

應用無線射頻辨識技術 e 化管理乳牛群⁽¹⁾

王思涵⁽²⁾⁽³⁾ 李國華⁽²⁾ 陳志毅⁽²⁾ 江俊杰⁽²⁾ 藍蔚文⁽²⁾ 郭桑硯⁽²⁾ 張菊犁⁽²⁾

收件日期：103 年 2 月 25 日；接受日期：103 年 10 月 17 日

摘 要

本研究旨在探討無線射頻辨識 (Radio Frequency Identification, RFID) 技術應用於乳牛場之生產與管理作業效率，包括內置 RFID 標籤之電子耳標、讀取器、無線傳輸設施與網際網路。所選用之乳牛用 RFID 電子耳標為被動式超高頻標籤，由聚胺酯材質封裝，耳標外表印製牛隻編號，釘掛於牛隻右耳內側供牛群管理人用肉眼觀察識別個別牛隻身份。以具個人數位助理 (Personal Digital Assistant, PDA) 功能之手持讀取器讀取電子耳標之距離在 80 cm 以上，並即可用該讀取器收集更新牛隻性能之資料包括配種、乾乳、分娩、疾病治療、施打疫苗、體型評鑑、體重、體溫等或查詢牛隻性能資訊。在牛舍擠乳間則裝置固定讀取器 1 組，於兩側擠乳走道入口處各以 2 支不同位置及角度之天線逐一讀取通過牛隻的電子耳標，在擠乳間內設置觸控式電腦螢幕 1 臺，顯示各被讀取到的乳牛編號、上次擠乳之乳量及乳質，並以不同顏色預警，提醒工作人員需特別注意的牛隻，並即刻作改善措施。各牛隻擠乳完畢後，工作人員可於觸控式螢幕用手直接點入乳量資料，完成擠乳間乳量資料收集。在牛舍或擠乳間所收集或更新的牛隻資料，不必觀察及用手抄寫，牛隻編號及日期資料直接由電腦系統日期存檔，所收集之性能資料只需在現場一次輸入後，藉由無線傳輸至牧場電腦，再經網路上傳至乳牛群性能改良計畫 (Dairy Herd Improvement, DHI) 之資料處理中心處理資料，所得的牛隻資訊再下傳回到牧場電腦及手持讀取器內，以及時、方便、自動、精準且用無紙報表資訊來管理牛群，充分改善 DHI 作業效率與提昇酪農經營效率。

關鍵詞：電子耳標、無線射頻識別技術、乳牛群管理。

緒 言

無線射頻辨識 (RFID) 為近年來新興科技之一，廣泛被應用於人類生活相關之各行各業。自從爆發牛隻狂牛症 (Bovine Spongiform Encephalopathy, BSE) 後，世界乳業先進各國紛紛採用 RFID 作為牛隻身分識別工具，並結合資訊傳輸以追蹤與回溯牛隻疾病之源頭，在國際牛隻貿易買賣上有其極大貢獻 (謝等，2006；Bartlett, 2006)。例如：在美國有 USAIP (United State Animal Identification Plan) 計畫、加拿大有 NLID (National Livestock Identification) 計畫、澳洲的 NLIS (National Livestock Identification Scheme) 計畫等。此外，美國 DHIA (Dairy Herd Improvement Association) 配合 FAIR (National Farm Animal Identification and Records) 計畫，利用 RFID、讀取器及 PDA 內簡易程式自動收集牛隻各種性能紀錄，經由牧場與 DHI 資料處理中心間迅速地整理紀錄與回傳資訊，以即時、方便、精準且無紙化資訊報表來管理牛群，充分改善以往之 DHI 作業模式，有效地提升牛隻性能表現、掌握牛隻健康狀況、提供選留淘汰牛隻決策及改善經營效率根據 (Clay *et al.*, 2005; Tomaszewski *et al.*, 2005)。Chapinal *et al.* (2007) 以天線接收乳牛身上懸掛之被動式讀取器資訊，用於控制其採食及飲水時發現，此電子設備並不會影響乳牛採食及飲水量，反而可監控其採食量與飲水量，對於牛群之管理有助益。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2159 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(3) 通訊作者，E-mail：shwang@mail.tlri.gov.tw。

