

圖式：

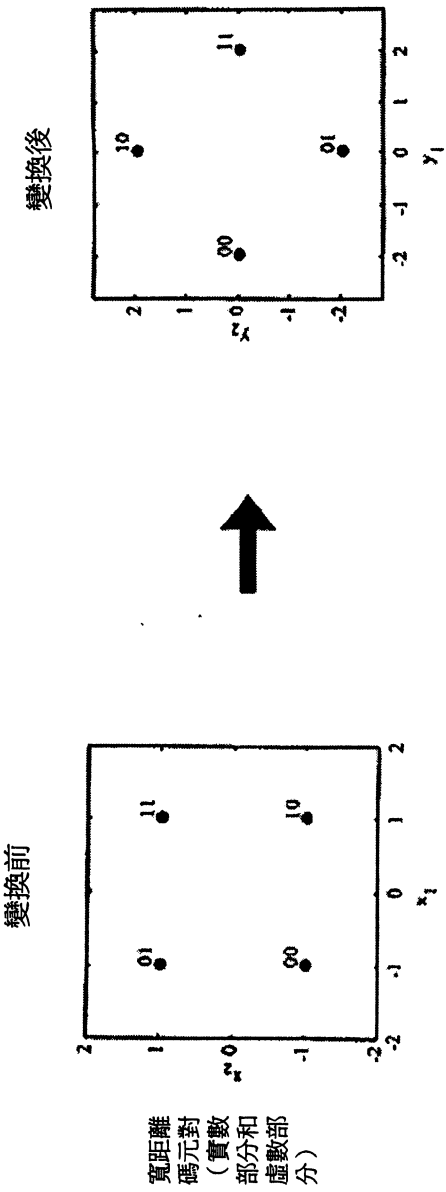
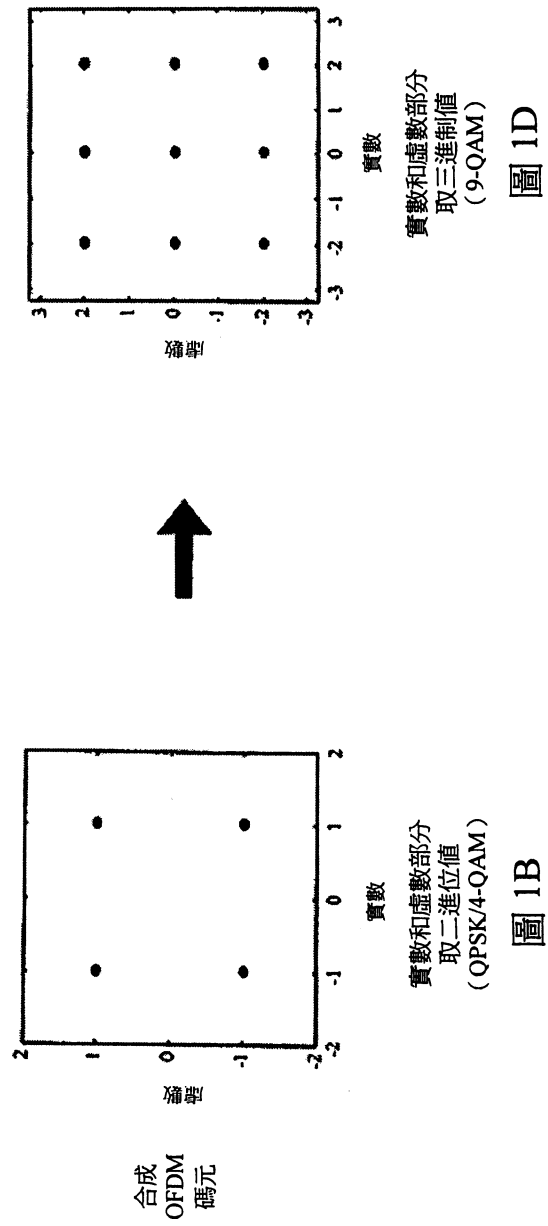


圖 1C



變換前

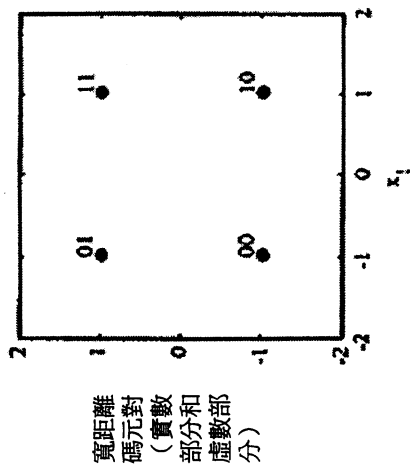
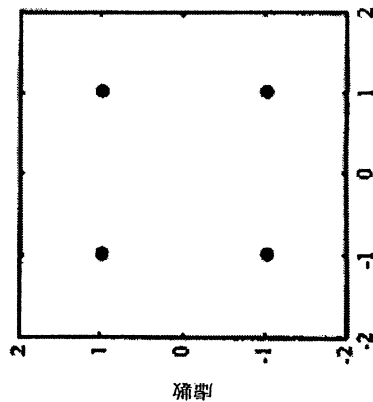


圖 3A

合成
OFDM
碼元



實數和虛數部分
取二進位值
(QPSK/4-QAM)

圖 3B

變換後

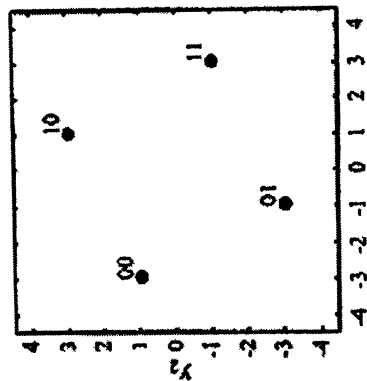
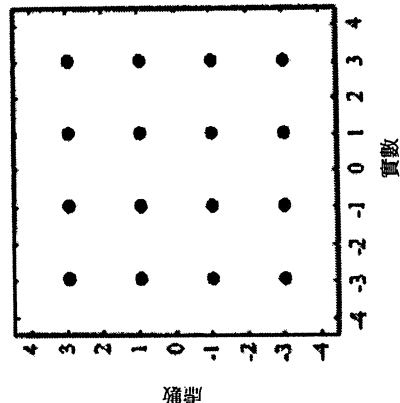


圖 3C

虛數



實數和虛數部分
取 4 級
(16-QAM)

