

ÖZET

GÖRÜNÜRLÜK ALANLARININ (VR'lar) TESPİT VE TANIMLANMASINI SAĞLAYAN YÖNTEM VE ÇOK BÜYÜK APERTÜR DİZİMLERİ (ELAA) 5 TABANLI KABLOSUZ AĞLARDA VR-DUYARLI KULLANICI PLANLAMA TEKNİĞİ

Söz konusu buluş özellikle genel sistem kapasitesinin yanı sıra ağ erişiminde kullanıcı için adilliği artırmak için görünürlük alanlarının (VR'lar) tanımlanması/tespiti yöntemi ve çok
10 büyük anten dizilimi (ELAA)-tabanlı iletişim ağlarında VR-duyarlı kullanıcı planlama tekniği ile ilgilidir.

İSTEMLER

- 5 1. Genel sistem kapasitesinin yanı sıra ağ erişiminde kullanıcı adaletliliğini artırmak için görünürlük alanlarının (VRlar) tanımlanmasını/tespitini sağlayan bir yöntem ve çok büyük anten dizilimi (ELAA)-tabanlı iletişim ağlarında VR-duyarlı kullanıcı planlama tekniği olup, aşağıdaki proses adımlarını içermesi ile karakterize edilmektedir;
- 10 i. Hüzme yönlendirme açılarının hesaplanması (100),
ii. Hüzme yönlendirmesinin ve VR tanımlamasının gerçekleştirilmesi (110),
iii. Başvuru çizelgelerinin oluşturulması (120),
iv. Görünürlük alanlarının ve başvuru çizelgelerinin doğrulanması (130).
- 15 2. İstem 1' göre yöntem olup, aşağıdaki proses adımlarını içermesi ile karakterize edilmektedir;
- Kullanıcı başına VR sayısının hesaplanması (150),
• VR'ların daha az VR'a sahip kullanıcılardan başlanarak atanması (160).
- 20 3. İstem 1'e göre yöntem olup, aşağıdaki proses adımlarını içermesi ile karakterize edilmektedir;
- Kullanıcı başına girişimsiz VR sayısının hesaplanması (170),
• VR'ların daha az girişimsiz VR'a sahip kullanıcılardan başlanarak atanması (180).
- 25 4. İstem 1' göre yöntem olup, aşağıdaki proses adımlarını içermesi ile karakterize edilmektedir;
- Kullanıcı hizmet önceliklerinin talep edilmesi veya hesaplanması (190),
• VR'ların yüksek hizmet önceliğine sahip kullanıcılardan başlanarak atanması (200).
- 30

5. İstem 1'e göre yöntem olup, aşağıdaki proses adımlarını içermesi ile karakterize edilmektedir;

- VR başvuru çizelge bilgisine göre her bir kullanıcı için VR sayısının hesaplanması (151),
- Kullanıcıların hizmet önceliklerinin sorgulanması (152),
- VR sayısı ile hizmet önceliğinin kombine edilerek her bir kullanıcının kazancının hesaplanması (153),
- VR'ların düşük kazançlı kullanıcılardan başlanarak atanması (154).

TARİFNAME

GÖRÜNÜRLÜK ALANLARININ (VR'lar) TESPİT VE TANIMLANMASINI SAĞLAYAN YÖNTEM VE ÇOK BÜYÜK APERTÜR DİZİMLERİ (ELAA) 5 TABANLI KABLOSUZ AĞLARDA VR-DUYARLI KULLANICI PLANLAMA TEKNİĞİ

Teknik Alan

10 Söz konusu buluş, görünürlük alanlarının (VR'lar) tanımlanmasını ve tespitini sağlayan bir yöntem ve Çok Büyük Apertür Dizilimleri (ELAA) tabanlı Kablosuz Ağlarda VR-duyarlı kullanıcı planlama tekniği ile ilgilidir.

15 Söz konusu buluş, genel sistem kapasitesinin yanı sıra ağ erişimde kullanıcı adaletliliğini artırmak için görünürlük alanlarının (VR'lar) tanımlanması/tespiti yöntemi ve çok büyük anten dizilimleri (ELAA) tabanlı iletişim ağlarında VR-duyarlı kullanıcı planlama tekniği ile ilgilidir.

Tekniğin Bilinen Durumu

20 Kablosuz iletişim ağları alanında daha büyük veri oranlarına, daha düşük gecikme süresine, yükseltilmiş güvenilirliğe ve artırılmış sistem kapasitesine ulaşma arayışı kompleks ve masif ağ altyapılarının gelişmesine yol açmıştır. Çok Büyük Apertür Dizilimleri (ELAA), büyük-ölçekli anten dizilimlerini yayarak bu gereksinimleri karşılamada inovatif bir yaklaşımı temsil etmektedir. Ancak, ağ karmaşıklığının artması ile birçok teknik sorun ortaya çıkmıştır. Görünürlük alanlarının (VR'lar) etkin tanımlanması ve dağıtılması da bu sorunlardan biridir. Bir kullanıcının görünürlük alanı (VR), gelişmiş iletişim performansı sunarak sinyallerin iletiminin ve alımının optimize edildiği ELAA yapısı içindeki bir bölümü temsil etmektedir. VR'ların hassas bir şekilde tanımlanması ve kontrol edilme kabiliyeti, ağ optimizasyonu, girişim engellenmesi ve kaynak dağılımı için önemli bir husustur. Kablosuz ağlarda hız ve kapasite taleplerini karşılama arayışında, gürültü, girişim ve diğerleri gibi hususlar yaygın bir hale gelmiştir. Sonuç olarak, teknik sorunları gidermek için özellikle de Çok Büyük Apertür Dizilimler (ELAA) kapsamında bir çözüm olarak özgün bir yöntemle ihtiyaç ortaya çıkmaktadır.

Tekniğin bilinen durumunda, Çok Büyük Apertür Dizilimleri (ELAA) tabanlı Kablosuz Ağlarda görünürlük alanlarının (VR'lar) tanımlanması ve tespit edilmesi üzerine yalnızca birkaç yaklaşım vardır ve bu makaleleri içermektedir: “On the Uplink Transmission of Extra-
5 Large Scale Massive MIMO Systems,” [1]; “Exploring the Non-Overlapping Visibility Regions in XL-MIMO Random Access and Scheduling,” [2]; “Extremely Large Aperture Massive MIMO: Low Complexity Receiver Architectures,” [3]; “A Random Access Protocol for Pilot Allocation in Crowded Massive MIMO Systems,” [4]; “A Grant-Based Random Access Protocol in Extra-Large Massive MIMO System,” [5]; “Achieving Fair Random
10 Access Performance in Massive MIMO Crowded Machine-Type Networks,” [6]; “Ultra-Massive multiple input multiple output technology in 6G,” [7]; “Toward Extra Large-Scale MIMO: New Channel Properties and Low-Cost Designs,” [8].

Mevcut masif çok-girdili çok-çıkıtlı (mMIMO) sistemlere kıyasla kablosuz ağların gelecek
15 nesillerin anten elemanları sayısı bakımından büyük oranda artmış boyutlara sahip daha büyük anten dizilimleri ile karakterize edilmesi beklenmektedir. Bu tür büyük-boyutlu dizilimler, ağ kapasitesinde, spektral verimlilik ile mekânsal çözünürlüklerde büyük iyileştirmeler yapmak için gerekmektedir. Mevcut literatürde, bu büyük-boyutlu dizilimler, [1]-[8]'de olduğu gibi, çok büyük anten dizilimi (ELAA), çok büyük Çok-Girdili Çok-Çıkıtlı
20 Sistem (XL-MIMO), aşırı-masif Çok-Girdili Çok-Çıkıtlı Sistem (UM MIMO), aşırı büyük apertür masif MIMO (xMaMIMO) dahil olmak üzere farklı isimler ile adlandırılmaktadır.

