

# CHAPTER 1

## 緒論

Harri Holma, Antti Toskala and Ukko Lappalainen

- 第三代行動通訊系統中的 WCDMA
- 第三代系統的空中播送介面和頻譜分配
- 第三代系統的時程表
- WCDMA 與第二代空中播送介面的區別
- 核心網路和服務

## ▣ 1.1 第三代行動通訊系統中的 WCDMA

類比蜂巢式系統 (analog cellular system) 通常被稱為第一代行動通訊系統，現今正在使用的數位系統，例如 GSM、PDC、cdmaOne (IS-95) 和 US-TDMA (IS-136)，則都是第二代系統。這些系統已經在眾多主要市場中使語音通訊無線化，而且消費者也日益認識到其他正在迅速成長的服務，諸如文字訊息傳送、資料網路的存取等的價值所在。

第三代系統是為了多媒體 (multimedia) 通訊而設計的：透過該系統提供的高畫質圖像和視訊，使人與人之間的通訊能力進一步增強；而第三代系統所帶來的更新更彈性的通訊能力和更高的資料傳輸速率使得公眾和專用網路 (public and private networks) 上的資訊與服務的存取能力大大增強。所有這一切，連同第二代系統向第三代系統的持續發展，不僅為設備製造商、運營商，同時為使用這些網路內容和應用的提供商創造新的商機。

在標準化的會議中，WCDMA 技術已經成為了被廣泛採納的第三代空中播送介面 (air interface)，其規範已經在 3GPP (the 3rd Generation Partnership Project，第三代行動通訊夥伴計劃) 中制定。3GPP 是由來自歐洲、日本、韓國、美國和中國大陸的標準化組織所組成的一個聯合標準化計劃。在 3GPP 中，WCDMA 被稱作 UTRA (Universal Terrestrial Radio Access，全球地面無線電存取) FDD (Frequency Division Duplex，劃頻雙工) 和 TDD (Time Division Duplex，劃時雙工)，WCDMA 這個名字涵蓋了 FDD 和 TDD 兩種操作模式。

本書中，涉及到技術規範的章節採用 3GPP 術語 UTRA FDD 和 TDD，其餘的則採用術語 WCDMA。本書中主要介紹 WCDMA 的 FDD 技術，WCDMA TDD 模式及其與 WCDMA FDD 的區別將在第 12 章中闡述。

## ▣ 1.2 第三代系統的空中播送介面和頻譜分配

開發第三代行動通訊系統的工作開始於 ITU (International Telecommunications

Union，國際電信聯盟）所屬的世界無線電管理大會（World Administrative Radio Conference, WARC）1992年會議，在此次會議中，2GHz附近的頻率被指定給未來的第三代行動系統（包括地面系統和衛星系統）使用。在ITU中，第三代系統被稱為IMT-2000（International Mobile Telephony 2000，全球行動電信系統2000）。在IMT-2000的架構中，為第三代系統定義了幾種不同的基於CDMA或TDMA技術的空中播送介面，這些將在第3章中介紹。在第三代進程中，最初的目標是建立一個單一的、通用的、全球性的IMT-2000空中播送介面。第三代系統要比第二代系統更接近這一目標，這是由於歐洲、亞洲（包括日本和韓國）都採用了相同的空中播送介面——WCDMA，而且它們都使用相同的WARC-92分配給第三代IMT-2000系統的2GHz附近的頻帶。但在北美，這部分頻譜已經拍賣給了第二代系統的運營商，並且沒有新的頻譜可供IMT-2000使用。因此，第三代的服務必須在現有的頻帶上實行，而且WCDMA也要能被應用在北美地區的這些現有的頻帶上。全球性的IMT-2000頻譜無法在那些採用US PCS頻譜分配方案的國家中使用。但是一些拉丁美洲國家（如巴西）計劃採納歐洲的2GHz頻段之頻譜分配方案。

除了WCDMA以外，還有一些空中播送介面也能夠用來提供第三代服務，它們是EDGE和cdma2000。EDGE（Enhanced Data Rates for GSM Evolution）在一個200kHz的GSM載波間隔內能提供位元速率最高可達500kbps的第三代服務<sup>[1]</sup>。EDGE具有一些GSM所沒有的先進特性，它能提高頻譜利用率及支援新的服務。cdma2000可以作為現有IS-95運營商的升級解決方案，這將在第13章中詳細介紹。

