

淺談

未來軍用穿戴式電子裝置發展

作者簡介



趙本善先生，國立臺北科技大學機電科技研究所博士；曾任國科會特約博士後研究員、國立清華大學材料科學工程學系博士後研究員、京元電子公司研發處課長、中國探針公司技術處顧問，現任國家中山科學研究院化研所計畫管理組助理研究員。

提要 >>>

- 一、近年來，市場上穿戴式電子裝置的產品如雨後春筍般的推出，世界各國電子與軟體大廠紛紛投入許多研發資源，進行3D投影、透明面板、可撓式顯示器、智慧眼鏡與智慧手錶等產品開發，以便能夠掌握未來智慧電子市場的先機，提高傳統電子產品的附加價值，創造更高的商業產值與獲利。
- 二、除了在民生領域的應用之外，穿戴式電子裝置在國防領域的應用也非常的廣泛，許多世界先進的國防軍事武器生產國家，包括：美國、英國與澳洲，也正積極的開發軍用穿戴式電子裝置，以提高通訊傳播、影像傳輸與電源供給的便利性，減輕裝備的重量，增加單兵作戰的機動性與降低人員傷亡的風險。
- 三、本文主要介紹目前最新的穿戴式電子裝置的發展趨勢與訊號傳遞架構，尤其將特別介紹軍用穿戴式電子裝置在單兵作戰、人體天線以及太陽能方



面的應用。此外，未來穿戴式電子裝置發展的核心關鍵因素也會在文中進行相關的論述，冀望本文可以讓讀者初步瞭解軍用穿戴式電子發展現況與應用。我國國防科技研究機構亦可參照國外研究軍用穿戴式電子裝置的發展方向，進行相關科研計畫的布局，厚植我國穿戴式電子裝置的自主研發能量。

關鍵詞：穿戴式裝置、電子元件、感測器、無線傳輸

前言

讀者可以試想在令人熱血沸騰的一級方程式賽車(Formula 1 Race)競賽中，駕駛如何在高速的狀態下維持良好的生理與心理狀況，最後奪得競賽的冠軍？根據國外研究資料顯示，¹一級方程式賽車的賽車手在高速的競賽過程中，承受的扭力高達4.5G以上，心跳每分鐘也會超過180下，血壓更會比平常多0.5倍以上。另外，在狹小的駕駛空間中，賽車手的體溫會快速的升高，一場賽事體內可能會消耗2~3公升的水，因此很容易造成脫水的情況。然而，在這種生理與心理都受到極高的壓力之下，賽車手仍然必須非常專注在勝負通常為1/10秒左右的賽事，因此有賴於車內配備的先進感測器監控賽車引擎溫度、胎壓與懸吊系統的狀態等等，並將相關數據利用無線傳輸技術，傳給相關的賽車技師與維修人員。而整場賽事的靈魂人物——賽車手，也可以配備各式穿戴式電子裝置或感測器，隨時精確的監控賽車手的生理與心理狀態，以確保賽車手的安

全，由此可知穿戴式電子裝置或感測器扮演非常關鍵重要的影響。目前國外的幾家網路軟體與手機知名大廠，包括：谷歌(Google)、摩托羅拉(Motorola)、微軟(Microsoft)與蘋果(Apple)，以及許多休閒運動產品製造商，正積極投入許多資金進行相關的研究與開發工作，以便在穿戴式電子裝置與感測器中搶得先機，並在消費者市場占有一席之地。

事實上，出乎許多人的意料之外，穿戴式電子裝置(Wearable Devices)的概念與想法並非是近年來才興起的技術，而是早在1960年代，許多世界各國在軍事應用中，為了將飛行員在空中戰鬥的影像傳回作戰指揮中心，便已經開始研究可以放置在飛行員頭盔的電子顯示器裝置。在1970年代，第一個可以用來計算軍事車輛速度的穿戴式電子裝置正式問世；1979年日本索尼(Sony)公司與隨身聽廠商共同開發出穿戴式電腦。到了1980年代，研究人員開發出可以控制照相設備的背包黏著式電腦裝置(Backpack-mounted Computer)；到了1994年，相同研究人員又開發出可以傳

1 Jody Ranck, "The wearable computing market: a global analysis," <http://go.gigaom.com/rs/gigaom/images/wearable-computing-the-next-big-thing-in-tech.pdf>, 2012.

