



(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 I810373 B

(45) 公告日：中華民國 112 (2023) 年 08 月 01 日

(21) 申請案號：108135403

(22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 10 月 01 日

(51) Int. Cl. : H04B7/0413 (2017.01)

H04L27/00 (2006.01)

(30) 優先權：2018/11/02 南韓

10-2018-0133840

(71) 申請人：南韓商三星電子股份有限公司 (南韓) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)
南韓(72) 發明人：鄭暎錫 JUNG, YOUNGSEOK (KR) ; 金仁滢 KIM, INHYOUNG (KR) ; 楊周烈
YANG, JOOYEOL (KR)

(74) 代理人：林孟閱；盧珮君；陳怡如

(56) 參考文獻：

US 2009/0147890A1

US 2015/0030107A1

審查人員：張智杰

申請專利範圍項數：22 項 圖式數：14 共 60 頁

(54) 名稱

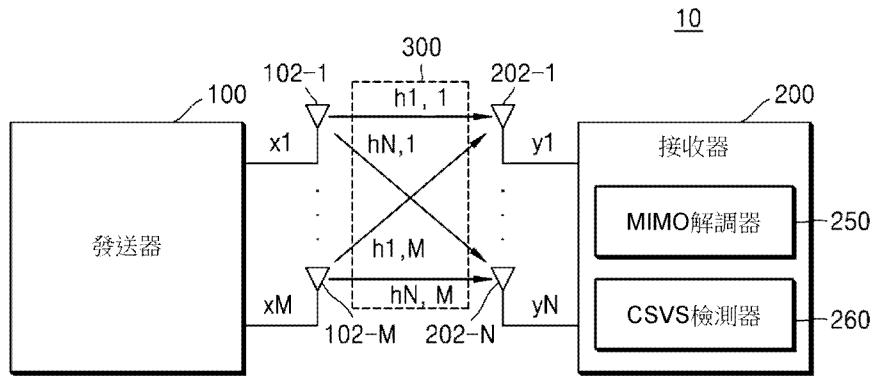
接收器、其操作方法、其訊號檢測方法和非暫時性電腦可讀記錄媒體

(57) 摘要

提供一種用於通過多輸入多輸出 (MIMO) 通道接收包括多個符號的訊號的接收器以及所述接收器的操作方法。所述接收器包括解調器，所述解調器被配置成針對每個物理通道計算所接收符號中的一者或多者相對於初始候選向量集中所包括的所有候選向量的歐氏距離，並輸出關於所述歐氏距離的資訊。向量集檢測器可基於所述資訊選擇具有不同大小的多個候選向量集中的一者作為用於計算所述多個符號中的其他符號的對數似然比 (LLR) 或相對於在第一訊號之後接收的第二訊號的對數似然比的後續候選向量集。

A receiver for receiving a signal including a plurality of symbols through a multiple input multiple output (MIMO) channel, and an operation method of the receiver are provided. The receiver includes a demodulator configured to calculate, for each physical channel, Euclidean distances of one or more of the received symbols with respect to all candidate vectors included in an initial candidate vector set and to output information about the Euclidean distances. A vector set detector may select, based on the information, one of a plurality of candidate vector sets having different sizes, as a subsequent candidate vector set for calculating a log likelihood ratio (LLR) of other symbols of the plurality of symbols or an LLR with respect to a second signal received following the first signal.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

10:通訊系統

100:發送器

102-1:發送天線/第一
發送天線/天線102-M:發送天線/第 M
天線

200:接收器

202-1:接收天線/天線/
接收訊號/第一天線/第
一接收天線202-1~202-N:接收天
線250:多輸入多輸出
(MIMO)解調器

260:向量集檢測器

300:多輸入多輸出
(MIMO)通道 $h_{1,1}$ 、 $h_{1,M}$ 、 $h_{N,1}$ 、
 $h_{N,M}$:有效通道增益 x_1 :符號/第一符號 x_M :符號/第 M 符號 y_1 :符號/訊號 y_N :符號



I810373

【發明摘要】

【中文發明名稱】接收器、其操作方法、其訊號檢測方法和非暫時性電腦可讀記錄媒體

【英文發明名稱】RECEIVER, OPERATION METHOD THEREOF AND SIGNAL DETECTING METHOD THEREOF AND NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM

【中文】提供一種用於通過多輸入多輸出（MIMO）通道接收包括多個符號的訊號的接收器以及所述接收器的操作方法。所述接收器包括解調器，所述解調器被配置成針對每個物理通道計算所接收符號中的一者或多者相對於初始候選向量集中所包括的所有候選向量的歐氏距離，並輸出關於所述歐氏距離的資訊。向量集檢測器可基於所述資訊選擇具有不同大小的多個候選向量集中的一者作為用於計算所述多個符號中的其他符號的對數似然比（LLR）或相對於在第一訊號之後接收的第二訊號的對數似然比的後續候選向量集。

【英文】A receiver for receiving a signal including a plurality of symbols through a multiple input multiple output (MIMO) channel, and an operation method of the receiver are provided. The receiver includes a demodulator configured to calculate, for each physical

channel, Euclidean distances of one or more of the received symbols with respect to all candidate vectors included in an initial candidate vector set and to output information about the Euclidean distances. A vector set detector may select, based on the information, one of a plurality of candidate vector sets having different sizes, as a subsequent candidate vector set for calculating a log likelihood ratio (LLR) of other symbols of the plurality of symbols or an LLR with respect to a second signal received following the first signal.

【指定代表圖】圖1。

【代表圖之符號簡單說明】

10：通訊系統

100：發送器

102-1：發送天線/第一發送天線/天線

102-M：發送天線/第 M 天線

200：接收器

202-1：接收天線/天線/接收訊號/第一天線/第一接收天線

202-1~202-N：接收天線

250：多輸入多輸出（MIMO）解調器

260：向量集檢測器

300：多輸入多輸出（MIMO）通道

$h_{1,1}$ 、 $h_{1,M}$ 、 $h_{N,1}$ 、 $h_{N,M}$ ：有效通道增益

x_1 ：符號/第一符號

x_M ：符號/第 M 符號

y_1 ：符號/訊號

y_N ：符號

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】接收器、其操作方法、其訊號檢測方法和非暫時性電腦可讀記錄媒體

【英文發明名稱】RECEIVER, OPERATION METHOD THEREOF AND SIGNAL DETECTING METHOD THEREOF AND NON-TRANSITORY COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM

[相關申請的交叉參考]

【0001】本申請主張在 2018 年 11 月 2 日在韓國智慧財產權局提出申請的韓國專利申請第 10-2018-0133840 號的權益，所述韓國專利申請的揭露內容全文併入本案供參考。

【技術領域】

【0002】本揭露涉及一種多輸入多輸出（multiple input multiple output，MIMO）接收器及其操作方法，且更具體來說，涉及選擇候選向量集的 MIMO 接收器及其操作方法。

【先前技術】

【0003】無線通訊網路可提供各種類型的通訊內容，例如音訊資料、視頻資料、封包資料、消息資料等。隨著移動服務通過無線通訊網路的近期發展，待被處理的資料量已穩步上升。因此，對

支援高速訊號處理的數據機的需求也增加了。

【0004】 當數據機高速處理資料時，可執行高度複雜的訊號處理操作，例如寬頻訊號處理操作、多天線訊號處理操作等。因此，執行高速訊號處理操作的數據機增加了功耗及產熱，此可因此帶來故障風險。

【0005】 在採用相移鍵控（phase shift keying，PSK）或正交調幅（quadrature amplitude modulation，QAM）的調變方法中，將位元流（bit stream）分成 n 位元碼段（code segment），並發送符號，其中每個符號代表一個 n 位元碼，其中“ n ”取決於調變階數（例如，對於正交 PSK 來說 $n=2$ ，對於 8PSK 來說 $n=3$ ）。符號可被表示為同相正交（In-phase-Quadrature，I-Q）星座圖（constellation diagram）中的參考座標。在調變期間，在符號週期期間發送訊號的相位或振幅及相位可表示 I-Q 空間中的參考座標。所接收的訊號可每一符號週期進行一次採樣（測量其相位或振幅/相位），以確定所使用的調變系統在 I-Q 空間中最近的參考座標，從而確定發送了哪一符號。然而，由於雜訊的影響，對應於樣本的所測量的 I-Q 座標可能位於兩個或更多個參考座標之間，從而造成解調的不確定性。為此，可使用一種用於獲取通常被稱為“軟資訊”的對數似然比（log likelihood ratio，LLR）的技術，其中 LLR 是樣本不確定性的度量。為了提高糾錯的可靠性，可向糾錯階段提供 LLR。LLR 可與 IQ 空間中所測量座標與參考座標之間的歐氏距離相關，且參考座標可由“候選向量”表示。LLR 測量技術在 MIMO

系統中可能特別有用，但可能會消耗大量的處理資源。因此，需要降低用於 LLR 測量的處理任務的複雜度。

【發明內容】

【0006】 發明概念的實施例提供一種多輸入多輸出（MIMO）接收器及其操作方法，且更具體來說，提供一種基於從產生前一對數似然比（LLR）獲得的資訊而選擇候選向量集的 MIMO 接收器及其操作方法。

【0007】 根據發明概念的一個方面，提供一種用於通過多輸入多輸出（MIMO）通道接收包括多個符號的第一訊號的接收器，所述接收器包括：解調器，被配置成針對每個物理通道計算所接收符號中的至少一者或多者相對於候選向量集中所包括的所有候選向量的歐氏距離，並輸出關於所述歐氏距離的資訊；以及向量集檢測器，被配置成基於所述資訊選擇具有不同大小的多個候選向量集中的一者作為用於計算所述多個符號中的其他符號的對數似然比或相對於在第一訊號之後接收的第二訊號的對數似然比的後續候選向量集。

【0008】 根據發明概念的另一方面，提供一種由接收器執行的通過多個天線接收至少第一發送訊號及第二發送訊號的操作方法，所述操作方法包括：對所述第一發送訊號計算相對於初始候選向量集的所有候選向量的歐式距離；基於關於所述歐式距離的資訊而從多個候選向量集中選擇第一候選向量集；以及基於所述第一候選向量集產生相對於所述第二發送訊號的符號的對數似然比。

【0009】 根據發明概念的另一方面，提供一種由接收器執行的檢

測包括多輸入多輸出 (MIMO) 通道的無線通訊系統中的訊號的方法，所述方法包括：針對每一物理通道計算基於所接收發送訊號中的一者或多者及預定候選向量的資訊，且基於所述資訊產生相對於所接收訊號中的一者或多者的對數似然比 (LLR)；基於所述資訊從多個候選向量集中選擇第一候選向量集用於產生所述對數似然比；以及基於所述第一候選向量集產生相對於其餘所述所接收發送訊號的對數似然比。

【0010】 在另一方面中，一種接收器接收基於相移鍵控 (PSK) 或正交調幅 (QAM) 被調變且包括多個在無線通訊系統中發送的符號的訊號。所述接收器包括：解調器，被配置成計算所接收符號中的一者或多者相對於初始候選向量集中所包括的所有候選向量的歐氏距離，並輸出關於所述歐氏距離的資訊；以及向量集檢測器，被配置成基於所述資訊選擇具有不同大小的多個候選向量集中的一者作為用於計算所述多個符號中的其他符號的對數似然比的後續候選向量集。

【0011】 一種非暫時性電腦可讀記錄媒體可儲存指令，所述指令在被至少一個處理器執行時實施上述方法中的任一者。

【圖式簡單說明】

【0012】 通過結合附圖閱讀以下詳細說明將更清楚地理解發明概念的實施例，在附圖中相同的參考字元可指代相同的元件、特徵或操作，其中：

圖 1 是根據發明概念的示例性實施例的通訊系統的方塊圖。

圖 2 是根據發明概念的示例性實施例的發送器的詳細方塊圖。

圖 3 示出根據發明概念的示例性實施例，從發送器輸出的發送訊號的結構。

圖 4 是根據發明概念的示例性實施例的接收器的詳細方塊圖。

圖 5 是根據發明概念的示例性實施例，闡述用於調變發送訊號的訊號星座 (signal constellation) 的圖式。

圖 6 是根據發明概念的示例性實施例，用於闡述調變訊號的發送/接收的圖式。

圖 7A 是根據發明概念的示例性實施例的接收器的操作的流程圖，且圖 7B 是指示候選向量的複平面 (complex plane) 的圖式。

圖 8A 及圖 8B 示出根據發明概念的示例性實施例的候選向量集的相應實例。

圖 9A 及圖 9B 是根據發明概念的示例性實施例，用於闡述選擇候選向量集的操作的圖式。

圖 10 是根據發明概念的示例性實施例，用於闡述接收器的操作的圖式。

圖 11 是根據發明概念的另一示例性實施例，用於闡述接收器的操作的圖式。

圖 12 是根據發明概念的另一示例性實施例，用於闡述接收器的操作的圖式。

圖 13 是根據發明概念的另一示例性實施例的接收器的詳細方塊圖。

圖 14 是根據發明概念的示例性實施例的無線通訊裝置的方塊圖。

【實施方式】

【0013】 以下，將參照附圖詳細闡述發明概念的實施例。

【0014】 在本文中，用語“發送(transmit)”及“接收(receive)”在用作形容詞時分別指“發送(transmission)”及“接收(reception)”。

【0015】 在本文中，“歐式距離(Euclidean distance)”是指在星座空間(例如，I-Q 星座空間)中的歐式距離。

【0016】 圖 1 是根據發明概念的示例性實施例的通訊系統 10 的方塊圖。通訊系統 10 可包括通過多輸入多輸出(MIMO)通道 300 執行無線通訊的發送器 100 及接收器 200。

【0017】 通訊系統 10 可以是包括 MIMO 通道 300 的任何合適類型的無線通訊系統。通訊系統 10 的一些實例包括第 5 代無線(5th generation wireless, 5G)系統、長期演進(long term evolution, LTE)系統、Wifi 等。通訊系統 10 還可包括有線通訊系統元件(圖中未示出)，例如儲存系統、網路系統等。此處還應注意，發明概念的一些方面可應用於在雜訊環境中利用 PSK 或 QAM 調變方案的非 MIMO(non-MIMO)無線通訊系統(且在這些情況下，單輸入單輸出(single input single output, SISO)或其它類型的無線電通道可代替 MIMO 通道 300)。發明概念的一些方面也可應用於具有雜訊通道的端到端有線鏈路(end-to-end wired link)。

【0018】 舉例來說，發送器 100 可以是基站或者可包括在基站中。基站可以是與終端和/或另一個基站通訊的固定站，且可通過與終端和/或另一個基站通訊來發送/接收資料和/或控制資訊。基站也可被稱為節點 B、演進節點 B(evolved-Node B, eNB)、基

