

[ ] 1 creo que el documento, tal y como está ahora mismo, adolece de una introducción donde se de una idea global del proyecto, y de los conceptos matemáticos y algoritmos usados, pero por supuesto supongo que eso lo incluirás en la introducción y el "estado del arte". Lo comento simplemente porque ahora mismo se mete al lector de cabeza en conceptos cuyo contexto o utilidad no aparecen, y queda un poco raro. Supongo que con la introducción y el estado del arte eso se arreglará, pero no olvides que debes ir metiendo al lector poco a poco en los conceptos.

### Trabajando en ello

[x] 2

Sobre la estructura del documento: has puesto una sección 1 llamada "SDF" que contiene prácticamente todo el material relevante de la memoria, dentro de esa sección has mezclado aspectos de fundamentos matemáticos (y los algoritmos de implicitación) con los algoritmos de visualización. Afortunadamente en este TFG hay una relación bastante fuerte entre los fundamentos matemáticos y los algoritmos de visualización y los aspectos más "informáticos", pero aun así creo que quedaría mejor organizado si se diferencia entre conceptos matemáticos (en una primera sección) y los algoritmos de visualización asociados (en una segunda sección), así que la actual sección 1 yo la separaría en dos secciones (se trataría simplemente mover secciones, no de escribir nada nuevo), la estructura sería:

#### Sección 1 - Fundamentos matemáticos: las SDFs

- Diferenciabilidad (actual 1.1)
- Operaciones sobre SDF (actual 1.2)
- Obtención de la SDF a partir de la ecuación implícita (actual 1.6)
- Obtención de la SDF a partir de ecuaciones paramétricas (actual 1.7)

#### Sección 2 - Algoritmos de visualización de SDFs

- Renderizado (actual 1.3) - creo que sería mejor llamarla "Renderizado por"
- Iluminación (actual 1.4) - creo que sería mejor llamarla "Modelos sencillos"
- Antialiasing (actual 1.5)



¿No sería más bien renderizado por spheretracing? En varios artículos veo que se usa esa nomenclatura también para raymarching, pues consiste en trazar rayos, pero, ¿no causa eso confusión con el concepto de raytracing que entendemos actualmente?

[x] 3

Al principio de la sección 1 creo que debes poner al lector en contexto, aunque sea brevemente, acerca de la utilidad de las SDFs en gráficos, citando los dos artículos de Hart donde introduce el uso de SDFs para visualización, el primero del año 89 (aplicado

únicamente a fractales 3D), y el segundo del 95 (aplicado a cualquier tipo de superficie definida como los ceros de un campo escalar). Te paso las referencias bibliográficas y las URLs donde ver los PDFs, para que lo añadas a la bibliografía:

\* Hart, J., Sandin, D. y Kauffman, L. (1989). Ray tracing deterministic 3-D frac

\* Hart, J. (1996). Sphere Tracing: A Geometric Method for the Antialiased Ray Tr



(de hecho, este segundo artículo estaba en la bibliografía que se usó al registrar el TFG)

Modificada la introducción de la sección 1.

[x] 4

En la definición de “función de distancia” en la página 1: creo que, con la redacción actual, no queda totalmente clara la relación entre un conjunto de puntos  $\Omega$  y su correspondiente SDF. Escribe: “Sea un  $\Omega \in \mathbb{R}^3$ . Una función de ...”, creo que ahí no es apropiado usar “una”, ya que, para un  $\Omega$  determinado, la SDF obtenida por esa definición es única, y en consecuencia sería mejor decir: “Sea un  $\Omega \in \mathbb{R}^3$ . La función de distancia asociada a  $\Omega$ , que llamamos  $d_\Omega$ , es el campo escalar de la forma...” (también he añadido lo de “campo escalar”, ya que las funciones de distancia son eso, campos escalares). Después yo añadiría algo como esto: “Un campo escalar  $f$  cualquiera será una función de distancia si existe al menos un  $\Omega \in \mathbb{R}^3$  tal que  $f = d_\Omega$ ”

También he cambiado que el  $\Omega$  esté incluido estrictamente en  $\mathbb{R}^3$

Lo mismo se aplicaría a la definición de SDF que hay justo a continuación, es decir, hablarías de la (única) SDF definida a partir de un  $\Omega$ , y luego puedes decir que un campo escalar es una SDF cuando se deriva de un  $\Omega$  según esa definición.

Modificadas definiciones 1.1 y 1.2, y añadida observación 1.1

[x] 5

Antes del lema 1.1 en la página 2 habría que introducir brevemente que significa exactamente que un campo escalar es “lipschitziano” y en ese caso cual es su constante  $L$ . Aunque para un matemático puede ser obvio, será mejor introducir el concepto formalmente, por completitud y por claridad.

Añadida definición 1.8 y proposicion 1.1 en la seccion 1.1

[x] 6

En el teorema 1.1 de la página 3 usas el símbolo  $N_p$  sin haberlo introducido antes, supongo por el contexto que  $N_p$  es la normal a la superficie o borde de  $\Omega$  en el punto  $p$ , pero

aunque es bastante obvio, no estaría de mal introducir el símbolo antes.

#### Añadida definición 1.10

[x] 7

En la SDF del toro (página 2)

Según la ecuación implícita que has escrito a la izquierda, el eje del toro debe ser el eje Z (el eje perpendicular a la circunferencia que forma el esqueleto interior del toro), entonces, si no me equivoco, la función de distancia debe ser:

modulo( modulo(x,0,y)-R, z ) - r

es decir, en la memoria habría que intercambiar las variables 'z' e 'y' en la expresión de la SDF  $\phi$  (o bien cambiar la eq. implícita y dejar la SDF así). Aclarar que es el eje del toro en la memoria.

