

# Farklı Kaotik Osilatörler Kullanılarak Ses Sinyallerinin Maskelenmesi

Zinnur Dikici, M. Nuri Almalı\*  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Erciş Meslek Yüksekokulu Elektronik Haberleşme Programı  
Van  
zdikici@yyu.edu.tr,

\*Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Van  
mna1@yyu.edu.tr

**Özet:** Bu çalışmada, haberleşme ortamında bilgi işaretinin çözülmemesi amacıyla işarete kaotik maskeleme yapılmıştır. Çalışmada, bilgi işaretinin üzerine kaos sinyali eklenmiş daha sonra ikinci bir kaotik osilatör kullanılarak yeniden bilgi işareti elde edilmiştir. Bilgi işaretine eklenen kaotik sistem ile bilgi işaretinin yeniden elde edilmesinde kullanılan ikinci kaotik sistemin senkronize çalışması gerekmektedir. Ses iletiminde gecikmenin çok önemli bir konu olduğu düşünüldüğünde kullanılacak sistemlerinde iletişim ahengini bozmaması oldukça önemlidir. Çalışmada aynı senkronizasyon modeli uygulanmış farklı kaotik osilatörler ile performans incelemesi yapılarak ses sinyalleri ile kullanılabilen en uygun kaotik osilatör belirlenmeye çalışılmıştır.

## 1. Giriş

Kaos lineer olmayan bilimsel çalışmalarda ve bilim alanında son yıllarda çok önemli rol oynamaktadır [1]-[2]. Kaos haberleşme sistemleri, kimyasal reaksiyonlar, güç dönüştürücüler, biyolojik sistemler gibi birçok mühendislik alanında uygulanmaktadır [1]-[3]-[4]. Özellikle Kaosun oluşturulması, kontrolü ve senkronizasyonu konuları, bilim alanında son yıllarda üzerinde çalışılan konulardandır [5]-[6].

Kaotik sistemlerin senkronizasyonu üzerine yapılan çalışmalarda dayanıklı senkronizasyon sağlamak ve senkronizasyona ulaşma süresinin mümkün olduğunca kısa olması istenir. Buna yönelik yapılan çalışmalarda farklı yöntemler gerçekleştirilmiştir. Bunlardan biri, Pecora ve ark. (1990) tarafından geliştirilmiş ve yaygın olarak da kullanılmıştır. Bir başka çalışmada ise bulanık mantık yöntemiyle kaotik senkronizasyonu gerçekleştirilmiştir [8]. Yine bir başka çalışmada; akıllı sistemlerle katsayıları optimize edilen proportional–integral–derivative (PID) yöntemiyle senkronizasyon kontrolü yapılmıştır [9]. PID yönteminde giriş ile çıkış arasında ki farkın oransal integrasyon ve türevinin alınarak kontrol işareti üretilir.

Yapılan çalışmada, kullanılan kaotik sistemler tanıtılmış, kaotik maskelemenin nasıl yapıldığı ve senkronizasyon için kullanılan kontrol yöntemi açıklanmıştır. Belirlenmiş olan farklı kaotik osilatörler kullanılarak ses sinyalleri üzerine maskeleme işleminin Matlab/Simulink® programı ile simülasyonları gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular sunulmuştur. Kaotik sistemlerin performansları senkronizasyona ulaşma süresi ve giriş sinyali ile çıkış sinyali arasında oluşan hatanın kareler ortalamasına (MSE) bakılarak belirlenmiştir [18].