站收發器系統 (base transceiver system, BTS)、存取點 (access point, AP) 等。

【0019】 舉例來說，接收器 200 可以是終端或者可包括在終端中。終端可以是能夠與發送器 100 通訊以發送/接收資料和/或控制資訊的各種無線通訊裝置中的任一者。舉例來說，終端可被稱為使用者設備 (user equipment, UE)、移動站 (mobile station, MS)、移動終端 (mobile terminal, MT)、使用者終端 (user terminal, UT)、用戶站 (subscriber station, SS)、無線裝置、可攜式裝置等。

【0020】 發送器 100 與接收器 200 之間的無線通訊網路可支援共用可用網路資源的多個使用者之間的通訊。舉例來說，在無線通訊網路中可基於例如以下各種方法交換資訊：碼分多址 (code division multiple access, CDMA)、頻分多址 (frequency division multiple access, FDMA)、時分多址 (time division multiple access, TDMA)、正交頻分多址 (orthogonal frequency division multiple access, OFDMA)、單載波頻分多址 (single carrier frequency division multiple access, SC-FDMA) 等。

【0021】 發送器 100 可包括多個發送天線 102-1 到 102-M (以下，M 是正整數) 且可例如在同一頻帶上分別通過所述多個發送天線 102-1 到 102-M 中的每一者發送多個符號 x_1 到 x_M (其可在本文中互換地稱為發送訊號)。接收器 200 可包括多個接收天線 202-1 到 202-N (以下，N 是正整數) 且可通過所述多個接收天線 202-1 到 202-N 中的每一者接收多個符號 y_1 到 y_N 。每一接收天線 202- i ($i=1$ 到 N 中的任一者) 接收的訊號可含有來自所有發送天線 102-1 到 102-M 的訊號能量。接收器 200 可利用通道狀況的資訊並

結合使用所有接收天線 202-1 到 202-N 上的接收訊號作為輸入的訊號處理演算法來有效地隔離發送符號 x_1 到 x_M 。因此，MIMO 通道 300 內的個別通道可被隔離，其中每個通道與發送天線 102-1 到 102-M 中的一者相關聯。因此，各個通道可以用於接收及解調由發送天線 102-1 到 102-M 中的相應一者發送的符號 x_1 到 x_M 的通道。

【0022】 舉例來說，當由發送器 100 發送的符號向量被表示為 $\mathbf{x}=[x_1, \dots, x_M]^T$ 時，由接收器 200 接收的符號向量 \mathbf{y} 可由方程式 1 表示如下。

[方程式 1]

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n} = \begin{pmatrix} h_{1,1} & \dots & h_{1,M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N,1} & \dots & h_{N,M} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_M \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} n_1 \\ \vdots \\ n_N \end{pmatrix}$$

【0023】 在方程式 1 中， $h_{i,j}$ 可指示第 j (j 是 1 到 M) 個發送天線 (或“層”) 與第 i ($i=1$ 到 N 中的任一者) 個接收天線之間的有效通道增益 (effective channel gain)，且 x_j 可指示來自第 j 個發送天線的發送符號。發送符號 x_j 可被測量為表示 I-Q 空間中訊號星座中的座標的相位值 (如在 PSK 調變方案中) 或振幅及相位值 (如在 QAM 調變方案中)。與此相關的方面將在下文中進行闡述。

【0024】 此外，在以上方程式 1 中， n_i 可指示來自第 i 個接收天線的附加性高斯白色雜訊 (additive white Gaussian noise, AWGN)，且 n_i 可相對於接收天線 202-1 到 202-N 具有為 σ^2 的方差。AWGN 可包括干擾訊號。舉例來說，可將通訊系統 10 中接收天線的雜訊與干擾訊號的影響一起考慮在內。在此種情況下，

AWGN 相對於接收天線 202-1 到 202-N 中的每一者的方差可發生變化且在空間上相關。以下，假設 AWGN 的方差相同且每個接收天線的 AWGN 在空間上是不相關的。在此種情況下，AWGN 可與應用白化濾波器的雜訊相同。

【0025】 接收器 200 可包括 MIMO 解調器 250 及向量集檢測器 260。對於每個通道來說，MIMO 解調器 250 可計算相對於所接收的符號中的一者或多者及候選向量集中所包括的所有候選向量的歐式距離，並可輸出關於歐式距離的資訊。根據示例性實施例，MIMO 解調器 250 可計算相對於所接收的符號及候選向量超集中所包括的候選向量的歐氏距離，並可輸出關於歐氏距離的資訊。舉例來說，候選向量超集合可以是候選向量集的聯集(union)。

【0026】 此外，MIMO 解調器 250 可基於所計算的歐氏距離產生對數似然比(LLR)。舉例來說，LLR 可作為軟輸出位元概率估測(soft output bit probability estimation)的基礎。

【0027】 向量集檢測器 260 可從預先確定的多個候選向量集中選擇用於產生 LLR 的候選向量集。根據示例性實施例，向量集檢測器 260 可基於關於從 MIMO 解調器 250 輸出的歐氏距離的資訊而選擇所述多個候選向量集中的一者。

【0028】 舉例來說，向量集檢測器 260 可判斷候選向量集中的每一者中是否包括候選向量，所述候選向量具有“+1”及“-1”作為與接收符號對應的發送符號中所包括的資訊的位元且具有最小歐式距離。當所述候選向量集中的每一者包括所述候選向量時，向量集檢測器 260 可對候選向量集中的每一者中所包括的候選向量的數目進行計數。向量集檢測器 260 可通過比較計數值與預定

臨界值而選擇候選向量集。

【0029】 根據示例性實施例，向量集檢測器 260 可從具有等於或大於預定臨界值的計數值的候選向量集中選擇大小最小的候選向量集。舉例來說，向量集檢測器 260 可比較具有某一固定值的預定臨界值與計數值。作為另一實例，向量集檢測器 260 可比較具有可動態變化值的預定臨界值與計數值。舉例來說，所述預定臨界值可基於通道參數動態變化。

【0030】 根據示例性實施例，對於每個物理通道來說，MIMO 解調器 250 可基於向量集檢測器 260 選擇的候選向量集而產生相對於接收訊號中所包括的符號的 LLR。換句話說，MIMO 解調器 250 可將關於基於初始候選向量獲得的歐式距離的資訊發送到向量集檢測器 260，向量集檢測器 260 可基於此資訊選擇候選向量集，且 MIMO 解調器 250 可基於所選擇的候選向量集產生相對於其餘符號的 LLR。

【0031】 舉例來說，MIMO 解調器 250 可一次針對每一物理通道執行產生關於歐式距離的資訊的操作，且可基於此操作固定由向量集檢測器 260 選擇的候選向量集，用於計算對應於其餘符號的 LLR。作為另一實例，MIMO 解調器 250 可針對每個物理通道執行基於某個循環來產生關於歐氏距離的資訊的操作，且向量集檢測器 260 可基於根據所述循環產生的此資訊來選擇候選向量集。換句話說，MIMO 解調器 250 可基於根據所述某個循環而不同選擇的候選向量集來計算相對於符號的 LLR。

【0032】 因此，根據發明概念的接收器 200 可基於通道狀況而選擇最優候選向量集且可基於所述最優候選向量集產生 LLR。因

此，可使產生 LLR 的功耗最小化且可以高調變階數（modulation order）以較低的複雜度產生 LLR。

【0033】 圖 2 是根據示例性實施例的發送器 100 的詳細方塊圖。舉例來說，圖 2 可以是圖 1 所示發送器 100 中所包括的組件的方塊圖。

【0034】 參照圖 2，發送器 100 可包括串並（serial to parallel，S/P）轉換器 110、多個循環冗餘校驗（cyclic redundancy check，CRC）單元 120_1 到 120_M、多個前向糾錯（forward error correction，FEC）編碼器 130_1 到 130_M、多個速率匹配單元 140_1 到 140_M、多個調變器 150_1 到 150_M、多個層映射單元 160_1 到 160_M、預編碼單元 170、多個快速傅立葉逆變換（inverse fast Fourier transform，IFFT）單元 180_1 到 180_M 以及多個天線 102-1 到 102-M。

【0035】 首先，可將待發送的資訊位元流 BS 輸入到 S/P 轉換器 110 中。S/P 轉換器 110 可將輸入的資訊位元流 BS 轉換為並行形式以產生多個資訊位元流，且可將所述多個資訊位元流中的每一者輸出到 CRC 單元 120_1 到 120_M。舉例來說，S/P 轉換器 110 可將資訊位元流 BS 轉換為作為通道解碼的輸入單元的碼字（或傳輸塊），轉換成並行形式，並輸出經轉換的資訊位元流 BS。

【0036】 CRC 單元 120_1 到 120_M 可對轉換為並行形式的位元流執行 CRC 檢查操作，並可將被執行 CRC 檢查操作的訊號輸出到 FEC 編碼器 130_1 到 130_M 中的每一者。舉例來說，CRC 單元 120_1 到 120_M 可執行 CRC 檢查操作來檢測發送過程中發生的錯誤。

【0037】 FEC 編碼器 130_1 到 130_M 可對從 CRC 單元 120_1 到 120_M 接收到的訊號應用 FEC，FEC 是用於糾正由於雜訊而發生的錯誤的糾錯符號。舉例來說，在無線通訊系統中，可使用卷積碼(convolution code)、渦輪碼(turbo code)、低密度同位碼(LDPC) 碼及極化碼(polar code) 中的至少一者作為 FEC。舉例來說，在 LTE 通訊的情形中，可將卷積碼用於控制通道，且可將渦輪碼用於業務通道(traffic channel)。此外，在 5G 通訊的情形中，可將極化碼用於控制通道，且可將 LDPC 碼用於業務通道。

【0038】 速率匹配單元 140_1 到 140_M 可基於預定的速率匹配方法對從 FEC 編碼器 130_1 到 130_M 輸出的訊號執行速率匹配操作，且可將被執行速率匹配操作的訊號輸出到調變器 150_1 到 150_M。基於速率匹配操作，速率匹配單元 140_1 到 140_M 可將編碼位元(encoded bit) 與分配給每個使用者的調變符號的數目進行匹配。

【0039】 調變器 150_1 到 150_M 可基於預定的調變方法對被執行速率匹配操作的訊號執行調變操作，並可將被執行調變操作的訊號輸出到層映射單元 160_1 到 160_M。舉例來說，調變器 150_1 到 150_M 可以訊號星座映射被執行速率匹配操作的訊號。層映射單元 160_1 到 160_M 可對經調變的訊號進行分佈以對應於預編碼單元 170 的輸入層的數目。

【0040】 預編碼單元 170 可基於預定的預編碼方法對從層映射單元 160_1 到 160_M 輸出的訊號執行預編碼操作，並可將被執行預編碼操作的訊號輸出到 IFFT 單元 180_1 到 180_M。舉例來說，可基於發送器 100 接收到的回饋資訊來確定所述預編碼方法。IFFT

單元 180_1 到 180_M 可通過 IFFT 將從預編碼單元 170 輸出的具有頻域的每一發送天線的發送訊號轉換為時域，並可將經轉換的發送訊號 s_1 到 s_M 發送到天線 102_1 到 102_M。

【0041】 圖 3 示出根據發明概念的示例性實施例，從發送器 100 輸出的發送訊號的示例性結構。如在圖 3 中所示，第一發送訊號 s_1 可包括結構化為多個欄位 x_{1_1} 到 x_{1_4} 的資訊，其中每個欄位可含有一個或多個符號。此外，第 M 發送訊號 s_M 可包括多個欄位 x_{M_2} 到 x_{M_4} ，其中每個欄位具有一個或多個符號。舉例來說，第一發送訊號 s_1 及第 M 發送訊號 s_M 可使用相同的頻率分別從天線 102_1 及 102_m 發送，且可具有相同的時序。

【0042】 作為實例，第一符號 x_{1_1} 可以用於通知接收器 200 關於發送方法的符號。例如，第一符號 x_{1_1} 可包括與糾錯方法有關的資訊，例如用於發送資料符號的糾錯方法、用於發送編碼速率及資料符號的調變方法等。

【0043】 在實例中，第二符號 x_{1_2} 及 x_{M_2} 可以用於估測從發送器 100 輸出的發送訊號 s_1 及 s_M 的通道波動的符號。此外，第三符號 x_{1_3} 及 x_{M_3} 以及第四符號 x_{1_4} 及 x_{M_4} 可以是表示資料（例如，使用者資料、業務量）的符號。

【0044】 圖 4 是根據示例性實施例的接收器 200 的詳細方塊圖。舉例來說，圖 4 可以是圖 1 所示接收器 200 中所包括的組件的方塊圖。如圖 4 所示，接收器 200 可包括多個天線 202-1 到 202-N、多個快速傅立葉變換（fast Fourier transform, FFT）單元 280_1 到 280_N、有效通道產生器 270、MIMO 解調器 250、向量集檢測器 260、多個速率解匹配單元 240_1 到 240_N、多個 FEC 解碼器

230_1 到 230_N、多個 CRC 單元 220_1 到 220_N 以及並串(parallel to serial, P/S) 轉換器 210。

【0045】 首先，可將通過天線 202-1 到 202-N 接收的訊號 rs1 到 rsN 輸入到 FFT 單元 280_1 到 280_N，且 FFT 單元 280_1 到 280_N 可對訊號 rs1 到 rsN 執行 FFT 操作。也就是說，FFT 單元 280_1 到 280_N 可通過 FFT 將具有時域的每一天線的接收訊號轉換為頻域，並可將經轉換的接收訊號發送到有效通道產生單元 270。

【0046】 有效通道產生器 270 可反映發送器 100 所應用的預編碼方法對被轉換成頻域的接收訊號 rs1 到 rsN 所產生的效果，並可將反映出所述效果的訊號 rs1 到 rsN 輸出到 MIMO 解調器 250。舉例來說，在通訊系統中，可使用兩種類型的參考訊號（即，單元特定（cell-specific）參考訊號及 UE 特定（UE-specific）參考訊號）來產生通道（或估測通道）。單元特定參考訊號可以是所有使用者設備共同使用的參考訊號，而 UE 特定參考訊號可以是僅用於特定使用者設備的參考訊號。根據本實施例，為了反映發送器 100 所應用的預編碼的效果，在接收器 200 中可包括有效通道產生器 270。在其他實施例中，通道估測可由外部裝置執行，且所估測通道的資訊被單獨從外部裝置提供到 MIMO 解調器 250（使得可從接收器 200 省略有效通道產生器 270）。

【0047】 MIMO 解調器 250 可基於與發送器 100 使用的調變方法對應的解調方法對從有效通道產生器 270 輸出的訊號執行解調操作。舉例來說，MIMO 解調器 250 可利用從有效通道產生器 270 產生的有效通道以及接收訊號 202_1 到 202_N 來產生 LLR。例如，MIMO 解調器 250 可利用以下方程式 2 的 log-MAP 方法來獲取

