

整合無線傳輸功能的智慧衣

1. 前言

目前，許多材料及紡織品的製造商已不斷地研發出新款式的紡織品，並能得到很多特殊機能，諸如良好手感、透氣性、排汗性、防水性、以及防UV的效果，有些織物甚至可以散發出香味來；科學家們從不同的角度投入研究，因此在衣服內製造出含有電腦功能的技術已有長足的發展進步。自古以來，衣服的作用主要是能讓人類在大自然的環境及身邊周遭，能有保暖、保持身體乾淨衛生、以及防護傷害的功能。

部份的電腦配件，像是鍵盤、LCD、電池、硬碟及滑鼠已經以另一番新面貌，被植入到衣服內，且能搭配衣服及提供人性化的操作；在應用面上，大多數的智慧衣都是以電導線，或導電紗來連接以傳遞訊號，但無線式的LAN PCMCIA卡可以用來存取電子郵件(emails)及網際網路，而且某些在衣服內的裝置間會以無線形式來連接。使用無線網路架構有一些重要的事情必須要注意到，也就是要能滿足操作者所受到的電磁波安全性、低成本、多樣化性、容易使用性、容易保養維修…等。

2. 飛利浦公司的織物天線

在圖 1 中所示，如同在行動電話內的天線裝置一般，其設計的理念必須被縮小以方便成為手機的一個小零件；但是無庸置疑的是，天線尺寸減小了，其效能同時也打了折扣。在本文中，介紹以導電性織物來編織較大型且軟式的天線，以整合入服飾中，圖 1 中則表示了目前已研發成功的 900MHz 頻率天線，其同時亦能被整合入夾克內。

經由實驗證實，在一般情況的使用下，本織物天線可以達到比傳統在無線電話或手機內的天線，其效能強上五倍之多；若能配合使用本織物天線的電話系統，則可以改善其收發訊息的效果，以及改善電池的使用壽命。



圖 1 為織物天線

3. 喬治亞理工大學的遠距用醫療保健衣

關於智慧型襯衫 (Smart Shirt) 的技術，表 1 中顯示了智慧型襯衫的設計及發展過程，其中含使用者已驗證及測試過，認為某些條件是必需性。歷經了數年來不斷地改進產品，Wearable Motherboard (or Smart Shirt)也已經更新了許多成功

的版本，當然此套智慧衣已經不斷地從各方面的需求來加強功能及用途，包含了各種功能性、可用性、舒適性、操作簡單化、以及服飾的美觀設計上等各方面。

表1 針對智慧型襯衫系統有關於使用者的需求性分析

項目	內容	項目	內容
功能性	<ul style="list-style-type: none"> ● 生理訊號監測 ● 含通訊功能的 ● 可外接其它外部的設備 ● 能強化看護病人的安全及品質 	效益性	<ul style="list-style-type: none"> ● 尺寸大小合身的 ● 資料傳輸的速度快 ● 低失誤率的 ● 成本低 ● 資料的完整性 ● 隱私保密性佳 ● 可量產的

圖2 中則是顯示應用在醫療方面時，本研究中Wearable Motherboard的架構，具舒適性功能的紡織品(含不織布、針織布、及梭織布等)提供了Wearable Motherboard整個工作平台以及可穿戴功能的架構。已發展成功的內部隱藏式配線技術，現在是使用在製造出一具彈性且可穿戴式的架構內，如此的設計可以插入感測器，並針對各種的生理訊號進行監測，含心跳率、呼吸率、心電圖、體溫、及SpO₂ (pulse oximetry)；另外，在智慧型襯衫內植入擴音器，使得個人的語音可以錄製起來，如圖3 中所示。

