「先鋒 2 號」遙控多功能監視載具的研製

廖威量* 曹展源 孔光源 呂江霖

南亞技術學院機械工程系

摘 要

本研究以獨創的「連體雙皮尺」機構與改良型「先鋒 1 號」遙控/自走車系統，研製出一具有升降攝影機構之小型遙控多功能監視載具--「先鋒 2 號」，以供危安事件處理、陸軍戰場偵搜、廠區巡邏等用途之用，以減少該等事件之安全顧慮、人力支出及人機耗損等。本研究主要係改良本研究團隊研發出來的第一代小型遙控偵搜車--先鋒 1 號，使其具有能遙控升降攝影機的機構與功能，讓這些載具更能配合地形、地貌的掩護，來完成相關的監視與情報傳遞的任務。研製的成果顯示，針對小型遙控監視載具「輕薄短小」的要求，本文所提出的創新升降機構不僅結構簡單、控制容易，升程大，性能超出預期；對於其他領域的應用，亦有開創推廣的商機與價值，現正申請專利中。

關鍵字：升降機構、監視載具、連體雙皮尺

註：1. 本研究成果現正申請專利中(中華民國/申請案號：96134778)。

2. 本研究成果之一--「先鋒 1 號」曾榮獲 2005 年義隆盃全國微控制器應用製作大賽「一般控制組」「佳作獎」。

* Email: williaml@nanya.edu.tw Tel: 886-3-4361070 ext 6303

Fabrication of "Pioneer 2" Remote-controlled Multi-functional Monitoring Vehicle

Wei-liang Liaw*, Jan-yuan Tsau, Kuang-yuan Kung, Chiang-lin Lu

Department of Mechanical Engineering, Nanya Institute of Technology

Abstract

This study used the exclusive mechanism of "joint dual tape" and modified "Pioneer 1" remote/autonomous vehicle system, and developed a small-scale remote-controlled multifunctional monitoring vehicle with elevating camera mechanism – "Pioneer 2", for uses in emergency situations, military battlefield search, and factory patrol. It could reduce the safety issues in those situations, as well as personnel cost and human-machine waste. This study first modified the first-generation small-scale remote-controlled search vehicle developed by this team – "Pioneer 1", so that it has the elevating camera mechanism and function, and can deliver monitoring and data transmission functions with the disguise of terrains and topologies. The results showed that the new elevating mechanism meets the demand of "compact size" for small-scale remote-controlled monitoring vehicle, and has the advantages of simple structure, easy control, high rising range, and excellent performance. It has business opportunities and values in applications of others fields. It is now under patent filing.

Keywords: elevating mechanism, monitoring vehicle, joint dual tape

Note: 1. The research result is under patent filing (Taiwan/No.: 96134778).

2. The other research result - "Pioneer 1" received the Award of Excellence in the 2005 Elan Cup National Micro-controller Application and Fabrication Contest (General Control Group).

* Email: williaml@nanya.edu.tw Tel: 886-3-4361070 ext 6303

壹、前言與研究目的

為有效增進國軍的後勤戰力與 e 化教學成果,聯合後勤學校(原陸軍後勤學校)於 2004 年提出「軍車底盤視訊教學與檢測監視載具」的研發計畫，並與南亞技術學院機械系共同合作開發，經一年的努力，終於在 2005 年研製出較原計畫功能與用途多更多的「先鋒 1 號」小型多功能監視載具系統[1]。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與關鍵，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，因為另配備有對講機、喇叭與自走電路等，還可以用於危安事件處理、廠區巡邏等多方面的用途。因性能超出原來的預期，不僅頗獲上級與各界好評，並曾在 2005 年的義隆盃全國微控制器應用製作大賽中獲得「一般控制組」「佳作獎」的肯定[2]，可謂是一項好玩又好用的成功作品。

但若要求先鋒 1 號要有較佳的「實戰」功能，如強調「偵搜」時，眼前的先鋒 1 號在性能上就感覺有些不足；因在戰場上講究的是「存活率」與「奇襲」、「掩護」，矮小、速度稍慢的先鋒 1 號如何能「快速轉進」與「冒出頭來」監視敵情，就變得大有問題。故如何改良先鋒 1 號，使其提高車速，或讓平常低矮的攝影機能於草叢、石頭後方瞬間升起「偷窺」，應是先鋒 1 號之後，可以做為本研製名稱的「先鋒 2 號」的一個擴展目標與新型版本，這也是本文的主要研究動機與目的。

