



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I878530 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：110115753

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 04 月 30 日

(51)Int. Cl. : H04L9/08 (2006.01)

H04L9/32 (2006.01)

H04W12/02 (2009.01)

H04L27/26 (2006.01)

(30)優先權：2020/05/01 美國

63/019,081

2020/05/01 美國

63/019,101

2020/09/09 美國

63/076,181

2021/04/29 美國

17/244,500

(71)申請人：美商高通公司 (美國) QUALCOMM INCORPORATED (US)

美國

(72)發明人：薛漢墨 史蒂芬杰 SHELLHAMMER, STEPHEN JAY (US)；田 濱 TIAN, BIN

(US)；瑞西尼亞 阿利雷扎 RAISSINIA, ALIREZA (US)；金 宇韓 KIM, YOUHAN

(US)

(74)代理人：李世章

(56)參考文獻：

TW I428046B

US 9425954B1

US 2008/0273522A1

US 2016/0255620A1

US 2016/0286551A1

US 2019/0082390A1

US 2019/0182365A1

US 2020/0045723A1

審查人員：黎苙婷

申請專利範圍項數：34 項 圖式數：16 共 116 頁

(54)名稱

安全長訓練欄位 (LTF)

(57)摘要

本案內容提供用於產生安全長訓練欄位 (LTF) 的方法、設備和系統。在一些實現方式中，安全 LTF 可以包括隨機化位元序列，該隨機化位元序列難以（若不是不可能的話）由除傳輸設備和預期的接收設備之外的任何設備複製。例如，傳輸設備可以使用區塊密碼或串流密碼來產生假性隨機位元序列，以及可以選擇要映射到表示安全 LTF 的 LTF 符號的調制符號的序列的假性隨機位元序列的位元子集。更具體地，調制符號之每一者調制符號是映射到橫跨安全 LTF 的頻寬的一數量的次載波中的各自的一個次載波的。傳輸設備可以進一步向接收設備傳輸包括安全 LTF 的實體層彙聚協定 (PLCP) 協定資料單元 (PPDU)。

This disclosure provides methods, devices and systems for generating a secure long training field (LTF). In some implementations, the secure LTF may include a randomized bit sequence that is difficult, if not impossible, to replicate by any device other than the transmitting device and the intended receiving device. For example, the transmitting device may use a block cipher or stream cipher to generate a pseudorandom bit sequence and may select a subset of bits of the pseudorandom bit sequence to be mapped to a sequence of modulation symbols representing an LTF symbol of the secure LTF. More specifically, each of the modulation symbols is mapped to a respective one of a number of subcarriers spanning a bandwidth of the

secure LTF. The transmitting device may further transmit a physical layer convergence protocol (PLCP) protocol data unit (PPDU) that includes the secure LTF to the receiving device.

指定代表圖：

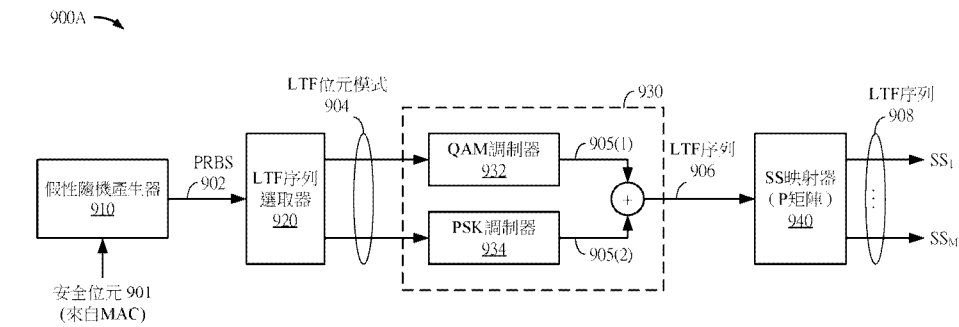


圖9A

符號簡單說明：

- 900A: 第一部分
- 901: 安全位元
- 902: 假性隨機位元序列
- 904: LTF 位元模式
- 905(1): QAM 符號
- 905(2): PSK 符號
- 906: LTF 序列
- 908: LTF 序列
- 910: 假性隨機產生器
- 920: 假性隨機位元序列
- 930: 調制器
- 932: QAM 調制器
- 934: PSK 調制器
- 940: 空間串流映射器



公告本

I878530

【發明摘要】

【中文發明名稱】安全長訓練欄位（LTF）

【英文發明名稱】SECURE LONG TRAINING FIELD (LTF)

【中文】

本案內容提供用於產生安全長訓練欄位（LTF）的方法、設備和系統。在一些實現方式中，安全LTF可以包括隨機化位元序列，該隨機化位元序列難以（若不是不可能的話）由除傳輸設備和預期的接收設備之外的任何設備複製。例如，傳輸設備可以使用區塊密碼或串流密碼來產生假性隨機位元序列，以及可以選擇要映射到表示安全LTF的LTF符號的調制符號的序列的假性隨機位元序列的位元子集。更具體地，調制符號之每一者調制符號是映射到橫跨安全LTF的頻寬的一數量的次載波中的各自的一個次載波的。傳輸設備可以進一步向接收設備傳輸包括安全LTF的實體層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）。

【英文】

This disclosure provides methods, devices and systems for generating a secure long training field (LTF). In some implementations, the secure LTF may include a randomized bit sequence that is difficult, if not impossible, to replicate by any device other than the transmitting device and the intended receiving device. For example, the transmitting device may use a block cipher or stream cipher to generate a pseudorandom bit sequence and may select a subset of bits of the pseudorandom bit sequence to be mapped to a sequence of modulation symbols representing an LTF

symbol of the secure LTF. More specifically, each of the modulation symbols is mapped to a respective one of a number of subcarriers spanning a bandwidth of the secure LTF. The transmitting device may further transmit a physical layer convergence protocol (PLCP) protocol data unit (PPDU) that includes the secure LTF to the receiving device.

【指定代表圖】第 (9A) 圖。

【代表圖之符號簡單說明】

9 0 0 A : 第 一 部 分

9 0 1 : 安 全 位 元

9 0 2 : 假 性 隨 機 位 元 序 列

9 0 4 : L T F 位 元 模 式

9 0 5 (1) : Q A M 符 號

9 0 5 (2) : P S K 符 號

9 0 6 : L T F 序 列

9 0 8 : L T F 序 列

9 1 0 : 假 性 隨 機 產 生 器

9 2 0 : 假 性 隨 機 位 元 序 列

9 3 0 : 調 制 器

9 3 2 : Q A M 調 制 器

9 3 4 : P S K 調 制 器

9 4 0 : 空 間 串 流 映 射 器

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】安全長訓練欄位 (LTF)

【英文發明名稱】SECURE LONG TRAINING FIELD (LTF)

【技術領域】

【0001】 本專利申請案主張於2020年5月1日提出申請的、名稱為「SECURE LONG TRAINING FIELD (LTF)」、編號為63/019,081的美國臨時專利申請案、於2020年5月1日提出申請的、名稱為「SECURE LONG TRAINING FIELD (LTF)」、編號為63/019,101的美國臨時專利申請案、於2020年9月9日提出申請的、名稱為「SECURE LONG TRAINING FIELD (LTF)」、編號為63/076,181的美國臨時專利申請案以及於2021年4月29日提出申請的、名稱為「SECURE LONG TRAINING FIELD (LTF)」、編號為17/244,500的美國非臨時申請案的優先權，上述申請案中的所有申請案均轉讓給本案的受讓人。所有在先申請案的揭示內容被認為是本專利申請案的一部分，並且經由引用的方式併入本專利申請案中。

【0002】 本案內容大體而言係關於無線通訊，以及更具體地，係關於用於無線通訊的安全長訓練欄位 (LTF)。

【先前技術】

【0003】 無線區域網路 (WLAN) 可以由提供共享的無線通訊媒體以供由多個客戶端設備 (亦稱為站 (STA)) 使

用的一或多個存取點（A P）構成。符合電氣和電子工程師協會（I E E E）8 0 2 . 1 1系列標準的W L A N的基本構造區塊是由A P管理的基本服務集（B S S）。每個B S S是經由由A P通告的基本服務集辨識符（B S S I D）來辨識的。A P週期性地廣播信標訊框，以使得A P的無線範圍內的任何S T A能夠建立或維持與W L A N的通訊鏈路。

【0004】 I E E E 8 0 2 . 1 1系列標準定義要用於無線通訊的封包格式，其包括一或多個長訓練欄位（L T F）。L T F通常用於通道估計目的。例如，傳輸設備可以在L T F中向接收設備傳輸已知的符號模式。接收設備可以使用其對所接收的L T F中的符號模式的知識來估計無線通訊如何經由無線通道在傳輸設備與接收設備之間傳播。與資料欄位不同，L T F不攜帶任何有用的資訊或特定於使用者的資料。因此，根據I E E E 8 0 2 . 1 1標準的現有版本，L T F符號是在很少的安全性或無安全性的情況下傳輸的。然而，對I E E E 8 0 2 . 1 1標準的最近的修訂（諸如8 0 2 . 1 1 a z）以可能受到攻擊的方式擴展了針對L T F的使用。因此，期望為在一些無線通訊中使用的L T F提供更大的安全性。

【發明內容】

【0005】 本案內容的系統、方法和設備均具有若干創新性態樣，其中沒有單獨的一個是唯一地負責本文中揭示的期望的屬性。

【0006】 本案內容中描述的標的的一個創新性態樣可以實現為一種無線通訊的方法。該方法可以由無線通訊設備執

行，以及可以包括以下步驟：產生假性隨機位元序列；基於與實體（PHY）層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）的長訓練欄位（LTF）相關聯的一數量（N）的次載波來選擇該假性隨機位元序列的第一位元子集，其中該第一位元子集中的位元數量大於N；將該第一位元子集的值映射到表示該LTF的第一LTF符號的第一調制符號的序列，其中該等第一調制符號之每一者第一調制符號是在該N個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；及向接收設備傳輸包括該LTF的該PPDU。

【0007】 在一些實現方式中，該假性隨機位元序列可以是在該無線通訊設備的PHY層中產生的。在一些實現方式中，該假性隨機位元序列可以是基於改進的加密標準（AES）區塊密碼的輸出來產生的。在一些態樣中，對該假性隨機位元序列的該產生可以包括：在該無線通訊設備的媒體存取控制（MAC）層中產生安全位元集合，以及基於來自該MAC層的該安全位元集合來在該無線通訊設備的該PHY層中初始化該區塊密碼。

【0008】 在一些實現方式中，對該第一位元子集的值到該第一調制符號的序列的該映射可以是根據正交幅度調制（QAM）方案來執行的。在一些態樣中，該等第一調制符號之每一者第一調制符號可以是64-QAM符號。在一些實現方式中，該第一位元子集可以是從該假性隨機位元序列中的不包括任何重複的一部分中選擇的。

【0009】 在一些實現方式中，該方法亦可以包括以下步驟：將該第一調制符號的序列映射到一數量（ M ）的空間串流，以及將 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於被映射到該 M 個空間串流的該第一調制符號的序列，其中該 M 個第一相位旋轉集合之每一者集合不同於剩餘的 $M-1$ 個第一相位旋轉集合。在一些態樣中，該方法亦可以包括以下步驟：基於線性回饋移位暫存器（ $LFSR$ ）的假性隨機輸出來產生該 M 個第一相位旋轉集合。

【0010】 在一些實現方式中，該方法亦可以包括以下步驟：選擇該假性隨機位元序列的第二位元子集，其中該第二位元子集不同於該第一位元子集；將該第二位元子集的值映射到表示該 LTF 的第二 LTF 符號的第二調制符號的序列，其中該等第二調制符號之每一者第二調制符號是在該 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；將該第二調制符號的序列映射到該 M 個空間串流；及將該 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於被映射到該 M 個空間串流的該第二調制符號的序列。在一些態樣中，該第二位元子集可以是從該假性隨機位元序列中的不包括來自該第一子集的任何重複或位元的一部分中選擇的。

【0011】 在一些實現方式中，該方法亦可以包括以下步驟：將該第一位元子集的值映射到表示該 LTF 的第二 LTF 符號的第二調制符號的序列，其中該等第二調制符號之每一者第二調制符號是在該 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；將該第二調制符號的序列映射到該 M 個

空間串流；及將 M 個第二相位旋轉集合分別地應用於被映射到該 M 個空間串流的該第二調制符號的序列，其中該 M 個第二相位旋轉集合之每一者集合不同於剩餘的 $M-1$ 個第二相位旋轉集合並且不同於該 M 個第一相位旋轉集合。

【0012】 本案內容中描述的標的的另一創新性態樣可以是在一種無線通訊設備中實現的。在一些實現方式中，無線通訊設備可以包括至少一個數據機、與該至少一個數據機通訊地耦合的至少一個處理器，以及與該至少一個處理器通訊地耦合並且儲存處理器可讀取代碼的至少一個記憶體。在一些實現方式中，由該至少一個處理器進行的對該處理器可讀取代碼的執行使得該無線通訊設備執行包括以下各項的操作：產生假性隨機位元序列；基於與 $PPDU$ 的 $LT F$ 相關聯的一數量 (N) 的次載波來選擇該假性隨機位元序列的第一位元子集，其中該第一位元子集中的位元數量大於 N ；將該第一位元子集的值映射到表示該 $LT F$ 的第一 $LT F$ 符號的第一調制符號的序列，其中該等第一調制符號之每一者第一調制符號是在該 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；及向接收設備傳輸包括該 $LT F$ 的該 $PPDU$ 。

【0013】 本案內容中描述的標的的另一創新性態樣可以實現為一種無線通訊的方法。該方法可以由無線通訊設備執行，以及可以包括以下步驟：產生假性隨機位元序列；在無線通道之上從傳輸設備接收 $PPDU$ ；從所接收的 $PPDU$ 的 $LT F$ 中恢復第一調制符號的序列，其中該第一調制符號

的序列表示該 L T F 的第一 L T F 符號；從與該 L T F 相關聯的一數量 (N) 的次載波中的各自的一個次載波中對該等第一調制符號之每一者第一調制符號進行解調，其中對該等第一調制符號進行的該解調產生表示該第一 L T F 符號的第一位元子集；及基於該第一位元子集和該假性隨機位元序列來估計該無線通道。

【0014】 在一些實現方式中，該假性隨機位元序列可以是在該無線通訊設備的 P H Y 層中產生的。在一些實現方式中，該假性隨機位元序列可以是基於 A E S 區塊密碼的輸出來產生的。在一些態樣中，對該假性隨機位元序列的該產生可以包括：在該無線通訊設備的 M A C 層中產生安全位元集合，以及基於來自該 M A C 層的該安全位元集合來在該無線通訊設備的該 P H Y 層中初始化該 A E S 區塊密碼區塊。

【0015】 在一些實現方式中，該等第一調制符號之每一者第一調制符號可以是根據 Q A M 方案來進行解調的。在一些態樣中，該等第一調制符號之每一者第一調制符號可以是 6 4 - Q A M 符號。

【0016】 在一些實現方式中，該 P P D U 可以是在一數量 (M) 的空間串流上接收的，以及對該第一調制符號的序列的該恢復可以包括：將 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於該 M 個空間串流，其中該 M 個第一相位旋轉集合之每一者集合不同於剩餘的 M - 1 個第一相位旋轉集合。在一些態樣中，該方法亦可以包括以下步驟：基於 L F S R 的假性隨機輸出來產生該 M 個第一相位旋轉集合。

【0017】 在一些實現方式中，該方法亦可以包括以下步驟：從所接收的PPDU的該LTF中恢復第二調制符號的序列，其中該第二調制符號的序列表示該LTF的第二LTF符號；及從該N個次載波中的各自的一個次載波中對該等第二調制符號之每一者第二調制符號進行解調，其中對該等第二調制符號進行的該解調產生表示該第二LTF符號的第二位元子集，並且其中無線通道估計是基於該第一位元子集、該第二位元子集以及該假性隨機位元序列。

【0018】 在一些實現方式中，對該第二調制符號的序列的該恢復可以包括：將該M個第一相位旋轉集合分別地應用於該M個空間串流。在另一些實現方式中，對該第二調制符號的序列的該恢復可以包括：將M個第二相位旋轉集合分別地應用於該M個空間串流，其中該M個第二相位旋轉集合之每一者集合不同於剩餘的M-1個第二相位旋轉集合並且不同於該M個第一相位旋轉集合。

【0019】 本案內容中描述的標的的另一創新性態樣可以是在一種無線通訊設備中實現的。在一些實現方式中，無線通訊設備可以包括至少一個數據機、與該至少一個數據機通訊地耦合的至少一個處理器，以及與該至少一個處理器通訊地耦合並且儲存處理器可讀取代碼的至少一個記憶體。在一些實現方式中，由該至少一個處理器對該處理器可讀取代碼的執行使得該無線通訊設備執行包括以下各項的操作：產生假性隨機位元序列；在無線通道之上從傳輸設備接收PPDU；從所接收的PPDU的LTF中恢復第一調

制符號的序列，其中該第一調制符號的序列表示該LTF的第一LTF符號；從與該LTF相關聯的一數量（N）的次載波中的各自的一個次載波中對該等第一調制符號之每一者第一調制符號進行解調，其中對該等第一調制符號進行的該解調產生表示該第一LTF符號的第一位元子集；及基於該第一位元子集和該假性隨機位元序列來估計該無線通道。

【圖式簡單說明】

【0020】 本案內容中描述的標的的一或多個實現方式的細節是在附圖和下文的描述中闡述的。其他特徵、態樣和優勢將根據說明書、附圖和申請專利範圍而變得顯而易見。注意的是，以下的附圖的相對尺寸可能不是按比例繪製的。

【0021】 圖1圖示示例性無線通訊網路的直觀圖。

【0022】 圖2A圖示能用於存取點（AP）與一或多個站（STA）之間的通訊的示例性協定資料單元（PDU）。

【0023】 圖2B圖示圖2A的PDU中的示例性欄位。

【0024】 圖3A圖示能用於AP與一或多個STA之間的通訊的示例性PHY層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）。

【0025】 圖3B圖示能用於AP與一或多個STA之間的通訊的另一示例性PPDU。

【0026】 圖4圖示能用於AP與一或多個STA之間的通訊的示例性PHY協定資料單元（PPDU）。

【0027】 圖5圖示示例性無線通訊設備的方塊圖。

- 【0028】 圖 6 A 圖示示例性存取點（ A P ）的方塊圖。
- 【0029】 圖 6 B 圖示示例性站（ S T A ）的方塊圖。
- 【0030】 圖 7 圖示說明用於執行測距操作的示例性過程的
時序圖。
- 【0031】 圖 8 A 圖示能用於無線通訊設備之間的通訊的示
例性長訓練欄位（ L T F ）序列的頻率圖。
- 【0032】 圖 8 B 圖示能用於無線通訊設備之間的通訊的示
例性 L T F 符號的時序圖。
- 【0033】 圖 9 A 和圖 9 B 圖示根據一些實現方式的無線通訊
設備的示例性傳輸（ T X ）處理鏈的方塊圖。
- 【0034】 圖 1 0 A 圖示根據一些實現方式的在載波間干擾
（ I C I ）注入之前的示例性 L T F 符號的頻率圖。
- 【0035】 圖 1 0 B 圖示根據一些實現方式的在 I C I 注入之後
的示例性 L T F 符號的頻率圖。
- 【0036】 圖 1 1 A 圖示根據一些實現方式的示例性相位斜坡
的頻率圖。
- 【0037】 圖 1 1 B 圖示根據一些實現方式的示例性相位斜坡
的頻率圖。
- 【0038】 圖 1 2 A 和圖 1 2 B 圖示根據一些實現方式的無線通
訊設備的示例性接收（ R X ）處理鏈的方塊圖。
- 【0039】 圖 1 3 A 圖示說明根據一些實現方式的用於支援安
全 L T F 的無線通訊的示例性過程的流程圖。
- 【0040】 圖 1 3 B 圖示說明根據一些實現方式的用於支援安
全 L T F 的無線通訊的示例性過程的流程圖。

【0041】 圖 1 3 C 圖示說明根據一些實現方式的用於支援安全 L T F 的無線通訊的示例性過程 1 3 2 0 的流程圖。

【0042】 圖 1 4 A 圖示說明根據一些實現方式的用於支援安全 L T F 的無線通訊的示例性過程的流程圖。

【0043】 圖 1 4 B 圖示說明根據一些實現方式的用於支援安全 L T F 的無線通訊的示例性過程的流程圖。

【0044】 圖 1 5 圖示根據一些實現方式的示例性無線通訊設備的方塊圖。

【0045】 圖 1 6 圖示根據一些實現方式的示例性無線通訊設備的方塊圖。

【0046】 在各個附圖中的相似的元件符號和命名指示相似的元素。

【實施方式】

【0047】 出於描述本案內容的創新性態樣的目的，以下描述針對於一些特定的實現方式。然而，一般技術者將很容易認識到的是，本文中的教示可以是以大量不同的方式來應用的。所描述的實現方式可以是在能夠根據以下標準中的一或多個標準傳輸和接收射頻（R F）信號的任何設備、系統或網路中實現的，該等標準為電氣和電子工程師協會（I E E E）8 0 2 . 1 1 標準、I E E E 8 0 2 . 1 5 標準、由藍芽特別興趣小組（S I G）定義的藍芽®標準，或由第三代合作夥伴計畫（3 G P P）頒佈的長期進化（L T E）、3 G、4 G 或 5 G（新無線電（N R））標準，以及其他標準。所描述的實現方式可以是在能夠根據以下製程或技術中的一或多個

製程或技術傳輸和接收RF信號的任何設備、系統或網路中實現的：分碼多工存取（CDMA）、分時多工存取（TDMA）、分頻多工存取（FDMA），正交FDMA（OFDMA）、單載波FDMA（SC-FDMA）、單使用者（SU）多輸入多輸出（MIMO）和多使用者（MU）MIMO。所描述的實現方式亦可以是使用適合用於在無線個人區域網路（WPAN）、無線區域網路（WLAN）、無線廣域網路（WWAN）或物聯（IOT）網路中的一者或多者中使用的其他無線通訊協定或RF信號來實現的。

【0048】 各個態樣大體而言係關於在無線通訊中使用的長訓練欄位（LTF），以及更具體地，係關於產生經由僅觀察LTF中的一部分難以進行解碼或複製的安全LTF。在一些態樣中，安全LTF可以包括隨機化位元序列，該隨機化位元序列難以（若不是不可能的話）由除傳輸設備和預期的接收設備之外的任何設備（使用先前在安全無線鏈路之上共享的安全金鑰）複製。例如，傳輸設備可以使用區塊或串流密碼來產生假性隨機位元序列，以及可以選擇假性隨機位元序列的位元子集以映射到表示安全LTF的LTF符號的調制符號的序列（在本文中亦稱為「LTF序列」）。更具體地，調制符號之每一者調制符號是映射到橫跨安全LTF的頻寬的多個次載波中的各自的一個次載波。傳輸設備可以進一步向接收設備傳輸包括安全LTF的實體層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）。

【0049】 可以實現本案內容中描述的標的的特定的實現方式以實現以下潛在的優勢中的一或多個優勢。在一些實現方式中，所描述的技術可以用於改良在無線通訊中使用的LTF的安全性。例如，符合IEEE 802.11標準的現有版本的LTF序列是基於決定性函數來進行編碼或調制的。因此，攻擊者（或非預期的接收設備）可以接收LTF序列中的一部分，以及基於所接收的部分來決定或預測LTF序列的剩餘部分。複雜的攻擊者甚至可以在傳輸設備已經完成將原始的LTF序列傳輸給接收設備之前複製或仿冒LTF序列。例如，攻擊者可以將仿冒的LTF序列傳輸給接收設備，以引起通道或由接收設備進行的時序量測中的錯誤。經由隨機化與單獨的LTF序列相關聯的調制符號，本案內容的各態樣可以防止或實質上延遲此種對LTF序列的攻擊足夠長的時間以使得攻擊無效。

【0050】 圖1圖示示例性無線通訊網路100的方塊圖。根據一些態樣，無線通訊網路100可以是諸如Wi-Fi網路的無線區域網路（WLAN）（以及下文中將稱為WLAN 100）的實例。例如，WLAN 100可以是實現無線通訊協定標準的IEEE 802.11系列（諸如經由IEEE 802.11-2020規範或其修訂版所定義的標準，其包括但不受限於802.11ah、802.11ad、802.11ay、802.11ax、802.11az、802.11ba和802.11be）中的至少一者的網路。WLAN 100可以包括多個無線通訊設備，諸如存取點

(A P) 1 0 2 和多個站 (S T A) 1 0 4 。儘管圖示僅一個 A P 1 0 2 ，但是 W L A N 網路 1 0 0 亦可以包括多個 A P 1 0 2 。

【0051】 S T A 1 0 4 之每一者 S T A 亦可以稱為行動站 (M S)、行動設備、行動手機、無線手機、存取終端 (A T)、使用者設備 (U E)、用戶站 (S S) 或用戶單元，以及其他可能性。S T A 1 0 4 可以表示各種設備，諸如行動電話、個人數位助理 (P D A)、其他手持設備、小筆電、筆記型電腦、平板電腦、膝上型電腦、顯示設備 (例如，電視、電腦監控器、導航系統以及其他設備)、音樂或其他音訊或身歷聲設備、遠端控制設備 (「遙控器」)、印表機、廚房或其他家用電器、遙控鑰匙 (例如，用於被動無鑰匙進入和啟動 (P K E S) 系統) 以及其他可能性。

【0052】 單個 A P 1 0 2 以及相關聯的 S T A 1 0 4 集合可以稱為基本服務集 (B S S)，其是由各自的 A P 1 0 2 管理的。圖 1 另外地圖示 A P 1 0 2 的示例性覆蓋區域 1 0 8，其可以表示 W L A N 1 0 0 的基本服務區域 (B S A)。B S S 可以是經由服務集辨識符 (S S I D) 向使用者辨識的，以及是經由基本服務集辨識符 (B S S I D) 向其他設備辨識的，其可以是 A P 1 0 2 的媒體存取控制 (M A C) 位址。A P 1 0 2 週期性地廣播包括 B S S I D 的信標訊框 (「信標」) 以使得 A P 1 0 2 的無線範圍內的任何 S T A 1 0 4 能夠與 A P 1 0 2 「關聯」或重新關聯，以建立與 A P 1 0 2 的各自的通訊鏈路 1 0 6 (下文亦稱為「 W i - F i 鏈路」) 或維持與 A P 1 0 2 的通訊鏈路 1 0 6。例如，信標可以包括對由各自的 A P 1 0 2 使用的主通

道的辨識以及用於建立或維持與 A P 1 0 2 的時序同步的時序同步功能。A P 1 0 2 可以經由各自的通訊鏈路 1 0 6，向 W L A N 中的各個 S T A 1 0 4 提供到外部網路的存取。

【0053】 為了建立與 A P 1 0 2 的通訊鏈路 1 0 6，S T A 1 0 4 之每一者 S T A 1 0 4 被配置為在一或多個頻帶（例如，2.4 G H z、5 G H z、6 G H z 或 6 0 G H z 頻帶）中的頻率通道上執行被動掃描操作或主動掃描操作（「掃描」）。為了執行被動掃描，S T A 1 0 4 監聽信標，該等信標是由各自的 A P 1 0 2 以稱為目標信標傳輸時間（T B T T）（以時間單位（T U）來量測的，其中一個 T U 可以等於 1 0 2 4 微秒（ μs ））的週期性的時間間隔來傳輸的。為了執行主動掃描，S T A 1 0 4 產生探測請求以及在每個要掃描的通道上順序地傳輸該等探測請求，以及監聽來自 A P 1 0 2 的探測回應。每個 S T A 1 0 4 可以被配置為基於經由被動掃描或主動掃描獲得的掃描資訊，來辨識或選擇與其相關聯的 A P 1 0 2，以及執行認證和關聯操作以建立與所選擇的 A P 1 0 2 的通訊鏈路 1 0 6。A P 1 0 2 在關聯操作結束時，向 S T A 1 0 4 指派關聯辨識符（A I D），A P 1 0 2 使用該 A I D 來追蹤 S T A 1 0 4。

