



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202425584 A

(43)公開日：中華民國 113 (2024) 年 06 月 16 日

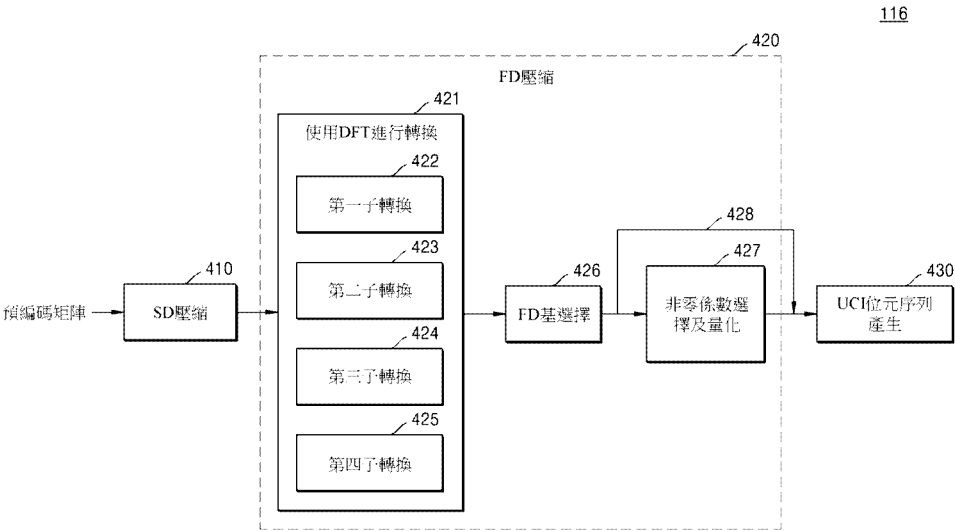
(21)申請案號：112139384 (22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 10 月 16 日
(51)Int. Cl. : H04L25/02 (2006.01) H04B17/309 (2015.01)
(30)優先權：2022/10/17 南韓 10-2022-0133617
2023/02/10 南韓 10-2023-0018042
(71)申請人：南韓商三星電子股份有限公司 (南韓) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)
南韓
(72)發明人：李俊鎬 LEE, JUNHO (KR)；金在仁 KIM, JAEIN (KR)；吳珍宇 OH, JINWOO
(KR)；尹泓植 YOON, HONGSIK (KR)
(74)代理人：林孟閱；盧珮君；陳怡如
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：13 共 92 頁

(54)名稱
無線通訊裝置的操作方法

(57)摘要
提供一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：自基地台接收通道狀態資訊參考訊號 (CSI-RS)；藉由基於 CSI-RS 來估測無線通訊裝置與基地台之間的通道而產生通道資訊；以及向基地台報告通道資訊，其中產生通道資訊包括：藉由在空間域中對接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；藉由使用第一離散傅立葉轉換 (DFT) 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，所述第一 DFT 函數具有與用於與基地台進行通訊的頻寬部分 (BWP) 中的接收 CSI-RS 的多個次頻帶的數目對應的大小；以及基於第二壓縮資料產生通道資訊。

Provided is an operating method of a wireless communication device, the method including receiving a channel state information reference signal (CSI-RS) from a base station, generating channel information by estimating a channel between the wireless communication device and the base station, based on the CSI-RS, and reporting the channel information to the base station, wherein the generating of the channel information includes generating first compressed data by compressing, in a spatial domain, channel characteristic information of a subband in which the CSI-RS is received, generating second compressed data by compressing the first compressed data in a frequency domain by using a first Discrete Fourier transform (DFT) function having a size corresponding to the number of subbands in which the CSI-RS is received in a bandwidth part (BWP) for communication with the base station, and generating the channel information, based on the second compressed data.

指定代表圖：



【圖4】

符號簡單說明：

116:通道狀態資訊
(CSI)壓縮電路

410:配置/空間域(SD)
壓縮區塊

420:頻域(FD)壓縮區
塊

421:DFT 轉換區塊

422:第一子轉換區塊

423:第二子轉換區塊

424:第三子轉換區塊

425:第四子轉換區塊

426:配置/FD 基選擇區
塊

427:配置/非零係數
(NZC)選擇及量化區塊

428:旁通路徑

430:配置/上行鏈路通
道資訊(UCI)位元序列
產生區塊

【發明摘要】

【中文發明名稱】無線通訊裝置的操作方法

【英文發明名稱】OPERATING METHOD OF WIRELESS

COMMUNICATION DEVICE

【中文】提供一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：自基地台接收通道狀態資訊參考訊號（CSI-RS）；藉由基於CSI-RS來估測無線通訊裝置與基地台之間的通道而產生通道資訊；以及向基地台報告通道資訊，其中產生通道資訊包括：藉由在空間域中對接收CSI-RS的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；藉由使用第一離散傅立葉轉換（DFT）函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，所述第一DFT函數具有與用於與基地台進行通訊的頻寬部分（BWP）中的接收CSI-RS的多個次頻帶的數目對應的大小；以及基於第二壓縮資料產生通道資訊。

【英文】 Provided is an operating method of a wireless communication device, the method including receiving a channel state information reference signal (CSI-RS) from a base station, generating channel information by estimating a channel between the wireless communication device and the base station, based on the CSI-RS, and reporting the channel information to the base station, wherein the generating of the channel information includes generating first compressed data by compressing, in a spatial

domain, channel characteristic information of a subband in which the CSI-RS is received, generating second compressed data by compressing the first compressed data in a frequency domain by using a first Discrete Fourier transform (DFT) function having a size corresponding to the number of subbands in which the CSI-RS is received in a bandwidth part (BWP) for communication with the base station, and generating the channel information, based on the second compressed data.

【指定代表圖】圖4。

【代表圖之符號簡單說明】

116:通道狀態資訊 (CSI) 壓縮電路

410:配置/空間域 (SD) 壓縮區塊

420:頻域 (FD) 壓縮區塊

421:DFT 轉換區塊

422:第一子轉換區塊

423:第二子轉換區塊

424:第三子轉換區塊

425:第四子轉換區塊

426:配置/FD 基選擇區塊

427:配置/非零係數 (NZC) 選擇及量化區塊

428:旁通路徑

430:配置/上行鏈路通道資訊 (UCI) 位元序列產生區塊

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】無線通訊裝置的操作方法

【英文發明名稱】OPERATING METHOD OF WIRELESS

COMMUNICATION DEVICE

【技術領域】

[相關申請案的交叉參考]

【0001】 本申請案基於 2022 年 10 月 17 日在韓國智慧財產局提出申請的韓國專利申請案第 10-2022-0133617 號及 2023 年 2 月 10 日在韓國智慧財產局提出申請的韓國專利申請案第 10-2023-0018042 號並主張優先於該些韓國專利申請案，該些韓國專利申請案的揭露內容全文併入本案供參考。

【0002】 本揭露是有關於一種無線通訊裝置的操作方法。

【先前技術】

【0003】 符合近期的第三代合作夥伴計劃（ Third Generation Partnership Project，3GPP）標準（例如，發佈版本（ Release，Rel.）16）的無線通訊裝置可使用增強類型 II(Enhanced TypeII，eTypeII)碼簿而與基地台實行通訊，以減少通道狀態資訊（ channel state information，CSI）反饋的開銷。藉由使用 eTypeII 碼簿，可藉由利用 CSI 的空間與頻率之間的相關特性來反饋通道資訊而減少開銷。為此，可遵循以下過程：1）基地台使用標準中所定義的天線埠及時間/頻率資源元素（ resource element，RE）向無線通訊裝置傳輸

通道狀態資訊資源訊號 (channel state information-resource signal, CSI-RS)。2) 無線通訊裝置自所接收的 CSI-RS 訊號來估測基地台與無線通訊裝置之間的多輸入多輸出 (multiple-input multiple-output, MIMO) 通道，且然後產生欲被報告至基地台的 CSI。在步驟 2) 的 CSI 產生過程中，無線通訊裝置在基地台處確定預編碼 (或波束成形)，且慮及基地台處的預編碼的空間域特性/頻域特性，根據 eTypeII 碼簿以壓縮形式傳輸對應的通道資訊 (例如，預編碼矩陣指示符 (precoding matrix indicator, PMI))。

【0004】 通道資訊壓縮過程有利地使無線通訊裝置能夠使用更少的無線通訊資源 (例如，時間 RE/頻率 RE) 來傳輸通道資訊。基地台的預編碼的空間域特性在空間域的基之中選擇具有主值的基，在所述空間域中，與天線埠對應的值在過取樣離散傅立葉轉換 (Discrete Fourier Transform, DFT) 空間中被重新表達。基地台處的預編碼的頻域特性在頻域的基之中選擇主基，在所述頻域中，與通道資訊的頻率對應的值在 DFT 空間中被重新表達。僅向基地台報告在小維度(DFT)空間中被重新表達的用於基地台處的預編碼的預編碼值，所述小維度(DFT)空間是藉由用於選擇空間維度/頻率維度作為所選空間域/頻域的基的通道資訊的壓縮過程而確定。

【0005】 因此，在對通道資訊進行壓縮的過程中，慮及基地台處的預編碼的空間域特性/頻域特性而對空間域/頻域實行壓縮，期望一種在壓縮過程中使通道資訊的損耗最小化的無線通訊裝置。

【發明內容】

【0006】 本發明概念的實施例提供一種藉由對通道資訊進行壓縮來減少通道狀態資訊（CSI）報告的開銷且實行高效的 CSI 反饋的終端裝置。當在整個頻寬部分（bandwidth part，BWP）的次頻帶中的至少一些次頻帶中傳輸 CSI-RS 時，可基於關於在無線通訊系統中接收通道狀態資訊資源訊號（CSI-RS）的次頻帶的資訊進行壓縮。

【0007】 根據本發明概念的一態樣，提供一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：自基地台接收通道狀態資訊參考訊號（CSI-RS）；藉由基於 CSI-RS 來估測無線通訊裝置與基地台之間的通道而產生通道資訊；以及向基地台報告通道資訊，其中產生通道資訊包括：藉由在空間域中對接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；藉由使用第一離散傅立葉轉換（DFT）函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，第一 DFT 函數具有與用於與基地台進行通訊的頻寬部分（BWP）中的接收 CSI-RS 的多個次頻帶的數目對應的大小；以及基於第二壓縮資料產生通道資訊。

【0008】 根據本發明概念的另一態樣，提供一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：自基地台接收 CSI-RS；藉由基於 CSI-RS 來估測無線通訊裝置與基地台之間的通道而產生通道資訊；以及向基地台報告通道資訊，其中產生通道資訊包括：藉由在空間域中對接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；藉由使用第一部分 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料

進行壓縮來產生第二壓縮資料，第一部分 DFT 函數由行域及列域構成，行域對應於構成用於與基地台進行通訊的 BWP 的次頻帶，列域對應於接收 CSI-RS 的次頻帶；以及基於第二壓縮資料產生通道資訊。

【0009】 根據本發明概念的另一態樣，提供一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：自基地台接收 CSI-RS；藉由基於 CSI-RS 來估測無線通訊裝置與基地台之間的通道而產生通道資訊；以及向基地台報告通道資訊，其中產生通道資訊包括：藉由在空間域中對接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；根據預設方法，針對用於與基地台進行通訊的 BWP 的多個次頻帶之中的未接收 CSI-RS 的次頻帶實行預處理；藉由使用 DFT 函數在頻域中對經預處理的第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，DFT 函數具有與構成 BWP 的多個次頻帶的數目對應的大小；以及基於第二壓縮資料產生通道資訊。

【圖式簡單說明】

【0010】

藉由結合附圖閱讀以下詳細說明，將更清楚地理解實施例，在附圖中：

圖 1 示出根據實例性實施例的無線通訊系統的實例。

圖 2 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置的方塊圖。

圖 3 是用於闡釋圖 2 所示第一射頻積體電路（RFIC）及第一天線模組的特定實施實例的方塊圖。

圖 4 是根據實例性實施例的通道資訊壓縮電路的方塊圖。

圖 5 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置的操作方法的流程圖。

圖 6A 及圖 6B 是用於闡釋根據實例性實施例的由第一子轉換區塊進行的頻域（FD）壓縮操作的圖。

圖 7 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置的操作方法的流程圖。

圖 8A、圖 8B、圖 8C、圖 8D 及圖 8E 是用於闡釋根據實例性實施例的由第二子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

圖 9 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置的操作方法的流程圖。

圖 10A、圖 10B、圖 10C 及圖 10D 是用於闡釋根據實例性實施例的由第三子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

圖 11 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置的操作方法的流程圖。

圖 12A、圖 12B、圖 12C、圖 12D、圖 12E、圖 12F 及圖 12G 是用於闡釋根據實例性實施例的由第四子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

圖 13 是示出根據實例性實施例的電子裝置的方塊圖。

【實施方式】

【0011】 在下文中，將參照附圖對實施例進行詳細闡述。

【0012】 為便於說明，本說明部分地使用第三代合作夥伴計劃長

期演進 (Long Term Evolution, LTE) (3GPP LTE) 標準或新無線電 (New Radio, NR) 標準中所定義的用語及名稱。然而, 本發明概念不受以上用語及名稱的限制且可等同地應用於符合其他標準的系統。

【0013】 在本文中, 詞「索引 (index)」可被理解為意指現代無線通訊標準中慣用的「索引值」(與值的列表相對)。

【0014】 在本文中, 詞「FD 行索引 (FD column index)」可被理解為意指「FD 基 (例如, FD 基索引)」。

【0015】 與根據實施例的無線通訊裝置進行通訊且將通訊網路資源分配至無線通訊裝置的實體的實例包括小區、基地台 (base station, BS)、節點 B (NodeB, NB)、演進節點 B (eNodeB, eNB)、下一代無線電存取網路 (next generation radio access network, NG RAN)、無線電存取單元、基地台控制器、網路上的節點及下一代節點 B (gNodeB, gNB)。

【0016】 無線通訊裝置是與基地台或另一無線通訊裝置進行通訊的實體, 所述實體的實例包括節點、使用者設備 (user equipment, UE)、下一代 UE (next generation UE, NG UE)、行動台 (mobile station, MS)、行動設備 (mobile equipment, ME)、裝置及終端。

【0017】 無線通訊裝置的其他實例可包括以下中的至少一者: 智慧型電話、平板個人電腦 (personal computer, PC)、行動電話、視訊電話、電子書 (electronic book, e-book) 閱讀器、桌上型 PC、膝上型 PC、上網本電腦 (netbook computer)、個人數位助理

(personal digital assistant, PDA)、可攜式多媒體播放機 (portable multimedia player, PMP)、動態影像專家組壓縮標準音訊層 3 (moving picture experts group-1 audio layer 3, MP3) 播放機、醫療裝置、相機及可穿戴裝置 (wearable device)。另外，無線通訊裝置可包括以下中的至少一者：電視、數位視訊光碟 (digital video disk, DVD) 播放機、音訊播放機、冰箱 (refrigerator)、空氣調節器 (air conditioner)、真空清潔器 (vacuum cleaner)、烘箱、微波爐、洗滌機 (washing machine)、空氣淨化器 (air purifier)、機上盒 (set-top box)、家庭自動化控制面板、安全控制面板、媒體盒 (例如，三星 HomeSync™、蘋果 TV™ 或穀歌 TV™)、遊戲控制台 (例如，Xbox™ 及 PlayStation™)、電子詞典、電子鑰匙、攝錄影機及電子相框。無線通訊裝置的其他實例可包括以下中的至少一者：各種醫療裝置 (例如，各種可攜式醫療量測裝置 (例如，血糖計、心率計、血壓計或體溫計)、磁共振血管造影 (magnetic resonance angiography, MRA)、磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI)、電腦斷層攝影 (computed tomography, CT)、攝影裝置或超音波裝置等)、導航裝置、全球導航衛星系統 (global navigation satellite system, GNSS)、事件資料記錄器 (event data recorder, EDR)、飛行資料記錄器 (flight data recorder, FDR)、車輛資訊娛樂裝置、船舶電子設備 (例如，船舶導航裝置、陀螺羅盤 (gyrocompass) 等)、航空電子裝置、安全設備、車輛的頭單元 (head unit)、工業機器人或家用機器人、無人機、金融機構的自

動櫃員機(automated teller machine, ATM)、商店處的銷售點(point of sales, POS)、及物聯網(Internet of things, IoT)裝置(例如, 燈泡、各種感測器、灑水器裝置、火警警報器、溫度控制器、路燈、烤麵包機、鍛煉設備、熱水箱、加熱器、鍋爐等)其他實例可包括能夠實行通訊功能的各種類型的多媒體系統。

【0018】 在下文中, 將參照附圖對實施例進行詳細闡述。

【0019】 圖 1 是示出根據實施例的無線通訊系統的方塊圖。

【0020】 參照圖 1, 無線通訊系統 10 可包括基地台 200 及無線通訊裝置 100。無線通訊系統 10 被示出為僅包括一個基地台 200 及一個無線通訊裝置 100, 但此僅是為了易於闡釋的實例; 無線通訊系統 10 亦可被實施成包括各種數目的基地台及無線通訊裝置。

【0021】 基地台 200 可經由無線電通道連接至無線通訊裝置 100 以提供各種通訊服務。基地台 200 可經由共享通道為所有使用者流量(user traffic)提供服務, 且藉由收集無線通訊裝置 100 的狀態資訊(例如, 緩衝狀態、可用傳輸功率狀態及通道狀態)來實行排程。無線通訊系統 10 可使用正交頻分多工(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM)作為無線電存取技術來支援波束成形技術。另外, 無線通訊系統 10 可支援根據無線通訊裝置 100 的通道條件來確定調變方案及通道編碼速率的適應性調變及編碼(adaptive modulation & coding, AMC)方法。

【0022】 無線通訊系統 10 可使用存在於 6 十億赫(gigahertz, GHz)或大於 6 十億赫的頻帶中的寬頻帶來傳輸及接收訊號。舉例而言,

無線通訊系統 10 可藉由使用毫米波頻帶（例如，28 十億赫頻帶或 60 十億赫頻帶）來達成高資料傳輸速率。現在，由於毫米波頻帶具有相對大的單位距離訊號衰減（**signal attenuation per distance**），因此無線通訊系統 10 可支援基於使用多條天線產生的定向波束進行的傳輸及接收以確保覆蓋範圍（**coverage**）。無線通訊系統 10 可為支援多輸入多輸出（**MIMO**）的系統，且因此基地台 200 及無線通訊裝置 100 可支援波束成形技術。波束成形技術可被分類成數位波束成形、類比波束成形及混合波束成形。在下文中，將在基於支援混合波束成形技術的實施例的無線通訊系統中對本技術的精神進行闡述，但應完全理解，本技術亦可應用於其他的波束成形技術。

【0023】如圖 1 中所示，基地台 200 可向無線通訊裝置 100 傳輸通道狀態資訊參考訊號（**CSI-RS**）。無線通訊裝置 100 可使用 **CSI-RS** 來估測下行鏈路通道。

【0024】無線通訊裝置 100 可利用 **CSI** 壓縮技術（例如，空間域壓縮技術/頻域壓縮技術）以使用減少的上行鏈路資源向基地台精確地傳輸通道狀態資訊。作為實例，無線通訊裝置 100 可藉由基於接收 **CSI-RS** 的次頻帶來進行空間域壓縮而產生第一壓縮資料，且藉由使用各種離散傅立葉轉換（**DFT**）函數對第一壓縮資料實行頻域壓縮來產生第二壓縮資料。無線通訊裝置 100 可向基地台 200 傳輸基於第二壓縮資料產生的通道資訊（例如，**CSI** 報告）。

【0025】本發明概念涉及一種藉由基於各種 **DFT** 函數的頻域壓縮

技術來報告通道資訊而改善/最大化通道資訊的壓縮效能的方法，如以下將詳述。

【0026】 圖 2 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置 100 的方塊圖的方塊圖。所述組件可為無線通訊裝置 100 的數據機晶片 (modem chip) 的一部分。

【0027】 無線通訊裝置 100 可包括基頻處理器 110、第一 RF 積體電路 (RF integrated circuit, RFIC) 120、第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i (i = 二或多於二)、第二 RFIC 140、多個天線 150 及記憶體 160。

【0028】 基頻處理器 110 可對無線通訊裝置 100 的整體操作進行控制。舉例而言，基頻處理器 110 可包括通道品質量測電路 112、切換控制電路 114 及通道狀態資訊 (CSI) 壓縮電路 116。

【0029】 通道品質量測電路 112、切換控制電路 114 及 CSI 壓縮電路 116 可被實施為硬體或者藉由使用軟體來實施。以下將闡述的通道品質量測電路 112、切換控制電路 114 及 CSI 壓縮電路 116 的操作可被理解為基頻處理器 110 的操作。

【0030】 當與基地台 200 或其他裝置進行通訊時，為辨識多個分量載波之中的主要分量載波的通道是否劣化，通道品質量測電路 112 可對第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 的通道品質進行量測。

【0031】 通道品質量測電路 112 可對經由第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 中的每一者接收訊號的通道的條件進行量測，

且基於所量測的通道條件來產生指示與第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 對應的多個分量載波中的每一者的通道條件的指示符。

【0032】 舉例而言，通道品質量測電路 112 可對以下中的至少一者進行量測：秩指示符（rank indicator，RI）、通道品質指示符（channel quality indicator，CQI）、參考訊號接收功率（reference signal received power，RSRP）、參考訊號接收品質（reference signal received quality，RSRQ）、訊號對干擾加雜訊比（signal to Interference plus noise ratio，SINR）、所接收訊號強度指示符（received signal strength indicator，RSSI）、參考訊號相關相關性（reference signal related correlation）以及所接收訊號的可變增益指數（gain index）。

【0033】 切換控制電路 114 可基於所接收的層分配資訊來控制第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 與第一 RFIC 120 之間的連接，進而與基地台 200 裝置或其他裝置實行通訊。第一 RFIC 120 可包括與 RF 資源對應的第一 RF 鏈 121_1 至第 k RF 鏈 121_k。第一天線模組（天線相關聯電路系統組）130_1 至第 i 天線模組（天線相關聯電路系統組）130_i 中的每一者可包括第一天線陣列 130_11 至第 m 天線陣列 130_1m。第一天線陣列 130_11 至第 m 天線陣列 130_1m 中的每一者可包括第一 RF 前端 131_11 至第 n RF 前端 131_1n 及第一天線 132_11 至第 n 天線 132_1n。根據自基地台 200 裝置接收的層分配資訊，切換控制電路 114 可控制第一 RF

鏈 121_1 至第 k RF 鏈 121_k 與第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 中的第一天線陣列 130_11 至第 m 天線陣列 130_1m 之間的連接。

【0034】 切換控制電路 114 可基於自基地台 200 裝置接收的層分配資訊來控制所選擇天線模組與第一 RFIC 120 之間的連接。舉例而言，切換控制電路 114 可基於自基地台 200 裝置接收的層分配資訊而將所選擇天線模組自第一 RFIC 120 斷開連接且藉由控制另一天線模組與第一 RFIC 120 之間的連接來實行天線模組切換操作。

【0035】 舉例而言，第一 RFIC 140 可支援以毫米波頻帶進行的通訊，而第二 RFIC 140 可支援以較毫米波頻帶低的頻帶進行的通訊。第二 RFIC 140 可選擇性地連接至所述多個天線 150。

【0036】 CSI 壓縮電路 116 可基於自基地台 200 接收的參考訊號（例如，CSI-RS）而實行空間域壓縮及頻域壓縮，且產生用於進行通道資訊報告（例如，小區特定參考（cell specific reference，CSR）-資源訊號（resource signal，RS）報告）的通道資訊。所產生的通道資訊可儲存於上行鏈路控制資訊（uplink control information，UCI）位元序列中且報告至基地台 200。

【0037】 記憶體 160 可儲存第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 的指示符。記憶體 160 可儲存第一 RFIC 140 與第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 之間的連接控制所需的資訊。在一些實施例中，通道品質量測電路 112 及切換控制電路 114 可被實施為軟體且以碼形式儲存於記憶體 160 中。切換歷史資訊亦可儲

存於記憶體 160 中。

【0038】 舉例而言，記憶體 160 可使用揮發性記憶體（例如，靜態隨機存取記憶體（static random access memory，SRAM））來實施。在一些實施例中，記憶體 160 可被實施為揮發性記憶體（例如，動態隨機存取記憶體（Dynamic Random Access Memory，DRAM））或者非揮發性記憶體（例如，唯讀記憶體（read-only memory，ROM）、快閃記憶體（flash memory）、電阻式隨機存取記憶體（Resistive Random Access Memory，ReRAM）或者磁性隨機存取記憶體（Magnetic Random Access Memory，MRAM））。

【0039】 圖 3 是用於闡釋圖 2 所示第一 RFIC 及第一天線模組的特定實施實例的方塊圖。

【0040】 詳細而言，在圖 3 中，作為無線通訊裝置 100 的第一 RFIC 及第一天線模組，圖 2 所示無線通訊裝置 100 經由第一 RFIC 120a 及第一天線模組 130_1a 向基地台報告（或傳輸）藉由 CSI 壓縮電路 116 在空間域/頻域中被壓縮的通道資訊。

【0041】 參照圖 3，圖 1 所示無線通訊裝置 100 的第一 RFIC 120a 可包括第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 及開關介面（switch interface）122a。圖 3 中闡述的第一天線模組 130_1a 的實施實例亦可應用於圖 2 所示第二天線模組 130_2 至第 i 天線模組 130_i。舉例而言，在無線通訊系統中的基地台 200 與無線通訊裝置 100 之間的存取的初始階段中，可基於藉由基地台 200 設定的層分配資訊來控制第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 與第一天線模

組 130_1a 之間的連接。

【0042】 舉例而言，當在無線通訊系統中主要分量載波的通道狀態發生劣化時，開關介面 122a 可基於自基地台 200 接收的被改變的層分配資訊來控制第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 與第一天線模組 130_1a 之間的連接。

【0043】 第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 中的每一者可包括類比-數位轉換器 (analog-to-digital converter) ADC、混頻器 MX 及可變增益放大器 VGA。可變增益放大器 VGA 可基於可變增益而放大所接收的訊號，混頻器 MX 可基於頻率訊號 LO 對所放大的訊號進行下變頻，而類比-數位轉換器 ADC 可將所轉換的訊號轉換成數位訊號。自類比-數位轉換器 ADC 輸出的數位訊號可被提供至圖 2 所示基頻處理器 110。

【0044】 類比-數位轉換器 ADC、混頻器 MX 與可變增益放大器 VGA 形成由無線通訊裝置 100 接收的訊號的路徑，且圖 3 所示第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 可更包括形成由無線通訊裝置 100 傳輸的訊號的路徑的組件。開關介面 122a 可因應於開關控制訊號而對第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 與第一天線模組 130_1a 進行連接。

【0045】 第一天線模組 130_1a 可包括第一天線陣列 130_11a 至第 m 天線陣列 130_1ma 及第一組合器 (combiner) 133_1a 至第 m 組合器 133_ma。第一天線陣列 130_11a 的實施實例亦可應用於第二天線陣列 130_12a 至第 m 天線陣列 130_1ma。第一天線陣列

130_11a 至第 m 天線陣列 130_1ma 中的每一者可包括第一 RF 前端 131_11a 至第 n RF 前端 131_1na 以及連接至第一 RF 前端 131_11a 至第 n RF 前端 131_1na 的第一天線 132_11a 至第 m 天線 132_ma。第一 RF 前端 131_11a 至第 n RF 前端 131_1na 中的每一者可包括移相器 (phase shifter) PS 及低雜訊放大器 LNA。可藉由對第一天線模組 130_1a 中所包括的所述多個移相器 PS 進行相位調節而在第一天線模組 130_1a 中形成多個接收波束圖案。第一組合器 133_1a 至第 m 組合器可對自所連接的第一天線陣列 130_11a 至第 m 天線陣列 130_1ma 接收的訊號進行組合且將相加的訊號輸出至第一 RFIC 120a。

【0046】 圖 3 所示第一 RFIC 120a 及第一天線模組 130_1a 的實施方式僅為實例性實施例，但並非僅限於此且將適用於適合用於以毫米波頻帶進行通訊的各種實施方式。

【0047】 圖 4 是根據實例性實施例的通道狀態資訊壓縮電路的方塊圖。所述方塊圖例示出基頻處理器 110（具體而言，圖 2 所示 CSI 壓縮電路 116）的空間域壓縮過程及頻域壓縮過程。

【0048】 如圖 4 中所示，CSI 壓縮電路 116 可包括空間域 (spatial domain, SD) 壓縮區塊 410、頻域 (frequency domain, FD) 壓縮區塊 420（包括非零係數 (non-zero coefficient, NZC) 選擇及量化區塊 427）、以及上行鏈路通道資訊 (uplink channel information, UCI) 位元序列產生區塊 430。

【0049】 基於所接收的 CSI-RS，SD 壓縮區塊 410 可藉由根據接

收 CSI-RS 的次頻帶的空間域特性來利用空間碼簿而實行空間域壓縮。舉例而言，SD 壓縮區塊 410 可在過取樣（oversampled）離散傅立葉轉換（DFT）空間（可互換地，「過取樣（oversampling）DFT 空間」）中重新表達與基地台的天線埠對應的值，且然後在候選基（例如，行向量）之中選擇具有主值的 SD 基。

【0050】 FD 壓縮區塊 420 可包括 DFT 轉換區塊 421、FD 基選擇區塊 426、NZC 選擇及量化區塊 427 以及旁通路徑 428。（注意，可在構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率是整數時使用旁通路徑 428）。

【0051】 DFT 轉換區塊 421 可包括第一子轉換區塊 421、第二子轉換區塊 422、第三子轉換區塊 423 及第四子轉換區塊 424。當在用於在基地台與無線通訊裝置之間進行通訊的整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時，根據實施例的 DFT 轉換區塊 421 可使用第一子轉換區塊 421、第二子轉換區塊 422、第三子轉換區塊 423 或第四子轉換區塊 424 中的任一者來實行頻域壓縮。儘管圖 4 中未示出，但當在整個 BWP 之上接收 CSI-RS 時，可使用與整個 BWP 大小對應的 DFT 函數（例如，3GPP Rel. 16 或 3GPP Rel. 17 中定義的 DFT 函數）來實行頻域壓縮。

【0052】 在一個實施例中，與經 SD 壓縮的第一壓縮資料的第 n 次頻帶對應的矩陣被定義為 $\mathbf{V}_n \in \mathcal{C}^{L \times Rank}$ ，且此處， L 可指藉由 SD 壓縮而減少的維度的數目，且秩（Rank）可指基地台與終端之間的用於 MIMO 通訊的總層數。

【0053】 在一個實施例中，DFT 轉換的輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 可為藉由自經 SD 壓縮的第一壓縮資料提取接收 CSI-RS 的每一次頻帶的第一層而產生的矩陣的 $L \times N_{SB}^{CSIRS}$ 形式。 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 可基於方程式 1 來表達。其中 L 可指藉由 SD 壓縮而減少的維度的數目。

【0054】 [方程式 1]

$$\mathbf{V}_l^{CSIRS} = \left[\mathbf{V}_{N_{SB-start}^{CSIRS}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{SB-start}^{CSIRS}+1}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{SB}^{CSIRS}-1}(:, l) \right]$$

【0055】 在一個實施例中，第一子轉換區塊 421 可藉由使用大小與接收 CSI-RS 的次頻帶的數目對應的 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料。之後將參照圖 5 至圖 6B 對此詳細說明進行闡述。第二子轉換區塊 422 可藉由使用藉由接收 CSI-RS 的次頻帶的數目而被過取樣的 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料。之後將參照圖 7 至圖 8E 對此詳細說明進行闡述。第三子轉換區塊 423 可藉由使用形式基於構成 BWP 的次頻帶的數目及接收 CSI-RS 的次頻帶的數目來確定的部分 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料。之後將參照圖 9 至圖 10D 對此詳細說明進行闡述。第四子轉換區塊 424 可對構成 BWP 的次頻帶之中的未接收 CSI-RS 的次頻帶實行預處理且藉由使用 DFT 函數在頻域中對經預處理的第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料。之後將在圖 11 至圖 12G 中對此詳細說明進行闡述。

【0056】 FD 基選擇區塊 426 可自 DFT 轉換區塊 421 接收第二壓縮資料且選擇第二壓縮資料的主基作為 FD 基。此處，FD 基可指

在 DFT 空間中被重新表達的第一壓縮資料之中的具有主值的行的索引。舉例而言，FD 基選擇區塊 426 可計算被實行 FD 壓縮的第二壓縮資料的每一行的分量的平方的平均值，根據大小對平均值進行排序，且然後選擇並輸出預設數目的 FD 基（例如，每一行分量的平方的平均值的量值大的次序）。

【0057】 NZC 選擇及量化區塊 427 可以「SD 基×FD 基」的形式計算第二壓縮資料中所包括的分量的絕對值，根據大小對絕對值進行排序，且然後選擇預設數目的 NZC（例如，選擇具有大絕對值的次序）。NZC 選擇及量化區塊 427 可將所選擇 FD 基及 NZC 量化成可以 UCI 位元序列表示的形式。

【0058】 然而，UCI 位元序列產生區塊 430 可自 NZC 選擇及量化區塊 427 接收經量化的 FD 基及 NZC 且產生用於向基地台報告 CSI 的 UCI 位元序列。

【0059】 根據實施例，當經由一些次頻帶自基地台傳輸 BWP 的 CSI-RS 時，可提供一種藉由在傳輸 CSI-RS 的次頻帶的通道資訊不被損壞的範圍內有效地實行頻域壓縮而使通道資訊的壓縮效能最大化的無線通訊裝置。

【0060】 藉由根據本發明概念技術思想的在頻域中對通道資訊進行壓縮的過程，可提供一種能夠防止由於通道之間的干擾而導致 CSI 報告內容出現變形及污染（或失真）的無線通訊裝置。

【0061】 圖 5 是示出根據實例性實施例的對無線通訊裝置進行操作的方法的流程圖。

【0062】 詳細而言，圖 5 是用於闡釋當在圖 2 所示無線通訊裝置 100 的基頻處理器 110 中的整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時，由基頻處理器 110（例如，圖 4 所示第一子轉換區塊 422）對通道特性資訊實行 CSI-RS 維度 FD 壓縮的操作的圖。

【0063】 在本文中，「CSI-RS 維度」可指基於 BWP 的次頻帶之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶（少於 BWP 的所有次頻帶）的數目 N_{SB}^{CSI-RS} 而轉換的 DFT 空間，而「BWP 維度」可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 而轉換的 DFT 空間。

【0064】 參照圖 5，藉由在空間域及頻域中對通道特性資訊進行壓縮來產生通道資訊的操作可包括操作 S10、操作 S20、操作 S30、操作 S40、操作 S50、操作 S60 及操作 S70。

【0065】 在操作 S10 中，基頻處理器 110 可自基地台接收 CSI-RS。舉例而言，基地台使用預定義的天線埠及無線電通訊資源（例如，時間資源元素/頻率資源元素（RE））向終端傳輸 CSI-RS。

【0066】 在操作 S20 中，基頻處理器 110 可判斷（或辨識）是否經由 BWP 的「一些次頻帶」（少於 BWP 的所有次頻帶）或者經由由基地台指定的一或多個感興趣次頻帶（當在 BWP 的所有次頻帶中傳輸 CSI-RS 時）接收 CSI-RS。由於可藉由基地台在 BWP 內自由地分配 CSI-RS，因此可在 BWP 的所有次頻帶中傳輸 CSI-RS，或者僅在 BWP 中的一些次頻帶中傳輸 CSI-RS。在本文中，當 CSI-RS 被稱為在 BWP 內的「一些次頻帶」中被接收時，此可囊括 1）在少於 BWP 內的所有次頻帶中接收 CSI-RS 的情形、以及 2）藉

由基地台在整個 BWP 之上傳輸 CSI-RS，但基地台藉由 CSI 報告頻帶資訊（例如，位元序列）而指定至少一個感興趣次頻帶且僅請求對對應的至少一個次頻帶進行 CSI 報告的情形。

【0067】 基頻處理器 110 可在經由 BWP 的一些次頻帶接收 CSI-RS 時實行操作 S30。在操作 S40，當經由 BWP 的所有次頻帶接收 CSI-RS 時，基頻處理器 110 可藉由基於 CSI-RS 對通道進行估測來產生通道資訊。

【0068】 在操作 S30 中，基頻處理器 110 可在空間域中對接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮（在下文中被稱為 SD 壓縮）以產生第一壓縮資料。舉例而言，基頻處理器 110 將接收 CSI-RS 的次頻帶的空間域特性（例如，與天線埠對應的值）重新表達為過取樣離散傅立葉轉換（DFT）空間，且然後在 SD 基之中選擇主 SD 基。其中接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊可被理解為意指「接收 CSI-RS 的次頻帶的空間域特性（例如，主 SD 基）」。基頻處理器 110 可產生由所選擇 SD 基而非構成現有 BWP 的基構成的第一壓縮資料。即，可以相較於壓縮前而言維度減少所選擇 SD 基的矩陣的形式對第一壓縮資料進行配置。

【0069】 在操作 S50 中，基頻處理器 110 可使用大小與接收 CSI-RS 的次頻帶的數目對應的 DFT 函數來產生第二壓縮資料。即，基頻處理器 110 可藉由使用 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料（在下文中被稱為 FD 壓縮）。舉例而言，基頻處理器 110 可選擇指示藉由在 DFT 空間中對第一壓縮資料進

行重新表達而獲得的第二壓縮資料之中具有主值的行的索引的 FD 基。另外，基頻處理器 110 可在 DFT 轉換空間中計算第二壓縮資料（例如，矩陣形式資料）中所包括的分量的絕對值，且根據絕對值的大小來選擇預設數目的 NZC。基頻處理器 110 可對包括所選擇 FD 基及 NZC 的通道資訊進行量化以顯示出 UCI 位元序列中的通道資訊。之後將參照圖 6A 及圖 6B 對此詳細說明進行闡述。

【0070】 在操作 S60 中，基頻處理器 110 可基於第二壓縮資料來產生通道資訊。舉例而言，基頻處理器 110 可基於經量化的通道資訊（例如，關於所選擇 FD 基及 NZC 的資訊）產生 UCI 位元序列。

【0071】 在操作 S70 中，基頻處理器 110 可向基地台報告通道資訊。基地台可藉由接收無線通訊裝置的空間域壓縮通道資訊/頻域壓縮通道資訊的報告來確定用於下行鏈路資料傳輸的預編碼器。另外，在根據本發明概念的實施例中，基地台可基於無線通訊裝置的通道資訊報告而再次實行 CSI-RS 配置及 CSI 配置。基地台可基於無線通訊裝置的空間域壓縮通道資訊報告/頻域壓縮通道資訊報告來知曉對應通道的資訊量。可基於與所報告 FD 基對應的 NZC 的能量分佈來確定通道的資訊量。舉例而言，若 NZC 的能量集中於某 FD 基上，則基地台可控制無線通訊裝置增加通道資訊的壓縮速率，進而使 CSI 報告所產生的開銷最小化。

【0072】 因此，根據實施例的無線通訊系統藉由基地台根據通道資訊的量對 CSI-RS 分配區域的大小進行調節，使得達成藉由僅針

對特定無線通訊資源來傳輸資料而提高頻譜效率的效果。另外，根據本發明概念的技術概念的無線通訊裝置可藉由頻域（FD）中的壓縮過程來防止由於干擾而導致 CSI 報告內容出現變形及失真。

【0073】圖 6A 及圖 6B 是用於闡釋根據實例性實施例的由第一子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0074】詳細而言，圖 6A 及圖 6B 示出用於闡釋由圖 4 所示第一子轉換區塊 422 進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0075】圖 6A 示出作為圖 5 所示操作 S20 中的第一情形的在 BWP 內的一些次頻帶中接收 CSI-RS 的情形，而圖 6B 示出作為圖 5 所示操作 S20 中的第二情形的基地台為僅針對感興趣次頻帶的 CSI 報告請求 CSI 報告頻帶資訊（例如，位元序列）的情形。

【0076】如上所述，「CSI-RS 維度」可指基於 BWP 之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶的數目 N_{SB}^{CSI-RS} 而轉換的 DFT 空間，而「BWP 維度」可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 而轉換的 DFT 空間。

【0077】在圖 6A 及圖 6B 中，基頻處理器 110 針對 DFT 轉換的大小（例如，K 點）使用 DFT 函數來產生第二壓縮資料，所述 DFT 函數被設定成對應於接收 CSI-RS 的次頻帶的數目（例如，之前定義的「CSI-RS 維度」中的 DFT 函數）。

【0078】參照圖 6A，在第一情形中，用於基地台與無線通訊裝置 100 之間的通訊的 BWP 610 包括第一次頻帶 SB_1 至第 n 次頻帶 $SB_{N_{SB}^{BWP}}$ ，第一次頻帶 SB_1 至第 n 次頻帶 $SB_{N_{SB}^{BWP}}$ 包括接收 CSI-RS 的次頻帶 620。

【0079】 在一個實施例中，在第一情形中，基頻處理器 110（例如，CSI 壓縮電路 116）使用 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ （例如，CSI-RS 維度中的 DFT 函數）在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮（在下文中被稱為 FD 壓縮）以產生第二壓縮資料 $\tilde{\mathbf{v}}_l^{CSIRS}$ （此時，可針對第一壓縮資料中的每一層實行 FD 壓縮），所述 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 具有與接收 CSI-RS 的次頻帶的數目對應的大小。舉例而言，可基於方程式 2 來計算第二壓縮資料 $\tilde{\mathbf{v}}_l^{CSIRS}$ 。

【0080】 [方程式 2]

$$\tilde{\mathbf{v}}_l^{CSIRS} = \mathbf{v}_l^{CSIRS} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$$

【0081】 此處， $\mathbf{v}_l^{CSIRS}$ 是基於圖 4 中的方程式 1 確定的 DFT 轉換的輸入矩陣， $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 可指 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 大小的 N_{SB}^{CSIRS} 點 DFT 矩陣，而 N_{SB}^{CSIRS} 可指接收 CSI-RS 的次頻帶的數目。

