

**OOFDM ÇİFT FONKSİYONLU RADAR İLETİŞİMLERİ İÇİN TAKIMYILDIZ
UZANTILI DALGA BİÇİMİ TASARIMI**

- 10 Buluş, çift fonksiyonlu radar iletişim (DFRC) sistemleri için bir dalga biçimi tasarım yöntemidir. Önerilen yöntem, iletimi iletişim alıcısına şeffaf tutarken, radar performansı için ortogonal frekans bölmeli çoklama (OFDM) dalga biçiminin Cramer-Rao Sınırını (CRB) genişletmektedir. (Burada şeffaf, geleneksel bir OFDM alıcısının başarılı bir şekilde alabilmesi için tasarım hakkında bilgi sahibi olması gerekmediği anlamına gelmektedir.)

1. Çift fonksiyonlu radar iletişim (DFRC) sistemleri için dalga biçimi tasarımı olan bir sistem olup, aşağıdakileri içermektedir;

- 10
 - DFRC alıcı-vericisinde (100) güç tahsisinin gerçekleştirildiği bir takımyıldız diyagramı (305),
 - Alıcı (102) için bilgi ileten verici sinyal olan ve takımyıldız diyagramında (305) açıklanan önerilen güç tahsisinin gerçekleştiği kısım olan DFRC alıcı-verici (100),
- 15
 - Takımyıldız diyagramlarının (305) iletilen veri sembollerini demodüle eden bir iletişim alıcısı (102).

2. Çift fonksiyonlu radar iletişim (DFRC) sistemleri için dalga biçimi tasarım yöntemi olan bir yöntem olup, aşağıdakileri içermektedir;

- 20
 - OFDM alt taşıyıcısı (200) tarafından DFRC kullanımı için optimize edilecek sistemin parametrelerinin tanımlanması,
 - Değiştirilmiş alt taşıyıcılar matrisinin geleneksel olarak tahsis edilen alt taşıyıcılar olarak şu şekilde başlatılması: alt taşıyıcı indeksi (201) ile $\mathbf{X}' = \mathbf{X}$,
 - Değiştirilecek alt taşıyıcı sayısının hesaplanması:

$$N_r = \left\lfloor \frac{(P_t - P_c)(D_2 + D_3)}{\sum_{d_2=0}^{D_2-1} (P_{max} - P_{d_2}) + \sum_{d_3=0}^{D_3-1} (P_{max} - P_{d_3})} \right\rfloor$$
 burada N_r değiştirilecek alt taşıyıcıların sayısıdır, D_2 verilen D-QAM takımyıldızındaki köşe sembollerinin (301) sayısıdır, D_3 verilen D-QAM takımyıldızındaki dış kenar sembollerinin (302) sayısıdır,
 - Kullanılacak ağırlık matrisinin ($\mathbf{G}$) hesaplanması,
 - Değiştirilen alt taşıyıcı sayısı (i) için sayacın sıfır olarak başlatılması,

- Aşağıdaki ifadeyi kontrol ederek: karar bloğunda $i \leq N_r - 1$,
- OFDM sembol sayacının (m) sıfırdan başlatılması prosesinden elde edilen G 'nin daha sonraki işlemler için vektörleştirilmesi,
- Sıralanan g 'nin indekslerinin (I) artan sırada döndürülmesi,
- Değiştirilecek alt taşıyıcı indeksinin elde edilmesi: $n = \text{mod}(I(i), N)$,
burada $\text{mod}()$ modül işlemidir,
- Değiştirilecek OFDM sembol indeksinin elde edilmesi: $m = \lfloor I(i), M \rfloor$,
- $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembolün bir köşe sembolü (301) olup olmadığını kontrol edilmesi,
- $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembolün bir köşe sembolü (301) olması durumunda, seçilen alt taşıyıcının gücünün aşağıdaki şekilde değiştirilmesi: $X'(n, m) = \frac{\sqrt{P_{\max}} X(n, m)}{|X(n, m)|}$,
- $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembol bir köşe sembolü (301) değilse, $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembolün bir dış kenar sembolü (302) olup olmadığını karar bloğu ile kontrol edilmesi,
- $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembol bir köşe sembolü (301) değilse, seçilen alt taşıyıcının gücünün şu şekilde değiştirilmesi: $X'(n, m) = X(n, m) + A_{d3}$, burada A_{d3} , $X'(n, m)$ $P_{\max}$ 'ın güç değerine sahip olacak şekilde karmaşık bir değerdir,
- i 'nin birer birer arttırılması.

3. Alıcı-vericide (101) güç artırılmış kenar sembolleri (303) ve güç artırılmış dış singeler elde etmek için sadece köşe sembolleri (301) ve kenar sembolleri (302) değiştirilen takımyıldız diyagramı (305) içerdiği, İstem 1'e göre sistem.

