

電腦輔助設計及製造 (CAD/CAM)

陳至剛 編著



第 6 章

實用而又好學的電腦 模擬語言—GPSS

6-1 GPSS 的基本介紹

GENERAL PURPOSE SIMULATION SYSTEM 簡稱 GPSS 是一種模擬專用之程式語言。通常被採用來模擬分離事件系統 (DISCRETE EVENT SYSTEM) GPSS 的發展可追溯至 1950 年末期。演進至今有很多版次，其中最被廣泛採用的是 GPSS / 360。凡是 IBM-360 及 370 系列若有 GPSS-PROCESSOR 即可執行 GPSS / 360 模擬程式。

當作一種模擬程式語言，GPSS 俱有下列幾點特性：

第一、GPSS 提供程式設計上的方便，簡化程式設計上的困難。程式設計師先根據實際的系統分析妥當後繪出流程圖，即方塊圖 (BLOCK DIAGRAM) 如圖 6-1.1 所示。方塊圖由一些不同形狀的方塊 BLOCK 及帶有方向的線段所組成，每一個方塊代表一個指令，更精確地說，每一個方塊代表一個副程式 (SUBROUTINE) 被呼叫進來執行特定的運算。GPSS 一共有 40 個不同的

方塊，亦即 GPSS 有 40 個副程式。程式設計師的工作就是如何將實際系統分解成一些副程式的組合。

第二、GPSS 在模擬過程中會自動計時並收集相關資料，並於模擬結束後自動計算並列印要描述此系統所需之數據。其列印此輸出數據有固定之格式。程式設計師在設計過程中幾乎可以完全不必管它。

第三、只要俱備一些最基本的機率及統計之知識即可來學習，學習 GPSS 不需要其他前修課程。

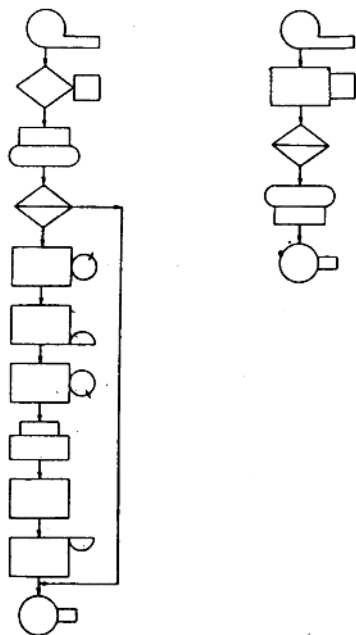


圖 6-1.1 GPSS 語言所使用的方塊圖

假設有一條生產線，每一件半製品經過這條生產線時要通過三種處理才算完成。假如我們要模擬這樣之生產線作業，我們以三個方塊來代表三種處理，而且以一個 TRANSACTION 來代表一件半製品。沿着箭頭方向 TRANSACTION 從一個方塊移到另一個方塊，如此即模擬了生產線的作業。如果我們想模擬高速公路收費站之作業，想瞭解車輛會不會在收費站造成擁擠。此時一個 TRANSACTION 就代表一輛車子了。如果我們想模擬油輪進港裝油之作業，此時一個 TRANSACTION 就代表一艘油輪。一個 TRANSACTION 到底代表實際系統中的那一個物件，這是程式設計師首要決定的問題。當模擬開始之前方塊圖上並沒有 TRANSACTION，模擬一開始 TRANSACTION 始按照需要進入方塊圖。在模擬過程中，TRANSACTION 也可以離開方塊圖。TRANSACTION 從一個方塊往下一個方塊移動，每進入一個方塊即呼叫其副程式來運算。在方塊圖上同時可以有很多 TRANSACTION。TRANSACTION 的移動不受阻擋，除非碰到下列三種狀況：

