



(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 201523463 A

(43)公開日：中華民國 104 (2015) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：103128664

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 08 月 20 日

(51)Int. Cl. : G06N3/02 (2006.01)

(30)優先權：2013/09/25 美國 61/882,465

2014/05/02 美國 14/268,152

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

美國

(72)發明人：朱利安大衛強納森 JULIAN, DAVID JONATHAN (US)；利文傑佛瑞亞歷山大
LEVIN, JEFFREY ALEXANDER (US)；葛哈爾喬佛瑞貝金斯基 GEHLHAAR,
JEFFREY BAGINSKY (IN)

(74)代理人：李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：29 項 圖式數：10 共 67 頁

(54)名稱

針對神經模型的群組標籤的實現方案的方法和裝置

METHODS AND APPARATUS FOR IMPLEMENTATION OF GROUP TAGS FOR NEURAL
MODELS

(57)摘要

本案的某些態樣支援將神經元及/或突觸分配給群組標籤，其中群組標籤具有相關聯的參數集合。經由使用群組標籤，可以向群中的神經元或突觸分配群組標籤。隨後，經由改變與該群組標籤相關聯的參數，可以改變該群組中的全部突觸或神經元的該參數。

Certain aspects of the present disclosure support assigning neurons and/or synapses to group tags where group tags have an associated set of parameters. By using group tags, neurons or synapses in a population can be assigned a group tag. Then, by changing a parameter associated with the group tag, all synapses or neurons in the group may have that parameter changed.

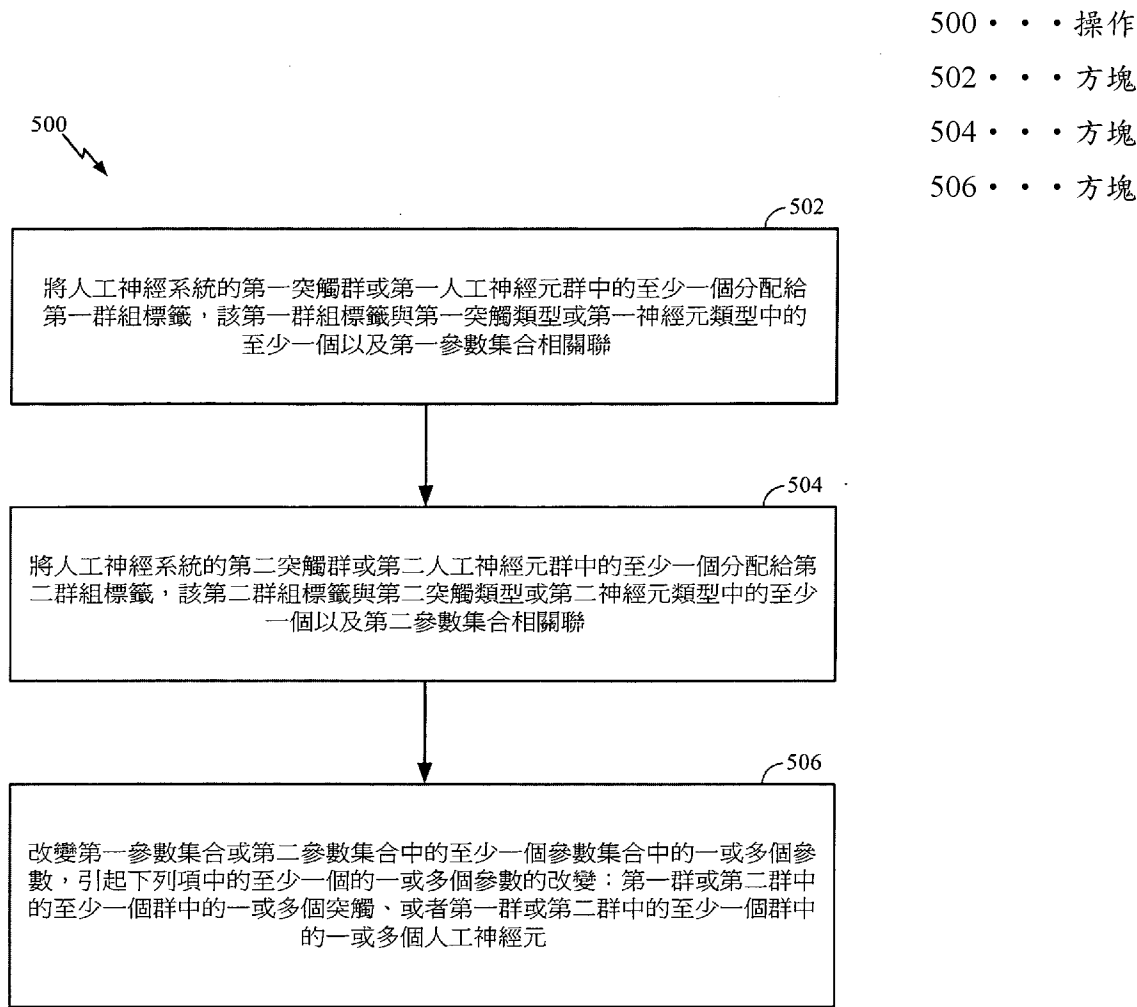


圖5

發明摘要

※ 申請案號：103128664

※ 申請日：2014 年 08 月 20 日

※IPC 分類：

G06N 2/02 [2006.01]

【發明名稱】（中文/英文）

針對神經模型的群組標籤的實現方案的方法和裝置

METHODS AND APPARATUS FOR IMPLEMENTATION
OF GROUP TAGS FOR NEURAL MODELS

【中文】

本案的某些態樣支援將神經元及/或突觸分配給群組標籤，其中群組標籤具有相關聯的參數集合。經由使用群組標籤，可以向群中的神經元或突觸分配群組標籤。隨後，經由改變與該群組標籤相關聯的參數，可以改變該群組中的全部突觸或神經元的該參數。

【英文】

Certain aspects of the present disclosure support assigning neurons and/or synapses to group tags where group tags have an associated set of parameters. By using group tags, neurons or synapses in a population can be assigned a group tag. Then, by changing a parameter associated with the group tag, all synapses or neurons in the group may have that parameter changed.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 5 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

500 操作

502 方塊

504 方塊

506 方塊

【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】(中文/英文)

針對神經模型的群組標籤的實現方案的方法和裝置

METHODS AND APPARATUS FOR IMPLEMENTATION
OF GROUP TAGS FOR NEURAL MODELS

【基於專利法聲明優先權】

【0001】本專利申請案主張享有於2013年9月25日提出申請的美國臨時專利申請案第No. 61/882,465號，以及於2014年5月2日提出申請的美國申請案第No. 14/268,152號的權益，將這兩個美國申請案的全部內容以引用方式併入本文。

【技術領域】

【0002】本案的某些態樣通常係關於人工神經系統，更具體地說，係關於用於實現針對神經元和突觸的群組標籤的方法和裝置。

【先前技術】

【0003】人工神經網路（其可以包括相互連接的人工神經元（亦即，神經處理單元）群組）是計算設備或者表示由計算設備執行的方法。人工神經網路可以具有相應的生物神經網路中的結構及/或功能。然而，人工神經網路可以針對某些應用提供新穎和有用的計算技術，在這些應用中，傳統的計算技術繁瑣、不實用或者不能勝任。由於人工神經網路可以經由觀察來推斷出功能，因此這些網路在其中任務或資料的複

雜度使得經由習知技術設計的功能很繁重的應用中特別有用。

【0004】人工神經網路的一種類型是尖峰神經網路，其將時間的概念以及神經元和突觸狀態納入其操作模型中，從而提供了豐富的行爲集合，根據該行爲集合，計算功能可以在神經網路中出現。尖峰神經網路是基於如下構思：神經元根據該神經元的狀態而在特定的一或多個時刻發放（fire）或「產生尖峰」，並且該時刻對神經元功能較為重要。當神經元發放時，其產生傳播到其他神經元的尖峰，這些其他神經元轉而可以基於接收到該尖峰的時間來對它們的狀態進行調整。換句話說，在神經網路中的尖峰的相對或絕對時序中，可以對資訊進行編碼。

【發明內容】

【0005】本案的某些態樣提供了一種用於對人工神經系統進行操作的方法。該方法通常包括：將人工神經系統的第一突觸群或第一人工神經元群中的至少一個分配給第一群組標籤，其中該第一群組標籤是與第一突觸類型或第一神經元類型中的至少一個以及第一參數集合相關聯的；將人工神經系統的第二突觸群或第二人工神經元群中的至少一個分配給第二群組標籤，其中該第二群組標籤是與第二突觸類型或第二神經元類型中的至少一個以及第二參數集合相關聯的；及改變第一參數集合或第二參數集合中的至少一個參數集合中的一或多個參數引起改變下列各項中的至少一項的一或多個參數：第一群或第二群中的至少一個中的一或多個突觸、或者第

一群或第二群中的至少一個中的一或多個人工神經元。

【0006】本案的某些態樣提供了一種用於對人工神經系統進行操作的裝置。該裝置通常包括處理系統和耦合到該處理系統的記憶體。處理系統通常被配置成：將人工神經系統的第一突觸群或第一人工神經元群中的至少一個分配給第一群組標籤，其中該第一群組標籤是與第一突觸類型或第一神經元類型中的至少一個以及第一參數集合相關聯的；將人工神經系統的第二突觸群或第二人工神經元群中的至少一個分配給第二群組標籤，其中該第二群組標籤是與第二突觸類型或第二神經元類型中的至少一個以及第二參數集合相關聯的；及改變第一參數集合或第二參數集合中的至少一個參數集合中的一或多個參數引起改變下列各項中的至少一項的一或多個參數：第一群或第二群中的至少一個中的一或多個突觸、或者第一群或第二群中的至少一個中的一或多個人工神經元。

【0007】本案的某些態樣提供了一種用於對人工神經系統進行操作的裝置。該裝置通常包括以下單元：用於將人工神經系統的第一突觸群或第一人工神經元群中的至少一個分配給第一群組標籤的單元，其中該第一群組標籤是與第一突觸類型或第一神經元類型中的至少一個以及第一參數集合相關聯的；用於將人工神經系統的第二突觸群或第二人工神經元群中的至少一個分配給第二群組標籤的單元，其中該第二群組標籤是與第二突觸類型或第二神經元類型中的至少一個以及第二參數集合相關聯的；及用於改變第一參數集合或第二參數集合中的至少一個參數集合中的一或多個參數引起改變下

列各項中的至少一項的一或多個參數的單元：第一群或第二群中的至少一個中的一或多個突觸、或者第一群或第二群中的至少一個中的一或多個人工神經元。

【0008】 本案的某些態樣提供了一種用於對人工神經系統進行操作的電腦程式產品。該電腦程式產品通常包括具有可執行如下操作的指令的電腦可讀取媒體：將人工神經系統的第一突觸群或第一人工神經元群中的至少一個分配給第一群組標籤，其中該第一群組標籤是與第一突觸類型或第一神經元類型中的至少一個以及第一參數集合相關聯的；將人工神經系統的第二突觸群或第二人工神經元群中的至少一個分配給第二群組標籤，其中該第二群組標籤是與第二突觸類型或第二神經元類型中的至少一個以及第二參數集合相關聯的；及改變第一參數集合或第二參數集合中的至少一個參數集合中的一或多個參數引起改變下列各項中的至少一項的一或多個參數：第一群或第二群中的至少一個中的一或多個突觸、或者第一群或第二群中的至少一個中的一或多個人工神經元。

【0009】 本案的某些態樣提供了一種用於對人工神經系統進行操作的方法。該方法通常包括：將人工神經系統的人工神經元和突觸的群組分配給具有相關聯的參數集合的群組標籤；及發送單個訊息以改變集合中的參數值，引起群組中的全部人工神經元和突觸的參數的同時切換。

【0010】 本案的某些態樣提供了一種用於操作人工神經系統的裝置。該裝置通常包括處理系統和耦接到該處理系統的記憶體。處理系統通常被配置為：將人工神經系統的人工神經

元和突觸的群組分配給具有相關聯的參數集合的群組標籤；及發送單個訊息以改變集合中的參數值，引起群組中的全部人工神經元和突觸的參數的同時切換。

【0011】 本案的某些態樣提供了一種用於對人工神經系統進行操作的裝置。該裝置通常包括如下單元：用於將人工神經系統的人工神經元和突觸的群組分配給具有相關聯的參數集合的群組標籤的單元；及用於發送單個訊息以改變集合中的參數值，引起群組中的全部人工神經元和突觸的參數的同時切換的單元。

【0012】 本案的某些態樣提供了一種用於對人工神經系統進行操作的電腦程式產品。該電腦程式產品通常包括具有可執行如下操作的指令的電腦可讀取媒體：將人工神經系統的人工神經元和突觸的群組分配給具有相關聯的參數集合的群組標籤；及發送單個訊息以改變集合中的參數值，引起群組中的全部人工神經元和突觸的參數的同時切換。

【圖式簡單說明】

【0013】 爲了能夠詳細地理解本案的上述特徵的實現方案，可以經由參照多個態樣對上面的簡要概括進行更具體的描述，在附圖中圖示這些態樣中的一些態樣。然而，應當注意的是，附圖僅圖示本案的某些典型態樣，因此不應該被認爲是對本案的範疇的限制，因爲該描述可以允許其他等效態樣。

【0014】 圖1根據本案的某些態樣，圖示了示例性神經網路。

【0015】 圖2根據本案的某些態樣，圖示了計算網路（神經系統或神經網路）的示例性處理單元（神經元）。

【0016】圖3根據本案的某些態樣，圖示了示例性尖峰時序依賴可塑性（STDP）曲線。

【0017】圖4是人工神經元狀態的示例圖，其根據本案的某些態樣圖示了用於定義神經元的行為的正狀況（regime）和負狀況。

【0018】圖5是根據本案的某些態樣，用於對人工神經系統進行操作的示例性操作的流程圖。

【0019】圖5A圖示能夠執行圖5中示出的操作的示例性單元。

【0020】圖6是根據本案的某些態樣，用於對人工神經系統進行操作的示例性操作的另一個流程圖。

【0021】圖6A圖示能夠執行圖6中示出的操作的示例性單元。

【0022】圖7根據本案的某些態樣，圖示用於使用通用處理器來對人工神經系統進行操作的示例性實現方案。

【0023】圖8根據本案的某些態樣，圖示用於對人工神經系統進行操作的示例性實現方案，其中記憶體可以與各個分散式處理單元相對接。

【0024】圖9根據本案的某些態樣，圖示用於基於分散式記憶體和分散式處理單元來對人工神經系統進行操作的示例性實現方案。

【0025】圖10根據本案的某些態樣，圖示神經網路的示例性實現方案。

【實施方式】

【0026】下面參照附圖更全面地描述本案的各個態樣。但是，可以經由很多不同的形式來具體實現本案，並且本案不應被解釋為限於貫穿本案提供的任何具體結構或功能。更確切地說，提供這些態樣使得本案將變得透徹和完整，並將向普通熟習此項技術者完整地傳達本案的保護範圍。基於本文的教示，普通熟習此項技術者應當理解的是，本案的保護範圍旨在覆蓋本案所披露的公開內容的任何態樣，無論其是獨立地實現還是結合本案的任何其他態樣來實現。例如，使用本案闡述的任意數量的態樣可以實現裝置或實施方法。此外，本案的保護範圍旨在覆蓋這種裝置或方法，這種裝置或方法可以是經由使用本文闡述的本案的各個態樣再加上其他結構、功能、或者結構與功能，或者與本文闡述的本案的各個態樣不同的其他結構、功能、或者結構與功能來實現的。應當理解的是，可以經由請求項的一或多個元素來具體實現本文所披露的公開內容的任何態樣。

