

計畫名稱

雙足步行機器人外力干擾及自動回復穩定控制之研究

摘要

雙足步行機器人使用雙腿進行移動，採用與人類相似的步伐，因此與普通輪型機器人相比，具有能夠克服不規則地面和與人類親和力較高的優點，從而作為服務型機器人的未來在全世界被廣泛的研究。但是，雙足步行機器人在行進過程中，常常會遇到來自人類和周圍環境的干擾，對其行走步伐的穩定性造成破壞。本計畫的目的在於設計一套利用雙足步行機器人自身穩定性以及姿態的改變，來應對外力的干擾並達到自動恢復的系統。

問題描述及動機

在未來雙足步行機器人作為必須在人類生活環境中工作的服務型機器人。當機器人在複雜環境中移動時，機器人可能必須能夠承受各種來自周圍環境未知的干擾。在不預期的外力作用下，行走狀態會在短時間內被改變，包括它的速度、位置、角動量等，而機器人可能會從原先穩定的行走狀態變成不穩定而跌倒。這項研究計畫希望能分析機器人可以容忍干擾的程度，及如果干擾超出可容受的範圍時，應該採取什麼樣的策略來克服，使機器人能恢復穩定。我們希望基於提出的穩定控制系統上，使得雙足步行機器人真正的能夠克服在行走過程中的干擾。

研究方法及創新

我們採用仿生的方式來處理這個問題，並獲得一個基本的了解。圖1顯示當一個受試者被從後面或前面推時的反應：

1. 當不是很激烈的被推時，受試者旋轉他的軀幹圖1-(b)和快速地擺動他的腿圖1-(c)來保持了平衡。
2. 當被作用一個更加強勁的力時，受試者需要採取更大的一步圖1-(a)或反向擺動他的腿圖1-(d)。

從這個測試中，我們看到軀幹和擺動腿的轉動應該對穩定控制有重要作用。根據這一點，我們提出了一種基於兩種行走模式的策略（根據ZMP的行走及有限循環環的行走），藉由設計最佳化行走步態來增強行走的強健性。

