

以隨處運算為基礎之用血安全平台

Ubiquitous Computing For Blood Transfusion Safety

謝佳宏^{ac} 林伊亭^a 陳世宗^b 肇恆泰^b 劉立^{ab}Chia Hung Hsieh^{ac} Yi Tin Lin^a Shih Tsung Chen^b Heng Tai Chao^b Li Liu^{ab}^a 台北醫學大學醫學資訊研究所 ^b 台北醫學大學附設醫院 ^c 台北捐血中心

vincent_jhh@pchome.com.tw

摘要

本研究利用隨處運算的架構，結合 RFID、Intelligent Agent、Sensor、Embed 四大特性，產出一個運用於醫療產業的智慧型血袋功能的 RISE 平台，在血液院外運送、儲存、備血、院內運送、輸用等關鍵流程，以嵌入式(或手持式)的 Reader Sensors 讀取血袋上的 RFID Tag 的資訊，透過無所不在的無線網絡傳送 Tag 資料並藉由使用 JADE 開發的智慧型代理人程式，根據所接收資訊去執行相關合理的動作，如儲存記錄及分析資料並進行處置，利用可以隨處運算的智慧型代理人程式來協助執行容易犯錯的人為操作，以減少疏失發生。

建置可以隨處運算的 RISE 平台來提昇血液輸用安全、連續性監控溫度確保血液品質、有效控管血液庫存及維護病患用血權益。

關鍵字：RFID、Intelligent Agent、Sensor、Embed、Ubiquitous Computing、血袋

壹、緒論

病人安全 (patient safety) [1]的目的『在使病人免於因為醫療照護過程中的意外而導致不必要的傷害』。在醫療過程中所採取的必要措施，來避免或預防病人不良的結果或傷害。

對於病人的用血安全，提昇血液品質的監控及追溯成為近年來重要的議題，從捐血人面談、採血、分離、檢驗、儲存皆依相關規範制定了各自的品質監控方式。

在血庫作業方面，使用條碼雖可減少輸入作業，但仍需使用光罩一袋袋的將血袋資料入庫，或使用捐血中心提供的領血清單磁片轉入血庫資訊系統，對於庫存管理，仍需使用人力進行盤點。而在臨床輸血時仍倚賴護理人員進行病患身份核對，對於輸錯血品或單位數，只能仰賴領血醫囑是否核對確實。

以AABB (American Association of Blood Banks)規範[表 1][2]全血及紅血球成品運送溫度需介於 1-10°C，溫度若大於 10°C 則不能超過 30 分鐘，血小板及白血球類運送溫度需介於 20-24°C，而血漿類儲存溫度需低於-18°C，運送時血漿需維持凍結狀態，因此如何全程監控及記錄血袋溫度歷程值得研究探討。以現行作業方式，由捐血中心集中運送的血液可以使用血液運輸車的隨車溫度記錄器監控血液運送溫度，而由醫院自行領取的血液則無法完整地進行監測。

表 1 血液溫度規範

| 血品 | 儲存溫度範圍 | 運送溫度範圍 |
|----------|---------|---------|
| 全血及紅血球 | 1-6°C | 1-10°C* |
| 血小板及白血球類 | 20-24°C | 20-24°C |
| 血漿類 | 低於-18°C | 維持凍結狀態 |

* 溫度若大於 10°C 則不能超過 30 分鐘，且必須從 5°C 環境取出。

血袋儲存設備溫度監測方面，捐血中心的血液藉由安裝在儲存設備的溫度感應器讀取溫度經由中央監控代理人程式儲存並監控記錄，當溫度超出警戒範圍時，便主動發出聲響提醒相關人員處理，而一般醫院依賴安裝在冰箱本機的溫度警報器監控，若溫度異常時，從業人員不在現場時，則無法立即進行處理，且