【0054】 由於無線網路的增加的普及性，S T A 1 0 4 可能有機會選擇在 S T A 的範圍內的許多 B S S 中的一個 B S S，或在一起形成包括多個連接的 B S S 的擴展服務集（E S S）的多個 A P 1 0 2 之中進行選擇。與 W L A N 1 0 0 相關聯的擴展的網路站可以連接到有線分發系統或無線分發系統，該分發系統可以允許多個 A P 1 0 2 要在此種 E S S 中連接。照此，

STA 104可以由多於一個的AP 102覆蓋，以及可以在不同的時間與不同的AP 102相關聯以用於不同的傳輸。另外地，在與AP 102相關聯之後，STA 104亦可以被配置為週期性地掃描其周圍環境以找到與其相關聯的更合適的AP 102。例如，在相對於其相關聯的AP 102移動的STA 104可以執行「漫遊」掃描，以找到具有更期望的網路特性（諸如較大的接收信號強度指示符（RSSI）或減少的訊務負載）的另一AP 102。

【0055】 在一些情況下，STA 104可以形成無AP 102或除STA 104自身之外的其他設備的網路。此種網路的一個實例是自組網路（或無線自組網路）。自組網路可以替代地稱為網狀網路或同級間（P2P）網路。在一些情況下，自組網路可以是在較大的無線網路（諸如WLAN 100）內實現的。在此種實現方式中，儘管STA 104可能能夠使用通訊鏈路106經由AP 102互相通訊，但是STA 104亦可以經由直接的無線鏈路110直接地互相通訊。另外地，兩個STA 104可以經由直接的通訊鏈路110進行通訊，不管兩個STA 104是否與同一AP 102相關聯以及由同一AP 102服務。在此種自組系統中，STA 104中的一或多個STA 104可以承擔在BSS中由AP 102擔任的角色。此種STA 104可以稱為群組所有者（GO），以及可以協調自組網路內的傳輸。直接無線鏈路110的實例包括Wi-Fi直接連接、經由使用Wi-Fi隧道直接鏈路建立（TDLS）鏈路建立的連接，以及其他P2P群組連接。

【0056】 AP 102 和 STA 104 可以根據無線通訊協定標準的 IEEE 802.11 系列（諸如經由 IEEE 802.11-2016 規範或其修訂版所定義的標準，其包括但不受限於 802.11ah、802.11ad、802.11ay、802.11ax、802.11az、802.11ba 和 802.11be）（經由各自的通訊鏈路 106）來運行和通訊。該等標準定義針對 PHY 層和媒體存取控制（MAC）層的 WLAN 無線電和基頻協定。AP 102 和 STA 104 以實體層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）的形式來向彼此傳輸無線通訊（下文中亦稱為「Wi-Fi 通訊」）以及從彼此接收無線通訊。WLAN 100 中的 AP 102 和 STA 104 可以在未授權的頻譜之上傳輸 PPDU，其可以是包括由 Wi-Fi 技術傳統地使用的頻帶（諸如 2.4 GHz 頻帶、5 GHz 頻帶、60 GHz 頻帶、3.6 GHz 頻帶和 700 MHz 頻帶）的頻譜中的一部分。本文中描述的 AP 102 和 STA 104 的一些實現方式亦可以在其他頻帶（諸如 6 GHz 頻帶）中進行通訊，該等其他頻帶可以支援經授權的通訊和未授權的通訊兩者。AP 102 和 STA 104 亦可以被配置為在諸如共享的經授權的頻帶的其他頻帶之上進行通訊，其中多個服務供應商可以具有用於在相同的或重疊的頻帶或多個頻帶中操作的授權。

【0057】 頻帶之每一者頻帶可以包括多個子頻帶或頻率通道。例如，符合 IEEE 802.11n、802.11ac、802.11ax 和 820.11 be 標準修訂版的 PPDU 可以是在 2.4 GHz 頻帶、5 GHz 頻帶或 6 GHz 頻帶之上傳輸的，該等頻帶之每

一者頻帶劃分為多個 20 MHz 通道。照此，該等 PPDU 是在具有 20 MHz 的最小頻寬的實體通道之上傳輸的，但是較大的通道可以是經由通道拘束形成的。例如，PPDU 可以是經由將多個 20 MHz 通道拘束在一起，在具有 40 MHz、80 MHz、160 MHz 或 320 MHz 的頻寬的實體通道之上傳輸的。

【0058】 每個 PPDU 是包括 PHY 前序信號和以 PHY 服務資料單元（PSDU）的形式的有效負荷的合成結構。前序信號中提供的資訊可以是由接收設備使用的，以對 PSDU 中的隨後的資料進行解碼。在其中在拘束的通道之上傳輸 PPDU 的情況中，前序信號欄位可以是在多個分量通道之每一者分量通道中複製以及傳輸的。PHY 前序信號可以包括舊有部分（或「舊有前序信號」）和非舊有部分（或「非舊有前序信號」）兩者。舊有前序信號可以用於封包偵測、自動增益控制和通道估計以及其他用途。舊有前序信號通常亦可以用於維持與舊有設備的相容性。前序信號的非舊有部分的格式、對前序信號的非舊有部分的譯碼和在前序信號的非舊有部分中提供的資訊是基於要用於傳輸有效負荷的特定的 IEEE 802.11 協定。

【0059】 圖 2A 圖示能用於 AP 102 與一或多個 STA 104 之間的無線通訊的示例性協定資料單元（PDU）200。例如，PDU 200 可以被配置作為 PPDU。如所圖示的，PDU 200 包括 PHY 前序信號 202 和 PHY 有效負荷 204。例如，前序信號 202 可以包括舊有部分，該舊有部分本身包括舊

有短訓練欄位 (L - S T F) 2 0 6 (其可以包括 B P S K 符號) 、舊有長訓練欄位 (L - L T F) 2 0 8 (其可以包括 B P S K 符號) 和舊有信號欄位 (L - S I G) 2 1 0 (其可以包括 B P S K 符號) 。前序信號 2 0 2 的舊有部分可以是根據 I E E E 8 0 2 . 1 1 a 無線通訊協定標準來配置的。前序信號 2 0 2 亦可以包括非舊有部分，其包括一或多個非舊有欄位 2 1 2 ，例如，符合 I E E E 無線通訊協定，諸如 I E E E 8 0 2 . 1 1 a c 、 8 0 2 . 1 1 a x 、 8 0 2 . 1 1 b e 或以後的無線通訊協定。

【0060】 L - S T F 2 0 6 通常使得接收設備能夠執行自動增益控制 (A G C) 以及粗略的時序和頻率估計。L - L T F 2 0 8 通常使得接收設備能夠執行精細的時序和頻率估計，以及亦能夠執行對無線通道的初始估計。L - S I G 2 1 0 通常使得接收設備能夠決定 P D U 的持續時間，以及能夠使用所決定的持續時間來避免在 P D U 之上進行傳輸。例如，L - S T F 2 0 6 、 L - L T F 2 0 8 和 L - S I G 2 1 0 可以是根據二進位移相鍵控 (B P S K) 調制方案來進行調制的。有效負荷 2 0 4 可以是根據 B P S K 調制方案、正交 B P S K (Q - B P S K) 調制方案、正交幅度調制 (Q A M) 調制方案或另一適當的調制方案來進行調制的。有效負荷 2 0 4 可以包括 P S D U ，其包括資料欄位 (D A T A) 2 1 4 ，該資料欄位 (D A T A) 2 1 4 繼而可以攜帶例如以媒體存取控制 (M A C) 協定資料單元 (M P D U) 或聚合的 M P D U (A - M P D U) 的形式的更高層資料。

【0061】 圖 2 B 圖示圖 2 A 的 P D U 2 0 0 中的示例性 L - S I G 2 1 0 。 L - S I G 2 1 0 包括資料速率欄位 2 2 2 、保留位元 2 2 4 、長度欄位 2 2 6 、同位位元 2 2 8 和尾部欄位 2 3 0 。資料速率欄位 2 2 2 指示資料速率（注意的是，資料速率欄位 2 1 2 中指示的資料速率可以不是有效負荷 2 0 4 中攜帶的資料的實際的資料速率）。長度欄位 2 2 6 以例如符號或位元組為單位來指示封包的長度。同位位元 2 2 8 可以用於偵測位元錯誤。尾部欄位 2 3 0 包括可以由接收設備使用以終止解碼器（例如，維特比（V i t e r b i）解碼器）的操作的尾部位元。接收設備可以利用資料速率欄位 2 2 2 和長度欄位 2 2 6 中指示的資料速率和長度來決定以例如微秒（ μs ）或其他時間單位為單位的封包的持續時間。

【0062】 圖 3 A 圖示能用於 A P 與一或多個 S T A 之間的無線通訊的示例性 P P D U 3 0 0 。 P P D U 3 0 0 可以用於 S U 、 O F D M A 或 M U - M I M O 傳輸。 P P D U 3 0 0 可以是根據 I E E E 8 0 2 . 1 1 無線通訊協定標準的 I E E E 8 0 2 . 1 1 a x 修訂版來格式化為高效率（H E）W L A N P P D U 的。 P P D U 3 0 0 包括 P H Y 前序信號，該 P H Y 前序信號包括舊有部分 3 0 2 和非舊有部分 3 0 4 。 P P D U 3 0 0 可以進一步在前序信號之後包括例如以包括資料欄位 3 2 4 的 P S D U 的形式的 P H Y 有效負荷 3 0 6 。

【0063】 前序信號的舊有部分 3 0 2 包括 L - S T F 3 0 8 、 L - L T F 3 1 0 和 L - S I G 3 1 2 。非舊有部分 3 0 4 包括對 L - S I G （ R L - S I G ） 3 1 4 的重複、第一 H E 信號欄位（ H E - S I G - A ）

316、HE短訓練欄位（HE-STF）320和一或多個HE長訓練欄位（或符號）（HE-LTF）322。針對OFDMA或MU-MIMO通訊，第二部分304進一步包括與HE-SIG-A 316分開編碼的第二HE信號欄位（HE-SIG-B）318。如同L-STF 308、L-LTF 310和L-SIG 312，在涉及對拘束的通道的使用的情況中，RL-SIG 314和HE-SIG-A 316中的資訊可以被複製並且在分量20 MHz通道之每一者分量20 MHz通道中進行傳輸。相反，HE-SIG-B 318中的內容可能對於每個20 MHz通道而言是唯一的，以及以特定的STA 104為目標。

【0064】 RL-SIG 314可以向HE相容的STA 104指示PPDU 300是HE PPDU。AP 102可以使用HE-SIG-A 316來辨識並且通知多個STA 104 AP已經為其排程了UL資源或DL資源。例如，HE-SIG-A 316可以包括資源分配子欄位，該資源分配子欄位指示針對所辨識的STA 104的資源分配。HE-SIG-A 316可以是由AP 102服務的每個HE相容的STA 104來進行解碼的。針對MU傳輸，HE-SIG-A 316進一步包括能由每個所辨識的STA 104用於對相關聯的HE-SIG-B 318進行解碼的資訊。例如，HE-SIG-A 316可以指示訊框格式，包括HE-SIG-B 318的位置和長度、可用的通道頻寬以及調制和譯碼方案（MCS），以及其他實例。HE-SIG-A 316亦可以包括能由除所辨識的STA 104之外的STA 104使用的HE WLAN信號傳遞資訊。

【0065】 HE-SIG-B 318 可以攜帶特定於 STA 的排程資訊，諸如例如特定於 STA 的（或「特定於使用者的」）MCS 值和特定於 STA 的 RU 分配資訊。在 DL MU-OFDMA 的上下文中，此種資訊使得各自的 STA 104 能夠辨識相關聯的資料欄位 324 中的相應的資源元素（RU）以及對相關聯的資料欄位 324 中的相應的資源元素（RU）進行解碼。每個 HE-SIG-B 318 包括共用欄位和至少一個特定於 STA 的欄位。共用欄位可以向多個 STA 104 指示包括頻域中的 RU 指派的 RU 分配，指示何者 RU 被分配用於 MU-MIMO 傳輸以及何者 RU 對應於 MU-OFDMA 傳輸，以及分配中的使用者數量，以及其他實例。可以利用共用位元、CRC 位元和尾部位元來對共用欄位進行編碼。特定於使用者的欄位是指派給特定的 STA 104 的，以及可以用於排程特定的 RU 並且向其他 WLAN 設備指示排程。每個特定於使用者的欄位可以包括多個使用者區塊欄位。每個使用者區塊欄位可以包括兩個使用者欄位，該兩個使用者欄位包含針對兩個各自的 STA 在資料欄位 324 中對其各自的 RU 有效負荷進行解碼的資訊。

【0066】 圖 3B 圖示能用於 AP 與一或多個 STA 之間的無線通訊的另一示例性 PPDU 350。PPDU 350 可以用於 SU、OFDMA 或 MU-MIMO 傳輸。PPDU 350 可以是根據 IEEE 802.11 無線通訊協定標準的 IEEE 802.11be 修訂版來格式化為極高輸送量（EHT）WLAN PPDU 的，或者可以格式化為符合任何之後（EHT 後）版本的新無線通

訊協定的 P P D U ，該新無線通訊協定符合未來的 I E E E 8 0 2 . 1 1 無線通訊協定標準或其他無線通訊標準。P P D U 3 5 0 包括 P H Y 前序信號，該 P H Y 前序信號包括舊有部分 3 5 2 和非舊有部分 3 5 4 。P P D U 3 5 0 可以進一步在前序信號之後包括例如以包括資料欄位 3 7 4 的 P S D U 的形式的 P H Y 有效負荷 3 5 6 。

【0067】 前序信號的舊有部分 3 5 2 包括 L - S T F 3 5 8 、 L - L T F 3 6 0 和 L - S I G 3 6 2 。前序信號的非舊有部分 3 5 4 包括 R L - S I G 3 6 4 和 R L - S I G 3 6 4 之後的多個取決於無線通訊協定版本的信號欄位。例如，非舊有部分 3 5 4 可以包括通用信號欄位 3 6 6 （在本文中稱為「U - S I G 3 6 6 」）和 E H T 信號欄位 3 6 8 （在本文中稱為「E H T - S I G 3 6 8 」）。U - S I G 3 6 6 和 E H T - S I G 3 6 8 中的一者或兩者可以構造為 E H T 之外的其他無線通訊協定版本，以及攜帶針對 E H T 之外的其他無線通訊協定版本的取決於版本的資訊。非舊有部分 3 5 4 進一步包括另外的短訓練欄位 3 7 0 （在本文中稱為「E H T - S T F 3 7 0 」，但是其可以構造為 E H T 之外的其他無線通訊協定版本以及攜帶針對 E H T 之外的其他無線通訊協定版本的取決於版本的資訊）以及一或多個另外的長訓練欄位 3 7 2 （在本文中稱為「E H T - L T F 3 7 2 」，但是其可以構造為 E H T 之外的其他無線通訊協定版本以及攜帶針對 E H T 之外的其他無線通訊協定版本的取決於版本的資訊）。如同 L - S T F 3 5 8 、 L - L T F 3 6 0 和 L - S I G 3 6 2 ，在涉及對拘束的通道的使用的情況中，U - S I G 3 6 6 和

EHT-SIG 368 中的資訊可以被複製並且在分量 20 MHz 通道之每一者分量 20 MHz 通道中進行傳輸。在一些實現方式中，EHT-SIG 368 可以另外地或替代地在一或多個非主 20 MHz 通道中攜帶與在主 20 MHz 通道中攜帶的資訊不同的資訊。

【0068】 EHT-SIG 368 可以包括一或多個聯合編碼的符號，以及可以是在與在其中對 U-SIG 366 進行編碼的區塊不同的區塊中進行編碼的。EHT-SIG 368 可以由 AP 用於辨識並且通知多個 STA 104 AP 已經為其排程 UL 資源或 DL 資源。EHT-SIG 368 可以是由 AP 102 服務的每個相容的 STA 104 進行解碼的。EHT-SIG 368 通常可以由接收設備用於解譯資料欄位 374 中的位元。例如，EHT-SIG 368 可以包括 RU 分配資訊、空間串流配置資訊和每使用者信號傳遞資訊（諸如 MCS）以及其他實例。EHT-SIG 368 可以進一步包括可以用於二進位迴旋碼（BCC）的循環冗餘檢查（CRC）（例如，四位元）和尾部（例如，6 位元）。在一些實現方式中，EHT-SIG 368 可以包括一或多個碼塊，每個碼塊包括 CRC 和尾部。在一些態樣中，碼塊之每一者碼塊可以是單獨地進行編碼的。

【0069】 EHT-SIG 368 可以攜帶特定於 STA 的排程資訊，諸如例如特定於使用者的 MCS 值和特定於使用者的 RU 分配資訊。EHT-SIG 368 通常可以由接收設備用於解譯資料欄位 374 中的位元。在 DL MU-OFDMA 的上下文中，此種資訊使得各自的 STA 104 能夠辨識相關聯的資料

欄位 374 中的相應的 RU 以及對相關聯的資料欄位 374 中的相應的 RU 進行解碼。每個 EHT-SIG 368 可以包括共用欄位和至少一個特定於使用者的欄位。共用欄位可以向多個 STA 104 指示 RU 分佈，指示頻域中的 RU 指派，指示何者 RU 被分配用於 MU-MIMO 傳輸以及何者 RU 對應於 MU-OFDMA 傳輸，以及分配中的使用者數量，以及其他實例。共用欄位可以是利用共用位元、CRC 位元和尾部位元來進行編碼的。特定於使用者的欄位是指派給特定的 STA 104 的，以及可以用於排程特定的 RU 並且向其他 WLAN 設備指示排程。每個特定於使用者的欄位可以包括多個使用者區塊欄位。每個使用者區塊欄位可以包括例如兩個使用者欄位，該兩個使用者欄位包含針對兩個各自的 STA 對其各自的 RU 有效負荷進行解碼的資訊。

【0070】 RL-SIG 364 和 U-SIG 366 的存在可以向符合 EHT 或符合之後版本的 STA 104 指示 PPDU 350 是 EHT PPDU 或符合新無線通訊協定的任何之後（EHT 後）版本的 PPDU，該新無線通訊協定符合未來的 IEEE 802.11 無線通訊協定標準。例如，U-SIG 366 可以由接收設備用於解譯 EHT-SIG 368 或資料欄位 374 中的一者或多者中的位元。

【0071】 圖 4 圖示能用於 AP 102 與一或多個 STA 104 之間的通訊的示例性 PPDU 400。如上文所描述的，每個 PPDU 400 包括 PHY 前序信號 402 和 PSDU 404。每個 PSDU 404 可以表示（或「攜帶」）一或多個 MAC 協定資

料單元 (MPDU) 416。例如，每個 PSDU 404 可以攜帶聚合的 MPDU (A-MPDU) 406，該 A-MPDU 包括對多個 A-MPDU 子訊框 408 的聚合。每個 A-MPDU 子訊框 406 可以包括 MPDU 訊框 410，該 MPDU 訊框 410 在伴隨的 MPDU 416 之前包括 MAC 定界符 412 和 MAC 標頭 414，該 MPDU 416 包括 MPDU 訊框 410 的資料部分（「有效負荷」或「訊框主體」）。每個 MPDU 訊框 410 亦可以包括用於錯誤偵測的訊框檢查序列 (FCS) 欄位 418（例如，FCS 欄位可以包括循環冗餘檢查 (CRC)）和填充位元 420。MPDU 416 可以攜帶一或多個 MAC 服務資料單元 (MSDU) 426。例如，MPDU 416 可以攜帶包括多個 A-MSDU 子訊框 424 的聚合的 MSDU (A-MSDU) 422。每個 A-MSDU 子訊框 424 包含相應的 MSDU 430，前面是子訊框標頭 428，以及在一些情況下後面跟隨有填充位元 432。

【0072】 返回參照 MPDU 訊框 410，MAC 定界符 412 可以用作相關聯的 MPDU 416 的起點的標記，以及指示相關聯的 MPDU 416 的長度。MAC 標頭 414 可以包括多個欄位，該多個欄位包含定義或指示封裝在訊框主體 416 內的資料的特性或屬性的資訊。MAC 標頭 414 包括持續時間欄位，該持續時間欄位指示從 PPDU 的末端擴展直到至少要由接收無線通訊設備傳輸的 PPDU 的認可 (ACK) 或區塊 ACK (BA) 的末端的持續時間。對持續時間欄位的使用用於為所指示的持續時間預留無線媒體，以及使得接收設備能夠

建立其網路分配向量（NAV）。MAC標頭414亦包括指示針對封裝在訊框主體416內的資料的位址的一或多個欄位。例如，MAC標頭414可以包括源位址、傳輸器位址、接收器位址或目的地位址的組合。MAC標頭414可以進一步包括包含控制資訊的訊框控制欄位。訊框控制欄位可以指定訊框類型，例如，資料訊框、控制訊框或管理訊框。

【0073】 圖5圖示示例性無線通訊設備500的方塊圖。在一些實現方式中，無線通訊設備500可以用於在STA（諸如參照圖1所描述的STA 104中的一個STA）中使用的設備的實例。在一些實現方式中，無線通訊設備500可以用於在AP（諸如參照圖1所描述的AP 102）中使用的設備的實例。無線通訊設備500能夠（例如，以無線封包的形式）傳輸（或輸出用於傳輸）和接收無線通訊。例如，無線通訊設備可以被配置為以符合IEEE 802.11無線通訊協定標準的實體層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）和媒體存取控制（MAC）協定資料單元（MPDU）的形式來傳輸和接收封包，諸如由IEEE 802.11-2016規範或其修訂版定義的標準，其包括但不限於802.11ah、802.11ad、802.11ay、802.11ax、802.11az、802.11ba和802.11be。

【0074】 無線通訊設備500可以是或可以包括晶片、晶片上系統（SoC）、晶片集、封裝或包括一或多個數據機502（例如，Wi-Fi（符合IEEE 802.11）數據機）的設備。在一些實現方式中，一或多個數據機502（統稱為「數據

機 502」)另外地包括 W W A N 數據機(例如,符合 3 G P P 4 G L T E 或 5 G 的數據機)。在一些實現方式中,無線通訊設備 500 亦包括一或多個無線電單元 504 (統稱為「無線電單元 504」)。在一些實現方式中,無線通訊設備 506 進一步包括一或多個處理器、處理區塊或處理元件 506 (統稱為「處理器 506」)和一或多個記憶體區塊或元件 508 (統稱為「記憶體 508」)。

【0075】 數據機 502 可以包括智慧硬體區塊或設備(諸如,例如,特殊應用積體電路(A S I C),以及其他可能性)。數據機 502 通常被配置為實現 P H Y 層。例如,數據機 502 被配置為對封包進行調制以及將所調制的封包輸出給到無線電單元 504 用於經由無線媒體進行的傳輸。數據機 502 類似地被配置為獲得由無線電單元 504 接收的經調制的封包以及對該等封包進行解調以提供所解調的封包。除了調制器和解調器之外,數據機 502 可以進一步包括數位信號處理(D S P)電路系統、自動增益控制(A G C)、譯碼器、解碼器、多工器和解多工器。例如,當處於傳輸模式時,從處理器 506 獲得的資料是提供給譯碼器的,該譯碼器對資料進行編碼以提供經編碼的位元。經編碼的位元接著映射到調制群集中的點(使用選擇的 M C S)以提供所調制的符號。所調制的符號可以接著映射到數量 N_{ss} 的空間串流或數量 N_{sTs} 的空時串流。在各自的空間串流或空時串流中的經調制的符號可以接著被多工,經由快速傅裡葉逆變換(I F F T)區塊被變換,以及隨後被提供給 D S P 電路系統用

於 T_x 加窗和濾波。數位信號可以接著提供給數位類比轉換器（DAC）。作為結果的類比信號可以接著提供給升頻轉換器，以及最終提供給無線電單元 504。在涉及波束成形的實現方式中，在各自的空間串流中的經調制的符號是在其提供給IFFT區塊之前經由導引矩陣來預編碼的。

【0076】 當處於接收模式時，從無線電單元 504 中接收的數位信號是提供給DSP電路系統的，該DSP電路系統被配置為例如經由偵測信號的存在以及估計初始時序和頻率偏移來獲取接收的信號。DSP電路系統進一步被配置為數位地調節數位信號（例如，使用通道（窄頻）濾波、類比損傷調節（諸如校正I/Q不平衡）以及應用數位增益）以最終地獲得窄頻信號。DSP電路系統的輸出可以接著饋送給AGC，該AGC被配置為使用從（例如，一或多個接收的訓練欄位中的）數位信號中提取的資訊以決定適當的增益。DSP電路系統的輸出亦與解調器耦合，該解調器被配置為從信號中提取經調制的符號，以及例如計算針對每個空間串流之每一者次載波的每個位元位置的對數概度比（LLR）。解調器與解碼器耦合，其可以被配置為處理LLR以提供經解碼的位元。來自空間串流中的所有空間串流的經解碼的位元接著饋送給解多工器用於解多工。經解多工的位元可以接著被解擾以及被提供給MAC層（處理器 506）用於進行處理、評估或解譯。

【0077】 無線電單元 504 通常包括至少一個射頻（RF）傳輸器（或「傳輸器鏈」）和至少一個RF接收器（或「接收

器鏈」)，其可以組合為一或多個收發機。例如，RF傳輸器和接收器可以包括各種DSP電路系統，其分別包括至少一個功率放大器(PA)和至少一個低雜訊放大器(LNA)。RF傳輸器和接收器可以依次耦合到一或多個天線。例如，在一些實現方式中，無線通訊設備500可以包括多個傳輸天線（每個傳輸天線具有相應的傳輸鏈）和多個接收天線（每個接收天線具有相應的接收鏈），或與多個傳輸天線（每個傳輸天線具有相應的傳輸鏈）和多個接收天線（每個接收天線具有相應的接收鏈）耦合。來自數據機502的符號輸出是提供給無線電單元504的，該無線電單元504接著經由耦合的天線來傳輸符號。類似地，經由天線接收的符號是由無線電單元504來獲得的，該無線電單元504接著將符號提供給數據機502。

【0078】 處理器506可以包括被設計為執行本文所描述的功能的智慧硬體區塊或設備，諸如例如處理核心、處理區塊、中央處理單元(CPU)、微處理器、微控制器、數位信號處理器(DSP)、特殊應用積體電路(ASIC)，可程式設計邏輯設備(PLD)（諸如現場可程式設計閘陣列(FPGA)、個別閘門或電晶體邏輯、個別硬體元件或其任意組合）。處理器506處理經由無線電單元504和數據機502接收的資訊，以及處理要經由數據機502和無線電單元504輸出的資訊用於經由無線媒體進行的傳輸。例如，處理器506可以實現被配置為執行與對MPDU、訊框或封包的產生和傳輸相關的各種操作的控制平面和MAC層。

M A C 層被配置為執行或促進對訊框的譯碼和解碼、空間多工、空時區塊譯碼 (S T B C)、波束成形和 O F D M A 資源分配，以及其他操作或技術。在一些實現方式中，處理器 5 0 6 通常可以控制數據機 5 0 2 以使得數據機執行上文所描述的各種操作。

【0079】 記憶體 5 0 4 可以包括有形儲存媒體，諸如隨機存取記憶體 (R A M) 或唯讀記憶體 (R O M) 或其組合。記憶體 5 0 4 亦可以儲存非暫時性處理器或電腦可執行軟體 (S W) 代碼，該代碼包含指令，該等指令當由處理器 5 0 6 執行時使得處理器執行本文所描述的用於無線通訊的各種操作，包括對 M P D U、訊框或封包的產生、傳輸、接收和解譯。例如，本文所揭示的元件的各種功能，或本文所揭示的方法、操作、過程或演算法的各種方塊或步驟可以實現為一或多個電腦程式的一或多個模組。

