

# *Proyecto de Grado*

## Cámaras Heterogéneas

*InCo – Laboratorio de medios*

*Marzo 2016*

## ANEXO

Integrantes	
Rodrigo Alvarez	5.003.515-6
Gonzalo Martinez	4.532.461-3
Rodrigo Cardozo	4.669.734-0

Tutores	
Christian Clark	
Tomas Laurenzo	

## Índice

1	Interfaz del calibrador .....	2
2	Archivos de configuración .....	7
2.1	Settings.xml del Cliente.....	7
2.2	Settings.xml del Reproductor.....	9
2.3	Settings.xml del Servidor .....	10
3	Modificaciones al addon ofxOpenNI .....	12

## 1 Interfaz del calibrador

La interfaz del calibrador 3D proporciona funcionalidades para navegar, trasladar o rotar cada una de las nubes de puntos, ya sea de forma individual o conjunta. En todo momento durante esta parte del proceso, habrá una nube que estará activa y que será la única afectada por las rotaciones y traslaciones que el usuario aplique. Dicha nube estará representada con un color distintivo por sobre las demás. Y se podrá establecer la propiedad de activa de a una por vez.

Además de la renderización de las nubes de puntos en la ventana principal del programa, el Calibrador muestra en la pantalla, información que puede ser útil para el usuario a la hora de realizar este proceso.

```

3D CALIBRATION < etapa actual de calibración [3D CALIBRATION - 2D CALIBRATION] >
Mode: View < modo actual del calibrador [View - Calibration] >

Mesh :: 0 < índice de la nube de puntos >
[ Points... 250000 ] < número de puntos de la nube 0 >
[ Position... 0 | 0 | 0 ] < valores de traslación de la nube de puntos 0 en el eje X, Y, Z >
[ Rotation... 0 | 0 | 0 ] < valores de rotación de la nube de puntos 0 en el eje X, Y, Z >
...
Mesh :: N
[ Points... 250000 ]
[ Position... 0 | 0 | 0 ]
[ Rotation... 0 | 0 | 0 ]

```

La siguiente tabla muestra una lista de los comandos que el usuario puede realizar, ya sea con el teclado o el ratón, sobre la interfaz del calibrador en el modo de calibración 3D.

Comando	Resultado
1, 2, 3, 4, ...	Establece que la nube activa es la nube número 1, 2, 3, 4, etcétera.
W	Rota todas las nubes sobre el eje X en un ángulo positivo determinado.
S	Rota todas las nubes sobre el eje X en un ángulo negativo determinado.
A	Rota todas las nubes sobre el eje Y en un ángulo positivo determinado.
D	Rota todas las nubes sobre el eje Y en un ángulo negativo determinado.
E	Rota todas las nubes sobre el eje Z en un ángulo positivo determinado.

Q	Rota todas las nubes sobre el eje Z en un ángulo negativo determinado.
w	Rota la nube activa sobre el eje X en un ángulo positivo determinado.
s	Rota la nube activa sobre el eje X en un ángulo negativo determinado.
a	Rota la nube activa sobre el eje Y en un ángulo positivo determinado.
d	Rota la nube activa sobre el eje Y en un ángulo negativo determinado.
e	Rota la nube activa sobre el eje Z en un ángulo positivo determinado.
q	Rota la nube activa sobre el eje Z en un ángulo negativo determinado.
M	Mueve todas las nubes sobre el eje X en un valor positivo determinado.
B	Mueve todas las nubes sobre el eje X en un valor negativo determinado.
H	Mueve todas las nubes sobre el eje Y en un valor positivo determinado.
N	Mueve todas las nubes sobre el eje Y en un valor negativo determinado.
J	Mueve todas las nubes sobre el eje Z en un valor positivo determinado.
G	Mueve todas las nubes sobre el eje Z en un valor negativo determinado.
m	Mueve la nube activa sobre el eje X en un valor positivo determinado.
b	Mueve la nube activa sobre el eje X en un valor negativo determinado.
h	Mueve la nube activa sobre el eje Y en un valor positivo determinado.
n	Mueve la nube activa sobre el eje Y en un valor negativo determinado.
j	Mueve la nube activa sobre el eje Z en un valor positivo determinado.
g	Mueve la nube activa sobre el eje Z en un valor negativo determinado.
Botón izquierdo del ratón + Movimiento hacia adelante del ratón	Mueve la nube activa sobre el eje X en un valor negativo determinado.
Botón izquierdo del ratón + Movimiento hacia atrás del ratón	Mueve la nube activa sobre el eje X en un valor positivo determinado.
Botón derecho del ratón + Movimiento hacia adelante del	Mueve la nube activa sobre el eje Y en un valor negativo determinado.