輸影像至網路的頭戴式耳機。1990年代，美國IBM成功開發出ThinkPad穿戴式電腦；而到了2001年，該公司又開發出一款WatchPad穿戴式腕錶電腦的原型機種。最近最熱門的Google智慧眼鏡，是一種微小電腦晶片與顯示器的結合，可以配戴在使用者的眼睛四周，使用者可以利用該眼鏡進行照相、錄影、尋找道路、問問題、翻譯與傳送訊息等功能，所有訊號可以利用智慧型手機或平板電腦的藍芽進行傳輸，然而目前距離上市還有很長的一段路要走，因為仍有許多技術問題尚待克服。²

美國陸軍正在執行未來軍隊戰士研究計畫(U.S. Army's Future Force Warrior Program, FFW)，其最主要目的就是為了實踐如科幻電影般的情境，讓戰場上士兵所穿著的制服，可以是一種可穿戴式的電子通訊裝置，進行資訊與訊號傳遞的工作。³不像一般可攜式民生消費性電子產品，如手機或個人數位助理(Personal Digital Assistant, PDA)主要用於一般休閒與通話，軍用的穿戴式電子裝置，主要是用在嚴苛的戰場環境之下，因此對於整個技術性門檻要求也較高。根據2004年的研究統計資料顯示，全球穿戴式電子裝置的市場僅有約1.3億美元的市場，至2007年增加至2.7億美元，而根據工研院產業經濟與趨勢研究中心(Industrial Economics and Knowledge Center, IEK)的預測，至2018年

更可大幅成長至200億美元以上，由此可見穿戴式電子產品的時代已經來臨。就穿戴式電子裝置在軍事領域應用而言，察覺式(Awareness)裝置市場的需求將會非常的龐大，主要是為了滿足在戰場上減少士兵傷亡的需求。

穿戴式電子裝置介紹

穿戴式電子裝置顧名思義是指可穿戴在人體上，具有體積小、並配有可攜式電腦或先進電子零件，使用者可以不需使用雙手手持，便可使用之電子裝置而言。另外，穿戴技術(Wearable Technology)或穿戴衣服(Wearables)等名詞的定義也和穿戴式電子裝置一樣，指的是電子裝置、電腦與衣服或其他配件結合的技術，具有可固定、無縫接合、可攜帶與免手持等特點。⁴穿戴式電子裝置除了可以配置在衣服上，亦可與手環、皮帶或其他頭戴式裝置進行結合。應用於軍事用途的穿戴式電子裝置也和一般民生消費性電子產品一樣，需要低耗電、高電池壽命、重量輕與高性能等需求。一般穿戴式電子裝置經常都會配備穿戴式電腦(Wearable Computer)，通常可以應用於一般個人使用、醫療領域與軍事用途。⁵就一般個人使用而言，穿戴式電腦可以穿戴在人體的各個部位，尤其是手腕。當使用者在進行跑步運動或是騎自行車時，穿戴在不同位置的穿戴式電腦可

2 <http://searchconsumerization.techtarget.com/feature/Trend-alert-Wearable-devices-are-about-to-take-off>, 2014.

3 John Mchale, "Wearable computers and the military: The smaller the better," <http://www.militaryaerospace.com/articles/print/volume-16/issue-11/features/technology-focus/wearable-computers-and-the-military-the-smaller-the-better.html>, 2005.

4 <http://www.wearabledevices.com/what-is-a-wearable-device/> 2014.

