

AYRIK FREKANSLI DİZİLERİ İÇİN HUZME YÖNLENDİRME AĞI

Ramazan ÇETİNER(1), Taylan EKER(1), Şimşek Demir(2)
Aselsan A.Ş.(1)
Radar Sistemleri Grup Başkanlığı
Ankara
rcetiner@aselsan.com.tr, taylane@aselsan.com.tr,

Orta Doğu Teknik Üniversitesi(2)
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara
simsek@metu.edu.tr

Özet: Elektronik tarama yeteneği modern radar sistemlerinin en önemli özelliklerindedir. Günümüzde radar uygulamalarında faz tarama, zaman gecikmeli tarama, frekans tarama gibi elektronik tarama yöntemleri kullanılmaktadır. Yeni ve daha ucuz elektronik tarama yöntemleri için araştırmalar devam etmektedir. Bu makalenin amacı zaman, faz kaydırıcı kullanmadan zaman, açı ve menzil bağımlı tarama yapabilen Ayrık Frekans Dizisini (AFD) incelemektir.

Bu çalışmada Ayrık Frekans Dizilerinin matematiksel analizi yapılmıştır. Bunun yanı sıra DSS (Direk Sayısal Sentez) tabanlı bir huzme yönlendirme ağı tasarlanmıştır. Ayrıca Ayrık Frekans Dizisinin benzetimleri ve ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: DSS, AFD, Ayrık Frekanslı Dizi

Abstract: Electronic scanning is the most desirable feature of radar systems. Electronic scanning methods including phase scanning, time delay scanning, and frequency scanning have been used in various radar applications; however new and cheaper scanning methods are still being investigated. It is the purpose of this paper to investigate an array configuration called frequency diverse array (FDA), which gives rise to range, time, and angle dependent scanning without using phase shifters.

In this study, mathematical analysis of FDA are made and DDS based FDA beamforming network is designed. Justification of the mathematical derivations is made by the results of the measurements with the implemented structure. Besides, simulations and measurements of the array are performed.

Keywords: DDS, FDA, Frequency Diverse Array

1. Giriş

Faz dizili radarların en önemli özelliklerinden biri olan aktif elektronik huzme tarama, anten ana huzmesini istenilen açıya yönlendirmeye olanak sağlamaktadır. Aktif Elektronik Tarama Dizileri Mekanik Tarama Dizileri ile kıyaslandığında birçok avantaja sahiptir. Elektronik tarama daha hassas huzme yönlendirme, veri oranında artış, mekanik hataların olmaması, çoklu çalışma modu, otomatik çoklu hedef takibi ve birden fazla görevi gerçekleştirme avantajları sağlanmaktadır [1].

Radar sistemleri için daha etkin aktif elektronik tarama metotları araştırılmaktadır [1]. Bu makalede Ayrık Frekanslı Diziler (AFD) incelenmiştir. AFD ana huzmeyi yönlendirmek için her kanal frekansı ayrı ayrı kontrol edilen anten dizisi olarak tanımlanabilir. Bu konsept uzak alanda tüm frekans kanallarının zaman eksenindeki ilişkisine dayanır. Dizideki her elemana küçük frekans farkları uygulanarak huzmenin uzayı periyodik olarak taraması sağlanmaktadır [2].

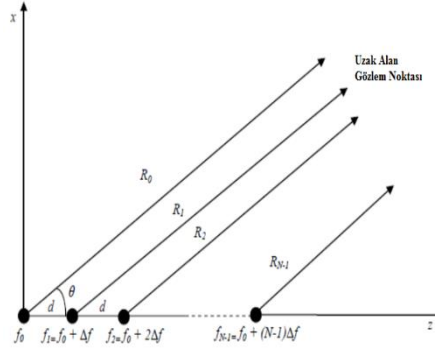
Huzme tarama periyodu dizi elemanları arasındaki frekans farkı değerine ve elemanlar arasındaki mesafeye bağlıdır.