1. 有一種方塊（ADVANCE 方塊）它的主要功用是當 TRANSACTION 進入時，留住它一個預定的時間，此預定時間未到之前，此 TRANSACTION 無法向下一個方塊前進。
2. 另有一種方塊（TERMINATE 方塊）它的主要功用是當 TRANSACTION 進入時，將它從方塊圖移走，亦即 TRANSACTION 被此方塊消滅不見了。
3. 第三種情況是當 TRANSACTION 要從目前的方塊移進下一個方塊時，下一個方塊正忙着，它拒絕此 TRANSACTION 的進入，則此 TRANSACTION 只好再停留於目前的方塊，一直等到情況改變後此 TRANSACTION 才移進下一個方塊。

從以上的說明，我們可測知圖 6-1.1 中最上面之二個相同的方塊是在產生 TRANSACTION，而最低下之二個方塊是在消滅 TRANSACTION。注意圖 6-1.1 是模擬一個等候系統，卻使用二個互相獨立沒有連結的小方塊，我們將此小方塊圖依次稱為模式段 1 (MODEL SEGMENT 1)，模式段 2 (MODEL SEGMENT 2)，以後我們還會碰到模式段有好幾個之情形。

<例 1> 利用 GPSS 語言來做理髮店內客人接受理髮及等待所花費時間的模擬（這也是一種排隊系統之模擬）。

事 件	實際的時間	模擬的時間
事件 1：理髮店開門	早上 8:00	0
事件 2：第一位客人進來，接受理髮	早上 8:22	22
事件 3：第二位客人進來	早上 8:29	29
事件 4：第三位客人進來	早上 8:33	33
事件 5：第一位客人理完髮離去	早上 8:47	47
事件 6：第二位客人接受理髮	早上 8:47	47
事件 7：第四位客人進來	早上 9:07	67

表 6-1.1 理髮店內排隊系統的時間數列

GPSS PROCESSOR 當模擬開始後有自動計時的功能，這種裝置我們稱之為模擬鐘。模擬鐘並不像普通時鐘一般是一秒一秒地走着，它是跳指着下一件事件發生的時刻。

一開始時模擬鐘之時刻為零，理髮店開門了，模擬鐘直跳 22，發生事件 2 之時刻。當第一位客人進來接受理髮，模擬鐘又直跳 29 此乃發生下一個事件之時刻。在本例題中，我們設模擬鐘之時間單位等於 1 分鐘。我們也可以反過來說，模擬鐘有走動即代表有件發生了。模擬鐘另有下列幾點特點：

1. 模擬鐘只能作整數值之時間計數。

2. 模擬鐘之一個時間單位可能代表實際系統之一年，一月，一日，一時，一分，一秒或一微秒（ $= 10^{-6}$ 秒），由程式設計師自行決定之。由於模擬鐘僅能作整數值時間單位之計時，一個實際系統若有好多個時間單位，比如有的用“時”，有的用“分”，有的用“秒”，此時要將最小的時間單位拿來當模擬鐘的時間單位。
3. 模擬程式執行時間（PROGRAM EXECUTION TIME）之長短與模擬鐘一個時間單位到底代表多長的實際系統時間沒有絲毫關係。

6-2 GPSS 語言之指述的介紹

前節中曾述及 GPSS 語言具有方塊圖，即如同 FORTRAN 語言之流程圖一般。這方塊圖的意義將在本節中敘述。首先我們知道方塊圖中的每一個方塊都帶有下列三種意義：

1. 方塊名稱（OPERATION）：方塊名稱即表明此方塊之主要功能。圖 10-12.1 之 GENERATE, GATE, ASSIGN, TEST, QUEUE, ENTER, DEPART, PRIORITY, ADVANCE, LEAVE, TERMINATE, LOGIC, SAVEVALUE 等都是方塊名稱。
2. 位置（LOCATION）：此乃指方塊在整個方塊圖上的位置。例如第一個方塊就佔據位置 1，第二個方塊就佔據位置 2... 位置號碼雖然在方塊圖上沒有標示出來，但列表紙上之輸出結果會自動標示各方塊的位置號碼，若事前我們不知道該方塊之位置號碼多少，我們也可以將這方塊取一個符號位置名（SYMBOLIC LOCATION NAME）

