

Telsiz Vericilerinin Konum ve Kimlik Tespit Sistemi Tasarımı

Uğur Saraç^{1,3}, F.Kerem Harmancı², Tayfun Akgül¹

¹ Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

² Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

³TÜBİTAK-UEKAE, Kocaeli

sarac@uekae.tubitak.gov.tr, harmanci@boun.edu.tr, tayfun.akgul@itu.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada, telsiz vericilerinin önce açılma geçici rejim işaretlerinden telsiz vericisinin kimlik tespiti yapan daha sonra bu vericinin konumunu tespit eden bir sistem tanıtılmıştır. Farklı marka, model ve seri numaralı telsiz vericilerinin üretmiş oldukları geçici rejim işaretleri bir alıcı telsiz sayesinde yakalanır ve sayısalaya dönüştürülür. Elde edilen sinyallerin dalgacık (wavelet) katsayıları kullanılarak öznelik vektörleri elde edilir. Öznelik vektörlerinin sınıflar arasında ayrılmayı sağlayıp sağlamadığı görsel haritalar (visual maps) ile kontrol edilir. Öznelik vektörlerinin sınıflandırılmasında olasılıklı yapay sinir ağları (probabilistic neural networks) kullanılır. Test örnekleri de eğitimde kullanılan verilerden elde edilen görsel haritalar üzerine yerleştirilerek örneğin hangi sınıftan geldiğinin tespitinde kullanıcının da karar mekanizmasına katkısının olması sağlanır. Verinin kimliği tespit edildikten sonra bunun konum bilgisi de önemli ve gerekli bir parametredir. Bu problemde anten dizilimleri (antenna array) kullanılarak MUSIC izge kestirim yöntemi uygulanmıştır. Bütün bu aşamalar Tam Yansız Oda içerisinde gerçekleştirilerek sunulan yöntemin başarımı incelenmiştir.

Anahtar kelime: DF, telsiz parmakizi, MUSIC

1. GİRİŞ

Telsiz vericilerinin kimlik ve yerinin tespiti 20. yüzyılın başından beri üzerinde çok çalışılan ve birçok yöntemin geliştirildiği bir çalışma alanı olmuştur. Genel kullanım amacı çok yaygın olmakla beraber başlıcaları; askeri uygulamalar, GSM gibi kanal trafiğinin frekansa göre ayrıldığı haberleşme ortamlarında abonenin yerinin tespiti ile yöne bağımlı olarak da frekans bandı tahsisi yapmak suretiyle kanal kullanım verimliliğinin artırılması, kaçak yayın yapan radyo ve televizyon istasyonlarının yerinin tespiti, dağcılık yapanlar gibi kaybolma riski olanların yerinin tespiti olarak sayılabilir. Ayrıca iletim frekanslarını kullananların belirlenmesi açısından telsiz vericilerinin

kimlik ve yerlerinin tespiti, izge denetiminin (spectrum monitoring) önemli bir işlevidir.

Telsiz vericilerinin ilk iletme geçtiği andaki RF çıkış gücü ve taşıyıcı frekansı incelendiğinde, bu parametrelerin geçici bir rejimi takiben istenilen değerlerine ulaştığı gözlenir. Bu geçici rejim işareti, her bir verici için farklılıklar gösterir ve vericinin parmak izi olarak isimlendirilir [1]. Geçici rejimin karakteristikleri vericiyi oluşturan evre kenetleme döngüsü (Phase Locked Loop), RF yükselteçleri, kipleyci (modulator) sistemleri ve röle karakteristikleri gibi birçok doğrusal/durağan olmayan (non-linear/non-stationary) sistemin etkisini içerir.

Üreten ve Serinken [1,5], telsiz vericilerinin ürettikleri geçici rejim işaretlerinden kimlik tespiti yapan bir sistem geliştirmiştir. Bu sistem öznelik vektörlerinin hesaplanmasında genelleştirilmiş Reyni boyutlarını kullanır. Geçici rejim sinyalinin kayan pencereler boyunca hesaplanan boyut değerleri ile elde edilen öznelik vektörleri bir olasılıklı yapay sinir ağı sınıflandırıcısı kullanılarak sınıflandırılır. Bu çalışmada ise elde edilen işaretin öznelik vektörü dalgacık (wavelet) metodu kullanılarak elde edilmektedir.

