

行進立方演算法在逆向工程上的應用研究

張儒鍾、劉大銘

E-mail: 9707299@mail.dyu.edu.tw

摘要

電腦科技的快速發展，醫療儀器相關的掃描設備性能與準確性亦相對的提升，所獲得龐大實體數據的處理或視覺化技術需求亦獲得重視。行進立方演算法(簡稱 MC)是實體數據視覺化的常用方法。演算法為擷取3D實體數據等值曲面之間接式實體呈像法，因是查表導向的方式進行，所以能快速建構多邊形輪廓。本研究著重在利用MC演算法處理CT與MRI醫學影像，及其在產品設計上的應用探討。首先由此產生均勻的方格(cell or Cube)，接著擷取等值曲面，繪出三角網格並以OpenGL視覺化，最後使用逆向軟體進行平滑化和實體模建構。此外，在產品設計的應用則以盒狀體為例，依據MC演算法輸出的點資料來進行曲面重建與實體模型的建構。

關鍵詞：逆向工程;行進立方;視覺化;實體呈像

目錄

博碩士論文暨電子檔案上網授權書.....	iii	中文摘要.....	iv
Abstract.....	v	誌謝.....	vi
目錄.....	x	表目錄.....	xiv
第一章 緒論.....	1	1.1 基本概念.....	1
1.1.1 研究動機與目的.....	2	1.2 論文架構.....	4
第二章 文獻回顧.....	5	2.1 點資料介紹.....	5
2.1.1 點資料介紹.....	5	2.2 曲線與曲面的建構.....	6
2.2.1 點資料介紹.....	5	2.2.2 曲線與曲面的建構.....	6
第三章 曲面重建的介紹.....	11	3.1 傳統掃描儀器簡介.....	11
3.1.1 三次元量測儀.....	12	3.1.2 接觸式量測的優點與缺點：.....	13
3.1.2 接觸式量測的優點與缺點：.....	13	3.1.3 非接觸式量測的優缺點：.....	14
3.1.3 非接觸式量測的優缺點：.....	14	3.2 醫學影像掃描設備.....	15
3.2 醫學影像掃描設備.....	15	3.2.1 電腦斷層掃描.....	15
3.2.1 電腦斷層掃描.....	15	3.2.2 核磁共振造影.....	15
3.2.2 核磁共振造影.....	15	3.2.3 正子放射斷層掃描.....	16
3.2.3 正子放射斷層掃描.....	16	3.3 曲面重建的方法.....	16
3.3 曲面重建的方法.....	16	3.3.1 傳統掃描儀器簡介.....	11
3.3.1 傳統掃描儀器簡介.....	11	3.3.2 接觸式量測的優點與缺點：.....	13
3.3.2 接觸式量測的優點與缺點：.....	13	3.3.3 非接觸式量測的優缺點：.....	14
3.3.3 非接觸式量測的優缺點：.....	14	第四章 科學影像簡介.....	18
第四章 科學影像簡介.....	18	4.1 何謂像素(Pixel)與體像素(Voxel).....	19
4.1 何謂像素(Pixel)與體像素(Voxel).....	19	4.2 實體資料(Volume Data).....	21
4.2 實體資料(Volume Data).....	21	4.2.1 規則實體資料在三維空間中的定義.....	22
4.2.1 規則實體資料在三維空間中的定義.....	22	4.2.2 實體資料的取得.....	23
4.2.2 實體資料的取得.....	23	4.3 實體資料的呈像(Volume Rendering).....	24
4.3 實體資料的呈像(Volume Rendering).....	24	4.3.1 實體資料呈像方法的分類.....	25
4.3.1 實體資料呈像方法的分類.....	25	4.4 表面重建的方法比較.....	26
4.4 表面重建的方法比較.....	26	4.5 等值曲面的擷取(Iso-Surface Extraction).....	26
4.5 等值曲面的擷取(Iso-Surface Extraction).....	26	第五章 Marching Cube演算法.....	28
第五章 Marching Cube演算法.....	28	5.1 Marching squares 演算法簡介.....	28
5.1 Marching squares 演算法簡介.....	28	5.2 Marching Cube 演算法介紹.....	31
5.2 Marching Cube 演算法介紹.....	31	5.2.1 單元格子.....	31
5.2.1 單元格子.....	31	5.2.2 索引的建立與邊的架構.....	34
5.2.2 索引的建立與邊的架構.....	34	5.2.3 三角平面網格頂點的插值.....	36
5.2.3 三角平面網格頂點的插值.....	36	5.2.4 計算三角型頂點的法向量.....	36
5.2.4 計算三角型頂點的法向量.....	36	5.3 針對二義性的問題討論.....	37
5.3 針對二義性的問題討論.....	37	5.4 Marching Tetrahedrons.....	40
5.4 Marching Tetrahedrons.....	40	5.5 Marching Tetrahedron演算法.....	42
5.5 Marching Tetrahedron演算法.....	42	第六章 Marching Cube 相關演算法開發.....	46
第六章 Marching Cube 相關演算法開發.....	46	6.1 程式開發設備及軟體介紹.....	47
6.1 程式開發設備及軟體介紹.....	47	6.2 程式操作.....	52
6.2 程式操作.....	52	6.3 Marching Cube實例操作.....	54
6.3 Marching Cube實例操作.....	54	6.4 MC 與MT法與逆向工程的結合.....	61
6.4 MC 與MT法與逆向工程的結合.....	61	6.4.1 曲面重建.....	63
6.4.1 曲面重建.....	63	6.4.2 方法二:以圖片製作產品.....	72
6.4.2 方法二:以圖片製作產品.....	72	第七章 結論.....	76
第七章 結論.....	76	7.1 結語.....	76
7.1 結語.....	76	7.2 未來展望.....	77
7.2 未來展望.....	77	參考文獻.....	78
參考文獻.....	78	附錄.....	81
附錄.....	81	附件1 CubeEdgeFlags.....	82
附件1 CubeEdgeFlags.....	82	附件2 TriangleConnectionTable.....	83
附件2 TriangleConnectionTable.....	83	附件3 TetrahedronEdgeFlags.....	94
附件3 TetrahedronEdgeFlags.....	94	附件4 TetrahedronTriangles.....	94

