



(21)申請案號：101133329

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 09 月 12 日

(51)Int. Cl. : H04B7/04 (2006.01)

H04L27/26 (2006.01)

(30)優先權：2011/12/30 美國

13/341,624

(71)申請人：美國博通公司 (美國) BROADCOM CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：傑索 勞伊 JALLOUL, LOUAY (US)；豪渥 百瑞 HOCHWALD, BERTRAND (US)

(74)代理人：莊志強

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：6 共 38 頁

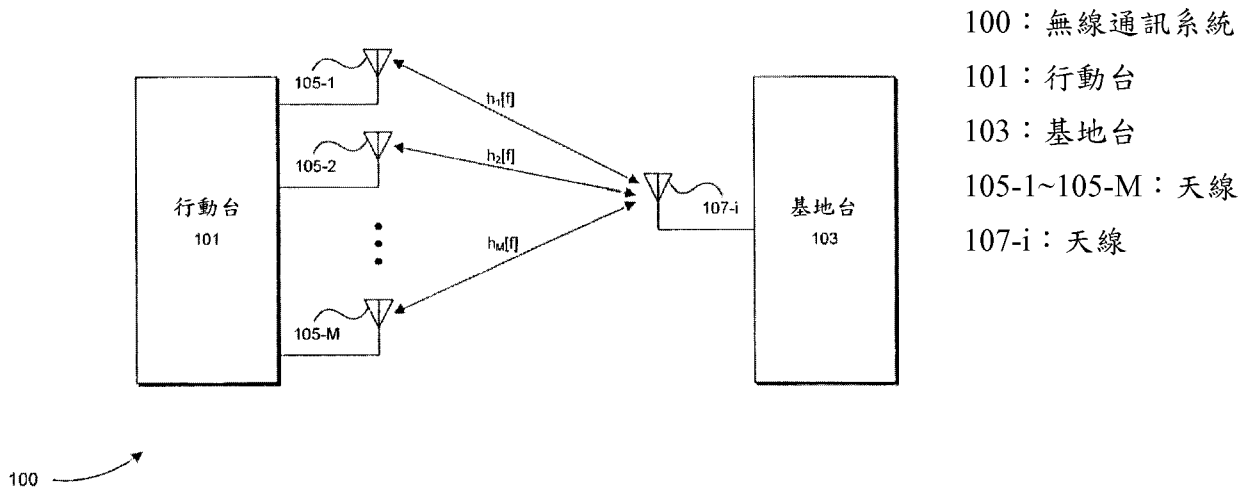
(54)名稱

波束成形器及用於波束成形的方

ADAPTIVE TRANSMIT BEAMFORMING

(57)摘要

本文涉及自適應發射波束成形。描述了一種用於從幾種不同功率限制中選擇一種來標準化複波束權重組的方法和設備的實施方式。具體地，該方法和設備的實施方式根據用來對被複波束權重組加權了的發射信號所承載的資訊進行編碼的編碼率，來選擇功率限制。功率限制的適當選擇可以改善接收器處的解碼後的發射信號的位元錯誤率或區塊錯誤率。





(21)申請案號：101133329

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 09 月 12 日

(51)Int. Cl. : H04B7/04 (2006.01)

H04L27/26 (2006.01)

(30)優先權：2011/12/30 美國

13/341,624

(71)申請人：美國博通公司 (美國) BROADCOM CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：傑索 勞伊 JALLOUL, LOUAY (US)；豪渥 百瑞 HOCHWALD, BERTRAND (US)

(74)代理人：莊志強

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：6 共 38 頁

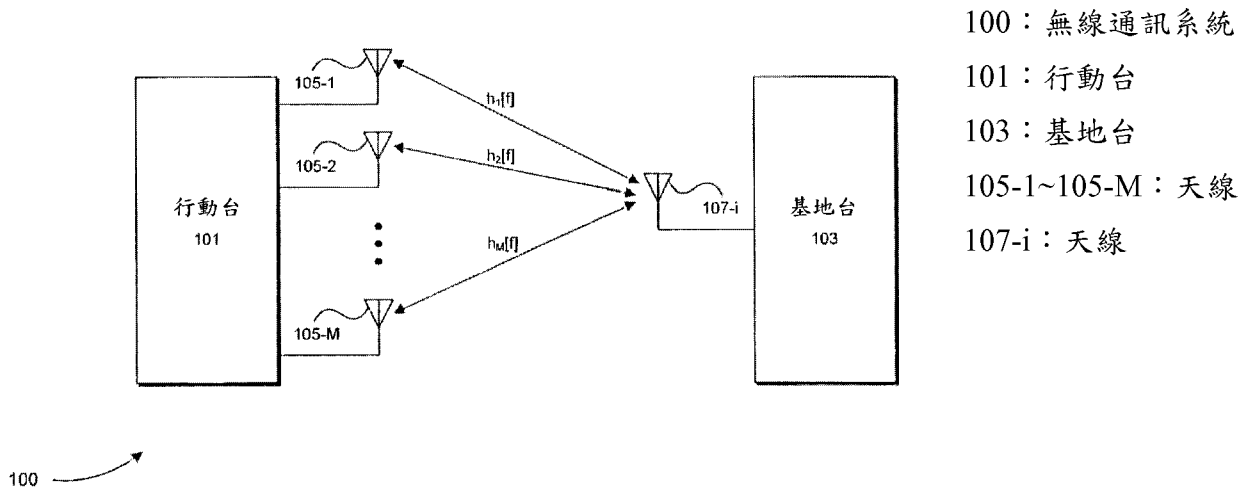
(54)名稱

波束成形器及用於波束成形的方

ADAPTIVE TRANSMIT BEAMFORMING

(57)摘要

本文涉及自適應發射波束成形。描述了一種用於從幾種不同功率限制中選擇一種來標準化複波束權重組的方法和設備的實施方式。具體地，該方法和設備的實施方式根據用來對被複波束權重組加權了的發射信號所承載的資訊進行編碼的編碼率，來選擇功率限制。功率限制的適當選擇可以改善接收器處的解碼後的發射信號的位元錯誤率或區塊錯誤率。



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101133329

※申請日：101-9-12 ※IPC 分類：H04B 7/04 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文) H04L 27/26 (2006.01)

波束成形器及用於波束成形的的方法/ ADAPTIVE
TRANSMIT BEAMFORMING

二、中文發明摘要：

本文涉及自適應發射波束成形。描述了一種用於從幾種不同功率限制中選擇一種來標準化複波束權重組的方法和設備的實施方式。具體地，該方法和設備的實施方式根據用來對被複波束權重組加權了的發射信號所承載的資訊進行編碼的編碼率，來選擇功率限制。功率限制的適當選擇可以改善接收器處的解碼後的發射信號的位元錯誤率或區塊錯誤率。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

無線通訊系統 100

行動台 101

基地台 103

天線 105-1~105-M、107-i

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本申請總體涉及波束成形 (beamforming)，更具體地，涉及自適應發射波束成形。

【先前技術】

發射波束成形是一種信號處理技術，這種技術在發射器上採用兩個以上的天線來增加接收器處的信號與干擾加雜訊比 (SINR)，從而增加從發射器到接收器通訊的資料比例。發射波束成形的基本操作是從兩個以上天線的每一個中發射相同的信號至接收器。但不同的波束權重 (或波束權重組) 被應用於從每個天線發射的信號。

為提高接收器處的 SINR，不同的波束權重 (或波束權重組) 的值並非隨意選擇的。相反，它們是根據在發射器和接收器之間傳輸信號的無線通道的相關知識確定的。一旦確定下來，不同波束權重 (或波束權重組) 可被標準化 (歸一化) 以確保發射器的固定總發射功率。但這種標準化可通過幾種不同的方式進行 (根據不同的功率限制) 且，根據採用的方法，發射至並在接收器上解碼的資料的位元錯誤率 (BER) 或區塊錯誤率 (BLER) 也有所不同。

因此，需要一種如何選擇標準化技術來標準化不同波束權重 (或波束權重組) 的方法和設備，以改善接收器處解碼的資料的 BER 或 BLER。

【發明內容】

(1) 一種波束成形器，包括：權重計算器，被配置為根據發射器處的 M 個天線與接收器處的一個天線之間的估測通道來確定 M 個權重組，其中，所述 M 個權重組

中的每一個對應於所述發射器處的 M 個天線中的不同的一個，並被用於對用來從所述發射器處的 M 個天線中的與所述權重組對應的不同的一個發射的 F 個源符號進行加權；以及，標準化器，被配置為在功率限制下標準化所述 M 個權重組，所述功率限制是根據用來對映射至所述 F 個源符號的資訊進行編碼的編碼率來確定的。