5 Wise GEEK, "What is a wearable computer," <http://www.wisegeek.com/what-is-a-wearable-computer.htm>, 2014.



以進行人體心跳監控、跑步距離與消耗脂肪或熱量的計算等。近年來，穿戴式電腦更可以配備在眼鏡與背包的背袋上，用於休閒與娛樂的用途。在醫療領域的應用中，穿戴式電腦可以用在居家看護；另外若搭配無線傳輸的技術，醫療人員與醫師可以監控病人的生理狀況，而病人或年長者，若遇到緊急狀況也可以按下穿戴式電腦上的緊急按鈕，便立即顯示需要救助人員的位置與狀況。最後，就軍事用途而言，軍用穿戴式電腦比一般個人使用與醫療領域使用的穿戴式電腦還要精密，該類型電腦可以提供地面作戰指揮官戰場上的任何資訊。就參與作戰的士兵而言，穿戴式電腦可以定位士兵的位置，也可以監控士兵的心跳等生理狀況，甚至可以顯示剩餘彈藥與裝備數量。配備在士兵身上的攝影系統，甚至可以將戰場的影像回傳給指揮中心，也可以將畫面傳送給其他配賦此裝備的士兵。穿戴式電子裝置當然也可以搭配先進的感測器(Sensor)，許多在好萊塢電影的鉅作中才可能看得到的情境，已經離現實生活不遠，許多在電影中描述的未來戰士概念，也陸續有國外廠商開發出實際的產品。例如，美國的BioHarness公司開發出的穿戴式感測器可以裝置在衣服上，可以用來量測消防員、士兵甚至是太空人在執行任務時所承受的

壓力指數。一家美國的MC 10公司所開發的穿戴式影像感測器則可以裝置在頭盔上，可以將使用人員受傷的狀況，藉由無線感測器傳回作戰指揮中心；⁶另一家美國的Harris公司，開發出一款結合C⁴電子資訊(Computer)、通訊(Communication)、消費性電子(Consumer)及車用電子(Car)與感測器、網路元件(Networking Component)和電池模組(Power Module)的穿戴式戰鬥制服，可以協助士兵快速反應不同的戰場需求，而且放置在該戰鬥制服的系統介面(System Interface)容易與未來各種新興的各種太陽能電池進行整合。⁷值得一提的是，影像感測器若與聲音感測器結合時，可以協助醫生在遠端快速與精確的執行槍傷或其他外傷的處理(如圖一)。^{8、9}

穿戴式電子裝置的元件組成與訊號傳遞

一般而言，穿戴式電子裝置的元件組成與訊號傳遞架構，如圖二所示，¹⁰圖中所標示的感測器表示可以監控(Monitoring)、偵檢(Sensing)或和人、物或環境產生互動(Interacting)的各式感測元件，該元件同時可以將監控、偵檢或與外界互動所得到的資料，進行自動收集的功能。輸入元件(Input Device)意指使

6 Javier Pastor, "The military industry: a niche market for wearable Technology," <http://mobilworldcapital.com/en/articles/225>, 2013.

7 <http://www.satnews.com/story.php?number=1540223316>, 2014.

8 同註7。

9 <http://www.highfidelityreview.com/ikey-introduces-wearable-keyboard-with-integrated.html>, 2014.

10 Dimitrios I. Fotladis, Constantine Glaros and Aristidis Likas, "Wearable medical device," <http://engold.ui.ac.ir/~mahnam/IBME/Research/wearable%20medical%20devices.pdf>, 2014.

用者要將上述收集到的資料，輸入系統的硬體設備；穿戴式電腦(Wearable Computer)是所有資料處理(Data Processing)、儲存(Storage)以及無線傳輸的核心；遠端伺服器(Remote Server)是一種可將穿戴式電子裝置與外界連接的遠端通訊系統，可以利用無線通訊技術(Wireless Communication)連接區域網路(Local Network)、網際網路(Internet)甚至是其他的通訊電子裝置以及輸出元件(Output Device)表示可以提供處理完畢後資料顯像、回饋(Feedback)或者是可以執行資料處理完畢後所下的指令與動作，如皮膚刺激或藥物釋放等等。

