



(21)申請案號：097145140

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 11 月 21 日

(51)Int. Cl. : **H03M7/30 (2006.01)**(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)  
新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：吳文榕 WU, WEN RONG (TW)；徐子瀚 HSU, TZU HAN (TW)

(74)代理人：陳翠華

(56)參考文獻：

TW I314002

TW 200511737

TW 200835247

JP 2003-108199

US 5,598,505

US 6,360,019B1

US 6,826,524B1

US 7,283,587B2

US 2003/0023931A1

US 2004/0032967A1

US 2006/0176195A1

US 2008/0232501A1

WO 95/24016

審查人員：黃雅崇

申請專利範圍項數：42 項 圖式數：15 共 0 頁

## (54)名稱

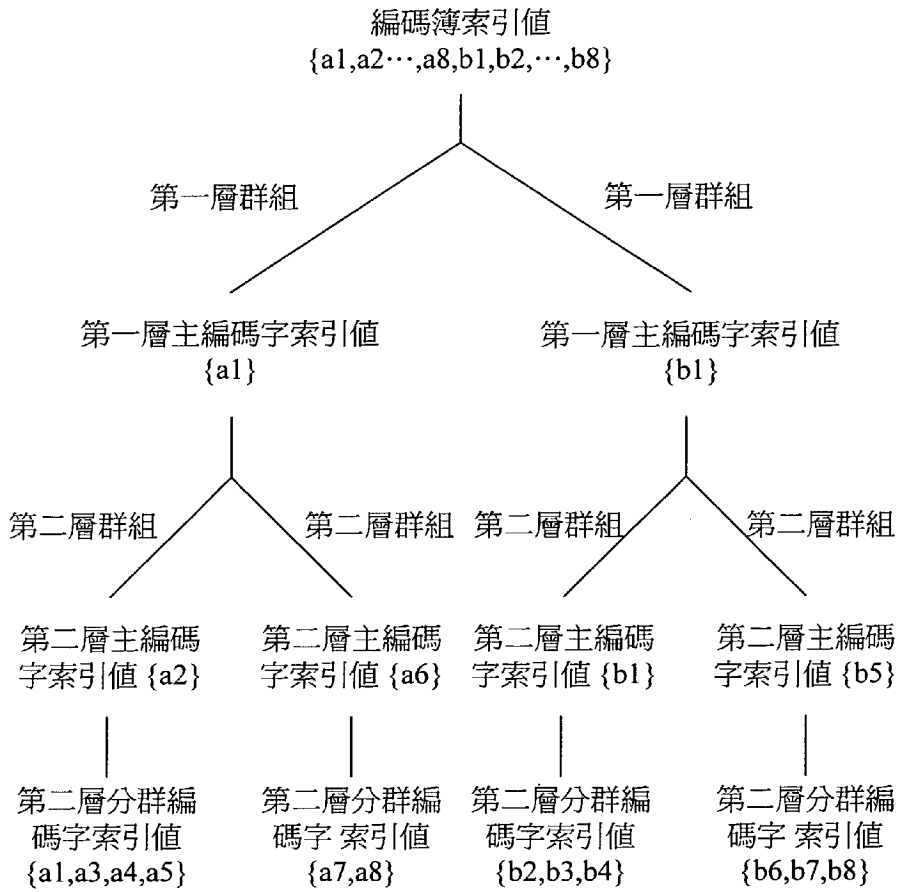
用以分群一編碼簿以及自該編碼簿選取一預編碼字之方法、裝置及其電腦程式產品

METHOD, APPARATUS AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT FOR PARTITION A CODEBOOK AND SELECTION A PRECODING CODEWORD FROM THE CODEBOOK

## (57)摘要

本發明揭露一種用以分群一編碼簿以及自該編碼簿選取一預編碼字之方法、裝置及其電腦程式產品。該編碼簿包含複數個編碼字。該分群方法係根據編碼簿中，各編碼字兩兩間之距離，將該編碼簿作分群，俾形成一樹狀結構。該選取方法則先計算一理論預編碼字，再根據分群後之編碼簿的樹狀架構，指定與該理論預編碼字最接近者為預編碼字，同時傳送該預編碼字所對應之一索引值。據此，本發明可降低傳送與預編碼字相關之資料運算量以及選取該預編碼字之所需運算次數。

A method, apparatus and computer program product for partition a codebook and selection a precoding codeword from the codebook are disclosed. The codebook comprises a plurality of codewords. The partition method partitions the codebook according to a distance between each two codewords of the codebook, so that a tree structure is formed. The selection method will first computer a theoretical precoding codeword, and select a codeword that nearest to the theoretical precoding codeword as a precoding codeword based on the tree structure of the partitioned codebook. Then, an index corresponding to the precoding codeword is transmitted. According to aforementioned methods, the invention can decrease the calculation amount of data related to the precoding codeword and the number of operation times that needed for selection the precoding codeword.



第 2G 圖

# 發明專利說明書

公告本

(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：97145140

※ 申請日：97.11.21

※IPC 分類：H03M 7/30 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

用以分群一編碼簿以及自該編碼簿選取一預編碼字之方法、裝置及其電腦程式產品

METHOD, APPARATUS AND COMPUTER PROGRAM  
PRODUCT FOR PARTITION A CODEBOOK AND SELECTION A  
PRECODING CODEWORD FROM THE CODEBOOK

## 二、中文發明摘要：

本發明揭露一種用以分群一編碼簿以及自該編碼簿選取一預編碼字之方法、裝置及其電腦程式產品。該編碼簿包含複數個編碼字。該分群方法係根據編碼簿中，各編碼字兩兩間之距離，將該編碼簿作分群，俾形成一樹狀結構。該選取方法則先計算一理論預編碼字，再根據分群後之編碼簿的樹狀架構，指定與該理論預編碼字最接近者為預編碼字，同時傳送該預編碼字所對應之一索引值。據此，本發明可降低傳送與預編碼字相關之資料運算量以及選取該預編碼字之所需運算次數。

## 三、英文發明摘要：

A method, apparatus and computer program product for partition a codebook and selection a precoding codeword from the codebook are disclosed. The codebook comprises a plurality of codewords.

The partition method partitions the codebook according to a distance between each two codewords of the codebook, so that a tree structure is formed. The selection method will first computer a theoretical precoding codeword, and select a codeword that nearest to the theoretical precoding codeword as a precoding codeword based on the tree structure of the partitioned codebook. Then, an index corresponding to the precoding codeword is transmitted. According to aforementioned methods, the invention can decrease the calculation amount of data related to the precoding codeword and the number of operation times that needed for selection the precoding codeword.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2G)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】

本發明係關於一種用以分群 (partition) 一編碼簿 (codebook) 以及自該編碼簿選取一預編碼字 (precoding codeword) 之方法、裝置及其電腦程式產品。更詳細地說，本發明係關於一種能降低選取預編碼字之資料運算量以及選取該預編碼字所需之運算次數以快速分群一編碼簿以及自該編碼簿選取一預編碼字之方法、裝置及其電腦程式產品。

### 【先前技術】

隨著資訊工業的發展，網路對於現代人來說，已然有著不可或缺的重要地位。為了讓使用者不受地點的限制而享受各式各樣的網路服務，藉由無線通訊來提供網路服務亦已經是網路服務提供商以及製造廠商極力發展的重點部份。由於無線網路之頻寬資源的限制，無線通訊產品製造廠商進一步地發展出了許多用以提高無線網路之頻寬使用效率的技術，例如最佳化調變方式或是多工系統等等，而多輸入多輸出 (multiple input multiple output; MIMO) 系統即是現今最常使用之用以提高無線網路之頻寬使用效率的一種技術。

MIMO 系統泛指於資料傳送端與資料接收端分別採用多個天線 (antennas) 以傳輸資料與接收資料之無線網路系統。這些天線可分別建立複數個資料傳輸通道，MIMO 系統即可藉由這些資料傳輸通道同時傳輸資料。更詳細地說，MIMO 系統於資料傳送端將一資料流 (data stream) 分割為複數個互相獨立之子資料流，俾將

各個子資料經由前述之複數個資料傳輸通道傳輸；而於資料接收端則利用數位信號處理，將分別接收到各個子資料流重新運算以還原為原本資料傳送端之資料流。藉此，MIMO 系統將得以提高資料之傳輸速率

雖然 MIMO 系統在不增加頻寬之條件下，可於相同時間內傳輸較大之資料量，也因此提高資料之傳輸速率。然而，由於資料傳輸通道之相互干擾，未經處理的子資料流非常容易受到影響而無法被資料接收端正確接收。更詳細地說，由於 MIMO 系統之資料接收端之各天線實質上係接收一混合訊號，該混合訊號則包含自多個資料傳輸通道所接收到的子資料流。倘若這些資料傳輸通道之特性（無線訊號輻射場型等）相近，則資料接收端將無法依據各資料傳輸通道之差異性分離該混合訊號成為各獨立之子資料流，以供後續之運算及組合使用，進而增加 MIMO 系統之資料錯誤率。因此，市面上常見之習知技術即提供一種預編碼 (precoding) 技術以克服上述之缺陷。預編碼技術係由 MIMO 系統之資料傳送端於一編碼簿中先行選擇一編碼字來作為 MIMO 系統之預編碼字。於子資料流傳送前，該被選定之預編碼字將被用來對各子資料流進行適當地調變，從而增加各子資料流之差異性，以減少 MIMO 系統之資料錯誤率。

具體而言，請參閱第 1 圖，其係為習知技術之 MIMO 系統 1。MIMO 系統 1 包含一傳輸裝置 11 以及一接收裝置 12。MIMO 系統 1 係為一 2X2 天線矩陣，亦即傳輸裝置 11 包含二天線 111、112，且接收裝置 12 亦包含二天線 121、122。傳輸裝置 11 更具有一選

取裝置 113，其係用以選取一預編碼字。接收裝置 12 則具有一計算模組 123，係用以進行數位訊號處理。其中，天線 111 與天線 121、122 分別對應地建立起資料傳輸通道 151、171。類似地，天線 112 與天線 121、122 分別對應地建立起資料傳輸通道 172、152。

表 1 則表示 MIMO 系統 1 之編碼簿。該編碼簿包含複數個編碼字，同時儲存於選取裝置 13 中。各編碼字可分別對應至索引值 000、001、010、011、100、101、110、111。其中，編碼字之個數等於索引值之位元數之指數倍。例如，上述索引值之位元數為 3，則編碼簿中將共計有 8 個編碼字 ( $2^3=8$ )。

表 1

編碼字索引值	編碼字之第一列	編碼字之第二列
000	1	0
	0	1
001	0.7940	-0.5801-j0.1818
	0.5801+j0.1818	-0.7940
010	0.7940	0.0576-j0.6051
	-0.0576+j0.6051	-0.7940
011	0.7941	-0.2978+j0.5298
	0.2978-j0.5298	-0.7941
100	0.7941	0.6038-j0.0689
	-0.6038+j0.0689	-0.7941
101	0.7941	0.6614-j0.6740
	-0.6614+j0.6740	-0.7941



110	0.5112	0.4754+j0.7160
	-0.4754-j0.7160	-0.5112
111	0.3289	-0.8779+j0.3481
	0.8779-j0.3481	-0.3289

各編碼字實質上係為一矩陣，舉例而言，索引值 000 所對應之編碼字為一單位矩陣  $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ ；而索引值 101 所對應之編碼字則為矩陣  $\begin{bmatrix} 0.7941 & 0.6614-j0.6740 \\ -0.6614+j0.6740 & -0.7941 \end{bmatrix}$ 。其中，各編碼字之列數與 MIMO 系統 1 之傳輸裝置 11 之天線數目相同（即各編碼字具有二列），而各編碼字之行數則與 MIMO 系統 1 分割出來之子資料流之數目相同。

概括而言，預編碼技術係根據資料傳輸通道 151、152、171、172 之通道狀況由前述之編碼簿選取適當之編碼字作為子資料流之調變依據，以避免因各資料傳輸通道 151、152、171、172 間之特性相近，而造成子資料流之差異性太小，使得 MIMO 系統 1 之資料錯誤率增加。

習知技術主要係使用三種編碼字之選取標準。當主要係針對 MIMO 系統 1 之資料錯誤率進行改善，則可使用最小奇異值選取標準（minimum singular value selection criterion；MSV-SC）；若主要係針對 MIMO 系統 1 之傳輸資料的線性估測進行改善，則可使用均方誤差選取標準（mean square error selection criterion；MSE-SC）；倘若針對 MIMO 系統 1 之資料傳輸容量（capacity）進行改善，則使用通道容量選取標準（capacity selection criterion；

capacity-SC)。上述之三種標準係分別將編碼簿中所有的編碼字分別進行數學運算，並以不同標準來挑選編碼字。

習知技術之預編碼技術雖然可解決資料傳輸通道差異性小時，所衍生之資料錯誤率增加的問題，在此同時，預編碼技術也將增加 MIMO 系統之處理複雜度。具體而言，於選取預編碼字時，MIMO 系統需要對編碼簿內所有編碼字分別進行數學運算。當 MIMO 系統之編碼簿包含的編碼字之數量較多時，將導致 MIMO 系統之接收端的資料運算量大幅增加，進而降低了 MIMO 系統之資料傳輸效率。除此之外，如此大量之資料運算量亦將對 MIMO 系統造成相當大的負荷。

據此，要如何設計一種降低選取預編碼字之資料運算量以及選取該預編碼字所需之運算次數的方法以及裝置，係為無線通訊業者此刻急需解決之問題。

### 【發明內容】

本發明之一目的在於提供一種用以分群一編碼簿，同時自該編碼簿選取一預編碼字之裝置。該編碼簿包含複數個編碼字，各該編碼字則分別對應至一索引值。該裝置適用於一包含複數個傳輸通道之 MIMO 系統，其包含一分群模組、一儲存模組、一計算模組以及一選取模組。該編碼簿係儲存於該儲存模組中。該分群模組用以分別計算該等編碼字兩兩間之一第一距離，以根據該等第一距離，指定其最大者所對應之二編碼字為二個第一層主編碼字，其它編碼字為複數個第一層分群編碼字。其中，各該第一層主編碼字各自屬於一第一層群組。該分群模組更針對各該第一層