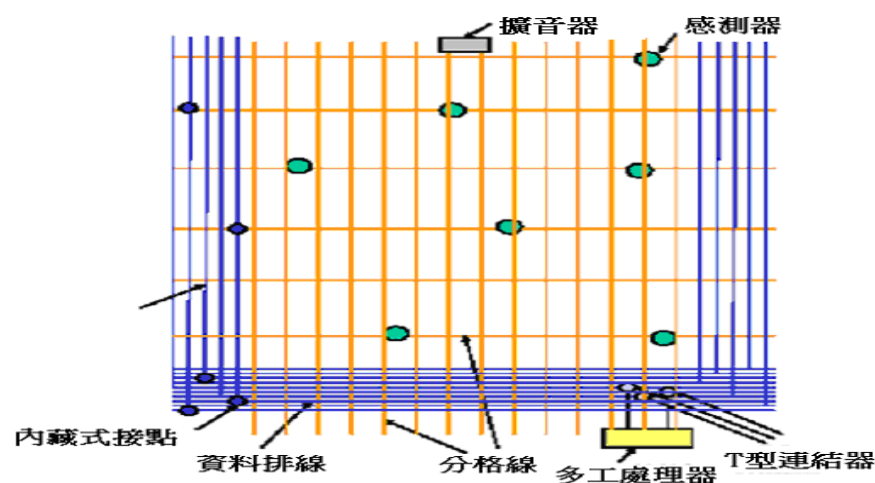


圖2 Wearable Motherboard的架構說明

這些感測器可以置於身體上任何想要測量的位置點上，且能直接插入到智慧型襯衫內，還有彈性的資料排線可整合到智慧衣內以方便傳輸資料用，一般資料的傳輸多是從感測器到多工處理器上，或稱之為智慧衣的控制器。此控制器依序處理這些訊號且以無線方式傳輸(配合適當的通訊協定，諸如Bluetooth, 802.11b)到預定的位置上(像是醫生的辦公室、醫院、或是戰場上的電腦工作站上)。排線也用來當成支援從外部插入的設備的訊號接收，以傳輸相關資訊到感測器上(使用者身上所穿戴的)。

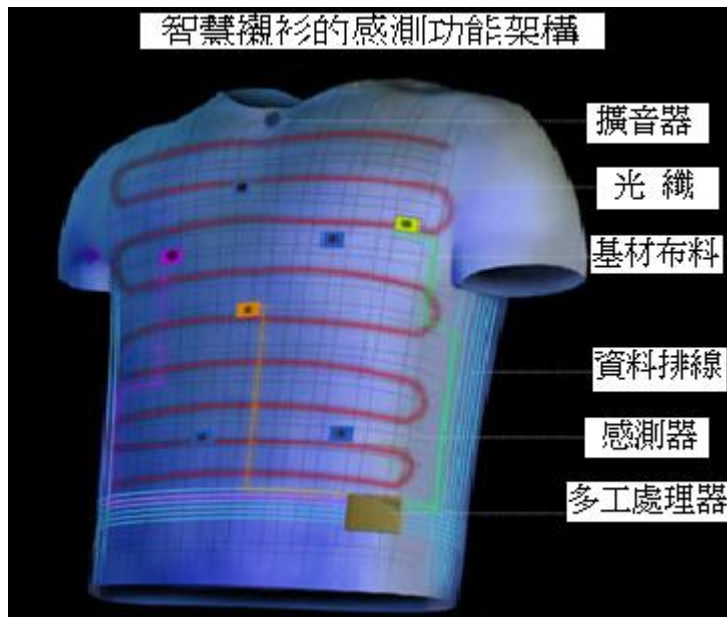


圖3 智慧襯衫的偵測功能架構及安置

穿戴式模型（motherboard）或是隨插即用（plug and play）的概念，可以讓使用者容易地將其它非屬於智慧型襯衫內的感測器整合到此架構內。例如，有一種用來偵測空氣中的含氧量多寡或是危險氣體存在的感測器，可以輕易地插入到智慧型襯衫上，如此在火災的現場消防員便可以穿上它，作為探測火場各種不良或是毒性氣體用。

