

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫三：機器足球員之場景分析與智慧型控制策略設計

(3/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2213-E-032-002-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：淡江大學電機工程學系(所)

計畫主持人：翁慶昌

共同主持人：蘇木春

計畫參與人員：林柏辰、蔡政興、黃雋博

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

機器足球員之系統設計、研製與競賽—子計畫三：

機器足球員之場景分析與智慧型控制策略設計(3/3)

計畫編號：NSC 91-2213-E-032-002

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：翁慶昌 淡江大學 電機工程學系

計畫參與人員：林柏辰、蔡政興、黃雋博

一、中文摘要

本計畫主要在於實現一個五對五小型機器足球員競賽系統，其中包括即時視覺系統、決策系統、機器足球員之硬體電路設計、製作與控制。在本計畫中我們提出一有效且快速的影像處理方法、五對五機器足球員比賽的智慧型策略決定機制、與設計製作五隻具有盤球與射球的多功能機器足球員，讓我們的機器足球員能夠進行五對五機器足球賽。

關鍵字：機器足球賽、影像處理、人工智慧、智慧型控制、機器足球員

Abstract

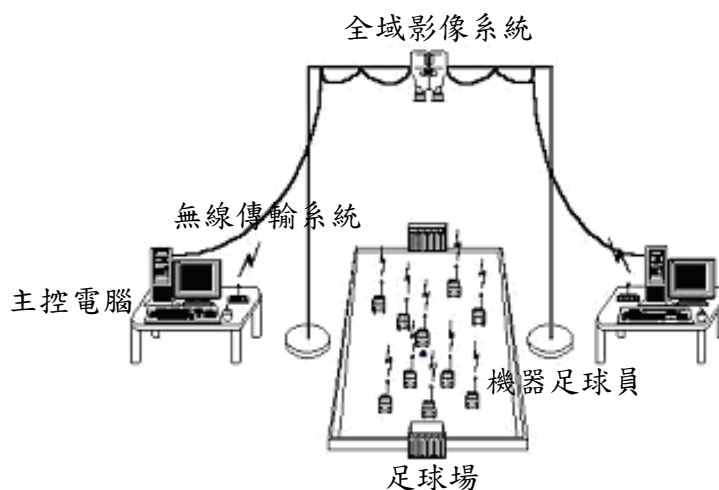
The main purpose of this project is to design and implementation a robot soccer system for small-size RoboCup. Three topics about vision system, behavior strategy, and control circuit are considered to design this system. An efficient image process system, an intelligent decision mechanism, and a multi-function soccer robot with dribbling and shooting mechanisms are proposed in this project so that the implemented robot soccer system can play well in the robot soccer game.

Keywords: Robot soccer game, image process, artificial intelligence, intelligent control, soccer robot

