

機器人應用於圖書館服務之可行性初探

Exploring the Feasibility of Applying Robots to Library Services

蔡明峰 Ming-Fong Tsai

逢甲大學資訊工程學系助理教授

Assistant Professor, Department of Information Engineering and Computer Science, Feng Chia University

Email: tsaimf@fcu.edu.tw

林志敏 Jim-Min Lin

逢甲大學資訊工程學系教授兼圖書館館長

Professor, Department of Information Engineering and Computer Science and University Librarian, Feng Chia University

Email: jimmy@fcu.edu.tw

沈薇薇 Wei-Wei Shen

逢甲大學外國語文學系副教授

Associate Professor, Department of Foreign Languages & Literature, Feng Chia University

Email: wwshen@fcu.edu.tw

賴忠勤 Chung-Chin Lai

國立公共資訊圖書館副館長

Deputy Director, National Library of Public Information

Email: chris@nlpi.edu.tw

【摘要 Abstract】

本文的目的在於探討機器人在圖書館中加值應用與服務的可行性，期盼藉由機器人同時具有電腦、通訊、機械、人工智慧、影像處理及辨識、語音辨識及合成、沒有情緒、不會勞累、忠實執行任務等功能及特性，以突破現有圖書館在時間、場域、深度之限制，增進圖書館之教育功能，降低圖書館員負擔，提供讀者更加值、多元、具深度、自動化、不受時間場域限制的未來圖書館。並將具體以圖書館諮詢服務臺為例，建置一個圖書館無人化諮詢櫃臺的諮詢機器人雛型系統，初探機器人於未來圖書館之加值應用與服務之可行性。

The purpose of this paper is to discuss the feasibility of applying humanoid robots to the library services because they have the advantages including computation, communication, hi-tech mechanism, artificial intelligence, and the ability of object and sound recognition. Moreover, comparing to human workers, when executing missions or jobs, robots are not emotional and can work for longer hours without showing physical tiredness. Most importantly, they can be very focused on completing a task assigned to them. These benefits seem to solve the problems encountered in a library in Taiwan where a large space needs so much of human resources but ironically does not have enough working staff to do everyday library chores and deal with a huge crowd at peak hours. Therefore, the paper provides some solutions that may reduce the burden of librarians and increase more automatic services to break through the present limitations. Taking an example of the information desk in a local national-fund library in Taiwan, the paper illustrates how to realize an unattended counseling counter via a robotic design.

【關鍵詞 Keywords】

人型機器人、NAO 機器人、圖書館服務、展區導覽、無人化諮詢櫃臺、機器人說故事

humanoid robot; NAO Robot; library services; navigation; self-help information counter; robotic story telling

一、前言

圖書館之定位演進過程，從最早的藏經閣，以典藏書籍文獻，進而開放圖書給一般民眾，協助讀者檢索取得所需文獻圖書資料；進展到目前的學習中心，以開放書庫為主要營運方式，讓讀者自由進入書庫尋找書籍閱讀，也讓讀者得以沉浸在書海的環境中，享受閱讀及學習的樂趣，館員也致力於主動與讀者互動，協助讀者使用圖書館各項館舍空間、圖書文獻及電子資源，建構一個方便存取資訊的學習中心；而未來圖書館的角色將不只是一個學習中心，更會是一個學習工廠，也就是不僅典藏或提供現有的圖書資源，更將配合最新資通訊與教育科技發展，主動協助師生讀者在圖書館這

個場域產出其知識或課程。同時，在許多圖書館面臨人力精簡，經費有限的情形下，各項人力如何有效運用，以及營運服務也將因應資通訊科技的發展而有所精進。

機器人的時代已經來臨，各種不同功能的機器人已經被發展出來，許多先進國家皆積極推動發展智慧型服務機器人的相關產業，機器人對於人類未來日常生活及經濟產業將有極大的幫助。機器人可以有各種不同的外形與功能，有些機器人的發展目的就在模仿真人的外觀、行為動作、思考與情緒的感受表達、或者能以口語跟人交談。具有上述的特性，但不侷限於一定具有像真人的外形，我們都稱之為人型機器人（humanoid robot）（Wikipedia, 2017）。以人型機器人與人們進行互動與溝通以提供服務，更容易獲得使用者的喜愛與親近，因此也廣受人們的歡迎。

國立公共資訊圖書館（以下簡稱「國資圖」）是一座強調「虛實合一」的數位圖書館，兼具實體空間與線上網路服務，並以提升社會大眾閱讀素養為其核心服務。隨著資通訊科技（ICT）的蓬勃發展與數位通訊應用的日益成熟，造就從數位化圖書館提升至智能化圖書館時代的來臨。國資圖也積極研究機器人相關應用，將機器人服務導入圖書館服務，以期協助部分的館員工作負擔，並藉由機器人吸引更多的民眾前來圖書館，帶領民眾一起享受閱讀的樂趣，未來並可推展機器人應用模式至其他圖書館。隨著全球工業化時代的來臨，伴隨服務類機器人應用的發展日新月異，尤其人型機器人的發展，其智慧化程度不斷地提高，且人型機器人軟硬體的開發以及相關技術受到越來越多人的注目。因此民眾希望人型機器人的應用能夠幫助與支援人類完成更多的工作，也希望人型機器人可以在與人們互動的時候，能夠更加具備人性化。

本文將介紹國資圖導入人型機器人於讀者服務之經驗，包括盤點國資圖（需求方）各種服務（包括館務、讀者服務、教育功能等）轉由機器人協助加值或取代的機會，同時也檢視現有機器人（提供方）所具有的功能及能力程度，然後發揮創意及想像力，為需求方配對建議機器人解決方案，提供給需求方選用機器人的可能選項建議清單。最後具體以圖書館諮詢服務臺為例，建置一個圖書館無人化諮詢櫃臺的諮詢機器人雛型系統，初探機器人於未來圖書館之加值應用與服務之可行性。

二、文獻探討

本文相關文獻的回顧將從二方面來進行，首先回顧人型機器人發展現況，接

下來了解目前國內外圖書館或博物館導入機器人服務之概況，並以所使用的機器人類型來分別介紹，以方便讀者閱讀與了解。

(一) 機器人發展現況

許多論文 (Huang & Sun, 2015; Kofinas, Orfanoudakis & Lagoudakis, 2013; Tay, Chen & Veloso, 2016; Goudal & Gomaa, 2014; Singh, Chakraborty & Nandi, 2015) 提出與力學相關之研究來改善人型機器人的動作姿勢，此類研究可以吸引更多民眾前往圖書館觀看人型機器人的意願。Feng、Gutierrez、Zhang 及 Mahoor (2013) 與 Beer 與 Liles (2016) 的實驗證明人型機器人可以有效提升兒童的注意力與改善自閉症問題，由此可見發展說故事互動服務機器人是重要的方向。Marzinotto、Colledanchise、Smith 及 Ogren (2014) 的研究論文提出一套類神經網路分析之行為分類樹，以加快人型機器人肢體動作參數設定數值的搜尋，該文的樹狀結構搜尋法著實可以加快人型機器人肢體動作的呈現。積極研發根據影像辨識或是穿戴裝置感測人體肢體行為，進而讓人型機器人模仿相同動作或是與其互動，此類研究有助於人機互動體驗的友好度增加 (Filiatrault & Cretu, 2014; Ju, Ji & Liu, 2017; Wen, Song, Chen & Xian, 2016; Teachasrisaksakul, Zhang, Yang & Lo, 2015)。

(二) 圖書館相關之機器人服務

1. NAO 機器人

在美國康乃狄克州的韋斯特波特公共圖書館 (Westport Public Library) (The Westport Library, 2017) 於 2014 年引進 2 臺分別名為 Vincent 和 Nancy 的 NAO 機器人，初期引進的主要目的是希望可以用 Vincent 和 Nancy 進行撰寫程式的教學與測試 (The Westport Library, 2014)，如圖 1。因為在國外對於中小學生的程式撰寫學習有很多的推廣，藉由實際操作的機會加強學生創造科技的能力。