部分醫療院所的血庫溫度也無法持續監控，需仰賴人工記錄或以更換溫度記錄紙方式進行。

RISE 平台以 UC (Ubiquitous Computing) 概念為發展主軸，利用 Project Aura 的架構，結合 RFID、Intelligent Agent、Sensor、Embed 四大特性，產出一個運用於醫療產業的智慧型血袋功能，在運送血袋的過程中，U 化監控血袋數量及溫度，傳送至 Data Center 進行後端處理。大幅減低人為計數的不便，利用隨處運算的功能，全程掌控血袋溫度變化，確保血袋的品質。在輸血前可以 U 化接收病患資料、血袋資料，傳送至 Data Center 與領血醫囑進行核對，大幅減低人為疏失的可能性。

貳、文獻探討

如何增進用血安全與提昇血液品質為相關從業人員不斷努力的目標。輸血錯誤仍肇因於人為疏失，包含檢體採集錯誤(抽錯病人)、血袋輸用錯誤(輸錯病人)，主要仍屬病人辨認錯誤[表 2][3]。

表 2：輸血錯誤原因

| 發生原因 | 百分比 |
|-----------|-----|
| 血庫外部錯誤 | 56% |
| 標示錯誤 | |
| 病人辨識錯誤 | |
| 血庫內部錯誤 | 29% |
| 檢體錯誤 | |
| 操作錯誤/抄寫錯誤 | |
| 其他錯誤 | 15% |

*Sources of transfusion-associated errors in New York State, 1990 through 1999

依據美國評鑑機構聯合會(Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organization; JCAHO) [4] 每年 7 月提出年度國家病人安全目標，其中第一項為提升病人辨識的正確性提供治療或執行照護時，應使用至少兩種辨識病人身分的方法。

醫院為了避免輸血錯誤，提升病人辨識的正確性，制定相關作業準則，以行政院衛生署所署醫院為例 [5][6]，規範血品供應須依照規定執行「三讀五對」(表

3)，以確保病患用血安全。

表 3：血品供應時「三讀五對」之要求

| 三讀 | 五對 |
|-----------|-----------------------------|
| (a) 血庫合血時 | (a) 備血檢體與申請單對 |
| (b) 病房領血時 | (b) 病患身份對(姓名、性別、床號...等基本資料) |
| (c) 病患輸血前 | (c) 血品與病人血型對 |
| | (d) 血品種類對 |
| | (e) 輸血單位數對 |

在近年來的輸血醫學相關文獻[7][8]中陸續探討使用 RFID 技術來提昇病患辨識及輸血前確認血品是否正確。在採集血液檢體時，以手持式讀取器讀取病患識別手環上的條碼或 RFID 記錄，透過 PDA 列印條碼或 RFID 標籤，黏貼於試管檢體上以減少標示錯誤，而血庫作業將記錄用血人資料的 RFID 標籤貼在血袋上，護理人員於血液輸用前使用 RFID 讀取器讀取病患識別手環及血袋標籤進行核對，使用應用程式協助核對病患資訊與輸用血袋是否正確。

用血安全可以藉著流程改善及科技的協助而不斷的提昇，人們對於血液品質的要求也日趨重視，提昇血液品質的監控及追溯成為近年來重要的議題，從捐血人面談、採血、分離、檢驗、儲存皆依相關規範制定了各自的品質監控方式。以現行血液從捐血中心運送至醫院作業方式，由捐血中心集中運送的血液可以使用血液運輸車的隨車溫度記錄器監控血液運送溫度，而由醫院自行領取的血液則無法進行監測。隨著 RFID 技術不斷提昇，發展出可以記錄溫度的 RFID Tag[7]，讓血袋的溫度監測記錄得以連續不間斷，對血液的品質提昇更趨完善。

而科技來自於人性，人們發展科技的目的，在於創造更為舒適、便捷的生活。資訊產業從早期的電子化開始，人類的生活便開始推向巨大的改變，人們習慣數位化的生活，並且信任機器能提高工作效率。而後資訊業的通訊能力的進步，將數位資料透過傳輸線快速地轉送到世界各個角落，網路的發展帶領人們進入更快速、多元的時代。而 1988 年，由 Mark Weiser 提出「無所不在的運算」(Ubiquitous Computing) 這個概念，將資訊發展轉入一個新紀元。他提倡人們應該創造一個「智慧環境」(intelligent environment)，將所有具有運算能力以及通訊能力的元件，嵌入人們的生

