



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201611554 A

(43)公開日：中華民國 105 (2016) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：104142392

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 01 月 06 日

(51)Int. Cl. : *H04L27/38 (2006.01)*

H03G3/20 (2006.01)

(30)優先權：2009/01/07 美國

12/349,787

(71)申請人：西凱渥資訊處理科技公司 (美國) SKYWORKS SOLUTIONS, INC. (US)
美國

(72)發明人：柯瑪利 傑里 KOMAILI, JALEH (US)；維莎 約翰 E VASA, JOHN E. (US)；歐
伯克其 湯瑪斯 OBKIRCHER, THOMAS (CH)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：11 共 53 頁

(54)名稱

自動增益控制電路以及包含自動增益控制電路之接收器與無線器件

AUTOMATIC GAIN CONTROL CIRCUIT AND RECEIVER AND WIRELESS DEVICE COMPRISING THE SAME

(57)摘要

一種系統提供在一 WCDMA(寬頻分碼多重存取)模式下之封閉迴路增益控制及在一 EDGE/GSM(增強型資料速率全球行動通信系統演進/全球行動通信系統)模式下之開放迴路控制。使增益控制分散於一無線接收器中之類比器件及一數位按比例調整器上。在該 WCDMA 模式下，一迴路濾波器產生被轉遞至類比控制路徑及數位控制路徑的一誤差信號。該類比控制路徑包括一第一加法器、一可程式化遲滯元件及一查詢表。該類比控制信號回應於臨限值，該等臨限值在結合一先前增益值使用時判定一新增益值。該數位控制路徑包括一第二加法器、一可程式化延遲元件及一轉換器。一控制字回應於該誤差信號、一校準值與該類比控制信號之一差。在該 WCDMA 操作模式下提供阻斷信號偵測。一控制器使用一狀態機來設定系統參數。

A system provides closed-loop gain control in a WCDMA mode and open loop control in an EDGE/GSM mode. Gain control is distributed across analog devices and a digital scaler in a wireless receiver. In the WCDMA mode, a loop filter generates an error signal that is forwarded to analog and digital control paths. The analog control path includes a first adder, a programmable hysteresis element, and a lookup table. The analog control signal is responsive to thresholds, which when used in conjunction with a previous gain value determine a new gain value. The digital control path includes a second adder, a programmable delay element, and a converter. A control word is responsive to a difference of the error signal, a calibration value, and the analog control signal. Blocker detection is provided in the WCDMA mode of operation. A controller sets system parameters using a state machine.

指定代表圖：

符號簡單說明：
600 . . . 方法

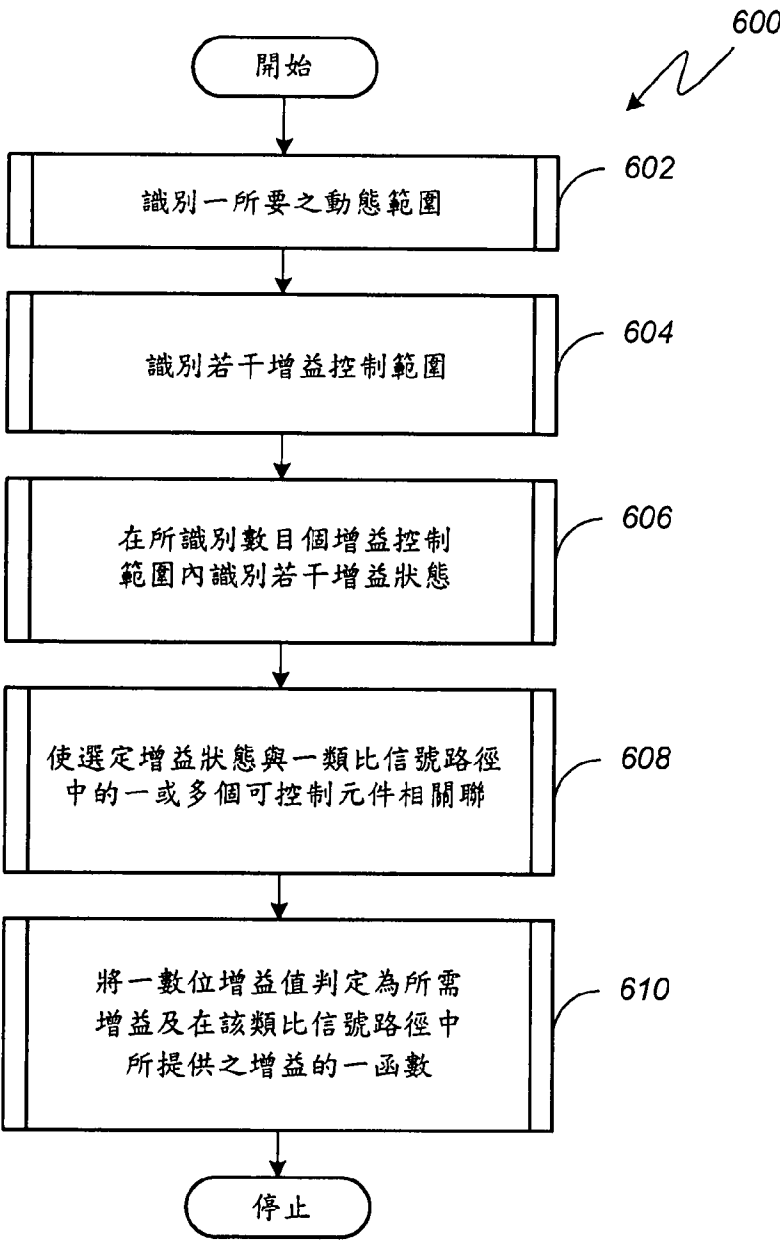


圖 6

發明摘要

※ 申請案號：

104142392 (104113779分割)

※ 申請日：

99.1.6

※IPC 分類：

H04L 27/38 (2006.01)

【發明名稱】

H03G 3/60 (2006.01)

自動增益控制電路以及包含自動增益控制電路之接收器與無線器件

AUTOMATIC GAIN CONTROL CIRCUIT AND RECEIVER AND WIRELESS DEVICE COMPRISING THE SAME

【中文】

一種系統提供在一WCDMA(寬頻分碼多重存取)模式下之封閉迴路增益控制及在一EDGE/GSM(增強型資料速率全球行動通信系統演進/全球行動通信系統)模式下之開放迴路控制。使增益控制分散於一無線接收器中之類比器件及一數位按比例調整器上。在該WCDMA模式下，一迴路濾波器產生被轉遞至類比控制路徑及數位控制路徑的一誤差信號。該類比控制路徑包括一第一加法器、一可程式化遲滯元件及一查詢表。該類比控制信號回應於臨限值，該等臨限值在結合一先前增益值使用時判定一新增益值。該數位控制路徑包括一第二加法器、一可程式化延遲元件及一轉換器。一控制字回應於該誤差信號、一校準值與該類比控制信號之一差。在該WCDMA操作模式下提供阻斷信號偵測。一控制器使用一狀態機來設定系統參數。

【英文】

A system provides closed-loop gain control in a WCDMA mode and open loop control in an EDGE/GSM mode. Gain control is distributed across analog devices and a digital scaler in a wireless receiver. In the WCDMA mode, a loop filter generates an error signal that is forwarded to analog and digital control paths. The analog control path includes a first adder, a programmable hysteresis element, and a lookup table. The analog control signal is responsive to thresholds, which when used in conjunction with a previous gain value determine a new gain value. The digital control path includes a second adder, a programmable delay element, and a converter. A control word is responsive to a difference of the error signal, a calibration value, and the analog control signal. Blocker detection is provided in the WCDMA mode of operation. A controller sets system parameters using a state machine.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（6）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

600 方法

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

自動增益控制電路以及包含自動增益控制電路之接收器與無線器件

AUTOMATIC GAIN CONTROL CIRCUIT AND RECEIVER AND WIRELESS DEVICE COMPRISING THE SAME

【先前技術】

射頻(RF)收發器存在於許多單向及雙向通信器件中，諸如攜帶型通信器件(蜂巢式電話)、個人數位助理(PDA)及其他通信器件。一RF收發器使用該RF收發器於其中操作的特定通信系統所指定之任何通信方法來發射及接收信號。舉例而言，通信方法通常包括振幅調變、頻率調變、相位調變或此等方法之組合。在使用窄頻分時多重存取(TDMA)之典型全球行動通信系統(GSM)行動通信系統中，使用高斯(Gaussian)最小移位鍵控(GMSK)調變方案傳達資料。

新無線系統之部署對行動手機設計者提出獨特的挑戰。為了獲得擴大之容量及增加之資料頻寬的全部益處，需要下一代手機使用多個通信系統來工作。

WCDMA(寬頻分碼多重存取)為用於在全球範圍內所部署之第三代(3G)蜂巢式系統的無線電存取方案。3G系統支援高速網際網路存取、視訊及高品質影像傳輸服務。在WCDMA系統中，組合CDMA空中介面與基於GSM的網路，基於GSM的網路包括增強型資料速率GSM演進(EDGE)網路。EDGE標準為GSM標準之擴展。

習的知WCDMA及GSM/EDGE接收器架構使用由混頻器驅動的一

對電路來分離接收信號之分量。通常將所接收之載波信號的正弦及餘弦分量施加至混頻器以抽取單獨的分量。載波信號之此「混頻」產生被稱作同相或「I」信號分量及正交相位或「Q」信號分量的信號分量。將此等I及Q信號分量予以濾波、增益/相位調整及最終發送至基頻數位信號處理器以擷取經傳達之資料。

在蜂巢式通信系統中，自一基地台發射之信號通常為恆定的且處於針對與其在蜂巢式網路中之最近相鄰基地台之重疊區域而提供的位準。因此，與位於較遠離基地台之處的行動收發器相比，相對靠近基地台之行動收發器接收具有較高信號強度的接收頻道信號。因此，該行動收發器之接收器需要較大動態範圍，以確保行動收發器可處理跨接收信號之全範圍的功率位準而不會產生失真。通常使用某種方式之接收信號增益調整實現此情形。

調整增益之先前技術方法包括實施於收發器之基頻部分中的自動增益控制(AGC)系統。此等先前技術基頻方法並未考量干擾信號或阻斷信號(blocker)在收發器之RF部分中的間歇性存在。舉例而言，在掌上型數位視訊廣播系統(DVB-H)中，所要之接收信號可能突然受到一GSM發射器阻斷信號不利影響或「干擾」，該GSM發射器阻斷信號壓縮接收器之前端中之電路。此外，此等先前技術系統必須不斷監視且校正改變的信號條件，改變的信號條件係由行動收發器與最近基地台之間的相對移動及其他物件在行動收發器與最近基地台之間的路徑中之相對移動引起。此等數位增益控制系統常常未能在信號強度在較大動態範圍內快速改變之環境中提供準確的功率控制。

【發明內容】

發明且揭示在無線通信系統之RF子系統之正交路徑中管理AGC的電路、系統及方法。

在無線通信系統之RF子系統之正交信號路徑中管理AGC之方法

的實施例包括以下步驟：判定在至一頻道選擇濾波器之一輸入端處的一第一信號強度及在該頻道選擇濾波器之一輸出端處的一第二信號強度；比較該第一信號強度與該第二信號強度以偵測何時一阻斷信號存在於接收器之正交信號路徑中且當存在該阻斷信號時將一阻斷信號存在信號轉遞至一AGC電路之一類比控制分支；回應於該阻斷信號存在信號而在該AGC電路之該類比控制分支中產生一類比控制信號，該類比控制信號經組態以回應於該阻斷信號的存在而調整一類比接收器路徑中之至少一可控制增益元件，以防止耦接至該類比接收器路徑之一數位接收器路徑中之一類比至數位轉換器的飽和；判定在該頻道選擇濾波器之輸出端處的第二信號強度與一參考信號功率之間的一差；及將該第二信號強度與該參考信號功率之間的該差施加至該AGC電路，該AGC電路具有耦接至該類比控制分支及一數位控制分支之一迴路濾波器，該數位控制分支產生一數位控制字，該數位控制字經組態以調整耦接至該頻道選擇濾波器之該輸出端的一按比例調整器。

在無線通信系統之RF子系統中用於AGC之系統的實施例包括一功率估計器、一阻斷信號識別元件、一轉換器及一AGC電路。該功率估計器接收來自一數位接收器路徑之一第一輸入及來自一頻道選擇濾波器之一第二輸入。該功率估計器產生存在於該數位接收器路徑之一輸出端處之信號功率的第一估計及存在於該頻道選擇濾波器之一輸出端處之信號功率的第二估計。該阻斷信號識別元件自該功率估計器接收該第一估計及該第二估計，且當該第一估計及該第二估計之一函數超過一臨限值時產生一阻斷信號存在信號。該轉換器耦接至該功率估計器之輸出端，且產生該數位接收器路徑中之功率的對數表示。該AGC電路接收該阻斷信號存在信號及一參考信號與該數位接收器路徑中之接收信號功率之對數表示的一差。該AGC電路包括一迴路濾波器、一類比控制分支及一數位控制分支。該類比控制分支產生耦接至

一類比接收器路徑中之一或多個元件之一控制信號。該數位控制分支產生施加至一按比例調整器之一控制字。該控制信號及該控制字使增益分散於該射頻子系統之該正交信號路徑中之類比及數位元件上。

在無線通信系統之RF子系統中用於AGC之電路的實施例包括一接收器，該接收器具有耦接至一數位接收器路徑之一類比接收器路徑，該數位接收器路徑之一輸出端耦接至一按比例調整器及一AGC電路。該AGC電路包括一類比控制分支及一數位控制分支。該類比控制分支包括一第一反饋加法器及一查詢表。該類比控制分支回應於自一基頻元件接收之一增益值以及一第一校準值。該類比控制分支產生一類比控制信號，該類比控制信號經組態以調整該類比接收器路徑中之至少一可控制元件。該數位控制分支包括一第二反饋加法器、一可程式化延遲元件及一轉換器元件。該數位控制分支產生回應於自該基頻元件接收之該增益值、一第二校準值及該類比控制信號之一延遲表示的一控制字。