#### Modificado ejemplo 1.1: ec. implícita del toro

[x] 8

Después de hablar de las DF y las SDF y su diferenciabilidad, antes de pasar a las operaciones sobre SFDs (actual 1.2) , creo que se debería incluir un apartado sobre las funciones de cotas de distancia, tal y como las introduce Hart en su artículo de 1995, esto se debe a que en la memoria actual has introducido las SDF exactas (la definición 1.1 introduce la distancia exacta al punto más cercano), pero para sphere tracing de un  $\Omega$  igualmente se puede usar un campo escalar que tenga exactamente los mismos ceros que la SDF de  $\Omega$ , pero que en lugar de dar siempre la distancia al punto más cercano, puede proporcionar un valor inferior en valor absoluto, es decir, si la SDF exacta en 'x' vale 'd', entonces una SDF aproximada, acotada por la exacta, sería cualquier campo escalar que produce en 'x' un valor 'e' con el mismo signo que 'd', tal que  $|e|$  es menor o igual que  $|d|$ , y además cumple que  $e = 0$  si y solo si  $d = 0$ .

En el artículo de Hart de 1995 (en el PDF que he enlazado arriba), en la fórmula (7), se habla de estas funciones como "signed distance bounds" (SDB), ya que en dicha fórmula usa "menor o igual", y a continuación indica que las SDF exactas (las que tu has introducido), son un caso particular de las SDB cuando en la fórmula (7) se cumple la igualdad.

Usar una función BDF (en lugar de la SDF original) supone que la visualización será más lenta (es más "conservativa": se dan en general más pasos pero más cortos durante la iteración del sphere-tracing), pero se visualiza la misma superficie. La ventaja es que a veces una BDF es más fácil de evaluar que su SDF exacta asociada, o bien que la SDF exacta no se puede calcular. De hecho el término "SDB" no se suele usar en la literatura, y en la práctica se usa

implicitamente el término SDF para significar tanto funciones exactas como para funciones acotadas por la exacta.

Añadida sección 1.2. En la definicion 1.11 no he usado exactamente la misma que usa Hart, ya que encuentro que esa puede llevar a confusión. Si defines un SDF  $\phi$  como aquella tal que  $|\phi| = d(x)$  no estas asegurando que  $\phi$  sea negativa en el interior. También se ha modificado la observacion 1.2. Además, se ha añadido el corolario 1.2 en la sección 1.4 .

[x] 9

Al principio de la sección 1.2, en el primer párrafo introductorio (al final de la página 3 y principios de la 4), debes citar el artículo de B.Wyvill y otros del 99, es el primero donde se habla explicitamente de la construcción de escenas complejas combinando o transformando SDFs usando unión, intersección, diferencia, twist, transformaciones afines, etc...La referencia bibliográfica a añadir es esta (también estaba en la bibliografía que se uso al registrar el TFG):

Wyvill, B., Guy, A., & Galin, E. (1999, June). Extending the csg tree. warping, blending and boolean operations in an implicit surface modeling system. In Computer Graphics Forum (Vol. 18, No. 2, pp. 149-158). Oxford, UK and Boston, USA: Blackwell Publishers Ltd. PDF: <https://perso.liris.cnrs.fr/eric.galin/Articles/1999-blobtree-model.pdf>

Introducción de la ahora sección 1.3 añadida.

[x] 10

En la definición del operador 'smin' en la página 4, donde pones "mín( p)" debería ser "mín(|φ( p)|, γ( p))" ¿no?, además, ahí no aparece el 'k' que mencionas justo a continuación de esa definición de smin. El parámetro 'k' lo usas después en la primera fórmula de la página 5, sin decir nada de él. Creo que deberías aclarar todo esto relativo al parámetro 'k', probablemente sería bueno incluir 'k' como subíndice de 'w', es decir, usar 'w\_k' o 'w\_k( p)' en lugar de 'w' o 'w( p)'.

Respecto a lo primero, al definir 'min' se dice que se notara "min( p) = min(|φ( p)|, γ( p))". Respecto a lo de la k, he explicado un poco más su función antes de definir B\_k y he añadido el subíndice a \omega

[x] 11

El apartado 1.2 trata de: operaciones booleanas, operaciones booleanas suavizadas, transformaciones afines, transformaciones no afines (deformaciones), simetrías y repeticiones. Creo que quedaría más fácil de leer si el apartado 1.2 lo divides en varios sub-apartados, uno para cada uno de esos términos.

Añadidas las relativas subsecciones. En el caso de las booleanas he mantenido en la misma sección las normales y las suavizadas, ya que el contenido de las normales es bastante poco.

[x] 12

Las operaciones booleanas suavizadas usan la función de corrección 'w' con una forma concreta, pero hay varias otras opciones, quizás deberías añadir una o varias referencias bibliográficas donde se trate el tema o de donde hayas obtenido esa forma concreta de 'w'. He visto un artículo de Iñigo Quilez donde introduce varias opciones alternativas para eso, aquí: <https://iquilezles.org/articles/smin/>

Si, tengo referenciado ese artículo al principio de la sección, justo al final de la página 5 de la nueva versión. Añado al final de la sección información sobre las otras opciones.