

# 超寬頻發展趨勢及現況

## —適於高解析度影像與音效的數位多媒體傳輸

翁卿亮  
工研院電子工業研究所先進構裝中心  
射頻電性設計課 設計工程師

### 摘要

因應多媒體娛樂中消費電子產品的高資料傳輸率的需求，使原本軍事偵測用的超寬頻 (UWB) 技術得以進入商品化應用，且成為無線通訊產業中的新寵兒，而其特殊的規格及運作機制，成就了該技術獨有的優點及特色：高資料傳輸率、低耗電功率、低製作成本；而該技術可能帶來的龐大商機，不僅各晶片商正加快研發步調與改善技術效能，且 IEEE 工作小組也努力催生對該技術的標準訂定，唯有儘快推出 UWB 標準，穩固該技術在市場產品的發展方向，才能真正讓消費者享受 UWB 技術，為短距無線傳輸帶來最佳福音。

### 市場瞭望台

#### NEC

2005 年底即可完成因應歐盟 RoHS 指令。已完成化學物質情報調查約 3000 家，產品用零件材使用的確認完成 8 成，調查對象乃根據 JGPSSI 的化學物質調查表中的 25 種物質群，可細分為含有禁止物質群 (7 種)、有條件下含有禁止物質群 (8 種)、含有管理物質群 (10 種) 三大類。

NEC 要求的綠色基準包括 1. 環境管理系統的構建 2. 製造工程不使用禁止物質 3. 協助調查化學物質含有量 4. 產品含有禁止物質之不再含有 5. 產品含有全廢物質之全廢體制等五項，為最低要求基準，而規定產品評估的實施與地球環保的取向為「評估內容」。

「評估內容」共分 5 個等級，評分高的優先採用。所收集到的產品含有物質資訊，放入資料庫中，產品設計、品質管理等內部部門可以透過 Intranet 閱覽。為防止禁止物質產品的混入，在出入口裝設 4 台螢光 X 線分析裝置，如根據調查難於分辨含有物質時，則透過 NEC 的精密分析補不足的部分。

#### NTN

電子電機產品禁用有害物質方面，NTN 將配合歐盟於 2006 年 7 月實施 RoHS 指令；以汽車為對象之「ELV 指令」將於 2007 年 7 月實施。NTN 已於 2003 年 10 月以後，對於外購的軸承等以替代品取代被禁用物質；至於 CVJ (汽車等速接頭) 使用的鉛，則以鉬或鋅於 2003 年 3 月完成取代。

### 關鍵詞

超寬頻技術(UWB, Ultra-Wideband)、直接序列分碼多重存取(Direct Sequence-Code Division Multiple Access; DS-CDMA)、多頻帶正交分頻多工(Multiband-Orthogonal Frequency Division Multiplexing; MB-OFDM)

### 前言

在無線通訊技術範疇中，從無線傳輸距離的長短可分類為 WWAN (Wireless Wide Area Network, 10km 以內)、WLAN (Wireless Local Area Network, 100m 以內)、WPAC (Wireless Personal Area Connectivity, 10m 以內)。WWAN 就是行動電話與

衛星定位系統的應用；WLAN 是無線網路 802.11a/b/g，而 WPAC 則指含有更短距離如藍芽、紅外線等傳輸介面技術的電子產品應用（見圖一、表一）。

而從傳輸距離對應資料傳輸量來看（見圖二），其中除了 WWAN 因傳輸距離最遠，正努力以第三代的行動電話協定技術，達到 10Mbps 的應用目

**名揚翻譯** 翻譯界的典範  
[www.fmi.com.tw](http://www.fmi.com.tw)

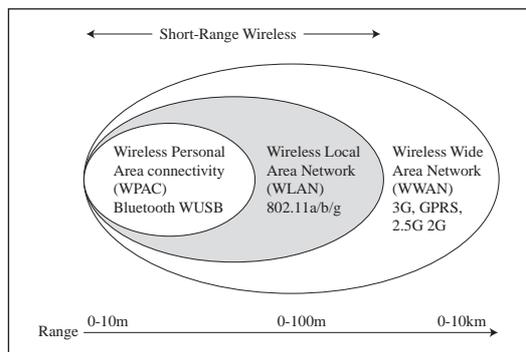
本公司以專業、優質之翻譯見長

屢獲各公民營交通機構之倚重並推薦

優質筆譯 / 專業口譯 / 公證服務 / 人力派遣

Tel:02-2705-3335 Fax:02-2705-3330

E-Mail:famous@fmi.com.tw 台北市安和路二段七號七樓之一



▲圖一 WPAC、WLAN、WWAN 區分圖

標外，在 WLAN 及 WPAC 領域皆有無線通訊技術可以突破 10Mbps。在 WLAN 方面，有 802.11a/g 可以達到 54Mbps 的傳輸速率，而在 WPAC 中的藍芽技術僅達 1Mbps 的傳輸率，似乎不足以滿足 3C 消費電子產品短距高速傳輸的需求（見表二）。於是，在 FCC (Federal Communications Commission) 的規範下，正有一個先前應用軍方雷達

