

STRPN

多媒體時空關係展示延伸型 Petri Net 模式

張元斌

許秉瑜

陳彥良

國立中央大學資訊管理系 國立中央大學企業管理系 國立中央大學資訊管理系

摘要

多媒體的展示涉及媒體之間展示時序與空間配置的問題，而這些時空關係語意往往是相當抽象的。為了描述多媒體展示時的時空關係語意，歷年來已有許多模式相繼提出，這些既有模式或偏重於時間關係描繪，或僅提供空間關係敘述，缺乏完整描繪時空關係，尤其是移動物件間之相對時空關係語意描繪的機制。

本研究提出一套圖形化且能完整描述多媒體展示的時空關係模式，尤其是能描繪動態、靜態物件間即時性之相對時空關係語意。運用本模式，多媒體系統分析或設計人員，可用一種常規的形式，清楚地描述出多媒體展示時各媒體物件間的時間同步與空間組成關係，並可作為與其他終端用戶溝通展示內容的橋樑與工具。

關鍵詞：時空關係、展示同步、Petri Net、OCPN、STRPN

STRPN

A Petri Net Extending Model for Scripting Spatial-Temporal Relations between Multimedia Objects

Yuan-Bin Chang

Ping-Yu Hsu

Yien-Liang Chen

Dept. of Info. Mgt.

Dept. of Busi. Mgt.

Dept. of Info. Mgt.

National Central University

Abstract

Inevitably multimedia systems are involved with temporal and spatial coordination, which are not so easy to describe exactly due to their abstract semantic meanings. Coordination of spatial or temporal relations between objects has been investigated recently; however, none have focused on the correlation of both dimensions, especially in describing moving objects.

A formal model with graphical scripting tool is proposed in this paper. The model

describes the spatial and temporal correlative semantic for moving and stationary objects. Multimedia system designers and analyst can describe multimedia presentations with the model.

Keywords: Spatial-Temporal Relation, Presentation Synchronization, Petri Net, OCPN, STRPN

壹、諸論

多媒體是近年來熱門的研究與應用領域之一，伴隨多種媒體同時展示的特性，多媒體的應用不僅使人機的介面更生動活潑，訊息語意的傳遞也更加清楚完整。所謂「多媒體」意味著訊息媒體的多樣化，然而不同的媒體，時空的特性也不盡相同，因此媒體多樣化的結果，往往也增加了系統的複雜性。其中如何有效整合各種媒體，使其展示時能協調一致，更是多媒體系統必須面對的問題。

多媒體的展示涉及媒體之間展示時序與空間配置的問題，而這些時空關係語意往往是相當抽象的，因此需要一套模式工具將抽象的語意具體地描繪出來。為了描述多媒體展示時的時空關係語意，歷年來已有許多模式相繼提出，譬如 Petri Net、OCPN 等圖形化模式，但此類模式只能描述物件間的時間關係而鮮少有空間關係的描述，XOCPN 雖然在既有的 OCPN 模式上加入物件個別的空間座標與螢幕套疊權值等屬性，但仍缺乏物件間相對空間關係語意(如空間拓撲、方向性及彼此間之距離等)表示的能力。(Vazirgiannis, 1996) 所提出之時空關係

模式中，採用拓撲、方向性及距離等三個觀點來描述兩物件間的空間關係，雖然對空間的語意有較完整的描述，但該模式只能表達靜態物件間的空間關係，對於動態物件與其它物件間之相對空間關係並未探討，此外該模式是以述句方式描述，不如 Petri Net 等圖形模式容易理解。

本研究主要目的是發展一套圖形化且能完整描述多媒體展示的時空關係模式，尤其是能描繪動態、靜態物件間即時性相對時空關係語意。運用本模式，多媒體系統分析或設計人員，可用一種常規的形式，清楚地描述出多媒體展示時各媒體物件間的時間同步與空間組成關係，並可作為與其他終端用戶溝通展示內容的橋樑與工具。

本文共分成五節，第壹節緒論，說明本研究之動機、研究目的。第貳節文獻探討，對既有的多媒體時空關係模式進行概要介紹，同時分析各模式之優缺點。第參節研究模式，整合先前文獻研究的結果，提出本文模式對多媒體的時間與空間關係的觀點與描述方式，並介紹本文的時空關係模式。第肆節範例說明，以一個實際的多媒體展示劇本為例，並畫出其 STRPN(Spatial and Temporal Relationship

Petri Net)圖。第五節結論與未來研究方向，歸納本研究之心得結論及預期貢獻，並對未來研究方向作一簡要的建議，以作為後續研究者之參考。

貳、文獻探討

多媒體展示是一種整合各媒體特性與時空關係的活動。複雜的活動需要計劃、安排，而且通常以時間為引線來予以編排。多媒體展示因其「多媒體」性而成為複雜的活動，以時間為引線來安排多媒體的複合表現，便是多媒體同步問題(陳佳玲, 1997)。

由於多媒體是由多種媒體資料所組成的，其組成在時間上具有相對的次序關係，這就是多媒體的時間關係(temporal relation)。此外，媒體之間的相對位置與方向距離，即為多媒體的空間關係(spatial relation)。為了表示多媒體的時間關係與空間關係，歷年來已有許多文獻相繼提出，本節接下來的內容將針對部份文獻作簡要的探討，並作為本文模式功能比較的參考依據。

一、Petri Net

Petri Net 是一種圖形化模式，近二、三十年來的理論研究與實務應用上數以千計的文獻報告已經証實，Petri Net 是描述系統共時性的有用模式(Jensen, 1992)。然而 Petri Net 並未定義 transition

從被致能(enabled)到被觸發(fired)間之時間間隔，這使得 Petri Net 無法有效地掌握多媒體展示的時序關係，因此原始的 Petri Net 並不適合作為多媒體展示的描述模式。

二、Timed Petri Net

(Ramchandani, 1974)所提出之 Timed Petri Net 模式是原始 Petri Net 的延伸模式之一，該模式可用來表示多媒體系統動態的同步行動。在 Timed Petri Net 中，同步的單位是一連串的 timed place，每個 places 都有一個對應的展示持續時間。雖然 Timed Petri Net 加入了每個 place 展示的持續時間，但 place 細分成一連串 timed place 的結果，使簡單的時間同步語意必須使用複雜的圖形表示，並且該模式中並未考量有關空間關係的描述機制，因此 Timed Petri Net 亦不適合作為多媒體時空關係的展示模式。

三、OCPN

OCPN(Little, 1990)全名為 Object Composition Petri Net，是用以描述媒體物件間展示之時序關係。有鑑於傳統 Petri Net 上並無展示的時間資訊，且 transitions 的觸發又無法有效掌握，因此 OCPN 以 Timed Petri Net 為基礎，賦予每個 place 展示的時間，並對 transitions 的觸發時機作了嚴謹的限制，因此能有效掌

握媒體間展示的時序關係。此外為了清楚描述(Allen, 1983)所提出之兩物件間七種時間關係的語意，OCPN 將 place 分成 media place 與延遲 place 兩類，並證明能用統一的 OCPN 模式描繪出兩物件間所有的時間關係。圖 1 為統一的 OCPN 圖，圖中 P_a, P_b 為一般媒體物件之 Place， P_δ 為延遲物件， $\tau_a, \tau_b, \tau_\delta$ 分別為 Place P_a, P_b 及 P_δ 之持續時間(duration)。

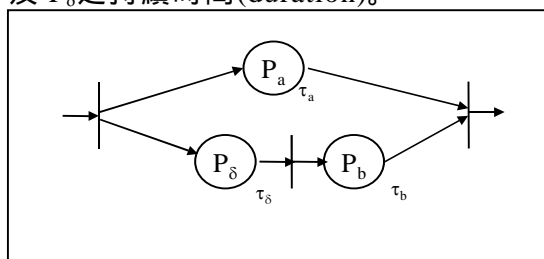


圖 1 統一的 OCPN 圖

雖然 Little 證明了 OCPN 能描繪出 Allen 所定義的所有時間關係，但 OCPN 中仍無描繪空間關係的機制。

四、XOCPN

XOCPN(Extended OCPN, Lion, 1994) 是以(Little, 1990)所提出之 OCPN 模式為基礎，加入多媒體物件之空間關係延伸而成。其與 OCPN 最大的差別在於，OCPN 的 place 是整段原始的媒體資料(raw multimedia data)，如一段聲音、影片等，而 XOCPN 的 place 是將原始的媒體資料依時間區間切割後之部份資料片段。