LLR。

[方程式 2]

$$\text{LLR}(b_{m,k}) = \log \left(\frac{\sum_{x_{m,k} \in (\mathcal{C}^M)_{m,k}^+} \exp \left(-\frac{\|y - Hx_{m,k}\|^2}{2\sigma^2} \right)}{\sum_{x_{m,k} \in (\mathcal{C}^M)_{m,k}^-} \exp \left(-\frac{\|y - Hx_{m,k}\|^2}{2\sigma^2} \right)} \right)$$

【0048】 在方程式 2 中， $b_{m,k}$ 可指從第 m 個發送天線（或第 m 個發送“層”）（ m 是在 1 到 M 的範圍中包括 1 到 M 在內的正整數）發送的符號的第 k 個位元（ k 是正整數）。此外， $(\mathcal{C}^M)_{m,k}^+$ 指從發送器 100 發送的發送訊號向量集 \mathcal{C}^M 中 $b_{m,k}$ 是“+1”的發送訊號向量集，且 $(\mathcal{C}^M)_{m,k}^-$ 可指從發送器 100 發送的發送訊號向量集 \mathcal{C}^M 中 $b_{m,k}$ 是“-1”的發送訊號向量集。舉例來說，當 $b_{m,k}$ 是“+1”時， $b_{m,k}$ 可以是為 0 的位元，且當 $b_{m,k}$ 是“-1”時， $b_{m,k}$ 可以是為 1 的位元。

【0049】 為以比方程式 2 小的複雜度計算 LLR，可使用以下方程式 3 的近似來計算 LLR。

[方程式 3]

$$\begin{aligned} \text{LLR}(b_{m,k}) &\approx \log \left(\frac{\max_{x_{m,k} \in (\mathcal{C}^M)_{m,k}^+} \exp \left(-\frac{\|y - Hx_{m,k}\|^2}{2\sigma^2} \right)}{\max_{x_{m,k} \in (\mathcal{C}^M)_{m,k}^-} \exp \left(-\frac{\|y - Hx_{m,k}\|^2}{2\sigma^2} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{2\sigma^2} \left(\min_{x_{m,k} \in (\mathcal{C}^M)_{m,k}^-} \|y - Hx_{m,k}\|^2 - \min_{x_{m,k} \in (\mathcal{C}^M)_{m,k}^+} \|y - Hx_{m,k}\|^2 \right) \end{aligned}$$

【0050】 然而，基於方程式 3，計算出了所有發送訊號向量的歐氏距離並計算出了最短值。因此，實現複雜度可隨著發送天線的數目或調變階數的增加而增加。為減少計算複雜度及處理負擔，根據發明概念的示例性實施例，接收器 200 可進一步包括向量集檢測器 260，向量集檢測器 260 被配置成搜尋及提供候選訊號向量集（candidate signal vector set，CSVs）用於由 MIMO 解調器 250 計算 LLR。

【0051】 首先，對於每個有效通道來說，MIMO 解調器 250 可計算相對於一個或多個接收符號及初始候選向量集中所包括的所有候選向量的歐氏距離，並可輸出關於所計算的歐氏距離的資訊 I_{ED} 。舉例來說，相對於與第一天線 202-1 對應的物理通道來說，MIMO 解調器 250 可計算接收訊號 $rs1$ 中所包括的符號中的一者或多者與預定初始候選向量之間的歐氏距離且可輸出關於所計算的歐氏距離的資訊 I_{ED} 。MIMO 解調器 250 可基於所計算的歐氏距離計算相對於一個或多個符號的 LLR。

【0052】 根據示例性實施例，MIMO 解調器 250 可使用“候選向量超集合”作為初始候選向量集來計算用於輸出資訊 I_{ED} 的歐氏距離。舉例來說，接收器 200 可包括用於計算 LLR 的多個候選向量集，且候選向量超集合可作為候選向量集的聯集被形成。候選向量超集合可包括所有的候選向量。在其他實例中，候選向量超集合省略了一些候選向量。

【0053】 接下來，從 MIMO 解調器 250 接收資訊 I_{ED} 的向量集檢測器 260 可基於資訊 I_{ED} 從所述多個候選向量集中選擇用於產生 LLR 的候選向量集。也就是說，向量集檢測器 260 可基於資訊

I_ED 中所包括的歐氏距離選擇所述多個候選向量集中的一者。

【0054】 根據示例性實施例，向量集檢測器 260 可判斷每個候選向量集是否包括相對於每個通道（或每個“層”）的每個位元（例如，在方程式 2 中相對於所有 m 及所有 k 的 $b_{m,k}$ ）在“+1”及“-1”處具有最短歐氏距離的候選向量。基於此判斷，相對於每個候選向量集來說，向量集檢測器 260 可對每個候選向量集中所包括的具有最短歐氏距離的候選向量的數目進行計數。

【0055】 根據示例性實施例，向量集檢測器 260 可比較計數值與預定臨界值以從多個候選向量集中選擇用於計算 LLR 的候選向量集 CSVS。舉例來說，向量集檢測器 260 可從計數值等於或大於預定臨界值的候選向量集中選擇大小最小的候選向量集 CSVS。向量集檢測器 260 可將所選擇的候選向量集 CSVS 提供到 MIMO 解調器 250。根據示例性實施例，向量集檢測器 260 可將計數值與具有某一固定值的預定臨界值進行比較。根據另一示例性實施例，向量集檢測器 260 可將計數值與具有可動態變化值的預定臨界值進行比較。舉例來說，預定臨界值可基於通道參數動態變化。

【0056】 根據示例性實施例，對於每個物理通道來說，MIMO 解調器 250 可基於向量集檢測器 260 所選擇的候選向量集產生相對於接收訊號中所包括的符號的 LLR。換句話說，對於每個通道來說，MIMO 解調器 250 可將關於歐氏距離的資訊發送到向量集檢測器 260，所述歐氏距離是基於一個或多個符號以及初始候選向量獲得的，向量集檢測器 260 可基於所述資訊選擇候選向量集 CSVS，且 MIMO 解調器 250 可基於由向量集檢測器 260 所選擇的候選向量集 CSVS 而產生相對於其餘符號的 LLR。

【0057】 根據示例性實施例，MIMO 解調器 250 可一次針對每一通道執行產生資訊 I_{ED} 的操作，且可基於資訊 I_{ED} 固定由向量集檢測器 260 選擇的候選向量集 $CSVS$ ，作為用於計算對應於其餘符號的 LLR 的候選向量集 $CSVS$ 。根據另一示例性實施例，MIMO 解調器 250 可針對每個通道執行基於某個循環來產生資訊 I_{ED} 的操作，且向量集檢測器 260 可基於根據所述循環產生的資訊 I_{ED} 來選擇候選向量集 $CSVS$ 。換句話說，MIMO 解調器 250 可基於根據所述循環而不同選擇的候選向量集 $CSVS$ 來計算相對於符號的 LLR。

【0058】 因此，根據發明概念的接收器 200 可基於通道狀況而選擇最優候選向量集且可基於所述最優候選向量集產生 LLR。因此，可使產生 LLR 的功耗最小化且可以高調變階數以較低的複雜度產生 LLR。

【0059】 接下來，速率解匹配單元 240_1 到 240_N 可基於與發送器 100 使用的速率匹配方法對應的速率解匹配方法而對從 MIMO 解調器 250 輸出的訊號執行速率解匹配操作。FEC 解碼器 230_1 到 230_N 可基於與發送器 100 使用的 FEC 編碼方法對應的 FEC 解碼方法而對從速率解匹配單元 240_1 到 240_N 輸出的訊號執行解碼操作。

【0060】 CRC 單元 220_1 到 220_N 可對從 FEC 解碼器 230_1 到 230_N 輸出的訊號執行 CRC 檢查操作，並可將被執行 CRC 檢查的訊號輸出到 P/S 轉換器 210。P/S 轉換器 210 可將從 CRC 單元 220_1 到 220_N 輸出的訊號轉換為串列形式，並可輸出經轉換的訊號。

【0061】 圖 5 是根據發明概念的示例性實施例，闡述用於調變發

送訊號的訊號星座的圖式。舉例來說，圖 5 示出基於正交相移鍵控 (quadrature phase shift keying, QPSK) 方法的訊號星座。以下，為了便於解釋，將基於 QPSK 方法而詳細闡述發明概念的實例。然而，發明概念也可應用於其他調變方案，例如其他 PSK 調變階數 (n PSK，其中 n 不同於 4)；以及 QAM 調變方法，例如 16QAM、64QAM、256QAM 及 1024QAM。

【0062】 圖 5 示出具有作為實數軸 (I) 的 x 軸以及作為虛數軸 (Q) 的 y 軸的複平面，其中在由 x 軸及 y 軸定義的每個象限中指示出了訊號星座 CS0 到 CS3。舉例來說，由發送器 100 發送的符號 x_1 到 x_M 中的每一者可在調變操作中映射到訊號星座 CS0 到 CS3 中的一者。在 QPSK 方法中，訊號星座 CS0 到 CS3 中的每一者可表示兩個位元的資訊。舉例來說，訊號星座 CS0 可具有為“00”的資訊，訊號星座 CS1 可具有為“01”的資訊，訊號星座 CS2 可具有為“10”的資訊，且訊號星座 CS3 可具有為“11”的資訊。

【0063】 圖 6 是根據示例性實施例，用於闡述調變訊號的發送/接收的圖式。如在圖 6 中所示，通過第一發送天線 102-1 發送的第一符號 x_1 可在調變期間被映射到訊號星座 CS0，且通過第 M 天線 102_M 發送的第 M 符號 x_M 可在調變期間被映射到訊號星座 CS1。第一符號 x_1 及第 M 符號 x_M 可各自由第一接收天線 202-1 接收。

【0064】 第一符號 x_1 可通過在兩個天線 102-1 與 202-1 之間形成的通道 300 發送，且因此可乘以有效通道增益 $h_{1,1}$ 。乘以有效通道增益 $h_{1,1}$ 的第一符號 x_1 可被表示為第一向量 v_1 。

【0065】 第 M 符號 x_M 可通過在兩個天線 102- M 與 202-1 之間形成的通道發送，且因此可乘以有效通道增益 $h_{1,M}$ 。乘以有效通道增益 $h_{1,M}$ 的第 M 符號 x_M 可被表示為第二向量 v_2 。

【0066】 通過第一天線 202-1 接收的符號 y_1 可被表示為乘以有效通道增益 $h_{1,1}$ 的第一符號 x_1 與乘以有效通道增益 $h_{1,M}$ 的第 M 符號 x_M 的向量和。換句話說，符號 y_1 可具有基於第一向量 v_1 與第二向量 v_2 之和的向量值。MIMO 解調器 250 可使用由兩個接收天線接收到的所有訊號能量利用訊號處理訊號分解演算法來識別在符號週期期間所取的符號 x_1 的樣本（例如，對應於所測量的振幅/相位）、以及在符號週期期間所取的符號 x_M 的樣本。符號 x_1 及 x_M 可分別被稱為個別“通道”（例如，第一通道及第 M 通道）的符號。這些通道中的每一者也可在本文中互換地稱為“物理通道”。

【0067】 舉例來說，接收器 200 可接收如上所述每個通道的符號，且為了解調符號，可使用複平面上的候選向量。當使用 QPSK 方法且存在兩個發送天線時，可從每個發送天線發送分別基於四個訊號星座中的一者的符號。因此，在此種情形中，可提供 16（即， 4×4 ）個候選向量。

【0068】 圖 7A 是根據發明概念的示例性實施例的接收器 200 的操作的流程圖，且圖 7B 示出指示候選向量的複平面。以下，將參照圖 4 闡述圖 7A 及圖 7B。

【0069】 參照圖 7A，在操作 S10 中，接收器 200 可針對每個通道產生基於一個或多個符號及候選向量超集合的 LLR。舉例來說，針對每個通道，MIMO 解調器 250 可獲得接收符號與候選向

量之間的歐氏距離，並基於所述歐氏距離而產生 LLR。

【0070】 參照圖 7B，可在複平面上指示多個候選向量 C0 到 C15。舉例來說，MIMO 解調器 250 可估測每個通道的有效通道增益，並可基於所估測的有效通道增益提供針對每個通道獲得的多個候選向量。換句話說，候選向量 C0 到 C15 中的每一者在複平面上的位置對於每個通道來說可能是不同的，且可基於所估測的有效通道增益來確定。

【0071】 舉例來說，通過一個通道接收到的符號可被表示為複平面上的點 RP，且 MIMO 解調器 250 可獲得點 RP 與候選向量 C0 到 C15 中的每一者之間的歐氏距離 ED。MIMO 解調器 250 可基於所獲得的歐氏距離 ED 輸出 LLR，且可將關於歐氏距離 ED 的資訊 I_ED 輸出到向量集檢測器 260。

【0072】 根據示例性實施例，候選向量超集合 SP_SET 可以是為計算 LLR 而提供的多個候選向量集中大小最大的集。候選向量超集合 SP_SET 可作為為計算 LLR 而提供的所述多個候選向量集的聯集而被形成。舉例來說，候選向量超集合 SP_SET 可以是包括所有候選向量 C0 到 C15 的集。如上所述，在其他實施例中可省略一些候選向量。

【0073】 接下來，在操作 S20 中，接收器 200 可計算每個候選向量集中是否包括相對於每個通道的每個位元都具有最短歐氏距離的候選向量。舉例來說，向量集檢測器 260 可基於所接收到的資訊 I_ED 判斷在每一候選向量集中是否包括相對於每個通道的每個位元在“+1”及“-1”處具有最短歐氏距離的候選向量。操作 S20 可由以下方程式 4 表示。

[方程式 4]

$$f_c(l) = \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{j \in \{+1, -1\}} \text{Ind} \left(\left(\underset{x_{s,m,k} \in \rho_{l,U}((C^M)_{s,m,k}^j)}{\text{argmin}} \left\| y_s - H_s x_{s,m,k} \right\|^2 \right) \in (\rho_l(C^M)_{s,m,k}^j) \right)$$

【0074】 在方程式 4 中， K 可以是訊號星座中使用的位元數。此外，當陳述為真時， $\text{Ind}(\text{state})$ 函數可為 1，且當陳述為假時， $\text{Ind}(\text{state})$ 函數可為 0。此外， argmin 表示將獲得最小值。

【0075】 接下來，在操作 S30 中，接收器 200 可基於計數操作的結果選擇用於計算 LLR 的候選向量集 CSVS。根據示例性實施例，向量集檢測器 260 可將在操作 S20 中產生的計數值與預定臨界值進行比較，以從所述多個候選向量集中選擇用於計算 LLR 的候選向量集 CSVS。舉例來說，向量集檢測器 260 可從具有 \geq 預定臨界值的相應計數值的候選向量集中選擇大小最小的候選向量集作為用於計算 LLR 的候選向量集 CSVS。根據以上實例選擇候選向量集的規則可由以下方程式 5 表示。

[方程式 5]

$$l = \underset{\{l: f_c(l) \geq \delta \times S \times M \times K \times 2\}}{\text{argmin}} \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{j \in \{+1, -1\}} |\rho_l((C^M)_{s,m,k}^j)|$$