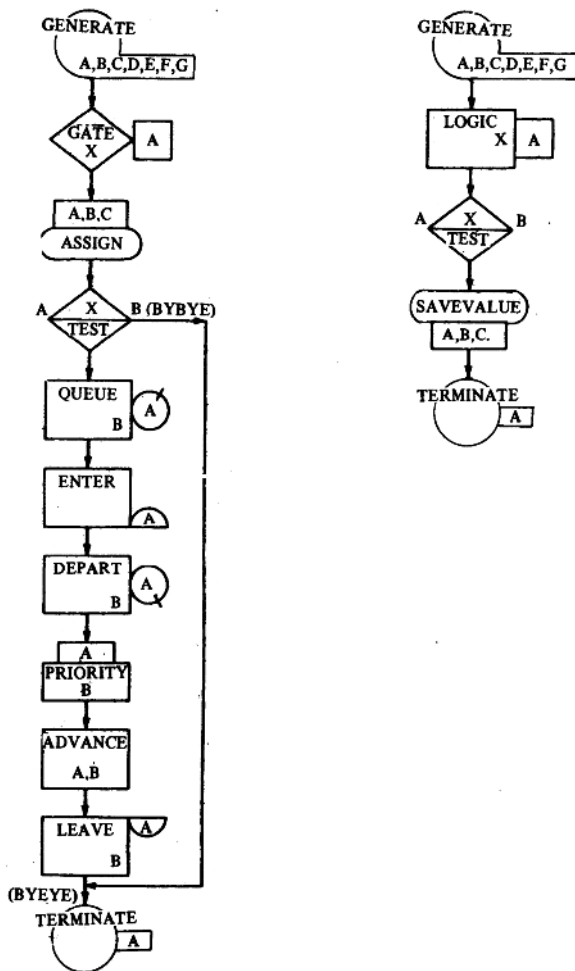


圖 6-2.1 GPSS 語言填上所需資料之方塊圖的圖形

，或數字位置名 (NUMERIC LOCATION NAME)。符號位置名由 3 到 5 個文數字構成，但前面 3 個須為文字。在圖 6-2.1 上 TERMINATE 方塊之符號位置名為

BYBYE。數字位置名則全由數目所組成。該方塊到底要不要符號或數字位置名，則依題意而定。

3. 操作元 (OPERAND)：每一個方塊都有操作元，有些操作元可以不填任何資料（即該操作元是 DEFAULT）有些操作元則務必填上資料。每一個方塊之操作元數目也不相同，在圖 6-2.1，我們以 A, B, C, D, E, F, G 來代表操作元，這些操作元可以把它當作呼叫副程式時之自變數 (ARGUMENTS)。以後每介紹一個方塊，都會對它的操作元詳細加以解說。

現在我們就把方塊圖中的這些方塊內容詳加說明其意義，不過我們要分成好幾部份來講解。(甲) Generate、(乙) Terminate、(丙) Seize 及 Release、(丁) Advance、(戊) Queue 及 Depart。現分別敘述於下：

(甲) Generate：

TRANSACTION 都是由 GENERATE 方塊而進入方塊圖的，一個方塊圖中 GENERATE 方塊的數目並不受限制。前後二個 TRANSACTION 進入方塊圖之相隔時間稱為到達相隔時間 (INTERARRIVAL TIME)，到達相隔時間通常不是固定值而是一個隨機變數 (RANDOM VARIABLE)。本節將只討論到達相隔時間俱有均勻分佈 (UNIFORM DISTRIBUTION) 性質之隨機變數，到達相隔時間俱有指數分佈 (EXPONENTIAL DISTRIBUTION) 性質及常態分佈 (NORMAL DISTRIBUTION) 性質以後將會陸續討論到。茲將 GENERATE 方塊之圖形及操作元之功用說明如下：