分群編碼字分別計算其與各該第一層主編碼字間之一第二距離，以根據該等第二距離，將其指定屬於該等第一層群組之至少一個。

該裝置之儲存模組則對各該第一層群組，儲存其所包含之該第一層主編碼字所對應之該索引值、其所包含之該等第一層分群編碼字所對應之該等索引值或是以該第一層主編碼字與該等第一層分群編碼字之對應關係。該計算模組則計算與該等傳輸通道相關之一通道矩陣，並根據該通道矩陣計算該 MIMO 系統之一理論預編碼字。該選取模組計算該理論預編碼字與各該第一層主編碼字間之一第一量測距離，以選取該等第一量測距離最小者所對應之該第一層群組為一第一層目標群組，同時分別計算該理論預編碼字與該第一層目標群組之各該第一層分群編碼字間之一第二量測距離，並根據該等第二量測距離決定該預編碼字。

本發明之另一目的在於提供一種用以分群一編碼簿，同時自該編碼簿選取一預編碼字之方法。該編碼簿包含複數個編碼字，各該編碼字則分別對應至一索引值。該方法適用於一包含複數個傳輸通道之 MIMO 系統，其包含以下步驟：(a)分別計算該等編碼字兩兩間之一第一距離；(b)指定該等第一距離最大者所對應之二編碼字為二個第一層主編碼字，其它編碼字為複數個第一層分群編碼字，其中，各該第一層主編碼字各自屬於一第一層群組；(c)對各該第一層分群編碼字，分別計算其與各該第一層主編碼字間之一第二距離；(d)對各該第一層分群編碼字，根據其所相對應之該等第二距離，將其指定屬於該等第一層群組之至少一個；以及(e)對各該第一層群組，儲存其所包含之該第一層主編碼字所對應之

該索引值、其所包含之該等第一層分群編碼字所對應之該等索引值或是該第一層主編碼字與該等第一層分群編碼字之對應關係。

當完成前揭分群一編碼簿之步驟後，該方法更進一步執行以下步驟：(f)計算與該等傳輸通道相關之一通道矩陣；(g)根據該通道矩陣，計算該 MIMO 系統之一理論預編碼字；(h)計算該理論預編碼字與各該第一層主編碼字間之一第一量測距離；(i)選取該等第一量測距離最小者所對應之該第一層群組為一第一層目標群組；(j)分別計算該理論預編碼字與該第一層目標群組之各該第一層分群編碼字間之一第二量測距離；以及(k)根據該等第二量測距離決定該預編碼字。

本發明之又一目的在於提供之一種電腦程式產品，內儲一種用以分群一編碼簿，同時自該編碼簿選取一預編碼字之程式，該程式被載入一微處理器後可執行並完成前段所述之分群該編碼簿以及自該編碼簿選取預編碼字之方法。

綜上所述，本發明於 MIMO 系統傳輸資料前，即先根據編碼字兩兩間之距離，將其編碼簿分群為一樹狀架構。隨後，計算理論預編碼字，並依照該樹狀結構，根據該理論預編碼字與二主編碼字之距離選取預編碼字。據此，本發明僅需傳送所選取之預編碼字所對應之索引值，將可降低傳送與預編碼字相關之資料量以及尋找該預編碼字所需之運算次數。

在參閱圖式及隨後描述之實施方式後，具有本發明所屬技術領域之通常知識者便可瞭解本發明之其它目的、優點以及本發明之技術手段及實施態樣。

## 【實施方式】

本發明係關於一種用以分群一編碼簿以及自該編碼簿選取一預編碼字之方法、裝置及其電腦程式產品。其中，該編碼簿適用於一包含複數個傳輸通道之一 MIMO 系統。本發明可將該編碼簿分群為一樹狀結構，以降低選取預編碼字之所需運算次數，同時減少傳送與預編碼字相關之資料量。以下實施例係用以舉例說明本發明之內容。另需說明者，下段所述之實施例及圖式中，與本發明無關之元件皆已省略而未繪示。

以下將以第 2A 至 2G 圖說明本發明之第一實施例中，將編碼簿分群之分群階段；另將以第 3 圖說明本發明之第一實施例中，自前述編碼簿中選取一預編碼字之選取階段。

首先請參閱第 2A 圖，其係繪示可於分群階段中，分群一編碼簿之裝置 2。須說明的是，該裝置 2 可設置於 MIMO 系統之傳送端及/或接收端，甚至於可以是不屬於 MIMO 系統之傳送端(接收端)的運算處理裝置，只要 MIMO 系統之傳送端與接收端兩者皆可自裝置 2 取得分群之後的編碼簿資訊即可。

裝置 2 包含一儲存模組 21 以及一分群模組 22。編碼簿係儲存於儲存模組 21 中，其包含複數個編碼字。根據 MIMO 系統之傳送端以及接收端的天線數目，各編碼字實質上係為一矩陣。因此，如第 2B 圖所示，各編碼字可於一向量空間 VC 中分別映射(mapping)至一座標點。第 2B 圖中係繪示 16 個編碼字(即圖中白色圓圈之個數)，然，第一實施例所述之編碼字的數目係僅出於闡述目地，並非用以限制本發明。換言之，所屬技術領域之具有通常知識者

可根據下列針對 16 個編碼字進行分群之說明，輕易地理解任何數目之編碼字的分群情形，故在此不再贅述。

首先，分群模組 22 將先行對編碼簿進行第一次分群。如第 2B 圖所示，分群模組 22 將根據儲存模組 21 儲存之編碼簿，分別計算各編碼字之間之第一距離 D1。需注意者，第一距離 D1 之數量與編碼簿中之編碼字的數量相關。以本實施例而言，分群模組 22 將計算出 16 個編碼字之間所具有之 120 個第一距離 D1。為簡明起見，第 2B 圖僅繪示一部份之第一距離 D1。同時，由於分群階段係於 MIMO 系統運作前 (OFF-line) 進行，因而本階段之運算量實質上並不會對 MIMO 系統之效能表現造成不良影響。

各該第一距離 D1 可利用任一計算兩矩陣間距離之數學公式計算之。舉例而言，令其中之一編碼字為 X1，令另一編碼字為 X2，其兩者間之第一距離 D1 可根據下列弦距 (chordal distance) 公式計算：

$$D1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \|X_1 X_1^* - X_2 X_2^*\|$$

上式中， $\|X_1 X_1^* - X_2 X_2^*\|$  表示對  $X_1 X_1^* - X_2 X_2^*$  取平方再開根號後之值， $X_1^*$  與  $X_2^*$  分別代表對編碼字  $X_1$  與編碼字  $X_2$  取共軛轉置 (conjugate transpose)。此弦距公式係為所屬技術領域之具有通常知識者所熟悉之距離計算公式，故在此不再贅述。

請參閱第 2C 圖，於完成上段所述之計算步驟後，分群模組 22 根據這些第一距離 D1，指定其最大者所對應之二編碼字為二個第一層主編碼字 201、202 (即圖中黑色圓圈)，其它編碼字則被指定

為第一層分群編碼字（即圖中白色圓圈）。其中，第一層主編碼字 201、202 分別屬於一第一層群組（意即第一層主編碼字 201 屬於一第一層群組；第一層主編碼字 202 屬於另一第一層群組）。接著，針對各第一層分群編碼字，分群模組 22 將分別計算其與左邊第一層主編碼字 202 間之第二距離  $D2$  以及右邊第一層主編碼字 201 間之一第二距離  $D2'$ 。其中，計算之後的第二距離  $D2$  以及第二距離  $D2'$  之數量與第一層分群編碼字之個數相關。以本實施例而言，第一層分群編碼字之數量為 14，因此第二距離  $D2$  與第二距離  $D2'$  之數目亦分別為 14。為簡明起見，第 2C 圖僅繪示這些第一層分群編碼字其中之二所對應之第二距離  $D2$ 、 $D2'$ 。換言之，第 2C 圖中所繪示之第二距離  $D2$ 、 $D2'$  的數目僅出於闡述目的，並非用以限制本發明。

根據這些經分群模組 22 計算而得之第二距離  $D2$ 、 $D2'$ ，分群模組 22 將各第一層分群編碼字分別指定至前段所述第一層群組之至少一個。具體而言，分群模組 22 對各第一層分群編碼字，指定其屬於第二距離  $D2$ 、 $D2'$  中之較小者所對應之第一層主編碼字所屬的第一層群組。

例如，假設這些第一層分群編碼字其中之一（如第一層分群編碼字 203）所對應之第二距離  $D2$  之值小於第二距離  $D2'$  之值，則分群模組 22 將第一層分群編碼字 203 指定為屬於圖中左邊之第一層主編碼字 202 所屬之第一層群組。反之，若第一層分群編碼字（如第一層分群編碼字 204）所對應之第二距離  $D2'$  之值小於第二距離  $D2$  之值，則分群模組 22 將第一層分群編碼字 204 指定為屬

於圖中右邊之第一層主編碼字 201 所屬之第一層群組。

第 2D 圖即為經過第一次分群後之編碼簿之示意圖。當分群模組 22 完成前段所述之第一次分群後，編碼簿將以一分群線 L1 為分界，被區分為二個第一層群組。更詳細地說，於該分群線 L1 左邊之第一層主編碼字 202 以及第一層分群編碼字（其中之一為第一層分群編碼字 203）屬於同一個第一層群組。位於分群線 L1 右邊之第一層主編碼字 201 以及第一層分群編碼字（其中之一為第一層分群編碼字 204）則屬於另一個第一層群組。以本實施例而言，各該第一層群組皆包含一個第一層主編碼字以及七個第一層分群編碼字。應理解者，各該第一層群組所包含之第一層分群編碼字數目與編碼簿之設計相關，不一定相同，例如：其中之一第一層群組所包含之第一分群編碼字之數目為 5，另一第一層群組所包含之第一分群編碼字之數目為 9。

接著，分群模組 22 再進行第二次分群，類似地，分群模組 22 分別針對各第一層群組所包含之第一層分群編碼字（即圖中白色圈圈）以及第一層主編碼字（即圖中黑色圈圈），計算兩兩間之一第三距離 D3。須說明者，於分群線 L1 左邊之第一層群組之第三距離 D3 之數量實際上為 28 個，於分群線 L1 右邊之第一層群組之第三距離 D3 之數目實際上亦為 28 個。然而為簡單起見，第 2D 圖僅繪示部份之第三距離 D3。

計算完所有第三距離 D3 後，分群模組 22 分別於第一層群組中，指定第三距離 D3 中之最大者所對應之二個第一層分群編碼字（或第一層主編碼字）為二個第二層主編碼字，其它第一層分群編碼



字（或第一層主編碼字）則為第二層分群編碼字。如第 2E 圖所繪示，當分群模組 22 判斷圖中二編碼字 211、212（即圖中分群線 L1 左邊之二斜線圓圈）所對應之第三距離 D3 為分群線 L1 左邊之第一層群組中最大者，即指定其為二個第二層主編碼字 211、212，其它編碼字則為第二層分群編碼字（即圖中分群線 L1 左邊之白色圓圈）。而另二編碼字 213、214（圖中分群線 L1 右邊之二斜線圓圈）所對應之第三距離 D3 為分群線 L1 右邊之第一層群組中最大者，即指定其為二個第二層主編碼字 213、214，其它編碼字則為第二層分群編碼字（即圖中分群線 L1 右邊之白色圓圈）。其中，各該第二層主編碼字分別屬於一第二層群組。

分群模組 22 對第 2E 圖中分群線 L1 左邊之第二層分群編碼字，分別計算其與圖中左上角之第二層主編碼字 211 間之一第四距離 D4 以及圖中左下角第二層主編碼 212 字間之一第四距離 D4'。同時，分群模組 22 更針對分群線 L1 右邊之第二層分群編碼字，分別計算其與圖中右上角之第二層主編碼字 213 間之一第四距離 D4 以及圖中右下角第二層主編碼字 214 間之一第四距離 D4'。以本實施例而言，分群線 L1 左邊之第二層分群編碼字之數量為 8，因而其第四距離 D4 與第四距離 D4' 之數目亦分別為 8。分群線 L1 右邊之第二層分群編碼字之數量為 8，因而其第四距離 D4 與第四距離 D4' 之數目亦分別為 8。然，為簡明起見，第 2E 圖僅繪示部份第二層分群編碼字所對應之第四距離 D4、D4'。

根據計算而得之這些第四距離 D4、D4'，分群模組 22 將各個第二層分群編碼字（即圖中白色圓圈）分別指定至前述第二層群組

之至少一個。具體而言，分群模組 22 對各第二層分群編碼字進行如同前段所述對於第一層分群編碼字之處理方式，即指定各第二層分群編碼字屬於第四距離  $D_4$ 、 $D_4'$  中之較小者所對應之第二層主編碼字所屬的第二層群組。

例如，當分群線  $L_1$  左邊之第二層分群編碼字其中之一（如第二層分群編碼字 215），其所對應之第四距離  $D_4$  之值小於第四距離  $D_4'$  之值，則分群模組 22 將第二層分群編碼字 215 指定為屬於圖中左上角之第二層主編碼字 211 所屬之第二層群組。反之，若分群線  $L_1$  左邊之第二層分群編碼字（如第一層分群編碼字 216），其所對應之第四距離  $D_4'$  之值小於第四距離  $D_4$  之值，則分群模組 22 將第二層分群編碼字 216 指定為屬於圖中左下角之第二層主編碼字 212 所屬之第二層群組。

類似地，若分群線  $L_1$  右邊之第二層分群編碼字其中之一（如第二層分群編碼字 217），其所對應之第四距離  $D_4$  之值小於第四距離  $D_4'$  之值，則分群模組 22 將第二層分群編碼字 217 指定為屬於圖中右上角之第二層主編碼字 213 所屬之第二層群組。反之，若分群線  $L_1$  右邊之第二層分群編碼字（如第一層分群編碼字 218），其所對應之第四距離  $D_4'$  之值小於第四距離  $D_4$  之值，則分群模組 22 將第二層分群編碼字 218 指定為屬於圖中右下角之第二層主編碼字 214 所屬之第二層群組。

第 2F 圖即為經過第二次分群後之編碼簿之示意圖。當分群模組 22 完成前段所述之第二次分群後，編碼簿將以分群線  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  為分界，被區分為四個第二層群組。