以下諸圖及詳細描述並非詳盡的。說明及描述所揭示之實施例以使一般熟習此項技術者能夠製造及使用在接收器之正交信號路徑中管理AGC的電路、系統及方法。在查閱以下諸圖及詳細描述後，對於熟習此項技術者而言，該等電路及方法之其他實施例、特徵及優點將顯而易見或將變得顯而易見。所有該等額外實施例、特徵及優點均在如隨附申請專利範圍中所定義的所揭示之電路、系統及方法的範疇內。

【圖式簡單說明】

圖1為說明包括射頻自動增益控制(RF AGC)系統之簡化無線系統的方塊圖。

圖2為說明WCDMA接收器之一實例實施例的功能方塊圖。

圖3為說明圖2之WCDMA接收器之一實施例的功能方塊圖。

圖4為說明控制器之一實施例的狀態圖。

圖5為說明圖1之AGC電路之一替代實施例的功能方塊圖。

圖6為說明在無線通信系統之射頻子系統之正交路徑中管理自動增益控制的方法之一實施例的流程圖。

圖7為說明在無線通信系統之射頻子系統之正交路徑中管理自動增益控制的方法之一替代實施例的流程圖。

圖8為說明將電壓轉換成以分貝為單位的值之方法之一實施例的流程圖。

圖9為說明產生用於自線性增益單位轉換成分貝之校正因數的方法之一實施例的流程圖。

圖10為說明由二乘冪轉換引起的未校正誤差之曲線圖。

圖11為說明產生用於自分貝轉換成線性增益單位之校正因數的方法之一實施例的流程圖。

【實施方式】

參看以下諸圖可更好地理解在無線通信系統之RF子系統之正交路徑中管理AGC的系統、電路及方法。諸圖內之組件未必按比例繪製，而是著重於清楚說明電路、系統及方法之原理及操作。此外，在諸圖中，相同的參考數字貫穿不同視圖指示對應的部分。

一系統在無線通信系統之RF部分中提供AGC。RF AGC系統之一實施例包括一功率估計器、一阻斷信號識別元件、一控制器及一AGC電路。在此實施例中，RF AGC系統提供一類比接收器路徑中之一或多個元件的封閉迴路控制及耦接於一數位接收器路徑與一基頻子系統之間的一按比例調整器之封閉迴路控制。RF AGC系統中之電路元件對使用對數標度的值進行運算。

功率估計器接收來自該數位接收器路徑之一第一輸入及來自一頻道選擇濾波器之輸出端的一第二輸入。功率估計器產生且轉遞回應

於來自該數位接收器路徑之接收信號功率的一第一估計及回應於該頻道選擇濾波器之輸出端處之接收信號功率的一第二估計。功率估計器將第一估計及第二估計轉遞至阻斷信號識別元件。當以一半之接收器取樣率處理信號樣本時，可在頻道選擇濾波器之前及之後使用同一功率估計器判定信號功率。

阻斷信號識別元件比較第一估計及第二估計之一函數與一臨限值以判定何時阻斷信號存在於接收器中。當存在阻斷信號時，AGC電路轉遞一控制信號以調整一類比接收器路徑中之增益，以防止耦接至該類比接收器路徑之一數位接收器路徑中之一類比至數位轉換器的飽和。功率估計器將頻道選擇濾波器之輸出端處之信號功率的一估計轉遞至一加法器，該加法器比較一參考值與該信號功率估計。將加法器之輸出轉遞至AGC電路。

為了使AGC操作對基頻子系統透明，控制器管理RF AGC系統之狀態。在電力開啟時，執行若干「快速」AGC重複以判定信號功率。控制器設定AGC電路中之適當參數。當RF AGC系統暫停接收器操作以進行量測時，設定快速AGC操作之第二組參數歷時一段時間。在穩定狀態下，設定「慢」AGC參數。控制器監視接收信號強度指示符(RSSI)之變化率，且比較該變化率與預選臨限值以判定是否需要迴路參數之改變。在切換類比增益時，控制器進一步調整DC消除參數。控制器亦可設定回應於LNA增益之一旗標。當修改LNA增益以調整該類比接收器路徑中之總增益時，控制器在基頻介面處的增益/相位補償器處開始相位補償過程。

AGC電路之一實施例包括一迴路濾波器、一類比控制分支及一數位控制分支。迴路濾波器接收一參考值與來自該數位接收器路徑之接收信號功率之一表示的差。迴路濾波器產生一施加至類比控制分支及數位控制分支兩者之誤差信號。類比控制分支包括一第一加法器、

一可程式化遲滯元件及一查詢表。第一加法器接收來自該迴路濾波器之誤差信號及一第一校準值。將第一加法器之輸出轉遞至可程式化遲滯元件，該可程式化遲滯元件將根據一或多個臨限值的一或多個可調延遲施加至來自該加法器之輸出信號。將來自該可程式化遲滯元件之輸出轉遞至該查詢表以選擇一控制信號。將該控制信號轉遞至數位控制分支及類比接收器路徑兩者。該控制信號經組態以調整該類比接收器路徑中之一或多個元件的增益。數位控制分支包括一第二加法器、一可程式化延遲元件及一轉換器。可程式化延遲元件調整自該類比控制分支接收之控制信號以在時間上將該控制信號與該誤差信號對準。在第二加法器處施加類比控制信號之延遲表示、誤差信號及第二校準值。第二加法器將誤差信號、第二校準值及控制信號之延遲表示的和轉遞至轉換器。轉換器將來自第二加法器之輸出自對數值變換成線性控制字。將該控制字轉遞至按比例調整器以調整接收器中之數位域中的信號增益。

AGC電路之一替代實施例接收來自基頻子系統之一增益值且用該增益值替換來自迴路濾波器之誤差信號(例如，藉由開關的接通)。將所接收之增益值自基頻子系統轉遞至第一反饋加法器及第二反饋加法器。將該增益值及一第一校準值轉遞至類比控制分支。在操作中，將基頻所提供之總增益變化載入至一暫存器中。將適當增益臨限值載入至查詢表中且將該校準值供應至第一反饋加法器。繞過或停用可程式化遲滯元件。再使用類比控制路徑及數位控制路徑之剩餘部分。AGC電路進一步將該增益值及一第二校準值施加至數位控制分支。類比控制分支產生一控制信號，其耦接至類比接收器路徑中之一或多個元件以控制接收器中的增益。數位控制分支產生耦接至按比例調整器之一控制字以控制數位域中的增益。因此，使兩個實施例中之增益控制分散於類比控制元件與數位控制元件之間。

可以硬體、軟體或硬體與軟體之組合來實施在接收器之正交路徑中管理AGC的電路、系統及方法。當以硬體實施時，可使用專門硬體元件及邏輯來實施系統、電路及方法。當部分地以軟體來實施電路、系統及方法時，軟體部分可用以控制電路中之組件，使得各種操作態樣可受軟體控制。軟體以及增益步階、校準值及參考值可儲存於記憶體中，由適當指令執行系統(微處理器)存取且執行。系統、電路及方法之硬體實施可包括均為此項技術中已熟知之以下技術中的任一者或一組合：離散電子組件、具有用於對資料信號實施邏輯功能之邏輯閘的離散邏輯電路、具有適當邏輯閘之特殊應用積體電路、可程式化閘陣列(PGA)、場可程式化閘陣列(FPGA)等等。

在無線通信系統之RF子系統中管理AGC的軟體包含用於實施邏輯功能之可執行指令的有序列表，且可體現於任何電腦可讀媒體中以供指令執行系統、裝置或器件使用或結合指令執行系統、裝置或器件使用，諸如，基於電腦之系統、含有處理器之系統，或可自指令執行系統、裝置或器件提取指令且執行該等指令的其他系統。

在本文件之情況下，「電腦可讀媒體」可為可含有、儲存、傳達、傳播或傳送程式以供指令執行系統、裝置或器件使用或結合指令執行系統、裝置或器件使用之任何構件。電腦可讀媒體可為(例如，但不限於)電子、磁性、光學、電磁、紅外線或半導體系統、裝置、器件或傳播媒體。電腦可讀媒體之更特殊實例(非詳盡列表)將包括以下各者：具有一或多條導線之電接線(電子)、攜帶型電腦磁片(磁性)、隨機存取記憶體(RAM)、唯讀記憶體(ROM)、可抹除可程式化唯讀記憶體(EPROM或快閃記憶體)(磁性)、光纖(光學)，及攜帶型光碟唯讀記憶體(CDROM)(光學)。注意，電腦可讀媒體可甚至為程式被列印於其上之紙張或另一適當媒體，因為該程式可經由(例如)對紙張或其他媒體之光學掃描而以電子方式擷取，接著經編譯、解譯或以適

當方式另外處理(若有必要)，且接著儲存於電腦記憶體中。

圖1為說明包括射頻自動增益控制(RF AGC)系統238之簡化無線通信系統100的方塊圖。無線通信系統100包括一基頻子系統110、一輸入/輸出(I/O)元件112、一發射器130、一前端模組140、一天線145及一接收器150。I/O元件112經由接線114耦接至基頻子系統110。I/O元件112表示使用者可藉以與無線通信系統100互動之任何介面。舉例而言，I/O元件112可包括揚聲器、顯示器、鍵盤、麥克風、軌跡球、拇指旋輪或任何其他使用者介面元件。一可為直流(DC)電池或其他電源的電源(圖中未繪示)亦連接至基頻子系統110以提供電力給無線通信系統100。在一特定實施例中，無線通信系統100可為(例如，但不限於)諸如行動蜂巢式電話之攜帶型電信器件。

基頻子系統110包括微處理器(μ P)115及記憶體116。微處理器115與記憶體116彼此通信。視實施RF AGC系統238及在接收器之正交信號路徑中管理AGC之方法的方式而定，基頻子系統110除了其他器件以外亦可包括特殊應用積體電路(ASIC)、場可程式化閘陣列(FPGA)或任何其他實施特殊或一般處理器中之一或多者。

基頻子系統110經由微處理器115及記憶體116為無線通信系統100提供信號時序、處理及I/O儲存功能。此外，如熟習此項技術者已知，基頻子系統110產生用以指導發射器130及接收器150內之各種功能的各種控制信號，諸如功率控制信號、濾波器控制信號及調變器控制信號。各種控制信號可源自微處理器115或源自基頻子系統110內之任何其他處理器，且供應至發射器130及接收器150內之各種接線。應注意，為簡單起見，本文中僅說明無線通信系統100的基本組件。

若以由微處理器115執行之軟體來實施RF AGC系統238及在接收器之正交路徑中管理AGC的方法之部分，則記憶體116將亦包括增益控制軟體118。增益控制軟體118包含可儲存於記憶體116中且在微處

理器115中予以執行之一或多個可執程式碼片段及/或資料值。或者，增益控制軟體118之功能性可寫碼至ASIC(圖中未繪示)中或可由FPGA(圖中未繪示)或另一器件執行。因為記憶體116可為可重寫的且因為FPGA為可重新程式化的，所以對包括增益級或範圍、校準資料及參考值之增益控制軟體118的更新可在使用此等方法中之任一者實施時在遠端發送至無線通信系統100且保存於無線通信系統100中。

在一較佳實施例中，增益控制軟體118包括用於組態RF AGC系統238以結合其他接收器元件及基頻子系統110操作的一或多個可執程式碼片段。功率估計器、迴路濾波器、延遲元件、可程式化遲滯元件、一或多個可程式化數位濾波器及查詢表中之項目以及一或多個轉換器可按需要經組態或以可控制方式更新以允許RF AGC系統238在WCDMA及GSM/EDGE兩種操作模式下操作。將關聯於圖2、圖3及圖5之功能方塊圖來解釋功率估計器、迴路濾波器、延遲元件、可程式化遲滯元件、查詢表、數位濾波器及該或該等轉換器的配置及操作。

基頻子系統110將基頻子系統110內之數位通信資訊變換成類比信號以由發射器130發射。更具體而言，基頻子系統110使用數位至類比轉換器(圖中未繪示)產生經由匯流排120施加至發射器130的同相(I)發射信號及正交相位(Q)發射信號。

發射器130包括一調變類比信號且將經調變之信號提供至一升頻轉換器(圖中未繪示)的調變器(圖中未繪示)。該升頻轉換器將經調變之信號升頻變換至適當發射頻率且將經升頻之信號提供至一功率放大器(圖中未繪示)。該功率放大器針對無線通信系統100經設計以於其中操作的通信協定或標準來將經升頻之信號放大至適當功率位準。經由接線132將經調變、經升頻且經放大之發射信號轉遞至前端模組140。已省略發射器130的細節，因為熟習此項技術者將理解該等細節。舉例而言，當在諸如GSM之恆定振幅的相位(或頻率)調變應用中

使用功率放大器時，由發射器130內之調變器提供經相位調變的資訊。當在諸如GSM/EDGE之需要相位調變及振幅調變兩者之應用中使用功率放大器(圖中未繪示)時，笛卡爾(Cartesian)同相(I)分量及正交相位(Q)分量含有振幅及相位資訊兩者。

如熟習此項技術者已知，前端模組140包含一天線系統介面，該天線系統介面可包括(例如)具有濾波器對的一雙工器，該濾波器對允許在各別頻率範圍內的發射信號及接收信號兩者之同時通過。將發射信號自前端模組140供應至天線145以用於信號傳輸至遠離該無線通信系統100的適當經組態通信器件。

經由接線142將天線145所接收之信號自前端模組140發送至接收器150。如熟習此項技術者已知，接收器150包括用以降頻轉換、數位化及濾波來自一接收信號之一已恢復資料信號的各種組件。一混頻級將所接收之RF信號降頻轉換且分離成同相(I)接收信號與正交相位(Q)接收信號。對I及Q接收信號進行取樣且藉由一或多個ADC將其變換成數位信號。引入一或多個專門數位濾波器以進一步處理I及Q接收信號。