XOCPN 的每個 Place 上除了包含原有的展示持續時間外，同時也加入了媒體

物件的空間座標、範圍大小及空間套疊的優先值等空間屬性描述，然而單就該模式而言，各物件之空間屬性相互獨立，缺乏物件彼此間相對空間關係描述的機制，因此相對空間關係語意的描述能力仍顯不足。

五、Spatial Relationship Models

截至目前為止，本節所探討的文獻模式，如 Petri Net、OCPN 等等均是考量媒體物件時間的同步性，而很少提及物件間的空間相關性。然而多媒體的展示不應只描述媒體物件間的時序關係，而應同時描述物件彼此間的空間關係，如此才能讓多媒體展示的語意完整地呈現。

(Vazirgiannis, 1996)是少數探討到展示物件空間關係的模式之一。該文獻主要目的是提出一個整合性的多媒體時空組成模式，模式的形成是以既有的時空關係文獻研究結果為基礎，時間關係採用(Allen, 1983)所提出之七種時間關係，空間關係則採用(Egenhofer, 1991)所提出之 4-intersection 空間拓撲及(Papadias, 1995)所提出之 169 種空間方向性，並將時空關係定義成具體的操作子，並以類似虛擬碼的陳述形式，宣告多媒體展示劇本的時空關係語意。如此，不僅能表達原先 Petri Net 及其延伸圖形模式所能表達的時間關係語意，同時也兼具表達媒體物件間空間組成關係的能力。然而，該模式並非圖

形模式，陳述語句過長時反而不易讓人瞭解，且該模式亦不曾考慮動態、靜態物件間之相對空間關係，因此在模式的易讀性與空間語意的完整性上，仍存有許多改善的空間。

參、研究模式

一、多媒體時空關係

(一)、時間關係

兩物件間的時間同步關係可分成循序與並行兩大類，且可細分成 13 種關係 (Allen, 1983)，而 13 種時間關係中又被證明可用 meet, before, overlaps, during, starts, finishes 與 equals 等七種時間關係完全表示，其餘六種關係是不包含 equal 在內的其餘六種時間關係的反向關係。

本模式採用 Allen 所提出之七種時間關係，並以 OCPN (Little, 1990) 模式為基礎，加入空間資訊傳遞語意延伸而形成。採用 OCPN 作為基礎模式的原因是，OCPN 的每個物件均有展示的持續時間 (duration)，且 transition 觸發規則可有效限定 transition 觸發的時機，使物件間展示時的時序關係可以明確地掌握，其統一的 OCPN 圖形也能充分表示出 (Allen, 1983) 所提出的兩物件間之七種時間關係。

(二)、空間關係

依據 (Vazirgiannis, 1996) 的定義，兩物件間之空間關係可以利用空間拓撲 (Egenhofer, 1991)、方向關係 (Papadias, 1995) 及物件間的距離等三個觀點來描述，空間語意雖較以往清楚，但方向性的 169 種關係 ($R_{13 \times 13}$) 須有對照表才能明瞭，且多個物件同時存在螢幕上的空間套疊關係，並未在該模式中考慮，因此本模式將物件間之相對空間關係改用以下幾個構面考量：

1、物件間的方向性：

是指兩物件間的方向關係 (包含兩物件間之拓撲關係)。為了明確表示出物件間的方向性，本模式改用水水平方向關係與垂直方向關係取代抽象的 169 種方向關係 (Papadias, 1997)。

水平方向關係 (*Relationships of horizon*)，以 3 碼英文字母表示，共有 LLl, LLr, LLa, LRl, LRr, LRa, RLl, RLr, RLa, RRL, RRR, RRa 等 12 種情形，其意義分別為：

- (1) LLl 表示 P_j 左(L)邊邊界在 P_i 左(L)邊邊界之左(l)。
- (2) LLa 表示 P_j 左(L)邊邊界與 P_i 左(L)邊邊界對齊(a)。
- (3) LLr 表示 P_j 左(L)邊邊界在 P_i 左(L)邊邊界之右(r)。
- (4) RLl 表示 P_j 左(L)邊邊界在 P_i 右(R)邊

- 邊界之左(l)。
- (5) RLa 表示 P_j 左(L)邊邊界與 P_i 右(R)邊邊界對齊(a)。
- (6) RLr 表示 P_j 左(L)邊邊界在 P_i 右(R)邊邊界之右(r)。
- (7) LRl 表示 P_j 右(R)邊邊界在 P_i 左(L)邊邊界之左(l)。
- (8) LRa 表示 P_j 右(R)邊邊界與 P_i 左(L)邊邊界對齊(a)。
- (9) LRr 表示 P_j 右(R)邊邊界在 P_i 左(L)邊邊界之右(r)。
- (10) RRl 表示 P_j 右(R)邊邊界在 P_i 右(R)邊邊界之左(l)。
- (11) RRa 表示 P_j 右(R)邊邊界與 P_i 右(R)邊邊界對齊(a)。
- (12) RRr 表示 P_j 右(R)邊邊界在 P_i 右(R)邊邊界之右(r)。

假設物件 P_j 的相對空間屬性參考到物件 P_i ，則水平方向關係的第一碼表示被參考的物件 P_i 所採用的水平參考邊界¹，若採用 P_i 的左邊邊界為水平參考邊界，則第一碼為“L”(Left bounds)，若採用右邊邊界則第一碼為“R”(Right bounds)。第二碼表示參考物件 P_j 所採用的水平參考邊界，若 P_j 採用左邊邊界為水平參考邊界，則第二碼為“L”，若採用右邊邊界則第二碼為“R”。第三碼表示

P_j 水平參考邊界與 P_i 水平參考邊界的方向，以小寫英文字母表示，若 P_j 水平參考邊界在 P_i 水平參考邊界的左邊，則第三碼為“l”(left side)，在右邊則為“r”(right side)，對齊則為“a”(align)。

垂直方向關係(*Relationships of verticality*)，以 3 碼英文字母表示，共有 TTh, TTa, TTL, TBh, TBa, TBl, BTh, BTa, BTl, BBh, BBa, BBl 等 12 種情形，其意義分別為：

- (1) TTh 表示 P_j 上(T)方邊界在 P_i 上(T)方邊界之上(h)。
- (2) TTa 表示 P_j 上(T)方邊界與 P_i 上(T)方邊界對齊(a)。
- (3) TTL 表示 P_j 上(T)方邊界在 P_i 上(T)方邊界之下(l)。
- (4) BTh 表示 P_j 上(T)方邊界在 P_i 下(B)方邊界之上(h)。
- (5) BTa 表示 P_j 上(T)方邊界與 P_i 下(B)方邊界對齊(a)。
- (6) BTl 表示 P_j 上(T)方邊界在 P_i 下(B)方邊界之下(l)。
- (7) TBh 表示 P_j 下(B)方邊界在 P_i 上(T)方邊界之上(h)。
- (8) TBa 表示 P_j 下(B)方邊界與 P_i 上(T)方邊界對齊(a)。
- (9) TBl 表示 P_j 下(B)方邊界在 P_i 上(T)方邊界之下(l)。
- (10) BBh 表示 P_j 下(B)方邊界在 P_i 下(B)方邊界之上(h)。
- (11) BBa 表示 P_j 下(B)方邊界與 P_i 下(B)

¹ 水平參考邊界是用以量度兩物件間之水平距離的跟據， P_i 的水平參考邊界與 P_j 的水平參考邊界間之距離即為兩者的水平距離。

方邊界對齊(a)。

(12) BBl 表示 P_j 下(B)方邊界在 P_i 下(B)方邊界之下(l)。

假設物件 P_j 的相對空間屬性參考到物件 P_i ，垂直方向關係的第一碼表示所採用的 P_i 垂直參考邊界²，若採用 P_i 的上方邊界，則第一碼為”T”(Top bounds)，若採用下方邊界則第一碼為”B”(Bottom bounds)。第二碼表示 P_j 採用的垂直參考邊界，若 P_j 採用上方邊界，則第二碼為”T”，若採用下方邊界則第二碼為”B”。第三碼表示 P_j 垂直參考邊界與 P_i 垂直參考邊界的方向，若 P_j 垂直參考邊界在 P_i 垂直參考邊界的上方，則第三碼為”h”(high)，若在下方則為”l”(low)，對齊則為”a”(align)。

