

# FSM 模擬器產生器-FSMGEN

## A Generator for Finite State Machine Simulators - FSMGEN

連耀南，祁立誠  
國立政治大學資訊科學系  
Email: lien@cs.nccu.edu.tw

### 摘要

有限狀態機是一個常見的自動機，很多控制機制都是用有限狀態機組成，而設計人員常因對有限狀態機規格的誤解，導致設計瑕疵。本研究設計了一個能自動產生具 GUI 互動能力的模擬器的軟體—FSMGEN，提供給設計人員使用。使用者只需將所設計的有限狀態機以簡單的文字格式描述作為輸入，本系統即可自動產生模擬器。所產生的模擬器包含 HTML 及 Javascript 程式碼，使用者可利用一般的網頁瀏覽器操控並觀察其狀態變化，即可獲得所需的 GUI 互動能力。藉由互動式的模擬過程，使用者可以深切體驗狀態轉移的細節，因而更細緻的瞭解有限狀態機的運作。雖然本系統所產生的模擬器並未能畫出動態的狀態圖，但其所具有的 GUI 互動能力，已經足以協助設計人員大幅提高其生產力。

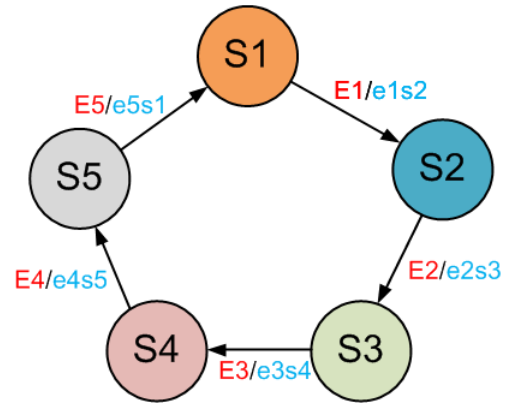


圖 1 有限狀態機

### 一、簡介

有限狀態機(Finite State Machine, FSM)是一個常見的自動機，在現實中，有許多事情或控制機制可以用有限狀態機來表達，例如：交通燈號之控制、自動販賣機、等等。以圖一的狀態圖(Finite State Diagram)為例，一個有限狀態機由

- 一組「狀態」(State: S1, S2, S3, S4, S5)、
- 一組「輸入」(Input: E1, E2, E3, E4, E5)、
- 一組「輸出」(Output: e1s2, e2s3, e3s4, e4s5, e5s1)、
- 一組「輸出函數」、
- 及一組「狀態轉換函數」所組成。

在實際使用時，「輸入」與「輸出」可能以不同名稱出現，例如本文各例所使用的「事件」(Event)與「對應動作」(Action)。一個 FSM 在被一個輸入（或事件）觸發時，應有對應的輸出(或動作)，並轉換至下一狀態。輸出函數及狀態轉移函數定義了 FSM 在某一狀態下，對應於某一輸入條件的輸出及狀態轉移。

-本研究由國科會科學工業園區廠商固本精進計畫 982A04 經費補助。

有限狀態機看似簡單，但在實際設計工作中，卻是一個麻煩製造者。在規劃、設計、驗證一個自動機產品的過程中，設計人員必須精確掌握有限狀態機的運作，若有誤解，常導致瑕疵的設計。有別於組合邏輯，有限狀態機的變化，除了與輸入有關之外，還與現在的狀態有關，而現在的狀態卻是先前的動作所遺留下來的。如欲驗證一個狀態機是否正常運作，不能僅由輸出與輸入的對應關係來驗證。而必須從開始狀態逐一模擬其動作，才能得知某一組輸入信號之對應輸出。例如台北市交通系統所使用的悠遊卡，在搭公車或捷運時，並無法直接計算車資，而必須知道先前所搭車種，判斷是否有轉乘優惠，才能計算車資。若要驗證其扣款程式是否正確，就必須將自開卡開始所有搭過的交通工具，一一回憶，逐步推算，才能驗證其扣款程式是否正確。數十萬的悠遊卡使用者之中，有幾人曾經從頭驗證過悠遊卡的扣款是否有誤？

