

即時電腦系統之設計

楊孟晉 編著

華泰書局印行

版權所有 * 不准翻印

即時電腦系統之設計

編著者：楊 孟 晉

發行者：吳 茂 根

發行所：華 泰 書 局

地 址：台北市麗水街13巷2號

總經銷：華泰圖書文物公司

地 址：台北市麗水街13巷2號

電 話：三九三六六三三

郵 撥：一〇六五四六

印刷者：瑞明彩色印刷有限公司

登記證：局版台業字第1201號

中華民國六十七年五月十日

定 價 220 元

自 序

筆者所服務的機構——台灣鐵路管理局，曾編組兩個研究小組，分別完成了兩項歷時三年的線上即時電腦系統應用於鐵路作業的規劃工作。當時台鐵的制度分析設計能力，尚在批次作業的學步階段，一蹴而肩負高深的線上即時系統應用研究重任，對於參預其事的同仁來說，顯然是一項很嚴重的挑戰。進行研究之初，最迫切需要的是有關線上即時系統的參考資料，而當時台灣坊間，即使這一方面的英文書籍論文亦如鳳毛麟角，中文資料更付闕如。因此筆者自國外引進了不少參考書籍，並不揣淺陋，擇其重要者編撰為中文，以供台鐵研究小組參考之需。這些資料均曾先後在「台鐵資料」月刊發表。近年來國內公私機構及企業界應用電腦之水準日高，線上即時系統有逐漸普遍之勢，而坊間並未出現這一方面的中文書籍，因此許多機構此一方面的從業人員輾轉來向筆者索取資料者絡繹不絕。台灣大學楊維楨教授熱心推廣電腦應用，曾再三鼓勵筆者將所撰資料編印成書出版，以補「台鐵資料」月刊接觸面過窄之不足，復承華泰書局負責人吳茂根先生之支持，促成其事。筆者應對楊教授及吳先生深致衷心謝忱。

本書所撰，主要係根據下列名著：

James Martin, Programming Real-Time Computer Systems (1965)

James Martin, Design of Real-Time Computer Systems (1967)

James Martin, Telecommunication And The Computer (1969)

James Martin, Teleprocessing Network Organization

(1970)

James Martin, Systems Analysis For Data Transmission (1972)

Edward Yourdon, Design of On-Line Computer Systems (1972)

James Martin, Design of Man-Computer Dialogues (1973)

David Lefkovitz, Data Management For On-Line Systems (1974)

本書共分五部，計三十一章，另有附錄三篇。第一部總論，為即時系統基本觀念的介紹，並強調着手即時系統以前應先考慮的問題。慎之於始，是複雜系統作業成功的重要條件。第二部硬體，討論適用於即時系統的電腦、端站機，以及即時系統的可靠度問題。第三部設計及估算，是本書的重心所在。第八章至第十一章討論設計估算時應注意的關鍵及可利用之工具；第十二章至十五章討論與檔案有關的設計估算；第十六章討論程式大小的估算；第十七章討論系統時間的估算；第十八章及十九章係有關記憶量的估算；第二十章係有關通訊線及端站機的估算；第二十一章分析設計估算時可能發生的錯誤及原因，使從業人員知所警惕。第四部電傳網路，對於設計過程，如何降低成本及提高可靠度都有相當深入的分析。第五部軟體，着重在應用程式的規劃，對於人機配合，支援電傳之軟體及資料管制等問題，亦討論甚詳。最後有三篇附錄，其中最重要的是附錄一所介紹的一項線上即時系統設計估算實例，係根據Edward Yourdon 所著Design of On-Line Computer Systems 一書中第F,J,O 等章中的資料編撰而成，對於設計線上即時系統作初步估算時的思考過程以及所遭遇的問題，有生動的描述。內容深入淺出，值得有志此道且願向下紮根的朋友細心閱讀，舉一反三，當可有所收穫。

