

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

DVB-H 行動電視之電腦軟體無線電接收系統 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2221-E-216-041-
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：中華大學通訊工程學系

計畫主持人：陳棟洲
共同主持人：田慶誠、辛錫進
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：鄭偉懿
碩士班研究生-兼任助理人員：顧賢俊

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 98年10月29日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

DVB-H 行動電視之電腦軟體無線電接收系統

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2221-E-216-041-

執行期間：97 年 8 月 1 日至 98 年 7 月 31 日

計畫主持人：陳棟洲

共同主持人：辛錫進、田慶誠

計畫參與人員：鄭偉懿、顧賢俊

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中華大學通訊工程學系

中 華 民 國 98 年 10 月 20 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

數位廣播之電腦軟體接收機

計畫編號： NSC 97-2221-E-216-041

執行期間： 97年08月01日至98年07月31日

計畫主持人： 陳棟洲 中華大學通訊工程學系

摘要

隨著影像壓縮技術之進步、半導體科技之快速發展、無線通訊技術與數位傳送輸技術之快速進步，使電視節目製作到傳收機的整個系統都得以數位化實現，使電視廣播技術繼黑白類比電視廣播、彩色類比電視廣播之後，進入第三代之數位電視廣播。另一方面，由於無線行動通訊產業蓬勃發展，使行動電話的功能日益多樣化並朝向廣義的個人行動(手持式)裝置演變，諸如接收數位電視節目等多媒體服務預期都將是未來行動裝置的主要功能之一。本計畫希望善用大家身邊的個人電腦以及可隨身攜帶之筆記型電腦的強大 CPU 運算能力以及大的螢幕終端，用其來開發行動電視之電腦軟體接收系統。由於 DVB-H 系統是以 DVB-T 系統為基礎，本計畫第一年便先針對技術已經比較成熟以及台灣也已開播之 DVB-T 數位視訊廣播，先進行 DVB-T 數位電視電腦軟體接收系統之數位基頻信號處理程式的建構。在前端射頻信號部分，我們先以 Signal Analyzer (Rohde&Schwarz FSQ)配合市面上可買到之專用天線，直接將 DVB-T 射頻訊號轉至中頻，在由類比/數位轉換器將中頻類比訊號轉為數位信號，再由所建構之 DVB-T 數位電視電腦軟體接收系統之數位基頻信號處理程式，將台灣無線電視台實際所發送訊號之傳輸參數 TPS 解出，以驗證其可行性。

關鍵詞：數位廣播、軟體無線電、電腦

1. 簡介

隨著數位時代的來臨，無線視訊廣播之發展也逐漸從類比走向數位化[1]-[7]。由於無線廣播必須面對嚴苛的傳輸環境，因此歐洲數位視訊廣播技術發展組織採用編碼正交頻率分割多工技術(Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing; COFDM)以及 MPEG 影像與語音壓縮技術，發展無線地面數位視訊廣播 DVB-T 傳輸技術標準[1]。DVB-T 當初的設計主要是針對固定與可攜式接收的應用。近幾年，「行動多媒體」議題的持續發燒，針對行動或手持接收裝置應用之數位視訊廣播技術亦成為研究重點。但進一步要將地面數位視訊轉向手持式行動電視的應用時，功率消耗立即成為一個關鍵問題，由於功耗與接收性能兩種問題的解決方案往往互相衝突，故低功耗與小尺寸天線的要求對於提昇行動接收性能帶來全新的挑戰。歐洲數位視訊廣播技術發展組織基於要發展適合手持接收裝置應用之數位視訊廣播技術，且要避免與原有的 DVB-T 標準形成自家相殘的局面，解決方案必須盡可能與 DVB-T 系統相容，因此發展出手持式數位視訊 DVB-H 標準[8]-[10]。所以 DVB-H 系統架構是以 DVB-T 為基礎，於實體層(Physical Layer)新增 4K OFDM mode，於資料鏈結層(Data Link Layer)新增 time-slicing 與 MPE-FEC 兩項技術分別有助於節省功耗與提升移動接收性能，且規範其網路層(Network Layer)資料必須為 IP 封包，並增修傳輸參數信號(Transmission Parameter Signaling; TPS)規範以攜帶 DVB-H 服務模式下的相關參數。

基於軟體無線電技術的蓬勃發展，以及其特有之彈性、適應性、升級性、共通性，因此備受學術界與產業界所矚目。目前大家所謂之軟體無線電系統是利用寬頻 A/D 轉換器使高頻類比信號如中頻 (Intermediate Frequency; IF) 或射頻 (Radio Frequency; RF) 變成數位信號，後續的數位信號處理便可一般用途的數位信號處理器 (DSP)、微處理器、或程式邏輯陣列晶片(FPGA)，藉執行軟體程式的方式來處理轉換後的數位信號[11]-[16]。軟體無線電系統雖利用軟體可程式化之特性而具有較大之產品彈性(flexibility)，但這類產品還是得藉助硬體(數位信號處理器、微處理器、或程式邏輯陣列晶片)來實現。以目前之技術，這些硬體之價格還是不便宜，且以消費者喜新厭舊之特性，雖然產品功能可升級而無損其性能，但往往會因產品之外表造型而重新購買新產品，如此便損害了軟體無線電之基本利基，也是造成軟體無線電商業化之一項阻礙。正因如此，我們有一個新想法，即目前大家所探討之軟體無線電所利用之可程式化硬體幾乎都是指數位信號處理器 (DSP)、微處理器、或是程式邏輯陣列晶片(FPGA)，而大家卻忽略了一個目前大家最常使用、最容易使用、也最普及的可程式化硬體-電腦。我們可以善加利用大家身邊的電腦，以電腦來開發適合應用之軟體無線電產品，而數位視訊廣播便是一個非常適合發展的應用。因此本計畫提

出一個不一樣的 DVB-H 行動電視「軟體」無線電接收系統的概念，善加利用筆記型電腦的普及率、超強計算能力、較長之電源續航力、以及攜帶移動方便性，來取代軟體無線電所利用之可程式化硬體，處理 DVB-H 行動電視的基頻數位訊號，以不一樣的軟體無線電思維來善用電腦功能以及發揮電腦的應用價值。

由於 DVB-H 系統是以 DVB-T 系統為基礎，本計畫第一年便針對技術已經比較成熟以及台灣也已開播之 DVB-T 數位視訊廣播，先進行 DVB-T 數位電視電腦軟體接收系統之數位基頻信號處理的研究。第二年起再將第一年之 DVB-T 系統延伸到 DVB-H 系統。本計畫規劃以三年的時間來進行 DVB-H 行動電視之電腦軟體無線電接收系統概念雛型之研究。

本年度之計畫著重於數位視訊廣播 DVB-T 之基頻接收模擬平台(台灣參數規格)的建立。我們先以 Signal Analyzer (Rohde&Schwarz FSQ)配合市面上可買到之專用天線，直接將 DVB-T 射頻訊號中頻，在由 ADC 轉為數位信號，再由所建構之 DVB-T 數位電視電腦軟體接收系統之數位基頻信號處理平台，將台灣無線電視台實際所發送訊號之傳輸參數 TPS 解出，以驗證其可行性。

2. DVB-T 系統架構

根據 DVB-T 標準 ETSI EN 300 744[1]之敘述，傳送端系統架構如圖 2.1 所示，可區分為訊號源、通道編碼(Channel Coding)與調變(Modulation)等三大部份。