Vericilerin geçici rejim sinyalleri uygun bir düzenek ile toplanıp bu sinyaller üzerinde gerekli sinyal işleme algoritmaları çalıştırıldığında her telsize ait öznelik vektörleri elde edilmektedir [3,4]. Verilen herhangi bir telsize ait değişmez öznelik vektörünün elde edilebilmesi maksadıyla sinyal işleme algoritmaları geliştirme çabaları devam etmektedir. Referans [4]'te detaylı bir biçimde hesaplanışı açıklanan öznelik vektörlerinden belli sayıda toplandığında, o vericiyi tanımlayan "öznelik vektörleri" elde edilmiş olur. Bir çevrim içinde kullanılan tüm vericilerin parmak izleri toplanıp bir sınıflandırıcı vasıtasıyla vericilerin kimlik tespiti gerçekleştirilebilir. Önerilen bu yöntem sayesinde herhangi bir vericinin sadece geçici rejim sinyali incelenerek çevrim içinde yer alan telsizlerden hangisinin iletimde olduğu tespit edilebilir.

Telsiz vericisinin parmakizi tespiti yapıldıktan sonraki aşamada vericinin konum tespiti yapılmaktadır. Önerilen sistemde iki farklı anten kullanılmaktadır. Birinci anten

kimlik tespiti için kullanılan anten, diğeri ise yön tespiti için kullanılacak dizilim antendir.

Yön bulma işlemi kısaca DF (direction finding, yön bulma) veya AOA (angle of arrival, geliş açısı) olarak ifade edilmektedir. Schmidt 1986'da DF konusunda yeni bir çığır açmış ve alt-uzay uygulaması olarak MUSIC'i ilk olarak DF problemine uygulamıştır [6]. Çalışmada dizi anten sistemi ile alınan işaretlere MUSIC algoritması uygulanmış ve açığı bağı bir pseudo-spectrumu elde edilmiştir.

2. İŞARET MODELİ

Vericiden yayılan işaret sıfır ortalamalı olup, gürültü ile birbirinden bağımsız, ilintisiz ve aynı dağılımlı süreçtir. İşaret ve gürültü Gauss olasılık dağılımı ile ifade edilecektir. İşaret dar bantlı olacak, dolayısıyla sayısal ortama aktarılırken yeterli örnekleme hızı kullanıldığında herhangi bir bilgi kaybı olmayacaktır, bu sebeple kaynaktan yayılan orjinal işaret tekrar elde edilebilir olacaktır. Ortamda çoklu yansıma olmayacaktır.

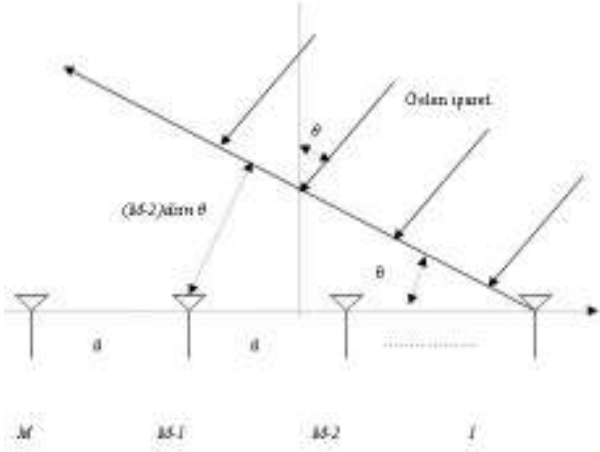
M antenden oluşan sistem Şekil 1'de görülmektedir, doğrusal anten sistemi $i=1,2,\dots,M$ indeksleriyle x eksenı boyunca sıralanmaktadır. Tek f frekanslı sadece bir işaretin olduğunu varsayarsak, i nolu antendeki alınan işaret; V : genlik, τ_i : i . elemanın zaman gecikmesi, f : frekans olmak üzere

$$s(i,t) = V \cos[2\pi f(t - \tau_i)] \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir. Antenler arası uzaklık d , c ışık hızı olarak alınırsa

$$\tau_i = i d \sin(\theta) / c \quad (2)$$

elde edilir.



