



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I479828 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：102118544

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 24 日

(51)Int. Cl. : **H04B7/14 (2006.01)**

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：林 大衛 LIN, DAVID W. (US)；鍾翼州 CHUNG, I CHOU A. (TW)

(74)代理人：蔡朝安

(56)參考文獻：

Chung, I.A.; Shih-Jung Lu; Lin, D.W., "A complex modulo-and-forward strategy for two-way relay systems," ITS Telecommunications (ITST), 2012 12th International Conference on , vol., no., pp.775,779, 5-8 Nov. 2012

Popovski, P.; Yomo, H., "Physical Network Coding in Two-Way Wireless Relay Channels," Communications, 2007. ICC '07. IEEE International Conference on , vol., no., pp.707,712, 24-28 June 2007

Josiam, K.; Young-Han Nam; Khan, F., "Intelligent coding in relays," Vehicular Technology Magazine, IEEE , vol.4, no.1, pp. 27,33, March 2009

Tao Cui; Tracey Ho; Kliever, J., "Memoryless relay strategies for two-way relay channels," Communications, IEEE Transactions on , vol.57, no.10, pp.3132,3143, October 2009

Larsson, P.; Johansson, N.; Sunell, K.-E., "Coded Bi-directional Relaying," Vehicular Technology Conference, 2006. VTC 2006-Spring. IEEE 63rd , vol.2, no., pp.851,855, 7-10 May 2006

審查人員：張智杰

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：5 共 23 頁

(54)名稱

應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸之裝置及方法

TWO-WAY RELAY TRANSMISSION DEVICE AND METHOD APPLIED TO MULTI-INPUT MULTI-OUTPUT COMMUNICATION SYSTEM

(57)摘要

一種應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸之裝置，是將接收自終端裝置之訊號加以結合並經過模數處理，使訊號點往星座圖之中心集中，之後再將模數處理後之訊號廣播出去，如此可降低雙向中繼傳輸之高峰以及平均中繼傳輸功率。

A two-way relay transmission device applied to multi-input multi-output communication system that combines signals received from terminals and performs a modulo operation to the combined signal to

concentrate signal points towards the center of the constellation. And then, the modulo version of the combined signal is broadcasted. Therefore, the peak and average relay transmission power can be reduced.

R . . . 中繼裝置
T0、T1 . . . 終端裝置

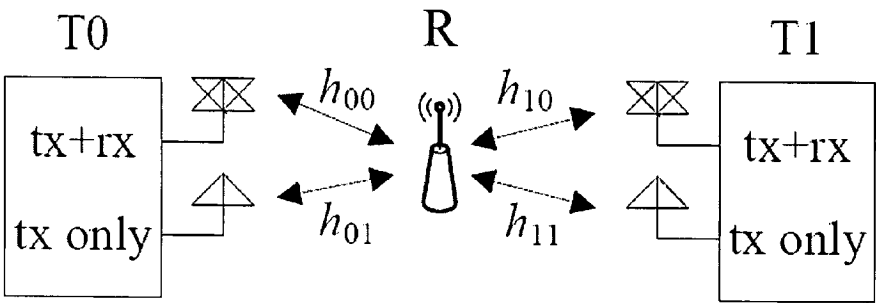


圖 1

發明摘要

※ 申請案號：102118544

※ 申請日：102 5. 24

※IPC 分類：H04B 7/14 (2006.01)

【發明名稱】應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸之裝置及方法

TWO-WAY RELAY TRANSMISSION DEVICE AND
METHOD APPLIED TO MULTI-INPUT MULTI-OUTPUT
COMMUNICATION SYSTEM

【中文】

一種應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸之裝置，是將接收自終端裝置之訊號加以結合並經過模數處理，使訊號點往星座圖之中心集中，之後再將模數處理後之訊號廣播出去，如此可降低雙向中繼傳輸之高峰以及平均中繼傳輸功率。

【英文】

A two-way relay transmission device applied to multi-input multi-output communication system that combines signals received from terminals and performs a modulo operation to the combined signal to concentrate signal points towards the center of the constellation. And then, the modulo version of the combined signal is broadcasted. Therefore, the peak and average relay transmission power can be reduced.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1。

【本代表圖之符號簡單說明】：

R 中繼裝置

T0、T1 終端裝置

● 【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸之裝置及方法

TWO-WAY RELAY TRANSMISSION DEVICE AND
METHOD APPLIED TO MULTI-INPUT MULTI-OUTPUT
COMMUNICATION SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明是有關一種雙向中繼傳輸之裝置以及方法，特別是一種應用於多輸入多輸出(multi-input multi-output，MIMO)通訊系統之雙向中繼傳輸之裝置以及方法。

【先前技術】

【0002】 中繼傳輸在無線通訊網路之繼續演進中被視為一重要技術。傳統之半雙工中繼傳輸在任一時間點只能單向傳送或接收訊號，因此，需要 4 個時槽(time slot)才能在二個通訊終端裝置之間完成中繼傳輸輔助之雙向訊號交換。雙向中繼傳輸可同時自二個終端裝置接收訊號或傳送訊號，因此完成一次中繼傳輸輔助之雙向訊號交換只需要 2 個時槽，進而大幅改善頻譜使用效率。

【0003】 一種習知之雙向中繼傳輸為放大轉送(amplify-and-forward，AF)技術。然而，中繼端所採用之星座圖(constellation)大於所需要的。舉例而言，假設二個終端裝置採用二位元相位偏移調變(Binary Phase Shift Keying，BPSK)，其訊號值為 1 或-1，且終端裝置至中繼裝置之通道有一致的增益。如此一來，中繼裝置所接收到的訊號值可能為 0、2 或-2。為了維持相同的雜訊表現，平均傳輸功率約需提高至 2 倍，而高峰功率則約需提高至 4 倍。

【0004】 綜上所述，如何降低雙向中繼傳輸之高峰以及平均中繼傳輸功率便是目前極需努力的目標。

【發明內容】

【0005】 本發明提供一種應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸之裝置以及方法，其是將接收自終端裝置之訊號加以結合並經過模數處理，使訊號點往星座圖之中心集中，之後再將模數處理後之訊號廣播出去，如此可降低雙向中繼傳輸之高峰以及平均中繼傳輸功率。

【0006】 本發明一實施例之應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸方法包含：一中繼裝置接收傳送自二個終端裝置至少其中之一之第一訊號，並加以結合；以及中繼裝置將結合之第一訊號進行一模數運算以產生一第二訊號，並廣播第二訊號，其中，模數運算以下列方程式表示：

$$\text{【0007】 } \mathbf{x}_{Rk} = \alpha_M \text{cm}od(\beta \mathbf{y}_{Rk} + \mathbf{C}, \mathbf{B})$$