圖 3D

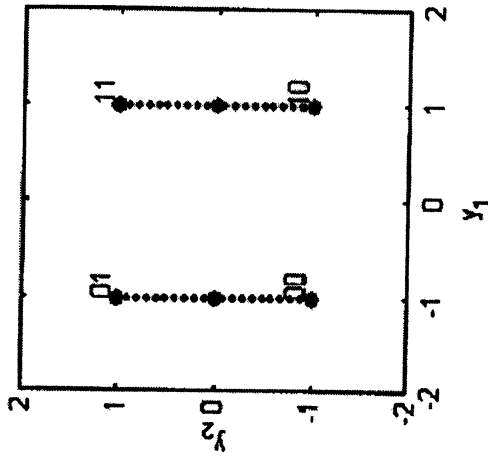


圖 4A

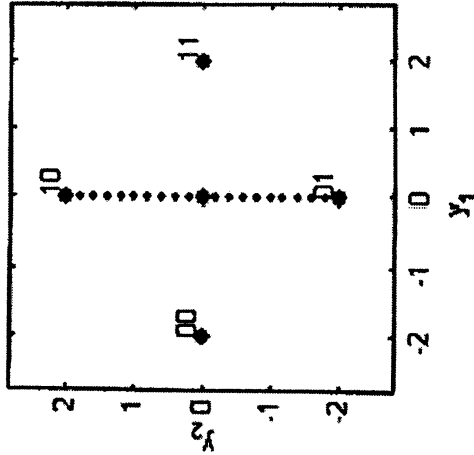


圖 4B

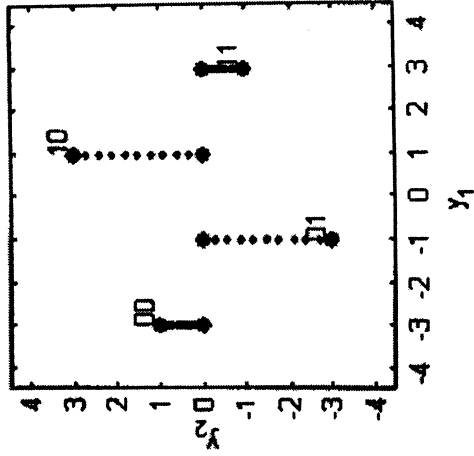


圖 4C

衰落=瑞利，目標 $P_e=1.0e-005$

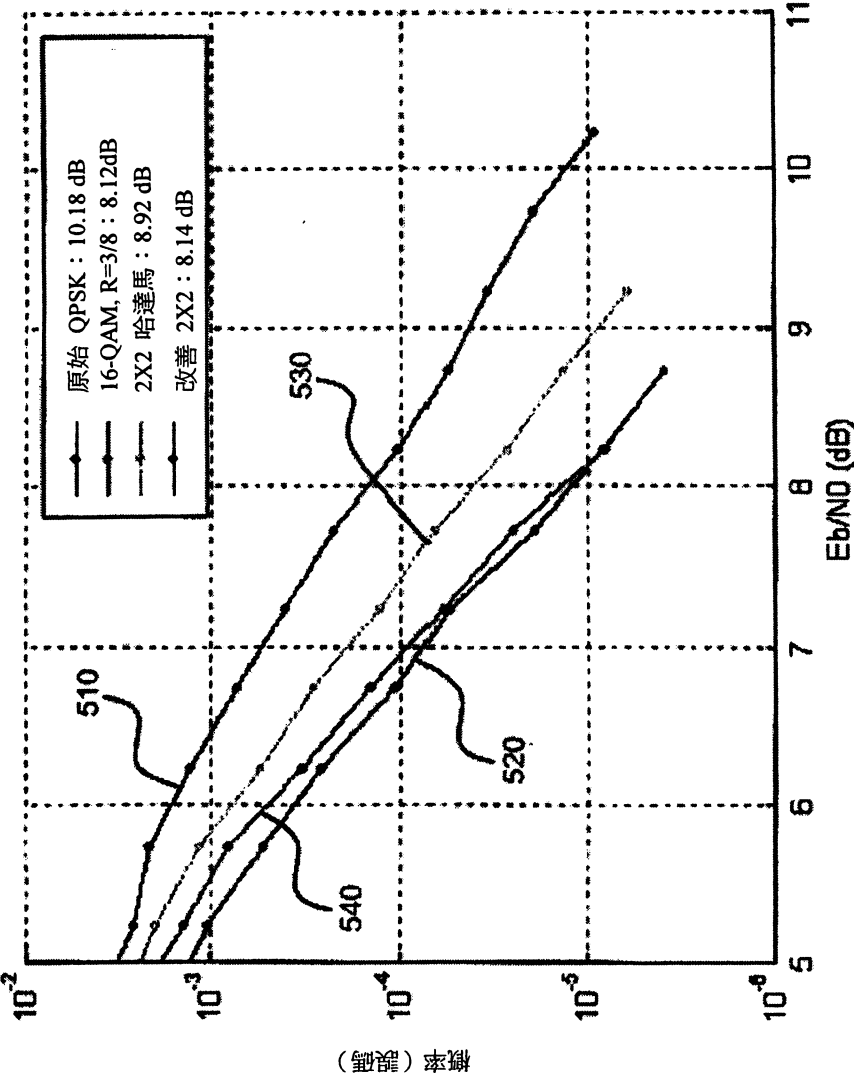


圖 5

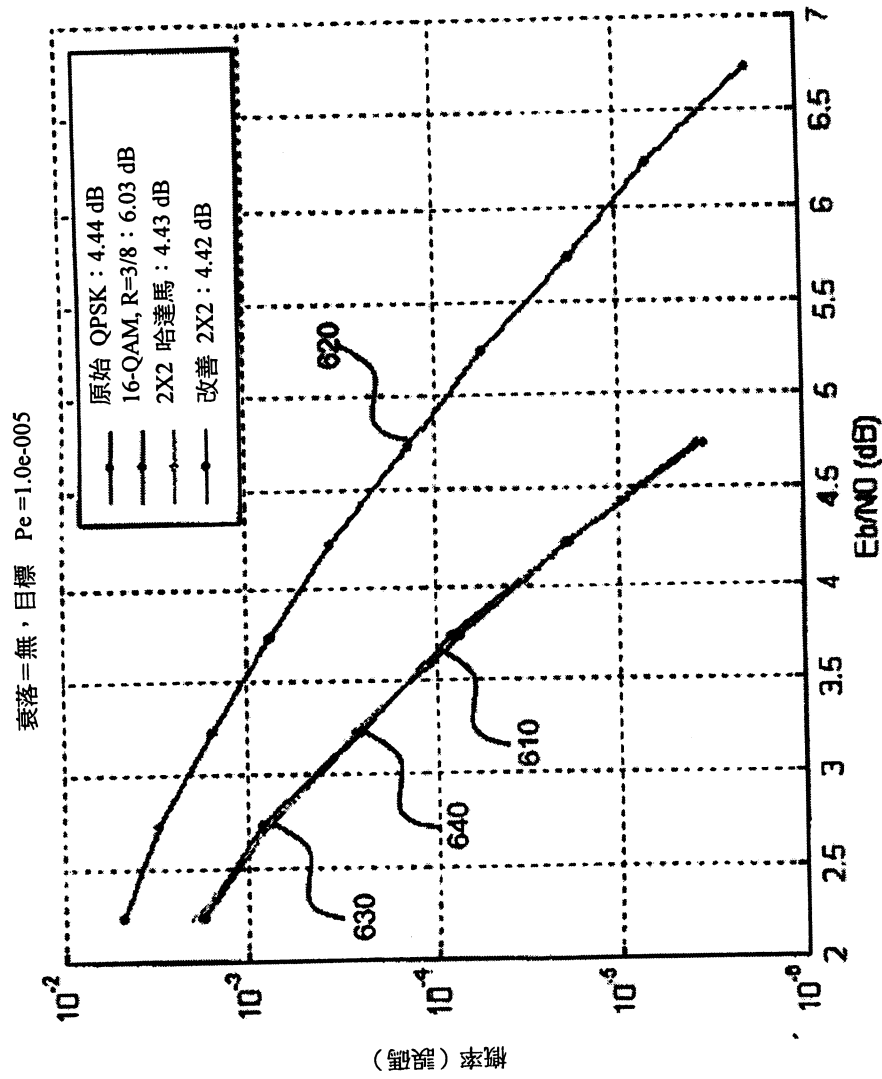


圖 6

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：94/10605

※ 申請日期：94. 3. 30

※IPC 分類：H04L 7/2 (2006.01).

一、發明名稱：(中文/英文)

在衰落通道上擴頻的方法和系統

System and Method for Spreading on Fading Channels

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)(簽章) ID :

美國博通公司/Broadcom Corporation

☐ 指定 為應受送達人

代表人：(中文/英文)(簽章) 狄·韓德森/Dee Henderson

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州爾灣市奧爾頓公園路 16215 號 92618-7013

16215 Alton Parkway, Irvine, California USA, 92618-7013

國 籍：(中文/英文) 美國/U.S.A.

