

發明專利說明書

101 年 12 月 7 日修正替換頁

(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：95115965

※ 申請日期：94.11.2

※IPC 分類：H104B 7/06 (2006.01)
; H104J 11/00 (2006.01)
> H104L 1/02 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

MIMO-OFDM 系統中結合空間—頻率區塊編碼、空間多工及波束
成形之方法及裝置Method And Apparatus For Combining Space-Frequency Block Coding,
Spatial Multiplexing And Beamforming In A MIMO-OFDM System

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

內數位科技公司 InterDigital Technology Corporation

代表人：(中文/英文) 唐納爾德·伯萊斯 Donald M. Boles

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國德拉威州 19801 威明頓德拉威大道 300 號 527 室

300 Delaware Avenue, Suite 527, Wilmington, DE 19801, U.S.A.

國 籍：(中文/英文) 美國 US

三、發明人：(共 5 人)

1. 姓 名：(中文/英文) 關傑勇 Jaeyoung KWAK

國 籍：(中文/英文) 美國 US

2. 姓 名：(中文/英文) 章修·谷 Chang-Soo Koo

國 籍：(中文/英文) 美國 US

3. 姓 名：(中文/英文) 羅伯特·奧勒森 Robert L. OLESEN

國 籍：(中文/英文) 美國 US

4. 姓 名：(中文/英文) 艾庫特·波坦 Aykut BULTAN

國 籍：(中文/英文) 美國 US

5. 姓 名：(中文/英文) 費堤·歐茲魯特 Fatih M. OZLUTURK

國 籍：(中文/英文) 美國 US

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： 年 月 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：

1. 美國 US；2004/11/12；No. 60/627,210

2. 美國 US；2005/10/20；No. 11/254,358

☐ 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】

☐ 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：

本發明是關於一種用以在多重輸入多重輸出(MIMO)正交頻分多工(OFDM)系統中，結合 SFBC、SM 及波束成形的的方法和裝置，該系統包含一具有複數個傳輸天線的傳輸器，以及一具有複數個接收天線的接收器。該傳輸器產生至少一資料串流及複數個空間串流，空間串流的產生數量取決於傳輸天線的數量以及接收天線的數量。該傳輸器根據 SFBC、SM 及波束成形中至少其中之一來決定一傳輸機制，該傳輸器根據該所選的傳輸機制，在該資料串流中傳輸資料至該接收器。

六、英文發明摘要：

A method and apparatus for combining space-frequency block coding (SFBC), spatial multiplexing (SM) and beamforming in a multiple-input multiple-output (MIMO) orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) system. The system includes a transmitter with a plurality of transmit antennas and a receiver with a plurality of receive antennas. The transmitter generates at least one data stream and a plurality of spatial streams. The number of generated spatial streams is based on the number of the transmit antennas and the number of the receive antennas. The transmitter determines a transmission scheme in accordance with at least one of SFBC, SM and beam forming. The transmitter transmits data in the data stream to the receiver based on the selected transmission scheme.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 100 實施一封閉回路模式的 OFDM-MIMO 系統
- 110 傳輸器
- 115 資料串流
- 126 傳輸天線
- 128 接收天線
- 130 接收器
- 150 回饋
- CQI CQI 頻道品質資訊
- CSI 頻道狀態資訊
- FFT 快速傅立葉轉換
- IFFT 反轉快速傅立葉轉換
- MIMO-OFDM 多重輸入多重輸出-正交頻分多工
- SFBC 空間-頻率區塊編碼
- S/P 序列至平行

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是關於一種無線通訊系統，尤其是關於在多重輸入多重輸出(MIMO)正交頻分多工(OFDM)系統中，一種結合空間-頻率區塊編碼(SFBC)、空間多工(SM)以及波束成形的方法及裝置。

【先前技術】

OFDM 是一種資料傳輸機制，其係將資料分成複數個小串流，且每個串流係使用其頻寬比總有效傳輸頻寬還小的子載波來傳輸。OFDM 的有效性是視選擇這些互相正交的子載波而定，當每個子載波攜帶總使用者資料的一部份時，其並不會互相影響。

一個 OFDM 系統具有勝過其他無線通訊系統的優勢，當使用者資料分成由不同載波所西代的串流時，每個子載波的有效資料率就會小很多，因此，符號週期會大很多。一個大的符號週期可容忍較大的延遲展開，因此，其不會受到多重路徑的嚴重影響。因此，OFDM 符號可容忍延遲展開，而不需要複雜的接收器設計，然而，典型的無線系統需要複雜的頻道等化機制，以便抵抗多重路徑的衰退。

OFDM 的另一個優勢便是，在傳輸器和接收器端所產生的正交子載波可使用反轉快速傅立葉轉換(IFFT)及快速傅立葉轉換(FFT)引擎完成，由於 IFFT 和 FFT 已是習知技術，因此，OFDM 可以輕易地實施而不需要複雜的接收器。

MIMO 所參考無線傳輸和接收機制係為傳輸器和接收

器皆使用一個以上的天線。一個 MIMO 系統所佔有的優勢在於其空間多樣性或是空間多工，且可以改善信號雜訊比 (SNR) 並增加總處理能力。

SFBC 是一種用以傳輸空間多樣性編碼符號的機制，其係在連續時槽中的鄰近子載波上，而非在相同的子載波上。該 SFBC 避免了與空間時間區塊編碼 (STBC) 有關的快速時間變換的問題，然而，當結合發生時，在子載波上的頻道必須維持穩定。

【發明內容】

本發明是關於一種用以在 MIMO-OFDM 系統中結合 SFBC、SM 及波束成形的方法和裝置，該系統包含一具有複數個傳輸天線的傳輸器，以及一具有複數個接收天線的接收器。該傳輸器產生至少一資料串流及複數個空間串流，空間串流的產生數量取決於傳輸天線的數量以及接收天線的數量。該傳輸器根據 SFBC、SM 及波束成形中至少其中之一來決定一傳輸機制，該傳輸器根據該所選的傳輸機制，在該資料串流中傳輸資料至該接收器。

【實施方式】

本發明之較佳實施方式將參照圖式描述，其中，全文中相同的號碼皆代表相同的元件。

本發明之特徵可整合至一積體電路 (IC) 上，或是配置在一個包含許多互連元件之電路上。

本發明提供複數個 SFBC、SM、FD 和波束選擇的組合，其係根據有效資料串流和空間串流以及傳輸和接收天線的數量所選擇，該組合可提供設計 MIMO-OFDM 系統的

彈性，以及對任何數量的傳輸和接收天線配置的解決方案。每該組合在效能、可靠度及資料率之間會交換，因此，可根據某些準則來選擇組合，像是強健性、資料率、頻道狀態或是諸如此類。資料串流的數量較佳地是根據一調變和編碼機制所決定，該空間串流的數量則是由傳輸和接收天線的數量所決定。

本系統運作有兩種模式：封閉回路及開放回路。封閉回路係於當頻道狀態資訊(CSI)可供傳輸器使用時所使用，而開放回路則是當 CSI 無法給傳輸器使用時所使用。可使用一變形傳輸至遺留 STA (legacy STA)，並在該處提供多樣性的優勢。

在封閉回路模式中，CSI 是用以虛擬地產生獨立頻道，其係藉由在在傳輸器端預編碼，並更進一步在接收器端進行天線處理，以便分解和對角化頻道矩陣來完成，展開無線頻道之特徵根後，藉由使用 SFBC 及/或 SM 便能達成在資料率和強健性間的交易。此機制允許使用簡單的接收器實施，其係比最小均方錯誤(MMSE)接收器還簡單。此組合方式與傳統技術比較，在較大範圍內有較高的總處理能力，此技術允許每子載波功率/位元負載，並透過封閉回路運作及 CSI 回饋來維持一個可接受的強健鍊結。本技術的另一個優點便是，其在任何數量的傳輸器和接收器端都可輕易地實施。

CSI 可由接收器的回饋或是透過頻道相互作用在傳輸器獲得，延遲需求和回饋資料率典型地對繼承頻率非選擇

性特徵根來說並不顯著。此外，需要一個傳輸天線校正機制，另外，頻道品質資訊(CQI)亦被用以決定子載波群的每一子載波之一編碼率及一調變機制。根據資料串流的數量，該組合係以有效空間串流選擇。

