



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I491204 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：098140726

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 11 月 30 日

(51)Int. Cl. : **H04L12/28 (2006.01)**

(30)優先權：2008/12/15 美國 12/334,891

(71)申請人：鷹圖科技公司 (美國) INTERGRAPH TECHNOLOGIES COMPANY (US)
美國

(72)發明人：拉思可思基 彼得 LASKOWSKI, PETER (US)

(74)代理人：林秋琴；何愛文

(56)參考文獻：

US 7382731B1

審查人員：黃偉倫

申請專利範圍項數：34 項 圖式數：4 共 40 頁

(54)名稱

不對稱網路中的路由方法

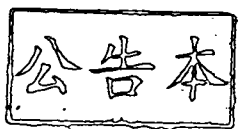
ROUTING METHOD IN ASYMMETRIC NETWORKS

(57)摘要

一種用來建立或加強通過由複數內連結點所構成之不對稱網路之路徑的方法，該方法包括儲存位於至少一節點處的導航資料，提供給從該節點遊歷至下一節點的代理者使用，代理者最終會從第一終端節點(例如來源節點)遊歷至第二終端節點(例如目的節點)。當代理者從第一終端節點經由中間節點遊歷至第二終端節點時修改提供給從第二終端節點經由中間節點遊歷至第一終端節點之代理者使用的導航資料。遊歷互補路由的代理者藉由加強彼此的路徑來決定與加強路徑。

A method for establishing or reinforcing a path through an asymmetric network of interconnected nodes includes storing navigation data at one or more nodes, for use by an agent in traveling from that node to a subsequent node, while ultimately traveling from a first terminal node (for example, a source node) to a second terminal node (for example, a destination node). As the agent travels from a first terminal node to a second terminal node via an intermediate node, the agent modifies the navigation data intended for use by an agent traveling from the second terminal node to the first terminal node via the intermediate node. Agent traveling complementary routed reinforce each other paths, allowing path to be determined and reinforced.

99年12月8日修正替換頁



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98140726

※申請日：98.11.30

※IPC 分類：H04L 12/28 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

不對稱網路中的路由方法

ROUTING METHOD IN ASYMMETRIC NETWORKS

二、中文發明摘要：

一種用來建立或加強通過由複數內連結點所構成之不對稱網路之路徑的方法，該方法包括儲存位於至少一節點處的導航資料，提供給從該節點遊歷至下一節點的代理者使用，代理者最終會從第一終端節點(例如來源節點)遊歷至第二終端節點(例如目的節點)。當代理者從第一終端節點經由中間節點遊歷至第二終端節點時修改提供給從第二終端節點經由中間節點遊歷至第一終端節點之代理者使用的導航資料。遊歷互補路由的代理者藉由加強彼此的路徑來決定與加強路徑。

六、英文發明摘要：

A method for establishing or reinforcing a path through an asymmetric network of interconnected nodes includes storing navigation data at one or more nodes, for use by an agent in traveling from that node to a subsequent node, while ultimately traveling from a first terminal node (for example, a source node) to a second terminal node (for example, a

99年12月8日修正替換頁

destination node). As the agent travels from a first terminal node to a second terminal node via an intermediate node, the agent modifies the navigation data intended for use by an agent traveling from the second terminal node to the first terminal node via the intermediate node. Agent traveling complementary routed reinforce each other paths, allowing path to be determined and reinforced.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 3 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

101-109 節點

301、302 螞蟻

311、312 螞蟻

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於網路，更有關於使用群體智慧(swarm intelligence)決定不對稱網路中的路由(route)。

【先前技術】

大家都知道現有技術是使用群體智慧來建立網路中的路由。在美國專利第 6,940,832 號中的不對稱網路(包括動態網路)係使用群體智慧(由 Saadawi 等人在 2005 年 9 月 6 日發佈之”移動無基地台式網路(infrastructureless network)的路由方法”)。Per Huvhaugen 於 2006 年 4 月 3 日在 Oslo 大學發表關於群體智慧之應用的概述”對使用群體智慧之移動對等式無線網路(Ad Hoc Networks)之路由協定的總體研究”。Dijkstra 演算法通常被視為在對稱、非動態網路中識別較佳路由的最佳方法。

【發明內容】

本發明第一實施例提供由內連結點構成的網路，包括來源節點以及目的節點。每個節點不需要連接至每個其他節點，也就是每個節點沒有必要可以在未通過中間節點的情況下從每個其他節點到達。

建立路徑是為了將資料封包或其他物件從來源節點傳送至目的節點。為此，複數下游資料代理者從來源節點經由至少一中間節點傳送至目的節點，以及複數上游資料代

理者從目的節點經由至少一中間節點傳送至來源節點。每個資料代理者在每個節點皆透過決定那個節點應該作為下一節點而獨立導航直到完成其路程為止。

在本發明較佳實施例中，每個節點皆儲存下游路由表以及上游路由表，下游路由表儲存了代理者遊歷至目的節點所使用關於每個下游節點的資訊，上游路由表儲存了代理者向上游遊歷至來源節點所使用關於每個上游節點的資訊。到達一節點並且向下游導航的資料代理者將從下游相鄰節點集合中選擇其下一節點，並且將部分根據下游路由表中資料代理者可用的資訊來做決定。同樣的，到達一節點並且向上游導航的資料代理者將從上游相鄰節點集合中選擇其下一節點，並且將部分根據資料代理者在該節點處的可用資訊(包括上游路由表中的資料)來做決定。

為了加強其路徑，向下游遊歷的資料代理者將修改其拜訪每個節點處的上游路由表，因此到達該節點的上游資料代理者將更有可能選擇已到達該節點之下游資料代理者的上游節點作為其下一節點。同樣的，向上游遊歷的資料代理者將修改其拜訪每個節點處的下游路由表，因此到達該節點的下流資料代理者將更有可能選擇已到達該節點之上游資料代理者的下游節點作為其下一節點。資料代理者在一節點修改路由表的數量是該代理者到達該節點之前已遊歷路徑品質的函數。

在這個方法中，在相反方向獨立導航的代理者加強來源節點與目的節點之間的路徑。最終可決定從來源節點至

目的節點的最佳路徑是由具有最強固節點所定義的路徑。

【實施方式】

為讓本發明之上述和其他目的、特徵、和優點能更明顯易懂，下文特舉出較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下：

在本發明實施例中，網路的每個節點皆儲存有關相鄰節點的資訊，且第一類型的代理者(從網路的來源節點移動至目的節點)係使用已儲存資訊的子集合導航至目的節點。第二類型的代理者以相反的方向在網路中移動(從目的節點移動至來源節點)，並且使用已儲存資訊的子集合導航至來源節點。每個代理者會在到達節點之前更新其所拜訪每個節點之資訊的子集合來加強代理者所移動路徑的品質。值得注意的是，一種類型的代理者會更新其他類型代理者所使用的資訊。在這個方法中，每個類型的代理者會對由其他類型代理者持續更新的資料執行操作。在一些實施例中，專用螞蟻(dedicated ant)可以重新追蹤先前螞蟻所採用的路徑而進一步的加強期望路徑。

在一些實施例中，路徑可以被定義為端點對端點(end to end)(例如來源節點至目的節點)、端點對中間(end to intermediate)(例如來源節點至中間節點或是中間節點至目的節點)或是中間對中間(例如來源節點與目的節點之間路徑上的任意兩個節點)。

網路具有複數節點。節點可以是例如城市、工廠或是



電腦(例如伺服器)。

連結(link)將網路中的節點互相連接。網路的例子包括透過道路互相連接的城市，透過鐵路線路(railroad line)互相連接的工廠，或是通訊系統中透過通訊線路互相連接的電腦。一般來說，網路中的每個節點不需要直接連接至每個其他節點(也就是，網路的定義不要求每個節點皆可以在未通過中間節點的情況下從每個其他節點到達)。

在一些實施例中，每個連結皆是單向的，這意味著物件僅可沿著連結以單一方向從一個節點移動至另一節點。藉由遍歷(traverse)節點之間的連結從一個節點移動至另一節點稱為躍程(hop)。例如，在第 1 圖中，位於節點 102 的卡車可透過兩者之間的連結 120 直接移動至節點 101(一次躍程)。若兩個節點之間沒有直接的連結，物件仍可以藉由通過至少一中間節點從一節點移動至另一節點。例如，在第 1 圖中，位於節點 102 的卡車可經由連結 120 先移動至節點 101，接著經由遍歷連結 124 移動至節點 103(兩次躍程)。另外，位於節點 102 的卡車可以先通過節點 105 與 104 而移動至節點 103(三次躍程)。