【0080】 圖 6 A 圖示示例性 A P 6 0 2 的方塊圖。例如，A P 6 0 2 可以是參照圖 1 描述的 A P 1 0 2 的示例性實現方式。A P 6 0 2 包括無線通訊設備 (W C D) 6 1 0 (儘管 A P 6 0 2 本身通常亦可以稱為如本文所使用的無線通訊設備)。例如，無線通訊設備 6 1 0 可以是參照圖 5 所描述的無線通訊設備 5 0 0 的示例性實現方式。A P 6 0 2 亦包括與無線通訊設備 6 1 0 耦合的多個天線 6 2 0 以傳輸和接收無線通訊。在一些實現方式中，A P 6 0 2 另外地包括與無線通訊設備 6 1 0 耦合的應用處理器 6 3 0，以及與應用處理器 6 3 0 耦合的記憶體 6 4 0。A P 6 0 2 進一步包括至少一個外部網路介面 6 5 0，該

外部網路介面 650 使得 A P 602 能夠與核心網路或回載網路進行通訊以獲得到包括網際網路的外部網路的存取。例如，外部網路介面 650 可以包括有線的（例如，乙太網路）網路介面和無線的網路介面（諸如 W W A N 介面）中的一者或兩者。上述元件中的一個元件可以經由至少一個匯流排直接地或間接地與元件中的其他元件進行通訊。A P 602 進一步包括外殼，該外殼包含無線通訊設備 610、應用處理器 630、記憶體 640 以及天線 620 和外部網路介面 650 中的至少一部分。

【0081】 圖 6 B 圖示示例性 S T A 604 的方塊圖。例如，S T A 604 可以是參照圖 1 所描述的 S T A 104 的示例性實現方式。S T A 604 包括無線通訊設備 615（儘管 S T A 604 本身通常亦可以稱為如本文所使用的無線通訊設備）。例如，無線通訊設備 615 可以是參照圖 5 所描述的無線通訊設備 500 的示例性實現方式。S T A 604 亦包括與無線通訊設備 615 耦合的一或多個天線 625 以傳輸和接收無線通訊。S T A 604 另外地包括與無線通訊設備 615 耦合的應用處理器 635，以及與應用處理器 635 耦合的記憶體 645。在一些實現方式中，S T A 604 進一步包括使用者介面（U I）655（諸如觸控式螢幕或鍵盤）和顯示器 665，其可以與 U I 655 整合以形成觸控式螢幕顯示器。在一些實現方式中，S T A 604 可以進一步包括一或多個感測器 675，諸如例如一或多個慣性感測器、加速度計、溫度感測器、壓力感測器或海拔感測器。上述元件中的一個元件可以經由至少一個匯流

排直接地或間接地與元件中的其他元件進行通訊。STA 604進一步包括外殼，該外殼包含無線通訊設備615、應用處理器635、記憶體645以及天線625、UI 655和顯示器665中的至少一部分。

【0082】 傳輸的各態樣可以基於傳輸器（例如，AP 102或STA 104）與接收器（例如，另一AP 102或STA 104）之間的距離而改變。無線通訊設備通常可以受益於具有關於覆蓋區域內的各個STA 104的位置或接近度的資訊。在一些實例中，可以使用基於往返時間（RTT）的測距程序來計算相關距離。另外地，在一些實現方式中，AP 102和STA 104可以被配置為執行測距操作。每個測距操作可以涉及對精細時序量測（FTM）訊框（諸如在IEEE 802.11mc規範或其修正版或更新版中定義的訊框）的交換。圖7圖示說明用於執行測距操作700的示例性過程的時序圖。用於測距操作700的過程可以由兩個無線設備702a和702b聯合地執行，該等無線設備702a和702b可以均是AP 102或STA 104的實例。

【0083】 測距操作700以第一無線設備702a在時間 $t_{0,1}$ 處傳輸初始FTM範圍請求訊框704開始。回應於在時間 $t_{0,2}$ 處成功地接收到FTM範圍請求訊框704，第二無線設備702b經由在時間 $t_{0,3}$ 處傳輸第一ACK 706來回應，第一無線設備702a在時間 $t_{0,4}$ 處接收該第一ACK 706。第一無線設備702a和第二無線設備702b接著交換一或多個FTM短脈衝，該等FTM短脈衝可以均包括對FTM動作訊

框（下文中簡稱為「FTM訊框」）和相應的ACK的多個交換。FTM請求訊框704和FTM動作訊框（下文中簡稱為「FTM訊框」）中的一者或多者可以包括指定測距操作700的各種特性的FTM參數。

【0084】 在圖7所示的實例中，在第一次交換中，在時間 $t_{1,1}$ 處開始，第二無線設備702b傳輸第一FTM訊框708。第二無線設備702b將時間 $t_{1,1}$ 記錄為第一FTM訊框708的離開時間（TOD）。第一無線設備702a在時間 $t_{1,2}$ 處接收第一FTM訊框708，並且在時間 $t_{1,3}$ 處向第二無線設備702b傳輸第一認可訊框（ACK）710。第一無線設備702a將時間 $t_{1,2}$ 記錄為第一FTM訊框708的到達時間（TOA），並且將時間 $t_{1,3}$ 記錄為第一ACK 710的TOD。第二無線設備702b在時間 $t_{1,4}$ 處接收第一ACK 710，並且將時間 $t_{1,4}$ 記錄為第一ACK 710的TOA。

【0085】 類似地，在第二次交換中，在時間 $t_{2,1}$ 處開始，第二無線設備702b傳輸第二FTM訊框712。第二FTM訊框712包括指示第一FTM訊框708的TOD的第一欄位和指示第一ACK 710的TOA的第二欄位。第一無線設備702a在時間 $t_{2,2}$ 處接收第二FTM訊框712，並且在時間 $t_{2,3}$ 處向第二無線設備702b傳輸第二ACK 714。第二無線設備702b在時間 $t_{2,4}$ 處接收第二ACK 714。類似地，在第三次交換中，在時間 $t_{3,1}$ 處開始，第二無線設備702b傳輸第三FTM訊框716。第三FTM訊框716包括指示第二FTM訊框712的TOD的第一欄位和指示第二ACK 714的TOA的第二欄

位。第一無線設備 702a 在時間 $t_{3,2}$ 處接收第三 FTM 訊框 716，並且在時間 $t_{3,3}$ 處向第二無線設備 702b 傳輸第三 ACK 718。第二無線設備 702b 在時間 $t_{3,4}$ 處接收第三 ACK 718。類似地，在第四交換中，在時間 $t_{4,1}$ 處開始，第二無線設備 702b 傳輸第四 FTM 訊框 720。第四 FTM 訊框 720 包括指示第三 FTM 訊框 716 的 TOD 的第一欄位和指示第三 ACK 718 的 TOA 的第二欄位。第一無線設備 702a 在時間 $t_{4,2}$ 處接收第四 FTM 訊框 720，並且在時間 $t_{4,3}$ 處向第二無線設備 702b 傳輸第四 ACK 722。第二無線設備 702b 在時間 $t_{4,4}$ 處接收第四 ACK 722。

【0086】 第一無線設備 702a 基於上文描述的 TOD 和 TOA 來決定範圍指示。例如，在其中 FTM 短脈衝包括如上文所描述的對 FTM 訊框的四個交換的實現方式或情況中，第一無線設備 702a 可以被配置為基於下文的等式 1 來決定其自身與第二無線設備 702b 之間的往返時間（RTT）。

$$RTT = \frac{1}{3} \left(\sum_{k=1}^3 t_{4,k} - \sum_{k=1}^3 t_{1,k} \right) - \left(\sum_{k=1}^3 t_{3,k} - \sum_{k=1}^3 t_{2,k} \right) \quad (1)$$

【0087】 在一些實現方式中，範圍指示是 RTT。另外地或替代地，在一些實現方式中，第一無線設備 702a 可以例如經由將 RTT 乘以無線媒體中的近似光速來決定其自身與第二無線設備 702b 之間的實際近似距離。在此種情況下，範圍指示可以另外地或替代地包括距離值。另外地或替代地，範圍指示可以包括關於第二無線設備 702b 是否在基於 RTT 的第一無線設備 702a 的接近度（例如，服務探索閾值）內的指示。在一些實現方式中，第一無線設備 702a 可以接

著例如在時間 $t_{5,1}$ 處在範圍報告 724 中向第二無線設備 702b 傳輸範圍指示，第二無線設備在時間 $t_{5,2}$ 處接收該範圍指示。

【0088】 測距操作（諸如圖 7 的測距操作 700）可以在各種基於接近度的應用（諸如例如，利用行動電話來解鎖車輛）中使用。行動電話內的無線通訊設備可以與車輛內的無線通訊設備進行通訊以執行諸如相對於圖 7 描述的基於 FTM 的測距操作。例如，行動電話可以經由向車輛傳輸 FTM 訊框並且提供關於從車輛接收的 FTM 訊框的回饋（ACK）來指示其到車輛的距離。類似地，車輛可以經由向行動電話傳輸 FTM 訊框並且提供關於從行動電話接收的 FTM 訊框的回饋（ACK）來決定其到行動電話的距離。若車輛決定行動電話在車輛的閾值接近度內，則其可以解鎖車門（或其他隔間）。

【0089】 如參照圖 7 所描述的，距離計算是基於在第一無線通訊設備與第二無線通訊設備之間交換的 PPDU（諸如 FTM 訊框和 ACK）的 TOA 和 TOD。在一些實現方式中，無線通訊設備可以至少部分地基於在其處無線通訊設備完成對 PPDU 的 LTF 欄位的接收的時間來決定傳入的 PPDU 的 TOA。LTF 欄位包括在一數量（N）的次載波上調制的一數量（L）的 LTF 序列。圖 8A 圖示能用於無線通訊設備之間的通訊的示例性 LTF 序列 800 的頻率圖。LTF 序列 800 是對 LTF 符號的頻域表示。如圖 8A 所示，在與 LTF 序列 800 相關聯的 N 個次載波之每一者次載波上對非零調制

符號進行調制。每個調制符號可以表示取決於所使用的調制方案的類型的位元值的數量或模式。例如，映射到二進位移相鍵控（BPSK）群集的調制符號可以均表示單個位元（0或1）。類似地，映射到正交移相鍵控（QPSK）群集的調制符號可以均表示兩位元模式（00、01、10或11）。跨越所有N個次載波進行映射的調制符號的序列統稱為「LTF序列」。

【0090】 符合IEEE 802.11標準的現有版本的LTF序列是基於決定性函數來進行編碼或調制的。換言之，具有用於產生LTF序列的函數（諸如經由IEEE 802.11標準定義）的知識的無線通訊設備可以觀察LTF序列中的一部分，以及基於所觀察的部分來決定或預測LTF序列的剩餘部分。圖8B圖示能用於無線通訊設備之間的通訊的示例性LTF符號810的時序圖。LTF符號810可以是對圖8A的LTF序列800的時域表示。逆傅裡葉變換可以用於將橫跨頻域LTF序列800的頻寬的各種調制符號映射到時域LTF符號810中的各個部分。例如，時域LTF符號810的開始部分801可以攜帶遍及頻域LTF序列800的頻寬擴展的調制符號。

【0091】 本案內容的各態樣認識到的是，攻擊者（或非預期的接收設備）可以截獲由傳輸設備向接收設備傳輸的LTF符號810的開始部分801。使用決定性函數，攻擊者可以僅基於在開始部分801中包括的資訊來決定或預測LTF序列的剩餘部分。攻擊者可以接著在傳輸設備已經完

成其對原始的 L T F 符號 8 1 0 的傳輸之前，將 L T F 符號 8 1 0 的尾部部分 8 0 2 的副本傳輸給接收設備。因此，攻擊者可以誘使接收設備認為傳輸設備比實際距離更近。

【0092】 各個態樣大體而言係關於在無線通訊中使用的 L T F，以及更具體地，係關於產生經由僅觀察 L T F 中的一部分難以進行解碼或複製的安全 L T F。在一些態樣中，安全 L T F 可以包括隨機化位元序列，該隨機化位元序列難以（若不是不可能的話）由除傳輸設備和預期的接收設備之外的任何設備（使用先前在安全無線鏈路之上共享的安全金鑰）複製。例如，傳輸設備可以使用區塊或串流密碼來產生假性隨機位元序列，以及可以選擇假性隨機位元序列的位元子集以映射到表示安全 L T F 的 L T F 符號的調制符號的序列。更具體地，調制符號之每一者調制符號是映射到橫跨安全 L T F 的頻寬的多個次載波中的各自的一個次載波的。傳輸設備可以進一步向接收設備傳輸包括安全 L T F 的 P P D U。

【0093】 可以實現本案內容中描述的標的的特定的實現方式以實現以下潛在的優勢中的一或多個優勢。在一些實現方式中，所描述的技術可以用於改良在無線通訊中使用的 L T F 的安全性。例如，符合 I E E E 8 0 2 . 1 1 標準的現有版本的 L T F 序列是基於決定性函數來進行編碼或調制的。因此，攻擊者（或非預期的接收設備）可以接收 L T F 序列中的一部分，以及基於所接收的部分來決定或預測 L T F 序列的剩餘部分。複雜的攻擊者甚至可以在傳輸設備已經完成

將原始的 L T F 序列傳輸給接收設備之前複製或仿冒 L T F 序列。例如，攻擊者可以將仿冒的 L T F 序列傳輸給接收設備，以引起通道或由接收設備進行的時序量測中的錯誤。經由隨機化與單獨的 L T F 序列相關聯的調制符號，本案內容的各態樣可以防止或實質上延遲此種對 L T F 序列的攻擊足夠長的時間以使得攻擊無效。

【0094】 圖 9 A 和圖 9 B 圖示根據一些實現方式的無線通訊設備的示例性傳輸（T X）處理鏈的方塊圖。在一些實現方式中，T X 處理鏈可以被配置為將 L T F 符號 9 1 4 作為 P P D U 的 L T F 欄位的一部分進行傳輸。例如，P P D U 可以是 F T M 訊框。更具體地，圖 9 A 圖示 T X 處理鏈的第一部分 9 0 0 A，以及圖 9 B 圖示 T X 處理鏈的第二部分 9 0 0 B。在一些實現方式中，無線通訊設備可以是 A P，諸如分別為圖 1 和圖 6 的 A P 1 0 2 或 A P 6 0 2。在另一些實現方式中，無線通訊設備可以是 S T A，諸如分別為圖 1 和圖 6 的 S T A 1 0 4 或 S T A 6 0 4。參照例如圖 5，T X 處理鏈可以包括數據機 5 0 2 和無線電單元 5 0 4 中的一部分。

【0095】 參照圖 9 A，T X 處理鏈的第一部分 9 0 0 A 包括假性隨機產生器 9 1 0、L T F 序列選取器 9 2 0、調制器 9 3 0 和空間串流（S S）映射器 9 4 0。假性隨機產生器 9 1 0 被配置為產生假性隨機位元序列（P R B S）9 0 2。在一些實現方式中，假性隨機產生器 9 1 0 可以基於密碼（諸如例如，改進的加密標準（A E S）區塊密碼、散列運算或串流密碼）的輸出來產生假性隨機位元序列 9 0 2。合適的串流密碼的實例可

以包括但不限於 Grain 型串流密碼和 Grain-128a 型串流密碼。

【0096】 在一些實現方式中，假性隨機產生器 910 可以是在無線通訊設備的 PHY 層中實現的。例如，本案內容的各態樣認識到的是，MAC 層與 PHY 層之間的控制介面以相對低的速度操作。因此，在 MAC 層中實現假性隨機產生器 910 可能是不可行的，因為該介面在將大假性隨機位元序列從 MAC 層傳送到 PHY 層時將產生瓶頸。在一些態樣中，假性隨機產生器 910 可以從 MAC 層接收相對少數量（ < 300 ）的安全位元 901 以用於初始化密碼區塊。安全位元 901 可以包括金鑰和初始化向量。

【0097】 LTF 序列選取器 920 選擇與假性隨機位元序列 902 的子集相對應的 LTF 位元 904 的模式，以及調制器 930 將 LTF 位元模式 904 調制到一數量（ N ）的次載波上以產生 LTF 序列 906。如參照圖 8A 描述的，LTF 序列 906 可以包括非零調制符號序列。LTF 序列 906 的每個調制符號可以表示 LTF 位元模式 904 的位元值的各自的子集。因此，LTF 位元模式 904 的整體長度（ P ）可以取決於由調制器 930 實現的調制方案的類型（其中 P 是 N 的倍數）。

【0098】 在一些實現方式中，調制器 930 可以實現正交幅度調制（QAM）方案。高階調制方案（高於 QPSK）通常對載波間干擾（ICI）更敏感，此舉往往會降低正交分頻多工（OFDM）傳輸的效能。然而，本案內容的各態樣認識到的是，在 LTF 傳輸中存在 ICI 增加了對 LTF 傳輸進行解

碼或複製LTF傳輸的難度。在一些態樣中，調制器930可以實現16-QAM或高階調制方案（諸如64-QAM或256-QAM以及其他實例），以平衡ICI的優勢（增加解碼難度）與劣勢（降低OFDM效能）。由於每個16-QAM符號表示四位元的模式，因此LTF序列選取器920可以輸出長度為 $4N$ （ $P = 4 * N$ ）的LTF位元模式904。

【0099】 在另一些實現方式中，調制器930可以實現QAM方案和移相鍵控（PSK）方案。例如，在一些態樣中，調制器930可以包括QAM調制器932和PSK調制器934。QAM調制器932可以根據QAM調制技術（諸如64-QAM）將LTF位元模式904的第一位元子集映射到QAM符號905(1)的集合。PSK調制器934可以根據PSK調制技術（諸如4-PSK）將LTF位元模式904的第二位元子集映射到PSK符號905(2)的集合。調制器930進一步將QAM符號905(1)與PSK符號905(2)組合以產生LTF序列906。經由基於多種調制技術（諸如QAM和PSK）來產生LTF序列906，本案內容的各態樣可以進一步改良LTF傳輸的安全性。例如，經由將64-QAM與4-PSK調制技術組合，作為結果的LTF序列906可能與256-QAM序列一樣難以解碼，同時測距效能基本上保持與64-QAM序列相同。因此，LTF序列906難以（若不是不可能的話）由（除預期的接收設備之外的）任何設備在觀察到安全LTF中的一部分時進行預測。

【0100】 在一些實現方式中，LTF序列選取器920可以從假性隨機位元序列902中的一部分中選擇LTF位元模式904。如上文所描述的，LTF序列中的決定性位元模式（諸如具有重複的位元模式）可以容易地由攻擊者進行解碼或複製。進一步地，PPDU的LTF欄位可以包括表示L個各自的LTF序列的一數量（L）的不同的LTF符號。為了增加此種攻擊的難度，LTF序列選取器920可以確保與L個LTF序列之每一者LTF序列相關聯的LTF位元模式904包括來自假性隨機位元序列902的位元的唯一集合或序列。

【0101】 在一些實現方式中，LTF序列選取器920可以進一步為L個LTF序列之每一者LTF序列選擇不同的LTF位元模式904。為特定的LTF序列選擇假性隨機位元序列增加在單個LTF符號持續時間內對該LTF序列進行解碼或複製該LTF序列的難度。然而，持久的攻擊者可能最終對LTF位元模式904解碼或複製LTF位元模式904。若針對L個LTF序列中的一個LTF序列的LTF位元模式904是重新用於L個LTF序列中的另一個LTF序列的，則攻擊者可以仿冒該隨後的LTF序列。為了增加此種攻擊的難度，LTF序列選取器920可以確保從假性隨機位元序列902中為L個LTF序列之每一者LTF序列選擇不同的LTF位元模式904。

【0102】 空間串流映射器940將LTF序列906映射到一數量（M）的空間串流 SS_1 – SS_M 上以產生空間映射的LTF序列908。例如，空間串流映射器940可以將空間映射矩陣應用

於LTF序列906的N個調制符號的集合。作為空間映射的結果，LTF序列906的N個調制符號之每一者調制符號是在M個空間串流 SS_1 - SS_M 之每一者空間串流上複製的（作為空間映射的LTF序列908）。在一些實現方式中，空間映射矩陣可以是P矩陣，諸如例如由IEEE 802.11標準的現有版本定義的P矩陣。

【0103】 參照圖9B，TX處理鏈的第二部分900B包括非循環（NC）相位旋轉器960、M離散傅裡葉逆變換（IDFT）980(1) - 980(M)和傳輸器（TX）990。在一些實現方式中，第二部分900B亦可以包括ICI注入器950，其可以被配置為向空間映射的LTF序列908添加一或多個非零音調或次載波以產生ICI注入的LTF序列908'。如參照圖9A描述的，在LTF傳輸中存在ICI增加了僅從LTF符號中的一部分對LTF符號進行解碼或複製LTF符號的難度。本案內容的各態樣進一步認識到的是，經由利用非零次載波替換LTF序列908的一或多個空次載波，可以將ICI「添加」或注入到LTF序列908中。

【0104】 圖10A圖示根據一些實現方式的在ICI注入之前的示例性LTF序列1000的頻率圖。在圖10A的實例中，無線通道是細分為負子通道和正子通道的。負子通道（中心頻率左側）包括負頻率次載波，以及正子通道（中心頻率右側）包括正頻率次載波。如圖10A所示，LTF序列1000包括在頻帶的中心頻寬（BW）1002內的若干空次載波。由於存在空次載波，因此與中心頻寬1002鄰近的非零次載

波往往具有與LTF序列1000的另一些非零次載波相比要少的ICI。因此，為了增加與中心頻寬1002鄰近的非零次載波的ICI，ICI注入器950可以利用非零次載波替換中心頻寬1002內的空次載波中的一或多個空次載波。

【0105】 圖10B圖示根據一些實現方式的在ICI注入之後的示例性LTF序列1010的頻率圖。在一些實現方式中，LTF序列1010可以是在利用非零次載波對一或多個空次載波的替換之後的LTF序列1000的實例。在圖10B的實例中，已經利用非零次載波1004替換中心頻寬1002的邊緣處的次載波。在一些實現方式中，對於LTF序列1010映射到的每個空間串流而言，非零次載波1004的調制符號可以是相同的。參照例如圖9B，ICI注入器950可以針對空間串流 SS_1 – SS_M 之每一者空間串流將相同的調制符號注入到LTF序列908中。在另一些實現方式中，對於不同的空間串流而言，非零次載波1004的調制符號可以是不同的。參照例如圖9B，ICI注入器950可以針對空間串流 SS_1 – SS_M 之每一者空間串流將不同的調制符號注入到LTF序列中。

【0106】 非循環相位旋轉器960被配置為向與LTF序列908'（或LTF序列908）相關聯的各種空間串流 SS_1 – SS_M 添加相位旋轉或偏移，以產生經旋轉的LTF序列912。例如，相位偏移可以防止接收設備處的無意的波束成形。無意的波束成形可能來源於由多徑傳播引起的多個空間串流的相長（或相消）干涉。根據IEEE 802.11標準的現有版本，循環移位分集（CSD）將應用於各種空間串流以偏移

每個空間串流的相位，並且因此避免在接收設備處的無意的波束成形。然而，本案內容的各態樣認識到的是，CSD可能不適合於安全LTF。由於相位旋轉是循環的，因此攻擊者可以在一或多個空間串流上觀察到CSD，以及使用CSD的知識來預測在另一空間串流上傳輸的LTF的相位偏移。

【0107】 在一些實現方式中，非循環相位旋轉器960可以將非循環相位旋轉應用於在各種空間串流 SS_1 – SS_M 上進行調制的調制符號。因此，應用於空間串流 SS_1 – SS_M 中的一個空間串流的相位旋轉不能經由循環地延遲或移位應用於空間串流 SS_1 – SS_M 中的另一空間串流的相位旋轉來決定。在一些態樣中，非循環相位旋轉器960可以跨越與空間串流 SS_1 – SS_M 之每一者空間串流相關聯的各種次載波來應用假性隨機相位旋轉。更具體地，非循環相位旋轉器960可以將不同的假性隨機相位旋轉集合應用於空間串流 SS_1 – SS_M 之每一者空間串流（針對總共M個假性隨機相位旋轉集合）。在另一些態樣中，非循環相位旋轉器960可以將每空間串流的一數量（K）的不同的相位旋轉應用於在與LTF序列908'相關聯的各種次載波上進行調制的調制符號。

【0108】 在一些實現方式中，相位旋轉的數量K可以小於與LTF序列908'相關聯的次載波的數量N（ $K < N$ ）。因此，K個相位旋轉中的至少一個相位旋轉可以應用於在不同的次載波上進行調制的兩個或更多個調制符號。本案內容的各態樣認識到的是，跨越所有N個次載波（其中 $K = N$ ）

應用完全地假性隨機相位旋轉在ICI中建立分集，此舉削弱了LTF的安全性。例如，因為L個LTF序列之每一者LTF序列是在空間串流 SS_1-SS_M 之每一者空間串流上複製的，所以攻擊者可以基於多個空間串流之間的ICI的差異來決定N個相位旋轉。相反，將相同的相位旋轉應用於不同的次載波上的多個調制符號導致跨越不同的空間串流的一致的ICI，從而改良LTF的安全性。

【0109】 在一些實現方式中，非循環相位旋轉器960可以將N個次載波分類為K個次載波群組，以及將K個相位旋轉中的各自的一個相位旋轉應用於與特定的次載波群組相關聯的調制符號之每一者調制符號。換言之，非循環相位旋轉器960可以對在屬於相同的次載波群組的次載波上進行調制的每個調制符號應用相同的相位旋轉。在一些態樣中，每個次載波群組可以對應於各自的頻率次頻帶。例如，每個次載波群組可以橫跨頻率範圍（諸如20 MHz）。在一些態樣中，次載波群組的數量K可以是固定的或非可變的。因此，非循環相位旋轉器960可以基於次載波群組的總數量來向每個次載波群組指派次載波的數量(S)（例如， $S = N / K$ ）。在另一些態樣中，每次載波群組的次載波的數量S可以是固定的或非可變的。因此，非循環相位旋轉器960可以基於要指派給每個次載波群組的次載波的總數量來決定次載波群組的數量K（例如， $K = N / S$ ）。

【0110】 非循環相位旋轉器960可以針對空間串流 SS_1-SS_M 之每一者空間串流產生K個唯一的相位旋轉的不同的集

合，例如，以產生 $M * K$ 個唯一的相位旋轉。在一些實現方式中，非循環相位旋轉器 960 可以基於假性隨機函數來產生 K 個相位旋轉的 M 個集合。例如， K 個相位旋轉的 M 個集合可以是基於線性回饋移位暫存器 (LFSR) 的輸出來產生的。為了確保針對給定的空間串流的 K 個相位旋轉中沒有一個相位旋轉被重複用於另一空間串流上的相同的次載波群組，非循環相位旋轉器 960 可以從 LFSR 的輸出中的唯一部分中選擇 $M * K$ 個唯一的相位旋轉。非循環相位旋轉器 960 可以在產生針對給定的 LTF 序列的 $M * K$ 個唯一的相位旋轉之後重置 LFSR 的狀態。此舉確保相同的 $M * K$ 個唯一的相位旋轉可以是再現用於下一 LTF 序列的。

【0111】 在另一些實現方式中，非循環相位旋轉器 960 可以基於決定性函數來產生 M 個相位旋轉集合。例如，非循環相位旋轉器 960 可以系統性地匯出 $M * K$ 個唯一的相位旋轉之每一者相位旋轉。此種系統性功能可以確保針對給定的空間串流的 K 個相位旋轉中沒有一個相位旋轉被重複用於另一空間串流上的相同的次載波群組。在一些態樣中，可以根據基本上線性的函數來產生 K 個相位旋轉。例如， K 個相位旋轉之每一者相位旋轉可以表示與線性「相位斜坡」相關聯的各自的相位。非循環相位旋轉器 960 可以將線性相位旋轉以幅度遞增的順序應用於與第一頻率範圍相關聯的調制符號，以及可以將線性相位旋轉以幅度遞減的順序應用於與第二頻率範圍相關聯的調制符號。