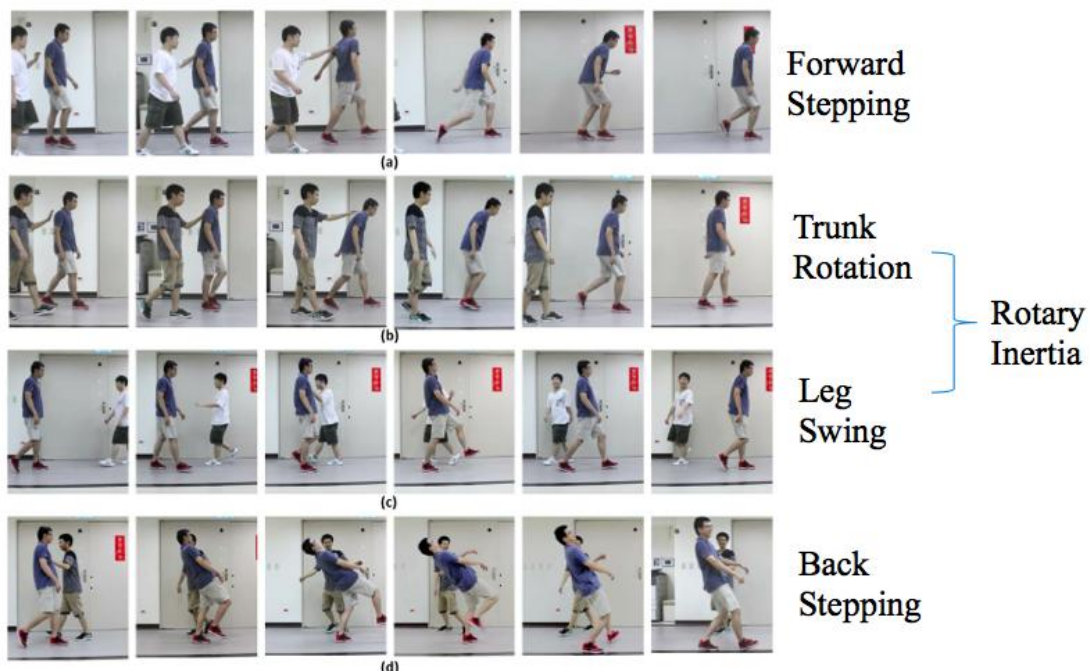


圖1.人類被推的反應

根據ZMP的行走:基於ZMP準則，更廣泛使用來實現雙足機器人行走的方法為根據ZMP準則設計的行走步態。只要滿足ZMP，各種行走步態和速度就可以達成。圖2為行走模式產生器的架構。以及支撐腳的安全區域，如圖3所示。

