

Geometric Modeling 2013 Final Project Report

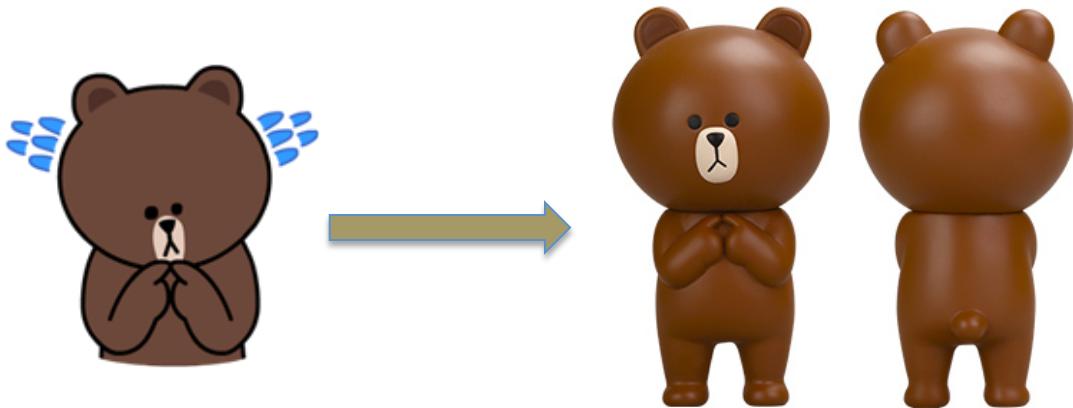
3D Reconstruction From Depth Image

資管四 B98705048 郭瀚智

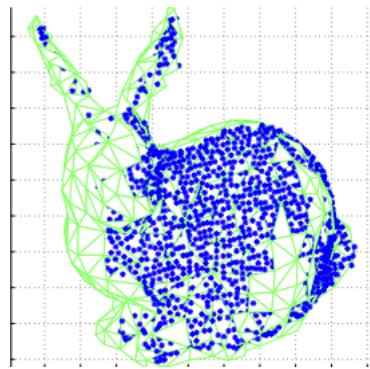
資管碩一 R01725023 陳少祁

1. Introduction

最初的動機是想要透過像是漫畫或是插圖等具有簡單線條的 2D 影像作為輸入，以兩到三個視角影像圖片來建立出 3D 座標系統，藉以得到經由 2D 線條轉換而成的 3D 模型。

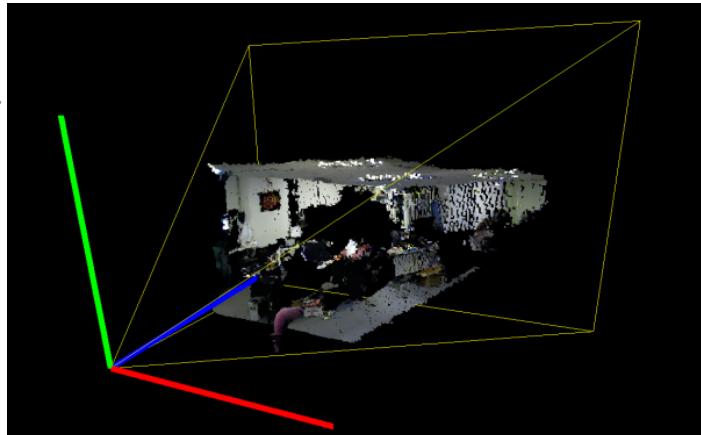


但在經過相關文獻的調查與探討後，我們決定以單張或多張 RGB 彩色影像作為輸入，同時利用可拍攝深度資訊的照相機，在拍照的同時擷取深度影像，透過 RGB 影像中的 pixel 值及深度影像中所對應的 pixel 之深度值，我們可以在 3D 空間中將所拍攝之特定深度範圍內的物體以 point cloud 的方式繪出，最後利用堆積或削去兩種不同概念的演算法，可以將 point cloud 轉換成 3D mesh。



2. Theory and methods

使用者在使用系統拍攝目標物之不同視角的影像時，系統會透過可拍攝深度資訊的照相機(depth camera)擷取出 RGB 的影像及深度影像，由於 depth camera 本身的彩色照相鏡頭與深度照相鏡頭是分開的，因此為了在一次拍攝下得到同一個視角下的顏色與深度資訊，我們必須先將兩個鏡頭所獲得的照片進行 alignment，而這可以透過 OpenNI 的 function 來達成，因此在我們的系統中可以在拍攝視窗上看見兩個鏡頭的視角是重疊在一起的，而且落於目標距離範圍內(300mm~1000mm)且被偵測到之物體會呈現藍色以方便使用者準確抓取欲拍攝之物體。



