



(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 I462556 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：100146776

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 12 月 16 日

(51)Int. Cl. : H04L7/04 (2006.01)

H04B1/30 (2006.01)

H04L27/26 (2006.01)

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

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：許騰尹 HSU, TERNG YIN (TW)；賴煒棋 LAI, WEI CHI (TW)；鄭紹余 CHENG, SHAU YU (TW)

(74)代理人：莊志強

(56)參考文獻：

TW I311878

CN 1846415B

US 6907025B2

Ming-Fu Sun, Jui-Yuan Yu, and Terng-Yin Hsu, "Estimation of Carrier Frequency Offset With I/Q Mismatch Using Pseudo-Offset Injection in OFDM Systems", IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS-I: REGULAR PAPERS, VOL. 55, NO. 3, APRIL 2008.

審查人員：黃偉倫

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：4 共 29 頁

(54)名稱

用於正交載波分頻多工接收器之同步裝置與其方法

SYNCHRONIZATION APPARATUS AND METHOD THEREOF USED IN ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING RECEIVER

(57)摘要

一種同步裝置，其包括邊界偵測器、頻率同步器與時間同步器。邊界偵測器接收至少一前置符號的傅立葉轉換結果，並藉此產生估測邊界位置來調整快速傅立葉轉換器的快速傅立葉轉換視窗。頻率同步器接收連續多個前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此透過偽載波頻率偏移演算法產生載波頻率偏移值來控制數字控制震盪器來補償正交分頻多工符號的載波頻率偏移。時間同步器獲取多個不同取樣相位之前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此產生估測取樣相位來控制類比數位轉換器的取樣相位。

A synchronization apparatus has a boundary detector, a frequency synchronization device, and a timing synchronization device. The boundary detector receives at least a Fourier transform result of a preamble symbol, and correspondingly generates an estimated boundary location to adjust a fast Fourier transform window of a fast Fourier transformer. A frequency synchronization device receives multiple Fourier transform results of the continuously received preamble symbols, and correspondingly generates a carrier frequency offset (CFO) value by using a pseudo CFO algorithm, wherein the CFO value is used to control the numeric control oscillator, so as to compensate a CFO of an orthogonal frequency division multiplexing symbol. The timing synchronization device acquires multiple Fourier transform results of the preamble

symbol with different sampling phases, and correspondingly generates an estimated sampling phase to control the sampling phase of an analog-digital converter.

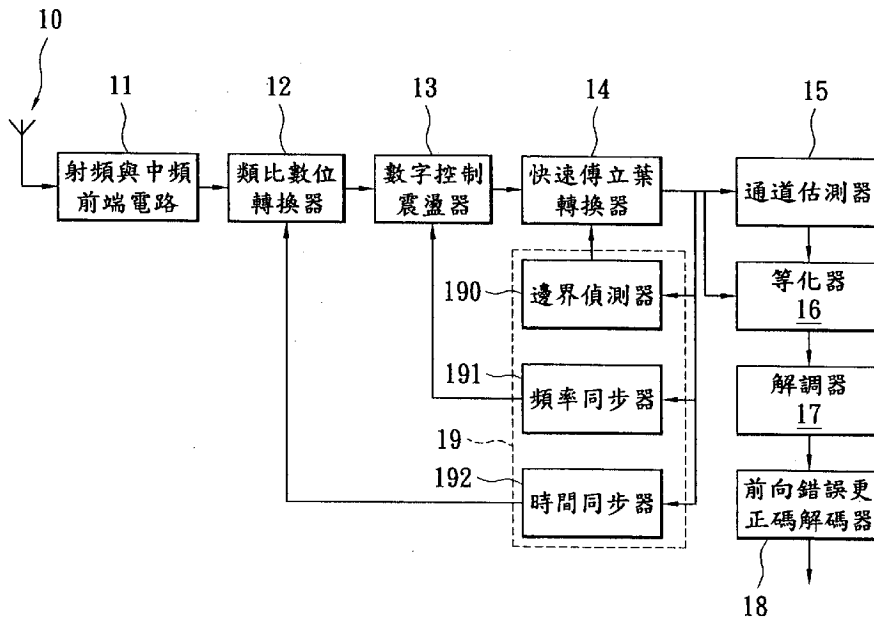


圖 1

- 1 . . . 正交分頻多工接收器
- 10 . . . 天線
- 11 . . . 射頻與中頻前端電路
- 12 . . . 類比數位轉換器
- 13 . . . 數字控制震盪器
- 14 . . . 快速傅立葉轉換器
- 15 . . . 通道估測器
- 16 . . . 等化器
- 17 . . . 解調器
- 18 . . . 前向錯誤更正碼解碼器
- 19 . . . 同步裝置
- 190 . . . 邊界偵測器
- 191 . . . 頻率同步器
- 192 . . . 時間同步器

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100146776

※申請日：100.12.16

※IPC 分類：H04L 7/04 (2006.01)

H04B 1/60 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於正交載波分頻多工接收器之同步裝置與其方法
/SYNCHRONIZATION APPARATUS AND METHOD
THEREOF USED IN ORTHOGONAL FREQUENCY
DIVISION MULTIPLEXING RECEIVER

二、中文發明摘要：

一種同步裝置，其包括邊界偵測器、頻率同步器與時間同步器。邊界偵測器接收至少一前置符號的傅立葉轉換結果，並藉此產生估測邊界位置來調整快速傅立葉轉換器的快速傅立葉轉換視窗。頻率同步器接收連續多個前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此透過偽載波頻率偏移演算法產生載波頻率偏移值來控制數字控制震盪器來補償正交分頻多工符號的載波頻率偏移。時間同步器獲取多個不同取樣相位之前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此產生估測取樣相位來控制類比數位轉換器的取樣相位。

三、英文發明摘要：

A synchronization apparatus has a boundary detector, a frequency synchronization device, and a timing synchronization device. The boundary detector receives at least a Fourier transform result of a preamble symbol, and

correspondingly generates an estimated boundary location to adjust a fast Fourier transform window of a fast Fourier transformer. A frequency synchronization device receives multiple Fourier transform results of the continuously received preamble symbols, and correspondingly generates a carrier frequency offset (CFO) value by using a pseudo CFO algorithm, wherein the CFO value is used to control the numeric control oscillator, so as to compensate a CFO of an orthogonal frequency division multiplexing symbol. The timing synchronization device acquires multiple Fourier transform results of the preamble symbol with different sampling phases, and correspondingly generates an estimated sampling phase to control the sampling phase of an analog-digital converter.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 1：正交分頻多工接收器
- 10：天線
- 11：射頻與中頻前端電路
- 12：類比數位轉換器
- 13：數字控制震盪器
- 14：快速傅立葉轉換器
- 15：通道估測器
- 16：等化器
- 17：解調器
- 18：前向錯誤更正碼解碼器
- 19：同步裝置
- 190：邊界偵測器
- 191：頻率同步器
- 192：時間同步器

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種通訊裝置，且特別是指一種用於正交載波分頻多工（Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM）接收器之同步（synchronization）裝置與其方法。