【0082】 參照圖 6B，在第二情形中，BWP 610 包括第一次頻帶 SB_1 至第 n 次頻帶 $SB_{N_{SB}^{BWP}}$ ，第一次頻帶 SB_1 至第 n 次頻帶 $SB_{N_{SB}^{BWP}}$ 包括接收 CSI-RS 的次頻帶 620。舉例而言，基地台可將感興趣次頻帶 651 指示為「1」（現用）且向無線通訊裝置 100 傳輸其中非感興趣次頻帶 652 被指示為「0」（非現用）的位元序列（例如，CSI 報告頻帶資訊）。

【0083】 在第二情形中，當在接收 CSI-RS 的次頻帶之中存在非感興趣次頻帶時，基頻處理器 110（例如，CSI 壓縮電路 116）可將用於 FD 壓縮的 DFT 大小確定為「 $N_{SB_active}^{CSIRS} = N_{SB}^{CSIRS} - N_{SB_inactive}^{CSIRS}$ 」° 在此情形中，基頻處理器 110 亦可基於以下方程式 3 產生第二壓

縮資料 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS_active}$ (此時，可對第一壓縮資料中的每一層實行 FD 壓縮)。

【0084】 [方程式 3]

$$\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS_active} = \mathbf{V}_l^{CSIRS_active} \mathbf{D}_f^{N_{SB_active}^{CSIRS}}$$

【0085】 此處， $\mathbf{V}_l^{CSIRS_active}$ 是感興趣次頻帶的 DFT 轉換的輸入矩陣且是基於圖 4 所示方程式 1 確定，而 $\mathbf{D}_f^{N_{SB_active}^{CSIRS}}$ 可指被設定成與 $N_{SB_active}^{CSIRS}$ 對應的大小的 DFT 函數 (例如，CSI-RS 維度 DFT 函數)。

【0086】 在 FD 壓縮之後，基頻處理器 110 可計算第二壓縮資料的每一行的範數並對所述範數進行排序以確定 (或選擇) FD 基上的具有主值的行的索引。

【0087】 圖 7 是示出根據實例性實施例的對無線通訊裝置進行操作的方法的流程圖。

【0088】 詳細而言，圖 7 是用於闡釋在藉由基頻處理器 110 (例如，圖 4 所示第二子轉換區塊 423) 實行 CSI-RS 維度 FD 壓縮 (例如，應用過取樣 DFT) 之後藉由映射至 BWP 維度 FD 壓縮來實行 FD 壓縮的操作、當在圖 2 所示無線通訊裝置 100 的基頻處理器 110 中的整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時藉由映射至 BWP 維度 FD 壓縮來實行 FD 壓縮的操作的圖。

【0089】 參照圖 7，在實行 CSI-RS 維度 FD 壓縮之後藉由映射至 BWP 維度 (之前定義的) 來實行 FD 壓縮的操作可包括操作 S51、操作 S53 及操作 S55。此處重申，在本文中，CSI-RS 維度可指基於 BWP 之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 而轉換的

DFT 空間，而 BWP 維度可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 而轉換的 DFT 空間。

【0090】在操作 S51 中，基頻處理器 110 可判斷（或辨識）構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSI-RS} 的比率 Z 是否是整數。此處， Z 可指「 $N_{SB}^{BWP}/N_{SB}^{CSI-RS}$ 」。舉例而言，當構成 BWP 的次頻帶的數目是「6」而接收 CSI-RS 的次頻帶的數目是「2」時， Z 是「3」（其為整數）。舉例而言，當構成 BWP 的次頻帶的數目是「7」而接收 CSI-RS 的次頻帶的數目是「2」時， Z 是「3.5」（其並非整數）。

【0091】在操作 S53 中，基頻處理器 110 可藉由使用基頻處理器 110 可產生的過取樣（oversampled）DFT 函數（可互換地，「過取樣（oversampling）DFT 函數」）來產生 CSI-RS 維度的第二壓縮資料。過取樣因數可為「 $Z(N_{SB}^{BWP}/N_{SB}^{CSI-RS})$ 」。舉例而言，基頻處理器 110 可藉由應用 CSI-RS 的旋轉索引或位置指示矩陣中的至少一者來產生過取樣 DFT 函數（例如，CSI-RS 維度 DFT 函數）。基頻處理器 110 可藉由使用過取樣 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料。之後將參照圖 8A 至圖 8E 對此詳細說明進行闡述。

【0092】在操作 S55 中，基頻處理器 110 可藉由將 CSI-RS 維度的第二壓縮資料映射至 BWP 維度來產生通道資訊。

【0093】在應用過取樣 DFT 之後，基頻處理器 110 可基於以上在圖 4 中闡述的 FD 基及 NZC 選擇方法來選擇 FD 基及 NZC。

【0094】 基頻處理器 110 可藉由將在 CSI-RS 維度中選擇的 FD 基乘以比率 Z 而將在 CSI-RS 維度中選擇的 FD 基映射至 BWP 維度中的 FD 基，或者基頻處理器 110 可藉由將旋轉索引添加至藉由將在 CSI-RS 維度中選擇的 FD 基乘以比率 Z 而獲得的值而將在 CSI-RS 維度中選擇的 FD 基映射至 BWP 維度中的 FD 基。

【0095】 當構成 BWP 的次頻帶的數目對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目的比率是整數時，基頻處理器 110 可產生通道資訊，所述產生通道資訊更包括：基頻處理器 110 可基於第二壓縮資料來選擇與 CSI-RS 的接收區域對應的 FD 基（例如，FD 行索引）；以及將 FD 基（例如，FD 行索引）映射成對應於 BWP 區域。基頻處理器 110 可藉由將旋轉索引與 FD 基（例如，FD 行索引）和構成 BWP 的次頻帶的數目對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目的比率的乘積相加來計算出一值，且將所述值映射為與 BWP 區域對應的 FD 基（例如，FD 行索引）。其中所述所述詞「FD 行索引」可被理解為意指「FD 基（例如，FD 基索引）」。

【0096】 當構成 BWP 的次頻帶的數目對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目的比率是整數時，基頻處理器 110 可產生的通道資訊，所述產生通道資訊更包括：基頻處理器 110 可基於由與第一壓縮資料及 FD 基（例如，FD 行索引）對應的行向量構成的矩陣來選擇非零係數（NZC）；以及將 NZC 映射成對應於 BWP 區域。其中選擇 NZC 包括：基頻處理器 110 可基於由與第一壓縮資料及 FD 基（例如，FD 行索引）對應的行向量構成的矩陣中所包括的元素的絕對

值來選擇 NZC。其中所述所述詞「FD 行索引」可被理解為意指「FD 基（例如，FD 基索引）」。

【0097】 基頻處理器 110 可根據預設方法對在 CSI-RS 維度中選擇的 NZC 實行相位補償以將在 CSI-RS 維度中選擇的 NZC 映射至 BWP 維度中的 NZC。之後將參照圖 8A 至圖 8E 對此詳細說明進行闡述。

【0098】 已在基於圖 5 所示 DFT 函數在 CSI-RS 維度中實行 FD 壓縮的前提下對圖 7 進行闡述，但並非僅限於此。舉例而言，根據實施例的基頻處理器 110 可使用各種類型的 DFT 函數在 CSI-RS 維度中實行 FD 壓縮，且實行將結果映射至 BWP 維度的 FD 壓縮。另外，圖 7 所示 FD 壓縮操作可被應用為其中無線通訊裝置 100 在低維度（例如，CSI-RS 維度）的 FD 壓縮之後將通道特性資訊映射至高維度（例如，BWP 維度）的 FD 壓縮的獨立實施例。

【0099】 根據實施例的基頻處理器 110 可使用 CSI-RS 維度的 FD 壓縮來替代 BWP 維度的 FD 壓縮。此具有減少在 FD 壓縮過程中產生的開銷量且減少能量消耗的效果。另外，根據本發明概念的技術概念的無線通訊裝置可藉由在頻域中對通道資訊進行壓縮的過程來防止由於干擾而導致 CSI 報告內容出現劣化及失真。

【0100】 圖 8A 至圖 8E 是用於闡釋根據實例性實施例的由第二子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0101】 詳細而言，圖 8A 至圖 8E 是用於闡釋由圖 4 所示第二子轉換區塊 423 進行的 FD 壓縮操作（例如，在 CSI-RS 維度中的 FD

壓縮之後映射至 BWP 維度中的 FD 壓縮的操作) 的圖。

【0102】 如之前所陳述，在本文中，CSI-RS 維度可指基於 BWP 之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶的數目 N_{SB}^{CSI-RS} 而轉換的 DFT 空間，而 BWP 維度可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 而轉換的 DFT 空間。此外，在本文中，「Z」可被表達為作為 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSI-RS} 的比率的整數。

【0103】 圖 8A 示出由圖 4 所示第二子轉換區塊 423 實行 FD 壓縮 (例如，圖 8B 至圖 8E 中所示) 的無線通訊環境 800。舉例而言，無線通訊環境 800 包括在 BWP 的一些連續次頻帶中接收 CSI-RS 的情形，或者基地台僅針對 BWP 的一些連續次頻帶來接收被設定為感興趣次頻帶 (例如，在圖 8A 中的通道資訊報告頻帶的位元映射中被標記為「1」的次頻帶) 的 CSI 報告頻帶的情形。

【0104】 參照圖 8A，圖 8B 至圖 8E 所示無線通訊環境 800 假定用於基地台與無線通訊裝置 100 之間的通訊的 BWP 810 包括次頻帶 (例如，第一次頻帶 SB_1 至第 n 次頻帶 $SB_{N_{SB}^{BWP}}$) 且接收 CSI-RS 的一些次頻帶 820 包括 N_{SB}^{CSI-RS} 個次頻帶 (例如，CSI-RS 接收開始的次頻帶 $SB_{N_{start}^{CSI-RS}}$ 至 CSI-RS 接收結束的次頻帶 $SB_{N_{end}^{CSI-RS}}$)。在此種情形中，接收 CSI-RS 的一些次頻帶 820 可為頻域中的連續次頻帶。

【0105】 參照圖 8B 及圖 8C，圖 8B 及圖 8C 示出 BWP 維度中的實例性第一過取樣 (oversample) DFT 區塊 (可互換地，「過取樣 (oversampling) DFT 區塊」) 830 及 CSI-RS 維度中的第二過取樣

DFT 轉換區塊 840。

【0106】在圖 8B 中，第一過取樣 DFT 區塊 830 的第一 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{BWP}$ 831 可表示「 $L \times N_{SB}^{BWP}$ 」大小的矩陣，且第一 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{BWP}$ 831 中的接收 CSI-RS 的區域 831 可由「 $L \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」矩陣表示。

【0107】第一過取樣 DFT 區塊 830 可使用第一 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}}$ 來實行 BWP 維度 FD 壓縮。此處，第一 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}}$ 可指 BWP 維度的部分 DFT 函數。

【0108】第一 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}}$ 可表示「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{BWP}$ 」大小的矩陣（例如，部分 DFT 矩陣）。第一 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}}$ 中的與接收 CSI-RS 的次頻帶對應的區域 832 可包括根據預設週期旋轉的 DFT 行（例如，第一 DFT 行 832-1、第二 DFT 行 832-2、...、第 z DFT 行 832-z）。在此種情形中，可基於構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率 Z 來確定旋轉 DFT 行的數目。在藉由第一過取樣 DFT 區塊 830 進行過取樣之後，可根據圖 4 中闡述的方法來選擇 FD 基及 NZC。

【0109】在圖 8C 中，第二過取樣 DFT 區塊 840 可使用 CSI-RS 層階第二過取樣 DFT 函數 $\mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 來實行 BWP 層階 FD 壓縮。

【0110】第二過取樣 DFT 區塊 840 的第二 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 841 可被表達為「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣。第二過取樣 DFT 區塊 840 的第二 DFT 函數 $\mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ （例如，第一過取樣 DFT 函

數 842-1 至第 z 過取樣 DFT 函數 842- z) 可表示「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣。舉例而言，第一過取樣 DFT 函數 842-1 至第 z 過取樣 DFT 函數 842- z 中的每一者可包括「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的正交矩陣。

【0111】 第二過取樣 DFT 區塊 840 可基於方程式 4 來計算第二 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 841 的 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_{l,r}^{CSIRS}$ 。

【0112】 [方程式 4]

$$\tilde{\mathbf{V}}_{l,r}^{CSIRS} = \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$$

【0113】 此處， $\mathbf{R}_r$ 是指示每一過取樣 DFT 函數的旋轉索引的矩陣且可由「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的對角矩陣 (diagonal matrix) 構成。 $\mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 是指示 CSI-RS 的接收開始位置的矩陣且可由大小為「 x 」的對角矩陣構成。舉例而言，當 $\mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 可將 BWP 維度 DFT 函數劃分成「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的 Z 個正交矩陣時，此可指用於將每一正交矩陣表達為「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 。

【0114】 旋轉索引及 FD 基選擇區塊 843 可基於方程式 5 來確定 (或選擇) DFT 轉換之後的 CSI-RS 維度的旋轉索引及 FD 基。

【0115】 [方程式 5]

$$(j_l^{CSIRS} = \{j_{l,1}^{CSIRS}, \dots, j_{l,M}^{CSIRS}\}, r_l) = \arg \max_{\substack{j_{l,1}^{CSIRS}, \dots, j_{l,M}^{CSIRS} \in \{1, \dots, N_{SB}^{CSIRS}\} \\ r_l \in \{1, \dots, Z\}}} \left\| \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{R}_{r_l} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}(:, j_l^{CSIRS}) \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}} \right\|_F^2$$

【0116】 N_{SB}^{BWP} 點 DFT 映射區塊 845 可基於方程式 6 將 CSI-RS 維度的旋轉索引及 FD 基映射至 BWP 維度。

【0117】 [方程式 6]

$$j_{l,i}^{BWP} = (j_{l,i}^{CSIRS} - 1) * Z + r_l$$

$$j_{l,1}^{BWP}, \dots, j_{l,M}^{BWP} \in J_l^{BWP}$$

【0118】 此處，Z 是指構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率且 r_l 可指旋轉索引。

【0119】 NZC 相位補償區塊 847 可基於方程式 7 將 CSI-RS 維度的所選擇 NZC 映射至 BWP 維度。

【0120】 [方程式 7]

$$p_{l,i}^{BWP} = \left(p_{l,i}^{CSIRS} + \text{round} \left(\left(\left(\frac{j_{l,i}^{CSIRS}}{N_{SB}^{CSIRS}} - \frac{j_{l,i}^{BWP}}{N_{SB}^{BWP}} \right) * \left(\frac{N_{SB}^{CSIRS} - 1}{2} + SB_{start} \right) - SB_{start} * \frac{j_{l,i}^{CSIRS}}{N_{SB}^{CSIRS}} \right) * 16 \right) \right) \% 16$$

【0121】 當構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率是整數時，自 N_{SB}^{BWP} 點 DFT 映射區塊 845 輸出的第二壓縮資料可經由旁通路徑 848 跳過相位補償過程(例如，可在構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率是整數時使用旁通路徑 848) 且產生通道資訊。

【0122】 當根據實施例基於 DFT 轉換區塊(例如，第二過取樣 DFT 區塊 840) 實行 FD 壓縮時，在根據比較實施例為 DFT 轉換區塊(例如，第一過取樣 DFT 區塊 830) 做準備時，藉由實行低維度 FD 壓縮，可藉由顯著減少 FD 壓縮過程中產生的開銷而使 FD 壓縮的效率最大化。

【0123】 參照圖 8D，圖 8D 示出根據圖 8C 所示第二過取樣 DFT 轉換區塊 840 的 CSI-RS 的起始位置的相位補償的實施例。在圖 8D 中，可藉由對上述圖式的說明來替代圖 8D 所示與上述圖式交

疊的配置（例如，配置 843、配置 845、配置 847、配置 848、配置 427）。

【0124】 詳細而言，第一情形 853 及第二情形 854 可被包括為根據 CSI-RS 的起始位置的用於相位補償的 $\mathbf{O}_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 的應用時間點的實施例。

【0125】 第一情形 853 中的第三過取樣 DFT 區塊 850 可使用 CSI-RS 維度第三 DFT 函數 $\mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 來實行 BWP 維度 FD 壓縮。此處，第三 DFT 函數 $\mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 可指過取樣 DFT 函數。

【0126】 第三過取樣 DFT 區塊 850 的第三 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 851 可被表達為「 $L \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣。第三 DFT 轉換區塊 850 的第三 DFT 函數 $\mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ （例如，第一過取樣 DFT 函數 $\mathbf{R}_1 \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 852-1 至第 z 過取樣 DFT 函數 $\mathbf{R}_z \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ ）表示「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣。舉例而言，第一過取樣 DFT 函數 $\mathbf{R}_1 \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 852-1 至第 z 過取樣 DFT 函數 $\mathbf{R}_z \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 852-z 中的每一者可包括「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的正交矩陣。

【0127】 第三過取樣 DFT 區塊 850 可基於方程式 8 來計算第三 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 851 的 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS}$ 。

【0128】 [方程式 8]

$$\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS} = \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$$

【0129】 此處， $\mathbf{R}_r$ 是指示每一過取樣 DFT 函數的旋轉索引的矩陣且可由「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的對角矩陣構成。

【0130】 在第三過取樣 DFT 區塊 850 之後，可根據圖 8C 所示第

二過取樣 DFT 區塊 840 中闡述的方式來選擇旋轉索引及 FD 基，且可將 CSI-RS 維度的旋轉索引及 FD 基映射至 BWP 維度。

【0131】 NZC 相位補償區塊 855 可應用指示 CSI-RS 的所接收次頻帶的起始位置的 $O_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 來補償用於將 CSI-RS 維度的 NZC 映射至 BWP 維度的相位。

【0132】 基於以上在圖 4 中闡述的方法，NZC 選擇及量化區塊選擇 NZC 之中的映射至 BWP 維度的主 NZC 且實行量化以產生通道資訊（例如，UCI 位元序列）。此處，在第一情形 853 中，可藉由在 NZC 選擇及量化之前應用 $O_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 而基於映射至 BWP 維度的 DFT 結果來選擇 NZC。

【0133】 第二情形 854 的過取樣 DFT 區塊 860 與第三過取樣 DFT 區塊 850 相同，且旋轉索引及 FD 基選擇區塊以及 N_{SB}^{BWP} 點 DFT 映射區塊可與第一情形 853 的 N_{SB}^{BWP} 點 DFT 映射區塊相同。

【0134】 然而，在第二情形 854 中，與第一情形 853 不同，可在 NZC 選擇及量化之後應用 $O_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 的應用點。即，在第二情形 854 中，藉由在 NZC 選擇及量化之後應用 $O_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ ，可基於 CSI-RS 維度中的 DFT 結果來選擇 NZC 且可在 BWP 維度中實行映射。

【0135】 圖 8D 所示第一情形 853 與第二情形 854 具有不同的 $O_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 的應用時間，但每一情形中的最終選擇的 BWP 維度的 FD 基與 NZC 可為相同的。

【0136】 圖 8E 示出當構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率 Z 不是整數時在不慮及過取樣的

效果的情況下藉由 DFT 進行 FD 壓縮的實施例。在圖 8E 中，可藉由對上述圖式的說明來替代與上述圖式交疊的圖 8E 所示配置（例如，配置 845、配置 848、配置 426、配置 427）。

【0137】 第四過取樣 DFT 區塊 870 可使用 CSI-RS 層階 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 來實行 BWP 層階 FD 壓縮。此處，DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 可指不慮及過取樣 DFT 的效果或者僅使用過取樣 DFT 中的一些過取樣 DFT（例如， r_l 被視為 1）的函數。

【0138】 第四過取樣 DFT 區塊 870 的第四 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 871 可被表達為「 $L \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣。

【0139】 第四過取樣 DFT 區塊 870 可基於方程式 9 來計算第四 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 871 的 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS}$ 。

【0140】 [方程式 9]

$$\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS} = \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$$

【0141】 此處，DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 可指不慮及過取樣 DFT 的效果或者僅使用過取樣 DFT 中的一些過取樣 DFT（例如， r_l 被視為 1）的函數。

【0142】 在一個實施例中，當構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率 Z 不是整數時，在不慮及過取樣 DFT 效果的情況下， r_l 可被視為 1（例如，圖 8E 所示 DFT 函數 872）。在此種情形中，藉由自圖 8C 所示方程式 5 移除「 $\mathbf{R}_{r_l}$ 」（即，不選擇旋轉索引）來確定（或選擇）DFT 轉換之後的 CSI-RS 維度中的 FD 基，可基於上述方程式 6 將在 CSI-RS 維度中選

擇的 FD 基映射至 BWP 維度。另外，根據圖 8D 所示 CSI-RS 的起始位置的相位補償的實施例適用於圖 8E 所示實施例。

【0143】 圖 9 是示出根據實例性實施例的對無線通訊裝置進行操作的方法的流程圖。

【0144】 詳細而言，圖 9 是用於闡釋當圖 2 所示無線通訊裝置 100 的基頻處理器 110 在整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時，由基頻處理器 110（例如，圖 4 所示第三子轉換區塊 424）實行 BWP 維度 FD 壓縮（例如，部分 DFT 應用）的操作的圖。

【0145】 如之前所定義，在本文中，CSI-RS 維度可指基於 BWP 之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶的數目而轉換的 DFT 空間，而 BWP 維度可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目而轉換的 DFT 空間。

【0146】 參照圖 9，藉由應用部分 DFT 來實行 FD 壓縮的操作可包括操作 S210、操作 S220、操作 S230、操作 S240、操作 S250、操作 S260 及操作 S270。此處，操作 S210、操作 S220、操作 S230、操作 S240、操作 S260 及操作 S270 分別對應於圖 4 所示操作 S10、操作 S20、操作 S30、操作 S40、操作 S60 及操作 S70，且因此可不再對其冗餘說明予以贅述。

【0147】 在操作 S250 中，基頻處理器 110 可使用部分 DFT 函數來產生第二壓縮資料。

【0148】 舉例而言，基頻處理器 110 使用部分 DFT 函數在頻域中對經 SD 壓縮的第一壓縮資料進行壓縮（在下文中被稱為 FD 壓縮）以產生第二壓縮資料。舉例而言，基頻處理器 110 可選擇指示藉

由在部分 DFT 空間中對第一壓縮資料進行重新表達而獲得的第二壓縮資料之中具有主值的行的索引的 FD 基。另外，基頻處理器 110 可在 DFT 轉換空間中計算出第二壓縮資料（例如，矩陣形式資料）中所包括的分量的絕對值且根據絕對值的大小來選擇預設數目的 NZC。基頻處理器 110 可對包括所選擇 FD 基及 NZC 的通道資訊進行量化以顯示出 UCI 位元序列中的通道資訊。之後將參照圖 10A 及圖 10D 對此詳細說明進行闡述。

【0149】 在根據實施例的無線通訊系統中，基地台根據通道資訊的量藉由部分 DFT 而實行 FD 壓縮，且對 CSI-RS 分配區域的大小進行調節，使得達成藉由僅針對特定無線通訊資源來傳輸資料進而提高資源效率的效果。另外，根據本發明概念的技術概念的無線通訊裝置可藉由頻域（FD）中的壓縮過程來防止由於干擾而導致 CSI 報告內容出現劣化及失真。

【0150】 圖 10A 至圖 10D 是用於闡釋根據實例性實施例的由第三子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0151】 詳細而言，圖 10A 及圖 10D 示出用於闡釋圖 4 所示基頻處理器 110 的由第三子轉換區塊 424 進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0152】 圖 10A 示出用於闡釋圖 9 所示操作 S250 的部分 DFT 函數及所得的 DFT 轉換結果的圖。

【0153】 參照圖 10A，基地台將 N_{SB}^{BWP} 個次頻帶分配至 BWP 1001 且將 N_{SB}^{CSI-RS} 個次頻帶（或頻率資源）分配至傳輸 CSI-RS 的區域 1002（例如，BWP 1001 的一些次頻帶區域）。

【0154】 基頻處理器 110 可基於與自 N_{SB}^{BWP} 點 DFT 矩陣(或 DFT 函數)接收 CSI-RS 的區域對應的次頻帶位置的 DFT 基而產生用於 FD 壓縮的部分 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}}$ 。舉例而言,部分 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}}$ 可指 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 大小的部分 DFT 矩陣。

【0155】 基頻處理器 110 可基於方程式 10 來計算 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 的部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。

【0156】 [方程式 10]

$$\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP} = \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}}$$

【0157】 基頻處理器 110 可根據部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 的稀疏性特性基於方程式 11 來計算最佳化的部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。

【0158】 [方程式 11]

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP} = \arg \min_X \left\| \mathbf{X} - \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}} \right\|_F^2 \\ s.t. \text{supp}(\mathbf{X}(1,:)) = \dots = \text{supp}(\mathbf{X}(M,:)) = J, |J| = M \end{aligned}$$

【0159】 此處, $\text{supp}(a)$ 可指向量 a 的非零係數或有效係數的一組位置索引。 M 可指 FD 基選擇所需的參數。舉例而言,基頻處理器 110 可藉由與壓縮感測、稀疏訊號恢復或稀疏表示相關的演算法基於方程式 11 而導出部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。相關演算法的實例可包括與凸鬆弛 (convex relaxation) 相關的基追蹤 (basis pursuit, BP) 演算法、具有不等式約束的基追蹤 (basis pursuit with inequality constraint, BPIC) 演算法、基追蹤降雜訊 (basis pursuit denoising, BPDN) 演算法等。另外,亦可使用與貪婪追蹤 (greedy pursuit) 相關的正交匹配追蹤 (orthogonal matching pursuit, OMP) 演算法、

分段正交匹配追蹤(stagewise orthogonal matching pursuit, StOMP)演算法、正則化正交匹配追蹤 (regularized orthogonal matching pursuit, R-OMP)演算法、壓縮取樣匹配追蹤(compressive sampling matching pursuit, CoSaMP)演算法、迭代硬臨限值 (iterative hard thresholding, IHT)演算法、兩段臨限值 (two-stage thresholding, TST)演算法、子空間追蹤 (subspace pursuit, SP)演算法等。作為另外一種選擇，可利用藉由自蠻力 (brute force) 角度來替換可能的候選項而找到最佳化的 DFT 結果的方法。

【0160】 圖 10B 示出自圖 10A 所示方程式 11 導出的部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。

【0161】 參照圖 10B，基頻處理器 110 基於圖 10 所示方程式 10 對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 1021 實行基於部分 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}}$ 1022 的 FD 壓縮，以導出部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 1023。舉例而言，當 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 1021 被重新表達為部分 DFT 空間時，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 1021 可作為具有主值的行向量 (或行索引) 1024 出現。基頻處理器 110 可確定 (或選擇) 行向量 (或行索引) 1024 作為 FD 基。

【0162】 圖 10C 示出當在自基地台接收的 CSI-RS 報告頻帶中存在「非現用」次頻帶時的根據實施例的部分 DFT 函數。

【0163】 參照圖 10C，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS_active}$ 1031 可由「 $L \times N_{SB}^{CSIRS} - N_{SB_inactive}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣構成，而部分 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB_active}^{CSIRS}}$ 1032 可由「 $N_{SB}^{CSIRS} - N_{SB_inactive}^{CSIRS} \times N_{SB}^{BWP}$ 」大小的 DFT 矩

陣構成。

【0164】 基頻處理器 110 可基於方程式 12 來計算部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。

【0165】 [方程式 12]

$$\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP} = \mathbf{V}_l^{CSIRS_active} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB_active}^{CSIRS}}$$

【0166】 基頻處理器 110 可藉由與圖 10B 所示方程式 11 相似的最佳化方程式來計算最佳化的部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。

【0167】 圖 10D 示出當在自基地台接收的 CSI-RS 報告頻帶中存在「非現用」次頻帶時根據另一實施例的部分 DFT 函數。

【0168】 若在自基地台接收的 CSI-RS 報告頻帶中存在「非現用」次頻帶，則基頻處理器 110 可使用特定值（例如，「0」）來填充 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 1041 的「非現用」次頻帶 1043 且藉由以與圖 10B 所示方式相似的方式（例如，方程式 11）在 DFT 空間中對所填充的結果進行重新表達來導出最佳化的 DFT 轉換結果。

【0169】 圖 11 是示出根據實例性實施例的對無線通訊裝置進行操作的方法的流程圖。

【0170】 詳細而言，圖 11 是用於闡釋當圖 2 所示無線通訊裝置 100 的基頻處理器 110 在整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時由基頻處理器 110（例如，圖 4 所示第三子轉換區塊 425）實行 BWP 維度 FD 壓縮（例如，在實行預處理之後應用 DFT）的操作的圖。

【0171】 如之前所陳述，「CSI-RS 維度」可指基於 BWP 之中的接

收 CSI-RS 的一些次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 而轉換的 DFT 空間，而「BWP 維度」可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 而轉換的 DFT 空間。

【0172】 參照圖 11，藉由在實行預處理之後應用 DFT 來實行 FD 壓縮的操作可包括操作 S310、操作 S320、操作 S330、操作 S340、操作 S351、操作 S352、操作 S360 及操作 S370。此處，操作 S310 至操作 S340 及操作 S360 至操作 S370 分別對應於圖 4 所示操作 S10、操作 S20、操作 S30、操作 S40、操作 S60 及操作 S70，且因此可使用對圖 4 的說明來替代冗餘說明。

【0173】 在操作 S351，基頻處理器 110 可根據預設方法對第一壓縮資料實行預處理。此處，第一壓縮資料可包括 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{BWP}$ 作為 SD 壓縮的結果。

【0174】 當在整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時，基頻處理器 110 可藉由對未接收 CSI-RS 的次頻帶實行預處理而對 BWP 維度 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{BWP}$ 進行配置。舉例而言，預處理方法可包括零填充方法、零內插方法、相位差旋轉方法、鏡像複製方法、重複方法等。之後將在圖 12A 至圖 12G 中對此詳細說明進行闡述。

【0175】 舉例而言，基頻處理器 110 可選擇指示在 DFT 空間中對第一壓縮資料（例如，BWP 維度 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{BWP}$ ）進行重新表達的第二壓縮資料之中具有主值的行的索引的 FD 基。另外，基頻處理器 110 可在 DFT 轉換空間中計算第二壓縮資料（例如，矩陣形式資料）中所包括的分量的絕對值，且根據絕對值的大小來選擇

預設數目的 NZC。基頻處理器 110 可對包括所選擇 FD 基及 NZC 的通道資訊進行量化以顯示出 UCI 位元序列中的通道資訊。

【0176】 在操作 S352 中，基頻處理器 110 可藉由使用大小與構成 BWP 的次頻帶的數目對應的 DFT 函數來產生第二壓縮資料。舉例而言，基頻處理器 110 可藉由對透過操作 351 的預處理操作配置的 BWP 維度 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 實行 DFT 轉換來實行 BWP 維度 FD 壓縮。

【0177】 根據實施例的無線通訊裝置對未傳輸 CSI-RS 的次頻帶實行預處理以對 BWP 維度 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置，使得在符合通訊標準（例如，3GPP Rel. 16 至 3GPP Rel. 17）的 FD 壓縮相關標準（例如，藉由 BWP 維度 DFT 轉換來實行 FD 壓縮）的同時，存在藉由預處理過程而減少在 FD 壓縮中產生的開銷的效果。另外，根據本發明概念的技術概念的無線通訊裝置可藉由頻域(FD)中的壓縮過程來防止由於干擾而導致 CSI 報告內容出現變形及失真。

【0178】 圖 12A 至圖 12G 是用於闡釋根據本發明概念示例性實施例的由第四子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0179】 詳細而言，圖 12A 及圖 12G 示出用於闡釋圖 4 所示基頻處理器 110 的由第四子轉換區塊 425 進行的 FD 壓縮操作的圖。在圖 12A 及 12G 中，橫軸可表示頻域中的次頻帶區域，而縱軸可表示次頻帶的預編碼向量。為便於闡釋，圖 12A 及 12G 假定 CSI-RS 未被分配至低頻帶的次頻帶，且圖 12A 及 12G 所示實施例即使在

未分配有 CSI-RS 的次頻帶的位置發生改變的情況下亦適用。

【0180】 圖 12A 是用於闡釋圖 11 所示操作 S531 的第一預處理方法及第二預處理方法的圖。在圖 12A 中，假定第一區域 1201 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1202 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0181】 第一預處理方法可包括線性內插方法（例如，零內插方法）。

【0182】 舉例而言，基頻處理器 110 可將第一區域 1201 的第一次頻帶的預編碼向量 1203 設定成零向量，且藉由對分配有第二區域 1202 的 CSI-RS 的第一次頻帶的預編碼向量 1204 實行線性內插來配置 DFT 輸入矩陣()。為此，DFT 輸入矩陣()可由方程式 13 來表示。

【0183】 [方程式 13]

$$\mathbf{v}_l^{\text{BWP}} = \left[\mathbf{0}_{L \times 1}, \frac{1}{N_1} \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \dots, \frac{n_1}{N_1} \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \dots, \frac{N_1 - 1}{N_1} \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}} + 1}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \dots, \mathbf{v}_{N_{\text{SB}} - 1}^{\text{BWP}}(:, l) \right]$$

【0184】 此處， $a = \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l)$ 及 N_1 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n_1 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的索引，其中 $0 \leq n_1 < N_1$ 。

【0185】 儘管圖 12A 中未示出，但第二預處理方法可包括零填充方法。

【0186】 基頻處理器 110 可藉由使用特定值（例如，「0」）對第一區域 1201 進行填充來對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{v}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置。利用此種方法，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{v}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 14 來表示。

【0187】 [方程式 14]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = \left[\mathbf{0}_{L \times 1}, \dots, \mathbf{0}_{L \times 1}, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+1}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+N_{\text{SB}}^{\text{CSIRS}}-1}(:, l), \mathbf{0}_{L \times 1}, \dots, \mathbf{0}_{L \times 1} \right] \in \mathbb{C}^{L \times N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}}$$
$$\mathbf{0}_{L \times 1} = [0, 0, \dots, 0]^T \in \mathbb{C}^{L \times 1}$$

【0188】 圖 12B 是用於闡釋圖 11 所示操作 S531 的第三預處理方法的圖。在圖 12B 中，假定第一區域 1211 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1212 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0189】 第三預處理方法可包括使用相位差旋轉的線性內插方法（例如，基於相位差旋轉的零內插方法）。

【0190】 舉例而言，基頻處理器 110 可將第一區域 1211 的第一次頻帶的預編碼向量 1213 設定成零向量，且在使用分配有第二區域 1212 的 CSI-RS 的第一次頻帶的預編碼向量 1214 實行線性內插之後藉由應用相位差旋轉而對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置。在此方面，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 15 來表示。

【0191】 [方程式 15]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = \left[\mathbf{0}_{L \times 1} \frac{1}{N_1} \mathbf{R}_p(\theta_1) \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \frac{n_1}{N_1} \mathbf{R}_p(\theta_{n_1}) \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \frac{N_1-1}{N_1} \mathbf{R}_p(\theta_{N_1-1}) \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+1}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l) \right]$$

【0192】 此處， $\mathbf{a} = \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l)$ 及 N_1 是指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n_1 是指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的索引，其中 $0 \leq n_1 < N_1$ 。 $\mathbf{R}_p(\theta)$ 可基於方程式 16 而被定義為相位差旋轉矩陣，而 $\mathbf{R}_p(\theta)\mathbf{a}$ 可基於方程式 17 而被定義為將 $\mathbf{a}$ 向量 1214 的分量之間的相位差增大 θ 的向量。

【0193】 [方程式 16]

$$\mathbf{R}_P(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\theta} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & e^{j(L-1)\theta} \end{bmatrix}$$

【0194】 [方程式 17]

$$\mathbf{R}_P(\theta)\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\theta} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & e^{j(L-1)\theta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_{L-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 e^{j\theta} \\ \vdots \\ a_{L-1} e^{j(L-1)\theta} \end{bmatrix}$$

【0195】 另外，端視相位差旋轉方法來以不同的方式確定方程式 15 的 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{N_1-1}$ 值，相位差旋轉方法可包括：1) 隨機相位差旋轉方法（例如，隨機選擇 θ 值的方法）；以及 2) 相位差循環移位方法（例如，應用 $\theta_{N_1-1} = \delta, \theta_{N_1-2} = 2\delta, \theta_1 = (N_1 - 1)\delta$ 的方法）。注意，根據實施例的基頻處理器 110 並非僅限於此；亦可應用各種替代性的相位差旋轉方案。

【0196】 圖 12C 是用於闡釋圖 11 所示操作 S531 中的第四預處理方法的圖。在圖 12C 中，假定第一區域 1221 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1222 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0197】 第四預處理方法可包括應用平均值的線性內插方法。

【0198】 舉例而言，基頻處理器 110 計算第二區域 1222 的次頻帶的預編碼向量的平均向量 $\vec{m}$ 且計算未分配有 CSI-RS 的第一次頻帶 1223 的預編碼向量；。然後，基頻處理器 110 可藉由使用分配有第二區域 1222 的 CSI-RS 的第一次頻帶 1224 的預編碼向量實行線性內插而對 DFT 輸入矩陣 $\vec{m}_6$ 進行配置。在此種情形中，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 18 來表示，且儘管未示出，但亦可應用相位差旋轉。

【0199】 [方程式 18]

$$\mathbf{v}_l^{\text{BWP}} = \left[\mathbf{0}_{L \times 1}, \frac{1}{N_1} \mathbf{v}_A, \dots, \frac{n_1}{N_1} \mathbf{v}_A, \dots, \frac{N_1 - 1}{N_1} \mathbf{v}_A, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+1}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}-1}^{\text{BWP}}(:, l) \right]$$

其中 $\mathbf{v}_A = \mathbf{a} - \mathbf{m}$

【0200】 此處， $\mathbf{a} = \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l)$ 及 N_1 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n_1 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的索引，其中 $0 \leq n_1 < N_1$ 。可基於方程式 19 來計算平均向量 $\vec{m}$ 。

【0201】 [方程式 19]

$$\mathbf{m} = \frac{1}{N_{\text{SB}}^{\text{CSI-RS}}} (\mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l) + \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+1}^{\text{CSI-RS}}(:, l) + \dots + \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}-1}^{\text{BWP}}(:, l))$$

【0202】 圖 12D 是用於闡釋圖 11 所示操作 S531 的第五預處理方法的圖。在圖 12D 中，假定第一區域 1231 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1232 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0203】 第五預處理方法可包括鏡像複製方法。

【0204】 舉例而言，基頻處理器 110 基於第二區域 1232 的第一次頻帶 1234 將第二區域 1232 的預編碼向量鏡像複製至第一區域 1231，且對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置。此時，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 20 來表示。

【0205】 [方程式 20]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = [\mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+N_1}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+n}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+1}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+1}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}-1}^{\text{BWP}}(:, l)]$$

【0206】 此處， $\mathbf{a}_n = \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+n}^{\text{CSI-RS}}(:, l)$ 及 N_1 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n 及 m 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的索引，其中 $0 \leq n \leq m < N_1$ 。

【0207】 圖 12E 是用於闡釋圖 11 所示操作 S531 的第六預處理方

法的圖。在圖 12E 中，假定第一區域 1241 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1242 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0208】 第六預處理方法可包括重複方法。

【0209】 舉例而言，基頻處理器 110 可藉由將第二區域 1232 的預編碼向量重複地應用於第一區域 1231 而對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置。此時，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 21 來表示。

【0210】 [方程式 21]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = [\dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+1}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l)]$$

【0211】 此處， $\mathbf{a}_n = \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+n}(:, l)$ 及 N_1 是指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n 可被定義為 $0 \leq n < N_{\text{SB}}^{\text{CSIRS}}$ 。

【0212】 圖 12F 示出用於闡釋圖 11 所示操作 S531 的第七預處理方法的圖。在圖 12F 中，假定第一區域 1251 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1252 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0213】 第七預處理方法可包括重複方法。

【0214】 舉例而言，基頻處理器 110 可將第二區域 1252 的預編碼向量重複地應用於第一區域 1251，且藉由將特定值（例如，「0」）填充至第一區域 1251 的其餘次頻帶區域 1253 而對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置。此時，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 22 來表示。

【0215】 [方程式 22]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = [0, \dots, 0, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+1}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l)]$$

【0216】 此處， $\mathbf{a}_n = \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+n}(:, l)$ 及 N_1 是指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n 可被定義為 $0 \leq n < N_{\text{SB}}^{\text{CSIRS}}$ 。

【0217】 圖 12G 示出用於闡釋圖 11 所示操作 S531 的第八預處理方法的圖。在圖 12G 中，可藉由對上述圖式的說明來替代圖 12G 所示與上述圖式交疊的配置(例如，配置 848、配置 410、配置 426、配置 427、配置 430)。

【0218】 第八預處理方法可包括寬頻帶 (wide band, WB) 預編碼方法。

【0219】 基頻處理器 110 可在 SD 壓縮之後使用寬頻帶矩陣 $\mathbf{V}_{WB}$ 來替代與第 n 次頻帶的通道特性資訊對應的矩陣 $\mathbf{V}_n$ 。舉例而言，當基頻處理器 110 的 DFT 區塊 1260 在頻域中對 CSI-RS 區域的第一層的矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSI-RS}$ 進行壓縮時，若有效地表示矩陣的頻域特性(例如，頻率態樣中的改變等)的 FD 基的數目被辨識為不足，則不壓縮且不傳輸 CSI-RS 區域的第一層的矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSI-RS}$ ，而是可對寬頻帶角度中的第一層的矩陣 $\mathbf{V}_{WB,l}$ 進行量化且將矩陣 $\mathbf{V}_{WB,l}$ 傳輸至基地台。此處， $\mathbf{V}_{WB,l}$ 可包括次頻帶位元映射為「現用」的所有 CSI-RS 通道資訊矩陣或者由終端確定的藉由基地台預編碼實行 SD 壓縮之後的矩陣。