第 1 圖所示為一個實施一封閉回路模式的 OFDM-MIMO 系統 100 方塊圖，其係根據本發明所配置，該系統 100 包含一傳輸器 110 及一接收器 130。該傳輸器 110 包含一頻道編碼器 112、一多工器 114、一功率負載單元 116、複數個非必須的 SFBC 單元 118、複數個序列至平行(S/P)轉換器 120、一傳輸波束成形器 122、複數個 IFFT 單元 124 以及複數個傳輸天線 126。該頻道編碼器 112 編碼資料較佳地係根據一 CQI，其係由該接收器 130 所提供，該 CQI 係用以決定每子載波或子載波群之一編碼率及調變機制，該編碼資料串流係由該多工器 114 多工處理成二或多個資料串流 115。

每該資料串流 115 之該傳輸功率等級係由該功率負載單元 116 所調整，其係根據該接收器 130 所提供的回饋 150，該功率負載單元 116 係提整關於每個特徵波束的資料率之功率等級，以便平衡所有特徵波束(或子載波)之總傳輸功率。

該非必要的 SFBC 單元 118 在該資料串流 115 上執行 SFBC，SFBC 係在傳輸的每該資料率之特徵波束和子載波上執行，特徵波束和子載波對係被選擇以確保獨立頻道。OFDM 符號係由 K 子載波所攜帶，為了搭載 SFBC，該子

載波係分成 L 對的子載波(或是子載波群), 每該子載波群的頻寬應該小於頻道的相干載波, 然而, 當組合特徵波束成形時, 此限制會因為該特徵波束的頻率不敏感性而放寬。

由區塊編碼所使用的子載波群對係獨立考慮, 下列為 Alamouti 形式的 SFBC 用於 OFDM 符號的一個例子:

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* \\ s_2 & s_1^* \end{bmatrix}$$

一旦非必要的 SFBC 單元 118 建構所有所有子載波的 OFDM 符號, 則該編碼區塊係由該 S/P 轉換器 120 多工處理, 且輸入至該傳輸波束成形器 122, 該傳輸波束成形器 122 分配特徵波束至該傳輸天線, 而該 IFFT 單元 124 則將在頻率域的資料轉換成為時間域的資料。

該接收器 130 包含複數個接收天線 128、複數個 FFT 單元 132、一接收波束成形器 134、複數個非必要 SFBC 解碼單元 136、一解多工器 138、一頻道解碼器 144、一頻道估測器 140、一 CSI 產生器 142、以及一 CQI 產生器 146。

該 FFT 單元 132 將由該天線 128 在時間域中所接收的樣本轉換為頻率域, 該接收波束成形器 134、該非必要 SFBC 解碼單元 136、該解多工器 138、以及該頻道估測器 144 則繼續處理轉換為頻率域的樣本。

該頻道估測器 140 產生頻道矩陣, 其係使用由該傳輸器所傳輸之一訓練序列, 並且將該每該子載波(或每該子載波群)之頻道矩陣分解成兩個波束成形單位矩陣 U 和 V (U 為傳輸而 V 為接收), 以及一對角矩陣 D , 其係藉由奇異值

分解法(SVD)或是特徵值分解法完成。該 CSI 產生器 142 由該頻道估測結果產生 CSI 147，且該 CQI 產生器根據該解碼結果產生一 CQI 148，該 CSI 及該 CQI 由該接收器 130 提供回饋 150 給該傳輸器 110。

在 nT 傳輸天線及 nR 接收天線間的頻道矩陣 H 可如下表示：

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{21} & \Lambda & h_{1,nT} \\ h_{21} & h_{22} & \Lambda & h_{2,nT} \\ & & O & M \\ h_{nR,1} & h_{nR,2} & \Lambda & h_{nR,nT} \end{bmatrix}$$

該頻道矩陣 H 係由 SVD 分解如下：

$$H = UDV^H$$

其中 U 和 V 係為單一矩陣，而 D 係為對角矩陣， $U \in \mathbb{C}^{nR \times nR}$ 而 $V \in \mathbb{C}^{nT \times nT}$ 。接著，在傳輸符號向量 s 方面，傳輸欲編碼係簡單表示如下：

$$x = Vs$$

該接收信號則變成如下：

$$y = HVs + n$$

其中 n 係為注入頻道的雜訊，該接收器使用一匹配濾波器完成分解：

$$V^H H^H = V^H V D^H U^H = D^H U^H$$

在正規化特徵波束之頻道增益後，該傳輸符號 s 之估測變為：

$$\begin{aligned} \hat{s} &= \alpha D^H U^H HVs + \eta \\ &= s + \eta \end{aligned}$$

該符號 s 不需執行連續干擾消除或是 MMSE 形式偵測器便可偵測。 $D^H D$ 係為一對角矩陣，其係由 H 的特徵根乘上對角所形成，因此，該正規化因子 $\alpha = D^{-2}$ 。 U 係為 HH^H 之特徵向量， V 係為 $H^H H$ 之特徵向量，而 D 係為 H 之奇異值的對角矩陣(HH^H 之特徵根的平方根)。

如果非必要 SFBC 單元 118 及該非必要 SFBC 解碼單元 136 分別由該傳輸器 110 及該接收器 130 移除的話，則該傳輸器 110 及該接收器 130 可由 SM 使用。

在開放回路模式中，在該傳輸器 110 中空間頻率編碼及空間展開的組合可提供多樣性，而不需要 CSI 147。該 CQI 148 係用以決定每子載波或子載波群之一編碼率及調變。此編碼率及調變機制決定資料串流的數量。根據該資料串流之數量，該組合可以有效空間串流選擇。

第 2 圖所示為一個實施一開放回路模式的系統 200 方塊圖，其係根據本發明所配置，該系統 200 包含一傳輸器 210 以及一接收器 230。在該開放回路模式中，在該傳輸器 210 中空間頻率編碼及空間展開的組合便提供了多樣向，而不在需要 CSI。當運作於遺留 IEEE 802.11a/g 使用者設備時，亦可使用此機制之變形。

該傳輸器 210 包含一頻道編碼器 212、一多工器 214、一功率負載單元 216、複數個 SFBC 單元 218、複數個序列至平行(S/P)轉換器 220、一波束成形器網路(BFN) 222、複數個 IFFT 單元 224、以及複數個傳輸天線 226。如同在該封閉回路模式一般，該頻道編碼器 212 使用 CQI 以決定每

子載波或子載波群之編碼率和調變，該編碼資料串流 213 係由該多工器 214 多工處理成二或多個資料串流 215。該 BFN 222 在空間中形成 N 個波束，其中 N 係為天線 226 之數量，該波束係由該 BFN 矩陣運算偽隨機建構。用於 SFBC 編碼的該獨立子載波群係於個別波束中傳輸。

在遺留支援方便，SFBC 編碼可能無法執行，取而代之的多樣性係透過波束的排列所達成，其係改善多樣性以及遺留 IEEE 802.11a/g 使用者設備的效能。

該接受器 230 包含複數個接收天線 231、FFT 單元 232、一 BFN 234、一 SFBC 解碼和組合單元 236、以及一頻道解碼器 238。該 FFT 單元 232 將由該接收天線 231 在時間域中所接收的樣本轉換成頻率域。該 SFBC 解碼和組合單元 236 解碼並組合子載波群/特徵波束所接收的符號，並將其由平行轉換為序列，其係使用叢集大小的習知技術。符號係使用 MRC 組合，該頻道解碼器 238 將該組合符號解碼並產生一 CQI 240。

如果該 SFBC 單元 218 及該 SBC 解碼和組合單元 236 之 SFBC 解碼功能分別由該傳輸器 210 及該接收器 230 移除的話，則該傳輸器 210 和該接收器 230 可由 SM 使用。

根據本發明之 SFBC、SM、FD 及波束選擇組合的範例係於下文中解釋。

S_i 表示調變符號群，長度則取決於該資料分成多少個子載波群，子載波係分成兩個群組，每該 S_i 包含長度為資料之子載波數目一半的符號。

d_n 表示該頻道矩陣之奇異值，其中 $d_1 > d_2 > d_3 > \dots > d_M$ ， M 係為奇異值之最大數量(亦即：傳輸天線的數量)。

速率 = 1 表示在一 OFDM 符號期間，每一子載波所發送和復原的 M 符號，當發送和復原小於 M 符號，該速率則為少量。

在 FD 中， S_i 係在子載波的一半發送，而 S_i^* 則在子載波的另一半發送。

單一傳輸天線實施例—單一輸入單一輸出(SISO)

