

ÖZET

KABLOSUZ AĞDA ORTAK KANAL GİRİŞİM YÖNETİMİNE YÖNELİK BİR YÖNTEM

Buluş, karasal olmayan ağlar (NTN) (90) ve karasal ağlar (TN) (91) arasındaki paylaşımlı spektrum ortamında ortak kanal girişimini yönetmek için bir kablosuz iletişim sistemi tarafından gerçekleştirilen bir yöntem ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Karasal olmayan ağlar (NTN) (90) ve karasal ağlar (TN) (91) arasındaki paylaşımlı spektrum ortamında ortak kanal girişimini yönetmek için bir kablosuz iletişim sistemi tarafından gerçekleştirilen bir yöntem olup, aşağıdaki adımları içermesi **ile karakterize edilmektedir:**

- seçilen alt taşıyıcıların gücünü sıfıra ayarlayarak sanal taşıyıcılar kullanarak bir mağdur baz istasyonundan ($BS\alpha$) (10) bir mağdur kullanıcı ekipmanına ($UE\alpha$) (30) bir boş sinyalin iletilmesi;
- mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) (30) tarafından alınan girişim sinyalinin (50) bir otokorelasyon matrisinin hesaplanması;
- mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) (30) tarafından sinyal alt uzayını ve gürültü alt uzayını ayırmak için otokorelasyon matrisi üzerinde öz değer ayrıştırmasının gerçekleştirilmesi;
- mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) (30) tarafından saldırgan baz istasyonu ($BS\beta$) (20) ve mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) (30) arasındaki girişim kanalının ayrılmış alt uzaylara dayanarak tahmin edilmesi;
- mevcut tüm kaynak elemanlarını kullanarak mağdur kullanıcı ekipmanından ($UE\alpha$) (30) mağdur baz istasyonuna ($BS\alpha$) (10) pilot sinyallerin iletilmesi;
- mağdur baz istasyonu ($BS\alpha$) (10) tarafından mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) (30) ve mağdur baz istasyonu ($BS\alpha$) (10) arasında amaçlanan bir kanalın tahmin edilmesi;
- mağdur baz istasyonu ($BS\alpha$) (10) tarafından hem girişim kanalı hem de amaçlanan kanal için kanal durum bilgisinin (CSI) ayıklanması;
- mağdur baz istasyonu ($BS\alpha$) (10) tarafından girişim kanalı durum bilgisi (CSI) ve amaçlanan kanal durum bilgisini (CSI) birleştirerek bir kod sözcüğünün (70) üretilmesi;
- girişim azaltma için optimize edilmiş kod sözcüğü (70) tabanlı iletim kullanarak mağdur baz istasyonundan ($BS\alpha$) (10) mağdur kullanıcı ekipmanına ($UE\alpha$) (30) veri iletilmesi;
- iletilen veriyi tanımlamak için mağdur kullanıcı ekipmanında ($UE\alpha$) (30) alınan sinyalin kod sözcüğündeki (70) girdilerle karşılaştırılması;

- alınan sinyal ile kod sözcüğü (70) girdileri arasındaki enerji farkını en aza indirerek iletilen kod sözcüğünün çarpımının (80) tanımlanması.
2. Mağdur kullanıcı ekipmanının ($UE\alpha$) (30), boş sinyal iletimi için sanal taşıyıcılar kullanarak saldırgan baz istasyonundan ($BS\beta$) (20) yalnızca girişim sinyallerini (50) almasına izin verilmesi **ile karakterize edilen**, İstem 1'e göre yöntem.
 3. Sanal taşıyıcılar kullanarak mağdur baz istasyonundan ($BS\alpha$) (10) mağdur kullanıcı ekipmanına ($UE\alpha$) (30) bir boş sinyal iletilirken girişim kanalının doğru tahminini sağlamak için saldırgan baz istasyonundan ($BS\beta$) (20) gelen girişim sinyalinin (50) izole edilmesi **ile karakterize edilen**, İstem 1'e göre yöntem.
 4. Mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) (30) tarafından saldırgan baz istasyonu ($BS\beta$) (20) ve mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) (30) arasındaki girişim kanalının tahmin edilmesinin, otokorelasyon matrisinin öz değer ayrışımından türetilen ayrılmış sinyal alt uzayı ve gürültü alt uzayına dayanarak ikinci dereceden bir maliyet fonksiyonu minimizasyon tekniği kullanılarak gerçekleştirilmesi **ile karakterize edilen**, İstem 1'e göre yöntem.
 5. Pilot sinyallerin mağdur kullanıcı ekipmanından ($UE\alpha$) (30) mağdur baz istasyonuna ($BS\alpha$) (10) frekans bölmeli çift yönlü (FDD) yer-hava bağı kanalları üzerinden iletilmesi **ile karakterize edilen**, İstem 1'e göre yöntem.
 6. Amaçlanan kanalı tahmin etmek için açı, gecikme ve Doppler kayması gibi fiziksel parametrelere dayanarak karşılıklılık telafisinin kullanılması **ile karakterize edilen**, İstem 1'e göre yöntem.

TARİFNAME

KABLOSUZ AĞDA ORTAK KANAL GİRİŞİM YÖNETİMİNE YÖNELİK BİR YÖNTEM

TEKNİK ALAN

Buluş, karasal olmayan ağlar (NTN) ve karasal ağlar (TN) arasındaki paylaşımlı spektrum ortamında ortak kanal girişimini yönetmek için bir kablosuz iletişim sistemi tarafından gerçekleştirilen bir yöntem ile ilgilidir.

