

互動式音訊電話系統的 電腦電話系統報告

1. 背景資料

1.1 2004 年立法會選舉於 2004 年 9 月 12 日舉行。當日選舉事務處需匯報從 501 個投票站收集的每小時累積選民投票人數。爲了進行這項工作，該處採用了互動式音訊電話系統的電腦電話系統(“電腦報數系統”)。

1.2 可惜的是，透過電腦報數系統進行匯報的過程出現了嚴重故障，以致有些投票站所匯報的投票人數並不完整，而延誤了投票結束後最終投票人數的公布。

1.3 選舉事務處執行部資訊科技專業人員就此次事件進行了深入調查。該部從電腦報數系統承辦商匯卓科技有限公司及負責此計劃的選舉事務處選舉部的技術支援組獲取了詳盡的資料，並審閱了有關的原始數據。這些原始數據包括在投票日處理來電的伺服器的事件紀錄及數據庫的內容。

2. 電腦報數系統的功能

2.1 根據 2003 年區議會選舉的經驗，選舉事務處決定採用電腦報數系統，透過 501 個投票及點票站的來電，自動收集選舉的統計數字。使用這個系統的主要好處是可以順暢無阻

地依時向 501 個投票站收集所需的資料。這些選舉統計資料包括：

- a. 所有 501 個投票站的開放時間。
- b. 所有 501 個投票站每小時匯報一次的地方選區及功能界別的投票人數。
- c. 所有 501 個投票站、18 個民政事務處及選舉事務處轄下委員會及研究部每隔三小時匯報一次的投訴統計數字。
- d. 485 個點票站的點票結果。

3. 投票日各項事件的發生次序

3.1 下列段落詳細描述於投票日發生的各項事件的次序：

上午 8:00 前 所有 501 個投票站順利地透過電腦報數系統匯報開站的狀況。

上午 8:30 在第一個匯報投票人數的時段，34 個投票站未能匯報任何投票人數，另外 34 個投票站只匯報了部分投票人數資料(即匯報了地方選區投票數字但一些功能界別的投票數字卻未有提供)。

上午 9:30 在第二個匯報投票人數的時段，37 個投票站

未能匯報任何投票人數，而 26 個投票站只匯報了部分投票人數資料。

上午 10:30

在第三個匯報投票人數的時段，選舉事務處電腦報數系統熱線組收到票站工作人員的報告，指稱在報數的過程中撥入電腦報數系統的電話間中會被掛斷。電腦報數系統熱線組的職員即時轉介此情況予匯卓科技有限公司跟進。

在審閱數據庫的實際內容時，發現在第三個時段共有 41 個投票站未能匯報任何投票人數，而令人感到驚訝的是，有 224 個投票站只能匯報部分投票人數資料。(基於通話流程的安排，首先匯報的是地方選區的投票數字，然後是功能界別的投票數字。部分投票人數資料即地方選區的投票數字及部分功能界別的投票數字。而未能提供的資料皆是與功能界別有關的投票數字。)

匯卓科技有限公司留意到此情況後，隨即設法解決有關問題。該公司發現主數據庫伺服器之中央處理器恆常地處於最高負荷水平的狀態。這是一個不正常的現象。該公司懷疑系統的硬件出現問題。

匯卓科技有限公司啓動預設的緊急應變措施，以輔助數據庫伺服器取代操作中的主數據庫伺服器，希望能解決問題。當輔助數據庫伺服器成功運作後，同樣地，中央處理器到達最

高負荷水平的情況亦再次出現。該公司因此得出結論，認為問題與電腦硬件無關，而是與特別為是次選舉而開發的軟件系統有關。

上午 11:30 情況繼續惡化。能匯報完整投票人數的投票站數目下降至 116 個，332 個投票站只能匯報部分資料，53 個投票站未能匯報任何投票人數資料。

匯卓科技有限公司審閱了處理來電的伺服器的事件紀錄及查核數據庫後，發現一個特定程序¹在執行時可能產生問題。系統每次接收來電時，便會執行這個程序。這個程序的主要功能是計算及呈報致電系統的投票站所有地方選區及功能界別的累積投票人數。計算步驟採用從頭計算的設計，即每次當系統需要計算累積投票人數時，便從第一個時段開始計算，直至現行的匯報時段。由於匯報時段的數目增加，數據的數量相應提升，而計算所需的時間亦因而延長。