活，主動提供使用者所需的資訊。

以前，大型企業組織由多人共用一台大型主機，演化到個人電腦時代，而現今精簡型主機(Thin Server)的概念成為主流。在未來的環境中，將結合許多的電腦裝置，各式各樣的電腦設備的體積，將追求輕、薄、短小，甚至隨著使用者所需，嵌入在環境之中，提高移動的便利性。

以往資訊的傳達皆由使用者下指令後才進行擷取、傳達的動作。UC的概念，將傳統的拉式(Pull)，轉為推式(Push)，藉由具有自發性(autonomous)、社會性(social)、反應性(reactive)、合理性(rationality)的智慧型代理人程式[9]，代理人[10]可以自動地完成其目標，且Agent和Agent之間會彼此溝通互動，並且會根據它所處的環境變化作出適當的反應，依狀況去執行相關合理的動作，並且進一步地完成它的目標。在使用者尚未下達指令前，便已將使用者所需的資訊，透過無線網路，早一步送達到使用者的電腦裝置，無論是手中正在運作的PDA或是下一個定點的桌上型電腦。簡化原先繁雜的存取步驟，使用者擁有更多的時間處理事情，降低注意力的分散，達到UC的目標之一。2002年，Carnegie Mellon University，進一步符合提出UC概念的Project Aura[11]，利用可暫存資訊的Aura file space，讓使用者能在行動的過程中，將工作程序(task)存放在此，經由運算及判斷後，主動將資訊傳送到使用者下一個目的地的，使用者無需自行存取資訊便能享受便捷的無所不在運算所帶來的效率。利用Ubiquitous Computing概念，將現有的監測技術整合成一個平台，維護用血安全及品質管控。

參、材料與方法

利用隨處運算的架構，以JADE為基礎，結合RFID、Intelligent Agent、Sensor、Embed四大特性，產出一個運用於醫療產業的智慧型血袋功能的RISE專案。

3.1 RFID

現行的血袋識別使用傳統Barcode，雖可減少血袋號碼輸入錯誤，但是使用光罩讀取條碼，必須對準條碼才可以讀取正確條碼資料，一次只能讀取一個條碼，不能同時讀取多筆條碼資料，而且條碼所能記載的資

料有限，血袋上的血袋號碼、血品種類及血型必須讀取三個條碼才能獲得。

隨著無線射頻技術發展日益成熟，而RFID Tag的成本也不再居高不下，在倉儲管理應用已十分成功，而相關文獻也刊載了相關RFID應用成果。因此本研究採用RFID技術做為血袋識別方式。

RFID Tag依頻寫方式可分為唯讀(R/O, Read Only)、可寫入一次讀寫多次(WORM, Write Once Read Many)、以及重覆讀寫(R/W, Read/Write)。依據Tag內是否內含電池，可分為主動式標籤(Active Tag)與被動式標籤(Passive Tag)兩種。依頻率可以分為低頻、高頻、超高頻。本研究使用13.56MHz Read/Write Passive Tag，黏貼於血袋上，Tag內容記錄血袋號碼、捐血日期、血型、有效期限、交叉配對試驗結果...等資料。

3.2 Intelligent Agent

開發應用程式供使用者操作以來減少人為疏失及取代重複性作業，但程式因使用者操作錯誤或未依標準作業執行仍會導致疏失發生，因此作業流程中只有人的行為介入仍無法避免錯誤發生。

智慧型代理人是一種具自動化機制的軟體程式，好比是機器人，若在接受與可執行環境相符合的命令時，便能自動完成所賦與的工作。

使用JADE(Java Agent Development Framework) Java代理人開發框架，遵從FIPA(The Foundation for Intelligent Physical Agents)規格，開發智慧型代理人程式。