OFDM ÇİFT FONKSİYONLU RADAR İLETİŞİMLERİ İÇİN TAKIMYILDIZ UZANTILI DALGA BİÇİMİ TASARIMI

10 Teknik Alan

Buluş, çift fonksiyonlu radar iletişim (DFRC) sistemleri için yeni bir dalga biçimi tasarım yöntemi ile ilgilidir. Önerilen yöntem, iletimi iletişim alıcısına şeffaf tutarken, radar performansı için ortogonal frekans bölmeli çoklama (OFDM) dalga biçiminin Cramer-Rao Sınırını (CRB) genişletmektedir. (Burada şeffaf, geleneksel bir OFDM alıcısının başarılı bir şekilde alabilmesi için tasarım hakkında bilgi sahibi olması gerekmediği anlamına gelmektedir.)

20 Önceki Teknik

Kablosuz iletişim teknolojilerinin gelişmesi spektral bir genişlemeye yol açmıştır. Bu spektral genişleme nedeniyle, kablosuz iletişim sistemlerinin radar sistemleri ile aynı çalışma frekanslarında çalışması beklenmektedir. Bu da frekans spektrumunda büyük bir tıkanıklığa neden olmuştur. Bu problem için bir çözüm yaklaşımı, DFRC olarak adlandırılan, radar ve haberleşme hizmetlerini aynı anda yürütebilen sistemler tasarlamaktır.

Literatürde çok sayıda önerilen DFRC sistem tasarımı bulunmaktadır. Ancak çoğu, mevcut kablosuz standartlarıyla doğrudan uyumlu değildir.

30 Literatürde birkaç OFDM tabanlı DFRC sistem yaklaşımı bulunmaktadır. Hepsi, radar ve iletişim performansını artırmak için bazı optimizasyon problemlerine bir çözüm içermektedir. En yakın yaklaşımlar aşağıdakileri içermektedir:

Önceki teknikte, bazı belgeler, radar performansını iyileştirmek ve iletişim alıcısı için optimum ileri besleme sinyali bulmak için menzil ve doppler parametrelerinin CRB'sini iyileştirmek için ISL tarafından kısıtlanan bir optimizasyon problemini çözerek bir dalga biçimi tasarımı önermektedir.

5 Önceki teknikte, bazı belgeler, tepe-ortalama-güç oranı (PAPR) performansını geliştirirken OFDM dalga biçiminin radar performansını iyileştirmek için menzıl ve doppler CRB'leri en aza indirmek için düşük trafik yükünde boş alt taşıyıcıları kullanan bir dalga biçimi tasarımı önermektedir. Dalga biçimi tasarımı için önerilen standartlar, ileri beslemeli sinyal yazarlarının önerdiğini desteklemek için revize edilmelidir. Buna ilaveten, bazı yöntemler

10 DFRC için optimum dalga biçimini elde etmek için kanal bilgisi gerektirmektedir. Diğer taraftan, diğer bazı belgeler fırsatçı bir dalga biçimi tasarım yöntemidir ve performansı trafik yüküne bağlıdır. Büyük trafik yönteminin olduğu durumlarda, önemli bir performans artışı sağlamayacaktır.

15 **Buluşun Kısa Açıklaması ve Amaçları**

Buluşta, önerilen yöntem ne verici ne de alıcı ekstra sinyalleme (kanal bilgisi geri bildirimi veya ileri beslemeli sinyalleme) gerektirmemektedir. Ayrıca, önerilen yöntem hesaplama açısından daha az karmaşık olduğu için gerçek zamanlı uygulamalar için daha uygundur.

20 Alıcı işlemlerinde herhangi bir değişiklik olmaksızın, önerilen yöntem, verici tarafında basit bir yazılım güncellemesi ile uyarlanabilmektedir.

Buluş, mevcut kablosuz iletişim standartlarına kolayca uyarlanabilen bir tasarım yöntemi önermektedir.

25

Radar operasyonlarını desteklemek isteyen herhangi bir kablosuz iletişim sistemi, sistemin hem radar hem de iletişim performansını iyileştirmek için önerilen yöntemi benimseyebilmektedir. Bu da önerilen yöntemi 5G ötesi sistemler için değerli kılmaktadır.

30 DFRC sistemleri, frekans spektrumunun tıkanıklığını gidermek veya çeşitli algılama uygulamalarını desteklemek için kullanılabilir. Ancak hem radar hem de haberleşme literatürü tarafından geliştirilen dalga biçimleri, her iki operasyon için de yeterli performansı sağlamamaktadır. Bunun için hem radar hem de haberleşme operasyonlarını destekleyebilecek bir dalga biçimine ihtiyaç bulunmaktadır. Önerilen yöntem, hem iletişim

35 hem de algılama servislerine hizmet edebilen bir sistemi mümkün kılan bir dalga biçimi vermektedir.