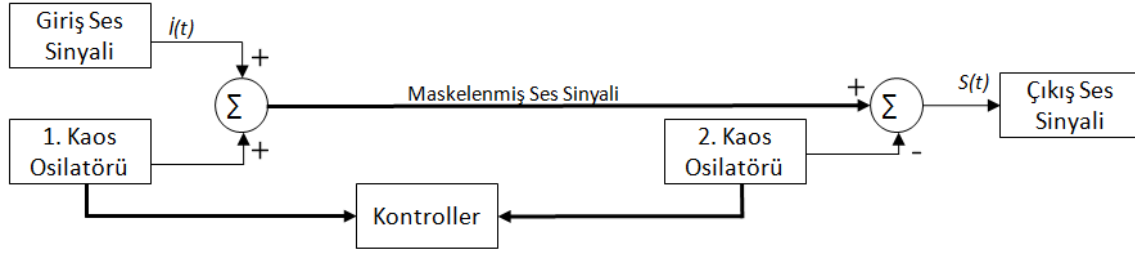
## 2. Kaotik Sistemler

Günümüzde fizik, ekonomi, tıp, astronomi gibi pek çok alanda varlığından söz edilen kaos doğrusal olmayan olayları açıklamaya yarayan bir bilim dalıdır [11]. Elektronik devrelerde doğrusal olmayan olayların tanımlanması ise 1960'lerde sonra başlamıştır. 1963 de Edward Lorenz atmosferdeki hava akımını benzeterek geliştirdiği sistemlerle Kaos biliminin öncülerinden olmuştur. Lorenz sisteminin yanında Chua, Rossler, Sprot gibi klasik kaotik sistemler haberleşmede yaygın olarak kullanılmaktadır [11]. Yapılan bu çalışmada Lorenz sisteminin yanı sıra Yayınımsız Lorenz, Rossler, Sprot, Chen ve Arneodo kaotik sistemlerinin Matlab/Simulink® programı ile simülasyonları gerçekleştirilmiş [13]-[14]-[15]-[16]-[17].

## 3. Kaotik Maskeleme

Kaotik maskeleme, bilgi sinyaline kaotik sinyaller eklenerek haberleşme kanalına verilmesi mantığına dayanır. Alıcı ise vericideki kaos üretici ile senkronize çalışarak bilgi işaretini tekrardan üretir [9]-[10]. Kaotik

maskeleme yöntemi Şekil 1.'de gösterilmektedir. Maskelenmiş veriyi tekrar elde edebilmek için iki kaotik osilatörün senkronize olarak çalışması gerekmektedir.

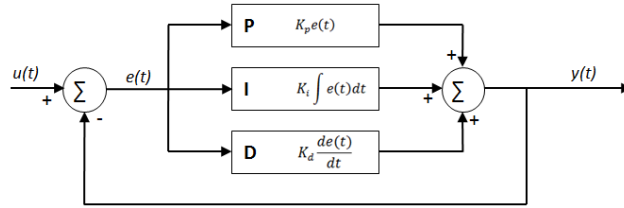


Şekil 1. Kaotik maskeleme ve maskenin kaldırılması.

Kaotik sistemlerin senkronizasyonu oldukça önemli bir konudur. Verinin kayıpsız veya en az kayıpla tekrar elde edilebilmesi için senkronizasyonun mümkün olduğu kadar kısa süre içinde gerçekleşmesi gereklidir [5]. Senkronizasyonun kısa sürede gerçekleşmesi için akıllı sistemlerinde içinde bulunduğu bir çok kontrol yöntemi vardır [2]-[8]-[9]-[10].

#### 4. PID Senkronizasyon

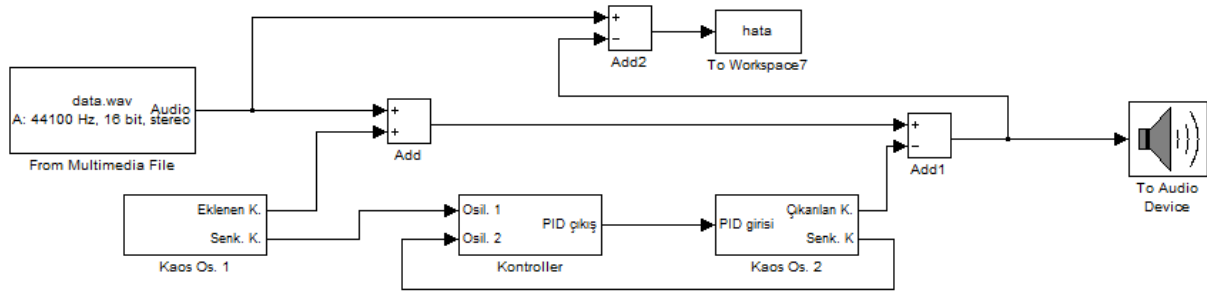
PID denetleyiciler, referans girişi ile çıkış arasındaki hatanın oransal, integral ve türevine bağlı olarak çıkış üreten kontrol sistemleridir. PID tipi kontrolörlerin basit yapıda olmaları nedeniyle yaygın kullanıma sahiptir. Pek çok kontrol problemi PID yöntemi ile kolayca çözümlenebilmektedir [10]. Bir PID tipi denetleyicilerin yapısı Şekil 2.'de gösterilmektedir. PID denetleyicinin yapısında türev ve integral alan devre veya sistemler bulunur.