引進 NAO 的初期主要是讓學生學習程式撰寫，韋斯特波特公共圖書館也設計更多工作讓 Vincent 和 Nancy 去執行，例如：協助尋書、參訪導覽。正如韋斯特波特公共圖書館的執行董事 Maxine Bleiweis 在引進 NAO 時所提到，機器人會是下一個對我們的生活帶來衝擊的科技，開始接觸並熟悉機器人對於人們是很重要的。所以韋斯特波特公共圖書館認為平時一般民眾和類似 AI 的機器人接觸的機會太少，透過運用機器人在館內展示行動的方式，對於圖書館的工作和課程的開設都可以達到更好的推廣效果。

2. Pepper 機器人

在日本，Softbank（軟銀）推出 Pepper 機器人之後，在很多公開展示空間或商場可以看到 Pepper 機器人導覽甚至互動的樣子，但在圖書館運用的部分較少著墨。日前位於昆士蘭北部 Mackay 地區的 Dudley Denny City Library 已經導入 Pepper 機器人於館內展示，並執行一些導覽的工作（Mackay Regional Council, 2016）。

目前該館的 Pepper 機器人已經學會跳舞、玩遊戲（如圖 2）、也可和來館的民眾講述歷史故事。除了這些娛樂方面的應用，Dudley Denny City Library 引進 Pepper 的主要目的是想要讓 Pepper 擔任圖書館大使的角色，讓來館的民眾知道圖書館除了可以看書外，其實還提供很多其他的服務。



圖 1 Vincent和Nancy在圖書館內讓人學習程式編寫。資料來源：世界日報（2014）。



圖 2 Pepper 機器人與小朋友玩遊戲。資料來源：ABC Online（2017）。

除了澳洲的 Dudley Denny City Library 導入 Pepper 機器人以外，臺灣也有 2 個博物館已經導入 Pepper 機器人作為導覽或與參觀民眾互動。分別是臺灣股票博物館和臺南的奇美博物館。臺灣股票博物館在 2017 年導入 Pepper，負責迎賓及導覽接待，也讓 Pepper 介紹股票歷史，並設計相關的互動性遊戲讓來館的民眾可以了解更多的金融知識（臺灣英文新聞，2017）。而在奇美博物館方面也在 2017 年初導入 2 臺 Pepper 作為客服機器人，希望藉由 Pepper 導覽的過程中傳遞博物館精神、參觀禮儀、展覽等，增加逛展趣味（奇美博物館，2017）。

3. 自動圖書掃描機器人

國家圖書館於 2015 年 4 月接受趨勢教育基金會捐贈的一臺奧地利生產製造的專業自動圖書掃描機器人 ScanRobot (自由時報, 2015), 如圖 3。這臺機器人的主要功能為進行文獻自動快速掃描, 然後於網路上公開, 以促進數位化圖書資源之推廣。透過圖書館間之國內文獻典藏數位化合作計畫, ScanRobot 機器人可以自動翻頁並掃描授權的圖書, 國圖將數位化的成果公開於資料庫平臺, 免費開放給全球的讀者閱覽使用, 這樣的作法可提升臺灣正體字圖書文獻的能見度。

4. AuRoSS 機器人

新加坡 A*STAR 科技研究局所研發的一款 AuRoSS 機器人, 可以在晚上閉館後進行讀架工作 (Kelleher, 2015), 如圖 4, 機器人用雷射掃描圖書館的書架, 並可以邊掃描邊記錄書架上缺少的書籍或錯置的書籍清單, 讓圖書館員可以在隔天根據這份清單整理有問題的區域。使用 AuRoSS 機器人讓圖書館員可以節省很多的工作時間和人力。這款機器人目前已在新加坡多個圖書館內使用, 報告準確率高達 99%。



圖 3 ScanRobot 機器人進行掃描並數位化書籍的過程。資料來源：自由時報 (2015)。

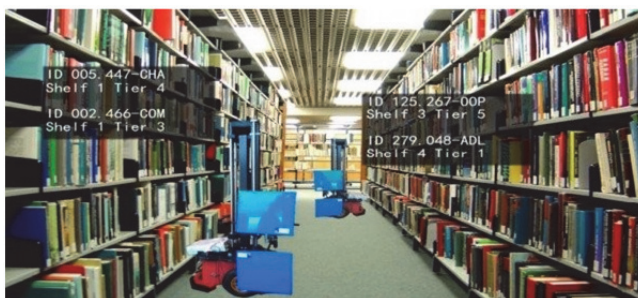


圖 4 AuRoSS 機器人夜間掃描書架的情形。資料來源：Kelleher J. (2015)。

三、研究方法

本研究的目的是在於發掘機器人在圖書館中加值應用與服務的可行性, 因此, 首先檢視當前幾種代表性機器人及其所擁有的功能。然後盤點圖書館讀者服務部門, 包括

流通典藏、參考服務，現有困難之處，討論其中可以利用機器人應用於可對應之圖書館服務，以及加值或創意應用的可能性。並列表各種加值應用所需的機器人功能，以及推薦對應的機器人適合類型。最後，將實作一個在圖書館無人化諮詢櫃臺工作的諮詢機器人（information robot）之雛型，作為機器人應用在圖書館中可行性實驗的驗證。

四、圖書館服務與對應機器人之推薦

本研究對現有幾種著名的機器人進行其功能檢視，包括：NAO（日鵬，2015）、Pepper（SoftBank, 2017）、Zenbo（華碩電腦，2017）、Emiew3（Hitachi, 2017）、Spencer（Koninklijke Luchtvaart Maatschappij N.V., 2017）及 AuRoSS（Li, Huang, Kurniawan, & Ho, 2015, October）等六種機器人。

（一）現有機器人之介紹

1. NAO 機器人

（1）視覺

NAO（如圖 5）擁有兩個攝影鏡頭，位在前額的鏡頭負責水平掃描，位在嘴巴的鏡頭負責掃描周圍環境。NAO 攝影或拍攝的影像可以利用特定的軟體讓使用者得到需要的影像資料，同時這些影像也可以幫助 NAO 辨識正在說話的人是誰，達到人臉辨識的功能。

（2）語音

NAO 有四個麥克風可以進行聲援定位功能，利用這個功能，NAO 可以找到發出聲音的聲源並進行對話。且 NAO 本身具有智慧運算能力，因此在與人對話時不用經過使用者操作就可以進行對話。

（3）觸摸感測器

NAO 具有 3 處的電容式感測器，分別位於頭頂和雙手。使用者可以利用觸摸的方式觸發 NAO 執行設計好的動作。

（4）移動性

NAO 具有類人形的外型，因此也有四肢和關節可以行走，它具有慣性中心的設計因此可以保持平衡，跌倒也可以爬起，如圖 6。



圖 5 NAO 機器人。資料來源：
<https://www.pinterest.com/pin/825706912901147259/>



圖 6 NAO 保持平衡和跌倒爬起。資料來源：
SoftBank (2017a)。

(5) 連線性

NAO 可以通過數據連線或者 Wi-Fi 連線的方式連上網路。

(6) 思考能力

NAO 本身內建一些演算法可以重複或回應互動者的動作，另外可以利用擴充人工大腦的方式讓 NAO 的思考能力及互動性更強。

2. Pepper 機器人

(1) 視覺

Pepper(如圖 7)具有 3 個攝影機，其中一個攝影鏡頭為 3D 攝影鏡頭，可以讓 Pepper 不只可以進行動作識別，還可以觀察互動對象的臉部表情達到情緒感測的功能。

