



(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 I491205 B

(45) 公告日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 01 日

(21) 申請案號：101118453

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 05 月 24 日

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

H04L12/24 (2006.01)

G06F17/10 (2006.01)

(71) 申請人：國立臺灣科技大學 (中華民國) NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (TW)

臺北市大安區基隆路 4 段 43 號

(72) 發明人：林義貴 LIN, YI KUEI (TW) ; 葉承達 YEH, CHENG TA (TW)

(74) 代理人：莊世超

(56) 參考文獻：

TW 201131883

TW 201218659

US 8121042B2

審查人員：李炳昌

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：5 共 29 頁

(54) 名稱

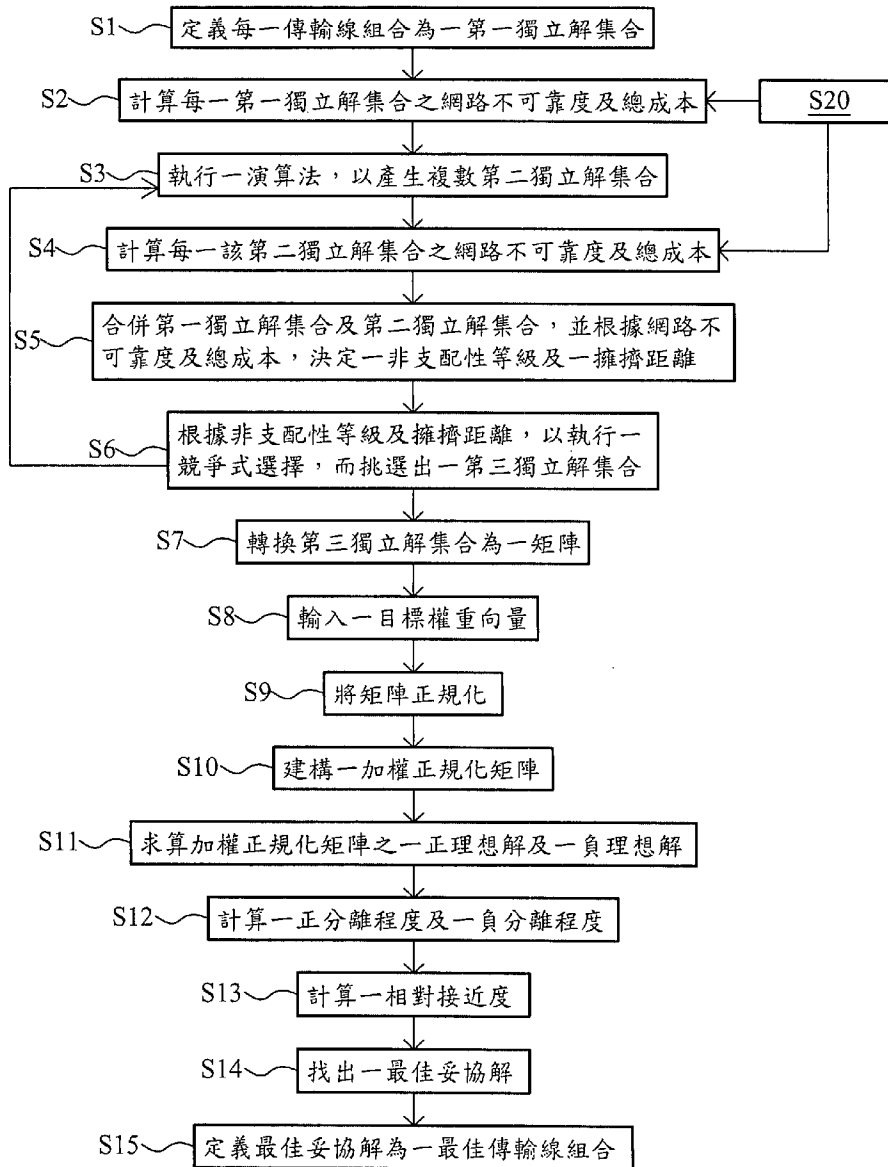
隨機電腦網路之傳輸線配置方法

METHOD FOR ASSIGNING TRANSMISSION LINE OF STOCHASTIC COMPUTER NETWORK

(57) 摘要

一種傳輸線配置方法，其係將一非支配解排序基因演算法與一偏好順序評估法結合，以找出具有最大的網路可靠度以及最小的總成本之一最佳傳輸線組合。該方法係藉由非支配解排序基因演算法，來決定每一傳輸線組合之一非支配性等級及一擁擠距離，以找出一柏拉圖解集合。再根據決策者所給定每一準則之相對權重，並結合偏好順序評估法，進而於上述柏拉圖解集合中找出一最佳妥協解，也就是最佳傳輸線組合。

A method for assigning transmission line of a stochastic computer network is used for picking an optimal transmission assignment with an maximal network reliability and a minimal total cost from plural transmission assignments by combining a non-dominated sorting genetic algorithm II (NSGA-II) and a technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS). The NSGA-II is applied for deciding a non-dominated rank and a crowding distance of each transmission assignment to find a Pareto set with plural Pareto solutions. The TOPSIS is applied for finding a best compromise solution form the Pareto set according to the weight of a criterion decided by a decision maker. The best compromise solution is defined as the optimal transmission assignment.



第二圖

公告本
-----

## 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：	10118453	H04L 12/58	(2006.01)
※申請日：	2002.12.24	H04L 12/24	(2006.01)
一、發明名稱：(中文/英文)		G06F 19/10	(2006.01)

隨機電腦網路之傳輸線配置方法 / METHOD FOR  
ASSIGNING TRANSMISSION LINE OF STOCHASTIC  
COMPUTER NETWORK

## 二、中文發明摘要：

一種傳輸線配置方法，其係將一非支配解排序基因演算法與一偏好順序評估法結合，以找出具有最大的網路可靠度以及最小的總成本之一最佳傳輸線組合。該方法係藉由非支配解排序基因演算法，來決定每一傳輸線組合之一非支配性等級及一擁擠距離，以找出一柏拉圖解集合。再根據決策者所給定每一準則之相對權重，並結合偏好順序評估法，進而於上述柏拉圖解集合中找出一最佳妥協解，也就是最佳傳輸線組合。

## 三、英文發明摘要：

A method for assigning transmission line of a stochastic computer network is used for picking an optimal transmission assignment with an maximal network reliability and a minimal total cost from plural transmission assignments by combining a non-dominated sorting genetic algorithm II (NSGA-II) and a technique for order preference by similarity to ideal solution

(TOPSIS). The NSGA-II is applied for deciding a non-dominated rank and a crowding distance of each transmission assignment to find a Pareto set with plural Pareto solutions. The TOPSIS is applied for finding a best compromise solution form the Pareto set according to the weight of a criterion decided by a decision maker. The best compromise solution is defined as the optimal transmission assignment.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(二)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

無

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係與一種隨機電腦網路之傳輸線配置方法有關，特別是與一種可以同時考慮最大網路可靠度以及最小總成本的隨機電腦網路之最佳化傳輸線配置方法有關。

### 【先前技術】

電腦網路係為現代生活中用以傳送資訊的重要工具，無論是公家機關、營利或非營利組織或個人，資訊的傳輸皆需仰賴電腦網路，因此，電腦網路之穩定性將會影響各項作業的執行。目前已有不少研究係著重在電腦網路之可靠度評估及其最佳化上，因此，藉由建立一網路模型來模擬電腦網路，將可以便於進行各種評估。其中，在網路模型上的邊（arc）係表示電腦網路中的傳輸線（transmission line），而網路模型上的節點（node）則用以表示電腦網路中的伺服器。

對決策者而言，如何同時達到網路可靠度之最佳化與總成本之最小化，係為隨機電腦網路之傳輸線配置中最難以權衡的問題，其中所謂的傳輸線配置（transmission line assignment）係指針對網路模型上的每一邊，於其上配置一條傳輸線，同時不可同一條傳輸線配置於其他邊上。為了建構一穩定的電腦網路，習知之電腦網路可被視為二元狀態之網路，亦即網路模型中的邊或節點僅考慮兩種狀態：一正常運作與一故障狀態。然而，實際之電腦網路中的傳輸線則係由多條實體線（physical line，例如一光纖電纜、一銅軸電纜或一雙絞線等）所組成，並且每一條實體線可包含兩種狀態：提供一特定之負載量（capacity）的狀態或是一失效狀