【先前技術】

正交分頻多工可以視為多載波（multi-carrier）傳輸的一個特例，具備高速率資料傳輸的能力，加上能有效對抗頻率選擇性衰減，而逐漸獲得重視與採用。舉例來說，目前多數的無線區域網路標準，如 IEEE 802.11 或 HIPERLAN2，皆採用正交分頻多工作為實體信號的調變方式。

然而，正交分頻多工符號容易受到同步錯誤的影響，而造成通訊系統中接收器之效能的下降，其中同步錯誤例如包括同步時間估計錯誤、載波頻率偏移估計錯誤與快速傅立葉轉換視窗邊界估計錯誤等。因此，正交分頻多工接收器會被設計具有精確的同步裝置，以精確地對接收的正交分頻多工符號進行同步。

一般來說，多數的網路標準會定義所傳送每一個訊框（frame）的多個正交多頻分工符號可以分為多個用以傳送資料的資料符號與至少一個用以作為信號同步使用的前置（preamble）符號，或稱導航符號（pilot symbol）。前置符號可以是正交分頻多工接收器的已知符號，正交分頻多工接收器中的同步裝置可以根據理想的前置符號與接收的前

置符號來獲得接收之正交分頻多工符號的起點、終點與載波頻率位移，從而達到同步正交分頻多工符號的效果。

目前同步裝置多半是在時域上進行，亦即在時域上對正交分頻多工符號中的前置符號進行處理，以獲取正交分頻多工符號的起點、終點與載波頻率位移。然後，經過處理的正交分頻多工符號透過快速傅立葉轉換（Fast Fourier Transform, FFT）被轉為正交分頻多工符號的傅立葉轉換結果後，正交分頻多工接收器才會對正交分頻多工符號的傅立葉轉換結果進行等化與解調的動作。

然而，前置符號的傅立葉轉換結果必須透過快速傅立葉轉換對正交分頻多工符號進行轉換才能獲得，故會有資料交換路徑複雜的問題。除此之外，正交分頻多工符號與其傅立葉轉換結果的信號處理方式不同，傳統正交分頻多工接收器會有兩套不同的信號處理電路來處理正交分頻多工符號與其傅立葉轉換結果。因此，傳統正交分頻多工接收器的硬體複雜度與製造成本較高。

【發明內容】

本發明實施例提供一種同步裝置，此同步裝置包括邊界偵測器、頻率同步器與時間同步器。邊界偵測器接收至少一前置符號的傅立葉轉換結果，並藉此產生估測邊界位置來調整快速傅立葉轉換器的快速傅立葉轉換視窗。頻率同步器接收連續多個前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此透過偽載波頻率偏移演算法產生載波頻率偏移值來控制數字控制震盪器來補償正交分頻多工符號的載波頻率偏移。時間同步器獲取多個不同取樣相位之前置符號的多個

傅立葉轉換結果，並藉此產生估測取樣相位來控制類比數位轉換器的取樣相位。

本發明實施例提供一種同步方法，此同步方法的流程說明如下。使用邊界偵測器接收至少前置符號的傅立葉轉換結果，並藉此產生估測邊界位置來調整快速傅立葉轉換器的快速傅立葉轉換視窗。使用頻率同步器接收連續多個前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此透過偽載波頻率偏移演算法產生載波頻率偏移值來控制數字控制震盪器來補償正交分頻多工符號的載波頻率偏移。使用時間同步器獲取多個不同取樣相位之前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此產生估測取樣相位來控制類比數位轉換器的取樣相位。

本發明實施例提供一種正交分頻多工接收器，此正交分頻多工接收器包括天線、電性連接天線的射頻與中頻前端電路、電性連接射頻與中頻前端電路的類比數位轉換器、電性連接類比數位轉換器的數字控制震盪器、電性連接數字控制震盪器的快速傅立葉轉換器、電性連接快速傅立葉轉換器的通道估測器、電性連接通道估測器與快速傅立葉轉換器的等化器、電性連接等化器的解調器、電性連接解調器的前向錯誤更正碼解碼器與同步裝置。同步裝置的輸入端電性連接快速傅立葉轉換器的輸出端，且同步裝置的多個輸出端分別電性連接類比數位轉換器、數字控制震盪器與快速傅立葉轉換器的控制端，其中同步裝置用以分別輸出估測邊界位置、載波頻率偏移值與估測取樣相位給快速傅立葉轉換器、數字控制震盪器與類比數位轉換器。

綜上所述，不同於傳統同步裝置於時域上進行同步，

本發明實施例提供的同步裝置及其方法係在頻域上進行同步。據此，減少正交分頻多工符號及其傅立葉轉換結果之間的資料交換路徑複雜度。

為進一步瞭解本發明之技術特徵及內容，請參閱以下有關本發明之詳細說明與附圖，然而所附圖式僅提供參考與說明用，並非用來對本發明加以限制者。

【實施方式】

不同於傳統同步裝置多半是在時域上進行，本發明實施例所提供的同步裝置及其方法是在頻域上進行，故可以減少正交分頻多工符號及其傅立葉轉換結果之間的資料交換路徑複雜度。換言之，所述同步裝置處理快速傅立葉轉換器所輸出之前置符號的傅立葉轉換結果，以藉此同步正交多頻符號。

首先，請參照圖 1，圖 1 是本發明實施例的正交分頻多工接收器的方塊圖。正交分頻多工接收器 1 包括天線 10、射頻與中頻前端電路 11、類比數位轉換器 (Analog-Digital Converter, ADC) 12、數字控制震盪器 (Numeric Control Oscillator, NCO) 13、快速傅立葉轉換器 14、通道估測器 (Channel Estimator) 15、等化器 (Equalizer) 16、解調器 (de-modulator) 17、前向錯誤更正碼解碼器 (de-Forward Error Coder, de-FEC) 18 與同步裝置 19。

天線 10 電性連接射頻與中頻前端電路 11，而射頻與中頻前端電路 11 電性連接類比數位轉換器 12。類比數位轉換器 12 電性連接數字控制震盪器 13，而數字控制震盪器 13 電性連接快速傅立葉轉換器 14。快速傅立葉轉換器 14 電性

連接等化器 16 與通道估測器 15，而通道估測器 15 電性連接等化器 16。等化器 16 電性連接解調器 17。解調器 17 電性連接前向錯誤更正碼解碼器 18。同步裝置 19 的輸入端電性連接快速傅立葉轉換器 14 之輸出端，且同步裝置 19 的三個輸出端分別電性連接類比數位轉換器 12、數字控制震盪器 13 與快速傅立葉轉換器 14 的控制端。

天線 10 用以接收來自於無線通道的正交分頻多工符號。射頻與中頻前端電路 11 用以將天線 10 所接收的正交分頻多工符號進行降頻處理。類比數位轉換器 12 用以對射頻與中頻前端電路 11 所輸出的正交分頻多工符號進行類比數位轉換。數字控制震盪器 13 用以對類比數位轉換器 12 所輸出的正交分頻多工符號之載波頻率位移進行補償。快速傅立葉轉換器 14 用以對數字控制震盪器 13 所輸出的正交分頻多工符號進行快速傅立葉轉換，以得到正交分頻多工符號的傅立葉轉換結果。通道估測器 15 用以根據正交分頻多工符號的傅立葉轉換結果獲得通道狀態資訊 (Channel State Information, CSI)。等化器 16 用以根據通道狀態資訊對正交分頻多工符號的傅立葉轉換結果進行等化處理。解調器 17 用以對等化器 16 所輸出的傅立葉轉換結果進行解調，以獲得正交分頻多工符號所攜帶的位元資訊。前向錯誤更正碼解碼器 18 對解調器 17 所輸出的位元資訊進行錯誤更正。