(2) 根據 (1) 所述的波束成形器，其中，所述標準化器被配置為當所述編碼率低於臨界值時，在每符號每天線 (PSPA) 功率限制下標準化所述 M 個權重組，以及所述標準化器被配置為當所述編碼率高於所述臨界值時，在每音調每天線 (PTPA) 功率限制下標準化所述 M 個權重組。

(3) 根據 (2) 所述的波束成形器，其中，所述臨界值是根據所述估測通道的信號雜訊比、頻率選擇性和/或延遲擴展中的至少一個來確定的。

(4) 根據 (1) 所述的波束成形器，其中，所述標準化器被配置為當所述編碼率低於臨界值時，在每符號 (PS) 功率限制下標準化所述 M 個權重組，以及，所述標準化器被配置為當所述編碼率高於所述臨界值時，在每音調 (PT) 功率限制下標準化所述 M 個權重組。

(5) 根據 (4) 所述的波束成形器，其中，所述臨界值是根據所述估測通道的信號雜訊比、頻率選擇性和/或延遲擴展中的至少一個來確定的。

(6) 根據 (1) 所述的波束成形器，其中，所述編碼率是自適應的。

(7) 根據 (1) 所述的波束成形器，其中，所述接收

器處的天線為虛擬化天線。

(8) 根據(1)所述的波束成形器，其中，所述發射器位於用戶裝置處，且所述接收器位於基地台處。

(9) 根據(8)所述的波束成形器，其中，所述用戶裝置和所述基地台被配置為根據電氣與電子工程師學會 802.16e 標準和第三代合作夥伴計畫長期演進技術標準中的至少一個來運行。

(10) 一種方法，包括：根據發射器處的 M 個天線與接收器處的一個天線之間的估測通道來確定 M 個權重組，其中，所述 M 個權重組中的每一個對應於所述發射器處的 M 個天線中的不同的一個，並被用於對用來從所述發射器處的 M 個天線中的與所述權重組對應的不同的一個發射的 F 個源符號進行加權；在功率限制下標準化所述 M 個權重組，所述功率限制是根據用來對映射至所述 F 個源符號的資訊進行編碼的編碼率來確定的。

(11) 根據(10)所述的方法，其中，標準化所述 M 個權重組進一步包括：當所述編碼率低於臨界值時，在每符號每天線 (PSPA) 功率限制下標準化所述 M 個權重組；以及當所述編碼率高於所述臨界值時，在每音調每天線 (PTPA) 功率限制下標準化 M 個權重組。

(12) 根據(11)所述的方法，進一步包括：根據所述估測通道的信號雜訊比、頻率選擇性和/或延遲擴展中的至少一個來確定所述臨界值。

(13) 根據(10)所述的方法，其中，標準化所述 M 個權重組進一步包括：當所述編碼率低於臨界值時，在每符號 (PS) 功率限制下標準化所述 M 個權重組；以及，當

所述編碼率高於所述臨界值時，在每音調（PT）功率限制下標準化所述 M 個權重組。

（14）根據（13）所述的方法，進一步包括：根據所述估測通道的信號雜訊比、頻率選擇性和/或延遲擴展中的至少一個來確定所述臨界值。

（15）根據（10）所述的方法，其中，所述編碼率是自適應的。

（16）根據（10）所述的方法，其中，所述接收器處的天線是虛擬化天線。

（17）根據（10）所述的方法，其中，所述發射器位於用戶裝置處，且所述接收器位於基地台處。

（18）根據（17）所述的方法，其中，所述用戶裝置和所述基地台被配置為根據電氣與電子工程師學會 802.16e 標準和第 3 代合作夥伴計畫長期演進技術標準中的至少一個來運行。

【實施方式】

在下文中，為便於完全理解本發明，闡述了許多具體細節。然而，對本領域技術人員而言顯而易見的是，可以在沒有這些具體細節的情況下實踐包括結構、系統和方法的本發明。本文中的描述和表示型態是由本領域的有經驗的或熟練的技術人員所使用的一般手段，以便將其工作的本質最有效地傳達給本領域的其他技術人員。在其他情況下，為避免對本發明的各方面造成不必要的混淆，並未詳細描述眾所周知的方法、程式、部件和電路。

本說明書中提及的“一個實施方式”“實施方式”“範例性實施方式”等表示所說明的實施方式可以包括特定特徵

、結構或特性，但並非每個實施方式都必須包括特定特徵、結構或特性。此外，這些短語並不一定指代同一個實施方式。另外，當結合實施方式說明特定特徵、結構或特性時，應指出本領域的技術人員可將這些特徵、結構或特性與無論本發明是否明確說明的其他實施方式結合起來。

本文結合終端描述了各個方面，該終端也可被稱為例如用戶單元、用戶站、行動台、移動裝置、遠端站、遠端終端、存取終端、用戶終端、用戶裝置或用戶設備。

1. 綜述

本文說明的本發明的各個實施方式適用於多載波通訊系統，更為具體地，適用於正交分頻多工（OFDM）通訊系統。為了有助於更好地理解以下各部分說明的各個實施方式，本文首先回顧了 OFDM 傳輸和應用於 OFDM 傳輸的波束成形的基本原理。

通常，OFDM 是一種通過 F 個正交音調（或子載波）發射資料的多載波通訊方案。發射前，資料被映射至被稱為源符號的一系列複數符號（例如，QAM 或 QPSK 符號），並被分為 F 個並行符號流。 F 個並行符號流被視為處於頻域中，並被用作將其轉換至時域的快速反傅立葉變換（IFFT）塊(模組)的輸入。IFFT 塊一次性具體吸收 F 個源符號，每一個均來自 F 個並行符號流中的每一個，並且 IFFT 塊使用每個源符號來調變與 F 個正交音調相應的 F 個正弦函數中的不同的一個的振幅和相位。IFFT 塊的輸出為表示 F 個正交音調的總和的 F 個時域樣本。 F 個時域樣本形成單個 OFDM 符號。在一些額外處理和上變頻之後，通過使用天線在通道上將由 IFFT 塊提供的 OFDM 符號（和其他

符號)發射至 OFDM 接收器。

為了在 OFDM 發射器上進行波束成形,相同的 OFDM 符號從兩個以上的天線上發射。然而,在它們被發射之前,不同的波束權重組被應用於 OFDM 符號。更具體地,兩個以上的天線的每個天線具有專用的 IFFT 塊(或時間多工 IFFT 塊的專用時間片段),且每個 IFFT 塊接收相同的 F 個源符號以生成 OFDM 符號。然而,在各 IFFT 塊接收相同的 F 個源符號之前,波束成形器會將不同的波束權重組應用於各個副本(copy)。波束權重組包括 F 個複數權重,並且被波束成形器用來調節 F 個源符號的相應幅值和相位,F 個源符號的每個符號均對應於一個複數權重。

為了使用發射波束成形改善預定接收器處的 SINR,根據被用來在發射器和接收器之間傳送信號的無線通道的知識,來確定不同波束權重組的值。一旦確定下來,不同的波束權重組可被標準化以確保來自 OFDM 發射器的固定總發射功率。然而,這種標準化可通過幾種不同的方式進行(根據不同的功率限制),並且,根據所使用的標準化的方法,發射至接收器並在接收器處解碼的資料的位元錯誤率(BER)或區塊錯誤率(BLER)也有所不同。

本發明致力於一種將不同的波束權重組標準化以提高發射至接收器並在接收器處解碼的資料的 BER 或 BLER 的方法和設備。在詳細說明該方法和設備之前,下文首先討論了一種可實施本發明實施方式的範例性操作環境。

2. 實例操作環境

圖 1 顯示了可實施本發明實施方式的範例性無線通訊系統 100。如圖 1 所示,範例性無線通訊系統 100 包括被

配置為使用無線網路技術彼此通訊的行動台 (mobile station) 101 (例如移動電話、手提電腦、尋呼機等) 和基地台 103。例如，行動台 101 和基地台 103 可採用下列無線網路技術之一彼此通訊：長期演進技術 (LTE)、電氣與電子工程師學會 (IEEE) 802.16e (WiMAX) 以及 IEEE 802.11 (Wi-Fi)。

在操作中，基地台 103 通常被配置為用作接入點以通過在行動台 101 和有線網路之間中繼資料而將行動台 101 連接至有線網路(未顯示)。為了提高基地台 103 處的 SINR，由此提高資料可被傳送至基地台 103 的比率 (速率)，行動台 101 包括多個天線 105-1 至 105-M，並且其利用這些天線來執行發射波束成形。行動台 101 具體地通過從每個天線 105-1 至 105-M 發射相同的發射信號來執行發射波束成形，儘管不同的波束權重組應用於從每個天線發射的信號。