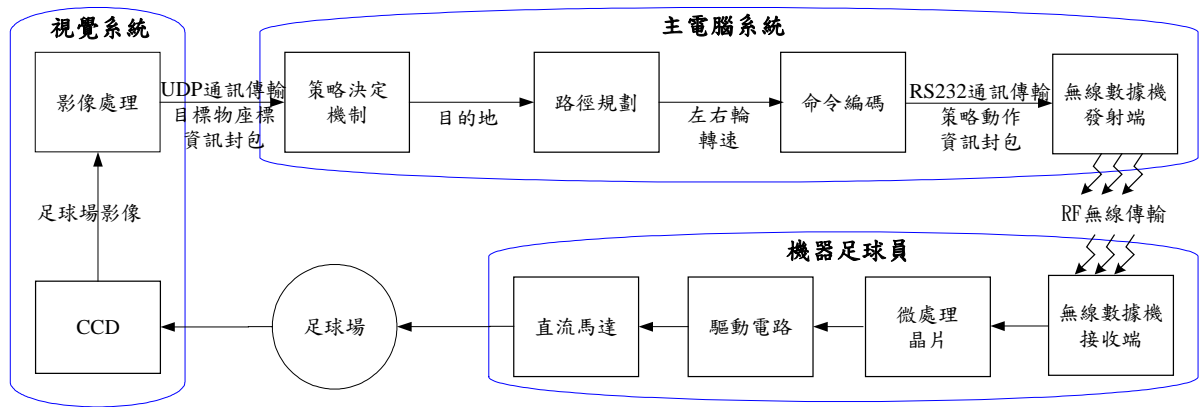
二、前言

為了讓機器人學與人工智慧有一個國際上共同研究的課題，因此有人提出了讓機器人踢足球這個有趣的構想。機器人足球賽(Robot soccer game)是以數個機器人組成的隊伍在一定的規格限制與規則下做踢球的比賽。機器人足球賽是一跨領域的研究，目前在國際上有RoboCup與FIRA兩大機器人足球聯盟在推動此項研究，且在每年都會舉辦世界盃機器人足球大賽以及國際性研討會。機器足球系統包括由機器人所組成的隊伍、影像系統、主電腦和無線通訊系統。這整個系統包含好幾個部分，如機器人硬體設計製作、即時影像處理、機器人行為研究、進攻防禦策略、障礙物規避、路徑規劃、目標追蹤、即時推論、運動規劃、無線傳輸、運動控制等等，其必須使用許多的理論與整合許多的科技技術方能順利的完成比賽，所以此項研究在世界上愈來愈受到學術界與產業界的重視，因此無數研究者紛紛投入此項研究。RoboCup 從第一屆在日本名古屋舉行至今年第七屆在義大利舉行，參賽隊伍逐年增加。為了在機器足球賽中贏得好成績，各個研究單位無不絞盡腦汁對各個細節做出最好的設計。

本計畫主要是針對 RoboCup 聯盟的小型(small-size league)機器人足球系統之賽制規則來設計實現一個機器足球系統，小型機器人足球系統的整體架構如圖一所示，比賽的兩隊各自擁有 5 台機器足球員 (robot soccer)、一個全域影像系統 (global vision system)、一部主控電腦 (host computer) 以及一個無線傳輸系統 (wireless communication system)。整個系統的資料處理流程可以如圖二所示，當系統開始處理時，攝影機會擷取足球場上的影像，其中包含了敵、我雙方各五台機器足球員與足球這 11 項目標物，此足球場影像會經由我們設計的影像處理流程，快速且準確的分析出各目標物的座標位置，並且以封包的型態傳送至下一端的策略決定機制。在策略決定機制分析完各目標物之間相互的對應關係後，就能決定出我方 5 台機器人的路徑規劃與應該完成的動作，並編碼成封包資訊的型態，透過無線傳輸系統將此封包傳送至球場上的 5 台機器人。各台機器人在接收到封包的資料後，會各自做解封包的動作，並且完成策略端所下達的命令。



圖一 小型機器人足球系統之整體架構圖



圖二 小型機器人足球系統之資料處理的流程圖

三、研究目的

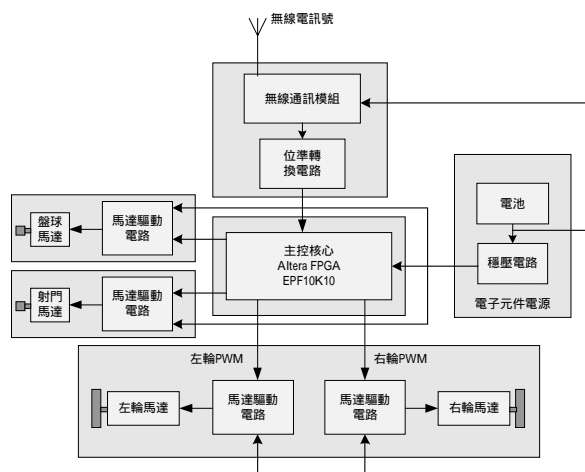
整個機器足球競賽系統是藉由攝影機來擷取場內的資訊，主電腦負責影像處理以及競賽策略，然後透過無線傳輸模組將所規劃之各個機器人的動作命令傳輸給場內的機器人，機器人接收到命令後負責做出所指派的動作以完成比賽。要完成一場比賽必須要具備有機器足球員、無線傳輸系統、即時影像系統以及主電腦策略處理，這幾個部分缺一不可。我們利用即時視覺系統作為回授的機制，在影像辨識處理上能有快速且準確的效果以掌握比賽的優勢，而在擁有場內所有物體的資訊後，必須能夠依照這些資訊來判斷機器人應有的行為策略且決定出機器人要到達的位置，才能有效的達到進攻或防守的目的，當然知道須到達的位置後若能有一個有效的路徑規劃方法的話，對於比賽是有很大的幫助。在本計畫中我們提出有效且快速的影像處理方法，及五對五機器足球員比賽的策略決定機制，且提出有效的運動規劃與控制來讓我們的機器足球員很有效且快速的到達目的地，且設計製作五隻具有盤球與射球的多功能機器足球員，讓我們的機器足球員能夠進行五對五機器足球賽。