貳、文獻探討

隨著 1997 年 7 月 4 日美國的「探路者號」(Sojourner) 機器人車(robotic vehicles)在火星上成功登陸運作，並傳回地球第一張火星影像資料起，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 3)[3]，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 4)[4]，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。

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。之前有鑑於國

軍後勤單位在維修軍用車輛時，常有鑽入車輛底部檢視的情況，或希望能有自由進出軍車車底，並進行底盤檢視與記錄的教學需求；但此等以機器人車替代人員的特殊需求，環顧相關的市場資料，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(參見圖5)[5]，找不到適當的成品可供選用，也才會有後來先鋒1號的研發與登場。

由於先鋒1號的多功能設計超出原來只有軍車底盤視訊檢修的需求很多，不僅深獲聯合後勤學校各級長官的讚賞與肯定，也使其視察的上級單位—國防部中科院的相關部門，巧合的於2005年末也列出計畫展開類似的專案研究[6]。

但如前一節所言，若將類似的無人遙控載具的角色回歸陸軍的「偵搜戰鬥」應用思維，則先鋒 1 號在速度、攝影升降機構與戰鬥裝置等方面有許多改進的空間，如圖 6 及圖 7 火蟻號的衍生型—升降攝影裝置車及未來無人戰鬥車的圖例。

本研製即以火蟻號及圖 6 的裝置車型為參考藍本，希望用既有的先鋒 1 號技術來改良研發自己的先鋒 2 號。

因為在研讀火蟻號的相關資料時，我們發現它的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。故若要研發類似的機構與載具，必須考慮攝影鏡頭無論在升起或降下時都能被上下左右的調整才行；亦即升降機構必須包含承載上下左右調整的機構在內，則除了「套節式」，其他諸如吊車的「套箱式」、千斤頂的「剪刀式」等均是可重新考慮應用的方式。因此，如何選擇與設計一個具有較大負荷能力，但基礎結構又不致於太大與太重的升降機構，以免影響整體載具的性能，便成為一個頗具有探討空間與實驗性的研究課題，也是本研製計畫研究的重點。

參、研製方法

先鋒 2 號完整的應用系統包括四個部份，一是可無線遙控與自走切換的小型四輪驅動車體，其上載有攝影機、伺服馬達、主控/接收電路、對講電路及驅動馬達等；二是影像轉換器與對講機單元，本單元連線到筆記型電腦，即可進行視訊記錄或投影教學；三是遙控單元，可用於切換四輪驅動車體的運動或攝影模式；四是車體上的升降伺服機構，本機構將位於車體的中央位置，以便能在重心位置平衡的裝置實驗不同設計的效果與性能。由於升降機構是本研製不同於先鋒 1 號的重點，故將嘗試製作不同驅動型式的三種機構來作對照比較。

本文欲研製目的物的系統方塊圖如圖 8，其中遙控器/對講機單元與影像接收

器/擷取器單元均屬有規格品可選購的部份，只要選妥適合的部品再做整合與連線即可。如遙控器要選 9 頻道的 FM 機，才能滿足遠距遙控與多動作切換的需求；而影像接收器/擷取器也至少要配備 USB 2.0 的規格，才能順利與目前一般的筆記型電腦連接運作。另位於小型四輪驅動車體上的主控制電路，因遷涉眾多，技術性高，須要參考相關的電路設計來加以處理[7、8]。本研製的主控電路是使用義隆電子的 EM78447 單晶片[9]，自走循跡則採用焊有七顆反射式光電感測器的板子，以更有效的控制與反應路徑變化。先鋒 2 號的車體結構與主控電路的佈置如圖 9。

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 10)，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 11 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。

