

# 發明專利說明書 200301032

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※申請案號：91133949 ※IPC分類：H04J 11/00  
H04B 7/00

## 壹、發明名稱

(中文)正交分頻多工系統之速率選擇

(英文)RATE SELECTION FOR AN OFDM SYSTEM

## 貳、發明人(共 2 人)

發明人 1 (如發明人超過一人，請填說明書發明人續頁)

姓名：(中文) 亞美 傑拉里

(英文) AHMAD JALALI

住居所地址：(中文) 美國加州聖地牙哥市維樓米巷 5624 號

(英文) 5624 WILLOWMERE LANE, SAN DIEGO, CA 92130, U.S.A.

國籍：(中文) 加拿大 (英文) CANADA

## 參、申請人(共 1 人)

申請人 1 (如申請人超過一人，請填說明書申請人續頁)

姓名或名稱：(中文) 美商奎康公司

(英文) QUALCOMM INCORPORATED

住居所或營業所地址：(中文) 美國加州聖地牙哥市摩豪斯大道 5775 號

(英文) 5775 MOREHOUSE DRIVE, SAN DIEGO,

CALIFORNIA 92121-1714, U.S.A.

國籍：(中文) 美國 (英文) U.S.A.

代表人：(中文) 菲力普 R. 華德渥斯

(英文) PHILIP R. WADSWORTH



發明人   2  

姓名：(中文)   艾文 傑瑟 佛南迪斯 寇巴頓  

(英文)   IVAN JESUS FERNANDEZ CORBATON  

住居所地址：(中文)   美國加州聖地牙哥市鑽石街 1033 號  

(英文)   1033 DIAMOND ST. SAN DIEGO, CA 92109 U.S.A.  

國籍：(中文)   西班牙   (英文)   SPAIN

## 捌、聲明事項

本案係符合專利法第二十條第一項  第一款但書或  第二款但書規定之期間，其日期為：\_\_\_\_\_

本案已向下列國家(地區)申請專利，申請日期及案號資料如下：

[格式請依：申請國家(地區)；申請日期；申請案號 順序註記]

1. 美國 2001年11月21日 09/991,039

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

主張專利法第二十四條第一項優先權：

[格式請依：受理國家(地區)；日期；案號 順序註記]

1. 美國 2001年11月21日 09/991,039

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

6. \_\_\_\_\_

7. \_\_\_\_\_

8. \_\_\_\_\_

9. \_\_\_\_\_

10. \_\_\_\_\_

主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

[格式請依：申請日；申請案號 順序註記]

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 [格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記]

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

國外微生物 [格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記]

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

(1)

## 玖、發明說明

(發明說明應敘明：發明所屬之技術領域、先前技術、內容、實施方式及圖式簡單說明)

### 技術領域

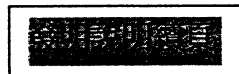
本發明係大致有關資料通訊，尤係有關選擇一無線(例如 OFDM)通訊系統的速率之技術。

### 先前技術

目前已廣泛地部署了無線通訊系統，以便提供諸如語音及資料等的各種通訊。這些系統可實施正交分頻多工(Orthogonal Frequency Division Multiplex; 簡稱 OFDM)調變，此種調變可將高效能提供給某些頻道環境。在一 OFDM 系統中，係將系統頻寬有效地分割成若干個( $N_p$ 個)次頻道(frequency subchannel)(可將次頻道稱為次頻帶(sub-band)或頻率範圍(frequency bin))。每一次頻道係與一各別的可在其上調變資料之副載波(或音頻)相關聯。通常係以一特定的編碼架構將所要傳輸的資料(亦即資訊位元)編碼，以便產生編碼後的位元，且可進一步將該等編碼後的位元分組成若干多位元符號，然後根據一特定的調變架構(例如 M-PSK 或 M-QAM)將該等多位元符號對映到一些調變符號。在可能是取決於每一次頻道的頻寬之每一時間間隔中，可在該等  $N_F$  個次頻道的每一次頻道上傳輸一調變符號。

一 OFDM 系統的該等次頻道可能會碰到不同的頻道狀況(例如，不同的信號衰減及多路徑效應)，且可能獲致不同的信號與雜訊及干擾比率(signal-to-noise-and-interference ratio; 簡稱 SNR)。每一傳輸的調變符號會受到用來傳輸該

(2)



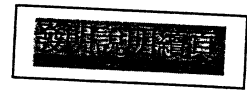
符號的特定次頻道上的通訊頻道頻率響應之影響。根據通訊頻道的多路徑組態(multipath profile)之狀況，該頻率響應在整個系統頻寬內可能有很大的變化。因此，可經由該等 $N_F$ 個次頻道而在一寬廣的SNR範圍下個別地接收合而構成一特定資料封包的該等調變符號，且SNR在整個封包中也因而會有變化。

對於具有一並不平坦也不固定的頻率響應之一多路徑頻道而言，可在每一次頻道上可靠地傳輸的每一調變符號的資訊位元之數目(亦即資料傳輸速率或資訊傳輸速率)可能隨著不同的次頻道而有所不同。此外，頻道狀況通常會隨著時間而有所變化。因此，該等次頻道所支援的資料傳輸速率也會隨著時間而有所變化。

因為無法先驗地得知一特定接收機會碰到的頻道狀況，所以在相同的傳輸功率及(或)資料傳輸速率下將資料傳輸到所有的接收機是不卻實際的。固定這些傳輸參數時，可能會造成傳輸功率的浪費，造成將次佳的資料傳輸速率用於某些接收機，且使某些其他的接收機有不穩定的通訊，所有上述這些情形都會導致非所願的系統容量降低。用於不同接收機的通訊頻道之不同傳輸能力再加上這些頻道的隨著時間而變及多路徑之本質，使得有效地將資料編碼及調變以便在一OFDM系統中傳輸變得極具挑戰性。

本門技術中需要在一具有前文所述的頻道特性的無線(例如OFDM)通訊系統中選擇資料傳輸的適當速率之技

(3)



術。

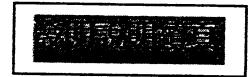
### 發明內容

本發明的各面向提供了在一無線(例如 OFDM)通訊系統中決定並選擇資料傳輸的速率之技術。可利用這些技術將更佳的系統效能提供給在一多路徑(非平坦響應)頻道或一平坦響應頻道下工作的一 OFDM 系統。

在一個面向中，係根據一等效頻率的平坦響應頻道(例如具有一平坦的頻率響應的一頻道之衡量值(metric)，而決定該 OFDM 系統可經由一特定的多路徑頻道而可靠地傳輸之最大資料傳輸速率。對於由一特定的頻率響應及一特定的雜訊變化界定之該特定的多路徑頻道而言，該 OFDM 系統可利用一特定的調變架構  $M(r)$  而獲致一特定的等效資料傳輸速率  $D_{equiv}$ 。可根據一特定的頻道容量函數(例如一約束頻道容量函數或某一其他的函數)來估計該等效資料傳輸速率  $D_{equiv}$ 。然後針對利用該調變架構  $M(r)$  的該等效資料傳輸速率  $D_{equiv}$ ，且係進一步根據一特定函數  $g(D_{equiv}, M(r))$ ，而決定係為在利用該  $M(r)$  的該  $D_{equiv}$  下該等效頻率的平坦響應頻道能夠可靠地傳輸所需的 SNR 的一估計值之該衡量值。然後決定等效頻道利用該調變架構  $M(r)$  而能夠可靠地傳輸一特定資料傳輸速率  $D(r)$  所需之一臨界 SNR、及編碼速率  $C(r)$ 。如果該衡量值大於或等於該臨界 SNR，則視為該多路徑頻道支援該資料傳輸速率  $D(r)$ 。

在另一面向中，提供了一遞增傳輸(Incremental Transmission; 簡稱 IT)架構，且可配合第一面向的速率選

(4)



擇而有利地使用該IT架構，以便減少退讓(back-off)量，並提昇系統傳輸速率。該IT架構利用一個或多個不連續的傳輸而傳輸一特定的資料封包，每次一個傳輸，且最多可到一特定界限的傳輸。該封包的第一傳輸包含根據預期頻道狀況而預期該接收機可無錯誤地回復該封包的足夠數量之資料。然而，如果因通訊頻道使該第一傳輸的品質過度地降低，而無法無錯誤地回復該封包，則執行該封包的額外量的資料之一遞增傳輸。該接收機然後根據該遞增傳輸中之額外的資料、及先前接收的該封包之所有資料，而嘗試回復該封包。發射機執行的遞增傳輸及接收機執行的解碼可嘗試一次或多次，直到無錯誤地回復該封包或已到達遞增傳輸的最大次數為止。

下文中將進一步詳細說明本發明的各種面向及實施例。如將於下文中進一步詳細說明的，本發明進一步提供了用來實施本發明的各種面向、實施例、及特徵之一些方法、接收機單元、發射機單元、接收機系統、發射機系統、系統、以及其他裝置及元件。

#### 實施方式

可將本說明書所述及的用來決定並選擇一資料傳輸的速率之技術用於其中包含一個或多個獨立傳輸頻道的各種無線通訊系統，例如用於多輸入且多輸出(Multiple-Input Multiple-Output；簡稱MIMO)系統。為了顧及說明的清晰，係針對一正交分頻多工(OFDM)系統而具體地說明本發明的各種面向及實施例，而在OFDM系統

(5)



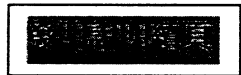
中，該等獨立的傳輸頻道是藉由分割總系統頻寬而形成的次頻道或頻率範圍。

圖 1A 示出該 OFDM 系統的一簡化模型。在一發射機 110 中，在一特定的資料傳輸速率下將通訊資料自一資料來源 112 提供給一編碼器/調變器 114，該編碼器/調變器 114 根據一個或多個編碼架構而將資料編碼，並根據一個或多個調變架構而進一步將該編碼後的資料調變。聚集各組編碼後的位元，而形成若干多位元符號，並將每一多位元符號對映到與針對用來傳輸該符號而選擇的每一次頻道而選擇的該特定調變架構(例如 QPSK、M-PSK、或 M-QAM)對應的一信號集(signal constellation)中之一點，而完成該調變。每一對映的信號點對應於一調變符號。

在一實施例中，係由一資料傳輸速率控制單元決定該資料傳輸速率，係由一編碼控制單元決定該等一個或多個編碼架構，且係由一調變控制單元決定該等一個或多個調變架構，而且係由一控制器 130 根據自一接收機 150 接收的回授資訊而提供所有上述該等決定。

亦可將一導頻信號傳送到該接收機，以便協助該接收機執行諸如頻道估計、信號擷取、頻率及時序同步、以及一致性資料解調等的若干功能。在此種情形中，係將導頻資料提供給編碼器/調變器 114，該編碼器/調變器 114 隨即處理該導頻資料，並將該導頻資料與通訊資料多工化。

對於 OFDM 而言，一快速傅立葉逆變換器(Inverse Fast Fourier Transformer; 簡稱 IFFT) 116 然後將調變後的資料

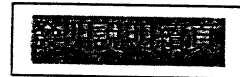


(6)