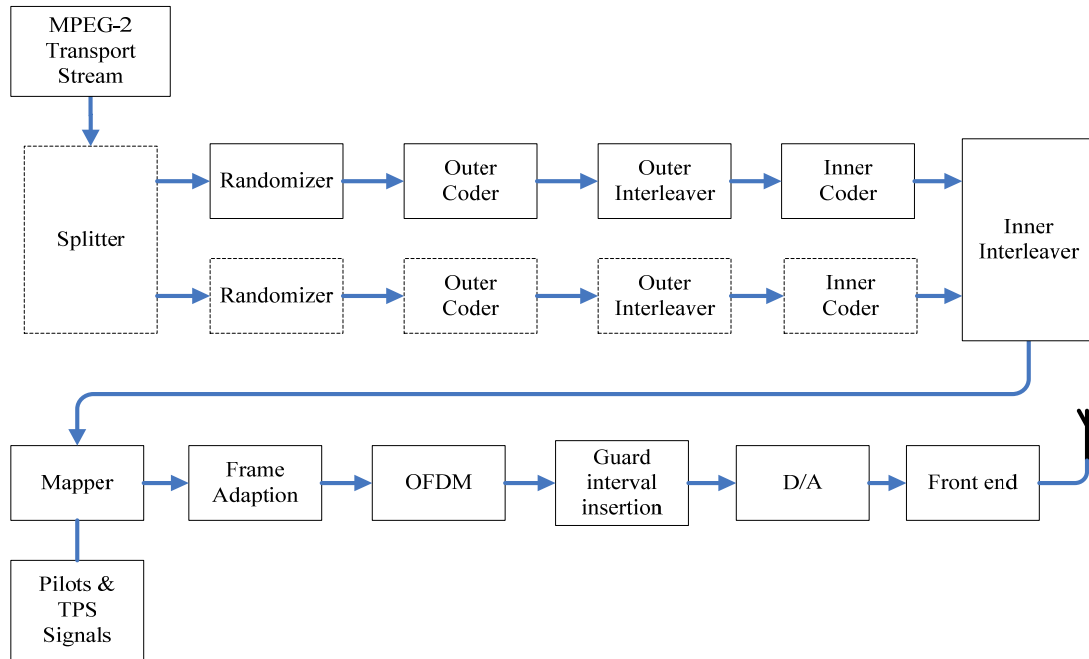


圖 2.1、DVB-T 傳送端系統方塊圖

在訊號源端將資料作資料編碼壓縮其資料量(Source Coding)，在影像的部份是採用 MPEG-2 Video [9] 壓縮技術，而聲音的部份則採用 MPEG-1 Audio [10] 壓縮技術，再利用 MPEG-2 System 所定義的方法，將影音資料封裝成 MPEG-2 TS 的型式輸出。若有啟動階層模式(Hierarchical Mode)，會有一個 Splitter 將 TS 分為 HP (High Priority)與 LP(High Priority)二個位元流。在通道品質良好的情況下解出 HP 與 LP 兩個位元流；若是在通道品質不佳的情況下，也可以確保在 HP 位元流所傳送重要資料可以完整地解出。目前就台灣電視台發送的 DVB-T 訊號而言並未使用階層模式，所以圖 2.1 中的虛線部份是沒有使用的。MPEG-2 TS (MPEG-2 Transport Stream)是一個由許多的節目混合而成的串流，其組成為影像、聲音、資料等封包所混合構成的，其影像與聲音的資料都會先經過資料壓縮(Source Coding)的處理，以便於傳輸更多的資料量。一個 TS 封包有 188 位元組所組成，開頭的第一個位元組又稱為同步位元組(Sync Byte)，其值為一定值 0x47。TS 封包結構如圖 2.2 所示。

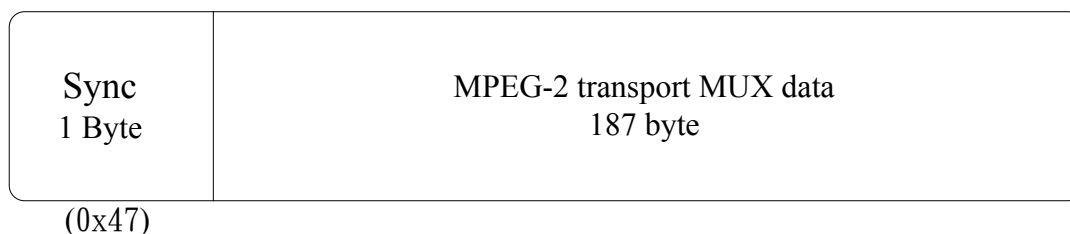


圖 2.2、MPEG-2 TS 封包結構圖

此系統之通道編碼(Channel Coding)包含有亂碼器(data randomizer)、外編碼(outer coding)、外間插(outer interleaving)、內編碼(inner coding)、內間插(inner interleaving)，如圖 2.3 所示。

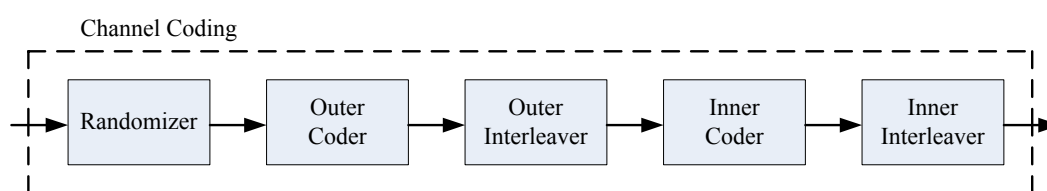


圖 2.3、通道編碼系統方塊圖

MPEG-2 TS 進入通道編碼後，經由亂碼器將資料打亂，目的是讓傳送的資料近似於亂數排列，這是因為資料源所傳送的資料，產生各符號機率不相同，因此會有能量不均勻及接收時時序判斷不易等問題產生。所以大多數的通訊系統都會在訊號源後接一個攪拌器(scrambler)將資料以亂數的形式送出，在此是用亂碼器(randomizer)將封包中非同步位元以外的資料打亂。DVB-T 亂碼器的產生多項式為 $g(x)=1+x^{14}+x^{15}$ ，其結構為圖 2.4。亂碼器主要是由 15 個位元的移位暫存器以及 1 個 XOR 邏輯閘所組成的攪拌器，並配合 1 個 AND 邏輯閘與 1 個 XOR 邏輯閘達到同步位元組(Sync. Byte)不會被打亂，而非同步位元組能被打亂的功能。其打亂方式是以 8 個 TS 封包($188 \times 8 = 1504$ Bytes)為週期，每個週期開始攪拌器的初始值為 10010101000000，每一週期攪拌器將重新作初始化動作。每週期中 8 個 TS 封包的第一個封包的同步位元組的值 0x47 作反轉為 0xB8，以利接收端判別之用，資料經由亂碼器後封包結構如圖 2.5 所示。

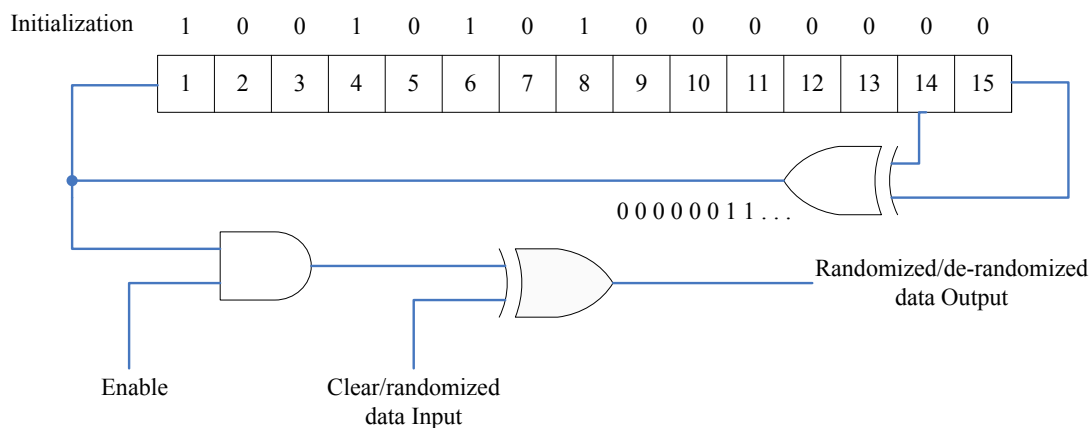


圖 2.4、亂碼器結構圖

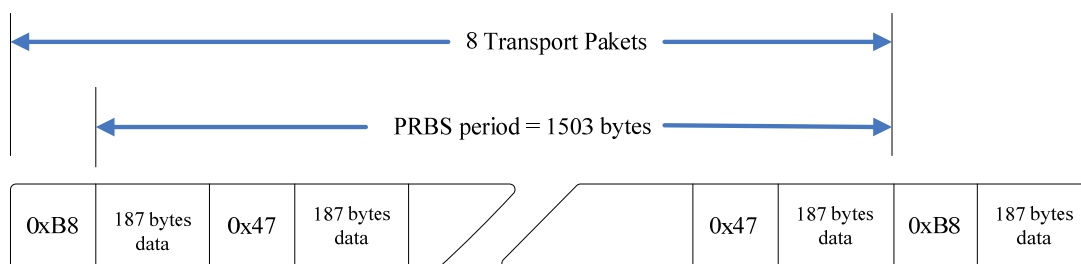


圖 2.5、經過亂碼器後之封包結構圖

DVB-T 系統的 outer coding 是採用(204, 188, 8) Reed-Solomon code，RS 碼是一種區塊碼(Block Code)，其作法是將資料分為若干個 188 位元組的區塊，依據各區塊資料去計算出 16 位元組的檢查碼附加於資料之後，成為每 204 個位元組一個區塊，其中 8 是指每 204 位元組資料中，依據檢查碼後我們可以修正 8 個位元組以內的錯誤發生，其編碼後封包結構如圖 2.6。因為 RS code 的錯誤更正能力為糾正一個封包內 8 個資料位元組以下之錯誤，若一個封包的錯誤超過了 8 個資料位元組，資料將不能被正確地解碼。因此系統加入 outer interleaving，其目的就是當連續錯誤發生時能平均的分散錯誤在各封包中，藉此降低封包內錯誤超過 8 個位元組的可能。系統的 outer interleaving 是一種資料間插(Data Interleaving)，採用迴旋間插方式(Convolutional interleaving)，間插深度 $I = 12$ ，先進先出暫存器(FIFO registers)的記憶深度 $M = 17$ ， $I \times M = 204$ 恰好是傳輸資料流經過 RS 碼的長度，並且所有的同步位元組(SYNC、SYNC)都經過編號"0"的分支。這是為了讓同步位元組在傳送時沒有時間上的延遲，經過外部間插後的資料，仍維持 204 個位元組中有一個同步位元組的特性，如圖 2.7。在解外間插時是採用相同的架構，但將深度排序反轉過來，所以 12 分支上的資料都會延遲 187 (17×11)位元組，12 條路徑的時間延遲都相同，如圖 2.8。