三、載具自走原理

如圖12，利用反射式光耦合器(感測器) C550N來偵測以黑色電工膠帶貼成的軌道，C550N是由一光二極體與光電晶體所組成，當光二極體將光線射在淡色地面時，會反射一光線到光電晶體上，光電晶體接收到信號時就會使C極產生「0」信號（低電位)；若光二極體將光線射到黑色膠帶，光線不會反射，光電晶體沒有接收到反射信號，C極就產生「1」信號（高電位)。本研製採用之前製作「霹靂3號」所自行研發的循跡技術與程式[7]，簡言之，就是將七顆橫排的C550N裝在車體前輪的中間下方，來感測車身是否在黑色電工膠帶貼成的軌道正上方，當有左右偏向時，微電腦可依偏向的嚴重程度，驅使伺服馬達拉動轉向輪做相對大小的修正反應，即可讓車體的前進路線一直都吻合在軌道上。

四、電路板製作原理

本研製的自製電路已改採電腦設計的印刷電路，其製作程序如下：

1. 繪製電路與電路板佈線圖—以 Protel DXP 軟體繪製各功能電路，繪製完成後使用軟體的轉換功能可直接將電路圖轉成電路板佈線圖，經進一步修正，即可得到更合乎實際組裝需求的電路板佈線圖。
2. 製作「光罩」--將電路板佈線圖以投影片印出。
3. 接著進行「曝光、顯影、蝕刻」—直到在感光電路板上只剩所設計的電路留下為止(較詳細的敘述請參考文獻 7)。
4. 後端處理--蝕刻好的電路板，再用溶劑去焊點護漆、鑽孔後，即可插件焊接。

伍、結果與討論

本研製一共實驗了三種升降機構，茲分別簡介如下：

1.伺服馬達折疊式—

如圖 13 的實體圖例，整個機構由薄片鋁合金冂型材與三個不同大小的伺服機構成，其中末端兩個伺服機可旋轉 90 度，中間的伺服機可旋轉 180 度，機構折疊時高度約 75mm，而展開後高度可達 458mm。

2.A 型皮尺式—

如圖 14， 一皮尺座在下，折回的皮尺的折回處在上時，若在其上蓋一有承載少量重量的喇叭型杯子，則當皮尺伸高時，杯子也會被被推舉而跟者升高。

3.連體雙皮尺式

如圖 15，將兩皮尺背靠背組合在一起，並將兩皮尺頭拉齊固定在一載台下，兩皮尺的轉軸端面以嚙合的齒輪相連結，則以馬達帶動一邊皮尺轉軸轉動，兩皮尺即會同步反向轉動，剛好讓載台一起上升或下降。且兩皮尺背相對隔開，其材質剛好形成一「剛性框」，可將載台升至相當的高度也不會有大的變型或擺振。

由以上三種升降機構比較得知(參見表 1)：

1. A 型皮尺式--因彎折皮尺與頂杯高度的需要，無法將高度降的很低，且因頂杯載台為活動的，故載台常因皮尺摩擦阻力出現搖晃傾斜的現象，故此機構有缺陷，並不合用，是三個機構中較差的構想與設計。
2. 伺服馬達折疊式—需配合單晶片微電腦的控制，才可順利升降及旋轉，攝影機載台亦可俯仰，適用性不錯；但與連體雙皮尺式比較起來，有升程較短(只有 458mm)、需要較大的操作及裝置空間及控制較複雜、可視面積較大、成本效益較高等缺點，是三個機構中基本合用但不夠理想的設計。

3. 連體雙皮尺式—這是一個新的發明，不但具有升降控制簡單、升程最高(可達 750mm 左右)，且裝置高度、操作空間及可視面積均最小，成本效益最高，與圖 6 的國外成品比較也不遜色(因還可讓攝影機俯仰及旋轉)，是三個機構中最合用且理想的設計。圖 16 至圖 19 為搭載本機構的實車各種應用實施例。

總結搭載連體雙皮尺式升降機構的先鋒 2 號，具有表 2 的各項性能；與其前身先鋒 1 號比較，除了車高變化是最大差異外，因使用了新的伺服機，左右轉角的範圍也從正負 60 度[1]，大大提升為正負 135 度。此外，先鋒 2 號仍可裝用原先鋒 1 號的較大型紅外線攝影機(如圖 20)，更可將紅外線攝影機改裝至車體前端(如圖 21)，以進一步降低車高，便於鑽入民用轎車的底盤做檢測；亦即新的先鋒 2 號，不僅達成攝影機可遙控升降的製作目的，其功能也更多樣，性能也更好。