【0008】 其中， $\mathbf{x}_{Rk}$ 為中繼裝置於時間 k 所廣播之第二訊號， α_M 為對角矩陣形式之放大因子， β 為對角矩陣形式之相位旋轉因子， $\mathbf{y}_{Rk}$ 為中繼裝置於時間 k 所接收到之第一訊號， $\mathbf{C}$ 為位移向量， $\mathbf{B}$ 為模數向量， $\text{cm}od$ 函數為具有一第一複數向量變數以及一第二複數向量變數之函數，其係根據第二複數向量變數之各元素來針對第一複數向量變數對應位置之各元素作對稱複數模數運算，而其對於任意複數元素 x 之處理，可以下列方程式表示：

$$\text{【0009】 } \text{cm}od(x, B) = \text{mod}(\Re\{x\}, B) + j \text{mod}(\Im\{x\}, B)$$

【0010】 其中， $\Re\{\}$ 為取括號內之數的實部， $\Im\{\}$ 為取括號內之數的虛部；

【0011】 mod 函數則為具有一第一實數變數以及一第二實數變數之函數，其係對於任意第一實數變數 y ，根據第二實數變數取對稱實數模數，可以下列方程式表示：

$$\text{【0012】 } \text{mod}(y, B) = [(y + B/2)\%B] - B/2$$

【0013】 其中 $\%$ 代表非對稱實數模數運算，其數學含意為 $a\%b = a - \lfloor a/b \rfloor b$ ，其中 a 以及 b 為兩任意實數， $\lfloor a/b \rfloor$ 表示取小於或等於

a/b 之最大整數。

【0014】 本發明另一實施例之中繼裝置是應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸。中繼裝置包含至少一天線以及一運算模組。天線用以接收傳送自二個終端裝置至少其中之一之一第一訊號，並廣播一第二訊號。運算模組用以將所接收到之第一訊號結合，並將結合之第一訊號進行一模數運算以產生第二訊號，其中，模數運算以下列方程式表示：

$$\text{【0015】 } \mathbf{x}_{Rk} = \alpha_M \text{cm}od(\beta \mathbf{y}_{Rk} + \mathbf{C}, \mathbf{B})$$

【0016】 其中， $\mathbf{x}_{Rk}$ 為中繼裝置於時間 k 所廣播之第二訊號， α_M 為對角矩陣形式之放大因子， β 為對角矩陣形式之相位旋轉因子， $\mathbf{y}_{Rk}$ 為中繼裝置於時間 k 所接收到之第一訊號， $\mathbf{C}$ 為位移向量， $\mathbf{B}$ 為模數向量， $\text{cm}od$ 函數為具有一第一複數向量變數以及一第二複數向量變數之函數，其係根據第二複數向量變數之各元素來針對第一複數向量變數對應位置之各元素作對稱複數模數運算，而其對於任意複數元素 x 之處理，可以下列方程式表示：

$$\text{【0017】 } \text{cm}od(x, B) = \text{mod}(\Re\{x\}, B) + j\text{mod}(\Im\{x\}, B)$$

【0018】 其中， $\Re\{\}$ 為取括號內之數的實部， $\Im\{\}$ 為取括號內之數的虛部；

【0019】 mod 函數則為具有一第一實數變數以及一第二實數變數之函數，其係對於任意第一實數變數 y ，根據第二實數變數取對稱實數模數，可以下列方程式表示：

$$\text{【0020】 } \text{mod}(y, B) = [(y + B/2)\%B] - B/2$$

【0021】 其中 $\%$ 代表非對稱實數模數運算，其數學含意為 $a\%b = a - \lfloor a/b \rfloor b$ ，其中 a 以及 b 為兩任意實數， $\lfloor a/b \rfloor$ 表示取小於或等於 a/b 之最大整數。

【0022】 本發明又一實施例之終端裝置應用於多輸入多輸出通訊系統，其包含一中繼裝置。中繼裝置將所接收到傳送自二個終端裝置至少其中之一之一第一訊號加以結合，將結合之第一訊號進行一模數運算以產生

一第二訊號，並廣播第二訊號。終端裝置包含多個傳送天線、至少一接收天線以及一運算模組。多個傳送天線用以傳送第一訊號，接收天線用以接收第二訊號。運算模組用以從第二訊號擷取出另一終端裝置所傳送之第一訊號，其計算方式以下列方程式表示：

$$\text{【0023】} \quad \text{cmod}(\mathbf{y}_{ik} \mathbf{H}_i^{-1} \boldsymbol{\alpha}_M^{-1} - \mathbf{C} - \boldsymbol{\beta} \mathbf{H}_i \mathbf{x}_{ik}, \mathbf{B}) \boldsymbol{\beta}^{-1}$$

【0024】 其中， $\mathbf{y}_{ik}$ 為終端裝置於時間 k 所接收到之第二訊號， $\mathbf{H}_i$ 為終端裝置與中繼裝置之間之通道矩陣， $\boldsymbol{\alpha}_M$ 為對角矩陣形式之放大因子， $\mathbf{C}$ 為位移向量， $\mathbf{B}$ 為模數向量， $\boldsymbol{\beta}$ 為對角矩陣形式之相位旋轉因子， $\mathbf{x}_{ik}$ 為終端裝置本身所傳送之第一訊號， cmod 函數為具有一第一複數向量變數以及一第二複數向量變數之函數，其係根據第二複數向量變數之各元素來針對第一複數向量變數對應位置之各元素作對稱複數模數運算，而其對於任意複數元素 x 之處理，可以下列方程式表示：

$$\text{【0025】} \quad \text{cmod}(x, B) = \text{mod}(\Re\{x\}, B) + j \text{mod}(\Im\{x\}, B)$$

【0026】 其中， $\Re\{\}$ 為取括號內之數的實部， $\Im\{\}$ 為取括號內之數的虛部；

【0027】 mod 函數則為具有一第一實數變數以及一第二實數變數之函數，其係對於任意第一實數變數 y ，根據第二實數變數取對稱實數模數，可以下列方程式表示：

$$\text{【0028】} \quad \text{mod}(y, B) = [(y + B/2) \% B] - B/2$$

【0029】 其中 $\%$ 代表非對稱實數模數運算，其數學含意為 $a \% b = a - \lfloor a/b \rfloor b$ ，其中 a 以及 b 為兩任意實數， $\lfloor a/b \rfloor$ 表示取小於或等於 a/b 之最大整數。

【0030】 以下藉由具體實施例配合所附的圖式詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

【圖式簡單說明】**【0031】**

圖 1 為一示意圖，顯示本發明一實施例之中繼裝置之一應用情境，其中 h_{ij} 為通道係數(i, j 為索引，各可為 0 或 1)，tx 表訊號傳送裝置，rx 表訊號接收裝置。

圖 2 為一示意圖，顯示本發明一實施例之中繼裝置之另一應用情境，其中 h_{ikj} 為通道係數(i, k, j 為索引，各可為 0 或 1)，tx 表訊號傳送裝置，rx 表訊號接收裝置。