本書各章之撰寫，前後歷時三年餘，公餘執筆，有時失諸草率，謬誤更所難免。不揣冒昧，旨在拋磚引玉，並對國內電腦應用技術的向下紮根工作，略盡棉薄。尚祈國內電腦界先進，不吝指正。

楊 孟 晉 謹 識

中華民國六十七年元月

即時電腦系統之設計

目 錄

自序.....	1
---------	---

第一部 總 論

第 一 章	電腦作業進入新境界——即時系統.....	1
第 二 章	為什麼要採用即時電腦系統.....	9
第 三 章	規劃即時電腦系統所應考慮的問題.....	17

第二部 硬 體

第 四 章	用於即時系統的電腦.....	27
第 五 章	線上即時系統中的端站機.....	57
第 六 章	選擇端站機時的考慮因素.....	75
第 七 章	如何提高即時系統的可靠度.....	85

第三部 設計及估算

第 八 章	設計即時系統時的九大關鍵因素.....	109
第 九 章	設計即時系統時的估算過程.....	117
第 十 章	設計即時系統時如何應用模擬法.....	131
第 十 一 章	設計即時系統時如何應用機率及候隊理論.....	161
第 十 二 章	即時系統資料檔之計劃.....	227
第 十 三 章	設計即時系統時如何估算隨機接取檔案的大小.....	241
第 十 四 章	設計即時系統時如何估算檔案參讀時間及排隊等候	

2 即時電腦系統之設計

情形	255
第十五章 設計即時系統時如何初算所需磁碟機數量	287
第十六章 設計即時系統時如何估算程式大小	303
第十七章 設計即時系統時如何估算系統時間	313
第十八章 如何估算即時系統所需要的記憶芯容量	333
第十九章 設計即時系統時如何估算輸出入緩衝所需記憶量	353
第二十章 設計即時系統時如何估算通訊線及端站機所應具的條件	365
第二十一章 即時系統設計估算錯誤之原因	401

第四部 電傳網路

第二十二章 電腦資料網路的設計過程	411
第二十三章 線上即時系統處理電訊的過程	421
第二十四章 如何降低即時系統的電傳網路成本	427
第二十五章 電傳資料網路的可靠度	439

第五部 軟體

第二十六章 即時電腦系統的程式	461
第二十七章 需要電腦網路合作的即時電腦程式規劃工作	483
第二十八章 即時系統設計業務程式的幾個重要觀念	497
第二十九章 即時系統人機配合面的設計問題	515
第三十章 資料傳輸網所需要的軟體支援	529
第三十一章 即時電腦系統的資料管制問題	539
第三十二章 即時系統的測試	555

附 錄

附 錄 一 線上即時作業制度設計實例研究	567
----------------------	-----

附 錄 二	航空公司的自動訂座系統.....	619
附 錄 三	世界各國鐵路積極展開電腦作業.....	635

第一部 總 論

第一章 電腦作業進入新境界 ——即時系統

(*Real-Time System*)

以往裝設的許多電腦，可以在百萬分之幾秒內作成決定，但是不能在需要資料的地點和需要資料的時候產生資料。

派頭十足的機器，安裝在摩登的機器房內，控制盤上的指示燈閃爍不停，使人眼花撩亂；但是管理當局得不到最近的存貨數字。站在銀行窗口的顧客不能馬上取出他的存款。一位科學家所做的小小計算，要等二十四小時才能拿到結果。航空公司的櫃台人員沒有足夠的資料來決定是否可以將顧客所希望的座位賣給他。總而言之，從電腦來的資料，常常收到太晚，以致無法及時控制須藉該資料所控制的事情。

這種問題可以分為三方面。第一，原始資料要經過長時間才能到達電腦，其間須經過許多職員、郵差、工友之手。第二，資料的組織結構不夠理想，以致電腦不能將交易動態 (Transaction) 立即通知給可能需要該項動態資料的人。資料可能是順序存儲在磁帶檔案內，須經過尋查，併合和分類等手續。電腦無法在需要時立即隨意取得資料，而要經過一連串事先計劃好的許多作業。第三，要經過很長一段時間才能將結果轉送到利用該資料的人的手中。

