obtener resultados mucho más suavizados si se sumergen las múltiples transformaciones con algún esquema medio. Los efectos locales de agrupación pueden ser eliminados mediante la interpolación de muchas guías de pelos. Sin embargo, cuando se producen discontinuidades causadas por el vector de campo como la que se muestra en la figura 4 a, las guías de pelos de la interpolación deberán ser elegidas a conciencia para que caigan en el mismo lado de cualquier línea divisoria.

Resumiendo, el procedimiento genera mejores resultados si se tiene en cuenta una forma ovalada del cuero cabelludo y si se considera tanto la rotación como la traslación entre coordenadas locales.

2.4 Generar rizado aleatorio con una función de offset

Dado el modelo de interpolación denso estudiado en la sección anterior, todavía es necesario añadir un rizado natural a los mechones anteriores e incluso añadir una pequeña aleatoriedad en la base de cada mechón, para así crear un efecto mucho más natural. Para conseguir esto, primero se define una función específica de offset para los mechones de pelo que se encuentran en el sistema de coordenadas canónico, después se reconstruye el pelo rizado mediante un barrido de los vectores de campo con esta función de offset.

2.4.1 Función offset

la función offset...

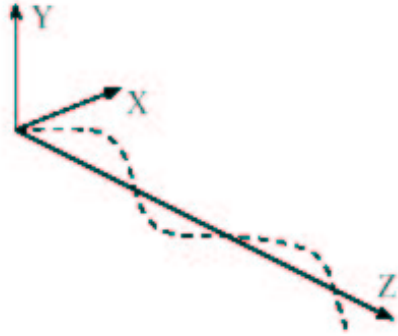


Figura 5

Asumimos el mechón de pelo más interno es coincidente con el eje de la z del sistema de coordenadas canónico de la función de offset, y que el origen está en la raíz del mechón. La función de offset tiene dos componentes que devuelven un offset sobre los ejes x e y , dado un valor z (figura 5).

Existen tres tipos de ondas naturales del cabello, llamadas, ondas uniplanas, ondas "dished" y las helicoidales. Una onda uniplana se parece mucho a una onda sinusoidal plana, mientras que la "dished" se parece mucho a una onda sinusoidal que ha sido mapeada en mitad de una superficie cilíndrica con el eje de la ondulación longitudinal a dicho cilindro. La onda helicoidal también puede verse como un rulo de pelo de la permanente, primero se enganchan los pelos al rulo y luego se extrae el rulo, obteniendo una simetría perfecta respecto a los ejes.

Podemos ver que los tres tipos de ondas pueden ser fácilmente representadas con la función de offset que vamos a presentar. La onda uniplana puede ser representada con un offset sinusoidal para el eje de las x y cero para el eje de las y . La onda helicoidal puede ser un offset sinusoidal para el eje de las x y cosenoidal para el eje de las y . El tipo "dished" puede ser representado por la función de offset sinusoidal para el eje de las x , pero para el eje de las y la función es mucho más complicada que siempre devuelve un valor positivo de offset y cuyo periodo es más de la mitad del periodo de una onda para el eje de las x .

Aunque se puedan utilizar una variedad de funciones paramétricas o procedurales, se ha diseñado una clase de funciones específica para el offset, con un número fijo de parámetros:

$$Wave(t) = Mag(t) \sin(2\pi(Rt + P_0)t + \phi_0) + Bias \quad (2)$$

donde t es la función variable; R , P_0 , ϕ_0 , y $Bias$ son parámetros constantes; y

$$Mag(t) = A + B \exp(-\alpha t) + C(1 - \exp(-\beta t)) + D \exp(\gamma(t - t_0)) \quad (3)$$

donde $A, B, C, D, \alpha, \beta, \gamma$ y t_0 son todos parámetros constantes. Podemos ver básicamente esto como una onda sinusoidal con periodo variable cuyo valor inicial es P_0 , y con magnitudes variables cuyo valor inicial es A . Si $R > 0$, el periodo de la onda se convierte en una magnitud más pequeña a medida que nos vamos moviendo hacia las puntas del pelo, que es un fenómeno muy común que se da en los pelos reales rizados. Los últimos tres términos de la ecuación (3) permiten variar la magnitud del offset a diferentes partes del mechón de pelo escogido. El segundo término alcanza el máximo en $t = 1/\alpha$; el tercer término se convierte prácticamente en C con una t lo suficientemente larga; el último elemento incrementa exponencialmente especialmente cuando $t > t_0$ que puede ser utilizado para modelar características del rizado al final del mechón. Con dos conjuntos de parámetros, esta función de offset puede modelar al o largo de los ejes x, y . Todos los ejemplos que veamos, estarán sometidos a esta función de offset.

2.4.2 Editar barridos de pelo con la función offset

Para modelar barridos de pelos de los vectores de campos con la función de offset antes citada, necesitamos considerar el barrido de pelo como el eje paramétrico de la variable t en la función offset. Para cierto punto p del barrido, su correspondiente valor t es la longitud acumulada entre el punto p y la raíz del barrido. Así podemos obtener el par de valores de offset para cada punto del barrido.

Todavía es necesario definir un sistema de coordenadas locales en cada punto del barrido para imponer los offsets. El eje z del sistema de coordenadas locales en el punto p es siempre tangente a la dirección de barrido en p . Usaremos un vector entre el punto p y el centro del cuero cabelludo como un vector UP del sistema local. Tanto el eje x como el y pueden ser derivados del vector UP y del eje z . Así pues el punto p está originalmente en el origen del sistema local. Su nueva localización estará siempre en el plano local x, y y estará determinado por el par de offsets devueltos de la función offset.

Esta misma operación podrá ser aplicada cuando el barrido del pelo tenga dinámica que origine una deformidad de frame a frame. Sin embargo, cada

sistema de coordenadas locales, una vez se ha inicializado la función anterior, deberá seguir las mismas transformaciones que siga el punto sobre el que va el barrido.

2.4.3 Rizado aleatorio

Para conseguir un efecto natural, obviamente no se debería editar todos los barridos de pelo con la misma función de offset. Por otro lado, el rizado aleatorio está muy lejos de no presentar ruidos. Durante la permanente, normalmente la agrupación local de pelos se agarran a un rulo, que también sugiere que las ondas de los pelos que pertenecen al mismo clúster tienen forma similar. En la práctica, se configura una cuadrícula multiescala sobre el cuero cabelludo en un sistema de coordenadas polares, y se generan variaciones aleatorias suaves de los parámetros de la función offset utilizando la función de ruido Perlin dada la media y la desviación típica para cada parámetro a una escala definida.

2.5 Clústers de pelos

Debido a los productos y a la electricidad estática, los pelos cercanos tienden a formar agrupaciones de pelos (clústers). Este efecto está parcialmente expuesto en la sección 2.4.3 cuando se sintetiza el ruido multiescala. Los pelos que crecen de la misma celda, a máxima resolución vemos que tienen los mismos parámetros para la función de offset, así pues, tienden a estar mucho más cerca unos de otros. Aquí introducimos un offset adicional para reforzar mucho más este efecto cuando los tratamientos anteriores no son suficientes. Se elige un pelo para ser el representante de los pelos que crezcan en la misma celda de la cuadrícula. Cada vértice de los otros pelos que vienen del mismo vértice se mueven a una distancia determinada del vértice origen. Después de este paso, las agrupaciones de pelos son muy claras.

