



(21)申請案號：107127934 (22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 08 月 10 日

(51)Int. Cl. : *A61B5/0402 (2006.01)* *H03M7/30 (2006.01)*

(71)申請人：國立中央大學(中華民國) NATIONAL CENTRAL UNIVERSITY (TW)

桃園市中壢區五權里 2 鄰中大路 300 號

(72)發明人：蔡宗漢 TSAI, TSUNG-HAN (TW)；郭威廷 KUO, WEI-TING (TW)

(74)代理人：蘇建太；蘇清澤

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：3 共 36 頁

(54)名稱

無損心電訊號壓縮系統及方法

(57)摘要

一種無損心電訊號壓縮系統，包含：訊號差值產生模組及壓縮模組。訊號差值產生模組對心電訊號進行一可變動式預測編碼，進而產生心電訊號的每筆資料所對應的訊號差值；壓縮模組將該等訊號差值分為複數個群組，並利用一可變動式無損壓縮編碼對每個群組進行編碼，進而產生複數個視窗壓縮串流，其中每個群組對應一位元參考指標，且每個位元參考指標是被設定為可變動式無損壓縮編碼的壓縮編碼參數。

An ECG lossless compression system comprises: a signal difference value generating module and a compression module. The signal difference value generating module executes an adaptive linear prediction coding to an ECG signal, so as to generate a plurality of signal difference values corresponded to each data of the ECG signal; the compression module divides the signal difference values into a plurality of groups, and executes an lossless compression coding to the groups, so as to generate a plurality of window compression streams, wherein each group is corresponding to a bit reference index configured to be a compression coding parameter of the lossless compression coding.

指定代表圖：

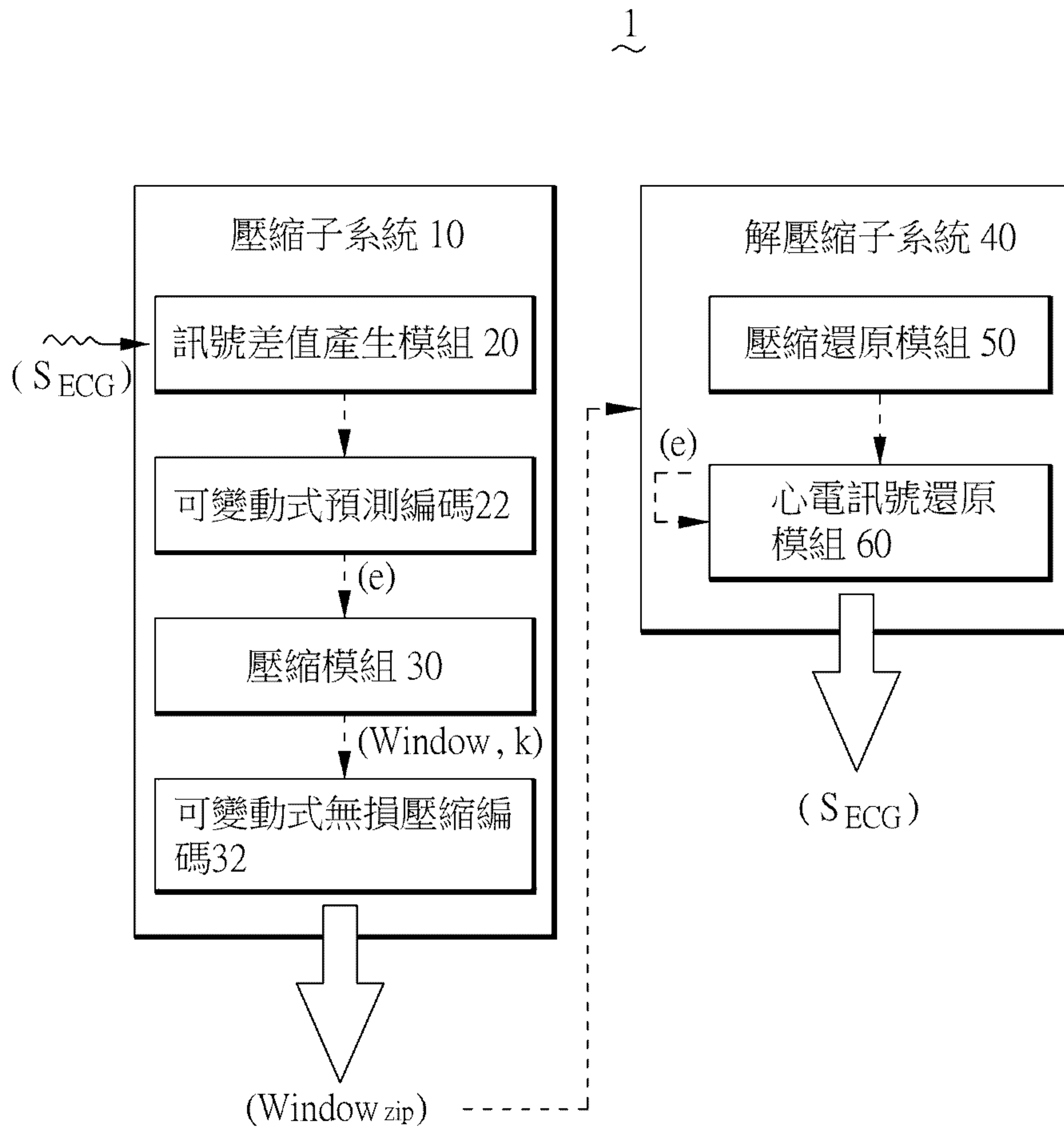


圖1(A)

符號簡單說明：

- 1 . . . 無損心電訊號壓縮系統
- 10 . . . 壓縮子系統
- 20 . . . 訊號差值產生模組
- 30 . . . 壓縮模組
- $S_{ECG}$  . . . 心電訊號
- 22 . . . 可變動式預測編碼
- $e$  . . . 訊號差值
- Window . . . 變動式視窗
- 32 . . . 可變動式無損壓縮編碼
- $k$  . . . 位元參考指標
- 40 . . . 解壓縮系統
- 50 . . . 訊號差值還原模組
- 60 . . . 心電訊號還原模組
- Window<sub>zip</sub> . . . 視窗壓縮串流



## 【發明摘要】

【中文發明名稱】無損心電訊號壓縮系統及方法

【英文發明名稱】 ECG SIGNALS LOSSLESS COMPRESSION SYSTEM AND ITS METHOD

【中文】 一種無損心電訊號壓縮系統，包含：訊號差值產生模組及壓縮模組。訊號差值產生模組對心電訊號進行一可變動式預測編碼，進而產生心電訊號的每筆資料所對應的訊號差值；壓縮模組將該等訊號差值分為複數個群組，並利用一可變動式無損壓縮編碼對每個群組進行編碼，進而產生複數個視窗壓縮串流，其中每個群組對應一位元參考指標，且每個位元參考指標是被設定為可變動式無損壓縮編碼的壓縮編碼參數。

【英文】 An ECG lossless compression system comprises: a signal difference value generating module and a compression module. The signal difference value generating module executes an adaptive linear prediction coding to an ECG signal, so as to generate a plurality of signal difference values corresponded to each data of the ECG signal; the compression module divides the signal difference values into a plurality of groups, and executes an lossless compression coding to the groups, so as to generate a plurality of window compression streams, wherein each group is corresponding to a bit reference

index configured to be a compression coding parameter of the lossless compression coding.

【指定代表圖】 圖1(A)

【代表圖之符號簡單說明】

無損心電訊號壓縮系統 1

壓縮子系統 10

訊號差值產生模組 20

壓縮模組 30

心電訊號  $S_{ECG}$

可變動式預測編碼 22

訊號差值  $e$

變動式視窗 *Window*

可變動式無損壓縮編碼 32

位元參考指標  $k$

解壓縮系統 40

訊號差值還原模組 50

心電訊號還原模組 60

視窗壓縮串流  $Window_{zip}$

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】無損心電訊號壓縮系統及方法

【英文發明名稱】ECG SIGNALS LOSSLESS COMPRESSION SYSTEM AND ITS METHOD

### 【技術領域】

【0001】本發明係關於一種訊號壓縮系統及方法，特別是一種無損心電訊號壓縮系統及方法。

### 【先前技術】

【0002】隨著社會高齡化，心血管疾病的人口逐漸增加，因此居家看護系統將成為未來醫療領域中很重要的項目。ECG(Electrocardiogram)心電圖是判斷是病人是否具有心血管疾病的重要指標，但通常心律不整的情況並非隨時發生，因此現代逐漸發展出可攜式、微小化及居家化的心電訊號量測裝置，以供隨時量測病人的心電訊號，並可將量測到的心電訊號傳送至醫療端設備或雲端上。

【0003】然而，這些心電訊號量測裝置在長期量測的情況下，會產生龐大的資料量，如此將佔用龐大的儲存空間，且若要將心電訊號傳送至醫療端設備或雲端上，亦須使用大量的網路流量。此外，醫療端設備亦不可能僅接收一位病人的資料，在大量病人皆使用居家化量測產品的情況下，將會造成整個醫療機制的負擔。

【0004】有鑑於此，本發明提供一種無損心電訊號壓縮系統及方法，以解決現有的心電訊號量測裝置需耗費龐大儲存空間及占用大量網路頻寬的問題。

**【發明內容】**

【0005】 本發明的一目的係提供一種無損心電訊號壓縮系統，包含：一訊號差值產生模組及一壓縮模組。訊號差值產生模組用於根據一心電訊號的其中一筆資料的複數筆先前資料來調整該筆資料所對應的一可變動式預測編碼的一編碼機制，並將該筆資料依照該編碼機制進行編碼，並進而產生每筆後續資料所對應的一訊號差值；壓縮模組，用於將該等訊號差值以特定數量為一組分為複數個變動式視窗，並利用一可變動式無損壓縮編碼對該等變動式視窗進行編碼，進而產生複數個視窗壓縮串流，其中每個變動式視窗對應一位元參考指標，且該位元參考指標是被設定為該可變動式無損壓縮編碼的一壓縮編碼機制。

【0006】 本發明的另一目的係提供一種無損心電訊號壓縮方法，透過一無損心電訊號壓縮系統來執行，該方法包含步驟：藉由該訊號差值產生模組，根據一心電訊號的其中一筆資料的複數筆先前資料來調整該筆資料所對應的一可變動式預測編碼的一編碼機制，並將該筆資料依照該編碼機制進行編碼，進而產生每筆後續資料所對應的一訊號差值；以及藉由一壓縮模組，將該等訊號差值以特定數量為一組分為複數個變動式視窗，並對該等變動式視窗進行一可變動式無損壓縮編碼，以產生複數個視窗壓縮串流，其中每個變動式視窗對應一個位元參考指標，且該位元參考指標是被設定為該可變動式無損壓縮編碼的一壓縮編碼參數。