圖 3 為一示意圖，顯示中繼裝置端之一訊號足跡範圍界限。

圖 4 為一曲線圖，顯示本發明一實施例之雙向中繼傳輸方法對於降低平均中繼傳輸功率之模擬結果。

圖 5 為一曲線圖，顯示本發明一實施例之雙向中繼傳輸方法對於降低高峰中繼傳輸功率之模擬結果。

【實施方式】

【0032】 本發明之雙向中繼傳輸之裝置以及方法可應用於多種多輸入多輸出(multi-input multi-output, MIMO)通訊系統。為了簡化說明並易於理解，以下以圖 1 以及圖 2 所示之應用情境作說明。圖 1 所示之應用情境中，終端裝置 T0、T1 各使用二個傳送天線，採用 Alamouti 空時碼(space-time coding, STC)傳送訊號，且每一終端裝置 T0、T1 只使用一個天線接收訊號，而中繼裝置 R 具有單一天線。圖 2 所示之應用情境中，終端裝置 T0、T1 以及中繼裝置 R 皆有二個傳送天線以及二個接收天線，且終端裝置 T0、T1 採用空間多工(spatial multiplexing, SM)來傳輸訊號。

【0033】 為了簡化說明並易於理解，假設終端裝置 T0、T1 以及中繼裝置 R 可獲得全部的通道狀態資訊(channel state information, CSI)。首先，請一併參照圖 1 作說明。令 s_{ij} 代表終端裝置 T_i ($i = 0, 1$)所傳送第 j 個調變資料符號， $j = 0, 1$ 為採用 Alamouti 空時碼之二個資料符號的索引。令 x_{ijk} 代表終端裝置 T_i 以天線 j 於時間 k 所傳送之訊號。因此 x_{ijk} 可以下列方程式表示：

$$\text{【0034】 } x_{ij0} = s_{ij}$$

$$\text{【0035】 } x_{ij1} = (-1)^j s_{ij}^*$$

【0036】 其中上橫線代表二元互補，例如 $\bar{0} = 1$ 、 $\bar{1} = 0$ 。假設通道係數在特定期間維持不變，則中繼裝置 R 在時間 k 所接收到的訊號 y_{Rk} 可以下列方程式表示：

$$\text{【0037】 } y_{Rk} = \sum_{j=0}^1 h_{0j} x_{0jk} + \sum_{j=0}^1 h_{1j} x_{1jk} + z_{Rk}$$

【0038】 其中， $\sum_{j=0}^1 h_{0j} x_{0jk}$ 定義為 y_{R0k} ， $\sum_{j=0}^1 h_{1j} x_{1jk}$ 定義為 y_{R1k} ， z_{Rk} 為中繼裝置 R 端之雜訊。

【0039】 令 x_{Rk} 代表中繼裝置 R 在時間 k 所傳送的訊號，則終端裝置 Ti 在時間 k 時所接收到的訊號可以下列方程式表示：

$$\text{【0040】 } y_{ik} = h_{i0} x_{Rk} + z_{ik}$$

【0041】 其中， z_{ik} 代表終端裝置 Ti 端之雜訊。於習知之放大轉送(AF)技術中， $x_{Rk} = \alpha_A y_{Rk}$ ，其中放大因子(scaling factor) α_A 需符合中繼裝置 R 之傳輸功率限制。終端裝置 Ti 可從放大之接收訊號 $y_{ik} / (h_{i0} \alpha_A)$ 中扣除本身的訊號 y_{Rik} 即可獲得包含雜訊之訊號 $y_{R\bar{i}k}$ 。藉由 Alamouti 偵測即可取得由另一終端裝置 $T\bar{i}$ 所傳送之資料符號 s_{ij} 。由於 Alamouti 偵測器只需要訊號 $y_{R\bar{i}k}$ ，其訊號足跡範圍小於放大轉送(AF)技術所傳送的 $y_{R\bar{i}k} + y_{Rik}$ ，因此，習知之放大轉送(AF)技術以較高的高峰以及平均中繼傳輸功率來傳送訊號。

【0042】 依據圖 1 所示之應用情境，本發明之一實施例之雙向中繼傳輸方法包含：中繼裝置 R 接收傳送自終端裝置 T0、T1 至少其中之一之一第一訊號，並加以結合；以及中繼裝置 R 將結合之第一訊號進行一模數運算以產生一第二訊號，並廣播第二訊號。假設中繼裝置 R 所接收到之訊號為 y_{Rk} ，中繼裝置 R 所傳送之訊號 x_{Rk} 可以方程式(a)表示：

$$\text{【0043】} \quad x_{Rk} = \alpha_M \text{cmod}(\beta y_{Rk} + C, B) \quad (\text{a})$$

【0044】 其中， α_M 為放大因子，其滿足中繼裝置之傳輸功率限制； β 為相位旋轉因子，亦即 $\beta = e^{j\theta}$ ； C 為複數位移； B 為模數，其為正實數； cmod 函數為具有一第一複數向量變數以及一第二複數向量變數之函數，其係根據第二複數向量變數之各元素來針對第一複數向量變數對應位置之各元素作對稱複數模數運算，而其對於任意複數元素 x ，以方程式(b)表示：

$$\text{【0045】} \quad \text{cmod}(x, B) = \text{mod}(\Re\{x\}, B) + j\text{mod}(\Im\{x\}, B) \quad (\text{b})$$

【0046】 其中， $\Re\{\}$ 為取括號內之數的實部， $\Im\{\}$ 為取括號內之數的虛部。 mod 函數則為具有一第一實數變數以及一第二實數變數之函數，其係對於任意第一實數變數 y ，根據第二實數變數取對稱實數模數，以方程式(c)表示：

$$\text{【0047】} \quad \text{mod}(y, B) = [(y + B/2)\%B] - B/2 \quad (\text{c})$$

【0048】 其中 $\%$ 代表非對稱實數模數運算，其數學含意為 $a\%b = a - \lfloor a/b \rfloor b$ ，其中 a 以及 b 為兩任意實數， $\lfloor a/b \rfloor$ 表示取小於或等於 a/b 之最大整數。需注意者，為了使閱讀流暢，說明書以及申請專利範圍中之方程式為各自編號。

【0049】 C 可為適當之數，於一實施例中，將 C 設定為在參數 α_M 、 β 、 B 固定時，使 x_{Rk} 功率最小之值。於另一實施例中，設定 C 為 0 或任意數值以簡化設計。至於模數 B ，若 B 足夠大，則每一訊號 y_{Rik} ($i = 0, 1$) 可被容納在面積 B^2 內，且有足夠的餘地容納幾乎所有的雜訊 z_{Rk} 。終端裝置 T_i 可由方程式(d)獲得未經模數處理之訊號。

$$\text{【0050】} \quad \begin{aligned} & \text{cmod}(y_{ik} / [h_{i0}\alpha_M] - C - \beta y_{Rik}, B) / \beta \\ & = y_{Rik} + z_{Rk} + z_{ik} / (h_{i0}\alpha_M\beta) \end{aligned} \quad (\text{d})$$

【0051】 未經模數處理之訊號即可被 Alamouti 偵測並加以處理。

【0052】 假設正交振幅調變(Quadrature Amplitude Modulation, QAM)中訊號點之間的最小距離為 2，則在中繼裝置 R 端所接收到由終端裝置 T_i