更詳細地說，位於分群線 L1 左邊以及分群線 L2 上方之第二層主編碼字 211 以及第二層分群編碼字（其中之一為第二層分群編碼字 215）屬於同一個第二層群組。位於分群線 L1 左邊以及分群線 L2 下方之第二層主編碼字 212 以及第二層分群編碼字（其中之一為第二層分群編碼字 216）屬於同一個第二層群組。同理，位於分群線 L1 右邊以及分群線 L3 上方之第二層主編碼字 213 以及第二層分群編碼字（其中之一為第二層分群編碼字 217）屬於同一個第二層群組。位於分群線 L1 右邊以及分群線 L3 下方之第二層主編碼字 214 以及第二層分群編碼字（其中之一為第二層分群編碼字 218）屬於同一個第二層群組。

須強調的是，各該第二層群組所包含之第二層分群編碼字數目與編碼簿之設計相關。以本實施例而言，其中之一第二層群組所包含之第二分群編碼字之數目為 4，則另一第二層群組所包含之第二分群編碼字之數目則為 2；或是平均分群，即其中之一第二層群組所包含之第二分群編碼字之數目為 3，則另一第二層群組所包含之第二分群編碼字之數目則同樣為 3。

分群模組 22 更可依照前段所述之方法，分別再對各第二層群組作第三次分群，本發明並不限制分群之次數，所屬技術領域具有通常知識者可藉由前述之說明理解編碼簿進行分群的方法，故在此不再贅述。

儲存模組 21 將對各第一層群組儲存其所包含之第一層主編碼字所對應之索引值、其所包含之該等第一層分群編碼字所對應之索引值以及第一層主編碼字與其第一層分群編碼字之對應關係。換

言之，儲存模組 21 將儲存各該第一層群組之第一層主編碼字所對應之索引值、第二層主編碼字及其第二分群編碼字之對應關係。

請參照第 2G 圖，其係繪示第 2F 圖中，經二次分群之編碼簿的樹狀架構之示意圖。第一實施例中，編碼簿包含 16 個編碼字，各該編碼字可對應至索引值  $a_1$ 、 $a_2$ 、...、 $a_8$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、...、 $b_8$ 。經過第一次分群後，編碼簿被分為二個第一層群組。儲存模組 21 將第 2D 圖中，分群線 L1 左邊之第一層主編碼字所對應之索引值  $a_1$  以及分群線 L1 右邊第一層主編碼字所對應之索引值  $b_1$  以樹狀結構儲存之。

隨之，在經過第二次分群後，編碼簿被分為四個第二層群組。儲存模組 21 將第 2F 圖中，左上區域之第二層主編碼字所對應之索引值  $a_2$  以及同屬左上區域第二層主編碼字之第二層分群編碼字所對應之索引值  $a_3$ 、 $a_4$ 、 $a_5$  以樹狀結構儲存。儲存模組 21 更將第 2F 圖中左下角第二層主編碼字所對應之索引值  $a_6$  以及同屬該左下區域第二層主編碼字之第二層分群編碼字  $a_7$ 、 $a_8$  以樹狀結構儲存。

同時，儲存模組 21 將第 2F 圖中右上區域第二層主編碼字所對應之索引值  $b_1$ ，以及同屬該右上區域第二層主編碼字之第二層分群編碼字  $b_2$ 、 $b_3$ 、 $b_4$  以樹狀結構儲存。同樣地，儲存模組 21 將第 2F 圖中右下區域第二層主編碼字所對應之索引值  $b_5$ ，以及同屬該右下區域第二層主編碼字之第二層分群編碼字  $b_6$ 、 $b_7$ 、 $b_8$  以樹狀結構儲存。

以上係為本發明之第一實施例中，將編碼簿分群之分群階段。

當裝置 2 完成前段所述之分群階段，MIMO 系統之傳送端與接收端將自裝置 2 之儲存模組 21 擷取編碼簿及其索引值之樹狀架構，並進入自編碼簿選取一預編碼字之選取階段。

第 3 圖係繪示用於選取階段之裝置 3，其包含一傳送接收模組 31、一儲存模組 32、一計算模組 33 以及一選取模組 34。裝置 3 則被設置於 MIMO 系統之接收端。儲存模組 32 係用以儲存經分群階段處理過後之編碼簿。該編碼簿包含複數個編碼字，並經由裝置 2 分群為二個第一層群組。各第一層群組分別包含一第一層主編碼字及複數個第一層相關編碼字。這些第一層相關編碼字則包含了複數個第二層相關編碼字。換言之，該些第一層相關編碼字係為前段所述之第一層分群編碼字。對各第一層群組，裝置 2 更分別指定二個第一層相關編碼字為二個第二層主編碼字，並將該等第二層相關編碼字分群為二個第二層群組。分群後之編碼簿的樹狀架構則如第 2G 圖所示。

於選取階段，該傳送接收模組 31 先經由 MIMO 系統之傳輸通道（圖未繪示）接收一引航訊號（pilot signal）301，計算模組 32 可根據該引航訊號 301 用以計算出通道矩陣，並用此通道矩陣計算一理論預編碼字。應理解的是，引航訊號 301 對於該 MIMO 系統之接收端係為一已知訊號，且根據引航訊號 301 計算 MIMO 系統之傳輸通道的通道矩陣之方法亦為所屬技術領域具有通常知識者所熟知技術，故在此不再贅述。

根據該通道矩陣，計算模組 33 進一步利用如下所示之奇異值分解（singular value decomposition）方程式計算該理論預編碼字：

$$H = U\Sigma V^H$$

上述方程式中， $H$  為根據引航訊號 301 計算而得之通道矩陣， $U$  與  $V$  為兩個相互正交之矩陣， $\Sigma$  為一對角矩陣。其中， $V^H$  表示對矩陣  $V$  取共軛轉置後之矩陣，理論預編碼字實質上則等於矩陣  $V$ 。

由於經過計算而得出的理論預編碼字存在於編碼簿中之機率甚低，因此選取模組 34 將根據計算模組 33 計算之理論預編碼字，以及儲存模組 31 中編碼簿之樹狀架構開始選取與理論預編碼字最接近之編碼字，進而將與理論預編碼字最接近之編碼字設定為一預編碼字。

選取模組 34 將計算理論預編碼字與各第一層主編碼字間之一第一量測距離，同時指定這些第一量測距離中之最小者所對應之第一層群組為一第一層目標群組。換言之，選取模組 34 將分別計算索引值  $a_1$ 、 $b_1$  所對應之第一層主編碼字與理論預編碼字間之第一量測距離。而第一量測距離之計算方法實質上與前段所述之分群階段中所使用之計算兩矩陣間距離之方程式相同，例如弦距公式等方程式。故在此不再贅述。

假若理論預編碼字與索引值  $a_1$  所對應之第一主編碼字間之第一量測距離較小，則選取模組 34 選取其所屬之第一層群組為第一目標群組。選取模組 34 將進一步分別計算理論預編碼字與第一層目標群組中之各第一層相關編碼字之間的第二量測距離，並根據這些計算而得之第二量測距離決定預編碼字。其中，這些第二量測距離更包含複數個第三量測距離以及複數個第四量測距離，茲分別詳述如下。

如第 2G 圖所示，該第一層目標群組包含二個第二層主編碼字以及複數個第二層分群編碼字。選取模組 34 將計算理論預編碼字與各第二層主編碼字之間的第三量測距離，並同時指定這些第三量測距離中之最小者所對應之第二層群組為一第二層目標群組。

承上所述，若選取模組 34 指定理論預編碼字係屬於索引值  $a_1$  所對應之第一層主編碼字之第一層群組中，則選取模組 34 更分別計算理論預編碼字與索引值  $a_2$ 、 $a_6$  所對應之第二層主編碼字之第三量測距離。若理論預編碼字與索引值  $a_6$  所對應之第二層主編碼字之間的第三量測距離為最小，選取模組 34 將指定索引值  $a_6$  所對應之第二層主編碼字所屬的第二層群組為第二目標群組。

倘若第二目標群組更包含第三層主編碼字，則選取模組 34 將繼續比較理論預編碼字與第二目標群組之第三層主編碼字之距離大小。否則，選取模組 34 將分別計算理論預編碼字與第二目標群組中之各第二層相關編碼字之間的第四量測距離，同時根據計算而得之第四量測距離決定預編碼字。

具體而言，當選取模組 34 指定索引值  $a_6$  所對應之第二層主編碼字所屬之第二層群組為第二目標群組時，則選取模組 34 將分別計算理論預編碼字與索引值  $a_7$ 、 $a_8$  所對應之第二層相關編碼字之間的第四量測距離。倘若索引值  $a_7$  所對應之第二層相關編碼字與理論預編碼字之間的第四量測距離為最小時，則選取模組 34 將選取索引值  $a_7$  所對應之編碼字為該 MIMO 系統之預編碼字。傳送接收模組 31 將傳送該編碼字所對應之索引值  $a_7$  至 MIMO 系統之傳送端（圖未繪示）。傳送端將根據該索引值  $a_7$ ，將其所對應之第

二層相關編碼字設定為 MIMO 系統之預編碼字，以供後續之資料傳輸使用。

就第一實施例而言，編碼簿具有 16 個編碼字，因此各該編碼字所對應之索引值為一 4 位元數。據此，本發明所述之方式僅需傳送四位元之資料量至傳送端即可，而不需要傳送通道矩陣這類型耗費無線網路頻寬資源的資料至 MIMO 系統之傳送端。除此之外，習知技術需要針對編碼簿中每一個編碼字進行運算（即計算 16 次），方能找到 MIMO 系統之預編碼字。然，本實施例僅須計算 4 次即能順利找到預編碼字，進而大大地降低運算次數。

換言之，若編碼簿所包含之編碼字越多時，越能凸顯本發明降低計算複雜度的優點。舉例而言，編碼簿包含之編碼字之個數為 128，若根據本發明對其編碼簿進行三次分群，得其樹狀架構為兩個第一層主編碼字、四個第二層主編碼字、八個第三層主編碼字及各該第三層主編碼字對應之 16 個第三層分群編碼字，則選取預編碼字之次數為  $2+2+2+16=22$  次。與習知技術之計算量相比，複雜度減少了 82.8% ( $22/128$ )。

以下將以第 4A、4B 圖說明本發明之第二實施例中，將編碼簿分群之分群階段以及自前述編碼簿中選取一預編碼字之選取階段。於分群階段中，第一實施例所述之裝置 2 同樣適用於第二實施例。第二實施例與第一實施例之不同處即在於分群階段時，第二實施例之裝置 2 僅對編碼簿進行一次分群，而第二實施例之裝置 2 的分群模組 22 將針對分群模組 22 將分群線 L1 分別增減一預設值  $t1$ ，以形成之二分群線 L4、L5，同時將分群線 L4、L5 所圍成之



區域設定成一臨界區間。

須說明的是，於第一實施例中，對編碼簿進行多次分群雖可降低運算複雜度，在此同時卻也可能將增加選取錯誤的機率。因此，本發明之第二實施例中預設值  $t1$  即是欲降低預編碼字選取錯誤之機率與其影響。在第二實施例中，預設值  $t1$  被設定為 0.05。需注意的是，預設值  $t1$  可依據製造廠商之產品需求而做不同數值的設定。分群模組 22 並針對各第一層分群編碼字落入該臨界區間之部份同時指定至第一層群組。應理解的是，本實施例對編碼簿做一次分群之步驟與第一實施例對進行編碼簿做第一次分群之步驟相同，故在此不再贅述。

請參閱第 4A 圖，於第二實施例中，分群模組 22 將針對各第一層分群編碼字分別計算其與第一主編碼字所對應之第二距離  $D2$  以及第二距離  $D2'$  之絕對差值。若第一層分群編碼字其中之一所對應之絕對差值小於前述之預設值  $t1$ ，則表示該第一層分群編碼字落入由分群線  $L4$ 、 $L5$  所圍成之臨界區間。第 4A 圖中，第一層分群編碼字中落入臨界區間者共有 5 個，此即代表這 5 個第一層分群編碼字非常靠近分群線  $L1$ 。

當分群模組 22 完成前段所述之分群階段後，該編碼簿依據分群線  $L4$ 、 $L5$  被分為二個第一層群組。更詳細地說，在分群線  $L4$  右邊之第一層分群編碼字（圖中分群線  $L4$  右邊之白色圓圈）以及第一層主編碼字（圖中右邊之黑色圓圈）屬於同一個第一層群組。而在分群線  $L5$  左邊之第一層分群編碼字（圖中分群線  $L5$  左邊之白色圓圈）以及左邊第一層主編碼字（圖中左邊之黑色圓圈）屬

於同一個第一層群組。儲存模組 21 將根據分群模組 22 分群後之編碼簿之樹狀架構，儲存該第一層主編碼字之索引值與該等第一層分群編碼字之索引值。以本實施例而言，分群線 L5 左邊之第一層群組包含 1 個第一層主編碼字 401 以及 9 個第一層分群編碼字。分群線 L4 右邊之第一層群組包含 1 個第一層主編碼字 402 以及 10 個第一層分群編碼字。

第 4B 圖係繪示第 4A 圖中經第一次分群之後的編碼簿的樹狀架構。經過第一次分群後，編碼簿被分為二個第一層群組，儲存模組 21 將分群線 L5 左邊之第一層主編碼字 401 所對應之索引值 a1 儲存，同時儲存同屬於第一層主編碼字 401 之第一層分群編碼字所對應之索引值 a2、a3、...、a8、b2、b3 以樹狀架構儲存。儲存模組 21 更儲存分群線 L4 右邊之第一層主編碼字 402（圖中右邊之黑色圓圈）所對應之索引值 b1，同時儲存同屬於第一層主編碼字 402 之第一層分群編碼字 a6、a7、a8、b2、...、b8。其中，索引值 a6、a7、a8、b2、b3 所對應之第一層分群編碼字即為落入臨界區間之 5 個第一層分群編碼字。

以上係為本發明之第二實施例中，將編碼簿分群之分群階段。當裝置 2 完成前段所述之分群階段，MIMO 系統之傳送端與接收端將自裝置 2 之儲存模組 21 擷取編碼簿及其索引值之樹狀架構，並進入自編碼簿選取一預編碼字之選取階段。