**【圖式簡單說明】**

【0007】

圖1(A)是本發明一實施例的無損心電訊號壓縮系統的架構圖；

圖1(B)是圖1(A)的一實際運用範例示意圖；

圖2(A)是本發明第一實施例的無損心電訊號壓縮方法的流程圖；

圖2(B)是本發明一實施例的心電訊號的示意圖；

圖2(C)是本發明一實施例的編碼機制選擇方法的步驟流程圖；

圖2(D)是本發明一實施例的視窗壓縮串流的示意圖；

圖3(A)是本發明第二實施例的無損心電訊號壓縮方法(解壓縮)的流程圖；

圖3(B)是本發明一實施例的步驟S32的詳細步驟流程圖；

圖3(C)是本發明一實施例的步驟S33的詳細步驟流程圖。

## 【實施方式】

【0008】 以下將透過多個實施例說明本發明的量測設備的實施態樣及運作原理。本發明所屬技術領域中具有通常知識者，透過上述實施例可理解本發明的特徵及功效，而可基於本發明的精神，進行組合、修飾、置換或轉用。

【0009】 本文所指的“連接”一詞係包括直接連接或間接連接等態樣，且並非限定。本文中關於”當…”、“…時”的一詞係表示”當下、之前或之後”，且並非限定。此外，本發明記載多個功效(或元件)時，若在多個功效(或元件)之間使用“或”一詞，係表示功效(或元件)可獨立存在，但亦不排除多個功效(或元件)可同時存在的態樣。再者，說明書中所使用的序數例如“第一”、“第二”等之用詞，除非特別敘明，否則其本身並不意含及代表元件或實施例之間有任何之前的序數，也不代表某一元件或實施例與另一元件或實施例存在順序關

係，該些序數的使用僅用來修飾不同的元件或實施例，且不限定本發明只具有這些元件或實施例。

【0010】圖1(A)是本發明一實施例的無損心電訊號壓縮系統1的架構圖。如圖1(A)所示，無損心電訊號壓縮系統1包含一訊號差值產生模組20及一壓縮模組30，其中訊號差值產生模組20及壓縮模組30可設置於一壓縮子系統10上。

【0011】訊號差值產生模組20用於對一心電訊號 $S_{ECG}$ 進行一差分編碼或一可變動式預測編碼(Adaptive Linear Prediction Coding)22。更詳細地說明，訊號差值產生模組20可對心電訊號 $S_{ECG}$ 的複數筆起始資料(例如前幾筆資料)進行差分編碼，並對起始資料以外的資料進行可變動式預測編碼。此外，訊號差值產生模組20是根據其中一筆資料的複數筆先前資料來調整該筆資料所對應的可變動式預測編碼22的編碼機制，並將該筆資料依照該編碼機制進行編碼。藉此，訊號差值產生模組20可產生心電訊號 $S_{ECG}$ 的每筆資料所對應的一訊號差值 $e$ 。此外，上述的資料可例如是瞬時時間的訊號振幅，但不限於此。

【0012】壓縮模組30用於將該等訊號差值 $e$ 以特定數量為一組而分為複數個變動式視窗 $Window$ ，並利用一可變動式無損壓縮編碼(Lossless Compression coding)32對該等變動式視窗 $Window$ 進行壓縮編碼，進而產生複數個視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ ，其中每個變動式視窗 $Window$ 具有一位元參考指標 $k$ ，且位元參考指標 $k$ 被設定為該可變動式無損壓縮編碼的一個壓縮編碼參數；換言之，每個視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 將對應一個變動式視窗 $Window$ 及一個位元參考指標 $k$ 。此外，壓縮模組30可依照差分編碼的編碼機制對心電訊號 $S_{ECG}$ 的複數筆起始資料進行壓縮編碼，以產生該等起始資料所對應的訊號差值 $e$ 。



【0013】此外，在一實施例中，無損心電訊號壓縮系統1更包含一解壓縮系統40，且解壓縮系統40包含一訊號差值還原模組50及一心電訊號還原模組60。其中，訊號差值還原模組50用於根據每個視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 對應的該位元參考指標 $k$ 而將該視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 中的該等被壓縮編碼過的訊號差值 $e$ 還原。心電訊號還原模組60用於將該等訊號差值 $e$ 還原成該心電訊號 $S_{ECG}$ 。需注意的是，心電訊號還原模組60可將該等起始資料的訊號差值 $e$ 以差分編碼的解碼方式還原，並將起始資料以外的資料的訊號差值 $e$ 以可變動式預測編碼22的解碼方式還原。

【0014】圖1(B)是圖1(A)的無損心電訊號壓縮系統1的一實際運用範例示意圖。如圖1(B)所示，無損心電訊號壓縮系統1可運用於一遠端健康管理系統70，其中遠端健康管理系統70可分為一量測端(例如病患端)及一管理端(例如醫師端)。在一實施例中，壓縮子系統10可實現為量測端(例如病患端)的電子設備71，例如智慧型手機、平板電腦、桌上型電腦、筆記型電腦、智慧手環、智慧手錶、訊號處理器、電腦主機板或任何具備微處理器的設備，以將一量測設備所量測到的心電訊號進行壓縮，又或者壓縮子系統10亦可為量測設備本身，且不限於此。解壓縮子系統40可實現為管理端(例如醫師端)的電子設備72，例如醫師端的智慧型手機、平板電腦、桌上型電腦、筆記型電腦、智慧手環、智慧手錶、訊號處理器、電腦主機板或任何具備微處理器的設備，以將來自壓縮子系統10的資料(例如該等視窗壓縮串流)進行解壓縮而還原成心電訊號，且不限於此。在一實施例中，壓縮子系統10及解壓縮子系統40可具有網路功能，以進行資料的傳送。在一實施例中，壓縮子系統10亦可連線至一雲端伺服器73，以將資料傳送至雲端伺服器73，而解壓縮子系統40可自雲端伺服器73處下載資料，且不限於此。

【0015】訊號差值產生模組20、壓縮模組30、訊號差值還原模組50及心電訊號還原模組60可由硬體或軟體的方式來實現。在以硬體實現的方式下，訊號差值產生模組20及壓縮模組30可以是特殊功能的電子電路或具有執行特殊韌體或軟體的硬體裝置(例如量測端電子設備71的微處理器)，訊號差值還原模組50及心電訊號還原模組60亦可以是特殊功能的電子電路或具有執行特殊韌體或軟體的硬體裝置(例如管理端電子設備72的微處理器)，且不限於此。在以軟體實現的方式下，訊號差值產生模組20、壓縮模組30、訊號差值還原模組50及心電訊號還原模組60可由程式碼所組成的電腦程式產品來實現，當該等電腦程式產品該等載入電子裝置(例如量測端電子設備71或管理端電子設備72)的微處理器或微控制器中，可使微處理器或微控制器執行特殊的運作，因此該等模組亦可視為微處理器或微控制器中的特殊功能模組。在一實施例中，訊號差值產生模組20、壓縮模組30、訊號差值還原模組50及心電訊號還原模組60可以是各自獨立的程式，但亦可以整合於同一程式中。此外，訊號差值產生模組20、壓縮模組30、訊號差值還原模組50及心電訊號還原模組60的程式碼可由各種程式語言撰寫而成，本發明並無限制。另外，在一實施例中，訊號差值產生模組20、壓縮模組30、訊號差值還原模組50及心電訊號還原模組60可先儲存於電子裝置(例如量測端電子設備71或管理端電子設備72)的外部，例如可先儲存於光碟、硬碟或隨身碟等非暫態電腦可讀取媒介或雲端伺服器中，之後再安裝於電子裝置中。

【0016】接著將針對壓縮子系統10的訊號差值產生模組20及壓縮模組30所執行的運作進行說明。請同時參考圖1(A)至2(A)，其中圖2(A)是本發明第一實施例的無損心電訊號壓縮方法的流程圖，用於說明壓縮子系統10的運作流程。

【0017】首先，步驟S21被執行，壓縮子系統10取得心電訊號 $S_{ECG}$ ，其中心電訊號 $S_{ECG}$ 包含複數筆資料(例如瞬時振幅)，且該等資料包含複數筆起始資料。之後步驟S22被執行，訊號差值產生模組20擷取起始資料以外的其中一筆資料的複數筆先前資料，並分析該等先前訊號之間的振幅、斜率及方向性，進而調整該其中一筆資料所對應的可變動式預測編碼22的編碼機制。之後步驟S23被執行，訊號差值產生模組20依照該編碼機制對該其中一筆資料進行編碼，以產生該其中一筆資料所對應的訊號差值 $e$ ，或者訊號差值產生模組20依照差分編碼對該等起始資料進行編碼，以取得該等起始資料的訊號差值 $e$ 。之後步驟S22至S23被重新執行，直至心電訊號 $S_{ECG}$ 的所有資料所對應的訊號差值 $e$ 皆被產生。之後步驟S24被執行，壓縮模組30對該等訊號差值 $e$ 執行一非負整數轉換，以將該等訊號差值 $e$ 轉換為正整數。之後步驟S25被執行，壓縮模組30將該等訊號差值 $e$ 依照特定數量為一組而分為複數個變動式視窗 $Window$ ，並根據每個變動式視窗 $Window$ 中的訊號差值 $e$ 的大小及數量來決定每個變動式視窗 $Window$ 的位元參考指標 $k$ ，其中位元參考指標 $k$ 被設定為可變動式無損壓縮編碼32的一個壓縮編碼參數。之後步驟S26被執行，壓縮模組30依照可變動式無損壓縮編碼32對該等變動式視窗 $Window$ 進行編碼，以產生複數個視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 。藉此，心電訊號 $S_{ECG}$ 可以被有效且無損地壓縮，以解決現有技術需耗費龐大儲存空間及占用大量網路頻寬的問題。

【0018】關於步驟S21，在一實施例中，壓縮子系統10可與量測裝置連接，因此當量測裝置量測完被量測者(例如病患)的心電訊號 $S_{ECG}$ 後，即可將心電訊號 $S_{ECG}$ 傳送至壓縮子系統10或雲端伺服器70，因此壓縮子系統10可取得心電訊號

$S_{ECG}$ 。在另一實施例中，壓縮子系統10亦可與量測裝置整合，因此壓縮子系統10可直接取得心電訊號 $S_{ECG}$ 。

【0019】 關於步驟S22至S23，當壓縮子系統10取得心電訊號 $S_{ECG}$ 後，訊號差值產生模組20可將心電訊號 $S_{ECG}$ 的每筆資料(例如瞬時振幅)進行第一次編碼，以每筆資料由原本的數值(占用較大位元組)編碼為對應的訊號差值(占用較小位元組)，如此可使得心電訊號 $S_{ECG}$ 的資料量預先降低，因此後續進行壓縮時(步驟S24至S26)的執行效率將可提高。