國內於 2004 年開始推動「U 化臺灣計畫」，此計畫運用 RFID 技術、無線網路與寬頻技術、網際網路、無線傳輸及設備來發揮無線通訊科技之無所不在的功能，期望再創另一次的科技與經濟發展奇蹟。行政院農業委員會推動 RFID 的策略於農業領域大致分為生產管理、運銷管理與安全管理等三大面向 (葉，2005)。乳牛是高經濟動物，更因其生命週期長，每一頭乳牛使用年限可達 7 – 10 年，但個別牛隻性能差異很大，其性能好壞直接影響酪農收益，因此須經年累月收集個別乳牛各種性能約 80 種以上紀錄，此為乳牛育種之最重要工作，而其首要條件即須準確、方便、快速地識別牛隻身分，以及避免牛隻身分識別時之目視看錯、寫錯及電腦輸入時人為之謬誤疏失。Voulodimos *et al.* (2010) 以 RFID 系統建構完整的牧場管理體系等研究結果，均顯示利用 RFID 快速準確辨識動物個體身份，可顯著提升牧場主人對動物的管理效率。本研究之目的為應用 RFID 導入乳牛場作為個別牛隻識別系統，以讀取器來替代牛舍現場之紙本記錄，改善牧場乳牛資料自動收集模式，利用電子傳輸技術，替代現場以手寫之紙本紀錄，減少手寫及重輸入電腦之耗時費力；再利用電子傳輸技術結合 DHI 資訊之應用提升酪農生產及經營效率，建立乳牛場 e 化管理模式，以作為日後推廣更多乳牛場投資 RFID 技術導入乳牛場之參考。

材料與方法

I. RFID 技術硬體導入乳牛場

- (i) 收集各國 RFID 系統之讀取器 (Reader)、電子耳標 (Electronic Ear Tag)、及標籤晶片內編碼 (Identification, ID) 原則等相關資料。
- (ii) 電子耳標：於畜產試驗所新竹分所乳牛群 100 頭建立 RFID 電子耳標系統，所選用之 RFID 電子耳標需具以下特性：1. 乳牛專用 RFID 電子耳標，其晶片及耳標一體成型。2. 電子耳標必須釘掛在牛隻右耳內側，以防被牛舍內設施卡住而被強拉脫落。3. 用手持式或固定式讀取器讀牛隻耳標內 ID 時，距離至少需在 80 cm 以上，因此 RFID 頻率為超高頻。4. RFID 電子耳標符合 ISO 18000-6C 標準。5. 其封裝具防油、防水、防酸鹼，且有極佳之抗污性，在髒污的環境之中，亦可讀取其內晶片數據。6. 電子耳標的外表面以鐳射印製牛隻個體統一編號供管理人肉眼觀看。
- (iii) 手持讀取器：讀取所選用之 RFID 乳牛電子耳標之 ID 及耳標晶片內資訊，手持讀取器需為與 PDA 結合一體成型之器具以操作方便。
- (iv) 固定式讀取器及天線：於牛舍擠乳間安裝固定式讀取器 1 組，於擠乳間左右走道分別各安裝 1 組天線，讀取通過走道每一頭牛隻之電子耳標，同時顯示於擠乳間內之觸控式電腦螢幕上，並可提醒擠乳人員注意每頭牛隻狀況。

II. 開發乳牛場 RFID 系統軟體及應用

- (i) 於 RFID 手持式讀取器內開發「乳牛群 PDA 管理系統」，以讀取牛隻之 RFID 電子耳標內建識別碼後，乳牛統一編號及場內編號立即呈現於手持式讀取器螢幕上，然後現場輸入個別牛隻之各種紀錄，例如配種、妊檢、分娩等。紀錄在手持讀取器之最新牛隻資料，再經由傳輸器可直接傳輸至 DHI 資料處理中心進行資料更新整理。處理完成的個別牛隻性能與管理資訊再由牧場電腦下載並傳至手持讀取器，牛群管理者於牛舍現場再使用手持讀取器查詢個別牛隻各種資訊 (圖 3 與圖 4)。
- (ii) 開發「擠乳間牛隻乳量資料收集系統」，擠乳時牛隻分別通過兩側擠乳走道入口處時，固定讀取器之天線逐一讀取通過之個別牛隻編號，並顯示各被讀取到的乳牛編號、該牛隻上次擠乳之乳量及乳質資料，並以不同顏色預警 (紅色：體細胞數高於 50 萬 / mL；綠色：體細胞數高於 30 萬 / mL；黃色：體細胞數為正常) 於擠乳間內之觸控式螢幕上，提醒工作人員需特別注意的牛隻，並即刻進行改善措施。各牛隻擠乳完畢後，工作人員可於觸控式螢幕用手直接點入當次擠乳之乳量資料，收集擠乳間乳量資料。