同時與生理訊號一起的其它資訊，可以被傳輸到指揮中心或是救災中心，以方便監測者能繼續地監測消防員的生理狀態，並提供適當的救難指導，例如在必要的時刻，下命在火場中的該消防員從危險的場所撤離。在智慧型襯衫的使用測試上，關於生理監測的功能已經通過測試，其是由真人穿戴著智慧衣，來進行心跳率、呼吸率、心電圖、及體溫的量測，並使用已商業化且市售的感測器產品來支援，以方便直接插入到智慧型襯衫上來使用。

這些資料會以無線的方式傳輸到個人電腦上，可以看到心電圖的波形顯示在人機介面上，如此說明了Wearable Motherboard的概念具體化實現之狀況，是可以輕易地達到的。就像是一般居家常穿的內衣一樣，智慧型襯衫穿起來也是令人感到舒適的，而且容易地穿上及脫下它。為了使在某些較嚴重的病人在穿著時，自己無法像內衣一樣地可以從頭上套過頸部的穿衣動作，此套智慧型襯衫便在其前面及後面加上了Velcro® 以及拉鍊，如此，病人不但容易地穿戴上，而且使智慧衣能緊貼著使用者身體，以達到良好的貼身感測效果（對生理感測器而言，必須緊密地貼合在人體表面上）。

圖4 中說明了智慧型襯衫在各種場合的使用，像是戰場、公共安全、個人生理監測、運動、及健康等等；使用各種感測器將身體上的生理訊號收集起來，並經由智慧衣傳送到其控制器的位置加以處理，在控制器上已數位化的生理訊號會以無線的方式，經由通訊資料設備（communications information infrastructure）傳輸到所要應用的場所，諸如消防員的通訊系統、戰場上的通訊設施上、醫院的通訊網路上、個人家中的Wi-Fi網路上、或是其可相對應的監測工作站上；在此，這最後的資料顯示及管理系統，是一種由知識庫及資料庫所建立的決策及支援系

統，可以即時地收到生理訊號的資料，並且同時地提供正確的處理方法給智慧衣使用者參考。

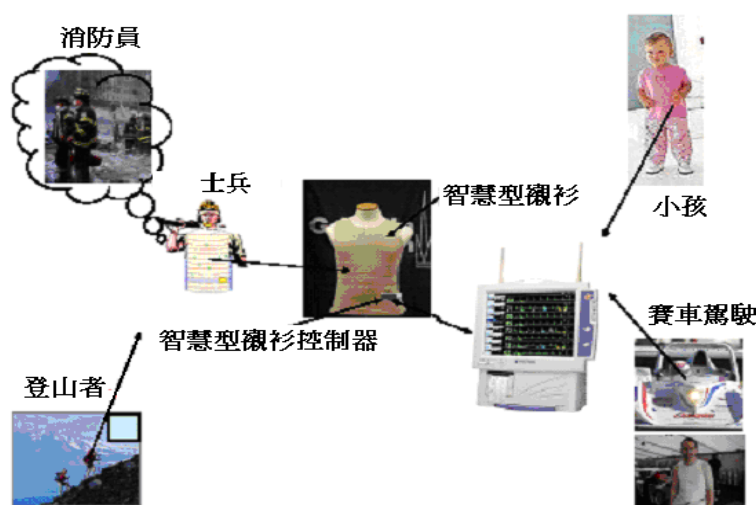


圖4 智慧型襯衫在各領域的應用例

4. 比利時星星實驗室的FAN通訊智慧衣

在人際關係繁忙的今日，使用衣服及其配件可以達到無線通訊的功能，將一般民生所需的功能融入成隨身化服務，做到人際間彼此資訊流通及可感應性網路系統的程度；在本節中，將描述以紡織品為工作平台的織物區域網路系統(Fabric Area Network, 簡稱FAN)架構，並討論到FAN的網路收發系統對人體之安全性，以及低能源使用率與低成本的無線連接，是可以很容易地植入到衣服內。因為RF通訊的範圍是受限於衣服的表面，資料傳遞的頻寬及安全性是可以被很容易地掌控住；並以無線連接的方法來供應衣服上的能源。