參考文獻

- [1] 田捷、趙明昌、何暉光(民國93)，集成化醫學影像算法平台，清華大學出版社，中國。
- [2] 洪將涵(民94)，針對資料視覺話所設計之簡單及快速的種子集建構系統，國立台灣科技大學資管理系碩士論文。
- [3] 陳文賢(民國95)，逆向工程軟體Imageware使用手冊，全華圖書，台北。
- [4] 蔡啟榮(民96)，3D物件掃描點群資料之實體建構研究，私立大葉大學機械工程學系碩士論文。
- [5] 楊文灝，曾俊霖，李白峰，鍾斌賢(民國93)，一個針對減少3D研究，親民技術學院學報，Vol.9, page: 7-13。
- [6] 劉景隆(民92)，斷層影像之B-Spline參數曲線與曲面重建研究，國立中央大學機械工程研究所碩士論文。
- [7] Auckland MRI Research Group, <http://atlas.scmr.org/> [8] Bloomenthal J. (1988) Polygonisation of implicit surfaces computer-aided

geometric Design, 5(4) 341-355.

- [9] Bourke P.(1999)Polygonising a scalar field, <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/geometry/polygonise/> [10] Beatson R. K., Cherrie J. B. and C. T. Mouat(1999)Fast Fitting of Radial Basis Functions: Methods Based on Preconditioned GMRES Iteration, *Advances in Computational Mathematics*, VOL, 11, pp, 253-270.
- [11] Boissonnat J.D , Sharir M. , Tagansky B. and M. Yvinec (1995) Voronoi diagrams in higher dimensions under certain polyhedral distance Functions ,Proceedings ofthe eleventh annual ACM symposium on Computational geometry Vancouver Canada , pages 79-88 .
- [12] Chivate P. N. and A. G. Jablolkow (1995) Review of surface Representations and Fitting for Reverse Engineering, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol, 8, No. 3, pp, 193-204.
- [13] Carr J. C. ,Beatson R. K., J. B. Cherrie ,Mitchell T. J. ,Fright W. R. , Mccallum B. C. and T. R. Evans (2001) Reconstruction and Representation of 3D Objects with Radial Basis Functions, *Proceedings of the Association of Computing Machinery SIGGRAPH conference*, pp, 12 - 17.
- [14] Floater M. S. (2000) Meshless parameterization and B-spline surface approximation ,*The Mathematics of Surfaces*, pp, 1-18.
- [15] Lorensen W. E. and H. E. Cline (1987) Marching cubes: a high- resolution 3D surface construction algorithm, *Comput Graph* 198721,163-9.
- [16] Levin D. (1998) The approximation power of moving least- squares, *Mathematics of Computation*, 67(224), 1517-1531.
- [17] Montani C., Scateni R. and R.Scopigno(1994)Discretized marching cube, *IEEE Computer Society Press*, Los Alamitos, CA,USA, 281-287.
- [18] Newman T. S. (2006) A survey of the marching cubes algorithm, *Computers & Graphics* 30,854-879.
- [19] Paul M.(2006), <http://easybmp.sourceforge.net> [20] Rajon D. A. and W. E. Bolch (2003) Marching cube algorithm : review and trilinear interpolation adaptation for image - based dosimetric models, *Computerized Medical Imaging and Graphics* 27, 411-435.
- [21] Sapiro G. (2004) Comparing Point Clouds ,IN: *Eurographics Symposium on Geometry Processing* ,R. Scopigno, D. Zorin, (Editors), University of Minnesota.
- [22] Schaefer S. and J. Warren(2004)Dual Marching Cubes: primal contouring of dual grids ,*Rice University,Houston, TX 77005*.
- [23] Sarker B. and Menq C.H. (1991)Parameter optimiazation in approximating curvesand surfaces to measurement data, *computer Aided Geomatic Desing* 8.
- [24] Turk, G. and J. F. O ' Brien (1999) Shape Transformation Using Variational Implicit Functions, *The Proceedings of the ACM SIGGRAPH 1999*, Los Angeles, California, August 8-13, 335-342.
- [25] Treece G., Prager R. and A. Gee (1999) Regularised marching tetrahedra:improved iso-surface extraction, *Comput Graph*23, 583-98.
- [26] Wyvill G., McPheeters C. and B. Wyvill (1986) Data structures for soft Objects, *Visual Computer*, 2(4), 227 34.
- [27] Wilhelms J. and A. Van Gelder (1990) Topological considerations in isosurface generation extended abstract, *Computers Graphics*, 24(5),79-86.
- [28] Wilhelms J. and A. Van Gelder (1992) Octrees for faster isosurface Generation, In:*ACM Transactions on Graphics*, 11 (3), 201 27.
- [29] Xiaodong,T. and W.Hui and Z.Xionghui and R.Xueyu(2002) Object modeling of multiple views using dual quaternion in reverse engineering, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol.20, pp, 495-502.
- [30] Y.H.Chen, C.T.NG and Y.Z. WANG (1999) Data reduction in integrated reverse engineering and rapid prototyping, *INT. J COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING*, VOL, 12, NO, 2,97-103.