

HEXAPOD 並聯式平台之動態分析與控制

鄧琪曄、陳俊達

E-mail: 9224499@mail.dyu.edu.tw

摘要

目前機械手臂形式大多是串聯式開放機構，雖然具有靈活之工作特性與較大工作空間的優點，但卻有下列主要缺點：(1)因為是懸臂梁的結構，所以靜剛性較差。(2)因為是串聯式結構，後級驅動軸將是前級驅動軸的負載，因此結構負載加重，使得轉動慣量較高，且誤差會累積在末端。(3)慣性質量及轉動慣量較高，因此在相同的驅動力下，產生的加速度較差。所以本實驗室提出以Stewart 並聯式機構為基礎，建立 HEXAPOD 並聯式平台，來克服串聯式開放機械的缺點。因此本文的目的針對所設計的HEXAPOD 並聯式平台，利用絕對座標系統之拉葛蘭達法來推導運動方程式，進行動態分析。最後以PD 控制法則，控制該HEXAPOD 並聯式平台能依循我們所規劃的軌跡運動。

關鍵詞：Stewart、並聯式機構、HEXAPOD、並聯式平台、PD 控制法則

目錄

| | | | |
|--|-----|--|----|
| 目錄 封面內頁 簽名頁 授權書..... | iii | 中文摘要..... | |
|v 英文摘要..... | |vi 誌謝..... | |
|vii 目錄..... | |viii 圖目錄..... | |
|xi 表目錄..... | |xiii 符號說明..... | |
|xiv 第一章 緒論..... | 1 | 1.1 並聯式運動平台簡介..... | 1 |
|1 1.2 文獻回顧..... | 5 | 1.3 研究動機與目的..... | 7 |
|7 第二章 HEXAPOD 並聯式平台之設計..... | 8 | 2.1 HEXAPOD 並聯式平台之外觀..... | 8 |
|8 第三章 HEXAPOD 並聯式平台之動態方程式..... | 11 | 3.1 座標系統定義..... | 11 |
|11 3.2 座標轉換..... | 12 | 3.3 位置向量..... | 12 |
|13 3.4 動能及位能..... | 14 | 3.4.1 動能..... | 14 |
|14 3.4.2 位能..... | 16 | 3.5 拘束方程式..... | 17 |
|17 3.6 虛功原理..... | 18 | 3.6.1 馬達所做的虛功..... | 19 |
|19 3.6.2 拘束力所做的虛功..... | 19 | 3.7 HEXAPOD 並聯式平台之運動方程式..... | 21 |
|19 3.8 真座標之運動方程式..... | 24 | 3.8.1 速度轉換矩陣..... | 26 |
|24 3.8.2 真座標之運動方程式..... | 27 | 3.9 討論..... | 27 |
|27 第四章 模擬分析..... | 28 | 4.1 模擬結果..... | 30 |
|28 4.1 模擬結果..... | 30 | 4.1.1 例子一,..... | 31 |
|31 4.1.2 例子二,..... | 34 | 4.1.3 例子三,..... | 37 |
|34 4.1.3 例子三,..... | 37 | 4.1.4 例子四,..... | 40 |
|37 4.1.4 例子四,..... | 40 | 4.2 討論..... | 43 |
|43 第五章 控制器的設計..... | 44 | 5.1 PD 控制器..... | 44 |
|44 5.2 控制器的設計..... | 45 | 5.3 討論..... | 46 |
|46 第六章 結論與未來研究方向..... | 47 | 6.1 結論..... | 47 |
|47 6.2 未來研究方向..... | 47 | 參考文獻..... | 48 |
|48 附錄..... | 51 | 圖目錄..... | 51 |
|51 圖目錄..... | 51 | 圖1.1 典型的6-6 Stewart platform..... | 51 |
|51 圖1.2 串聯機構示意圖..... | 53 | 圖1.3 並聯機構示意圖..... | 53 |
|53 圖1.4 Ingersoll 公司所生產之並聯式工具機, 型號HOH600..... | 54 | 圖1.5 Toyoda 公司所生產之並聯式工具機, 型號HexaM..... | 55 |
|55 圖2.1 HEXAPOD 工作平台之設計..... | 8 | 圖2.2 伺服馬達與Z軸滑台..... | 9 |
|8 圖2.3 活動平台及球接頭..... | 10 | 圖4.1 HEXAPOD 工作平台尺寸設計圖..... | 28 |
|10 圖4.2 萬向接頭及球接頭位置圖..... | 29 | 圖4.3 活動平台的位置變化圖..... | 31 |
|29 圖4.3 活動平台的位置變化圖..... | 31 | 圖4.4 活動平台的線速度變化圖..... | 31 |
|31 圖4.5 活動平台的角位移變化圖..... | 32 | 圖4.6 活動平台角速度變化圖..... | 32 |
|32 圖4.7 螺帽滑座位置變化圖..... | 33 | 圖4.8 螺帽滑座的線速度變化圖..... | 33 |
|33 圖4.9 活動平台位置變化圖..... | 34 | 圖4.10 活動平台速度變化圖..... | 34 |
|34 圖4.11 活動平台角位移變化圖..... | 35 | 圖4.12 活動平台角速度變化圖..... | 35 |
|35 圖4.13 螺帽滑座位置變化圖..... | 36 | 圖4.14 螺帽滑座線速度變化圖..... | 36 |
|36 圖4.15 活動平台位置變化圖..... | 37 | 圖4.16 活動平台線速度變化圖..... | 37 |
|37 圖4.17 活動平台角位移變化圖..... | 38 | 圖4.18 活動平台角速度變化圖..... | 38 |
|38 圖4.19 螺帽滑座位置變化圖..... | 39 | 圖4.20 螺帽滑座線速度變化圖..... | 39 |
|39 圖4.21 活動平台位置變化圖..... | 40 | 圖4.22 活動平台線速度變化圖..... | 40 |
|40 圖4.23 活動平台角位移變化圖..... | 41 | 圖4.24 活動平台角速度變化圖..... | 41 |
|41 圖4.25 螺帽滑座位置變化圖..... | 42 | 圖4.26 螺帽滑座線速度變化圖..... | 42 |
|42 圖5.1 PD 控制器結構圖..... | 44 | 圖5.2 活動平台運動軌跡與時間關係圖..... | 46 |
|44 表目錄..... | 44 | 表4.1..... | 44 |