ÖNCEKİ TEKNİK

Ortak kanal girişimi, karasal olmayan ağlar (NTN) ve karasal ağlar (TN) gibi farklı sistemler aynı frekans kaynaklarını kullandığında ortaya çıkan önemli bir sorun olarak kabul edilmektedir. Bu girişim genellikle, 3GPP gibi küresel standartlar tarafından tanımlanan spektrum kullanım kurallarına uygun olarak, bir sistemden gelen sinyaller diğer sistemin iletişimine müdahale ettiğinde ortaya çıkmaktadır. NTN sistemlerinden (örneğin uydular) gelen sinyallerin TN kullanıcılarını veya TN sistemlerinin NTN kullanıcılarını engellemesi gibi senaryolar yaygındır. Bu durum sinyal kalitesinin düşmesine, veri aktarım hızının azalmasına ve bağlantı kopmalarına yol açarak ağ performansı ve kullanıcı deneyimi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Geleneksel girişim yönetimi yöntemlerinin çoğu erişim noktaları arasında koordinasyon gerektirmektedir. Ancak bu koordinasyon gerçek dünya koşullarında, özellikle de NTN-TN sistemlerinin birlikte çalıştığı ortamlarda uygulanabilir olmaktan uzaktır. Bu bağlamda, mevcut çözümlerin NTN ve TN sistemlerinin büyük ölçekli ve dinamik doğasından kaynaklanan karmaşıklıkları ele almakta yetersiz kaldığı görülmektedir. Geleneksel yöntemler sadece kısmi çözümler sunmakta ve özellikle paylaşımlı spektrum kullanımı içeren ortamlarda kısıtlamalar sergilemektedir.

Frekans planlama ve tahsisi, ağlar arasında farklı frekanslar tahsis ederek girişimi azaltmak için kullanılan bir yöntemdir. Hücresel ağlarda frekansın yeniden kullanımı ve Frekans Bölmeli Çoğullama (FDM) gibi tekniklerle girişim azaltılmaktadır ve spektral verimlilik

optimize edilmektedir. Ancak NTN-TN birlikte varolma senaryolarında, NTN sistemlerinin geniş ve örtüşen kapsama alanları nedeniyle bu yöntemlerin yetersiz kaldığı görülmektedir. Özellikle uydular gibi mobil NTN platformlarının yarattığı dinamik koşullar, statik frekans planlama yaklaşımlarının etkisiz kalmasına neden olmaktadır.

Dinamik Spektrum Erişimi (DSA) teknikleri, spektrum ortamını algılayarak frekansların dinamik olarak tahsis edilmesini sağlamaktadır. Özellikle Bilişsel Radyo Ağları (CRN) kapsamında uygulanan bu yöntemler, spektral verimliliği arttırmayı amaçlamaktadır. Bununla birlikte, NTN platformlarının yüksek mobilitesi ve geniş kapsama alanları, girişim modellerinde hızlı değişikliklere yol açmakta ve bu da gerçek zamanlı spektrum algılamayı güvenilir hale getirmektedir. Sonuç olarak, çoğu DSA yöntemi optimal olmayan frekans tahsisleri yapmakta ve girişim problemlerini çözmede yetersiz kalmaktadır.

Uyarlanabilir filtreleme teknikleri ise gerçek zamanlı sinyal alımı doğrultusunda filtre parametrelerini dinamik olarak ayarlayarak girişimleri yok etmektedir. En Küçük Kareler (LMS) ve Artımlı En Küçük Kareler (RLS) gibi algoritmalar kullanılarak uygulanan bu teknikler, zamanla değişen girişimlerin bastırılmasında etkilidir. Ancak NTN-TN sistemlerinin dinamik yapısı, özellikle uydu mobilitesi nedeniyle hızla değişen girişim örüntüleri yaratmakta ve bu tekniklerin uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Ayrıca uyarlanabilir filtreleme yöntemlerinin yüksek hesaplama gereksinimleri, büyük ölçekli NTN sistemlerinde kullanımını zorlaştırmaktadır.

Pilot tabanlı girişim yönetimi özellikle Çoklu Giriş Çoklu Çıkış (MIMO) teknolojilerinin kullanıldığı sistemlerde yaygın olarak uygulanmaktadır. Pilot sinyaller kanal tahmini ve girişim azaltma için kullanılmaktadır. Ancak NTN platformlarının geniş kapsama alanları ve mobilitesi, pilot sinyallerin diğer ağlarla etkileşime girmesine ve kanal tahmin doğruluğunu azaltmasına neden olmaktadır. Bu da girişimin artmasına ve sistem performansının kötüleşmesine neden olmaktadır.

Yukarıda bahsedilen tüm sorunlar, sonuç olarak ilgili teknik alanda bir yenilik yapılmasını gerekli kılmıştır.

BULUŞUN KISA AÇIKLAMASI

Mevcut buluş, yukarıda belirtilen dezavantajları ortadan kaldıracak ve ilgili teknik alana yeni avantajlar getirecek bir yöntemle ilgilidir.

Buluşun amacı, karasal olmayan ağlar (NTN) ve karasal ağlar (TN) arasındaki paylaşılan spektrum ortamlarında ortak kanal girişimini yönetmek için etkili ve ölçeklenebilir bir yöntem sağlamak, güvenilir iletişim ve optimum spektrum kullanımı sağlamaktır.