在本節中，一種新的無線式通訊架構，是可以被運用在織物上的網路配置系統及感應作用，也就是織物區域網路(Fabric Area Network)的技術及架構；目前在實驗室階段已有些成功的實驗成果來證實FAN的可行性，當然，在未來仍有許多的實驗有待驗證，需要科學家們持續在此方面貢獻心力。

4.1. 織物區域網路(Fabric Area Network)

在工業界已大力地開發使用無線技術的個人化區域網路(personal area networking)系統，也因此，在不久之日，市面上將充斥著各種以無線式來達到通訊目的之各式各樣的電子裝置，以提供給人們日常生活中的方便性使用；較令人感到有興趣的將是已被廣泛使用中的手機通訊。

FAN技術提供了一種可行的解決方案，FAN使用了射頻(RF)領域的近場感應作用，來達到藍芽裝置間的無線通訊功能；有一個重要的因素存在，那就是射頻的近場感應強度會隨著其間距離的三次方而衰減，也因此，電磁場的感應範圍將會被限制在衣服的表面區域，不會輻射到人體內。由於感應線圈的物理作用原理，導致通訊電波的範圍也會被侷限在射頻天線感應的通訊路徑上，其訊號傳遞是在一具重疊性的空間上，而不會像其它例如藍芽一般全方向性的傳播。

一般而言，RFID系統在其架構及應用上，大多數已經包含了單一線圈的設

計方式；FAN架構是一種新穎的且創新性的方法，使用多個RFID通訊來構成在衣服上的無線網路連接通訊；目前為止，RFID應用在衣服上的技術，在比利時Starlab的科學家開始研究FAN以前，於全世界並無相關文獻可以參考。使用低頻的RFID，其一般的有效工作範圍是10公分；為了在人體上構築一有效的範圍，以180公分身高的正常人為例，其將需要使用一直徑為2.54公尺的圓形天線（假設你是沿著你的腰身來穿戴著這個天線）。但是FAN運用僅有小於2cm短距離的天線，來規避了這個問題；並能在無線設備或是連接點間規劃佈局這些天線，以完成可資料傳輸的網路系統。

在衣服上的FAN架構如圖5所示，像是天體星座的散開分佈，在衣服各部位末端的幾個節點使用天線，以當成資料通訊用的埠（Ports）；方便從中央控制平台到衣服上的各定點之間，能有固定的無線通訊路徑產生。天線是被架設安裝在褲子的前面及後面口袋內、襯衫口袋、褲子末端的袖口、袖子上、襯衫背面、以及其它定位，這些天線可以直接與中央控制器的晶片通訊，這些晶片是嵌入在錢包、鞋子、筆、手錶、配件、或是安裝於可背於肩上或是背部之背包內的某個位置。

為了能够使無線通訊穿越不同層的衣物及間隔層厚度，採用重複性的射頻傳送機制，像是一種通訊中繼站的跳躍式網路連接；對使用此方法而言，接地與電路之間的隔離作用將會是一項優點。如圖5的衣服上所示，使用各種形狀的天線，像是方形、圓形、或是三角形等標誌來定義出這些點，或是表示在各層衣物間無線跳躍傳輸及訊號收發的埠（Ports）；運用這種方式，穿戴者將不必要忙亂地依照著接線圖來把各層衣物間的訊號通訊線結合在一起；如此的無線通訊方式，將會使你在穿上這智慧型服飾時，如同套上一件夾克一般地輕便。

這全世界第一套FAN的智慧型服飾是使用125kHz頻率的RFID技術來完成的，若依照操作及應用的頻率來看，通訊的傳播速率變化可以從1到10kbps（針對可讀寫的通訊裝置而言），也可以大於100kbps以上（可能針對唯讀的通訊裝置）；FAN天線必須是可以被適當地調整到一個合適的Q值範圍，大概是12到15之間，以提高訊號收發的範圍及電波耦合的效益。

4.2. FAN的架構

一般而言，衣服從外觀看來是由多層織物或是紡織品所組成的，人們會依照著季節、氣候、流行時尚、美觀搭配、或是其它原因，來穿著其所需要的衣物；另一方面，針對織物的每一層也可以再重新思考設計，例如加入一獨特的功能以達到特殊的用途。