於選取階段中，第一實施例所述之裝置 3 同樣適用於第二實施例。與第一實施例相同，於 MIMO 系統開始運作前，MIMO 系統自裝置 2 之儲存模組 21 擷取如第 4A 圖所繪示之經過一次分群後

的編碼簿及其樹狀架構，並將其儲存於儲存模組 32。

如同第一實施例之操作，選取模組 34 將計算理論預編碼字與各第一層主編碼字間之一第一量測距離，並選取該些第一量測距離中之最小者所對應之第一層群組為第一層目標群組。換言之，根據與第一層群組之索引值  $a_1$ 、 $b_1$  所對應之第一層主編碼字，選取模組 34 將分別計算第一層主編碼字與理論預編碼字間之一第一量測距離。該第一量測距離之計算方法實質上與分群階段中，用於計算兩矩陣間距離之方程式相同，例如該弦距公式等。故在此不再贅述。

倘若理論預編碼字與索引值  $b_1$  所對應之第一主編碼字之間的第一量測距離較小，則選取模組 34 將指定其所屬之第一層群組為該第一目標群組。隨後選取模組 34 將分別計算理論預編碼字與該第一層目標群組中，各第一層相關編碼字之間的第二量測距離，同時根據這些計算而得之第二量測距離決定預編碼字。

更詳細地說，當第一目標群組（即與索引值  $b_1$  所對應之第一主編碼字所屬之第一層群組）被指定之後，選取模組 34 將分別計算理論預編碼字與索引值  $a_6$ 、 $a_7$ 、 $a_8$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、...、 $b_8$  之間的第二量測距離，若索引值  $a_5$  所對應之第二量測距離為前述各第二量測距離中最小之值，則選取模組 34 將指定索引值  $a_5$  所對應之第一層分群編碼字為預編碼字。同樣地，傳送接收模組 31 將傳送與預編碼字所對應之索引值  $a_5$  至傳送端。根據索引值  $a_5$ ，傳送端將其所對應之第一層分群編碼字設為預編碼字，以供後續之資料傳輸使用。

本發明之第三實施例如第 5 圖所示，係為一種用於分群一編碼簿之方法，其適可用於一裝置，例如第一實施例所述之裝置 2。更具體而言，第三實施例所描述之用於分群一編碼簿之方法可由一電腦程式產品執行，當一微處理器載入該電腦程式產品並執行該電腦程式產品所包含之複數個指令後，即可完成第三實施例所述之用於分群一編碼簿之方法。前述之電腦程式產品可儲存於電腦可讀取記錄媒體中，例如唯讀記憶體 (read only memory; ROM)、快閃記憶體、軟碟、硬碟、光碟、隨身碟、磁帶、可由網路存取之資料庫或熟習此項技藝者所習知且具有相同功能之任何其它儲存媒體中。

第三實施例所述之方法包含下列步驟。首先，執行步驟 501，分別計算編碼字兩兩間之一第一距離。再執行步驟 502，指定該等第一距離中之最大者所對應之二編碼字為二個第一層主編碼字，並指定其它編碼字為複數個第一層分群編碼字。其中，各第一層主編碼字各自屬於一第一層群組。接著，執行步驟 503，分別計算各第一層分群編碼字與各第一層主編碼字之間之一第二距離。執行步驟 504，根據各第一層分群編碼字所對應之第二距離，分別指定各第一層分群編碼字屬於前述第一層群組之其中之一。

隨後執行步驟 505，判斷是否繼續進行分群。若不對該編碼簿繼續分群，則執行步驟 506，儲存分群結果，意即儲存各第一層群組所包含之第一層主編碼字對應之索引值，其所包含之第一層分群編碼字所對應之等索引值以及第一層主編碼字與第一層分群編碼字之對應關係。

若於步驟 505 中，判斷結果為針對編碼簿繼續分群，則繼續執行步驟 507，分別對各第一層群組所包含之第一層分群編碼字以及第一層主編碼字，計算兩兩間之一第三距離。於步驟 508 中，針對各第一層群組，分別指定相對應之該等第三距離中之最大者所對應之二個第一層分群編碼字為二個第二層主編碼字，並指定其它第一層分群編碼字為複數個第二層分群編碼字。其中，各第二層主編碼字分別屬於一第二層群組。接著執行步驟 509，針對各該第一層群組所包含之各第二層分群編碼字，分別計算其與各第二層主編碼字間之一第四距離。再執行步驟 510，根據各第二層分群編碼字所相對應之第四距離，將其指定為該等第二層群組其中之一。最後，執行步驟 506，儲存分群結果，意即儲存各第二層群組中，第二層主編碼字與第二分群編碼字之對應關係。

除了上述步驟，第三實施例亦能執行第一實施例所描述之操作及功能，所屬技術領域具有通常知識者可直接瞭解第三實施例如何基於上述第一實施例以執行此等操作及功能。故在此不再贅述。

本發明之第四實施例如第 6 圖所示，係為另一種用於分群一編碼簿之方法，其適可用於一裝置，例如第二實施例之裝置 2。更具體而言，第四實施例所描述之用於分群一編碼簿之方法可由一電腦程式產品執行，當一微處理器載入該電腦程式產品並執行該電腦程式產品所包含之複數個指令後，即可完成第四實施例所述之用於分群一編碼簿之方法。前述之電腦程式產品可儲存於電腦可讀取記錄媒體中，例如唯讀記憶體（read only memory；ROM）、快閃記憶體、軟碟、硬碟、光碟、隨身碟、磁帶、可由網路存取

之資料庫或熟習此項技藝者所習知且具有相同功能之任何其它儲存媒體中。

第四實施例所述之方法包含下列步驟。首先執行步驟 601，分別計算編碼字兩兩間之一第一距離。再執行步驟 602，指定該等第一距離中之最大者所對應之二編碼字為二個第一層主編碼字，並指定其它編碼字為複數個第一層分群編碼字。其中，各第一層主編碼字各自屬於一第一層群組。接著，執行步驟 603，分別計算各第一層分群編碼字與各第一層主編碼字間之一第二距離。執行步驟 604 中，計算各第一層分群編碼字所對應之第二距離之一絕對差值。

隨後執行步驟 605，該方法將判斷各第一層分群編碼字所對應之絕對差值是否小於一預設值。若是，則執行步驟 606，指定該第一層分群編碼字同時屬於二個第一層群組。若於步驟 605 中，判斷該第一層分群編碼字所對應之絕對差值不小於一預設值時，則執行步驟 607，指定該第一層分群編碼字屬於該等第二距離中之最小者所對應之第一層群組。

隨後執行步驟 608，判斷是否繼續進行分群。若是，則返回步驟 601，繼續執行步驟 601 至 607。若不再繼續分群，則執行步驟 609，儲存分群結果，意即儲存各第一層群組所包含之第一層主編碼字對應之索引值，其所包含之第一層分群編碼字所對應之等索引值以及第一層主編碼字與第一層分群編碼字之對應關係。

除了上述步驟，第四實施例亦能執行第二實施例所描述之操作及功能，所屬技術領域具有通常知識者可直接瞭解第四實施例如

何基於上述第二實施例以執行此等操作及功能。故在此不再贅述。

本發明之第五實施例如第 7 圖所示，係為一種用以於一編碼簿選取一預編碼字之方法，其適可用於一裝置，例如第一實施例之裝置 3。更具體而言，第五實施例所描述之用以於一編碼簿選取一預編碼字之方法可由一電腦程式產品執行，當一微處理器載入該電腦程式產品並執行該電腦程式產品所包含之複數個指令後，即可完成第五實施例所述之用以於一編碼簿選取一預編碼字之方法。前述之電腦程式產品可儲存於電腦可讀取記錄媒體中，例如唯讀記憶體（read only memory；ROM）、快閃記憶體、軟碟、硬碟、光碟、隨身碟、磁帶、可由網路存取之資料庫或熟習此項技藝者所習知且具有相同功能之任何其它儲存媒體中。

第五實施例所述之方法包含下列步驟。首先，執行步驟 701，自傳輸通道接收一引航訊號，並根據該引航訊號計算與傳輸通道相關之一通道矩陣。再執行步驟 702，根據公式  $H=U\Sigma V^H$  計算 MIMO 系統之理論預編碼字。其中， $H$  為該通道矩陣， $U$  與  $V$  為兩各相互正交之矩陣， $\Sigma$  為一對角矩陣。接著執行步驟 703，計算理論預編碼字與各第一層主編碼字之間之一第一量測距離。執行步驟 704 中，選取該等第一量測距離中之最小者所對應之第一層群組為一第一目標群組。接著執行步驟 705，分別計算理論預編碼字與第一層目標群組之各第一層相關編碼字之間之一第二量測距離。其中，第一層目標群組係包含二個第一層相關編碼字（即第二層主編碼字）及複數個第二層相關編碼字，且依第三實施例所述之方法，以該二個第一層相關編碼字為二個第二層主編碼字，將該等

第二層相關編碼字分群為二個第二層群組。

隨後，執行步驟 706，計算理論預編碼字與各第二層主編碼字之間之一第三量測距離。執行步驟 707 中，選取該等第三量測距離中之最小者所對應之第二層群組為一第二目標群組。於步驟 708 中，分別計算理論預編碼字與第二目標群組之各第二層相關編碼字之間之一第四量測距離。接著執行步驟 709 中，根據該等第四量測距離，選取該等第四量測距離中之最小者所對應之第二層相關編碼字為預編碼字。最後，執行步驟 710，傳送該預編碼字所對應之一索引值。

除了上述步驟，第五實施例亦能執行第一實施例所描述之操作及功能，所屬技術領域具有通常知識者可直接瞭解第五實施例如何基於上述第一實施例以執行此等操作及功能。故在此不再贅述。

本發明之第六實施例如第 8 圖所示，係為一種用以於一編碼簿選取一預編碼字之方法，其適可用於一裝置，例如第二實施例之裝置 3。更具體而言，第六實施例所描述之用以於一編碼簿選取一預編碼字之方法可由一電腦程式產品執行，當一微處理器載入該電腦程式產品並執行該電腦程式產品所包含之複數個指令後，即可完成第六實施例所述之用以於一編碼簿選取一預編碼字之方法。前述之電腦程式產品可儲存於電腦可讀取記錄媒體中，例如唯讀記憶體 (read only memory; ROM)、快閃記憶體、軟碟、硬碟、光碟、隨身碟、磁帶、可由網路存取之資料庫或熟習此項技藝者所習知且具有相同功能之任何其它儲存媒體中。

第六實施例所述之方法包含下列步驟。首先，執行步驟 801，自



傳輸通道接收一引航訊號，並根據該引航訊號計算與傳輸通道相關之一通道矩陣。再執行步驟 802，根據公式  $H=U\Sigma V^H$  計算 MIMO 系統之理論預編碼字。其中， $H$  為該通道矩陣， $U$  與  $V$  為兩各相互正交之矩陣， $\Sigma$  為一對角矩陣。接著執行步驟 803，計算理論預編碼字與各主編碼字之間之一第一量測距離。執行步驟 804 中，選取該等第一量測距離中之最小者所對應之第一層群組為一目標群組。接著執行步驟 805，分別計算理論預編碼字與目標群組之各相關編碼字之間之一第二量測距離。須說明的是，於本實施例中，該等相關編碼字實質上為如第二實施例所述之該等第一層分群編碼字。

執行步驟 806，根據該等第二量測距離，選取該等第二量測距離中之最小者所對應之相關編碼字為預編碼字。最後，執行步驟 807，傳送該預編碼字所對應之一索引值。

除了上述步驟，第六實施例亦能執行第二實施例所描述之操作及功能，所屬技術領域具有通常知識者可直接瞭解第六實施例如何基於上述第二實施例以執行此等操作及功能。故在此不再贅述。

綜上所述，本發明之用以分群一編碼簿及自該編碼簿選取一預編碼字之方法、裝置及其電腦程式產品可於 MIMO 系統運作前，將編碼簿分群為一樹狀結構，並於 MIMO 系統運作時，藉由該樹狀結構之編碼簿減少選取預編碼字所需之運算次數。同時，MIMO 系統僅需將與該預編碼字所對應之索引值傳送至 MIMO 系統之傳送端，而無需傳送大量之資料，進而改善習知技術中，需要花費多餘之網路頻寬來傳送通道矩陣之資訊，同時降低選取預編碼字

所需之運算資料量。

上述之實施例僅用來例舉本發明之實施態樣，以及闡釋本發明之技術特徵，並非用來限制本發明之保護範疇。任何熟悉此技術者可輕易完成之改變或均等性之安排均屬於本發明所主張之範圍，本發明之權利保護範圍應以申請專利範圍為準。

### 【圖式簡單說明】

第 1 圖係為習知之 MIMO 系統之示意圖；

第 2A 圖係為本發明第一實施例以及第二實施例之裝置；

第 2B 圖係為第一實施例之編碼字之示意圖；

第 2C 圖係為第一實施例之編碼字之另一示意圖；

第 2D 圖係為第一實施例之編碼字經第一次分群後之示意圖；

第 2E 圖係為第一實施例之編碼字經第一次分群後之另一示意圖；

第 2F 圖係為第一實施例之編碼字經第二次分群後之示意圖；

第 2G 圖係為第一實施例之編碼簿之樹狀結構示意圖；

第 3 圖係為本發明第一實施例以及第二實施例之另一裝置；

第 4A 圖係為第二實施例之編碼字經分群後之示意圖；

第 4B 圖係為第二實施例之編碼簿之樹狀結構示意圖；

第 5 圖係為本發明第三實施例之流程圖；

第 6 圖係為本發明第四實施例之流程圖；

第 7 圖係為本發明第五實施例之流程圖；以及

第 8 圖係為本發明第六實施例之流程圖。

### 【主要元件符號說明】

1：MIMO 系統

11：傳輸裝置

12：接收裝置

111、112、121、122：天線

113：選取裝置

123：計算模組

151、152、171、172：傳輸通道

2：裝置

21：儲存模組

22：分群模組

201、202：第一層主編碼字

203、204：第一層分群編碼字

211、212、213、214：第二層主編碼字

215、216、217、218：第二層分群編碼字

D1：第一距離

D2、D2'：第二距離

D3：第三距離

D4、D4'：第四距離

L1、L2、L3、L4、L5：分群線

3：裝置

31：傳送接收模組

32：儲存模組

33：計算模組

34：選取模組

301：引航訊號

a1、a2、a3、a4、a5、a6、a7、a8：索引值

b1、b2、b3、b4、b5、b6、b7、b8：索引值

t1：預設值

## 七、申請專利範圍：

1. 一種用以分群 (partition) 一編碼簿 (codebook) 之方法，該編碼簿包含複數個編碼字 (codeword)，各該編碼字對應至一索引值，該編碼簿適用於一多輸入多輸出 (multiple input multiple output; MIMO) 系統，該方法包含下列步驟：

