

Poster & Demo: FlipWatch：基於智慧手錶透過手勢和振動輸入文字

陳士茵

國立中正大學資訊工程學系

嘉義縣, 臺灣

sychen@alum.ccu.edu.tw

黃啟富

國立中正大學資訊工程學系

嘉義縣, 臺灣

cfhuang@cs.ccu.edu.tw

摘要

在本文中，我們提出 FlipWatch，是一種基於智慧手錶的新型文字輸入模式。FlipWatch 利用智慧手錶上的慣性測量單元（IMU）和震動馬達（Vibrator），並結合摩斯電碼的編碼，重新設計文字輸入方式。使用戶可以透過手腕的左右轉動和手錶的震動反饋以輸入文字，而無需查看手錶螢幕。此外，我們進行了兩項實驗，測試了輸入 26 個字母和 10 個數字，以及 100 個單詞的所需時間。結果顯示，平均輸入一個字元所需的時間為 3.8 秒，輸入一個單詞平均速度為 4.74 WPM。FlipWatch 展示了一種非視覺且方便的文字輸入方式，可以在智慧手錶上輕鬆完成動作，提供高效和豐富的手錶使用體驗。如此一來，當使用者在會議中、運動、電影院等場所，在不方便操作手機的情況下，也可以快速且即時的輸入文字訊息。corresponding

關鍵詞

手腕手勢、振動感知、摩斯電碼（Morse Code）、文字輸入、智慧手錶。

一、介紹

可穿戴式裝置日益普級，根據 Statista 最新預測，2024 年全球智能可穿戴產品市場規模預計將達到 178.5 億美元[1]。在日常生活中，用戶能透過配戴裝置來實現即時且高度靈活的傳感器監控，記錄周遭環境變化、使用者活動與人體健康數值，提供有效監測與場景應用的服務平台[2]。智慧手錶傳感器的研究為智慧手錶的發展和應用帶來潛力。Awash[3]利用手錶內建的 IMU 傳感器監測老年癱瘓症患者的洗手姿勢，提供即時監測和指導。Steven 等人[4]針對聽障族群提出解決方案，利用手錶的麥克風接收環境聲音，結合銀幕顯示和震動提示提高感知能力。因此，我們提出了一種創新的文字輸入模式，利用手腕手勢和震動感知的方式實現摩斯電碼的文字輸入。該模式使得使用者可以在運動、會議、電影院等不便於查看手錶的情境下，仍能進行簡易的文字輸入。

摩斯電碼（Morse Code）起初的設計雖然是為電報傳送消息而發明的，然而，2018 年，Google 公司在 Gboard 鍵盤中加入摩斯電碼的輸入模式，為了提供一種簡易的溝通方式，讓先天患有腦性麻痺的 Finlayson 身障人士能夠透過一台頭部控制的機器與其他人進行交流，使用摩斯電碼的方式進行文字輸入。因此，我們發現在現今的社會中，還是有些特殊的族群會需要使用摩斯電碼的

輸入模式進行溝通。然而，目前的摩斯電碼輸入模式尚未在智慧手錶的摩斯電碼鍵盤上提供支援，僅限於使用者在手機螢幕上進行輸入操作。於是，本文參考了 Gboard 鍵盤的摩斯電碼輸入模式，將短聲（滴）和長聲（答）這兩種編碼方式轉換為使用者操作手腕手勢的左轉和右轉，同時結合遮蓋螢幕判斷環境光感測的起始和結束手勢，以及智慧手錶的震動提示，實現使用者無需查看螢幕即可進行文字輸入。

本研究的貢獻在於提出了 FlipWatch，一種基於智慧手錶的新型文字輸入模式，適用於熟悉摩斯電碼的使用者。使用者可以透過手腕手勢和振動反饋快速方便地輸入文字訊息。我們實現了一個原型系統，並對字母、數字和常用單詞進行了實驗評估，結果驗證了 FlipWatch 的有效性和實用性。

二、相關文獻

FlipWatch 為配戴智慧手錶的使用者提供了單手操作手腕手勢的方式，實現了文字輸入的功能。在此章節中，我們基於手上穿戴式裝置的應用，主要有「手腕手勢」、「文字輸入」。

手腕手勢：Wang 等人[5]使用 IMU 和機器學習來分類 10 種單手連續手勢。Xuhai 等人[6]利用手錶的加速度計和陀螺儀數據訓練輕量級模型，識別 12 種自定義手勢，準確率達到 95.7%。ThumbUp[7]使用 IMU 進行即時的身份驗證，分類 9 種簡單連續動作手勢。Yu Ling 等人[8]結合加速度計和光電容積脈搏波傳感器 (PPG)，識別 14 種手勢，並比較了不同運動場景下加速度計和 PPG 的識別結果。Sizhen 等人[9]使用電容感應腕帶，分類 7 種手勢，準確率為 96.4%。FinDroidHR[10]利用智慧手錶光學心率傳感器的 PPG 訊號，分類 10 種手勢，準確率達到 90.5% 和 90.7% 的召回率。