La figura 6(a) muestra la interpolación resultante. Las figuras 6(b)-(c) muestran las diferencias que se pueden obtener de la función offset sobre la apariencia del pelo. La figura 6(d) demuestra la efectividad del paso de agrupación de pelos.

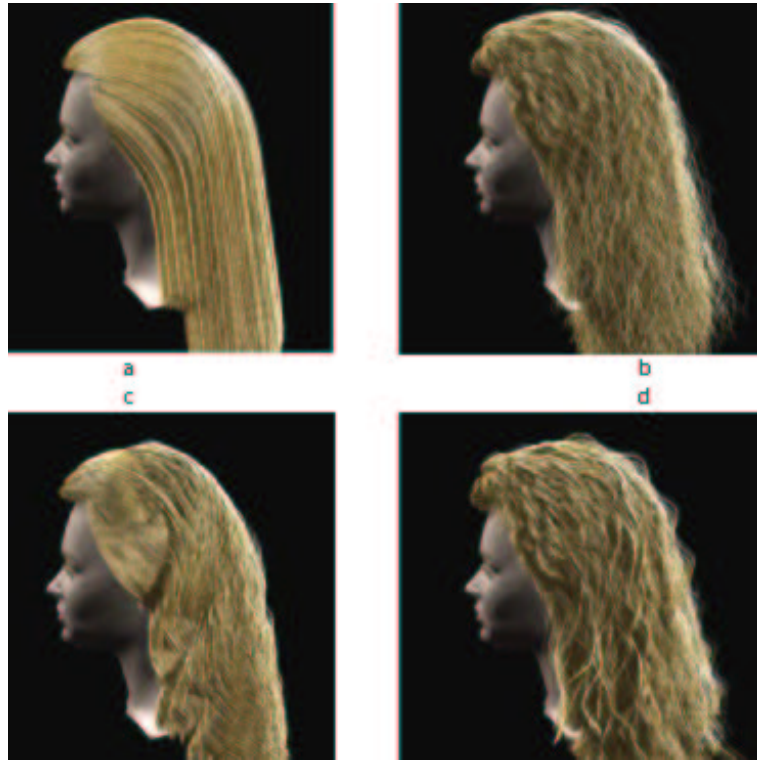


Figura 6:(a) Un modelo estático de pelo denso interpolado desde un modelo disperso. (b) una versión mejorada después de la modulación del modelo inicial. (c) otra versión por modulación del modelo (a). (d) la apariencia del modelo (b) es mejorado haciendo un cluster de los cabellos cercanos

3 Animación del pelo

La aproximación del modelado de la sección anterior sólo genera modelos de pelo estáticos. Para elaborar técnicas de animado, habrá que modificar el proceso. Se empezará por una dinámica simple del pelo. Después se introducirá un modelo de interacción entre pelos.

3.1 Dinámica de mechones de pelos simples

Existen varias técnicas desarrolladas en el modelado de mechones de pelo simples. Algunas investigaciones anteriores modelan mechones simples como partículas conectadas con lazos rígidos. Cada partícula tiene tres niveles de

libertad, uno de traslación y dos de rotación angular. Este método es simple y fácil de implementar. Sin embargo los mechones de pelo individuales tienen una fuerza tensora muy grande y a penas se dobla por su propio peso o fuerzas corporales. Esta propiedad se aprovecha para endurecer las ecuaciones que tienden a causar inestabilidad numérica, a no ser que el número de iteraciones sea muy pequeño. Modelamos cada mechón de pelo como una cadena serie rígida multicuerpo. Existe una unión rotacional entre dos segmentos adyacentes, y el movimiento de traslación se prohíbe. Una cadena simple puede ser considerada como un cuerpo simple articulado con articulaciones. Las fórmulas dinámicas de los cuerpos articulados son tratadas tanto en robótica como en la literatura gráfica. Tanto las propiedades dinámicas con multiplicadores de Lagrange como la formulación generalizada son igualmente válidas para ser aplicadas. La dinámica de una cadena serie multicuerpo y su formulación generalizada ha sido recientemente aplicada en una simulación de pelo. Se hará una breve descripción en las subsecciones que siguen.

3.1.1 Ecuaciones cinemáticas

En este modelo se asume que el giro de un mechón a lo largo de un eje no está permitido. Esto reduce cada unión rotacional a tener solo dos ejes de movimiento libre. La unión rotacional puede descomponerse en dos cascadas unidimensionales de uniones, cada una de las cuales tiene un eje de rotación fijo. Los ángulos de rotación en una dimensión representan el conjunto generalizado de coordenadas en un sistema de cadena multicuerpo. Si una unión en una dimensión tiene una rotación sobre el eje ω en un punto q del eje, la matriz de transformación correspondiente a la rotación sobre el eje ω con un ángulo θ puede darse con el mapa exponencial $e^{\hat{\xi}\theta}$ donde:

$$\hat{\xi} = \begin{bmatrix} \hat{\omega} & \nu \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \hat{\omega} = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_3 & \omega_2 \\ \omega_3 & 0 & -\omega_1 \\ -\omega_2 & \omega_1 & 0 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$\nu = -\omega x q$. Supongamos que un segmento de pelo tiene n uniones de una dimensión de revolución en la cadena y su frame local está definido en el mismo segmento. Asumimos que la transformación de local-a-mundo para este frame cuando todas las uniones de ángulos precedentes son cero, esto es $g_{st}(0)$. La transformación actualizada de local-a-mundo después de una serie de transformaciones de rotación de n uniones pasa a ser:

$$g_{st}(\Theta) = e^{\widehat{\xi_1\theta_1}} e^{\widehat{\xi_2\theta_2}} \dots e^{\widehat{\xi_n\theta_n}} g_{st}(0) \quad (5)$$

Así, dado una serie arbitraria de unión de ángulos, la posición de cada vértice en la cadena puede obtenerse utilizando este producto de exponenciales de sus anteriores uniones. El mapa exponencial es, en realidad, otra manera de formular una matriz 4x4 homogénea. Podrá ser calculada en un tiempo constante. Así, toda la cadena puede ser evaluada en tiempo lineal.

3.1.2 Dinámica de un mechón de pelo

Dada la ecuación de mapeo (4), que es la transformación del conjunto de coordenadas generalizadas (de los ángulos de unión) a las coordenadas del mundo real en 3D, la simulación de mechones de pelo puede resolverse integrando las velocidades angulares y aceleraciones de cada unión que lo integre. Para términos dinámicos más avanzados sobre un mechón simple se resolverán tanto las velocidades angulares y aceleraciones con el algoritmo de Featherstone o las ecuaciones de Lagrange. Este método es más eficiente con una complejidad lineal. En la práctica se utiliza la implementación del algoritmo de Featherstone.

Tanto las fuerzas internas como externas son indispensables para la dinámica de un simple pelo. En este artículo se tratan las fuerzas entre pelos como fuerzas externas sumadas a la acción de la gravedad. En cada unión de los mechones existe también una fuerza interior que reflejará la rigidez de torsión y doblado del mechón. Los pelos de este modelo tienen deformidades incluso cuando no existen fuerzas externas, se definirá una posición de reposo no nula para cada pelo. Cualquier desviación de la posición estable, resulta una fuerza que actúa sobre el sistema NO NULA para reducir la cantidad desviada. Esta configuración ayuda al mechón a recuperarse de su posición original tras una secuencia de movimientos.

