

Describe Building use L-System and Generate Maze

Jie Shie , Di-Hua Wu, Lieu-Hen Chen

Dept. of Computer Science and Information Engineering, National Chi Nan University
Puli, Nantou, Taiwan

E-Mail: s100321903@ncnu.edu.tw, s97321027@mail1.ncnu.edu.tw, lhchen@csie.ncnu.edu.tw

Abstract — Using L-System to describe botanic 3D structures and grow plants by deriving its self-expandable grammar terms is a main stream of plant simulations. In addition, there are several pioneering projects aiming to adopt L-System to describe city and street structures. Because L-System is suitable for handling structural objects, in this paper, we propose to use a non-deterministic L-System for modeling a building's composition including its floor layouts. The building can be a house that has similar rooms or even a very complex maze. By using L-system, we can semi-automatically create very flexible floor-layouts and interesting mazes based on different production rules.

Keywords-component; L-System; L-Grammar; Direct3D 10; Virtual Reality;

I. INTRODUCTION

L-System 是一種文法的系統，它使用不斷的疊代的方式來產生新的字串，這種方式有很大的發展空間。然而，因為 L-System 有這種特徵，被廣泛應用於植物模擬，並且有著不錯的效果。

在我們研究 L-System 之後，認為可以將其使用於建築物的描述，特別是一般房屋這類型的建築物。由於其常有相似的特徵，例如旅館每一層樓都會有著非常相似的房間。這時，我們可以使用文法重複疊代來進行連續的描述，產生整個建築物的架構，接著再以 3D 方式呈現。

而在迷宮這方面，我們將其當作一個建築物，其擁有兩個出入口。正常來說，一個迷宮必定會有一條以上的路連接兩個出入口，所以我們只要計算並產生這條路，再以 L-System 的文法描述，便能夠產生一個迷宮。而且，我們可以隨著時間將通道的排列進行變化，來增加迷宮的複雜性。

相對於用最簡單的 prim's algorithm 來產生迷宮，我們的方法可以使迷宮中不只存在牆與通路，可以有額外的門，並且加入方向性，使這道門只能往某一特定方向開啟。

II. RELEATE WORK

A. L-System[1]

L-System 基本觀念是字串的平行複寫，並透過文法不斷的疊代產生新的字串，再由新的字串下去類推。

其定義是根據形式語言而來，所以 L-System 也可以被視為一種形式文法，並且 L-System 被定義成一個三元組的元組： $G = (V, \omega, P)$ 。

a) V 代表的是一個包含著可以被複寫的象徵字串的集合。

b) ω 代表的是初始的象徵字串。

c) P 代表的是複寫時候，所能取用的規則。

以下是個 L-System 的簡單例子，假設目前我們有兩個規則：

1) $A \rightarrow BBa$

2) $B \rightarrow A$

而當前狀態為 A 為初始字串，則開始疊代時，會去尋找可用的文法，因此會找到 1 號文法，並在複寫 A 之後，產生結果 BBa ，在下次疊代時，由於目前有兩個元素 B ，則皆會找到 2 號文法，產生出 AAa 。而當規則的增加，我們所能期望的變化與結果，也將越豐富。

B. 以參數化 L-system 與質點系統為基礎的植物生長與生態環境模擬系統[2][3][4][5]

對於模擬植物來說，光使用原本的文法系統沒有辦法更真實的表現出植物的細節，這是由於各個文法疊代前後傳遞的訊息不足夠，導致必須依賴生長結構與相對關係上的資訊來猜測一些細節，而這些猜測則造成與實際植物的差異。所以，我們將從真實植物上，分析出更多得細節，並且將其參數化並定義成文法，這些文法是由 L-System 概念延伸而出。再與其質點系統配合，便可以更真實的模擬一棵植物的生長。