不同的波束權重組是根據在兩個基地台之間傳送發射信號的無線通道的知識來確定的。行動台 101 可利用例如通過基地台 103 (假設一種分時多工 (TDD) 系統，其中，被用於在兩個站之間發射和接收資訊的通道是交互的) 發射至其的已知訓練序列 (例如導字元或導頻音形式)，或通過使用來自基地台 103 的包含關於通道的資訊的顯式回授 (explicit feedback)，來獲取關於無線通道的資訊。無線通道可表示為 $N \times M$ 通道矩陣 $H[f]$ ，其中， N 為基地台 103 處的天線的數量， M 為行動台 101 處的天線的數量。

如果通道矩陣 $H[f]$ 的完整知識在行動台 101 獲得，並且在行動台可用，則可通過在通道矩陣上進行奇異值分解

來確定不同的波束權重（或波束權重組）。然而，通常，僅通道矩陣 $H[f]$ 的部分知識在行動台 101 處獲得並且在基地台處可用。例如，基地台 103 可通過僅使用一根可用天線或通過使用利用 N 根可用天線的週期性延遲分集（CDD）來發射訓練序列。

如果基地台 103 只使用例如圖 1 所示的天線 107-i 的一根天線，來發射已知的訓練序列，則行動台 101 可確定 $M \times 1$ 通道向量，其中， $M \times 1$ 通道向量的每個值均對應於行動台 101 上的 M 個天線中的每個不同的天線與發射訓練序列的基地台 103 上的天線 107-i 之間的頻率回應。如果訓練序列是使用來自在基地台 103 可用的 N 個天線（未顯示）的 CDD 進行發射的，行動台 101 可類似地確定 $M \times 1$ 通道向量。然而，在該情況下， $M \times 1$ 通道向量的每一值均對應於行動台 101 上的 M 個天線中的不同的一個天線與從中發射訓練序列的基地台 103 上的虛擬化天線（使用 CDD 形成）之間的頻率回應。因此，採用任一方法，行動台 101 均獲得 $M \times 1$ 通道向量。

$M \times 1$ 通道向量可被表示為：

$$\tilde{h}[f] = [\tilde{h}_1[f] \ \tilde{h}_2[f] \ \cdots \ \tilde{h}_M[f]] \quad (1)$$

其中， $\tilde{h}_1[f]$ 至 $\tilde{h}_M[f]$ 分別表示行動台 101 上的 M 個天線中的不同的一個天線與基地台 103 上的天線 107-i 或虛擬化天線之間的頻率回應。

現在參考圖 2，根據本發明的實施方式，顯示了可在行動台 101 中實施的實例發射器 200。發射器 200 使用上述 OFDM 編碼方案，用於在大量正交音調（orthogonal tone）上發射資料。

在操作中，編碼器 201 接收待發射的輸入資訊位元流（例如語音、視頻或任何其他應用程式或程式特定資訊位元流）。編碼器 201 將冗餘資料添加至輸入資訊位元流，以產生編碼位元流。該冗餘資料為輸入資訊位元流的原始位元的函數，並允許接收系統可以檢測並校正由來自通道和接收系統的惡化引起的錯誤。發射的有用資訊（即，非冗餘資料）的總量一般是由編碼率 k/n 限定；對於有用資訊的每 k 個位元（即，輸入資訊位元流的原始位元），生成了資料的 n 個位元。編碼器 201 可採用例如低密度奇偶校驗（LDPC）編碼或 turbo 編碼來對輸入資料流程進行編碼。

在編碼後，交錯器(interleaver)203 重新排列編碼位元流，以產生交織的編碼位元流。重新排列編碼位元流緩和由於在編碼資料流程上“擴展（spreading）”錯誤而在發射和接收過程中出現的脈衝錯誤的影響。

調變映射器(modulation mapper)205 通過使用各種不同的數位調變技術（包括正交音調幅（QAM）和正交相移鍵控（QPSK））中的任一技術，隨後將交織編碼位元流的位元聚集成組，並將這些組映射成一系列被稱為源符號的複數符號（complex symbol）。各組中的位元數量表示所採用的數位調變技術的群集大小（constellation size）。例如，如果形成六位元的組，則該數位調變方案的群集至少包括 26 或 64 個不同的複數符號。

群集大小和編碼率（分別被調變映射器 205 和編碼器 201 使用）中的一個或多個可在發射器 200 中固定，或可選地由自適應調變和編碼器（AMC）221 進行自適應地更

新。一般情況下，AMC 221 被配置為根據來自預定接收器（在此情況中為基地台 103）的回授，自適應地改變由調變映射器 205 使用的群集大小和/或由編碼器 201 使用的編碼率。回授可提供被用於將資訊傳送至基地台 103 的通道的品質（例如通道支援的資料率）的一些測量。例如，如果通道的品質得到改善，則 AMC 221 便可增大由映射器（mapper）205 使用的群集大小中的一個或多個和/或提高編碼器 201 使用的編碼率。同樣地，如果通道的品質惡化，則 AMC 221 便可減小映射器 205 使用的群集大小中的一個或多個和/或降低由編碼器 201 使用的編碼率。

此時忽略波束成形器 (beamformer) 207，由調變映射器 205 提供的源符號的串列流接下來可被 S/P 模組 211 接收。S/P 模組 211 將源符號的串列流分成 F 個並行符號流。 F 個並行符號流被視為處於頻域中，並被用作將它們變換至時域的一系列快速反傅立葉變換 (IFFT) 塊 (模組) 213-1 至 213-M 的輸入（或用作分時多工的一個 IFFT 塊的輸入）。換言之，IFFT 塊 213-1 至 213-M 的每一個均接收相同的 F 個並行符號流的副本 (copy)。IFFT 塊 213-1 至 213-M 一次性吸收 F 個源符號（圖 2 中被標記為 $x[0]-x[F-1]$ ），每個源符號來自於 F 個並行符號流中的每一個，並使用 F 個符號中的每一個來調變 F 個正交正弦函數（被稱為音調）的不同的一個的振幅和相位。每個 IFFT 塊提供 F 個時域樣本（圖 2 中被標記為 $y[0]-y[F-1]$ ）作為輸出，該輸出表示分別被 F 個符號調變後的 F 個正交正弦函數的總和。來自每個 IFFT 塊的 F 個時域樣本形成單個 OFDM 符號，並分別被 P/S 模組 215-1 至 215-M 連續化 (serialize)，被 TX RF 模

組 217-1 至 217-M 上變頻至載波頻率，並被天線 105-1 至 105-M 發射。

現在考慮波束成形器 207，OFDM 符號在被天線 105-1 至 105-M 發射之前，波束成形器 207 將不同的波束權重組應用於 OFDM 符號。更為具體地，在各 IFFT 塊 213-1 至 213-M 接收來自 S/P 模組 211 的相同的 F 個源符號之前，波束成形器 207 對每個副本應用不同的波束權重組。波束權重組包括 F 個複數權重（每個複數權重對應於 F 個源符號中的每一個），並被波束成形器 207 用來調節 F 個源符號的各自幅值和相位。例如，波束成形器 207 將波束權重組 $w_0[0]-w_0[F-1]$ 分別應用於 IFFT 塊 213-1 接收到的 F 個源符號 $x[0]-x[F-1]$ 。同樣地，波束成形器 207 將波束權重組 $w_1[0]-w_1[F-1]$ 分別應用於 IFFT 塊 213-2 接收到的 F 個源符號 $x[0]-x[F-1]$ 。權重為複值。

為了採用發射波束成形來改善基地台 103（即預定的接收器）的 SINR，應根據被用於在無線發射器 200 和基地台 103 之間傳送發射信號的無線通道的知識，來確定不同的波束權重組（ $w_0[0]-w_{M-1}[F-1]$ ，其中 $f=0,1,\dots,F-1$ ）的值。通道估測器 209 被配置為通過使用利用例如基地台 103（假設為分時多工（TDD）系統，其中，用於在兩個站之間發射和接收資訊的通道是交互的）向其發射的已知訓練序列（例如導字元或導頻音形式）或利用來自基地台 103 的包含通道資訊的顯式回授，獲取關於無線通道的資訊。接收到的訓練序列和/或顯式回授在圖 2 中被表示為通道狀態資訊。