2、物件間的距離：

亦分為兩物件間之水平距離與垂直距離。若物件 P_j 的相對空間屬性參考到物件 P_i ，則 P_j 的空間座標可透過兩者間空間的方向性與垂直水平距離，必要時再加減 P_i 與 P_j 的邊界寬度(*width*)或高度(*height*)換算而得，如此便可達到動態描述兩物件間之相對空間關係的語意。譬如，已知物件 P_i 的空間座標為($P_i.x, P_i.y$)

² 垂直參考邊界是用以量度兩物件間之垂直距離的跟據， P_i 的垂直參考邊界與 P_j 的垂直參考邊界間之距離即為兩者的垂直距離。

且其寬度與高度分別是 $P_i.w$ 與 $P_i.h$ ，物件 P_j 的寬度與高度分別是 $P_j.w$ 與 $P_j.h$ ，則 P_j 的空間座標($P_j.x, P_j.y$)可由表 1 之運算式求出 P_j 的 x 座標($P_j.x$):

表 1 水平方向關係與對應之 x 軸座標換算

關係序號	水平方向關係	P_j 的 x 座標之運算式
1	LLl	$P_i.x - Dh$
2	LLr	$P_i.x + Dh$
3	LLa	$P_i.x$
4	RLl	$P_i.x + P_i.w - Dh$
5	RLr	$P_i.x + P_i.w + Dh$
6	RLa	$P_i.x + P_i.w$
7	LRI	$P_i.x - Dh - P_j.w$
8	LRIa	$P_i.x - P_j.w$
9	LRIr	$P_i.x + Dh - P_j.w$
10	RRl	$P_i.x + P_i.w - Dh - P_j.w$
11	RRa	$P_i.x + P_i.w - P_j.w$
12	RRr	$P_i.x + P_i.w + Dh - P_j.w$

表 1 中， Dh (*horizontal distance*)是指物件 P_i 至 P_j 間之水平方向距離。

同理可由表 2 之運算式求出 P_j 的 y 座標($P_j.y$):

表 2 垂直方向關係與對應之 y 軸座標換算

關係序號	垂直方向關係	P_j 的 y 座標之運算式
1	TTh	$P_i.y - Dv$
2	TTl	$P_i.y + Dv$
3	TTa	$P_i.y$
4	BTh	$P_i.y + P_i.h - Dv$
5	BTl	$P_i.y + P_i.h + Dv$
6	BTa	$P_i.y + P_i.h$
7	TBh	$P_i.y - Dv - P_j.h$
8	TBa	$P_i.y - P_j.h$
9	TBl	$P_i.y + Dv - P_j.h$
10	BBh	$P_i.y + P_i.h - Dv - P_j.h$
11	BBa	$P_i.y + P_i.h - P_j.h$
12	BBl	$P_i.y + P_i.h + Dv - P_j.h$

表 2 中, Dv (vertical distance)是指 P_i 至 P_j 間之垂直方向距離。

3、物件間的優先權:

主要是用以表示多個物件同時在螢幕上展示的空間套疊關係。展示期間的某個時點,可能會有多个物件同時展示,且可能發生相互套疊情形,因此可藉由指定物件在螢幕上的優先權來調整,空間優先權是正整數的集合,優先權值越大表示在越上層,若某個時間區間有兩個以上物件

正在同步展示,且優先權值相同,則依劇本語意的時間順序來決定空間套疊的次序,亦即後展示者在上層。若兩個以上的物件同時展示,且優先值相同,則套疊次序依劇本陳述的先後次序排列,亦即後陳述者在上層。

二、時空關係延伸式 Petri Net

多媒體系統涉及多種媒體之整合,尤其是展示時間同步的問題,有鑑於傳統 Petri Net 無法有效掌握 enabled transitions 的觸發時機,因此也導至許多延伸模式的產生,如第二節所提到的 Timed Petri Net 等模式,但該模式多半只考慮到多媒體物件間展示時間同步的問題,而鮮少有對媒體物件間相對空間之描述。Vazirgiannis 所提出之時空組成模式,以拓撲、方向及距離等三個觀點來陳述空間的組成關係,雖然比其它模式更具空間關係表達的完整性,但因該模式並非圖形模式,冗長的陳述語句反而不易讓人瞭解,而且該模式亦不曾考慮動態、靜態物件間即時之相對空間關係,因此,本節中將提出一個整合多媒體展示的時空關係模式,透過擴充 Petri Net 模式,不僅能表達媒體物件間之時間同步關係,亦能表達動態、靜態媒體物件間之相對空間關係,使多媒體展示的時空關係與劇本語意得以充分地呈現,且容易理解。

(一)、基本定義

本模式的全名為「時空關係延伸式 Petri Net」(Spatial and Temporal Relationship Petri Net, 簡稱 STRPN)。為了能於既有的 Petri Net 模式上, 充分表現出多媒體物件間兩兩相對的空間關係語意, 因此本模式對 Place 與 Transition 等基元物件的型別 特性均作了部份的修訂, 修訂的內容詳述如后:

1、Places 型別

本模式中所使用的 place 型別共有 media place、image place 與 delay place 三類。Media place 為一般的媒體物件, 如視訊, 圖形、影像、動畫及文字等等, 媒體物件又可區分為靜態物件與動態物件兩大類。所謂動態物件是指物件在螢幕上的位置會隨時間而改變, 如動畫媒體, 相對地, 靜態物件是指物件的螢幕位置不會因為時間的改變而改變, 如文字、圖形、影像等。不論是靜態或動態物件, 此類 place 上的 token 均具有時間屬性(展示的持續時間)與空間的屬性(如在螢幕上的座標、寬度、高度與優先權值等), Media place 的符號是一個細實線的圓圈。

Image place 則是用以記錄 media place 即時的空間資訊(如對應的 media place 最新的螢幕座標、寬度及高度等), 因此 image place 是依附 media place 而存

在, 而且一個 media place 至多只能有一個 image place, 每個 image place 始終保有一個 token, 用以記錄時空屬性, token 始終是處於 unlocked 的狀態, 亦即其持續時間(Duration)為 0。符號方面, image place 是一個粗實心的圓圈。

Delay place 是用以表示兩個 media place 展示時的時間延遲語意, 所以此類 place 的 token 上只有一個時間屬性, 也就是延遲時間。Delay place 的符號是一個虛線的圓圈。三類 place 的符號如下圖 2 所示

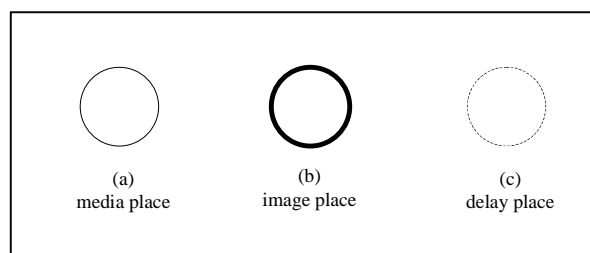


圖 2 STRPN 三類 places 符號

2、Transitions 型別

本模式中為了充分表示物件間展示時的相對空間關係語意, 因此也定義了三類 Transition, 分別是 enabled then firing continuously transition、enabled then firing once transition 及 unlocked then firing transition。Enabled then firing continuously transition 是用一粗直線表示, Enabled then firing once transition 是用一空心粗直線表示, Unlocked then firing transition 則用一細直線表示。圖 3

標示出三種 transition 的符號，在進一步說明三類 transition 的意義與觸發規則前，先定義 token 的狀態以及 transition 致能與否的意義。

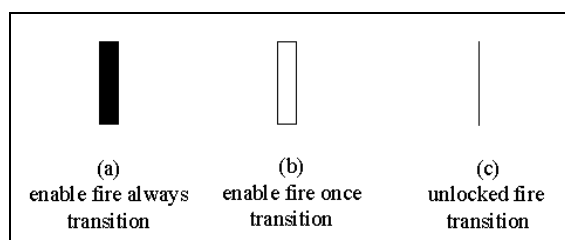


圖 3 STRPN 三類 transitions 符號

定義 1: Token 於展示期間，是處於 active 狀態，此時 token 將被 locked 住，直到展示完畢，立即切換成 inactive 狀態，此時 token 被 unlocked。