由於一個有限狀態機的運作過程並非淺顯易懂，以致於很多領域的設計人員常常無法順利瞭解有限狀態機的運作。大型計畫中的實施過程常因設計人員對於有限狀態機的誤解而導致錯誤。因此，一個可以讓設計人員更易於瞭解有限狀態機運作過程的模擬系統將有助於減少錯誤。舉例而言，很多大型積體電路都含有有限狀態機，而很多電路的瑕疵都源自於對規格書內有限狀態機的誤解，如果能有模擬器讓電路設計工程師模擬有限狀態機，就可以減少很多設計瑕疵，增加生產力。但打造一個模擬器，尤其是具有 GUI 互動能力的模擬器需要的人力及時間資源非常可觀，甚至



從圖中可以瞭解，不過區區六個景點七個不同條件就可以衍生出無數種複雜的情境，對於行程設計者而言，要將更為龐大的行程規劃完全於心中模擬，更是難於上青天。如能藉助本系統產生模擬器，將可以讓行程設計者更能體會所設計的行程的情境。

### 數位敘事

傳播學界中一個熱門的研究主題是：數位敘事，利用資訊技術協助「說故事」。本系統可以擴增成為互動式故事產生器，讓創作者可以在故事之中有取捨之選擇，並利用所產生的模擬器，讓使用者模擬各種選擇去體驗故事情節，從而創作出更生動感人的故事。

例如：在一個明代科舉考試的故事中，主人翁通過鄉試中舉上京應試，創作者可以選擇讓主人翁連中三元、或上榜三甲、或名落孫山，而落榜的原因又可能是文不對題、犯忌、甚至只是試卷墨污，落榜之後，又有留京靜待下科、入幕為達官貴人籌謀、或應聘西席作育英才等多種應對出路。故事創作者可將各種選擇的腳本(script)輸入於本系統，本系統即可自動產生一個模擬器，讓創作者模擬並體驗各種情境，從而創作出自己中意的故事。

### 教學應用

本系統不僅可以應用在前述各種設計中，可以作為教學訓練之用。例如：歷代科舉考試的制度與程序歷經隋唐宋明清數朝上千年發展成為一個錯綜複雜的制度，非鑽研歷代考試制度的學者常無法一窺全貌，一般人連鄉試會試殿試與舉人貢士進士之關係都茫然無知，單憑文字敘述無法讓學習者迅速掌握相關知識。我們可以利用網頁這種高度互動的技術將科舉考試制度做成互動式網頁，提高學習效率。但是製作如此的互動式網頁需要一組專業的技術人員才能做得到，導致很多提議都因經費與人才的限制而胎死腹中無法實現。本系統將可以降低網頁設計技術人員的需求，甚至可以自行利用本系統打造自己中意的互動式教學網頁。

我們也在政治大學資訊科學系所開設的「行動通訊導論」課程中，將複雜難懂的「電話呼叫處理程序」做成模擬器，放置於教學網頁中供師生使用，大幅提升教學效果。尤其是像「話中插播」這種複雜邏輯，有了模擬器之後更易於瞭解。

## 三、FSMGEN

### 系統特點

- 流程簡化—使用者只要將狀態機包含的狀態(state)，事件(event)與輸出動作(action)撰寫成標準的文字檔案，作為輸入檔案。
- 圖形介面—此工具產生的檔案為標準 HTML 網頁檔案，並採用 Javascript 方式執行程式。此網頁圖形介面可於任何網頁瀏覽器瀏覽操作，無須安裝額外程式，且可放置於網頁伺服器，可供多人同時於伺服器執行。
- 操作簡單，即時呈現--使用者操作時只需點選滑鼠，即可隨時看到狀態機即時變化，不需輸入特殊指令，無須記憶學習。
- 支援階層式架構—每個狀態中允許包含子狀態機(sub-FSM)，只需使用者按照子目錄方式建立輸入檔案，產生器即可自動完成子狀態機間的連結。
- 彈性化—使用者操作狀態機模擬器的過程中，若對當前的執行狀態不滿意，可隨時回到上一步，不需從頭開始執，節省時間。
- 完整紀錄—使用者可隨時點選顯示完整流程紀錄，檢視整個流程是否符合需求。

### 輸入格式

輸入檔案以使用 ASCII(英文)或 Big5(中文)編碼純文字檔(Text File)。

檔案內容欄位格式如下：

```

_state  狀態名稱 1
_event  事件 1_1   下一狀態  輸出 1_1
_event  事件 1_2   下一狀態  輸出 1_2
_state  狀態名稱 2
_event  事件 2_1   下一狀態  輸出 2_1
_event  事件 2_2   下一狀態  輸出 2_2
    
```

