具新型升降監視機構之機器人車系統之研製

沈柏夆　廖威量*　姜佳豪　童景賢　陳思帆

桃園創新技術學院機械工程系

摘 要

本研究係根據本團隊之前為國軍後勤單位研發之小型遙控偵搜車—「先鋒」系列的經驗與成果，重新設計、製作一套具有新型遙控升降監視機構，性能與動力都更強、更符合較嚴苛環境使用的機器人車系統。本系統具有更高的升程與負荷力，更能配合地形、地貌的掩護或克服其限制，來完成相關的監視、情報傳遞與嚇阻的任務，供陸軍戰場偵搜、危安事故應變處理或廠區巡邏警戒等需求之用，以減少該等事件之安全顧慮、人力支出及人機耗損等。本研究改良研究團隊之前的發明--「連體雙皮尺」式動力升降機構為「雙層四皮尺」(八皮尺)，並應用多攝影機、多頻道遙控與多微電腦整合的技術，創造出一套有特殊升降機構特色的新型機器人車系統。本系統已取得多項專利，相關專利並獲得 2011 年德國紐倫堡發明展銅牌與烏克蘭發明展金牌。

關鍵字：升降機構、機器人車、連體多皮尺

* E-mail: williaml@tiit.edu.tw　　Tel: 886-3-4361070 ext 6303

FABRICATION OF ROBOTIC VEHICLE SYSTEM WITH A NEW TYPE OF ELEVATING MONITORING MECHANISM

Bo-fong Shen, Wei-liang Liaw*, Jia-hao Jiang , Jingsyan Torng, Suz-fan Chen

Department of Mechanical Engineering, Taoyuan Innovation Institute of Technology

Abstract

According to the previous experience and result of this team in developing the "compact remote-controlled reconnaissance car" – "Pioneer" series for Taiwanese military logistics unit, this study redesigned and produced a robotic vehicle system with a new type of remote-controlled elevating monitoring mechanism, which has better performance and power, more applicable to harsh environment, so that this system has higher lift and load capacity, it merges into the landform and topography or overcomes the constraints better to complete relevant monitoring, intelligence transmission and deterrence missions for battle field reconnaissance, safety accident response handling or plant patrol vigilance, so as to reduce the safety concerns, manpower expenditure and human-machine loss of such events. This study improves the previous invention of the research team–"integrated dual-tape" power-operated elevating mechanism as "double-layer four-tape" (eight-tape), and uses the technology of integrating multi-camera, multi-band remote control and multi-microcomputer to create a new type of robotic vehicle system with special elevating mechanism characteristics. In addition, multiple patents were obtained, and relevant patents won the bronze medal of the invention exhibition in Nuremberg, Germany and the gold medal of the invention exhibition in Ukraine in 2011.

Keywords: elevating mechanism, robotic vehicle, integrated multi-tape

* E-mail: williaml@tiit.edu.tw Tel: 886-3-4361070 ext 6303

壹、前言與研究目的

2004 年桃園創新技術學院機械系應聯合後勤學校(原陸軍後勤學校)之邀,合作執行「軍車底盤視訊教學與檢測監視載具」的研發計畫，並於次年發表了「先鋒 1 號」(Pioneer 1)小型多功能監視載具系統的成果[1]，開啟「先鋒系列」機器人車研究的序幕。先鋒 1 號系統(參見圖 1)可概分為車體、搖控器與影像接收顯示單元等三部份，其中車體是研發的重點，這是一台上面載著可上下左右遙控控制紅外線攝影機的小型遙控車(參見圖 2)，不但可鑽入軍車車底做檢修與視訊教學，另配備有對講機、喇叭與自走電路等，還可以用於維安事件處理、廠區巡邏等多方面的用途。

由於先鋒 1 號的性能超出原來計畫的預期，不僅在全國專題競賽中得獎[2]，也獲得上級的好評與各界的迴響；於是著眼於戰場「存活率」與「奇襲」、「掩護」，具有特殊升降攝影機機構的「先鋒 2 號」跟著在 2007 年誕生[3] (參見圖 3)，這是一台裝有專利的「連體雙皮尺」動力升降機構的搖控機器人車(robotic vehicle) (參見圖 4)，車高只有 35 公分，但攝影機的升降機構卻可升高至 110 公分，大大賦予先鋒 2 號可躲在掩蔽物後方奇襲「偷窺」的好本事，讓看過的人都讚賞不已(參見圖 5~7)。