陸、結論與建議

本研製以有限的經費與新的觀點研發出「連體雙皮尺式」升降機構，並因而成功的改良出性能更好的「先鋒 2 號」小型多功能偵搜載具系統，可讓載具發揮隱藏於遮蔽物後仍可奇襲「探頭」監視偵測的實用效果。本研製的成果除申請專利外，亦曾於 2007 年 6 月教育部主辦的全國專題競賽中入圍機械群前 10 強的決賽(共 89 對參賽)，也參加同年 9 月於台北世貿中心舉辦的發明展，頗獲好評(如圖 22、23)。未來可將本研製的升降機構放大裝置於小型消防車中，出入狹小巷弄，仍可垂直升高做高樓救火或救援的工作，可避免一般雲梯車易受空中電線的阻礙或狹小空間的限制的缺點，其在各方面的實用價值很值得繼續研究與期待。

另因製作經費有限與使用改良自先鋒 1 號的車體，在載具原始空間與速度上均有先天的限制，以致用第二層甲板搭載新型升降機構的先鋒 2 號，在基本高度上仍嫌過高；建議若有較充裕的經費時，可全新發展以「越野偵搜戰鬥」為主要考量的「先鋒 3 號」，能將本文研發的升降機構隱藏裝置於車體第一層甲板，真正做出一台有實戰功能，又能快速、奇襲偵搜的新一代機器人車來！

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. 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。
4. Website of The intelligent Systems & Robotics Center, Sandia National

Laboratories, U.S.A.

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

6. 95年度國防科技學術合作計畫需求項目第12項，「遙控陸用無人載具光機電伺服系統整合之研究」，國科會。

7. 廖威量、張華均、何克威、曹展源，「『霹靂3號』可傳遞載物快速自走車的研製」，南亞學報第26期，pp.67~80，2006年12月。

8. 莊雅琳、廖威量、李琇如、蔡佳樺、吳芷佑、陳孟宣，「兒童英語電子有聲圖書—發聲動物小卡車」，2006年全國技專校院學生實務專題製作競賽暨成果展作品集，pp.693~698，2006年9月。