上午 11:30 至 下午 4:30 根據匯卓科技有限公司的報告，該公司在這五小時內修正及測試系統以制定一個相信可以解決問題的修補方法。

下午 2:50 至 4:10 選舉事務處的電腦報數系統組發現電腦報數系統用作轉送數據至政府新聞處以便公布投票人數的界面檔案損毀並載有錯誤的數據。該

¹ 詳情請參閱「調查結果」部分。

組員工即時通知匯卓科技有限公司。該公司及後啓動預設的緊急應變計劃，利用後備檔案取代界面檔案的樣板。系統在較原定計劃延遲了五分鐘的情況下，於下午 4:10 回復正常操作。在投票日餘下時間並沒有其他數據轉送的問題出現。

下午 5:00 至 5:30 修補上述問題程序的方法亦應用於正式運行的系統中。於下午 5:30，即修補後緊接的匯報時段，匯報過程回復正常，只有 27 個投票站未能匯報任何投票人數及 24 個投票站匯報了部分資料。但未能肯定部分投票站只能匯報部分資料的原因是由於修補方法的不足或其他因素所致。

所採用的修補方法省略了兩個步驟，即計算累積投票人數及利用電腦報數系統與票站工作人員核實這些數字。眾多投票站主任呈交的重要事項紀錄表格(即 P(8))都確認及反映了這個情況。累積投票人數並非儲存於數據庫內，而是在有需要時由該系統進行運算。

下午 5:30 至 7:00 由於對系統作出修補後仍有投票站未能匯報他們的投票人數，技術支援組關注到投票人數的完整性。經商議後，技術支援組及匯卓科技有限公司同意在最後匯報時段過後(即投票結束後)執行一個“緊急應變計劃”。

此“緊急應變計劃”便是以人手收集 501 個

投票站地方選區及功能界別的最終總投票人數。所收集的數據會在公布前與數據庫的數字進行核實。

下午 6:30 至 8:00 在下午 6:30 及 7:30 兩個匯報時段完結後，投票人數的匯報表現再次失準，分別有 208 及 217 個投票站於上述期間未能匯報及只匯報了部分資料。我們翻查電腦報數系統的紀錄檔案，並得到匯卓科技有限公司確認，得悉系統表現每下愈況的原因是由於可用的“快取記憶體”容量下降（“快取記憶體”是電腦報數系統用作計算及／或讀取／撰寫數據資料庫所需的資源）。

根據匯卓科技有限公司的報告，在下午 5:00 使用的修補方法可能造成此現象。由於省卻了用作“計算累積投票人數的預定數據庫查詢”的新通話流程未能釋出運作中的快取記憶體予系統重新使用，快取記憶體的容量不斷下降，以致來電被中斷。

匯卓科技有限公司隨後不斷監察快取記憶體的容量及在每一個匯報時段開始前重新啟動系統，以便在最後三個匯報時段開始前把所有快取記憶體釋出。

下午 8:30 “緊急應變計劃”的準備工作進行中。技術支援組召集額外員工以加強電腦報數系統支援熱線的人手及在投票結束後執行人手收集投

票人數的工作。

下午 11:00 至 電腦報數系統支援熱線的職員致電所有 501
凌晨 1:30 (9 月個投票站收集地方選區及所有相關功能界別
13 日) 的投票人數。收集所得的資料以每 10 個投票
站為一疊，派送至匯卓科技有限公司。