ratón	
Botón derecho del ratón + Movimiento hacia atrás del ratón	Mueve la nube activa sobre el eje Y en un valor positivo determinado.
Botón medio del ratón + Movimiento hacia adelante del ratón	Mueve la nube activa sobre el eje Z en un valor negativo determinado.
Botón medio del ratón + Movimiento hacia atrás del ratón	Mueve la nube activa sobre el eje Z en un valor positivo determinado.
Doble click derecho del ratón	Alternar la selección actual entre la nube activa y todas las nubes.
+	Reduce la precisión de los movimientos en un 25%.
-	Aumenta la precisión de los movimientos en un 25%.
p	Apaga o enciende las luces de la escena.
v	Genera la malla a partir de las posiciones actuales de las nubes.
t	Cambia el modo del calibrador de Calibrador 3D a Calibrador 2D.

Al igual que en la calibración 3D, la interfaz del calibrador 2D cuenta con un conjunto de opciones para realizar transformaciones sobre el modelo y para cambiar entre las imágenes durante el proceso de calibración, así como una opción para visualizar el resultado final, es decir, la escena texturizada.

Además de la renderización del modelo y la proyección de las imágenes sobre éste en la ventana principal del programa, el Calibrador también muestra en la pantalla información que puede ser útil para el usuario en esta etapa del proceso.

**2D CALIBRATION** < etapa actual de calibración [3D CALIBRATION - 2D CALIBRATION] >  
**Mode:** View < modo actual del calibrador [View - Calibration] >  
**Mesh:**  
**[ Points: 500 ]** < número de puntos del modelo >  
**[ Faces: 900 ]** < número de caras del modelo >  
**[ Coordinates: 0 | 0 | 0 ]** < coordenadas del centro de la malla de polígonos >  
**Texture :: 0** < índice de la imagen >  
**[ Position... 0 | 0 | 0 ]** < valores de traslación del modelo para la imagen 0 en el eje X, Y, Z >

[ Rotation... 0 | 0 | 0 ] < valores de rotación del modelo para la imagen 0 en el eje X, Y, Z >  
 ...  
 Texture :: N  
 Object translate... 0 0 0  
 Object rotate... 0 0 0

Comando	Resultado
1, 2, 3, 4, ...	Establece que la textura activa es la imagen número 1, 2, 3, 4, etcétera.
w	Rota el modelo sobre el eje X en un ángulo positivo determinado.
s	Rota el modelo sobre el eje X en un ángulo negativo determinado.
a	Rota el modelo sobre el eje Y en un ángulo positivo determinado.
d	Rota el modelo sobre el eje Y en un ángulo negativo determinado.
e	Rota el modelo sobre el eje Z en un ángulo positivo determinado.
q	Rota el modelo sobre el eje Z en un ángulo negativo determinado.
m	Mueve el modelo sobre el eje X en un valor positivo determinado.
b	Mueve el modelo sobre el eje X en un valor negativo determinado.
h	Mueve el modelo sobre el eje Y en un valor positivo determinado.
n	Mueve el modelo sobre el eje Y en un valor negativo determinado.
j	Mueve el modelo sobre el eje Z en un valor positivo determinado.
g	Mueve el modelo sobre el eje Z en un valor negativo determinado.
Botón izquierdo del ratón + Movimiento hacia adelante del ratón	Mueve el modelo sobre el eje X en un valor negativo determinado.
Botón izquierdo del ratón + Movimiento hacia atrás del ratón	Mueve el modelo sobre el eje X en un valor positivo determinado.
Botón derecho del ratón + Movimiento hacia adelante del ratón	Mueve el modelo sobre el eje Y en un valor negativo determinado.

