

邊緣計算可穿戴設備

摘要：可穿戴的裝置已經發展到一定的趨勢了，那接下來需要去研究的方向是如何針對個人醫療有影響，也就是說希望有一個可以不需要傳回伺服器，用邊緣運算可以減少大量的時間和運算的成本。

介紹：穿戴式裝置可以監測各種身體的症狀、預測、分析身體表現等，雖然有了這多的功能，但是我們還是希望穿戴設備可以有一定的計算能力、低功耗、低傳輸量和高傳輸速度。傳統的解決方案是利用傳輸到外部伺服器進行計算和處理，而這種做法通常會造成傳遞訊息瓶頸，因為通常需要高速和大量的傳輸數據，導致產生大量功耗因素之一，持此之外伺服器所需要較好硬體設備和會產生較高的功耗。因此需要邊緣計算，是一種分散式運算的架構，將應用程式、數據資料與服務的運算，由網路中心節點，往網路邏輯上的邊緣節點來處理。邊緣計算的穿戴式裝置因為與計算單元較為接近，所以會比傳統的方式還要來的省電，而且我們可以獲得較快的運算速度。由於我們並不用再將數據發送到伺服器去處理，因此我們幾乎可以做到即時的處理。傳統的模式中如果在不穩定網路的環境，就沒有辦法有效去實現它的效果，而邊緣計算的模式是一個很好的解決方案，因為它不需要大量的網路將數據傳回伺服器。另一個優點是我們可以有效的保護資料的隱私權和安全性，以往的模式在伺服器傳輸的過程中有可能遭受到駭客的攻擊，而邊緣計算將數據放在本地資料庫中，降低被駭客攻擊的風險，讓資料的隱私權和安全性有所提升。而我們將計算帶到邊緣

可以使響應的時間更快，並可以讓穿戴式設備能夠持續的與環境互動和學習。

然而就需要從新的去設計電路和存處設備，傳統的設備沒有辦法針對模糊優化和複雜的認知任務，因此就需要有一個新的設計讓我們可以去應付邊緣計算的能力。之前的論文中有提過一些方式，像是試圖通過用 ASIC 加速器，降低系統結構的複雜性和降低功耗。為了進一步節省電力，還有沒有解決的問題，刪除時鐘和執行計算記憶體與處理器的共定位，刪除時鐘可以用異步執行來達到類似的效果，另一個問題因為需要避免記憶體頻繁移動所產生不必要的消耗，所以希望可以直接調用記憶體的資料，不需要再經過緩存的過程，進而讓費時間和效能。可是這會造成一些新的問題，基本上現在非揮發式記憶體是沒有辦法達到與處理器一樣的速度，所以必須要有存儲的相關配置移動到系統。這篇論文討論了上面遇到的挑戰，設計出了四種不同的醫療保健和生物醫學應用類別，第一種是主要對低功耗和高性能學習的限制能力的最先進穿戴傳感器，第二種是持續學習不同的生物學建模演算法，第三種是基於 CMOS 訊號處理技術可實現低功耗本地邊緣計算的處理器，最後一個是新興記憶體可以用於更高效與高擴展性的嵌入式智能設備系統。

第五章：記憶裝置，主要的原理是用不同的物理機制來讓電子或電洞保持原有的狀態，例如：RRAM、PCM、MRAM 和 FTJ 等，這些機制可以有效地模仿記憶體。RRAM 是一種非揮發式的記憶體，最基本的 RRAM 的方式是由上下兩層金屬電極以及中間一層過渡金屬氧化物所組成的，RRAM 的操作方式是在一開