(2) 語音

Pepper 具有 4 個麥克風，可以利用這些麥克風讓 Pepper 找到聲音的方向，也可以利用聲音的變化觀察互動者的情緒。

(3) 觸摸感測器和互動平板

Pepper 在手的地方有觸摸感測器，和 NAO 一樣可以利用這個感測器設計互動模式，而且 Pepper 比 NAO 多了胸前的互動平板，如圖 8，互動的時候可以利用平板顯示資訊或者表達 Pepper 的情緒。



圖 7 Pepper 機器人。資料來源：SoftBank（2017b）。



圖 8 Pepper 利用平板顯示資訊。資料來源：SoftBank（2017b）。

（4）移動性

Pepper 具有類人形的上半身，也有三個輪子可以 360°的移動，移動的速度最快可以達到每小時 3,000 公尺。Pepper 有內建的防撞系統，能感測周遭是否有障礙物或人，降低碰撞的風險。同時也具有平衡的機制，可以防止碰撞時摔倒。

（5）連線性

Pepper 可以通過數據機或者 Wi-Fi 連上網路。可以即時上網提供互動者需要的資訊，如：最新新聞、菜單等。

（6）思考能力

Pepper 有可以辨識情緒的情感引擎，可以藉由多次互動過程中記錄並了解互動者的資訊，達到藉由聲音和臉部的表情感測互動者的情緒並給出相對的反應。同時它也可以通過聲音辨識出對應的對象。

3. Zenbo 機器人

（1）視覺

Zenbo（如圖 9）有 1,300 萬畫素的相機鏡頭，同時也有 3D 拍攝的能力。可以利用內建的相機鏡頭拍照或攝影追蹤使用者。例如：追蹤的人跌倒時，Zenbo 會辨識並關心跌倒的人，如果預先設定甚至可以聯絡緊急連絡人並視訊觀察追蹤人的狀況。

（2）語音

Zenbo 有麥克風，可以收取語音指令並執行控制命令的指令，如：開啟電視、播打電話、要求 Zenbo 幫忙拍照等。由於 Zenbo 也設計可以連上

物聯網 (IoT) 的功能，因此語音操控功能可以延伸至語音控制電器，也能透過語音方式得到如天氣資訊或叫計程車等行為。

(3) 觸摸感測器和互動平板

Zenbo 有 10.1 吋 LCD 平板，可利用這個觸控平板觀看影片，或與 Zenbo 互動，亦可以在平板上設計一些互動功能，或顯示提供資訊，如圖 10，並輔以 Zenbo 的表情顯示增加互動的豐富度，如圖 11。Zenbo 的感測器具有緊急通報特性，透過拍打 Zenbo 的方式，可以讓 Zenbo 通知警察或緊急連絡人提高緊急狀況時的處理速度。



圖 9 Zenbo 機器人。資料來源：華碩電腦股份有限公司 (2017)。



圖 10 Zenbo 顯示資訊和互動性。資料來源：檢自 <https://ccc.technews.tw/2017/04/27/asus-zenbo-se-11/>



圖 11 Zenbo 顯示表情的方式。

資料來源：檢自 <https://udn.com/news/story/3/2296316>

(4) 移動性

Zenbo 具有滑輪可以平穩的移動，也可以在需要的時候自行移動到需

要的使用者身邊。

(5) 連線性

Zenbo 可透過 Wi-Fi 連上網路。可以即時上網提供互動者需要的資訊，如:最新新聞、菜單等。

(6) 思考能力

Zenbo 具有一定程度的 AI 能力，可以協助很多生活上的需求，也有與人對話互動的能力，也可以判斷命令語句所要下達的語音指令並執行。

4. Emiew3 機器人

(1) 視覺

Emiew3 機器人（如圖 12）有攝影機可以找到需要協助的對象並前往幫忙。

(2) 語音

Emiew3 機器人頭上有 14 個麥克風可進行收音，因此可以進行人的定位，當有人發出需要的詢問聲音時，可以找到對象在哪，同時由於 Emiew3 機器人設計服務的場所多半是機場或公共場所等吵雜的環境，在 Emiew3 機器人中設有語音辨識和解析的功能，可以處理收到的語音訊息減少因為環境造成的雜訊，如圖 13，以達到更準確的互動對答。

在語音服務的部分 Emiew3 機器人還具有辨識語言的能力，正常狀態下機器人會使用日語詢問需求，但如果需要協助的對象使用英語回應時，機器人會判別語言並改用英語對談。

(3) 感測器相關與互動

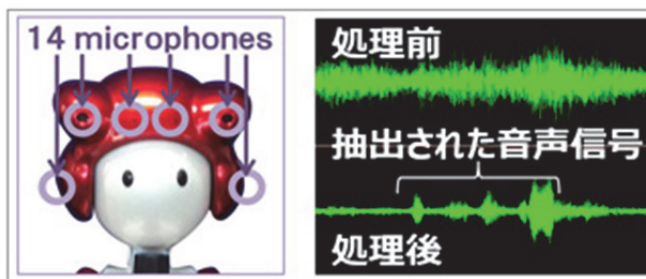
在 Emiew3 機器人設置的空間中，會在天花板的地方設置對環境識別的網路攝影機，攝影機後端連線對應人類運動模式的資料庫。當感測到有人徘徊需要幫助，即會送出訊息通知 Emiew3 機器人前往幫助。

(4) 移動性

Emiew3 機器人有滑輪可以平穩的移動，也可在需要的時候自行移動到需要的使用者身邊，且移動的速度比 Pepper 快三倍左右，因此可以配合人的移動速度，跌倒也會自己爬起。



圖 12 Emiew3 機器人。資料來源：Hitachi (2017)。



雑音に頑健な音声処理

圖 13 Emiew3 機器人處理雜訊示意圖。資料來源：Hitachi (2017)。

(5) 連線性與機器人智慧

Emiew3 機器人設計有遠端的 IT 平臺，IT 機板可以對多臺 Emiew3 機器人進行遠端監控和連接雲端智慧處理系統，透過此系統機器人可以共享資訊，也可針對聲音、圖像以及語言進行處理，因此可以和顯示資訊的螢幕互動並提供需要幫助的人更準確的資訊。Emiew3 機器人也可以利用這個 IT 平臺在機器人發生故障時，從遠端地點取得修復的恢復指令，來進行重建的服務。

5. Spencer 機器人

Spencer 機器人（如圖 14）有一對 Laser 的眼睛用來對周邊環境進行掃描，並在胸前設有平板，配合機器人內部預先儲存的機場地圖，以顯示旅客需要的資料，並利用這些資訊來決定要行走的路線。引導迷路的旅客在機場中移動時，Spencer 機器人具有導航用的加速器和測距雷達，避免在引導遊客的過程中碰到障礙物跌倒或無法前進。它還會注意是否有人沒跟上，在人群通過的時候會等待後再前進。設計者 Achim Lilienthal 認為這種人性化的技術可以用在任何需要和人類進行互動交流的機器人身上了。

6. AuRoSS 機器人

AuRoSS 機器人（如圖 15）是使用雷射與超音波的感應器來掃描書籍上的 RFID 標籤，並在掃描過程中將掃描的資料紀錄傳至資料庫存檔，隔天圖書館人員看這份報告的時候就可以找到缺少或錯置的書籍。

目前 AuRoSS 機器人使用輪子移動，操作的人並沒有指定它移動的路線，而是透過調整 RFID 天線的方式來維持最佳的掃描書架距離，避免太遠的距離掃描不到，而太近的距離會讓機器人撞到書架。未來，AuRoSS 機器人的系統還會搭載攝影機、藍芽還有 Wi-Fi 等功能，讓應用層面可以更廣。