C. Virtual Reality

虛擬實境，是利用 3D 圖形技術、3D 音效與其它能讓感官有所反應的介面，所產生的虛擬空間。使用者可以在這空間即時地與虛擬世界互動，這裡所指的即時性的互動代表著系統可以隨時得知使用者在虛擬環境中的所做所為，並立即作出適當的反應。而這即時性互動便能讓使用者有深入其境的感覺。

除了視覺外，虛擬實境還能融入其他感知的通道，讓使用者能以觸覺、嗅覺、聽覺等和虛擬世界互動。

虛擬實境的特徵包括了互動、融入，但不僅僅是一個與虛擬空間的媒介，現在很多日常生活中的問題都有其實際應用。而針對不同的問題，就需要有不同的虛擬環境讓使用者使用，因此，虛擬實境同時也必須配合現實的生活。

III. SYSTEM IMPLEMENTATION AND CURRENT RESULT

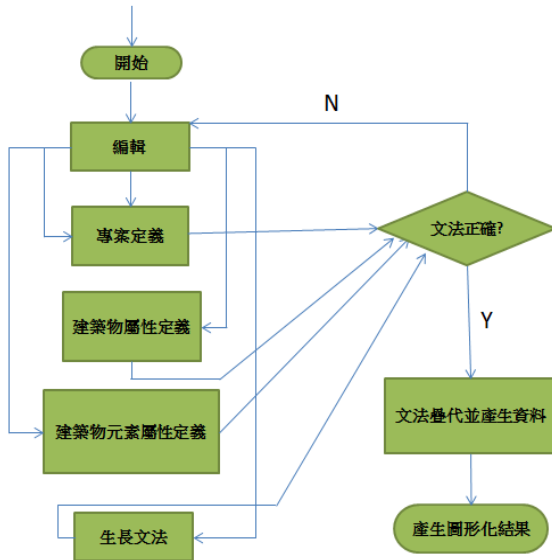


Figure 1. 程式流程圖

A. 分析特徵

建築的內部構造，我們首先以最基本的兩種來說，也就是通道(門)和牆的隔離方式，即使內部結構改變了，基本上也就是門和牆的排列產生了變化，因此我們要去模擬一個建築的內部構造不會是一件難事。要在一個虛擬的空間產生出建築的內部構造，基本上就是去掌握通道與牆的排列便可，並當我們有建築物平面圖，我們也可以將其轉成文法並產生出一樣的建築。

在有了門與牆的概念後，一般來說，一個建築物中，牆的數量會遠大於門的數量，並且我們認為要以入口為基礎，在對周圍延伸，所以我們選定以入口為出發點做觀察，從這個點開始模擬其餘的門或牆壁的位置與方向。

