

## DİZİLER VE YÖNELTİCİLİKLERİNİN DÜZENLENMESİ

Şaban ERGÜN, Necmi TAŞPINAR, Kerim GÜNEY  
Erciyes Üniversitesi MÜhendislik Fak. Elektronik Bölümü KAYSERİ

### ÖZET

Bu makalenin ilk bölümünde istenen bir işaretin elde edilmesinin güç olduğu gürültülü işaret ortamlarında arzu edilen yöneltiliği elde etmek için dizi kullanmanın gerekliliği vurgulanacak; daha sonra dizilerin kullanıldığı adaptif dizi sistemlerinin temel elemanları tanıtılacaktır. İkinci bölümde dizi elemanlarının dizi içindeki fiziksel konumlarının dizi performansı üzerindeki etkileri incelenecektir. Üçüncü bölümde ise dizi elemanlarının çıkışlarının kompleks ağırlıklarla ağırlaştırılmasıyla dizinin ışınma diyagramının düzenlenebileceği gösterilecektir.

### SUMMARY

Since a single element sensor has directivity and beamwidth limitations, it is necessary that using an array of sensor elements when the desired signal reception is a severe problem in a noisy signal environment. The directivity and beamwidth of an array is a function of the element number and the distance between the elements. When an array of sensors is designed if we don't produce grating lobe which has equivalent amplitude with the main lobe and additional zeros which can be near the main lobe, the distance "d" between the elements of array must be equal or little than  $\lambda_0/2$  in the uniform array where  $\lambda_0$  is the desired narrow band signal's center frequency. But when the array spaced nonuniformly to lower the side lobe levels of the array directivity pattern or decrease the element number of the array the distance may be greater than  $\lambda_0/2$ .

The directivity pattern of an array can be steered by an angle  $\theta = \arcsin \{ (1/2\pi) (\lambda_0/d)\delta \}$  by inserting a phase shift sequence of  $(n-1)\delta$  in each succeeding n'th element. The radiation pattern of an array can be adjustable with the weighting of the array elements outputs. As a result of the adjustment of the array radiation pattern with the suitable weights the array system has capability of enhanced desired signal reception and undesired interference and jammer signals rejection. The rejection of undesired signals may be done in some limit and depends on undesired signal's bandwidth and direction-of-arrive, and the distance between the array elements. Although realization of the kompleks weighting by means of a quadrature hybrid circuit is enough for narrow band applications the transversal filters, which can be realized by a tapped delay line having L complex weight, should be used for broadband applications. If the tap spacing is sufficiently close and the number of taps is large, this filter approximates an ideal filter, that allows exact control of gain and phase at each frequency within the band of interest.

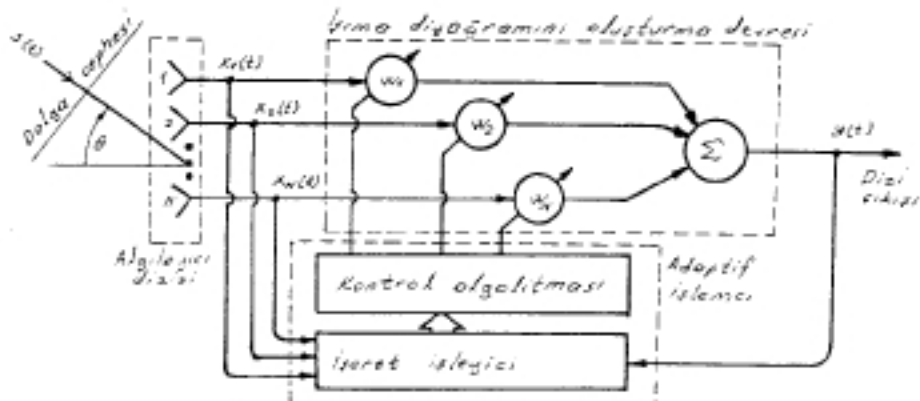
### 1-GİRİŞ

Tek bir algılayıcı eleman, yapısı itibariyle belli bir ışınma diyagramına; başka bir deyişle sınırlı oranda yöneltiliğe ve demet genişliğine sahiptir [1]. Elde edilmesi istenen işaretin belirlenmesinin güç olduğu gürültülü işaret ortamında arzu edilen yöneltiliği

ve demet genişliğini elde etmek için tek bir algılayıcı yerine algılayıcılardan oluşan bir dizi kullanmak uygun bir yaklaşım olmuştur [1], [2]. Küçük ve ucuz bilgisayarların imali, istatistiksel karar ve kontrol teoremlerinin bir takım kurallarının dizi sistemlerine uygulanmasına imkan sağlanmıştır. Bunun sonucunda, değişen işaret ortamlarına uyum sağlayabilen daha güvenilir, esnek ve işaret algılama performansı daha yüksek adaptif dizi sistemleri oluşturulmuştur [3].