始的時候給予較大的外加偏壓，使氧化物絕緣層內部形成一個導通的路徑，通常需要限制電流來避免使元件永久崩潰，此時絕緣層就會變為低阻態，稱這步驟叫 Forming。接著以元件偏壓控制氧離子與氧空缺複合，導致導通路徑受阻斷，進而從低電阻態回到高電阻態，此過程稱為 Reset；如果再次給予小於 Forming 所需的電壓，即可將阻斷的導通路徑重新連接，就可以從高阻態再次回到低阻態，此步驟稱為 Set。來回操作 Set 與 Reset process 就可以達成 RRAM 的寫入與刪除。他的最小面積為 $4F^2$ ，壽命為 10^{12} 次，讀取和寫入時間都約 100ps，需要電流大約 100pA，功耗大約是 20fJ，它的優點是速度快且有很高的擴展性，但是需要經常性的變化極性，所以如果頻繁的讀寫就會影響使用的壽命。接下來介紹的是 PCM，他也是一種非揮發式的記憶體，使用含一種或多種硫族化物的玻璃製成，經由加熱的方式去改變它的狀態，成為晶體或非晶體，這樣就可以有不同相應的電阻值。他的最小面積為 $4F^2$ ，壽命為 10^{11} 次，讀取和寫入時間都約 10ns，需要電流大約 25uA，功耗大約是 100fJ，它的優點在於只需要較小的驅動電壓和有較好的拓展性，可是使用的電流較高且溫度較高，整體的穩定性並不好。再來是介紹 MRAM，也是一種非揮發性的記憶體，與傳統的 RAM 技術不一樣，MRAM 不作為電荷或電流流動存儲，而是用磁的方式存儲。主要結構是由兩個鐵磁性版性成，鐵磁板可以從薄的絕緣層開始磁化，一邊設置永磁體另一邊的磁極化可以改變匹配外部磁場，來達到存儲的效果。而近年有一種較新的技術發現，可以用自旋轉移轉矩或自旋轉移切換

使用自旋對準電子直接扭轉域，具體來說就是如果流入層中的電子必須改變他們的旋轉，則產生轉移附近層的轉距，然而會需要有較高的電流。他的最小面積為 $9F^2$ ，壽命為 10^{12} 次，讀取和寫入時間都約 20ns，需要電流大約 20uA，功耗大約是 90fJ，整體來說有較好的續航力與較低的功率消耗，缺點則是拓展性不高且密度較低等。最後一個要介紹的是 FTJ，主要是由超薄鐵電勢壘去隔開金屬電極組成的，一樣勢非揮發性的記憶體裝置，在之前的研究發現對勢壘寬度的調製非常有限，經過研究後發現可以用重參雜的半導體替換 FTJ 中的一個金屬電極，就可以有效地去改善勢壘的高度。他的最小面積為 $4F^2$ ，壽命為 10^{15} 次，讀取和寫入時間都約 30ns，需要電流大約 0.8nA，功耗大約是 10fJ，可以顯而易見的發現它的優點像是壽命、較低的功率和速度較快等，可是他的擴展性並沒有其他的記憶體來的好。這些設備的基本成分作用電阻存儲器生物神經系統，而電阻變化可以模擬生物突觸。簡化了兩個終端配置和可擴展性到奈米級，它們是天生適合 brain inspired 的硬件實現計算實現人工神經網絡。

近幾年來，不同的記憶電阻件正在被廣泛的研究，記憶電阻學習可以使內部的節能和低延遲訊信處理系統的尺寸減小，放棄了傳統的馮諾依曼架構。除此之外，這還將使在它們所在的位置處理信息成為可能獲取，即在傳感器內，並減少所需的帶寬用於將傳感器數據傳輸到數據中心，加速物聯網時代的來臨。前面所介紹主要記憶電阻件的主要特點是可穿戴應用技術電池面積、電特性、主要優點和挑戰。事實上，雖然在內存場景中更高讀取電流可實現更快的讀取速

度，但是在神經形態應用電流盡可能低是首選，因為電流是神經元的限制因素。當然我們知道不可能同時滿足所有的條件，但是我們可以盡可能互相配合找出相對較好的結果。例如：RRAM 和 PCM 設備被設計成具有多級狀態對於多級突觸應用，將預期會有較低的使用壽命。可是另一方面，只有二進制的設備狀態也可以與專用的二值化神經網絡一起使用。其實我們可以發現每一種不同記憶體的特點也都有所不同，像是整體來說 MRAM 的面積就比其他類型的還要大很多，所以對於我們目標想要穿戴式設備就像對於較不適合，因為面積大會使我們整體的裝置變得較大，這樣會不利於穿戴式裝備。再來是我們針對使用壽命下去做比較，我們可以發現 FTJ 的使用壽命是遠遠大於其他類型的，雖然使用壽命較高，但是我們只需要確保與其他零件使用壽命不要差異較大就可以了，因為我們如果選擇了最高的使用壽命，但是其他的零件卻都已經損壞，也就代表著無法繼續使用，所以我們只需要找到與其他零件相對差不多的壽命，就可以有效的使用此穿戴式設備。接下來是讀寫的速度，經過比較可以發現 RRAM 是最好的，越快速的記憶體對於穿戴式裝置來說是很重要的，因為可以在很短的時間內做出相對應的反應，進而縮短等待的時間。接下來是極為重要的電流消耗，我們可以發現對於電流的消耗對低的是 RRAM，低電流代表著較省電的同時也是較省面積。再來是電壓的部分，電壓對於整體的功耗是極為重要的，所以越小的電壓才能夠有較少的功耗，較低的電壓是 PCM 和 FTJ，因為此記憶體主要是由電流去控制存儲元件。最後是功耗的部分，可以發現最低