【0220】 舉例而言，基頻處理器 110 的 DFT 區塊 1260 可在分配有 CSI-RS 的次頻帶之中確定(或選擇)代表性通道，且在將代表性通道的通道值複製至整個 BWP 的所有次頻帶的通道值之後，對整個 BWP 的次頻帶實行 FD 壓縮。

【0221】 圖 13 是示出根據實例性實施例的電子裝置的方塊圖。

【0222】 圖 13 所示無線通訊裝置 1300 可對應於圖 1 所示無線通

訊裝置 100。

【0223】 參照圖 13，電子裝置可包括記憶體 1310、處理器單元 1320、輸入/輸出控制單元 1340、顯示單元 1350、輸入裝置 1360 及通訊處理單元 1390。此處，可存在多個記憶體 1310。以下對每一組件進行簡要論述。

【0224】 記憶體 1310 可包括程式儲存單元 1311 及資料儲存單元 1312，程式儲存單元 1311 用於儲存用於控制電子裝置的操作的程式，資料儲存單元 1312 用於儲存在程式執行期間產生的資料。資料儲存單元 1312 可儲存對於應用程式 1313 及 CSI 壓縮設定程式 1314 的運作而言必要的資料。程式儲存單元 1311 可包括應用程式 1313 及 CSI 壓縮設定程式 1314。此處，程式儲存單元 1311 中所包括的程式可被表達為作為一組指令的指令集。

【0225】 應用程式 1313 包括在電子裝置中運作的應用程式。即，應用程式 1313 可包括由處理器 1322 驅動的應用的指令。根據實例性實施例，當 CSI-RS 僅被分配至整個 BWP 中的一些次頻帶時，CSI 壓縮配置程式 1314 可基於分配有 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊來使用 DFT 函數（例如，CSI-RS 維度中的 DFT 函數、部分 DFT 函數、過取樣 DFT 函數等）來實行頻域壓縮。

【0226】 周邊裝置介面 1323 可控制基地台的輸入/輸出周邊裝置與處理器 1322 及記憶體介面 1321 之間的連接。處理器 1322 控制基地台使用至少一個軟體程式來提供對應的服務。在此種情形中，處理器 1322 可執行儲存於記憶體 1310 中的至少一個程式，以提

供與程式對應的服務。

【0227】 輸入/輸出控制單元 1340 可提供輸入/輸出裝置（例如，顯示單元 1350 及輸入裝置 1360）與周邊裝置介面 1323 之間的介面。顯示單元 1350 顯示狀態資訊、輸入字符、運動圖像及靜止圖像。舉例而言，顯示單元 1350 可顯示由處理器 1322 驅動的應用程式資訊。

【0228】 輸入裝置 1360 可經由輸入/輸出控制單元 1340 向處理器單元 1320 提供藉由選擇所述電子裝置而產生的輸入資料。在此種情形中，輸入裝置 1360 可包括小鍵盤，所述小鍵盤包括至少一個硬體按鈕及用於感測觸控資訊的觸控板。舉例而言，輸入裝置 1360 可藉由輸入/輸出控制器 1340 向處理器 1322 提供觸摸資訊，例如藉由觸摸板感測到的觸摸、觸摸運動及觸摸釋放。電子裝置可包括實行用於語音通訊及資料通訊的通訊功能的通訊處理單元 1390。通訊處理單元 1390 可包括用於支援根據實例性實施例的毫米波頻帶通訊的多個天線模組 1392。

【0229】 儘管已參照本發明概念實施例具體示出並闡述了本發明概念，然而應理解，在不背離以下申請專利範圍的精神及範圍的條件下，可在本文中在形式及細節上作出各種改變。

【符號說明】

【0230】

100:電子裝置

10:無線通訊系統

- 100:無線通訊裝置
- 110:基頻處理器
- 112:通道品質量測電路
- 114:切換控制電路
- 116:通道狀態資訊（CSI）壓縮電路
- 120、120a:第一 RF 積體電路（RFIC）
- 121_1～121_k、121_1a～121_ka:第一 RF 鏈至第 k RF 鏈
- 122a:開關介面
- 130_1、130_1a:第一天線模組
- 130_2:第二天線模組
- 130_i:第 i 天線模組
- 130_11～130_1m、130_11a～130_1ma:第一天線陣列至第 m 天線陣列
- 131_11～131_1n、131_11a～131_1na:第一 RF 前端至第 n RF 前端
- 132_11～132_1n、132_11a～132_1ma:第一天線至第 n 天線
- 133_1a～133_ma:第一組合器至第 m 組合器
- 140:第二 RFIC
- 150:天線
- 160:記憶體
- 200:基地台
- 410:配置/空間域（SD）壓縮區塊

- 420:頻域（FD）壓縮區塊
- 421:DFT 轉換區塊
- 422:第一子轉換區塊
- 423:第二子轉換區塊
- 424:第三子轉換區塊
- 425:第四子轉換區塊
- 426:配置/FD 基選擇區塊
- 427:配置/非零係數（NZC）選擇及量化區塊
- 428:旁通路徑
- 430:配置/上行鏈路通道資訊（UCI）位元序列產生區塊
- 610、810、1001:BWP
- 620、820、1043、 $SB_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 、 $SB_{N_{SBend}^{CSIRS}}$:次頻帶
- 651:感興趣次頻帶
- 652:非感興趣次頻帶
- 800:無線通訊環境
- 830:第一過取樣 DFT 區塊
- 831:第一 DFT 輸入矩陣/區域
- 832、1002:區域
- 832-1:第一 DFT 行
- 832-2:第二 DFT 行
- 832-z:第 z DFT 行
- 840:第二過取樣 DFT 區塊/第二過取樣 DFT 轉換區塊

- 841:第二 DFT 輸入矩陣
- 842-1~842-z:第一過取樣 DFT 函數至第 z 過取樣 DFT 函數
- 843:配置/FD 基選擇區塊
- 845:配置/ N_{SB}^{BWP} 點 DFT 映射區塊
- 847:配置/NZC 相位補償區塊
- 848:配置/旁通路徑
- 850:第三過取樣 DFT 區塊
- 851:第三 DFT 輸入矩陣
- 852-1~852-z:第一過取樣 DFT 函數至第 z 過取樣 DFT 函數
- 853:第一情形
- 854:第二情形
- 860:過取樣 DFT 區塊
- 870:第四過取樣 DFT 區塊
- 871:第四 DFT 輸入矩陣
- 872、1022、1032、 $D_f^{N_{SB_active}^{CSIRS}}$ 、 $D_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}}$ 、 $D_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 、 $O_{N_{SB_start}^{CSIRS}}$:DFT 函數
- 1003、1004:DFT 矩陣
- 1021:DFT 輸入矩陣
- 1023:DFT 轉換結果
- 1024:行向量/行索引
- 1031、1041:DFT 輸入矩陣
- 1042: 部分 DFT 函數

1201、1211、1221、1231、1241、1251:第一區域

1202、1212、1222、1232、1242、1252:第二區域

1203、1204、1213:預編碼向量

1214:預編碼向量/a向量

1223、1224、1234:第一次頻帶

1253:次頻帶區域

1260:DFT 區塊

1300:無線通訊裝置

1310:記憶體

1311:程式儲存單元

1312:資料儲存單元

1313:應用程式

1314:CSI 壓縮設定程式

1320:處理器單元

1321:記憶體介面

1322:處理器

1323:周邊裝置介面

1340:輸入/輸出控制單元/輸入/輸出控制器

1350:顯示單元

1360:輸入裝置

1390:通訊處理單元

ADC:類比-數位轉換器

$D_f^{N_{SB}^{BWP}}$:第一 DFT 函數

$D_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$:DFT 函數/ N_{SB}^{CSIRS} 點 DFT 矩陣

L 、 N_{SB}^{BWP} 、 N_{SB}^{CSIRS} :數目

LNA:低雜訊放大器

LO:頻率訊號

$\vec{m}$:DFT 輸入矩陣/平均向量

MX:混頻器

PS:移相器

$R_1 D_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \sim R_Z D_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$:第一過取樣 DFT 函數至第 z 過取樣 DFT 函數

R_r :矩陣

$R_r D_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$:第三 DFT 函數

$R_r D_f^{N_{SB}^{CSIRS}} O_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$:第二過取樣 DFT 函數/第二 DFT 函數

$S10$ 、 $S20$ 、 $S30$ 、 $S40$ 、 $S50$ 、 $S51$ 、 $S53$ 、 $S55$ 、 $S60$ 、 $S70$ 、

$S210$ 、 $S220$ 、 $S230$ 、 $S240$ 、 $S250$ 、 $S260$ 、 $S270$ 、 $S310$ 、 $S320$ 、

$S330$ 、 $S340$ 、 $S351$ 、 $S352$ 、 $S360$ 、 $S370$:操作

SB_1 :第一次頻帶

SB_2 :第二次頻帶

$SB_{N_{SB}^{BWP}}$:第 n 次頻帶/次頻帶

VGA:可變增益放大器

V_l^{BWP} :第一 DFT 輸入矩陣

$\tilde{V}_l^{BWP}$ 、 $\tilde{V}_{l,r}^{CSIRS}$:DFT 轉換結果

V_1^{CSIRS} :第一 DFT 輸入矩陣/第二 DFT 輸入矩陣/第三 DFT 輸入
矩/第四 DFT 輸入矩陣/DFT 輸入矩陣/DFT 輸入矩陣/矩陣

$\tilde{V}_1^{CSIRS}$:DFT 轉換結果/第二壓縮資料

$V_1^{CSIRS_active}$:DFT 輸入矩陣/第二壓縮資料

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：

自基地台接收通道狀態資訊參考訊號（CSI-RS）；

藉由基於所述通道狀態資訊參考訊號來估測所述無線通訊裝置與所述基地台之間的通道而產生通道資訊；以及

向所述基地台報告所述通道資訊，

其中所述產生所述通道資訊包括：

藉由在空間域中對接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；

藉由使用離散傅立葉轉換（DFT）函數在頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，所述離散傅立葉轉換（DFT）函數具有與用於與所述基地台進行通訊的頻寬部分（BWP）中的接收所述通道狀態資訊參考訊號的多個次頻帶的數目對應的大小；以及

基於所述第二壓縮資料產生所述通道資訊。

【請求項2】 如請求項1所述的方法，其中所述產生所述第二壓縮資料更包括：當自所述基地台接收到指示所述基地台的感興趣次頻帶的位元映像資訊時，藉由使用第二離散傅立葉轉換函數在所述頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮而產生所述第二壓縮資料，所述第二離散傅立葉轉換函數具有與所述多個感興趣次頻帶的數目對應的大小。

【請求項3】 如請求項1所述的方法，其中當構成所述頻寬部分的所述多個次頻帶的數目對接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目的比率是整數時，所述產生所述第二壓縮資料更包括：

藉由將所述通道狀態資訊參考訊號的旋轉索引及位置指示矩陣中的至少一者應用於所述第一離散傅立葉轉換函數而產生過取樣離散傅立葉轉換函數；以及

藉由使用所述過取樣離散傅立葉轉換函數在所述頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮而產生所述第二壓縮資料。

【請求項4】 如請求項3所述的方法，其中基於接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目對構成所述頻寬部分的所述多個次頻帶的數目的所述比率來確定所述多個旋轉索引的數目。

【請求項5】 如請求項3所述的方法，其中當構成所述頻寬部分的所述多個次頻帶的數目對接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目的所述比率是整數時，所述產生所述通道資訊更包括：

基於所述第二壓縮資料來選擇與所述通道狀態資訊參考訊號的接收區域對應的頻域（FD）基；以及

將所述頻域基映射成對應於所述頻寬部分區域。

【請求項6】 如請求項5所述的方法，其中對所述頻域基進行所述映射更包括：

藉由將所述旋轉索引與所述頻域基和構成所述頻寬部分的所述多個次頻帶的數目對接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目的所述比率的乘積相加而計算出一值；以及

將所述值映射至與所述頻寬部分區域對應的頻域基。

【請求項7】 如請求項5所述的方法，其中當構成所述頻寬部分的所述多個次頻帶的數目對接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目的所述比率是整數時，所述產生所述通道資訊更包括：

基於由與所述第一壓縮資料及所述頻域基對應的多個行向量構成的矩陣來選擇非零係數（NZC）；以及

將所述非零係數映射成對應於所述頻寬部分區域。

【請求項8】 如請求項5所述的方法，其中所述選擇所述非零係數包括：基於由與所述第一壓縮資料及所述頻域基對應的行向量構成的矩陣中所包括的元素的絕對值來選擇所述非零係數。

【請求項9】 如請求項1所述的方法，其中當構成所述頻寬部分的所述多個次頻帶的數目對接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目的所述比率不是整數時，所述產生所述第二壓縮資料包括：

藉由將所述通道狀態資訊參考訊號的位置指示矩陣應用於第一離散傅立葉轉換函數來產生第四離散傅立葉轉換函數；以及

藉由使用所述第四離散傅立葉轉換函數在所述頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮來產生所述第二壓縮資料。

【請求項10】 一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：

自基地台接收通道狀態資訊參考訊號（CSI-RS）；

藉由基於所述通道狀態資訊參考訊號來估測所述無線通訊裝置與所述基地台之間的通道而產生通道資訊；以及

向所述基地台報告所述通道資訊，

其中所述產生所述通道資訊包括：

藉由在空間域中對接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；

藉由使用第一部分離散傅立葉轉換（DFT）函數在頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，所述第一部分離散傅立葉轉換（DFT）函數由行域及列域構成，所述行域對應於構成用於與所述基地台進行通訊的頻寬部分（BWP）的次頻帶，所述列域對應於接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶；以及

基於所述第二壓縮資料產生所述通道資訊。

【請求項11】 如請求項10所述的方法，其中所述產生所述第二壓縮資料包括：當自所述基地台接收到指示所述基地台的感興趣次頻帶的位元映像資訊時，藉由使用第二部分離散傅立葉轉換函數在所述頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮來產生所述第二壓縮資料，所述第二部分離散傅立葉轉換函數由行域及列域構成，所述行域對應於構成所述頻寬部分的所述次頻帶的區域，所述列域對應於所述感興趣次頻帶。

【請求項12】 一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：

自基地台接收通道狀態資訊參考訊號（CSI-RS）；

藉由基於所述通道狀態資訊參考訊號來估測所述無線通訊裝置與所述基地台之間的通道而產生通道資訊；以及

向所述基地台報告所述通道資訊，

其中所述產生所述通道資訊包括：

藉由在空間域中對接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；

根據預設方法，針對用於與所述基地台進行通訊的頻寬部分（BWP）的多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶實行預處理；

藉由使用離散傅立葉轉換（DFT）函數在頻域中對經預處理的所述第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，所述離散傅立葉轉換（DFT）函數具有與構成所述頻寬部分的多個次頻帶的數目對應的大小；以及

基於所述第二壓縮資料產生所述通道資訊。

【請求項13】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第一預處理方法以預設特定值填充所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶。

【請求項14】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第二預處理方法對所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶實行線性內插。

【請求項15】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第三預處理方法對所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶實行線性內插及相位差旋轉。

【請求項16】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理包括：基於所述通道狀態資訊參考訊號來計算所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的接收所述通道狀態資訊參考訊號的多個次頻帶的預編碼向量的平均值；以及

使用第四預處理方法基於所述預編碼向量的所述平均值來實行線性內插。

【請求項17】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第五預處理方法，所述第五預處理方法將所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶鏡像複製至所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶的預編碼向量中。

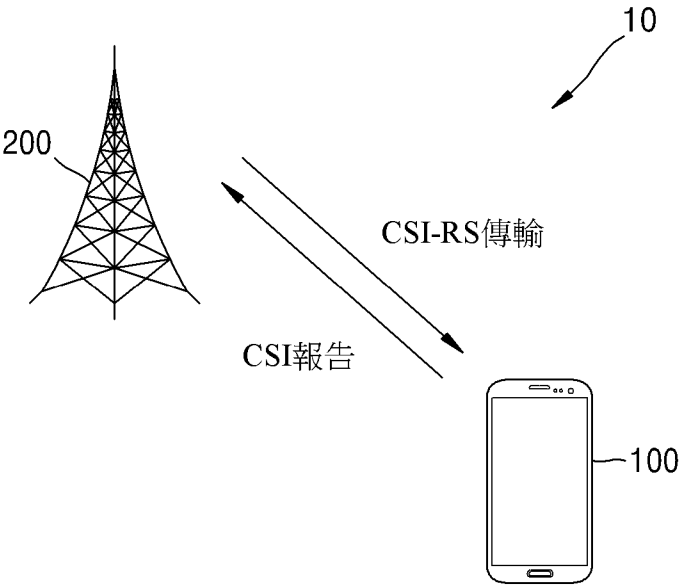
【請求項18】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第六預處理方法，所述第六預處理方法將所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶複製至所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶的預編碼向量。

【請求項19】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第七預處理方法，在所述第七預處理方法中，將所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶的預

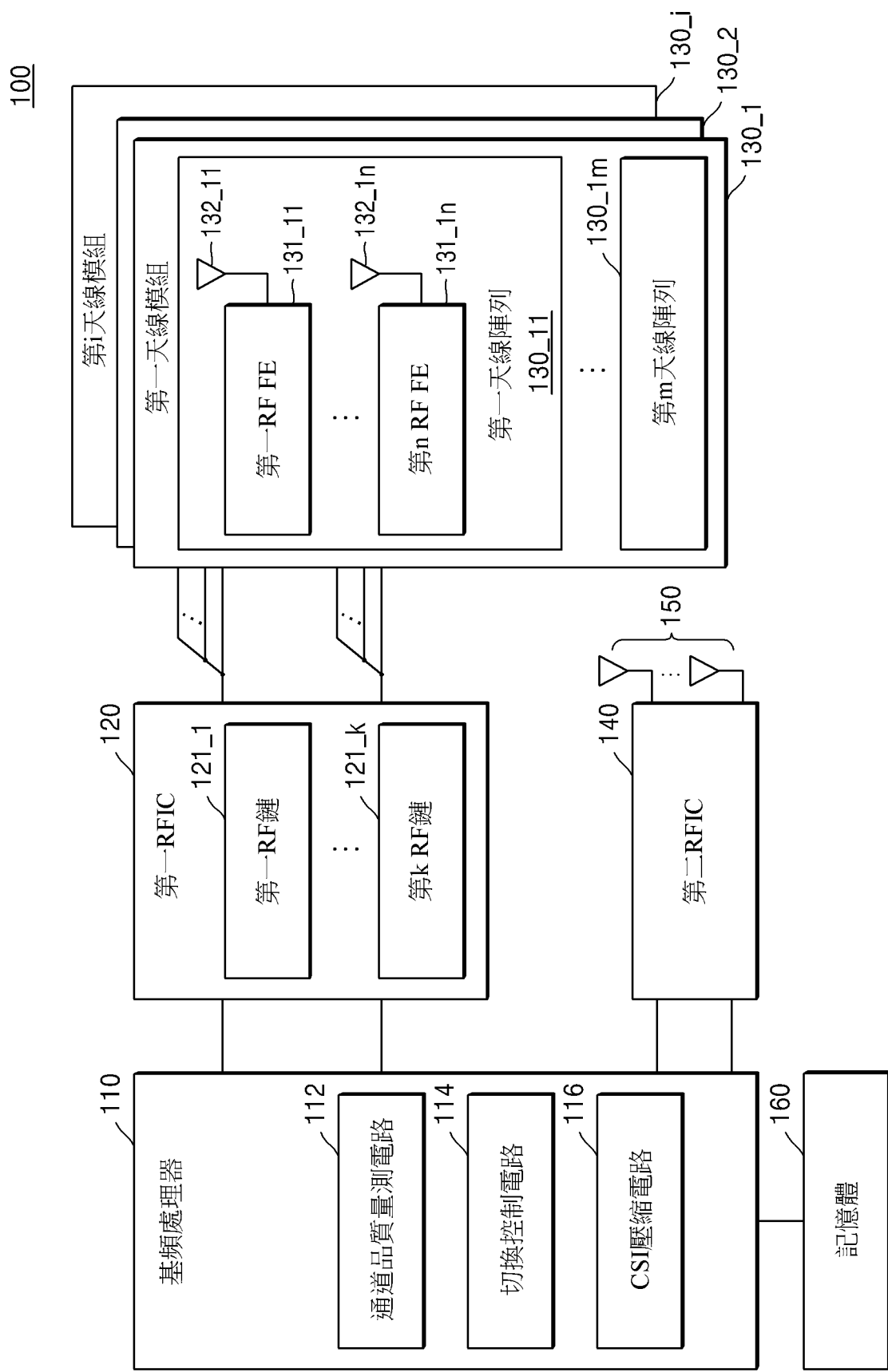
編碼向量複製至所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶，且使用預設特定值來填充所述複製之後的其餘次頻帶。

【請求項20】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第八預處理方法，所述第八預處理方法將所述頻寬部分的接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶的預編碼向量的平均值複製至所述頻寬部分的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶。

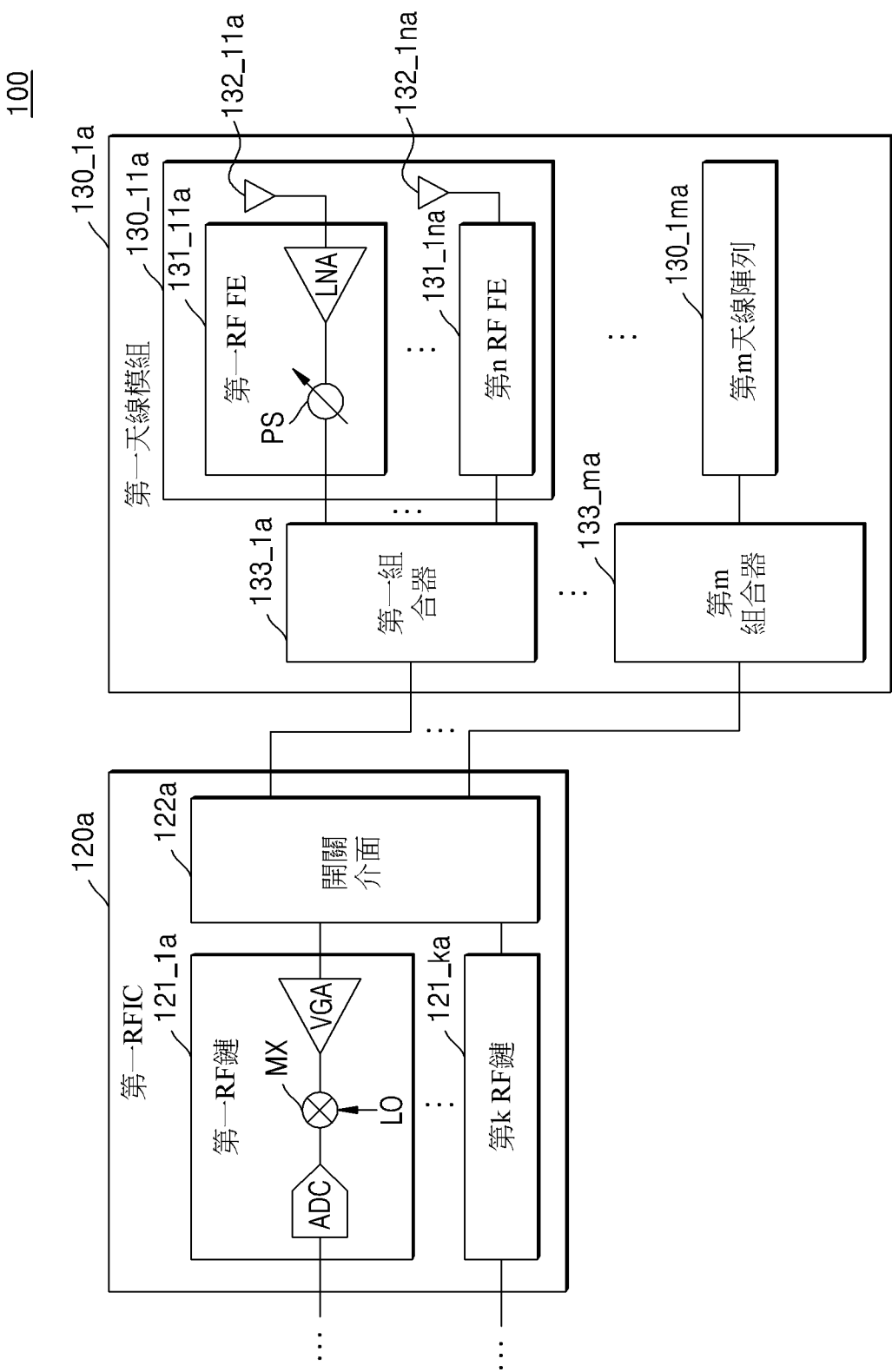
【發明圖式】



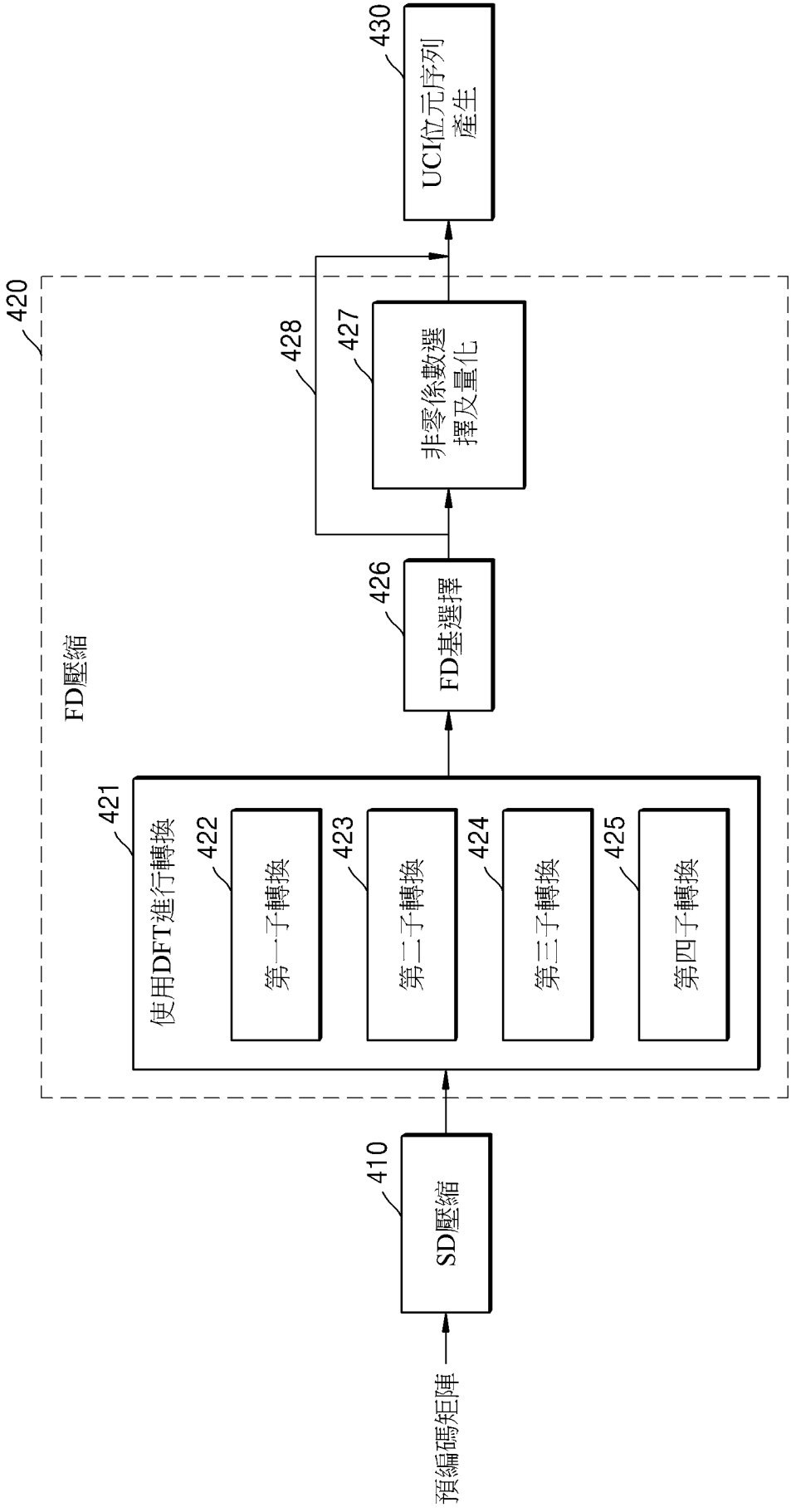
【圖1】



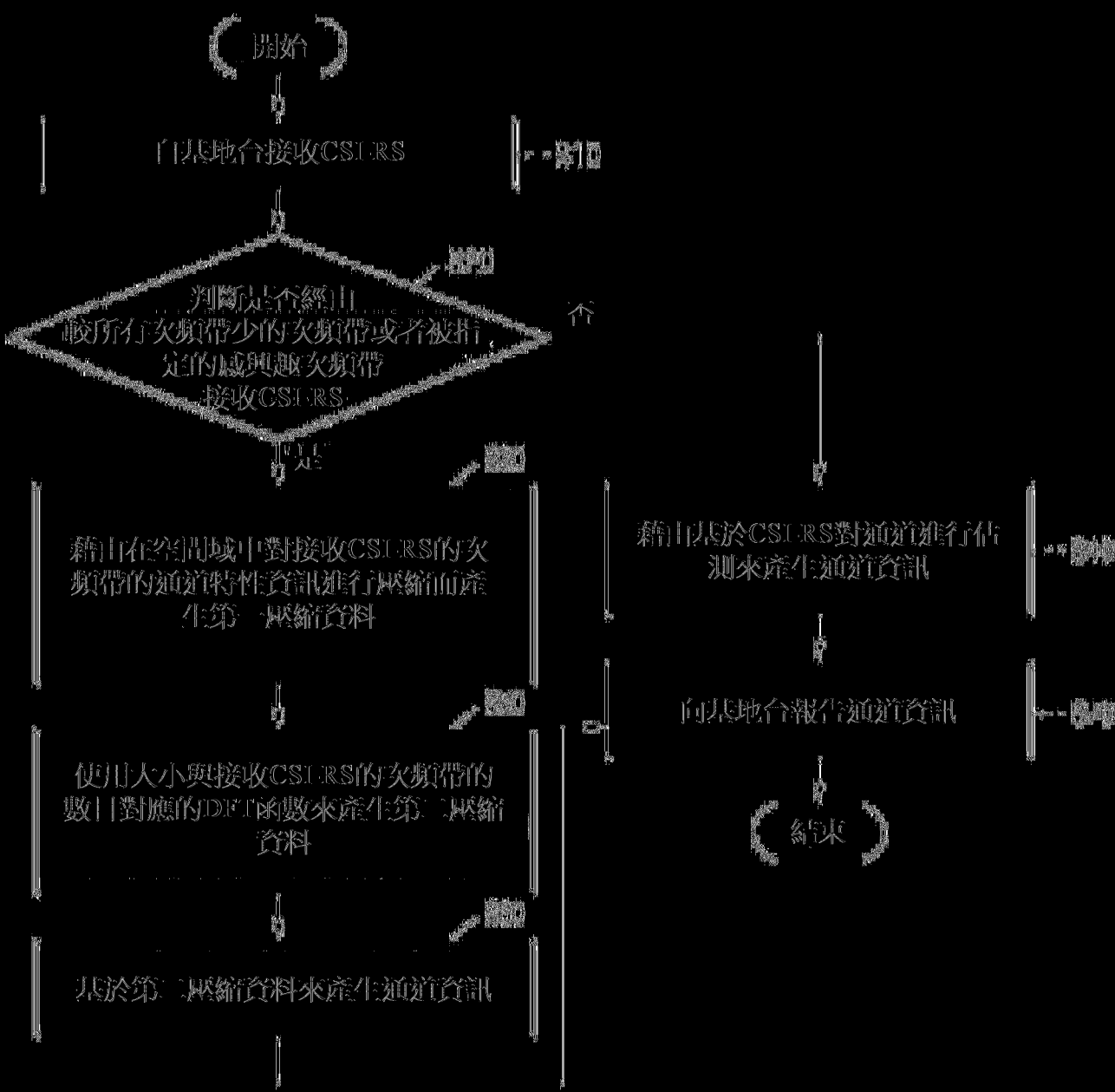
【圖2】



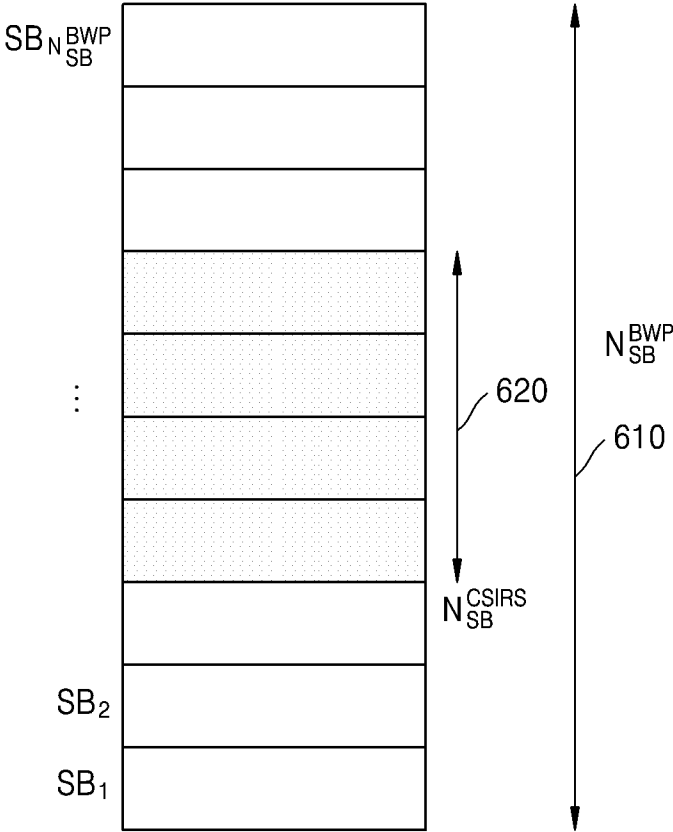
【圖3】



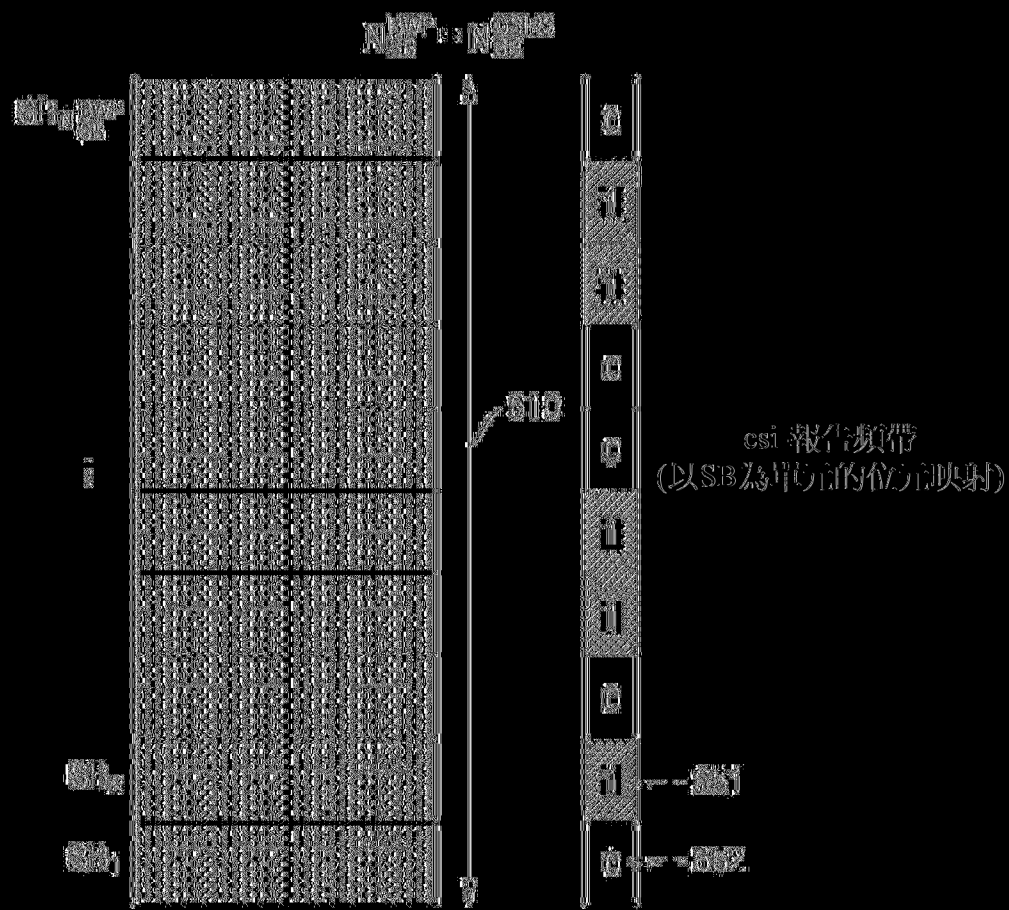
【圖4】



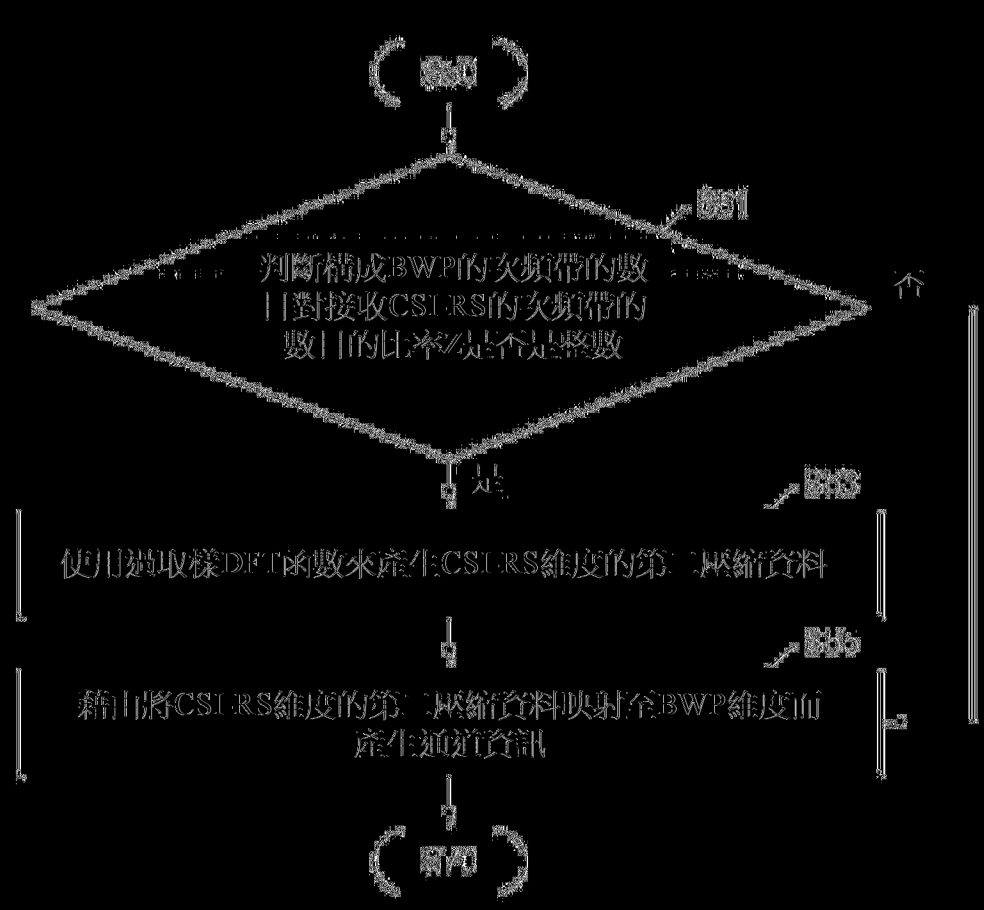
〔圖5〕



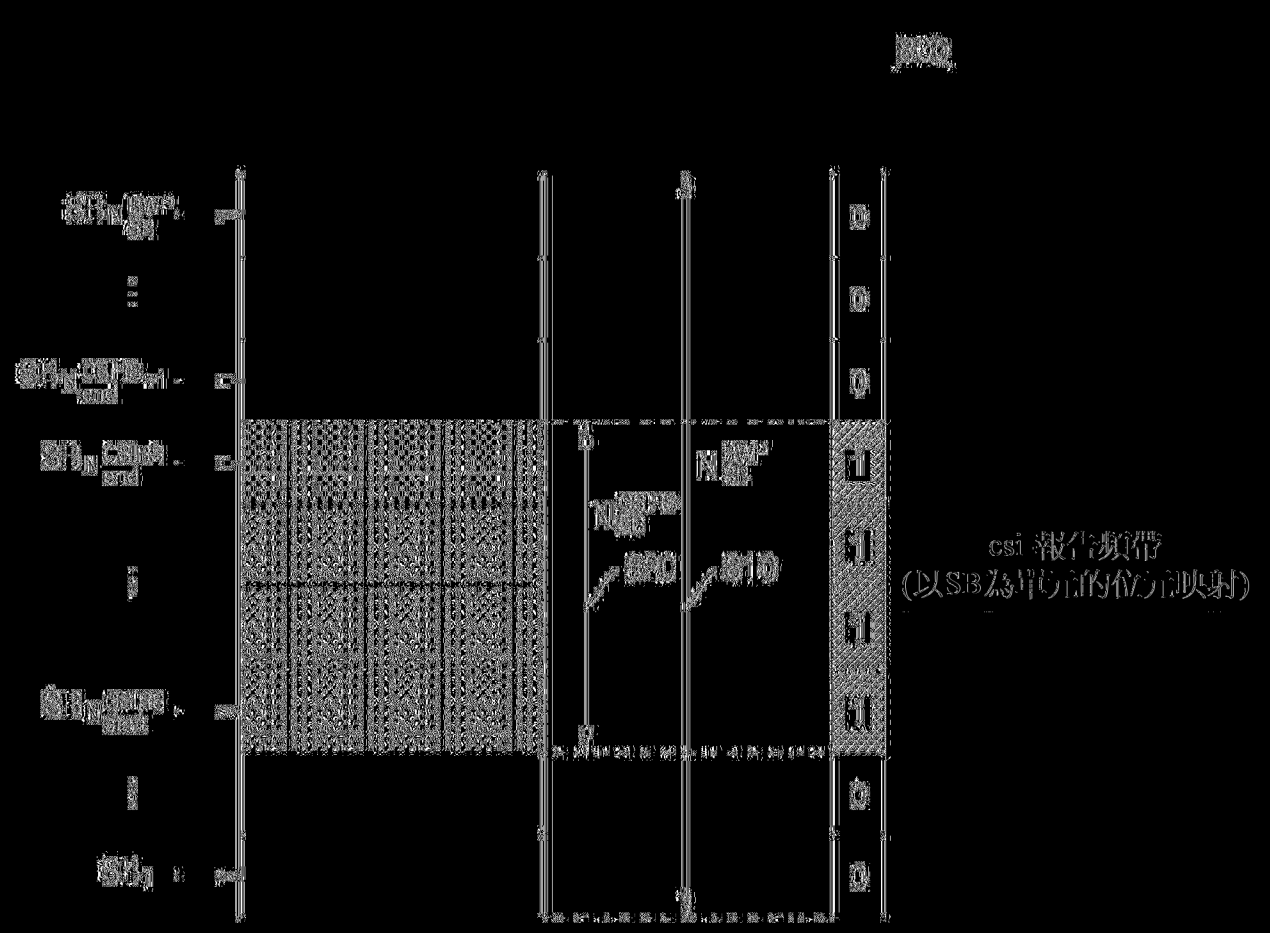
【圖6A】



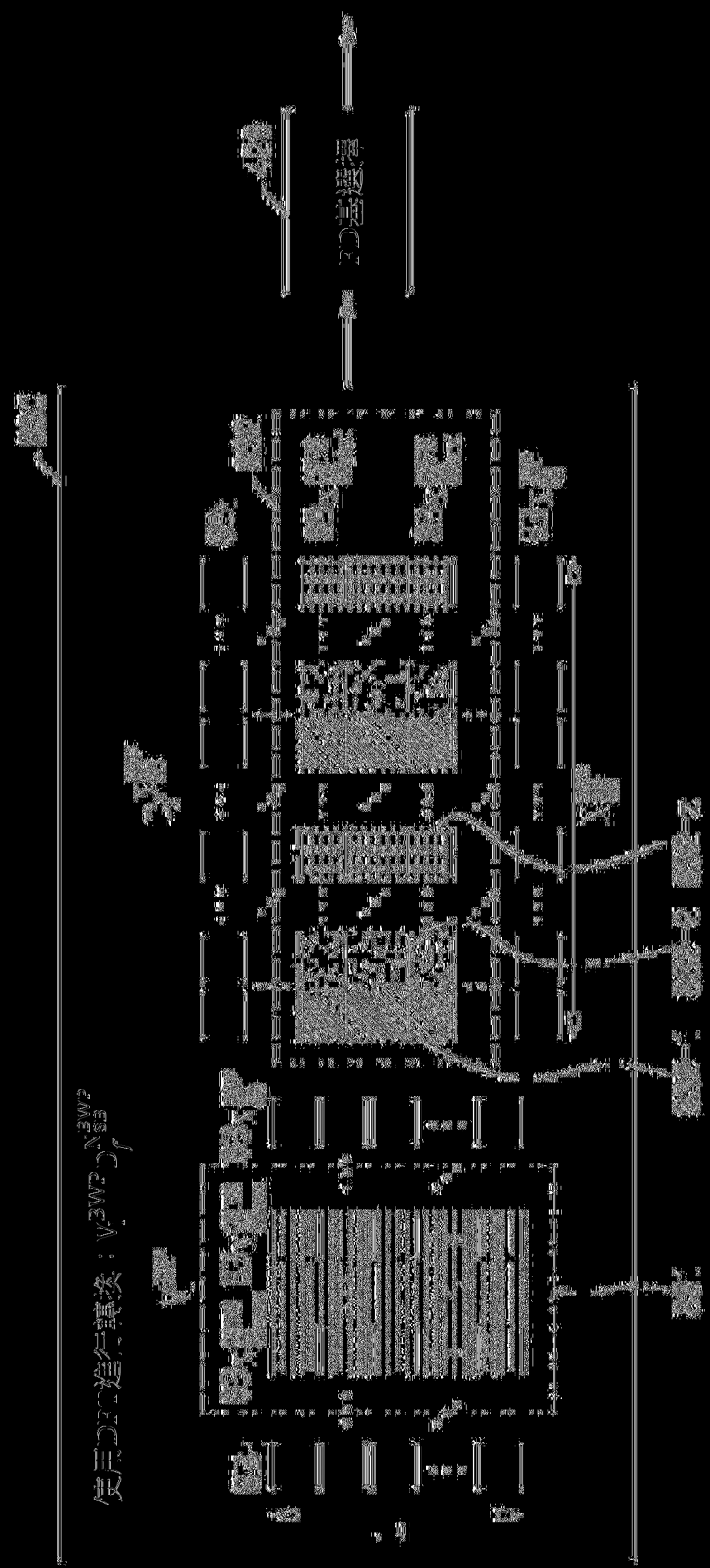
(圖6B)