3.1.3 Colisión hebra cuero cabelludo

Para simular colisiones no elásticas entre pelo y cuerpo humano, no existen fuerzas que se introduzcan por el movimiento del cuerpo humano. Una vez que el vértice del pelo que se mueve se encuentra lo suficientemente cerca del cuero cabelludo, simplemente se parará adoptando la velocidad a la que se está moviendo el cuerpo humano mientras que los vértices de la cadena multicuerpo seguirán moviéndose libremente. Cualquier aceleración hacia

el cuerpo humano también finalizará en el vértice más cercano al cuero cabelludo, sin embargo, si que se permite propagar el movimiento hacia fuera del cuerpo humano. Las fuerzas de fricción se suman al igual que aquellos vértices que están pegados al cuerpo humano. La detección de colisiones se gestiona explícitamente comprobando la penetración de las partículas del mechón de pelo en los triángulos definidos sobre el cuero cabelludo (o partes del cuerpo).

Este esquema no garantiza que los vértices del pelo no penetren en otras superficies colindantes en medio de un paso. Si se produce esta penetración, necesitaremos mover ese mechón fuera de la zona colindante a la vez, para que no se pueda percibir dicha penetración. Es muy importante que la punta del pelo permanezca intacta a lo largo de este proceso, para reducir efectos visuales no realistas. Para corregir este error se utilizan las fórmulas de cinemática inversa. Lo más sencillo es empezar en la raíz y mover el primer vértice que penetra p_1 a un lugar válido p'_1 y después propagar dicho movimiento, así nos aseguramos que no se producen penetraciones intermedias.

3.2 Modelo disperso para la interacción entre pelos

Una gúa de pelo representa esencialmente un mechón de pelo local. Así pues, debería tener la masa de todo el mechón en vez de de un simple pelo. Primero se introduce un modelo elástico para preservar las posiciones relativas de cada mechón. Las uniones estáticas modelan la interacción entre pelos debida a la ondulción, cargas estáticas y cambios antinaturales del pelo. Las colisiones entre pelos y la fricción se simula utilizando una guía de pelos y una colección de triángulos de mechas. Por último se provee una técnica de generación adaptativa del pelo para complementar este modelo disperso de pelo. El modelo que se propone modela con eficiencia la dinámica del pelo con una buena visión realista del mismo.

3.2.1 Uniones estáticas

Es evidente que los mechones de pelo tienden a agruparse según productos para el pelo, cargas estáticas y movimiento de los rizos del pelo con ondulaciones. Como resultado, el movimiento de cada mechón depende, en su mayor parte, del movimiento de los demás. Estas interacciones pueden tener relativamente grandes efectos entre agrupaciones de pelo en un área pequeña.

Mientras que las agrupaciones de pelo se modelan mediante este modelo de pelos dispersos, interacciones entre agrupaciones de pelos más grandes se salen de rango. Es más, movimientos de cabeza suaves o fuerzas externas, no cambian radicalmente el estilo del pelo, esto es debido, principalmente a que cada mechón tiene definidas sus fuerzas internas. Sin embargo, la capacidad de recuperación del estado inicial de cada pelo esta especialmente limitada para cabellos largos. El efecto "vínculo" entre pelos juega un papel muy importante. Los movimientos bruscos pueden romper estos vínculos creados por un estilo de pelo, cargas estáticas o movimientos ondulatorios.

Para modelar de un modo efectivo el efecto "vínculo", deberíamos ver el pelo como un volumen elásticamente deformable. Los modelos tradicionales para cuerpos deformables incluyen enrejados tridimensionales, diferencias finitas, y el método de elemento finito. Estos modelos aproximan la desviación de un cuerpo continuo de su forma estable. Bajo fuerzas externas fuertes, el volumen continuo del pelo puede romperse en pedazos, que puede traducirse en transformaciones globales entre ellos. Así pues, utilizar el sistema de coordenadas de del cuerpo para todo el cabello es una técnica errónea.

Se propone construir conexiones no definitivas, llamadas *uniones estáticas*, entre mechones de pelo para simular el movimiento lateral elástico y la recuperación del estilo. Estas conexiones se eligen inicialmente y representan límites específicos de cada estilo de pelo, pues cada estilo tiene una configuración adyacente distinta. Estas uniones estáticas refuerzan las acciones adyacentes ejerciendo fuerzas externas en otros mechones. Intuitivamente utilizaríamos las características de tensión, doblado y torsión para preservar las posiciones relativas de los mechones, sin embargo, en la práctica se opta por una técnica mucho más simple y más eficiente: el uso de coordenadas locales.

Se introduce el sistema de coordenadas locales para cada segmento de cada mechón de pelo. Para cada segmento, se establecen un número de finito de los mechones más cercanos al mismo como puntos de referencia. Para mejorar el rendimiento, se puede utilizar un árbol octario para almacenar los segmentos vecinos para una búsqueda más rápida. Se transforman estos puntos, correspondientes al mundo exterior, a coordenadas locales de los segmentos (figura 7 a). Las coordenadas iniciales locales de estos puntos de referencia, se almacenan como parte de un proceso de inicialización. Una vez que los mechones tienen un movimiento relativo, las coordenadas locales de los puntos de referencia cambian y se ejercen fuerzas externas en estos

mechones para recuperar el estado inicial de las posiciones relativas (figura 7 b). La ventaja de utilizar fuerzas externas es la eliminación de tener en cuenta los factores de doblado y torsión. Sea h un segmento de un pelo simple, con m puntos de referencia. Las coordenadas locales de estos puntos de referencia son representadas por $p_{h,i}^o, i = 1, \dots, m$, mientras que las nuevas coordenadas vienen representadas por: $p_{h,i}^n, i = 1, \dots, m$. La fuerza acumulada que recibe este segmento se debe a las uniones estáticas, que pueden formularse como sigue:

$$f_h = \sum_i \left[k_{h,i}^s |l_i| - k^d \frac{v_i l_i}{|l_i|} \right] \frac{l_i}{|l_i|} \quad (6)$$

Hacemos un cómputo de la fuerza mediante la ley de Hook, donde $k_{h,i}^s$, es la constante i -ésima del punto de referencia del segmento h , y k^d es la constante universal.

Igualmente, para los límites de un pelo no natural las uniones estáticas pueden romperse debido a fuerzas excesivas. Configuramos un umbral para cada unión estática. Si la magnitud del cambio es mayor que el umbral, la unión estática se rompe (figura 7 c). Una vez que la unión se ha roto, el dao es permanente; la unión permanecerá rota hasta el final de la simulación.

Cuando la fuerza exterior cesa, el estilo del pelo de la situación original puede que no se recupere si se ha roto algún enlace. Puede que se formen nuevas uniones estáticas debido al nuevo estilo de pelo resultante de la modificaciones de los mechones vecinos.