圖1-1表示出這些不同的空中播送介面預期將被採用的地區，以及預期採用的頻帶。在圖中的各個地區可能存在一些例外的局部區域，在這些區域中已經使用著各種不同的技術。

圖1-2和表1-1是歐洲、日本、韓國和美國的頻譜分配情況。在歐洲和亞洲的大多數地區，為WCDMA FDD分配的 $2 \times 60$  MHz（1920~1980 MHz和2110~2170 MHz）的IMT-2000頻帶是可用的。TDD的可用頻帶有所不同：在歐洲，預計1900~1920 MHz和2020~2025 MHz這25 MHz要被用於核發執照的TDD服務。這個不成對頻譜的剩餘部分——在2010~2020 MHz中的部分，預計將用於無執照的TDD應用（SPA——Self Provided Applications）。在FDD系統中，向上及向下連結使用不同的頻率，由雙工頻帶間距分隔，而TDD系統中向上及向下連結使用相同的頻帶。

4 WCDMA for UMTS

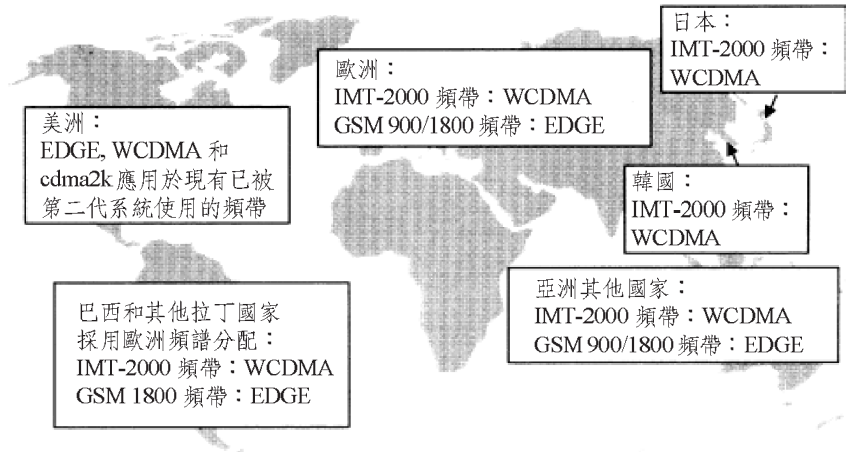


圖 1-1 預期提供第三代服務的空中播送介面和頻譜

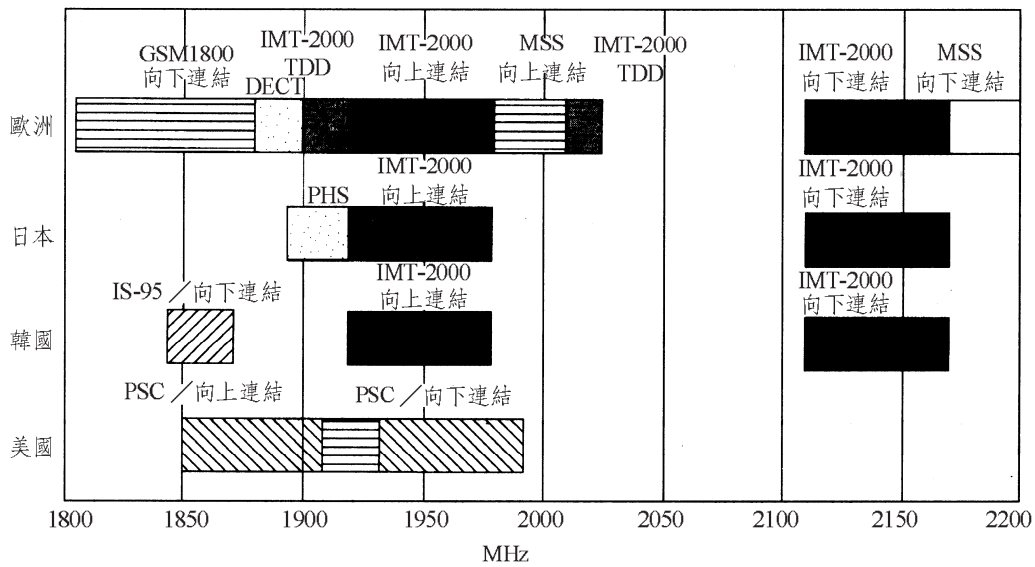


圖 1-2 歐洲、日本、韓國和美國的頻譜分配

表 1-1 2 GHz 附近現有頻譜分配

	向上連結 (MHz)	向下連結 (MHz)	總計
GSM1800	1710~1785	1805~1880	2 × 75 MHz
UMTS-FDD	1920~1980	2110~2170	2 × 60 MHz
UMTS-TDD	1900~1920 和 2010~2025		20 + 15 MHz
美洲 PCS	1850~1910	1930~1990	2 × 60 MHz

在日本和韓國以及其他亞洲國家，WARC-92 頻帶都可以用於 IMT-2000。日本的第二代系統採用的是 PDC，而在韓國，在蜂巢式系統和 PCS 系統中都使用 IS-95 標準。韓國的 PCS 頻譜分配和 US PCS 頻譜分配不同，IMT-2000 的頻譜被完整地保留下來。在日本，IMT-2000 TDD 的一部分頻譜已經被 PHS 無線式（cordless）電話系統所使用。

在中國大陸，IMT-2000 頻譜的一部分已被預留給 PCS 或 WLL（無線區域迴路）使用，不過這部分的頻譜並沒有分配給任何運營商。根據規範的相關條款，用於 WCDMA FDD 的  $2 \times 60$  MHz 的 IMT-2000 頻譜在中國大陸可用。TDD 頻譜在中國大陸同樣可用。