- (a)分別計算該等編碼字兩兩間之一第一距離；

- (b)指定該等第一距離最大者所對應之二編碼字為二個第一層主編碼字，其他編碼字為複數個第一層分群編碼字，其中各該第一層主編碼字各自屬於一第一層群組；

- (c)對各該第一層分群編碼字，分別計算其與各該第一層主編碼字間之一第二距離；

- (d)對各該第一層分群編碼字，根據其所相對應之該等第二距離，將其指定屬於該等第一層群組之至少一個；以及

- (e)對各該第一層群組，儲存其所包含之該第一層主編碼字所對應之該索引值，其所包含之該等第一層分群編碼字所對應之該等索引值，以及該第一層主編碼字與該等第一層分群編碼字之對應關係。

2. 如請求項 1 所述之方法，更包含下列步驟：

- 對各該第一層群組，分別對其所包含之該等第一層分群編碼字以及該第一層主編碼字，計算兩兩間之一第三距離；

- 對各該第一層群組，分別指定相對應之該等第三距離最大者所對應之二個第一層分群編碼字為二個第二層主編碼字，其他第一層分群編碼字為複數個第二層分群編碼字，其中各該第二層主編碼字分別屬於一第二層群組；

對各該第一層群組，對其所包含之各該第二層分群編碼字，分別計算其與各該第二層主編碼字間之一第四距離；

對各該第一層群組，對其所包含之各該第二層分群編碼字，根據其所相對應之該等第四距離，將其指定為至少該等第二層群組其中之一；以及

對各該第二層群組，儲存該等第二層主編碼字與該等第二分群編碼字之對應關係。

3. 如請求項 1 所述之方法，其中該步驟(d)係對各該第一層分群編碼字，指定其屬於該等第二距離最小者所對應之該第一層群組。
4. 如請求項 1 所述之方法，其中該步驟(d)包含下列步驟：
  - (d1)對各該第一層分群編碼字，計算其所對應之該等第二距離之一絕對差值；以及
  - (d2)對各該第一層分群編碼字，根據其所對應之該絕對差值，將該第一分群編碼字指定為該等第一層群組之至少一個。
5. 如請求項 4 所述之方法，其中，對各該第一層分群編碼字，當其所對應之該絕對差值小於一預設值時，該步驟(d2)指定該第一層分群編碼字同時屬於二個第一層群組。
6. 如請求項 4 所述之方法，其中，對各該第一層分群編碼字，當其所對應之該絕對差值不小於一預設值時，該步驟(d2)指定該第一層分群編碼字屬於該等第二距離最小者所對應之該第一層群組。
7. 如請求項 1 所述之方法，其中該步驟(e)係對各該第一層群組，以樹狀結構儲存該第一層主編碼字之該索引值與該等第

一層分群編碼字之該等索引值。

8. 一種用以自一編碼簿選取一預編碼字 (precoding codeword) 之方法，該編碼簿包含複數個編碼字，該編碼簿係依如請求項 1 所述之方法分群為二個第一層群組，各該第一層群組包含一第一層主編碼字及複數個第一層相關編碼字，該方法適用於一 MIMO 系統，該 MIMO 系統包含複數個傳輸通道，該方法包含下列步驟：

(a) 計算與該等傳輸通道相關之一通道矩陣；

(b) 根據該通道矩陣，計算該 MIMO 系統之一理論預編碼字；

(c) 計算該理論預編碼字與各該第一層主編碼字間之一第一量測距離；

(d) 選取該等第一量測距離最小者所對應之該第一層群組為一第一層目標群組；

(e) 分別計算該理論預編碼字與該第一層目標群組之各該第一層相關編碼字間之一第二量測距離；以及

(f) 根據該等第二量測距離決定該預編碼字。

9. 如請求項 8 所述之方法，其中該第一層目標群組係包含二個第一層相關編碼字及複數個第二層相關編碼字，且依如請求項 2 所述之方法，以該二個第一層相關編碼字為二個第二層主編碼字，將該等第二層相關編碼字分群為二個第二層群組，該步驟(f)包含下列步驟：

(f1) 計算該理論預編碼字與各該第二層主編碼字間之一第三量測距離；

(f2)選取該等第三量測距離最小者所對應之該第二層群組為一第二層目標群組；

(f3)分別計算該理論預編碼字與該第二目標群組之各該第二層相關編碼字間之一第四量測距離；以及

(f4)根據該等第四量測距離決定該預編碼字。

10. 如請求項 9 所述之方法，其中該步驟(f4)係選取該等第四量測距離最小者所對應之該第二層相關編碼字為該預編碼字。

11. 如請求項 8 所述之方法，其中該步驟(f)係選取該等第二量測距離最小者所對應之該第一層相關編碼字為該預編碼字。

12. 如請求項 8 所述之方法，更包含下列步驟：

傳送該預編碼字所對應之一索引值。

13. 如請求項 8 所述之方法，更包含下列步驟：

經由該等傳輸通道接收一引航訊號(pilot signal)；其中，該步驟(a)係根據該引航訊號，計算與該等傳輸通道相關之該通道矩陣。

14. 如請求項 8 所述之方法，其中該步驟(b)係根據公式  $H = U\Sigma V^H$  計算該理論預編碼字，其中 H 為該通道矩陣，U 與 V 為兩個相互正交之矩陣， $\Sigma$  為一對角矩陣。

15. 一種電腦程式產品，內儲一種用以分群一編碼簿之程式，該編碼簿包含複數個編碼字，各該編碼字對應至一索引值，該編碼簿適用於一 MIMO 系統，該程式被載入一微處理器後執行：

程式指令 A，使該微處理器分別計算該等編碼字兩兩間之一第一距離；



程式指令 B，使該微處理器指定該等第一距離最大者所對應之二編碼字為二個第一層主編碼字，其他編碼字為複數個第一層分群編碼字，其中各該第一層主編碼字各自屬於一第一層群組；

程式指令 C，使該微處理器對各該第一層分群編碼字，分別計算其與各該第一層主編碼字間之一第二距離；

程式指令 D，使該微處理器對各該第一層分群編碼字，根據其所相對應之該等第二距離，將其指定屬於該等第一層群組之至少一個；以及

程式指令 E，使該微處理器對各該第一層群組，儲存其所包含之該第一層主編碼字所對應之該索引值，其所包含之該等第一層分群編碼字所對應之該等索引值，以及該第一層主編碼字與該等第一層分群編碼字之對應關係。

16. 如請求項 15 所述之電腦程式產品，更包含執行：

程式指令 F，使該微處理器對各該第一層群組，分別對其所包含之該等第一層分群編碼字以及該第一層主編碼字，計算兩兩間之一第三距離；

程式指令 G，使該微處理器對各該第一層群組，分別指定該等第三距離最大者所對應之二個第一層分群編碼字為二個第二層主編碼字，其他第一層分群編碼字為複數個第二層分群編碼字，其中各該第二層主編碼字分別屬於一第二層群組；

程式指令 H，使該微處理器對各該第一層群組，對其所包含之各該第二層分群編碼字，分別計算其與各該第二層主

編碼字間之一第四距離；

程式指令 I，使該微處理器對各該第一層群組，對其所包含之各該第二層分群編碼字，根據其所相對應之該等第四距離，將其指定為至少該等第二層群組其中之一；以及

程式指令 J，使該微處理器對各該第二層群組，儲存該等第二層主編碼字與該等第二分群編碼字之對應關係。

17. 如請求項 15 所述之電腦程式產品，其中該程式指令 D 係使該微處理器對各該第一層分群編碼字，指定其屬於該等第二距離最小者所對應之該第一層群組。

18. 如請求項 15 所述之電腦程式產品，其中該程式指令 D 包含下列指令：

程式指令 D1，使該微處理器對各該第一層分群編碼字，計算其所對應之該等第二距離之一絕對差值；以及

程式指令 D2，使該微處理器各該第一層分群編碼字，根據其所對應之該絕對差值，將該第一分群編碼字指定為該等第一層群組之至少一個。

19. 如請求項 18 所述之電腦程式產品，其中，對各該第一層分群編碼字，當其所對應之該絕對差值小於一預設值時，該程式指令 D2 係使該微處理器指定該第一層分群編碼字同時屬於二個第一層群組。

20. 如請求項 18 所述之電腦程式產品，其中，對各該第一層分群編碼字，當其所對應之該絕對差值不小於一預設值時，該程式指令 D2 係使該微處理器指定該第一層分群編碼字屬於該等第二距離最小者所對應之該第一層群組。

21. 如請求項 15 所述之電腦程式產品，其中該程式指令 E 係使該微處理器對各該第一層群組，以樹狀結構儲存該第一層主編碼字之該索引值與該等第一層分群編碼字之該等索引值。
22. 一種電腦程式產品，內儲一種用以自一編碼簿選取一預編碼字之程式，該編碼簿包含複數個編碼字，該編碼簿係依如請求項 15 所述之電腦程式產品分群為二個第一層群組，各該第一層群組包含一第一層主編碼字及複數個第一層相關編碼字，該電腦程式產品適用於一 MIMO 系統，該 MIMO 系統包含複數個傳輸通道，該程式被載入一微處理器後執行：
  - 程式指令 A，使該微處理器計算與該等傳輸通道相關之一通道矩陣；
  - 程式指令 B，使該微處理器根據該通道矩陣，計算該 MIMO 系統之一理論預編碼字；
  - 程式指令 C，使該微處理器計算該理論預編碼字與各該第一層主編碼字間之一第一量測距離；
  - 程式指令 D，使該微處理器選取該等第一量測距離最小者所對應之該第一層群組為一第一層目標群組；
  - 程式指令 E，使該微處理器分別計算該理論預編碼字與該第一層目標群組之各該第一層相關編碼字間之一第二量測距離；以及
  - 程式指令 F，使該微處理器根據該等第二量測距離決定該預編碼字。
23. 如請求項 22 所述之電腦程式產品，其中該第一層目標群組係包含二個第一層相關編碼字及複數個第二層相關編碼字，且

依如請求項 16 所述之電腦程式產品，以該二個第一層相關編碼字為二個第二層主編碼字，將該等第二層相關編碼字分群為二個第二層群組，該程式指令 F 包含下列指令：

程式指令 F1，使該微處理器計算該理論預編碼字與各該第二層主編碼字間之一第三量測距離；

程式指令 F2，使該微處理器選取該等第三量測距離最小者所對應之該第二層群組為一第二層目標群組；

程式指令 F3，使該微處理器分別計算該理論預編碼字與該第二目標群組之各該第二層相關編碼字間之一第四量測距離；以及

程式指令 F4，使該微處理器根據該等第四量測距離決定該預編碼字。

24. 如請求項 23 所述之電腦程式產品，其中該程式指令 F4 係使該微處理器選取該等第四量測距離最小者所對應之該第二層相關編碼字為該預編碼字。

25. 如請求項 22 所述之電腦程式產品，其中該程式指令 F 係使該微處理器選取該等第二量測距離最小者所對應之該第一層相關編碼字為該預編碼字。

26. 如請求項 22 所述之電腦程式產品，其中該程式更執行：

程式指令 G，使該微處理器傳送該預編碼字所對應之一索引值。

27. 如請求項 22 所述之電腦程式產品，其中該程式執行：

程式指令 G，使該微處理器經由該等傳輸通道接收一引航訊號；

其中，該第 1 程式指令係根據該引航訊號，計算與該等傳輸通道相關之該通道矩陣。

28. 如請求項 22 所述之電腦程式產品，其中該程式指令 B 係根據公式  $H = U\Sigma V^H$  計算該理論預編碼字，其中 H 為該通道矩陣，U 與 V 為兩個相互正交之矩陣， $\Sigma$  為一對角矩陣。

29. 一種用以分群一編碼簿之裝置，該編碼簿包含複數個編碼字，各該編碼字對應至一索引值，該編碼簿適用於一 MIMO 系統，該裝置包含：

一分群模組，用以分別計算該等編碼字兩兩間之一第一距離，用以根據該等第一距離，指定其最大者所對應之二編碼字為二個第一層主編碼字，其他編碼字為複數個第一層分群編碼字，各該第一層主編碼字各自屬於一第一層群組，用以對各該第一層分群編碼字，分別計算其與各該第一層主編碼字間之一第二距離，以及用以根據該等第二距離，將其指定屬於該等第一層群組之至少一個；以及

一儲存模組，用以儲存該編碼簿，以及用以對各該第一層群組，儲存其所包含之該第一層主編碼字所對應之該索引值，其所包含之該等第一層分群編碼字所對應之該等索引值，以及該第一層主編碼字與該等第一層分群編碼字之對應關係。

30. 如請求項 29 所述之裝置，其中該分群模組對各該第一層群組，更用以分別對其所包含之該等第一層分群編碼字以及該第一層主編碼字，計算兩兩間之一第三距離，用以分別指定該等第三距離最大者所對應之二個第一層分群編碼字為二個

第二層主編碼字，其他第一層分群編碼字為複數個第二層分群編碼字，各該第二層主編碼字分別屬於一第二層群組，用以對其所包含之各該第二層分群編碼字，分別計算其與各該第二層主編碼字間之一第四距離，以及對其所包含之各該第二層分群編碼字，根據其所相對應之該等第四距離，將其指定為至少該等第二層群組其中之一，該儲存模組更用以儲存該等第二層主編碼字與該等第二分群編碼字之對應關係。