裝置「連體雙皮尺」的先鋒 2 號雖然具有升降控制簡單、升程高(可達 75cm 左右)，且原始高度、操作空間及可視面積均最小等優點，但仍有下列缺點與不足：

1. 車體太小—這有兩個缺點：(1)電池置放空間受到限制，電池較小，使「續航力」不夠；(2)升降機構無法降至下層甲板，使「淨高度」不能再降低，車體的淨正面可視面積就較大，這些都直接影響系統的實用性能與整體存活率表現。
2. 雙皮尺的升限—當平行的雙皮尺上升到某一極限時，其剛性漸漸無法克服其撓性，會在平行面上出現前後搖擺甚至彎折的現象，理論上皮尺雖然可伸展許多，但實際上仍會受到限制；若有更高的升程需求時，該如何是好？

本研究即是為了改善這些缺點與不足，而進一步朝機體更大、功能更多更強的方向研製出「具新型升降監視機構之機器人車系統」，我們將它命名為「先鋒 3 號」(Pioneer 3)。

貳、文獻探討

1997 年 7 月 4 日美國的「探路者號」(Sojourner) 機器人車在火星上成功登陸，

並傳回地球第一張火星影像資料，此後全球即興起一陣小型無人探測車的研究熱潮；2004 年 1 月 NASA 第二波的火星探測計畫，又成功的將「精神號」(Spirit)送上火星(參見圖 8)[4]，再造成新一波的迴響。在此之前，美國陸軍有一個小型戰場無人偵搜戰鬥車的發展計畫，這個計畫所開發的小型無人載具叫做「火蟻號」(Fire Ant)(參見圖 9)[5]，根據 Discovery 頻道所拍攝的火蟻號性能來看，它是將具有紅外線夜視功能的攝影機安裝在有伺服機構可遙控攝影方向與角度的遙控車體上，再透過一個「母車」上的電腦螢幕與滑鼠來遙控操作，特點是攝影機轉動靈活，車速快，戰場存活率高，而且能於目標物 500 碼外發射小型反戰車飛彈將敵人摧毀。

在火蟻號之後，位於美國紐澤西皮卡提尼(Picatinny)的陸軍研發中心，研發出更實用型的武裝機器人車—利劍(Swords)[6]，它以履帶驅動，高三英尺，具有四台攝影機與一挺 M249 機槍，偵搜、戰鬥的性能優異。(參見圖 10、11)

其他還有許多研究將遙控無人小車用於坑道、蛇洞觀察等等。國內市場上也有代理如圖12的機器人車系統[7]，但對之前國軍後勤單位要鑽入車輛底部檢視的情況，不是功能太過，價格太高，就是攝影機仰角太小或車體太大、太高，總是不合用，因此才會有先鋒1號與先鋒2號的研發與登場。

總結以上的各種機器人車，挾美國國防部支持的「利劍」雖然是目前為止戰鬥性能最好的一種，但高不過 3 英尺的車身，最高點的攝影機並沒有再升高的設計，這對於標榜適於城市巷戰的用途，若遇到高 100 公分的窗台、廢小汽車阻擋，就會被阻擋在外；而火蟻號雖然有如圖 13 的攝影裝置升降衍生型，但其升降機構是採用自動天線的「套節式」，優點是結構簡單、可升降高度大，但缺點是升降前的最外一節有無法避免的較高基本高度，且頂端荷重力小，攝影鏡頭只能朝向車體前方，無法再控制左右轉或俯仰調整。

先鋒2號的優點在於攝影機不僅可利用新發明的機構利落升降(如圖14)，還可做大角度的俯仰與旋轉動作，但缺點已如前述，且因升限只有75公分，遇到同樣100公分高的阻礙物一樣也是沒轍；故如何繼續保有優點，改善缺點，追求技術自主，研製出新一代性能更好的機器人車，即是本研究想要達成的目標。

參、研製方法

為達成延續用皮尺式升降機構的小型特色機器人車系統的研發目的，本研究提出「連體多皮尺」(integrated multi-tape)的升降機構構想，配合加大四輪驅動車