|(圖7)|

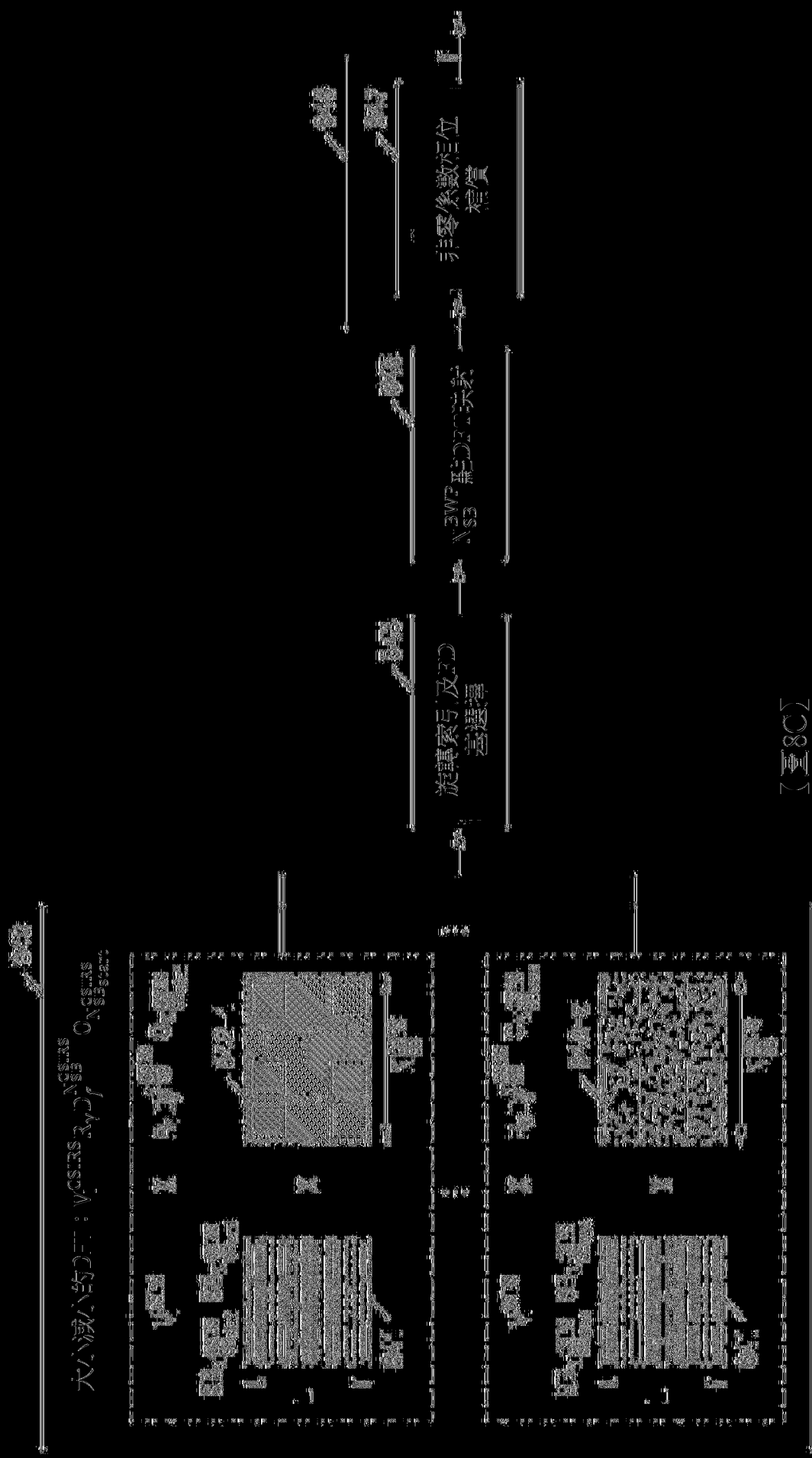


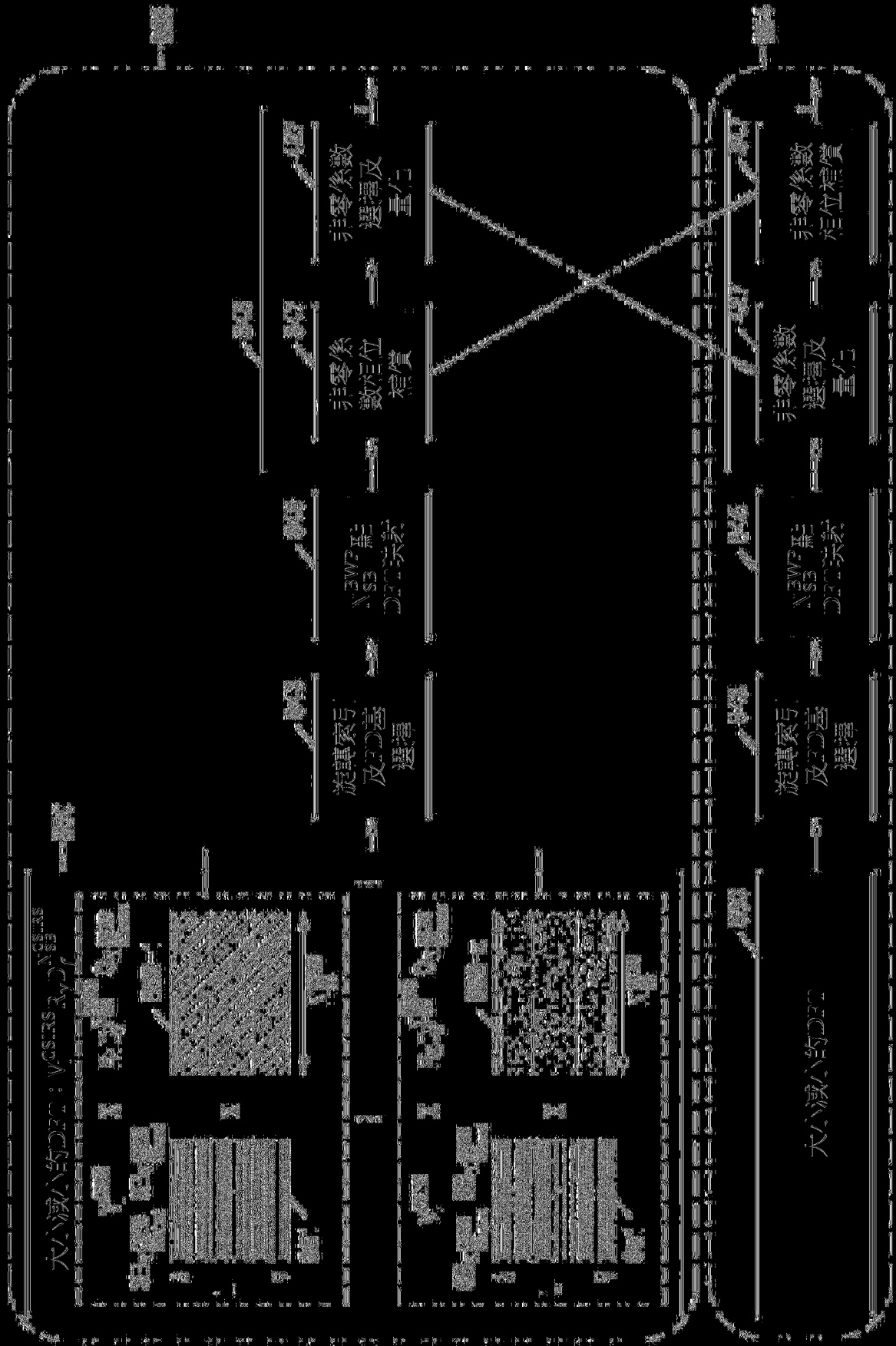
(圖8A)



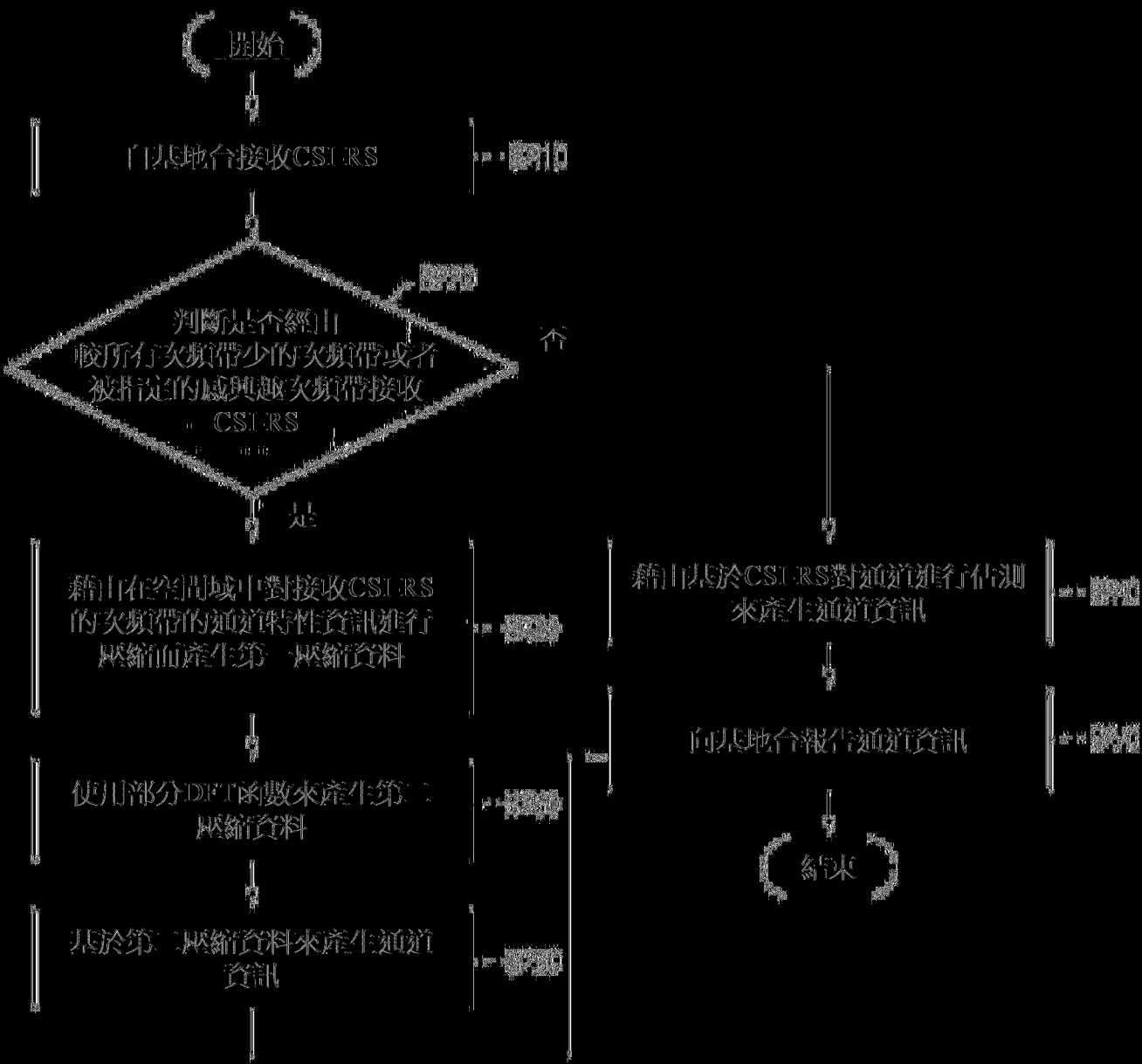
【圖83】

使用DPR進行轉換：V3WP₃N3WP₃

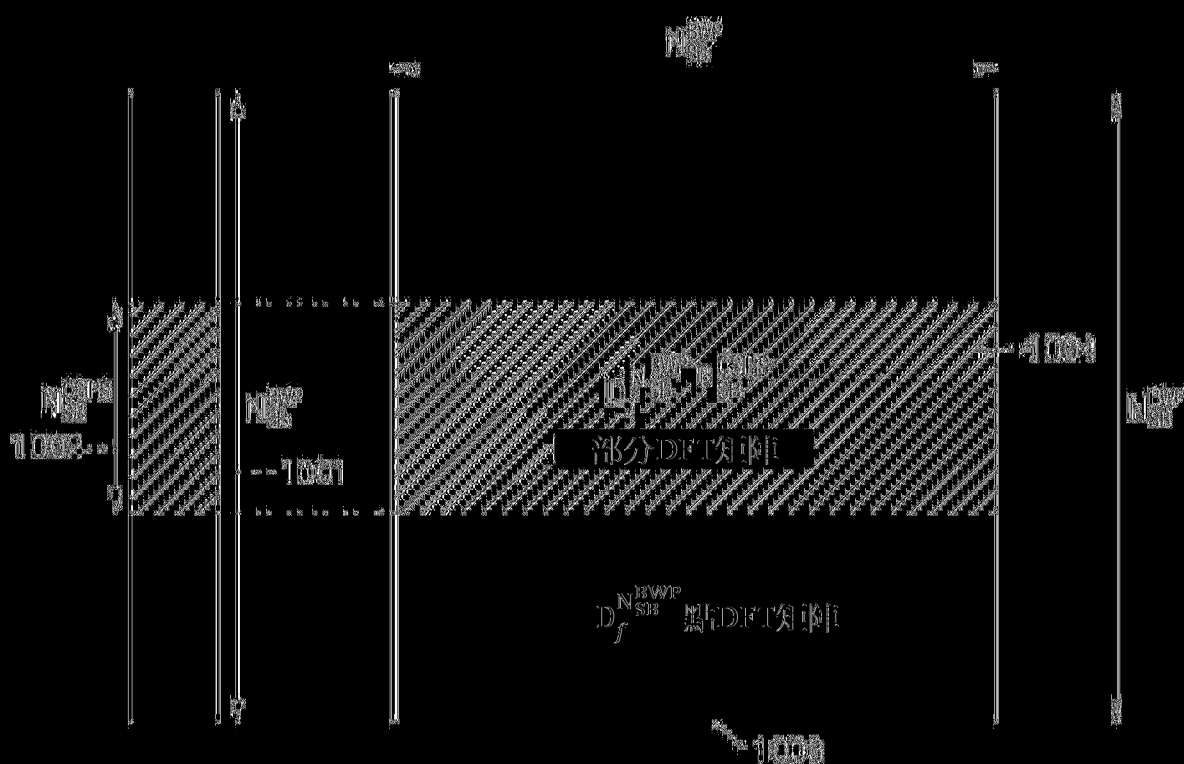




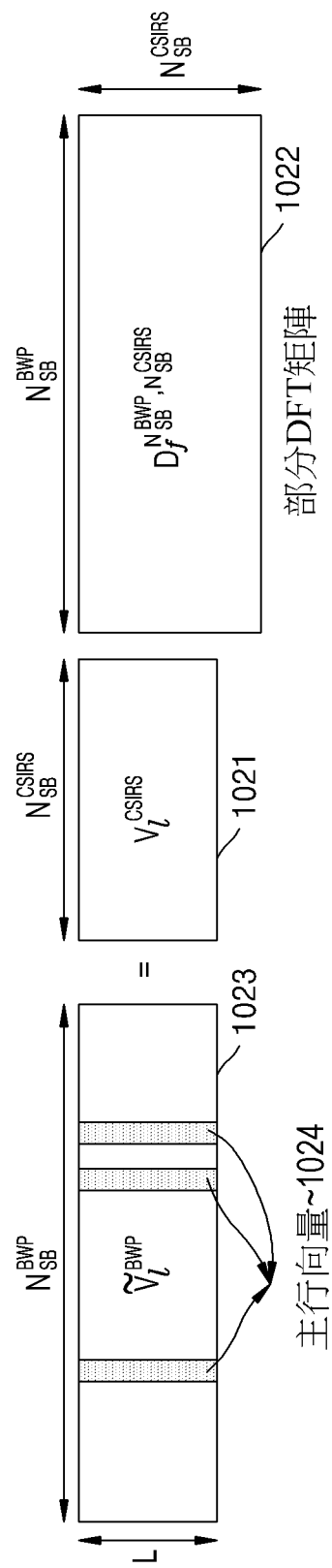
〔圖8D〕



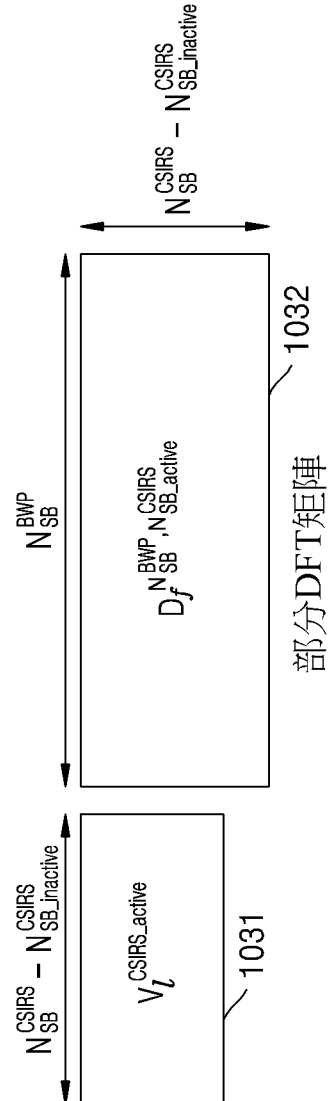
|(圖9)|



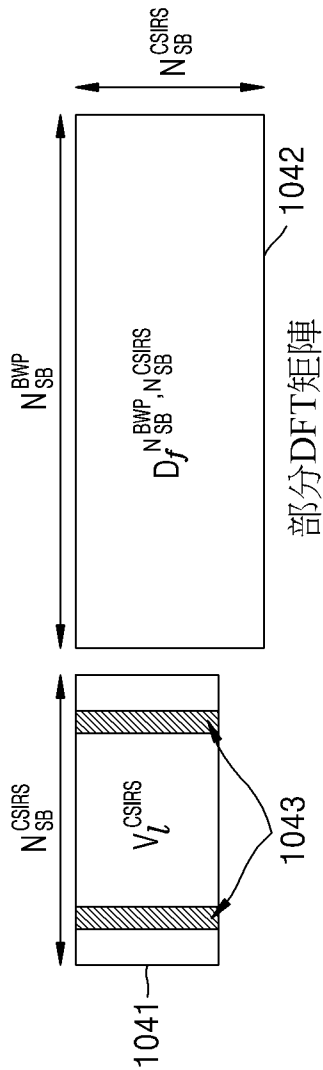
|(10A)|



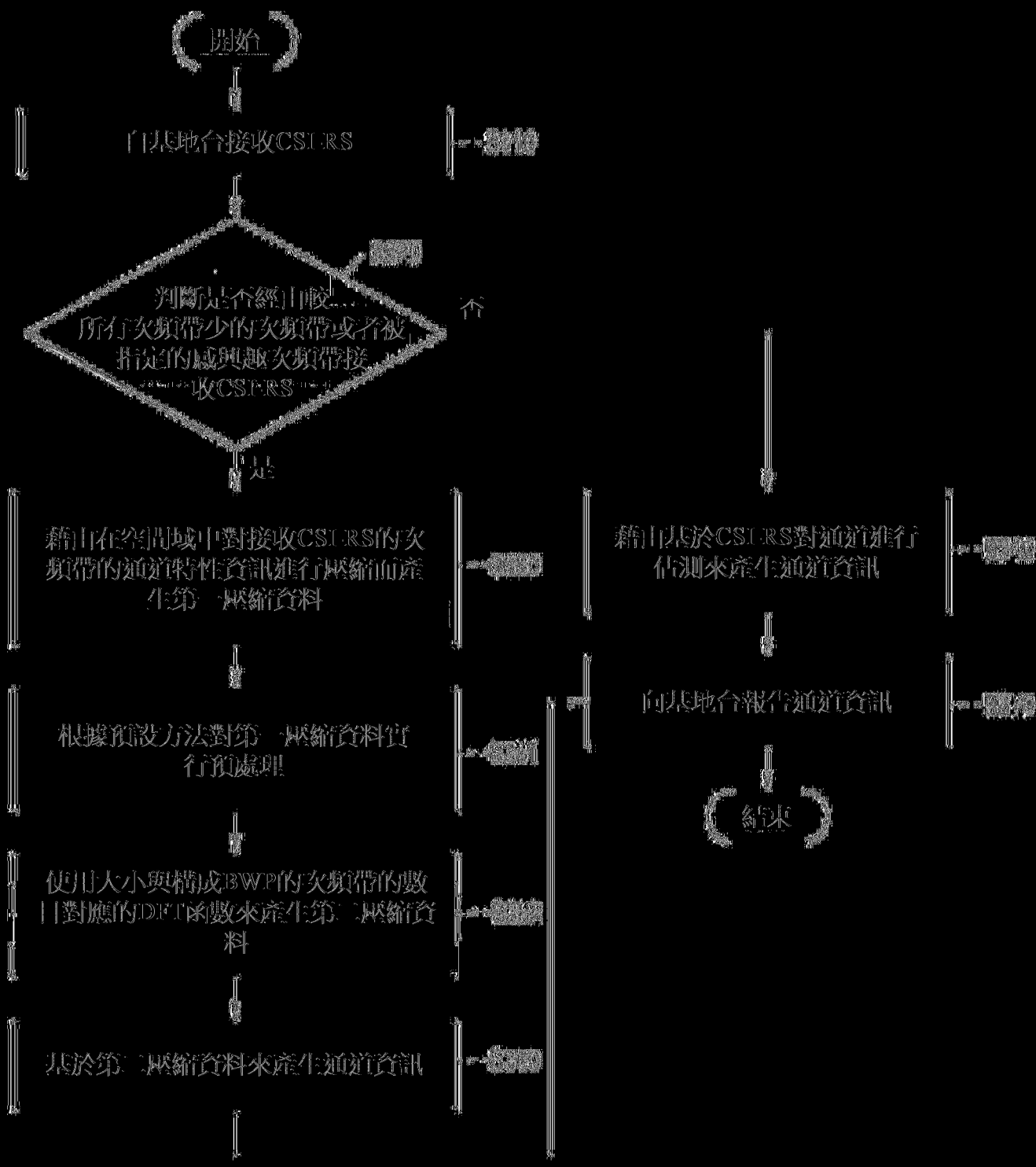
【圖10B】



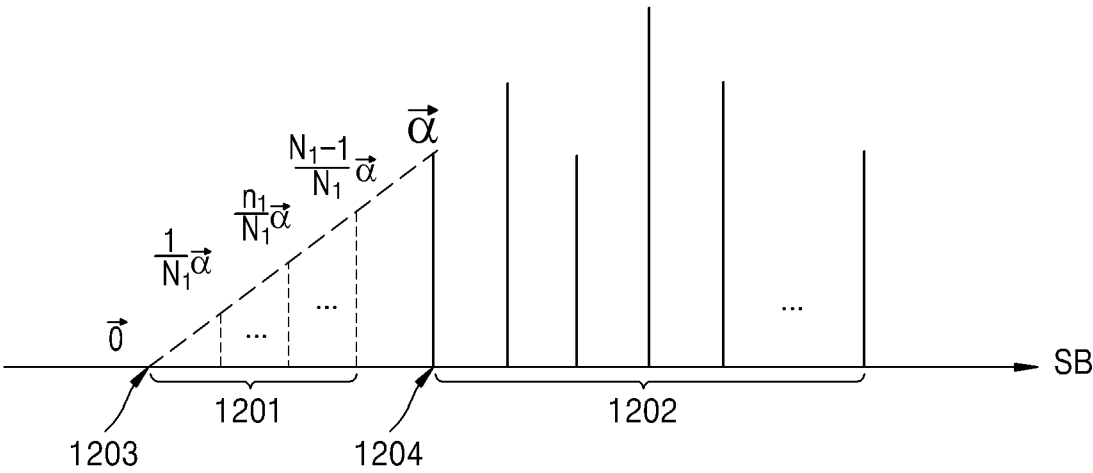
【圖10C】



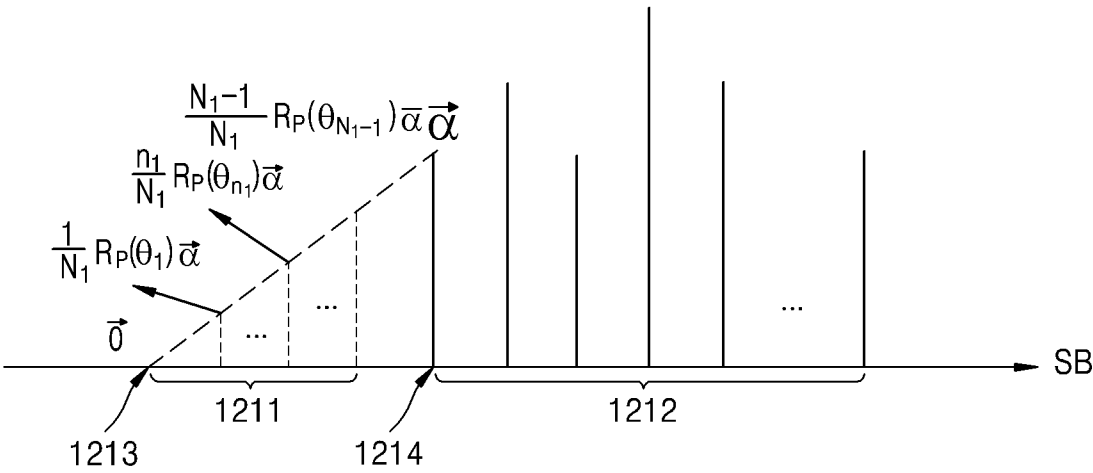
【圖10D】



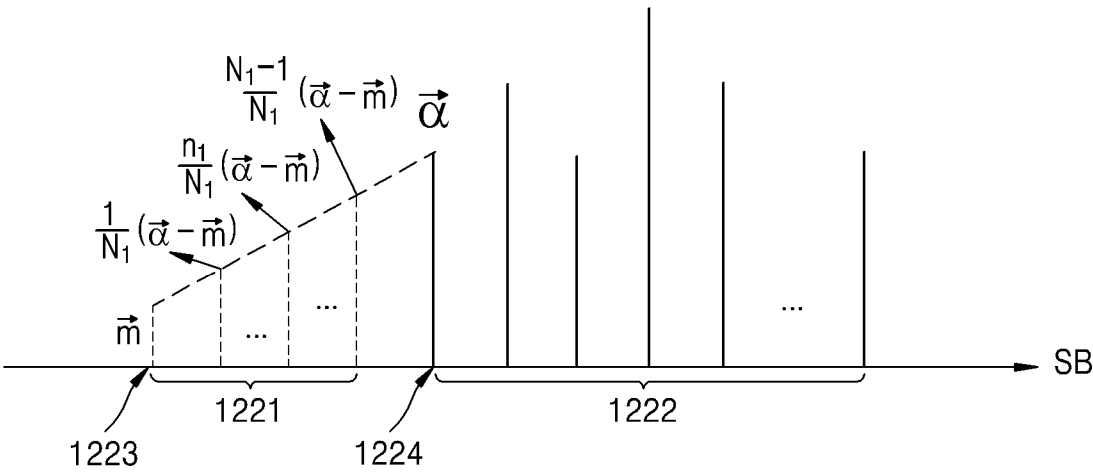
[(圖11)]



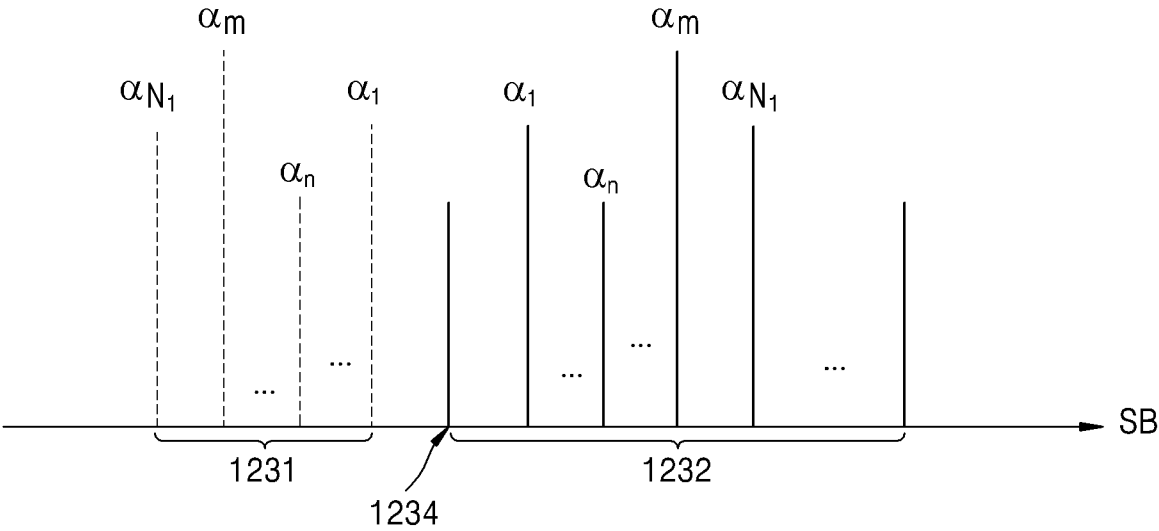
【圖12A】



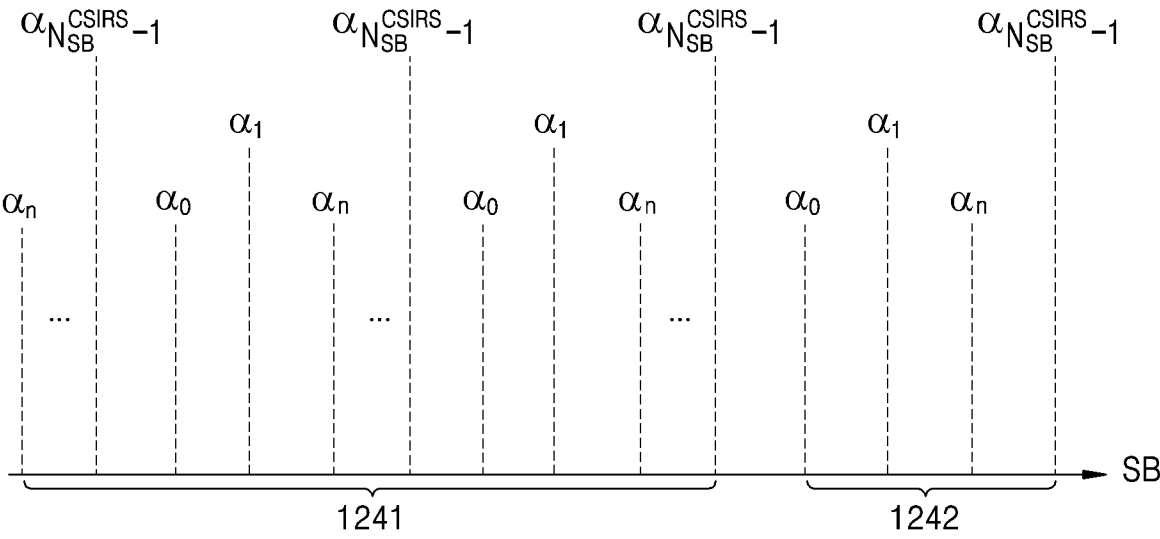
【圖12B】



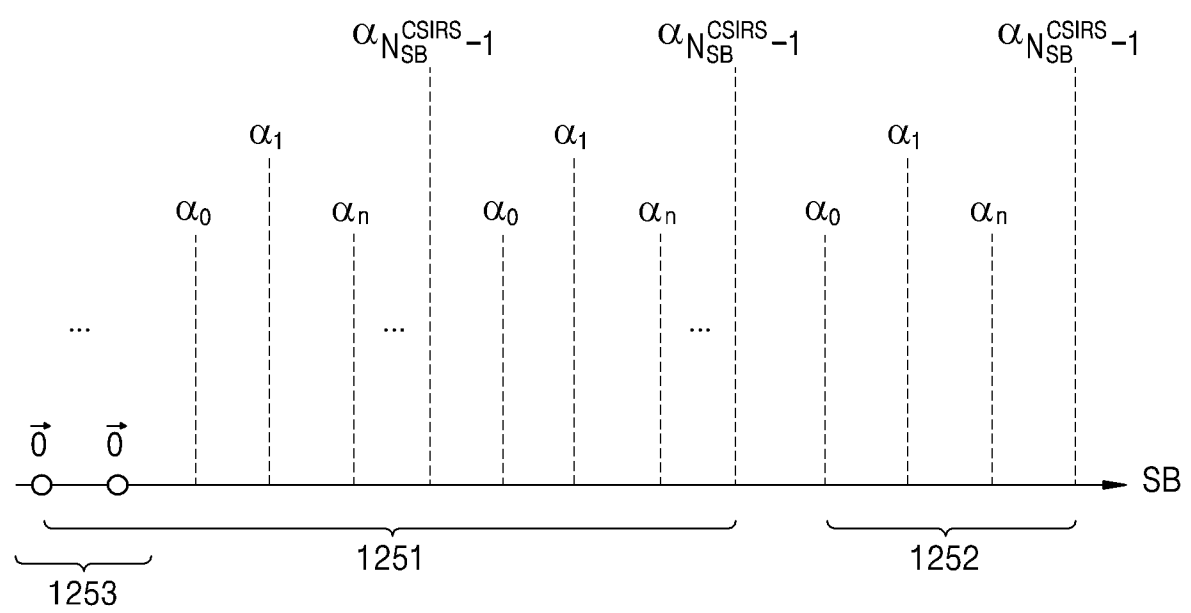
【圖12C】



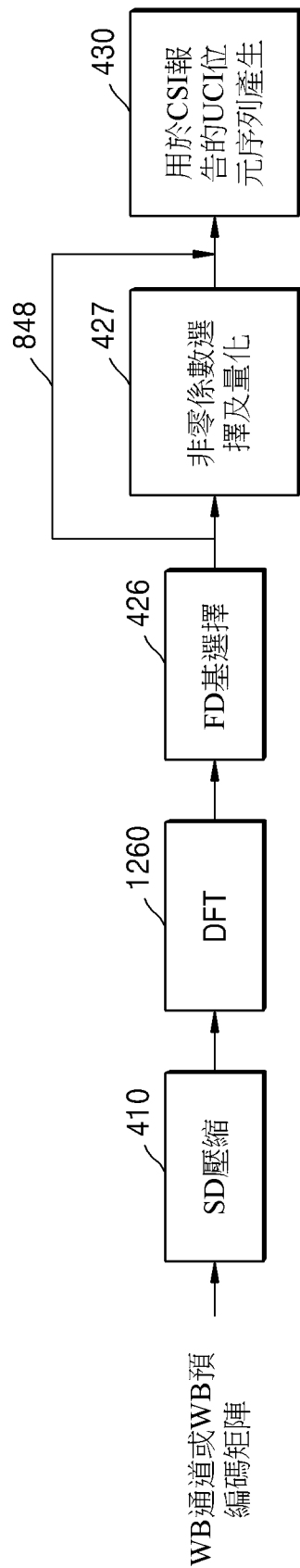
【圖12D】



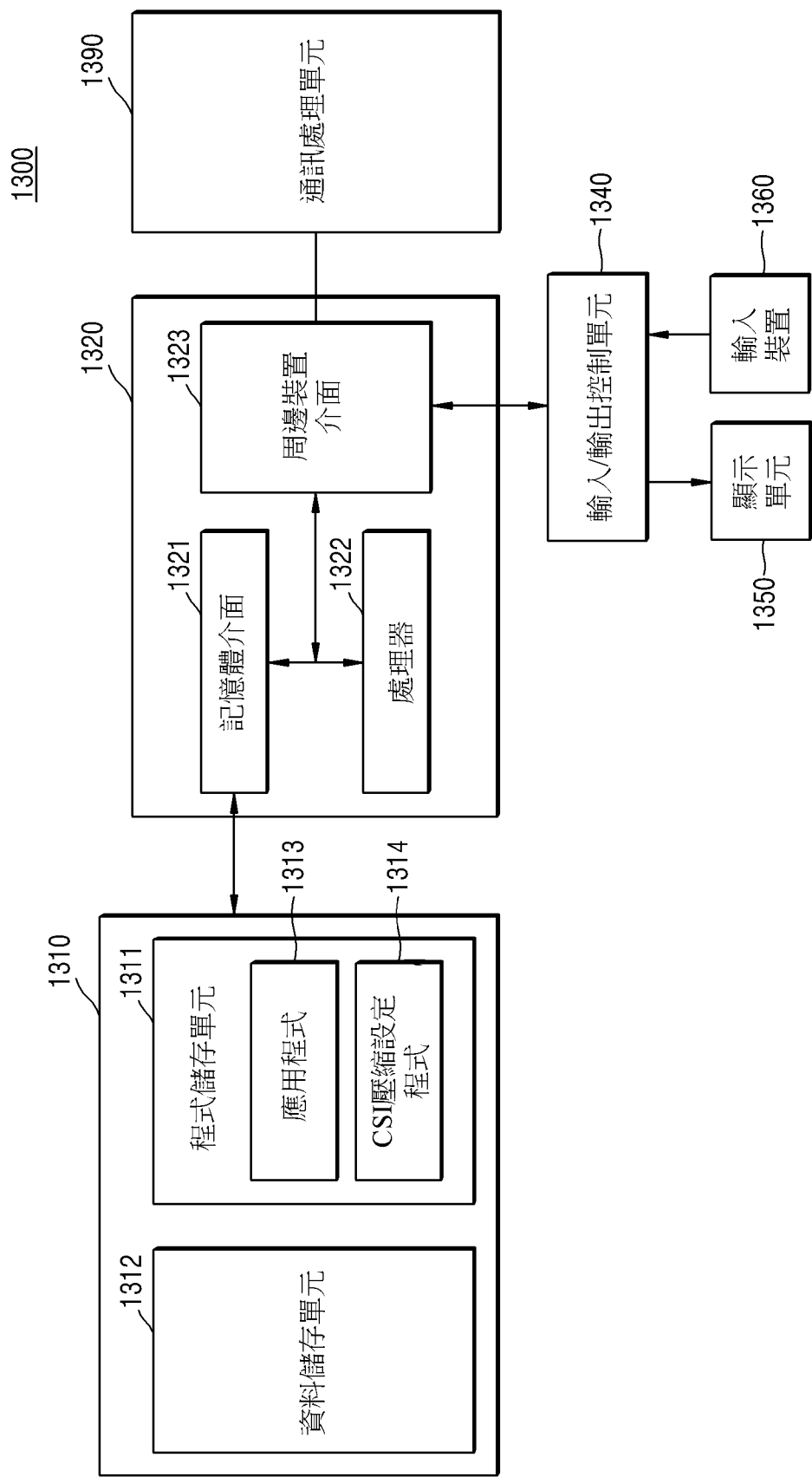
【圖12E】



【圖12F】



【圖12G】



【圖13】

【發明說明書】

【中文發明名稱】無線通訊裝置的操作方法

【英文發明名稱】OPERATING METHOD OF WIRELESS

COMMUNICATION DEVICE

【技術領域】

[相關申請案的交叉參考]