結果與討論

I. 建置 RFID 乳牛場牛群管理系統

- (i) RFID 電子耳標：收集國外 RFID 電子耳標資料，均為低頻 RFID。為了便於牛隻識別且免安裝電池，本系統選用之 RFID 標籤為被動式 (Passive) 模式，亦即是完全要靠讀取器的電波能量來驅動標籤工作。而其型式為 Class 1 Gen2，即標籤是只可寫入一次及多次讀取 (Write Once Read Many Times)，此類標籤在生產時不會植入任何 ID 資料，使用者可在購買後透過讀取器植入資料並可多次讀取。標籤晶片 UCODE 分為三個區塊，其一為 TID 碼，為原廠製造標籤時，植入標籤晶片內之 64 bit 生產號碼 (可輸入 16 數字編碼)，屬於不能變更且為唯一之生產號碼。其二為 EPC 及 USER MEMORY 等兩區塊，該兩區塊記憶體容量亦較高，EPC 區塊可植入 96 bit (可輸入 24 數字編碼) 而 USER MEMORY 區塊可植入 224 bit (可輸入 56 數字編碼)，規劃植入電子耳標資料及規格如表 1 所示。乳牛統一編號編碼是由 7 碼組成如 97Q1234，前兩碼為年度，第 3 碼為地區碼，第 4 碼起之四個碼為連續編號。

表 1. 乳牛 RFID 電子耳標晶片編碼原則

Table 1. The rules of RFID chip code for dairy cattle

晶片編碼區塊	項 目	欄位大小	欄位起始	備 註
EPC 編碼	國別碼	3	1 – 3	471 代表台灣
	縣 市	2	4 – 5	縣市別：A 以 01；F 以 06 代替
	場所代號	5	6 – 10	DHI 酪農代號
	統一編號	8	11 – 18	97060009 代表 97F0009
	性 別	1	19	1 代表母；2 代表公
USER MEMORY 編碼	統一編號	8	1 – 8	97060009 代表 97F0009
	場內編號	4	9 – 12	畜主自編牛隻耳牌號碼
	出生日期	6	13 – 18	日期欄位： 970802 97 年 8 月 2 日 020704 代表 102 年 7 月 4 日
	父親牛編號	9	19 – 27	10017828 代表 100HO7828
	母親牛編號	8	28 – 35	97060009 代表 97F0009
	第一胎	1	36	胎次別
	第一胎分娩日期	6	37 – 42	日期欄位
	第二胎	1	43	胎次別
	第二胎分娩日期	6	44 – 49	日期欄位
	第三胎	1	50	胎次別
	第三胎分娩日期	6	51 – 56	日期欄位

- (ii) 手持式 RFID 讀取器：考量使用者之方便性，選用 RFID 讀取器與 PDA 兩者結合為一體成型之器具。該器具可敏感精確地讀取牛隻耳標資料之距離在 80 cm 以上。讀取完成時發出嗶聲告知管理人已讀到。讀到之電子耳標編號及收集的資料可以透過無線傳輸將牛號傳入電腦。此讀取器符合國家通訊傳播委員會 (National Communications Commission, NCC) 低功率射頻電機技術規範。其 LCD 螢幕為 240 × 320 觸控式 256 彩色薄膜電晶體 (Thin-Film Transistor, TFT)，鍵盤具 36 數字與功能鍵，充電式鋰電池，防水防塵及耐摔設計。圖 1. 為本試驗所採用之具讀取 RFID 電子耳標及具 PDA 功能之手持讀取器。