【0027】本文中使用的「示例性的」一詞表示「用作例子、例證或說明」。本文被描述為「示例性」的任何態樣不一定被解釋為比其他態樣更優選或更具優勢。

【0028】雖然本文描述了一些特定態樣，但是這些態樣的很多變型和排列落入本案的保護範圍之內。雖然提到了優選態樣的一些益處和優點，但是本案的保護範圍並非旨在限於特定的益處、用途或目的。更確切地說，本案的態樣旨在廣泛地適用於不同的技術、系統組態、網路和協定，其中的一些是經由示例的方式在附圖和下面對優選態樣的說明中描述的

。詳細描述和附圖僅僅是對本案的說明而不是限制，本案的保護範圍是由所附請求項及其均等物限定的。

【0029】 示例性神經系統

【0030】 圖1圖示根據本案的某些態樣具有多級神經元的示例性神經系統100。神經系統100可以包括一級神經元102，其經由突觸連接（亦即，前饋連接）網路104連接至另一級神經元106。爲了簡明，圖1中僅圖示兩級神經元，但是在典型的神經系統中可以存在更少級或更多級的神經元。應該注意的是，這些神經元中的一些神經元可以經由側面連接連接到同一層的其他神經元。此外，這些神經元中的一些神經元可以經由回饋連接連接回前一層的神經元。

【0031】 如圖1中所示，級102中的每一個神經元可以接收可以由前一級的複數個神經元（圖1中未圖示）產生的輸入信號108。信號108可以表示針對級102神經元的輸入（例如，輸入電流）。可以在神經元膜上累積此類輸入以便對膜電勢進行充電。當膜電勢達到其閾值時，神經元可以發放（fire）並且產生要傳遞到下一級神經元（例如，級106）的輸出尖峰。可以用硬體及/或軟體來模仿或模擬這種行爲，包括類比和數位實現方案。

【0032】 在生物神經元中，當神經元發放時產生的輸出尖峰被稱爲動作電勢。該電信號是相對快速、短暫、全有或全無的神經脈衝，具有大約100 mV的幅度和大約1 ms的持續時間。在具有一系列連接的神經元（例如，在圖1中，尖峰從神經元的一級到另一級的傳輸）的神經系統的特定態樣中，每個

動作電勢具有基本相同的幅度和持續時間，因而信號中的資訊僅由尖峰的頻率和數量（或尖峰的時間）來表示，而不是由振幅來表示。由動作電勢所攜帶的資訊是由尖峰、產生尖峰的神經元、以及尖峰相對於一或多個其他尖峰的時間來決定的。

【0033】如圖1所示，可以經由突觸連接網路（或者簡稱為「突觸」）104來實現尖峰從一級神經元到另一級神經元的傳遞。突觸104可以從級102的神經元（與突觸104有關的突觸前神經元）接收輸出信號（亦即，尖峰）。對於某些態樣，可以根據可調節的突觸權重 $w_1^{(i,i+1)}$ 、...、 $w_P^{(i,i+1)}$ （其中 P 是在級102的神經元與106的神經元之間的突觸連接的總數量）來對這些信號進行縮放。對於其他態樣，突觸104可以不應用任何突觸權重。此外，可以將（縮放後的）信號組合成級106中每一個神經元（與突觸104有關的突觸後神經元）的輸入信號。級106中的每一個神經元可以基於相應的組合輸入信號來產生輸出尖峰110。隨後，可以使用另一突觸連接網路（圖1中未圖示）將輸出尖峰110傳遞到另一級神經元。

【0034】可以將生物突觸分類為電的或化學的。雖然電突觸主要用於發送興奮信號，但化學突觸可以調停突觸後神經元中的興奮或抑制（超極化）動作，並且亦可以用於放大神經元信號。興奮信號通常對膜電勢進行去極化（亦即，增加相對於靜息電勢的膜電勢）。若在某個時間段內接收到了足夠的、對閾值之上的膜電勢進行去極化的興奮信號，則在突觸後神經元中出現動作電勢。相反，抑制信號通常對膜電勢進

行超極化（亦即，降低）。抑制信號（若足夠強）可以抵消興奮信號的總和，並且防止膜電勢達到閾值。除了抵消突觸激發之外，突觸抑制可以對自發活動神經元進行有力控制。自發活動神經元指的是在沒有進一步輸入（例如，由於其動力或回饋而引起）的情況下產生尖峰的神經元。經由抑制這些神經元中的動作電勢的自發產生，突觸抑制可以形成神經元中的發放模式，這通常被稱為雕塑。各種突觸104可以用作興奮或抑制突觸的任意組合，這取決於所期望的行為。

【0035】可以用通用處理器、數位信號處理器（DSP）、特殊應用積體電路（ASIC）、現場可程式設計開陣列（FPGA）或其他可程式設計邏輯裝置（PLD）、個別開或電晶體邏輯、個別硬體元件、由處理器執行的軟體模組或者它們的任意組合來類比神經系統100。神經系統100可以用於廣泛的應用中，例如，影像和模式辨識、機器學習、運動控制等。神經系統100中的每一個神經元可以實現為神經元電路。被充電至閾值從而發起輸出尖峰的神經元膜可以實現為例如電容器，該電容器對流過它的電流進行積分。

【0036】在一個態樣中，可以去掉作為神經元電路的電流積分設備的電容器，並可以在其位置處使用更小的憶阻器元件。該方案可以應用於神經元電路以及其中將體積大的電容器用作電流積分器的各種其他應用中。此外，可以基於憶阻器元件來實現突觸104中的每一個突觸，其中突觸權重變化可能與憶阻器阻抗的變化相關。經由使用奈米特徵尺寸的憶阻器，可以大大減小神經元電路和突觸的面積，這可以使得超大

規模神經系統硬體實現方案的實施切實可行。

【0037】對神經系統100進行模擬的神經處理器的功能可能取決於突觸連接的權重，該等突觸連接的權重可以控制神經元之間的連接強度。可以將突觸權重儲存在非揮發性記憶體中，以便在斷電後保持處理器的功能。在一態樣中，可以在與主神經處理器晶片分開的外部晶片上實現突觸權重記憶體。可以將突觸權重記憶體封裝成與神經處理器晶片分開的可替換的儲存卡。這樣可以向神經處理器提供各種功能，其中特定的功能可以基於當前連接到神經處理器的儲存卡中儲存的突觸權重。

【0038】圖2根據本案的某些態樣，圖示了計算網路（例如，神經系統或神經網路）的處理單元（例如，人工神經元202）的示例200。例如，神經元202可以與圖1中的級102和級106的任何神經元相對應。神經元202可以接收多個輸入信號 204_1-204_N （ x_1-x_N ），這些輸入信號可以是神經系統之外的信號、或者由同一神經系統的其他神經元產生的信號、或者二者的組合。輸入信號可以是電流或電壓、實數值或複數值。輸入信號可以包括使用定點或浮點表示的數值。可以經由突觸連接將這些輸入信號傳送給神經元202，該等突觸連接根據可調整的突觸權重 206_1-206_N （ w_1-w_N ）對這些信號進行縮放，其中 N 可以是神經元202的輸入連接的總數。

【0039】神經元202可以對已縮放的輸入信號進行組合，使用所組合的已縮放的輸入信號來產生輸出信號208（亦即，信號 y ）。輸出信號208可以是電流或電壓、實數值或複數值。輸

出信號可以包括使用定點或浮點表示的數值。隨後，可以將輸出信號208進行傳送，作為針對同一神經系統的其他神經元的輸入信號，或者作為針對相同神經元202的輸入信號，或者作為該神經系統的輸出。

【0040】可以用電子電路來類比處理單元（神經元202），並且可以用具有突觸電路的電線來類比處理單元（神經元202）的輸入和輸出連接。亦可以用軟體代碼來類比處理單元及其輸入和輸出連接。可以用電子電路來類比處理單元，而處理單元的輸入和輸出連接可以用軟體代碼來類比。在一個態樣中，計算網路中的處理單元可以包括類比電子電路。在另一個態樣中，處理單元可以包括數位電子電路。在又一個態樣中，處理單元可以包括具有類比元件和數位元件兩者的混合信號電子電路。計算網路可以包括具有任何上述形式的處理單元。使用這些處理單元的計算網路（神經系統或神經網路）可以用於諸如影像和模式辨識、機器學習、運動控制等廣泛的應用中。

【0041】在神經網路的訓練程序期間，可以使用隨機值對突觸權重（例如，圖1中的權重 $w_1^{(i,i+1)}$ ，...， $w_P^{(i,i+1)}$ 及/或圖2中的權重206₁-206_N）進行初始化，並且該等突觸權重根據學習規則進行增大或減小。學習規則的一些示例是：尖峰時序依賴可塑性（STDP）學習規則、Hebb規則、Oja規則、Bienenstock-Copper-Munro（BCM）規則等。很多時候，權重可能會穩定在兩個值（亦即，權重的雙峰分佈）中的一個值。可以利用這種效應來減少每一突觸權重的位數、增加從儲

存突觸權重的記憶體讀取的速度/向該記憶體寫入的速度、以及降低突觸記憶體的功耗。

【0042】突觸類型

【0043】在神經網路的硬體模型和軟體模型中，對與突觸相關的功能的處理可以基於突觸類型。突觸類型可以包括非可塑性突觸（權重和延遲不變）、可塑性突觸（權重可以變化）、結構延遲可塑性突觸（權重和延遲可以變化）、完全可塑性突觸（權重、延遲和連線性可以變化）以及上述的變型（例如，延遲可以變化，但是權重或連接不變）。此類優點是處理可以被細分。例如，非可塑性突觸可能不需要可塑性功能被執行（或等待這些功能完成）。類似地，可以將延遲和權重可塑性細分為可以順序或並行地、一起或單獨操作的操作。針對所應用的不同可塑性類型中的每一種可塑性類型，不同類型的突觸可以具有不同的查閱資料表或方程以及參數。因此，該方法將針對突觸的類型，存取相關表格。

【0044】可以獨立於突觸可塑性來執行尖峰時序依賴結構可塑性的事實亦有其他含義。由於結構可塑性（亦即，延遲變化的量）可以是前-後尖峰時間差的直接函數，所以即使權重幅度沒有變化（例如，若權重已經達到最小值或最大值，或者權重由於某些其他原因而沒有發生變化），亦可以執行結構可塑性。或者，可以將其設置為權重變化量的函數或者基於與權重或權重變化的界限有關的狀況。例如，只有當權重變化發生時或者若權重達到零，則突觸延遲可以變化，但是若權重達到最大值，就不是如此了。然而，可能有利於具有

獨立功能，使得可以使這些程序並行化，從而減少記憶體存取的數量和重疊。

【0045】突觸可塑性的決定

【0046】神經可塑性（或簡稱為「可塑性」）是大腦中的神經元和神經網路回應於新的資訊、感官刺激、發展、損害或功能紊亂來改變它們的突觸連接和行為的能力。可塑性對於生物的學習和記憶、以及計算神經系統科學和神經網路來說是重要的。人們已經對諸如突觸可塑性（例如，根據Hebbian理論）、尖峰時序依賴可塑性（STDP）、非突觸可塑性、活動依賴可塑性、結構可塑性和自我平衡可塑性之類的各種形式的可塑性進行了研究。

【0047】STDP是對神經元（例如，大腦中的那些神經元）之間的突觸連接的強度進行調整的學習程序。基於特定神經元的輸出和所接收的輸入尖峰（亦即，動作電勢）的相對時序來對連接強度進行調整。在STDP程序中，若針對某個神經元的輸入尖峰常常（平均而言）在該神經元的輸出尖峰之前剛發生，則可能發生長時程增強（LTP）。隨後，使該特定輸入稍微增強。相反，若輸入尖峰常常（平均而言）在輸出尖峰之後立即發生，則可能發生長時程抑制（LTD）。隨後，使該特定輸入稍微減弱，因此命名為「尖峰時序依賴可塑性」。因此，可能是突觸後神經元的激勵的原因的輸入未來更有可能起作用，而不是突觸後尖峰的原因的輸入未來不太可能起作用。該程序持續，直到連接的初始集合的子集仍然存在而所有其他的影響減小到零或接近零為止。

【0048】由於神經元通常在其輸入中的許多輸入發生在短時段內（亦即，足夠累積以導致輸出）時產生輸出尖峰，所以通常仍然存在的輸入的子集包括那些常常在時間上相關的輸入。此外，由於在輸出尖峰之前發生的輸入被加強，所以提供對相關的最早的充分累積指示的輸入將最終成為對神經元的最終輸入。

【0049】STDP學習規則可以根據突觸前神經元的尖峰時間 t_{pre} 與突觸後神經元的尖峰時間 t_{post} 之間的時間差（亦即， $t = t_{post} - t_{pre}$ ），來有效地調整用於將突觸前神經元連接到突觸後神經元的突觸的突觸權重。STDP的典型公式是：若時間差為正數（亦即，突觸前神經元在突觸後神經元之前發放（fire）），則增加突觸權重（亦即，增強突觸），而若時間差為負數（亦即，突觸後神經元在突觸前神經元之前發放），則減小突觸權重（亦即，抑制突觸）。

【0050】在STDP程序中，通常可以使用指數衰減來達到突觸權重隨時間的變化，如下式所提供的：

$$\Delta w(t) = \begin{cases} a_+ e^{-t/k_+} + \mu, & t > 0 \\ a_- e^{t/k_-}, & t < 0 \end{cases}, \quad (1)$$

【0051】

【0052】其中 k_+ 和 k_- 分別是正時間差和負時間差的時間常數， a_+ 和 a_- 是相應的縮放幅度，而 μ 是可以應用到正時間差及/或負時間差的偏移。

【0053】圖3圖示根據STDP，突觸權重根據突觸前尖峰和突觸後尖峰的相對時序而變化的示例性曲線300。如曲線圖300的部分302中所示，若突觸前神經元在突觸後神經元之前發放

，則可以增加相應的突觸權重。該權重增加可被稱為突觸的 LTP。可以從曲線部分 302 觀察到，LTP 的量可以根據突觸前尖峰時間與突觸後尖峰時間之差大致呈指數減少。如曲線圖 300 的部分 304 中所示，相反的發放順序可以減少突觸權重，從而導致突觸的 LTD。

【0054】如圖 3 中的曲線圖 300 所示，可以將負偏移 μ 應用到 STDP 曲線的 LTP（原因）部分 302。x 軸（ $y=0$ ）的交點 306 可以被配置為與考慮來自層 $i-1$ （突觸前層）的原因輸入的相關性的最大時滯相一致。在基於訊框的輸入（亦即，輸入具有包括尖峰或脈衝的特定持續時間的訊框形式）的情況下，可以計算偏移值 μ 以反映訊框邊界。由於由突觸後電勢直接形成模型或者依據對神經狀態的影響，所以訊框中的第一輸入尖峰（脈衝）可以被視為隨著時間進行衰減。若訊框中的第二輸入尖峰（脈衝）被視為與特定的時間訊框相關或有關，則可以在該時間訊框邊界處分開該訊框之前和之後的相關時間，並經由對 STDP 曲線的一或多個部分進行偏移而在可塑性方面對訊框之前和之後的相關時間進行區別對待，從而使得相關時間中的值可以有所不同（例如，多於一訊框，值為負；而少於一訊框，值為正）。例如，可以設置負偏移 μ 以偏移 LTP，從而使得曲線實際上在大於訊框時間的前後時間處達到 0 以下，因此其是 LTD 而不是 LTP 的部分。