【0112】 圖 1 1 A 圖示根據一些實現方式的示例性相位斜坡 1 1 0 0 的頻率圖。在圖 1 1 A 的實例中，無線通道是細分為負子通道和正子通道（分別在中心頻率的左側和右側）的。相位斜坡 1 1 0 0 是圖示為在負子通道中具有正斜率的線性曲線和在正子通道中具有負斜率的線性曲線的。在一些實現方式中， K 個唯一的相位旋轉之每一者相位旋轉可以表示沿著垂直軸的各自的線，其與負子通道和正子通道中的線性曲線相交。如圖 1 1 A 所示，第 k 個相位旋轉可以應用於第 i 個次載波和第 $-i$ 個次載波。因此，第 i 次載波和第 $-i$ 個次載波可以屬於相同的次載波群組（群組 A）。 K 個唯一的相位旋轉可以以昇冪應用於在負頻率次載波上進行調制的調制符號。換言之，相位旋轉的幅度隨著次載波的頻率的增加而增加。 K 個唯一的相位旋轉可以進一步以降冪應用於在正頻率次載波上進行調制的調制符號。換言之，相位旋轉的幅度隨著次載波的頻率的增加而減小。

【0113】 圖 1 1 B 圖示根據一些實現方式的示例性相位斜坡 1 1 1 0 的頻率圖。在圖 1 1 B 的實例中，無線通道是再次細分為負子通道和正子通道的。相位斜坡 1 1 1 0 是圖示為在負子通道中具有負斜率的線性曲線和在正子通道中具有正斜率的線性曲線。在一些實現方式中， K 個唯一的相位旋轉之每一者相位旋轉可以表示沿著垂直軸的各自的線，其與負子通道和正子通道中的線性曲線相交。第 k 個相位旋轉可以應用於第 j 次載波和第 $-j$ 個次載波。因此，第 j 個次載波和第 $-j$ 個次載波可以屬於相同的次載波群組（群組 B）。 K 個唯

一的相位旋轉可以以降冪應用於在負頻率次載波上進行調制的調制符號。換言之，相位旋轉的幅度隨著次載波的頻率的增加而減小。 K 個唯一的相位旋轉亦可以進一步以昇冪應用於在正頻率次載波上進行調制的調制符號。換言之，相位旋轉的幅度隨著次載波的頻率的增加而增加。

【0114】 返回參照圖 9 B，非循環相位旋轉器 9 6 0 可以將相位斜坡（諸如分別為圖 1 1 A 和圖 1 1 B 的相位斜坡 1 1 0 0 或相位斜坡 1 1 1 0）應用於 L T F 序列 9 0 8'（或 L T F 序列 9 0 8）的調制值。為了避免無意的波束成形，非循環相位旋轉器 9 6 0 可以調整針對不同的空間串流的相位斜坡的斜率或偏移，從而改變應用於空間串流 SS_1 – SS_M 之每一者空間串流的 K 個相位旋轉的幅度。在一些實現方式中，非循環相位旋轉器 9 6 0 可以經由改變與每個斜率相關聯的傾斜或下降程度來調整相位斜坡的斜率。例如，非循環相位旋轉器 9 6 0 可以將相位斜坡 1 1 0 0 或相位斜坡 1 1 1 0 應用於多個空間串流，但是具有不同程度的傾斜角（ ϕ ）。在一些情況下，傾斜角可以是零（ $\phi = 0$ ），在此種情況下，非循環相位旋轉器 9 6 0 有效地不在給定的空間串流上應用相位斜坡。在另一些實現方式中，非循環相位旋轉器 9 6 0 可以經由反轉斜率或曲線來調整相位斜坡的斜率。例如，非循環相位旋轉器 9 6 0 可以交替地將相位斜坡 1 1 0 0 和相位斜坡 1 1 1 0 應用於兩個或更多個空間串流。更進一步地，在一些實現方式中，非循環相位旋轉器 9 6 0 可以經由向 K 個唯一的相位旋轉之每一者相位旋轉添加固定的相位旋轉來調整相位斜坡的

偏移。例如，非循環相位旋轉器 960 可以在將相位斜坡 1100 或相位斜坡 1110 應用於不同的空間串流時沿著垂直軸上下移動相位斜坡 1100 或相位斜坡 1110。

【0115】 在一些實現方式中，非循環相位旋轉器 960 可以針對 M 個空間串流 SS_1 – SS_M 之每一者空間串流應用 K 個唯一的相位旋轉的最佳化集合。最佳化的相位旋轉可以被配置為使空間串流 SS_1 – SS_M 之間的 LTF 序列的相關性最小化。下文針對映射到 K 個次載波群組和 M 個空間串流的 LTF 序列圖示示例性最佳化的相位旋轉矩陣 $\theta_{K,M}$ 。

$$\theta_{2,8} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -j & -1 & j \\ 1 & -j & -1 & j & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\theta_{4,8} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -j & -j & j \\ 1 & 1 & -j & 1 & 1 & -j & 1 & j \\ 1 & -j & -j & j & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -j & 1 & j & 1 & 1 & -j & 1 \end{pmatrix}$$

【0116】 在一些實現方式中，特定的 LTF 序列可以在 $PPDU$ 的 LTF 欄位中重複（或重傳）一次或多次。此種重複是為了確保由接收設備進行的一致性的通道估計。例如，無線通道中的雜訊或干擾可以影響由接收設備接收的 LTF 序列。經由包括對一或多個 LTF 序列的重複，接收設備可以檢查與此種 LTF 序列相關聯的通道估計之間的一致性。本案內容的各態樣認識到的是，在一些情況下，對相同的 LTF 序列的多次傳輸可能導致殘餘的波束成形。為了避免殘餘的波束成形，非循環相位旋轉器 960 可以將不同的 K 個唯一的相位旋轉的集合應用於對相同的 LTF 序列的每個重複。

【0117】 在一些實現方式中，TX處理鏈可以包括空間串流（SS）重映射器970。可以代替非循環相位旋轉器960或者除了非循環相位旋轉器960之外實現空間串流重映射器970。空間串流重映射器970可以被配置為經由以下操作來（進一步）減少或消除非預期的波束成形：跨越空間串流 SS_1 - SS_M 重新映射在空間上映射的LTF序列908、ICI注入的LTF序列908'或經旋轉的LTF序列912，以產生經重新映射的LTF序列912'。在一些實現方式中，空間串流重映射器970可以將不同的單位矩陣（本文中稱為「Q矩陣」）應用於與所接收的LTF序列相關聯的每個次載波群組。Q矩陣以每群組為基礎來改變對跨越空間串流 SS_1 - SS_M 的調制符號的映射。在一些態樣中，空間串流重映射器970可以隨機地選擇要應用於特定的LTF序列的Q矩陣。例如，空間串流重映射器970可以基於假性隨機位元序列902來從多個儲存的Q矩陣中隨機地選擇Q矩陣。

【0118】 IDFT 980(1) - 980(M)分別將空間串流 SS_1 - SS_M 上的LTF序列從頻域轉換到時域。例如，每個IDFT 980可以產生表示LTF序列的各自系列的時變取樣（諸如圖8B所示）。由IDFT 980(1) - 980(M)輸出的系列的取樣表示時域LTF符號914。LTF符號914是提供給傳輸器990的，用於在無線通道之上傳輸給接收設備。傳輸器990可以包括一或多個功率放大器，以放大空間串流 SS_1 - SS_M 之每一者空間串流上的LTF符號914，用於經由至少M個傳輸天線進行傳輸。

【0119】 圖 1 2 A 和 圖 1 2 B 圖示根據一些實現方式的無線通訊設備的接收 (R X) 處理鏈的方塊圖。更具體地，圖 1 2 A 圖示 R X 處理鏈的第一部分 1 2 0 0 A，以及圖 1 2 B 圖示 R X 處理鏈的第二部分 1 2 0 0 B。在一些實現方式中，無線通訊設備可以是 A P，諸如分別為圖 1 和圖 6 的 A P 1 0 2 或 A P 6 0 2。在另一些實現方式中，無線通訊設備可以是 S T A，諸如分別為圖 1 和圖 6 的 S T A 1 0 4 或 S T A 6 0 4。參照例如圖 5，R X 處理鏈可以包括數據機 5 0 2 和無線電單元 5 0 4 中的一部分。

【0120】 參照圖 1 2 A，R X 處理鏈的第一部分 1 3 0 0 A 包括接收器 (R X) 1 2 1 0、一數量 (M) 的離散傅裡葉變換 (D F T) 1 2 2 0 (1) - 1 2 2 0 (M) 和非循環 (N C) 相位旋轉器 1 2 4 0。接收器可以在無線通道之上從傳輸設備接收時域 L T F 符號 1 2 0 2。在一些態樣中，L T F 符號 1 2 0 2 可以是作為 P P D U 的 L T F 欄位的一部分來傳輸的。例如，P P D U 可以是 F T M 訊框。在一些態樣中，接收器 1 2 1 0 可以經由至少 M 個接收天線在 M 個空間串流 SS_1 - SS_M 上接收 L T F 符號 1 2 1 0。接收器 1 2 1 0 可以包括一或多個低雜訊放大器 (L N A)，以放大空間串流 SS_1 - SS_M 之每一者空間串流上的 L T F 符號 1 2 0 2。D F T 1 2 2 0 (1) - 1 2 2 0 (M) 分別將空間串流 SS_1 - SS_M 上的 L T F 符號 1 2 0 2 從時域轉換到頻域。例如，每個 D F T 1 2 2 0 可以產生表示 L T F 符號 1 2 0 2 的調制符號的各自的序列 (諸如圖 8 A 所示)。由 D F T 1 2 2 0 (1) - 1 2 2 0 (M) 輸出的調制符號的序列表示頻域 L T F 序列 1 2 0 4。

【0121】 在一些實現方式中， RX 處理鏈可以包括初始的空間串流（ SS ）解映射器1230。初始的空間串流解映射器1230可以被配置為反轉或撤銷由圖9B的空間串流重映射器970執行的空間串流映射（或重映射）。例如，空間串流解映射器1230可以將 Q 矩陣的共軛轉置（本文中稱為「 Q^H 矩陣」）應用於與 LTF 序列1204相關聯的每個次載波群組。 Q^H 矩陣反轉（經由 Q 矩陣進行的）對每次載波群組跨越空間串流 SS_1 – SS_M 的調制符號的映射。在一些態樣中，空間串流解映射器1230可以隨機地選擇要應用於特定的 LTF 序列1204的 Q^H 矩陣。例如，空間串流重映射器970可以基於假性隨機位元序列1214來從多個儲存的 Q^H 矩陣中隨機地選擇 Q^H 矩陣。在一些實現方式中，假性隨機位元序列1214可以與用於產生 LTF 序列1204的假性隨機位元序列（諸如圖9A和圖9B的假性隨機位元序列902）完全相同。

【0122】 非循環相位旋轉器1240被配置為向與 LTF 序列1204'（或 LTF 序列1204）相關聯的各種空間串流 SS_1 – SS_M 添加相位旋轉或偏移，以恢復經解旋轉的 LTF 序列1206。在一些態樣中，非循環相位旋轉器1240可以被配置為反轉或撤銷由圖9B的非循環相位旋轉器960添加到 LTF 序列1204'（或 LTF 序列1204）的相位旋轉集合。例如，非循環相位旋轉器1240亦可以將非循環相位旋轉應用於在各種空間串流 SS_1 – SS_M 上進行調制的調制符號。在一些態樣中，非循環相位旋轉器1240可以將假性隨機相位旋轉應用於跨越與空間串流 SS_1 – SS_M 之每一者空間串流相關聯

的各種次載波。更具體地，非循環相位旋轉器 1 2 4 0 可以將不同的假性隨機相位旋轉集合應用於空間串流 SS_1 – SS_M 之每一者空間串流（對於總共 M 個假性隨機相位旋轉集合）。在另一些態樣中，非循環相位旋轉器 1 2 4 0 可以將每空間串流的一數量（ K ）的不同的相位旋轉應用於在與 LTF 序列 1 2 0 4' 相關聯的各種次載波上進行調制的調制符號。

【0123】 在一些實現方式中，非循環相位旋轉器 1 2 4 0 可以將與 LTF 序列 1 2 0 4' 相關聯的一數量（ N ）的次載波分類為 K 個次載波群組，以及將 K 個相位旋轉中的各自的一個相位旋轉應用於與特定的次載波群組相關聯的調制符號之每一者調制符號。非循環相位旋轉器 9 6 0 可以將相同的相位旋轉應用於在相同的次載波群組內的次載波上進行調制的每個調制符號。在一些態樣中，次載波群組的數量 K 可以是固定的或非可變的。因此，非循環相位旋轉器 1 2 4 0 可以基於次載波群組的總數量來向每個次載波群組指派一數量（ S ）的次載波（例如， $S = N / K$ ）。在另一些態樣中，每次載波群組的次載波的數量 S 可以是固定的或非可變的。因此，非循環相位旋轉器 1 2 4 0 可以基於要指派給每個次載波群組的次載波的總數量來決定次載波群組的數量 K （例如， $K = N / S$ ）。

【0124】 非循環相位旋轉器 1 2 4 0 可以針對空間串流 SS_1 – SS_M 之每一者空間串流產生 K 個唯一的相位旋轉的不同的集合，例如，以產生 $M * K$ 個唯一的相位旋轉。在一些實現方式中，非循環相位旋轉器 1 2 4 0 可以基於假性隨機函數來產

生 K 個相位旋轉的 M 個集合。例如，可以基於 $LFSR$ 的輸出來產生 K 個相位旋轉的 M 個集合。在一些態樣中，非循環相位旋轉器 1240 可以從 $LFSR$ 的輸出中的唯一的部分中選擇 $M * K$ 個唯一的相位旋轉。非循環相位旋轉器 1240 可以在針對給定的 LTF 序列產生 $M * K$ 個唯一的相位旋轉之後重置 $LFSR$ 的狀態。

【0125】 在另一些實現方式中，非循環相位旋轉器 1240 可以基於決定性函數來產生 M 個相位旋轉集合。例如，非循環相位旋轉器 1240 可以系統地匯出 $M * K$ 個唯一的相位旋轉之每一者相位旋轉。在一些態樣中，可以根據基本上線性的函數來產生 K 個相位旋轉。例如， K 個相位旋轉之每一者相位旋轉可以表示與線性相位斜坡相關聯的各自的相位（諸如分別為圖 11A 和圖 11B 的相位斜坡 1100 或相位斜坡 1110）。參照例如圖 11A 和圖 11B，非循環相位旋轉器 1240 可以將線性相位旋轉以幅度遞增的順序應用於與第一頻率範圍相關聯的調制符號，以及可以將線性相位旋轉以幅度遞減的順序應用於與第二頻率範圍相關聯的調制符號。

【0126】 非循環相位旋轉器 1240 可以調整針對不同的空間串流的相位斜坡的斜率或偏移，從而改變應用於空間串流 SS_1-SS_M 之每一者空間串流的 K 個相位旋轉的幅度。在一些實現方式中，非循環相位旋轉器 1240 可以經由改變與每個斜率相關聯的傾斜或下降程度來調整相位斜坡的斜率。在另一些實現方式中，非循環相位旋轉器 1240 可以經由反

轉斜率或曲線來調整相位斜坡的斜率。更進一步地，在一些實現方式中，非循環相位旋轉器 1240 可以經由向 K 個唯一的相位旋轉之每一者相位旋轉添加固定的相位旋轉來調整相位斜坡的偏移。

【0127】 非循環相位旋轉器 1240 亦可以在接收到的 PPDU 的 LTF 欄位中偵測一或多個重複的 LTF 序列。在一些實現方式中，非循環相位旋轉器 1240 可以將 K 個唯一的相位旋轉的不同的集合應用於對相同的 LTF 序列的每個重複。更具體地，非循環相位旋轉器 1240 可以反轉或撤銷由用於傳輸 LTF 序列的非循環相位旋轉器 1240 應用於對相同的 LTF 序列的每個重複的 K 個唯一的相位旋轉的不同的集合。

【0128】 在一些實現方式中，RX 處理鏈可以包括載波間干擾（ICI）減法器 1250，其可以被配置為去除或撤銷由圖 9B 的 ICI 注入器 950 添加到 LTF 序列 1206 的一或多個非零次載波。如參照圖 10A 和圖 10B 描述的，ICI 注入器 950 可以利用非零次載波（諸如圖 10B 的非零空次載波 1004）替換與 LTF 序列 1206 的中心頻寬鄰近的一或多個空次載波。另外的非零次載波將增加 LTF 序列 1206 的 ICI 以及不攜帶有用的資訊。因此，ICI 減法器 1250 可以從 LTF 序列 1206 中去除該等另外的非零次載波以產生經 ICI 調整的 LTF 序列 1206'。

【0129】 參照圖 12B，RX 處理鏈的第二部分 1200B 包括空間串流（SS）解映射器 1260、解調器 1270、LTF 序列

比較器 1 2 8 0 和假性隨機產生器 1 2 9 0 。 S S 解映射器 1 2 6 0 可以被配置為反轉或撤銷由圖 9 A 的空間串流映射器 9 4 0 執行的空間串流映射。例如，空間串流解映射器 1 2 3 0 可以將 P 矩陣的共軛轉置（在本文中稱為「 P^H 矩陣」）應用於 L T F 序列 1 2 0 6' （或 L T F 序列 1 2 0 6 ）以恢復經解映射的 L T F 序列 1 2 0 8 。作為解映射的結果，在 M 個空間串流 SS_1-SS_M 上接收的調制符號是合併為單個頻域 L T F 序列的。

【0130】 解調器 1 2 7 0 對 L T F 序列 1 2 0 8 進行解調以恢復 L T F 位元模式 1 2 1 2 。在一些態樣中，解調器 1 2 7 0 可以被配置為反轉或撤銷由圖 9 A 的調制器 9 3 0 執行的調制。如參照圖 8 A 描述的，L T F 序列 1 2 0 8 可以包括非零調制符號的序列（L T F 序列），每個非零調制符號表示 L T F 位元模式 1 2 1 2 的位元值的各自的子集。因此，L T F 位元模式 1 2 1 2 的整體長度（P）可以取決於由解調器 1 2 7 0 實現的調制方案的類型（其中 P 是 N 的倍數）。在一些實現方式中，解調器 1 2 7 0 可以實現 Q A M 方案，諸如例如 1 6 - Q A M 或高階調制方案（諸如 6 4 - Q A M 或 2 5 6 - Q A M 以及其他實例）。因此，與 L T F 序列 1 2 0 8 相關聯的每個調制符號可以是 1 6 - Q A M 、6 4 - Q A M 或 2 5 6 - Q A M 符號，以及解調器 1 2 7 0 可以輸出長度為 4 N （ $P = 4 * N$ ）的 L T F 位元模式 1 2 1 2 。

【0131】 在一些實現方式中，解調器 1 2 7 0 可以實現 Q A M 方案和 P S K 方案。例如，在一些態樣中，解調器 1 2 7 0 可以包括 Q A M 解調器 1 2 7 2 和 P S K 解調器 1 2 7 4 。Q A M 解調器 1 2 7 2 可以撤銷由圖 9 A 的 Q A M 調制器 9 3 2 執行的調制，以

恢復第一位元子集 1 2 0 9。P S K 解調器 1 2 7 4 可以撤銷由圖 9 A 的 P S K 調制器 9 3 4 執行的調制，以恢復第二位元子集 1 2 1 1。解調器 1 2 7 0 進一步組合第一位元子集 1 2 0 9 和第二位元子集 1 2 1 1 以產生 L T F 位元模式 1 2 1 2。如上文參照圖 9 A 描述的，經由組合多種調制技術（諸如 Q A M 和 P S K）來恢復 L T F 位元模式 1 2 1 2，本案內容的各態樣可以進一步改良 L T F 傳輸的安全性。更具體地，L T F 位元模式 1 2 1 2 可能難以（若不是不可能的話）由任何設備（除預期的接收設備之外）在觀察到安全 L T F 中的一部分時進行預測。

【0132】 L T F 序列比較器 1 2 8 0 可以將 L T F 位元模式 1 2 1 2 與假性隨機位元序列（P R B S）1 2 1 4 進行比較以產生比較結果 1 2 1 6。假性隨機位元序列 1 2 1 4 可以由假性隨機產生器 1 2 9 0 產生。在一些實現方式中，假性隨機產生器 1 2 9 0 可以與圖 9 A 的假性隨機產生器 9 1 0 完全相同。因此，假性隨機位元序列 1 2 1 4 亦與假性隨機位元序列 9 0 2 完全相同。假性隨機產生器 1 2 9 0 可以基於密碼（諸如例如，A E S 區塊密碼、散列運算或串流密碼（G r a i n 型或 G r a i n - 1 2 8 a 型））的輸出來產生假性隨機位元序列 1 2 1 4。在一些實現方式中，假性隨機產生器 1 2 9 0 可以在無線通訊設備的 P H Y 層中實現，以及可以從 M A C 層接收相對少量的安全位元 1 2 0 1（包括金鑰和初始化向量），以用於初始化密碼區塊。

【0133】 在一些實現方式中，比較結果 1 2 1 6 可以指示位元模式 1 2 1 2 是否與假性隨機位元序列 1 2 1 4 的子集匹配。例如，由於假性隨機位元序列 1 2 1 4 與由傳輸設備用於產生

L T F 序列的假性隨機位元序列 9 2 0 完全相同，因此 L T F 位元模式 1 2 1 2 應當至少與假性隨機位元序列 1 2 1 4 的子集匹配。因此，該比較可以用於驗證 L T F 序列是從傳輸設備（或可信源）接收到的。在另一些實現方式中，比較結果 1 2 1 6 可以包括與在其之上傳輸 L T F 序列的無線通道相關聯的通道估計。更進一步地，在一些實現方式中，比較結果 1 2 1 6 可以指示從傳輸設備接收的 P P D U （諸如 F T M 訊框或 A C K ）的 T O A 。例如，L T F 序列比較器 1 2 8 0 可以在驗證所接收的 P P D U 的第 L 個 L T F 序列之後記錄 T O A （其中 P P D U 的 L T F 欄位包括 L 個 L T F 序列）。

【0134】 圖 1 3 A 圖示說明根據一些實現方式的支援安全 L T F 的用於無線通訊的示例性過程 1 3 0 0 的流程圖。在一些實現方式中，過程 1 3 0 0 可以由作為 A P （諸如分別為圖 1 和圖 6 的 A P 1 0 2 或 A P 6 0 2 中的一者）或在 A P 內操作的無線通訊設備來執行。在另一些實現方式中，過程 1 3 0 0 可以由作為 S T A （諸如分別為圖 1 和圖 6 的 S T A 1 0 4 或 S T A 6 0 4 中的一者）或在 S T A 內操作的無線通訊設備來執行。

【0135】 在一些實現方式中，在方塊 1 3 0 1 中，過程 1 3 0 0 開始於產生假性隨機位元序列。在方塊 1 3 0 2 中，過程 1 3 0 0 繼續進行如下操作：基於與 P P D U 的 L T F 相關聯的一數量（N）的次載波來選擇假性隨機位元序列的第一位元子集，其中第一位元子集中的位元的數量大於 N。在一些實現方式中，假性隨機位元序列可以是在無線通訊設備的 P H Y 層中產生的。在一些實現方式中，假性隨機位元序列可以是基

於改進的加密標準（**AES**）區塊密碼的輸出來產生的。在一些態樣中，假性隨機位元序列可以是經由如下操作來產生的：在無線通訊設備的媒體存取控制（**MAC**）層中產生安全位元集合，以及基於來自**MAC**層的安全位元集合來在無線通訊設備的**PHY**層中初始化區塊密碼。

【0136】 在方塊 1303 中，過程 1300 繼續進行如下操作：將第一位元子集的值映射到表示**LTF**的第一**LTF**符號的第一調制符號的序列，其中第一調制符號之每一者第一調制符號是在 **N** 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的。在一些實現方式中，該映射可以是根據 **QAM** 方案來執行的。在一些態樣中，第一調制符號之每一者第一調制符號可以是 **64-QAM** 符號。在一些實現方式中，第一位元子集可以是從假性隨機位元序列中的不包括任何重複的一部分中選擇的。

【0137】 在一些實現方式中，在方塊 1304 中，過程 1300 可以繼續進行如下操作：將第一調制符號的序列映射到一數量（**M**）的空間串流。在一些實現方式中，在方塊 1305 中，過程 1300 可以繼續進行如下操作：將 **M** 個假性隨機相位旋轉集合分別地應用於被映射到 **M** 個空間串流的第一調制符號的序列，其中 **M** 個假性隨機相位旋轉集合之每一者集合不同於剩餘的 **M-1** 個假性隨機相位旋轉集合。在一些態樣中，**M** 個第一相位旋轉集合可以是基於 **LFSR** 的假性隨機輸出來產生的。在方塊 1306 中，過程 1300 可以繼續進

行如下操作：在 M 個空間串流之上向接收設備傳輸包括 LTF 的 $PPDU$ 。

【0138】 圖 13 B 圖示說明根據一些實現方式的支援安全 LTF 的用於無線通訊的示例性過程 1310 的流程圖。在一些實現方式中，過程 1310 可以由作為 AP （諸如分別為圖 1 和圖 6 的 AP 102 或 AP 602 中的一者）或在 AP 內操作的無線通訊設備來執行。在另一些實現方式中，過程 1310 可以由作為 STA （諸如分別為圖 1 和圖 6 的 STA 104 或 STA 604 中的一者）或在 STA 內操作的無線通訊設備來執行。

【0139】 參照例如圖 13 A，在方塊 1311 中，過程 1310 可以在過程 1300 的方塊 1304 中對第一調制符號的序列的映射之後並且在方塊 1306 中對 $PPDU$ 的傳輸之前開始。在方塊 1311 中，過程 1310 經由如下操作開始：選擇假性隨機位元序列的第二位元子集，其中第二位元子集不同於第一位元子集。在方塊 1312 中，過程 1310 繼續進行如下操作：將第二位元子集的值映射到表示 LTF 的第二 LTF 符號的第二調制符號的序列，其中第二調制符號之每一者第二調制符號是在 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的。在方塊 1313 中，過程 1310 繼續進行如下操作：將第二調制符號的序列映射到 M 個空間串流。在方塊 1314 中，過程 1310 繼續進行如下操作：將 M 個假性隨機相位旋轉集合分別地應用於映射到 M 個空間串流的第二調制符號的序列。

【0140】 圖 1 3 C 圖示說明根據一些實現方式的用於支援安全 L T F 的無線通訊的示例性過程 1 3 2 0 的流程圖。在一些實現方式中，過程 1 3 2 0 可以由作為 A P（諸如分別為圖 1 和圖 6 的 A P 1 0 2 或 A P 6 0 2 中的一者）或在 A P 內操作的無線通訊設備來執行。在另一些實現方式中，過程 1 3 2 0 可以由作為 S T A（諸如分別為圖 1 和圖 6 的 S T A 1 0 4 或 S T A 6 0 4 中的一者）或在 S T A 內操作的無線通訊設備來執行。