穿戴式電子裝置設計的十大原則

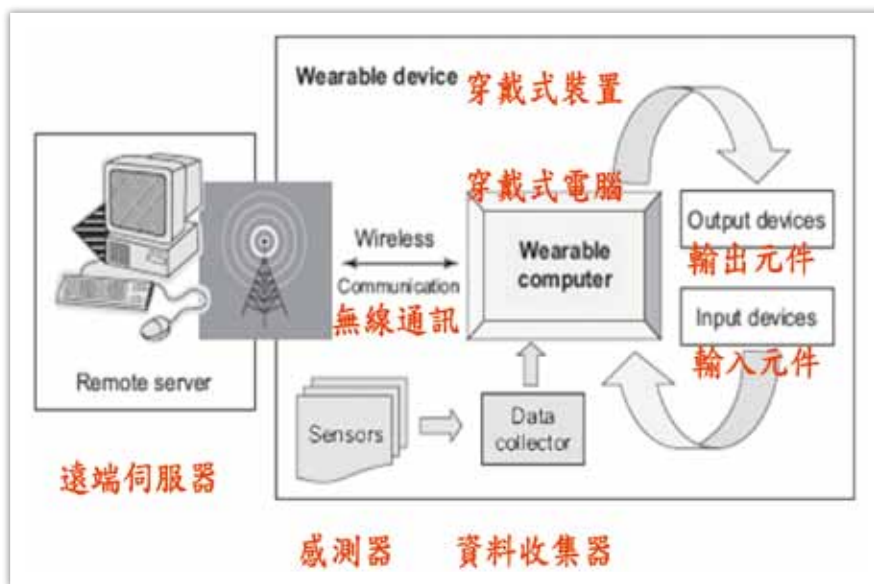
穿戴式電子裝置比起行動裝置更貼近人類身心與生活習慣，因此必須洞察使用者的使用經驗與需求來決定其設計，以下的十大穿戴式電子裝置設計原則，可以滿足消費者對穿戴式電子裝置的使用需求，

圖一 士兵配備穿戴式頭盔(左)與穿戴式鍵盤(右)



資料來源：(左)<http://www.satnews.com/story.php?number=1540223316>, 2014.(右)
<http://www.highfidelityreview.com/ikey-introduces-wearable-keyboard-with-integrated.html>, 2014.

圖二 穿戴式裝置元件組成與訊號傳遞架構圖



資料來源：Dimitrios I. Fotladis, Constantine Glaros and Aristidis Likas, "Wearable medical device," <http://engold.ui.ac.ir/~mahnam/IBME/Research/wearable%20medical%20devices.pdf>, 2014,3.

茲敘述如下：¹¹

一、為人們解決經常性的問題

11 http://www.cisc.iii.org.tw/temp/cisc_NewsLetter_Topic/1517/%B9s%B2%D5%A5%F3_%AC%EC%A7%DE%AC%EF%A4W%A8%AD.pdf, 2014.



穿戴上裝置後，可以替使用者解決一些實質性與重複性的問題。

二、以人的角度為出發點，而不是機器

基於解決人的問題，而不是為了凸顯某種特定技術才去開發相關技術。

三、讓穿戴者集中注意力

穿戴後可以讓使用者集中注意力，而不是分散注意力。

四、增進人類機能，但不是取代人的能力

穿戴後可以增加使用者的感知能力，可以體驗其他的感受。

五、減少使用者更多的問題

穿戴後可以替使用者帶來生活的便利性。

六、能夠有更深入與廣泛的連接性

建構廣泛的網路連接平臺，讓不同裝置或裝置與網路平臺可以相互連接。

七、提供軟體及服務

穿戴式裝置使用的軟體必須能即時更新，以確保穿戴式裝置可以廣泛的使用。

八、越簡單越好

減少穿戴式裝置的硬體設備，可以提高軟體與應用程式的效能。

九、保持最自然的動作

穿戴式裝置必須要方便使用，而使用者不需特別適應或改變本身習慣。

十、提升好的戶外體驗，並可自動化的達成一些事情

使用者可以透過自動化的方式創造更多的時間，讓使用者可以提升戶外休閒的體驗。

穿戴式電子裝置的應用

根據國外的半導體、微機電以及感測裝置的業者表示，穿戴式電子裝置未來在醫療居家照護、資訊娛樂相關以及運動健身三大領域的應用發展最快，也占有最大的商業應用市場。¹²此外，有關於安全、保全和軍事用途等特殊領域的應用的成長也不容小覷，以下將針對穿戴式電子裝置在軍事用途的應用，進行相關的國外文獻探討，茲敘述如下：