檔案中，以底線(\_)開頭的\_state與\_event是關鍵字標籤，其餘欄位用途與說明如表 1：

表 1：輸入欄位說明

欄位	用途	說明
狀態名稱	FSM 內之 state 宣告	同一輸入檔案中，狀態名稱不可重複
事件	此 state 內能觸發的 event 名稱	在某一狀態下，可觸發的事件(event)，不同狀態下可容許觸發同一事件
下一狀態	事件觸發後，將轉移至下一個狀態的名稱	此狀態名稱必須使用於同一檔案內有定義過的狀態
輸出	事件觸發後，所應採取的 action 之說明	在該狀態下，發生特定事件後所對應的輸出動作之描述，可為任意文字敘述

放置於雲端系統提供公眾使用。其使用方式記錄於[1]中。

## 範例

以圖三的新社旅遊行程設計為例，其腳本將如下所示：

_state	起點		
_event	晴天下午	薰衣草森林	準備森林遊覽各項物品
_event	晴天上午	新社自行車道	租自行車以及頭盔，購買飲水
_event	雨天	新社古堡	購買門票
_state	薰衣草森林		
_event	晴天	新社自行車道	租自行車以及頭盔，購買飲水
_event	陰天	新社古堡	購買門票
_event	雨天	鎮安宮	購買香燭
_state	鎮安宮		
_event	時間充裕	親水公園	準備備用衣物
_event	時間不足	福興吊橋	準備陽傘斗笠等遮陽物
_state	新社古堡		
_event	時間充裕	鎮安宮	購買香燭
_event	時間不足	起點	回程
_state	親水公園		
_event	晴天	福興吊橋	準備陽傘斗笠等遮陽物
_event	陰天	新社古堡	購買門票
_state	福興吊橋		
_event	晴天	新社自行車道	租自行車以及頭盔，購買飲水
_event	雨天	新社古堡	購買門票
_state	新社自行車道		
_event	時間充裕	新社古堡	購買門票
_event	時間不足	起點	回程

## 使用方式：雲端運算

本系統是以 Shell/Perl script 建置在政大資料系的 Unix/Linux 伺服器上，尚未能提供公眾使用。未來將

## 四、結論

有限狀態機是一個常見的自動機，很多控制機制都是用有限狀態機組成，而設計人員常因對有限狀態機規格的誤解，導致設計瑕疵。本研究設計了一個能自動產生具有 GUI 互動能力的模擬器的軟體系統，提供給設計人員使用。使用者只需將所設計的有限狀態機以簡單的文字格式描述作為輸入，本系統即可自動產生模擬器。使用者可利用一般的網頁瀏覽器操控並觀察其狀態變化，即可獲得所需的 GUI 互動能力。藉由互動式的模擬過程，使用者可以深切體驗狀態轉移的細節，因而更細緻的瞭解有限狀態機的運作。雖然本系統所產生的模擬器並未能畫出動態的狀態圖，但其所具有的 GUI 互動能力，已經足以協助設計人員大幅提高其生產力。

## 參考文獻

1. 連耀南、祁立誠，*FSM 模擬器產生器(FSMGEN) 使用手冊*，國立政治大學資料系，Apr. 20, 2011.
2. G. Donzellini and D. Ponta, "A Simulation Environment for e-Learning in Digital Design", *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 54, issue 6, Dec 2007, pp. 3078-3085.
3. D. Ponta and G. Donzellini, "A simulator to train for finite state machine design," *Proc. of Frontiers in Education Conference*, vol. 2, Salt Lake City, Utah, U.S.A., Nov. 1996 pp725-729.
4. T. M. White and T. P. Way, "jFAST: A Java Finite Automata Simulator", *Proc. of 39th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*, Houston, Texas, USA, March 3-5, 2006, pp. 384-388.
5. Another Finite State Machine (FSM) Simulator, Implemented As a JAVA Application, <http://www.cs.binghamton.edu/~software/fsm/fsmdoc.html>, retrieved on Apr, 2011.
6. 新社旅遊網, <http://04sinshe.emmm.tw>, retrieved on Apr. 2011.