

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 利用同步混沌作為雜訊過濾器之研究

計畫編號：NSC 87-2112-M-009-017

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：郭義雄教授 國立交通大學電子物理系

### 一、 中文摘要

本研究主要是在希望將混沌系統的行為特性應用在雜訊的過濾用途上。我們所選擇的混沌系統是加了驅動力的凡得波振盪子(Van der Pol oscillator with external driving)[1-3]。從最基本的元件混沌電子模擬器製作到混沌系統的同步，以及將訊號加密傳送和過濾雜訊後之訊號還原，都將在本文中一一建立起架構。而傳遞信息的實驗結果，將告訴我們此混沌通訊系統還原信息的可信度以及過濾雜訊的能力。值得一提的是，我們在實驗過程中發現了一種簡單的辦法可以達成混沌系統的同步。此種方法或許可以應用於更多其它的混沌系統。

關鍵詞：同步混沌、雜訊濾波器、混沌、混沌吸子。

### Abstract

A secure communication system has been constructed on the basis of chaotic synchronization to be as a new type of noise filter. The external driven Van der Pol simulator[1-3] is utilized first to implement the synchronization of two identical chaotic systems and then recover at the receiver the message signal encoded at the transmitter. The experimental results of signal recovery fidelity are demonstrated to show how this communication system performs. One thing

worth noting is that in synchronizing chaotic systems, we found a simple method which may be applicable to chaotic systems other than the driven Van der Pol system.

**Keywords:** Synchronization chaos, Noise Filter, Chaos, Chaotic Attractor.

### 二、 緣由與目的

在所有的混沌系統中，對起始值具有靈敏性是一非常基本的性質。此性質是指源自二非常近的起始值之兩軌跡，隨著時間的演繹後，會以指數形式的速度分開，最後導致完全彼此不相關連。由此性質，混沌系統似乎很難予以控制，而加以利用。然而在1990年，Pecora 與 Carroll 提出將兩混沌系統予以同步化的概念[4]。隨後，為了應用設計上的目的，混沌系統的同步化也達到實作在電子電路上的地步。

同步混沌的機制當然地立即引起了許多後續性的研究，尤其是在加密通訊、以及雜訊的過濾等特殊用途上[5-11]。因為混沌系統中的動力行為，一般是很難對其做出長期性而正確的預測的。在此方面已有不少的應用報告提出來，本研究中將延續1993年由 Halle 等人所提出的混沌調制法[12]，來建立混沌同步系統，並研究利用此同步混沌系統做為雜訊過濾器的可行性。

為達到利用同步混沌來作為雜訊過濾器的目的，在本研究中首先先建立出兩個動力特性儘量相近的 Van der Pol 電子電路模擬器，一做為發訊端；另一則做為收訊

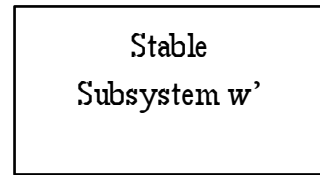
Drive system

Response system

$V(t)$ :driving signal

$w'(t)$

$w(t)$



**Fig. 1** Schematic diagram of chaos synchronization:  $v(t)$ -output signal of the unstable subsystem  $v$ ;  $w(t)$ -output signal of the stable subsystem  $w$ ;  $w'(t)$ -output signal of the response system  $w'$ .  $w'(t)$  will synchronize with  $w(t)$  when driven by a common signal  $v(t)$ .

端。最後，提出一種有效而又有保密性的通訊方式，來作為發訊端與收訊端之間的連絡，而此通訊方式對外來的雜訊也具有一定的過濾特性(Fig 1)。

### 三、結果與討論

● 混沌由於屬於 *non-autonomous* 的系統，欲依照原先 Pecora 與 Carroll 的理論分析來分類、連結，是非採用其精神，另行針對系統的特性，將其電子模擬電路分類成線性行為部份與非線性行為部份。由此線性行為部份，具有很好的收斂特性，適合做為收訊端的主要部份；而非線性行為部份，是混沌訊號的產生來源，因此是存在於發訊端。依此分類，兩相同的 Van der Pol 振盪系統仍可以連結成一可達到同步混沌的多用途組合，為本研究成功地建立起一基本的通訊用系統。此分類方式，可應用至其它 *non-autonomous* 的系統。

