

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97144763

※申請日期：97.11.19

※IPC 分類：H04B 7/04 20060101  
H04L 5/02 20060101

## 一、發明名稱：(中文/英文)

用於多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的資源配置方法及其裝置 / RESOURCE ALLOCATION METHOD FOR MULTI-USERS MULTIPLE INPUT MULTIPLE OUTPUT ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING SYSTEM AND APPARAUS THEREOF

## 二、申請人：(共 2 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

1. 財團法人工業技術研究院 / INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE
2. 國立交通大學 / NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

代表人：(中文/英文) 1. 張進福 / CHANG, JIN-FU  
2. 吳重雨 / WU, CHUNG-YU

住居所或營業所地址：(中文/英文)

1. 新竹縣竹東鎮中興路四段 195 號/ NO. 195, SEC. 4, CHUNG HSING RD., CHUTUNG, HSINCHU 31040, TAIWAN, R. O. C.
2. 新竹市大學路 1001 號/NO. 1001, DASYUE RD., HSINCHU CITY, 300, TAIWAN (R.O.C.)

國籍：(中文/英文) 1-2 中華民國/TW

## 三、發明人：(共 2 人)

姓名：(中文/英文)

1. 王蒞君 / WANG, LI-CHUN
2. 葉偉榮 / YEH, CHU-JUNG

國籍：(中文/英文) 1-2 中華民國/TW

#### 四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項  第一款或  第二款規定之事實，其事實發生日期為：2008 年 9 月 16 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國、2008/9/10、12/208,319

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

## 五、中文發明摘要：

本發明的示範實施例提供了一種用於多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的資源配置方法及其裝置。此多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統具有多個用戶和子通道。此多個子通道根據容量比率限制以及排程規則被指定給此多個用戶，接著再根據此多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的極限功率決定每一個用戶的功率。其中，被指定給某個用戶的各個子通道之間的分配功率值是相同的。另外，排程規則可以是極大-極小或極大比率總和規則，而且子通道的配置方式可以為用戶導向的或者子通道導向。

## 六、英文發明摘要：

The exemplary embodiments of the present invention are direct to the resource allocation method for MU-MIMO-OFDM system and the apparatus thereof. The MU-MIMO-OFDM system has a plurality of users and a plurality of sub-channels. The sub-channels are assigned to the users according to the capacity ratio constraints and a scheduling rule, and then the power of the user is determined according to the limit power of the MU-MIMO-OFDM system. Wherein the values of power of the sub-channels assigned to the same user are the same, the scheduling rule may be Max-Min or Max Sum-Rate rule, and the allocation of the sub-channels may be user-oriented or sub-channel oriented.

**七、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：圖 1。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

S10、S12：步驟流程

**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】

本發明是有關於一種資源配置方法及其裝置，且特別是有關於一種用於多用戶多輸入多輸出正交分頻多工 (multi-users multiple input multiple output orthogonal frequency division multiplexing, MU-MIMO-OFDM) 系統的資源配置方法及其裝置。

### 【先前技術】

儘管已經有很多的研究致力於正交分頻多工 (output orthogonal frequency division multiplexing, OFDM) 系統中的功率和頻寬配置方法，但是這些研究通常僅考慮如何在固定的總功率的限制下指定 (assign) 功率給每一個子通道 (sub-channel)。最近，多輸入多輸出 (multiple input multiple output, MIMO) 系統被廣泛地研究。藉由採用 MIMO 系統，系統的傳送率 (transmission rate) 可以被大量地增加。但是，因為 MIMO 系統將其功率分割 (divide) 給其天線中的每一個，所以其覆蓋範圍 (covering range) 會小於單輸入單輸出 (single input single output, SISO) 系統的覆蓋範圍。

在多用戶的環境下，排程演算法 (scheduling algorithm) 可以用來增強具有最小訊號強度的天線之訊號強度，因此其軟性覆蓋 (soft coverage) 的能力可以獲得增強，而且不需增加任何傳送功率給其硬體。

MIMO-OFDM (multiple input multiple output orthogonal

frequency division multiplexing, MIMO-OFDM)系統不僅能夠增加無線通訊系統的容量，而且已經成為無線通訊系統的主流技術，例如，IEEE 802.16m WiMax、3GPP LTE 之類的下一代無線寬頻通訊系統皆採用 MIMO-OFDM 系統來當作實體層的傳輸技術。然而與 OFDM 系統不同的是，MIMO-OFDM 系統具有多個特徵模式鍵結(eigenmode link)，以及最小的特徵模式鍵結容易受路徑損耗(path loss)和通道衰減(channel fading)的影響。由於路徑損耗和通道衰落，最小特徵模式鍵結的訊號雜訊比(the signal to noise ratio, SNR)或者容量可能無法滿足需求，而可能發生鍵結失效(link outage)。因此，上述的現象將無法使得 MIMO 系統中的每一個子通道都獲得多工的效果。

在實際應用中，因為用戶對於網際網路服務提供商支付不同的價格以傳送不同大小的資料，所以通訊系統必須提供彈性的(flexible)傳送率給每一個用戶。然而，目前很少有研究致力於具有考慮覆蓋問題之用於 MU-MIMO-OFDM 系統的資源配置方法。

### 【發明內容】

因此，本發明之示範實施例提供了一種用於多用戶多輸入多輸出正交分頻多工(multi-users multiple input multiple output orthogonal frequency division multiplexing, MU-MIMO-OFDM)系統的資源配置方法及其裝置。

根據本發明的一個示範實施例，本發明提供了一種用於 MU-MIMO-OFDM 系統的資源配置方法。此 MU-MIMO-OFDM 系統具有多個用戶和子通道，而此資源配置方法包括：(a)將多個預定子通道數目根據多個容量比率限制指定給這些用戶；(b)每一個用戶根據排程規則自這些子通道中選擇一個子通道；(c)根據這些用戶的已分配容量以及這些容量之間的比率限制，自這些用戶中選擇一個權利用戶，接著，此權利用戶根據排程規則自還沒有指定給用戶的子通道中選擇一個子通道，其中，如果指定給用戶的子通道數目等於此用戶的預定子通道數目，則此用戶退出自這些用戶中選擇一個權利用戶的競爭機制；(d)判斷指定給所有用戶的子通道數目是否等於所有用戶的預定子通道數目之總和；(e)重複地根據這些用戶之已分配的容量以及容量比率限制，自這些用戶中選擇一個權利用戶，並且讓此權利用戶根據該排程規則自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道，直到所有的子通道都被指定給這些用戶為止。

根據本發明的一個示範實施例，本發明提供了一種用於 MU-MIMO-OFDM 系統的資源配置裝置。此 MU-MIMO-OFDM 系統具有多個用戶和子通道，而此資源配置裝置包括子通道資源配置裝置。其中，子通道資源配置裝置根據多個容量比率限制將多個預定子通道數目指定給這些用戶。接著，子通道資源配置裝置讓每一個用戶根據排程規則自這些子通道選擇一個子通道；接著，此子通道資源配置裝置重複地自此

些用戶中決定一個權利用戶，並讓此權利用戶根據排程規則自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道，直到被指定給所有用戶的子通道數目等於所有用戶的預定子通道數目之總和為止。接著，如果在依比例分配子通道給該些用戶後，尚有剩餘子通道未分配，子通道資源配置裝置重複地自此些用戶中選擇一個權利用戶，並讓此權利用戶根據排程規則自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道，直到所有的子通道都被指定給此些用戶為止。

根據本發明的一個示範實施例，本發明提供了一種用於 MU-MIMO-OFDM 系統的資源配置方法。此 MU-MIMO-OFDM 系統具有多個用戶和子通道，而此資源配置方法包括：(a)將此多個預指定子通道數目根據多個容量比率限制指定給此些用戶；(b)第一至第  $x$  個子通道依序地根據排程規則自此些用戶中選擇一個用戶，如果指定給用戶的子通道數目等於其預定子通道數目，則此用戶退出被第一至第  $x$  個子通道選擇的競爭機制，其中  $x$  是此些預定子通道數目的總和；(c)沒有被指定給用戶的子通道中的每一個子通道根據排程規則自此些用戶中選擇一個用戶，其中，在此步驟中，被選擇的此用戶至多被選擇一次。

根據本發明的一個示範實施例，本發明提供了一種用於 MU-MIMO-OFDM 系統的資源配置裝置。此 MU-MIMO-OFDM 系統具有多個用戶和子通道，而此



資源配置裝置包括子通道資源配置裝置。其中，子通道資源配置裝置根據多個容量比率限制將多個預定子通道數目指定給此些用戶；接著，子通道資源配置裝置讓第一至第  $x$  個子通道依序地根據排程規則自此些用戶中選擇一個用戶，其中  $x$  是此些預定子通道的數目的總和；接著，子通道資源配置裝置讓沒有被指定給用戶的子通道中的每一個子通道根據排程規則自此些用戶中選擇一個用戶，其中，被選擇的此用戶至多被選擇一次。

根據本發明的一個示範實施例，本發明提供了一種用於 MU-MIMO-OFDM 系統的資源配置方法。此 MU-MIMO-OFDM 系統具有多個用戶和子通道，而此資源配置方法包括：(a) 每一個子通道根據排程規則自此些用戶中選擇一個用戶。

根據本發明的一個示範實施例，本發明提供了一種用於 MU-MIMO-OFDM 系統的資源配置裝置。此 MU-MIMO-OFDM 系統具有多個用戶和子通道，而此資源配置裝置包括子通道資源配置裝置。子通道資源配置裝置用以讓每一個子通道根據排程規則自此些用戶中選擇一個用戶。

因此，相較於傳統的資源配置方法及其裝置，本發明示範實施例所提供的資源配置方法及其裝置的複雜度較低。另外，本發明示範實施例所提供的資源配置方法及其裝置可以用於 MU-MIMO-OFDM 系

統，而且不同用戶所傳送之資料的大小可以不相同。當此資源配置方法採用極大-極小(Max-Min)排程規則時，則 MU-MIMO-OFDM 系統的覆蓋範圍可以獲得增加。當資源配置方法採用極大比率總和(Max Sum-Rate)排程規則，則 MU-MIMO-OFDM 系統的容量可以獲得增加。

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

#### 【實施方式】

下文特舉示範實施例，並配合所附圖式，詳細說明本發明。在整個說明書中，說明書以及所附圖式中的相同的參考數字表示相同或者相似的部分。

下文中的多個示範實施例提供多種用於 MU-MIMO-OFDM 系統的資源配置方法及其裝置。資源配置方法及其裝置根據容量比率限定來指定子通道給每一個用戶。另外，在根據容量比率限定來指定子通道給每一個用戶時，資源配置方法及其裝置同時考慮了覆蓋問題。也就是說，示範實施例所設計之子通道配置的排程演算法會考慮功率的配置。因此，對於指定給用戶的每一個子通道的鏈結品質(link quality)將可以被最大化，而且所有用戶的傳送資料的之比率也會符合要求。

對於固定的功率限制，最大化系統容量的問題可以化

為下面的方程式：

$$\begin{aligned} & \max_{P_{k,n}, I_{k,n}} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N I_{k,n} \sum_{i=1}^{M_t} \log\left(1 + \frac{g_k P_{k,n} \lambda_{k,n,i}}{M_t \sigma^2}\right) \\ & \text{subject to} \quad \text{C1: } \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N P_{k,n} \leq P_{\max} \\ & \quad \text{C2: } P_{k,n} \geq 0 \quad \text{for all } k, n \\ & \quad \text{C3: } I_{k,n} = \{0, 1\} \quad \text{for all } k, n \\ & \quad \text{C4: } \sum_{k=1}^K I_{k,n} = 1 \quad \text{for all } n \\ & \quad \text{C5: } C_1 : C_2 : \dots : C_K = \eta_1 : \eta_2 : \dots : \eta_K \end{aligned}$$

，其中子通道的數目是  $N$ ，天線的數目是  $M_t$ ，用戶的數目是  $K$ ， $P_{k,n}$  是第  $k$  個用戶所佔用之第  $n$  個子通道的功率， $I_{k,n}$  指示第  $n$  個子通道是否被第  $k$  個用戶所佔用， $g_k$  是第  $k$  個用戶的通道衰落因子(channel fading factor)，亦即， $g_k$  是區域平均通道增益(local average channel gain)的大規模慢變異性(large-scale slowly-varying behavior)， $\lambda_{k,n,i}$  表示第  $n$  個子通道指定給第  $k$  個用戶時的第  $i$  個特徵模式，而  $\sigma^2$  代表雜訊功率(noise power)。其中， $k$  是從 1 至  $K$  的整數， $n$  是從 1 至  $N$  的整數，以及  $i$  是從 1 至  $M_t$  的整數。

限制 C1 表示總功率必須小於或者等於固定功率  $P_{\max}$ 。限制 C2 表示第  $k$  個用戶所佔用之第  $n$  個子通道的功率為正。限制 C3 定義指示變數(indicator) $I_{k,n}$  的值，其中 1 表示第  $n$  個子通道被第  $k$  個用戶佔用，以及 0 表示第  $n$  個子通道沒有被第  $k$  個用戶佔用。限制 C4 表示第  $n$  個子通道僅被指定給此  $K$  個用戶中的一個用戶，也就是說，第  $n$  個子通道至多被一個用戶所佔用，而兩個以上的用戶不會同時佔用同一個子通道。限制 C5 是容量比率的限制，其中第  $k$  個用戶的容量是  $C_k$ ， $C_k$  表示

為：
$$C_k = \sum_{n=1}^N I_{k,n} \sum_{i=1}^{M_i} \log\left(1 + \frac{g_k P_{k,n} \lambda_{k,n,i}}{M_i \sigma^2}\right)。$$