Yukarıda belirtilen ve aşağıdaki ayrıntılı açıklamadan ortaya çıkacak tüm amaçlara ulaşmak için, mevcut buluş, karasal olmayan ağlar (NTN) ve karasal ağlar (TN) arasındaki paylaşımlı spektrum ortamında ortak kanal girişimini yönetmek için bir kablosuz iletişim sistemi tarafından gerçekleştirilen bir yöntem ile ilgilidir. Buna göre, şu adımları içermesi ile karakterize edilmektedir; seçilen alt taşıyıcıların gücünü sıfıra ayarlayarak sanal taşıyıcılar kullanarak bir mağdur baz istasyonundan ($BS\alpha$) bir mağdur kullanıcı ekipmanına ($UE\alpha$) bir boş sinyalin iletilmesi;

- mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) tarafından alınan girişim sinyalinin bir otokorelasyon matrisinin hesaplanması;
- mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) tarafından sinyal alt uzayını ve gürültü alt uzayını ayırmak için otokorelasyon matrisi üzerinde öz değer ayrıştırmasının gerçekleştirilmesi;
- mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) tarafından saldırgan baz istasyonu ($BS\beta$) ve mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) arasındaki girişim kanalının ayrılmış alt uzaylara dayanarak tahmin edilmesi;
- mevcut tüm kaynak elemanlarını kullanarak mağdur kullanıcı ekipmanından ($UE\alpha$) mağdur baz istasyonuna ($BS\alpha$) pilot sinyallerin iletilmesi;
- mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) ve mağdur baz istasyonu ($BS\alpha$) arasında mağdur baz istasyonu ($BS\alpha$) tarafından amaçlanan bir kanalın tahmin edilmesi;
- mağdur baz istasyonu ($BS\alpha$) tarafından hem girişim kanalı hem de amaçlanan kanal için kanal durum bilgisinin (CSI) ayıklanması;
- mağdur baz istasyonu ($BS\alpha$) tarafından girişim kanalı durum bilgisi (CSI) ve amaçlanan kanal durum bilgisini (CSI) birleştirerek bir kod sözcüğünün üretilmesi; (ortak kalan girişimini en aza indirmek için veri iletiminin optimize edilmesi)
- girişim azaltma için optimize edilmiş kod sözcüğü tabanlı iletim kullanarak mağdur baz istasyonundan ($BS\alpha$) mağdur kullanıcı ekipmanına ($UE\alpha$) veri iletilmesi;
- iletilen veriyi tanımlamak için mağdur kullanıcı ekipmanında ($UE\alpha$) alınan sinyalin kod sözcüğündeki girdilerle karşılaştırılması;

- alınan sinyal ile kod sözcüğü girdileri arasındaki enerji farkını en aza indirerek kod sözcüğünün iletilen çarpımının tanımlanması.

Buluşun olası bir yapılandırması, aşağıdaki adımı içermesi ile karakterize edilmektedir;

- mağdur kullanıcı ekipmanının ($UE\alpha$), boş sinyal iletimi için sanal taşıyıcılar kullanarak saldırgan baz istasyonundan ($BS\beta$) yalnızca girişim sinyallerini almasına izin verilmesi.

Buluşun bir diğer olası yapılandırması aşağıdaki adımı içermesi ile karakterize edilmektedir;

- mağdur baz istasyonundan ($BS\alpha$) mağdur kullanıcı ekipmanına ($UE\alpha$) sanal taşıyıcılar kullanarak bir boş sinyal iletilirken girişim kanalının doğru tahminini sağlamak için saldırgan baz istasyonundan ($BS\beta$) gelen girişim sinyalinin izole edilmesi.

Buluşun bir diğer olası yapılandırması aşağıdaki adımı içermesi ile karakterize edilmektedir;

- mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) tarafından saldırgan baz istasyonu ($BS\beta$) ve mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) arasındaki girişim kanalının tahmin edilmesinin, otokorelasyon matrisinin öz değer ayrışımından türetilen ayrılmış sinyal alt uzayı ve gürültü alt uzayına dayanarak ikinci dereceden bir maliyet fonksiyonu minimizasyon tekniği kullanılarak gerçekleştirilmesi.

Buluşun bir diğer olası yapılandırması aşağıdaki adımı içermesi ile karakterize edilmektedir;

- pilot sinyallerin mağdur kullanıcı ekipmanından ($UE\alpha$) mağdur baz istasyonuna ($BS\alpha$) frekans bölmeli çift yönlü (FDD) yer-hava bağı kanalları üzerinden iletilmesi.

Buluşun bir diğer olası yapılandırması aşağıdaki adımı içermesi ile karakterize edilmektedir;

- amaçlanan kanalı tahmin etmek için açı, gecikme ve Doppler kayması gibi fiziksel parametrelere dayanarak karşılıklılık telafisinin kullanılması.

ŞEKİLLERİN KISA AÇIKLAMASI

Şekil 1, kablosuz ağın şematik görünümünü gösteren bir çizimdir.

Şekil 2, sanal taşıyıcıların görsel temsilinin şematik görünümünü gösteren bir çizimdir.

Şekil 3, veri iletimi için örnek bir kod sözcüğünün şematik görünümünü gösteren bir çizimdir.

Şekil 4, saldırgandan gelen girişim altında alınan kod sözcüğü tabanlı sinyalin şematik görünümünü gösteren bir çizimdir.

Şekil 5, veri tespiti için $UE\alpha$ 'da kod sözcüklerinin çarpımı ile alınan sinyalin karşılaştırılmasının şematik görünümünü gösteren bir çizimdir.

ŞEKİLDE VERİLEN REFERANS NUMARALARI

- 10 Mağdur baz istasyonu-(BS α)
- 20 Mağdur kullanıcı ekipmanı-(BS β)
- 30 Saldırgan baz istasyonu-(UE α)
- 40 Saldırgan kullanıcı ekipmanı-(UE β)
- 50 Girişim sinyal
- 60 Veri iletimi için sinyal
- 70 Kod sözcüğü
- 80 Kod sözcüğünün çarpımı
- 90 Karasal olmayan ağ kapsamı
- 91 Karasal ağ kapsamı

BULUŞUN AYRINTILI AÇIKLAMASI

Bu ayrıntılı açıklamada konu, herhangi bir kısıtlayıcı etki oluşturmada sadece konunun daha anlaşılır olması amacıyla örneklere atıfta bulunularak açıklanmıştır.