【0141】 參照例如圖 1 3 A，在方塊 1 3 2 1 中，過程 1 3 2 0 可以在過程 1 3 0 0 的方塊 1 3 0 4 中對第一調制符號的序列的映射之後並且在方塊 1 3 0 6 中對 P P D U 的傳輸之前開始。在方塊 1 3 2 1 中，過程 1 3 2 0 經由如下操作開始：將第一位元子集的值映射到表示 L T F 的第二 L T F 符號的第二調制符號的序列，其中第二調制符號之每一者第二調制符號是在 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的。在方塊 1 3 2 2 中，過程 1 3 2 0 繼續進行如下操作：將第二調制符號的序列映射到 M 個空間串流。在方塊 1 3 2 3 中，過程 1 3 2 0 繼續進行如下操作：將 M 個第二相位旋轉集合分別地應用於被映射到 M 個空間串流的第二調制符號的序列，其中 M 個第二相位旋轉集合之每一者集合不同於剩餘的 M - 1 個第二相位旋轉集合並且不同於 M 個第一相位旋轉集合。

【0142】 圖 1 4 A 圖示說明根據一些實現方式的用於支援安全 L T F 的無線通訊的示例性過程 1 4 0 0 的流程圖。在一些實現方式中，過程 1 4 0 0 可以由作為 A P（諸如分別為圖 1 和圖 6 的 A P 1 0 2 或 A P 6 0 2 中的一者）或在 A P 內操作的無線通

訊設備來執行。在另一些實現方式中，過程1400可以由作為STA（諸如分別為圖1和圖6的STA 104或STA 604中的一者）或在STA內操作的無線通訊設備來執行。

【0143】 在一些實現方式中，在方塊1401中，過程1400開始於產生假性隨機位元序列。在一些實現方式中，假性隨機位元序列可以是在無線通訊設備的PHY層中產生的。在一些實現方式中，假性隨機位元序列可以是基於AES區塊密碼的輸出來產生的。在一些態樣中，假性隨機位元序列可以是經由如下操作來產生的：在無線通訊設備的MAC層中產生安全位元集合；及基於來自MAC層的安全位元集合來在無線通訊設備的PHY層中初始化AES區塊密碼區塊。

【0144】 在方塊1402中，過程1400繼續進行如下操作：在無線通道之上從傳輸設備接收PPDU。在方塊1403中，過程1400繼續進行如下操作：從所接收的PPDU的LTF中恢復第一調制符號的序列，其中第一調制符號的序列表示LTF的第一LTF符號。在一些實現方式中，PPDU可以是在一數量(M)的空間串流上接收的，以及用於在方塊1403中恢復第一調制符號的序列的操作可以包括：在方塊1404中，將M個第一相位旋轉集合分別地應用於M個空間串流，其中M個第一相位旋轉集合之每一者集合不同於剩餘的M-1個第一相位旋轉集合。在一些態樣中，M個第一相位旋轉集合可以是基於LFSR的假性隨機輸出來產生的。

【0145】 在方塊 1405 中，過程 1400 繼續進行如下操作：從與 LTF 相關聯的一數量（N）的次載波中的各自的一個次載波中對第一調制符號之每一者第一調制符號進行解調，其中對第一調制符號進行的解調產生表示第一 LTF 符號的第一位元子集。在一些實現方式中，第一調制符號之每一者第一調制符號可以是根據 QAM 方案來進行解調的。在一些態樣中，第一調制符號之每一者第一調制符號可以是 64-QAM 符號。在方塊 1406 中，過程 1400 繼續進行如下操作：基於第一位元子集和假性隨機位元序列來估計無線通道。

【0146】 圖 14B 圖示說明根據一些實現方式的用於支援安全 LTF 的無線通訊的示例性過程 1410 的流程圖。在一些實現方式中，過程 1410 可以由作為 AP（諸如分別為圖 1 和圖 6 的 AP 102 或 AP 602 中的一者）或在 AP 內操作的無線通訊設備來執行。在另一些實現方式中，過程 1410 可以由作為 STA（諸如分別為圖 1 和圖 6 的 STA 104 或 STA 604 中的一者）或在 STA 內操作的無線通訊設備來執行。

【0147】 參照例如圖 14A，在方塊 1411 中，過程 1410 可以在過程 1400 的方塊 1405 中對第一調制符號進行的解調之後並且在方塊 1406 中對無線通道的估計之前開始。在方塊 1411 中，過程 1410 經由如下操作開始：從所接收的 PPDU 的 LTF 中恢復第二調制符號的序列，其中第二調制符號的序列表示 LTF 的第二 LTF 符號。在方塊 1412 中，過程 1410 繼續進行如下操作：從 N 個次載波中的各自的一個

次載波中對第二調制符號之每一者第二調制符號進行解調，其中對第二調制符號進行的解調產生表示第二LTF符號的第二位元子集，並且其中無線通道估計是基於第一位元子集、第二位元子集以及假性隨機位元序列。

【0148】 在一些實現方式中，可以經由將M個第一相位旋轉集合分別地應用於M個空間串流來恢復第二調制符號的序列。在另一些實現方式中，可以經由將M個第一相位旋轉集合分別地應用於M個空間串流來恢復第二調制符號的序列，其中M個第一相位旋轉集合之每一者集合不同於剩餘的M-1個第一相位旋轉集合。

【0149】 圖15圖示根據一些實現方式的示例性無線通訊設備1500的方塊圖。在一些實現方式中，無線通訊設備1500被配置為執行上文分別地參照圖13A和圖13B描述的過程1300或過程1310中的任何一者。在一些實現方式中，無線通訊設備1500可以是上文參照圖5描述的無線通訊設備500的示例性實現方式。例如，無線通訊設備1500可以是包括至少一個處理器和至少一個數據機（例如，Wi-Fi（IEEE 802.11）數據機或蜂巢數據機）的晶片、SoC、晶片集、封裝或設備。

【0150】 無線通訊設備1500包括接收元件1510、通訊管理器1520和傳輸元件1530。傳輸元件可以進一步包括假性隨機產生器元件1522、LTF序列選擇元件1524、LTF符號映射元件1526。元件1522-1526中的一或多個元件中的一部分可以是至少部分地在硬體或韌體中實現的。在

一些實現方式中，元件1522、元件1524或元件1526中的至少一些元件是至少部分地實現為儲存在記憶體（諸如記憶體508）中的軟體的。例如，元件1522、元件1524和元件1526中的一或多個元件中的一部分可以是實現為能由處理器（諸如處理器506）執行的非暫時性指令（或「代碼」），以執行各自的元件的功能或操作。

【0151】 接收元件1510被配置為從另一無線通訊設備接收RX信號。在一些實現方式中，RX信號可以包括回應於由無線通訊設備1500傳輸的一或多個PPDU的回饋。通訊管理器1520被配置為產生要與PPDU一起傳輸的安全LTF。在一些實現方式中，假性隨機產生器元件1522可以產生假性隨機位元序列；LTF序列選擇元件1524可以基於與PPDU的LTF相關聯的一數量（N）的次載波來選擇假性隨機位元序列的位元子集，其中位元子集中的位元數量大於N；及LTF符號映射元件1526可以將位元子集的值映射到表示LTF的LTF符號的調制符號的序列，其中調制符號之每一者調制符號是在N個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的。傳輸元件1530被配置為向接收設備傳輸包括LTF的PPDU。例如，PPDU可以是作為TX信號傳輸給另一無線通訊設備的。

【0152】 圖16圖示根據一些實現方式的示例性無線通訊設備1600的方塊圖。在一些實現方式中，無線通訊設備1600被配置為執行上文分別參照圖14A和圖14B描述的過程1400或過程1410中的任何一者。在一些實現方式

中，無線通訊設備1600可以是上文參照圖5描述的無線通訊設備500的示例性實現方式。例如，無線通訊設備1600可以是包括至少一個處理器和至少一個數據機（例如，Wi-Fi（IEEE 802.11）數據機或蜂巢數據機）的晶片、SoC、晶片集、封裝或設備。

【0153】 無線通訊設備1600包括接收元件1610、通訊管理器1620和傳輸元件1630。傳輸元件可以進一步包括假性隨機產生器元件1622、LTF符號恢復元件1624、LTF序列解調元件1626和通道估計元件1628。元件1622-1628中的一或多個元件中的一部分可以是至少部分地在硬體或韌體中實現的。在一些實現方式中，元件1622、元件1624、元件1626或元件1628中的至少一些元件是至少部分地實現為儲存在記憶體（諸如記憶體508）中的軟體。例如，元件1622、元件1624、元件1626和元件1628中的一或多個元件中的一部分可以是實現為能由處理器（諸如處理器506）執行的非暫時性指令或代碼，以執行各自的元件的功能或操作。

【0154】 接收元件1610被配置為從另一無線通訊設備接收RX信號。在一些實現方式中，RX信號可以包括在無線通道之上接收的PPDU。通訊管理器1620被配置為偵測和驗證所接收的PPDU中的安全LTF。在一些實現方式中，假性隨機產生器元件1622可以產生假性隨機位元序列；LTF符號恢復元件1624可以從所接收的PPDU的LTF中恢復調制符號的序列，其中調制符號的序列表示PPDU的

LTF的LTF符號；及LTF序列解調元件1626可以從與LTF相關聯的一數量（N）的次載波中的各自的一個次載波中對調制符號之每一者調制符號進行解調，其中對第一調制符號進行的解調產生表示第一LTF符號的第一位元子集；及通道估計元件1628可以基於第一位元子集和假性隨機位元序列來估計無線通道。傳輸元件1630被配置為向另一無線通訊設備傳輸TX信號。在一些實現方式中，TX信號可以包括至少部分地基於由位元模式比較元件1628執行的比較的回饋。

【0155】 實現方式實例是在以下編號的條款中描述的：

1、一種用於由無線通訊設備進行的無線通訊的方法，包括以下步驟：

產生假性隨機位元序列；

基於與實體（PHY）層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）的長訓練欄位（LTF）相關聯的一數量（N）的次載波來選擇該假性隨機位元序列的第一位元子集，該第一位元子集中的位元的數量大於N；

將該第一位元子集的值映射到表示該LTF的第一LTF符號的第一調制符號的序列，該等第一調制符號之每一者第一調制符號是在該N個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；及

向接收設備傳輸該PPDU，該PPDU包括該LTF。

2、根據條款1之方法，其中該假性隨機位元序列是在該無線通訊設備的PHY層中產生的。

3、根據條款1或條款2中的任何條款之方法，其中該假性隨機位元序列是基於改進的加密標準（A E S）區塊密碼的輸出來產生的。

4、根據條款1-3中的任何條款之方法，其中對該假性隨機位元序列的該產生包括：

在該無線通訊設備的媒體存取控制（M A C）層中產生安全位元集合；及

基於來自該M A C層的該安全位元集合來在該無線通訊設備的該P H Y層中初始化該區塊密碼。

5、根據條款1-4中的任何條款之方法，其中對該第一位元子集的該等值到該第一調制符號的序列的該映射是根據正交幅度調制（Q A M）方案來執行的。

6、根據條款1-5中的任何條款之方法，其中該等第一調制符號之每一者第一調制符號是64-Q A M符號。

7、根據條款1-6中的任何條款之方法，其中該第一位元子集是從該假性隨機位元序列中的不包括任何重複的一部分中選擇的。

8、根據條款1-7中的任何條款之方法，亦包括以下步驟：
將該第一調制符號的序列映射到一數量（M）的空間串流；
及

將M個第一相位旋轉集合分別地應用於被映射到該M個空間串流的該第一調制符號的序列，該M個第一相位旋轉集合之每一者集合是不同於剩餘的M-1個第一相位旋轉集合的。

9、根據條款 1 - 8 中的任何條款之方法，亦包括以下步驟：
基於線性回饋移位暫存器（LFSR）的假性隨機輸出來產生該 M 個第一相位旋轉集合。

10、根據條款 1 - 9 中的任何條款之方法，亦包括以下步驟：
選擇該假性隨機位元序列的第二位元子集，該第二位元子集不同於該第一位元子集；

將該第二位元子集的值映射到表示該 LTF 的第二 LTF 符號的第二調制符號的序列，該等第二調制符號之每一者第二調制符號是在該 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；

將該第二調制符號的序列映射到該 M 個空間串流；及

將該 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於被映射到該 M 個空間串流的該第二調制符號的序列。

11、根據條款 1 - 10 中的任何條款之方法，其中該第二位元子集是從該假性隨機位元序列中的不包括來自該第一子集的任何重複或位元的一部分中選擇的。

12、根據條款 1 - 9 中的任何條款之方法，亦包括以下步驟：
將該第一位元子集的該等值映射到表示該 LTF 的第二 LTF 符號的第二調制符號的序列，該等第二調制符號之每一者第二調制符號是在該 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；

將該第二調制符號的序列映射到該 M 個空間串流；及

將 M 個第二相位旋轉集合分別地應用於被映射到該 M 個空間串流的該第二調制符號的序列，該 M 個第二相位旋轉集

合之每一者集合不同於剩餘的 $M - 1$ 個第二相位旋轉集合並且不同於該 M 個第一相位旋轉集合。

13、一種無線通訊設備，包括：

至少一個數據機；

至少一個處理器，其與該至少一個數據機通訊地耦合；及

至少一個記憶體，其與該至少一個處理器通訊地耦合並且儲存處理器可讀取代碼，該處理器可讀取代碼在由該至少一個處理器與該至少一個數據機協力執行時，被配置為執行根據條款 1 - 12 中的任何一或多個條款之方法。

14、一種用於由無線通訊設備進行的無線通訊的方法，該方法包括以下步驟：

產生假性隨機位元序列；

在無線通道之上從傳輸設備接收實體（PHY）層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）；

從所接收的 PPDU 的長訓練欄位（LTF）中恢復第一調制符號的序列，該第一調制符號的序列表示該 LTF 的第一 LTF 符號；

從與該 LTF 相關聯的一數量（N）的次載波中的各自的一個次載波中對該等第一調制符號之每一者第一調制符號進行解調，對該等第一調制符號進行的該解調產生表示該第一 LTF 符號的第一位元子集；及

基於該第一位元子集和該假性隨機位元序列來估計該無線通道。

15、根據條款14之方法，其中該假性隨機位元序列是在該無線通訊設備的PHY層中產生的。

16、根據條款14或條款15中的任何條款之方法，其中該假性隨機位元序列是基於改進的加密標準（AES）區塊密碼的輸出來產生的。

17、根據條款14-16中的任何條款之方法，其中對該假性隨機位元序列的該產生包括：

在該無線通訊設備的媒體存取控制（MAC）層中產生安全位元集合；及

基於來自該MAC層的該安全位元集合來在該無線通訊設備的該PHY層中初始化該AES區塊密碼區塊。

18、根據條款14-17中的任何條款之方法，其中該等第一調制符號之每一者第一調制符號是根據正交幅度調制（QAM）方案來進行解調的。

19、根據條款14-18中的任何條款之方法，其中該等第一調制符號之每一者第一調制符號是64-QAM符號。

20、根據條款14-19中的任何條款之方法，其中該PPDU是在一數量（M）的空間串流上接收的，對該第一調制符號的序列的該恢復包括：

將M個第一相位旋轉集合分別地應用於該M個空間串流，該M個第一相位旋轉集合之每一者集合不同於剩餘的M-1個第一相位旋轉集合。

21、根據條款14-20中的任何條款之方法，亦包括以下步驟：

基於線性回饋移位暫存器 (L F S R) 的假性隨機輸出來產生該 M 個第一相位旋轉集合。

2 2 、 根據條款 1 4 - 2 1 中的任何條款之方法，亦包括以下步驟：

從所接收的 P P D U 的該 L T F 中恢復第二調制符號的序列，該第二調制符號的序列表示該 L T F 的第二 L T F 符號；及從該 N 個次載波中的各自的一個次載波中對該等第二調制符號之每一者第二調制符號進行解調，對該等第二調制符號進行的該解調產生表示該第二 L T F 符號的第二位元子集，無線通道估計是基於該第一位元子集、該第二位元子集以及該假性隨機位元序列。

2 3 、 根據條款 1 4 - 2 2 中的任何條款之方法，其中對該第二調制符號的序列的該恢復包括：

將該 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於該 M 個空間串流。

2 4 、 根據條款 1 4 - 2 2 中的任何條款之方法，其中對該第二調制符號的序列的該恢復包括：

將 M 個第二相位旋轉集合分別地應用於該 M 個空間串流，該 M 個第二相位旋轉集合之每一者集合不同於剩餘的 $M - 1$ 個第二相位旋轉集合並且不同於該 M 個第一相位旋轉集合。

2 5 、 一種無線通訊設備，包括：

至少一個數據機；

至少一個處理器，其與該至少一個數據機通訊地耦合；及

至少一個記憶體，其與該至少一個處理器通訊地耦合並且儲存處理器可讀取代碼，該處理器可讀取代碼在由該至少

一個處理器與該至少一個數據機協力執行時，被配置為執行根據條款 14 - 24 中的任何一或多個條款之方法。

【0156】 如本文所使用的，稱為條目列表「中的至少一個」或「中的一或多個」的短語指的是該等條目的任何組合，包括單個成員。例如，「a、b或c中的至少一個」意欲覆蓋如下的可能性：僅a、僅b、僅c、a和b的組合、a和c的組合、b和c的組合以及a和b和c的組合。

【0157】 結合本文所揭示的實現方式所描述的各種說明性元件、邏輯、邏輯方塊、模組、電路、操作和演算法過程可以實現為電子硬體、韌體、軟體，或硬體、韌體或軟體的組合，包括本說明書中揭示的結構及其結構均等物。硬體、韌體和軟體的可互換性已經從功能態樣進行了通常地描述，以及在上文所描述的各種說明性元件、方塊、模組、電路和過程中圖示。此種功能是在硬體、韌體還是軟體中實現，取決於對整體系統施加的特定應用和設計約束。

【0158】 對本案內容中描述的實現方式的各種修改對一般技術者而言可以是顯而易見的，以及在不背離本案內容的精神或範疇的情況下，本文所定義的通用原理可以應用於其他實現方式。因此，本請求項不意欲受限於本文中展示的實現方式，而是符合與本文所揭示的本案內容、原理和新穎性特徵相一致的最廣的範疇。

【0159】 另外地，本說明書在單獨的實現方式的上下文中描述的各種特徵亦可以是在單個實現方式中組合地實現的。相反地，在單個實現方式的上下文中描述的各種特徵

亦可以是在多個實現方式中單獨地實現的，或者是在任何合適的子組合中實現的。照此，儘管特徵可以在上文中描述為在特定組合中起作用，以及甚至最初聲明為如此，但是在一些情況下，可以從該組合中移除來自所主張保護的組合中的一或多個特徵，以及所主張保護的組合可以針對子組合或子組合的變體。

【0160】 類似地，儘管操作是在附圖中以特定的順序來圖示的，但是此舉不應當理解為要求以所圖示的特定順序或以連續的順序來執行此種操作，或者不應當理解為要求執行所有圖示的操作以實現合意的結果。進一步地，附圖可以以流程圖或流程示意圖的形式來示意性地圖示一或多個示例性過程。然而，未圖示的其他操作可以併入示意性地圖示的示例性過程中。例如，可以在圖示的操作中的任何操作之前、之後、同時或之間執行一或多個另外的操作。在一些情況下，多工處理和並行處理可能是有利的。此外，不應當將對上文所描述的實現方式中的各種系統元件的分離理解為在所有實現方式中皆要求此種分離，以及應當理解的是，所描述的程式元件和系統通常可以與單個軟體產品整合在一起或封裝為多個軟體產品。

【符號說明】

【0161】

1 0 0 : 無線通訊網路

1 0 2 : 存取點 (A P)

1 0 4 : 站 (S T A)

1 0 6 : 通 訊 鏈 路

1 0 8 : 覆 蓋 區 域

1 1 0 : 直 接 無 線 鏈 路

2 0 0 : 協 定 資 料 單 元 (P D U)

2 0 2 : P H Y 前 序 信 號

2 0 4 : P H Y 有 效 負 荷

2 0 6 : 舊 有 短 訓 練 欄 位 (L - S T F)

2 0 8 : 舊 有 長 訓 練 欄 位 (L - L T F)

2 1 0 : 舊 有 信 號 欄 位 (L - S I G)

2 1 2 : 非 舊 有 欄 位

2 1 4 : 資 料 欄 位 (D A T A)

2 2 2 : 資 料 速 率 欄 位

2 2 4 : 保 留 位 元

2 2 6 : 長 度 欄 位

2 2 8 : 同 位 位 元

2 3 0 : 尾 部 欄 位

3 0 0 : P P D U

3 0 2 : 舊 有 部 分

3 0 4 : 非 舊 有 部 分

3 0 6 : P H Y 有 效 負 荷

3 0 8 : L - S T F

3 1 0 : L - L T F

3 1 2 : L - S I G

3 1 4 : L - S I G (R L - S I G)

3 1 6 : 第 一 H E 信 號 欄 位 (H E - S I G - A)

3 1 8 : 第 二 H E 信 號 欄 位 (H E - S I G - B)

3 2 0 : H E 短 訓 練 欄 位 (H E - S T F)

3 2 2 : H E 長 訓 練 欄 位 (H E - L T F)

3 2 4 : 資 料 欄 位

3 5 0 : P P D U

3 5 2 : 舊 有 部 分

3 5 4 : 非 舊 有 部 分

3 5 6 : P H Y 有 效 負 荷

3 5 8 : L - S T F

3 6 0 : L - L T F

3 6 2 : L - S I G

3 6 4 : R L - S I G

3 6 6 : U - S I G

3 6 8 : E H T - S I G

3 7 0 : E H T - S T F

3 7 2 : E H T - L T F

3 7 4 : 資 料 欄 位

4 0 0 : P P D U

4 0 2 : P H Y 前 序 信 號

4 0 4 : P S D U

4 0 6 : 聚 合 的 M P D U (A - M P D U)

4 0 8 : A - M P D U 子 訊 框

4 1 0 : M P D U 訊 框

4 1 2 : M A C 定 界 符

4 1 4 : M A C 標 頭

4 1 6 : M P D U

4 1 8 : 訊 框 檢 查 序 列 (F C S) 欄 位

4 2 0 : 填 充 位 元

4 2 2 : 聚 合 的 M S D U (A - M S D U)

4 2 4 : A - M S D U 子 訊 框

4 2 6 : M A C 服 務 資 料 單 元 (M S D U)

4 2 8 : 子 訊 框 標 頭

4 3 0 : M S D U

4 3 2 : 填 充 位 元

5 0 0 : 無 線 通 訊 設 備

5 0 2 : 數 據 機

5 0 4 : 無 線 電 單 元

5 0 6 : 處 理 器

5 0 8 : 記 憶 體

6 0 2 : A P

6 0 4 : S T A

6 1 0 : 無 線 通 訊 設 備

6 1 5 : 無 線 通 訊 設 備

6 2 0 : 天 線

6 2 5 : 天 線

6 3 0 : 應 用 處 理 器

6 3 5 : 應 用 處 理 器

6 4 0 : 記 憶 體

6 4 5 : 記 憶 體

6 5 0 : 外 部 網 路 介 面

6 5 5 : 使 用 者 介 面 (U I)

6 6 5 : 顯 示 器

6 7 5 : 感 測 器

7 0 0 : 測 距 操 作

7 0 2 a : 第 一 無 線 設 備

7 0 2 b : 第 二 無 線 設 備

7 0 4 : F T M 範 圍 請 求 訊 框

7 0 6 : 第 一 A C K

7 0 8 : 第 一 F T M 訊 框

7 1 0 : 第 一 A C K

7 1 2 : 第 二 F T M 訊 框

7 1 4 : 第 二 A C K

7 1 6 : 第 三 F T M 訊 框

7 1 8 : 第 三 A C K

7 2 0 : 第 四 F T M 訊 框

7 2 2 : 第 四 A C K

7 2 4 : 範 圍 報 告

8 0 0 : L T F 序 列

8 0 1 : 開 始 部 分

8 0 2 : 尾 部 部 分

8 1 0 : L T F 符 號

- 9 0 0 A : 第 一 部 分
- 9 0 0 B : 第 二 部 分
- 9 0 1 : 安 全 位 元
- 9 0 2 : 假 性 隨 機 位 元 序 列
- 9 0 4 : L T F 位 元 模 式
- 9 0 5 (1) : Q A M 符 號
- 9 0 5 (2) : P S K 符 號
- 9 0 6 : L T F 序 列
- 9 0 8 : L T F 序 列
- 9 0 8 ' : L T F 序 列
- 9 1 0 : 假 性 隨 機 產 生 器
- 9 1 2 : 經 旋 轉 的 L T F 序 列
- 9 1 2 ' : 經 重 新 映 射 的 L T F 序 列
- 9 1 4 : L T F 符 號
- 9 2 0 : 假 性 隨 機 位 元 序 列
- 9 3 0 : 調 制 器
- 9 3 2 : Q A M 調 制 器
- 9 3 4 : P S K 調 制 器
- 9 4 0 : 空 間 串 流 映 射 器
- 9 5 0 : I C I 注 入 器
- 9 6 0 : 非 循 環 (N C) 相 位 旋 轉 器
- 9 7 0 : 空 間 串 流 重 映 射 器
- 9 8 0 (1) : M 離 散 傅 裡 葉 逆 變 換 (I D F T)
- 9 8 0 (M) : M 離 散 傅 裡 葉 逆 變 換 (I D F T)

- 990: 傳輸器
- 1000: LTF 序列
- 1002: 中心頻寬
- 1004: 非零次載波
- 1010: LTF 序列
- 1100: 相位斜坡
- 1110: 相位斜坡
- 1200A: 第一部分
- 1200B: 第二部分
- 1201: 安全位元
- 1202: LTF 符號
- 1204: LTF 序列
- 1204': LTF 序列
- 1206: LTF 序列
- 1206': 經ICI調整的LTF序列
- 1208: 經解映射的LTF序列
- 1209: 第一位元子集
- 1210: 接收器 (RX)
- 1211: 第二位元子集
- 1212: LTF 位元模式
- 1214: 假性隨機位元序列
- 1216: 比較結果
- 1220(1): 離散傅裡葉變換 (DFT)
- 1220(M): 離散傅裡葉變換 (DFT)

1 2 3 0 : 空 間 串 流 解 映 射 器

1 2 4 0 : 非 循 環 相 位 旋 轉 器

1 2 5 0 : 載 波 間 干 擾 (I C I) 減 法 器

1 2 6 0 : 空 間 串 流 (S S) 解 映 射 器

1 2 7 0 : 解 調 器

1 2 7 2 : Q A M 解 調 器

1 2 7 4 : P S K 解 調 器

1 2 8 0 : L T F 序 列 比 較 器

1 2 9 0 : 假 性 隨 機 產 生 器

1 3 0 0 : 過 程

1 3 0 1 : 方 塊

1 3 0 2 : 方 塊

1 3 0 3 : 方 塊

1 3 0 4 : 方 塊

1 3 0 5 : 方 塊

1 3 0 6 : 方 塊

1 3 1 0 : 過 程

1 3 1 1 : 方 塊

1 3 1 2 : 方 塊

1 3 1 3 : 方 塊

1 3 1 4 : 方 塊

1 3 2 0 : 過 程

1 3 2 1 : 方 塊

1 3 2 2 : 方 塊

1 3 2 3 : 方 塊

1 4 0 0 : 過 程

1 4 0 1 : 方 塊

1 4 0 2 : 方 塊

1 4 0 3 : 方 塊

1 4 0 4 : 方 塊

1 4 0 5 : 方 塊

1 4 0 6 : 方 塊

1 4 1 0 : 過 程

1 4 1 1 : 方 塊

1 4 1 2 : 方 塊

1 5 0 0 : 無 線 通 訊 設 備

1 5 1 0 : 接 收 元 件

1 5 2 0 : 通 訊 管 理 器

1 5 2 2 : 假 性 隨 機 產 生 器 元 件

1 5 2 4 : L T F 序 列 選 擇 元 件

1 5 2 6 : L T F 符 號 映 射 元 件

1 5 3 0 : 傳 輸 元 件

1 6 0 0 : 無 線 通 訊 設 備

1 6 1 0 : 接 收 元 件

1 6 2 0 : 通 訊 管 理 器

1 6 2 2 : 假 性 隨 機 產 生 器 元 件

1 6 2 4 : L T F 符 號 恢 復 元 件

1 6 2 6 : L T F 序 列 解 調 元 件

1 6 2 8 : 通 道 估 計 元 件

1 6 3 0 : 傳 輸 元 件

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種用於由一無線通訊設備進行的無線通訊的方法，該方法包括以下步驟：

