

六足仿甲蟲步態機器人之設計與製作

廖梨君

范長順/黃冠勳/林鈺鏞

朝陽科技大學資訊工程系
助理教授

朝陽科技大學
資訊工程系

e-mail : lcliao@cyut.edu.tw

摘要

本研究設計並製作一仿甲蟲步態之低成本六足機器人。此機器人以兩顆伺服馬達直接驅動機器人的六足，其足部以連動式半擺臂設計，仿甲蟲行走步態，使機器人可於崎嶇路面行走移動；此機器人之系統電路架構包含微控制器、2顆伺服馬達、無線傳輸模組、馬達驅動控制電路、電池；同時設計一使用者軟體介面於電腦端，便於讓搜救人員與機器人互動；機械結構則包含連動式半擺臂足型、及承載用壓克力板、及鋁鐵支架等。由實驗結果可知，藉由無線傳輸模組，使用者可於遠端傳送控制命令，根據控制要求此六足機器人除可靈活前進、後退、及左右轉外，亦可穩定行走於不平滑之地面及傾斜坡段地形，平均速度約為 3.6 cm/s，最小旋轉區域半徑 11 cm，總重量約 207g。此六足搜救機器人亦可更進一步應用於各種探索情境，如野外探勘或家庭看護等應用。

關鍵詞：搜救機器人、伺服馬達、六足機器人、野外探勘。

Abstract

A low cost hexapod robot is designed and implemented in this study. The robot can imitate the gait of beetles and can be used for the applications of wild explorations or to search and rescue in disasters. The electrical parts of this robot includes the micro-controllers, 2 servomotors, a set of the wireless communication module, and batteries. The users can remotely control the movement of the robot. As demonstrated in experiments, the average forward speed and the minimum returning-

radius of the robot are about 3.6 cm/s and 11 cm, respectively. The total weight of the robot is about 207g.

Keywords: Field explorations, hexapod robots, rescue robots, servo motors, and USAR.

1. 前言

在災害發生時，如何於傾倒的斷垣殘壁中，在黃金救援時間內搜尋生還者，常為救災人員最大的挑戰。災害環境現場，可能空間狹小，路面傾斜且佈滿瓦礫，也可能於空氣中佈滿灰塵或有毒氣體，導致救災人員無法直接進入災難環境，亦不易判斷生還者的可能位置而予以適時的援救。而搜救機器人正可於災難發生時，取代搜救人員進入災難現場。大部份的搜救機器人體積小，乘載攝影機、有毒物質偵測器或急救藥物，可進入傾倒建築物中、或狹小空間中 (UBERN SEARCH AND RESCUE (USAR)) [1-3]，同時，機器人藉由通訊設備回傳影像或地理資訊，與救災人員進行互動。而專門用於礦災時之搜救機器人 [4-6]，必須可進入窄小且深入的崩塌礦坑中，同時需能偵測礦坑中之空氣成分，並對生還者進行位置判斷。而由於搜救機器人需行走於傾斜路面或瓦礫堆中，因此機器人之足部結構設計，必須滿足可跨越障礙物之要求。如 [4] 中所提，其輪足部加裝了懸架式搖桿型設計，使其機器人於崎嶇路面行走時，可自行調整其機器人之輪足水平高度而順利跨越障礙物。亦有部分機器人其輪足部為可變形之設計，在機器人於平路行走時，以輪足形式加快其移動速度，而在機器人需跨越障礙物時，其輪足結構可變形為擺臂的形式 [7]。其中亦有將機器人之足部設計為擺臂的

形式，使機器人可直接行走於類似樓梯結構之路面[8]。而當機器人進入災難環境中時，有可能在遠端的搜救人員，是無法由機器人回傳的影像判定其位置及災難情況，此時，若搜救機器人本身，具有自我學習的機制，並可具有部分自主判斷與自主移動能力時，將有助於提高搜救的效率[9]。

有鑒於以上所述，本研究設計一低成本之小型六足搜救機器人，此機器人體積小，總重量低，耗電量低，仿甲蟲行走步態，其足部為連動式半擺臂之設計，由兩顆伺服馬達直接連動六足，機器人於行走時，六足會協調性的抬離地面跨越砂石及爬行；機器人可深入傾倒的建築物內，整體設計簡單且易於操控。