在一 SISO 實施例中，僅實施一個資料串流及一個空間串流，在不使用 FD 的情況下，一個符號係由經由一個子載波發送，在使用 FD 的情況下，一個符號則經由兩個子載波發送，其係總結於表 1 中。

空間串流	SISO (無FD)	SISO (有FD)
串流 1	S_1, S_2	S_1, S_1^*
速率	1	$\frac{1}{2}$

表 1

兩個傳輸天線實施例

由於有兩個傳輸天線，因此便可支援 2x1 或 2x2 MIMO-OFDM 系統，且亦可支援一或兩個資料串流。

2x1 MIMO-OFDM 封閉回路—一個資料串流實施例

在一封閉回路模式中，可使用具有或不具有 FD 及 SFBC 之波束選擇。由於在具有較小奇異值之波束傳輸的資料會死亡，因此波束選擇會透過 SVD，會選擇具有較大奇異值之該 SVD 波束。在不具 FD 之波束選擇情況下，一資料符號係經由一子載波所發送，而在具有 FD 之波束選擇情

況下，一資料符號可經由兩個子載波所發送。在具有 FD 之波束選擇情況下，該速率係為不具 FD 之波束選擇情況之一半，但可靠度會增加。

雖然在具有較小奇異值的波束上傳輸之資料會死亡，但兩個符號可使用 SFBC 透過兩個子載波同時發送，使用此機制的話，一資料符號係由子載波發送。與波束選擇的例子相比，此實施方式的效能將會降低這是因為具有較小奇異值的第二個串流所包含的只有雜訊而已。

2x1 MIMO-OFDM 封閉回路之一個資料串流的實施例係總結於表 2 中。

空間串流	波束選擇 (不具FD)	波束選擇 (具FD)	SFBC
串流1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, -S2*
串流2 (d2 = 0)			S2, S1*
速率	1/2	1/4	1/2

表 2

2x1 MIMO-OFDM 開放回路——一個資料串流實施例

在一開放回路模式中，可使用具有或不具有 FD 及 SFBC 之 SM。對不具有 FD 之 SM(具有固定波束成形矩陣)的情況下，一資料符號係使用該固定波束成形及 SM 之每該空間串流之子載波發送，而在具有 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係使用該固定波束成形及 SM 之每該空間串流之兩個子載波發送。

將 FD 和非 FD 組合在一起是可行的，在每個實施例中，一符號係在一空間串流之兩個子載波上發送，而一符號係在另一個空間串流之一子載波上發送，在不具有 FD 之

SM 的案例中，資料率係為 $\frac{3}{4}$ 。

如果使用具有固定波束成形矩陣的 SFBC，則該資料串流的兩個資料符號係使用固定波束成形透過兩個天線在兩個子載波上發送，該資料率係為不具 FD 之 SM 案例的一半。

2x1 MIMO-OFDM 開放回路之一資料串流的實施例係總結於表 3 中。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD)	SFBC
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S1*	S1, -S2*
串流2	S3, S4	S2, S2*	S2, S3	S2, S1*
速率	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$

表 3

2x1 MIMO-OFDM(開放回路)—兩個資料串流實施例

在兩個資料串流實施例方面，應該使用一開放回路模式，因為具有較小奇異值的 SVD 波束除了雜訊無法攜帶其他東西且將會死亡，如同上文所述。在不具 FD 的情況下，一資料符號係經由每空間串流之子載波發送，而在具有 FD 之情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，組合 FD 和非 FD 是可行的。

2x1 MIMO-OFDM 開放回路之兩個資料串流實施例係總結於表 4 中。

空間串流	SM (不具FD)	SM (FD + 非FD)	SM (具FD)
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S1*
串流2	S3, S4	S2, S3	S2, S2*
速率	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$

表 4

2x2 MIMO-OFDM 封閉回路—一資料串流實施例

在封閉回路模式中，可使用具有或不具有 FD 的 SM，具有或不具有 FD 和 SFBC 的波束選擇。在封閉回路模式中，可藉由 SVD 為每個子載波形成兩個空間波束。

在不具有 FD 的 SM 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，在具有 FD 的 SM 情況下，一資料符號係使用一空間串流經由兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

在波束選擇方面，在每該子載波之兩個波束間選擇一 SVD 波束，其係具有較大的奇異值，每該子載波的另一個波束便被丟棄。在不具有 FD 的波束選擇方面，一資料符號係使用一空間串流經由一子載波發送，在具有 FD 的波束選擇方面，一資料符號係使用一空間串流經由兩個子載波發送。

每該子載波之兩個空間串流係根據每該子載波之頻道的 SVD 所產生，且兩個資料符號可使用 SFBC 在兩個子載波上發送。

2x2 MIMO-OFDM 封閉回路之一資料串流實施例係總結於表 5。

空間串流	SM + SVD (不具FD)	SM + SVD (具FD)	SM + SVD (FD + 非FD)	波束選擇 (不具FD)	波束選擇 (具FD)	SFBC
串流1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2	S1, S1*	S1, -S2*
串流2 (d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*			S2, S1*
速率	1	1/2	3/4	1/2	¼	½

表 5

2x2 MIMO-OFDM 開放回路——一資料串流實施例

在一開放回路中，可支援具有或不具有 FD 和 SFBC 的

SM，SM 係以一固定波束成形矩陣，且可使用每該子載波之兩個空間串流。

在不具有 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一個子載波發送，而在具有 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係使用一空串流經由兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

該資料串流之兩個資料符號係使用該固定波束成形及 SFBC，在每該空間串流之兩個子載波上發送。

傳輸的方法係與 2x1 系統的方法相同，然而，效能會比較佳，這是因為在一接收器中使用兩個接收天線的緣故。

2x2 MIMO-OFDM 開放回路之一資料串流實施例係總結於表 6。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD)	SFBC
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, -S2*
串流 2	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S2, S1*
速率	1	1/2	3/4	1/2

表 6

2x2 MIMO-OFDM 封閉回路—兩資料串流實施例

在一封閉回路模式中，可使用具有或不具有 FD 的 SM。SM 係以 SVD 波束成形所執行，而每該子載波係有兩個空間串流可供使用。由於有兩個資料串流，每該資料串流需要分派一個空間串流，而由於相同的原因，因此無法使用 SFBC。

在不具有 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一個子載波發送，而在具有 FD 之 SM 的情況

下，一資料符號係使用一空間串流經由兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

2x2 MIMO-OFDM 封閉回路之兩資料串流實施例係總結於表 7。

空間串流	SM +SVD (不具FD)	SM + SVD (具FD)	SM (FD + 非FD)
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2
串流 2 (d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*
速率	1	1/2	$\frac{3}{4}$

表 7

2x2 MIMO-OFDM 開放回路—兩資料串流實施例

在一開放回路中，SM 係以固定波束成形矩陣實施，且每該子載波係有兩個空間串流可供使用，如同前文所述，每該資料串流係分派一個空間串流。

在不具有 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一個子載波發送，而在具有 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係使用一空間串流經由兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

2x2 MIMO-OFDM 開放回路之兩資料串流實施例係總結於表 8。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + non-FD)
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S1*
串流2	S3, S4	S2, S2*	S2, S3
速率	1	1/2	$\frac{3}{4}$

表 8

三個傳輸天線實施例

有了三個傳輸天線，便可支援 3x1、3x2、以及 3x3 MIMO-OFDM 系統，且亦可支援一、二或三個資料串流。

3x1 MIMO-OFDM 封閉回路——一資料串流實施例

在一封閉回路模式中，可使用具有或不具有 FD 及 SFBC 之波束選擇，波束係以 SVD 波束成形產生，且在波束選擇方面，係選擇一空間波束(僅有一個波束可供使用，因為其他兩個波束只有雜訊且將會死亡)，所選擇的是具有最大奇異值之波束。

在不具有 FD 的波束選擇情況下，一資料符號係經由所選空間串流之一子載波發送，而在具有 FD 之波束選擇情況下，一資料符號係經由所選空間串流之兩個子載波發送。

對具有 SVD 波束成形的 SFBC 來說，係為每該子載波選擇兩個空間串流：一個對應最大奇異值，而另一個對應剩下的其中之一，然而，即便兩個資料符號可透過兩個子載波使用 SFBC 同時發送，效能還是會非常低，這是因為一個空間串流僅包含雜訊的緣故。

