# 從無線通訊的發展趨勢 探討未來手機零組件的 市場機會

◆洪峰源\* 聚致吉\*\*

工研院工業材料研究所

\*顧問

\*\*無機組 無線通訊關鍵零組件專案工程師

#### 摘要

通訊的基本定義是溝通,是意見、意念、資訊與視覺、聽覺甚至心靈的交換。 電訊的發明使得通訊在最短的時間內將溝通的距離縮小,

並同時讓許多人明瞭對方表達的內容。

無線通訊的基本定義是指在某一個通訊階段,其交換訊息之方式不經過有形的管道。

長久以來,發展無線通訊的目的其實是為降低有線設備的成本,

因此無線通訊的構成,基本上仍需要有線的設備與無線的終端傳輸系統。

無線通訊可以單向也可以雙向,不一定只是遠距離傳輸的應用,

也不一定是空氣當介質來傳輸。

**淀無線手機的發展歷程看各階段產品的成本評估**,

當價值轉變浚無線通訊產業的金牛(Beef)何在?金牛將會長成多大?

長成甚麼樣?而吾人又如何看金牛的價值?是本文主要的探討。

#### 關鍵詞

無線通訊(Wireless Communication or Radio Communication); 空氣介質(Air Interface); 射頻(Radio Frequency); 基頻(Baseband); 軟體控制的射頻電路(Software Defined Radio); 通訊協定軟體(Protocol Software); 人機介面(Human Interface); 離散元件 (Discrete Component or Chip); 功能組件或模組(Embed Function or Module)

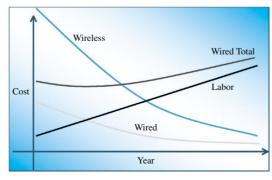
#### 前言

4月26、27日由經濟部工業局無線通 訊聯盟關鍵零組件開發及應用SIG暨 Wireless Terminal SIG所共同舉辦的 『GaAs 半導體與無線通訊技術發展研討 會』,會中,來自工研院材料所顧問洪惟 源博士有一場精闢的演講。洪博士這席 演講的特點在於跳脫了製造面,而從產 業價值鏈去分析,目的是為國内無線通 訊相關零組件產業提供概念上的協助, 並作為長程規畫上的策略參考。本文以 這次演講内容為經,另以洪博士近年來 幾次為國内產、學界所作的專題演講的 精髓為緯所構成。

#### 通訊與無線通訊的定義 及演進

通訊的基本定義是溝通,是意見、 意念、資訊與視覺、聽覺甚至心靈的交 換。溝通的方式可以用語言、信號、文 字等等。溝通可以是人與人、人與動 物、人與機器、機器與機器、人與靈甚 至人與上帝的任何方式與任何動作。因 此傳輸方式就可以藉聲帶(說話)、音響 (音樂、樂器)、空氣(各頻段波長或電 磁波、煙霧)、信件、旗語、標誌或指 標, 甚至靈媒或信仰等。

▶圖一 通訊 費用的趨勢統 資料來源:洪 博士演講稿, 2001/4/26 °



電訊的發明使得通訊達到了兩個重 要的目標:一是在最短的時間内將溝通 的距離縮小,另一個是可以在同一時間 讓許多人明瞭對方表達的内容。

無線涌訊的基本定義是指在某一個 通訊階段,其交換訊息之方式不經過有 形的管道,因此無線通訊的構成基本上 仍需要有線的設備,與無線的終端傳輸 系統。

"Wireless" 給人的錯覺以為是"行 動",然而基本上無線通訊並不等於所 謂的移動(Mobility)。"Wireless"的演 進,在最早以前無線通訊是為了傳遞消 息、資訊之用,例如家裡的收音機、電 視機,這是固定的傳輸,與 "Mobility" 無關,也就說它是定點(Fix)的應用;接 著有無線電對講機(Walky-talky)的單向聲 音傳輸,與大哥大(手機)的雙向聲音 與簡易資訊傳輸;以至近年來年輕族群 認為 "Radio" 必須是到處移動(Move Around)的。然而,我們發現近三、四年 來,無線通訊的發展卻大多集中在定點 (Fix)的應用上,為什麼呢?