一、單兵作戰應用

未來可應用於單兵作戰之穿戴式電子裝置非常的廣泛(如圖三)，包括如下：¹³

(一)頭盔次系統(Helmet Subsystems)

頭盔次系統，包含：頭戴式顯示器(Helmet-Mounted Display)、麥克風(Microphone)與擴音器(Speaker)。

(二)武器次系統(Weapon Subsystems)

武器次系統，包含：影像與熱像儀(Video and Thermal Sights)、瞄準與定位感測器與控制器(Sensors and Controls for Targeting and Aiming)。

(三)通訊與控制單元次系統(Communication and Control Unit Subsystems)

通訊與控制單元次系統，包含：系統控制：電源、音量、亮度(System Controls：Power on、Volume、Brightness)、軍用無線電(Soldier Radio)、通訊處理器(Communication Processor)。

(四)電腦次系統(Computer Subsystems)

電腦次系統，包含：系統管理(System Management)、地圖儲存與追蹤(Map Storage and Retrieval)、任務資料

12 同註11。

13 <http://www.glenair.com/qwikconnect/vol10num1/fig3.jpg>, 2014.

(Mission Data)。

(五)導航次系統 (Navigation Subsystems)

導航次系統，包含：衛星定位與方向導引(GPS and Compass Heading)、系統電源(System Power)、充電與放電式智慧電池(Rechargeable and Disposable Smart Batteries)。

上述這五大次系統與各項電子與感測控制器，可以協助單兵在作戰時掌握通訊、影像、定位與資料處理和傳輸的優勢，是現代化與未來電子、資訊化戰鬥不可或缺的重要個人武器裝備。

二、人體天線應用

穿戴式天線(Wearable Antennas)是穿戴式感測器的關鍵元件之一。近年來，由於人體區域網路(Body Area Networks, BANs)與無線個人區域網路(Wireless Personal Area Networks, WPANs)，甚至是生醫感測器網路的相關研究工作，受到國際高度的重視，也因此造就了穿戴式天線日益的成長。¹⁴早期在軍事的應用中，可攜式射頻裝置就與天線進行結合，並且放置在人體的周遭附近，以便執行相關的任務。之後，隨著呼叫器與行

圖三 未來可應用於單兵作戰之穿戴式電子裝置



資料來源：<http://www.glenair.com/qwikconnect/vol10num1/fig3.jpg>, 2014,3.

動電話的普及，穿戴式天線逐漸與人體產生接觸，因此天線與人體反應的相關研究愈來愈受到研究人員的重視，也發表了許多研究成果。2011年，英國國防研究人員發表一款軍用「人體穿戴式天線」(Body Wearable Antennas)，該天線可以直接黏貼或縫在士兵的制服上，減輕士兵在戰鬥時必須攜帶傳統體積龐大與容易被敵軍發現的通訊裝備。研究人員展示的天線傳輸技術，可以傳輸聲音、影像(藉由士兵頭盔上的攝影機)與透過全球定位系統(Global Positioning System, GPS)進行定位的功能

14 Peter S. Hall and Yang Hao, Wearable antennas for body area networks, (United States: John Wiley & Sons, Ltd, 2011), p.183.



