線控四輪轉向系統之車輛穩定控制研究

林裕翔、張舜長

E-mail: 9806422@mail.dyu.edu.tw

摘 要

本文主要探討線控四輪轉向系統之車輛穩定控制，由於線控四輪轉向系統是由馬達驅動轉向取代傳統轉向柱，因此可在其控制核心內加入車輛穩定控制之策略，使車輛能達到四輪轉向之效果，同時控制車輛之重心側滑角及橫擺率，使車輛在行駛時都能保持在最低的重心側滑角及橫擺率的範圍內，以增加車輛在低速的機動性和高速過彎時的安全性、操控性以及穩定性。本研究利用模擬軟體CarSim，分析模擬車輛行駛時之穩定性。

本研究運用分散式架構以及CAN Bus通訊協定技術，建構線控轉向系統實驗平台。線控四輪轉向控制實現於線控轉向系統實驗平台上，驗證線控前輪轉向與線控後輪轉向，利用閉迴路控制，除了精準控制前輪轉向，依據車速判斷，達到後輪低速逆相位轉向及高速同相位轉向之控制目標。

在控制器中，加入主動轉向之可變轉向比功能，依據車速高低、方向盤角度、前輪轉向角度及加減速力道等的訊號，整合辨識判斷後，調整轉向比，因應車輛動態狀況進行適度調整。在低車速時，控制器會讓前輪轉向比減少，如在市區或停車時，轉彎及迴轉都比較輕鬆簡便。當車速提高時，控制器會讓前輪轉向比增加，並同時搭配後輪轉向，透過後輪轉向以減少方向盤轉向的角度，減輕變換車道後的車身搖晃與側滑情況發生。

關鍵詞 : 線控轉向系統、四輪轉向、車輛穩定控制、重心側滑角、CarSim

目錄

封面內頁
簽名頁
授權書 iii
中文摘要 iv
英文摘要 v
誌謝 vi
目錄 vii
圖目錄 x
表目錄 xiv
符號說明 xv

第一章 緒論 1
1.1 前言 1
1.2 文獻回顧 2
1.3 研究動機 6
1.4 研究流程 7
1.5 內容大綱 9
第二章 ?輛轉向系統介紹 10
2.1 傳統機械式車輛轉向系統 11
2.2 液壓輔助式?輛轉向系統 12
2.3 電子輔助式?輛轉向系統 13
2.4 線控轉向系統 14
2.4.1 線控轉向系統介紹 14
2.4.2 線控轉向之備用系統 16
2.5 四輪轉向系統 22
2.5.1 機械式四輪轉向 23
2.5.2電子式四輪轉向 24
第三章 線控四輪轉向系統車輛穩定控制探討與設計 26
3.1 線控四輪轉向系統架構 26

3.2 建立二個自由度的自行車動態模型 27
3.3 建立轉向馬達模型 33
3.4 建立線控四輪轉向模型於CarSim 39
3.4.1 車輛動態模擬軟體(CarSim)介紹 39
3.4.2 線控四輪轉向系統模型 42
3.5 車輛穩定控制探討與設計 46
3.5.1 傳統車輛之轉向原理 46
3.5.2 橫擺率控制之車輛轉向穩定控制 51
3.5.3 回饋控制之線控四輪轉向穩定控制 53
3.6 車輛穩定控制模擬結果分析 59
第四章 線控轉向系統實驗平台建構 74
4.1 分散式系統架構介紹 74
4.2 CAN Bus系統簡介 76
4.3 LabVIEW圖控程式介紹 77
4.4 線控轉向系統實驗平台介紹 78
第五章 實驗方法與結果 92
5.1 線控四輪轉向系統之控制程式 92
5.2 轉向馬達量測實驗 94
5.2.1 轉向馬達扭力實驗 94
5.2.2 轉向馬達響應實驗 96
5.3 線控四輪轉向系統之前輪轉向控制 97
5.4 線控四輪轉向系統之後輪轉向控制 100
5.5 主動轉向控制之可變轉向比 02
第六章 結論與建議 104
6.1 結論 104
6.2 建議事項與未來研究項目 105
參考文獻 107
附錄 113