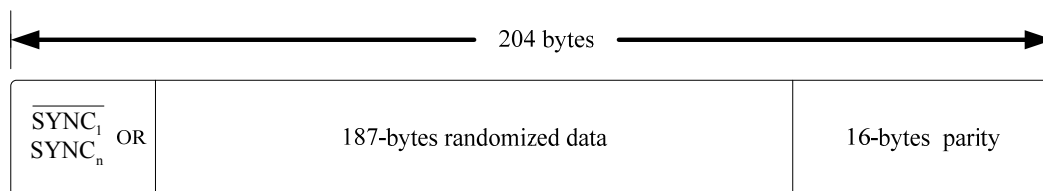


圖 2.6、經過外編碼後之封包結構圖，取材自[1]

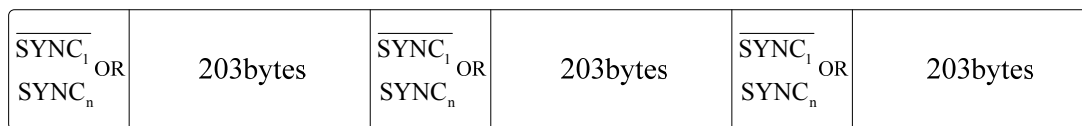


圖 2.7、經過外間插後之封包結構圖

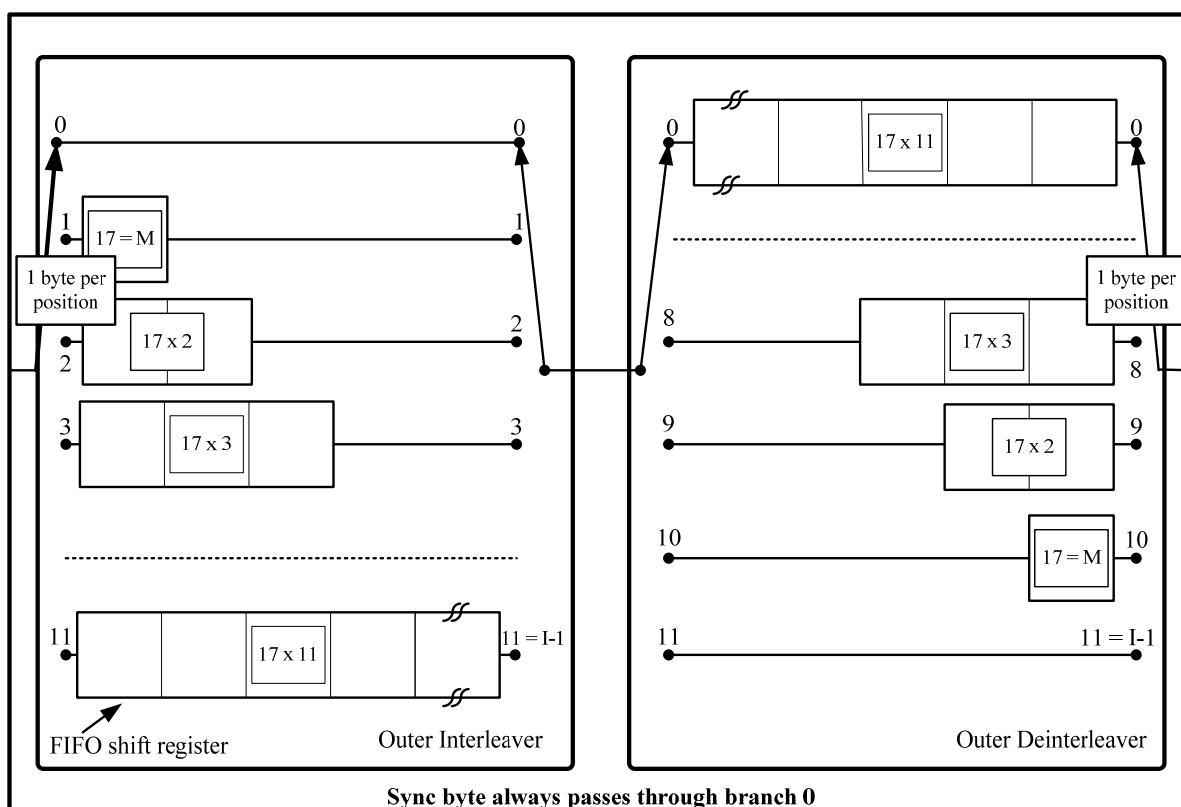


圖 2.8、Interleaver 與 deinterleaver 之結構圖，取材自[1]

DVB-T 系統的 inner coding 是採用 punctured convolutional code，其母碼(Mother Code)為(2, 1, 6) convolutional code，架構如圖 2.9。依環境產生多重路徑干擾及頻率選擇性之衰落變動多寡的需求，調整其編碼率(Code Rate)為 1/2、2/3、3/4、5/6 或 7/8，以因應各國各環境不同的需求。Inner coding 也搭配一 inner interleaving，主要在於避免 OFDM 系統中在頻域上連續錯誤的發生。內間插是由位元間插(bit-wise interleaver)和符元間插(symbol interleaver)所組成，內間插的位元間插與符元間插都是採用區塊間插模式(block interleaving)。

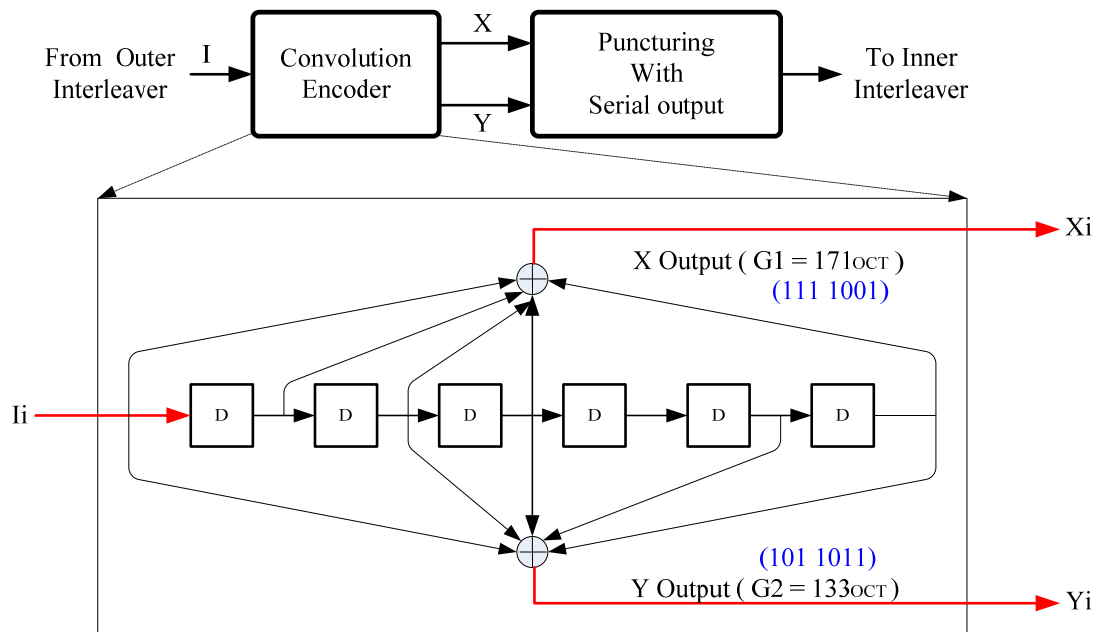


圖 2.9、Inner coding 結構圖

DVB-T 系統之調變(Modulation)是以 OFDM 調變為主，其子載波調變(Sub-carrier Modulation)是採用 QAM 調變，其系統方塊圖如圖 2.10 所示。DVB-T 系統以 8K 模式傳輸下的 IFFT 輸入輸出，如圖 2.11 所示。X[0]~X[8191]為 IFFT 的輸入，而 C[0]~C[6816]是一個 OFDM 符元能傳送 6817 個複數資料(包含資料與 TPS & Pilot)，排列在低頻的部份，中間高頻的輸入 X[3409]~X[4783]是沒有使用的 guard band，以零填補。經 IFFT 後的資料再經由並列轉串列後，作循環字首(Cyclic Prefix)的處理，以 8K 傳輸模式下，保護區間(Guard Interval)參數選用 GI = 1/4 為例，將 IFFT 輸出的 x[n]為 8192 個複數資料，其後四分之一大小的資料拷貝移至資料前端擺放，作為保護區間之用，目的是避免符元間的干擾(Inter Symbol Interference, ISI)。採用循環字首處理之原因為可以維持載波的連續性，在多重路徑的環境之下，亦不會失去其正交性。在 8K 模式的傳輸模式下，共用 8192 個子載波來傳輸，其中用 6048 個子載波傳輸資料外，我們還要用 701 個子載波作為導引信號(Pilot)，用 68 個子載波作為傳輸參數信號(TPS Signal)。導引信號是為了接收機作同步及通道估測之用；而傳輸參數信號主要是讓接收機知道系統是選用何種參數，知道選用的參數後，接收機才能作編解碼之動作。