Buluş, karasal olmayan ağlar (NTN) (90) ve karasal ağlar (TN) (91) arasındaki paylaşımlı spektrum ortamında ortak kanal girişimini yönetmek için bir kablosuz iletişim sistemi tarafından gerçekleştirilen bir yöntem ile ilgilidir. Paylaşımlı spektrum ortamı, NTN ve TN sistemlerinin aynı frekans bantlarını kullandığı senaryoları ifade etmektedir ve bu da girişim riskini arttırmaktadır. Karasal olmayan ağlar (NTN) (90) uydular, yüksek irtifa platformları (HAP'lar) ve insansız hava araçları gibi geniş kapsama alanı sağlayan iletişim sistemlerini içermektedir. Bu sistemler genellikle erişimin zor olduğu uzak bölgelerde hizmet vermektedir.

Karasal ağılar (TN) (91) baz istasyonları ve Wi-Fi gibi geleneksel kara tabanlı iletişim altyapılarını içermektedir. Genellikle şehirlerde ve yoğun nüfuslu bölgelerde hizmet verirler.

Aynı frekans bandında çalışan farklı sistemlerden gelen sinyaller çakıştığında ortak kanal girişimi oluşmaktadır. Bu durum sinyal bozulmasına, gecikmelere veya iletişim kesintilerine yol açabilmektedir. Yöntem, karasal olmayan ağılar (NTN) (90) ve karasal ağılar (TN) (91) gibi farklı ağ türlerinin aynı frekans bandında çalıştığı paylaşımlı spektrum ortamlarında ortak kanal girişimini yönetmek için bir çözüm sağlamaktadır. Yöntem ayrıca girişim sorunlarını etkili bir şekilde ele almaktadır, ağ performansını iyileştirmektedir, sinyal kalitesini korumaktadır ve frekans çakışmasından kaynaklanan bağlantı sorunlarını azaltmaktadır. Yöntem, spektrum kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayarak yoğun kentsel alanlar veya kırsal alanlar gibi karmaşık ortamlarda güvenilir iletişim sağlamaktadır.

Paylaşımlı spektrum ortamlarında, NTN kapsama (90) ve TN kapsama (91) ağıları arasındaki girişim senaryoları, bu ağların kapsama alanları çakıştığında ortaya çıkmaktadır. Bu durum genellikle uydular veya yüksek irtifa platformları (HAP'lar) gibi NTN sistemlerinin geniş coğrafi alanlarda faaliyet gösterdiği ve bu alanların kara tabanlı baz istasyonları gibi TN sistemlerinin daha yerel kapsama alanlarıyla kesiştiği alanlarda meydana gelmektedir. Girişim, bir sistemin sinyal gücü başka bir sistemin iletişimini engellediğinde özel bir sorun haline gelmektedir. Bu durumda, girişime neden olan sistem “saldırgan” olarak adlandırılırken, bu girişimden etkilenen sistem “mağdur” olarak adlandırılmaktadır. “Saldırgan” genellikle frekans kaynaklarını çakışan bir şekilde kullanan ve girişime neden olan sinyali yayan baz istasyonunu veya kullanıcı ekipmanını ifade etmektedir. “Mağdur” ise bu girişim nedeniyle sinyal kalitesinde bozulma yaşayan alıcı sistemdir. Örneğin kırsal alanlarda IoT cihazlarına hizmet veren bir NTN uydu sinyali, yakındaki bir kasabaya hizmet veren TN kara tabanlı baz istasyonunda girişime neden olabilmektedir. Alternatif olarak, yoğun nüfuslu bir şehirde faaliyet gösteren bir TN ağı, çakışan kapsama alanlarındaki NTN kullanıcılarını etkileyebilmektedir.

NTN ve TN sistemleri arasındaki girişim senaryolarında, mağdur ve saldırganın rolleri girişimin kaynağına ve alıcısına bağlı olarak değişebilmektedir. Mağdur baz istasyonu (BS) ve kullanıcı ekipmanı (UE) ya karasal ağ kapsamına (TN) (91) ya da karasal olmayan ağ kapsamına (NTN) (90) ait olabilmektedir. Bu ilişkileri genelleştirmek için, hava baz istasyonu (NTN) ve kara baz istasyonu (TN) sırasıyla ‘BS α ’ ve ‘BS β ’ olarak temsil edilmektedir ve

burada birbirlerini tamamlarlar. Bu, $BS\alpha$ hava baz istasyonunu temsil ediyorsa, $BS\beta$ kara baz istasyonuna karşılık gelmektedir ve bunun tersi de geçerlidir. Benzer şekilde, bu baz istasyonlarına bağlı kullanıcı ekipmanı NTN kullanıcısı için ' $UE\alpha$ ' ve TN kullanıcısı için ' $UE\beta$ ' olarak gösterilmektedir. Bunlar aynı zamanda tamamlayıcıdır, yani $UE\alpha$ NTN baz istasyonuna ($BS\alpha$) bağlı kullanıcıyı temsil ediyorsa, $UE\beta$ TN baz istasyonuna ($BS\beta$) bağlı kullanıcıya karşılık gelmektedir ve bunun tersi de geçerlidir.