體與多頻道、多攝影機監控控制的做法，來進行本研究，茲分別說明如下：

一、連體多皮尺升降機構

如圖 15，將四個皮尺背對背組合在一起，透過軸端傘齒輪的互相嚙合帶動，當馬達(61)左旋轉動，四支皮尺(74、75 等)即會同步被帶動上升(如圖 16)，反之即下降。如此，因四個方向都有皮尺「框住」，就不會有雙皮尺時在單一方向較強，另一方向較弱而提前到達傾彎升限的情形；預料若皮尺都用相同的規格與材質，四皮尺的升限與荷重能力會比雙皮尺的好 1.5~2 倍，亦即使用四皮尺的「先鋒 3 號」的攝影機升程將會有 112.5 公分以上的表現，符合本計畫設定的障礙物 100 公分的狀況。當然，此新的機構相對於其他升降機構，仍具有基礎體積最小、前可視面積最小、重量最小但升程比最大等特點，極適於裝載於小型車體上，且較之雙皮尺有過之而無不及。

二、加大四輪車體

因特殊規格的履帶取得不易，而輪胎較容易，故在研製期只有一年的情況下，直接以四個馬達接輪胎的方式可確保研製工作能如期完成，其完成的外型將與火蟻號所用的車體類似，但會加寬、變矮一點，讓「先鋒 3 號」有較好的潛藏性與運動穩定性，同時也騰出空間，讓圖 16 的結構基座(1)能埋入車體中，更進一步減少正面可視面積與高度，以彰顯升降機構升起時之對比升程效果。

三、多頻道、多攝影機監控控制

因「先鋒2號」的單一攝影機即使用了9頻道的遙控器，本研究裝置了一台升降攝影機、一台可變焦攝影機、一台紅外線攝影機及一台前方固定攝影機等四台攝影機，故需要遙控的單元有12頻道以上。同時因要即時監看多個攝影機的螢幕，並做錄影與控制反應，也需要一台多核心的筆記型電腦來搭配操作，整體的控制方塊圖如圖17所示。

肆、主要研製原理

一、伺服機旋轉的信號驅動原理

本研製的伺服機驅動信號是所謂「脈波寬度調變(PWM)」的比例控制式(參見圖 18)，在週期約 20ms 的期間有一寬度約 1.5ms 的脈波，利用脈波的寬度改變(放大或縮小)，來比例控制伺服機的馬達向左或向右轉動一個定量，此脈波寬度的改變可用遙控器的搖桿來無線操作(如攝影機的俯仰)，亦可透過單晶片的程式來連線操作(如車體的轉向)，使伺服機轉到極左或極右(脈波寬約 1.2ms 至 1.8ms)。

二、遙控功能切換原理

如圖 19 示，利用可將 PWM 信號改成脈波直流信號的「電子變速器」及繼電器,即可進行「手控/自走」、「高速/低速」等的切換動作。電子變速器的輸入端是接到遙控接收器，輸出端是接到繼電器的線圈端，繼電器的接點端即連接不同的切換功能。當電子變速器的輸入端遙控信號改變，其輸出端的繼電器線圈即通電充磁作用，跟著繼電器接點端即完成電路的切換改變。

伍、結果與討論

一、四皮尺機構與八皮尺機構

依據前述研製方法，本研究群首先完成基本的四皮尺升降機構，並試裝於一般汽車的天窗下方，用以輔助駕駛者，使有更高的視野來做塞車的狀況瞭解與即時反應，效能一如預期的好(如圖 20)[8]。此四皮尺升降機構的升程為 120 公分，與其基本高度 20 公分比較，升程比為 6 倍；與「先鋒 2 號」的雙皮尺比較，不論高度、升程比都一如預期的高出許多，也達到可裝置在「先鋒 3 號」的效能目標。

但在研發過程中，如何增加皮尺機構的「挺度」一直是一個關鍵的問題，在難以訂製、改變既存皮尺標準化厚度的情況下，我們想到用兩層皮尺來增加「厚度」，以改善強度與挺度。於是在不斷實做試驗下，我們研發出「八」皮尺的升降機構—亦即將原來的四皮尺的每條皮尺變成重疊的兩條，如此改良做出來的升降機構如圖 21，升程可達 180 公分，升程比變為 9，且挺度更好！新的先鋒 3 號即以此更好的機構來裝置。

二、系統構成與控制

依據原來的系統方塊圖，是要採購大於 12 頻道的遙控器，但因價格昂貴且計畫經費有限，而國外類似的遙控載具，也是將十多個遙控需求依受控單元分成兩到三群來處理；故直接以兩個較便宜的遙控器來分擔，會是不錯的做法，於是我們就將遙控器改成兩個，以節省經費並可預留數個頻道供不期之需使用。