9. 鄧錦城,「EM78447 入門與實作」,宏友圖書公司，台北，民國 88 年 1 月。

誌 謝

本研究承蒙南亞技術學院改進教學計畫 94A-001 與國科會大專學生參與專題研究計畫 95-2815-C-253-003-E 的經費贊助，特此誌謝。

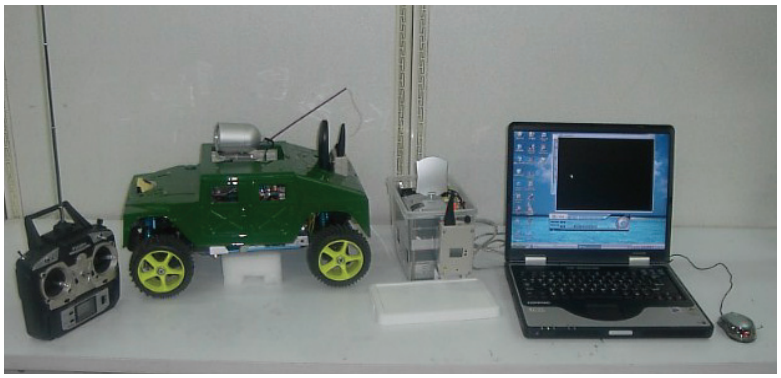

圖 1. 「先鋒 1 號」監視載具系統組件

圖 2.「先鋒 1 號」的車體特寫

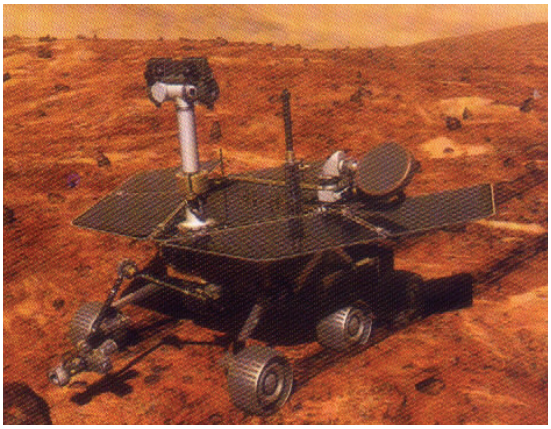

圖 3.登陸火星的「精神號」探測載具

圖 4.「火蟻號」小型無人戰鬥偵搜載具

圖 5. 市場上類似的「機器人車」產品

圖 6.「火蟻號」之升降攝影裝置車型

圖 7.「火蟻號」之未來戰場戰鬥車型

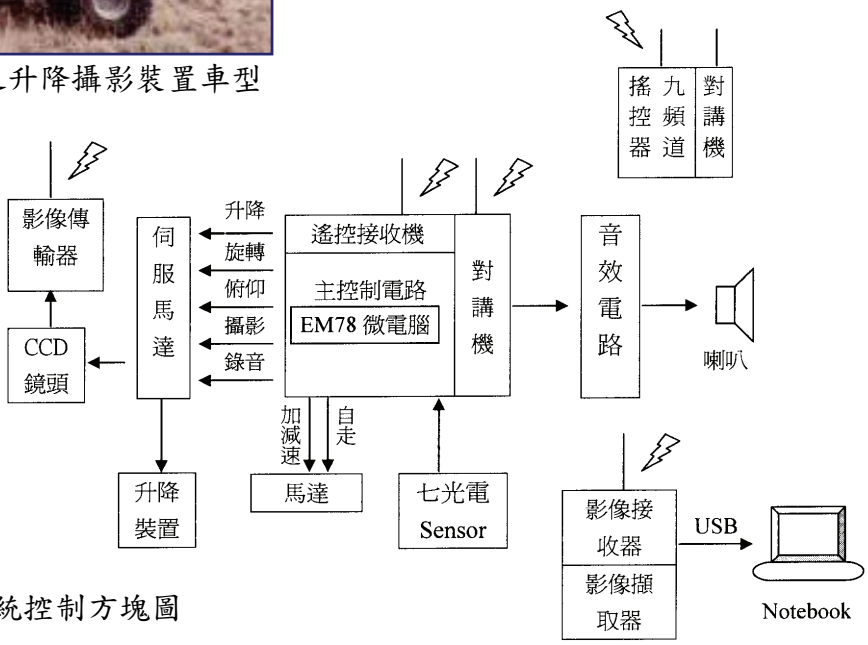