Bir algılayıcının ışıma diyagramının ana ve yan demetleri tarafından sisteme sokulan işaret ortamının gürültüsünün sebep olacağı işaret gürültü oranındaki (SNR) azalmaya karşı işaret toplama sistemleri çok hassastırlar. Radar ve haberleşme trafiği yoğunlaştıkça işaret ortamının gürültüsünü elimine etmek daha da zorunlu hale gelmeye başlamıştır. Bu amaç için öncelikle tek bir algılayıcı yerine diziler kullanılarak arzu edilen dar ana demetli ve düşük seviyeli yan demetlere sahip ışıma diyagramları elde edilmeye çalışılmış; daha sonra eleman çıkışları ağırlaştırılarak dizi performansının düzenlenmesi yoluna gidilmiştir. Bu ağırlıkların sistemden beklenen performansı verecek şekilde otomatik olarak ayarlanmasıyla adaptif dizi sistemleri ortaya çıkmıştır [3].

Adaptif dizi sistemlerinin çalışma prensibi kısaca şu şekilde izah edilebilir. Dizi elemanlarının çıkışındaki kompleks ağırlıklar ayarlanmak suretiyle dizinin ışıma diyagramının sınırlarını ve çok düşük seviyeli yan demetlerini gürültü, parazit ve bastırıcı (jammer) işaretlerin bulunduğu yönlere kaydırarak bunları yok ederken aynı zamanda algılanması istenen işaretin ana demet vasıtasıyla sisteme kazandırılmasıdır [3], [4].



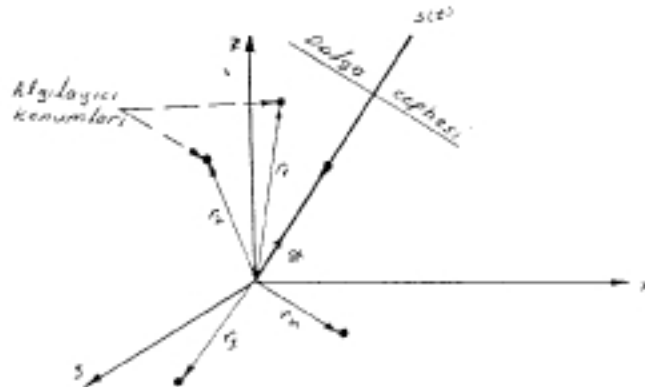
Şekil-1.1 Bir adaptif dizi sisteminin temel üniteleri

Bir adaptif dizi sistemini oluşturan temel elemanlar şekil-1.1'de görülmektedir. Bunlar: algılayıcı dizisi, ışınma diyagramını oluşturma devresi ve adaptif işlemci veya adaptif ışınma diyagramını kontrol ünitesidir. Sistemin her bir ünitesinin oluşturulması; dizisinin kullanılacağı iletişim ortamına, kullanılan frekans bandına ve çalışılacak işaret ortamı hakkında kullanıcının önceden sahip olduğu bilgi miktarına sıkı sıkıya bağlıdır[5].

Diziyi oluşturmakta kullanılan algılayıcıların kendi yapılarına ve dizi içindeki fiziksel konumlarına göre dizinin belli bir ışınma diyagramı olacaktır[2]. Dizinin ışınma diyagramı, sistemin ihtiyacı olan belli bir uzaysal bölgeyi kapsayacak şekilde düzenlenmelidir. Işınma diyagramını oluşturma devresinde her bir elemanın çıkışı bir kompleks ağırlıkla çarpılarak dizi çıkışını oluşturmak üzere toplanırlar. Adaptif dizi sistemlerinin ışınma diyagramlarının duyarlılığı kompleks ağırlıklarla ve dizi elemanlarının kendi özellikleri ve dizi içindeki fiziksel konumları tarafından belirlenir.

Adaptif işlemci ünitesinin kesin yapısı, sistemin kullanılacağı işaret ortamı hakkında elde edilebilecek ön bilgilerin detaylılık derecesine bağlıdır. Eğer istenen işaretin geliş yönü ve yapısı biliniyorsa; adaptif işlemci ünitesinin yapısı basitleşecektir. Bu kadar detaylı bilgi elde etmek pratikte pek mümkün olmamakla beraber işaret ortamının geniş sınırlar içinde dahi olsa belirlenmesi; adaptif işlemci ünitesinin bu sınırlar içerisindeki işaret ortamında beklenen performansı verecek şekilde düzenlenmesini sağlar[3].