Birçok çalışma, büyük apertür boyutları nedeniyle, ELAA dizilimlerinin sıradan masif MIMO dizilimi yapılarında olmayan çeşitli yeni kanal özelliklerine sahip olduğunu ortaya
25 koymaktadır. ELAA alıcı-verici yapısı ile, çoğu Kullanıcı Ekipmanları (UE) ve dağıtıcılar [1], [7]-[8]'deki baz istasyonlarının yakın alanı içine düşmektedir. Bir anten diziliminin yakın alanı, ELAA ile kullanıcı arasındaki iletişimin dizilimin Fraunhofer mesafesinden daha kısa bir mesafede gerçekleştirildiği bölge olarak tanımlanmakta olup, Fraunhofer mesafesinin ötesinde ise, [1], [7]-[8]'deki klasik kanal modellerine göre iletişimin konvansiyonel
30 düzlemsel dalga üretimi ile uzak-alanda gerçekleştirildiği gösterilmektedir. Fraunhofer mesafesi, dizilim apertür boyutunun (D) ve sinyal dalga boyunun (λ) ile gösterildiği ($d_F = \frac{2D^2}{\lambda}$) formülü ile verilmektedir. Yakın-alan özelliği ve ELAA'nın büyük boyutu baz istasyonunda durağansız bir sinyal alımını içermektedir. Yakın-alan ELAA iletişiminde meydana gelen

küresel dalga cephesinin (SW) eğriliği yüzünden, farklı dizilim elemanlarına sinyalin varış süresinin farkı durağansızlık yaratmaktadır. Bu da, belirli bir süre içerisinde, ELAA diziliminin farklı anten elemanlarının, dalga cephesi eğriliği veya Süre ve varış açısına bağlı olarak değişken güç düzeyleri ve polarizasyon aldığı anlamına gelmektedir. Durağansızlık alımının en büyük ikinci nedeni ise dağıtıcıların ve üretim çevresindeki engelleyicilerin kullanıcıları [1]-[8]'deki tüm dizilim yerine görünürlük alanı (VR) adı verilmekte olan ELAA'nın kısımları ile etkileşime geçmek zorunda bırakmasıdır. Küresel dalga cephesi (SW) ve görünürlük alanı (VR), ELAA-bazlı iletişimde durağansızlık (değişken güç düzeyleri, üretim kazançları, AoA/Varış Açıları) alımının esas nedenleri olan ikincil ürünlerdir. Bu iki özellik, mevcut olarak kullanılmakta olan mekânsal durağan kanal modellerinin çoğuna meydan okumaktadır. İlk olarak, klasik modeller uygulandığında küresel dalga cepheleri sembol yayılımının semboller arası girişim ile sonuçlandığından dolayı yeni modeller ve alıcılar gerektirmektedir. İkinci olarak, bir ELAA üzerindeki mekânsal durağansızlık, dizilim boyunca güç seyrekliği yüzünden kanal durum bilgisi oluşturmayı zorlaştırmaktadır. Aksine, mekânsal durağansızlık öyle bir yeni küresel ayrılabilirlik ihtimali yaratmaktadır ki eş zamanlı iletişimler ELAA'nın farklı bölgelerinde gerçekleştirilebilmektedir ve kullanılan alt-dizilimlere göre ayırt edilebilmektedir; bu durum mekânsal çözünürlük veya ortogonalite olarak bilinmektedir. Böylelikle, birçok çalışma ELAA-tabanlı iletişimlerde sistem kapasitesini, çoğullama kazancını, spektrum etkinliğini ve enerji etkinliğini artırmada potansiyel VR'lar ve mekânsal çözünürlük sonucuna varmıştır.

Görünürlük alanları (VR'lar), 6G ve kablosuz iletişim sistemlerinin gelecek nesillerinde sistem kapasitesini ve spektrum etkinliğini artırmada kullanıcı çoğullaması için ek mekânsal çözünürlük kaynakları olarak görülmektedir. Ancak, farklı kullanıcılar için VR'lar genellikle ELAA boyunca rastgele dağıtıldığı için çakışmaları kaçınılmazdır ve bu durum da mekânsal çözünürlüğü engelleyebilmektedir. Diğer bir deyişle, farklı kullanıcılarla bağlantılı VR'lar tamamen veya kısmen çakışabilmektedir, bu da kullanıcılar arasında büyük bir girişime yol açmaktadır. Neyse ki, çevre özelliklerine bağlı olarak kullanıcılar farklı sayıda VR'lara sahip olabilmektedirler, bu da kullanıcıların ağ erişiminde farklı serbestlik derecelerine (DoF) sahip olmalarına yol açmaktadır. Bu nedenle, iletişim kaynağı olarak VR'lardan etkin bir şekilde istifade edilmesi, kullanıcılar arası girişimden kaçınırken VR'ların dağılımında adaleti sağlayan düzgün bir planlama mekanizması gerekmektedir.

Tekniğin bilinen durumu önerilerinde, kullanıcı planlaması, VR'ların çakışmadığı; [1] ve [2]'de çoğullama kazancı ve spektrum etkinliğinin artırılması için görev yükü kaynaklarının eş zamanlı olarak kullanıcılar arasında yeniden kullanıldığı senaryolar ile gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, kullanılmayan dizilim elemanlarının, işleme süresini ve enerji tüketimini azaltmak için kapatılması da yaygın bir yöntemdir. Anahtarlama stratejilerinin arkasındaki fikir ise girişim etkisinin ortadan kaldırılması ve engellenmesi için iki veya daha fazla kısmen çakışan VR'ın çakışan dizilim elemanları kapatılmakta olup, sonrasında spesifik kullanıcıların bilgileri, geride kalan çakışmayan VR elemanları üzerinden elde edilen güç veya enerjiden kurtarılabilmektedir. Bu yöntem, çakışan bölgelerdeki güç veya enerjinin bilgi kurtarımı için gereken sinyal-gürültü oranına (SNR) yeterli katkıyı sağlamadığında etkili olmaktadır çünkü bazı örneklerde VR elemanlarını kapatmak önemli güç veya enerji kaybı ile sonuçlanabilmektedir.

Diğer yandan, iki farklı şekilde veya senaryoda tamamen çakışan görünürlük alanları olduğu gözlemlenmektedir. İlk şekilde bir kullanıcıya ait VR'ın diğer kullanıcıya ait bir VR'ı tamamen kapsayacak kadar büyük olduğu durumlarda meydana geldiği görülmektedir. Bu senaryoda, girişim-giderimi prosedürleri geliştirilmiş ve adapte edilmiş olup, büyük VR'ın karışmayan bölümündeki sinyal ilk olarak çıkartılmakta ve sonra da VR [1] ve [3]'ün içine enjekte edilmiş girişimi iptal etmek veya çıkartmak için kullanılmaktadır. İkinci senaryoda ise aynı büyüklükte iki VR'ın tamamen çakıştığı durumlarda meydana gelmektedir; bu durumda, girişim-giderimi işlevini yerine getirmemektedir ve böylelikle güçlü-kullanıcı-tabanlı planlama teknikleri gibi aşağıda tartışılan eş zamanlı kullanıcı planlama stratejileri sunulmuştur.