態。

由於每一條傳輸線均具備多種狀態，並且具有一對應於其之單位長度的配置成本。因而電腦網路在配置一組傳輸線情況下，也將具備多種狀態，故可將之稱為隨機電腦網路（stochastic computer network, SCN）。對於任何一組傳輸線配置下，網路可靠度（network reliability）則可被定義為電腦網路在該組傳輸線配置下，一特定的資料量成功地由一發送端傳送至一接受端的機率，而總成本則為電腦網路上所有傳輸線之配置成本的總和。

因此，如何於電腦網路上配置一最佳化傳輸線，以建構一穩定與經濟的電腦網路，是本技術領域亟欲解決之問題。

#### 【發明內容】

本發明之一目的在於提供一隨機電腦網路之傳輸線配置方法，藉以找出一組最佳的傳輸線配置，而使得特定的資料量能夠透過電腦網路成功地由一發送端傳送至一接受端。

本發明之另一目的在於提供一隨機電腦網路之傳輸線配置方法，並且同時考慮傳輸線配置之網路可靠度及總成本，以建構一可靠穩定且經濟實惠的電腦網路。

本發明的其他目的和優點將可以從本發明以下所揭露的技術特徵中得到進一步的了解。

為了達到上述之一或部份或全部目的或是其他目的，本發明之一實施例的一種隨機電腦網路之傳輸線配置方法，係用於評估一電腦網路中複數個傳輸線組合的網路可靠度以及總成本，藉以選擇一最佳傳輸線組合，該方法包括：定義每

一傳輸線組合係為一第一獨立解；計算每一第一獨立解之一網路不可靠度及一總成本；執行一演算法，以產生複數個第二獨立解，並計算每一第二獨立解之一網路不可靠度及一總成本；合併所有第一獨立解及第二獨立解，並根據網路不可靠度及總成本，決定每一第一獨立解之一非支配性等級及一擁擠距離，以及每一第二獨立解之一非支配性等級及一擁擠距離；根據非支配性等級及擁擠距離，來執行一競爭式選擇，而由第一獨立解所形成之集合及第二獨立解所形成之集合中，挑選出複數個第三獨立解；將第三獨立解所形成之集合轉換為一矩陣；輸入一目標權重向量；將矩陣正規化，以形成一正規矩陣；根據目標權重向量及正規矩陣，以建構一加權正規化矩陣；求算加權正規化矩陣之一正理想解及一負理想解；計算每一第三獨立解與正理想解之一正分離程度，並計算每一第三獨立解與負理想解之一負分離程度；根據正分離程度及負分離程度，來計算每一第三獨立解之一相對接近度；以及將具有相對接近度之數值定義為最接近為一的第三獨立解，其係為一最佳妥協解，且最佳妥協解係為一最佳傳輸線組合。

其中，每一傳輸線組合包括一起點、至少一中繼點、一終點及複數傳輸線，傳輸線包括一第一傳輸線及一第二傳輸線，第一傳輸線係配設於起點及中繼點之間，並且第二傳輸線係配設於中繼點及終點之間，以形成傳輸線組合之一者，其中第一傳輸線之負載狀態與第二傳輸線之負載狀態並不相同。

在一實施例中，計算網路不可靠度之步驟更包括：將一

資訊需求量分佈於起點與終點之間的兩傳輸路徑中，其中兩傳輸路徑係由傳輸線所組成，每一傳輸線係具有複數負載量及一負載上限值；定義一資訊流量向量，其係由每一傳輸路徑之一資訊流量所組成，並且該資訊流量之總和係為資訊需求量；找出所有滿足每一傳輸路徑之資訊流量，係小於或等於每一傳輸線之負載上限值的關係式之資訊流量向量；將滿足上述關係式之每一資訊流量向量，轉換為一對應之負載向量；比較每兩負載向量的大小，並且刪除其中較大者，並將其餘之負載向量定義為一下界向量；評估每一負載向量係大於或等於下界向量的機率，並將機率定義為網路可靠度；以及根據該網路可靠度，來計算得到網路不可靠度。

在一實施例中，演算法係為一非支配解排序基因演算法，其中執行演算法之步驟更包括：定義一演化次數及一迭帶次數，其中演化次數之起始值為一；每執行一次演算法，則演化次數加一；判斷演化次數是否等於迭帶次數；當演化次數小於迭帶次數，則將第一獨立解所形成之集合及第二獨立解所形成之集合加以合併，並根據網路不可靠度及總成本，來決定非支配性等級及擁擠距離；以及根據非支配性等級及擁擠距離，來執行競爭式選擇，進而挑選出第三獨立解所形成之集合。其中，當演化次數大於或等於迭帶次數，則停止演算法。

在一實施例中，執行競爭式選擇之步驟，更包括：比較非支配性等級中之二者，並且刪除其中較大者，其餘者則定義為第三獨立解；若該等非支配性等級中之二者係為相等的，則比較具有相等非支配性等級之該二者所對應的擁擠距

離，並且刪除其中所對應的該等擁擠距離係為較小者，其餘者則定義為第三獨立解。

### 【實施方式】

有關本發明之前述及其他技術內容、特點與功效，在以下配合參考圖式之一較佳實施例的詳細說明中，將可清楚的呈現。以下實施例中所提到的方向用語，例如：上、下、左、右、前或後等，僅是用於參照隨附圖式的方向。因此，該等方向用語僅是用於說明並非是用於限制本發明。

本發明實施例之隨機電腦網路之傳輸線配置方法，係利用一電腦執行一傳輸線配置軟體，該電腦具有一輸入單元、一運算單元及一輸出單元。至於，傳輸線配置方法主要係將一非支配解排序基因演算法(Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II, NSGA-II)與一偏好順序評估法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)加以結合，以找出具有最大的網路可靠度及最小的總成本之一最佳傳輸線組合。

藉由非支配解排序基因演算法，可以找出一非支配解集合(non-dominated set)，或稱為一柏拉圖解集合(Pareto set)，其中柏拉圖解集合具有複數柏拉圖解(Pareto solution)，所謂的柏拉圖解係指此解至少具有一準則(criterion)之表現係勝過其他解。此外，可根據決策者所給定每一準則之相對權重，並結合偏好順序評估法以在此非支配解集合中找出一最佳妥協解(best compromise solution)，也就是最佳傳輸線組合。

首先，建立一網路模型(N, A)，以模擬一電腦網路，其中

$N$  代表複數節點， $A = \{a_i | 1 \leq i \leq n\}$  代表網路模型上的  $n$  條邊  $a_i$ ，每一邊  $a_i$  之距離表示為  $l_i$ ，且節點  $N$  包括一起點  $O$ 、至少一中繼點及一終點  $D$ 。其中，以  $P_1, P_2, \dots, P_q$  表示網路模型中由邊  $a_i$  及節點  $N$  所組成之  $q$  條最小路徑。此外，電腦網路具有複數傳輸線，以  $V = \{v_r | 1 \leq r \leq z\}$  表示傳輸線所組成的集合， $v_r$  為傳輸線集合中的第  $r$  條傳輸線。其中，每一傳輸線  $v_r$  具有多種負載狀態： $1, 2, \dots, m_r$ ，且每一負載狀態對應著其可承載之負載量 (capacity) 係為  $0 = K_{r1} < K_{r2} < \dots < K_{m_r}$ ，其負載上限值  $K_{m_r}$  係為  $M_{x_i}$ ，且其對應的機率為  $\Pr(K_{r1})$ 、 $\Pr(K_{r2})$ 、 $\dots$ 、 $\Pr(K_{m_r})$ ， $K_{r_e}$  表示傳輸線  $v_r$  所提供之第  $e$  種負載量，且每一傳輸線之單位長度成本係由  $c_r$  表示。