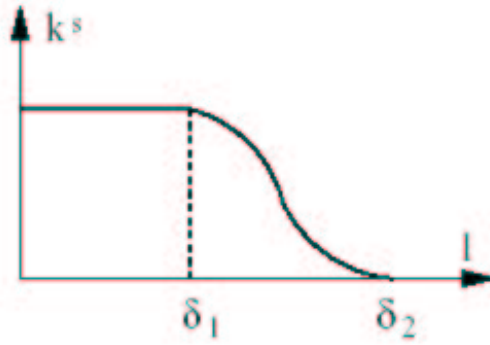


Figura 8

3.2.2 Interacciones dinámicas

La deformación elástica solo introduce interacciones entre pelos. Los pelos también interactúan entre ellos en forma de colisión. Para simular con eficiencia la colisión y fricción entre pelos utilizando el modelo de pelos disperso, necesitamos tener un modelo dinámico que imagine el espacio entre el conjunto de pelos dispersos entre la densidad del resto. La detección de colisión entre guías de pelos es mucho menos exacta. Supongamos un par de guías de pelos cercanas. El espacio entre ellas puede ser rellenado con algunos pelos del modelo denso, así no cabrá la posibilidad de que otros mechones se interpongan sin que reciban ningún tipo de resistencia. Para modelar este efecto, podemos considerar la guía de pelos como dos cilindros generalizados con suficiente radio como para rellenar el hueco entre las guías, o construir un triángulo auxiliar como una capa densa entre pelos para conectar los vértices que correspondan. Este mechón triangular puede automáticamente cambiar de tamaño al mismo tiempo que la guía de pelos se mueve, pero el truco se mejora si son los cilindros los que cambian de tamaño. Así pues se llega a la conclusión de que es mejor construir mechones triangulares de pelo entre parejas de guías de pelo para aproximar esta construcción a una distribución densa de pelo. Si consideramos el conjunto de pelo denso como un volumen, un mechón triangular representa una sección muy pequeña de todo el volumen. Un número considerable de estas secciones puede representar aproximadamente la distribución de densidad del volumen original del cabello.

Puesto que la distancia entre un par de vértices de dos pelos puede cambiar durante la simulación, se decide utilizar la distancia entre raíces del pelo. Se encontrará siempre un mechón triangular entre dos guías de pelo que tengan raíces vecinas. Cada triángulo solo conecta dos vértices de dos guías de pelo, se puede decir que dichos vértices son casi paralelos. Cabe notar también que los triángulos de mechones pueden intersectar. Esto no complica las cosas pues cada triángulo se trata de forma independiente durante la detección de colisión. Los triángulos definidos sólo sirven para ayudar a detectar la colisión, no se consideran parte de la geometría real durante el render final. No tienen elementos dinámicos que puedan influenciar en el movimiento del pelo. Sin embargo, algunos triángulos pueden tener uniones estáticas muy próximas que puedan ayudar a que cierta parte del pelo no pueda llegar a deformarse. Los bordes de los triángulos no se construyen directamente uniones estáticas porque las uniones estáticas conectan segmen-

tos de pelos próximos, mientras que no todos los segmentos están conectados por triángulos que están próximos entre sí.

Al igual que en la detección de colisiones en las superficies estándar, se consideran dos tipos de colisiones, una *colisiones entre dos segmentos de pelo*, y otra *colisiones entre vértices de pelos en la cara triangular*. Como cada guía representa una agrupación local de pelos con cierto grosor, una colisión se detecta tan pronto como la distancia entre dos elementos del pelo esté por debajo de un umbral no nulo. Una vez que la colisión se ha detectado, se generará una fuerza muy fuerte para alejar el par de elementos. Mientras, una fuerza de fricción se generará para contraponerse al movimiento tangencial. Estos triángulos de mechones redistribuyen las fuerzas que reciben sus vértices como fuerzas externas adicionales. Tanto el mechón como las fuerzas de fricción desaparecen cuando la distancia entre dos elementos colindantes superan el umbral antes definido. La fuerza del mechón, por otro lado, mantiene a otros segmentos de pelo lejos de penetrar otra capa que corresponda a otro triángulo de mechones. Se utiliza un árbol octario para detectar la colisión lo más rápido posible. Todo segmento de pelo y triángulo de mechones que se mueva, será añadido al árbol en cada paso del algoritmo. Esta estructura octaria tendrá la lista de segmentos de pelo que intersecten entre ellos.

El pelo también contiene fuertes propiedades dinámicas anisótropas. Dependiendo de la orientación del vértice de pelo penetrante y de la cara triangular, la fuerza de repulsión entre mechones puede que varíe. Por ejemplo, segmentos de pelo que tengan una orientación similar a la del triángulo de mechones debería experimentar fuerzas menores. La fórmula que describe la fuerza de repulsión entre mechones se define como:

$$f_r = \lambda(1 - |ab|)f_s \quad (7)$$

La fuerza original f_s se dimensiona en la ecuación anterior, donde a es el vector tangente normalizado del pelo en el vértice penetrante, b es la interpolación de la orientación del pelo sobre la cara triangular de su segmento de pelos, y λ es el factor de escala. Cuando a y b estén perfectamente alineados, la fuerza f_s pasa a ser nula. Por el contrario, cuando sean perpendiculares, esta fuerza pasa a tener su máximo. La fuerza de colisión entre dos segmentos de pelo puede definirse del mismo modo.

La densidad en cada mechón de pelo también se modela como un continuo. Puede ser dinámicamente ajustada durante la simulación. Si no hay sufi-

cientes pelos en un mechón, el mechón puede romperse. Esto permitiría que otros mechones atravesasen estas regiones de pelo más débiles. Este fenómeno es comprensible porque a veces no existe pelo entre agrupaciones, mientras que otras veces, nos podemos encontrar con distribuciones de pelo muy densas. En esta implementación, la longitud de los bordes de los triángulos de pelo sirven de indicador para cuando sea necesario ajustar la densidad de pelo en esa misma región. Si un triángulo pasa a ser muy grande, se dice que está roto. Si el triángulo no está roto, la magnitud de la fuerza de colisión es exactamente la descrita en la ecuación anterior, que se adaptará con el factor λ a la anchura local del triángulo del mechón para contemplar el cambio de densidad de dicho triángulo. Este proceso es irreversible, al contrario que el utilizado para las uniones estáticas. Una vez que dos guías de pelo se muevan para acercarse una a la otra, será indicativo de que la densidad entre esas dos guías está aumentando, por lo que la fuerza de colisión entre ellas aumentará y el triángulo de mechones se recuperará si su estado anterior fué "roto".

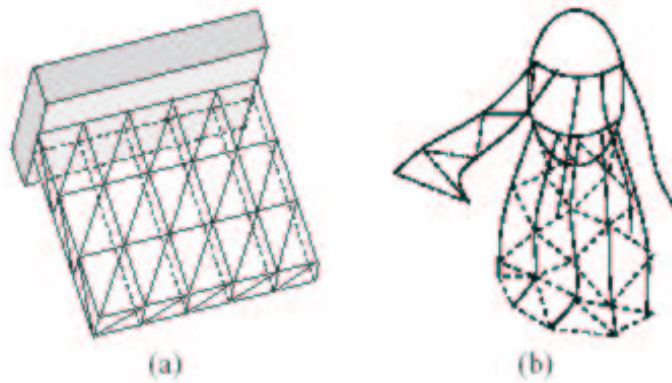


Figura 9

Puede que no sea necesario construir triángulos de mechones sobre todas las parejas de mechones que estén cercanas. Por ejemplo, en el cepillo de la figura anterior, sólo se pueden introducir triángulos de mechones entre pelos adyacentes horizontal y verticalmente. Para pelo humano, algunas veces encontramos que es eficiente construir triángulos de mechones entre guías de pelo con raíces adyacentes (figura 9b). Esto es debido a que el pelo cae por la fuerza de la gravedad, y el grosor del volumen del pelo es normalmente mucho menor que las dimensiones de la superficie exterior del volumen del pelo. En esta situación, el utilizar triángulos para completar huecos horizontales sobre una guía de pelo se convierte en una tarea mucho más importante.