- 5 Önerilen yöntemin, hem radar hem de iletişim performansını artırarak birleşik radar ve iletişim sistemini etkinleştirmesi beklenmektedir.
1. Yürütülecek ileri besleme sinyali gerektirmeyen şeffaf bir yöntemdir.
- 10 2. Önerilen yöntem, iletişim alıcısından herhangi bir geri bildirim sinyali gerektirmemektedir.
3. Literatürdeki diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, önerilen yöntem her durumda (belirli bir güç bütçesi için) uygulanabilmektedir.
- 15 Şekil 3'te gösterilen önerilen güç tahsis şeması bu özellikleri sağlamaktadır. Güç tahsisi, alıcı tarafında veri sembolü demodülasyon sürecini etkilememektedir. Güç tahsisi, alıcıdan herhangi bir kanal geri bildirimi olmadan CRB'yi optimize etmek için yapılabilmektedir. Söz konusu güç dağılımı 510, 511, 512 ve 513 referans numaralarında yapılmaktadır.

20 Şekiller

Şekil 1: Sistem Modeli

Şekil 2: OFDM Çerçevesi

25

Şekil 3: Geleneksel ve önerilen 16-QAM için takımyıldız diyagramı

Şekil 4: Ağırlık matrisinin oluşturulması için algoritma

Şekil 5: Önerilen dalga biçimi tasarımının algoritması

30 REFERANS NUMARALARI

100 alıcı-verici

101 radar hedefi

102 alıcı

35 103 iletim

104 yansımalar

- 5 **200** OFDM alt taşıyıcıları
 201 Alt taşıyıcı indeksi
 202 OFDM Sembol indeksi
 300 İç sembol
 301 Köşe sembolü
 10 **302** Kenar sembolü
 303 Güç geliştirilmiş köşe sembolü
 304 Güç geliştirilmiş kenar sembolü
 305 Takımyıldız diyagramı

400 (400), ağırlık matrisi üretimi için gerekli tanımlayıcı parametreleri temsil etmektedir. Bu parametreler, taşıyıcı frekansı (f_c), alt taşıyıcı aralığı (Δf), OFDM sembol süresi (T_{sym}), radar SNR (γ_r), bir OFDM sembolündeki (N) alt taşıyıcı sayısı, bir iletim çerçevesindeki (M) OFDM sembollerinin sayısı, bir alt taşıyıcı için izin verilen maksimum güç (P_{max}) ve gecikme Doppler tahmin doğruluğu (λ) için bir ağırlıklandırma faktörünü içermektedir.
401 (401), alt taşıyıcı sayacını (n) sıfırdan başlatmaktadır.
402 (402), aşağıdaki ifadenin doğru olup olmadığına karar veren bir karar bloğudur:
- $$n \leq N - 1$$
- 403** (402)'nin doğru olması durumunda (403), OFDM sembol sayacını (m) sıfırdan başlatmaktadır.
404 Aşağıdaki ifadenin doğru olup olmadığına karar veren bir karar bloğu:
- $$m \leq M - 1$$
- 405** (404)'ün doğru olması durumunda (405), birim güce göre alt taşıyıcıların güç matrisini başlatmaktadır. Matematiksel olarak bu şu şekilde temsil edilebilmektedir:
- $$\bar{P} = \mathbf{1}_{MN}$$
- burada $\bar{P}$ güç matrisidir ve $\mathbf{1}_{MN}$, tüm birlerden oluşan bir $M \times N$ matrisidir.
406 (406), n'inci alt taşıyıcının m'inci OFDM sembolünün gücünü P_{max} olarak ayarlamaktadır.
- $$\bar{P}(n, m) = P_{max}$$
- 407** ağırlık hesaplaması için $\bar{P}$ 'yi vektörleştirmektedir. $\bar{P}$ 'nin vektörleştirilmiş versiyonu q olarak adlandırılmaktadır.

$$\bar{q} = \text{vec}(\bar{P})$$

408 m-inci OFDM sembolünün n-inci alt taşıyıcısının ağırlığını şu şekilde hesaplamaktadır:

$$\begin{aligned} G(n, m) &= \lambda C_\tau + (1 - \lambda) C_v \\ C_\tau &= \frac{1}{2\gamma_r} \frac{(\mathbf{1}^T \mathbf{q})(\mathbf{q}^T \mathbf{Y}_v \mathbf{q})}{(\mathbf{q}^T \mathbf{Y}_\tau \mathbf{q})(\mathbf{q}^T \mathbf{Y}_v \mathbf{q}) - (\mathbf{q}^T \mathbf{Y}_{\tau v} \mathbf{q})^2}, \\ C_v &= \frac{1}{2\gamma_r} \frac{(\mathbf{1}^T \mathbf{q})(\mathbf{q}^T \mathbf{Y}_\tau \mathbf{q})}{(\mathbf{q}^T \mathbf{Y}_\tau \mathbf{q})(\mathbf{q}^T \mathbf{Y}_v \mathbf{q}) - (\mathbf{q}^T \mathbf{Y}_{\tau v} \mathbf{q})^2}, \\ \mathbf{u}_\tau &\triangleq 2\pi\Delta f(\mathbf{1}_M \otimes \xi_N), \\ \mathbf{u}_v &\triangleq 2\pi f_c T_s(\xi_M \otimes \mathbf{1}_N) \\ \mathbf{Y}_\tau &\triangleq (\mathbf{u}_\tau \odot \mathbf{u}_\tau) \mathbf{1}_{NM}^T - \mathbf{u}_\tau \mathbf{u}_\tau^T, \\ \mathbf{Y}_v &\triangleq (\mathbf{u}_v \odot \mathbf{u}_v) \mathbf{1}_{NM}^T - \mathbf{u}_v \mathbf{u}_v^T, \\ \mathbf{Y}_{\tau v} &\triangleq (\mathbf{u}_\tau \odot \mathbf{u}_v) \mathbf{1}_{NM}^T - \mathbf{u}_\tau \mathbf{u}_v^T. \end{aligned}$$

burada $\otimes$ tensör çarpımını temsil eder ve $\odot$ Hadamard çarpımını temsil etmektedir.

409 OFDM sembol sayacını (m) artırmaktadır.

410 (404)'ün yanlış olması durumunda, (410) alt taşıyıcı sayacını (n) artırmaktadır.

500 (200), DFRC kullanımı için optimize edilecek sistemin parametrelerini tanımlayarak başlamaktadır. Metodumuz için gerekli parametreler, Toplam güç (P_t), iletişim için güç bütçesi (P_e), bir OFDM sembolündeki alt taşıyıcıların sayısı (N), iletim çerçevesindeki OFDM sembollerinin sayısı (M), bir alt taşıyıcı için izin verilen maksimum güç (P_{max}) ve modülasyon sırası (D) içermektedir.

501 Değiştirilen alt taşıyıcılar matrisini geleneksel olarak tahsis edilen alt taşıyıcılar olarak aşağıdaki şekilde başlatmaktadır:

$$\mathbf{X}' = \mathbf{X}$$

Burada $\mathbf{X}'$ ve $\mathbf{X}$ sırasıyla değiştirilmiş ve geleneksel olarak tahsis edilmiş alt taşıyıcı matrislerini temsil etmektedir. Örnek bir OFDM çerçevesi Şekil 2'de verilmiştir.

502 Değiştirilecek alt taşıyıcı sayısını hesaplamaktadır.

$$N_r = \left\lfloor \frac{(P_t - P_c)(D_2 + D_3)}{\sum_{d_2=0}^{D_2-1} (P_{max} - P_{d_2}) + \sum_{d_3=0}^{D_3-1} (P_{max} - P_{d_3})} \right\rfloor,$$

burada N_r , değiştirilecek alt taşıyıcıların sayısıdır, D_2 , verilen D-QAM takımıyıldızındaki köşe sembollerinin (301) sayısıdır, D_3 , verilen D-QAM takımıyıldızındaki dış kenar sembollerinin (302) sayısıdır ve $\lfloor \cdot \rfloor$ kat işlemini temsil etmektedir.

503 Kullanılacak ağırlık matrisi G 'yi hesaplamaktadır. Şekil 4'teki akış şeması bu matrisin nasıl elde edileceğini açıklamaktadır.

504 Değiştirilen alt taşıyıcıların (i) sayısı için sayacı sıfır olarak başlatmaktadır.

505 Aşağıdaki ifadeyi kontrol eden bir karar bloğu:

$$i \leq N_r - 1$$

506 (403)'ten elde edilen G 'yi ileri işleme için vektörleştirmektedir. G 'nin vektörleştirilmiş versiyonu g olarak anılacaktır.

507 Sıralanan g 'nin indekslerini (I) vermektedir. Spesifik olarak, g değerleri artan bir düzende sıralanmaktadır. Daha sonra bu değerlere karşılık gelen orijinal indeksler I olarak döndürülmektedir.

508 Değiştirilecek alt taşıyıcı indeksini elde etmektedir:

$$n = \text{mod}(I(i), N)$$

burada $\text{mod}()$ modül işlemidir.

509 aşağıdakiler tarafından değiştirilecek OFDM sembol indeksini elde etmektedir:

$$m = \lfloor I(i), M \rfloor$$

510 $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembolün bir köşe sembolü (301) olup olmadığına karar veren bir karar bloğudur.

511 (510)'un doğru olması durumunda, (511) seçilen alt taşıyıcının gücünü aşağıdaki şekilde değiştirmektedir:

$$X'(n, m) = \frac{\sqrt{P_{max}} X(n, m)}{|X(n, m)|}$$

512 (510)'un yanlış olması durumunda (512), $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembolün bir dış kenar sembolü (302) olup olmadığına karar veren bir karar bloğudur.