功耗是 FTJ，有最低的功耗就可以大幅提升整體的使用時間，並且也可以降低長時間的充電。總結上述特徵我個人覺得 FTJ 此記憶體是最適合用於穿戴式裝置，因為他擁有較低的功率且讀寫速度雖然不是最快的，但是不會差太多，而且還有較高的使用壽命，整體來說 FTJ 記憶體非常符合穿戴式的設備。如前面所述記憶電阻的主要功能是用作突觸設備來實踐生物突觸的記憶和可塑性，然而有越來越多的人使用這些設備來實施奈米級人工神經元。硬體神經形態通常有兩種方法來利用記憶體電阻作為突出系統，第一種是深度學習加速器，加速人工神經網路計算具有多層和錯誤反向傳播等變化，另一種是類電腦計算，主要試圖密切模仿生物神經系統的行為。在深度學習加速器的方法中，在訓練對記憶體電阻督促提出了更高的要求等，已經有很多相關的研究報告。首先介紹仿生是指效生物能力以提升科學技術，生物世界歷經數十億年不斷演化，為了適應多變生態系環境，生物往往發展出十分精緻且節能的功能，電子元件利用仿效大腦神經的仿生技術，將為未來電子科技帶來突破性發展。人類的大腦即是相當好的例子，大腦是一個高效率且低功耗的系統，不只能夠傳遞訊息，而且具有學習與記憶的能力。人腦神經元間的連結稱為突觸，突觸間的傳導行為在訊息傳遞的過程中扮演相當重要的角色。突觸間的連接強度具有可調性，稱為脈衝時序依賴可塑性，藉由調節進行增益或抑制，進行整合後再依體內電位變化，決定是否藉由突觸輸出神經傳導物質至下個神經元中，脈衝時序依賴可塑性同時也是神經生物學中被認為是構成記憶和學習的重要基礎。將來可以利

用電子元件效仿大腦神經訊息傳遞與學習記憶的方式，將使電子科技與應用產生突破性發展。現代電腦儲存記憶係以 0 和 1 的數位訊號來進行運算與記憶，而人腦不同於電腦是以類比訊號來進行傳遞訊息與儲存記憶，藉由對人類中樞神經系統的觀察進而啟發 ANN 概念。如同大腦中神經元構成人類的神經網路，ANN 是由許多節點運算單元互相連結，通常可區分成三個部分，即輸入層、隱藏層與輸出層。每一層的所有節點皆與前、後層的節點連結，彼此連接形成類神經網路結構，藉數學計算模型對函式進行估算近似而得輸出結果，使 ANN 在人腦所擅長如圖像語音辨識、分類、預測、記憶等領域具備高度發展潛力。接下來要了解 RRAM 元件如何於此領域的應用，則需了解 RRAM 元件的多重組態特性，其相關研究與控制方法近年已受到廣泛重視，對於單顆元件的多重阻態操作方式為：當元件在 Set 過程時，設定不同的限制電流使元件 LRS 電阻值可分為多重阻態；而 Reset 過程則利用不同截止電壓範圍，使得 HRS 可得不同階層變化的電阻值，如此即可在單一記憶體元件上擁有多位元存取的能力。有良好多位元儲存功能，我們操作在不同的 Reset 截止電壓與 Set 限制電流條件下，可以使元件電阻值變化狀態成為連續態形式，此電阻變化形式又稱為類比式電阻轉換特性。可穿戴式的設備，需要能夠學習不同使用者的特點，這就會視需要終身學習的機器，通常網路記憶體容量有限，所以只會紀錄最後一次的特徵，因為每次都需要重新學習，舊的資料卻因為空間不足而刪除，導致發生災難性的遺忘。在目前的情況下基於反向傳播的人工神經網路，

具有非常高的準確性但記憶體容量和受大腦啟發的 SNN，具有更好的記憶能力，也有較好的靈活性等，雖然精度較低，可是可以解決遺忘的問題。最後無監督的 SNN 和記憶體電阻設備組合再一起，可以有效的防止災難性的遺忘，並且經過實驗表明，此方法是一個有效穩健的。