電話/傳真/手機：

E-MAIL：

三、發明人：(共1人)

姓 名：(中文/英文) ID :

艾瑞克·J·歐賈德/Eric J.Ojard

國 籍：(中文/英文)

美國/U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項第一款或第二款規定之事實，其事實
發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國 2004 年 3 月 31 日 60/557,946

2. 美國 2004 年 6 月 25 日 10/877,638

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及利用射頻通信系統進行資料發射，具體涉及在進行發射前將資料位元映射到資訊碼元值的方法，以減少接收機恢復資訊碼元時產生衰落的負效應。

【先前技術】

許多射頻 (RF) 通信系統都會遭遇發射碼元衰落，導致不同的碼元接收時振幅不相等 (和/或雜訊水平不相等)。一個普遍的例子就是在通信通道上發射的編碼正交頻分複用 (Coded OFDM 或 COFDM) 會遭遇多徑干擾。在這個例子中，發射信號遭遇選頻衰落。當多徑干擾足夠密集 (亦即，接收信號包括大量的信號，其中每個信號都有不同的路徑延時)，這種衰落可以精確地類比為瑞利衰落 (Rayleigh fading)。

多帶 OFDM 聯盟 (MBOA) 為超寬帶 (UWB) 通信制定的草案規範規範是基於編碼 OFDM。IEEE 802.15.3a 標準草案規範詳細內容參見“關於 IEEE 802.15.3a 任務組的多帶 OFDM 提議物理層提案 (Multi-band OFDM Physical Layer Proposal for IEEE 802.15 Task Group 3a)”一文，電氣和電子工程師協會文件 IEEE P802.15-03/268r2，2003 年 11 月 10 日，本申請參考該草案的全部內容，並結合於本申請中。通常 UWB 通道存在大量的選頻衰落，這種衰落可以精確地類比為瑞利衰落。在較高的編碼率下，上述提議的參數的性能相對較差。尤其是採用正交相移鍵控 (QPSK)

調製及 3/4 速率的卷積碼，當存在選頻瑞利衰落時，480Mbps 模式（狀態）遭遇嚴重的性能下降。

有幾種提議用於改善這種草案規範模式的性能。其中一種提議使用以 3/8 編碼率進行的 16 位元 QAM（正交幅度調製）調製。該方法可以顯著改善瑞利衰落通道的性能，但是卻有損於無衰落的通道及選頻衰落不嚴重的通道的性能。

另一種提議是在發射機上採用 2x2 階哈達馬（Hadamard）變換將兩碼元組合。這種提議的方法組合的兩個碼元，通過與 2x2 階哈達馬矩陣相乘，可以具有不同程度的衰落。

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

如果指定 x_1 和 x_2 的值：當位元值為 0 時， x_1 和 x_2 的值為 -1；當位元值為 1 時， x_1 和 x_2 的值為 +1，則輸出值 y_1 和 y_2 為三重值。圖 1A 示出了輸入值 x_1 和 x_2 的原始二維星座圖。圖 1B 示出了當輸入值 x_1 和 x_2 映射到不同合成信號的實數和虛數部分時的同一個星座圖。圖 1C 示出了 y_1 和 y_2 的二維星座圖。圖 1D 示出了在通頻帶系統中合成碼元的合成星座，其中 y_1 和 y_2 映射到不同合成碼元的實數和虛數部分。得到的合成星座是 9 位 QAM。

在接收機端，採用一個二維的軟解映射器提供輸入信號給軟輸入解碼器，如，Viterbi 解碼器。這種方法較之在無衰落通道上具 3/8 編碼率的 16 位元 QAM 的性能較好，但是對瑞利衰落通道的 16 位元 QAM 不能得到相同的性能提高。

圖 2A 和圖 2B 示出了採用 QPSK 調製的傳統的編碼 OFDM 系統發射機 200A 和接收機 200B 的基本組成部分。目前改善瑞利衰落通道性能的技術，既對無衰落的通道的性能造成損害，又不能使瑞利衰落通道的性能得到顯著提高。其他可能採用的技術如增強型編碼，會使接收機端的複雜性顯著增大。

通過將這樣的系統與本發明進行比較，對本領域的普通技術人員來說，傳統方案的其他缺點和局限性是顯而易見的。以下將參考附圖對本發明進行闡述。

【發明內容】

一方面，本發明提供一種採用兩個碼元發射兩個位元的方法，其中兩個碼元可以遭受不同程度的衰落。這種方法可以包括將兩個位元映射到兩個碼元。在本發明的典型實施例中，映射可以由 4 點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，該 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有 4 個不等點的一維星座。該一維星座的 4 個不等點可以是均勻（間隔相等）地點分佈。根據本發明的典型實施例，該方法還可以包括發射這兩個碼元。這兩個碼元可以是交錯器的輸出，可以是採用前向糾錯（FEC）碼的編碼器的輸出，該前向改錯碼可以包括卷積碼。發射可以採用射頻（RF）通信進行，及兩碼元中的每一碼元都可映射到正交頻分複用（OFDM）通信鏈路的不同的子載波上。根據本發明，該發射可以與 IEEE 802.15.3a 任務組的多帶 OFDM 提議物理層提案的提案相相容。

另一方面，本發明提供一種採用兩個碼元發射兩個位元的系統，其中兩個碼元可以受到不同程度的衰落。本發明的一個典型實施例，可以包括至少一個處理器，用於處理要發射的兩個位元，該至少一個處理器能夠將兩個位元映射到兩個碼元。該映射可以由 4 點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，該 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有 4 個不等點的一維星座。該一維星座的 4 個不等點可以是均勻（間隔相等）地點分佈。該至少一個處理器能夠發射這兩個碼元。處理要發射的兩個位元可以包括應用交錯運算法則。處理要發射的兩個位元還可以包括採用前向糾錯（FEC）碼對兩個位元進行編碼，前向改錯碼可以包括卷積碼。本發明的典型實施例中，發射可以包括使用射頻（RF）信號發射這兩個碼元。兩個碼元中的每一碼元都可映射到正交頻分複用（OFDM）通信鏈路的不同的子載波上，該發射可以與 IEEE 802.15.3a 任務組的多帶 OFDM 提議物理層提案相相容。

第三方面，本發明提供一種可讀取記憶體，其上存儲有具有多個代碼段的電腦程式，用於實現採用兩個碼元發射兩個位元的方法，其中該兩個碼元能夠遭遇不同程度的衰落。代碼段可以是機器可執行的，以使機器執行包括將兩個位元映射到兩個碼元的操作。該映射可以由 4 點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，該 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有 4 個不等點的一維星座。該一維星座的 4 個不等點可以是

均勻（間隔相等）地點分佈。本發明的典型實施例還可以包括發射這兩個碼元。本發明的典型實施例可以包括應用交錯運算法則處理要發射的兩個位元，採用前向糾錯（FEC）碼對兩個位元進行編碼，其中前向改錯碼可以包括卷積碼。發射可以包括使用射頻（RF）信號發射這兩個碼元，兩碼元可以映射到正交頻分複用（OFDM）通信鏈路的不同的子載波上。該發射可以與 IEEE 802.15.3a 任務組的多帶 OFDM 提議物理層提案相相容。

第四方面，本發明提供一種能夠調製兩個資料位元的系統，該兩個資料位元映射成分離的碼元，以便在受到不同程度衰落的分離的路徑上進行聯合（接縫）發射，其中兩個資料位元到兩個碼元的映射可以由 4 點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵。4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有 4 個不等點的一維星座。該 4 點、二維、四方形星座可以包括四方形的子集、均勻分佈、16 點星座，並且 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成均勻分佈的 4 點星座。在本發明的實施例中，路徑可以是採用多帶頻分複用（OFDM）的通信系統中分離的子載波。

第五方面，本發明提供一種接收兩個碼元以產生兩個資料位元的方法，其中該兩個碼元受到不同程度的衰落。這種方法可以包括估算兩個衰落幅度、接收兩個碼元、利用估算出的衰落幅度聯合處理接收到的兩個碼元以產生兩個軟輸出、以及利用前向糾錯解碼器對這兩個軟輸出進行解碼。該解碼可以包括對這兩個軟