傳送之無雜訊之訊號足跡範圍之界限如圖 3 所示，此訊號足跡範圍係經過通道係數 h_{ij} ($j = 0, 1$) 傳輸之 x_{ijk} 之星座圖之加成，而圖 3 中 M_i 為調變階數之平方根，且 $\theta_{ij} = \angle h_{ij}$ 。模數運算可視為將訊號在由模數所定義之正交點陣上複製，並只保留落在面積 B^2 的結果，其中面積 B^2 靠近中央原點 O 。模數太大，將造成傳輸功率沒有效率。反之，模數太小將因訊號點間之最小距離縮小而劣化傳輸效能。

【0053】 為此， B 應大於或等於中繼裝置 R 將所接收到由終端裝置所傳送之訊號所形成之一訊號足跡範圍旋轉一 θ 角度後，將此訊號足跡範圍複製且平移，且令旋轉 θ 角度之此訊號足跡範圍中任一點與複製且平移之旋轉 θ 角度之訊號足跡範圍中任一點之距離大於等於 $2h_{im}$ 之平移量。令 h_{im} 為 $|h_{i1}|$ 以及 $|h_{i0}|$ 中較小者，且令模數所定義之正交點陣形成之訊號點間的最小距離不小於 $2h_{im}$ 。因此，以圖 3 為例，一符合以上條件之模數可以方程式(e)表示：

$$\begin{aligned} B \geq & 2 \sec \theta_{i0} [(M_i - 1) |h_{i0}| \\ & + \sqrt{2} (M_i - 1) |h_{i1}| \cos(\theta_{i1} - \theta_{i0} - \pi/4) + h_{im}] \end{aligned} \quad (e)$$

【0055】 將方程式(e)之右側定義為 b_i 。為了簡單起見，令 $B = \max_i b_i$ 。由於不同的旋轉角度將產生不同的 b_i 數值，因此旋轉圖 3 所示之訊號足跡範圍來使 $\max_i b_i$ 為最小。需注意者，由於假設使用正方之正交振幅調變(QAM)，因此 b_i 會隨著 θ 每 $\pi/2$ 週期性變化。另需注意者，訊號 y_{rk} 旋轉 θ 角可視為正交點陣旋轉 $-\theta$ 角，而訊號 y_{rk} 沒有旋轉。

【0056】 為決定較佳之 β ，令 $\theta'_{ij} = \text{mod}(\theta_{ij} + \theta - \pi/4, \pi/2) + \pi/4$ ，因此，可得到 $0 \leq \theta'_{ij} < \pi/2$ 。令

$$\text{【0057】 } m_i = \arg \min_j \theta'_{ij}, \text{ 並為描述之便利定義}$$

$$\text{【0058】 } \theta''_{i0} = \theta'_{im_i}, \quad \theta''_{i1} = \theta'_{i\bar{m}_i}$$

$$\text{【0059】 } h''_{i0} = h_{im_i}, \quad h''_{i1} = h_{i\bar{m}_i} \text{ (其中上橫線如前表示二元互補)。}$$

【0060】 定義 $\theta_i = \arctan \frac{|h_{i0}''| - \sqrt{2} |h_{i1}''| \sin(\theta_{i1}'' - \theta_{i0}'' - \frac{\pi}{4})}{|h_{i0}''| + \sqrt{2} |h_{i1}''| \cos(\theta_{i1}'' - \theta_{i0}'' - \frac{\pi}{4})}$

【0061】 如果 $\theta_{i0}'' > \theta_i$ ，則重新定義 θ_{ij}'' 以及 h_{ij}'' 如下：

【0062】 $\theta_{i1}'' = \theta_{im_i}'$ ， $\theta_{i0}'' = \theta_{im_i}' - \frac{\pi}{2}$

【0063】 $h_{i1}'' = h_{im_i}$ ， $h_{i0}'' = h_{im_i}$

【0064】 較佳之相位旋轉因子 $\beta = e^{j\theta_{opt}}$ 即可獲得，其中 θ_{opt} 以下列方程式表示：

【0065】 $\theta_{opt} = \arg \min_{0 \leq \theta < \pi/2} \max_i b_i''(\theta)$

【0066】 其中， $b_i''(\theta)$ 即表示中繼裝置 R 將所接收到由終端裝置 Ti (i = 0, 1) 傳送之訊號所形成之訊號足跡範圍旋轉一 θ 角度後，欲使其中任一點與一複製之旋轉 θ 角度後之訊號足跡範圍中任一點之距離大於等於 $2h_{im}$ 時，複製之訊號足跡範圍所平移之距離。 $b_i''(\theta)$ 可以下列方程式表示：

【0067】
$$b_i''(\theta) = 2 \sec \theta_{i0}'' [(M_i - 1) |h_{i0}''| + \sqrt{2} (M_i - 1) |h_{i1}''| \cos(\theta_{i1}'' - \theta_{i0}'' - \pi/4) + h_{im}]$$

【0068】 需注意者，前述實施例是以終端裝置所傳送訊號星座圖中之訊號點之最小距離為 2 作說明。可以理解的是，終端裝置所傳送訊號星座圖中訊號點之最小距離為其它數值時，前述方程式中之相對應參數亦應一致性的修改。

【0069】 請參照圖 4，其為採用 4、16、64 或 256-QAM 之模擬結果。終端裝置與中繼裝置間之通道為加成性白高斯雜訊(additive white Gaussian noise, AWGN)通道(如圖 4 之實線所示)或瑞利衰落(Rayleigh fading)通道(如圖 4 之虛線所示)。由圖 4 可以看出，當 $\alpha_A = \alpha_M$ 時，在高中繼訊噪比可達到降低 0.5-1 dB 之平均中繼傳輸功率。請參照圖 5，其顯示在採用 16-QAM 以及通道為 AWGN 之互補累積分佈函數(complementary cumulative

distribution function, CCDF)。相較於放大轉送技術(圖 5 之實線 AF 所示)，圖 5 顯示本發明之雙向中繼傳輸方法可達到降低 2 dB 之高峰中繼傳輸功率，如圖 5 之虛線 MF 所示。

【0070】 請再參照圖 2，以說明本發明之雙向中繼傳輸方法應用於圖 2 所示之應用情境。由於中繼裝置 R 使用 2 個天線，因此實際操作與圖 1 所示之應用情境稍微不同。但本發明所屬技術領域中具有通常知識者可依據本發明之精神以及前述說明之教示作適當之修改。

【0071】 以下簡要說明本發明應用於圖 2 所示之應用情境之操作方式。中繼裝置 R 所接收到之訊號向量 $\mathbf{y}_{Rk}$ 可由方程式(f)表示：

$$\mathbf{y}_{Rk} = \mathbf{H}_0 \mathbf{x}_{0k} + \mathbf{H}_1 \mathbf{x}_{1k} + \mathbf{z}_{Rk} \quad (\text{f})$$