四、研究方法

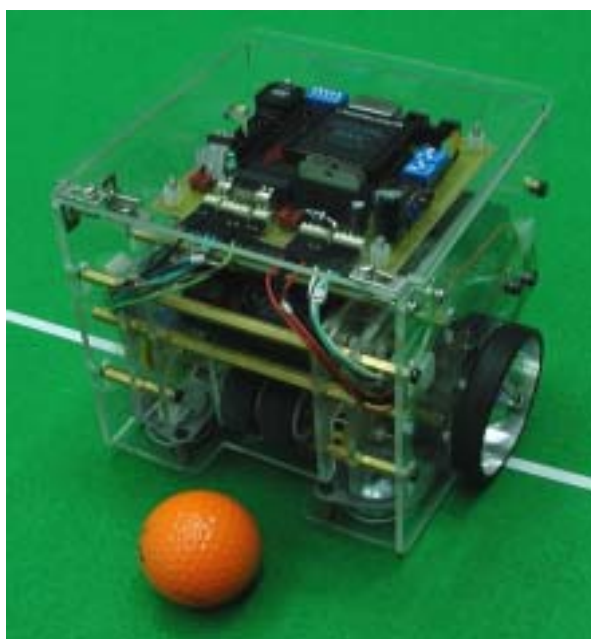
本計畫完成的機器足球系統包括五隻機器足球員、全域影像系統、一部主電腦和無線通訊系統所構成。在機器足球系統的硬體及軟體設備上包括JVC 公司出產的DVM-50u 數位攝影機，影像擷取卡為Matrox 公司出產的Meteor 型號，此影像擷取卡須與Matrox 影像函式庫互相配合才能完成影像的擷取與處理，主控電腦是採用Penitum III 700，無線通訊系統採用ICP DAS 公司所研製的SST-900 無線通訊數據機。

在機器足球員之設計與實現上，本計劃完成一個功能完整且具有高效能的機器足球員。我們以FPGA作為機器足球員的主控核心，並且設計一個功能符合機器人足球賽需求的矽智財(Silicon Intellectual Property; SIP)，此矽智財功能將包含有鮑率產生器、RS232串列轉並列資料擷取功能、ID設定功能、脈波寬度調變(PWM)產生器、以及利用馬達回授訊號控制四顆馬達以完成機器人移動、盤球與射門等功能。圖三與圖四分別為本計劃所設計之內部架構圖與完成之系統實體圖。除了機器足球員主控核心的功能完整之外，我們亦在車體機構部分也完成了

具有盤球及射門機制。最後，我們也設計了一個人機介面來操控機器人與測試機器足球員的功能。電腦端的控制命令將藉由2.4GHz無線數據機以RS-232介面規格傳送出去，我們的機器足球員能正確接收資料且做出所指定的動作。此外，在機器人足球賽中，由於電腦需透過無線傳輸將指令傳給5隻機器足球員，所以本計劃亦將規劃一個可以控制多部不同機器人的傳輸介面，其將讓在球場上的各個機器足球員可以依據電腦所下達的指令完成其各自的動作以贏得比賽的勝利。