Botón derecho del ratón + Movimiento hacia atrás del ratón	Mueve el modelo sobre el eje Y en un valor positivo determinado.
Botón medio del ratón + Movimiento hacia adelante del ratón	Mueve el modelo sobre el eje Z en un valor negativo determinado.
Botón medio del ratón + Movimiento hacia atrás del ratón	Mueve el modelo sobre el eje Z en un valor positivo determinado.
+	Reduce la precisión de los movimientos en un 25%.
-	Aumenta la precisión de los movimientos en un 25%.
p	Apaga o enciende las luces de la escena.
v	Genera las texturas a partir de las posiciones actuales de las cámaras.
o	Guarda los archivos de calibración.

## 2 Archivos de configuración

Una vez finalizada la calibración, el usuario podrá persistir todas las transformaciones que han sufrido las nubes de puntos y las imágenes para que sean usadas más tarde por los programas Cliente y el programa Reproductor.

La salida del Calibrador es entonces un archivo XML por cada uno de los Clientes y un archivo XML extra para el Reproductor. La estructura de ambos archivos es muy similar y se detalla a continuación.

### 2.1 Settings.xml del Cliente

El archivo *settingsX.xml* es utilizado por el Cliente X para levantar la configuración inicial que el mismo utilizará a lo largo del resto de la grabación. Entre esos parámetros se encuentra un identificador, las direcciones y puertos de comunicación, los factores de ajuste en la calidad de los datos, así como las propiedades de las cámaras que éste tiene asociadas.

El siguiente es un esquema general del XML de los Clientes:

```
<settings>
  <cliId>1</cliId>
  <cliPort>15000</cliPort>
  <serverIp>127.0.0.1</serverIp>
  <serverPort>11969</serverPort>
<realTime>1</realTime>
  <persistence>0</persistence>
  <logLevel>0</logLevel>
<fps>5</fps>
  <maxPackageSize>60000</maxPackageSize>
<cameras>
<camera>...</camera>
<camera>...</camera>
<camera>...</camera>
</cameras>
</settings>
```

Los primeros parámetros hacen referencia a valores de uso general en la aplicación:

- **cliId:** Identificador único de este Cliente en el sistema.
- **cliPort:** Puerto en el que el Cliente escuchará la conexión del Servidor según el esquema planteado en *“Protocolo de comunicación en tiempo real”*.
- **serverIp:** IP en la que el Servidor estará esperando conexiones de nuevos Clientes.
- **serverPort:** Puerto en el que el Servidor está atendiendo a los Clientes nuevos entrantes.
- **realTime (0|1):** 0 indica que el Cliente no intentará conectarse al Servidor ni transmitir en tiempo real. 1 indica que el Cliente intentará conectarse al Servidor y transmitir en tiempo real.



- **persistence (0|1):** 0 indica que no se persistirán datos de las cámaras en disco. 1 indica que los datos serán almacenados en disco.
- **logLevel (0|1|2|3|4|5):** Indica el nivel de detalle con el que esta configuración de Cliente comenzará a loggear información una vez comience su ejecución. Las escalas siguen el siguiente criterio:
  - 0 - OF\_LOG\_VERBOSE
  - 1 - OF\_LOG\_NOTICE
  - 2 - OF\_LOG\_WARNING
  - 3 - OF\_LOG\_ERROR
  - 4 - OF\_LOG\_FATAL\_ERROR
  - 5 - OF\_LOG\_SILENT
- **fps:** Indica la velocidad objetivo (*frames* por segundo objetivo) a la que el Cliente intentará ejecutar. Esta velocidad no siempre es alcanzada ya que depende de la cantidad de cámaras y características del host para el Cliente.
- **maxPackageSize:** En transmisiones de tiempo real, es necesario fraccionar cada frame enviado en paquetes de menor tamaño. El valor expresado en este atributo es el que se toma como referencia a la hora de definir el tamaño máximo de cada paquete a enviar.