【0020】 此外，由於心電訊號 $S_{ECG}$ 具有許多不同的斜率振幅波動，如QRS波、P波、T波、U波等，若心電訊號 $S_{ECG}$ 的整體資料皆利用傳統的差分編碼進行第一次編碼，編碼結果將會產生較多誤差值；對此，本發明使用針對不同資料調整可變動式預測編碼22的編碼規則，將可大幅減少誤差值。另外，由於起始資料缺乏足夠的先前資料，因此，訊號差值產生模組20仍將對起始資料進行一般的差分編碼(此處「差分編碼」可以是除了第一個起始資料保持原始資料外，其它每個起始資料都以該起始資料與前一個起始資料的差值的形式，但並非限定)，而起始資料以外的資料具備足夠的先前資料，因此可進行可變動式預測編碼。

【0021】 為了達成上述目的，在步驟S22的一實施例中，當訊號差值產生模組20欲對起始資料以外的一筆資料進行可變動式預測編碼時，會先擷取出該筆資料的前幾筆資料，並根據該等先前資料之間的振幅、斜率及方向性來判斷出該等先前資料的波形特性，例如波峰、波谷、陡坡或緩和波等，進而選擇適合該筆資料的可變動式預測編碼的編碼機制，藉此減少後續編碼時的誤差值。由於需要一定數量的先前資料才能準確地判斷出該筆資料在波形中的位置，因此

在一實施例中，先前資料的數量為至少4筆資料；換言之，心電訊號 $S_{ECG}$ 的第5筆資料及後續資料將進行可變動式預測編碼，而心電訊號 $S_{ECG}$ 的前4筆資料將被設定為起始資料，因此將進行差分編碼。

【0022】 接著將以一實施例說明訊號差值產生模組20如何判斷出該等先前資料在波形中的特性。圖2(B)是本發明一實施例的心電訊號 $S_{ECG}$ 的示意圖，請同時參考圖2(A)至2(B)。如圖2(B)所示，目前欲進行可變動式預測編碼的該筆資料定義為 $x(n)$ ，該筆資料的先前第四筆資料定義為 $x(n-4)$ 、該筆資料的先前第三筆資料定義為 $x(n-3)$ 、該筆資料的先前第二筆資料定義為 $x(n-2)$ ，且該筆資料的先前第一筆資料定義為 $x(n-1)$ ，其中該等先前資料是表示不同瞬時時間的振幅。

【0023】 在一實施例中，訊號差值產生模組20透過計算該等先前資料之間的差值來得知該等先前資料之間的振幅、斜率及方向性。在一較佳實施例中，訊號差值產生模組20可取得至少四筆先前資料差值 $D_{n12}$ 、 $D_{n13}$ 、 $D_{n23}$ 、 $D_{n34}$ 及至少二筆先前資料斜率資訊 $\text{dir}(D_{n34})$ 、 $\text{dir}(D_{n23})$ ，其中該等先前資料差值 $D_{n12}$ 、 $D_{n13}$ 、 $D_{n23}$ 、 $D_{n34}$ 可呈現為以下方程式：

$$D_{n12} = x(n-1) - x(n-2) ;$$

$$D_{n13} = x(n-1) - x(n-3) ;$$

$$D_{n23} = x(n-2) - x(n-3) ;$$

$$D_{n34} = x(n-3) - x(n-4) ;$$

其中，先前資料差值 $D_{n12}$ 為先前第一筆資料 $x(n-1)$ 與先前第二筆資料 $x(n-2)$ 的差值，先前資料差值 $D_{n13}$ 為先前第一筆資料 $x(n-1)$ 與先前第三筆資料 $x(n-3)$ 的差值，先前資料差值 $D_{n23}$ 為先前第二筆資料 $x(n-2)$ 與先前第三筆資料 $x(n-3)$ 的差值，先前資料差值 $D_{n34}$ 為先前第三筆資料 $x(n-3)$ 與先前第四筆資料 $x(n-4)$ 的差值。此外，先

前資料斜率資訊 $\text{dir}(D_{n34})$ 為先前第三筆資料 $x(n-3)$ 與先前第四筆資料 $x(n-4)$ 之間的斜率，先前資料斜率資訊 $\text{dir}(D_{n23})$ 為先前第二筆資料 $x(n-2)$ 與先前第三筆資料 $x(n-3)$ 之間的斜率。

【0024】當訊號差值產生模組20取得該等先前資料差值 $D_{n12}$ 、 $D_{n13}$ 、 $D_{n23}$ 、 $D_{n34}$ 及先前資料斜率資訊 $\text{dir}(D_{n23})$ 、 $\text{dir}(D_{n34})$ 後，訊號差值產生模組20即可執行一個基於模糊理論(Fuzzy decision)的編碼機制調整方法，以根據該等起始資料之間的振幅、斜率及方向性來調整可變動式預測編碼22的編碼機制。

【0025】圖2(C)是本發明一實施例的編碼機制選擇方法的步驟流程圖。首先步驟S221被執行，當訊號差值產生模組20取得該等先前資料差值 $D_{n12}$ 、 $D_{n13}$ 、 $D_{n23}$ 、 $D_{n34}$ 及先前斜率資訊 $\text{dir}$ 後，訊號差值產生模組20分析先前資料差值 $D_{n34}$ 的絕對值是否同時大於一預設門檻值THR及先前資料差值 $D_{n23}$ 的絕對值，且斜率 $\text{dir}(D_{n34})$ 與斜率 $\text{dir}(D_{n23})$ 是否相同(意即是否滿足 $|D_{n34}| > \text{THR}$ ，且 $|D_{n34}| > |D_{n23}|$ ，且 $\text{dir}(D_{n34}) = \text{dir}(D_{n23})$ 等條件)。

【0026】假如步驟S221的條件皆滿足，則步驟S222(a)被執行，訊號差值產生模組20判斷該等先前資料屬於波形中的波峰或波谷，並將該筆資料 $x(n)$ 所對應的可變動式預測編碼22的編碼機制調整為第一編碼機制。在一實施例中，第一編碼機制可由下列方程式來呈現：

$$e = x(n) - \{3 * x(n-1) - 3 * x(n-2) + x(n-3)\};$$

其中， $e$ 為該筆資料 $x(n)$ 所對應的訊號差值。

【0027】假如步驟S221的條件有一者未滿足，則步驟S222(b)被執行，訊號差值產生模組20分析先前資料差值 $D_{n12}$ 的絕對值及先前資料差值 $D_{n13}$ 的絕對值

是否皆不大於預設門檻值THR(意即是否滿足  $|D_{n12}| \leq \text{THR}$ ，且  $|D_{n13}| \leq \text{THR}$  等條件)。

【0028】 假如步驟S222(b)的條件皆滿足，則步驟S223(a)被執行，訊號差值產生模組20判斷該等先前資料屬於波形中的陡坡，並將該筆資料 $x(n)$ 所對應的可變動式預測編碼22的編碼機制調整為第二編碼機制。在一實施例中，第二編碼機制可由下列方程式來呈現:

$$e = x(n) - x(n-1);$$

其中， $e$ 為該筆資料 $x(n)$ 所對應的訊號差值。

【0029】 假如步驟S222(b)的條件有一者未滿足，則步驟S223(b)被執行，訊號差值產生模組20分析先前資料差值 $D_{n12}$ 的絕對值是否不大於預設門檻值THR，且先前資料差值 $D_{n13}$ 的絕對值是否大於預設門檻值THR(意即是否滿足  $|D_{n12}| \leq \text{THR}$ ，且  $|D_{n13}| > \text{THR}$  等條件)。

【0030】 假如步驟S223(b)的條件皆滿足，則步驟S224(a)被執行，訊號差值產生模組20判斷該等先前資料屬於波形中的緩和波，並將該筆資料 $x(n)$ 所對應的可變動式預測編碼22的編碼機制調整為第三編碼機制。在一實施例中，第三編碼機制可由下列方程式來呈現:

$$e = x(n) - \{2 * x(n-1) - x(n-2)\};$$

其中， $e$ 為該筆資料 $x(n)$ 所對應的訊號差值。

【0031】 假如步驟S222(b)的條件有一者未滿足，則步驟S223(c)被執行，訊號差值產生模組20分析先前資料差值 $D_{n12}$ 的絕對值是否大於預設門檻值THR，且先前資料差值 $D_{n13}$ 的絕對值是否不大於預設門檻值THR(意即是否滿足  $|D_{n12}| > \text{THR}$ ，且  $|D_{n13}| \leq \text{THR}$  等條件)。

【0032】 假如步驟S223(b)的條件皆滿足，則步驟S224(a)再次被執行，訊號差值產生模組20判斷該等先前資料屬於波形中的緩和波，並將該筆資料 $x(n)$ 所對應的可變動式預測編碼22的編碼機制調整為第三編碼機制。

【0033】 假如步驟S222(c)的條件有一者未滿足，則步驟S224(b)被執行，訊號差值產生模組20分析先前資料差值 $D_{n23}$ 的絕對值是否大於先前資料差值 $D_{n12}$ 的絕對值(意即是否滿足 $|D_{n23}| > |D_{n12}|$ 的條件)。

【0034】 假如步驟S224(b)的條件被滿足，則步驟S222(a)再次被執行，訊號差值產生模組20判斷該等先前資料屬於波形中的波峰或波谷，並將該筆資料 $x(n)$ 所對應的可變動式預測編碼22的編碼機制調整為第一編碼機制。

【0035】 假如步驟S224(b)的條件未被滿足，則步驟S224(a)再次被執行，訊號差值產生模組20判斷該等先前資料屬於波形中的緩和波，並將該筆資料 $x(n)$ 所對應的可變動式預測編碼22的編碼機制調整為第三編碼機制。

【0036】 此外，每次當編碼機制被調整後，則步驟S221被再次執行，訊號差值產生模組20開始進行針對下一筆資料 $x(n+1)$ 進行此編碼機制調整方法。

【0037】 藉此，訊號差值產生模組20可針對起始資料以外的資料而分別調整相對應的編碼機制，且由於編碼機制是根據先前資料的波形特性來調整，可大幅降低編碼的失誤。

【0038】 關於步驟S23，訊號差值產生模組20將起始資料進行差分編碼，以取得起始資料所對應的訊號差值 $e$ ，以及將其它資料依照相對應的編碼機制進行可變動式預測編碼22，以取得起始資料以外的資料所對應的訊號差值 $e$ 。之後，該等訊號差值 $e$ 被傳送至壓縮模組30以進行壓縮編碼。



【0039】在較佳實施例中，壓縮模組30對該等訊號差值 $e$ 所進行的可變動式無損壓縮編碼32是一內容可變動式哥倫布編碼(Content-Adaptive Golomb Rice Coding)，例如哥倫布萊斯編碼(Golomb Rice Coding)。傳統的哥倫布編碼(Golomb Coding)是一種無損資料壓縮的方法，能提供較低的複雜度，因此比其它演算法適合用於具備微處理器的嵌入式系統之中；然而為了使微處理器的運算更加順利，改良自哥倫布編碼且適用於指數衰減機率分佈的哥倫布萊斯編碼會更適用於本發明。