3x1 MIMO-OFDM 封閉回路之一資料串流實施例係總結於表 9。

空間串流	Beam Selection(不具FD)	Beam Selection(具FD)	SFBC
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, -S2*
串流2 (d2 = 0)			S2, S1*
串流3 (d3 = 0)			
速率	1/3	1/6	1/3

表 9

3x1 MIMO-OFDM 開放回路——一資料串流實施例

在一開放回路實施例中，SM 及 SFBC 係以固定波束成形矩陣實施，且三個空間串流可供使用。

在不具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一個子載波發送，而在具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之兩個子載波發送。組合 FD 和非 FD 是可行的，一資料串流在一空間串流上經由一子載波發送而一符號在另兩個空間串流上經由一子載波發送，或是，一資料符號在兩個空間串流上經由兩個子載波發送而一符號在另一個空間串流上經由一子載波發送。

SFBC 可在具有或不具有 FD 之狀況下實施。在每該子載波之三個空間串流之間，兩個空間串流係由 SFBC 所使用，而另一個則給獨立資料符號所使用，因此，在每一瞬間，每該子載波可發送三個符號。

3x1 MIMO-OFDM 開放回路之一資料串流實施例係總結於表 10。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD (案例 1)	SM (FD + 非FD (案例 2)	SFBC + 不具FD	SFBC + 具FD
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2	S1, -S2*	S1, -S2*
串流 2	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S3, S4	S2, S1*	S2, S1*
串流 3	S5, S6	S3, S3*	S4, S4*	S5, S5*	S3, S4	S3, S3*
速率	1	1/2	2/3	5/6	2/3	1/2

表 10

3x1 MIMO-OFDM (開放回路)—兩資料串流實施例

在這實施例中，一開放回路結構可用以發送及回復兩個資料串流。SM 及 SFBC 係以固定波束成形矩陣實施，且兩個資料串流係為每該子載波分成三個空間串流。

在不具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一個子載波發送，而在具有 FD 之 SM 情況下，一

資料符號係經由每該空間串流之兩個子載波發送一。組合 FD 和非 FD 是可行的

在具有 SFBC 之情況下，一資料串流係使用 SFBC 發送和回復，而另一個資料串流並不使用 SFBC。在每該子載波之三個空間串流之間，兩個空間串流給 SFBC 使用，而另一個則給另一個資料串流使用。

3x1 MIMO-OFDM 開放回路之兩個資料串流係總結於表 11。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD (案例 1)	SM (FD + 非FD (案例2)	SFBC + 不具FD	SFBC + 具FD
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2	S1, -S2*	S1, -S2*
串流 2	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S3, S4	S2, S1*	S2, S1*
串流 3	S5, S6	S3, S3*	S4, S4*	S5, S5*	S3, S4	S3, S3*
速率	1	1/2	2/3	5/6	2/3	1/2

表 11

3x1 MIMO-OFDM (開放回路)—三個資料串流實施例

一開放回路結構可用以發送及回復三個資料串流。SM 及 SFBC 係以固定波束成形矩陣實施，且三個資料串流係為每該子載波分成三個空間串流，而且，在此實施例中無法使用 SFBC。

在不具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

3x1 MIMO-OFDM 開放回路之三個資料串流實施例係總結於表 12。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD (案例 1)	SM (FD + 非FD (案例 2)
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2
串流2	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S3, S4
串流3	S5, S6	S3, S3*	S4, S4*	S5, S5*
速率	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{5}{6}$

表 12

3x2 MIMO-OFDM 封閉回路——一資料串流實施例

在這實施例中，有兩個空間串流可供使用，透過 SVD 在每該子載波之三個波束間選擇兩個波束，具有較大奇異值的兩個 SVD 波束會被選擇。

在不具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

在 SFBC 方面，係選擇每該子載波之兩個空間串流，且兩個符號係透過兩個子載波使用 SFBC 在同一時間發送，使用此機制，兩個資料符號可經由兩個子載波回復。

3x2 MIMO-OFDM 封閉回路之一資料串流實施例係總結於表 13。

空間串流	SM (不具FD)	SM(具FD)	SM(FD + 非FD)	SFBC
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, -S2*
串流 2 (d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S2, S1*
串流 3 (d3 = 0)				
速率	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$

表 13

3x2 MIMO-OFDM 開放回路——一資料串流實施例

3x2 開放回路之一資料串流與 3x1 開放回路之一資料串

流相同。

3x2 MIMO-OFDM 封閉回路—兩資料串流實施例

此實施例有兩個空間串流可供使用，從透過 SVD 所產生每該子載波之三個波束間選出兩個波束，具有較大奇異值的兩個 SVD 波束會被選擇。

在不具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

3x2 MIMO-OFDM 封閉回路之兩個資料串流係總結於表 14。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD)
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2
串流 2 (d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*
串流 3 (d3 = 0)			
速率	2/3	1/3	1/2

表 14

3x2 MIMO-OFDM 開放回路—兩資料串流實施例

3x2 開放回路之兩個資料串流與 3x1 開放回路之兩個資料串流相同。

3x2 MIMO-OFDM—三個資料串流實施例

3x2 MIMO-OFDM 系統之三個資料串流實施例係與 3x1 MIMO-OFDM 系統之三個資料串流實施例相同。

3x3 MIMO-OFDM 封閉回路—一資料串流實施例

在一封閉回路實施例中，可使用三個空間串流。在不具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之

一子載波發送，而在具 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

在 SFBC 方面，係從三個空間串流間選擇兩個空間串流，較佳地是，為每該子載波選擇兩個壞的空間串流，其係具有較小的奇異值，兩個符號係使用 SFBC 在兩個子載波之兩個壞空間串流上同時發送，而在每該載波之另一個好串流方面，一資料符號則不使用 SFBC 發送。

在非 SFBC 空間串流方面，如果使用 FD，則一資料符號係經由此空間串流之一子載波發送，而如果不使用 FD，則一資料符號係經由此空間串流之兩個子載波發送。

3x3 MIMO-OFDM 封閉回路之一資料串流實施例係總結於表 15。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD (案例 1)	SM (FD + 非FD (案例 2)	SFBC + 不具FD	SFBC + 具FD
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2	S1, S2	S1, S1*
串流 2 (d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S3, S4	S3, -S4*	S2, -S3*
串流 3 (d3)	S5, S6	S3, S3*	S4, S4*	S5, S5*	S4, S3*	S3, S2*
速率	1	1/2	2/3	5/6	2/3	1/2

表 15

3x3 MIMO-OFDM 開放回路——一資料串流實施例

在一開放回路實施例中，3x1 開放回路之一資料串流實施例的所有選擇性都可使用。

3x3 MIMO-OFDM 封閉回路——兩資料串流實施例

此實施例中有三個空間串流可供使用，而兩個資料串流係為每該子載波分成三個空間串流。在一封閉回路中，

在不具 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

在 SFBC 方面，係從三個空間串流中選擇兩個空間串流，較佳地，係選擇每該子載波之兩個壞空間串流，其係具有較小的奇異值。對於一個資料串流而言，兩個符號係使用 SFBC 在兩個子載波之兩個壞空間串流上同時發送，而對另一個每該載波之好串流而言，另一個資料串流係不使用 SFBC 發送。

對非 SFBC 空間串流而言，如果不使用 FD，一資料符號係經由此空間串流之一個子載波發送，而如果使用 FD，則一資料符號係經由此空間串流之兩個子載波發送。

3x3 MIMO-OFDM 封閉回路之兩資料串流實施例係總結於表 16。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD (案例 1)	SM (FD + 非FD (案例 2)	SFBC + 不具FD	SFBC + 具FD
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2	S1, S2	S1, S1*
串流 2 (d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S3, S4	S3, -S4*	S2, -S3*
串流 3 (d3)	S5, S6	S3, S3*	S4, S4*	S5, S5*	S4, S3*	S3, S2*
速率	1	1/2	2/3	5/6	2/3	1/2

表 16

3x3 MIMO-OFDM 開放回路—兩資料串流實施例

在一開放回路實施例中，3x1 開放回路之兩資料串流實施例的所有選擇性都可使用。

3x3 MIMO-OFDM 封閉回路—三資料串流實施例

此實施例有三個空間串流可供使用，且三個資料串流係為每該子載波分成三個空間串流。在一封閉回路中，在不具 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波所發送，在具有 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之兩個子載波所發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