若期望兩個節點之間具有雙向性(bidirectional)的移動，則一對互補單向(unidirectional)連結可將節點連接而有效的產生雙向連結。

每個連結皆具有物件遍歷該連結所需要的相關成本。例如，若第 1 圖之連結 121 為位於節點 105 的城市與位於節點 107 的城市之間的道路，則卡車在道路 121 移動的成

本考量因素可能會是例如遍歷其距離所花費的時間、必需支付的通行費用、道路的流量或是行程所需要的燃油量。在其他例子中，若連結 121 為位於節點 105 的電腦與位於節點 107 的其他電腦之間的通訊通道，則利用連結 121 傳送資料封包的成本考量因素可能會是例如頻寬、訊雜比或是通道中的安全性(或是缺乏安全性)。

同樣的，從一節點至另一節點的路徑成本為路徑中每個連結之成本的總和。另外，根據路徑成本可以判斷路徑品質。成本評估允許連結或路徑之間的比較。

網路中的每個節點皆具有相鄰節點。對一既定節點來說，其相鄰節點包括透過單一連結連接至該既定節點的所有節點之集合。既定節點之相鄰節點的集合可進一步細分為兩種類型：下游節點(downstream node)以及上游(upstream node)節點。”下游”節點為從既定節點透過一連結可以到達的節點，其中不會通過其他節點。這需要一連結或路徑，該連結或路徑將在適當的方向產生流量(也就是從既定節點至相鄰節點的方向)。相反的，”上游”節點為具有一連結的節點，該連結可以直接連接至既定節點，因此流量可以從上游節點直接移動至既定節點，其中不會通過其他節點。例如，在第 1 圖的網路 100 中，節點 105 的相鄰節點為 102、104、106 以及 107，其中節點 104、106 以及 107 為節點 105 的下游節點，而節點 102、104 以及 106 為節點 105 的上游節點。值得注意的是，節點是根據與其他節點之間的關係而分類為”上游”或”下游”，而不是根據其是

否位於任意兩個節點之間的路徑上(例如，即使既定節點不在來源節點與目的節點之間向下游移動的代理者路徑上，既定節點對於其相鄰節點來說仍可以被分類為”下游”節點)。

對稱網路的定義是網路中從第一節點至第二節點的每個連結皆具有從第二節點至第一節點的對應連結。

若從第一節點移動至第二節點的成本與從第二節點移動至第一節點的成本不同，或是若其中一方向的連結不存在，則將這樣的網路稱做不對稱網路。第 1 圖顯示不對稱網路 100。網路 100 為不對稱網路，因為一些節點對之間的連結僅允許在一個方向移動。例如，節點 105 與節點 107 之間僅具有從節點 105 移動至節點 107 的連結(121)，而不具有從節點 107 至節點 105 方向的連結。網路 100 將會使用於各種實施例，然其並非用來限定本發明的範圍。在一些實施例中，不對稱網路可包含對稱連結甚至是對稱子網路，但仍被視為不對稱網路。

若網路中的連結與成本不會改變，這樣的網路稱為靜態網路。相反的，動態網路中的連結或路徑可隨時間而改變。例如，既定路徑的成本可能會增加，因此不期望路徑中包含這樣的連結。例如若道路正在施工，則具有較慢的速度並且會增加燃油使用量。另外，既定路徑可能會變得完全無法取得，例如發生道路封閉或是橋樑中斷時。在一些例子中，動態網路中的節點在網路中的位置可能會被改變，其中需要破壞舊的連結並且建立新的連結。

當物件從一節點移動至另一節點時必須決定路徑。若一連結連接兩個節點，則物件可藉由遍歷該連結從一節點移動至另一節點。然而，若兩個節點之間不是透過直接的連結而連接，或是若不期望使用兩個節點之間存在的連結(例如成本太高)，則物件可藉由通過至少一中間連結到達其目的地。例如，節點 105 處的訊息封包可透過路徑 123 直接移動至節點 106，或是可透過路徑 121 與路徑 122 的組合通過中間節點 107 而間接到達節點 107。

在決定最佳路徑時可以考慮每個可用路徑的成本。以運貨車的例子來說，若時間為重要的考量因素，則可以選擇最快速的路由，即使需要更多的燃油。另外，若節省燃油為重要的考量因素，則可以選擇最短的路由，即使這不是最快速的路徑。一般來說，當開發路徑時，期望使用具有較低成本之連結而不是具有較高成本之連結。

識別最佳路徑的一種方法必須具有網路分析師來評估所有可能的路徑，並且根據分析師認為重要的考量因素來決定較佳路徑。然而，對較大的網路來說，這種方法是複雜、緩慢並且非常昂貴的。

熟悉此技藝之人士皆瞭解在對稱、靜態網路中尋找有效路徑的方法，Dijkstra 演算法通常被視為最佳的方法。

然而，在不對稱網路中必須發展其他方法。一些方法是基於群體智慧(又稱為螞蟻理論(ant theory))，例如 Per Huvhaugen 於 2006 年 4 月 3 日在 Oslo 大學發表關於群體智慧之應用的概述”對使用群體智慧之移動對等式無線網路



(Ad Hoc Networks)之路由協定的總體研究”。

第 2A 圖與第 2B 圖顯示在現有技術中使用群體智慧尋找網路 100 中從來源節點 101 至目的節點 109 之路徑的方法。這個方法與螞蟻尋找、建立以及加強路徑的方法相同，讓其他螞蟻藉由使用費洛蒙(pheromones)來移動，螞蟻與費洛蒙的比喻有助於瞭解現有技術的方法。在這個方法中，在來源節點釋放代理者(可以被視為螞蟻)並且移動至目的節點(可以被視為前鋒螞蟻(forward ant))。

在現有技術中，螞蟻藉由從一節點躍程至下一節點向下游移動來導航網路至其目的節點。螞蟻在每個節點處決定應該移動至哪一個下游節點而獨立導航。也就是說螞蟻不會遵循預先定義的路徑。值得注意的是，當抵達一節點時，螞蟻使用導航方程式(navigation equation)評估該節點處的可用資料，導航方程式是使用可用資訊決定螞蟻路程中的下一節點的演算法。

在每個節點處可具有幾個類型的螞蟻可用資訊。被稱為”本地能見度啟發(local visibility heuristic)”的一些資訊僅可包括關於連結至下游相鄰節點的資訊，例如可用性、頻寬或是時間延遲。根據導航方程式，螞蟻的決定可以是僅包括一個因素的函式或是包括數個因素的加權函式。

導航方程式也包括隨機機率因素(random probability factor)。因此，不一定會選擇具有最低成本的連結作為下一節點，儘管具有最低成本的連結比其他連結更有可能被選取(統計上是更經常被選取)。例如，在 90%的情況下，螞蟻

可採用具有最低成本的連結，而在其他情況下可採用至少一其他連結。

每個節點亦可包含提供給螞蟻使用的其他資訊。值得注意的是，每個節點具有對每個可能目的節點的路由表。每個路由表包含影響螞蟻選擇任何既定下游節點之機率的加權因子。加權因子相同於一些螞蟻在路徑上的點所留下的費洛蒙，因此之後前鋒螞蟻可藉由評估在各點留下的費洛蒙強度而遵循追蹤費洛蒙。加權因子可傳遞關於節點之可用連結的資訊(例如遍歷每個連結的成本)。另外，加權因子可傳遞關於相鄰節點的資訊。例如，從一節點至第二節點的連結具有低成本，但是若第二節點具有不期望的特徵(例如位於該節點處的電腦顯示為低電量)，則可透過增加該節點的成本來降低連接至該節點之連結的可取性來反應這樣的資訊。在這個方法中，路由表中的加權資料不僅包含關於連結品質的資訊，更包含關於該連結之另一端節點的品質資訊。在本發明實施例中，所有這樣的資訊將會被視為關於連結本身的部分資訊，然其並非用來限定本發明的範圍。

當螞蟻從來源節點抵達其目的地時會評估其採用路徑的成本，並且與從相同來源節點抵達該目的地的其他螞蟻所採用路徑的成本進行比較。若螞蟻採用的路徑比其他路徑有利(例如比其他路徑具有更低的成本)，則可藉由從目的節點傳送反向螞蟻(backward ant)至來源節點來加強路徑。反向螞蟻係遵循第一螞蟻所採用路徑的相反方向。反向螞

蟻沿著該路徑更新每個節點處的路由表(例如費洛蒙資料)來加強第一螞蟻採用的路徑。

簡言之，在現有技術中，代理者透過躍程從來源節點向下游導航至目的節點。在每個節點處，代理者會使用導航方程式來決定其路程的下一個下游節點。導航方程式根據其目前節點處可用的資訊評估來選擇下游節點，包括關於可用的下游節點與連結、隨機可能性要素以及影響隨機可能性要素之加權因子的資訊。當識別出較佳路徑時沿著該較佳路徑反向傳送另一代理者來加強路徑。