【0040】由於哥倫布萊斯編碼的特性，訊號差值 $e$ 在進行壓縮編碼時皆必須以正整數來運算，因此在步驟S24中，壓縮模組30會對該等訊號差值 $e$ 執行非負整數轉換。非負整數轉換可例如是直接將訊號差值 $e$ 取絕對值，但亦可進行其它運算。而在一較佳實施例中，每個訊號差值所進行的非負整數轉換可由下列方程式來呈現：

$$M = \begin{cases} 2 * |e| - 1, & e < 0 \\ 2 * e, & e \geq 0 \end{cases}$$

其中 $M$ 為經非負整數轉換後的其中一訊號差值(以下稱之為”轉換後訊號差值 $M$ ”)。

【0041】為了使壓縮過程更有效率，步驟S25將被執行。壓縮模組30會先將依照特定數量而該等訊號差值 $e$ 分為複數組，每組定義為一個變動式視窗 $Window$ ，之後再各自對每個變動式視窗進行壓縮編碼。此外，壓縮模組30亦會根據每個變動式視窗 $Window$ 中的訊號差值 $e$ 的大小及數量來決定該變動式視窗 $Window$ 的位元參考指標 $k$ ，並將位元參考指標 $k$ 設定為可變動式無損壓縮編碼32(內容可變動式哥倫布編碼)的一個壓縮編碼參數，使得壓縮的效果更為良好。

【0042】 在一實施例中，每個變動式視窗 $Window$ 的訊號差值 $e$ 的數量是取決於QRS波的維持時間來決定，舉例來說，假如一個心電訊號 $S_{ECG}$ 的QRS波大約維持0.1秒，因此每個變動式視窗 $Window$ 的大小(訊號差值 $e$ 的數量)將被設定為 $0.1 \times$ 取樣頻率；此時，假如該心電訊號 $S_{ECG}$ 的訊號頻率為360Hz，則每個變動式視窗 $Window$ 的大小(訊號差值 $e$ 的數量)將為40個樣本數(即40個訊號差值 $e$ )，且不限於此。

【0043】 在一實施例中，一個變動式視窗 $Window$ 的位元參考指標 $k$ 可由下列方程式來呈現：

$$k = \log_2 \left( \frac{\sum_{m=0}^{m=W} |M_m|}{W} \right) ;$$

其中 $k$ 為該變動式視窗 $Window$ 的該位元參考指標， $W$ 為該變動式視窗 $Window$ 的訊號差值 $e$ 的數量， $M$ 為轉換後訊號差值， $m$ 為該等訊號差值於該變動式視窗 $Window$ 中的順序，且 $m$ 為正整數。

【0044】 之後，步驟S26被執行，之後步驟S26被執行，壓縮模組30依照可變動式無損壓縮編碼32對每個變動式視窗 $Window$ 進行壓縮編碼，以產生複數個視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 。在一實施例中，可變動式無損壓縮編碼32的編碼結果可分為商數編碼部分(Quotient coding)及餘數編碼部分(Reminder coding)，其中商數編碼部分可採用一元編碼(Unary code)，而餘數編碼部分可採用二元編碼(Binary code)，且商數編碼部分與餘數編碼部分之間可導入一個獨立位元(isolated bit)“0”，以供解碼端作為判斷依據。在一實施例中，可變動式無損壓縮編碼32可由下列方程式來呈現：

$$\begin{cases} \text{quotient} = \left\lfloor \frac{M}{2^k} \right\rfloor \\ \text{remainder} = M \bmod 2^k \\ \text{isolated bit} = 0 \end{cases}$$

其中，*quotient*為商數編碼部分，*remainder*為餘數編碼部分，*isolated bit*為獨立位元。以下以一範例進行說明，假設轉換後訊號差值M為10，位元參考指標k為2，則該訊號差值的商數部分將為2(一元編碼後為”11”)，餘數部分將為2(二元編碼後為”01<sub>2</sub>”)，因此其壓縮編碼的結果將為”11001<sub>2</sub>”。

【0045】藉此，壓縮模組30可對每個變動式視窗*Window*進行可變動式無損壓縮編碼32，以產生每個視窗壓縮串流*Window<sub>zip</sub>*，且其中每個視窗壓縮串流包含複數個經壓縮編碼後的轉換後訊號差值M。圖2(D)是本發明一實施例的該等視窗壓縮串流*Window<sub>zip</sub>*的示意圖。如圖2(D)所示，心電訊號*S<sub>ECG</sub>*可被壓縮編碼而成複數個視窗壓縮串流*Window<sub>zip</sub>*，其中第一個視窗壓縮串流包含未被壓縮過的一原始起始資料、該視窗所對應的位元參考指標k以及(W-1)個壓縮編碼過後的轉換後訊號差值M，其餘的視窗壓縮串流等則各自包含該視窗所對應的位元參考指標k及W個壓縮編碼過後的轉換後訊號差值M。在一實施例中，原始起始資料是心電訊號*S<sub>ECG</sub>*的第一筆起始資料的原始資料，即未經壓縮編碼的資料，以供解壓縮子系統40進行訊號還原時作為參考依據。在較佳實施例中，在一較佳實施例中，第一個視窗壓縮串流*Window<sub>zip</sub>*中的原始起始資料是以11位元來儲存，其位元參考指標k是以3位元來儲存，其餘資料則以複數個位元來儲存；而其它視窗壓縮串流*Window<sub>zip</sub>*中的位元參考指標k亦以3位元來儲存，且其餘資料則以複數個位元來儲存，且不限於此。

【0046】由於該等被壓縮過的轉換後訊號差值 $M$ 具備資料無損的特性，且較原始資料僅占用極小的位元組，因此可大幅減輕資料儲存及資料傳送時的負擔。

【0047】接著將針對解壓縮子系統40的壓縮還原模組50及心電訊號還原模組60所執行的運作進行說明。請同時參考圖1(A)、圖1(B)及圖3(A)，其中圖3(A)是本發明第二實施例的無損心電訊號壓縮方法的流程圖，用於說明解壓縮子系統40的運作流程。

【0048】首先步驟S31被執行，壓縮還原模組50取得該等視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 。之後步驟S32被執行，壓縮還原模組50分析每個視窗壓縮串流的位元參考指標 $k$ ，並根據位元參考指標 $k$ 取得每個經壓縮編碼過的轉換後訊號差值 $M$ 的商數編碼部分及餘數編碼部分，進而取得每個經由非負整數轉換後的轉換後訊號差值 $M$ 。之後步驟S33被執行，心電訊號還原模組60將該等轉換後訊號差值 $M$ 還原為原始的訊號差值 $e$ ，並對訊號差值 $e$ 進行差分編碼的解碼或可變動式預測編碼的解碼，以取得心電訊號 $S_{ECG}$ 的起始資料及起始資料以外的資料。之後步驟S34被執行，心電訊號還原模組60將步驟S33所取得的所有資料組合，以還原心電訊號 $S_{ECG}$ 。

【0049】關於步驟S31，在一實施例中，解壓縮子系統40可與壓縮子系統10進行通訊，以取得心電訊號 $S_{ECG}$ 的該等視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 。在另一實施例中，解壓縮子系統40亦可從雲端伺服器70取得該等視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 。

【0050】關於步驟S32，以下將以一實施例詳細說明。圖3(B)是本發明一實施例的步驟S32的詳細步驟流程圖，請同時參考圖3(A)及3(B)。

【0051】 首先，步驟S321被執行，壓縮還原模組50分析其中一視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 的前3個位元，以獲得該視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 所對應的位元參考指標 $k$ 。舉例來說，當壓縮還原模組50接收到的視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 為” 011 1111111 0 010 1111 0 011…”時，壓縮還原模組50可將前3個位元” 011” 由二進制轉換為十進制，因此壓縮還原模組50可得知位元參考指標 $k$ 為3。

【0052】 之後步驟S322被執行，壓縮還原模組50分析該等前3個位元之後的連續” 1” 位元的數量，以獲得轉換後訊號差值 $M$ 的商數編碼部分。由於商數編碼部分是由一元編碼所組成，因此透過計算連續” 1” 位元的數量，即可得知商數編碼部分的資訊。舉例來說，當壓縮還原模組50接收到的視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 為 011 1111111 0 010 1111 0 011…時，且壓縮還原模組50已得知位元參考指標 $k$ 為3後，壓縮還原模組50可利用迴圈計數的方式計算” 011” 之後的連續” 1” 位元的數量，即” 1111111” ；由於連續” 1” 位元的數量為7個，因此壓縮還原模組50可由” 7乘 $2^3$ 為56” 獲得轉換後訊號差值 $M$ 的商數編碼部分的資訊。

【0053】 之後步驟S323被執行，壓縮還原模組50利用位元參考指標 $k$ 來分析判斷位元” 0” 之後的複數個位元，以獲得轉換後訊號差值 $M$ 的餘數編碼部分。由於商數編碼部分與餘數編碼部分之間設置有一個獨立位元” 0” ，因此壓縮還原模組50可輕易得知餘數編碼部分的位元的起始點。此外，由於餘數編碼部分是取決於位元參考指標 $k$ 的大小(請參考步驟S26)，因此由位元參考指標 $k$ 可以得知餘數編碼部分的位元數量。舉例來說，當壓縮還原模組50接收到的視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 為 011 1111111 0 010 1111 0 011…時，且壓縮還原模組50已得知位元參考指標 $k$ 為3以及商數編碼部分為56後，壓縮還原模組50可由位元參考指標

$k(=3)$ 得知獨立位元”0”之後的3個位元”010”為餘數編碼部分，並將”010”由二進制轉換為十進制，因此獲得餘數編碼部分的資訊為2。

【0054】之後，步驟S324被執行，壓縮還原模組50將商數編碼部分(為“56”)與餘數編碼部分(為”2”)結合，以獲得解壓縮後的轉換後訊號差值M(為”58”)。

【0055】之後，步驟S325被執行，壓縮還原模組50分析視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 後續的位元，以將其它轉換後訊號差值M解壓縮(還原)。舉例來說，當壓縮還原模組50接收到的視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 為 011 1111111 0 010 1111 0 011…時，由於壓縮還原模組50已得知第一個轉換後訊號差值M的餘數編碼部分為”010”，因此壓縮還原模組50可由“010”之後的連續”1”位元得知下一個轉換後訊號差值M的商數編碼部分”1111”以及從該下一個轉換後訊號差值M的餘數編碼部分”011”。上述關於視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 中其它轉換後訊號差值M的位元排列方式僅是舉例，本發明不限於此。

【0056】需注意的是，由於第一個視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 的內容与其它視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 的內容並不相同，因此在一實施例中，壓縮還原模組50會先分析第一個視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 中的前11個位元，以取得心電訊號 $S_{ECG}$ 的第一個起始資料的實際值，接著壓縮還原模組50再針對第一個視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 的後續位元進行步驟S321至S324的分析。藉此，壓縮還原模組50可對每個視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 進行可變動式無損壓縮編碼32的解碼，以將所有轉換後訊號差值M還原。