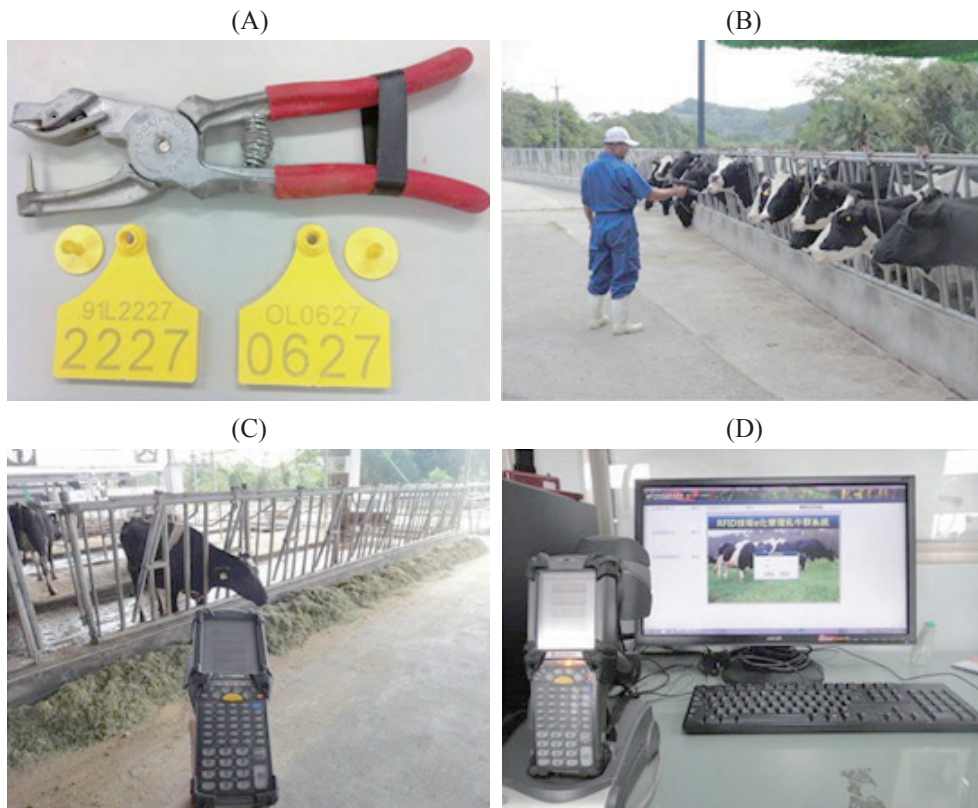


圖 1. 無線射頻辨識 (RFID) 牛群管理系統，RFID 牛隻電子耳標 (A)、手持式 PDA (B 與 C)、RFID 牛隻管理系統軟體 (D)。

Fig. 1. The RFID management system for dairy cattle, RFID Tag (A), PDA (B and C), RFID cattle management system software (D).