如同前面所述，第 k 個用戶所佔用的第 n 個子通道具有多個特徵模式(eigenmode)。需要注意的是，MIMO 系統的最弱的特徵模式鍵結表示為  $\lambda_{k,n,1}$ 。最弱的特徵模式鍵結  $\lambda_{k,n,1}$  會決定 MIMO 系統的第 k 個用戶所佔用之第 n 個子通道所能覆蓋的範圍。也就是說，最弱的特徵模式鍵結  $\lambda_{k,n,1}$  的通道增益是最弱的，因此在任意子通道中最弱的特徵模式鍵結  $\lambda_{k,n,1}$  會比較容易產生錯誤(error)，以致於在 SNR 較低的情況下會更進一步地產生鍵結切斷(outage)之問題。若再把較大的功率指定給較強的特徵模式鍵結，則其覆蓋範圍會因為最弱的特徵模式鍵結 SNR 更低而較小，亦即，在其最弱的特徵模式鍵結中，容易產生鍵結切斷的問題。因此，在第 k 個用戶中，其所佔用的每一個子通道之 MIMO 特徵模式的功率可以根據功率  $P_{k,n}$  來決定。

請參照圖 1，圖 1 為本發明的一個示範實施例所提供的用於 MU-MIMO-OFDM 系統之資源配置方法的流程圖。在步驟 S10 中，將 N 個子通道配置給 K 個用戶。其中，每一個子通道僅被指定給此 K 個用戶中一個用戶。接著，在步驟 S12 中，配置每一個子通道的功率。第 k 個用戶所佔用之第 n 個子通道的功率  $P_{k,n}$  為第 k 個用戶的分配總功率除以被分配給第 k 個用戶的子通道數目。在本發明的示範實施例中，所提供的資源配置方法會先對子通道進行配置，然後才對功率進行配置，以藉此降低其複雜度。

請參照圖 2A，圖 2A 為本發明的一個示範實施例所提供的步驟 S10 的流程圖。在此示範實施例中，步驟 S10 的

實施方式是採用具有極大-極小排程規則之用戶導向(user oriented)的子通道配置演算法。然而，圖 2A 所提供的示範實施例並非用於限定本發明的保護範圍。

在步驟 S20 中，根據容量比率限制，將預定子通道數目  $N_k$  指定給第  $k$  個用戶。其中預定子通道數目  $N_k$  表示待指定給第  $k$  個用戶的子通道數目。需要注意的是，預定子通道數目  $N_k$  可以藉由方程式(1)來決定，但方程式(1)並非用於以限定本發明的保護範圍。方程式(1)的定義如下：

$$N_k = \left\lfloor \frac{\eta_k N}{\sum_{k=1}^K \eta_k} \right\rfloor \dots\dots (1)。$$

其中  $\lfloor x \rfloor$  表示小於或者等於  $x$  的最大整數。在步驟 S20 中，集合(set)  $\hat{N} = \{1, 2, \dots, N\}$  表示子通道之索引值的集合，集合  $\hat{K} = \{1, 2, \dots, K\}$  表示用戶之索引值的集合。起初，第  $k$  個用戶的容量  $R_k$  會被初始為 0 ( $R_k = 0$ )，而被指定給第  $k$  個用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_k$  會被初始為空集合 ( $\hat{N}_k = \phi$ )。在所有的預定子通道數目都被指定給所有的用戶後，計算預設剩餘子通道數目  $N'$ ，其中，預設剩餘子通道數目  $N'$  可藉由方程式(2)來計算，但方程式(2)並非用以限定本發明。接著，將計數數字(counter number)  $\bar{k}$  和  $\bar{n}$  初始為 1。其中，上述之方程式(2)表示如下：

$$N' = N - \sum_{k=1}^K N_k \dots\dots (2)。$$

接著，在步驟 S21 中，判斷計數數字  $\bar{k}$  是否大於總用戶數目  $K$ 。如果計數數字  $\bar{k}$  大於總用戶數目  $K$ ，則執行步驟 S23；否則，則執行步驟 S22。

在步驟 S21 和 S22 中，每一個用戶自 MIMO 系統的多

個子通道中選擇一個具有極大最弱特徵模式的子通道，接著更新第  $\bar{k}$  個用戶的容量  $R_{\bar{k}}$  以及集合  $\hat{N}$  與  $\hat{N}_{\bar{k}}$ 。

在步驟 S22 中，以遞降次序(descending order)排序(sort)第  $\bar{k}$  個用戶的所有最弱特徵模式(weakest eigenmode)鍵結  $\lambda_{\bar{k},n,1}$  ( $n=1$  至  $N$ )，接著找到對於所有  $j$  滿足  $\lambda_{\bar{k},m,1} \geq \lambda_{\bar{k},j,1}$  的數字  $m$ ，其中  $j$  屬於集合  $\hat{N}$  移除數字  $m$  的數字集合(亦即， $j \in \hat{N} - \{m\}$ )。之後，採用數字  $m$  來更新第  $\bar{k}$  個用戶的容量  $R_{\bar{k}}$  以及集合  $\hat{N}$  與  $\hat{N}_{\bar{k}}$ 。將 MIMO 系統中的具有極大最弱特徵模式(maximal weakest eigenmode)的第  $m$  個子通道指定給第  $\bar{k}$  個用戶。因此，第  $\bar{k}$  個用戶的容量  $R_{\bar{k}}$  將等於  $C_{\bar{k}}$  (亦即， $R_{\bar{k}} = C_{\bar{k}}$ )。之後，增加(add)數字  $m$  到被指定給第  $k$  個用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_k$  中(亦即， $\hat{N}_k = \hat{N}_k \cup \{m\}$ )，並且從子通道之索引值的集合  $\hat{N}$  中移除數字  $m$  (亦即， $\hat{N} = \hat{N} - \{m\}$ )。其中，被指定給第  $\bar{k}$  個用戶的容量表示為  $C_{\bar{k}} = \sum_{i=1}^{M_{\bar{k}}} \log(1 + \frac{g_{\bar{k}} P_{\bar{k},m} \lambda_{\bar{k},m,i}}{M_{\bar{k}} \sigma^2})$ 。最後，將計數數字  $\bar{k}$  和  $\bar{n}$  增加 1 (亦即， $\bar{k} = \bar{k} + 1$  以及  $\bar{n} = \bar{n} + 1$ )。在執行步驟 S22 之後，返回(go back)步驟 S21。如此一來，每一個用戶皆會自 MIMO 系統中的多個子通道中選擇一個具有極大最弱特徵模式(maximal weakest eigenmode)的子通道。

需要注意的是，前幾個用戶(previous users)可能會選擇到第  $\bar{k}$  個用戶的最佳子通道，因此第  $\bar{k}$  個用戶可能沒有選擇到最佳子通道。然而，在通常情況下，子通道總數目  $N$  卻遠遠大於用戶的總數目  $K$ ，因此上述情形發生的可能性非常小。

值得注意的是，若  $K$  個用戶的優先權彼此不全部相同，則  $K$  個用戶的序列(sequence)可以根據用戶的優先權

(priority)可以決定。其中， $K$  個用戶的優先權可以根據用戶所支付的費用來決定。除此之外， $K$  個用戶的優先權亦可以根據其傳送資料的類型來決定。一般而言，用戶的傳送資料的類型包括即時視頻傳送資料(real-time video data transmission)、即時聲頻傳送資料(real-time audio data transmission)與一般檔案傳送資料(general file data transmission)等。總而言之，具有最高優先權的用戶一般會有優先選擇子通道的權利。

承上所述，在步驟 S22 中，首先會以遞降次序排序第  $k$  個用戶的所有最弱特徵模式鍵結  $\lambda_{k,n,1}$  ( $n=1$  至  $N$ )。其中，此排序的子步驟可以降低計算的複雜度(computation complexity)。若沒有排序第  $k$  個用戶的所有最弱特徵模式鍵結  $\lambda_{k,n,1}$  ( $n=1$  至  $N$ )，則在配置一個子通道給第  $k$  個用戶時，此資源配置方法就必須比較第  $k$  個用戶的所有最弱特徵模式鍵結  $\lambda_{k,n,1}$  ( $n=1$  至  $N$ )。

在步驟 S23 至 S26 中，根據用戶的容量比率限制以及每一個用戶已分配的容量，自多個用戶中決定一個權利用戶，接著自沒有被指定給用戶的子通道中指定一個具有極大最弱特徵模式的子通道給此權利用戶。在此，假設權利用戶是第  $k'$  個用戶。那麼在自沒有被指定給用戶的子通道中的指定一個子通道給第  $k'$  個用戶後，第  $k'$  個用戶的容量  $R_{k'}$  以及集合  $\hat{N}$  與  $\hat{N}_{k'}$  都會被更新。如果指定給第  $k'$  個用戶的子通道數目等於其預定子通道數目  $N_{k'}$ ，則第  $k'$  個用戶退出決定自多個用戶中決定一個權利用戶的競爭機制。

在步驟 S23 中，比較計數數字  $\bar{n}$  與預定子通道數目的總和

$\sum_{k=1}^K N_k$ ，其中， $N-N'=\sum_{k=1}^K N_k$ 。如果計數數字 $\bar{n}$ 大於預定子通道數目的總和(亦即， $\bar{n} > N-N'$ )，則執行步驟 S27。如果計數數字 $\bar{n}$ 小於或者等於已預先指定的子通道數目的總和(亦即， $\bar{n} \leq N-N'$ )，則執行步驟 S24。

在步驟 S24 中，首先找到數字  $k'$  來滿足第  $k'$  個用戶的容量與其容量比率限制之比值小於其他用戶的之容量與比率限制之比值的條件(亦即， $R_{k'}/\eta_{k'} \leq R_{j'}/\eta_{j'}$  for all  $j' \in \hat{K} - \{k'\}$ )。因此，有權利選擇還沒有指定給用戶之子通道的權利用戶為第  $k'$  個用戶。接著，第  $k'$  個用戶自沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個具有極大最弱特徵模式的子通道。換言之，就是找到對於所有的  $j'$ ，滿足  $\lambda_{k',p,1} \geq \lambda_{k',j',1}$  的數字  $p$ ，其中  $j'$  屬於集合  $\hat{N}$  移除數目  $p$  的數字集合(亦即， $j' \in \hat{N} - \{p\}$ )。接著，將 MIMO 系統中具有極大最弱特徵模式的第  $p$  個子通道指定給第  $k'$  個用戶。因此，第  $k'$  個用戶的容量  $R_{k'}$  將等於其先前的容量  $R_{k'}$  加上  $C_p$ (亦即， $R_{k'} = R_{k'} + C_p$ )。之後，增加數字  $p$  到指定給第  $k'$  個用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_{k'}$  中(亦即， $\hat{N}_{k'} = \hat{N}_{k'} \cup \{p\}$ )，並且將數字  $p$  從子通道之索引值的集合  $\hat{N}$  中移除(亦即， $\hat{N} = \hat{N} - \{p\}$ )。最後，將計數數字  $\bar{n}$  增加 1(亦即， $\bar{n} = \bar{n} + 1$ )。在執行步驟 S24 後，接著執行步驟 S25 和 S26。

在步驟 S25 中，判斷指定給第  $k'$  個用戶的子通道數目是否等於其預定子通道數目  $N_{k'}$ 。如果指定給第  $k'$  個用戶的子通道數目等於其預定子通道數目  $N_{k'}$ (亦即， $|\hat{N}_{k'}| = N_{k'}$ )，則執行步驟 S26；否則，返回步驟 S23。

在步驟 S26 中，將數字  $k'$  從集合  $\hat{K}$  移除(亦即， $\hat{K} = \hat{K} - \{k'\}$ )。



如此一來，第  $k'$  個用戶會退出決定自多個用戶中決定一個權利用戶的競爭機制。

值得一提的是，自多個用戶中決定一個權利用戶使此權利用戶具有權利自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道的設計方式是屬於用戶導向的設計方式。換言之，就是根據用戶的觀點(point)來調整其容量比率，並且讓權利用戶自沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道。

若被指定給每一個用戶的子通道數目皆等於其預定子通道數目，則執行步驟 S27。在步驟 S27 至 S29 中，指定剩餘(residual)的子通道給  $K$  個用戶。在步驟 S27 中，初始化(initialize)用戶之索引值的集合  $\hat{K}$ ，其中  $\hat{K} = \{1, \dots, K\}$ 。接著，在步驟 S28 中，決定計數數字  $\bar{n}$  是否大於  $N$ 。如果計數數字  $\bar{n}$  大於  $N$ ，則完成子通道配置；否則，則執行步驟 S29。

在步驟 S29 中，首先找到數字  $\hat{k}$  以滿足第  $\hat{k}$  個用戶的容量與其容量比率限制之比值小於其他用戶的之容量與比率限制之比值的條件(亦即， $R_{\hat{k}}/\eta_{\hat{k}} \leq R_{\hat{j}}/\eta_{\hat{j}}$  for all  $\hat{j} \in \hat{K} - \{\hat{k}\}$ )。因此，有權利自沒有被指定給用戶之子通道中選擇一個子通道的權利用戶為第  $\hat{k}$  個用戶。接著，第  $\hat{k}$  個用戶自沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個的具有極大最弱特徵模式的子通道。換言之，亦即找到對於所有的  $\hat{j}$ ，滿足  $\lambda_{\hat{k}, \hat{m}, 1} \geq \lambda_{\hat{k}, \hat{j}, 1}$  的數字  $\hat{m}$ ，其中  $\hat{j}$  屬於集合  $\hat{N}$  移除數目  $\hat{m}$  的數字集合(亦即， $\hat{j} \in \hat{N} - \{\hat{m}\}$ )。因此，MIMO 系統中的具有極大最弱特徵模式的第  $\hat{m}$  子通道會被指定給第  $\hat{k}$  個用戶。如此一來，第  $\hat{k}$  個用戶的容量  $R_{\hat{k}}$  會等於其先前的容量  $R_{\hat{k}}$  加上  $C_{\hat{k}}$  (亦即， $R_{\hat{k}} = R_{\hat{k}} + C_{\hat{k}}$ )。接著，增加數字  $\hat{m}$  到指定給第

$\bar{k}$  個用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_{\bar{k}}$  中(亦即,  $\hat{N}_{\bar{k}} = \hat{N}_{\bar{k}} \cup \{\bar{m}\}$ ), 並且將數字  $\bar{m}$  從子通道之索引值的集合  $\hat{N}$  中移除(亦即,  $\hat{N} = \hat{N} - \{\bar{m}\}$ )。最後, 將計數數字  $\bar{n}$  增加 1(亦即,  $\bar{n} = \bar{n} + 1$ )。