文字輸入：WrisText[11]是基於智慧手錶和紅外距離感測器的文字輸入系統，使用特製錶帶和圓形鍵盤，透過手腕動作和虛擬指針輸入文字，準確度 90%，平均速度 9 WPM。SwipeRing[12]提出將 QWERTY 鍵盤放在智能手錶邊框周圍的手勢輸入鍵盤。AcousticType[13]利用手錶聲音信號輔助推斷物理鍵盤的鍵入內容，恢復率 98%。Write, Attend and Spell[14]利用手錶運動傳感器和麥克風進行手寫識別，250 個單詞測試中字符錯誤率 9.3%。RotoSwipe[15]使用 IMU 捕捉手部滑動動作進行指令手勢輸入。DRG-KeyBoard[16]利用雙 IMU 在食指

指尖實現微小手勢輸入。WritePad[17]允許在手背上連續書寫阿拉伯數字。TapSkin[18]利用 IMU 和麥克風識別手錶周圍皮膚上的 11 種擊點手勢，應用於手背上的虛擬數字鍵盤。

在手勢與文本輸入方面的研究中，許多記錄用戶手勢的變化的方法被提出來，包括 IMU、麥克風、紅外線、壓力、電容、肌電圖、相機等傳感器。然而，這些方法中發現使用額外的穿戴式裝置存在一定的硬體成本，且在日常使用中對使用者不太方便需要一直配戴。此外，使用影像辨識手勢容易引發隱私問題，且系統容易受到環境照明因素的影響，從而降低識別準確度。

因此，本文選用智慧手錶作為設備開發，充分利用了智慧手錶的優點，包括尺寸輕巧、方便攜帶以及作為日常穿戴裝置。我們利用手錶內置的環境光感測器來檢測手錶螢幕的遮擋情況，並定義了開始和結束手勢。同時，我們使用 IMU 傳感器來捕捉手腕的運動訊號，並將其分類為左右轉手勢。此外，我們還採用震動馬達提供觸覺反饋，以便用戶能夠即時感知手錶對手勢的識別情況。這種系統設計使得使用者能夠輕鬆地瞭解手錶的手勢識別狀態，從而實現更流暢的人機交互體驗。

三、系統設計

我們提出 FlipWatch 系統，其目的是為了讓用戶在手腕上佩戴智能手錶時，無需要瀏覽螢幕即可實現文字輸入動作。整體的文字輸入流程，如圖 1 所示。首先，當使用者將手遮擋在手錶螢幕上時，手錶便會開始偵測手勢，並記錄用戶連續動作的手勢，直到銀幕再次被遮擋時，系統會將紀錄的手勢集轉成摩斯電碼，並且根據摩斯電碼的文字切割方法，將電碼集拆分成各別的字元，並至字典中比對相對應的字母，並將結果顯於螢幕上。

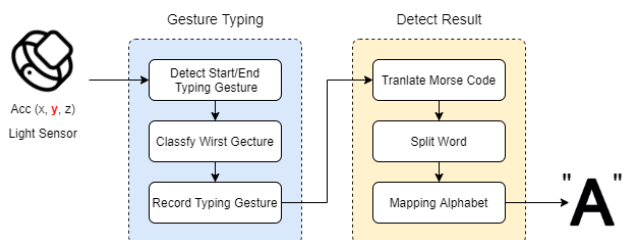


圖 1. 系統架構圖

偵測開始/結束的輸入狀態：我們利用手錶內置的環境光感測器來偵測開始與結束輸入的起手勢，當螢幕第一次被遮擋 1 秒時，為開始手勢，手錶會給予兩個短震，提示使用者開始輸入，同時，系統便會觸發加速度計紀錄 y 軸的數值變化，依據閾值分類左右轉動的兩種手勢當螢幕再次被遮擋 1 秒時，便是結束手勢，手錶會給予三個短震，提示使用者已完成文字輸入。