引入RF AGC系統238以在接收器150中動態地且選擇性地管理AGC。在對增益及相位不平衡之動態(亦即，受控)校正之後，在基頻子系統110中解調變且進一步處理經校正之I及Q信號。

發射器130及接收器150可並置於一整合式收發器中，諸如，當發射器130及接收器150實施於RF積體電路(IC)上時。在替代實施例中，接收器150及發射器130實施於單獨的IC上。在兩種架構下，較佳以接收器150中之積體電路上的硬體來實施RF AGC系統238。

圖2為說明圖1之接收器150之一實例實施例的功能方塊圖。接收器150在接線142上接收一RF輸入信號(RF_IN)，接線142耦接至一類比接收器路徑210且經由接線215耦接至一數位接收器路徑220。類比

接收器路徑210包括混頻器、放大器及/或衰減器。混頻器經組態以自該RF輸入信號分離出I(亦即，同相)接收信號分量與Q(亦即，正交相位)接收信號分量。在接線267上之一控制信號之控制下，類比接收器路徑210中之放大器及/或衰減器調整接收信號功率。數位接收器路徑220包括一積分-三角類比至數位轉換器222、一整數倍降低取樣濾波器224、一高通濾波器226、補償濾波器228與一頻道選擇濾波器230之串聯組合。如圖2中所說明，在接線223上將接收信號之數位化版本自積分-三角類比至數位轉換器222轉遞至整數倍降低取樣濾波器224。經由接線225將接收信號之經整數倍降低取樣且經數位化之表示自整數倍降低取樣濾波器224轉遞至高通濾波器226，高通濾波器226將信號分量之量值減少至角頻率以下。在接線227上將接收信號之經高通濾波之表示轉遞至一組補償濾波器228。將該等補償濾波器228之輸出在接線229上轉遞至頻道選擇濾波器230且轉遞至RF AGC系統238。

在來自基頻子系統110之一或多個信號(圖中未繪示)之控制下，頻道選擇濾波器230將一選擇頻率範圍(亦即，一選擇接收頻道)在接線235上傳遞至RF AGC子系統238且在接線233上傳遞至按比例調整器402。除了接收接線235上之選擇接收頻道以外，RF AGC子系統238接收接線120b上之第一校準信號、接線120c上之第二校準信號及在接線120d上之AGC參考信號。如圖2中進一步說明，RF AGC系統238產生三個輸出信號。在接線120e上將一接收信號強度指示符(RSSI)信號傳達至基頻子系統110。自AGC電路260傳達一類比控制信號至類比接收器路徑210。接線267上之類比控制信號包括用於設定或以其他方式控制類比接收器路徑210中之一或多個可控制元件之增益的資訊。此外，在接線265上自AGC電路260傳達一數位控制字至按比例調整器402。按比例調整器402為數位增益元件。亦即，按比例調整器402回應於接線265上之數位控制字調整在接線233上所提供之接收信號的數

位表示且在接線120a上將該數位表示轉遞至基頻子系統110。

在所說明之實施例中，RF AGC系統238包括一功率估計器240、一阻斷信號識別元件250及一AGC電路260。功率估計器240轉遞第一及第二功率估計。信號功率之第一估計係根據源於至頻道選擇濾波器230之輸入端的接線229上之信號而產生。信號功率之第二估計係根據頻道選擇濾波器之輸出端處之接線235上的信號而產生。如上所述，當以一半之接收器取樣率處理接收信號樣本時，可在頻道選擇濾波器之前及之後使用單一功率估計器判定信號功率。在接線245上將接收頻道功率之第一估計及第二估計轉遞至阻斷信號識別元件。阻斷信號識別元件250包括比較第一估計與第二估計的一差與一臨限值以判定何時阻斷信號存在於接收器150中的邏輯。當阻斷信號存在於接收器150中時，沿著接線255將一指示此情形之信號轉遞至AGC電路260。此外，功率估計器240在接線247上將第一估計轉遞至AGC電路260。

如上文所簡要描述，根據控制器400而操作之AGC電路260使用一類比控制路徑(圖中未繪示)以可控制方式調整該類比接收器路徑210中之混頻器/LNA級、轉阻放大器(transimpedance amplifier)及程式化功率放大器中之一或多者的增益。當調整LNA增益級時，控制器400將轉遞對此情形的一指示至一增益/相位補償器(圖中未繪示)。在已處理適當數目個資料信號樣本之後，可實施於接收器150之RF部分中或基頻子系統110中之該增益/相位補償器對I及Q資料信號執行複數乘法運算。由基頻子系統110進一步處理經增益及相位校正之I及Q資料信號，然後轉遞至I/O元件112(圖1)。亦如上文所解釋，根據控制器400而操作之AGC電路260使用一數位控制路徑(圖中未繪示)產生在接線265上被轉遞的一控制字，以便以可控制方式調整按比例調整器402。

圖3為說明圖1之RF AGC系統238之一實施例的功能方塊圖。如圖

3中所說明，一接收器300包括一類比接收器路徑210、一數位接收器路徑220、一按比例調整器402及該RF AGC系統238。類比接收器路徑210接收接線142上之RF_IN信號及接線267上之控制信號。類比接收器路徑210包括根據編碼於接線267上之控制信號中之資訊來放大或衰減信號功率(亦即，RF_IN信號)的經串聯耦接之類比器件。

在一實施例中，類比接收器路徑210包括串聯耦接之一或多個低雜訊放大器(LNA)、一或多個轉阻放大器(TIA)，或一或多個可程式化增益放大器(PGA)。在一實施例中，AGC電路260經配置以在5個增益級或範圍內提供大約48 dB的類比增益控制。藉由可程式化增益放大器來提供該等增益級中之兩者。第一可程式化放大器增益級在類比接收器路徑210中提供大約10 dB的增益給類比信號。第二可程式化放大器增益級提供大約6 dB之增益給類比信號。藉由混頻器與LNA之組合來提供剩餘增益級或範圍。第一及第三混頻器/LNA增益級提供大約10 dB的增益給類比信號。第二混頻器/LNA增益級提供大約12 dB之增益給類比信號。提供更小或更大總增益給類比信號的其他實施例為可能的。可藉由增益級之許多不同組合及放大器或衰減器的組合(如可能需要)來實施在類比信號中提供並非大約48 dB之總增益的此等其他實施例。

如已知，類比接收器路徑210進一步包括用於分離接收信號之同相(I)分量與正交相位(Q)分量的類比元件。當用於分離接收信號之I分量與Q分量的此等類比元件配置於放大器或衰減器之後時，放大器及/或衰減器可配置於單一信號路徑中。一旦分離了接收信號之I分量與Q分量，則應理解，應以配對方式應用單獨的放大器或衰減器以調整I或同相接收信號頻道及Q或正交相位接收信號頻道之信號功率。此後，在接線215上將經功率調整之I及Q接收信號轉遞至數位接收器路徑220。

如上所述，數位接收器路徑220包括類比至數位轉換器、整數倍降低取樣濾波器、高通濾波器、補償濾波器及一頻道選擇濾波器(圖中未繪示)。數位接收器路徑220在接線215上接收經功率調整的I及Q接收信號。數位接收器路徑220在接線229上將經取樣且經濾波之I及Q接收信號的第一數位表示轉遞至RF AGC系統238。在接線229上轉遞之I及Q接收信號的第一數位表示包括在一頻道選擇濾波器中被處理之前的I及Q接收信號。數位接收器路徑220進一步經組態以在接線235上將經取樣且經濾波之I及Q接收信號的第二數位表示轉遞至RF AGC系統238。該第二數位表示包括在已由一頻道選擇濾波器(圖中未繪示)處理之後的I及Q接收信號。頻道選擇濾波器僅通過在指定頻率範圍內的彼等信號分量。當阻斷信號存在於接收器150中時，在頻道選擇濾波器中處理之前的I及Q接收信號之信號功率的量值將大於在頻道選擇濾波器之輸出端處的I及Q接收信號之信號功率。

在接線233上將I及Q接收信號之第二數位表示轉遞至按比例調整器402。按比例調整器402為數位增益元件。按比例調整器402根據在接線265上自AGC電路260所傳達之數位控制字來調整在接線233上所提供之I及Q接收信號的數位表示。如下文將解釋，AGC電路260根據接收器150中之目前操作條件來調整該控制字，該等操作條件包括接收信號之估計功率、在類比接收器路徑210中所提供之類比增益的量，及一所要參考值。按比例調整器402回應於接線265上之數位控制字以數位方式按比例調整或調整I及Q接收信號，然後在接線120a上將I及Q接收信號轉遞至基頻子系統110。在一實施例中，按比例調整器402提供大約72 dB之數位增益控制。提供更小或更大總增益給數位I及Q接收信號的其他實施例為可能的。

RF AGC系統238包括一功率估計器240、一轉換器334、一加法器336及額外元件。功率估計器240經由接線235接收經頻道選擇濾波之I

及Q接收信號。該功率估計器亦在接線229上接收尚未由頻道選擇濾波器(圖中未繪示)處理之I及Q接收信號的表示。功率估計器240經配置以計算在頻道選擇濾波器之前與之後的I及Q接收信號之信號能量估計。功率估計器240為經組態以執行以下方程式1之硬體器件。

$$\text{功率} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I_i^2 + Q_i^2 \right) \quad \text{方程式 1}$$

方程式1中之N為計算中所使用之樣本的數目。求和在積分與堆積模式下運算。因此，RF AGC系統238中之後續功能區塊以由樣本頻率對樣本數目之比所判定的頻率來操作。在接線333上將自接線235接收之樣本的估計信號能量轉遞至轉換器334。轉換器334經配置以使用關聯於圖8所說明且描述之演算法將估計信號能量轉譯成以分貝為單位的值。加法器336經由接線120d接收以dB為單位的參考功率且經由接線335接收來自轉換器334之信號能量估計(以dB為單位)。如圖3中所說明，加法器336產生參考功率與信號能量估計之差且在接線347上將此差轉遞至AGC電路260。

參考功率係可程式化值。針對圖2中所說明且描述的接收器150，如下設定參考功率。因為WCDMA信號類似白雜訊，所以假定其波峰因數(crest factor)為 $F_s/3$ ，其中 F_s 為全標度，

$$E_{peak} = I_{peak}^2 + Q_{peak}^2 = F_s + F_s = 2F_s \text{。}$$

假定波峰因數為1/3的情況下，平均信號能量為：

$$E_{avg} = I_{avg}^2 + Q_{avg}^2 = \left(\frac{F_s}{3} \right)^2 + \left(\frac{F_s}{3} \right)^2 = \frac{2F_s}{9} \text{。}$$

可將參考功率如下判定為平均信號能量對峰值信號能量之比

率：

$$\frac{E_{avg}}{E_{peak}} = \frac{2F_s}{2F_s/9} = \frac{1}{9} = -9.5dB$$

允許3 dB之邊限的情況下，將參考功率設定為-12.5 dB。

如圖3中進一步說明，RF AGC系統238包括一阻斷信號識別元件250及一控制器400。阻斷信號識別元件250在接線245上接收來自功率估計器240的第一估計及第二估計。第一估計表示在頻道選擇濾波器之前的I及Q接收信號之信號功率。第二估計表示在由頻道選擇濾波器處理之後的I及Q接收信號之信號功率。阻斷信號識別元件250包括經組態以在第一估計及第二估計之一函數超過一臨限值時產生一阻斷信號存在信號的邏輯。如圖3中所指示，經由接線255將該阻斷信號存在信號傳達至類比控制分支350中的查詢表356。該查詢表包括一或多個項目，該或該等項目具有適合於回應於該阻斷信號存在信號而調整類比接收路徑210中之一或多個可控制元件，以防止數位接收路徑220中之類比至數位轉換器接收到超過其動態範圍之各別輸入信號的資訊。

控制器400為經由接線405耦接至一迴路濾波器345、AGC電路260中之多個元件及數位接收器路徑中之一或多個濾波器的狀態機。如將關聯於圖4之狀態圖更詳細地解釋，控制器400設定正常操作模式、電力開啟操作模式及壓縮操作模式之操作參數(除了別的參數以外)。操作參數包括(但不限於)一功率計算窗大小、一或多個迴路濾波器常數、一DC消除高通濾波器的角頻率、一或多個臨限值等等。

AGC電路260包括一迴路濾波器345、該類比控制分支350及該數位控制分支360。迴路濾波器345在接線347上接收以分貝為單位的誤差信號且經配置以根據以下方程式2轉遞一經濾波之誤差信號。在接線349上將該經濾波之誤差信號傳達至類比控制分支350及數位控制分

支360。

$$filtered_error(k) = filtered_error(k-1) + k_{loop} \cdot error(k) \quad \text{方程式2}$$

K_{loop} 為可由控制器400程式化及調整的AGC迴路常數。

類比控制分支350包括一第一反饋加法器352、一可程式化遲滯元件354及一查詢表356。第一反饋加法器352接收接線349上的經濾波之誤差信號及匯流排接線120b上之第一校準值。第一反饋加法器352經配置以在匯流排接線120e上將第一校準值與經濾波之誤差信號之差轉遞至可程式化遲滯元件354及基頻子系統110(圖中未繪示)。第一校準值與經濾波之誤差信號之差為接收信號強度之一指示或一接收信號強度指示符(RSSI)。第一校準值為可考量由頻率及溫度引起的接收信號強度之變化的可程式化值。當校準資料不可用於溫度與頻率之目前組合時，應用大約為-18 dB的預設值。

為了防止類比增益跳變，可程式化遲滯元件354提供一時間或延遲週期，在此時間或延遲週期期間不允許類比增益改變。此外，給時間或延遲週期設有臨限值，該等臨限值結合先前增益狀態或增益級用來判定新類比增益值。

使用如可程式化遲滯元件354在時間上予以調整之接收信號強度作為對查詢表356之索引，其判定對應於接收信號功率的類比增益分布。查詢表中之臨限值為可程式化的。表1為該表之一實例。