圖 14 Spencer 機器人。資料來源：Koninklijke Luchtvaart Maatschappij N.V. (2017)。



圖 15 AuRoSS 機器人。資料來源：自由時報 (2015)。

(二) 國資圖場區及服務盤點

國資圖總館為地上五樓、地下二樓之建築物，透過研究人員現場的訪視觀察，以及對國資圖館員的訪談，分別就各個樓層提供的服務進行盤點以作為後續機器人與場區的工作對應。

1. 一樓：圖書館大廳、諮詢櫃檯與流通服務及兒童學習中心

一樓的部分，由於國資圖外借的館藏書籍均附有晶片，讀者可自助借書、還書、領取預約書。因此在這個區域有諮詢的櫃臺也有不同的資訊便利站 (kiosk)，可進行館藏查找、樓層導覽及座位場地預約。

在兒童學習中心的部分，設有幼兒區、故事屋、電腦檢索區、樹屋閱讀區，還有 AR 擴增實境閱讀體驗區，讓平面的書變立體，帶給孩子們多元的閱讀體驗。假日也有說故事的活動可以讓來館參觀的人感受到更多元豐富的互動學習。

2. 二樓：多媒體及數位創作樓層，提供欣賞影片、電腦檢索及使用數位資源

二樓有定期舉辦不同展覽的「藝文走廊」，還有以臺灣原創動漫為主題展覽並設有多種互動體驗活動的「數位休閒中心」。另有影音欣賞的區域和提供電腦檢索等相關的數位資源區域。

3. 三樓：多元文化、樂齡及期刊報紙閱覽服務樓層

三樓有提供適合 55 歲以上樂齡民眾閱讀的主題式自主學習書區、大字書，還有可放大字體閱讀的數位閱報機及擴視機。另有可進行象棋等電子競技之數位休閒平臺、具有陳列 300 種期刊的期刊區。鄰近樂齡專區附近則有提供超過 30 種報紙，包括中、英、日及東南亞語言報紙區，提供來館民眾多元選擇。

4. 四至五樓：閱覽區，四樓典藏自然科學、社會科學、應用科學及語文類圖書；五樓提供藝術人文類、英日及東南亞等外文類圖書

四至五樓是圖書閱覽樓層，存放 5 年內有流通紀錄的圖書。四樓層擁有自然科學、社會科學、應用科學及語文類的圖書。五樓提供藝術人文類、英日及東南亞等外文類圖書，另設有青少年區，在這個區域匯集適合 13-22 歲青少年讀物，包括漫畫及輕小說。另設有「好 Young 館」活動區，邀請青少年發揮創意，進行主題布置。

5. 地下一樓、自修室、戶外設施與建築特色

地下一樓的「自修閱覽室」共有 315 個席位，採用自動化系統管理，可透過館內的紅色座位預約資訊便利站（kiosk）登記，也可在國資圖的預約訂位系統進行線上預約。在地下一樓密集書庫還有存放包括政府公報、統計資料等政府出版品約 1.8 萬冊。另收藏部分大專院校寄存之碩、博士論文約 8,500 冊，罕用圖書資料。當讀者有需要的時候可以申請調閱服務，並於三樓指定服務區閱覽。

（三）機器人與國資圖場區服務之對應

本研究完成對現有機机器人的功能檢視，以及對於國資圖各展區與重要服務的盤點，並進行推薦適合機器人來擔任的國資圖各展區與重要服務工作的可能性配對程序，結果如表 1，詳細說明如下。

表 1

機器人與國資圖場區服務之對應一覽表

服務	對應場區空間	對應機器人
尋書、帶位	各樓層書架區	Zenbo、Emiew3、NAO
入館導覽	一樓大廳	Pepper、Spencer、Emiew3、Zenbo、NAO
定點諮詢	服務臺，各樓層定點	NAO、Emiew3、Pepper、Zenbo
掃描書籍搜集書架陳列狀況	各樓層書架區	AuRoSS
定點導覽，講故事展示，活動帶動	展示空間，兒童閱覽區	NAO、Pepper、Zenbo

1. 尋書、帶位

尋書、帶位功能主要對應的區域為國資圖中各樓層的圖書區，還有二樓的數位影音區，例如：三樓樂齡書區，期刊及報紙區，四樓自然科學、社會科學、應用科學及語文類的圖書，五樓藝術人文類圖書區、英日及東南亞等外文類圖書區還有青少年圖書區，在各個樓層不同的書籍區塊中，找某些特定類型或特定書籍的讀者可能會要花費較多時間去找尋，如果機器人已經內建各樓層對應的書籍區塊，就可以帶領需要服務的讀者前往對應的書架，如此可以提升找書的速率。針對這樣的功能，對應的機器人分別為 Emiew3、NAO 及 Zenbo，如圖 16。三者都兼具對話與移動的特性，且體積也不會過於龐大，具有在書架間移動的方便性。



圖 16 國資圖尋書、帶位服務與建議對應之機器人

2. 入館導覽

由於國資圖館內的空間龐大且多樓層，讀者入館導覽諮詢的需求很大。又入館導覽的機器人也同時兼具圖書館門面的功能，利用較大型的 **Pepper** 機器人或 **Spencer** 機器人較易被讀者注意。做為入館樓層的介紹，這兩款機器人都有胸前平板，具有可以顯示資訊的特性，可以一邊將資訊顯示在平板，一邊和諮詢的讀者互動提供服務。且 **Pepper** 雙手的部分還可做一些吸引讀者注意的動作，增加吸引及宣傳效果。

但也可以置放較小型的機器人，如：**NAO**、**Zenbo**、**Emiew3** 等，如圖 17，在櫃臺上或櫃臺旁提供互動性對談的諮詢服務，例如，來館的讀者若詢問如何前往兒童閱覽區或自修室的問題時，這些具有良好對談能力的機器人就可以依據預先設定好的資訊回答提供幫助。既可以減輕櫃臺服務人員的負擔，亦可加深來館讀者的印象。



圖 17 國資圖入館導覽服務與建議對應之機器人

3. 定點諮詢

考量國資圖每個樓層都有不同的區塊，有時候即使入館的時候曾詢問過，但到了不同樓層可能還是會迷路，或是不確定要找的區塊地點時，定點諮詢就會是很好的幫助。目前國資圖在每個樓層都設有服務臺或者如圖 18 所見的諮詢機器，因此就可以在各樓層的服務臺或諮詢機器的旁邊，設置機器人提供服務。

定點諮詢對應的機器人，如圖 18，可以是胸前有平板可顯示資訊也可隨意移動的 Pepper 機器人。也可以是頭上有顯示平板類似 Pepper 機器人，但其體型較小也更機動的 Zenbo 機器人。至於 Emiew3 機器人可放置在諮詢機器旁邊，利用 IT 平臺的資訊共享方式，讓 Emiew3 機器人藉由諮詢機器顯示的內容向詢問的人提供資訊。NAO 的部分則是有語音對談的方式，可以給予諮詢的答案。不論是哪臺機器人對應定點諮詢的功能都具有語音對談及可移動的特性。