## II-DİZİ ELEMANLARININ KONUMLARININ DİZİ YÖNELTİCİLİĞİNE ETKİSİ



Şekil-2.1 Elemanların rastgele yerleştirilmiş bir dizi

Düzlemsel dalga cepheği işaret durumunda istenen işaret dizi elemanlarına farklı zamanlarda ulaşacaktır. Şekil-2. 1'deki gibi elemanları rastgele yerleştirilmiş bir dizi için her bir elemandaki zaman gecikmesi " $\tau_1$ "; düzlemsel dalga cepheği işaretin geliş doğrultusunu veren  $\underline{\alpha}$  birim vektörü ile dizi elemanın konumunu belirten  $\underline{r}_1$  pozisyon vektörünün skaler çarpımının propagasyon hızı  $b$ 'ye bölünmesiyle ifade edilebilir.

$$\tau_1 = (\underline{\alpha} \cdot \underline{r}_1) / b \quad (2.1)$$

Eğer elde edilecek işaret biliniyorsa; her eleman çıkışındaki zaman gecikmesi ölçülerek işaretin geliş yönü belirlenebilir[6]. N elemanlı bir dizinin her bir elemanının çıkışı işaretin ve gürültünün toplamı şeklinde ifade edilebilir.

$$x_k(t) = s_k(t) + n_k(t) \quad (2.2)$$

doğrusal üniform bir dizi için  $s(t)$  düzlemsel dalga cepheği işaret dizi normali ile  $\theta$  açısı yaparak geliyorsa ve elemanlar arasındaki mesafe " $d$ " ile gösterilirse; işaretin dalga boyu  $\lambda$  olmak kaydıyla her bir elemanın çıkışındaki işaret şu şekilde ifade edilir.

$$s_k(t) = s(t) \exp \{j2\pi k (d/\lambda) \sin\theta\} \quad (2.3)$$

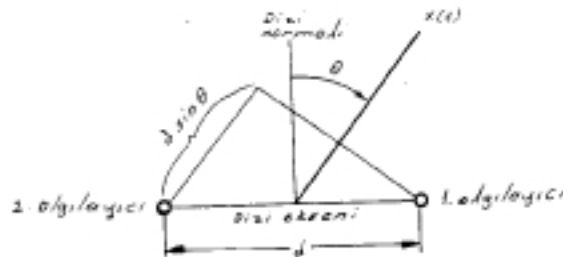
## 2. 1 - Bir Birinin Aynı İki Elemandan Oluşan Dizi

Şekil-2. 2'de görüldüğü gibi bir birinin aynı ve aralarındaki mesafe  $d$  olan iki algılayıcı elemandan oluşan diziye; düzlemsel dalga cepheği  $s(t)$  işaretinin dizi normaliyle  $\theta$  açısı yapan bir kaynaktan geldiğini kabul edelim. Bu durumda birinci elemana göre ikinci elemanın çıkışında oluşacak işaret  $\tau = (d \sin\theta)/b$  gibi bir zaman gecikmesine sahip olacaktır. Eğer işaret  $f_0$  merkez frekanslı ve dar bantlı bir işaret ise, zaman gecikmesi  $\psi = 2\pi (d/\lambda) \sin\theta$  kadar bir faz kaymasına karşılık gelecektir. Eleman çıkışlarındaki işaretlerin fazörlerinin toplamı alınarak dizi çıkışı şöyle ifade edilebilir.

$$y(t) = \sum_{i=1}^2 x(t) \exp \{j(i-1)\psi\} = x(t) \sum_{i=1}^2 \exp \{j(i-1)\psi\} \quad (2.4)$$

dizinin yöneltililik dıyağramı (2.4) ifadesının toplam terimi  $\{A(\theta) = \sum \exp \{j (i-1)\psi\}\}$  ile verilir ve dizinin normalize edilmiş yöneltililik dıyağramını dB cinsinden veren ifade Şu Şekildedir.

$$G(\theta) \text{ [dB]} = 10 \log \{ |A(\theta)|^2 / (2)^2 \} \quad (2.5)$$



Şekil-2.2 Bir birinin aynı olan iki elemandan oluşan dizi

(2.5) ifadesinin  $\theta$  azimut (işaretin dizi normaline gÖre geliş yÖnÖnÖ vereni dizi normaline ile gelen iÇin arasındaki aŐı) aŐısına gÖre deđiŐimini incelenecek olursa;  $d$  mesafesinin  $\lambda/2$ 'den kÖçük olduğu durumlarda tek bir ana demetin oluŐtuđu;  $\lambda$ 'ya eşit olduğunda  $\pm 90^\circ$  de ana demete eşit genlikli ızgara demetlerinin,  $\pm 30^\circ$  civarında dıyağram sıfırlarının oluŐtuđu;  $\lambda$ 'dan bÖyÖk değerlere őkikildiđinde ana demetin genişliğinin daraldığı ve ızgara demetlerinin ve dıyağram sıfırlarının dâha kÖçük aŐı değerlerine doğru kaydđı gÖzlenir. Sıfırların oluŐması; işaret fazÖrlerinin toplamlarının sıfır olmasından; ızgara demetlerinin oluŐması da işaretler arasındaki faz farkının  $360^\circ$  ye ulaŐarak işaret fazÖrlerinin toplamının maksimumuna ulaŐmasından kaynaklanmaktadır.