【0076】 在方程式 5 中， $\rho_l((C^M)_{s,m,k}^j)$ 可表示在集 $\rho_l((C^M)_{s,m,k}^j)$ 中所包括的元素的數目。此外， δ 也可以是將與計數值進行比較的臨界

值。

【0077】 圖 8A 及圖 8B 示出根據發明概念的示例性實施例的候選向量集的實例。

【0078】 參照圖 8A，可在指示多個候選向量 C0 到 C15 的複平面上指示多個候選向量集 CSVS1 到 CSVS4。舉例來說，所述多個候選向量集 CSVS1 到 CSVS4 可在複平面上在概念上表示為正方形。在其他實施例中，可指定不同的形狀。參照圖 8B，候選向量集 CSVS1a 到 CSVS4a 可在概念上表示為圓形。

【0079】 舉例來說，第一候選向量集 CSVS1 可包括兩個候選向量 C9 及 C13，且第二候選向量集 CSVS2 可包括六個候選向量 C8、C9、C11、C12、C13 及 C15。此外，第三候選向量集 CSVS3 可包括十二個候選向量 C4 到 C15，且第四候選向量集 CSVS4 可包括十六個候選向量 C0 到 C15。根據本示例性實施例，第四候選向量集 CSVS4 可以是候選向量超集合。

【0080】 隨著候選向量集的大小增大，獲得 LLR 的精度可增加，但針對候選向量集的增大的大小來說，計算的數目及功耗可能會增加。作為另一選擇，隨著候選向量集的大小減小，用於獲得 LLR 的計算數目及功耗可能會減少，但獲得 LLR 的精度可降低。根據發明概念的接收器 200 可基於通道狀態選擇最優候選向量集，且因此在可降低功耗的同時可滿足獲得 LLR 的目標精度。

【0081】 圖 9A 及圖 9B 是根據示例性實施例，用於闡述選擇候選向量集的操作的圖式。詳細來說，圖 9A 是圖 7A 所示操作 S30 的實例的流程圖且圖 9B 是指示基於臨界值選擇候選向量集的操作的概念圖。以下，將通過參照圖 4 來闡述圖 9A 及圖 9B。

【0082】 參照圖 9A，在操作 S32 中，接收器 200 可基於計數值及預定臨界值從所述多個候選向量集中選擇一個或多個候選向量集。圖 9B 示出相對於候選向量集 CSVS1 到 CSVS4 中的每一者所包括的每個通道的每個位元具有最短歐氏距離的候選向量的數目。舉例來說，相對於第一候選向量集 CSVS1 中所包括的每個通道的每個位元具有最短歐氏距離的候選向量的數目可為 Q ，相對於第二候選向量集 CSVS2 中所包括的每個通道的每個位元具有最短歐氏距離的候選向量的數目可為 R ，相對於第三候選向量集 CSVS3 中所包括的每個通道的每個位元具有最短歐氏距離的候選向量的數目可為 S ，且相對於第四候選向量集 CSVS4 中所包括的每個通道的每個位元具有最短歐氏距離的候選向量的數目可為 T (Q 、 R 、 S 及 T 都是正整數 ($Q < R < S < T$))。

【0083】 舉例來說，當臨界值 THR_J 被預先確定為大於 Q 且等於或小於 R 的值時，可將計數值小於臨界值 THR_J 的第一候選向量集 CSVS1 排除在選擇之外。換句話說，在操作 S32 中，可基於臨界值 THR_J 選擇第二候選向量集 CSVS2 到第四候選向量集 CSVS4。根據示例性實施例，臨界值 THR_J 可以是固定值，或者可基於通道參數進行動態變化，等等。

【0084】 接下來，在操作 S34 中，接收器 200 可從所選擇的候選向量集中選擇大小最小的候選向量集作為用於計算 LLR 的候選向量集 CSVS。因此，可從在操作 S32 中選擇的第二候選向量集 CSVS2 到第四候選向量集 CSVS4 中選擇大小最小的第二候選向量集 CSVS2 作為用於計算 LLR 的候選向量集，並將第二候選向量集 CSVS2 提供到 MIMO 解調器 250。

【0085】 圖 10 是根據示例性實施例，用於闡述接收器 200 的操作的圖式。以下，將參照圖 4 闡述圖 10。

【0086】 參照圖 10，通過第一天線 202-1 接收到的訊號 y_1 可結構化為多個欄位 y_{1_1} 到 y_{1_3} ，每個欄位含有一個或多個符號。根據示例性實施例，MIMO 解調器 250 可基於第一欄位 y_{1_1} 的一部分 p_{s1} （其中所述部分是至少一個符號）將關於歐氏距離的資訊 I_{ED} 輸出到向量集檢測器 260，且向量集檢測器 260 可基於資訊 I_{ED} 選擇候選向量集 $CSVS$ 。

【0087】 詳細來說，在操作 S100 中，MIMO 解調器 250 可獲得第一欄位 y_{1_1} 的部分 p_{s1} 與候選向量之間的歐氏距離，且可基於歐氏距離而產生 LLR。根據示例性實施例，MIMO 解調器 250 可基於所獲得的第一欄位 y_{1_1} 的部分 p_{s1} 與候選向量超集合中所包括的候選向量之間的歐氏距離而產生 LLR。MIMO 解調器 250 可將關於所獲得的歐氏距離的資訊 I_{ED} 發送到向量集檢測器 260。

【0088】 接下來，在操作 S110 中，向量集檢測器 260 可基於資訊 I_{ED} 選擇候選向量集 $CSVS$ 。因此，可僅基於第一欄位 y_{1_1} 的部分 p_{s1} 選擇用於計算其餘符號的 LLR 的最優候選向量集。

【0089】 接下來，在操作 S120 中，MIMO 解調器 250 可基於所選擇的候選向量集 $CSVS$ 對第一欄位 y_{1_1} 的其餘部分以及其他欄位 y_{1_2} 及 y_{1_3} 執行解調。根據示例性實施例，MIMO 解調器 250 可固定在操作 S110 中選擇的候選向量集，並可基於固定的候選向量集執行序列解調（*sequential demodulation*）。

【0090】 圖 11 是根據另一示例性實施例，用於闡述接收器的操作的圖式。以下，將參照圖 4 闡述圖 11。

【0091】 參照圖 11，通過第一天線 202-1 接收到的訊號 $rs1a$ 可包括多個欄位 $y1_1$ 到 $y1_3$ 、...、 $y1_i$ 、 $y1_{i+1}$ ，其中每個欄位含有一個或多個符號。根據示例性實施例，在操作 S200-1 中，MIMO 解調器 250 可獲得第一欄位 $y1_1$ 的一部分 p_{s11} 與候選向量之間的歐氏距離，並可基於所獲得的歐氏距離產生 LLR。在操作 S210-1 中，向量集檢測器 260 可基於在操作 S200-1 中獲得的資訊 I_{ED} 來選擇候選向量集 CSVS。

【0092】 根據示例性實施例，在操作 S220-1 中，MIMO 解調器 250 可在某一循環期間基於在操作 S210-1 中選擇的候選向量集 CSVS 執行解調。舉例來說，可預先確定第一循環 P1，且 MIMO 解調器 250 可在第一循環 P1 期間基於根據第一欄位 $y1_1$ 的部分 p_{s11} 選擇的候選向量集 CSVS 執行解調。

【0093】 在第一循環 P1 結束後，MIMO 解調器 250 可獲得第 i 欄位 $y1_i$ 的一部分 p_{s12} 與候選向量之間的歐氏距離，並基於在操作 S200-2 中獲得的歐氏距離而產生 LLR。在操作 S210-2 中，向量集檢測器 260 可基於在操作 S200-2 中所獲得的資訊 I_{ED} 來選擇候選向量集 CSVS。

【0094】 根據示例性實施例，在操作 S220-2 中，MIMO 解調器 250 可在某一循環期間基於在操作 S210-2 中選擇的候選向量集 CSVS 執行解調。舉例來說，可預先確定第二循環 P2，且 MIMO 解調器 250 可在第二循環 P2 期間基於根據第 i 欄位 $y1_i$ 的部分 p_{s12} 選擇的候選向量集 CSVS 執行解調。（注意—訊號 $rs1a$ 的一部分可在本文中被稱為在第一循環 P1 期間接收的“第一訊號”，且訊號 $rs1a$ 的另一部分可在本文中被稱為在第二循環 P2 期間接收

的“第二訊號”。)

【0095】 圖 12 是根據另一示例性實施例，用於闡述接收器的操作的圖式。對圖 12 的與圖 10 所示者相同的方面將不再予以贅述。

【0096】 參照圖 12，在操作 S300 中，MIMO 解調器 250 可獲得整個第一欄位 $y1_1$ 與候選向量之間的歐氏距離，並基於所獲得的歐氏距離產生 LLR。根據示例性實施例，MIMO 解調器 250 可基於整個第一欄位 $y1_1$ 與候選向量超集中所包括的候選向量之間的歐氏距離而產生 LLR。MIMO 解調器 250 可將關於所獲得的歐氏距離的資訊 I_ED 發送到向量集檢測器 260。

【0097】 接下來，在操作 S310 中，向量集檢測器 260 可基於資訊 I_ED 選擇候選向量集 CSVS。因此，可基於第一欄位 $y1_1$ 選擇用於計算其餘符號的 LLR 的最優候選向量集。接下來，在操作 S320 中，MIMO 解調器 250 可基於所選擇的候選向量集 CSVS 對其他欄位 $y1_2$ 及 $y1_3$ 執行解調。

【0098】 再次參照圖 3，可以類似的方式應用圖 10、圖 11 及圖 12 所示的方法，以計算圖 3 所示訊號 $s1$ 及 sM 中的符號的 LLR。例如，在圖 10、圖 11 或圖 12 中的任一者中，欄位 $y1_1$ 可以是圖 3 所示欄位 $x1_1$ ，且可使用候選向量超集合來計算欄位 $x1_1$ 中符號的 LLR。然後，可不僅針對訊號 $s1$ 的欄位 $x1_2$ 、 $x1_3$ 及 $x1_4$... 中的符號、而且針對訊號 sM 的所有符號基於資訊 I_ED 來選擇候選向量集。換句話說，欄位 xM_2 、 xM_3 ... 中的符號可不使用超級 CSVS，而是作為替代可僅使用選定 CSVS，所述選定 CSVS 可為比超級 CSVS 小的 CSVS，並且所述選擇是基於相對於欄位 $x1_1$ 的符號測量的歐氏距離。

【0099】 圖 13 是根據另一示例性實施例的接收器 200a 的詳細方塊圖。圖 13 所示與圖 4 所示者相同的組件將不再予以贅述。

【0100】 參照圖 13，接收器 200a 還可包括通道參數收集器 290a。通道參數收集器 290a 可從有效通道產生器 270a 接收通道參數資訊 CPR。通道參數資訊 CPR 可包括相對於無線通訊通道的各種參數相關資訊。舉例來說，通道參數資訊 CPR 可包括發送器 100 與接收器 200a 之間的頻率/時間/空間相關性、訊噪比（signal-to-noise ratio，SNR）、訊號對干擾加雜訊比（signal-to-interference-plus-noise ratio，SINR）、多普勒特性（例如多普勒擴展或多普勒頻移）、延遲特性（例如，最大/最小延遲路徑、延遲擴展等）、時間主導路徑（temporal dominant path）、空間主導路徑（spatial dominant path）以及角特性（例如，角擴展）等中的至少一者。

【0101】 根據示例性實施例，通道參數收集器 290a 可將通道參數資訊 CPR 輸出到向量集檢測器 260a。向量集檢測器 260a 可基於通道參數資訊 CPR 預先確定臨界值，並基於所述預先確定的臨界值選擇候選向量集 CSVS。

【0102】 舉例來說，向量集檢測器 260a 可判斷在每一候選向量集中是否包括相對於每個通道（或每個層）的每個位元在“+1”及“-1”處具有最短歐式距離的候選向量，且當在每一候選向量集中包括所述候選向量時，向量集檢測器 260a 可對每一候選向量集中所包括的候選向量的數目進行計數。向量集檢測器 260a 可比較計數值與基於通道參數資訊 CPR 而預先確定的臨界值以選擇候選向量集 CSVS。

【0103】 圖 14 是根據示例性實施例的無線通訊裝置 1000 的方塊圖。如在圖 14 所示，無線通訊裝置 1000 可包括專用積體電路（application specific integrated circuit，ASIC）1010、專用指令集處理器（application specific instruction set processor，ASIP）1030、記憶體 1050、主處理器 1070 及主記憶體 1090。專用積體電路 1010、專用指令集處理器 1030 及主處理器 1070 中的至少兩者可彼此通訊。此外，專用積體電路 1010、專用指令集處理器 1030、記憶體 1050、主處理器 1070 及主記憶體 1090 中的至少一者可嵌入在一個晶片中。

【0104】 專用指令集處理器 1030 可能是用於特定目的定制（customized）積體電路且可支援專用于特定應用的指令集並可執行所述指令集中所包括的指令。記憶體 1050 可與專用指令集處理器 1030 通訊且可在非暫時性儲存媒體中儲存多個由專用指令集處理器 1030 執行的指令。舉例來說，記憶體 1050 可包括可由專用指令集處理器 1030 存取的某些類型的記憶體，例如隨機存取記憶體（random access memory，RAM）、唯讀記憶體（read only memory，ROM）、磁帶、磁片、光碟、揮發性記憶體、非揮發性記憶體以及它們的組合。然而，記憶體 1050 並不僅限於此。

【0105】 主處理器 1070 可通過執行多個指令來控制無線通訊裝置 1000。舉例來說，主處理器 1070 可控制專用積體電路 1010 及專用指令集處理器 1030，且可處理通過 MIMO 通道接收的資料或相對於無線通訊裝置 1000 的使用者輸入。主記憶體 1090 可與主處理器 1070 通訊，且作為非暫時性儲存媒體可儲存由主處理器 1070 執行的多個指令。

【0106】 根據所述示例性實施例的接收器（例如，圖 4 所示接收器 200）的元件或選擇候選向量集的方法可包括在無線通訊裝置 1000 中所包括的至少一個元件中。舉例來說，圖 4 所示 MIMO 解調器 250 及向量集檢測器 260 中的至少一者可實現為儲存在記憶體 1050 中的多個指令。