產生一假性隨機位元序列；

基於與一實體（PHY）層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）的一長訓練欄位（LTF）相關聯的一數量（N）的次載波來選擇該假性隨機位元序列的一第一位元子集，該第一位元子集中的位元的一數量大於N；

將該第一位元子集的值映射到表示該LTF的一第一LTF符號的第一調制符號的一序列，該等第一調制符號之每一者第一調制符號是在該N個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；及

向一接收設備傳輸該PPDU，該PPDU包括該LTF。

【請求項2】 根據請求項1之方法，其中該假性隨機位元序列是在該無線通訊設備的一PHY層中產生的。

【請求項3】 根據請求項1之方法，其中該假性隨機位元序列是基於一改進的加密標準（AES）區塊密碼的一輸出來產生的。

【請求項4】 根據請求項3之方法，其中對該假性隨機位元序列的該產生之步驟包括以下步驟：

在該無線通訊設備的一媒體存取控制（MAC）層中產生一安全位元集合；及

基於來自該MAC層的該安全位元集合來在該無線通

訊設備的該 PHY 層中初始化該區塊密碼。

【請求項 5】 根據請求項 1 之方法，其中對該第一位元子集的該等值到該第一調制符號的序列的該映射是根據一正交幅度調制（QAM）方案來執行的。

【請求項 6】 根據請求項 5 之方法，其中該等第一調制符號之每一者第一調制符號是一 64-QAM 符號。

【請求項 7】 根據請求項 1 之方法，其中該第一位元子集是從該假性隨機位元序列中的不包括任何重複的一部分中選擇的。

【請求項 8】 根據請求項 1 之方法，亦包括以下步驟：

將該第一調制符號的序列映射到一數量（M）的空間串流；及

將 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於被映射到該 M 個空間串流的該第一調制符號的序列，該 M 個第一相位旋轉集合之每一者集合是不同於該剩餘的 M-1 個第一相位旋轉集合的。

【請求項 9】 根據請求項 8 之方法，亦包括以下步驟：

基於一線性回饋移位暫存器（LFSR）的一假性隨機輸出來產生該 M 個第一相位旋轉集合。

【請求項 10】 根據請求項 8 之方法，亦包括以下步驟：

選擇該假性隨機位元序列的一第二位元子集，該第二位元子集不同於該第一位元子集；

將該第二位元子集的值映射到表示該 LTF 的一第二 LTF 符號的第二調制符號的一序列，該等第二調制符號

之每一者第二調制符號是在該 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；

將該第二調制符號的序列映射到該 M 個空間串流；及
將該 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於被映射到該 M 個空間串流的該第二調制符號的序列。

【請求項 11】根據請求項 10 之方法，其中該第二位元子集是從該假性隨機位元序列中的不包括來自該第一子集的任何重複或位元的一部分中選擇的。

【請求項 12】根據請求項 8 之方法，亦包括以下步驟：

將該第一位元子集的該等值映射到表示該 LTF 的第二 LTF 符號的第二調制符號的一序列，該等第二調制符號之每一者第二調制符號是在該 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；

將該第二調制符號的序列映射到該 M 個空間串流；及
將 M 個第二相位旋轉集合分別地應用於被映射到該 M 個空間串流的該第二調制符號的序列，該 M 個第二相位旋轉集合之每一者集合不同於該剩餘的 $M-1$ 個第二相位旋轉集合並且不同於該 M 個第一相位旋轉集合。

【請求項 13】一種無線通訊設備，包括：

至少一個數據機；

至少一個處理器，其與該至少一個數據機通訊地耦合；
及

至少一個記憶體，其與該至少一個處理器通訊地耦合
並且儲存處理器可讀取代碼，該處理器可讀取代碼在由

該至少一個處理器與該至少一個數據機協力執行時，被配置為進行以下操作：

產生一假性隨機位元序列；

基於與一實體（PHY）層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）的一長訓練欄位（LTF）相關聯的一數量（N）的次載波來選擇該假性隨機位元序列的一第一位元子集，該第一位元子集中的一位元數量大於 N；

將該第一位元子集的值映射到表示該 LTF 的第一一 LTF 符號的第一調制符號的一序列，該等第一調制符號之每一者第一調制符號是在該 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；及

向一接收設備傳輸該 PPDU，該 PPDU 包括該 LTF。

【請求項 14】根據請求項 13 之無線通訊設備，其中對該第一位元子集的該等值到該第一調制符號的序列的該映射是根據一正交幅度調制（QAM）方案來執行的，該等第一調制符號之每一者第一調制符號是一 64-QAM 符號。

【請求項 15】根據請求項 13 之無線通訊設備，其中對該處理器可讀取代碼的執行亦被配置為進行以下操作：

將該第一調制符號的序列映射到一數量（M）的空間串流；及

將 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於被映射到該

M 個空間串流的該第一調制符號的序列，該 M 個第一相位旋轉集合之每一者集合不同於該剩餘的 $M - 1$ 個第一相位旋轉集合。

【請求項 16】根據請求項 15 之無線通訊設備，其中對該處理器可讀取代碼的執行亦被配置為進行以下操作：

選擇該假性隨機位元序列的一第二位元子集，該第二位元子集不同於該第一位元子集；

將該第二位元子集的值映射到表示該 LTF 的一第二 LTF 符號的第二調制符號的一序列，該等第二調制符號之每一者第二調制符號是在該 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；

將該第二調制符號的序列映射到該 M 個空間串流；及
將該 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於被映射到該 M 個空間串流的該第二調制符號的序列。

【請求項 17】根據請求項 15 之無線通訊設備，其中對該處理器可讀取代碼的執行亦被配置為進行以下操作：

將該第一位元子集的該等值映射到表示該 LTF 的一第二 LTF 符號的第二調制符號的一序列，該等第二調制符號之每一者第二調制符號是在該 N 個次載波中的各自的一個次載波上進行調制的；

將該第二調制符號的序列映射到該 M 個空間串流；及
將 M 個第二相位旋轉集合分別地應用於被映射到該 M 個空間串流的該第二調制符號的序列，該 M 個第二相位旋轉集合之每一者集合不同於該剩餘的 $M - 1$ 個第二

相位旋轉集合並且不同於該 M 個第一相位旋轉集合。

【請求項 18】一種用於由一無線通訊設備進行的無線通訊的方法，該方法包括以下步驟：

產生一假性隨機位元序列；

在一無線通道之上從一傳輸設備接收一實體（PHY）層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）；

從所接收的該 PPDU 的一長訓練欄位（LTF）中恢復第一調制符號的一序列，該第一調制符號的序列表示該 LTF 的一第一 LTF 符號；

從與該 LTF 相關聯的一數量（ N ）的次載波中的各自的一個次載波中對該等第一調制符號之每一者第一調制符號進行解調，對該等第一調制符號進行的該解調產生表示該第一 LTF 符號的一第一位元子集；及

基於該第一位元子集和該假性隨機位元序列來估計該無線通道。

【請求項 19】根據請求項 18 之方法，其中該假性隨機位元序列是在該無線通訊設備的一 PHY 層中產生的。

【請求項 20】根據請求項 18 之方法，其中該假性隨機位元序列是基於一改進的加密標準（AES）區塊密碼的一輸出來產生的。

【請求項 21】根據請求項 20 之方法，其中對該假性隨機位元序列的該產生之步驟包括以下步驟：

在該無線通訊設備的一媒體存取控制（MAC）層中產生一安全位元集合；及

基於來自該 M A C 層的該安全位元集合來在該無線通訊設備的該 P H Y 層中初始化該 A E S 區塊密碼區塊。

【請求項 2 2】根據請求項 1 8 之方法，其中該等第一調制符號之每一者第一調制符號是根據一正交幅度調制（Q A M）方案來進行解調的。

【請求項 2 3】根據請求項 2 2 之方法，其中該等第一調制符號之每一者第一調制符號是一 6 4 - Q A M 符號。

【請求項 2 4】根據請求項 1 8 之方法，其中該 P P D U 是在一數量（M）的空間串流上接收的，對該第一調制符號的序列的該恢復之步驟包括以下步驟：

將 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於該 M 個空間串流，該 M 個第一相位旋轉集合之每一者集合不同於該剩餘的 M - 1 個第一相位旋轉集合。

【請求項 2 5】根據請求項 2 4 之方法，亦包括以下步驟：

基於一線性回饋移位暫存器（L F S R）的一假性隨機輸出來產生該 M 個第一相位旋轉集合。

【請求項 2 6】根據請求項 2 4 之方法，亦包括以下步驟：

從所接收的該 P P D U 的該 L T F 中恢復第二調制符號的一序列，該第二調制符號的序列表示該 L T F 的一第二 L T F 符號；及

從該 N 個次載波中的各自的一個次載波中對該等第二調制符號之每一者第二調制符號進行解調，對該等第二調制符號進行的該解調產生表示該第二 L T F 符號的一第二位元子集，無線通道估計是基於該第一位元子集、

該第二位元子集以及該假性隨機位元序列的。

【請求項27】根據請求項26之方法，其中對該第二調制符號的序列的該恢復之步驟包括以下步驟：

將該M個第一相位旋轉集合分別地應用於該M個空間串流。

【請求項28】根據請求項26之方法，其中對該第二調制符號的序列的該恢復之步驟包括以下步驟：

將該M個第二相位旋轉集合分別地應用於該M個空間串流，該M個第二相位旋轉集合之每一者集合不同於該剩餘的M-1個第二相位旋轉集合並且不同於該M個第一相位旋轉集合。

【請求項29】一種無線通訊設備，包括：

至少一個數據機；

至少一個處理器，其與該至少一個數據機通訊地耦合；

及

至少一個記憶體，其與該至少一個處理器通訊地耦合並且儲存處理器可讀取代碼，該處理器可讀取代碼在由該至少一個處理器與該至少一個數據機協力執行時，被配置為進行以下操作：

產生一假性隨機位元序列；

在一無線通道之上從一傳輸設備接收一實體（PHY）

層彙聚協定（PLCP）協定資料單元（PPDU）；

從所接收的該PPDU的一長訓練欄位（LTF）中恢復第一調制符號的一序列，該第一調制符號的序列表

示該 LTF 的一第一 LTF 符號；

從與該 LTF 相關聯的一數量 (N) 的次載波中的各自的一個次載波中對該等第一調制符號之每一者第一調制符號進行解調，對該等第一調制符號進行的該解調產生表示該第一 LTF 符號的一第一位元子集；及

基於該第一位元子集和該假性隨機位元序列來估計該無線通道。

【請求項 30】根據請求項 29 之無線通訊設備，其中該等第一調制符號之每一者第一調制符號是根據一正交幅度調制 (QAM) 方案來進行解調的，該等第一調制符號之每一者第一調制符號是一 64-QAM 符號。

【請求項 31】根據請求項 29 之無線通訊設備，其中該 PPDU 是在一數量 (M) 的空間串流上接收的，對該第一調制符號的序列的該恢復包括：

將 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於該 M 個空間串流，該 M 個第一相位旋轉集合之每一者集合不同於該剩餘的 M-1 個第一相位旋轉集合。

【請求項 32】根據請求項 31 之無線通訊設備，其中對該處理器可讀取代碼的執行亦被配置為進行以下操作：

從所接收的該 PPDU 的該 LTF 中恢復第二調制符號的一序列，該第二調制符號的序列表示該 LTF 的一第二 LTF 符號；及

從該 N 個次載波中的各自的一個次載波中對該等第二調制符號之每一者第二調制符號進行解調，對該等第二

調制符號進行的該解調產生表示該第二 LTF 符號的第二位元子集，該無線通道估計是基於該第一位元子集、該第二位元子集以及該假性隨機位元序列。

【請求項 33】根據請求項 32 之無線通訊設備，其中對該第二調制符號的序列的該恢復包括：

將該 M 個第一相位旋轉集合分別地應用於該 M 個空間串流。

【請求項 34】根據請求項 32 之無線通訊設備，其中對該第二調制符號的序列的該恢復包括：

將該 M 個第二相位旋轉集合分別地應用於該 M 個空間串流，該 M 個第二相位旋轉集合之每一者集合不同於該剩餘的 $M-1$ 個第二相位旋轉集合並且不同於該 M 個第一相位旋轉集合。