Tarifnamenin geri kalanında $BS\alpha$ (10) ile $UE\alpha$ (30) arasındaki iletişim bağlantısı mağdur olarak ele alınmakta ve $BS\beta$ (20) ile $UE\beta$ (40) arasındaki bağlantı saldırgan olarak kabul edilmektedir. Bu soyutlama girişim senaryolarının tanımlanmasında netlik sağlamaktadır ve paylaşımlı spektrumlu ortamlarda hava ve kara ağları arasındaki etkileşimi vurgulamaktadır. Bundan sonra, mağdur baz istasyonu (10), $BS\alpha$ (10), mağdur kullanıcı ekipmanı (20), $UE\alpha$ (30), saldırgan baz istasyonu (30), $BS\beta$ (20) ve saldırgan kullanıcı ekipmanı (40), $UE\beta$ (40) olarak anılacaktır. Şekil 1, bir mağdur baz istasyonu, bir mağdur kullanıcı ekipmanı, bir saldırgan baz istasyonu ve bir karasal ağda ve bir karasal olmayan ağda bir saldırgan kullanıcı ekipmanını göstermektedir.

Yöntemin birinci adımında, mağdur baz istasyonu ($BS\alpha$) (10), mağdur kullanıcı ekipmanına ($UE\alpha$) (30) sıfır sinyal iletmek için sanal alt taşıyıcılar kullanmaktadır. Bu, literatürde sanal taşıyıcılar olarak bilinen seçilen alt taşıyıcıların gücünün sıfıra ayarlanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Ayrıca bu, mağdur baz istasyonundan ($BS\alpha$) (10) iletilen pilot sinyalin esasen sıfır güçte olmasını sağlamaktadır. Bu süre zarfında saldırgan baz istasyonu ($BS\beta$) (30) saldırgan kullanıcı ekipmanına ($UE\beta$) (40) veri ileterek mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) (30) tarafından girişim alınmasına neden olmaktadır. Bu, birinci zaman diliminde mağdur kullanıcı ekipmanı ($UE\alpha$) (30) tarafından alınacak tek şeyin saldırgan baz istasyonundan ($BS\beta$) (20) gelen saf girişim sinyali (50) olduğu anlamına gelmektedir. Örneğin bir NTN'deki (90) saldırgan baz istasyonu ($BS\beta$) (20) bir TN kapsamındaki (91) mağdur baz istasyonu ($BS\alpha$) (10) ile girişimde bulunursa, bu teknik mağdur kullanıcı ekipmanının ($UE\alpha$) (30) yalnızca saldırgan baz istasyonundan ($BS\beta$) (20) gelen girişim sinyalini (50) algılamasını sağlamaktadır. Girişim sinyalini (50) tahmin etmek için alt uzay tabanlı kör kanal tahmini kullanılmaktadır.

Bu, Şekil 2'de verildiği gibi görsel olarak gösterilebilmektedir ve aşağıdaki gibi matematiksel bir model olarak temsil edilebilmektedir:

$$y_1 = \underbrace{\mathbf{H}_{\alpha 2\alpha} \cdot \mathbf{x}_n^\alpha}_0 + \mathbf{H}_{\beta 2\alpha} \cdot \mathbf{x}_1^\beta + n$$

$$y_1 = \mathbf{H}_{\beta 2\alpha} \cdot \mathbf{x}_1^\beta + n$$

burada $\mathbf{H}_{\alpha 2\alpha}$ BS α (10) ve UE α (30) arasındaki kanal, $\mathbf{H}_{\beta 2\alpha}$ BS β (20) ve UE α (30) arasındaki girişim kanalı, $\mathbf{x}_n^\alpha$ BS α (10)'dan UE α (30)'a iletilen boş sinyal, $\mathbf{x}_1^\beta$ BS β (20)'nin kendi kullanıcısı UE β (40)'a iletmek istediği ancak UE α (30) ile engellenen sinyal (60), n gürültü ve y_1 ise girişim sinyalidir (50).

Daha sonra alınan girişim sinyalinin (50) otokorelasyon matrisi UE α (30) tarafından hesaplanmaktadır. Bu matris, sinyalin zamansal özelliklerini anlamak ve bileşenlerini ayırmak için bir temel görevi görür. Öz değer ayrıştırması bu matrise uygulanarak sinyal alt uzayı ve gürültü alt uzayı ayrıştırılmaktadır. Bu ayrıştırma, girişim kanalının doğru bir şekilde tahmin edilmesi için kritik öneme sahiptir. Girişim kanalı daha sonra dinamik ve değişken girişim ortamlarında bile kesin sonuçlar sağlayan ikinci dereceden bir maliyet fonksiyonu minimizasyon tekniği kullanılarak tahmin edilmektedir.

Başlangıç durumunda alınan girişim sinyalinin (50) kör tahminine ilişkin matematiksel model aşağıdaki gibi verilmektedir. Başlangıç durumunda alınan girişim sinyali (50) aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$y_1 = \mathbf{H}_{\beta 2\alpha} \cdot \mathbf{x}_1^\beta + n$$

Alınan sinyalin otokorelasyon matrisi aşağıdaki gibi matematiksel bir model olarak gösterilebilmektedir:

$$\mathbf{R}_{y_1} = E\{y_1 \cdot y_1^H\}$$

burada $\mathbf{R}_{y_1}$ otokorelasyon matrisi, E beklenen değer (expected value), H girişim kanalıdır (Hermetian transpose). Bu otokorelasyon matrisi, alınan sinyalin öz değer ayrışımının y_1 teşhis edilmesiyle elde edilmektedir. Daha sonra sırasıyla sinyal alt uzayı ve gürültü alt uzayı

için U_s ve U_n olan iki öz vektör elde edilmektedir. Ancak $\mathbf{R}y_1$ 'in gerçek değeri bilinmemektedir. Ancak sinyal ve gürültü alt uzaylarını bulmak için gerçek $\mathbf{R}y_1$ gereklidir. Uygulamada, $\mathbf{R}y_1$ aşağıdaki gibi bir matematiksel modelle tahmin edilmektedir:

$$\hat{\mathbf{R}}y_1 = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_1 \cdot y_1^H$$

Öz vektör tahminleri U_s ve U_n , tahmin edilen otokorelasyon matrisine dayanarak bulunmaktadır. Daha sonra $\mathbf{H}_{\beta 2\alpha}$ tahmini ikinci dereceden bir maliyet fonksiyonunun minimize edilmesiyle bulunabilmektedir. Prosedürün sonunda girişim kanalı, $\mathbf{H}_{\beta 2\alpha}$ bilinmektedir. Bu işlem, girişim kanalının doğru bir şekilde tahmin edilmesini sağlamaktadır.