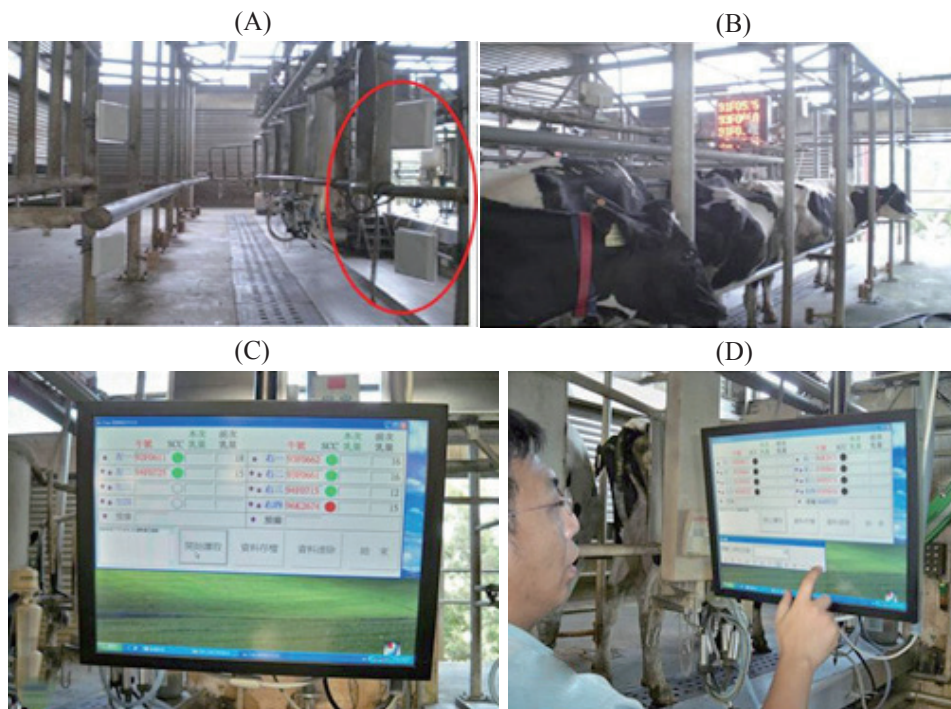


圖 2. RFID 固定式讀取器與天線 (A)、牛群進入擠乳間的作業畫面 (B) 與擠乳間內置之電腦螢幕與操作介面 (C 與 D)。

Fig. 2. The RFID fixed reader in milking parlor (A), RFID milking parlor system (B) and manager touch panel (C and D).

- (iii) 固定式天線讀取器 (Fixed Reader with Antenna)：固定式讀取器一組安裝於擠乳間，其四組天線分別以不同角度安裝擠乳間左右兩側，每側安裝兩組天線，走道入口處以讀取通過走道的個別牛隻 RFID 電子耳標辨識資料。此固定式讀取器天線讀取器頻率及功率皆符合國家通訊傳播委員會 (NCC) 之低功率射頻電機技術規範，並提供 RS232 及 Ethernet 通訊介面。擠乳間架設一組無線伺服器，提供擠乳間無線傳輸環境，該伺服器與固定式讀取器共同放置於防水防潮箱內。擠乳間亦架設整合型觸控式面板工業級電腦。觸控面板尺寸為 26 吋，需為表面聲波感應式的防刮式玻璃，供擠乳人員在擠乳間線上查詢及輸入資料。圖 2. 為擠乳間之固定讀取器天線及觸控面板。

II. 乳牛場 e 化管理及資料傳輸

- (i) 牛隻身分辨識及追蹤管理：RFID 電子耳標內的統一編號是獨一無二的，因此釘掛 RFID 電子耳標之牛隻，無論處在何地均可以手持式讀取器讀取牛隻之 RFID 電子耳標統一編號，而表 1 所述之各資料亦可呈現於讀取器螢幕上，此亦適用於買賣異動之牛隻，即時掌握該牛來源及追蹤回溯資料，此項功能成功地被運用於狂牛症之疫病管控，減少疫病之擴大蔓延。
- (ii) 牛群管理者於牛舍現場飼養管理牛隻時，應用手持式讀取器之「乳牛群 PDA 管理系統」，先以手持式讀取器讀取牛隻之 RFID 電子耳標統一編號，並於手持式讀取器螢幕上呈現牛隻資料以及作業代碼，包括 1. 牛隻配種 2. 乾乳 3. 分娩 4. 疾病治療 5. 個別牛隻生乳品質等 (如圖 3 與圖 4)。即於現場可查詢個別牛隻資訊紀錄而無需攜帶報表、紙張至現場翻閱報表查詢資訊，若要更新資料可直接輸入相關紀錄。亦可進行批次作業，先讀取牛隻 RFID 電子耳標，再按介面之批次作業代號如疾病治療、施打疫苗、體型評鑑、體重、體溫、分群…等，所收集的資料即可存檔，待回到牧場辦公室時，即可將讀取器於牛舍現場收集之最新相關紀錄自動傳輸至牧場電腦之「牧場牛群管理系統」(如圖 3)。目前用於動物的 RFID 讀取器基本上可分為固定式與手持式兩大類，固定式多安裝於通道並於動物經過時讀取標籤內之資訊，通常體積較大且讀取距離較長；手持式則直接移動到動物體附近以讀取標籤內之資訊，通常體積較小且讀取距離相對較短。本試驗所採用之手持式讀取器，具備體積小易攜帶之優點，因為本所之 RFID 電子耳標為超高頻設計，加上耳標內安裝防血肉組織吸收電波之阻隔層，能強化讀取距離，達 80 cm 以上，相較於低頻之 RFID 電子耳標 (需 10 cm 以內) 之功能較佳，本試驗成果大大減少近距離接觸動物之潛藏危機，及降低動物之不安狀態。