2. 六足仿甲蟲步態機器人之設計

本研究設計之小型六足搜救型機器人系統包含：馬達驅動與控制電路、機構設計、與軟體控制介面。其主要系統架構如圖1所示，以下將就各個部份詳細介紹。

A. 機器人端之馬達驅動與控制電路

本六足仿甲蟲步態機器人之足部，左右兩側各以一顆伺服馬達做驅動，馬達直驅單一關節控制，接著再以機器人單側三足各自連動之運動方式，來表現其行走動作。這樣的設計可以單顆馬達同時控制多足節，亦可減少馬達之使用數量與系統承載之重量。

當機器人端透過無線通訊模組接收使用者控制端所送出之訊號後，便經由微處理機送出相關之脈波寬度驅動馬達。此訊號包含兩

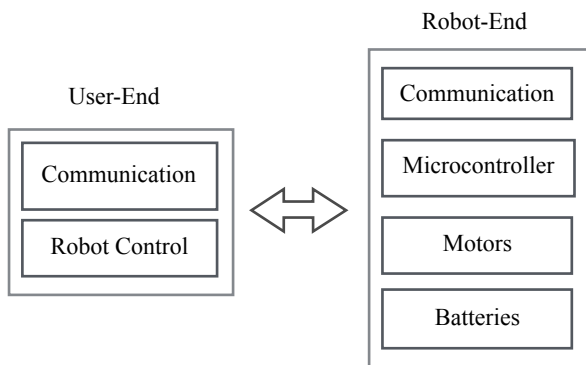


圖1 六足仿甲蟲步態機器人之系統架構圖

顆伺服馬達之旋轉角度值，分別用以控制機器之行走方向及機器人之行走速度。以下為機器人端各主要元件之功能說明：

1. 伺服馬達：用以控制機器人之行走方向及速度。
2. 微處理機：經由無線通訊傳輸模組接收使用者端之控制訊號，處理判斷後送出相關之脈波寬度訊號，用以驅動馬達。
3. 無線通訊模組：用於機器人端接收使用者控制端送出之控制訊號。

B. 六足仿甲蟲步態機器人之機器結構設計

此機器人在結構上以鋁板、木板及壓克力板等作為機器人之乘載底板，乘載所有機械結構、控制電路、傳輸模組、馬達及電池。其連動式半擺臂之足部設計如圖2所示。以機器人左側做說明，將機器人位於中間的第二足關節直接與馬達之軸承連結，第一與第三足再與乘載底板做一可活動之固定連結；其中第二足再與第一、三足以傳動桿做一活動式連結。當馬達轉動第二足之關節時，同時帶動第一足及第三足擺動，雖然三足皆無法以360度擺動，但三足於馬達轉動時可輪流離地，以達跨越瓦礫堆之能力，因此，將此結構設計稱之為連動式半擺臂。而機器人兩側馬達可獨立控制，使機器人達到行走時方向與旋轉角度之控制。