第 2A 圖顯示現有技術的例子，在來源節點 101 處釋放兩隻向下游移動的螞蟻 201 與 202。螞蟻 201 到達節點 103 且螞蟻 202 到達節點 105。兩隻螞蟻 201 與 202 皆是獨立導航來尋找目的節點 109。

在第 2A 圖中，位於節點 105 的螞蟻 202 必須決定選擇哪一個節點作為下一個目的地。下游節點 104、106 與 107 皆是可用的選擇。在這個例子中，節點 102 不是節點 105 的下游節點，因此不會是螞蟻 202 考慮作為下一個目的地的選擇，因為圖中不具有從節點 102 至節點 105 的連結允許直接的躍程。在做這個決定的時候，螞蟻 202 可以考慮本地能見度啟發。若前一代的螞蟻已遍歷過該網路，則反向螞蟻已經在本地路由表上留下追蹤費洛蒙，因此螞蟻 202 亦可存取儲存在關於螞蟻的目的地之路由表中的費洛蒙資料。

例如，若螞蟻 202 位於節點 105，且其最終目的地為節

點 108，則螞蟻 202 係存取關於節點 108 的路由表。若尋找具有最少連結的路由為重要的考量因素，則路由表將包含使節點 106 為對螞蟻最有吸引力之選擇的費洛蒙(因為節點 106 與目的節點 108 僅距離一次躍程)。

另外，若螞蟻的最終目的地為節點 109，則螞蟻係存取關於節點 109 的路由表。該路由表將包含使節點 107 為對螞蟻最有吸引力之選擇的費洛蒙(因為節點 107 與最終目的節點 109 僅距離一次躍程)。第 2C 圖顯示這樣的路由表。因此，位於節點 105 的螞蟻可根據其最終目的地在可用下游節點之間做不同的決定。

當決定下一節點時，螞蟻 202 將遍歷連結至已選取節點。若節點 109 為最終目的地，則藉由重複此處理步驟，螞蟻 202 最終將尋找到達目的節點 109 的路徑。

當螞蟻抵達目的節點 109 時，目的節點將評估哪隻螞蟻所採用從來源節點 101 至目的節點 109 的路徑為最佳路徑(例如具有最低成本)。藉由任何期望的一套標準根據待最佳化的成本可用來決定較佳路徑(例如最快速的傳輸或是在傳輸中使用最少的燃油)。採用最佳路徑的螞蟻可以稱為“冠軍”螞蟻。

一旦決定了最佳路徑，則會從目的節點 109 釋放另一螞蟻(又稱為反向螞蟻)向上游移動至來源節點 101。反向螞蟻與前鋒螞蟻的不同之處在於反向螞蟻不會獨立導航。相反的，反向螞蟻會重新追蹤冠軍前鋒螞蟻所採用的路由。反向螞蟻修改每個節點處關於即將由遊歷至該目的節點之

前鋒螞蟻的後代所使用的目的節點之路由表中的費洛蒙資料。值得注意的是，加強路徑上每個節點的費洛蒙資料係有利於從下游節點抵達該節點的反向螞蟻。在這個方法中，抵達前往目的節點之路徑上一節點的任何螞蟻(不考慮螞蟻的最終來源)將會被影響來遵循已識別為較佳的路徑的路徑。

在第 2A 圖中，若在遍歷路徑 101-102-105-107-109 之後判斷螞蟻 202 是冠軍螞蟻，則從目的節點 109 傳送一反向螞蟻 210 經由下列路徑 109-107-105-102-101 至來源節點 101(如第 2B 所示)。在節點 107 處，反向螞蟻 210 修改關於節點 109 的路由表來增加抵達節點 107 之前鋒螞蟻選擇節點 109 代替節點 106 作為下一節點的可能性。反向螞蟻 210 修改路徑中每個其他節點的路由表以有利於路徑中的下一個下游節點。

反向螞蟻藉由遍歷已認可冠軍螞蟻的路徑(以相反的順序節點對節點)並且增加每個節點處的加權因子來加強路徑。在加強冠軍螞蟻的路徑之後，後來的螞蟻更有可能遵循冠軍螞蟻所採用的路徑。相反的，其他節點(也就是不在該路徑上的節點)對後來的螞蟻相對的較不具有吸引力，且通過這些節點的路徑相對的比較微弱。藉由這些包括至少一迭代(iteration)的處理程序會浮現出最佳路徑，且最佳路徑會被識別為包含具有最多費洛蒙之節點的路徑。基於此理由，識別路徑的這種方法被稱為“浮現現象(emergent phenomenon)”。

在這個時候各種觀察可能會有幫助。首先，反向螞蟻將在錯誤方向的連結上移動。這在修改(目前預定義的)下游路徑之路由表的服務中是可以允許的。第二，前鋒螞蟻不會修改路由表。前鋒螞蟻僅遵循追蹤”費洛蒙”，而忠實且奴隸般地遍歷(目前預定義的)下游路徑的反向螞蟻會產生並加強追蹤費洛蒙。第三，反向螞蟻不會獨立導航(因為其奴隸般地遍歷前述下游路徑)，因此對於向上游移動的螞蟻來說不具有路由表(例如從目的節點 109 至來源節點 101)。最後，不可能沿著實際網路傳送反向螞蟻(例如不可能在單行道的錯向上傳送運貨車或是在單向資料連結的錯向中進行資料傳輸)。因此，這樣的處理程序最佳為例如透過在電腦硬體上執行的建模軟體(modeling software)實施於目標網路模型。

與現有技術相反的是，本發明的一些實施例可使用螞蟻從目的節點向上游獨立導航遊歷至來源節點(稱為”上游螞蟻”)，並且允許螞蟻如同其獨立自主的導航網路般地向下游遊歷來修改上游路徑表。

第 3A 圖與第 3B 圖顯示本發明實施例。在第 3A 圖中，從來源節點 101 釋放至少一隻下游螞蟻(在這個實施例中只有兩隻下游螞蟻 301 與 302)獨立導航至目的節點 109。導航與第 2A 圖與第 2B 圖的例子相同，其中下游螞蟻 301 與 302 皆是獨立導航的。在較佳實施例中，網路 100 中的每個節點皆具有對每個可能目的節點的下流路由表。

第 3B 圖顯示一組上游螞蟻 311 與 312，從目的節點 109

出發並且獨立導航至來源節點 101。值得注意的是，這些上游螞蟻 311 與 312 與現有技術之反向螞蟻的不同之處在於上游螞蟻係獨立導航至來源節點 101 而不是奴隸般地反向遍歷預定義的下游路徑。

使用上游螞蟻 311 與 312 的結果為網路 100 中的每個節點將較佳地具有對每個可能來源節點的上游路由表。

在本發明實施例中，上游螞蟻與下游螞蟻皆穿越來源節點與目的節點之間的網路。在較佳實施例中，每個節點皆包含對網路中每個其他節點的下游路由表(由向下游移動至每個這樣的節點的螞蟻使用)以及對網路中每個其他節點的上游路由表(由向上游移動至每個這樣的節點的螞蟻使用)。

與現有技術不同的是，在本發明的一些實施例中，下游螞蟻與上游螞蟻皆修改其通過之每個節點處的路由表。值得注意的是，下游螞蟻修改上游路由表中的資料，且上游螞蟻修改下游路由表中的資料。

螞蟻修改路由表的量係取決於抵達該節點之前已遊歷的路徑品質。在每個節點處可評估到達該節點之螞蟻的路徑成本，並且將該成本與從相同來源節點到達該節點的其他螞蟻所採用的路徑成本進行比較(值得注意的是，執行評估不會考慮各螞蟻的目的節點)。系統操作者可指定用於這種比較的螞蟻池。另外，用於這種比較的螞蟻池可以只是在已定義時間期間內到達該節點之所有螞蟻的群組，或是可以被定義為先前螞蟻的整數。已遊歷最佳路徑的螞蟻大

量修改路由表，因此對抵達該節點之後來的螞蟻最具有影響力。

例如，評估從來源節點遊歷到達該節點之下游螞蟻所遵循路徑的成本。接下來，將該成本與從相同來源節點抵達該節點之其他這樣的螞蟻所採用路徑的成本進行比較。若該螞蟻遵循的路徑是較佳路徑(例如具有最低成本)，則該螞蟻比透過較不期望路徑(例如具有較高的成本)到達該節點的其他下游螞蟻更大量的更新上游路由表。在這個方法中，遊歷至來源節點的螞蟻比較有可能遵循下游螞蟻所繪製的路線。在相同的方法中，來自目的節點的上游螞蟻加強了未來下游螞蟻遊歷至目的節點的路徑。