【0073】 其中 $\mathbf{x}_{ik}$ ($i \in \{0,1\}$) 為終端裝置 T_i 在時間 k 時所傳送之訊號向量， $\mathbf{H}_i$ 為終端裝置 T_i 與中繼裝置 R 之間之通道矩陣， $\mathbf{z}_{Rk}$ 為在時間 k 時之加法性中繼雜訊向量。為了簡化操作，訊號向量 $\mathbf{y}_{Rk}$ 之每一元素是分別進行模數運算並轉送的處理，而不是同時處理訊號向量 $\mathbf{y}_{Rk}$ 的所有元素。中繼裝置 R 所傳送的訊號向量 $\mathbf{x}_{Rk}$ 可由方程式(g)表示：

$$\mathbf{x}_{Rk} = \alpha_M \text{cm}(\beta \mathbf{y}_{Rk} + \mathbf{C}, \mathbf{B}) \quad (\text{g})$$

【0075】 其中 $\mathbf{x}_{Rk}$ 為中繼裝置 R 於時間 k 所廣播之該第二訊號， α_M 為對角矩陣形式之放大因子， β 為對角矩陣形式之相位旋轉因子， $\mathbf{y}_{Rk}$ 為中繼裝置 R 於時間 k 所接收到的訊號向量， $\mathbf{C}$ 為位移向量， $\mathbf{B}$ 為模數向量，cm 函數如前所述，在此不再贅述。上述參數可由圖 1 所示之應用情境之方法來決定。

【0076】 終端裝置 T_i 則可利用方程式(h)從經模數運算處理之訊號向量取得所需之訊號向量：

$$\text{cm}(\mathbf{y}_{ik} \mathbf{H}_i^{-1} \alpha_M^{-1} - \mathbf{C} - \beta \mathbf{H}_i \mathbf{x}_{ik}, \mathbf{B}) \beta^{-1} \quad (\text{h})$$

【0078】 其中， $\mathbf{y}_{ik}$ 為終端裝置 T_i 於時間 k 所接收到之訊號向量， $\mathbf{x}_{ik}$

為終端裝置 T_i 本身所傳送的訊號向量。

【0079】 請參照圖 1 以及圖 2，本發明一實施例之中繼裝置 R 是應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸。中繼裝置包含至少一天線以及一運算模組(未圖式)。天線用以接收傳送自二個終端裝置 T_0 、 T_1 至少其中之一之一第一訊號，並廣播一第二訊號。運算模組用以將所接收到之第一訊號結合，並將結合之第一訊號進行一模數運算以產生第二訊號。詳細之說明已如前所述，在此不再贅述。

【0080】 本發明一實施例之終端裝置 T_0 、 T_1 包含多個傳送天線、至少一接收天線以及一運算模組(未圖示)。多個傳送天線用以傳送第一訊號。接收天線用以接收第二訊號。運算模組用以從傳送自中繼裝置 R 之第二訊號擷取出另一終端裝置所傳送之第一訊號。詳細之計算方式已如前所述，在此不再贅述。

【0081】 綜合上述，本發明之應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸之裝置以及方法是將接收自終端裝置之訊號加以結合並經過模數處理，使訊號點往星座圖之中心集中，之後再將模數處理後之訊號廣播出去，如此可降低雙向中繼傳輸之高峰以及平均中繼傳輸功率。

【0082】 以上所述之實施例僅是為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【符號說明】

【0083】

H_0 、 H_1	通道矩陣
O	原點
R	中繼裝置
T_0 、 T_1	終端裝置

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

【序列表】 (請換頁單獨記載)

申請專利範圍

1. 一種應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸方法，包含：

一中繼裝置接收傳送自二個終端裝置至少其中之一之一第一訊號，並加以結合；以及

該中繼裝置將結合之該第一訊號進行一模數運算以產生一第二訊號，並廣播該第二訊號，其中，該模數運算以方程式(1)表示：

$$\mathbf{x}_{Rk} = \alpha_M \text{cmod}(\beta \mathbf{y}_{Rk} + \mathbf{C}, \mathbf{B}) \quad (1)$$

其中， $\mathbf{x}_{Rk}$ 為該中繼裝置於時間 k 所廣播之該第二訊號， α_M 為對角矩陣形式之放大因子， β 為對角矩陣形式之相位旋轉因子， $\mathbf{y}_{Rk}$ 為該中繼裝置於時間 k 所接收到之該第一訊號， $\mathbf{C}$ 為位移向量， $\mathbf{B}$ 為模數向量， cmod 函數為具有一第一複數向量變數以及一第二複數向量變數之函數，其係根據該第二複數向量變數之各元素來針對該第一複數向量變數對應位置之各元素作對稱複數模數運算，而其對於任意複數元素 x 之處理，以方程式(2)表示：

$$\text{cmod}(x, B) = \text{mod}(\Re\{x\}, B) + j\text{mod}(\Im\{x\}, B) \quad (2)$$

其中， $\Re\{\}$ 為取括號內之數的實部， $\Im\{\}$ 為取括號內之數的虛部；

mod 函數則為具有一第一實數變數以及一第二實數變數之函數，其係對於任意該第一實數變數 y ，根據該第二實數變數取對稱實數模數，以方程式(3)表示：

$$\text{mod}(y, B) = [(y + B/2)\%B] - B/2 \quad (3)$$

其中 $\%$ 代表非對稱實數模數運算，其數學含意為 $a\%b = a - \lfloor a/b \rfloor b$ ，其中 a 以及 b 為兩任意實數， $\lfloor a/b \rfloor$ 表示取小於或等於 a/b 之最大整數。

2. 如請求項 1 所述之應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸方法，其中該方程式(2)之 B 大於或等於該中繼裝置將所接收到由其中之一該終端裝置所傳送之訊號所形成之一訊號足跡範圍旋轉一 θ 角度後，將該訊號足跡範圍複製且平移，且令旋轉 θ 角度之該訊號足跡範圍中任一點與該複製且平移之旋轉 θ 角度之該訊號足跡範圍中任一點之距離大於等於 $A h_{im}$ 之平移量，其中 A 為該終端裝置所傳送訊號星座圖中訊號點之最小距離， h_{im} 為 $|h_{i1}|$

以及 $|h_{i0}|$ 中較小者， h_{ij} 為通道係數， j 為0或1， i 為終端裝置索引， j 為對應於一終端裝置之通道係數索引。

3. 如請求項1所述之應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸方法，其中該方程式(2)之 B 滿足以下方程式(4)：

$$B \geq A \sec \theta_{i0} [(M_i - 1) |h_{i0}| + \sqrt{2} (M_i - 1) |h_{i1}| \cos(\theta_{i1} - \theta_{i0} - \pi / 4) + h_{im}] \quad (4)$$

其中 A 為該終端裝置所傳送訊號星座圖中訊號點之最小距離， $\theta_{ij} = \angle h_{ij}$ ， h_{ij} 為通道係數， j 為0或1， h_{im} 為 $|h_{i1}|$ 以及 $|h_{i0}|$ 中較小者， M_i 為調變階數之平方根， i 為終端裝置索引， j 為對應於一終端裝置之通道係數索引。

