

虛擬實境結合遠端機器人操作之研究

李曉慧、林俊榮、廖元動、王震越

摘要

根據勞動部職業安全衛生署發佈的勞動檢查統計年報資料顯示，108年失能職災害件數為11,318件，於106年起每年有逐年提高狀況，為了提高職業安全雖然政府不斷的提出改變計劃，但部份職場因工作環境複雜，雖有持續進行職能訓練，仍無法有效改善問題。機器人雖已廣泛被利用在高風險和複雜的環境中執行，但對於不可預測或不斷變化的環境仍需要人工監督或遠程控制，以避免非預測性的問題發生，因此如何達到這些高危險及高變化工作的職業傷害降低，並且又可以順利完成工作，將是一個重要的問題。本研究以機器人的視角與虛擬實境整合，讓操作者可以在輕鬆的環境下以更直觀的方式控制機器人的各種行為，相信透過此研究之設計，可以透過遠端操作機器人的方式來執行特殊任務，並降低職業災害所帶來的風險。

關鍵詞：擴增實境技術、仿生機器人

李曉慧，台南應用科技大學 連鎖加盟經營管理學士學位學程 助理教授。E-mail: xiaoshui@gmail.com

林俊榮，中臺科技大學人工智慧健康管理系副教授兼系主任。E-mail: raymond@ctust.edu.tw

廖元動，東海大學 數位創新碩士學位學程 助理教授。E-mail: yuanhsunliao@gmail.com

王震越，台南應用程技大學 資訊管理系 學生。E-mail: D06220755@gm.tut.edu.tw

Research on the virtual reality technology to remote control robot

Hsiao-Hui Li & Chun-Jung Lin & Yuan-Hsun Liao & Zhen-Yue Wang

Abstract

According to the annual report of labor inspection statistics released by the Occupational Safety and Health Administration of the Ministry of Labor, the number of disability accidents in 2019 was 11,318, the situation has not been improved. In order to improve occupational safety, the government keeps proposing change plans. In some occupations, due to the special working environment, although there is continuous functional training, the problems still cannot be effectively improved. Robots have been widely used to perform in high-risk and complex environments. For unpredictable or constantly changing environments, manual supervision or remote control of robots is still required, to avoid unpredictable problems. Therefore, how to reduce occupational injuries and facilitate the completion of work in these complex working environments will be an important issue. This research will integrate the perspective of the robot with the virtual reality. Assist the operator to control various behaviors of the robot in a more intuitive way at the remote end. It is hoped that through the design of this research, special tasks can be performed by remotely operating robots to reduce the risk of occupational disasters. Reduce the risk of occupational disasters.

Keywords: Virtual Reality, Robot

Hsiao-Hui Li, Assistant professor, Bachelor's Degree Program in Chain Store Management, Tainan University of Technology, Taiwan, E-mail: xiaoshui@gmail.com

Chun-Jung Lin, Associate Professor, Chairman, Dept. of AI and Health Management, Central-Taiwan University of Science and Technology, E-mail: raymond@ctust.edu.tw

Yuan-Hsun Liao, Assistant professor, Master Program of Digital Innovation, Tunghai University, Taiwan, E-mail: yuanhsunliao@gmail.com

Zhen-Yue Wang, Student, Department of Information Management, Tainan University of Technology, Taiwan, E-mail: D06220755@gm.tut.edu.tw

壹、研究動機

依勞動部職業安全衛生署出版的勞動檢查統計年報資料顯示，臺灣 108 年失能職災害件數為 11,318 件，且有逐年提高之狀況(勞動部職業安全衛生署，2020)，雖然，政府對工作環境的各項安全預防及措施越來越重視，但眾多行業仍存在著許多不同的風險，有些風險甚至會對工作人員的造成生命威脅，以消防員為例，近 20 年至少已有 72 名消防員在火場殉職(黃天如，2019)，因此，如何利用科技來降低職業風險，提高工作者的工作安全，是一個重要的研究發展方向。