因此，電腦雖然快過閃電，可是它周圍的制度、組織，完全無法和它配合。

可是今天，所有的資料可以經過直接取材檔案 (Direct access files) 立刻送達電腦。電訊系統可以使電腦與任何地點相連接，以

加速資料進出機器的流動速度。在許多哩外的使用人可以利用打字鍵盤（Keyboard）或映像設備（Display devices），以對話方式（Conversational manner）等於面對面直接與電腦接觸。

所以我們要討論的，主要是關於資料處理系統（Data-processing system）的反應速度。不過，迅速的反應還有其他副產品，足以改變資料處理的性質。人類思想程序與機器處理資料能力之間的交互作用（Interaction）所獲得的結果，遠比任一單獨方面所能獲得的要強大有力。

很多機構都已安裝有所謂「線上（On-line）」和「即時（Real-time）」的系統。資料能從發生的地點直接送入電腦體系，然後再將處理結果送回。能從遠處將資料送入電腦和自電腦接收資料的設備，已製造問世者種類繁多，本文統稱之為端站機（Terminals）。

端站機可能就安裝在電腦室，也可能相距遙遠，藉電話線或其他形式的電訊線路與電腦相接。這些端站機可能在工廠的廠房裏，可能在銀行的櫃台上，在超級市場的倉庫裏，在總經理辦公室；事實上可能在一個機構中的任何地點。端站機的種類很多，可以設計使適合各個不同場合的需要。

端站機的操作人員將資料送入電腦。可能是提出一項詢問，可能是待處理的資料。電腦可能是馬上接待這些資料，也可能要稍待，答覆也不一定送回原來的操作人員。而有時未經申請，電腦也會將資料送給該端站機。一個線上系統可能傳送一批資料，也可能只傳送一件資料。

電腦收到端站機傳來的電訊（Messages）後，可能立即處理，也可能先予儲存，以備日後處理。通常是將電訊立即處理，並且在數秒鐘之內答覆端站機。交易動態通常都是立即將記錄更新，而不是先存入磁帶或卡片的順序檔案（Sequential file）中留待以後分類及整批處理（Batch processing）。

電訊線路對於電腦來說，可能是線上（On-line），也可能是線外（Off-line）。所謂線上，意指直接與電腦相連且由電腦控制其傳輸。線外係指電訊並不直接進入電腦，而是先錄入磁帶或打在紙帶或卡片上留待以後再處理。

線上系統（On-line system）可以定義為，輸入資料（Input data）從發生地點（Point of origination）直接進入電腦，而輸出資料則直接由電腦輸送至需要利用該資料之地點。許多資料轉換的中間步驟如打卡，打紙帶，錄磁帶，線外印刷等大部分都可省略。

電腦系統中端站機的設計，可能是為人工操作，也可能利用技術設備而自動蒐集資料。例如，可能利用設備來閱讀熱電偶，應力計，或其他儀錶。可以使電腦計數通過生產線上探測器的成品數目。現在已經有許多不同種類的設備，可自原始單位收集資料或將計算結果傳送至需要的單位。

如電腦能對輸入資料迅速反應，完成處理，並在極短時間內採取行動，則有時可應用「即時（Real-time）」這一名詞。

即時系統（Real-time system）可以定義為，控制某一情況（Environment）的系統，從接受資料，加以處理，然後採取行動或將處理結果送回，其整個程序的速度足以影響當時該情況的功能。

不同的人會對「即時」一詞給予不同的定義。這項定義牽涉到「反應時間 Response time」問題。所謂反應時間係指某一系統反應輸入資料所需的時間。假如有一操作員將某一電訊利用鍵盤送入端站機，從電腦來的答覆也從該端站機上印出。反應時間即可認為係操作員在鍵盤上按下最後按鈕至端站機上印出最後一字，其間所耗費的時間。端站機的構造型式可能互不相同，對於「反應時間」仍可用類似的定義，即發生某一事件與該系統反應該一事件之間的時間。

