

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

區域性無線通道響應特性與通道響應整型之研究(二)

Local Wireless Channel Response Characterization and Channel Response Shaping(II)

計畫編號：NSC 88-2213-E-009-096

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：林大衛 交通大學電子工程系所 教授

一、摘要

我們研究有效使用無線通道之技術，含點對點傳輸通道之盲目等化、天線陣列信號處理、及同時有多個點對點通訊(多細胞通訊)時之通道重用方法。在通道等化方面，我們進一步研究一個簡化旋積和運算並採用止行法做係數調整之等化器在無線通道等化上之效能。在陣列信號處理方面，我們繼續幾種時空濾波架構效能的探討，並研究時空域維特比等化器的效能。在通道重用方面，我們研究泛歐行動通訊系統及歐式無線電話中，有效率的通道重用方法。其成果部分已發表，部分在投稿中。

關鍵詞：盲目等化、陣列信號處理、時空維特比等化、通道重用、泛歐行動通訊系統、數位歐式無線電話

Abstract

We research into techniques for efficient usage of wireless channel, including the blind equalization of point-to-point transmission channel, antenna array signal processing, and channel reuse methods for simultaneous multiple point-to-point communication (i.e., multicell communication). Concerning equalization, we continue the research into the performance on wireless channel equalization of an equalizer with simplified convolution and stop-and-go weight adaptation. Concerning array signal processing, we continue the research into the performance of several space-time filtering architectures, and we research into the performance of space-time Viterbi equalization. Concerning channel reuse, we study efficient channel reuse methods for GSM and DECT. Some of the research results have been published and some are submitted for publication.

Keywords: Blind Equalization, Array Signal Processing, Space-Time Viterbi Equalization, Channel Reuse, GSM, DECT

二、計畫緣由與目的

本計畫研究有效地使用無線通道之技術，含點對點傳輸通道之盲目等化、天線陣列信號處理、及同時有多個點對點通訊時(即多細胞行動通訊系統中)之通道重用方法。

在通道等化方面，兩個重要的考慮是係數調整方法與等化器之複雜度。為了無線通訊頻譜使用的效率，不用傳輸訓練序列的盲目等化是一個為人矚目的研究課題。在複雜度方面，等化器是一般傳收器中最複雜的信號處理元件之一；因此，簡化等化器可以有效降低傳收器的價格。我們過去曾提出一個簡化旋積和計算量的盲目等化器架構。在本計畫中，我們繼續研究其在無線行動通訊通道等化上的效能。

在天線陣列信號處理方面，我們繼續研究純空域結合、延遲結合、多級時空結合、以及全時空結合等四種時空濾波架構的接收品質。我們並設計出一個最小誤差量(minimum-norm)之訓練序列，以求最佳之接收效能。此外，為求更佳之接收品質，我們研究一個時空域維特比(Viterbi)等化器的架構，含其設計與傳輸效能之模擬。

在通道重用方面，我們研究 GSM 及 DECT 二系統。通道重用，從通訊理論的角度而言，是一個很有趣的題目。但由於問題很複雜，故一般均無法求得理論上的解，而需藉助於模擬來了解各方法的效能或比較不同方法的優劣。這也是我們所採的研究途徑。我們考慮 GSM 及 DECT 二者，除了可在較完整定義的系統架構下探討通道重用的方法與效能外，並可熟悉這些廣為人接受的第二世代行動通訊系統的設計，以助日後對第三代乃至更新的系統的研究，並可為日後可能進行的、從通訊理論角度來探討的通道重用研究打基礎。

三、結果與討論

A. 點對點無線通道之盲目等化

本研究接續前期計畫之同題研究。

適應性等化器含有二個主要部分：旋積和計算部分及係數調整部分。本研究所用之等化器架構採用一最近被人提出的分解式旋積和計算方法[1]-[3]。此法可降低其中的乘法數目約一半。此外，我們使用止行法(stop-and-go method)做係數調整。