Bu adımda, bir önceki adımda tahmin edilen girişim kanalının durağan olduğu ve değişmediği varsayılmaktadır. Ancak geçen zaman nedeniyle $UE\alpha$ (30)'da alınan girişim sinyali (50), $\mathbf{x}_1^\beta$ (60)'ın devamı olarak kabul edilen $\mathbf{x}_1^\beta$ (60)'dan farklıdır. Ayrıca hem hava hem de kara baz istasyonlarının hava-yer bağında aynı frekans bandına tahsis edildiği ve her ikisinin de eşit sayıda kaynak elemanı (RE) kullandığı varsayılmaktadır. Bu özel senaryoda, hem hava hem de kara baz istasyonlarının 4 RE, yani alt taşıyıcı kullandığı varsayılmaktadır. RE sayısı farklı uygulamalar için değişebilmektedir.

Pilot sinyaller, $UE\alpha$ (30) tarafından mevcut tüm kaynak elemanları kullanılarak $BS\alpha$ 'ya (10) iletilmektedir. Yer-hava bağı ve hava-yer bağı için ayrılmış bantlar farklı olduğundan, pilot veriler $BS\alpha$ 'ya (10) girişimsiz olarak ulaşmaktadır. Bu pilot sinyaller $BS\alpha$ (10)'un $BS\alpha$ (10) ve $UE\alpha$ (30) arasındaki amaçlanan kanalı tahmin etmesini sağlamaktadır. Bu tahmin süreci, birden fazla ağın aynı spektrumu paylaştığı senaryolarda özellikle önemlidir. Ek olarak, frekans bölmeli çift yönlü (FDD) iletişim, açı, gecikme ve Doppler kayması gibi fiziksel parametrelere dayanarak yer-hava bağı ve hava-yer bağı kanalları arasında karşılıklılık telafisi sağlayarak tahmin doğruluğunu arttırmaktadır.

Önerilen birlikte var olma senaryosunda Yer-Hava Bağı / Hava-Yer Bağı frekansları farklıdır, dolayısıyla iletişim FDD modundadır. Bu, yer-hava bağı / hava-yer bağı kanallarının BS 'ler ve bunlara karşılık gelen UE 'ler arasında farklı olduğu anlamına gelmektedir. FDD

sistemlerindeki yer-hava bağı ve hava-yer bağı kanalları tamamen aynı olmasa da, aç, gecikme ve Doppler kayması gibi fiziksel parametreler üzerine bir karşılıklık inşa edilebilmektedir. Bu, aç-gecikme-Doppler karşılıklılığı olarak adlandırılmaktadır. Burada yer-hava bağı ve hava-yer bağı kanalı arasındaki tek fark kanal kazancıdır ve bu da kanal parametreleri bilindiği için telafi edilebilmektedir. Dolayısıyla mağdurlar arasındaki hava-yer bağı havadan karaya kanalı, $H_{\alpha 2\alpha}$, elde edilen kanal parametrelerine dayanarak karşılıklık telafisinden sonra mağdur arasındaki yer-hava bağı karadan havaya kanalı ($H_{\alpha 2\alpha}$) ile aynı kabul edilebilmektedir.

Pilot sinyaller $BS\alpha$ (10) tarafından hem girişim kanalı hem de amaçlanan kanal için kanal durum bilgisini (CSI) ayıklamak üzere analiz edilmektedir. Her iki kanalın CSI'larını birleştirerek, $BS\alpha$ (10) tarafından bir kod sözcüğü (70) (kod tablosundan bir kod sözcüğü) oluşturulmaktadır. Bu kod sözcüğü (70) girişimi en aza indirmek için optimize edilmektedir ve veri iletimi için bir kılavuz görevi görmektedir. Kod sözcüğü (70) tabanlı veri iletimi, NTN ve TN kullanıcılarının önemli bir girişim yaşamadan ortak frekansları verimli bir şekilde paylaşmalarını sağlamaktadır. $BS\alpha$, oluşturulan kod sözcüğünü (70) kullanarak verileri $UE\alpha$ 'ya (30) iletmektedir. Bu iletim sırasında, kod sözcüğü (70) girişim altında bile veri bütünlüğünü korumak için optimize edilmektedir. $UE\alpha$ (30) alınan sinyali kod sözcüğündeki (70) girdilerle karşılaştırmaktadır ve enerji farkını en aza indirerek doğru veriyi belirlemektedir. Örneğin $UE\alpha$ (30) doğru kod sözcüğü çarpımını (80) çözmek için alınan sinyal ile kod sözcüğü (70) girdileri arasında bir konvolüsyon işlemi gerçekleştirmektedir (kod sözcüğünün mağdur kullanıcı ekipmanında alınan sinyal ile çarpımı).