圖三. 機器足球員內部架構



圖四. 機器足球員實體圖

在小型機器人足球系統中，所有競賽環境的資訊主要是以影像處理的方式來取得，並且在影像處理的過程與結果方面，必須能有即時性、穩定性與準確性的處理效能，這樣後端的策略決定端才能有充足、正確的資訊來分析機器足球員的動作。因此，本計劃針對小型機器人足球系統提出四項處理方法來完成影像處理的架構：(1)目標物之座標修正：由於架設足球系統的設備時會產生廣角失真誤

差、鏡頭傾斜誤差與多平面誤差三項問題，本計劃分別針對各項問題提出解決方案來提升系統的準確度。(2)彩色顏色模型設計與辨識：為了能夠快速、準確的分析出擷取影像中所包含的目標物顏色特徵，本計劃設計一套彩色值優先權的規則並且配合一套在 RGB 彩色系統上建表的方法，將可以在不均勻的光源環境下正確的辨識出目標物的顏色分布狀態。(3)目標物辨識與座標決定：本計劃設計一跳躍搜尋法並結合內、外十字搜尋法的方式，將能以最快的速度來分析影像，並且精確的定位出各目標物的中心座標位置。(4)五對五競賽之角色設計與辨識：本計劃設計一黑白圓環狀標籤，並且配合本計劃所設計的角色與方位識別法，將能以建立最少的顏色模型方式來分辨出我方五台機器足球員各自的角色編號與車頭方向。在 5 對 5 機器人足球競賽的測試中，我們可以看出所提出的方法確實能讓視覺系統達到即時性、穩定性與準確性的要求。

五、結果與討論

本計畫為小型機器足球系統的設計與實現，本計畫主要以 (a) 即時視覺系統；(b)智慧型策略與演算法；(c)機器足球員硬體與機構；等三項來設計與實現此小型機器足球系統。在即時視覺系統之設計與實現上，本計畫所發展的即時視覺系統可以每秒處理 30 張影像資料的速度並且可以精準的計算出場內所有資訊。在智慧型策略與演算法之設計與實現上，本計畫所發展的策略與演算法可以給予機器足球員各項確實有效的進攻與防守策略。在機器足球員硬體與機構之設計與實現上，本計劃所設計完成之機器足球員具有多項功能，我們可以利用無線傳輸的方式操控左右輪之速度來讓機器足球員完成前進、後退、左轉、右轉、左旋與右旋等基本功能。此外，在車體機構部分我們也完成了具有盤球及射門機制，我們可以啟動盤球機制來盤球以及射門機制來射球。最後由五對五機器足球賽的模擬及實驗中驗證我們所設計實現的機器足球系統的確有良好的表現。

參考文獻

- [1] URL : <http://www.robocup.org/>
- [2] URL : <http://www.fira.net/>
- [3] C.C. Wong, M.F. Chou, C.P. Hwang, C.H. Tsai, and S.R. Shyu, "A method for obstacle avoidance and shooting action of the robot soccer," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp.3778-3782, 2001.
- [4] C.C. Wong, H. J. Hoe, H. R. Lai, and C.T. Cheng, "Path planning of the mobile robot by a GA-based method," *2002 FIRA Robot World Congress*, pp.453-457, 2002.
- [5] C.C. Wong, B.C. Lin, and C.T. Cheng, "Path planning for obstacle avoidance by using fuzzy system and grey prediction," *2002 FIRA Robot World Congress*, pp.498-503, 2002.
- [6] C.C. Wong, C.P. Huang, and W.W. Wang, "Coordinates correction in the image process of robot soccer game," *FIRA Robot World Congress 2003*.
- [7] C.C. Wong, W.W. Wang, Y.L. Li, and B.C. Lin, "Design and implementation of a multi-function soccer robot," *FIRA Robot World Congress 2003*.
- [8] C.C. Wong, B.C. Lin, S.A. Lee, and C.H. Tsai, "Design and implementation of an omni-directional moving system," *FIRA Robot World Congress 2003*.