【0055】神經元模型和操作

【0056】設計有用的尖峰神經元模型有一些一般原則。良好的神經元模型可以在兩個計算狀況方面具有豐富的潛在表現

：符合偵測（coincidence detection）和函數計算。此外，良好的神經元模型應該具有兩個要素以允許時間編碼：輸入到達時間影響輸出時間，並且符合偵測可以具有窄的時間窗。最後，要在計算上有吸引力，良好的神經元模型會具有連續時間上的封閉形式的解，並且具有穩定的表現，包括靠近吸引子和鞍點。換句話說，有用的神經元模型是一種實用的、並且可以用於模擬豐富、現實以及與生物一致的行為、以及用於工程和反向工程神經電路的神經元模型。

【0057】神經元模型可以依賴於事件，諸如輸入到達、輸出尖峰、或者內部或外部的其他事件。要實現豐富的行為指令表，可能需要能夠表現複雜行為的狀態機。若事件本身的發生與輸入（若有的話）的作用分開可以影響狀態機並且約束事件之後的動力，則系統的未來狀態不僅僅是狀態和輸入的函數，而是狀態、事件和輸入的函數。

【0058】在一個態樣中，可以將神經元 n 建模為具有由以下動力控制的膜電壓 $v_n(t)$ 的尖峰洩漏積分及發放神經元，

$$\frac{dv_n(t)}{dt} = \alpha v_n(t) + \beta \sum_m w_{m,n} y_m(t - \Delta t_{m,n}) \quad (2)$$

【0060】其中 α 和 β 是參數， $w_{m,n}$ 是將突觸前神經元 m 連接到突觸後神經元 n 的突觸的突觸權重，而 $y_m(t)$ 是神經元 m 的尖峰輸出，樹突或軸突延遲可以根據 $\Delta t_{m,n}$ 對尖峰輸出進行延遲，直到到達神經元 n 的細胞體為止。

【0061】應當注意，從突觸後神經元的足夠輸入建立的時刻

到該突觸後神經元真正發放的時刻之間有延遲。在動力尖峰神經元模型（例如，Izhikevich的簡單模型）中，若去極化閾值 v_t 和峰值尖峰電壓 v_{peak} 之間存在差異，則可能會導致時間延遲。例如，在簡單模型中，神經元細胞體動力可以由一對關於電壓和恢復的微分方程來控制，亦即，

$$\text{【0062】} \quad \frac{dv}{dt} = (k(v - v_t)(v - v_r) - u + I) / C \quad (3)$$

$$\text{【0063】} \quad \frac{du}{dt} = a(b(v - v_r) - u) \quad (4)$$

【0064】其中 v 是膜電勢， u 是膜恢復變數， k 是描述膜電勢 v 的時間刻度的參數， a 是描述恢復變數 u 的時間刻度的參數， b 是描述恢復變數 u 對膜電勢 v 的閾下波動的靈敏度的參數， v_r 是膜靜息電勢， I 是突觸電流，而 C 是膜的電容。根據該模型，當 $v > v_{peak}$ 時，神經元被定義為產生尖峰。

【0065】Hunzinger Cold模型

【0066】Hunzinger Cold神經元模型是最小的雙狀況尖峰線性動力模型，其可以再現豐富多樣的神經行為。該模型的一維或二維線性動力可以具有兩種狀況，其中時間常數（和耦合）可以依賴於狀況。在閾下（sub-threshold）狀況中，按照慣例，負的時間常數表示洩漏通道動力，該等洩漏通道動力通常採取行動以生物一致的線性方式使細胞返回靜息。在超閾值狀況中，按照慣例，正的時間常數反映抗洩漏通道動力在引起尖峰產生延遲的同時通常驅動細胞產生尖峰。

【0067】如圖4中所示，可以將模型的動力劃分成兩種（或更多種）狀況。可以將這些狀況稱為負狀況402（亦可互換地稱

為洩漏積分及發放（LIF）狀況，不與LIF神經元模型混淆）和正狀況404（亦可互換地稱為抗洩漏積分及發放（ALIF）狀況，不與ALIF神經元模型混淆）。在負狀況402中，狀態在未來事件的時刻趨向於靜息（ v_- ）。在該負狀況情況下，模型通常呈現暫時輸入偵測屬性和其他閾下表現。在正狀況404中，狀態趨向於尖峰事件（ v_s ）。在該正狀況情況下，模型呈現計算屬性，例如引起取決於後續輸入事件的尖峰的延遲。依據事件來對動力進行構建以及將動力分成這兩種狀況是該模型的基本特徵。

【0068】根據慣例，可以將線性雙狀況二維動力（針對狀態 v 和 u ）定義為，

$$\tau_\rho \frac{dv}{dt} = v + q_\rho \quad (5)$$

$$-\tau_u \frac{du}{dt} = u + r \quad (6)$$

【0071】其中 q_ρ 和 r 是用於耦接的線性變換變數。

【0072】當討論或表達具體狀況的關係時，本文中使用的符號 ρ 來表示動力狀況，其中按照慣例針對負狀況和正狀況，分別使用符號「-」或「+」來代替符號 ρ 。

【0073】模型狀態由膜電勢（電壓） v 和恢復電流 u 來定義。在基本形式中，狀況基本上由模型狀態來決定。精確和一般的定義有微妙但重要的態樣，但就目前而言，若電壓 v 高於閾值（ v_+ ），則認為模型處於正狀況404，否則處於負狀況402。

【0074】狀況依賴的時間常數包括負狀況時間常數 τ_- 和正狀

況時間常數 τ_+ 。恢復電流時間常數 τ_u 通常獨立於狀況。爲了方便起見，通常將負狀況時間常數 τ_- 規定爲負的量以反映衰減，從而使得可以將針對電壓演化的相同運算式用於正狀況，在正狀況中，指數和 τ_+ 將通常爲正， τ_u 亦將如此。

【0075】 可以經由將狀態從其零斜率線（null-clines）偏移的變換來使兩種狀態元素的動力在事件處耦合，其中變換變數是

$$\text{【0076】} \quad q_\rho = -\tau_\rho \beta u - v_\rho \quad (7)$$

$$\text{【0077】} \quad r = \delta(v + \varepsilon) \quad (8)$$

【0078】 其中 δ 、 ε 、 β 和 v_- 、 v_+ 是參數。 v_ρ 的兩個值是這兩種狀況的參考電壓的基準。參數 v_- 是針對負狀況的基準電壓，並且在負狀況中，膜電勢將通常向 v_- 衰減。參數 v_+ 是針對正狀況的基準電壓，並且在正狀況中，膜電勢將通常趨向於遠離 v_+ 。

【0079】 v 和 u 的零斜率線分別是由變換變數 q_ρ 和 r 的負值提供。參數 δ 是控制 u 零斜率線的斜率的調節因數。通常將參數 ε 設置爲等於 $-v_-$ 。參數 β 是控制兩種狀況中 v 零斜率線的斜率的電阻值。 τ_ρ 時間常數參數不僅控制指數衰減，而且亦單獨地控制在每種狀況中的零斜率線斜率。

【0080】 當電壓 v 達到值 v_s 時，該模型被定義爲產生尖峰。隨後，通常在重置事件處（從技術上說，重置事件可以是與尖峰事件相同的事件）該狀態被重置：

$$\text{【0081】} \quad v = \hat{v}_- \quad (9)$$

$$\text{【0082】} \quad u = u + \Delta u \quad (10)$$

【0083】 其中 $\hat{v}_-$ 和 Δu 是參數。通常將重置電壓 $\hat{v}_-$ 設置爲 v_- 。

【0084】經由瞬間耦合的原則，不僅對於狀態（並且具有單個指數項），而且對於達到特定的狀態所需要的時間來說，封閉形式的解是有可能的。封閉形式狀態解是

$$\text{【0085】 } v(t+\Delta t) = (v(t) + q_\rho) e^{\frac{\Delta t}{\tau_\rho}} - q_\rho \quad (11)$$

$$\text{【0086】 } u(t+\Delta t) = (u(t) + r) e^{\frac{\Delta t}{\tau_u}} - r \quad (12)$$

【0087】因此，只有在諸如輸入（突觸前尖峰）或輸出（突觸後尖峰）的事件出現之後模型狀態才會被更新。亦可以在任何特定的時間執行操作（不管是否有輸入或輸出）。

【0088】此外，經由瞬間耦合原則，可以預計突觸後尖峰的時間，從而使得可以在沒有反覆運算技術或數值方法（例如，歐拉（Euler）數值方法）的情況下提前決定達到特定狀態的時間。假設先前的電壓狀態 v_0 ，達到電壓狀態 v_f 之前的時間延遲經由下式提供：

$$\text{【0089】 } \Delta t = \tau_\rho \log \frac{v_f + q_\rho}{v_0 + q_\rho} \quad (13)$$

【0090】若尖峰被定義為在電壓狀態 v 達到 v_s 的時刻發生，則從電壓處於給定狀態 v 開始起直到量測到尖峰發生所經過的時間量或相對延遲的封閉形式的解為：

$$\text{【0091】 } \Delta t_s = \begin{cases} \tau_+ \log \frac{v_s + q_+}{v + q_+} & \text{如果 } v > v_+ \\ \infty & \text{否則} \end{cases} \quad (14)$$

【0092】其中雖然其他變型可能是有可能的，但是通常將 $\hat{v}_+$ 設置為參數 v_+ 。

【0093】模型動力的上述定義取決於該模型處於正狀況還是 s

負狀況。如所提到的，可以在事件發生時計算耦合和狀況 ρ 。出於狀態傳播的目的，可以基於上一個（前一個）事件時刻的狀態來定義狀況和耦合（變換）變數。出於後續預計尖峰輸出時間的目的，可以基於下一個（當前）事件時刻的狀態來定義狀況和耦合變數。

【0094】 Cold模型以及適時執行模擬、類比或模型有幾種可能的實現方案。這包括，例如，事件更新、逐步事件（step-event）更新以及逐步更新（step-update）模式。事件更新是基於事件或「事件更新」（在特定的時刻）來更新狀態的更新。逐步更新是當模型以間隔（如1毫秒）來更新時的更新。這並不一定需要反覆運算方法或數值方法。經由只更新模型（若事件在各步處或者在各步之間發生）或者經由「逐步事件」更新，在基於逐步的模擬器中，按照有限的時間解析度，基於事件的實現方案亦是有可能的。

【0095】 神經編碼

【0096】 有用的神經網路模型（例如，由圖1的人工神經元102、106組成的一個神經網路模型）可以經由各種適當的神經編碼方案（例如，符合編碼（coincidence coding）、時間編碼或速率編碼）中的任何一種編碼方案來對資訊進行編碼。在符合編碼中，以神經元群的動作電勢（尖峰活動）的符合度（或時間接近度），來對資訊進行編碼。在時間編碼中，神經元經由動作電勢（亦即，尖峰）的精確時序（無論是絕對時間或相對時間）來對資訊進行編碼。因此，可以以神經元群中的尖峰相對時序來對資訊進行編碼。相反，速率編碼涉

及以發放速率或群發放速率來對資訊進行編碼。

【0097】若神經元模型可以執行時間編碼，那麼它也可以執行速率編碼（因為速率只是時序或尖峰間間隔的函數）。為了提供時間編碼，良好的神經元模型應該具有兩個要素：（1）輸入的到達時間影響輸出時間；及（2）符合偵測可以具有窄的時間窗。連接延遲提供了一種將符合偵測擴展到時間模式解碼的手段，因為經由適當推遲時間模式的元素，可以將這些元素引入時序符合。

【0098】到達時間

【0099】在良好的神經元模型中，輸入的到達時間應該對輸出的時間有影響。突觸輸入——無論是狄拉克 δ （Dirac delta）函數還是所形成的突觸後電勢（PSP），無論是興奮（EPSP）還是抑制（IPSP）——具有到達時間（例如， δ 函數、或一步的開始或峰值、或其他輸入函數的時間），其可以被稱為輸入時間。神經元輸出（亦即，尖峰）具有發生時間（不管在何處對其進行量測，例如，在細胞體處、在沿軸突的點處、或在軸突的端部處），該發生時間可以被稱為輸出時間。該輸出時間可以是尖峰的峰值時間、尖峰的開始時間、或者相對於輸出波形的任何其他時間。首要原則是輸出時間取決於輸入時間。

【0100】有人可能會在第一眼就認為所有的神經元模型都符合該原則，但通常並非如此。例如，基於速率的模型不具有該特徵。許多尖峰模型通常亦不符合。若有額外的輸入（超過閾值），則洩漏積分及發放（LIF）模型不會發放得更快。

此外，若以極高定時解析度進行建模可能符合的模型，常常在定時解析度被限制到例如1毫秒的步長時將不符合。

【0101】 輸入

【0102】 針對神經元模型的輸入可以包括狄拉克 δ (Dirac delta) 函數 (例如，作為電流的輸入) 或基於電導的輸入。在後一種情況中，對神經元狀態的貢獻可以是連續的或依賴於狀態的。

【0103】 解決的示例性問題

【0104】 本案的某些態樣提供了對兩個問題的解決方案：減少對人工神經元及/或突觸的集合的記憶體需求，以及同時或在相近的時間開啓/關閉與大量神經元及/或突觸群相關聯的標誌。

【0105】 在尖峰神經元網路中，存在定義每個人工神經元 (神經元電路) 和突觸的多個參數。大量的神經元和突觸群往往共享相同的參數或只有一些參數不同。對於共享相同參數的群，可以使用突觸類型和神經元類型的概念。因此，每個突觸或神經元實例可能只需要一些位元來規定其突觸類型或神經元類型，並且突觸類型表或神經元類型表可以包括突觸參數或神經元參數的列表。這個方案已經大大節省了用於共用完全相同的參數的突觸或人工神經元的記憶體。

【0106】 然而，神經元群或突觸群往往可能只有一些不同的參數，這些參數目前需要全新類型定義，在這種情況下將優選節省記憶體。很多時候，兩個或更多個神經元群或突觸群與神經元類型參數或突觸類型參數相關聯，該等神經元類型

參數或突觸類型參數是公共的並且佔用了大量參數記憶體。這些參數的示例是STDP表和微分方程線性化係數表，具有在佔用少量參數記憶體的群之間有所不同的參數的子集，例如用於不同特徵的啓用/禁止標誌。因此，此項技術需要一種利用這個潛在的記憶體節省來減少在實現神經網路中的硬體記憶體需求的方法。

【0107】此外，在神經網路中，往往存在具有需要同時或至少在非常接近的時間被啓用/禁止的特徵的突觸或神經元的群組/群。例如，視覺網路可能具有三層神經元。第一層（亦即，層1）可以包括具有來自視網膜神經節細胞（RGC）的突觸的L4興奮神經元和L4抑制神經元。第二層（亦即，層2）可以包括具有來自L4層神經元的突觸的L23興奮神經元和L23抑制神經元，而第三層（亦即，層3）可以包括從L23抑制神經元到L23興奮神經元的突觸。在一個態樣中，可以期望的是，首先訓練層1，隨後層2，最後層3。這可以經由例如首先為層1，隨後為層2，最後為層3設置突觸及/或神經元中的可塑性啓用/禁止參數來實現。