【0057】關於步驟S33，以下將以一實施例詳細說明。圖3(C)是本發明一實施例的步驟S33的詳細步驟流程圖，請同時參考圖3(A)至3(C)。

【0058】 首先步驟S331被執行，心電訊號還原模組60對每個轉換後訊號差值 $M$ 進行非負整數轉換的反轉換，以將每個轉換後訊號差值 $M$ 還原為原始的訊號差值 $e$ 。

【0059】 之後步驟S332被執行，心電訊號還原模組60判斷其中一訊號差值 $e$ 是否為起始資料。假如是，則步驟S333被執行，心電訊號還原模組60對該訊號差值 $e$ 進行差分編碼的解碼，以還原出原始的起始訊號；假如不是，則步驟S334被執行，心電訊號還原模組60對該訊號差值 $e$ 進行可變動式預測編碼的解碼，以還原出起始訊號以外的原始訊號。

【0060】 在一實施例中，由於第一個視窗壓縮串流 $Window_{zip}$ 中已具有第一個起始資料的原始資料，因此心電訊號還原模組60可將第一個起始資料做為參考值，進而還原出其它資料。此外，心電訊號還原模組60至少可依照訊號差值 $e$ 在視窗中的排列順序來判斷訊號差值 $e$ 是否對應起始資料。

【0061】 關於步驟S35，當心電訊號 $S_{ECG}$ 的所有資料皆被還原後，心電訊號還原模組60即可將該等資料組合，以取得原始且完整的心電訊號 $S_{ECG}$ 。

【0062】 藉此，本發明的無損心電訊號壓縮系統1及無損心電訊號壓縮方法可大幅降低心電訊號傳遞時所需佔用的儲存空間及網路流量，並可以提高傳送時的效率，再加上配合心電訊號的特性適時調整編碼機制及壓縮機制，使得壓縮時產生的錯誤大幅減少，因此當本發明運用於現有的健康管理系統上，可使系統的可靠度大幅提升。

【0063】 上述實施例僅係為了方便說明而舉例而已，本發明所主張之權利範圍自應以申請專利範圍所述為準，而非僅限於上述實施例。

## 【符號說明】

## 【0064】

無損心電訊號壓縮系統 1

壓縮子系統 10

訊號差值產生模組 20

壓縮模組 30

心電訊號  $S_{ECG}$

可變動式預測編碼 22

訊號差值  $e$

變動式視窗 *Window*

可變動式無損壓縮編碼 32

位元參考指標  $k$

解壓縮系統 40

訊號差值還原模組 50

心電訊號還原模組 60

量測端的電子設備 71

管理端的電子設備 72

雲端伺服器 73

步驟 S21~S25、S221~S224(b)、S31~S34、S321~S325、S331~S334

資料  $x(n)$ 、 $x(n+1)$

先前資料  $x(n-4)$ 、 $x(n-3)$ 、 $x(n-2)$ 、 $x(n-1)$

先前資料差值  $D_{n12}$ 、 $D_{n13}$ 、 $D_{n23}$ 、 $D_{n34}$

先前資料斜率資訊  $\text{dir}(D_{n34})$ 、 $\text{dir}(D_{n23})$



預設門檻值 THR

轉換後訊號差值 M

視窗壓縮串流  $Window_{zip}$

視窗壓縮串流

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種無損心電訊號壓縮系統，包含：

一訊號差值產生模組，用於根據一心電訊號的其中一筆資料的複數筆先前資料來調整該其中一筆資料所對應的一可變動式預測編碼的一編碼機制，並將該其中一筆資料依照該編碼機制進行編碼，進而產生該心電訊號的每筆資料所對應的一訊號差值；以及

一壓縮模組，用於將該等訊號差值以特定數量為一組分為複數個變動式視窗，並利用一可變動式無損壓縮編碼對該等變動式視窗進行編碼，進而產生複數個視窗壓縮串流，其中每個變動式視窗對應一位元參考指標，且該位元參考指標是設定為該可變動式無損壓縮編碼的一壓縮編碼參數。

【第2項】 如請求項1所述的無損心電訊號壓縮系統，其中更包含：

一壓縮還原模組，用於根據每個視窗壓縮串流對應的該位元參考指標而將該視窗壓縮串流中被壓縮的該等訊號差值還原；以及

一心電訊號還原模組，用於根據該可變動式預測編碼的解碼方式，將該等訊號差值還原成該心電訊號的該等資料。

【第3項】 如請求項2所述的無損心電訊號壓縮系統，其中該訊號差值產生模組是根據該等先前資料之間的數值大小、斜率或方向性來調整該可變動式預測編碼的該編碼機制。

【第4項】 如請求項3所述的無損心電訊號壓縮系統，其中該其中一筆資料所對應的該訊號差值定義為該其中一筆資料與至少前一筆資料之間的差值，且該至少前一筆資料是預先經由該可變動式預測編碼的該編碼機制而被調整。

【第5項】如請求項2所述的無損心電訊號壓縮系統，其中該可變動式無損壓縮編碼是可變動式哥倫布編碼(Content-Adaptive Golomb rice coding)。

【第6項】如請求項5所述的無損心電訊號壓縮系統，其中在該等訊號差值被分為該等變動式視窗之前，該壓縮模組更將該等訊號差值進行一非負整數轉換。

【第7項】如請求項6所述的無損心電訊號壓縮系統，其中該非負整數轉換是以下列方程式來呈現：

$$M = \begin{cases} 2 * |e| - 1, & e < 0 \\ 2 * e, & e \geq 0 \end{cases}$$

其中M為經該非負整數轉換後的其中一訊號差值，e為該其中一訊號差值。

【第8項】如請求項7所述的無損心電訊號壓縮系統，其中每個變動式視窗的該位元參考指標是取決於該變動式視窗的該等訊號差值的大小。

【第9項】如請求項8所述的無損心電訊號壓縮系統，其中一變動式視窗的該位元參考指標可以下列方程式來呈現：

$$k = \log_2 \left( \frac{\sum_{m=0}^{W-1} |M_m|}{W} \right) ;$$

其中k為該變動式視窗的該位元參考指標，W為該變動式視窗的該等訊號差值的數量，M為經由該非負整數轉換後的該等訊號差值，n為該等訊號差值的順序，且n為正整數，m為該等訊號差值於該變動式視窗中的順序，且m為正整數。

【第10項】如申請專利範圍第9項所述的無損心電訊號壓縮系統，其中該等視窗壓縮串流中的第一個視窗壓縮串流包含未被壓縮過的一原始起始資料、一位元參考指標及(W - 1)個經由壓縮過後的訊號差值，而其它視窗壓縮串流包含一位元參考指標及W個經由壓縮過後的訊號差值。

【第11項】一種無損心電訊號壓縮方法，透過一無損心電訊號壓縮系統來執行，該方法包含步驟：

藉由該訊號差值產生模組，根據一心電訊號的其中一筆資料的複數筆先前資料來調整該其中一筆資料所對應的一可變動式預測編碼的一編碼機制，並將該其中一筆資料依照該編碼機制進行編碼，並進而產生該心電訊號的每筆資料所對應的一訊號差值；以及

藉由一壓縮模組，將該等訊號差值以特定數量為一組分為複數個變動式視窗，並對該等變動式視窗進行一可變動式無損壓縮編碼，以產生複數個視窗壓縮串流，其中每個變動式視窗對應一個位元參考指標，且該位元參考指標是設定為該可變動式無損壓縮編碼的一壓縮編碼參數。

**【第12項】** 如請求項11所述的無損心電訊號壓縮方法，其中更包含步驟：

藉由一訊號差值還原模組，根據每個視窗壓縮串流對應的該位元參考指標而將該視窗壓縮串流中被壓縮的該等訊號差值還原；以及

藉由一心電訊號還原模組，利用該可變動式預測編碼的解碼方式，將該等訊號差值還原成該心電訊號的該等資料。

**【第13項】** 如請求項12所述的無損心電訊號壓縮方法，其中更包含步驟：藉由該訊號差值產生模組，根據該等先前資料之間的數值大小、斜率或方向性來調整該可變動式預測編碼的該編碼機制。

**【第14項】** 如請求項13所述的無損心電訊號壓縮方法，其中該其中一筆資料所對應的該訊號差值是定義為該其中一筆資料與至少前一筆資料之間的差值，且該至少前一筆資料是預先經由該可變動式預測編碼的該編碼機制而被調整。

**【第15項】** 如請求項12所述的無損心電訊號壓縮方法，其中該可變動式無損壓縮編碼是可變動式哥倫布編碼(Content-Adaptive Golomb rice coding)。

【第16項】如請求項15所述的無損心電訊號壓縮方法，其中更包含步驟：在該等訊號差值被分為該等變動式視窗之前，藉由該壓縮模組將該等訊號差值進行一非負整數轉換。

【第17項】如請求項16所述的無損心電訊號壓縮方法，其中該非負整數轉換是以下列方程式來呈現：

$$M[n] = \begin{cases} 2 * |e(n)| - 1, & e(n) < 0 \\ 2 * e(n), & e(n) \geq 0 \end{cases}$$

其中 $M[n]$ 為經該非負整數轉換後的該等訊號差值， $e(n)$ 為該等訊號差值， $n$ 為該等訊號差值的順序，且 $n$ 為正整數。

【第18項】如請求項17所述的無損心電訊號壓縮方法，其中每個變動式視窗的該位元參考指標是取決於該變動式視窗的該等訊號差值的大小。

【第19項】如請求項18所述的無損心電訊號壓縮方法，其中一變動式視窗的該位元參考指標可以下列方程式來呈現：

$$k = \log\left(\frac{\sum_{m=0}^{m=W} |M[n]_m|}{W}\right)$$

其中為 $k$ 為該變動式視窗的該位元參考指標， $W$ 為該變動式視窗的該等訊號差值的數量， $M[n]$ 為經由該非負整數轉換後的該等訊號差值， $n$ 為該等訊號差值的順序，且 $n$ 為正整數， $m$ 為該等訊號差值於該變動式視窗中的順序，且 $m$ 為正整數。

【第20項】如申請專利範圍第19項所述的無損心電訊號壓縮方法，其中該等視窗壓縮串流中的第一個視窗壓縮串流包含未被壓縮過的一原始起始資料、一位元參考指標及 $(W - 1)$ 個經由壓縮過後的訊號差值，而其它視窗壓縮串流包含一位元參考指標及 $W$ 個經由壓縮過後的訊號差值。