## 2. 2 - Doğrusal Diziler

Bir birinin aynı  $N$  tane elemandan oluşan eşit aralıklı doğrusal bir dizinin cevabı (2.4) ifadesine benzer Şekilde eleman őkikiŐilerindeki işaretlerin fazÖrlerinin toplamı olarak ifade edilebilir.

$$y(t) = \sum_{i=1}^N x(t) \exp \{j (i-1)\psi\} = x(t) \sum_{i=1}^N \exp \{j (i-1)\psi\} \quad (2.6)$$

Benzer Şekilde

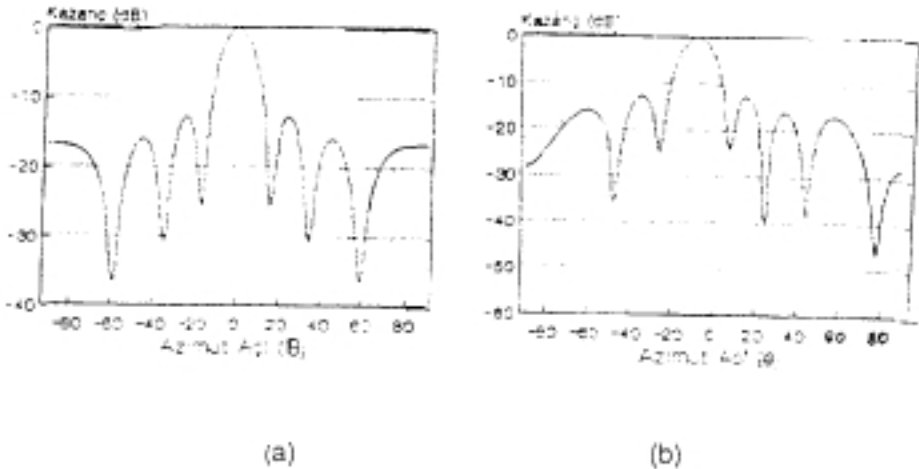
$$A(\theta) = \sum_{i=1}^N \exp \{ j (i-1) \psi \} \quad (2.7)$$

olmak üzere dB cinsinden dizinin normalize edilmiş yöneltiliği şu şekilde verilebilir.

$$G(\theta) = 10 \log \{ |A(\theta)|^2 / N^2 \} \quad (2.8)$$

(2.7) ifadesini sıfır yapan en küçük  $\theta$  değeri  $\theta_0 = \arcsin \{ \lambda_0 / (N \cdot d) \}$  dir. L uzunluklu üniform bir dizi için bu  $\theta_0 = \arcsin \{ \lambda_0 / (L+d) \}$  olur. Eğer dizinin yöneltilik diyagramı  $\theta_0$ 'da bir sıfır oluşturmak üzere düzenlenirse ;  $\sin \theta_m = (1/N) (\lambda_0 / d) \pm m (\lambda_0 / d)$  şeklinde başka sıfırlarda ortaya çıkacaktır. Bazan sakıncalı olan bu durumu ortadan kaldırmak için d mesafesi  $\lambda_0/2$ 'yi geçmemelidir.  $\sin \theta (-1, 1)$  aralığında tanımlı olduğundan  $d \leq \lambda_0/2$  durumunda başka sıfır oluşmayacaktır.  $G(\theta)$ 'nin  $\theta$ 'ya göre değişimi çizilirse; eleman sayısı arttıkça diyagram sıfırlarının ve yan demetlerin sayılarının arttığı ve ana demet genişliğinin daraldığı görülür. Şekil-2.3 (a)'da  $d/\lambda_0 = 0.5$  ve  $N = 7$  için yöneltilik diyagramı çizilmiştir.

Eğer dizideki eleman çıkışlarının fazları sırasıyla 0,  $\delta$ ,  $2\delta$ , ...,  $(N-1)\delta$  olacak şekilde kaydırılırsa, dizinin yöneltilik diyagramı



Şekil-2.3 Doğrusal dizi için yöneltilik diyagramı (a) faz kaydırma yok iken (b)  $\delta = 30^\circ$  ilave faz kaydırma eklendiğinde

$\alpha = \arcsin [ ( 1/2\pi ) (\lambda_0/d) \delta ]$  kadar kaydırılacaktır. Şekil-2.3 (a) ile karşılaştırmak amacıyla  $N=7$ ,  $d/\lambda_0=0.5$  ve  $\delta=30^\circ$  için yöneltilik diyağramı şekil-2.3 (b)'de verilmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi: uygun bir faz geciktirmesi ile dizinin yöneltilik diyağramının ana demetinin istenilen bir doğrultuya kaydırılabileceği ve belli aralıkla bu faz değiştirildiğinde istenilen bir uzaysal bölgenin taranabileceği görülmektedir.