藉由智慧型代理人程式，不需使用者執行即可自動協助作業人員操作各項重要步驟，避免作業人員疏於執行，可應用於血袋資料自動上傳血庫資訊系統、自動記錄袋運送溫度、自動比對病患與血袋交叉試驗用血人記錄是否相符...等作業。

3.3 Sensor

以現行作業流程，必須倚靠作業人員以光罩讀取血袋條碼輸入血庫資訊系統，或是由作業人員將溫度監測記錄器下載到電腦加以解析儲存。

經由RFID Reader Sensor自動接收可以溫度感測的RFID Tag，記錄血袋運送溫度。在醫院血庫入口可以設置RFID Reader Sensor。

因此藉由RFID Reader Sensor讀取RFID Tag內資料，傳送到智慧型代理人程式代為執行相關流程，取代人為執行程式。

3.4 Embed

為建置可隨處運算的 RISE 平台，必須將 RFID Reader Sensor 嵌入作業環境中，並且可以將接收到的 RFID Tag 資料傳送給智慧型代理人程式進行運算，並將結果回覆，在固定的作業區域如血庫血袋存放冰箱、血庫入口，可以將 RFID Reader Sensor 嵌入設備之中，在移動環境可以使用 PDA with RFID Reader Sensor，如血品運輸的保溫箱嵌入 PDA 及 Reader，可進行測量血袋的數量及溫度。

在護士行動照護系統中嵌入 PDA 及 Reader，在病人單位作業時可以自動核對病患身份是否正確，醫囑是否正确，提高病人辨識的正確性。

3.5 隨處運算

RISE 平台中的各項元件如何溝通協調整合，成為最重要議題，藉由無線傳輸的便利性，可以達成此一目標，透過 GPRS、WiFly、3G、3.5G 等現有無線傳輸設備傳遞資料流，可以隨時隨地溝通資訊，無處不在的網絡服務將這些裝置連接在一起，將資料帶入作業流程中並進行整合，達到隨處運算目的。

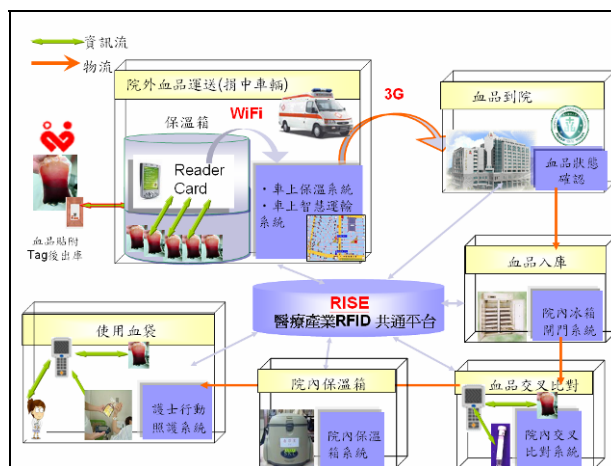
3.6 用血安全

本研究以某區域醫院為測試平台，研究對象包含血袋運送人員、血庫檢驗人員、護理人員，從醫囑開始，血庫備血、發血、領血、血液運送、病人單位核對，評估病患識別、血袋識別、人員識別的正確性，及血袋溫度品質的有效性。

肆、結果

透過RFID、Intelligent Agent、Sensor、Embed等方法，藉由無所不在的無線網絡整合而成的RISE平台[圖 1]，配合硬體設備應用[圖 2]，及使用JADE平台開發的智慧型代理人系統[圖 3]，達到隨處運算的目的。