# 發展無線通訊的目的, 其實是為降低有線設備 的成本

為什麼 "無線"的發展大多集中在 定點的應用,並且只是用來取代"有線" 的動作,而非僅僅是"Mobility"? 我們 可以從圖一的通訊費用趨勢統計很快的 明白。無論是發展無線或有線通訊,其 實質硬體成本所需的費用長久以來都是 逐年下降的,其中有線的成本大約已達 底線甚至有往上升的趨勢,而無線的成 本更是快速下滑,然而為了達成通訊的 功效,架設或裝置這些有線設備其所需 之人力成本卻是逐年增加的,如此以來 整體的通訊費用也相對的逐年增加。這 種現象尤其在古老不想被破壞的都市更 加明顯:為了要架設一組基地台設備或 要裝置幾組交換機,皆必須動用許多人 力,方使通訊的功能得以達成,那麼反 過來想一想,為什麼我們不發展"無線" 來取代"有線"呢?

## 無線通訊可以單向也可 以雙向,不一定只是遠 距離傳輸的應用

在衆多的通訊方式中,以聲音的傳 輸最為吾人所熟悉了。然而隨著需求的 發展,通訊的方式不再只限於人與人的 交談,更包括了人與機器,以及機器 (數據) 對機器的溝通。而溝通的方式不 僅是單向或雙向,更分有線或無線。在 雙向無線通訊的傳輸中所必須思考的包 括了:基地台(Base Station),中繼器 (Repeater)、路線撥接(Land Line Switch)、電腦(Computer)、手機(Hand Set)、電源供應器(Power Supply)、頻帶 (Frequency Band)、頻道(Channel)、頻寬 (Channel Width)、距離(Distance),以及系

統設計的哲理(即所謂的System Philosophy) 等。

在各類的無線通訊中,既然雙向通 訊早已是各大強國所爭的戰場,然何不 看看單向通訊的市場有那些呢?在最近 的發展中,單向通訊的系統包括:全球 定位系統(GPS)、儀表的讀取(Utility Meter Reader)、遙測(Remote Sensing)、 遙控(Remote Controller)、遠距離識別 (Remote ID)、 直播衛星 (Direct Broadcasting)、訊息傳遞(Messaging)等, 這些系統的應用整理如表一。

無線通訊可以是定點傳輸,也可以 是移動式的傳輸;它可以是長距離的傳 輸、也可以是短距離的溝通與控制,所 以無線通訊不一定用距離去衡量。例如 最近的熱門話題一藍芽(Bluetooth)或智慧 卡(Smart Card)就是一個很好的例子。

#### 無線通訊不一定以空氣

無線通訊不一定要用空氣當介質(Air Interface)來傳輸,它可以是地表面波,也 可以是家裡的電線,不一定要經過空 氣。最重要的是無線通訊不一定要是射

表一 無線通訊單向傳輸之應用

系統	應用
全球定位系統(GPS)	滑雪場、童子軍露營、高爾夫球場、汽車定位、交通
	報導、海空航運定位
儀錶的讀取(utility meter reader)	水/電錶的讀取、油量/瓦斯的讀取
搖測(Remote sensing)	高溫窯爐、鋼鐵作業現場的監測
遙控(Remote controller)	同上之外、尚有工廠自動化、牧場自動化、…等
遠距離識別(Remote ID)	汽車辨識收費、飛機或船隻進出口之貨櫃管理、監測
	牛羊活動記錄…等
直播衛星(Direct Broadcasting)	衛星電視
訊息傳遞(messaging)	呼叫器、秘書臺傳輸

資料來源:近代工程研討會,1996.12.19,材料所ITIS彙整。

頻或電磁波,它也可以是超音波,也可 以是紅外線,這些都是屬於無線通訊的 領域。

但是為什麼要用射頻, 射頻的好處 何在?假如所需要的通訊應用上不能有 方向性(Non-Directional),信號衰減率必 須很少(Low Attenuation),或是走的距離 要比較長,或是需要透過某種介質,或 穿透牆壁等的考量,這時就必須考量藉 由電磁波來傳輸了。