Güçlü-kullanıcı-tabanlı planlama stratejilerinin temel varsayımı, belirli görünürlük alanında en yüksek gücü veya enerjiyi yayan ya da spektrum etkinliğine en büyük katkıyı yapan kullanıcı talep edilen görünürlük bölgesine atanmakta olup, [1]-[5]'teki kanal durum bilgisi-tabanlı tekniklere ve en güçlü-kullanıcı çarpışma çözünürlüğü tekniklerine uyarlanmaktadır.

- Kanal durum bilgisi: “On the Uplink Transmission of Extra-Large Scale Massive MIMO Systems” çalışmasında, kanal durum bilgisine dayalı açgözlü bir kullanıcı ve altdizilim planlama yaklaşımı yaratmakta olup, burada en iyi kanal durum bilgisine sahip kullanıcı iletişim için seçilmektedir. Dizilimin büyüklüğü ve dizilim boyunca

durağansızlık alımı yüzünden, kesin kanal durum bilgisini çıkarmak süre ve kaynak yoğunluklu bir işlem olmaktadır.

- En güçlü-kullanıcı çarpışma çözünürlüğü: “A Random Access Protocol for Pilot Allocation in Crowded Massive MIMO Systems” ve “A Grant-Based Random Access Protocol in Extra-Large Massive MIMO System” makaleleri sırasıyla en güçlü-kullanıcı çarpışma çözünürlüğü (SUCRe) ve izin-tabanlı Rastgele-erişim yaklaşımlarını sağlamaktadır. Rastgele-erişim işlemi esnasında pilotlar çarpışması tanımlandığında dizilimin spesifik bir bölgesindeki görev yükü kaynakları en güçlü çarpan kullanıcıya atanmaktadır. Genel olarak, güç-tabanlı karara veya CSI(Kanal Durum Bilgisi)-tabanlı karara göre alınan en güçlü-kullanıcı seçeneği kullanıcı adaletini ve hizmet kalitesini göz ardı etmektedir ve bunun sonucunda alınan karar günümüz çoklu hizmet iletişim dünyası için uygun değildir. “Achieving Fair Random Access Performance in Massive MIMO Crowded Machine-Type Networks”makalesindeki çalışma kullanıcının bağlanabilirliği güç veya baz istasyonuna mesafesinden bağımsız olmasını sağlayan güç kontrol (ACBPC) kontrolü ile harici sınıf bir erişimi sunarak diğer çalışmaları geliştirmiştir. Bu yöntem, baz istasyonuna daha yakında bulunan insanlara, daha uzakta olan insanlar üzerinde bir öncelik sağlamadığı için daha adildir.

- 20 Görüldüğü gibi, çok büyük anten dizilimi (ELAA)-tabanlı iletişim ağlarında görünürlük alanlarının (VR’lar) tanımlamasında/tespitinde ve kullanıcı planlama adil olmanın zorlukları gibi teknik problemler mevcuttur.

- 25 Çoğunlukla yukarıda bahsedilen adillik ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik çözümlerin yetersizliği nedeniyle, ilgili teknik alanda geliştirmeler yapılması gerekmektedir.

Buluşun Amacı

- 30 Söz konusu buluşta mevcut durumlardan esinlenilmektedir ve yukarıda bahsedilen dezavantajları çözmek amaçlanmaktadır.

Söz konusu buluşun temel amacı, eş zamanlı kullanıcı girişimini sınırlarken ve sistem kapasitesini, spektrum ve enerji etkinliğini artırırken VR’ları tanımlamak ve onları kullanıcılara etkin bir şekilde dağıtmaktır.

Söz konusu buluşun bir diğer amacı ise farklı kullanıcıların VR'larının dahil olduğu veya çakıştığı durumlarda VR üretimini ve dağıtımını düzenlemektir.

- 5 Yukarıda bahsedilen amaçları gerçekleştirmek için söz konusu buluş aşağıdaki proses adımlarını içermektedir
- i. Hüzme yönlendirme açılarının hesaplanması,
 - ii. Hüzme yönlendirmesinin ve VR tanımlamasının gerçekleştirilmesi,
 - 10 iii. Başvuru çizelgelerinin oluşturulması,
 - iv. Görünürlük alanlarının ve başvuru çizelgelerinin doğrulanması.

Söz konusu buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ile avantajları, aşağıda verilen şekiller ve şekillere atıfta bulunarak detaylı yazılı açıklamalar sayesinde daha açık bir şekilde
15 anlaşılacak olup, böylelikle bu şekiller ve detaylı açıklamalar göz önüne alınarak değerlendirme yapılabilecektir.

Referans Listesi

- 20 100. Hüzme yönlendirme açılarının hesaplanması
110. Hüzme yönlendirmesinin ve VR tanımlamasının gerçekleştirilmesi
120. Başvuru çizelgelerinin oluşturulması
130. Görünürlük alanlarının ve başvuru çizelgelerinin doğrulanması
140. VR'ların dağılımı için başvuru çizelgelerinin VR-duyarlı planlama prosesine teslim
25 edilmesi
150. Kullanıcı başına düşen VR sayısının hesaplanması
151. VR başvuru çizelgesi bilgisine göre her bir kullanıcı için VR sayısının hesaplanması
152. Kullanıcı hizmet önceliklerinin talep edilmesi
153. VR sayısını ve hizmet önceliğini kombine ederek her bir kullanıcının kazancının
30 hesaplanması
154. VR'ların düşük kazançlı kullanıcılar ile başlanarak atanması
160. VR'ların daha az VR'a sahip kullanıcılar ile başlanarak atanması
170. Kullanıcı başına girişimsiz VR sayısının hesaplanması
180. VR'ların daha az girişimsiz VR'a sahip kullanıcılar ile başlanarak atanması

190. kullanıcıların hizmet önceliklerinin talep edilmesi veya hesaplanması
200. VR'ların yüksek hizmet önceliğine sahip kullanıcılar ile başlanarak atanması
VR. Görünürlük bölgesi
VRs. Görünürlük bölgeleri
5 UE. Kullanıcı ekipmanı
BS. Baz istasyonu

Buluşu Anlamlandırmaya Yönelik Şekiller

- 10 Şekil 1 önerilen buluştaki hüzmeye yönlendirme-tabanlı VR tespit prosedürünün temsili bir gösterimidir.
Şekil 2 önerilen buluştaki iki kullanıcıya ait örnek görünürlük alanları senaryosunun temsili bir gösterimidir.
Şekil 3 önerilen buluştaki ilk uygulama seçeneğinin temsili bir gösterimidir.
15 Şekil 4 önerilen buluştaki ikinci uygulama seçeneğinin temsili bir gösterimidir.
Şekil 5 önerilen buluştaki üçüncü uygulama seçeneğinin temsili bir gösterimidir.
Şekil 6 önerilen buluştaki dördüncü uygulama seçeneğinin temsili bir gösterimidir.
Şekil 7 önerilen buluştaki uygulamaların konsept haline getirilmiş özetinin temsili bir gösterimidir.

20

Buluşun Detaylı Açıklaması

- Söz konusu buluş genel sistem kapasitesinin yanı sıra ağ erişiminde kullanıcı adilliğini artırmak için çok büyük anten dizilimi (ELAA)-tabanlı iletişim ağlarında görünürlük alanlarının (VR'lar) tanımlanması/tespiti yöntemi ve VR-duyarlı kullanıcı planlama tekniği ile ilgilidir.