B. 文法設計與產生

首先，我們先定義門和牆的標誌，分別為 D 和 W，在定義上述兩個基本元素之後，我們開始著手於文法設計。文法的開始由門開始，如下：

$$D(0) \rightarrow W(1); \quad (1)$$

$$W(1) \rightarrow W(2); \quad (2)$$

但是，假設現在有張平面圖，我們觀察其正門的位置，並開始觀察：其如何生長，在此會遇到三個問題

- 1) 牆的長度不同
- 2) 牆的方向不同
- 3) 同時有多面牆相連

首先，我們針對長度問題增加了一筆資訊，這個資訊包含了牆的顏色與長度，並且與疊代中的編號對應，便解決了牆的長度問題，而且也可經由重複疊代達到將牆延伸的作用。

接著我們在文法中新增參數 *angle*，來形容這面牆與前一面牆的夾角，透過此角度資訊，我們可以解決牆與牆間方向不同的問題，範例如下：

$$W(2) \rightarrow \text{angle}(90.0)W(3); \quad (3)$$

建築物中常常有多面牆互相連接的地方，我們將文法疊代至那一個點，並一個連續的架構同時描述這個點延伸出的多面牆，解決了這個問題，範例如下：

$$W(3) \rightarrow W(4) \text{ angle}(90.0)W(5); \quad (4)$$

這時我們已經產生了足以描述一個建築物的文法，接下來便可經過疊代這些文法，生成建築物平面的結構。

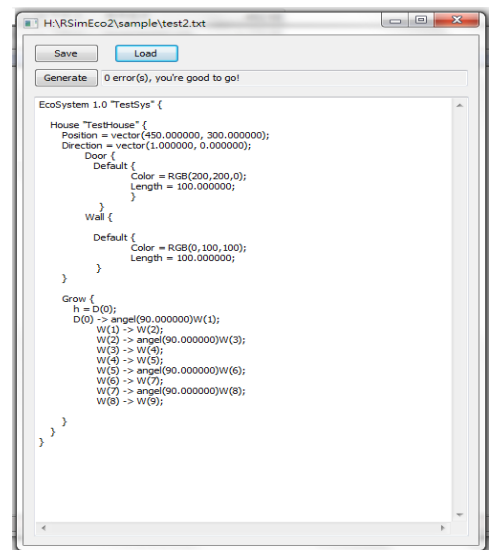


Figure 2. 編輯介面

C. 疊代模擬

在程式執行時候，我們所有的元素都會利用點的形式存下來，而這些點也必須存下其不同屬性的資料，也就是說，當前點的位置、生長方向和顏色等。

疊代過程中，每當執行一次疊代的動作後，我們可能會影響長度、角度或狀態的改變，例如牆經過疊代後，必須把疊代後所產生的點資料都存下來。當所有的疊代規則都完成，我們便能利用這些點資料進行圖形化的呈現。