為配合外籍人士入館使用服務，定點諮詢服務機器人應該支援多國語言能力，至少能提供中、英、日三國語言，以服務日漸增多的外籍讀者。

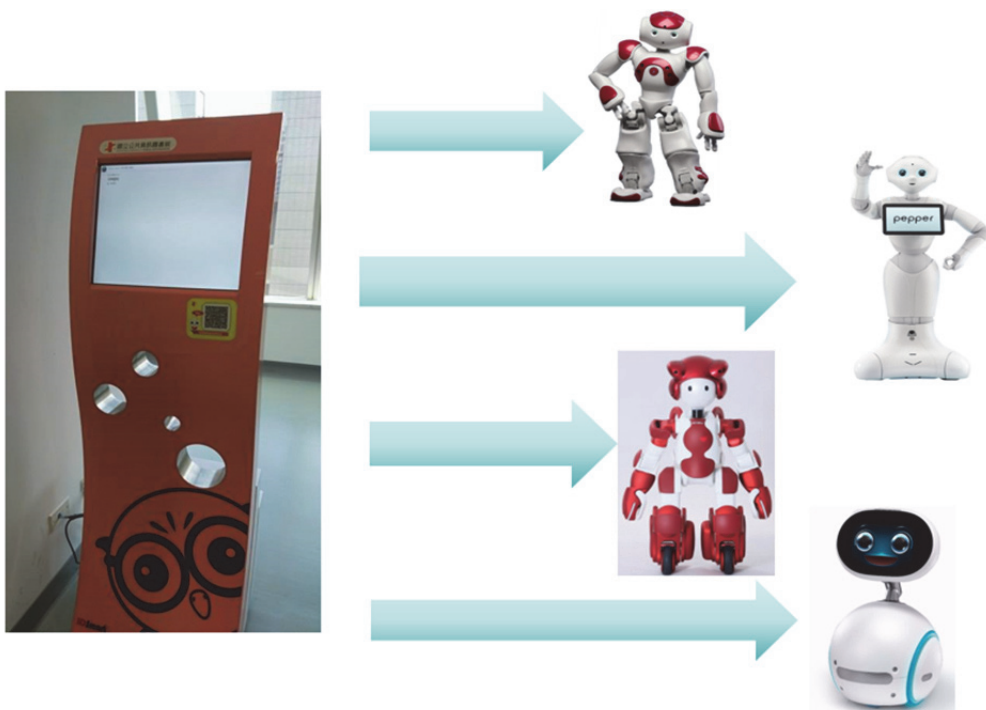


圖 18 國資圖定點諮詢服務與建議對應之機器人

4. 掃描書籍蒐集書架陳列狀況

機器人讀架的目的是掃描書籍在書架上陳列狀況，以便了解與調整書籍排列順序，此功能可以減少館員順架的人力負擔。目前國資圖的各冊書籍都有對應的條碼及 RFID，由於新加坡的 AuRoSS 機器人主要是利用 RFID 掃描的方式去做書架的掃描檢查，目前國資圖書籍就有的 RFID 條碼即對這項功能有所幫助，如圖 19。

但目前新加坡的 AuRoSS 機器人尚未量產及販售到他國的計畫，因此想要具備這樣的功能，就要自行設計或者改造館內現有的運書機器人「波比」(Book Public Information, BOPI) (國立公共圖書館, 2017)。目前的運書機器人 BOPI 機器人可以自動偵測判斷周圍的障礙物，可隨時做路徑掃描及規劃，同時也具備雷射掃描儀、超音波、碰撞感測器及紅外線。因此只要加裝可高低伸縮調整的 RFID 感測器及相應的功能，就具有執行掃描書籍的功能。



圖 19 國資圖讀架排架功能與建議對應之機器人

5. 定點導覽、講故事展示、活動帶動

國資圖二樓的「藝文走廊」定期舉辦不同的展覽，以臺灣原創動漫為主題展覽並設有多種互動體驗活動的「數位休閒中心」，一樓的兒童學習中心有說故

事的活動，未來在有展覽的區塊或有互動的活動上，就可以利用機器人作為展示的助手講解展覽內容，或者在展示中心裡設計互動性遊戲，吸引來館民眾的注意。

可以和這些功能契合的機器人有三款，但展現方式皆有不同，如圖 20，NAO 機器人的特性是具有人形的樣貌，可以像人一樣活動，適合動作上的展示，例如動態說故事或帶領樂齡族動作等，就會更加生動有趣。Pepper 機器人和 Zenbo 機器人都有平板可以與互動者互動但方式不同，Pepper 機器人的平板可以用來設計互動性遊戲或展示展覽資訊藉由人形的表情和手勢來輔助，而 Zenbo 機器人則是利用平板顯示表情和資訊，雖無法同時顯示，但可以聲音來協助展示。

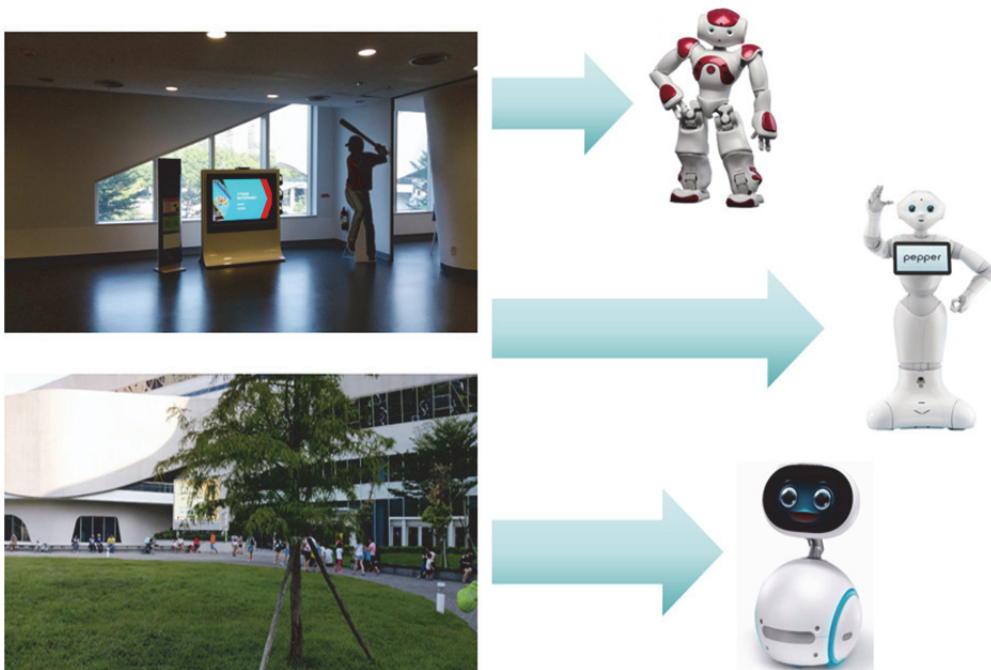


圖 20 國資圖定點導覽、講故事展示、活動帶動功能與建議對應之機器人

6. 小結

從機器人與國資圖場區服務對應一覽表中整理出，NAO、Emiew3、Pepper 及 Zenbo 這四款機器人幾乎在所有的場區服務都可以吻合。因為這四者都具有

語音對話的功能，其中 Pepper 和 Zenbo 都有可以直接顯示資訊的平板，在設計導覽的功能方面較為適當。但在空間有限的地方，如書架區，Pepper 的體型就太過龐大可能不容易移動，這時候 Zenbo、NAO 及 Emiew3 就更為適當。以成本考量及取得機會來說，推薦使用 ASUS 出產的 Zenbo 機器人，因為國產機器人，維修及成本都較為低廉，移動流暢，且具備顯示資訊的平板。若要做為入館導覽或迎賓機器人，使用 Pepper 機器人來服務會比較適合，Pepper 體型較大可以讓人一眼就注意到，並具有肢體的互動性，可以更為顯眼的給予需要者諮詢服務。NAO 具有其他機器人都沒有的特性，就是具有完整人型化的外觀，在生動地導覽或展示上較為吸引人。

以設計功能的層面來說，Zenbo 使用 JAVA 程式設計的 Andriod 系統，對於一般的資訊相關設計人員來說，較為普遍因此容易上手，NAO 和 Pepper 因為是同一家公司生產，都使用特有的編輯軟體 Choregraphe 設計，其共通的設計可以減少機器人不同設計方式技術轉移的問題。

至於 Emiew3 機器人，日本要到 2018 年才會有進行量產的計畫，臺灣部分是否會進口銷售，未來是否有機會可以使用，目前皆不得而知。

五、無人化諮詢櫃臺諮詢機器人之實作

雖然目前已經有許多成熟且受歡迎的智慧型機器人，包括：NAO、Pepper、Zenbo、Emiew3 等，但國內可以取得，並有支援系統開發工具組 (System Development Kit，簡稱 SDK)，供程式設計師發展應用程式的只有人型機器人 NAO，因此本研究選用 NAO 來實作圖書館無人化諮詢櫃臺的諮詢機器人。