同步裝置 19 接收正交分頻多工符號中之前置符號的傅立葉轉換結果，以藉此獲得同步資訊，其中同步資訊包括快速傅立葉轉換器的估測邊界位置、載波頻率偏移值與估測取樣相位 (估測取樣相位可用以代表正交分頻多工符號

的時間起點，亦即同步時間可以使用估測取樣相位表示)等。估測取樣相位、載波頻率偏移值與快速傅立葉轉換器的估測邊界位置會被分別送至類比數位轉換器 12、數字控制震盪器 13 與快速傅立葉轉換器 14 的控制端。類比數位轉換器 12 依據估測取樣相位調整正交分頻多工符號的相位，數字控制震盪器 13 依據載波頻率偏移值調整正交分頻多工符號，而快速傅立葉轉換器 14 對估測邊界位置內的正交分頻多工符號進行快速傅立葉轉換。

同步裝置 19 包括邊界偵測器 190、頻率同步器 191 與時間同步器 192。邊界偵測器 190、頻率同步器 191 與時間同步器 192 的輸入端都電性耦接快速傅立葉轉換器 14 的輸出端。邊界偵測器 190、頻率同步器 191 與時間同步器 192 的輸出端則分別電性耦接快速傅立葉轉換器 14、數字控制震盪器 13 與類比數位轉換器 12 的控制端。

時間同步器 192 會控制類比數位轉換器 12 獲得不同取樣相位的前置符號 (不同取樣相位的前置符號可以用來代表不同延遲時間的前置符號)。這些不同取樣相位的前置符號的傅立葉轉換結果會與理想前置符號的傅立葉轉換結果比對，以獲得估測取樣相位。更精確地說，這些不同取樣相位的前置符號的傅立葉轉換結果中與理想前置符號的傅立葉轉換結果最為近似者的取樣相位會被設為估測取樣相位。控制類比數位轉換器 12 可以依據估測取樣相位可以控制其輸出之正交分頻多工符號的相位，以藉此對正交分頻多工信號進行時間同步。

頻率同步器 191 用以根據偵測正交分頻多工符號的載波頻率偏移值。頻率同步器 191 獲取連續三個前置符號的

傅立葉轉換結果，並且透過偽載波頻率偏移演算法，依據這三個前置符號的傅立葉轉換結果獲得載波頻率偏移值。如此，數字控制震盪器 13 可以依據載波頻率偏移值調整正交分頻多工符號，以補償正交分頻多工符號的載波頻率偏移。

邊界偵測器 190 將各種理想前置符號的傅立葉轉換結果與接收的前置符號之傅立葉轉換結果進行互相關計算，並找出最大互相關值所對應之理想前置符號，以獲得對應的估測邊界位置。快速傅立葉轉換器 14 可依據此估測邊界位置來調整快速傅立葉轉換視窗的位置，以獲得一個適合的邊界。

接著，更詳細地說明時間同步器 192 獲得估測取樣相位的方式。請參照圖 2，圖 2 是本發明實施例的同步方法中獲得估測取樣相位的流程圖。首先，在步驟 S20 中，時間同步器 192 初始化取樣相位索引值 i 、估測取樣相位 $\text{phase}_{\text{estimated}}$ 與最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max}}$ ，其中取樣相位索引值 i 、估測取樣相位 $\text{phase}_{\text{estimated}}$ 與最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max}}$ 的初始值分別為 1、0 與 0。

接著，在步驟 S21 中，時間同步器 192 控制數位類比轉換器 12 依據取樣相位索引值調整所接收之前置符號的取樣相位，以獲得調整前置符號。例如，透過調整類比數位轉換器 12 所輸出之前置符號的取樣相位 phase_i （取樣相位 phase_i 為取樣相位索引值 i 所對應的取樣相位），以獲得調整前置符號 preamble_i 。

接著，在步驟 S22 中，時間同步器 192 計算理想前置前符號 $\text{preamble}_{\text{ideal}}$ 的傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_{\text{ideal}})$ 與

調整前置符號 preamble_i 的傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_i)$ 的互相關值 correlation_i ，其中調整前置符號 preamble_i 的傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_i)$ 是透過快速傅立葉轉換器 14 對調整前置符號 preamble_i 進行快速傅立葉轉換而獲得，而理想前置符號 $\text{preamble}_{\text{ideal}}$ 的傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_{\text{ideal}})$ 則是預先儲存於時間同步器 192 的儲存裝置中。

然後，在步驟 S23 中，時間同步器 192 判斷互相關值 correlation_i 是否大於最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max1}}$ 。若互相關值 correlation_i 大於最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max1}}$ 則執行步驟 S24，若互相關值 correlation_i 未大於最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max1}}$ 則執行步驟 S25。在步驟 S24 中，時間同步器 192 將最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max1}}$ 更新為互相關值 correlation_i ，並將估測取樣相位 $\text{phase}_{\text{estimated}}$ 更新為取樣相位索引值 i 所對應的取樣相位 phase_i 。

在步驟 S25 中，時間同步器 192 判斷取樣相位索引值 i 是否等於取樣相位總數 $\text{num}_{\text{phase}}$ ，其中取樣相位總數 $\text{num}_{\text{phase}}$ 為大於 1 的正整數，例如可為 3。若取樣相位索引值 i 不等於取樣相位總數 $\text{num}_{\text{phase}}$ ，則執行步驟 S26。若取樣相位索引值 i 等於取樣相位總數 $\text{num}_{\text{phase}}$ ，則輸出估測取樣相位 $\text{phase}_{\text{estimated}}$ 給類比數位轉換器 12，並結束獲得估測取樣相位 $\text{phase}_{\text{estimated}}$ 的流程。在步驟 S26 中，時間同步器 192 遞增取樣相位索引值 i ，例如將取樣相位索引值 i 增加 1，亦即 $i=i+1$ 。

簡單地說，時間同步器 192 會找出多個調整前置符號 preamble_i 的傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_i)$ 中與理想前置

前符號 $\text{preamble}_{\text{ideal}}$ 的傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_{\text{ideal}})$ 最為近似的其中之一。此被找出的調整前置符號 preamble_i 的相位索引值 i 所對應的取樣相位 phase_i 就是估測取樣相位 $\text{phase}_{\text{estimated}}$ 。

上述獲得估測取樣相位 $\text{phase}_{\text{estimated}}$ 的流程之實施例，是採用氣泡排序法來獲得最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max}1}$ 所對應的估測取樣相位 $\text{phase}_{\text{estimated}}$ 。然而，要說明的是，上述獲得估測取樣相位 $\text{phase}_{\text{estimated}}$ 的流程之實施例並非用以限定本發明，舉例來說，上述獲得最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max}1}$ 所對應的估測取樣相位 $\text{phase}_{\text{estimated}}$ 的方式可以使用其他種類的排序法來完成。