在實施方式中，基地台 103 通過一根可用天線或通過

利用 N 根可用天線的週期性延遲分集 (CDD) 來將訓練序列發射至無線發射器 200，並且通道估測器 209 可根據該訓練序列來確定 $M \times 1$ 通道向量。 $M \times 1$ 通道向量表示在上述等式 (1) 中並可被重寫為：

$$\tilde{h}[f] = [\tilde{h}_1[f] \ \tilde{h}_2[f] \cdots \tilde{h}_M[f]] \quad (1)$$

其中， $\tilde{h}_1[f]$ 至 $\tilde{h}_M[f]$ 均表示，發射器 200 上的 M 個天線 105-1 至 105-M 中的各不同天線與基地台 103 上的天線或虛擬化天線之間的頻率回應。然後，根據該 $M \times 1$ 通道向量，波束成形器 207 可確定不同的波束權重組 ($w_0[f]$ - $w_{M-1}[f]$ ，其中， $f = 0, 1, \dots, F-1$)。更具體地，並且在至少一個實施方式中，波束成形器 207 將確定波束權重組 $w_0[f]$ 等於 $\tilde{h}_1[f]$ 的複數共軛、波束權重組 $w_1[f]$ 等於 $\tilde{h}_2[f]$ 的複數共軛、波束權重組 $w_2[f]$ 等於 $\tilde{h}_3[f]$ 的複數共軛、等。

不考慮獲得複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 的具體方法，複數權重複數權重組可被標準化以確保來自行動台 101 的固定總發射功率。然而，這種標準化可通過幾種不同的方式進行（根據不同的功率限制），並且根據所使用的標準化的方法，基地台 103 上的解碼位元流的位元錯誤率 (BER) 或區塊錯誤率 (BLER) 也有所不同。

以下部分所說明的是不同的標準化技術以及用於選擇這些標準化技術之一的方法和設備，以提高基地台 103（即預定接收器）上的解碼位元流的 BER 或 BLER。

3. 標準化

3.1 發射天線間的功率分享

假設在天線 105-1 至 105-M 之間可以以不同比例分享無線發射器 200 的固定總發射功率，則複數權重複數權重

組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ (其中 $f=0,1,\dots,F-1$) 可在兩種不同的功率限制下進行標準化：(1) 每符號 (PS：per-symbol) 功率限制；以及 (2) 每音調 (PT：per-tone) 功率限制。

在 PS 功率限制下，複數權重複數權重组 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 被標準化為使得從天線 105-1 至 105-M 發射的 OFDM 符號的音調的平均功率被限制為常量。同樣重要的是，在 PS 功率限制下，複數權重複數權重组 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 被標準化為使得從天線 105-1 至 105-M 中的任一天線發射的 OFDM 符號的音調的平均功率不(需要)被限制為常量，或天線 105-1 至 105-M 中的任何天線發射的 OFDM 符號的任何音調的平均功率也不(需要)被限制為常量。PS 功率限制下標準化的複數權重複數權重组 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 可被表示為，例如下列向量 $W[f]$ ：

$$W[f] = \begin{bmatrix} w_0[f] \\ \vdots \\ w_{M-1}[f] \end{bmatrix} = \sqrt{F} \frac{\tilde{h}^*[f]}{\sqrt{\sum_{f=0}^{F-1} \|\tilde{h}[f]\|^2}}, f = 0, 1, \dots, F-1 \quad (2)$$

如此，可滿足 PS 功率限制的下列運算式：

$$\sum_{f=0}^{F-1} \|W[f]\|^2 = F \quad (3)$$

其中， $W[f]$ 為由複數權重複數權重组組成的向量，被表示為 $W^T[f] = [w_0[f] \ w_1[f] \ \dots \ w_{M-1}[f]]$ ， $\tilde{h}[f]$ 為等式 1 中表示的 $M \times 1$ 通道向量 (此處，使用的範例性複數共軛僅為非標準化波束權重组)， F 為 OFDM 符號中的音調數量。

在 PT 功率限制下，複數權重複數權重组 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 被標準化為使得從天線 105-1 至 105-M 中的任一天線發射的 OFDM 符號的各音調的功率被限制為常量。同樣重要的

是，在 PT 功率限制下，複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 被標準化為使得從天線 105-1 至 105-N 中的任一天線發射的 OFDM 符號的音調的平均功率不（需要）被限制為常量。PT 功率限制下標準化的複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 可被表示為例如下列向量 $W[f]$ ：

$$W[f] = \begin{bmatrix} w_0[f] \\ \vdots \\ w_{M-1}[f] \end{bmatrix} = \sqrt{F} \frac{\tilde{h}^*[f]}{\|\tilde{h}[f]\|^2}, f = 0, 1, \dots, F-1 \quad (4)$$

如此，可滿足 PT 功率限制的下列運算式：

$$\|W[f]\|^2 = 1 \quad (5)$$

其中， $W[f]$ 為由複數權重複數權重組組成的向量，被表示為 $W^T[f] = [w_0[f] \ w_1[f] \ \dots \ w_{M-1}[f]]$ ， $\tilde{h}[f]$ 為等式 1 中表示的 $M \times 1$ 通道向量（這裏，使用的範例性複數共軛僅為非標準化的波束權重組）， F 為 OFDM 符號中的音調數量。

3.2 發射天線間的無功率分享

假設天線 105-1 至 105-M 之間不能以各種比例分享無線發射器 200 的固定總發射功率（即，各天線被限制為在無線發射器 200 上可用的固定比例的發射功率），複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ （其中， $f = 0, 1, \dots, F-1$ ）可在兩種不同功率限制下進行標準化：（1）每符號、每天線（PSPA）功率限制；以及（2）每音調、每天線（PTPA）功率限制。

在 PSPA 功率限制下，複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 被標準化為使得從天線 105-1 至 105-M 中的任一天線發射的 OFDM 符號的音調的平均功率被限制為常量。同樣重要的是，在 PSPA 功率限制下，複數權重複數權重組 $w_0[f]$

至 $w_{M-1}[f]$ 被標準化為使得從天線 105-1 至 105-M 中的至少一天線發射的 OFDM 符號的音調的功率不（需要）被限制為常量。PSPA 功率限制下標準化的複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 可例如被表示為下列向量 $W[f]$ ：

$$W[f] = \begin{bmatrix} w_0[f] \\ \vdots \\ w_{M-1}[f] \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{F}{M}} \tilde{h}^*[f] R, f = 0, 1, \dots, F-1 \quad (6)$$

如此，可滿足 PSPA 功率限制的下列運算式：

$$\sum_{f=0}^{F-1} \|W[f]\|^2 = \frac{F}{M}, m = 1, \dots, M \quad (7)$$

其中， $W[f]$ 為由複數權重複數權重組組成的向量並被表示為 $W^T[f] = [w_0[f] \ w_1[f] \ \dots \ w_{M-1}[f]]$ ， $\tilde{h}[f]$ 為等式 1 中表示的 $M \times 1$ 通道向量（此處使用的範例性複數共軛僅為非標準化波束權重組）， F 是 OFDM 符號中的音調數量， R 為 $M \times M$ 矩陣，其第 m 個對角元素被表示為：

$$r_m = \frac{1}{\sqrt{\sum_{f=0}^{F-1} \|\tilde{h}_m[f]\|^2}} \quad (8)$$

在 PTPA 功率限制下，複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 被標準化為使得從天線 105-1 至 105-M 發射的 OFDM 符號的每個音調的功率被限制為常量。PSPA 功率限制下標準化的複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 例如可被表示為下列向量 $W[f]$ ：

$$W[f] = \begin{bmatrix} w_0[f] \\ \vdots \\ w_{M-1}[f] \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{1}{M}} \tilde{h}^*[f] R, f = 0, 1, \dots, F-1 \quad (9)$$

使得可滿足 PTPA 功率限制的下列運算式：

$$|w_m[f]|^2 = 1, m = 1, \dots, M \quad (10)$$

其中， $W[f]$ 為由複數權重複數權重組組成的向量，並被表示為 $W^T[f] = [w_0[f] \ w_1[f] \ \dots \ w_{M-1}[f]]$ ， $\tilde{h}[f]$ 為等式 1 中表示的 $M \times 1$ 通道向量（此處，為了範例性的目的，其複數共軛僅被用作非標準化的波束權重組）， F 為 OFDM 符號中的音調數量， R 為 $M \times M$ 矩陣，其第 m 個對角元素被表示為：

$$r_m = \frac{1}{|w_m[f]|} \quad (11)$$

下文討論用於根據被用於對資訊（無線發射器 200 發射的 OFDM 符號的音調所攜帶的資訊）進行編碼的編碼率來選擇上述四種不同功率限制（即 PS、PT、PSPA 和 PTPA 功率限制）之一的設備和方法，其中，在這四種功率限制下，複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 被標準化。更具體地，該設備和方法根據編碼率選擇要使用的功率限制，使得以這種方式改善基地台 103 上的解碼後的發射信號的位元錯誤率（BER）。在採用 AMC 221 使編碼率為自適應的情況下，還可通過使用下述設備和方法使所採用的不同功率限制為自適應。