結論：本篇論文提出了最先進的核心要素，能夠有效地用於醫療保健可穿戴式設備和具有極端邊緣自適應計算的生物醫學應用，在不同的生物訊號和各種不同的傳感器，來進行人體的感測，所需要的尺寸、分辨綠、機械方面等多種感測器的規格都有進行深入的探討及研究。在針對不同的感測器設計時，當然也需要考慮靈活性和有限的功率消耗下的輸出訊號，是否有符合所期待的樣子。

然而當信號部屬在邊緣時，提高電源效率嚴格的約束條件，縮短響應的時間和準確性數據分類。廣泛的使用解決方案是在耗能和計算能力之間找到一個折衷的方案，或發送數據到雲端，這些方式可能會導致穿戴式智能設備的發展趨緩，可見這些策略並不理想。另一個需要去考慮的點，匹配與預期應用的時間多很多，因為電子設備比實際觸發的頻率要高上許多，因此可以裡用這樣的屬性來執行加速時間的模擬。而在與環境交互的系統中，應該需要放慢時間以匹配現實的情況，進而從學習架構的演算法下去改良，為了滿足所有平台發展需協同優化與其他元素和設計的各方面。自適用可穿戴式設備需要持續學習，這樣類腦演算法就有機會成為標準機器學習方法的有效替代方案。簡單來說，在未來我們如果可以繼續朝這個方向邁進，有很大的機會可以有效地解決人們所

遇到的問題，機器會透過不斷學習的方式去解決目前的困境，我們也可以與機器互相學習其中，進一步去探索人們未知的領域，當然在這些基礎下需要有很多不同領域的專家，才有辦法一起解決。記憶體電阻可以有益於解決 COMS 高電量和高面積的情況，網路配置和突觸權重通常存儲在三元的內容中，分別在可尋址存儲器和 SRAM 中，這也意味著在正常的系統運作時間是無法將電源關閉的，除非相關的資料先儲存在其他地方，並且每次啟動系統時需要將資料上傳，在這個過程中可能需要幾十分鐘的時間。因此非失意性記憶體可以減少初始化的時間，因為訊息已經儲存在網路中，此外基於記憶體電阻的突出可以進一步的提高電源效率。可是這一類的技術目前都還是處於開發中的階段，所以研究的重點在於描述目前技術的計算能力和可能可以解決的方案。

看完幾個章節後，我的心得感想是，對於現有的技術可以應用在穿戴式的設備或是邊緣系統上的有很多，可是我們都沒有好好且有效的去運用，導致了缺發整體整合的能力，大部分的研究都是基於不同專業角度下去思考，對於整個宏觀的系統架構比較沒有概念，所以我個人覺得需要有人去解決此問題。再來是對於電阻式記憶體未來的應用，雖然我們都知道他的速度比 Flash 快，但是他們都有很明顯的缺點，都有寫慢讀快的特性和有限的壽命。看似這些特性影響不大，但是當我每次需要寫入大量資料時，都需要等待很久的時間，就會造成處理器需要等記憶體寫入完成才能繼續，這就是記憶體瓶頸，造成無法發揮處理器的速度。而有限的壽命也會因為需要長期大量的寫入造成，飛快速的損

壞，因此我們希望可以針對穿戴式設備設計出一個有效率的讀寫方式，可以有效率的縮減寫入所需要等待的時間，和延長記憶體的使用壽命，因為我們如果可以有效的降低寫入的數據，或是平整的寫入記憶體，就可以降低每次需要改進的位元數，當位元數所需要變動的次數減少，進一步可以增加整體的使用壽命。所以總結來說記憶體的讀寫速度會影響到整體的運作速度和整體的使用壽命等，所以記憶體不管是在邊緣式計算或者是其他穿戴式設備都是一個舉足輕重的地位，我們如果想要達成高效率、低功耗、低延遲和大傳輸量等，因素就需要去考量不同種類記憶體所帶來的特性。在未來我相信邊緣式計算會是一個很好的研究項目，因為對於我們以後的世界就是須有一個符合一定標準的穿戴式系統，來協助我們管理每一個人的身體健康。而不是像現在多總不同的穿戴裝置，但是大多數都沒有符合標準，當有了一定的標準時我們就可以把我們穿戴式裝置所測量到的數據，交給專業的醫生或是經過大量機器學習的機器，去了解我們的身體健康狀況，而不用每次到醫院就需要重新檢查，提升我們整體的醫療量能。