(一) 諮詢櫃臺互動服務架構

由於圖書館內空間寬闊，展區眾多而且各種閱覽設備繁雜，來訪民眾可能會不知道要前往的區域怎麼走，或是相關閱覽設備如何使用或借用，這時候就會需要圖書館館員或是志工協助民眾提供資訊與解決問題。受限於人力不足等問題，每當尖峰時段即出現服務不周全的情況。此時，倘若有人型機器人在圖書館內協助館方來回答民眾相關問題，不僅可以提高圖書館服務品質，更可解決圖書館人力不足問題。

在無人化諮詢櫃臺工作的諮詢機器人是透過與人互動來提供服務的人型機器人，可以提供圖書館常用服務的 Q&A 服務，當民眾有圖書館服務的相關問題時，

例如想知道廁所的位置、某一個展區的地點、與圖書借閱規定等，都可以直接以說話方式來詢問無人化諮詢櫃臺的諮詢機器人。諮詢機器人是透過辨識民眾問句中的某些關鍵字，然後從內建的知識庫中比對出最適合的知識規則，並將此知識規則所對應的內容或資訊的文字內容，轉成口語方式回答民眾。

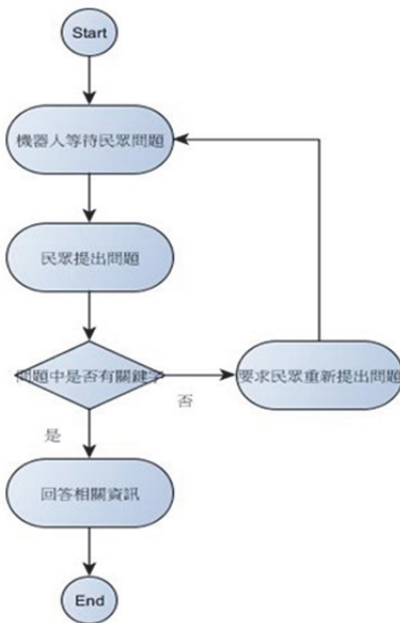


圖 21 實作流程圖

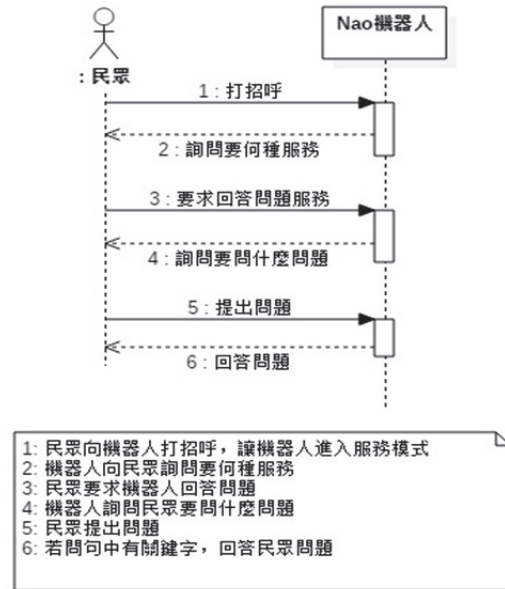
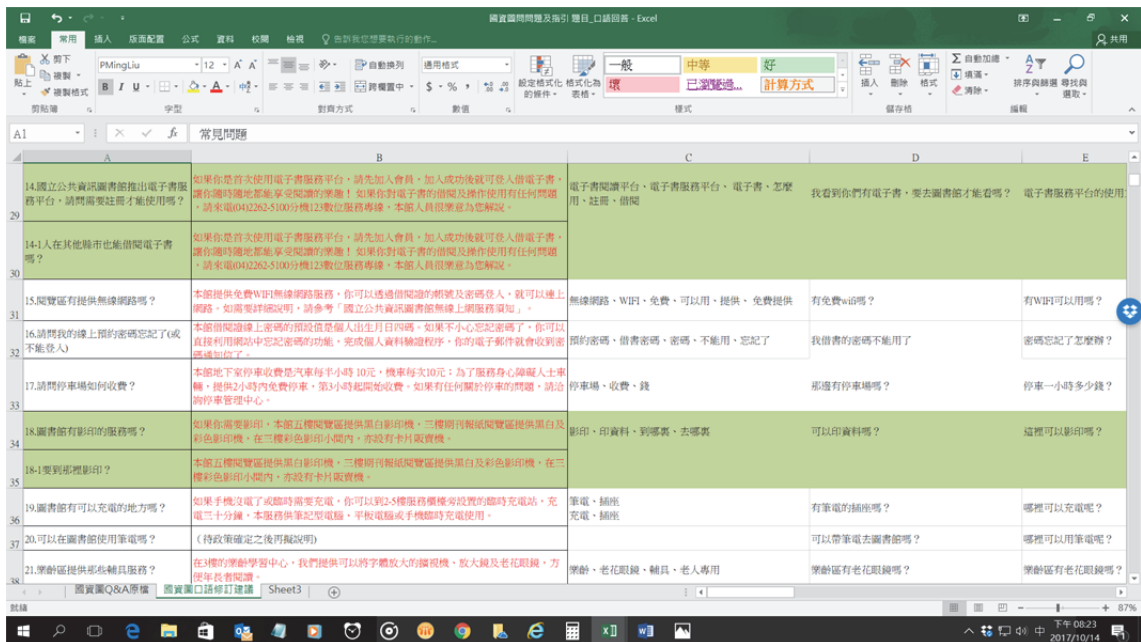


圖 22 專案模型圖

相關實作流程圖與專案模型如圖 21 與圖 22 所示，圖中描述了民眾向諮詢機器人詢問問題的流程，當民眾有圖書館服務相關疑問的時候，可以到圖書館的任一無人化諮詢櫃臺對著諮詢機器人發出問題，它將會根據民眾的問題快速且正確地回應民眾所需要的資訊。詳細互動過程如下:當民眾來到無人化諮詢櫃臺時，要先透過語音詢問或是觸控方式來觸發正在待命中的諮詢機器人進入服務模式，當諮詢機器人偵測到有人需要服務時，會先以口語提示民眾需要何種服務類別，包括有 Q&A 和聽故事等類別，民眾回答所需的服務類別後，諮詢機器人會接著詢問民眾想要詢問的細項問題，若民眾的細項問題中出現了符合諮詢機器人內建之某一關鍵詞組，且語音辨識的識別正確率超過一定比例時，就會透過文字轉語音引擎（Text-To-Speech, TTS）將內建於知識庫中的回應內容講給民眾聽。

我們將諮詢機器人之回答對應表整理成一個 Excel 檔（如圖 23），當民眾的問題中出現對應關鍵詞組，且語音辨識的識別正確率超過一定比例時，諮詢機器人就會

回答表格中對應的文字內容。舉例來說，若民眾想知道圖書館有哪些服務，可以直接詢問諮詢機器人「圖書館服務有哪些」，當諮詢機器人辨識到「圖書館」與「服務」相關字詞後，就會回答預先寫入的回應內容「想知道圖書館提供哪些服務，你可以到國資圖官方網站、Facebook 粉絲專頁查詢，或利用總館各樓層導覽資訊便利服務站」的回覆內容。