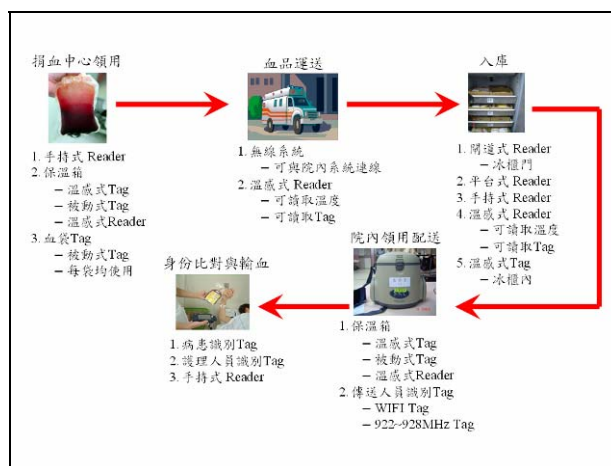
圖 1：RISE 平台模型



4.1 運送

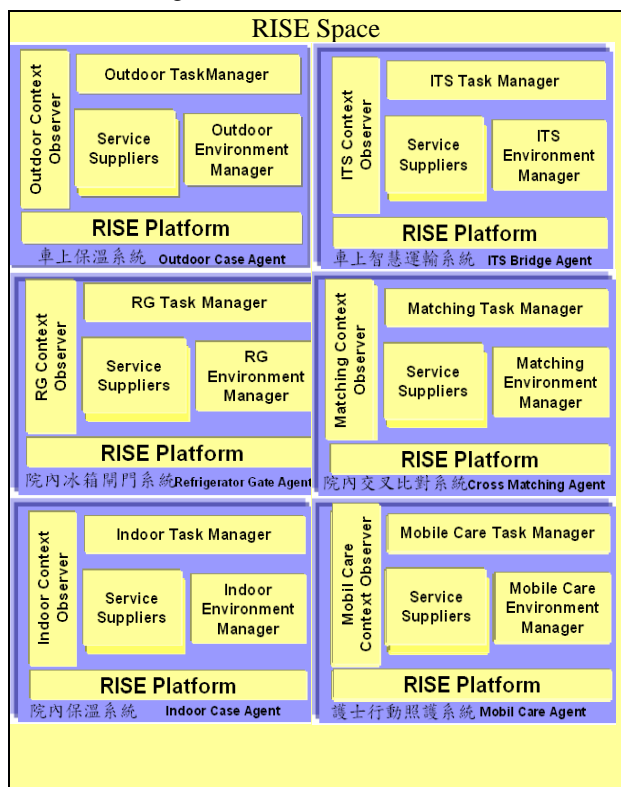
血品從捐血中心送出時，貼上 RFID 的 Tag 後再送上血品運輸車的保溫箱中。保溫箱嵌入 PDA 及 Reader，可進行測量血袋的數量及溫度，讀取到的資料經由 WiFi 傳送至車上保溫系統 (Outdoor Case Agent)，另經由車上智慧運輸系統 (ITS Bridge Agent) 偵測而血品運輸車的位置及行駛路徑。兩系統讀取之資訊藉由 3G 系統傳送至醫院的 Data Center。

圖 2：硬體設備應用流程



在運送血袋的過程中，U 化監控血袋數量及溫度，傳送至 Data Center 進行後端處理。大幅減低人為計數的不便，利用隨處運算的功能，全程掌控血袋溫度變化，確保血袋的品質。

圖 3：RISE Agents 模型



對應。並記錄護士身份、輸血時間及血袋使用情況，如不良輸血反應等。

伍、 結論

RISE 用血安全維護平台以隨處運算為基礎，使用 RFID 技術取代條碼讀取，Reader 不需對準條碼，使用手持式 RFID Reader 在感應範圍內即可讀取血袋、用血人、護理人員的 RFID 資訊，增加作業上的方便性，而且 RFID 可以儲存的資訊也較條碼豐富。在血液庫存管理方面，也可透過感應式閘門及冰箱內的 RFID 感應器，讀取血袋 RFID Tag，即時控管血液數量及使用期限，大幅減少人工入庫及盤點作業，也可以查詢特定血袋的擺放位置，縮短血袋尋找時間，這些作業面顯著的進步，都是條碼系統無法比擬的。