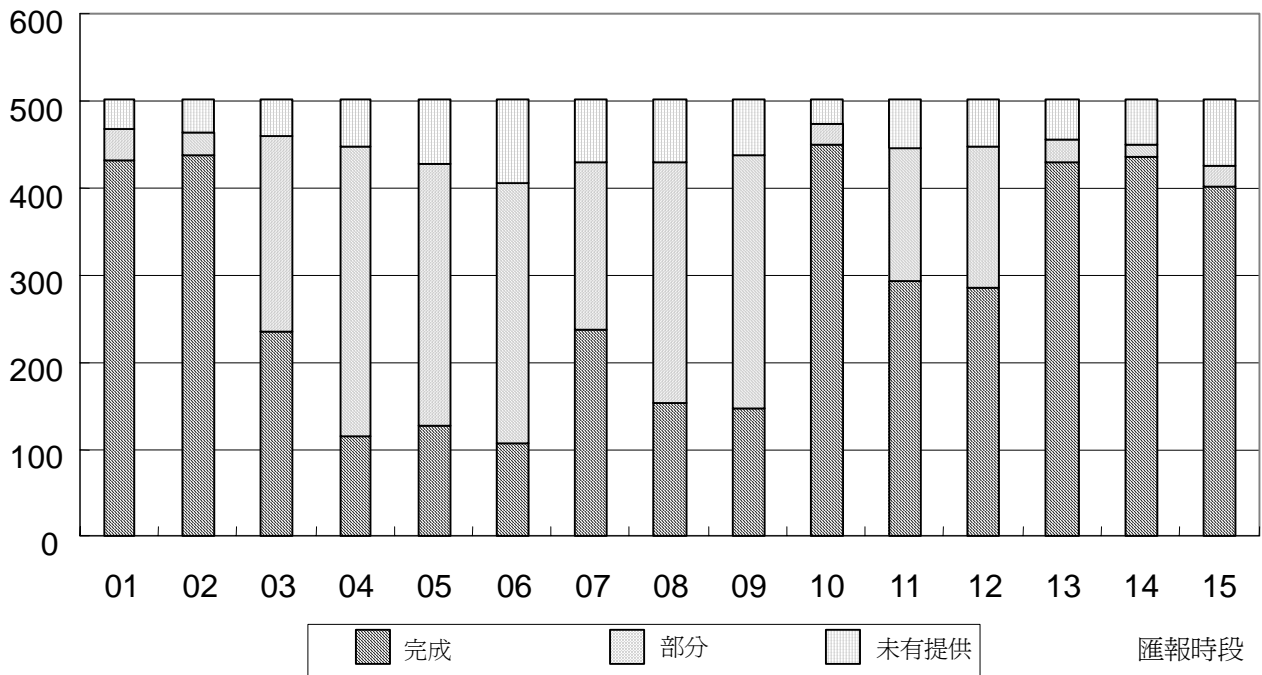
9 月 13 日 匯卓科技有限公司負責輸入及核實由選舉事
務處電腦報數系統支援熱線的職員收集的數
據。該公司一共有 16 名員工執行有關工作。
上午 1:30 至 他們根據從選舉事務處收集的數據核實儲存
6:30 在數據庫的數據。如有差異，最後匯報時段的
總數會作出調整，令累積總和與選舉事務處電
腦報數系統支援熱線提供的數字吻合。

為確保最終結果準確，而核實及支援數據的過程又牽涉一些複雜的步驟，匯卓科技有限公司的職員花了超過五小時始完成處理所涉及的大量數據。

3.2 以下圖表簡介了在投票日匯卓科技有限公司的數據庫所紀錄的 501 個投票站共 15 個時段匯報投票數字的情況。

每時段投票人數的收集情況

投票站數目



4. 調查結果

4.1 選舉事務處在投票日採用的電腦報數系統有四個主要功能，即匯報投票站的開始時間、匯報投票人數、匯報投訴數字及匯報由各投票及點票站所得的點票結果。該系統在每一個功能的表現簡述如下：

功能	表現
1. 匯報投票站開始時間	正常
2. 匯報投票人數	出現嚴重故障
3. 匯報投訴數字	正常
4. 匯報點票結果	正常

4.2 電腦報數系統的匯報投票人數功能失靈。我們審閱所收集的資料後，得到下列調查結果。

A. 系統的設計和容量出現缺陷

4.3 匯卓科技有限公司確認中央處理器到達最高負荷水平的根本原因出現在“數據庫查詢程序”。這“數據庫查詢程序”是一個置於數據庫內用以提取資料的程序，用作計算及呈報某一指定投票站之地方選區及功能界別的累積投票人數。

4.4 每次有電話撥入時，系統便會執行這個“數據庫查詢程序”，以便計算及向致電系統的投票站匯報該投票站的地方選區及功能界別的累積投票人數。當中計算方法的步驟的實際設計正是產生問題的原因。因為每次計算有關地方選區或功能界別的累積投票數字時，它都從第一個時段開始計算，直至現行的匯報時段。