有些專家使用「即時」一詞時，暗指反應時間為數秒鐘。有的人將定義擴展，包括對於控制某一情況的逐分功能（Minute-by-minute

4 即時電腦系統之設計

functioning) 或逐時功能 (Hour-by-hour functioning) 的任何反應 (Response)。但是也有人認為，任何系統除非反應時間是以千分之一秒為單位，不能稱之為即時系統。本書不擬參加這些爭論，我們所要討論到的系統，有的反應時間是幾秒鐘，有的還要長些。

利用電腦控制一連串的作業時，通常需要較短的反應時間。不同的系統視其需要而有不同的反應速度。如為雷達搜索用的電腦系統，需要千分之幾秒的反應時間。航空公司的電腦訂座系統規定反應時間為二秒左右。倉庫管制系統的反應時間可能是三十秒。用以控制造紙機械的系統也許五分鐘的反應時間已經足夠，有些系統的反應時間比這個還要長，也許是半小時以上。不過要是在半小時以上，則該系統是否還能稱之為即時系統實大有商榷餘地。

大多數較早期的商用電腦，純粹係用作「整批處理」。幾百個交易動態積成一批。變成一大堆卡片讀入電腦，等做完以後再來讀第二批不同的卡片做不同的作業。下一批卡片在處理以前同樣也必須等候。磁帶使用於電腦時的情形亦復如此。大量的磁帶檔案先要用程式來處理，將檔案分類，以便供下一個作業使用。因此每一批的數量越大，作業越經濟。通常也許每週作業一次，這也就是說每一筆交易動態在獲得處理以前要等上好幾天。

現在，電腦於必要時可以對每一交易動態立即處理，認為適當的話，或許在一小時內處理，而不必等積滿一批以後處理，隔許久以後才能讀到印出來的報表結果。它可以將與某一項交易有關的所有程序一口氣處理完畢。它可以在業務主管需要時提供情報 (Information)。對於有關某一客戶帳目或某一貨品存量現況的詢問，可以迅速提供答案。每一筆交易不論是到達遠處的端站機或進入電腦中心，都會立刻獲得照料。如在處理時發現例外情形，可以立刻通知有關人員，毫無遲延。

要對一種商業情況作一分一秒的控制需要一些技巧。電腦可能安

排一個工廠的自始至終的工作，而於要求條件改變或現場情況有所改變時重作安排。它可以控制航空公司在世界各地的客票銷售。它可以容許銀行顧客去任一分支辦公室兌取現款而不怕發生存款不足情事。對於保險申請可以立刻承諾，賠償撥付也可特別迅速辦理。對於從世界各地來的訂貨單，可以立即處理以爲明日生產的根據。城市交通可藉電腦選定最適當的變換紅綠燈時刻而加速。同樣的，工業程序亦可調整在最佳狀態下進行。

這就是「即時」。

這種控制方式的好處已不一定是傳統的所謂節省人力。通常隨之而來的利益是增進效率，較佳的服務，或對於設備的更有利的利用。

不知有多少顧客因你不能馬上答覆詢問而走向你的競爭對手？把你的工作重新安排使機械工具的利用率從 50 % 增加到 60 %，不知道會增加多少利潤？假如每一班機增加一個旅客（減少一個空位）不知道航空公司會增加多少收入？由於分秒不差的計劃不知會使生產過度或生產不足現象減免到什麼程度？會不會因爲對資料的迅即處理而減少存料費用？這些都是在一個機構中因加強控制和加速反應而可能獲得的利益。

因爲近來的電腦設備與早年電腦設備不同，對於電腦制度分析師來說他工作的最大轉變，是他必須對每一種電腦擬處理的作業，評估其所需要的反應時間。

爲了控制某一種情況，需要某一相當的反應時間。究竟需要多快，視所控制作業的型態而定。假如所控制的是一輛汽車，駕駛人對於目視所得的輸入在一兩秒鐘內反應。但對某些意外情況，則要求更快的反應時間！控制一間靠木柴燃爐取暖的房間的溫度，他可能每隔十五分鐘調整一次火勢，完全看他是否感到太冷或太熱而定。