【0107】 雖然已參照發明概念的實施例特別示出並闡述了發明概念，但應理解，在不背離以下權利要求書的精神及範圍的情況下，可對發明概念作出各種形式及細節上的改變。

【符號說明】

【0108】

10：通訊系統

100：發送器

102-1：發送天線/第一發送天線/天線

102-M：發送天線/第 M 天線

110：串並（S/P）轉換器

120_1~120_M、220_1~220_N、220a_1~220a_N：循環冗餘校驗（CRC）單元

130_1~130_M：前向糾錯（FEC）編碼器

140_1~140_M、240_1~240_N、240a_1~240a_N：速率匹配單元

150_1~150_M：調變器

160_1~160_M：層映射單元

170：預編碼單元

180_1~180_M：快速傅立葉逆變換（IFFT）單元

200、200a：接收器

202-1：接收天線/天線/接收訊號/第一天線/第一接收天線

202-1~202-N：接收天線

202-N：接收天線/天線/接收訊號

210、210a：並串（P/S）轉換器

230_1~230_N、230a_1~230a_N：前向糾錯（FEC）解碼器

250、250a：多輸入多輸出（MIMO）解調器

260、260a：向量集檢測器

270、270a：有效通道產生器

280_1~280_N、280a_1~280a_N：快速傅立葉變換（FFT）單

元

290a：通道參數收集器

300：多輸入多輸出（MIMO）通道

1000：無線通訊裝置

1010：專用積體電路（ASIC）

1030：專用指令集處理器（ASIP）

1050：記憶體

1070：主處理器

1090：主記憶體

BS：資訊位元流

C0~C15：候選向量

CPR：通道參數資訊

CS0~CS3：訊號星座

CSVs：候選向量集

CSVs1：候選向量集/第一候選向量集

CSVs1a~CSVs4a：候選向量集

CSVs2：候選向量集/第二候選向量集

CSVs3：候選向量集/第三候選向量集

CSVs4：候選向量集/第四候選向量集

ED：歐氏距離

$h_{1,1}$ 、 $h_{1,M}$ 、 $h_{N,1}$ 、 $h_{N,M}$ ：有效通道增益

I_{ED} ：資訊

p_{s1} 、 p_{s11} 、 p_{s12} ：部分

P1：第一循環

P2：第二循環

RP：點

$rs_1 \sim rs_N$ ：訊號/接收訊號

rs_{1a} 、 rs_{1b} ：訊號

s_1 ：發送訊號/第一發送訊號/訊號

s_M ：發送訊號/第 M 發送訊號/訊號

SP_SET：候選向量超集合

THR_J：臨界值

v1：第一向量

v2：第二向量

x1：符號/第一符號

x1_1：欄位/第一符號

x1_2、xM_2：欄位/第二符號

x1_3、xM_3 欄位/第三符號

x1_4、xM_4：欄位/第四符號

xM：符號/第 M 符號

y1：符號/訊號

y1_1：欄位/第一欄位

y1_2、y1_3、y1_i+1：欄位

y1_i：欄位/第 i 欄位

yN：符號

S10、S20、S30、S32、S34、S100、S110、S120、S200-1、

S200-2、S210-1、S210-2、S220-1、S220-2、S300、S310、S320：

操作

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種用於通過多輸入多輸出通道接收包括多個符號的第一訊號的接收器，所述接收器包括：

解調器，被配置成針對每個物理通道計算所接收的所述多個符號中的一者或多者相對於初始候選向量集中所包括的所有候選向量的歐氏距離，並輸出關於所述歐氏距離的資訊；以及

向量集檢測器，被配置成基於所述資訊選擇具有不同大小的多個候選向量集中的一者作為用於計算所述多個符號中的其他符號的對數似然比或在第一訊號之後接收的第二訊號的至少一個符號的對數似然比的後續候選向量集。

【第2項】如申請專利範圍第1項所述的接收器，其中所述解調器還被配置成基於候選向量超集合計算所述歐氏距離，其中所述候選向量超集合是所述多個候選向量集的聯集。

【第3項】如申請專利範圍第1項所述的接收器，其中所述向量集檢測器還被配置成：

判斷所述多個候選向量集中的每一者中是否包括候選向量，所述候選向量具有“+1”及“-1”來代表與所接收的所述多個符號對應的發送符號中所包括的資訊的位元且具有最短歐氏距離；

對所述多個候選向量集中的每一者中所包括的候選向量的數目進行計數；以及

基於根據所述候選向量的計數數目而產生的計數值而選擇所述後續候選向量集。

【第4項】如申請專利範圍第3項所述的接收器，其中所述向量集檢測器還被配置成比較預定臨界值與所述計數值，且基於所述比較從所述多個候選向量集中選擇具有等於或大於所述預定臨界值的對應計數值的候選向量集作為所述後續候選向量集。

【第5項】如申請專利範圍第4項所述的接收器，其中所述向量集檢測器還被配置成從各自具有等於或大於所述預定臨界值的所述對應計數值的所述多個候選向量集中選擇大小最小的候選向量集作為所述後續候選向量集。

【第6項】如申請專利範圍第4項所述的接收器，更包括：

通道參數收集器，被配置成針對每一物理通道收集並輸出通道參數資訊，

其中所述向量集檢測器還被配置成基於所述通道參數資訊動態地改變所述預定臨界值。

【第7項】如申請專利範圍第1項所述的接收器，其中所述解調器還被配置成基於由所述向量集檢測器選擇的候選向量集而產生相對於所接收的所述第一訊號中所包括的所述其他符號的對數似然比。

【第8項】如申請專利範圍第7項所述的接收器，其中所述解調器還被配置成通過計算所接收的所述多個符號與所述後續候選向量集中所包括的候選向量之間的歐式距離而針對每一物理通道產生相對於所述其他符號的所述對數似然比。

【第9項】一種由接收器執行的通過多個天線接收至少第一發送訊號及第二發送訊號的操作方法，所述操作方法包括：

對所述第一發送訊號計算相對於初始候選向量集的所有候選向量的歐式距離；

基於關於所述歐式距離的資訊而從不同大小的多個候選向量集中選擇第一候選向量集；以及

基於所述第一候選向量集產生相對於所述第二發送訊號的符號的對數似然比。

【第10項】如申請專利範圍第9項所述的操作方法，其中產生相對於所述第二發送訊號的符號的對數似然比包括：對所述第二發送訊號計算其所接收的符號與所述第一候選向量集中所包括的所有候選向量之間的歐式距離。

【第11項】如申請專利範圍第9項所述的操作方法，其中計算所述歐式距離包括：計算相對於所接收的符號中的一者或多者及候選向量超集合的所有候選向量的所述歐式距離，其中所述候選向量超集合是多個預定候選向量集的聯集。

【第12項】如申請專利範圍第9項所述的操作方法，其中選擇所述第一候選向量集包括：

判斷多個預定候選向量集中的每一者中是否包括候選向量，所述候選向量具有“+1”及“-1”作為與所接收的所述第一發送訊號及所述第二發送訊號中包括的接收符號對應的發送符號中所包括的資訊的位元且具有最短歐式距離；

對所述多個預定候選向量集中的每一者中所包括的候選向量

的數目進行計數；以及

基於所述候選向量的計數數目而選擇所述第一候選向量集。

【第13項】如申請專利範圍第12項所述的操作方法，其中基於所述候選向量的計數數目選擇所述第一候選向量集包括：

將基於所述候選向量的計數數目而產生的計數值與預定臨界值進行比較；

從所述多個預定候選向量集中選擇候選向量集，所述候選向量集各自具有等於或大於所述預定臨界值的對應計數值；以及

選擇所選擇的所述候選向量集中的一者作為所述第一候選向量集。

【第14項】如申請專利範圍第13項所述的操作方法，其中選擇所選擇的所述候選向量集中的一者作為所述第一候選向量集包括：

從所選擇的所述候選向量集中選擇所述候選向量集作為所述第一候選向量集，所述候選向量集具有最小數目的候選向量。

【第15項】如申請專利範圍第13項所述的操作方法，更包括：

獲取通過其接收到至少所述第一發送訊號及所述第二發送訊號的所述多個天線中的每一者的通道參數資訊；以及

基於所述通道參數資訊而判斷是否改變所述預定臨界值。

【第16項】如申請專利範圍第15項所述的操作方法，其中所述通道參數資訊包括訊噪比、多普勒特性及延遲特性中的至少一者。

【第17項】一種由接收器執行的檢測包括多輸入多輸出通道的無線通訊系統中的訊號的方法，所述方法包括：

針對所述多輸入多輸出通道中的每一物理通道計算基於所接

收發送訊號中的一者或多者及預定候選向量的資訊，且基於所述資訊產生相對於所述所接收發送訊號中的一者或多者的對數似然比；

基於所述資訊而從不同大小的多個候選向量集中選擇第一候選向量集用於產生所述對數似然比；以及

基於所述第一候選向量集產生相對於其餘所述所接收發送訊號的對數似然比。

【第18項】如申請專利範圍第17項所述的方法，其中產生相對於所述所接收發送訊號中的一者或多者的所述對數似然比包括：

針對每一物理通道計算相對於所述所接收發送訊號中的一者或多者及所述預定候選向量的歐式距離；以及

基於所述歐式距離產生相對於所述所接收發送訊號中的一者或多者的所述對數似然比，

其中所述資訊包括關於所述歐式距離的資訊。

【第19項】如申請專利範圍第17項所述的方法，其中選擇所述第一候選向量集包括：

基於所述資訊相對於具有“+1”及“-1”作為與所述所接收發送訊號的一個或多個接收符號對應的發送符號中所包括的資訊的位元的候選向量中的每一者來搜尋具有最短歐式距離的候選向量；

對所述多個候選向量集中的每一者中所包括的具有所述最短歐式距離的候選向量的數目進行計數；以及

基於根據所述候選向量的計數數目而產生的計數值而選擇所

述第一候選向量集。

【第20項】如申請專利範圍第19項所述的方法，其中選擇所述第一候選向量集包括：

比較所述計數值與預定臨界值；以及

將所述多個候選向量集中具有小於所述預定臨界值的對應計數值的候選向量集排除在所述第一候選向量集的選擇之外。

【第21項】一種接收器，用於接收基於相移鍵控或正交調幅被調變且包括在無線通訊系統中發送的多個符號的訊號，所述接收器包括：

解調器，被配置成計算所接收的所述多個符號中的一者或多者相對於初始候選向量集中所包括的所有候選向量的歐氏距離，並輸出關於所述歐氏距離的資訊；以及

向量集檢測器，被配置成基於所述資訊選擇具有不同大小的多個候選向量集中的一者作為用於計算所述多個符號中的其他符號的對數似然比的後續候選向量集。

【第22項】一種儲存有指令的非暫時性電腦可讀記錄媒體，所述指令在被至少一個處理器執行時實施一種由接收器執行的檢測包括多輸入多輸出通道的無線通訊系統中的訊號的方法，所述方法包括：

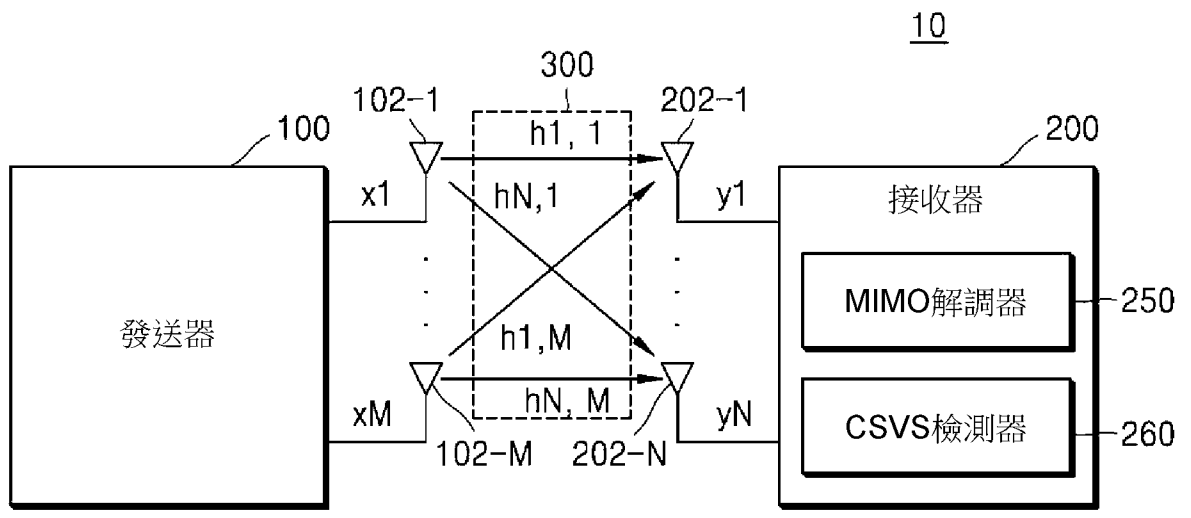
針對每一物理通道計算基於所接收發送訊號中的一者或多者及預定候選向量的資訊，且基於所述資訊產生相對於所述所接收發送訊號中的一者或多者的對數似然比；