時段	計算運作
1	時段 1
2	時段 1 + 時段 2
3	時段 1 + 時段 2 + 時段 3
:	
14	時段 1 + 時段 2 + + 時段 13 + 時段 14
15	時段 1 + 時段 2 + + 時段 14 + 時段 15

4.5 電腦報數系統於第 1 及第 2 時段的運作正常，但當數據陸續累加起來，及接收由 501 個票站的數據後，有關系統

便要重複替不斷增加的票站數據進行相同的運算。這“數據庫查詢程序”便需要更長的時間來完成。有關增加的運算時間令中央處理器更加繁忙及對處理所有來電的互動式音訊電話伺服器產生錯誤，以致來電被掛斷。

4.6 該設計上的缺陷，正反映出系統預期的總容量與現場運作情況的重大差異。電腦報數系統的總容量有幾個主要部份，包括處理同時打入電話的容量，網絡通訊設備的容量，以及計算和紀錄交易的容量。承辦商已達到第一及第二項的要求。然而，數據庫設計的缺陷，嚴重影響了數據伺服器提取紀錄和運算的容量和表現，導致在投票日出現匯報投票人數之失誤。

B. 系統測試的不足之處

4.7 經審視就投票日現場運作前各類系統測試的詳細方法，我們發現有關模擬測試的個案不能反映真正的現場情況。

4.8 從匯卓科技有限公司於 2004 年 9 月 20 日提交的報告中指出：

“壓力測試的設計是模擬高度同時運行和高度處理比率的工作，因為這可能是引致該類系統故障的最主要原因。”

我們同意及尊重匯卓科技有限公司的專業意見，指出電話線的供應是重要的，但對電腦報數系統於現場運作前的負荷測試方法，我們對此並不認同。我們發現用以模擬各投票站匯報過程的測試個案中，每一個投票站只包含一個地方選區及一個功能界別選民投票人數，與每個投票站平均有一個地方選區及約 14 個功能界別的實際情況相距甚遠。

4.9 每一個投票站所需要匯報的功能界別選區數目均清楚列明於用戶需求內。在設計這種負荷測試時，匯卓科技有限公司應按投票日實際情況考慮有關測試是否合適。倘若負荷測試所模擬的情況較為徹底及能反映 501 個投票站各站實際所需輸入的數據，有關的問題應該在測試階段便浮現，並可在推出系統作現場運作前糾正。另一方面，選舉事務處技術支援組的職員只將匯卓科技有限公司的測試概念，與 2003 年區議會選舉承辦商所採用的概念（即測試系統同時處理 501 個來電的能力）作出比較。由於兩間承辦商均採用相同的方法，技術支援組故此相信匯卓科技有限公司所預備的測

試個案已經達到測試目的。

4.10 技術支援組就接納匯卓科技有限公司測試方法的理據並不充足。2003年區議會選舉時承辦商雖也採納同一的測試概念，但這未表示這種測試概念是恰當的。倘若過往承辦商所使用的電腦軟件中有相同的漏洞，該漏洞亦可能在該次的測試中未被發現。

C. 不恰當的員工綵排方法

4.11 於2004年立法會投票日前，投票站主任及副投票站主任被安排參加電腦報數系統的綵排。選舉事務處一共安排了4個綵排，2個為票站主任而設(8月31日及9月7日)，以及2個為副投票站主任而設(8月30日及9月6日)。

4.12 我們已細閱匯卓科技有限公司向選舉事務處電腦報數系統組提交的審核資料。有關統計數字的摘要詳列如下：

		已匯報時段的數目		
	總參與人數	1	2	3 或以上
投票站主任	162	126 (77.8%)	24 (14.8%)	12 ⁱ (7.4%)
副投票站主任	254	166 (65.6%)	53 (20.9%)	35 ⁱⁱ (13.5%)

ⁱ 已匯報時段的數目最多是9個時段

ⁱⁱ 已匯報時段的數目最多是8個時段

4.13 我們注意到大部份的投票站職員於綵排期間，只嘗試使用電腦報數系統一次，而同時使用系統的人數亦頗低。在整個綵排的過程中，最高同時使用人數，就投票站主任而言，是在 9 月 7 日第 2 時段的 40 人，而就副投票站主任而言，是在 8 月 30 日第 2 時段的 31 人。有關四個綵排期間的詳細同時使用該系統的人數，詳列如下：