Veri iletimi, kod sözcüğü (70) tabanlı bir iletimden yararlanılarak gerçekleştirilmektedir. Buna göre, her kaynak bloğu kod sözcüğüne (70) dayalı bir pilot ile doldurulmaktadır. Bu pilot sinyal $BS\alpha$ (10)'da hem $H_{\alpha 2\alpha}$ hem de $H_{\beta 2\alpha}$ kanal parametrelerinden yararlanılarak manipüle edilmektedir. Bu tür bir iletim için örnek bir kod sözcüğü (70) Şekil 3'te aşağıdaki gibi verilebilmektedir, burada x_p^a parametresi pilot veri olarak verilmiştir. Sonuç olarak, $BS\beta$ (20)'den gelen girişim sinyali (50) altında $UE\alpha$ (30) tarafında alınan sinyal, kod sözcüğü 00'ın çarpımının (80) iletilen çarpımı için Şekil 4'te verildiği gibi gösterilebilmektedir. Alınan sinyal bir konvolüsyon işlemi gerçekleştirilerek kod sözcüğünün (70) her bir kod sözcüğünün çarpımı (80) ile karşılaştırılmaktadır. Şekil 4'te verilen alınan sinyal için bu karşılaştırma Şekil 5'te verildiği gibi gösterilebilmektedir.

Enerji farkı, elde edilen $\hat{y}$ değerinin orijinal alınan y sinyalinin çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır. En düşük enerjiyi sağlayan değer, BSA'nın iletmeyi amaçladığı kod sözcüğünün çarpımıdır (80). Bu işlem matematiksel model olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir

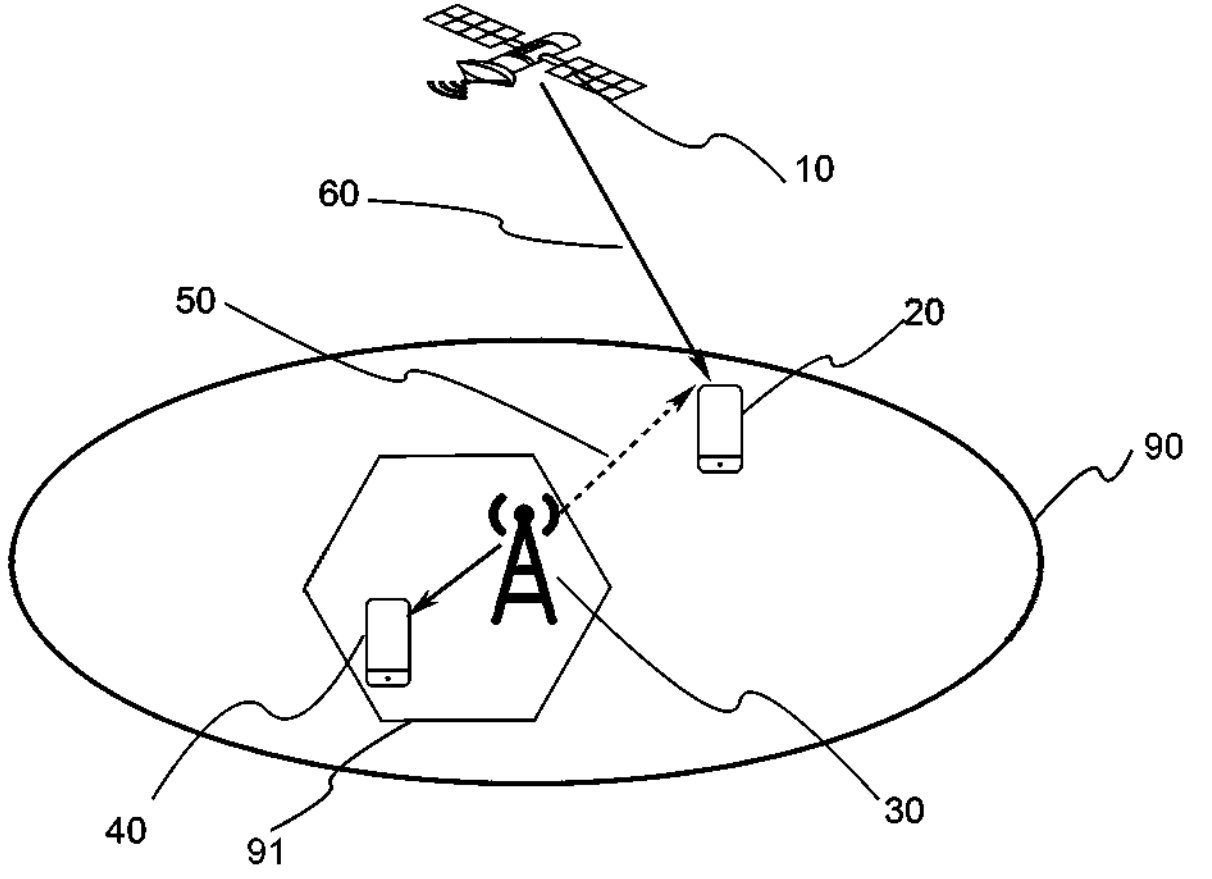
$$y_{est} = \arg \min_{cb} |y - \hat{y}|^2$$

Böylece verinin hangi kod sözcüğünün çarpımı (80) ile iletileceği belirlenebilmektedir.

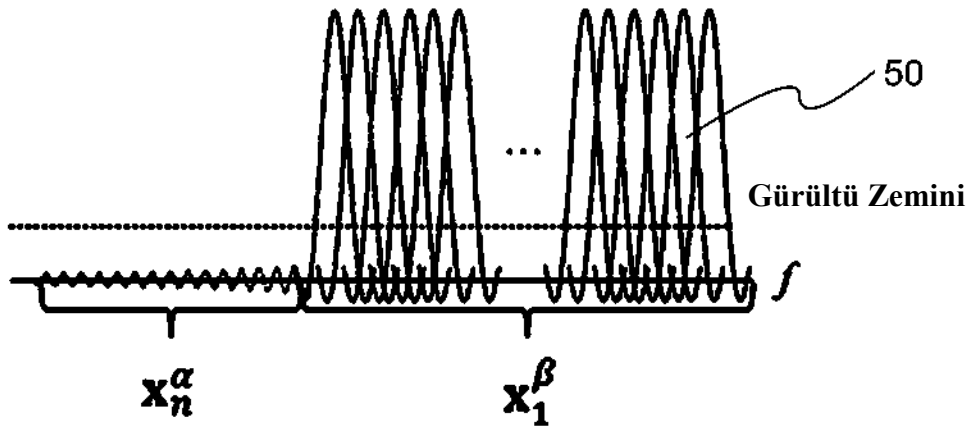
Bu buluşun önemli bir yeniliği, çift yönlü girişim yönetimi kabiliyetidir. Aynı işlem NTN ve TN'nin rolleri tersine çevrildiğinde, yani NTN mağdur olduğunda da uygulanabilmektedir. Bu, girişim kaynağından bağımsız olarak ağ performansının ve kullanıcı deneyiminin korunmasını sağlamaktadır.

