

Fotografía y modelamiento geométrico para impresoras 3D

Motivación

La impresión 3D se ha vuelto popular a partir de la existencia de múltiples impresoras 3D de bajo costo en el mercado, así como proyectos open-source que permiten que los hobbyistas construyan sus propias impresoras. El objetivo de este curso es proveer los elementos teóricos, formales y constructivos para poder obtener modelos geométricos adecuados para estas impresoras.

Se introduce la matemática subyacente a la triangulación en los modelos geométricos, utilizando la intersección de representaciones implícitas y paramétricas de líneas y planos en 3D. El caso particular de la triangulación rayo-plano se ilustra utilizando elementos sencillos como una cámara fotográfica y un puntero laser. Se detallan los aspectos de calibración de la cámara para generar mediciones geométricas cuantitativas. Se detallan los aspectos de las transformaciones 3D rígidas a partir de estos ejemplos.

Luego se aborda la problemática más compleja del escaneo 3D a partir de sistemas clásicos de representación de nubes de puntos. Se detallan los temas relevantes incluyendo representación de superficies, geometrías asociadas, estructuras de datos y formatos de archivo, mallas poligonales, decimación, suavizado, y llenado de grietas. Se finaliza describiendo el funcionamiento de los escaners 3D más populares en el mercado.

Programa sintético:

1 Introducción

Se presenta la motivación, los temas y objetivos del curso. Se muestran las tecnologías existentes para propósitos comerciales y académicos. Se presentan los fundamentos geométricos y los conceptos de triangulación rayo-plano y rayo-rayo. Se ilustra finalmente el workflow asociado a un scanner 3D.

2 La matemática de la triangulación 3D

Se introducen los conceptos fundamentales de la triangulación en 3D. Se presentan a los dispositivos usuales (cámaras y proyectores) como instrumentos que permiten medir cantidades geométricas (puntos, líneas y planos), así como los detalles de calibración necesarios para ello. Se profundizan los conceptos de representaciones paramétricas e implícitas de líneas y planos en 3D.

3 Escaneo 3D

Se presenta un dispositivo básico de escaneo 3D basado en una cámara y un punter laser. Se discuten las ventajas y limitaciones. Se presentan los detalles matemáticos y de software requeridos para calibrar la cámara y la iluminación, incluyendo la calibración intrínseca y extrínseca por medio de sistemas de coordenadas específicos y sus transformaciones.

4 Point Clouds (nubes de puntos)

Las nubes de puntos constituyen actualmente uno de los conjuntos de datos más utilizados, para lo cual se requieren estructuras, algoritmos, y formatos específicos. Se discuten las ideas más difundidas, así como métodos para la visualización y reconstrucción.

5 Iluminación estructurada

Se presenta la iluminación estructurada como método más sencillo para sobreponerse a las limitaciones del escáner desarrollado más arriba. Se muestran algunas ideas de patrones de iluminación que minimizan el tiempo de adquisición. Se describe cómo calibrar un proyector a partir de un modelo “inverso” de cámara y otras técnicas similares.

6 Combinación de Cloud Points de vistas múltiples

La fusión de nubes de puntos provenientes de diferentes vistas es también una técnica que permite reconstrucciones rápidas y precisas. Se presentan algunos de los algoritmos más utilizados, supervisados y semi-supervisados, para el alineamiento de múltiples nubes de puntos.

7 Reconstrucción de superficies a partir de Point Clouds

Se describen los métodos usuales y el software existente para extraer mallas polinomiales a partir de fusión de Cloud Points, así como las estructuras de datos y algoritmos involucrados.

Bibliografía

Bradley Atcheson , Ivo Ihrke , Wolfgang Heidrich , Art Tevs , Derek Bradley , Marcus Magnor , Hans-Peter Seidel, Time-resolved 3d capture of non-stationary gas flows, ACM Transactions on Graphics (TOG), v.27 n.5, December 2008 [doi>10.1145/1409060.1409085]

F. Bernardini , H. Rushmeier , I. M. Martin , J. Mittleman , G. Taubin, Building a digital model of Michelangelo's Florentine Pieta, IEEE Computer Graphics and Applications, v.22 n.1, p.59-67, January 2002 [doi>10.1109/38.974519]

Joel Carranza , Christian Theobalt , Marcus A. Magnor , Hans-Peter Seidel, Free-viewpoint video of human actors, ACM Transactions on Graphics (TOG), v.22 n.3, July 2003 [doi>10.1145/882262.882309]

Edilson de Aguiar , Carsten Stoll , Christian Theobalt , Naveed Ahmed , Hans-Peter Seidel , Sebastian Thrun, Performance capture from sparse multi-view video, ACM SIGGRAPH 2008 papers, August 11-15, 2008, Los Angeles, California [doi>10.1145/1399504.1360697]

Epstein E., Granger-Piché M., Poulin P.: Exploiting mirrors in interactive reconstruction with structured light. In Vision, Modeling, and Visualization 2004 (2004), pp. 125--132. 77

Keith Forbes , Fred Nicolls , Gerhard de Jager , Anthon Voigt, Shape-from-Silhouette with two mirrors and an uncalibrated camera, Proceedings of the 9th European conference on Computer Vision, May 07-13, 2006, Graz, Austria [doi>10.1007/11744047_13]

Hsu S., Acharya S., Rafii A., New R.: Performance of a time-of-flight range camera for intelligent vehicle safety applications. Advanced Microsystems for Automotive Applications (2006).