假如由電腦來控制，道理還是一樣，所需要的反應時間，視所控制的機構（Mechanism）而定。如爲控制火箭發射，反應時間應爲千

分之幾秒。如為控制在試驗台上的引擎，幾秒鐘已經很適當。大多數的動態管理程序（Dynamic administrative process），一小時左右的反應時間已足夠，但是在有些意外情形下，可能需要更迅速的動作。如人與機器之間採取對話方式，則機器的理想反應時間應為一至二秒。

並非所有的機能（Function）均要求其急如星火。一個機構中的資料處理工作大部分都不妨稍候，故可利用一般的整批處理方式。許多作業的反應時間，能在二十四小時以內即已很理想。例如，有些公司如能獲得前一天的人工成本數字，甚至材料成本，而在每天早晨送呈最高主管，其價值已非同小可。資料處理系統可以將不正常的延誤或支出指出來，以供主管參考及時採取行動。有的訂貨或許應加速處理。特別是某些市場競爭激烈的產品或有時間性的產品。存貨記錄的更新及存量的管制，對於某些貨品而言有必要在二十四小時以內處理，以減少存量至最小而仍無虞匱乏。許多類似的行政管理機能需要一天以內的反應時間。

但是有些機能，則需要極迅速的反應時間。例如對電腦有所查詢（Enquiries），自需迅速答覆。這些可能是主管急需某一項資料，或顧客在電話上提出問題，所以無法讓他們長久等候。

所以，本書所要討論的，應該是對於不同事件（Events）有能力作不同速度之反應的情報處理系統（Information processing system）。那些不太緊急的工作應形成一背景（Background），使能於遇有較緊急之工作時隨時退讓。而於遇有需即時處理之作業或詢問時，所有工作均暫時中斷。電腦系統應有能力處理多層中斷（Multiple interrupt）。需要快反應時間之作業應能插入正在處理的不太緊要的程式之中。它們可能僅在預先指定的檢核點（Check points）插入，也可能在要求極迅速的反應時能使其他作業隨時中斷。

有些系統全部或幾乎為全部即時。偶然也有將作業的即時部分與非即時部分分由不同的電腦處理，但共用相同的檔案。

電腦需保持及取用的大量資料，應按照整體方式（ Integrated fashion ）予以策劃。檔案設備的選擇和其組織方式，應使資料能迅速尋獲，讀出和修正。

電訊網路使資料在組織內的流動加速。它使公司的各部門易於接近電腦中心。像英國海外航空公司（ B O A C ）的設計，散佈世界各地的分支辦公處，都可以立即和電腦中心取得連繫。

詢問可以直接以電腦為對象而且立即獲得答覆。查詢可能只是要求將檔案中的資料顯示出來，也可能做一些計算或搜集以求取某些事實。近來的程式技巧已可使人與機器進行很複雜的交談。

端站機及映像機係為有效的人機連繫（ Man-machine interface ）而特別設計。所撰寫的程式使任何普通程度對於電腦一無所知的操作員也可以與電腦通訊。電腦並將檢核他的動作，在發現任何錯誤時立即通知他。另一方面，一個智慧很高對電腦有透澈了解的操作員也可利用這種系統。他可能利用端站機輸入程式或修改程式。他可能建造模擬模式（ Simulation model ），修改 PERT 計劃網等等。將人類智慧的技巧運用，與機器最佳性能相結合，可以構成一個偉大的混合體，其潛力恐怕需要好幾十年才能獲得充分發展或甚至只是充分了解。

分時（ Time sharing ）作業將被利用，這樣人在端站機的緩慢操作便不致影響機械處理的高速。操作員的辦公桌旁可能配置有一架電傳打字機，或鍵盤和映像幕（ Display screen ），與多少哩外的電腦相連接。他的手指尖上有一個大電腦以及其大量檔案資料所帶來的威力。他有足夠的時間去思索，但決不致拖延正在迅速處理其他工作的電腦。同時還可能有幾十甚至幾百個其他的操作員也正在使用端站機。