目前機器人發展已有許多突破，發展出各類型的機器人來協助人們執行各項工作，並結合人工智慧對工作帶來非常多的效益(Wirtz et al., 2018； Kumar et al., 2019； Wang & Siau, 2019)，自主型機器人就像是真實人類一樣可以透過感知、決策等模塊進行思考解決問題，不管是在地面還是在水下甚至在外太空都可以見到他的身影(Huet & Mastroddi, 2016)，服務型機器人則應用於導覽及餐廳點餐和送餐服務...(Lu et al., 2020)，在工業製造、醫療、農業及建築等都有發展出許多協助相關工作的機器人，引起了商業應用非常多的迴響與關注(Lelieveld & Wolswinkel, 2017； Vasconez, Kantor & Cheein, 2019)，相信未來在機器人的發展及應用未來將會更加的廣泛。

雖然機器人已廣泛被利用在高風險和複雜的環境中執行，但對於不可預測或不斷變化的環境仍需要人工監督或遠程控制，以避免非預測性的問題發生，為了解決這樣的問題，本篇論文提出虛擬實境(Virtual Reality, VR) 結合遠端機器人操作之研究，將機器人的視角與虛擬實境做整合，去除掉複雜笨重的體感設備讓操作者可以在輕鬆的環境下以直觀的方式控制機器人的各種行為，透過網路及 VR 設備提供使用者以遠端操控的方式控制機器人，並且使用機器人頭上的攝影機將畫面轉送至操作者的 VR 頭盔中，帶給操作者如臨現場的感受，提高操作精確度及現場狀況的掌握。

貳、文獻探討

(一) 虛擬實境

虛擬實境(Virtual Reality, VR)即是通過電腦計算模擬出三圍的虛擬空間，使操作者不僅可有身臨其境體驗也可脫離諸多現實世界的限制，盡情地觀察探索整個空間，透過電腦計算操作者使用各項感測器所進行的活動，便可以使其在虛擬世界產生相應的互動，藉此增加操作的臨場感(Liao, Li & Xie, 2019； Havard et al., 2019； Ding, Li & Cheng, 2020)。

VR 金三角概念理論為 Burdea and Coiffet 在 1994 年提出，該理論提出 VR 應具備：互動性(Interaction)、沉浸性(Immersion)與想像性(Imagination)三項重點，這也就是目前最理想的虛擬實境 3I 特徵(如圖 1)。互動性(Interaction):操作者在虛擬實境裡與系統的互動將不再被限制於鍵盤與滑鼠等實體工具，透過各種感測器與偵測器，將各項操作者的動作轉化成指令，並即時的產生在虛擬世界中，如此便可以有身臨其境的體驗。沉浸性(Immersion):透過虛擬實境設備與電腦的模擬一個三圍空間，在其中的真實感可以是氣味、影像、聲音等仿真的整合，讓操作者以最直覺的方式專注體驗虛擬世界與它所帶來的刺激感。想像性(Imagination):在虛擬場景中操作者可以感受的視覺、聽覺和觸覺等，都可以透過想像力將虛擬世界與現實搭建連結，帶來沉浸體驗的同時也可以享受操作者自己創造的理想世界(Burdea & Coiffe,1994 ； Sheridan, 2000)。增加真實感一直都是虛擬實境的開發者所追求的(Hvass et al., 2017)，直至今日各方研究室與廠商依舊不斷的尋找方法，從觸覺感知技術、電腦繪圖、聲音辨識到近年流行的人工智慧等，無乎不是希望提升操作者的整體帶入感(Ranasinghe et al., 2017； Kim, Jeon & Kim, 2017)。