Şekil 2. PID denetleyicilerin yapısı.

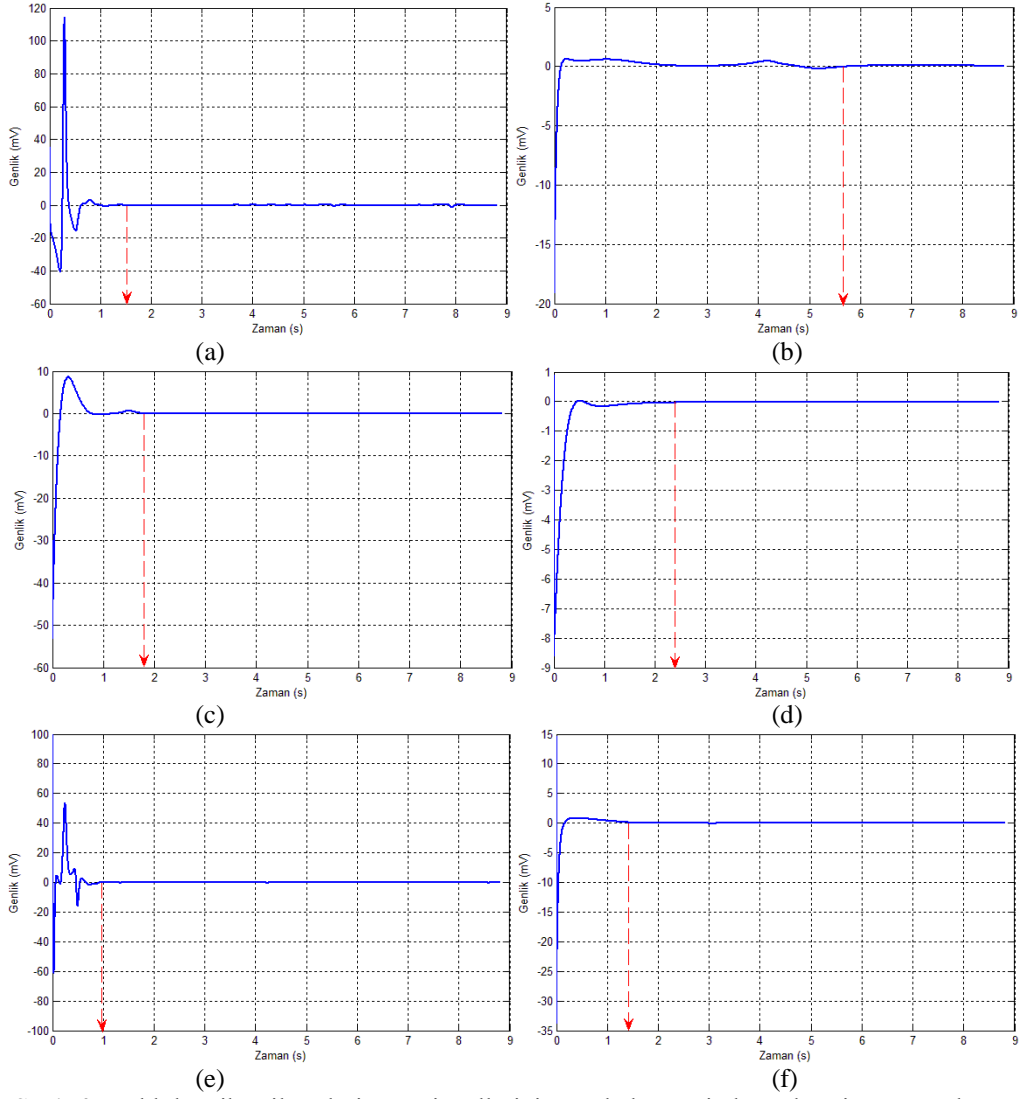
#### 6. Simülasyon Sonuçları

Bu çalışmada açıklanan farklı kaotik osilatörler kullanılarak ses sinyalleri üzerine maskeleme işleminin Matlab/Simulink® programı ile simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlarda gerçek insan sesi kullanılarak seçilen altı farklı kaotik osilatör ile maskelenmiş ve daha sonra maskenin kaldırılması işlemleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan simülasyon Şekil 3.'de verilmiştir.