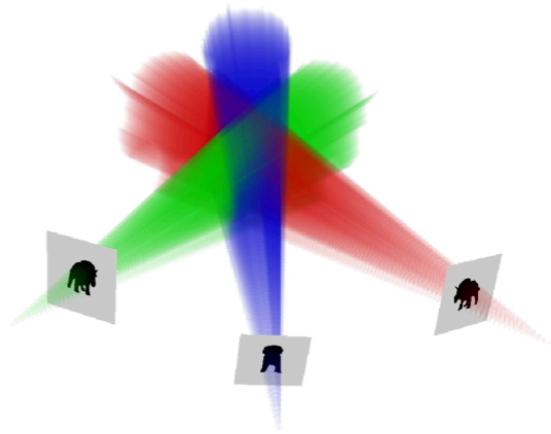
使用者拍下物體的照片後，系統要先將擷取出來的 depth image 投影至世界座標系中，如此才能夠與 RGB 彩色影像中的 pixel 一一對應，而投影的方式一樣可以透過 OpenNI 的 function 來達成，有了轉換至世界座標系的深度值之後，我們就可以將每個 pixel 的顏色及深度值利用 OpenGL 畫在 3D 空間中，進

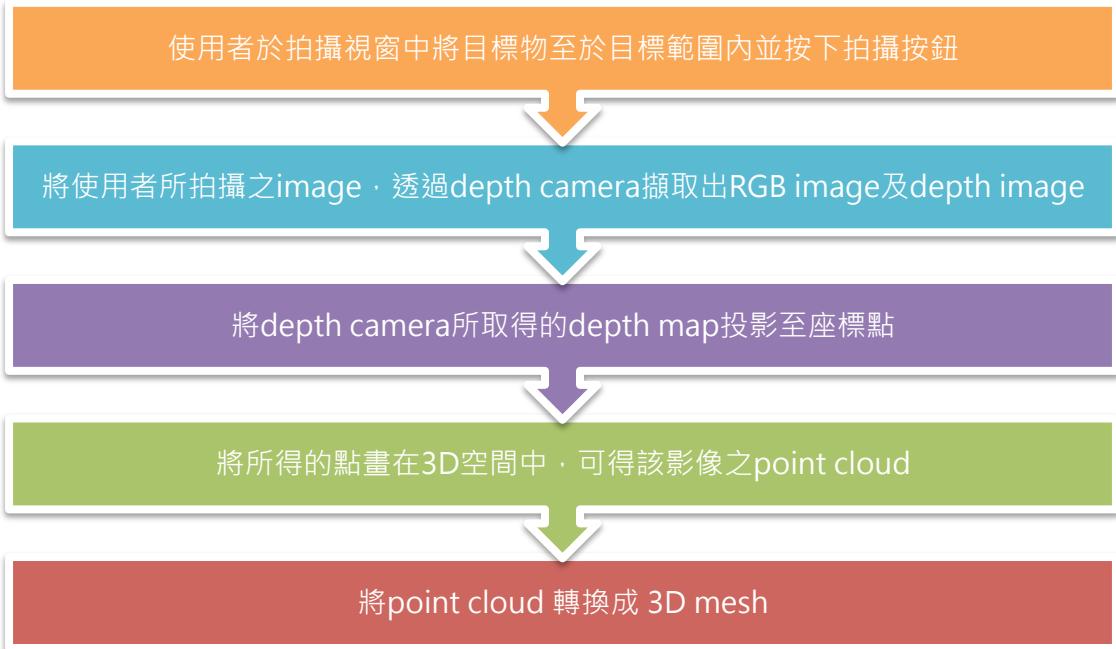
而得到該物體所轉換成的 point cloud。

最後在 point cloud 轉換成 3D mesh 的部份，利用以現有資訊堆積而成的概念，我們採用 CGAL 中的 Poisson Surface Reconstruction [13] 來進行轉換，而這部份由於尚無法保證所生成之 3D mesh 的形狀與穩定生成之特性，目前仍然在試驗中。