【發明圖式】

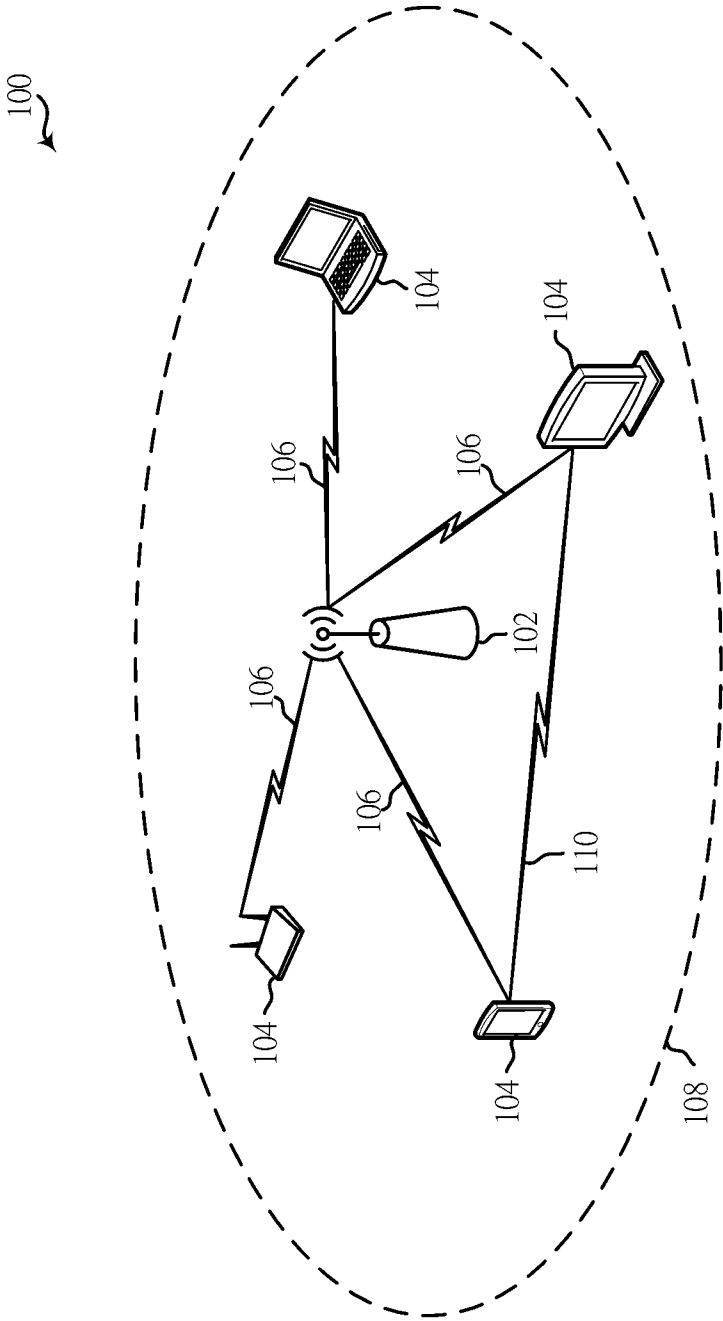


圖1

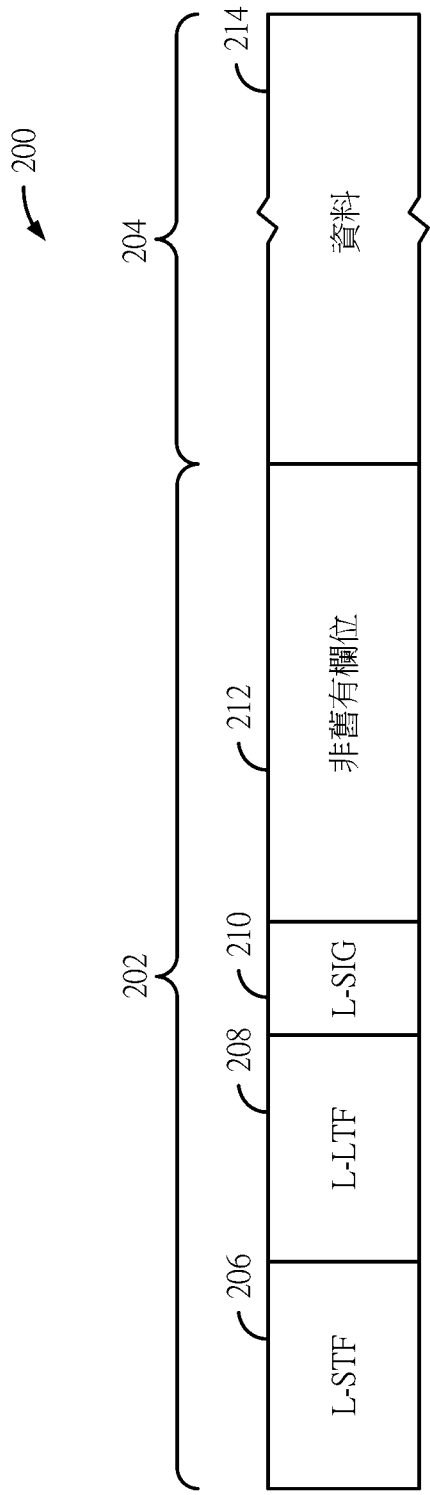


圖2A

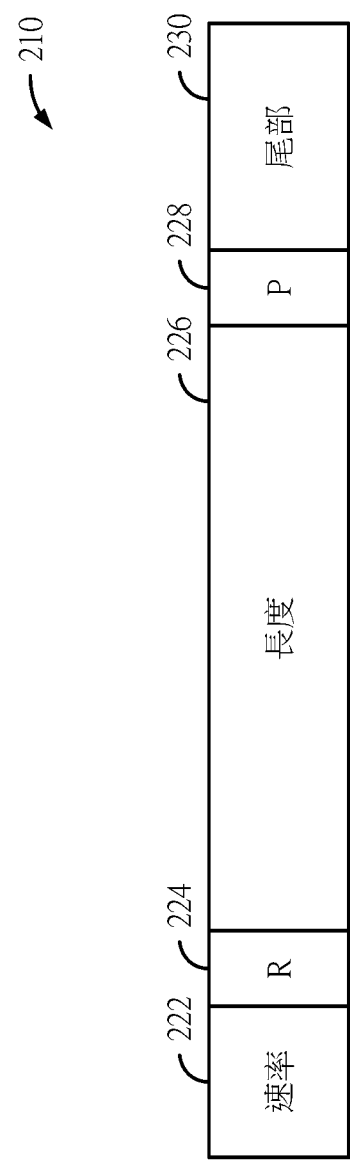


圖2B

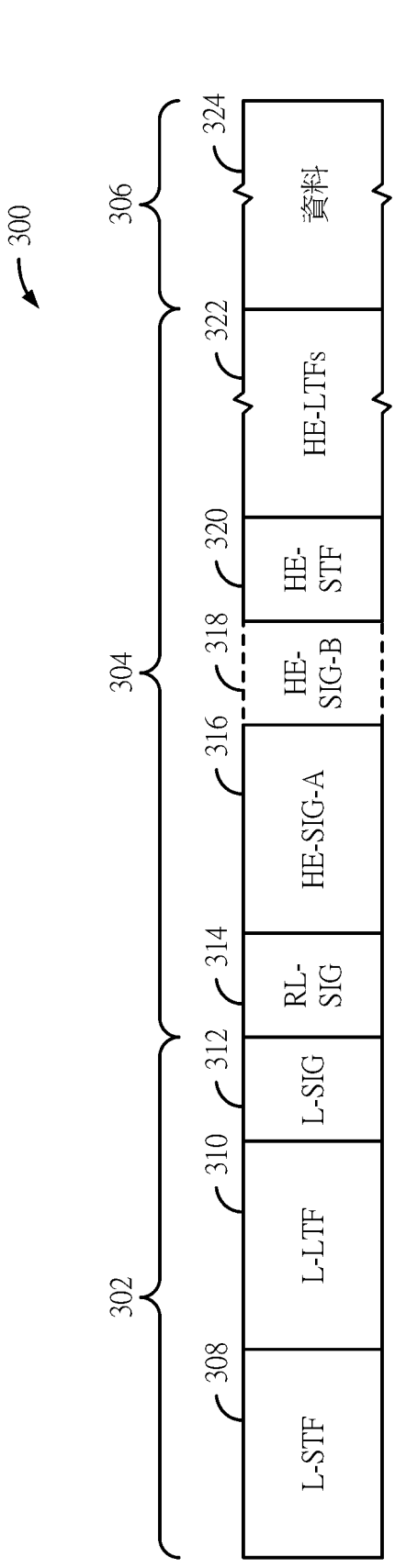


圖3A

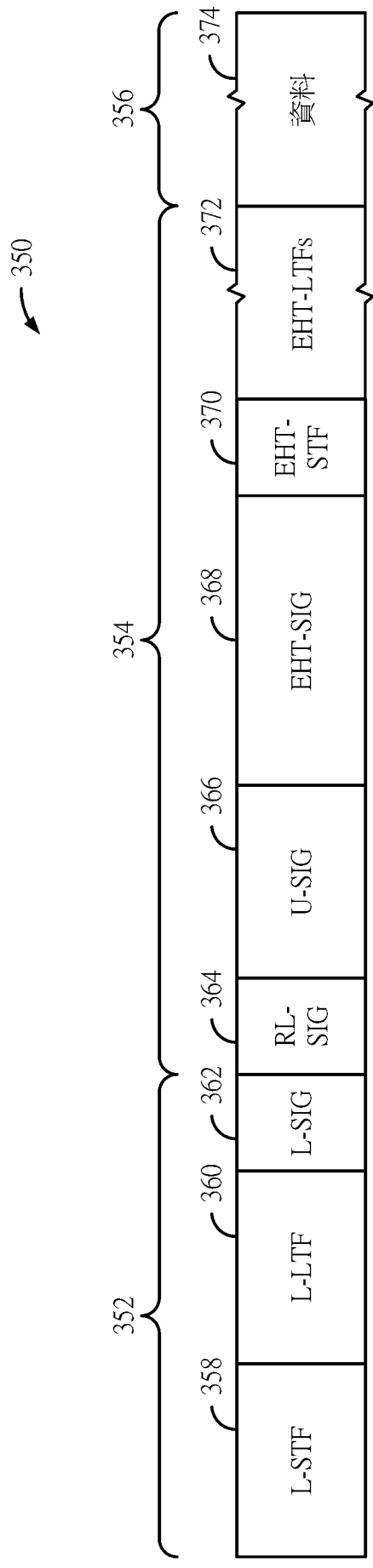


圖3B

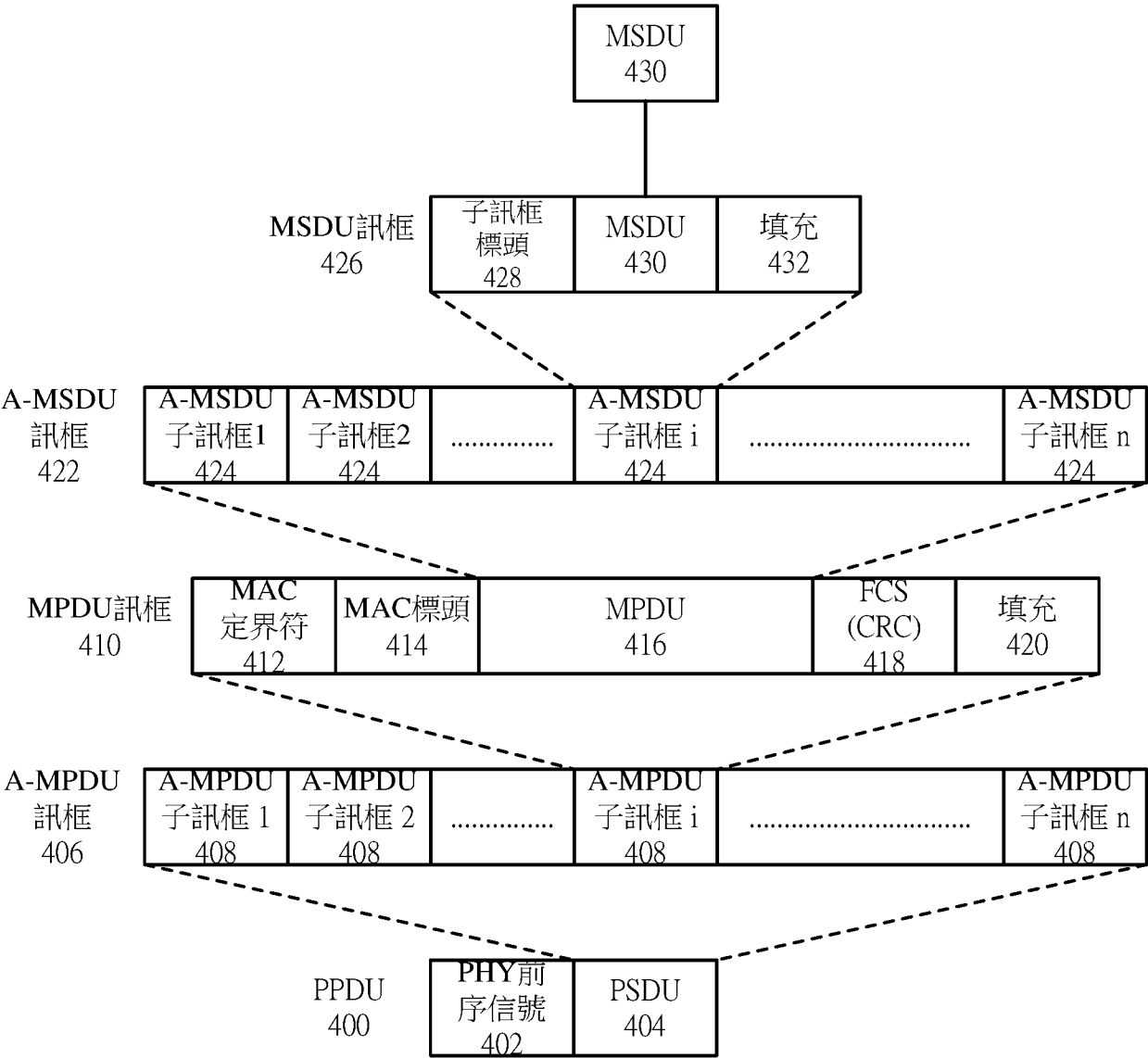


圖4

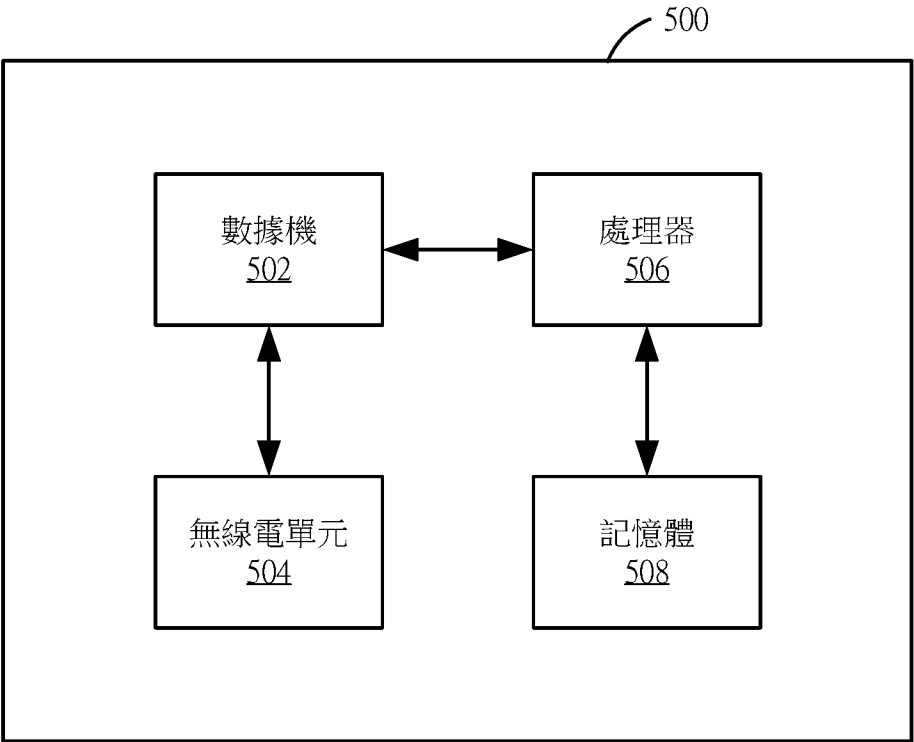


圖5

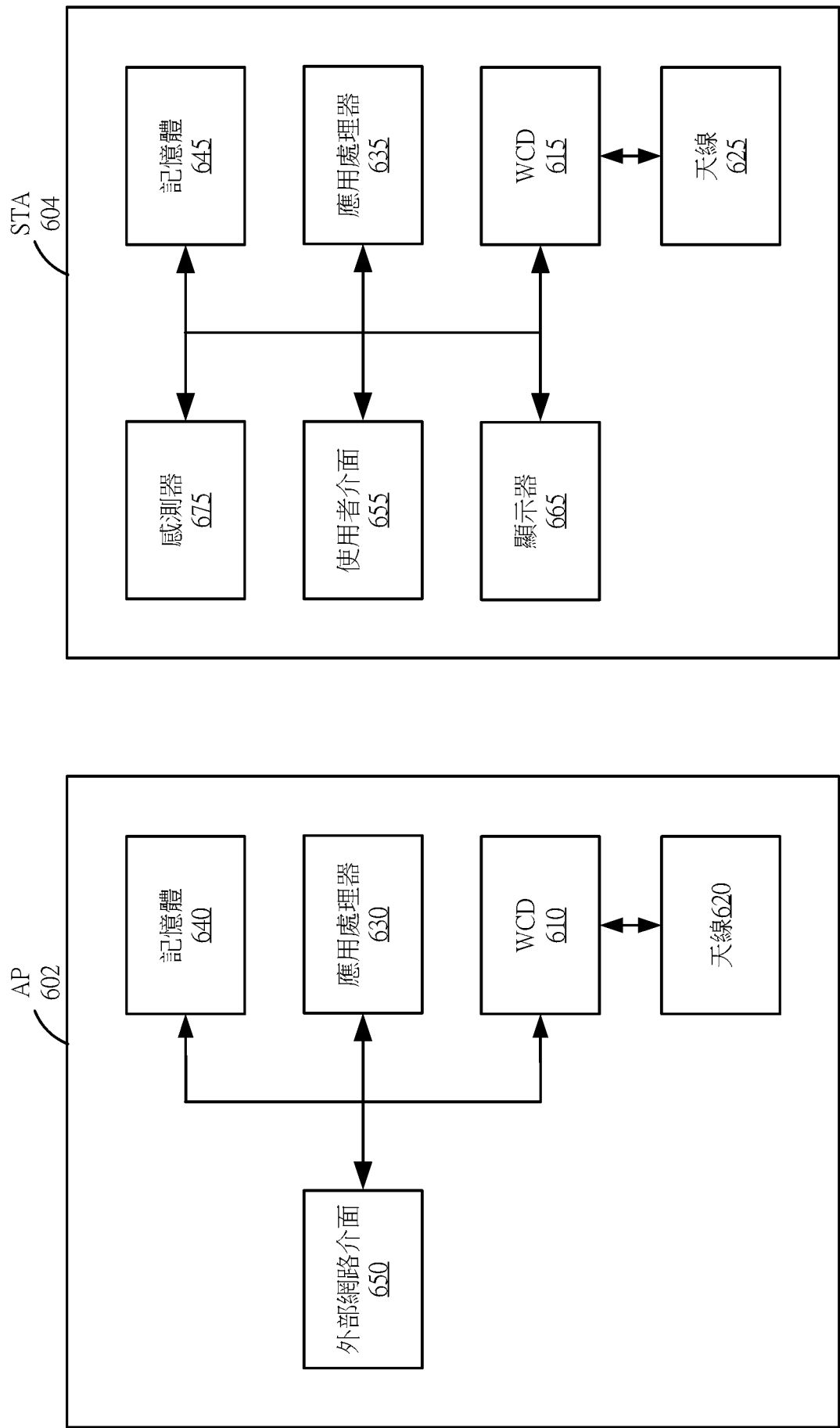


圖6B

圖6A

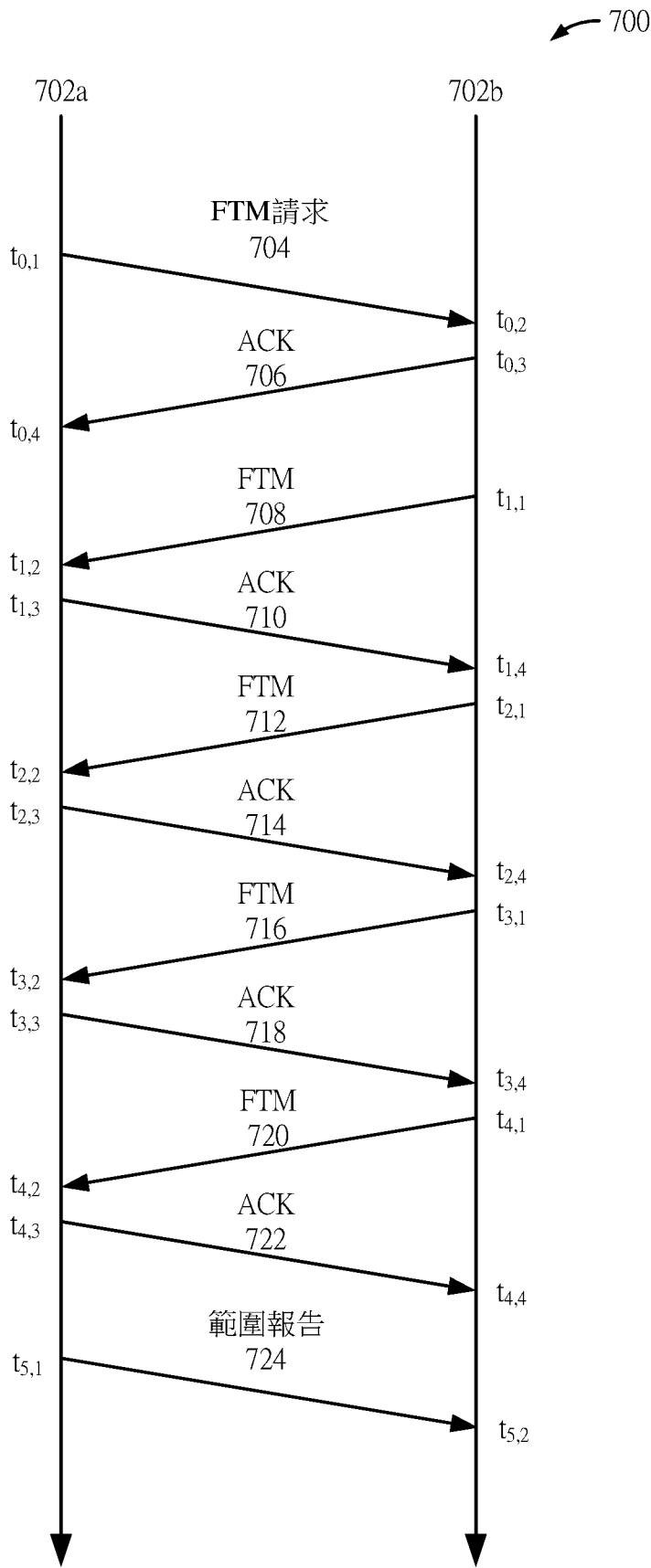
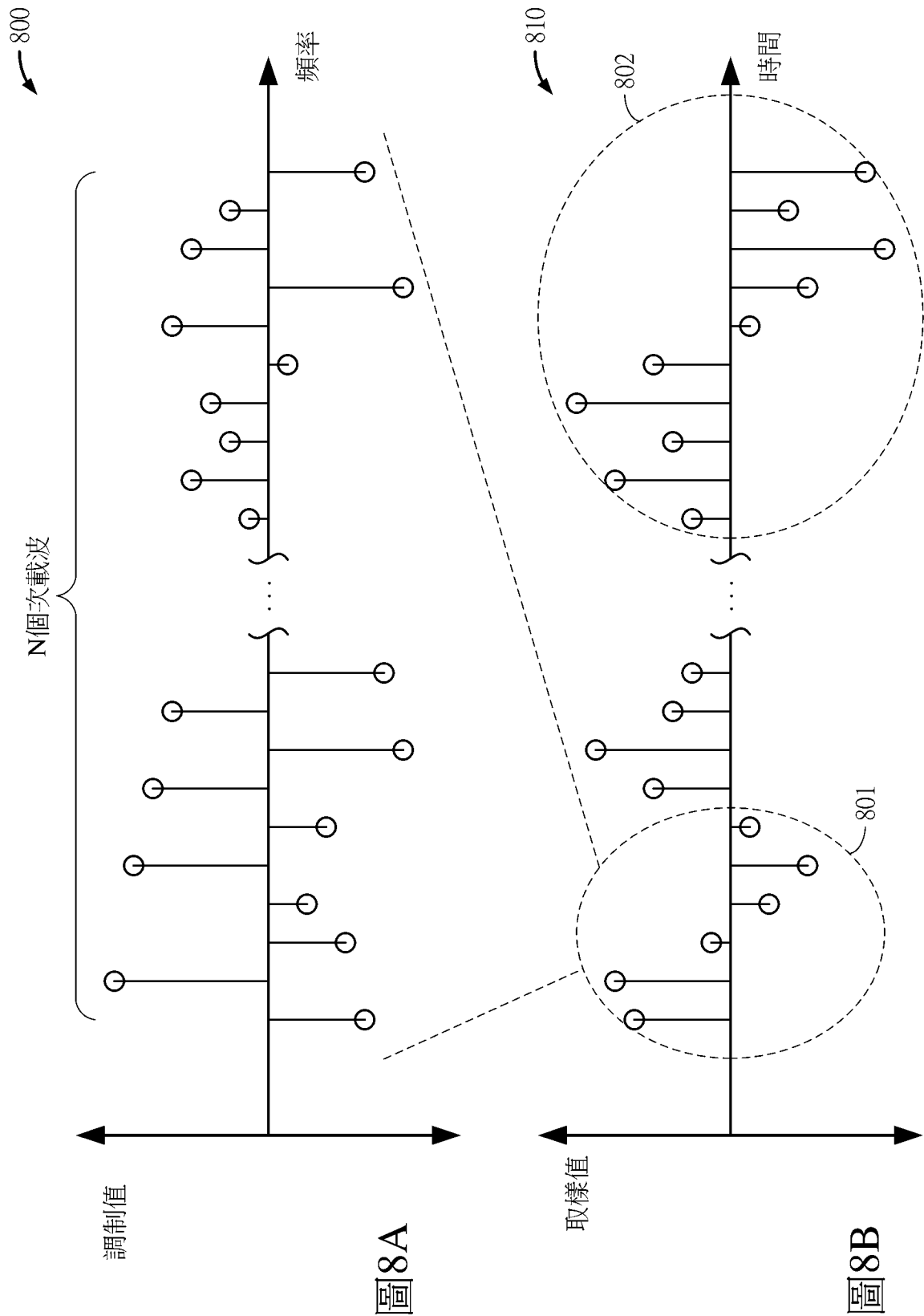