## 【發明圖式】

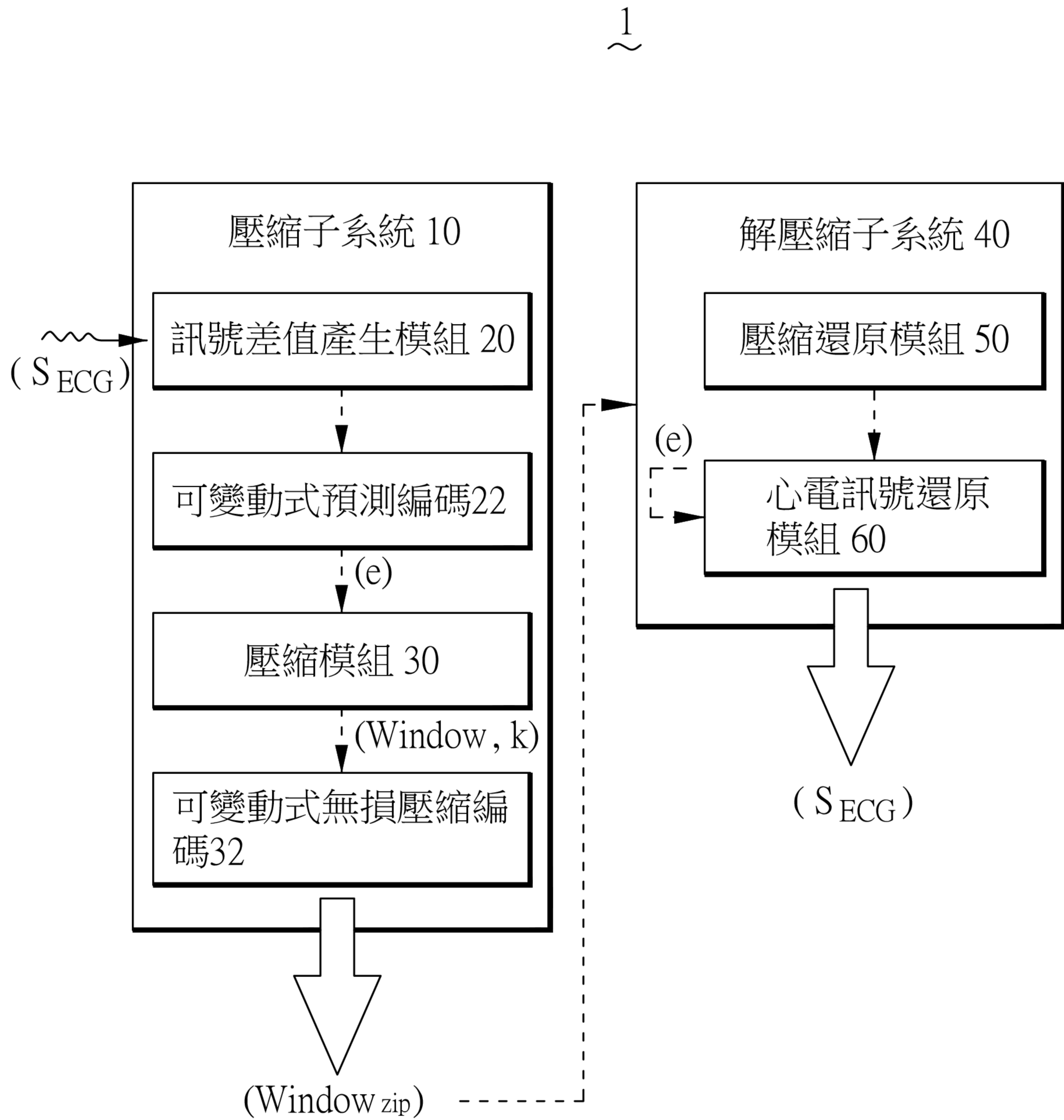


圖1(A)

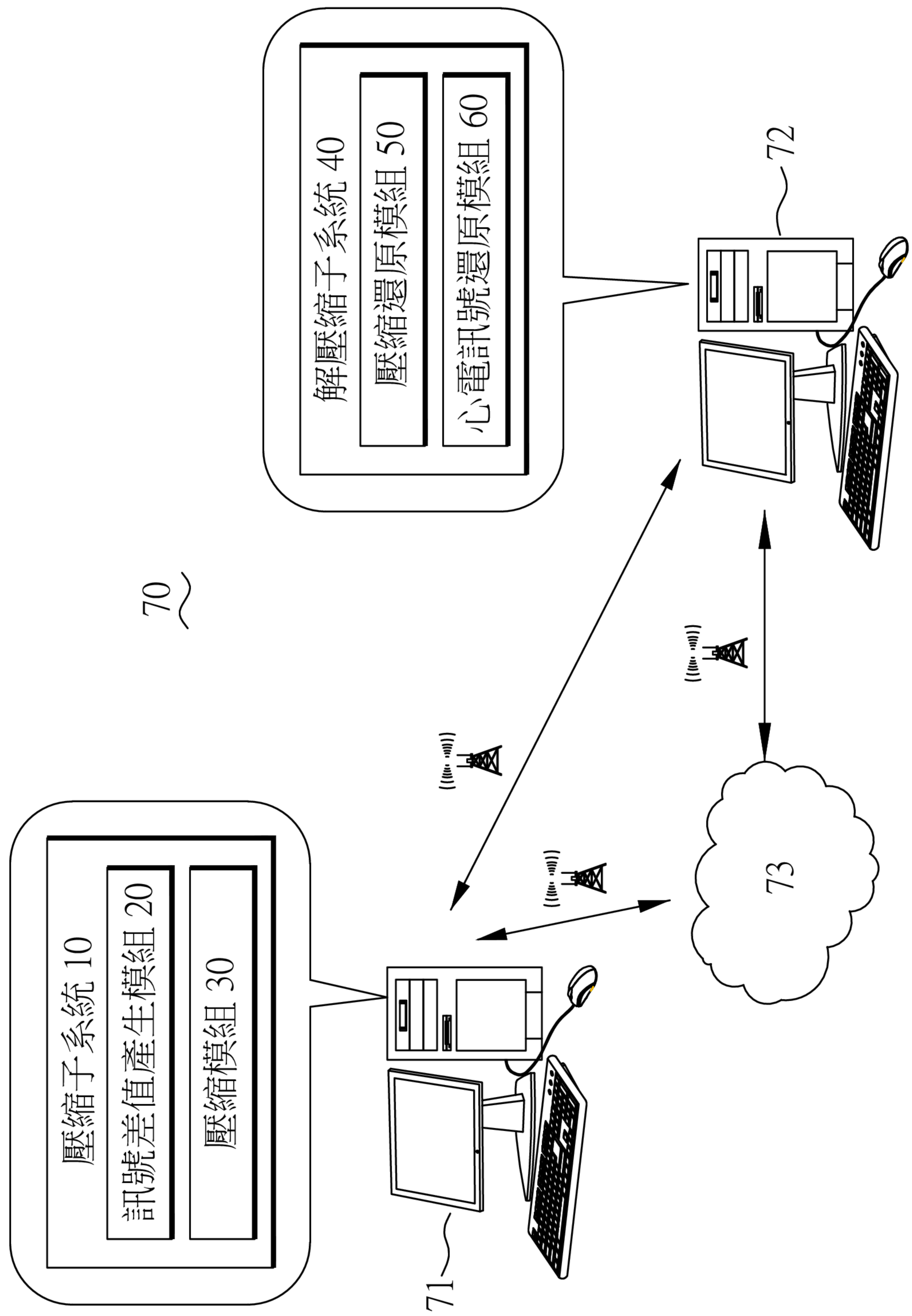


圖1(B)

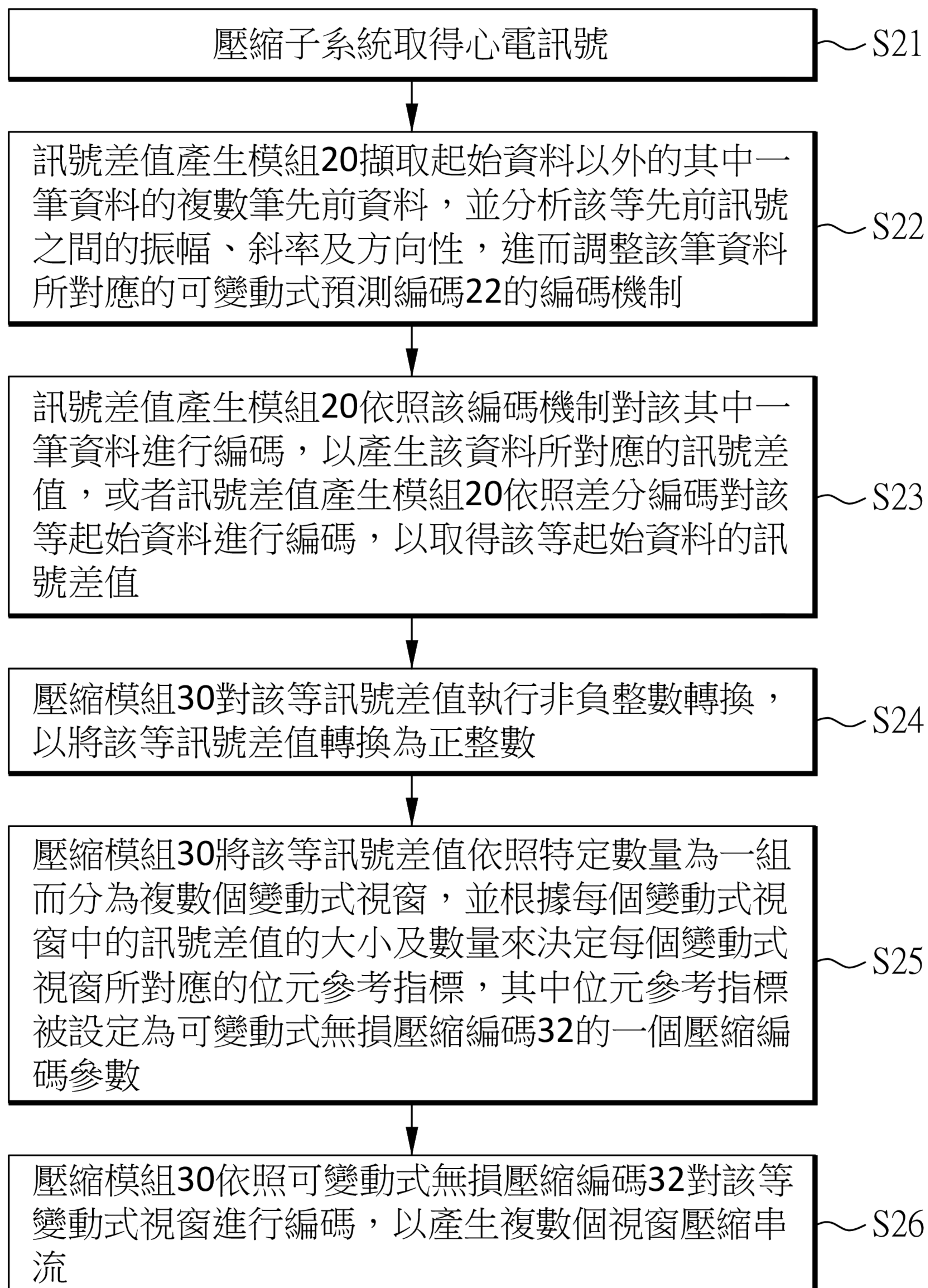


圖2(A)



