

ÖZET

SEYREK ANTEN DİZİSİ (SAA) ARACILIĞIYLA VARİŞ DERECEŚİ (DOA) KESTİRİMİNİ İYİLEŐTİREN YENİ BİR ANTEN YAPILANDIRMA YÖNTEMİ

5

Bu buluş, Terahertz (THz) frekans aralığı içindeki alt dizilerden oluşan bir diziyi yapılandırmak için yeni bir konsept sunmaktadır. Bu yenilikçi tasarım, Varış Derecesi (DoA) tahmininin hassasiyetini artırmayı, aynı zamanda güç kullanımını en aza indirmeyi ve Radyo Frekansı (RF) zincir girişimini azaltmayı amaçlamaktadır.

İSTEMLER

- 1- Bu buluş seyrek anten dizisi (SAA) aracılığıyla varış derecesi (DOA) kestirimini iyileştiren yeni bir anten yapılandırma yöntemi ile ilgili **olup, özelliği**;
- 5 — iki katmanlı anten konfigürasyonuna sahip bir sistemin ilk katmanında, anten dizilerinin alt dizilere bölünmesi,
- maliyeti ve güç tüketimini azaltacak daha az sayıda anten kullanarak DoA tahminini artırmak için yoğun bir anten dağılımının yerine ($d=\lambda/2$) kullanılması böylece her alt-dizi, bir element aralığına ($d\geq\lambda/2$) sahip seyrek bir anten düzenine
- 10 sahip olacak şekilde bir dağılımının elde edilmesi,
- ikinci aşamada, varış yönü (DoA) tahmininin doğruluğunu etkilemeden RF zincir bağlantısını azaltmak için alt diziler arasına seyreklik ekleme işlem adımlarını içermesidir.
- 15 2- İstem 1'e uygun yöntem olup özelliği; THz bandında çalışan bir sistemde, yüksek güç tüketimi ve maliyetle birlikte gelen dar bir ışın üretmek için geniş bir anten elemanları dizisi ile donatılmış olması ile karakterize edilmesidir.
- 3- İstem 1'e uygun yöntem olup özelliği; güç tüketimini azaltacak daha az anten
- 20 sayısıyla DoA tahminini artıracak ve alt-diziler arasındaki seyreklik RF zincir bağlantısını azaltacak şekilde alt-dizi içinde seyreklik kullanması ile karakterize edilmesidir.

25

30

TARİFNAME

SEYREK ANTEN DİZİSİ (SAA) ARACILIĞIYLA VARİŞ DERECEŚİ (DOA) KESTİRİMİNİ İYİLEŐTİREN YENİ BİR ANTEN YAPILANDIRMA YÖNTEMİ

5

Teknolojik Alan:

Mevcut buluş, varış yönü (DoA) tahmininin doğruluğunu artıran, güç tüketimini azaltan ve radyo frekansı (RF) zinciri parazitini en aza indiren ve Nesnelerin İnterneti (IoT) ağları alanında uygulanabilen seyrek anten dizisi (SAA) aracılığıyla varış derecesi (DOA) kestirimini iyileştiren yeni bir anten yapılandırma yöntemi ile ilgilidir.

10

Tekniğin Bilinen Durumu:

Önümüzdeki 6G kablosuz ağlarında yüksek veri hızlarının desteklenmesini sağlamak için Terahertz (THz) bandının entegrasyonunun diğer gelişmiş teknolojilerle birlikte çalışması öngörülmektedir. Bununla birlikte, THz frekanslarının doğasında var olan önemli yayılma kaybının yarattığı zorluğun üstesinden gelmek çok önemlidir. Bu engelin üstesinden gelmek için ultra-kütlesel çoklu giriş çoklu çıkış (UM-MIMO) sistemi düşünülmektedir. UM-MIMO bağlamında, iletilen sinyal bir kalem huzmelinin özelliklerini üstlenmekte, bu da ışın izleme ve varış derecesi (DoA) tahmini için oldukça yüksek bir hassasiyet seviyesi gerektirmektedir.

15

20

Ne yazık ki, THz dalgaları tarafından deneyimlenen belirgin yönlülük ve önemli sinyal zayıflaması nedeniyle, uygulanabilir yayılma yollarının sayısı tipik olarak THz spektrumu içinde sadece birkaçı ile sınırlıdır. Sonuç olarak, ortaya çıkan THz kanal matrisi genellikle düşük rütbeli bir yapı sergilemekte ve bu da THz tabanlı iletişim sistemlerinin genel kanal kapasitesini önemli ölçüde kısıtlamaktadır.