Bu yöntem özellikle 5G ve ötesi gibi modern kablosuz ağlarda, IoT uygulamalarında ve uydu-karasal ağ entegrasyonlarında değerlidir. Örneğin kırsal bir alandaki IoT cihazlarına hizmet veren bir uydu sistemi, aynı bölgedeki TN kullanıcılarının müdahalesi olmadan bu cihazlarla iletişim kurabilmektedir. Bu sadece ağ performansını arttırmakla kalmaz, aynı zamanda kesintisiz kullanıcı deneyimi de sağlamaktadır. Sanal taşıyıcılar, kör kanal tahmini ve kod sözcüğü (70) tabanlı veri iletimi kullanarak, karmaşık ve dinamik iletişim ortamlarında optimum performans elde etmektedir.

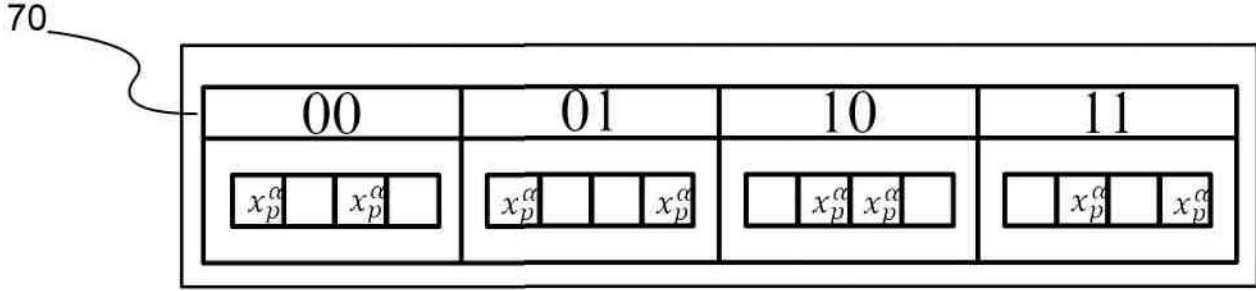
Buluşun koruma kapsamı ekli istemlerde belirtilmiştir ve bu ayrıntılı açıklamada örnekleme amacıyla açıklananlarla sınırlandırılmaz. Teknikte uzman bir kişinin, buluşun ana temasından uzaklaşmaksızın yukarıda belirtilen gerçekler ışığında benzer yapılandırmalar sergileyebileceği açıktır.



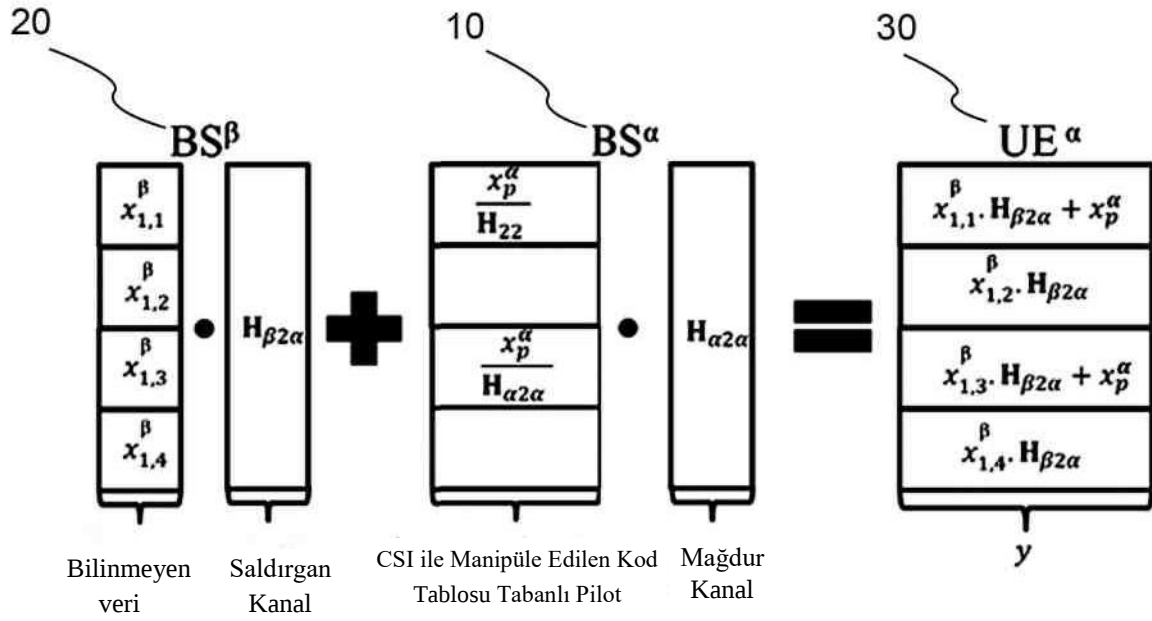
ŞEKİL 1



ŞEKİL 2



ŞEKİL 3



ŞEKİL 4

