

公告本

申請日期	90-03-30
案號	90107714
類別	H04B 17/00

A4  
C4

508922

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書  
~~新~~型

一、發明名稱	中文	用以於高效率及高性能通信系統中量測及報告頻道狀態資訊之方法及裝置
	英文	"METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING AND REPORTING CHANNEL STATE INFORMATION IN A HIGH EFFICIENCY, HIGH PERFORMANCE COMMUNICATIONS SYSTEM"
二、發明人	姓名	1. 馬克 華勒斯 MARK WALLACE 2. 哈墨德 賈拉里 AHMAD JALALI 3. 傑伊 R. 華爾頓 JAY R. WALTON
	國籍	1.3. 美國      2. 加拿大
三、申請人	住、居所	1. 美國麻薩諸塞州貝弗德市馬迪爾巷4號 2. 美國加州聖地牙哥市威婁梅爾巷5624號 3. 美國麻薩諸塞州西弗德市里吉伍得大道7號
	姓名 (名稱)	美商奎康公司 QUALCOMM INCORPORATED
	國籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國加州聖地牙哥市摩豪斯大道5775號
	代表姓名	菲力普 R. 華德渥斯 PHILIP R. WADSWORTH

裝  
訂  
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6  
B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ，有 無主張優先權

美國 2000年03月30日 09/539,224 有無主張優先權

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

## 五、發明說明 ( 1 )

## 相關應用參考

這是本發明之受託人(assignee)於2000, 3月XX日所發表, 標題為"使用多重載波調變之高效率及高性能通信系統(HIGH EFFICIENCY, HIGH PERFORMANCE COMMUNICATIONS SYSTEM EMPLOYING MULTI-CARRIER MODULATION)"的延續, 此處與以參考。

## 本發明背景

## I. 發明領域

本發明係關於通信領域。特別的是, 本發明係關於一種用以於高效率及高性能通信系統中量測及報告頻道狀態資訊。

## II. 相關技藝說明

現代的通信系統必需在信號衰減(fading)及多重路徑(multipath)的通道上操作。其中一種通信系統是符合"用以雙模寬頻展頻細胞式系統之TIA/EIA/IS-95行動基地台基準基地台相容標準(TIA/EIA/IS-95 Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System)", 之後稱之為IS-95標準, 的分碼多向近接(code division multiple access, CDMA)系統。該CDMA系統支援使用者之間透過地面連結進行語音與資料通信。在多向近接通信系統中使用CDMA技術揭露在美國專利編號4,901,307, 標題為"使用衛星或是地面中繼器之展頻多向近接通信系統(SPREAD SPECTRUM MULTIPLE ACCESS COMMUNICATION SYSTEM USING SATELLITE

## 五、發明說明(2)

OR TERRESTRIAL REPEATERS)"以及美國專利編號5,103,459,標題為"用以於CDMA細胞式電話系統產生波形之系統與方法(SYSTEM AND METHOD FOR GENERATING WAVEFORMS IN A CDMA CELLULAR TELEPHONE SYSTEM)",兩件皆是本發明之受託人,此處與以參考。

藉由在接收器單元預估通道參數,IS-95系統可以更有效地運作。藉由各個基地台傳送的前導信號IS-95系統可以更有效地作通道預估。此前導信號係一該接收器單元所知道的重複性的PN型序列。接收到的前導信號與該前導信號的區域複製(local replica)之間的關聯性可以讓該接收器單元根據該通道以預估複雜的脈衝(impulse)並且調整解調器(demodulator)的參數。對IS-95的波形及系統參數而言並不需要向傳送器單元回報該接收器單元所量測到的通道狀況資訊。

在無線通信需求持續成長的前提之下,必須要有一更高效,更高效能的無線通信系統。其中一種更高效能的無線通信系統是多重輸入(Multiple Input)/多重輸出(Multiple Output)(MIMO)系統,該系統利用多個傳送天線在傳播通道上傳送信號給多個接收天線。在一較低效能的系統中,MIMO系統中的傳播通道會受到多重路徑中不良效果的影響,以及週遭天線的干擾。當所傳送的信號透過多個傳播路徑以不同的延遲抵達接收器單元時便產生了多重路徑。當信號從多個傳播路徑抵達時,信號的成分會遭到破壞性的組合,稱之為"信號衰減(fading)"。為了改善MIMO系統

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



### 五、發明說明(3)

的效率並且降低其複雜度，與傳播通道特徵有關的資訊會傳回到該傳送器單元以便在傳送之前對該信號做事前調整。

當傳播通道的特徵快速改變的時候，對該信號做事前調整便會有困難。通道響應會因為接收器單元的移動或是該接收器單元週遭環境的改變而隨著時間改變。在行動環境的前提之下，最佳的效能會要求必須盡快地判斷與通道特徵有關的資訊，例如信號衰減以及干擾狀況，並且在通道特徵明顯改變之前傳送到該傳送器單元。當測量及報告過程的延遲增加時，可以使用的通道響應資訊便會減少。所以目前需要的是一有效率的技術可以迅速地判斷該通道特徵。

#### 本發明摘要

本發明係關於一種用以於高效率及高性能通信系統中量測及報告頻道狀態資訊的方法與裝置，包括的步驟：產生多個前導信號；在一個傳送器單元與多個接收器單元之間的傳播通道上傳送該多個前導信號，其中該傳送器單元至少包括一傳送天線，每個該接收器單元至少包括一接收天線，而該傳播通道包括在該傳送器單元與該多個接收器單元之間的子通道；在每個該接收器單元中至少接收該多個前導信號中的一個；至少判斷該一個子通道中傳送特徵集，其中該判斷傳送特徵集的步驟至少會使用到在每個接收器單元中所接收的該多個前導信號中的一個；從每個接收器單元向該傳送器單元報告一資訊信號，其中該資訊信

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明(4)

號載有至少一個子通道的該傳送特徵集；在傳送器單元中根據該資訊信號對一傳送參數集進行最佳化。

在本發明的觀點中，前導符號會在多個脫離OFDM子通道集中傳送。當該前導符號會在多個脫離OFDM子通道集中傳送時，會透過一載有該傳導符號的K子通道集來判斷該傳播通道的特徵，其中K小於該系統中的OFDM子通道的數目。除了在脫離子通道中傳送前導信號之外，該系統會傳送一時域(time domain)前導序列用以判斷該傳播通道的特徵。連同該前導符號的產生及傳送，本發明的觀點係將重建該傳播通道特徵所需要的資訊量的壓縮。

### 圖示簡要說明

參考下列圖示會更清楚本發明的特點，特性及優點，其中：

圖1A所示的係一多重輸入/多重輸出(MIMO)通信系統圖；

圖1B所示的係一具有通道狀態資訊回授的OFDM型MIMO系統圖；

圖1C所示的係一可以用以預估該通道狀態資訊的OFDM前導信號結構範例圖；

圖2所示的係一傳送器單元傳送天線的傳送範例圖；

圖3所示的係一圖1A中之通信系統的資料處理器及調變器的方塊圖；

圖4A與4B所示的係可以用以處理類似控制，廣播，語音，或是運載量(traffic)資料等之通道資料串的兩種方塊

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 5 )

圖：

圖 5A 至 5C 所示的係用以產生圖 2 的傳送信號的處理單元方塊圖；

圖 6 所示的係具有多重接收天線，用以接收多個通道資料串的接收器單元方塊圖；及

圖 7 所示的係根據一實例可以以多種通信系統運作模式達成的頻譜效率圖。

### 特定實例細部說明

圖 1A 所示的係一可以達成本發明實例的多重輸入/多重輸出 (MIMO) 通信系統 100 圖。通信系統 100 的天線，頻率，以及時間多樣性得以增加頻譜效率，改善效能，以及增加彈性。所增加的頻譜效率其特徵是當想要更有效的利用系統頻寬時可以在每秒每赫茲傳送更多的位元 (bps/Hz)。下面將細部說明取得較高頻譜效率的技術。對一連結的載波雜訊干擾比 (carrier-to-noise-plus-interference ratio) (C/I) 而言，舉例來說，所改善的效能可以以較低的位元錯誤率 (bit-error-rate) (BER) 或是訊框錯誤率 (frame-error-rate) (FER) 來做量化。所增加的彈性其特徵是可以容納多個具有不同條件的使用者。利用多重載波調變 (multi-carrier modulation)，分時多工 (time division multiplexing) (TDM)，多重傳送及/或接收天線，以及其它技術可以達到部分的目標。下面將細部說明本發明的特點，觀點，以及優點。

如圖 1A 所示，通信系統 100 包括一第一系統 110 會與第二系統 120 互相通信。系統 110 包括一(傳送)資料處理器 112 用

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明(6)

以(1)接收或是產生資料，(2)處理資料以提供天線，頻率，或是時間多樣性，或是三者的組合，以及(3)提供處理過的調變符號給調變器(MOD) 114a至114t。每個調變器114會再進一步的處理該調變符號以產生適合傳送的RF調變信號。接著來自調變器114a至114t的RF調變信號會透過通信連結118從個別的天線116a至116t傳送到系統120。

圖1A，系統120包括多個接收天線122a至122r用以接收所傳送的信號並且將所接收的信號提供給個別的解調變器(DEMOD)124a至124r。如圖1A所示，每個接收天線122從多個傳送天線116接收信號會因多個因素而改變，舉例來說，系統110所使用的運作模式，傳送與接收天線的直接性，通信連結的特徵，以及其它的因素。每個解調變器124會利用與傳送器所使用之調變技巧相匹配的解調變技巧來對個別接收的信號進行解調變。接著會將來自解調變器124a至124r的解調變符號提供給(接收)資料處理器126將該符號做進一步的處理以提供輸出資料。下面將細部說明傳送器及接收器單元上的資料處理。

圖1A所示的僅係從系統110向前連結傳送到系統120。此結構可以用以做資料播送及其它單向的資料傳送應用。在雙向的通信系統中，還會提供一從系統120的反向連結到系統110，但是為了簡單化，未顯示在圖1A。對雙向的通信系統而言，系統110與系統120都可以當作傳送器單元或是接收器單元，或是兩者皆是，端賴該單元要傳送資料或是接收資料而定。

## 五、發明說明（ 7 ）

爲了簡單化，所示的通信系統100包括一傳送器單元（也就是系統110）及一接收器單元（也就是系統120）。不過，通常，在每個傳送器單元及接收器單元都會有多個傳送天線及接收線。本發明的通信系統可以包括任意的傳送器單元及接收器單元。

每個傳送器單元包括單一的傳送天線或是多個傳送天線，如圖1A所示。同樣地，每個接收器單元包括單一的接收天線或是多個接收天線，也是如圖1A所示。舉例來說，該通信系統包括一具有多條天線的中央系統（也就是，相當於IS-95 CDMA系統中的基地台）用以傳送資料及接收資料，多個遠端系統（remote system）（也就是，用戶單元（subscriber unit），相當於CDMA系統中的遠端基地台），其中有些包括一個天線而有些則包括多個天線。

如此處所使用的，多個天線元件總稱的天線係分布在各地地方。該天線元件可能是在單一場所或是多個場所。放置在單一場所的天線元件可以當作一天線陣列（antenna array）（舉例來說，CDMA基地台所使用的）。一天線網路係由分散各地的天線陣列或是元件所組成（舉例來說，多個CDMA基地台）。一天線陣列或是天線網路會設計成具有形成電波（beams）並且從該天線陣列或是網路將多個電波傳送出去的能力。舉例來說，可以將一CDMA基地台設計成可以從同一個天線陣列將三種電波傳送到覆蓋地區（coverage area）（或是區段）的三個地區。因此，可以將三種電波看成是從三個天線所傳送的。

## 五、發明說明(8)

本發明的通信系統可以提供一能夠支援具有不同條件與能力之用戶單元的多使用者，多存取通信方式。該方式讓系統的整體作業頻寬，W，(例如1.2288 MHz)有效率地為不同資料率，不同延遲，及不同服務品質(quality of service, QOS)的不同種類的服務所分享。

不同種類的服務包括語音服務及資料服務。通常語音服務的特徵是低資料率(例如8 kbps至32 kbps)，短處理延遲(例如3 ms至100 ms的整體單向延遲)，以及連續使用一通信通道一段期間。通常語音服務的短延遲條件在每次的語音電話期間會佔用部份的系統資源。相反的，資料服務的特徵是會在傳送不同資料量的某一時刻有"瞬間大量(bursty)"的流量。瞬間與瞬間(burst-to-burst)及使用者與使用者(user-to-user)之間的資料量變化相當大。為了高效率，本發明的通信系統會設計成具有將某部分可用資源分配給語音服務以及將其餘的資源分配給資料服務的能力。也可以將部份的可用系統資源專門作為某種資料服務使用。

每個用戶單元可達到的最小與最大資料率範圍相當廣(例如200 kbps至20 Mbps)。某一時刻特定用戶單元可達到的資料率會受到多個因素的影響，例如可用的傳送功率，通信連結的品質(也就是，C/I)，編碼方式，以及其它。每個用戶單元的最小資料率條件(例如語音電話的8 kbps)與最大瞬間峰值速率(例如瞬間大量資料服務的20 Mbps)範圍也是相當廣。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

## 五、發明說明(9)

通常語音與資料流量的比率係隨著時間任意改變的。根據本發明的觀點，要同時有效率地支援兩種服務，本發明的通信系統會設計成具有根據語音與資料流量作資源的動態分配的能力。下面將說明動態分配資源的方式。另一種分配資源的方式在前述的美國專利編號08/963,386中有作說明。

本發明的通信系統可以提供上述的特點與優點，並且能夠支援具有不同條件的服務種類。該特點係利用天線，頻率，或是時間的多樣性，或其組合而達成。天線，頻率，或是時間的多樣性可以獨自達成且動態地選擇。

如此處所使用的，天線多樣性所指的是透過多個天線來傳送及/或接收資料，頻率多樣性所指的是透過多個子通道來傳送資料，而時間多樣性所指的是在不同的時間來傳送資料。天線，頻率，及時間的多樣性有幾種類型。舉例來說，傳送多樣性所指的是透過多個傳送天線以改善通信連結的可靠性，接收多樣性所指的是透過多個接收天線以改善通信連結的可靠性，而空間多樣性所指的是透過多個傳送及接收天線以改善通信連結的可靠性及/或增加容量。傳送及接收多樣性也可以一起使用用以改善通連結的可靠性而不增加連結容量。因此，可以有各種天線，頻率，及時間多樣性的組合並且都在本發明的範圍內。

頻率多樣性可以藉由類似正交分頻多工(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM)的多載波調變方式來達成，使得可以在該作業頻寬的各種子通道中來傳送資

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂 · 線

## 五、發明說明 ( 10 )

料。時間多樣性可以藉由在不同時間傳送資料來達成，利用分時多工 (time-division multiplexing, TDM) 可以較容易達成。下面將細部說明本發明通信系統的各种觀點。

根據本發明的觀點，天線多樣性可以利用傳送器單元上的多個 ( $N_T$ ) 傳送天線或是接收器單元上的多個 ( $N_R$ ) 接收天線，或是傳送器與接收器單元上的多個天線來達成。在地面通信系統中 (例如上所述細胞式系統，廣播系統，MMDS 系統及其它)，來自傳送器單元的 RF 調變信號會透過多種傳送路徑傳送到接收器單元中。通常該傳送路徑的特徵會隨著時間因為多種因素而改變。如果使用到一個以上的傳送或是接收天線的話，並且如果在傳送與接收天線之間的傳送路徑係獨立的話 (也就是不相關)，通常至少有某種程度的真實性，那麼當天線數目增加的時候，接收所傳送的信號的正確性便會增加。通常，當傳送與接收天線的數目增加，多樣性便會增加，而性能便獲得改善。

天線多樣性可以根據通信連結的特徵做動態的提供以便達到所要的效能。舉例來說，對某種通信 (例如當作信號)，某種服務 (例如語音)，某種通信連結特徵 (例如低 C/I)，或是某些其它的狀況及考量的時候，可以提供較高階的天線多樣性。

如此處所使用的，天線多樣性包括傳送多樣性及接收多樣性。對傳送多樣性來說，資料係透過多個傳送天線來傳送。通常，會對傳送天線所傳送的資料作額外的處理以達到所要的多樣性。舉例來說，會對從不同傳送天線所傳送

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



## 五、發明說明 ( 11 )

的資料作延遲或是及時記錄，或是編碼以及在可用的傳送天線上作間隔插入(interleave)。同時，頻率及時間多樣性可以與不同的傳送天線一起使用。對接收多樣性來說，會在多個接收天線上接收調變信號，並且透過不同的傳送路徑來接收信號便可以輕易地達到多樣性效果。

根據本發明的另一個觀點，可以利用多載波調變方式來達到頻率多樣性的效果。其中一種具有許多優點的方式便是OFDM。利用OFDM調變，可以將全部的傳送通道劃分成多個(L)平行的子通道用以傳送相同的或是不同的資料。全部的傳送通道會佔用所有的作業頻寬W，而每個子通道所佔用的子頻帶頻寬為W/L並且係以不同的中央頻率為中心。每個子通道可以視為與一特殊(可能是唯一的)處理，編碼，以及調變方式有關的獨立傳送通道，如下所述。