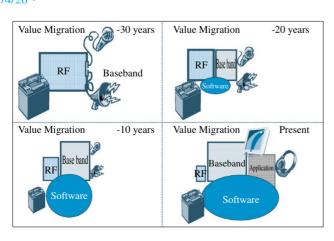
然而當考量用電磁波傳輸時,由於 頻率範圍寬廣,我們又要考慮另一個動 作,那就是調變(Tunable)。這只有在射頻 範圍才需要的動作。其他像超音波(礙 於Physical Dimension) 或紅外線皆只有 一個波長,因而也沒有調變的需求。

## 從無線手機的發展歷程 看各階段產品的成本評 仕

談到用電磁波傳輸,終於導入本文 的主題一無線手機的發展。從圖二我們 無線 可以看到:三十年前的無線通訊用電話 構造非常簡單,除了RF之外,可以看到 資料來源:洪 的有天線、麥克風、喇叭以及份量很重 的電池,其中RF線路絕大多數以電晶體

手機的發展歷

博士演講稿, 2001/4/26 °



(Transistor)構成,基頻(Baseband)只當作 是一個偵測器(Detector),當時所有產品 的成本大約有70% 是在RF線路上。

進步至二十年前,無線電話的功能 開始加強:為了選擇涌話的對象,更為 了保密措施,促使Baseband的構造開始加 入軟體(Software)。電話機的成本在RF線 路上從70%的比例逐漸降低,因為是 Baseband的成本相對增加了。當然也多了 寫軟體的工程師,但是當時的軟體工程 是由硬體工程師兼任的,除了因為要滿 足硬體線路功能的需求,也因為手機的 通訊功能尚不是太複雜。另外,為了滿 足以上的功能,電池效率也要加強,此 時電池的重量與體積更加大一倍,當時 的設計工程師已經開始注意哪些零件該 自己掌握,而哪些零件又該外包,同時 期望減輕電池重量並提高電池效率,似 乎再度引起能源工程師及高階主管的注 意。

但是又過了十年後(大約十年前), 一方面IC已進步許多,另一方面功率放 大器(PA)的效率亦可由10%提昇至70%, 因而使得電池的重要性降低了。但是, Baseband的線路構造變得更複雜,其所佔 的體積越來越大,主要因為Baseband 負 責許多訊號處理的功能,且當時已經開 始有通訊規範/協定(Protocol),需要用 更複雜的軟體協助完成,因此雖然當時 手機通訊方式還是以類比訊號(Analog)為 主,但是已經導入些許的數位(Digital)觀 念與型態,以Motorola 公司為例,當時在 一個手機的R&D部門裡已有25%的比例 是軟體工程師,這樣的形勢已徹底顚覆 傳統的"做手機只要硬體工程師"的觀 念了。

接著把焦點放在圖三的類比訊號傳 輸用話機(Analog Cellular Phone)上,分析 其零組件在Baseband與RF上的花費與成本以及所佔的比例。從圖中我們可以看到在1994年時Baseband與RF的成本大約是相當的,慢慢演進預估到2004年時,Baseband與RF的成本大約是2比1,而被動元件所佔的成本一直沒有很大的變化;相對的在成本比例上,1994年時Baseband與RF的成本比例還相差不多,但是自1995起兩者間的比例就越拉越大了,同時RF雖然更加複雜,但手機售價卻下降,也造成RF成本比例降低,到了2000年又開始有減緩的趨勢,此因零組件積體化的功能出現,被動元件中的離散元件開始也有被整合的產品出現。

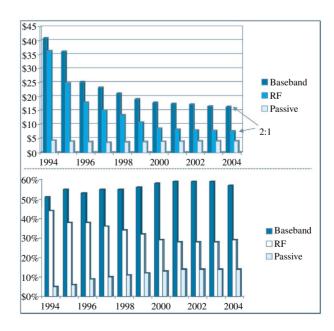
# 價值轉變後全牛(Beef)何在?