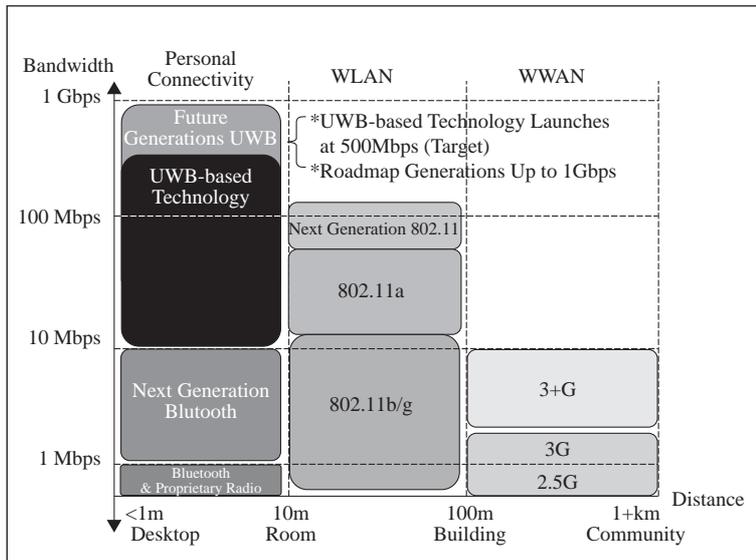
的技術，現今已開放給業界應用，此技術即為“UWB”(Ultra-Wideband)，它正挾帶著高資料傳輸率（見圖三）、低耗電功率、低製作成本、可與現有無線通訊技術共存…等優勢，進軍於互通消費性電子產品之間，滿足高畫質影像、高品質音效、高數據資料傳輸需求的龐大市場商機（見圖四）。

### UWB 是什麼

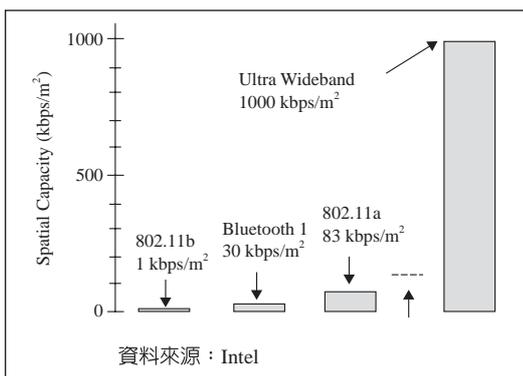
UWB 是 Ultra Wide Band 的縮寫，即超寬頻無線通訊技術，是一種使用脈衝訊號來達到超寬頻通訊的無線通訊技術。UWB 的歷史可回溯至 60 年代，源於 Dr. Gerald F. Ross 對時域電磁學中脈衝式微波特性的研究；隨後在 70 年代有重大的發展，Dr. Ross 和 Dr. Bennett 將短脈衝技術應用在天線、通訊雷達系統方面；到 80 年代後期。

表一 UWB 與現有無線通訊系統規格比較表

	Bluetooth	802.11a	802.11b	802.11g	UWB
Frequency Band	2.4~2.475GHz	5.15~5.35GHz 5.75~5.85GHz	2.4~2.4835GHz	2.4~2.4835GHz	3.1~10.6GHz
Typical Carrier Rate	1Mbps	6~54Mbps	1~11Mbps	1~54Mbps	100~500Mbps
Technique	FHSS	OFDM	DSSS	ERP-DSSS ERP-CCK ERP-OFDM ERP-PBCC ERP-OFDM DSSS-OFDM	MB-OFDM DS-CDMA
Indoor Range(m)	~10m	12m(54Mbps)~ 91m(6Mbps)	30m(11Mbps)~ 60m(1Mbps)	12m(54Mbps)~ 60m(1Mbps)	~10m
TX power(mW)	1	200	50	50	200μW
Spatial Capacity in kbps/m <sup>2</sup>	30	83	1	5	1000