參考文獻

- [1] D. Stewart, "A Platform with Six Degrees of Freedom" Proceedings of the Institution of Mechanical Engineering.vol.180,part1,pp.371-386 ,1965.
- [2] J.E McInroy., J.C. Hamann, "Design and control of flexure jointed hexapods", pp.372-381, IEEE Aug 2000.
- [3] U. Saranlı, M. Buehler, D.E. Koditschek, "Design, modeling and preliminary control of a compliant hexapod robot", pp.2589-2596, [4] N. Koyachi, T. Arai, H. Adachi, K. Asami, Y. Itoh, "Geometric design of hexapod with integrated limb mechanism of leg and arm", pp.291-296, IEEE Aug 1995.
- [5] G.M. Nelson,Quinn R.D.,Bachmann R.J.,W.C. Flannigan, R.E. Ritzmann , "Design and simulation of a cockroach-like hexapod robot",pp.1106-1111,IEEE Apr. 1997.
- [6] T. Donald Greenwood, "Principles of Dynamics",1988.
- [7] F. Behi, "Kinematic Analysis for Six-Degree-of-Freedom 3-PRPSParallel Mechanism ",pp.561-565,IEEE 1988.
- [8] J.D. Geng, Z. Lee, R.L.Carroll, L.H.Haynes, "Learning Control System Design Based on 2-D Theory – an Application to parallel Link Manipulator",pp.1510-1515 IEEE 1990.
- [9] A.Codourey, E.Burdet, "A Body-oriented Method for Finding a Form of the Dynamic Equation of Fully Parallel Robots",pp.1612-1618 IEEE 1997.
- [10] M.Honegger, A.Codourey, E.Bourdet, "Adaptive Control of the Hexapod a 6 dof Parallel Manipulator"pp.543-548 IEEE 1997.
- [11] Wang,Jian,Masory,Oren, "On the Accuracy of a StewartPlatform-Part 1 The Effect of Manufacturing Tolerances",pp.114-120 IEEE 1993.
- [12] Takanori MASUDA, Motoyoshi FUJIWARA and Tatsuo ARAI,"Kinematics Analysis of the Parallel Mechanism with Vertically Fixed Linear Actuators", Series C, Vol.44,pp.731-739 NO. 3, 2001.
- [13] 羅華強, MATLAB 5.3 範例入門SIMULINK3.0, 全華科技圖書股份有限公司,2001.
- [14] Haim Baruh "ANALYTICAL Dynamics ",1989.
- [15] Chun-Ta Chen,Chieh-Chuan Feng "Inverse Dynamics of the General 6-6 Stewart Platform",2002.
- [16] B. Dasgupta, T.S. Mruthyunajaya, "Closed-Form Dynamic Equation of the General Stewart Platform Through the Newton-Euler Approach",pp.993-1012 ,1998.
- [17] K. Sugimoto, "Kinematic and Dynamic Analysis of Parallel Manipulators by means of Motor Algebra ",ASME PaperNo.86-DET-139 1986.
- [18] 王世明、康淵, "六自由度SPBM 工具機之設計應用原理與誤差分析", 機械月刊, Vol.29, No.3, pp.75-83, 2003.
- [19] 張道弘編譯, PID 控制理論與實務, 全華科技股份有限公司,1995.
- [20] 陳朝光、陳介力、楊錫凱編著, 自動控制, 高立圖書有限公司,2001.
- [21] C.KUO BENJAMIC, " Automatic Control Systems",1995.
- [22] 鄭永福編譯, 自動控制系統, 文笙書局, 1983.