上述處理程序的各種優點是顯而易見的。首先，螞蟻的初始世代不需要如同現有技術般完全隨機的導航至其目的節點。在現有技術中，前鋒螞蟻的第一世代隨機的尋找目的節點，並且僅具有本地能見度啟發資料可用來通知導航方程式。相反的，本發明實施例允許上游螞蟻開始提供第一世代中的下游路由表。因此，下游螞蟻的第一世代甚至在第一螞蟻到達目的節點之前如同其遊歷網路般地在下游路由表中尋找資料。這會促進路徑尋找更快速的收斂。

螞蟻也可以更新除了關於來源以及/或目的節點之外的路由表。例如，到達既定節點的螞蟻可以更新該螞蟻在路程中已拜訪過的每個其他節點的路由表。在這個方法中，即使沒有任何螞蟻從該節點釋放或是傳送至該節點，到達該節點的其他螞蟻亦可在有關其目的節點(舉例來說)的路

由表中尋找有用的資料。

另外，若以排除現存路徑或是使現存路徑為較不期望路徑的方法來改變網路，在一些實施例中允許路由方法快速且有效的適應新的網路配置。例如，若節點改變位置，則螞蟻將難以藉由通過網路之完全隨機地行程找到位於新位置的節點。然而，在一些實施例中，來自已移動節點的上游螞蟻將快速的開始散佈關於導向節點新位置的路徑資訊。對於從來源節點出發的螞蟻來說，比起在目的節點本身出錯，其更容易在包含關於目的節點新位置資訊的節點出錯(例如由從目的節點出發之上游螞蟻留下的費洛蒙)。

第 3A 圖顯示本發明實施例的示意圖，其中下游螞蟻 302 從節點 102 到達節點 105。節點 105 包含下游路由表以及上游路由表。下游螞蟻 302 修改節點 105 的上游路由表來增加之後到達節點 105 的上游螞蟻選擇節點 102 作為上游螞蟻前往來源節點 101 路程中的下一個節點的機會。螞蟻 301 以相同的方式導航，並且當螞蟻 301 移動時也會更新路由表。

螞蟻 301 以及螞蟻 302 最終將通過節點 107 是有可能的(例如若螞蟻 302 直接從節點 105 躍程至節點 107，且若螞蟻 301 從節點 103 躍程至節點 104、接著經由節點 105 而至節點 107)。在節點 107 處將估計螞蟻 301 所採用的路徑以及螞蟻 302 所採用的路徑。若將路徑中的躍程次數最小化是重要的考量，則節點 107 判斷螞蟻 302 採用的路徑為較佳路徑，因為螞蟻 302 從節點 101 至節點 107 僅需要

三次躍程，而螞蟻 301 從節點 101 至節點 107 需要四次躍程。當螞蟻 301 到達節點 107 時，螞蟻 301 將不會像螞蟻 302 一樣修改路由表，因為螞蟻 301 所採用的路徑成本比較高因而為較不期望的路徑。在這個方法中係加強路徑 101-102-105-107，而路徑 101-103-104-105-107 是相對較微弱的路徑。

同樣的，在第 3B 圖中，上游螞蟻 312 從節點 108 到達節點 106。值得注意的是，上游螞蟻 312 以相反的方向遊歷節點 106 與節點 108 之間的連結 313(也就是違反連結 313 的已定義流向，換句話說就是單行道的錯誤方向)。上游螞蟻必須以錯誤方向遊歷每個連結，因為上游螞蟻最終會協助定義下游路徑，且若上游螞蟻要以”對的方向”遊歷連結，則對應的下游路徑可能無法使用該連結(也就是對於嘗試使用該連結的下游螞蟻來說可能是錯誤的方向)。

上游螞蟻 312 修改節點 106 處的下游路由表，以增加之後到達節點 106 的下游螞蟻選擇節點 108 作為下游螞蟻前往目的節點 109 路程中下一個節點的機會。

同樣的，上游螞蟻 311 從節點 107 到達節點 105 並且修改節點 105 處的下游路由表來增加之後到達節點 105 的下游螞蟻選擇節點 107 作為下游螞蟻前往目的節點 109 路程中下一個節點的機會。

本發明實施例可以使用每一種類型的至少一螞蟻或是每一種類型螞蟻的至少一群體智慧。例如，將螞蟻的第一世代釋放至網路中，當螞蟻的第一世代完成其工作時，可

以將至少一螞蟻之後來的世代釋放至網路中。螞蟻的每個世代都會從先前螞蟻完成的工作中獲得好處。藉由下游螞蟻與上游螞蟻重複的應用程式將會浮現出圖案(pattern)。該圖案包括在各自路由表中具有較高”費洛蒙”濃度的節點。

從圖案中可以取得從來源節點至目的節點的一組至少一路徑。取得路徑的一種方法是從來源節點開始一次一個節點的選擇下游路由表中具有最高費洛蒙的下游相鄰節點作為下一個節點來建立路徑。持續上述步驟直到定義了從來源節點至目的節點的節點路徑為止。

另一(可能不同的)路徑是從目的節點開始一次一個節點的選擇上游路由表中具有最高費洛蒙的上游相鄰節點作為下一個節點而取得。持續上述步驟直到定義了從目的節點至來源節點的節點路徑為止。

這個路徑或是這組路徑代表在現行網路中從來源節點遊歷至目的節點的最佳路由。最佳路徑可以作為從來源節點至目的節點的路由資訊或物件(例如資料封包或是運貨車)。

在其他實施例中可藉由傳送反向螞蟻重新追蹤路徑來加強路徑。第4A圖顯示當下游螞蟻(未圖示)從來源節點101到達目的節點109時，會將其路徑與從節點101到達節點109的其他下游螞蟻所採用的路徑進行比較。若該路徑被視為值得加強的路徑(例如該路徑是當時具有最低成本的路徑)，則從目的節點109釋放反向下游螞蟻410沿著成功下游螞蟻所採用完全相同的路徑向上游遊歷至來源節點

101。反向下游螞蟻 410 沿著路徑中每個節點處加強關於來源節點 101 的上游路由表。換句話說，反向下游螞蟻 410 加強的路由表和反向下游螞蟻 410 作為基礎之成功下游螞蟻加強的路由表是相同的。這點與現有技術的反向螞蟻不同，因為現有技術中的反向螞蟻是向上游遊歷並且修改每個節點處的下游路由表，而反向下游螞蟻 410 是修改每個節點處的上游路由表。

第 4B 圖顯示當上游螞蟻(未圖示)從目的節點 109 到達來源節點 101 時，其路徑會被拿來和從目的節點 109 抵達來源節點 101 的其他上游螞蟻所採用的路徑進行比較。若該路徑被視為值得加強的路徑，則從來源節點 101 釋放反向上游螞蟻 411 沿著成功上游螞蟻所採用完全相同的路徑向下游遊歷至目的節點 109。反向上游螞蟻 411 沿著路徑中每個節點處加強關於目的節點 109 的下游路由表。換句話說，反向上游螞蟻 411 加強的路由表和反向上游螞蟻 411 作為基礎之成功上游螞蟻加強的路由表是相同的。

可以看出本發明的各種實施例促進螞蟻之間的種間通訊(inter-species communication)(例如下游螞蟻透過上游路由表與上游螞蟻進行通訊，以及上游螞蟻透過下游路由表與下游螞蟻進行通訊)以及世代間通訊(例如螞蟻的每個世代可透過路由表與後來的世代進行通訊)。這種通訊的作用是可以透過網路快速且有效的尋找以及維持較佳路徑的方法。使用這些方法識別的路徑可接著用來在網路上傳送資料或其他物件。

本發明的各種實施例至少可以在部分的任何傳統電腦程式語言中實現。例如，一些實施例可以在程序編程語言(procedural programming language)(例如”C”)或是物件導向編程語言(object oriented programming language)(例如”C++”)中實現。本發明其他實施例可作為預編程硬體元件(例如專用集成電路(application specific integrated circuit)、FPGA 以及數位信號處理器)或是其他相關成分來實現。

在其他實施例中，所揭露的裝置與方法可實現為在電腦系統上使用的電腦程式產品。這樣的實現可包括固定在有形媒體上一連串的電腦指令，例如電腦可讀媒體(例如磁片(diskette)、CD-ROM、ROM 或是固定磁碟)。這一連串的電腦指令可包括所有或部分前述關於該系統的功能。

熟悉此技藝之人士皆瞭解可將這樣的電腦指令寫成一些編程語言給許多電腦架構或作業系統使用。另外，可以將這樣的指令儲存在任何記憶裝置中，例如半導體、磁性、光學或是其他記憶裝置，並且可使用任何通訊技術來傳送，例如光學、紅外線、微波或是其他傳輸技術。