接著，更詳細地說明頻率同步器 191 獲得載波頻率偏移值的方式。請參照圖 3，圖 3 是本發明實施例的同步方法中獲得載波頻率偏移值的流程圖。首先，在步驟 S30 中，頻率同步器 191 初始化偽頻率偏移值 P-CFO，其中偽頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{pseudo}}$ 的初始值為正數。接著，在步驟 S31 中，頻率同步器 191 依據載波頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{actual}}$ 的極性與偽頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{pseudo}}$ 決定三個調整指數 $\exp[j2\pi n T_s \text{CFO}_{\text{pseudo}}]$ 、 $\exp[j2\pi(n+N_s) T_s \text{CFO}_{\text{pseudo}}]$ 與 $\exp[j2\pi(n+2N_s) T_s \text{CFO}_{\text{pseudo}}]$ ，其中頻率同步器 191 依據連續兩個前置符號的傅立葉轉換結果來判斷載波頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{actual}}$ 是否大於 0，以確定載波頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{actual}}$ 的極性。另外， T_s 為前置符號的週期， N_s 為前置符號的總取樣數，且 n 為前置符號的取樣索引值。

然後，在步驟 S32 中，頻率同步器 191 將連續接收的三個前置符號 preamble_i 、 preamble_{i+1} 與 preamble_{i+2} 的三個

傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_i)$ 、 $\text{FFT}(\text{preamble}_{i+1})$ 與 $\text{FFT}(\text{preamble}_{i+2})$ 分別乘上對應的調整指數 $\exp[j2\pi n T_s \text{CFO}_{\text{pseudo}}]$ 、 $\exp[j2\pi(n+N_s) T_s \text{CFO}_{\text{pseudo}}]$ 與 $\exp[j2\pi(n+2N_s) T_s \text{CFO}_{\text{pseudo}}]$ ，以獲得三個前置符號的三個傅立葉轉換調整結果 $R_{1,p} = \text{FFT}(\text{preamble}_i) \exp[j2\pi n T_s \text{CFO}_{\text{pseudo}}]$ 、 $R_{2,p} = \text{FFT}(\text{preamble}_{i+1}) \exp[j2\pi(n+N_s) T_s \text{CFO}_{\text{pseudo}}]$ 與 $R_{3,p} = \text{FFT}(\text{preamble}_{i+2}) \exp[j2\pi(n+2N_s) T_s \text{CFO}_{\text{pseudo}}]$ ，其中三個前置符號 preamble_i 、 preamble_{i+1} 與 preamble_{i+2} 的三個傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_i)$ 、 $\text{FFT}(\text{preamble}_{i+1})$ 與 $\text{FFT}(\text{preamble}_{i+2})$ 是透過快速傅立葉轉換器 14 對三個前置符號 preamble_i 、 preamble_{i+1} 與 preamble_{i+2} 進行快速傅立葉轉換而獲得。接著，在步驟 S33 中，頻率同步器 191 依據三個前置符號 preamble_i 、 preamble_{i+1} 與 preamble_{i+2} 的三個傅立葉轉換調整結果 $R_{1,p}$ 、 $R_{2,p}$ 與 $R_{3,p}$ 計算估測頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{estimated}}$ ，其中計算出的估測頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{estimated}}$ 為正值。除此之外，計算出的估測頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{estimated}} = \cos^{-1}(z_1) / (2\pi n T_s)$ ，且

$$z_1 = [\text{Im}(R_{3,p})\text{Re}(R_{1,p}) - \text{Im}(R_{1,p})\text{Re}(R_{3,p})] / 2[\text{Im}(R_{2,p})\text{Re}(R_{1,p}) - \text{Im}(R_{1,p})\text{Re}(R_{2,p})]。$$

之後，在步驟 S34 中，頻率同步器 191 依據載波頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{actual}}$ 的極性、估測頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{estimated}}$ 與偽頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{pseudo}}$ 獲得載波頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{actual}}$ ，其中頻率同步器 191 依據連續兩個前置符號的傅立葉轉換結果來判斷載波頻率偏移值是否大於 0，以確定載波頻率偏移值的極性。

更詳細地說，若載波頻率偏移值 $\text{CFO}_{\text{actual}}$ 的極性為正

，則頻率同步器 191 會將估測頻率偏移值 $CFO_{estimated}$ 減去偽頻率偏移值 CFO_{pseudo} ，以獲得載波頻率偏移值 CFO_{actual} 。相反地，若載波頻率偏移值 CFO_{actual} 的極性為負，則頻率同步器 191 會將估測頻率偏移值 $CFO_{estimated}$ 乘以 -1，再加上偽頻率偏移值 CFO_{pseudo} ，以獲得載波頻率偏移值 CFO_{actual} 。最後，在步驟 S34 之後，結束獲得載波頻率偏移值 CFO_{actual} 的流程，並輸出載波頻率偏移值 CFO_{actual} 給數字控制震盪器 13。

簡單地說，頻率同步器 191 依據連續三個前置符號的三個傅立葉轉換結果並透過偽載波頻率偏移演算法來獲得載波頻率偏移值 CFO_{actual} 。然而，要說明的是，上述獲得載波頻率偏移值 CFO_{actual} 之流程的實施例並非用以限制本發明。

接著，更詳細地說明邊界偵測器 190 獲得估測邊界位置的方式。請參照圖 4，圖 4 是本發明實施例的同步方法中獲得估測邊界位置的流程圖。首先，在步驟 400 中，邊界偵測器 190 初始化邊界索引值 j 、估測邊界位置 $boundary_{estimated}$ 與最大互相關值 $correlation_{max2}$ ，其中初始化邊界索引值 j 與最大互相關值 $correlation_{max2}$ 的初始值分別為 1 與 0。估測邊界位置 $boundary_{estimated}$ 用以表示快速傅立葉轉換視窗的起點與終點，且其起點與終點的初始值皆可以為 0。

接著，在步驟 S41 中，邊界偵測器 190 計算對應邊界索引值 j 之理想前置符號 $preamble_{ideal_j}$ 的傅立葉轉換結果 $FFT(preamble_{ideal_j})$ 與接收之前置符號 $preamble_{received}$ 的傅立葉轉換結果 $FFT(preamble_{received})$ 的互相關值 $correlation_j$ ，其

中對應邊界索引值 j 之理想前置符號 $\text{preamble}_{\text{ideal}_j}$ 的傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_{\text{ideal}_j})$ 是預先儲存於時間同步器邊界偵測器 190 的儲存裝置中，而接收之前置符號 $\text{preamble}_{\text{received}}$ 的傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_{\text{received}})$ 則是透過快速傅立葉轉換器 14 對接收之前置符號 $\text{preamble}_{\text{received}}$ 進行快速傅立葉轉換而獲得。

然後，在步驟 S42 中，邊界偵測器 190 判斷互相關值 correlation_j 是否大於最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max}2}$ 。若互相關值 correlation_j 大於最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max}2}$ 則執行步驟 S43，若互相關值 correlation_j 未大於最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max}2}$ 則執行步驟 S44。在步驟 S43 中，邊界偵測器 190 將最大互相關值 $\text{correlation}_{\text{max}2}$ 更新為互相關值 correlation_j ，並將估測邊界位置 $\text{boundary}_{\text{estimated}}$ 更新為邊界索引值 j 所對應的邊界位置 boundary_j 。