513 (512)'nin doğru olması durumunda (513), seçilen alt taşıyıcının gücünü

aşağıdaki şekilde değiştirmektedir:

$$X'(n, m) = X(n, m) + A_{d_3}$$

burada A_{d_3} , $X'(n, m)$ P_{max} 'ın güç değerine sahip olacak şekilde karmaşık bir değerdir.

514 (514) i'yi birer birer artırmaktadır.

5

Bazı tanımlar aşağıdaki gibidir:

DFRC: Çift fonksiyonlu radar iletişimi

OFDM: Ortogonal Frekans Bölmeli Çoklama

CRB: Cramer-Rao Sınırı

10 ISL: Entegre Yan Loblar

PAPR: Zirve-Ortalama Güç Oranı

D-QAM: D-ary Dörtlü Genlik Modülasyonu

SNR: Sinyal-Gürültü Oranı

$C\tau$: Gecikme tahmini Cramer Rao Alt Sınırı

15 C_v : Doppler tahmini Cramer Rao Alt Sınır

Buluşun ayrıntılı açıklaması

20 Buluş, bu patent başvurusunda önerilen yöntemle, hem radar hem de iletişim performansını geliştirmek için dalga biçimi tasarımı için bir algoritma ile ilgilidir.

Önerilen yöntem, iletimi iletişim alıcısına şeffaf tutarken, radar performansı için ortogonal frekans bölmeli çoklama (OFDM) dalga biçiminin Cramer-Rao Sınırını (CRB) genişletmektedir. Bu buluşta, geleneksel QAM takımyıldız diyagramlarının güç uzantısı 25 önerilmektedir. Önerilen güç tahsisi, DFRC alıcı-vericisindeki (100) takımyıldız diyagramında (305) yapılmaktadır.

Algoritmalar, Şekil 4 ve Şekil 5'teki akış şemaları aracılığıyla açıklanmıştır.

30 Şekil 1'de gösterilen sistem modeli, bir DFRC alıcı-verici (100), tespit edilecek radar hedefleri (101) ve iletişim alıcısından (102) oluşmaktadır. DFRC alıcı-verici (100) tarafından algılanacak ortamdaki radar hedefleridir (101). (102)'yi bir radar hedefi olarak da düşünmenin

5 mümkün olduğuna dikkate alınır. DFRC alıcı-verici (100), alıcı (102) için bilgi ileten bir
sinyal iletmektedir. Bu iletim (103) sırasında, DFRC alıcı-verici (100) ayrıca radar
hedeflerinden (101) iletim sinyalinin yansımalarını (104) alabilmektedir ve yerleştirme
yapmak için bunu işleyebilmektedir. Önerilen yöntem, iletim (103) ve radar çalışması (104)
için kullanılacak dalga biçiminin tasarımını içermektedir. Önerilen dalga biçimi tasarımı
10 OFDM'ye dayanmaktadır

Şekil 2, OFDM çerçeve yapısını göstermektedir. Önerilen yöntem, OFDM alt taşıyıcıları
(200) üzerindeki D-QAM sembolleri için geliştirilmiştir. Ancak, diğer kablosuz iletişim
sistemleri için uygulanabilmektedir. Sistem modeli, OFDM alt taşıyıcılarının (200), 4G ve
15 5G'de kullanılan D-QAM aracılığıyla modüle edildiğini varsaymaktadır. Önerilen yöntem,
herhangi bir radar performans metriği için bir ağırlık matrisi üretmek güç optimizasyonu için
en iyi OFDM alt taşıyıcılarını (200) seçmektedir. Bu yöntemde CRB, örnekleme amacıyla
kullanılmaktadır.

20 Herhangi bir ileri besleme sinyali olmadan iletişim bağlantısı (iletim) (103) kurmak için
yöntemimiz yeni bir güç tahsis tekniği önermektedir. Önerilen güç tahsisi Şekil 3'te
görülebilir. Şekil 3, seçilen modülasyon sırası tarafından üretilen veri sembollerinin
ortalama sembol enerjisi E_s ile geleneksel ve önerilen takımyıldız noktalarını içermektedir.
Geleneksel takımyıldız noktaları üç grup altında kategorize edilebilir. Güç tahsisi için
25 iç noktalar (300) kullanılamamaktadır. Köşe sembolü (301) ve kenar sembolü (302)
üzerindeki dış noktalar, güç tahsisi için uygun olmaktadır. Bu noktaların gücü, izin verilen
maksimum güç değeri P_{max} 'a yükseltilebilir. Köşe sembolünün (301) ve kenar
sembolünün (302) güç geliştirilmesi, önerilen takımyıldızlarını vermektedir (sırasıyla gücü
artırılmış köşe simgesi (303) ve gücü artırılmış kenar simgesi (304)).

30 Önerilen dalga biçimi tasarımını, radar performansını iyileştirmek için algılama
uygulamalarını destekleyen herhangi bir iletişim sisteminde kullanmak mümkündür. Önerilen
algoritmalar, mevcut ve gelecekteki iletişim sistemlerine kolayca entegre edilebilir.

