Trabajo Práctico 1

5 de noviembre de 2017

Métodos Numéricos
Segundo Cuatrimestre de 2017

Fuerte a Pachi

Integrante	LU	Correo electrónico
Tarrío, Ignacio	363/15	`itarrio@dc.uba.ar`
Szperling, Sebastián Ariel	763/15	`sszperling@dc.uba.ar`
Mena, Manuel	313/14	`manuelmena1993@gmail.com`
Frachtenberg Goldsmit, Kevin	247/14	`kevinfra94@gmail.com`

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria - (Pabellón I/Planta Baja)
Intendente Güiraldes 2610 - C1428EGA
Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina
Tel/Fax: (++54 +11) 4576-3300
http://www.exactas.uba.ar

Índice

1. Introducción

En este informe se detalla el trabajo realizado sobre el análisis de los métodos numéricos para la técnica computacional de fotometría estéreo que permite generar digitalizaciones de objetos 3D basados en imágenes.

Para esta práctica iniciamos el trabajo calibrando la dirección de las fuentes de luz para luego reconstruir los objetos en 3D. Comenzamos el desarrollo tieniendo varios conjuntos de imagenes, los cuales son 12 fotos de un objeto en un ambiente de iluminación controlada donde cada una tiene fuentes de luz diferentes entre ellas, y una imagen extra que es la *máscara* del objeto, es decir, una imagen completamente negra, salvo donde está el objeto en el resto de las fotos, que está totalmente blanco. En base a estas imágenes y a la técnica mencionada, debemos reconstruir y medir la posición y distancia de los objetos con respecto a la cámara.

Para el trabajo práctico consideramos las siguientes situaciones:

- Para todos los conjunto de imagenes, asumimos que las direcciones de las fuentes de luz son las mismas.
- Los vectores de dirección de fuente de luz fueron normalizados.
- Todas las imagenes tienen los mismos tamaños.

2. Desarrollo

2.1. Calibración

El primer paso para comenzar el algoritmo de fotogrametría estéreo es realizar la calibración del sistema. Cada imágen tiene una fuente de iluminación. Cada fuente tiene una dirección en la que apunta su luz. El objetivo del paso de calibración es poder calcular la dirección de cada fuene de iluminación.

Cada objeto tiene 12 imágenes del mismo con fuentes de iluminación con distintas direcciones. Estas 12 fuentes de iluminación son distintas entre sí, pero se repiten para todos los objetos. Esto hace posible que si pudiesen calcularse las direcciones de las 12 fuentes para un objeto en particular, entonces podrían reutilizarse para el resto de los objetos.

En este caso pueden calcularse las direcciones de las fuentes de iluminación de uno de los objetos: la esfera. Lo que permite que esto sea posible es el hecho de conocer con exactitud la profundidad del objeto. Al saber que el objeto es una esfera, puede conocerse con exactitud la posición de cada punto, sabiendo el centro y el radio de la misma siguiendo la siguiente ecuación:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 = r^2$$

donde $z_0 = 0$ ya que suponemos que está centrada respecto del eje z. Gracias a esto, puede calcularse el vector normal a cada punto de la esfera

$$n = (x - x_0, y - y0, z)$$

Sabemos, dada la naturaleza de la esfera, que el punto de mayor intensidad lumínica será el más cercano a la fuente de iluminación, por lo que la normal de dicho punto apuntará en dirección a la fuente. El vector opuesto a esta normal tiene la dirección de la fuente.

Si se ejecuta este procedimiento para las 12 imágenes de la esfera, entonces el resultado será conocer la dirección de las 12 fuentes de iluminación. Esto permite, en los pasos siguientes del algoritmo de fotogrametría estéreo, poder calcular la normal para cada punto, basándose en que la fuente de iluminacion s_i con $1 \leq i \leq 12$ es la misma para la imágen i de cada objeto.

2.2. Reconstrucción del modelo 3D de los objetos digitalizados

Una vez completada la calibración, ya se cuenta con las direcciones de iluminación de cada caso, las cuales junto con la secuencia de imágenes de un objeto nos proporcionarán la información necesaria para poder calcular todos los puntos (x, y, z) del modelo digitalizado y las normales de cada uno.

Puede dividirse en:

1. Construcción del campo normal
2. Estimación de la profundidad

2.2.1. Contrucción del campo normal

En este paso se desea obtener la normal de cada punto del objeto. Para ello se recurre a la ecuación 5 del enunciado de este trabajo práctico, que vincula una matriz formada por 3 direcciones de fuentes de iluminación con el vector m y las intensidades del píxel en cada imágen. Esta matriz tiene 3 direcciones porque es la cantidad mínima de imágenes cuya fuente de iluminación difiera entre sí necesaria para inferir la orientación de la superficie.

La matriz de direcciones contiene la dirección de cada fuente de iluminación dispuesta como fila. Una vez resuelto el sistema de ecuaciones se podrá conocer m y asi mediante la siguiente ecuacion $||m|| = |I_0\rho|||n||$, conocer el valor absoluto de $I_0\rho$. Esto permite conocer n ya que tiene la misma dirección que m con la diferencia de que n está normalizado por ser la norma. Por lo que nos queda que $n = \frac{m}{||m||}$.

2.2.2. Estimacion de la profundidad

El siguiente paso es calcular la profundidad de cada pixel de la imagen. Para ello se recurre a las ecuaciones 11 y 12 del enunciado en donde se vincula a la normal de cada pixel con su profundidad. Estas ecuaciones nos permiten formar un sistema de ecuaciones como el de la ecuación 13.

Es necesario notar que M, la matriz de este sistema, es una matriz esparsa. La manera en la que la está dispuesta la información es la siguiente:

M tiene dimensión $2n \times n$. En las primeras n filas se reflejan las ecuaciones pertenecientes a n_y y se forman dos diagonales contiguas que representan la vecindad vertical de los píxeles. En las segundas n filas se reflejan las ecuaciones pertenecientes a n_x y se forman dos diagonales separadas por el alto de la imagen que representan la vecindad horizontal de los píxeles.

Esta disposición de los datos provoca que cada columna de M contenga a lo sumo 4 elementos. Nuestra implementación consiste en considerar a esta matriz como un tipo especial de matriz (la esparsa), para la cual no se tiene un arreglo bidimensional como sería el caso habitual sino un vector de hashmap, donde cada elemento del vector representa una columna. Cada hashmap contendrá entonces 4 elementos o menos. Esto permite que al querer multiplicar una columna por otra (como ocurre en el caso de querer calcular $M^t M$) no sea necesario recorrer toda la columna sino únicamente los elementos distintos de 0. Esta optimización es crucial para el desarrollo del algoritmo a nivel temporal.

3. Futura experimentación

La experimentación planeada consta de

- Distintos métodos para la realizar la calibracion
- Restringir las dimensiones de las imágenes mediante las máscaras: al aplicar las máscaras a las imágenes pueden achicarse las matrices a procesar obteniendo una mejora en la performance general.
- Variar métodos para la selección de imágenes: tomar distintos criterios para poder conseguir una mayor precisión a la hora de calcular las normales. Un criterio posible es analizar los puntos mas intensos de la imágen, y considerar que la misma pueda traer imprecisión si estos puntos están alejados.