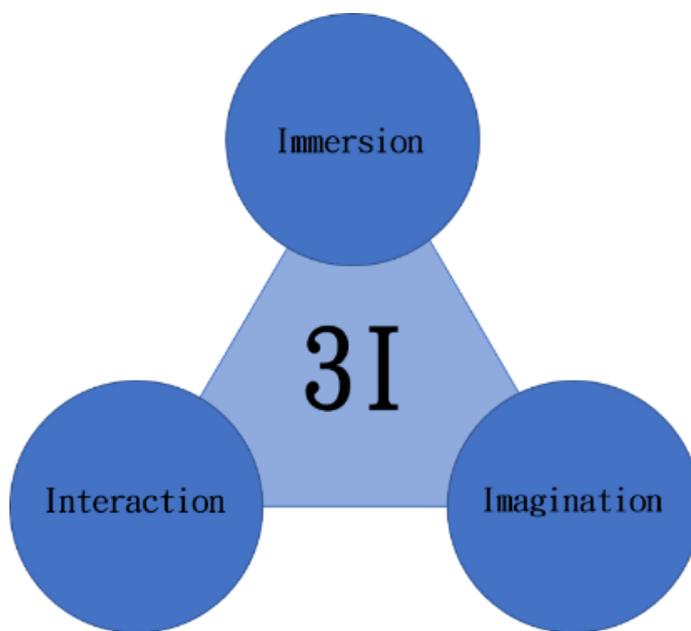


圖 1 虛擬實境 3I 模型

(二) 機器人的應用趨勢

第一台機器人從 1960 年於美國誕生後，已發展逾 60 年，目前已運用於各行業中，

如工業、服務業、醫學、教育、軍事型等；在服務業的部份，阿姆斯特丹機場，使用機器人作為機場指南；韓國的仁川機場採用機器人來為旅客提供有關機場設施和道路指引(Yanyan & Meng, 2020)。在醫療領域的部份，機器人在 1980 年代即開始應用在外科手術治療，協助於外科定位，而後陸續發展應用於經尿道前列腺切除術、腹腔鏡手術 (Petrescu, 2019)。在教育方面，社交機器人可以在教育中用做為家教或學習同伴，提供學生學習引導或個別化服務(van et al.,2019)。而軍事部份可用來偵測偏遠地區或戰場上的人員、炸藥、有害氣體等各種不同領域(Kaur & Kumar, 2015)。在這些不同的應用中，其實工業型機器人是最為廣泛運用的，當進入工業 2.0 後大部分的工廠都走向自動化的大規模生產，相較於傳統的機械輔助生產，高效能的機械手臂可以帶來更好的生產效能，而近年來 AI 人工智慧的崛起，市場開始希望可以讓機器人擁有自我思考能力，透過整合物流、生產流程、上下游原物料等大量資料，藉此實現全生命週期管理與服務(Wirtz et al., 2018； Kumar et al., 2019； Wang & Siau, 2019)，但對於環境不確定較高時，仍需要遠程人員協作，以確保工作順利完成(Liu & Wang, 2020)。

參、研究設計

本研究設計為使用者透過虛擬實境平台及設備，利用網路遠端連線機器人以達到即時視訊連結及有效操控為目標，運用即時回饋和體感技術以提升操作中的沉浸感。在整合虛擬實境平台和物聯網設備中，即時回饋系統的運行，設計有兩個端點，分別為機器人操作端與虛擬實境平台系統端，於機器人操作端負責發送現場視訊和接收操作者的命令，然虛擬實境平台系統端則為處理和取得操作者的互動設備命令將其發送至物聯網設備，透過虛擬實境互動和機器人物聯網設備進行即時訊息傳遞及操控，使得操作者猶如親臨現場的感受及即時操控，於安全的環境中完成困難及危險之任務和工作。

本研究的系統開發流程如圖 2 所示，首先為進行機器人物聯網設備的整合及安裝，將機器人和物聯網設備進行操控性能的對接，以利物聯網能夠有效驅動機器人的機械臂和即時視訊傳遞，完成硬體環境的整合後，即研究 PWM 技術來調節機器人的身體動作，調節順暢後，再進行 Uduino 和虛擬實境平台的雙向訊號溝通開發及測試，確保雙邊平台控制訊號能有效進行即時傳遞，下一階段則為設計視訊設備整合於機器人和物聯網，確保即時影像透過物聯網環境，快速的傳送至虛擬實境平台中進行顯示，再進行調控虛擬實境平台與機器人的即時互動控制模式，並且加入體感系統的