▲圖二 UWB 與現有無線通訊系統比較圖



▲圖三 無線通訊系統傳輸資料容量比較圖

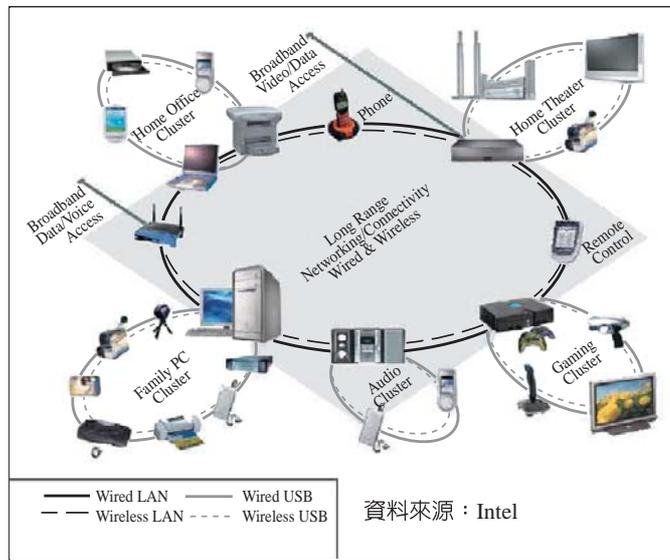
該技術開始被稱為無載波或脈衝無線電；而“Ultra-Wideband”一詞是在 1989 年左右，由美國一重要的國防研究計畫單位 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) 提出，意指此類技術是利用非常寬的頻段來進行傳輸 (DARPA 對 UWB 的定義是以 -

20dB 為衡量基準，頻寬要大於 Center Frequency 的 25%)。因該技術特有的優點 (高達數百 Mbps 的數據傳輸速率、僅為現有無線技術 1/100 的耗電量和較為簡化的系統設計架構)，於 2002 年 2 月，美國聯邦通信委員會 (FCC) 正式准許 UWB 技術用於商業用途，並以不需授權的方式來開放業界使用。而後該項技術即開始引起業界廣泛關注，大幅提高對其商業化發展的興趣。雖

表二 多媒體頻寬需求比較表 (TI, Sony, <sup>(2)</sup>)

應用內容型態	所需頻寬 (Mbps)
Media Player: DVD, D-VHS, Game Console, STB	2~19
Home Movies: DV Camcorders	25~27
3D Computer Games (1024×768)	38
3D Computer Games (1280×768)	63
High Definition TV	20~24
Home Network : Vedio oriented entertainment (HDTV Broadcast, High Quality DVD, Internet Data)	31
Home Network: Multi-media oriented entertainment (HDTV Broadcast, Computer Gaming, Internet Data)	63

然當初超寬頻的特性，可能對觀測宇宙天文台的太空電波傳輸、GPS，甚至機場航空通訊等造成干擾，導致美國國防部、飛航相關協會、GPS 使用單位和相關業者，以及一些無線電信業者等對此提出異議，但是 FCC 藉由對 UWB 產品功率規格的限制，增進該技術商品化的可能，並減少對其他既有無線通訊品質的影響。



▲圖四 消費性電子產品無線傳輸應用圖

在 FCC 所提出的“First Report and Order”中指出，FCC 建立以下三類不同 UWB 裝置，包括：

1. 影像系統(Imaging Systems)

地面穿透雷達系統(Ground Penetrating Radar Systems; GPRs)、牆內影像系統(Wall Imaging Systems)、穿牆影像系統(Through-wall Imaging Systems)、監視系統(Surveillance Imaging Systems)、醫療影像系統設備(Medical Imaging Systems)；

2. 車用雷達系統 (Vehicular Radar Systems)；

3. 通訊與量測系統(Communications Measurement Systems)等的技術標準及運作規範（見表三），以確保對其他已存在的無線通訊系統不會造成損害性的干擾；同時，增加對任何違反此規範的 UWB 裝置強制執行法規，以消除因 UWB 裝置所造成任何已管制頻段

通訊的損害性干擾。所以，現今 FCC 必須以過度嚴謹的條件，對此 UWB 技術做必要的規範限制，若未來該技術在發展或實際應用上面臨問題時，此技術規範仍會依實際發展情形做適度的修正<sup>(1-3)</sup>。

### UWB 的規格及特色

根據 FCC 最新公佈的定義，UWB 的定義是：以 -10dB 為衡量基準，訊號運作頻寬至少要大於中心頻率(Center Frequency)的 20% 或是 500 MHz 以上，才能算作 UWB（見圖五）。UWB 訊號主要發射一連串短波長度為 0.2n~1ns (Nanosecond)的脈衝來傳送訊號，而與現今無線通訊系統藉由高頻電磁載波承載訊號內容的設計架構不同。因此 UWB 技術具有以下特點：

1. 100Mbps 以上的數位資料傳輸量

表三 UWB 應用產品類型對應頻段與輻射功率限制

UWB 應用產品類型		允許使用頻段	平均輻射限制功率 (dBm/MHz)
Imaging Systems	Ground Penetrating Radar Systems	~960MHz or 3.1~10.6GHz	§15.209* or -51.3
	Wall Imaging Systems	~960MHz or 3.1~10.6GHz	§15.209 or -41.3
	Through-wall Imaging Systems	~960MHz or 1.99~10.6GHz	§15.209 or -41.3
	Surveillance Systems	1.99~10.6GHz	-41.3
	Medical Systems	3.1~10.6GHz	-41.3
Vehicular Radar Systems		22~29GHz	-41.3
Communications and Measurement Systems		3.1~10.6GHz	-41.3