### 2.3 -Düzlemsel Diziler

X-Y düzleminde yer alan dikdörtgen şekil düzlemsel diziler için dizinin yöneltilik diyağramı; biri x bir diğeri y doğrultusunda iki doğrusal dizinin yöneltiliklerinin çarpımıyla elde edilir. Buradaki küçük farklılık dizi faktörünün sadece  $\theta$  azimut açına bağlı olmayıp  $\phi$  elevasyon (yükselme) açısıyla da bağıntılı olmasıdır. Doğrusal dizilerde yöneltilik düzlemsel boyutta olmakla beraber, düzlemsel dizilerde yöneltilik hacimsel boyutludur. X doğrultusunda  $dx$  ve y doğrultusunda  $dy$  eşit aralıklarıyla yerleştirilmiş bir dikdörtgen şekilli üniform düzlemsel dizi için  $\psi_x = 2\pi (dx/\lambda_0) \sin \theta \cos \phi$  ve  $\psi_y = 2\pi (dy/\lambda_0) \sin \theta \sin \phi$  olmak kaydıyla yöneltilik ifadesi şu şekilde verilebilir.

$$A(\theta, \phi) = A_x(\theta, \phi) A_y(\theta, \phi) = \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{k=1}^{N_y} \exp\{j(i-1)\psi_x\} \exp\{j(k-1)\psi_y\} \quad (2.9)$$

Bir düzlemsel dizinin yöneltiliği iki doğrusal dizinin yöneltiliklerinin çarpımı şeklinde olduğundan doğrusal diziler için verilen eleman sayısının ve elemanlar arası mesafenin yöneltilik diyağramına etkileri düzlemsel diziler için de geçerlidir. Düzlemsel dizinin satır ve sütun dizi faktörleri  $A_x(\theta, \phi)$  ve  $A_y(\theta, \phi)$  lerden her biri, doğrusal dizilerde olduğu gibi ayrı ayrı faz kaydırması eklenerek arzu edilen biçimde kaydırılabilir. Fakat düzlemsel dizilerin kullanılmasındaki amaç satır ve sütun dizi faktörlerinin uygun yapıda oluşturulmasıyla ana demetleri belli bir  $(\theta_0, \phi_0)$  noktasında kesiştirerek dar bir kalem demeti elde etmektir.

### 2.4- Üniformluğun Bozulmasıyla Yan Demet Seviyelerinin Düşürülmesi

Arzu edilen derecede dar ana demet genişliğini elde etmek ve yan demet seviyelerini düşük tutmak için eşit aralıklarla yerleştirilmiş üniform dizilerde çok sayıda elemana ihtiyaç duyulabilir. Eleman sayısını azaltarak aynı yan demet seviyelerini elde etmek yada eleman sayısını azaltmadan yan demet seviyelerini daha düşük değerlere indirmek için elemanlar arası mesafe değiştirilerek üniform yapı bozulabilir. [7], [8]. N sayısının çift olduğu üniform bir doğrusal dizide, dizinin orta noktası işaretin fazı için referans seçildiğinde normalize edilmiş dizi faktörü

$$A_u(\theta)/N = (2/N) \sum_{i=\text{tek sayı}}^{N-1} \cos[(i/2)\psi]$$

şeklinde olur. [8]. Üniform olmayan doğrusal bir dizi oluşturmak amacıyla dizi merkezinde eleman uzaklıkları

$$d_i = [(i/2) + \epsilon] d \quad (2.11)$$

olacak şekilde düzenlemek uygun bir yaklaşımdır. Bu ifadedeki d üniform dizideki elemanlar arası mesafeyi;  $\epsilon i$ 'de üniformalıktan sapmayı göstermektedir. (2.11) ifadesi (2.10)'da yerine konup  $\epsilon$ 'nin küçük değerleri için  $\sin i\psi \approx \epsilon i\psi$  yaklaşıklığı kullanıldığında bu ifade şu şekilde düzenlenebilir. \*

$$A(\theta)/N = A_u(\theta)/N - (2\psi/N) \sum_{i=\text{tek sayı}}^{N-1} \epsilon i \sin(i/2)\psi \quad (2.12)$$

Üniform dizinin yönelticilik diyagramındaki yan demetlerin maksimumları  $\psi_k = (1/N) (2k+1)$  ile verilir. Ana demete bitişik yan demetlerin değerlerinin  $1/\psi$  oranında azalması için  $\epsilon$ 'nin değeri şu şekildedir.

$$\epsilon i = 2A (N/\pi)^3 \sum_{k=1}^L (-1)^k \{ \sin [ (\pi/(2N)) ] [ 2k+1 ] \} / (2k+1)^2 \quad (2.13)$$

Pratik uygulamalar için  $\epsilon$  i değeri, yan demet seviyelerinde arzu edilen azalmayı sağlayıncaya kadar iteratif yollarla da elde edilebilir [8]. Yukarıda doğrusal diziler için yapılan üniformalığın bozulması incelemesi benzer şekilde düzlemsel diziler için de yapılabilir.