分解式旋積和計算公式如下：

$$z(n) = \sum_{k=0}^{N/2-1} [x(n-2k) + w_{2k+1}(n)]$$

$$\cdot [x(n-2k-1) + w_{2k}(n)] - g(n) - h(n),$$

其中 n 表時間， $x(n)$ 為等化器輸入， $w_k(n)$ 為等化器第 k 個係數， $z(n)$ 為等化器輸出，

$$g(n) = \sum_{k=0}^{N/2-1} x(n-2k)x(n-2k-1),$$

$$h(n) = \sum_{k=0}^{N/2-1} w_{2k}(n)w_{2k+1}(n).$$

$g(n)$ 可用簡單之遞回方法計算而得。 $h(n)$ 則被視為另一個係數，用適應性濾波方法估計之，詳可參[1]。在 N 大時，此法可降低旋積和計算之複雜度約至一半。

在係數調整方面，我們比較依判定導向(decision-directed)之最小均方差法導出之調整與依 Godard 盲目等化代價函數導出之調整，二者方向是否一致。若一致，則依前者做調整；否則不調。

我們模擬了圖一所示的系統。我們考慮 16-QAM 傳輸。通道為衰落通道。傳輸率為 345.6 kbaud。使用頻寬為 500 kHz。等化器採 T/2 間距架構，具 8 係數。最大都卜勒位移為 35 Hz。我們模擬了四種等化演算法，分別採盲目和使用訓練序列的係數調整，以及分解式旋積和和習用旋積和計算。我們發現二種旋積和計算法之結果相近。很自然地，盲目等化法的收斂較慢。但只要能收斂，我們可用多重訓練的方法使其更完全收斂[4]。圖二示一個等化器收斂的學習曲線。

相關研究除已發表於[1],[2]者外，另有二篇期刊論文在投稿中，及一項美國專利在申請中。

B. 天線陣列信號處理

本研究接續前期計畫之同題研究。

我們繼續透過模擬與分析來比較純空

域結合、延遲結合、多級時空結合、以及全時空結合等四種時空濾波架構的接收品質。其中後二種架構如圖三及四所示。前二種架構可視為此二種的簡化。對於每種架構，我們考慮一種或多種不同的結合權重訓練方法。我們並設計了一個最小誤差量之訓練序列，以求較準確之訓練結果。圖五比較使用此序列以及使用一個隨機序列，在純空域結合濾波上的效果。圖六比較多級時空結合與全時空結合在不同訊雜比下的結果。可見全時空結合之效果較佳，但在中低訊雜比時，其差異較小。此時多級時空結合在結構上的彈性就可能具複雜度上的優點。更完整的成果發表於[5]。

此外，我們研究時空域維特比等化法，其架構如圖七所示。其中我們考慮通道估計的方法、等化器中所使用之通道脈衝響應之長度與其遲延量的選擇等題目。此部分研究已有一篇國際會議論文在投稿中，以及一篇期刊論文在撰寫中。

C. 同時多個點對點無線通訊之通道重用

通道重用之研究，須考慮用戶的移動，亦即除了考慮通話新起(call initiation)外，還須考慮通話交遞(call handover)。也因此需要建立一個合適的用戶移動模型(mobility model)。

GSM 採用手機協助式通道分配與交遞，亦即由基地台負責決定通道分配，但由手機協助提供傳輸品質資訊。其空氣介面規範中，與通道使用有關的規定包括信號準位之傳輸與品質之計算法、功率控制之方法、傳輸距離之界定等。

通道重用處理之目的，係在最低的系統負擔(如通話交遞量)下，達到最高的通話量與通話品質。我們首先考慮以接收信號強度與信號延遲量為標準的交遞方法。我們使用 Hata 的傳輸衰減模型。並在通道分配時使用簡單的先入先出法，亦即不考慮其訊雜比。用戶移動模型為曼哈頓街道形式。直覺上，交遞距離愈近愈佳。圖八呈示不同的信號品質計算法與不同的交遞決策方法對交遞距離的影響，其中交遞決策容許之信號強度磁滯量為 2 dB。