25

Bu sınırlamaya yanıt olarak araştırmacılar, bir anten alt dizileri koleksiyonundan yararlanan alt dizi dizisi (AoSA) tekniğinin kullanılmasını önermişlerdir. AoSA, THz sistem kanal kapasitesini artırma konusunda umut vaat etse de önemli bir zorluğu da beraberinde getirmektedir. Bu şemanın uygulanması, baz istasyonunda (BS) her biri özel

30

radio frekansı (RF) zincirleri gerektiren çok sayıda alt dizinin konuşlandırılmasını gerektirmektedir. Bu da güç tüketiminde önemli bir artışa yol açmaktadır.

Ayrıca, kompakt konfigürasyonlarda çok sayıda yakın aralıklı anten dizisinin varlığı, RF zincirleri arasında önemli ölçüde karşılıklı kuplajla sonuçlanmaktadır. Sonuç olarak, bu tür sistemler için hibrit hüzmleme teknikleri kullanıldığında bile, hibrit hüzmleme sistemi modelinde RF kuplajının getirdiği konveks olmayan yapı nedeniyle performans düşüşü bir endişe haline gelmektedir [1]. Bu nedenle, yüksek kapasiteli THz iletişim sistemlerine ihtiyaç duyulması, bu çok yönlü zorlukların kapsamlı bir şekilde ele alınmasını gerektirmektedir.

10 Bu tür sistemlerin doğasında var olan karmaşık zorlukların üstesinden gelmek için [2]'de yenilikçi bir yaklaşım sunulmakta, şebeke dışı ultra yüksek çözünürlüklü Varış Yönü (DoA) tahmin yöntemini ve Terahertz kablosuz iletişim için yön tahmininde ve izlemede miligram düzeyinde hassasiyet elde etmek için titizlikle tasarlanmış bir izleme algoritmasını kapsayan yeni bir çözüm getirmektedir. Bu yaklaşım, MUSIC algoritması
15 ile birlikte bir Alt Diziler Dizisi (Array of Subarrays) (AoSA) anten konfigürasyonlarından yararlanarak AoSA-MUSIC-T algoritmasının geliştirilmesiyle sonuçlanmıştır. Bu algoritma sadece üstün performans sunmakla kalmıyor, aynı zamanda daha önce kullanılan AoSA-MUSIC yaklaşımına kıyasla operasyonel ek yükü %50 oranında önemli ölçüde azaltıyor. Bu çalışmada, anten dizisi konfigürasyonları bir
20 Düzgün Düzlemsel Diziyi (UPA) takip etmektedir. UPA'lar yüksek güç tüketimleri ve karmaşıklıkları ile bilinmelerine rağmen, bu bağlamda stratejik bir seçim olduklarını kanıtlamaktadırlar.

Ayrıca, referans [3]'te, Dinamik AoSA (DAoSA) mimarisi şeklinde kayda değer bir gelişme daha sunulmuştur. Bu mimari, spektral verimlilik ve güç tüketimi arasında
25 uyumlu bir denge kurmak amacıyla milimetre dalga (mm dalga) ve Terahertz (THz) bantlarında hibrit ön kodlama için özel olarak tasarlanmıştır. Özellikle bu yaklaşım, Radyo Frekansı (RF) zincirleri ve alt diziler arasındaki bağlantılarda dinamik ayarlamalara olanak tanıyan hibrit ön kodlama mimarisine anahtarlar dahil etmektedir. Bu konfigürasyonun bir parçası olarak, Tekdüze Düzlemsel Dizi (UPA) de bir alt dizi
30 rolünü üstlenerek, anten tasarımı ve sistem optimizasyonuna yönelik bu yenilikçi

yaklaşımın çok yönlülüğünü ve uyarlanabilirliğini sergiliyor. Araştırma ve geliştirme alanındaki bu ortak çabalar, gelişmiş Terahertz iletişim sistemlerinin ortaya çıkardığı zorlukların üstesinden gelme yolunda önemli adımlar atıldığını gösteriyor.