定義 2: 任何一個 transition，只要其所有 input place 均有 token，則不論 token 是處於 locked 或 unlocked 的狀態，此 transition 都將致能 (enabled)。反之，任一個 transition 只要其中一個 input place 上沒有 token，則表示此 transition 不被致能 (not enabled)。

定義完 token 的狀態及 transition 致能與否的意義後，接下來將定義本模式三類 transition 的觸發規則。

定義 3: Unlocked then firing transition 的觸發規則 (fire rule):

- a. Transition 必須處於致能 (enable) 的狀態，且須等到所有 input places 中的

token 均 unlocked 時才會觸發。

- b. 一旦所有 input places 中的 token 均 unlocked，則 Transition 會立即觸發。

定義 4: Enabled then firing continuously transition 的觸發規則:

- a. Transition 不被致能時，不會觸發。
- b. Transition 一旦被致能，不論 input places 上的 token 狀態如何，均立刻觸發，而且是一直觸發 (continuously fire)，直到 transition 不被致能為止。

定義 5: Enabled then firing once transition 的觸發規則:

- a. Transition 不致能時不會觸發，但處於「等待觸發」的狀態，此時只要 transition 致能即可觸發。
- b. Transition 一旦被致能，不論 input places 上的 token 狀態如何，將立即觸發，而且只觸發一次，之後 transition 狀態處於「不能觸發」之狀態，直到 transition 不致能時才切換回「等待觸發」之狀態。

3、時空關係定義

本模式的時間關係的描述是以 OCPN (Object Composition Petri Net) (Little, 1990) 為基礎，並加入空間資訊傳遞之語意延伸而形成。上一節已先對本模式的基元物件作了詳細的說明，本節中將進一步定義各基元物件間之時空關係的參考規則與表達方式。

定義 6: 每個 Media Place 與 Image Place 均有各自的空間屬性，而 Transition 的 Output place 與其中至多一個 Input Place 可以有相對空間關係，並以相對空間屬性 RSA(Relative Spatial Attribute)表示之。(RSA 的說明請參閱定義 9)

定義 7: Place 上的時空屬性是存於 token 之中，若 token 消失，則 place 的時空屬性亦跟著消失。

定義 8: 假設 Transition 的 Output place P_j 與 Input Place P_i 有相對空間關係，則 P_j 的空間座標可參照 P_i 的空間屬性與 RSA 而求得，並稱之為 P_j 空間座標參照 P_i 。

此外，為了增加 STRPN 模式的完整性，因此另有一些公理訂定如后：

公理 1: 若 Output place P_j 的相對空間關係參考 Input Place P_i ，則 P_j 在劇本語意上必須在 P_i 之後或同時展示。

公理 2: 一個 media place 至多只能有一個對應的 image place，每個 image place 始終保有一個 token，用以記錄時空屬性，token 始終是處於 unlocked 的狀態，亦即其持續時間(Duration)為 0。

公理 3: Transition 的 Output place 至多只能與其中一個 Input Place 有相對

空間關係。Output Arc 上可用斜體字標示出所參照的 input place 名稱，以表明 Output place 與 Input place 間相對空間屬性之參照關係。

4、STRPN 模式定義

時空關係 Petri Net 可以定義成以下形式：

定義 9: STRPN = (P, IP, DP, TU, TC, TO, A, W, SA, RSA, F, M_0) 其中：

- (1) P 是 Media Place 的有限集合， $P = \{ P_1, P_2, \dots, P_n \}$ ， $P_i = (x_i, y_i, w_i, h_i, Dur_i, SP_i)$ 且 $1 \leq i \leq n$ ，其中：
 - a. x_i 是 Place P_i 的左上角頂點的水平座標(x 軸座標)。
 - b. y_i 是 Place P_i 的左上角頂點的垂直座標(y 軸座標)。
 - c. w_i 是 Place P_i 的水平寬度(width)。
 - d. h_i 是 Place P_i 的垂直高度(height)。
 - e. Dur_i 是 Place P_i 展示的持續時間(Duration)。
 - f. SP_i 是 Place P_i 的空間優先權(Spatial Priority)。 $SP_i \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$ 。
- (2) IP 是 Image Place 的有限集合，用以記錄對應的 Place 最新空間屬性。 $IP = \{ IP_1, IP_2, \dots, IP_n \}$ ， $IP_i = (x_i, y_i, w_i, h_i)$ 且 $1 \leq i \leq n$ ，其中 x_i, y_i, w_i, h_i 之定義與 P_i 同。

- (3) DP 是 Delay Place 的有限集合，用以表示兩個 Media Place 間之展示時間延遲語意， $DP = \{ DP_1, \dots, DP_n \}$ ， $DP_i = (Dur_i)$ 且 $1 \leq i \leq n$ ，亦即此類 Place 中只有 Dur(持續時間)一個時間屬性。Delay Place 的持續時間其實就是延遲時間。
- (4) TU 是 unlocked then firing transition 的有限集合， $TU = \{ tu_1, tu_2, \dots, tu_n \}$ 。
- (5) TC 是 enabled then firing continuously transition 的有限集合， $TC = \{ tc_1, tc_2, \dots, tc_n \}$ 。
- (6) TO 是 enabled then firing once transition 的有限集合， $TO = \{ to_1, to_2, to_3, \dots, to_n \}$ 。
- (7) $A = \{ T \times P \mid \{ P \times T \} \rightarrow \{0,1\}$ 。
- (8) $W: A \rightarrow \{0,1\}$ 。W 是 Arc 上的權值，若 $\{ P \times T \} \rightarrow 0$ 表示 Transition 的 Input Place 並無 token 流入。
- (9) $SA: P_i \rightarrow (x_i, y_i, w_i, h_i, SP_i)$ ，是 Place P_i 的空間屬性， x_i, y_i, w_i, h_i, SP_i 的意義與 Place P 中的定義相同。
- (10) $RSA: P_j \rightarrow (P_i, Rh, Dh, Rv, Dv)$ ，是 Place P_j 的相對空間屬性，其中
- P_j 是參考 Place。
 - P_i 是被參考的 Place。
 - $Rh: \{ P_i, P_j \} \rightarrow \{ LLL, LLr, Lla, RLL, RLr, Rla, LRL, LRR, Lra, RRL, RRR, Rra \}$ 。Rh(Relationship of herizon) 是物件 P_j 和 P_i 的水平方向關係。
 - Dh : 是指物件 P_i 至 P_j 間之水平方向距離(horizontal distance)。
 - $Rv: \rightarrow \{ P_i, P_j \} \rightarrow \{ TTh, TTL, Tta, BTh, BTL, Bta, TBh, TBl, Tba, BBh, BBl, Bba \}$ 。Rv(Relationship of verticality) 是物件 P_i 和物件 P_j 的垂直方向關係，以三碼英文字母表示共 12 種情形。
 - Dv : 是指物件 P_i 至 P_j 間之垂直方向距離(vertical distance)。
- (11) F 是 transition function 的集合，用以限定 transition 上之相對空間關係函式的表示式。
- (12) M_0 是 initial marking, $M_0: P \rightarrow \{0,1\}$

5、相對空間關係函數

定義 10: 令 T_i 是 transition, $1 \leq i \leq n$, P_k 是 T_i 的 input place, P_j 是 T_i 的 output place, x_k, y_k, w_k, h_k 為 P_k 的空間屬性(定義如上所述), Dh 為 P_k 至 P_j 間之水平方向距離, Dv 是 P_k 至 P_j 間之垂直方向距離, 則 transition T_i 上之 transition function: $fx_{Ti}(P_j)$ 及 $fy_{Ti}(P_j)$ 分別表示 P_j 的 x 軸座標($P_j.x$)與 y 軸座標($P_j.y$), 其中:

$fx_{Ti}(P_j) =$

- $P_i.x - Dh$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為 "LLl" 時。
- $P_i.x + Dh$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為 "LLr" 時。