【0001】本申請案基於 2022 年 10 月 17 日在韓國智慧財產局提出申請的韓國專利申請案第 10-2022-0133617 號及 2023 年 2 月 10 日在韓國智慧財產局提出申請的韓國專利申請案第 10-2023-0018042 號並主張優先於該些韓國專利申請案，該些韓國專利申請案的揭露內容全文併入本案供參考。

【0002】本揭露是有關於一種無線通訊裝置的操作方法。

【先前技術】

【0003】符合近期的第三代合作夥伴計劃（Third Generation Partnership Project，3GPP）標準（例如，發佈版本（Release，Rel.）16）的無線通訊裝置可使用增強類型 II（Enhanced Type II，eType II）碼簿而與基地台實行通訊，以減少通道狀態資訊（channel state information，CSI）反饋的開銷。藉由使用 eType II 碼簿，可藉由利用 CSI 的空間與頻率之間的相關特性來反饋通道資訊而減少開銷。為此，可遵循以下過程：1）基地台使用標準中所定義的天線埠及時間/頻率資源元素（resource element，RE）向無線通訊裝置傳輸

通道狀態資訊資源訊號 (channel state information-resource signal, CSI-RS)。2) 無線通訊裝置自所接收的 CSI-RS 訊號來估測基地台與無線通訊裝置之間的多輸入多輸出 (multiple-input multiple-output, MIMO) 通道，且然後產生欲被報告至基地台的 CSI。在步驟 2) 的 CSI 產生過程中，無線通訊裝置在基地台處確定預編碼 (或波束成形)，且慮及基地台處的預編碼的空間域特性/頻域特性，根據 eTypeII 碼簿以壓縮形式傳輸對應的通道資訊 (例如，預編碼矩陣指示符 (precoding matrix indicator, PMI))。

【0004】 通道資訊壓縮過程有利地使無線通訊裝置能夠使用更少的無線通訊資源 (例如，時間 RE/頻率 RE) 來傳輸通道資訊。基地台的預編碼的空間域特性在空間域的基之中選擇具有主值的基，在所述空間域中，與天線埠對應的值在過取樣離散傅立葉轉換 (Discrete Fourier Transform, DFT) 空間中被重新表達。基地台處的預編碼的頻域特性在頻域的基之中選擇主基，在所述頻域中，與通道資訊的頻率對應的值在 DFT 空間中被重新表達。僅向基地台報告在小維度 DFT 空間中被重新表達的用於基地台處的預編碼的預編碼值，所述小維度 DFT 空間是藉由用於選擇空間維度/頻率維度作為所選空間域/頻域的基的通道資訊的壓縮過程而確定。

【0005】 因此，在對通道資訊進行壓縮的過程中，慮及基地台處的預編碼的空間域特性/頻域特性而對空間域/頻域實行壓縮，期望一種在壓縮過程中使通道資訊的損耗最小化的無線通訊裝置。

【發明內容】

【0006】 本發明概念的實施例提供一種藉由對通道資訊進行壓縮來減少通道狀態資訊（CSI）報告的開銷且實行高效的 CSI 反饋的終端裝置。當在整個頻寬部分（bandwidth part，BWP）的次頻帶中的至少一些次頻帶中傳輸 CSI-RS 時，可基於關於在無線通訊系統中接收通道狀態資訊資源訊號（CSI-RS）的次頻帶的資訊進行壓縮。

【0007】 根據本發明概念的一態樣，提供一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：自基地台接收通道狀態資訊參考訊號（CSI-RS）；藉由基於 CSI-RS 來估測無線通訊裝置與基地台之間的通道而產生通道資訊；以及向基地台報告通道資訊，其中產生通道資訊包括：藉由在空間域中對接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；藉由使用第一離散傅立葉轉換（DFT）函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，第一 DFT 函數具有與用於與基地台進行通訊的頻寬部分（BWP）中的接收 CSI-RS 的多個次頻帶的數目對應的大小；以及基於第二壓縮資料產生通道資訊。

【0008】 根據本發明概念的另一態樣，提供一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：自基地台接收 CSI-RS；藉由基於 CSI-RS 來估測無線通訊裝置與基地台之間的通道而產生通道資訊；以及向基地台報告通道資訊，其中產生通道資訊包括：藉由在空間域中對接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；藉由使用第一部分 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料

進行壓縮來產生第二壓縮資料，第一部分 DFT 函數由行域及列域構成，行域對應於構成用於與基地台進行通訊的 BWP 的次頻帶，列域對應於接收 CSI-RS 的次頻帶；以及基於第二壓縮資料產生通道資訊。

【0009】 根據本發明概念的另一態樣，提供一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：自基地台接收 CSI-RS；藉由基於 CSI-RS 來估測無線通訊裝置與基地台之間的通道而產生通道資訊；以及向基地台報告通道資訊，其中產生通道資訊包括：藉由在空間域中對接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；根據預設方法，針對用於與基地台進行通訊的 BWP 的多個次頻帶之中的未接收 CSI-RS 的次頻帶實行預處理；藉由使用 DFT 函數在頻域中對經預處理的第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，DFT 函數具有與構成 BWP 的多個次頻帶的數目對應的大小；以及基於第二壓縮資料產生通道資訊。

【圖式簡單說明】

【0010】

藉由結合附圖閱讀以下詳細說明，將更清楚地理解實施例，在附圖中：

圖 1 示出根據實例性實施例的無線通訊系統的實例。

圖 2 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置的方塊圖。

圖 3 是用於闡釋圖 2 所示第一射頻積體電路（RFIC）及第一天線模組的特定實施實例的方塊圖。

圖 4 是根據實例性實施例的通道資訊壓縮電路的方塊圖。

圖 5 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置的操作方法的流程圖。

圖 6A 及圖 6B 是用於闡釋根據實例性實施例的由第一子轉換區塊進行的頻域（FD）壓縮操作的圖。

圖 7 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置的操作方法的流程圖。

圖 8A、圖 8B、圖 8C、圖 8D 及圖 8E 是用於闡釋根據實例性實施例的由第二子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

圖 9 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置的操作方法的流程圖。

圖 10A、圖 10B、圖 10C 及圖 10D 是用於闡釋根據實例性實施例的由第三子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

圖 11 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置的操作方法的流程圖。

圖 12A、圖 12B、圖 12C、圖 12D、圖 12E、圖 12F 及圖 12G 是用於闡釋根據實例性實施例的由第四子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

圖 13 是示出根據實例性實施例的電子裝置的方塊圖。

【實施方式】

【0011】 在下文中，將參照附圖對實施例進行詳細闡述。

【0012】 為便於說明，本說明部分地使用第三代合作夥伴計劃長

期演進（Long Term Evolution，LTE）（3GPP LTE）標準或新無線電（New Radio，NR）標準中所定義的用語及名稱。然而，本發明概念不受以上用語及名稱的限制且可等同地應用於符合其他標準的系統。

【0013】 在本文中，詞「索引（index）」可被理解為意指現代無線通訊標準中慣用的「索引值」（與值的列表相對）。

【0014】 在本文中，詞「FD 行索引（FD column index）」可被理解為意指「FD 基（例如，FD 基索引）」。

【0015】 與根據實施例的無線通訊裝置進行通訊且將通訊網路資源分配至無線通訊裝置的實體的實例包括小區、基地台（base station，BS）、節點 B（NodeB，NB）、演進節點 B（eNodeB，eNB）、下一代無線電存取網路（next generation radio access network，NG RAN）、無線電存取單元、基地台控制器、網路上的節點及下一代節點 B（gNodeB，gNB）。

【0016】 無線通訊裝置是與基地台或另一無線通訊裝置進行通訊的實體，所述實體的實例包括節點、使用者設備（user equipment，UE）、下一代 UE（next generation UE，NG UE）、行動台（mobile station，MS）、行動設備（mobile equipment，ME）、裝置及終端。

【0017】 無線通訊裝置的其他實例可包括以下中的至少一者：智慧型電話、平板個人電腦（personal computer，PC）、行動電話、視訊電話、電子書（electronic book，e-book）閱讀器、桌上型 PC、膝上型 PC、上網本電腦（netbook computer）、個人數位助理

(personal digital assistant, PDA)、可攜式多媒體播放機 (portable multimedia player, PMP)、動態影像專家組壓縮標準音訊層 3 (moving picture experts group-1 audio layer 3, MP3) 播放機、醫療裝置、相機及可穿戴裝置 (wearable device)。另外，無線通訊裝置可包括以下中的至少一者：電視、數位視訊光碟 (digital video disk, DVD) 播放機、音訊播放機、冰箱 (refrigerator)、空氣調節器 (air conditioner)、真空清潔器 (vacuum cleaner)、烘箱、微波爐、洗滌機 (washing machine)、空氣淨化器 (air purifier)、機上盒 (set-top box)、家庭自動化控制面板、安全控制面板、媒體盒 (例如，三星 HomeSync™、蘋果 TV™ 或穀歌 TV™)、遊戲控制台 (例如，Xbox™ 及 PlayStation™)、電子詞典、電子鑰匙、攝錄影機及電子相框。無線通訊裝置的其他實例可包括以下中的至少一者：各種醫療裝置 (例如，各種可攜式醫療量測裝置 (例如，血糖計、心率計、血壓計或體溫計)、磁共振血管造影 (magnetic resonance angiography, MRA)、磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI)、電腦斷層攝影 (computed tomography, CT)、攝影裝置或超音波裝置等)、導航裝置、全球導航衛星系統 (global navigation satellite system, GNSS)、事件資料記錄器 (event data recorder, EDR)、飛行資料記錄器 (flight data recorder, FDR)、車輛資訊娛樂裝置、船舶電子設備 (例如，船舶導航裝置、陀螺羅盤 (gyrocompass) 等)、航空電子裝置、安全設備、車輛的頭單元 (head unit)、工業機器人或家用機器人、無人機、金融機構的自

動櫃員機(automated teller machine, ATM)、商店處的銷售點(point of sales, POS)、及物聯網(Internet of things, IoT)裝置(例如, 燈泡、各種感測器、灑水器裝置、火警警報器、溫度控制器、路燈、烤麵包機、鍛煉設備、熱水箱、加熱器、鍋爐等)。其他實例可包括能夠實行通訊功能的各種類型的多媒體系統。

【0018】 在下文中, 將參照附圖對實施例進行詳細闡述。

【0019】 圖 1 是示出根據實施例的無線通訊系統的方塊圖。

【0020】 參照圖 1, 無線通訊系統 10 可包括基地台 200 及無線通訊裝置 100。無線通訊系統 10 被示出為僅包括一個基地台 200 及一個無線通訊裝置 100, 但此僅是為了易於闡釋的實例; 無線通訊系統 10 亦可被實施成包括各種數目的基地台及無線通訊裝置。

【0021】 基地台 200 可經由無線電通道連接至無線通訊裝置 100 以提供各種通訊服務。基地台 200 可經由共享通道為所有使用者流量(user traffic)提供服務, 且藉由收集無線通訊裝置 100 的狀態資訊(例如, 緩衝狀態、可用傳輸功率狀態及通道狀態)來實行排程。無線通訊系統 10 可使用正交頻分多工(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM)作為無線電存取技術來支援波束成形技術。另外, 無線通訊系統 10 可支援根據無線通訊裝置 100 的通道條件來確定調變方案及通道編碼速率的適應性調變及編碼(adaptive modulation & coding, AMC)方法。

【0022】 無線通訊系統 10 可使用存在於 6 十億赫(gigahertz, GHz)或大於 6 十億赫的頻帶中的寬頻帶來傳輸及接收訊號。舉例而言,

無線通訊系統 10 可藉由使用毫米波頻帶（例如，28 十億赫頻帶或 60 十億赫頻帶）來達成高資料傳輸速率。現在，由於毫米波頻帶具有相對大的單位距離訊號衰減（**signal attenuation per distance**），因此無線通訊系統 10 可支援基於使用多條天線產生的定向波束進行的傳輸及接收以確保覆蓋範圍（**coverage**）。無線通訊系統 10 可為支援多輸入多輸出（**MIMO**）的系統，且因此基地台 200 及無線通訊裝置 100 可支援波束成形技術。波束成形技術可被分類成數位波束成形、類比波束成形及混合波束成形。在下文中，將在基於支援混合波束成形技術的實施例的無線通訊系統中對本技術的精神進行闡述，但應完全理解，本技術亦可應用於其他的波束成形技術。

【0023】如圖 1 中所示，基地台 200 可向無線通訊裝置 100 傳輸通道狀態資訊參考訊號（**CSI-RS**）。無線通訊裝置 100 可使用 **CSI-RS** 來估測下行鏈路通道。

【0024】無線通訊裝置 100 可利用 **CSI** 壓縮技術（例如，空間域壓縮技術/頻域壓縮技術）以使用減少的上行鏈路資源向基地台精確地傳輸通道狀態資訊。作為實例，無線通訊裝置 100 可藉由基於接收 **CSI-RS** 的次頻帶來進行空間域壓縮而產生第一壓縮資料，且藉由使用各種離散傅立葉轉換（**DFT**）函數對第一壓縮資料實行頻域壓縮來產生第二壓縮資料。無線通訊裝置 100 可向基地台 200 傳輸基於第二壓縮資料產生的通道資訊（例如，**CSI** 報告）。

【0025】本發明概念涉及一種藉由基於各種 **DFT** 函數的頻域壓縮

技術來報告通道資訊而改善/最大化通道資訊的壓縮效能的方法，如以下將詳述。

【0026】 圖 2 是示出根據實例性實施例的無線通訊裝置 100 的方塊圖。所述組件可為無線通訊裝置 100 的數據機晶片(modem chip)的一部分。

【0027】 無線通訊裝置 100 可包括基頻處理器 110、第一 RF 積體電路(RF integrated circuit, RFIC) 120、第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i (i = 二或多於二)、第二 RFIC 140、多個天線 150 及記憶體 160。

【0028】 基頻處理器 110 可對無線通訊裝置 100 的整體操作進行控制。舉例而言，基頻處理器 110 可包括通道品質量測電路 112、切換控制電路 114 及通道狀態資訊(CSI)壓縮電路 116。

【0029】 通道品質量測電路 112、切換控制電路 114 及 CSI 壓縮電路 116 可被實施為硬體或者藉由使用軟體來實施。以下將闡述的通道品質量測電路 112、切換控制電路 114 及 CSI 壓縮電路 116 的操作可被理解為基頻處理器 110 的操作。

【0030】 當與基地台 200 或其他裝置進行通訊時，為辨識多個分量載波之中的主要分量載波的通道是否劣化，通道品質量測電路 112 可對第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 的通道品質進行量測。

【0031】 通道品質量測電路 112 可對經由第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 中的每一者接收訊號的通道的條件進行量測，

且基於所量測的通道條件來產生指示與第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 對應的多個分量載波中的每一者的通道條件的指示符。

【0032】舉例而言，通道品質量測電路 112 可對以下中的至少一者進行量測：秩指示符（rank indicator，RI）、通道品質指示符（channel quality indicator，CQI）、參考訊號接收功率（reference signal received power，RSRP）、參考訊號接收品質（reference signal received quality，RSRQ）、訊號對干擾加雜訊比（signal to Interference plus noise ratio，SINR）、所接收訊號強度指示符（received signal strength indicator，RSSI）、參考訊號相關相關性（reference signal related correlation）以及所接收訊號的可變增益指數（gain index）。

【0033】切換控制電路 114 可基於所接收的層分配資訊來控制第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 與第一 RFIC 120 之間的連接，進而與基地台 200 裝置或其他裝置實行通訊。第一 RFIC 120 可包括與 RF 資源對應的第一 RF 鏈 121_1 至第 k RF 鏈 121_k。第一天線模組（天線相關聯電路系統組）130_1 至第 i 天線模組（天線相關聯電路系統組）130_i 中的每一者可包括第一天線陣列 130_11 至第 m 天線陣列 130_1m。第一天線陣列 130_11 至第 m 天線陣列 130_1m 中的每一者可包括第一 RF 前端 131_11 至第 n RF 前端 131_1n 及第一天線 132_11 至第 n 天線 132_1n。根據自基地台 200 裝置接收的層分配資訊，切換控制電路 114 可控制第一 RF

鏈 121_1 至第 k RF 鏈 121_k 與第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 中的第一天線陣列 130_11 至第 m 天線陣列 130_1m 之間的連接。

【0034】 切換控制電路 114 可基於自基地台 200 裝置接收的層分配資訊來控制所選擇天線模組與第一 RFIC 120 之間的連接。舉例而言，切換控制電路 114 可基於自基地台 200 裝置接收的層分配資訊而將所選擇天線模組自第一 RFIC 120 斷開連接且藉由控制另一天線模組與第一 RFIC 120 之間的連接來實行天線模組切換操作。

【0035】 舉例而言，第一 RFIC120 可支援以毫米波頻帶進行的通訊，而第二 RFIC 140 可支援以較毫米波頻帶低的頻帶進行的通訊。第二 RFIC 140 可選擇性地連接至所述多個天線 150。

【0036】 CSI 壓縮電路 116 可基於自基地台 200 接收的參考訊號（例如，CSI-RS）而實行空間域壓縮及頻域壓縮，且產生用於進行通道資訊報告（例如，小區特定參考（cell specific reference，CSR）-資源訊號（resource signal，RS）報告）的通道資訊。所產生的通道資訊可儲存於上行鏈路控制資訊（uplink control information，UCI）位元序列中且報告至基地台 200。

【0037】 記憶體 160 可儲存第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 的指示符。記憶體 160 可儲存第一 RFIC120 與第一天線模組 130_1 至第 i 天線模組 130_i 之間的連接控制所需的資訊。在一些實施例中，通道品質量測電路 112 及切換控制電路 114 可被實施為軟體且以碼形式儲存於記憶體 160 中。切換歷史資訊亦可儲存

於記憶體 160 中。

【0038】舉例而言，記憶體 160 可使用揮發性記憶體（例如，靜態隨機存取記憶體（static random access memory，SRAM））來實施。在一些實施例中，記憶體 160 可被實施為揮發性記憶體（例如，動態隨機存取記憶體（Dynamic Random Access Memory，DRAM））或者非揮發性記憶體（例如，唯讀記憶體（read-only memory，ROM）、快閃記憶體（flash memory）、電阻式隨機存取記憶體（Resistive Random Access Memory，ReRAM）或者磁性隨機存取記憶體（Magnetic Random Access Memory，MRAM））。

【0039】圖 3 是用於闡釋圖 2 所示第一 RFIC 及第一天線模組的特定實施實例的方塊圖。

【0040】詳細而言，在圖 3 中，作為無線通訊裝置 100 的第一 RFIC 及第一天線模組，圖 2 所示無線通訊裝置 100 經由第一 RFIC 120a 及第一天線模組 130_1a 向基地台報告（或傳輸）藉由 CSI 壓縮電路 116 在空間域/頻域中被壓縮的通道資訊。

【0041】參照圖 3，圖 1 所示無線通訊裝置 100 的第一 RFIC 120a 可包括第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 及開關介面（switch interface）122a。圖 3 中闡述的第一天線模組 130_1a 的實施實例亦可應用於圖 2 所示第二天線模組 130_2 至第 i 天線模組 130_i。舉例而言，在無線通訊系統中的基地台 200 與無線通訊裝置 100 之間的存取的初始階段中，可基於藉由基地台 200 設定的層分配資訊來控制第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 與第一天線模

組 130_1a 之間的連接。

【0042】舉例而言，當在無線通訊系統中主要分量載波的通道狀態發生劣化時，開關介面 122a 可基於自基地台 200 接收的被改變的層分配資訊來控制第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 與第一天線模組 130_1a 之間的連接。

【0043】第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 中的每一者可包括類比-數位轉換器 (analog-to-digital converter) ADC、混頻器 MX 及可變增益放大器 VGA。可變增益放大器 VGA 可基於可變增益而放大所接收的訊號，混頻器 MX 可基於頻率訊號 LO 對所放大的訊號進行下變頻，而類比-數位轉換器 ADC 可將所轉換的訊號轉換成數位訊號。自類比-數位轉換器 ADC 輸出的數位訊號可被提供至圖 2 所示基頻處理器 110。

【0044】類比-數位轉換器 ADC、混頻器 MX 與可變增益放大器 VGA 形成由無線通訊裝置 100 接收的訊號的路徑，且圖 3 所示第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 可更包括形成由無線通訊裝置 100 傳輸的訊號的路徑的組件。開關介面 122a 可因應於開關控制訊號而對第一 RF 鏈 121_1a 至第 k RF 鏈 121_ka 與第一天線模組 130_1a 進行連接。

【0045】第一天線模組 130_1a 可包括第一天線陣列 130_11a 至第 m 天線陣列 130_1ma 及第一組合器 (combiner) 133_1a 至第 m 組合器 133_ma。第一天線陣列 130_11a 的實施實例亦可應用於第二天線陣列 130_12a 至第 m 天線陣列 130_1ma。第一天線陣列

130_11a 至第 m 天線陣列 130_1ma 中的每一者可包括第一 RF 前端 131_11a 至第 n RF 前端 131_1na 以及連接至第一 RF 前端 131_11a 至第 n RF 前端 131_1na 的第一天線 132_11a 至第 n 天線 132_1na。第一 RF 前端 131_11a 至第 n RF 前端 131_1na 中的每一者可包括移相器 (phase shifter) PS 及低雜訊放大器 LNA。可藉由對第一天線模組 130_1a 中所包括的所述多個移相器 PS 進行相位調節而在第一天線模組 130_1a 中形成多個接收波束圖案。第一組合器 133_1a 至第 m 組合器 133_ma 可對自所連接的第一天線陣列 130_11a 至第 m 天線陣列 130_1ma 接收的訊號進行組合且將相加的訊號輸出至第一 RFIC 120a。

【0046】 圖 3 所示第一 RFIC 120a 及第一天線模組 130_1a 的實施方式僅為實例性實施例，但並非僅限於此且將適用於適合用於以毫米波頻帶進行通訊的各種實施方式。

【0047】 圖 4 是根據實例性實施例的通道狀態資訊壓縮電路的方塊圖。所述方塊圖例示出基頻處理器 110（具體而言，圖 2 所示 CSI 壓縮電路 116）的空間域壓縮過程及頻域壓縮過程。

【0048】 如圖 4 中所示，CSI 壓縮電路 116 可包括空間域 (spatial domain, SD) 壓縮區塊 410、頻域 (frequency domain, FD) 壓縮區塊 420 (包括非零係數 (non-zero coefficient, NZC) 選擇及量化區塊 427)、以及上行鏈路通道資訊 (uplink channel information, UCI) 位元序列產生區塊 430。

【0049】 基於所接收的 CSI-RS，SD 壓縮區塊 410 可藉由根據接

收 CSI-RS 的次頻帶的空間域特性來利用空間碼簿而實行空間域壓縮。舉例而言，SD 壓縮區塊 410 可在過取樣（oversampled）離散傅立葉轉換（DFT）空間（可互換地，「過取樣（oversampling）DFT 空間」）中重新表達與基地台的天線埠對應的值，且然後在候選基（例如，行向量）之中選擇具有主值的 SD 基。

【0050】 FD 壓縮區塊 420 可包括 DFT 轉換區塊 421、FD 基選擇區塊 426、NZC 選擇及量化區塊 427 以及旁通路徑 428（注意，可在構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSI-RS} 的比率是整數時使用旁通路徑 428）。

【0051】 DFT 轉換區塊 421 可包括第一子轉換區塊 422、第二子轉換區塊 423、第三子轉換區塊 424 及第四子轉換區塊 425。當在用於在基地台與無線通訊裝置之間進行通訊的整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時，根據實施例的 DFT 轉換區塊 421 可使用第一子轉換區塊 422、第二子轉換區塊 423、第三子轉換區塊 424 或第四子轉換區塊 425 中的任一者來實行頻域壓縮。儘管圖 4 中未示出，但當在整個 BWP 之上接收 CSI-RS 時，可使用與整個 BWP 大小對應的 DFT 函數（例如，3GPP Rel. 16 或 3GPP Rel. 17 中定義的 DFT 函數）來實行頻域壓縮。

【0052】 在一個實施例中，與經 SD 壓縮的第一壓縮資料的第 n 次頻帶對應的矩陣被定義為 $\mathbf{V}_n \in \mathcal{C}^{L \times Rank}$ ，且此處， L 可指藉由 SD 壓縮而減少的維度的數目，且秩（Rank）可指基地台與終端之間的用於 MIMO 通訊的總層數。

【0053】 在一個實施例中，DFT 轉換的輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 可為藉由自經 SD 壓縮的第一壓縮資料提取接收 CSI-RS 的每一次頻帶的第一層而產生的矩陣的 $L \times N_{SB}^{CSIRS}$ 形式。 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 可基於方程式 1 來表達。其中 L 可指藉由 SD 壓縮而減少的維度的數目。

【0054】 [方程式 1]

$$\mathbf{V}_l^{CSIRS} = [\mathbf{V}_{N_{SB_start}^{CSIRS}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{SB_start}^{CSIRS}+1}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{SB}^{CSIRS}-1}(:, l)]$$

【0055】 在一個實施例中，第一子轉換區塊 422 可藉由使用大小與接收 CSI-RS 的次頻帶的數目對應的 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料。之後將參照圖 5 至圖 6B 對此詳細說明進行闡述。第二子轉換區塊 423 可藉由使用藉由接收 CSI-RS 的次頻帶的數目而被過取樣的 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料。之後將參照圖 7 至圖 8E 對此詳細說明進行闡述。第三子轉換區塊 424 可藉由使用形式基於構成 BWP 的次頻帶的數目及接收 CSI-RS 的次頻帶的數目來確定的部分 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料。之後將參照圖 9 至圖 10D 對此詳細說明進行闡述。第四子轉換區塊 425 可對構成 BWP 的次頻帶之中的未接收 CSI-RS 的次頻帶實行預處理且藉由使用 DFT 函數在頻域中對經預處理的第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料。之後將在圖 11 至圖 12G 中對此詳細說明進行闡述。

【0056】 FD 基選擇區塊 426 可自 DFT 轉換區塊 421 接收第二壓縮資料且選擇第二壓縮資料的主基作為 FD 基。此處，FD 基可指

在 DFT 空間中被重新表達的第一壓縮資料之中的具有主值的行的索引。舉例而言，FD 基選擇區塊 426 可計算被實行 FD 壓縮的第二壓縮資料的每一行的分量的平方的平均值，根據大小對平均值進行排序，且然後選擇並輸出預設數目的 FD 基（例如，每一行分量的平方的平均值的量值大的次序）。

【0057】 NZC 選擇及量化區塊 427 可以「SD 基×FD 基」的形式計算第二壓縮資料中所包括的分量的絕對值，根據大小對絕對值進行排序，且然後選擇預設數目的 NZC（例如，選擇具有大絕對值的次序）。NZC 選擇及量化區塊 427 可將所選擇 FD 基及 NZC 量化成可以 UCI 位元序列表示的形式。

【0058】 然而，UCI 位元序列產生區塊 430 可自 NZC 選擇及量化區塊 427 接收經量化的 FD 基及 NZC 且產生用於向基地台報告 CSI 的 UCI 位元序列。

【0059】 根據實施例，當經由一些次頻帶自基地台傳輸 BWP 的 CSI-RS 時，可提供一種藉由在傳輸 CSI-RS 的次頻帶的通道資訊不被損壞的範圍內有效地實行頻域壓縮而使通道資訊的壓縮效能最大化的無線通訊裝置。

【0060】 藉由根據本發明概念技術思想的在頻域中對通道資訊進行壓縮的過程，可提供一種能夠防止由於通道之間的干擾而導致 CSI 報告內容出現變形及污染（或失真）的無線通訊裝置。

【0061】 圖 5 是示出根據實例性實施例的對無線通訊裝置進行操作的方法的流程圖。

【0062】 詳細而言，圖 5 是用於闡釋當在圖 2 所示無線通訊裝置 100 的基頻處理器 110 中的整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時，由基頻處理器 110（例如，圖 4 所示第一子轉換區塊 422）對通道特性資訊實行 CSI-RS 維度 FD 壓縮的操作的圖。

【0063】 在本文中，「CSI-RS 維度」可指基於 BWP 的次頻帶之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶（少於 BWP 的所有次頻帶）的數目 N_{SB}^{CSI-RS} 而轉換的 DFT 空間，而「BWP 維度」可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 而轉換的 DFT 空間。

【0064】 參照圖 5，藉由在空間域及頻域中對通道特性資訊進行壓縮來產生通道資訊的操作可包括操作 S10、操作 S20、操作 S30、操作 S40、操作 S50、操作 S60 及操作 S70。

【0065】 在操作 S10 中，基頻處理器 110 可自基地台接收 CSI-RS。舉例而言，基地台使用預定義的天線埠及無線電通訊資源（例如，時間資源元素/頻率資源元素（RE））向終端傳輸 CSI-RS。

【0066】 在操作 S20 中，基頻處理器 110 可判斷（或辨識）是否經由 BWP 的「一些次頻帶」（少於 BWP 的所有次頻帶）或者經由由基地台指定的一或多個感興趣次頻帶（當在 BWP 的所有次頻帶中傳輸 CSI-RS 時）接收 CSI-RS。由於可藉由基地台在 BWP 內自由地分配 CSI-RS，因此可在 BWP 的所有次頻帶中傳輸 CSI-RS，或者僅在 BWP 中的一些次頻帶中傳輸 CSI-RS。在本文中，當 CSI-RS 被稱為在 BWP 內的「一些次頻帶」中被接收時，此可囊括 1）在少於 BWP 內的所有次頻帶中接收 CSI-RS 的情形、以及 2）藉

由基地台在整個 BWP 之上傳輸 CSI-RS，但基地台藉由 CSI 報告頻帶資訊（例如，位元序列）而指定至少一個感興趣次頻帶且僅請求對對應的至少一個次頻帶進行 CSI 報告的情形。

【0067】 基頻處理器 110 可在經由 BWP 的一些次頻帶接收 CSI-RS 時實行操作 S30。在操作 S40，當經由 BWP 的所有次頻帶接收 CSI-RS 時，基頻處理器 110 可藉由基於 CSI-RS 對通道進行估測來產生通道資訊。

【0068】 在操作 S30 中，基頻處理器 110 可在空間域中對接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮（在下文中被稱為 SD 壓縮）以產生第一壓縮資料。舉例而言，基頻處理器 110 將接收 CSI-RS 的次頻帶的空間域特性（例如，與天線埠對應的值）重新表達為過取樣離散傅立葉轉換（DFT）空間，且然後在 SD 基之中選擇主 SD 基。其中接收 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊可被理解為意指「接收 CSI-RS 的次頻帶的空間域特性（例如，主 SD 基）」。基頻處理器 110 可產生由所選擇 SD 基而非構成現有 BWP 的基構成的第一壓縮資料。即，可以相較於壓縮前而言維度減少所選擇 SD 基的矩陣的形式對第一壓縮資料進行配置。

【0069】 在操作 S50 中，基頻處理器 110 可使用大小與接收 CSI-RS 的次頻帶的數目對應的 DFT 函數來產生第二壓縮資料。即，基頻處理器 110 可藉由使用 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料（在下文中被稱為 FD 壓縮）。舉例而言，基頻處理器 110 可選擇指示藉由在 DFT 空間中對第一壓縮資料進

行重新表達而獲得的第二壓縮資料之中具有主值的行的索引的 FD 基。另外，基頻處理器 110 可在 DFT 轉換空間中計算第二壓縮資料（例如，矩陣形式資料）中所包括的分量的絕對值，且根據絕對值的大小來選擇預設數目的 NZC。基頻處理器 110 可對包括所選擇 FD 基及 NZC 的通道資訊進行量化以顯示出 UCI 位元序列中的通道資訊。之後將參照圖 6A 及圖 6B 對此詳細說明進行闡述。

【0070】 在操作 S60 中，基頻處理器 110 可基於第二壓縮資料來產生通道資訊。舉例而言，基頻處理器 110 可基於經量化的通道資訊（例如，關於所選擇 FD 基及 NZC 的資訊）產生 UCI 位元序列。

【0071】 在操作 S70 中，基頻處理器 110 可向基地台報告通道資訊。基地台可藉由接收無線通訊裝置的空間域壓縮通道資訊/頻域壓縮通道資訊的報告來確定用於下行鏈路資料傳輸的預編碼器。另外，在根據本發明概念的實施例中，基地台可基於無線通訊裝置的通道資訊報告而再次實行 CSI-RS 配置及 CSI 配置。基地台可基於無線通訊裝置的空間域壓縮通道資訊報告/頻域壓縮通道資訊報告來知曉對應通道的資訊量。可基於與所報告 FD 基對應的 NZC 的能量分佈來確定通道的資訊量。舉例而言，若 NZC 的能量集中於某 FD 基上，則基地台可控制無線通訊裝置增加通道資訊的壓縮速率，進而使 CSI 報告所產生的開銷最小化。

【0072】 因此，根據實施例的無線通訊系統藉由基地台根據通道資訊的量對 CSI-RS 分配區域的大小進行調節，使得達成藉由僅針

對特定無線通訊資源來傳輸資料而提高頻譜效率的效果。另外，根據本發明概念的技術概念的無線通訊裝置可藉由頻域（FD）中的壓縮過程來防止由於干擾而導致 CSI 報告內容出現變形及失真。

【0073】圖 6A 及圖 6B 是用於闡釋根據實例性實施例的由第一子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0074】詳細而言，圖 6A 及圖 6B 示出用於闡釋由圖 4 所示第一子轉換區塊 422 進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0075】圖 6A 示出作為圖 5 所示操作 S20 中的第一情形的在 BWP 內的一些次頻帶中接收 CSI-RS 的情形，而圖 6B 示出作為圖 5 所示操作 S20 中的第二情形的基地台為僅針對感興趣次頻帶的 CSI 報告請求 CSI 報告頻帶資訊（例如，位元序列）的情形。

【0076】如上所述，「CSI-RS 維度」可指基於 BWP 之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶的數目 N_{SB}^{CSI-RS} 而轉換的 DFT 空間，而「BWP 維度」可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 而轉換的 DFT 空間。

【0077】在圖 6A 及圖 6B 中，基頻處理器 110 針對 DFT 轉換的大小（例如，K 點）使用 DFT 函數來產生第二壓縮資料，所述 DFT 函數被設定成對應於接收 CSI-RS 的次頻帶的數目（例如，之前定義的「CSI-RS 維度」中的 DFT 函數）。

【0078】參照圖 6A，在第一情形中，用於基地台與無線通訊裝置 100 之間的通訊的 BWP 610 包括第一次頻帶 SB_1 至第 n 次頻帶 $SB_{N_{SB}^{BWP}}$ ，第一次頻帶 SB_1 至第 n 次頻帶 $SB_{N_{SB}^{BWP}}$ 包括接收 CSI-RS 的次頻帶 620。

【0079】 在一個實施例中，在第一情形中，基頻處理器 110(例如，CSI 壓縮電路 116)使用 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ (例如，CSI-RS 維度中的 DFT 函數)在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮(在下文中被稱為 FD 壓縮)以產生第二壓縮資料 $\tilde{\mathbf{v}}_l^{CSIRS}$ (此時，可針對第一壓縮資料中的每一層實行 FD 壓縮)，所述 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 具有與接收 CSI-RS 的次頻帶的數目對應的大小。舉例而言，可基於方程式 2 來計算第二壓縮資料 $\tilde{\mathbf{v}}_l^{CSIRS}$ 。

【0080】 [方程式 2]

$$\tilde{\mathbf{v}}_l^{CSIRS} = \mathbf{v}_l^{CSIRS} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$$

【0081】 此處， $\mathbf{v}_l^{CSIRS}$ 是基於圖 4 中的方程式 1 確定的 DFT 轉換的輸入矩陣， $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 可指 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 大小的 N_{SB}^{CSIRS} 點 DFT 矩陣，而 N_{SB}^{CSIRS} 可指接收 CSI-RS 的次頻帶的數目。

【0082】 參照圖 6B，在第二情形中，BWP 610 包括第一次頻帶 SB_1 至第 n 次頻帶 $SB_{N_{SB}^{BWP}}$ ，第一次頻帶 SB_1 至第 n 次頻帶 $SB_{N_{SB}^{BWP}}$ 包括接收 CSI-RS 的次頻帶 620。舉例而言，基地台可將感興趣次頻帶 651 指示為「1」(現用)且向無線通訊裝置 100 傳輸其中非感興趣次頻帶 652 被指示為「0」(非現用)的位元序列(例如，CSI 報告頻帶資訊)。

【0083】 在第二情形中，當在接收 CSI-RS 的次頻帶之中存在非感興趣次頻帶時，基頻處理器 110 (例如，CSI 壓縮電路 116)可將用於 FD 壓縮的 DFT 大小確定為「 $N_{SB_active}^{CSIRS} = N_{SB}^{CSIRS} - N_{SB_inactive}^{CSIRS}$ 」°。在此情形中，基頻處理器 110 亦可基於以下方程式 3 產生第二壓

縮資料 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS_active}$ （此時，可對第一壓縮資料中的每一層實行 FD 壓縮）。

【0084】 [方程式 3]

$$\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS_active} = \mathbf{V}_l^{CSIRS_active} \mathbf{D}_f^{N_{SB_active}^{CSIRS}}$$

【0085】 此處， $\mathbf{V}_l^{CSIRS_active}$ 是感興趣次頻帶的 DFT 轉換的輸入矩陣且是基於圖 4 所示方程式 1 確定，而 $\mathbf{D}_f^{N_{SB_active}^{CSIRS}}$ 可指被設定成與 $N_{SB_active}^{CSIRS}$ 對應的大小的 DFT 函數（例如，CSI-RS 維度 DFT 函數）。

【0086】 在 FD 壓縮之後，基頻處理器 110 可計算第二壓縮資料的每一行的範數並對所述範數進行排序以確定（或選擇）FD 基上的具有主值的行的索引。

【0087】 圖 7 是示出根據實例性實施例的對無線通訊裝置進行操作的方法的流程圖。

【0088】 詳細而言，圖 7 是用於闡釋在藉由基頻處理器 110（例如，圖 4 所示第二子轉換區塊 423）實行 CSI-RS 維度 FD 壓縮（例如，應用過取樣 DFT）之後藉由映射至 BWP 維度 FD 壓縮來實行 FD 壓縮的操作、當在圖 2 所示無線通訊裝置 100 的基頻處理器 110 中的整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時藉由映射至 BWP 維度 FD 壓縮來實行 FD 壓縮的操作的圖。

【0089】 參照圖 7，在實行 CSI-RS 維度 FD 壓縮之後藉由映射至 BWP 維度（之前定義的）來實行 FD 壓縮的操作可包括操作 S51、操作 S53 及操作 S55。此處重申，在本文中，CSI-RS 維度可指基於 BWP 之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 而轉換的

DFT 空間，而 BWP 維度可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 而轉換的 DFT 空間。

【0090】 在操作 S51 中，基頻處理器 110 可判斷（或辨識）構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSI-RS} 的比率 Z 是否是整數。此處， Z 可指「 $N_{SB}^{BWP}/N_{SB}^{CSI-RS}$ 」。舉例而言，當構成 BWP 的次頻帶的數目是「6」而接收 CSI-RS 的次頻帶的數目是「2」時， Z 是「3」（其為整數）。舉例而言，當構成 BWP 的次頻帶的數目是「7」而接收 CSI-RS 的次頻帶的數目是「2」時， Z 是「3.5」（其並非整數）。