應注意，為了提高資料被發射至預定接收器的資料比例，下述設備和方法除了可用在行動台 101 和發射器 200 中以外，還可應用在包含多個發射天線的其他設備中。例如，可在基地台 103 中實施該方法和設備以提高基地台將資料發射至行動台 101 的比率。

4. 實例設備

現參考圖 3，顯示了波束成形器 207 的範例性實施方式。波束成形器 207 具體地包括權重計算器和標準化器（權重計算器/標準化器）301 以及複數乘法器（complex multiplier）303。

在操作中，權重計算器/標準化器 301 被配置為確定波束權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ ，並在不同功率限制下將其標準化，以確保來自發射器 200 的固定總發射功率。例如，在一個實施方式中，權重計算器/標準化器 301 可確定非標準化波束權重為上述等式 1 中表達的 $M \times 1$ 通道向量的複數共軛。根據編碼率（即，用來對由 OFDM 符號的音調所攜帶的資訊進行編碼的編碼率），來確定由權重計算器/標準化器 301 使用的特定功率限制，使得以此方式提高基地台 103 處的解碼後的發射信號的 BER 和 BLER。

在一個實施方式中，假設在天線 105-1 至 105-M 之間可按某一可變比例分享發射器 200 的固定總發射功率，則當編碼率低於臨界值時，權重計算器/標準化器 301 在每符號 (PS) 功率限制下對複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 進行標準化，當編碼率高於臨界值時，在每音調 (PT) 功率限制下進行標準化。上文描述了 PS 功率限制和 PT 功率限制。

在另一實施方式中，假設在天線 105-1 至 105-M 之間不能以某種可變比例分享發射器 200 的固定總發射功率（即，各天線被限制為採用發射器 200 上可用發射功率的固定比例），則在當編碼率低於臨界值時，權重計算器/標準化器 301 在每符號、每天線 (PSPA) 功率限制下對複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 進行標準化，當編碼率高於臨界

值時，以每音調、每天線（PTPA）功率限制來進行標準化。上文描述了 PSPA 功率限制和 PTPA 功率限制。

一般來說，臨界值的確定可根據例如用來確定 F 個複數符號流 $x^{[0]}$ 至 $x^{[F-1]}$ 的群集的階數（order），和/或源符號調變 OFDM 符號的音調的比率（被稱為源符號率），和/或用於將發射信號從發射器 200 傳送至基地台 103 的通道的當前狀況（例如，預期的雜訊和干擾電位）。

在複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 通過權重計算器/標準化器 301 被標準化之後，複數乘法器 303 被配置為用複數符號的流 $x[f]$ （其中， $f=0,1,\dots,F-1$ ）乘以標準化的複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 中的每一個。

應注意，圖 3 中所示的波束成形器 207 的範例性實施還可在除圖 2 所示的發射器 200 以外的其他發射器中實施。此外，應注意，除通過採用例如圖 3 所示的複數乘法器 303 之類的複數乘法器外，還可通過其他方式將標準化複數權重複數權重組 $w_0[f]$ 至 $w_{M-1}[f]$ 應用到 OFDM 符號的音調。

5. 實例方法

圖 4 描述了根據本發明實施方式的方法的流程圖 400，該方法用於當在發射器上的發射天線之間不能以某一可變比例分享總發射功率時將複數權重複數權重組標準化。流程圖 400 中的方法可由上文參考圖 2 和圖 3 描述的波束成形器 207 來實現。然而，應注意的是，該方法也可通過其他系統以及部件來實施。還應注意的是，流程圖 400 中的一些步驟並非一定按圖 4 所示的順序進行。

流程圖 400 的方法在步驟 S405 處開始，再轉換到步

驟 S410。在步驟 S410 中，根據例如圖 2 所示的發射器 200 之類的發射器上的 M 個天線與預定接收器上的至少一根天線之間的估測通道，確定 M 個複數權重複數權重組。 M 個複數權重複數權重組被確定並被用來在發射器處進行發射波束成形，以便提高接收器上的 SINR。

在步驟 S415 中，用來對發射信號的符號所攜帶的資訊進行編碼的編碼率 (code rate) 與臨界值進行了比較。一般來說，臨界值的確定可根據，例如，用來調變發射信號所攜帶的源符號的群集的階數，和/或源符號調變 OFDM 符號的音調的比率 (稱為源符號率)，和/或將發射信號從發射器傳輸至預定接收器的通道的現狀 (例如預期的雜訊和干擾電位)，將信號從發射器傳輸至預定接收器的通道的頻率選擇性 (例如，通過在 OFDM 符號中的內嵌導頻符號上進行音調相關而獲得)，和/或將發射信號從發射器傳輸至預定接收器的通道的延遲擴展 (例如，通過測量通道的功率延遲分佈而獲得)。

在步驟 S415，假設編碼率小於臨界值，流程圖 400 便轉換至步驟 S420。在步驟 S420，複數權重複數權重組在每符號、每天線 (PSPA) 功率限制下被標準化。上文描述了 PSPA 功率限制。

在步驟 S415，假設編碼率大於臨界值，流程圖 400 便轉換至步驟 S425。在步驟 S425，若編碼率高於臨界值，則複數權重複數權重組在每天線 (PSPA) 功率限制下被標準化。上文描述了 PTPA 功率限制。

圖 5 顯示了根據本發明實施方式的方法的流程圖 500，該方法用於當發射器上的發射天線之間可按某可變比例

分享總發射功率時，標準化波束權重組。流程圖 500 中的方法可由參考圖 2 和 3 說明的波束成形器 207 來實現。但應指出的是，此方法也可由其他系統和部件來實現。還應指出的是，流程圖 500 中的某些步驟並不一定要按照圖 5 所示的順序。

流程圖 500 中的方法開始於步驟 S505，再轉換到步驟 S510。在步驟 S510，根據例如圖 2 所示的發射器 200 之類的發射器上的 M 天線與預定接收器上至少一根天線之間的估測通道，來確定 M 個複數權重複數權重組。 M 個複數權重複數權重組被確定並被用來在發射器處進行發射波束成形，以提高接收器處的 SINR。

在步驟 S515，用來對發射信號的符號所攜帶的資訊進行編碼的編碼率與臨界值進行了比較。一般來說，臨界值的確定可根據，例如，用來調變發射信號所攜帶的源符號的群集（constellation，群集）的階數，和/或源符號調變 OFDM 符號的音調的比率（稱為源符號率），和/或將發射信號從發射器傳輸至預定接收器的通道的現狀（例如，預期的雜訊和干擾電位），和/或將信號從發射器傳輸至預定接收器的通道的頻率選擇性（例如，通過在 OFDM 符號中的內嵌導頻符號上進行音調相關而獲得），和/或將發射信號從發射器傳輸至預定接收器的通道的延遲擴展（例如，通過測量通道的功率延遲分佈而獲得）。

在步驟 S515，假設編碼率小於臨界值，流程圖 500 便轉換至步驟 S520。在步驟 S520，複數權重複數權重組在每符號（PS）功率限制下被標準化。上文描述了 PS 功率限制。

在步驟 S515，假設編碼率大於臨界值，流程圖 500 便轉換至步驟 S525。在步驟 S525，若編碼率高於臨界值，複數權重複數權重組便在每天線 (PT) 功率限制下進行標準化。上文描述了 PT 功率限制。

6. 實例電腦系統實現方式

對相關領域技術人員而言顯而易見的是，本文描述的本發明的各種元件和特徵可實現為採用類比和/或數位電路的硬體、通過由一個或多個通用或專用處理器執行指令的軟體或軟硬體的組合。

考慮到完整性，以下說明了通用電腦系統。本發明的實施方式可實現為硬體、或軟硬體的組合。因此，本發明的實施方式可在電腦系統或其他處理系統中執行。圖 6 顯示了這樣的電腦系統 600 的實例。除 DAC 和 TX RF 模組 217-1 至 217-N 外，圖 2 和 3 所示的所有模組 (例如編碼器 201、交錯器 203、調變映射器 205、波束成形器 207 等) 均可在一個或多個不同的電腦系統 600 中執行。此外，圖 4 和圖 5 所示的流程圖中的各步驟均可在一個或多個不同的電腦系統 600 中實施。