3x3 MIMO-OFDM 封閉回路之三個資料串流實施例係總結於表 17。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD 1)	SM (FD + 非FD 2)
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2
串流 2 (d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S3, S4
串流 3 (d3)	S5, S6	S3, S3*	S4, S4*	S5, S5*
速率	1	1/2	2/3	5/6

表 17

3x3 MIMO-OFDM 開放回路—三資料串流實施例

在一開放回路實施例中，3x1 開放回路之三資料串流實施例的所有選擇性都可使用。

四個傳輸天線實施例

有了四個傳輸天線，便可支援 4x1、4x2、4x3、以及 4x4 MIMO-OFDM 系統，且亦可支援一、二、三或四個資料串流。

4x1 MIMO-OFDM 封閉回路—一資料串流實施例

此實施例僅有一個空間串流。在一封閉回路實施例中，係從透過 SVD 所產生的每該子載波之四個波束中選擇一個波束，所選擇的 SVD 波束具有最大的奇異值。

在不具 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波所發送，在具有 FD 之 SM 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之兩個子載波所發送。

對具有 SVD 波束成形的 SFBC 來說，係為每該子載波從透過 SVD 所產生的四個波束間選擇兩個空間串流：一個對應最大奇異值，而另一個對應剩下的其中之一，然而，即便兩個資料符號可透過兩個子載波使用 SFBC 同時發送，效能還是會非常低，這是因為一個空間串流僅包含雜訊的緣故。

4x1 MIMO-OFDM 封閉回路之一資料串流實施例係總結於表 18。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SFBC
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, -S2*
串流 2 (d2 = 0)			S2, S1*
串流 3 (d3 = 0)			
串流 4 (d4 = 0)			
速率	1/4	1/8	1/4

表 18

4x1 MIMO-OFDM 開放回路——一資料串流實施例

在一開放回路實施例中，SM 係以固定波束成形矩陣實施，且四個空間串流可供使用。

在不具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一個子載波發送，而在具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之兩個子載波發送一。組合 FD 和非 FD 是可行的，其係如表 19 所示。對一個資料串流而言，這些組合可能不會用來維持所有資料符號的相同品

質。

SM 和具有固定波束成形矩陣的 SFBC 組合是可行的，第一個選擇便是一個 2x2 SFBC 及兩個 SM。對一資料串流而言，此選擇不會用來維持所有資料符號相同的品質，每該子載波的另兩個空間串流會給該資料串流之另兩個資料符號的 SM 使用。在不具 FD 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波所發送，而在具有 FD 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之兩個子載波所發送。結合 FD 和非 FD 是可行的，其係如表 20 所示。

第二個選擇便是使用兩個 2x2 SFBC。每該子載波之四個空間串流係分成兩組，每兩個串流一組，且每組係被分派給每個 SFBC。對每個瞬時而言，四(4)個資料符號係使用該固定波束成形及兩個 2x2 SFBCs 在兩個子載波上發送。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD 1)	SM (FD + 非FD 2)	SM (FD + 非FD 3)
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2	S1, S2
串流 2	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S3, S4	S3, S4
串流 3	S5, S6	S3, S3*	S4, S4*	S5, S5*	S5, S6
串流 4	S7, S8	S4, S4*	S5, S5*	S6, S6*	S7, S7*
速率	1	1/2	5/8	3/4	7/8

表 19

空間串流	SFBC (不具FD)	SFBC(具FD)	SFBC (FD + 非FD)	兩個 SFBC
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, -S2*
串流 2	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S2, S1*
串流 3	S5, -S6*	S3, -S4*	S4, -S5*	S3, -S4*
串流 4	S6, S5*	S4, S3*	S5, S4*	S4, S3*
速率	3/4	1/2	5/8	1/2

表 20

4x1 MIMO-OFDM (開放回路)——兩個資料串流實施例

在此實施例中，開放回路應該用以發送和回復兩個資料串流。SM 係以該固定波束成形矩陣實施，4E14 兩個資料串流係為每該子載波分成四個空間串流。

在不具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一個子載波發送，而在具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之兩個子載波發送。組合 FD 和非 FD 是可行的，其係如表 21 所示，表 21 中案例 1 和 3 的組合不會用來維 6301 每該資料串流之每該資料符號相同的品質。

SM 和具有固定波束成形矩陣的 SFBC 組合是可行的，第一個選擇便是一個 2x2 SFBC 及兩個 SM。一資料串流係分派給該 SFBC，而另一個資料串流係由 SM 發送，每該子載波之兩個空間串流細由 SFBC 使用，而每該子載波之另外兩個空間串流則給 SM 使用。在不具 FD 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波所發送，而在具有 FD 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之兩個子載波所發送。結合 FD 和非 FD 是可行的，其係如表 22 所示，此結合不會用於維持該資料串流之每該資料符號之相同品質，其係使用 SM。

第二個選擇便是使用兩個 2x2 SFBC，每該資料串流係分派給兩個分離的 2x2 SFBC。每該子載波之四個空間串流係分成兩組，每兩個串流一組，且每組係被分派給每個 SFBC。對每個瞬時而言，二(2)個資料符號係使用該固定波

束成形及每該 2x2 SFBCs 在兩個子載波上發送。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD 1)	SM (FD + 非FD 2)	SM (FD + 非FD 3)
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2	S1, S2
串流 2	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S3, S4	S3, S4
串流 3	S5, S6	S3, S3*	S4, S4*	S5, S5*	S5, S6
串流 4	S7, S8	S4, S4*	S5, S5*	S6, S6*	S7, S7*
速率	1	1/2	5/8	3/4	7/8

表 21

空間串流	SFBC (不具FD)	SFBC (具FD)	SFBC (FD + 非FD)	兩個 SFBC
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, -S2*
串流 2	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S2, -S1*
串流 3	S5, -S6*	S3, -S4*	S4, -S5*	S3, -S4*
串流 4	S6, S5*	S4, S3*	S5, -S4*	S4, S3*
速率	3/4	1/2	5/8	1/2

表 22

4x1 MIMO-OFDM (開放回路)—三資料串流實施例

在這實施例中，一開放回路結構可用以發送及回復三個資料串流。SM 係以固定波束成形矩陣實施，且三個資料串流係為每該子載波分成四個資料符號，表 21 中的所有組合都可使用。

SM 和具有固定波束成形矩陣的 SFBC 組合是可行的，第一個選擇便是一個 2x2 SFBC 及兩個 SM。每該子載波之兩個空間串流係使用 SFBC，一資料串流係使用 SFBC 和該固定波束成形發送，而每該子載波之另兩個空間串流族使用另兩個資料串流之 SM。在不具 FD 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波所發送，而在具有 FD 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之兩個子載波所

發送。結合 FD 和非 FD 是可行的，其係如表 23 所示。

SFBC 之 4x1 MIMO-OFDM 開放回路之三資料串流實施例係總結於表 23。

空間串流	SFBC (不具FD)	SFBC (具FD)	SFBC (FD + 非FD)
串流 1	S1, S2	S1, S1*	S1, S2
串流 2	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*
串流 3	S5, -S6*	S3, -S4*	S4, -S5*
串流 4	S6, S5*	S4, S3*	S5, S4*
速率	3/4	1/2	5/8

表 23

4x1 MIMO-OFDM (開放回路)—四資料串流實施例

在這實施例中，一開放回路結構可用以發送及回復四個資料串流。SM 係以固定波束成形矩陣實施，且四個資料串流係為每該子載波分成四個空間串流，表 21 中的所有方法都可使用。

4x2 MIMO-OFDM 封閉回路—一資料串流實施例

在這實施例中，有兩個空間串流可供使用，透過 SVD 在每該子載波之四個波束間選擇兩個波束，具有較大奇異值的兩個 SVD 波束會被選擇。在不具有 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 之 SM 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的，其係如表 24 所示。

在 SFBC 方面，係選擇每該子載波之兩個空間串流，其係具有較大的奇異值。兩個符號係透過兩個子載波使用 SFBC 在同一時間發送，使用此機制，兩個資料符號可經由兩個子載波回復。

4x2 MIMO-OFDM 封閉回路之一資料串流實施例係總結於表 24。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD)	SFBC
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, -S2*
串流 2 (d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S2, S1*
串流 3 (d3 = 0)				
串流 4 (d4 = 0)				
速率	1/2	1/4	3/8	1/4

