

研究報告

## 無線射頻技術於森林樣區調查之效能評估

郭家和<sup>1</sup> 黃雅莉<sup>1</sup> 吳守從<sup>2</sup> 郭瓊雯<sup>3</sup> 龔旭陽<sup>4</sup> 陳朝圳<sup>5</sup>

【摘要】近年來無線射頻技術發展日趨成熟，各領域紛紛將其導入以支援經營管理工作。台灣森林區域範圍廣大且地處偏遠，進行調查常需花費大量人力與物力，且易產生人為誤差，若能利用 RFID 技術輔助，預估能有效提高森林資源調查之效率。本研究以恆春事業區第36林班之120株毛柿母樹為試驗調查對象，利用2組不同規格的電子標籤 (Tag 501w, ABS Stick Tag) 與2組不同規格的 PDA(HP iPAQh 2790C, CPT 9400CE) 搭配成4組 RFID 設備進行試驗，除記錄資料讀寫距離及時間外，並以統計分析探討其效能差異；另每次調查時同時記錄 PDA 在實際操作上電量耗損之情況，並觀察電子標籤損壞狀況。研究結果顯示，資料讀取以 2790C 型 PDA 搭配 ABS 電子標籤效能最好，其讀取距離為 2.86 cm，讀取時間為 0.76 s；PDA 電量耗損方面，9400CE 型之電力消耗狀況高於 2790C 型；此外，電子標籤設置於林下一個半月後，已有兩個無法正常讀取，並有少部份外表有木屑及土壤覆蓋，顯見無線射頻技術應用於森林資源調查作業，尚可能受到許多不確定因子影響，因此仍需長時間進行重複性觀測，以提高其評估精度。

【關鍵字】無線射頻技術、森林資源調查、效能評估

Research paperEstimating the RFID Technology Potency in a Forest  
Survey SamplingChia-ho Kuo<sup>1</sup> Ya-Li Huang<sup>1</sup> Shou-Tsung Wu<sup>2</sup> Chiung-Wen Kuo<sup>3</sup>  
Hsu-Yang Kung<sup>4</sup> Chaur-Tzuhn Chen<sup>5</sup>

【Abstract】With the development of RFID (Radio Frequency Identification) technology, many

---

1. 國立屏東科技大學森林系碩士生。

Master Student, Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan.

2. 實踐大學觀光管理學系副教授

Associate Professor, Department of Tourism Management, Kaohsiung Campus, Shih Chien University, Taiwan.

3. 國立屏東科技大學資訊管理系碩士生

Master Student, Department of Management Information System, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan.

4. 國立屏東科技大學資訊管理系教授

Professor, Department of Management Information System, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan.

5. \*國立屏東科技大學森林系教授，通訊作者

Professor, Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology. 1. Hseuh Fu Road, Nei Pu, Pingtung, 91201, Taiwan, ROC. Tel.: 08-7740301 ; e-mail: cct@gisfore.npust.edu.tw.

application domains have applied the technology to support the routine operations. The ranges of forest in Taiwan are wide and inconvenient; it needs a great amount of labors and materials to proceed to the forest resource survey. In addition, manual records would easily produce mistakes. FRID was predicted that they can effectively promote forest resource survey with to assisting investigator. This study used 120 trees of *Diospyros philippensis* (Desr.) Gurke as a survey target that was located in the 36th compartment of Hengchun working circle. Used two different types of Tag equipments (Tag 501w, ABS Stick Tag) with two different types of PDA (HP iPAQh 2790C, CPT 9400CE) to make up The four different types of RFID equipments would be evaluated by the effective power of distance and time, and statistical analysis would be used in this research. PDA at the same time each survey recorded in the actual operation of power loss, and to observe the damage status of electronic tags. The results showed that reading effectiveness of 2790C PDA and ABS electronic labels information is the best. It could reach about 2.86 cm and the reading off time was 0.76s. The power loss of PDA, 9400CE was higher than the 2790C. In addition, the electronic tags to set in the forest a month later, two pieces had been unable to properly reading and a small portion of the soil surface and covered with sawdust. Obviously radio frequency technology for forest resource survey work, yet may be affected by many uncertain factors, so still a long time to repeated observations to improve the accuracy.