- c. $P_i.x$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為"LLa"時。
- d. $P_i.x + P_i.w - Dh$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為"RLl"時。
- e. $P_i.x + P_i.w + Dh$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為"RLr"時。
- f. $P_i.x + P_i.w$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為"RLa"時。
- g. $P_i.x - Dh - P_j.w$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為"LRl"時。
- h. $P_i.x - P_j.w$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為"LRa"時。
- i. $P_i.x + Dh - P_j.w$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為"LRr"時。
- j. $P_i.x + P_i.w - Dh - P_j.w$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為"RRr"時。
- k. $P_i.x + P_i.w - P_j.w$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為"RRa"時。
- l. $P_i.x + P_i.w + Dh - P_j.w$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rh 為"RRr"時。
- e. $P_i.y + P_i.h + Dv$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"BTl"時。
- f. $P_i.y + P_i.h$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"BTa"時。
- g. $P_i.y - Dv - P_j.h$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"TBh"時。
- h. $P_i.y - P_j.h$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"TBa"時。
- i. $P_i.y + Dv - P_j.h$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"TBl"時。
- j. $P_i.y + P_i.h - Dv - P_j.h$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"BBh"時。
- k. $P_i.y + P_i.h - P_j.h$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"BBa"時。
- l. $P_i.y + P_i.h + Dv - P_j.h$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"BBl"時。

(二)、多媒體時空關係描述

(Little, 1990)所提出之 OCPN 模式中, 將(Allen, 1983)所提出之兩物件間之七種時間關係以圖 1 的統一 OCPN 模式表示, 圖 1 中 place P_b 的持續時間即為 place P_b 相對於 place P_a 的延遲時間, 若 P_b 的持續時間為零表示 P_a 與 P_b 同時展示, 若 P_b 的持續時間大於零, 則表示 P_b 相對於 P_a 的展示存在著一段延遲時間。

至於兩物件間的空間關係描述, 依物件間相對空間參考的語意, 可區分成只參考一次, 或連續參考等兩類。譬如 P_b 的空間位置參考 P_a 的空間屬性而定, 若 P_b

$fy_{Ti}(P_j) =$

- a. $P_i.y - Dv$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"TTTh"時。
- b. $P_i.y + Dv$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"TTl"時。
- c. $P_i.y$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"TTa"時。
- d. $P_i.y + P_i.h - Dv$, 當 $RSA(P_j)$ 中之 Rv 為"BTTh"時。

只參考 P_a 一次，表示 P_b 一開始展示時需參考 P_a 的空間屬性，而得到 P_b 一開始展示時的空間位置，此後 P_b 即自行展示，不再受 P_a 影響。若 P_b 是連續參考 P_a ，表示 P_b 自一開始展示起至停止展示止，隨時參考 P_a 的空間屬性而改變其在螢幕上的位置。

本節中將針對上述兩物件間展示的時空關係加以分類舉例說明如下：

1、Case I (僅參考一次):

P_b 的空間位置參考 P_a ，且是在 P_b 開始展示時參考。

(1) 若 P_b 與 P_a 同時展示，則表示方式如圖 4 所示：

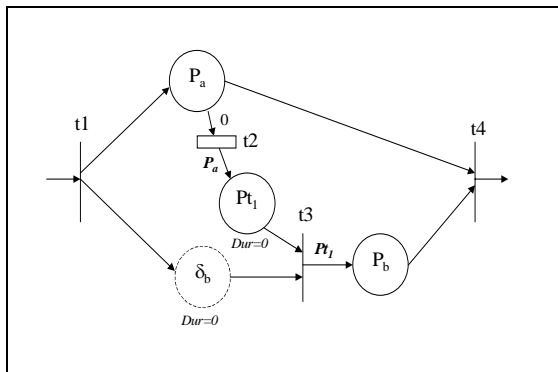


圖 4 同時展示且僅參考一次之 STRPN 圖

圖 4 中 P_b 的相對 P_a 的延遲時間為 0 (δ_b 之 $Dur=0$)，表示 P_a 與 P_b 同時展示，而 t_2 是 Enabled then firing once transition， P_{t_1} 是暫時性的 place， t_2 觸發時會有一個 token 流入 P_{t_1} ，用以暫存 P_a 的空間屬性資料，待 t_3 觸發時提供 P_a 的

空間資訊給 P_b 展示參考。此例中 t_3 不會比 t_2 先行觸發，(因 t_3 觸發的必要條件是 P_{t_1} 上必須有 token，而 P_{t_1} 上原本並無 token，必須等到 t_2 觸發後才會有一個 token 流入 P_{t_1} 中) 因此 P_b 必能參考到 P_a 的正確空間資訊。

(2) 若 P_b 對 P_a 有 δ_b 的延遲，則表示方式如圖 5 所示：

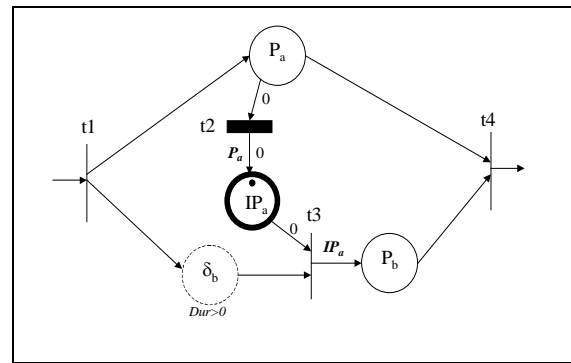


圖 5 延遲且僅參考一次之 STRPN 圖(一)

圖 4 與圖 5 不同之處在於圖 5 的 t_2 是 Enabled then firing continuously transition，且使用 Image place IP_a ，目的在將 P_a 的空間屬性資料隨時記錄至 IP_a 中，等待 P_b 的延遲時間 (δ_b) 結束， t_3 觸發時供 P_b 展示參考。值得注意的是，若 P_a 是動態物件，則圖 5 中的 P_b 開始展示時所參考到的 P_a 空間位址，將是經過 δ_b 的時間後之位置，而不是 P_a 一開始展示時之空間位置。若展示語意更改成 P_a 是動態物件， P_b 參考 P_a 一開始展示的空間屬性，且 P_b 對 P_a 有 δ_b 的時間延遲，則 STRPN 圖應更改成圖 6。

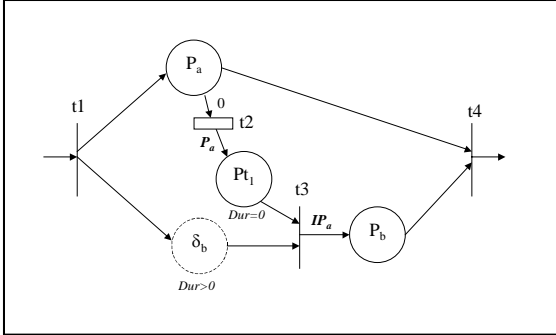


圖 6 延遲且僅參考一次之 STRPN 圖(二)

圖 6 與圖 4 的差別在於，圖 6 的 δ_b 的 duration 大於 0(因有延遲)而圖 4 的 δ_b 的 duration 等於 0。但因 P_b 均參考 P_a 一開始展示時的空間資料，因此使用 Enabled then firing once transition (t2), 因此類 transition 只 fire 一次，且是在 enabled 的瞬間觸發，因此流入 place P_{t1} 的 token 將保有 P_a 一開始展示時的空間資料。

2、Case2(連續參考):

P_b 空間位置一直參考 P_a 而定(譬如 P_a 與 P_b 均是動態物件時)則:

- (1) 若 P_b 與 P_a 同時展示，則表示方式如圖 7 所示:

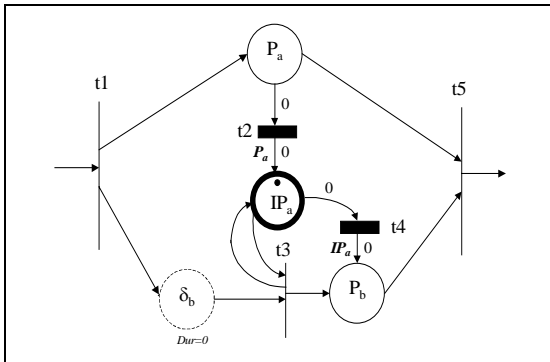


圖 7 同步展示且連續參考之 STRPN 圖

圖 7 中 P_a 與 P_b 均是動態物件， δ_b 是 P_b 相對 P_a 的延遲時間 ($Dur=0$ 表示 P_a 與 P_b 同時展示)， P_b 相對空間關係參考 P_a ，且 P_b 與 P_a 同時展示，其中 Image place IP_a 是用以記錄動態物件 P_a 的即時空間資訊，經由 $t4$ 隨時的觸發而提供 P_b 展示時參考。至於 IP_a 與 $t3$ 間的雙向 arc ($Arc\{IP_a \times t3\}$ 及 $Arc\{t3 \times IP_a\}$) 是用以 reset IP_a 中 P_a 舊有的空間資訊，以確保 P_b 能參考到 P_a 最新且正確的空間資訊。

