

計畫名稱

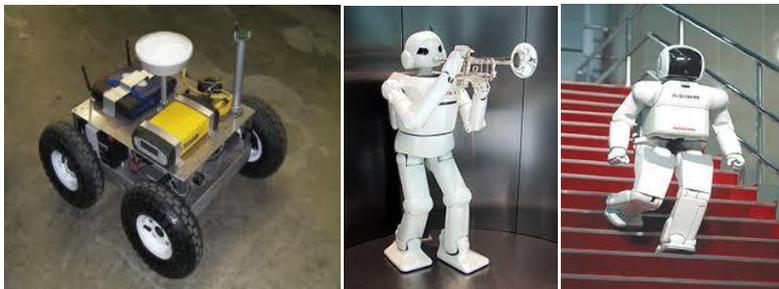
俱身高變化雙足機器人線上軌跡生成之研究

摘要

本研究重點在使雙足機器人產生一個較接近人類平常行走的步態，外國學者曾有實際測量人類在行走時其零力矩點的變化，且我們發現和大部分研究所規劃的零力矩點有相當大的差異性，因此，我們試著實作出非等高重心變化如同人類一般行走的變化，使得雙足機器人行走的行為更接近於人類。此計畫之目的在於建構出能夠為人類服務之智慧型類人型機器人系統，利用此智慧型類人型機器人系統實際應用於生活上，為獨居老人、醫院患者提供醫療照顧服務，協助行動不便之病人端取食品、藥物或運送其他物品。

研究的問題所在及研究動機

雙足機器人在機器人發展中一直都扮演著重要的角色，比起一般常見的輪型機器人，雙足機器人在移動上擁有更大的優勢，例如上下樓梯、跨過門檻等等。現今大多雙足機器人發展都是以等身高方式行走，這種行走方式是為了避免模型計算上的困難而去做的簡化。然而這種行走模式不但姿勢不像人類，且因為長時間彎曲膝蓋的行走，使得馬達需要長施間輸出大力矩，常常會造成雙足機器人的馬達有過熱的問題。因此，我們致力於發展一種行走時身高上下變化的行走模式，這種非等身高的行走模式有相當多的優點，除了可以有較大的步伐外，由於在行走的過程中有較為伸直膝蓋，這也讓馬達可以縮短輸出大力矩的時間，進而達到馬達使用壽命的延長。



(a)

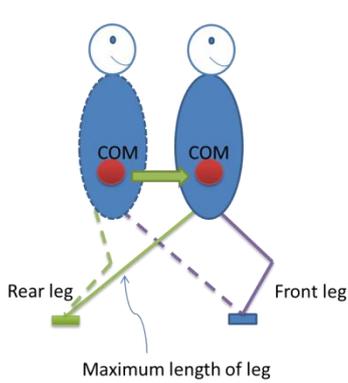
(b)

(c)

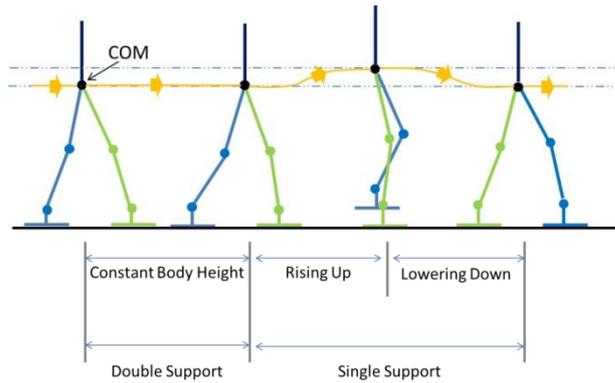
應用情境: (a)輪型機器人 (b) 人形機器人 (c) 機器人上下樓梯

技術研究方法及創新性

我們致力於發展一種行走時身高上下變化的行走模式，然而，非等身高的行走方式比起等身高的行走方式會造成機器人身體移動得較為劇烈，以至於它的穩定性會較差。並且因為一般的伺服馬達控制響應會有延遲的問題，所以常常無法達到好的穩定性表現。