此外，影像傳輸接收的概念，礙於目前市面上並沒有生產多頻道以 USB 插拔電腦來應用的處理硬體，若以多個個別單頻道 USB 的方式來做又有軟體整合、硬體累贅的問題，應該另覓他徑；故改以無線網路與基地台的方式，亦即將無線基地台與天線放在車上，則只要電腦可接受到基地台的訊號，以網頁方式即可將已整合好四個影像的資料顯示在電腦上，如圖 22 的四格畫面，也可點選讓單格放大成全螢幕觀看。

依據前述超越本計畫的構想與修正，我們完成了「先鋒 3 號」，如圖 23~27 所示，其規格與性能從表 1 可看出，大多達到甚至超越本研究的預期目標。

陸、結論

1. 本文研製的「先鋒 3 號」--具新型升降監視機構之機器人車系統，不僅功能符合原計畫目標，部份更超越原來的設計與預期。
2. 本文研製的相關技術具有獨特性、新穎性與進步性，不僅具有推廣應用的價值，也已取得 1 個發明專利與 2 個新型專利[9、10、11]，相關專利並獲得 2011 年德國紐倫堡發明展銅牌與烏克蘭發明展金牌獎。
3. 「先鋒 3 號」具太陽能充電功能與網路應用技術，有綠能與節能教育的意義。
4. 建議未來可往以滑鼠網路控制車輛行進與精緻化方面再進行改良與發展下一代的作品。

柒、參考文獻

1.廖威量、何克威、艾仁平，〈小型多功能監視載具之研製〉，聯合後勤季刊第三期，pp.70-76，民國94年9月。
2.《第八屆義隆盃全國大專暨高中職微控制器應用製作大賽成績報告》，2005年3月。
3.廖威量、曹展源、孔光源、呂江霖，〈「先鋒 2 號」遙控多功能監視載具的研製〉，南亞學報，第 27 期，pp.79-90，2007 年 12 月。