【0108】更廣義地說，可能存在具有類似分層結構的並行聽覺網路，可以同時訓練但亦使用上述分層方案來訓練該網路。可以期望的是，提供一種同時或在接近的時間，控制神經元群及/或突觸群（例如，在層1中的那些神經元群及/或突觸群）的諸如可塑性啓用/禁止之類的參數的方法。應當注意的是，接近的時間指的是，可能期望的是，啓用/禁止參數彼此位於幾個時鐘週期或典型滴答內。

【0109】 人工神經元和突觸的群組標籤

【0110】 本案的某些態樣支援將人工神經系統的人工神經元及/或突觸分配給群組標籤，其中群組標籤具有相關聯的參數集。經由使用群組標籤，可以向群中的人工神經元及/或突觸分配群組標籤。隨後，經由改變與群組標籤相關聯的參數，可以改變群組中的全部突觸及/或人工神經元的該參數。

【0111】 在本案的一個態樣中，包括STDP表的突觸類型中的參數和可塑性參數以及用於啓用/禁止可塑性、尖峰、多巴胺的標誌可以被分成兩個單獨的結構。第一結構可以包括具有STDP表的突觸類型、資源模型和其他可塑性參數，其中第二群組標籤結構可以包括用於啓用/禁止可塑性的標誌、針對突觸後電勢（PSP）傳輸的標誌和針對多巴胺的標誌。隨後，可以為突觸分配群組標籤和突觸類型二者。在這個態樣中，可以為具有不同突觸類型的突觸分配相同的群組標籤，例如上述示例中的全部層1突觸。這將實現對這些群的全部標籤的同時控制，並且即使在不同的突觸類型上亦具有最少的訊號傳遞管理負擔。

【0112】 在本案的另一個態樣中，可以使用相同的上述構思用於人工神經系統的人工神經元。

【0113】 在本案的又一個態樣中，可以將群組標籤組合成用於具有人工神經元和突觸二者的群組的單個標籤，具有人工神經元和突觸二者的群組具有可以僅應用於神經元、僅應用於突觸、和應用於神經元和突觸二者的參數組合。例如，人工神經元可以與動態平衡啓用/禁止標誌和突觸PSP傳輸啓用/

禁止標誌相關聯，並且二者可以共用可塑性啓用/禁止標誌。經由發送改變這個群組的這些值的單個訊息，將同時切換該群組中的全部突觸和神經元的這些參數。

【0114】在本案的又一個態樣中，可以將群組標籤實現爲突觸類型的超集合。在這個態樣中，突觸將只將自身規定爲群組標籤。群組標籤將規定一組參數，例如可塑性啓用/禁止、資源啓用/禁止、和PSP增益、多巴胺啓用/禁止、和要使用的突觸類型。隨後突觸類型可以規定STDP表、資源模型和其他相關聯的參數。在這個態樣中，突觸類型參數可以包括使用更多記憶體體的參數和對於若干突觸群而言是公共的參數，例如STDP查詢表。群組標籤可以包括佔據更少記憶體體的參數，例如特徵啓用/禁止標誌，其隨著以其他方式共用核心STDP表的群而不同。例如，神經模型可以包括三個突觸群，其中三個突觸群共享相同STDP表，但是需要在不同的時刻開啓可塑性，或可以僅在是否使用多巴胺或資源模型上有所不同。考慮到更高效的記憶體使用，在這個上下文中使用群組標籤而不是使用記憶體來複製整個表格。

【0115】在正規化突觸權重以較好地適應硬體時，提出這個態樣的兩個關鍵示例。在第一個示例中，存在使用完全相同的學習規則的兩個或更多個突觸群，但是在網路的兩個或更多個位置處，它們具有不同的扇出從而具有不同的最大權重或PSP增益。在這種情況下，除了與扇出有關的這一個參數之外，其他全部參數都是相同的，並且使用群組標籤實現更高效的記憶體結構。在第二個示例中，除了基於扇出而變化的

輸入縮放參數之外，兩個或更多個神經元群使用相同的模型參數。同樣，使用群組標籤實現了更高效的記憶體結構。

【0116】根據本案的某些態樣，可以用若干種方式來儲存群組標籤參數。在一個態樣中，一個參數集合可以與群組標籤相關聯，並且一個不同的不相交的參數集合可以與突觸及/或神經元類型相關聯。

【0117】在另一個態樣中，群組標籤參數中的一些或全部可以與突觸類型及/或神經元類型相關聯，其中群組標籤具有重寫突觸/神經元類型參數的能力（如果它們存在且是活動的）。例如，群組標籤可能能夠重寫多達三個的突觸類型參數，其中一個欄位可以規定要重寫哪個參數，使用預設值來指示空值，而另一個欄位規定要使用的新值。這可以使用相同的儲存量甚至更少的儲存來提供更大的靈活性。

【0118】額外特徵

【0119】根據本案的某些態樣，可以動態地分配群組標籤。此外，突觸或人工神經元可以屬於一個以上的群組。一種屬於一個以上的群組的方法是，神經元/突觸追蹤它們所屬於的任何群組的變化並且基於它們的群組成員關係的集合而保持上一次更新的值。

【0120】這個方案的一種實施方式可以是建立包括單個和多個初始群組成員關係的全部已使用擴展的更大群組集合。隨後，硬體或軟體可以追蹤單個群組值變化，並且將其應用到單個群組和包括該單個群組的現有多個群組集合二者。以這種方式，當變化發生時，不要將該變化傳播至全部突觸/神經

元，而是突觸/神經元可以進入共用的資料庫，在寫入次數態樣高效地且在時間態樣迅速進行使用新值對第一神經元/突觸進行更新。

【0121】在本案的一個態樣中，可以在神經網路內改變群組參數。例如，可以基於特定神經元尖峰來啓用群組A可塑性，而基於另一個群組尖峰來禁止群組A可塑性。這些神經元可以或可以不屬於群組A。此外，可以基於神經元尖峰集合、基於具有高於/低於閾值的活動率的神經元集合、或基於到達度量的突觸權重的函數，例如高於限定值的權重之和或具有高於特定值的權重的突觸的百分比來啓用群組A可塑性。

【0122】根據本案的某些態樣，群組標籤可以是依賴於活動的。例如，在一個態樣中，可以將時間窗內發放的全部細胞（例如，位置細胞、上丘細胞、V1細胞等）分配給群組標籤A。另一個態樣中，可以將具有低於閾值或高於閾值的權重的全部突觸分配給群組標籤B。再一個態樣中，以高於/低於閾值的速率進行發放的全部細胞（例如，位置細胞、上丘細胞、V1細胞等）可以獲得特定的群組標籤。在又一個態樣中，可以將在時間窗內/外發放的全部細胞（例如，位置細胞、上丘細胞、V1細胞等）分配給特定的群組標籤。在還有一個態樣中，具有神經元參數（例如，高於/低於閾值的膜電勢）的全部細胞（例如，位置細胞、上丘細胞、V1細胞等）可以得到特定的群組標籤。

【0123】基於處理器負載可用性，可以使用具有低於閾值的權重的突觸的動態標籤來開啓/關閉可塑性更新。因此，可以

使用這些動態標籤使得最不重要的突觸實現尖峰下降。動態標籤亦可以用來標記未充分使用的突觸及/或神經元以便於重新分配或結構可塑性。例如，可以為具有低權重的動態突觸群組或具有低尖峰率的神經元群組設置結構可塑性啟用位元。此外，動態標籤亦可以用於調試和量測的目的及統計，例如，用於得到諸如具有給定標籤的群的比例之類的度量。

【0124】圖5是根據本案的某些態樣，用於對人工神經系統進行操作的示例性操作500的流程圖。可以用硬體（例如，經由諸如神經形態處理器等一或多個神經處理單元）、用軟體、或用韌體來執行操作500。可以在任何各種生物或虛擬神經系統（例如，視覺神經系統、聽覺神經系統、海馬等）上對人工神經系統進行建模。

【0125】在502處，可以經由將人工神經系統的第一突觸群或第一人工神經群中的至少一個分配給第一群組標籤，來開始操作500，其中該第一群組標籤可以與第一突觸類型或第一神經元類型中的至少一個以及第一參數集合相關聯。在504處，可以將人工神經系統的第二突觸群或第二人工神經元群中的至少一個分配給第二群組標籤，其中該第二群組標籤可以與第二突觸類型或第二神經元類型中的至少一個以及第二參數集合相關聯。在506處，改變第一參數集合或第二參數集合中的至少一個參數集合中的一或多個參數可以引起下列各項中的至少一個的一或多個參數的改變：第一群或第二群中的至少一個中的一或多個突觸、或者第一群或第二群中的至少一個中的一或多個人工神經元。

【0126】在本案的一個態樣中，可以將人工神經系統的兩個或更多個突觸群、或者兩個或更多個人工神經元群中的至少一個分配給兩個或更多個群組標籤，其中該兩個或更多個群組標籤可以與兩個或更多個突觸類型或兩個或更多個神經元類型中的至少一個以及兩個或更多個參數集合相關聯。改變兩個或更多個參數集合中的至少一個參數集合中的一或多個參數可以引起關於下列各項中的至少一個的一或多個參數的改變：兩群或更多群中的至少一個中的一或多個突觸、或者兩群或更多群中的至少一個中的一或多個人工神經元。

【0127】在本案的一個態樣中，可以使用第一群組標籤和第二群組標籤二者來給下列各項中至少一個設置標籤：具有第一群組標籤和第二群組標籤二者的一或多個人工神經元或者一或多個突觸。改變與第一突觸類型和第二突觸類型二者相關聯的參數可以引起改變第一群和第二群中的全部突觸的這些參數。此外，改變與第一神經元類型和第二神經元類型相關聯的其他參數可以引起改變第一群和第二群中的全部人工神經元的這些其他參數。

【0128】在本案的一個態樣中，可以同時控制在第一集合和第二集合中的參數。在本案的一個態樣中，第一突觸類型可以與第二突觸類型相同，並且第一神經元類型可以與第二神經元類型相同。此外，可以在不同的時刻改變第一集合和第二集合中的參數，並且參數在第一集合中的值可以與該參數在第二集合中的值不同。

【0129】在本案的一個態樣中，第一突觸群和第二突觸群可

以是相同層或相同類型中的至少一個的突觸集合的子集，而第一人工神經元群和第二人工神經元群可以是相同層或相同類型中的至少一個的人工神經元集合的子集。第一集合和第二集合中的參數可以與關聯於第一突觸類型和第二突觸類型的參數不相交。

【0130】對於本案的某些態樣，第一集合和第二集合中的至少一個參數可以與關聯於第一突觸類型和第二突觸類型的至少一個參數是相同的。此外，可以基於第一集合和第二集合中的至少一個參數來重寫與第一突觸類型和第二突觸類型相關聯的至少一個參數。

【0131】圖6是根據本案的某些態樣，用於對人工神經系統進行操作的示例性操作600的流程圖。操作600可以用硬體（例如，經由諸如神經形態處理器之類的一或多個神經處理單元）、軟體或韌體來實現。可以在各種生物或虛擬神經系統（例如，視覺神經系統、聽覺神經系統、海馬等）上對人工神經系統進行建模。

【0132】在602處，可以經由將人工神經系統的人工神經元和突觸的群組分配給具有相關聯的參數集合的群組標籤，來開始操作600。在604處，可以發送單個訊息，來改變集合中的參數值，引起群組中的全部人工神經元和突觸的參數的同時切換。根據本案的某些態樣，集合中的參數可以包括只應用於群組中的人工神經元的參數、只應用於群組中的突觸的參數、以及應用於群組中的人工神經元和突觸二者的參數。

【0133】圖7根據本案的某些態樣，圖示用於使用通用處理器

702對人工神經系統進行操作的前述方法的示例性方塊圖700。可以將與計算網路（神經網路）相關聯的變數（神經信號）、突觸權重、及/或系統參數儲存在記憶體塊704中，而可以從程式記憶體706載入在通用處理器702處執行的相關指令。在本案的一個態樣中，載入到通用處理器702中的指令可以包括：用於將人工神經系統的第一突觸群或第一人工神經群中的至少一個分配給第一群組標籤的代碼，其中該第一群組標籤是與第一突觸類型或第一神經元類型中的至少一個以及第一參數集合相關聯的；用於將人工神經系統的第二突觸群或第二人工神經元群中的至少一個分配給第二群組標籤的代碼，其中該第二群組標籤是與第二突觸類型或第二神經元類型中的至少一個以及第二參數集合相關聯的；及用於改變第一參數集合或第二參數集合中的至少一個參數集合中的一或多個參數引起改變下列各項中的至少一個的一或多個參數的代碼：第一群或第二群中的至少一個中的一或多個突觸、或者第一群或第二群中的至少一個中的一或多個人工神經元。在本案的另一個態樣中，載入到通用處理器702中的指令可以包括：用於將人工神經系統的人工神經元和突觸群組分配給具有相關聯的參數集合的群組標籤的代碼；及用於發送單個訊息以改變集合中的參數值從而引起群組中的全部人工神經元和突觸的參數的同時切換的代碼。

【0134】圖8根據本案的某些態樣圖示用於對人工神經系統進行操作的前述方法的示例性方塊圖800，在該方法中，可以將記憶體802經由互連網路804與計算網路（神經網路）的各

個（分散式）處理單元（神經處理器）806相連接。可以將與計算網路（神經網路）相關聯的變數（神經信號）、突觸權重及/或系統參數儲存在記憶體802中，並且可以經由互連網路804的連接將這些變數（神經信號）、突觸權重及/或系統參數從記憶體802載入到每個處理單元（神經處理器）806中。在本案的一個態樣中，處理單元806可以被配置為：將人工神經系統的第一突觸群或第一人工神經群中的至少一個分配給第一群組標籤，其中該第一群組標籤是與第一突觸類型或第一神經元類型中的至少一個以及第一參數集合相關聯的；將人工神經系統的第二突觸群或第二人工神經元群中的至少一個分配給第二群組標籤，其中該第二群組標籤是與第二突觸類型或第二神經元類型中的至少一個以及第二參數集合相關聯的；及改變第一參數集合或第二參數集合中的至少一個中的一或多個參數引起改變下列各項中的至少一個的一或多個參數：第一群或第二群中的至少一個中的一或多個突觸、或者第一群或第二群中的至少一個中的一或多個人工神經元。在本案的另一個態樣中，處理單元806可以被配置為：將人工神經元和突觸的群組分配給具有相關聯的參數集合的群組標籤；及發送單個訊息以改變集合中的參數值，引起群組中的全部人工神經元和突觸的參數的同時切換。

【0135】圖9根據本案的某些態樣，圖示用於基於分散式權重記憶體902和分散式處理單元（神經處理器）904對人工神經系統進行操作的前述方法的示例性方塊圖900。如圖9中所示，記憶體組902可以直接與計算網路（神經網路）的一個處理