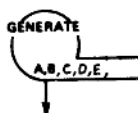


圖 6-2.2 GENERATE 方塊

- A } 它代表 TRANSACTION 之到達相隔時間是均勻分佈於 (A -
B } B , A + B) 個時間單位之間，A 值即為到達相隔時間之平均
值，B 值為均勻分佈之範圍的一半 (稱為 SPREAD) 。
若操作元 A 及 B 都不填上資料，即 DEFAULT，則代表 A，
B 值皆為零。
- C：它指定 GENERATE 方塊產生第一個 TRANSACTION 進入方
塊圖之時間。若 DEFAULT 則不指定第一個 TRANSACTION
進入方塊圖之時間。
- D：它表示此 GENERATE 方塊所能產生之 TRANSACTION 的總
數，若 DEFAULT 則代表總數為無窮大。
- E：它表示優先等級，其值越大則越優先；GPSS 之優先等級從
0 到 127 一共有 128 個等級，若 DEFAULT 則表示優先等級
為零。

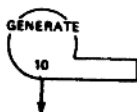


圖 6-2.3 GENERATE 方塊之例子

圖 6-2.3 表示每隔 10 個時間單位產生一個 TRANSACTION

。(處理事件)

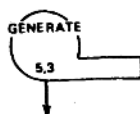


圖 6-2.4 GENERATE 方塊之例子

圖 6-2.4 表示所產生之 TRANSACTION 的到達時間均勻分佈於 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 個時間單位上，也就是說從 (5-3) 到 (5+3) 個時間單位上。

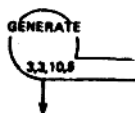


圖 6-2.5 GENERATE 方塊之例子

圖 6-2.5 代表所產生之第一個 TRANSACTION 其到達時間也就是進入方塊圖之時間等於 10，其後產生之 TRANSACTION 的到達相隔時間均勻分佈 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 個時間單位上，一共僅能產生 5 個 TRANSACTION。以上三個例子所產生之 TRANSACTION 其優先等級都為零。TRANSACTION 產生後沿着箭頭方向，往下一個方塊前進。

② Terminate

TRANSACTION 一進入 TERMINATE 方塊就被消滅，或是說 TRANSACTION 一進入此方塊就被它從方塊圖中取走。TERMINATE 方塊只有一個操作元，一個方塊圖中可以有很多 TERMINATE

NATE 方塊。茲將此方塊之圖形及操作元之功用說明如下：

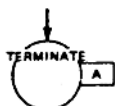


圖 6-2.6 TERMINATE 方塊

A：為正整數，每進來一個 TRANSACTION 其值自動減 1，至其值為零時即停止執行若 DEFAULT 則表示進來多少個 TRANSACTION 並沒有限制。

如上所言，一個方塊圖中允許有很多個 TERMINATE 方塊，但僅有一個 TERMINATE 方塊可以有 A 操作元。我們可以利用圖 6-2.7 方塊圖中的一個模式段來控制使模擬時間長度恰好等於 8 小時，即 480 分鐘。

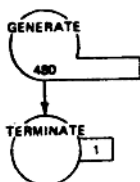


圖 6-2.7 控制時間之模式段

將方塊圖寫在 GPSS CODING FORM 上時是一個方塊寫成一個指令。另外還要加上一些方塊圖上所沒有控制卡或定義卡。其中有一張控制卡叫 START 控制卡，GPSS 一碰到這張控制卡即開始模擬。這張 START 控制卡之 A 操作元要填上與 TERMINATE 方塊之 A 操作元相同之數字。

例 Seize 及 Release

高速公路上的收費站，油輪進港裝油的碼頭設備，理髮店的理髮師等這些對 TRANSACTION 提供服務的在 GPSS 統稱為 SERVER 或 FACILITY。每一位 SERVER 或 FACILITY 同時僅能對一個 TRANSACTION 提供服務。服務時間 (SERVICE TIME) 有時是固定的，有時是隨機的。在一個方塊圖中可以同時有多個 FACILITY。(電腦的主記憶體是 64K BYTES 的，可以有 35 個 FACILITY，128K BYTES 的可以有 150 個，256K BYTES 的可以有 300 個)。每一個 FACILITY 都要命名，命名的方式有二種：第一種是符號名 (FACILITY SYMBOLIC NAME)，這是由 3 至 5 個文數字構成，前面 3 個須為文字。第二種是數字名 (FACILITY NUMERIC NAME)，以全部是正整數命名，但此正整數不得大於該電腦所允許之 FACILITY 的數目。例如電腦的主記憶體若為 64K BYTES，命一個 FACILITY 名為 25 是可以的，但若命名為 40 則不行。