4. 如請求項1所述之應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸方法，其中該方程式(1)之 β 之一元素以方程式(5)表示：

$$\beta = e^{j\theta_{opt}} \quad (5)$$

其中， θ_{opt} 以方程式(6)表示：

$$\theta_{opt} = \arg \min_{0 \leq \theta < \pi/2} \max_i b_i''(\theta) \quad (6)$$

其中， $b_i''(\theta)$ 表示該中繼裝置將所接收到由其中之一該終端裝置所傳送之訊號所形成之一訊號足跡範圍旋轉一 θ 角度後，欲使其中任一點與一複製之旋轉 θ 角度之訊號足跡範圍中任一點之距離大於等於 $A h_{im}$ 時，該複製之訊號足跡範圍平移之距離，其中 A 為該終端裝置所傳送訊號星座圖中訊號點之最小距離， h_{im} 為 $|h_{i1}|$ 以及 $|h_{i0}|$ 中較小者， h_{ij} 為通道係數， j 為0或1， i 為終端裝置索引， j 為對應於一終端裝置之通道係數索引。

5. 如請求項1所述之應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸方法，其中該方程式(1)之 C 之一元素為在參數 α_M 、 β 、 B 固定時，使 $\mathbf{x}_{Rk}$ 中對應元素之功率為最小之值，或0。

6. 如請求項1所述之應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸方法，更包含：

其中之一該終端裝置以方程式(8)從該第二訊號擷取出另一該終端裝置所傳送之該第一訊號，

$$\text{cmod}(\mathbf{y}_{ik} \mathbf{H}_i^{-1} \boldsymbol{\alpha}_M^{-1} - \mathbf{C} - \boldsymbol{\beta} \mathbf{H}_i \mathbf{x}_{ik}, \mathbf{B}) \boldsymbol{\beta}^{-1} \quad (8)$$

其中， $\mathbf{y}_{ik}$ 為該終端裝置於時間 k 所接收到之該第二訊號， $\mathbf{H}_i$ 為該終端裝置與該中繼裝置之間之通道矩陣， $\mathbf{x}_{ik}$ 為該終端裝置本身所傳送之該第一訊號， i 為終端裝置索引。

7. 一種中繼裝置，其應用於多輸入多輸出通訊系統之雙向中繼傳輸，該中繼裝置包含：

至少一天線，用以接收傳送自二個終端裝置至少其中之一之一第一訊號，並廣播一第二訊號；以及

一運算模組，用以將所接收到之該第一訊號結合，並將結合之該第一訊號進行一模數運算以產生該第二訊號，其中，該模數運算以方程式(1)表示：

$$\mathbf{x}_{Rk} = \boldsymbol{\alpha}_M \text{cmod}(\boldsymbol{\beta} \mathbf{y}_{Rk} + \mathbf{C}, \mathbf{B}) \quad (1)$$

其中， $\mathbf{x}_{Rk}$ 為該中繼裝置於時間 k 所廣播之該第二訊號， $\boldsymbol{\alpha}_M$ 為對角矩陣形式之放大因子， $\boldsymbol{\beta}$ 為對角矩陣形式之相位旋轉因子， $\mathbf{y}_{Rk}$ 為該中繼裝置於時間 k 所接收到之該第一訊號， $\mathbf{C}$ 為位移向量， $\mathbf{B}$ 為模數向量， cmod 函數為具有一第一複數向量變數以及一第二複數向量變數之函數，其係根據該第二向量變數之各元素來針對該第一向量變數對應位置之各元素作對稱複數模數運算，而其對於任意複數元素 x 之處理，以方程式(2)表示：

$$\text{cmod}(x, B) = \text{mod}(\Re\{x\}, B) + j \text{mod}(\Im\{x\}, B) \quad (2)$$

其中， $\Re\{\}$ 為取括號內之數的實部， $\Im\{\}$ 為取括號內之數的虛部；

mod 函數則為具有一第一實數變數以及一第二實數變數之函數，其係對於任意該第一實數變數 y ，根據該第二實數變數取對稱實數模數，以方程式(3)表示：

$$\text{mod}(y, B) = [(y + B/2) \% B] - B/2 \quad (3)$$

其中 $\%$ 代表非對稱實數模數運算，其數學含意為 $a \% b = a - \lfloor a/b \rfloor b$ ，其中 a 以及 b 為兩任意實數， $\lfloor a/b \rfloor$ 表示取小於或等於 a/b 之最大整數。

8. 如請求項7所述之中繼裝置，其中該方程式(2)之 B 大於或等於該中繼裝置將所接收到由其中之一該終端裝置所傳送之訊號所形成之一訊號足跡範

圍旋轉一 θ 角度後，將該訊號足跡範圍複製且平移，且令旋轉 θ 角度之該訊號足跡範圍中任一點與該複製且平移之旋轉 θ 角度之該訊號足跡範圍中任一點之距離大於等於 $A h_{im}$ 之平移量，其中 A 為該終端裝置所傳送訊號星座圖中訊號點之最小距離， h_{im} 為 $|h_{i1}|$ 以及 $|h_{i0}|$ 中較小者， h_{ij} 為通道係數， j 為 0 或 1， i 為終端裝置索引， j 為對應於一終端裝置之通道係數索引。

9. 如請求項 7 所述之中繼裝置，其中該方程式(2)之 B 滿足以下方程式(4)：

$$B \geq A \sec \theta_{i0} [(M_i - 1) |h_{i0}| + \sqrt{2} (M_i - 1) |h_{i1}| \cos(\theta_{i1} - \theta_{i0} - \pi / 4) + h_{im}] \quad (4)$$

其中 A 為該終端裝置所傳送訊號星座圖中訊號點之最小距離， $\theta_{ij} = \angle h_{ij}$ ， h_{ij} 為通道係數， j 為 0 或 1， h_{im} 為 $|h_{i1}|$ 以及 $|h_{i0}|$ 中較小者， M_i 為調變階數之平方根， i 為終端裝置索引， j 為對應於一終端裝置之通道係數索引。

10. 如請求項 7 所述之中繼裝置，其中該方程式(1)之 β 之一元素以方程式(5)表示：

$$\beta = e^{j\theta_{opt}} \quad (5)$$

其中， θ_{opt} 以方程式(6)表示：

$$\theta_{opt} = \arg \min_{0 \leq \theta < \pi/2} \max_i b_i''(\theta) \quad (6)$$

其中， $b_i''(\theta)$ 表示該中繼裝置將所接收到由其中之一該終端裝置所傳送之訊號所形成之一訊號足跡範圍旋轉一 θ 角度後，欲使其中任一點與一複製之旋轉 θ 角度之訊號足跡範圍中任一點之距離大於等於 $A h_{im}$ 時，該複製之訊號足跡範圍平移之距離，其中 A 為該終端裝置所傳送訊號星座圖中訊號點之最小距離， h_{im} 為 $|h_{i1}|$ 以及 $|h_{i0}|$ 中較小者， h_{ij} 為通道係數， j 為 0 或 1， i 為終端裝置索引， j 為對應於一終端裝置之通道係數索引。

11. 如請求項 7 所述之中繼裝置，其中該方程式(1)之 C 之一元素為在參數 α_M 、 β 、 B 固定時，使 x_{Rk} 中對應元素之功率為最小之值，或 0。