3.2.3 Guía adaptativa para generación de pelo

Inicialmente, se selecciona una guía de pelos uniforme sobre el cuero cabeludo. Sin embargo, no es siempre la mejor idea el seleccionar dicha guía de pelos uniformemente. Durante el tiempo de la simulación, una parte del pelo puede que sea más activa que otras. Por ejemplo, cuando sopla el viento de un lado, la otra parte del pelo pasa a ser mucho menos activa. Como resultado inmediato, encontramos que una parte del cálculo computacional se pierde en esas regiones no tan activas. En este lado donde el pelo es mucho menos activo, sería suficiente combinar interpolación sobre algunas guías de pelo. Sin embargo, para regiones más activas, es deseable utilizar más guías de pelo y menos interpolación para obtener mejores resultados. Se diseña pues un método de generación adaptativa para complementar el modelo disperso inicial.

Se generarán guías de pelos adaptadas durante la simulación para cubrir todas las regiones interpoladas. Esta distribución y el número inicial de guías de pelos se determinan antes de la simulación. Sin embargo, cuando llegamos a la simulación, puede que tengamos que añadir más mechones. El modelo del pelo puede convertirse computacionalmente en algo muy pesado si los pelos simplemente se pudiesen añadir. Se sabe que, los pelos que se van insertando pasan a una inactividad total durante la simulación. Así pues, también dejaremos la posibilidad de que se eliminen durante dicha simulación. Para mantener los mechones relativamente dispersos, se pondrá un límite en cuántos mechones de pelo adaptativos pueden existir al mismo tiempo. También será importante escoger el lugar idóneo para generar las guías de pelo adaptativas.

Se utiliza una técnica muy simple para detectar dónde añadir y quitar guías de pelos adaptativas. Para cada pareja de mechones de pelo, se mide la distancia entre todos los pelos correspondientes a los vértices de dichos mechones. Si alguna pareja pasa a estar más distante que lo que marca el umbral, implicará que esas dos guías de mechones de pelo están absorbiendo demasiado a la interpolación. Entonces se añade otra guía de pelo adaptativa entre medio. Al mismo tiempo se examina la situación de todas las guías de pelo adaptativas del paso anterior. Si alguna de las guías del paso anterior es superflua, se elimina y se guarda por si acaso es necesaria en un paso posterior. Cuando se genera una nueva guía adaptativa, la posición de su vértice inicial y su velocidad se obtienen interpolando las dos guías adaptativas que han hecho que nazca esta tercera. Desde aquí esta guía adaptativa seguirá

su propia dinámica, colindando con mechones cercanos y triángulos de mechones. Para evitar movimientos discontinuos en el resto de los pelos, un nuevo pelo adaptativo no establecerá uniones estáticas con otros mechones.

3.2.4 Adaptaciones para pelo rizado

En este artículo se ha modelado el efecto rizado en el último paso del render. Las guías de pelo de un modelo de pelo rizado son en realidad bastante rectas excepto para deformaciones de pelo a gran escala. Las interacciones entre guías de pelos deberían reflejar las características finales del modelo denso de pelo pues la parte del movimiento de las guías de pelo se va a utilizar posteriormente en el render incluso si el rizado del pelo se cambia a posteriori. En el caso del pelo rizado, deberían existir uniones entre pelos mucho más fuertes, pues los pelos rizados tienen un efecto ondulatorio mucho más marcado, y menos colisiones pues el rizo amortigua dicho efecto. En la práctica se siguen este tipo de intuiciones para configurar la fuerza de las interacciones entre pelos.

3.3 Modelo diámico de pelo denso

La animación del pelo se genera en dos fases según este modelo. En el primer paso, el conjunto de guías de pelos se simula de frame a frame con todas las fuerzas externas incluídas y las interacciones entre pelos descritas en la sección 3.2. Durante la simulación de cada guía de pelos individuales descrita en la sección 3.1., fuerza a tratar las interacciones entre pelos como fuerzas externas. La detección de colisiones también se realiza durante la simulación. Al final del primer paso, obtenemos las posiciones y velocidades de cada guía de pelo para cada frame.

En el segundo paso, se genera un modelo denso de pelo para cada frame en consecuencia con las posiciones de las guías de pelo. El rizado se modela con la función offset descrita en la sección 2.4 si fuese necesario. Para mantener la consistencia de frame a frame, cada pelo del modelo denso es asignado a una función de offset fija durante toda la secuencia. Así pues en cada frame, meramente se modela el mismo offset en la punta de la capa subyacente que se deforma para conseguir el rizado deseado. Sin embargo la función de offset puede que varíe de mechón a mechón.

Puede darse una situación en la que un objeto pequeño colisione contra el modelo, y no note la presencia de todas las guías de pelo, pero puede

encontrase con algunos de los mechones del modelo denso, entonces se decide aplicar el modelo de detección de colisiones a cada rizo del modelo denso de pelo. Aunque esto suponga una gran cantidad de operaciones, la potencia de cálculo de las máquinas de hoy en día es suficiente para efectuar esta tarea en un tiempo razonable. Si un pelo penetra un objeto, se seguirá el esquema descrito en la sección 3.1.3 para ajustar dicho pelo.

4 Render del pelo

Aunque el objetivo inicial de este documento es modelar y animar pelo, se reserva una sección para explicar cómo hacer un render del pelo realista. El fenómeno físico que se considera aquí incluye sombras y dispersión de la luz. Los mechones de pelo no son del todo opacos, así pues la interacción entre la luz y el pelo desemboca en una reflexión y en una transmisión. Básicamente podemos ver el pelo como una función densidad con magnitudes y estructuras distintas en cada parte. La densidad del pelo está directamente relacionada con el coeficiente de atenuación de la luz local, mientras que las estructuras (incluyendo la orientación del pelo) están relacionadas a la función de fase de la dispersión. En esta sección, se discute como renderizar de manera efectiva las secuencias de pelo con una calidad de visualización muy alta considerando los factores anteriores.

Mientras que la dispersión secundaria puede mejorar la calidad del renderizado, la dispersión primaria y las sombras son mucho más importantes. Como buscamos la mejora del render al generar animción de pelo, se decide simular únicamente estos dos últimos factores más importantes. Esto es el equivalente a resolver la ecuación que viene:

$$L(x, \vec{\omega}) = \int_{x_0}^x \tau(x', x) \sigma(x') \sum_l f(x', \vec{\omega}_l, \vec{\omega}) I_l(x') dx' \quad (8)$$

donde $L(x, \vec{\omega})$, representa la luminosidad final en x en la dirección de X , $f(x', \vec{\omega}_l, \vec{\omega})$ es la función normalizada para la dispersión, $I_l(x')$ es la intensidad de la luz atenuada de la l -ésima fuente de luz, y $\tau(x', x) = \exp(-\int_{x'}^x (\alpha(\xi) + \sigma\xi)) d\xi$ donde αx es el coeficiente de absorción y σx es el coeficiente de dispersión. Igual que en el render volumétrico, el color final de cada pixel puede ser aproximado al canal alfa de algunos puntos clave del rayo trazado que pasa por dicho pixel. Para detectar el canal alfa correctamente, el conjunto de puntos clave podría ser la intersección entre el rayo

trazado y el segmento de pelo. Cabe destacar que la entrada de esta fase de render es el número de mechones resultante de discretizar todos los esplines interpolados del modelo denso. Para obtener un conjunto de intersecciones en cada pixel eficientemente, se aplica una conversión total a los segmentos, y cada segmento se aade a la lista de intersecciones en un pixel una vez que se ha contemplado dicho pixel. Si se aplica anti-aliasing y supersampleo se pueden conseguir resultados más suaves.