【keyword】 Radio frequency identification, Forest resources investigation, Performance evaluation

## 一、前言

依據全球電子化商品編碼聯盟之定義，無線射頻技術 (Radio Frequency Identification, RFID) 為一利用無線射頻電波自動辨識資料之系統，通常係利用附著於人或物之電子標籤 (Tag) 記錄一系列資訊，並以在有效通訊範圍內的讀取器 (Reader) 進行通訊，進而達到資料交換、辨識之目的 (EPC global, 2004)。近年來，由於 RFID 技術的進步，使其得以具備儲存容量大、耐用性佳、穩定性高、款式多變之特性，同時並提供不少符合時代需求的功能，使其應用範圍日漸廣闊，舉凡零售業、交通運輸、醫療應用、物流倉儲、門禁管制、動物監控等皆有成功有效的使用案例 (陳正忠等，2009)。事實上，綜觀過去的相關研究，RFID 技術應用議題，可依工作目的區分為「物件辨識」、「物件搜尋」、「門禁管制」、「流程監控」、「指標值監測」及「生產履歷維護」等六大應用類型 (鄭秀卉，2008)。

台灣全島面積約 36,000 ha，其中森林覆蓋約佔58% (林務局森林企劃組，1995)，此等森

林區域除林木本身的經濟價值外，對於國土保安、水源涵養、森林遊樂及生物多樣性維護等方面更扮演著重要角色，因此森林資源調查與資訊的掌握甚為重要。台灣地區之森林永久樣區調查，在林木標記方面多以鉛片打字以利於下次複查時辨識，然因鉛片表面容易磨損或掉落，林地環境隨時間而變化，在林木相似度高的情形下，常增加調查人員複查時之辨識困難度。此外，以往調查資料多以人工方式記錄於紙本上，不僅耗時費力，且易發生人為錯誤；尤其自然保護區域或珍貴稀有樹種之調查，更常因地形、地勢崎嶇或與道路距離偏遠，而須耗費大量人力及時間，若進行複查之時，調查人員仍須攜帶過去的歷史資料進行比對，再透過人工方式輸入資料進行管理，其效率不佳。由上述說明可知，森林樣區調查若能輔以資訊科技協助自動化，同時減少繁雜的紙本作業，將可有效提高調查效率。因此本研究將目前應用範圍廣泛之 RFID 設備裝置，應用於永久樣區調查，並於野外實地量測其設備對於讀取、寫入之時間長短與距離遠近；所得資料透過統

計分析，探討各種不同設備組合之效率的差異性，藉以了解RFID設備於森林樣區內之調查效能，以及可能遭遇之問題，而所得結果可作為相關單位研擬調查作業執行方式之參考。

## 二、材料與方法

### (一) 研究區概況

本研究以恆春鎮墾丁里龜子角之毛柿林為野外測試樣區，該地區為林務局屏東林區管理處屏東事業區第36林班(圖1)，總面積達331.83 ha，海拔為165~180 m。此區地形屬高位珊瑚礁之石灰岩台地；台地西向及西南向斜坡之珊瑚礁隆起裸露，土壤淺薄，多為紅棕色磚紅化土。氣候方面，本區屬熱帶性氣候，年溫差不大，夏季較其它地區長，冬季不明顯，1月最冷，平均氣溫為20.5°C，7月最熱，平均氣溫為28.3°C；年平均降雨量約為2,200mm，分佈不均勻，降雨集中於5月至10月，約佔全年降雨量的82%，11月至翌年4月則為乾旱季

節，乾季東北季風極強，風速達10~17 m/sec(張焜標，2008)。目前該毛柿林之林分樹高約為8~14 m，枝桠交錯形成隱密樹冠，致使林內透光度極低，同時也造成林下地被稀少且單純，僅林緣及林冠破裂處因光線透入，始有較豐富之地被植物。