在步驟 S44 中，邊界偵測器 190 判斷邊界索引值 j 是否等於邊界索引值總數 $\text{num}_{\text{boundary}}$ ，其中邊界索引值總數 $\text{num}_{\text{boundary}}$ 為大於 1 的正整數，且相關於無線網路標準。若邊界索引值 j 不等於邊界索引值總數 $\text{num}_{\text{boundary}}$ ，則執行步驟 S45。若邊界索引值 j 等於邊界索引值總數 $\text{num}_{\text{boundary}}$ ，則輸出估測邊界位置 $\text{boundary}_{\text{estimated}}$ 給快速傅立葉轉換器 14，並結束獲得估測邊界位置 $\text{boundary}_{\text{estimated}}$ 的流程。在步驟 S45 中，邊界偵測器 190 遞增邊界索引值 j ，例如將邊界索引值 j 增加 1，亦即 $j=j+1$ 。

簡單地說，邊界偵測器 190 會找出多個理想前置符號 $\text{preamble}_{\text{ideal}_j}$ 的傅立葉轉換結果 $\text{FFT}(\text{preamble}_{\text{ideal}_j})$ 中與接收之前置符號 $\text{preamble}_{\text{received}}$ 的傅立葉轉換結果

FFT(preamble_{received})最為近似的其中之一。此被找出的理想前置符號 preamble_{ideal_j} 的索引值 j 所對應的邊界位置 boundary_j 就是估測邊界位置 boundary_{estimated}。

上述獲得估測邊界位置 boundary_{estimated} 的流程之實施例，是採用氣泡排序法來獲得最大互相關值 correlation_{max2} 所對應的估測相位邊界位置 boundary_{estimated}。然而，要說明的是，上述獲得估測邊界位置 boundary_{estimated} 的流程之實施例並非用以限定本發明，舉例來說，上述獲得最大互相關值 correlation_{max2} 所對應的估測邊界位置 boundary_{estimated} 的方式可以使用其他種類的排序法來完成。

另外，值得一提的是，邊界偵測器 190 更可以連續估計多個前置符號的多個估測邊界位置 boundary_{estimated}，並且選出多個估測邊界位置 boundary_{estimated} 中相同者數目最多的那個估測邊界位置 boundary_{estimated} 作為正確的估測邊界位置 boundary_{estimated}。舉例來說，若邊界偵測器 190 連續估測三個前置符號的三個估測邊界位置 boundary_{estimated}，且其中估測邊界位置 boundary_{estimated} 有兩個相同，則邊界偵測器 190 會認為此兩個相同的估測邊界位置 boundary_{estimated} 為正確的估測邊界位置 boundary_{estimated}。

綜上所述，不同於傳統同步裝置於時域上進行同步，本發明實施例提供的同步裝置及其方法係在頻域上進行同步。據此，減少正交分頻多工符號及其傅立葉轉換結果之間的資料交換路徑複雜度。除此之外，因為本發明實施例的同步裝置及其方法在頻域上進行同步，故可以不需要兩套不同的信號處理電路來處理正交分頻多工符號與其傅立葉轉換結果。因此，相較於使用傳統同步裝置的正交分頻

多工接收器，使用本發明實施例同步裝置及其方法的正交分頻多工接收器之硬體複雜度與製造成本皆可以有效地降低。

以上所述，僅為本發明之較佳可行實施例，非因此侷限本創作之專利範圍，故舉凡運用本發明說明書及圖式內容所為之等效技術變化，均含於本發明之發明。

【圖式簡單說明】

圖 1 是本發明實施例的正交分頻多工接收器的方塊圖。

圖 2 是本發明實施例的同步方法中獲得估測取樣相位的流程圖。

圖 3 是本發明實施例的同步方法中獲得載波頻率偏移值的流程圖。

圖 4 是本發明實施例的同步方法中獲得估測邊界位置的流程圖。

【主要元件符號說明】

1：正交分頻多工接收器

10：天線

11：射頻與中頻前端電路

12：類比數位轉換器

13：數字控制震盪器

14：快速傅立葉轉換器

15：通道估測器

16：等化器

17：解調器

18：前向錯誤更正碼解碼器

19：同步裝置

190：邊界偵測器

191：頻率同步器

192：時間同步器

S20～S26、S30～34、S40～S45：步驟流程

七、申請專利範圍：

1. 一種同步裝置，包括：

一邊界偵測器，接收至少一前置符號的一傅立葉轉換結果，並藉此產生一估測邊界位置來調整一快速傅立葉轉換器的一快速傅立葉轉換視窗；

一頻率同步器，接收連續多個前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此透過一偽載波頻率偏移演算法產生一載波頻率偏移值來控制一數字控制震盪器來補償一正交分頻多工符號的一載波頻率偏移；以及

一時間同步器，獲取多個不同取樣相位之該前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此產生一估測取樣相位來控制一類比數位轉換器的一取樣相位。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之同步裝置，其中該前置符號的該傅立葉轉換結果用以代表頻域上的該前置符號。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之同步裝置，其中該邊界偵測器將各種理想前置符號的傅立葉轉換結果與接收的該前置符號之該傅立葉轉換結果進行互相關計算，以獲得多個互相關值中的一最大互相關值，且該邊界偵測器獲得該最大互相關值所對應之一邊界位置作為該估測邊界位置。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述之同步裝置，其中該邊界偵測器連續依據該些前置符號的該些傅立葉轉換結果獲得多個估測邊界位置，並自該些估測邊界位置選擇相同者數目最多的那個估測邊界位置作為正確的

該估測邊界位置。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之同步裝置，其中該頻率同步器依據該載波頻率偏移值的極性與一偽頻率偏移值決定三個調整指數，該頻率同步器將連續接收的該三個前置符號的三個傅立葉轉換結果分別乘上對應的該些調整指數，以獲得三個傅立葉轉換調整結果，該頻率同步器依據該三個調整前置符號的該三個傅立葉轉換調整結果計算一估測頻率偏移值，該頻率同步器依據該載波頻率偏移值的極性、該估測頻率偏移值與該偽頻率偏移值獲得該載波頻率偏移值，其中該頻率同步器依據連續該兩個前置符號的該兩個傅立葉轉換結果來判斷該載波頻率偏移值是否大於 0，以確定該載波頻率偏移值的極性，且該偽頻率偏移值的初始值與該估測頻率偏移值為正值。
6. 如申請專利範圍第 5 項所述之同步裝置，其中若該載波頻率偏移值的極性為正，則該頻率同步器將該估測頻率偏移值減去該偽頻率偏移值，以獲得該載波頻率偏移值；相反地，若該載波頻率偏移值的極性為負，則該頻率同步器將該估測頻率偏移值乘以-1，再加上該偽頻率偏移值，以獲得該載波頻率偏移值。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之同步裝置，其中該時間同步器對該些不同取樣相位之該前置符號的該些傅立葉轉換結果與一理想前置符號的該傅立葉轉換結果進行互相關計算，以獲得多個互相關值中的一最大互相關值，且該邊時間同步器獲得該最大互相關值所對應之一取樣相位作為該估測取樣相位。