電腦系統 600 包括一個或多個處理器，例如處理器 604。處理器 604 可以是專用或通用數位信號處理器。處理器 604 連接至通訊基礎設施 602 (例如匯流排或網路)。關於此範例性電腦系統描述了各種軟體實現方式。閱讀此描述後，對相關領域技術人員而言，如何採用其他電腦系統和/或電腦結構來實施本發明將變得顯而易見。

電腦系統 600 還包括主記憶體 606，優選為隨機存取記憶體 (RAM)，也可包括輔助記憶體 608。輔助記憶體

608 可包括，例如硬碟驅動器 610 和/或代表軟碟驅動器、磁帶驅動器、光碟驅動器等之可移動儲存驅動器 612。可移動儲存驅動器 612 採用已知方式從可移動儲存單元 616 中讀取和/或寫入可移動儲存單元 616。可移動儲存單元 616 表示由移動儲存驅動器 612 讀取和寫入的軟碟、磁帶、光碟等。正如相關領域技術人員理解的那樣，可移動儲存單元 616 包括儲存電腦軟體和/或資料的電腦可用儲存介質。

在替代性實現方式中，輔助記憶體 608 可包括允許電腦程式或其他指令被載入到電腦系統 600 的其他類似方式。這些方式可包括，例如，可移動儲存單元 618 和介面 614。這些方式的實例可包括程式盒以及盒式介面（例如視頻遊戲設備中應用的）、可移動儲存晶片（例如 EPROM 或 PROM）及關聯插口(socket)、拇指驅動器(thumb drive)及 USB 介面以及允許軟體和資料從可移動儲存單元 618 傳輸至電腦系統 600 的其他可移動儲存單元 618 和介面 614。

電腦系統 600 也可包括通訊介面 620。通訊介面 620 允許軟體和資料在電腦系統 600 和外部設備之間傳輸。通訊介面 620 的實例可包括資料機、網路介面（例如乙太網路卡）、通訊埠、PCMCIA 插槽和卡等。通過通訊介面 620 傳輸的軟體和資料可以是電子、電磁、光信號或可由通訊介面 620 接收的其他信號。這些信號是通過通訊路徑 622 提供至通訊介面 620 的。通訊路徑 622 運載信號且可採用有線或線纜、光纖、電話線、手機鏈結、RF 鏈路以及其他通訊通道來實現。

本文採用的術語“電腦程式介質”“電腦可讀介質”一般

用來指代有形儲存介質，例如可移動儲存單元 616 和 618 或硬碟驅動器 610 上安裝的硬碟。這些電腦程式產品是用於向電腦系統 600 提供軟體的手段。

電腦程式(也稱為電腦控制邏輯)儲存在主記憶體 606 和/或輔助記憶體 608 中。也可通過通訊介面 620 接收電腦程式。執行這樣的電腦程式可讓電腦系統 600 實施文中所述的本發明。更為具體地，執行這樣的電腦程式可讓處理器 604 實施本發明的處理，例如按文中所述的任何方法。相應地，這樣的電腦程式代表了電腦系統 600 的控制器。若本發明採用軟體來實施，則此軟體可儲存在電腦程式產品中並可通過移動儲存驅動器 612、介面 614 或通訊介面 620 載入到電腦系統 600。

在另一實施方式中，本發明的特徵可主要以硬體實施，例如，使用例如專用積體電路(ASIC)和閘陣列之類的硬體部件。執行文中所述的功能的硬體狀態機的實現方式對相關領域技術人員而言也是顯而易見的。

7. 總結

以上借助於顯示具體功能和相關關係的實現方式的結構功能塊，對本發明進行了描述。為方便說明，這些結構功能塊的界限是隨意定義的。只要能實現具體功能和相關關係，可定義替代性界限。

此外，儘管以上描述了各種實施方式，但應理解，這些實施方式只是為舉例說明而非限制之用。顯而易見，在不背離由附屬權利要求書限定的本發明精神和範圍的前提下，相關領域技術人員可對本文描述的實施方式進行各種形式和細節上的修改。因此，本發明的廣度和範圍並不

受上述任何範例性實施方式的限制，僅由隨附權利要求書及其等同物進行限定。

【圖式簡單說明】

圖 1 顯示可實施本發明實施方式的範例性無線通訊系統。

圖 2 顯示根據本發明實施方式的範例性發射器。

圖 3 顯示根據本發明實施方式的範例性波束成形器。

圖 4 顯示根據本發明實施方式的範例性方法的流程圖，該方法用於當總發射功率無法在發射器處的發射天線中以可變比例分享時將波束成形權重標準化。

圖 5 顯示根據本發明實施方式的範例性方法的流程圖，該方法用於當總發射功率能夠在發射器處的發射天線中以可變比例分享時將波束成形權重標準化。

圖 6 顯示可用來實施本發明的各方面的實例電腦系統。

【主要元件符號說明】

無線通訊系統 100

行動台 101

基地台 103

天線 105-1~105-M

發射器 200

編碼器 201

交錯器 203

調變映射器 205

波束成形器 207

通道估測器 209

S/P 模組 211

IFFT 模組 213-1~213-M

P/S 模組 215-1~215-M

TX RF 模組 217-1~217-N

自適應調變和編碼器 221

權重計算器和標準化器 301

複數乘法器 303

流程圖 400、500

電腦系統 600

通訊基礎設施 602

處理器 604

主記憶體 606

輔助記憶體 608

硬碟驅動器 610

可移動儲存驅動器 612

介面 614

可移動儲存單元 616、618

通訊介面 620

通訊路徑 622

步驟 S405~S425、S505~S525

七、申請專利範圍：

1. 一種波束成形器，包括：

權重計算器，被配置為根據發射器處的 M 個天線與接收器處的一個天線之間的估測通道來確定 M 個權重組，其中，所述 M 個權重組中的每一個對應於所述發射器處的 M 個天線中的不同的一個，並被用於對用來從所述發射器處的 M 個天線中的與所述權重組對應的不同的一個發射的 F 個源符號進行加權；以及

標準化器，被配置為在功率限制下標準化所述 M 個權重組，所述功率限制是根據用來對映射至所述 F 個源符號的資訊進行編碼的編碼率來確定的。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述的波束成形器，其中，所述標準化器被配置為當所述編碼率低於臨界值時，在每符號每天線功率限制下標準化所述 M 個權重組，並且所述標準化器被配置為當所述編碼率高於所述臨界值時，在每音調每天線功率限制下標準化所述 M 個權重組。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述的波束成形器，其中，所述標準化器被配置為當所述編碼率低於臨界值時，在每符號功率限制下標準化所述 M 個權重組，並且所述標準化器被配置為當所述編碼率高於所述臨界值時，在每音調功率限制下標準化所述 M 個權重組。
4. 如申請專利範圍第 2 或 3 項所述的波束成形器，其中，所述臨界值是根據所述估測通道的信號雜訊比、頻率選擇性和/或延遲擴展中的至少一個來確定的。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述的波束成形器，其中，所述編碼率是自適應的。

6. 一種方法，包括：

根據發射器處的 M 個天線與接收器處的一個天線之間的估測通道來確定 M 個權重組，其中，所述 M 個權重組中的每一個對應於所述發射器處的 M 個天線中的不同的一個，並被用於對用來從所述發射器處的 M 個天線中的與所述權重組對應的不同的一個發射的 F 個源符號進行加權；以及

在功率限制下標準化所述 M 個權重組，所述功率限制是根據用來對映射至所述 F 個源符號的資訊進行編碼的編碼率來確定的。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述的方法，其中，標準化所述 M 個權重組進一步包括：