(亦即調變符號)變換到時域，以便提供 OFDM 符號，而每一 OFDM 符號係對應於在一傳輸符號期間將要在  $N_F$  個次頻道上傳輸的由  $N_F$  個調變符號構成的一向量之時間表示法。與一信號載波"時間編碼之"系統不同，該 OFDM 系統在時域中傳送用來代表通訊資料的調變符號之 IFFT，而"在頻域中"有效地傳送該等調變符號。進一步處理該等 OFDM 符號(為了圖式的簡化，圖 1A 中並未示出)，以便產生一調變後的信號，然後將該調變後的信號經由一無線通訊頻道傳送到該接收機。如圖 1A 所示，該通訊頻道有一  $H(f)$  的頻率響應，且  $n(t)$  的加成性白色高斯雜訊(Additive White Gaussian Noise; 簡稱 AWGN)進一步降低該調變後的信號之品質。

在接收機 150 中，對所傳輸的調變後的信號進行接收、調整、及數位化，以便提供資料樣本。一快速傅立葉變換器(Fast Fourier Transformer; 簡稱 FFT)160 然後接收該等資料樣本，並將所接收的資料樣本變換至頻域，而且將所回復的 OFDM 符號提供給一解調器/解碼器 162 及一頻道估計器 164。解調器/解碼器 162 處理(例如解調及解碼)所回復的該等 OFDM 符號，而提供解碼後的資料，且解調器/解碼器 162 可進一步提供所接收的每一封包之狀態。頻道估計器 164 處理所回復的該等 OFDM 符號，而提供該通訊頻道的一個或多個特性之估計值，例如頻道之頻率響應、頻道之雜訊變易數、以及所接收符號的信號與雜訊及干擾比(SNR)。

(7)



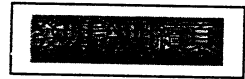
一速率選擇器166自頻道估計器164接收該等估計值，並決定可用於資料傳輸可使用的次頻道的全部或部分之一適當"速率"。該速率表示了一組參數的一組特定值。例如，該速率可指示將要用於資料傳輸的一特定資料傳輸速率、一特定的編碼架構及(或)編碼速率、及一特定的調變架構等速率(或可與該等速率相關聯)。

一控制器170自速率選擇器166接收速率，並自解調器/解碼器162接收封包狀態，且提供將要送回到發射機110的適當之回授資訊。該回授資訊可包括速率、頻道估計器164所提供之頻道估計值、所接收的每一封包之確認訊息(ACK)或負向確認訊息(NACK)、某些其他的資訊、或上述該等回授資訊之任何組合。利用該回授資訊來調整發射機上的資料處理，以便在該通訊頻道可支援的所知最佳之功率及速率設定值下執行資料傳輸，因而增加系統的效率。然後將該回授資訊傳送回發射機110，並利用該回授資訊來調整對至接收機150的資料傳輸之處理(例如資料傳輸速率、編碼、及調變)。

在圖1A所示之實施例中，係由接收機150執行速率選擇，並將所選擇的速率提供給發射機110。在其他的實施例中，可由發射機根據接收機所提供的回授資訊而執行速率選擇，或者可由發射機及接收機共同執行速率選擇。

在適當的狀況下，可將FFT160輸出端上的所回復之OFDM符號表示為：

(8)



$$\hat{Y}(k) = Y(k)H(k) + N(k), \quad \text{方程式 (1)}$$

其中  $k$  是 OFDM 系統的次頻道之指標，亦即，

$k = 0, 1, \dots, N_F - 1$ ，其中  $N_F$  是次頻道的數目；

$y(k)$  是根據第  $k$  個次頻道所用的一特定調變架構推導出的而在第  $k$  個次頻道上傳輸之調變符號；

$H(k)$  是以每一次頻道的 "量化後" 形式表示的該通訊頻道之頻率響應；

$N(k)$  代表時域雜訊的一序列的  $N_F$  個樣本之 FFT，

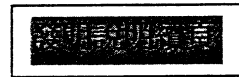
亦即， $\text{FFT}\{n(kT)\}$  for  $k = 0, 1, \dots, N_F - 1$ ；以及

$T$  是抽樣期間。

在一單一載波系統中，可在該接收機中於大約相同的 SNR 下接收所傳輸的所有符號。一 "固定 SNR" 封包的 SNR 與該封包的錯誤機率間之關係是此項技術中習知的。以近似法推估時，可將具有所呈現的一特定 SNR 的該單一載波系統支援之最大資料傳輸速率估計為具有相同的 SNR 的一 AWGN 頻道支援之最大資料傳輸速率。AWGN 頻道的主要特徵在於：該 AWGN 頻道的頻率響應在整個系統頻寬中是平坦的或固定的。

然而，在一 OFDM 系統中，係經由多個次頻道傳輸更成一封包的各調變符號。視用來傳輸該封包的該等次頻道之頻率響應而定，SNR 在整個封包中可能有所變化。當系統頻寬增加且在一多路徑環境中，"SNR 有變化的" 封包之間

(9)

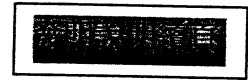


題將更為嚴重。

因此，一 OFDM 系統的一個主要挑戰在於決定可用於資料傳輸且可達到一特定效能水準的最大資料傳輸速率，其中可由一特定封包錯誤比率 (Packet Error Rate; 簡稱 PER)、訊框錯誤比率 (Frame Error Rate; 簡稱 FER)、位元錯誤比率 (Bit Error Rate; 簡稱 BER)、或某一其他的準則將該效能水準量化。例如，將 PER 保持在一特定標稱值 (例如， $P_e = 1\%$ ) 上下一個小範圍內，即可達到所需的效能水準。

在一典型的通訊系統中，可界定一組特定且不連續的資料傳輸速率，而且只能使用這些資料傳輸速率。每一資料傳輸速率  $D(r)$  可與一特定的調變架構或調變集  $M(r)$  以及一特定的編碼速率  $C(r)$  相關聯。每一資料傳輸速率將進一步需要一特定的 SNR( $r$ )，而該 SNR( $r$ ) 是在該資料傳輸速率下的資料傳輸出現的 PER 小於或等於所需 PER( $P_e$ ) 所需之最小 SNR。該 SNR( $r$ ) 假設通訊頻道是 AWGN 頻道 (亦即，在整個系統頻寬都有一平坦頻率響應的頻道，或對所有的  $k$  而言  $H(k)=H$ )。在發射機與接收機間之通訊頻道通常不是 AWGN 頻道，反而是分散性的或有頻率選擇性的頻道 (亦即，在系統頻寬的不同次頻帶上有不同的衰減量)。對於此種多路徑頻道而言，可選擇將要用於資料傳輸的特定資料傳輸速率，以便適應該頻道的多路徑或頻率選擇性本質。

因此，可使每一資料傳輸速率  $D(r)$  與用來描述該資料傳



(10)

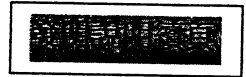
輸速率的特徵之一組參數相關聯。這些參數可包括調變架構  $M(r)$ 、編碼速率  $C(r)$ 、及必要 SNR( $r$ )，可以下式表示：

$$D(r) \leftrightarrow [M(r), C(r), \text{SNR}(r)], \quad \text{方程式 (2)}$$

其中  $r$  是資料傳輸速率的指標，亦即  $r = 0, 1, \dots, N_R - 1$ ，其中  $N_R$  是可使用的資料傳輸速率之總數。(2)式描述了可利用調變架構  $M(r)$  及編碼速率  $C(r)$  來傳輸資料傳輸速率  $D(r)$ ，且資料傳輸速率  $D(r)$  進一步需要一 AWGN 頻道中之 SNR( $r$ )，才能達到所需的標稱 PER  $P_e$ 。可將該等  $N_R$  個資料傳輸速率排序，使得  $D(0) < D(1) < D(2) \dots < D(N_R - 1)$ 。

根據本發明的一個面向，係根據一等效 AWGN 頻道的衡量值，而決定可經由一 OFDM 系統中的一特定多路徑頻道而穩定地傳輸之最大資料傳輸速率。如果在資料傳輸中維持所需的 PER  $P_e$ ，則可獲致可靠地傳輸。下文中將說明該面向之細節。

圖 1B 示出使用一等效頻道而對一多路徑頻道進行的速率選擇。對由一頻道響應  $H(k)$  及一雜訊變易數  $N_0$  界定的一特定多路徑頻道而言，該 OFDM 系統可利用調變架構  $M(k)$  而獲致一等效資料傳輸速率  $D_{\text{equiv}}$ ，其中不同的次頻道可以有不同的  $M(k)$ 。可根據一特定的頻道容量函數  $f[H(k), N_0, M(k)]$ ，而以下文所述之方式估計該  $D_{\text{equiv}}$ 。因為係將每一個別次頻道的頻寬標準化為 1，所以該頻寬並不是函數  $f[.]$  的一引數。可利用  $M(k)$  且進一步根據亦將於下文中說明的一函數  $g(D_{\text{equiv}}, M(k))$  而推導等效資料傳輸速

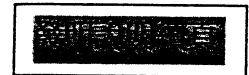


(11)

率  $D_{equiv}$  的衡量值，而該衡量值即是一等效 AWGN 頻道在該  $D_{equiv}$  下進行傳輸所需的 SNR ( $SNR_{equiv}$ ) 的一估計值。

對於一資料傳輸速率  $D(k)$ 、調變架構  $M(r)$ 、及一編碼速率  $C(k)$  而言，該 AWGN 頻道將需要大小為  $SNR_{th}$  的一 SNR、或更佳的 SNR，以便可達到  $P_e$  的所需 PER。可由電腦模擬或某一其他的方式來決定該臨界  $SNR_{th}$ 。如果該衡量值 (或  $SNR_{equiv}$ ) 等於或大於  $SNR_{th}$ ，則可視為該 OFDM 系統在多路徑頻道中支援該資料傳輸速率  $D(k)$ 。當資料傳輸速  $D(k)$  增加時，在由  $H(k)$  及  $N_o$  所界定的特定頻道狀況下，該臨界  $SNR_{th}$  也增加。該 OFDM 系統可支援的最大資料傳輸速率因而受到頻道狀況的限制。在本發明中提供了各種架構，用以決定 OFDM 系統在特定的多路徑頻道下可支援的最大資料傳輸速率。下文中將說明某些這類的架構。

在一第一速率選擇架構中，衡量值  $\psi$  接收一 OFDM 系統中的一特定多路徑頻道上的一資料傳輸之一組參數，並根據所接收的該等參數而提供與該多路徑頻道等效的一 AWGN 頻道的 SNR 之一估計值。該衡量值  $\psi$  的這些輸入參數可包括與對資料傳輸的處理有關的一個或多個參數 (例如調變架構  $M(r)$ )、以及與通訊頻道有關的一個或多個參數 (例如頻道響應  $H(k)$  及雜訊變易數  $N_o$ )。如前文所述，該調變架構  $M(r)$  可與一特定的資料傳輸速率  $D(k)$  相關聯。該衡量值  $\psi$  是該等效 AWGN 頻道的 SNR 之估計值 (亦即， $\psi \approx SNR_{equiv}$ )。然後可將該多路徑頻道所支援的最大資料傳輸速率決定為與大於或等於 (該 AWGN 頻道在利用與該資料



(12)

傳輸速率相關聯的該編碼及調變架構下為了獲致  $P_e$  的所需 PER 而必要之) 該臨界 SNR ( $SNR_{th}$ ) 的一等效 SNR 相關聯之最大資料傳輸速率。