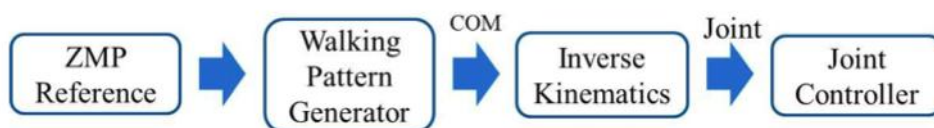


圖2.行走模式產生器的架構

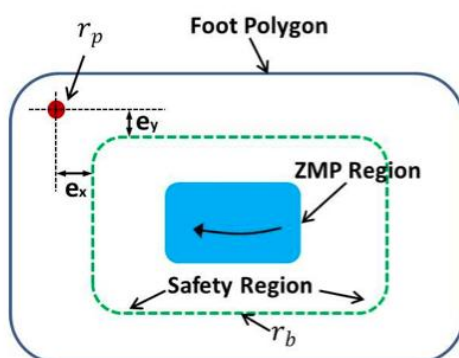


圖3.支撐角的安全區域

根據如何抵消在行走時外部干擾和實現恢復的分析，圖4為整個控制架構時間表，圖5是整個控制策略方塊圖。

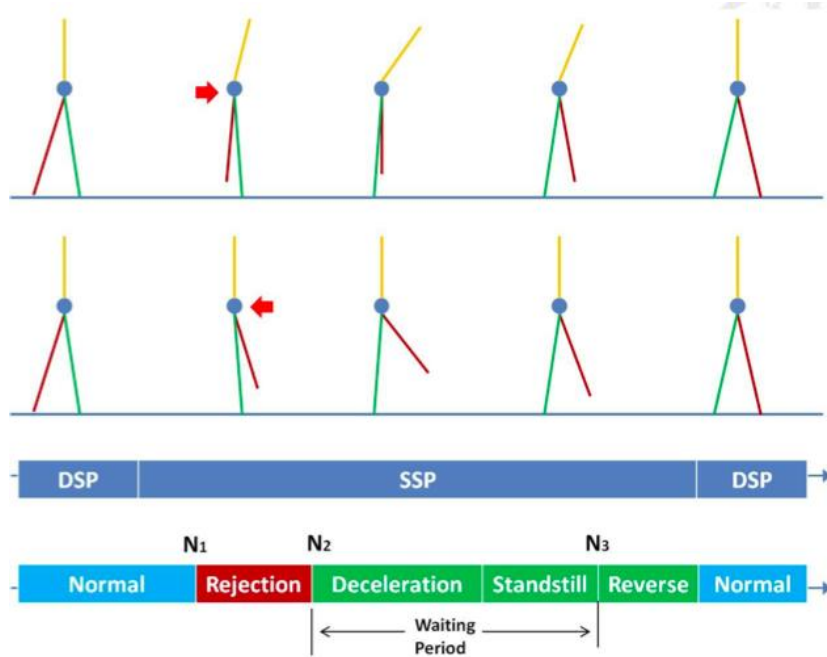


圖4.控制架構時間表

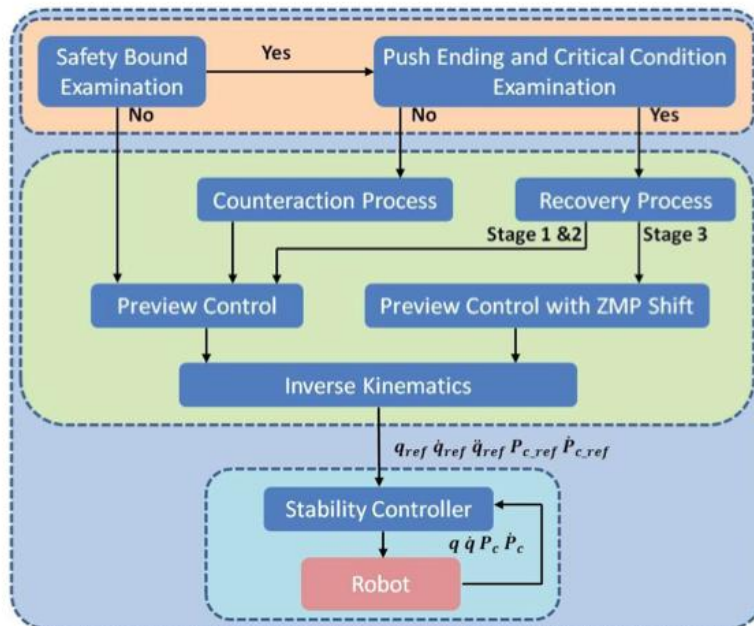


圖5.抵消干擾及恢復策略的方塊圖

預期研究成果

在第一個實驗之中，我們施加一個從背後向前的推力作用在雙足機器人的軀幹上。機器人藉由向前轉動它的軀幹抵消從它的後面的推力，如圖6所示。而COM的追蹤成果和實際ZMP值，分別顯示在圖7及圖8。