### (二) 研究材料及方法

#### 1. 樣木選定

林務局早期於本區設置台灣珍貴樹種母樹林，並以表現型選擇法選擇120株毛柿(*Diospyros philippensis* (Desr.) Gurke)作為優良母樹。本研究以該120株毛柿母樹為RFID設置之樣木(圖2)。

#### 2. RFID調查流程

本研究利用手持式行動電腦(PDA)搭配Reader，由調查人員攜帶，並記錄Tag進行讀取及寫入時所需時間及距離(圖3)。由於Tag無法直接釘至樹木，故利用鐵釘將Tag裝置於樣木之上。Tag型式採用被動式HF 13.56MHz

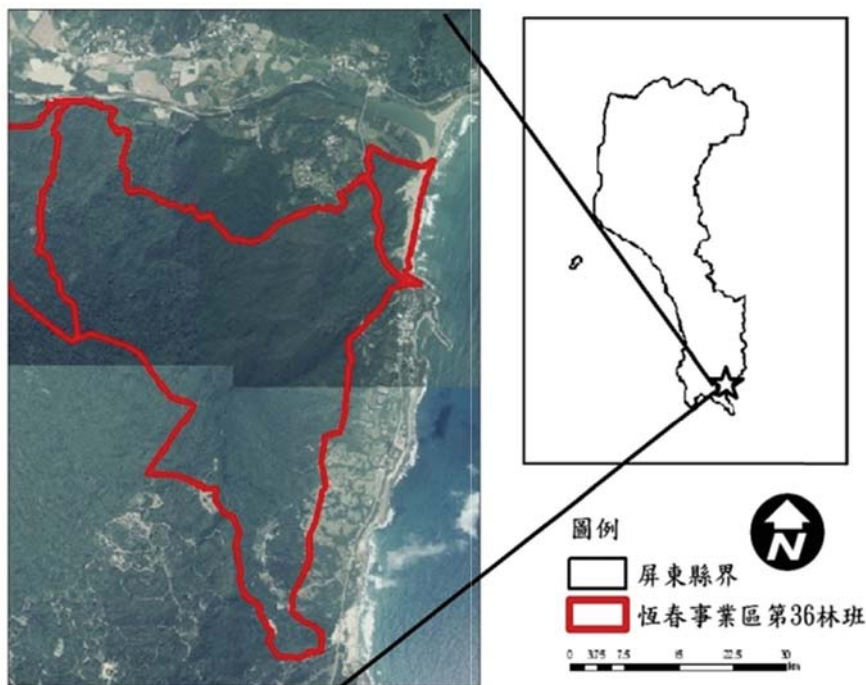


圖1. 恆春事業區第36林班位置圖

Fig. 1. The location of 36th compartment of Hengchun working circle



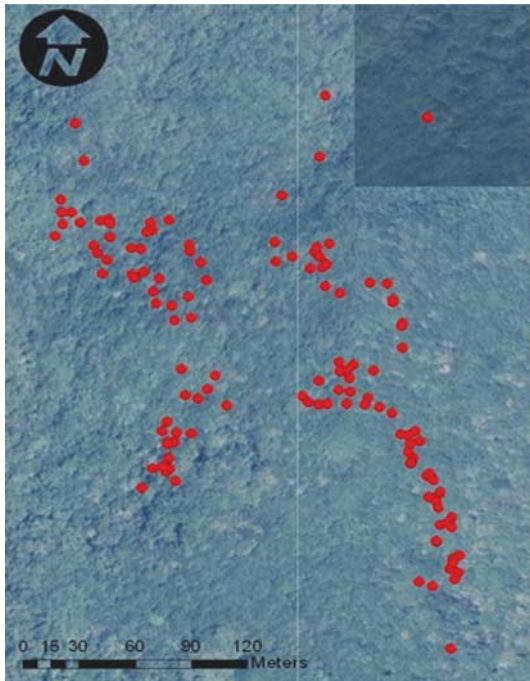


圖2. 120株毛柿母樹位置

Fig. 2. The location of 120 *Diospyros philippensis* (Desr.) Gurke forest



圖3. 調查人員利用PDA進行Tag之讀寫

Fig. 3. Using the PDA to read and write the tag data

鈕扣型，其規格及樣式如表1和圖4所示；PDA分別使用欣技 (CPT) 資訊股份有限公司及惠普 (HP) 科技股份有限公司生產者，其規格及樣式如表2所示。

### 3. 資料收集與分析

本研究將兩款不同 Tag 及手持式 PDA 分



圖4. 兩款Tag裝置於樣木

Fig. 4. Two different types of tag equipment on sample tree

【Tag 501W (Upper), ABS Stick Tag (Down)】

為4組 RFID 設備 (如表3所示)，分別進行樣木調查作業並記錄讀寫距離、時間等相關資料。此資料先以單因子變異數分析 (ANOVA) 探討是否具有差異性；如有差異，並以最小顯著差異 (Least Significance Difference Test, LSD) 比較兩兩設備間差異情形，藉以探討不同設備組合資料讀取及寫入上的效能差異。此外，亦記錄 PDA 電池耗損狀況，並利用鄧肯氏多變域分析法 (Duncan's Multiple Range Test) 分析 PDA 在不同電力情況下，是否影響 Tag 讀取寫入距離及時間。最後觀察 Tag 置於林內一段時間後之損毀情形，以作為評估 RFID 設備於森林樣區調查可行性之參考。