當所述編碼率低於臨界值時，在每符號每天線功率限制下標準化所述 M 個權重組；以及

當所述編碼率高於所述臨界值時，在每音調每天線功率限制下標準化 M 個權重組。

8. 如申請專利範圍第 6 項所述的方法，其中，標準化所述 M 個權重組進一步包括：

當所述編碼率低於臨界值時，在每符號功率限制下標準化所述 M 個權重組；以及

當所述編碼率高於所述臨界值時，在每音調功率限制下標準化所述 M 個權重組。

9. 如申請專利範圍第 7 或 8 項所述的方法，進一步包括：根據所述估測通道的信號雜訊比、頻率選擇性和/或延遲擴展中的至少一個來確定所述臨界值。

10. 如申請專利範圍第 6 項所述的方法，其中，所述編碼率是自

201328232

適應的。

八、圖式：

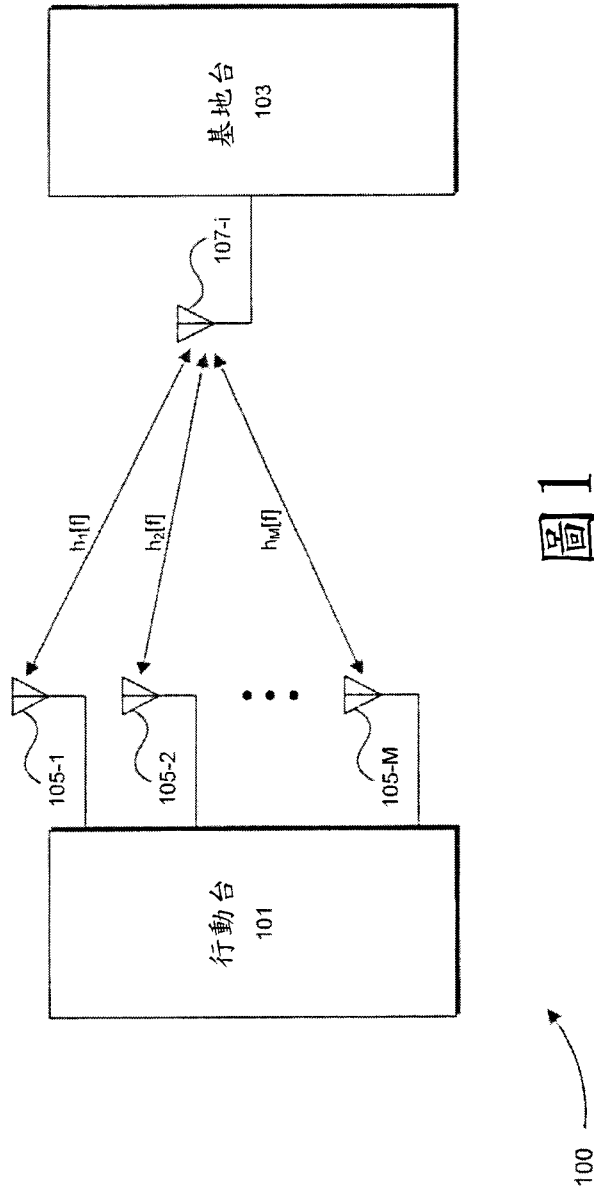


圖 1

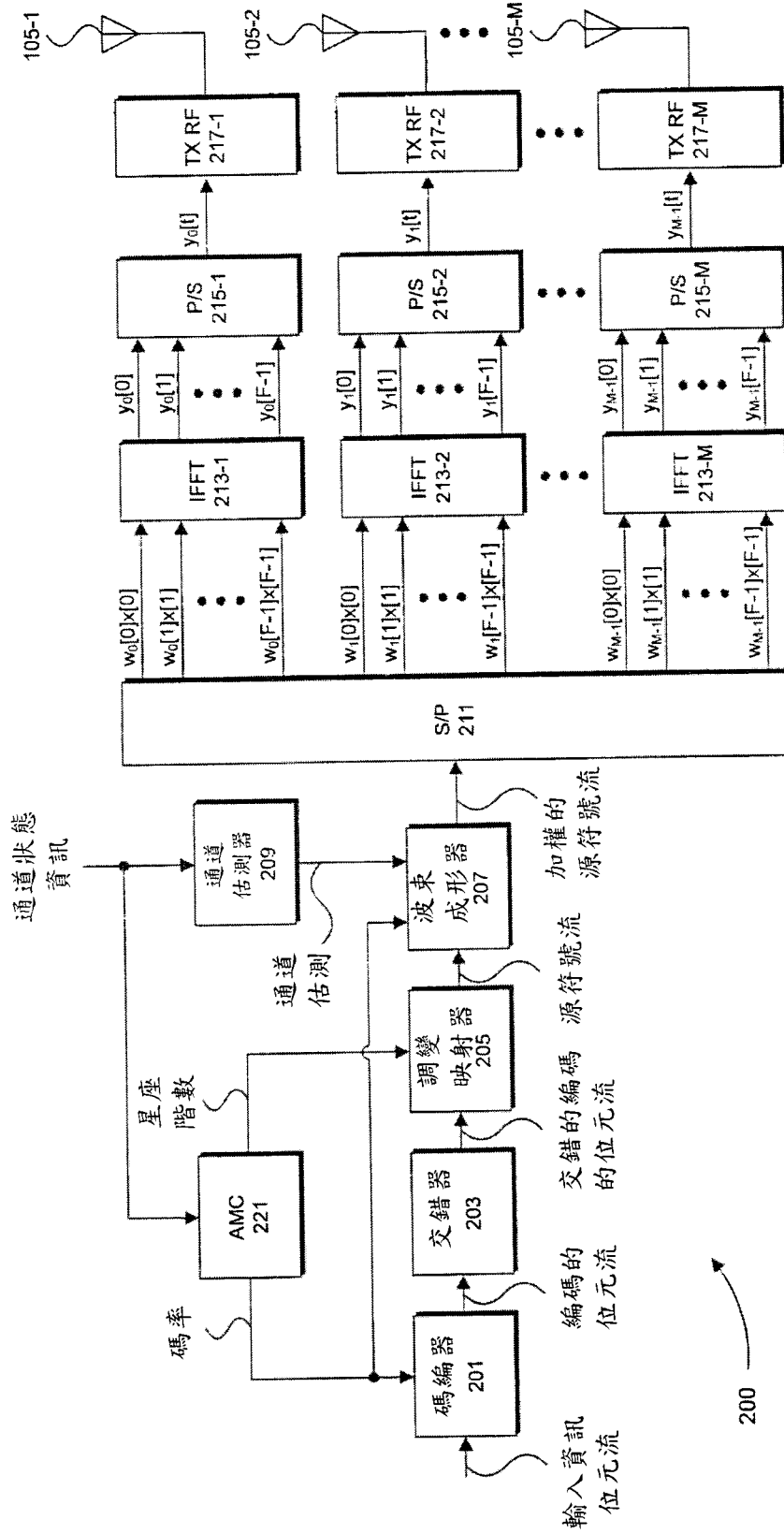
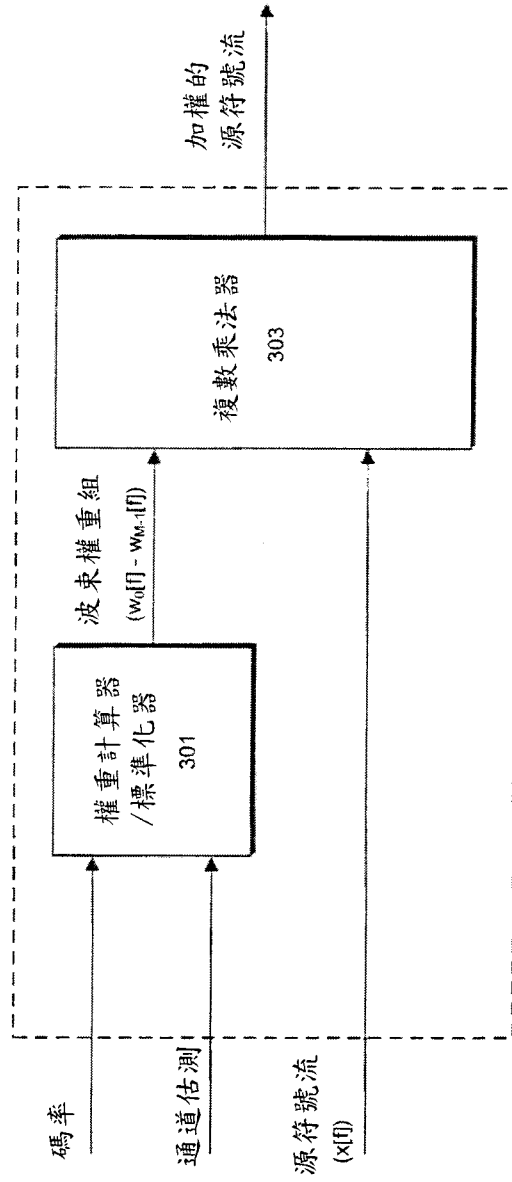
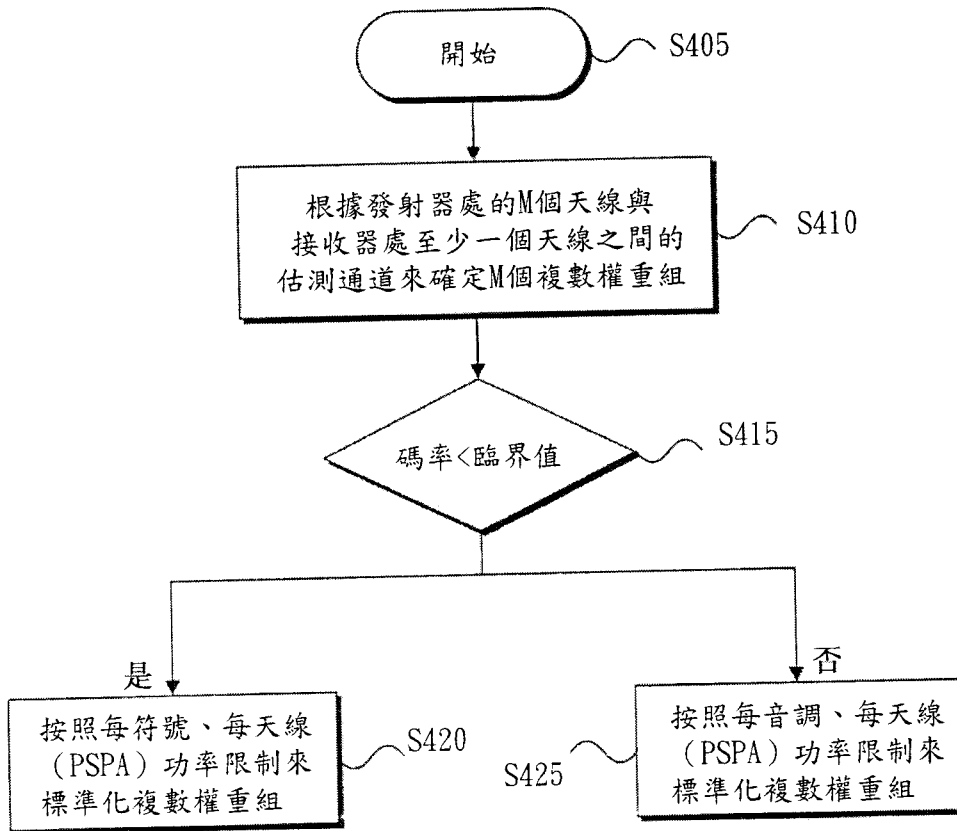


