

分散式電子病歷存取控制架構

Distributed Electronic Medical Record Access Control

楊明正
Ming-Jeng Yang
馬偕醫學院
全人教育中心
長期照護研究所
mjyang@mmc.edu.tw

摘要

電子病歷隨著資訊設備、軟體及架構之逐漸進步及成熟，各醫療機構開始規劃並推動電子病歷，藉由病歷之數位化，可以明顯的提升醫療照護的效率。醫院病歷電子化已進展至院內整合階段並逐漸邁向院際之分享與交換應用，未來身處任何地方且需要醫療服務時，可以用手機、平板等行動裝置隨時調閱個人完整的病歷與健康資料，供醫師參考診斷之用。在電子病歷內容中，包含醫療影像所佔的容量很大，所須的頻寬及硬體資源也須很多，因此如何建置一個電子病歷的存取架構更顯重要。

本文提出一個分散式電子病歷存取控制架構，相較於中央集中式存取控制方式，分散式存取架構有較高的容錯能力，且亦無熱點效應。集中式服務主機可能有過於繁忙、所需硬體設備及頻寬皆須求非常高，更可能因區域性網路之可用性問題而導致服務中斷，或在服務主機或資料庫伺服器崩壞時，備份資源重啟時而暫時中斷服務。本文所提的分散式存取架構採用有效率的法定群組理論，並達到高度的容錯能力，使得整個交換系統有非常高的可用性。而且，有相當比例可以透過近端快取所儲存內容而就近取用，加快醫師參考診斷需求，同時也減少頻寬及資源的消耗。

關鍵詞：電子病歷、分散式系統、存取控制。

Abstract

With the gradual advancement of electronic medical records and mature IT equipment, software and architecture, the various medical institutions to start planning and promoting electronic medical records can significantly enhance the efficiency of medical care. Hospital electronic medical records integration has progressed to the hospital and the hospital gradually towards the occasion of sharing and exchange applications. When stay anywhere and in need of medical services, you can use the phone, tablet and other mobile devices at any time to access the complete medical records and personal health future information for physician reference diagnostic purposes. In the electronic medical record content, which the capacity is large and a lot of bandwidth and hardware resources are also required, so how to build an electronic medical record access architecture consists of medical images are more important.

This paper presents a distributed electronic medical record access control architecture. Compared to centralized access control, the distributed access architecture has high fault tolerance, and no hot spot effect. Meanwhile, centralized services host may have too busy and the required hardware equipment and bandwidth are required very high. Because of availability problems and likely to lead to a regional network of service interruption, or service host or database server collapse, the centralized host sometimes temporarily interrupted service. Distributed access architecture proposed in this paper uses an efficient quorum theory and achieves a high degree of fault tolerance. Also, it making the switching system to be very high available. Moreover, a considerable proportion of the cache can be stored through the proximal end of the content and the nearest access to accelerate physician reference diagnostic needs, while also reducing bandwidth and resource consumption.

Keywords: electronic medical records, distributed systems, access control.

1. 背景及介紹

電子病歷逐步邁向電子化及雲端化，可達到節能減碳、提升醫院效率與效益。而其開放資料(Open Data)與巨量資料(Big Data)，對預防醫學、全民健康與高齡照顧是很有效的工具，未來對生化、製藥、保險等，潛在的商業價值更是難以估計[1]。醫療機構電子化與行動化成為各醫療機構重要課題，例如，馬偕醫院從 2012 年大量補助醫護人員與行政主管使用行動裝置，希望在 2013 年底時，達到全院門診免調病歷的無紙化醫療，電子病歷的雲端運用是醫院重要課題。

電子病歷隨著資訊設備、軟體及架構之逐漸進步及成熟，各醫療機構開始規劃並推動電子病歷，藉由病歷之數位化，可以明顯的提升醫療照護的效率。有很多這方面論文探討病歷電子化與非電子化的紙本病歷相較之研究[2-4]。

目前醫院病歷電子化已進展至院內整合階段並逐漸邁向院際之分享與交換應用，未來身處任何地方且需要醫療服務時，可以用手機、平板等行動裝置隨時調閱個人完整的病歷與健康資料，供醫師參考診斷之用。跨醫療院所交換病歷常見的為集中式管理策略[5]。本論文提出了不同的參考策略，透過容錯分散的原理，其利用法定群組 Quorum 的原理，達成有效率的分散存取策略。相關特性於第四章節將進行比較分析，並探討容錯特性。