## 三、結果與討論

### (一) RFID讀取距離

RFID 在讀取距離方面，4組設備中以 C 組設備 (iPAQ hx2790C 搭配 ABS Stick) 之讀取距

表1. Tag設備規格

Table 1. Equipment specifications of the tags

型 號	Tag 501w	ABS Stick Tag
標籤大小	5.2 cm x 8 cm	3.0cm x 2.3 cm
孔 徑	5 cm	3.3 cm
操作溫度	-40°C to 70°C	-25°C to 55°C
存貯溫度	-40°C to 80°C	-25°C to 75°C

表2. PDA設備規格

Table 2. Equipment specifications of the PDAs

型 號	(HP) iPAQh x2790C	(CPT) 9400CE
作業系統	Microsoft Windows Mobile 5.0	Microsoft Windows CE 5.0 Professional
CPU	Intel XScale PXA270 @624MHz	Intel XScale PXA270 @520MHz
顯示螢幕	3.5吋彩色QVGA、觸控式螢幕	3.5吋彩色VGA、QVGA觸控式螢幕
尺 寸	119.4 x 76.6 x 16.3 cm	170 x 90 x 38 cm
擴充槽	整合型CF Type II、SDIO擴充槽	Mini SD插槽

離最短，平均距離為  $2.86 \pm 0.34$  cm；其次為 A組設備 (9400CE 搭配 ABS Stick)，其讀取距離  $3.33 \pm 0.58$  cm；而讀取距離最長者為 D 組設備 (iPAQ hx2790C 搭配 Tag501w)，讀取距離為  $3.81 \pm 0.56$  cm。利用 ANOVA 分析所得結果顯示 (表4)，不同 RFID 設備間讀取距離F值為 30.235，P 值則小於0.05，顯示不同 RFID 設備在讀取距離上有明顯差異。另以 LSD 進行多重比較分析，結果顯示 C 組設備和其它3組具有明顯差異，而 A、B 兩組間的讀取距離並無差異，但與 D 組設備間則有顯著差異。而實際調查顯示，利用 PDA 對 Tag 讀取資料時，距離較長者調查時的流暢度較高，而本研究所採用4組 RFID 設備的讀取距離介於2.86到 3.81 cm 間，其中以 D 組設備在讀取距離效能上略優於其它3組。