單元904對接，其中該記憶體組902可以儲存與該處理單元（神經處理器）904相關聯的變數（神經信號）、突觸權重及/或系統參數。在本案的一個態樣中，處理單元904可以被配置為：將人工神經系統的第一突觸群或第一人工神經群中的至少一個分配給第一群組標籤，其中該第一群組標籤是與第一突觸類型或第一神經元類型中的至少一個以及第一參數集合相關聯的；將人工神經系統的第二突觸群或第二人工神經元群中的至少一個分配給第二群組標籤，其中該第二群組標籤是與第二突觸類型或第二神經元類型中的至少一個以及第二參數集合相關聯的；及改變第一參數集合或第二參數集合中的至少一個中的一或多個參數，引起改變下列各項中的至少一個的一或多個參數：第一群或第二群中的至少一個中的一或多個突觸、或者第一群或第二群中的至少一個中的一或多個人工神經元。在本案的另一個態樣中，處理單元904可以被配置為：將人工神經元和突觸的群組分配給具有相關聯的參數集合的群組標籤；及發送單個訊息以改變集合中的參數值，引起群組中的全部人工神經元和突觸的參數的同時切換。

【0136】圖10根據本案的某些態樣圖示神經網路1000的示例性實現方案。如圖10中所示，神經網路1000可以包括可以執行上述方法的各種操作的複數個本端處理單元1002。每個處理單元1002可以包括本端狀態記憶體1004和儲存神經網路的參數的本端參數記憶體1006。此外，處理單元1002可以包括具有本端（神經元）模型程式的記憶體1008、具有本端學習程式的記憶體1010以及本端連接記憶體1012。此外，如圖10

中所示，每個本端處理單元1002可以與用於配置處理（該配置處理可以提供對本端處理單元的本機存放區器的配置）的單元1014相對接，並且與提供本端處理單元1002之間路由的路由連接處理單元1016相對接。

【0137】根據本案的某些態樣，每個本端處理單元1002可以被配置為：基於所期望的、神經網路的一或多個功能特徵來決定神經網路的參數，並且當對決定的參數進一步調整、調諧和更新時，使一或多個功能特徵向所期望的功能特徵發展。

【0138】上文所描述的方法的各種操作可以由能夠執行相應功能的任何適當的單元來執行。單元可以包括各種硬體及/或軟體元件及/或模組，其包括但不限於電路、特殊應用積體電路（ASIC）或處理器。例如，各種操作可以由圖7至圖10中所示的各種處理器中的一或多個處理器來執行。通常，在存在附圖中示出的操作的情況下，該等操作可以具有使用相似編號的相應的配對的手段功能元件。例如，圖5-圖6中示出的操作500-600對應於圖5A-圖6A中示出的單元500A-600A。

【0139】例如，用於顯示的單元可以包括顯示器（例如，監視器、平面螢幕、觸控式螢幕等）、印表機或用於輸出用於視覺圖示的資料（例如，表格，圖表或圖形）的任何其他合適的單元。用於處理的單元、用於接收的單元、用於追蹤的單元、用於調整的單元、用於更新的單元、或用於決定的單元可以包括處理系統，該處理系統可以包括一或多個處理器或處理單元。用於感測的單元可以包括感測器。用於儲存的

單元可以包括可以由處理系統存取的記憶體或任何其他合適的存放裝置（例如，RAM）。

【0140】如本文所使用的，術語「決定」涵蓋多種多樣的動作。例如，「決定」可以包括運算、計算、處理、匯出、調查、查詢（例如，查詢表、資料庫或另一個資料結構）、查明等等。此外，「決定」可以包括接收（例如，接收資訊）、存取（例如，存取記憶體中的資料）等等。此外，「決定」可以包括解析、選擇、挑選、建立等等。

【0141】如本文所使用的，提及項目列表中的「至少一個」的短語是指這些專案的任意組合，其包括單個要素。舉例而言，「 a 、 b 或 c 中的至少一個」旨在涵蓋： a 、 b 、 c 、 $a-b$ 、 $a-c$ 、 $b-c$ 和 $a-b-c$ 。

【0142】被設計用於執行本文所描述的功能的通用處理器、數位信號處理器（DSP）、特殊應用積體電路（ASIC）、現場可程式設計閘陣列信號（FPGA）或其他可程式設計邏輯裝置（PLD）、個別閘或者電晶體邏輯裝置、個別硬體元件或者其任意組合，可以實現或執行結合本案所描述的各種示例性的邏輯區塊、模組和電路。通用處理器可以是微處理器，或者，該處理器可以是任何商業可用的處理器、控制器、微控制器或者狀態機。處理器亦可以實現為計算設備的組合，例如，DSP和微處理器的組合、複數個微處理器、一或多個微處理器與DSP核心的結合，或者任何其他此種配置。

【0143】結合本案所描述的方法或演算法的步驟可以直接體現在硬體中、由處理器執行的軟體模組中或這二者的組合中

。軟體模組可以位於此項技術中公知的任意形式的儲存媒體中。可以使用的儲存媒體的一些示例包括隨機存取記憶體（RAM）、唯讀記憶體（ROM）、快閃記憶體、EPROM記憶體、EEPROM記憶體、暫存器、硬碟、抽取式磁碟、CD-ROM等等。軟體模組可以包括單個指令或者多個指令，並且可以分佈在多個不同的程式碼片段上、分佈在不同的程式之間以及分佈在多個儲存媒體上。儲存媒體可以耦合到處理器，從而使處理器能夠從該儲存媒體讀取資訊，並且可以向該儲存媒體寫入資訊。或者，儲存媒體可以是處理器的組成部分。

【0144】 本文所揭示的方法包括用於實現所描述的方法的一或多個步驟或動作。在不脫離請求項的範疇的基礎上，這些方法步驟及/或動作可以相互交換。換言之，除非指定步驟或動作的特定順序，否則在不脫離請求項的範疇的情況下，可以修改特定步驟及/或動作的順序及/或使用。

【0145】 可以用硬體、軟體、韌體或它們的任意組合來實現所述功能。若用硬體來實現，則示例性硬體設定可以包括設備中的處理系統。可以用匯流排架構來實現處理系統。匯流排可以包括任意數量的互連匯流排和橋路，這取決於處理系統的具體應用以及整體的設計約束。匯流排可以將包括處理器、機器可讀取媒體以及匯流排介面的各種電路連接在一起。可以使用匯流排介面經由匯流排將網路介面卡及其他連接到處理系統。可以使用網路介面卡來實現信號處理功能。對於某些態樣來說，亦可以將使用者介面（例如，鍵盤、顯示器、滑鼠、操縱桿等）連接到匯流排。匯流排亦可以連接諸

如定時源、周邊設備、電壓調節器、功率管理電路等各種其他電路，這些電路是此項技術中公知的，因此將不再進一步說明。

【0146】 處理器可以負責管理匯流排和一般處理，包括對儲存在機器可讀取媒體上的軟體的執行。可以利用一或多個通用處理器及/或專用處理器來實現處理器。示例包括微處理器、微控制器、DSP處理器以及可以執行軟體的其他電路。軟體應當被寬泛地解釋為指令、資料或其任意組合，無論其被稱為軟體、韌體、仲介軟體、微代碼、硬體描述語言或其他。機器可讀取媒體可以包括，例如，RAM（隨機存取記憶體）、快閃記憶體、ROM（唯讀記憶體）、PROM（可程式設計唯讀記憶體）、EPROM（可抹除可程式設計唯讀記憶體）、EEPROM（電子可抹除可程式設計唯讀記憶體）、暫存器、磁碟、光碟、硬碟或任何其他儲存媒體或其任何組合。機器可讀取媒體可以由電腦程式產品來體現。電腦程式產品可以包括封裝材料。

【0147】 在硬體實現中，機器可讀取媒體可以是處理系統中的與處理器分開的部分。但是，如熟習此項技術者將容易理解的，機器可讀取媒體或其任何部分可以位元於處理系統的外部。例如，機器可讀取媒體可以包括傳輸線、由資料調制的載波及/或與設備分開的電腦產品，所有這些可以由處理器經由匯流排介面來存取。替換地，或補充地，機器可讀取媒體或其任何部分可以是處理器的組成部分，例如可能與快取記憶體及/或通用暫存器檔有關的情形。

【0148】處理系統可以被配置為通用處理系統，該通用處理系統具有提供處理器功能的一或多個微處理器、以及提供機器可讀取媒體的至少一部分的外部記憶體，經由外部匯流排架構將這些一或多個微處理器和外部記憶體與其他支援電路全部連結在一起。替換地，可以利用具有處理器、匯流排介面、使用者介面、支援電路以及整合到單個晶片中的機器可讀取媒體的至少一部分的ASIC（特殊應用積體電路）、或利用一或多個FPGA（現場可程式設計閘陣列）、PLD（可程式設計邏輯裝置）、控制器、狀態機、門邏輯、個別硬體元件、或任何其他適當的電路、或者能夠執行貫穿本發明所描述的各種功能的電路的任何組合來實現處理系統。熟習此項技術者將認識到，依據特定的應用和施加在整體系統上的整體設計約束，如何最佳地實現所描述的針對處理系統的功能。

【0149】機器可讀取媒體可以包括多個軟體模組。軟體模組包括當由處理器執行時，使處理系統執行各種功能的指令。軟體模組可以包括發送模組和接收模組。每個軟體模組可以常駐在單個存放裝置中或可以分佈在多個存放裝置上。例如，當觸發事件發生時，可以將軟體模組從硬碟載入到RAM中。在執行軟體模組的期間，處理器可以將一些指令載入到快取記憶體中，以提高存取速度。隨後，可以將一或多個快取記憶體線載入到通用暫存器檔中，以便由處理器執行。當提到下面的軟體模組的功能時，應當理解的是，此類功能是由處理器在執行來自該軟體模組的指令時實現的。

【0150】若用軟體實現，則可以將這些功能作為一或多個指

令或代碼儲存或者發送到電腦可讀取媒體上。電腦可讀取媒體包括電腦儲存媒體和通訊媒體二者，其中通訊媒體包括便於從一個地方向另一個地方傳送電腦程式的任何媒體。儲存媒體可以是電腦能夠存取的任何可用的媒體。舉例說明而非限制性地，這種電腦可讀取媒體可以包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光碟記憶體、磁碟記憶體或其他磁存放裝置、或者能夠用於攜帶或儲存具有指令或資料結構形式的期望的程式碼並且能夠由電腦進行存取的任何其他媒體。此外，將任何連接適當地稱作電腦可讀取媒體。例如，若軟體是使用同軸電纜、光纖電纜、雙絞線、數位用戶線路（DSL）或者諸如紅外線、無線和微波的無線技術從網站、伺服器或其他遠端源發送的，則同軸電纜、光纖電纜、雙絞線、DSL或者諸如紅外線、無線和微波的無線技術包括在媒體的定義中。本文所使用的磁碟和光碟包括壓縮光碟（CD）、鐳射光碟、光碟、數位多功能光碟（DVD）、軟碟和藍光光碟[®]，其中磁碟通常磁性地複製資料，而光碟用鐳射光學地複製資料。因此，在一些態樣，電腦可讀取媒體可以包括非臨時性電腦可讀取媒體（例如，有形媒體）。此外，對於其他態樣而言，電腦可讀取媒體可以包括臨時性電腦可讀取媒體（例如，信號）。上面各項的組合亦應包括在電腦可讀取媒體的範疇內。

【0151】 因此，某些態樣可以包括用於執行本文提供的操作的電腦程式產品。例如，這種電腦程式產品可以包括其上儲存有（及/或編碼有）指令的電腦可讀取媒體，可以由一或多

個處理器執行這些指令以實現本文所描述的操作。對於某些態樣而言，電腦程式產品可以包括封裝材料。

【0152】此外，應當清楚的是，用於執行本文所描述的方法和技術的模組及/或其他適當單元可以由設備根據情況進行下載及/或以其他方式獲得。例如，這種設備可以耦合到伺服器，以有助於實現用於執行本文所描述的方法的單元的傳送。或者，本文所描述的各種方法可以經由儲存單元（例如，RAM、ROM、諸如壓縮光碟（CD）或軟碟的實體儲存媒體等等）來提供，使得設備可以在將儲存單元耦合到或提供給該設備時獲得各種方法。此外，亦可以使用用於向設備提供本文所描述的方法和技術的任何其他適當的技術。

【0153】應當理解的是，請求項並不受限於上文示出的精確配置和元件。在不脫離請求項的範疇的情況下，可以對上文所描述的方法和裝置的排列、操作和細節做出各種修改、改變和變化。

【符號說明】

【0154】

- 100 神經系統
- 102 一級神經元
- 104 網路
- 106 另一級神經元
- 108₁ 信號
- 108₂ 信號

108_N 信號
 110₁ 輸出尖峰
 110₂ 輸出尖峰
 110_M 輸出尖峰
 200 示例
 202 神經元
 204₁ 輸入信號
 204_i 輸入信號
 204_N 輸入信號
 206₁ 可調整的突觸權重
 206_i 可調整的突觸權重
 206_N 可調整的突觸權重
 208 輸出信號
 300 曲線
 302 曲線部分
 304 部分
 306 交點
 402 負狀況
 404 正狀況
 500 操作
 500A 單元
 502 方塊
 502A 方塊
 504 方塊

504A 方塊
506 方塊
506A 方塊
600 操作
600A 單元
602 方塊
602A 方塊
604 方塊
604A 方塊
700 方塊圖
702 通用處理器
704 記憶體塊
706 程式記憶體
800 方塊圖
802 記憶體
804 互連網路
806 處理單元（神經處理器）
900 方塊圖
902 記憶體組
904 處理單元（神經處理器）
1000 神經網路
1002 處理單元
1004 本端狀態記憶體
1006 本端參數記憶體

1008 記憶體

1010 記憶體

1012 本端連接記憶體

1014 單元

1016 路由連接處理單元

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

申請專利範圍

1. 一種用於對一人工神經系統進行操作的方法，包括以下步驟：

將該人工神經系統的一第一突觸群或一第一人工神經元群中的至少一個分配給一第一群組標籤，其中該第一群組標籤是與一第一突觸類型或一第一神經元類型中的至少一個以及一第一參數集合相關聯的；

將該人工神經系統的一第二突觸群或一第二人工神經元群中的至少一個分配給一第二群組標籤，其中該第二群組標籤是與一第二突觸類型或一第二神經元類型中的至少一個以及一第二參數集合相關聯的；及

改變該第一參數集合或該第二參數集合中的至少一個中的一或多個參數，引起改變針對下列各項中的至少一項的該一或多個參數：該第一群或該第二群中的至少一個中的一或多個突觸、或者該第一群或該第二群中的至少一個中的一或多個人工神經元。

2. 根據請求項1述及之方法，亦包括以下步驟：

給下列各項中的至少一項設置標籤：具有該第一群組標籤和該第二群組標籤二者的該等人工神經元中的一或多個、或者該等突觸中的一或多個。

3. 根據請求項1述及之方法，亦包括以下步驟：

改變與該第一突觸類型和該第二突觸類型相關聯的參數

，引起改變針對在該第一群和該第二群中的全部突觸的該等參數；及

改變與該第一神經元類型和該第二神經元類型相關聯的其他參數，引起改變針對在該第一群和該第二群中的全部人工神經元的該等其他參數。

4. 根據請求項1述及之方法，其中該第一參數集合和該第二參數集合包括以下各項中的至少一項：用於啓用可塑性的一標誌、用於禁止可塑性的一標誌、針對突觸後電勢（PSP）傳輸的一標誌、針對多巴胺的一標誌、一動態平衡啓用標誌、一動態平衡禁止標誌、一可塑性啓用標誌或一可塑性禁止標誌。