圖 8. 本研製的系統控制方塊圖

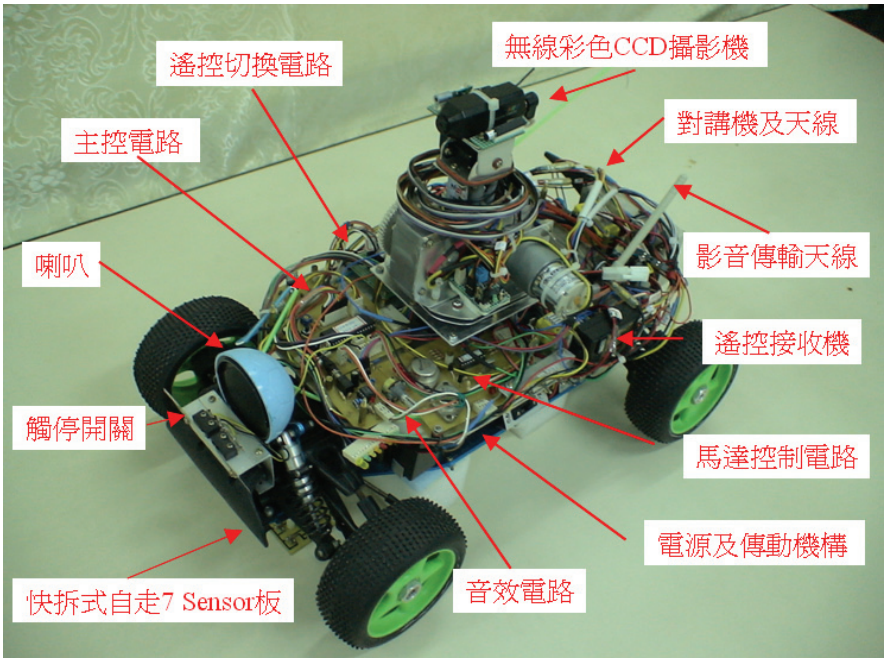

圖 9.「先鋒 2 號」的車體結構與部件

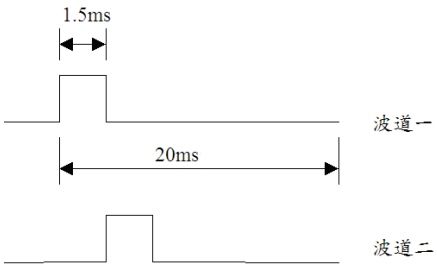

圖 10. 控制驅動信號例

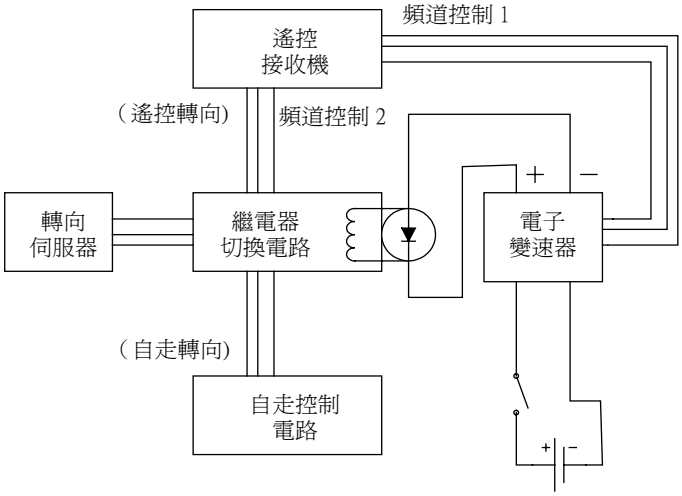

圖 11. 遙控功能切換例—遙控/自走

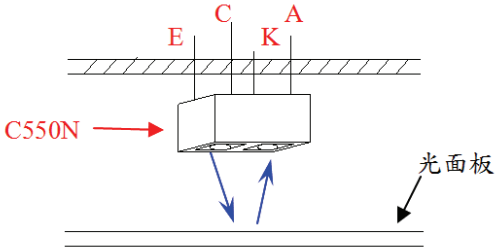

圖 12. 反射式光感測器原理

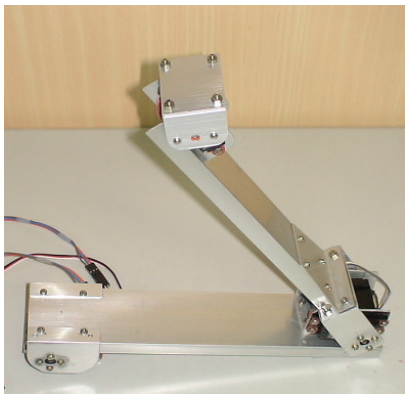

圖 13. 伺服馬達折疊式(右圖)

圖 14. A 型皮尺式(上圖)

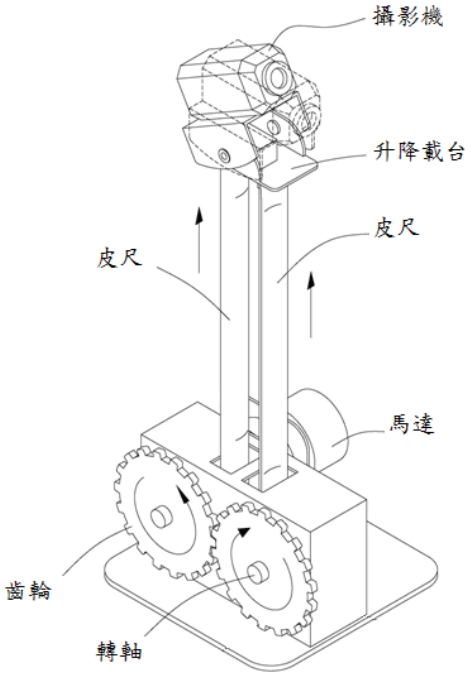

圖 15. 連體雙皮尺式原理圖(右圖)