(二) RFID讀取時間

讀取時間的分析結果如表4所示。4組設備以 D 組之讀取時間最短，所耗時間為  $0.69 \pm 0.24$  s；而讀取時間耗費最長者為 B

組 (9400CE 搭配 Tag501w)，其讀取時間為  $2.79 \pm 0.25$  s。而 ANOVA 分析結果顯示，不同 RFID 設備讀取時間之 F 值為552.188，P 值則小於0.05，顯示不同 RFID 設備在讀取時間上有明顯差異。PDA 對 Tag 讀取時間越短，越能縮短調查所花費之時間，而經 LSD 多重比較顯示，同一款 PDA 對於不同 Tag 之間的讀取時間並無顯著性差異，但兩款 PDA 間則存有顯著差異，以 iPAQh x 2790C 讀取性能優於 9400CE PDA。

表3. 4組RFID設備配置

Table 3. Four combinations of RFID equipments

Group	PDA	Tag
A	9400CE	ABS Stick
B	9400CE	Tag501w
C	iPAQ hx2790C	ABS Stick
D	iPAQ hx2790C	Tag501w

表4. 不同組合之RFID設備讀取距離及時間之ANOVA及LSD多重比較分析

Table 4. ANOVA and LSD comparative analysis of read distance and time in different RFID equipments

Analysis Project	A	B	C	D	F-value	ANOVA P-value
read distance (mm)	3.33±0.74 <sup>b</sup>	3.48±0.89 <sup>b</sup>	2.86±0.34 <sup>c</sup>	3.81±0.71 <sup>a</sup>	30.235	0.00*
time demand (second)	2.77±0.62 <sup>b</sup>	2.79±0.32 <sup>b</sup>	0.76±0.64 <sup>a</sup>	0.69±0.30 <sup>a</sup>	552.188	0.00*

\* p<.05 (a,b,c 同英文字代表 LSD 多重比較結果組間有顯著差異)

### (三) PDA電量耗損情況

台灣多數森林調查樣區均位於山區，不僅車輛不易進入，步行也需耗費相當時間，因此如調查進行時儀器電力不足，勢必影響工作流程及調查進度。本研究現場調查所需花費時間約6小時，其中 9400CE PDA 之電力約能維持5小時，而iPAQ hx2790C PDA使用6小時後，其總電量尚餘15% (圖5)，因此儀器電池的使用時間與充電的方便性，也是樣區調查所應予以考慮者。針對兩台 PDA 在不同電量時，是否影響其讀取及寫入之時間及距離，本研究利

用 Duncan's 多變域分析進行比較 (表5)，結果 A組在讀取及寫入時間上並無顯著之差異；B組在讀取時間無顯著差異，但不同的是，寫入時間在較低電量時，所需時間略低於高電量；在C組方面，讀取及寫入時間，電量在80%-60%時，其所需時間略高於其於兩種電量時所量測；D 組讀取及寫入時間在電量100%-80%時，所花費時間低於其它兩種電量，而80%-60%及60%-40%間則無顯著差異。整體來說，電量的多寡對於 Tag 的讀取寫入影響並無明顯之差異。