而另一種利用削減的概念所實作的演算法為 Visual Hull，此方法是在前面所敘述拍攝彩色影像與深度影像後進行的另一個分支，我們利用所拍攝的每一個視角之影像，在預設的 template model (比目標物體積大之長方體) 中，對每一個不是落在目標範圍中的非目標區域進行切割，因為我們沒有進行各個視角畫面的 Calibration，因此需要使用者在每一個視角拍攝完畢後給予拍攝的角度資訊，以確定每張影像對應到三維空間中之位置關係。

系統完整流程圖如下所示：





3. Implementation

在實作上，我們分別在 Windows 7 與 Mac OS X 兩個作業系統下分頭對兩台不同的深度照相機進行實驗，
 Windows 環境下所測試的深度照相機為 Creative Interactive Gesture Camera Developer Kit，而它所配套之開發的 SDK 為 Intel® Perceptual Computing SDK，開發環境為 Microsoft Visual Studio 2010；在 Mac OS 環境下所測試的深度照相機為 ASUS® Xtion PRO LIVE，而它所配套之開發的 SDK 為 OpenNI，開發環境為 Xcode。我們採用的程式語言為 C/C++，而相關函式庫的使用包含了：Nokia Qt、CGAL、OpenGL、OpenCV 及 QGLViewer 等等。