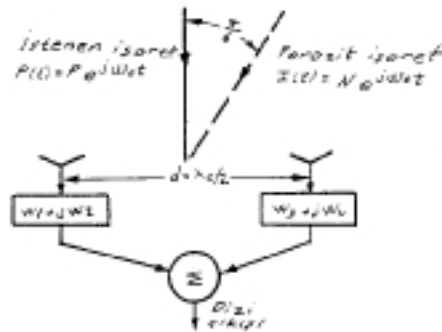
Bütün incelemelerimizde kullanılan elemanlar yönünden bağımsız elemanlar olarak alınmış ve işaretler dar bantlı olarak kabul edilmiştir. Pratikte dizi elemanları kendi yapılarından kaynaklanan bir yöneltiliğe sahiptirler. Bunun da hesaplara katılması için dizi faktörünü, dizi elemanının  $F(f_0, \theta)$  şeklindeki açının ve frekansın fonksiyonu olan eleman yöneltiliği ile çarpmak gerekir.

### III- AĞIRLAŞTIRMA İLE İSTENEN PERFORMANSIN ELDE EDİLMESİ

Önceki bölümde, diziler kullanılarak algılayıcı sistemlerin rezolusyonlarının ve yöneltiliklerinin iyileştirilebileceği incelenmiştir. Bu bölümde de dizi elemanlarının çıkışlarının ağırlaştırılmasıyla arzu edilen performansa ulaşabilmek için ağırlıkların ne şekilde seçilmesi gerektiği ve istenmeyen işaretlerin yok edilmesinin ne dereceye kadar yapılabileceği incelenecektir. Ayrıca kompleks ağırlaştırmanın dar bantlı ve geniş bantlı uygulamalarda ne şekilde yapılabileceği incelenecektir.

#### 3.1- Kompleks Ağırlaştırma ile Parazit İşaretlerin Yok Edilmesi

Kompleks ağırlıklarla dizi performansının düzenlenebileceğini göstermek için şekil 3.1' de gösterildiği gibi; aralarındaki mesafe  $d = \lambda_0/2$  olan yönden bağımsız iki elemandan oluşan bir diziyi ele alalım. Problemi basitleştirmek için istenen işaretin ve parazit işaretin geliş yönlerinin bilindiği ve her iki işaretin de  $f_0$  frekansında olduğunu kabul edelim. Bu durumda istenen işaretin dizi çıkışındaki değeri



Şekil-3.1 Elemanlarında kompleks ağırlıklar olan iki elemanlı dizi

$$Y_p(t) = P [(w_1 + w_3) + j(w_2 + w_4)] \exp(j\omega_0 t) \quad (3.1)$$

olacaktır. Dizi çıkışıındaki işaretin dizi girişindeki eşit olması istenirse ağırlıkların

$$w_1 + w_3 = 1 \quad ; \quad w_2 + w_4 = 0 \quad (3.2)$$

denklem takımını sağlaması gerekir. Dizinin orta noktası referans kabul edilirse parazit gürültü işareti dizi elemanlarına  $\pm \pi/4$ 'lük faz farklarıyla ulaşırlar. Bu gürültü işaretinin dizi çıkışıındaki değeri şudur.

$$Y_N(t) = N(w_1 - jw_2) \exp[j(\omega_0 t - \pi/4)] + N(w_3 - jw_4) \exp[j(\omega_0 t + \pi/4)] \quad (3.3)$$

Bu ifade düzenlendiğinde; gürültü işaretinin dizi çıkışında yok edilmesi için ağırlıkların

$$\begin{aligned} w_1 + w_2 + w_3 - w_4 &= 0 \\ -w_1 + w_2 + w_3 + w_4 &= 0 \end{aligned} \quad (3.4)$$

şartını sağlaması gerekir. (3.2) ve (3.4) denklem takımları birlikte çözüldüğünde dizi çıkışında sadece istenen işaretin elde edilmesi için ağırlıkların  $w_1 = 1/2$ ,  $w_2 = -1/2$ ,  $w_3 = 1/2$  ve  $w_4 = 1/2$  olması gerektiği görülür. Bu örnek; dizi elemanlarının çıkışlarının kompleks ağırlaştırmaya tabi tutarak sistemden beklenen performansın elde edilebileceğini göstermekle beraber pratikte bu tür bir uygulamanın gerçekleştirilemeyeceği aşikardır. Çünkü pratikte birden çok gürültü kaynağı vardır ve işaretlerin geliş yönleri ve frekansları bilinmeyebilir. Bu durumda ağırlıkların ayarlanması adaptif işlemciler tarafından belli sınırlar içerisindeki işaret ortamları için yapılabilir [9], [10].