12. 如請求項 7 所述之中繼裝置，其中該天線為多個。

13. 一種終端裝置，其應用於多輸入多輸出通訊系統，其包含一中繼裝置，該中繼裝置將所接收到傳送自二個終端裝置至少其中之一之一第一訊號加

以結合，將結合之該第一訊號進行一模數運算以產生一第二訊號，並廣播該第二訊號，該終端裝置包含：

多個傳送天線，用以傳送該第一訊號；

至少一接收天線，用以接收該第二訊號；以及

一運算模組，用以從該第二訊號擷取出另一該終端裝置所傳送之該第一訊號，其計算方式以方程式(8)表示：

$$\text{cmod}(\mathbf{y}_{ik} \mathbf{H}_i^{-1} \boldsymbol{\alpha}_M^{-1} - \mathbf{C} - \boldsymbol{\beta} \mathbf{H}_i \mathbf{x}_{ik}, \mathbf{B}) \boldsymbol{\beta}^{-1} \quad (8)$$

其中， i 為該終端裝置之索引， $\mathbf{y}_{ik}$ 為該終端裝置於時間 k 所接收到之該第二訊號， $\mathbf{H}_i$ 為該終端裝置與該中繼裝置之間之通道矩陣， $\boldsymbol{\alpha}_M$ 為對角矩陣形式之放大因子， $\mathbf{C}$ 為位移向量， $\boldsymbol{\beta}$ 為對角矩陣形式之相位旋轉因子， $\mathbf{x}_{ik}$ 為該終端裝置本身所傳送之該第一訊號， cmod 函數為具有一第一複數向量變數以及一第二複數向量變數之函數，其係根據該第二複數向量變數之各元素來針對該第一複數向量變數對應位置之各元素作對稱複數模數運算，而其對於任意複數元素 x 之處理，以方程式(2)表示：

$$\text{cmod}(x, B) = \text{mod}(\Re\{x\}, B) + j \text{mod}(\Im\{x\}, B) \quad (2)$$

其中， $\mathbf{B}$ 為模數向量， $\Re\{\}$ 為取括號內之數的實部， $\Im\{\}$ 為取括號內之數的虛部；

mod 函數則為具有一第一實數變數以及一第二實數變數之函數，其係對於任意該第一實數變數 y ，根據該第二實數變數取對稱實數模數，以方程式(3)表示：

$$\text{mod}(y, B) = [(y + B/2) \% B] - B/2 \quad (3)$$

其中 $\%$ 代表非對稱實數模數運算，其數學含意為 $a \% b = a - \lfloor a/b \rfloor b$ ，其中 a 以及 b 為兩任意實數， $\lfloor a/b \rfloor$ 表示取小於或等於 a/b 之最大整數。

14. 如請求項 13 所述之終端裝置，其中該方程式(2)之 B 大於或等於該中繼裝置將所接收到由其中之一該終端裝置所傳送之訊號所形成之一訊號足跡範圍旋轉一 θ 角度後，將該訊號足跡範圍複製且平移，且令旋轉 θ 角度之該訊號足跡範圍中任一點與該複製且平移之旋轉 θ 角度之該訊號足跡範圍中任一點之距離大於等於 $A h_m$ 之平移量，其中 A 為該終端裝置所傳送訊號星

座圖中訊號點之最小距離， h_{im} 為 $|h_{i1}|$ 以及 $|h_{i0}|$ 中較小者， h_{ij} 為通道係數， j 為 0 或 1， j 為對應於一終端裝置之通道係數索引。

15. 如請求項 13 所述之終端裝置，其中該方程式(2)之 B 滿足以下方程式(4)：

$$B \geq A \sec \theta_{i0} [(M_i - 1) |h_{i0}| + \sqrt{2} (M_i - 1) |h_{i1}| \cos(\theta_{i1} - \theta_{i0} - \pi / 4) + h_{im}] \quad (4)$$

其中 A 為該終端裝置所傳送訊號星座圖中訊號點之最小距離， $\theta_{ij} = \angle h_{ij}$ ， h_{ij} 為通道係數， j 為 0 或 1， h_{im} 為 $|h_{i1}|$ 以及 $|h_{i0}|$ 中較小者， M_i 為調變階數之平方根， j 為對應於一終端裝置之通道係數索引。

16. 如請求項 13 所述之終端裝置，其中該方程式(8)之 β 之一元素以方程式(5)表示：

$$\beta = e^{j\theta_{opt}} \quad (5)$$

其中， θ_{opt} 以方程式(6)表示：

$$\theta_{opt} = \arg \min_{0 \leq \theta < \pi/2} \max_i b_i''(\theta) \quad (6)$$

其中， $b_i''(\theta)$ 表示該中繼裝置將所接收到由其中之一該終端裝置所傳送之訊號所形成之一訊號足跡範圍旋轉一 θ 角度後，欲使其中任一點與一複製之旋轉 θ 角度之訊號足跡範圍中任一點之距離大於等於 $A h_{im}$ 時，該複製之訊號足跡範圍平移之距離，其中 A 為該終端裝置所傳送訊號星座圖中訊號點之最小距離， h_{im} 為 $|h_{i1}|$ 以及 $|h_{i0}|$ 中較小者， h_{ij} 為通道係數， j 為 0 或 1， j 為對應於一終端裝置之通道係數索引。

17. 如請求項 13 所述之終端裝置，其中該方程式(8)之 C 之一元素為在參數 α_M 、 β 、 B 固定時，使 $\mathbf{x}_{Rk}$ 中對應元素之功率為最小之值，或 0。