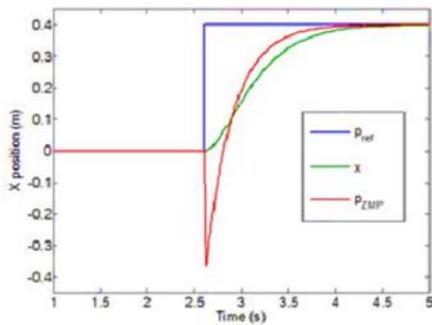


(a) 等高重心

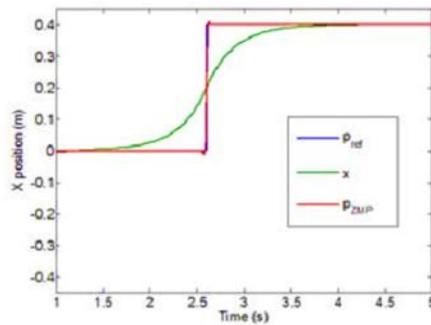


(b) 非等高重心

因此過去有人提出了一種叫做預看控制的方式能改善這個問題，但是這個方式僅適用於等身高的行走。所以為了要讓這個方法也能應用在非等身高的行走，我們提出了一種設計機器人身高變化的軌跡，使它在機器人模型的數學上可以視為一種等身高行走的表現。而這種實際上非等身高行走但模型上是等身高的行走就可以使用預看控制，進而達到增加行走的穩定性，並且解決伺服馬達控制會有延遲的問題。



(a) 伺服控制的延遲缺點



(b) 預看控制的改善

ZMP (Zero Moment Point) 是雙足機器人的核心基本觀念，是考量機器人的動態進而衡量機器人穩定與否的重要指標。ZMP 的觀念是由 Vukobratovic 在 1968 年所提出，它定義機器人與地面的接觸面上存在一點其水平面的轉動力矩為 0，若機器人腳底板中沒有任何一點其水平面的轉動力矩為 0，則機器人將會傾倒。

► To measure the ZMP

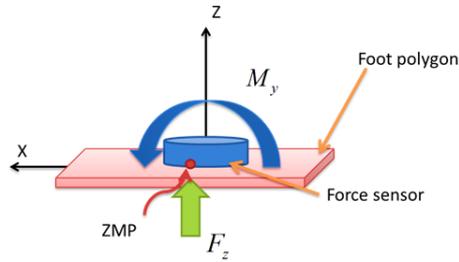
- Single phase

$$ZMP_x = \frac{M_y}{F_z} \quad ZMP_y = \frac{-M_x}{F_z}$$

- Double phase

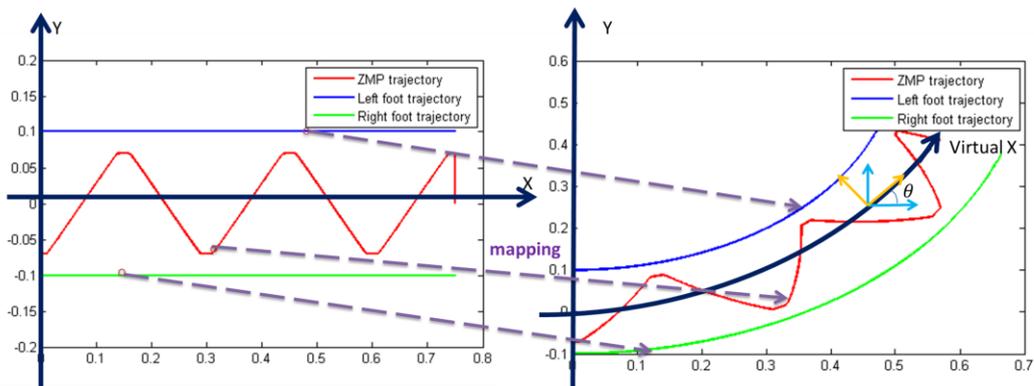
$$ZMP_x = \frac{F_{zL} * ZMP_{Lx} + F_{zR} * ZMP_{Rx}}{F_{zL} + F_{zR}}$$