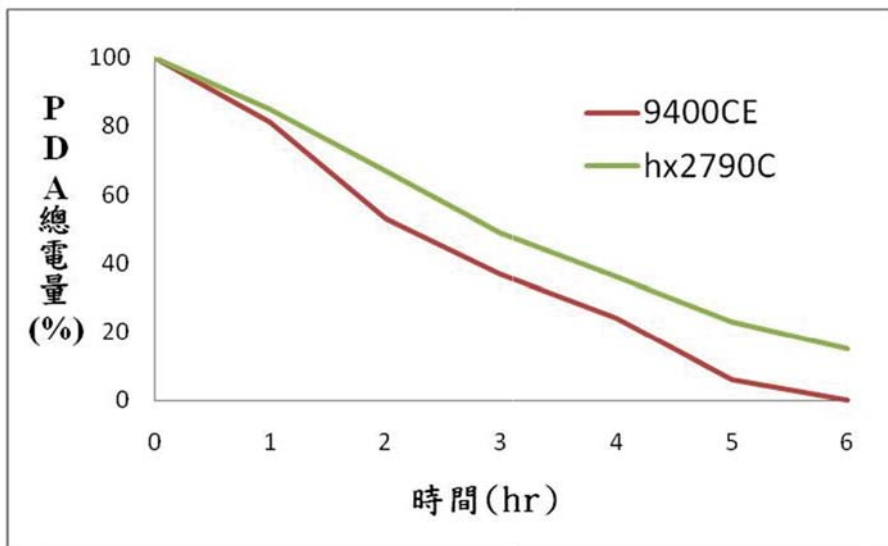


圖5. PDA進行調查時電量耗損情況

Fig. 5. The power loss of PDA at different investigative period

表5. 不同組合之RFID設備在不同電力情況下讀取及寫入距離之差異性分析

Table 5. Variance analysis of read and write distance in different RFID equipment and electric quantity unit: mm

Group	content	PDA power (%)		
		100-80	80-60	60-40
A	Read	23.0 ± 5.6 <sup>a</sup>	22.5 ± 6.0 <sup>a</sup>	20.7 ± 7.0 <sup>a</sup>
	Write	17.6 ± 7.4 <sup>a</sup>	15.5 ± 6.5 <sup>a</sup>	16.1 ± 5.0 <sup>a</sup>
B	Read	16.7 ± 5.9 <sup>a</sup>	15.0 ± 4.4 <sup>a</sup>	15.6 ± 3.9 <sup>a</sup>
	Write	17.2 ± 6.4 <sup>a</sup>	15.8 ± 4.2 <sup>ab</sup>	14.0 ± 4.6 <sup>b</sup>
C	Read	26.2 ± 6.2 <sup>a</sup>	28.5 ± 4.8 <sup>a</sup>	21.5 ± 3.6 <sup>b</sup>
	Write	27.9 ± 4.3 <sup>a</sup>	21.2 ± 3.7 <sup>b</sup>	20.6 ± 4.1 <sup>b</sup>
D	Read	20.5 ± 3.5 <sup>a</sup>	17.0 ± 3.7 <sup>b</sup>	18.3 ± 4.8 <sup>b</sup>
	Write	20.0 ± 4.0 <sup>a</sup>	21.6 ± 4.4 <sup>a</sup>	19.3 ± 6.7 <sup>a</sup>

\* p<.05 (a,b,c 同英文字代表 Duncan's 分析結果有顯著差異，相同英文字代表在 5% 顯著水準下沒有顯著之差異)

#### (四) Tag置於林下之損毀情況

本研究 Tag 設置於樣區一個月後，Tag 501w 及 ABS Stick 各有一個無法讀取資料，且少數釘子有生鏽現象。無法讀取之 Tag，其外觀無明顯損毀之情況，而由於毛柿林下較為陰暗且終年濕度較高，Tag 長時間置於此環境中難免受到影響，因此判斷造成 Tag 無法讀取之原因，可能是林木濕度較高而使 Tag 受潮進而影響讀取；此外，亦發現部份 Tag 有爬藤類伴生植物攀附與樹木碎屑覆蓋情形產生。經濟部 RFID 公領域應用推動辦公室 (2009) 針對 RFID 讀取器 (Reader) 與標籤 (Tag) 提出建議，認為 RFID 讀取器要能防潮耐摔，以利於雨天作業，而電池續航力最好在8小時以上；在Tag部份，讀取距離最好可支援 15 cm 以上，讀寫時間在3秒以內，放置的位置要避免被成長中的樹木嵌入，另外可考慮採用工業級的防潮封裝，讓 RFID 標籤的壽命可以大於10年以上。本次研究所採用之 RFID 設備置於林下試驗時，電池續航力尚符合標準，整體讀取時間也在可接受的範圍之內，不過讀取距離卻與理想值差距甚遠，事實上也低於廠商所宣稱者，其可能原因為 RFID 設備目前使用的規格及種類

非常多樣，每家廠商之設計及生產規格也有所不同，使得 RFID 設備在搭配時未必能達到使用者所需求之效能。因此日後進行 RFID 設備選擇時，需先進行野外實地測試，並特別留意 Tag 讀寫距離。