(如圖四)。¹⁵這一套穿戴式天線傳輸技術，可與市售觸碰式智慧型手機進行連結，甚至可與其他的可攜式感測器進行整合，可將戰場的實際畫面即時的傳回指揮中心，讓指揮中心可以再把對士兵可能造成潛在危害的資訊傳遞至其他配有相同智慧型手機的士兵。藉由手機螢幕的影像傳遞，可以避免士兵遭受危害。如上所述，傳統的通訊裝備不但體積龐大，也容易被敵軍發現，另一更嚴重的問題是，若使用通訊裝備的士兵在戰場上是躺在地面上，而與其通話的士兵若是站立，雙方的訊號將會受到嚴重的干擾，更嚴重的情况甚至會造成斷訊。相較之下，人體穿戴短天線，可以依照士兵的需求，將天線本身與士兵的身體進行接觸，可以達到360°全方位的訊號傳遞，對於未來戰場上士兵裝備輕量化與良好的通訊品質有非常突破性的幫助。

三、太陽能應用

近年來，由於地球資源逐漸的枯竭以及節能與環保意識抬頭，能源議題一直是全球最熱門的研究。根據美國國防部(Department of Defense, DoD)的資料統計

圖四 英國研究人員所開發人體穿戴式天線使用情境



資料來源：David Ng, "Body wearable antennas to help lighten the load for soldiers," <http://www.cellular-news.com/story/50869.php>, 2011.

，全美美軍在2012年，耗用了160億美元的液態燃油，而在2013年又增加10億美元，達到170億美元。¹⁶由於美軍使用的燃油，一半以上是由國外進口取得，因此購買價格自然居高不下。除了美軍之外，英軍與澳軍也面臨相同的問題。在如此龐大的液態燃油費用消耗的情況下，美國國防部正在積極的開發軍用穿戴式太陽能電池(Wearable Solar Cells)，期望可以節省燃油費用，同時也可以減少在軍事行動任務中，單兵攜帶笨重電池與燃油重裝備運輸的不便性(如圖五)。根據美軍軍事專家的說法，現代士兵個人裝備中，配備了許多電子零件與儀器，可想而知電力的提供是非常的關鍵重要。傳統的電池電力有限，

15 David Ng, "Body wearable antennas to help lighten the load for soldiers," <http://www.cellular-news.com/story/50869.php> 2011.

16 Grant Turnbull, "Wearable solar cells for soldiers: Running out of energy ?" <http://www.army-technology.com/features/feature-wearable-solar-cells-soldiers-running-out-of-energy/> 2013.

且體積大、重量重，因此非常不利於單兵的行動與作戰。以美國海軍陸戰隊(US Marine)而言，每次出任務都是數週，而非數天。因此，所需攜帶的電池與通訊裝備往往都超過70公斤，目前依照美國海軍陸戰隊需求所開發的穿戴式太陽能電池，雖然發電效率僅有30%，然而體積卻只有大約一張A4紙的大小，攜帶非常方便。然而，美國目前也遭遇軍事預算縮減的命運，因此未來的技術開發勢必受到預算縮減的影響，僅能針對軍用的穿戴式太陽能電池進行開發，可能沒有多餘的預算將相關技術應用至民生領域與產品。

另一方面，英國科學家正在開發一款結合穿戴式太陽能電池與熱電元件(Thermoelectric Device)的軍用士兵制服，可以提供給在艱困與環境溫度多變的戰場士兵使用。¹⁷該制服最大特色就是白天時可以利用太陽能電池進行發電，晚上可以利用熱電元件將士兵體溫和外界空氣的溫差轉換成電源，是一種白天與晚上兼可進行發電的軍用制服。

最後，澳洲國立大學(Australian National University, ANU)與澳洲國防部攜手合作，共同從事軍用輕量穿戴式太陽能板(Wearable Solar Panel)的研究與開發工作。¹⁸負責該計畫的開發經理表示，該計

圖五 美國海軍陸戰隊在加州軍事訓練場地測試穿戴式太陽能電池



資料來源：Grant Turnbull, "Wearable solar cells for soldiers: Running out of energy?," <http://www.army-technology.com/features/feature-wearable-solar-cells-soldiers-running-out-of-energy/>, 2013.