當一個 TRANSACTION 要進來接受服務時，若 FACILITY 正忙着，則 TRANSACTION 須得在外等一下，等到 FACILITY 有空時 TRANSACTION 馬上“抓住”它進來接受服務，服務一完畢 TRANSACTION 再“釋放”此 FACILITY 而前進至下一個方塊。我們是以 SEIZE 方塊及 RELEASE 方塊來讓 TRANSACTION 抓住及釋放 FACILITY，唯有藉着這二個方塊一個 TRANSACTION 才能接近或離開 FACILITY，茲將此二個方塊的圖形及操作元之功用介紹如下圖所示：

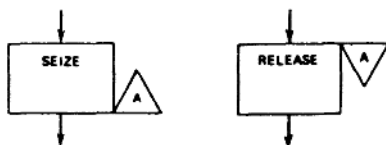


圖 6-2.8 SEIZE 與 RELEASE 方塊

A：代表 FACILITY 之名稱

若 FACILITY 正忙，TRANSACTION 進不來，則 TRANSACTION 就暫時停留在 SEIZE 方塊的前一個方塊，一旦 FACILITY 有空 TRANSACTION 馬上經由 SEIZE 方塊進來接受服務。服務一完畢的 TRANSACTION 隨時都可進入 RELEASE 方塊，若 RELEASE 方塊的下一個方塊沒有被擋住，TRANSACTION 馬上離開 RELEASE 方塊而往下推進，唯有前一個 TRANSACTION 進入 RELEASE 方塊後，後一個 TRANSACTION 才能進入對應的 SEIZE 方塊。透過二個方塊 GPSS 為一個 FACILITY 收集下列資料：

1. FACILITY 是忙着的時間之百分率。
2. FACILITY 一共服伺過幾個 TRANSACTION。
3. 平均每個 TRANSACTION 服伺多久？

SEIZE 方塊與 RELEASE 方塊是如同夫妻一般一定要成對出現，有 SEIZE 方塊，就一定要有 RELEASE 方塊，反之亦然。若不受阻擋 TRANSACTION 通過這二個方塊並無時間消耗，只是狀態 (STATUS) 的改變而矣。

(7) Advance

在圖中我們僅提到如何抓住及釋放 FACILITY，至於 FACIL-

ITY 對一個 TRANSACTION 如何提供為時多久的服務，那就得利用本段將介紹的 ADVANCE 方塊，茲將其圖形及操作元之功用說明如下：

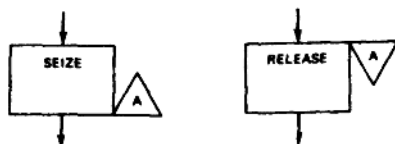


圖 6-2.9 ADVANCE 方塊

$\begin{matrix} A \\ B \end{matrix}$ } 正整數，代表此 FACILITY 對進來之 TRANSACTION 提供服務的時間是均勻分佈於 $(A - B, A + B)$ 個時間單位上。

因此我們可以利用 ADVANCE 方塊代表服務時間，TRANSACTION 一進入此方塊一定要停留一段時間後才能離去，若 FACILITY 所提供的服務時間是呈指數分佈或常態分佈以後我們都會討論到，以後我們也會碰到 ADVANCE 方塊中操作元 A, B 皆為零之特殊情況。有時若操作元 $A = 10, B = 10$ ，則有百分之 5 的機率此 FACILITY 提供之服務時間為零。以後我們將經常碰見如圖 6-2.10，SEIZE - ADVANCE - RELEASE 三位一體的組合。它代表一個名字叫 JOE 的 FACILITY 它所提供的服務時間是均勻分佈於 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 個時間單位上。