8. 一種同步方法，包括：

使用一邊界偵測器接收至少一前置符號的一傅立葉轉換結果，並藉此產生一估測邊界位置來調整一快速傅立葉轉換器的一快速傅立葉轉換視窗；

使用一頻率同步器接收連續多個前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此透過一偽載波頻率偏移演算法產生一載波頻率偏移值來控制一數字控制震盪器來補償一正交分頻多工符號的一載波頻率偏移；以及

使用一時間同步器獲取多個不同取樣相位之該前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此產生一估測取樣相位來控制一類比數位轉換器的一取樣相位。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之同步方法，其中該前置符號的該傅立葉轉換結果用以代表頻域上的該前置符號。

10. 如申請專利範圍第 8 項所述之同步方法，其中使用該邊界偵測器獲得該估測取樣相位的步驟更包括：

使用該邊界偵測器將各種理想前置符號的傅立葉轉換結果與接收的該前置符號之該傅立葉轉換結果進行互相關計算，以獲得多個互相關值中的一最大互相關值；以及

使用該邊界偵測器獲得該最大互相關值所對應之一邊界位置作為該估測邊界位置。

11. 如申請專利範圍第 10 項所述之同步方法，更包括：

使用該邊界偵測器連續依據該些前置符號的該些傅

立葉轉換結果獲得多個估測邊界位置，並自該些估測邊界位置選擇相同者數目最多的那個估測邊界位置作為正確的該估測邊界位置。

12. 如申請專利範圍第 8 項所述之同步方法，其中使用該頻率同步器依據該載波頻率偏移值的極性與一偽頻率偏移值決定三個調整指數，該頻率同步器將連續接收的該三個前置符號的三個傅立葉轉換結果分別乘上對應的該些調整指數，以獲得三個傅立葉轉換調整結果，該頻率同步器依據該三個調整前置符號的該三個傅立葉轉換調整結果計算一估測頻率偏移值，該頻率同步器依據該載波頻率偏移值的極性、該估測頻率偏移值與該偽頻率偏移值獲得該載波頻率偏移值，其中該頻率同步器依據連續該兩個前置符號的該兩個傅立葉轉換結果來判斷該載波頻率偏移值是否大於 0，以確定該載波頻率偏移值的極性，且該偽頻率偏移值的初始值與該估測頻率偏移值為正值。
13. 如申請專利範圍第 12 項所述之同步方法，其中若該載波頻率偏移值的極性為正，則該頻率同步器將該估測頻率偏移值減去該偽頻率偏移值，以獲得該載波頻率偏移值；相反地，若該載波頻率偏移值的極性為負，則該頻率同步器將該估測頻率偏移值乘以-1，再加上該偽頻率偏移值，以獲得該載波頻率偏移值。
14. 如申請專利範圍第 8 項所述之同步方法，其中該時間同步器對該些不同取樣相位之該前置符號的該些傅立葉轉換結果與一理想前置符號的該傅立葉轉換結果進行互相關計算，以獲得多個互相關值中的一最大互

相關值，且該邊時間同步器獲得該最大互相關值所對應之一取樣相位作為該估測取樣相位。

15. 一種正交分頻多工接收器，包括：

一天線；

一射頻與中頻前端電路，電性連接該天線；

一類比數位轉換器，電性連接該射頻與中頻前端電路；

一數字控制震盪器，電性連接該類比數位轉換器；

一快速傅立葉轉換器，電性連接該數字控制震盪器；

一通道估測器，電性連接該快速傅立葉轉換器；

一 Equalizer，電性連接該通道估測器與該快速傅立葉轉換器；

一解調器，電性連接該 Equalizer；

一前向錯誤更正碼解碼器，電性連接該解調器；以及

一同步裝置，其輸入端電性連接該快速傅立葉轉換器的一輸出端，且其多個輸出端分別電性連接該類比數位轉換器、該數字控制震盪器與該快速傅立葉轉換器的控制端，其中該同步裝置用以分別輸出一估測邊界位置、一載波頻率偏移值與一估測取樣相位給該快速傅立葉轉換器、該數字控制震盪器與該類比數位轉換器。

16. 如申請專利範圍第 15 項所述正交分頻多工接收器，其中該同步裝置包括：

一邊界偵測器，接收至少一前置符號的一傅立葉轉換結果，並藉此產生該估測邊界位置來調整一快速傅立葉轉換器的一快速傅立葉轉換視窗；

一頻率同步器，接收連續多個前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此透過一偽載波頻率偏移演算法

產生該載波頻率偏移值來控制一數字控制震盪器來補償一正交分頻多工符號的一載波頻率偏移；以及

一時間同步器，獲取多個不同取樣相位之該前置符號的多個傅立葉轉換結果，並藉此產生該估測取樣相位來控制一類比數位轉換器的一取樣相位。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之正交分頻多工接收器，其中該邊界偵測器將各種理想前置符號的傅立葉轉換結果與接收的該前置符號之該傅立葉轉換結果進行互相關計算，以獲得多個互相關值中的一最大互相關值，且該邊界偵測器獲得該最大互相關值所對應之一邊界位置作為該估測邊界位置。
18. 如申請專利範圍第 17 項所述之正交分頻多工接收器，其中該邊界偵測器連續依據該些前置符號的該些傅立葉轉換結果獲得多個估測邊界位置，並自該些估測邊界位置選擇相同者數目最多的那個估測邊界位置作為正確的該估測邊界位置。
19. 如申請專利範圍第 16 項所述之正交分頻多工接收器，其中該頻率同步器依據該載波頻率偏移值的極性與一偽頻率偏移值決定三個調整指數，該頻率同步器將連續接收的該三個前置符號的三個傅立葉轉換結果分別乘上對應的該些調整指數，以獲得三個傅立葉轉換調整結果，該頻率同步器依據該三個調整前置符號的該三個傅立葉轉換調整結果計算一估測頻率偏移值，該頻率同步器依據該載波頻率偏移值的極性、該估測頻率偏移值與該偽頻率偏移值獲得該載波頻率偏移值，其中該頻率同步

器依據連續該兩個前置符號的該兩個傅立葉轉換結果來判斷該載波頻率偏移值是否大於 0，以確定該載波頻率偏移值的極性，且該偽頻率偏移值的初始值與該估測頻率偏移值為正值。

20. 如申請專利範圍第 19 項所述之正交分頻多工接收器，其中若該載波頻率偏移值的極性為正，則該頻率同步器將該估測頻率偏移值減去該偽頻率偏移值，以獲得該載波頻率偏移值；相反地，若該載波頻率偏移值的極性為負，則該頻率同步器將該估測頻率偏移值乘以-1，再加上該偽頻率偏移值，以獲得該載波頻率偏移值。
21. 如申請專利範圍第 16 項所述之正交分頻多工接收器，其中該時間同步器對該些不同取樣相位之該前置符號的該些傅立葉轉換結果與一理想前置符號的該傅立葉轉換結果進行互相關計算，以獲得多個互相關值中的一最大互相關值，且該邊時間同步器獲得該最大互相關值所對應之一取樣相位作為該估測取樣相位。