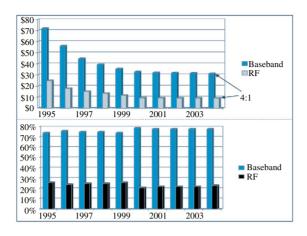
長久以來搞無線通訊的工程師們皆把重點集中在完美的類比信號的傳輸與表現上,當利用數位信號傳輸的市場規模賽過類比訊號時,人們也很容易從現行的1G,2G,3G,以致4G或5G如此線性的觀點推測將來必定往High Bit Rate的方式傳輸Data,這樣推測是否正確?雖然產品價值不斷地在轉變,未來是否可以靠這樣的數學式來推測市場需求何在?

早期,通訊是用來傳遞聲音的,慢慢的再導入傳輸數據的動作,使得通訊的價值逐漸在改變中。從數年前舊金山連接到東京海底線纜的使用統計來看:通話的使用率(20%)已遠低於傳真的使用率(80%)即可證明。再從現今的家用有線電話來看,在通話方面的使用率可能只有5%,但是在上網的使用率卻可能高達95%。由此也可以感受到未來無線電話的價值會如何轉變?此時讓我們再回到圖工看到右下角一當今無線手機的發展:

雖然功能增加許多,電池的份量與技術 始終不變,只不過把材質換了,讓體積 縮小。但是RF的成本比重卻變得很小; 而Baseband 的成本比重變得好大,因為 有許多功能要處理,Baseband裡面需要許 多的Memory, CPU, DSP等等; 而麥克 風、喇叭更是廉價;但是卻多了一個顯 示器(Display or Monitor),並且其所佔的 成本比例越來越高;另外再看看應用軟 體,如時下流行的日本NTT DoCoMo所推 之iMode Phone或是之前曾經談過的 PHS,其主打的市場並非只有通話而已, 反而是為了要排遣上下班搭車時乏味之 苦,通訊服務業者推行"丢掉早期的隨 身聽"而改以從手機上"下載音樂"來 排遣時間,雖然下載一首曲子只需約20 日圓,但是一趟車程下來所費不貲,而 耳機的功效也在此特別凸顯;還有為了 要給對方留言,為了要打電玩等,還加 了許多的應用服務,無怪乎這些通訊服 務業者要開始賺錢。接著再看看軟體成 本的比例:比過去十年佔得更大。再以 Motorola公司為例,當今在一個手機的

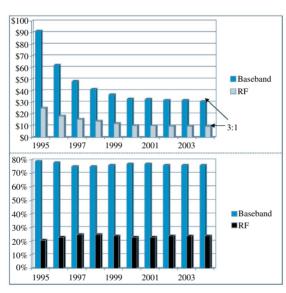
▼圖三 Analog Cellular Phone Component Cost/Handset & Cost Ratio 資料來源:洪博 士 演 講 稿 , 2001/4/26。



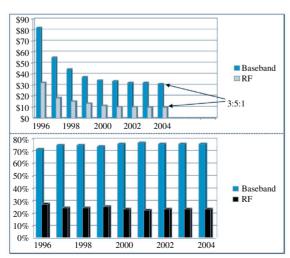


▲圖四 GSM handset Semiconductor Cost/Handset & Cost Ratio

▶圖五 PCS Semiconductor Cost/Handset & Cost Ratio



▶圖六 CDMA\_One Semiconductor Cost/Handset & Cost Ratio 以上資料來源:洪博士演 講稿, 2001/4/26。



R&D部門裡已有5%的員工是負責市場 (Marketing),有20%的員工是搞傳統的硬體設計(包括線路設計、元件如何配置在PCB等),剩下的75%比例是軟體工程師,所以我們可以明瞭當今手機的賣點在應用(Application),這也是WAP 手機出現在當今市場的主要因素,而這塊應用市場的大餅又是多麼大!可見半導體的進步使得軟體可以將其功效發揮極致,進而帶動應用服務市場的竄升。