表1-WCDMA類比增益查詢表

輸入信號 (dBm)	總類比增益 (dB)	LNA增益 (dB)	TIA增益 (dB)	PGA增益 (dB)
-110	55	27(高)	12(高)	16(高)
-97	43	27(高)	6(中)	10(中)
-82	34	24(中)	0(低)	10(中)
-72	22	12(低)	0(低)	10(中)
-44	10	0(繞過)	0(低)	10(中)
-33	0	0(繞過)	0(低)	0(低)

在表I中所說明之實施例中，當偵測到為-33 dBm之輸入信號臨限值時，類比控制分支350在接線267上產生一指導類比接收器路徑210的類比控制信號以在類比接收器路徑210中提供大約0 dB的增益。當偵測到介於-33 dBm與-44 dBm之間的輸入信號臨限值時，類比控制分支350改變接線267上之類比控制信號以經由類比接收器路徑210中之PGA提供大約10 dB的總增益。類似地，當輸入信號臨限值在-44 dBm與-72 dBm之間時，類比控制分支350改變接線267上之類比控制信號以提供大約22 dB的總增益，其中大約10 dB之增益由PGA提供且大約12 dB之額外增益由類比接收器路徑210中的一LNA提供。當輸入信號臨限值在-72 dBm與-82 dBm之間時，類比控制分支350改變接線267上之類比控制信號以提供大約34 dB的總增益，其中大約10 dB之增益由PGA提供且大約24 dB之額外增益由類比接收器路徑210中的一或多個LNA提供。當輸入信號臨限值在-82 dBm與-97 dBm之間時，類比控制分支350改變接線267上之類比控制信號以提供大約43 dB的總增益，其中大約10 dB之增益由PGA提供，大約6 dB之增益由一轉阻放大器提供，且大約27 dB之額外增益由類比接收器路徑210中的一或多個LNA提供。最後，當輸入信號臨限值在 -97 dBm與-110 dBm之間時，

類比控制分支350改變接線267上之類比控制信號以提供大約55 dB的總增益，其中大約16 dB之增益由PGA提供，大約12 dB之增益由一轉阻放大器提供，且大約27 dB之額外增益由類比接收器路徑210中的一或多個LNA提供。

想到了包括不同於表1中所說明之類比增益級之其他類比增益級的其他實施例。舉例而言，可藉由放大器與可控制衰減器之其他組合來提供更多或更少之類比增益級或步階。額外放大器可包括一LNA、一TIA、一PGA、兩個或兩個以上LNA、兩個或兩個以上TIA、兩個或兩個以上PGA或以上各者與任何數目個可控制衰減器(其具有多個衰減範圍)的組合以達成所要增益級。

如表1中所指示，用於在類比接收器路徑210中調整增益的類比控制信號可按需要包括用於表示針對一或多個LNA、一或多個TIA或一或多個PGA之低、中或高範圍增益狀態中之任一者的適當程式碼。可使用經編碼以傳達元件之所要組合及增益狀態之任何數目個控制信號在任何數目個所要控制範圍內類似地控制該類比接收器路徑中之可控制元件的替代配置。儘管表I中所呈現之實施例不包括衰減器，但應理解，類比控制分支350及類比接收器路徑210並不限於此。

LNA增益變化需要在I及Q接收信號分量轉遞至基頻子系統110(圖1)之前對I及Q接收信號分量應用相位校正。因此，查詢表356可進一步包括在相位校正中使用之旋轉因數(圖中未繪示)。在以對應於接收路徑濾波器延遲之適當延遲將I及Q值轉遞至基頻子系統110之前，在切換LNA增益狀態時執行 $I+jQ$ 與 $\cos(\Phi)+jsin(\Phi)$ 之間的複數乘法。類比增益之變化率由方程式3定義。

$$\Delta t_{analog\ gain} = \frac{N}{f_s} \times Gainhold \qquad \text{方程式3}$$

其中 N 為功率估計窗大小；

f_s 為功率計算取樣率；及

$Gainhold$ 為以樣本之數目為單位的類比增益變化延遲。

數位控制分支360包括一可程式化延遲元件361、一第二反饋加法器362及一轉換器364。可程式化延遲元件361使接線267上之類比控制信號與接線349上之來自迴路濾波器345的經濾波之誤差信號同步。第二反饋加法器362接收接線347上之經濾波之誤差信號、接線120c上之第二校準值，及來自延遲元件361之延遲類比控制信號。如圖3中所說明，第二反饋加法器362產生經濾波之誤差信號、第二校準值與延遲類比控制信號之差，且在接線363上將此差轉遞至轉換器364。轉換器364在將數位增益自分貝轉譯成線性值之後產生一控制字。經由接線265將該控制字轉遞至按比例調整器402。關聯於圖9來說明且描述將分貝轉換成線性單位的方法。

圖4為說明實現AGC電路260之自主操作之控制器400之一實施例的狀態圖。圖4之狀態圖展示一控制器經由與RF AGC系統238相關聯之軟體及/或韌體之可能實施的架構、功能性及操作。就此而言，每一圓圈表示一組條件，且圓圈之間的箭頭描述控制器400之行為。應理解，可以硬體、韌體或軟體來實施控制器400。當經由硬體、硬體及韌體或硬體與軟體之組合來實施RF AGC系統238時，狀態圖中之狀態與箭頭的一或多個組合可表示一或多個額外電路。或者，所描述功能可體現於：原始碼中，原始碼包括用程式化語言編寫之人類可讀敘述；或機器碼中，機器碼包含可由適當執行系統(諸如電腦系統中之處理器)辨識的指令。機器碼可自原始碼轉換而得，等等。

為了提供AGC電路260之自主操作，控制器400設定正常操作模式、電力開啟操作模式及壓縮操作模式之操作參數(除了別的參數以外)。操作參數包括(但不限於)一功率計算窗大小、一或多個AGC迴路

濾波器常數、可於一或多個步驟中(在數位接收器路徑220中)應用之DC消除或高通濾波器的角頻率、速率臨限值及模式計時器。此外，可設定一轉變計時器。該轉變計時器由控制器400用來：回應於類比增益變化(在一或多個步驟中)調整高通濾波器之角頻率，且在該計時器已消逝時使該角頻率返回至第一頻率。在某些情況下，可能需要動態地管理迴路濾波器常數及功率計算窗。

狀態圖404包括狀態410、狀態420、狀態430、狀態440、狀態450及狀態460。狀態410為電力開啟操作模式。如箭頭412所示，重複地應用在電力開啟條件下操作該AGC電路260之一組適當參數，直至已符合選定數目次重複為止。當AGC電路260已執行選定數目次重複時，如箭頭414所示，控制器400轉變至狀態430。

狀態420為壓縮操作模式。如箭頭422所示，重複地應用在壓縮模式下操作該AGC電路260之一組適當參數，直至已符合選定數目次重複為止。當AGC電路260已執行選定數目次重複時，如箭頭424所指示，控制器400轉變至狀態430。

狀態430為正常操作模式。應用在正常操作條件下操作該AGC電路260的一組適當參數。在狀態430中，控制器400比較來自AGC電路260之估計之RSSI的變化率與第一臨限值及第二臨限值。當該變化率超過第一臨限值時，如箭頭432所指示，控制器400轉變至狀態440。在狀態440中，控制器400以第一方式來調整功率計算窗及迴路濾波器常數(例如，以便加速該反饋迴路)。一旦控制器400已作出狀態440中所指示之調整，則控制器400轉變回至狀態430(如箭頭442所指示)。否則，當該變化率小於第二臨限值時，如箭頭434所指示，控制器400轉變至狀態450。在狀態450中，控制器400以第二方式來調整功率計算窗及迴路濾波器常數(例如，以便使該反饋迴路減速)。一旦控制器400已作出狀態450中所指示之調整，則控制器400轉變返回至狀態

430(如箭頭452所指示)。

狀態460為轉變操作模式。如箭頭436所示，回應於類比增益已改變之一指示而應用在轉變模式下操作該AGC電路260的一組適當參數。當類比增益改變時，控制器400應用DC偏移校正濾波器歷時一段選定時間。當AGC電路260已應用DC偏移校正濾波器歷時該段選定時間時，如箭頭462所指示，可使一或多個濾波參數(例如，角頻率)返回至正常模式設定。

圖5為說明圖3之AGC電路之一替代實施例的功能方塊圖。AGC電路560適合於在收發器操作之GSM/EDGE模式下使用。AGC電路560共用來自圖3中所說明且上文所描述之AGC電路260之電路元件中的若干電路元件。如圖5中所說明，AGC電路560實施於包括一類比接收器路徑210、一數位接收器路徑220及一按比例調整器402之一接收器500中。類比接收器路徑210根據一類比控制分支550所提供之一控制信號而操作。按比例調整器402根據一數位控制分支360所提供之一控制字而操作。用虛線說明功率估計器240、轉換器334、加法器336、阻斷信號識別元件250、控制器400及迴路濾波器345以展示該等器件已停用或以其他方式自接收器500中之其他元件移除。在所說明之實施例中，以可控制方式定位一開關510以經由接線120f提供來自基頻子系統110(圖1)之增益值給類比控制分支550及數位控制分支360。如圖5中進一步說明，開關510不再將接線349(亦即，迴路濾波器345之輸出端)耦接至類比控制分支550及數位控制分支360。此外，停用可程式化遲滯元件354且經由接線120e繞過可程式化遲滯元件354。或者，在旁通模式下操作可程式化遲滯元件354以將第一校準值與來自基頻子系統110之增益值的差施加至查詢表356。

類比接收器路徑210接收接線142上之RF_IN信號且根據接線267上之控制信號將I及Q接收器分量的放大版本提供至數位接收器路徑

220。類比接收器路徑210可包括混頻器、一或多個低雜訊放大器(LNA)或一或多個可程式化功率放大器(PGA)。在一實施例中，類比控制分支550經配置以在6個增益級或範圍內提供大約54 dB的類比增益控制。藉由可程式化放大器來提供該等增益級中之兩者。第一可程式化放大器增益級提供大約6 dB之增益給類比信號。第二可程式化放大器增益級提供大約6 dB之增益給類比信號。在類比接收器路徑210中藉由混頻器提供兩個額外增益級。第一混頻器增益級提供大約10 dB之增益給類比信號。第二混頻器增益級提供大約10 dB之額外增益給類比信號。藉由一或多個LNA來提供剩餘增益級或範圍。第一LNA增益級提供大約14 dB之增益給類比信號。第二LNA增益級提供大約14 dB之額外增益給類比信號。提供更小或更大總增益給類比信號的其他實施例為可能的。可藉由增益級之許多不同組合來實施在類比信號中提供並非大約54 dB之總增益的此等其他實施例。

數位接收器路徑220在接線215上接收I及Q接收信號的放大版本。數位接收器路徑220包括一或多個信號處理元件，該等信號處理元件取樣、數位化、高通濾波且補償I及Q接收信號所穿過之通信路徑中在頻率上的功率變化。此外，數位接收器路徑220可包括用於移除在低頻率臨限值以下之不當頻率及在高頻率臨限值以上之不當頻率的一頻道選擇濾波器。在接線233上將數位接收器路徑220之輸出轉遞至按比例調整器402。按比例調整器402為根據在接線265上自數位控制分支360接收之控制字而操作的數位增益元件。經由匯流排接線120a將根據所接收類比信號產生之經功率調整的I及Q信號轉遞至基頻子系統110(圖1)。在一實施例中，數位接收器路徑220提供大約72 dB之數位增益控制。提供更小或更大總增益給數位I及Q信號的其他實施例為可能的。

類比控制分支550包括一第一反饋加法器352及一查詢表356。第

一反饋加法器352接收接線349上之來自基頻子系統110之增益值及接線120b上的第一校準值。第一反饋加法器352經配置以轉遞第一校準值與在接線120f上自基頻子系統110(圖中未繪示)載入之總增益之間的差。第一校準值與增益值之間的差為RSSI。第一校準值為可考量由頻率及溫度引起的接收信號強度之變化的可程式化值。使用RSSI作為對查詢表356之索引，其判定對應於天線功率的類比增益分布。表中之臨限值為可程式化的。表2為該表之一實例實施例。

表2-GSM/EDGE類比增益查詢表

切換臨限值(dBm)	類比增益(dB)	增益級(dB)
-100	54	PGA(6)
-83	48	PGA(6)
-59	38	混頻器(10)
-47	28	混頻器(10)
-35	14	LNA(14)
-33	0	LNA(14)

在表2中所說明之實施例中，當偵測到為-33 dBm之切換臨限值時，類比控制分支550在接線267上產生一指導類比接收器路徑210之類比控制信號以在類比接收器路徑210中提供大約0 dB的增益。當偵測到介於-33 dBm與-35 dBm之間的切換臨限值時，類比控制分支550改變接線267上之類比控制信號以經由類比接收器路徑210中之LNA提供大約14 dB的增益。類似地，當切換臨限值在-35 dBm與-47 dBm之間時，類比控制分支550改變接線267上之類比控制信號以經由類比接收器路徑210中第一LNA提供大約14 dB的增益且經由類比接收器路徑210中之第二LNA提供大約14 dB的額外增益，得到大約28 dB的總類比增益。表2說明如可能需要之可施加至類比接收器路徑210中之

LNA、混頻器及PGA之類比增益控制的額外增益級或狀態。

想到了包括不同於表2中所說明之類比增益級之其他類比增益級的其他實施例。舉例而言，當使用被動混頻器時，可藉由一或多個額外放大器來提供一或多個增益級或步驟。額外放大器可包括一LNA、一PGA、兩個或兩個以上LNA、兩個或兩個以上PGA或一或多個LNA與一或多個PGA之組合以達成所要增益級。此外，可在類比接收器路徑210中引入一或多個衰減器以允許對增益的進一步控制。如上所述，接線267上之控制信號將包括適合於根據類比接收器路徑210之架構來實現所要增益級的資訊。