Elemanlar arasına uygulanan frekans farkı sayesinde ana huzmesi zaman ve menzilin periyodik fonksiyonu olan huzme pateni oluşturulmaktadır [3]. Geleneksel faz dizilerinden farklı olarak elemanlar arasına faz farkı uygulamak yerine AFD'de elemanlar arasına küçük frekans farkları uygulanmaktadır. Böylece geleneksel faz dizileri zaman ve menzilden bağımsız olması nedeniyle AFD'den farklıdır.

AFD'nin matematiksel analizi basit anten teorisi konsepti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada bir AFD yapısı gerçekleştirilerek birtakım ölçümler alınmıştır. Makalede sonuçlar ve tartışmalar grafikler ile sunulmuştur.

2. Ayrık Faz Dizileri Konsepti

AFD uzak alan pateni zaman ekseninde oluşturulmaktadır. Şekil 1 'de AFD konsepti gösterilmiştir. Her dizi elemanının sırasıyla Δf Hz eşit frekans adımları ile yayın yaptığı varsayılmaktadır.



Şekil 1 AFD Konsepti

Şekil 1 'de AFD'nin uzak alandaki Elektrik Alan formülü aşağıdaki verilmiştir. (δ hassas faz ayarı için elemanlara uygulanan faz farkıdır.)

$$E_A = \sum_{n=0}^{N-1} \frac{a_n}{R_n} f_n(\omega_0 + n\Delta\omega) e^{j(\omega_0 + n\Delta\omega)t} e^{-jk(n)R_n} e^{-jn\delta} \quad (1)$$

$$R_n = R_0 - nd\cos(\theta) \quad (2)$$

$$k(n) = k_0 + n\Delta k \quad (3)$$

$$k_0 = \frac{\omega_0}{c} \quad (4)$$

$$\Delta k = \frac{\Delta\omega}{c} \quad (5)$$

n dizideki anten elemanı numarasını, ω_0 anten elemanlarını besleyen işaretin merkez açıl frekansını, $\Delta\omega$ elemanlar arasındaki açıl frekans farkını, R_n uzak alan gözlem noktası ve n. anten elemanı arasındaki uzaklığı, d elemanlar arası uzaklığı ve θ gözlem noktası ile oluşan yarı açısını göstermektedir.

n. elemana ait faz değeri,

$$\Psi_n = (\omega_0 + n\Delta\omega)t - (k_0 + n\Delta k)(R_0 - nd\cos(\theta)) - n\delta \quad (6)$$

$$\Psi_n = \omega_0 t - k_0 R_0 + n(\Delta\omega t + k_0 d \cos(\theta) - \Delta k R_0 + n\Delta k d \cos(\theta) - \delta) \quad (7)$$

$(N-1)\Delta\omega \ll \omega_0$ olduğu için,

$$\Psi_n = \omega_0 t - k_0 R_0 + n(\Delta\omega t + k_0 d \cos(\theta) - \Delta k R_0 - \delta) \quad (8)$$

$$\Psi_n = \omega_0 t - k_0 R_0 + n(\varphi) \quad (9)$$

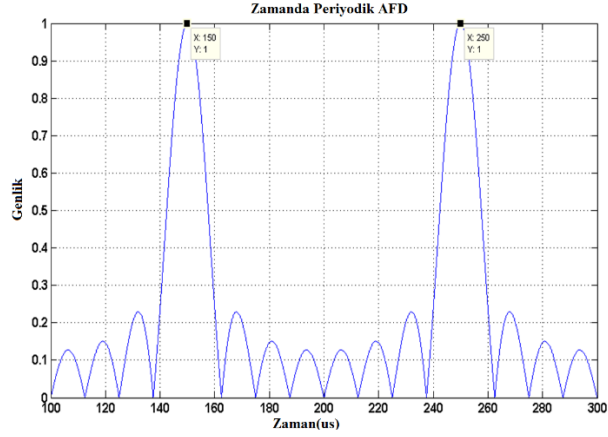
$$\varphi = \Delta\omega t + k_0 d \cos(\theta) - \Delta k R_0 - \delta \quad (10)$$

$$f_e(\omega_0 + n\Delta\omega) \approx f_e(\omega_0) \text{ ve } R_n \approx R_0 \quad (11)$$