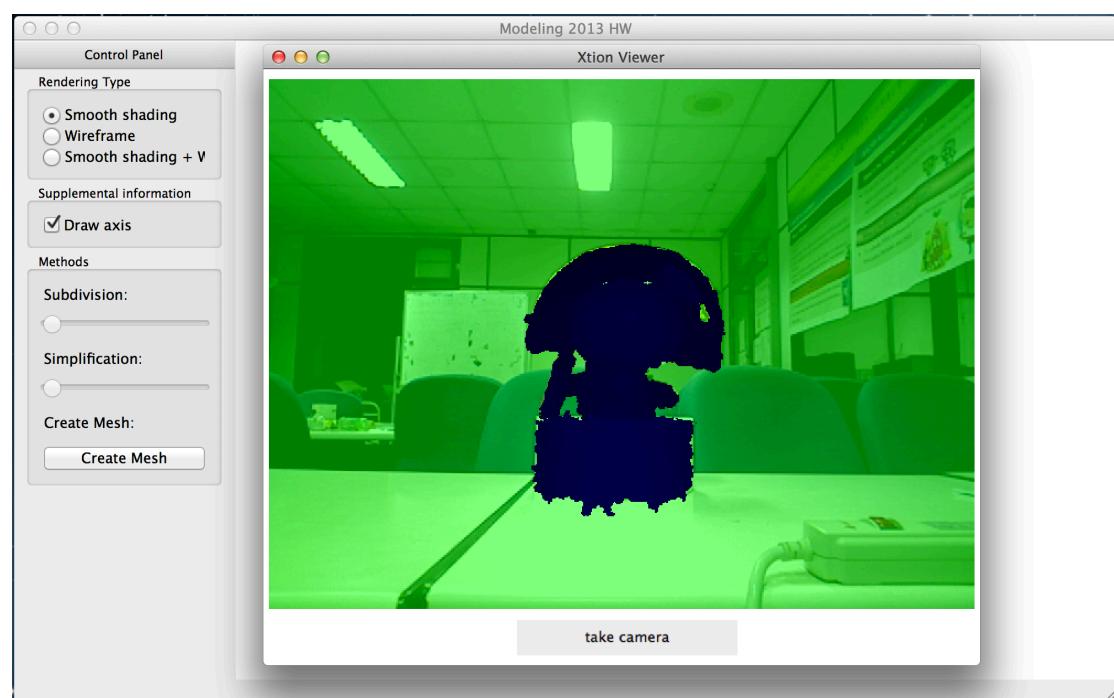
4. Results

以下將模擬使用者操作系統的過程進行簡易 demo：

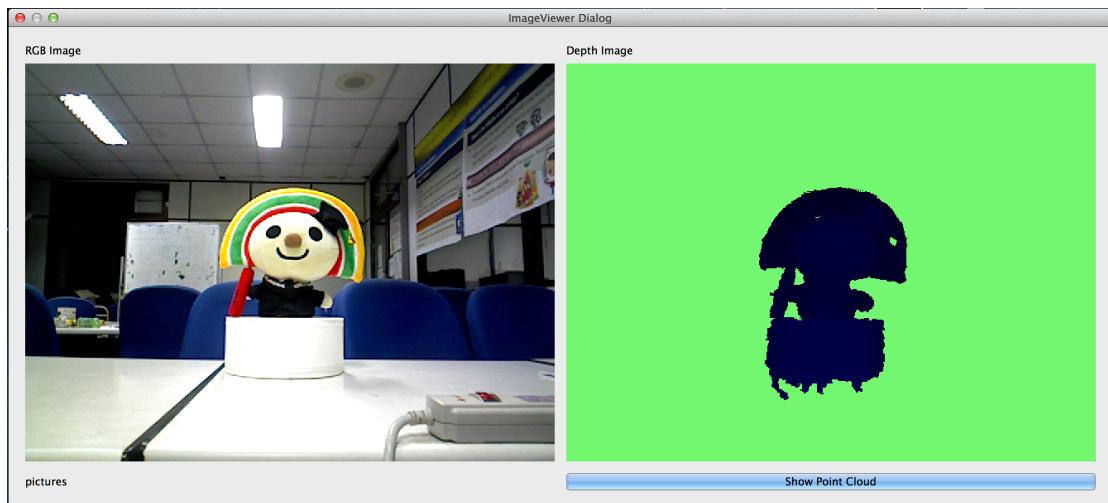
下圖為使用者要偵測的目標物



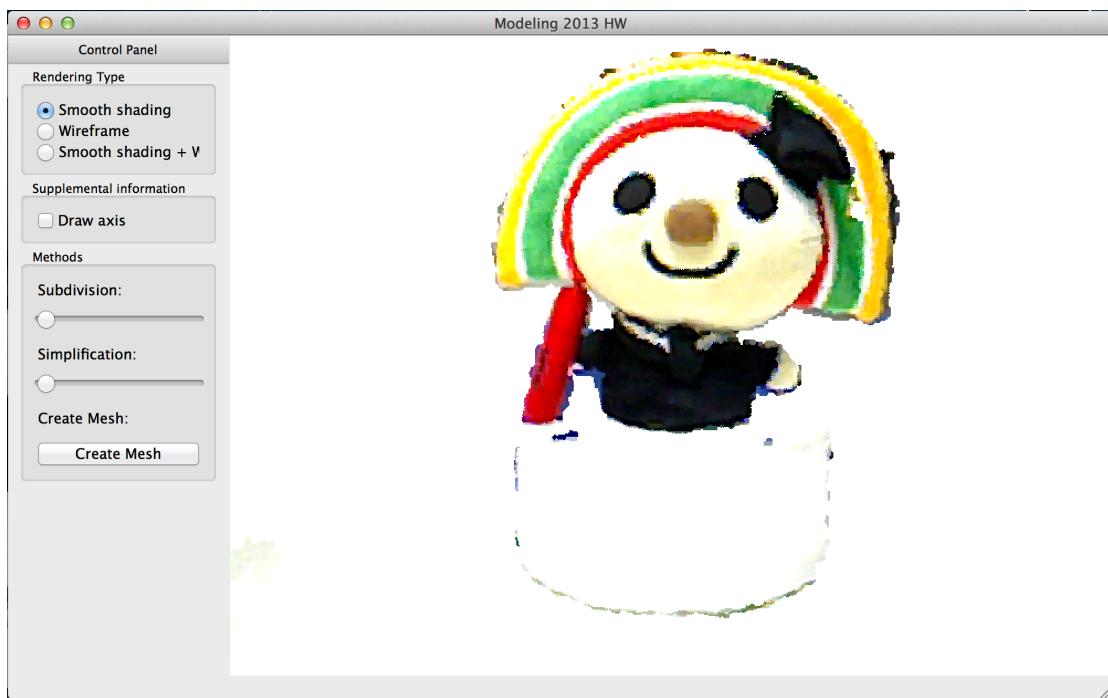
使用者開啟拍攝視窗進行目標物之瞄準與拍攝，從圖中可以看到落於目標範圍內之物體會呈現藍色。