輸出進行解交錯、以及對兩個解交錯的軟輸出進行解碼以產生解碼輸出位元。

第六方面，本發明提供一種可讀取的記憶體，其上存儲有電腦程式。該電腦程式具有多個代碼段，以實現接收兩個碼元從而產生兩個資料位元的方法，其中這兩個碼元受到不同程度的衰落。該代碼段可以是機器可執行的，以使機器執行包括以下內容的操作：估算兩個衰落幅度、接收兩個碼元、利用估算出的兩個衰落幅度聯合處理所接收到的兩個碼元以產生兩個軟輸出、利用前向糾錯解碼器對這兩個軟輸出進行解碼。在本發明的實施例中，該解碼可以包括對這兩個軟輸出進行解交錯、以及對兩個解交錯的軟輸出進行解碼以產生解碼輸出位元。

第七方面，本發明提供一種接收兩個碼元以產生兩個資料位元的系統，其中該兩個碼元受到不同程度的衰落。這種系統可以包括至少一個能夠估算衰落幅度的處理器，且該至少一個處理器可以是能夠接收兩個碼元。該至少一個處理器還可以是能夠利用估算出的衰落幅值聯合地處理接收到的兩個碼元以產生兩個軟輸出，並且該至少一個處理器可以利用前向糾錯解碼器對這兩個軟輸出進行解碼。該解碼可以包括對這兩個軟輸出進行解交錯、以及對兩個解交錯的軟輸出進行解碼以產生解碼輸出位元。

根據本發明，提供一種利用兩個碼元發射二進位位元的方法，其中所述兩個碼元能夠遭遇不同程度的衰落，所述方法包括：

將兩個位元映射到兩個碼元，其中所述映射可以由4點、二

維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，及所述 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有 4 個不等點的一維星座；及

發射這兩個碼元。

作為優選，所述兩個位元來自交錯器的輸出。

作為優選，所述兩個位元來自採用前向改錯碼的編碼器的輸出。

作為優選，所述前向改錯碼包括卷積碼。

作為優選，所述發射採用射頻 (RF) 通信。

作為優選，所述兩個碼元中的每一碼元映射到正交頻分複用 (OFDM) 通信鏈路的不同子載波中。

作為優選，所述發射與 IEEE 802.15.3a 任務組的多帶 OFDM 提議物理層提案相相容。

作為優選，所述一維星座的 4 個不等點是均勻地分佈。

根據本發明，提供一種利用兩個碼元發射二進位位元的系統，其中所述兩個碼元能夠遭遇不同程度的衰落，所述系統包括：

至少一個處理器，用於處理兩個位元以進行發射；

所述至少一個處理器能夠將兩個位元映射到兩個碼元，其中所述映射可以由 4 點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，及所述 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有 4 個不等點的一維星座；及

所述至少一個處理器能夠發射這兩個碼元。

作為優選，處理兩個位元以進行發射包括應用交錯運算法則。

作為優選，處理兩個位元以進行發射包括採用前向改錯碼對兩個位元進行解碼。

作為優選，所述前向改錯碼包括卷積碼。

作為優選，所述發射包括採用射頻 (RF) 信號發射這兩個碼元。

作為優選，所述兩個碼元中的每一碼元映射到正交頻分複用 (OFDM) 通信鏈路的不同子載波中。

作為優選，所述發射與 IEEE 802.15.3a 任務組的多帶 OFDM 提議物理層提案相相容。

作為優選，所述一維星座的 4 個不等點是均勻地分佈。

根據本發明，提供一種可讀取記憶體，其上存儲有電腦程式，所述電腦程式具有多個代碼段用於實現採用兩個碼元發射兩個位元的方法，其中所述兩個碼元能夠遭遇不同程度的衰落，代碼段是機器可執行的，以使機器執行包括如下的操作：

將兩個位元映射到兩個碼元，所述映射可以由 4 點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，其中所述 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有 4 個不等點的一維星座。

發射所述兩個碼元。

作為優選，所述操作還包括採用交錯運算法則對所述兩個位

元進行處理。

作為優選，所述操作還包括採用前向糾錯（FEC）碼對兩個位元進行編碼。

作為優選，所述前向改錯碼包括卷積碼。

作為優選，所述發射包括採用射頻（RF）信號發射這兩個碼元。

作為優選，所述兩個碼元中的每一碼元映射到正交頻分複用（OFDM）通信鏈路的不同子載波中。

作為優選，所述發射與 IEEE 802.15.3a 任務組的多帶 OFDM 提議物理層提案相相容。

作為優選，所述一維星座的 4 個不等點是均勻地分佈。

根據本發明，提供一種能夠調製兩個資料位元的系統，所述兩個資料位元映射到分離的碼元，以便在受到不同程度衰落的分離的路徑上進行聯合發射，其中兩個資料位元到兩個碼元的映射可以由 4 點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，且 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有 4 個不等點的一維星座。

作為優選，所述 4 點、二維、四方形星座包括四方形的子集、均勻分佈、16 點星座，且其中 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成均勻分佈的 4 點星座。

作為優選，所述路徑是採用多帶正交頻分複用（OFDM）通信系統中的分離的子載波。

根據本發明，提供一種接收兩個碼元以產生兩個資料位元的方法，其中所述兩個碼元受到不同程度的衰落，所述方法包括：

估算兩個衰落幅度；

接收兩個碼元；

利用估算出的衰落幅度聯合處理接收到的兩個碼元以產生兩個軟輸出；以及

利用前向糾錯解碼器對這兩個軟輸出進行解碼。

作為優選，所述解碼包括：

對這兩個軟輸出進行解交錯；以及

對兩個解交錯的軟輸出進行解碼以產生解碼輸出位元。

根據本發明，提供一種可讀取的記憶體，其上存儲有電腦程式，所述電腦程式具有多個代碼段，以實現接收兩個碼元從而產生兩個資料位元的方法，其中這兩個碼元受到不同程度的衰落；所述代碼段是機器可執行的，以使機器執行包括以下內容的操作：

估算兩個衰落幅度；

接收兩個碼元；

利用估算出的兩個衰落幅度聯合處理所接收到的兩個碼元，以產生兩個軟輸出；

利用前向糾錯解碼器對這兩個軟輸出進行解碼。

作為優選，所述解碼包括：

對所述兩個軟輸出進行解交錯；以及

對兩個解交錯的軟輸出進行解碼以產生解碼輸出位元。

根據本發明，提供一種接收兩個碼元以產生兩個資料位元的系統，其中所述兩個碼元受到不同程度的衰落，所述系統包括：

至少一個能夠估算衰落幅度的處理器；

所述至少一個處理器能夠接收兩個碼元；

所述至少一個處理器能夠利用估算出的衰落幅值聯合地處理接收到的兩個碼元，以產生兩個軟輸出；

所述至少一個處理器能夠利用前向糾錯解碼器對這兩個軟輸出進行解碼。

作為首選，所述解碼包括：

對所述兩個軟輸出進行解交錯；以及

對兩個解交錯的軟輸出進行解碼以產生解碼輸出位元。

本發明的上述及其它特徵及優點在本發明的下述詳細描述中體現，附圖中的相同的參照標號指相同的部分。

【實施方式】

本發明涉及射頻通信系統的資料傳輸，尤其涉及一種在發射前將資料位元映射到資訊碼元值的方法，以減小在接收機端資訊碼元恢復時因衰落引起的負效應。

根據本發明的典型實施例，改良的編碼方案可以包括通過與2x2階矩陣相乘，將兩個受到不同程度衰落的碼元 x_1 和 x_2 進行組合，如下：

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

上面的等式還可以包括一個比例因數以保持同樣的發射功率。這樣，矩陣相乘使得點 (x_1, x_2) 簡單地旋轉，而不改變編碼的間隔特性。如果，例如，這兩個碼元 x_1 和 x_2 從 0 和 1 二進位值映射成的 $[-1, +1]$ 中取值，上述變換的輸出 y_1 和 y_2 的取值範圍為 $[-3, -1, +1, +3]$ 。如此，從上述變換產生的星座可以是通頻帶系統中的 4 級 PAM(4 級脈衝幅度調製)，或者是 16 位元 QAM(16 位元正交幅度調製)。由於 $[-3, -1, +1, +3]$ 值可以由兩個位元準確地表示，因此該方法便於實施。