表 24

4x2 MIMO-OFDM 開放回路——一資料串流實施例

在此實施例中，4x1 開放回路之一資料串流實施例的所有選擇皆可使用。

4x2 MIMO-OFDM 封閉回路——兩資料串流實施例

此實施例有兩個空間串流可供使用，從透過 SVD 所產生每該子載波之四個波束間選出兩個波束，具有較大奇異值的兩個 SVD 波束會被選擇。在不具有 FD 之情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 之情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

4x2 MIMO-OFDM 封閉回路之兩個資料串流係總結於表 25。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD)
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2
串流 2 (d2 = 0)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*
串流 3 (d3 = 0)			
串流 4 (d4 = 0)			
速率	½	1/4	3/8

表 25

4x2 MIMO-OFDM 開放回路—兩資料串流實施例

在此實施例中，4x1 開放回路之兩資料串流實施例的所有選擇皆可使用。

4x2 MIMO-OFDM 開放回路—三資料串流實施例

在此實施例中，4x1 開放回路之三資料串流實施例的所有選擇皆可使用。

4x2 MIMO-OFDM 開放回路—四資料串流實施例

在此實施例中，4x1 開放回路之四資料串流實施例的所有選擇皆可使用。

4x3 MIMO-OFDM 開放回路—一資料串流實施例

在此實施例中，SM 係以 SVD 波束成形實施，且三個空間串流可供使用，具有較大奇異值的三個空間串流會被選擇。在不具有 FD 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的，其係如表 26 所示。

在 SFBC 方面，係選擇每該子載波之三個空間串流，其具有較大的奇異值。在其間，兩個空間串流，較佳地是兩個壞的空間串流，係分派給 SFBC。兩個符號係使用 SFBC 在兩個子載波之兩個壞的空間串流上同時發送，且在每該載波之最佳空間串流方面，一資料符號係不使用 SFBC 發送。對於後者，在不具 FD 的情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送。

4x3 MIMO-OFDM 封閉回路之一資料串流係總結於表 26。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD)	SM (FD + 非FD)	SFBC + 非FD	SFBC+ FD
串流 1(d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2	S1, S2	S1, S1*
串流 2(d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S4	S3, S3*	S3, -S4*	S2, -S3*
串流 3(d3)	S5, S6	S3, S3*	S5, S5*	S4, S4*	S4, S3*	S3, S2*
串流 4(d4 = 0)						
速率	3/4	3/8	5/8	1/2	1/2	3/8

表 26

4x3 MIMO-OFDM 開放回路——一資料串流實施例

在此實施例中，4x1 之一資料串流之所有選擇皆可使用。

4x3 MIMO-OFDM 封閉回路——兩資料串流實施例

在此實施例中，SM 係以 SVD 波束成形實施，且三個空間串流可供使用，兩個資料串流係為每該子載波分成三個空間串流，所有在表 26 中的方法皆可在此實施例中使用。

在 SFBC 方面，一資料串流係使用 SFBC 發送，且每該子載波之三個空間串流係被選擇，其係具有較大的奇異值。在其間，兩個空間串流，較佳地是兩個壞的空間串流，係分派給 SFBC。兩個符號係使用 SFBC 在兩個子載波之兩個壞的空間串流上同時發送。

另一個資料便使用 SM 發送，所有在表 26 中的 SFBC 方法皆可在此實施例中使用。

4x3 MIMO-OFDM 封閉回路之兩資料串流實施例係總結於表 27。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD)	SM (FD + 非FD)	SFBC + 非FD	SFBC+ FD
串流 1 (d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2	S1, S2	S1, S1*
串流2 (d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S4	S3, S3*	S3, -S4*	S2, -S3*
串流3 (d3)	S5, S6	S3, S3*	S5, S5*	S4, S4*	S4, S3*	S3, S2*
串流4 (d4 = 0)						
速率	¾	3/8	5/8	1/2	1/2	3/8

表 27

4x3 MIMO-OFDM 開放回路—兩資料串流實施例

在此實施例中，4x1 之兩資料串流實施例的所有選擇皆可使用。

4x3 MIMO-OFDM 封閉回路—三資料串流實施例

在此實施例中，SM 係以 SVD 波束成形實施，且三個空間串流可供使用，三個資料串流係為每該子載波分成三個空間串流。在不具有 FD 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的。

4x3 MIMO-OFDM 封閉回路之三資料串流實施例係總結於表 28。

空間串流	SM (不具FD)	SM (具FD)	SM (FD + 非FD)	SM (FD + 非FD)
串流 1(d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2
串流 2(d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S4	S3, S3*
串流3(d3)	S5, S6	S3, S3*	S5, S5*	S4, S4*
串流4(d4 = 0)				
速率	3/4	3/8	5/8	1/2

表 28

4x3 MIMO-OFDM 開放回路—三資料串流實施例

在此實施例中，4x1 之三資料串流實施例的所有選擇皆

可使用。

4x3 MIMO-OFDM 封閉回路—四資料串流實施例

在此實施例中，4x1 之四資料串流實施例的所有選擇皆可使用。

4x4 MIMO-OFDM 封閉回路—一資料串流實施例

在此實施例中，SM 係以 SVD 波束成形實施，且四個空間串流可供使用，在不具有 FD 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的，其係如表 29 所示。

第一個選擇是使用一個 2x2 SFBC 及兩個 SM。藉由每該子載波之奇異值，選擇兩個空間串流，較佳地是兩個壞的空間串流，其係具有較小的奇異值。該資料符號係使用 SFBC 在這兩個壞的空間串流上發送，而兩個資料符號則使用 SM 而非 SFBC 在每該子載波的另兩個好的空間串流上發送。在不具有 FD 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，而在具 FD 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的，其係如表 30 所示。

第二個選擇便是使用兩個 2x2 SFBC，每兩個資料符號係分派給分離的 2x2 SFBC。每該子載波之四個空間串流係分成兩個群組，每個群組有兩個空間串流，且每個群組係分派給每個 SFBC。在每個瞬時方面，在兩個子載波上之該資料串流之四個(4)資料符號係使用 SVD 波束成形及兩個

2x2 SFBC 發送。

SM 之 4x4 MIMO 封閉回路之一資料串流實施例係總結於表 29，而 SFBC 之 4x4 MIMO 封閉回路之一資料串流實施例係總結於表 30。

空間串流	SM (不具 FD)	SM (具 FD)	SM (FD + 非 FD (案例 1)	SM (FD + 非 FD (案例 2)	SM (FD + 非 FD (案例 3)
串流 1(d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, S2	S1, S2
串流 2(d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S3, S4	S3, S4
串流 3(d3)	S5, S6	S3, S3*	S4, S4*	S5, S5*	S5, S6
串流 4(d4)	S7, S8	S4, S4*	S5, S5*	S6, S6*	S7, S7*
速率	1	1/2	5/8	3/4	7/8

表 29

空間串流	SFBC (不具FD)	SFBC (具FD)	SFBC (FD + 非FD)	兩個 SFBC
串流1(d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2	S1, -S2*
串流2(d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*	S2, S1*
串流3(d3)	S5, -S6*	S3, -S4*	S4, -S5*	S3, -S4*
串流4(d4)	S6, S5*	S4, S3*	S5, S4*	S4, S3*
速率	3/4	1/2	5/8	1/2

表 30

4x4 MIMO-OFDM 開放回路——一資料串流實施例

在此實施例中，4x1 之一資料串流實施例的所有選擇皆可使用。

4x4 MIMO-OFDM 封閉回路——兩資料串流實施例

在此實施例中，SM 係以 SVD 波束成形實施，且有四個空間串流可供使用。兩個資料串流係為每該子載波分成四個空間串流。表 29 及表 30 中的所有方法都可使用。