\*§15.209 是 FCC 對 Unwanted Emissions 的一項規範條例。

2. 更為精簡的系統電路架構
3. 更低的耗電功率
4. 減少多重路徑干擾
5. 精準的距離量測或定位

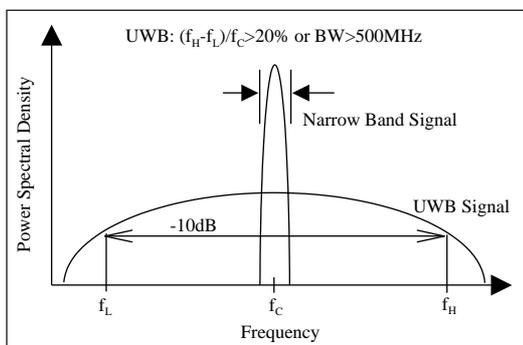
由於 UWB 技術的工作頻寬相當寬，整體數位信號發送又分佈在整個信號頻寬內，信號傳輸速度和容量都可相對提高，最適合大量的數據傳輸，特別是高解析度影像與音效的數位多媒體訊號傳輸。

再者，UWB 技術不用高頻載波訊

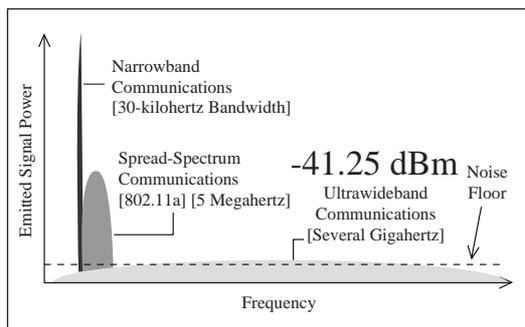
號，所以不需要功率放大器(Power Amplifier)、混頻器(Mixer)、RF/IF 升降頻器(Up-down Converter)、SAW 濾波器等複雜的高頻元件，而且可根據傳輸距離與數據量大小，來調整訊號頻寬與發射功率，因而能量消耗很小，消耗功率僅達 mW 等級，而簡化現有系統電路架構後，也更容易彙整設計進 CMOS IC 中。

另外，UWB 的脈衝非常短，頻段非常寬，因此能避免多路徑傳輸的訊號干擾問題。而且 UWB 訊號的功率頻譜密度(Power Spectral Density)僅 -41.25dBm/MHz (見圖六)，同時與其他無線通訊系統(如藍芽、無線網路 11a/b/g 等)運作時，因 UWB 微弱的輻射功率，僅被視為一般雜訊，而不會因此互相干擾，故可與其他無線通訊技術共存。

而 UWB 系統本身最具特別的優



▲圖五 UWB 定義說明圖



▲圖六 UWB 頻譜說明圖

勢，在於擁有良好的時間解析能力，使其能發展出精確的測距能力與定位功能。因此在此技術發展之初，美國軍方即利用此技術的特點，著重應用在雷達的偵測系統上，現今甚至可將此技術應用於穿牆探測、反恐偵測、礦藏評估…等，當然也可結合大量資料無線傳輸的特性，應用到一般產業的倉儲管理，協助物料與資材的追蹤定位。

### UWB 的技術分類及相關企業聯盟

FCC 在 2002 年宣佈以不需授權方

式開放產業應用 UWB 技術，而電子產業龍頭觀望此大餅許久，特別是可應用於消費性電子週邊產品的無線傳輸領域，因此形成了兩個山頭的 UWB 集團。一方是由 TI、Intel 等公司組成的 MBOA 聯盟（Multi-band OFDM Alliance，開發 Multi-band OFDM 技術）；另一方是由 Motorola、XtremeSpectrum（目前後者已被 Motorola 收購）等公司所組成的 DS-CDMA（DS-UWB 方式）團體（見表四）。雙方都向 IEEE 提交了各自的技術方案，不過到目前為止，在 IEEE UWB 工作小組成員的多次投票中，雙方技術都沒有獲得成為 IEEE 802.15.3a 正式標準所需的 75% 的多數票。

雖然在 2004 年 4 月時，無線電製造商 PulseLink 曾宣佈，它已經找到一種途徑，允許不同技術的超寬頻(UWB)系統共存。該公司已向 IEEE 802.15.3a 任務組成員詳細講解它的公共信號協議(Common Signal Protocol; CSP)，該協議使原本相互衝突的多種 UWB 實體

表四 UWB 兩大聯盟

Alliance	Technique	Members
MBOA formed @June2003 (Multi-band OFDM* Alliance)	Multi-band OFDM	170 companies: Intel、TI、Samsung、Philips、Nokia、HP、Wisair、General Atomics、Panasonic、ST、Alereon
DS-CDMA*	DS-UWB	50companies: Motorola、Oki、PathusCeva