在其他方法中，這樣的電腦程式產品可以是具有伴隨印刷或電子文件的可移除式媒體(例如拆封授權軟體(shrink wrapped software))、預載電腦系統(例如系統 ROM 或是固定磁碟)或是透過網路從伺服器或電子佈告欄來發佈(例如網際網路(Internet)或是全球資訊網(World Wide Web))。當然，本發明的一些實施例可以實現為軟體(例如電腦程式產

品)與硬體之組合。本發明的其他實施例可實現為完全硬體或是完全軟體。

本發明雖以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明的範圍，任何熟習此項技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可做些許的更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 圖顯示不對稱網路的示意圖。

第 2A 圖與第 2B 圖顯示在現有技術中決定通過不對稱網路之路由的方法。

第 2C 圖顯示路由表的示意圖。

第 3A 圖與第 3B 圖顯示本發明實施例的示意圖。

第 4A 圖顯示本發明實施例的示意圖。

第 4B 圖顯示本發明實施例的示意圖。

【主要元件符號說明】

100	網路
101-109	節點
120-124	連結
201	螞蟻
202	螞蟻
210	螞蟻



301	螞蟻
302	螞蟻
311	螞蟻
312	螞蟻
313	連結
410	螞蟻
411	螞蟻

十、申請專利範圍：

- 1.一種方法，用來建立從一來源終端節點通過包括複數內連節點的一不對稱網路至一目的終端節點的一路徑，其中穿過該網路的一代理者遍歷連接一節點至下一節點的連結直到其到達該目的終端節點為止，該方法包括：

於一第三節點處接收來自一第四節點的一第一代理者，其中該第一代理者來自該來源終端節點，並且通過該網路向該目的終端節點導航；

在該第一代理者引導至該下一節點之前，根據關於該第一代理者先前遊歷的該路徑的資訊修改位於該第三節點的一第一上游導航資料表，其中該第一上游導航資料表中的資料係配置成引導後代理者從該第三節點至該來源終端節點；

根據位於一第一下游導航資料表中的資料決定該第三節點路徑中的一下一節點，其中該第一下游導航資料表中的資料係配置成引導該第一代理者至該目的終端節點；以及

將該第一代理者引導至該下一節點。

- 2.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該第一上游導航資料表中的資料包括關於至少一上游節點的資訊。
- 3.如申請專利範圍第 2 項之方法，其中該第一上游導航資料表中的資料更包括一第一加權因子。
- 4.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中關於該第一代理者先前遊歷的該路徑的資訊包括關於該第四節點的資訊。

- 5.如申請專利範圍第 4 項之方法，其中關於該第四節點的資訊包括關於該第四節點的操作特性的資訊。
- 6.如申請專利範圍第 4 項之方法，其中關於該第四節點的資訊包括關於將該第四節點連接至該第三節點的一連結的資訊。
- 7.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中修改該第一上游導航資料表包括改變至少一加權因子來加強該第一代理者先前遊歷的該路徑。
- 8.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該第一下游導航資料表包括關於至少一下游節點的資訊。
- 9.如申請專利範圍第 8 項之方法，其中該第一下游導航資料表包括一第二加權因子。
- 10.如申請專利範圍第 9 項之方法，其中該決定步驟包括藉由合併具有來自該第一下游導航資料表之資料的資訊來評估關於至少一下游節點的資訊。
- 11.如申請專利範圍第 1 項之方法，更包括：

從該目的終端節點傳送一第二代理者至該來源終端節點，該第二代理者遍歷該第一代理者先前遵循的一路徑，該第二代理者修改至少一中間節點的一第二下游導航資料表中的導航資料來加強該第一代理者先前遵循的該路徑，該第二上游導航資料表中的該導航資料係配置成引導下一代理者至該目的終端節點。
- 12.如申請專利範圍第 11 項之方法，其中修改該導航資料包括改變至少一加權因子。

- 13.一種方法，用來建立從一來源終端節點通過包括複數內連節點的一不對稱網路至一目的終端節點的一路徑，其中穿過該網路的一代理者遍歷連接一節點至下一節點的連結直到其到達該來源終端節點為止，包括：

於一第三節點處接收來自一第四節點的一第一代理者，其中該第一代理者來自該目的終端節點，並且通過該網路向該來源終端節點導航；

根據關於該第一代理者先前遊歷的該路徑的資訊修改該第三節點的一第一導航資料表，其中該第一導航資料表中的資料係配置成引導下一節點從該第三節點至該目的終端節點；

根據位於一第二導航資料表中的資料決定該第三節點路徑中的一下一節點，其中該第二導航資料表中的資料係配置成引導該第一代理者從該第三節點至該來源終端節點；以及

將該第一代理者引導至該下一節點。

- 14.如申請專利範圍第 13 項之方法，其中該第一導航資料表中的資料包括關於至少一下游節點的資訊。
- 15.如申請專利範圍第 14 項之方法，其中該第一導航資料表中的資料更包括一第一加權因子。
- 16.如申請專利範圍第 13 項之方法，其中關於該第一代理者先前遊歷的該路徑的資訊包括關於該第四節點的資訊。
- 17.如申請專利範圍第 16 項之方法，其中關於該第四節點的資訊包括關於該第四節點之操作特性的資訊。

- 18.如申請專利範圍第 16 項之方法，其中關於該第四節點的資訊包括關於將該第三節點連接至該第四節點的該連結的資訊。
- 19.如申請專利範圍第 13 項之方法，其中修改該第一導航資料表包括改變至少一加權因子來加強該第一代理者先前遊歷的該路徑。
- 20.如申請專利範圍第 13 項之方法，其中該第二導航資料表包括關於至少一上游節點的資訊。
- 21.如申請專利範圍第 20 項之方法，其中該第二導航資料表包括至少一第二加權因子。
- 22.如申請專利範圍第 20 項之方法，其中該決定步驟包括藉由合併具有來自該第二導航資料表之資料的資訊來評估關於至少一上游節點的資訊。
- 23.如申請專利範圍第 13 項之方法，更包括：

從該來源終端節點傳送一第二代理者至該目的終端節點，該第二代理者遍歷該第一代理者先前遵循的一路徑，該第二代理者修改至少一中間節點的導航資料來加強該第一代理者先前遵循的該路徑。
- 24.如申請專利範圍第 23 項之方法，其中修改該導航資料包括修改該第二導航資料表中的資料。
- 25.如申請專利範圍第 24 項之方法，其中修改該導航資料包括改變至少一加權因子。
- 26.一種方法，用來識別通過由複數連結內連複數節點構成的一不對稱網路的一路徑，包括一第一節點、一第二節

點以及複數其他節點，包括：

將一第一代理者從該第一節點經由一第三節點傳送至該第二節點，其中該第一代理者根據位於該第三節點處一第一下游導航資料表中的資料決定該路徑中的下一節點，其中該第一下游導航資料表中的資料係配置成引導該第一代理者至該第二節點；

該第一代理者修改位於該第三節點處一第一上游導航資料表中的資料，其中該第一上游導航資料表中的資料係配置成引導下一代理者至該第一節點。

27.如申請專利範圍第 26 項之方法，更包括：

將一第二代理者從該第二節點經由一中間節點傳送至該第一節點，其中該第二代理者根據位於該中間節點處一第三上游導航資料表中的資料決定其路徑中的下一節點，其中該第三上游導航資料表中的資料係配置成引導該第二代理者至該第一節點；以及

該第二代理者修改位於該中間節點處一第四下游導航資料表中的資料，其中該第四下游導航資料表中的資料係配置成引導下一代理者至該第二節點。

28.如申請專利範圍第 26 項之方法，更包括藉由選擇從該第一節點到達該第二節點之至少一代理者所遵循的路徑來識別從該第一節點至該第二節點的較佳路徑。

29.如申請專利範圍第 27 項之方法，更包括藉由選擇從該第二節點到達該第一節點之至少一代理者所遵循的路徑來識別從該第一節點至該第二節點的較佳路徑。

30.一種電腦程式產品，用來識別通過一不對稱網路之複數節點的一路徑，該電腦程式產品包括具有一電腦可讀取程式碼的一有形儲存媒體，該電腦可讀取程式碼包括：

用來維持導航資訊的一下游路由表的程式碼；

用來維持導航資訊的一上游路由表的程式碼；

用來將一第一代理者從一第一節點經由一第三節點傳送至一第二節點的程式碼，其中該第一代理者根據該下游路由表中的導航資訊決定下一節點而從該第三節點獨立導航至其下一節點，該下游路由表中的導航資訊係配置成引導該第一代理者至該第二節點；以及