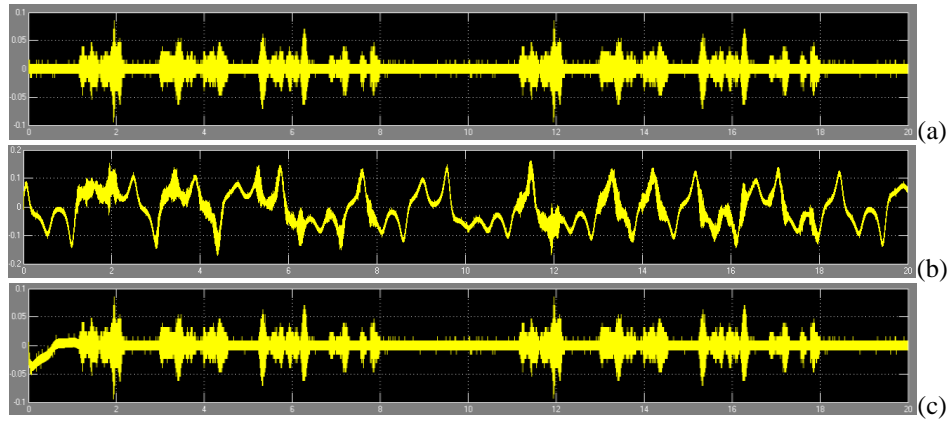
Şekil 3. Simülasyon

Kaotik osilatörlerin hepsinde aynı senkronizasyon sistemi uygulanmış olup senkronizasyon için PID kontrol yöntemi seçilmiştir. Simülasyon sonuçları öngörülemeyen başlangıç şartlarına bağlı olarak değişiklikler gösterebileceği de göz önünde bulundurularak eklenen ve çıkartılan kaos osilatörlerinin başlangıç şartları değiştirilerek farklı denemelerde yapılmıştır. Başlangıç şartlarını maskeleme sonrası iletim ortamındaki sinyalin anlaşılabilir olması referans alınarak denenmiştir. Farklı kaotik osilatörlerin ses sinyallerinin maskelenmesinde senkronizasyona ulaşma süreleri Şekil 4.'deki gibi elde edilmiştir.



**Şekil 4.** Farklı kaotik osilatörlerin ses sinyallerinin maskelenmesinde senkronizasyona ulaşma süreleri  
(a) Lorenz, (b) Yayınimsız Lorenz, (c) Rossler, (d) Sproot, (e) Chen, (f) Arneodo Sistemi.

Şekil 4’de Yayınimsız Lorenz sistemi ile senkronizasyona ulaşma süresinin en yüksek, Chen sisteminde en düşük olduğu görülmektedir. Şekil 5’de Chen sisteminde uygulanan ses sinyali, iletim ortamındaki maskelenmiş sinyal ve çıkış ses sinyali görülmektedir.



**Şekil 5.** (a) Uygulanan ses sinyali, (b) Maskelenmiş sinyal, (c) Çıkış sinyali

Giriş ses sinyali  $i(t)$  ile çıkış ses sinyali  $s(t)$  arasındaki farkı hata olarak kabul edilecek olursa, ortalama karesel hata (MSE) Denklem 1 'de verildiği gibi hesaplanmış, sonuçları Çizelge 1 'de gösterilmiştir.

$$MSE = \frac{1}{L} \sum_{L=1}^L (it - st)^2 \quad (1)$$

**Çizelge 1. Ortalama Karesel Hata**

a	Lorenz Sistemi	7.0037e-006
b	Yayınımsız Lorenz Sistemi	6.4000e-003
c	Rössler Sistemi	4.2513e-005
d	Sproot Sistemi	2.0231e-004
e	Chen Sistemi	1.0869e-005
f	Arneodo Sistemi	7.1113e-005

Çizelge 1 'de ortalama karesel hata Lorenz sisteminde en düşük, Yayınımsız Lorenz sisteminde ise en yüksek olduğu görülmektedir.