投票站主任綵排 – 同時使用報數系統的人數

日期 \ 時段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8 月 31 日	2	17	22	12	3	6	9	12	7	11	6	2	4	4	2
9 月 7 日	3	40	14	9	6	3	7	10	5	2	4	1	4	2	0

副投票站主任綵排 – 同時使用報數系統的人數

日期 \ 時段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8 月 30 日	4	31	30	21	21	7	24	23	24	12	6	6	3	7	9
9 月 6 日	3	29	22	27	20	5	12	9	17	12	9	2	5	4	4

4.14 綵排環節的方法並沒有要求所有參與的投票站工作人員親身實踐掌握電腦報數系統的基本技巧。根據技術支援組提供的資料，我們引述：

“綵排環節的目的

為投票站主任／副投票站主任預備綵排環節的主要目的是給予投票站職員熟習電腦報數系統的功能，並不是透過綵排以測試電腦報數系統。與為投票站主任／副投票主任而設的強制性深化培訓環節不同，參與電腦報數系統綵排環節是出於自願的。與此同時，所有的功能及通話原稿已於為投票站主任／副投票站主任而設的深化培訓環節中介紹及示範。”

從上述情況，我們認為這些綵排環節是出於自願參與的。

4.15 我們明白安排一個“接近真正現場情況”的綵排，即模擬 501 個投票站於 15 個小時內的匯報，是有困難的。但我們深信如果該綵排是等同安排為投票站主任／副投票站主任而設的強制性培訓環節，並縮減匯報時段的數目，如三個“一小時的時段”，與投票日發生的相同問題便可及早發現，並可在正式使用系統作現場運作前糾正。

D. 臨時緊急應變計劃

4.16 對於任何的資訊系統，必須有一個相應的緊急應變計劃，在任何已發展的系統部份(硬件或軟件或兩者)出現故障

時，作出支援及後備運作。視乎系統的性質及關鍵性，準備不同的緊急應變計劃是有需要的。

4.17 就應用於投票日的電腦報數系統，匯卓科技有限公司已採納“100%冗餘”的處理方法來設計所有主要伺服器的緊急應急計劃(即是以相同的輔助機器開著等候，在主要伺服器出現故障後立即處理它的工作)。對於要無間斷運作的在線及實時系統，這是正常的安排。在正式使用系統前，有關輔助機器也經過啓動測試並確認是成功的。

4.18 然而，對於主要及輔助的機器出現雙重故障的情況，或由於不可預見的情況而引致軟件系統故障的可能性，是不可以完全否定的。雖然預留大批人員以便全面使用人手操作的應變計劃並不實際，但也應該制定一個較具體且安排有合理數量後備人員的應變計劃，以備萬一系統出現重大故障時，須改以人手處理部分收集數據的工作。這樣的一個應變計劃在選舉前既不明確也欠條理，計劃的細節只是在投票日遇到問題後才制定的。

4.19 從資訊科技項目管理角度來看，匯卓科技有限公司作為系統開發商，是必須向選舉事務處職員指出當系統出現故

障時所涉及的風險。身為系統的最終用戶，有關的選舉事務處職員更應覺察到上述的風險，以及與承辦商在現場運作前一同決定及設計所需的人手運作緊急應變計劃。有關的計劃應該預先清楚制定，以及與承辦商詳細商討啓動緊急應變計劃的機制及向上級匯報的程序。

4.20 於 9 月 12 日晚上所採用的臨時擬定的人手緊急應變計劃，可能是在這短時間內可制定的最佳計劃。技術支援組的職員於投票日亦承受了不少壓力，因此在當時情況下擬定的緊急應變措施並未有經詳細考慮，是可以理解的。例如，選舉事務處應可於 9 月 13 日清早增加人手，協助 16 名匯卓科技有限公司的職員進行數據輸入及核實的工作，以減低處理數據的時間，從而提早公布最後投票人數數目。倘若有關負責的員工在事前已經專注擬定有關之應變措施，該應變計劃便可以更全面及更有條理。