4.寺園淳也，〈成功登陸火星—找出有水的證據〉，牛頓雜誌 248 期，2004 年 4 月。

5. Website of The intelligent Systems & Robotics Center, Sandia National Laboratories, U.S.A.

6.佛斯特米勒(Foster-Miller)公司網站:http://www.foster-miller.com/

7.史賓納科技股份有限公司網站: http://www.spinel.com.tw/

8.廖威量、陳思帆、呂江霖、張采瀅，《『天窗 1 號』可升降車用輔助視訊系統》，教育部 98 年度全國技專院校學生專題比賽報告，2009 年 5 月。

9.廖威量、簡仁德、曹展源、陳思帆，〈連體多皮尺式動力升降裝置〉，中華民國專利證書發明第 I 331594 號，民國 99 年 10 月。

10.廖威量、李平惠、林明俊，〈具升降功能之車用視訊系統〉， 中華民國專利證書新型第 M 401587 號，民國 100 年 4 月。

11.廖威量、王春源，〈具升降機構之小型遙控多功能監視載具〉， 中華民國專利證書新型第 M 406744 號，民國 100 年 7 月。

誌 謝

本研究承蒙國科會大專學生參與專題研究計畫 NSC 97-2221-E-253-007 的經費贊助，特此誌謝。

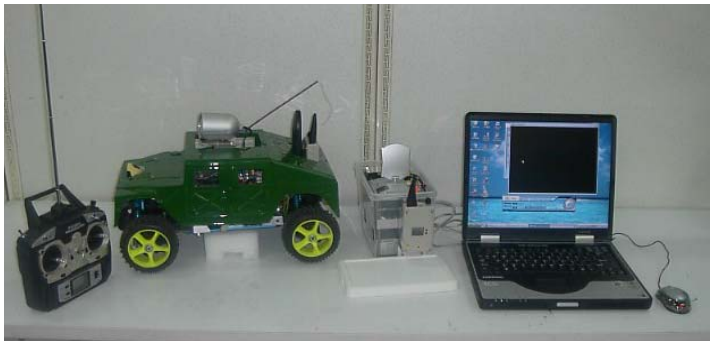


圖 1.「先鋒 1 號」監視載具系統組件

圖 2.「先鋒 1 號」車體

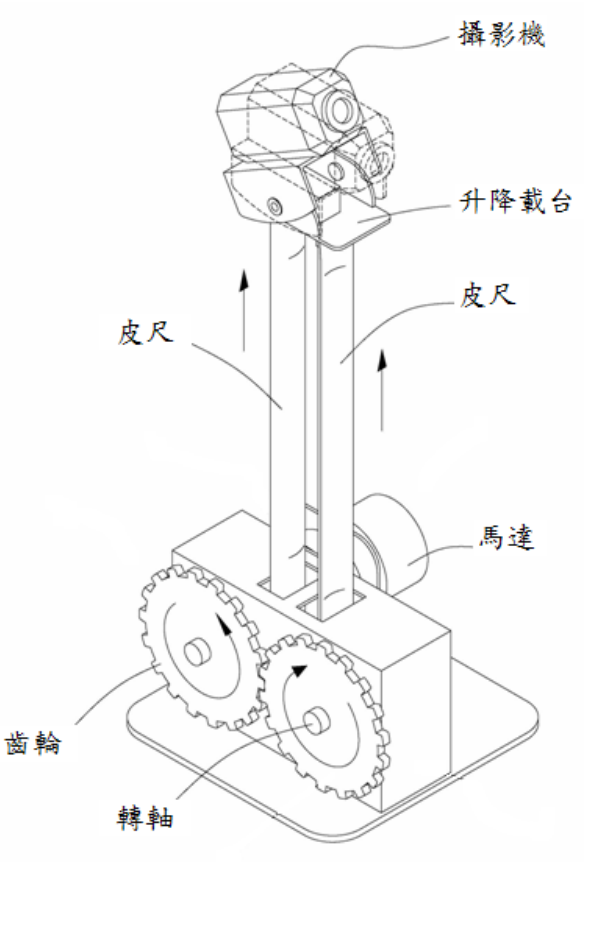


圖 4. 連體雙皮尺式原理圖

圖 3.「先鋒 2 號」車體

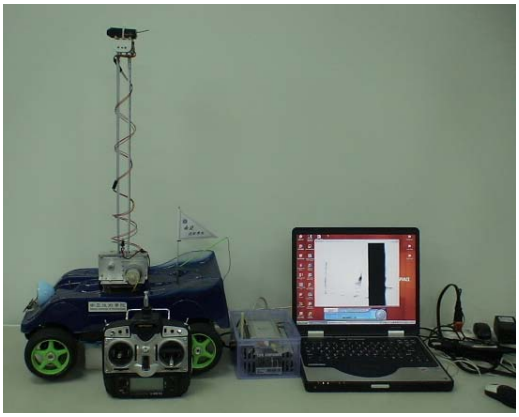


圖 5.搭配 Notebook 之全系統

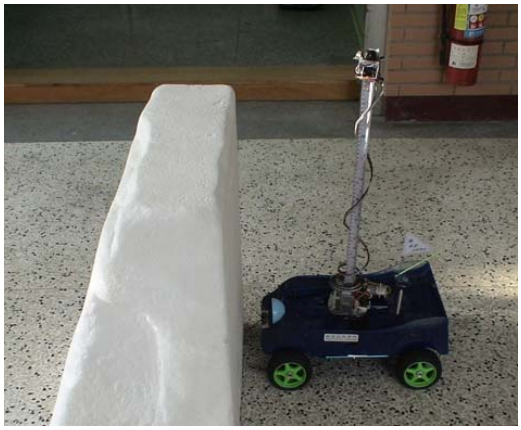


圖 6.於掩蔽物後方升起監視鏡頭

圖 7.對目標車輛進行遠距影像確認

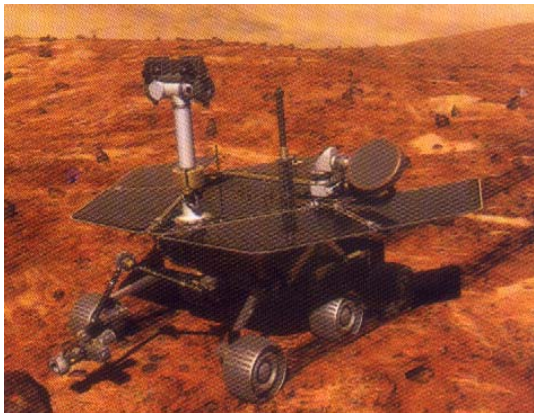