現在考慮不同的通道選用方法對通話品質的影響。我們模擬了三種方法：使用過去通話之訊雜比中最佳之通道、重新量度現在各通道之訊雜比並使用其中最佳者、周期性量度各通道之訊雜比並使用最佳者。圖九呈示部分結果。有趣的是，即

使是最簡單而且顯然非最佳的第一種方法，其通話訊雜比在多數狀況下與較複雜的方法並無非常大的差異。

上段所討論，為單以一個訊雜比量度來做通道選用的方法。由於通道衰落的影響，實際系統中宜以數個量度值來決定通道之選用；也要考慮訊雜比門檻，也就是在訊雜比低於什麼值時要將通話丟棄(drop)。我們以通話阻絕率加上 10 乘以通話丟棄率做為通話品質量度(GoS)，並考慮 9 至 15 dB 之間所有的整數 dB 訊雜比門檻值(9 dB 以下之語音品質被認為太差)，發現以 9 及 10 dB 時之 GoS 值最低，但在整個區間的最低與最高值差異在 10% 以內。

DECT 部分之研究成果，可參[6]。由於其係超過本計畫原定研究內容之成果，故不在此詳述。

四、計畫成果自評

研究內容與原計畫相符程度：大體相符，細節有些出入。在陣列信號處理方面，原考慮之應用為訊源定位，現調整為信號傳輸；但此二者若干主要技術相通。在通道重用方面，原計畫未列入 DECT。相符程度 85%。

達成預期目標情況：創新之發現、理論之推導與模式建立、計算機模擬軟體之建立、人才培育。

成果之學術與應用價值等：學術價值高，部分成果已發表於國際與國內會議、部分在投稿與撰稿中。除盲目等化法之過去研究結果已進行專利之申請外，其他應用價值為中等，尚需進一步研究。可應用之成果為使用止行法做係數調整之盲目等化法、時空域維特比等化法、及多細胞通訊之通道重用方法。三者均有進一步研究的價值。前二者亦可考慮在有進一步的研究成果後申請專利。

綜合評估：本計畫獲得一些具有學術與應用價值的成果，並達成人才培育之目標。自評為「佳」。

五、參考文獻

- [1] C.-I Hwang and D. W. Lin, "Joint low-complexity blind equalization, carrier recovery, and timing recovery with application to cable modem transmission," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E82-B, no. 1, pp. 120-128, Jan. 1999.
- [2] D. W. Lin, C.-I Hwang, S.-G. Chen, and M.-T. Shiue, "A low-complexity blind

equalizer," ROC patent 095,830, June 21, 1998.

- [3] S.-G. Chen, Y.-A. Kao, and K.-Y. Tsai, "A new efficient LMS adaptive filtering algorithm," *IEEE Trans. Circuits Syst. II*, vol. 43, no. 5, pp. 372-378, May 1996.
- [4] C.-H. Wei and B.-N. Kuo, "A bi-directional equalizer using multiple-training LMS algorithm for TDMA digital cellular radio," in *Proc. Int. Symp. Commun.*, vol. 2, pp. 1081-1085, Taipei, Taiwan, ROC, 1995.
- [5] C.-S. Chou and D. W. Lin, "Performance of array signal processing algorithms for wideband digital wireless communication," in *Proc. Int. Symp. Circuits Syst.*, pp. IV-548—IV-551, June 1999.
- [6] C.-C. Chuang and D. W. Lin, "A study on channel allocation techniques for DECT," in *Proc. Workshop Consumer Electronics*, pp. 109-114, Taipei, Taiwan, ROC, Oct. 1999.

六、圖表

圖一：無線行動通訊盲目等化器模擬系統

圖二：等化器收斂之學習曲線之一例

圖三：多級時空結合架構

圖八：交遞決策方法與交遞距離的關係

圖四：全時空結合架構

圖九：不同通道選用法對通話品質的影響

圖五：最小誤差訓練序列與隨機訓練序列
效果之比較

圖六：全時空結合與多級時空結合架構下
之符碼錯誤率

圖七：時空域維特比等化器架構