再從圖四GSM手機來看:發現自'95年起,製造一個GSM數位通訊用手機大約需要100多美金的成本,演進至今手機成本下降的幅度緩和了,在此暫時先撇開花費在軟體上的成本不談,光是Baseband與RF的成本比就已達4比1;再從Baseband與RF佔成本的比重上分析:Baseband的比重有向上升的趨勢,而RF的比重就算不再下跌也只是持平。其他如圖五的美國PCS系統,圖六的CDMA系統等其Baseband與RF的成本比估計大多在3.5比1左右,比重也相似。

然而,為什麼RF佔成本的比重變化不是那麼快?主要的因素在於類比訊號的元件並不受限於Moor's Law的影響,因此歷年來Analog RF Front-end元件售價之年跌幅率小於7%;而數位訊號的元件卻會受限於Moor's Law的影響,元件售價逐年下降也使得手機製造成本下降。在此也從台灣通訊產業目前的立場來探討,大部份手機廠的經營重點還在代工的階段,但是當有一天台灣產業技術進步到可以自行設計、生產自己品牌的手機時,就要回過頭來注意軟體所佔的成本了,根據當今三大手機廠統計:若包括軟體則其在手機總成本比重上的花費是遠超過硬體者。

未來更要注意的是:由於RF Front-

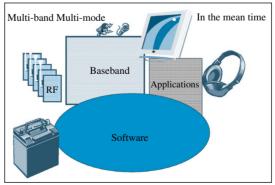
end元件售價總是居高不下,因而促使一些工程師在看到A/D或D/A會變得越來越快,並由於Moor's Law的影響,想辦法將RF線路從天線以下的類比元件逐漸取代成為數位元件,如此一來類比線路除了PA之外,其他線路皆將有可能被DSP或半導體製程所整合,這是我們必須要特別關切的。

#### **金牛將會長成多大?** 長成甚麽樣?

接下來再讓我們注意數位手機的發展,除了前述的各項功能外,各國所提供的各頻帶也不一致,一個手機使用者無法只用單一頻段的手機到處遊走,因此若不是每到一個地方即換一個當地用的手機,就是需要一個可以提供各種頻帶的多頻多功能(Multi-band Multi-mode)的手機來因應。如圖七所示,當今多頻RF功能也是一個發展要點。當手機具有多頻段的RF功能時,屬於RF部份的零組件成本又相對增加了。

因此在未來的幾年裡,手機產品的 尺寸、線路所需的元件數量以及產品總 成本都不是考量的主要重點。反而在未 來十年裡(至少在2010年以前)要注意 一種名為軟體控制的射頻電路(Software Defined Radio)的新產品會出現。所謂 Software Defined Radio是指手機中RF線 路的零組件,可以不用有形的零組件 (Physical Components)來改變天線的長度 或其他零件,包括:共振器、VCO等的 頻率,而改用Software 來控制調頻,但是 Software如何得手?未來的手機將有可能 發展成為一個標準的硬體結構,使用者 只需從當地的基地台下載適用頻段的通 訊協定軟體(Protocol Software)即可,順便 也借助附近相關基地台來達成通訊的功 效,並且當漫遊到其他國家需切換其他 **頻段時又可從當地基地台下載當地適用** 之通訊協定的軟體,此時設計一種能夠 達成萬能Universal 功能的零件就顯得特 別重要了。像這種Software Defined Radio 的爭論也有兩派:一派強調基地台所提 供之通訊軟體要做到萬能的服務,另一 派強調手機硬體結構要做到萬能的功 效,但是無論哪一派爭贏,可預見的是 若其中有任何理想未能達成時,業者都 是賺不到錢的;因而又出現第三派爭 論: 將手機設計成可拋棄式的 (Disposable)手機,如此一來也刺激了手 機的市場需求,加上手機的外型變化多 端,正好也可達到刺激消費市場的最高 境界,當然回收也是必須注意的,環保 更是下一世代設計的重點。