表 1.不同升降機構特性比較表（以同一應用裝置空間為準）

比較項 \ 型式	伺服馬達折疊式	A 型皮尺式	**連體雙皮尺式**	套節式
控制難易度	高	低	**低**	低
前可視面積	小	較大	**小**	較大
升程比*	中	中	**最大**	大
可荷重度	高	中	**中**	低
可運動維度	3D	2D	**3D**	2D
成本	最高	低	**低**	中

註*：升程比—最高高度與基礎高度之比。

圖 16.「先鋒 2 號」車體覆殼圖

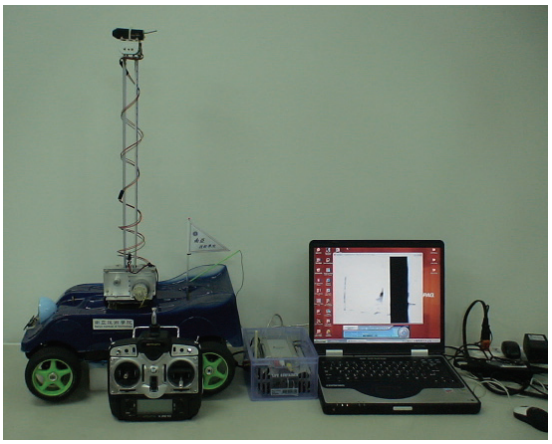

圖 17.搭配 Notebook 之全系統應用例

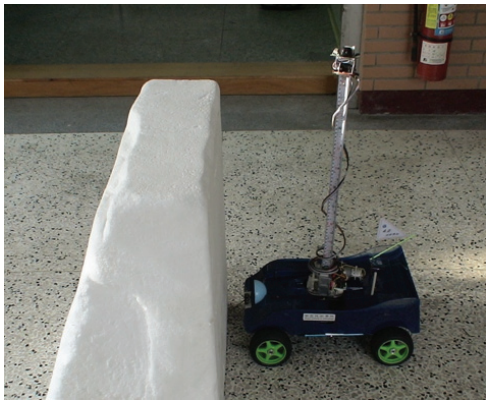

圖 18. 於掩蔽物後方升起監視鏡頭

圖 19. 對可疑車輛進行遠距影像確認

表 2.「先鋒 2 號」攝影機可升降構型的性能諸元（黑體字表與先鋒 1 號不同處）

本體尺度		車體運動性能		攝影機操作		系統功能
長	47cm	慢　速	0.25m/sec	**前俯角**	**-20°**	可切換高低速
寬	30.5cm	快　速	0.5m/sec	**仰　角**	**+40°**	可加裝紅外線功能
高(升/降)	**110/35cm**	爬坡能力	35°	**左右轉角**	**-135~+135**	可切換遙控/自走
車　重	**5.6kg**	迴轉半徑	1m	影像可錄影存檔		具廣播及監聽功能

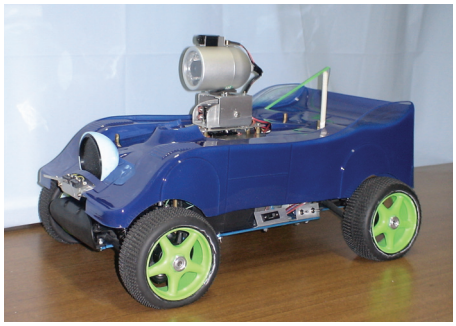

圖 20. 裝用較大攝影機的構型

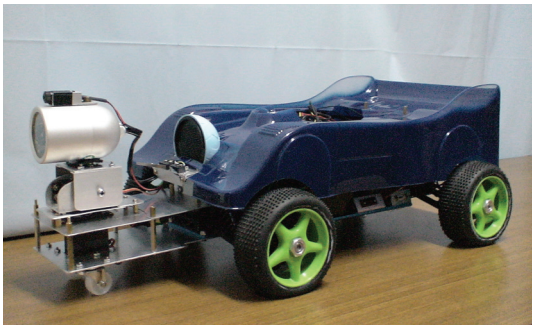

圖 21. 可進入轎車底部檢視的衍生構型

圖 22. 入圍 2007 年全國專題競賽決賽

圖 23. 參加發明展吸引大小朋友圍觀