Para acabar con el render, todavía se necesita un color en el canal alfa para cada intersección. Debería ser reflejado el color en cada intersección. El modelo de reflectancia que se utiliza normalmente proviene de *D. Goldman. Fake fur rendering. De SIGGRAPH 97, páginas de la 127-134, 1997..* Se utiliza una versión modificada. Básicamente el algoritmo selecciona un conjunto discreto de mapas planos perpendiculares a la dirección de la luz. Estos mapas se distribuyen uniformemente a través del volumen que se quiere renderizar. Cada mapa contiene una función aproximada de transmisión del volumen parcial que se sitúa en frente de dicho mapa. La transmisión aproximada de volumen en cualquier punto puede obtenerse interpolando la transmisión de dos puntos cuyos mapas correspondientes están cercanos uno del otro. En esta implemetación se utiliza la interpolación exponencial pues la atenuación de la luz a través de un volumen es exponencial. Esta interpoalción exponencial puede ser descrita por:

$$\exp(-\alpha_1 \frac{d_2}{d_1 + d_2} - \alpha_2 \frac{d_1}{d_1 + d_2}) \quad (9)$$

donde $\exp(-\alpha_1)$ y $\exp(-\alpha_2)$ son atenuaciones de los dos mapas más próximos, y d_1, d_2 son la distancia del punto a los dos mapas respectivamente.

Cuando se renderiza el pelo junto con otros objetos sólidos, como la cabeza o la ropa, que asumimos que son completamente opacos, el color de los objetos sólidos necesita ser agrupado con el color del pelo durante el render volumétrico. Los objetos sólidos también tienen su búfer de sombras para cada fuente de luz. Cualquier sombra de sólidos no recibe luz mientras que esos sólidos pueden estar recibiendo luz atenuada bajo la sombra de uno de los pelos.

5 Resultados

5.1 Modelado del pelo

Se ha aplicado en este modelo a varios estilos de pelo con diferentes grados de rizado, y se han obtenido resultados satisfactorios. Alguno de los estilos de pelo se muestran en la figura 10. Resultan ser naturales y realistas. Las primitivas del vector de campos pueden ser ajustadas por el usuario o generadas aleatoriamente. Típicamente, se necesitan unas 10 primitivas para crear un estilo de pelo definido. El tiempo para el ajuste manual suele ser de una a dos horas. Por otro lado, la figura 10 (d) utiliza 273 primitivas generadas aleatoriamente y distribuídas por todo el cuero cabelludo.

Para cada agrupación de pelos locales, los parámetros de la ecuación (2) se generan aleatoriamente. La media y la desviación típica para estos parámetros es fija para todos los pelos y son especificados por el usuario. Las ondulaciones finales en la figura 10 (a) y la figura 6(d) tienen la misma media de 5mm. Sin embargo las ondulaciones de la figura 6 (d) parecen ser mas aleatorias porque tienen un periodo mucho más corto y una desviación mucho más grande para la fase inicial de las ondas. Los pelos de la figura 10 (c) tienen una magnitud media de 1mm para dar un toque más suave.

5.2 Animación del pelo

Este modelo también ha sido testeado en algunas animaciones. Se utilizaron unas 200 guías de pelos inicialmente con 15 segmentos cada una. Cada mechón se interpola en cada paso con un esplín Hermite y discretizado con 50 segmentos más pequeños. Basado en este conjunto de pelos dispersos, se genera un modelo denso de unos 50.000 mechones generados al vuelo en cada frame para el render final. La animación de cada guía cuesta un segundo por frame en un Pentium III a 800MHz. La interpolación, detección de colisiones y renderizado con antialiasing cuesta otros 20 segundos por frame en un Pentium IV a 2GHz. Las figuras 11(a) y 11(b) muestran un modelo disperso con uniones estáticas y una interpolación del modelo denso. Las uniones estáticas previenen excesivos cambios al estilo del pelo durante el movimiento, al igual que provee al estilo del pelo de una recuperación del estado inicial. La figura 12 muestra dos renders sintéticos de una animación de pelo.



Figura 10

5.2.1 Comparación con el mundo real

La secuencia de agitación de una cabeza se compara con una secuencia real en la figura 13. Los mechones de pelo, en la secuencia real, obviamente tienen conexiones mútuas pues se mueven conjuntamente. Se utilizarán uniones estáticas relativamente fuertes para poder simular este efecto. El movimiento de la cabeza en la secuencia sintética se produjo manualmente para aproximar lo máximo posible al movimiento real. Sin embargo, el movimiento del pelo sintético coincide razonablemente con el movimiento real.

5.2.2 Colisión dinámica

Para demostrar la efectividad de la estrategia de colisión que se ha seguido hasta ahora, se construye un modelo de pelo trenzado simple, y se deja destrenzar por la acción natural de la fuerza gravitatoria. Existen básicamente dos guías de mechones en este modelo; las uniones estáticas y triángulos de mechones se construyen entre pelos del mismo conjunto de guías. Así pues, dos guías pueden alejarse una de la otra. En la figura 14 se analiza la comparación entre el movimiento generado sin y con detección de colisiones. En

la simulación con detección de colisiones cada mechón se libera por su cuenta, mientras que en la que no se tiene en cuenta la detección de colisiones, los mechones se deshacen mediante un movimiento en espiral.

5.2.3 Interacción del pelo con el viento

Las interacciones entre pelo y viento tradicionalmente se modelan como si sólo existiese la acción del viento sobre el pelo. Sin embargo, la velocidad de campo del viento también se ve influenciada por el pelo. El viento se simula como un fluido que genera una velocidad de campo. Cada vértice recibe una fuerza exterior adicional que proviene del viento. Esta fuerza puede ser modelada como una fuerza resultante de restar la velocidad del vértice del pelo a la velocidad del viento sobre el vértice. La fuerza generada de la parte de atrás del pelo sobre el viento puede modelarse de forma similar. Si el viento se simula utilizando un grid voxel ⁹, la velocidad del pelo en cada punto puede aproximarse utilizando las velocidades de los vértices de pelos más próximos y de los triángulos auxiliares.

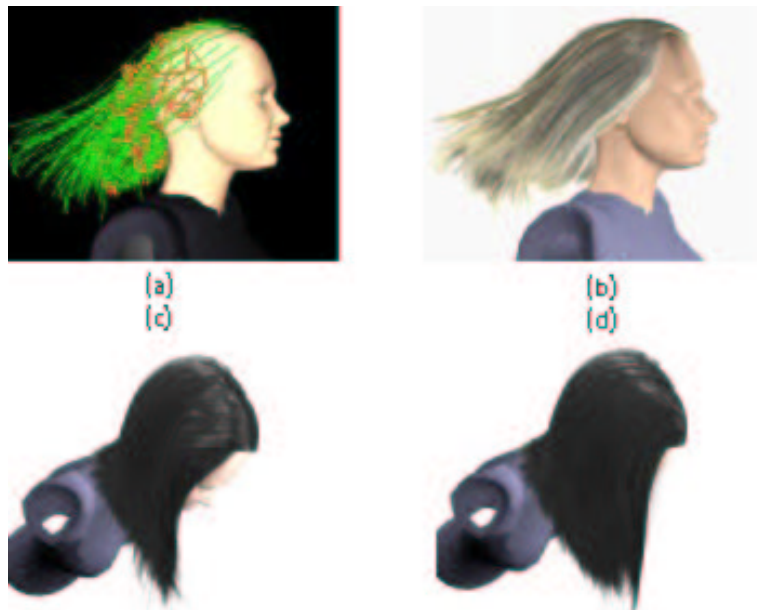


Figura 11

⁹R.Fedwik, J.Stam y H.W. Jensen. Visual simulation of smoke. En SIGGRAPH 01. Conference Preceedings, páginas 15-22, 2001.