### 3.2- İstenmeyen İşaretlerin Yok Edilmesinde Değişik Etkenlerden Kaynaklanan Sınırlamalar

İstenmeyen işaretlerin yok edilmesi bir takım sınırlamalar dahilinde yapılabilmektedir. İstenmeyen işaretlerin yok edilebilmesinin bir ölçüsü; sistem çıkışıındaki toplam istenmeyen işaretgücünün sistemin kendi içinde üretilen gürültü gücüne oranı  $(P_o/P_n)$  şeklinde ifade edilebilir. Bunu incelemek için yine iki elemandan oluşan bir

diziye dizi normalisi ile  $\theta$  açısı yaparak gelen bir bastırıcı işaretin bulunduğu ve eleman çıkışlarının da  $w_1$  ve  $w_2$  kompleks ağırlıklarıyla ağırlaştırıldığı durumu ele alalım. Bu durumda dizinin elemanlarına ulaşan bastırıcı işaretin ( $s(t)$  ve  $s(t+\tau)$ 'nin) ağırlıklarla çarpılmak suretiyle ağırlaştırılıp toplanmasıyla elde edilen dizi çıkışı  $y(t)$  nin Fourier transformu

$$Y(\omega) = S(\omega) [w_1 + w_2 \exp(-j\omega\tau)] \quad (3.5)$$

şeklinde dir. Bu ifadedeki  $S(\omega)$ ,  $s(t)$ 'nin Fourier transformunu;  $\tau$  ise elemanlar arasındaki 'd' mesafesinin işareti propagasyon hızı  $b$ 'ye bölümünün  $\sin\theta$  ile çarpımıdır. ( $\tau = (d/b) \sin\theta$ ) ve aynı işaretin iki alıcıya ulaşmasındaki zaman farkını göstermektedir.  $f_0$  frekansındaki bastırıcı işareti yok etmek için  $w_2 = -w_1 \exp(j\omega_0\tau)$  olarak seçilmelidir.  $F_j = |S(\omega)|^2$  bastırıcı işaretin spektral güç yoğunluğunu,  $P_N$  her kanaldaki iç gürültü gücünün spektral yoğunluğunu göstermek kaydıyla; toplam gürültü gücü çıkışının spektral yoğunluğu  $P_o(\omega)$ 'nin termal gürültü gücü çıkışının spektral yoğunluğuna ( $P_n = 2 |w_1|^2 P_N$ ) oranı şu şekilde verilir[3].

$$P_o(\omega)/P_n(\omega) = 1 + [1 - \cos[\tau(\omega - \omega_0)]] P_j/P_N \quad (3.6)$$

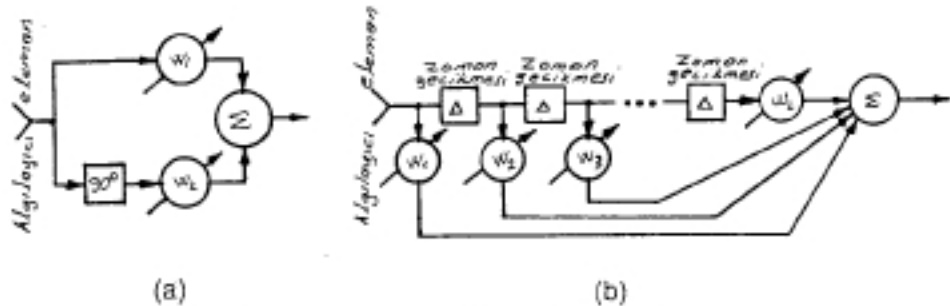
Bu ifadeden de görüldüğü gibi eğer bastırıcı işaret bir band genişliğine sahipse bu işaretin merkez frekansı  $f_0$  için; veya  $f_0$  frekanslı bir bastırıcı işareti için bastırıcı işaret yönünde bir sıfır oluşturularak  $p_o(\omega)/P_n(\omega) = 1$  yapılır. Yani  $f_0$  frekansı için çıkışta sadece kanallarda oluşan termal gürültü gözlenir. Bununla beraber band genişliğine sahip bastırıcı işaretler  $f_0$  merkez frekansı dışında tamamen yok edilmez fakat zayıflatılırlar. Bastırıcı işaretin merkez frekansı  $f_0$  için sıfır oluşturan ağırlıklarla bastırıcı işaretin gücünü dizi çıkışında optimum oranda minimum yapacak ağırlık değerleri farklılık göstermektedir. Elemanlardan sadece birinde işaretlerin ağırlaştırıldığı ve dizi çıkışının eleman çıkışlarının farkı olarak alındığı iki elemanlı bir dizi için ağırlığın optimum değeri; diziye gelen işaretle dizi çıkışındaki işaretin ortogonal olmasını sağlamalı yani bu iki işaretin çarpımlarının beklenen değeri sıfır olmalıdır. Eğer bastırıcı işaret  $-\pi B$ ,  $\pi B$  band aralığında dikdörtgensel bir düz spektruma sahipse; bu durum için  $w_1$  değeri  $w_1 = [\sin(\pi B\tau)/(\pi B\tau)]$  olarak elde edilir. Bu durumda çıkıştaki gücün girişteki bastırıcı gücüne oranı

$$P_0/P_1 = 1 - [ (1/\pi B\tau) \sin(\pi B\tau) ]^2 \quad (3.7)$$

şeklinde olacaktır. Bu ifadeden de görüldüğü gibi işaretin band genişliği ile zaman gecikmesinin çarpımı ( $\pi B\tau$ ) arttıkça bastırıcı işaretin yok edilme oranı azalacaktır. Ayrıca eleman kanallarındaki empedans ve faz uyumsuzlukları istenmeyen işaretin yok edilme oranlarını azaltacaktır.