手勢分類：使用者透過配戴 FlipWatch 轉動手腕，向左、向右需轉動約 90 度角，如果使用者正在輸入手勢時，

錶面會顯示目前的手腕手勢為「Left」、「No Move」、「Right」的即時狀態，如圖 2。



圖 2. 手腕手勢變化時的表面顯示示意圖

參照摩斯電碼的編碼方式，我們定義短震為手腕向左轉，長震為手腕向右轉，如圖 3。

當使用者結束手勢輸入時，手錶會將輸入的文本結果、總輸入時長顯示於表面上，如圖 4。

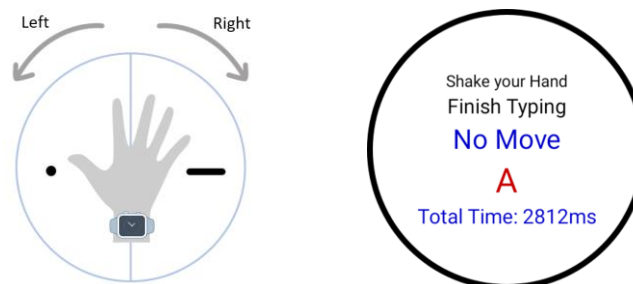


圖 3. 結合摩斯電碼之手勢圖 圖 4. 錶面顯示輸入結果截圖

四、實驗評估

我們將 26 個字母和 10 個阿拉伯數字，每個字元輸入 10 次，紀錄每個字元的輸入總時長，如圖 5。我們可以得知平均一個字元的總震動時長為 3.8 秒。其中，系統辨識結果最快速的輸入時長可在約 1.5 秒左右結束。

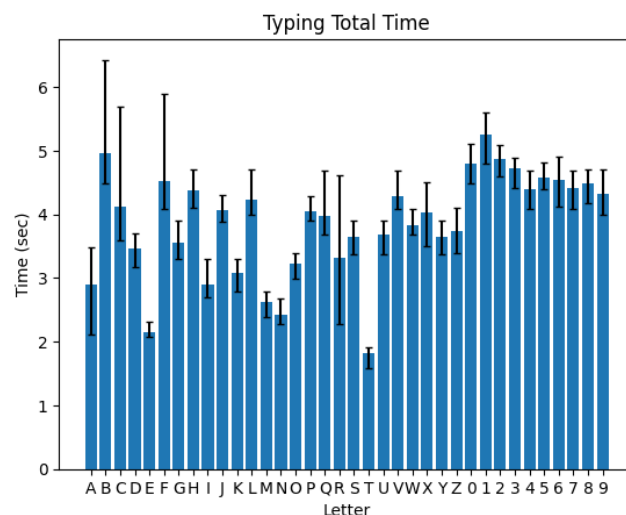


圖 5. 單一字元的輸入總時長

另外，我們還有評估 100 英文單字的輸入效能，我們將 100 英文單字依據平均單字長度在 2 至 9 之間的為隨機取樣，各別選取的單字數量，可以參考表 1。

表 1. 100 英文單字中長度為 2 至 9 的各別單字數量

Word Length	2	3	4	5	6	7	8	9
Number	8	19	25	15	5	9	13	6

最後，我們紀錄每個字元的輸入總時長，並轉換成打字速度 (WPM) 的結果，如圖 6，我們可以得知輸入一個單詞平均速度為 4.74 WPM。其中，兩個字母的最快速的輸入平均速度可在約 3.74WPM。

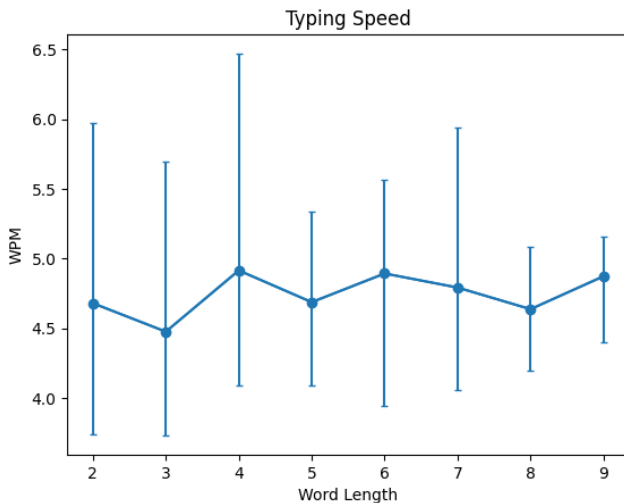


圖 6. 各別長度的單詞之平均輸入速度

五、結論

本文提出一種非視覺且單手操作的文本輸入方法，以解決手錶虛擬鍵盤的物理空間限制問題。與傳統的手指敲擊手錶虛擬鍵盤相比，FlipWatch 解放了使用者對鍵盤的依賴。

本文的貢獻主要體現在兩個方面：

- (1) 我們提出了 FlipWatch，一種基於智慧手錶的新型文字輸入模式，適用於精熟摩斯電碼的族群。用戶可以透過手腕手勢及手錶振動反饋，在無需檢視手錶顯示螢幕的情況下，比起侷限在小範圍的手錶螢幕上用傳統按鍵輸入的方式來得方便、快速輸入文字訊息。
- (2) 我們實現了一個原型系統，並進行了對 26 個字母、10 個數字和 100 個常用單詞的實驗評估。實驗結果說明，FlipWatch 在輸入單一字元的情況下，平均最短時間為 3.5 秒完成輸入，驗證了其有效性和實用性。輸入一個單詞平均速度為 3.74 WPM。