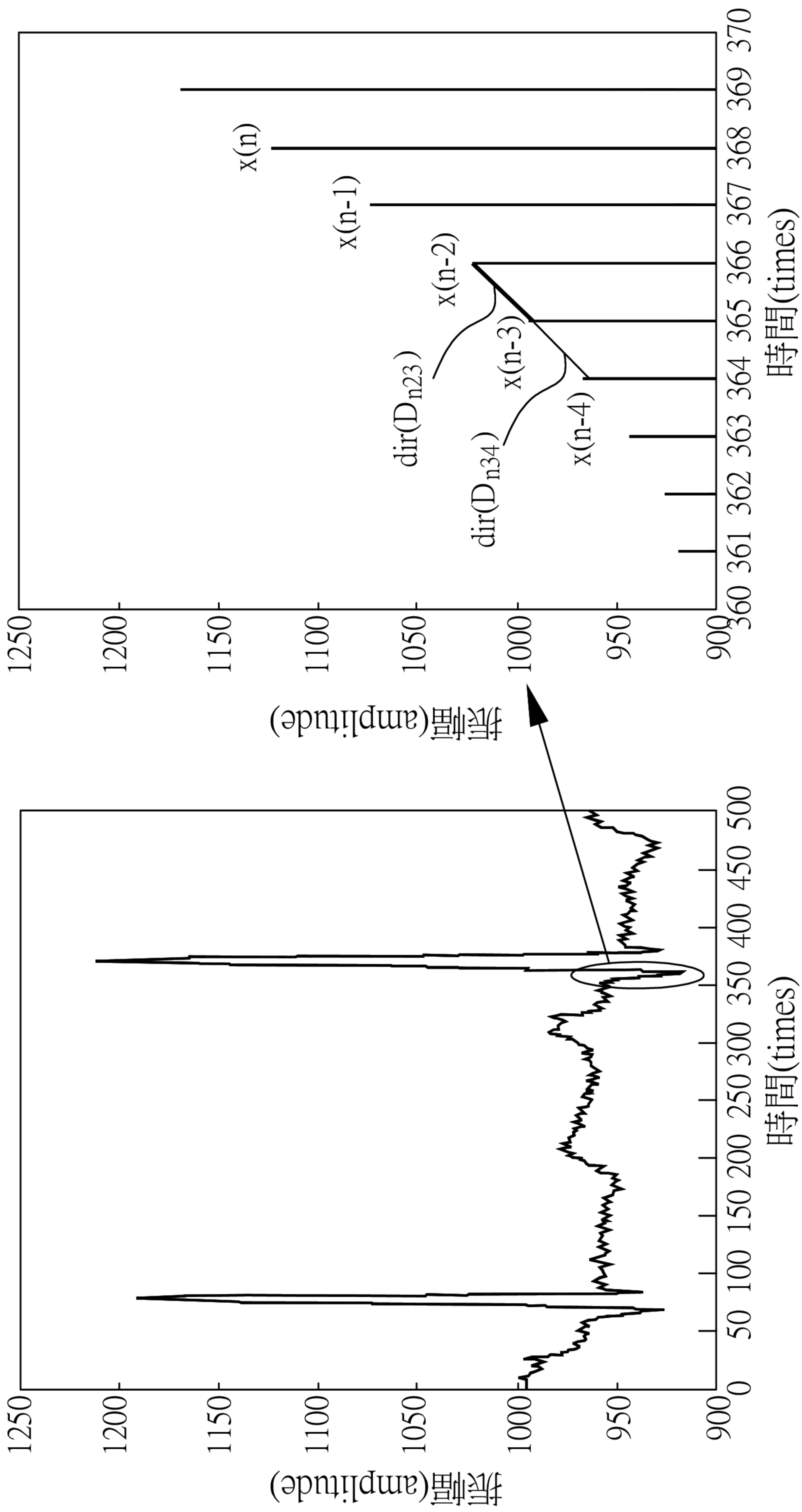


圖2(B)

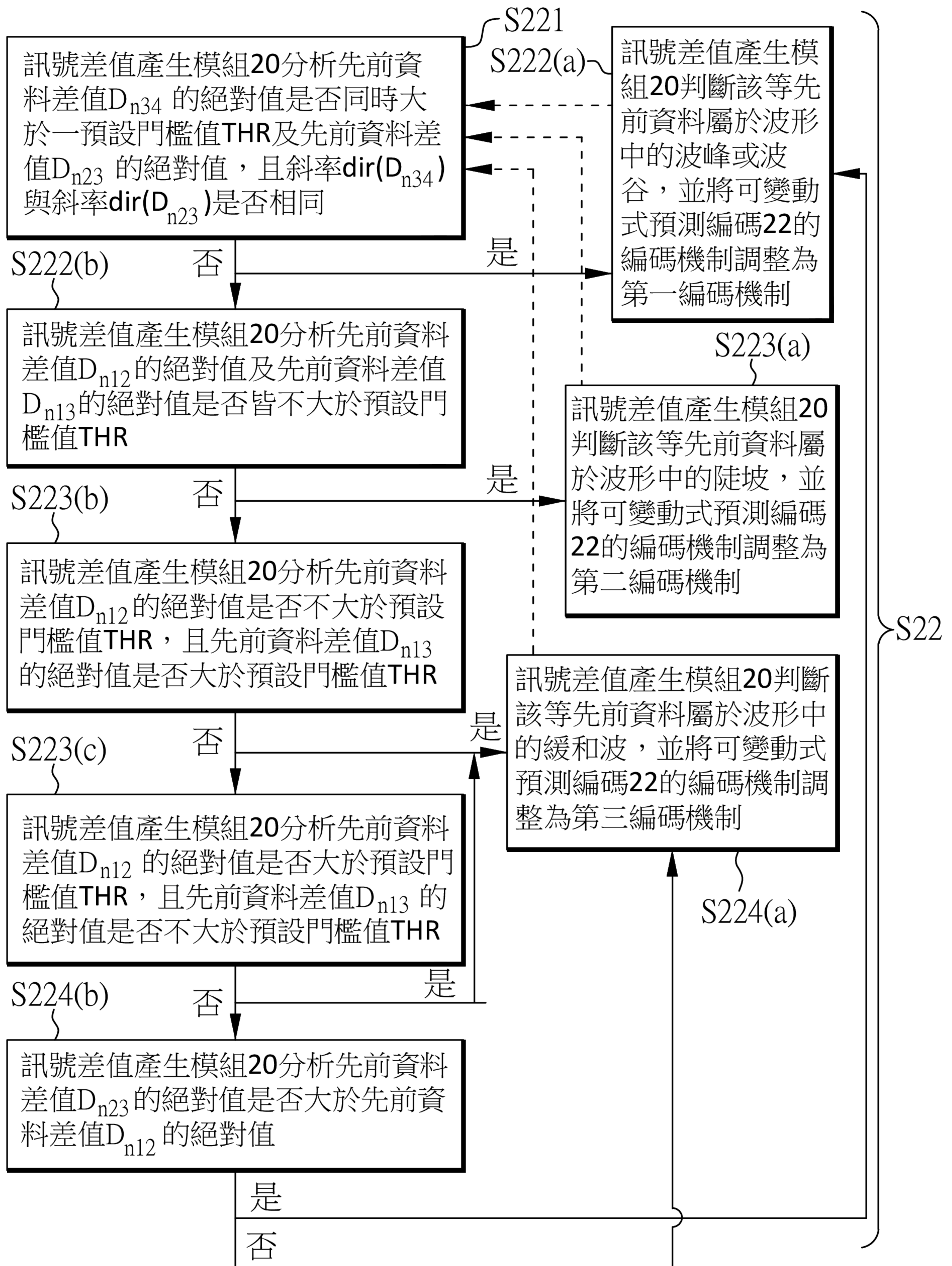


圖2(C)

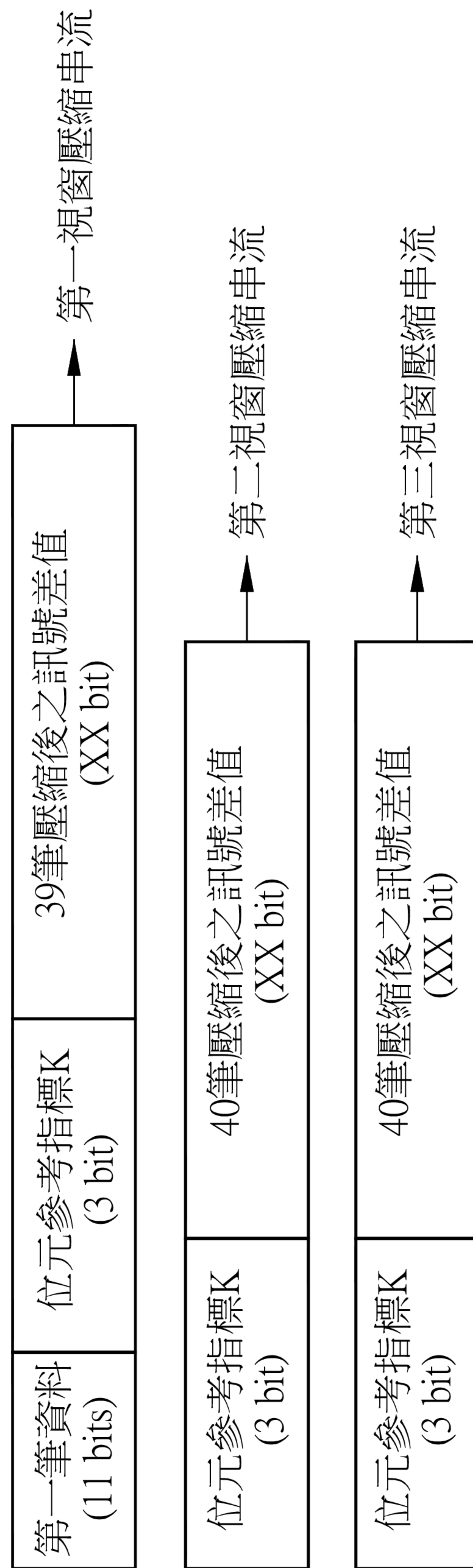


圖2(D)