資料可以分割並且透過兩個或是更多的已定義的子頻帶集來傳送以提供頻率多樣性效果。舉例來說，可以在時間區(time slot)1透過子通道1，時間區2透過子通道5，時間區3透過子通道2傳送至某一特殊用戶單元等。另一實例，可以在時間區1透過子通道1與2(例如在兩個子通道上傳送相同的資料)，在時間區2透過子通道4與6，在時間區3只透過子通道2，將資料傳送至某一特殊用戶單元。在不同時間透過不同的子通道傳送資料可以改善遭受頻率選擇性信號衰減及通道失真等問題之通信系統的效能。OFDM調變的其它好處如下所述。

根據本發明的另一個觀點，可以利用在不同時間傳送資

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 12 )

料以達到時間多樣性的效果，利用分時多工(TDM)可以更輕易地達到效果。對資料服務而言(也可能對語音服務)，在不同的時間區作資料傳送可以選擇在不會受到通信連結中與時間有關的衰減影響來進行。時間多樣性也可以透過間隔插入來達到效果。

舉例來說，可以在時間區1至x，或是在可能的時間區1至x子集(例如時間區1, 5, 8等)上將資料傳送至某一特殊用戶單元。在每個時間區上所傳送的資料量可以是變動的或是固定的。在多個時間區作傳送可以改善因為脈衝雜訊及干擾時資料接收的正確性。

天線，頻率，及時間多樣性的組合會使得本發明的通信系統的效能非常好。天線，頻率，及/或時間多樣性至少可以在某些傳送資料上改善接收的正確性，然後可以用以校正在其它傳送上所發生的錯誤(例如透過編碼)。天線，頻率，及時間多樣性的組合會使得該通信系統同時容納具有不同資料率，處理延遲，及服務品質條件的不同類型的服務。

本發明的通信系統會設計成可以在不同的通信模式下操作，每個通信模式都會利用天線，頻率，或是時間多樣性，或是其組合。舉例來說，該通信模式包括一多樣性通信模式以及一MIMO通信模式。該通信系統也支援各種多樣性與MIMO通信模式的組合。同時，也可以有其它的通信模式並且係在本發明的範圍內。

該多樣性通信模式利用傳送及/或接收多樣性，頻率，或

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 13 )

是時間多樣性，或是其組合，通常係用以改善該通信連結的可靠性。在其中一種多樣性通信模式中，該傳送器單元會從該接收器單元熟知的一可能結構的有限集中選擇調變及編碼方式(例如，結構)。舉例來說，每個耗用時間(overhead)及共同通道可能與某一全部接收器單元都熟知的特殊結構有關。當對一特定使用者使用該多樣性通信模式時(例如語音電話或是資料傳送)，該接收器單元會將該模式及/或結構視為一優先(priori)(例如來自前面的設定)或是協商(negotiated)(例如透過一共同通道)。

在該多樣性通信模式中，資料會在多個時間上從多個天線在多個子通道上傳送。所配置的子通道可能與同一個天線有關，或是與不同的天線有關。在該多樣性通信模式的共同應用中，同時也稱之為"單純(pure)"多樣性通信模式，資料會從所有可用的傳送天線傳送到目的地接收器單元中。該單純多樣性通信模式可以使用在資料率條件較低或是低C/I，或是兩者皆是的距離上。

該MIMO通信模式會在通信連結的兩端使用天線多樣性，並且通常係用以改善該通信連結的可靠性及增加其容量。該MIMO通信模式還會將頻率及/或時間多樣性與天線多樣性一起使用。該MIMO通信模式，此處亦稱之為空間通信模式，會利用下面所述的多個處理模式。

該多樣性通信模式的頻譜效率比該MIMO通信模式來得低，特別是在高C/I準位時。不過，在低至中等C/I值時，該多樣性通信模式可以達到不錯的效能而且較容易完成。

## 五、發明說明 ( 14 )

通常，在中等至高C/I值時，使用MIMO通信模式可以提供較高的頻譜效率。因此該MIMO通信模式在資料率條件為中等至高準位時會較為有利。

該通信系統會設計成同時支援多樣性與MIMO通信模式。該通信模式可以以各種方式來運用並且，為了增加彈性，可以單獨地使用在一子通道的基礎上。通常該MIMO通信模式會運用在特定的使用者上。不過，每個通信模式可以在子通道子集，全部子通道，或是其它的基礎上獨立地運用在每個子通道上。舉例來說，可以將MIMO通信模式運用在特定的使用者上(例如資料使用者)並且，同時，將多樣性通信模式運用在不同子通道的另外特定的使用者上(例如語音使用者)。舉例來說，該多樣性通信模式也可以運用在遭受較高路徑損失的子通道上。

本發明的通信系統也可以設計成支援多種處理模式。在傳送器單元具有表示該通信連結狀況(也就是，"狀態")的前提下，在該傳送器單元必須作額外的處理以改善效能及增加效率。全部的通道狀態資訊(channel state information, CSI)或是部分的CSI可以供該傳送器單元使用。全部的CSI包括每個子頻帶的所有傳送與接收天線對之間之傳播路徑的充分特徵(也就是，振幅及相位)。全部的CSI還包括每個子頻帶的C/I。全部的CSI可以具現在描述傳送天線至接收天線的傳送路徑狀況的複數增益值矩陣集中，如下所述。部份CSI，舉例來說，包括子頻帶的C/I。利用全部的CSI或是部份CSI，在傳送到接收單元之前該傳送器單元會

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 15 )

事先判斷資料狀況。

該傳送器單元會以對特定接收器單元為唯一的方式事先判斷該傳送天線的資料狀況(例如可以對指定給接收器單元的每個子頻帶作事先狀況判斷)。只要該通道不會隨著時間而改變太多的話，該接收器單元會量測然後傳送回該傳送器用以事先判斷傳送狀況，所需要的接收器單元會對該傳送作解調變。在該實現中，全部CSI型的MIMO通信只會被與用以事先判斷傳送信號狀況的CSI有關的接收器單元解調變。

在部分CSI或是無CSI的處理模式中，該傳送器單元會利用一共同的調變及編碼方式(例如在每個資料通道傳送上)，然後(理論上)讓所有的接收器單元作解調變。在部分CSI的處理模式中，一單獨的接收器單元會指明C/I，並且藉此對該接收器單元選擇在全部天線所使用的調變(例如為了可靠的傳送)。其它的接收器單元會試著對該傳送作解調變，如果有足夠的C/I的話，便可以成功地將對該傳送還原。一共同的通道(例如廣播)會使用無CSI的處理模式傳送給所有的使用者。

作為範例，假設該MIMO通信模式係應用在從四個傳送天線在一特殊的子通道上傳送的通道資料串上。該通道資料串會被解多工(demultiplexed)成四個資料子串，每個傳送天線一個資料子串。然後會利用根據該子頻帶以及該傳送天線的CSI選擇一特殊的調變方式(例如，M-PSK，M-QAM，或是其它方式)對每個資料子串作調變。因此會針

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 16 )

對四個資料子串產生四個調變子串，每個調變子串具有一調變符號串。接著會利用特徵向量(eigenvector)矩陣事先判斷四個調變子串的狀況，如下面的方程式(1)所述，以產生事先狀況判斷調變符號。該四個事先狀況判斷調變符號串會分別提供給該四個傳送天線的四個組合器(combiners)。每個組合器會將所接收的事先狀況判斷調變符號與其它子通道的調變符號組合在一起以便對相關的傳送天線產生一調變符號向量串。

通常，對於所配置之每個子通道，全部CSI型的處理會運用在MIMO通信模式中，將平行資料串傳送給每個通道特徵模式(eigenmode)的特定使用者。當只發生在可用的特徵模式子集上傳送納入所配置之每個子通道的地方可以執行基於全部CSI的類似處理(例如進行電波束導引(beam steering))。因為與全部CSI處理有關的費用(例如在傳送器及接收器單元所增加的複雜度，從接收器單元傳送CSI到傳送器單元所增加的耗用時間等)，所以可以將全部CSI處理應用在有增加額外效能及效率的MIMO通信模式內的特定實例上。

在無法使用全部CSI的實例中，在傳送之前在傳送路徑上用以事先狀況判斷的可用的描述性資訊較少(或是部分CSI)。舉例來說，可以使用每個子通道的C/I。然後可以利用該C/I資訊來控制來自各種傳送天線的傳送以提供該子通道所需的效能並且增加系統容量。

如此處所使用，全部CSI型的處理模式所指的是使用全

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 17 )

部CSI的處理模式，而部份CSI型的處理模式所指的是使用部份CSI的處理模式。舉例來說，該全部CSI型的處理模式包括在MIMO通信模式中使用全部CSI型處理的全部CSI的MIMO模式。舉例來說，該部份CSI型的模式包括在MIMO通信模式中使用部份CSI型處理的部份CSI的MIMO模式。

在使用全部CSI或是部份CSI處理讓該傳送器單元利用可用的通道狀態資訊(例如特徵模式或是C/I)對資料作事先狀況判斷的實例中，必須有來自該接收器單元的回授資訊，會使用到該保留連結容量的部份。因此會有與全部CSI及部份CSI型處理模式相關的費用。在選擇使用何種處理模式時必須將此費用列入考慮。部份CSI型處理模式不需要耗用時間(overhead)並且會比全部CSI型處理模式或是其它環境下的部份CSI型處理模式來得有效率。

圖2所示的係本發明通信系統部份觀點的示意圖。圖2所示的係從傳送器單元上 $N_T$ 個傳送天線中的一個的傳送實例。圖2中，垂直軸係時間而水平軸則係頻率。在此實例中，傳送通道包括16個子通道並且用以傳送一連串的OFDM符號，每個OFDM符號涵蓋所有16個子通道(在圖2上方有一涵蓋所有16個子頻帶的OFDM符號)。同時也就是，顯示一TDM結構，將資料傳送分割成時間區，每個時間區具有，舉例來說，一調變符號的長度期間(也就是，每個調變符號係當作該TDM的間距)。

可使用的子通道可以用來傳送信號，語音，流量資料，及其它資料。圖2所示的例子中，時間區1的調變符號對應

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 18 )

於前導資料(pilot data)，會定期性地傳送協助接收器單元作同步及通道評估。也就是，可以使用其它的技術作時間及頻率上的前導資料分配，並且係在本發明的範圍內。另外，如果使用所有的子通道的話，在時間區間隔使用特殊的調變方式的話會有好處(例如時間間隔約 $1/W$ 的PN碼)。通常前導調變的傳送發生在特殊的訊框率上，必須夠快以便對通信連結中的變化作精確的追蹤。

接著不用以作前導傳送的時間區可以用以傳送各種資料。舉例來說，子通道1與2可以保留用以將控制及廣播資料傳送給接收器單元。通常在這些子通道上的資料會被所有的接收器單元接收。不過，部份控制通道上的信息係針對特定使用者的，並且會從而作編碼。

可以在其餘的子通道上傳送語音資料及流量資料。對圖2所示的範例來說，在時間區2至9的子通道3係作為語音電話1，在時間區2至9的子通道4係作為語音電話2，在時間區5至9的子通道5係作為語音電話3，而在時間區7至9的子通道6係作為語音電話5。

其餘可用的子通道及時間區可以作為流量資料的傳送。圖2所示的範例來說，資料1的傳送使用時間區2的子通道5至16及時間區7的子通道7至16，資料2的傳送使用時間區3與4的子通道5至16及時間區5的子通道6至16，資料3的傳送使用時間區6的子通道6至16，資料4的傳送使用時間區8的子通道7至16，資料5的傳送使用時間區9的子通道7至11，而資料6的傳送使用時間區9的子通道12至16。資料1至6的傳



## 五、發明說明 ( 19 )

送可以代表傳送至多個接收器單元的流量傳送。

本發明的通信系統可以彈性地支援流量資料傳送。如圖2所示，一特殊的資料傳送(例如資料2)會發生在多個子通道及/或多個時間區，而多個資料傳送(例如資料5與6)則可以發生在一個時間區中。資料傳送(例如資料1)也可以發生在非連續的時間區。該系統還會設計成支援在一子通道上作多個資料傳送。舉例來說，可以將語音資料與流量資料作多工處理並且在單一子通道上傳送。

資料傳送的多工處理可以從OFDM符號變成符號。特別的是，每個使用者的通信模式不同(例如傳送語音或是資料給其他人)。舉例來說，語音使用者會使用多樣性通信模式，而資料使用者會使用MIMO通信模式。可以將此觀念延伸至子通道上。舉例來說，資料使用者可以在具有足夠C/I的子通道中使用MIMO通信模式，而在其它子通道上使用多樣性通信模式。

天線，頻率，及時間多樣性可以分別藉由從多個天線傳送資料，在不同子頻帶內之多個子通道傳送資料，及在不同時間區傳送資料來達成。舉例來說，對一特殊傳送之天線多樣性(例如語音電話1)可以藉由在兩個或是更多天線的一特殊子頻帶(例如子頻帶1)上傳送資料(語音)來達成。對一特殊傳送之頻率多樣性(例如語音電話1)可以藉由在不同子頻帶內兩個或是更多子通道(例如子頻帶1與2)傳送資料來達成。而天線及頻率多樣性組合可以藉由從兩個或是更多天線以及在兩個或是更多子通道上傳送資料來達

## 五、發明說明(20)

成。時間多樣性則可以藉由在多個時間區傳送資料來達成。舉例來說，如圖2所示，在時間區7上的資料1傳送係在時間區2上的資料1傳送的一部份(例如新的或是重複)。

可以從多個天線及/或在多個子頻帶上傳送相同或是不同資料以達到所要的多樣性。舉例來說，資料傳送可以在：  
(1)某一天線的一子通道，(2)多個天線的一子通道(例如子通道1)，(3)全部 $N_T$ 個天線的一子通道，(4)某一天線的一子通道集(例如子通道1與2)，(5)多個天線的一子通道集，(6)全部 $N_T$ 個天線的一子通道集，(7)一天線集的一子通道集(例如在一時間區中天線1與2的子通道1，另一時間區中天線2的子通道1與2等)。因此，可以將子通道與天線作任意的組合以提供天線與頻率多樣性。

根據本發明提供最大的彈性並且可以達到高效能及高效率的特定實例中，每個傳送天線在每個時間區的每個子通道可以看成一獨立的傳送器單元(也就是，一調變符號)用以傳送任意的資料型態例如前導，信號，廣播，語音，流量資料，或是其組合(例如語音與流量資料之多工處理)。在此設計中，可以將語音電話動態地指定給時間上的不同子通道。

彈性，效能，及效率還可以藉由調變符號的獨立性來達成，如下所述。舉例來說，可以從調變方式(例如M-PSK，M-QAM，及其它方式)產生調變符號以達到在特殊時間，頻率，及空間對資源作最佳的使用。

爲了簡化傳送器單元及接收器單元的設計及實作會有一

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 21 )

些條件。舉例來說，語音電話可以在該電話期間，或是重新指定子通道的時候指定給一特殊的子通道。同樣地，信號及/或廣播資料也可以指定給一固定的子通道(例如子通道1作控制資料而子通道2作廣播資料，如圖2所示)讓該接收器單元知道哪個子通道該優先解調變以接收資料。

同樣地，每個資料傳送通道或是子通道也可以在該傳送期間或是指定新的調變方式的的時候限定使用某一特殊調變方式(例如M-PSK，M-QAM)。舉例來說，圖2，子通道3的語音電話1使用QPSK，子通道4的語音電話2使用16-QAM，時間區2的資料1傳送使用8-PSK，而時間區3至5的資料2傳送使用16-QAM等。

使用TDM可以在傳送語音資料及流量資料時有較大的彈性，並且可以考慮作資源的各種分派。舉例來說，在每個時間區可以分派一子頻道給一使用者，或是，同樣地，每四個時間區四個子頻道，或是其它配置。TDM可以讓資料集縮(aggregated)並且在指定的時間區傳送以改善效率。

如果在傳送器單元進行語音活動，那麼在間隔處便不會傳送語音，該傳送器單元會指定其它的使用者到該子通道以便將子通道效率作最大化。如果在語音空檔期間沒有可以傳送的資料的話，該傳送器單元會降低(關閉)在子通道傳送的功率，以減低對該網路其它細胞單元中使用相同子通道的系統內的其他使用者的干擾。相同的特點可以延伸至耗用時間，控制，資料，及其它通道。

通常在連續時間上配置小部份的可用資源會產生較小的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 22 )

延遲，並且可以更適用在像語音之類對延遲較敏感的服務上。在可能的額外延遲費用下，使用TDM作傳送可以提供較高的效率。本發明的通信系統可以配置資源以符合使用者的條件並且達到高效率及效能。