可將各種函數用於該衡量值  $\Psi$ ，下文中將提供某些函數。在一實施例中，係將該衡量值  $\Psi$  界定為：

$$\Psi = g \left\{ \left( \sum_{k=0}^{N_F-1} f[H(k), N_0, M] \right), M \right\} .$$

方程式 (3)

在方程式 (3) 中，函數  $f[H(k), N_0, M]$  決定調變架構  $M$  在具有頻率響應  $H(k)$  及雜訊變易數  $N_0$  的第  $k$  個次頻道上可載送的最大資料傳輸速率。可根據各種頻道容量函數而界定該函數  $f[H(k), N_0, M]$ ，其中情形將於下文中說明之。

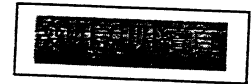
可將參數  $H(k)$  及  $N_0$  對映到一  $SNR(k)$ 。如果該系統的總傳輸功率  $P_{total}$  是固定的，且將該傳輸功率分配到  $N_F$  的次頻道是均勻的且固定的，則可將每一次頻道的 SNR 表示為：

$$SNR(k) = \frac{P_{total}}{N_F} \frac{|H(k)|^2}{N_0} .$$

方程式 (4)

如方程式 (4) 所示， $SNR(k)$  是作為函數  $f[H(k), N_0, M]$  的兩個參數的頻道響應  $H(k)$  及雜訊變易數  $N_0$  之一函數。

係針對所有  $N_F$  個次頻道上的  $f[.]$  而執行方程式 (3) 中之加總，以便提供可在 AWGN 頻道上傳輸的等效資料傳輸速率  $D_{equiv}$ 。函數  $g(D_{equiv}, M)$  然後決定該 AWGN 頻道利用調變架



(13)

構  $M$  而可在該等效資料傳輸速率  $D_{equiv}$  下可靠地進行傳輸所需之 SNR。

方程式 (3) 假設相同的調變架構  $M$  係用於該 OFDM 系統中所有  $N_F$  個次頻道。此項限制造成在 OFDM 系統中的發射機及接收機上之簡化處理，但可能犧牲了效能。

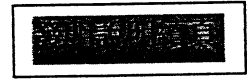
如果可將不同的調變架構用於不同的次頻道，則可將該衡量值  $\Psi$  界定為：

$$\Psi = \sum_{k=0}^{N_F-1} g(f[H(k), N_0, M(k)], M(k)) . \quad \text{方程式 (5)}$$

如方程式 (5) 所示，該調變架構  $M(k)$  是次頻道的指標  $k$  之一函數。此種將不同的調變架構及 (或) 編碼速率用於不同的次頻道之方式也被稱為 "位元載入" ("bit loading")。

該函數  $f[x]$  決定在合而表示為  $x$  的一組參數下可在一 AWGN 頻道上可靠地傳輸之資料傳輸速率，其中  $x$  可以是頻率的一函數 (亦即  $x(k)$ )。在方程式 (5) 中，函數  $f[H(k), N_0, M(k)]$  (其中  $x(k) = \{H(k), N_0, M(k)\}$ ) 決定調變架構  $M(k)$  可在具有頻道響應  $H(k)$  及雜訊變易數  $N_0$  的第  $k$  個次頻道上載送的資料傳輸速率。函數  $g(f[x(k)], M(k))$  然後決定在等效 AWGN 頻道中載送  $f[x(k)]$  決定的資料傳輸速率所需之 SNR。然後針對所  $N_F$  個次頻道上的  $g(f[x(k)], M(k))$  而執行方程式 (5) 中之加總，以便提供等效 AWGN 頻道的 SNR ( $SNR_{equiv}$ ) 之估計值。

可根據各種頻道容量函數或某些其他函數或技術，而界



(14)

定該函數  $f[x]$ 。通常係將一系統的絕對容量表示為在頻道響應  $H(k)$  及雜訊變易數  $N_0$  下可以可靠地傳輸之理論上的最大資料傳輸速率。一系統"受限制的"容量係取決於資料傳輸所用的特定調變架構或調變集  $M(k)$ ，且係小於該決定容量。

在一實施例中，係根據該受限制的頻道容量函數而界定該函數  $f[H(k), N_0, M(k)]$ ，並可將該函數表示為：

$$f(k) = M_k - \frac{1}{2^{M_k}} \sum_{i=1}^{2^{M_k}} E \left[ \log_2 \sum_{j=1}^{2^{M_k}} \exp(-\text{SNR}(k)(|a_i - a_j|^2 + 2\text{Re}\{x^*(a_i - a_j)\})) \right],$$

方程式 (6)

其中  $M_k$  係與調變架構  $M(k)$  有關，亦即該調變架構  $M(k)$  對應於  $2^{M_k}$ -ary 調變集 (例如  $2^{M_k}$ -ary QAM)，其中可由  $M_k$  個位元來識別該調變集中的  $2^{M_k}$  個點之每一點；

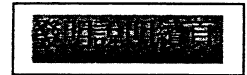
$a_i$  及  $a_j$  是該  $2^{M_k}$ -ary 調變集中之點；

$x$  是具有零的平均值及  $1/\text{SNR}(k)$  的變易數之一高斯隨機複變數；以及

$E[.]$  是期望值運算，且係針對方程式 (6) 中之變數  $x$  而採取該期望值運算。

方程式 (6) 所示之該受限制的頻道容量函數並沒有一閉合形式 (closed form) 的解。因此，可針對各種調變架構及 SNR 值而在數值上推導出該函數，並可將結果儲存在一個或多個表中。然後可查詢具有一特定調變架構及 SNR 的適當之表，而評估該函數  $f[x]$ 。

在另一實施例中，係根據 Shannon (或理論上的) 頻道容量



(15)

函數而界定該函數  $f[x]$ ，並可將該函數  $f[x]$  表示為

$$f(k) = \log_2[1 + \text{SNR}(k)], \quad \text{方程式 (7)}$$

其中  $W$  是系統頻寬。如方程式 (7) 所示，該 Shannon 頻道容量並未受到任何特定調變架構的限制 (亦即， $M(k)$  並不是方程式 (7) 中之一參數)。

用於  $f[x]$  的函數之特定選擇可能取決於諸如 OFDM 系統設計等的各種因素。對於採用一個或多個特定調變架構的一典型系統而言，我們發現：當配合方程式 (6) 所示的函數  $f[x]$  的受限制之頻道容量而使用圖 (3) 所示之衡量值  $\psi$  時，該衡量值  $\psi$  是 OFDM 系統在 AWGN 頻道及多路徑頻道中所支援的最大資料傳輸速率之精確估計方式。

函數  $g(f[x], M(k))$  決定在 AWGN 頻道中支援利用調變架構  $M(k)$  而由函數  $f[x]$  決定的等效資料傳輸速率所需之 SNR。在一實施例中，係將函數  $g(f[x], M(k))$  界定為：

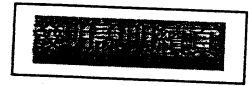
方程式 (8)

$$g(f[x], M(k)) = f[x]^{-1}.$$

因為函數  $f[x]$  係取決於調變架構  $M(k)$ ，所以函數  $g(f[x], M(k))$  亦係取決於該調變架構。在一實施例中，可針對可被選擇使用且可被儲存到一各別表的每一調變架構推導出函數  $f[x]^{-1}$ 。然後可查詢用於該調變架構  $M(k)$  的特定表，而針對  $f[x]$  的一特定值評估該函數  $g(f[x], M(k))$ 。也可利用其他函數界定該函數  $g(f[x], M(k))$ ，或利用其他方式推導出該函數  $g(f[x], M(k))$ ，這些都是在本發明的範圍內。

圖 2 是根據衡量值  $\psi$  而選擇 OFDM 系統所用的資料傳輸速

(16)



率的一程序(200)實施例之一流程圖。開始時，將可用的資料傳輸速率(亦即OFDM系統所支援的那些資料傳輸速率)排序，使得 $D(0) < D(1) < \dots < D(N_R - 1)$ 。然後在步驟212中，選擇最大的可用資料傳輸速率(例如，藉由將一速率變數設定為該最大資料傳輸速率，或使速率等於 $N_R - 1$ )。然後在步驟214中，決定與所選擇的資料傳輸速率 $D(\text{rate})$ 相關聯之各種參數，例如調變架構 $M(\text{rate})$ 。視該OFDM系統的設計而定，可使每一資料傳輸速率與一個或多個調變架構相關聯。然後可根據後續的步驟而評估所選擇的資料傳輸速率的每一調變架構。為了簡化，下文中假設每一資料傳輸速率只與一個調變架構相關聯。

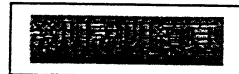
然後在步驟216中，針對與所選擇的資料傳輸速率 $D(\text{rate})$ 相關聯的特定調變架構 $M(\text{rate})$ 而評估該衡量值 $\Psi$ 。可評估方程式(3)所示的衡量值 $\Psi$ 之函數，而完成該步驟中之評估，其結果係如下式所示：

$$\Psi = g \left\{ \left( \sum_{k=0}^{N_T-1} f[H(k), N_o, M(\text{rate})] \right), M(\text{rate}) \right\} .$$

該衡量值 $\Psi$ 代表在等效AWGN頻道中利用調變架構 $M(\text{rate})$ 而可靠地傳輸等效資料傳輸速率所需之SNR的一估計值。

然後在步驟218中，決定在AWGN頻道中於 $P_e$ 的所需PER下傳輸所選擇的資料傳輸速率 $D(\text{rate})$ 所需之臨界

(17)



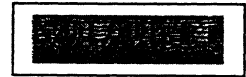
SNR( $\text{SNR}_{\text{th}}(\text{rate})$ )。該臨界  $\text{SNR}_{\text{th}}(\text{rate})$  是與所選擇的資料傳輸速率相關聯的調變架構  $M(\text{rate})$  及編碼速率  $C(\text{rate})$  之一函數。可經由電腦模擬或其他的方式而決定每一可能的資料傳輸速率之該臨界 SNR，並可儲存該臨界 SNR 以供爾後的使用。

然後在步驟 220 中，決定該衡量值  $\psi$  是否大於或等於與所選擇的資料傳輸速率相關聯之臨界  $\text{SNR}_{\text{th}}(\text{rate})$ 。如果該衡量值  $\psi$  大於或等於  $\text{SNR}_{\text{th}}(\text{rate})$ ，而指示該 OFDM 系統針對多路徑頻道中的資料傳輸速率  $D(\text{rate})$  而獲致的 SNR 足以獲致  $P_e$  的所需 PER，則在步驟 224 中選擇該資料傳輸速率以供使用。否則，在步驟 222 中選擇次一較小的可用資料傳輸速率以供評估（例如，藉由將速率變數遞減一，或者使  $\text{rate} = \text{rate} - 1$ ）。然後回到步驟 214，而評估次一較小的資料傳輸速率。可視需要而重複步驟 214 至步驟 222，直到在步驟 224 中識別出所支援的最大資料傳輸速率並提供該資料傳輸速率為止。