3. 實驗

本論文所提之六足仿甲蟲步態機器人初步完成之雛形外觀設計如圖3所示，機器人之外觀架構分為兩層：

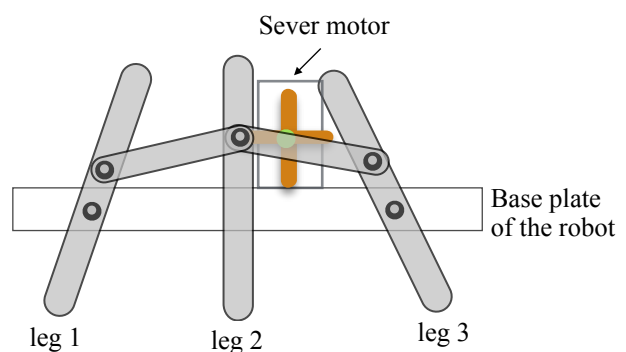


圖2 六足仿甲蟲步態機器人之單側足部設計圖

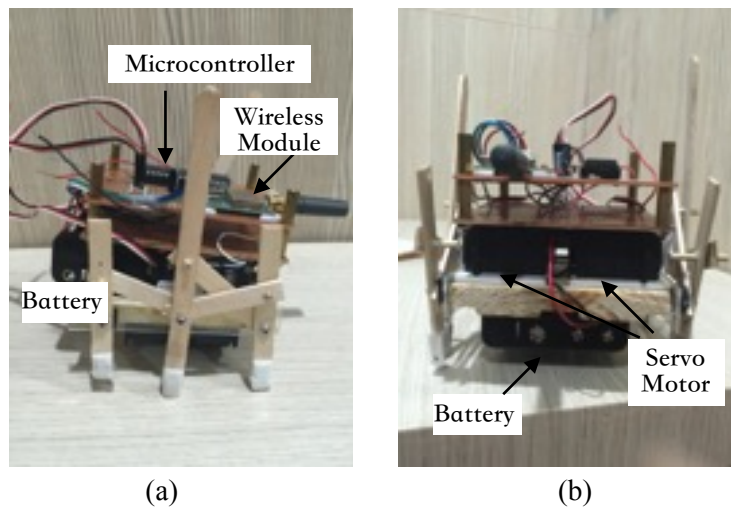


圖3 六足仿甲蟲步態機器人之外觀 (a)機器人之側面圖；(b)機器人之正面圖。

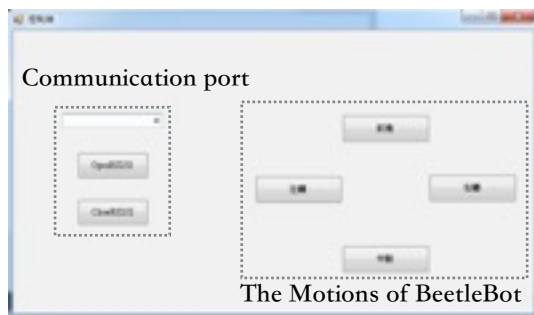


圖4 六足仿甲蟲步態機器人之使用者控制界面

1. 第一層：第一層架構由木板及壓克力板黏合而成，用為乘載兩顆伺服馬達、電池及連結足部的活動結構。
2. 第二層：為控制電路承載層，本機器人直接將此控制電路板放置於馬達與電池上方。

此機器人之測試硬體及軟體介面設計包含：

1. 無線通訊模組：無線通訊之操作頻率為433MHz，傳輸速率可達9600bps，最遠傳輸距離為200m。
2. 伺服馬達之控制電路與程式撰寫：此機器人之硬體電路包括低成本且易於使用之8位元51系列之微處理器，用以負責傳送馬達之驅動訊號、方向控制、速度控制與使用者端間之通訊傳輸。伺服馬達型號為S35-STD，其透過周期性脈波訊號來做驅動。當驅動脈波寬度小於1.5ms時，馬達會順時針旋轉；當脈波寬度等於1.5ms時，馬達不動作；而當脈波寬度大於1.5ms時，馬達就會逆時針旋轉。使用者可藉分段控制來改變馬達的旋轉角度，進一步改變機

器人之行走速度。

3. 使用者端控制介面設計：此控制介面初步以使用Visual Studio 2010來設計，此介面功能包含無線通訊裝置的開啟與關閉，及機器人前進與左右轉等動作控制，其使用介面如圖4所示。
4. 足部機械結構設計：為了可使機器人順利行走於沙石地及崎嶇不平的路面，機器人之足部設計於行走時，需可跨越一定深度或高度的間隙或障礙物。而當足部機械結構完成製作後，再將之組裝於伺服馬達的軸承，由馬達帶動足部的相關連動，其足部連續作動圖可如圖5所示。
5. 所需電力：此雛形BeetleBot所需供電為10顆之1.5V電池，可達至少1.5小時之連續操作時間。
6. 此雛形BeetleBot之總重量約為200g。

4. 結論

本研究所提之六足仿甲蟲步態機器人可於沙地及石礫堆中前進、後退、左轉及右轉，圖6為此機器人於野外沙地行走之圖。當馬達軸承與第二足之連接半徑越大，足部的擺動角度將越大，可跨越之障礙物高度亦能越高。其平均直行速度約為3.6 cm/s，最小旋轉區域半徑約為11 cm。