操作模式，能夠即時回饋現場狀況及情境，實踐沉浸式之設計。

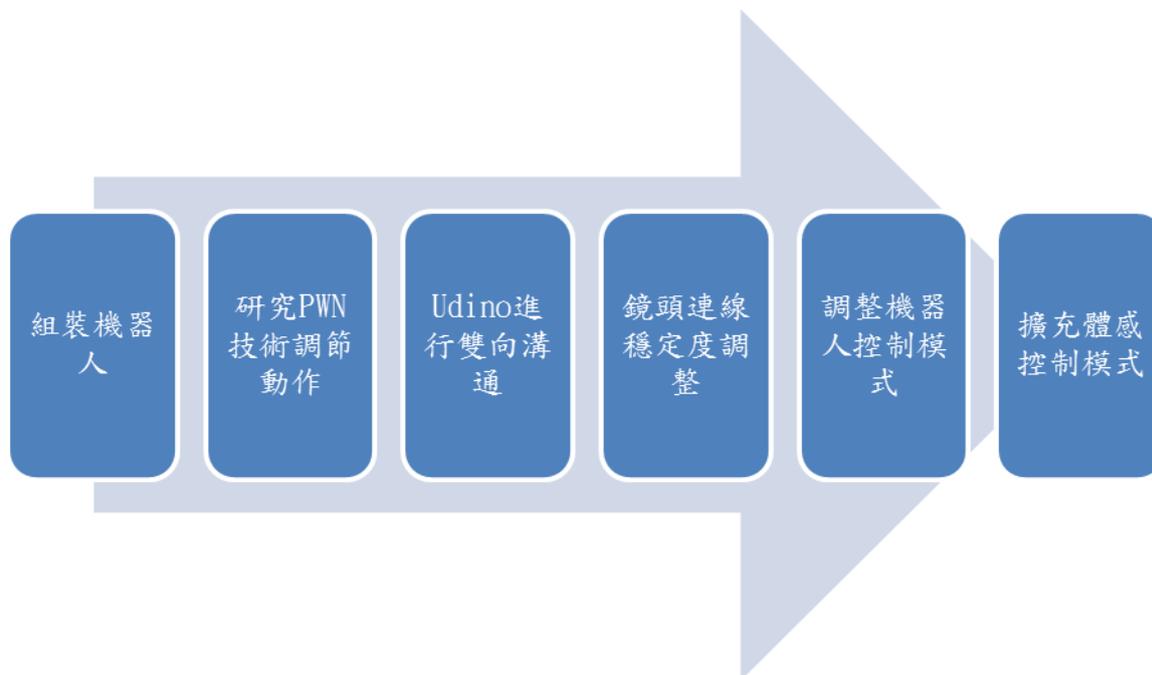


圖 2 系統開發流程圖

在操作情境上(如圖 3 模擬情境概念圖)，機器人的動作和移動可以透過操作者的虛擬實境環境的手把和頭盔產生變化，配合此機器人物聯網的每台舵機的設計，及整合虛擬實境環境手把的操作，即可同步操控機器人的手臂。在視訊部分，虛擬實境中視訊顯示內容為取得的頭盔位移量結合機器人的視訊鏡頭，可同步取得機器人視訊並且投射至虛擬實境頭盔的視訊中展現，如圖 4、5 所示。



圖 3 模擬情境概念圖



圖 4 機器人移動畫面



圖 5 VR 畫面

肆、效能測試及分析

本研究為在虛擬實境平台環境中透過網路環境進行遠端操控機器人之設計，為了有效處理及了解即時訊號的傳遞效能，將進行三項測試，分別是此系統在有線網路與無線網路的效能測試、無線網路環境下訊號的強度測試以及虛擬實境系統平台與傳統電腦控制效能測試，藉由這些測試分析出系統運行穩定性與發展方向。

(一) 有線與無線的效能測試

本研究主要利用網路進行遠端即時操控機器人，因此，網路的環境品質將影響到虛擬實境平台至機器人即時操作效能。測試的方式為前期的連線操作與後期完成系統製作進行測試，測試結果如表 1 所示，在有線的環境下，執行速度不會有延遲的狀況，無線則有約 1 秒的延遲，雖有延遲的發生，但尚在人類對其延遲感受可接收範圍內。