Şekil 1. Doğrusal anten dizileri ile düzlemsel Dalg gösterimi

Denklem (1)'deki eksi işaret i . antene gelen işaretin referans antenden daha sonra gelmesinden kaynaklanmaktadır. Denklem (2), (1)'de yerine koyulduğunda

$$s(i,t) = V \cos[2\pi f(t - i d \sin(\theta) / c)] \quad (3)$$

elde edilir. AOA ölçümünde antenler arası uzaklık çok önemlidir ve yanlış seçilmesi halinde belirsizliğe sebep olabilir. Antenler arası en düşük uzaklık alınacak en yüksek frekanslı işarete göre belirlenmeli ve işaretin dalga boyu λ 'nın yarısından küçük olacak şekilde seçilmelidir. Bu şekilde Nyquist kriterine uyularak işareten her bir periyot için en az iki örnek alınmalıdır.

3. KULLANILAN YÖNTEMLER

3.1. MUSIC

MUSIC, anten dizilimlerine gelen sinyalleri kullanarak sinyale ait parametreleri elde eden bir tekniktir. MUSIC literatürde en yaygın kullanılan yüksek çözünürlüklü kestirim yöntemidir [6].

(2)'deki ilişki kullanılarak θ geliş açısı tespit edilebilir. v_i özilinti matrisinin gürültü altuzayı özvektörlerini, $a(\theta)$ anten yönlendirme vektörünü ifade etmek üzere,

$$\sum_{i=D+1}^M \mathbf{a}^H(\theta) \mathbf{v}_i = 0 \quad (4)$$

(4)'ü sağlayan D tane θ değeri çözümü verir. Bu ifade açığı bağı güç spektrumu olarak ifade edilebilir.

$$P_{xx}(\theta) = \sum_{k=D+1}^M \left| \mathbf{a}^H(\theta) \mathbf{v}_k \right|^2 \quad (5)$$

(5)'de aranan θ değerlerinde sıfır elde edilir. $1/P_{xx}(\theta)$ ifadesi kullanılarak θ değerlerinde keskin tepelikler elde edilir[6-8].

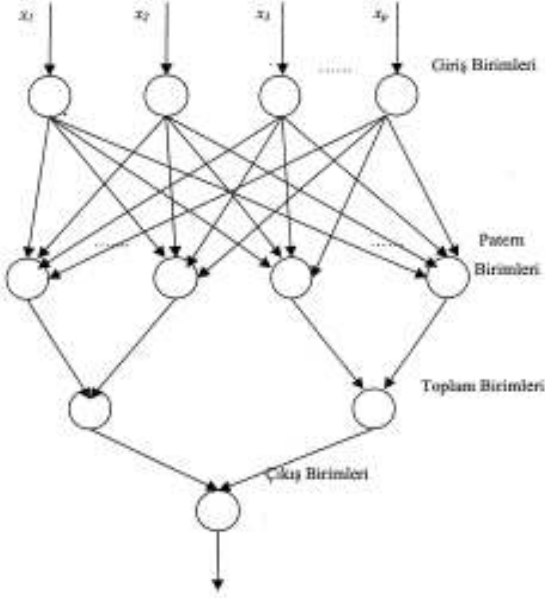
$$P_{xx}^{MUSIC}(\theta) = \frac{1}{\mathbf{a}^H(\theta) \mathbf{v} \mathbf{v}^H \mathbf{a}(\theta)} \quad (6)$$

bağıntısıyla, θ 'nın 0-360 derece arasındaki değerleri taranarak, θ 'ya bağı güç izgesi elde edilir. MUSIC oldukça gürbüz bir yöntem olmasına rağmen dizilim cevabının karakterize edilmesine ve bütün olası θ değerlerinin taranmasına ihtiyaç duyar. Bunun yanısıra yüksek açısız çözünürlüğü MUSIC kullanımını birçok uygulamada gerekli kılmaktadır.