在執行步驟 S29 之後, 返回步驟 S28。在所有剩餘的子通道都被分配完後, 本示範實施例所提供的資源配置方法中的步驟 S10 才會結束。值得一提的是, 在圖 2A 所述的子通道配置過程中, 此資源配置方法自多個用戶中決定一個權利用戶, 而且僅有此權利用戶具有權利可以從沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道。

請參照圖 2B, 圖 2B 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。與圖 2A 不同的是, 在圖 2B 所示的示範實施例中, 步驟 S10 的實施方式是採用具有極大比率總和排程規則之用戶導向的子通道配置演算法。然而, 圖 2B 所提供的示範實施例並非用於限定本發明。步驟 S30、S31、S33 以及 S36 至 S38 分別與步驟 S20、S21、S23 以及 S26 至 S28 相同, 在此便不再贅述。圖 2A 與圖 2B 的區別在於排程規則, 圖 2A 採用極大-極小排程規則, 而圖 2B 採用極大比率總和排程規則。

在步驟 S31 和 S32 中, 每一個用戶自 MIMO 系統中的多個子通道中選擇一個的具有最大容量的子通道, 接著, 更新第  $\bar{k}$  個用戶的容量  $R_{\bar{k}}$  以及集合  $\hat{N}$  與  $\hat{N}_{\bar{k}}$ 。

在步驟 S32 中, 找到對於所有  $j$  滿足  $C_{\bar{k},m} \geq C_{\bar{k},j}$  的數字  $m$ , 其中  $j$  屬於集合  $\hat{N}$  移除數目  $m$  的數字集合(亦即,  $j \in \hat{N} - \{m\}$ )。其中, 被指定給第  $\bar{k}$  個用戶的第  $m$  個子通道的容量  $C_{\bar{k},m}$  表示為

$C_{\bar{k},m} = \sum_{i=1}^{M_i} \log(1 + \frac{g_{\bar{k}} P_{\bar{k},m} \lambda_{\bar{k},m,i}}{M_i \sigma^2})$ 。接著，採用數字  $m$  來更新第  $\bar{k}$  個用戶的容量  $R_{\bar{k}}$  以及集合  $\hat{N}$  與  $\hat{N}_{\bar{k}}$ ，並且將 MIMO 系統中的具有最大容量的第  $m$  個子通道被指定給第  $\bar{k}$  個用戶。因此，第  $\bar{k}$  個用戶的容量  $R_{\bar{k}}$  會等於  $C_{\bar{k},m}$  (亦即， $R_{\bar{k}} = C_{\bar{k},m}$ )。之後，增加(add)數字  $m$  到被指定給第  $k$  個用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_{\bar{k}}$  中(亦即， $\hat{N}_{\bar{k}} = \hat{N}_{\bar{k}} \cup \{m\}$ )，並且從子通道之索引值的集合  $\hat{N}$  中移除數目  $m$ (亦即， $\hat{N} = \hat{N} - \{m\}$ )。最後，將計數數字  $\bar{k}$  和  $\bar{n}$  增加 1(亦即， $\bar{k} = \bar{k} + 1$  以及  $\bar{n} = \bar{n} + 1$ )。在執行步驟 S32 之後，返回(go back)步驟 S31。如此一來，每一個用戶都會自 MIMO 系統中的多個子通道中選擇一個的具有最大容量的子通道。

需要注意的是，前幾個用戶(previous users)可能會選擇到第  $\bar{k}$  個用戶的最佳子通道，因此第  $\bar{k}$  個用戶可能沒有選擇到最佳子通道。然而，在通常情況下，子通道總數目  $N$  卻遠遠大於用戶的總的數目  $K$ ，因此上述情形發生的可能性非常小。

值得注意的是，若  $K$  個用戶的優先權彼此不全部相同，則  $K$  個用戶的序列(sequence) 可以根據用戶的優先權(priority)可以決定。其中， $K$  個用戶的優先權可以根據用戶所支付的費用來決定。除此之外， $K$  個用戶的優先權亦可以根據其傳送資料的類型來決定。一般而言，用戶的傳送資料的類型包括即時視頻傳送資料(real-time video data transmission)、即時聲頻傳送資料(real-time audio data transmission)與一般檔案傳送資料(general file data transmission)等。總而言之，具有最高優先權的用戶一般會有優先選擇子通道的權利。在步驟 S33 至 S36 中，根據用

戶的已分配容量以及容量比率限制，自多個用戶中決定一個權利用戶，接著自沒有被指定給用戶的子通道中指定一個具有最大容量子通道給此權利用戶。在此，假設有權利選擇沒有被指定給用戶的子通道之權利用戶為第  $k'$  個用戶。在自沒有指定給用戶的子通道中指定一個子通道給第  $k'$  個用戶後，更新第  $k'$  個用戶的容量  $R_{k'}$  以及集合  $\hat{N}$  與  $\hat{N}_{k'}$ 。如果指定給第  $k'$  個用戶的子通道數目等於其預定子通道數目  $N_{k'}$ ，則第  $k'$  個用戶退出自多個用戶中決定一個權利用戶的競爭機制。

在步驟 S34 中，首先找到數字  $k'$  以滿足第  $k'$  個用戶的容量與其容量比率限制之比值小於其他用戶之容量與比率限制之比值的條件（亦即， $R_{k'}/\eta_{k'} \leq R_{j'}/\eta_{j'}$  for all  $j' \in \hat{K} - \{k'\}$ ）。因此，有權利選擇還沒有被指定給用戶的子通道之權利用戶為第  $k'$  個用戶。接著，第  $k'$  個用戶自沒有指定給用戶的子通道中選擇一個具有最大容量的子通道。換言之，就是找到對於所有的  $j'$ ，滿足  $C_{k',m'} > C_{k',j'}$  的數字  $m'$ ，其中  $j'$  屬於集合  $\hat{N}$  移除數目  $m'$  的數字集合（亦即， $j' \in \hat{N} - \{m'\}$ ）。接著，將 MIMO 系統中的具有最大容量的第  $m'$  個子通道指定給第  $k'$  個用戶。因此，第  $k'$  個用戶的容量  $R_{k'}$  等於其先前的容量  $R_{k'}$  加上  $C_{k',m'}$ （亦即即， $R_{k'} = R_{k'} + C_{k',m'}$ ）。之後，增加數字  $m'$  到指定給第  $k'$  個用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_{k'}$  中（亦即， $\hat{N}_{k'} = \hat{N}_{k'} \cup \{m'\}$ ），並將數字  $m'$  從子通道之索引值的集合  $\hat{N}$  中移除（亦即， $\hat{N} = \hat{N} - \{m'\}$ ）。最後，將計數數字  $\bar{n}$  增加 1（亦即， $\bar{n} = \bar{n} + 1$ ）。

在步驟 S39 中，首先找到數字  $\hat{k}$  以滿足第  $\hat{k}$  個用戶的容量

與其容量比率限制之比值小於其他用戶之容量與其容量比率限制之比值的條件(亦即,  $R_k/\eta_k \leq R_j/\eta_j$  for all  $j \in \hat{K} - \{k\}$ )。因此, 有權利選擇還沒有被指定給用戶的子通道之權利用戶為第  $\hat{k}$  個用戶。接著, 第  $\hat{k}$  個用戶自沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個具有最大容量的子通道。換言之, 就是找到對於所有的  $\hat{j}$ , 滿足  $C_{\hat{k}, \hat{m}} \geq C_{\hat{k}, \hat{j}}$  的數字  $\hat{m}$ , 其中  $\hat{j}$  集合  $\hat{N}$  屬於移除數字  $\hat{m}$  的數字集合(即,  $\hat{j} \in \hat{N} - \{\hat{m}\}$ )。因此, MIMO 系統中的具有最大容量的第  $\hat{m}$  個子通道會被指定給第  $\hat{k}$  個用戶, 而第  $\hat{k}$  個用戶的容量  $R_k$  等於其先前的容量加上  $C_{\hat{k}, \hat{m}}$  (亦即,  $R_k = R_k + C_{\hat{k}, \hat{m}}$ )。之後, 增加數字  $\hat{m}$  到指定給第  $\hat{k}$  個用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_k$  中(亦即,  $\hat{N}_k = \hat{N}_k \cup \{\hat{m}\}$ ), 並將數字  $\hat{m}$  從子通道之索引值的集合  $\hat{N}$  中移除(亦即,  $\hat{N} = \hat{N} - \{\hat{m}\}$ )。最後, 將計數數字  $\bar{n}$  增加 1(亦即,  $\bar{n} = \bar{n} + 1$ )。

值得一提的是, 上述兩個示範實施例是根據用戶導向的觀點來選擇子通道。接著, 請參照圖 2C, 圖 2C 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。但是, 排程規則並非被限定於圖 2A 和 2B 中, 圖 2C 是圖 2A 和 2B 所概括的步驟 S10 之通用流程圖。

在步驟 S40 中, 將多個預指定子通道數目根據多個容量比率限制指定給  $K$  個用戶, 其中預定子通道數目  $N_k$  表示待指定給第  $k$  個用戶的子通道數目(即,  $k=1$  至  $k$ )。

接著, 在步驟 S41 中, 每一個用戶根據排程規則自多個子通道中選擇一個子通道, 其中此排程規則可以是極大-極小排程規則或者極大比率總和排程規則, 然而, 排程規

則的種類並非用於限定本發明。

在步驟 S42 中，根據用戶的容量比率限制以及其本身的已分配容量，決定有權利選擇沒有被指定給用戶之子通道的權利用戶，接著此權利用戶根據排程規則自沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道。

在步驟 S43 中，如果指定給第  $k$  個用戶的子通道數目等於其預定子通道數目  $N_k$ ，則第  $k$  個用戶退出自多個用戶中決定一個權利用戶的競爭機制，接著執行步驟 S44。

在步驟 S44 中，判斷指定給所有用戶的子通道數目是否等於其預定子通道數目的總和。如果指定給所有用戶的子通道數目等於其預定子通道數目的總和，則執行步驟 S45；否則，則返回步驟 S42

在步驟 S45 中，根據用戶的容量比率限制以及其已指定的容量，決定有權利選擇沒有被指定給用戶之子通道的權利用戶，接著此權利用戶根據排程規則自沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道。重複此步驟，直到所有的子通道都被指定給用戶為止。

在圖 2A 至 2C 中，步驟 S10 是根據用戶導向的觀點來指定子通道。因為步驟 S10 是根據用戶導向的觀點來指定子通道，所以此些示範實施例所提供的方法可根據用戶已指定的子通道，自多個用戶中決定一個有權利選擇沒有被指定給用戶之子通道的權利用戶。另外，在  $N > K$  的情況下，每一個用戶具有相對高的選擇級數(order)來選擇子通道，而且此些方法在用戶的所需要的傳送資料的資料大小不同之情況

下依然可以順利地配置資源給用戶。然而，對於每一個用戶而言，其所預見的  $N$  個子通道的條件是固定的，因此，除了最先被指定的子通道的選擇是  $N$  個獨立相同分佈(independent identical distributions)的統計選擇(statistical selection)之外，其他的選擇皆彼此相關，因此上述的這些方法會減少排程增益。

請參照圖 3A，圖 3A 為本發明的一個示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。在本示範實施例中，步驟 S10 的實施方式是採用具有極大-極小排程規則之子通道導向(sub-channel oriented)的子通道配置演算法。當然，圖 3A 所提供的此示範實施例並非用於限定本發明的。

在步驟 S50 中，將預定子通道數目  $N_k$  根據容量比率限制指定給第  $k$  個用戶，其中預定子通道數目  $N_k$  表示待指定給第  $k$  個用戶的子通道數目。需要注意的是，預定子通道數目  $N_k$  可藉由方程式(1)來決定，但方程式(1)並非用於限定本發明。在步驟 S50 中，集合  $\hat{N} = \{1, 2, \dots, N\}$  表示子通道之索引值的集合，集合  $\hat{K} = \{1, 2, \dots, K\}$  表示用戶之索引值的集合。起初，第  $k$  個用戶的容量  $R_k$  被初始為 0(亦即， $R_k = 0$ )，而被指定給第  $k$  用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_k$  被初始為空集合(亦即， $\hat{N}_k = \phi$ )。在所有的預定子通道數目都被指定給用戶後，根據方程式(2)來計算預設的剩餘的子通道數目  $N'$ ，但是，要注意的是，方程式(2)並非用於限定本發明。接著，計數數字  $\bar{n}$  被初始設置為 1。

接著，在步驟 S51 中，判斷計數數字  $\bar{n}$  是否大於預定子通道數目的總和(亦即， $\bar{n} \geq N - N'$  是否為真)。如果計數數字  $\bar{n}$  大

於預定子通道數目的總和，則執行步驟 S55；否則，則執行步驟 S52。

在步驟 S51 至 S54 中，將每一個子通道指定給多個用戶中的一個用戶，而且此用戶在使用此子通道時，此用戶所佔用的子通道為 MIMO 系統中具有極大最弱特徵模式的子通道。接著，更新第  $k'$  個用戶的容量  $R_{k'}$  以及集合  $\hat{N}$  與  $\hat{N}_{k'}$ 。如果配置給第  $k'$  個用戶子通道數目等於預定子通道數目  $N_{k'}$ ，則第  $k'$  個用戶退出被指定子通道的競爭，如此一來在步驟 S51 至 S54 的迴圈中，還沒有被指定給用戶的子通道不會再一次地被指定給第  $k'$  個用戶。