表 1 網路有線與無線的效能測試

	執行狀況	執行速度	初始連線速度
有線連接	完整執行動作	無延遲	1 秒
無線連接	完整執行動作	偶爾會有 1 秒左右的延遲	約在 2 秒至 5 秒

(二)無線網路環境下訊號的強度測試

無線網路相較於有線網路的設計系統設計在應用上不受線長短的影響，可以充分實踐在各種場合中，因此，本研究為選擇無線網路環境進行訊號傳遞，但是，無線網路會因距離無線基地台的遠近，訊號強度有所不同，所以本研究測試在多少距離下，為操作者可以接受的範圍。測試的距離分別為機器人在距離 無線基地台 5、10、15 與 20 公尺下的各穩定度影響。訊號的傳遞為依據動作循環，從機器人接收到指令後開始動作，動作完成後再通知虛擬實境系統平台進行測試，測試結果如表 2 所示，在 15 公尺下訊息能夠保持一定的穩定性。

表 2 Wifi 遠端的距離比較表

	開始訊息接收	結束訊息接收	訊息遺失率	系統連接穩定性
5 公尺下	約 1 秒以下	約 1 秒以下	0%	非常穩定
10 公尺下	約 1 秒以下	約 1 秒以下	0%	非常穩定
15 公尺下	約 2 秒	約 1 秒	10%	穩定
20 公尺下	約 3 秒左右時 會有遺失	約 3 秒左右時 會有遺失	40%	不穩定有障礙時會有 斷線發生

(三) 虛擬實境系統平台與傳統電腦控制效能測試

在控制機器人上，可以採用虛擬實境系統或是傳統電腦來進行，因此，本研究測試於這二種環境下，所消耗的效能情況，測試結果如表 3 所示。在虛擬實境系統平台下相較於傳統電腦進行控制更消耗效能，所需的資源亦相對的多，但是虛擬實境可以提供給操作者有沉浸感的情境，透過頭盔和機器人視訊連結整合，可以達到如臨現場的感受，是傳統電腦設計無法提供的效果。

表 3 VR 系統與 PC 端控制效能比較表

	整體效能消耗	Unity 執行消耗	記憶體消耗	FPS 平均
PC 端操控	510MB	460MB	1.5GB	1MS/1000FPS
VR 端控制	1.1GB	1GB	2.4GB	5MS/200FPS

伍、結論

在研究過程中，本研究發現操控多關節型的機器人時，若採用傳統方法進行操控會消耗大量的電力，但是透過使用 PWM 技術設計機器人的內部程式進行操控，則可以降低機器人高耗電的問題，更精準的完成機器人的動作。此外，透過 Wifi 的方式搭建起虛擬實境和物聯網設備溝通時，有效整合及最佳化虛擬實境平台與機器人動作的設計環境，可減少距離上對機器人操控的效能影響。

物聯網現在早已遍布於我們的生活中，本研究透過虛擬實境系統以遠端的方式控制機器人，透過整合網路連線，以虛擬實境的操控系統操控多可動關節機器人，藉此擺脫距離限制問題，且藉由提高操作者的帶入感營造出身入其境的感覺，使操控上更為直觀。目前擁有人工智慧的機器人，主要以過往的學習經驗累積來增加智能，使用這種方法訓練出的機器人在面對非預期性或不合理性的狀況時很難進行出合理的判斷，因此終究有些特殊的情況是必需透過人為的專業判斷才有辦法解決，因此使用虛擬實境系統遠端操控機器人將會成為解決問題的一個好選擇，使用遠端操控跨越距離的障礙，讓機器人在任何有網路的環境都可以操作，而透過虛擬實境在沉浸感上的優勢，加上操作與人類身體構造類似的多關節機器人，可使操作者更加融入當下的情境，方便其進行專業判斷的同時也可以免除外在的意外威脅，更專心執行任務。

參考文獻

- 勞動部職業安全衛生署(2020)。中華民國 108 年勞動檢查統計年報。新北市：勞動部職業安全衛生署。
- 黃天如(2019)。苦哉台灣消防員！人力最少、死傷最慘，還至今擺脫不了「捕蜂捉蛇」。檢自：<https://www.storm.mg/article/1633978> (accessed November 28, 2020)
- 楊智傑(2019)。【荷蘭 VR Days 現場直擊】遊戲以外，VR 的明天會在哪些領域發光發熱？5 大應用趨勢搶先看。檢自：<https://fc.bnext.com.tw/vr-days-netherlands/>(accessed November 28, 2020)
- Burdea, G. and Coiffet, P. (1994). Virtual Reality Technology. New York: Wiley-Interscience.
- Ding, Y., Li, Y., & Cheng, L. (2020). Application of Internet of Things and virtual reality technology in college physical education. *IEEE Access*, 8, 96065-96074.