計畫成果自評

本計畫依照原先的規劃設計實現一個可以進行五對五比賽的小型機器足球員競賽系統，所以本計畫已達成預期目標，此外目前的研究成果可以用下列兩項分別表列如下：(1)已發表或投稿之論文與(2)參加相關比賽所獲得的獎項。

一、已發表或投稿之論文

- [1] C.C. Wong, H.J. Hoe, and H.R. Lai, "Optimal path planning of a mobile robot by a genetic algorithm," *National Conference on Fuzzy Theory and Applications*, (Taipei, Taiwan, R.O.C., Dec. 1-2), 2000. (In Chinese)
- [2] C.C. Wong, M.F. Chou, C.P. Hwang, C.H. Tsai, S.R. Shyu, and P.Y. Chin, "Fuzzy system design for the path planning of the robot soccer," *National Conference on Fuzzy Theory and Applications*, (Taipei, Taiwan, R.O.C., Dec. 1-2), 2000. (In Chinese)
- [3] C.C. Wong, M.F. Chou, C.P. Hwang, C.H. Tsai, and S.R. Shyu, "A method for obstacle avoidance and shooting action of the robot soccer," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, (Seoul, Korea, May 21-26), pp.3778-3782, 2001.
- [4] C.C. Wong, B.C. Lin, and C.T. Cheng, "Fuzzy tracking method with a switching grey prediction for mobile robot," *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, (Melbourne, Australia, Dec. 2-5), 2001.
- [5] C.C. Wong, B.C. Lin, C.P. Hwang, H.I. Wang, Z.H. Li, and J.M. Chang, "Fuzzy system based for robot soccer game," *2001 Ninth National Conference on Fuzzy Theory and Its Applications*, (Tao-Yuan, Taiwan, R.O.C., Dec. 7-8), pp.116-121, 2001. (In Chinese)
- [6] C.C. Wong, H. J. Hoe, H. R. Lai, and C.T. Cheng, "Path planning of the mobile robot by a GA-based method," *2002 FIRA Robot World Congress*, (Seoul, Korea, May 26-29), pp.453-457, 2002.
- [7] C.C. Wong, B.C. Lin, and C.T. Cheng, "Path planning for obstacle avoidance by using fuzzy system and grey prediction," *2002 FIRA Robot World Congress*, (Seoul, Korea, May 26-29), pp.498-503, 2002.
- [8] C.C. Wong, C.P. Huang, B.C. Lin, Y.S. Huang, "Position correction in the image process of robot soccer game," *The Seventh Conference on Artificial Intelligence and Applications*, (Taichung, Taiwan, R.O.C., Nov. 15), 2002. (In Chinese)
- [9] C.C. Wong, R.C. Dan, and H. R. Lai, "Fuzzy system on the path planning of mobile robot," *2002 Tenth National Conference on Fuzzy Theory and Its Applications*, (Taiwan, R.O.C., Dec. 12-13), 2002. (In Chinese)
- [10] B.C. Lin, W.W. Wang, Y.L. Li, and C.C. Wong, "Design and Implementation of a Multi-function Robot Soccer," *2003 R.O.C. Automatic Control Conference*, pp.25-30, (Chun-Li, Taiwan, R.O.C., Mar. 14), 2003. (In Chinese)
- [11] C.C. Wong, C.H. Tsai, H.I. Wang, and S.A. Lee, "Fuzzy controller design on DC motor rotation rate control of soccer robot," *2003 R.O.C. Automatic Control Conference*, pp.269-274, (Chun-Li, Taiwan, R.O.C., Mar. 14), 2003. (In Chinese)
- [12] C.C. Wong, C.P. Huang, and W.W. Wang, "Coordinates correction in the image process of robot soccer game," *FIRA Robot World Congress 2003* (Vienna, Austria, October 1-3), 2003.
- [13] C.C. Wong, W.W. Wang, Y.L. Li, and B.C. Lin, "Design and implementation of a multi-function soccer robot," *FIRA Robot World Congress 2003* (Vienna, Austria, October 1-3), 2003.
- [14] C.C. Wong, B.C. Lin, S.A. Lee, and C.H. Tsai, "Design and implementation of an omni-directional moving system," *FIRA Robot World Congress 2003* (Vienna, Austria, October 1-3), 2003.
- [15] C.C. Wong, C.T. Cheng, H.Y. Hsieh, K.X. Huang, H.C. Teng, G.J. Liau, H.I. Wang,