配合參照第一圖，網路模型具有一起點  $O$ 、一終點  $D$ 、兩中繼點  $N_1$ 、 $N_2$  以及四條邊  $a_1$ - $a_4$ ，並且包括一第一傳輸線及一第二傳輸線，將第一傳輸線配設於起點  $O$  及中繼點  $N_1$  之間的邊  $a_1$  上，第二傳輸線配設於中繼點  $N_1$  及終點  $D$  之間的邊  $a_2$  上，以形成一傳輸線組合，或是將第一傳輸線配設於起點  $O$  及中繼點  $N_2$  之間的邊  $a_3$  上，第二傳輸線配設於中繼點  $N_2$  及終點  $D$  之間的邊  $a_4$  上，以形成另一傳輸線組合。其中，欲配置之傳輸線的數量係多於兩節點之間的邊線之數量，以形成多組傳輸線組合來找到一最佳傳輸線組合。

於本實施例中，將每一傳輸線組合定義為一獨立解，以  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  表示，若邊  $a_i$  上配設一傳輸線  $v_r$  時，則  $x_i = r$ 。當電腦網路決定一傳輸線組合  $X$  時，則此網路為一隨機電腦網路，且電腦網路可由一資訊流量向量  $F = (f_1, f_2, \dots, f_q)$  及一負載向量  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  來表示。此外，一網路可靠度係

係被定義為在一傳輸線組合下之電腦網路，能成功傳輸一  $d$  單位之資訊需求量的機率，以  $R_d(X)$  表示，且配置傳輸線之總成本係以  $C(X)$  表示。

請參照第二圖，其係為執行上述傳輸線配置軟體之流程圖，其可用於評估一電腦網路中複數個傳輸線組合的網路可靠度及總成本，以選擇一最佳傳輸線組合，其步驟整理如下：

步驟(S1)：首先，將每一傳輸線組合定義為一第一獨立解。同時，由輸入單元接受由傳輸線配置軟體之一使用者，所輸入之需求端之資訊需求量  $d$ ，並且定義一初始參數，包括一演化次數  $count$  及一迭帶次數  $\eta$ ，並且令演化次數  $count$  為一。其中，迭帶次數  $\eta$  係由使用者所設定。

步驟(S2)：隨機產生複數個第一獨立解，以產生  $\theta$  個初始族群： $X_1, X_2, \dots, X_\theta$ ，並用來計算每一第一獨立解之一網路不可靠度及一總成本。其中，網路不可靠度可由第三圖之步驟(S20)計算得到，並且係以  $s_1 = 1 - R_d(X)$  表示，而其總成本以  $s_2 = C(X)$  來表示。

步驟(S3)：執行一演算法，以產生複數第二獨立解。其中，每執行一次演算法，則演化次數加一，也就是  $count = count + 1$ ，並且演算法係包含一競爭式選擇、一單點交配及一突變。

步驟(S4)：藉由第三圖之步驟(S20)，可以計算得到每一第二獨立解之一網路不可靠度  $s_1$  及一總成本  $s_2$ 。

步驟(S5)：將第一獨立解所形成之集合及第二獨立解所形成之集合加以合併，並根據其等各別之網路不可靠度及總

成本，以決定每一第一獨立解之一非支配性等級 (rank) 及一擁擠距離，以及每一第二獨立解之一非支配性等級及一擁擠距離。

步驟(S6)：根據非支配性等級及擁擠距離，以執行一競爭式選擇，而由第一獨立解所形成之集合及第二獨立解所形成之集合中，挑選出複數個第三獨立解。其中，執行競爭式選擇之步驟，更包括：將所有第一獨立解及第二獨立解的非支配性等級進行比較，並且刪除其中較大者，則其餘者定義為第三獨立解；若非支配性等級之其二係為相等的，則比較具有相等的非支配性等級之二者所對應的擁擠距離，並且刪除其中所對應的該等擁擠距離係為較小者，則其餘者定義為第三獨立解。特別地是，第三獨立解乃係所謂的柏拉圖解，因此第三獨立解的非支配性等級係為最佳的非支配性等級，也就是  $\text{rank}=1$ 。

此時，判斷其演化次數  $\text{count}$  是否等於使用者所設定之迭帶次數  $\eta$ 。當演化次數  $\text{count}$  小於迭帶次數  $\eta$  時，則回到步驟(S3)；當演化次數  $\text{count}$  大於或等於迭帶次數  $\eta$ ，則停止進行演算法，輸出單元將輸出第三獨立解所形成之集合至下一步驟(S7)。

步驟(S7)：將第三獨立解所形成之集合轉換為一矩陣  $S$ ，其中矩陣  $S$  以複數元素  $s_{ij}$  表示第三獨立解所形成之集合中第  $i$  個獨立解的第  $j$  個目標值。

步驟(S8)：輸入一目標權重向量  $W$ ，其中目標權重向量  $W$  具有複數個權重  $w_j$ ，以  $w_j$  表示第  $j$  個目標值之權重，且所有權重之總和係為一，也就是  $W$  須滿足  $\sum_{j=1}^2 w_j = 1$

步驟(S9)：將矩陣  $S$  正規化，以形成一正規矩陣  $\check{S} = [\check{s}_{11}, \check{s}_{12}; \check{s}_{21}, \check{s}_{22}; \dots; \check{s}_{\tau 1}, \check{s}_{\tau 2}]$ ，其運算式如下：

$$\check{s}_{ij} = \frac{s_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{\tau} s_{ij}^2}}, \text{ 其中 } i=1, 2, \dots, \tau \text{ 且 } j=1, 2 \quad (1)$$

步驟(S10)：根據目標權重向量  $W$  及正規矩陣  $\check{S}$ ，以建構一加權正規化矩陣  $\hat{S} = [\hat{s}_{11}, \hat{s}_{12}; \hat{s}_{21}, \hat{s}_{22}; \dots; \hat{s}_{\tau 1}, \hat{s}_{\tau 2}]$ ，其運算式如下：

$$\hat{s}_{ij} = w_j \times \check{s}_{ij}, \text{ 其中 } i=1, 2, \dots, \tau \text{ 且 } j=1, 2 \quad (2)$$

步驟(S11)：求算加權正規化矩陣  $\hat{S}$  之一正理想解 (positive ideal solution)  $S^+$  及一負理想解 (negative ideal solution)  $S^-$ ，其運算式如下：

$$S^+ = (\max(\hat{s}_{11}, \hat{s}_{21}, \dots, \hat{s}_{\tau 1}), \min(\hat{s}_{12}, \hat{s}_{22}, \dots, \hat{s}_{\tau 2})) \quad (3)$$

$$S^- = (\min(\hat{s}_{11}, \hat{s}_{21}, \dots, \hat{s}_{\tau 1}), \max(\hat{s}_{12}, \hat{s}_{22}, \dots, \hat{s}_{\tau 2})) \quad (4)$$

步驟(S12)：計算每一第三獨立解與正理想解之一正分離程度  $h_i^+$ ，以及計算每一第三獨立解與負理想解之一負分離程度  $h_i^-$ ，其運算式如下：

$$h_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^2 (\hat{s}_{ij} - s_j^+)^2}, \text{ 其中 } i=1, 2, \dots, \tau \quad (5)$$

$$h_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^2 (\hat{s}_{ij} - s_j^-)^2}, \text{ 其中 } i=1, 2, \dots, \tau \quad (6)$$

步驟(S13)：根據正分離程度  $h_i^+$  及負分離程度  $h_i^-$ ，以計算每一第三獨立解之一相對接近度 (relative closeness)  $H_i$ ，其運算式如下：

$$H_i = \frac{h_i^-}{h_i^+ + h_i^-}, \text{ 其中 } i=1, 2, \dots, \tau \text{ 且 } 0 < H_i < 1 \quad (7)$$