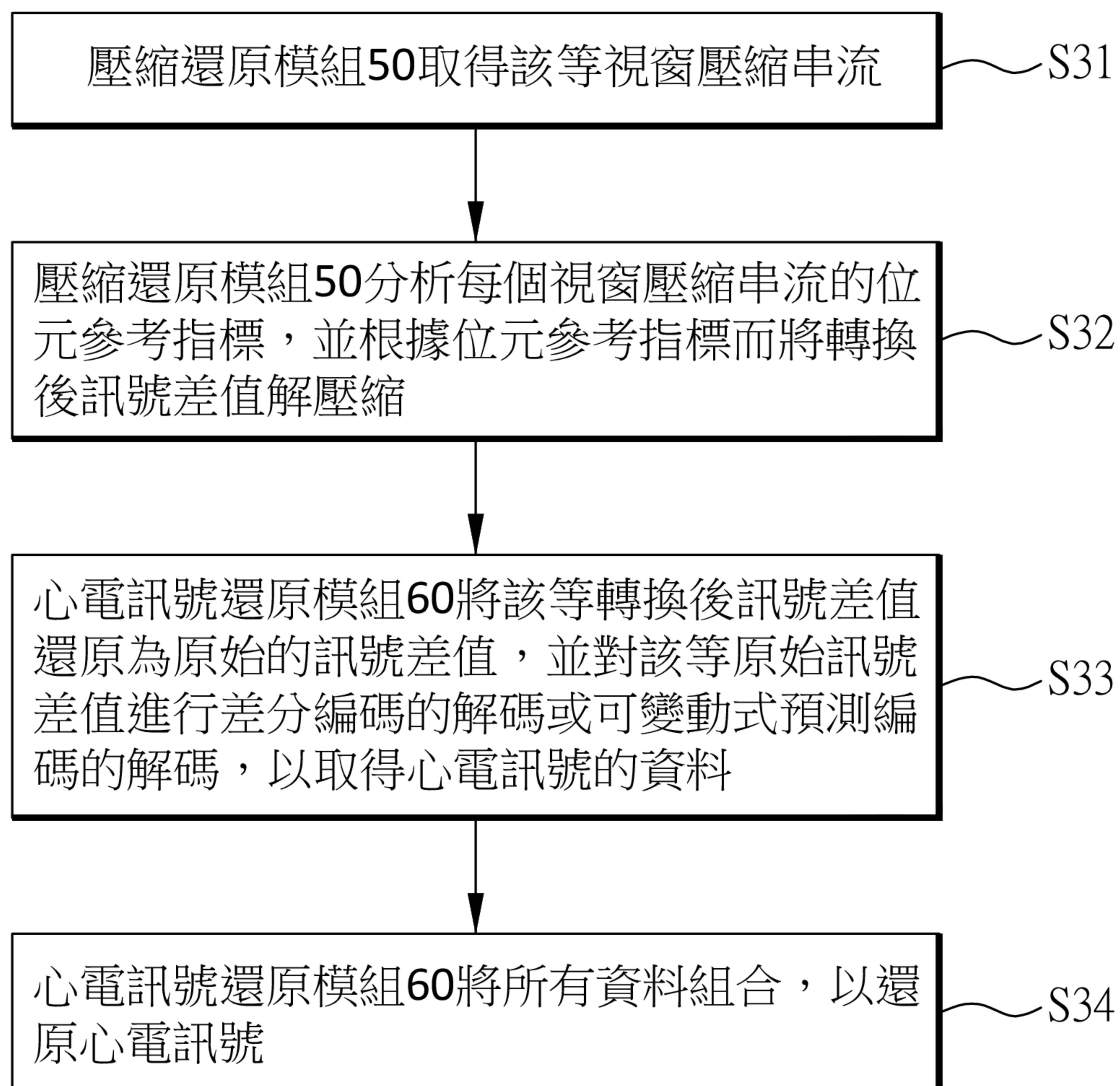


圖3(A)

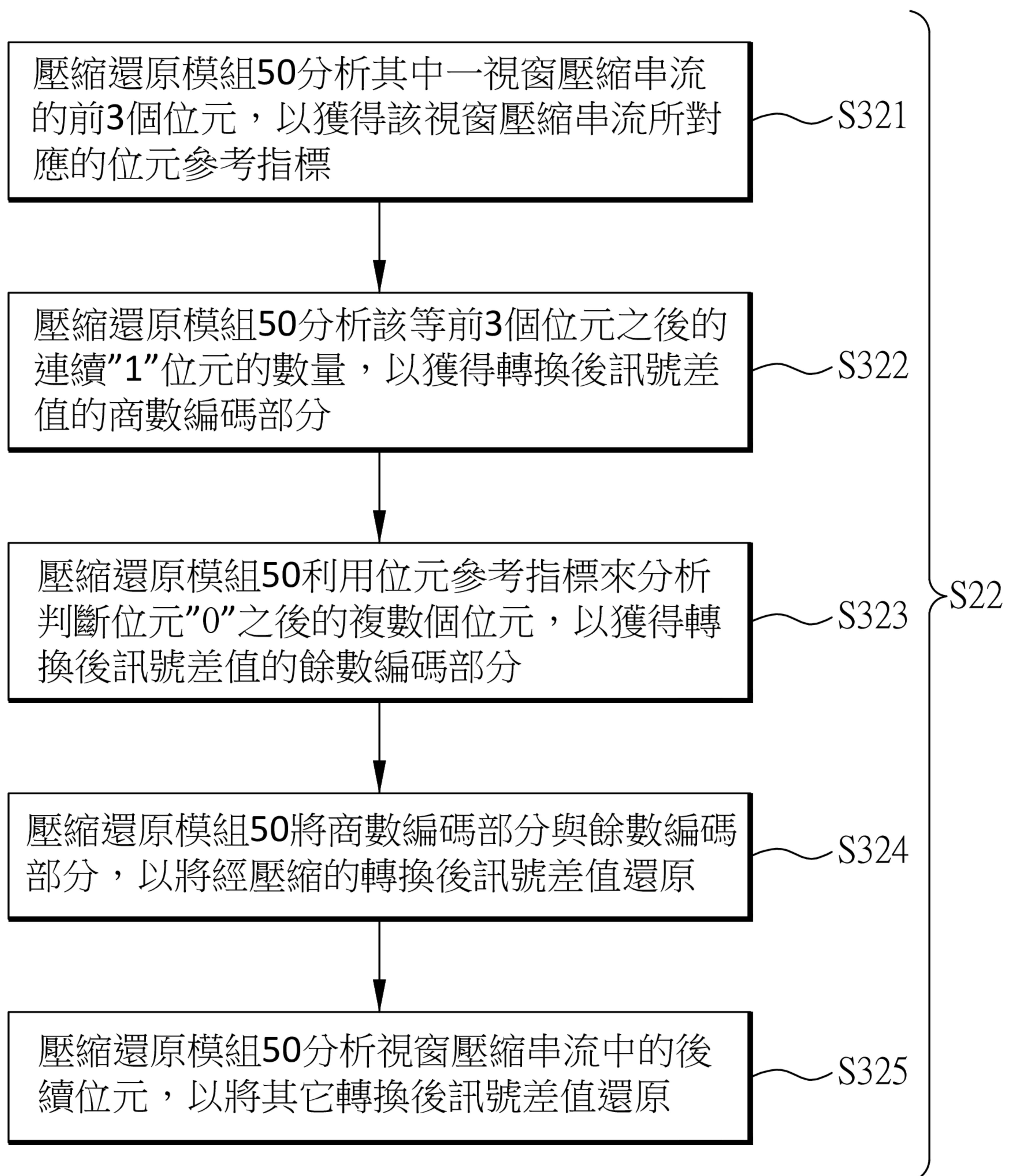


圖3(B)

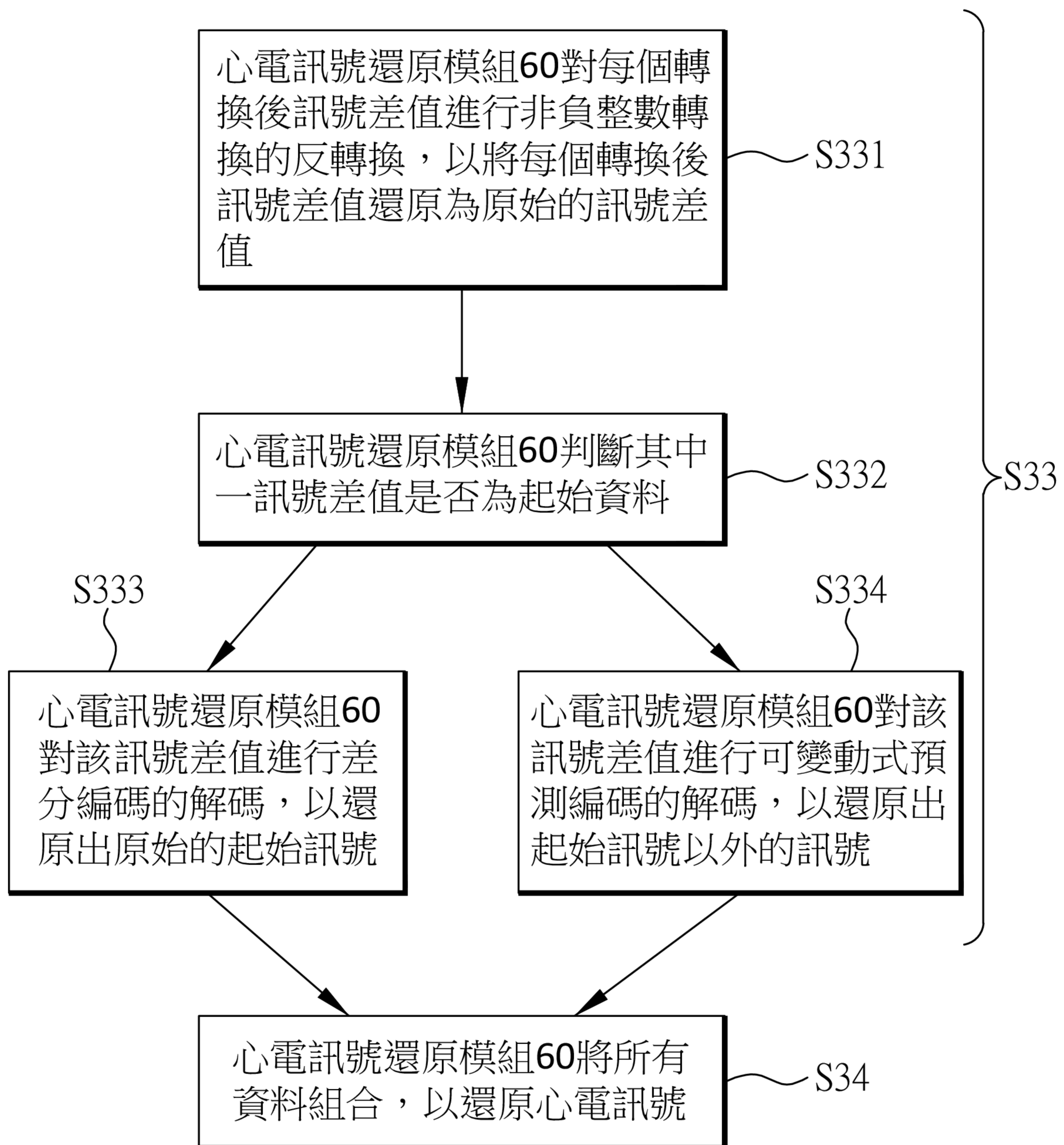


圖3(C)