$$ZMP_y = \frac{F_{zL} * ZMP_{Ly} + F_{zR} * ZMP_{Ry}}{F_{zL} + F_{zR}}$$



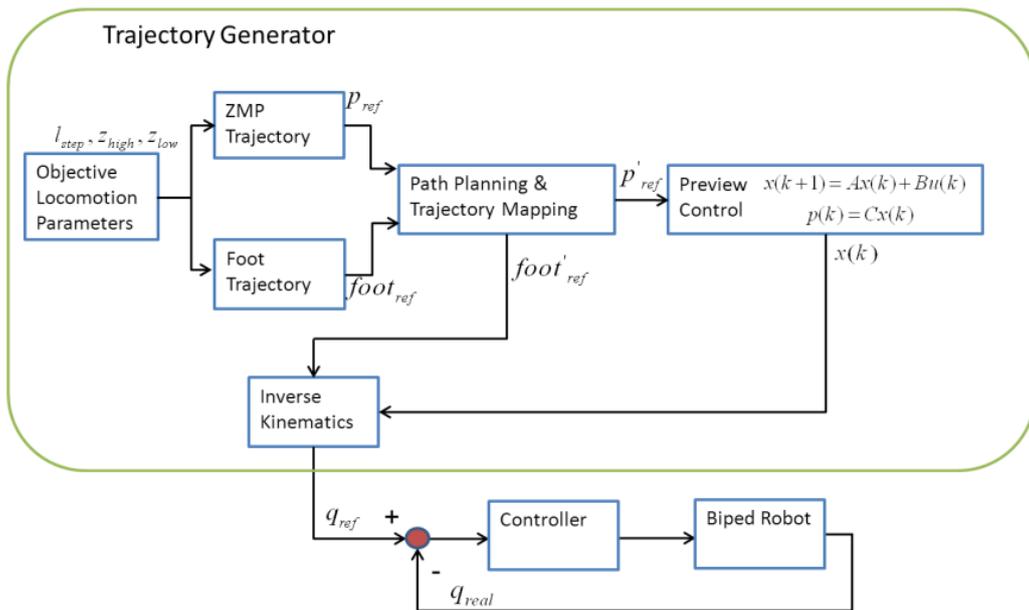
此外，本文亦會提出一種利用軌跡映射的軌跡產生器。一般軌跡產生器多以設計直線軌跡為最基礎的功能，然而在我們生活的環境裡，不可能只有直走，而是會有大量的曲線前進。很多的雙足機器人都是設計了直走和原地旋轉，雖然這樣可以完成大部分的行走，但是這樣的行走方式對人類來說非常奇怪。因此，曲線前進對於雙足機器人是必要的功能。有些雙足機器人是利用設計腳步移動的軌跡來達到曲線前進的功能，但是這樣不僅較為麻煩，並且也難以確認設計的軌跡會不會超出雙腳的工作空間。

$$T = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & x_p \\ \sin\theta & \cos\theta & y_p \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} 0 \\ y_v \\ 1 \end{bmatrix}$$



軌跡映射示意圖

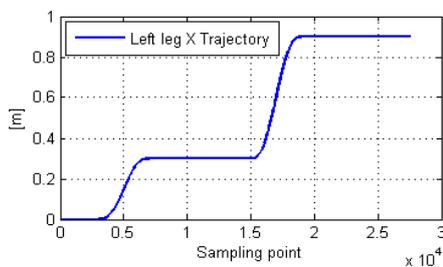
因此，我們提出用映射的方式將原本最基本的直線軌跡變成一個曲線軌跡，這樣不僅保證軌跡都會在機器人的工作空間內，也不需要特地為腳步移動去設計軌跡。最重要的一點，這種產生軌跡的方式可以依前進路徑去修改它的軌跡，因此一般移動輪型機器人發展的路徑規劃也能和此方法相結合。這樣就不需要特地為雙足機器人去發展一套路徑規劃的演算法，只要套用到已知的移動平台演算法，我們的雙足機器人一樣能達到巡航的功能。



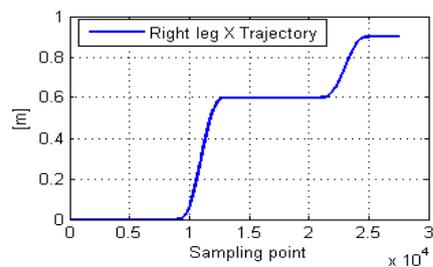
軌跡產生器全部流程圖

預期研究成果

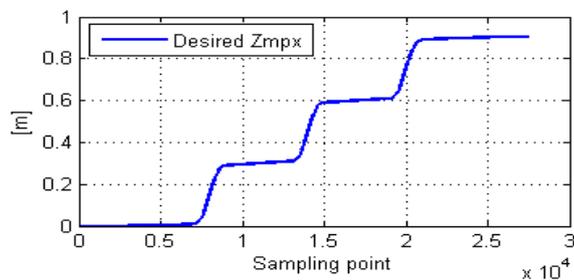
下圖(a)、(b)分別規劃了左腳以及右腳的軌跡規劃(x-axis:時間；y-axis:雙足機器人行走方向)，下圖(c)則為預先設計好的 ZMP 軌跡(x-axis:時間；y-axis:雙足機器人行走方向)，下圖(d)為預先規劃好的重心高度變化軌跡((x-axis:時間；y-axis:垂直地面方向)。