基於所述資訊而從不同大小的多個候選向量集中選擇第一候

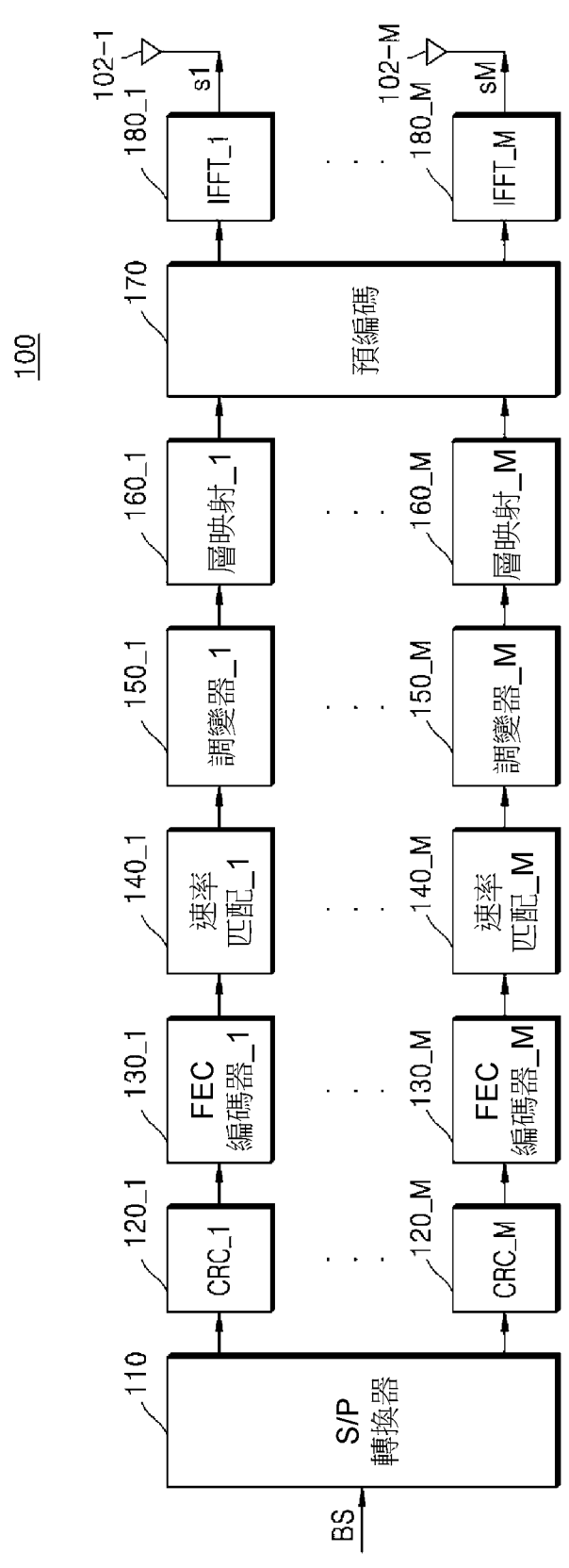
選向量集用於產生所述對數似然比；以及

基於所述第一候選向量集產生相對於其餘所述所接收發送訊號的對數似然比。

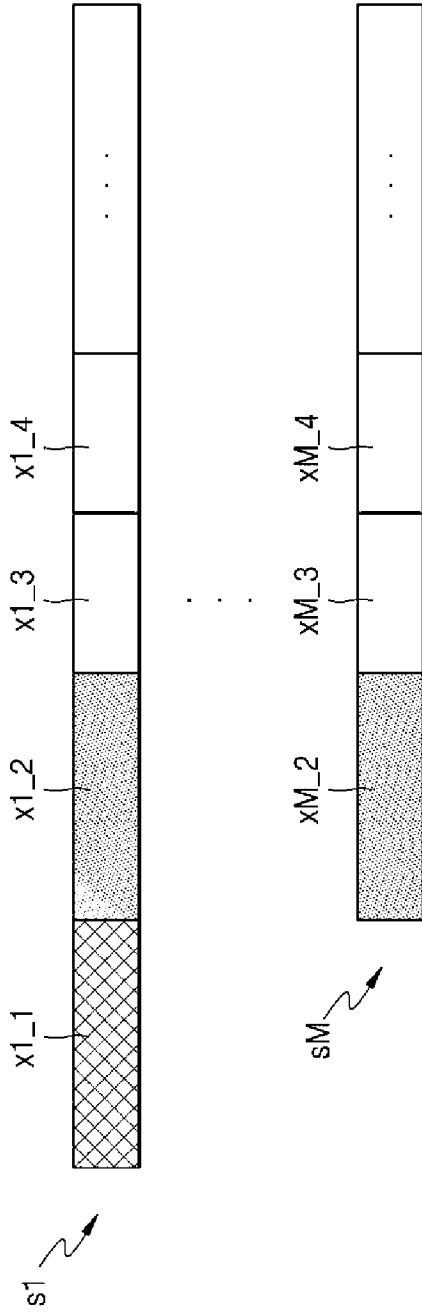
【發明圖式】



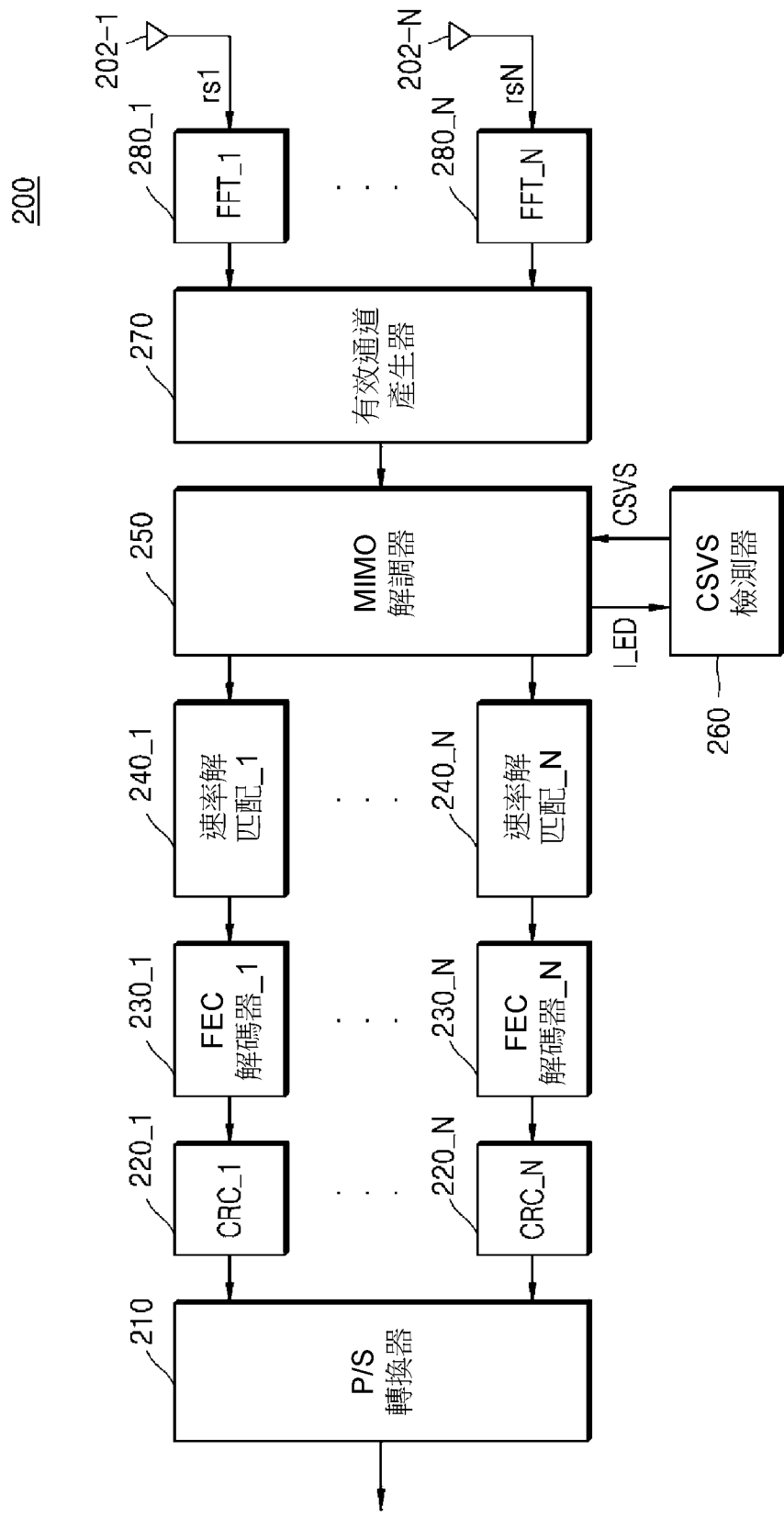
【圖1】



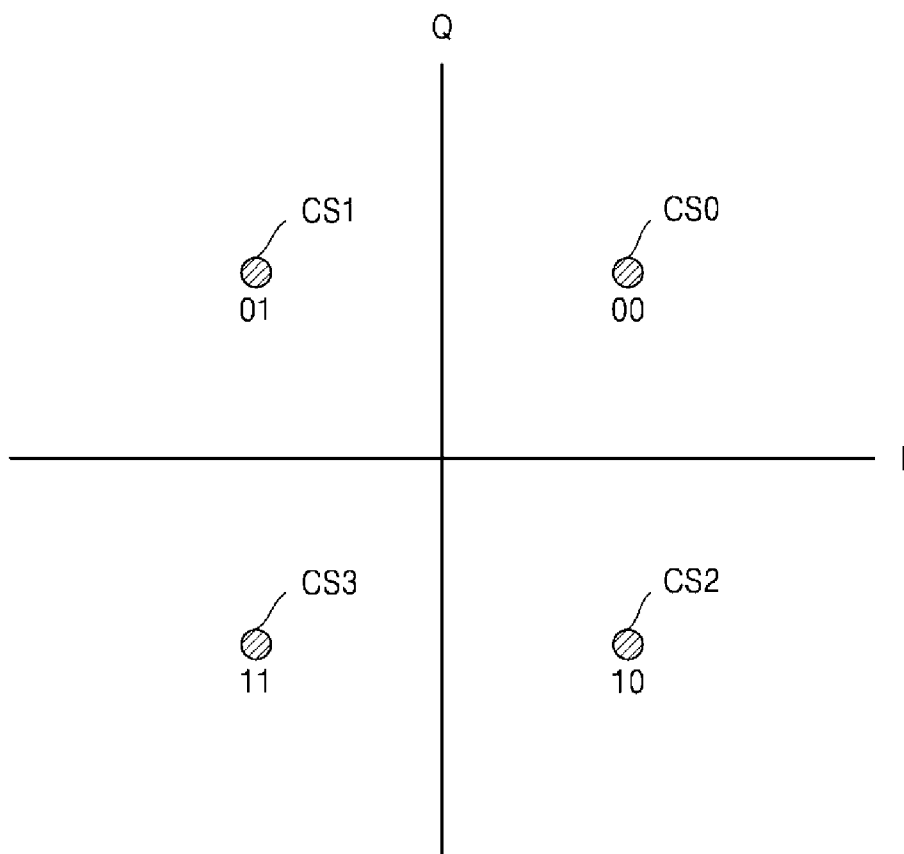
【圖2】



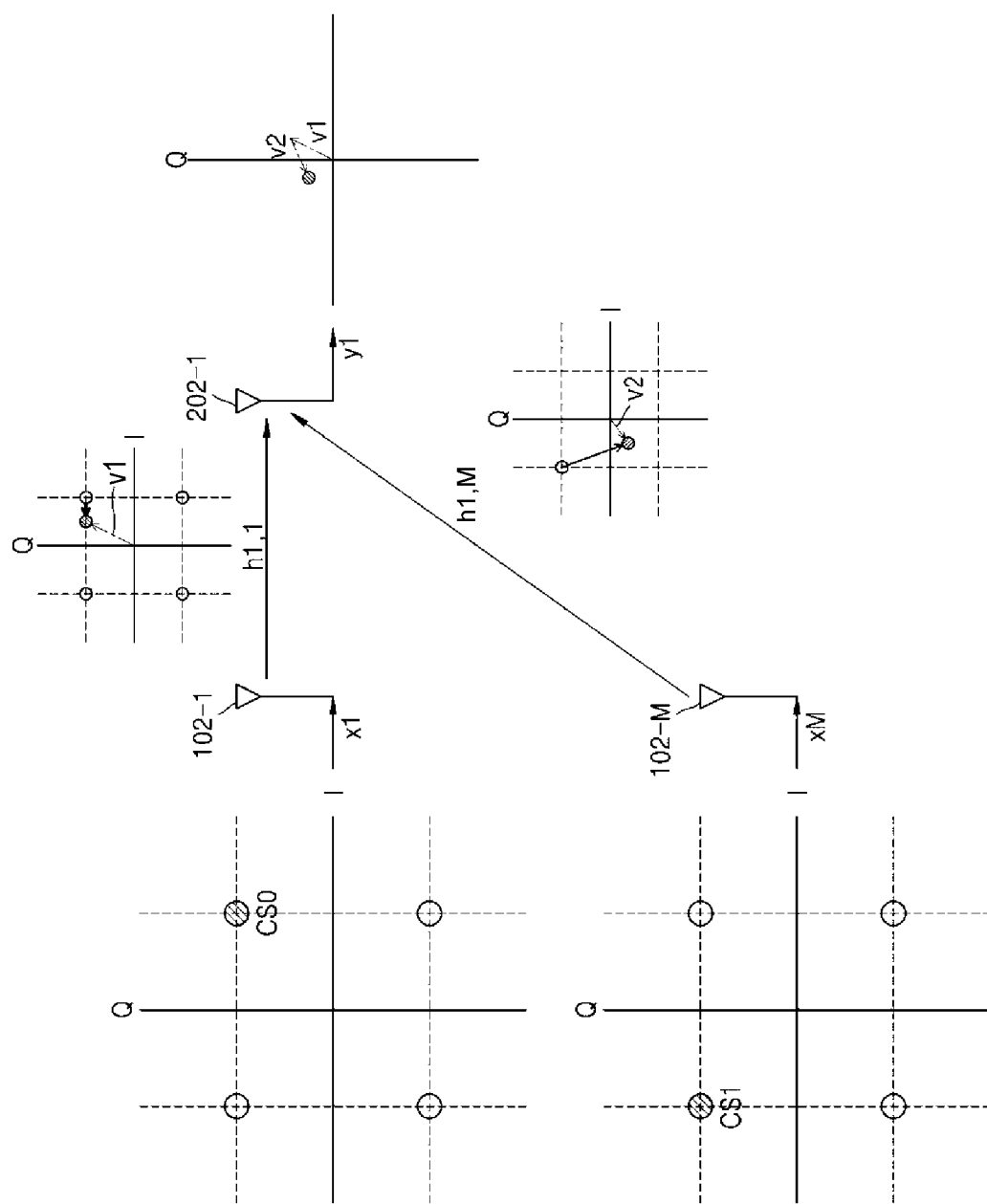