- VR'lar geleceğin kablosuz iletişiminde çoğullama kazancını artırmak üzere tasarlanmasına rağmen literatürde VR'ların tanımlanması ile ilgili problemin nasıl giderileceğine yönelik literatürde yeterli bir görüş bulunmamaktadır. Dahası, mevcut planlama yöntemlerinin VR dağılımında adillik eksikliği bulunmaktadır. Bu görüş açısı, mevcut algoritmaların genellikle öncelikli dağılım olarak değerlendirdiği hedeflenen görünürlük bölgesine verilen enerjiyi kullanması ile ilgilidir; bu örnekte, VR en güçlü kullanıcıya verilmektedir. Alınan enerji veya güce dayalı dağılım yeterli ölçüde adillik sağlamamaktadır, bu da desteklenen kullanıcı sayısı

bakımından minimum ilerleme ile sonuçlanmaktadır. Ayrıca, girişim giderimi teknikleri komplike olup bu tekniklerin hatalı üretim problemleri bulunmaktadır.

5 İlave çoğullama boyutlarından en yüksek verimi elde etmek için çoklu erişimli iletişim sistemlerinde etkin kaynak dağılımı ve planlama prosesleri sürekli olarak gerekmektedir. Bu nedenle, bu buluş, ELAA kullanımından kalan mekânsal çözünürlüğün gerçekleştirilmesinde adil ve geliştirilmiş bir VR dağılım tekniği sunmaktadır. Eş zamanlı kullanıcı girişimini sınırlarken ve sistem kapasitesini, spektrum ve enerji etkinliğini artırırken, VR'ların tanımlanması ve etkin bir şekilde kullanıcılara dağıtılması amaçlanmaktadır. En önemlisi, bu 10 buluş, farklı kullanıcıların VR'larının dahil olduğu veya çakıştığı durumlarda VR üretimini ve dağıtımını düzenlemek için kullanıcı üzerinde hüzmeleme özelliğinden istifade etmektedir.

Bu buluş ELAA-tabanlı ağlarda VR tanımlama ve dağılım problemini incelemektedir ve çok kullanıcı çok-görünürlük-alanlı yer-uydu bağlı veri iletimlerinde mekânsal ayrılabilirlik ile 15 ilgilenen VR-duyarlı planlama stratejisinin yanı sıra hüzme yönlendirme-tabanlı VR tanımlama yaklaşımını önermektedir. Kullanıcıların VR'ları çakıştığında veya girişim olduğunda, VR-duyarlı planlama mekanizması VR'ları atamak için harekete geçmektedir. VR-duyarlı planlama ile ilgili olarak, dört uygulama seçeneği sunulmaktadır; bunlar dağılıma göre VR sayısını, dağılıma göre girişimsiz VR sayısını, hizmet önceliği-tabanlı dağılımı ve 20 kazanç-tabanlı VR dağılımını içermektedir. Sunulan görünürlük tanımlama yöntemi ve VR-duyarlı planlama stratejisi, VR tanımlama ve dağılım probleminin nasıl giderileceği bakımından literatürde emsalsizdir. Bu buluş, kullanıcılar arası girişimi minimize ederken kablosuz kaynakların yeniden kullanımını desteklemesi ve böylelikle sistem kapasitesini ve spektral verimliliği artırması nedeniyle endüstri için faydalıdır. Hüzme yönlendirme-tabanlı 25 VR tespit yöntemi ve VR-duyarlı planlama tekniği aşağıdaki bölümde sunulan çalışmadaki iki önermeyi içermektedir.

Hüzme-yönlendirme-tabanlı VR tespit yöntemi.

30 Hüzme yönlendirme açılarının hesaplanması (100):

M anten elemanlarına sahip bir kullanıcı farklı açılardan hüzme yönlendirme gerçekleştirmekte olup hüzme yönlendirme açılarının sayısı $\frac{M}{2}$ formülüne eşit olmaktadır.

Örneğin, yönlendirmenin azimut açılarına göre yapılması halinde, $(\frac{-\pi}{2})$ 'den $(\frac{\pi}{2})$ 'ye doğrusal bir dizilim ile, her bir hüzmelerin açısal açıklığı $\Omega_{span} = \frac{2\pi}{M}$ şeklinde olmaktadır. Ayrıca, yönlendirme açıları, k 'nın k 'inci hüzmeye açısını ifade ettiği $\varphi_{beam} = \frac{-\pi}{2} + k*\Omega_{span}$ formülü ile hesaplanmaktadır.

5

Hüzmeye yönlendirme ve VR tanımlamasının gerçekleştirilmesi (110):

Hüzmeye yönlendirme prosesi, her bir yönlendirme açısı için kanal algılama sinyalinin, ELAA'ya doğru iletilmesi şeklinde yapılmaktadır. Bu esnada, baz istasyonu, tüm dizilim elemanları üzerinde algılanan sinyalin gelişimini incelemekte ve büyük güç alan sinyalleri seçmektedir. Sınırın üstünde RSSI (Alınan İşaretin Şiddet Göstergesi) alan dizilim elemanları yönlendirme açısı bakımından kullanıcıya görünür sayılmaktadır; bu dizilim elemanlarının düzeni görünürlük alanı bölgesi olarak ifade edilmektedir. Sınır bir yandan dizilim elemanındaki sinyalin sistemin ortalama gürültü gücünden daha büyük olmasını sağlarken, diğer yandan, bir VR'daki sinyal-girişim-artı-gürültü oranının (SINR) QoS (Hizmet Kalitesi) gereksinimlerini karşılamak için yeterli olmasını sağlamaktadır. Yönlendirme prosesi tüm algılama açıları ve tüm kullanıcılar için tekrar edilmektedir. VR tanımlama prosedürü her bir seferde bir kullanıcı için tamamlanabilmektedir, ancak bu planlama zamanında tamamlanmamakta ve önemli uygulamaların ertelenmesine neden olmaktadır. Aşağıda görüldüğü gibi, planlama süresini azaltmak için farklı kullanıcılar için VR'lar eş zamanlı olarak tanımlanabilmektedir.

Çoklu kullanıcıların VR'larını eş zamanlı olarak tanımlamak için kullanıcılara ait kanal algılama sinyalleri ortogonal olmalıdır. Bu durumda, kullanıcılara özgün ortogonal pilot veya kodlu sinyaller verilmektedir. Kullanıcılar, kanal algılama sinyallerini ELAA'ya aynı zamanda göndermek için belirli yönlendirme açıları kullanmaktadır. Baz istasyonu alınan sinyalleri ayırtmak için pilotları kullanmaktadır ve her bir dizilim elemanı için her bir kullanıcının alınan işaret şiddetini veya SNR'sini hesaplamaktadır. Kullanıcıların her biri için görünürlük haldeki dizilim elemanları önceden belirlenen bir sınır (RSSI veya SNR'ye istinaden) ile karşılaştırılmaktadır.

Tüm kullanıcılar için tüm algılama açılarına ilişkin VR'ları kaydetmek için başvuru çizelgeleri oluşturma (120): Her bir kullanıcının başvuru çizelgesi VR'larını içermektedir ve

içindeki her bir sütun bir VR'ı ifade etmektedir. Her bir sütunun elemanları, hüzme yönlendirme ve VR tanımlamanın gerçekleştirilmesine (110) göre elde edilmekte olup, aşağıdaki formülde verilmektedir,

$$v_{k_{12}/m}^m = \begin{cases} 1 & \text{eğer } RSSI_{m1/m} \geq \varepsilon \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}.$$

RSSI değerinin sınırdan (ε) büyük veya eşit olması halinde dizilim elemanının m 'inci kullanıcının n 'inci yönlendirme açısına k 'inci ilişkin görünürlük alanına ait olduğu, yani sütun 1'deki girdide olduğu, aksi takdirde sütun 0'daki girdide olduğu anlamına gelmektedir.