35 Tüm oluşumlara bağlı olarak buluş, aşağıdakileri içeren çift fonksiyonlu radar iletişim
(DFRC) sistemleri için dalga biçimi tasarımı olan sistemle ilgilidir;

- 5
- DFRC alıcı-vericisinde (100) güç tahsisinin gerçekleştirildiği bir takımyıldız diyagramı (305),
 - Alıcı (102) için bilgi ileten verici sinyal olan ve takımyıldız diyagramında (305) açıklanan önerilen güç tahsisinin gerçekleştiği kısım olan DFRC alıcı-verici (100),
- 10
- Takımyıldız diyagramlarının (305) iletilen veri sembollerini demodüle eden bir iletişim alıcısı (102).

Buluş, aşağıdakileri içeren çift fonksiyonlu radar iletişim (DFRC) sistemleri için dalga biçimi tasarım yöntemi olan yöntemle ilgilidir;

15

- OFDM alt taşıyıcısı (200) tarafından DFRC kullanımı için optimize edilecek sistemin parametrelerinin tanımlanması,
- Değiştirilmiş alt taşıyıcılar matrisinin geleneksel olarak tahsis edilen alt taşıyıcılar olarak şu şekilde başlatılması: alt taşıyıcı indeksi (201) ile $\mathbf{X}' = \mathbf{X}$,

- Değiştirilecek alt taşıyıcı sayısının hesaplanması:

$$N_r = \left\lfloor \frac{(P_t - P_c)(D_2 + D_3)}{\sum_{d_2=0}^{D_2-1} (P_{max} - P_{d_2}) + \sum_{d_3=0}^{D_3-1} (P_{max} - P_{d_3})} \right\rfloor \text{ burada } N_r \text{ değiştirilecek}$$

alt taşıyıcıların sayısıdır, D_2 verilen D-QAM takımyıldızındaki köşe

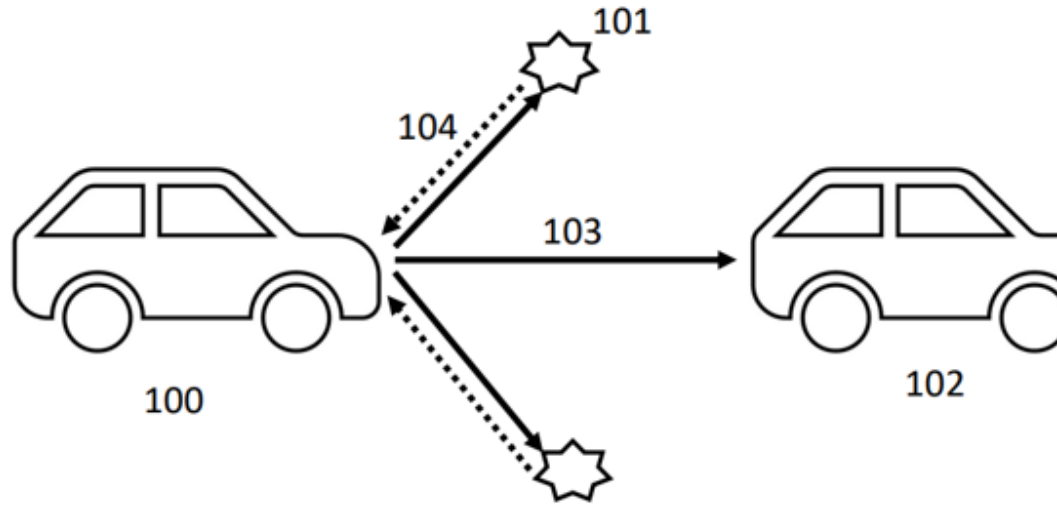
sembollerinin (301) sayısıdır, D_3 verilen D-QAM takımyıldızındaki

dış kenar sembollerinin (302) sayısıdır,

- Kullanılacak ağırlık matrisi $\mathbf{G}$ 'nin hesaplanması,
- Değiştirilen alt taşıyıcı sayısı (i) için sayacın sıfır olarak başlatılması,
- Aşağıdaki ifadeyi kontrol ederek: karar bloğunda $i \leq N_r - 1$,
- OFDM sembol sayacının (m) sıfırdan başlatılması sürecinden elde edilen $\mathbf{G}$ 'nin daha sonraki işlemler için vektörleştirilmesi,
- Sıralanan $\mathbf{g}$ 'nin indekslerini (I) artan sırada döndürülmesi,