5. 根據請求項4述及之方法，亦包括以下步驟：

同時控制用於啓用可塑性的該標誌、用於禁止可塑性的該標誌、針對突觸後電勢（PSP）傳輸的該標誌和針對多巴胺的該標誌。

6. 根據請求項1述及之方法，其中與該第一突觸類型和該第二突觸類型相關聯的參數包括以下各項中的至少一項：一尖峰時序依賴可塑性（STDP）表、一資源模型或可塑性參數。

7. 根據請求項1述及之方法，亦包括以下步驟：

同時控制在該第一集合和該第二集合中的參數。

8. 根據請求項1述及之方法，其中：

該第一突觸類型與該第二突觸類型相同，並且

該第一神經元類型與該第二神經元類型相同，並且該方法亦包括以下步驟：

在不同時刻改變在該第一集合和該第二集合中的參數，以及

參數在該第一集合中的一值與該參數在該第二集合中的一值不同。

9. 根據請求項1述及之方法，其中：

該第一突觸群和該第二突觸群是相同層或相同類型中的至少一個的一突觸集合的子集，並且

該第一人工神經元群和該第二人工神經元群是相同層或相同類型中的至少一個的一人工神經元集合的子集。

10. 根據請求項1述及之方法，其中該第一集合和該第二集合中的參數與關聯於該第一突觸類型和該第二突觸類型的參數不相交的。

11. 根據請求項1述及之方法，其中該第一集合和該第二集合中的至少一個參數與關聯於該第一突觸類型和該第二突觸類型的至少一個參數是相同的，該方法亦包括以下步驟：

基於該第一集合和該第二集合中的該至少一個參數，來 5

重寫與該第一突觸類型和該第二突觸類型相關聯的該至少一個參數。

12. 根據請求項1述及之方法，其中該第一群組標籤或該第二群組標籤中的至少一個是動態分配的。

13. 根據請求項12述及之方法，其中對該第一群組標籤或該第二群組標籤中的該至少一個進行動態分配是與具有低於一閾值的權重的該第一突觸群或該第二突觸群中的至少一個突觸群的突觸相關聯的。

14. 根據請求項12述及之方法，其中對該第一群組標籤或該第二群組標籤中的該至少一個進行動態分配亦包括：

對該第一突觸群或該第二突觸群中的至少一個的未充分使用的突觸以及該第一人工神經元群或該第二人工神經元群中的至少一個的未充分使用的人工神經元設置標籤，以用於重新分配或結構可塑性中的至少一個。

15. 根據請求項1述及之方法，其中改變該一或多個參數包括啓用和禁止可塑性，並且該方法亦包括以下步驟：

基於該第一人工神經元群或該第二人工神經元群尖峰的一特定人工神經元，來啓用可塑性；及

基於該第一人工神經元群或該第二人工神經元群尖峰的一其他特定人工神經元，來禁止可塑性。

16. 根據請求項1述及之方法，其中改變該一或多個參數包括啓用和禁止可塑性，並且該方法亦包括以下步驟：

基於該第一人工神經元群或該第二人工神經元群尖峰中的至少一個的一人工神經元集合，來啓用可塑性。

17. 根據請求項1述及之方法，其中改變該一或多個參數包括啓用和禁止可塑性，並且該方法亦包括以下步驟：

基於具有已定義的活動率的該第一人工神經元群或該第二人工神經元群中的至少一個的一人工神經元集合，來啓用可塑性。

18. 根據請求項1述及之方法，其中改變該一或多個參數包括啓用和禁止可塑性，並且該方法亦包括以下步驟：

基於與到達一度量的該第一突觸群或該第二突觸群中的至少一個相關聯的突觸權重的一函數，來啓用可塑性。

19. 一種用於對一人工神經系統進行操作的裝置，包括：

一處理系統，其被配置成：

將該人工神經系統的一第一突觸群或一第一人工神經元群中的至少一個分配給一第一群組標籤，其中該第一群組標籤是與一第一突觸類型或一第一神經元類型中的至少一個以及一第一參數集合相關聯的；

將該人工神經系統的一第二突觸群或一第二人工神 S

經元群中的至少一個分配給一第二群組標籤，其中該第二群組標籤是與一第二突觸類型或一第二神經元類型中的至少一個以及一第二參數集合相關聯的；及

改變該第一參數集合或該第二參數集合中的至少一個參數集合中的一或多個參數，引起改變下列各項中的至少一項的該一或多個參數：該第一群或該第二群中的至少一個群中的一或多個突觸、或者該第一群或該第二群中的至少一個群中的一或多個人工神經元；及

耦接到該處理系統的一記憶體。

20. 一種用於對一人工神經系統進行操作的裝置，包括：

用於將該人工神經系統的一第一突觸群或一第一人工神經元群中的至少一個分配給一第一群組標籤的單元，其中該第一群組標籤是與一第一突觸類型或一第一神經元類型中的至少一個以及一第一參數集合相關聯的；

用於將該人工神經系統的一第二突觸群或一第二人工神經元群中的至少一個分配給一第二群組標籤的單元，其中該第二群組標籤是與一第二突觸類型或一第二神經元類型中的至少一個以及一第二參數集合相關聯的；及

用於改變該第一參數集合或該第二參數集合中的至少一個參數集合中的一或多個參數，引起改變下列各項中的至少一項的該一或多個參數的單元：該第一群或該第二群中的至少一個群中的一或多個突觸、或者該第一群或該第二群中的至少一個群中的一或多個人工神經元。

21. 一種用於對一人工神經系統進行操作的電腦程式產品，包括具有可執行如下操作的指令的一電腦可讀取媒體：

將該人工神經系統的一第一突觸群或一第一人工神經元群中的至少一個分配給一第一群組標籤，其中該第一群組標籤是與一第一突觸類型或一第一神經元類型中的至少一個以及一第一參數集合相關聯的；

將該人工神經系統的一第二突觸群或一第二人工神經元群中的至少一個分配給一第二群組標籤，其中該第二群組標籤是與一第二突觸類型或一第二神經元類型中的至少一個以及一第二參數集合相關聯的；及

改變該第一參數集合或該第二參數集合中的至少一個參數集合中的一或多個參數，引起改變下列各項中的至少一項的該一或多個參數：該第一群或該第二群中的至少一個中的一或多個突觸、或者該第一群或該第二群中的至少一個中的一或多個人工神經元。

22. 一種用於對一人工神經系統進行操作的方法，包括以下步驟：

將該人工神經系統的人工神經元和突觸的一群組分配給具有一相關聯的參數集合的一群組標籤；及

發送一單個訊息以改變該集合中的該等參數的值，引起針對該群組中的全部人工神經元和突觸的該等參數的同時切換。

23. 根據請求項22述及之方法，其中該集合中的該等參數包括：只應用於該群組中的人工神經元的參數、只應用於該群組中的突觸的參數、和應用於該群組中的人工神經元和突觸二者的參數。