- 5 Son zamanlarda, [4]'te, kanal kapasitesini en üst düzeye çıkaran az sayıda alt dizi seçmek ve ardından yalnızca seçilen alt dizilere bağlı RF zincirlerini etkinleştirmek için mesafeye duyarlı alt dizi seçimi (DSS) olarak adlandırılan bir şema önerdiler. Bu çalışmada (UPA) da dikkate alınmıştır.
- 10 Önceki araştırmalara göre, anten dizisi içindeki anten elemanları $\lambda/2$ uzay mesafesi ile eşit olarak ayrılmıştır, bu da güç tüketimi ve DoA kestirimindeki bozulma açısından sisteme karmaşıklık katmaktadır. İstenen performansı elde etmek için bazı çalışmalarda anahtarlar gibi ek bileşenler kurulmaktadır. Sonuç olarak, bahsedilen bu dezavantajların üstesinden gelebilecek yeni bir yöntem ihtiyacı duyulmaktadır.

15

Referanslar:

- [1] Elbir, A. M., Mishra, K. V., Chatzinotas, S., & Bennis, M. (2022). Terahertz-band integrated sensing and communications: Challenges and opportunities. arXiv preprint arXiv:2208.01235
- 20 [2] Y. Chen, L. Yan and C. Han, "Millidegree-Level Direction-of-Arrival (DoA) Estimation and Tracking for Terahertz Wireless Communications," 2020 17th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON), Como, Italy, 2020, pp. 1-9, doi: 10.1109/SECON48991.2020.9158439.
- 25 [3] L. Yan, C. Han and J. Yuan, "A Dynamic Array of Sub-Array Architecture for Hybrid Precoding in the Millimeter Wave and Terahertz Bands," 2019 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops), Shanghai, China, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICCW.2019.8756936.
- [4] Y. Liu, J. Wu, S. Kim and B. Shim, "Distance-Aware Subarray Selection for Terahertz Ultra-Massive MIMO Systems," 2023 IEEE 97th Vehicular Technology Conference (VTC2023-Spring), Florence, Italy, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/VTC2023-Spring57618.2023.10200814.
- 30

Buluşun Tanımı:

Buluş, yukarıda bahsedilen ve aşağıdaki ayrıntılı açıklamadan ortaya çıkacak olan tüm hedefleri gerçekleştirmek için; karmaşıklıkları azaltmak için tasarlanmış yeni bir anten
5 konfigürasyonu ortaya koymuştur. Bu yapılandırma, THz tabanlı iletişim sistemleriyle ilgili karmaşık sorunları ele almak için stratejik bir yaklaşım sunan Alt Diziler Dizisi (AoSA) kavramına dayanmaktadır.

Bu yeniliğin birincil amacı, Terahertz (THz) ağ altyapısında güç tüketiminde önemli bir
10 azalma elde ederken, Varış Yönü (DoA) tahmininde yüksek düzeyde doğruluğu korumaktır. Enerji verimliliği ve hassas DoA tahminine yönelik bu ikili odaklanma, özellikle THz ışın takibi bağlamında büyük önem taşımaktadır. Buluş bu hedefe ulaşarak sadece THz ağlarının sürdürülebilirliğine ve uzun ömürlülüğüne katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda THz ışınlarını etkili bir şekilde izleme ve bunlarla iletişimi
15 sürdürme kabiliyetlerini de sağlar ki bu da güvenilir çalışmaları ve bağlantıları için çok önemlidir. Özünde bu yenilik, güç tüketimi ve DoA tahmini gibi önemli hususları ele alarak THz ağlarının genel verimliliğini ve işlevselliğini artırmada çok önemli bir rol oynamaktadır.

20 Seyrek Anten Dizisi (SAA) aracılığıyla Varış Derecesi (DoA) kestiriminin iyileştirilmesinin faydalarından yararlanırken güç tüketiminde bir azalma elde etmek için, geleneksel Tekdüze Anten Dizisinden (UAA) ayrılarak anten yapılandırması olarak bir SAA tasarlanmıştır. Ayrıca, özel performans gereksinimleri göz önünde bulundurularak, alt dizilerin seçici olarak etkinleştirilmesi veya devre dışı bırakılması planlanmıştır. Alt-
25 dizi aktivasyonu üzerindeki bu dinamik kontrol, aktif Radyo Frekansı (RF) zincirlerinin sayısını azaltır, sonuç olarak RF zincirleri arasındaki karşılıklı kuplajı en aza indirir, özetle, iki katmanlı bir seyreklik yaklaşımıdır, ilki alt-dizi içindeki anten elemanı arasındadır ve ikinci katman alt-diziler arasındadır.