所需要的大量不同程式將儲存在備用檔案 (Backing files) 內如磁鼓或磁碟。電腦需要某一程式時，即將該程式讀入主記憶體並予以執行——永遠留在主記憶體內的，則為一管理程式 (Executive program)，以統籌管理各項動作。管理程式並在必要時將其他程式讀入主記憶體。他可以使不同程式平行操作。因此，今天的機動資料處理系統 (Dynamic data-processing system) 其終極目標不免需將許多不同的抉擇與行動結合在一起，使有些程序可以進行得更有效率。以前由電腦分次操作的機能可以互相連結起來，例如在處理存料管制的同時，可以預開帳單 (Prebilling)。資料可以從許多不同的地點蒐集迅速予以綜合，找出相互關係，俾及時對有關程序加以控制。業務程序例如飛機座位的銷售，操作程序例如工廠作業管制，技術程序例如附有許多儀錶的噴氣引擎的試驗等。

電腦已不再是機器房中一架孤零零的機器，聽候操作員的吩咐一項接一項地工作。他現在是一個獨立的系統，幾乎完全自動完成所有的或幾乎是所有的工作。它可以從線上檔案 (On-line files) 中取得所需要的資料，它可以檢核自己的工作及輸入的資料，而且大部分的錯誤它都可以設法處理。通過電訊網路，它的觸角可以伸展至同一機構中的任一角落，其神經末梢可能達到每一城市，甚或遍及全世界。

里昂巴格力爵士 (Sir Leon Bagrit) 在一次關於自動化的演講中說，要充分獲得自動化的利益，必須要充分發揮三 C 的能力，此即通訊 (Communication)，計算 (Computation) 及控制 (Control)。今天的許多資料處理系統，只強調計算，而忽略了通訊及控制。

一旦制度設計師的口袋裏有了通訊工具，回輸控制 (Feed-back control)，人機通訊，以及必要時的即時處理等法寶，將可大為增加電腦所能為人服務的能力。

第二章 爲什麼要採用即時電腦系統

本章擬就電腦爲什麼要利用即時技巧 (Real-time techniques) 的基本理由加以分析。

一個電腦系統應該具備些什麼功能，應以經濟的觀點來決定。營業機構裝設電腦的惟一理由，是遲早它會收回成本而且可進一步增加其營利能力。

不過對於即時作業 (Real-time application) 來說，頗不易評估，因爲它的利益常常並不是具體的利益，如節省人力，節省設備等。電腦即時作業有時也許會節省點人力，但是其主要利益得之於效率的增加。即時電腦系統可以增加已有設備的工作流動速度，可以減少物料存量或呆滯的現金，也可以使一個化工廠保持最佳性能。假如能獲得上面所說的這些利益，自將遠勝於僅僅是人力的節省。任何機構如無嚴密控制，即有游移不定 (Oscillate) 的趨勢；化學工廠是如此，一般製造工廠，市場推銷機構甚至國家經濟也是如此。在海上航行的船隻，房間裏的暖氣系統，騎自行車時這種因控制不嚴密而游移不定的情形更明顯。一個機構如果游移不定便會帶來金錢的損失。如工廠能量過大或物料存儲過多，超過需要即招致浪費。而在另一方面，供應不足使生產遲延亦會使營業受損。

「不確定 Uncertainty」的程度越大，所需要的反應速度越高，例如市場需求波動激烈的產品，有時間性的產品如時裝，冰凍食物，飛機座位等。工廠業的激烈競爭使對顧客的服務必須加速，如無迅速反應可能顧客一去而不返。

機構越大越難控制，亦越難獲得迅速反應。機構之大可能是分支單位散佈，地理區域遼闊，則需資料傳輸遠繫設備才能做到反應迅速