24. 根據請求項23述及之方法，其中該等只應用於該群組中的人工神經元的參數包括一動態平衡啓用標誌和一動態平衡禁止標誌。

25. 根據請求項23述及之方法，其中該等只應用於該群組中的突觸的參數包括一突觸後電勢(PSP)傳輸啓用標誌和一PSP傳輸禁止標誌。

26. 根據請求項23述及之方法，其中該等應用於該群組中的人工神經元和突觸二者的參數包括一可塑性啓用標誌和一可塑性禁止標誌。

27. 一種用於對一人工神經系統進行操作的裝置，包括：
一處理系統，其被配置為：

為該人工神經系統的人工神經元和突觸的一群組分配具有一相關聯的參數集合的一群組標籤；及

發送一單個訊息以改變該集合中的該等參數的值，引起針對該群組中的全部人工神經元和突觸的該等參數的

同時切換；及

耦接到該處理系統的一記憶體。

28. 一種用於對一人工神經系統進行操作的裝置，包括：

用於將該人工神經系統的人工神經元和突觸的一群組分配給具有一相關聯的參數集合的一群組標籤的單元；及

用於發送一單個訊息以改變該集合中的該等參數的值，引起針對該群組中的全部人工神經元和突觸的該等參數的同時切換的單元。

29. 一種用於對一人工神經系統進行操作的電腦程式產品，包括具有可執行如下操作的指令的一電腦可讀取媒體：

將該人工神經系統的人工神經元和突觸的一群組分配給具有一相關聯的參數集合的一群組標籤；及