30 Bu buluş, Varış Yönü (DoA) tahmininin doğruluğunu artırırken güç tüketiminin azaltılmasına ve radyo frekansı (RF) zinciri parazitinin en aza indirilmesine birincil vurgu yapan bu nitelikteki bir konfigürasyon, Nesnelerin İnterneti (IoT) ağları alanında

uygulanabilirliğini bulmaktadır. Özünde bu kurulum, enerji verimliliği ve hassas DoA tahmininin optimum işlevsellik ve bağlantı sağlamada çok önemli roller oynadığı IoT sistemlerinin özel ihtiyaç ve taleplerini karşılamak için çok uygundur.

5 Bu buluş, alt dizide kullanılan anten elemanlarının sayısını azaltarak güç tüketimini azaltmış ve ikinci kademe seyreklik yaratarak RF zincir kuplajını azaltmış, bu da RF zincir kuplajının neden olduğu konveks olmayan optimizasyon probleminin neden olduğu karmaşıklığın azalmasına yol açmıştır.

10 Bu buluşun avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Anten elemanlarının sayısını azaltarak güç tüketimini azaltmak,
2. Alt dizilerin kendi aralarına seyreklik ekleyerek RF zincir kuplajını azaltmak,
3. Elemanlar arasına seyreklik ekleyerek DoA tahmin doğruluğunu tekdüze diziye kıyasla artırmak.

15

Buluş konusu ürün yapısal ve karakteristik özellikleri ve tüm avantajları aşağıda verilen şekiller ve bu şekillere atıflar yapmak suretiyle yazılan detaylı açıklama sayesinde daha net anlaşılacaktır ve bu nedenle değerlendirmenin de bu şekiller ve detaylı açıklama göz önünde bulundurularak yapılması gerekmektedir.

20

Şekillerin Açıklanması:

Buluş, ilişikteki şekillere atıfta bulunularak anlatılacaktır, böylece buluşun özellikleri daha açıkça anlaşılacak ve takdir edilecektir, fakat bunun amacı buluşu bu belli düzenlemeler ile sınırlamak değildir. Tam tersine, buluşun ilişikteki istemler tarafından tanımlandığı alanı içine dahil edilebilecek bütün alternatifleri, değişiklikleri ve denkliklerinin kapsanması amaçlanmıştır. Gösterilen ayrıntılar, sadece mevcut buluşun tercih edilen düzenlemelerinin anlatımı amacıyla gösterildiği ve hem yöntemlerin şekillendirilmesinin hem de buluşun kuralları ve kavramsal özelliklerinin en kullanışlı ve kolay anlaşılır tanımını sağlamak amacıyla sunuldukları anlaşılmalıdır. Bu çizimlerde;

30

- Şekil 1 Aynı sayıda antene sahip ULA ve SLA için DoA kestiriminin grafiksel görünümüdür.
- Şekil 2 Aynı açıklık uzunluğuna sahip ULA ve SLA için DoA tahmininin grafiksel görünümüdür.
- 5 Şekil 3 İki Katmanlı Seyrek Diziler Dizisi (2TAoSA) Yapılandırma Modelinin örnek görünümüdür.

Bu buluşun anlaşılmasına yardımcı olacak şekiller ekli resimde belirtildiği gibi numaralandırılmış olup isimleri ile beraber aşağıda verilmiştir.

10

Referansların Açıklanması:

- RF. Radyo Frekansı
- UAA. Tek Tip Anten Dizisi
- 15 SAA. Seyrek Anten Dizisi
- ULA. Tekdüze Doğrusal Diziler
- SA. Seyrek Anten

Buluşun Açıklanması:

20

Buluşun açıklanmasına başlamadan önce aşağıdaki kavramlar açıklanmıştır:

- RF zinciri: Yükselticiler, filtreler, karıştırıcılar, zayıflatıcılar ve dedektörler gibi elektronik bileşenlerden oluşan bir zincir, dijital alıcı tasarımlarında çok önemlidir ve geçiş bandı iletişim sinyallerinin temel banda dönüştürülmesini sağlamaktadır. Ancak
- 25 yüksek frekanslarda bu devreler pahalı olabilmektedir.