在步驟 S52 中，找到對於所有  $j$  滿足  $\lambda_{k',\bar{n},j} \geq \lambda_{j,\bar{n},1}$  的數字  $k'$ ，其中  $j$  屬於集合  $\hat{K}$  移除數目  $k'$  的數字集合(亦即， $j \in \hat{K} - \{k'\}$ )。接著，採用數字  $\bar{n}$  來更新第  $k'$  個用戶的容量  $R_{k'}$  以及集合  $\hat{N}$  與  $\hat{N}_{k'}$ 。當第  $\bar{n}$  個子通道被指定給第  $k'$  個用戶時，第  $k'$  個用戶所佔用的第  $\bar{n}$  個子通道為 MIMO 系統中具有極大最弱特徵模式的子通道。因此，第  $k'$  個用戶的容量  $R_{k'}$  等於  $R_{k'}$  加上  $C_{k'}$ (亦即， $R_{k'} = R_{k'} + C_{k'}$ )。之後，增加計數數字  $\bar{n}$  到指定給第  $k'$  個用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_{k'}$  中(亦即， $\hat{N}_{k'} = \hat{N}_{k'} \cup \{\bar{n}\}$ )，並且從子通道之索引值的集合  $\hat{N}$  中移除計數數字  $\bar{n}$ (亦即， $\hat{N} = \hat{N} - \{\bar{n}\}$ )。其中，被指定給第  $k'$  個用戶的容量表示為  $C_{k'} = \sum_{i=1}^{M_i} \log(1 + \frac{g_{k',\bar{n}} P_{k',\bar{n}} \lambda_{k',\bar{n},i}}{M_i \sigma^2})$ 。最後，將計數數字  $\bar{n}$  增加 1(亦即， $\bar{n} = \bar{n} + 1$ )。在執行步驟 S52 之後，執行步驟 S53。

在步驟 S53 中，判斷指定給第  $k'$  個用戶的子通道數目是否等於其預定子通道數目  $N_{k'}$ 。如果指定給第  $k'$  個用戶的子通



道數目等於其預定子通道數目  $N_{k'}$  (亦即,  $|\hat{N}_{k'}| = N_{k'}$ ), 則執行步驟 S54; 否則, 返回步驟 S52。

在步驟 S54 中, 將數字  $k'$  從集合  $\hat{K}$  移除 (亦即,  $\hat{K} = \hat{K} - \{k'\}$ ), 因此第  $k'$  個用戶會退出被指定子通道的競爭。簡單地說, 在步驟 S51 至 S54 的迴圈中, 其他還沒有被指定給用戶的子通道不會再一次地被指定給第  $k'$  個用戶。

若指定給每一個用戶的子通道數目都等於其預定子通道數目, 則執行步驟 S55。在步驟 S55 至 S57 中, 指定剩餘(residual)的子通道給  $K$  個用戶。在步驟 S55 中, 初始(initialize)用戶之索引值的集合  $\hat{K}$ , 其中  $\hat{K} = \{1, \dots, K\}$ 。接著, 在步驟 S56 中, 判斷計數數字  $\bar{n}$  是否大於  $N$ 。如果計數數字  $\bar{n}$  大於  $N$ , 則表示已經完成了子通道配置; 否則, 則執行步驟 S57。

在步驟 S57 中, 找到對於所有的  $j$  都滿足  $\lambda_{\bar{k}, \bar{n}} \geq \lambda_{j, \bar{n}}$  的數字  $\bar{k}$ , 其中  $j$  屬於集合  $\hat{K}$  移除數字  $k'$  的數字集合 (亦即,  $j \in \hat{K} - \{k'\}$ )。接著, 將數字  $\bar{k}$  從用戶之索引值的集合  $\hat{K}$  移除 (亦即,  $\hat{K} = \hat{K} - \{\bar{k}\}$ ), 並且採用數字  $\bar{n}$  來更新第  $\bar{k}$  個用戶的容量  $R_{\bar{k}}$  以及集合  $\hat{N}$  與  $\hat{N}_{\bar{k}}$ 。當第  $\bar{n}$  個子通道被指定給第  $\bar{k}$  個用戶時, 第  $\bar{k}$  個用戶所佔用第  $\bar{n}$  個子通道為 MIMO 系統中具有極大最弱特徵模式的子通道。因此, 第  $\bar{k}$  個用戶的容量  $R_{\bar{k}}$  會等於  $R_{\bar{k}}$  加上  $C_{\bar{k}}$  (亦即,  $R_{\bar{k}} = R_{\bar{k}} + C_{\bar{k}}$ )。之後, 增加計數數字  $\bar{n}$  到指定給第  $\bar{k}$  用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_{\bar{k}}$  中 (亦即,  $\hat{N}_{\bar{k}} = \hat{N}_{\bar{k}} \cup \{\bar{n}\}$ ), 並且從子通道之索引值的集合  $\hat{N}$  中移除計數數字  $\bar{n}$  (亦即,  $\hat{N} = \hat{N} - \{\bar{n}\}$ )。最後, 將計數數字  $\bar{n}$  增加 1 (亦即,  $\bar{n} = \bar{n} + 1$ )。在執行步驟 S57 之後, 執行步驟 S56。

值得一提的是，在步驟 S56 至 S57 的迴圈中，每一個用戶最多僅能獲得剩餘之子通道中的一個。因此，此種實施方式將可以保持容量比率限制。與圖 2A 不同的是，圖 3A 是將每一個子通道自多個用戶中選擇一個使其具有極大最弱特徵模式鍵結的用戶。因此，圖 3A 所提供的方法可以不根據用戶已分配的子通道之結果來做子通道的配置。

請參照圖 3B，圖 3B 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。與圖 3A 不同的是，在圖 3B 的示範實施例中，步驟 S10 的實施方式是採用具有極大比率總和排程規則之子通道導向的子通道配置演算法觀點。當然，圖 3B 所提供的示範實施例並非用於限定本發明。步驟 S60、S61、S63 以及 S64 至 S66 分別與步驟 S50、S51、S53 以及 S54 至 S56 相同，在此不再贅述。如上所述，圖 3A 與圖 3B 的區別在於排程規則。圖 3A 採用極大-極小排程規則，而圖 3B 採用極大比率總和排程規則。

在步驟 S62 中，找到對於所有  $j$  滿足  $C_{k',\bar{n}} \geq C_{j,\bar{n}}$  的數字  $k'$ ，其中  $j$  屬於集合  $\hat{K}$  移除數目  $k'$  的數字集合(即， $j \in \hat{K} - \{k'\}$ )。採用數字  $\bar{n}$  來更新第  $k'$  個用戶的容量  $R_{k'}$  以及集合  $\hat{N}$  和  $\hat{N}_{k'}$ 。當第  $\bar{n}$  個子通道被指定給第  $k'$  個用戶時，第  $k'$  個用戶所使用的第  $\bar{n}$  個子通道為 MIMO 系統中具有最大容量的子通道。因此，第  $k'$  個用戶的容量  $R_{k'}$  等於其先前的容量  $R_{k'}$  加上  $C_{k',\bar{n}}$  (亦即， $R_{k'} = R_{k'} + C_{k',\bar{n}}$ )。之後，增加計數數字  $\bar{n}$  到被指定給第  $k'$  個用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_{k'}$  中(亦即， $\hat{N}_{k'} = \hat{N}_{k'} \cup \{\bar{n}\}$ )，並從子通

道之索引值的集合  $\hat{N}$  中移除計數數字  $\bar{n}$  (亦即,  $\hat{N} = \hat{N} - \{\bar{n}\}$ )。其中, 被指定給第  $k$  用戶的容量表示為  $C_{k,\bar{n}} = \sum_{i=1}^{M_i} \log(1 + \frac{g_k P_{k,\bar{n}} \lambda_{k,\bar{n},i}}{M_i \sigma^2})$ 。最後, 將計數數字  $\bar{n}$  增加 1 (亦即,  $\bar{n} = \bar{n} + 1$ )。在執行步驟 S62 之後, 執行步驟 S63。

在步驟 S67 中, 找到對於所有的  $j$  都滿足  $C_{\bar{k},\bar{n}} \geq C_{j,\bar{n}}$  的數字  $\bar{k}$ , 其中  $j$  屬於集合  $\hat{K}$  移除數字  $\bar{k}$  的數字集合  $\hat{K}$  (亦即,  $j \in \hat{K} - \{\bar{k}\}$ )。接著, 將數字  $\bar{k}$  從用戶之索引值的集合  $\hat{K}$  移除 (亦即,  $\hat{K} = \hat{K} - \{\bar{k}\}$ )。之後, 採用數字  $\bar{n}$  來更新第  $\bar{k}$  個用戶的容量  $R_{\bar{k}}$  以及集合  $\hat{N}$  與  $\hat{N}_{\bar{k}}$ 。當第  $\bar{n}$  個子通道被指定給第  $\bar{k}$  個用戶時, 第  $\bar{k}$  個用戶所採用的第  $\bar{n}$  個子通道為 MIMO 系統的具有最大容量的一個子通道。因此, 第  $\bar{k}$  個用戶的容量  $R_{\bar{k}}$  等於  $R_{\bar{k}}$  加上  $C_{\bar{k},\bar{n}}$  (亦即,  $R_{\bar{k}} = R_{\bar{k}} + C_{\bar{k},\bar{n}}$ )。之後, 增加計數數字  $\bar{n}$  到被指定給第  $\bar{k}$  個用戶的子通道之索引值的集合  $\hat{N}_{\bar{k}}$  中 (亦即,  $\hat{N}_{\bar{k}} = \hat{N}_{\bar{k}} \cup \{\bar{n}\}$ ), 並且從子通道之索引值的集合  $\hat{N}$  中移除計數數字  $\bar{n}$  (亦即,  $\hat{N} = \hat{N} - \{\bar{n}\}$ )。最後, 將計數數字  $\bar{n}$  增加 1 (亦即,  $\bar{n} = \bar{n} + 1$ )。在執行步驟 S67 之後, 返回步驟 S66。

上述兩個示範實施例是根據子通道導向的觀點讓子通道來選擇用戶。請參照圖 3C, 圖 3C 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。值得一提的是, 排程規則並非被限定於圖 3A 和 3B 的示範實施例, 而且圖 3C 是圖 3A 和 3B 所概括的步驟 S10 的通用流程圖。

在步驟 S70 中, 將多個預定子通道數目根據容量比率限制指定給  $K$  個用戶, 其中預定子通道數目  $N_k$  表示待指定給第  $k$  個用戶的子通道數目, 其中,  $k=1$  至  $k$ 。

在步驟 S71 中，第一至第 $(N-N')$ 個子通道依序根據排程規則自多個用戶中選擇一個用戶，其中 $(N-N')$ 是預定子通道數目的總和。如果被指定給此用戶的子通道數目等於其預定子通道數目，則在步驟 S71 中，此用戶退出被第一至第 $(N-N')$ 個子通道選擇的競爭機制。

在步驟 S72 中，沒有被指定給用戶的子通道中的每一個子通道根據排程規則自多個用戶中選擇一個用戶，其中，在步驟 S72 中，被選擇到的用戶最多僅被選擇一次。

與圖 2A 至 2C 不同的是，圖 3A 至圖 3C 所提供的方法是子通道導向的。因此，每一個子通道會被指定給其相對應的用戶，而且對於每一個子通道而言，用戶的選擇是  $K$  個獨立相同分佈的統計選擇。因此，此些資源配置方法中的子通道配置方式適用於用戶所需要的傳送資料之資料大小皆相等的情況。然而，圖 3A 至圖 3C 所提供的方法可以不根據已分配給各用戶的容量來配置子通道。此外，儘管每一個子通道的選擇是具有統計特性的獨立相同分佈，但是每當被指定給用戶的子通道數目等於其預先子通道數目時，由於此用戶將會退出競爭機制，因此之後的用戶選擇級數將會減少 1。

值得一提的是，當用戶傳送的資料尺寸皆相同時(亦即，容量限制比率皆相同)，則圖 3A 至 3C 所提供的方法可分別簡化為圖 4A 至 4C 所提供的方法。

請參照圖 4A，圖 4A 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖，其中，每一個用戶之容量比率皆相

同。在步驟 S80 中，初始化(initialize)用戶之索引值的集合 $\hat{K}$ 為 $\hat{K}=\{1,\dots,K\}$ ，以及將計數數字 $\bar{n}$ 設為 1。在步驟 S81 中，判斷計數數字 $\bar{n}$ 是否等於 N。如果計數數字 $\bar{n}$ 等於 N，則完成子通道配置。否則，執行步驟 S82。

在步驟 S82 中，找到對於所有的  $i$ ，滿足 $\lambda_{\bar{k},\bar{n},1} \geq \lambda_{i,\bar{n},1}$  的數字 $\bar{k}$ ，其中  $i$  屬於集合 $\hat{K}$  移除數目 $\bar{k}$  的數字集合(亦即， $i \in \hat{K} - \{\bar{k}\}$ )。當第 $\bar{n}$  個子通道被指定給第 $\bar{k}$  個用戶時，第 $\bar{k}$  個用戶所使用的第 $\bar{n}$  個子通道為 MIMO 系統中一個具有極大最弱特徵模式之子通道。接著，將第 $\bar{n}$  個子通道被指定給第 $\bar{k}$  個用戶，並將計數數字 $\bar{n}$  增加 1。

在步驟 S81 和 S82 的迴圈中，當子通道被指定給用戶時，每一個子通道會自多個用戶中選擇一個用戶使其具有極大最弱特徵模式。需要注意的是，被子通道所選擇的每一個用戶之選擇級數為 K，而且與用戶導向觀點之方法不同的是，此方法更適用於在用戶所傳送的資料大小皆相同的情況。

請參照圖 4B，圖 4B 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖，其中，每一個用戶之容量比率皆相同。步驟 S90 以及 S91 分別與步驟 S80 以及 S81 相同，在此不再贅述。圖 4A 與圖 4B 的不同之處在於其採用的排程規則。圖 4A 採用極大-極小排程規則，而圖 4B 採用極大比率總和排程規則。

在步驟 S92 中，找到對於所有的  $i$ ，滿足 $C_{\bar{k},\bar{n}} \geq C_{i,\bar{n}}$  的數字 $\bar{k}$ ，其中  $i$  屬於集合 $\hat{K}$  移除數目 $\bar{k}$  的數字集合(亦即， $i \in \hat{K} - \{\bar{k}\}$ )。當

第  $n$  個子通道被指定給第  $k$  個用戶時，第  $k$  個用戶所使用的第  $n$  個子通道為 MIMO 系統中一個具有最大容量之子通道。接著，將第  $n$  個子通道被指定給第  $k$  個用戶，並將計數數字  $n$  增加 1。

請參照圖 4C，圖 4C 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖，其中，每一個用戶之容量比率皆相同。圖 4C 是圖 4A 和 4B 所概括的步驟 S10 的通用流程圖。在步驟 S99 中，每一個子通道根據排程規則自多個用戶中選擇一個用戶。