圖 3A 所示為兩個碼元 x_1 和 x_2 的典型二維星座圖，例如，可與圖 1A 所示的信號星座一致。圖 3B 所示為當碼元 x_1 和 x_2 映射到不同合成信號的實數或虛數部分時圖 3A 的星座圖。圖 3C 所示為根據本發明的典型實施例，碼元 y_1 和 y_2 的典型二維星座圖。圖 3C 所示星座的點通過上述變換而得到。如圖 3C 中可看出，該變換是使這些點繞原點旋轉。圖 3C 示意的旋轉形成一種點陣排列，這種排列使得在兩軸中任一軸上的投影構成包含不等的、均勻分佈的 4 個點的一維星座。圖 3D 所示為根據本發明的典型實施例，通頻帶系統中合成碼元的合成星座，其中 y_1 和 y_2 映射到不同合成碼元的實數或虛數部分。如圖所示，生成的合成星座是 16-QAM。

請注意，圖中的位元標籤僅僅是爲了說明本發明，在本發明的實施例中也可以採用其他位元標籤配置，而不會影響性能。另外，圖 3C 所示的星座可以繞任一軸或兩軸翻轉，或以 90 度的倍

數旋轉，而不影響其性能，並不偏離本發明的範圍和精神。

在本發明的實施例中，可採用多種方法對按照上述方式編碼的碼元進行解碼。一種可行的性能良好的解碼器可以包括二維軟解映射器。這種方案可以向軟輸入解碼器，如 Viterbi 解碼器，提供軟輸出。在本發明的典型實施例中，二維軟解映射器可以按下述方式進行運行。

對於圖 3B 所示的二維星座的兩個發射碼元 y_1 和 y_2 ，設 a_1 和 a_2 為相應的衰落幅度（假設從通道估算得出近似值），設 n_1 和 n_2 為每個接收碼元上的相應雜訊，假設加性白高斯雜訊（AWGN）方差 σ^2 。設 z_1 和 z_2 是兩個接收碼元。

$$z_1 = a_1 y_1 + n_1$$

$$z_2 = a_2 y_2 + n_2$$

假定星座中點的位元標籤如圖 3C 所示，其中 #1 位元是標籤中最左位置的位元，#2 位元是標籤中最右位置位元，本發明典型實施例中的二維軟解映射器可以計算出以下兩運算式的值：

$$LLR1 = \text{Log} \left[\frac{e^{-((x_1-3a_1)^2 + (x_2+a_2)^2)/2\sigma^2} + e^{-((x_1-a_1)^2 + (x_2-3a_2)^2)/2\sigma^2}}{e^{-((x_1+3a_1)^2 + (x_2-a_2)^2)/2\sigma^2} + e^{-((x_1+a_1)^2 + (x_2+3a_2)^2)/2\sigma^2}} \right]$$

$$LLR2 = \text{Log} \left[\frac{e^{-((x_1-3a_1)^2 + (x_2+a_2)^2)/2\sigma^2} + e^{-((x_1+a_1)^2 + (x_2+3a_2)^2)/2\sigma^2}}{e^{-((x_1+3a_1)^2 + (x_2-a_2)^2)/2\sigma^2} + e^{-((x_1-a_1)^2 + (x_2-3a_2)^2)/2\sigma^2}} \right]$$

式中 LLR1 和 LLR2 分別為位元 1 和位元 2 的可能性對數（log-likelihood）比值。

這些值可以用作軟輸入解碼器（如 Viterbi 解碼器）的輸入。

圖 4A 的星座圖示出了當一個碼元受到深度衰落而其他碼元

未受到影響時出現的壓縮。在圖 4A 中，例如，承載碼元 y_2 的路徑受到深度衰落的影響，而承載碼元 y_1 的路徑未受到影響。在採用現有技術的系統中，深度衰落引起的星座中點之間的最小距離隨衰落的幅度 a_2 成比例地減小，如圖 4A 所示。

圖 4B 的星座圖所示為採用 2×2 階哈達馬變換對圖 4A 的通信系統進行擴頻時，當一個碼元受到深度衰落而其他碼元未受到影響時可能出現的壓縮。在一定的衰落深度之外，最小距離隨衰落幅度 a_2 而成比例減小，但最小距離保持大於未擴頻系統 $\sqrt{2}$ 倍，或 3dB。這使得採用了擴頻技術的通信系統相對於未擴頻的通信系統來說更具優勢。儘管具有此優勢，當一條路徑上的衰落幅度（本例中為 a_2 ）趨近於零時，上述採用了擴頻技術的通信系統中的最小距離依然趨近於零。

圖 4C 的星座圖所示為在與圖 4A 相同的衰落影響下，根據本發明的典型實施例的通信系統的狀態。從圖 4C 中可看出，當衰落幅度 a_2 （與 y_2 相關）減小，最小距離減小。然而，應當注意，與圖 4B 所示的狀態不同，圖 4C 所示的星座中的最小距離不趨於零。僅當兩個碼元都遭遇深度衰落，並且衰落幅度 a_1 和 a_2 （分別為 y_1 和 y_2 的）趨於零時，最小距離趨於零。該行為使得本發明的實施例較之 2×2 階哈達馬擴頻更具優勢。

圖 5 中的曲線 510、520、530 示出了為衰落影響存在時，對於 MBOA 提議的 480Mbps 模式，先前所提議的選擇方案的性能的曲線圖；曲線 540 示出本發明的典型實施例的通信系統性能的曲線

圖。用於產生圖 5 所示結果的仿真呈現獨立的瑞利衰落，表示配有設計良好的交錯器的系統中典型的多帶 OFDM (MB-OFDM) 超寬帶 (UWB) 通道。相反，圖 6 中的曲線 610、620、630 示出了衰落影響不存在時，對於 MBOA 提議的 480Mbps 模式，先前所提議的選擇方案的性能的曲線圖；曲線 640 示出根據本發明的典型實施例的通信系統性能的曲線圖。在圖 5 和圖 6 中，Y 軸表示每位元判定錯誤的概率。圖 5 中曲線 510 和圖 6 中曲線 610 分別為存在和不存在衰落時，MBOA 原始提議的草案規範中，採用具 3/4 速率卷積碼的正交相移鍵控 (QPSK) 所期望的性能。從圖 5 中可以看出，相對於其他所示的方法，曲線 510 所示的提議的草案規範中，當存在瑞利衰落時，明顯具有較高的每位元判定錯誤的概率。圖 5 中曲線 520 和圖 6 中曲線 620 分別為存在和不存在衰落時，選擇使用具 3/8 編碼率的 16-QAM 時所期望的性能。如圖 5 中曲線 520 所示，在遭遇瑞利衰落時，該方法明顯比 MBOA 提議的草案規範（如曲線 510 所示）的性能好。但是，當將這種選擇方法應用到無衰落的通道時，會損害其性能，使每位元判定錯誤的概率明顯增大，如圖 6 的曲線 620 所示。

圖 5 中曲線 530 和圖 6 中曲線 630 分別為存在和不存在衰落時，選擇 2x2 階哈達馬擴頻技術時所期望的性能。這種選擇方法（如圖 5 中曲線 530 所示），當應用到遭遇瑞利衰落的通道上時，其性能比 MBOA 提議的草案規範的性能好，但是，沒有 16-QAM 方案的性能（如圖 5 中曲線 520 所示）好。