UAA: $d = \lambda/2$ ile eşit aralıklı anten dizisi.

SAA: $d \neq \lambda/2$ ile düzgün aralıklı olmayan anten dizisi

THz: elektromanyetik dalgalar 0,3 ila 3 terahertz frekans aralığındadır.

- Hüzmeleme (Beamforming): Kablosuz bir sinyalin belirli bir alıcı cihaza yönlendirildiği
- 30 bir (RF) yönetim türü.

MUSIC: Çoklu sinyal spesifikasyonu, frekans tahmini ve DoA için kullanılan bir algoritmadır.

Bu buluş, Terahertz iletişim sistemlerinin performansını artırmak için, iki hayati hedefi gerçekleştirmek üzere tasarlanmış kapsamlı bir iki kademeli seyreklik yaklaşımı ortaya koymuştur. Birincisi ve en önemlisi, bu yenilikçi yaklaşım, Varış Yönü (DoA) tahmininin doğruluğunu önemli ölçüde artırmayı ve aynı zamanda (RF) zincir kuplajı ile ilgili zorlukları hafifletmeyi, böylece hem hibrit hüzmelenin karmaşıklığını hem de genel güç tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır.

Bu yaklaşımın ilk aşaması, geleneksel tek tip anten dizilerinin aksine seyrek antenlerin kullanımını optimize etmeye adanmıştır. Bu stratejik seçim sadece belirgin şekilde üstün bir DoA kestirim doğruluğu elde edilmesine katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda sistemin verimli çalışmasını da sağlamaktadır. Bu kararın etkisini göstermek için Şekil 1, her ikisi de MUSIC algoritması kullanılarak değerlendirilen Tekdüze Doğrusal Diziler (ULA) ve Seyrek Doğrusal Diziler (SLA) arasındaki DoA tahmin doğruluğunun karşılaştırmalı bir analizini sunmaktadır. Sonuçlar, seyrek anten konfigürasyonunu benimsemenin önemli faydalarının altını çizmektedir. Yaklaşımın bu özel katmanında, Tekdüze Doğrusal Dizide (ULA) olduğu gibi aynı sayıda anten elemanı ile çalışma esnekliğine sahip olduğunu vurgulamak önemlidir. Bununla birlikte, bu elemanlar arasındaki doğal seyreklikten stratejik olarak yararlanarak etkili açıklık boyutlarını genişletebilmektedir. Alternatif olarak, aynı açıklık uzunluğunu korurken seyrek dizi konfigürasyonundaki anten elemanlarının sayısını azaltma seçeneği de vardır.