數位控制分支360包括一可程式化延遲元件361、一第二反饋加法器362及一轉換器364。第二反饋加法器362經由接線349接收基頻提供之增益值，經由接線120c接收第二校準值，且自可程式化延遲元件361接收類比增益的延遲表示。如圖5中所說明，第二反饋加法器362產生增益值、第二校準值與自可程式化延遲元件361接收之類比增益的差且在接線363上將此差轉遞至轉換器364。轉換器364在將數位增益自分貝轉譯成線性值之後產生一控制字。經由接線265將該控制字轉遞至按比例調整器402。關聯於圖9來說明且描述將分貝轉換成線性單位的方法。

圖6為說明實施類比增益控制信號之方法之一實施例的流程圖。圖6之流程圖展示經由與圖1之接收器150或圖5之接收器500相關聯的一或多個電路、軟體及/或韌體之可能實施的架構、功能性及操作。當經由硬體、硬體及韌體或硬體與軟體之組合來實施AGC電路260時，流程圖中之一或多個區塊可表示一或多個額外電路。或者，所描述功能可體現於：原始碼中，原始碼包括用程式化語言編寫之人類可讀敘述；或機器碼中，機器碼包含可由適當執行系統(諸如電腦系統中之處理器)辨識的指令。機器碼可自原始碼轉換而得，等等。

方法600始於步驟602，在步驟602中基於一接收信號之最大預期功率、一參考靈敏度及阻斷信號要求來識別一所要之動態範圍。在步驟604中，識別若干增益控制範圍。此後，如步驟606中所指示，在所識別數目個增益控制範圍內識別若干增益狀態。在步驟608中，使選定增益狀態與一接收器之類比接收器路徑中的一或多個可控制元件相關聯。此後，如步驟610中所指示，將待施加於該接收器之數位接收器路徑中的數位增益判定為所要總增益及在類比接收器路徑中所提供之增益的一函數。

圖7為說明在無線通信系統之RF子系統之正交路徑中管理自動增益控制的方法之一實施例的流程圖。圖7之流程圖展示經由與圖1之接收器150或圖5之接收器500相關聯的一或多個電路、軟體及/或韌體之可能實施的架構、功能性及操作。就此而言，每一區塊表示包含用於實施特定功能的一或多個可執行指令之一程式碼模組、程式碼片段或程式碼部分。當經由硬體、硬體及韌體或硬體與軟體之組合來實施AGC電路260或AGC電路560時，流程圖中之一或多個區塊可表示一或多個額外電路。或者，所描述功能可體現於：原始碼中，原始碼包括用程式化語言編寫之人類可讀敘述；或機器碼中，機器碼包含可由適當執行系統(諸如電腦系統中之處理器)辨識的指令。機器碼可自原始碼轉換而得，等等。

方法700始於步驟702，在步驟702中判定在至一頻道選擇濾波器之一輸入端處的第一信號強度且判定在該頻道選擇濾波器之一輸出端處的第二信號強度。如上所述，當以一半之接收器取樣率將信號資料轉遞至功率估計器時，可使用功率估計器判定第一信號強度及第二信號強度兩者。此後，如步驟704中所指示，比較第一信號強度與第二信號強度以判定阻斷信號是否存在於接收信號中。在決策步驟706中，判定是否存在阻斷信號。可將第一信號強度與第二信號強度之差

與一臨限值比較以識別何時阻斷信號存在於接收器中。

如步驟708中所示，當存在阻斷信號時，藉由將一阻斷信號存在信號轉遞至一自動增益控制電路之一類比控制分支來調整一或多個類比增益級。該類比控制分支包括一查詢表，該查詢表具有經配置以傳達一控制信號之資訊，該控制信號當施加至該類比接收路徑時減少信號功率以防止在ADC處對該接收信號的飽和或截割。否則，當不存在阻斷信號時，判定第二信號強度(亦即，經濾波之接收信號)與參考值之間的差以產生誤差信號。此後，如步驟712中所示，將該差或誤差信號施加至具有一類比控制分支及一數位控制分支之一第一級反饋迴路。如上所述，類比控制分支將一類比增益控制信號提供至類比接收器或信號路徑中的可控制元件以提供所要之類比增益控制。如上文亦描述，數位控制分支根據誤差信號與類比增益信號之差而操作以產生一控制字，該控制字調整一與頻道選擇濾波器串聯耦接之按比例調整器402，以在數位域中提供所要增益量。

圖8為說明將電壓值或使用線性標度之另一量測單位轉換成以分貝為單位的值之方法之一實施例的流程圖。該流程圖為前導1偵測器之實施的一實施例。Khalid H. Abed已在2003年11月於IEEE Transaction on Computers中出版之名為「CMOS VLSI Implementation of a Low Power Logarithmic Converter」的文章中介紹前置1偵測器的一實例。圖8之流程圖展示經由與轉換器334相關聯之一或多個電路、軟體及/或韌體之可能實施的架構、功能性及操作。就此而言，每一區塊表示包含用於實施特定功能的一或多個可執行指令的一程式碼模組、程式碼片段或程式碼部分。當經由硬體、硬體及韌體或硬體與軟體之組合來實施轉換器334時，流程圖中之一或多個區塊可表示一或多個額外電路。或者，所描述功能可體現於：原始碼中，原始碼包括用程式化語言編寫之人類可讀敘述；或機器碼中，機器碼包含可由適

當執行系統(諸如電腦系統中之處理器)辨識的指令。機器碼可自原始碼轉換而得，等等。

方法800始於步驟802，在步驟802中使用 N_{bit} 輸入數定義一變數「IN」。在步驟804中，使用來自經濾波之接收信號之一前置1的位元位置定義一整數「J」。接下來在步驟806中將一變數「FRAC」定義為變數「IN」與 $(1 \ll J)$ 之間的差。在步驟810中，將一中間值「X」定義為J與FRAC之總和對表達式 $(1 \ll J)$ 、校正值與 $(-N_{bit_IN} \text{數} - 1)$ 之和的比率。此後，如步驟812中所指示，將變數X設定為中間值X與一常數值的乘積。在一實例實施例中，該常數為 $10 \times \log_{10}(2)$ 或3.0103。可開始且按需要重複如關聯於步驟802至812所描述之將線性單位轉換成分貝的方法。

圖9為說明產生用於dB轉換之校正因數之方法之一實施例的流程圖。校正演算法允許等於第三瓣之誤差，亦即， $N=3$ 。對於更高的N值，在 $N=3$ 之情況下，每兩點之間有 $M-N$ 個點。圖9中之演算法對在中間的點進行內插。圖9之流程圖展示經由與轉換器334相關聯之一或多個電路、軟體及/或韌體之可能實施的架構、功能性及操作。就此而言，每一區塊表示包含用於實施特定功能的一或多個可執行指令的一程式碼模組、程式碼片段或程式碼部分。當經由硬體、硬體及韌體或硬體與軟體之組合來實施轉換器334時，流程圖中之一或多個區塊可表示一或多個額外電路。或者，所描述功能可體現於：原始碼中，原始碼包括用程式化語言編寫之人類可讀敘述；或機器碼中，機器碼包含可由適當執行系統(諸如電腦系統中之處理器)辨識的指令。機器碼可自原始碼轉換而得，等等。

方法900始於步驟902，在步驟902中定義一標記為「校正」之陣列及一變數 $N_{bit_correct}$ 。具體而言，該陣列校正包括8個成員。在所說明之實施例中，該等成員為0、23、37、43、44、39、29及16。該

等成員表示以下陣列[0、0.0449、0.0719、0.084、0.0849、0.0754、0.0573及0.0319]之量化數。在步驟904中，計算線性內插參數。具體而言， $m=1 \leq (j-N)$ ； $k=\text{int}(\text{frac}/m)$ ； $\text{slope}=\text{correct}[k+1]-\text{correct}[k]$ (針對 $k=0,6$)且 $\text{slope}=-\text{correct}[7]$ (針對 $k=7$)；且 $n=\text{mod}(\text{frac},m)$ 。在步驟906中，使用方程式4計算校正因數。

$$\text{Correction} = \left(\text{correct}[k] + \frac{\text{slope}}{m * n} \right) / (1 \leq N\text{bits_correct}) \quad \text{方程式4}$$

在圖9中，參數slope判定該點屬於correct[8]向量之哪一片段。參數m判定在correct[8]向量中之每兩點中間有多少個點。在m個點當中，參數n判定待計算之值的位置。可開始且按需要重複如關聯於步驟902至906所描述之產生dB轉換之校正因數的方法。

為了計算數位標度因數，提供一逆對數函數，其在數位控制分支360之所要數位-動態範圍(亦即，大約72 dB)內具有足夠的精度(約0.15 dB)。逆對數演算法為以基數2運算之前置1偵測器方法的變體。因此，在如方程式5中所示之轉換之前，將以dB為單位的數位增益乘以一常數 $L2DB=((\log_2(10))/20)$ 或0.166096。

$$x_{lin} = 2^{L2DB \cdot x_{dB}} = 2^m \cdot 2^{frac} \cong 2^m (1 + frac) \quad \text{方程式5}$$

在以上方程式中，m為整數且frac為小於1之數。以上近似之誤差在每一片段上按指數規律或以2之整數冪增長(如圖10之曲線圖中所示)。若認為參考誤差係可接受的，則可應用校正以調整該誤差。以下表3說明當m=0時在 2^{frac} 近似中所使用的值。

表3-2乘幂轉換之參考值

X(dB)	Frac(i)=x*L2DB	C(i)=2 ^(X*L2DB)
0	0	
1	42	1149
2	84	1289
3	126	1446
4	168	1623
5	210	1821
6	252	2043

在*m*不等於零之情況下使用的近似為：

$$x_{lin} = 2^m \cdot (C(i) - m \cdot slope), \text{ 方程式6}$$

其中*slope*為等於0.003422之固定值。*Frac(i)*為小數部分且*C(i)*為最終輸出(當*m*=0時)。當*m*不等於零時，關聯於圖11所描述之常式在*frac(i)*空間中搜尋適當區域以判定*i*。該常式接著使用*C(i)*計算最終值。

圖11為說明產生用於自分貝轉換成線性增益單位之一校正因數的方法之一實施例的流程圖。圖11之流程圖展示經由與轉換器364相關聯之一或多個電路、軟體及/或韌體之可能實施的架構、功能性及操作。就此而言，每一區塊表示包含用於實施特定功能的一或多個可執行指令的程式碼模組、程式碼片段或程式碼部分。當經由硬體、硬體及韌體或硬體與軟體之組合來實施轉換器364時，流程圖中之一或多個區塊可表示一或多個額外電路。或者，所描述功能可體現於：原始碼中，原始碼包括用程式化語言編寫之人類可讀敘述；或機器碼中，機器碼包含可由適當執行系統(諸如電腦系統中之處理器)辨識的指令。機器碼可自原始碼轉換而得，等等。

方法 1100 始於步驟 1102，在步驟 1102 中初始化參數 L2DB 及 slope，且填入陣列 L2frac 及 L2Thrsh。在一實例實施例中，將 L2DB 設定為 42 且將 slope 設定為 4。此外，用成員 1149、1289、1446、1623、1821 及 2043 填入 L2frac 陣列，且用成員 42、84、126、168、210 及 252 填入 L2Thrsh 陣列。可將此等陣列之成員量化至所要精度。此後，如步驟 1104 中所指示，將變數 X 設定為 X(以分貝為單位)與 L2DB 的乘積。在步驟 1110 中，將變數 X_{int} 設定為 $int(X)$ 。在步驟 1112 中，將 X_{frac} 設定為 X 與 X_{int} 之差。此後，藉由 X 與 slope 之乘積來判定變數 TEMP，且藉由 X_{frac} 與 TEMP 之和來判定變數 TEMP1。搜尋 L2 陣列以判定 TEMP1 的位置。將輸出值設定為 TEMP 之函數，且其位置係經判定的。可開始且按需要重複如關聯於步驟 1102 至 1126 所描述之產生用於自分貝轉換成線性增益單位之一校正因數的方法。

雖然已描述在接收器之正交信號路徑中管理類比增益控制之電路及方法的各種實施例，但一般熟習此項技術者而言將顯而易見，多得多的實施例及實施在本發明之範疇內係可能的。因此，除非從所附申請專利範圍及其等效物的觀點來看，否則將不限制電路及方法。

【符號說明】

100	無線通信系統
110	基頻子系統
112	輸入/輸出(I/O)元件
114	接線
115	微處理器
116	記憶體
118	增益控制軟體
120	匯流排
120a	接線

120b	匯流排接線
120c	接線
120d	接線
120e	匯流排接線
120f	接線
130	發射器
132	接線
140	前端模組
142	接線
145	天線
150	接收器
210	類比接收器路徑
215	接線
220	數位接收器路徑
222	積分-三角類比至數位轉換器
223	接線
224	整數倍降低取樣濾波器
225	接線
226	高通濾波器
227	接線
228	補償濾波器
229	接線
230	頻道選擇濾波器
233	接線
235	接線
238	射頻自動增益控制(RF AGC)系統

240	功率估計器
245	接線
247	接線
250	阻斷信號識別元件
255	接線
260	自動增益控制(AGC)電路
265	接線
267	接線
300	接收器
333	接線
334	轉換器
335	接線
336	加法器
345	迴路濾波器
347	接線
349	接線
350	類比控制分支
352	第一反饋加法器
354	可程式化遲滯元件
356	查詢表
360	數位控制分支
361	可程式化延遲元件
362	第二反饋加法器
363	接線
364	轉換器
400	控制器

402	按比例調整器
404	狀態圖
405	接線
410	狀態
412	箭頭
414	箭頭
420	狀態
422	箭頭
424	箭頭
430	狀態
432	箭頭
434	箭頭
436	箭頭
440	狀態
442	箭頭
450	狀態
452	箭頭
460	狀態
462	箭頭
500	接收器
510	開關
550	類比控制分支
560	AGC電路