#### 四、結論

森林資源調查為提供森林資源經營之資訊來源，亦為決策擬訂之參考依據，農委會林務局為掌握全台森林資源狀況，並按需求進行不同尺度之森林資源調查，如「全國性森林資源調查」、「永久樣區調查」及「國有林事業區檢訂調查」等，然傳統森林資源調查作業，調查員必須攜帶歷史資料進行比對，並將新的資料記錄於紙本，等到調查結束再透過人工方式輸入於資料庫中，不僅耗力費時、過程繁瑣，且容易在輸入資料時產生人為誤差。

近年來，RFID 技術逐漸成熟，且應用範圍日益廣闊，因此受到各方重視；而RFID 技術能提供非接觸性識別與進行自動資料讀取，又能耐受特殊的環境條件，因此頗適合應用於森林樣區調查。本研究之目的在探討RFID技術應用於林木調查之可行性，同時初步評估其



使用效能，以期日後能研擬更加自動化，更節省人力、物力之方法。經野外實際測試，初步證實 RFID 設備運用於森林樣區調查的確可行；然不同的 PDA 與 Tag 組合，其讀寫時間與距離確實有所差異，故選用之時有必要進行評估。此外，野外環境複雜，在許多因子交互作用影響下，RFID設備是否會因森林資源調查之時間間隔長而降低效能，值得後續觀察。

## 五、致謝

承蒙行政院農業委員會林務局委託研究計畫，計畫編號「98農科-6.1.1-務-e1」經費支持，本研究得以順利完成，謹此致謝。

## 六、引用文獻

王亭懿 (2009) 在不同環境下之 RFID 標籤的讀取效能分析。天主教輔仁大學資訊工程研究所碩士學位論文，65頁。

朱耀明、林財世 (2005) 淺談 RFID無線射頻辨識系統技術。生活科技教育月刊38(2): 73-87。

何傑輝 (2008) RFID 的應用與挑戰。國立交通大學科技管理研究所碩士論文，115頁。

周湘琪 (2004) RFID 技術與應用。旗標出版股份有限公司，560頁。

林務局森林企劃組 (1995) 第三次台灣森林資源調查及土地利用調查。行政院農委會林務局，258頁。

高凱聲 (2004) RFID 各項推廣計劃積極展開中。通訊雜誌122: 13-15。

張焜標 (2008) 毛柿母樹林健康狀態評估與優良種源種實生產之調查。行政院農業委員會

林務局委託研究計畫系列，97-06-5-01，46頁。

陳正忠、石豐銘、蔡明儒、周文陽 (2009) 無線射頻辨識技術之過去、現在與未來。中興工程季刊 102: 7-13。

管立豪 (2007) RFID 技術於林業領域應用探討。台灣林業期刊 33(5): 1-5。

鄭同伯 (2004) RFID EPC 無線射頻辨識完全剖析。博碩文化股份有限公司，400頁。

鄭秀卉 (2009) 以 RFID 技術為基礎之物件關係探索與導引模式。國立清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文，258頁。

蕭榮興、許育嘉 (2004) 無線射頻技術的應用與發展趨勢。資策會電子商務研究所，電子商務導航 6(13)。

友鵬科技股份有限公司 (2010) 取自：[http://www.sucmitco.com.tw/index\\_tai.php](http://www.sucmitco.com.tw/index_tai.php)。

帝商科技股份有限公司 (2010) 取自：<http://www.regalscan.com.tw/tc/>。

無線射頻辨識系統 YES-RFID (2009) 取自<http://yes.nctu.edu.tw/Lecture/NewTech/C05/RFID/RFID.htm>。

國立台北科技大學 (2009) RFID 應用實驗室。取自：[http://140.124.77.80/rfid\\_lab/index.php](http://140.124.77.80/rfid_lab/index.php)。

RFID公領域應用推動辦公室 (2009) 取自：<http://www.rfid.org.tw>。

RFID產業資料庫 (2009) 取自：<http://www.u-rfid.com.tw/web>，台北市。

EPCglobal (2004) 取自：<http://www.epcglobal.org.tw/epcg/jsp/a11.htm>。