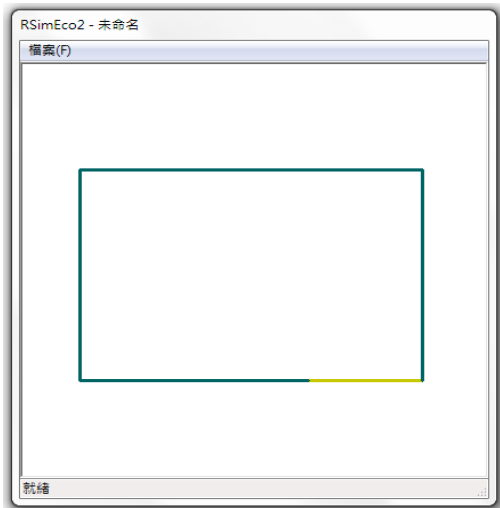


Figure 3. 方型房間平面圖



Figure 6. 3D化顯示

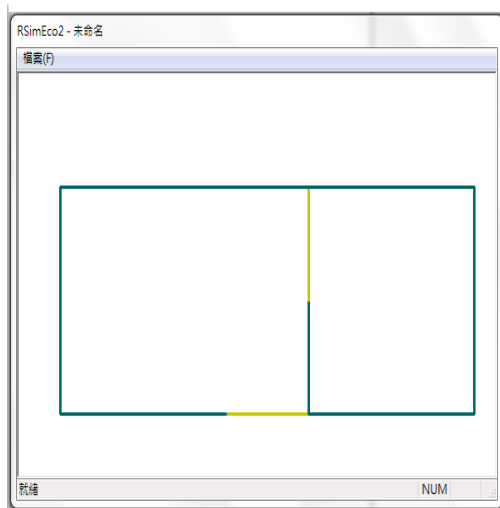


Figure 4. 套房型房間平面圖

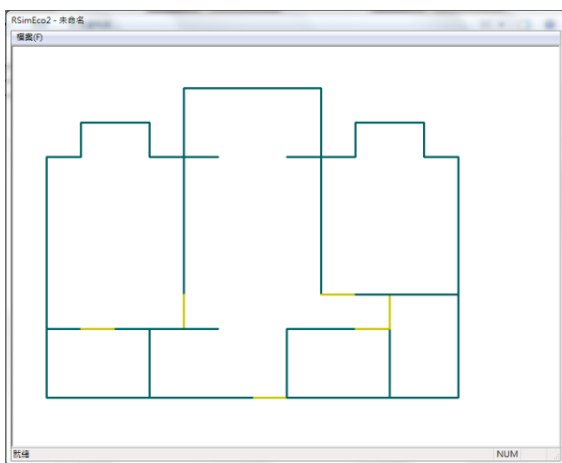


Figure 5. 完整住家 1F 平面圖

D. 迷宮生成

我們設法自動的產生迷宮，在迷宮中，至少會有一條路徑，是能夠從入口走到出口，同時也會有死巷的出現，在經過演算法的計算後，我們便會有一個基本的迷宮圖形。要產生迷宮前，我們必須去設定其大小，並且根據我們的文法，我們也需要命名專案和迷宮的名字。

首先我們會把迷宮基本的結構假設成，長乘寬個個別集合，假使現在我們需要一個 5*5 的迷宮，便會先設成如圖 7，有 25 個小集合，並且設左下角為入口，右上角為出口，在圖 5 中，每個條線都被假設成牆這個元素，而入口和出口為門這個元素。

21	22	23	24	25	EXIT
16	17	18	19	20	
11	12	13	14	15	
6	7	8	9	10	
ENTRY	1	2	3	4	5

Figure 7. 最基本的結構

最初我們會先把第 1 格設為一個集合，接下來我們會去選出其中一面非邊界的牆，並且去除掉這面牆，此時會

去尋找，當這面牆被去除後，我們這個集合的格子，是否能夠連接到新的格子，如果能夠連通到別的格子，那將會把連通的格子加入到集合中，例子如圖 8。在圖 8 中，藍色部分為現在連通的通道，因此藍色部分的格子都會加入集合當中，假設我們去除了 12 格或 13 格上方的牆，集合並不會只單純增加 17 或 18 格，而會把灰色部分或綠色部分整個加進去集合當中，重複的進行此動作，直到我們這個集合中，包含了有出口這個格子，也就是當粉紅色部分被連通，便代表我們有了一個通道從入口到出口。圖 9 為假設之結果，紅線為迷宫出口的路徑，綠色線則是死巷的路徑，圖 10 為去除牆的圖。圖 11 為程式產生出之結果。