31. 如請求項 29 所述之裝置，其中該分群模組係對各該第一層分群編碼字，指定其屬於該等第二距離最小者所對應之該第一層群組。
32. 如請求項 29 所述之裝置，其中該分群模組係對各該第一層分群編碼字，計算其所對應之該等第二距離之一絕對差值，以及對各該第一層分群編碼字，根據各該第一層編碼字所對應之該絕對差值，將該第一分群編碼字指定為該等第一層群組之至少一個。
33. 如請求項 32 所述之裝置，其中當該等第一層編碼字其中之一所對應之該絕對差值小於一預設值時，該分群模組指定該第一層分群編碼字同時屬於二個第一層群組。
34. 如請求項 32 所述之裝置，其中當該等第一層分群編碼字其中之一所對應之該絕對差值不小於一預設值時，該分群模組指定該第一層分群編碼字屬於該等第二距離最小者所對應之該第一層群組。
35. 如請求項 29 所述之裝置，其中該儲存模組係以樹狀結構儲存該第一層主編碼字之該索引值與該等第一層分群編碼字之該

等索引值。

36. 一種用以自一編碼簿選取一預編碼字之裝置，適用於一包含複數個傳輸通道之 MIMO 系統，該裝置包含：

一儲存模組，用以儲存該編碼簿，該編碼簿包含複數個編碼字，且由如請求項 29 所述之裝置分群為二個第一層群組，其中各該第一層群組包含一第一層主編碼字及複數個第一層相關編碼字；

一計算模組，用以計算與該等傳輸通道相關之一通道矩陣，以及根據該通道矩陣，計算該 MIMO 系統之一理論預編碼字；以及

一選取模組，用以計算該理論預編碼字與各該第一層主編碼字間之一第一量測距離，用以選取該等第一量測距離最小者所對應之該第一層群組為一第一層目標群組，用以分別計算該理論預編碼字與該第一層目標群組之各該第一層相關編碼字間之一第二量測距離，以及用以根據該等第二量測距離決定該預編碼字。

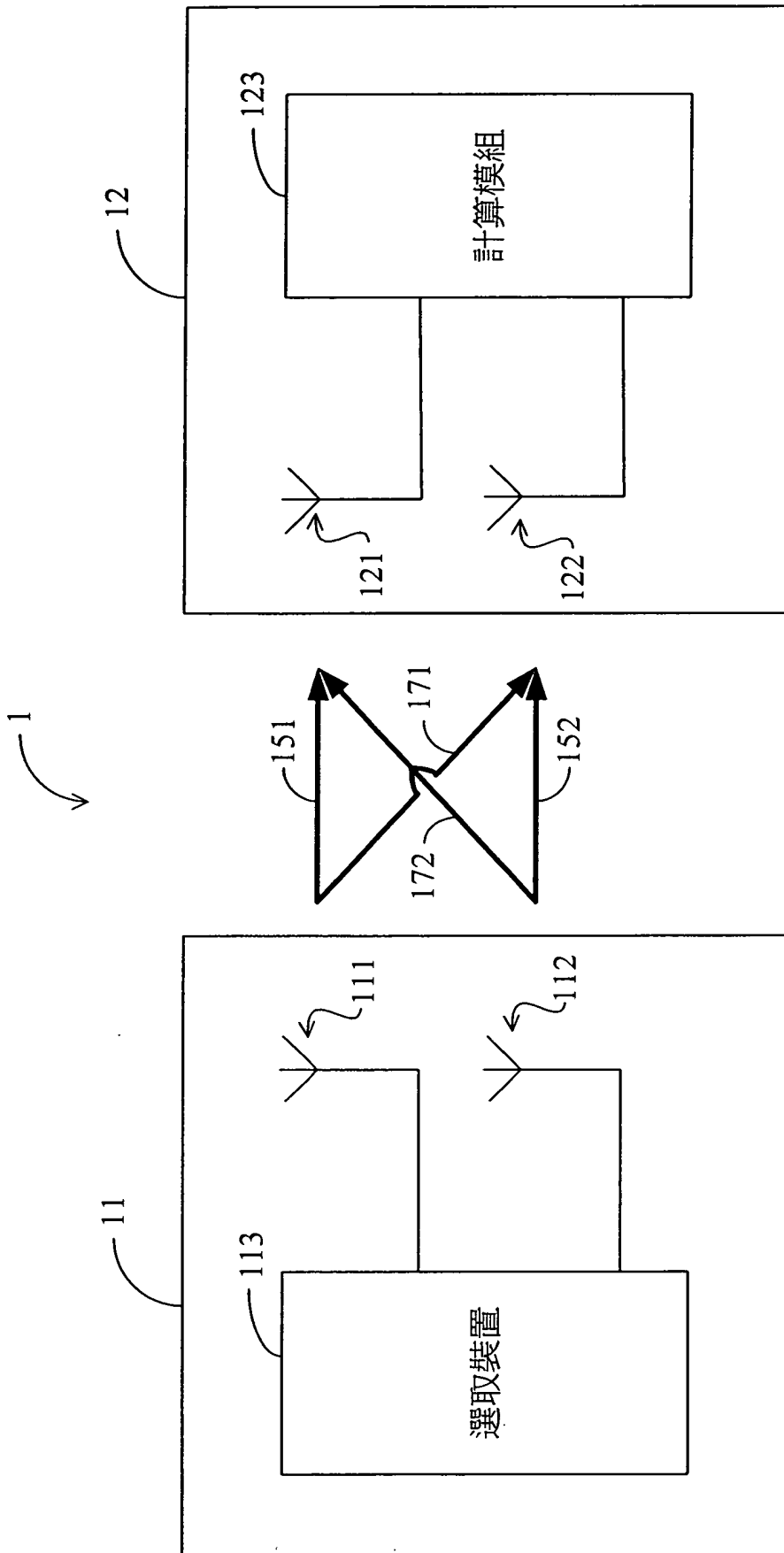
37. 如請求項 36 所述之裝置，其中該第一層目標群組包含二個第一層相關編碼字及複數個第二層相關編碼字，且依如請求項 30 所述之裝置，以該二個第一層相關編碼字為二各第二層主編碼字，將該等第二層相關編碼字分群為二個第二層群組，該選取模組係計算該理論預編碼字與各該第二層主編碼字間之一第三量測距離，選取該等第三量測距離最小者所對應之該第二層群組為一第二層目標群組，分別計算該理論預編碼字與該第二層目標群組之各該第二層相關編碼字間之一第四量

測距離，以及根據該等第四量測距離決定該預編碼字。

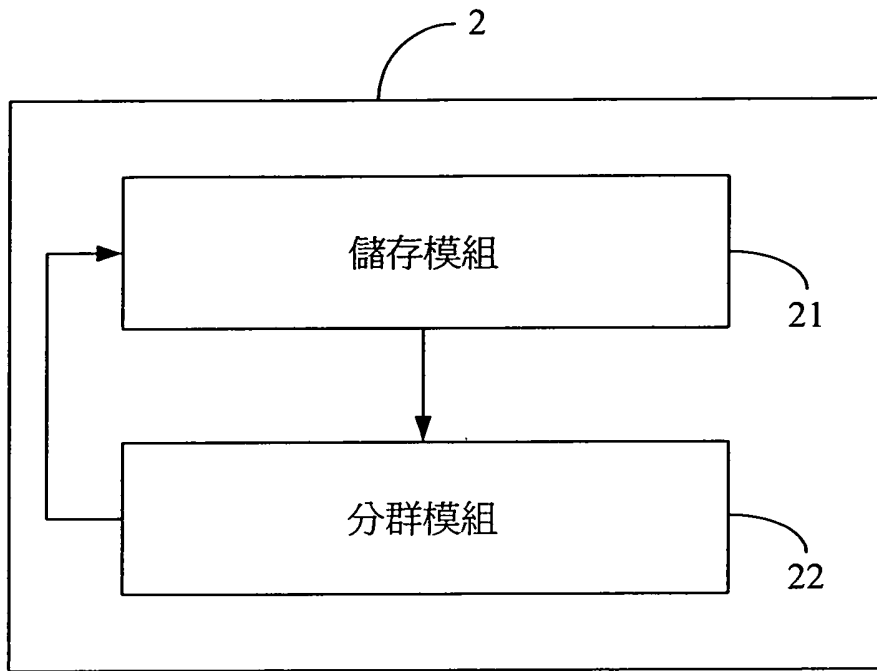
38. 如請求項 37 所述之裝置，其中該選取模組係選取該等第四量測距離最小者所對應之該第二層相關編碼字為該預編碼字。
39. 如請求項 36 所述之裝置，其中該選取模組係選取該等第二量測距離最小者所對應之該第一層相關編碼字為該預編碼字。
40. 如請求項 36 所述之裝置，更包含：
  - 一傳送接收模組，用以傳送該預編碼字所對應之一索引值。
41. 如請求項 36 所述之裝置，其中該傳送接收模組更用以經由該等訊號傳輸通道接收一引航訊號，該計算模組係根據該引航訊號計算與該等傳輸通道相關之該通道矩陣。
42. 如請求項 36 所述之裝置，其中該計算模組係根據公式  $H = U\Sigma V^H$  計算該理論預編碼字，其中 H 為該通道矩陣，U 與 V 為兩個相互正交之矩陣， $\Sigma$  為一對角矩陣。



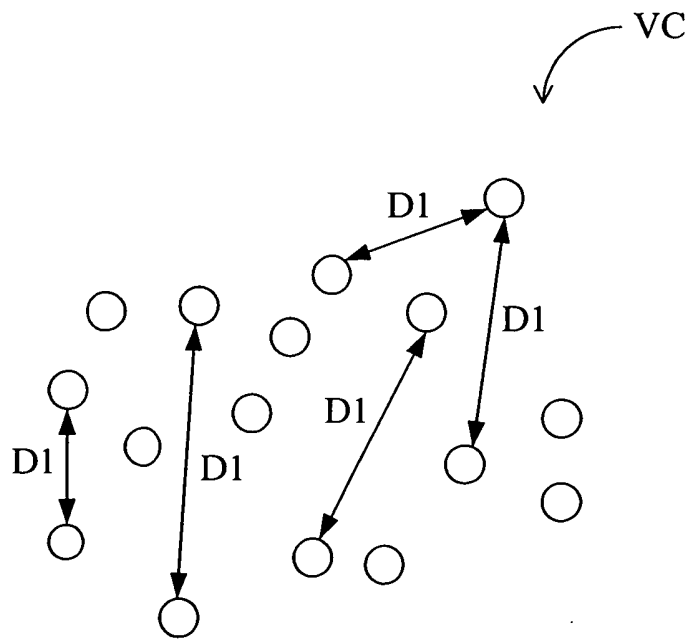
八、圖式：



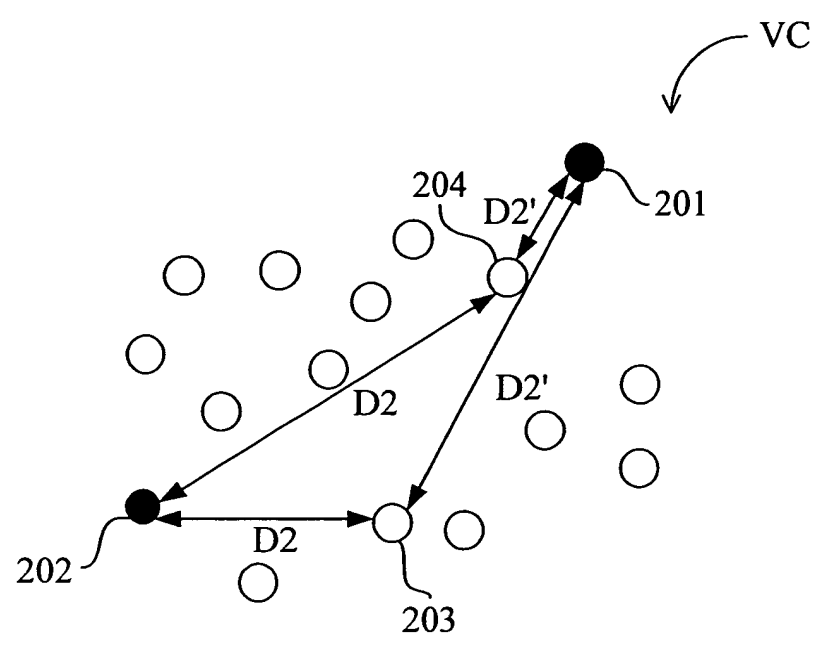
第 1 圖 (習知技術)