該衡量值  $\psi$  是資料傳輸速率的一單調函數，且隨著資料傳輸速率的增加而增加。臨界 SNR 也是一單調函數，且隨著資料傳輸速率的增加而增加。圖 2 所示之實施例係以一次評估一個且自最大可用資料傳輸速率開始至最小可用資料傳輸速率之方式評估可用的資料傳輸速率。選擇與小於或等於該衡量值  $\psi$  的一臨界  $\text{SNR}(\text{SNR}_{\text{th}}(\text{rate}))$  相關聯之最大資料傳輸速率。

在另一實施例中，可針對一特定的調變架構  $M(r)$  而評估

(18)



該衡量值  $\psi$ ，以便推導出適用於等效 AWGN 頻道的 SNR 之一估計值  $\text{SNR}_{\text{equiv}}(r)$ 。然後(諸如經由一查詢表而)決定 AWGN 頻道利用調變架構  $M(r)$  而在該等效 SNR 下針對該所需 PER 而支援之最大資料傳輸速率  $D_{\text{max}}(r)$ 。然後可將在該 OFDM 系統中要用於多路徑頻道的實際資料傳輸速率選擇為小於或等於 AWGN 頻道所支援的最大資料傳輸速率  $D_{\text{max}}(r)$ 。

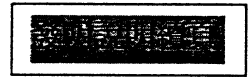
在一第二速率選擇架構中，係將衡量值  $\psi$  定義為等化後的一單一載波系統所獲致的多路徑頻道之一偵測後 SNR。該偵測後 SNR 代表了於接收機上在等化後的總信號功率與雜訊加干擾間之比率。在等化後的該單一載波系統中獲致的偵測後 SNR 之理論值可指示一 OFDM 系統的效能，因而可將該值用來決定該 OFDM 系統中支援的最大資料傳輸速率。可利用各種類型的等化器來處理單一載波系統中接收到的信號，以便補償所接收信號中由多路徑頻道所導入的失真。此種等化器可包括諸如一最小均方誤差線性等化器 (Minimum Mean Square Error Linear Equalizer; 簡稱 MMSE-LE)、一決定回授等化器 (Decision Feedback Equalizer; 簡稱, DFE) 及其他的等化器。

可將一(無限長度)MMSE-LE 的偵測後 SNR 表示為：

$$\text{SNR}_{\text{mmse-le}} = \frac{1 - J_{\text{min}}}{J_{\text{min}}}, \quad \text{方程式 (9a)}$$

其中係將  $J_{\text{min}}$  表示為：

(19)



$$J_{\text{min}} = \frac{T}{2\pi} \int_{-\pi/T}^{\pi/T} \frac{N_0}{X(e^{j\omega T}) + N_0} d\omega, \quad \text{方程式 (9b)}$$

其中  $X(e^{j\omega T})$  是頻道轉移函數  $H(f)$  之折疊頻譜 (folded spectrum)。

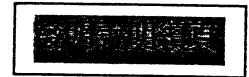
可將一(無限長度)DFE的偵測後 SNR 表示為：

$$\text{SNR}_{\text{dfc}} = \exp \left[ \frac{T}{2\pi} \int_{-\pi/T}^{\pi/T} \ln \left( \frac{X(e^{j\omega T}) + N_0}{N_0} \right) d\omega \right] - 1. \quad \text{方程式 (10)}$$

方程式 (9) 及 (10) 所示的 MMSE-LE 及 DFE 之偵測後 SNR 分別表示理論值。J. G. Proakis 所著的書籍 "Digital Communication" 3rd Edition (McGraw Hill 於 1995 出版) 之第 10-2-2 及 10-3-2 節也進一步詳細說明了 MMSE-LE 及 DFE 之偵測後 SNR，本發明特此引用該資料以供參照。

如分別於 2001 年 3 月 23 日及 2001 年 9 月 18 日提出申請的美國專利申請案 09/826,481 及 09/956,449 "Method and Apparatus for Utilizing Channel State Information in a Wireless Communication System" (兩專利申請案之發明名稱相同) 以及於 2001 年 5 月 11 日提出申請的美國專利申請案 09/854,235 "Method and Apparatus for Processing Data in a Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) Communication System Utilizing Channel State Information" (所有該等專利

(20)



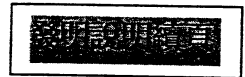
申請案皆已讓渡給本發明之受讓人，且本發明特此引用該等專利申請案以供參照)所述，亦可根據所接收的信號而在接收機上估計 MMSE-LE 及 DFE 之偵測後 SNR。

可決定多路徑頻道之偵測後 SNR，例如，決定方程式 (9) 及 (10) 所示的分析式所描述的那些偵測後 SNR，並將該等偵測後 SNR 用來作為衡量值  $\psi$  的一估計值 (亦即， $\psi \approx \text{SNR}_{\text{mmse-le}}$  或  $\psi \approx \text{SNR}_{\text{dfe}}$ )。可將等效 AWGN 頻道的偵測後 SNR (例如  $\text{SNR}_{\text{mmse-le}}$  或  $\text{SNR}_{\text{dfe}}$ ) 與針對一特定組的參數  $D(r)$ 、 $M(r)$ 、 $C(r)$ 、及  $P_e$  而推導出之臨界 SNR ( $\text{SNR}_{\text{th}}$ ) 比較，以便決定該 OFDM 系統可用於多路徑頻道之資料傳輸速率。

亦可根據其他的函數而界定該衡量值  $\psi$ ，且亦可根據其他技術而估計該衡量值  $\psi$ ，這些都是在本發明之範圍內。

根據該衡量值  $\psi$  而選擇用於該 OFDM 系統之資料傳輸速率代表多路徑頻道在  $P_e$  的所需 PER 下可支援的資料傳輸速率之一預測。如同任何的速率預測架構，無可避免地也會發生預測錯誤。為了確保可達到所需的 PER，可估計預測誤差，並可將一退讓因數 (back-off factor) 用來決定該多路徑頻道可支援的資料傳輸速率。因此，當尚未達到所需的 PER 時，最好是使該退讓因數儘量保持在可能的最小值。

根據本發明的另一面向，提供了一遞增傳輸 (IT) 架構，且可配合第一面向的速率選擇而有利地使用該 IT 架構，以便減少退讓量，並提昇系統傳輸速率。該 IT 架構利用一個或多個不連續的傳輸而傳輸一特定的資料封包，每次一個



(21)

傳輸，且最多可到一特定界限的傳輸。該封包的第一傳輸包含根據預期頻道狀況而預期該接收機可無錯誤地回復該封包的足夠數量之資料。然而，如果因通訊頻道使該第一傳輸的品質過度地降低，而無法無錯誤地回復該封包，則執行該封包的額外量的資料之一遞增傳輸。該接收機然後根據該遞增傳輸中之額外的資料、及先前接收的該封包之所有資料，而嘗試回復該封包。發射機執行的遞增傳輸及接收機執行的解碼可嘗試一次或多次，直到無錯誤地回復該封包或已到達遞增傳輸的最大次數為止。

可以下文所述之方式實施該IT架構的一實施例。首先，使用比可在無須任何遞增傳輸的情形下用於一封包的編碼速率低的一編碼速率將該封包的資料編碼。然後刪除該封包的某些編碼後的位元，且在該封包的第一傳輸中只傳輸所有編碼後的位元之一部分。如果正確地接收到了該封包，則接收機可傳送回一確認訊息(ACK)，指示無錯誤地接收到了該封包。否則，如果接收機錯誤地接收了該封包，則該接收機可傳送回一負向確認訊息(NACK)。

不論是哪一種情形，如果發射機並未接收到該封包的確認訊息，或接收到一負向確認訊息，則該發射機將一遞增封包傳送到該接收機。該遞增封包可包含該第一傳輸中並未被傳送的某些原始被刪除的編碼後的位元。該接收機然後利用在第一傳輸及第二傳輸中所傳送的編碼後的位元，而嘗試將該封包解碼。來自該第二傳輸的額外的編碼後的位元提供更多的能量，並改善錯誤修正能力。可執行

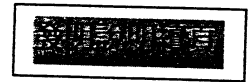


一個或多個遞增傳輸，且通常一次執行一個遞增傳輸，直到接收到確認訊息或不再接收到負向確認訊息為止。

如果該系統採用遞增傳輸，則可利用一較小的退讓來應付速率預測誤差，並可作出更積極的速率選擇。因而可提昇系統傳輸速率。

遞增傳輸配合前文所述的速率選擇使用時，也提供了一種決定固定或變化緩慢的通訊頻道所支援的最大資料傳輸速率之有效率的機制。考慮一種頻道的多路徑組態緩慢地改變之固定接取應用。在此種情形中，可根據前文所述之該等技術而選擇一起始資料傳輸速率，並將該起始資料傳輸速率用於資料傳輸。如果該起始資料傳輸速率大於該頻道所能支援的，則該IT架構可傳輸額外的編碼後的位元，直到在接收機上可正確地將該封包解碼為止。然後可根據在該第一傳輸及任何後續的遞增傳輸所傳送的編碼後的位元之總數，而決定該頻道可支援的最大資料傳輸速率。如果該頻道緩慢地改變，則可將所決定的該資料傳輸速率用到頻道改變為止，而在頻道改變時可決定一個新的資料傳輸速率。

該遞增傳輸提供了數項優點。在第一項優點中，使用遞增傳輸時，可進行一積極的速率選擇，以便增加資料傳輸速率。在第二項優點中，遞增傳輸提供了一種補救任何速率預測架構中無可避免地會發生的預測誤差(預測誤差的發生頻度及大小係取決於所採用的退讓量)之方式。以及在第三項優點中，遞增傳輸提供了一種更精確地決定固定



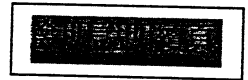
或緩慢變化的頻道的所支援的最大資料傳輸速率之機制。

圖3是可實施本發明的各種面向及實施例的一發射機系統110a及一接收機系統150a的一實施例之一方塊圖。

在發射機系統110a上，係在一特定的資料傳輸速率下將通訊資料自一資料來源308提供給一傳輸(TX)資料處理器310，而該傳輸資料處理器310係根據一特定的編碼架構，而將通訊資料格式化、交插、及編碼，以便提供編碼後的資料。分別又一控制器330提供的一資料傳輸速率控制單元及一編碼控制單元可決定該資料傳輸速率及該編碼。

然後將該編碼後的資料提供給一調變器320，該調變器320亦可接收導頻資料(例如，如果的確有導頻資料，即是一種已知型樣且以一種已知的方式處理過的資料)。可利用諸如分時多工(Time Division Multiplex; 簡稱TDM)化劃碼多工(Code Division Multiplex; 簡稱CDM)，而在用來傳輸通訊資料的的該等次頻道之全部或部分中將該導頻資料與編碼後的通訊資料多工化。在一特定的實施例中，對於OFDM而言，調變器320所執行的處理包括下列各項：(1)以一個或多個調變架構調變所接收的資料；(2)變化調變後的資料，以便形成OFDM符號；以及(3)將一循環前置碼(cyclic prefix)附加到每一OFDM符號，以便形成一對應的傳輸符號。係根據控制器330所提供的一調變控制單元而執行該調變。然後將調變後的資料(亦即傳輸符號)提供給一發射機(TMTR)322。