在織物的每一層內可以因不同需求來構築各種特殊的功能，例如感測層、驅動層、聲音層、視覺效果層、介面用途層、儲存層、運動層、記憶層以及更多功能的設計。就好像在感測層可以嵌入無線式的感測器基座，合併有生理的及生物的檢測功能，以收集人體的相關資訊、肢體的運動或移動參數、心律、或是環境中的一氧化碳及粉體…等等；這些資料將會依據正常人活動的生活作息時間來被採樣並收集，然後經由感測器的訊號發送裝置，以無線方式傳輸到作業平台進行訊號的分析處理，或是傳送到身體外的連接器或電子配件。FAN系統可以與無線網際網路相互溝通，以完成像是運動相關或是健康之類的應用服務功能。

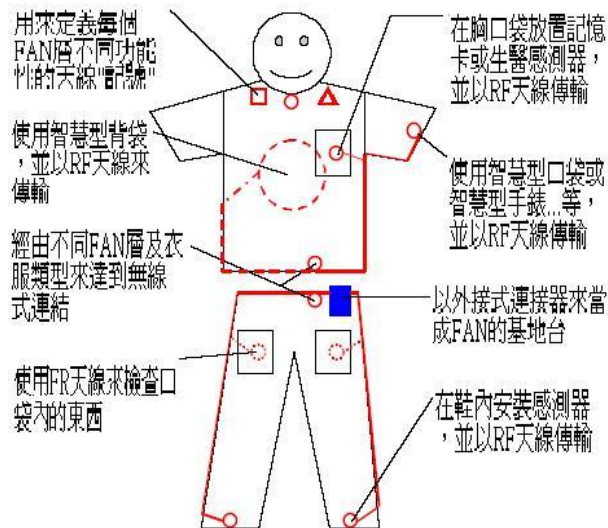


圖5 無線式FAN(Fabric Area Network)的架構

這種多層式織物的模式可以提供許多的選擇，以用來構築個人化用途的智慧型服飾，以致於能創造出一套全新且廣大範圍的應用，同時，也是一種平價化的又具有一般性用途的服務目的。

此射頻基座埠(ports)到各層衣物的訊號收發埠之間的路徑，是建立於最內層的衣物上；以此襯衫為基準，與其它部位相比較而言，在設計上衣服的頸部及肩部是固定不動的，然而，襯衫會因重力而下垂變形，是故肩部位置便有支撐住衣服重心的作用產生，這將是放置無線訊號收發平台的一個好位置。此外，最內層衣物的較低部位，是可以放置無訊號收發平台到長褲或是短褲內的。

4.3. 應用實例

如圖6 所示，其是列舉一例來說明FAN的可行性應用，在此應用例中，鑰匙、錢包、及此層衣物都被貼上了唯一的ID標籤；當上述這些含ID標籤物都在天線線圈的範疇內時，若是有物品掉入口袋內時，感測裝置會使用天線線圈來確認口袋內的物品身份，使穿著者能得知口袋內物品的真實身份。FAN的應用可認證電子錢包，並在每一次錢包的錢是增加或是減少時，播放不同的音樂或聲響；以沖馬桶的聲音來表示錢的減少，以錢幣投入撲滿的聲音來表示錢的增加。而不同的沖馬桶聲可以用來認別交易量的差別數值以及交易者為小孩、配偶、或是姻親關係者；依據沖刷聲音的強度，來決定停止交易或是制定一些過度花費的罰則。

另一方面，由儲存或是拍賣...等其它方式來增加錢的收入者，亦可以同樣的手法使用不同的聲音來識別。穿著者生理檢測的資料可下載到鑰匙上，然後依照各種工作環境的危險性，這些生理資訊可以提示穿著者是否進入該環境或擔任該工作。