\*OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing

\*DS-CDMA: Direct Sequence Code Division Multiple Access

層可以共存。PulseLink 希望能夠協調 UWB 的發展步伐，為 CSP 設計了兩種可能的實現方案：一種是韌體方式，另一種只需在接收器端對硬體做微小的修改。

當 OFDM、DS-CDMA 和 CSP 訊號出現時，MAC 將探測並解碼這些訊號之間的脈寬差異。這種探測和解碼可以很容易地由 MAC 製成，並透過韌體升級來實現。或是，在最糟糕的情況下，建議在最後一級低噪音放大器的輸出端放置一個便宜的調變探測器，它能恢復低速率通道的調變。據估計，這只佔 0.1 到 0.2mm<sup>2</sup> 的晶片空間。

但很遺憾的，在 2004 年中的 UWB 實體層決議會議上，IEEE 802.15.3a 工作小組再次以失敗收場。受到 MBOA 故意拖延時間，而 DS-CDMA 誇大上市時程優勢的百般阻撓，該小組目前正考慮做出極端的選擇：如果到 2005 年 3 月份還沒有任何進展，就把這個工作小組一分為二或者乾脆解散。

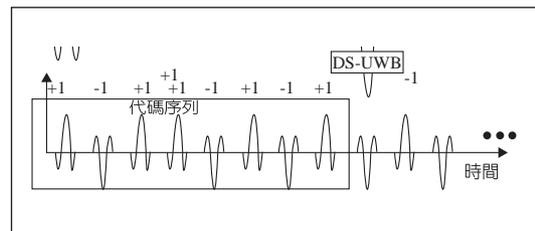
## DS-CDMA/UWB

直接序列分碼多重存取 (Direct Sequence-Code Division Multiple Access; DS-CDMA) 技術是由通訊研究實驗室 (Communications Research Lab; CRL) 及 ParthusCeva、Extreme Spectrum 所共同提出的 UWB 技術方案，它是採用單頻段技術產生 UWB 訊號的一個方法，採用了一個單脈衝作為編碼波形 (Chip

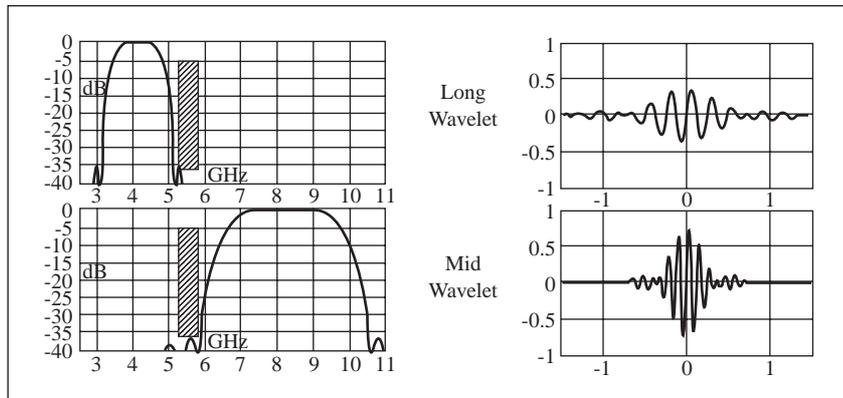
Waveform)，而擴展波形是一個單脈衝的短序列，序列中每個單脈衝的極性可透過 CDMA 中一些擴展碼推理出來 (見圖七、八)，如圖中所示該技術即利用 Monopulse Chip Waveform 的正負脈衝波來定義序列標誌 (Sequence Symbol)。因此若是採用該序列靜默期 (Silence Period) 相當短的代碼序列時，DS-CDMA 要同時承受碼間干擾 (Inter-Symbol Interference) 和訊息通道間干擾 (Inter-Channel Interference)。且該技術建立多元二位正交鍵移 (M-ary Binary Orthogonal Keying; MBOK)，即採用 2、4、8、64-BOK 做為 1、2、3、6 bits/symbol 的調變方式。

之後，Motorola 連同 CRL 針對 DS-CDMA 做了些許幅度的修改，建成現今的 DS-UWB 技術。首先是將 MBOK 調變移除，再來異動成具有隨量測訊號強度得知距離後，自動調整數據傳輸速率的技術，且增加部分規格，使得該裝置可相容於 DS-UWB 實體層與 MB-UWB。

而直接序列 UWB 之單頻段產生 UWB 訊號的方式，其優點在於增強了抗多路徑干擾的能力、其脈衝的重複



▲圖七 DS-CDMA 序列圖



▲圖八 DS-CDMA 雙段頻譜及短波圖

率極低，因此能夠即時的交替工作，以及可提高傳輸的速度。

## Multiband-OFDM

多頻帶正交分頻多工技術方案 (Multiband-Orthogonal Frequency Division Multiplexing)，最早是由 TI 主導，再協同其他 15 家公司提出，應用正交分頻多工技術的特點，只要使用一個射頻訊號處理鏈，就能蒐集到多個路徑的訊號能量；切換時間的要求會變得較寬鬆，不再受群速延遲變化的影響；接收機處理窄頻干擾問題時，不必再犧牲次頻帶或資料速率。