圖 3. RFID PDA 牛群 e 化管理系統。

Fig. 3. The RFID cattle management system software for PDA.

圖 4. RFID PDA 牛群 e 化管理系統 (續)。

Fig. 4. The RFID cattle management system software for PDA (continued).

- (iii) 擠乳間之 e 化管理：應用「擠乳間牛隻乳量收集系統」，泌乳牛群擠乳時，牛隻分批進入擠乳間，每批次進入擠乳間作業走道之牛隻於入口處，分別由固定式天線讀取器讀取牛隻 RFID 電子耳標編號，讀到時有嗶聲告知管理人並依序呈現於擠乳間之觸控式電腦螢幕上，並隨即顯示該牛隻上次擠乳之乳量及乳質，並以不同顏色提醒須特別預警的牛隻，工作人員於擠乳時即可做好應作之改善措施。待個別牛隻擠乳完畢，管理者可立即於觸控式電腦螢幕用手直接輸入個別牛隻乳量，該批次牛隻擠乳量即存檔於電腦中，待整群牛隻擠乳工作完成後，個別牛隻擠乳量紀錄即自動存檔。本試驗發現擠乳時有多頭牛隻於擠乳間走道入口處聚集等候擠乳，有的昂頭、亦有平伸或低頭者，導致固定讀取器天線讀取率無法達到 100%，因此，於走道入口處進行改善，向牛隻等待區方向加長通道欄桿使其呈現漏斗形，結果顯示固定讀取器天線讀取率可達 98%。RFID 被列為 20 世紀十大最重要技術之一的科技，最早是由英國在 1950 年代發展為飛機敵我辨識之用，目前廣泛被應用於各領域，例如：捷運悠遊卡或是門禁卡等，在農業應用上則包括牧場管理，農產品生產履歷及倉儲管理等。本試驗則利用此 RFID 技術於乳牛場 e 化管理，結果顯示，不僅精準辨識牛隻身分，同時透過手持式讀取器可輕易看到牛隻之乳量、乳質、繁殖配種、疫苗接種與疾病治療等資訊，大幅提升乳牛場之管理效率。近年來國人對食品安全愈來愈重視，有完整生產履歷的畜產品也愈受到消費者重視。
- (iv) 牧場電腦之「牛群管理系統」：將 DHI 所需之牛群紀錄定時傳輸至 DHI 資料處理中心作資料處理，而後牧場電腦又從 DHI 資料處理中心下載處理後之個別牛隻 DHI 資訊至牧場電腦之「牛群管理系統」及手持讀取器 PDA，牛群管理者即可充分應用資訊來管理牛群作業 (圖 5 與圖 6)。



圖 5. 乳牛場牛群管理系統。

Fig. 5. Cattle management system of dairy farm.



圖 6. 乳牛場牛群管理系統 (續)。

Fig. 6. Cattle management system of dairy farm (continued).

結 論

無線辨識系統技術在乳業先進國家的應用，已在食品安全、動物防疫、遺傳育種及國際貿易等方面產生極大的貢獻。國內推動 RFID 應用於乳業，目前致力於乳牛群生管理效率提昇、節省人力及有效率地收集性能資料，建立完整、精準的乳牛個體資料庫。然而 RFID 在未來乳業之應用仍有瓶頸待努力解決，方能使 RFID 的技術被廣泛應用，例如投資成本高與電子耳標脫落率等。然目前國內年輕酪農多具有良好的資訊網路使用背景，未來將是應用 RFID 技術於乳牛場 e 化管理之基石。繼應用 RFID 技術建置「乳牛異動追溯系統」，牛隻無論何種原因離場（淘汰、出售作種用、肥育、死亡化製等），其異動時所停留之場所及運輸車輛等均以其 RFID 電子耳標留下紀錄，可作為牛隻追蹤回溯管制系統之參考，除可健全國內乳業與防疫環境外，亦可藉此與國際同步，不致被排除於國際防疫體系之外。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會資訊中心 (100 農科 -6.3.1- 畜 -L1) 經費支持。試驗期間畜產試驗所新竹分所同仁及參與試驗示範之 10 家酪農戶協助資料收集，始克順利完成，謹此誌謝。