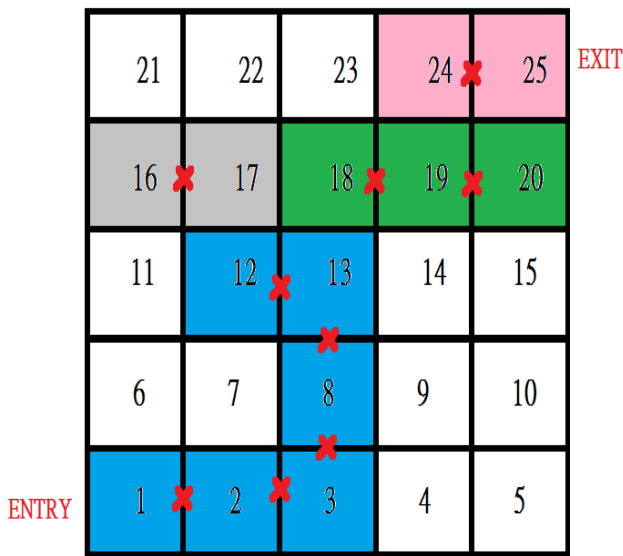


Figure 8. 去除幾面牆

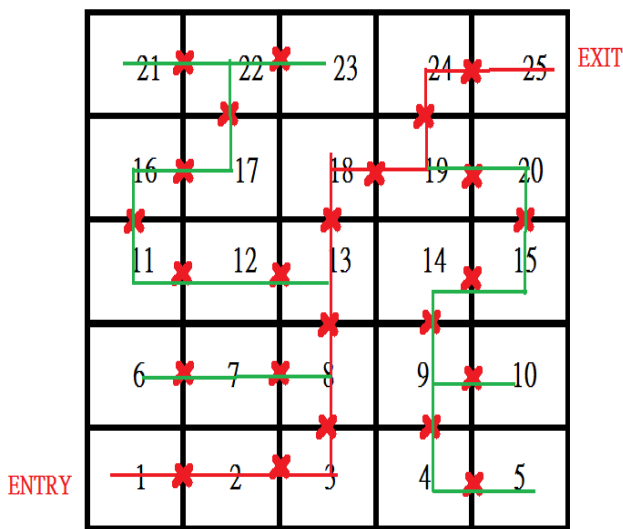


Figure 9. 結果

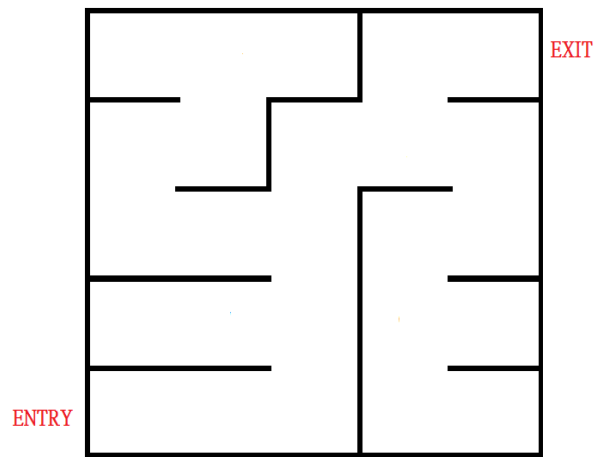


Figure 10. 去除牆後之圖

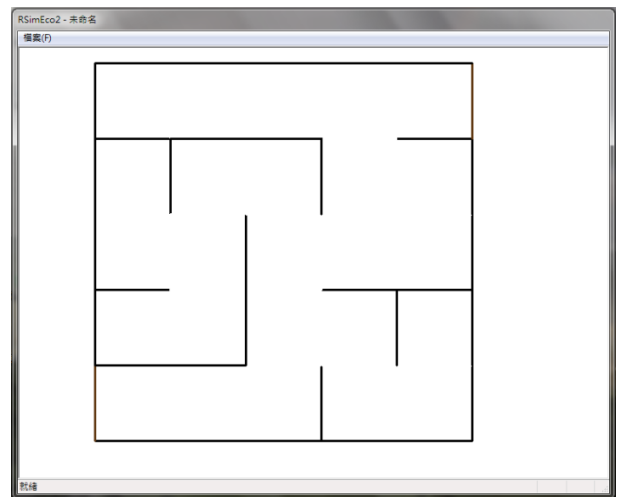


Figure 11. 程式產生的迷宫圖

REFERENCES

- [1] J. L. Power, A.J. B. Brush, P. Prusinkiewicz, and D. H. Salesin., "Interactive arrangement of botanical L-system models", Proceedings of the 1999 symposium on Interactive 3D graphics, pp. 175-182, April 1999.
- [2] Przemyslaw Prusinkiewicz, "Simulation Plants and Plant Ecosystems", vol. 43, NO.7, 2000.
- [3] Przemyslaw Prusinkiewicz, Lars Muendemann, Radoslaw Karwowski, and Brendan Lane, "The use ofpositional information in the modeling of plants", Proceedings of SIGGRAPH 2001, pp. 289-300.
- [4] Lieu-Hen Chen, "以參數化 L-system 與質點系統為基礎的植物生長與生態環境模擬系統", 國科會研究計畫報告, NSC-92-2213-E260-032.
- [5] 石凌霖, "An Adaptive L-System", National Chi Nan University, Department of Computer Science and Information Engineering, 2004.