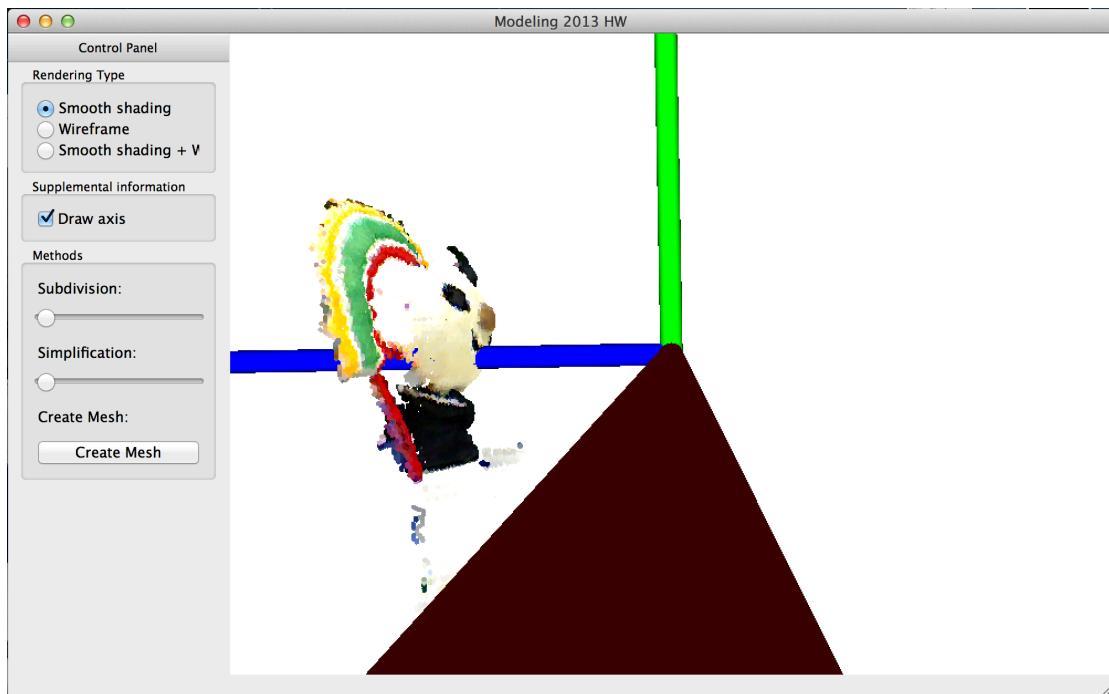
下圖為深度照相機所擷取到的 RGB Image 及 Depth Image，使用者在拍攝完後，系統會顯示如下的視窗，讓使用者觀看所擷取之影像是否正確



將每個 pixel 的顏色及深度值利用 OpenGL 畫在 3D 空間中，得到目標物所轉換成的 point cloud。



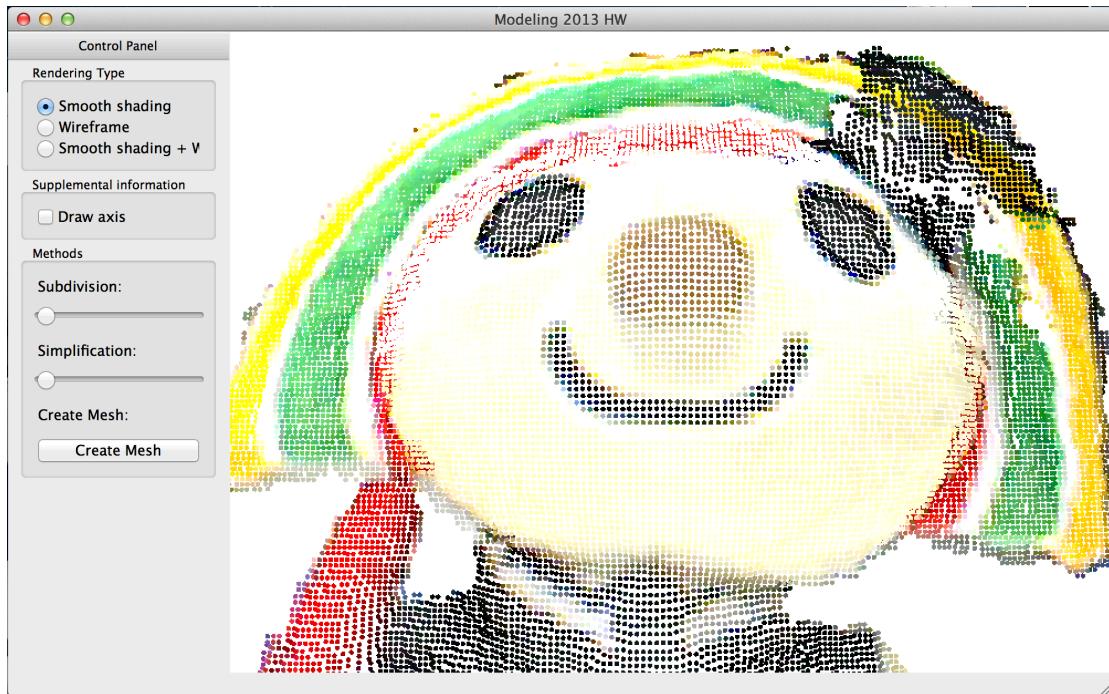
下圖呈現不同角度之下 point cloud 在 3D 空間中的比例大小關係，其中圖下方紅色圓柱為 X 軸，綠色圓柱為 Y 軸，藍色圓柱為 Z 軸