- (2) 若 P_b 對 P_a 有 δ_b 的延遲，則表示方式如圖 8

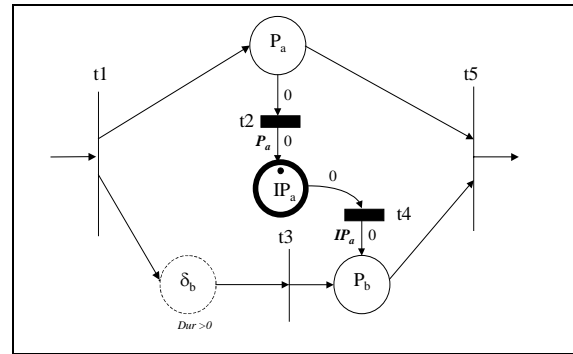


圖 8 延遲且連續參考之 STRPN 圖

圖 8 中的 δ_b 的持續時間大於 0 ($Dur>0$)，因此 P_b 展示前 P_a 早已開始展示，因此 image place IP_a 中即有最新之 P_a 空間資訊，並隨時提供給 P_b 展示瞬間及展示期間之參考。

(三)、模式證明

本節中將以上一節的四個案例為基礎，利用 reachability tree 逐步分解 token 的 marking 狀態以證明本模式的正確性。

定理 1: 假設 place P_b 的空間座標參考 place P_a ，若 P_b 上有 token，則 token 上的空間座標不是無值 (NULL) 就是有正確的值。

定理 2: 若 P_b 上有 token，則 P_b 上的 token 空間座標值從無值(NULL)到有正確值的時間間隔為 0。

圖 9(a)是一個簡單的 STRPN 圖形，圖 9(b)則為其 reachability tree，其中 M 表示 STRPN 的 token marking，下標數字代表 transition 觸發的階度，上標數字代表同一階度中 marking 的次序。為了簡化 marking 的樹狀結構，中括號中只標示出有 token 的 place 名稱，place 名稱的右上方(上標字)有四種可能情形，分別是「i」代表 token 目前所記錄的空間資料是初始值(有可能是無值)；「n」代表 token 取得最新的空間參考值，並更新了該 token 正確的空間座標值；「o」代表 token 所取得的空間參考值是舊的(可能是上一次展示遺留下來的)，此時 token 所得的空間座標值可能是錯誤的；「*」代表 token 目前的空間座標值未知(NULL)或無值。因此圖 9(b)中的 $M_2^1[P_b^n]$ 表示在第二次 transition 觸發時的第 1 種 marking，此時

只有 place P_b 有 token，且其空間座標已是更新後的正確值 P_b^n 。

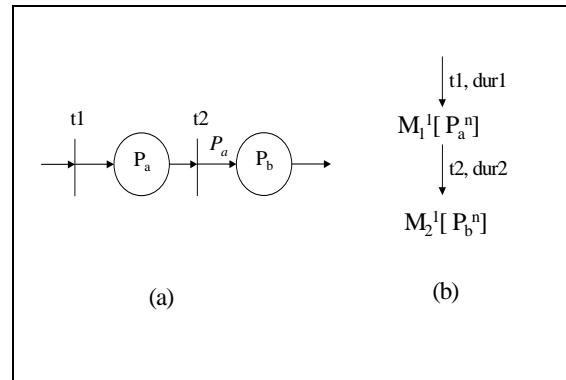


圖 9 STRPN 圖與對應的 Marking 圖

此外，圖 9(b) reachability tree 的 Arc 上除標示觸發的 transition 名稱外，同時也標示了該 transition 觸發前後 marking 狀態變化所花費的時間，如圖 9(b)中之「t2, dur2」表示 marking 狀態由 M_1^1 變化至 M_2^1 所花費的時間為 dur2。

證明: Case1(1) 圖 4 之 reachability tree 如圖 10 所示

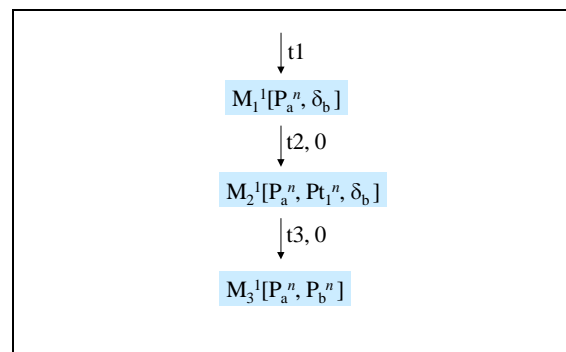


圖 10 Case1(1)之 reachability tree

由圖 4 及圖 10 可知, t_2 觸發時 P_{t_1} 的空間座標會參考 P_a 之空間屬性而更新, t_3 觸發時 P_b 的空間座標則參考 P_{t_1} 之空間屬性而更新, 此外圖 10 中 M_1^1 至 M_3^1 間之時間延遲為 0, 因此 P_a 和 P_b 雖同時展示, P_b 仍正確地參考到 P_a 的空間屬性值。(最後 M_3^1 得到 P_b^n)

證明: Case1(2) 圖 5 之 reachability tree 如圖 11 所示

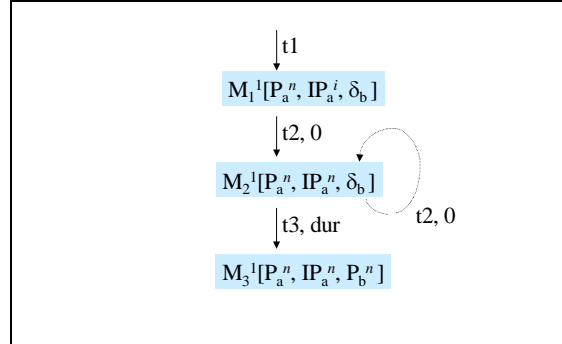


圖 11 Case1(2)之 reachability tree

由圖 5 及圖 11 可得知, 因 δ_b 之持續時間大於 0, 因此 t_2 將比 t_3 早觸發。此外, t_2 觸發時 IP_a 的空間座標會參考 P_a 之空間屬性而更新, t_3 觸發時 P_b 的空間座標則參考 IP_a 之空間屬性而更新, 因此 P_b 展示時必能正確地參考到 P_a 的空間屬性資料。