步驟(S14)：定義具有相對接近度  $H_i$  之數值為最接近為一

的第三獨立解，其係為一最佳妥協解，

步驟(S15)：定義上述最佳妥協解係為一最佳傳輸線組合，並藉由輸出單元以輸出最佳傳輸線組合於一顯示單元上顯示。

如第三圖所示，其係為執行上述步驟(S20)的過程中，所計算網路不可靠度之方法流程圖。藉由網路可靠度評估演算法 (network reliability evaluation algorithm, NREA)，並配合最小路徑法 (minimal paths, MP) 及遞迴不交和 (Recursive Sum of Disjoint Products, RSDP) 法，來求算網路不可靠度。其詳細步驟整理如下：

步驟(S21)：將一資訊需求量分佈於起點與終點之間的兩傳輸路徑中，其中兩傳輸路徑係由複數傳輸線所組成。

步驟(S22)：定義一資訊流量向量  $F = (f_1, f_2, \dots, f_m)$ ，其係由每一傳輸路徑配置所傳送的資訊流量向量之一資訊流量所組成，其中每一資訊流量係為經由起點與終點之間的某一傳輸路徑所傳送的資訊。

步驟(S23)：找出所有滿足每一傳輸路徑之資訊流量，係小於或等於每一傳輸線之負載上限值的關係式之資訊流量向量  $F$ ，也就是說，判斷其是否滿足下列關係式： $\sum_{j: a_i \in P_j} f_j \leq M_{x_i}$ ，其中  $a_i \in A$ 。其中，所有傳輸路徑中資訊流量之總和為資訊需求量，必須滿足  $\sum_{j=1}^q f_j = d$ 。若得到至少一個資訊流量向量  $F$ ，則執行步驟(S23)；否則，定義傳輸線組合之網路可靠度  $R_d$  為零，並執行步驟(S27)，以得到網路不可靠度  $s_1 = 1 - R_d(X)$ ，且傳送網路不可靠度  $s_1$  之數值至第二圖中

步驟(S2)或(S4)。

步驟(S24)：藉由運算單元，將滿足上述關係式之每一資訊流量向量，轉換為一對應之負載向量  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ ，負載向量  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  係經由每一傳輸線之一負載量所組成，其可利用下列關係式作轉換： $y_i = K_{x_i e}$ ，其中  $e \in \{1, 2, \dots, m_{x_i}\}$ ，並且滿足  $K_{x_i(e-1)} < \sum_{j: a_j \in P_i} f_j \leq K_{x_i e}$ ，其中  $a_i \in A$ 。

步驟(S25)：比較每兩負載向量的大小，刪除其中較大者，定義其餘之負載向量為下界向量  $d$ -MPs (lower boundary vector for  $d$ )。

步驟(S26)：評估每一負載向量係大於或等於下界向量的機率，並定義此機率為網路可靠度  $R_d$ 。

步驟(S27)：根據網路可靠度  $R_d$ ，以計算得到網路不可靠度  $s_1 = 1 - R_d(X)$ 。最後，結束步驟(S20)之迴圈後，將網路不可靠度  $s_1$  之值傳送至第二圖中步驟(S2)或(S4)。

以下將在一較佳實施例中，說明如何利用隨機電腦網路之傳輸線配置方法，以實施支配解排序基因演算法來找出一柏拉圖集合，也就是藉由第二圖中步驟(S1)至(S6)以找出第三獨立解集合。此外，再結合實施偏好順序評估法，而可由上述柏拉圖集合中挑選出一最佳妥協解，也就是第二圖中步驟(S7)至(S15)，以找出具有最大網路可靠度及最小總成本的一最佳傳輸線配置。

表一 80條傳輸線中各負載狀態之機率分布

傳輸線	成本(NTD)	負載狀態 (Gbps)				
		0	1	2	3	4
$v_r$	$c_r$					
1	100	0.0004	0.0392	0.9604	0 <sup>a</sup>	0
2	50	0.000512	0.017664	0.203136	0.778688	0
3	65	0.000343	0.013671	0.181629	0.804357	0
4	80	0.015	0.985	0	0	0
5	70	0.0016	0.0768	0.9216	0	0
6	135	0.005929	0	0.142142	0	0.851929
7	60	0.003	0	0.997	0	0
8	35	0.007225	0	0.15555	0	0.837225
9	35	0.005929	0	0.142142	0	0.851929
10	80	0.003	0.997	0	0	0
11	55	0.034	0.966	0	0	0
12	40	0.0036	0.1128	0.8836	0	0
13	110	0.000001	0.000297	0.029403	0.970299	0
14	65	0.000784	0.054432	0.944784	0	0
15	70	0.000225	0.02955	0.970225	0	0
16	15	0.095	0.905	0	0	0
17	35	0.005776	0.140448	0.853776	0	0
18	75	0.000625	0.04875	0.950625	0	0
19	40	0.000729	0.022113	0.223587	0.753571	0
20	35	0.001	0.027	0.243	0.729	0
21	45	0.000512	0.017664	0.203136	0.778688	0
22	30	0.004225	0.12155	0.874225	0	0
23	85	0.005929	0	0.142142	0	0.851929
24	70	0.003	0	0.997	0	0
25	55	0.000216	0.010152	0.159048	0.830584	0
26	30	0.034	0.966	0	0	0
27	55	0.000512	0.017664	0.203136	0.778688	0
28	60	0.000343	0.013671	0.181629	0.804357	0
29	35	0.001	0.027	0.243	0.729	0
30	85	0.0009	0.0582	0.9409	0	0
31	60	0.002809	0.100382	0.896809	0	0
32	70	0.000166375	0.008575875	0.147349125	0.843908625	0
33	80	0.000125	0.007125	0.135375	0.857375	0
34	140	0.0001	0.0198	0.9801	0	0
35	10	0.025	0.975	0	0	0
36	60	0.024	0.976	0	0	0
37	75	0.000125	0.007125	0.135375	0.857375	0
38	85	0.000110592	0.006580224	0.130507776	0.862801408	0
39	100	0.0001	0	0.0198	0	0.9801
40	60	0.001849	0	0.082302	0	0.915849
41	60	0.001024	0.061952	0.937024	0	0
42	65	0.000676	0.050648	0.948676	0	0
43	35	0.007921	0.162158	0.829921	0	0
44	25	0.000512	0.017664	0.203136	0.778688	0
45	20	0.001	0.027	0.243	0.729	0
46	40	0.097	0	0.903	0	0
47	135	0.000001	0.000297	0.029403	0.970299	0
48	70	0.022	0.978	0	0	0
49	145	0.000256	0	0.031488	0	0.968256
50	70	0.001225	0	0.06755	0	0.931225

a. 傳輸線不提供該種負載狀態

表二 80 條傳輸線中各負載狀態之機率分布(續上頁)

傳輸線	成本(NTD)		負載狀態(Gbps)				
	$v_r$	$c_r$	0	1	2	3	4
51	70	0.025	0.975	0	0	0	0
52	65	0.000274625	0.011851125	0.170473875	0.817400375	0	0
53	120	0.000529	0	0.044942	0	0.954529	0
54	110	0.000144	0	0.023712	0	0.976144	0
55	70	0.000216	0.010152	0.159048	0.830584	0	0
56	60	0.000117649	0.006850053	0.132946947	0.860085351	0	0
57	50	0.046	0	0.954	0	0	0
58	40	0.083	0	0.917	0	0	0
59	105	0.000015625	0.001828125	0.071296875	0.926859375	0	0
60	60	0.000274625	0.011851125	0.170473875	0.817400375	0	0
61	85	0.001369	0.071262	0.927369	0	0	0
62	125	0.000001	0.000297	0.029403	0.970299	0	0
63	50	0.000512	0.017664	0.203136	0.778688	0	0
64	40	0.006084	0.143832	0.850084	0	0	0
65	45	0.004096	0.119808	0.876096	0	0	0
66	50	0.003481	0.111038	0.885481	0	0	0
67	60	0.035	0.965	0	0	0	0
68	70	0.022	0	0.978	0	0	0
69	85	0.000166375	0.008575875	0.147349125	0.843908625	0	0
70	95	0.000042875	0.003546375	0.097778625	0.898632125	0	0
71	100	0.000024389	0.002449833	0.082027167	0.915498611	0	0
72	95	0.000324	0	0.035352	0	0.964324	0
73	145	0.000000343	0.000145971	0.020707029	0.979146657	0	0
74	30	0.004356	0.123288	0.872356	0	0	0
75	15	0.055	0.945	0	0	0	0
76	55	0.001936	0.084128	0.913936	0	0	0
77	85	0.000035937	0.003159189	0.092573811	0.904231063	0	0
78	115	0.000484	0	0.043032	0	0.956484	0
79	100	0.000121	0	0.021758	0	0.978121	0
80	100	0.001	0.999	0	0	0	0