參考文獻

[1] J. Ackermann,“ Robust Car Steering by Yaw Rate Control, ” Proceedings of the 29th IEEE Conference on Decision and Control, vol.4, pp.2033-2034, 1990.
[2] A. Y. Lee and A. T. Marriott,“ Variable Dynamic Testbed Vehicle: Dynamics Analysis, ” SAE Technical Paper Series, No. 970560, 1997.
[3] S. Horiuchi, K. Okada, and S. Nohtomi,“ Improvement of Vehicle Handling by Nonlinear Integrated Control of Four Wheel Steering and Four Wheel Torque, ” SAE Review, Vol.2, pp.459-464, 1999.
[4] Z. A. Van,“ Bosch ESP Systems: 5 Years of Experience, ” SAE Paper No.2000-01-1633, 2000.
[5] M. Abe, Y. Kano, K. Suzuki, Y. Shibahata, and Y. Furukawa,“ Side-slip Control to Stabilize Vehicle Lateral Motion by Direct Yaw Moment, ” SAE Review, Vol.22, pp.413-419, 2001.
[6] S. S. You, S. K. Jeong,“ Controller Design and Analysis for Automatic Steering of Passenger Cars, ” Mechatronics, Vol.12, pp. 427-446, 2002.
[7] M. A. Vilaplana, D. J. Leith, and W. E. Leithead,“ Control of Sideslip and Yaw Rate in 4-Wheel Steering Cars, ” European Union RTN Summer School on Multi-Agent Control, NUI Maynooth, Sept.8th-10th, 2003.
[8] 陳佳鑫，“四輪轉向車輛重心側滑角控制系統之設計與分析”，第六屆全國機構與機器設計學術研討會，2003年11月。
[9] 楊世豪，“四輪車輛即時動態模擬之研究”，大葉大學碩士學位論文，2006。
[10] J. Zhang, Y. Zhang, L. Chen and J. Yang,“ A Fuzzy Control Strategy and Optimization for Four Wheel Steering System, ” IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, pp.1-6, 2007.
[11] M. W. Choi, J. S. Park, B. S. Lee and M. H. Lee,“ The Performance of Independent Wheels Steering Vehicle (4WS) Applied Ackerman Geometry, ” ICCAS International Conference on Control, Automation and Systems, pp.197-202, 2008.
[12] R. h. Zhang, H. G. Jia, T. Chen,“ Dynamics Simulation on Control Technology for 4WS Vehicle Steering Performance, ” ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management, Vol.2, pp.206-209, 2008[13] T. Kaufmann, S. Millsap, B. Murray, and J. Petrowski,“ Development Experience with Steer-by-Wire, ” SAE Paper 2001-01-2479, 2001.
[14] M. Segawa, R. Hayama and S. Nakano,“ A Study on Reactive Torque for Steer-by-Wire System (SBW) with Mechanical Fail-safe Device, ”