發射機322將該調變後的資料轉換為一個或多個類比信

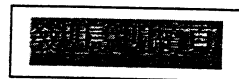


號，並進一步調整(例如，執行放大、濾波、及正交調變)該等類比信號，以便產生一適於經由通訊頻道而傳輸之調變後信號。

在接收機系統 150a 上，所傳輸的調變後信號被一天線 352 接收，且被提供給一接收機 (RCVR) 354。接收機 354 調整(例如，執行濾波、放地、及向下變頻)所接收的信號，並將調整後的信號數位化，以便提供資料樣本。一解調器 (Demod) 360 然後處理該等資料樣本，以便提供解調後的資料。對於 OFDM 而言，解調器 360 所執行的處理可包括下列各項：(1) 去除先前附加到每一 OFDM 符號的循環前置碼；(2) 變換每一回復的 OFDM 符號；以及(3) 根據與用於該發射機系統的一個或多個調變架構互補的一個或多個解調架構而將所回復的調變符號解調。

一接收 (RX) 資料處理器 362 然後將該調變後的資料解碼，以便回復所傳輸的通訊資料。解調器 360 及接收資料處理器 362 所執行的處理係與發射機系統 110a 上由調變器 320 及傳輸資料處理器 310 分別執行的處理互補。

如圖 3 所示，解調器 360 可推導出頻道響應之估計值  $\hat{H}(k)$ ，並將這些估計值提供給一控制器 370。接收資料處理器 362 亦可推導出每一所接收的封包之狀態，並提供這些狀態，且可進一步提供用來指示該等編碼後結果之一個或多個其他的效能衡量值。控制器 370 可根據自解調器 360 及接收資料處理器 362 接收的各種資訊，而依據前文所述的該等技術以決定或選擇用於資料傳輸的一特定速率。控

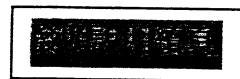


制器 370 可提供形成為一所選擇的速率、頻道響應估計值、及所接收封包的 ACK/NACK 等的回授資訊，且該等回授資訊被一傳輸資料處理器 378 處理，被一調變器 380 調變，且被一發射機 354 調整及傳送回發射機系統 110a。

在發射機系統 110a 上，自接收機系統 150a 接收的該調變後的信號被天線 324 接收，被一接收機 322 調整，且被一解調器 340 解調，以便回復該接收機系統所傳輸的該回授資訊。然後將該回授資訊提供給控制器 330，並將該回授資訊用來控制對至該接收機系統的資料傳輸之處理。例如，可根據該接收機系統提供的所選擇之速率而決定資料傳輸之資料傳輸速率，或者可根據來自該接收機系統頻道響應而決定該資料傳輸速率。決定與所選擇的速率相關聯的特定編及調變架構，並在提供給傳輸資料處理器 310 及調變器 320 的編碼及調變控制訊息中反映該特定編及調變架構。可將所接收的 ACK/NACK 用來啟動一遞增傳輸(為了圖式的簡化，圖 3 中並未示出)。

控制器 330 及 370 分別指示發射機系統及接收機系統上的作業。記憶體 332 及 372 分別提供控制器 330 及 370 所用的程式碼及資料之儲存單元。

圖 4 是一發射機單元 400 的一方塊圖，而該發射機單元 400 是發射機系統 110a 的發射機部分之一實施例。發射機單元 400 包含：(1) 一傳輸資料處理器 310a，用以接收並處理通訊資料，以便提供編碼後的資料；以及 (2) 一調變器 320a，用以調變編碼後的資料，以便提供調變後的資料。

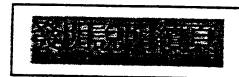


傳輸資料處理器 310a 及調變器 320a 分別是圖 3 所示傳輸資料處理器 310 及調變器 320 的一實施例。

在圖 4 所示之特定實施例中，傳輸資料處理器 310a 包含一編碼器 412、一頻道交插器 (channel interleaver) 414、及一刪除器 (puncturer) 416。編碼器 412 接收通訊資料，並根據一個或多個編碼架構將通訊資料編碼，以便提供編碼後的位元。該編碼提高資料傳輸的可靠性。每一編碼架構可包括 CRC 編碼、迴旋編碼 (convolutional coding)、渦輪式編碼 (Turbo coding)、及其他編碼之任何組合，或無任何編碼。可將通訊資料分割成若干封包 (或訊框)，且可個別地處理及傳輸每一封包。在一實施例中，對於每一封包而言，係將封包中之資料用來產生一組 CRC 位元，該組 CRC 位元被附加到該資料，然後以一迴旋碼或渦輪碼將該資料及 CRC 位元編碼，以便產生該封包的編碼後之資料。

頻道交插器 414 然後根據一特定的交插架構而交插編碼後的位元，以便提供分集 (diversity)。該交插功能將時間分集提供給該等編碼後的位元，容許根據資料傳輸所用的該等次頻道之一平均 SNR 而傳輸資料，對抗信號衰減，並進一步去除用來形成每一調變符號的各編碼後的位元間之相關性。如果係經由多個次頻道而傳送該等編碼後的位元，則該交插功能可進一步提供頻率分集。

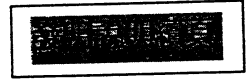
刪除器 416 然後刪除 (puncture; 亦即 delete) 零個或多個經過交插的編碼後之位元，並將必須數目的未刪除之編碼後的位元提供給調變器 320a。刪除器 416 可進一步將被刪



減的編碼後之位元提供給一緩衝器 418，該緩衝器 418 儲存這些編碼後的位元，以供如前文所述的在稍後的時間之一遞增傳輸需要用到這些編碼後的位元。

在圖 4 所示之特定實施例中，調變器 320a 包含一符號對映元件 422、一 IFFT 424、及一循環前置碼產生器 426。符號對映元件 422 針對用於資料傳輸的一個或多個次頻道而將多工化的導頻資料及編碼後的通訊資料對映到調變符號。如調變控制單元指示的，可將一個或多個調變架構用於該等次頻道。對於被選擇使用的每一調變架構而言，可聚集各組所接收的位元，而形成若干多位元符號，並將每一多位元符號對映到與所選擇的調變架構（例如 QPSK、M-PSK、M-QAM，或某一其他的架構）對應的一信號集中之一點，而達成該調變。每一被對映的信號點對應於一調變符號。符號對映元件 422 然後在每一傳輸符號期間提供一向量的（最多可到  $N_F$  個）調變符號，其中每一向量中的調變符號之數目係對應於被選擇用於該傳輸符號期間的次頻道之數目（最多可到  $N_F$  個）。

IFFT 424 利用快速傅立葉逆變換將每一調變符號向量轉換為其時域表示法（該時域表示法被稱為 OFDM 符號）。IFFT 424 可被設計成對任何數目的次頻道（例如，8、16、32、...、 $N_F$  ... 個次頻道）執行逆變換。在一實施例中，循環前置碼產生器 426 針對每一 OFDM 符號重複該 OFDM 符號的一部分，以便形成一對應的傳輸符號。循環前置碼確保傳輸符號在多路徑延遲分佈出現時仍可保有其正交特

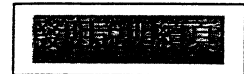


性，因而提昇了抗拒不利路徑效應之效能。然後將來自循環前置碼產生器 426 的該等傳輸符號提供給發射機 322 (圖 3)，且處理該等傳輸符號，以便產生一調變後的信號，然後自天線 324 發射該調變後的信號。

亦可實施發射機單元的其他設計，且該等其他設計仍係在本發明的範圍內。編碼器 412、頻道交插器 414、刪除器 416、符號對映元件 422、IFFT 424、及循環前置碼產生器 426 之實施例是此項技術中習知的，且資料傳輸速率中將不詳細說明該等實施例。

前文所述的美國專利申請案 09/826,481、09/956,449、及 09/854,235、於 2001 年 2 月 1 日提出申請的美國專利申請案 09/776,075 "Coding Scheme for a Wireless Communication System"、以及於 2001 年 11 月 6 日提出申請的美國專利申請案 \_\_\_\_\_ ( 內 部 案 010254) "Multiple-Access Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) Communication" (所有該等專利申請案皆已讓渡給本申請案之受讓人，且本發明特此引用該等專利申請案以供參照) 中進一步詳細說明了 OFDM 及其他系統的編碼及調變。

一例示的 OFDM 系統係述於在 2000 年 3 月 30 日提出申請的美國專利申請案 09/532,492 "High Efficiency, High Performance Communication System Employing Multi-Carrier Modulation"，該專利申請案已讓渡給本發明之受讓人，且本發明特此引用該等專利申請案以供參照。A. C. Bingham 於 "IEEE Communications Magazine, May 1990" 發表的一篇

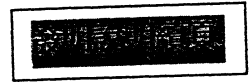


論文 "Multicarrier Modulation for Data Transmission : An Idea Whose Time Has Come" 亦說明了 OFDM，本發明特此引用該論文以供參照。

圖 5 是一接收機單元 500 的一實施例之一方塊圖，該接收機單元 500 是圖 3 所示接收機系統 150a 的接收機部分之一實施例。天線 352 (圖 3) 接收來自該發射機系統的發射信號，並將該發射信號提供給接收機 354 (亦可將該接收機稱為前端處理器)。接收機 354 調整 (例如進行濾波及放大) 所接收的信號，將調整後的信號向下變頻至一中頻或基頻帶，並將向下變頻後的信號數位化，以便提供資料樣本，然後將該等資料樣本提供給一解調器 360a。

在解調器 360a (圖 5) 內，將該等資料樣本提供給一循環前置碼去除元件 510，該循環前置碼去除元件 510 去除每一傳輸符號中包含的循環前置碼，以便提供一對應的回復後之 OFDM 符號。一 FFT 512 然後使用快速傅立葉變換來變換每一回復的 OFDM 符號，並在每一傳輸符號期間將一向量的 (最多  $N_F$  個) 回復之調變符號提供給用於資料傳輸的該等 (最多  $N_F$  個) 次頻道。將來自 FFT 512 的該等回復之調變符號提供給一解調元件 514，並根據與該發射機系統中所用的一個或多個調變架構互補之一個或多個解調架構將該等回復之調變符號解調。然後將來自解調元件 514 的解調後之資料提供給一接收資料處理器 362a。

在接收資料處理器 362a 內，係以一種與該發射機系統中執行之方式互補之方式將該解調後的資料解交插 522，且

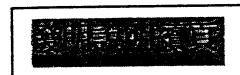


一解碼器 524 以一種與該發射機系統中執行的方式互補之方式進一步將該解交插後的資料解調。例如，如果在發射機單元中分別執行了渦輪式編碼或迴旋編碼，則可將一渦輪式解碼器或一 Viterbi 解碼器用於解碼器 524。來自解碼器 524 的解碼後之資料代表了所傳輸資料的一估計值。解碼器 524 可提供每一接收的封包之狀態（例如正確地或錯誤地接收了該封包）。解碼器 524 可進一步儲存並未被正確解碼的封包之解調後的資料，以便可將該資料與來自一後續遞增傳輸的資料合併，並將合併後之資料解碼。

如圖 5 所示，可將一頻道估計器 516 設計成：估計頻道之頻率響應之之估計值  $\hat{H}(k)$  及雜訊變易數之估計值  $\hat{N}$ 。並將這些估計值提供給控制器 370。可根據導頻符號的所接收之資料樣本（例如，根據導頻符號的來自 FFT 512 之 FFT 係數）而估計該頻道響應及雜訊變易數。