圖2



207

圖3



400

圖4

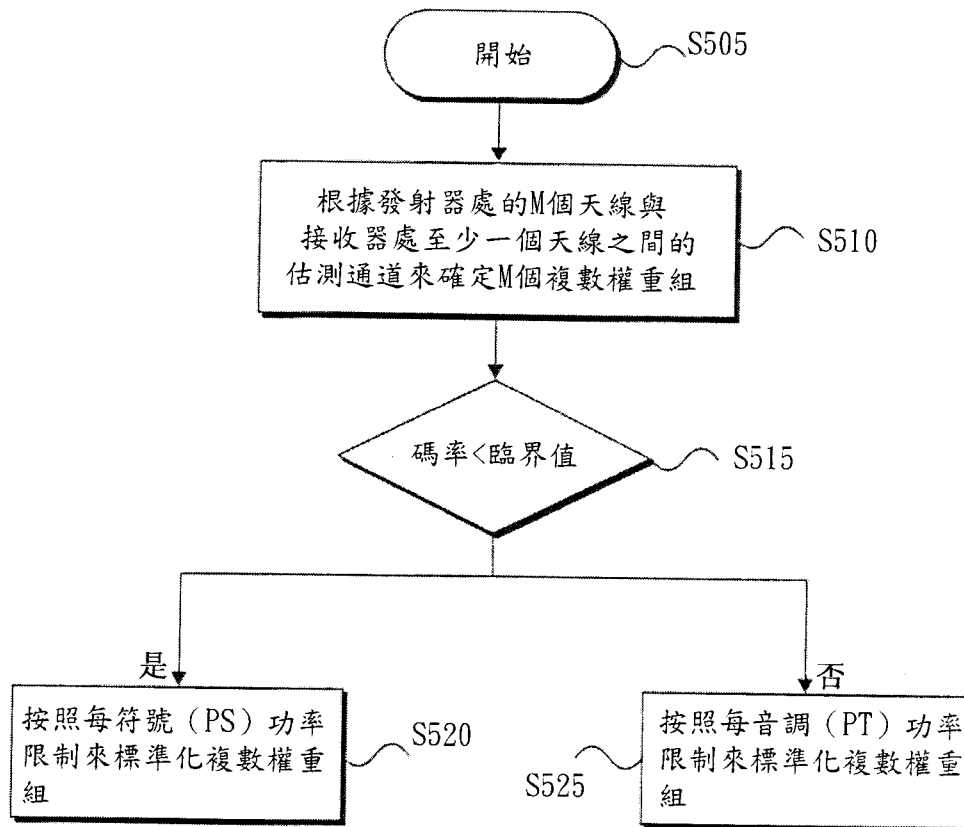
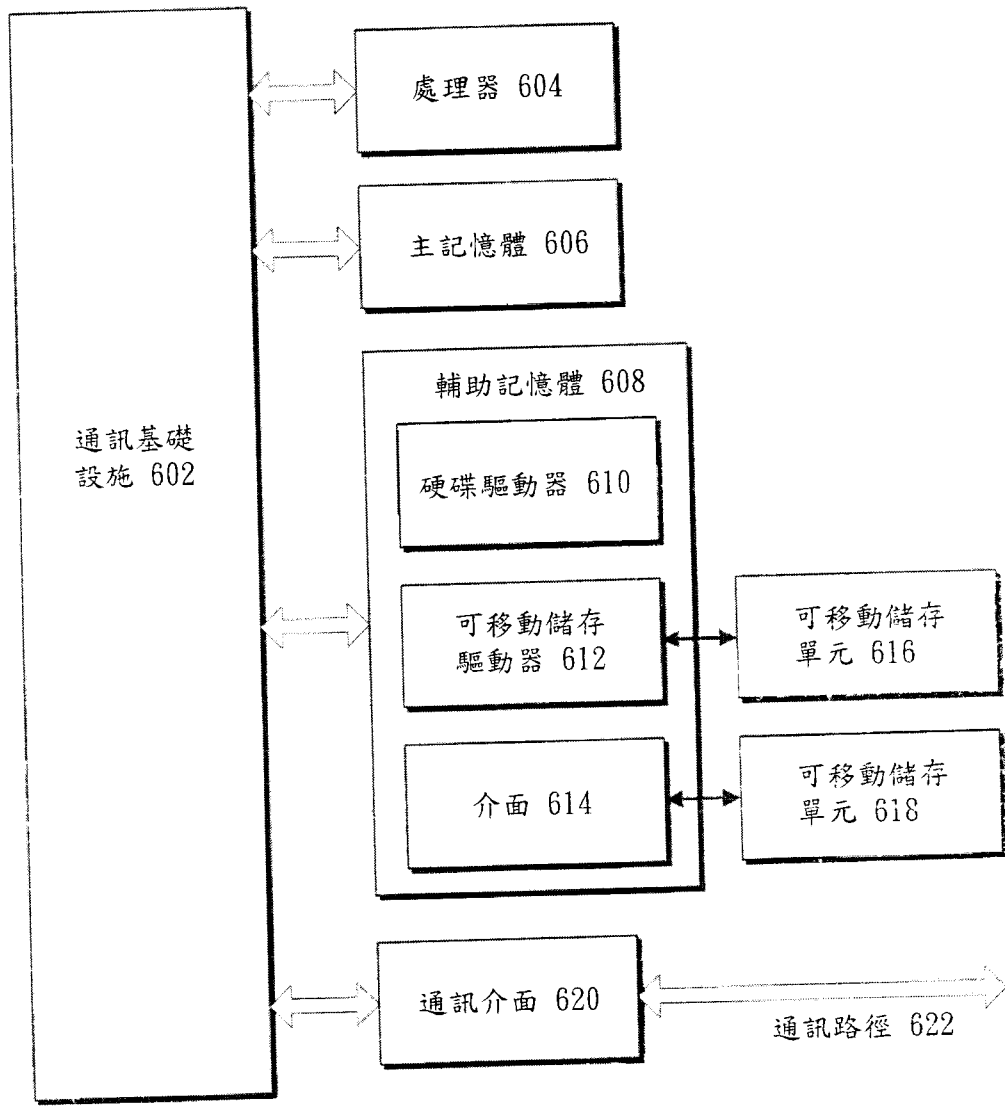


圖5



600 ↗

圖 6