4x4 MIMO-OFDM 開放回路——兩資料串流實施例

在此實施例中，4x1 之兩資料串流實施例的所有選擇皆可使用。

4x4 MIMO-OFDM 封閉回路—三資料串流實施例

在此實施例中，SM 係以 SVD 波束成形實施，且有四個空間串流可供使用。三個資料串流係為每該子載波分成四個空間串流。表 29 的所有方法都可使用。

在 SFBC 方面，一個 2x2 SFBC 及兩個 SM 供三個資料串流使用，一資料串流係使用該 2x2 SFBC 及 SVD 波束成形發送。藉由每該子載波之奇異值，選擇兩個空間串流，較佳地是兩個壞的空間串流，其係具有較小的奇異值。兩個子載波上之一資料串流之兩個資料符號，係使用 SFBC 及波束成形在每該子載波的兩個壞的空間串流上發送，另兩個資料串流則使用 SM 及 SVD 波束成形發送。兩個資料符號經由子載波使用每該子載波之另外兩個好的空間串流發送，其係使用 SM 而非 SFBC 發送給另外兩個資料串流。在此實施例中，在不具有 FD 情況下，一資料符號係經由每該空間串流之一子載波發送，在具 FD 情況下，一資料符號係經由每空間串流之兩個子載波發送，結合 FD 和非 FD 是可行的，其係如表 31 所示。

SFBC 之 4x4 MIMO-OFDM 封閉回路之三資料串流實施例係總結於表 31。

空間串流	SFBC (不具FD)	SFBC (具FD)	SFBC (FD + 非FD)
串流 1(d1)	S1, S2	S1, S1*	S1, S2
串流 2(d2)	S3, S4	S2, S2*	S3, S3*
串流 3(d3)	S5, -S6*	S3, -S4*	S4, -S5*
串流 4(d4)	S6, S5*	S4, S3*	S5, S4*
速率	3/4	1/2	5/8

表 31

4x4 MIMO-OFDM 開放回路—三資料串流實施例

在此實施例中，4x1 之三資料串流的所有選擇皆可使用。

4x4 MIMO-OFDM 封閉回路—四資料串流實施例

在此實施例中，SM 係以 SVD 波束成形實施，且有四個空間串流可供使用。四個資料串流係為每該子載波分成四個空間串流。表 29 的所有方法都可使用。

4x4 MIMO-OFDM 開放回路—四資料串流實施例

在此實施例中，4x1 之四資料串流的所有選擇皆可使用。

儘管本發明之特徵和元件皆於實施例中以特定組合方式所描述，但實施例中每一特徵或元件能獨自使用，而不需與較佳實施方式之其他特徵或元件組合，或是與/不與本發明之其他特徵和元件做不同之組合。儘管本發明已經透過較佳實施例描述，其他不脫附本發明之申請專利範圍之變型對熟習此技藝之人士來說還是顯而易見的。上述說明書內容係以說明為目的，且不會以任何方式限制特別發明。

【圖式簡單說明】

第 1 圖所示為一種實施一封閉回路模式的 OFDM-MIMO 系統方塊圖，其係根據本發明所配置；以及

第 2 圖所示為一種實施一開放回路模式的 OFDM-MIMO 系統方塊圖，其係根據本發明所配置。

【主要元件符號說明】

100 實施一封閉回路模式的 OFDM-MIMO 系統

110 傳輸器

115、215 資料串流

126、226 傳輸天線

128、231 接收天線

130 接收器

150 回饋

200 實施一開放回路模式的系統

CQI 頻道品質資訊

CSI 頻道狀態資訊

FFT 快速傅立葉轉換

IFFT 反轉快速傅立葉轉換

MIMO-OFDM 多重輸入多重輸出-正交頻分多工

SFBC 空間-頻率區塊編碼

SM 空間多工

S/P 序列至平行

十、申請專利範圍：

1. 一種傳輸裝置，包括：

被配置以選擇以在至少一封閉回路模式和一開放回路模式之間使用四個天線輸出來傳輸資料符號的一電路；

其中每一線輸出操作上和至少一天線耦接；

其中在該開放回路模式中，對一個正交頻分多工(OFDM)符號而言，該電路更被配置以處理要被輸出至該四個天線輸出的資料符號；

其中該一個 OFDM 符號具有 K 個次載波，且該 K 個次載波被分成 L 個次載波群；

其中 L 大於 1；

其中對於該 L 個次載波群中的每一個而言，四個資料符號被空間頻率區塊編碼 (SFBC)；

其中該四個資料符號中的一第一對被空間頻率區塊編碼以生成四個 SFBC 符號，為了傳輸，該四個 SFBC 符號被輸出至該四個天線輸出中的一第一天線輸出和一第二天線輸出，而不是一第三天線輸出和一第四天線輸出；

其中該四個資料符號中的一第二對被空間頻率區塊編碼以生成被輸出至該四個天線輸出之中的該第三天線輸出和該第四天線輸出而不是該第一天線輸出和該第二天線輸出的四個 SFBC 符號，以用於傳輸；以及

其中在該封閉回路模式中，該電路更被配置以接收藉由一接收裝置所傳輸的資訊；

其中該接收資訊包括指示一調變和編碼組的至少一頻道品質指

示符 (CQI)；

其中資料是使用空間多工作為資料符號而被傳輸；

其中每一資料符號是使用多個次載波而被傳輸；

其中該資料符號被提供至該四個天線輸出以供傳輸之用，該傳輸是使用至少部分源自所接收資訊的一調變和編碼組及多個串流。

2. 一種接收裝置，包括：

被配置以從傳輸資料符號中回復資料的一電路；其中該電路被配置在一封閉回路模式和一開放回路模式中操作；

其中在該開放回路模式中，該電路更被配置以接收和回復在多個正交頻分多工(OFDM)符號的每一個中所傳輸的資料符號；

其中該 OFDM 符號中的每一個具有 K 個次載波，且該 K 個次載波被分成 L 個次載波群；

其中 L 大於 1；

其中對於該 L 個次載波群中的每一個而言，四個資料符號被空間頻率區塊編碼 (SFBC)；

其中該四個資料符號中的一第一對被空間頻率區塊編碼以生成四個 SFBC 符號，該四個 SFBC 符號藉由四個傳輸天線中的一第一天線和一第二天線傳輸，而不是由一第三天線和一第四天線傳輸；

其中該四個資料符號中的一第二對被空間頻率區塊編碼以生成藉由該四個傳輸天線之中的該第三天線和該第四天線而不是該第一天線和該第二天線所傳輸的四個 SFBC 符號；以及

其中在該封閉回路模式中，該電路更被配置以傳輸資訊，該資訊包括指示一調變和編碼組的至少一頻道品質指示符 (CQI)；其中該電路更被配置以接收和回復使用空間多工傳輸的資料符號；

其中藉由該四個傳輸天線使用至少部分源自所接收資訊的一調變和編碼組及多個串流，使用多個次載波來傳輸每一資料符號。

3. 一種傳輸資料的方法，該方法包括：

藉由一傳輸裝置選擇以便在至少一封閉回路模式和一開放回路模式之間使用四個天線輸出來傳輸資料符號；

其中每一天線輸出操作上和至少一天線耦接；

其中在該開放回路模式中，對一個正交頻分多工(OFDM)符號而言，處理要被輸出至該四個天線輸出的資料符號；

其中該一個 OFDM 符號具有 K 個次載波，且該 K 個次載波被分成 L 個次載波群；

其中 L 大於 1；

其中對於該 L 個次載波群中的每一個而言，四個資料符號被空間頻率區塊編碼 (SFBC)；

其中該四個資料符號中的一第一對被空間頻率區塊編碼以生成四個 SFBC 符號，為了傳輸，該四個 SFBC 符號被輸出至該四個天線輸出中的一第一天線輸出和一第二天線輸出，而不是一第三天線輸出和一第四天線輸出；