字數：6049

參考資料：

- [1] <https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E9%82%8A%E7%B7%A3%E9%81%8B%E7%AE%97>
- [2] <https://www.alibabacloud.com/tc/knowledge/what-is-edge-computing>

- [3] <https://medium.com/it-digital-%E4%BA%92%E8%81%AF%E7%B6%B2/%E9%9B%B2%E8%A8%88%E7%AE%97%E4%B9%8B%E4%B8%8A%E9%82%84%E6%9C%89%E9%9C%A7%E8%A8%88%E7%AE%972-%E9%82%8A%E7%B7%A3%E8%A8%88%E7%AE%97-edge-computing-%E7%9A%84%E7%94%A8%E4%BE%8B%E5%92%8C%E7%89%A9%E8%81%AF%E7%B6%B2-iot-98193ef4add1>
- [4] <https://www.gigabyte.com/tw/Glossary/edge-computing>
- [5] <https://www.viatech.com/tw/2018/10/unlocking-potential-of-edge-computing-tw/>
- [6] <https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8F%AF%E8%AE%8A%E9%9B%BB%E9%98%BB%E5%BC%8F%E8%A8%98%E6%86%B6%E9%AB%94>
- [7] <https://technews.tw/2022/04/25/ma-tek-popular-science-rram/>
- [8] <https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E7%9B%B8%E8%AE%8A%E5%8C%96%E8%A8%98%E6%86%B6%E9%AB%94>
- [9] IRDS (2020). International Roadmap for Devices and Systemstrademark. Available online at: <https://irds.ieee.org/>

- [10] CHEN, Yu-Hsin, et al. Eyeriss: An energy-efficient reconfigurable accelerator for deep convolutional neural networks. *IEEE journal of solid-state circuits*, 2016, 52.1: 127-138.
- [11] WEN, Zheng, et al. Ferroelectric-field-effect-enhanced electroresistance in metal/ferroelectric/semiconductor tunnel junctions. *Nature materials*, 2013, 12.7: 617-621.
- [12] Hickmott, T. W. "Low-frequency negative resistance in thin anodic oxide films." *Journal of Applied Physics* 33.9 (1962): 2669-2682.
- [13] Yun, Jung-Bin, et al. "Random and localized resistive switching observation in Pt/NiO/Pt." *physica status solidi (RRL)–Rapid Research Letters* 1.6 (2007): 280-282.
- [14] Akoh, N., et al. "A ReRAM-based analog synaptic device having spike-timing-dependent plasticity." *IEICE Tech Rep* 110.246 (2010): 23-28.
- [15] Hu, S. G., et al. "Emulating the paired-pulse facilitation of a biological synapse with a NiOx-based memristor." *Applied Physics Letters* 102.18 (2013): 183510.
- [16] Hu, S. G., et al. "Synaptic long-term potentiation realized in Pavlov's dog model based on a NiOx-based memristor." *Journal of Applied Physics* 116.21 (2014): 214502.

- [17] Ho, Patrick WC, et al. "Comparison between Pt/TiO₂/Pt and Pt/TaO_x/TaO_y/Pt based bipolar resistive switching devices." *Journal of Semiconductors* 37.6 (2016): 064001.
- [18] Bousoulas, P., et al. "Engineering amorphous-crystalline interfaces in TiO_{2-x}/TiO_{2-y}-based bilayer structures for enhanced resistive switching and synaptic properties." *Journal of Applied Physics* 120.15 (2016): 154501.
- [19] Mostafa, Hesham, et al. "Implementation of a spike-based perceptron learning rule using TiO_{2-x} memristors." *Frontiers in neuroscience* 9 (2015): 357.
- [20] Park, Jaesung, et al. "TiO_x-based RRAM synapse with 64-levels of conductance and symmetric conductance change by adopting a hybrid pulse scheme for neuromorphic computing." *IEEE Electron Device Letters* 37.12 (2016): 1559-1562.
- [21] Kim, Seonghyun, et al. "Defect engineering: reduction effect of hydrogen atom impurities in HfO₂-based resistive-switching memory devices." *Nanotechnology* 23.32 (2012): 325702.
- [22] Nardi, Federico, et al. "Complementary switching in oxide-based bipolar resistive-switching random memory." *IEEE transactions on*

electron devices 60.1 (2012): 70-77.