

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

醫療儀器推動小組：臨床超音波診斷儀之開發與臨床評估

子計畫四：超音波成像技術研究(III)

Researches on Ultrasonic Imaging Techniques

計畫編號：NSC 88-2213-E-002-023

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：曹建和 台灣大學電機系副教授

一、中文摘要

本計畫為有關超音波成像技術的研究，目的在於開發成像技術，以改進國產第一部醫用超音波掃描儀的品質，並協助產業界開發第二代醫用超音波掃描儀。

本年度的主題為建立陣列成像系統設計規範及輔助工具。目前已完成發射、接收與控制電路的製作，所有實驗資料皆可送入電腦做數位信號處理，並正進行視窗程式的設計，以建立友善的使用者介面。

利用這套系統，我們已進行下列實驗並獲得成果：波束場型量度、陣列之軸向響應量測、B-mode 成像、諧振成像、以視窗界面進行都卜勒實驗。

關鍵詞：成像技術，系統設計，超音波影像，醫用超音波

Abstract

This is a project for doing researches on ultrasonic imaging techniques. Its main purpose is to develop imaging techniques for improving the image quality of the first ultrasound scanner built by ITRI two years ago. Another purpose is to assist the industry in the developing of the next-generation scanner.

The major efforts are establishing design rules and auxiliary tools for array imaging system this year. Transmitting, receiving and control circuits are finished. All the experiment data are sent into computer and digital-signal-processed. Developing window programs will be of great help to make the user interface friendly.

With this system, several experiments are performed and some results have been achieved: beam-pattern measurement, array

axial response measurement, B-mode imaging, second harmonic imaging, Doppler experiments with the window interface.

Keywords: Imaging Techniques, System Design, Ultrasound Imaging, Medical Ultrasound

二、緣由與目的

本計畫為國科會醫療儀器推動小組所規畫之臨床超音波診斷儀推動計畫底下的一個子計畫[6]，主題為超音波成像技術研究，在三年當中循序建造機械式與相位式陣列成像系統[5]。本年度的主要工作是建立陣列成像系統設計規範及輔助工具。

先前由工研院所開發的超音波診斷儀，為僅具原始形式的B-mode掃描儀。而反觀國外發展，美、日、德等國在醫用超音波診斷儀的研發，均已具三十年以上的歷史，且已開發出十幾代以上的機種了；韓國亦已有三代以上的產品，且目前不但有都卜勒系統，更已開發出全數位的機種。是以在醫用超音波掃描儀的發展上，我國實在落後非常多，為能儘快趕上各先進國家的技術水平，本計畫乃以系統實作為基礎。進行本研究所需的資源，部分來自於工研院量測中心超音波開發部。

為期有效配合第一代機商品化過程中的技術需求，以及在整體計畫內提供各子計畫在系統實施方面的技術，本計畫的目的有三：

- 1.開發後續產品：由於國內在醫用超音波方面並未建立適當的研發環境，因此一個急待解決的問題是如何推出後續機種，且其品質必須能達到滿足醫師們臨床需求的境地，才能確保產業的生存與發展。相位陣列探頭為心臟超音波的主要探頭

[1-4]，其能提供較佳的影像解析度，進而可提高影像在橫向角的取樣密度，以改進影像的品質，這是後續機型必須具備的性能。

2.改進系統設計能力：成像系統為一非常複雜的機器，唯有長期培育系統設計人才，方能確保產品的品質。本計畫將建立一套可供研究系統設計問題的相位陣列系統實驗床，接收部份採用數位化硬體架構，一方面支持日後更先進的成像技術研究，另一方面則希望能培育具完整觀念的系統人才。

3.支援其他子計畫在系統實施方面的技術需求：提供其他子計畫一個能將其研究成果予以實現的機會。

三、陣列成像系統之功能

目前已完成之陣列系統方塊圖如附圖一所示。在 Clock Generator 中，提供整套系統所需要的頻率。此外，可以利用開關的切換，依照實驗性質的不同選取所需要的脈衝重覆頻率(PRF)。

發射波形以及每個陣元的時間延遲都事先存放在 EPROM 當中，經由電腦或是開關的控制，可以選取所需要的發射波束方向、聚焦深度、發射訊號的中心頻率、發射波形，再透過 Waveform Generator 的控制，可以經由外部開關調整發射信號的周期數，進而調整發射信號頻寬。最後存入 FIFO 準備發射，以確保每一陣元的同步。