### MIMO系統中通道狀態資訊的量測及報告

假設使用多個傳送天線及接收天線系統的複雜性與分散通道效果有關，那麼較佳的調變技術便是OFDM，可以有效地將通道分解成不受干擾的窄頻集 (a set of non-interfering narrowband channels)，或是子通道。適當的OFDM信號設計，在一子通道上傳送的信號會看到"平平的信號衰減 (flat fading)"，也就是，該通道響應在該子通道頻寬上係恆定的 (constant)。該通道狀態資訊或是CSI包括每個子通道上介於所有傳送及接收天線對之間的傳播路徑的充分特徵 (也就是，振幅及相位)。CSI還包括每個子通道內相對的干擾及雜訊準位，也就是C/I資訊。CSI可以具現在描述傳送天線至接收天線的傳送路徑狀況的複數增益值矩陣集中，如下所述。利用CSI，該傳送器單元可以在傳送至接收器單元之前對資料作事先狀況判斷。

CSI處理簡述如下。當該傳送器單元可以使用CSI時，簡單的方式係將多輸入/多輸出通道分解成一獨立的通道集。假設傳送器單元上的通道轉換函數 (transfer function)，左邊的特徵向量可以用以傳送不同的資料串。每個特徵向量所用的調變字母係由該模式的可用C/I值來決定，由特徵值 (eigenvalues) 提供。假設H係一  $N_R \times N_T$  的矩陣，提供  $N_T$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 23 )

傳送天線元件及  $N_R$  接收天線元件在特定時間的通道響應，而  $\underline{x}$  係輸入至該通道的  $N_T$  向量的話，那麼所接收的信號可以表示成：

$$\underline{y} = H\underline{x} + \underline{n},$$

其中  $\underline{n}$  係一  $N_R$  向量表示雜訊及干擾。該通道矩陣與其共軛移項 (conjugate-transpose) 乘積所產生的 Hermitian 矩陣之特徵向量分解可以表示成：

$$H^* H = E \dot{E} E^*,$$

其中 \* 符號表示共軛移項  $E$  係特徵向量矩陣，而  $\dot{E}$  則係特徵值的對角矩陣 (diagonal matrix)，其維度皆是  $N_T \times N_T$ 。傳送器會利用特徵向量矩陣  $E$  來轉換一組  $N_T$  調變符號  $\underline{b}$ 。因此從該  $N_T$  傳送天線傳出的調變符號可以表示成：

$$\underline{x} = E\underline{b}$$

對所有的天線來說，可以利用矩陣來表示該事先狀況判斷：

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{11}, & e_{12}, & e_{1N_T} \\ e_{21}, & e_{22}, & e_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ e_{N_T1}, & e_{N_T2}, & e_{N_TN_T} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{N_T} \end{bmatrix} \quad \text{Eq(1)}$$

其中  $b_1, b_2, \dots$  及  $b_{N_T}$  分別是傳送天線 1, 2, ...  $N_T$  上的特殊子通道的調變符號，其中每個調變符號可以利用，舉例來說，M-PSK, M-QAM 等來產生，如下所述：

$E$  係與從傳送天線至接收天線之傳送損失有關之特徵向量矩陣；及

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

## 五、發明說明 ( 24 )

$x_1, x_2, \dots, x_{N_T}$  係事先狀況判斷調變符號，可以表示成：

$$x_1 = b_1 \cdot e_{11} + b_2 \cdot e_{12} + \dots + b_{N_T} \cdot e_{1N_T}$$

$$x_2 = b_1 \cdot e_{21} + b_2 \cdot e_{22} + \dots + b_{N_T} \cdot e_{2N_T}, \text{ 及}$$

$$x_{N_T} = b_1 \cdot e_{N_T1} + b_2 \cdot e_{N_T2} + \dots + b_{N_T} \cdot e_{N_TN_T}$$

因為  $H^*H$  係一 Hermitian，該特徵向量矩陣係一元的 (unitary)。因此，如果  $\underline{b}$  的元素的冪方相同的話， $\underline{x}$  的元素也會具有相同的冪方。所接收的信號可以表示成：

$$\underline{y} = H E \underline{b} + \underline{n}$$

該接收器會執行通道匹配濾波 (channel-matched-filter) 運算，緊跟在右邊的特徵向量的乘積之後。通道匹配濾波運算的結果為向量  $\underline{z}$ ，可以表示成：

$$\underline{z} = E^* H^* H E \underline{b} + E^* H^* \underline{n} = \underline{\tilde{E}} \underline{b} + \underline{\hat{n}} \quad \text{Eq(2)}$$

其中新的雜訊的協方差 (covariance) 可以表示成：

$$E(\underline{\hat{n}} \underline{\hat{n}}^*) = E(E^* H^* \underline{n} \underline{n}^* H E) = E^* H^* H E = \Lambda,$$

也就是，該雜訊成分係與該特徵值的變異數 (variance) 無關。 $\underline{z}$  的第  $i$  個成分的 C/I 為  $\lambda_i$ ， $\underline{\tilde{E}}$  的第  $i$  個對角元素。

所以該傳送器單元會根據該特徵值所給的 C/I 替每個特徵向量選擇一調變字母 (也就是，信號集 (signal constellation))。假設該通道狀況在時間間隔之間不會有明顯的改變，在接收器會量測及報告 CSI，並且用以對在傳送器上的傳送作事先狀況判斷，該通信系統的效能會等於已知 C/I 值的獨立 AWGN 通道集。

圖 1B 所示的係此一系統。步驟 141，該傳送器單元 140 會將資料轉換成多個資料子通道。會使用到不同的 QAM 集，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 25 )

由該模式及子通道之SNR決定。該子通道的特徵模式矩陣會對每個子通道的資料作事先狀況判斷。步驟142，某一特殊天線的事先狀況判斷資料會進行一反向的快速傅利葉轉換(IFFT)運算以產生一時域信號。步驟143，會在該時域信號上加一循環尾部(cyclic extension)或是循環首部(cyclic prefix)，以維持傳播通道時間多樣性內的OFDM子通道之間的正交。會對每個OFDM子通道產生一延伸符號值並且之後將其稱之為OFDM符號。步驟144，會從多個傳送天線傳送該OFDM符號。

步驟146，接收器單元145的多個天線會接收信號。步驟147，會對所接收的信號進行離散傅利葉轉換(DFT)運算將所接收的信號作通道化。步驟148，會處理來自所有接收天線子通道上的資料。在此處理步驟中，會從該資料中取出與通道特徵有關的資訊，並且將其轉換成更壓縮的格式。其中一種壓縮技術係利用共軛通道響應及特徵模式矩陣以降低用以描述通道特徵所需的資訊量。步驟149，會從該接收器單元145將含有壓縮過的通道狀態資訊的信息傳送到該傳送器單元140，然後用以對該傳送做更進一步的事先狀況判斷。

為了推導出CSI，對每個初始前端(initial preamble)來說，係以已知的前導符號來產生該傳送波形。不同的傳送天線的前導波形包含OFDM子通道的脫離集(disjoint set)，如圖1C中 $N_t=4$ 的情況。

利用OFDM調變，可以將該傳播通道分割成L個平行的子

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 26 )

通道。爲了快速判斷CSI，會傳送一完全由已知符號所組成的初始前端。爲了有效地分辨不同傳送接收天線圖樣的通道響應之不同之處，該前導信號會指定到子通道的脫離子集。圖1C所示的係一由脫離子通道子集所組成的OFDM前導結構範例。由子通道 $\{0,1,2,\dots,2^n-1\}$ 所組成的子通道集會被分解成四個子通道集 $A=\{0,4,8,\dots,2^n-4\}$ ， $B=\{1,5,9,\dots,2^n-3\}$ ， $C=\{2,6,10,\dots,2^n-2\}$ 及 $D=\{3,7,11,\dots,2^n-1\}$ 。子通道集A 150會在傳送天線Tx1 151上傳送，子通道集B 152會在傳送天線Tx2 153上傳送，子通道集C 154會在傳送天線Tx3 155上傳送，子通道集D 156會在傳送天線Tx4 157上傳送。通常，每個傳送天線會在跨越該通道的第N個子通道上傳送如此才可以讓全部的子通道在傳送天線之間都是脫離的。已知的前導符號可以在一子通道集的全部子通道中傳送。一特殊傳送天線所使用的子通道之間的最小間隔(spacing)是該通道參數的函數。如果該通道響應的延遲分佈很廣的話，那麼便需要有一緊密的間隔。如果天線的數目太多以至於只有單一OFDM符號的所有使用者無法擁有所要間隔的話，那麼便會使用到多個連續的OFDM符號，每個天線指定一個在多個前導符號中的一個或是更多個符號上的子通道的脫離子集。

該接收器單元會從一傳送器單元上的每個傳送天線接收在脫離子通道上的前導符號。如之前所討論的，該接收器單元具有一個或是更多的接收天線。假設 $\underline{x}=\{x_i, i=1,\dots,K\}$ 係在單一傳送天線上K個前導子通道上傳送的前導符號

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



## 五、發明說明 ( 27 )

值。該接收器單元會接收到的數值為  $y_{ij} = h_{ij}x_i + n_{ij}$ ，其中  $h_{ij}$  係在第  $j$  個接收天線上所接收第  $i$  個前導子通道的複數通道響應，而  $n_{ij}$  則係雜訊。該接收器單元可以從該關係來判斷單一傳送天線上  $K$  個子通道上通道響應的雜訊預估值。這些雜訊預估值可以用以推導各種不同方法中的傳播通道中的所有子通道的預估值，例如從簡單的內插法 (interpolation) 到使用在通道散佈及雜訊準位上優先資訊的複雜預估。該預估可以藉由在連續的 OFDM 符號上傳送前導符號並且將每個連續 OFDM 符號的預估值作平均而獲得改善。

會在每個傳送天線上對每個廣播前導符號的傳送天線作預估。完整傳播通道的 CSI 可以藉由通道響應矩陣集  $\{H_i, i=1, 2, \dots, 2^n\}$  來表示，其中矩陣  $H_i$  與第  $i$  個子通道有關，而每個矩陣  $H_i$  的元素為  $\{h_{ijk}, j=1, \dots, N_r, k=1, \dots, N_t\}$ ，每個  $N_t$  傳送及  $N_r$  接收天線的複數通道響應值。

脫離子通道集還可以運用在相鄰位置多連結的系統中，例如，從一傳送器單元傳送至多個接收器單元。在一基地台根據區段來傳送信號的系統中，一區段的傳送區會與別的區段的傳送區重疊。在一理想的基地台中，每個區段的傳送天線會在一與其它區段之傳送天線的方向脫離的方向上傳送信號。不幸的是，大部份的區段基地台都會有重疊的區域。利用本發明的實例，一基地台的所有傳送天線會指定一脫離的子通道子集以避免基地台區段之間的干擾。同樣地，相鄰的基地台也就是，會是產生干擾的主因，可以在基地台之間指定脫離的子通道子集。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 28 )

通常，會對每個指定一脫離子通道子集的連結計算其通道響應，也就是，會對主連結計算其響應。不過，會向該傳送器單元報告來自干擾連結的減少的CSI的數目。舉例來說，會傳送與鄰近連結的平均干擾準位有關的資訊並且用以判斷主連結可以支援的資料率。如果有多個干擾連結主導該平均干擾準位的話，那麼便會個別地向該系統報告這些連結的干擾資訊以便判斷在每個脫離子通道子集中的子通道的較有效的群(grouping)。

可以傳到該傳送器單元的其它CSI資訊為位指定給該主連結的子通道內的全部量測功率。指定給鄰近連結的子通道內的全部量測功率會提供全部干擾及雜訊功率的預估值。如果有多個OFDM符號係當成前導符號使用的話，那麼該平均量測通道響應及實際所接收的信號值可以用以直接預估在一子通道中的全部雜訊。

通常，對一基地台網路的子通道指定必須遵守"頻率再利用"的圖樣，其中相同的子通道只會在該連結有足夠的分開距離時才會使用。如果有大量的連結彼此互相干擾的話，那麼該OFDM子通道的數目便會不夠作每個前導OFDM符號的子通道指定。在此環境中，傳送天線會每P個前導符號來指定子通道，其中P係大於1的整數值。

在本發明的另一個實例中，該OFDM方式會設計來產生OFDM符號值將使用相同子通道或是脫離子通道的傳送天線之間的干擾減低到最小或是消除。在正交碼中，例如Walsh編碼，可以用以將Q個前導信號傳送至表示該前導信

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 29 )

號的Q個正交信號中。在使用Walsh編碼的例子中，該前導信號的數目會是2的次方。正交碼可以與之前所討論的脫離子通道集一起使用以便於降低來自相鄰連結的干擾。舉例來說，在一4x4的MIMO系統頻寬大約1MHz的系統中，假設將會使用256個OFDM子通道。如果該多路徑限制在十個微秒(microseconds)的話，載有前導符號的脫離子通道便必須間隔約50kHz或是更近。每個子通道大約是4kHz寬因此十二個子通道便有48kHz寬。如果將該OFDM子通道分割成12個子集每個子集各有20個子通道的话，便會有十六個子通道未使用。兩個連續的OFDM符號係作為一個前導信號，而在該兩個符號上則使用了正交編碼。因此，總共有二十四個不同的正交前導指定。這些二十四個正交前導會指定給不同的傳送天線與連結以便將干擾降低至最小。

在本發明的另一實例中，使用了大量的週期性OFDM符號作為前導資料。OFDM符號的數目必須夠多才能從大量的不同的傳送天線中精確地量測干擾的準位。這些平均的干擾準位會用以設定系統從不同站台同時傳送的限制條件，也就是，適應性的空白(adaptive blanking)方式讓所有的使用者幾乎都有相同的效能。

在本發明的另一實例中，可以不使用OFDM符號作為前導信號來判斷並且傳送一MIMO系統中MIMO傳播通道的CSI。可以使用最大長度位移暫存器(Maximal-Length Shift Register)序列(m-序列)來探測該傳播通道。m-序列係具有回授之位移暫存器的輸出。m-序列具有所需要的自關聯

## 五、發明說明 ( 30 )

(autocorrelation)特性，包括在一該序列全部期間上的關聯特性並且該序列的任何非零環狀位移 (non-zero circular shift) 會輸出數值 -1，其中該序列值為  $\pm 1$ 。所以，在零位移上的關聯為 R，其中 R 為該序列的長度。為了保持類似多路徑的關聯之類的所需要的特性，必須重複等於該通道延遲範圍的部份序列。

舉例來說，如果已知該通道多路徑限制在某一時間  $\tau_m$  而且該前導序列的長度至少為  $R\tau_m$  的話，那麼將會使用到該相同 m-序列中的 R 個不同的位移並且只有最小的相互干擾。這些 R 個不同的位移會指定給造成主要干擾的一基地台以及其它基地台的不同的傳送天線。

在該 MIMO 系統中距離甚遠的連結可以指定不同的 m-序列。不同的 m-序列的相互關聯 (cross-correlation) 特性並不會表現出一單一序列及其位移的最小關聯特性，但是不同的 m-序列多少都會類似隨機 (random) 序列一樣提供  $\sqrt{R}$  平均關聯準位，其中 R 為該序列長度。通常因為連結之間的隔離，所以該平均關聯準位在一 MIMO 系統中都會足夠。

具有回授的位移暫存器會產生所有可能的 m-序列，因而序列僅是一長度  $R=2^m-1$  的單一碼字組 (code word) 的位移版本，其中 m 為一正整數。所以，存在著一有限的不同的二位元個 m-序列。為了避免在會造成嚴重干擾的區域重複使用相同的 m-序列，必須使用較長的 m-序列的篩選版本。一 m-序列的篩選版本便不再是二位元，不過還是會呈現相

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 31 )

同的基本關聯特性。

舉例來說，假設在1MHz上傳送該前導序列，而該多路徑限制在十微秒。假設一基地台具有三個區段，其中每個區段分配有四個傳送天線，所以每個基地台總共有十二個天線。如果使用了長度為127的m-序列的話，那麼該序列的十二個不同的位移，每十個取樣的相對位移，會被指定到一單一基地台的天線中。那麼所傳送的前導符號的總長度便是137微秒，該時間是該序列的全部期間加上十個額外的取樣以容納該多路徑的範圍。十個不同的基地台可以指定不同的m-序列，利用在一編碼中的重複的m-序列可以重複使用所設計的圖樣以便將因為相同的m-序列所造成的干擾降到最小程度。

此處所討論的本發明實例係關於前導信號的設計及傳送，可以讓熟悉此技藝的人士推導出該傳播通道的特徵並且向該傳送基地台報告該特徵。不過，全部CSI的資訊量相當龐大並且多數是多餘的(redundant)。有許多方法可以將CSI的資訊量壓縮之後再傳送。其中一種前面討論過的方法是利用 $H^*H$ 的Hermitian矩陣，其中H係在接收器單元所判斷的通道響應。會向該傳送器單元報告該 $H^*H$ 的Hermitian矩陣，並且用以對該傳送作事先的判斷。由於Hermitian矩陣的特性，所以只需要傳送一半的矩陣元素，例如該 $H^*H$ 矩陣的複數下半三角形的部份，以及在另一實例中，數的對角線即可。如果接收天線的數目大於傳送天線的數目的話，還可以達到額外的效率。另外一種降低在

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 32 )