可將控制器 370 設計成實施用於遞增傳輸的速率選擇及信令 (signaling) 的各種面向及實施例。對於速率選擇而言，如前文所述，控制器 370 可根據衡量值  $\psi$  而決定可用於特定頻道狀況之最大資料傳輸速率。對於遞增傳輸而言，控制器 370 可將一 ACK 訊息或一 NACK 信息提供給一特定封包的每一接收之傳輸，而如果在接收機系統上並未正確地接收到該封包，則發射機系統可利用該 ACK 訊息或 NACK 信息而傳輸該封包的一額外部分。

圖 1A 至 3 示出接收機用來傳送回資料傳輸的速率之一簡單設計。亦可實施其他的設計，且該等設計也是在本發明

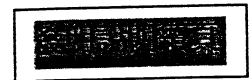


的範圍內。例如，可將頻道估計值傳送到發射機(而不是傳送速率)，且發射機然後可根據所接收的頻道估計值而決定資料傳輸之速率。

可利用各種設計來實施本說明書所述的速率選擇及遞增傳輸技術。例如，可以接收機系統中的各種元件來實施圖5所示的用來推導出並提供頻道估計值之頻道估計器516。控制器370可(諸如以記憶體372中儲存的一個或多個查詢表)執行對決定速率的處理之全部或部分。亦可考慮用來執行速率選擇及遞增傳輸的其他設計，且該等其他設計也是在本發明的範圍內。

可以各種裝置來實施本說明書所述的速率選擇及遞增傳輸技術。例如，可以硬體、軟體、或以上兩個的一組合來實施這些技術。對於一硬體實施例而言，可在一個或多個特定應用積體電路(Application Specific Integrated Circuit; 簡稱ASIC)、數位信號處理器(Digital Signal Processor; 簡稱DSP)、數位信號處理裝置(Digital Signal Processing Device; 簡稱DSPD)、可程式邏輯裝置(Programmable Logic Device; 簡稱PLD)、客戶端可程式閘陣列(Field-Programmable Gate Array; 簡稱FPGA)、處理器、控制器、微控制器、微處理器、被設計成執行本說明書所述的該等功能之其他電子單元、或上述各裝置之一組合來實施用來實施速率選擇及(或)遞增傳輸的該等元件中之某些元件。

對於一軟體實施例而言，可以用來執行本說明書所述的



該等功能之模組(例如程序及函式等)來實施速率選擇及(或)遞增傳輸的某些部分。可將軟體程式碼儲存在一記憶體單元(例如圖3所示之記憶體332或372)中,且係由一處理器(例如控制器330或370)來執行該等軟體程式碼。可在處理器內或在處理器的外部實施該記憶體單元,而在處理器的外部的情形中,係經由此項技術中習知的各種裝置而將該記憶體單元在通訊上耦合到該處理器。

前文中提供了所揭示實施例之說明,使熟習此項技術者得以製作或使用本發明。熟習此項技術者將易於作出這些實施例的各種修改,且在不脫離本發明的精神及範圍下,可將本發明所界定的一般性原理應用於其他的實施例。因此,本發明將不受限於本文所示的該等實施例,而是將適用於與本發明所揭示的原理及創新特徵一致的最廣義範圍。

#### 圖式簡單說明

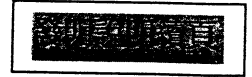
若參照上文中之詳細說明,並配合各圖式,將可更易於了解本發明的該等特徵、本質、及優點,而在這些圖式中,相同的代號標示了所有圖式中之對應部分,這些圖式有:

圖1A示出一OFDM系統的一簡化模型;

圖1B示出使用一等效頻道而對一多路徑頻道進行的速率選擇;

圖2是根據衡量值 $\psi$ 而選擇OFDM系統所用的資料傳輸速率的一程序實施例之一流程圖;

圖3是可實施本發明的各種面向及實施例的一發射機系



(33)

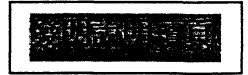
統及一接收機系統的一實施例之一方塊圖；

圖 4 是一發射機單元的一實施例之一方塊圖；以及

圖 5 是一接收機單元的一實施例之一方塊圖。

圖式代表符號說明

110,322	發射機
112	資料來源
114	編碼器/調變器
130,170,330, 370	控制器
150,354	接收機
116,424	快速傅立葉逆變換器
160,512	快速傅立葉變換器
162	解調器/解碼器
164	頻道估計器
166	速率選擇器
310,378,310a	傳輸資料處理器
308	資料來源
320,380,320a	調變器
110a	發射機系統
150a	接收機系統
324,352	天線
360,340,360a	解調器
362,326a	接收資料處理器
332,372	記憶體



400	發射機單元
412	編碼器
414	頻道交插器
416	刪除器
422	符號對映元件
426	循環前置碼產生器
500	接收機單元
510	循環前置碼去除元件
514	解調元件
522	解交插器
524	解碼器
516	頻道估計器

## 肆、中文發明摘要

本發明揭示了在一正交分頻多工系統 (OFDM) 系統中決定一資料傳輸的速率之技術。係根據一等效 (平坦響應) 頻道的一衡量值，而決定該 OFDM 系統可經由一特定的多路徑 (非平坦響應) 頻道而可靠地傳輸之最大資料傳輸速率。對於該特定的多路徑頻道及一特定速率 (該特定速率可指示一特定資料傳輸速率、調變架構、及編碼架構) 而言，開始時係自一等效資料傳輸速率及該特定調變架構推導出該衡量值。然後決定利用該特定調變架構及編碼速率時可靠地傳輸該特定資料傳輸速率所需之一臨界信號與雜訊及干擾比 (SNR)。如果該衡量值大於或等於該臨界 SNR，則視為該多路徑頻道支援該特定速率。使用遞增傳輸來應付在所決定的資料傳輸速率下之錯誤。

## 伍、英文發明摘要

Techniques to determine the rate for a data transmission in an OFDM system. The maximum data rate that may be reliably transmitted over a given multipath (non-flat) channel by the OFDM system is determined based on a metric for an equivalent (flat) channel. For the given multipath channel and a particular rate (which may be indicative of a particular data rate, modulation scheme, and coding rate), the metric is initially derived from an equivalent data rate and the particular modulation scheme. A threshold SNR needed to reliably transmit the particular data rate using the particular modulation scheme and coding rate is then determined. The particular rate is deemed as being supported by the multipath channel if the metric is greater than or equal to the threshold SNR. Incremental transmission is used to account for errors in the determined data rate.

## 拾、申請專利範圍

1. 一種用以決定一無線通訊系統中經由一通訊頻道的一資料傳輸的一資料傳輸速率之方法，包含下列步驟：
  - 識別該資料傳輸的一組參數；
  - 估計該通訊頻道的一個或多個特性值；
  - 根據該組參數及該等一個或多個估計的頻道特性值，而推導出一等效頻道的一衡量值；
  - 決定該等效頻道支援一特定資料傳輸速率所需的一臨界信號品質；以及
  - 根據該衡量值及該臨界信號品質，而指示該通訊頻道是否支援該特定資料傳輸速率。
2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該組參數包含將用於該資料傳輸的一特定編碼架構及一特定調變架構。
3. 如申請專利範圍第2項之方法，其中該等一個或多個估計的頻道特性值包含該通訊頻道的一估計的頻率響應、及該通訊頻道的一估計的雜訊變易數。
4. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該等效頻道在一系統頻寬中具有一平坦的頻率響應。
5. 如申請專利範圍第2項之方法，其中推導出該衡量值的該步驟包含下列步驟：
  - 根據一第一函數、該組參數、及該等一個或多個估計的頻道特性值，而決定該等效頻道的一等效資料傳輸速率；以及
  - 其中係根據一第二函數、該等效資料傳輸速率、及該

特定調變架構，而推導出該衡量值。

6. 如申請專利範圍第5項之方法，其中該第一函數是一受限制的頻道容量函數。
7. 如申請專利範圍第5項之方法，其中該第二函數是該第一函數的一反函數。
8. 如申請專利範圍第1項之方法，其中係以一信號與雜訊及干擾比率(SNR)將該信號品質量化。
9. 如申請專利範圍第8項之方法，其中推導出該衡量值的該步驟包含下列步驟：

根據一特定的等化器而估計該通訊頻道的一偵測後SNR，且其中該等效頻道的該估計的信號品質是估計的偵測後SNR。

10. 如申請專利範圍第2項之方法，其中係將一單一的調變架構用於該資料傳輸所用的所有次頻道。
11. 如申請專利範圍第2項之方法，其中係將複數個調變架構用於該資料傳輸所用的複數個次頻道。
12. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該無線通訊系統是一正交分頻多工(OFDM)系統。
13. 一種用以決定一正交分頻多工(OFDM)系統中經由一通訊頻道的一資料傳輸的一速率之方法，包含下列步驟：  
識別一特定速率的一組參數，該組參數指示了一特定資料傳輸速率、一特定調變架構、及一特定編碼架構；  
估計該通訊頻道的一個或多個特性值；  
根據一第一函數、該組參數、及該等一個或多個估計

的頻道特性值，而推導出一等效資料傳輸速率；

根據一第二函數、該等效資料傳輸速率、及該特定調變架構，而推導出該等效頻道的一衡量值；

決定該等效頻道在該特定調變架構及編碼架構下支援該特定資料傳輸速率所需的一臨界信號與雜訊及干擾比(SNR)；以及

如果該衡量值大於或等於該臨界SNR，則指示該通訊頻道支援該特定速率。

14. 如申請專利範圍第13項之方法，其中該第一函數是一受限制的頻道容量函數。
15. 如申請專利範圍第13項之方法，其中該第二函數是Shannon頻道容量函數。
16. 如申請專利範圍第13項之方法，其中係自一組可用速率中選出該特定速率，且其中評估一個或多個可用速率中之每一速率，以便決定該通訊頻道支援的一最大資料傳輸速率。
17. 如申請專利範圍第13項之方法，其中係在一特定的等化器進行等化之後，估計該通訊頻道的一偵測後SNR，而完成推導出該等效資料傳輸速率之該步驟及推導出該衡量值的該步驟。
18. 如申請專利範圍第17項之方法，其中該特定的等化器是一最小均方誤差線性等化器(MMSE-LE)或一決定回授等化器(DFE)。
19. 一種用以在一正交分頻多工(OFDM)系統中經由一通訊



頻道而傳輸資料之方法，包含下列步驟：

識別經由該通訊頻道的一資料傳輸所用之一起始速率；

根據該起始速率而處理經由該通訊頻道傳輸之資料；

傳輸所處理資料之一第一部分；

接收該資料傳輸的錯誤接收之一指示；以及

傳輸所處理資料之一額外部分。

20. 如申請專利範圍第19項之方法，其中係根據一等效頻道的一估計之信號與雜訊及干擾比率(SNR)，而決定該起始速率。

21. 如申請專利範圍第19項之方法，其中該起始速率指示了將用於該資料傳輸的一特定資料傳輸速率、一特定調變架構、及一特定編碼架構。

22. 如申請專利範圍第21項之方法，其中該處理步驟包含下列步驟：

根據該特定編碼架構而將資料編碼；

根據一特定刪除架構而刪除部分的該編碼後的資料；  
以及

根據該特定調變架構而調變未被刪除的編碼後的資料。

23. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該第一部分包含該未被刪除的編碼後的資料，且該額外部分包含先前被刪除的且尚未被傳輸的編碼後的資料。