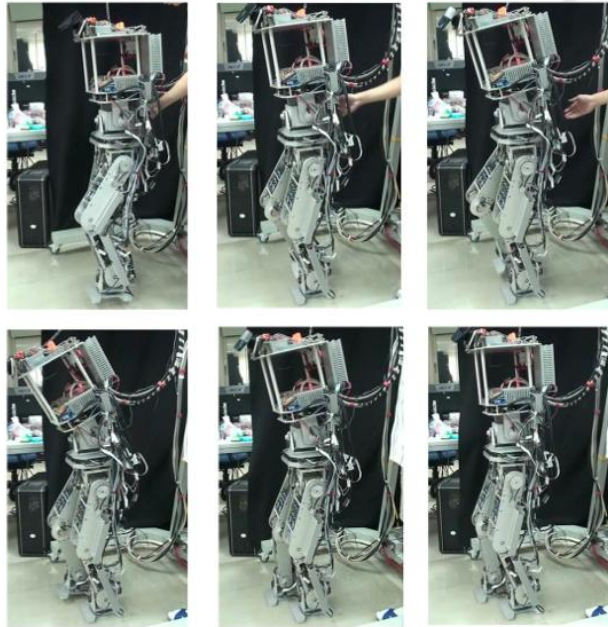


圖6. 雙足機器人由後往前作用力實驗

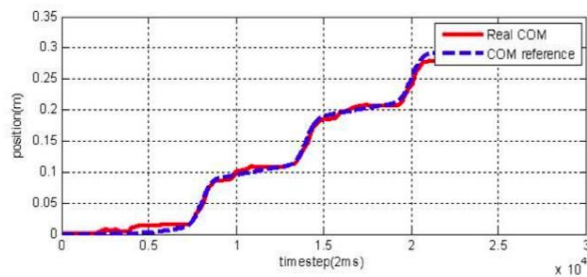


圖7. 由後往前作用COM的追蹤成果

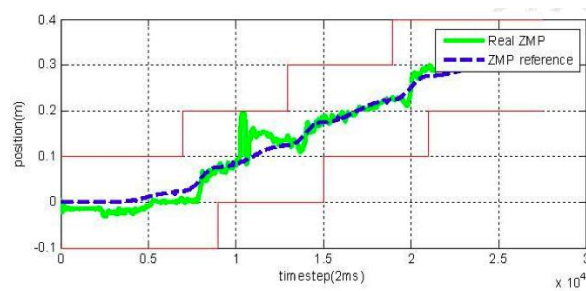


圖8. 由後往前作用ZMP反應

圖9為ZMP對應的放大圖。可以看到在整個行走過程中，真正的ZMP被限制在安全的邊界內（黃色虛線）。軀幹俯仰軌跡於圖10所示。

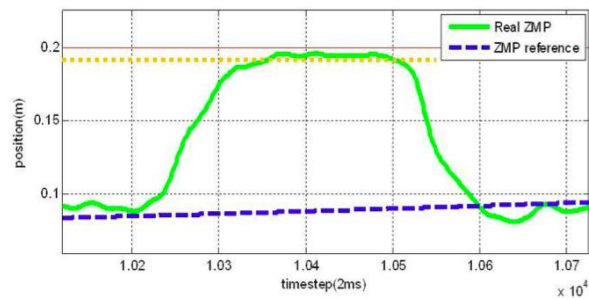


圖9. 由後往前作用ZMP反應放大圖

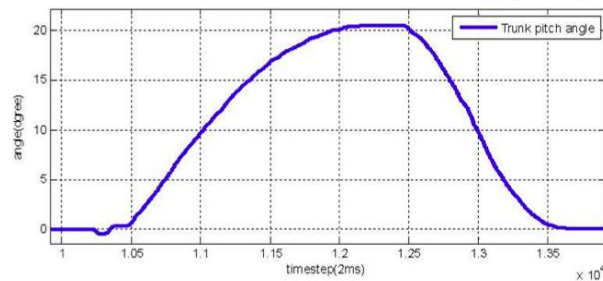


圖10. 由後往前作用軀幹俯仰軌跡

當機器人在行走受到由前向後的作用力時，機器人會迅速旋轉擺動腿加以抵銷外力，如圖11所示。COM的追蹤成果和實際ZMP反應值如圖12和圖13所示。

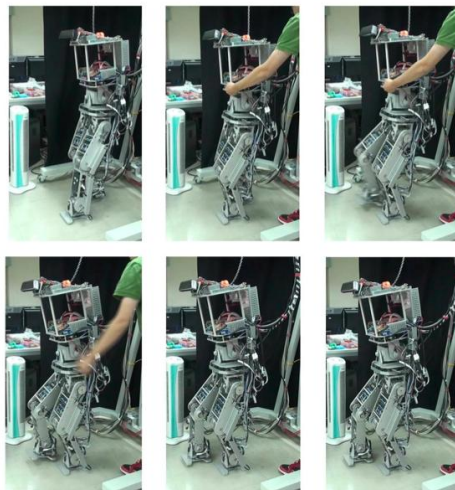


圖11. 雙足機器人由前往後作用力實驗