八、圖式：

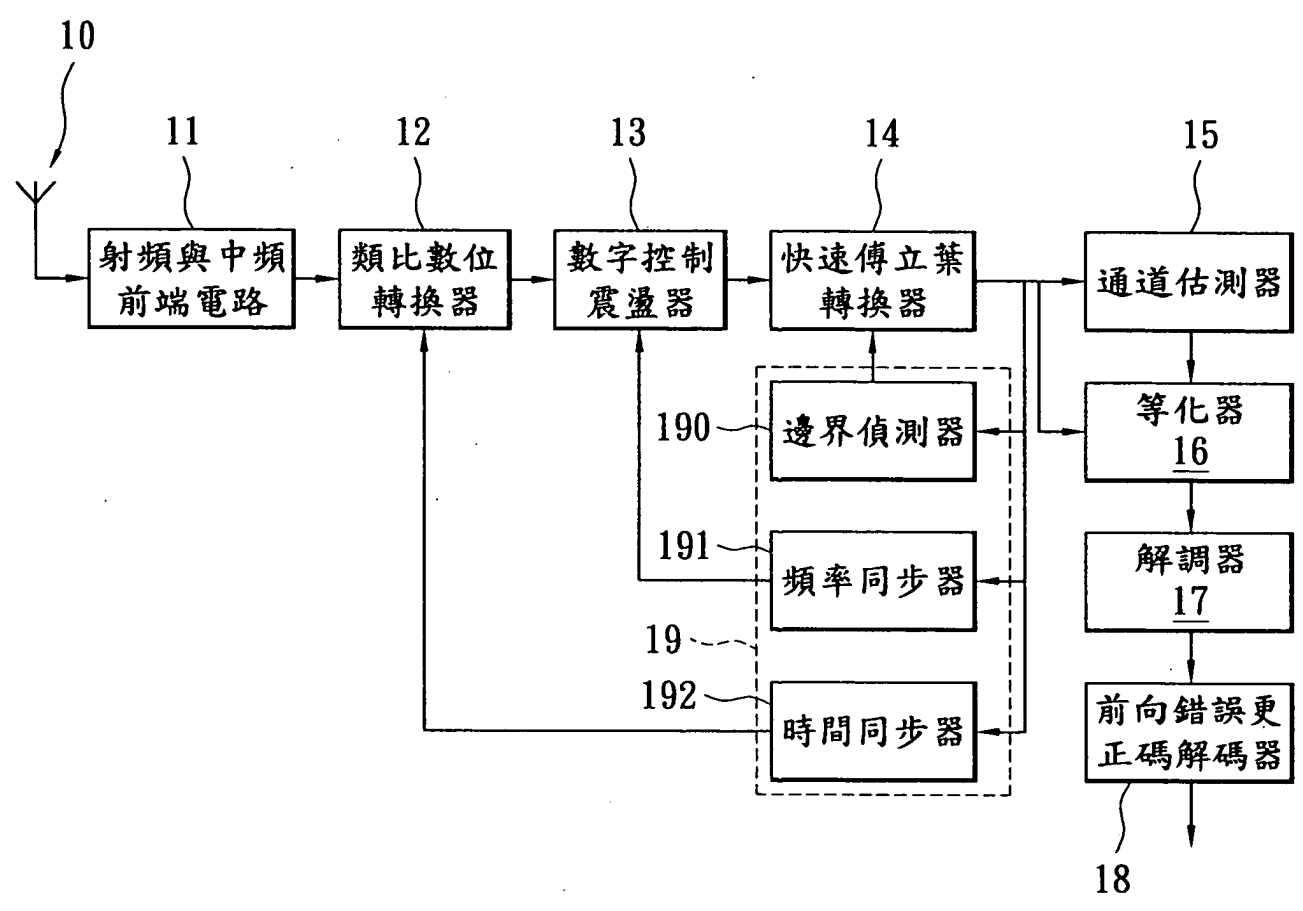


圖1

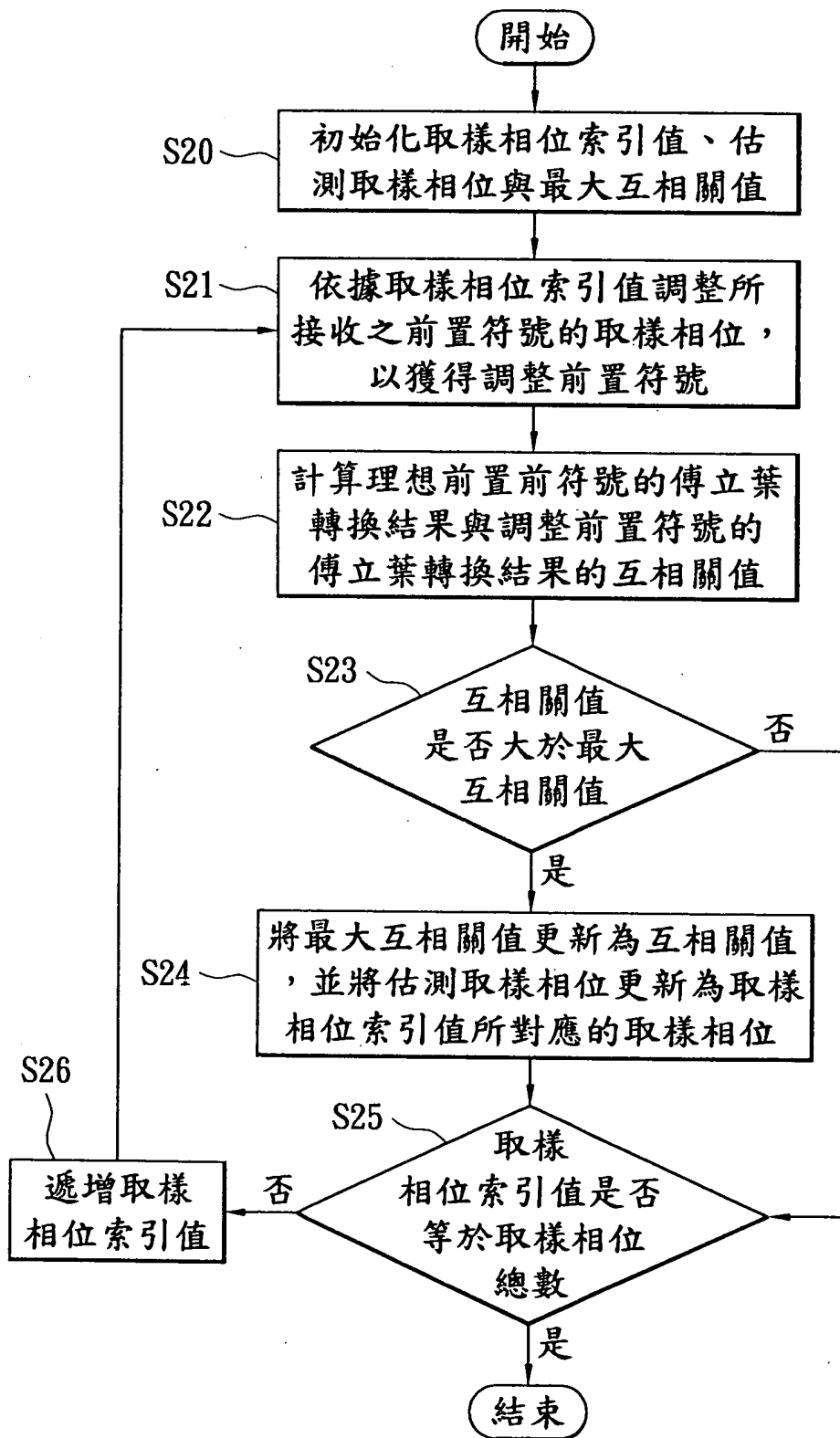