同時參照第四圖、表一及表二，第四圖係為台灣大專院校之電腦網路的網路模型示意圖，表一及表二中之 80 條傳輸線係為電腦網路公司現有之傳輸線。由 80 條傳輸線中，挑選傳輸線並配置於台灣大專院校之電腦網路中，並且每一傳輸線之單位長度成本係由新台幣(NTD)為單位來計算，且其係由複數第一實體電線 OC-36 (Optical Carrier 36) 以及複數第二實體電線 OC-18 lines (Optical Carrier 18) 所組成。其中，每一第一實體電線 OC-36 係具有兩種負載狀態：一種於正常情況下可提供 2Gbps(giga bits per second) 之頻寬速度，另一種則於失效情況下提供 0Gbps 之頻寬速度；同

時，每一第二實體電線 OC-18 係具有兩種負載狀態：一種於正常情況下可提供 1Gbps 之頻寬速度，另一種則於失效情況下提供 0 Gbps 之頻寬速度。

以下舉例說明傳輸線及其機率分布狀況：假設一傳輸線係由兩第一實體電線 OC-36 組成，則每一第一實體電線 OC-36 處於失效情況下之機率為 0.1，並且此傳輸線具有三種負載狀態：0Gbps、2Gbps 及 4Gbps。若兩第一實體電線 OC-36 皆處於失效情況，傳輸線之負載狀態為 0Gbps，則對應此負載狀態之機率為  $C_0^2(0.9)^0(0.1)^2 = 0.01$ 。若傳輸線所提供之負載狀態為 2Gbps，則對應此負載狀態之機率為  $C_1^2(0.9)^1(0.1)^1 = 0.18$ 。若傳輸線所提供之負載狀態為 4Gbps，則對應此負載狀態之機率  $C_2^2(0.9)^2(0.1)^0 = 0.81$ 。

表三 第四圖之網路模型中每一邊之長度

邊 $a_i$	長度 (km): $l_i$	邊 $a_i$	長度 (km): $l_i$
1	41	16	59
2	47	17	78
3	58	18	26
4	52	19	72
5	33	20	24
6	35	21	13
7	43	22	54
8	36	23	33
9	53	24	54
10	22	25	46
11	20	26	113
12	37	27	102
13	14	28	91
14	93	29	35
15	97	30	53

第四圖中的網路模型之架構，係由多所大專院校、高中及國中的網路伺服器所連結而成，且每一網路伺服器係由一節點所表示，並以台灣大學 NTU 作為起點 O，而以中山大

學 NSYSU 作為終點 D。考慮在不同的資訊需求量  $d = 3\text{Gb}$ 、 $d = 4\text{Gb}$  及  $d = 5\text{Gb}$  下，藉由支配解排序基因演算法來找出一柏拉圖集合前，需先定義一初始參數，包括一初始族群  $\theta = 100$ 、一迭帶次數  $\eta = 3000$ 、一交配率  $\alpha = 0.8$  及一突變率  $\beta = 0.1$ 。此外，將網路模型中複數邊的長度資訊係列於表三。

表四 第四圖之網路模型所配置之傳輸線組合的結果

資訊 需求量	目標 權重 向量	最佳妥協解		傳輸線組合
		網路可靠度	總成本 (NTD)	
$d = 3\text{Gb}$	(0.8, 0.2)	0.998942933308673	65410	(75, 28, 22, 74, 55, 15, 2, 27, 9, 7, 40, 8, 3, 20, 45, 21, 19, 32, 29, 37, 12, 35, 77, 60, 56, 44, 25, 63, 50, 16)
	(0.5, 0.5)	0.998942933308673	65410	同上述
	(0.2, 0.8)	0.998942933308673	65410	同上述
$d = 4\text{Gb}$	(0.8, 0.2)	0.990164746649636	67155	(2, 19, 20, 29, 60, 52, 63, 28, 22, 9, 7, 74, 3, 64, 8, 43, 40, 39, 25, 13, 16, 75, 77, 55, 50, 45, 44, 21, 27, 35)
	(0.5, 0.5)	0.985333416083454	66455	(2, 19, 20, 29, 60, 52, 63, 28, 22, 38, 7, 74, 3, 64, 8, 9, 40, 39, 25, 43, 16, 75, 77, 55, 50, 45, 44, 21, 27, 35)
	(0.2, 0.8)	0.952420476626221	64220	(2, 19, 20, 29, 60, 28, 63, 32, 22, 9, 7, 74, 3, 64, 8, 43, 40, 39, 26, 25, 16, 75, 77, 55, 50, 45, 44, 21, 27, 35)
$d = 5\text{Gb}$	(0.8, 0.2)	0.954336470582752	65385	(55, 63, 27, 8, 32, 7, 60, 21, 22, 43, 3, 74, 52, 29, 45, 25, 20, 77, 2, 37, 75, 35, 50, 56, 40, 9, 44, 19, 28, 16)
	(0.5, 0.5)	0.934878000659069	62450	(12, 63, 8, 17, 60, 7, 27, 21, 22, 43, 3, 74, 52, 29, 45, 25, 20, 77, 2, 37, 75, 35, 50, 56, 40, 9, 44, 19, 28, 16)
	(0.2, 0.8)	0.928957298588042	62360	(12, 63, 8, 17, 32, 7, 43, 21, 22, 27, 3, 74, 52, 29, 45, 25, 20, 77, 2, 37, 75, 35, 50, 56, 40, 9, 44, 19, 28, 16)

藉由第二圖及第三圖中的步驟所求出之柏拉圖集合，以表四列出不同資訊需求量下的各種傳輸線組合之結果，並且第五圖描繪出資訊需求量  $d = 5\text{Gb}$  時之複數最佳妥協解的分布，也就是具有不同網路可靠度及其對應之總成本的最佳傳輸線組合之分布。

於本實施例中，提供三種方案以供決策者挑選最適當的傳輸線組合：以傳輸線組合之網路可靠度作為一主要準則、以傳輸線組合之總成本作為一主要準則，或是並無特定準

則。若以網路可靠度作為一主要準則，則設定目標權重向量  $W = (0.8, 0.2)$ ，並可由第五圖及表四中，得知此種傳輸線組合之網路可靠度係為 0.95436，且其總成本為\$65385 (NTD)；若無特定準則，則設定目標權重向量  $W = (0.5, 0.5)$ ，並可知此種傳輸線組合之網路可靠度為 0.93487，且其總成本為\$62450 (NTD)；若以總成本作為一主要準則，則設定目標權重向量  $W = (0.2, 0.8)$ ，並可知此種傳輸線組合之網路可靠度為 0.92895，且其總成本為\$62360 (NTD)。根據目標權重向量中之不同的權重，可藉由偏好順序評估法而可由柏拉圖集合中挑選出一最佳妥協解。因此，決策者可由多個最佳傳輸線組合中，根據不同準則，以挑選出一最適當的傳輸線組合。

綜上所述，本發明提供一隨機電腦網路之傳輸線配置方法，可考量網路可靠度或總成本，來找出一最佳傳輸線組合，使得電腦網路中供應端在能滿足需求端之特定資訊需求量下，用以確保資訊能夠穩定的配送至需求端。

惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施之範圍，即大凡依本發明申請專利範圍及發明說明內容所作之簡單的等效變化與修飾，皆仍屬本發明專利涵蓋之範圍內。另外本發明的任一實施例或申請專利範圍不須達成本發明所揭露之全部目的或優點或特點。此外，摘要部分和標題僅是用來輔助專利文件搜尋之用，並非用來限制本發明之權利範圍。