	Kullanıcı 1				Kullanıcı 2				...	Kullanıcı N			
Yönlendirme açısı Dizilim Elemanı	$\theta_{1,1}$	$\theta_{2,1}$	...	$\theta_{K_1,1}$	$\theta_{1,2}$	$\theta_{2,2}$	...	$\theta_{K_2,2}$	...	$\theta_{1,N}$	$\theta_{2,N}$	...	$\theta_{K_N,N}$
1	$v_{1,1}^1$	$v_{2,1}^1$	...	$v_{K_1,1}^1$	$v_{1,2}^1$	$v_{2,2}^1$	...	$v_{K_2,2}^1$	...	$v_{1,N}^1$	$v_{2,N}^1$	...	$v_{K_N,N}^1$
2	$v_{1,1}^2$	$v_{2,1}^2$	...	$v_{K_1,1}^2$	$v_{1,2}^2$	$v_{2,2}^2$	...	$v_{K_2,2}^2$	...	$v_{1,N}^2$	$v_{2,N}^2$	...	$v_{K_N,N}^2$
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮	⋮	...	⋮
M	$v_{1,1}^M$	$v_{2,1}^M$	...	$v_{K_1,1}^M$	$v_{1,2}^M$	$v_{2,2}^M$	...	$v_{K_2,2}^M$	...	$v_{1,N}^M$	$v_{2,N}^M$	...	$v_{K_N,N}^M$

Tablo 1: Örnek VR tanımlama başvuru çizelgesi

Her kullanıcının yönlendirme açılarının spesifik bir sayısı bulunmaktadır, yani n 'inci için K_n , her bir yönlendirme açısı için ise $\theta_{k_{12}/m}$ olmaktadır, RSSI değeri dizilim boyunca değerlendirilmekte olup, m 'nin anten elemanını m 'inci ifade ettiği her bir anten elemanı için ise $v_{k_{12}/m}^m$ değeri bulunmaktadır, m değeri 1'den M 'e kadar değer alabilmektedir. $\theta_{k_{12}/m}$ girdisi ile k_{12} ayrıca 1'den K_m 'e kadar değer alabilmektedir.

Görünürlük alanlarının ve başvuru çizelgelerinin geçerliliği (130):

İlk olarak, VR'ların geçerliliği, sürekli görünürlük alanları sağlamayan yönlendirme açılarını tanımlamayı içermektedir. Bu proses kritiktir çünkü çevrenin bazı geometrik konfigürasyonları altında tüm dizilim boyunca RSSI değeri sınırın altında kalabilmektedir, yani, ELAA spesifik yönlendirme açıları altında kullanıcıya görünmemektedir. Bunun sonucunda, VR başvuru çizelgesindeki tüm girdiler söz konusu yönlendirme açısı için sıfırdır

ve bu nedenle ilgili sütunun başvuru çizelgesinden çıkartılması gerekmektedir. Bu amaçla, başvuru çizelgesindeki bir yönlendirme açısı altında bir VR'ın geçerli olması için, açının normu veya ilgili sütunun normu sınırlandırılmalıdır, yani, VR boyutu minimum seviyenin üstünde olmalıdır, ayrıca, VR'ın tüm dizilimi kaplamaması kısıtını sürdürmek için VR boyutunun önceden belirlenen maksimum VR boyutunu aşmaması gerekmektedir.

$$\|\overline{v_{k,n}}\| \geq U_{\min}$$

ve

$$\|\overline{v_{k,n}}\| \leq U_{\max}$$

$\overline{v_{k,n}}$ başvuru çizelgesinde oluşturulan sütunu, k 'inci hüzmeye yönlendirme açısını, "|||" normun işaretini, $U_{\min}$ minimum VR boyutuna ait sınırı, $U_{\max}$ ise maksimum VR boyutuna ait sınırı ifade etmektedir.

İkinci olarak, farklı yönlendirme açıları için aynı VR'ın (örneğin, tamamen veya yüksek seviyede çakışan VR'lar) bir kullanıcıya iletilmesi halinde, başvuru çizelgesinde VR'lardan yalnızca bir tanesine yer verilmektedir. Hangi VR'ın tutulacağı kararı, kullanıcıya daha iyi bağlantı performansı sağlayan boyut ve/veya RSSI ve/veya SNR/SINR değerine göre alınabilmektedir. İki görünürlük alanı arasındaki Benzer Oran (SR) veya çakışan oran aşağıda verilen şekilde hesaplanmaktadır.

$$SR_{i,j \neq i} = \frac{SE_{i,j \neq i}}{SE_{i,j \neq i} + DE_{i,j \neq i}} = \frac{\sum_{m=1}^M (v_{i,n}^m * v_{j,n}^m)}{\sum_{m=1}^M (v_{i,n}^m * v_{j,n}^m) + \sum_{m=1}^M (v_{i,n}^m - v_{j,n}^m)^2} \\ = \frac{\overline{v_{j,n}}^T * \overline{v_{i,n}}}{\overline{v_{j,n}}^T * \overline{v_{i,n}} + (\overline{v_{i,n}} - \overline{v_{j,n}})^T * (\overline{v_{i,n}} - \overline{v_{j,n}})}$$

Ayrıca, $\overline{v_{i,n}}$ ve $\overline{v_{j,n}}$, n 'inci kullanıcının i 'inci ve j 'inci görünürlük vektörlerini, ve T vektörün aktarımını göstermektedir. Benzerlik oranı belirli bir sınırı geçtiğinde, iki görünürlük alanı aynı olarak algılanmaktadır ve bir tanesi geçerli sayılmakta olup kullanıcının VR çizelgesinde bulunmaktadır. Son olarak, VR dağılımı için söz konusu başvuru çizelgelerinin VR-duyarlı planlama prosesine gönderilmesi (140).

VR-duyarlı planlama tekniği.

Seçenek 1: Dağılıma göre VR sayısı:

Baz istasyonunun kullanıcıların görünürlük alanları için başvuru çizelgeleri oluşturduğunu düşünürsek, bu VR'ların dağılımı için bir karar destek mekanizması gerekmektedir. Bu amaçla, adil kullanıcı planlama sırası oluşturmak için baz istasyonunun kullanıcıları toplam VR sayısına, girişimsiz VR sayısına, kullanıcıların hizmet önceliklerine veya her ikisine göre sınıflandırdığı VR-duyarlı planlama tekniğı önerilmektedir.

Kullanıcı başına VR sayısının hesaplanması (150):

Baz istasyonu (BS), her bir kullanıcı için VR başvuru çizelgesindeki girdilere göre VR sayısını saymakta veya hesaplamaktadır.