下圖呈現該 point cloud 從背面觀看的比例大小關係



將視角拉近後可以看見 point cloud 確實由密密麻麻的點所構成



5. Conclusion

我們的系統可以藉由深度攝影機的運用，得到目標物之 point cloud，而在工具方面，我們也比較了兩台不同的深度照相機其解析度的差異與實作的難易度，而在方法上，我們也實作了兩個不同概念為出發點的演算法來進行比較。

6. Future Work

目前實作部分是只能進行單張影像的 point cloud 生成，未來希望能利用 Point Cloud Library(PCL)內建的 point cloud registration function，將多張影像所獲得的 point cloud 互相做三維空間中的 registration，如此可得到在每一個視角下皆較為完整的 point cloud。而在生成 3D mesh 的部份，則是繼續把利用削減概念生成 3D model 的演算法 - Visual Hull 的實作部分完成，我們將會以輸入的視角作為 visual hull 的切割方向，每拍一張照片就可以輸入一個視角，對預設的 template model 進行切割，而拍攝越多張不同視角的照片，最後所得到的 3D model 也會更加精確。

7. Reference

- (1) Alec Rivers, Takeo Igarashi, Fredo Durand. (2010). 3D Modeling with Silhouettes. SIGGRAPH 2010.
- (2) Alec Rivers, Fredo Durand, Takeo Igarashi. (2010). 2.5D Cartoon Models. SIGGRAPH 2010.
- (3) Anton van den Hengel, Anthony Dick, Thorsten Thormahlen, Ben Ward, Philip H. S. Torr. (2007). VideoTrace: Rapid interactive scene modelling from video. SIGGRAPH 2007.
- (4) Brian Curless, Marc Levoy. (1996). A Volumetric Method for Building Complex Models from Range Images. SIGGRAPH 1996.
- (5) David Gallup, Jan-Michael Frahm, Philippos Mordohai, Qingxiong Yang, Marc Pollefeys. (2007). Real-Time Plane-Sweeping Stereo with Multiple Sweeping Directions. CVPR 2007.
- (6) Kai Xu, Hanlin Zheng, Hao Zhang, Daniel Cohen-Or, Ligang Liu, Yueshan Xiong. (2011). Photo-Inspired Model-Driven 3D Object Modeling. SIGGRAPH 2011.
- (7) Mukta Prasad, Andrew Zisserman, Andrew W. Fitzgibbon. (2005). Fast and Controllable 3D Modelling from Silhouettes. Eurographics 2005.
- (8) Noah Snavely, Steven M. Seitz, Richard Szeliski. (2006). Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D. SIGGRAPH 2006.
- (9) Paul E. Debevec, Camillo J. Taylor, Jitendra Malik. (1996). Modeling and Rendering Architecture from Photographs: Ahybrid geometry- and image-based approach. SIGGRAPH 1996.
- (10) Steven M. Seitz, Charles R. Dyer. (1997). Photorealistic Scene Reconstruction by Voxel Coloring. CVPR 1997.
- (11) Wojciech Matusik, Chris Buehler, Ramesh Raskar, Steven J. Gortler, Leonard McMillan. (2010). Image-Based Visual Hulls. SIGGRAPH 2000.
- (12) Yotam Gingold, Takeo Igarashi, Denis Zorin. (2009). Structured Annotations for 2D-to-3D Modeling. TOG.
- (13) Michael Kazhdan, Matthew Bolitho, Hugues Hoppe. (2006).

Poisson Surface Reconstruction. Eurographics 2006.