申請專利範圍

1. 一種電路，其包含：

一類比控制器，其經組態以回應於從一基頻系統接收之一增益值及一第一校準值而產生一類比控制信號；

一數位控制器，其經組態以基於來自該基頻系統之該增益值、從該類比控制信號產生之一經延遲類比控制信號、及一第二校準值來產生一數位控制信號；及

一切換元件，其經組態以控制來自該基頻系統之該增益值至該類比控制器及該數位控制器之分布。

2. 如請求項1之電路，其中該類比控制器包括一遲滯(hysteresis)元件，該遲滯元件經組態以將該第一校準值及來自該基頻系統之該增益值之一差異施加至一查詢表。

3. 如請求項2之電路，其中該遲滯元件經組態以操作於一旁通模式。

4. 如請求項1之電路，其中該類比控制器進一步經組態以與一類比增益電路通信，該類比增益電路包括複數個增益元件，該等增益元件經組態以提供複數個增益級。

5. 如請求項4之電路，其中該複數個增益元件包括一低雜訊放大器(LNA)、一可程式化閘陣列(PGA)、或一混頻器中至少一者。

6. 如請求項4之電路，其中該複數個增益元件包括一LNA、一PGA及一混頻器，該LNA、該PGA及該混頻器之每一者經組態以提供一不同量之增益。

7. 如請求項4之電路，其中該類比控制器進一步經組態以基於一切換臨限值從該複數個增益級啟動一增益級，該類比控制器進一步經組態以使用該類比控制信號以啟動該增益級。

8. 如請求項1之電路，其中該類比控制器包括一反饋加法器，該反饋加法器經組態以基於該第一校準值及來自該基頻系統之該增益值之一差異來計算一信號強度指示符。
9. 如請求項8之電路，其中該類比控制器進一步經組態以至少部分基於該信號強度指示符產生該類比控制信號。
10. 如請求項1之電路，其中該數位控制信號指示施加至一經接收信號之一或多個信號分量之數位增益之一數量。
11. 一種接收器，其包含：
 - 一類比接收器電路，其經組態以接收一信號且放大該信號之類比分量；
 - 一數位增益元件，其經組態以放大該信號之該等類比分量之數位表示；及
 - 一控制電路，其經組態以控制該類比接收器電路及該數位增益元件，該控制電路包括一類比控制器、一數位控制器、及一切換元件，該類比控制器經組態以回應於從一基頻系統接收之一增益值及一第一校準值而產生一類比控制信號，該數位控制器經組態以基於(a)來自該基頻系統之該增益值、(b)從該類比控制信號產生之一經延遲類比控制信號、及(c)一第二校準值而產生一數位控制信號，且該切換元件經組態以控制來自該基頻系統之該增益值至該類比控制器及該數位控制器之分布。
12. 如請求項11之接收器，其進一步包含一數位接收器，該數位接收器經組態以轉換該等類比分量以獲得該等類比分量之數位表示且將該等數位表示提供至該數位增益元件。
13. 如請求項11之接收器，其中該類比控制器包括一遲滯(hysteresis)元件，該遲滯元件經組態以將該第一校準值及來自該基頻系統之該增益值之一差異施加至一查詢表。

14. 如請求項11之接收器，其中該類比接收器電路包括複數個增益元件，該等增益元件經組態以提供複數個增益級。
15. 如請求項14之接收器，其中其中該複數個增益元件包括一低雜訊放大器(LNA)、一可程式化閘陣列(PGA)、或一混頻器中至少一者，該LNA經組態以提供一第一增益，該PGA經組態以提供不同於該第一增益之一第二增益，該混頻器經組態以提供不同於該第一增益及該第二增益之一第三增益。
16. 如請求項14之接收器，其中該類比控制器進一步經組態以基於一切換臨限值從該複數個增益級啟動一增益級。
17. 一無線裝置，其包含：
 - 一基頻系統；及
 - 一接收器，其包括一類比接收器電路、一數位增益元件、及一控制器電路，該類比接收器電路經組態以放大一接收信號之一類比分量，該數位增益元件經組態以放大源自該類比分量之一數位分量，且該控制電路經組態以控制該類比接收器電路及該數位增益元件，該控制電路包括一類比控制器、一數位控制器、及一切換元件，該類比控制器經組態以回應於從該基頻系統接收一增益值及一第一校準值而產生一類比控制信號，該數位控制器經組態以基於(a)該增益值、(b)一經延遲類比控制信號、及(c)一第二校準值而產生一數位控制信號，且該切換元件經組態以控制該增益值至該類比控制器及該數位控制器之分布。
18. 如請求項17之無線裝置，其中該接收器進一步包括一數位接收器，該數位接收器經組態以轉換該類比分量以獲得該數位分量。
19. 如請求項17之無線裝置，其中該類比控制器包括一遲滯