目前的研究是只設計於文字的輸入模式，未來研究計畫將進一步優化系統性能和擴展功能，以提供更高效和豐富的手錶使用體驗。

參考資料

- [1] Wearables - Worldwide market forecast.
- [2] Wang, Z., Li, J., Jin, Y., Wang, J., Yang, F., Li, G., ... & Ding, W. (2021). Sensing beyond itself: Multi-functional use of ubiquitous signals towards wearable applications. *Digital Signal Processing*, 116, 103091.
- [3] Cao, Y., Chen, H., Li, F., Yang, S., & Wang, Y. (2021, May). Awash: handwashing assistance for the elderly with dementia via wearables. In *IEEE INFOCOM 2021-IEEE Conference on Computer Communications* (pp. 1-10). IEEE.
- [4] Goodman, S., Kirchner, S., Guttman, R., Jain, D., Froehlich, J., & Findlater, L. (2020, April). Evaluating smartwatch-based sound feedback for deaf and hard-of-hearing users across contexts. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-13).
- [5] Wang, Y. T., & Ma, H. P. (2018, September). Real-time continuous gesture recognition with wireless wearable imu sensors. In *2018 IEEE 20th international conference on e-health networking, applications and services (healthcom)* (pp. 1-6). IEEE.
- [6] Xu, X., Gong, J., Brum, C., Liang, L., Suh, B., Gupta, S. K., ... & Laput, G. (2022, April). Enabling hand gesture customization on wrist-worn devices. In *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-19).
- [7] Yu, X., Zhou, Z., Xu, M., You, X., & Li, X. Y. (2020, March). Thumbup: Identification and authentication by smartwatch using simple hand gestures. In *2020 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)* (pp. 1-10). IEEE Computer Society.
- [8] Ling, Y., Chen, X., Ruan, Y., Zhang, X., & Chen, X. (2021). Comparative study of gesture recognition based on accelerometer and photoplethysmography sensor for gesture interactions in wearable devices. *IEEE Sensors Journal*, 21(15), 17107-17117.
- [9] Bian, S., & Lukowicz, P. (2021, September). Capacitive sensing based on-board hand gesture recognition with TinyML. In *Adjunct Proceedings of the 2021 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2021 ACM International Symposium on Wearable Computers* (pp. 4-5).
- [10] Zhang, Y., Gu, T., Luo, C., Kostakos, V., & Seneviratne, A. (2018). Findroidhr: Smartwatch gesture input with optical heartrate monitor. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 2(1), 1-42.
- [11] Gong, J., Xu, Z., Guo, Q., Seyed, T., Chen, X. A., Bi, X., & Yang, X. D. (2018, April). Wristext: One-handed text entry on smartwatch using wrist gestures. In

Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-14).

- [12] Rakhmetulla, G., & Arif, A. S. (2021). SwipeRing: Gesture typing on smartwatches using a segmented QWERTY around the bezel. In *Graphics Interface 2021*.
- [13] Meteriz Yýldýran, Ü., Yýldýran, N. F., & Mohaisen, D. (2022, April). AcousticType: Smartwatch-Enabled Cross-Device Text Entry Method Using Keyboard Acoustics. In *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts* (pp. 1-7).
- [14] Zhang, Q., Wang, D., Zhao, R., Yu, Y., & Jing, J. (2021). Write, attend and spell: Streaming end-to-end free-style handwriting recognition using smartwatches. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 5(3), 1-25.
- [15] Gupta, A., Ji, C., Yeo, H. S., Quigley, A., & Vogel, D. (2019, May). Rotoswype: Word-gesture typing using a ring. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-12).
- [16] Liang, C., Hsia, C., Yu, C., Yan, Y., Wang, Y., & Shi, Y. (2023). DRG-Keyboard: Enabling Subtle Gesture Typing on the Fingertip with Dual IMU Rings. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 6(4), 1-30.
- [17] Chen, M., Yang, P., Cao, S., Zhang, M., & Li, P. (2018). WritePad: Consecutive number writing on your hand with smart acoustic sensing. *IEEE Access*, 6, 77240-77249.
- [18] Zhang, C., Bedri, A., Reyes, G., Bercik, B., Inan, O. T., Starner, T. E., & Abowd, G. D. (2016, November). TapSkin: Recognizing on-skin input for smartwatches. In *Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces* (pp. 13-22).