發送一單個訊息以改變該集合中的該等參數的值，引起針對該群組中的全部人工神經元和突觸的該等參數的同時切換。

圖式

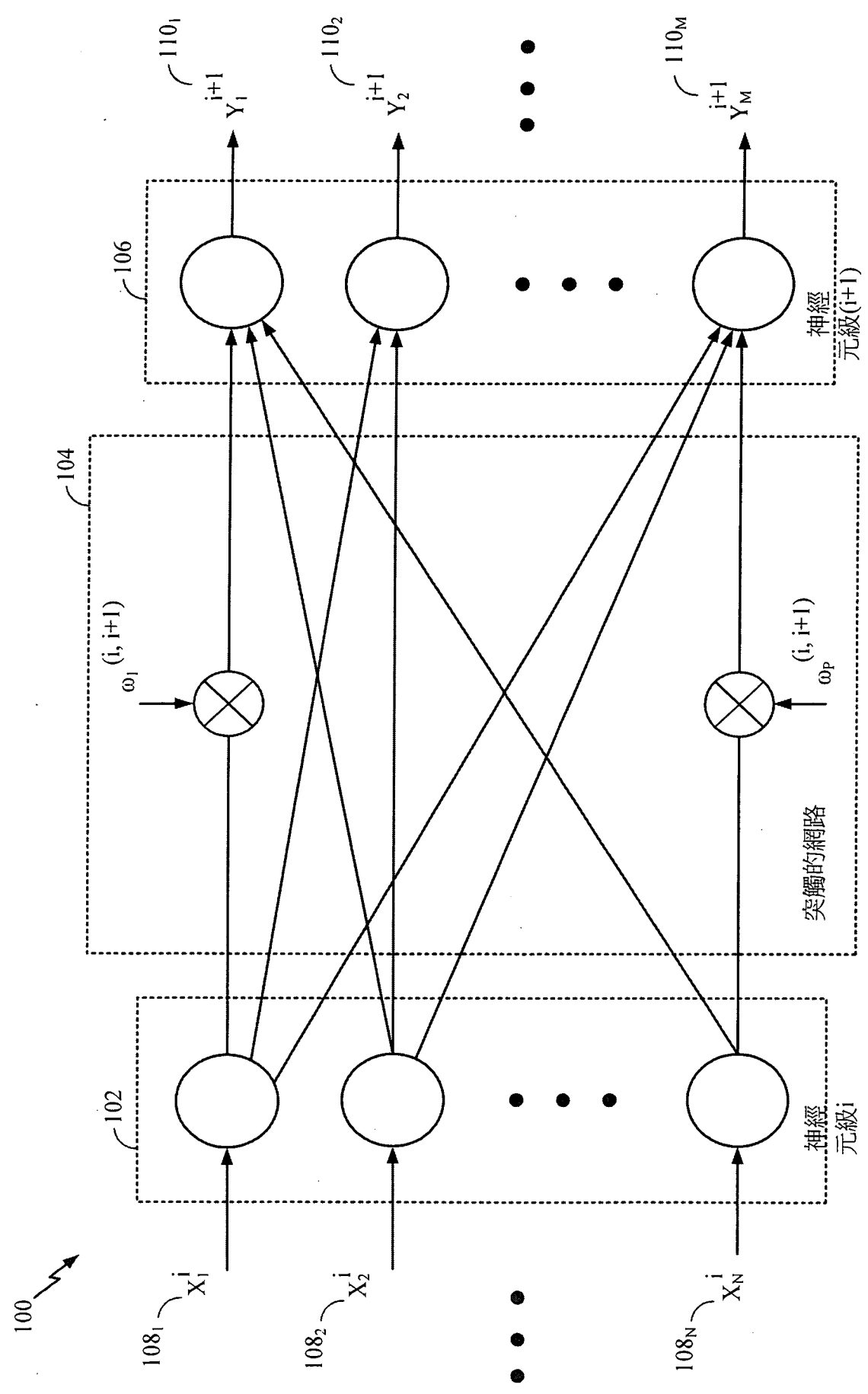


圖1

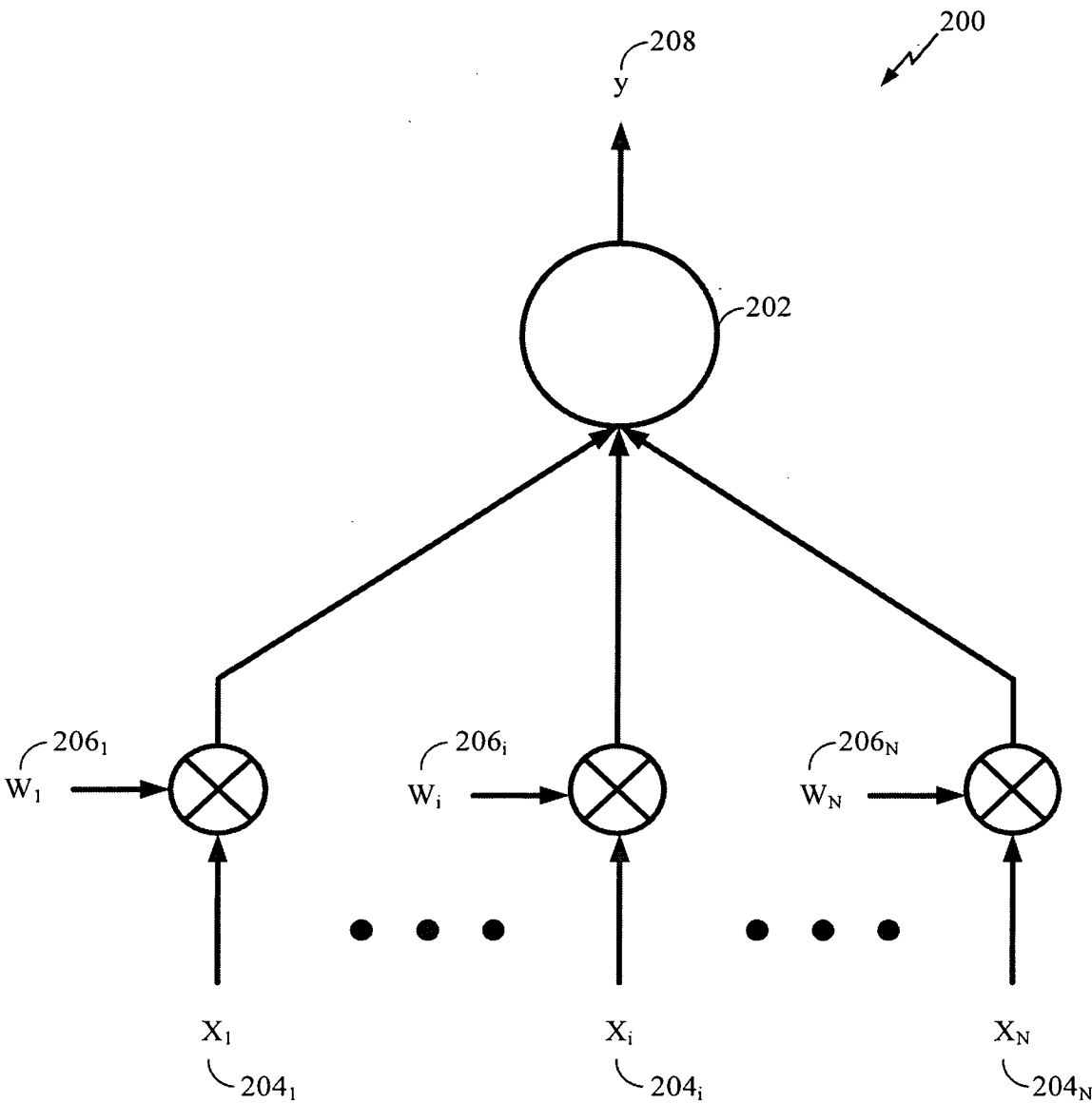


圖2

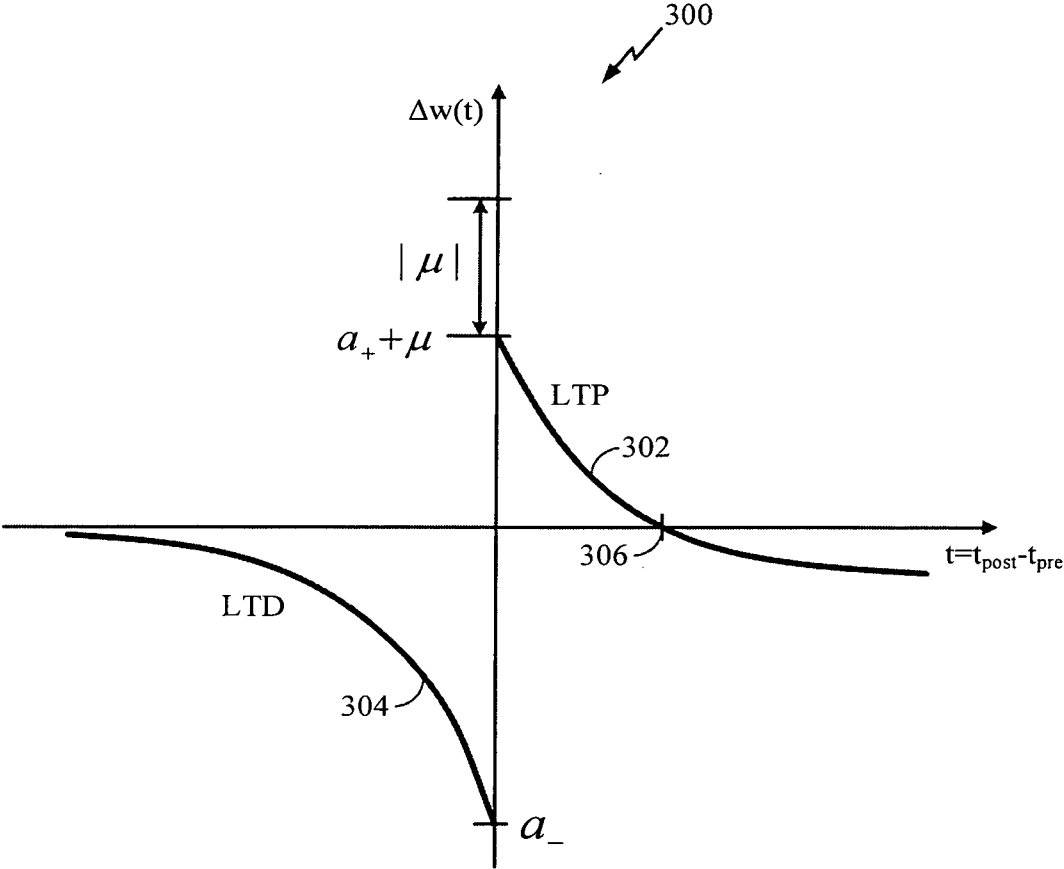


圖3

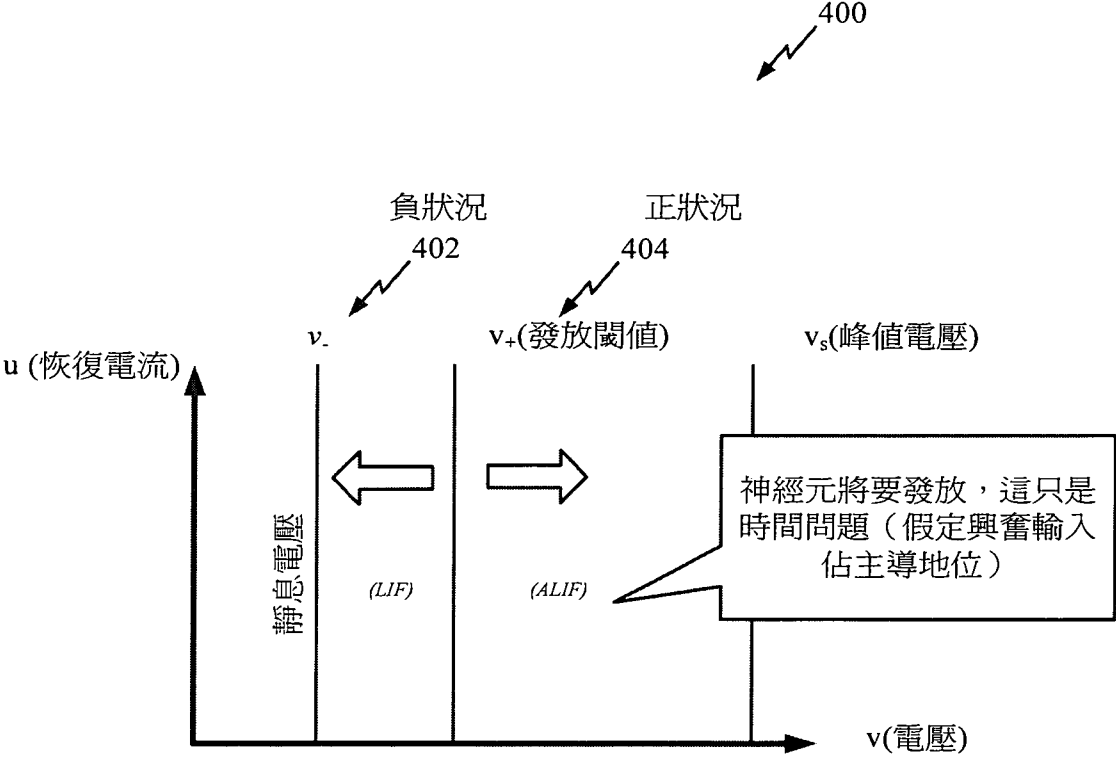


圖4

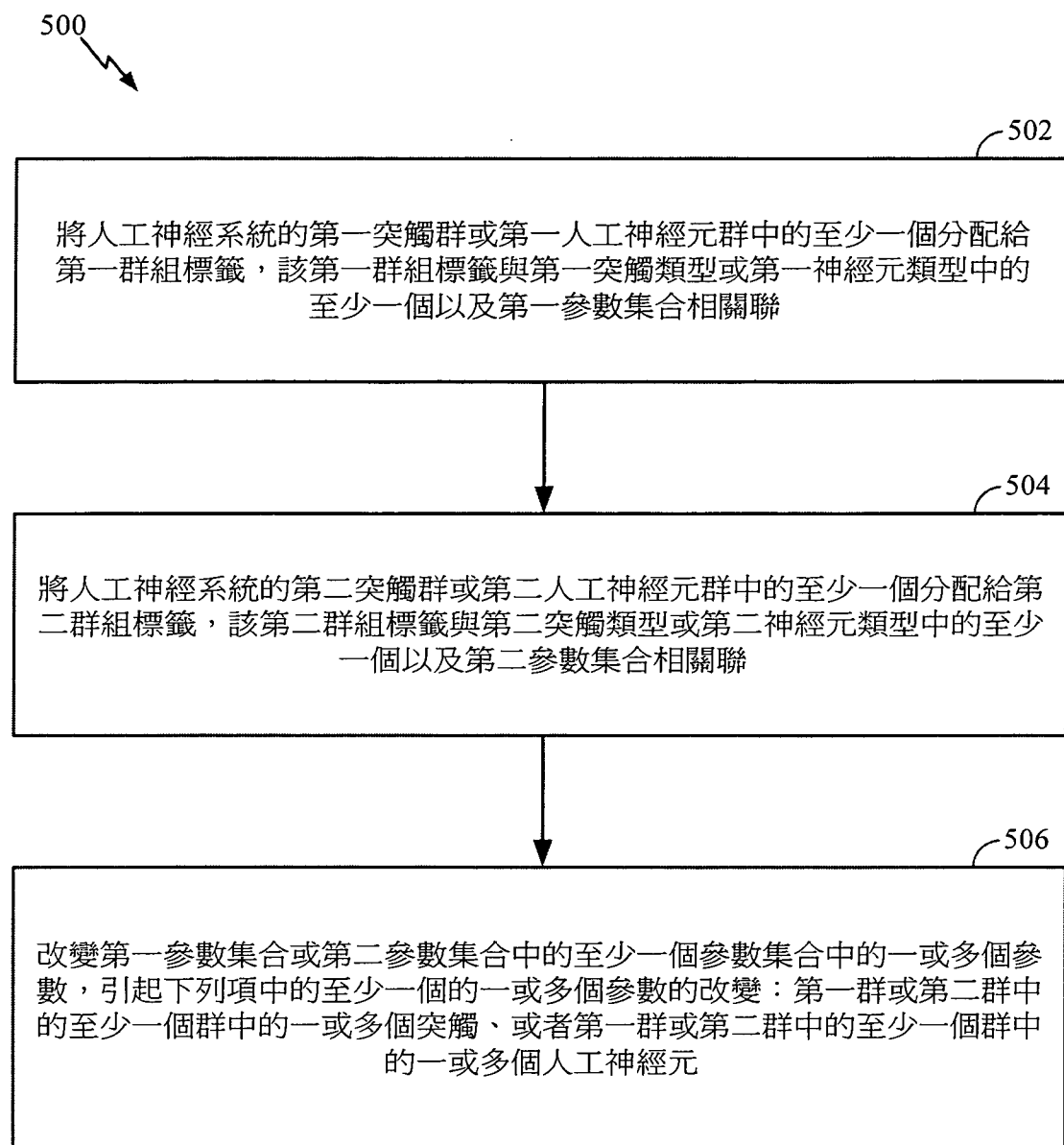


圖5

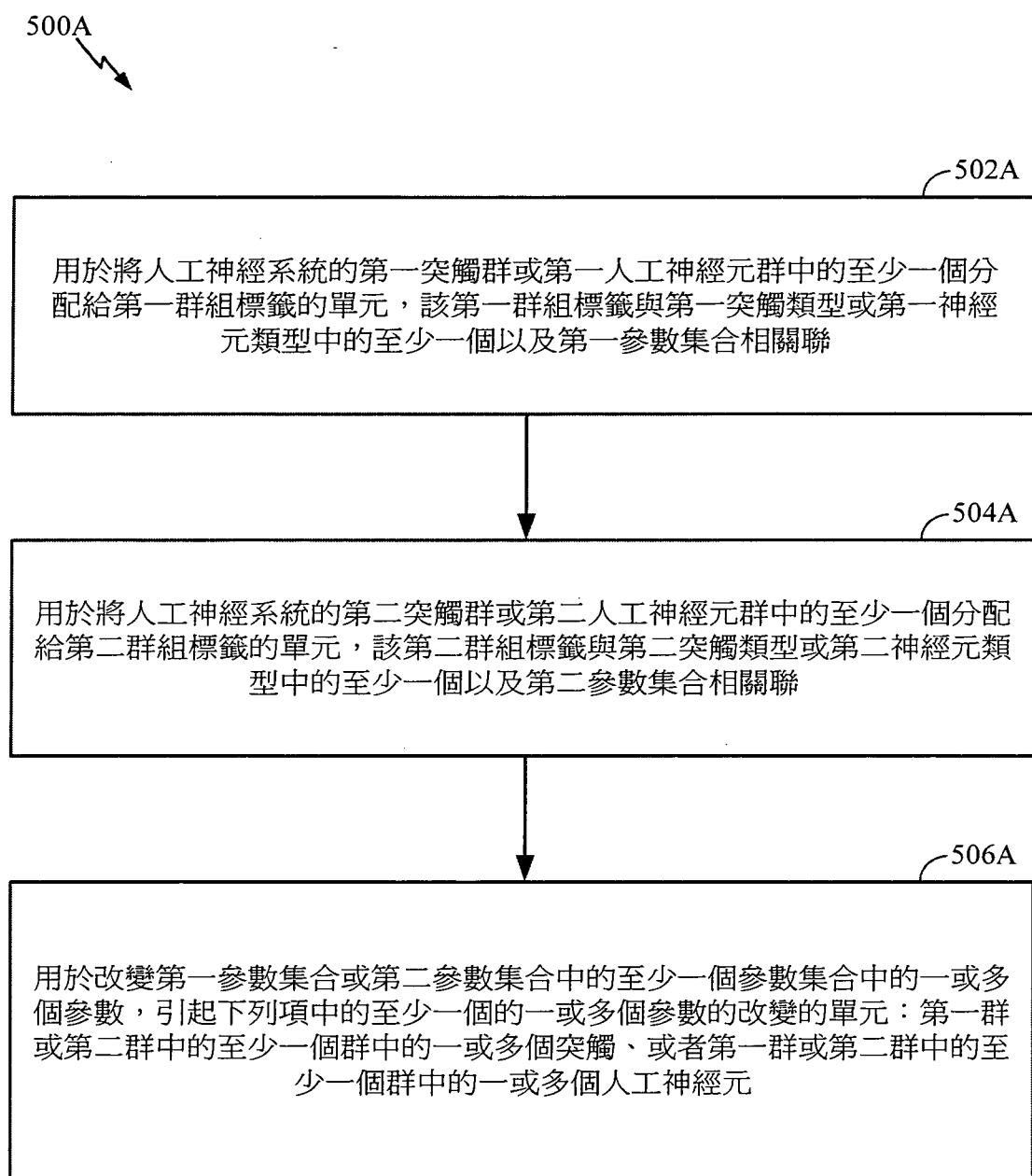


圖5A

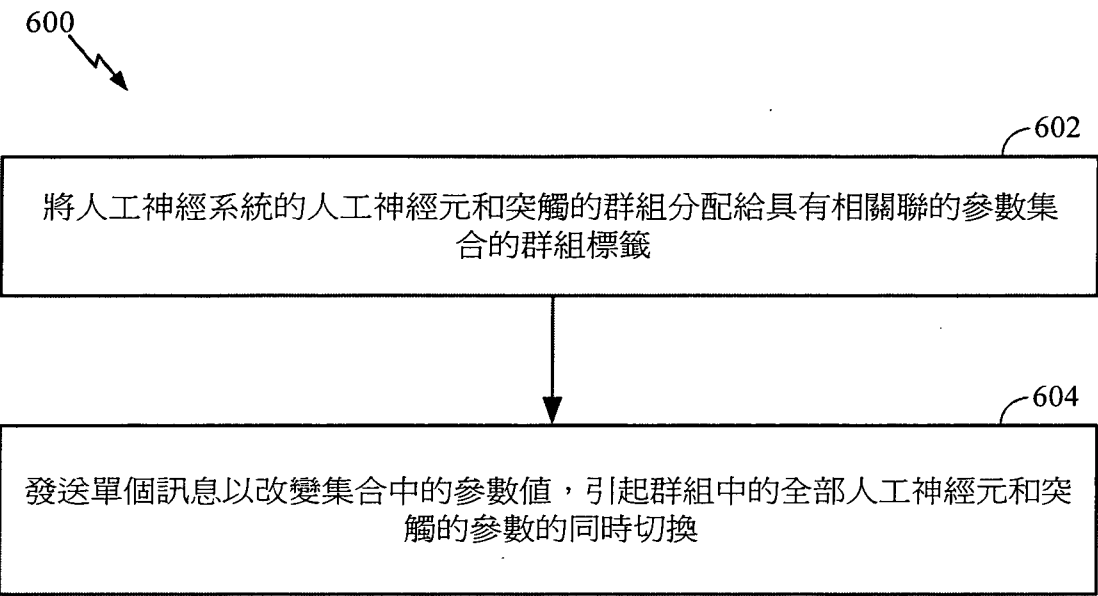


圖6

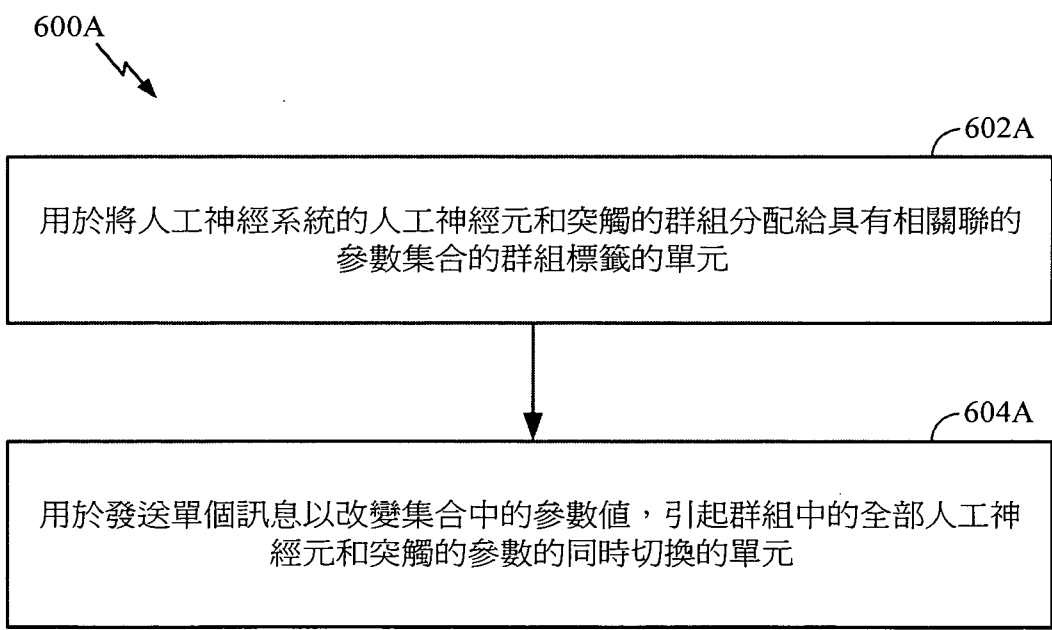


圖6A

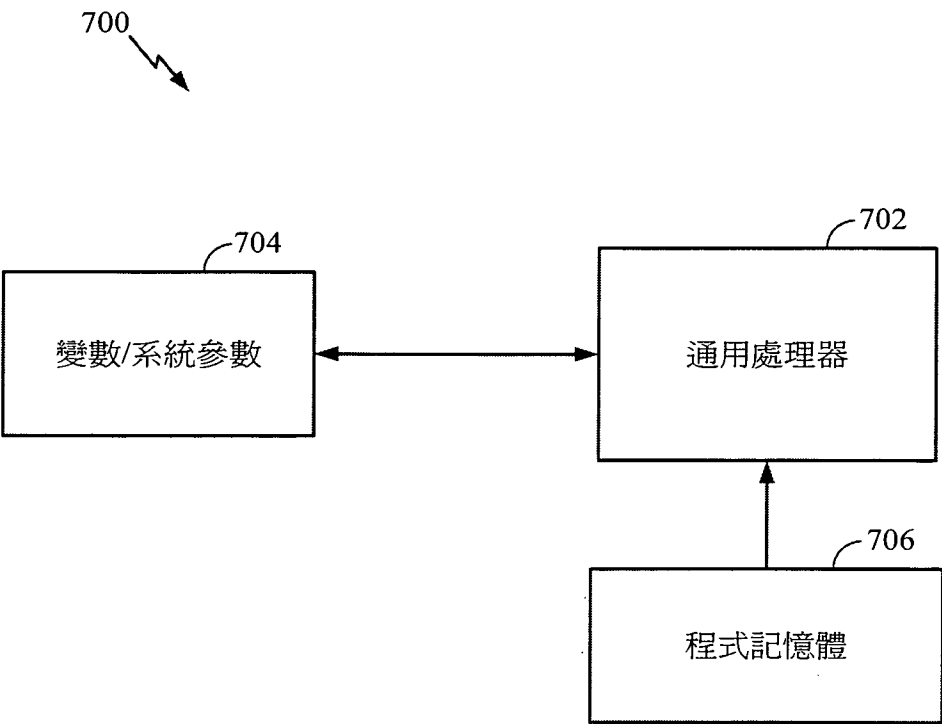


圖7

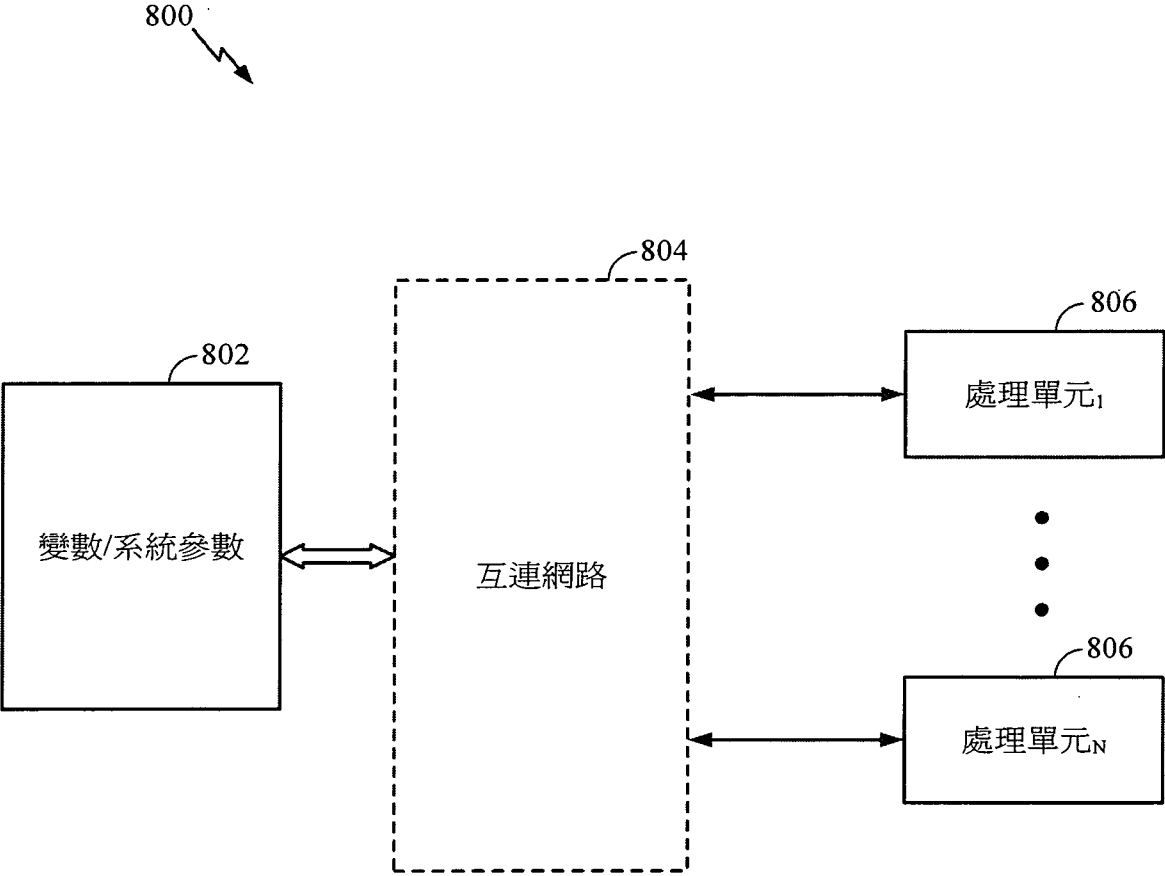


圖8

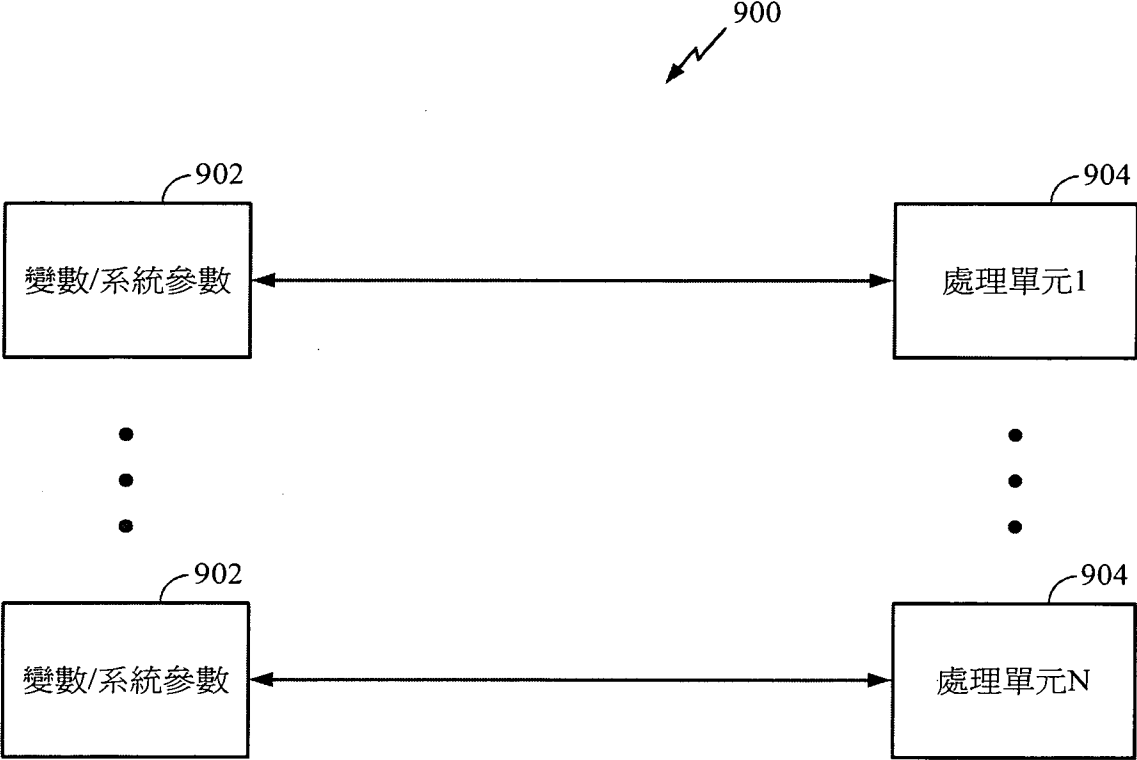


圖9

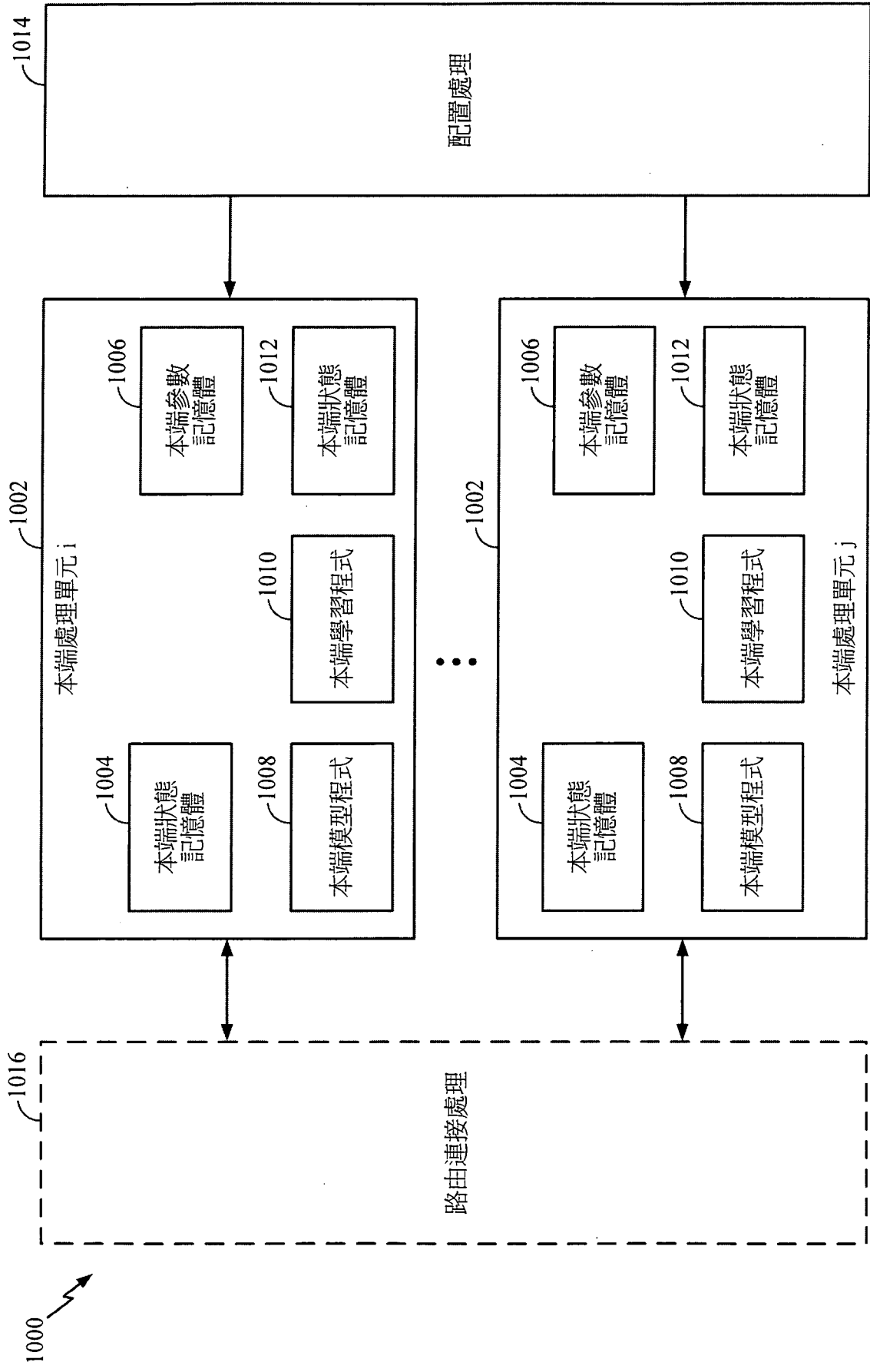


圖10