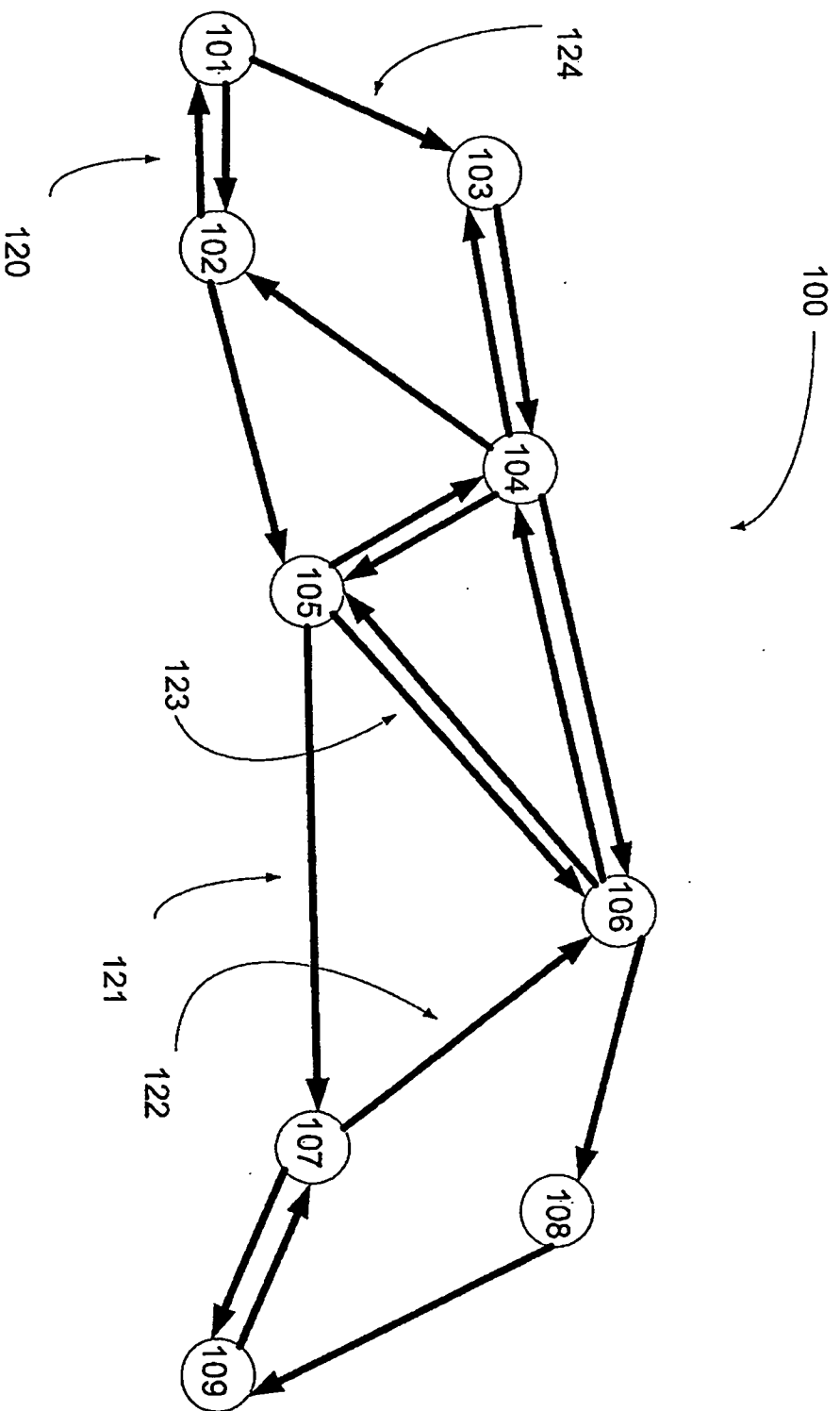
在到達該第三節點之前用來修改作為該第一代理者所遍歷路徑函式之該上游路由表中的導航資訊的程式碼，以致該上游路由表中的導航資訊係配置成引導下一代理者至該第一節點。

31.如申請專利範圍第 30 項之電腦程式產品，其中該上游路由表中的導航資訊包括關於至少一下游節點的資訊。

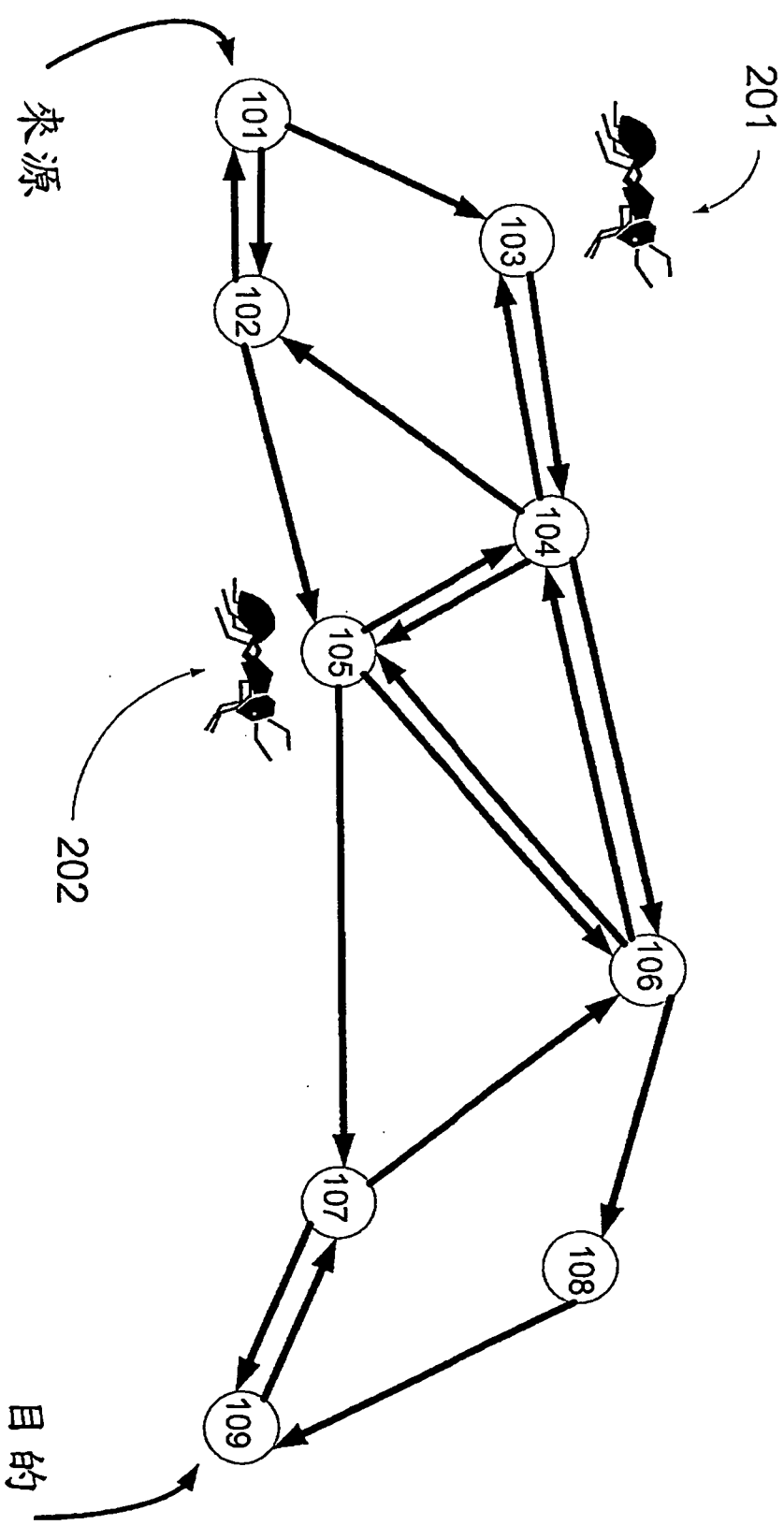
32.如申請專利範圍第 31 項之電腦程式產品，其中該上游路由表中的導航資訊包括至少一加權因子。