證明: Case2(1) 圖 7 之 reachability tree 如圖 12 所示

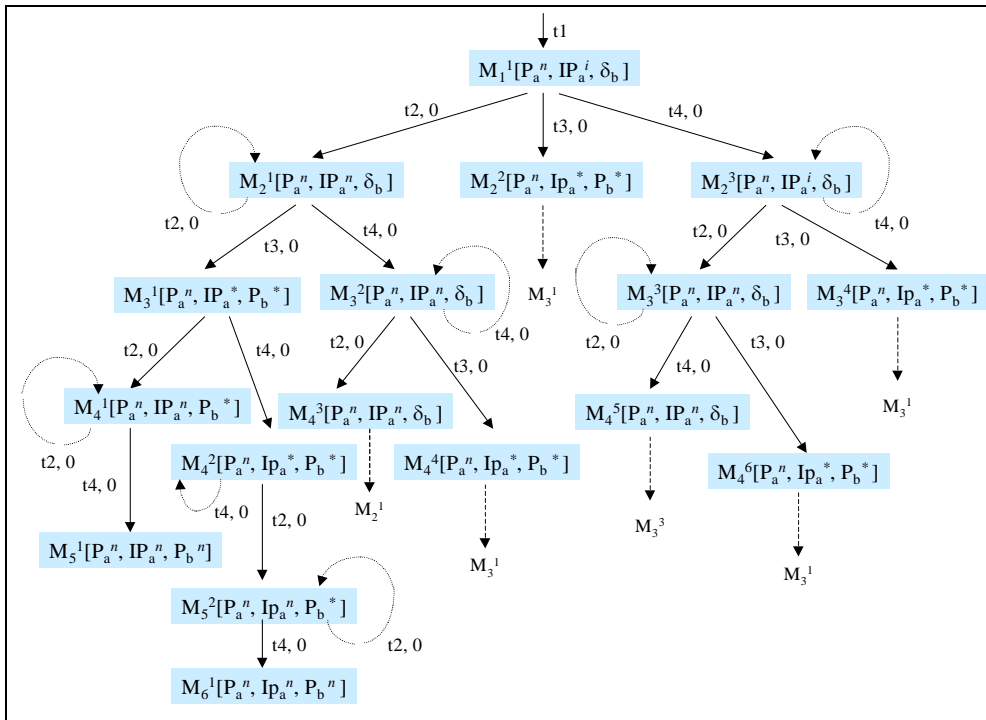


圖 12 Case2(1)之 reachability tree

圖 12 中自 M_1^1 起至 M_5^1 或 M_6^1 止的時間延遲為 0，且最後 place P_b 均能得到 IP_a 的最新空間資訊，而 IP_a 最新之最新空間資訊即為 P_a 的最新空間資訊，因此 P_a 和 P_b 雖同時展示， P_b 仍正確地參考到

P_a 的空間屬性值(因不論是 M_5^1 或 M_6^1 ，最後均得到 P_b^n)。

証明: Case2(2) 圖 8 之 reachability tree 如圖 13 所示

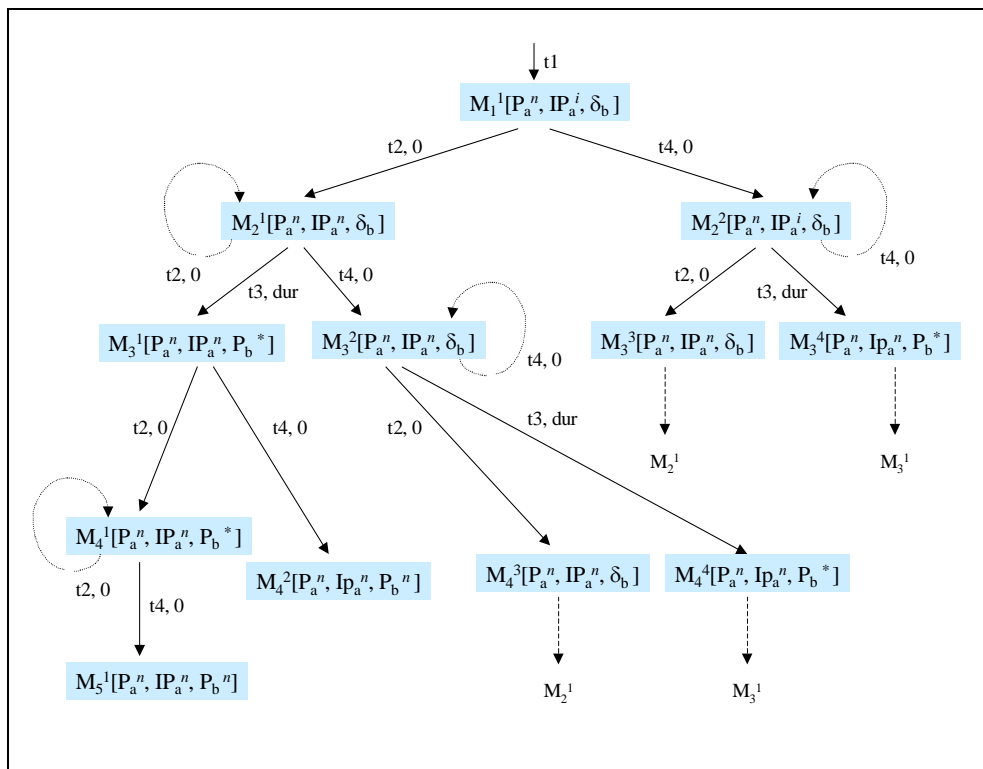


圖 13 Case2(2)之 reachability tree

由圖 8 及圖 13 可得知，因 δ_b 之持續時間大於 0，因此 t_2 及 t_4 將比 t_3 早觸發。因此 t_3 觸發之前 IP_a 已有 P_a 最新的空間資訊，當 δ_b 持續時間結束 t_3 觸發時，由 M_3^1 起至 M_5^1 或 M_4^2 止的時間延遲為 0，因此 P_b 可以參考到 IP_a 的最新空間資訊，而得到正確的空間座標值。

肆、範例說明

本節中將以一個實際的多媒體展示劇本為例，描繪其 STRPN 圖並藉以將展示劇本的時空語意清楚地描述。展示劇本片段為：「一開始在螢幕的左上角右邊 5 公分，下方 3 公分處顯現影像 A，其長

為 10 公分寬 8 公分，持續時間為 10 秒鐘。A 展示的第 3 秒後，背景音樂 B 開始播放，持續時間為 1 分鐘，在 B 播放的同時，在 A 的右邊邊界右方 6 公分，下方邊界下方 3 公分處展示一段影片 C，長 12 公分寬 10 公分，展示的時間是 30 秒。A 展示到第 5 秒後，動畫 D 在 A 的左邊邊界右方 2 公分，下方邊界下方 3 公分處開始展示，D 長 6 公分寬 6 公分，持續時間為 1 分鐘。D 展示 10 秒後，另一動畫 E 在 D 一開始展示位置的左邊邊界左邊 3 公分，上方邊界上方 5 公分處展示，E 長 8 公分寬 10 公分，持續時間

是 30 秒。E 展示的同時，另一動畫 F 參考 D 當時的位置開始展示，且將一直保持在 D 右邊邊界的右方 3 公分，下方邊界下方 2 公分處展示，F 長 7 公分，寬 5 公分，持續時間為 30 秒。此外動畫 G 亦與動畫 E 同時展示，G 長 6 公分寬 3 公分，且將一直保持在 E 的右邊邊界右方 7 公分，上方邊界下方 7 公分處展示，持續時間亦為 30 秒。整段展示在背景音樂播放結束時終止。」跟據範例的劇本語意所描繪出之 STRPN 圖如圖 14，其相對空間關係描述如圖 15 所示：

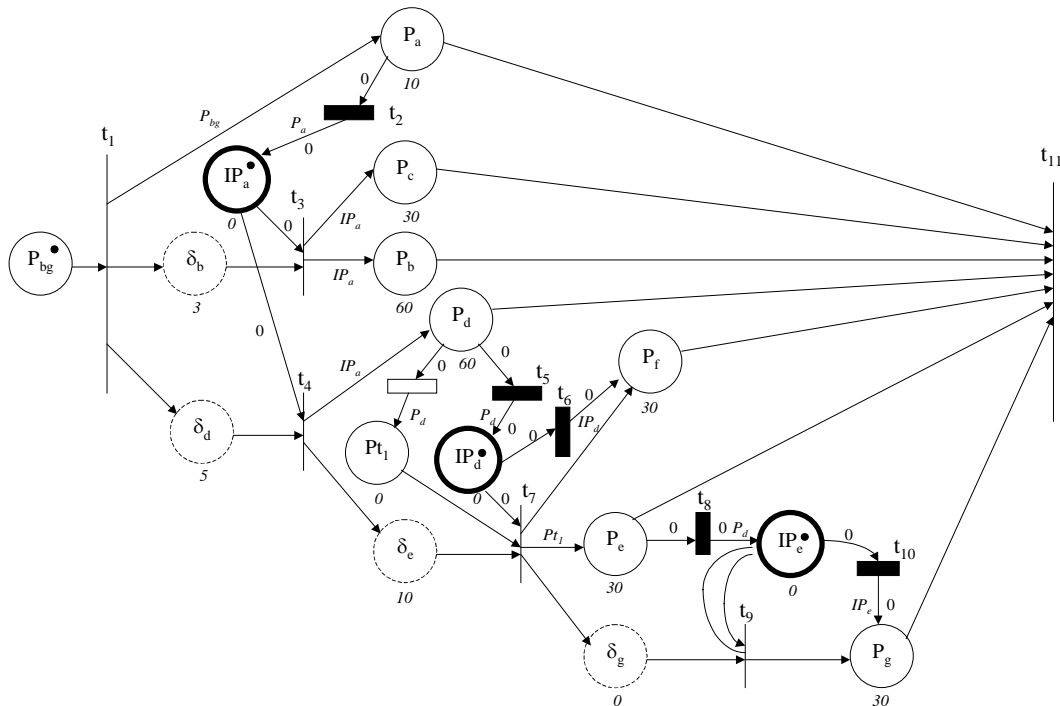


圖 14 多媒體展示範例 STRPN 圖(一)