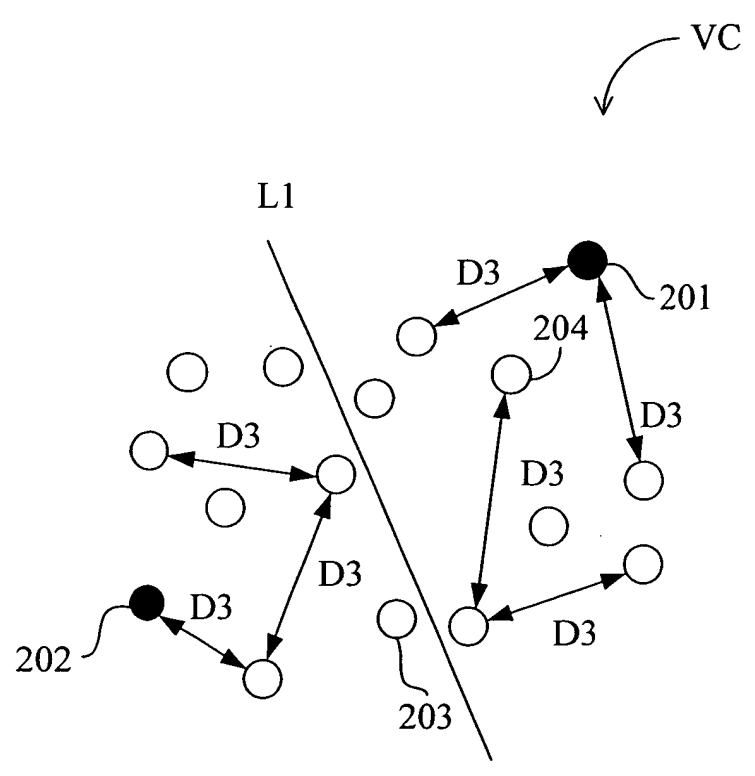
第 2A 圖



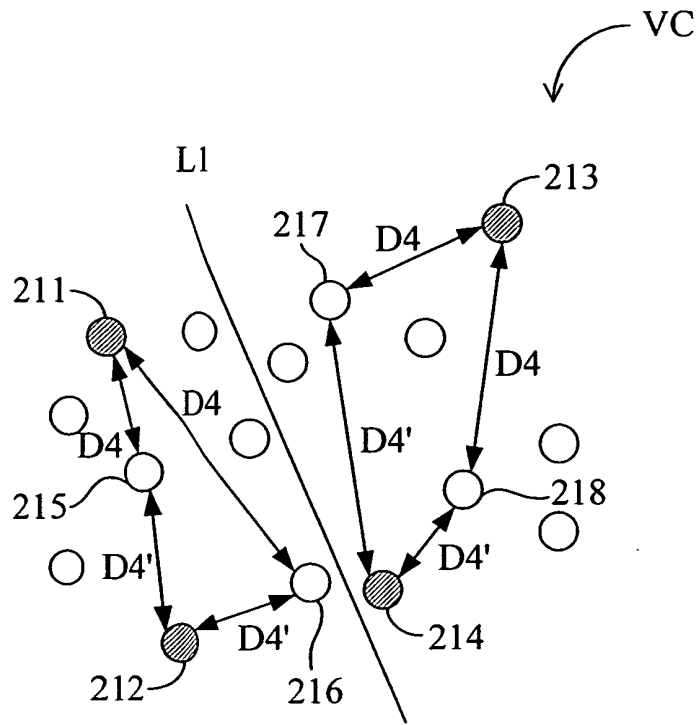
第 2B 圖



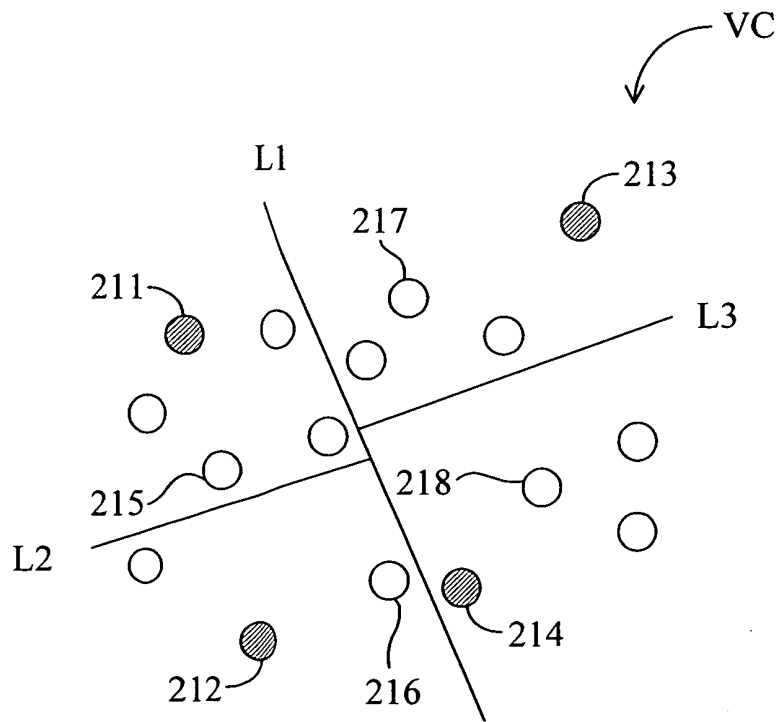
第 2C 圖



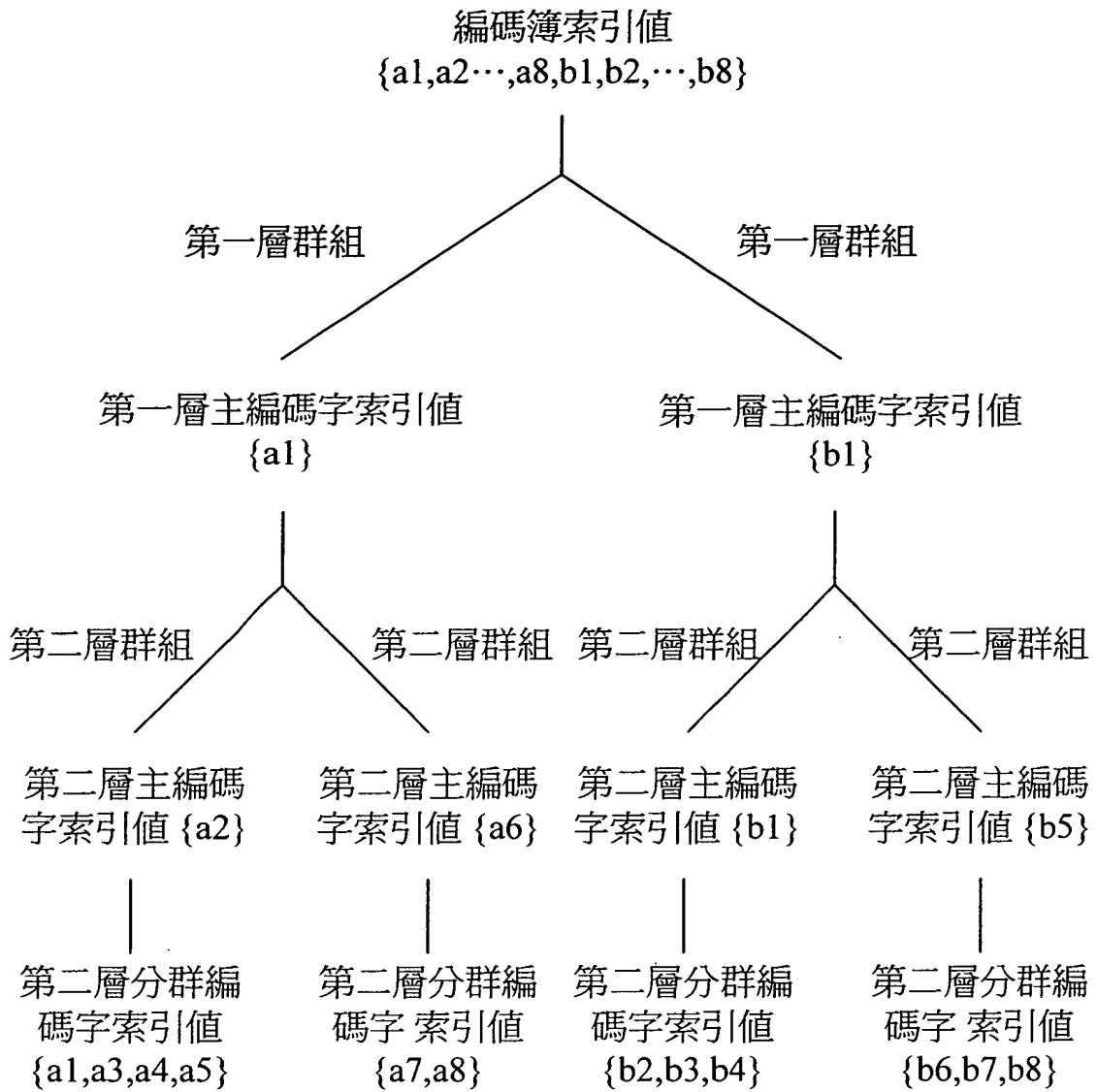
第 2D 圖



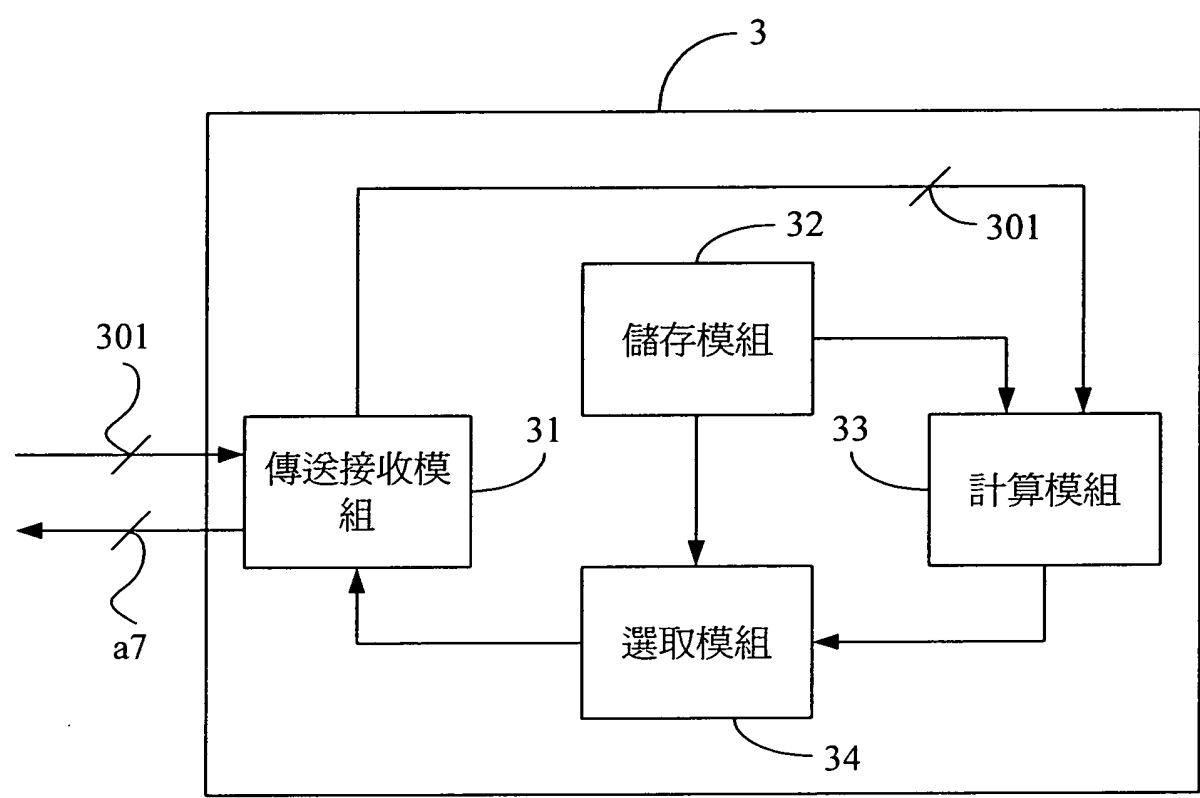
第 2E 圖



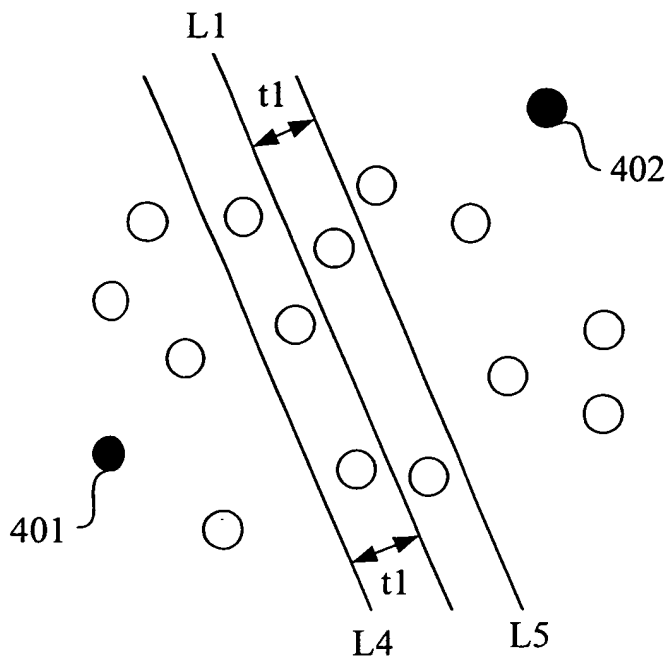
第 2F 圖