【0091】 在操作 S53 中，基頻處理器 110 可藉由使用基頻處理器 110 可產生的過取樣（oversampled）DFT 函數（可互換地，「過取樣（oversampling）DFT 函數」）來產生 CSI-RS 維度的第二壓縮資料。過取樣因數可為「 $Z(N_{SB}^{BWP}/N_{SB}^{CSI-RS})$ 」。舉例而言，基頻處理器 110 可藉由應用 CSI-RS 的旋轉索引或位置指示矩陣中的至少一者來產生過取樣 DFT 函數（例如，CSI-RS 維度 DFT 函數）。基頻處理器 110 可藉由使用過取樣 DFT 函數在頻域中對第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料。之後將參照圖 8A 至圖 8E 對此詳細說明進行闡述。

【0092】 在操作 S55 中，基頻處理器 110 可藉由將 CSI-RS 維度的第二壓縮資料映射至 BWP 維度來產生通道資訊。

【0093】 在應用過取樣 DFT 之後，基頻處理器 110 可基於以上在圖 4 中闡述的 FD 基及 NZC 選擇方法來選擇 FD 基及 NZC。

【0094】 基頻處理器 110 可藉由將在 CSI-RS 維度中選擇的 FD 基乘以比率 Z 而將在 CSI-RS 維度中選擇的 FD 基映射至 BWP 維度中的 FD 基，或者基頻處理器 110 可藉由將旋轉索引添加至藉由將在 CSI-RS 維度中選擇的 FD 基乘以比率 Z 而獲得的值而將在 CSI-RS 維度中選擇的 FD 基映射至 BWP 維度中的 FD 基。

【0095】 當構成 BWP 的次頻帶的數目對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目的比率是整數時，基頻處理器 110 可產生通道資訊，所述產生通道資訊更包括：基頻處理器 110 可基於第二壓縮資料來選擇與 CSI-RS 的接收區域對應的 FD 基（例如，FD 行索引）；以及將 FD 基（例如，FD 行索引）映射成對應於 BWP 區域。基頻處理器 110 可藉由將旋轉索引與 FD 基（例如，FD 行索引）和構成 BWP 的次頻帶的數目對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目的比率的乘積相加來計算出一值，且將所述值映射為與 BWP 區域對應的 FD 基（例如，FD 行索引）。其中所述詞「FD 行索引」可被理解為意指「FD 基（例如，FD 基索引）」。

【0096】 當構成 BWP 的次頻帶的數目對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目的比率是整數時，基頻處理器 110 可產生通道資訊，所述產生通道資訊更包括：基頻處理器 110 可基於由與第一壓縮資料及 FD 基（例如，FD 行索引）對應的行向量構成的矩陣來選擇非零係數（NZC）；以及將 NZC 映射成對應於 BWP 區域。其中選擇 NZC 包括：基頻處理器 110 可基於由與第一壓縮資料及 FD 基（例如，FD 行索引）對應的行向量構成的矩陣中所包括的元素的絕對值來

選擇 NZC。其中所述詞「FD 行索引」可被理解為意指「FD 基（例如，FD 基索引）」。

【0097】 基頻處理器 110 可根據預設方法對在 CSI-RS 維度中選擇的 NZC 實行相位補償以將在 CSI-RS 維度中選擇的 NZC 映射至 BWP 維度中的 NZC。之後將參照圖 8A 至圖 8E 對此詳細說明進行闡述。

【0098】 已在基於圖 5 所示 DFT 函數在 CSI-RS 維度中實行 FD 壓縮的前提下對圖 7 進行闡述，但並非僅限於此。舉例而言，根據實施例的基頻處理器 110 可使用各種類型的 DFT 函數在 CSI-RS 維度中實行 FD 壓縮，且實行將結果映射至 BWP 維度的 FD 壓縮。另外，圖 7 所示 FD 壓縮操作可被應用為其中無線通訊裝置 100 在低維度（例如，CSI-RS 維度）的 FD 壓縮之後將通道特性資訊映射至高維度（例如，BWP 維度）的 FD 壓縮的獨立實施例。

【0099】 根據實施例的基頻處理器 110 可使用 CSI-RS 維度的 FD 壓縮來替代 BWP 維度的 FD 壓縮。此具有減少在 FD 壓縮過程中產生的開銷量且減少能量消耗的效果。另外，根據本發明概念的技術概念的無線通訊裝置可藉由在頻域中對通道資訊進行壓縮的過程來防止由於干擾而導致 CSI 報告內容出現劣化及失真。

【0100】 圖 8A 至圖 8E 是用於闡釋根據實施例性實施例的由第二子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0101】 詳細而言，圖 8A 至圖 8E 是用於闡釋由圖 4 所示第二子轉換區塊 423 進行的 FD 壓縮操作（例如，在 CSI-RS 維度中的 FD

壓縮之後映射至 BWP 維度中的 FD 壓縮的操作) 的圖。

【0102】如之前所陳述，在本文中，CSI-RS 維度可指基於 BWP 之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 而轉換的 DFT 空間，而 BWP 維度可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 而轉換的 DFT 空間。此外，在本文中，「Z」可被表達為作為 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率的整數。

【0103】圖 8A 示出由圖 4 所示第二子轉換區塊 423 實行 FD 壓縮 (例如，圖 8B 至圖 8E 中所示) 的無線通訊環境 800。舉例而言，無線通訊環境 800 包括在 BWP 的一些連續次頻帶中接收 CSI-RS 的情形，或者基地台僅針對 BWP 的一些連續次頻帶來接收被設定為感興趣次頻帶 (例如，在圖 8A 中的通道資訊報告頻帶的位元映射中被標記為「1」的次頻帶) 的 CSI 報告頻帶的情形。

【0104】參照圖 8A，圖 8B 至圖 8E 所示無線通訊環境 800 假定用於基地台與無線通訊裝置 100 之間的通訊的 BWP 810 包括次頻帶 (例如，第一次頻帶 SB_1 至第 n 次頻帶 $SB_{N_{SB}^{BWP}}$) 且接收 CSI-RS 的一些次頻帶 820 包括 N_{SB}^{CSIRS} 個次頻帶 (例如，CSI-RS 接收開始的次頻帶 $SB_{N_{start}^{CSIRS}}$ 至 CSI-RS 接收結束的次頻帶 $SB_{N_{end}^{CSIRS}}$)。在此種情形中，接收 CSI-RS 的一些次頻帶 820 可為頻域中的連續次頻帶。

【0105】參照圖 8B 及圖 8C，圖 8B 及圖 8C 示出 BWP 維度中的實例性第一過取樣 (oversample) DFT 區塊 (可互換地，「過取樣 (oversampling) DFT 區塊」) 830 及 CSI-RS 維度中的第二過取樣

DFT 轉換區塊 840。

【0106】在圖 8B 中，第一過取樣 DFT 區塊 830 的第一 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{BWP}$ 831 可表示「 $L \times N_{SB}^{BWP}$ 」大小的矩陣，且第一 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{BWP}$ 831 中的接收 CSI-RS 的區域 831 可由「 $L \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」矩陣表示。

【0107】第一過取樣 DFT 區塊 830 可使用第一 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}}$ 來實行 BWP 維度 FD 壓縮。此處，第一 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}}$ 可指 BWP 維度的部分 DFT 函數。

【0108】第一 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}}$ 可表示「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{BWP}$ 」大小的矩陣（例如，部分 DFT 矩陣）。第一 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}}$ 中的與接收 CSI-RS 的次頻帶對應的區域 832（例如，CSI-RS 接收開始的次頻帶 $SB_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 至 CSI-RS 接收結束的次頻帶 $SB_{N_{SB}^{CSIRS}end}$ ）可包括根據預設週期旋轉的 DFT 行（例如，第一 DFT 行 832-1、第二 DFT 行 832-2、...、第 z DFT 行 832-z）。在此種情形中，可基於構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率 Z 來確定旋轉 DFT 行的數目。在藉由第一過取樣 DFT 區塊 830 進行過取樣之後，可根據圖 4 中闡述的方法來選擇 FD 基及 NZC。

【0109】在圖 8C 中，第二過取樣 DFT 區塊 840 可使用 CSI-RS 層階第二過取樣 DFT 函數 $\mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 來實行 BWP 層階 FD 壓縮。

【0110】第二過取樣 DFT 區塊 840 的第二 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 841 可被表達為「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣。第二過取樣 DFT 區塊

840 的第二 DFT 函數 $\mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ （例如，第一過取樣 DFT 函數 842-1 至第 z 過取樣 DFT 函數 842- z ）可表示「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣。舉例而言，第一過取樣 DFT 函數 842-1 至第 z 過取樣 DFT 函數 842- z 中的每一者可包括「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的正交矩陣。

【0111】 第二過取樣 DFT 區塊 840 可基於方程式 4 來計算第二 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 841 的 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_{l,r}^{CSIRS}$ 。

【0112】 [方程式 4]

$$\tilde{\mathbf{V}}_{l,r}^{CSIRS} = \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$$

【0113】 此處， $\mathbf{R}_r$ 是指示每一過取樣 DFT 函數的旋轉索引的矩陣且可由「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的對角矩陣（diagonal matrix）構成。 $\mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 是指示 CSI-RS 的接收開始位置的矩陣且可由大小為「 x 」的對角矩陣構成。舉例而言，當 $\mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 可將 BWP 維度 DFT 函數劃分成「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的 Z 個正交矩陣時，此可指用於將每一正交矩陣表達為「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 。

【0114】 旋轉索引及 FD 基選擇區塊 843 可基於方程式 5 來確定（或選擇）DFT 轉換之後的 CSI-RS 維度的旋轉索引及 FD 基。

【0115】 [方程式 5]

$$(J_l^{CSIRS} = \{j_{l,1}^{CSIRS}, \dots, j_{l,M}^{CSIRS}\}, r_l) = \arg \max_{\substack{j_{l,1}^{CSIRS}, \dots, j_{l,M}^{CSIRS} \in \{1, \dots, N_{SB}^{CSIRS}\} \\ r_l \in \{1, \dots, Z\}}} \left\| \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{R}_l \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}(:, J_l^{CSIRS}) \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}} \right\|_F^2$$

【0116】 N_{SB}^{BWP} 點 DFT 映射區塊 845 可基於方程式 6 將 CSI-RS 維度的旋轉索引及 FD 基映射至 BWP 維度。

【0117】 [方程式 6]

$$j_{l,i}^{BWP} = (j_{l,i}^{CSIRS} - 1) * Z + r_l$$

$$j_{l,1}^{BWP}, \dots, j_{l,M}^{BWP} \in J_l^{BWP}$$

【0118】 此處，Z 是指構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率且 r_l 可指旋轉索引。

【0119】 NZC 相位補償區塊 847 可基於方程式 7 將 CSI-RS 維度的所選擇 NZC 映射至 BWP 維度。

【0120】 [方程式 7]

$$p_{l,i}^{BWP} = \left(p_{l,i}^{CSIRS} + \text{round} \left(\left(\left(\frac{j_{l,i}^{CSIRS}}{N_{SB}^{CSIRS}} - \frac{j_{l,i}^{BWP}}{N_{SB}^{BWP}} \right) * \left(\frac{N_{SB}^{CSIRS} - 1}{2} + SB_{start} \right) - SB_{start} * \frac{j_{l,i}^{CSIRS}}{N_{SB}^{CSIRS}} \right) * 16 \right) \right) \% 16$$

【0121】 當構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率是整數時，自 N_{SB}^{BWP} 點 DFT 映射區塊 845 輸出的第二壓縮資料可經由旁通路徑 848 跳過相位補償過程（例如，可在構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率是整數時使用旁通路徑 848）且產生通道資訊。

【0122】 當根據實施例基於 DFT 轉換區塊（例如，第二過取樣 DFT 區塊 840）實行 FD 壓縮時，在根據比較實施例為 DFT 轉換區塊（例如，第一過取樣 DFT 區塊 830）做準備時，藉由實行低維度 FD 壓縮，可藉由顯著減少 FD 壓縮過程中產生的開銷而使 FD 壓縮的效率最大化。

【0123】 參照圖 8D，圖 8D 示出根據圖 8C 所示第二過取樣 DFT 轉換區塊 840 的 CSI-RS 的起始位置的相位補償的實施例。在圖

8D 中，可藉由對上述圖式的說明來替代圖 8D 所示與上述圖式交疊的配置（例如，配置 843、配置 845、配置 847、配置 848、配置 427）。

【0124】 詳細而言，第一情形 853 及第二情形 854 可被包括為根據 CSI-RS 的起始位置的用於相位補償的 $\mathbf{O}_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 的應用時間點的實施例。

【0125】 第一情形 853 中的第三過取樣 DFT 區塊 850 可使用 CSI-RS 維度第三 DFT 函數 $\mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 來實行 BWP 維度 FD 壓縮。此處，第三 DFT 函數 $\mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 可指過取樣 DFT 函數。

【0126】 第三過取樣 DFT 區塊 850 的第三 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 851 可被表達為「 $L \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣。第三過取樣 DFT 區塊 850 的第三 DFT 函數 $\mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ （例如，第一過取樣 DFT 函數 $\mathbf{R}_1 \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 852-1 至第 z 過取樣 DFT 函數 $\mathbf{R}_z \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 852-z）表示「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣。舉例而言，第一過取樣 DFT 函數 $\mathbf{R}_1 \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 852-1 至第 z 過取樣 DFT 函數 $\mathbf{R}_z \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$ 852-z 中的每一者可包括「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的正交矩陣。

【0127】 第三過取樣 DFT 區塊 850 可基於方程式 8 來計算第三 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 851 的 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS}$ 。

【0128】 [方程式 8]

$$\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS} = \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{R}_r \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$$

【0129】 此處， $\mathbf{R}_r$ 是指示每一過取樣 DFT 函數的旋轉索引的矩陣且可由「 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的對角矩陣構成。

【0130】 在第三過取樣 DFT 區塊 850 之後，可根據圖 8C 所示第二過取樣 DFT 區塊 840 中闡述的方式來選擇旋轉索引及 FD 基，且可將 CSI-RS 維度的旋轉索引及 FD 基映射至 BWP 維度。

【0131】 NZC 相位補償區塊 855 可應用指示 CSI-RS 的所接收次頻帶的起始位置的 $\mathbf{0}_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 來補償用於將 CSI-RS 維度的 NZC 映射至 BWP 維度的相位。

【0132】 基於以上在圖 4 中闡述的方法，NZC 選擇及量化區塊選擇 NZC 之中的映射至 BWP 維度的主 NZC 且實行量化以產生通道資訊（例如，UCI 位元序列）。此處，在第一情形 853 中，可藉由在 NZC 選擇及量化之前應用 $\mathbf{0}_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 而基於映射至 BWP 維度的 DFT 結果來選擇 NZC。

【0133】 第二情形 854 的過取樣 DFT 區塊 860 與第三過取樣 DFT 區塊 850 相同，且旋轉索引及 FD 基選擇區塊以及 N_{SB}^{BWP} 點 DFT 映射區塊可與第一情形 853 的 N_{SB}^{BWP} 點 DFT 映射區塊相同。

【0134】 然而，在第二情形 854 中，與第一情形 853 不同，可在 NZC 選擇及量化之後應用 $\mathbf{0}_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 的應用點。即，在第二情形 854 中，藉由在 NZC 選擇及量化之後應用 $\mathbf{0}_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ ，可基於 CSI-RS 維度中的 DFT 結果來選擇 NZC 且可在 BWP 維度中實行映射。

【0135】 圖 8D 所示第一情形 853 與第二情形 854 具有不同的 $\mathbf{0}_{N_{SB}^{CSIRS}start}$ 的應用時間，但每一情形中的最終選擇的 BWP 維度的 FD 基與 NZC 可為相同的。

【0136】 圖 8E 示出當構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-

RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率 Z 不是整數時在不慮及過取樣的效果的情況下藉由 DFT 進行 FD 壓縮的實施例。在圖 8E 中，可藉由對上述圖式的說明來替代與上述圖式交疊的圖 8E 所示配置（例如，配置 845、配置 848、配置 426、配置 427）。

【0137】 第四過取樣 DFT 區塊 870 可使用 CSI-RS 層階 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 來實行 BWP 層階 FD 壓縮。此處，DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 可指不慮及過取樣 DFT 的效果或者僅使用過取樣 DFT 中的一些過取樣 DFT（例如， r_l 被視為 1）的函數。

【0138】 第四過取樣 DFT 區塊 870 的第四 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 871 可被表達為「 $L \times N_{SB}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣。

【0139】 第四過取樣 DFT 區塊 870 可基於方程式 9 來計算第四 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 871 的 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS}$ 。

【0140】 [方程式 9]

$$\tilde{\mathbf{V}}_l^{CSIRS} = \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$$

【0141】 此處，DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \mathbf{O}_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 可指不慮及過取樣 DFT 的效果或者僅使用過取樣 DFT 中的一些過取樣 DFT（例如， r_l 被視為 1）的函數。

【0142】 在一個實施例中，當構成 BWP 的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 對接收 CSI-RS 的次頻帶的數目 N_{SB}^{CSIRS} 的比率 Z 不是整數時，在不慮及過取樣 DFT 效果的情況下， r_l 可被視為 1（例如，圖 8E 所示 DFT 函數 872）。在此種情形中，藉由自圖 8C 所示方程式 5 移除「 $\mathbf{R}_{r_l}$ 」（即，不選擇旋轉索引）來確定（或選擇）DFT 轉換之後的 CSI-

RS 維度中的 FD 基，可基於上述方程式 6 將在 CSI-RS 維度中選擇的 FD 基映射至 BWP 維度。另外，根據圖 8D 所示 CSI-RS 的起始位置的相位補償的實施例適用於圖 8E 所示實施例。

【0143】 圖 9 是示出根據實例性實施例的對無線通訊裝置進行操作的方法的流程圖。

【0144】 詳細而言，圖 9 是用於闡釋當圖 2 所示無線通訊裝置 100 的基頻處理器 110 在整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時，由基頻處理器 110（例如，圖 4 所示第三子轉換區塊 424）實行 BWP 維度 FD 壓縮（例如，部分 DFT 應用）的操作的圖。

【0145】 如之前所定義，在本文中，CSI-RS 維度可指基於 BWP 之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶的數目而轉換的 DFT 空間，而 BWP 維度可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目而轉換的 DFT 空間。

【0146】 參照圖 9，藉由應用部分 DFT 來實行 FD 壓縮的操作可包括操作 S210、操作 S220、操作 S230、操作 S240、操作 S250、操作 S260 及操作 S270。此處，操作 S210、操作 S220、操作 S230、操作 S240、操作 S260 及操作 S270 分別對應於圖 4 所示操作 S10、操作 S20、操作 S30、操作 S40、操作 S60 及操作 S70，且因此可不再對其冗餘說明予以贅述。

【0147】 在操作 S250 中，基頻處理器 110 可使用部分 DFT 函數來產生第二壓縮資料。

【0148】 舉例而言，基頻處理器 110 使用部分 DFT 函數在頻域中對經 SD 壓縮的第一壓縮資料進行壓縮（在下文中被稱為 FD 壓縮）

以產生第二壓縮資料。舉例而言，基頻處理器 110 可選擇指示藉由在部分 DFT 空間中對第一壓縮資料進行重新表達而獲得的第二壓縮資料之中具有主值的行的索引的 FD 基。另外，基頻處理器 110 可在 DFT 轉換空間中計算出第二壓縮資料（例如，矩陣形式資料）中所包括的分量的絕對值且根據絕對值的大小來選擇預設數目的 NZC。基頻處理器 110 可對包括所選擇 FD 基及 NZC 的通道資訊進行量化以顯示出 UCI 位元序列中的通道資訊。之後將參照圖 10A 至圖 10D 對此詳細說明進行闡述。

【0149】 在根據實施例的無線通訊系統中，基地台根據通道資訊的量藉由部分 DFT 而實行 FD 壓縮，且對 CSI-RS 分配區域的大小進行調節，使得達成藉由僅針對特定無線通訊資源來傳輸資料進而提高資源效率的效果。另外，根據本發明概念的技術概念的無線通訊裝置可藉由頻域（FD）中的壓縮過程來防止由於干擾而導致 CSI 報告內容出現劣化及失真。

【0150】 圖 10A 至圖 10D 是用於闡釋根據實施例性實施例的由第三子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0151】 詳細而言，圖 10A 至圖 10D 示出用於闡釋圖 4 所示基頻處理器 110 的由第三子轉換區塊 424 進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0152】 圖 10A 示出用於闡釋圖 9 所示操作 S250 的部分 DFT 函數及所得的 DFT 轉換結果的圖。

【0153】 參照圖 10A，基地台將 N_{SB}^{BWP} 個次頻帶分配至 BWP 1001 且將 N_{SB}^{CSI-RS} 個次頻帶（或頻率資源）分配至傳輸 CSI-RS 的區域 1002

(例如，BWP 1001 的一些次頻帶區域)。

【0154】 基頻處理器 110 可基於與自 N_{SB}^{BWP} 點 DFT 矩陣(或 DFT 函數)(例如，1003)接收 CSI-RS 的區域對應的次頻帶位置的 DFT 基而產生用於 FD 壓縮的部分 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}}$ 。舉例而言，部分 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}}$ 可指 $N_{SB}^{CSIRS} \times N_{SB}^{CSIRS}$ 大小的部分 DFT 矩陣(例如，1004)。

【0155】 基頻處理器 110 可基於方程式 10 來計算 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 的部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。

【0156】 [方程式 10]

$$\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP} = \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}}$$

【0157】 基頻處理器 110 可根據部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 的稀疏性特性基於方程式 11 來計算最佳化的部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。

【0158】 [方程式 11]

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP} = \arg \min_X & \left\| X - \mathbf{V}_l^{CSIRS} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}} \right\|_F^2 \\ \text{s.t. } & \text{supp}(X(1,:)) = \dots = \text{supp}(X(L,:)) = J, |J| = M \end{aligned}$$

【0159】 此處， $\text{supp}(a)$ 可指向量 a 的非零係數或有效係數的一組位置索引。M 可指 FD 基選擇所需的參數。舉例而言，基頻處理器 110 可藉由與壓縮感測、稀疏訊號恢復或稀疏表示相關的演算法基於方程式 11 而導出部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。相關演算法的實例可包括與凸鬆弛 (convex relaxation) 相關的基追蹤 (basis pursuit, BP) 演算法、具有不等式約束的基追蹤 (basis pursuit with inequality constraint, BPIC) 演算法、基追蹤降雜訊 (basis pursuit denoising,

BPDN) 演算法等。另外，亦可使用與貪婪追蹤 (greedy pursuit) 相關的正交匹配追蹤 (orthogonal matching pursuit, OMP) 演算法、分段正交匹配追蹤 (stagewise orthogonal matching pursuit, StOMP) 演算法、正則化正交匹配追蹤 (regularized orthogonal matching pursuit, R-OMP) 演算法、壓縮取樣匹配追蹤 (compressive sampling matching pursuit, CoSaMP) 演算法、迭代硬臨限值 (iterative hard thresholding, IHT) 演算法、兩段臨限值 (two-stage thresholding, TST) 演算法、子空間追蹤 (subspace pursuit, SP) 演算法等。作為另外一種選擇，可利用藉由自蠻力 (brute force) 角度來替換可能的候選項而找到最佳化的 DFT 結果的方法。

【0160】圖 10B 示出自圖 10A 所示方程式 11 導出的部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。

【0161】參照圖 10B，基頻處理器 110 基於圖 10 所示方程式 10 對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 1021 實行基於部分 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}}$ 1022 的 FD 壓縮，以導出部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 1023。舉例而言，當 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 1021 被重新表達為部分 DFT 空間時，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 1021 可作為具有主值的行向量 (或行索引) 1024 出現。基頻處理器 110 可確定 (或選擇) 行向量 (或行索引) 1024 作為 FD 基。

【0162】圖 10C 示出當在自基地台接收的 CSI-RS 報告頻帶中存在「非現用」次頻帶時的根據實施例的部分 DFT 函數。

【0163】參照圖 10C，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS_active}$ 1031 可由

「 $L \times N_{SB}^{CSIRS} - N_{SB_inactive}^{CSIRS}$ 」大小的矩陣構成，而部分 DFT 函數 $\mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB_active}^{CSIRS}}$ 1032 可由「 $N_{SB}^{CSIRS} - N_{SB_inactive}^{CSIRS} \times N_{SB}^{BWP}$ 」大小的 DFT 矩陣構成。

【0164】 基頻處理器 110 可基於方程式 12 來計算部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。

【0165】 [方程式 12]

$$\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP} = \mathbf{V}_l^{CSIRS_active} \mathbf{D}_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB_active}^{CSIRS}}$$

【0166】 基頻處理器 110 可藉由與圖 10B 所示方程式 11 相似的最佳化方程式來計算最佳化的部分 DFT 轉換結果 $\tilde{\mathbf{V}}_l^{BWP}$ 。

【0167】 圖 10D 示出當在自基地台接收的 CSI-RS 報告頻帶中存在「非現用」次頻帶時根據另一實施例的部分 DFT 函數（例如，1042）。

【0168】 若在自基地台接收的 CSI-RS 報告頻帶中存在「非現用」次頻帶，則基頻處理器 110 可使用特定值（例如，「0」）來填充 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 1041 的「非現用」次頻帶 1043 且藉由以與圖 10B 所示方式相似的方式（例如，方程式 11）在 DFT 空間中對所填充的結果進行重新表達來導出最佳化的 DFT 轉換結果。

【0169】 圖 11 是示出根據實例性實施例的對無線通訊裝置進行操作的方法的流程圖。

【0170】 詳細而言，圖 11 是用於闡釋當圖 2 所示無線通訊裝置 100 的基頻處理器 110 在整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時由基頻處理器 110（例如，圖 4 所示第四子轉換區塊 425）實行

BWP 維度 FD 壓縮（例如，在實行預處理之後應用 DFT）的操作的圖。

【0171】如之前所陳述，「CSI-RS 維度」可指基於 BWP 之中的接收 CSI-RS 的一些次頻帶的數目 N_{SB}^{CSI-RS} 而轉換的 DFT 空間，而「BWP 維度」可指基於 BWP 中所包括的次頻帶的數目 N_{SB}^{BWP} 而轉換的 DFT 空間。

【0172】參照圖 11，藉由在實行預處理之後應用 DFT 來實行 FD 壓縮的操作可包括操作 S310、操作 S320、操作 S330、操作 S340、操作 S351、操作 S352、操作 S360 及操作 S370。此處，操作 S310 至操作 S340 及操作 S360 至操作 S370 分別對應於圖 4 所示操作 S10、操作 S20、操作 S30、操作 S40、操作 S60 及操作 S70，且因此可使用對圖 4 的說明來替代冗餘說明。

【0173】在操作 S351，基頻處理器 110 可根據預設方法對第一壓縮資料實行預處理。此處，第一壓縮資料可包括 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{BWP}$ 作為 SD 壓縮的結果。

【0174】當在整個 BWP 的一些次頻帶中接收 CSI-RS 時，基頻處理器 110 可藉由對未接收 CSI-RS 的次頻帶實行預處理而對 BWP 維度 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{BWP}$ 進行配置。舉例而言，預處理方法可包括零填充方法、零內插方法、相位差旋轉方法、鏡像複製方法、重複方法等。之後將在圖 12A 至圖 12G 中對此詳細說明進行闡述。

【0175】舉例而言，基頻處理器 110 可選擇指示在 DFT 空間中對第一壓縮資料（例如，BWP 維度 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{BWP}$ ）進行重新表

達的第二壓縮資料之中具有主值的行的索引的 FD 基。另外，基頻處理器 110 可在 DFT 轉換空間中計算第二壓縮資料（例如，矩陣形式資料）中所包括的分量的絕對值，且根據絕對值的大小來選擇預設數目的 NZC。基頻處理器 110 可對包括所選擇 FD 基及 NZC 的通道資訊進行量化以顯示出 UCI 位元序列中的通道資訊。

【0176】 在操作 S352 中，基頻處理器 110 可藉由使用大小與構成 BWP 的次頻帶的數目對應的 DFT 函數來產生第二壓縮資料。舉例而言，基頻處理器 110 可藉由對透過操作 S351 的預處理操作配置的 BWP 維度 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 實行 DFT 轉換來實行 BWP 維度 FD 壓縮。

【0177】 根據實施例的無線通訊裝置對未傳輸 CSI-RS 的次頻帶實行預處理以對 BWP 維度 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置，使得在符合通訊標準（例如，3GPP Rel. 16 至 3GPP Rel. 17）的 FD 壓縮相關標準（例如，藉由 BWP 維度 DFT 轉換來實行 FD 壓縮）的同時，存在藉由預處理過程而減少在 FD 壓縮中產生的開銷的效果。另外，根據本發明概念的技術概念的無線通訊裝置可藉由頻域(FD)中的壓縮過程來防止由於干擾而導致 CSI 報告內容出現變形及失真。

【0178】 圖 12A 至圖 12G 是用於闡釋根據本發明概念示例性實施例的由第四子轉換區塊進行的 FD 壓縮操作的圖。

【0179】 詳細而言，圖 12A 至圖 12G 示出用於闡釋圖 4 所示基頻處理器 110 的由第四子轉換區塊 425 進行的 FD 壓縮操作的圖。在

圖 12A 至 12G 中，橫軸可表示頻域中的次頻帶區域，而縱軸可表示次頻帶的預編碼向量。為便於闡釋，圖 12A 至 12G 假定 CSI-RS 未被分配至低頻帶的次頻帶，且圖 12A 至 12G 所示實施例即使在不分配有 CSI-RS 的次頻帶的位置發生改變的情況下亦適用。

【0180】 圖 12A 是用於闡釋圖 11 所示操作 S351 的第一預處理方法及第二預處理方法的圖。在圖 12A 中，假定第一區域 1201 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1202 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0181】 第一預處理方法可包括線性內插方法（例如，零內插方法）。

【0182】 舉例而言，基頻處理器 110 可將第一區域 1201 的第一次頻帶的預編碼向量 1203 設定成零向量，且藉由對分配有第二區域 1202 的 CSI-RS 的第一次頻帶的預編碼向量 1204 實行線性內插來配置 DFT 輸入矩陣。為此，DFT 輸入矩陣可由方程式 13 來表示。

【0183】 [方程式 13]

$$\mathbf{v}_l^{\text{BWP}} = \left[\mathbf{0}_{L \times 1}, \frac{1}{N_1} \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \dots, \frac{n_1}{N_1} \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \dots, \frac{N_1 - 1}{N_1} \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}+1}^{\text{CSI-RS}}(:, l), \dots, \mathbf{v}_{N_{\text{SB}}-1}^{\text{BWP}}(:, l) \right]$$

【0184】 此處， $a = \mathbf{v}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSI-RS}}(:, l)$ 及 N_1 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n_1 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的索引，其中 $0 \leq n_1 < N_1$ 。

【0185】 儘管圖 12A 中未示出，但第二預處理方法可包括零填充方法。

【0186】 基頻處理器 110 可藉由使用特定值（例如，「0」）對第一

區域 1201 進行填充來對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置。利用此種方法，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 14 來表示。

【0187】 [方程式 14]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = \left[\mathbf{0}_{L \times 1}, \dots, \mathbf{0}_{L \times 1}, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+1}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+N_{\text{SB}}^{\text{CSIRS}}-1}(:, l), \mathbf{0}_{L \times 1}, \dots, \mathbf{0}_{L \times 1} \right] \in \mathbb{C}^{L \times N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}}$$
$$\mathbf{0}_{L \times 1} = [0, 0, \dots, 0]^T \in \mathbb{C}^{L \times 1}$$

【0188】 圖 12B 是用於闡釋圖 11 所示操作 S351 的第三預處理方法的圖。在圖 12B 中，假定第一區域 1211 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1212 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0189】 第三預處理方法可包括使用相位差旋轉的線性內插方法（例如，基於相位差旋轉的零內插方法）。

【0190】 舉例而言，基頻處理器 110 可將第一區域 1211 的第一次頻帶的預編碼向量 1213 設定成零向量，且在使用分配有第二區域 1212 的 CSI-RS 的第一次頻帶的預編碼向量 1214 實行線性內插之後藉由應用相位差旋轉而對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置。在此方面，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 15 來表示。

【0191】 [方程式 15]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = \left[\mathbf{0}_{L \times 1}, \frac{1}{N_1} \mathbf{R}_p(\theta_1) \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \frac{n_1}{N_1} \mathbf{R}_p(\theta_{n_1}) \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \frac{N_1-1}{N_1} \mathbf{R}_p(\theta_{N_1-1}) \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+1}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l) \right]$$

【0192】 此處， $\mathbf{a} = \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l)$ 及 N_1 是指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n_1 是指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的索引，其中 $0 \leq n_1 < N_1$ 。 $\mathbf{R}_p(\theta)$ 可基於方程式 16 而被定義為相位差旋轉矩陣，而 $\mathbf{R}_p(\theta)\mathbf{a}$ 可基於方程式 17 而被定義為將 $\mathbf{a}$ 向量 1214 的分量之間的相位差增大 θ 的向量。

【0193】 [方程式 16]

$$\mathbf{R}_P(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\theta} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & e^{j(L-1)\theta} \end{bmatrix}$$

【0194】 [方程式 17]

$$\mathbf{R}_P(\theta)\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\theta} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & e^{j(L-1)\theta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_{L-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 e^{j\theta} \\ \vdots \\ a_{L-1} e^{j(L-1)\theta} \end{bmatrix}$$

【0195】 另外，端視相位差旋轉方法來以不同的方式確定方程式 15 的 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{N_1-1}$ 值，相位差旋轉方法可包括：1) 隨機相位差旋轉方法（例如，隨機選擇 θ 值的方法）；以及 2) 相位差循環移位方法（例如，應用 $\theta_{N_1-1} = \delta, \theta_{N_1-2} = 2\delta, \theta_1 = (N_1 - 1)\delta$ 的方法）。注意，根據實施例的基頻處理器 110 並非僅限於此；亦可應用各種替代性的相位差旋轉方案。

【0196】 圖 12C 是用於闡釋圖 11 所示操作 S351 中的第四預處理方法的圖。在圖 12C 中，假定第一區域 1221 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1222 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0197】 第四預處理方法可包括應用平均值的線性內插方法。

【0198】 舉例而言，基頻處理器 110 計算第二區域 1222 的次頻帶的預編碼向量的平均向量 $\vec{m}$ 且計算未分配有 CSI-RS 的第一次頻帶 1223 的預編碼向量。然後，基頻處理器 110 可藉由使用分配有第二區域 1222 的 CSI-RS 的第一次頻帶 1224 的預編碼向量實行線性內插而對 DFT 輸入矩陣 $\vec{m}$ 進行配置。在此種情形中，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 18 來表示，且儘管未示出，但亦可應用相位差

旋轉。

【0199】 [方程式 18]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = \left[\mathbf{0}_{L \times 1}, \frac{1}{N_1} \mathbf{v}_A, \dots, \frac{n_1}{N_1} \mathbf{v}_A, \dots, \frac{N_1 - 1}{N_1} \mathbf{v}_A, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSIRS}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+1}^{\text{CSIRS}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}-1}^{\text{BWP}}(:, l) \right]$$

其中 $\mathbf{v}_A = \mathbf{a} - \mathbf{m}$

【0200】 此處， $\mathbf{a} = \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSIRS}}(:, l)$ 及 N_1 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n_1 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的索引，其中 $0 \leq n_1 < N_1$ 。可基於方程式 19 來計算平均向量 $\vec{m}$ 。

【0201】 [方程式 19]

$$\mathbf{m} = \frac{1}{N_{\text{SB}}^{\text{CSIRS}}} (\mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSIRS}}(:, l) + \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+1}^{\text{CSIRS}}(:, l) + \dots + \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}-1}^{\text{BWP}}(:, l))$$

【0202】 圖 12D 是用於闡釋圖 11 所示操作 S351 的第五預處理方法的圖。在圖 12D 中，假定第一區域 1231 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1232 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0203】 第五預處理方法可包括鏡像複製方法。

【0204】 舉例而言，基頻處理器 110 基於第二區域 1232 的第一次頻帶 1234 將第二區域 1232 的預編碼向量鏡像複製至第一區域 1231，且對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置。此時，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 20 來表示。

【0205】 [方程式 20]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = \left[\mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+N_1}^{\text{CSIRS}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+n}^{\text{CSIRS}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+1}^{\text{CSIRS}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}}^{\text{CSIRS}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+1}^{\text{CSIRS}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}-1}^{\text{BWP}}(:, l) \right]$$

【0206】 此處， $\mathbf{a}_n = \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}+n}^{\text{CSIRS}}(:, l)$ 及 N_1 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n 及 m 可指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的索引，其中 $0 \leq n \leq m < N_1$ 。

【0207】 圖 12E 是用於闡釋圖 11 所示操作 S351 的第六預處理方法的圖。在圖 12E 中，假定第一區域 1241 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1242 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0208】 第六預處理方法可包括重複方法。

【0209】 舉例而言，基頻處理器 110 可藉由將第二區域 1232 的預編碼向量重複地應用於第一區域 1231 而對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置。此時，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 21 來表示。

【0210】 [方程式 21]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = [\dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+1}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l)]$$

【0211】 此處， $\mathbf{a}_n = \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+n}(:, l)$ 及 N_1 是指未分配有 CSI-RS 的次頻帶的預編碼向量的數目，而 n 可被定義為 $0 \leq n < N_{\text{SB}}^{\text{CSIRS}}$ 。

【0212】 圖 12F 示出用於闡釋圖 11 所示操作 S351 的第七預處理方法的圖。在圖 12F 中，假定第一區域 1251 是未分配有 CSI-RS 的次頻帶區域，而第二區域 1252 是分配有 CSI-RS 的次頻帶區域。

【0213】 第七預處理方法可包括重複方法。

【0214】 舉例而言，基頻處理器 110 可將第二區域 1252 的預編碼向量重複地應用於第一區域 1251，且藉由將特定值（例如，「0」）填充至第一區域 1251 的其餘次頻帶區域 1253 而對 DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 進行配置。此時，DFT 輸入矩陣 $\mathbf{V}_l^{\text{BWP}}$ 可由方程式 22 來表示。

【0215】 [方程式 22]

$$\mathbf{V}_l^{\text{BWP}} = [0, \dots, 0, \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}}(:, l), \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+1}(:, l), \dots, \mathbf{V}_{N_{\text{SB}}^{\text{BWP}}-1}(:, l)]$$

【0216】 此處， $\mathbf{a}_n = \mathbf{V}_{N_{\text{SBstart}}^{\text{CSIRS}}+n}(:, l)$ 及 N_1 是指未分配有 CSI-RS 的次

頻帶的預編碼向量的數目，而 n 可被定義為 $0 \leq n < N_{SB}^{CSIRS}$ 。

【0217】圖 12G 示出用於闡釋圖 11 所示操作 S351 的第八預處理方法的圖。在圖 12G 中，可藉由對上述圖式的說明來替代圖 12G 所示與上述圖式交疊的配置(例如，配置 848、配置 410、配置 426、配置 427、配置 430)。

【0218】第八預處理方法可包括寬頻帶 (wide band, WB) 預編碼方法。

【0219】基頻處理器 110 可在 SD 壓縮之後使用寬頻帶矩陣 $\mathbf{V}_{WB}$ 來替代與第 n 次頻帶的通道特性資訊對應的矩陣 $\mathbf{V}_n$ 。舉例而言，當基頻處理器 110 的 DFT 區塊 1260 在頻域中對 CSI-RS 區域的第一層的矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ 進行壓縮時，若有效地表示矩陣的頻域特性(例如，頻率態樣中的改變等)的 FD 基的數目被辨識為不足，則不壓縮且不傳輸 CSI-RS 區域的第一層的矩陣 $\mathbf{V}_l^{CSIRS}$ ，而是可對寬頻帶角度中的第一層的矩陣 $\mathbf{V}_{WB,l}$ 進行量化且將矩陣 $\mathbf{V}_{WB,l}$ 傳輸至基地台。此處， $\mathbf{V}_{WB,l}$ 可包括次頻帶位元映射為「現用」的所有 CSI-RS 通道資訊矩陣或者由終端確定的藉由基地台預編碼實行 SD 壓縮之後的矩陣。其中，矩陣 $\tilde{\mathbf{V}}_{l,r}^{CSIRS}$ 、 $\mathbf{V}_{WB}$ 、 $\mathbf{V}_n$ 、 $\mathbf{V}_{WB,l}$ 未圖示。

【0220】舉例而言，基頻處理器 110 的 DFT 區塊 1260 可在分配有 CSI-RS 的次頻帶之中確定(或選擇)代表性通道，且在將代表性通道的通道值複製至整個 BWP 的所有次頻帶的通道值之後，對整個 BWP 的次頻帶實行 FD 壓縮。

【0221】圖 13 是示出根據實例性實施例的電子裝置的方塊圖。

【0222】 圖 13 所示無線通訊裝置 1300 可對應於圖 1 所示無線通訊裝置 100。

【0223】 參照圖 13，電子裝置可包括記憶體 1310、處理器單元 1320、輸入/輸出控制單元 1340、顯示單元 1350、輸入裝置 1360 及通訊處理單元 1390。此處，可存在多個記憶體 1310。以下對每一組件進行簡要論述。

【0224】 記憶體 1310 可包括程式儲存單元 1311 及資料儲存單元 1312，程式儲存單元 1311 用於儲存用於控制電子裝置的操作的程式，資料儲存單元 1312 用於儲存在程式執行期間產生的資料。資料儲存單元 1312 可儲存對於應用程式 1313 及 CSI 壓縮設定程式 1314 的運作而言必要的資料。程式儲存單元 1311 可包括應用程式 1313 及 CSI 壓縮設定程式 1314。此處，程式儲存單元 1311 中所包括的程式可被表達為作為一組指令的指令集。