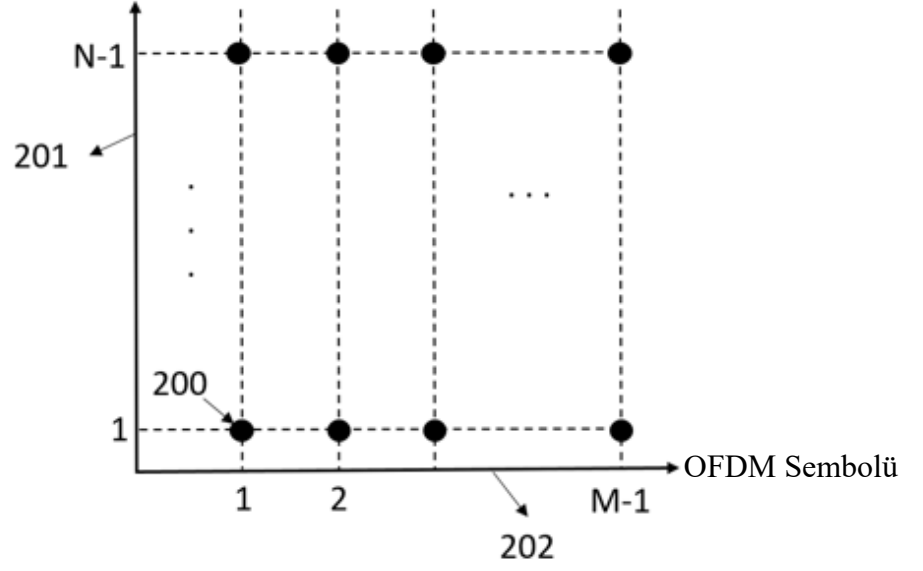
- Değiştirilecek alt taşıyıcı indeksinin elde edilmesi:
 $n = \text{mod}(I(i), N)$, burada $\text{mod}()$ modül işlemidir,
- Değiştirilecek OFDM sembol indeksinin elde edilmesi:
 $m = \lfloor I(i), M \rfloor$,
- $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembolün bir köşe sembolü (301) olup olmadığını kontrol edilmesi,
- $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembolün bir köşe sembolü (301) olması durumunda, seçilen alt taşıyıcının gücünü aşağıdaki şekilde değiştirmektedir: $X'(n, m) = \frac{\sqrt{P_{\max}} X(n, m)}{|X(n, m)|}$,
- $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembol bir köşe sembolü (301) değilse, $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembolün bir dış kenar sembolü (302) olup olmadığını karar bloğu ile kontrol edilmesi,
- $X(n, m)$ alt taşıyıcısındaki sembol bir köşe sembolü (301) değilse, seçilen alt taşıyıcının gücünün şu şekilde değiştirilmesi:
 $X'(n, m) = X(n, m) + A_{d_3}$, burada A_{d_3} , $X'(n, m)$ $P_{\max}$ 'ın güç değerine sahip olacak şekilde karmaşık bir değerdir,
- i 'nin birer birer arttırılması.

Şekil 3'te gösterildiği gibi alıcı-vericide (101) gücü artırılmış köşe sembolleri (303) ve gücü artırılmış kenar sembolleri (304) elde etmek için yalnızca köşe sembollerinin (301) ve kenar sembollerinin (302) değiştirildiği bir takımyıldız diyagramıdır (305). Bu takımyıldız tasarımı, CRB'den farklı bir performans metriğini iyileştirmek için de kullanılabilir.