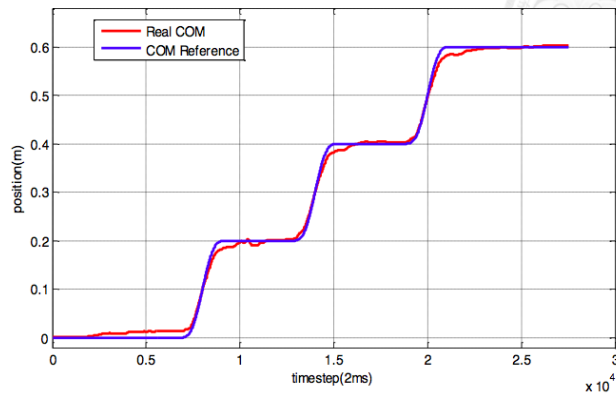


圖12. 由前往後作用COM的追蹤成果

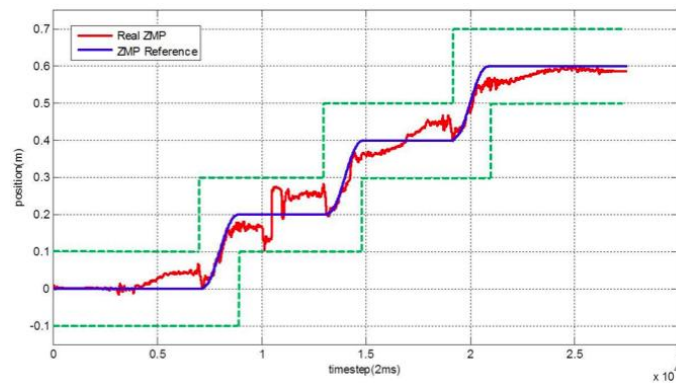


圖13. 由前往後作用ZMP反應

ZMP對應的放大圖，可以看到在整個行走過程中，實際的ZMP值被控制在安全的邊界內（黃色虛線），如圖14所示。擺動腿的關節運動軌跡於圖15所示，可以看出穩定性控制被應用來抵消推動時，動作會產生急劇改變，以維持平衡。

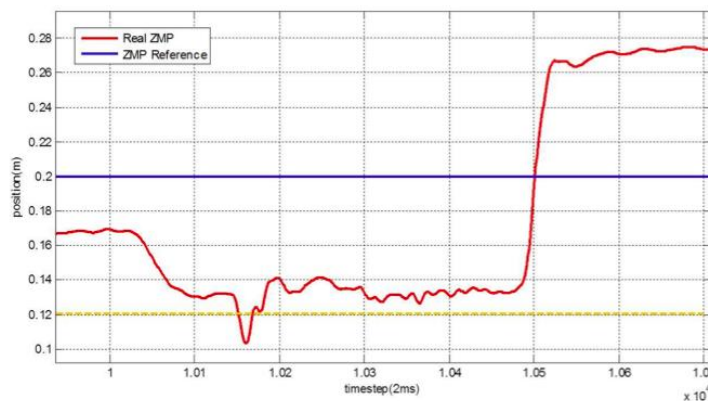


圖14. 由前往後作用ZMP結果放大圖

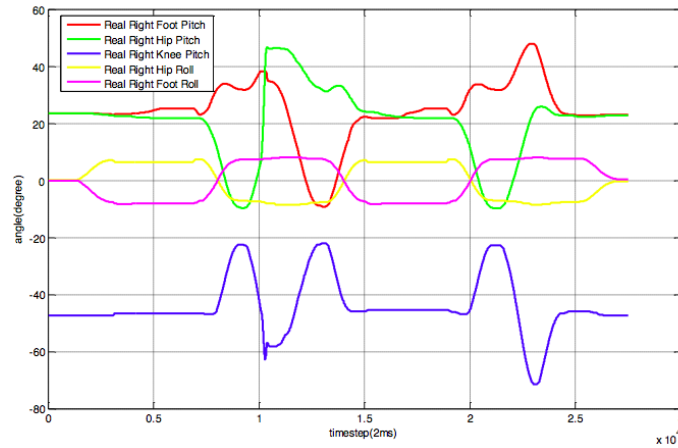


圖15. 由前往後作用擺動腿軌跡

產業應用與重要性

此計畫之目的是建構一套智慧型類人形機器人系統，並讓人們在日常生活中可以實際使用此系統。有了智慧人形機器人的服務，能夠在複雜的人類居住環境中工作和忍受各種來自周圍環境未知的干擾，使機器人能夠行走自如，並完成人們的服務需求。因此，我們所研究的穩定控制系統將是雙足機器人的核心和基礎技術。