步驟 S10 的實施方式已經以數個示範實施例來實施。接著，請回去參照圖 1。在完成子通道配置之後，在步驟 S12 中，計算與決定每一個傳輸鍵結的功率。

因為子通道配置已經完成(亦即， $I_{k,n}$  已經被解出)，因此對於固定功率的限制，最大化系統容量的問題可以化為下列的方程式：

$$\max_{P_{k,n}} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^K \sum_{n \in \hat{N}_k} \sum_{i=1}^{M_i} \log\left(1 + \frac{g_k P_{k,n} \lambda_{k,n,i}}{M_i \sigma^2}\right)$$

$$\text{subject to} \quad C1: \sum_{k=1}^K \sum_{n \in \hat{N}_k} P_{k,n} \leq P_{\max}$$

$$C2: P_{k,n} \geq 0 \quad \text{for all } k, n$$

$$C3: \hat{N}_k \text{ disjoint for all } k$$

$$C4: \bigcup_{k=1}^K \hat{N}_k \subseteq \{1, \dots, N\}$$

$$C5: C_1 : C_2 : \dots : C_K = \eta_1 : \eta_2 : \dots : \eta_K$$

，其中集合  $\hat{N}_k$  是在步驟 S10 中被決定。現在，藉由拉格朗日乘子(Lagrange multiplier)的最佳化方法，上述的問題可以化為拉格朗日函數：

$$L = -\frac{1}{N} \sum_{k=1}^K \sum_{n \in \hat{N}_k} \sum_{i=1}^{M_i} \log\left(1 + \frac{g_k P_{k,n} \lambda_{k,n,i}}{M_i \sigma^2}\right) + \mu_1 \left( \sum_{k=1}^K \sum_{n \in \hat{N}_k} P_{k,n} - P_{\max} \right) \\ + \sum_{k=2}^K \theta_k \left( \sum_{n \in \hat{N}_1} \sum_{i=1}^{M_i} \log\left(1 + \frac{g_1 P_{1,n} \lambda_{1,n,i}}{M_i \sigma^2}\right) - \frac{\eta_1}{\eta_k} \sum_{n \in \hat{N}_k} \sum_{i=1}^{M_i} \log\left(1 + \frac{g_k P_{k,n} \lambda_{k,n,i}}{M_i \sigma^2}\right) \right) \\ + \sum_{k=1}^K \sum_{n \in \hat{N}_k} \zeta_{k,n} P_{k,n}$$

，其中， $\mu_1, \theta_k (2 \leq \theta_k \leq K)$  以及  $\zeta_k (1 \leq k \leq K; n \in \hat{N}_k)$  是拉格朗日乘子。根據最佳化規則，最佳化的解必須滿足卡羅需—卡—塔克 (Karush-Kuhn-Tucker, KKT) 條件，也就是必須滿足下列的方程式：

$$\frac{\partial L}{\partial P_{k,n}} = 0 \quad \dots\dots(3)$$

$$\mu_1, \zeta_{k,n} \geq 0 \quad \dots\dots(4)$$

$$\mu_1 \left( \sum_{k=1}^K \sum_{n \in \hat{N}_k} P_{k,n} - P_{\max} \right) = 0 \quad \dots\dots(5)$$

$$\zeta_{k,n} P_{k,n} = 0 \quad \dots\dots(6)。$$

如上所述，因為步驟 S10 已經將子通道指定給用戶，所以在子通道配置完後，MU-MIMO-OFDM 系統會操作在高增益條件下。因此，在此條件中， $\log(1+x)$  接近於  $\log(x)$ 。在這個假設下，藉由方程式(3)、(4)和(6)的 KKT 條件，可以獲得關係方程式(relation equation)如下：

$$\frac{\partial L}{\partial P_{1,n}} = \mu_1 - \frac{M_i}{P_{1,n}} \left( \frac{1}{N} - \sum_{k=2}^K \theta_k \right) = 0 \quad \text{for } n \in \hat{N}_1 \quad \dots\dots(7)$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_{k,n}} = \mu_1 - \frac{M_i}{P_{k,n}} \left( \frac{1}{N} - \theta_k \frac{\eta_1}{\eta_k} \right) = 0 \quad \text{for } k=2,3,\dots,K \text{ and } n \in \hat{N}_k \quad \dots\dots(8)。$$

從方程式(7)可以看出，對於第一個用戶(亦即， $k=1$ )，其已被指定的子通道中的任何兩個子通道的功率值彼此相同。也就是說，若假設第  $n$  和第  $m$  子通道被指定給第一個用戶(亦即， $n, m \in \hat{N}_1$ )，則它們的功率相等(亦即， $P_{1,n} = P_{1,m}$ )。同樣地，從方程式(8)可以看出，對於第  $k$  個用戶(亦即， $k=2$  至  $K$ )，其已被指

定的子通道中的任何兩個子通道的功率值亦彼此相同。也就是說，若假設第  $n$  和第  $m$  子通道被指定給第  $k$  個用戶(亦即， $n, m \in \hat{N}_k$ )，則它們的功率相等(亦即， $P_{k,n} = P_{k,m}$ )。因此，對於每一個用戶而言，其已指定的子通道之間的功率彼此相同，而第  $k$  個用戶的分配總功率表示為：

$$P_k = |\hat{N}_k| P_{k,n} \text{ for } n \in \hat{N}_k$$

，其中， $|\hat{N}_k|$ 是指定給第  $k$  個用戶的子通道數目。因此，此最佳化問題可以被簡化成如何對  $K$  個用戶進行功率配置的問題(亦即，解出  $\{P_k\}_{k=1}^K$ )，而不需針對子通道的功率配置  $P_{k,n}$  求解。

同時在上述的結果中考慮容量比率限制，則上述的相關方程式會被推導成為以下的式子：

$$\sum_{n \in \hat{N}_1} \sum_{i=1}^{M_i} \log(1 + \frac{g_1 P_1 \lambda_{1,n,i}}{M_i |\hat{N}_1| \sigma^2}) = \frac{\eta_1}{\eta_k} \sum_{n \in \hat{N}_k} \sum_{i=1}^{M_i} \log(1 + \frac{g_k P_k \lambda_{k,n,i}}{M_i |\hat{N}_k| \sigma^2})$$

，接著，第  $k$  個用戶的總功率被推導成為以下的式子：

$$P_k = \frac{M_i |\hat{N}_k| \sigma^2 g_k^{-1}}{(M_i |\hat{N}_1| \sigma^2 g_1^{-1})^{|\hat{N}_k| \eta_1}} \left( \frac{E_1 \eta_1}{E_k} \right)^{\frac{1}{M_i |\hat{N}_k|}} P_1^{\frac{|\hat{N}_k| \eta_k}{|\hat{N}_k| \eta_1}} \text{ for } k = 2, 3, \dots, K \quad \dots\dots(9)$$

，其中  $E_k$  表示為： $E_k = \prod_{n \in \hat{N}_k} \prod_{i=1}^{M_i} \lambda_{k,n,i}$ 。MU-MIMO-OFDM 系統的功率極限可以表示如下：

$$\sum_{k=1}^K P_k = P_{\max} \quad \dots\dots(10)$$

因此，從方程式(9)和(10)可以知道第  $k$  個用戶的功率  $P_k$  將可以被解出，例如：藉由牛頓(Newton)求根方法，但此方法並非用於限定本發明。在  $|\hat{N}_1| : |\hat{N}_2| : \dots : |\hat{N}_k| \cong \eta_1 : \eta_2 : \dots : \eta_k$  的條件下，方程式



(9) 會被簡化為：

$$P_k = \frac{|\hat{N}_k| g_1}{|\hat{N}_1| g_k} \left( \frac{E_1 \eta_k}{E_k} \right)^{\frac{1}{M_i |\hat{N}_k|}} P_1 \text{ for } k=2,3,\dots,K \dots\dots(11)。$$

接著，將方程式(11)代入方程式(10)中，則前述的關係方程式會被推導成為以下的式子：

$$P_1 \left( 1 + \sum_{j=2}^K \frac{|\hat{N}_j| g_1}{|\hat{N}_1| g_j} \left( \frac{E_1 \eta_j}{E_j} \right)^{\frac{1}{M_i |\hat{N}_j|}} \right) = P_{\max}。$$

因此第一個用戶以及第 k 個用戶 (k=2,3,...,K) 的功率值可用方程式(12)和(13)來表示。其中，方程式(12)和(13)表示如下：

$$P_1 = P_{\max} / \left( 1 + \sum_{j=2}^K \frac{|\hat{N}_j| g_1}{|\hat{N}_1| g_j} \left( \frac{E_1 \eta_j}{E_j} \right)^{\frac{1}{M_i |\hat{N}_j|}} \right) \dots\dots(12)，$$

$$P_k = P_{\max} \frac{|\hat{N}_k| g_1}{|\hat{N}_1| g_k} \left( \frac{E_1 \eta_k}{E_k} \right)^{\frac{1}{M_i |\hat{N}_k|}} / \left( 1 + \sum_{j=2}^K \frac{|\hat{N}_j| g_1}{|\hat{N}_1| g_j} \left( \frac{E_1 \eta_j}{E_j} \right)^{\frac{1}{M_i |\hat{N}_j|}} \right) \dots\dots(13)。$$

方程式(12)和(13)是簡單的線性解，因此，第一個用戶以及第 k 個用戶 (k=2,3,...,K) 的功率值可以被解出。

此領域具有通常知識者可以很直覺地知道，理想的解必須藉由地毯式搜尋(exhaustive search)才能獲得。但是，子通道以及功率值的所有可能配置方式總共有  $K^N$  種組合，因此其複雜度大致為  $O(K^N)$ 。因此，本發明之示範實施例所提供的方法會先配置子通道給用戶，然後才接著配置功率給用戶，其中，同一個用戶之子通道的功率值彼此相同。另外，圖 2A 至

2C 所提供的方法之用戶導向的排程演算法的複雜度大致為  $O(KN \log_2 N)$ ，而圖 3A 至 3C 所提供的方法之子通道導向的排程演算法的複雜度大致為  $O(KN)$ 。

請參照圖 5，圖 5 為本發明的一個示範實施例所提的 MU-MIMO-OFDM 系統 100 之示意圖。MU-MIMO-OFDM 系統具有基地台(base station)101 以及多個用戶 102，此基地台 101 具有多個天線，而且用戶 102 亦具有多個天線。在此系統中，基地台 101 用以指定子通道以及功率值給每一個用戶 102，因此資源配置裝置會被安裝在基地台 101 中。資源配置裝置會執行(execute)圖 1 所提供的方法，以藉此指定子通道以及功率值給每一個用戶 102。其中，圖 2A 至 4C 所提供的示範實施例可以用來實施圖 1 中的步驟 S10，並藉此滿足不同的條件以及不同的需要。

請參照圖 6，圖 6 為本發明的一個示範實施例所提供的資源配置裝置應用於基站發射器(base station transmitter)600 之方塊圖。資源配置裝置可以是一個可適性資源配置演算法執行裝置(adaptive resource allocation algorithm execution device)601，此可適性資源配置演算法執行裝置 601 會執行圖 1 所提供的資源配置方法，以藉此指定子通道以及功率值給每一個用戶。可適性資源配置演算法執行裝置 601 可以包括功率資源配置裝置以及子通道資源配置裝置，但是所述的資源配置裝置之實施方式並非用於限定本發明。子通道資源配置裝置用以執行圖 1 中的步驟 S10，而功率資源配

置裝置用以執行圖 1 中的步驟 S12。其中，根據不同條件與不同需要，可以選擇圖 2A 至 4C 所提供的示範實施例來實施圖 1 中的步驟 S10。如上所述，在執行圖 1 所提供的資源配置方法時，資源配置裝置需要一些資訊，例如：通道資訊、回授資訊以及每一個用戶的比率需求等。通道資訊或回授資訊包括在不同條件以及不同需要下所有用戶對於所有子通道之最弱特徵模式增益或其估測容量值。另外，每一個用戶的比率需求是每一個用戶中的預定需要比例容量。

值得一提的是，所需要的通道或者回授資訊可以根據排程規則來決定。在排程規則是極大-極小排程規則的情況下，所需要的通道或者回授資訊必須具有所有用戶對於所有子通道的最弱特徵模式增益。在排程規則是極大比率總和排程規則的情況下，所需要的通道或者回授資訊必須具有所有用戶對於所有子通道的估測容量值。

在適應性資源配置演算法執行裝置 601 決定用戶的子通道的配置以及用戶的功率的配置之後，適應性資源配置演算法執行裝置 601 輸出具有子通道配置資訊和功率配置資訊的配置資訊給基地發射器 600 中的子通道配置裝置 602 以及功率配置裝置 603。

子通道配置裝置 602 接收分別要傳送給第一個用戶至第  $k$  個用戶的資料  $Data_1 \sim Data_K$ ，並根據子通道配置資訊將資料  $Data_1 \sim Data_K$  指定在其相對應的子通道上傳送。功率配置裝置 603 根據功率配置資訊指

定每一個子通道的功率，而空間多工裝置 604 接著將資料 Data\_1~Data\_K 送至對應的多根天線。在藉由天線來傳送資料 Data\_1~Data\_K 之前，OFDM 調變器 605 會對資料 Data\_1~Data\_K 進行調變。

舉例來說，第 k 個用戶可以具有子通道選擇器，以接收第 k 個用戶的子通道配置資訊。子通道選擇器 611 根據第 k 個用戶的子通道配置資訊指示擷取裝置 612 擷取對應的資料，此些對應的資料可經由天線而被接收，而且 OFDM 解調器 620 對天線所接收的資料進行解調。因此，藉由天線而被接收的資料可以被精確地擷取。儘管資源配置裝置在基地台發射器 600 上的應用已經描述如上，但是上述的應用並非用於限定資源配置裝置的應用範圍。

綜上所述，相較於傳統的資源配置方法及其裝置，本發明示範實施例所提供的資源配置方法及其裝置的計算複雜度較低。另外，本發明示範實施例所提供的資源配置方法及其裝置可以用於 MU-MIMO-OFDM 系統，而且不同用戶所傳送的資料之大小可以彼此不相同。另外，若此資源配置方法的排程規則採用極大-極小排程規則，則其 MU-MIMO-OFDM 系統的覆蓋範圍可以獲得增加。若此資源配置方法的排程規則採用極大比率總和排程規則，則其 MU-MIMO-OFDM 系統的容量可以獲得增加。