反向連結中傳送到該傳送器單元的資訊量的方法是只向該傳送器單元報告該通道響應矩陣 $H_i$ 的子集，透過內插方式可以判斷出該未報告的通道響應矩陣。在另外一種方法中，可以推導出每個傳送/接收天線對在該子通道上的通道響應表示函數，例如，可以產生一表示該通道響應的多項式 (polynomial) 函數。那麼便將該多項式函數的係數傳送到該傳送器單元。

至於壓縮該CSI資訊的其它方法，本發明的一個實例係在表示該通道響應的時域的傳送，該響應為通道脈衝響應 (impulse response)。如果該通道響應的時域表示相當簡單的話，例如只有兩個或是三個多路徑元件，便可以在該通道頻率響應集上進行反向的FFT運算。可以對每個傳送/接收天線對之間的連結來進行該反向的FFT運算。接著便將所得到的通道脈衝響應轉譯成要向該傳送器報告的振幅及延遲集。

如前面所討論的，在反向連結中會有與傳送相關的費用，而如果在MIMO系統具現本發明的上述實例的話，該項費用便會降低。另外一種降低費用的方法是根據其短期的平均CSI條件來選擇使用者。當通道衰減時該CSI條件會隨之改變，所以如果使用者預估所需要的CSI數量時便可以改善在反向連結上的效率，並且定期地或是不定期地通知基地台，視該使用者所觀察的該傳播通道的改變率。接著該基地台在進行使用順向及逆向連結排程 (scheduling) 的時候會將該因素考慮進去。排程的方式會讓與慢速改變傳

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 33 )

播通道有關的使用者的報告頻率低於讓與快速改變傳播通道有關的使用者。該基地台在排程時也會考慮系統使用者的數目及公平性。

在本發明實例的另一項觀點中，會指定時間間隔以便在長時間的傳送時可以根據該傳播通道的實際變化來做CSI的更新。有多種方式可以在接收站台監控傳播通道的變化。舉例來說，可以判斷出在符號上的軟判斷(soft decision)及最近QAM群體值(closest QAM constellation value)之間的差異並且當成標準來使用，或是也可以使用解碼器的相對大小。當所提供的標準品質低於預設的上限時，便會向該傳送器單元報告該CSI的更新情形。

因為在各種延遲所觀察到的平均功率係保持常數(constant)，所以即使通道衰減常常發生，但是一連結的整體多路徑功率延遲變化曲線(profile)會變化的非常慢。因此，用以描繪一連結特徵所需的CSI數量會因為連結而改變。為了作效能的最佳化，會針對特定的連結來進行CSI的編碼。如果以頻域(frequency-domain)的方式來傳送CSI的話，也就是對一通道響應矩陣作內插，那麼只有少數多路徑的連結只需要一小型的通道響應矩陣集。

### 高效率，高效能通信系統之結構元件

圖3所示的係圖1A系統110中資料處理器112及調變器114的方塊圖。具有系統110要傳送的全部資料的集縮輸入資料串會送到資料處理器112內的解調變器(DEMUX)310。解調變器310會將該輸入資料串解調變成多個(K個)通道資料

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 34 )

串， $S_1$ 至 $S_k$ 。每個通道資料串相當於，舉例來說，一信號通道，一廣播通道，一語音電話，或是一流量資料傳送。每個通道資料串會送到個別的編碼器312，利用一特殊的編碼方式對資料進行編碼。

在該編碼中包括錯誤校正碼或是錯誤偵測碼，或是兩者都有，用以增加該連結的可靠性。特別的是，這類編碼包括，舉例來說，間隔插入(interleaving)，迴旋(convolutional)編碼，渦輪(Turbo)編碼，格狀(Trellis)編碼，區塊(block)編碼(例如里德-所羅門(Reed-Solomon)編碼)，循環冗位檢查(cyclic redundancy check, CRC)編碼，及其它的編碼。渦輪編碼在美國專利編號序號09/205,511，1998年12月4日入檔，標題名稱"利用線性同等序列的渦輪編碼間隔插入器(Turbo Code Interleaver Using Linear Congruential Sequences)"，以及標題名稱"cdma2000 ITU-R RTT 候選協議(The cdma2000 ITU-R RTT Candidate Submission)"，此後稱之為IS-2000標準的文件中皆有更細部的說明，在此將兩份文件參考使用。

可以在每個通道進行編碼，也就是，圖3所示的每個通道資料串。不過，也可以在該集縮輸入資料串上，在多個通道資料串上，在部份的通道資料串上，跨越一天線集，跨越一子通道集，跨越一子通道及天線集，跨越每個子通道，在每個調變符號，或是在其它時間，空間，以及頻率單元上進行編碼。接著來自編碼器312a至312k的編碼資料會送到一資料處理器320來處理該資料以產生調變符

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



## 五、發明說明 ( 35 )

號。

在其中一種實例中，資料處理器320會在多個時間區以及多個天線上將每個通道資料串指定給多個子通道。舉例來說，對一相當於語音電話的通道資料串而言，資料處理器320會在一個天線(如果不使用傳送多樣性的話)或是多個天線(如果使用傳送多樣性的話)在該電話所需的時間區中指定子通道。對一相當於信號或是廣播通道的通道資料串而言，資料處理器320會在一個或是多個天線，同樣視是否使用傳送多樣性而定，上指定特定的子通道。接著資料處理器320會將剩餘的可用資源指定給相當於資料傳送的通道資料串。因為資料傳送的瞬間巨量以及對延遲的耐受性較大的特性，資料處理器320會指定可用的資源以達到該系統高效能及高效率的目標。因此會對資料傳送作"排程"以達到該系統目標。

在將每個通道資料串指定給個別的時間區，子通道，以及天線之後，會利用多載波調變來對該通道資料串內的資料作調變。使用OFDM調變有很多優點。在其中一種OFDM調變的實例中，會將每個通道資料串內的資料群聚成區塊，每個區塊有特定的資料位元。接著將每個區塊內的資料位元指定到與通道資料串有關的多個子通道上。

接著將每個區塊內的位元解調變成分離的子通道，每個子通道載有可能的不同的位元數(也就是，根據該子通道的C/I以及是否利用MIMO處理)。對每個子通道來說，會利用與該子通道有關的特殊調變方式(例如M-PSK或是M-

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 36 )

QAM)將位元群聚成調變符號。舉例來說，利用16-QAM，該信號群係由複數平面(也就是， $a+j*b$ )中的16個點所組成，在該複數平面中的每個點載有4個位元資訊。在該MIMO處理模式中，在子通道內的每個調變符號表示一調變符號的線性組合，每個係由不同的群集中所選出的。

L個調變符號集合形成一維度L的調變符號向量V。該調變符號向量V的每個元素都係關於一具有搭載該調變符號之唯一頻率或是音調的特定子通道。L個調變符號集合彼此都互相正交。在每個時間區及對每個天線而言，該L個調變符號相當於L個子通道，會利用反向快速傅利葉轉換(IFFT)將其組合成OFDM符號。每個OFDM符號包括來自指定給該L個子通道之通道資料串之資料。

OFDM調變在John A.C. Bingham於1990年五月發表於IEEE通信雜誌，標題名稱為"用以作資料傳送之多載波調變：是使用該想法的時候了(Multicarrier Modulation for Data Transmission: An Idea Whose Time Has Come)"的論文中有更細部的說明，此處參考使用。

所以資料處理器320會接收並處理對應K個通道資料串之編碼資料以提供 $N_T$ 個調變符號向量， $V_1$ 至 $V_{N_T}$ ，每個傳送天線一個調變符號向量。在部分實例中，部分調變符號向量在特定的子通道上具有複製(duplicate)資訊供不同的傳送天線使用。調變符號向量 $V_1$ 至 $V_{N_T}$ 會分別送到調變器114a至114t。

圖3，每個調變器114包括一IFFT 320，循環首部產生器

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 37 )

322，以及一上傳轉換器324。IFFT 320會將接收到的調變符號向量轉換成時域表示的OFDM符號。IFFT 320可以設計成在任意的子通道數(例如8,16,32等)上來執行IFFT。另外，對每個轉換成OFDM符號的調變符號向量而言，循環首部產生器322會重複該表示OFDM符號的時域部份以產生特定天線的傳送符號。該循環首部可以確保傳送符號在多路徑延遲範圍中保有其正交特性，從而改善不良路徑的效能，如下所述。IFFT 320及循環首部產生器322已為該技藝所熟知因此不在此作細部說明。

接著上傳轉換器324會處理來自每個循環首部產生器322的時域表示(也就是，每個天線的傳送符號)，轉換成類比信號，調變成RF頻率，並且作狀況判斷(例如放大及濾波)以產生一RF調變信號，然後從個別的天線116傳送出去。

圖3還顯示一資料處理器320的方塊圖。每個通道資料串的編碼資料(也就是，該編碼資料串X)會送到個別的资料處理器332。如果該通道資料串係透過多個子通道及/或多個天線傳送的話(至少在部份傳送沒有重複)，通道資料處理器332會將該通道資料串解調變成多個(最多有 $L \cdot N_T$ 個)資料子串。每個資料子串相當於在特殊天線上的特殊子通道的傳送。在典型的實例中，因為部份的子通道作為信號，語音，及其它種類的資料使用，所以資料子串的數目會少於 $L \cdot N_T$ 個。接著會處理該資料子串以產生每個指定子通道的對應子串，然後傳送至組合器334。組合器334會將每個天線指定的調變符號組合成調變符號向量，然後當成

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 38 )

一調變符號向量串來提供。接著 $N_T$ 個天線的 $N_T$ 個調變符號向量串會送到後面的處理區塊中(也就是,調變器114)。

在提供最大彈性,最佳效能,及最高效率的設計中,在每個時間區,每個子通道上傳送的調變符號會個別獨立地選取。該特點可以在三個維度-時間,頻率,及空間中對可用資源作最佳的利用。因此每個調變符號所傳送的資料位元數都不相同。

圖4A所示的係可以用以處理一個通道資料串的通道資料處理器400的方塊圖。通道資料處理器400可以用以具現圖3的通道資料處理器332。通道資料串的傳送會發生在多個子通道上(例如圖2的資料1)也可以發生在多個天線。在每個子通道上及每個天線上的傳送可以表示非重複性的資料。

在通道資料處理器400內,解調變器420會接收編碼資料串, $X_i$ ,並且將其解調變成多個子通道資料串, $X_{i,1}$ 至 $X_{i,M}$ ,每個用以傳送資料的子通道一個子通道資料串。該資料解調便可以是均勻的(uniform)或是非均勻的(non-uniform)。舉例來說,如果已知傳送路徑的部份資訊的話(也就是,已知全部CSI或是部份CSI),解調變器420會將更多的資料位元導入可以傳送更多bps/Hz的子通道中。然而,如果未知CSI的話,解調變器420會均勻地將約略相同的位元數導入每個配置的子通道中。

然後將每個子通道資料串送到個別的分空間(spatial division)處理器430。每個分空間處理器430還會在將所接

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

## 五、發明說明（39）

收的子通道資料串解調變成多個（最多有 $N_T$ 個）資料子串，每個用以傳送資料的天線一個資料子串。因此，在解調變器420及分空間處理器430之後，該編碼資料串 $X_i$ 會被解調變至最多 $L \cdot N_T$ 個資料子串從最多 $N_T$ 個天線傳送至最多 $L$ 個子通道中。

在任意的時間區上，每個分空間處理器430最多會產生 $N_T$ 個調變符號並且傳送到 $N_T$ 個組合器400a至400t。舉例來說，指定給子通道1的分空間處理器430a最多可以提供 $N_T$ 個調變符號給天線1至 $N_T$ 的子通道1。同樣地，指定給子通道k的分空間處理器430k最多可以提供 $N_T$ 個調變符號給天線1至 $N_T$ 的子通道k。每個組合器400會接收該 $L$ 個子通道的調變符號，將每個時間區的符號組合成一調變符號向量，並且提供該調變符號向量作為一調變符號向量串 $V$ ，傳送到下一個處理級（例如調變器114）。

通道資料處理器400也可以設計提供所需的處理以實現上述的全部CSI或是部份CSI處理模式。該CSI處理可以基於可用的CSI資訊及所選擇的通道資料串，子通道，天線等來進行。該CSI處理也可以選擇性地動態性地啟用以及取消。舉例來說，該CSI處理可以對特殊的傳送來啟用而對其它的傳送來取消。該CSI處理可以在特定的條件下來啟用，舉例來說，當該傳送連結有足夠的C/I的時候。

圖4A所示的通道資料處理器400提供高度的彈性。不過，通常並非全部的通道資料串都需要如此的彈性。舉例來說，通常語音電話的資料係在該電話期間，或是該子通

## 五、發明說明 ( 40 )

道重新指定的時候在一子通道上傳送。對這些通道資料串而言可以將該通道資料處理器的設計大大地簡化。

圖4B所示的係使用在類似耗用資料，信號，語音，或是流量資料的一通道資料串上的處理方塊圖。分空間處理器450可以用以實現圖3的一通道資料處理器332並且用以支援類似語音電話的通道資料串。通常語音電話係在多個時間區指定給一個子通道(例如圖2的語音1)並且從多個天線傳送。該編碼資料串， $X_j$ ，會送到分空間處理器450將資料群聚成區塊，每個區塊具有一特殊的位元數用以產生調變符號。接著來自分空間處理器450的調變符號會送到與用以傳送該通道資料串的多個天線有關的多個組合器440中。

現在對圖2所示的可以產生傳送信號的傳送器單元的特定實例作說明以更了解本發明。在圖2的時間區2中，控制資料在子通道1傳送，廣播資料在子通道2傳送，語音電話1與2分別指定給子通道3與4，而流量資料則係透過子通道5至16傳送。在此例子中，假設該傳送器單元包括四個傳送天線(也就是， $N_T=4$ )並且會對該四個天線產生四個傳送信號(也就是，四個RF調變信號)。

圖5A所示的係一用以產生圖2時間區2之傳送信號的處理單元部份之方塊圖。輸入資料串會送到解調變器(DEMUX)510將該資料串解調變成五個通道資料串， $S_1$ 至 $S_5$ ，對應圖2中的控制，廣播，語音1，語音2，及資料1。每個通道資料串會送到個別的編碼器512利用替該資料串所選擇的編

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 41 )

碼方式做資料的編碼。

在此實例中，會利用傳送多樣性來傳送通道資料串， $S_1$ 至 $S_3$ 。因此，編碼資料串 $X_1$ 至 $X_3$ 會分別送到通道資料處理器532以產生該資料串的調變符號。接著來自通道資料處理器532a至532c的調變符號會送到四個所有的組合器540a至540d。每個組合器540會接收與該組合器相關之天線的全部16個子通道的調變符號。在每個時間區將該符號組合進每個子通道中以產生一調變符號向量，並且將該調變符號向量當成調變符號向量串， $V$ ，提供給相關的調變器114。如圖5A所示，通道資料串 $S_1$ 係全部四個天線在子通道1上的傳送，通道資料串 $S_2$ 係全部四個天線在子通道2上的傳送，而通道資料串 $S_3$ 則係全部四個天線在子通道3上的傳送。

圖5B所示的係一用以處理通道資料串 $S_4$ 的編碼資料的處理單元部份之方塊圖。在此實例中會利用空間多樣性來傳送通道資料串 $S_4$ （而非通道資料串 $S_1$ 至 $S_3$ 所使用的傳送多樣性）。利用空間多樣性，會在多個天線上進行資料的解碼及傳送（同時在每個指定的子通道上或是在不同的時間區）。編碼資料串 $X_4$ 會送到通道資料處理器532d以產生該資料串的調變符號。此例子中的調變符號係選擇自對應每個通道之特徵模式的符號字母的調變符號之線性組合。在此實例中，有四個特徵不同的模式，每個都可以搭載不同的資訊量。其中一個實例，假設特徵模式1具有一可以可靠地傳送64-QAM（6個位元）的C/I，特徵模式2可以使用

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 42 )

16-QAM (4個位元)，特徵模式3可以使用QPSK (2個位元) 而特徵模式4則可以使用BPSK (1個位元)。因此全部四個特徵模式的組合總共可以同時傳送13個資訊位元當成在同一子通道內全部四個天線上的有效調變符號。在每個天線上所指定之子通道的有效調變符號係與每個特徵模式有關之個別符號的線性組合，如上述方程式(1)中矩陣相乘所述。

圖5C所示的係一用以處理通道資料串 $S_5$ 的處理單元部份之方塊圖。該編碼資料串 $X_5$ 會送到解調變器(DEMUX)530將該資料串 $X_5$ 解調變成十二個子通道資料串， $X_{5,11}$ 至 $X_{5,16}$ ，每個配置的子通道5至16都有一個子通道資料串。接著每個子通道資料串會送到個別的子通道資料處理器536用以產生相關的子通道資料串的調變符號。接著來自子通道資料處理器536a至536l的子通道符號資料串會分別送到解調變器538a至538l。每個解調變器538會將所接收的子通道符號資料串解調變成四個符號子串，每個符號子串對應到在一特殊天線上的特殊子通道。接著來自每個解調變器538的四個符號子串會送到四個組合器540a至540d。