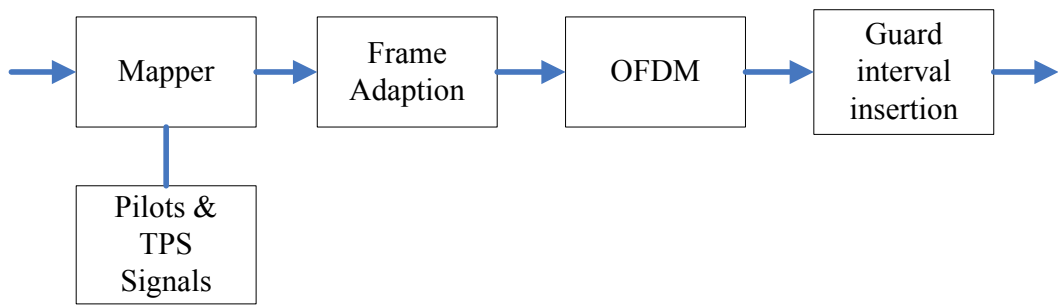


圖 2.10、調變系統方塊圖

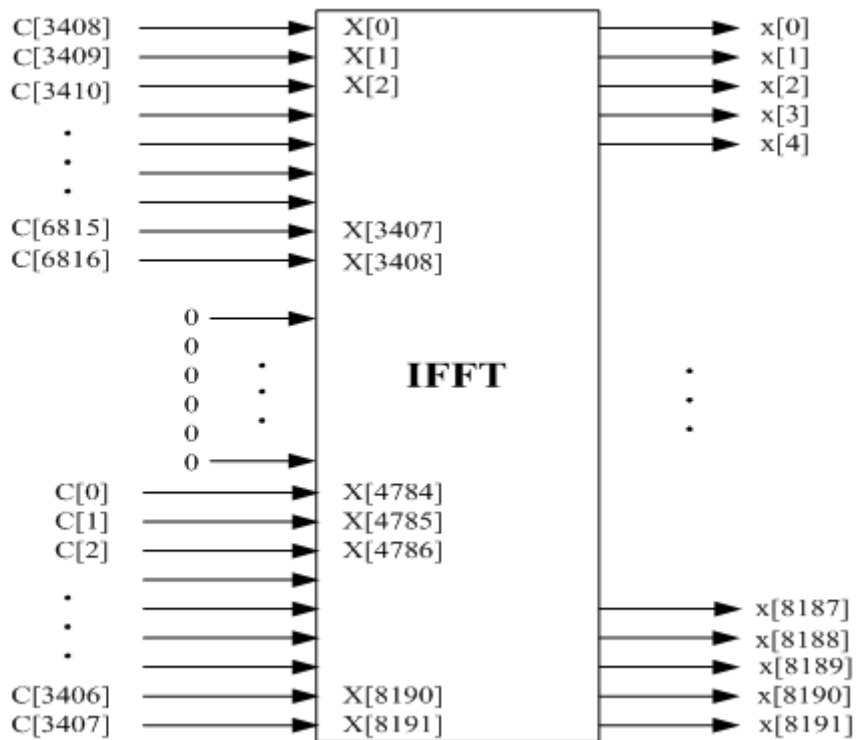


圖 2.11、IFFT 輸入輸出排列

導引信號可以分為兩種，分別為連續導引(Continual Pilots)及分散導引(Scattered Pilots)，導引信號目的是提供接收機作為圖框同步(Frame Synchronization)、頻率同步(Frequency Synchronization)、時間同步(Time Synchronization)、頻道傳輸特性估測(Channel Estimation)和追蹤相位雜訊(Phase Noise)等功能。連續導引載波(CPC)採用 BPSK 調變，並將其振幅大小調至 $4/3$ ，即提高其發射功率大小，比一般資料載波功率高 $16/9$ 倍，比一般的訊號強故容易偵測，而連續導引載波所傳送的資料，是由一規定的隨機擾亂之二進位數列(PRBS: $x^{11} + x^2 + 1$)多項式產生器所產生，其 PRBS 多項式產生器如圖 2.12 所示。連續導引載波在 8k 模式傳輸模式下，共有 701 個導引載波，其中有 177 個為連續導引載波，而連續導引載波在每個符元中的子載波位置是隨機的，但是在各符元中安排位置是一樣

的。分散導引載波(SPC)的調變、傳輸振幅大小都與連續導引載波相同，其不同在於位置是不故定的，其位置是依數學式 $K = K_{\min} + 3 \times (1 \bmod 4) + 12P$ 所排列，如圖 2.13。

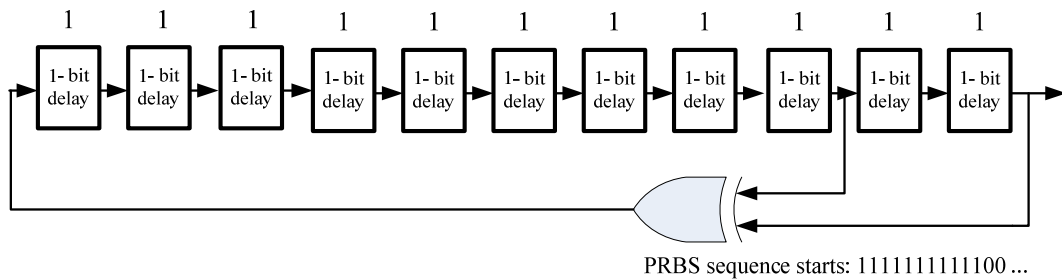


圖 2.12、PRBS 序列產生器

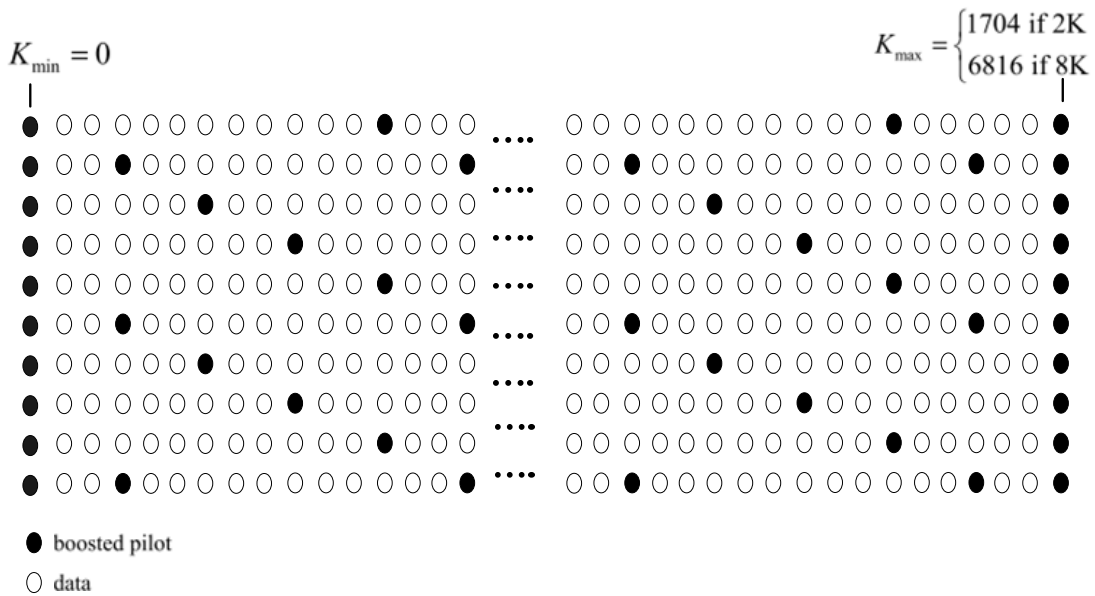


圖 2.13、DVB-T 導引載波訊號之位置

傳輸參數信號(TPS Signal) 功能在於告知接收機目前發送的訊號，是採取何種的參數設定。傳輸參數信號包含以下資訊：

- 同步信號 (Synchronization word)
- 此 frame 在 super frame 是編號 (0~3)
- Constellation (QPSK、16QAM、64QAM)
- Hierarchy Information
- Code Rate (1/2、2/3、3/4、5/6、7/8)
- Guard Interval (1/4、1/8、1/16、1/32)
- 傳輸模式 (2K、8K)

完整 TPS 共有 68 位元，其各自代表的內容，列於表 2.1。其中 S1~S16 表同步位元，用於

解 TPS 時同步之用，而奇數訊框(frame)與偶數訊框的同步字元並不相同。而 S54~S67 表錯誤更正碼，採用 BCH(67,53,2)，為 BCH(127,113,2)的縮短碼。其 Code generator polynomial 為 $h(x) = x^{14} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$ 。完整的 TPS 存在於一個訊框(frame)內，即 68 個 OFDM 符元表一個完整的 TPS 訊號，即一個 OFDM 符元只用於傳送一個位元的 TPS 訊號。以 8K 傳輸模式為例，一個 OFDM 符元用 68 個子載波來傳送相同的位元資訊。OFDM 符元使用固定位置的子載波來傳送 TPS，如表 2.2 所示。TPS 訊號採用 DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying)調變，用連續兩個 OFDM 符元間之差異來表示一位元的 TPS 訊號。在一個訊框內共有 68 個 OFDM 符元，若將其編號為 0~67 號，而編號 0 的 OFDM 符元中用於傳送 TPS 訊號的子載波，傳送的資料是由 PRBS 提供的初始值。而編號 1 的 OFDM 符元中用於傳送 TPS 訊號子載波，其傳送的資料則是由 TPS 訊號 S1 所決定，若 S1 為 0 則傳送前一 OFDM 符元(編號 0)中 TPS 子載波資料;若 S1 為 1 則傳送反向的前一 OFDM 符元(編號 0)中 TPS 子載波資料，以此方式傳輸 TPS 訊息。故解碼的時候只要利用連續 2 個 OFDM 符元的 68 個載波之差值做多數決投票，就能解出 TPS 的 1 位元。其中提供傳輸參數信號初始值的 PRBS 與導引訊號所使用的 PRBS 相同，產生多項式皆為 $g(x) = x^{11} + x^2 + 1$ 。