畫最主要的目的是希望藉由穿戴式電子裝置，可以幫助戰場士兵在近距離的戰鬥中，強化戰術作戰能力與存活率。這些穿戴式電子裝置需要電源來維持正常的運作，而傳統的電池體積大且非常的笨重，同時每種不同形式的電池需要攜帶不同的充電裝置，造成攜帶與使用非常的不方便。該計畫所開發的輕量穿戴式太陽能板可以配載在電源供應器上，藉由太陽光電效應產生電力，可以在整個執行任務的過程中，提供電源給士兵穿戴的其他電子裝置，大幅減輕士兵個人裝備的重量，有助於士兵機動性與戰鬥能力的提升。

四、未來穿戴式電子裝置發展關鍵

未來穿戴式電子裝置是否能夠大量的

17 <http://www.plusplasticelectronics.com/energy/wearable-solar-cell-to-aid-uk-soldiers-27331.aspx>, 2014.

18 Energy Harvesting Journal, "Wearable solar power for Australian soldiers," <http://www.energyharvestingjournal.com/articles/wearable-solar-power-for-australian-soldiers-00003691.asp?sessionid=1>, 2011.



普及與應用在民生消費與國防軍事領域，取決於接下來幾年的技術發展與社會潮流的影響。就技術發展層面而言，以下的幾個技術發展方向扮演非常關鍵重要的角色，茲敘述如下：¹⁹

(一)開發先進材料技術

英國愛塞特大學(University of Exeter)研究人員宣稱已經成功的開發一種名為「GhaphExeter」的導電石墨材料，該材料具有比傳統氧化銦錫(Indium Tin Oxide)更好的可撓性，因此非常適用於製造穿戴式電腦，許多昂貴的電子零件材料在2017年可能會枯竭耗用完畢，所以開發便宜替代性的導電材料就顯得非常重要。

(二)開發藍芽4.0技術

由於藍芽4.0消耗的功率較低，而且傳輸訊號速度較快，對於一些醫療電子零件與民生消費性的手錶與手環而言，傳輸效果非常好，是未來健康與休閒市場重要的訊號傳輸平臺，也是相關穿戴式電子產品是否能普及的重要影響因素之一。

(三)開發近場通訊技術

近場通訊技術(Near Field Communication, NFC)是未來穿戴式電子是否能夠普及的另一個關鍵因素。近場通訊技術可以廣泛的應用在付費行動裝置與通訊服務，目前在國外已經有若干的穿戴式電子裝置應用嵌入式(Embedding)近場通訊技術，該技術可以直接付款買電影票、地鐵代幣、運動門票，甚至是星巴克(Starbucks)咖啡，而不需使用其他任何的卡片或行動電話。未來，消費者甚至可以使用該技術平臺進行轉帳服務。

五、我國國軍發展穿戴式電子裝置策略與建議

綜上所述，目前國外先進的軍事科研機構，正在積極的開發先進穿戴式電子裝置，以便建構下世代單兵作戰的資通優勢，強化單兵作戰的機動能力。反觀國內目前無論在軍用或民生的穿戴式電子裝置技術與專利布局仍然落後國外一大段距離，為了能夠迎頭趕上國外的技術，筆者特別提出以下三項策略與建議，以供國軍未來發展穿戴式軍用電子裝置參考，茲敘述如下：

(一)紡織技術與3C電子產品的結合

紡織產業雖然是屬於傳統產業，綜觀國內近年來在發展傳統的紡織相關技術已有長足的進展。然而，未來紡織產業勢必要再提升其附加價值與產值，且必須要有新的創新思維。而紡織技術與3C電子產品的結合，是非常具有潛力的研究發展方向。由本文的介紹可以清楚瞭解，許多軍用的穿戴式電子裝置都是裝置在士兵的制服內部或外部，因此也是屬於一種紡織技術與3C電子產品的研究範疇。然而，電子產品若要放置在紡織衣服內部仍然有許多的技術需要克服，例如：含有電子裝置的衣服要如何洗滌，電子產品是否會有漏電而影響使用者等相關議題。近年來，亦有許多人在從事導電紡織品的開發，其目的就是希望紡織物品也可以導電，將非常有助於紡織品與電子產品的結合。筆者認為目前最熱門的3D列印技術或許可以將電子裝置直接列印在不導電的紡織物品上，再搭配微(小)型自主或太陽能電池，將可在紡織物品上形成可撓式的穿戴式