參考文獻

- 葉執東。2005。無線射頻識別系統 (RFID) 在農產品的應用之簡介。農政與農情第 155 期 P.34-37。
- 謝建新、游戰清、張義強、戴青雲。2006。無線射頻識別技術理論與實務。網奕資訊科技公司。
- Bartlett, B. 2006. Michigan cattle and electronic identification. Michigan Dairy Review. July 2006. Vol.11 No.3. pp.1-3.
- Chapinal, N., D. M. Veira, D. M. Weary and M. A. G. von Keyserlingk. 2007. Technical Note: Validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in group-housed cattle. J. Dairy Sci. 90: 5732-5736.
- Clay, J. S., P. A. Dukas, I. L. Mylin, J. A. High, P. E. Knepley and R. Miller. 2005. The effectiveness of collecting and delivering RFID data to meet requirement of NAIS.
- Voulodimos, A. S., C. Z. Patrikakis, A. B. Sideridis, V. A. Ntafis and E. M. Xylouri. 2010. A complete farm management system based on animal identification using RFID technology. Comput. Electron. Agric. 70: 380-388.

Application of radio frequency identification technology on the management of dairy farm⁽¹⁾

Szu-Han Wang⁽²⁾⁽³⁾ Kuo-Hua Lee⁽²⁾ Jih-Yih Chen⁽²⁾ Chun-Chieh Chiang⁽²⁾
Wei-Wen Lan⁽²⁾ Seng-Yen Kuo⁽²⁾ and Chu-Li Chang⁽²⁾

Received: Feb. 25, 2014; Accepted: Oct. 17, 2014

Abstract

The study was made to investigate radio frequency identification (RFID) technology used for dairy herd electronic management include UHF RFID electronic ear tags, reader, data wireless transmission and information network. The selected RFID electronic ear tag is passive read and sealed by polyurethane material and is hang up at the inner part of right ear of dairy cow. Cow's ID is displayed on exterior of ear tag for herdsman visual identification. The hand-hold reader with Personal Digital Assistant (PDA) function can read cow's ID from RFID ear tag with over 80 cm distances. The dairy herdsman can use the hand-hold reader in the barn for looking into the current performance of the cows and collecting or editing data of dairy cow performance such as breeding, drying, calving, disease treatment, vaccine, type classification, body weight and body temperature. In milking parlor, a fixed reader with 4 sets of antenna was set up. At the entrance of each side in milking room, 2 antenna at different location and angle were installed to read ID from RFID ear-tag. After dairy cows pass through entrance one by one, the cow's ID, milk yield and quality of the cow last milking with different color to alert herdsman to notice special cow will be shown on a touch-panel monitor in the milking room. The herdsman could therefore improve the practices in time for these special cows. After all cows finish milking, the herdsman can input current milk yield by hand on the touch-panel monitor. All data of cow's ID and current data will be collected by hand only once. After collecting data at barn and milking parlor, data will be transmitted through wireless to the farm office computer and then through network to connect with Dairy Herd Improvement (DHI) records processing system. The DHI individual cows' performance information will be downloaded to farm computer and hand-hold reader. Applications of RFID technology on the dairy farm help herdsman to collecting data without time-consuming, using information in time, automatically, accurately and without any paper reports for dairy herd management. RFID technology could help dairy farmers to improve the efficiency of DHI and farm operation.

Key words: Electronic ear tag, Radio frequency identification, Dairy farm management.

(1) Contribution No. 2159 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hsinchu Branch, COA-LRI, ShiHwu 36841, Taiwan, R.O.C.

(3) Corresponding author, E-mail: shwang@mail.tlri.gov.tw.