Daha az VR'a sahip kullanıcılara VR atanması (160):

Dağılıma göre VR sayısı ile, baz istasyonu (BS) VR'ları daha az VR'a sahip olanlara atamaya başlamaktadır (160). Bu varsayım daha büyük sayılarda VR'a sahip kullanıcıların, daha az VR'a sahip kullanıcılara göre ağ erişiminde daha çok serbestlik derecesine sahip olması gerçeğine dayanmaktadır. Örneklendirmek için baz istasyonunun kapsama alanında iki kullanıcı olduğu düşünelim; ikiden fazla kullanıcının da olabileceğı de göz önünde bulundurulmalıdır. İlk kullanıcı (UE 1/Kullanıcı ekipmanı (Kullanıcı ekipmanı tercihen bir mobil cihazdır)) bir görünürlük alanı tanımlarken ikinci kullanıcı (UE 2) iki görünürlük alanı tanımlamaktadır. İkinci kullanıcının görünürlük alanlarından biri bağımsızdır ve çakışmamaktadır, ancak Şekil 2'de gösterildiğı gibi, diğeri ilk kullanıcının görünürlük alanı ile tamamen çakışmaktadır, çakışan VR ikinci kullanıcıya atandığında ilk kullanıcı girişimsiz iletişimden otomatik olarak engellenmektedir, bu da kullanıcının tek bir görünürlük alanına güvenmesinden kaynaklanmaktadır. Diğeri taraftan, eğer ilk kullanıcıya öncelik verilmiş olsaydı, yani, çakışan VR ilk kullanıcıya atanmış olsaydı, ikinci kullanıcının iletişimini çakışmayan VR ile gerçekleştireceğı için iki kullanıcının da ELAA ile yer-uydu bağı iletişimi kuracağı açıkça görölmektedir.

Seçenek 2: dağılıma göre girişimsiz VR sayısı:

Büyük bir VR sayısına sahip olmak her zaman bir kullanıcının VR atamasında tercih edildiği anlamına gelmemektedir. Çünkü bazı kullanıcılar birçok VR'a sahip olabilmektedir ancak VR'ların hepsi başka kullanıcıların VR'ları ile çakışmaktadır. Bu durumda, kendisine kaç tane VR görünür olduğuna bakılmaksızın bir kullanıcının VR'ı dahi olmaması ile sonuçlanabilmektedir; bu nedenle, baz istasyonunun, adilliği sağlamak için VR'ları, daha az girişimsiz VR'ı (örneğin, başka kullanıcıların VR'ları ile çakışmayan VR'lar) olan kullanıcılar ile atamaya başlaması önemlidir. Şekil 4'e göre söz konusu buluşun ikinci uygulama seçeneğinde, ilk seçenekteki adım (150) ve adım (160) modifiye edilmekte olup, adım (170) ve adım (180) haline getirilmektedir.

10

Kullanıcı başına girişimsiz VR sayısının hesaplanması (170) ve adilliği sağlamak için VR'ların daha az girişimsiz VR'a sahip kullanıcılardan başlayarak atanması (180).

Seçenek 3: Hizmet Önceliği-tabanlı VR dağılımı:

15

Şekil 5'e göre söz konusu buluşun üçüncü uygulama seçeneğinde, ilk seçenekteki adım (150) ve adım (160) tekrar modifiye edilmekte olup, adım (190) ve adım (200) haline getirilmektedir.

20

Kullanıcı hizmet önceliklerinin talep edilmesi veya hesaplanması (190):

Baz istasyonu (BS) kullanıcı hizmet önceliklerini talep etmekte veya hesaplamaktadır. Heterojen hizmetlerin bir arada olması 5G ve gelecek iletişim sistemlerinin önemli bir yanıdır. Günümüzün iletişim sistemlerinde, geliştirilmiş mobil genişbant (eMBB), masif makine türü iletişimler (mMTC) ve ultra-güvenilir düşük gecikmeli iletişimler (URLLC) gibi hizmetler eş zamanlı olarak temin edilmektedir. Bu sebeple iki veya daha fazla hizmetin bir arada bulunması ve VR bakımından çakışması mümkündür. Bu durum meydana geldiğinde, baz istasyonu, VR'ları QoS (Hizmet Kalitesi) gereksinimlerine göre yüksek hizmet önceliğine sahip kullanıcılardan başlayarak dağıtmaktadır.

30

Yüksek hizmet kalitesine sahip kullanıcılardan başlanarak VR ataması (200): Baz istasyonu (BS) VR'ları yüksek hizmet önceliğine sahip kullanıcılardan başlayarak atamaktadır.

Seçenek 4: Kazanç-tabanlı VR dağılımı:

Bu uygulama yöntemi kullanıcıların hem VR sayısını hem de hizmet önceliğini hesaba katmaktadır. Bu yöntem özellikle kalabalık ağlarda kullanıcı önceliği, dönüşümlü görünürlük alanları sayısından farklı faktörleri içerebilmektedir. İkinci ve üçüncü uygulama seçeneklerindeki gibi, adım (150) ve (160) modifiye edilmekte olup, ayrıca, aşağıdaki şekilde ilave ara adım eklenmektedir;

VR başvuru çizelgesine göre her bir kullanıcı için VR sayısının hesaplanması (151): Baz istasyonu, VR başvuru çizelgesi bilgisine göre her bir kullanıcı için VR sayısını hesaplamaktadır.

Kullanıcı hizmet önceliklerini talep etme (152): heterojen hizmetlerin veya farklı QoS (Hizmet Kalitesi) gereksinimlerine sahip hizmetlerin bir arada olması VR dağılım prosesinde kullanıcıların hizmet öncelik kullanımını yerine getirmektedir, bu nedenle baz istasyonu bu aşamada kullanıcıların hizmet önceliklerini talep etmektedir.

Her bir kullanıcının kazancının VR sayısı ile hizmet önceliğini kombine edilerek hesaplanması (153): Baz istasyonu (BS) her bir kullanıcının kazancını VR sayısı ile hizmet önceliğini kombine ederek hesaplamaktadır. Kazancın basitleştirilmiş formülü aşağıda verilmektedir.

$$G_n = g(p_n) * N_{VR}^n$$

$$g(p_n) = e^{-p_n}$$

Kazanç, n 'inci kullanıcının VR (N_{VR}^n) sayısının fonksiyonudur ve öncelik ise p_n hizmeti ile ilişkilidir ve $g(p_n)$ ise servis önceliği kazancı ile ilgili bir öncelik fonksiyonudur. Değişken p_n pozitif bir değer olmaktadır ve yüksek bir değer yüksek öncelik anlamına gelmektedir.

VR'ların düşük kazançlı kullanıcılardan başlanarak atanması (154): Baz istasyonu (BS), yerleşik kullanıcıların sayısını artırmak için VR'ları düşük kazançlı kullanıcılardan başlayarak atamaktadır. Bu varsayım, adımda (153) hesaplanan kazancın kullanıcının hizmet önceliği ile katlanarak azaltılmasına ve böylelikle yüksek öncelikli kullanıcıların daha küçük kazanca sahip olması ve öncelikli hale getirilmesine dayanmaktadır, ayrıca, VR'ların sayısının (N_{VR}^n) kazancı

etkilediği ve byylelikle modelin VR'ların kullanıcılara dağılımında adilliği sağladığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Referanslar

[1] X. Yang, F. Cao, M. Matthaiou ve S. Jin, "On the Uplink Transmission of Extra-Large Scale Massive MIMO Systems," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, cilt. 69, no.

5 12, s. 15229-15243, Aralık 2020, doi: 10.1109/TVT.2020.3037317.

[2] J. C. M. Filho, G. Brante, R. D. Souza ve T. Abrão, "Exploring the Non-Overlapping Visibility Regions in XL-MIMO Random Access and Scheduling," in IEEE Transactions on Wireless Communications, cilt. 21, no. 8, s. 6597-6610, Ağustos 2022, doi:

10 10.1109/TWC.2022.3151329.

[3] A. Amiri, M. Angelichinoski, E. de Carvalho ve R. W. Heath, "Extremely Large Aperture Massive MIMO: Low Complexity Receiver Architectures," 2018 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2018, s. 1-6, doi:

15 10.1109/GLOCOMW.2018.8644126.