另一種應用是防盜功能，其可以監測口袋內錢包的安全性；若是任何時候錢包遭偷竊時，警報會響起以通知穿著者，並且所有在錢包上貼上ID標籤的各種金融交易活動將會立即關閉起來。FAN操作系統保持這些含ID標籤的資料庫，依據這些資料庫，以提供特定的服務給穿戴者。由於不斷地開發FAN織物層的各种功能，使得與IT產業相關的電子商務、手機商務、及無線通訊協定(WAP)應用，

有更多層次的應用及更廣大範圍的服務。

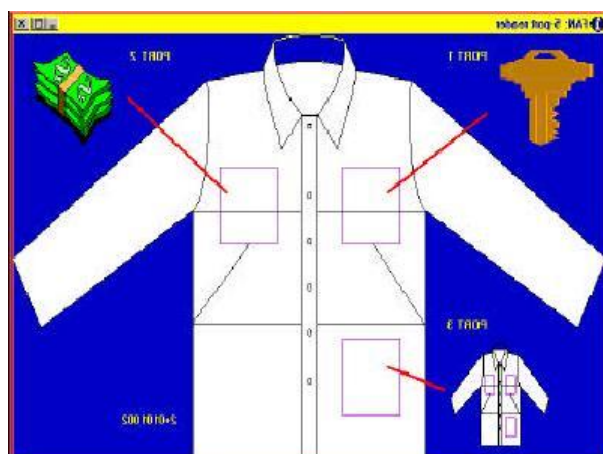


圖6 附加衣服上物件的偵測及檢驗的應用例；安裝在口袋內的智慧型卡片及記憶晶片等智慧型產品，可以經由FAN網路來存取資料

4.4. 討論

目前FAN架構的實體層及資料層已經設計完備，射頻織物的網路連線可以在衣服上使用無線通訊或是當成FAN多層織物模型的通訊平台；在本文中，一種在衣服上新的無線網路及資料通訊架構已經具體成形，並且被普遍地推廣應用及手機相關的資訊服務上，此技術是對人體安全的、低成本的、且容易維修的；FAN的前端處理可以被當成其它周邊設備連接到FAN架構上的界面。

最後，含FAN的電子裝置（例如感測、聲音、記憶、或是影像功能的裝置）也可以使用FAN的前端處理及通訊協定來配合，以完成一全方位的網路作業及感測系統；防震功能的通訊協定會被發展以用來同時控制多重FAN裝置。其它網路規格及網路作業的通訊協定，因應網路作業的效益及資料傳輸的快慢，也會逐漸地被開發出來；目前在發展中的FAN織物層含媒體存取控制層(Media Access Control)及，FAN OSI網路作業模組的應用層。

其它的操作頻率將會陸續地被開發出來，以發展出各種形式的功能，像是頻寬的連線及服務；此時此刻，某些含商業機密的研究報告並不宜公告出來。已有一些專利正在申請中以及某些正在資料整理的程序中，以備申請專利。

5. 流行服飾設計師的摩登通訊電子衣

在義大利之高級女性時裝業(例如：Alta Moda, High Fashion)的服飾設計目標上，是在於創造令人心動的形象及個人獨特的風味；高級女性時裝業(Haute Couture)設計出的一套衣服僅由一位顧客所有，因此這套服飾將會針對這位顧客來量身訂作，使這位顧客在穿著此惟一的衣服時，能得到更多注目的眼光。一種革新式的整合製程將提供新的服飾功能及使用上的多樣化，以使人們更加愛用；在未來，能考量到廣泛且持續地受到大眾接受者，將是一種無懈可擊的服裝款式。只有當使用安全且富柔軟性的電子產品，能結合時髦的流行服飾，才會讓消費者察覺高科技服飾使用起來是有價值的、實用性高的、且令人想要穿的。