在 TGC 曲線的控制方法上，是將不同的曲線事先存放在 EPROM 中，選取適當的曲線傳至 FIFO 存放等待送出，在接收的時候再送至 D/A Converter。

Control Unit 為整個系統的核心部份，控制系統各部份所需要的時脈，以完成一次觸發所需要的動作，其完整的過程包括了：首先將發射信號波形所存放的 EPROM 資料經過 Waveform Generator 選擇發射頻寬後再寫入 FIFO，當寫入動作完成後將資料讀出送至高壓電路便開始發射。在接收部份的時脈控制上，則是先把選擇過的 TGC 曲線資料由 EPROM 寫入 FIFO，配合

經由外部開關所控制的信號取樣時間範圍，將資料送至 D/A Converter 產生 TGC 曲線。同時在這段取樣範圍之內，讓 ADC(類比數位轉換器，analog/digital converter)後端的 FIFO 開始動作，將此時 ADC 所取樣到的信號寫入 FIFO 中，當 FIFO 寫滿之後，再透過電腦控制將資料讀入電腦之中，當資料完全讀出後便再產生下一次的觸發，如此便是完成一次觸發的動作。

接收部分主要包含多工器(multiplexer)、前置放大器(pre-amplifier)及 ADC。由於接收電路中的前置放大器及 ADC 只有一組，故在探頭(transducer)和前置放大器間需要加上多工器。此處用的前置放大器屬於低雜訊放大器，其增益可由使用者控制。目前的 ADC 取樣率為 30MHz，resolution 有 10bits。將類比信號轉換數位信號後，可透過數位信號處理來執行精確的波束成形(beamforming)[7-9]及合成數位濾波器等。全數位系統最大的好處，就是可程式化，便於發展理論及演算法[10-17]。

四、PC-Based 超音波掃描系統

在現今的 PC 架構下，若是以 PC 為基本架構所發展出來的系統，都有著許多的好處。首先可以想到的是可程式化，方便使用者在軟體即可設定所有參數、免除繁雜的硬體設定，另外有友善的使用者介面(friendly user interface)，尤其在個人電腦在微軟 Windows 系列圖形介面的統一之下，在 Windows 的軟體都有相似的使用操作介面，這樣使用者不必重新花費心力在學習新系統操作上。

所以超音波掃描儀若以 PC 為基本架構的話，就能充份利用到個人電腦的優點。換句話說，可程式化超音波掃描儀若是與現在的 PC 架構相符，便能與一般 PC 做資料交換，而且當一般 PC 有功能上的升級時，也可直接地升級。

目前進行中的超音波掃描系統包含下列數個子系統：Control、Acquisition、Processing 及 Display。其動作之間的關係

如附圖二所示。主要是透過視窗對掃描系統進行控制。Control 部份負責的功能為：監視使用者輸入情況，經由使用者介面告知使用者系統狀態，提供資料儲存能力 (data storage)。Acquisition 部份主要利用已完成之陣列系統。Processing 部份負責的功能為：處理數位化後的接收信號再將資料轉換以傳送到 Display 部份，可執行濾波功能、轉換資料為顯示格式，並可做後處理 (post-processing) 和資料儲存。

四、結果與討論

使用目前的陣列掃描系統，已進行的實驗有波束場型 (beam pattern) 量測、陣列之軸向響應量測量測、B-mode 成像、諧振成像等。

發展中的 PC-Based 超音波掃描系統，已可進行都卜勒超音波的研究，執行視窗程式進行實驗的情況如附圖三所示。配合插在 PC 上之 PCI bus 的數位 I/O 卡，可大幅縮短實驗的時間。

五、計畫成果自評

目前之數位式實驗系統已可進行多項實驗，與 PC 結合後，在操作上更為簡便，且易於控制及修正以便進行其他的實驗。在設計醫用超音波掃描儀時，這類系統不失為一種選擇。

六、參考文獻

- [1] H. Feigenbaum, Echocardiography, Lea & Febiger, Philadelphia, 1981.
- [2] D. T. VonRamm and F. L. Thurston, "Cardiac imaging using a phased array ultrasound system," *Circulation*, 53:258, 1976.
- [3] R. C. Eggleton and K. W. Johnston, "Real-time mechanical scanning system compared with array techniques," *IEEE Proc. Sonics Ultrasonics*, Catalog No. 74-Ch 0896-1, pp. 16, 1974.
- [4] J. A. Kisslo, O. T. VonRamm and F. L. Thurstone, "Dynamic cardiac imaging using a focused phased-array ultrasound

