

# Development of Cutting Simulation System for Turn/Mill Machine Tool

鄭宇佑、余振華；林志哲

E-mail: 9707915@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

The development of machine tool has gradually transferred from five-axis to turn/mill machining. The purpose of this research is to develop a simulation system for turn/mill machine tool, including NC code decoding, machine tool 's motion and cutting simulation function. Furthermore, a machine tool with non-orthogonal configuration is used as an implementation example. Machine tool and tool file format created by commercial software VERICUT can be analyzed by the developed interface written in Borland C++ Builder, and displayed in 3D model with OpenGL graphics library. The user can input the NC code to perform realistic 3D simulation of entire machine. The interpolation principle is employed to calculate the motion amount for each step during machine motion. In addition, the algorithm of solid cutting simulation is first determined by judging the collision of triangular mesh and finding the removed and retained faces. Then the hole can be rebuilt by the removed mesh. Finally, the retained and rebuilt faces are saved to create the machined model in STL format. Through the implementation example, it demonstrated that the proposed algorithm can be practically used to simulate turn/mill machining.

Keywords : turn/mill ; cutting simulation ; STL

## Table of Contents

第一章 緒論	1
1.1 研究動機與目的	1
1.2 相關文獻	2
1.2.1 虛擬工具機	2
1.2.2 實體切削	3
1.2.3 包覆球	3
1.3 論文架構	4
第二章 相關技術	5
2.1 OpenGL介紹	5
2.1.1 OpenGL繪圖函式庫	6
2.1.2 OpenGL常用函式	7
2.2 STL格式介紹	10
2.3 VERICUT介紹	14
2.4 工具機座標系統介紹	16
2.4.1 座標系定義	16
2.4.2 座標轉換矩陣	17
第三章 程式相關技術	21
3.1 車床模擬方法	21
3.2 銑床模擬方法	23
3.2.1 網格保留面	23
3.2.2 三角網格碰撞判斷	25
3.2.3 三角網格交點計算	28
3.2.4 網格重建	32
3.3 工具機運動	37
3.4 座標系統轉換矩陣	44
第四章 結果與討論	53
4.1 程式介紹	53
4.2 模擬資料	56
4.3 模擬驗證	62
第五章 結論與展望	71
5.1 結論	71
5.2 未來展望	72
參考文獻	73

## REFERENCES

- [1]林晉偉, “使用OpenGL製作虛擬三軸銑床於輔助教學應用之研究”, 碩士論文, 國立高雄應用科技大學模具工程研究所, 2006年。
- [2]黃弘欽, “五軸虛擬工具機系統之技術研究”, 碩士論文, 國立中正大學機械工程學系, 2007年。
- [3]林彥宏, “五軸虛擬工具機模擬系統一般化建構之研究”, 碩士論文, 國立成功大學機械工程學系, 2004年。
- [4]吳錫章, “非正交型車銑複合虛擬工具機運動模擬系統之發展”, 碩士論文, 國立成功大學機械工程學系, 2007年。
- [5]徐鵬盛, “虛擬實境之多軸工具機運動研究”, 碩士論文, 國立成功大學機械工程學系, 2000年。
- [6]徐銘佑, “車床NC加工碼實體化之模擬系統”, 碩士論文, 國立中興大學機械工程學系, 2006年。
- [7]Peng Wu, Hiromasa, Joe Kuragano, Kiwamu Kase, “Three-axis NC Cutter Path Generation for Subdivision Surface”, Geometric Modeling and Processing ,pp. 349-354,2004.
- [8]Jang, D., Kim, K. and Jung, J., “Voxel-Based Virtual Multi-Axis Machining”, Int J Adv Manuf Technol, Vol.16,pp. 709-713, 2000.
- [9]Ugur A. Sungurtekin and Hervert B. Voelcker, “Graphical simulation& automatic verification of NC machining programs”, Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, Vol. 3,pp. 156-165,1986.
- [10]張亮傑, “應用掃掠曲面與STL網格干涉模擬五軸切削”, 碩士論文, 國立中正大學機械工程學系, 2006年。
- [11]劉原呈, “三軸CGT工具機之碰撞偵測”, 碩士論文, 國立中正大學機械系, 2005年。
- [12]C.Mendoza, C.O'Sullivan “Interruptible collision detection for deformable objects” Computers & Graphics Vol.30, pp.432-438, 2006.
- [13]OpenGL, <http://www.opengl.org/>。
- [14]STL, <http://www.3dsystems.com/>。
- [15]VERICUT, <http://www.cgtech.com/>。
- [16]賴後權, “基因演算法於快速成形中網格最佳化與線上影像監視之研究”, 碩士論文, 大葉大學自動化工程學系, 2003年。
- [17]吳文義, “鞋楦曲面加工系統之研究”, 碩士論文, 大葉大學機械工程研究所, 2007年。
- [18]余振華, “空間凸輪五軸加工數值控制程式設計系統之研究”, 博士論文, 國立成功大學機械工程學系, 1997年。
- [19]R.P. Paul, “Robot Manipulators: Mathematics, Programming and Control”, MIT press, Cambridge, MA, 1981.

- [20]巫維標等著，“數控工具機”，文京圖書有限公司，1994年。
- [21]張笑航、鄭耀昌著，“數值控制工具機與實習”，文京圖書有限公司，1998年。
- [22]黃俊豪，“車銑複合特徵辨識與加工系統開發”，碩士論文，大葉大學機械工程研究所碩士班，2008年。
- [23]陳錦輝，“C語言初學指引”，金禾資訊 [24]日向俊二著/曹晉穎，陳藁藁譯，“C/C++辭典”，博碩文化股份有限公司，2001年。
- [25]余明興，吳明哲，“Borland C++ Builder 學習範本”，松崗電腦圖書資料，2000年。
- [26]侯捷/孟岩譯，“C++標準函式庫”，碁峰資訊股份有限公司，2002年。
- [27]蔡孟凱，雷穎傑，黃昭維，陳錦輝，陳正凱，“C++ Builder 6 完全攻略”，金禾資訊，2003年。
- [28]大新資訊譯，“OpenGL超級手冊 第二版 OpenGL SuperBible Second Edition”，基?資訊股份有限公司，2000年。
- [29]冬陽，“3D遊戲程式設計/基礎篇”，宸宇出版社，2003年。
- [30]Mary Treseler等，“OpenGL Programming Guide ( RedBook ) ”，1997年。
- [31]余金珠，“五軸CGT工具機系統之虛擬技術研究”，碩士論文，國立中正大學機械工程學系，2006年。