【圖3】



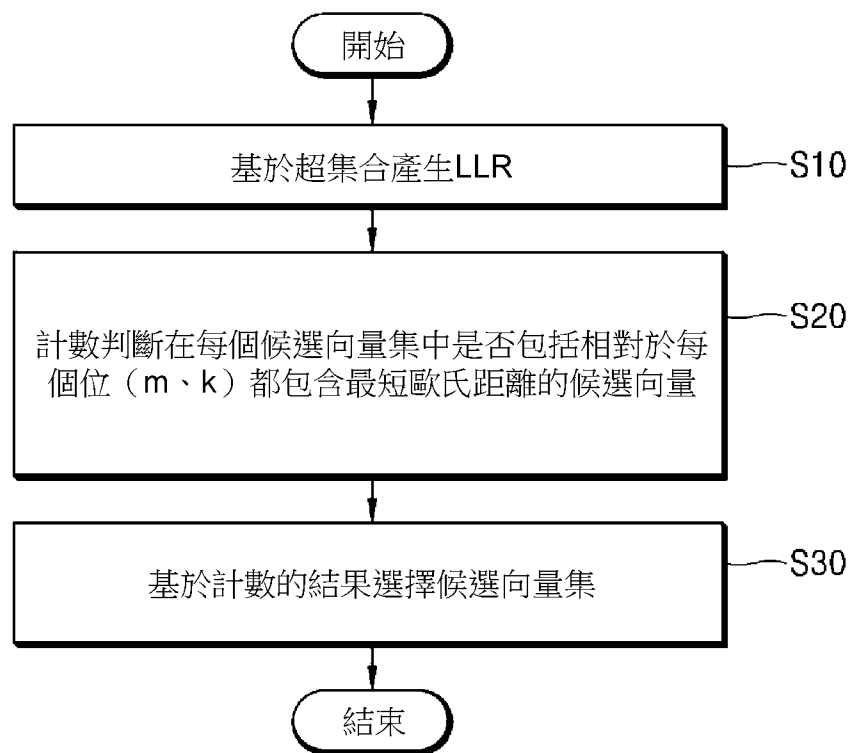
【圖4】



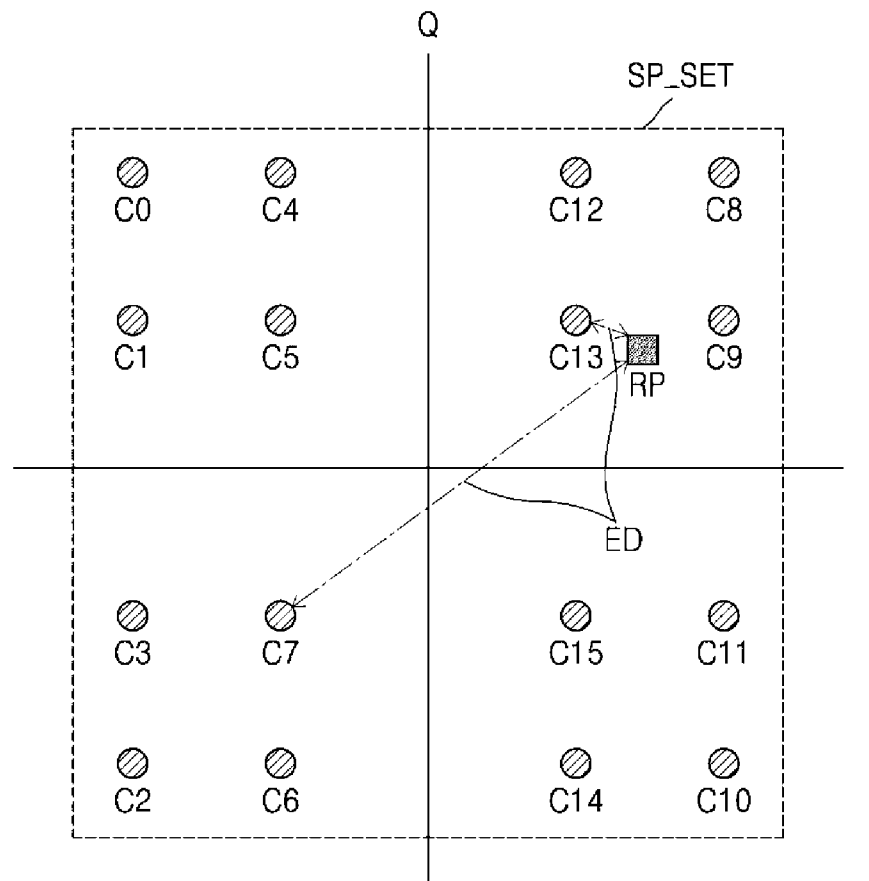
【圖5】



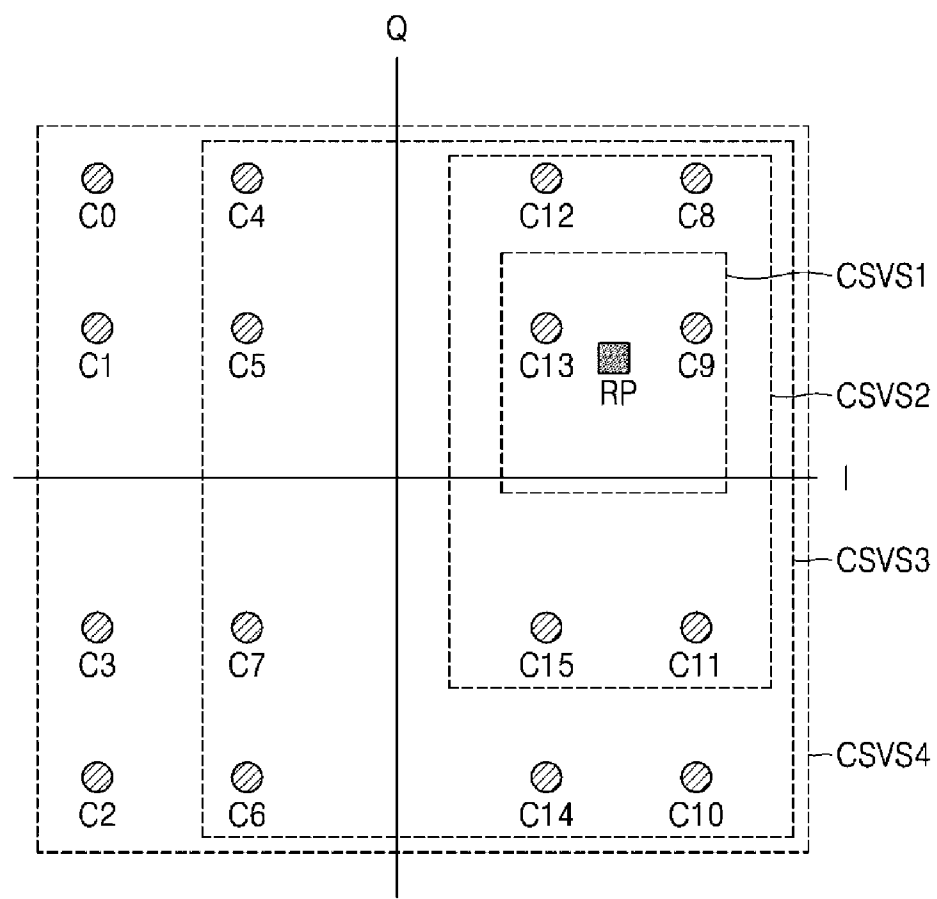
【圖6】



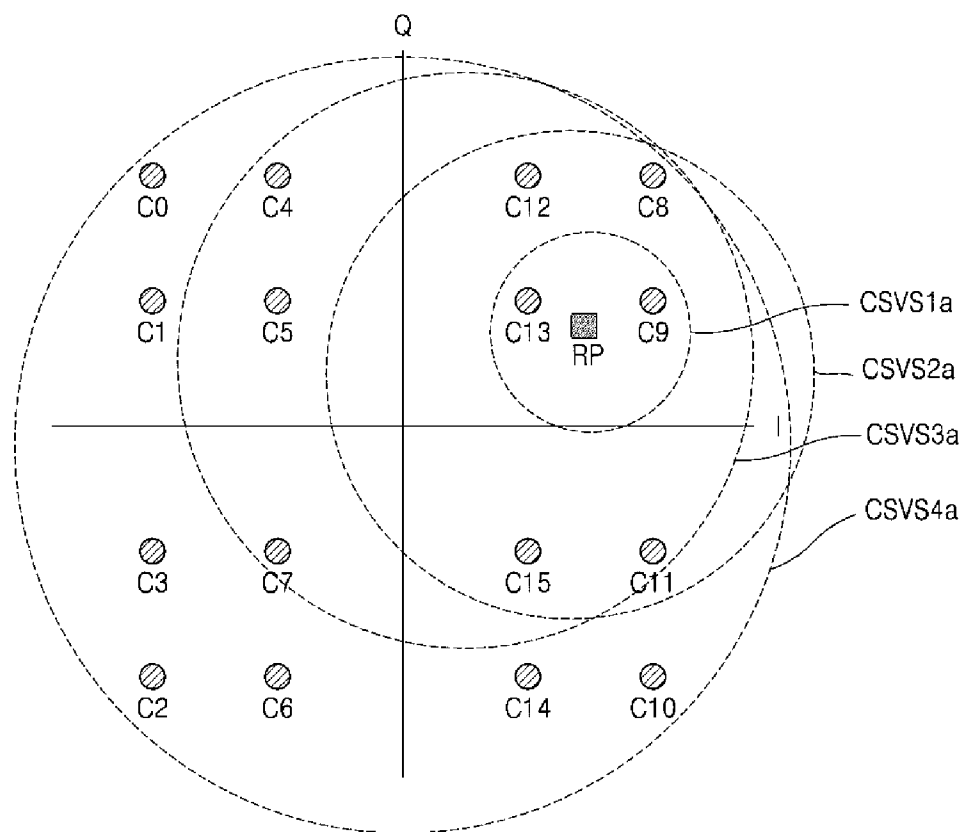
【圖7A】



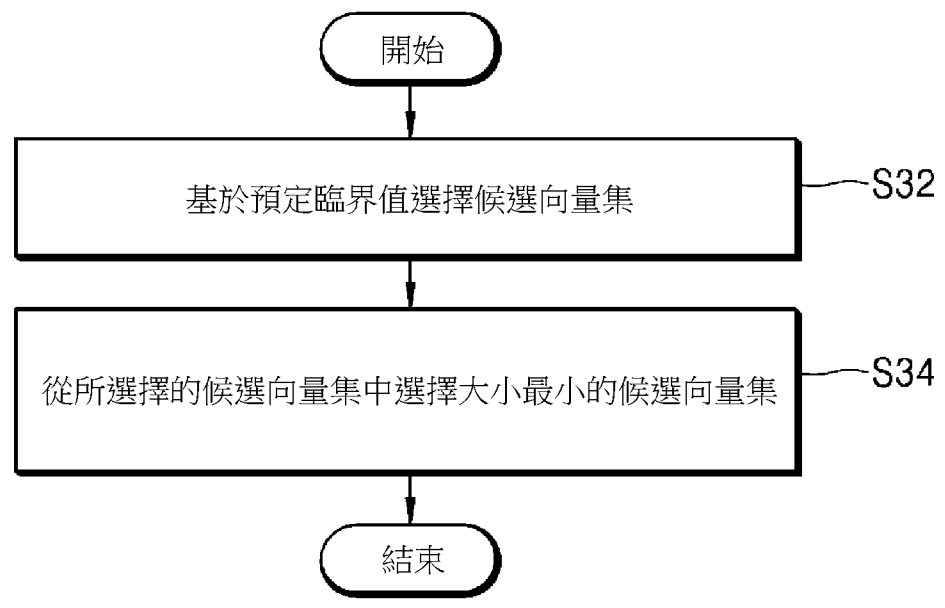
【圖7B】



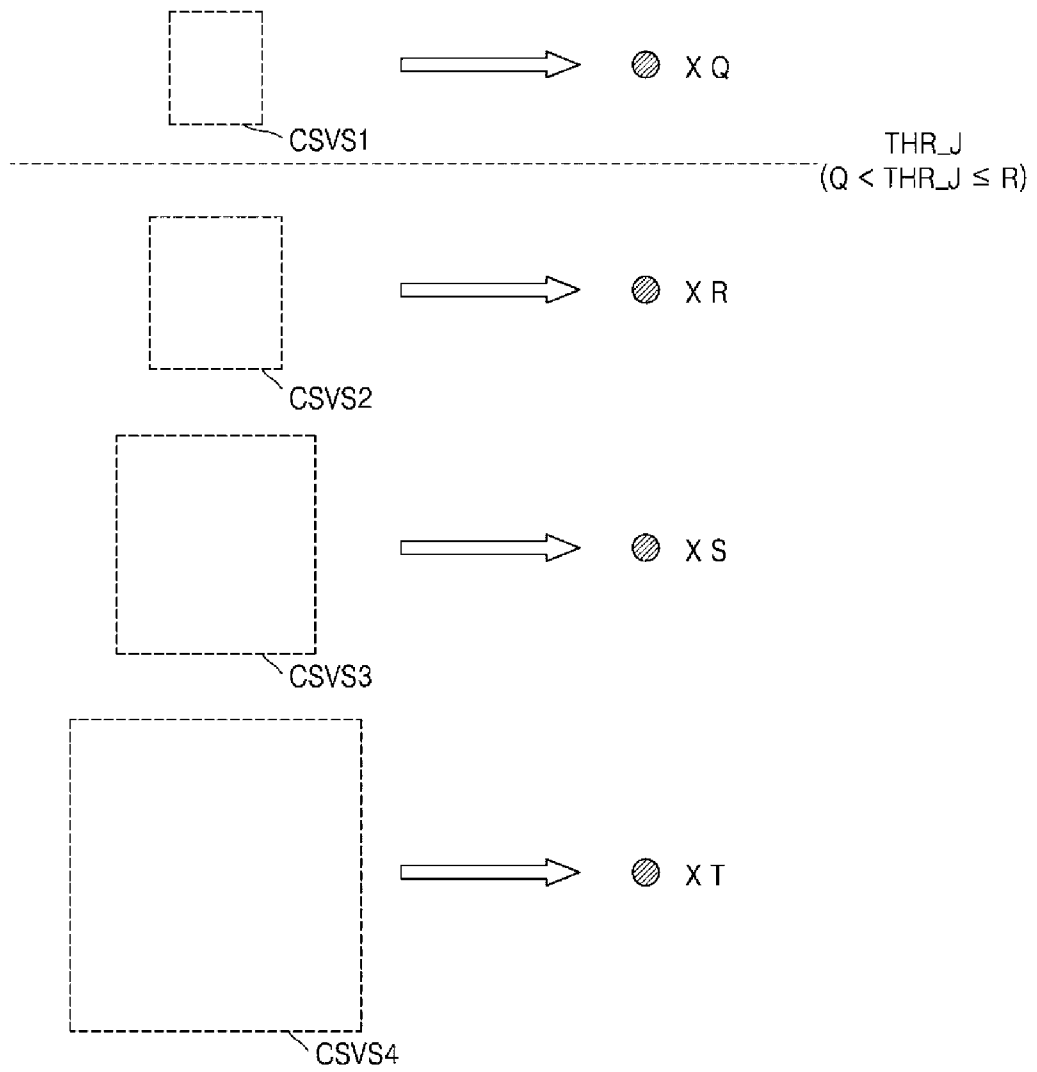