多頻段 OFDM 將可用頻譜 (3.1 到 10.6GHz) 劃分為 13 個 528MHz 寬的頻帶。Group A 頻帶(3.1~4.9GHz)是強制要求的，供第一代研發產品使用，Group C (6.0~8.1 GHz)高於 5GHz 的頻段是可選的，供改善 SOP (Simultaneous Operating Piconets)效能裝置使用；而 Group B、D (4.9~6.0GHz、8.1~10.6 GHz)內共有六組頻帶，暫時保留供未

來新增 UWB 裝置頻帶使用 (見圖九)。

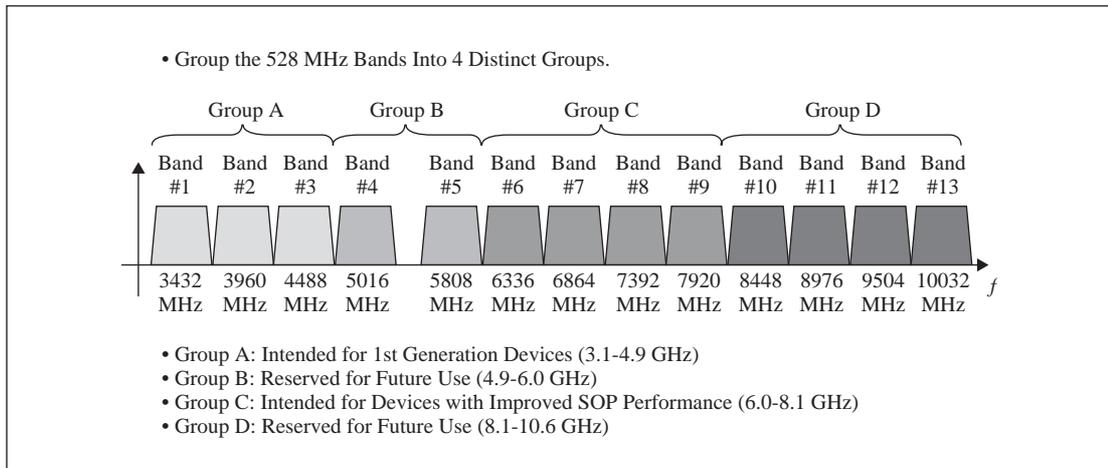
多頻段 OFDM 技術的優點在於可滿足不同國家對於頻段使用的彈性、可使超寬頻與其他無線技術並存、避免 802.11a 窄頻應用的干擾、可使用較少的子頻段及成本較低的 IC 製程。

## UWB 各家廠商發展現況

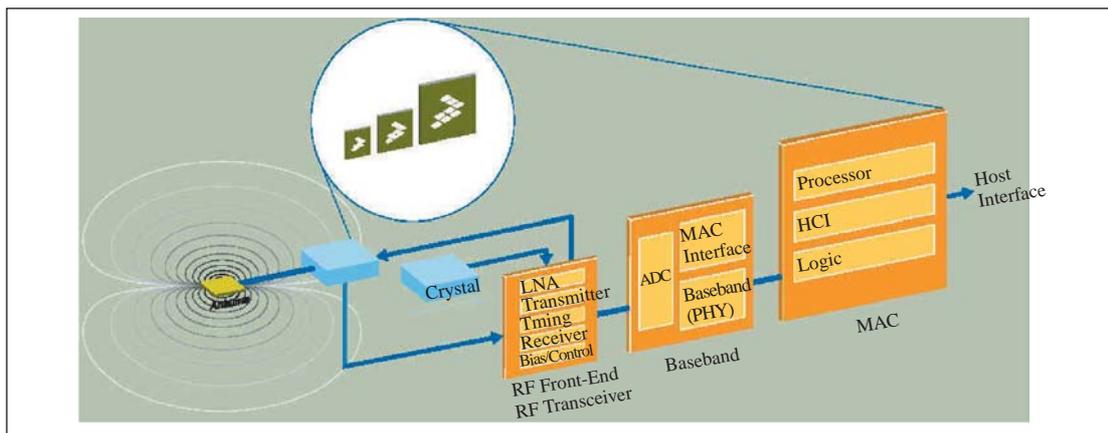
### 一、Freescale Semiconductor

Freescale 為 Motorola 另外獨自成立的子公司，之前併購了 Xtreme Spectrum，故已將先前 XSI141 (Media Access Control; MAC)、XSI122 (Baseband)、XSI112(RF transceiver)、XSI102(Low Noise Amplifier; LNA)四顆的晶片組，設計縮減為三顆，且將資料傳輸率由原本的 100Mbps 提升到 114Mbps (見圖十)。