【0225】 應用程式 1313 包括在電子裝置中運作的應用程式。即，應用程式 1313 可包括由處理器 1322 驅動的應用的指令。根據實例性實施例，當 CSI-RS 僅被分配至整個 BWP 中的一些次頻帶時，CSI 壓縮設定程式 1314 可基於分配有 CSI-RS 的次頻帶的通道特性資訊來使用 DFT 函數（例如，CSI-RS 維度中的 DFT 函數、部分 DFT 函數、過取樣 DFT 函數等）來實行頻域壓縮。

【0226】 周邊裝置介面 1323 可控制基地台的輸入/輸出周邊裝置與處理器 1322 及記憶體介面 1321 之間的連接。處理器 1322 控制基地台使用至少一個軟體程式來提供對應的服務。在此種情形中，

處理器 1322 可執行儲存於記憶體 1310 中的至少一個程式，以提供與程式對應的服務。

【0227】輸入/輸出控制單元 1340 可提供輸入/輸出裝置（例如，顯示單元 1350 及輸入裝置 1360）與周邊裝置介面 1323 之間的介面。顯示單元 1350 顯示狀態資訊、輸入字符、運動圖像及靜止圖像。舉例而言，顯示單元 1350 可顯示由處理器 1322 驅動的應用程式資訊。

【0228】輸入裝置 1360 可經由輸入/輸出控制單元 1340 向處理器單元 1320 提供藉由選擇所述電子裝置而產生的輸入資料。在此種情形中，輸入裝置 1360 可包括小鍵盤，所述小鍵盤包括至少一個硬體按鈕及用於感測觸控資訊的觸控板。舉例而言，輸入裝置 1360 可藉由輸入/輸出控制器 1340 向處理器 1322 提供觸摸資訊，例如藉由觸摸板感測到的觸摸、觸摸運動及觸摸釋放。電子裝置可包括實行用於語音通訊及資料通訊的通訊功能的通訊處理單元 1390。通訊處理單元 1390 可包括用於支援根據實例性實施例的毫米波頻帶通訊的多個天線模組 1392(未圖示)。

【0229】儘管已參照本發明概念實施例具體示出並闡述了本發明概念，然而應理解，在不背離以下申請專利範圍的精神及範圍的條件下，可在本文中在形式及細節上作出各種改變。

【符號說明】

【0230】

100:電子裝置

10:	無線通訊系統
100:	無線通訊裝置
110:	基頻處理器
112:	通道品質量測電路
114:	切換控制電路
116:	通道狀態資訊（CSI）壓縮電路
120、120a:	第一 RF 積體電路（RFIC）
121_1～121_k、121_1a～121_ka:	第一 RF 鏈至第 k RF 鏈
122a:	開關介面
130_1、130_1a:	第一天線模組
130_2:	第二天線模組
130_i:	第 i 天線模組
130_11～130_1m、130_11a～130_1ma:	第一天線陣列至第 m 天線陣列
131_11～131_1n、131_11a～131_1na:	第一 RF 前端至第 n RF 前端
132_11～132_1n、132_11a～132_1na:	第一天線至第 n 天線
133_1a～133_ma:	第一組合器至第 m 組合器
140:	第二 RFIC
150:	天線
160:	記憶體
200:	基地台

- 410:配置/空間域（SD）壓縮區塊
- 420:頻域（FD）壓縮區塊
- 421:DFT 轉換區塊
- 422:第一子轉換區塊
- 423:第二子轉換區塊
- 424:第三子轉換區塊
- 425:第四子轉換區塊
- 426:配置/FD 基選擇區塊
- 427:配置/非零係數（NZC）選擇及量化區塊
- 428:旁通路徑
- 430:配置/上行鏈路通道資訊（UCI）位元序列產生區塊
- 610、810、1001:BWP
- 620、820、1043、 $SB_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$ 、 $SB_{N_{SBend}^{CSIRS}}$:次頻帶
- 651:感興趣次頻帶
- 652:非感興趣次頻帶
- 800:無線通訊環境
- 830:第一過取樣 DFT 區塊
- 831:第一 DFT 輸入矩陣/區域
- 832、1002:區域
- 832-1:第一 DFT 行
- 832-2:第二 DFT 行
- 832-z:第 z DFT 行

- 840:第二過取樣 DFT 區塊/第二過取樣 DFT 轉換區塊
- 841:第二 DFT 輸入矩陣
- 842-1 ~ 842-z:第一過取樣 DFT 函數至第 z 過取樣 DFT 函數
- 843:配置/FD 基選擇區塊
- 845:配置/ N_{SB}^{BWP} 點 DFT 映射區塊
- 847:配置/NZC 相位補償區塊
- 848:配置/旁通路徑
- 850:第三過取樣 DFT 區塊
- 851:第三 DFT 輸入矩陣
- 852-1 ~ 852-z:第一過取樣 DFT 函數至第 z 過取樣 DFT 函數
- 853:第一情形
- 854:第二情形
- 860:過取樣 DFT 區塊
- 870:第四過取樣 DFT 區塊
- 871:第四 DFT 輸入矩陣
- 872、1022、1032、 $D_f^{N_{SB_active}^{CSIRS}}$ 、 $D_f^{N_{SB}^{BWP}, N_{SB}^{CSIRS}}$ 、 $D_f^{N_{SB}^{CSIRS}} O_{N_{SB_start}^{CSIRS}}$:DFT 函數
- 1003、1004:DFT 矩陣
- 1021:DFT 輸入矩陣
- 1023:DFT 轉換結果
- 1024:行向量/行索引
- 1031、1041:DFT 輸入矩陣

1042: 部分 DFT 函數

1201、1211、1221、1231、1241、1251:第一區域

1202、1212、1222、1232、1242、1252:第二區域

1203、1204、1213:預編碼向量

1214:預編碼向量/a向量

1223、1224、1234:第一次頻帶

1253:次頻帶區域

1260:DFT 區塊

1300:無線通訊裝置

1310:記憶體

1311:程式儲存單元

1312:資料儲存單元

1313:應用程式

1314:CSI 壓縮設定程式

1320:處理器單元

1321:記憶體介面

1322:處理器

1323:周邊裝置介面

1340:輸入/輸出控制單元/輸入/輸出控制器

1350:顯示單元

1360:輸入裝置

1390:通訊處理單元

ADC:類比-數位轉換器

$D_f^{N_{SB}^{BWP}}$:第一 DFT 函數

$D_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$:DFT 函數/ N_{SB}^{CSIRS} 點 DFT 矩陣

L 、 N_{SB}^{BWP} 、 N_{SB}^{CSIRS} :數目

LNA:低雜訊放大器

LO:頻率訊號

$\vec{m}$:DFT 輸入矩陣/平均向量

MX:混頻器

PS:移相器

$R_1 D_f^{N_{SB}^{CSIRS}} \sim R_z D_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$:第一過取樣 DFT 函數至第 z 過取樣 DFT 函數

R_r :矩陣

$R_r D_f^{N_{SB}^{CSIRS}}$:第三 DFT 函數

$R_r D_f^{N_{SB}^{CSIRS}} O_{N_{SBstart}^{CSIRS}}$:第二過取樣 DFT 函數/第二 DFT 函數

S_{10} 、 S_{20} 、 S_{30} 、 S_{40} 、 S_{50} 、 S_{51} 、 S_{53} 、 S_{55} 、 S_{60} 、 S_{70} 、

S_{210} 、 S_{220} 、 S_{230} 、 S_{240} 、 S_{250} 、 S_{260} 、 S_{270} 、 S_{310} 、 S_{320} 、

S_{330} 、 S_{340} 、 S_{351} 、 S_{352} 、 S_{360} 、 S_{370} :操作

SB_1 :第一次頻帶

SB_2 :第二次頻帶

$SB_{N_{SB}^{BWP}}$:第 n 次頻帶/次頻帶

VGA:可變增益放大器

V_l^{BWP} :第一 DFT 輸入矩陣

$\tilde{V}_l^{BWP}$ 、 $\tilde{V}_{l,r}^{CSIRS}$:DFT 轉換結果

V_l^{CSIRS} :第一 DFT 輸入矩陣/第二 DFT 輸入矩陣/第三 DFT 輸入
矩/第四 DFT 輸入矩陣/DFT 輸入矩陣/DFT 輸入矩陣/矩陣

$\tilde{V}_l^{CSIRS}$:DFT 轉換結果/第二壓縮資料

$V_l^{CSIRS_active}$:DFT 輸入矩陣/第二壓縮資料

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：

自基地台接收通道狀態資訊參考訊號（CSI-RS）；

藉由基於所述通道狀態資訊參考訊號來估測所述無線通訊裝置與所述基地台之間的通道而產生通道資訊；以及

向所述基地台報告所述通道資訊，

其中所述產生所述通道資訊包括：

藉由在空間域中對接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；

藉由使用第一離散傅立葉轉換（DFT）函數在頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，所述第一離散傅立葉轉換（DFT）函數具有與用於與所述基地台進行通訊的頻寬部分（BWP）中的接收所述通道狀態資訊參考訊號的多個次頻帶的數目對應的大小；以及

基於所述第二壓縮資料產生所述通道資訊。

【請求項2】 如請求項1所述的方法，其中所述產生所述第二壓縮資料更包括：當自所述基地台接收到指示所述基地台的感興趣次頻帶的位元映像資訊時，藉由使用第二離散傅立葉轉換函數在所述頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮而產生所述第二壓縮資料，所述第二離散傅立葉轉換函數具有與多個感興趣次頻帶的數目對應的大小。

【請求項3】 如請求項1所述的方法，其中當構成所述頻寬部分的多個次頻帶的數目對接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目的比率是整數時，所述產生所述第二壓縮資料更包括：

藉由將所述通道狀態資訊參考訊號的旋轉索引及位置指示矩陣中的至少一者應用於所述第一離散傅立葉轉換函數而產生過取樣離散傅立葉轉換函數；以及

藉由使用所述過取樣離散傅立葉轉換函數在所述頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮而產生所述第二壓縮資料。

【請求項4】 如請求項3所述的方法，其中基於接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目對構成所述頻寬部分的所述多個次頻帶的數目的所述比率來確定多個旋轉索引的數目。

【請求項5】 如請求項3所述的方法，其中當構成所述頻寬部分的所述多個次頻帶的數目對接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目的所述比率是整數時，所述產生所述通道資訊更包括：

基於所述第二壓縮資料來選擇與所述通道狀態資訊參考訊號的接收區域對應的頻域（FD）基；以及

將所述頻域基映射成對應於頻寬部分區域。

【請求項6】 如請求項5所述的方法，其中對所述頻域基進行所述映射更包括：

藉由將所述旋轉索引與所述頻域基和構成所述頻寬部分的所

述多個次頻帶的數目對接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目的所述比率的乘積相加而計算出一值；以及

將所述值映射至與所述頻寬部分區域對應的所述頻域基。

【請求項7】 如請求項5所述的方法，其中當構成所述頻寬部分的所述多個次頻帶的數目對接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目的所述比率是整數時，所述產生所述通道資訊更包括：

基於由與所述第一壓縮資料及所述頻域基對應的多個行向量構成的矩陣來選擇非零係數（NZC）；以及

將所述非零係數映射成對應於所述頻寬部分區域。

【請求項8】 如請求項7所述的方法，其中所述選擇所述非零係數包括：基於由與所述第一壓縮資料及所述頻域基對應的行向量構成的所述矩陣中所包括的元素的絕對值來選擇所述非零係數。

【請求項9】 如請求項1所述的方法，其中當構成所述頻寬部分的所述多個次頻帶的數目對接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述多個次頻帶的數目的所述比率不是整數時，所述產生所述第二壓縮資料包括：

藉由將所述通道狀態資訊參考訊號的位置指示矩陣應用於第一離散傅立葉轉換函數來產生第四離散傅立葉轉換函數；以及

藉由使用所述第四離散傅立葉轉換函數在所述頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮來產生所述第二壓縮資料。

【請求項10】 一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：

自基地台接收通道狀態資訊參考訊號（CSI-RS）；

藉由基於所述通道狀態資訊參考訊號來估測所述無線通訊裝置與所述基地台之間的通道而產生通道資訊；以及

向所述基地台報告所述通道資訊，

其中所述產生所述通道資訊包括：

藉由在空間域中對接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；

藉由使用第一部分離散傅立葉轉換（DFT）函數在頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，所述第一部分離散傅立葉轉換（DFT）函數由行域及列域構成，所述行域對應於構成用於與所述基地台進行通訊的頻寬部分（BWP）的次頻帶，所述列域對應於接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶；以及

基於所述第二壓縮資料產生所述通道資訊。

【請求項11】 如請求項10所述的方法，其中所述產生所述第二壓縮資料包括：當自所述基地台接收到指示所述基地台的感興趣次頻帶的位元映像資訊時，藉由使用第二部分離散傅立葉轉換函數在所述頻域中對所述第一壓縮資料進行壓縮來產生所述第二壓縮資料，所述第二部分離散傅立葉轉換函數由行域及列域構成，所述行域對應於構成所述頻寬部分的所述次頻帶的區域，所述列域對應於所述感興趣次頻帶。

【請求項12】 一種無線通訊裝置的操作方法，所述方法包括：

自基地台接收通道狀態資訊參考訊號（CSI-RS）；

藉由基於所述通道狀態資訊參考訊號來估測所述無線通訊裝置與所述基地台之間的通道而產生通道資訊；以及

向所述基地台報告所述通道資訊，

其中所述產生所述通道資訊包括：

藉由在空間域中對接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶的通道特性資訊進行壓縮來產生第一壓縮資料；

根據預設方法，針對用於與所述基地台進行通訊的頻寬部分（BWP）的多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的次頻帶實行預處理；

藉由使用離散傅立葉轉換（DFT）函數在頻域中對經預處理的所述第一壓縮資料進行壓縮來產生第二壓縮資料，所述離散傅立葉轉換（DFT）函數具有與構成所述頻寬部分的多個次頻帶的數目對應的大小；以及

基於所述第二壓縮資料產生所述通道資訊。

【請求項13】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第一預處理方法以預設特定值填充所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶。

【請求項14】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第二預處理方法對所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶實行線性內插。

【請求項15】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第三預處理方法對所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所

述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶實行線性內插及相位差旋轉。

【請求項16】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理包括：基於所述通道狀態資訊參考訊號來計算所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的接收所述通道狀態資訊參考訊號的多個次頻帶的預編碼向量的平均值；以及

使用第四預處理方法基於所述預編碼向量的所述平均值來實行線性內插。

【請求項17】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第五預處理方法，所述第五預處理方法將所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶鏡像複製至所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶的預編碼向量中。

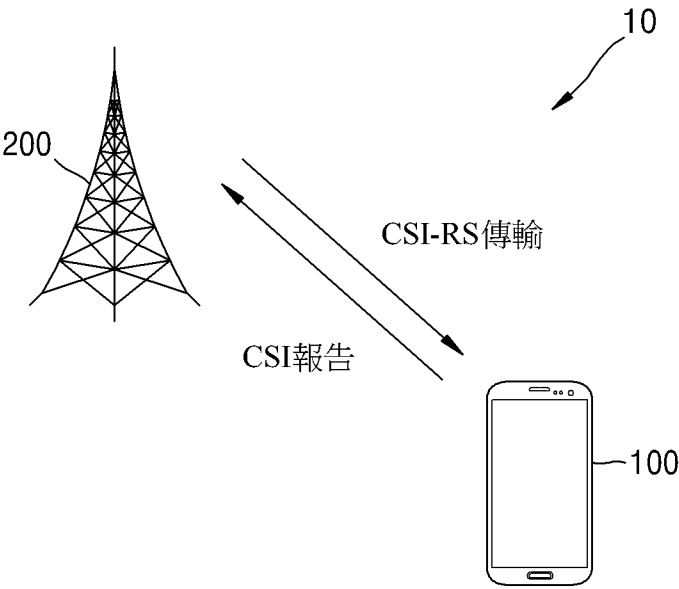
【請求項18】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第六預處理方法，所述第六預處理方法將所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶複製至所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶的預編碼向量。

【請求項19】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第七預處理方法，在所述第七預處理方法中，將所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶的預編碼向量複製至所述頻寬部分的所述多個次頻帶之中的未接

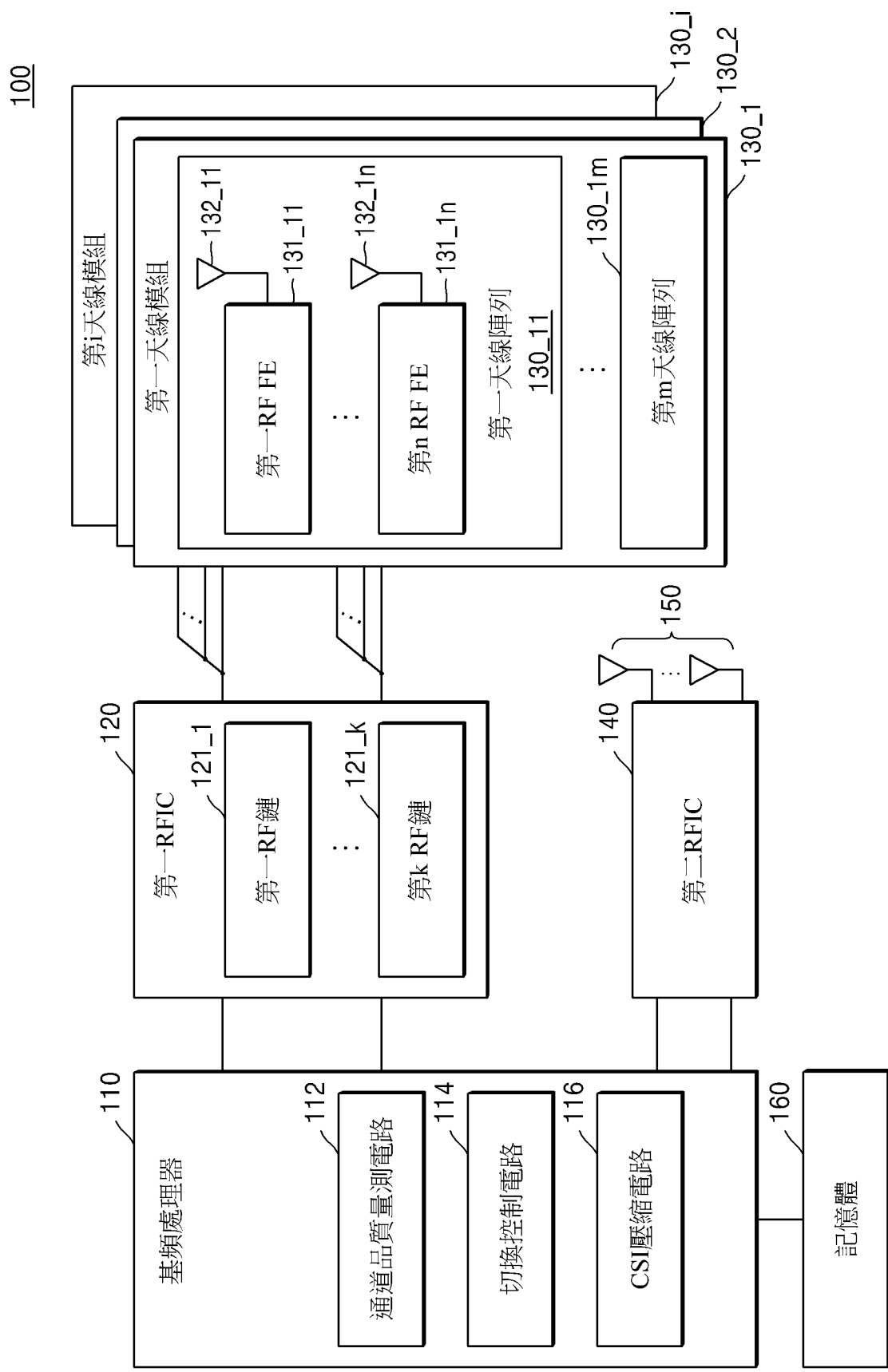
收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶，且使用預設特定值來填充所述複製之後的其餘次頻帶。

【請求項20】 如請求項12所述的方法，其中所述預處理使用第八預處理方法，所述第八預處理方法將所述頻寬部分的接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶的預編碼向量的平均值複製至所述頻寬部分的未接收所述通道狀態資訊參考訊號的所述次頻帶。

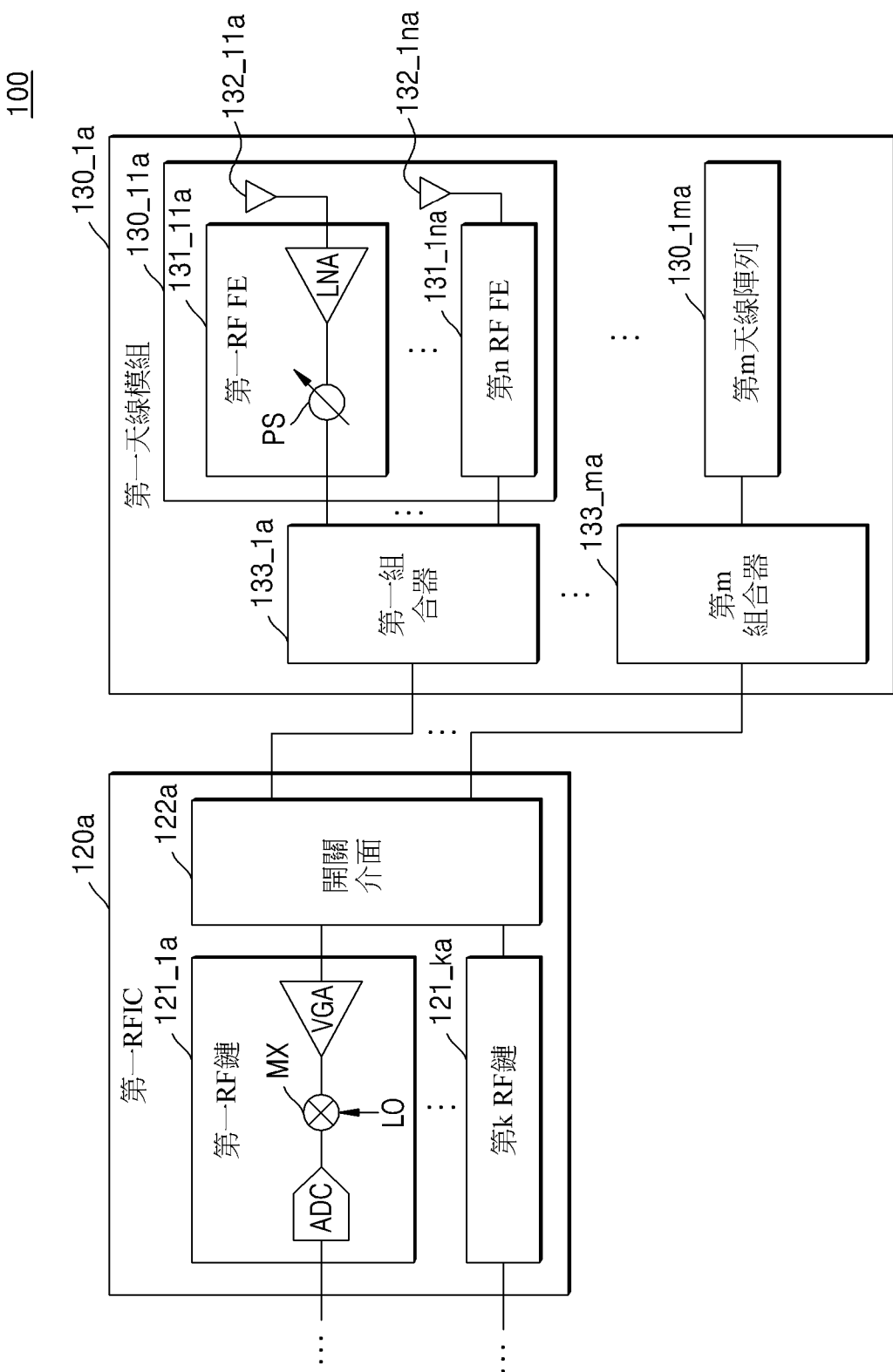
【發明圖式】



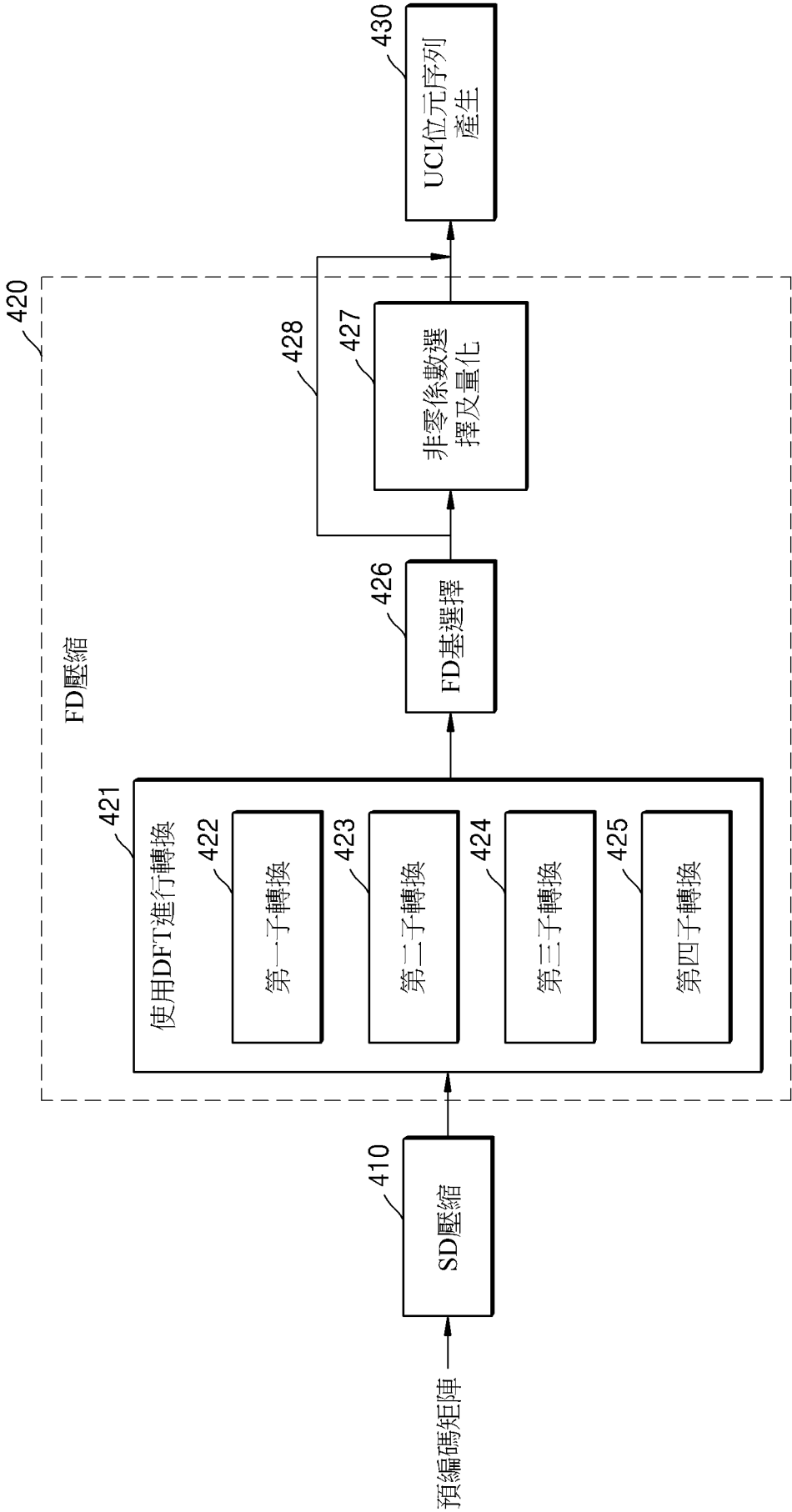
【圖1】



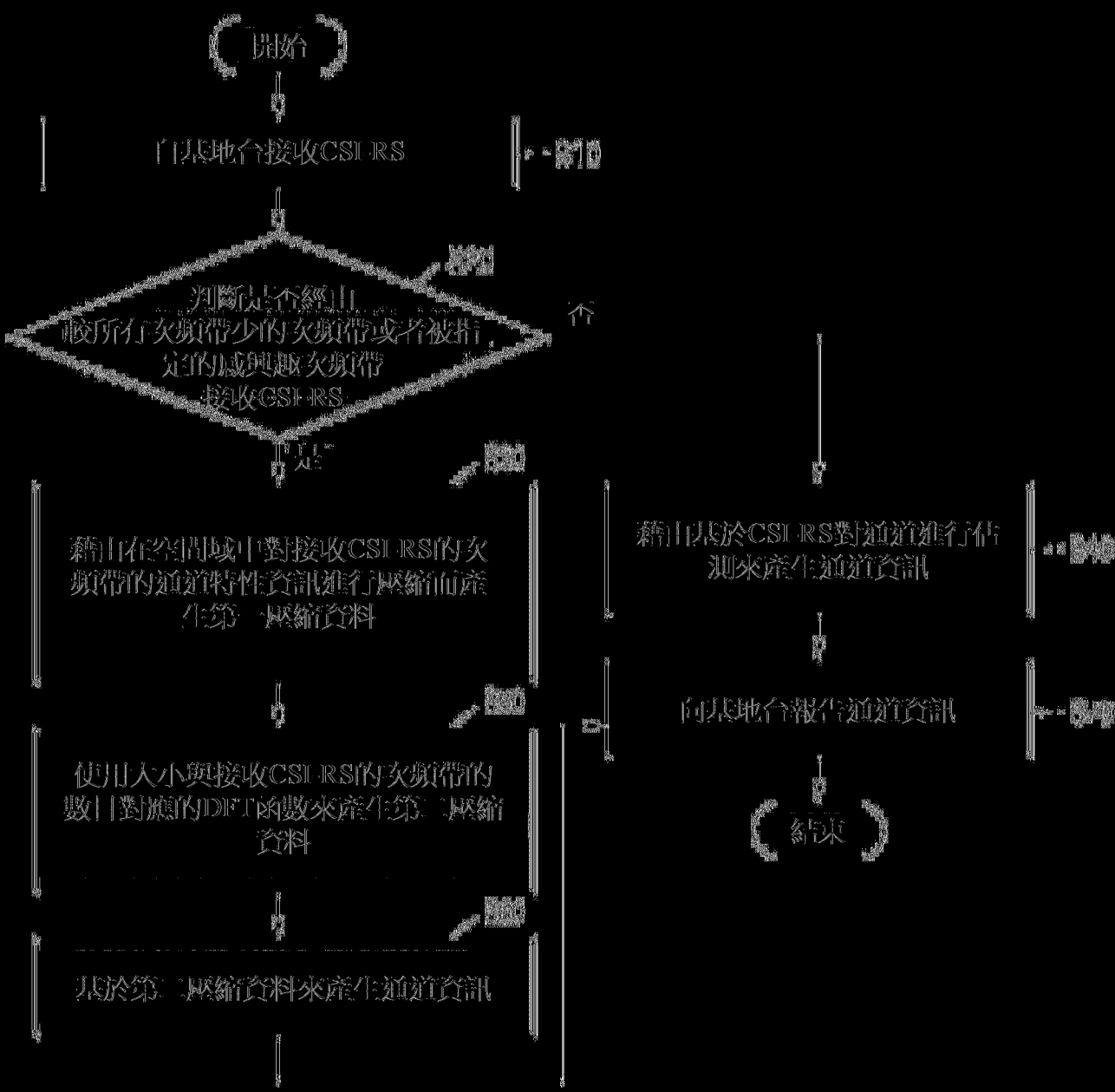
【圖2】



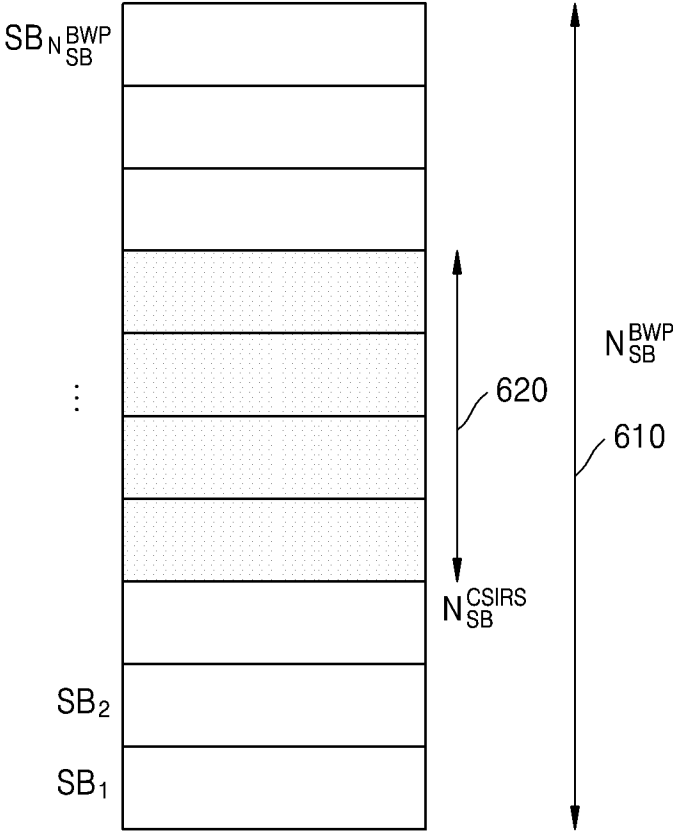
【圖3】



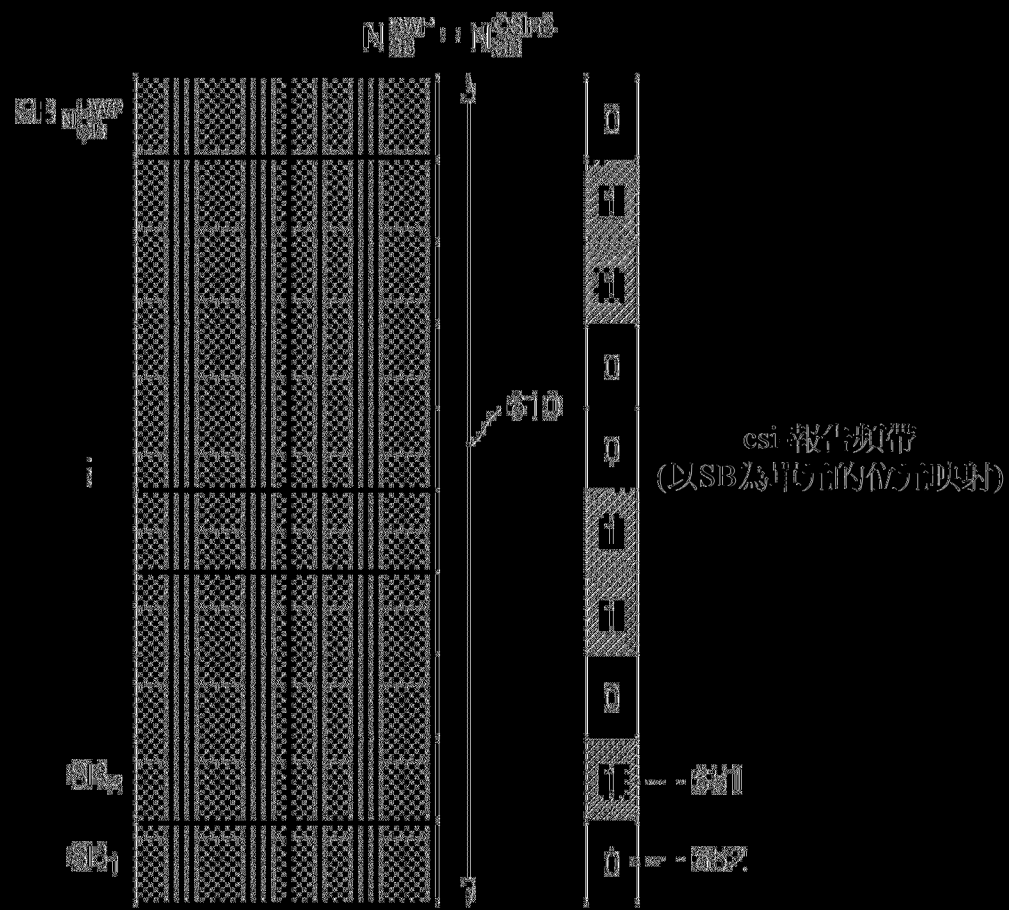
【圖4】



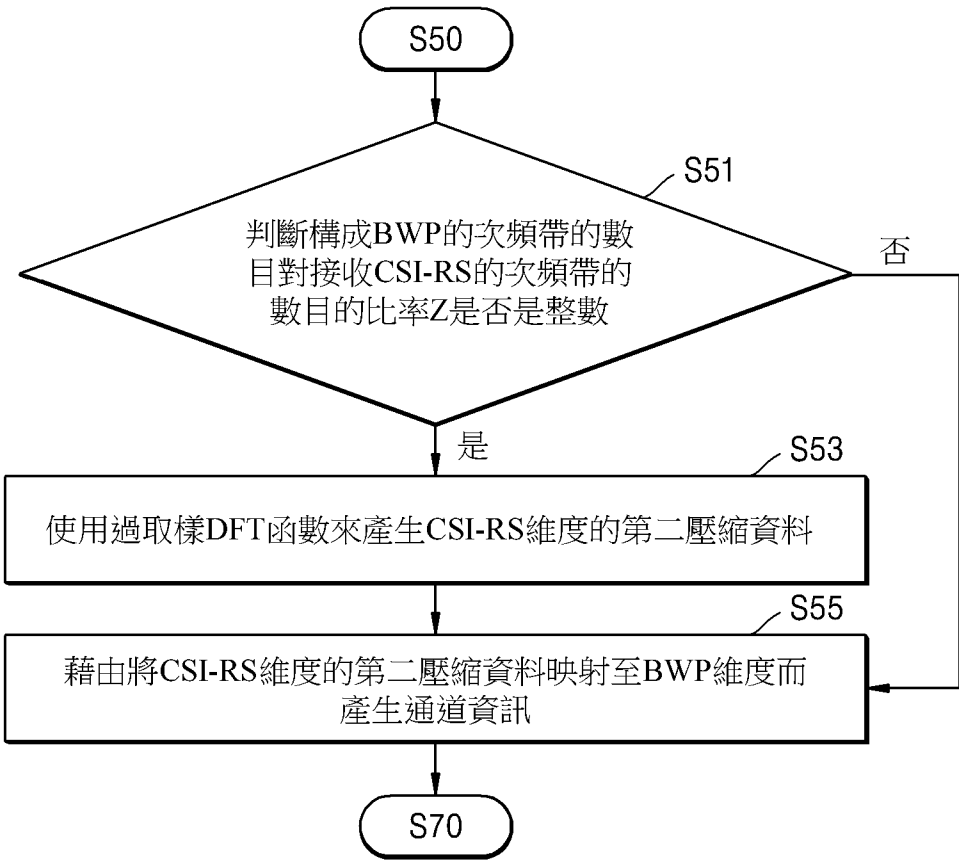
(圖5)



【圖6A】

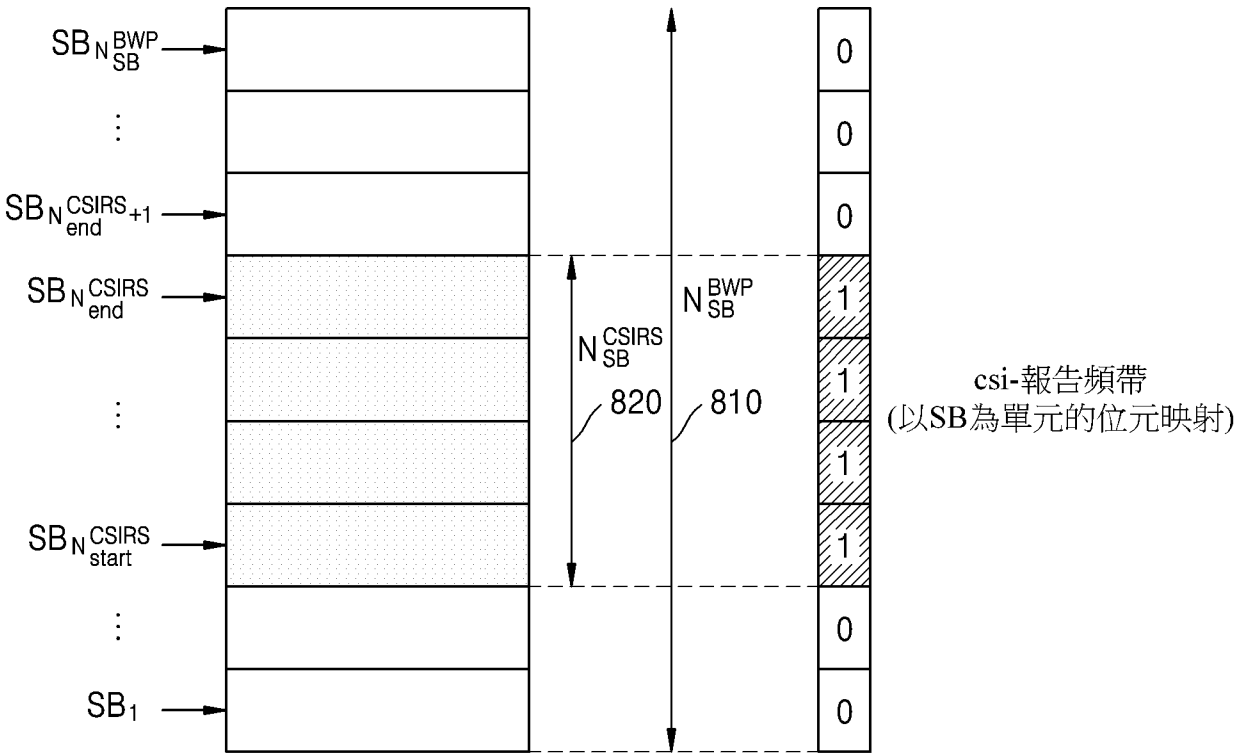


(6B)