2. 系統架構

本節討論分散式電子病歷存取架構平台以及索引格式並描述如何有效率存取。

2.1 系統平台

醫院病歷電子化逐漸邁向院際之分享與交換應用。本節將描述醫療機構電子化病例之系統平台架構。

系統架構規劃，將以交換醫療機構私有雲分散式 EMR 系統為基礎。下圖圖 1 為每個獨立醫療機構的系統架構：

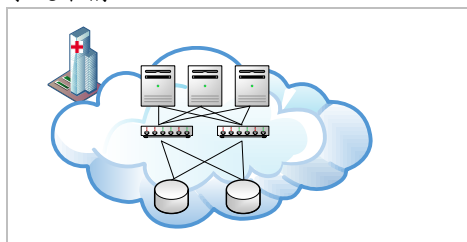


圖 1. 私有雲分散式硬體系統

獨立醫療機構為建置 EMR (Electronic Medical Record) 系統，構架設自己的私有雲虛擬平台，以多重實體機伺服器為基礎 IaaS，並透過容錯交換器連結到較巨量共享儲存體，共享儲存體並具有線上即時備援機制，使得電子病歷線上應用時即刻不中斷，確保臨床醫療效率的維持。

在此多重實體機伺服器為基礎之私有雲平台

上，架構出虛擬平台 PaaS，虛擬平台作業系統可以為常見之 VMWare、Hyper-V 等，這些平台提供了高容錯機制。如圖 2 所示：

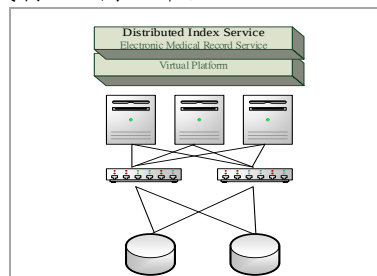


圖 2. Distributed Index Service 及 EMR Service

在圖 2 虛擬平台上層架構了服務系統，包含了電子病歷系統(EMR)、醫療影像系統以及分散式索引策略之索引服務系統 (Distributed Index System)。

2.2 索引格式

分散式索引策略之索引服務系統 (Index Service System, ISS) 為一高容錯機制之設計，索引內容包含幾個重要的基本欄位。如圖 3 所示：

ID	HID	Timestamp1	Timestamp2	...
----	-----	------------	------------	-----

圖 3. 分散式索引

圖 3 欄位包含病患識別碼 ID，用於確認病患身分識別，並配合健保卡之身分一致性。醫療機構識別碼 HID 欄位用來識別參與電子病歷交換之機構，利用此識別碼，病患透過醫師向各醫療機構尋求病患於該醫療機構之最新病例。另外，基本欄位仍須包含電子病歷時間戳記以及醫療影像時間戳記，用來辨別在該醫療機構之最後更新時間，並做為比對是否為最新版本依據。

3. 分散式存取策略

本節探討有別於集中式電子病歷交換系統，集中式與分散式電子病歷交換系統各有其優缺點，本節所提供分散式的電子病歷交換採用特殊群組選擇策略，提供不同的策略選擇及多元性。

3.1 分散式法定群組策略

本小節定義一個查詢群組 Q-quorum 及更新群組 U-quorum 作為分散式電子病歷交換之查詢及更新索引所需之最小資訊交換演算法所需。

定義 1. 依據論文[6]，在一個 N -LegRing 系統，the Registration-set system (R-set) and Query-set system (Q-set) 被定義成如下敘述：

$$R\text{-set} = \{ \{n, (n+1) \bmod N, (n+2) \bmod N, \dots, (n+d-1) \bmod N\} \mid 0 \leq n \leq N-1 \}$$

$$Q\text{-set} = \{ \{n, (n+d) \bmod N, (n+2d) \bmod N, \dots\}$$

$$(n+kd) \bmod N \mid 0 \leq n \leq N-1, k = \lfloor (N-1)/d \rfloor$$

其中 $d = \lfloor \sqrt{N} \rfloor$; n, k , 及 N 皆為整數。

每一個 R -set 及 Q -set 之元素分別被稱為 R -quorum 及 Q -quorum。

參考作者先前的論文[6]{ R -set, Q -set}有下列的特性, 並可以被證明其交集的屬性: (I) R -set 及 Q -set 是屬於 set systems. (II) 任何一個在 R -set 內之 R -quorum 以及任何一個在 Q -set 內之 Q -quorum 必有交集元素。