2005 年 1 月 6~9 日在拉斯維加斯，所舉辦的 International CES (Consumer Electronics Show) 中，Samsung 即展出



▲圖九 MB-OFDM 頻帶群組分佈圖



▲圖十 Freescale DS-UWB 晶片組功能區塊圖

一款具有多媒體傳輸網路功能的 HDTV，結合了 Freescale 的 UWB 無線傳輸技術及 Intellon 公司的 HomePlug AV Powerline 技術，使得消費者得以在家中任何一個角落，親身體驗電子數位多媒體娛樂裝置互通的訊息內容。

而 2004 年 Freescale 也與環隆電氣公司(Universal Scientific Industrial)、正文科技(Gemtek)和陽慶科技(GlobalSun

Technology)建立夥伴關係，提供開發採用 DS-UWB 技術的 Mini-PCI 模組，使得這三家台灣公司預計能夠在 2005 年初推出 DS-UWB 產品。

## 二、WISAIR

WISAIR 公司為 UWB 無線傳輸晶片商，推出 UB531(Baseband)、UB501 (RF Transceiver)晶片組（見圖十一、十

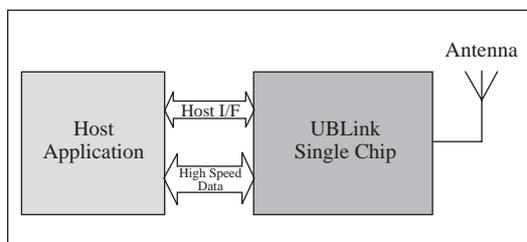
二)，以 MB-OFDM 技術實現晶片組設計，MAC 晶片資料傳輸率支援至 480Mbps，整體電路平均功率損耗僅約 100μW，現今 RF 與 Digital Single Chip Solution 以 SiGe-BiCMOS 製程整合，未來將以 RFCMOS 製程直接整合設計製作，以降低成本。

### 三、Time Domain

Time Domain 公司的技術研發是鎖定在無線通訊、精準定位追蹤及高解析度移動式雷達這三大方向，現已開發 UWB 用 PulsON200 晶片組，應用在中心頻率 4.7GHz，涵蓋有 3.2GHz 的頻



▲圖十一 WISAIR UWB 晶片組與天線圖



▲圖十二 WISAIR UWB 晶片組功能方塊圖

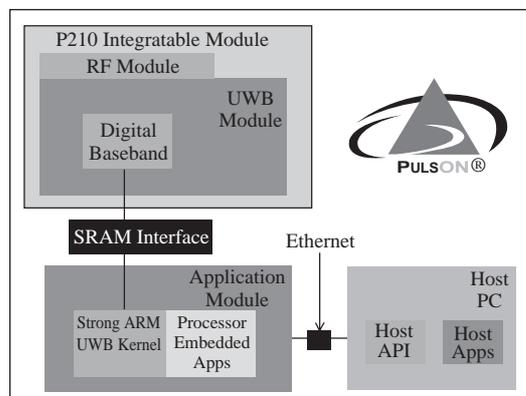
寬範圍，已製作成 UWB Evaluation Kit 及 Integrated Module (見圖十三、十四)，並可提供 UWB 系統裝置參考設計及軟、硬體程式介面導引環境，有助於系統商更快速有效地應用該晶片組於相關消費性電子產品中。

### 四、General Atomics

General Atomics 是當初 MBOA 聯盟四個主要發起單位之一，著力於 UWB 無線通訊與偵測技術的晶片組研發，現利用 Spectral Keying 調變技術，推出 ASPEN2000 晶片的多頻帶 UWB 產品，可提供無線影像傳輸及無線 USB



▲圖十三 P210 Integrated Module 圖



▲圖十四 P210 Integrated Module 功能圖

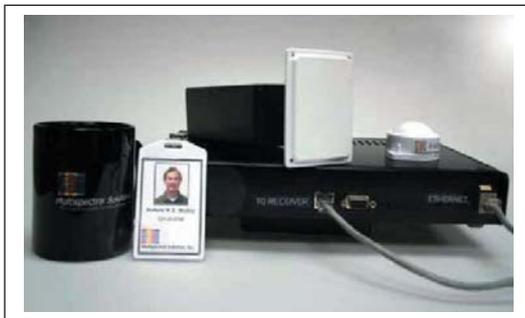
技術應用，頻段涵蓋範圍在 3.1~7.3 GHz，應用五組頻寬 500~600MHz 的頻帶，支援最高傳輸率達 80Mbps（見圖十五）。

五、MultiSpectral Solutions, Inc.  
(MSSI)

MSSI 是發展 UWB 系統以提供高速無線傳輸網路做資料鏈結、防撞雷達做交通工具警示及精準地面定位系統做個人定位、資產追蹤、倉儲物流管理之用，陸續開發出相關產品有 PAL650 UWB Precision Asset Location System Evaluation Kit（見圖十六、十