- H.M. Chan, and C.H. Wu, "Finite state mechanism design for vision-based autonomous soccer robots," *FIRA Robot World Congress 2003* (Vienna, Austria, October 1-3), 2003.
- [16] C.C. Wong, B.C. Lin, S.A. Lee, and C.H. Tsai, "GA-based fuzzy system design for an omni-directional mobile robot," Submitted for Publication in *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*.

二、獲得的獎項

(2001.07) 參加「教育部顧問室 3C 產業應用教學資源中心」所舉辦的「2001 年全國足球機器員競賽：製作展示觀摩會」，榮獲特優獎，作品名稱為「具有射門機制之機器足球系統」，參與的學生有周明豐、黃雋博、蔡政興、徐世榮。

(2001.07) 參加「教育部顧問室 3C 產業應用教學資源中心」所舉辦的「2001 年全國足球機器員競賽：製作展示觀摩會」，榮獲佳作獎，作品名稱為「基於模糊系統實現機器足球競賽」，參與的學生有林柏辰、鄭吉泰、楊秉達、張家銘、劉皇伯。

(2001.10) 參加「教育部」主辦的「九十年度微電腦應用系統設計製作競賽」，榮獲大學組控制類優等獎，作品名稱為「無人自動操控及可聲控之車型機器人搜索採集系統」，參與的學生有徐世榮、黃雋博、蔡政興、王侯禕。

(2001.11) 參加「教育部顧問室 3C 產業應用教學資源中心」所舉辦的「2001 年全國足球機器員競賽：1 對 1 足球機器員競賽」，榮獲特優獎，參與的學生有周明豐、黃雋博、蔡政興、徐世榮。(2001.11.17)

(2001.11) 參加「教育部顧問室 3C 產業應用教學資源中心」所舉辦的「2001 年全國足球機器員競賽：1 對 1 足球機器員競賽」，榮獲佳作獎，參與的學生有林柏辰、王侯禕、李宗濤、楊秉達、張家銘。

(2002.10) 參加「教育部」主辦的「九十一年度微電腦應用系統設計製作競賽」，榮獲控制類優等獎，作品名稱為「多功能機器足球員之製作與控制」，參與的學生有林柏辰、王威文、李雅鈴。

(2002.10) 參加「教育部」主辦的「九十一年度微電腦應用系統設計製作競賽」，榮獲信號處理與通訊類優等獎，作品名稱為「小型機器人足球系統之即時影像處理與通訊傳輸」，參與的學生有黃雋博、黃堃哲、黃裕勝、伍寒楨。

(2003.03) 參加「中華民國自動控制學會」主辦的「2003 年中華民國自動控制研討會暨生物機電系統控制與應用研討會」之學生論文競賽，榮獲優等獎，論文名稱為「多功能機器足球員之設計與實現」，參與的學生有林柏辰、王威文、李雅鈴。

(2003.12) 參加「教育部」主辦的「2003 年全國足球機器員競賽：5 對 5 足球機器員競賽」，參與的學生有王侯禕、黃雋博、許嘉玲、楊玉婷、詹翔閔。(決賽日期 2003 年 12 月 5 日~6 日)

(2003.12) 參加「教育部」主辦的「2003 年全國足球機器員競賽：1 對 1 足球機器員競賽」，參與的學生有李世安、王威文、李雅鈴、李欣泓、蔡依玲。(決賽日期 2003 年 12 月 5 日~6 日)