題號	常見問題	回覆內容
14	國立公共資訊圖書館推出電子書服務平台，請問需註冊才能使用嗎？	如果你首次使用電子書服務平台，請先加入會員，加入成功後就可登入借電子書，讓你隨時隨地都能享受閱讀的樂趣！如果你對電子書的借閱及操作使用有任何問題，請來電042362-5100分機12數位服務專線，本館人員很樂意為您解說。
14-1	人在其他縣市也能借閱電子書嗎？	如果你首次使用電子書服務平台，請先加入會員，加入成功後就可登入借電子書，讓你隨時隨地都能享受閱讀的樂趣！如果你對電子書的借閱及操作使用有任何問題，請來電042362-5100分機12數位服務專線，本館人員很樂意為您解說。
15	閱覽室有提供無線網路嗎？	本館提供免費WiFi無線網路服務，你可以透過借閱證的帳號及密碼登入，就可以連上網路。如需更詳細說明，請參考「國立公共資訊圖書館無線上網服務須知」。
16	請問我的線上預約密碼忘記了(或不能登入)？	預約密碼、借書密碼、密碼、不能用、忘記了
17	請問停車場如何收費？	停車場、收費、錢
18	圖書館有影印的服務嗎？	影印、印資料、到哪裏、去哪裏
18-1	要到哪裏影印？	可以印資料嗎？
19	圖書館有可以充電的地方嗎？	筆電、插座、充電、插座
20	可以在圖書館使用筆電嗎？	有筆電的插座嗎？
21	樂齡區提供那些輔具服務？	可以帶筆電去圖書館嗎？
		樂齡區有老花眼鏡嗎？

圖 23 回答對應表 Excel 檔

諮詢機器人的回答對應表產生過程共有以下 4 個步驟，從各步驟說明範例中標楷體字的部分可以看到差異。

1. 步驟一：取得圖書館原有 Q&A 表

題號	常見問題	回覆內容
1	讀者如何知道圖書館有哪些服務？	想知道圖書館提供哪些服務，你可以到本館官方網站、Facebook 粉絲專頁查詢，或利用總館各樓層導覽資訊便利服務站。
2	圖書館何時開放？	本館各樓層區域的開放時間如下，總館 1 到 3 樓開放時間是星期二到星期六，早上九點到晚上九點；星期日，早上九點到下午五點。 4、5 樓閱覽區開放時間是：星期二到星期六，早上九點到晚上八點半；星期日，早上九點到下午四點半。 1 樓兒童學習中心開放時間是：星期二到星期六，早上九點到

3	總館自修閱覽室開放時間	晚上八點；星期日，早上九點到下午五點。 總館地下 1 樓自修閱覽室，開放時間是星期二到星期六，早上八點到晚上九點；星期日及星期一，早上九點到下午五點。
...	...	...

2. 步驟二：收集讀者的各種不同問法

題號	常見問題	回覆內容	讀者的各種不同問法			
			讀者 1	讀者 2	讀者 3	...
1	讀者如何知道圖書館有哪些服務？	...	圖書館可以幹嘛？	我要怎麼知道圖書館提供哪些服務？	我們要怎麼查圖書館有哪些服務？	...
2	圖書館何時開放？	...	平常開到幾點？假日有開嗎？晚上有開嗎？	圖書館什麼時候開？	你們是幾點開門？	...
3	總館自修閱覽室開放時間	...	念書的地方幾點開？	自修室幾點關閉？	自修室什麼時候可以進去？	...
...	...	...	...	...	...	...

3. 步驟三：歸納讀者不同問法而獲得關鍵詞組

題號	常見問題	回覆內容	關鍵詞組	讀者的各種不同問法
1	讀者如何知道圖書館有哪些服務？	...	圖書館服務、圖書館功能	...
2	圖書館何時開放？	...	開放時間、幾點開門、假日、晚上	...
3	總館自修閱覽室開放時間	...	自修閱覽室、自修室、念書的地方、幾點開、幾點關、何時開放	...
...	...	...	...	...

4. 步驟四：整合具有相同關鍵詞組的題號

題號	常見問題	回覆內容	關鍵詞組	...
1	讀者如何知道圖書館有哪些服務？	想知道圖書館提供哪些服務，你可以到本館官方網站、Facebook 粉絲專頁查詢，或利用總館各樓層導覽資訊便利服務站。	圖書館服務、圖書館功能	...
2	圖書館何時開放？	本館各樓層區域的開放時間如下，總館 1 到 3 樓開放時間是星期二到星期六，早上九點到晚上九點；星期日，早上九點到下午五點。 四、五樓閱覽區開放時間是星期二到	開放時間、幾點開門、假日、晚上	...

		星期六，早上九點到晚上八點半；星期日，早上九點到下午四點半。 1 樓兒童學習中心開放時間是星期二到星期六，早上九點到晚上八點；星期日，早上九點到下午五點。		
2-1	總館自修閱覽室開放時間	總館地下一樓自修閱覽室，開放時間是星期二到星期六，早上八點到晚上九點；星期日及星期一，早上九點到下午五點。	自修閱覽室、自修室、念書的地方、幾點開、幾點關、何時開放	...
...	...	...	...	...

從上述步驟中可以發現，題號 2 與題號 3 部分關鍵詞組有相同的字詞，因此我們將題號 3 與題號 2 整合成一個關聯的問題，並將題號 3 改成題號 2-1，如步驟四。此時諮詢機器人會請使用者確認其問題，意即若民眾問題中的關鍵詞組對應到的回答不只一個的時候，諮詢機器人將會進行第二次提問，以將正確對應的回應篩選出來。例如問題 4 皆為有關借書證的問題，若是民眾的問題中僅提到「借書證」這個關鍵詞組，導致諮詢機器人不確定該對應哪一個回應時，諮詢機器人會提問「想知道關於借書證、數位借書證還是孩童借書證」，較詳細的選擇性問題來確定民眾想得到何種資訊，再進行回應處理。

設計回答對應表時須注意關鍵詞組不可出現完全相同的組合，這可能會導致諮詢機器人無法判斷該回應何種內容。因此在設計時建議將相關的問題分成一類，例如問題 4 皆為有關借書證的問題，這麼做的好處是由於對應表中關鍵詞組有部分字詞重複，若民眾問題中的關鍵詞組正好出現重複字詞，諮詢機器人可以將問題範圍縮小在該類別，並且藉由再次提問以將正確對應的內容篩選出來。

(二) 諮詢機器人之實作成果



圖 24 諮詢機器人的互動式諮詢服務

如圖 24，無人化諮詢櫃臺的諮詢機器人站在諮詢櫃臺上，正在回答民眾關於兒童閱覽區在哪裡的問題。有一點實作技術必須特別注意，即 NAO 所有服務空間指引的回應建議都應該回覆絕對位置而非相對位置，以便讓民眾能夠明確理解並有所遵循。舉例來說，民眾若是詢問「流通櫃臺在哪裡」問題，則 NAO 的回應必須是「流通櫃臺在 1 樓，由圖書館大門進入，經過 i 櫃臺後，請向右轉，就可找到流通櫃臺，提供借、還書、辦證及相關問題諮詢」其回答為絕對的位置，而不能回答「在我後方」或是「我的右手邊」此相對位置的回應。這是因為 NAO 擺放的位置不一定會永遠固定在同一處，若是圖書館將 NAO 的位置移動到其他地方或不同方位，相對位置的回答就不正確，必須將回應表內容的相對位置全部都改正才能繼續使用。所以絕對位置回應的好處就是不論 NAO 移動到何處，其永遠可以將民眾導向正確的位置。

六、未來研究

由於機器人相關科技，譬如電子、控制、通訊、人工智慧等領域，越來越成熟，對於人型機器人的「人性」發展也越來越真。因此，除了本研究完成的各項圖書館服務，展望未來，導入人工智慧與深度計算功能到人型機器人，並開發更多人型機器人的智慧型服務提供圖書館使用者，例如：陪讀者吟詩接龍、下棋、陪伴兒童閱讀、導引找書、口語式資訊檢索、展演主題解說、協助資訊素養授課、自動讀架/排架/上架、夜間巡邏、協助閉館程序等，都是在未來可以繼續進行的研究。