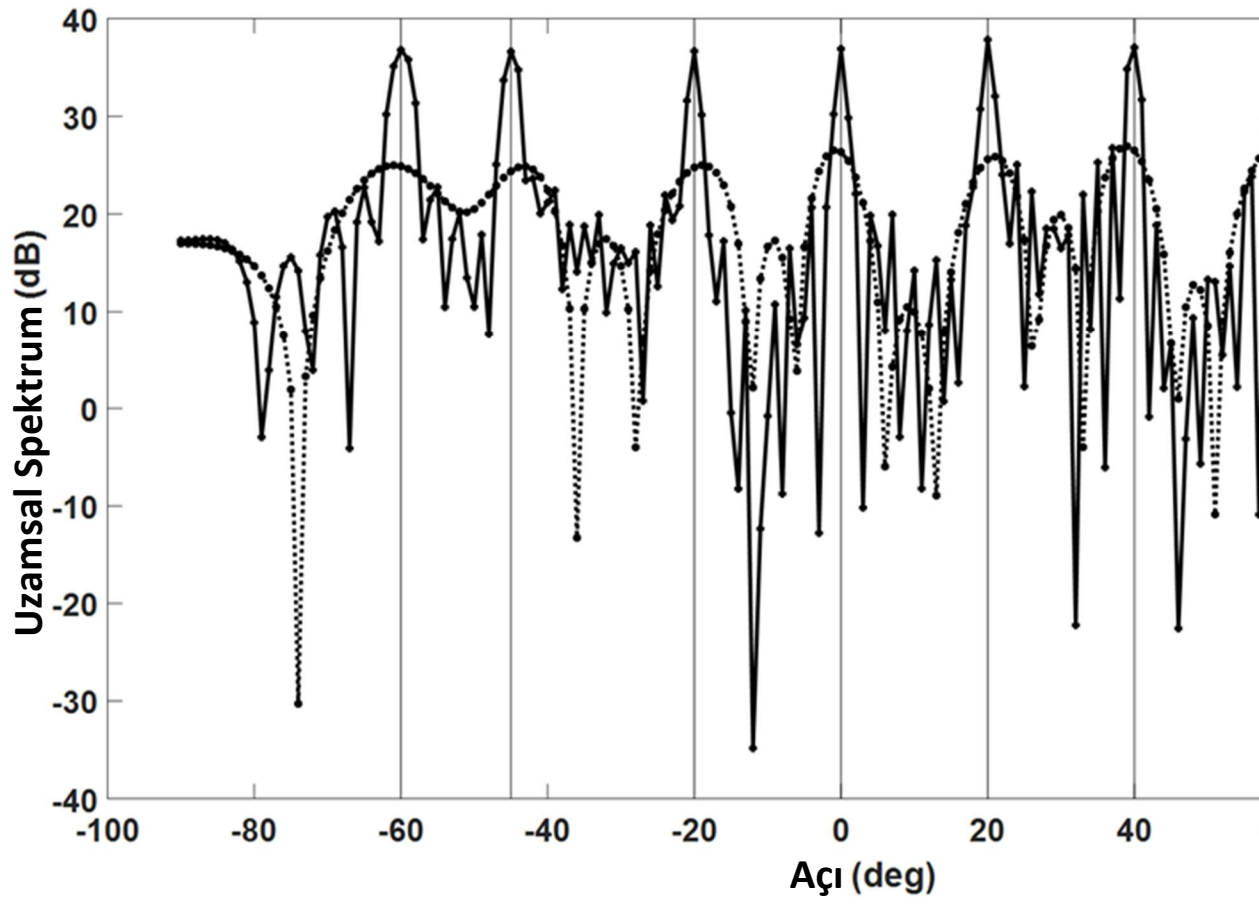
Eleman seyrekliğinden yararlanarak açıklığı genişlettiğiniz ilk yaklaşımda, Şekil 1'de gösterildiği gibi geleneksel bir ULA kurulumuna kıyasla Varış Yönü (DoA) tahmininde önemli ölçüde daha yüksek bir doğruluk seviyesi elde edebilirsiniz. Tersine, seyrek dizideki anten elemanlarının sayısını azaltmayı içeren ikinci yaklaşımda, Şekil 2'de gösterildiği gibi daha az anten kullanmanın avantajından yararlanırken benzer bir DoA tahmin doğruluğu elde edebilirsiniz. Bu esneklik, önerdiğimiz sistemin farklı operasyonel gereksinimlere uyarlanabilirliğinin altını çizmektedir. Ayrıca, Terahertz (THz) bandı iletişimi bağlamında, açıklık uzunluğunun uzatılmasının artık fiziksel sınırlamalarla kısıtlanmadığını belirtmek çok önemlidir. Bunun nedeni, THz bandı içindeki dalga boyunun 3 mm'den 3µm'ye kadar değişmesidir ve sistem performansını optimize etmek için açıklık uzunluğunu gerektiği gibi genişletmek için geniş bir alan sağlamaktadır.

İki kademeli seyreklik yaklaşımımızın ikinci kademesine geçerken, odak noktası alt diziler arasındaki seyrekliği optimize etmeye doğru kaymaktadır. Bu konfigürasyonda, tüm alt diziler aynı anda aktif değildir; bunun yerine, aktivasyonları o anın özel performans gereksinimlerine uyacak şekilde uyarlanmaktadır. Alt dizi aktivasyonuna yönelik bu dinamik yaklaşım sadece değerli kaynakları korumakla kalmaz, aynı zamanda RF zincirleri arasındaki kuplajı azaltmada önemli bir rol oynamakta ve böylece hibrit hüzmleme gibi karmaşık bir görevi basitleştirmektedir.