Koyo Engineering Journal English Edition No.162E, 2003.
[15] T. J. Park, S. H. Lee and C. S. Han,“ Design of the Electronic Control Unit for the Rack-Actuating Steer-by-Wire Using the Hardware-In-the-Loop Simulation System, ” Mechatronics, Vol. 15, pp.899-918, 2005.
[16] J. S. Im, F. Ozaki, M. Matsunaga and S. Kawaji,“ Design of Steer-by-wire System with Bilateral Control Method Using Disturbance Observer, ” IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, pp.1-6, 2007.
[17] L. Y. Yu, Y. G. Qi, and F. Liu,“ Research on Control Strategy and Bench Test of Automobile Steer-by-Wire System, ” IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, pp.1-6, 2008.
[18] Y. Yamaguchi and T. Murakami,“ Adaptive Control for Virtual Steering Characteristics on Electric Vehicle Using Steer-by-Wire System, ” IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.56, No.5, pp.1585-1594, 2009.
[19] A. Baviskar, J. R. Wagner,“ An Adjustable Steer-by-Wire Haptic-Interface Tracking Controller for Ground Vehicles, ” IEEE Transactions on Vehicular Technology, ” Vol.58, No.2, pp.546-554, 2009.
[20] C. Ebnar,“ BMW Technical Reports, ” pp.1-13, 2000.
[21] 簡明溫，“ 模組化底盤之設計關鍵、工程發展與未?整合趨勢展望 ”，機械工業雜誌，2004。
[22]“ Electrically Powered Steering Belt Drive, ? TRW, Steering.
[23] http://www.delphiauto.com/.
[24] S. Masaya, N. Shiro, N. Osamu and K. Hiromitsu,“ Vehicle Stability Control Strategy for Steer by Wire System, ” JSAE Review 22, pp.383-388, 2001.
[25] G. Zuo et al.,“ Quantitative Reliability Analysis of Different Design Alternatives for Steer-by-Wire System, ” Elsevier Ltd. All Rights Reserved, 2004.
[26] K. Sato, and A. Yoshioka,“ Steer by Wire System, ” United States Partent, No.6913107, Jul 5 2005.
[27] M. Serizawa, and Y. Yamamoto,“ Vehicle Steering Control System, ” United States Partent, No.5251135, Oct 5 1993.
[28] D. Alejandro, G. John, and E. Joel,“ A Backup System for Automotive Steer-by-Wire, Actuated by Selective Braking, ” 2004 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, 2004.
[29] http://china5.nikkeibp.co.jp/china/news/news/200511/auto200511030112.html. 富士機工，線控轉向備用裝置，2005。
[30] 張舜長、林海平、梁晉豪，“ 車輛線控轉向系統之備用裝置 ”，中華民國專利(證書號:I294853)，2008年3月。
[31] F. Yoshimi, Y. Naohiro, S. Shoichi, T. Hideo, and M. Yoshinobu,“ A Review of Four-Wheel Steering Studies from the Viewpoint of Vehicle Dynamics and Control, ” Vehicle System Dynamics, Vol.18, No.1-3, pp.151-186, 1989.
[32] 黃靖雄，“ 現代汽車底盤 ”，全華科技圖書，民國90年。
[33] N. Irie, and J. Kuroki,“ 4WS Technology and the Prospects for Improvement of Vehicle Dynamics, ” Society of Automotive Engineers, Vol.6, No.901167, pp.1334-1342, 1990.
[34] 張竣凱，“ 線控轉向系統動態分析之研究 ”，私立大葉大學車輛工程研究所碩士論文，2006。
[35] S. S. You and S. K. Jeong,“ Controller Design and Analysis for Automatc Steering of Passenger Cars, ” IEEE, Mechatronics, Vol. 12, pp.427-446, 2002.
[36] E. Bakker, L. Nyborg and H. B. Pacejka,“ Tyre Modelling for Use in Vehicle Dynamics Studies, ” SAE Paper, No.870421, 1987.
[37] A. Stotsky and X. Hu,“ Stability Analysis of Robustly Decoupled Car Steering System with Nonlinear Tire Model, ” IEEE, Proc. of the 36th Conference on Decision and Control, San Diego, California USA, Vol.1, pp.383-388, 1997.
[38] 鄒應嶼 博士，“ 交流伺服驅動系統簡介 ”，國立交通大學控制工程系所課程講義，1995。
[39] M. Shino, M. Nagai,“ Yaw-Moment Control of Electric Vehicle for Improving Handling and Stability, ” JSAE Paper, pp.473-480, 2001.
[40] J. Y. Wong,“ Theory of Ground Vehicles, ” 3rd Edition, New York, U.S.A., John Wiley & Sons, 2001.
[41] M. L. Abell, and J. P. Braselton,“ Modern Differential Equations: Theory, Applications, Technology. ” Orlando, FL: Saunders College Publishing, 1996.
[42] K. Erwim,“ Advanced Engineering Mathmatics 8th, ” John Wiley & Sons, Inc, 2005.
[43] 吳承諭，“ 車輛具有線控轉向系統之四輪轉向研究與發展 ”，私立大葉大學車輛工程研究所碩士班，2008。
[44] 梁晉豪，“ 線控轉向系統車輛穩定控制之研究 ”，私立大葉大學車輛工程研究所碩士班，2007。
[45] R. W. Rivers,“ Evidence in Traffic Crash Investigation And Reconstruction, ” Charles C Thomas Publisher Ltd., 2006.
[46] 林明志，“ 泛用型車輛電子控制單元發展平台之研製 ”，私立大葉大學電機工程研究所碩士班，2005。
[47]“ 2007 Microchip Technology Inc, ” MCP2510 Data Sheet, 2007[48] 顏豪緯，“ CAN匯?排即時訊息排程與頻寬分配 ”，大?大學電機工程研究所碩士?文，2005。
[49] 惠汝生，“ Labview 7.1 Express圖控程式與應用 ”，全華圖書股份有限公司，2007年11月。
[50] Bosch Enterprise,“ LWS3 User Manual, ” pp.1-3, 2003[51]“ 2008-2009 Clutch, Brake, Tension Controller Catalog, ” Mitsubishi Electric Corporation, 2008.
[52]“ Mitsubishi Savrin規格配備表 ”，中華汽車工業股份有限公司，2009。
[53]“ 2009 Infiniti G37 Sedan, Technical Specifications, ” Features and Options, ” Source of Production: Nissan Motor Co., Ltd., 2009.