雖然本發明已以示範實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，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】

圖 1 為本發明的一個示範實施例所提供的用於 MU-MIMO-OFDM 系統之資源配置方法的流程圖。

圖 2A 為本發明的一個示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。

圖 2B 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。

圖 2C 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。

圖 3A 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。

圖 3B 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。

圖 3C 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖。

圖 4A 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖，其中，每一個用戶之容量比率皆相同。

圖 4B 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖，其中，每一個用戶之容量比率皆相同。

圖 4C 為本發明的另一示範實施例所提供的步驟 S10 之流程圖，其中，每一個用戶之容量比率皆相同。

圖 5 為本發明的一個示範實施例所提供的 MU-MIMO-OFDM 系統 100 之示意圖。

圖 6 為本發明的一個示範實施例所提供的資源配置裝置應用於基地台發射器(base station transmitter)600 之方塊圖。

**【主要元件符號說明】**

S10、S12：步驟流程

S20～S29：步驟流程

S30～S39：步驟流程

S40～S45：步驟流程

S50～S57：步驟流程

S60～S67：步驟流程

S70～S72：步驟流程

S80～S82：步驟流程

S90～S92：步驟流程

S99：步驟流程

100：多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統

101：基地站

102：用戶

600：基地台發射器

601：可適性資源配置演算法執行裝置

602：子通道配置裝置

- 603：功率配置裝置
- 604：空間多工裝置
- 605：OFDM 調變器
- 611：子通道選擇器
- 612：擷取裝置
- 620：OFDM 解調器

## 十、申請專利範圍：

1.一種用於一多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的資源配置方法，該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統具有多個用戶和子通道，該資源配置方法包括：

將多個預定子通道數目根據多個容量比率限制指定給該些用戶；

每一個用戶根據一排程規則自該些子通道中選擇一個子通道；

根據該些用戶的多個已分配的容量以及該些容量比率限制自該些用戶中選擇一個權利用戶，接著，該權利用戶根據該排程規則自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道，其中，如果指定給該用戶的子通道數目等於該用戶的該預定子通道數目，則該用戶退出自該些用戶中選擇一個權利用戶的競爭機制；

判斷指定給所有的該些用戶的子通道數目是否等於所有的該些用戶的預定子通道數目之總和；以及

重複地根據該些用戶之已分配的容量以及該些容量比率限制，自該些用戶中選擇一個權利用戶，並且讓該權利用戶根據該排程規則自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道，直到所有的該些子通道都被指定給該些用戶為止。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之資源配置方法，更包括：

根據該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的一極限功率配置功率給該些用戶中的每一個用戶，其中，指定給同一



個用戶的該些子通道之功率值彼此相同。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之資源配置方法，其中該排程規則包括極大-極小規則，該用戶自該些子通道中選擇一個具有極大最弱特徵模式的子通道，而該權利用戶自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個具有極大最弱特徵模式的子通道。

4.如申請專利範圍第 1 項所述之資源配置方法，其中該排程規則包括極大比率總和規則，該用戶自該些通道中選擇一個具有最大容量的子通道，而該權利用戶自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個具有最大容量的的子通道。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之資源配置方法，其中在「根據該些用戶的該些已分配的容量以及該些容量比率限制自該些用戶中選擇一個權利用戶」的步驟中，該權利用戶為在該些用戶中其已分配的容量與其容量比率限制之比值最小的用戶。

6.一種用於多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的資源配置裝置，該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統具有多個用戶和子通道，該資源配置裝置包括：

一子通道資源配置裝置；

其中，該子通道資源配置裝置根據多個容量比率限制將多個預定子通道數目指定給該些用戶；接著，該子通道資源配置裝置依序地讓每一個用戶根據一排程規則自該些通道中選擇一個子通道；接著，該子通道資源配置裝置重複地自該些用戶中決定一個權利用戶，並讓該權利用戶根據該排程規則自還沒

有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道，直到被指定給所有的該些用戶的子通道數目等於所有的該些用戶的該些預定子通道數目之總和為止；接著，如果在依比例分配該些子通道給該些用戶後，尚有剩餘子通道未分配，該子通道資源配置裝置重複地自該些用戶中選擇一個權利用戶，並讓該權利用戶根據該排程規則自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個子通道，直到所有的該些子通道都被指定給該些用戶為止。

7.如申請專利範圍第 6 項所述之資源配置裝置，其中自該些用戶中決定一個權利用戶是根據該些用戶的多個已分配的容量以及該些容量比率限制來決定。

8.如申請專利範圍第 6 項所述之資源配置裝置，其中，在指定給所有的該些用戶的子通道數目等於所有的該些用戶的預定子通道數目之總和之前，如果指定給該用戶的子通道數目等於該用戶的該預定子通道的數目，則該用戶退出自該些用戶中選擇一個權利用戶的競爭機制。

9.如申請專利範圍第 6 項所述之資源配置裝置，更包括：

一功率資源配置裝置，用於根據該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的一極限功率配置功率給每一個用戶，其中，指定給同一個用戶的該些子通道之功率值彼此相同。

10.如申請專利範圍第 6 項所述之資源配置裝置，其中該排程規則包括極大-極小規則，該用戶自該些子通道中選擇一個具有極大最弱特徵模式的子通道，而該權利用戶自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個具有極大最弱特徵

模式的子通道。

11.如申請專利範圍第 6 項所述之資源配置裝置，其中該排程規則包括極大比率總和規則，該用戶自該些通道中選擇一個具有最大容量的子通道，而該權利用戶自還沒有被指定給用戶的子通道中選擇一個具有最大容量的子通道。

12.如申請專利範圍第 7 項所述之資源配置裝置，其中該權利用戶為在該些用戶中其已分配的容量與容量比率限制之比值最小的用戶。

13. 一種用於多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的資源配置方法，該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統具有多個用戶和子通道，該方資源配置法包括：

將多個預指定子通道數目根據多個容量比率限制指定給該些用戶；

第一至第  $x$  個子通道依序地根據一排程規則自該些用戶中選擇一個用戶，如果指定給該用戶的子通道數目等於其預定子通道數目，則該用戶退出被第一至第  $x$  個子通道選擇的競爭機制，其中  $x$  是該些預定子通道的數目的總和；以及

沒有被指定用戶的子通道中的每一個子通道根據該排程規則自該些用戶中選擇一個用戶，其中，在該步驟中，被選擇的該用戶至多被選擇一次。

14.如申請專利範圍第 13 項所述之資源配置方法，更包括：

根據該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的一極限功率配置功率給該些用戶中的每一個用戶，其中，指定給同一

個用戶的該些子通道之功率值彼此相同。

15.如申請專利範圍第 13 項該之資源配置方法，其中該排程規則包括極大-極小規則，第一至第  $x$  個子通道依序地自該些用戶中選擇一個使其具有極大最弱特徵模式的用戶，而沒有被指定用戶的子通道中的每一個子通道自該些用戶中選擇一個使其具有極大最弱特徵模式的用戶。

16.如申請專利範圍第 13 項該之資源配置方法，其中該排程規則包括極大比率總和規則，第一至第  $x$  個子通道依序地自該些用戶中選擇一個使其具有最大容量的用戶，而沒有被指定用戶的子通道中的每一個子通道自該些用戶中選擇一個使其具有最大容量的用戶。

17.一種用於多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的資源配置裝置，該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統具有多個用戶和子通道，該資源配置裝置包括：

一子通道資源配置裝置；

其中，該子通道資源配置裝置根據多個容量比率限制將多個預定子通道數目指定給該些用戶；接著，該子通道資源配置裝置讓第一至第  $x$  個子通道依序地根據一排程規則自該些用戶中選擇一個用戶，其中  $x$  是該些預定子通道的數目的總和；接著，該子通道資源配置裝置讓沒有被指定給用戶的子通道中的每一個子通道根據該排程規則自該些用戶中選擇一個用戶，其中，被選擇的該用戶至多被選擇一次。

18.如申請專利範圍第 17 項所述之資源配置裝置，其中在第一至第  $x$  個子通道依序地根據該排程規則自該些用戶

中選擇一個用戶時，如果被指定給該用戶的子通道數目等於其預定子通道數目，則該用戶退出被第一至第  $x$  個子通道選擇的競爭機制。

19.如申請專利範圍第 17 項所述之資源配置裝置，更包括：

一功率資源配置裝置，用於根據該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的一極限功率配置功率給每一個用戶，其中，指定給同一個用戶的該些子通道之功率值彼此相同。

20.如申請專利範圍第 17 項所述之資源配置裝置，其中該排程規則包括極大-極小規則，該些第一至第  $x$  個子通道依序地自該些用戶中選擇一個使其具有極大最弱特徵模式的用戶，而沒有被指定給用戶的子通道中的每一個子通道自該些用戶中選擇一個使其具有極大最弱特徵模式的用戶。

21.如申請專利範圍第 17 項所述之資源配置裝置，其中該排程規則包括極大比率總和規則，該些第一至第  $x$  個子通道依序地自該些用戶中選擇一個使其具有最大容量的用戶，而沒有被指定給用戶的子通道中的每一個子通道自該些用戶中選擇一個使其具有最大容量的用戶。

22.一種用於多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的資源配置方法，該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統具有多個用戶和子通道，該資源配置方法包括：

每一個子通道根據一排程規則自該些用戶中選擇一個用戶。

23.如申請專利範圍第 22 項所述之資源配置方法，更包括：

根據該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的一極限功率配置功率給該些用戶中的每一個用戶，其中，指定給同一個用戶的該些子通道之功率值彼此相同。

24.如申請專利範圍第 22 項所述之資源配置方法，其中該排程規則包括極大-極小規則，每一個子通道自該些用戶中選擇一個使其具有極大最弱特徵模式的用戶。

25.如申請專利範圍第 22 項所述之資源配置方法，其中該排程規則包括極大比率總和規則，每一個子通道自該些用戶中選擇一個使其具有最大容量的用戶。

26.一種用於多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的資源配置裝置，該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統具有多個用戶和子通道，以及該資源配置裝置包括：