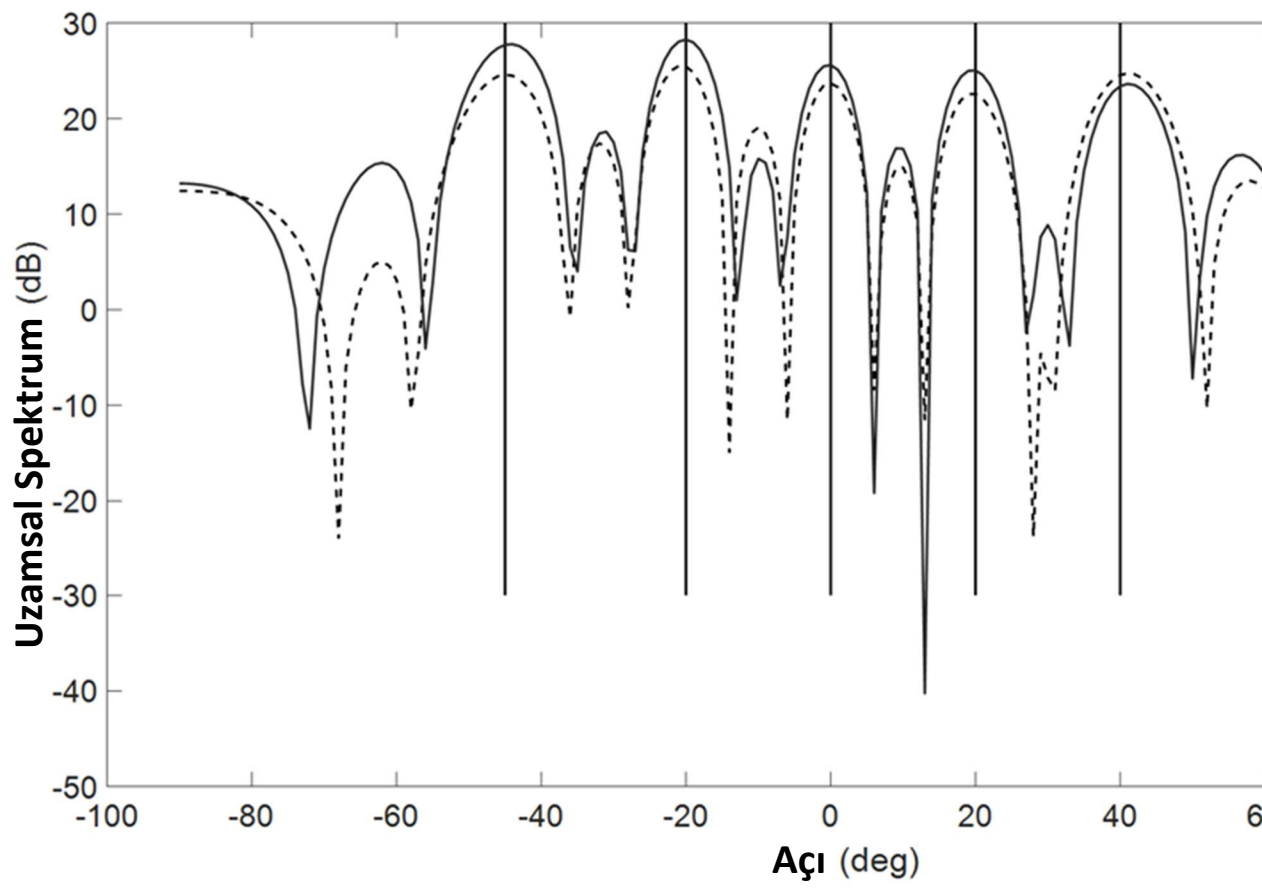
Bu iki katmanın bütünsel uygulaması, Şekil 3'te görsel olarak gösterildiği gibi, yenilikçi İki Katmanlı Seyrek Dizi Dizisi (2TAoSA) konfigürasyonunun geliştirilmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu konfigürasyon, DoA doğruluğunu optimize etmek, RF zincir bağlantısını en aza indirmek ve sonuçta Terahertz iletişim sistemlerinin verimliliğini ve etkinliğini artırmak için birden fazla düzeyde seyreklikten yararlanan titizlikle tasarlanmış bir sistemi sergileyen önerimizin özünü somutlaştırmaktadır.