圖式

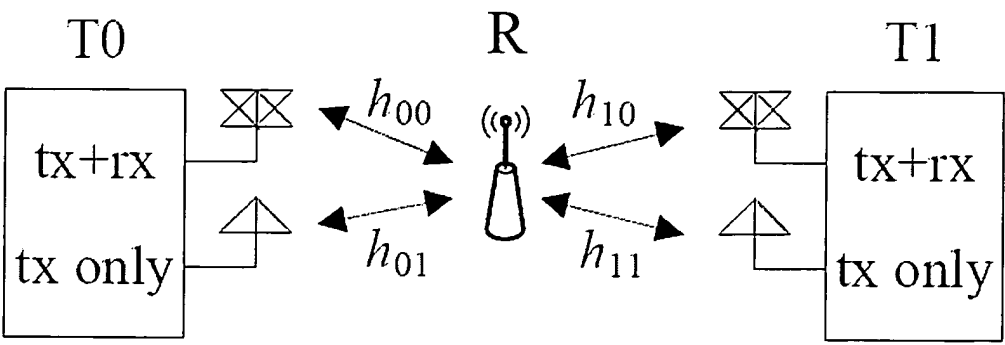


圖 1

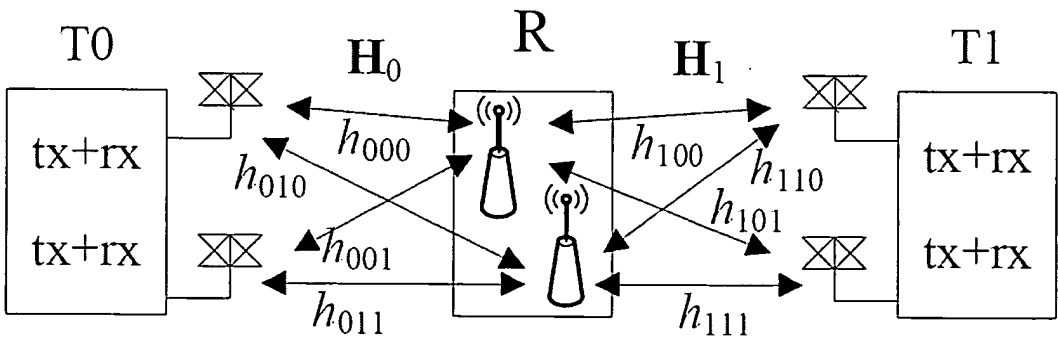


圖 2

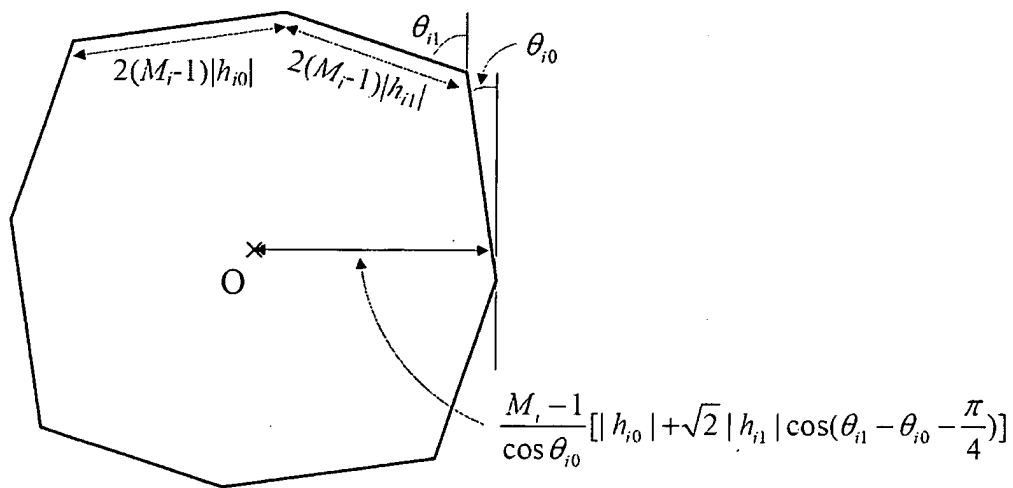


圖 3

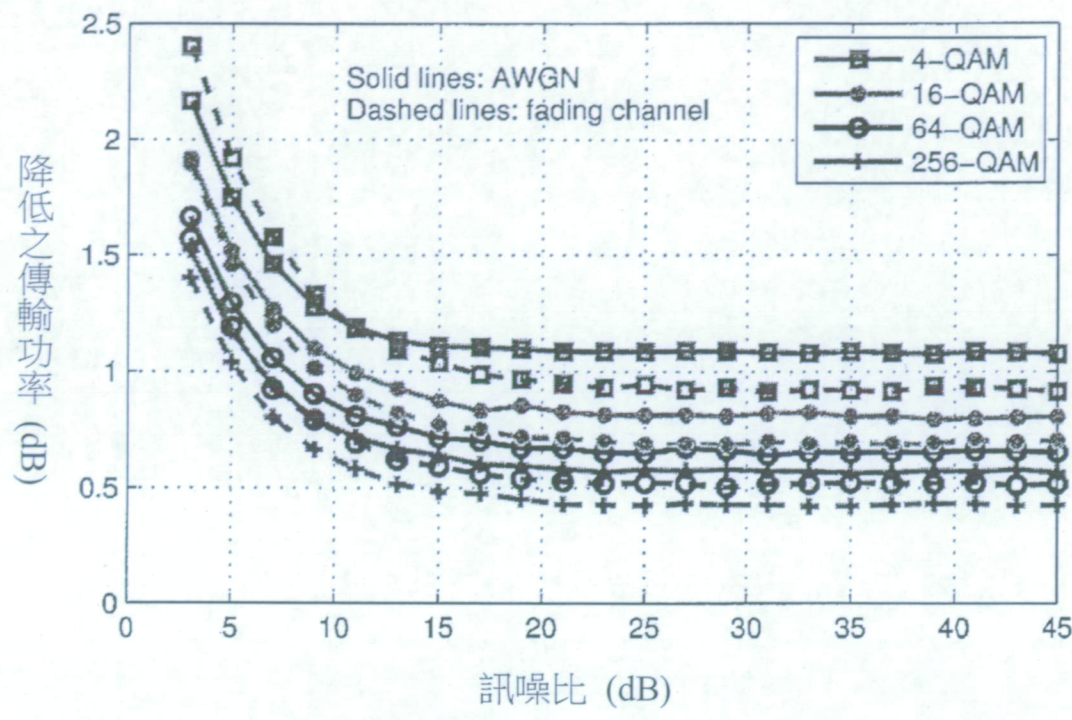


圖 4

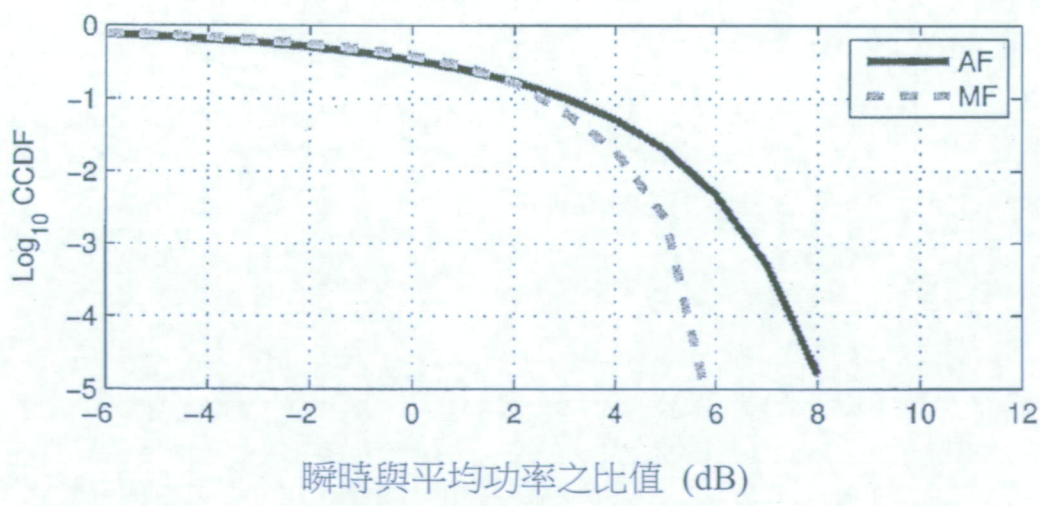


圖 5