(hysteresis)元件，該遲滯元件經組態以將該第一校準值及該增益值之一差異施加至一查詢表。

20. 如請求項17之無線裝置，其中該類比接收器電路經組態以從多個增益級中選擇一增益級以放大該類比分量，該增益級係基於一切換臨限值選擇。

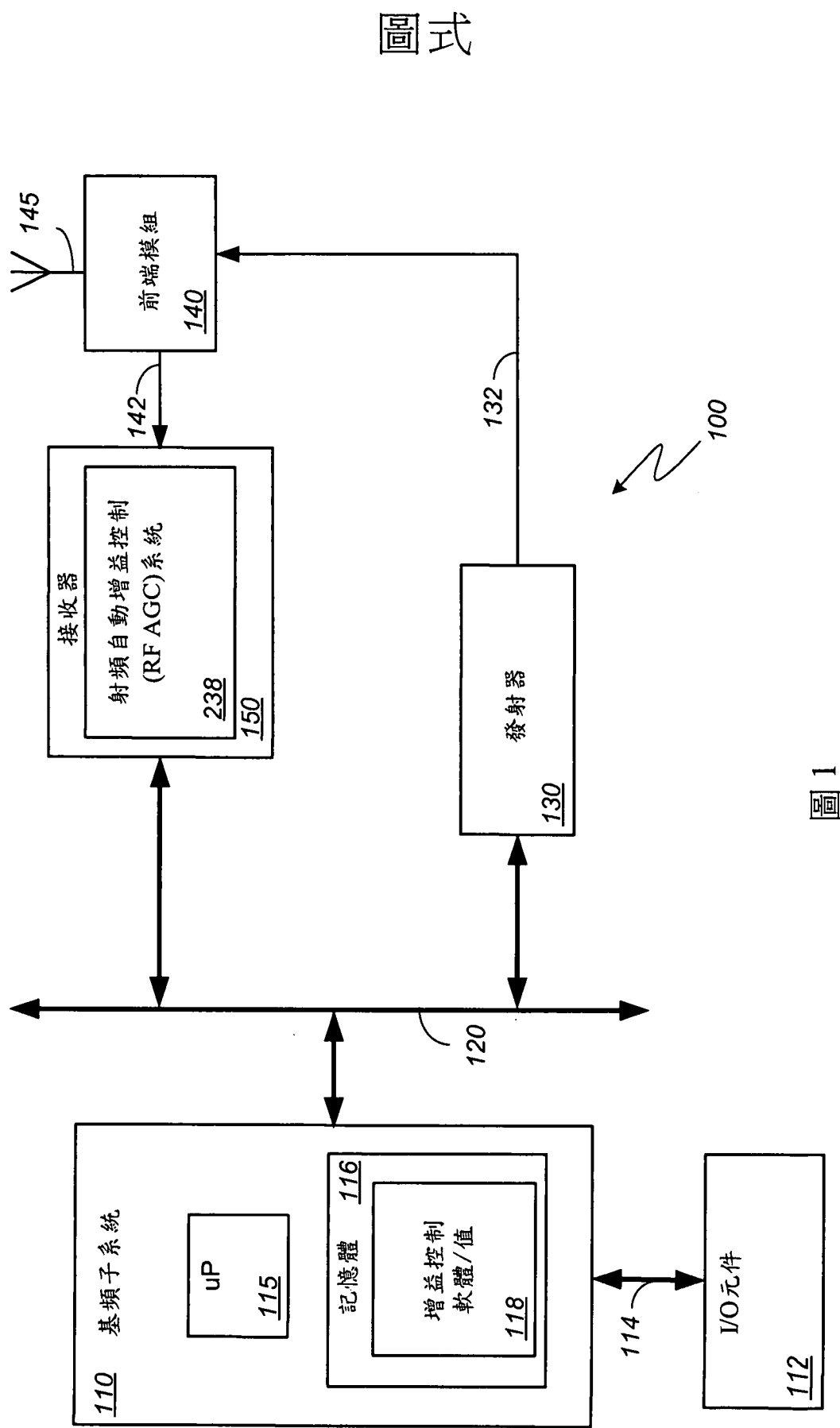


圖 1

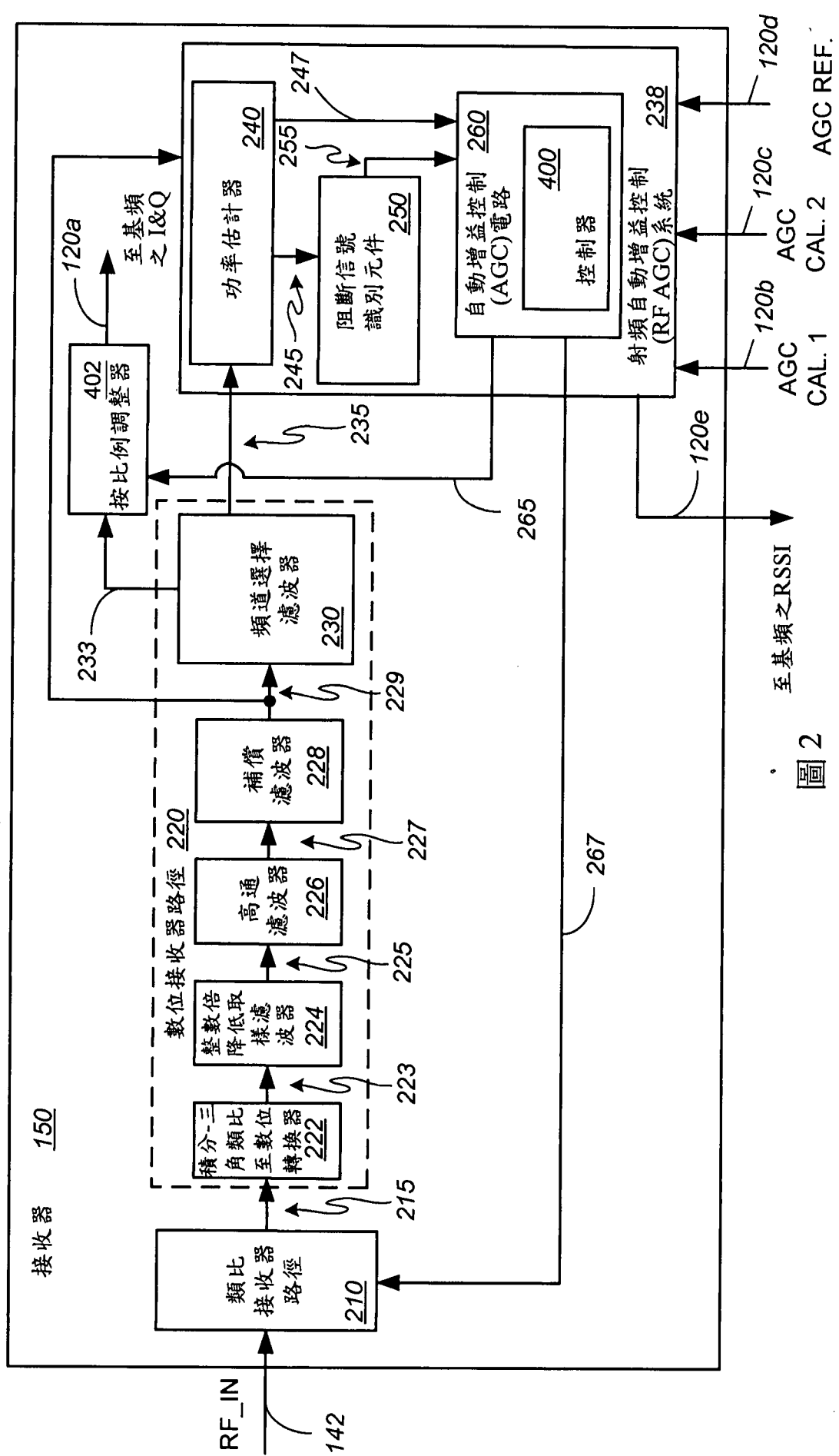


圖 2





3
回

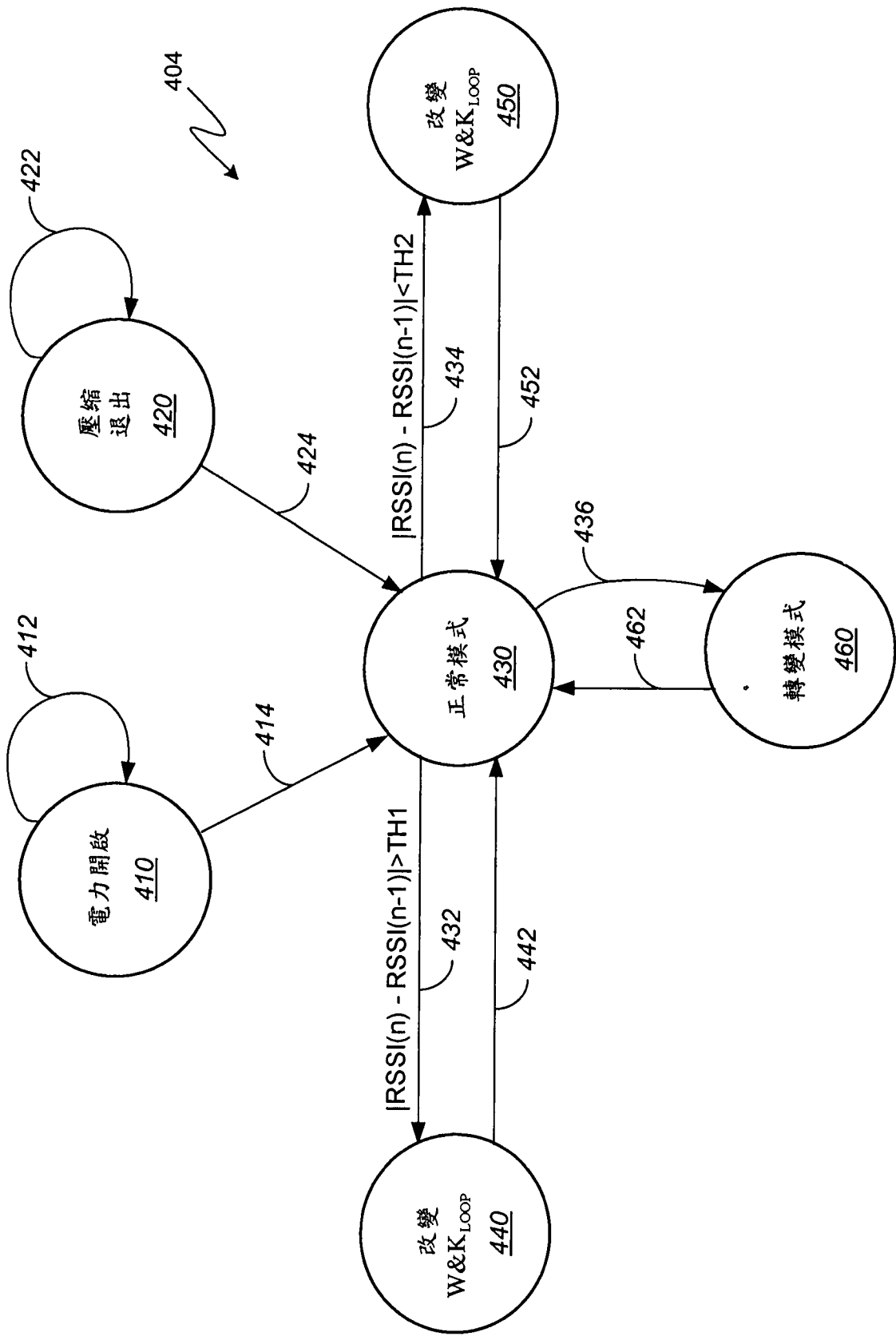


圖 4



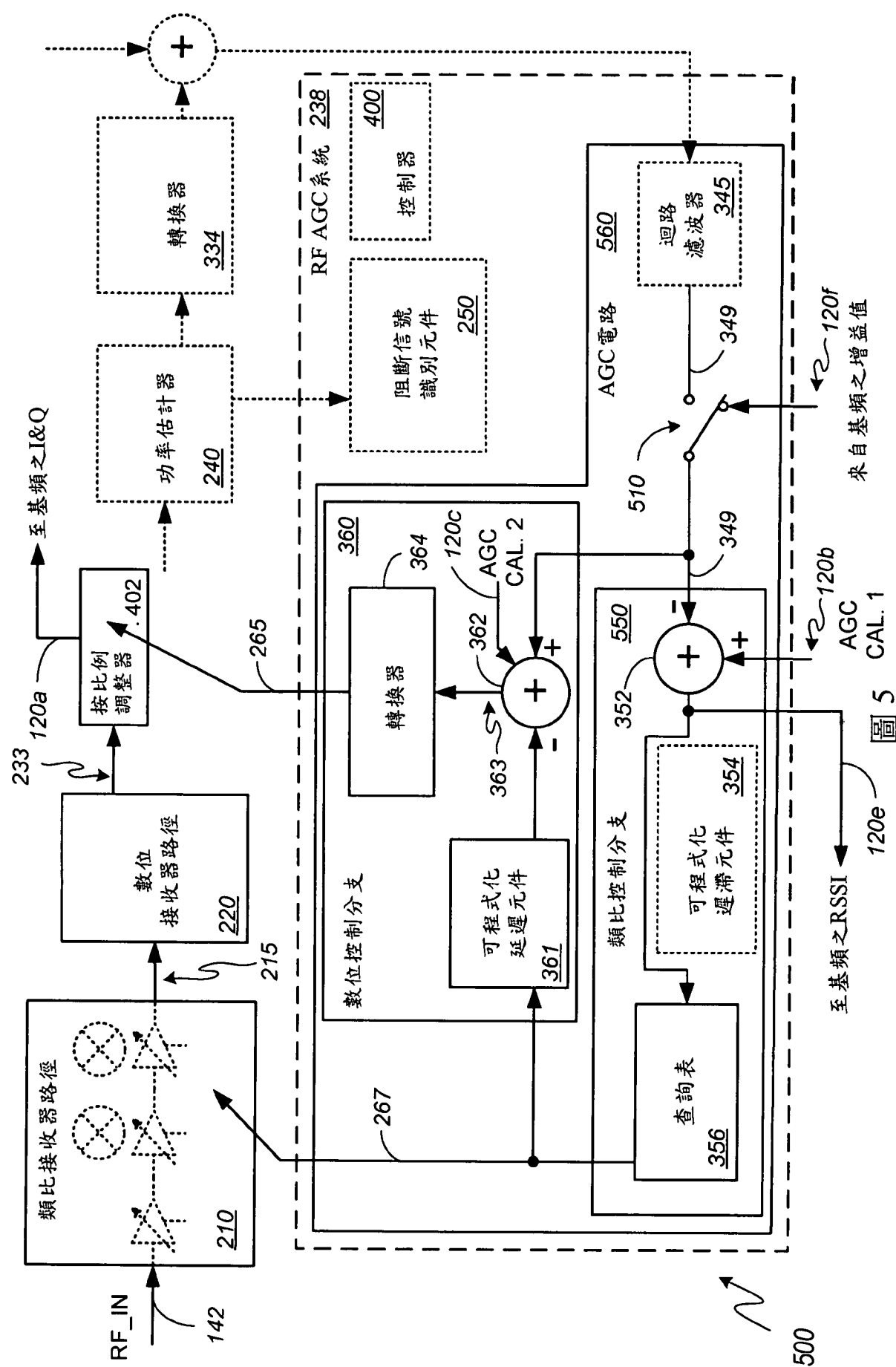