在 DVB-T 的設計中，連續 68 個 OFDM 符元構成一個訊框(Frame)，四個訊框構成一個超碼框(Super Frame)，其階層關係如圖 2.14。

表 2.1、傳輸參數信號格式

Bit number	Format	Purpose/Content	Apply to
s0	From PRBS	Initialization	Current super frame
s1 to s16	0011010111101110 or 1100101000010001	Synchronization word	
s17 to s22	010111	Length indicator	
s23, s24		Frame number	
s25, s26		Constellation	Next super frame
s27, s28, s29		Hierarchy information	
s30, s31, s32		Code rate, HP stream	
s33, s34, s35		Code rate, LP stream	
s36, s37		Guard interval	
s38, s39		Transmission mode	
s40 to s47	All set to "0"	Cell identifier	Current super frame
s48 to s53		Reserved for future use	
s54 to s67	BCH code	Error protection	

表 2.2、傳輸參數信號使用的載波編號

2K mode (17 Carriers)	8K mode (68 Carriers)
34 50 209 346 413 569	34 50 209 346 413 569 595 688 790 901 1073 1219
595 688 790 901 1073	1262 1286 1469 1594 1687 1738 1754 1913 2050 2117
1219 1262 1286 1469	2273 2299 2392 2494 2605 2777 2923 2966 2990 3173
1594 1687	3298 3391 3442 3458 3617 3754 3821 3977 4003 4096
	4198 4309 4481 4627 4670 4694 4877 5002 5095 5146
	5162 5321 5458 5525 5681 5707 5800 5902 6013 6185
	6331 6374 6398 6581 6706 6799

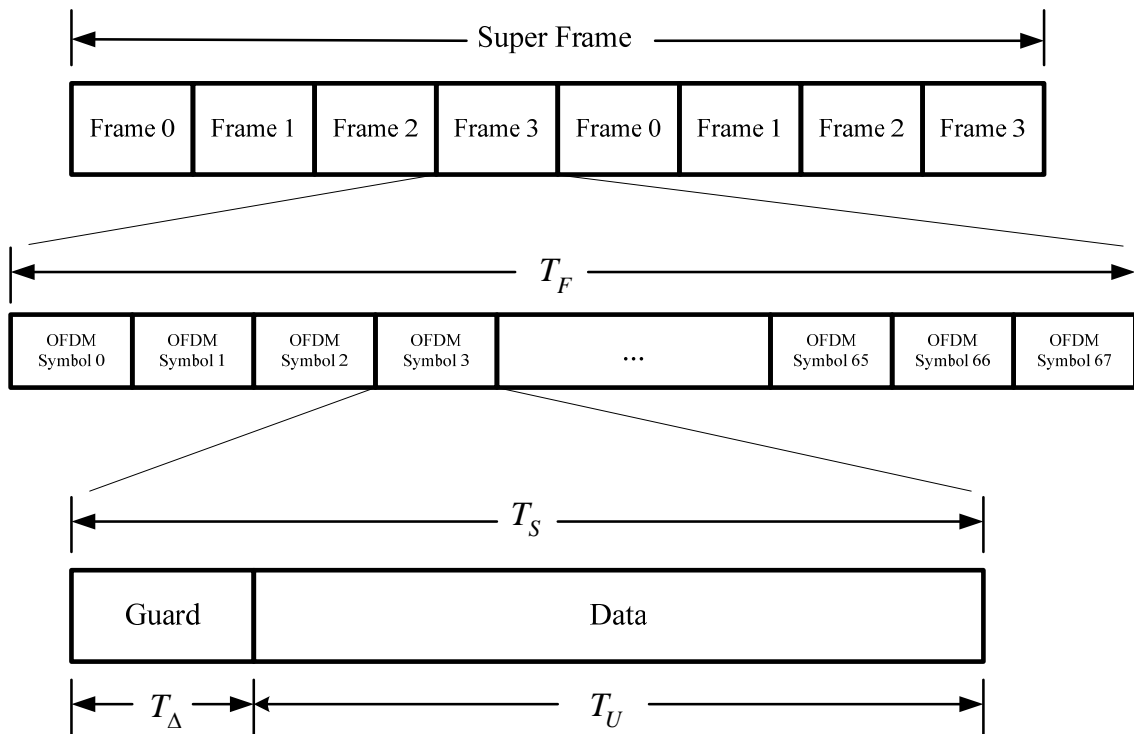


圖 2.14、DVB-T 訊框階層結構圖

3. DVB-T 電腦軟體接收系統之 Simulink 數位基頻信號處理平台

依據歐洲電信標準組織(ETSI)所制定的 DVB-T 標準，我們首先使用 Simulink 軟體建構出 DVB-T 傳收系統之模擬平台，如圖 3.1。此 DVB-T 傳收系統之模擬平台的系統參數是依照台灣無線電視台所採用的參數為依據，如表 3.1 所示。我們模擬 DVB-T 系統產生具同步位元組、導引信號、TPS 信號之訊框資料，再將此訊框資料經由我們所建構之 Simulink 模擬平台進行傳送與接收，經模擬驗證確認此 Simulink 傳收系統模擬平台正確無誤。

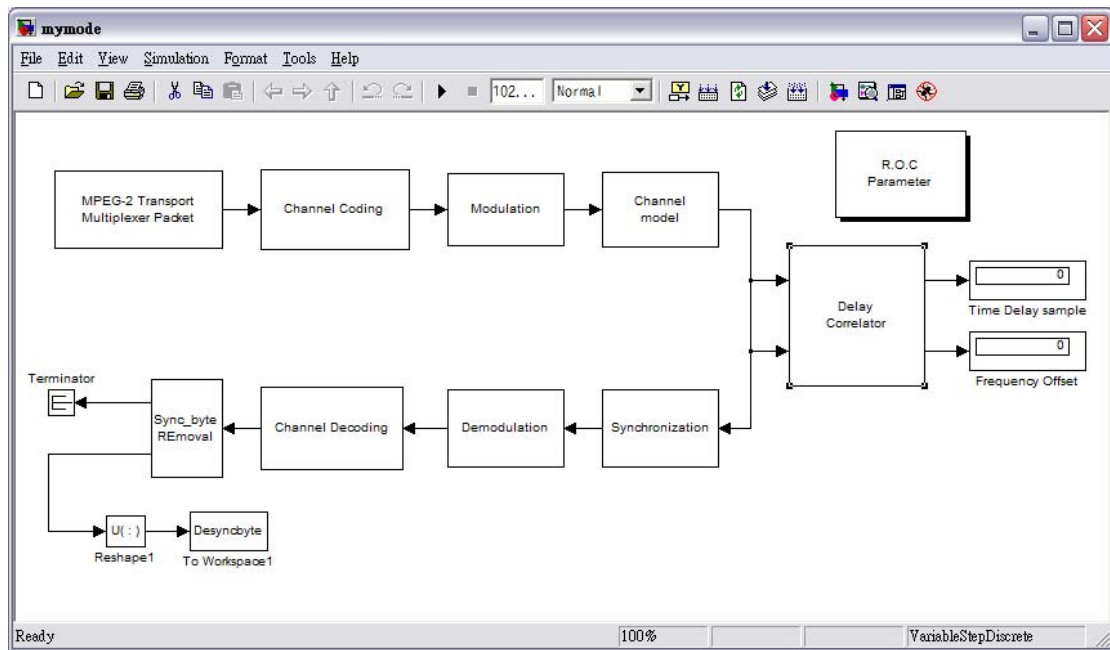


圖 3.1、DVB-T 傳收系統之 Simulink 模擬平台

表 3.1、DVB-T Simulink 模擬平台使用現行台灣無線電視台所選用之參數

Function	Parameters
Channel bandwidth	6M
Transmission mode	8K
Guard interval	1/4
Subcarriers modulation	16QAM
Inner code rate	2/3

接著，我們便先建構一個擷取 DVB-T 訊號的硬體接收環境。我們使用羅德史瓦茲的向量信號分析儀(ROHDE&SCHWARZ FSQ26 Signal Analyzer，如圖 3.2 所示) 來接收 DVB-T 之射頻訊號，此向量信號分析儀可接收訊號的頻帶為 20Hz 至 26.5GHz，而我們所擷取的台視(TTV)無線訊號，其中心頻率為 581MHz、頻寬為 6MHz，如圖 3.3。接著我們使用 LYRTECH

Signal Master Quad (如圖 3.4 所示)來將接收到來自向量信號分析儀之 20.4MHz 的中頻訊號送至 LYRTECH VHS-ADC 發展板做類比至數位的轉換，最後再用 SDRAM 將訊號作儲存，整個接收訊號的流程圖如圖 3.5，而實際環境如圖 3.6 所示。