$P_{bg}=(x_{bg}, y_{bg}, h_{bg}, v_{bg}, Dur_{bg}, SP_{bg})=(0,0,0,0,0,0)$	
$SA(P_a)=(5,3,10,8,1)$	$SA(P_c)=(P_c.x, P_c.y, 12, 10, 2)$
$SA(P_d)=(P_d.x, P_d.y, 6, 6, 3)$	$SA(P_e)=(P_e.x, P_e.y, 8, 10, 4)$
$SA(P_f)=(P_f.x, P_f.y, 7, 5, 5)$	$SA(P_g)=(P_g.x, P_g.y, 6, 3, 6)$
$RSA(P_a)=\langle IP_{bg}, LLr, 5, TTL, 3 \rangle$	一開始在螢幕的左上角右邊 5 公分，下方 3 公分處顯現影像 P_a
$SA(IP_a)=SA(P_a)$	將 P_a 的最新空間屬性即時保留在 IP_a 中
$RSA(P_c)=\langle IP_a, RLr, 6, BTL, 3 \rangle$	P_c 在 P_a 的右邊邊界右方 6 公分，下方邊界下方 3 公分處展示
$RSA(P_d)=\langle IP_a, LLr, 2, BTL, 3 \rangle$	P_d 在 P_a 的左邊邊界右方 2 公分，下方邊界下方 3 公分處展示
$SA(P_{t_1})=SA(P_d)$	將 P_d 的一開始展示時的空間屬性保留在 P_{t_1} 中
$SA(IP_d)=SA(P_d)$	將 P_d 的最新空間屬性即時保留在 IP_d 中
$RSA(P_e)=\langle P_{t_1}, LLL, 3, TTh, 5 \rangle$	P_e 在 P_d 當時位置的左邊邊界左邊 3cm，上方邊界上方 5cm 處展示
$RSA(P_f)=\langle IP_d, RLr, 3, BTL, 2 \rangle$	P_f 一直保持在 D 右邊邊界的右方 3cm，下邊邊界下方 2cm 處展示
$SA(IP_e)=SA(P_e)$	將 P_e 的最新空間屬性即時保留在 IP_e 中
$RSA(P_g)=\langle IP_e, RLr, 7, TTL, 7 \rangle$	P_g 在 P_e 的右邊邊界右方 7 公分，上方邊界下方 7 公分處展示

圖 15 多媒體展示範例 STRPN 圖(二)

伍、結論與未來研究方向

多媒體的展示因媒體的多樣性而顯得相當複雜，複雜的主要原因在於各種媒體的時空特性不同，靜態媒體(如文字、圖案、影像等)空間的狀態不會隨時間而改變，動態媒體(如動畫等)空間的狀態則可能隨時間的改變而改變，因此多媒體系統必須整合各種媒體的時空特性，使媒體展示時的時序關係與空間組成能達到最佳的協調。

為了描述多媒體系統展示的時空關係語意，必須有一套完整的展示模式加以因應。理想的展示模式必須能同時且完整地描繪出多媒體物件間之時序關係

與相對空間關係，此外為了容易瞭解，最好是圖形化的模式。可惜的是，傳統以 Petri Net 為基礎的圖形化模式多半只能描述多媒體展示的時間關係，而鮮少有描述物件間相對空間關係之機制，部份非圖形化模式，如(Vazirgiannis, 1996)，採用自定的時空函數陳述多媒體展示的劇本語意，對相對空間關係的陳述雖較為具體，但因不是圖形模式，述句過長時將不易瞭解展示語意的全貌。而本研究所提出之模式同時解決了以上模式所遭遇的問題，具體的貢獻有：

- (一) 發展出一套能同時描述多媒體時間關係與空間組成的圖形化常規展示模式。

(二) 能有效描繪出動態與靜態物件展示時相對空間關係的語意。

(三) 可描述動態物件間即時性的空間關係語意。

透過第參節所列舉的四種基本時空關係之組合，可以清楚描述出多媒體展示劇本中包含多個一對多的時空關係語意。此外，本文中亦利用 reachability tree 證明本模式的空間相對關係參考的正確性。不論同步或非同步展示，參考物件只會參考到被參考物件之正確空間值。

參考文獻

- 胡曉峰, 吳玲達, 李國輝, 老松楊 合著, 「多媒體系統原理與應用」, 初版, 儒林書局, 民國 85 年 1 月。
- 陳佳伶, 陳彥良, 許秉瑜, 「使用者互動式的多媒體 Petri Nets 展示模式」, 中央大學資訊管理研究所碩士論文, 民國 86 年 6 月。
- Allen, J. F. "Maintaining Knowledge about temporal intervals," *Communications of the ACM*, vol.26(11), Nov. 1983, pp.832-843
- Egenhofer, M. & Franzosa, R. "Point-Set Topological Spatial Relations," *International Journal of Geographic Information Systems*, vol.5(2), March 1991, pp. 161-174
- Jensen, K. "Coloured Petri Ntes: Basic concepts, Analysis Methods and Practical Use," Berlin: Springer-Verlag, vol.1, 1992
- Lion, M., Francis, Y. & Ghafoor, A. "An Object-Oriented Model for Spatio-Temporal Synchronization of Multimedia Information," *IEEE Comp.*, 1994, pp. 110-119
- Little, T. D. C. & Ghafoor, A. "Synchronization and Storage Models for Multimedia Objects," *IEEE Journal on Sel. Areas in Commun*, vol. 8 No.3, Apr. 1990, pp. 413-427
- MURATA, T. "Petri Nets: Properties, Analysis and Application," *In Proc. of the IEEE*, vol.77, No.4, Apr. 1989
- Papadias, D., Theodoridis, Y., Sellis, T. & Egenhofer, M. "Topological Relations in the World of Minimum Bounding Rectangles: a Study with R-trees," *Proceedings of ACM SIGMOD Conference*, May 1995
- Papadias, D. & Theodoridis, Y. "Spatial Relations, Minimum Bounding Rectangles, and Spatial Data Structures," *International Journal of Geographic Information Science* vol.11(2) , 1997, pp. 111-138

Ramchandani, C. "Analysis of asynchronous concurrent system by timed petri nets," Project MAC, TR 120, MIT, Feb. 1974

Wiley, J. "Petri Nets – A tool for Design and Management of Manufacturing Systems," 1996

Vazirgiannis, M., Theodoridis, Y. & Sellis, T. "Spatio - Temporal Composition in Multimedia Applications," proceedings of the INTERNATIONAL WORKSHOP ON MULTIMEDIA SOFTWARE DEVELOPMENT, IEEE-ICSE '96 - BERLIN

Vazirgiannis, M., Theodoridis, Y. & Sellis, T. "Spatio-Temporal Composition and Indexing for Large Multimedia Applications," ACM/Springer-Verlag Multimedia Journal, 1997

作者簡介

張元斌

國立中央大學資訊管理研究所碩士，研究興趣為資料模式、資訊管理與多媒體資料庫等。



許秉瑜

1995 年 UCLA 資訊工程博士，研究領域有 WWW 資料庫、資料挖礦、資料倉儲、ERP 等，多篇相關論文發表於國內外期刊上，現任教於中央大學企管系，並擔任中央大學管理學院電算中心主任及中央大學 ERP 中心主任。



陳彥良

1989 年清華大學資訊科學博士，1985 年清華大學工業工程碩士，1983 年成功大學工業管理系學士，研究領域有演算法、資料庫、資料倉儲、資料挖礦等，曾發表多篇文章於 OR、EJOR、Computers & OR、IPL、Trans Res B 等國際雜誌，並曾發表文章於管理學報、資訊管理學報、資訊管理研究等國內期刊，現任教於中央大學資管系。