在美國，第三代系統沒有新的頻譜可用。第三代的服務可以在現有的 PCS 頻帶實施。這需要把部分現存的第二代頻譜替換給第三代系統使用。對於 US PCS 頻帶，可以選擇使用 EDGE、WCDMA、cdma2000 等第三代空中播送介面中的任意一種。

EDGE 可以應用在已被 GSM 900 和 GSM 1800 使用的現存的頻譜上。在日本和韓國，並沒有使用這些 GSM 的頻帶。GSM900 的總共可用頻帶是  $2 \times 25$  MHz 加上 EGSM  $2 \times 10$  MHz，GSM1800 的總共可用頻帶是  $2 \times 75$  MHz。EGSM 指的則是 GSM 900 頻帶的擴展。在所有使用 GSM 系統的國家中並沒有使用全部的 GSM 頻帶。

第一個 IMT-2000 的執照已經於 1999 年 3 月在芬蘭被授予，接著西班牙在 2000 年 3 月也頒發了 IMT-2000 的執照，芬蘭和西班牙並沒有進行頻譜的拍賣。瑞典也在 2000 年 12 月不經拍賣而頒發了執照。然而在其他國家，例如英國、德國和義大利，採用了類似於拍賣 US PCS 頻譜的方式。

表 1-2 給出了在歐洲和日本的一些 UMTS 執照的例子。每個國家的 UMTS 運營商的數目一般為 3~6 個。

表 1-2 UMTS 執照發放情況

國 家	運營商個數	每個運營商的 FDD 載波 ( $2 \times 5$ MHz) 數	每個運營商的 TDD 載波 ( $1 \times 5$ MHz) 數
芬蘭	4 <sup>①</sup>	3	1
日本	3	3	0
西班牙	4	3	1
英國	5	2~3	0~1
德國	6	2	0~1

## 6 WCDMA for UMTS

表 1-2 UMTS 執照發放情況 (續)

國 家	運營商個數	每個運營商的FDD載波 (2×5MHz) 數	每個運營商的TDD載波 (1×5MHz) 數
荷蘭	5	2~3	0~1
義大利	5	2	1
奧地利	5	2	0~2

① Telia 和 Sonera 合併後目前只有 3 個運營商。

除了上述提到的 WARC-92 頻率頻段外，還有更多的頻率已經分配給 IMT-2000。在 ITU-R 的 2000 年 5 月 WARC-2000 會議上，確認下列頻帶為 IMT-2000 使用：