圖 3.2、向量信號分析儀

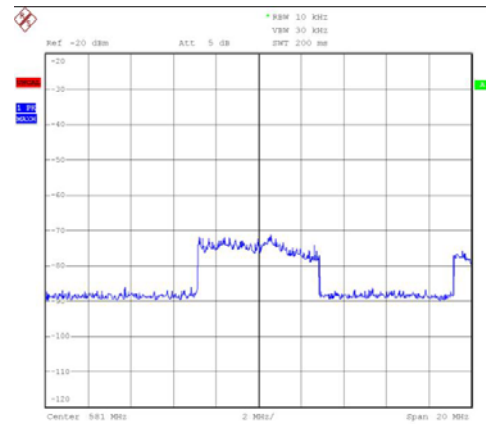


圖 3.3、向量信號分析儀接收到之頻譜



圖 3.4、LYRTECH Signal Master Quad

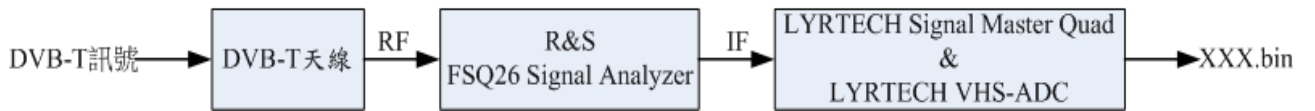


圖 3.5、接收訊號流程圖

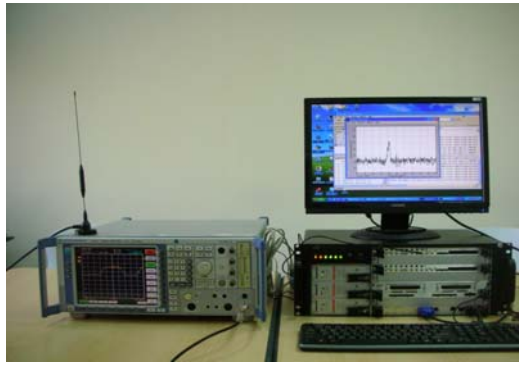


圖 3.6、實驗室環境

DVB-T 軟體接收機之基頻信號處理系統分三個階段來處理信號：「數位前端處理」、「信號同步」、「傳輸參數信號解碼」。數位前端處理主要是做 I/Q 解調變以及取樣頻率的轉換 [17]-[18]，其架構方塊圖與建構之 Simulink 系統模型分別如圖 3.7 與圖 3.8 所示。我們利用 Spectrum Scope 方塊觀察經數位前端處理後之 I/Q-channel 基頻信號頻譜。首先利用 MATLAB 的 Filter Design Tool 設計一個帶通濾波器 BPF (Band-Pass Filter) 來濾除雜訊使信號更乾淨。接著我們再將信號分離成 I/Q channel 之信號，其方式為將接收到的信號分別與 cosine 及 sine 函數相乘，然後再經過低通濾波器 LPF1(Low-Pass Filter)，即可還原出擷取信號之 I-channel 與 Q-channel 的部份。由於信號源之數位中頻信號，其取樣頻率為 120MHz，而 DVB-T 傳送端所使用的基頻取樣頻率為 $\frac{48}{7}$ MHz，故在此要作取樣頻率轉換，將 I/Q-channel 信號升 2 倍頻，使得取樣頻率變為 240MHz 後，通過低通濾波器 LPF2，再降 35 倍頻使其取樣頻率恰好為 $\frac{48}{7}$ MHz，才算完成數位前端處理的部份，處理完成後之信號頻譜如圖 3.9。

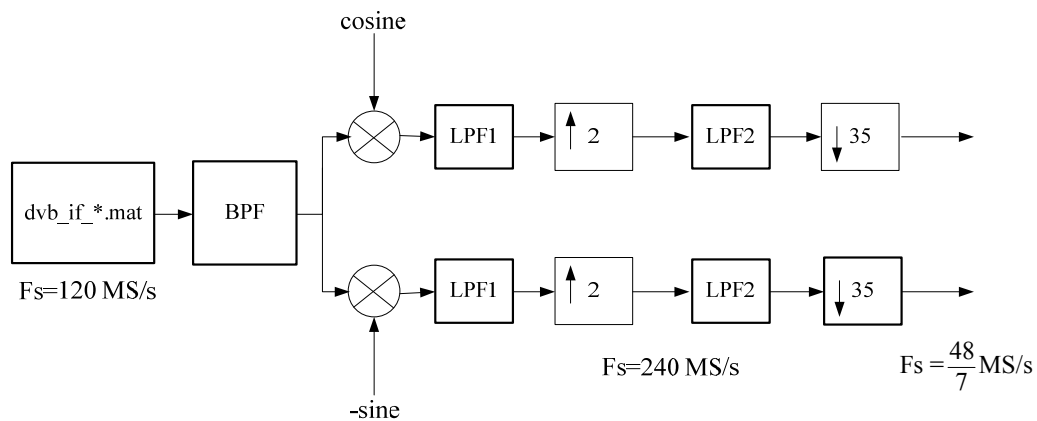


圖 3.7、數位前端處理之架構方塊圖

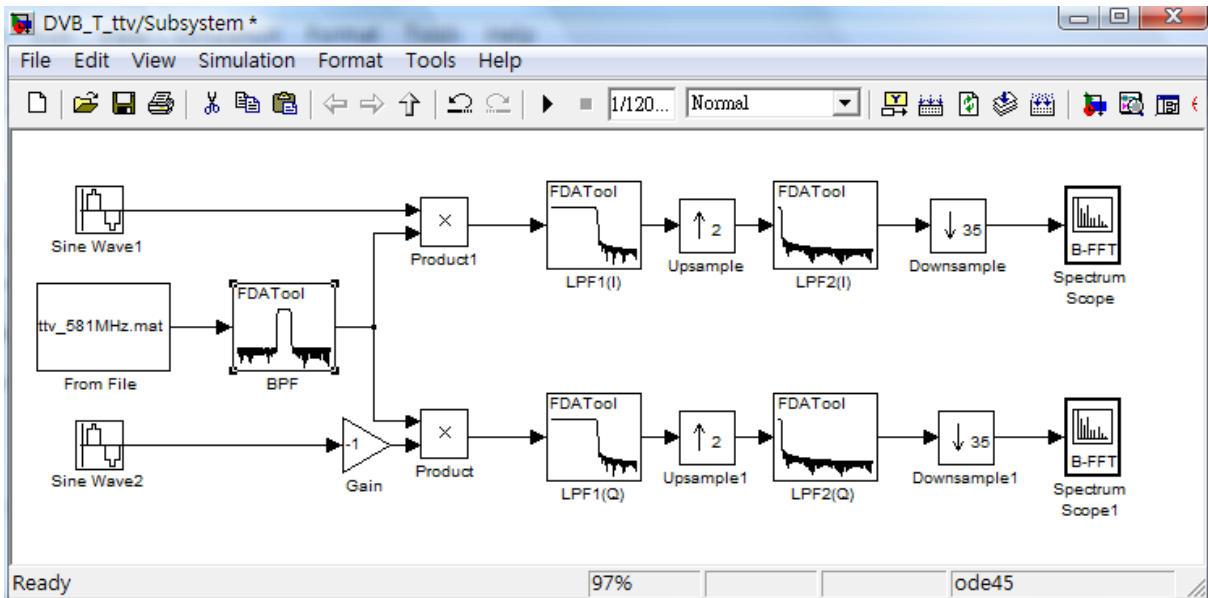


圖 3.8、數位前端處理之 Simulink model

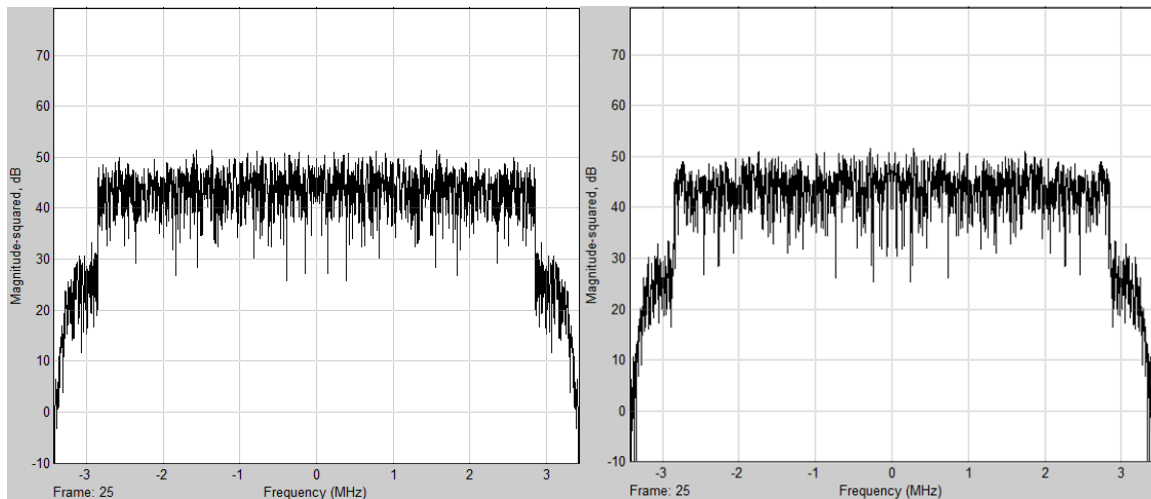


圖 3.9、經數位前端處理後之 I/Q -channel 基頻訊號頻譜

完成數位前端處理後，再來便進行訊號的同步，所建構之訊號同步 Simulink model 如圖 3.10。首先，系統中之延遲相關器(如圖 3.11)將偵測接收訊號之時序與頻率誤差，如圖 3.10，所處理之訊號的時間誤差為 9118 個符碼，載波頻率誤差 α 為 0.02248。接著便進行訊號之時間與頻率的同步，同步後之訊號星狀圖如圖 3.12 所示。做完時間與頻率同步後，該訊號還是很混亂，因此可知訊號相位與振幅都受到通道很大的影響，因此我們還需設計等化器來修正通道效應的影響。訊號之等化是利用導引載波訊號來取得通道之響應，再進行通道響應之補償，如圖 3.13。完成訊號同步與等化後之 OFDM 子載波信號、導引載波信號以及傳輸參數載波 TPS 信號之星狀圖分別如圖 3.14、圖 3.15 以及圖 3.16 所示。由結果可觀察出資料載波訊號(Data)、導引載波訊號(Pilot)及傳輸參數載波訊號(TPS)已可正確解回，表示同步已完成，訊號的相位與大小的誤差範圍很小，將不會影響後續解碼之正確性。