圖7



900A ↗

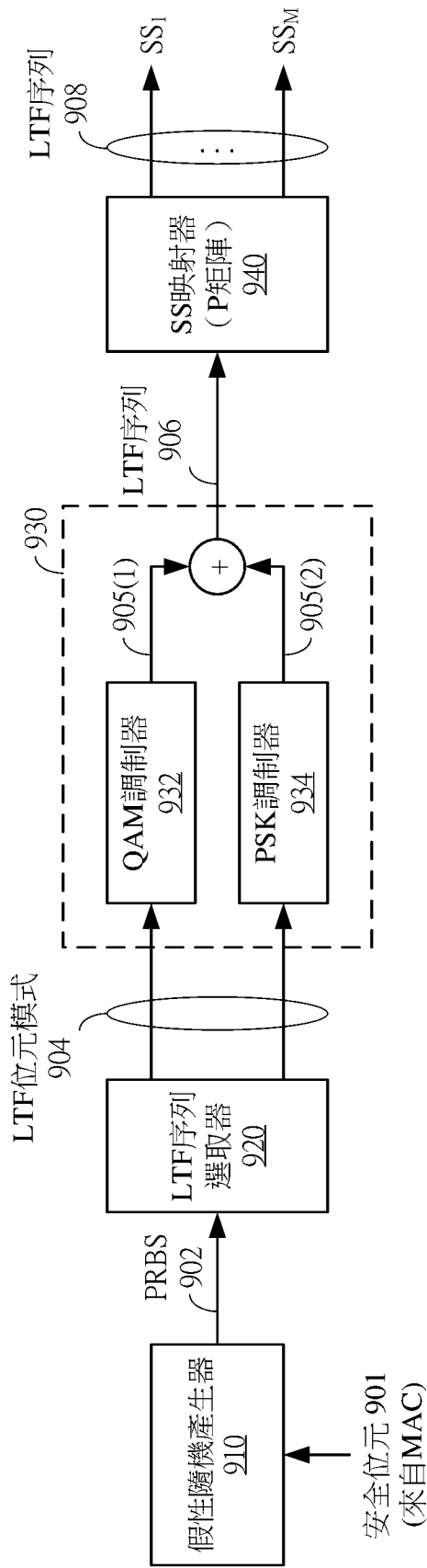


圖9A

900B →

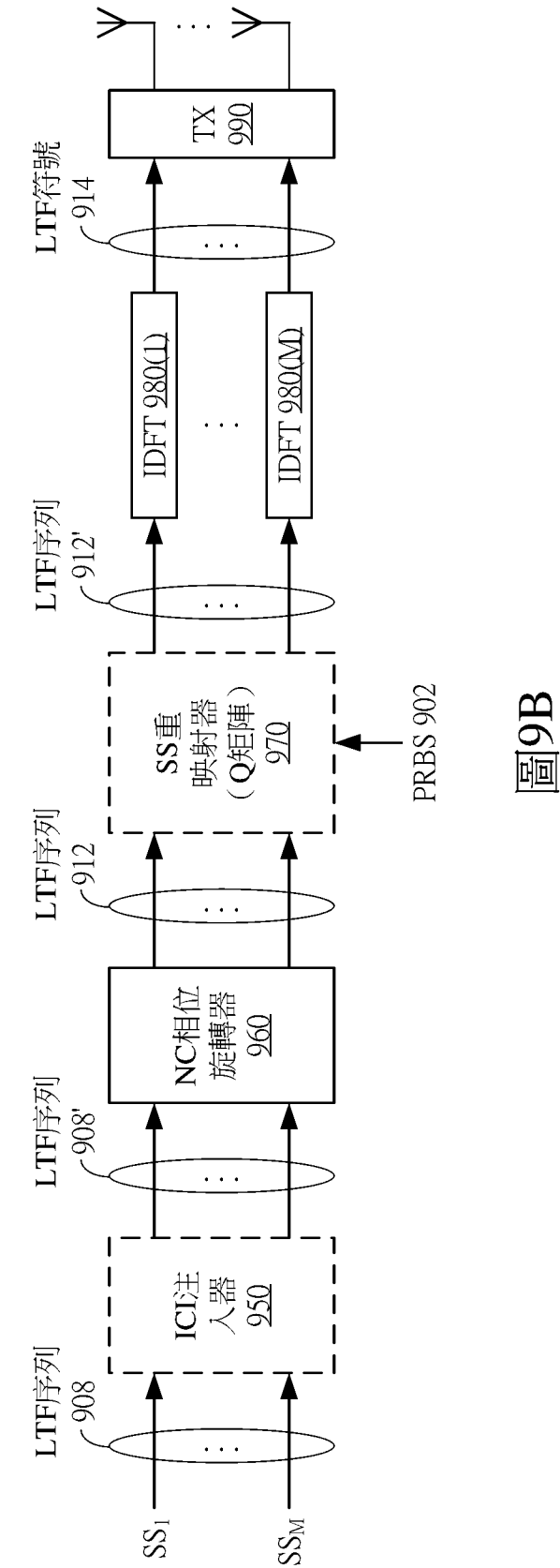


圖9B

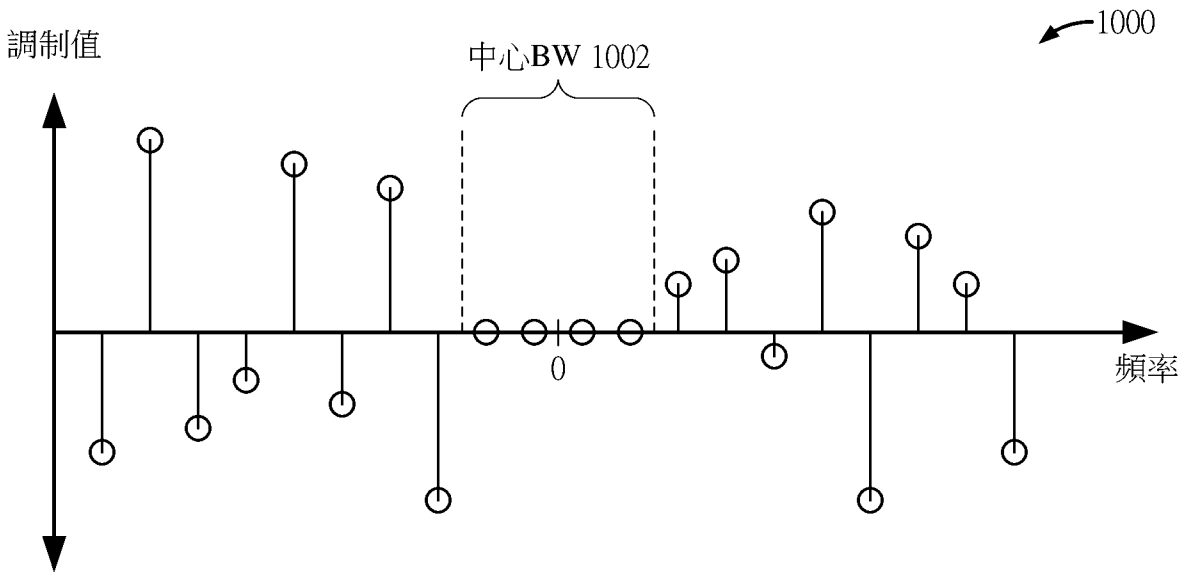


圖10A

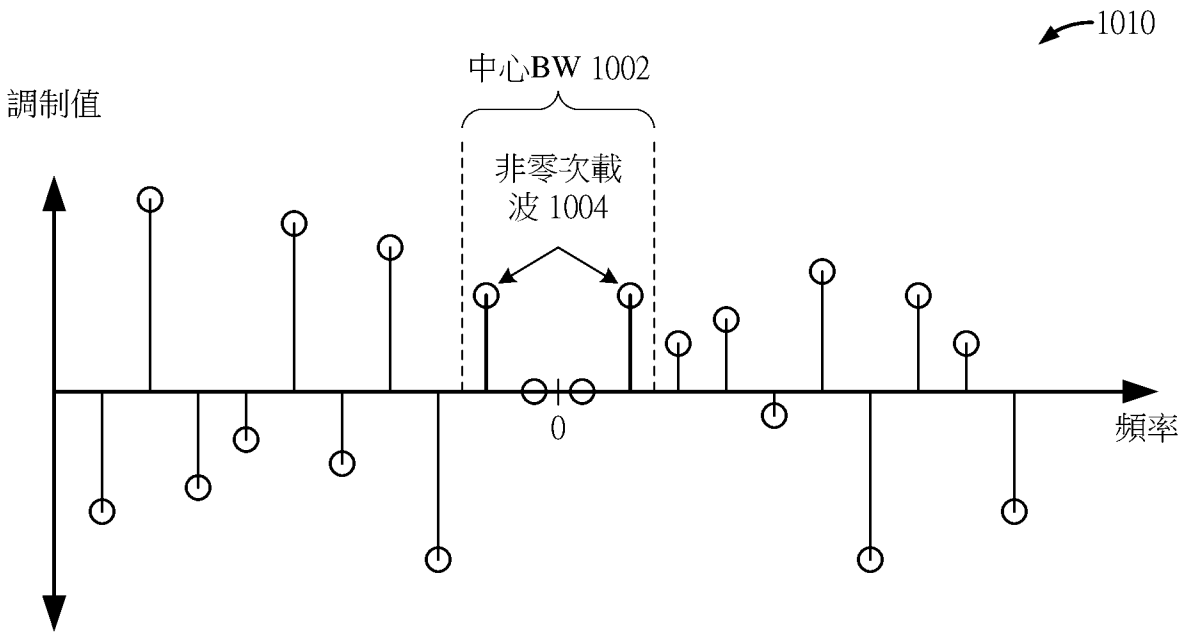


圖10B

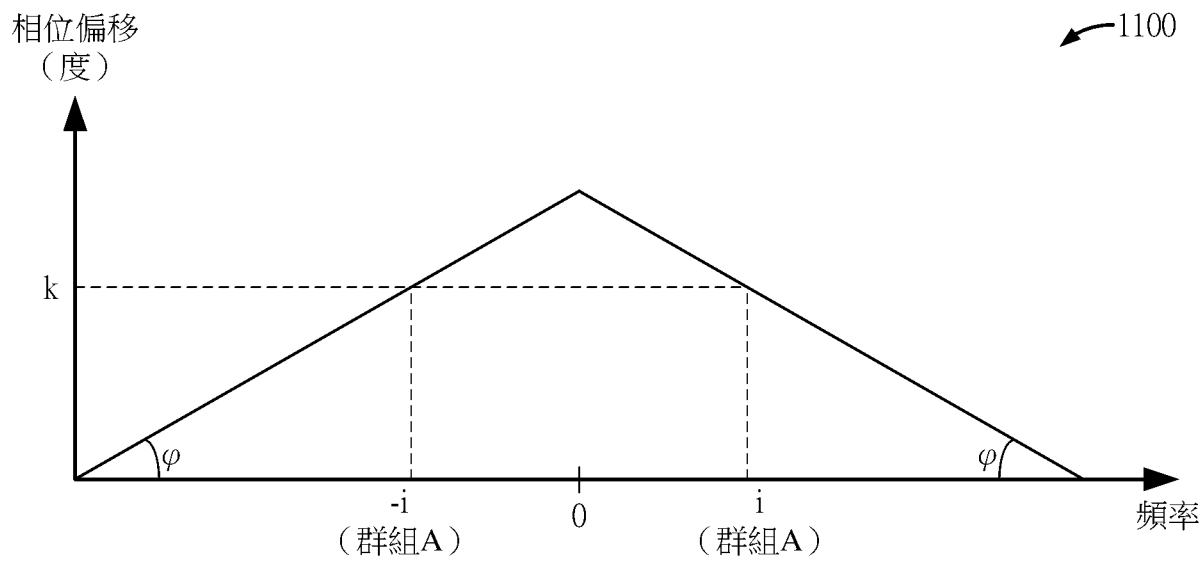


圖11A

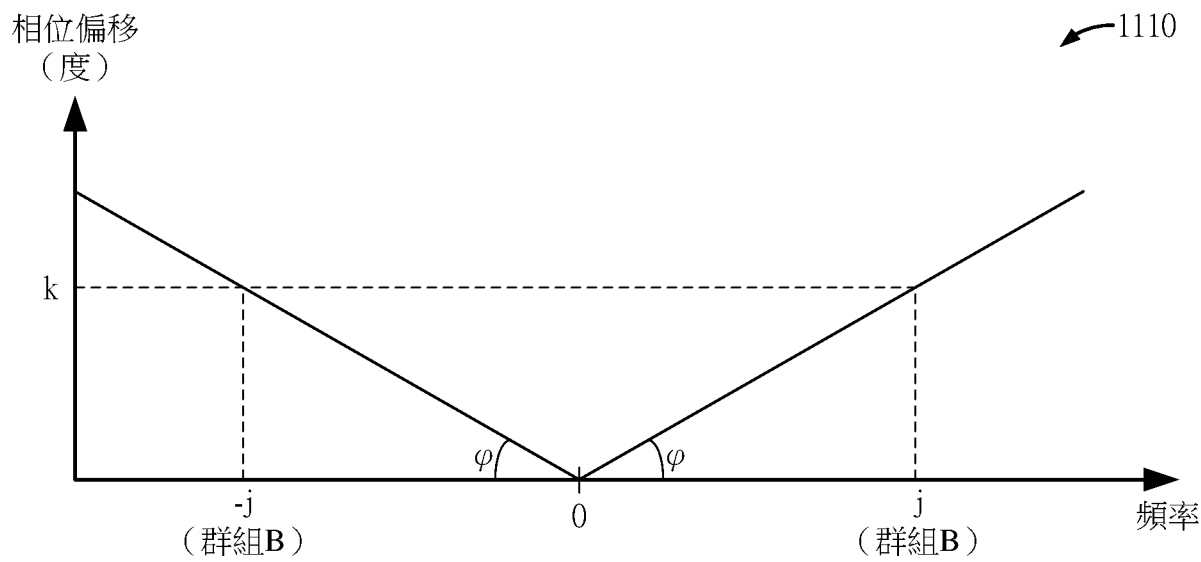


圖11B

1200A

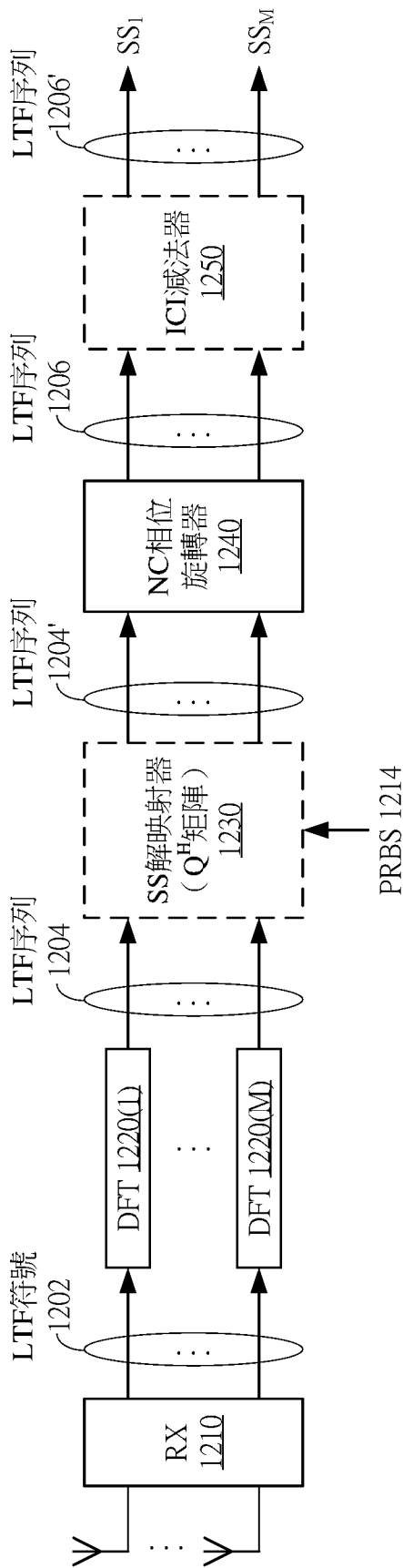


圖12A

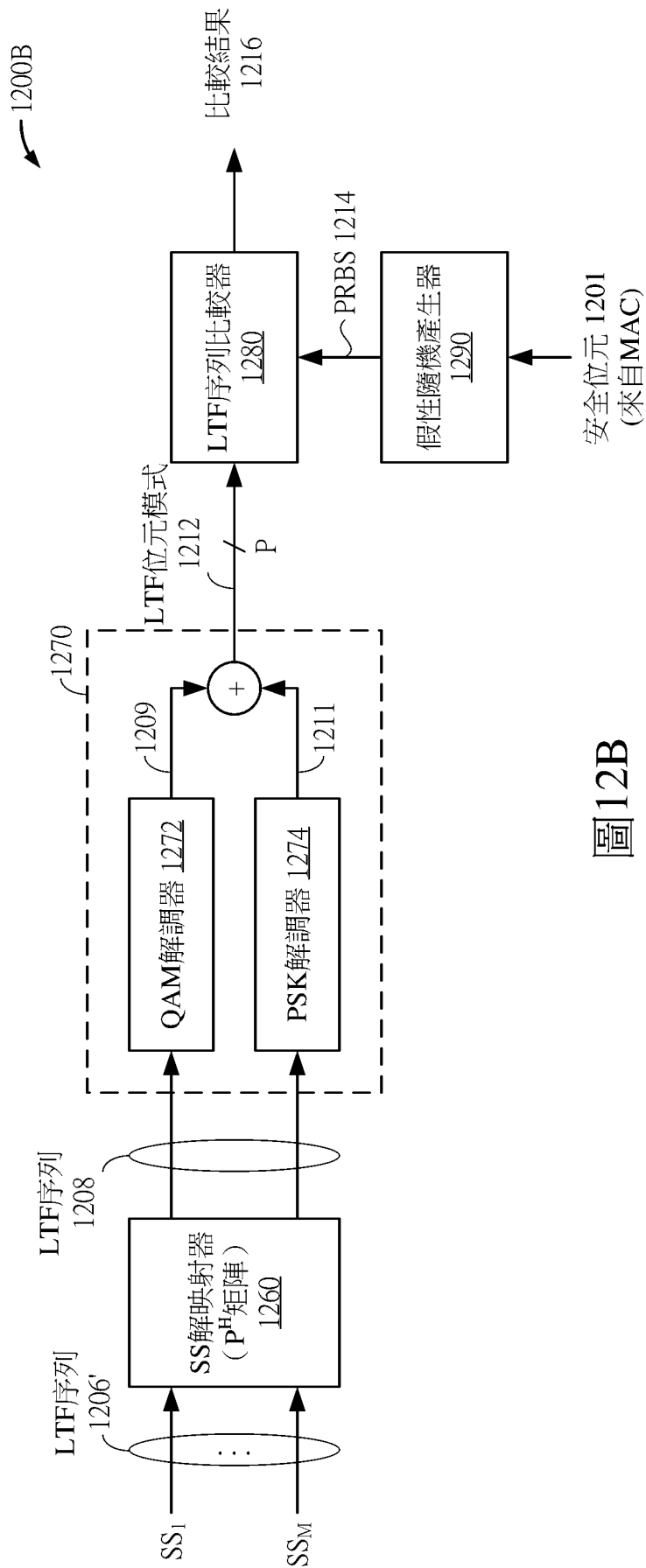


圖12B

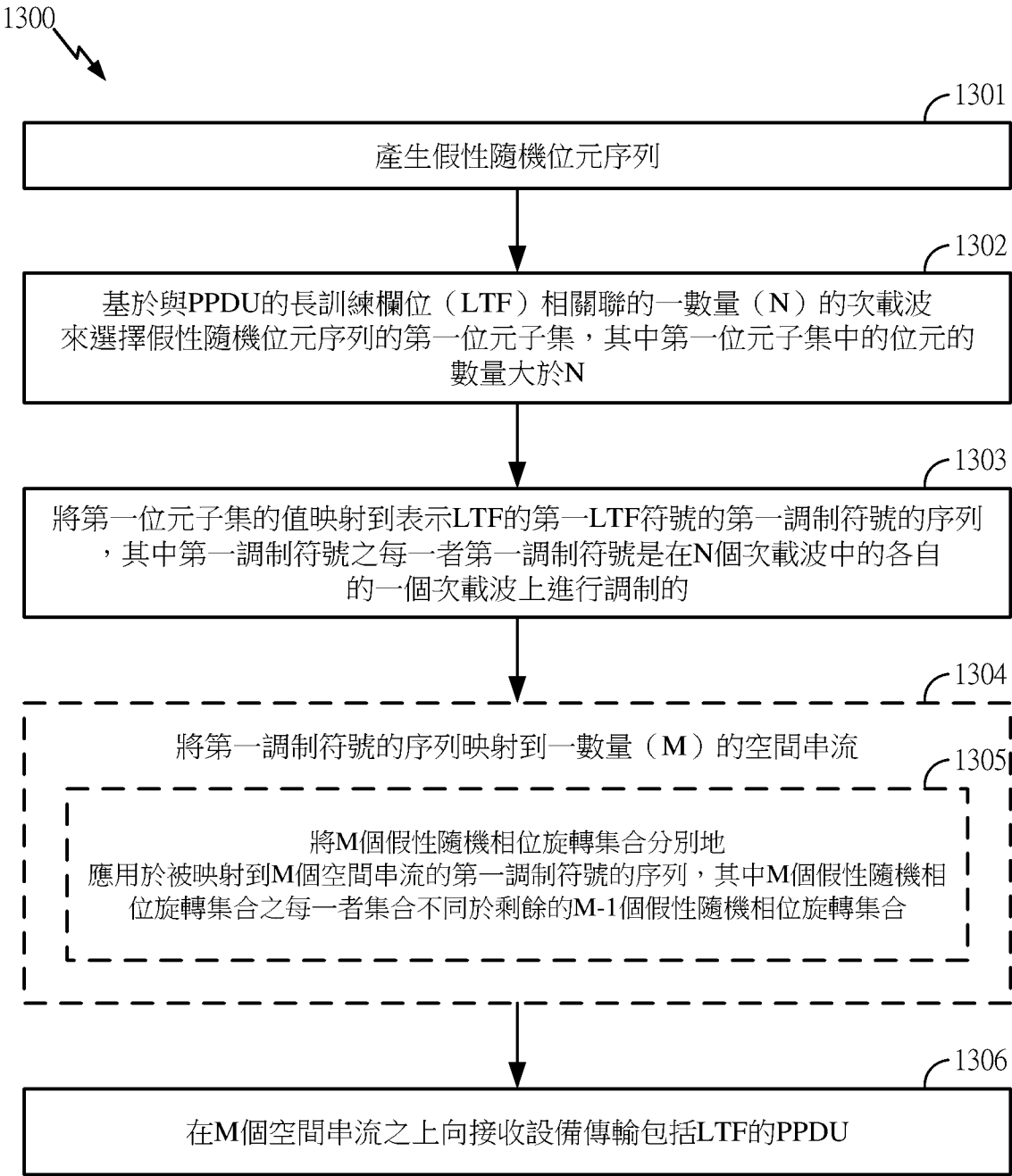


圖13A

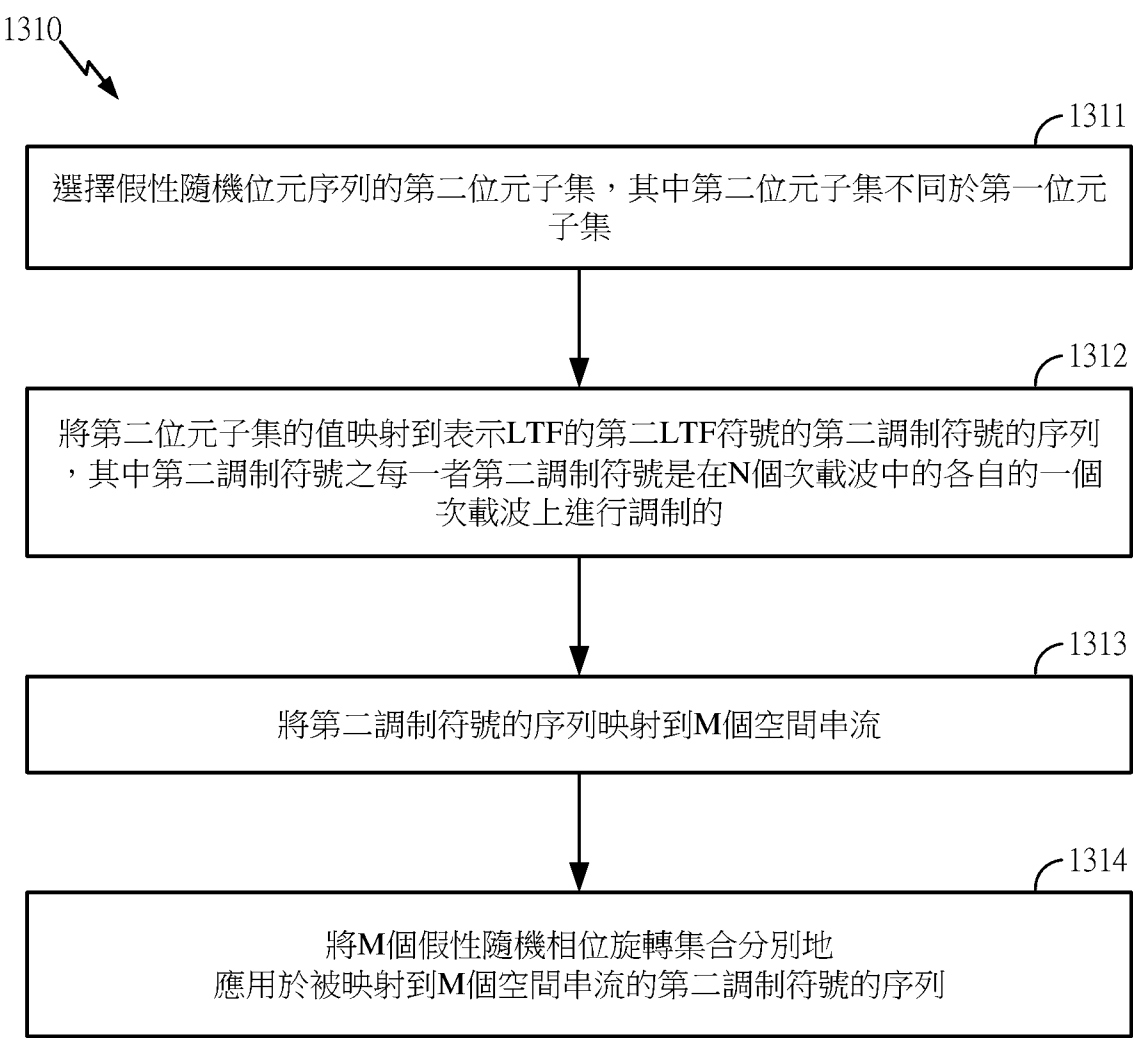


圖13B

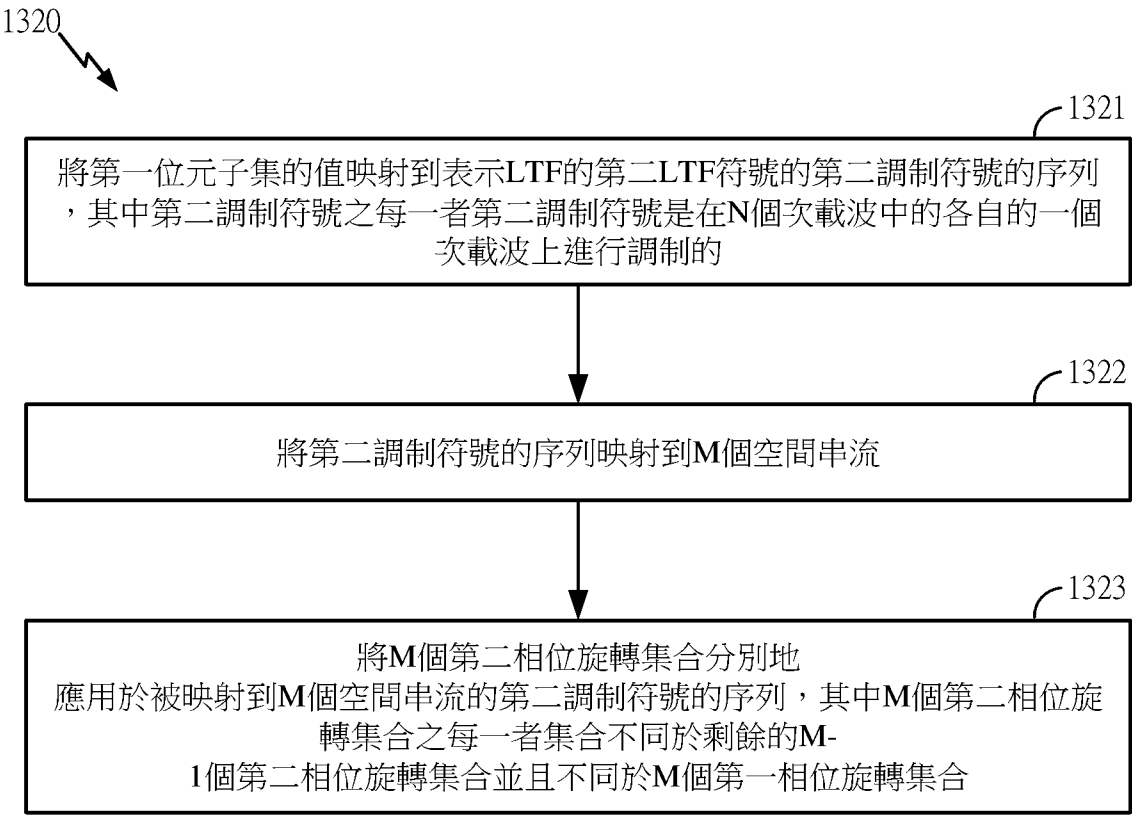


圖13C

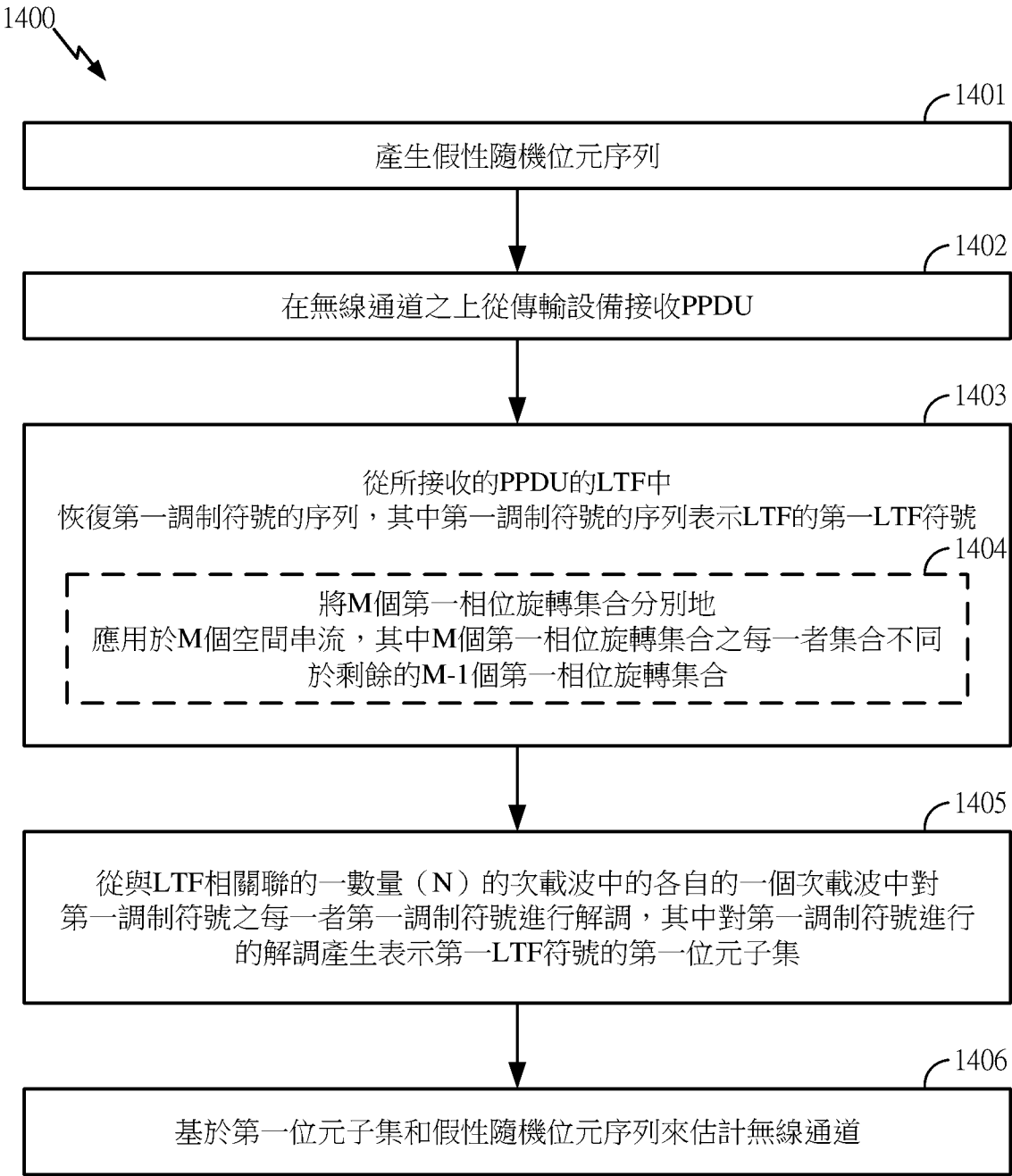


圖14A

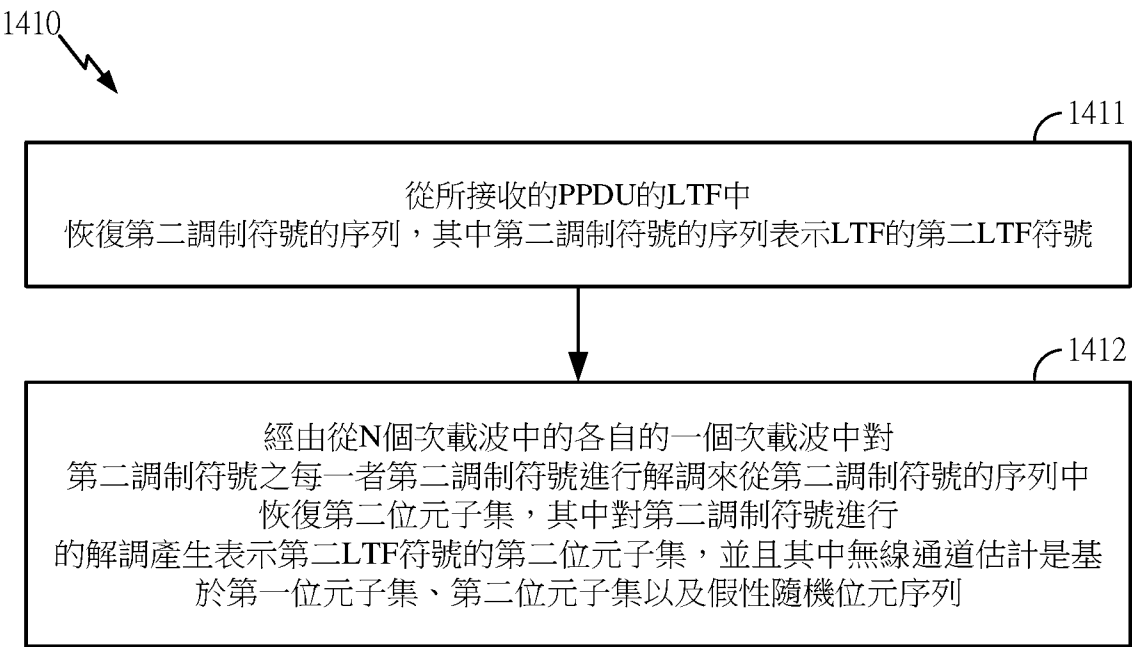


圖14B

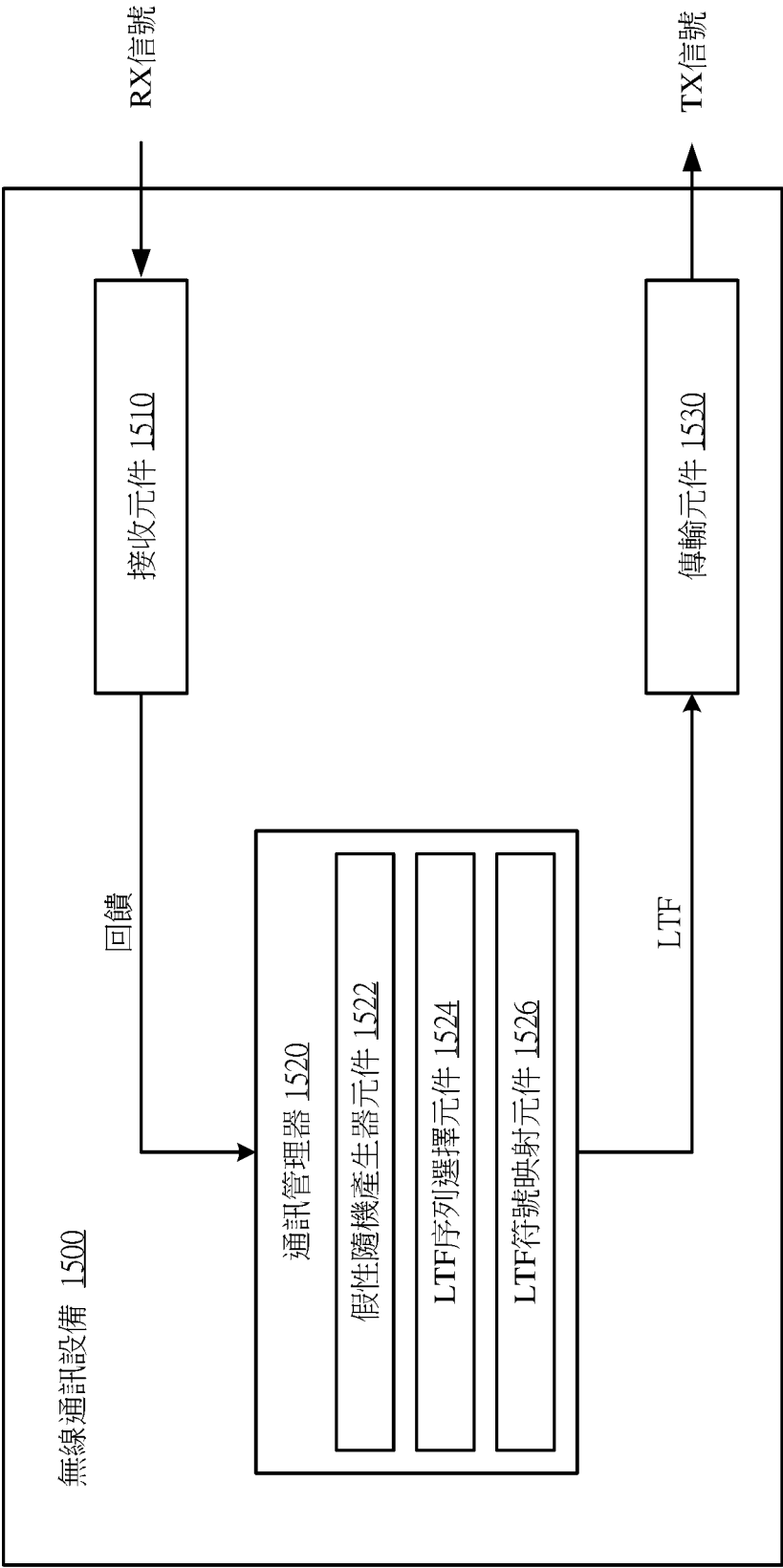


圖15

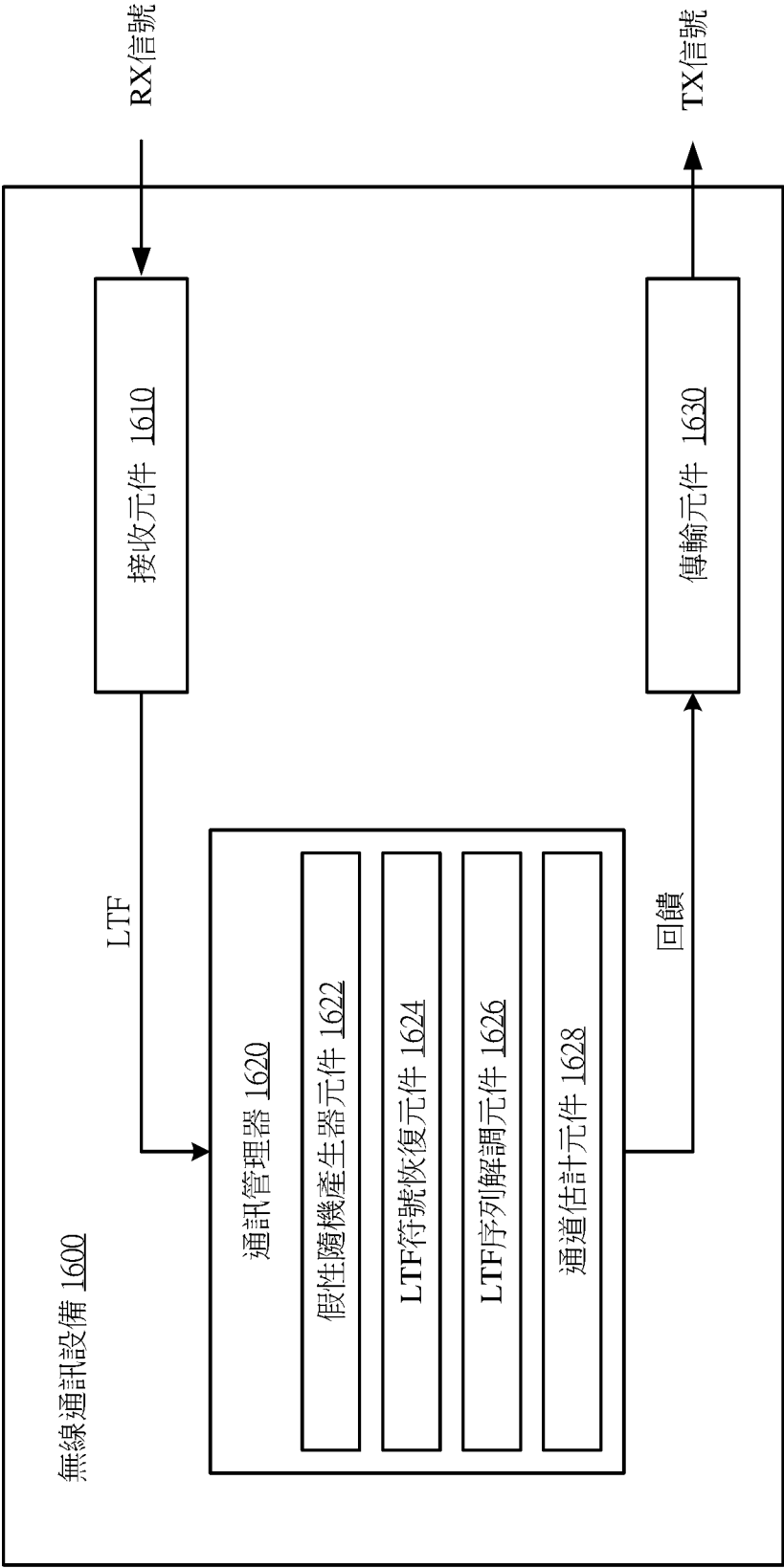


圖16