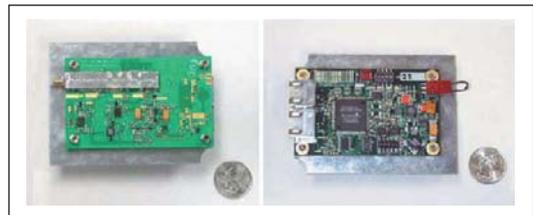
▲圖十五 GA 的 ASPEN2000 USB Dongle 展示圖



▲圖十六 PAL650 Asset Location 設備圖



▲圖十七 PAL650 天線圖



▲圖十八 PAL650 內 Rf 與 Baseband 模組圖



▲圖十九 軍用無線通訊設備圖

七、十八），運作頻段在 6.2GHz，掃描範圍達 300 英尺，誤差在 1 英尺以內；另外，利用 UWB 設計的軍用無線通訊系統，供飛機、直昇機等空中載具艙內駕駛互相聯絡訊息，設備維護時不需因線材老舊受損而全面更新（見圖十九）。

結論

IEEE802.15.3a 標準的制定成為 UWB 技術與市場的重要導向。因數位

化的家庭娛樂多媒體的互聯系統，正處在萌芽的發展階段，小從單一 piconet 範疇的個人電腦與週邊裝置的網路連結，擴展到整個家庭相關家電用品使用訊息的整合，甚至統整家庭各個角落形成 Home Network 無障礙環境的建立，將 DVD、High Definition TV Broadcast、Home Theater、3D Computer Game 等需要高資料傳輸速率的互連技術，藉由單一的短距無線傳輸規格，將 Home Network 串聯起來。因此，期待 MBOA 與 DS-UWB 兩大陣營在工作小組會議中的決議，能儘快地達成共識，才可能將 UWB 技術推向生活化。

雖然，在規範還沒定案的同時，兩大聯盟雙方早已進行技術佈局的角力戰，而我們可以看出 DS-UWB 急於以快速的產品佈局，來爭取技術鞏固的地位，如同支持 DS-UWB 的 Freescale 已將該公司的晶片模組應用在 Samsung HDTV 產品中，並積極提供國內正文、陽慶、環電等 WLAN 系統商，將相關晶片模組應用在 Mini-PCI 的整合設計；而 MBOA 也逐漸拉攏越來越多的廠商，加入 MB-OFDM UWB 技術實現的推展，希望藉由多數廠商對該技術的認同與應用，以獲得工作小組技術決議會議的多數席次；而國內的瑞昱、威瀚、益勤也先後參與 MBOA 聯盟。所以不論 UWB 標準，最後是偏向某一技術聯盟，或是轉變為兩大技術妥協共存，相關廠商能夠適時地切入並投入

適當的研發能量，都將有助於分食未來 UWB 產品市場的大餅。

除了資料傳輸的應用，利用 UWB 技術精準的測距與定位功能，相信也能在該技術持續發展下，往降低誤差範圍及提升定位距離努力邁進，除在軍警與救難設備市場佈局之餘，也能朝企業倉儲管理與車輛防碰撞裝置的應用市場來推廣。

## 參考文獻

1. FCC, "First Report and Order", April, 12, 2002.
2. 資訊工業策進會, "北美地區產業與市場研究報告", 200408。
3. Charles Razzell, "超寬頻技術的展望", 新通訊元件雜誌 2004 年 5 月。
4. 許績偉, "UWB 技術發展特色", ITIS 評析。
5. 許績偉, "UWB 發展及運作", ITIS 評析。
6. Charles Razzell, "超寬頻互聯技術及其調變方法的比較", 電子工程專輯 20030614。
7. Anuj Batra, "多頻帶 OFDM UWB 技術與架構剖析", 零組件雜誌第 155 期。
8. Joe Decuir, "Progress on Ultra Wideband" [http://www.ee.washington.edu/research/ieee-comm/Presentations/comsoc\\_talks/UWB2Q04.ppt](http://www.ee.washington.edu/research/ieee-comm/Presentations/comsoc_talks/UWB2Q04.ppt)
9. 柏萬寧, "超寬頻實體層邁向統一之路", 電子工程專輯 20030403。
10. 柏萬寧, "兩大陣營對峙 UWB 工作小組面臨解體", 電子工程專輯 20031114。
11. <http://www.intel.com/technology/ultrawideband/>
12. <http://www.multibandofdm.org/>
13. <http://www.freescale.com/>
14. <http://www.timedomain.com/index2.html>
15. <http://photonics.ga.com/uwb/index.html>
16. <http://www.multispectral.com/>
17. <http://www.wisair.com/index.html>
18. [http://www.cesweb.org/default\\_flash.asp](http://www.cesweb.org/default_flash.asp)