圖2

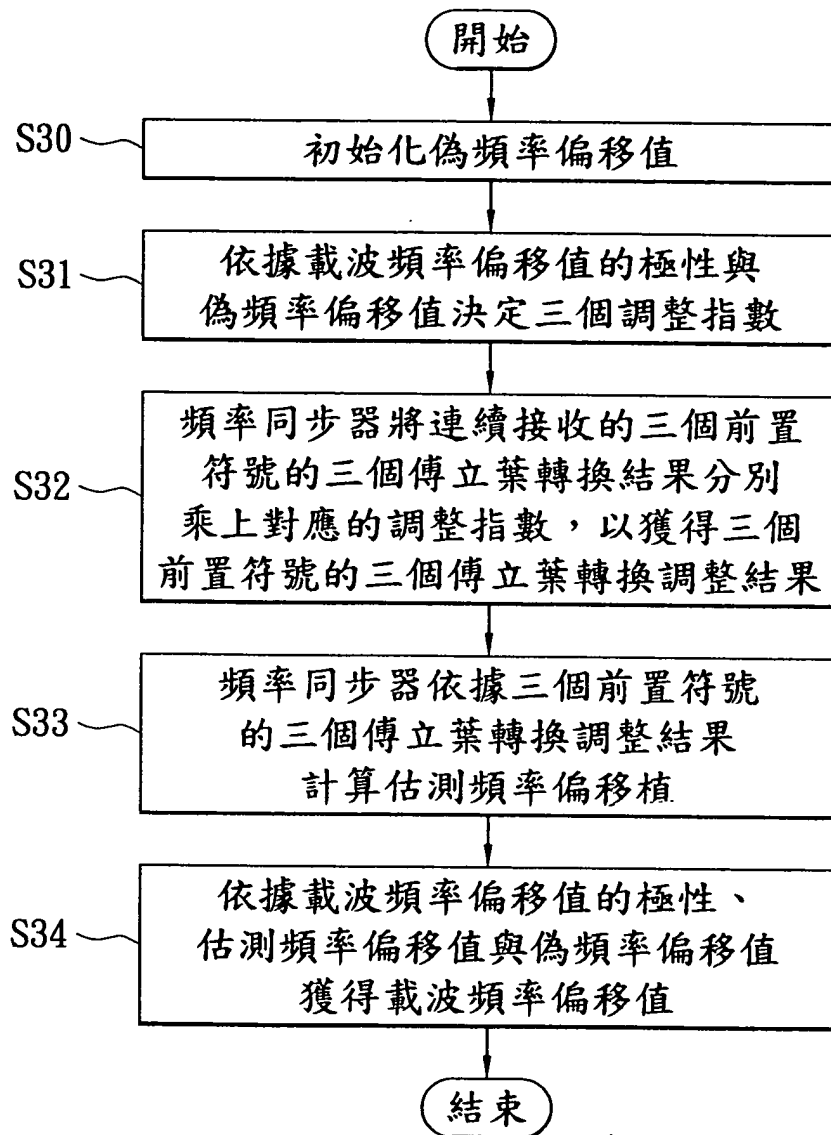


圖3

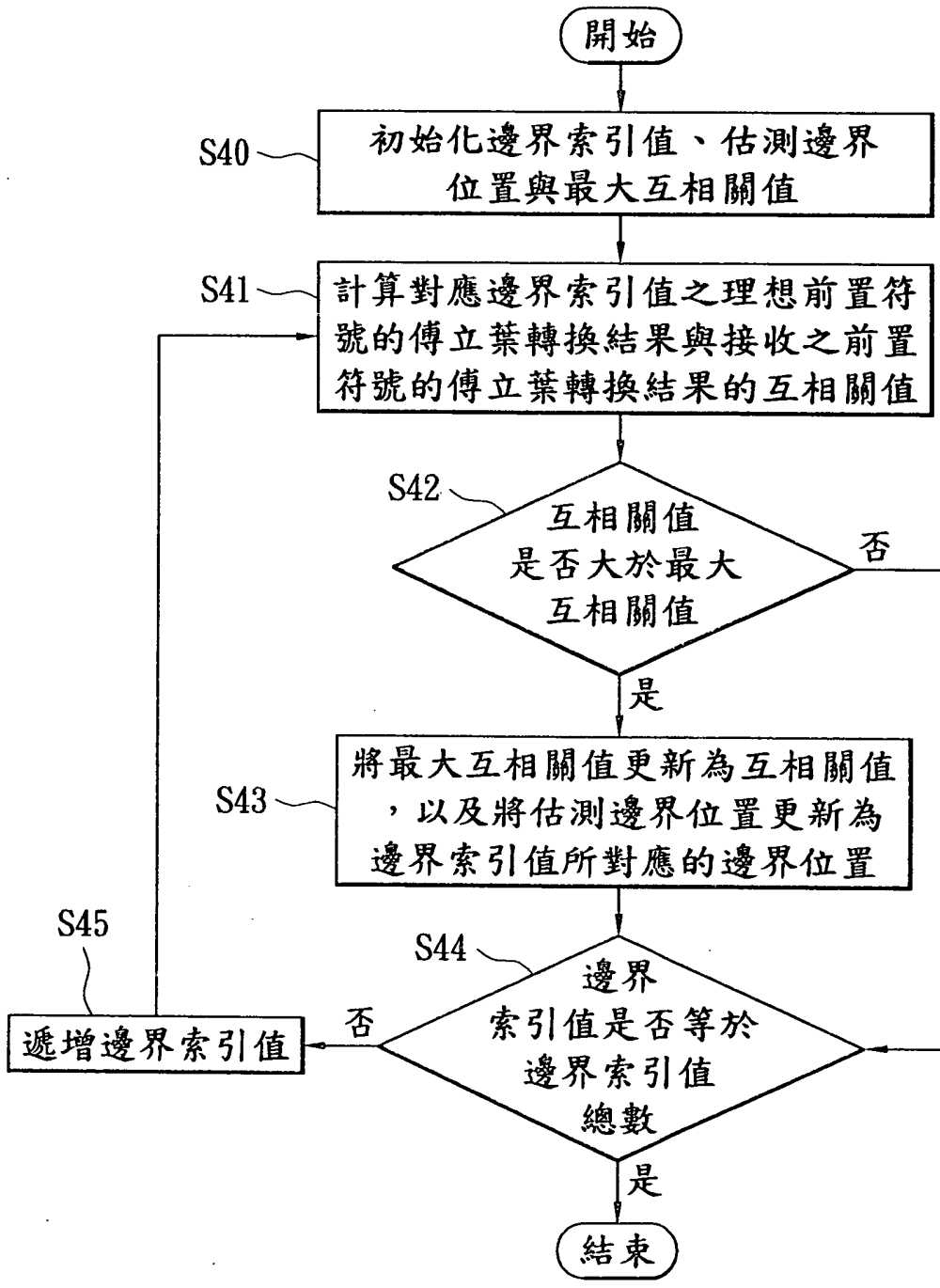


圖4