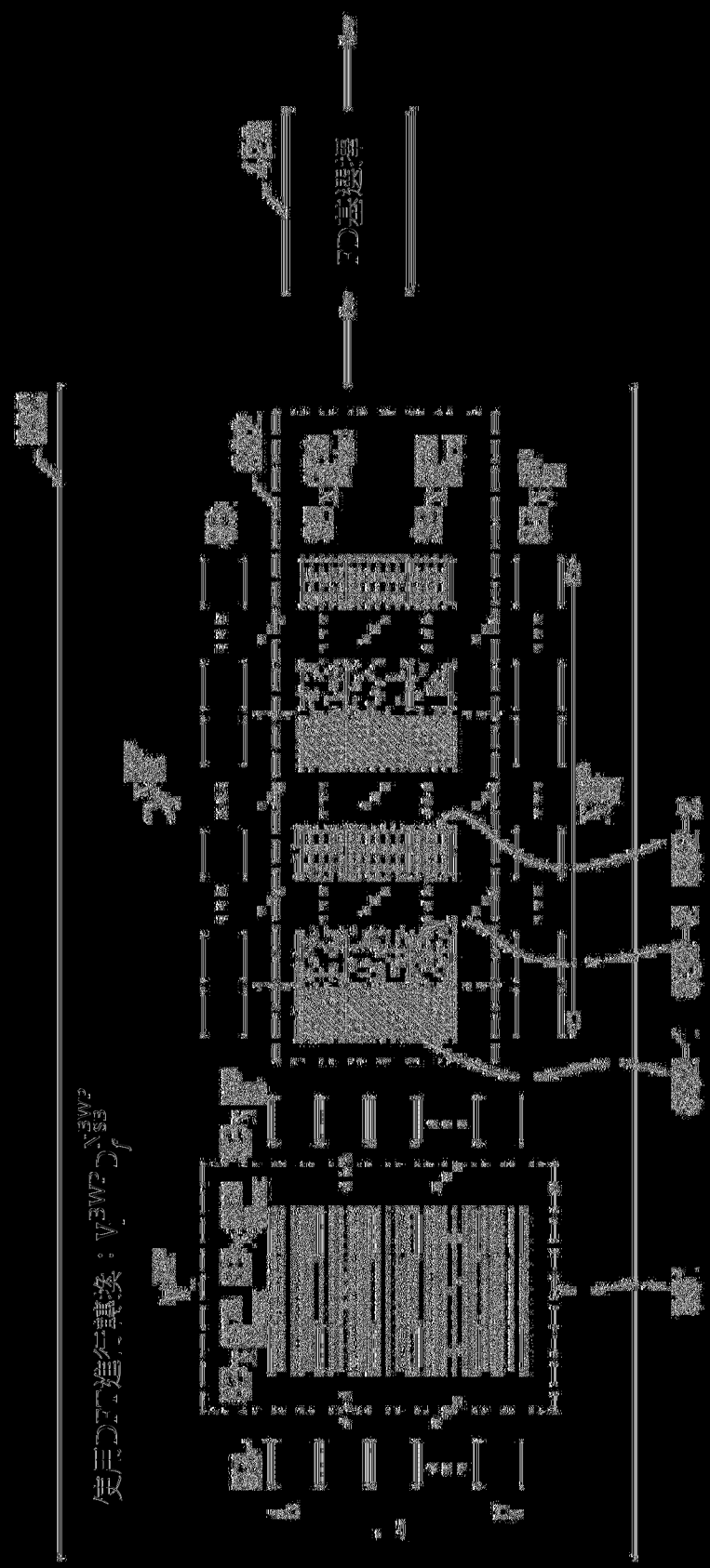


【圖7】

800

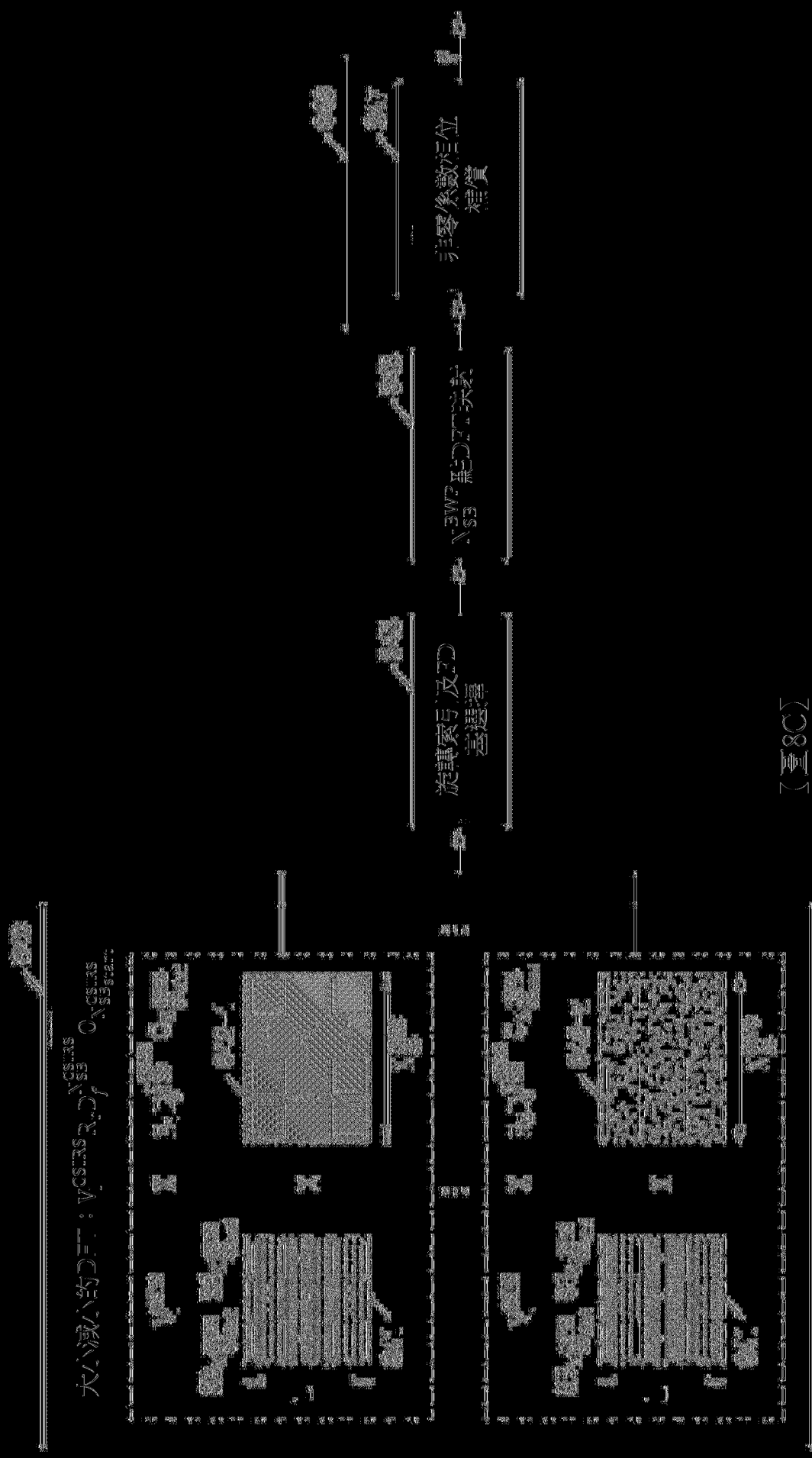


【圖8A】

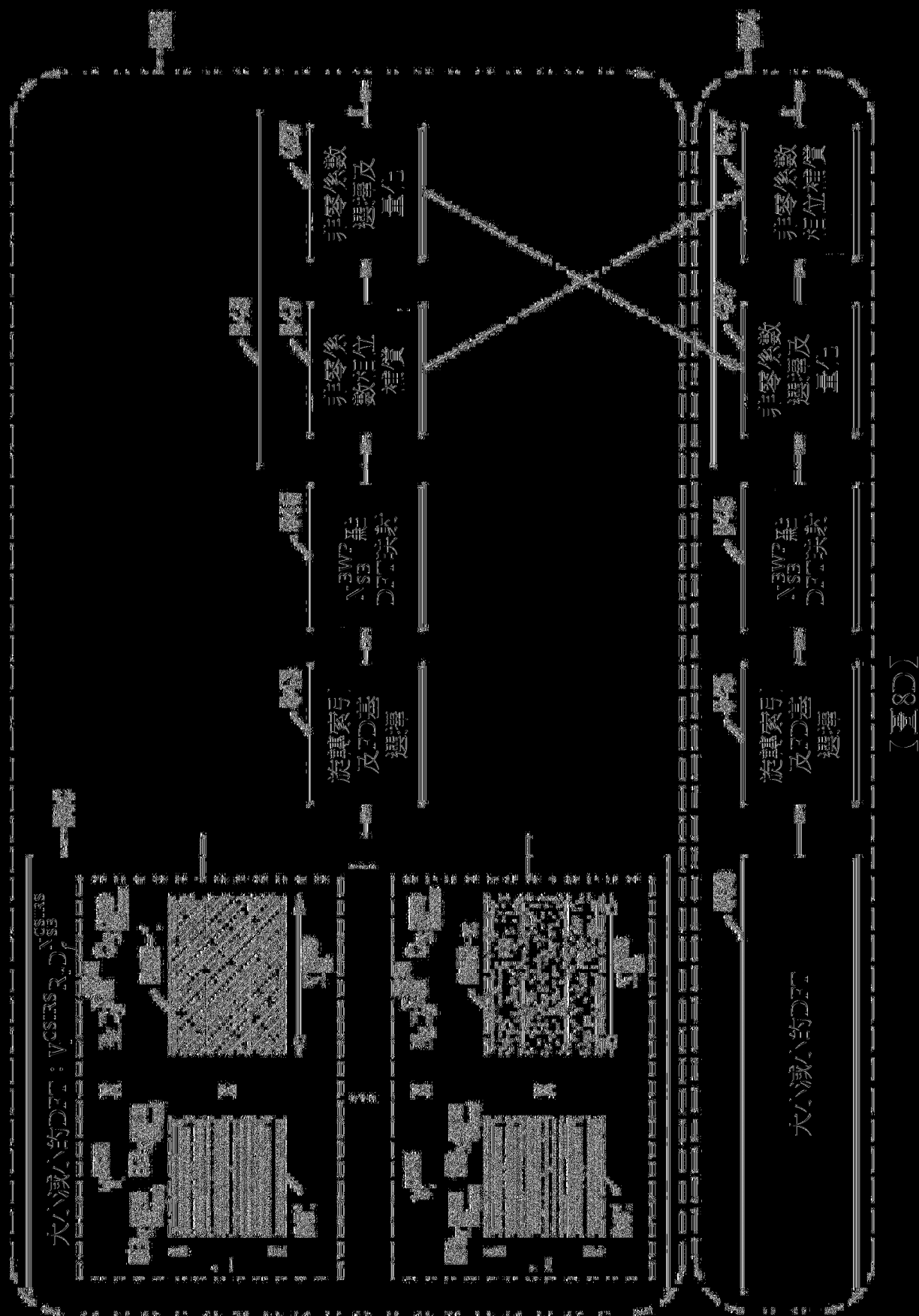


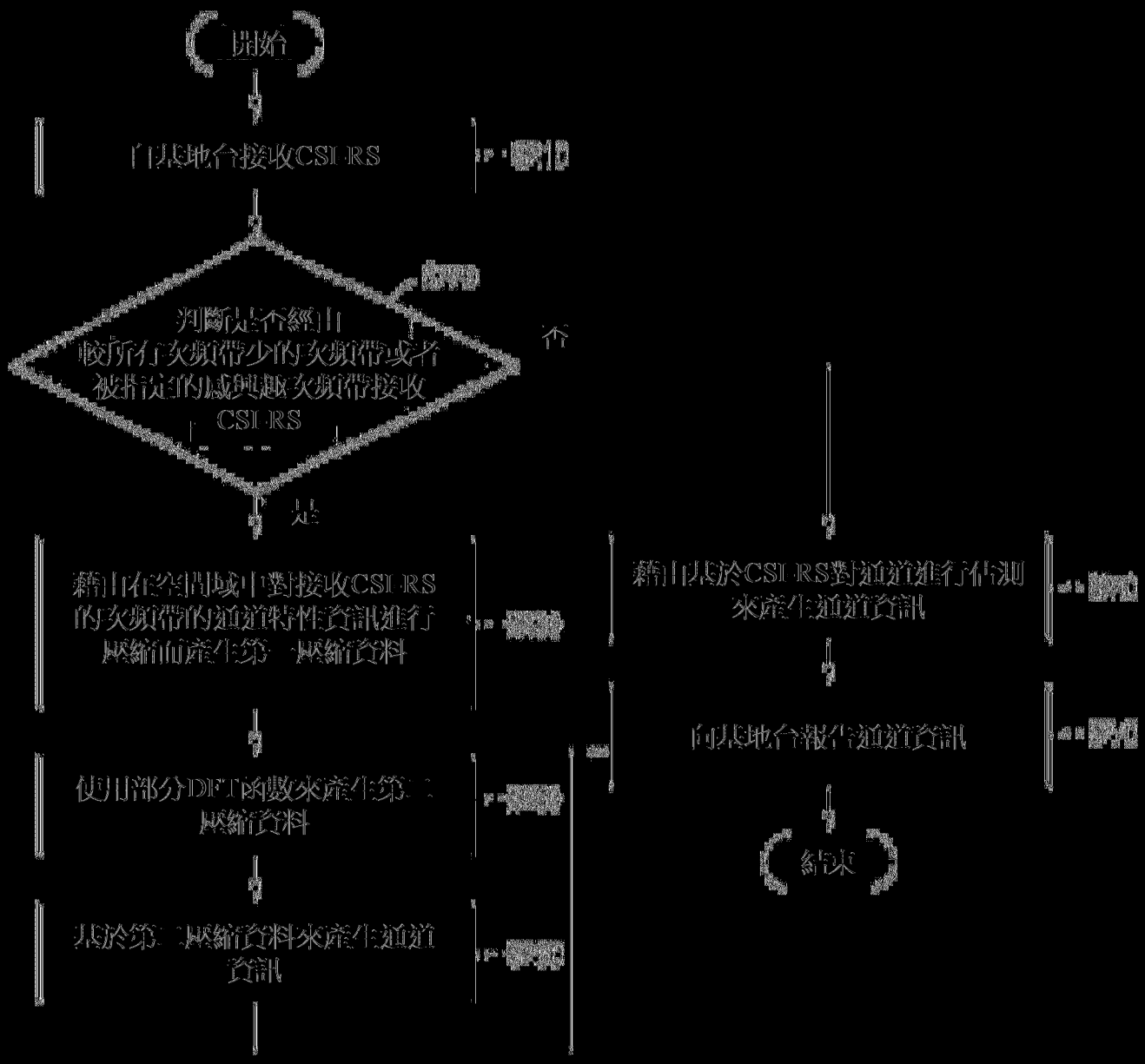
使用DF進行轉換：V3WP_{NS3} D_f

[圖83]

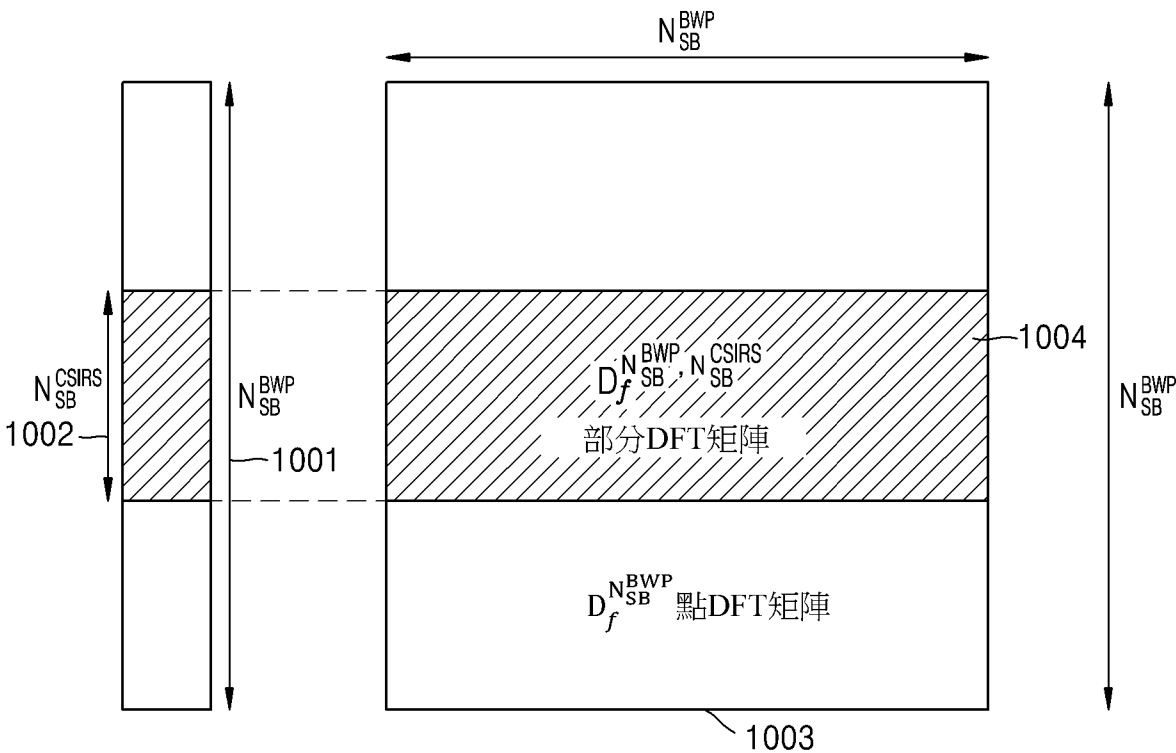


【圖8C】

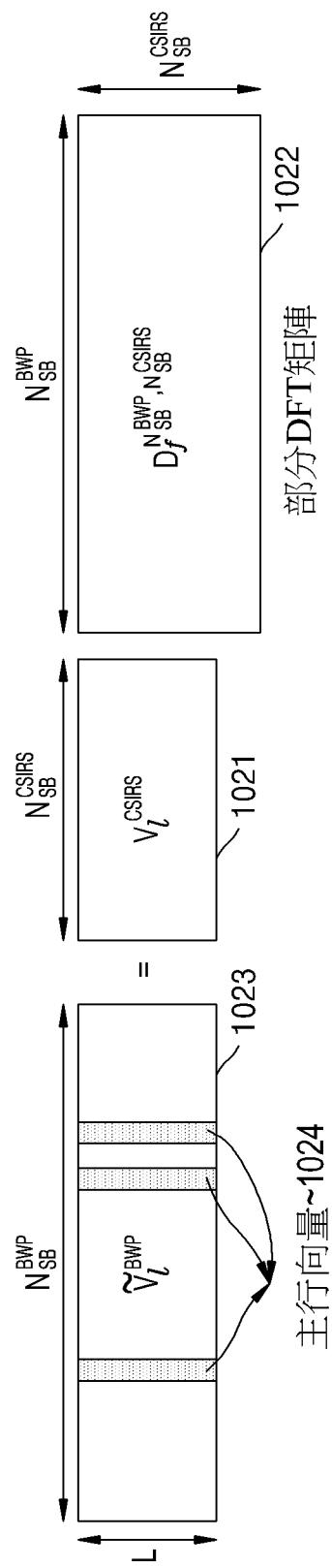




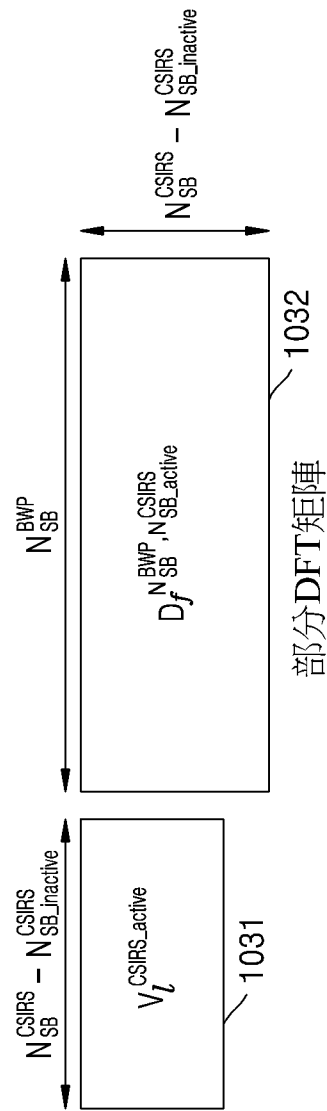
|(圖9)|



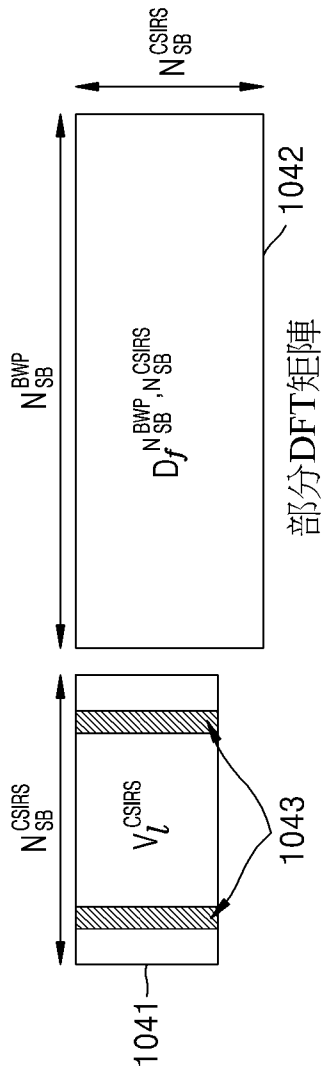
【圖10A】



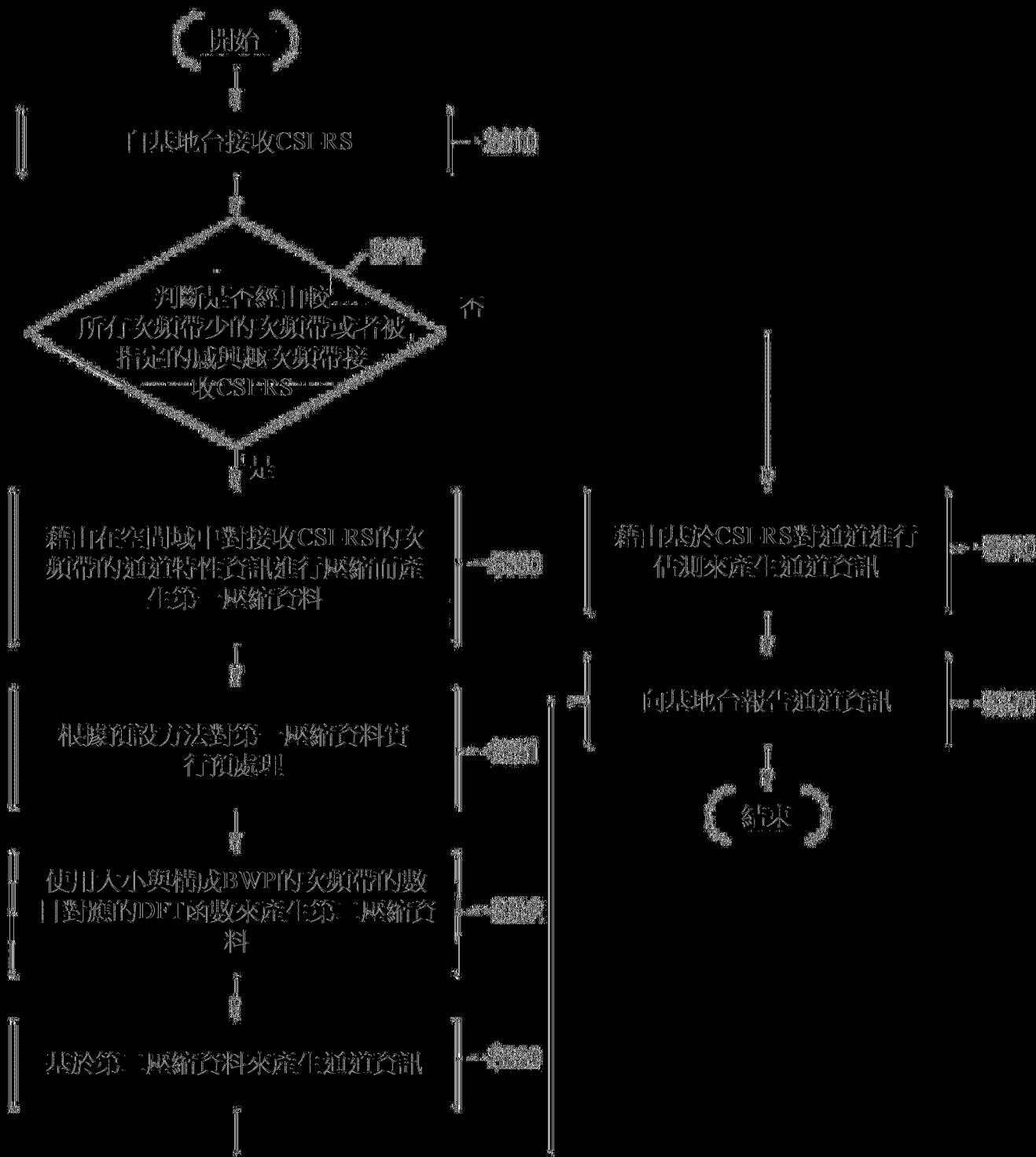
【圖10B】



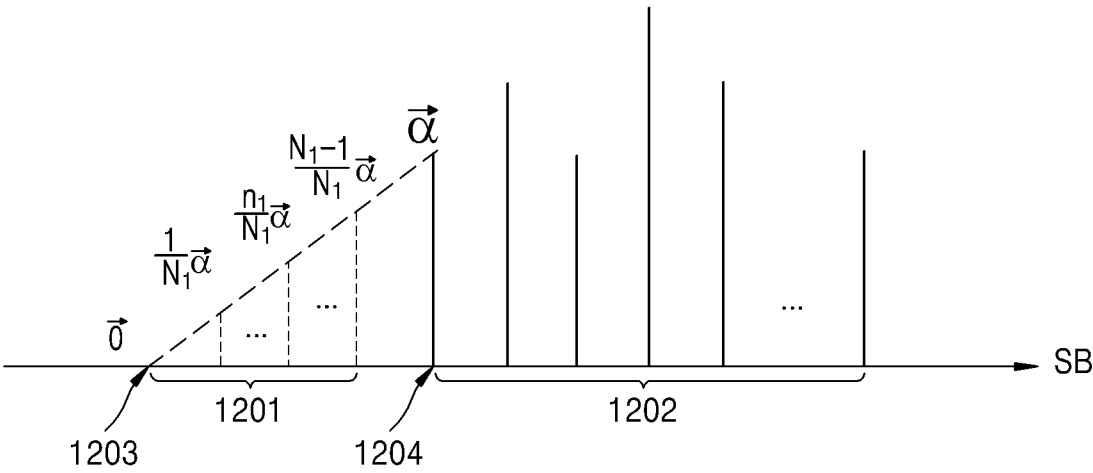
【圖10C】



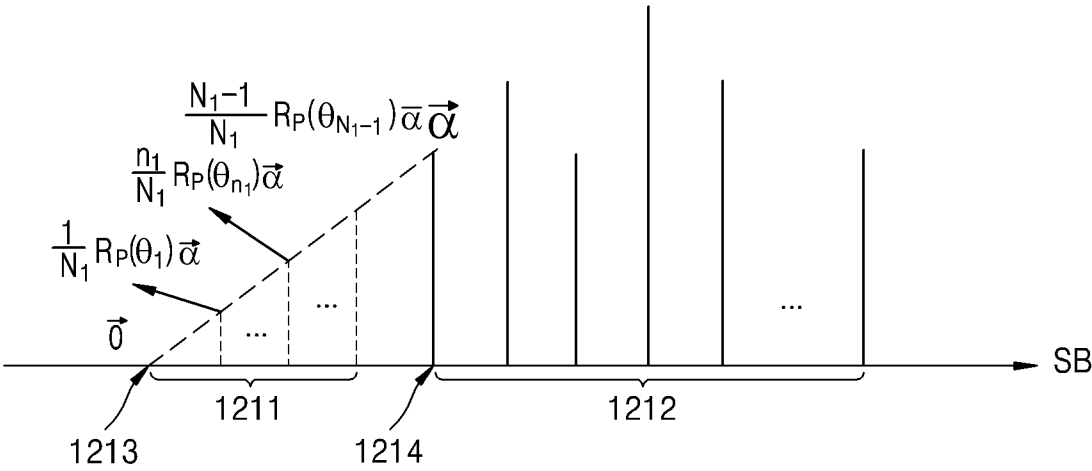
【圖10D】



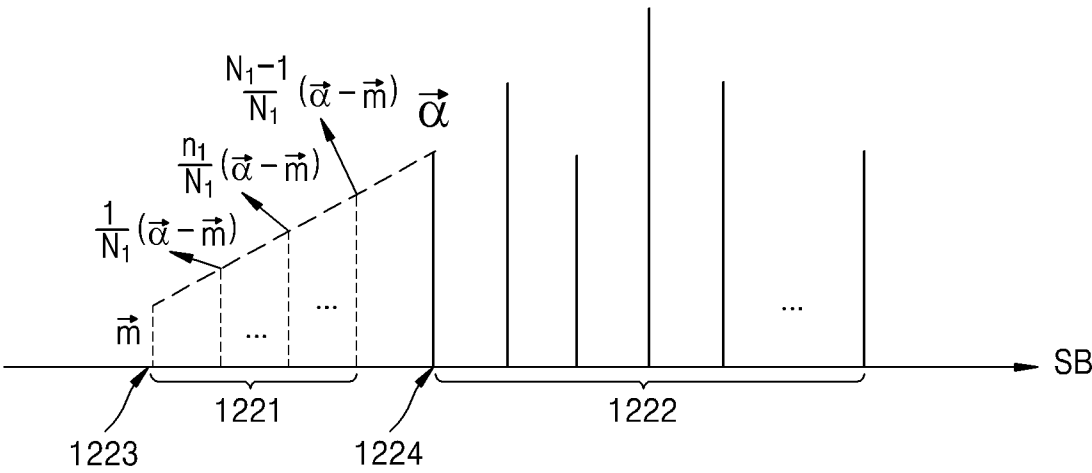
[(圖11)]



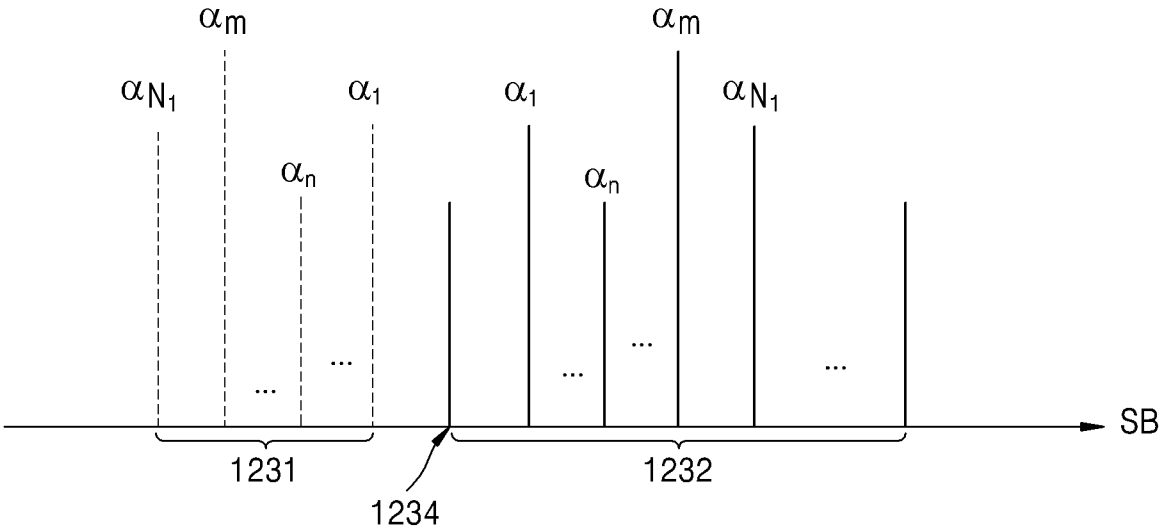
【圖12A】



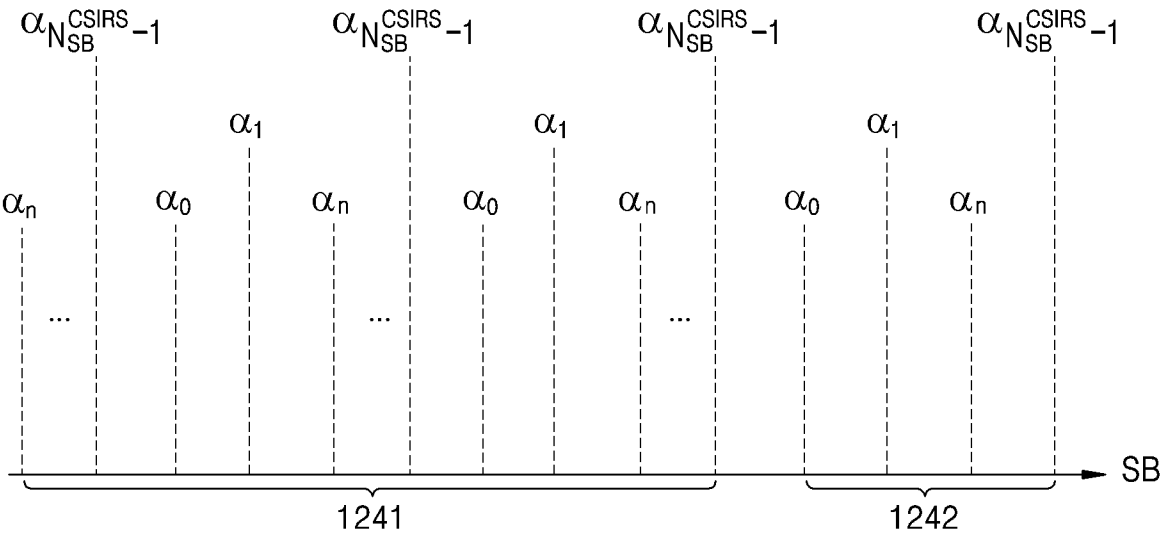
【圖12B】



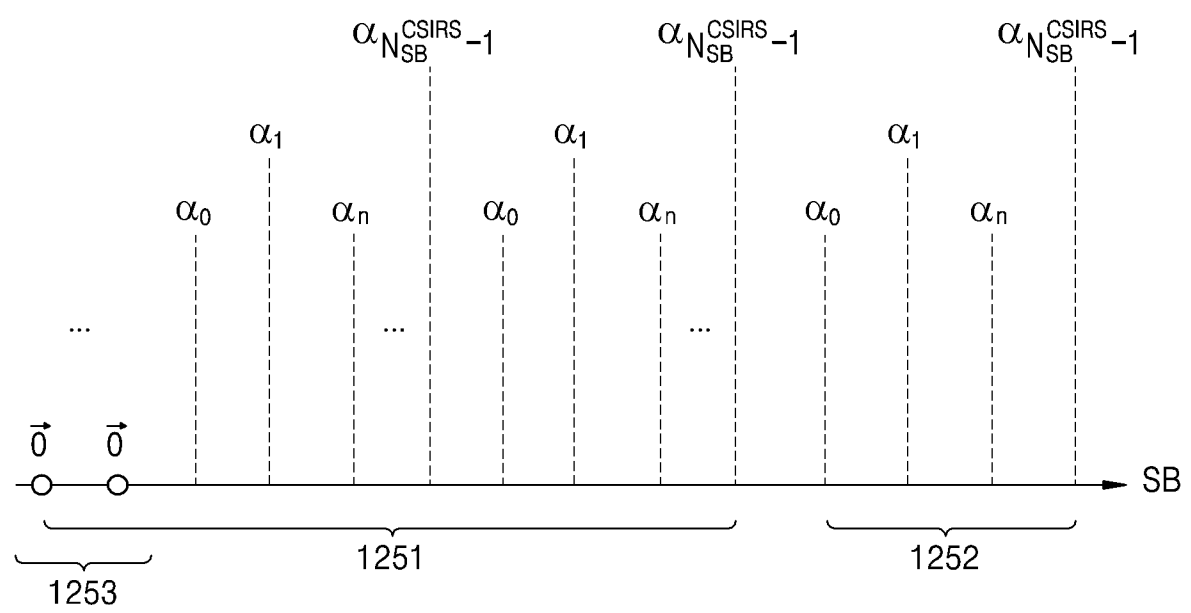
【圖12C】



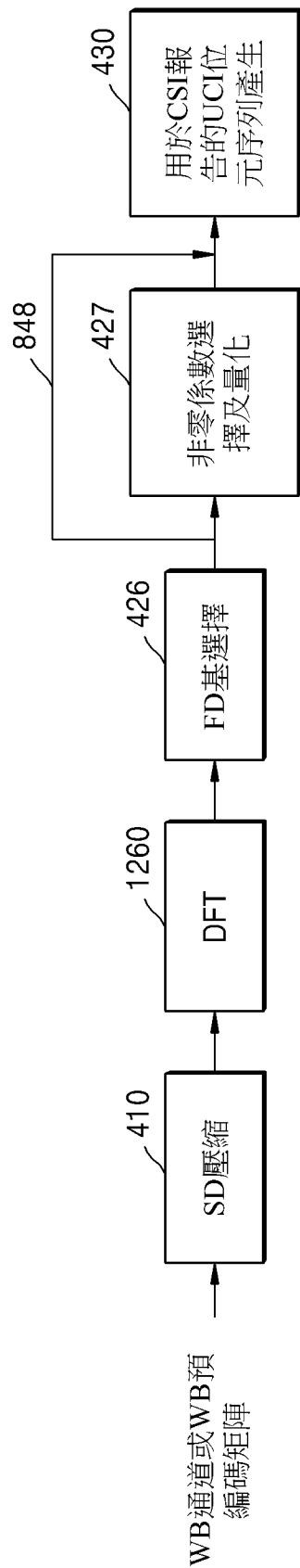
【圖12D】



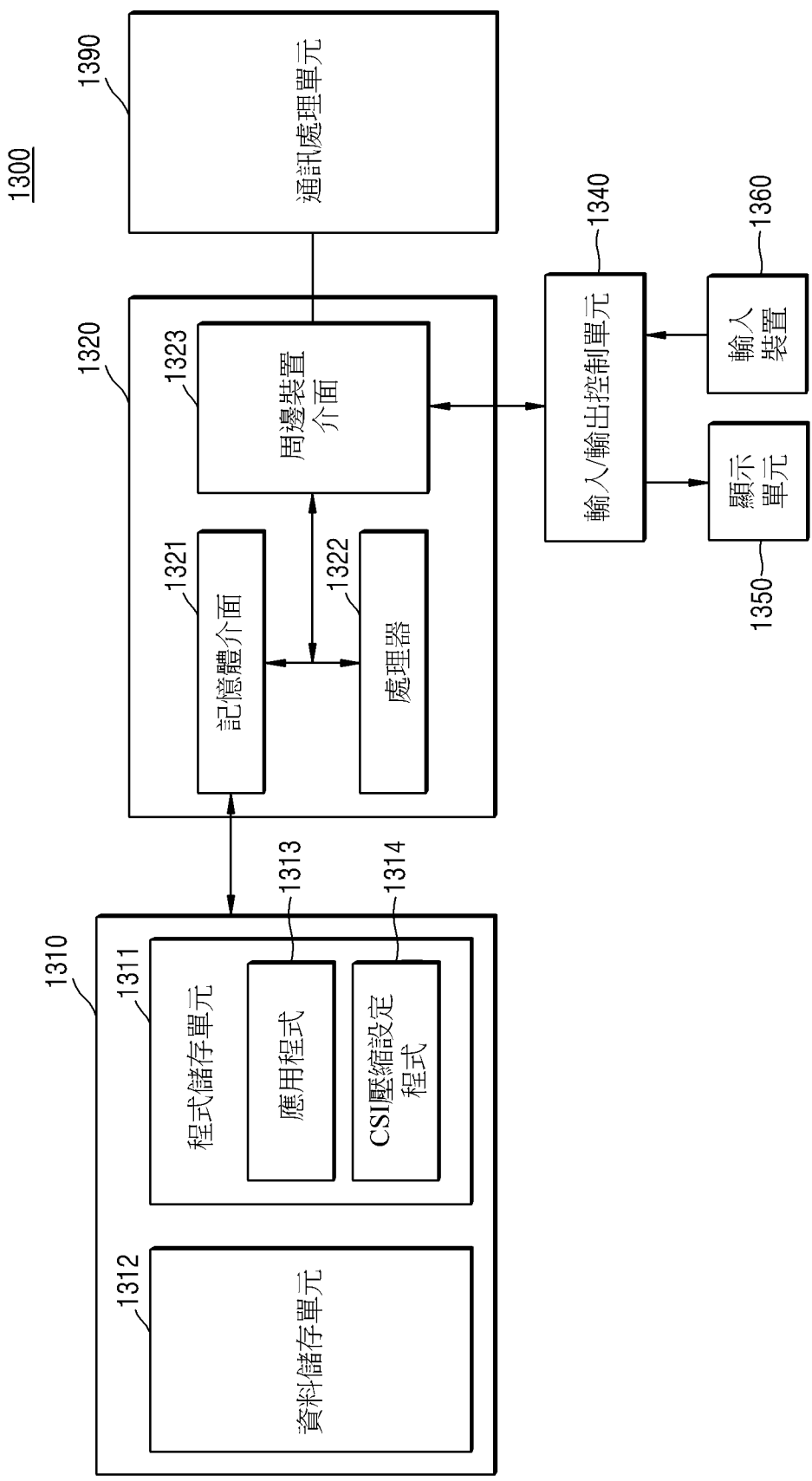
【圖12E】



【圖12F】



【圖12G】



【圖13】