24. 如申請專利範圍第19項之方法，進一步包含下列步驟：

重複傳輸一額外部分一次或多次，直到接收到該資料傳輸的正確接收之一指示為止。

25. 如申請專利範圍第19項之方法，其中回應錯誤接收的該指示而將要傳輸的每一額外部分包含先前並未傳輸的所處理資料。

26. 一種在一無線通訊系統中之接收機單元，包含：

一頻道估計器，該頻道估計器工作而推導出用於一資料傳輸的一通訊頻道的一個或多個特性值之估計值；以及

一速率選擇器，該速率選擇器工作而執行下列各項：接收來自該頻道估計器的若干頻道估計值、及用來指示該資料傳輸的一特定速率之一組參數；推導出一等效頻道的一衡量值；決定該等效頻道支援該特定速率所需的一臨界信號品質；以及根據該衡量值及該臨界信號品質，而指示該通訊頻道是否支援該特定速率。

27. 如申請專利範圍第26項之接收機單元，進一步包含：

一解碼器，該解碼器工作而提供一特定資料封包的每一接收的傳輸之一狀態；以及

一控制器，該控制器工作而提供由該特定速率及該封包狀態之一指示所構成之回授資訊。

28. 如申請專利範圍第26項之接收機單元，其中該速率選擇器進一步工作，根據一第一函數，該組參數，及該等效頻道估計值，而決定該等效頻道的一等效資料傳輸速率，並根據一第二函數，該等效資料傳輸速率，及與該特定

速率相關聯的一特定調變架構，而推導出該等效頻道的該衡量值。

29. 如申請專利範圍第28項之接收機單元，其中該第一函數是一受限制的頻道容量函數。

30. 如申請專利範圍第28項之接收機單元，進一步包含：  
一記憶體，該記憶體之組態被設定成儲存該第一函數的一個或多個表。

31. 一種在一無線通訊系統中之接收機裝置，包含：  
推導出用於一資料傳輸的一通訊頻道的一個或多個特性值的估計值之裝置；

根據該等頻道估計值及用來指示該資料傳輸的一特定速率之一組參數而推導出一等效頻道的一衡量值之裝置；

決定該等效頻道支援該特定速率所需的一臨界信號品質之裝置；以及

根據該衡量值及該臨界信號品質而指示該通訊頻道是否支援該特定速率之裝置。

32. 如申請專利範圍第31項之接收機裝置，進一步包含

根據一第一函數、該組參數、及該等頻道估計值而決定該等效頻道的一等效資料傳輸速率之裝置；及

且其中係根據一第二函數、該等效資料傳輸速率、及與該特定速率相關聯的一特定調變架構，而推導出該衡量值。

33. 如申請專利範圍第32項之接收機裝置，進一步包含

儲存該第一函數的一個或多個表之裝置。

34. 一種在一正交分頻多工 (OFDM) 系統中之發射機單元，包含：

一控制器，該控制器工作而識別經由一通訊頻道的一資料傳輸所用之一起始速率，並接收該資料傳輸的正確或錯誤接收之一指示，其中該起始速率指示了將用於該資料傳輸的一特定資料傳輸速率、一特定調變架構、及一特定編碼架構；

一傳輸資料處理器，該傳輸資料處理器工作而根據該特定編碼架構將資料編碼；

一調變器，該調變器工作，根據該特定調變架構而調變該編碼後的資料之一第一部分，並在接收到該資料傳輸的錯誤接收之該指示時，進一步調變該編碼後的資料之一額外部分；以及

一發射機，該發射機工作而傳輸該調變後的資料。

35. 如申請專利範圍第34項之發射機單元，其中該傳輸資料處理器進一步工作，根據一特定刪除架構而刪除部分的該編碼後的資料，且其中該第一部分包含該未被刪除的編碼後的資料，且該額外部分包含先前被刪除的且尚未被傳輸的編碼後的資料。