5.2.4 Simluación del cepillado

Podemos aadir a las interacciones entre pelos en el ser humano, la dinámica provocada por el cepillado. La figura 16 muestra la secuencia de imágenes de una esfera colindando con un cepillo sintético. Las acciones mutuas son ínfimas cuando sólo un número pequeño de pelos caen por detrás de dicha esfera. Sin embargo, cuando este número aumenta, se estabiliza más rápido debido a las colisiones.

5.3 Render del pelo

Puede aadirse un toque especial a las imágenes mediante el renderizado del pelo si se le incrementa la característica de translúcido y especularidad. La figura 15 (abajo) muestra algunas imágenes renderizadas dos veces de otra con secuencias de viento soplando con más especularidad. La figura 17 muestra una comparación entre pelo renderizado normalmente y pelo con alto grado de translucidez.



Figura 12



Figura 13



Figura 14

6 Conclusiones

Se ha presentado una framework unificada del modelado y animación del pelo. Tanto el modelado como la animación comienzan desde una guía dispersa de pelos. El objetivo de modelado propuesto puede generar estilos de pelo ondulado muy realista a base de editar un modelo básico de pelo a trasquilones con una función offset para generar el rizado. También se ha presentado un modelo integrado para la animación del pelo. Más concretamente el modelo dinámico puede conseguir las siguientes funciones: uniones estáticas y actuador de fuerzas entre uniones para habilitar la recuperación al estado de reposo del estilo del pelo inicial; la colisión entre pelos es más precisa debido a la inserción de mechones triangulares auxiliares para detectar la colisión entre mechones al igual que la colisión entre mechones auxiliares; simulación estable de mechones individuales debido a la formulación de cadenas abiertas multicuerpo. También este modelo, se puede decir que no está originalmente pensado para pelos sin efectos de clúster obvios, con este esquema de interpolación múltiple, los efectos visuales para este tipo de pelos, resulta ser medianamente razonable.



Figura 15



Figura 16



Figura 17

7 Qué hay sobre Sulley?



Figura de Sulley

Pixar Animation Studios, ha estado a la cabeza de la tecnología de animación por ordenador durante 15 años.

Los realizadores siguen añadiendo niveles de dificultad y mayores retos que requieren que el equipo técnico se mejore constantemente y reinvente la forma en la que se ve la película.

En "Monstruos S.A." el mayor logro fue crear el pelo y la piel junto con el vestuario y los efectos ambientales. Monstruos S.A. siempre ha sido una película sobre un gran monstruo peludo que se relaciona con una niña. La

nia lleva una camiseta durante la mayoría del tiempo. De repente, se dieron cuenta de que tenían que encargarse del pelo y la ropa - dos cosas con las que el diseo por ordenador no se había enfrentado en el pasado. Su objetivo era evitar que los animadores tuviesen que detallar el movimiento de cada pelo individual y el movimiento de las arrugas de en la ropa. Se propusieron incluir inteligencia en los modelos para mover dinámicamente el pelo y la ropa de acuerdo con la animación del personaje que había sido creado. Esta situación produjo un mont'on de preguntas para el equipo técnico: cómo unir el pelaje al cuerpo, cómo se arruga la piel?, cómo se mueve el pelo?, cómo lo sitúan? se quiere animar la camiseta?, tiene la camiseta la forma del cuerpo de manera que sigue los movimientos de su cuerpo o se quiere dar ese movimiento dinámico en el que sólo se anima el pecho y se deja que la camiseta se mueva con el cuerpo?.

En *Toy Story 2*, la ropa de los humanos se ajustaba toda de forma estándar y se movía automáticamente con los personajes. En *Monstruos S.A.* la ropa se mueve de forma independiente aadiendo un nivel más de realismo. Todos estos detalles suponían un gran reto para el equipo técnico de Pixar. Los científicos creaban la simulación física perfecta, pero aún se tenían que asegurar que se daba a los directores los movimientos que deseaban.

Los científicos de Pixar crearon un nuevo sistema dinámico para poder entender la física de cada situación y simular los movimientos del pelo y de la ropa. El objetivo era facilitar el trabajo de los animadores para que pudiesen concentrarse en las actuaciones y no tuviesen que preocuparse de los movimientos del pelo o de la ropa. Los animadores normalmente trabajan en una versión calva o sin pelo de Sulley y las otras bestias peludas. En el caso de Boo, la animación se hizo primero y la camiseta se aadió más tarde por el equipo técnico.

Para Sulley no sólo se tuvieron que modelar y crear cada pelo - casi 3 millones en total - sino que también tuvieron que darle movimiento como si estuviese en el mundo real. Simular dinámicamente el movimiento, es adaptar todas las situaciones de iluminación posibles desde habitaciones oscuras hasta salas bien iluminadas y bajo una gran variedad de condiciones ambientales incluyendo niebla, nieve y lluvia. Otro gran problema fueron las colisiones. Una de las novedades que se descubrieron les dió la oportunidad de controlar la dirección y el flujo del pelo al igual que la largura. En vez de simular cada pelo individualmente, se descubrió la manera de indicar el movimiento en los pelos más significativos o en muestras representativas. Los pelos de alrededor imitaban a sus vecinos. Así se creó el diseo del movimiento deseado.

El pelo tenía que tener algunas sombras si se quería añadir realismo, se creó un programa específico para ello: Deep Shadowing.

Iluminar un personaje peludo es mucho más complicado y totalmente diferente que iluminar un mueco de plástico. Por naturaleza es plano y lo que lo hace tridimensional son sus sombras. Se buscó la forma de crear una sombra individual para que cada pelo estuviese reflejado en el pelo de al lado.

Éstas y muchas otras técnicas sobre distintos aspectos (color, iluminación, control de elementos, efectos ambientales...) se desarrollaron explícitamente para obtener, a mi gusto, una de las mejores películas animadas jamás hechas..., menos mal que aún queda por venir...o

8 Final Fantasy: la fuerza interior

Lo primero que se puede decir como dato significativo de la película Final Fantasy es el equipo informático necesario para realizar el renderizado de la misma, según nuestra información se utilizó una granja compuesta por mil ordenadores personales, que utilizaban el sistema operativo GNU/Linux.

Para el modelado y la animación se utilizaron máquinas SGI equipadas con el programa Maya, el software utilizado para el renderizado ha sido *Renderman*.

Desde hace mucho tiempo en el cine se han realizado innumerables esfuerzos por crear personajes enteramente digitales, el reto es que el espectador no sea capaz de distinguir si el actor es real o ha sido generado por ordenador.



Foto de Aki

Cuando queremos realizar la creación de un personaje digital tenemos que pensar en como renderizar de manera exacta los colores y texturas de la piel, las expresiones faciales, así como los detalles del pelo y las arrugas de la ropa para esta película, los artistas de la película han estado trabajando día y noche para superar algunos de los desafíos técnicos que se le han presentado.