3.2 分散式資料及索引更新策略

當一個病患電子病歷或醫療影像資料被新增或更新時, 首先將資料儲存在本地端(Local)醫療機構私有雲病歷系統內, 除了儲存到病歷共享儲存體之外, 同時更新本地端索引伺服系統 ISS, 使得本地端隨時保持最新的索引資訊, 以便其他醫療機構隨時之要求取得最新電子病歷資料。

更新策略採用本論文所提出的分散式儲存方式, 當更新動作發生時, 下列步驟將被執行:

Step 1: 包含 Timestamp 的 UPDATE 訊息被存入本地端索引系統(Local ISS), 並且將此訊息同時傳送到所有從 R -set 隨機選出的 R -quorum 的索引系統(ISSs)。

Step 2: 當 ISS 收到更新的 UPDATE 訊息時, ISS 將其寫入快取資料庫。

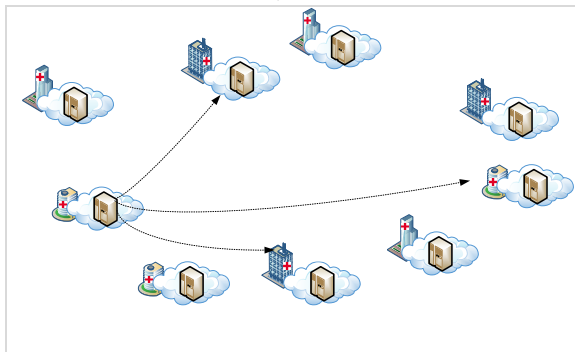


圖 4. 資料及索引更新策略

3.3 分散式資料及索引查詢策略

在此節我們討論當一個醫療機構需要取得病患在其他醫療機構的所有最新病歷及醫療影像時, 如何透過 Q -quorum 的查詢並經比對篩選後, 進行跨機構資料的授權取得。

當有跨醫療機構病例整合需求時, 經病患授權同意, 透過醫師經本地端醫療機構索引查詢系統, 進行跨機構查詢, 查詢時以包含病患識別碼 ID 為索引標的來進行, 下列的步驟將被執行:

Step 1: 透過本地端的 ISS 發出 QUERY 訊息, 並將此訊息同時傳送到所有從 Q -set 隨機選出的 Q -quorum 的遠端索引系統 ISSs。

Step 2: 當收到 QUERY 訊息時, ISS 依據病患識別碼 ID 判斷是否有此需求的索引, 若有, 則將 REPLY 訊息回覆要求端, 否則, ISS 將回覆 NULL

訊息。

Step 3: 當本地端 ISS 收到所有 Q -quorum 的遠端索引系統 ISSs 的 REPLY 訊息之後, 啟動判讀程序選擇出索引資訊中病患識別碼 ID 以及機構識別碼 HID 具有最新 Timestamp 的訊息。

Step 4: 將所有具最新 Timestamp 訊息的索引資訊與本地端的 ISS 索引資訊比對後, 若有機構具有更新的 Timestamp, 則送出取得該醫療機構的病歷需求, 否則, 即屬無更新狀態, 由本地端電子病歷資料庫存取即可。

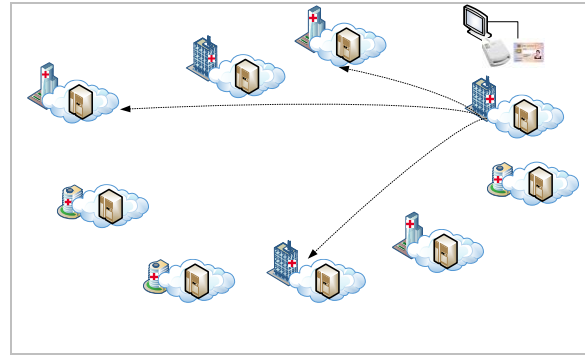


圖 5. 資料及索引查詢策略

4. 分析及容錯

本節討論電子病歷分散式存取策略與其他不同策略之分析與比較, 並說明其容錯效率與優點。

相較於集中式管理電子病歷交換系統, 分散式存取策略有較高的容錯能力, 且亦無熱點效應。下列表一為集中式與分散式電子病歷存取系統的比較分析:

表 1. 分散式與集中式電子病歷存取系統分析比較

	熱點效應 Hot effect	硬體設備需求 Hardware Requirements	頻寬需求 Bandwidth requirement	可用性 Availability	容錯 Fault Tolerance
集中式	集中、嚴重	高	高	伺服器崩壞狀況時降低	弱
分散式	分散、輕微	普通	普通	極高	極強

相較於分散式電子病歷存取系統, 集中式可能因區域性網路之可用性問題而導致服務中斷, 或在服務主機或資料庫伺服器崩壞時, 備份資源重啟時而暫時中斷服務。分散式策略擁有較高的容錯特性, 我們比較了幾種策略, 分別分析個別的特性, 這些特性也關聯了其容錯的能力, 分析表如下表 2 所示:

表 2. 各策略特性及容策性能比較

	法定群組大小 Quorum Size	對稱性 Symmetric	負載平衡 Load Balance	容錯能力 Fault Tolerance	系統數量限制 Number of Nodes
集中式	No	No	No	No	1
分散式三角群組	$\sqrt{2N}$	No	No	Yes/Partial	$n*(n+1)/2$
分散式 Legion 群組 (本論文策略)	$\sqrt{N}$	Yes	Yes	Yes	n

5. 結論

本文提出了一個分散式電子病歷交換策略架構，其提供另一種與集中式策略不同的架構選擇，相關的容錯及優勢特性在第四節進行了分析比較，相較於中央集中式存取控制方式，分散式存取架構有較高的容錯能力，且亦無熱點效應。集中式服務主機可能有過於繁忙、所需硬體設備及頻寬皆須求非常高，更可能因區域性網路之可用性問題而導致服務中斷，或在服務主機或資料庫伺服器崩壞時，備份資源重啟時而暫時中斷服務。另外，分散式策略使得醫療機構有較多主控權，透過本地端快取病歷方式，可以節省很多時效，提升跨院存取完整醫療病歷的效率。

參考文獻

- [1] DIGITIMES 中文網 原文網址：電子病歷—簽章之後全面數位化挑戰 http://www.digitimes.com.tw/tw/b2b/Seminar/s_hwnws_new.asp?CnlID=18&cat=99&product_id=051A21112&id=0000358428_9MP3II7A3V9KF17HCA7WE#ixzz3pUctZEFw Retrieval day Oct. 2015.
- [2] T. D. Garvey, and A. E. Evensen, "Increased patient communication using a process supplementing an electronic medical record," *WMJ: Official Publication Of The State Medical Society Of Wisconsin*, vol. 114, no. 1, pp. 21-25, 2015.
- [3] J. J. Perry, J. Sutherland, C. Symington, K. Dorland, M. Mansour, and I. G. Stiell, "Assessment of the impact on time to complete medical record using an electronic medical record versus a paper record on emergency department patients: a study," *Emergency Medicine Journal*, vol. 31, no. 12, pp. 980-985 6p, 2014.
- [4] S.-I. Lee, O. Shu-Yi, and C. Hong-Tai, "A Benefit Analysis of the Implementation of Electronic Medical Records (EMR) to Replace Conventional Paper Ones-A Case Study Taken at a Hospital Medicine Center in Southern Taiwan," *病歷資訊管理*, no. 2, pp. 1, 2015.
- [5] A. Hoechsmann, "Centralized electronic health records benefit emergency medicine," *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, vol. 184 Issue 1, pp. 74, 2012.
- [6] M.-J. Yang, Y.-M. Yeh, Y.-M. Chang, "Legion Structure for Quorum-Based Location Management in Mobile Computing," *Journal of Information Science and Engineering*, vol. 20-no.1:191-202. Sep. 2004.