【圖8A】



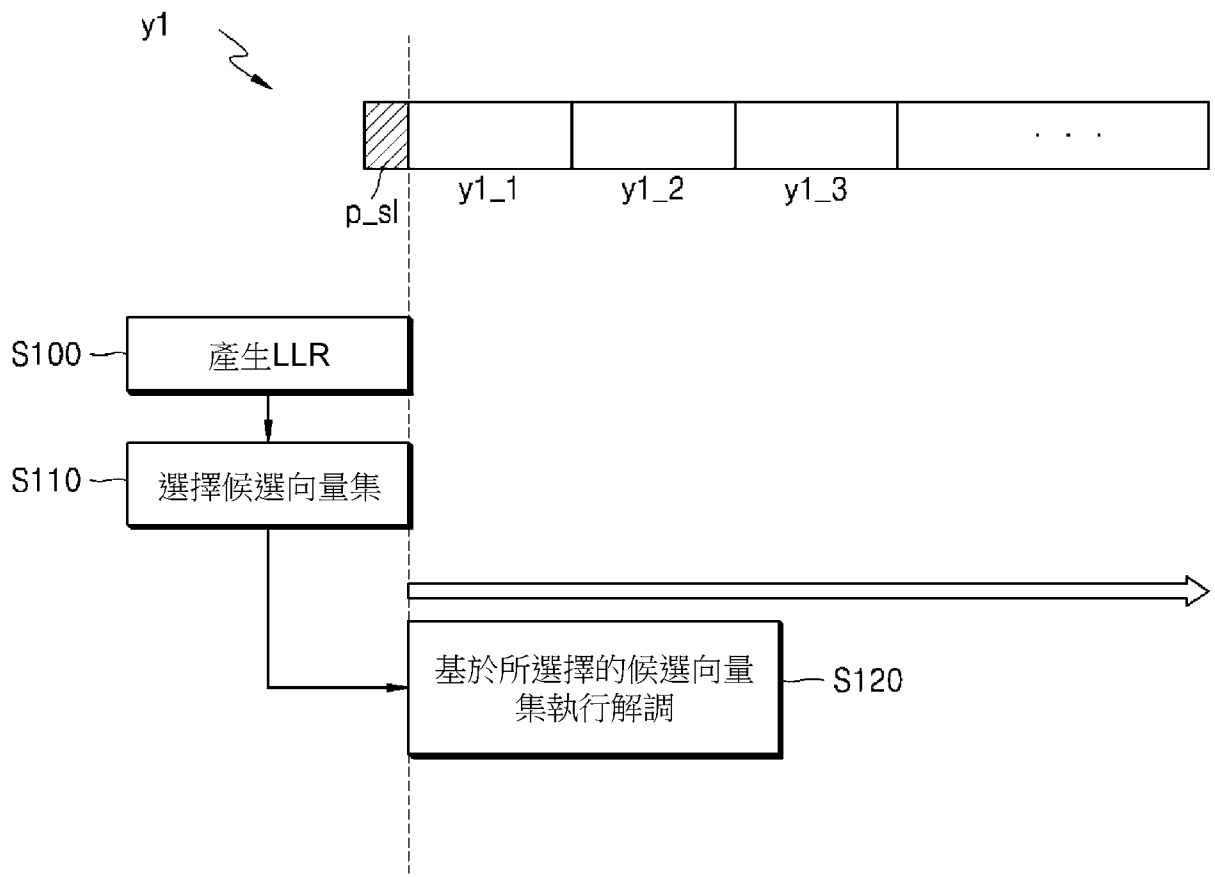
【圖8B】



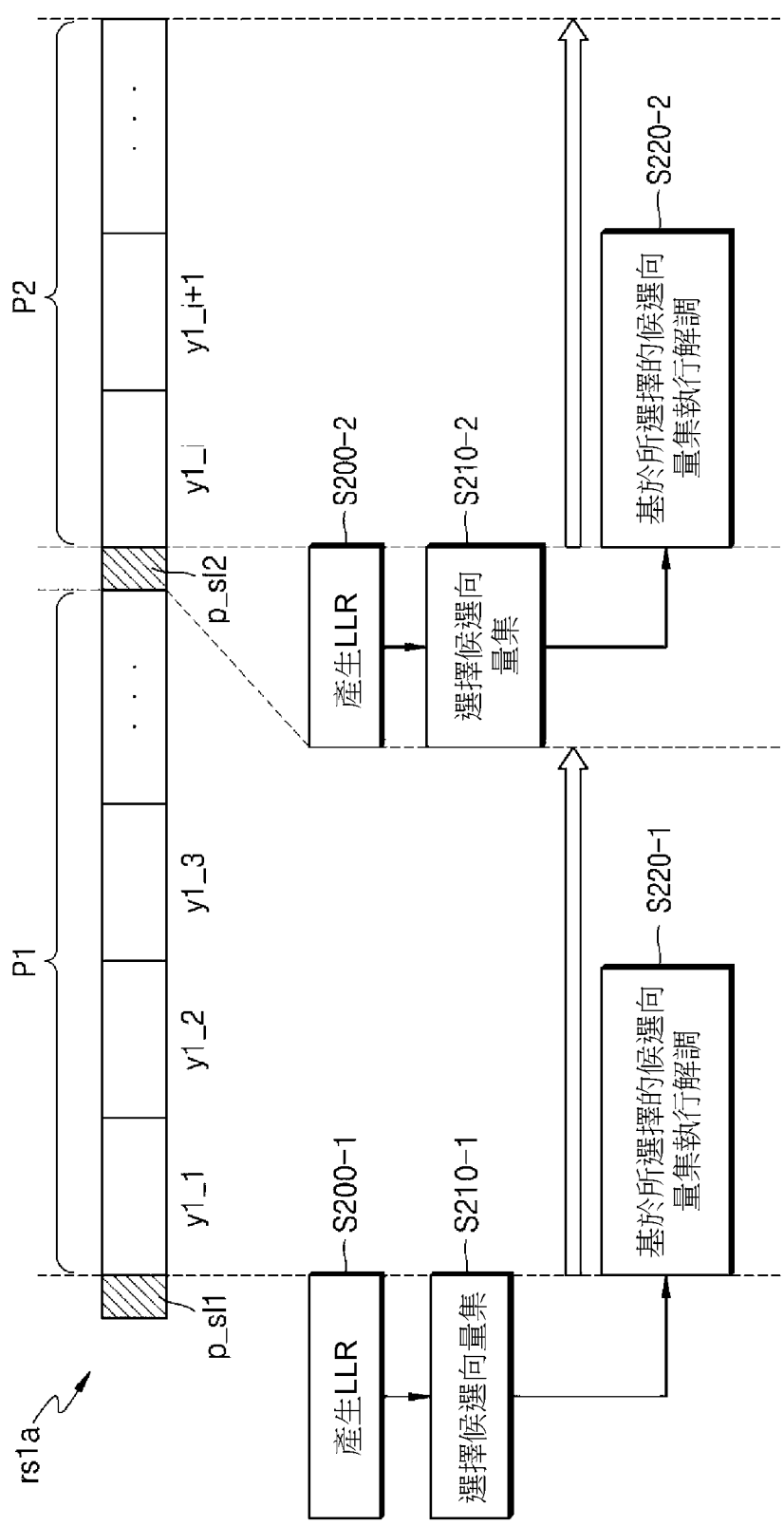
【圖9A】



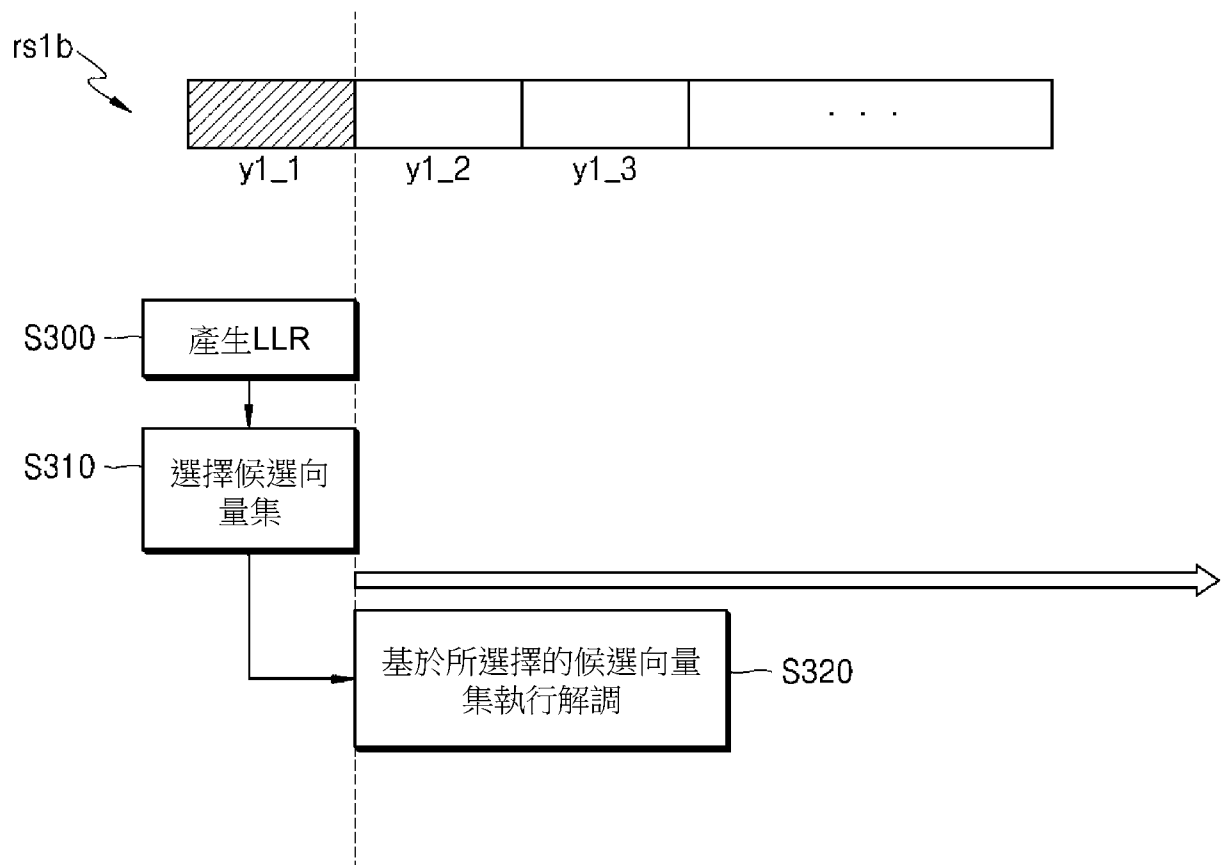
【圖9B】



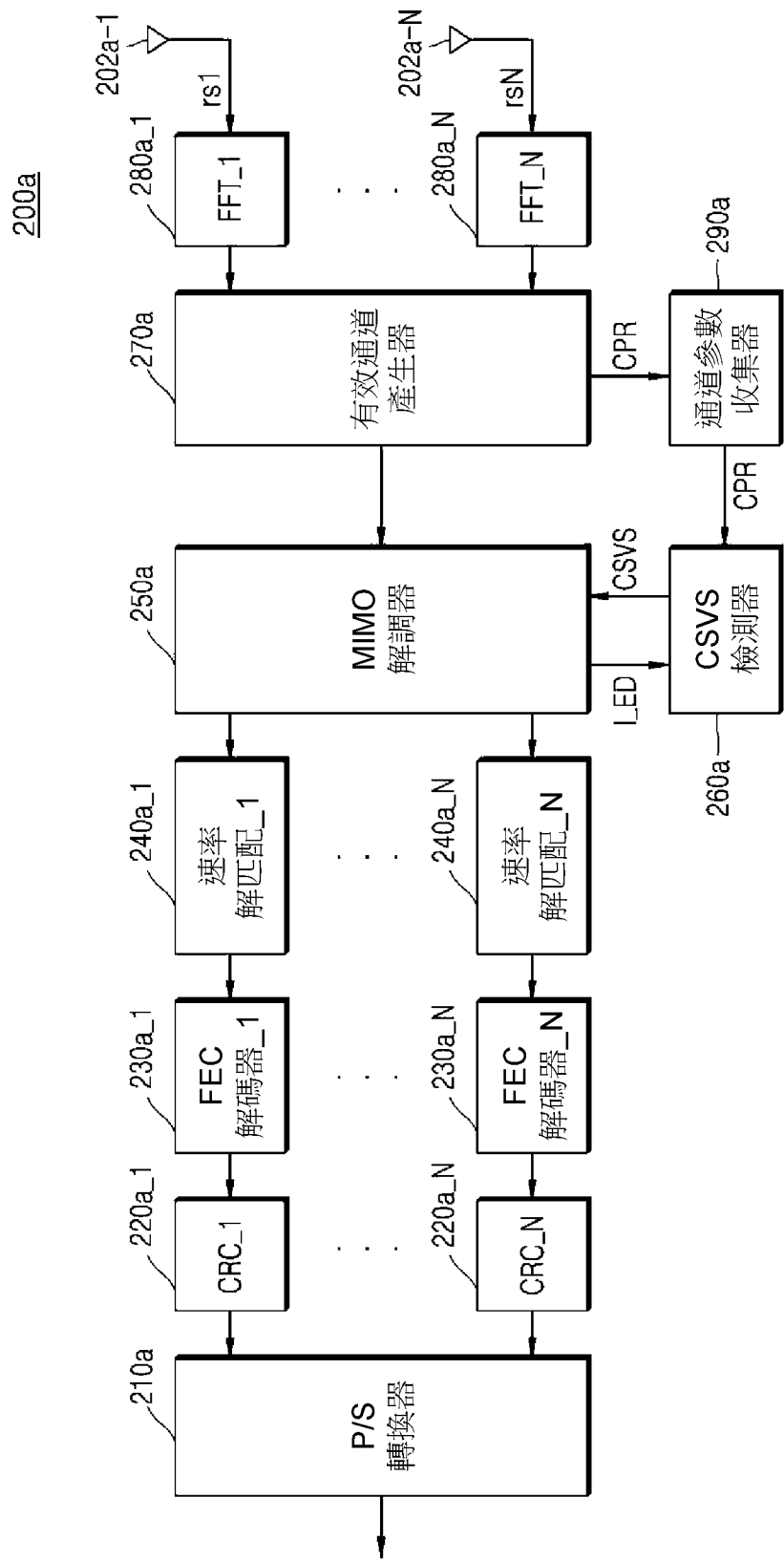
【圖10】



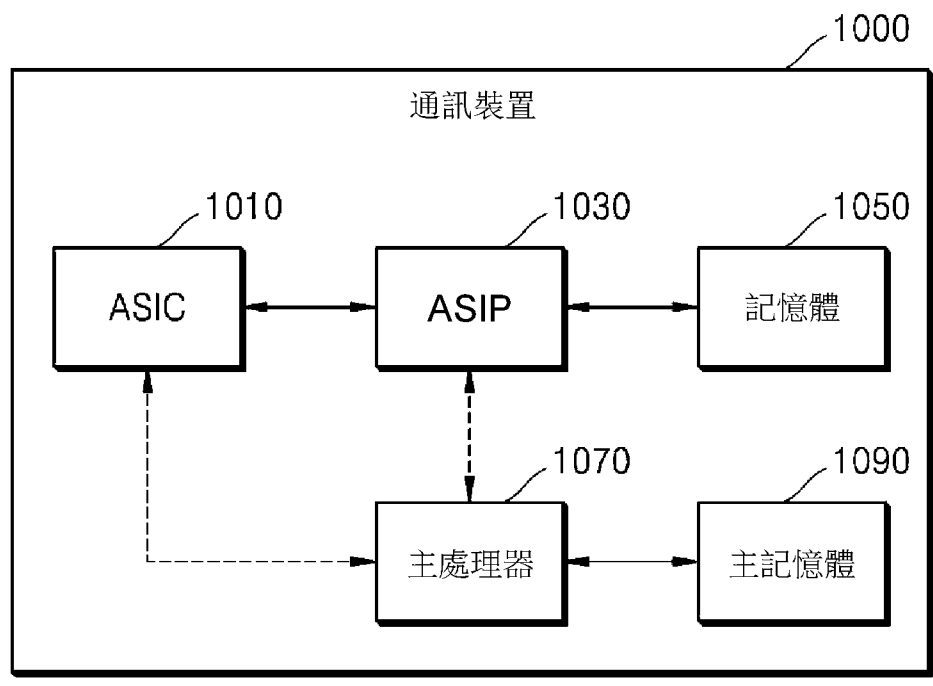
【圖11】



【圖12】



【圖13】



【圖14】