- system," *Amm. J. Med.*, 63:61, 1977.
- [5] C. L. Morgan, et al., "Principles and applications of dynamic focused phased array real time ultrasound system," *J. Clin. Ultra.* 6:385, 1978
- [6] 國科會醫療儀器推動小組，醫用超音波診斷儀計畫草案 85.1.8
- [7] B. D. Steinberg, *Principles of Aperture and Array Design*, N.Y. Wiley, 1976.
- [8] A. Macovski, "Ultrasonic imaging using arrays," in *Proc IEEE*, vol. 67, pp. 484-495, 1979.
- [9] J. F. Havlice and J. C. Taenzer, "Medical ultrasound imaging: An overview of principles and instrumentation," in *Proc. IEEE*, vol. 67, pp.620-641, 1979.
- [10] R. G. Pridham and R. A. Nucci, "Digital interpolation beamforming for low-pass and bandpass signals," in *Proc. IEEE*, vol. 67 pp.904-919, 1979.
- [11] D. A. Linden, "A discussion of the sampling theorem," in *Proc. IRE*, vol. 47, pp. 1219-1226, 1959.
- [12] O. T. Von Ramm and S. W. Smith, "Beam steering with linear arrays," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol.30, pp.438-452, 1983.
- [13] M. O'Donnell *et al.*, "Real-time phased-array imaging using digital beamforming and autonomous channel control," in *Proc. 1990 IEEE Ultrason. Symp.*, pp. 1499-1502, 1990.
- [14] R.M. Lutolf, A. Vieli, and S. Basler, "Ultrasonic phased-array scanner with digital echo synthesis for Doppler echocardiography," *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Freq. Contr.*, vol. 36, pp.494-506, 1989.
- [15] D. K. Peterson and G. S. Kino, "Real-time digital image reconstruction: A description of imaging hardware and an analysis of quantization errors," *IEEE Sonics. Ultrason.*, vol. 31, pp.337-351, 1984.
- [16] G. Manes. *et al.*, "Synchronous dynamic focusing for ultrasound imaging," *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Freq. Contr.*, vol.35, pp. 14-21, 1988.
- [17] B. D. Steinberg, "Digital Beamforming

- [18]in ultrasound," *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Freq. Contr.*, vol. 39, pp.716-721, 1992.
- [19]D. Zhao and G. E. Trahey, "Comparisons of image quality factors for phase aberration correction with diffuse and point targets." *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Freq. Contr.*, vol. 38, pp. 125-132, 1991.
- [20]馮若主編, 超聲診斷設備原理與設計, 中國醫藥科技出版社, 1993

System Block Diagram

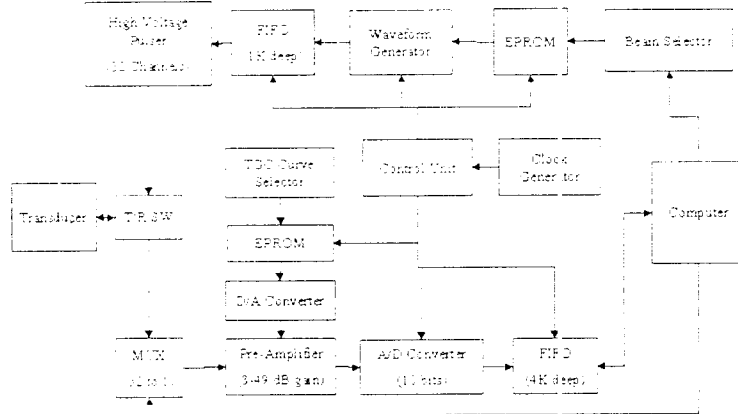


圖 1

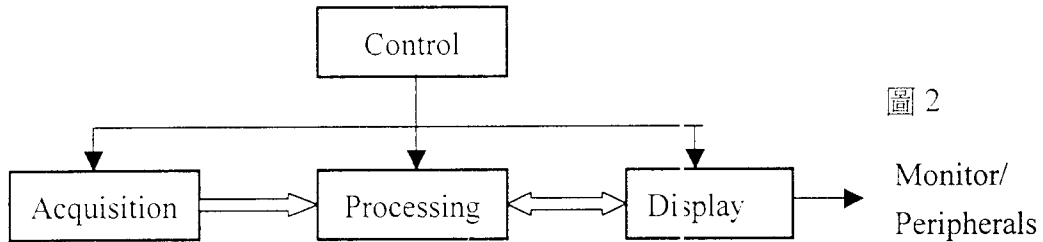


圖 2