36. 一種在一無線通訊系統中之發射機裝置，包含：

識別經由一通訊頻道的一資料傳輸將要使用之一起始速率之裝置，其中該起始速率指示了將用於該資料傳輸的一特定資料傳輸速率、一特定調變架構、及一特定編

碼架構；

根據該特定編碼架構將資料編碼之裝置；

根據該特定調變架構而調變該編碼後的資料的一第一  
部分之裝置；

在一接收機上接收該資料傳輸的正確或錯誤接收的一  
指示之裝置；

在接收到該資料傳輸的錯誤接收之該指示時調變該編  
碼後的資料的一額外部分之裝置；以及

傳輸該調變後的資料之裝置。

拾壹、圖式

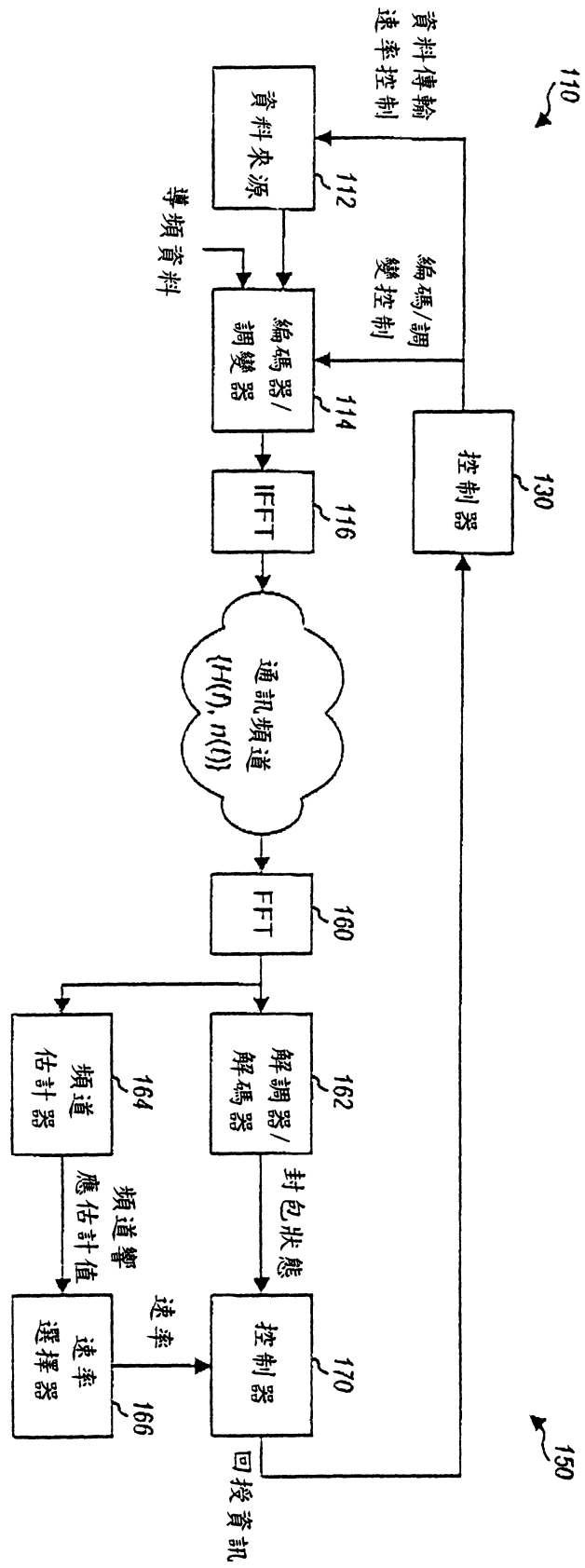


圖 1A

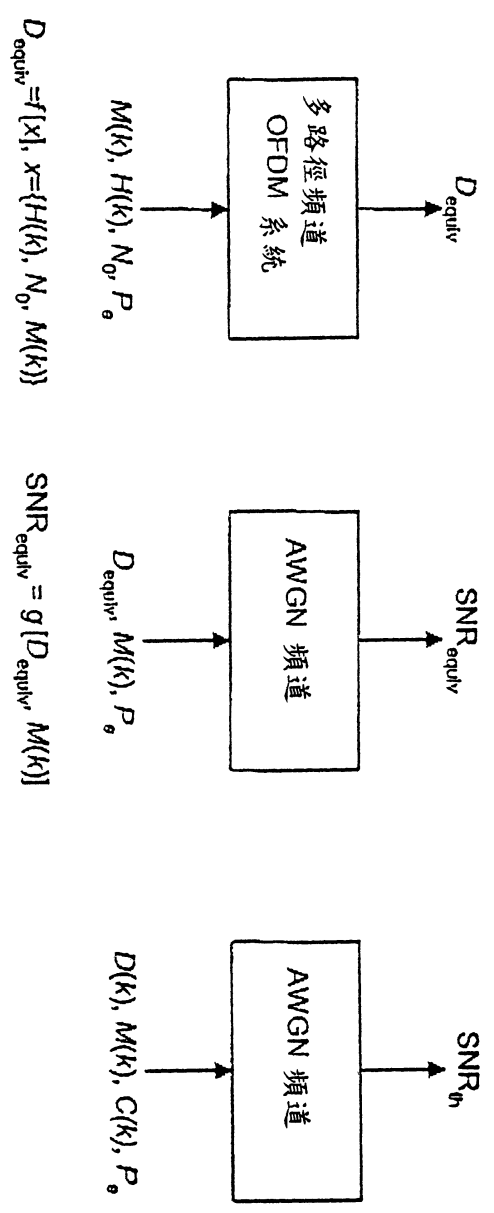


圖 1B

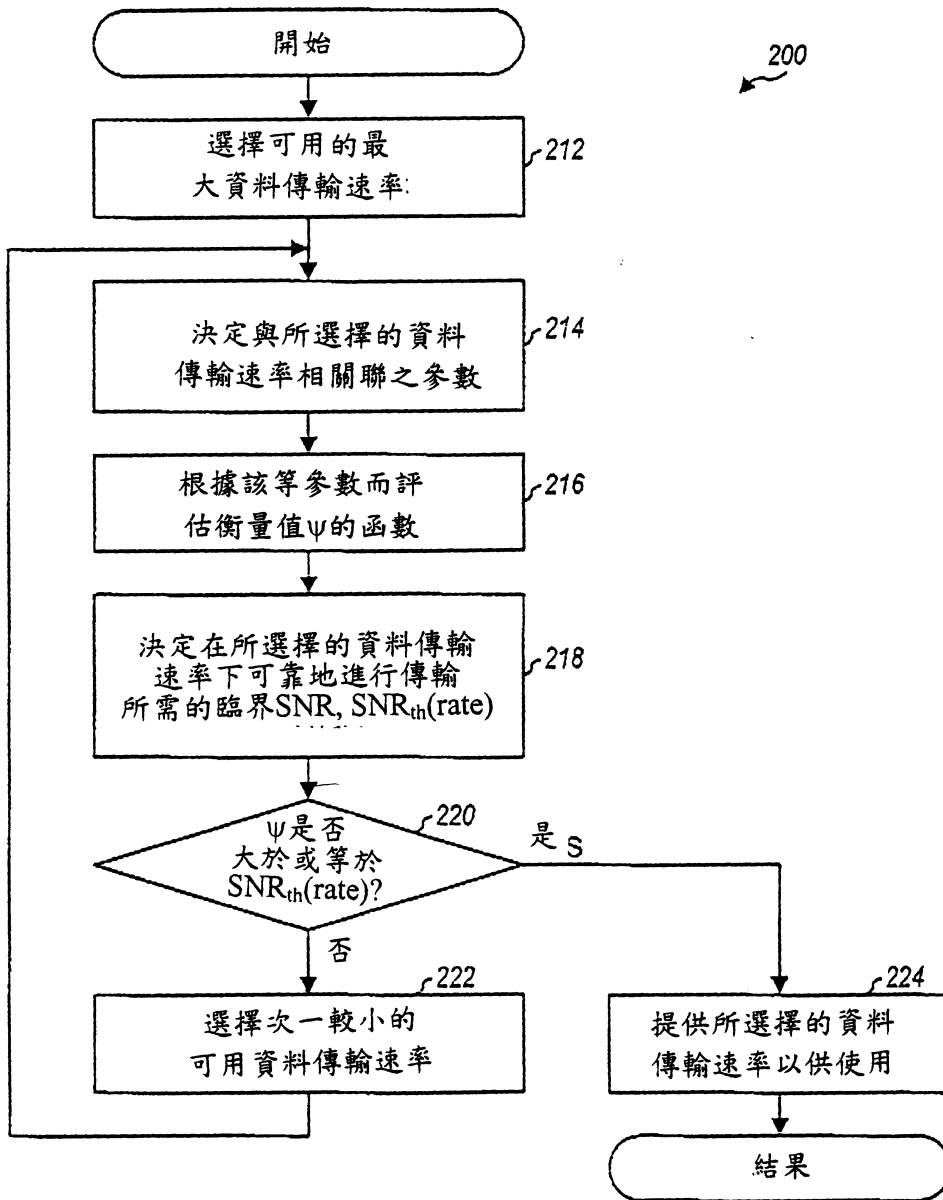


圖 2

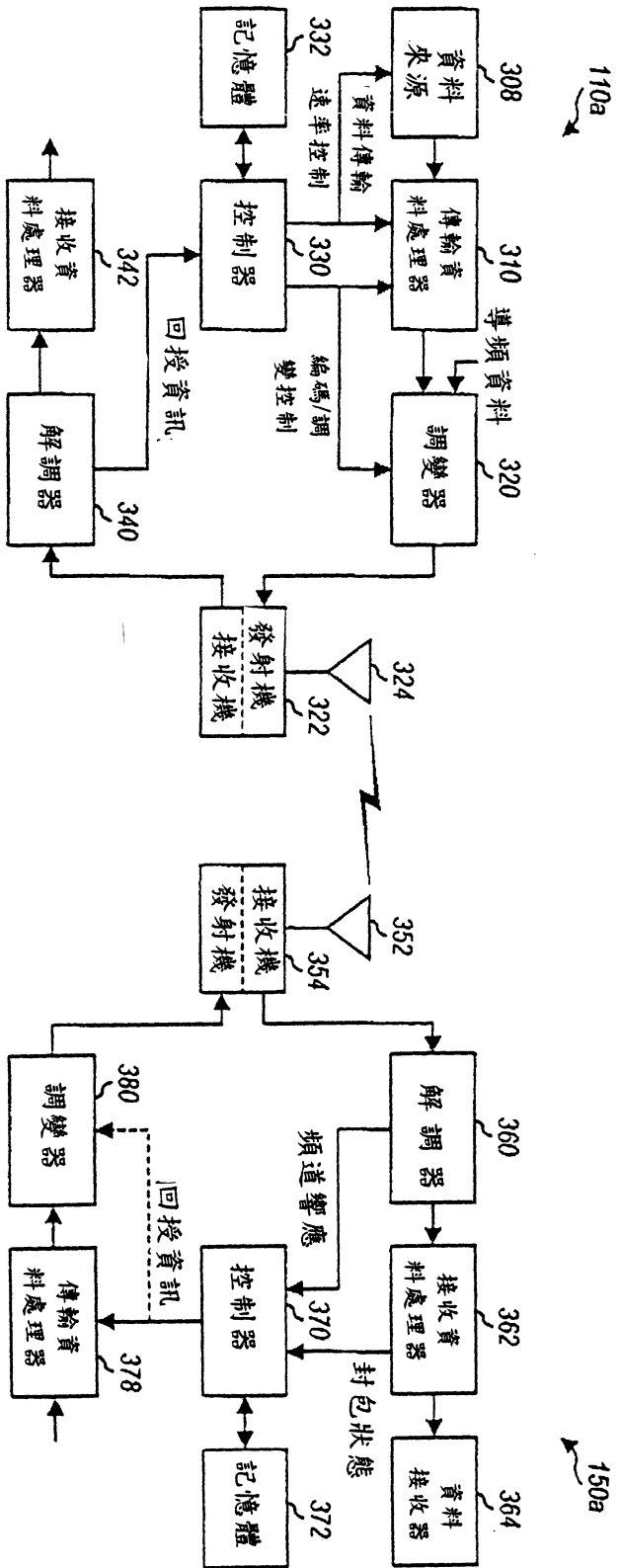


圖 3

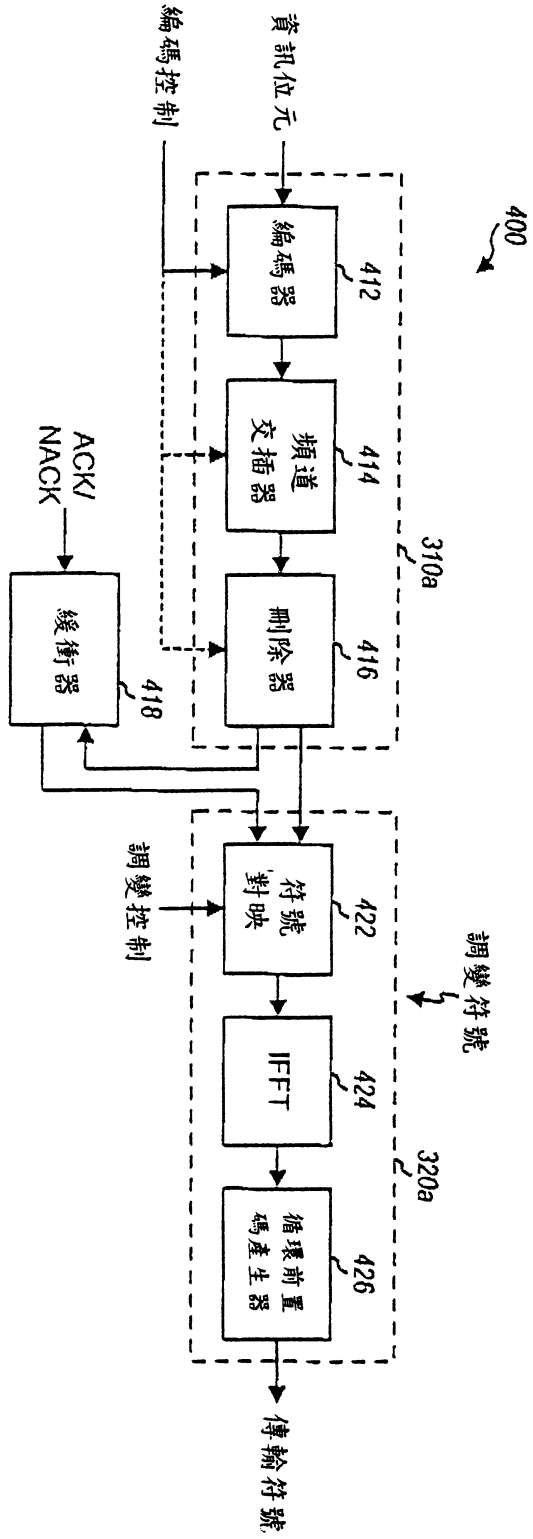


圖 4

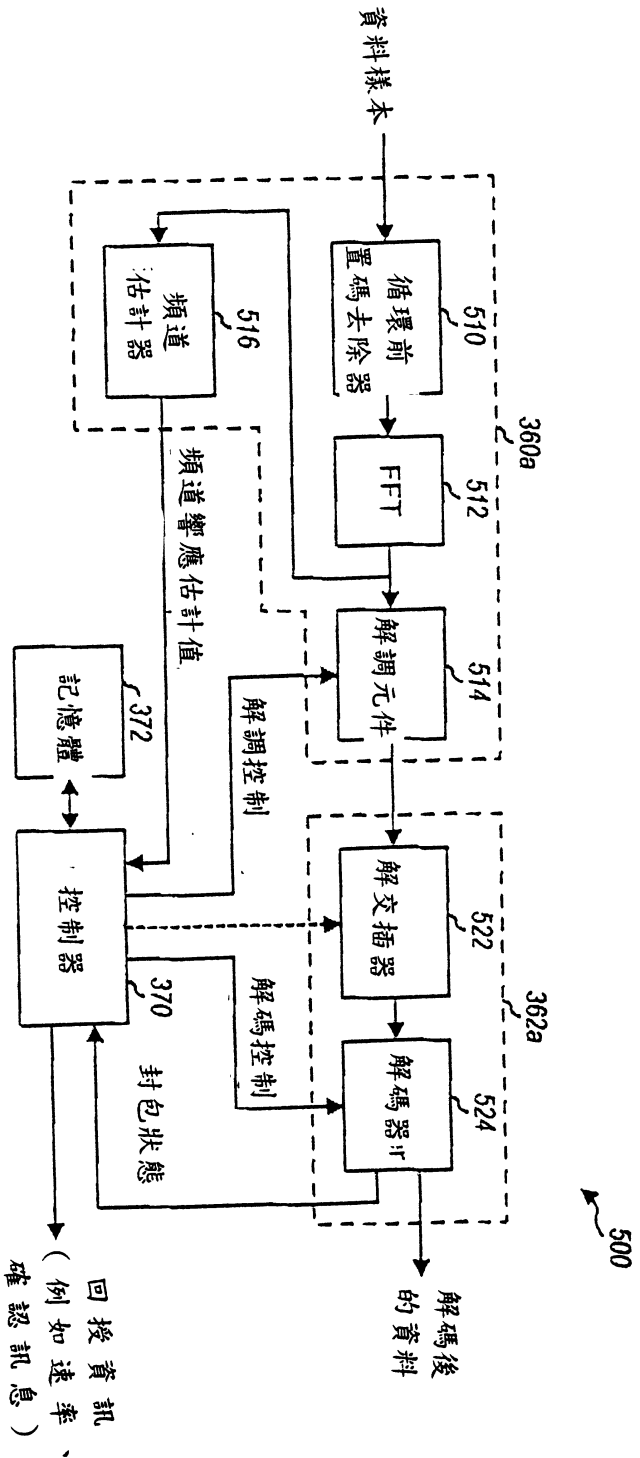


圖 5

陸、(一)、本案指定代表圖為：第3圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

110a	發射機系統
150a	接收機系統
308	資料來源
310	傳輸資料處理器
320	調變器
322	發射機
324	天線
330	控制器
332	記憶體
340	解調器
342	接收資料處理器
352	天線
354	接收機
360	解調器
362	接收資料處理器
364	資料接收器
370	控制器
372	記憶體
378	傳輸資料處理器
380	調變器

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：