其中該四個資料符號中的一第二對被空間頻率區塊編碼以生成被輸出至該四個天線輸出之中的該第三天線輸出和該第四天線

輸出而不是該第一天線輸出和該第二天線輸出的四個 SFBC 符號，以用於傳輸；以及

在該封閉回路模式中，接收藉由一接收裝置所傳輸的資訊；其中該接收資訊包括指示一調變和編碼組的至少一頻道品質指示符 (CQI)；

其中資料是使用空間多工作為資料符號而被傳輸；

其中每一資料符號是使用多個次載波而被傳輸；

其中該資料符號被提供至該四個天線輸出以供傳輸之用，該傳輸是使用至少部分源自所接收資訊的一調變和編碼組及多個串流。

4. 一種接收資料的方法，該方法包括：

一接收裝置從在一封閉回路模式和一開放回路模式之間所傳輸的資料符號選擇性地回復資料；

其中在該開放回路模式中，該接收裝置接收及回復在多個正交頻分多工 (OFDM) 符號的每一個中所傳輸的資料符號；

其中該 OFDM 符號中的每一個具有 K 個次載波，且該 K 個次載波被分成 L 個次載波群；

其中 L 大於 1；

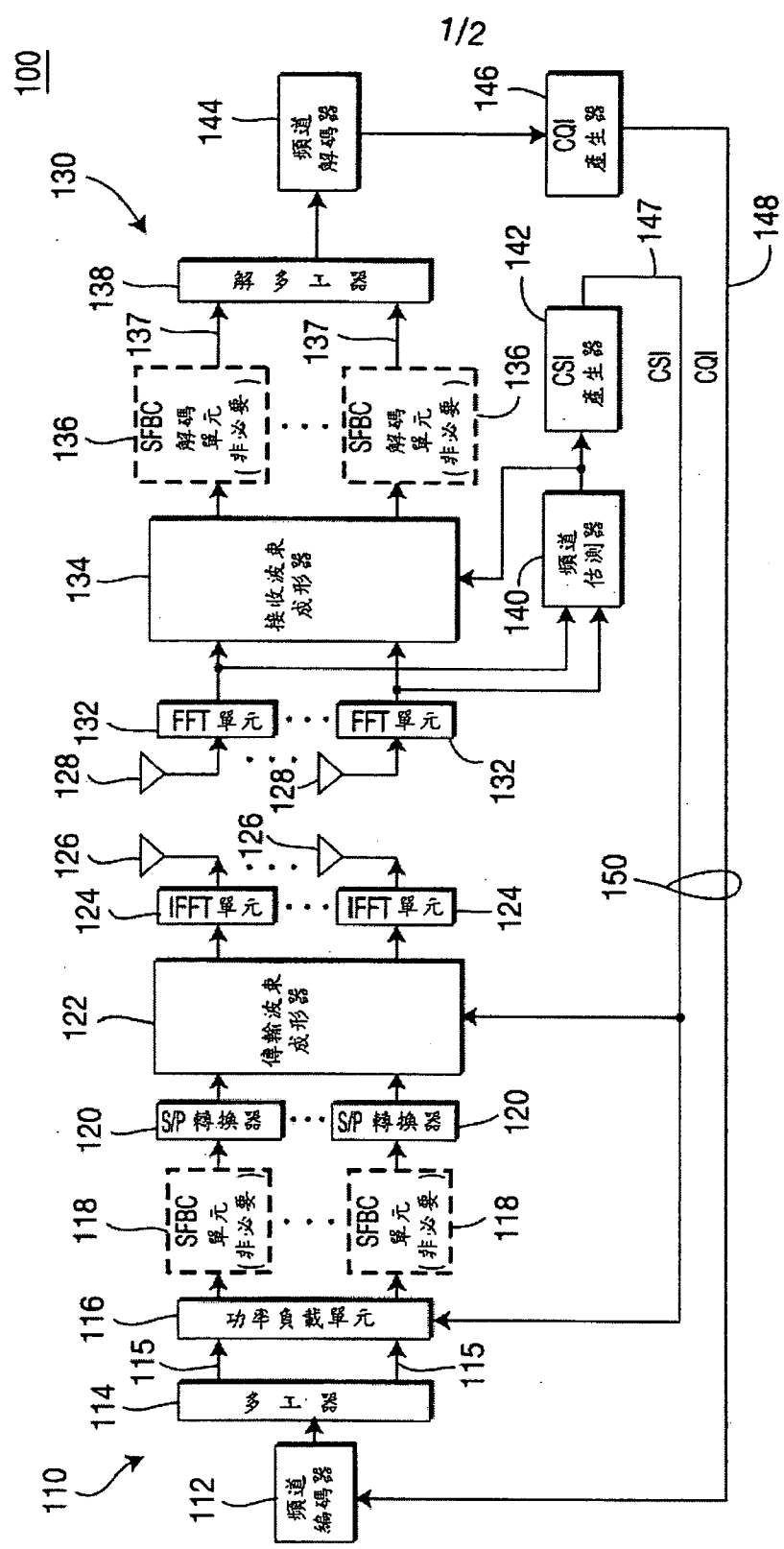
其中對於該 L 個次載波群中的每一個而言，四個資料符號被空間頻率區塊編碼 (SFBC)；

其中四個資料符號中的一第一對被空間頻率區塊編碼以生成四個 SFBC 符號，該四個 SFBC 符號由四個傳輸天線之中的一第一天線和一第二天線傳輸，而不是由一第三天線和一第四天線

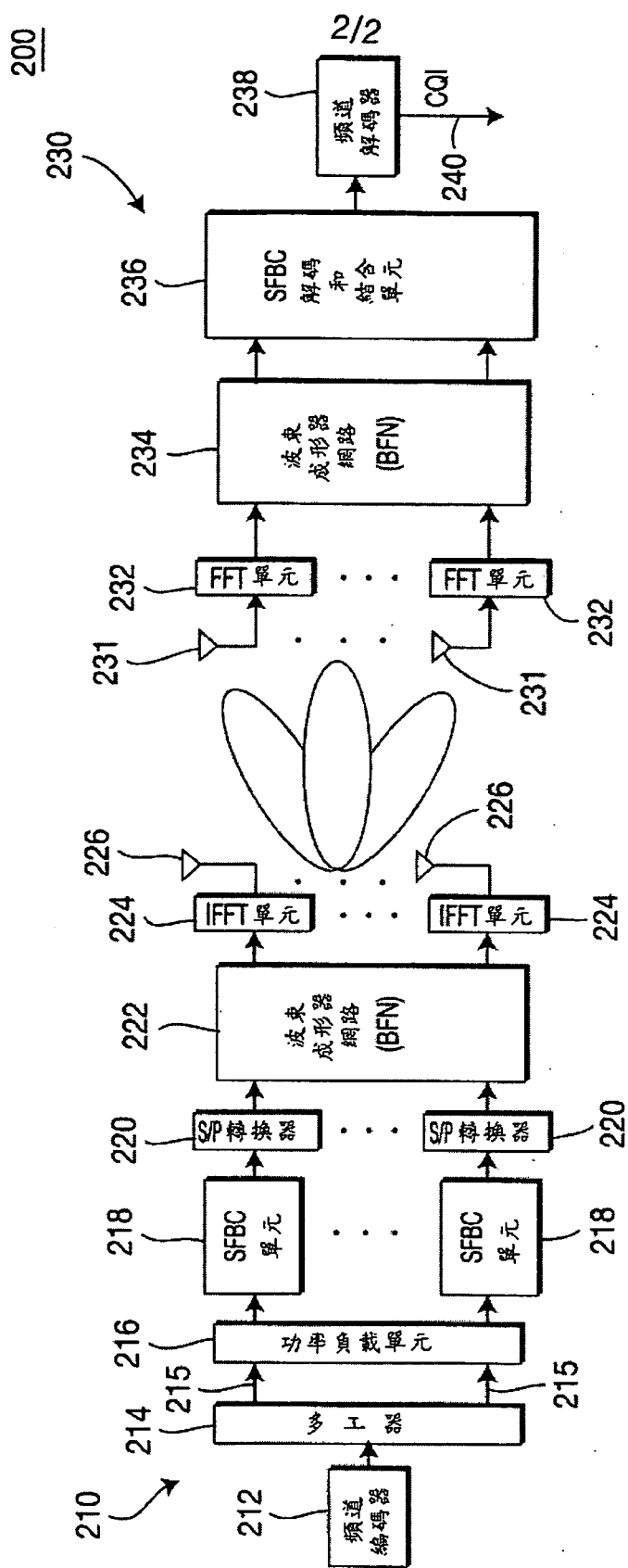
傳輸；

其中該四個資料符號中的一第二對被空間頻率區塊編碼以生成由該四個傳輸天線之中的該第三天線和該第四天線傳輸而不是由該第一天線和該第二天線傳輸的四個 SFBC 符號；以及其中在該封閉回路模式中，由該接收裝置傳輸包括在該封閉回路模式中指示一調變和編碼組的至少一頻道品質指示符(CQI)的資訊，以及由該接收裝置接收及回復資料符號，該資料符號是在該封閉回路模式中使用空間多工所傳輸的；其中藉由該四個傳輸天線使用至少部分源自所接收資訊的一調變和編碼組和多個串流，而使用多個次載波來傳輸每一資料符號。

十一、圖式：



第 1 圖



第 2 圖