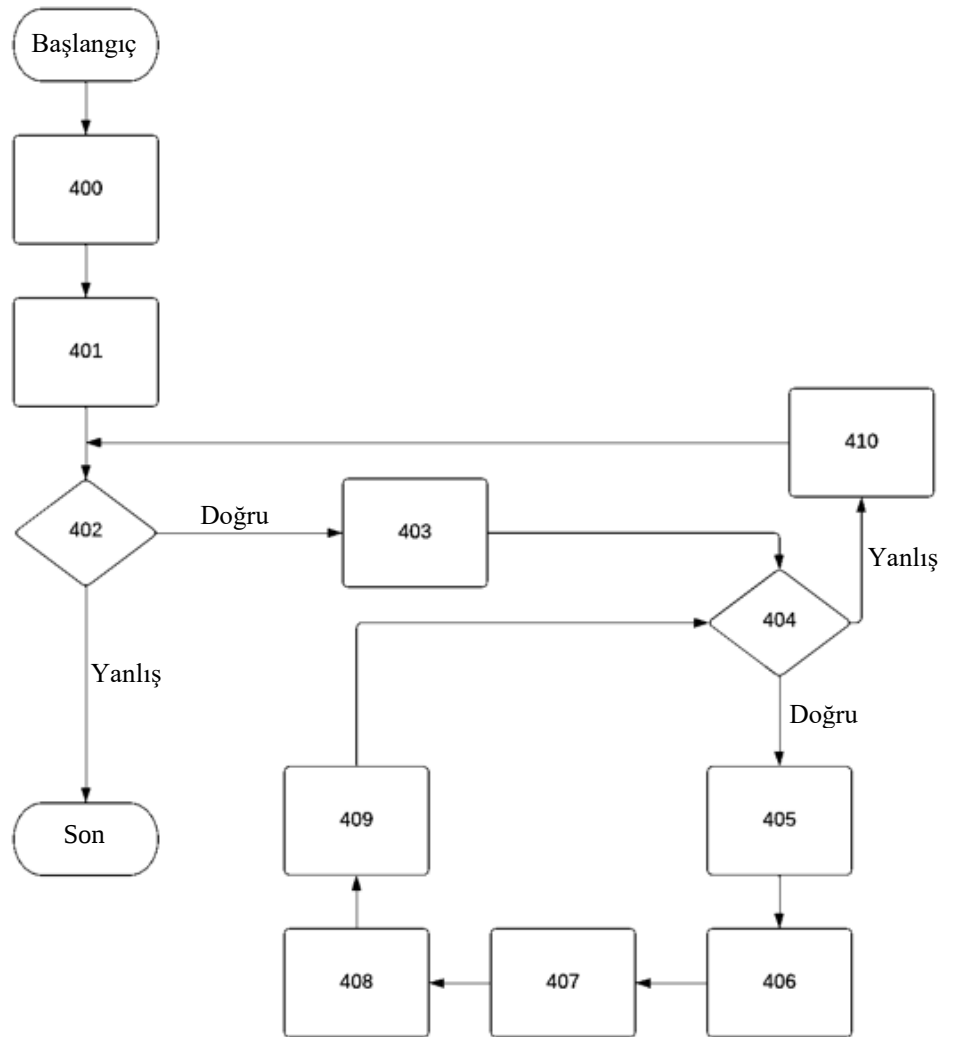


ŞEKİL 1

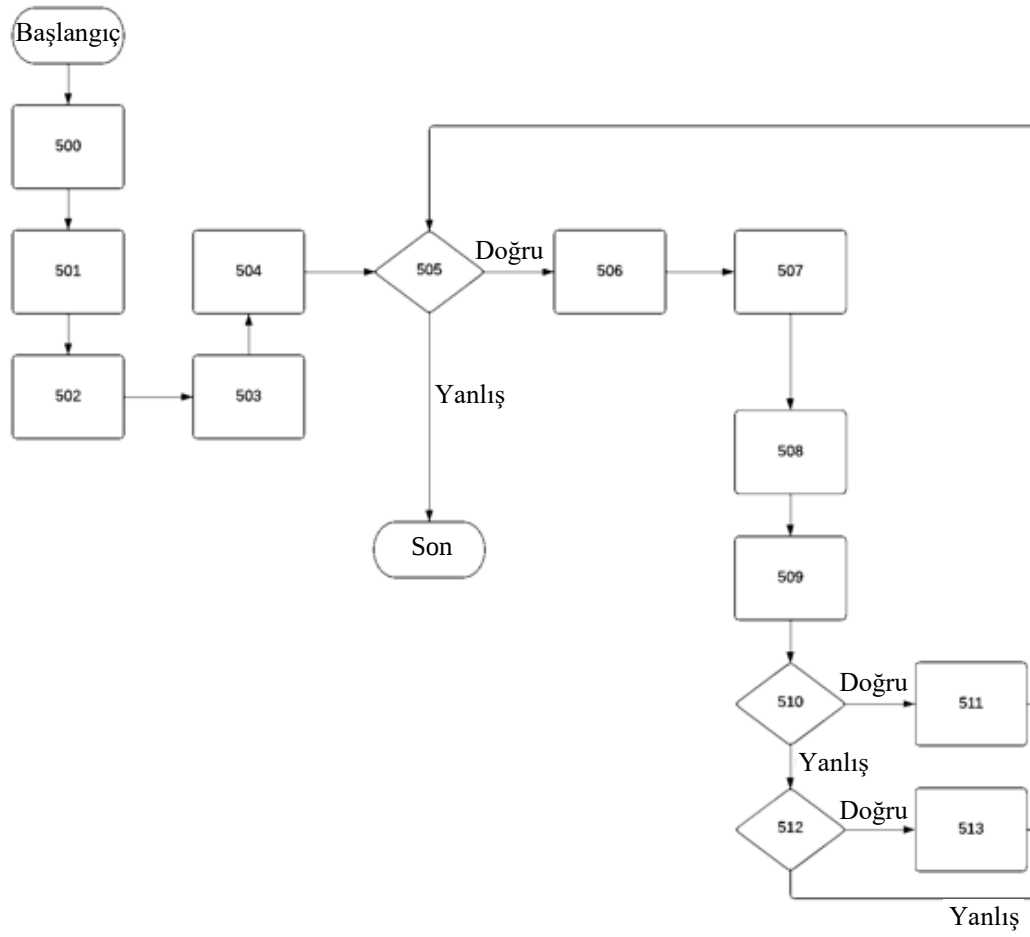
Alt Taşıyıcı İndeksi



ŞEKİL 2



ŞEKİL 4



ŞEKİL 5