## 7. Sonuçlar

Bu çalışmada altı farklı kaotik osilatör kullanılarak ses sinyalleri üzerine maskeleme, senkronizasyon ve maskenin kaldırılması işleminin Matlab/Simulink® programı ile simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyonların tamamında aynı başlangıç şartlarına ve katsayılara sahip PID kontroller kullanılmıştır. Simülasyonlarda ses sinyali olarak gerçek insan sesi kullanılmıştır. Elde elden sonuçlarda senkronizasyona ulaşma süresinin kısa olması istenen durumlarda Chen sisteminin, hata oranının az olması istenen durumlarda Lorenz sisteminin oldukça başarılı olduğu görülmektedir.

## 8. Kaynaklar

- [1]. Nayfeh, A. H., Applied Nonlinear Dynamics, Wiley, New York., 1995.
- [2]. Yau, H. T., ve Shieh, C. S., "Chaos synchronization using fuzzy logic controller", Nonlinear Analysis: Real World Applications, 9, 1800-1810, 2008.
- [3]. Yau, H. T., "Chaos synchronization of two uncertain chaotic nonlinear gyros using fuzzy sliding mode control", Mechanical Systems and Signal Processing, 22, 408-418, 2008.
- [4]. Kapitaniak, T., Chaotic Oscillations in Mechanical Systems, Manchester University Press, New York, 1991.
- [5]. Zaher A. A., ve Abu-Rezq, A., "On the design of chaos-based secure communication systems", Commun online Sci Numer Simulat, 16 (9), 3721-3737, 2011.
- [6]. Li, S. Y., ve Ge, Z. M., "Generalized synchronization of chaotic systems with different orders by fuzzy logic constant controller", Expert Systems with Applications, 38 (3), 2302-2310, 2011.
- [7]. Pecora, L. M., ve Carroll T. L., "Synchronization in chaotic systems", Physical Review Letters, 64, 821-824, 1990.
- [8]. Hsu, C. F., "Adaptive fuzzy wavelet neural controller design for chaos synchronization", Expert Systems with Applications, 38, 10475-10483, 2011.
- [9]. Chen, H. C., Chang, J. F., Yan, J. J., ve Liao, T. L., "EP based PID control design for chaotic synchronization with application in secure communication", Expert System with App., 34, 1169-1177, 2008.
- [10]. Chang W. D., "PID control for chaotic synchronization using particle swarm optimization", Chaos Solitons & Fractals, 39 (2), 910-917, 2009.
- [11]. Pehlivan İ., Yeni kaotik sistemler: Elektronik devre gerçeklemeleri, senkronizasyon ve güvenli haberleşme uygulamalar. Doktora tezi,. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 2007.
- [12]. Lorenz, E. N., "Deterministic Nonperiodic Flow. Jurnal of The Atmospheric Sciences", 20, 130-141, 1963.
- [13]. Schrier GVD., ve Maas LRM., "The diffusionless Lorenz equations; Shil'nikov bifurcations and reduction to an explicit map", Physica D, 141, 19-36, 2000.
- [14]. Rössler O. E., "An equation for continuous chaos", Phys. Lett. A, 57, 397-398, 1976.
- [15]. Sprott J. C., "A new class of chaotic circuits", Phys. Lett. A, 266, 19-23, 2000.
- [16]. Chen G., ve Ueta T., "Yet another chaotic attractor", Int. J. Bifurcation and Chaos, 9, 1465-1466, 1999.
- [17]. Arneodo A., Couillet P., Spiegel E., ve Treser C., "Asymptotic chaos", Physica D, 14(3), 327-347, 1985.
- [18]. Çetinel G., ve Vural C., "Kaotik Sayısal Haberleşme Sistemlerinde Doğrusal Olmayan Öngörüye Dayalı Uyarlamalı Kanal Denkleştirme Yöntemi", IEEE 16. Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, Mart 2008, Didim, Türkiye