### 3.3.- Dar Bandlı ve Geniş Bandlı İşaretlerin Ağırlaştırılması

Dar bandlı uygulamalar için dizi elemanlarının çıkışlarının ağırlaştırılması en genel olarak şekil3.2 (a)'daki gibi bir  $90^\circ$  faz kaydırmalı hibrit devre kullanılarak gerçekleştirir. Böylece biri eş fazlı diğeri  $90^\circ$  kaymış fazlı iki işaret iki ağırlıkla çarpılıp toplanarak dizi elemanının ağırlaştırılmış çıkışı olarak kullanılabilir. Bu işlem sonucunda elde edilen kompleks kazanç "  $A \exp(j\phi)$  " ile ifade edilirse; bu ifadedeki  $A$ ,  $A = \sqrt{w_1^2 + w_2^2}$  ve,  $\phi = -\tan^{-1}(w_2/w_1)$  dir.



(a)  $90^\circ$  faz kaydırmalı hibrit devre (b) transversal filtre  
Şekil-3.2 Eleman çıkışlarının kompleks ağırlaştırma şekilleri

Geniş bandlı uygulamalarda, band içindeki herhangi bir frekans için optimum olan bir kompleks ağırlık diğeri bir frekans için optimum olmayabilir. Eğer dizi performanslarının band içinde değişmemesi arzu ediliyorsa her bir eleman çıkışına şekil-3.2 (b) 'deki gibi bir transversal filtre konmalıdır. Çok sayıda ağırlık kullanılarak oluşturulan ara çıkışlı gecikme hattı şeklindeki filtre; band genişliği  $br=1/\Delta$  olan ve ardışıl olarak tekrarlanan periyodik bir transfer fonksiyonuna sahiptir. Ara çıkış noktaları birbirine yakın tutularak sayıları artırılırsa; bu filt band içindeki her bir frekans için tam bir kazanç kontrolü sağlayan ideal filtreye yaklaşır.[11]

#### IV - SONUÇ

Gürültülü işaret ortamında istenmeyen işaretlerin elimine edilmesi ve istenen işaretlerin sisteme kazandırılmasında bir eleman yerine dizi kullanmak yararlı olmaktadır. Üniform diziler oluşturulurken sistemde beklenen performans göz önüne alınmalı ve istenmeyen yönlendiricilik sıfırlarının ve ızgara demetlerinin ortaya çıkmaması için elemanlar arası mesafenin  $\lambda_0/2$ 'yi geçmemesi gerekmektedir. Fakat eleman sayısı azaltılarak eşit yan demet seviyeleri yada eleman sayısını aynı tutarak daha düşük seviyeli yan demetler elde etmek için üniformluk bozularak  $d$  mesafesi kontrolü bir şekilde  $\lambda_0/2$  değerinin üzerine çıkarılabilir. Uygun faz geciktirmesi ile dizinin yönlendiricilik diyagramı kaydırılabilmektedir. Dizi elemanı çıkışları kompleks ağırlaştırmaya tabi tutularak belli sınırlar dahilinde istenmeyen işaretleri yok edecek şekilde dizi performansı gerçekleştirilebilmektedir.

#### REFERANSLAR

- [1].- AKKAYA I., Anten Teorisine Giriş, Fatih yayınevi, 1982
- [2].- STEINBERG B. D., Principle of Aperture and Array System Design, Wiley, New York, 1976
- [3].- MONZINGO R. A. and MILLER T. W., Introduction to Adaptive Array, Wiley-Interscience publication, New York, 1980
- [4].- APPLEBAUM S. P., Adaptive Arrays, IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. AP-24, No 5, September, 1976
- [5].- EDELBUTE D. J., FISK J. and KINNESON G. L., Criteria for Optimum Signal Detection Theory for Arrays, J. Acoust. Soc. Am., Vol. 41, January 1967
- [6].- MA M. T., The Theory of Antenna Arrays, Wiley, New York, 1974
- [7].- CHEN D. G., Optimization Techniques for Antenna Arrays, Proc. IEEE. Vol. 59, No 12, December 1971
- [8].- HODJAD F. and HOVENASSIAN S. A., Nonuniformly Spaced Linear and Planar Array Antennas for sidelobe Reduction, IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. AP-26, No 2, March 1978

- [9].- RIEGLER R. L. and CUMPTON R. T., An Adaptive Array for Interference Rejection, Proc. IEEE, Vol. 61, No 6, June,1973
- [10].- SHORT S. W. W., Adaptive Technique to Discriminate Against Coherent Noise in a Narrow-Band System, J. Acous. Soc. Am. Vol. 34, No 1
- [11].- CHANG J. T. and TUTEUR F. B., A New Class of Adaptive Array Processors, J. Acous. Soc. Am. Vol. 49 No 3, March 1971
- [12].- ERGÜN Ş., Adaptif Antenler, İTÜ Yük. Lis. Tezi ,Temmuz 1988