圖 8.登陸火星的「精神號」探測載具

圖 9.「火蟻號」無人戰鬥偵搜載具

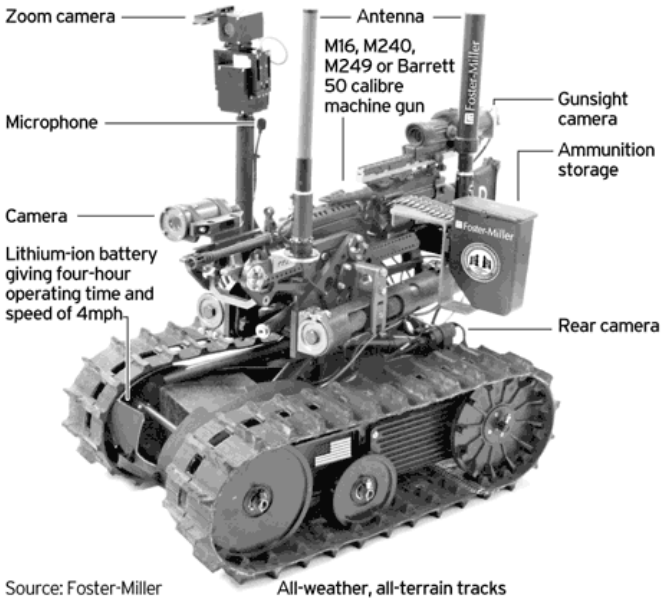


圖 10.「利劍」戰鬥機器人車的車體結構

圖 11.「利劍」戰鬥機器人車與其控制箱

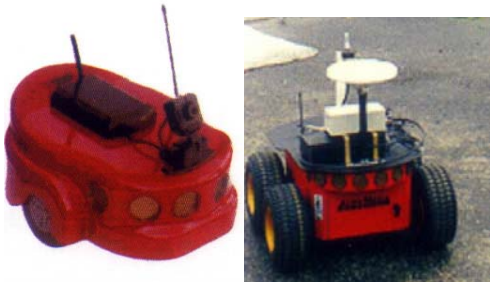


圖 12. 市場上其他機器人車產品

圖13. 火蟻號之升降攝影機車型

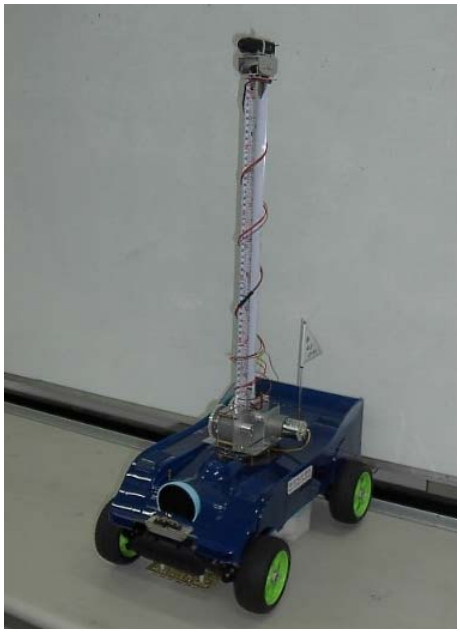


圖14. 先鋒2號的攝影機可做3D運動

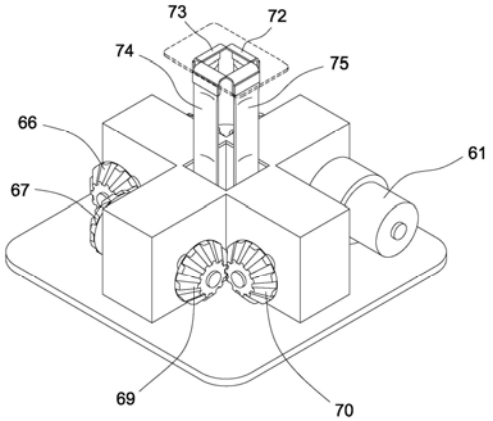


圖 15. 四皮尺機構原理

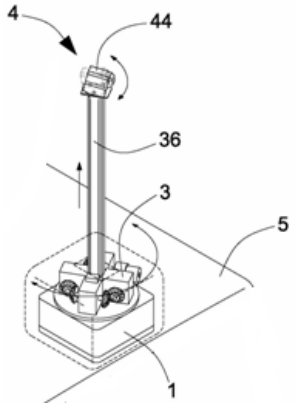


圖 16. 四皮尺機構的 3 維運動示意圖

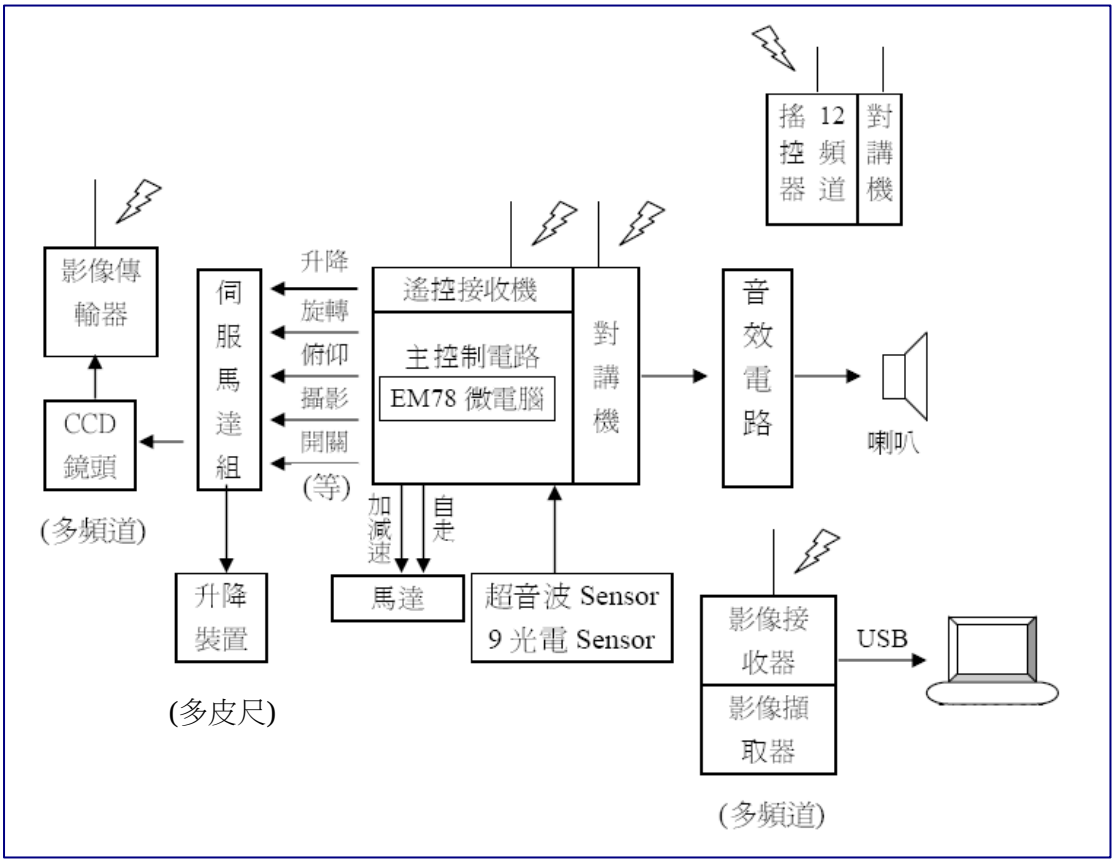
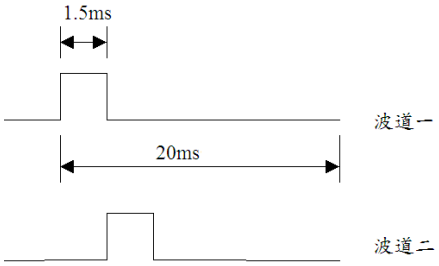