圖5C，對一子通道資料串進行處理以產生一子通道符號資料串，接著該子通道符號資料串會被解調變成四個符號子串，每個符號子串對應到每個天線上的一个特殊子通道。該實例與圖4A中所述的不同。圖4A，某一特殊子通道的子通道資料串會被解調變成多個資料子串，每個資料子串對應到一個天線，然後經過處理之後會產生相關的符號



## 五、發明說明 ( 43 )

子串。圖 5C 的解調變係在該符號調變之後進行，而圖 4A 的解調變係在該符號調變之前進行。也可以使用其它的實例並且係在本發明的範圍內。

圖 5C 中子通道資料處理器 536 及解調變器 538 的任意組合所進行的動作都與圖 5B 中子通道資料處理器 532d 及解調變器 534d 的組合類似。平均而言，來自每個解調變器 538 的每個符號子串率是來自相關的通道資料處理器 536 的符號資料串率的四分之一。

圖 6 所示的係一接收器單元 600 的方塊圖，具有多個接收天線，用以接收多個通道資料串。來自多個傳送天線的傳送信號會被天線 610a 至 610r 接收並且繞徑 (route) 到個別的前端處理器 612。舉例來說，接收天線 610a 會接收多個來自傳送天線所傳送的信號，而接收天線 610r 也同樣會接收多個傳送信號。每個前端處理器 612 會對所接收的信號作狀況判斷 (例如濾波及放大)，將狀況判斷過的信號向下轉換成中頻或是基頻，並且對向下轉換的信號進行取樣及量化處理。通常每個前端處理器 612 還會利用所接收的前導符號對與該特定天線相關的取樣進行解調變以產生 "關聯的 (coherent)" 取樣送到個別 FFT 處理器 614 中，每個接收天線一個。

每個 FFT 處理器 614 會產生所接收取樣之轉換表示並且提供個別調變符號向量資料串。接著來自 FFT 處理器 614a 至 614r 的調變符號向量資料串會送到解調變器及組合器 620，將來自每個 FFT 處理器 614 的調變符號向量資料串作

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 44 )

通道化處理成多個(最多L個)子通道符號資料串。接著會在解調遍及解碼之前，根據所使用的通信模式(例如多樣性或是MIMO)，處理來自全部FFT處理器614的子通道符號資料串。

對一使用多樣性通信模式所傳送的通道資料串而言，會將用以作通道資料串傳送的來自所有天線的子通道符號資料串送到一組合器將時間，空間，及頻率上的多餘資訊組合起來。接著將所組合的調變符號資料串送到一(多樣性)通道處理器630進行解調變。

對一使用MIMO通信模式傳送的通道資料串而言，用以作通道資料串傳送的所有子通道符號資料串會送到一MIMO處理器將每個子通道內所接收的調變符號正交化(orthogonalize)成不同的特徵模式。該MIMO處理器會執行上面方程式(2)所述的處理並且產生多個對應到在該傳送器單元所使用的特徵模式的獨立符號子串。舉例來說，MIMO處理器可以利用左邊的特徵向量來執行所接收之調變符號的乘法以產生事後狀況判斷(post-conditioned)調變符號，該符號相當於在該傳送器單元上的全部CSI處理器之前的調變符號。接著會將該(事後狀況判斷)符號子串送到一(MIMO)通道處理器630進行解調變。所以，每個通道處理器630會接收一調變符號資料串(在多樣性通信模式中)或是多個符號子串(在MIMO通信模式中)。接著會將每個調變符號資料串或是子串送到個別的解調變器(DEMOD)進行解調變(例如M-PSK，M-QAM，或是其他)，該解調變方

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 45 )

式與在傳送器單元所處理之子通道所使用的調變方式相互搭配。對該MIMO通信模式而言，來自所有指定的解調變器之解調變資料會被單獨解碼或是多工處理至一通道資料串然後解碼，視在該傳送器單元上所使用的編碼及調變方法而定。對多樣性MIMO通信模式而言，來自通道處理器630的通道資料串會送到個別的解碼器640，該解碼方式與在傳送器單元之通道資料串所使用的解碼方式相互搭配。來自每個解碼器540的解碼資料會預估該通道資料串所傳送的資料。

圖6所示的係一接收器單元實例。可以使用其它的設計並且係在本發明之範圍內。舉例來說，一接收器單元可以設計成只有一接收天線，也可以設計成能夠同時處理多個(例如語音，資料)通道資料串。

如上所述，在本發明的通信系統中使用多載波調變。特別的是，OFDM調變可以提供多項好處包括改善在多路徑環境中的效能，降低具體化的複雜度(相對於MIMO操作模式)，及彈性等。不過，也可以使用其它的多載波調變並且係在本發明之範圍內。

OFDM調變可以改善因為在傳送天線及接收天線之間傳播環境所造成的多路徑延遲範圍或是差異路徑延遲所引起的系統效能。該通信連結(也就是，RF通道)具有的延遲延展會大於該系統操作頻寬 $W$ 的倒數。因此，一通信系統所使用的調變方式讓傳送符號期間小於該延遲範圍的話，將會遭受內部符號干擾(inter-symbol interference, ISI)該ISI會

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

## 五、發明說明 ( 46 )

扭曲所接收到的符號並且增加錯誤偵測的範圍。

利用 OFDM 調變，可以將該傳送通道 (或是操作頻寬) 分成多個 (非常多) 平行的子通道 (或是子頻帶) 用以傳送資料。因為該子通道的頻寬通常都小於該通信連結的頻寬非常多，所以利用 OFDM 調變可以將因為該連結中的延遲範圍所造成的 ISI 明顯地降低或是消除。相反地，除非傳送符號率小於該通信連結的延遲範圍，否則大部份傳統的調變方式 (例如 QPSK) 對 ISI 都相當敏感。

如上所述，循環首部可以用以克服多路徑的不良效應。循環首部係一 OFDM 符號的一部份 (通常是前面部份，在 IFFT 之後)，圍繞在該符號的後面。循環首部係用以維持該 OFDM 符號的正交性，該正交性通常會被多路徑破壞。

考慮一通信系統其通道延遲範圍小於  $10 \mu\text{sec}$  的例子。每個 OFDM 符號將一循環首部附加在其上確保全部的符號可以在多路徑延遲範圍存在時維持其正交性。因為該循環首部不載任何額外的資訊，只是耗用時間。為了保持良好的效率，該循環首部期間必須是整體傳送符號期間的一小部份。對上面的例子而言，使用 5% 的耗用時間作為循環首部，一  $10 \mu\text{sec}$  的最大通道延遲範圍必須有  $200 \mu\text{sec}$  的傳送符號期間。該  $200 \mu\text{sec}$  的傳送符號期間相當於每個子頻帶  $5 \text{ kHz}$  的頻寬。如果整體的系統頻寬是  $1.2288 \text{ MHz}$  的話，便可以提供 250 個約略  $5 \text{ kHz}$  的子通道。實際上，子通道數為二的次方相當方便。所以，如果該傳送符號期間增加到  $205 \mu\text{sec}$  而且將該系統頻寬分成  $M=256$  個子頻帶的話，每個子頻帶

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

## 五、發明說明（47）

將會有4.88 kHz的頻寬。

在本發明的特定實例中，OFDM調變可以降低該系統的複雜性。當該通信系統使用MIMO技術時，與該接收器單元相關的複雜性很高，特別是有多路徑存在時。利用OFDM調變可以讓每個子通道獨立地被該MIMO處理利用。因此，當利用MIMO技術時，OFDM調變可以明顯地簡化在該接收器單元上的信號處理。

OFDM調變也可以增加在多個使用者之間分享系統頻寬， $W$ ，的彈性。特別的是，可以在多個使用者群之間分享可以使用之用以作OFDM符號送的空間。舉例來說，低速率的語音使用者可以配置在OFDM符號中的一子通道或是部份的子通道，而其它子通道可以配置給基於集縮需要的資料使用者。另外，可以在可用的子通道或是（可能的話）在部份子通道上載送耗用時間。廣播，以及控制資料。

如上所述，每個時間區上的子通道都係關於類似M-PSK或是M-QAM從某些字母所選取出來的調變符號。在特定的實例中，每個 $L$ 子通道調變符號的選擇可以是最有效的使用係由該子通道所組成。舉例來說，子通道1可以利用QPSK產生，子通道2可以利用BPSK產生，子通道3可以利用16-QAM產生等。因此，對每個時間區而言，可以產生並組合 $L$ 個子通道的 $L$ 個調變符號以產生該時間區的調變符號向量。

可以將多個子通道配置給多個使用者。舉例來說，每個

## 五、發明說明 ( 48 )

語音使用者可以配置一個單一的子通道。其餘的子通道可以動態地配置給資料使用者。在此情形中，其餘的子通道可以配置給單一的資料使用者或是分割給多個資料使用者。另外，可以保留部份的子通道給所傳送的耗用時間，廣播，以及控制資料。在本發明的特定實例中，可能需要利用仿隨機(pseudo-random)的方式針對每個調變符號(可能的話)來改變子通道的分配以增加多樣性並且提供部份干擾的平均性。

在CDMA的系統中，在每個反向連結傳送必須控制傳送功率以便基地台可以在最低的傳送功率達到所需要的訊框錯誤率(frame error rate, FER)，從而將與該系統中其它使用者之間的干擾降到最低。在該CDMA系統的順向連結中，也可以調整傳送功率以增加系統的容量。

在本發明的通信系統中，必須控制在順向連結及反向連結上的傳送功率以便將干擾降到最低並且增加系統的容量。有各種方式可以做功率控制。舉例來說，可以在每個資料串上，每個天線上，或是其它的量測單元上進行功率控制。當在多樣性通信模式下操作的時候，如果某一特殊天線的路徑損耗很大的時候，因為在接收器單元只能接收些許的部份，所以必須降低該路徑的傳送或是關閉。同樣地，如果傳送係發生在多個子通道的時候，路徑耗損最多的子通道只能傳送最少的功率。

在一實例中，可以利用類似CDMA系統所使用的回授機制來作功率控制。可以從接收器單元定期地或是自發性地

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

## 五、發明說明 ( 49 )

傳送功率控制資訊給傳送器單元引導該傳送器單元增加或是減少其傳送功率。舉例來說，可以根據接收器單元上的BER或是FER來產生功率控制位元。

圖7所示的係關於本發明通信系統之部份通信模式的頻譜效率。圖7，假設一位元錯誤率的每個調變符號之位元數係多個系統結構之C/I的函數。 $N_T \times N_R$ 表示該結構的維度，其中 $N_T$ =傳送天線的數目而 $N_R$ =接收天線的數目。在圖7中模擬了二多樣性的結構，也就是1x2與1x4，以及四MIMO結構，也就是，2x2，2x4，4x4，及8x4並且提供其結果。

如圖所示，一BER的每個調變符號之位元數的範圍從小於1 bps/Hz到大約20 bps/Hz。在C/I值很低的時候，該多樣性通信模式及MIMO通信模式的頻譜效率是相同的，而效率的改善並不顯著。不過，在C/I值較高的時候，使用MIMO通信模式時頻譜效率的改善會非常顯著。在特定的MIMO結構及特定的情況下，最高可以達到20倍的改善。

從這些圖中，可以發現通常當傳送及接收天線增加的時候，頻譜效率便會增加。通常改善效果也會受限於較低 $N_T$ 及 $N_R$ 。舉例來說，多樣性結構1x2與1x4，兩者都大約能達到6 bps/Hz。

檢視各種可達到的資料率，可以將圖7的頻譜效率值應用在子通道基底的結果上以取得該子通道可能資料率的範圍。例如，對一在5dB的C/I上操作的用户單元來說，該用户單元可以達到的頻譜效率係介於1 bps/Hz至2.25 bps/Hz

## 五、發明說明 ( 50 )

之間，視所使用的通信模式而定。因此，在一5 kHz的子通道中，該用戶單元可以維持的最高資料率係介於5 kbps至10.5 kbps之間。如果C/I為10 dB的話，那麼同一個用戶單元可以維持的最高資料率係介於每個子通道10.5 kbps至25 kbps之間。總共有256個可使用的子通道，對一在10 dB的C/I上操作的用戶單元來說，可以維持的最高資料率便是6.4 Mbps。因此，假設該用戶單元的資料率條件及該用戶單元操作的C/I值已知的話，該系統可以配置所需要的子通道數以符合該條件。在資料服務的例子中，每個時間區所配置的子通道數，舉例來說，會隨著其它的流量負載而改變。

該通信系統反向連結的設計架構類似於該順向連結。不過，並沒有廣播及共用控制通道，取而代之的是定義於特定子通道內或是該訊框之特定調變符號位置內之隨機存取通道。這些通道可以讓部份或是全部的用戶單元來使用以傳送簡短需求(例如登記，資源需求等)給中央基地台。在該共用的存取通道中，該用戶單元可以使用共用的調變及編碼。其餘的通道可以如同在順向連結中配置給不同的使用者。該系統可以控制資源的配置及解除(在順向連結及反向連結上)並且可以在順向連結的控制通道上傳送。

設計反向連結的一個考量係介於最接近的用戶單元及最遙遠的用戶單元之間的最大差異傳播延遲。在相較於循環首部期間延遲較小的系統中，並不需要在傳送器單元上進行校正。不過，在延遲較顯著的系統中，循環首部可以延

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



## 五、發明說明 ( 51 )

伸以考慮所增加的延遲。在部份例子中，可能必須對該圓程(round trip)延遲作合理的預估並且校正傳送時間，以便該符號可以在正確的時刻抵達中央基地台。通常會有殘餘錯誤(residual error)，所以該循環首部還可以延伸以容納該殘餘錯誤。

在該通信系統中，部份在覆蓋區的用户單元可以從一個以上中央基地台接收信號。如果由多個中央基地台所傳送的資訊在兩個或是多個子通道上有備份以及/或是來自兩個或是多個天線的話，該用户單元可以利用多樣性組合方式將所接收的信號組合及調變。如果所使用的循環首部足以處理介於最早與最後抵達之間的差異傳播延遲的話，便可以正確地將信號組合在該接收器內並且解調變(理想狀態下)。此多樣性接收在OFDM的廣播應用中已為人所熟知。當子通道配置給特定的用户單元時，便可以從多個中央基地台將特定子通道上所要傳送的相同資訊傳送給一特定的用户單元。此觀念類似於CDMA系統中所使用的軟傳遞(soft handoff)。

如上所述，該傳送器單元及接收器單元係由各種處理器所產生的，包括各種的資料處理器，編碼器，IFFTs，FFTs，解調變器，組合器等。這些處理單元可以以各種方式產生，例如應用積體電路(application specific integrated circuit, ASIC)，數位信號處理器，微控制器，微處理器，或是其它設計來執行此處所述之功能的電子電路。同樣地，該處理單元可以以一用以執行達到此處所述之功能的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 ( 52 )

指令碼之通用處理器或是特殊設計處理器來產生。因此，此處所述的處理單元可以利用硬體，軟體，或是組合的方式來產生。

前面較佳實例的說明可以讓熟悉此技藝之人士來製造或是使用本發明。熟悉此技藝之人士可以對這些實例作各種修改，而此處所定義的一般法則則可以運用在未使用本發明的其它實例上。因此，本發明並不限於此處所示之實例，而係包含與此處所揭露之原理及新式特點相容之最大的範圍。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝 · 訂 · 線

四、中文發明摘要(發明之名稱：用以於高效率及高性能通信系統中量測及報告頻道狀態資訊之方法及裝置)

通信系統可使用通道狀態資訊(Channel state information, CSI)在傳送器單元與接收器單元之間作前置狀況傳送(precondition transmission)。在本發明中，脫離子通道集(disjoint sub-channel sets)會被指定為傳送器單元上的傳送天線。前導符號(pilot symbol)會在該脫離子通道中產生及傳送。在接收到所傳送的前導符號時，接收器單元會判斷攜帶前導符號的脫離子通道之CSI。這些CSI值會報告給傳送器單元，傳送器單元會使用這些CSI值以產生未攜帶前導符號的脫離子通道之CSI預測值。在反向連結(reverse link)中報告CSI所需的資訊量可以利用壓縮技術及資源配置技術做進一步的最小化。

英文發明摘要(發明之名稱："METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING AND REPORTING CHANNEL STATE INFORMATION IN A HIGH EFFICIENCY, HIGH PERFORMANCE COMMUNICATIONS SYSTEM")

Channel state information (CSI) can be used by a communications system to precondition transmissions between transmitter units and receiver units. In one aspect of the invention, disjoint sub-channel sets are assigned to transmit antennas located at a transmitter unit. Pilot symbols are generated and transmitted on a subset of the disjoint sub-channels. Upon receipt of the transmitted pilot symbols, the receiver units determine the CSI for the disjoint sub-channels that carried pilot symbols. These CSI values are reported to the transmitter unit, which will use these CSI values to generate CSI estimates for the disjoint sub-channels that did not carry pilot symbols. The amount of information necessary to report CSI on the reverse link can be further minimized through compression techniques and resource allocation techniques.