#### 【圖式簡單說明】

第一圖，係為網路模型的簡易示意圖。

第二圖，其係為本發明實施例中隨機電腦網路之傳輸線

配置方法的流程圖。

第三圖，係為計算網路不可靠度之方法流程圖。

第四圖，係為台灣大專院校之電腦網路的網路模型之示意圖。

第五圖，係為第四圖中網路模型所得到之最佳傳輸線組合，並根據其網路可靠度及總成本所分布的示意圖。

【主要元件符號說明】

無

## 七、申請專利範圍：

1. 一種隨機電腦網路之傳輸線配置方法，其係用於評估一電腦網路中之複數個傳輸線組合的網路可靠度及總成本，以選擇一最佳傳輸線組合，該方法包括：

將每一該傳輸線組合定義為一第一獨立解；

計算每一該第一獨立解之一網路不可靠度及一總成本；

執行一演算法，以產生複數第二獨立解，並計算每一該第二獨立解之一網路不可靠度及一總成本；

將該等第一獨立解所形成之集合及該等第二獨立解所形成之集合加以合併，並根據該等網路不可靠度及該等總成本，來決定每一該第一獨立解之一非支配性等級及一擁擠距離，以及每一該第二獨立解之一非支配性等級及一擁擠距離；

根據該等非支配性等級及該等擁擠距離，以執行一競爭式選擇，而由該等第一獨立解所形成之集合以及該等第二獨立解所形成之集合中，挑選出複數第三獨立解；

將該等第三獨立解所形成之集合轉換為一矩陣；

輸入一目標權重向量，其中該目標權重向量係具有複數個權重，且該等權重之總和係為一；

將該矩陣正規化，以形成一正規矩陣；

根據該目標權重向量及該正規矩陣，以建構一加權正規化矩陣；

求算該加權正規化矩陣之一正理想解及一負理想解；

計算該每一第三獨立解與該正理想解之一正分離程度，

以及計算該每一第三獨立解與該負理想解之一負分離程度；

根據該正分離程度及該負分離程度，以計算該每一第三獨立解之一相對接近度；以及

將具有該相對接近度之數值為最接近為一的該第三獨立解，定義為一最佳妥協解，且該最佳妥協解係為一最佳傳輸線組合。

2. 如申請專利範圍第1項所述之隨機電腦網路之傳輸線配置方法，其中每一該傳輸線組合包括一起點、至少一中繼點、一終點及複數傳輸線，該等傳輸線包括一第一傳輸線及一第二傳輸線，該第一傳輸線係配設於該起點及該中繼點之間，並且該第二傳輸線係配設於該中繼點及該終點之間，以形成該等傳輸線組合中之一者，其中該第一傳輸線之負載狀態與該第二傳輸線之負載狀態並不相同。

3. 如申請專利範圍第2項所述之隨機電腦網路之傳輸線配置方法，其中計算該網路不可靠度之步驟更包括：

將一資訊需求量分佈於該起點與該終點之間的兩傳輸路徑中，其中該兩傳輸路徑係由該等傳輸線所組成，每一該傳輸線具有複數負載量及一負載上限值；

定義一資訊流量向量，其係為由每一該傳輸路徑之一資訊流量所組成，並且該等資訊流量之總和係為該資訊需求量；

找出所有滿足每一該傳輸路徑之該資訊流量，係小於或等於每一該傳輸線之該負載上限值的關係式之該等資訊流量向量；

滿足上述關係式之每一該資訊流量向量，轉換為一對應之負載向量；

比較每兩該負載向量的大小，並且刪除其中較大者，其餘之該等負載向量係被定義為一下界向量；

評估每一該負載向量係大於或等於該下界向量的機率，並將該機率定義為該網路可靠度；以及

根據該網路可靠度，以計算得到該網路不可靠度。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之隨機電腦網路之傳輸線配置方法，該演算法係為一非支配解排序基因演算法。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之隨機電腦網路之傳輸線配置方法，其中執行該演算法之步驟，更包括：

定義一演化次數及一迭帶次數，其中該演化次數之起始值為一；

每執行一次該演算法，則該演化次數加一；

判斷該演化次數是否等於該迭帶次數；

當該演化次數小於該迭帶次數時，則將該等第一獨立解所形成之集合及該等第二獨立解所形成之集合加以合併，並根據該等網路不可靠度及該等總成本，來決定該等非支配性等級及該等擁擠距離；以及

根據該等非支配性等級及該等擁擠距離，以執行該競爭式選擇，進而挑選出該第三獨立解所形成之集合。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之隨機電腦網路之傳輸線配置方法，其中該迭帶次數係由一使用者所設定。

7. 如申請專利範圍第5項所述之隨機電腦網路之傳輸線配置方法，其中判斷該演化次數是否等於該迭帶次數之步驟更包括：當該演化次數大於或等於該迭帶次數，則停止該演算法。

8. 如申請專利範圍第1項所述之隨機電腦網路之傳輸線配置方法，其中執行該競爭式選擇之步驟，更包括：將該等非支配性等級中之二者加以比較，並且刪除其中較大者，其餘者則定義為該第三獨立解。

9. 如申請專利範圍第1項所述之隨機電腦網路之傳輸線配置方法，其中執行該競爭式選擇之步驟，更包括：將該等非支配性等級中之二者加以比較；以及

若該等非支配性等級之其二係為相等的，則比較具有相等非支配性等級之該二者所對應的該等擁擠距離，並且刪除其中所對應的該等擁擠距離係為較小者，其餘者則定義為該第三獨立解。