一子通道資源配置裝置，用以讓每一個子通道根據一排程規則自該些用戶中選擇一個用戶。

27.如申請專利範圍第 26 項該之資源配置裝置，更包括：

功率資源配置裝置，根據該多用戶多輸入多輸出正交分頻多工系統的一極限功率配置功率給該些用戶中的每一個用戶，其中，指定給同一個用戶的該些子通道之功率值彼此相同。

28.如申請專利範圍第 26 項該之資源配置裝置，其中該排程規則包括極大-極小規則，每一個子通道自該些用戶中選擇一個使其具有極大最弱特徵模式的用戶。

29.如申請專利範圍第 26 項該之資源配置裝置，其中該排程規則包括極大比率總和規則，每一個子通道自該些用戶中選擇一個使其具有最大容量的用戶。

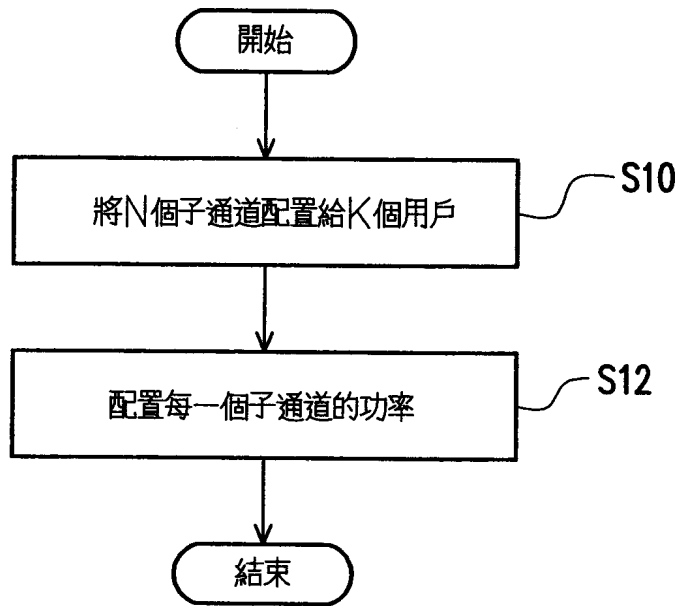


圖 1

28069TW\_J

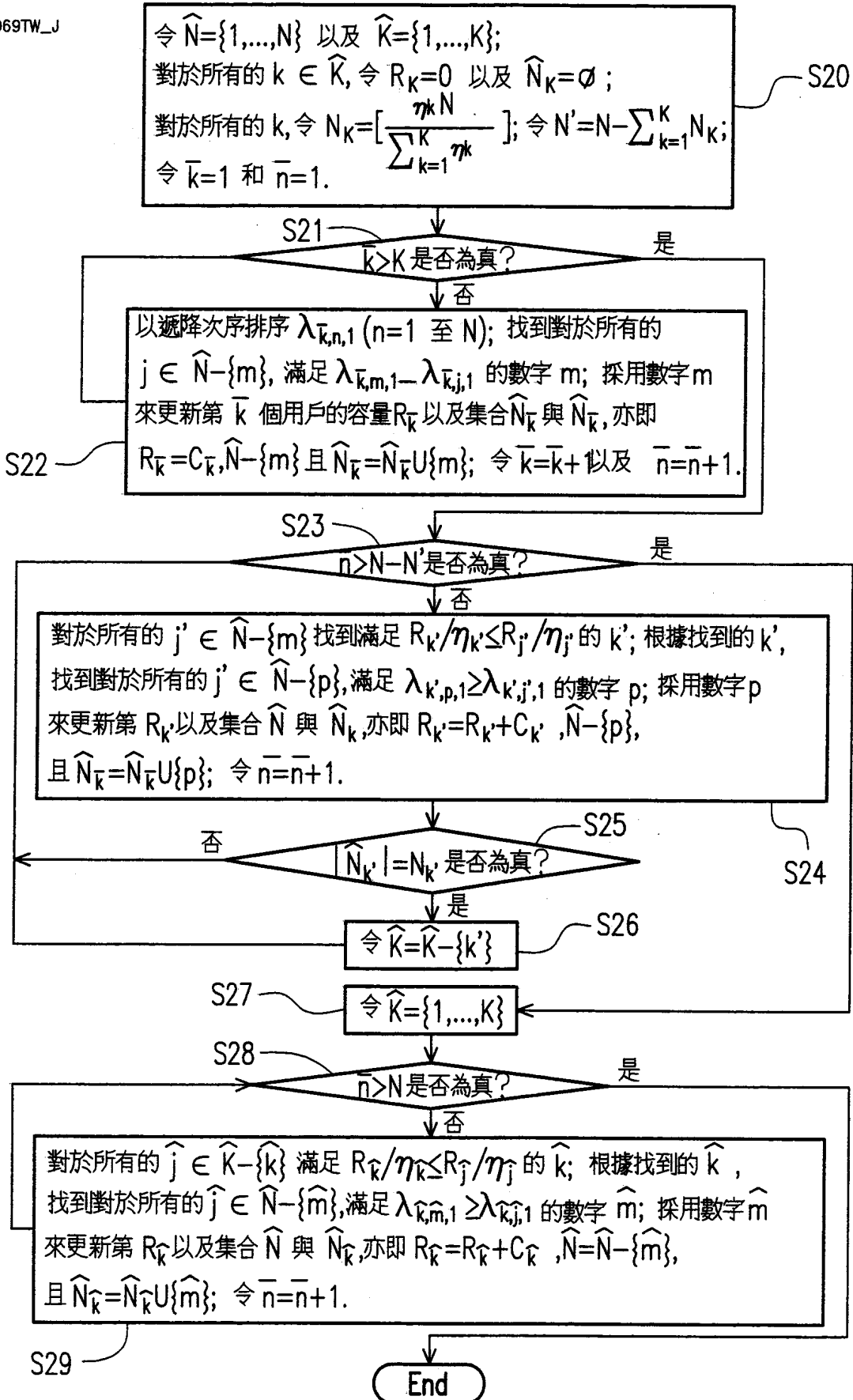


圖 2A