## 六、申請專利範圍

1. 一種用以於多重輸入/多重輸出通信系統中量測及報告傳播通道特徵的方法，包括下列步驟：

產生多個前導信號；

在一個傳送器單元與多個接收器單元之間的傳播通道上傳送該多個前導信號，其中該傳送器單元至少包括一傳送天線，每個該接收器單元至少包括一接收天線，而該傳播通道包括在該傳送器單元與該多個接收器單元之間的子通道；

在每個該接收器單元中至少接收該多個前導信號中的一個；

至少判斷該一個子通道中傳送特徵集，其中該判斷傳送特徵集的步驟至少會使用到在每個接收器單元中所接收的該多個前導信號中的一個；

從每個接收器單元向該傳送器單元報告一資訊信號，其中該資訊信號載有至少一個子通道的該傳送特徵集；及

在傳送器單元中根據該資訊信號對一傳送參數集進行最佳化。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中傳送多個前導信號的步驟包括：

產生多個脫離的正交分頻多工 (OFDM) 子通道集，其中該多個脫離的 OFDM 子通道集包括脫離的，正交分頻多工子通道集；及

至少在多個脫離的 OFDM 子通道集中的一個至少傳送

## 六、申請專利範圍

一個前導信號。

3. 如申請專利範圍第2項之方法，其中產生多個脫離的OFDM子通道集的步驟包括如果至少有一傳送天線與其它傳送天線的距離很遠的話，重複使用至少該多個脫離的OFDM子通道集中的一個。
4. 如申請專利範圍第2項之方法，其中判斷至少多個子通道之一的傳送特徵集的步驟包括對一脫離的OFDM子通道群作分析。
5. 如申請專利範圍第4項之方法，其中該傳送特徵集包括一平均干擾準位。
6. 如申請專利範圍第4項之方法，其中該傳送特徵集包括一雜訊準位。
7. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該多個前導信號包括多個正交序列。
8. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該多個前導信號包括多個OFDM符號。
9. 如申請專利範圍第8項之方法，其中該多個OFDM符號係正交編碼。
10. 如申請專利範圍第9項之方法，其中該多個OFDM符號係利用Walsh編碼序列作正交編碼。
11. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該多個前導信號包括多個移位的最大長度位移暫存器序列(m-序列)，其中每個移位的m-序列係分隔一預設的期間。
12. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該多個前導信號

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 六、申請專利範圍

- 包括多個移位的，附加的m-序列，其中每個移位的，附加的m-序列包括重複的m-序列部份。
13. 如申請專利範圍第4項之方法，其中該分離的OFDM子通道集包括：
- 至少一個分離的OFDM子通道集與一主連結有關；及  
至少一個分離的OFDM子通道集與一干擾連結集有關。
14. 如申請專利範圍第13項之方法，其中該資訊信號載有與主連結及干擾連結集有關的傳送特徵集。
15. 如申請專利範圍第2項之方法，其中該報告傳送參數的步驟包括：
- 產生一表示主連結之傳送特徵集的多項函數；及  
傳送與該多項函數有關的係數集。
16. 如申請專利範圍第2項之方法，其中該報告資訊信號的步驟包括至少對一子通道進行傳送特徵集的壓縮，其中該傳送特徵集係在一通道頻率響應上進行反向快速傅利葉轉換而得的。
17. 如申請專利範圍第1項之方法，還包括：
- 在該傳送器單元上產生多個排程信息；及  
至少傳送一個排程信息給至少一個接收器單元，其中至少在接收到一個排程信息時，至少會有一接收器單元會對報告資訊信號的步驟進行排程。
18. 一種用以於多重輸入/多重輸出通信系統中量測及報告傳播通道特徵的裝置，包括：

## 六、申請專利範圍

用以產生多個前導信號的裝置；

用以在一個傳送器單元與多個接收器單元之間的傳播通道上傳送該多個前導信號的裝置，其中該傳送器單元至少包括一傳送天線，每個該接收器單元至少包括一接收天線，而該傳播通道包括在該傳送器單元與該多個接收器單元之間的子通道；

用以在每個該接收器單元中至少接收該多個前導信號中的一個的裝置；

用以至少判斷該一個子通道中傳送特徵集的裝置，其中該判斷傳送特徵集的步驟至少會使用到在每個接收器單元中所接收的該多個前導信號中的一個；

用以從每個接收器單元向該傳送器單元報告一資訊信號的裝置，其中該資訊信號載有至少一個子通道的該傳送特徵集；及

用以在傳送器單元中根據該資訊信號對一傳送參數集進行最佳化的裝置。

19. 一種用以於多重輸入/多重輸出(MIMO)通信系統中量測及報告傳播通道狀態資訊(CSI)的方法，包括下列步驟：

指定多個脫離的子通道集給多個傳送天線；

從一個傳送器單元傳送多個正交分頻多工(OFDM)前導信號給多個接收器單元，其中每個OFDM前導信號係在至少一個脫離的子通道集上傳送；

對多個OFDM前導信號進行解調變；

判斷多個脫離子通道集的CSI，其中判斷該CSI的步

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 六、申請專利範圍

驟係使用該多個解調變的 OFDM 前導信號；

傳送該多個脫離子通道集的 CSI 至傳送器單元；及

對一傳送符號作事先狀況判斷。

20. 如申請專利範圍第 19 項之方法，其中傳送該多個脫離子通道集的 CSI 的步驟包括：

將該 CSI 壓縮至一壓縮矩陣；及

將該壓縮矩陣的表示式傳送至該傳送器單元。

21. 如申請專利範圍第 20 項之方法，其中該壓縮矩陣係一通道響應矩陣及一該通道響應矩陣的複數共軛之乘積，其中該通道響應矩陣包括多個 CSI 增益值。

22. 如申請專利範圍第 21 項之方法，其中該壓縮矩陣的表示式係一特徵矩陣。

23. 如申請專利範圍第 19 項之方法，其中判斷該多個脫離子通道集的 CSI 的步驟還包括：

判斷一通信連結所具有的多路徑元件數目是否小於預設值；及

如果該多路徑元件數目小於預設值的話，便會在一通道頻率響應集上進行反向快速傅利葉轉換 (IFFT) 運算，該 IFFT 運算的結果便是傳送至該傳送器單元的通道狀態資訊。

24. 一種用以於多重輸入/多重輸出通信系統中量測及報告傳播通道狀態資訊 (CSI) 的系統，包括：

一置於基地台的處理器用以指定多個脫離的子通道集給多個傳送天線，用以產生多個前導信號，用以指

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



## 六、申請專利範圍

定每個前導信號給至少一個脫離的子通道集，以及用以對傳送資料作事先狀況判斷；

一與該處理器相連接的調變器用以接收多個前導信號並且將該多個前導信號調變至多個指定的脫離的子通道集上，其中該多個指定的脫離的子通道集係由多個傳送天線來傳送；

一在多個接收器單元上的解調變器用以接收在該多個脫離的子通道集所載的資料；及

一與該在多個接收器單元上的解調變器相連接的處理器用以對解調變資料作分析，其中該處理器會判斷來自解調變資料的CSI並且產生一CSI信息傳送至該基地台，其中在基地台的處理器會利用該CSI信息來對傳送資料作事先狀況判斷。

25. 如申請專利範圍第24項之系統，其中與該在多個接收器單元上的解調變器相連接的處理器會產生CSI信息給多個脫離子通道集的子集。
26. 如申請專利範圍第24項之系統，其中在基地台的處理器會產生多個前導信號包括多個正交序列。
27. 如申請專利範圍第24項之系統，其中在基地台的處理器會產生多個前導信號包括多個週期性的OFDM符號。
28. 如申請專利範圍第24項之系統，其中在基地台的處理器會產生多個前導信號包括多個移位的最大長度位移暫存器序列(m-序列)。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