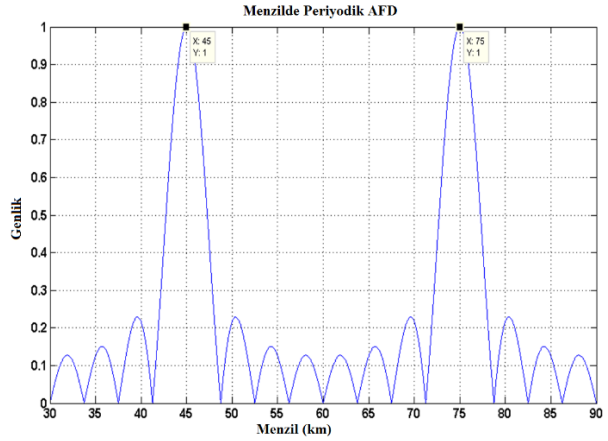
Böylece Elektrik Alan (12)'deki gibi yazılabilir.

$$E_A = \frac{f_e(\omega_0)e^{j(\omega_0 t - k_0 R_0)}}{R_0} \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{j(n\varphi)} \quad (12)$$

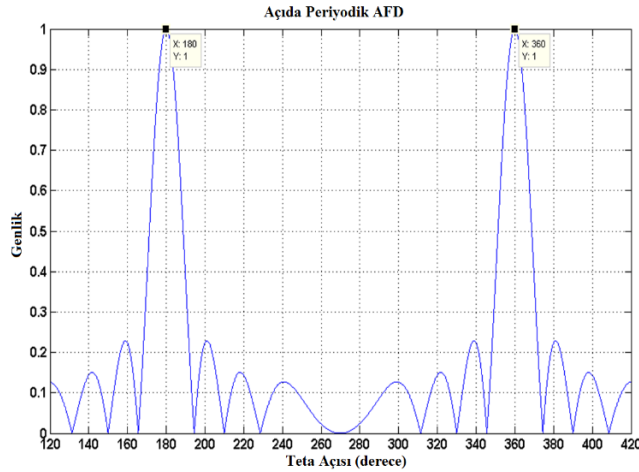
Elektrik alan formülünden görüldüğü üzere eleman paterni $f_e(\omega_0)$ ile çarpılan dizi paterni zamana, menzile ve açığa bağlıdır. Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de verilen simülasyon sonuçlarında bu durum görülmektedir. ($f_0 = 320 \text{ MHz}$, $\Delta f = 10 \text{ kHz}$, $\delta = 0^\circ$)



Şekil 2 AFD Zaman Periyodikliği Simülasyon Sonuçları



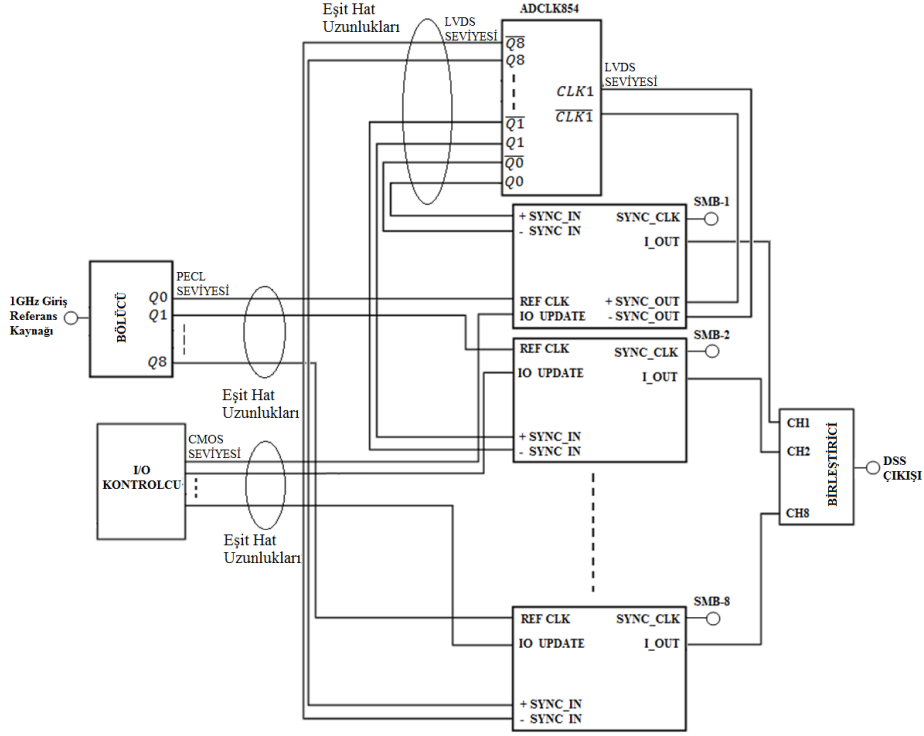
Şekil 3 AFD Menzil Periyodikliği Simülasyon Sonuçları