- 1710~1885 MHz；
- 2500~2690 MHz；
- 806~960 MHz。

值得注意的是，上述的這些頻帶，特別是低於 2 GHz 的頻帶，有部分已被諸如 GSM 系統使用。在歐洲，IMT-2000 的主要的新頻帶將是 2500~2690 MHz，那些頻譜的雙工安排還在討論中，預期這些相同的頻譜在全球都可以應用。

預計美國新的第三代頻譜 1.7/2.1 GHz 將在不久之後進行拍賣，可以有效地應用這個頻譜及利用 WCDMA 來開展第三代服務。可以用於 FDD 向上連結的 1.7 GHz 頻帶符合 GSM1800 系統頻段的安排，而可用於 WCDMA 向下連結的 2.1GHz 也符合 WARC-92 頻帶安排。圖 1-3 和表 1-3 表示出了關於第三代服務的主要的頻譜安排。

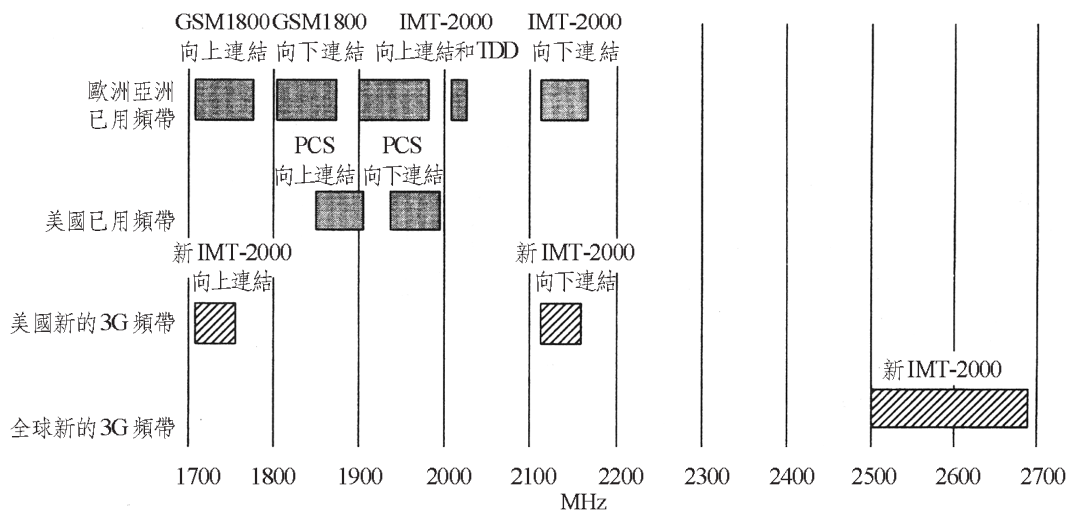


圖 1-3 歐洲和美國 3G 系統預期新的頻譜分配圖

表 1-3 關於第三代服務的新的頻譜分配

	向上連結 (MHz)	向下連結 (MHz)	總計
美國新的頻段 <sup>①</sup>	1710~1770	2110~2170	2×60 MHz
新的 IMT-2000 頻段	2500~2690 (頻率安排正在討論中)		190 MHz

①確切的頻譜數量正在討論中。初始的頻譜預計將是 1710~1775 和 2110~2155 這 2×45 MHz。

### 1.3 第三代系統的時程表

20 世紀 90 年代初，在歐盟的研究專案 CODIT<sup>[2]</sup>和 FRAME<sup>[3]</sup>以及歐洲一些大的無線通訊公司中就開始了有關 WCDMA 的研究工作<sup>[4]</sup>。那些專案研發出一些用以評估連結性能 (link performance)<sup>[5]</sup>的 WCDMA 測試系統，並且獲得了一些對 WCDMA 這一概念的基本理解，而這正是標準化工作所必需的。1998 年 1 月，歐洲標準化組織 ETSI (European telecommunications standards institute, 歐洲電信標準協會) 決定把 WCDMA 作為第三代空中播送介面<sup>[6]</sup>，同時實施了一些細部的標準化工作，這些工作成為了 3GPP 標準化程序的一部分。在 1999 年底完成了第一個完整的 WCDMA 規範。