圖 5

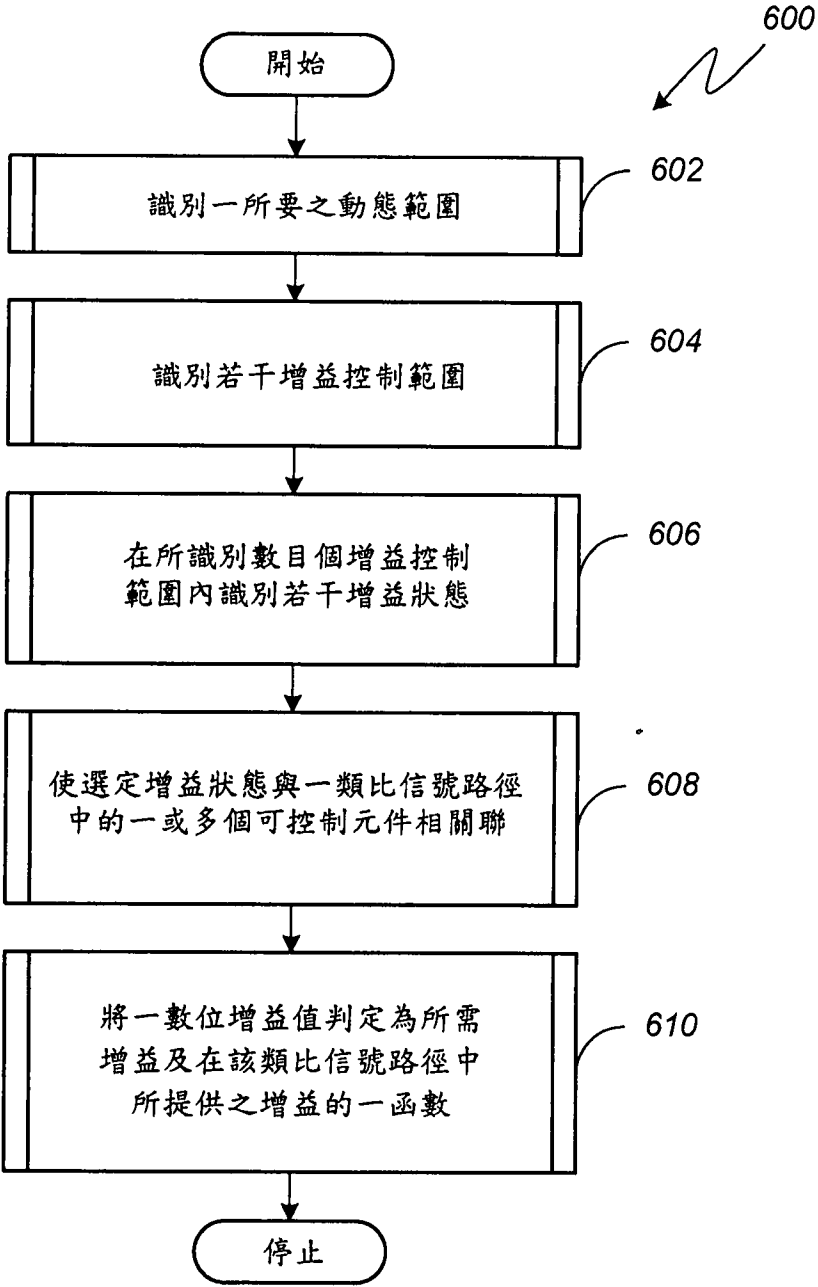


圖 6

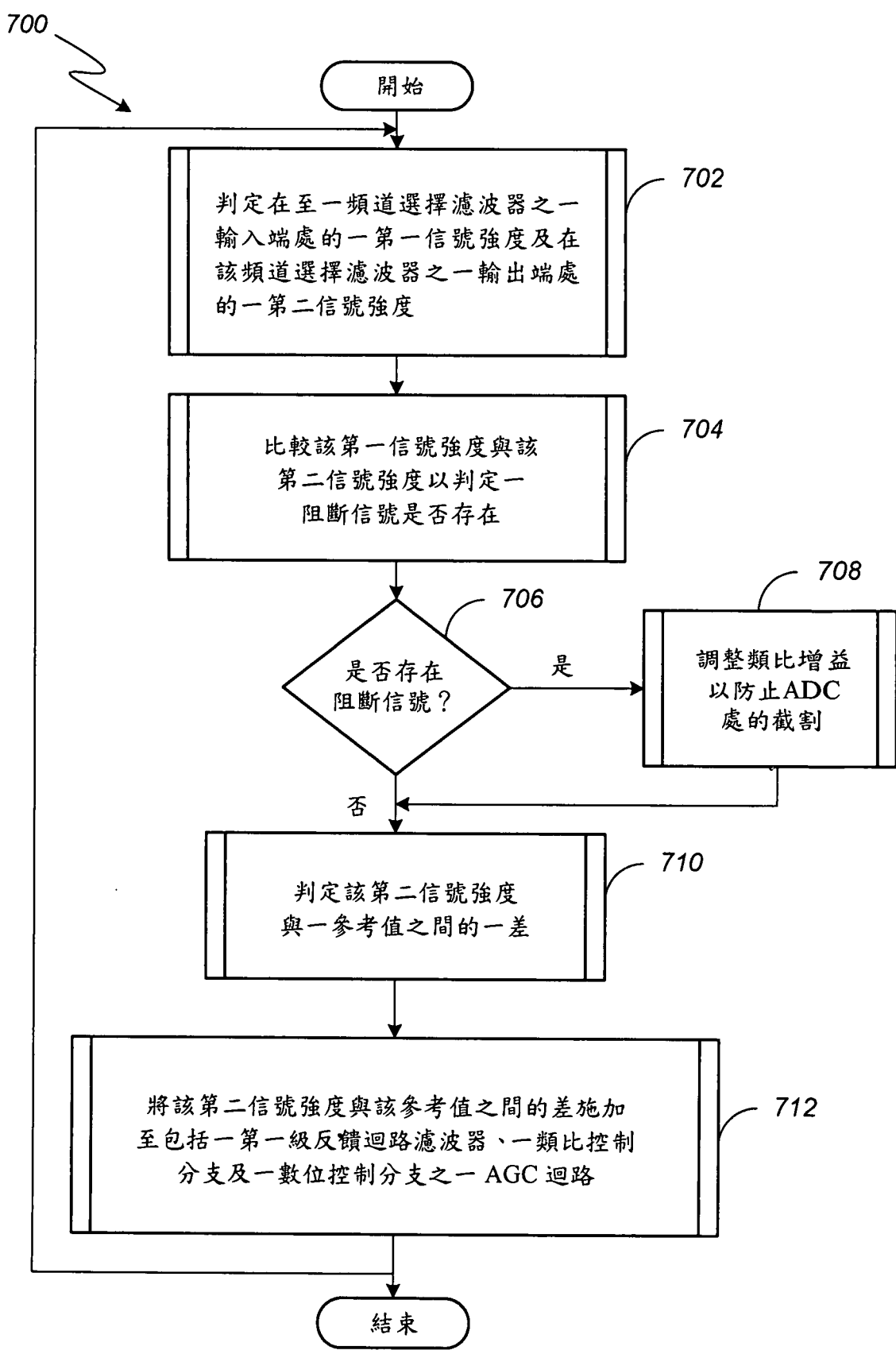


圖 7

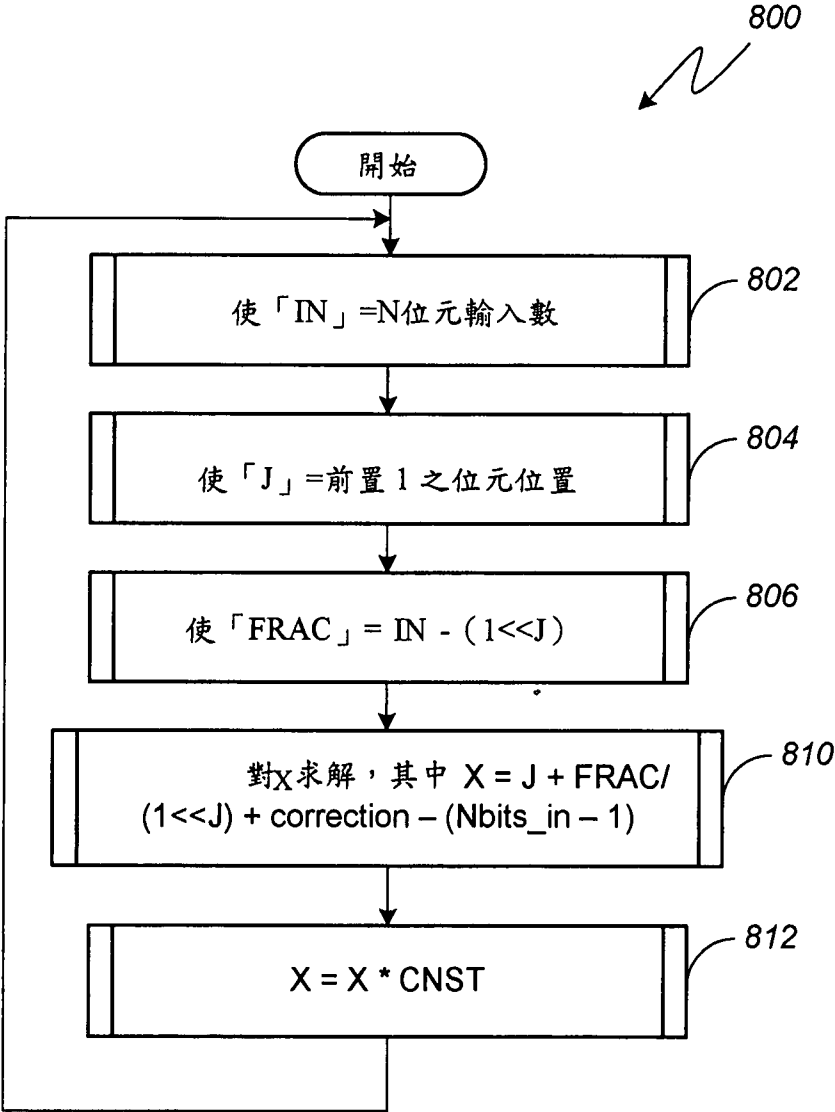


圖 8

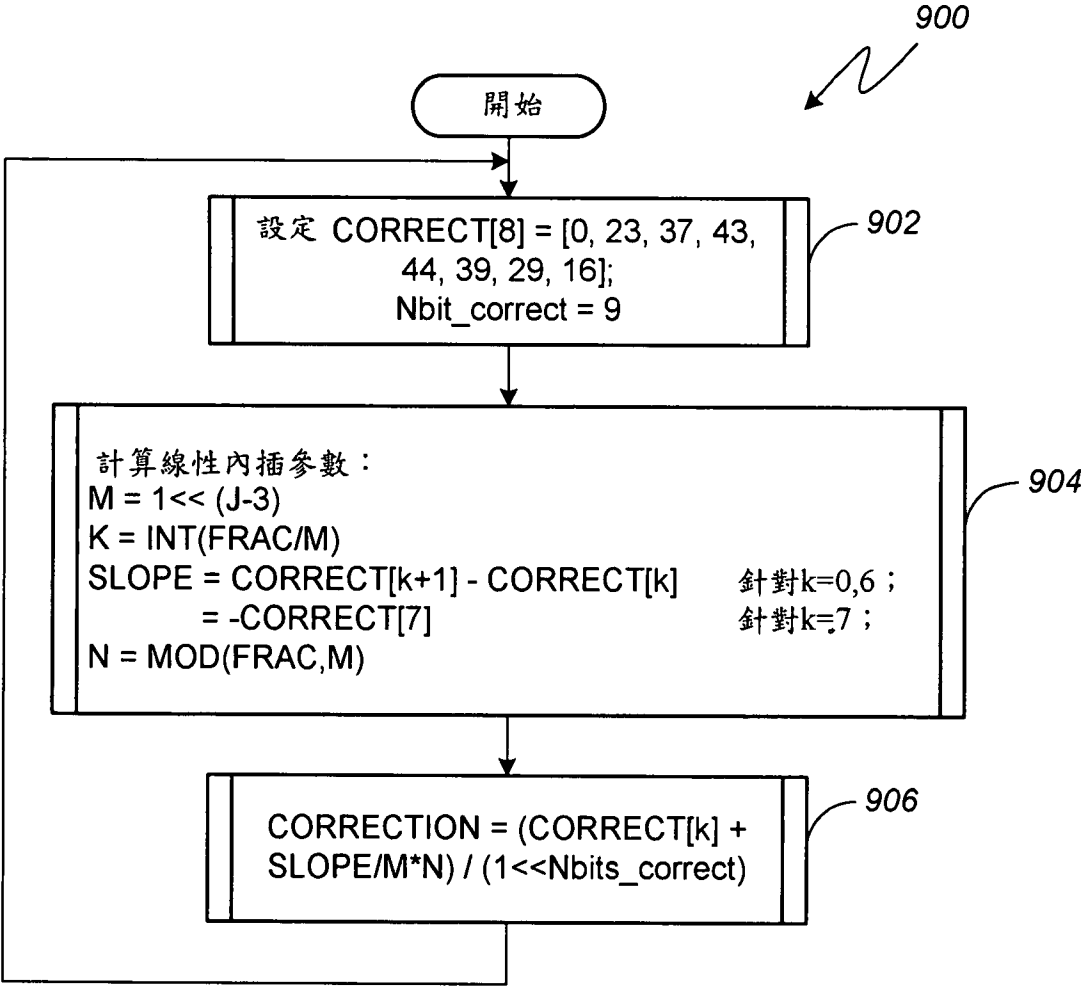


圖 9

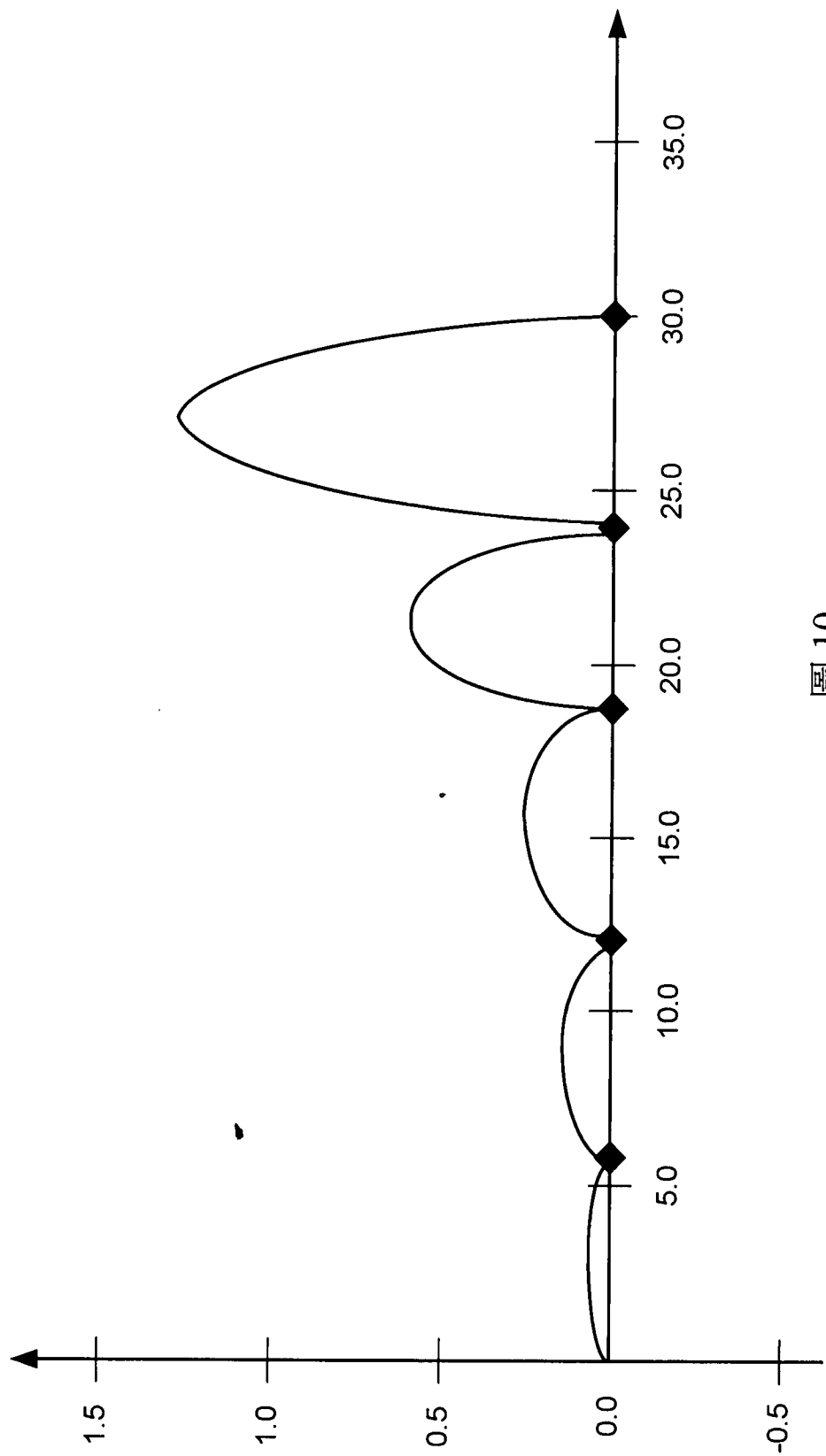


圖 10

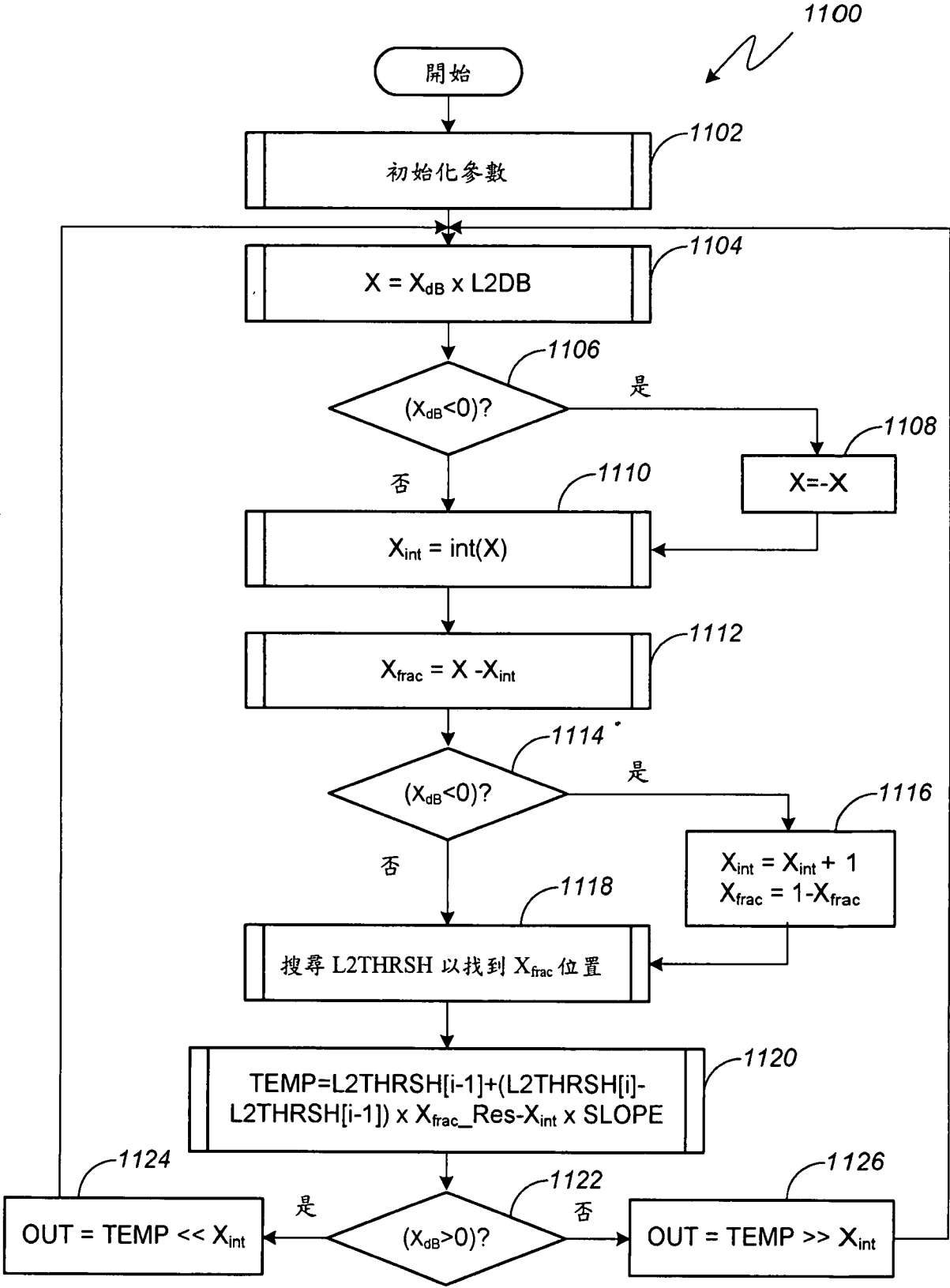


圖 11