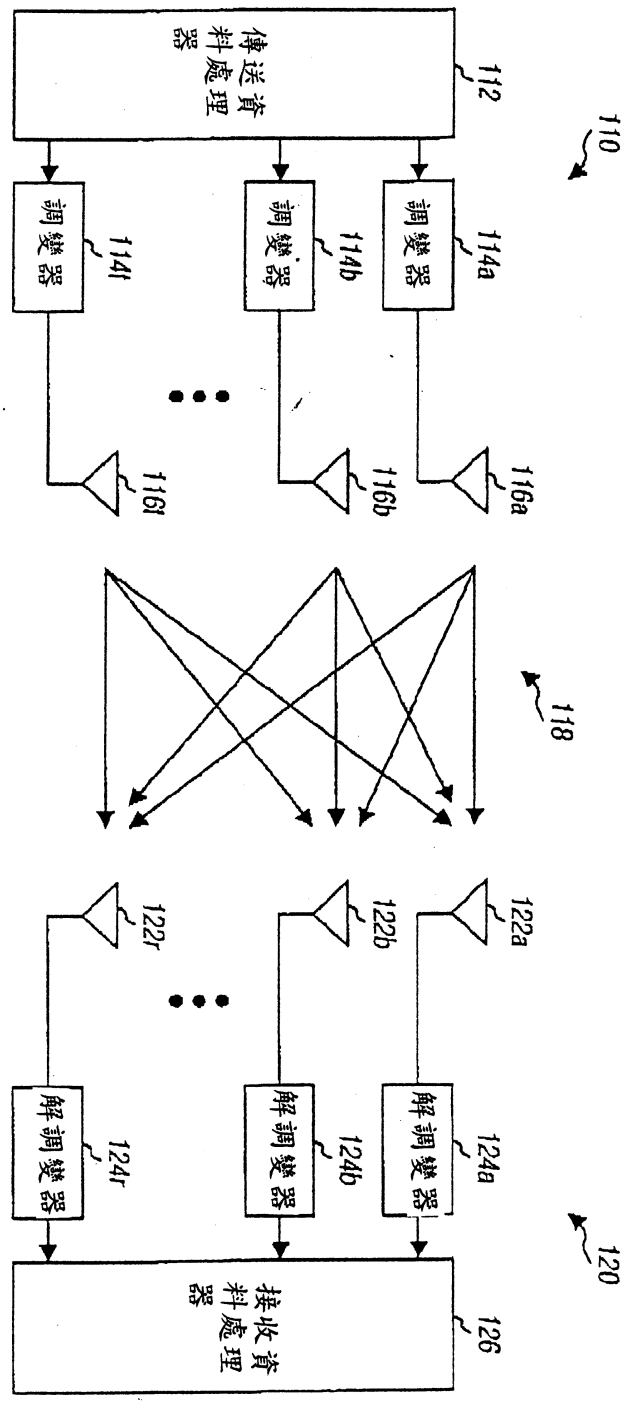


圖 1A

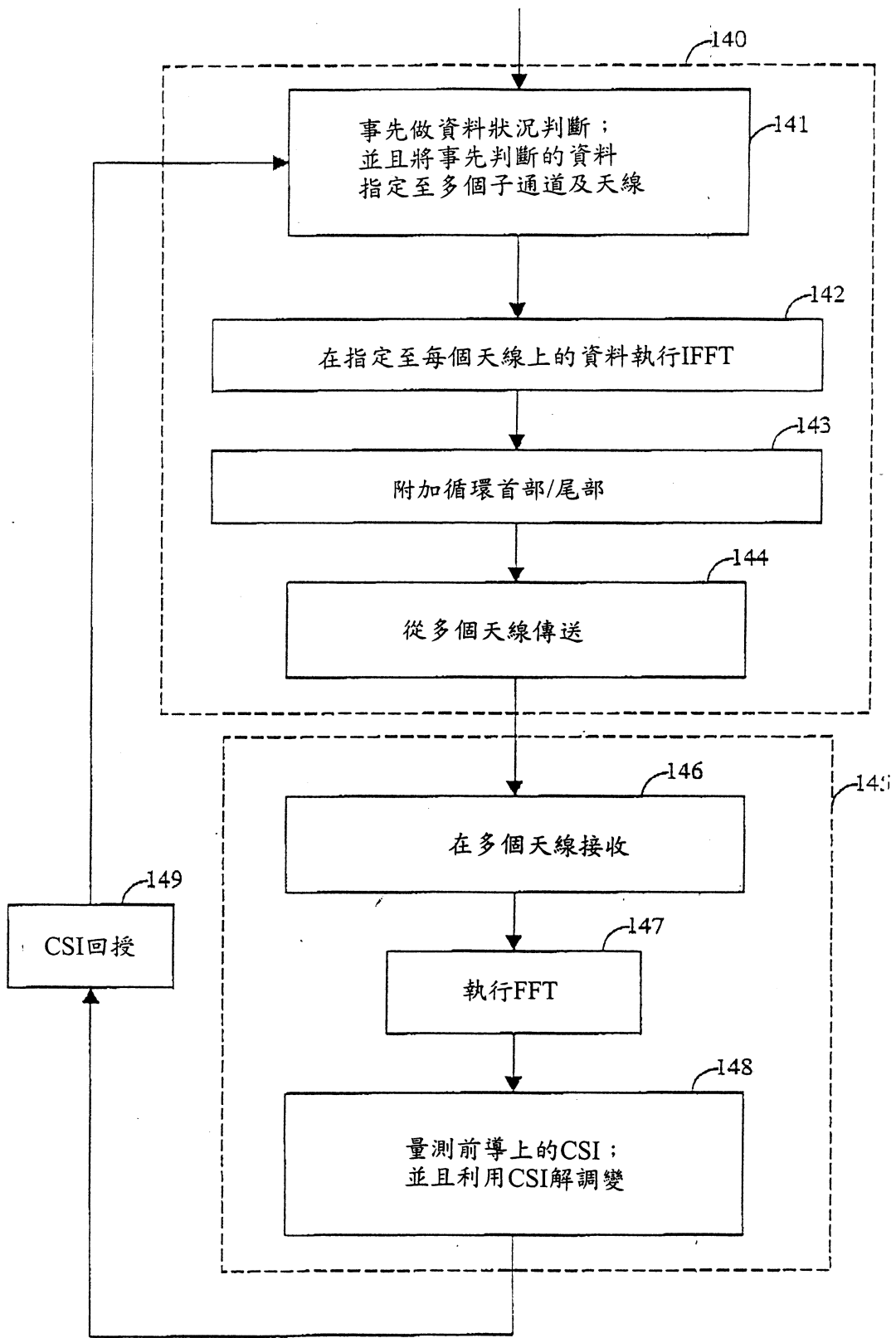


圖 1 B

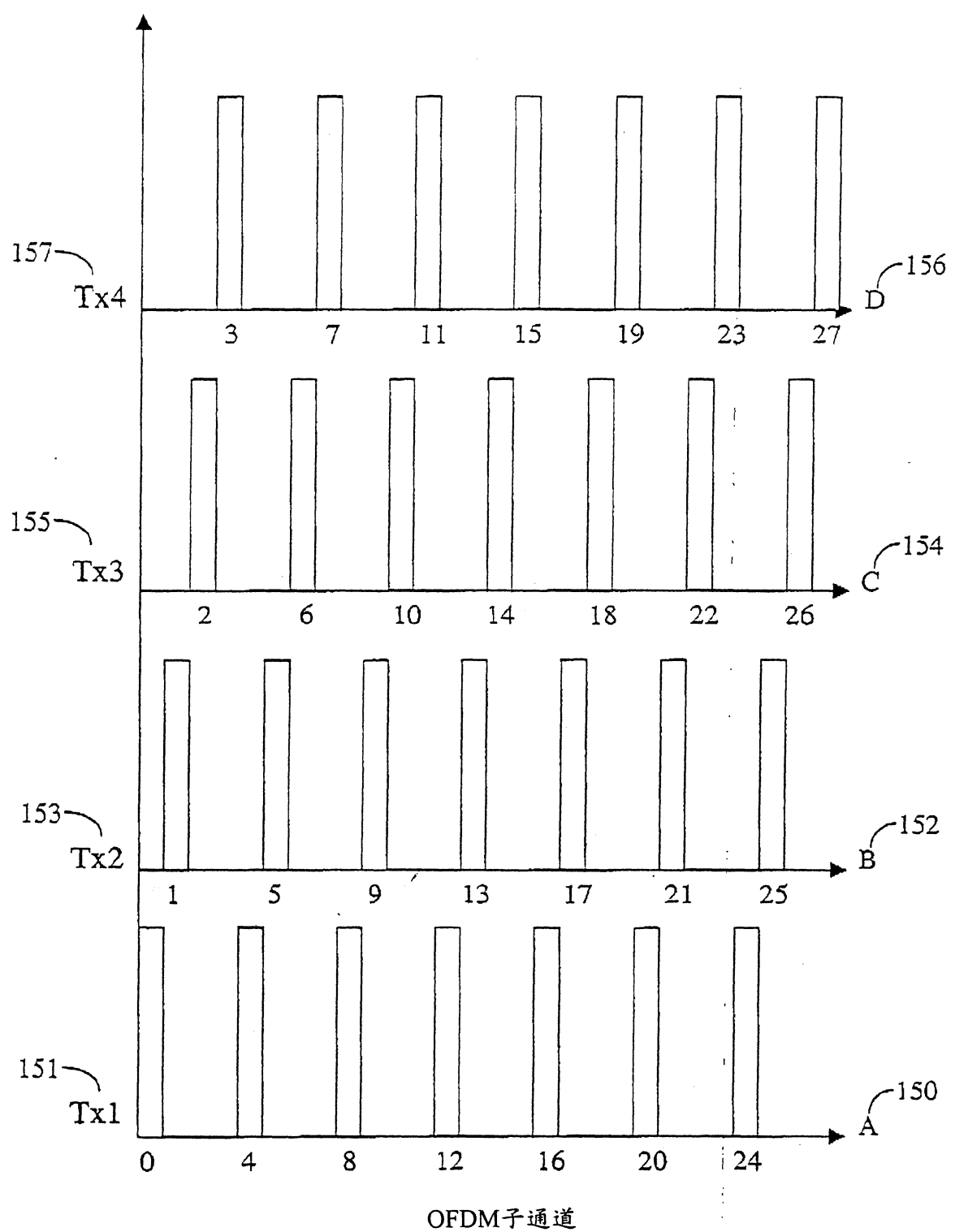


圖 1C

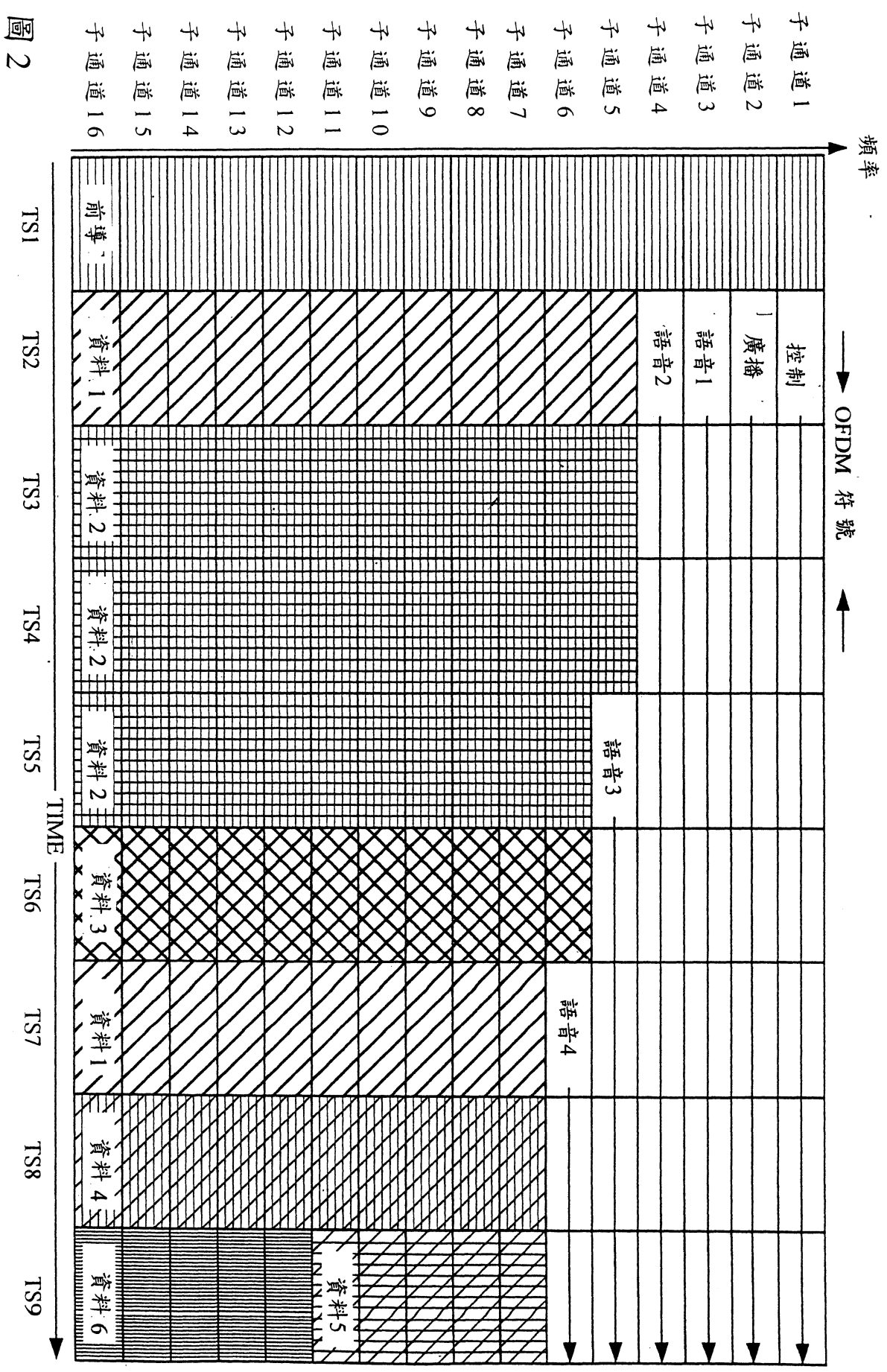


圖 2

100

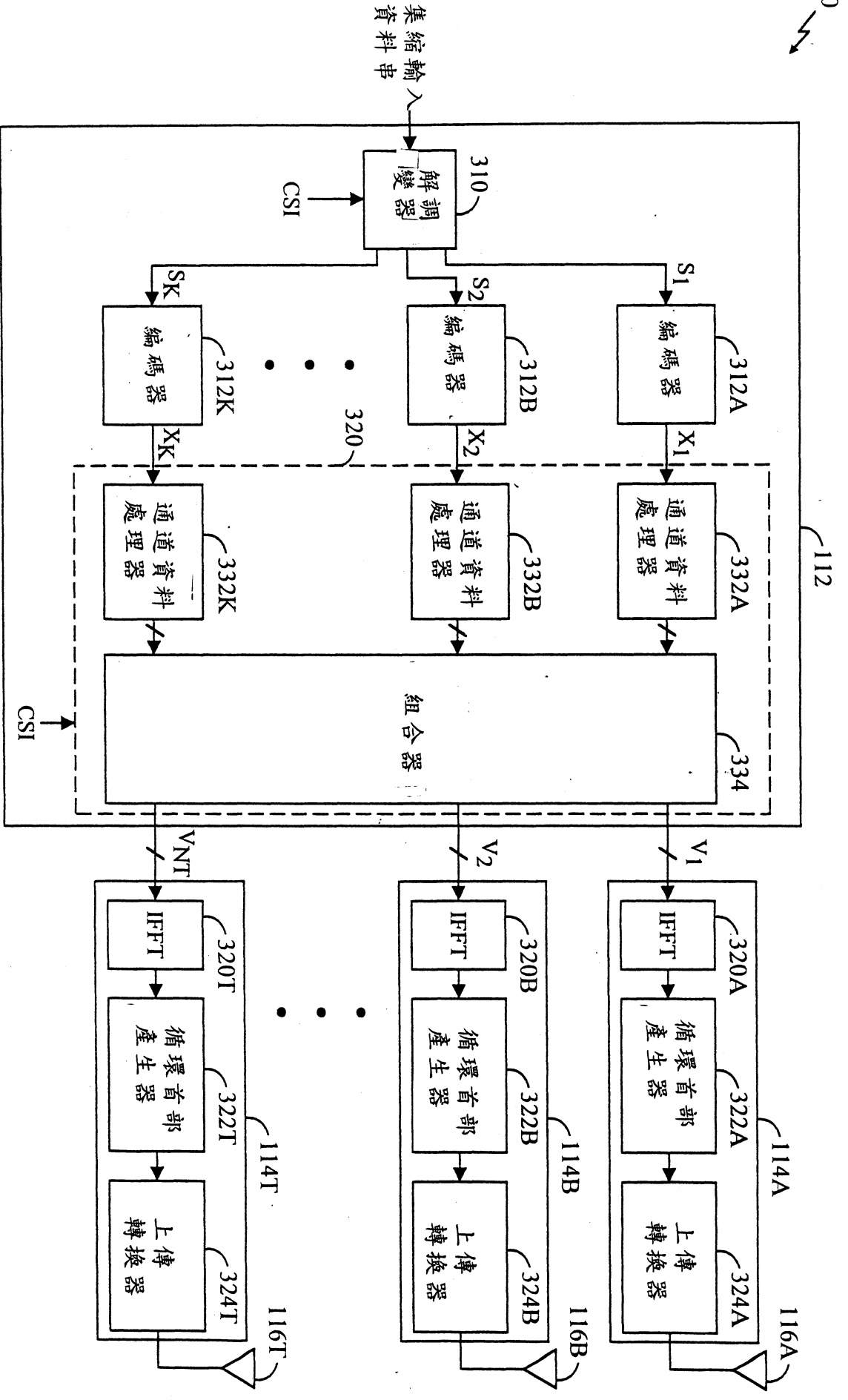


圖 3

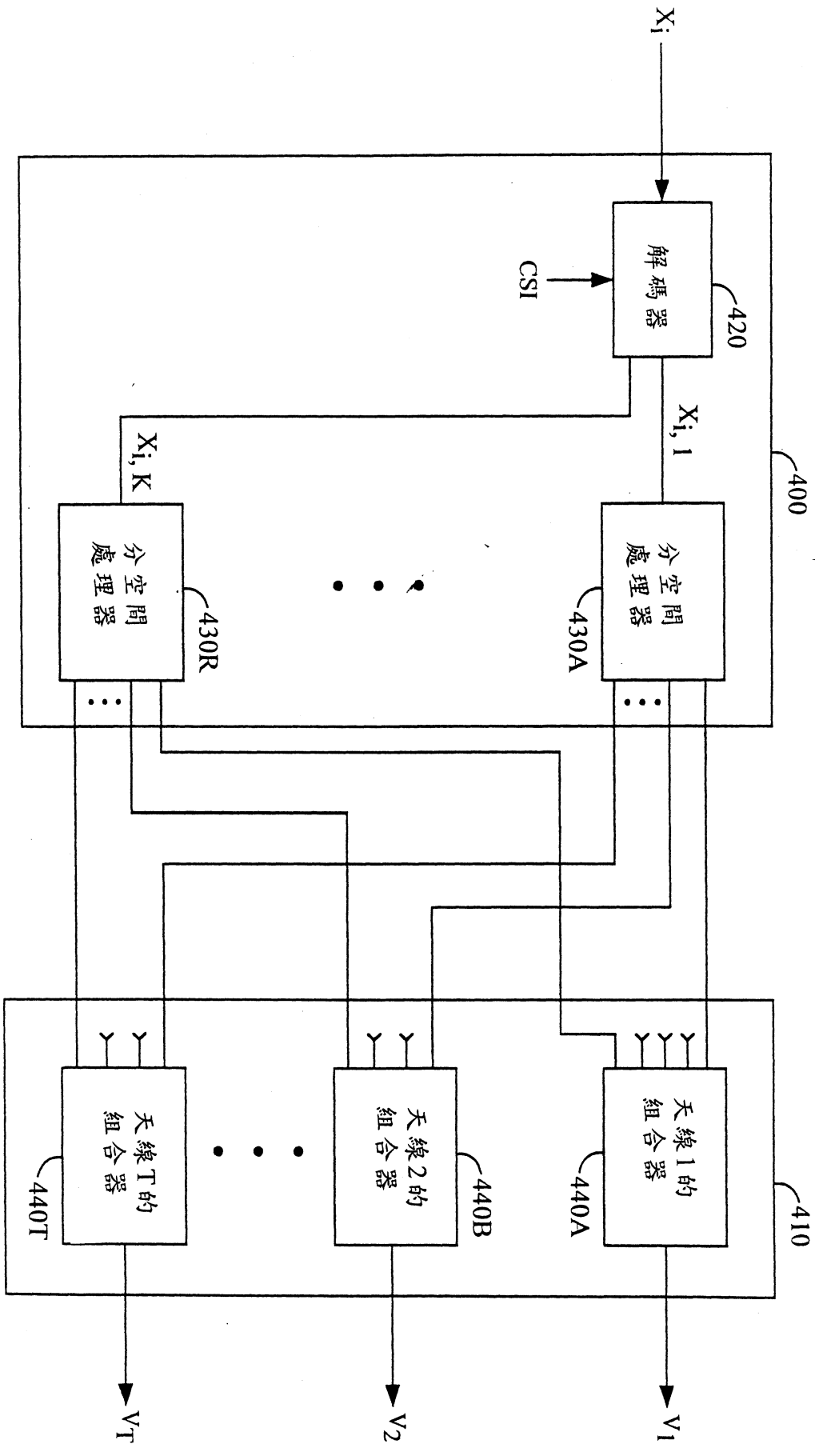


圖 4 A