- Havard, V., Jeanne, B., Lacomblez, M., & Baudry, D. (2019). Digital twin and virtual reality: a co-simulation environment for design and assessment of industrial workstations. *Production & Manufacturing Research*, 7(1), 472-489.
- Huet, C., & Mastroddi, F. (2016). Autonomy for underwater robots—a European perspective. *Autonomous Robots*, 40(7), 1113-1118.
- Hvass, J., Larsen, O., Vendelbo, K., Nilsson, N., Nordahl, R., & Serafin, S. (2017,). Visual realism and presence in a virtual reality game. In 2017 3DTV Conference: The True Vision-Capture, *Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON)*, 1-4.
- Kaur, T., & Kumar, D. (2015, December). Wireless multifunctional robot for military applications. In *2015 2nd international conference on recent advances in engineering & computational sciences (RAECS)* (pp. 1-5). IEEE.
- Kim, M., Jeon, C., & Kim, J. (2017). A study on immersion and presence of a portable hand haptic system for immersive virtual reality. *Sensors*, 17(5), 1141.
- Lelieveld, I. and Wolswinkel, W. (2017), *How intelligent automation and robotics impact IT service delivery*, available at: www.accenture-insights.nl/en-us/articles/how-intelligent-automation-robotics-impact-it-service-delivery/ (accessed November 28, 2020)
- Liu, H., & Wang, L. (2020). Remote human - robot collaboration: A cyber - physical system application for hazard manufacturing environment. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 24-34.
- Lu, V. N., Wirtz, J., Kunz, W. H., Paluch, S., Gruber, T., Martins, A., & Patterson, P. G. (2020). Service robots, customers and service employees: what can we learn from the academic literature and where are the gaps? *Journal of Service Theory and Practice*, 30(3), 361-391.
- Matheson, E., Minto, R., Zampieri, E. G., Faccio, M., & Rosati, G. (2019). Human - Robot Collaboration in Manufacturing Applications: A Review. *Robotics*, 8(4), 100.
- Vasconez, J. P., Kantor, G. A., & Cheein, F. A. A. (2019). Human - robot

interaction in agriculture: A survey and current challenges. *Biosystems engineering*, 179, 35-48.

- Petrescu, R. V. (2019). Medical service of robots. *Journal of Mechatronics and Robotics*, 3, 60-81.
- Ranasinghe, N., Jain, P., Karwita, S., Tolley, D., & Do, E. Y. L. (2017,). Ambiotherm: enhancing sense of presence in virtual reality by simulating real-world environmental conditions. *In Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1731-1742.
- Selwyn, N. (2019). Should robots replace teachers?: AI and the future of education. John Wiley & Sons.
- Sheridan, T. B. (2000). Interaction, imagination and immersion some research needs. *In Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, 1-7.
- Wang, W., & Siau, K. (2019). Artificial intelligence, machine learning, automation, robotics, future of work and future of humanity: a review and research agenda. *Journal of Database Management (JDM)*, 30(1), 61-79.
- Van den Berghe, R., Verhagen, J., Oudgenoeg-Paz, O., Van der Ven, S., & Leseman, P. (2019). Social robots for language learning: A review. *Review of Educational Research*, 89(2), 259-295.
- Wirtz, J., Patterson, P. G., Kunz, W. H., Gruber, T., Lu, V. N., Paluch, S., & Martins, A. (2018). Brave new world: service robots in the frontline. *Journal of Service Management*, 29(5). 907-931.
<https://doi.org/10.1108/josm-04-2018-0119>
- Yanyan, D., & Meng, C. (2020). Application Problems and Solutions of Intelligent Airport Service Robots. *In E3S Web of Conferences*, 198.
- Y.H. Liao, H.H. Li, Z.H. Xie. (2019). Study of Virtual Reality and IoT for Exploring the Deep Sea. *Journal of ICT, Design, Engineering and Technological Science*, 3(1), 11-14