Şekil 4 AFD Açı Periyodikliği Simülasyon Sonuçları

2. Ayrık Faz Dizili Yapının Gerçeklenmesi

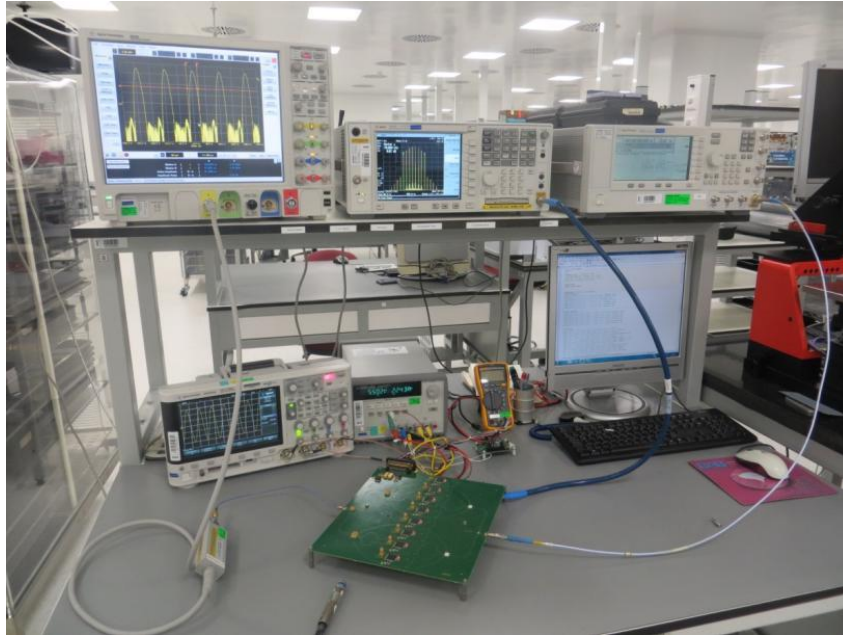
Direk Sayısal Sentezleyici (DSS) kullanarak 8 elemanlı AFD yapısı tasarlanmıştır. Tasarlanan AFD yapısının blok diyagramı Şekil 5'te verilmiştir. Tasarım esnasında elemanları besleyen referans işaretlerin ve çıkışta işaretleri toplayan hatların eşit olmasına dikkat edilmiştir. Her DSS aynı referans işaret (1 GHz) ile beslenmiştir. Böylece AFD çıkışında eş fazlı kanal çıkışları elde edilmiştir.



Şekil 5 AFD Blok Diyagramı

3. Ölçüm ve Simülasyon Sonuçları

Tasarlanan AFD ile kurulum ölçüm düzeneği Şekil-6'da görülmektedir. Ölçüm düzeneği İşaret Üretici, Güç Sensörü, Güç Ölçer, DC Güç Kaynağı, Spektrum Analizör, Osiloskop ve Bilgisayardan oluşmaktadır.



Şekil 6 AFD Ölçüm Düzeneği