33.如申請專利範圍第 30 項之電腦程式產品，其中該上游路由表中的導航資訊包括關於至少一上游節點的資訊。

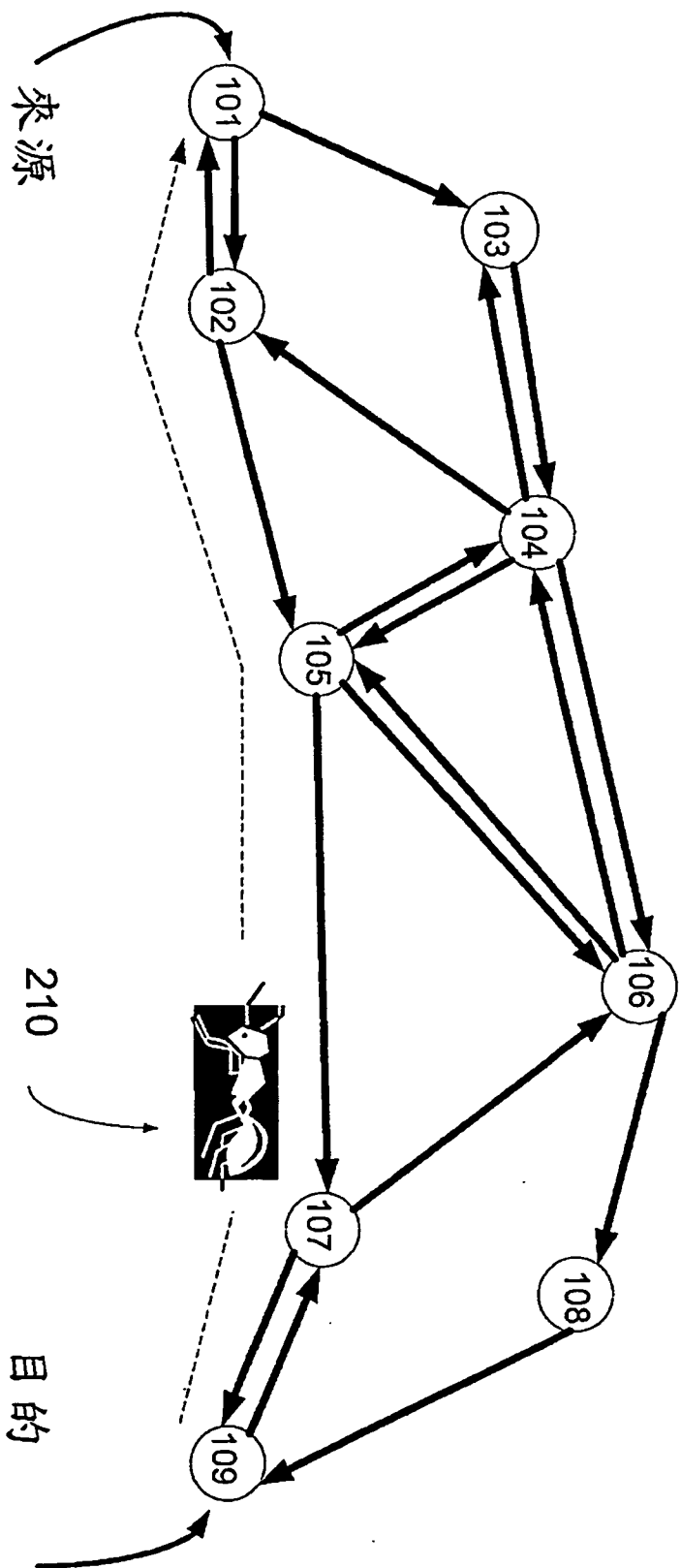
34.如申請專利範圍第 33 項之電腦程式產品，其中該上游路由表中的導航資訊包括至少一加權因子。



第1圖



第2A圖



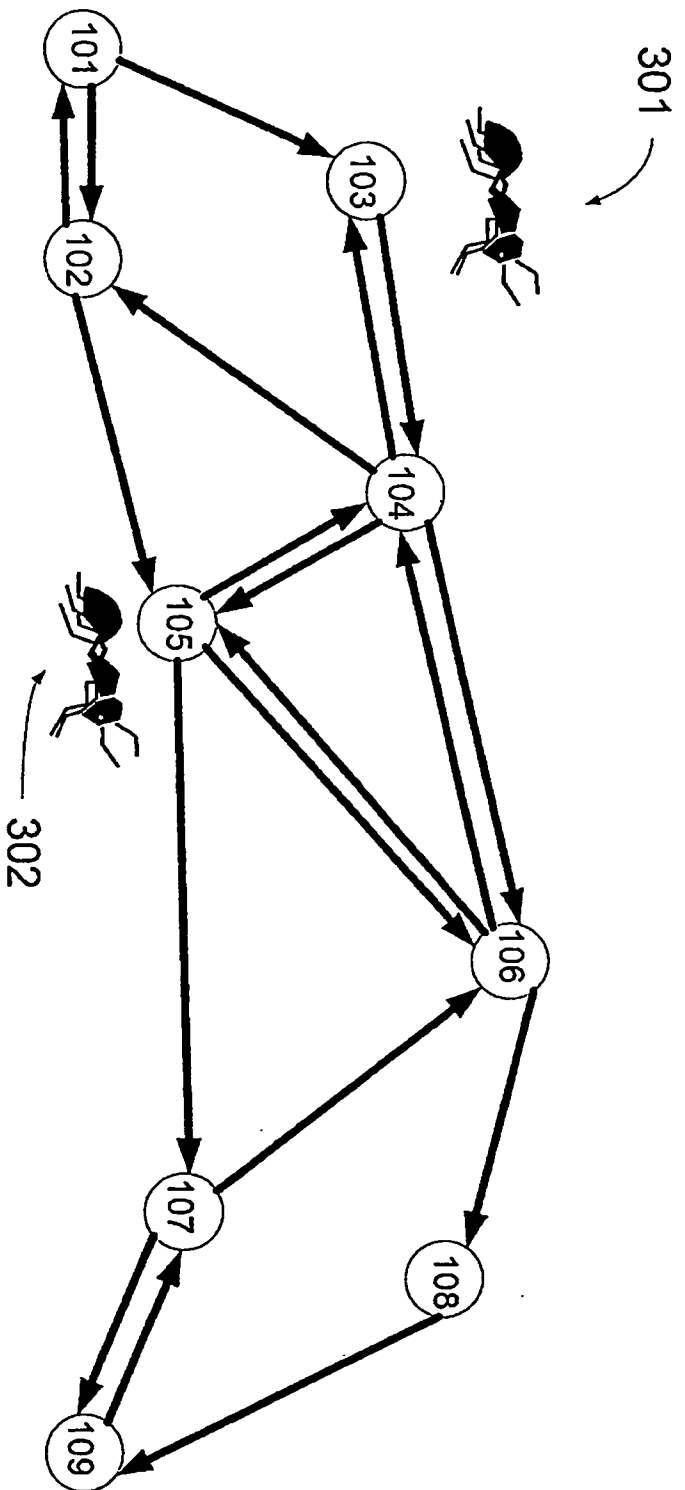
第2B圖

位於節點105處提供給遊歷至
節點109之螞蟻的下游路由表

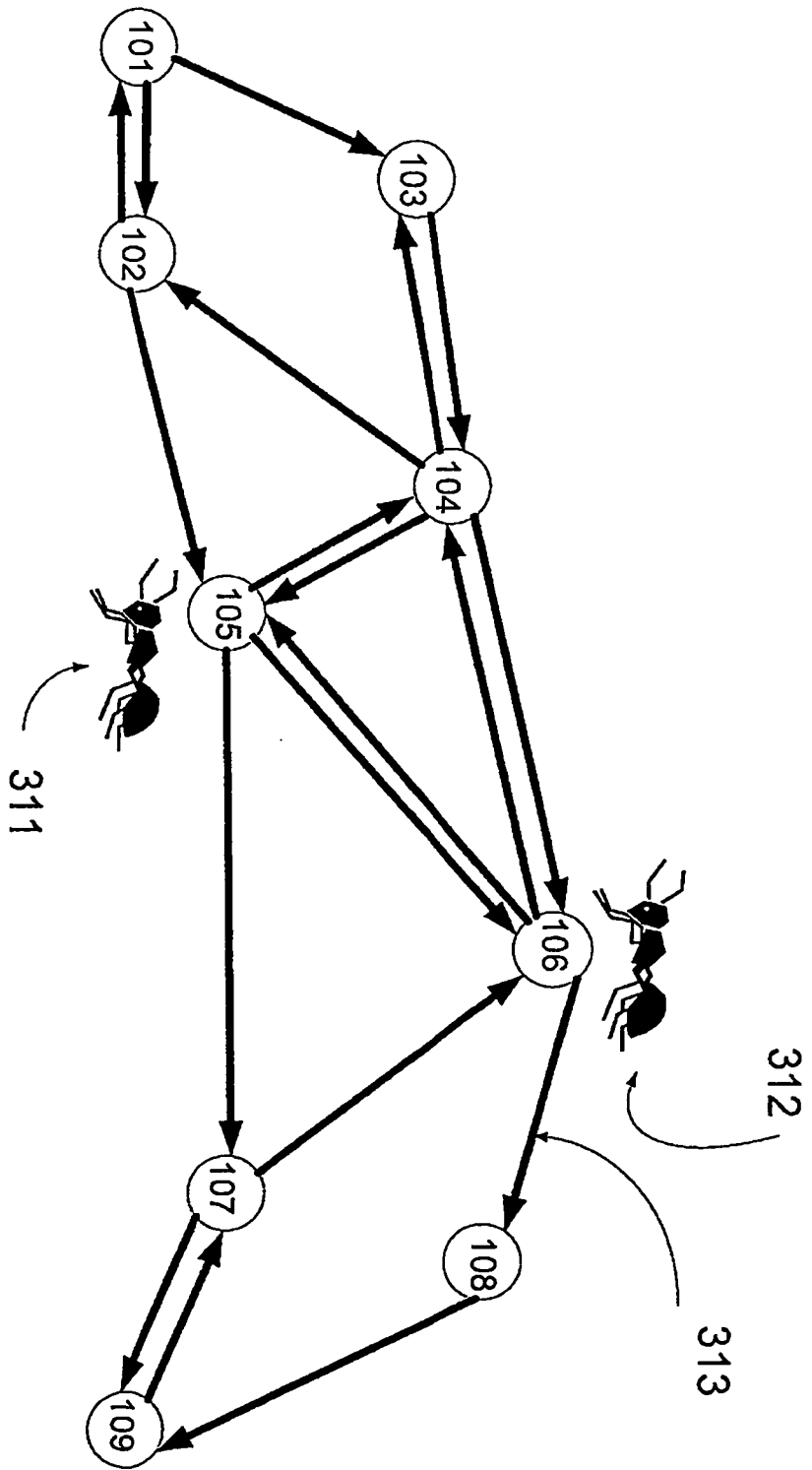
<u>下游節點</u>	<u>權重(費洛蒙)</u>
104	1
106	2
107	10