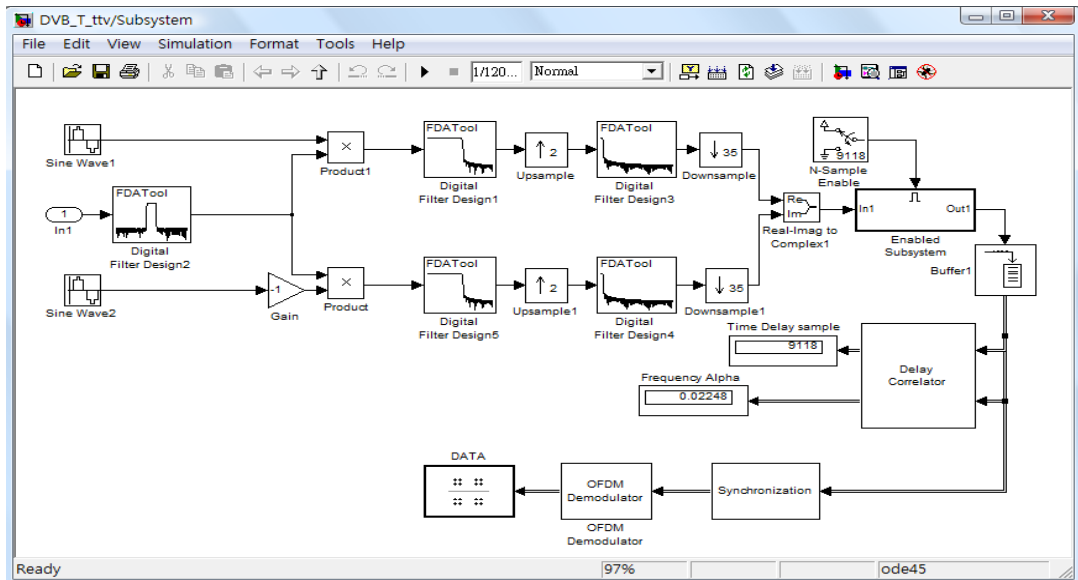


圖 3.10、訊號同步之 Simulink model

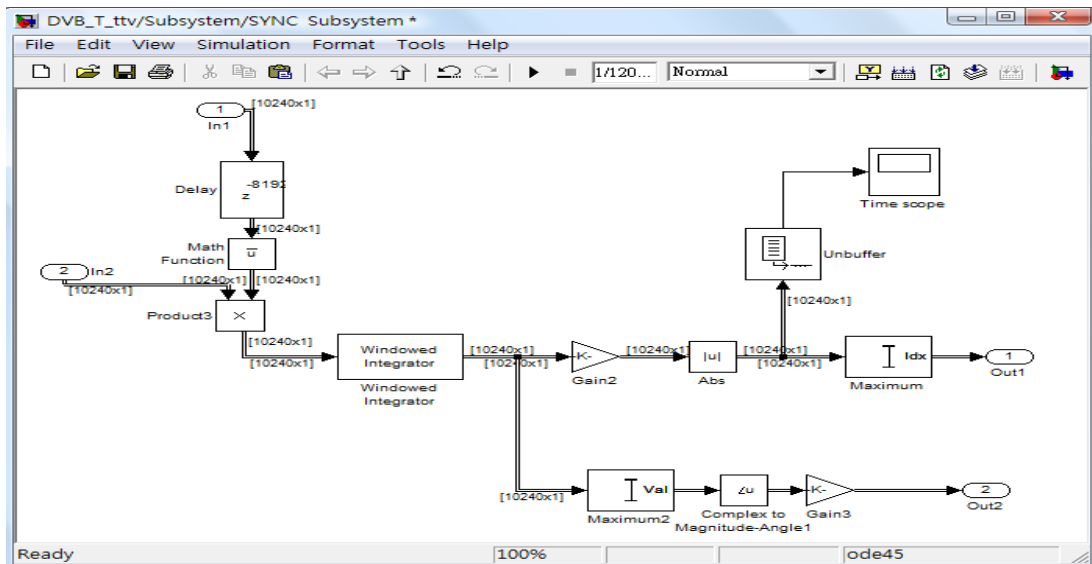


圖 3.11、延遲相關器

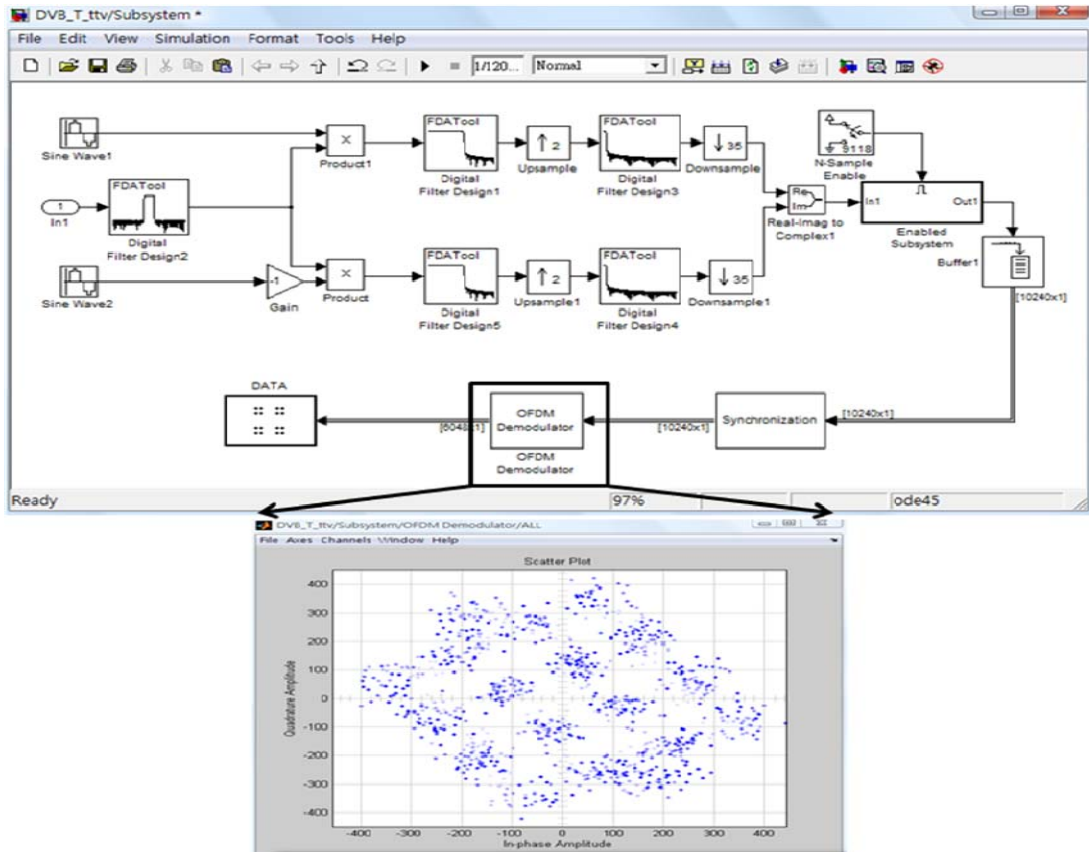


圖 3.12、完成時間與頻率同步後之訊號星狀圖

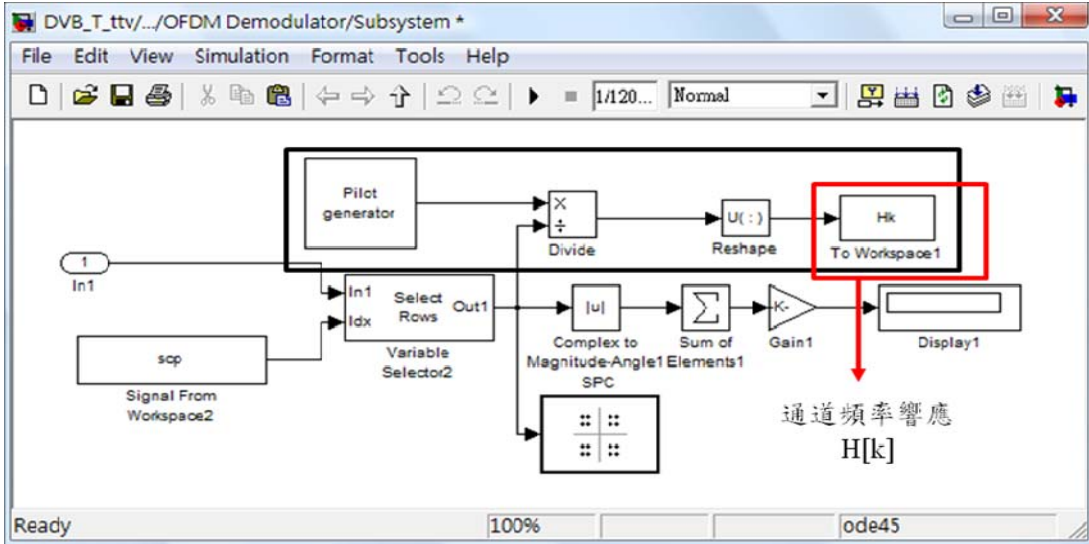


圖 3.13、訊號之等化

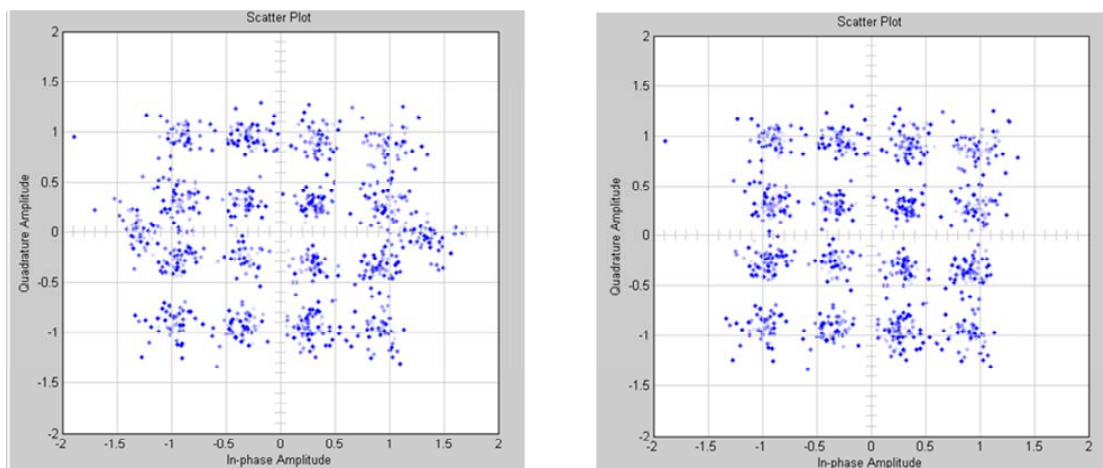


圖 3.14、OFDM 有效子載波信號(左)與資料載波信號(右)星狀圖

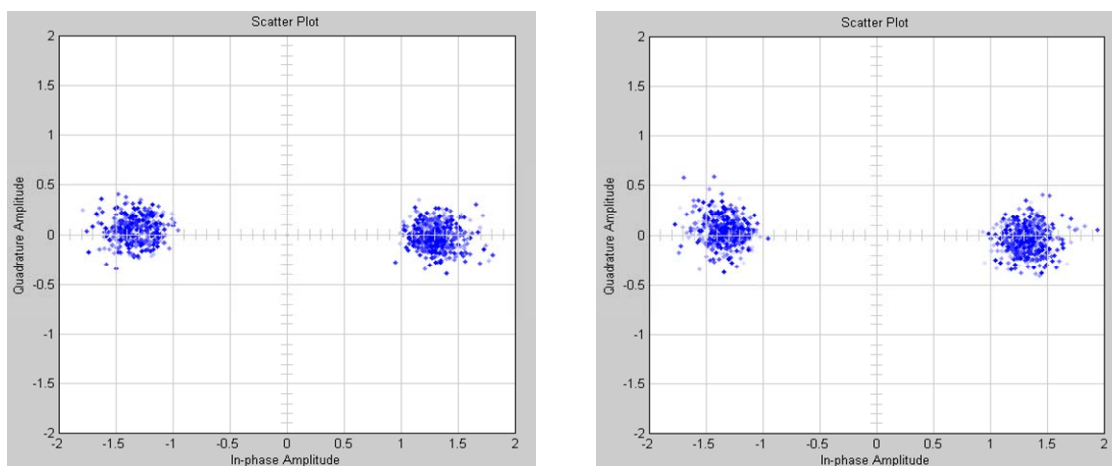


圖 3.15、連續導引載波 CPC(左)與分散導引載波 SPC(右)信號星狀圖

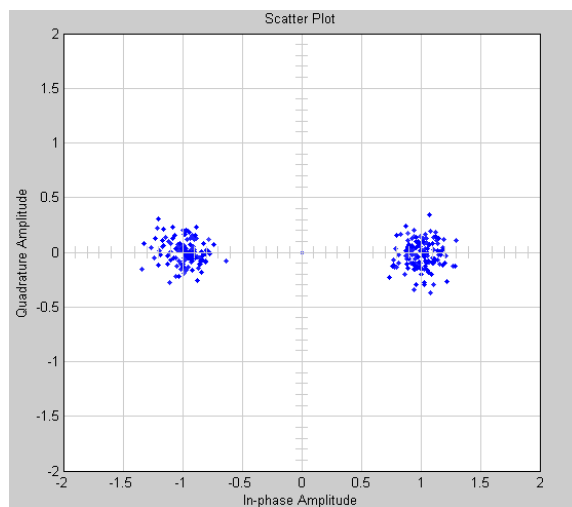


圖 3.16、傳輸參數載波信號 TPS 星狀

4. 結論

本計畫提出一個不一樣的 DVB-H 行動電視「軟體」無線電接收系統的概念，希望以軟體無線電系統架構的觀念，可以在筆記型電腦外外加些許的硬體電路，將無線電類比信號轉換成數位信號，之後便可利用電腦超強之數位信號處理與計算能力，以電腦軟體程式設計方式來處理後端之所有基頻信號，包括信號同步、OFDM 解調、子載波調變解對映、解交錯、通道解碼、視訊/音訊解壓縮等等，最後將節目呈現在電腦上。在第一年的計畫中，先針對技術已經比較成熟以及台灣也已開播之 DVB-T 數位視訊廣播，先進行 DVB-T 數位電視電腦軟體接收系統之數位基頻信號處理的研究。本年度計畫已完成以 Simulink 軟體建構之 DVB-T 基頻接收系統之數位信號處理平台。再以 Signal Analyzer (Rohde&Schwarz FSQ) 配合市面上可買到之專用天線，直接將 DVB-T 射頻訊號轉至中頻，再由 ADC 轉為數位信號，便由所建構之 DVB-T 基頻接收系統之數位基頻信號處理平台，順利將台灣無線電視台實際所發送訊號之傳輸參數 TPS 解出。由本計畫之執行成果可顯示以電腦或筆記型電腦為基礎來實現軟體無線電數位視訊廣播接收系統的可行性。

參考文獻

- [1] Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, European Standard (EN) 300 744 V1.5.1, European Telecommunications Standards Institute (ETSI), Nov. 2004.
- [2] Lars-Ingemar Lundstrom, *Understanding digital television :an introduction to DVB systems with satellite, cable, broadband and terrestrial TV*, 2006.
- [3] Mark Massel, *Digital television :DVB-T COFDM and ATSC 8-VSB*, 2002.
- [4] Herve Benoit, *Digital television: MPEG-1, MPEG-2 and principles of the DVB system*, 2002.