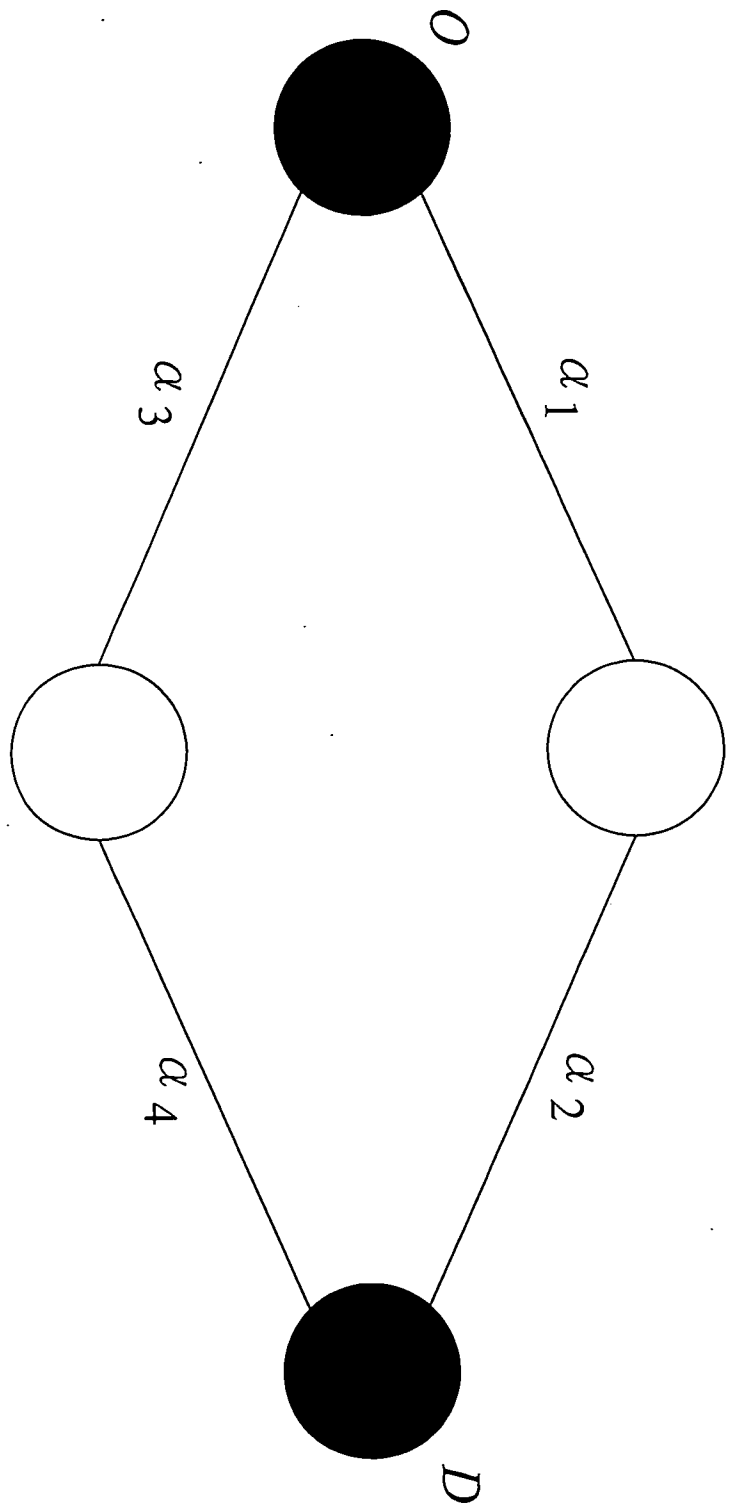
10. 如申請專利範圍第1項所述之隨機電腦網路之傳輸線配置方法，更包括：

利用一電腦執行一傳輸線配置軟體，該電腦具有一輸入單元、一運算單元及一輸出單元；

由該輸入單元會接受由該傳輸線配置軟體之一使用者所輸入之一資訊需求量、每一該傳輸線之複數負載狀態及一負載上限值；

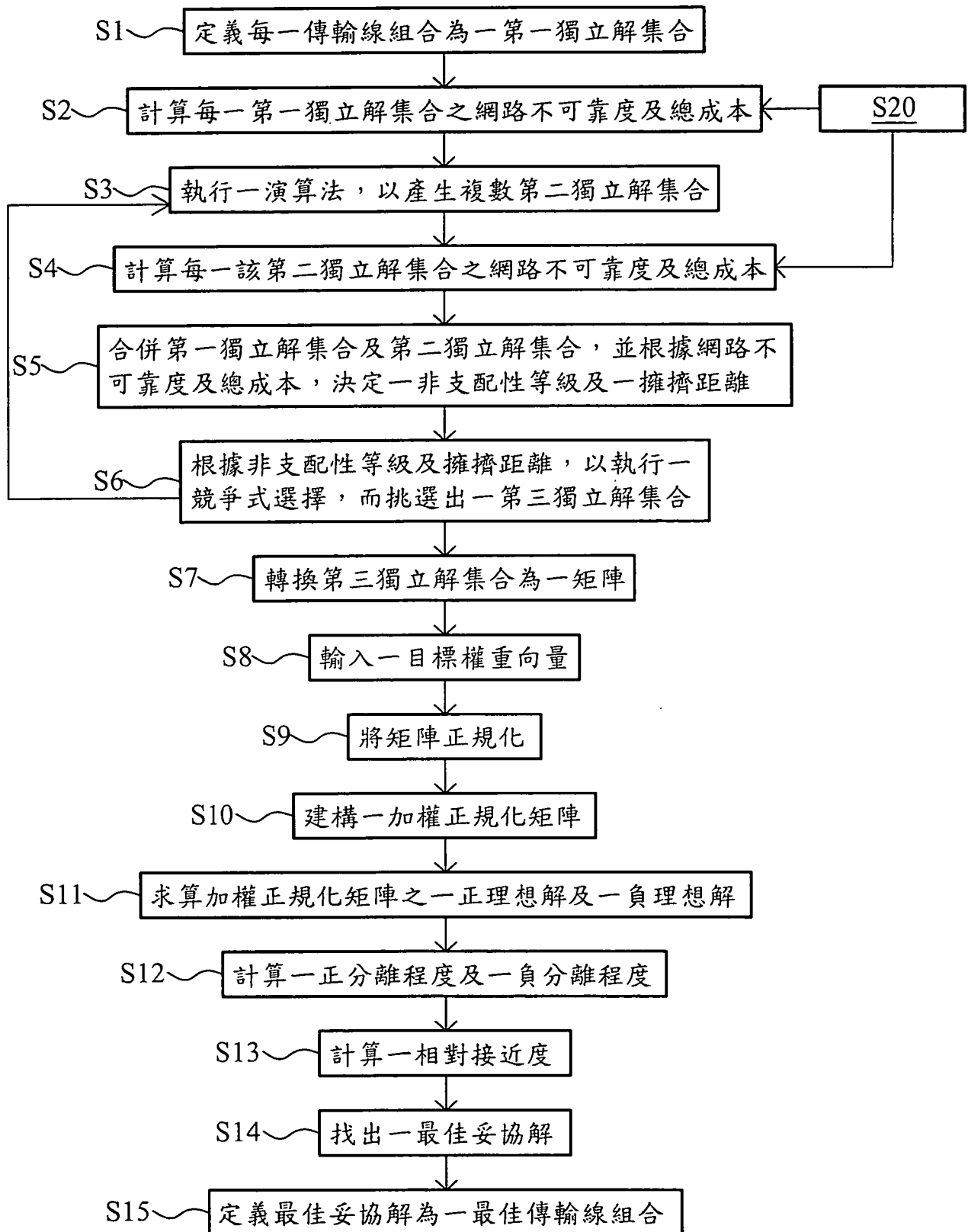