Matthias B. Hullin , Martin Fuchs , Ivo Ihrke , Hans-Peter Seidel , Hendrik P. A. Lensch, Fluorescent immersion range scanning, ACM Transactions on Graphics (TOG), v.27 n.3, August 2008 [doi>10.1145/1360612.1360686]

Hernández C., Vogiatzis G., Brostow G. J., Stenger B., Cipolla R.: Non-rigid photometric stereo with colored lights. In Proc. of the 11th IEEE Intl. Conf. on Comp. Vision (ICCV) (2007).

Douglas Lanman , Daniel Crispell , Gabriel Taubin, Surround Structured Lighting for Full Object Scanning, Proceedings of the Sixth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, p.107-116, August 21-23, 2007 [doi>10.1109/3DIM.2007.57]

Anat Levin , Rob Fergus , Frédo Durand , William T. Freeman, Image and depth from a conventional camera with a coded aperture, ACM Transactions on Graphics (TOG), v.26 n.3, July 2007 [doi>10.1145/1276377.1276464]

Douglas Lanman , Ramesh Raskar , Amit Agrawal , Gabriel Taubin, Shield fields: modeling and capturing 3D occluders, ACM Transactions on Graphics (TOG), v.27 n.5, December 2008 [doi>10.1145/1409060.1409084]

Douglas Lanman , Gabriel Taubin, Build your own 3D scanner: optical triangulation for beginners, ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Courses, p.1-94, December 16-19, 2009, Yokohama, Japan [doi>10.1145/1665817.1665819]

Leotta M. J., Vandergon A., Taubin G.: 3d slit scanning with planar constraints. Computer Graphics Forum 27, 8 (Dec. 2008), 2066--2080.

Ma Y., Soatto S., Kosecka J., Sastry S. S.: An Invitation to 3-D Vision. Springer, 2005.

Ng R., Levoy M., Bredif M., Duval G., Horowitz M., Hanrahan P.: Light field photography with a hand-held plenoptic camera. Tech Report, Stanford University (2005).

Narasimhan S. G., Nayar S.: Structured light methods for underwater imaging: light stripe scanning and photometric stereo. In Proceedings of 2005 MTS/IEEE OCEANS (September 2005), vol. 3, pp. 2610--2617. 78

Narasimhan S. G., Nayar S. K., Sun B., Koppal S. J.: Structured light in scattering media. In SIGGRAPH Asia '08: ACM SIGGRAPH Asia 2008 courses (2008), pp. 1--8.

Kevin G. Suffern , Ronald J. Balsys, Rendering the Intersections of Implicit Surfaces, IEEE Computer Graphics and Applications, v.23 n.5, p.70-77, September 2003 [doi>10.1109/MCG.2003.1231180]

Steven M. Seitz , Brian Curless , James Diebel , Daniel Scharstein , Richard Szeliski, A Comparison and Evaluation of Multi-View Stereo Reconstruction Algorithms, Proceedings of the 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, p.519-528, June 17-22, 2006 [doi>10.1109/CVPR.2006.19]

Tomás Svoboda , Daniel Martinec , Tomás Pajdla, A convenient multicamera self-calibration for virtual environments, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, v.14 n.4, p.407-422, August 2005 [doi>10.1162/105474605774785325]

Peter G. Sibley , Gabriel Taubin, Vectorfield isosurface-based reconstruction from oriented points, ACM SIGGRAPH 2005 Sketches, July 31-August 04, 2005, Los Angeles, California [doi>10.1145/1187112.1187146]

Borislav Trifonov , Derek Bradley , Wolfgang Heidrich, Tomographic reconstruction of transparent objects, ACM SIGGRAPH 2006 Sketches, July 30-August 03, 2006, Boston, Massachusetts [doi>10.1145/1179849.1179918]

Vaibhav Vaish , Marc Levoy , Richard Szeliski , C. L. Zitnick , Sing Bing Kang, Reconstructing Occluded Surfaces Using Synthetic Apertures: Stereo, Focus and Robust Measures, Proceedings of the 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, p.2331-2338, June 17-22, 2006 [doi>10.1109/CVPR.2006.244]

Ashok Veeraraghavan , Ramesh Raskar , Amit Agrawal , Ankit Mohan , Jack Tumblin, Dappled photography: mask enhanced cameras for heterodyned light fields and coded aperture refocusing, ACM Transactions on Graphics (TOG), v.26 n.3, July 2007 [doi>10.1145/1276377.1276463]

Bennett Wilburn , Neel Joshi , Vaibhav Vaish , Eino-Ville Talvala , Emilio Antunez , Adam Barth , Andrew Adams , Mark Horowitz , Marc Levoy, High performance imaging using large camera arrays, ACM Transactions on Graphics (TOG), v.24 n.3, July 2005 [doi>10.1145/1073204.1073259]