圖7 Alexandra Fede服裝設計師所設計之E-apparel高科技服飾的成品展示



圖8 中為E-apparel的設計藍圖



圖9 為實際上E-apparel高科技服飾的展示效果

“E-apparel”是意味著衣服具有電子通訊的功能，如此我們便不再需要隨身攜帶著“手持式”手機或電子通訊設備，直接透過衣服能和其他人相互連絡；

如此，比起以前是改善了我們的通訊環境。比起傳統服飾及時尚流行服裝而言，E-apparel的確擁有另外一番新的面貌，但外表感觀卻如同一般衣服，如圖7 中所示；因為其把“電子化產品”融入或是隱藏著了，令人感到不顯目而破壞服飾的美感，而可依使用者個人條件及應用面而改變功能。

“E-apparel”的設計款式及未來電子功能的配備，必須要能配合使用者真正的需求、使用習性、以及個人喜好的格調；人們應該是會喜愛去選擇且穿戴此類高科技服飾，對於衣服內的”電子化產品”要能感到舒適性、具有安全感、能操控衣服本質以外的功能、又能享受到此服飾的流行性。此時，“E-apparel”款式設計也開始注意到使用者的各種體態及姿勢，這意味著設計款式在加入微小手機等電子產品後，能朝向吸引著使用者消費，且穿著時能表現出不破壞服飾美感的肢體姿態；在圖8 中為設計藍圖，在圖9 中則為實際高科技服飾的展示。

在傳統服飾設計的範疇下，人體工學設計及優雅的姿態展現是重點，高科技產品融入衣服後，這也是必要的考量條件；經由高科技服飾穿著者的意見以及測試者的實驗結果，可以用來判定出被穿著的高科技服飾、穿著者、以及穿戴時走動的姿勢是否協調順眼的。因此，服裝設計師不再僅滿足於靜態的繪圖及模擬，更需要時刻去觀察使用者的穿著習性，且將整合”電子化產品”的高科技服飾在穿戴時能有互動且成為衣服不可分離的一部份，讓使用者能享受到個人化風格的用途。

6. Infineon 公司的通訊用滑雪衣

圖 10 為滑雪用智慧衣，THE HUB 滑雪用夾克是使用導電織物來連線晶片模組，使安全帽中的內建擴音器及夾克上織物鍵盤可以傳遞訊號；此晶片模組包含了 MP3 播放系統以及藍芽模組，因此，滑雪者不需用手卻可以自由地操控手機，若是使用者想要打手機時，可經由耳機來聽取，且擴音器是內裝於夾克的衣領上。



圖 10 為通訊滑雪衣

這些由 Infineon 公司所開發出來智慧衣的初期產品，是以流行服飾加以整合實用且合適的微電子元件來發展，智慧衣為紡織及成衣業開啟一新興市場，在未來這是非常廣泛的應用，再經由新發展的晶片技術不斷地更新，使得 Infineon 公司在未來會把產品發展方向定位在另一款智慧衣上，其整合了手機功能、全球定位系統(GPS)、或是藍芽等硬體，以求達到無線通訊傳輸、人體定位以及安全

在使這些無線裝置變得可靠性佳以及被廣泛地使用以前，必須花些時間在初始格式化的階段上，如圖 11 中所示。

此外，除了蓄意性的行為外，經由智慧襯衫轉換傳輸的資料是有醫療目的性地被使用，而且容易被其它不相干的人看到；這些個人化的資料庫也可以進行網路連接，以提供更廣泛地應用。上述的這些可能性都會危害到個人隱私權。另一方面，在使用遠距醫療及上述的各種功能，以協助病人在手術後的復原工作；但也有可能應用在另一種情況，在病人過早離開醫院時，醫生們可以依賴這件衣服及相關技術來監測病人的健康及復原狀態。

參考文獻

1. www.bluetooth.com
2. Application note: EMAN1099/Rev.B, EM Microelectronics-Marin SA.
3. Steve Mott, "The second generation of digital commerce solutions", *Computer Networks*, Elsevier, vol. 32, pp.669-683, 2000.
4. www.iwear.com
5. <http://www.infineon.com>
6. Bernd Burchard et al., "Devices, Software, their Applications and Requirements for Wearable Electronics", *International Conference on Consumer Electronics*, Digest of technical papers, pp.224-225, 2001
7. www.alexandrafede.com