藉由該運算單元演算出該最佳傳輸線組合；以及

將該最佳傳輸線組合顯示於該輸出單元上。

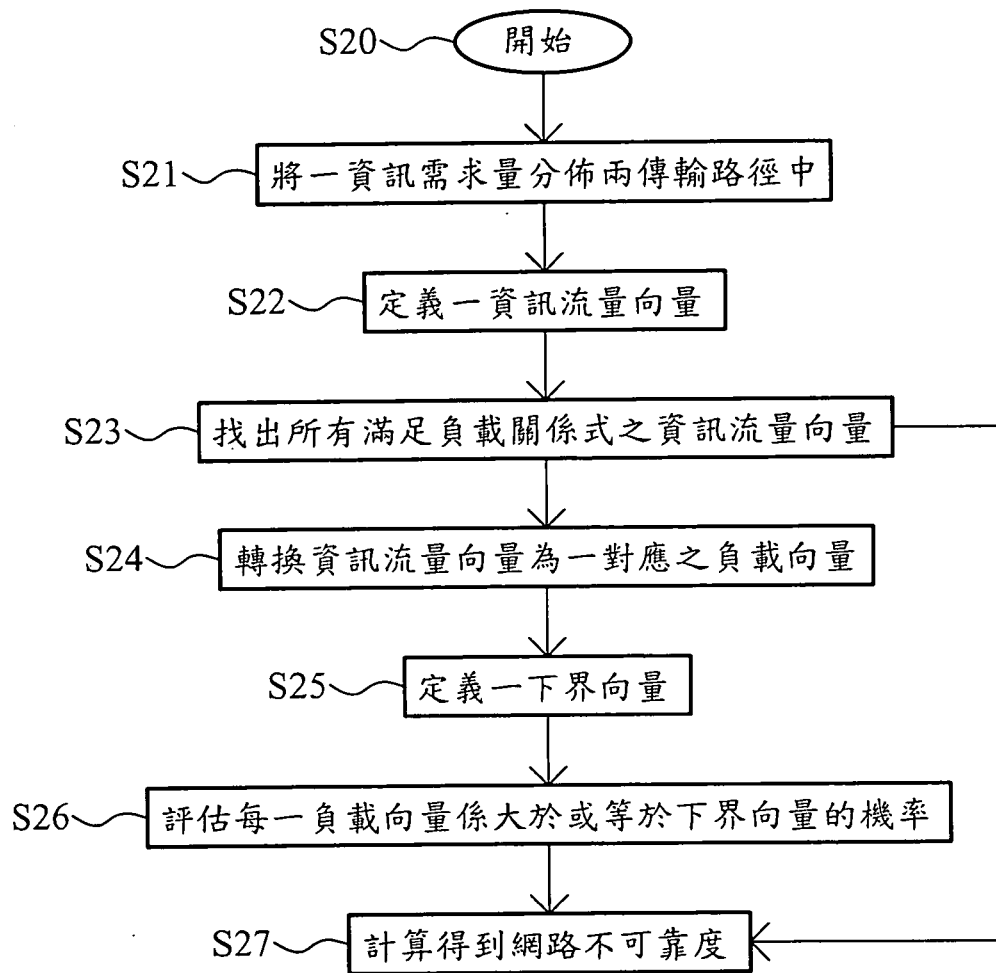


第一圖

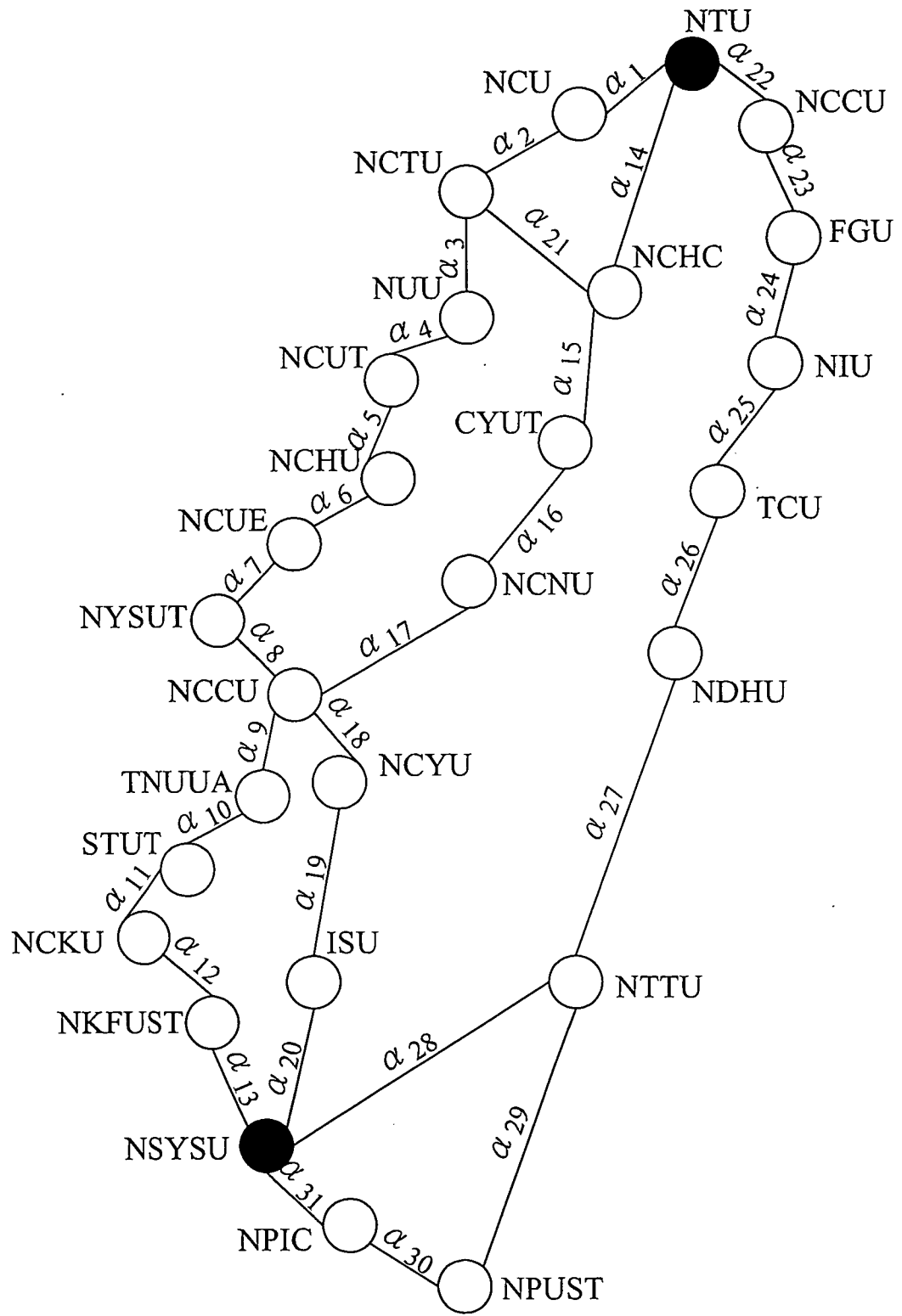




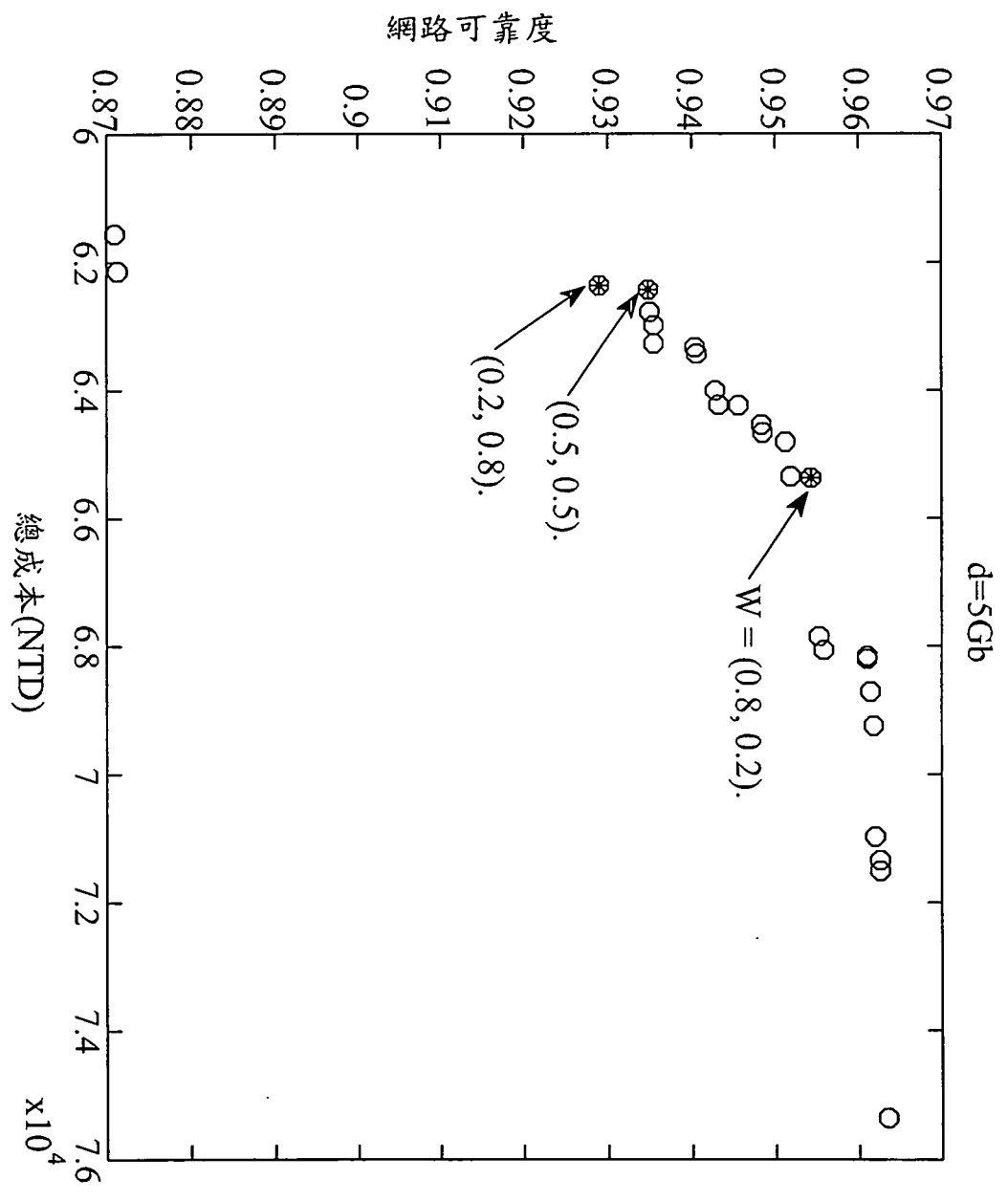
第二圖



第三圖



第四圖



第五圖