在日本，2001 年在一些主要地區開通了第一個商業用網路；在歐洲，2002 年初為預備商業用的測試階段，大規模的商業化將有賴於終端設備的效益。根據各個終端設備銷售商的最新市場預告，2002 年下半年，也就是作者寫這本書的時候，會出現終端設備的效益。圖 1-4 所示的是預計的時間進程表，這是關於 FDD 工作模式的時間表。TDD 模式的進程預計會稍慢一些，第一個 TDD 網路有可能會是基於 3GPP 規範的 R4 或者 R5 版本。在日本，由於 TDD 頻譜無法使用，TDD 模式的時間進程表同樣也不十分清晰。

回顧一下 GSM 的歷史，我們發現，自從 1991 年 7 月第一個 GSM 商業用網路 (芬蘭的 Radiolinja) 開通以來，至今某些國家蜂巢式電話的普及率已經突破 50%，還有些國家甚至達到 80%。第二代系統已經使語音服務無線化；現在第三代系統面臨的挑戰就是使一系列新的資料服務也無線化。

## 8 WCDMA for UMTS

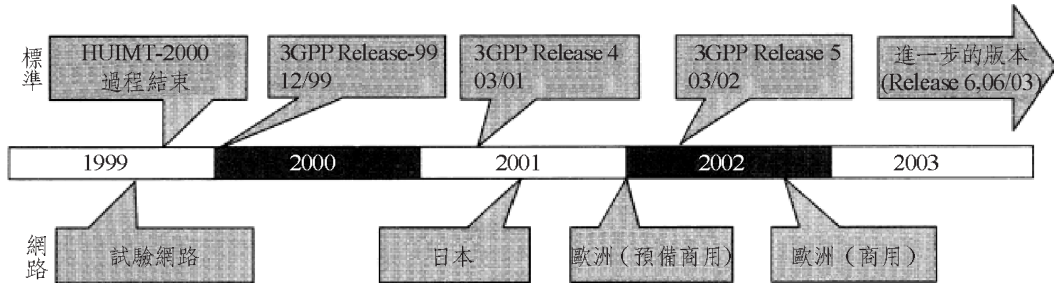


圖 1-4 WCDMA 標準及商業運營時間進程表

## 1.4 WCDMA 與第二代空中播送介面的區別

這一部分將介紹第三代空中播送介面與第二代的相同之處。這裏將考慮第二代空中播送介面中的 GSM 和 IS-95 (cdmaOne 系統的標準)。其他第二代空中播送介面尚有日本的 PDC 和主要應用在美洲地區的 US-TDMA，這兩個介面是基於 TDMA (分時多工存取) 的；與 IS-95 和 GSM 相比，它們與 GSM 有更多的相似之處。業已建成的第二代系統主要用在巨型細胞 (macro cells) 中提供語音服務。為了更好的理解第二、三代系統之間不同的背景因素，首先看一下第三代系統有哪些新的需求，如下所示：

- 最高可達 2 Mbps 的位元速率 (bit rate) ；
- 根據不同的頻寬需求支援可變的位元速率；
- 支援不同服務品質要求的服務，例如語音、視訊和封包資料複用到一條單一的連線 (connection) 中；
- 滿足從對延遲敏感的即時話務 (real-time traffic) 到比較彈性的盡力而為型 (best-effort) 的封包資料的延遲要求；
- 支援從 10% 的碼框 (frame) 誤差率到  $10^{-6}$  的位元誤差率的品質要求；
- 與第二代系統的共存以及支援為增加覆蓋範圍和負載均衡而要在兩種系統之間進行交遞 (handover) 的功能；
- 支援向上、向下連結話務量不對稱的服務——如瀏覽網頁造成的向下連結負載遠大於向上連結負載；



- 高頻譜利用率；
- 支援 FDD、TDD 兩種模式的共存。

表 1-4 列出了 WCDMA 與 GSM 的主要區別，表 1-5 則是 WCDMA 與 IS-95 的主要區別。在表中僅僅比較了空中播送介面，GSM 當然還包括服務和核心網路這些方面，這一 GSM 平臺將和 WCDMA 空中播送介面共同使用，參見後面關於核心網路的部分。