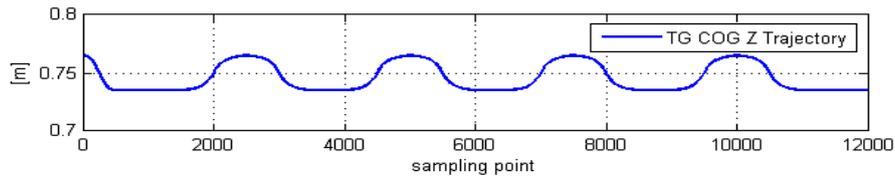
(a)



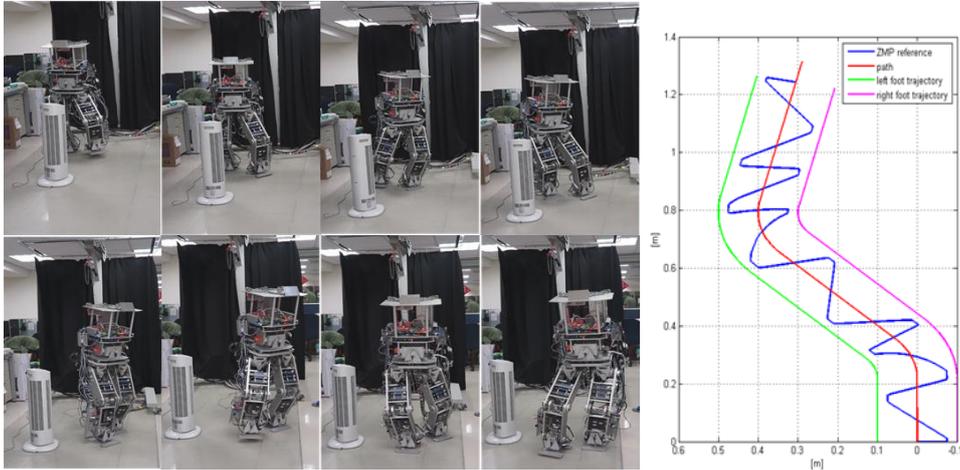
(b)



(c)

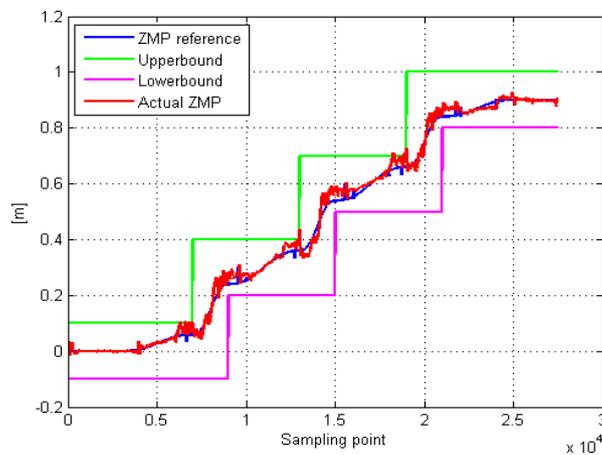


(d)



(e)

實驗結果顯示我們的控制系統應用在雙足機器人直線行走的實驗中是能夠保持平衡，此外可觀察下圖(f)為雙足機器人實際行走時的 ZMP 變化狀況，可以發現實際的 ZMP 雖與我們預設的 ZMP 軌跡有些許誤差，但皆在雙足機器人的平衡邊界內，因此雙足機器人得以保持平衡。



(f)ZMP 反應

產業應用及其重要性

此計畫之目的在於建構出能夠為人類服務之智慧型類人型機器人系統，利用此智慧型類人型機器人系統實際應用於生活上，為獨居老人、醫院患者提供醫療照顧服務，協助行動不便之病人端取食品、藥物或運送其他物品。預計在計畫完成後，此智慧型類人型機器人系統將可以自行避障，行走至目的地，拿取多樣物品置於端盤上，回到患者身邊，為患者提供物品送達之服務。為實現避障功能，日後雙足機器人搭配上視覺系統是日後必要的趨勢。