第2C圖

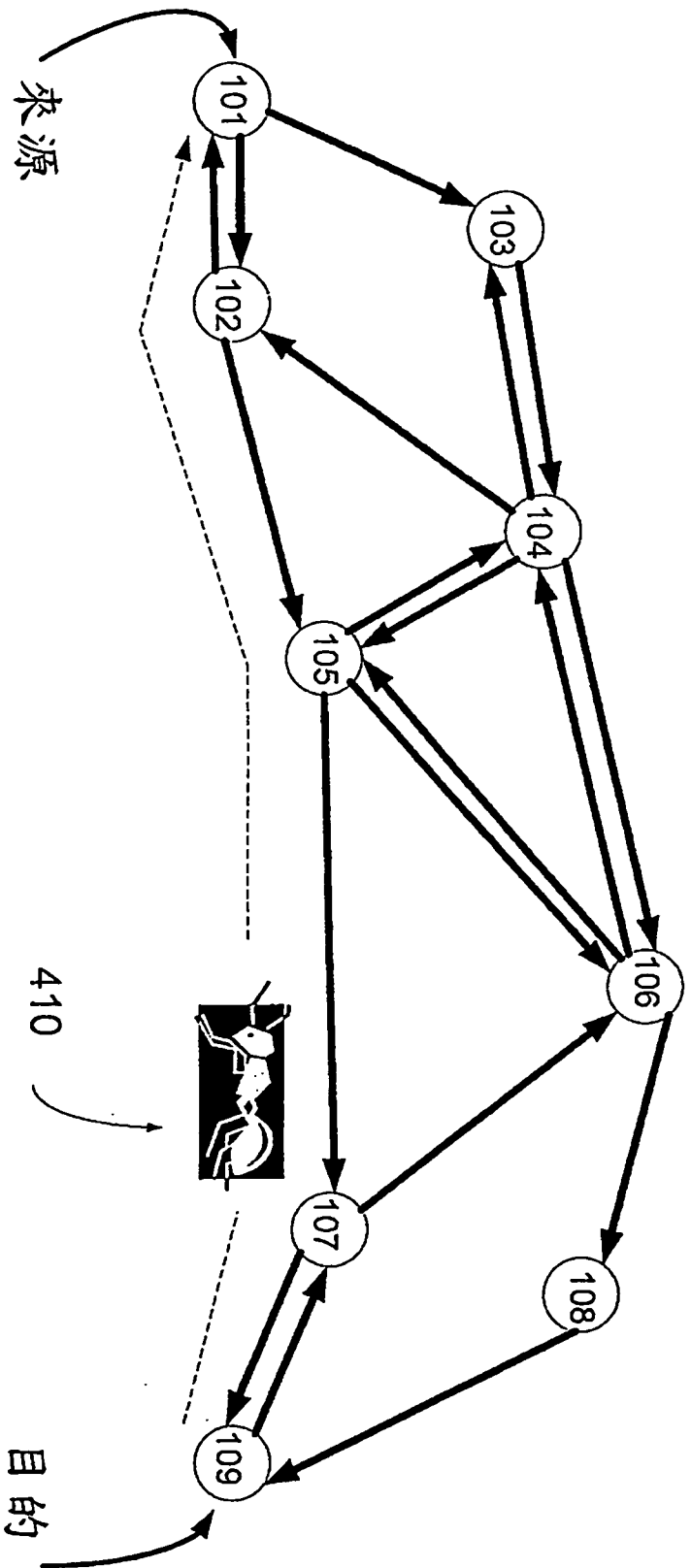




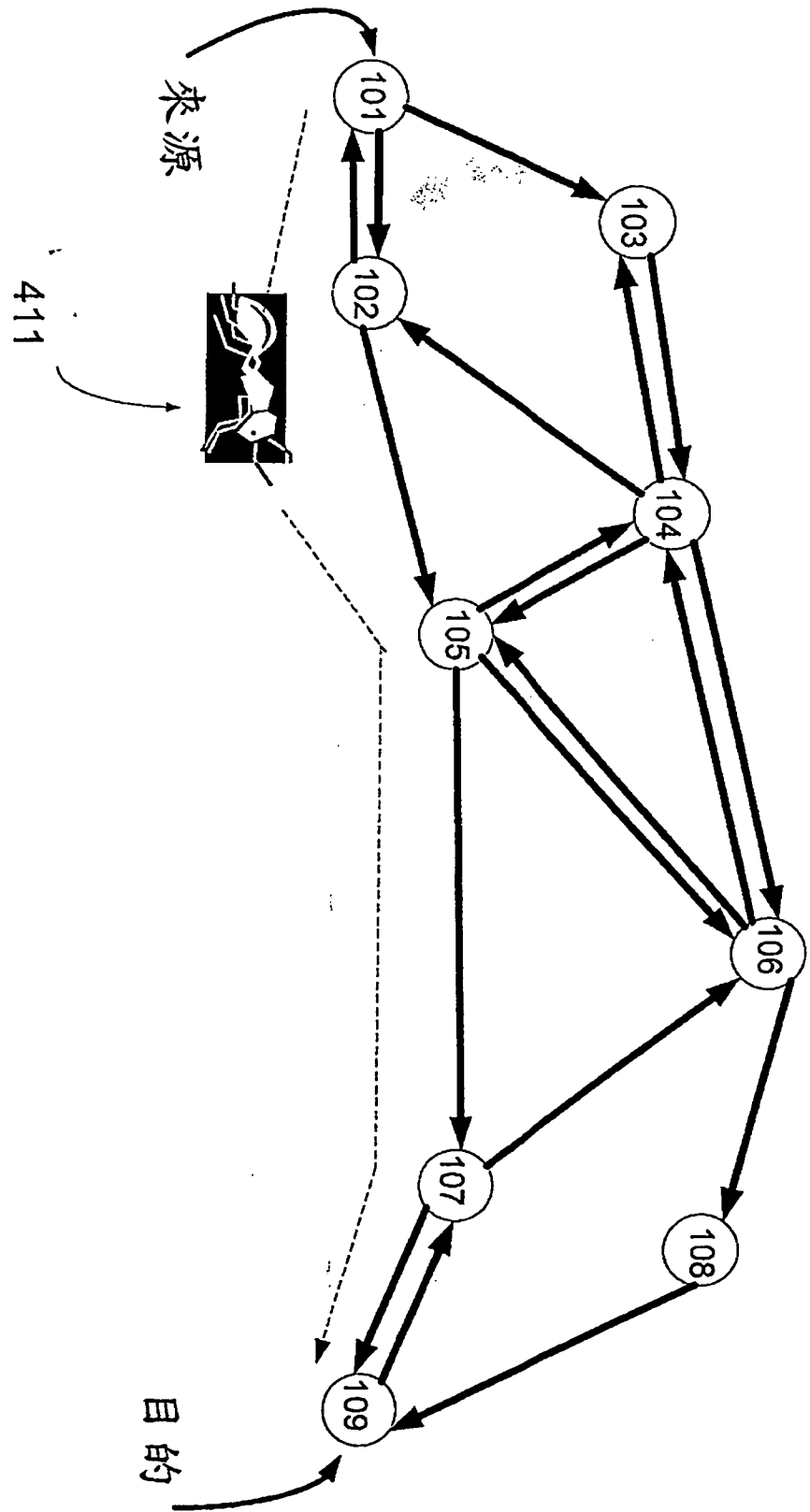
第3A圖



第3B圖



第4A圖



第4B圖