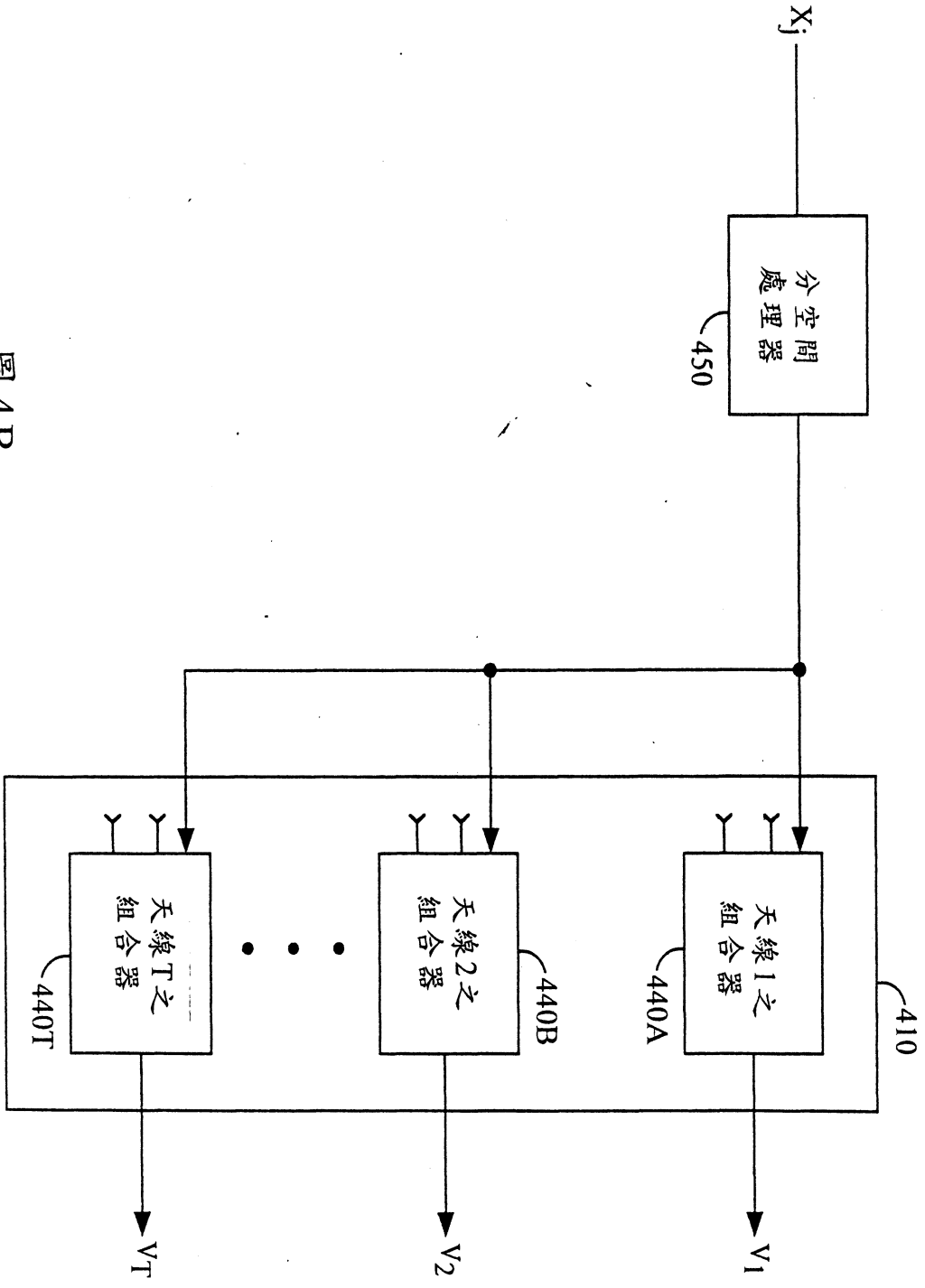


圖 4 B



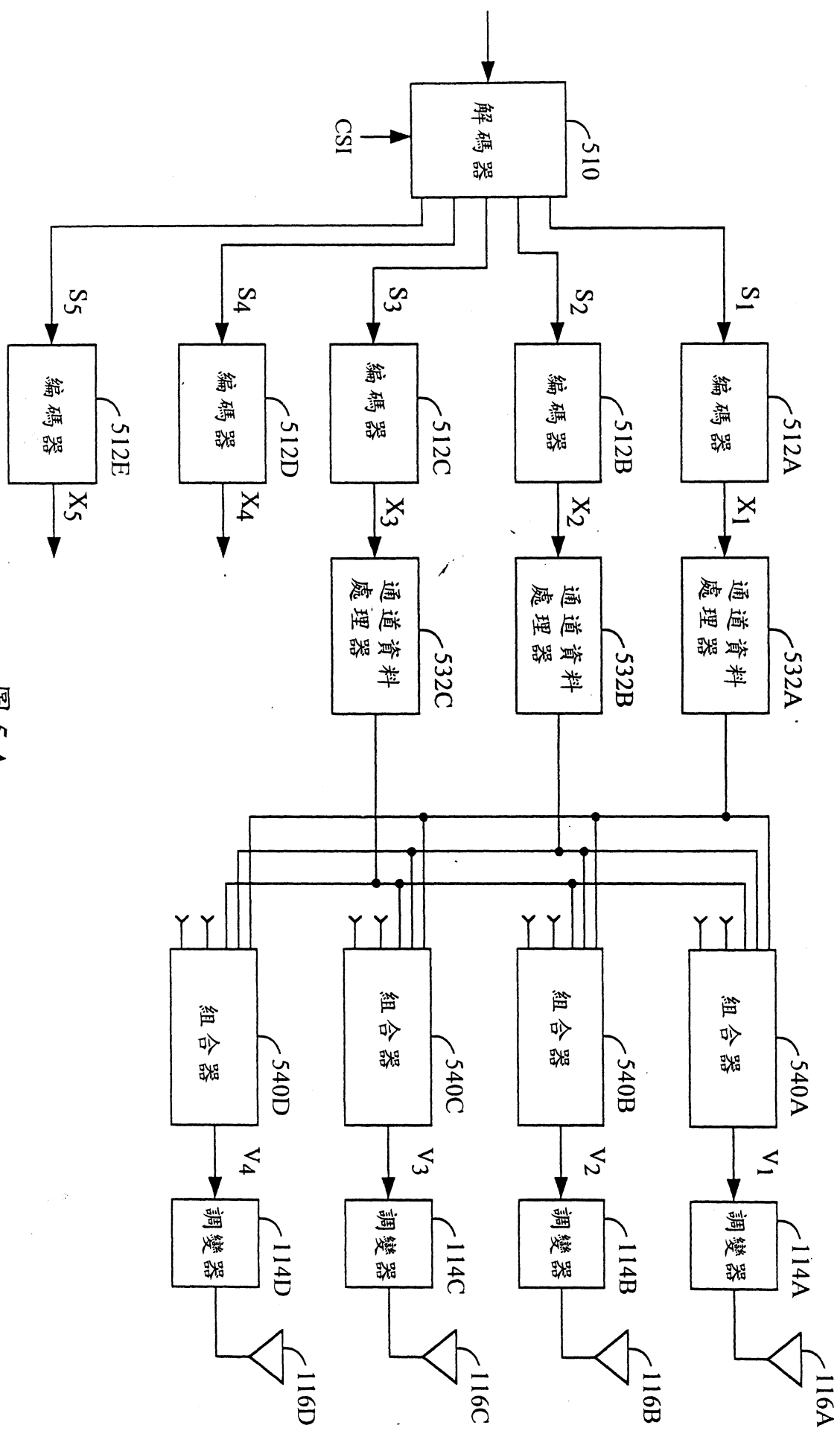


圖 5 A

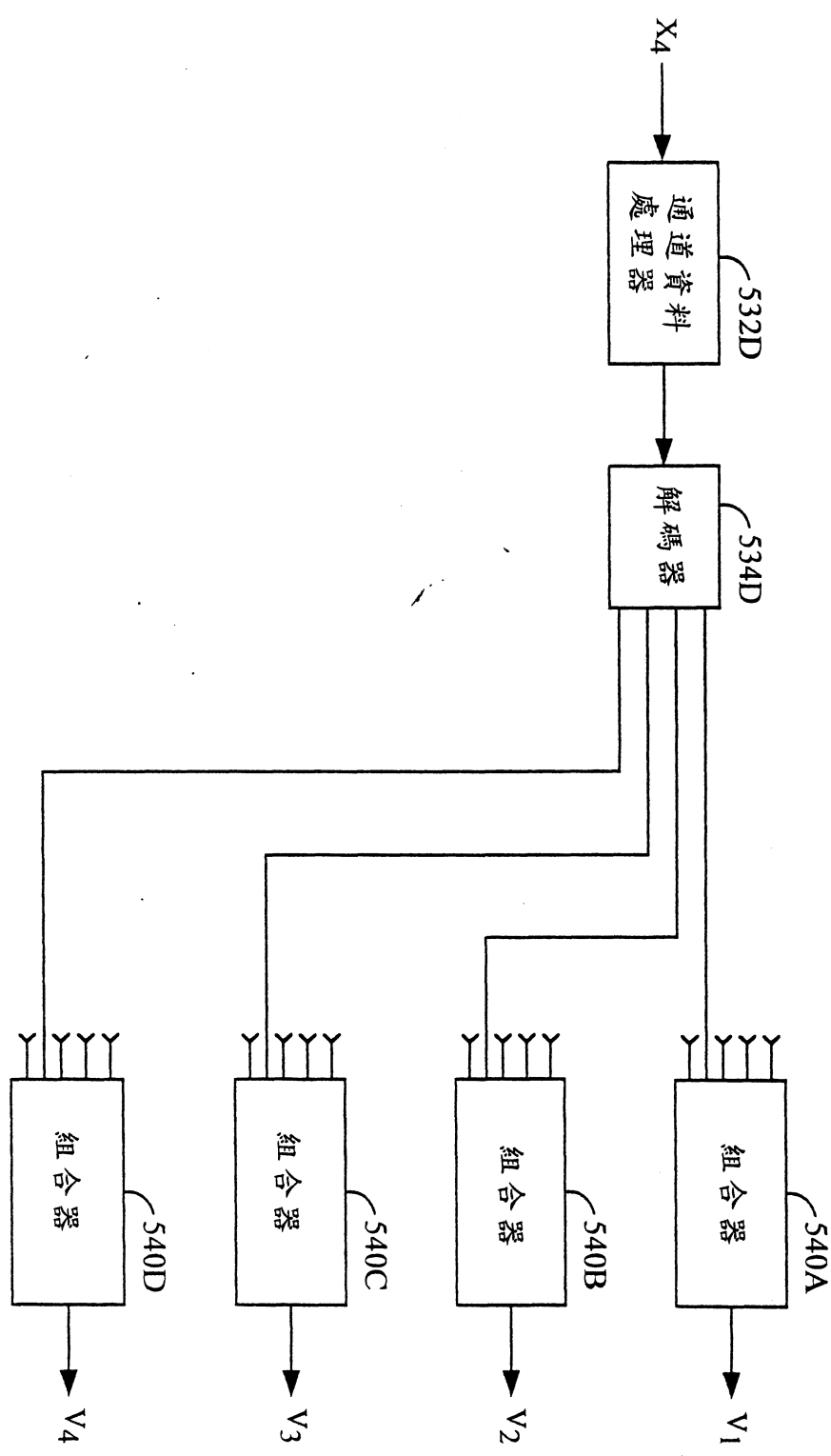


圖 5B

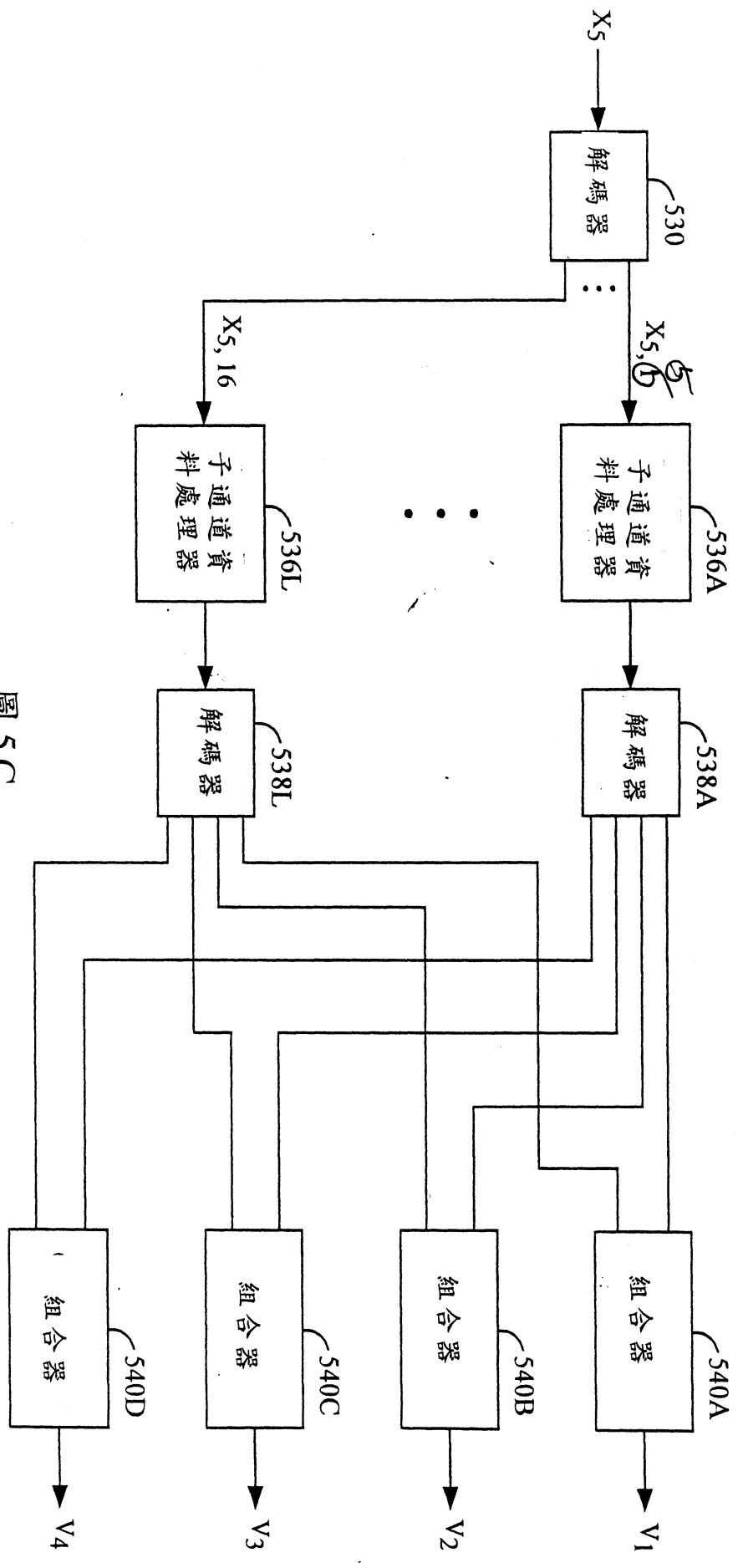


圖 5C

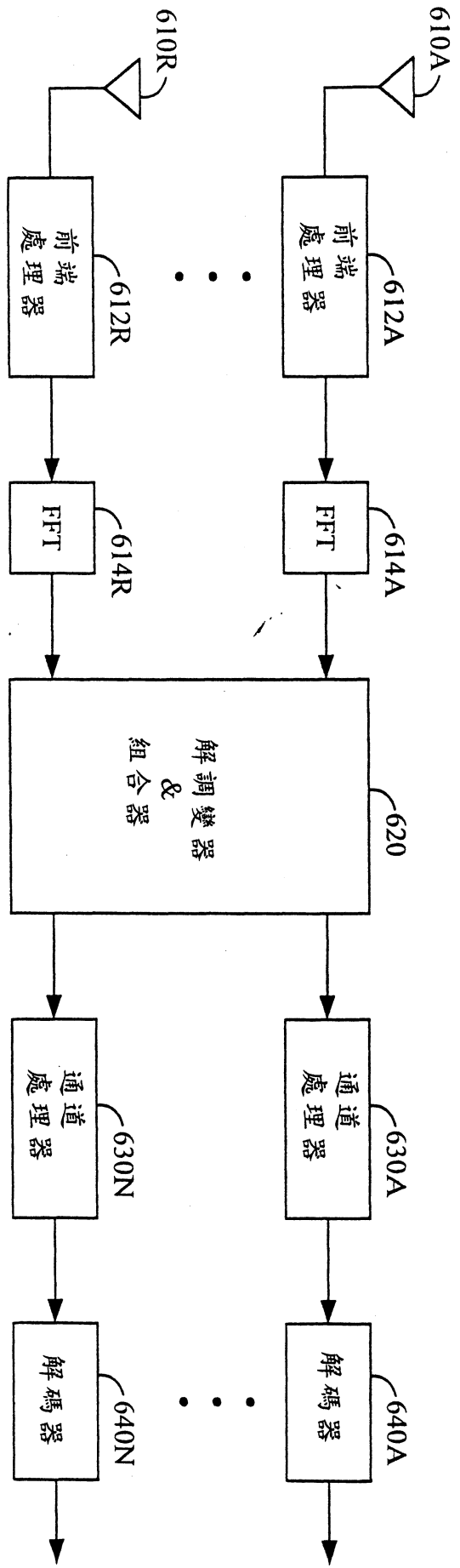


圖 6

不同結構的效能 (#Tx BY #Rx ANTENNAS)

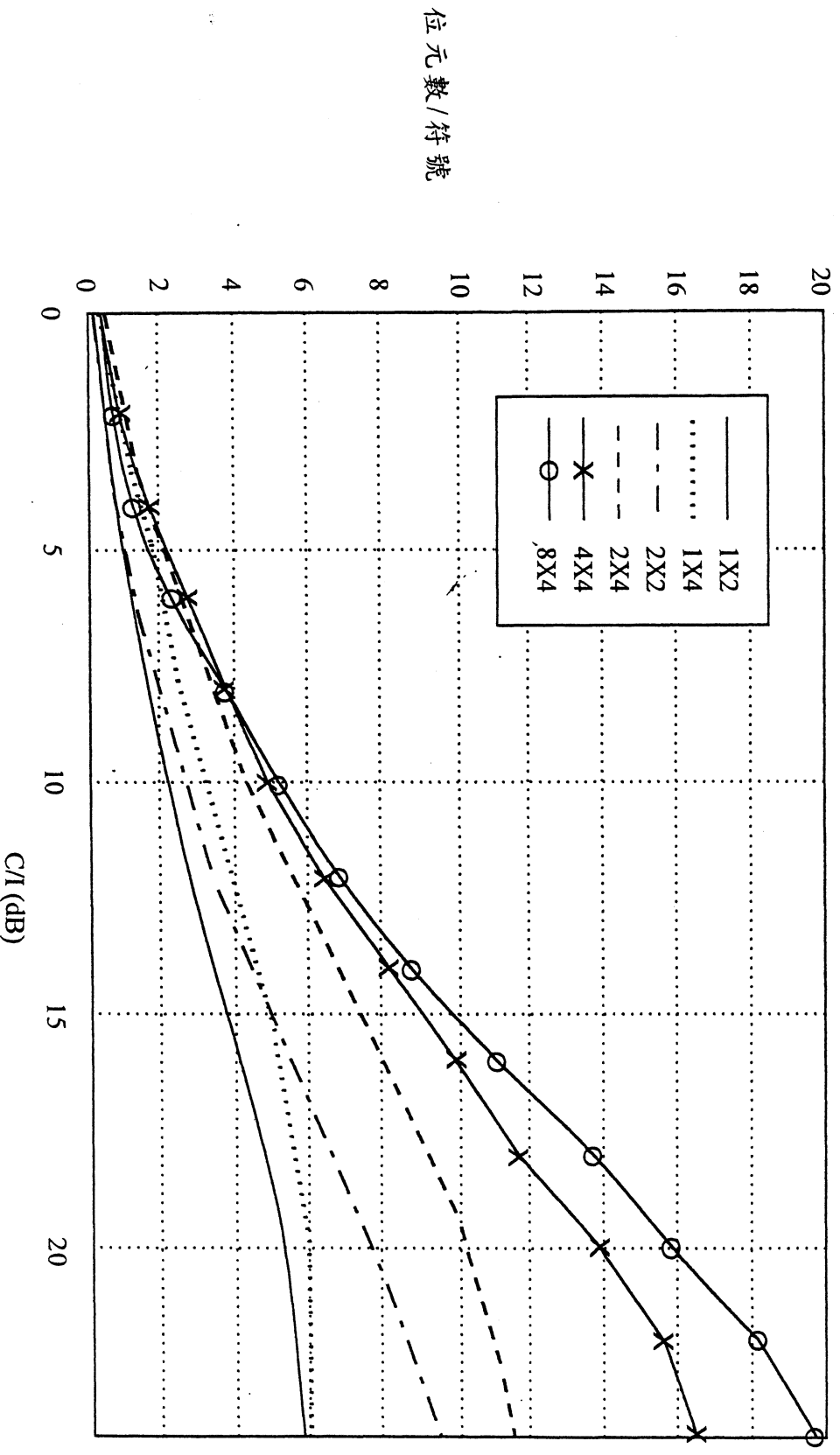


圖 7