#### ● 訊號的傳遞：

當發訊端與收訊端達成同步後，將可將要傳送的訊號  $S(t)$  以比系統振幅微小的強度送進發訊端加密，由於混沌系統的特性，發訊端會因這加入的訊號而改變系統

的行為，使傳送給收訊端的訊號經由系統非線性部分的加密，成為一個似雜訊的混沌訊號，無法藉由一般的方法解開。而由於我們運用了將系統線性與非線性的部分分開，使收訊端可利用系統線性的部分來達到與發訊端的混沌訊號同步的功能，使得系統收訊端的部份可利用同步將這個經由發訊端所產生的混沌訊號來反向解出原系統用來加密我們所要傳送的訊號，因此可得到  $S(t)$ ，達到過濾混沌雜訊的功能。

#### ● 雜訊的過濾：

除了可透過混沌同步來過濾原來系統所加入的混沌雜訊，我們也發現到系統事實上對於我們所加入於系統中一般的雜訊也有抵擋的功能，這個特性可過濾在傳送時經由環境所加入的一般雜訊，具有傳送時的穩固性，雖然利用混沌同步來過濾一般雜訊的特性需要更進一步的研究，但這樣的傳送訊號的方式將可提供不同於一般的加密方法，達到通訊保密的目的，也達到實用的目標。

### 四、計畫成果自評

本計劃中我們完成預定的混沌系統的電子模擬器製作並找出方法來達到混沌系統的同步，也成功的嘗試以利用非線性系

統的特性來達成運用同步混沌系統來傳送訊號，已完成計劃目標，並確定混沌同步系統未來應用於通訊方面的功能已達到實用的階段。研究中的同步方式將可提供學術上一個分析同步混沌系統的方法，而透過混沌訊號來加密，可應用於通訊領域。

## 五、參考文獻

- [1] P. Berg'e, Y. Pomeau & C. Vidal, "Order within Chaos", Hermann publishers, 1984.
- [2] P.Y. Cheung & A.Y. Wong, "Chaotic Behavior and Period Doubling in Plasmas", Phys. Rev. Lett. 59, no.5, 551-554, 1987.
- [3] F. Greiner et al., "Experiments and Particle-in-Cell Simulation on Self-Oscillations and Period Doubling in Thermionic Discharges at Low Pressure" Phys. Rev. Lett. 70, no.20, 3071-3074, 1993.
- [4] Louis M. Pecora & Thomas L. Carroll, "Synchronization in Chaotic Systems", Phys. Rev. Lett., vol. 64, no. 8, p.821-824, 1990.
- [5] U. Parlitz et al., "Transmission of digital signals by Chaotic Synchronization", Int. J. Bifurcation and Chaos 2, no.4, 973-977, 1992.
- [6] Kevin M. Cuomo & Alan V. Oppenheim, "Circuit Implementation of Synchronized Chaos with Application to Communications", Phys. Rev. Lett., vol.71, no.1, 65-68, 1993.
- [7] Chai Wah Wu & Leon O. Chua, "A simple way to synchronize Chaotic systems with applications to Secure Communication systems", Int. J. Bifurcation and Chaos 3, no.6, 1619-1627, 1993.
- [8] Makoto Itoh, H. Murakami & L. O. Chua, "Communication Systems via Chaotic Modulations", IEICE Trans. Fundamentals E77-A, no.6, 1000-1005, 1994.
- [9] L. M. Kocarev & T. D. Stojanovski, "On Chaotic Synchronization and Secure Communications", IEICE Trans. Fundamentals E78-A, no.9, 1142-1147, 1995.
- [10] L. Kocarev & U. Parlitz, "General Approach for Chaotic Synchronization with applications to Communication", Phys. Rev. Lett. 74, no.25, 5028-5031, 1995.
- [11] J. H. Xiao, G. Hu, and Zhilin Qu., "Synchronization of Spatiotemporal Chaos and its application to Multichannel Spread-Spectrum Communication", Phys. Rev. Lett.77, no.20, 4163-4165, 1996.
- [12] K. S. Halle, C. W. Wu, M. Itoh and L. O. Chua et al., "Spread Spectrum Communication through Modulation of Chaos", Int. J. Bifurcation and Chaos 3 no. 2 p.467-477, 1993.