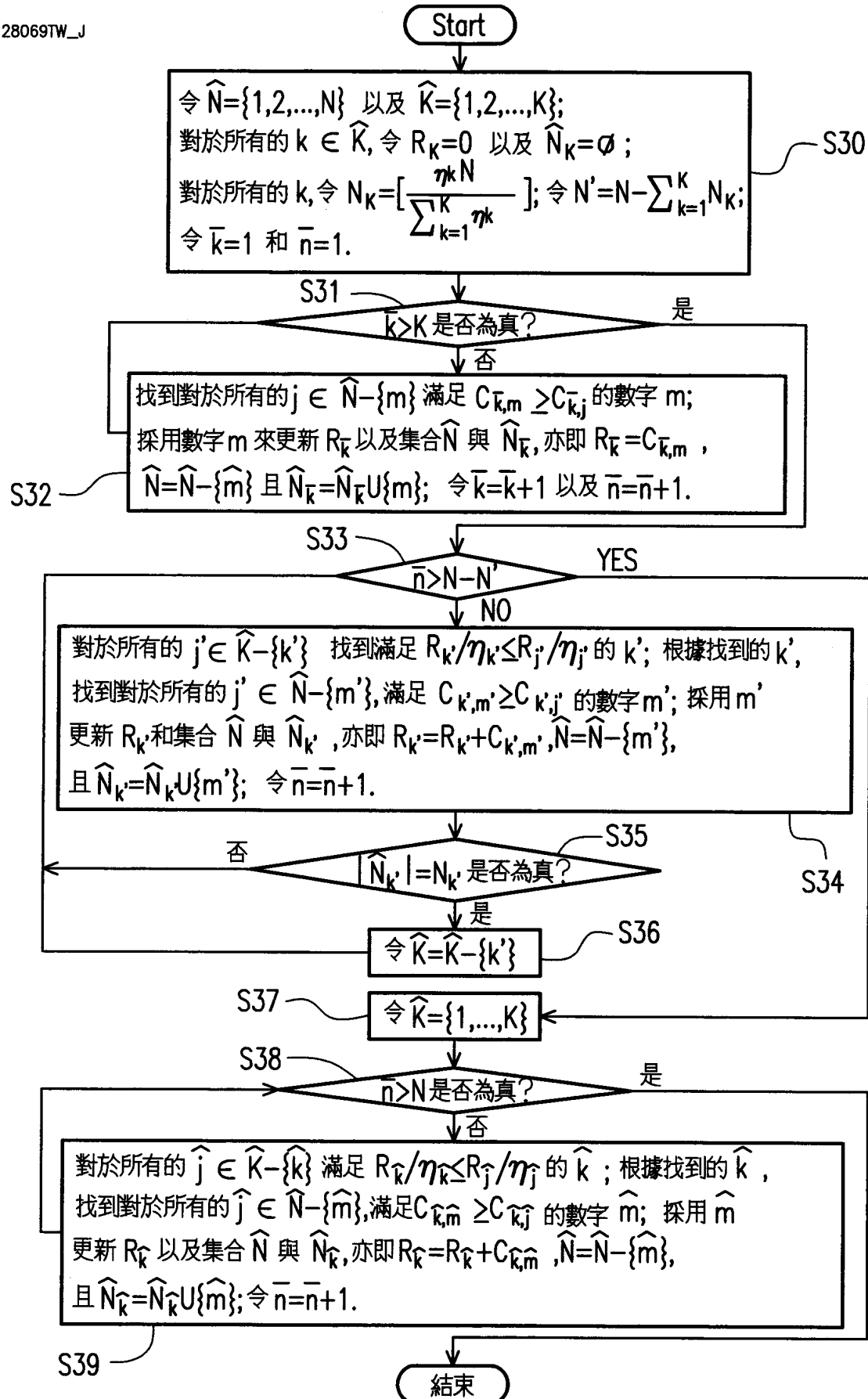


圖 2B

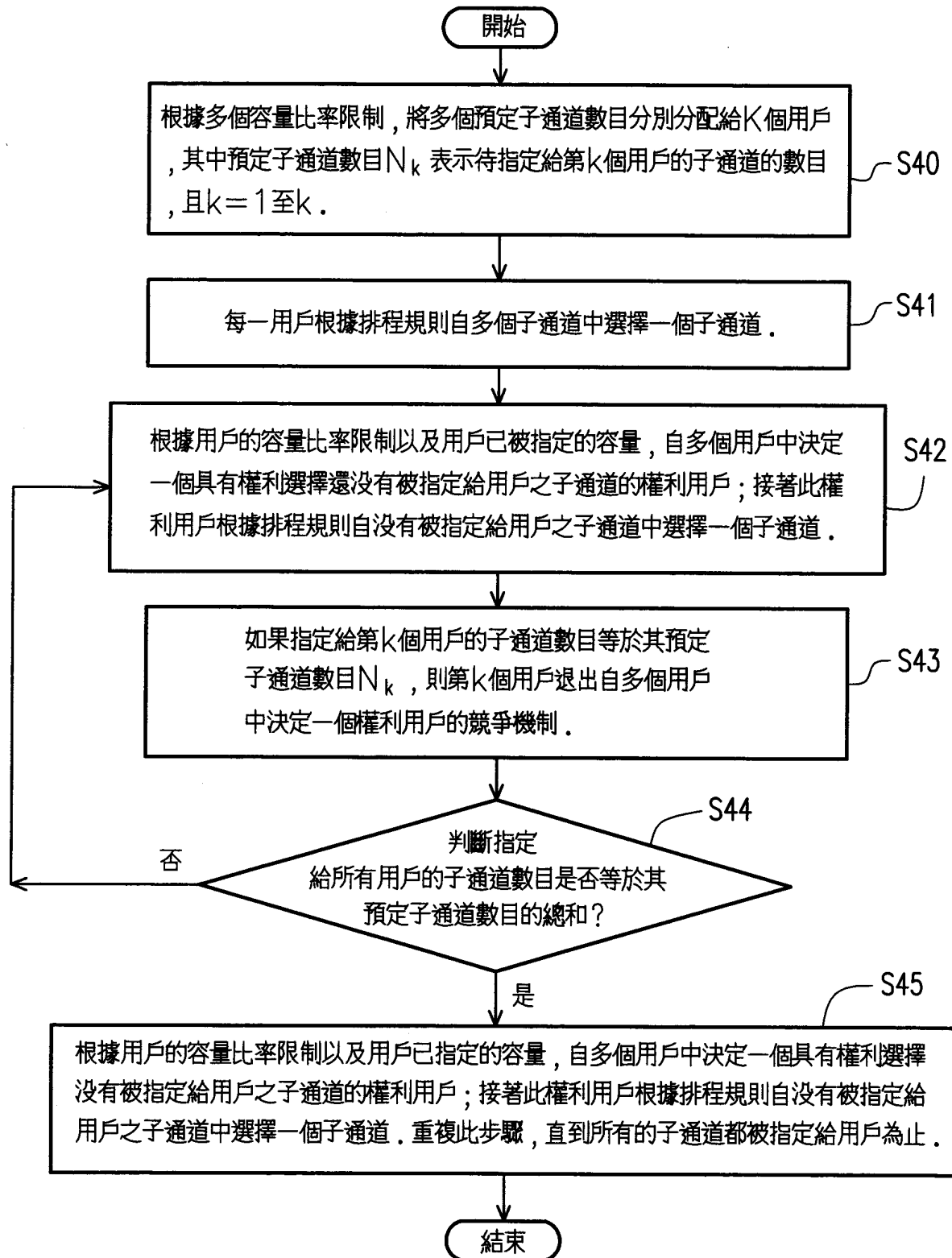


圖 2C

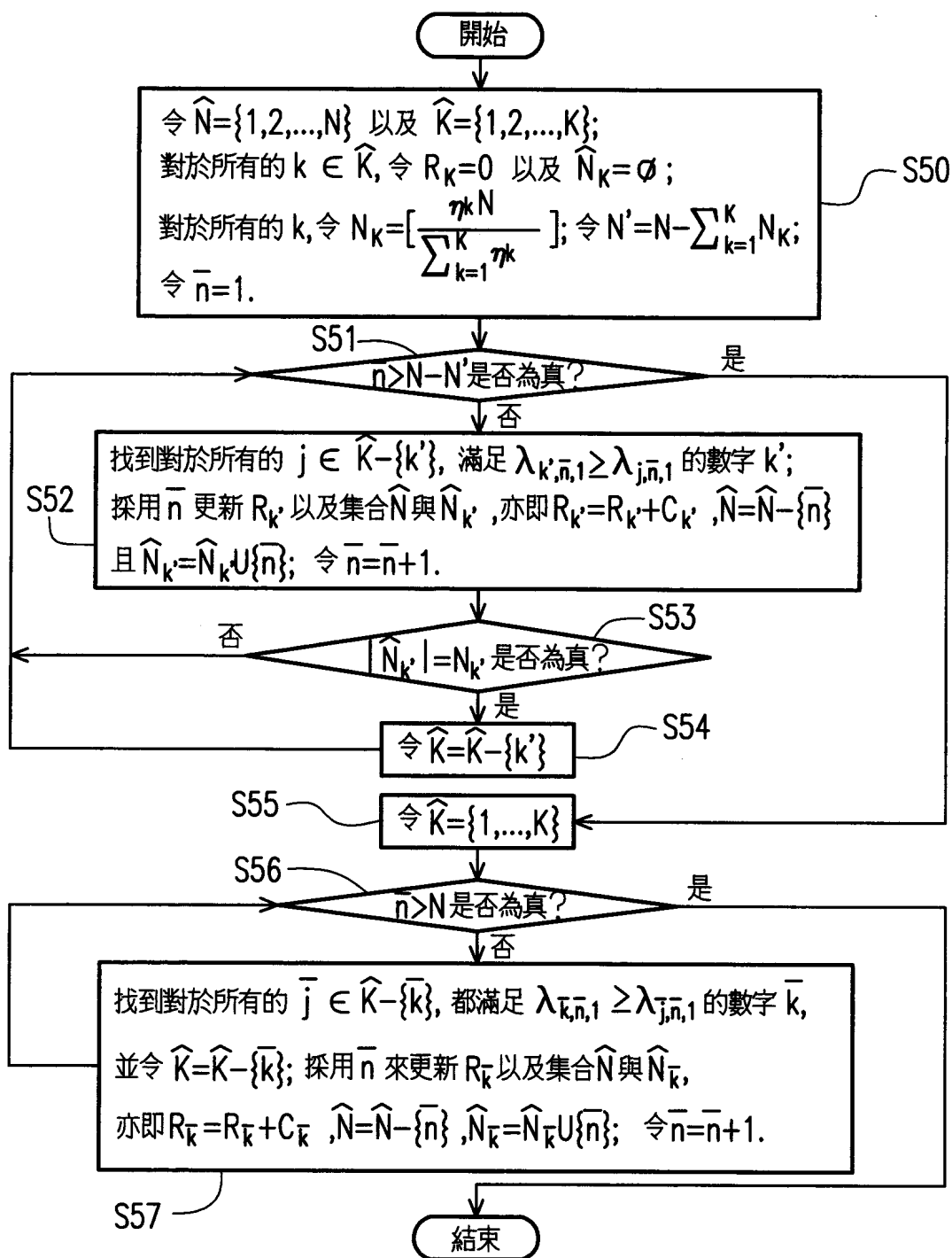


圖 3A

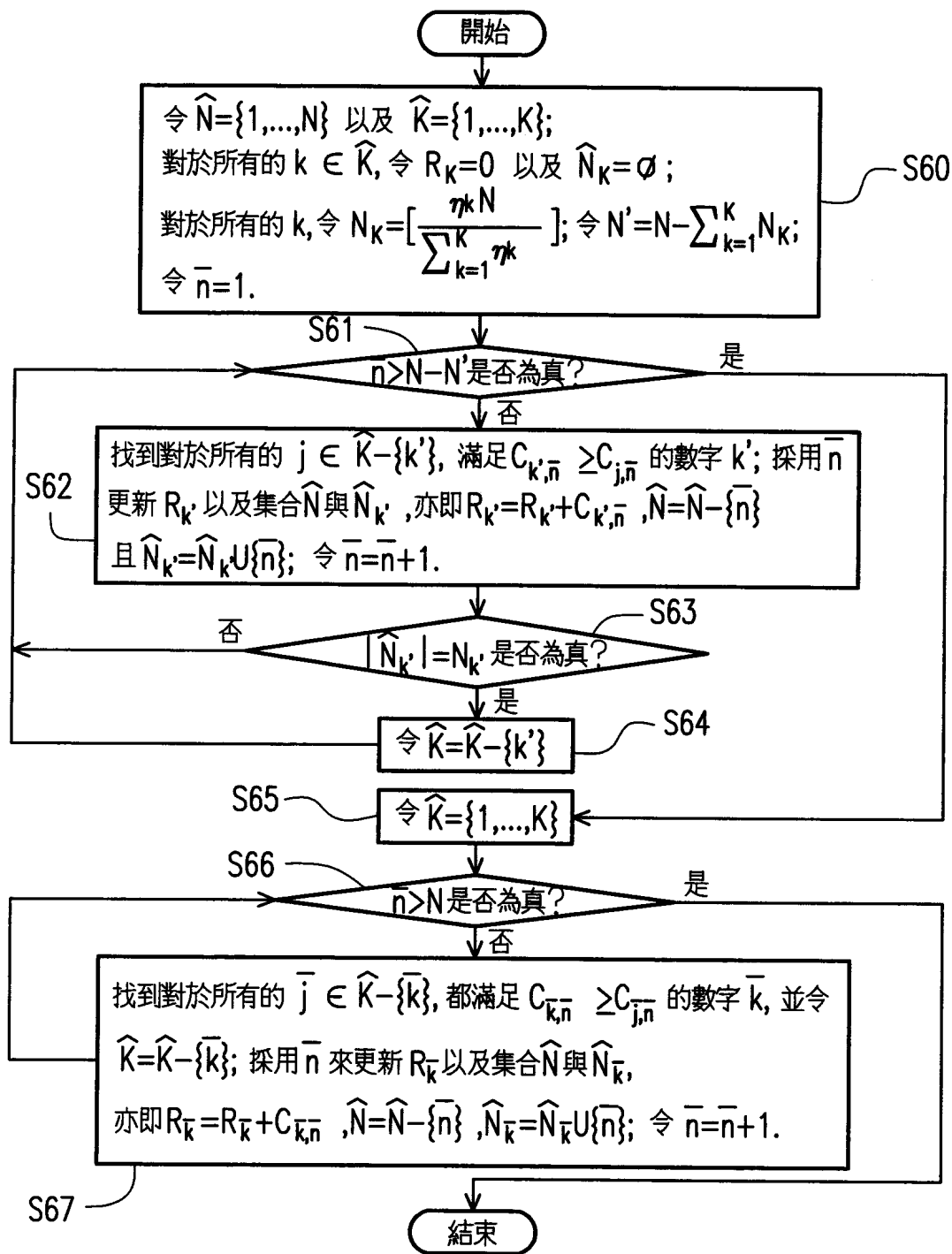


圖 3B

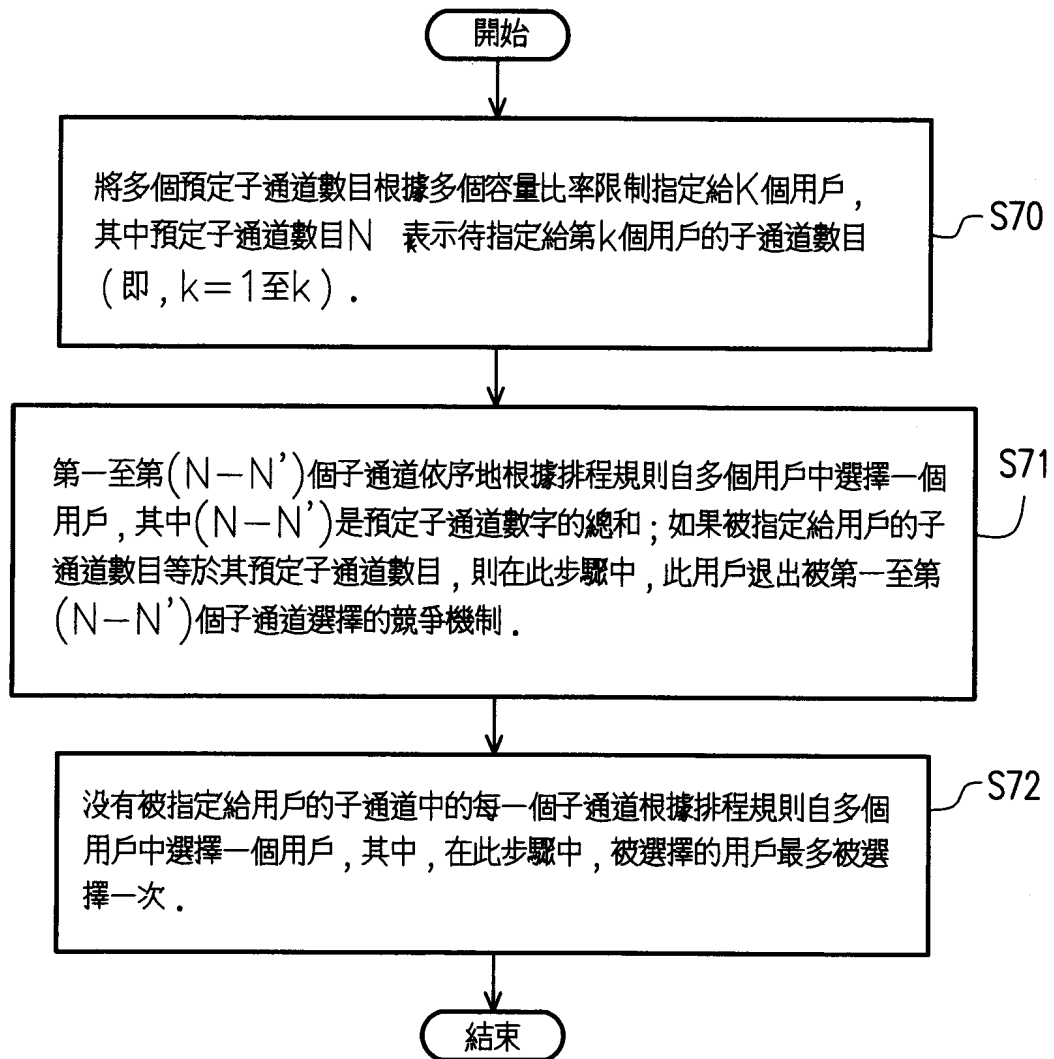


圖 3C

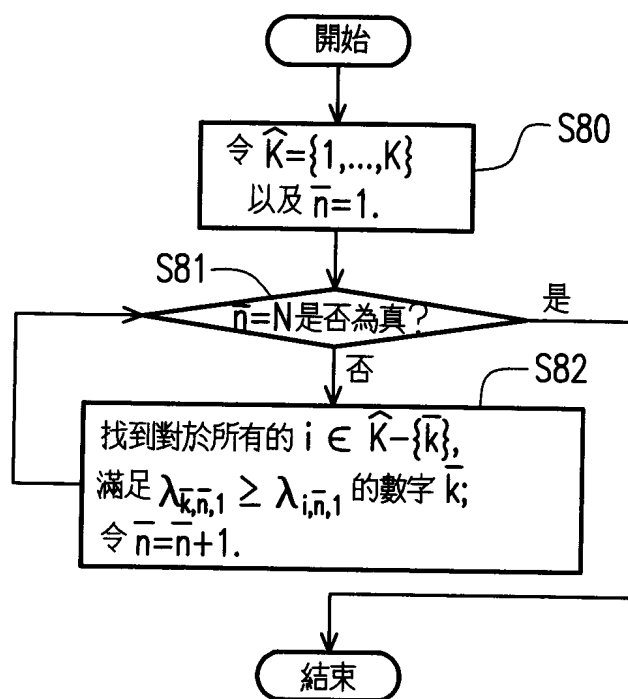


圖 4A

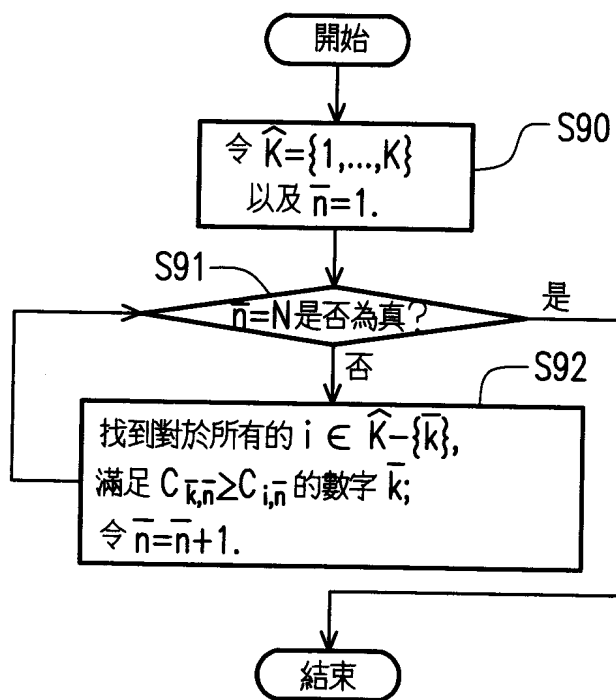


圖 4B

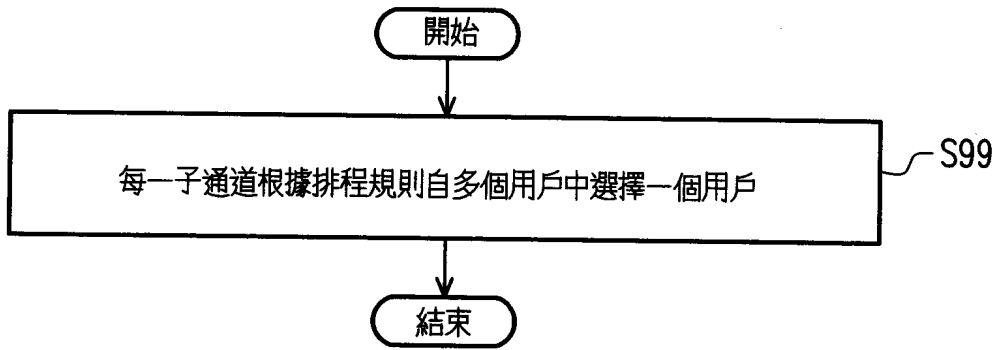


圖 4C

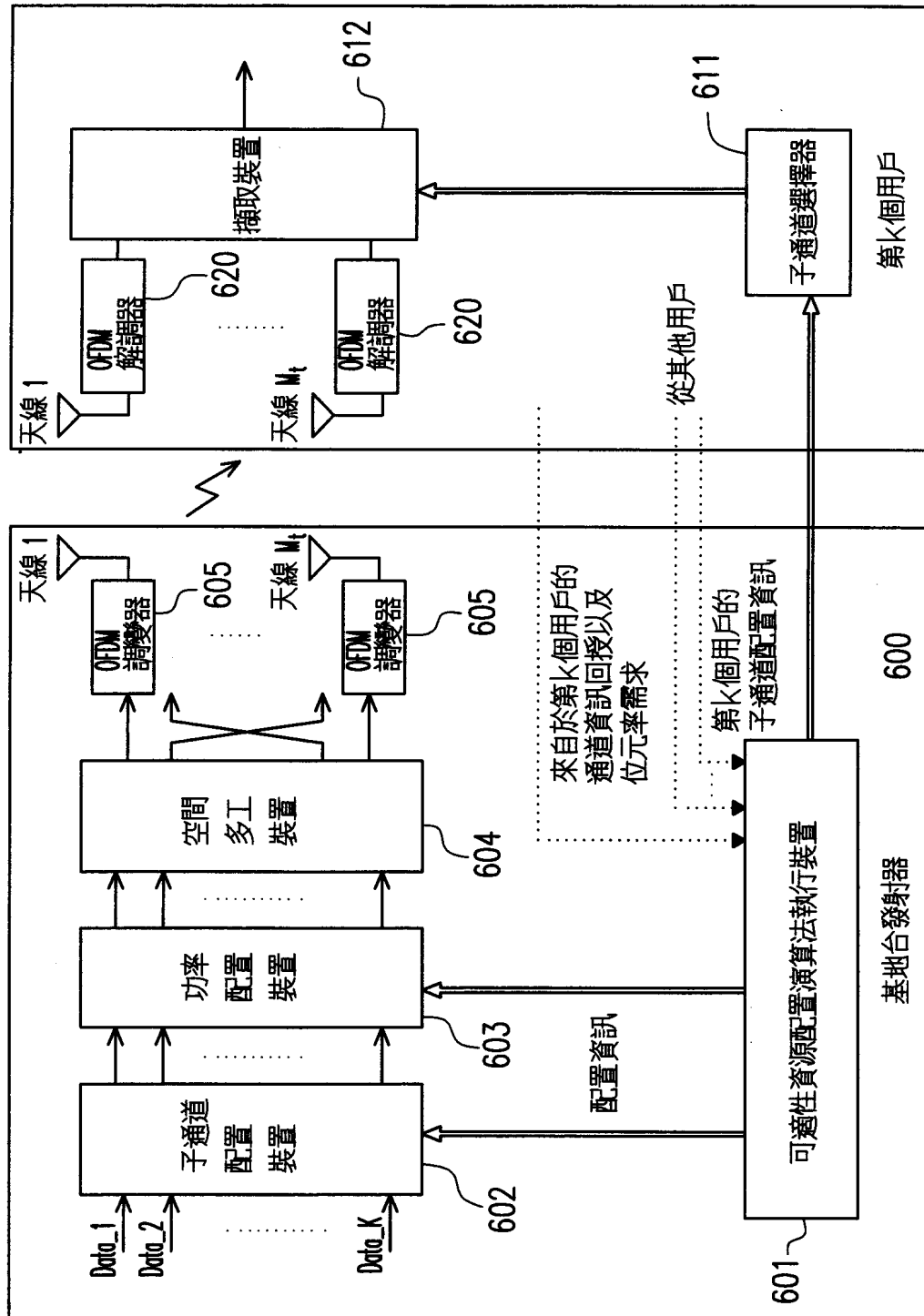


圖 6