[4] E. Björnson, E. de Carvalho, J. H. Sørensen, E. G. Larsson ve P. Popovski, "A Random Access Protocol for Pilot Allocation in Crowded Massive MIMO Systems," in IEEE Transactions on Wireless Communications, cilt. 16, no. 4, s. 2220-2234, Nisan 2017, doi:

20 10.1109/TWC.2017.2660489.

[5] O. S. Nishimura, J. C. Marinello ve T. Abrão, "A Grant-Based Random Access Protocol in Extra-Large Massive MIMO System," in IEEE Communications Letters, cilt. 24, no. 11, s. 2478-2482, Kasım 2020, doi: 10.1109/LCOMM.2020.3012586.

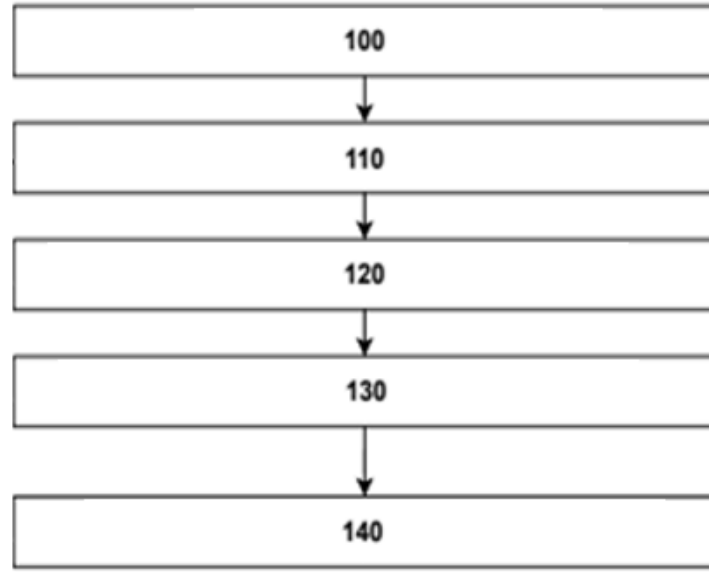
25

[6] J. C. Marinello, T. Abrão, R. D. Souza, E. de Carvalho ve P. Popovski, "Achieving Fair Random Access Performance in Massive MIMO Crowded Machine-Type Networks," in IEEE Wireless Communications Letters, cilt. 9, no. 4, s. 503-507, Nisan 2020, doi: 10.1109/LWC.2019.2960247.

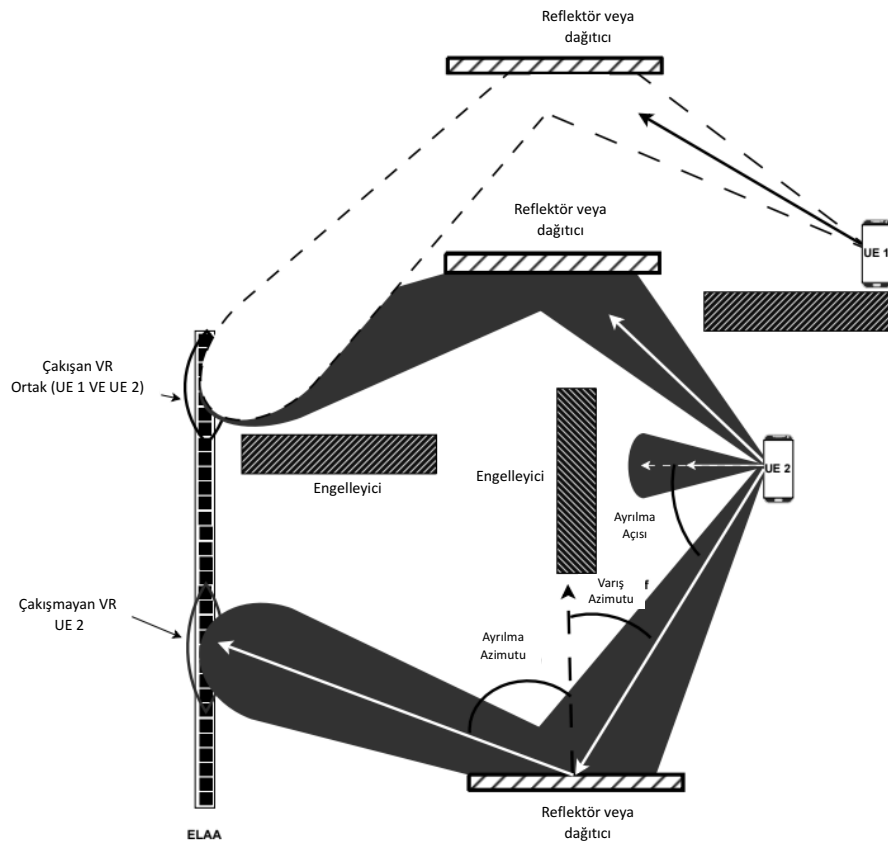
30

[7] G. Xu, X. Xu, W. Yang ve B. Xu, "Ultra-Massive multiple input multiple output technology in 6G," 2020 5th International Conference on Information Science, Computer Technology and Transportation (ISCTT), Shenyang, China, 2020, s. 56-59, doi: 10.1109/ISCTT51595.2020.00018

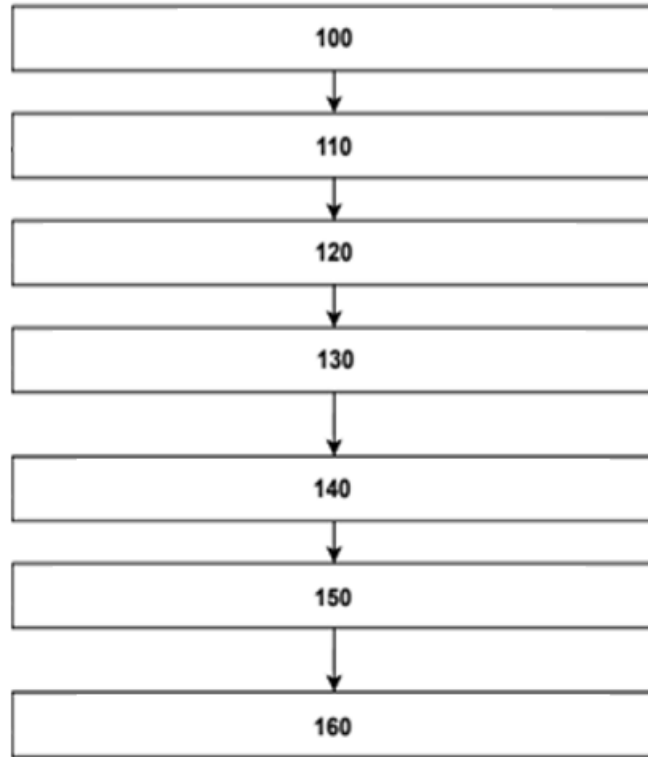
[8] Y. Han, S. Jin, M. Matthaiou, T. Q. S. Quek ve C. -K. Wen, "Toward Extra Large-Scale MIMO: New Channel Properties and Low-Cost Designs" in IEEE Internet of Things Journal, cilt. 10, no. 16, s. 14569-14594, 15 Ağustos 15, 2023, doi: 10.1109/JIOT.2023.3273328