圖 5 中曲線 540 和圖 6 中曲線 640 分別為存在和不存在衰落時，根據本發明的典型實施例的通信系統所期望的性能。這種方案大幅度勝過曲線 530 所示的 2x2 階哈達馬擴頻技術，且性能非常接近具 3/8 編碼率的 16-QAM 的性能(如圖 5 中曲線 520 所示)。然而，與具 3/8 編碼率的 16-QAM 方案性能不同的是，當應用到無瑞利衰落的通道時，本發明實施例的性能不會降低。通過將圖 6 中的曲線 640 與具 3/8 編碼率的 16-QAM 的性能(如圖 6 中曲線 620 所示)相比較，可以看出本發明實施例在無衰落通道上具有較高性能。

圖 7A 和圖 7B 所示為根據本發明的典型實施例，典型的 OFDM 通信系統發射機 700A 和接收機 700B 的基本組成。圖 7A 和圖 7B 的發射機 700A 和接收機 700B 的主要部分別相應於圖 2A 和圖 2B 所示通信系統的發射機 200A 和接收機 200B。然而，根據本發明的實施例，通過應用上述分別地到實數和/或虛數部分的變換 710A，可以將寬距離子載波對結合到發射機 700A 中。為了得到較佳性能，可以選擇子載波對，以使頻域中子載波之間的距離最大。根據本發明的典型實施例的接收機，如圖 7B 所示的接收機 700B，一維軟解映射器(相應於圖 2 中的軟解映射器 210B)可以由二維軟解映射器(如圖 7 中的二維軟解映射器 720B)替代，以進行上述操作。相位補償模組 715B 可以從接收到的碼元中去除任何相位旋轉，從而可以分別對實數和虛數部分進行處理。之後，二維軟解映射器 720B 可以按如前所述方式處理實數和虛數部分。

圖 8 所示為根據本發明的典型實施例，在受到不同程度衰落的兩個碼元上發射兩個資料位元的典型方法的流程圖 800。如圖 8 所示，方法開始 (810)，接收用於發射的資料位元對流 (812)。之後，採用編碼計算法則，例如，卷積碼，對資料位元對中的每一位元進行編碼 (814)，及對編碼資料位元進行交錯處理 (816)。然後，將交錯資料位元對映射到碼元對 (818)，可以組合每一碼元對 (820)，以採用上述圖 3C 和圖 4C 對應的變換方式形成新的碼元對。最後，發射新的碼元對 (822)，流程結束 (824)。

圖 9 所示為根據本發明的典型實施例，接收由圖 8 所示方法發射的碼元對的典型方法的流程圖 900，其中所述碼元受到不同程度的衰落。如圖 9 所示，方法開始 (910)，對兩個碼元的衰落幅度進行估算 (912)。之後，接收這兩個碼元 (914)。然後，可以採用軟解映射器，例如，上述描述的軟解映射器，對接收到的碼元進行解映射 (916)。兩個解映射的碼元聯合產生一個資料位元對。接下來，對資料位元對進行解交錯 (918) 和解碼 (920)，重新生成資料位元對流。流程結束 (922)。

本發明可以通過軟體、硬體或軟體和硬體的結合來實現。本發明可以集中方式在至少一個電腦系統中實現，或以分散在多個互連的電腦系統中的不同部分的分佈方式來實現。任何適於實現本文描述的方法的電腦系統或其他設備都是適用的。通常硬體和軟體的結合可以是安裝及執行電腦程式的通用電腦系統，該程式控制電腦系統，使其執行本文描述的方法步驟。

本發明還可以嵌入電腦程式產品中，該程式產品包括所有能夠實現本文所述方法的特點，當其安裝在電腦系統中，能夠執行這些方法步驟。本文所述的電腦程式意指以任何語言、編碼和符號組成的一組指令的任何表達方式，使得系統具備執行特定操作的資訊處理能力，直接或進行下述任一或兩個步驟之後：a) 轉換成另外一種語言、編碼或符號；b) 以不同的材料形式再現。

雖然通過實施例對本發明進行了描述，本領域技術人員明白，在不脫離本發明權利要求範圍的情況下，可以對本發明進行各種改變及等同替代。另外，在不脫離本發明權利要求範圍的情況下，從本發明的教導中可以對本發明進行修改以適應特定的情形或材料。因而，本發明不受此處所公開的特殊的實施例的限制，任何落入本發明權利要求範圍內的實施例都屬於本發明的範圍。

本申請參考並要求名稱爲“在衰落通道上擴頻的方法及系統”的美國臨時專利申請的優先權，該申請的申請日爲 2004 年 3 月 31 日、申請號爲 60/557,946（代理方檔案號 15670US01 BP-3587）。本申請參考其全部主要內容並結合於本申請中。

【圖式簡單說明】

圖 1A 所示爲 x_1 和 x_2 的原始二維星座圖；

圖 1B 所示爲當 x_1 和 x_2 映射到不同合成信號的實數或虛數部分時，與圖 1A 相同的星座；

圖 1C 所示爲 y_1 和 y_2 的二維星座圖；

圖 1D 示出了在通頻帶系統中合成碼元的合成星座，其中圖 1A 的

y1 和 y2 映射到不同合成碼元的實數和虛數部分；

圖 2A 所示為採用 QPSK 調製的傳統的編碼的 OFDM 系統發射機的基本組成部分；

圖 2B 所示為採用 QPSK 調製的傳統的編碼的 OFDM 系統接收機的基本組成部分；

圖 3A 所示為兩個碼元 x1 和 x2 的典型的二維星座圖，例如，可以對應於圖 1A 所示的信號星座；

圖 3B 所示為當碼元 x1 和 x2 映射到不同合成信號的實數或虛數部分時圖 3A 的星座圖；

圖 3C 所示為根據本發明的典型實施例，碼元 y1 和 y2 的典型的二維星座圖；

圖 3D 所示為根據本發明的典型實施例，帶頻通系統中合成碼元的合成星座，其中 y1 和 y2 映射到不同合成碼元的實數或虛數部分；

圖 4A 的星座圖示出了當一個碼元受到深度衰落而其他碼元未受到影響時出現的壓縮；

圖 4B 的星座圖所示為採用 2x2 階哈達馬變換對圖 4A 的通信系統進行擴頻時，當一個碼元受到深度衰落而其他碼元未受到影響時可能出現的壓縮；

圖 4C 的星座圖所示為在與圖 4A 相同的衰落影響下，根據本發明的典型實施例的通信系統的狀態；

圖 5 所示為衰落影響存在時，對於 MBOA 提議的 480Mbps 模式，先前所提議的選擇方案的性能的曲線圖，以及根據本發明的典型實施例，通信系統性能的曲線圖；

圖 6 所示為衰落影響不存在時，對於 MBOA 提議的 480Mbps 模式，

在先所提議的選擇方案的性能的曲線圖，以及根據本發明的典型實施例，通信系統性能的曲線圖；

圖 7A 所示為根據本發明的典型實施例，典型的 COFDM 通信系統發射機的基本組成；

圖 7B 所示為根據本發明的典型實施例，典型的 COFDM 通信系統接收機的基本組成；

圖 8 所示為根據本發明的典型實施例，在受到不同程度衰落的兩個碼元上發射兩個資料位元的典型方法的流程圖；

圖 9 所示為根據本發明的典型實施例，接收由圖 8 所示方法發射的碼元對的典型方法的流程圖，其中所述碼元受到不同程度的衰落。

【主要元件符號說明】

編碼 OFDM 系統發射機 200A

通信系統接收機 200B

一維軟解映射器 210B

曲線 510、520、530、540

曲線 610、620、630、640

OFDM 通信系統發射機 700A

實數和/或虛數部分的變換 710A

OFDM 通信系統接收機 700B

相位補償模組 715B

二維軟解映射器 720B

受到不同程度衰落的兩個碼元上發射兩個資料位元的典型方法的流程圖 800

開始 810

接收用於發射的資料位元對流 812

對資料位元對中的每一位元進行編碼 814

對編碼資料位元進行交錯處理 816

將交錯資料位元對映射到碼元對 818

組合每一碼元對 820

發射新的碼元對 822

流程結束 824

方法開始 910

對兩個碼元的衰落幅度進行估算 912

接收這兩個碼元 914

對接收到的碼元進行解映射 916

對資料位元對進行解交錯 918 和解碼 920

流程結束 922

五、中文發明摘要：

本發明公開了一種簡單的擴頻技術，該技術可以改進具有正交相移鍵控（QPSK）或二進位相移鍵控（BPSK）調製的衰落通道的通信性能。該技術可以包括在發射機端通過應用 2×2 階變換，將兩個碼元結合起來，形成一個 4 點的脈衝幅度調製（4-PAM）或 16 點的正交幅度調製（16-QAM）的星座。接收機端可以利用二維軟解映射器向軟輸入解碼器提供輸入。本方案可以在基本不增加複雜程度的情況下，顯著提高衰落通道上的通信性能。該技術最有利於弱編碼或完全無編碼的系統。本技術的一種應用在於遭遇選頻衰落的編碼正交頻分複用（OFDM）系統，這種系統的一個例子是多帶 OFDM 聯盟（MBOA）有關超寬帶（UWB）無線通信的草案規範。