La siguiente parte del XML, la que se encuentra bajo el tag *cameras*, describe los atributos de las cámaras asociadas a los Clientes.

```
<settings>
  ...
  <cameras>
    <camera>
      <id>1</id>
      <deviceInstance>1</deviceInstance>
      <resolutionX>640</resolutionX>
      <resolutionY>480</resolutionY>
      <resolutionDownSample>0.8</resolutionDownSample>
      <FPS>24</FPS>
      <use2D>1</use2D>
      <use3D>1</use3D>
      <matrix2D>
        <m00>val</m00><m01>val</m01><m02>val</m02><m03>val</m03>
        <m10>val</m10><m11>val</m11><m12>val</m12><m13>val</m13>
        <m20>val</m20><m21>val</m21><m22>val</m22><m23>val</m23>
        <m30>val</m30><m31>val</m31><m32>val</m32><m33>val</m33>
      </matrix2D>
      <matrix3D>
        <m00>val</m00><m01>val</m01><m02>val</m02><m03>val</m03>
        <m10>val</m10><m11>val</m11><m12>val</m12><m13>val</m13>
        <m20>val</m20><m21>val</m21><m22>val</m22><m23>val</m23>
        <m30>val</m30><m31>val</m31><m32>val</m32><m33>val</m33>
      </matrix3D>
      <dataContext>
        <depthSettings>
          <near>val</near>
          <far>val</far>
          <pointsDownSample>val</pointsDownSample>
        </depthSettings>
      </dataContext>
    </camera>
  </cameras>
</settings>
```

```

        </depthSettings>
    </dataContext>
</camera>
<camera>...</camera>
<camera>...</camera>
    </cameras>
</settings>

```

Los atributos de cada nodo *camera* pueden variar dependiendo del tipo de cámara, si es RGB o de profundidad. A continuación se describen los atributos de esta sección del XML:

- **id:** Identificador de la cámara en el Cliente. Dentro de cada cliente no deben existir dos cámaras con un mismo id. Esta restricción corre únicamente para una misma configuración de cliente. Es posible utilizar los mismos ids en dos configuraciones de Cliente diferentes.
- **deviceInstance:** Identifica una cámara dentro del host en el que está ejecutando el Cliente. Permite identificar un dispositivo físico conectado a la computadora. La secuencia de *deviceInstance* de cámaras RGB es independiente a la secuencia para los sensores de profundidad. Esto significa que en un mismo Cliente pueden convivir dos cámaras con el mismo *deviceInstance*, siempre y cuando una sea RGB y la otra sea un sensor de profundidad. En el caso de las cámaras RGB, la secuencia comienza en 0, mientras que para cámaras de profundidad comienza en 1.
- **resolutionX:** Determina el ancho al que se intentará iniciar el dispositivo.
- **resolutionY:** Determina el alto al que se intentará iniciar el dispositivo.
- **resolutionDownSample:** Este atributo es utilizado al momento de la transmisión en tiempo real, y determina el factor de ajuste en la resolución de la imagen antes de transmitirla.
- **FPS:** Velocidad de *frames* por segundo a la que se intentará instanciar el dispositivo. Siempre debe ser mayor o igual que el fps general.
- **use2D (0|1):** Indica si el dispositivo tiene una cámara RGB asociada. 0 si no tiene cámara RGB, 1 si tiene cámara RGB asociada. Nótese que si este parámetro está en 1 y *use3D* está en 0, se estaría indicando que se trata de una cámara únicamente RGB.
- **use3D (0|1):** Indica si el dispositivo es una cámara con sensor de profundidad. 0 si no es sensor de profundidad, 1 si es sensor de profundidad.
- **matrix3D:** Matriz generada por el Calibrador, que resulta de aplicar las transformaciones necesarias a la nube de puntos de esta cámara, para que coincida con la de las demás cámaras, durante el proceso de generación de la malla. Nótese que este parámetro solamente estará disponible cuando el dispositivo descrito sea una cámara de profundidad.

## 2.2 Settings.xml del Reprodutor

El archivo *settings.xml* es utilizado por el Reprodutor para levantar la configuración inicial que el mismo utilizará mientras renderiza la escena. Dicha configuración consiste en una lista de Clientes con parámetros asociados. Entre estos parámetros se encuentra un identificador, un factor de ajuste para la malla, así como las matrices de transformación asociadas a las cámaras.