Çoklu yansımali ortamdan dolayı işaretlerin yansımalar sonucunda kaynağa varması durumunda aynı kaynaktan yayılan ve farklı yönlerden gelen işaretler arasında yüksek ilinti veya evreyuymuluk (coherent) durumu olabilir. Bu durumda MUSIC algoritması hatalı sonuçlara sebep olur. Buradaki hata, yüksek ilintili veya evreyuymulu işaretlerin geliş yönünün kestirilememesidir. Ortamda çoklu yansıma etkisinin olduğu durumlarda uzamsal yumuşatma algoritması kullanılarak antene gelen işaretler arasındaki evreyuymuluk etkisi yok edilerek MUSIC algoritmasının hatasız çalışması sağlanır[7].

MUSIC algoritmasının uygulaması aşamasında en önemli parametre ortamdaki yol sayısını gösteren D değeridir. Bu değer ITC (Information Theoretic Criteria) algoritmaları kullanılarak bulunur [8,9].

3.2. Olasılıksal Yapay Sinir Ağları



Şekil 2. Olasılıksal yapay sinir ağının organizasyonu

x giriş örneğinin iki farklı sınıftan birine atamakta kullanılan bir yapay sinir ağı Şekil 2' de gösterilmiştir. Giriş birimleri sadece giriş değerlerini tüm örüntü birimlerine dağıtmakta kullanılmaktadır. Her bir örüntü birimi giriş vektörü ile ağırlık vektörünün iç çarpımını hesaplamakta ve toplam çıkış üzerinde doğrusal olmayan bir aktivasyon hesaplamaktadır.

Kullanılan aktivasyon fonksiyonu geri yayılım algoritmasında olduğu gibi sigmoid fonksiyonu yerine Gauss fonksiyonudur. x ve w ' nun birim uzunluğa normalize edildiği kabul edilirse, aktivasyon fonksiyonu

$$e^{-(w_i-x)^2/(w_i-x)/2\sigma^2} \quad (7)$$

olarak elde edilir.

Toplama birimleri örüntü birimlerinden gelen girişlerin toplanması işlemini gerçekleştirir. Çıkış ya da karar birimleri iki girişli nöronlardır. Bu birimler ikili çıkış üretir ve sadece bir ağırlığı vardır. Bu ağırlık:

$$C_k = \frac{h_{B_k} I_{B_k} n_{A_k}}{h_{A_k} I_{A_k} n_{B_k}} \quad (8)$$

olarak verilir. Burada n_{A_k} , A sınıfına ait öğrenme örüntülerinin sayısını n_{B_k} ise B sınıfına ait öğrenme örüntülerinin sayısını göstermektedir.

Ağın eğitilmesi için her örüntü biriminin ağırlık vektörü w öğrenme kümesindeki bir x vektörüne atanır ve örüntü biriminin çıkışı ilgili toplam birimine bağlanır. Her bir öğrenme vektörü için ayrı bir nörona ihtiyaç vardır.

4. UYGULAMA

Yapılan bütün çalışmalar Tam Yansız (TYO) oda içerisinde gerçekleştirilecektir. TYO içerisinde antenlerden çıkan işaretlerin herhangi bir çoklu yansımaya sebep olması mümkün değildir. Uygulamada 8 antenli düzgün doğrusal anten dizilimi kullanılmıştır. Çalışma frekansı 461.925MHz, antenler arası mesafe 15 cm olarak seçilmiştir. Kaynak olarak Yaesu marka el telsizleri kullanılmıştır. Ortamda tek kaynak olacak, çoklu yansıma olmayacaktır.



Şekil 3. DF sistemi dizilim anteni

Kullanılan düzenekte iki farklı anten sistemi kullanılmaktadır. Şekil 3'te yön tespit sisteminin verisini toplayan dizi anten ve temel banda indirme devreleri görülmektedir. Şekil 4'te ise kimlik tespit sisteminin anteni oluşturan bir log-periyodik anten sunulmaktadır.