Bu teknolojinin şu anki açıklamaları, örnek verme ve açıklama amaçlı sunulmuştur. Kesin formlara sınırlamak veya kapsamlı olmaktan uzak olmak amacıyla yapılmamışlardır ve açıkça görüldüğü gibi yukarıdaki öğreti ışığında birçok değişiklik ve varyasyon mümkündür. Bu örnekler, başkalarının bu teknolojiyi ve çeşitli uygulamalarını en iyi şekilde anlamalarını sağlamak ve düşünülen özel kullanıma en uygun şekilde çeşitli modifikasyonlarla kullanmalarını sağlamak amacıyla seçilmiş ve açıklanmıştır. Çeşitli dengeleme ve eşdeğerlerin çeşitli durumları önermek veya uygun kılmak amacıyla bazı ihmal edilen noktaların ve yerine geçenlerin anlaşıldığı, ancak bu tür değişikliklerin bu teknolojinin istemlerinin ruhundan veya kapsamından sapmadığı anlaşılmaktadır.

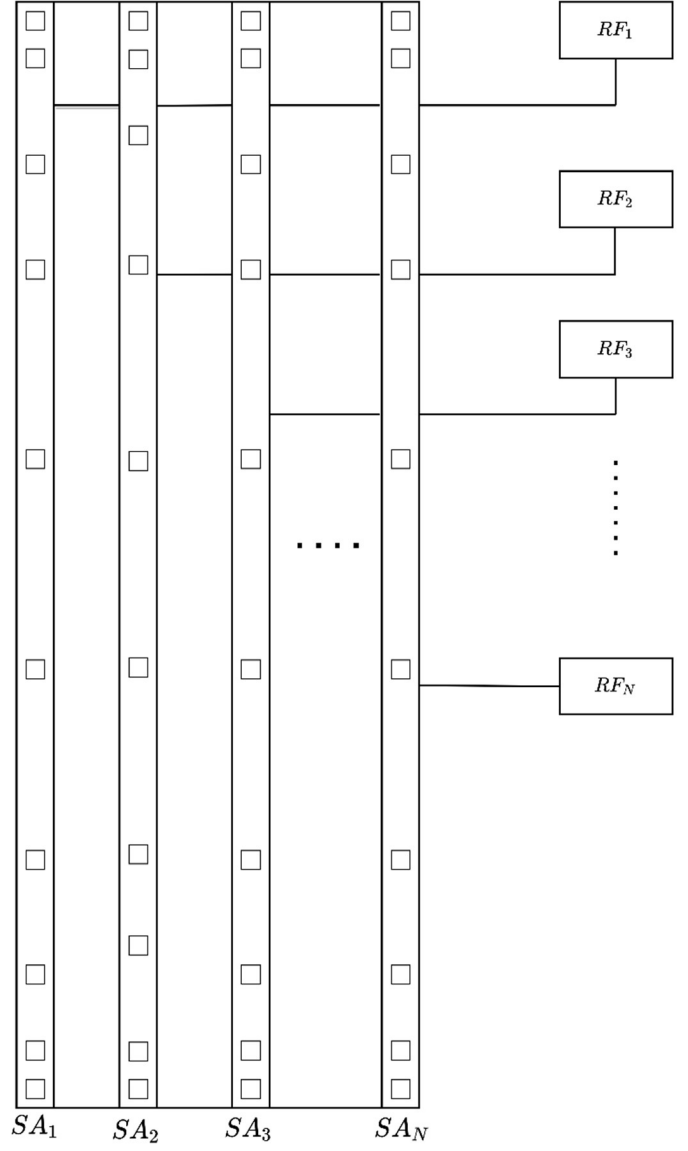
Eğer bir çatışma ortaya çıkmazsa, bu belgedeki örneklemeler ve örneklerdeki özellikler karşılıklı olarak birleştirilebilmektedir. Yukarıdaki açıklamalar, sadece bu belgenin spesifik uygulamalarıdır ve bu belgenin koruma kapsamını sınırlamayı amaçlamaz. Bu belgede açıklanan teknik kapsam içinde uzman bir kişi tarafından hemen anlaşılabilen herhangi bir değişiklik veya yerine geçme, bu belgenin koruma kapsamına dahil olacaktır. Bu nedenle, bu belgenin koruma kapsamı, istemlerin koruma kapsamına tabi olacaktır.



Şekil-1



Şekil-2



Şekil-3