六、英文發明摘要：

This disclosure describes a simple spreading technique that improves performance for communication over fading channels with QPSK or BPSK modulation. The technique may comprise combining two symbols at the transmitter by applying a 2×2 transform, resulting in a 4-PAM or 16-QAM constellation. The receiver may utilize a 2-dimensional soft de-mapper to provide inputs to a soft-input decoder. This scheme can offer significant performance gains over fading channels with minimal additional complexity. This technique is most beneficial on systems with a weak code or no code at all. One application of this technique is for coded OFDM systems that experience frequency-selective fading. An example of such a system is the MBOA draft specification for UWB wireless communication.

十、申請專利範圍：

- 1、一種利用兩個碼元發射兩個位元的方法，其中所述兩個碼元能夠遭遇不同程度的衰落，所述方法包括：

將兩個位元映射到兩個碼元，其中所述映射可以由 4 點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，且所述 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有 4 個不等點的一維星座；及

發射所述兩個碼元。

- 2、如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中，所述兩個位元來自交錯器的輸出。
- 3、如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中，所述兩個位元來自採用前向糾錯（FEC）碼的編碼器的輸出。
- 4、一種利用兩個碼元發射兩個位元的系統，其中所述兩個碼元能夠遭遇不同程度的衰落，所述系統包括：

至少一個處理器，用於處理兩個位元以進行發射；

所述至少一個處理器能夠將兩個位元映射到兩個碼元，其中所述映射可以由 4 點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，且所述 4 點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有 4 個不等點的一維星座；及

所述至少一個處理器能夠發射這兩個碼元。

- 5、如申請專利範圍第 4 項所述的系統，其中，處理兩個位元以進行發射包括應用交錯運算法則。

- 6、一種用於實現採用兩個碼元發射兩個位元的可讀取記憶體，其上存儲有電腦程式，所述電腦程式具有多個代碼段用於實現採用兩個碼元發射兩個位元的方法，其中所述兩個碼元能夠遭遇不同程度的衰落，代碼段是機器可執行的，以使機器執行包括如下的操作：

將兩個位元映射到兩個碼元，其中，所述映射可以由4點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，且所述4點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影可以構成具有4個不等點的一維星座；及

發射所述兩個碼元。

- 7、一種能夠調製兩個資料位元的方法，所述方法包括：

將所述兩個資料位元映射成分離的碼元，以便在受到不同程度衰落的分離的路徑上進行聯合發射，其中兩個資料位元到兩個碼元的映射可以由4點、二維、繞原點旋轉的四方形星座來表徵，且4點、二維、四方形星座在兩軸中任一軸上的投影構成具有4個不等點的一維星座。

- 8、一種接收兩個碼元以產生兩個資料位元的方法，其中所述兩個碼元受到不同程度的衰落，所述方法包括：

估算兩個衰落幅度；

接收兩個碼元；

利用估算出的衰落幅度聯合處理接收到的兩個碼元以產生兩個軟輸出；以及

利用前向糾錯解碼器對這兩個軟輸出進行解碼。

- 9、一種用於實現接收兩個碼元從而產生兩個資料位元的可讀取記憶體，其上存儲有電腦程式，所述電腦程式具有多個代碼段，以實現接收兩個碼元從而產生兩個資料位元的方法，其中這兩個碼元受到不同程度的衰落；所述代碼段是機器可執行的，以使機器執行包括如下的操作：

