

Técnicas para Verificar Sincronização de Fase em Sistemas Caóticos Acoplados

Rosângela Follmann Bageston¹, Elbert E. N. Macau²

¹Pós-Graduação em Computação Aplicada–CAP
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE

²Laboratório Associado de Computação–LAC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE

rosangela@lac.inpe.br, elbert@lac.inpe.br

1. Resumo

Sincronização é um processo onde dois ou mais sistemas ajustam determinada propriedade do seu movimento devido a um acoplamento ou a uma força externa. Historicamente, o fenômeno da sincronização foi descoberto no século XVII por Christian Huygens, quando este observou que dois relógios de pêndulo presos na mesma haste eram capazes de sincronizar suas oscilações em fase [Huygens 1673].

Inicialmente, a atenção foi voltada para a sincronização de sistemas periódicos, mas posteriormente e atualmente os estudos se direcionaram a sincronização de sistemas caóticos [Pecora and Carroll 1990]. Quando sistemas caóticos são acoplados, diferentes tipos de sincronização podem ser observadas, como a sincronização completa ou idêntica, de fase, de atraso, generalizada, imperfeita de fase [Boccaletti et al. 2002].

Neste trabalho são discutidas duas técnicas para se verificar sincronização de fase em sistemas caóticos acoplados. A primeira delas, utiliza-se de uma malha de sincronismo de fase (PLL, do inglês *Phase Locked Loop*) o qual é um dispositivo que sincroniza o sinal de saída (gerado por um oscilador) com um sinal de entrada tanto em frequência como em fase [Best 1984]. Usualmente utiliza-se PLLs para controlar sinais no tempo, mas no presente trabalho esta técnica é modificada e usada para determinar a fase de dois sistemas acoplados a fim de se verificar sincronização de fase entre os mesmos.

Outra técnica em questão é baseada na análise da frequência de um sinal, o qual origina-se da análise espectral do sinal baseado no ajuste de mínimos quadrados.

Estes métodos foram implementados e aplicados a dois sistemas de Rössler acoplados para diferentes dinâmicas (periódica e caótica). Os resultados são apresentados e os dois métodos são eficientes na detecção de sincronismo de fase.

References

- Best, R. (1984). *Phase Locked Loops: Theory, Design and Applications*. Copyright, United States of America.
- Boccaletti, S., Kurths, J., Osipov, G., Valladares, D., and Zhou, C. (2002). The synchronization of chaotic systems. *Physics Reports*, 366:1–101.
- Huygens, C. (1673). *Horologium Oscillatorium*. Apud F. Muguet, Parisis.
- Pecora, L. M. and Carroll, T. L. (1990). Synchronization in chaotic systems. *Physical Review Letters*, 64(8):821–825.