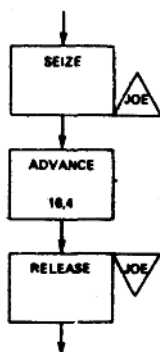


圖 6-2.10 常見之方塊組合

(戊) Queue 及 Depart

於圖中我們利用 SEIZE 與 RELEASE 一對方塊，GPSS PROCESSOR 就會自動計算一些有關 FACILITY 的資料，一個 TRANSACTION 若碰到 FACILITY 正忙着，則它只好等，若我們也希望得到一些有關等候的資料諸如：平均每個 TRANSACTION 等多久，平均有多少個 TRANSACTION 在等，最多時有幾個 TRANSACTION 在等，這些資料我們也可以利用 QUEUE 與 DEPART 一對方塊來收集。TRANSACTION 一進入 QUEUE 方塊表示此 TRANSACTION 已開始參加排隊了。一進入 DEPART 方塊表示可以脫離排隊而接受 FACILITY 的服務了。一個方塊圖上可以有好幾對的 QUEUE - DEPART 方塊。GPSS PROCESSOR 會為每一對收集並計算該等候線的資料。每一條等候線要取一個隊名，隊名有符號名 (QUEUE SYMBOLIC NAME) 與數字名 (QUEUE NUMERIC NAME) 兩種規則，其命名規則與 FACILITY 一樣。QUEUE 方塊與 DEPART

方塊總要成對出現於方塊圖中。茲將這二個成對方塊之圖形及操作元之功用說明如下：

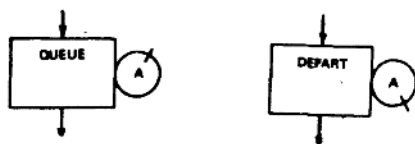


圖 6-2.11 QUEUE 與 DEPART 方塊

A：等候線 (WAITING LINE) 之隊名

圖 6-2.12 是模擬一個名叫 JOE 之 FACILITY 的作業情況，爲了要得到 FACILITY JOE 之前等候線 JOEQ 之資料，我們多加上 QUEUE 與 DEPART 兩個方塊，要注意此兩個方塊與 SEIZE, RELEASE 方塊之相對位置不可變更，TRANSACTION 通過 QUEUE, SEIZE, DEPART, RELEASE 等方塊若不受阻擋是不須要時間的。

使用 QUEUE 與 DEPART 方塊時還得認清下列二點事實：

1. 有 QUEUE 與 DEPART 方塊的地方，GPSS PROCESSOR 才會自動收集計算並輸出一些有關排隊等候的資料，若無 QUEUE 與 DEPART 方塊，排隊等候的情況也會發生，只是 GPSS PROCESSOR 不會去收集計算並輸出有關排隊等候的資料而已。
2. 一個 TRANSACTION 進入 QUEUE 方塊後可以經歷了很多其他的方塊然後再從其對應的 DEPART 方塊出去。也可以進入一個 QUEUE 方塊後再進入另一個 QUEUE 方塊，比如說有人到購物中心，他可以先到乳酪部掛個號碼，再到罐頭掛一個號碼，此時他已同時排上二個隊了

。在 GPSS 一個 TRANSACTION 至多可以同時排上 5 個隊。若排 5 個隊以上則錯誤信號 (ERROR MESSAGE) 會印出來。

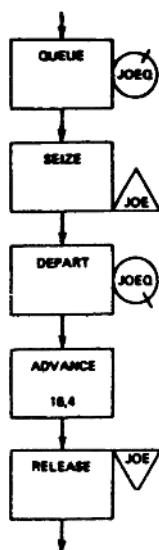


圖 6-2.12 常見之方塊組合

6-3 以 GPSS 語言模擬機器修護的問題

設某工廠有很多部 A, B 兩種機器, 由一位技工負責整修之, A 種機器每隔 420 ± 360 秒即需整修一下, 每次整修約需 300 ± 90 秒, B 種機器每隔 360 ± 24 秒即需整修一下, 每次整修約需 100 ± 30 秒, 目前整修方式是不論機種, 那一部壞, 那一部