估算兩個衰落幅度；

接收兩個碼元；

利用估算出的兩個衰落幅度聯合處理所接收到的兩個碼元，以產生兩個軟輸出；

利用前向糾錯解碼器對所述兩個軟輸出進行解碼。

- 10、一種接收兩個碼元以產生兩個資料位元的系統，其中所述兩個碼元受到不同程度的衰落，所述系統包括：

至少一個能夠估算兩個衰落幅度的處理器；

所述至少一個處理器能夠接收兩個碼元；

所述至少一個處理器能夠利用估算出的衰落幅值聯合地處理接收到的兩個碼元，以產生兩個軟輸出；

所述至少一個處理器能夠利用前向糾錯解碼器對該兩個軟輸出進行解碼。

十一、圖示：

200A

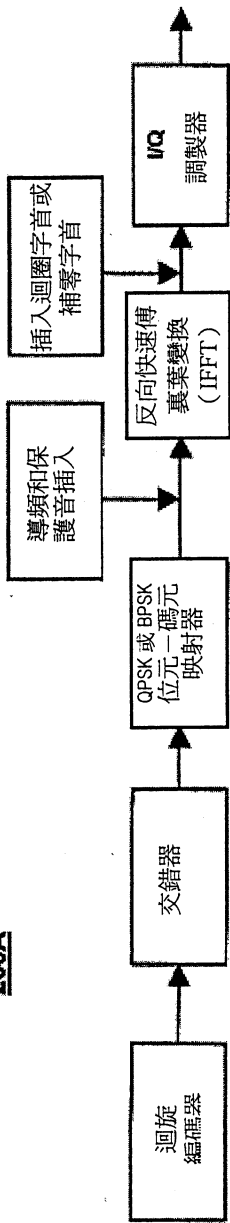


圖 2A

200B

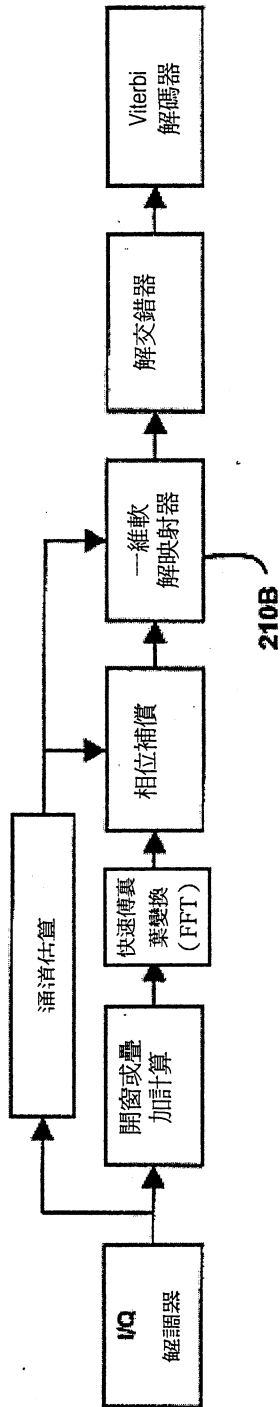


圖 2B

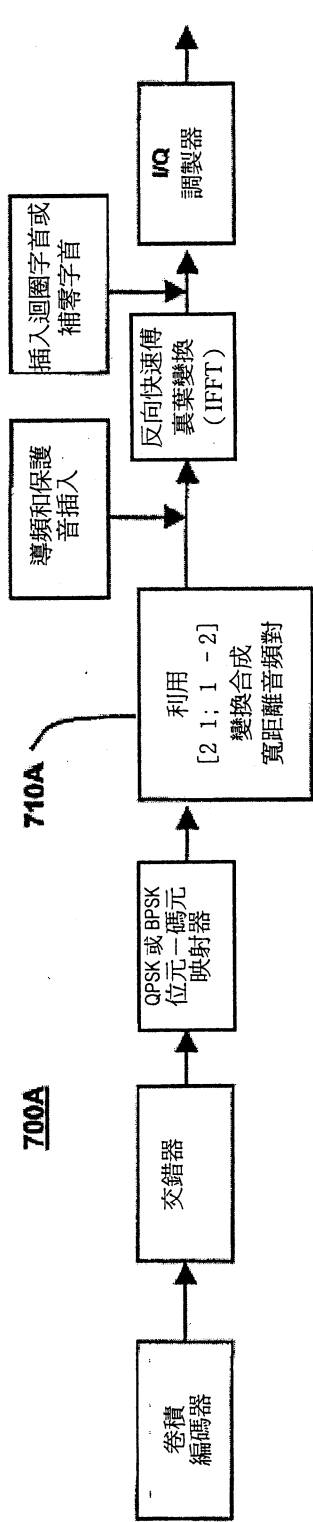


圖 7A

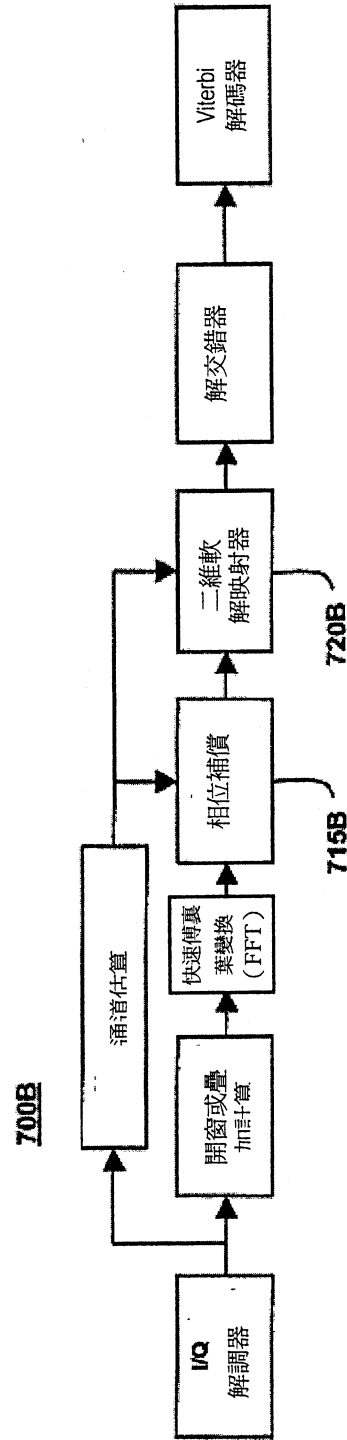


圖 7B

800

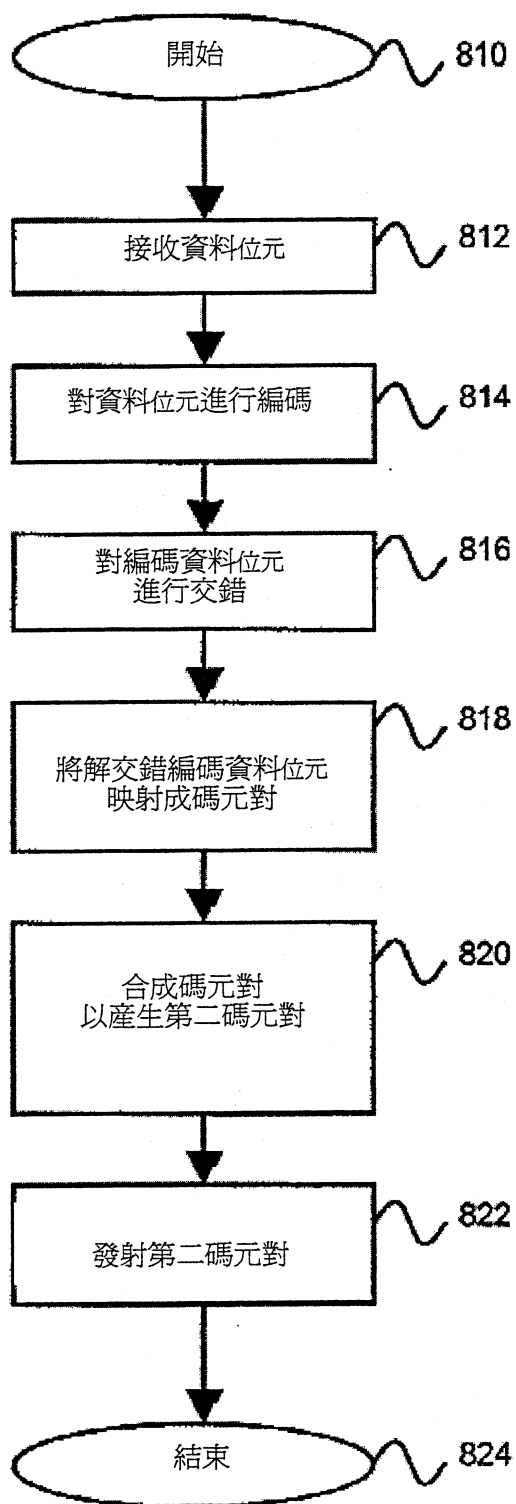


圖 8

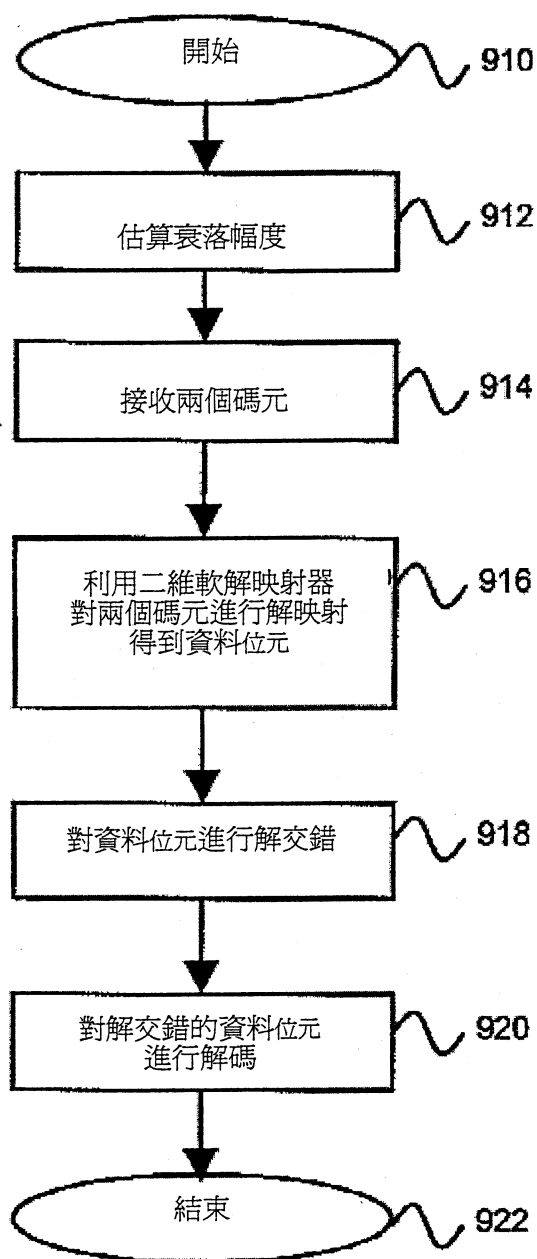
900

圖 9

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (8) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

開始 810

接收用於發射的資料位元對流 812

對資料位元對中的每一位元進行編碼 814

對編碼資料位元進行交錯處理 816

將交錯資料位元對映射到碼元對 818

組合每一碼元對 820

發射新的碼元對 822

流程結束 824

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：