七、結論

人型機器人在現今人類社會中占有重要地位，越來越多地方積極推動人型機器人產業，也大量投入人型機器人幫助人類完成工作。將人型機器人設置於圖書館內，不只可以減少圖書館館員之工作負擔，增進圖書館之教育推廣功能，提升圖書館讀者服務水準。更重要的是人型機器人可愛的外形能夠吸引讀者，提升民眾利用圖書館的動機。本研究計畫已經盤點圖書館各種加值應用所需的機器人功能，以及推薦對應的機器人機種清單，也成功實現機器人於三項國資圖的服務應用雛形，包括：無人化諮詢櫃臺的諮詢機器人；為兒童說故事機器人；以及結合雲端平臺、人型機器人與自走車

導覽機器人系統。本文以無人化諮詢櫃臺的諮詢機器人實作過程為例，已驗證機器人應用在圖書館的可行性，同時機器人在未來圖書館中將有更多加值應用與服務可以被發掘出來。

謝誌

感謝教育部支持本研究計畫之經費（105 年度教育部辦理大學以社教機構為基地之數位人文計畫，計畫編號：B04），以及感謝逢甲大學資訊工程學系碩士班林夏婷、荊輔翔，以及大學部四年級徐英洲、張淮翔、黃硯斌、朱晏慶等六位同學協助本計畫的各項工作。同時對於國立公共資訊圖書館同仁，以及逢甲大學圖書館館員陳新蓉小姐、張巧駢小姐，提供行政上的協助以及圖書館營運服務的寶貴經驗，在此一併致謝。

參考文獻

- SoftBank (2017a)。Nao是誰?他們的Nao體驗。檢自 <https://www.ald.softbankrobotics.com/zh/xuan-ku-ji-qi-ren/naoshi-shui>
- SoftBank (2017b)。Pepper機器人。檢自<https://www.ald.softbankrobotics.com/zh/>
- 日鵬股份有限公司 (2015)。Nao機器人產品介紹。檢自<http://www.nao.com.tw/product>
- 世界日報 (2014)。美圖書館推出能說多國語言的機器人。檢自 <http://blog.udn.com/jason080/18009076>
- 台灣英文新聞 (2017)。集保「臺灣股票博物館」翻新 機器人Pepper耀眼亮相。檢自 <http://www.taiwannews.com.tw/ch/news/3110484>
- 自由時報 (2015)。國家圖書館有第一臺自動圖書掃描機器人。檢自 <http://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1293556>
- 奇美博物館 (2017)。奇美博物館館慶 分享幸福「信息」。檢自 <http://www.chimeimuseum.org/mobile/NewsPost/242>
- 國立公共圖書館 (2017)。運書機器人。檢自 <http://www.nlpi.edu.tw/ReaderService/Utility/utilization09.htm>
- 華碩電腦股份有限公司 (2017)。Zenbo居家智慧好夥伴。檢自 <https://zenbo.asus.com/tw/product/overview/>

- ABC Online (2017). Pepper and child. Retrieved from <http://www.abc.net.au/news/2016-12-22/pepper-at-the-library/8141680>.
- Beer, J., Boren, M. & Liles, K. (2016). Robot assisted music therapy a case study with children diagnosed with autism. In *proceedings of IEEE international conference on Human-Robot interaction*, 419-420, Christchurch, New Zealand: IEEE. doi: 10.1109/HRI.2016.7451785
- Feng, H., Gutierrez, A., Zhang, J. & Mahoor M, (2013). Can NAO Robot improve Eye-Gaze attention of children with high functioning autism?. In *Proceedings of IEEE international conference on healthcare informatics*, 484-484, Philadelphia, PA: IEEE. doi: 10.1109/ICHI.2013.72
- Filiatrault, S. & Cretu, A. (2014). Human arm motion imitation by a humanoid robot. In *proceedings of IEEE international symposium on robotic and sensors environments*, 31-36, Timisoara, Romania: IEEE. doi: 10.1109/ROSE.2014.6952979
- Goudal, W. & Gomaa, W. (2014). Complex motion planning for NAO humanoid robot. In *proceedings of IEEE international conference on informatics in control, automation and robotics*, 402-409, Vienna, Austria: IEEE. doi: 10.5220/0005051904020409
- Hitachi (2017). EMIEW3 and Robotics IT Platform. Retrieved from http://www.hitachi.com/rd/portal/highlight/robotics/emiew3_01/
- Huang, Y. & Sun, Y. (2015). Generating Manipulation Trajectory using Motion Harmonics. In *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 4949-4954, Hamburg, Germany: IEEE. doi: 10.1109/IROS.2015.7354073
- Ju, Z., Ji, X. & Liu, H. (2017). An integrative framework of human hand gesture segmentation for human–robot Interaction. *IEEE Systems Journal*, 11, 1326-1336, doi: 10.1109/JSYST.2015.2468231
- Kelleher, J. (2015). Singapore Pasir Ris Public Library reopens, revealing the Library of the Future, complete with a Robot and Self-Service Capabilities. OPEN GOV. Retrieved from <http://www.opengovasia.com/articles/6787-singapore-pasir-ris-public-library-reopens-revealing-the-library-of-the-future-complete-with-a-robot-and-self-service-capabilities>
- Kofinas, N., Orfanoudakis, E. & Lagoudakis, M. (2013). Complete analytical inverse kinematics for NAO. In *proceedings of IEEE international conference on autonomous robot systems*, 1-6, Lisbon, Portugal: IEEE. doi: 10.1109/Robotica.2013.6623524
- Koninklijke Luchtvaart Maatschappij N.V. (2017). Spencer: European research project. Retrieved from <http://www.spencer.eu/>

- Li, R., Huang, Z., Kurniawan, E. & Ho, C. K. (2015, October). AuRoSS: an autonomous robotic shelf scanning system. In *proceedings of IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems (IROS)* (pp.6100-6105), Hamburg, Germany.
- Mackay Regional Council (2016). World-first's BOT technology coming to Mackay. Retrieved from http://www.mackay.qld.gov.au/about_council/news_and_media/media_releases/world-first_bot_technology_coming_to_mackay
- Marzinotto, A., Colledanchise, M., Smith, C. & Ogren, P. (2014). Towards a unified behavior trees framework for robot control. In *Proceedings of IEEE international conference on robotics and automation*, 5420-5427, Hong Kong: IEEE. doi: 10.1109/ICRA.2014.6907656
- Singh, A., Chakraborty, P. & Nandi, G. (2015). Sketch drawing by NAO humanoid robot. In *Proceedings of IEEE Region 10 TENCON Conference*, 1-6, Macao: IEEE. doi: 10.1109/TENCON.2015.7373001
- Tay, J., Chen, I. & Veloso, M. (2016). Autonomous mapping between motions and labels. In *proceedings of IEEE international conference on intelligent robots and systems*, 3333-3338, Daejeon, South Korea: IEEE. doi: 10.1109/IROS.2016.7759513
- Teachasrisaksakul, K., Zhang, Z., Yang, G. & Lo, B. (2015). Imitation of dynamic walking with BSN for humanoid robot. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 19(3), 794-802.
- The Westport Library (2014). Robot Training Classes. Retrieved from <http://westportlibrary.org/events/robot-training-classes-schedule>
- The Westport Library (2017). The Westport Library. Retrieved from <http://westportlibrary.org>
- Wen, X., Song, Y., Li, W., Chen, G. & Xian, B. (2016). Rotation vector sensor-based remote control of a humanoid robot through a Google Glass. In *Proceedings of IEEE International Workshop on Advanced Motion Control*, 203-207, Auckland, New Zealand: IEEE. doi: 10.1109/AMC.2016.7496351
- Wikipedia (2017). Humanoid Robot. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Humanoid_robot