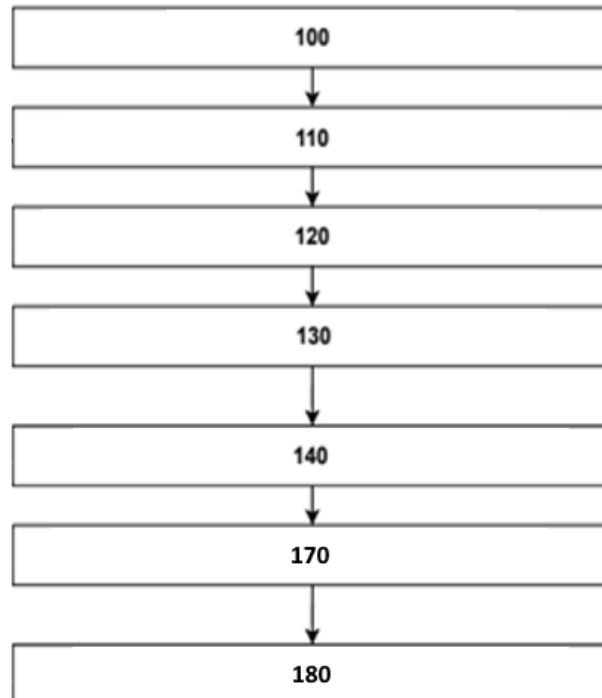
ŞEKİL 1



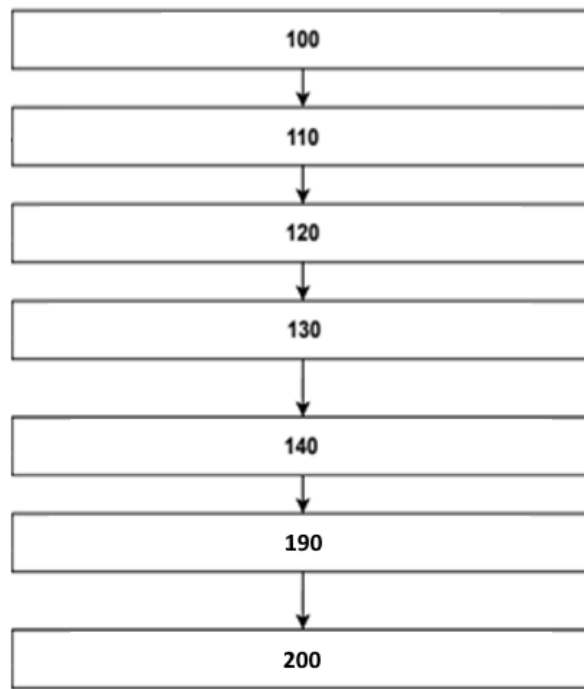
ŞEKİL 2



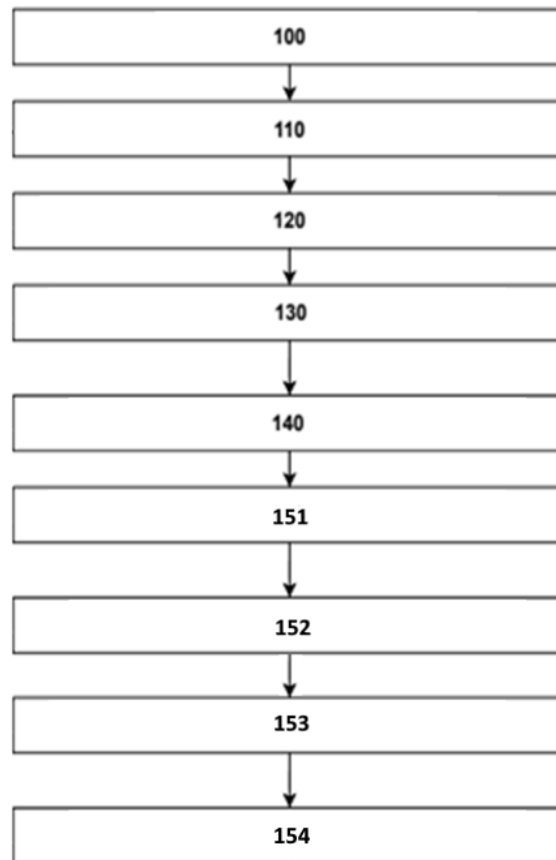
ŞEKİL 3



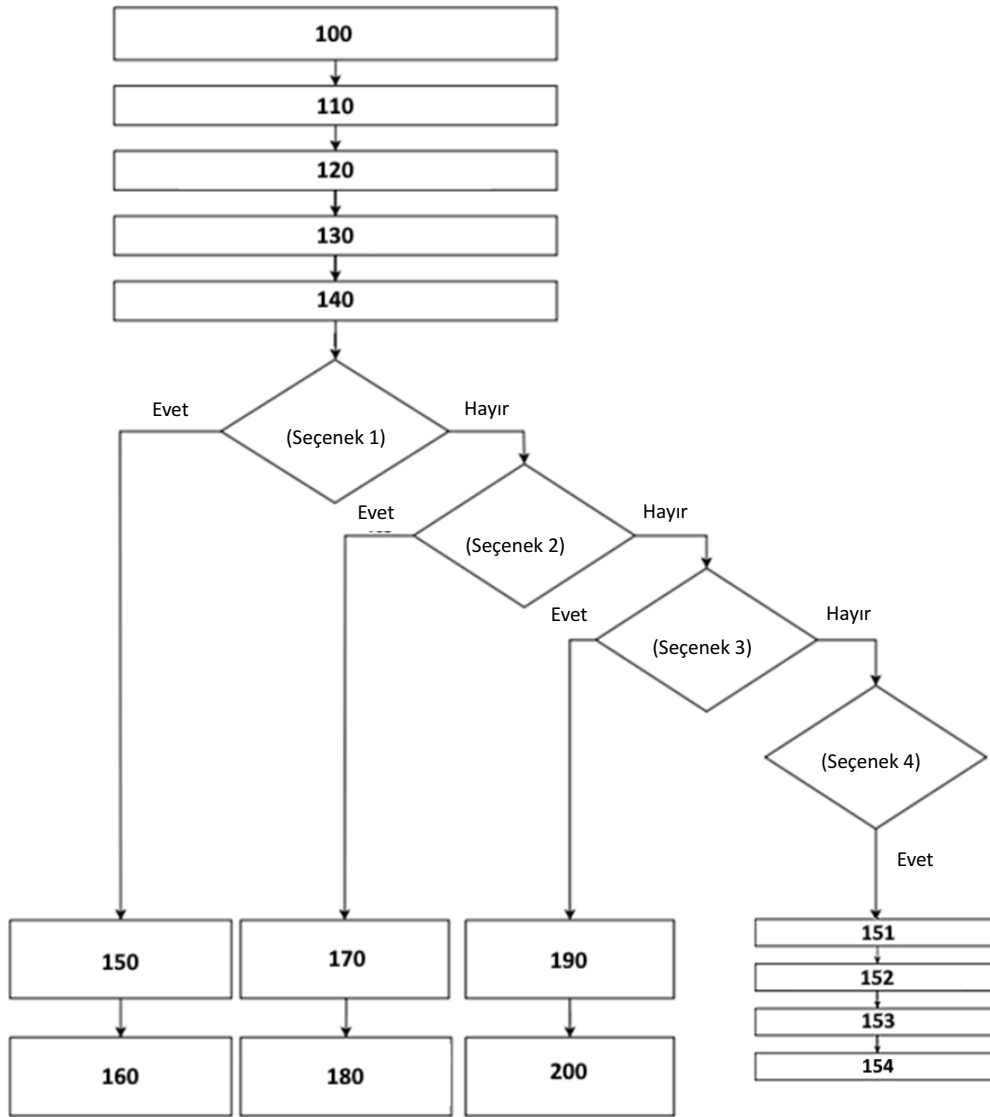
ŞEKİL 4



ŞEKİL 5



ŞEKİL 6



ŞEKİL 7