使用 PDA 裝備 RFID Reader，使得定點安裝的 RFID Reader，擴展成可隨處進行讀取運算，透過智慧型代理人系統，加以分析 RFID 資料，經由運算處理得到預期的結果，減少人工作業及人為疏失發生。

另外使用溫感式 RFID Tag，可以隨時記錄血袋溫度，填補血液運送溫度監測空窗，在溫度異常時可以出現警示，用以提昇血液輸用品質。

RFID 在倉儲管理上的技術應用已十分成熟，而在血液管理上已有些文獻提及相關應用，在血庫作業可利用 RFID Tag 記錄血袋號碼、血型、與用血人交叉試驗結果，在輸用前可以再次確認病人身份與血袋資料是否吻合，這些經驗都是值得台灣醫院參考引進。

雖然目前 RFID Tag 的成本及建置費用仍是最大的考量，然而隨著科技不斷進步，RFID Tag 的單價也不斷地滑落，而且體積也日益縮減，現在已可以貼紙型式，貼附於血袋上，或許在不久的將來，RFID Tag 可以在血袋製造工廠直接貼附於血袋上，減少醫院成本。

在無線傳輸方面的技術也不斷進步，從 GPRS、WiFly、3G、3.5G、到現在火紅的 WiMAX，傳輸速度不斷的提昇，成本也不斷地下降，相信在不久的將來，除了 RISE 平台，各式的隨處運算平台將如雨後春筍般的建置，進而改變人們的生活。

4.2 血品入庫

血品到院後，會先經過一次血品狀態確認，接收人員比對 RISE Data Center 顯示資料，確定血品狀態及數量無誤後進行入庫動作。在血庫入口設有閘門，建置院內冰箱閘門系統 (Refrigerator Gate Agent)，繼續管控入庫血袋溫度及數量，即時運算庫存數量。

4.3 交叉配對試驗

當院內有醫師開出醫囑，即進行備血動作。利用院內交叉比對系統 (Cross Matching Agent) 將交叉試驗結果及用血人資料寫入血袋上 RFID Tag。比對成功後送回血庫備用，記錄此血袋放置處。當病患需使用血袋時，再領出放入院內保溫箱，由院內保溫箱系統 (Indoor Case Agent) 記錄血袋數量、溫度及傳送路徑。避免血袋在院內傳送的時間過長，影響血袋品質。

4.4 血液輸用

病患血袋之前，護士會利用護士行動照護系統 (Mobile Care Agent)，進行「三讀五對」動作，連結到 RISE 平台，確認醫囑、病患身份及血袋是否確實

陸、參考文獻

1. 病人安全名詞定義(2005),財團法人醫院評鑑暨醫療品質策進會
2. AABB TECHNICAL MANUAL
3. LINDEN ET AL. (2000), Transfusion errors in New York State: an analysis of 10 years' experience, TRANSFUSION, pp1207-1123.
4. 2007 Hospital/Critical Access Hospital National Patient Safety Goals.
5. 檢驗安全作業指引,行政院衛生署所屬醫院常備藥品手冊, http://dss.hch.gov.tw/other15_7.asp
6. 護理安全作業參考指引,行政院衛生署所屬醫院常備藥品手冊, http://www.lslp.doh.gov.tw/all/3/hchmss/other15_5.asp
7. R. Knels (2006),Radio frequency identification (RFID): an experience in transfusion medicine, ISBT Science Series, pp238–241.
8. Walter H. Dzik(2006), New technology for transfusion safety, British Journal of Haematology, 136, pp 181–190.
9. 楊豐兆 張家豪,行動環境下利用代理人技術於檔案分享之研究,大葉大學資訊管理系
10. Koung-Lung Lin(2003) Agent Construction Tools Introduction, [hugo.csie.ntu.edu.tw/~yjhsu/courses/u1760/ Online/2003/AgentTools.pdf](http://hugo.csie.ntu.edu.tw/~yjhsu/courses/u1760/Online/2003/AgentTools.pdf)
11. David Garlan (2002), Project Aura: Toward Distraction-Free Pervasive Computing, IEEE, pp 1536-1268