圖 17. 本研製系統的控制方塊圖



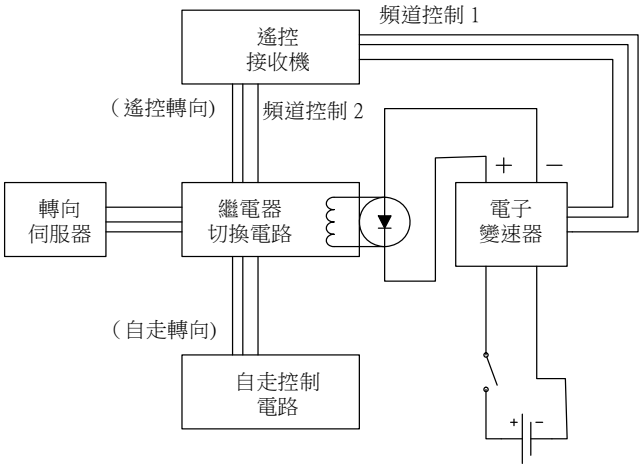


圖 18. 控制驅動信號例

圖 19. 遙控功能切換例—遙控/自走

圖 20. 應用四皮尺的車用升降攝影機例

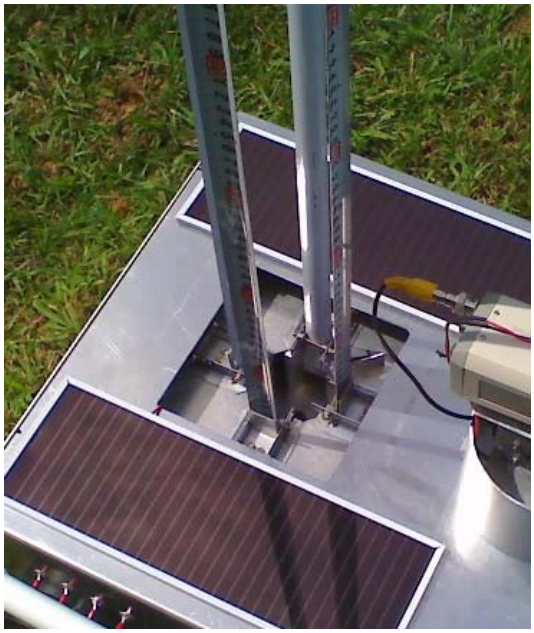


圖 21. 雙層四皮尺(八皮尺)的機構

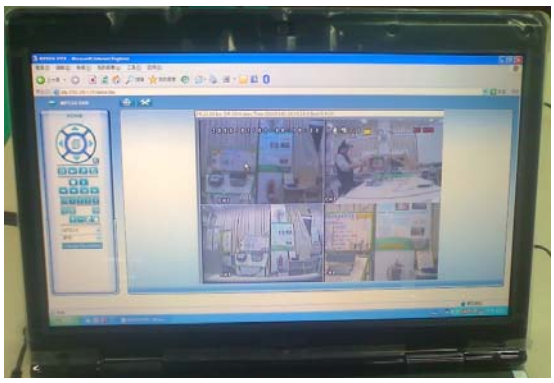


圖 22. 先鋒 3 號的監控畫面(4 攝影機開)

圖 23. 先鋒 3 號的全系統組件

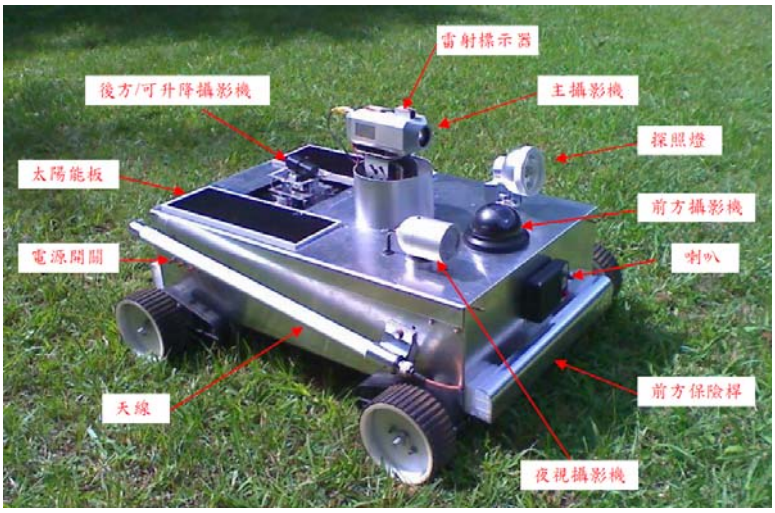


圖 24. 先鋒 3 號的外觀與部件

圖 25. 先鋒 3 號的內部構造

圖 26. 先鋒 2 號、3 號的比較

圖 27. 先鋒 2、3 號攝影機升起

表 1.「先鋒 3 號」的規格與性能諸元

車 體 尺 度		車 體 運 動 性 能		升 降 攝 影 機		系 統 功 能
長	70cm	慢 速	0.4m/sec	前俯角	-10°	可切換高低速
寬	60cm	快 速	0.8m/sec	仰 角	+10°	**可監看四攝影機**
高(升/降)	**221/41cm**	爬坡能力	30°	左右轉角	-180°~+180°	具廣播及監聽功能
車 重	21kg	主攝影機	可旋轉、俯仰、**鏡頭伸縮 22 倍** 影像可錄影存檔			**具太陽能充電功能**