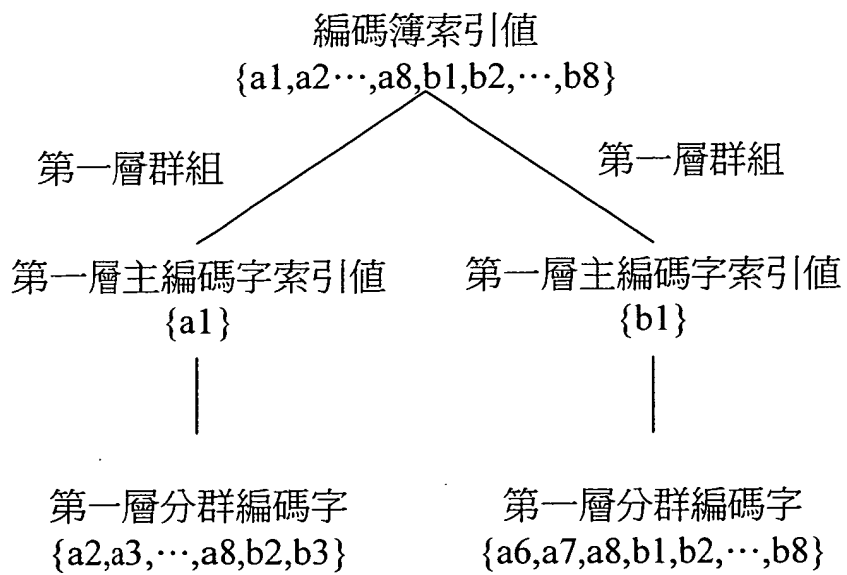
第 2G 圖



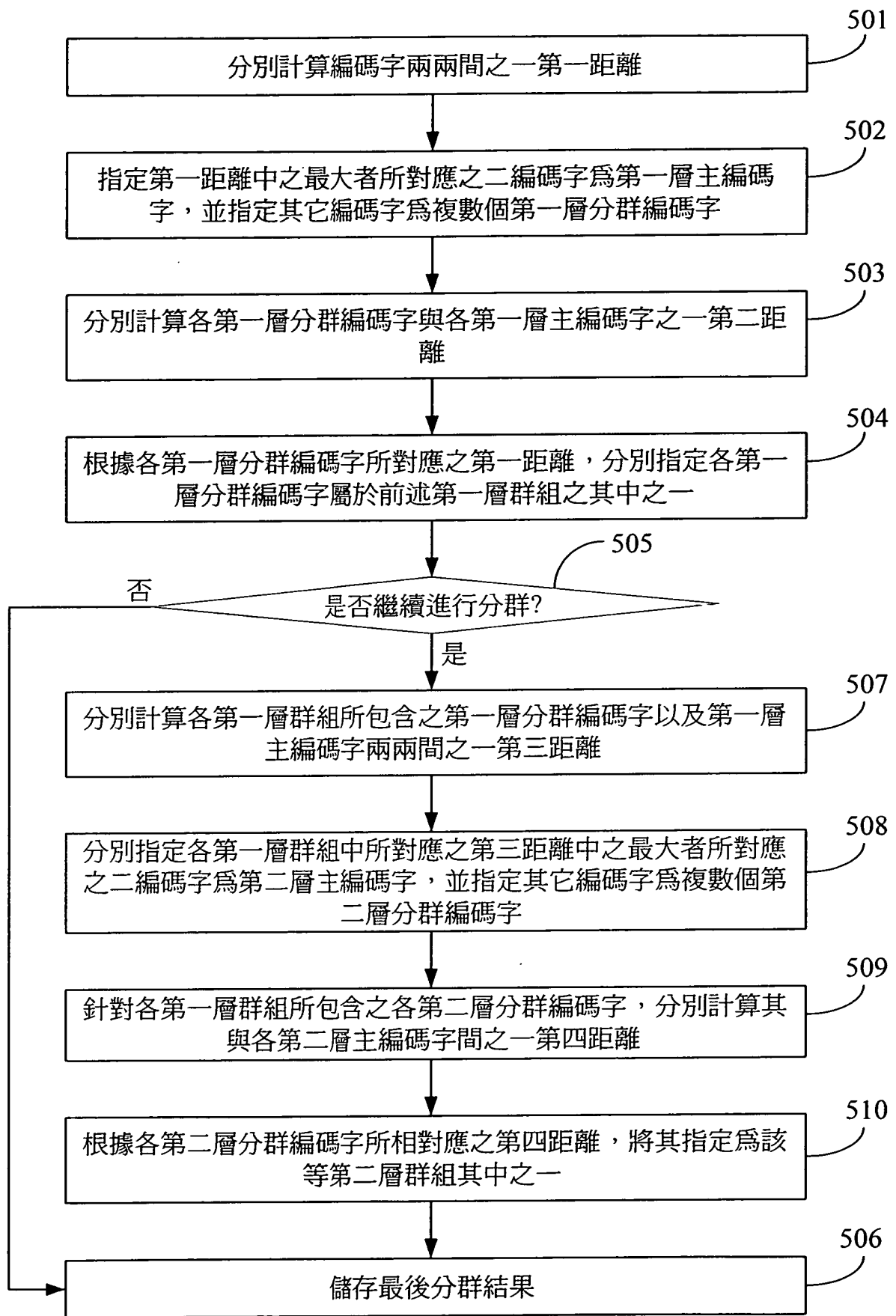
第 3 圖



第 4A 圖

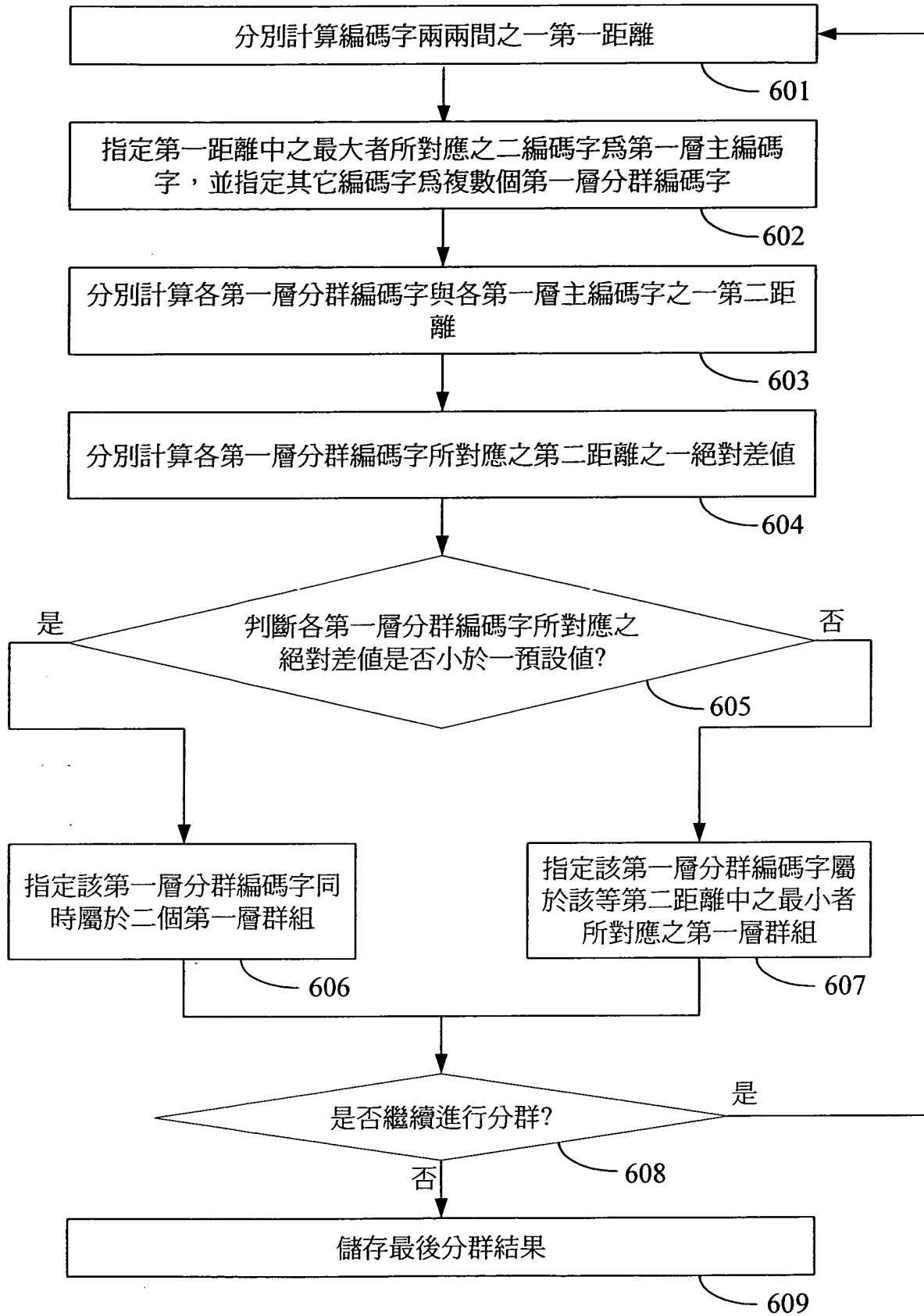


第 4B 圖

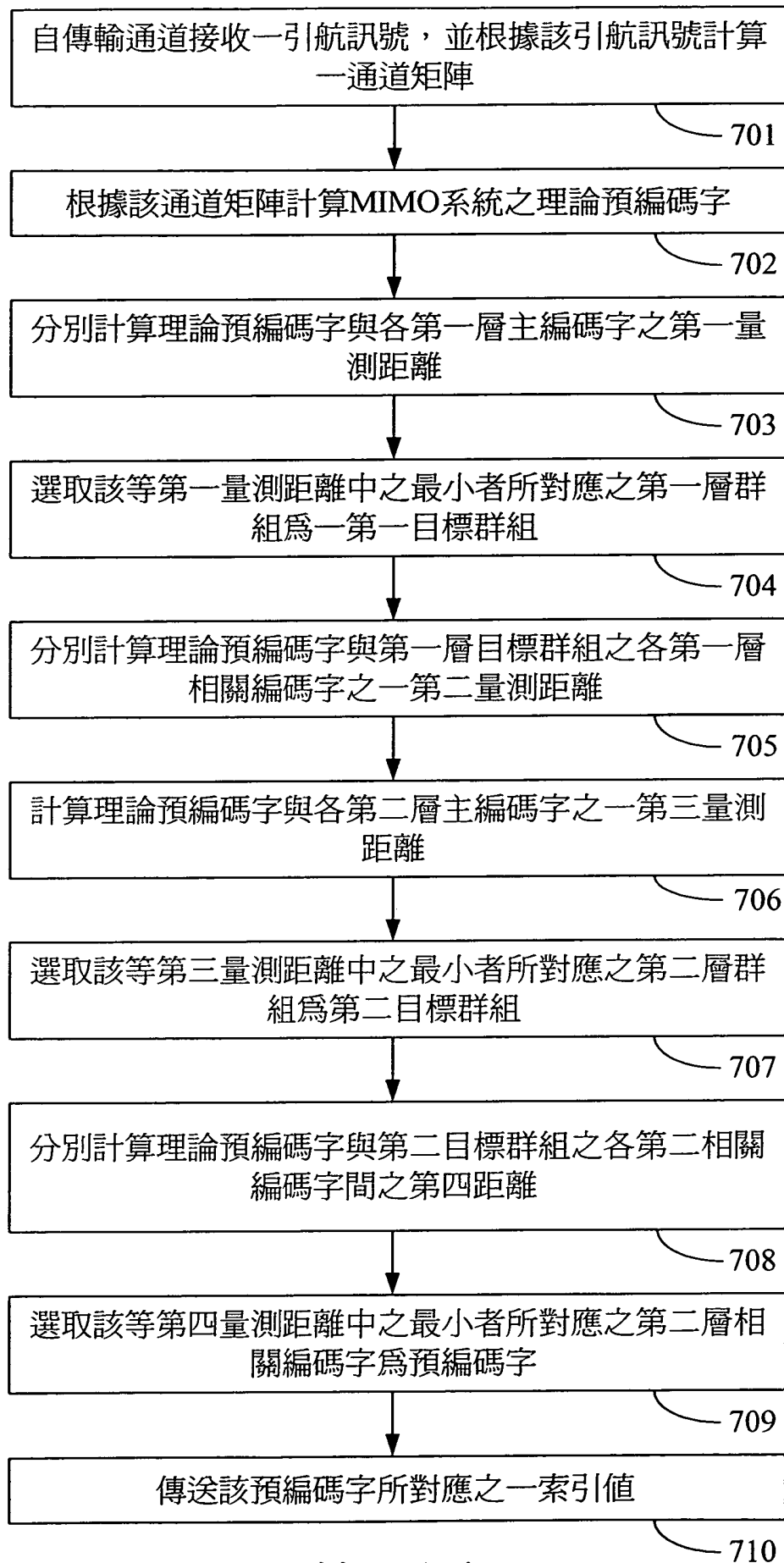


第 5 圖

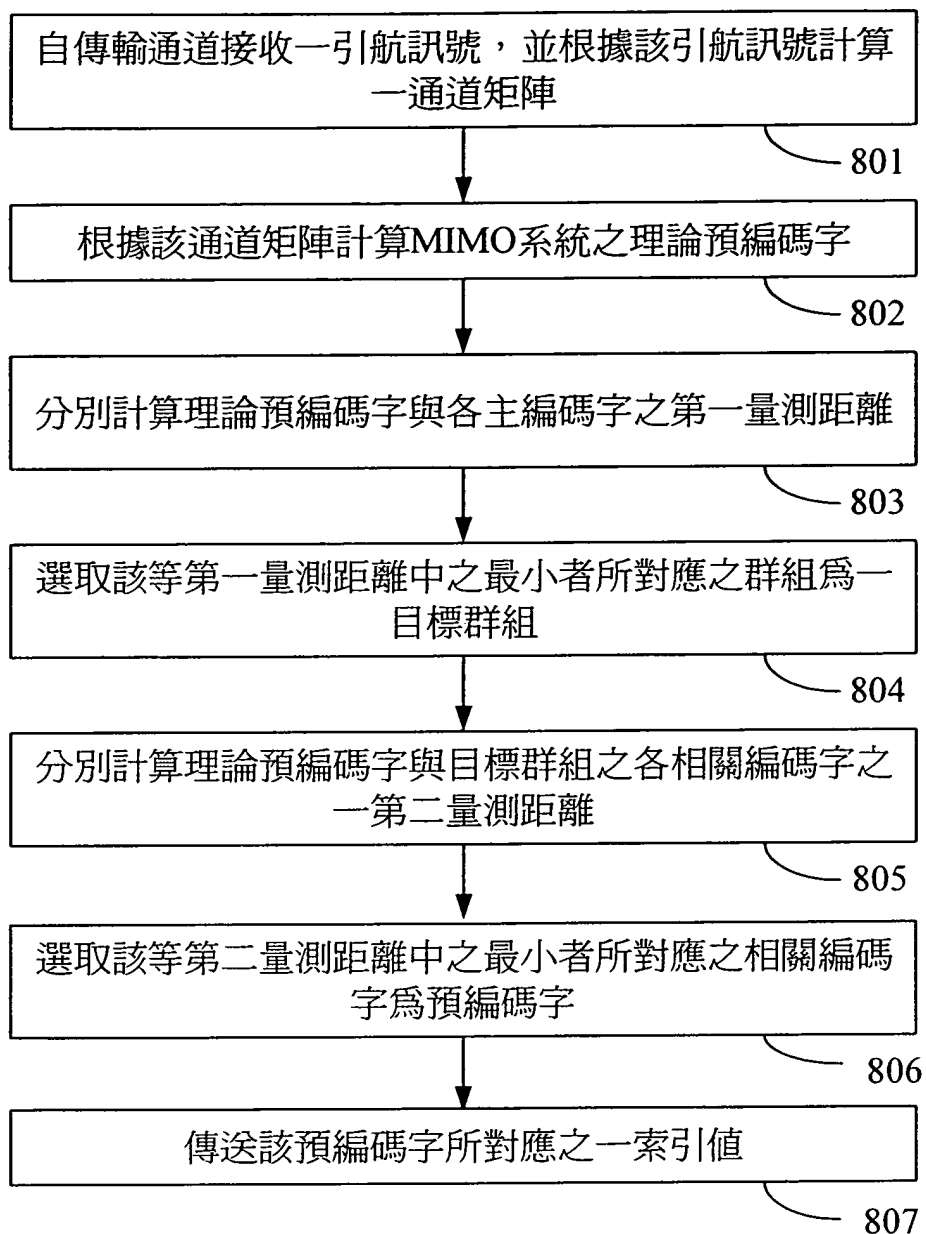




第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