- [5] Robin Blair, *Digital techniques in broadcasting transmission*, Focal Press, 2002.
- [6] Ronald de Bruin and Jan Smits, *Digital video broadcasting: technology, standards, and regulations*, Artech House, 1999.
- [7] Seamus O'Leary, *Understanding digital terrestrial broadcasting*, Artech House, 2000.
- [8] Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H), European Standard (EN) 302 304 V1.1.1, European Telecommunications Standards Institute (ETSI), Nov. 2004.
- [9] ISO/IEC 13818-2:2000, Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video, Cor 1:2002.
- [10] ISO/IEC 11172-3:1993, Information technology - Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s -- Part 3: Audio, Cor 1:1996.
- [11] Joseph Mitola III, "The software radio architecture," *IEEE Communications Magazine*, No. 5, pp. 26-38, May 1995.
- [12] Joseph Mitola III, "Technical challenges in the globalization of software radio," *IEEE Communications Magazine*, No. 2, pp. 84-89, February 1999.
- [13] Joseph Mitola III, *Software radio architecture: objected-oriented approaches to wireless systems engineering*, New York: John Wiley & Sons, 2000.
- [14] Paul Burns, *Software defined radio for 3G*, Boston: Artech House, 2003.
- [15] Markus Dillinger, Kambiz Madani, and Nancy Alonistioti, *Software defined radio :architectures, systems, and functions*, NJ :Wiley, 2003.
- [16] Walter Tuttlebee, *Software defined radio: enabling technologies*, England :John Wiley & Sons,c2002.
- [17] 尤信程、林信標、劉玉蓀、鄭獻勳，*數位電視之原理及技術*，全華圖書，2007。
- [18] 李卓浩，“數位電視通道解碼及解調變之實作”，國立臺北科技大學碩士論文，2006。