表 1-4 WCDMA 和 GSM 空中播送介面的主要區別

	WCDMA	GSM
載波間隔	5MHz	200kHz
頻率複用因子	1	1~18
功率控制頻率	1500Hz	2Hz 或更低
服務品質控制	無線電資源管理演算法	網路規劃（頻率規劃）
頻率分集	5MHz 頻率的頻寬使其可採用 Rake 接收器進行多路徑分集	跳頻
封包資料	基於負荷的封包排程	GPRS 中基於時槽的排程
向下連結傳送分集	支援以提高向下連結的容量	標準不支援，但可以應用

表 1-5 WCDMA 與 IS-95 空中播送介面的主要區別

	WCDMA	IS-95
載波間隔	5MHz	1.25MHz
片碼速率	3.84Mcps	1.2288Mcps
功率控制頻率	1500Hz 上、向下連結都有	向上連結：800Hz； 向下連結：慢速功率控制
基地台同步	不需要	需要，典型的做法是通過 GPS
頻率間切換	需要，使用時槽的方式量測	可以採用，但未規定具體的量測方法
有效的無線電資源管理演算法	支援，提供所請求的 QoS	不需要，因其是只為傳送語音設計的網路
封包資料	基於負載的封包排程	把封包資料作為短時電路交換呼叫來處理
向下連結傳送分集	支援，以獲得更高的向下連結容量	標準不支援

空中播送介面的不同反映了第三代系統的新要求。例如，為支援更高的位元速

率，需要 5 MHz 這一更寬的頻寬。WCDMA 中採用傳送分集（transmit diversity）來提高向下連結容量以支援具有向上、向下連結容量非對稱特性的需求。第二代的標準並不支援傳送分集。而在第三代系統中則要把不同位元速率、不同服務種類和不同品質要求的業務混合在一起，這就需要有先進的無線電資源管理演算法來保障服務品質和達到最大的系統流通量（throughput）。還有，在新系統中對非即時的封包資料的支援也很重要。

下面主要討論 WCDMA 和 IS-95 的區別。兩者都採用直接序列 CDMA。WCDMA 的片碼速率為 3.84 Mcps，比 IS-95 中的 1.2288 Mcps 高，這樣就能提供更多的多重路徑分集（multipath diversity）——尤其是在小的市區細胞時。9.2.1.2 節和 11.2.1.3 節將討論分集對系統性能提高的重要性。尤其值得強調的是，增強的多重路徑分集改善覆蓋區域。與窄頻的第二代系統相比，更高的片碼速率還要有更高的中繼增益（trunking gain）——尤其是在高位元速率的情況下。

WCDMA 向上、向下連結中都採用快速閉迴路功率控制；而 IS-95 只在向上連結中使用這一技術。在向下連結中使用快速功率控制能夠提高連結性能，並且增加向下連結的容量。當然這需要行動台增加新的功能，例如 SIR 估計和外迴路功率控制，這方面是 IS-95 行動台所沒有的。

IS-95 系統主要是針對巨型細胞的應用。巨型細胞基地台一般位於電線桿或屋頂這些易於接收 GPS 信號的地方。這是因為 IS-95 的基地台需要同步，而同步的完成最典型的便是依靠 GPS 信號。對 GPS 信號的需求使得室內和小型細胞（micro cells）中的應用要困難一些，因為沒有與 GPS 衛星的視線（line-of-sight, LOS）連接，很難接收到 GPS 信號。因此，WCDMA 的設計採用非同步基地台，就不需要獲取 GPS 信號來同步。非同步基地台也使得 WCDMA 的交遞與 IS-95 當中的略有不同。

在 WCDMA 中，頻率間的交遞很重要，這樣可以使每個基地台的幾個載頻得到最大化的使用。IS-95 中沒有對頻率間的量測做出詳細規定，使得頻率間的交遞比較困難。

在開發第三代空中播送介面期間，從第二代空中播送介面中獲得的經驗發揮了很大的作用，但是兩者也存在著以上所敘述的種種不同點。為了使 WCDMA 的能力得到最充分的利用，必須對 WCDMA 空中播送介面從實體層（physical layer）一直到網路規劃和性能最佳化進行深入的理解。