El siguiente es un esquema general del XML del Reproductor:

```
<settings>
  <client>
    <cliId>1</cliId>
    <alfaCoord>2000</alfaCoord>
    <cameras>
      <camera>
        <id>1</id>
        <deviceInstance>1</deviceInstance>
        <use2D>1</use2D>
        <use3D>1</use3D>
        <matrixA2D>
          <m00>val</m00><m01>val</m01><m02>val</m02><m03>val</m03>
          <m10>val</m10><m11>val</m11><m12>val</m12><m13>val</m13>
          <m20>val</m20><m21>val</m21><m22>val</m22><m23>val</m23>
          <m30>val</m30><m31>val</m31><m32>val</m32><m33>val</m33>
        </matrixA2D>
        <matrixB2D>
          <m00>val</m00><m01>val</m01><m02>val</m02><m03>val</m03>
          <m10>val</m10><m11>val</m11><m12>val</m12><m13>val</m13>
          <m20>val</m20><m21>val</m21><m22>val</m22><m23>val</m23>
          <m30>val</m30><m31>val</m31><m32>val</m32><m33>val</m33>
        </matrixB2D>
      </camera>
    </cameras>
  </client>
</settings>
```

A continuación, se describen solamente los atributos de este archivo que no aparecen en el XML de los Clientes:

- **alfaCoord:** Determina el factor de escalado en la malla de polígonos generada a partir de unión de las nubes de puntos.
- **matrixA2D:** Matriz generada por el Calibrador, que incluye las transformaciones necesarias para desplegar la imagen RGB en la posición correcta, dentro de la escena renderizada por el Reproductor.
- **matrixB2D:** Esta matriz es la inversa de matrixA2D. Debido a lo costoso que resulta calcular la matriz inversa, se decidió incluirla también en el archivo de configuración.

Como puede observarse, la mayoría de los valores, salvo las matrices de transformación, están establecidos en un valor por defecto, que no es modificable mediante la interfaz del Calibrador. El usuario puede entonces editar los XML generados con cualquier editor de texto, para hacer ajustes extras antes de empezar la grabación, tales como la resolución de las cámaras, los puertos de comunicación o el número de cuadros por segundo al que filman las cámaras.

### 2.3 Settings.xml del Servidor

Por su parte el Servidor también necesita de un archivo de configuración inicial para ejecutar.

Este archivo de configuración “settings.xml” está compuesto de la siguiente manera:

```
<settings>
  <serverPort>val</serverPort>
  <fps>val</fps>
  <persistToPly>val</persistToPly>
  <logLevel>val</logLevel>
  <maxPackageSize>val</maxPackageSize>
  <maxThreadedServers>val</maxThreadedServers>
</settings>
```

Los atributos se describen a continuación:

- **serverPort:** Indica el número de puerto en el que el servidor estará esperando nuevas conexiones.
- **fps:** Indica los *frames* por segundo a los que se espera que el servidor ejecute.
- **persistToPly (0|1):** Permite persistir la salida del servidor a archivos “.ply”. 0- No persistir a ply. 1- Persiste en archivos ply. Cuando este parámetro está activado, se genera un archivo ply por cada *frame* procesado.
- **logLevel (0|1|2|3|4|5):** Indica el nivel de verborragia con el que esta configuración de Cliente comenzará la ejecución. Las escalas siguen el siguiente criterio:
  - 0- OF\_LOG\_VERBOSE
  - 1- OF\_LOG\_NOTICE
  - 2- OF\_LOG\_WARNING
  - 3- OF\_LOG\_ERROR
  - 4- OF\_LOG\_FATAL\_ERROR
  - 5- OF\_LOG\_SILENT
- **maxPackageSize:** En transmisiones en tiempo real, los clientes fraccionan cada frame en paquetes de menor tamaño. El valor expresado en este atributo es el tomado en referencia a la hora de estimar el tamaño máximo de cada paquete enviado por los clientes.
- **maxThreadedServers:** Establece la máxima cantidad posible de hilos (ThreadServer) que el servidor podrá instanciar.

### 3 Modificaciones al addon ofxOpenNI

En la implementación se utilizó el addon de OpenFrameworks denominado *ofxOpenNI*. Este complemento permite instanciar y comunicarse con los sensores de profundidad, indicando también sus dimensiones y velocidad esperada de actualización.

La versión original de este addon no cuenta con ningún método para indicar qué dispositivo específico se desea seleccionar. Siempre asigna el siguiente disponible.

A los efectos del proyecto, es necesario indicar qué dispositivo iniciar en cada caso, seleccionando un dispositivo puntual a través de su interfaz. Se agregó una sobrecarga al constructor original, añadiendo un parámetro que permite especificar el dispositivo a instanciar.

Se modificó el addon incluyendo el constructor *ofxOpenNI(int inst)*, donde *inst* es el identificador del dispositivo.