未來研究，將改進此機器人之建構材質與行走跨越時之擺臂高度，使其機械結構更為堅固，並可跨越較高之障礙物；同時，加裝攝影機與感測器於機器人之乘載基板，使

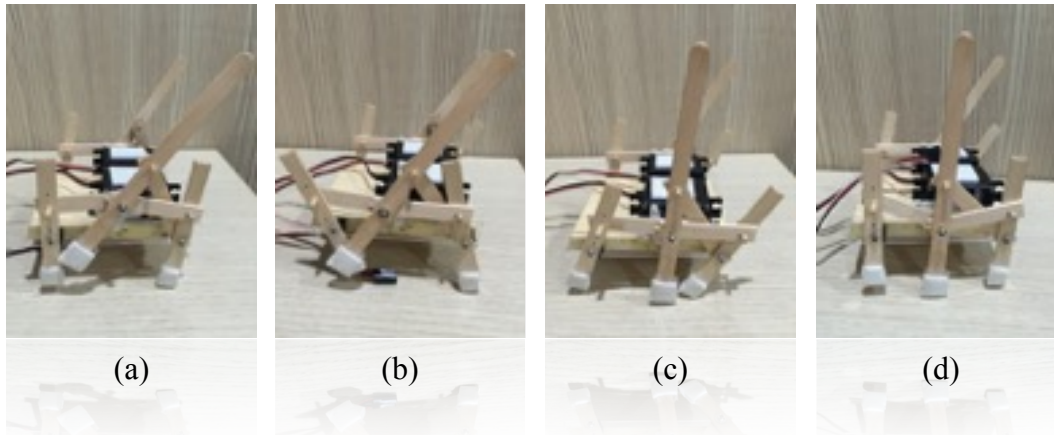


圖5 六足仿甲蟲步態機器人之足部作動連續圖



圖6 六足仿甲蟲步態機器人根據使用者之控制命令在沙石地上行走圖

機器人具備實際之搜救功能。

參考文獻

- [1] Robin Roberson Murphy, "Human - Robot Interaction in Rescue Robotics," IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS, VOL. 34, NO. 2, MAY 2004, pp.138-153.
- [2] João Soares, Alberto Vale, and Rodrigo Ventura, "A Multi-purpose Rescue Vehicle and a human - robot interface architecture for remote assistance in ITER," Fusion Engineering and Design, 98 - 99, 2015, pp.1656 - 1659.
- [3] Tyler Gunn, and John Anderson, "Dynamic heterogeneous team formation for robotic urban search and rescue," Journal of Computer and System Sciences, 81, 2015, pp.553 - 567.
- [4] LI Yunwang, GE Shirong, ZHU Hua, FANG Haifang, and GAO Jinke, "Mobile platform of rocker-type coal mine rescue robot," Mining Science and Technology, 20, 2010, pp.0466 - 0471.
- [5] Dan Zhang, and Zhen Gao, "Hybrid head mechanism of the groundhog-like mine rescue robot," Robotics and Computer-

Integrated Manufacturing, 27, 2011, pp. 460 – 470.

- [6] Hemanth Reddy A, Balla Kalyan, and Ch. S. N. Murth, “ Mine Rescue Robot System – A Review, “ Proceeding of Global Challenges, Policy Framework & Sustainable Development for Mining of Mineral and Fossil Energy Resources (GCPF2015), pp. 457 – 462.
- [7] Yoo-Seok Kim, Gwang-Pil Jung, Haan Kim, Kyu-Jin Cho, and Chong-Nam Chu, “Wheel Transformer: A Wheel-Leg Hybrid Robot With Passive Transformable Wheels,” IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, VOL. 30, NO. 6, DECEMBER 2014, pp.1487-1498
- [8] Hongwei Ma, Chuanwei Wang, and Zengqiang Wang, “Study on the Change Law of Centroid for Six-track Rescue Robot with Four Swinging Arms,” Proceeding of 2012 AASRI Conference on Modelling, Identification and Control, pp.421-426.
- [9] Barzin Doroodgar, Yugang Liu, and Goldie Nejat, “A Learning-Based Semi-Autonomous Controller for Robotic Exploration of Unknown Disaster Scenes While Searching for Victims,” IEEE TRANSACTIONS ON CYBERNETICS, VOL. 44, NO. 12, DECEMBER 2014, pp.2719-2732.