19 同註1。

電子裝置。

(二)C⁴感測器的研究與開發

C⁴感測器是目前經濟部技術處與新成立的科技部，積極推動國內業者與學術研究單位進行異業結盟與上下游產業垂直整合的國家重要科技政策之一。由於C⁴感測器橫跨應用的領域非常廣泛，包括：聲、光、熱、力、化、流、生、醫等跨界專業領域，因此整合我國半導體產業的設計與製造流程乃有其重要性與必要性。而就發展穿戴式電子裝置而言，各式的感測器是重要的組成元件之一，此技術也將直接影響穿戴式電子裝置的研究與開發。以國外為例，由於國外許多感測器的技術與產品都非常成熟，也造就國外近年在發展穿戴式電子裝置獨占領先優勢，筆者則建議國內仍要積極推動相關C⁴智慧電子感測器技術研究與開發計畫，藉由異業結盟與產業上下游垂直整合，提高國內廠商的競爭優勢與產品附加價值。

(三)微小能源技術的研究與開發

一般而言，穿戴式電子裝置的體積通常非常的小，其發展需求勢必將朝向「微小化」與「輕量化」的趨勢發展，傳統的電池或其他能源系統將無法符合微(小)型的穿戴式電子產品使用，而可穿戴式電子裝置其核心關鍵技術可能不再是電子運算的問題，而是電池續航力的問題，因此微(小)型電池與儲能(Energy Storage)裝置的發展，將是非常重要且刻不容緩的議題。就發展微小化與輕量化的結構而言，微機電技術(Microelectromechanical System, MEMS)將扮演非常關鍵重要的角色。微機電是一種製造與整合微小機械與電子元件或系統的製程技術，該技術可以利用一般IC半導體製程進行批量式的生產，製造的微系統或元件具有感測、控制、

反應與制動的功能，尺寸範圍約為數微米至數毫米。因此，筆者建議國軍科研單位相關研究計畫，可以朝向微機電技術在微能源的應用領域規劃，對於提升國軍自主研發軍用穿戴式電子裝置有絕對正面的幫助。

結 論

近年來，穿戴式電子裝置受到全球科技與軟體產業非常大的關注、相關的產品也紛紛推陳出新，許多國際的軟體與半導體大廠紛紛投入許多人力與物力，進行相關的研究開發與專利布局。穿戴式電子裝置通常可以裝置在使用者的服裝或其他個人服飾配件以及頭戴式帽子上，利用個人智慧型手機或網路軟體平臺，可以進行無線訊號傳輸，藉以連接不同的穿戴式電子裝置或其他的儀器設備。就軍用的穿戴式電子裝置而言，目前主要應用在單兵作戰、人體天線以及太陽能電池等領域，可提高單兵作戰的機動性、免除士兵攜帶傳統笨重與耗電的通訊電子裝備以及降低人員的傷亡。相較於國外，我國目前在軍用穿戴式電子裝置相關技術的研究與開發較為不足與落後，然而我國最大的優勢在於半導體產業的蓬勃發展與完整的產業供應鏈，未來我國無論是民生電子產業或國軍科技研究單位皆可以積極朝向前文筆者所建議的三大研究與開發方向，包括：「紡織技術與3C電子產品的結合」、「C⁴感測器的研究與開發」以及「微小能源技術的研究與開發」進行技術深耕、異業結盟與高價值專利布局，才能迎頭趕上國外的科技大廠，在未來穿戴式電子裝置的世界中占有舉足輕重的地位，為我國帶來更多的就業機會與產業效益。

(選錄自通資半年刊123期)