另外,傳統的RF工程師向來只注重傳輸的介面(Air Interface),如今人機介面(Human Interface)也是一個賣點,因為競爭的重點是在如何跟人溝通。預測未來(如圖八所示)RF的成本大約只有手機之6%,甚至預測至2004年時RF有可能變成免費供應的附屬品:應用中加上攝影機(CMOS Camera Sensor)後除了可以傳輸聲音之外,還加上影像的傳輸:並且考量到日常生活的動作如購物、享受下載的音樂、以及排遣搭車無聊的電動遊戲等

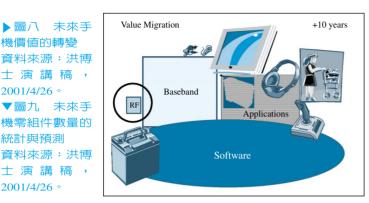


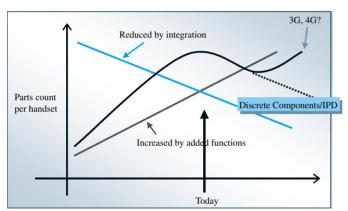
▲圖七 Multiband Multi-mode 手機結構分析 資料來源:洪博 士 演 講 稿 , 2001/4/26

▶圖八 未來手 機價值的轉變 資料來源:洪博 士演講稿, 2001/4/26 ° ▼圖力。 未來手 機零組件數量的 統計與預測

士演講稿,

2001/4/26 °





功能,此時手機的總成本中軟體所佔的 費用已高達50%~60%,其中還不包括下 載的軟體費, 而電池的消耗率又開始增 加了。

人類的需求是不斷在增加的。手機 的功能從傳統的聲音傳輸,進步到當今 人機介面的視訊溝通,未來手機更將擔 當利用人機介面達成無線遙控或自動化 控制的動作 (Remote Control or Automation)。因此,未來無線通訊應用 在人類聲音、影像以及人與機器的溝通 將僅佔約10%的比例,而應用在機器對機 器的溝通,包括無線遙控等將有可能高 達90%之多。最近熱門話題:Bluetooth 、Wireless LAN等短距離傳輸,甚至快速 傳輸等應用都是很好的題材。因此未來 RF的應用將有可能成為民生日用品,從 影、音的傳輸,兒童的電玩,甚至到人 體健康指數的感測,RF幾乎是無時無刻

無所遁形。

#### 如何看金牛的價值?

從下一代無線通訊發展的預測來 看,無線通訊真正的價值在人機介面的 零組件如: Display \ Package \ Stereo Phone \ Image Sensor 以及Game Control 等,還有遙控的應用介面(Remote Control Interface)將變得格外重要;應用的軟體成 本必然超過硬體主機; 最後是攜帶式的 池來丁作。

未來手機零組件數量的統計如圖十 所示。從圖中可明瞭:當今手機上零組 件的數量可說己達最高點,未來由於線 路積體化技術的進步,零件數量會有下 降的趨勢,但是預測到了3G或4G傳輸速 率加快的時代,零件數量又會有上升的 可能。

另外,我們對於零件也要重新定 義:零件不再是傳統的離散元件,而是 具有功能的組件或模組,因此Bluetooth也 被認為是一個零組件,即使是將來積體 化也是一樣。

最後是觀念的改進。未來零組件的 銷售方式不再像傳統的只賣標準元件, 而該改以配合目標系統(Standard Development)的觀念來設計。加上現代的 工程師設計線路已顚覆傳統用麵包板的 方式,新一代的設計工程師不見得會拿 烙鐵焊零件,所有設計過程皆可用電腦 假設參數來做系統模擬設計。因此,即 使是一個元件供應商也要適應時代潮 流,改用電腦將元件產品的參數及測試 報告或相關應用資料放在網站上,以方 便工程師們運用,因為零件佔手機的成 本已微乎其微,供應商若不能做到以上 的服務,金牛的價值又何在?