Como han simulado las emociones y los movimientos humanos con la animación gráfica por ordenador satisfactoriamente, Final Fantasy es una invitación para que experimente una aventura que no pueda ser imitada.

Vamos a explicar a continuación los aspectos más importantes en la elaboración de uno de estos actores digitales:

8.1 La piel humana

Quizás el desafío más grande hoy en día de gráficos por ordenador es la reproducción de la textura de la piel humana. Para conseguirlo, los artistas gráficos han trabajado día y noche, alcanzando innovadores gráficos por ordenador para Final Fantasy. Éste es el primer paso para crear una imagen con *textura realista de la piel*. Es una capa de piel facial humana, pelada y colocada sobre una superficie plana para que los artistas comiencen un tedioso proceso de trabajo manual.



Figura de modelo de piel

8.2 Mapa Especular

Este mapa se utiliza para ajustar la luz en la piel para crear una textura realista y animada de la piel. Apartado de la mayoría de los modelos generados por ordenador que se representan con maniquíes como la piel lisa, la piel humana verdadera es variada, con las imperfecciones, las texturas ásperas y las capas desiguales.



Figura de mapa de piel

Representando las rugosidades en la piel a través de este mapa, podemos crear una visión tridimensional e incrementar el realismo en nuestros personajes.

8.3 Textura Facial

La atención al detalle de los animadore es elevada pues la imagen debe soportar el agrandamiento creado por las pantallas de proyección. Para conseguir esto, los profesionales han reproducido una *piel viva* con pecas, detallado contraste del color y sombreado.

Después de trabajar manualmente en estos mapas, se pegan sobre un modelo 3d para que a los artistas ajusten e incrementen la iluminación apropiada. Puesto que la iluminación puede cambiar la textura de la piel y el realismo de esta, los artistas hacen otros ajustes de menor importancia antes de que vaya a la prueba final. Con este aburrido proceso se crea un *personaje humano foto-realista*.

8.4 El cuerpo humano

El cuerpo humano puede cambiar su dimensión y forma según el movimiento del cuerpo, mientras que los músculos se extienden, se doblan. Por lo tanto, es importante llevar una investigación sobre la deformación del cuerpo para reconstruir a un ser humano foto-realista generado por ordenador. No importa cómo sea de detallada y realista la textura, el modelo parecerá artificial sin la puesta en práctica correcta de la kinesiología.

Los artistas diferencian la estructura usando colores que simbolizan diversos músculos del cuerpo humano.



Figura de brazo de un personaje

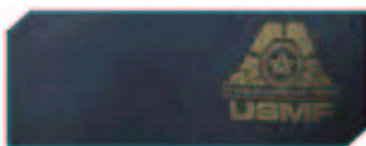
Después de crear un modelo áspero del cuerpo, un artista deformará este modelo estudiando la estructura muscular multicolor. Este proceso permite al artista implementar los variados movimientos de los músculos en ejecución sin parecer torpe.

El último paso es colocar una capa con la textura de la piel en el modelo deformado. La unión de la deformación natural y de la textura realista de la piel permite crear la *carne* de un ser humano foto-realista.

8.5 Integrando la ropa con el cuerpo

Los trajes son una parte integral en la creación de personajes humanos realistas. Como se puede apreciar en cualquier camiseta 100% algodón, estos trajes deben corresponderse con la realidad de la piel para expresar el realismo de los personajes.

Las inconsistencias entre el realismo en piel y traje pueden ser perjudiciales para la calidad total de la película.



Detalle de ropa decorada

Trabajando con modelos generados por ordenador, es difícil crear materiales suaves y curvos, como la tela, mientras que crear materiales sólidos de superficie lisa, como metal, se consideran más fácil. Los artistas contratados para la película han hecho una extensa investigación sobre varias telas y han trabajado para superar estas dificultades con la ayuda de nuevas tecnologías.

8.6 Emoción y expresiones

Retratar la fluidez del movimiento humano natural en los personajes es una parte integral de nuestro proyecto. Los animadores manipularán estos personajes para mostrar la emoción a través de las expresiones y de los movimientos faciales del cuerpo. Para convencer a la audiencia de la calidad foto-realista, los artistas han estudiado elementos de los modelos como las estructuras musculares humanas y las texturas.



Detalle de mano con ropa

Estos esfuerzos son evidentes en la flexión de los empalmes, las arrugas en la piel y los movimientos del músculo, especialmente en la mano.

8.7 El pelo

Uno de los muchos aspectos desafiantes de producir un personaje generado por ordenador es representar el realismo del pelo y de los folículos.

Para representar completamente el realismo del pelo humano, los artistas eligieron utilizar una técnica de modelado en la cual asocian un pelo individual al cuero cabelludo.



Detalle del pelo

El efecto natural *viento-soplado* del pelo se ha creado con una combinación *painstaking* de trabajo manual y de un proceso intensivo de simulación por parte de los artistas.

8.8 Combinando los elementos

La simulación de la ropa se alcanza mediante un proceso al combinar la deformación del cuerpo de los modelos y de manipular la tela de la ropa para cubrir naturalmente las figuras. Este proceso permite una visión y percepción realistas de la ropa de los personajes.

El aspecto más importante en la simulación de la ropa es la relación entre el cuerpo y los trajes. Se realizan complejos cálculos para asegurar que el cuerpo no aparece a través de la ropa.

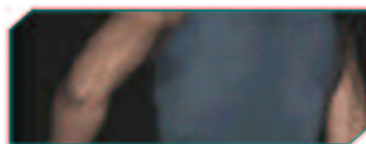


Figura de espalda de personaje

En algunas producciones, las imágenes se alteran digitalmente para reducir las arrugas de los actores. Esto se hace para proporcionar a la piel un aspecto liso. En FINAL FANTASY, hemos tomado un enfoque opuesto, los animadores han agregado intencionadamente arrugas a los personajes con una textura de piel lisa. De esta manera los personajes parecen naturales y reales.



Detalle de ojos

El proceso se extiende hasta qué arruga debe moverse de acuerdo con los movimientos faciales o del cuerpo más leves. De esta forma, los artistas pueden crear personajes que parecen naturales a la visión, dándoles vida.

8.9 Algunos detalles

Una de las *partes importantes* de una cara es la *barba*. Si una persona tiene una barba o no cambia su aspecto de forma drástica. La barba se ha creado con el mismo método que se ha utilizado para el pelo, pero realmente, la barba es mucho más complicada de realizar. Esto se debe a que la barba se mueve con la expresión facial del personaje, y se requiere *una complicada realización*.



Detalle de barba

Es también algo difícil simular sombras naturales, porque la barba tiene unas dimensiones muy detalladas. Puede parecer que la barba se ha realizado sin demasiada complicación, pero fue terminada después de un largo y continuo proceso de prueba y error. Conseguir una barba que pareciese real permitió crear personajes más realistas.

References

- [1] Yizhou Yu, Johnny T.Chang, Jingyi Jin, *Efficient and Realistic Hair Modeling and Animation Using Sparse Guide Hairs*.
- [2] *Avances tecnológicos al servicio de las historias*.

- [3] Tae-Young Kim, Ulrich Neumann *Modeling, Rendering and Animation Human Hair*, Universidad de Southern California.
- [4] Chuan Koon Koh y Zhiyoung Huang *Modeling and Animation of Human Hair in Strips* National University of Singapore.
- [5] Página web oficial de la película www.finalfantasy.com